FÍSICA SIGLO XX (RESUELTOS)

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3.0\ 10^{8}$ m s^{-1}	Masa del protón	$m_{p+} = 1.7\ 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.7\ 10^{-11}$ N m^{2} kg^{-2}	Masa del electrón	$m_{e-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9.0\ 10^{9}$ N m^{2} C^{-2}	Carga del protón	$q_{p+} = 1.6\ 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.6\ 10^{-34}$ J s	Carga del electrón	$q_{e-} = -1.6\ 10^{-19}$ C
Radio de la Tierra	$R_T = 6370$ km	Masa de la Tierra	$M_T = 5.97 \cdot 10^{24}$ kg

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo.

JULIO 2021

El trabajo de extracción del cobre es de 4,7 eV. Si se ilumina una superficie de este material con radiación de $2{,}5 \cdot 10^{-7}$ m, calcular:

DATOS: $1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J

a) **(0,75 p)** La longitud de onda umbral para el cobre.

El trabajo de extracción, W_0, se corresponde con la energía mínima necesaria para arrancar el electrón. Si la energía del fotón incidente es mayor que el trabajo de extracción, el electrón escapa del metal con una determinada energía cinética. Este trabajo de extracción se corresponde con una frecuencia mínima de la radiación (frecuencia umbral) o una longitud de onda máxima (longitud de onda umbral) necesaria para que se produzca el efecto fotoeléctrico.

$$W_0 = h\,.\,f_0 = h\,.\,\frac{c}{\lambda_0} \quad \Rightarrow \quad \lambda_0 = \frac{h\,.\,c}{W_0} = \frac{6,6.10^{-34}\,.\,3.10^{8}}{4,7 \cdot 1,6.10^{-19}} = 2,63.10^{-7}\ m = 263\ nm$$

b) **(1 p)** Velocidad máxima de los electrones emitidos.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ incidente} = W_0 + \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} = E_{fotón\ incidente} - W_0$$

$$\left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} = \left(h\,.\,\frac{c}{\lambda}\right) - W_0 = \left(6,6.10^{-34}\,.\,\frac{3.10^{8}}{2,5.10^{-7}}\right) - 4,7 \cdot 1,6.10^{-19} = 4.10^{-20}\ J$$

$$\left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot \left(v_{\,máx}\right)^2_{\ electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad v_{\,máx} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{C,máx}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4.10^{-20}}{9,1.10^{-31}}} \cong 3.10^{5}\ m/s$$

c) **(1 p)** El potencial de frenado.

Los electrones extraídos del metal pueden ser frenados mediante la aplicación de un campo eléctrico. Se llama potencial de frenado a la diferencia de potencial necesaria para impedir que los electrones salgan del metal del que han sido arrancados. El trabajo que hace el campo sobre cada electrón es igual a la energía cinética adquirida por el electrón, por lo que aplicando el principio de conservación de la energía:

$$|q|\,.\,\Delta V = \Delta E_c \quad \Rightarrow \quad |q|\,.\,\Delta V = E_{c,máx} \quad \Rightarrow \quad \Delta V = \frac{E_{c,máx}}{|q|} = \frac{4 \cdot 10^{-20}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,25\ V$$

JULIO 2021

En un instante determinado, una muestra de una sustancia radiactiva presenta una actividad inicial de 10^8 Bq. Al cabo de 100 días, la actividad de la muestra es de $2 \cdot 10^7$ Bq.

DATOS: 1 Bq = 1 desintegración por segundo.

a) **(1,25 p)** Calcular la constante de desintegración y el periodo de semidesintegración de dicha sustancia.

La actividad de una muestra radiactiva decae de forma exponencial en función del tiempo y de la constante radiactiva característica del isótopo radiactivo. Se llama periodo de semidesintegración al tiempo que debe transcurrir para que la actividad de una muestra radiactiva se reduzca a la mitad.

$$A = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \;\Rightarrow\; 2.10^7 = 10^8 \,.\, e^{-\lambda\,.\,100} \;\Rightarrow\; ln\left(\frac{2.10^7}{10^8}\right) = -\lambda \,.\, 100$$

$$\lambda = -\frac{ln\left(\frac{2.10^7}{10^8}\right)}{100} = 1,61.10^{-2}\ día^{-1} = 1,86.10^{-7}\ s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{1,61.10^{-2}} \cong 43\ días = 3,72.10^6\ s$$

b) **(1,25 p)** La actividad de una segunda muestra de la misma sustancia es de $4 \cdot 10^9$ Bq cuando han transcurrido 10 días. Hallar cuántos núcleos radiactivos había inicialmente en esta segunda muestra.

$$A = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \;\Rightarrow\; 4.10^9 = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \;\Rightarrow\; ln\left(\frac{4.10^9}{A_0}\right) = -\lambda \,.\, t = 1,61.10^{-2} \cdot 10 = -0,161$$

$$\frac{4.10^9}{A_0} = e^{-0,161} \;\Rightarrow\; A_0 = \frac{4.10^9}{e^{-0,161}} = 4,7.10^9\ Bq$$

$$A_0 = \lambda \,.\, N_0 \;\Rightarrow\; N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{4,7.10^9}{1,86.10^{-7}} \cong 2,5.10^{16}\ núcleos$$

JUNIO 2021

Al iluminar un metal en un experimento con luz monocromática, se obtiene que el potencial de frenado es de -1,39 V. La frecuencia umbral de este metal es de $4{,}52.10^{14}$ Hz. Calcular:

a) **(0,5 p)** El trabajo de extracción.

$$W_0 = h \cdot f_0 = 6,63.10^{-34} \cdot 4,52.10^{14} = 3.10^{-19}\ J$$

b) **(1 p)** La velocidad máxima de los electrones extraídos.

A través del potencial de frenado podemos calcular la energía cinética de los electrones emitidos:

$$E_{c,máx} = |q_{e^-}| \cdot |\Delta V| = 1,6.10^{-19} \cdot 1,39 = 2,224.10^{-19}\ J$$

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_{máx})^2 \;\Rightarrow\; v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,224.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 7.10^5\ m/s$$

c) **(1 p)** La longitud de onda de la luz incidente.

Aplicando la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ incidente} = W_0 + E_{c,máx} = 3.10^{-19} + 2,224.10^{-19} = 5,224.10^{-19}\ J$$

$$E_{fotón\ incidente} = h \cdot f_{incidente} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{incidente}}$$

$$\lambda_{incidente} = \frac{h \cdot c}{E_{fotón\ incidente}} = \frac{6,63.10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{5,224.10^{-19}} = 3,8.10^{-7}\ m$$

JUNIO 2021

El período de semidesintegración de un elemento radiactivo es de 12,32 años. Calcular:

a) **(1 p)** La constante de desintegración radiactiva y la vida media.

$$T_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{ln\,2}{T_{1/2}} = \frac{ln\,2}{12,32} = 0,056\ año^{-1} = 1,78.10^{-9}\ s^{-1}$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,056} = 17,8\ años = 5,61.10^{8}\ s$$

b) **(1,5 p)** El tiempo transcurrido si una muestra del elemento radiactivo ha reducido su actividad al 10% de su valor inicial.

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \Rightarrow \quad 0,1A_0 = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \Rightarrow \quad ln\,0,1 = -\lambda \cdot t \quad \Rightarrow \quad t = -\frac{ln\,0,1}{\lambda} = -\frac{ln\,0,1}{0,056} = 41,12\ años$$

SEPTIEMBRE 2020

Se ilumina un metal con una luz incidente de frecuencia $8{,}00.10^{14}$ Hz, si el potencial de frenado es -2 V. Obtener:

a) **(1,5 p)** La energía de la luz incidente y la frecuencia umbral.
b) **(1 p)** La energía cinética máxima con la que salen los electrones.

Resuelvo los dos apartados simultáneamente.

Los electrones extraídos del metal pueden ser frenados mediante la aplicación de un campo eléctrico. Se llama potencial de frenado a la diferencia de potencial necesaria para impedir que los electrones salgan del metal del que han sido arrancados. El trabajo que hace el campo sobre cada electrón, es igual a la energía cinética adquirida por el electrón, por lo que aplicando el principio de conservación de la energía:

$$|q|\,.\,\Delta V = \Delta E_c \quad \Rightarrow \quad |q|\,.\,\Delta V = 0 - E_{c,máx} \quad \Rightarrow \quad E_{c,máx} = -|q|\,.\,\Delta V = -1,6.10^{-19}\,.\,(-2) = 3,2.10^{-19}\ J$$

$$E_{fotón\ inc.} = h\,.\,f = 6,6.10^{-34}\,.\,8.10^{14} = 5,28.10^{-19}\ J$$

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{e^-\ emitido} \Rightarrow W_0 = E_{fotón\ inc.} - E_{c,máx} = 5,28.10^{-19} - 3,2.10^{-19} = 2,08.10^{-19}\,J$$

En el efecto fotoeléctrico, para cada metal existe una frecuencia luminosa umbral, f_0, por debajo de la cual no se produce la emisión fotoeléctrica, sea cual sea la intensidad de la luz o radiación incidente. Esta frecuencia umbral se corresponde con la de un fotón cuya energía es igual al trabajo de extracción de dicho metal.

$$W_0 = h\,.\,f_0 \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2,08.10^{-19}}{6,6.10^{-34}} = 3,15.10^{14}\ Hz$$

SEPTIEMBRE 2020

Inicialmente se tienen $6{,}4.10^{24}$ núcleos de un cierto isótopo radiactivo. Transcurridos 8 años, el número de núcleos radiactivos se ha reducido a $4{,}2.10^{24}$. Determinar:

a) **(1,5 p)** La vida media del isótopo y la constante de desintegración.

El número de núcleos radiactivos disminuye de manera exponencial con el tiempo. Cada isótopo radiactivo tiene una constante de desintegración, λ, característica.

$$N = N_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \;\Rightarrow\; ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda \, . \, t \;\Rightarrow\; \lambda = -\frac{ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{t} = -\frac{ln\left(\frac{4,2.10^{24}}{6,4.10^{24}}\right)}{t} = 5,26.10^{-2}\ año^{-1}$$

La vida media es el inverso de la constante radiactiva:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5,26.10^{-2}} \cong 19\ años$$

b) **(1 p)** El período de semidesintegración.

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{5,26.10^{-2}} = 13,18\ años = 4,16.10^{8}\ s$$

JULIO 2020

Se ilumina un metal con una luz incidente de frecuencia 6,50.10^{14} Hz, si la energía cinética máxima de salida es 14.10^{-20} J. Obtener:

a) **(1 p)** El trabajo de extracción y la frecuencia umbral.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{electrón\ emitido} \;\Rightarrow\; W_0 = E_{fotón\ inc.} - E_{c,máx} = h \, . \, f - E_{c,máx}$$

$$W_0 = 6,6.10^{-34} \, . \, 6,5.10^{14} - 14.10^{-20} = 2,89.10^{-19}\ J$$

En el efecto fotoeléctrico, para cada metal existe una frecuencia luminosa umbral, f_0, por debajo de la cual no se produce la emisión fotoeléctrica, sea cual sea la intensidad de la luz o radiación incidente. Esta frecuencia umbral se corresponde con la de un fotón cuya energía es igual al trabajo de extracción de dicho metal.

$$W_0 = h \, . \, f_0 \;\Rightarrow\; f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2,89.10^{-19}}{6,6.10^{-34}} = 4,38.10^{14}\ Hz$$

b) **(1 p)** La velocidad máxima de salida de los electrones.

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \, . \, m \, . \, v_{máx}^2 \;\Rightarrow\; v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \, . \, E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \, . \, 14.10^{-20}}{9,1.10^{-31}}} = 5,55.10^{5}\ m/s$$

c) **(0,5 p)** Potencial de frenado.

Los electrones extraídos del metal pueden ser frenados mediante la aplicación de un campo eléctrico. Se llama potencial de frenado a la diferencia de potencial necesaria para impedir que los electrones salgan del metal del que han sido arrancados. El trabajo que hace el campo sobre cada electrón, es igual a la energía cinética adquirida por el electrón, por lo que aplicando el principio de conservación de la energía:

$$E_{c,máx} = |q| \, . \, \Delta V \;\Rightarrow\; \Delta V = \frac{E_{c,máx}}{|q|} = \frac{14.10^{-20}}{1,6.10^{-19}} = 0,875\ V$$

JULIO 2020

De los 200 g iniciales de una muestra radiactiva al cabo de 30 días, se han desintegrado el 40 % de los núcleos. Determinar:

a) **(1,5 p)** La constante de desintegración radiactiva y el período de semidesintegración de la muestra.

Al desintegrarse el 40% de los núcleos, disminuye el 40% de la masa, por lo que al cabo de 30 días todavía queda el 60% de la masa.

$$m = m_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \;\; \Rightarrow \;\; 0,6m_0 = m_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \;\; \Rightarrow \;\; ln \; 0,6 = -\lambda \, . \, t$$

$$\lambda = -\frac{ln \; 0,6}{t} = -\frac{-0,51}{30} = 0,017 \;\; día^{-1} = 1,97.10^{-7} \;\; s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln \, 2}{\lambda} = \frac{ln \, 2}{0,017} = 40,8 \;\; días = 3,52.10^{6} \;\; s$$

b) **(1 p)** La masa que quedará de la sustancia radiactiva transcurridos 90 días.

$$m = m_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} = 200 \, . \, e^{-0,017 \, . 90} = 43,3 \;\; g$$

<u>**JULIO 2019**</u>

El trabajo de extracción fotoeléctrico del sodio metálico es de 2.0 eV. Determinar:

DATO: 1eV = $1,6.10^{-19}$ J

a) **(0,75 p)** La velocidad máxima con la que son emitidos los electrones, cuando se ilumina con luz de longitud de onda de 400 nm.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón \; inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{electrón \; emitido} \;\; \Rightarrow \;\; E_{c,máx} = E_{fotón \; inc.} - W_0 = h \, . \, \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$E_{c,máx} = 6,6.10^{-34} \, . \, \frac{3.10^{8}}{400.10^{-9}} - (2 \, . \, 1,6.10^{-19}) = 1,75.10^{-19} \;\; J$$

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \, . \, m \, . \, v_{máx}^{2} \;\; \Rightarrow \;\; v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \, . \, E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \, . \, 1,75.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 6,2.10^{5} \;\; m/s$$

b) **(0,75 p)** La frecuencia umbral para que sean emitidos los electrones de la superficie metálica.

En el efecto fotoeléctrico, para cada metal existe una frecuencia luminosa umbral, f_0, por debajo de la cual no se produce la emisión fotoeléctrica, sea cual sea la intensidad de la luz o radiación incidente. Esta frecuencia umbral se corresponde con la de un fotón cuya energía es igual al trabajo de extracción de dicho metal.

$$W_0 = h \, . \, f_0 \;\; \Rightarrow \;\; f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2 \, . \, 1,6.10^{-19}}{6,6.10^{-34}} = 4,85.10^{14} \;\; Hz$$

c) **(0,5 p)** Explica brevemente las dificultades de la física clásica para explicar el efecto fotoeléctrico.

Las siguientes observaciones experimentales acerca del efecto fotoeléctrico no son explicables mediante la teoría ondulatoria de la luz, en la que se supone que la energía llega a la superficie del metal de forma continua:

- **La energía de los electrones emitidos es independiente de la intensidad de la luz incidente. Sin embargo, en la teoría ondulatoria la energía de la luz depende de su intensidad y, por lo tanto, la energía de los electrones emitidos debería aumentar con la intensidad de la luz.**
- **Los electrones se emiten de forma instantánea a la llegada de la luz. Sin embargo, según la teoría ondulatoria de la luz, si la energía de la luz incidente llegase de manera continua y se repartiese uniformemente entre los átomos de la superficie del metal, éstos tardarían mucho tiempo en tener la energía suficiente para abandonar la superficie.**
- **La energía cinética máxima de los electrones emitidos depende de la frecuencia de la radiación incidente. Por debajo de una frecuencia, f_0, llamada frecuencia umbral, propia de cada metal, no existe emisión electrónica. Sin embargo, según la teoría ondulatoria, cualquier radiación incidente, con el tiempo, llegaría a acumular energía suficiente para extraer electrones de los átomos de la superficie.**

JULIO 2019

El Mo^{98} es un isótopo radiactivo que se desintegra por fisión en dos Sc^{49}. Sabiendo que la masa de Mo^{98} es de 97,90541 u.a.m. y la de cada Sc^{49} es de 48,95002 u.a.m. Sabiendo que 1 u.a.m. se corresponde con 935 MeV/c^2:

a) **(0,75 p)** Calcula el defecto de masa.

$$\Delta m = m_{Mo^{98}} - 2 \,.\, m_{Sc^{49}} = 97,90541 - (2 \,.\, 48,95002) = 5,37.10^{-3}\ u.a.m.$$

b) **(0,75 p)** La energía de la desintegración.

Si aplicamos la ecuación de Einstein:

$$E = \Delta m \,.\, c^2 = 5,37.10^{-3}\, u.a.m. \,.\, \frac{935\ {MeV}/{c^2}}{1\ u.a.m.} \,.\, c^2 = 5,021\ MeV$$

Se desprenden 5,021 MeV por cada átomo de Mo^{98} desintegrado.

c) **(0,5 p)** Explica en que consiste la desintegración β.

La desintegración beta, emisión beta o decaimiento beta es un proceso mediante el cual un nucleido o núclido inestable emite una partícula beta (un electrón o positrón) para compensar la relación de neutrones y protones del núcleo atómico.
Cuando esta relación es inestable, algunos neutrones se convierten en protones. Como resultado de esta mutación, cada neutrón emite una partícula beta y un antineutrino electrónico o un neutrino electrónico.

$$n \rightarrow p^+ + e^- + \overline{\upsilon}_e$$

Según las reglas de Sody cuando un núcleo emite radiación beta se convierte en otro núcleo con el mismo número másico pero cuyo número atómico es una unidad mayor:

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

JUNIO 2019

El trabajo de extracción fotoeléctrico de un determinado metal es 2,07 eV. Determinar:

DATO: 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J

a) **(1 p)** La velocidad máxima con la que son emitidos los electrones, cuando se ilumina con luz de longitud de onda de 400 nm.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\,inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{electrón\,emitido} \quad \Rightarrow \quad E_{c,máx} = E_{fotón\,inc.} - W_0 = h \,.\, \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$E_{c,máx} = 6,6.10^{-34} \,.\, \frac{3.10^8}{400.10^{-9}} - (2,07 \,.\, 1,6.10^{-19}) = 1,638.10^{-19}\ J$$

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \,.\, m \,.\, v_{máx}^2 \quad \Rightarrow \quad v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \,.\, E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \,.\, 1,638.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 6.10^5\ m/s$$

b) **(1 p)** Sabiendo que las longitudes de onda de la luz visible están comprendidas entre 380 nm y 775 nm. ¿En qué rango de longitudes de onda de la luz visible se producirá el efecto fotoeléctrico?

Para que se produzca efecto fotoeléctrico la energía del fotón incidente debe ser mayor que el trabajo de extracción del metal:

$$E_{fotón\,inc.} > W_0 \quad \Rightarrow \quad h \,.\, \frac{c}{\lambda} > W_0 \quad \Rightarrow \quad \lambda < \frac{h \,.\, c}{W_0} < \frac{6,6.10^{-34} \,.\, 3.10^8}{(2,07 \,.\, 1,6.10^{-19})} < 5,98.10^{-7}\ m < 598\ nm$$

Se produce efecto fotoeléctrico en el intervalo entre 380 nm y 598 nm.

JUNIO 2019

El tritio es un isótopo radiactivo del hidrógeno que emite partículas β con una vida media de 12,5 años.

a) **(0,75 p)** Calcular la constante de desintegración radiactiva.

La vida media es el inverso de la constante radiactiva:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{12,5} = 0,08 \;\; año^{-1}$$

b) **(0,75 p)** ¿Qué fracción de la muestra original quedará al cabo de 17,32 años?

Si aplicamos la ley de la desintegración radiactiva:

$$N = N_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \quad \Rightarrow \quad \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda\,.\,t} = e^{-0,08\,.\,17,32} = 0,25 \;\; (Queda\ el\ 25\ \%\ de\ la\ muestra\ original)$$

c) **(0,5 p)** Explica en qué consiste una desintegración α.

La emisión α consiste en la emisión por parte de un núcleo radiactivo de partículas formadas por dos protones y dos neutrones (núcleos de helio), que tienen dos cargas eléctricas positivas. La radiación α posee un escaso poder de penetración y es frenada por unos pocos centímetros de aire, sin embargo, debido a su gran masa, es muy ionizante, arrancando electrones a otros átomos.
Según las leyes de Soddy, cuando un núcleo X emite una partícula α, se convierte en otro núcleo, Y, con cuatro unidades menos de número másico y dos unidades menos de número atómico.

$${}^{A}_{Z}X \;\rightarrow\; {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}\alpha \qquad o \qquad {}^{A}_{Z}X \;\rightarrow\; {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

SEPTIEMBRE 2018

El trabajo de extracción de electrones para un determinado metal es de 4,34 eV (6,944.10^{-19} J).

a) **(1 p)** Calcula cuál es la longitud de onda máxima para producir el efecto fotoeléctrico en dicho metal.

El trabajo de extracción se corresponde con un fotón de energía mínima, capaz de extraer electrones, pero sin comunicarles energía cinética.

$$W_0 = h\,.\,f_0 = h\,.\,\frac{c}{\lambda_{máx}} \quad \Rightarrow \quad \lambda_{máx} = \frac{h\,.\,c}{W_0} = \frac{6,6.10^{-34}\,.\,3.10^{8}}{6,944.10^{-19}} = 2,85.10^{-7}\;\; m = 285\;\; nm$$

b) **(1 p)** Si se ilumina el metal con una luz de longitud de onda $\lambda_{max}/2$, ¿qué energía cinética máxima adquieren los electrones? (si no has obtenido el resultado anterior toma un valor razonable para realizar el cálculo).

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ incidente} = W_0 + \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} = E_{fotón\ incidente} - W_0$$

$$\left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} = \left(h\,.\,\frac{c}{\lambda}\right) - W_0 = \left(6,6.10^{-34}\,.\,\frac{3.10^{8}}{2,85.10^{-7}/_{2}}\right) - 6,944.10^{-19} = 6,95.10^{-19}\;\; J$$

SEPTIEMBRE 2018

El ${}^{60}Co$ es un isótopo radiactivo cuyo periodo de semidesintegración es de 5,25 años.

a) **(0,5 p)** Calcula su constante de desintegración.

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{ln\,2}{t_{1/2}} = \frac{ln\,2}{5,25} = 0,132\;\; año^{-1} = 4,19.10^{-9}\;\; s^{-1}$$

b) **(1 p)** ¿Qué masa de ^{60}Co tendremos al cabo de dos años si se tiene una masa inicial de 50 g?

$$m = m_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} = 50 \, . \, e^{-0{,}132 \, . \, 2} = 38{,}4 \ g$$

c) **(0,5 p)** Describe brevemente el proceso de desintegración en el que se emite una partícula α.

La emisión α consiste en la emisión núcleos de helio, es decir, átomos de helio que han perdido sus dos electrones y tienen dos cargas eléctricas positivas. La radiación α posee un escaso poder de penetración y es frenada por unos pocos centímetros de aire, sin embargo, debido a su gran masa, es muy ionizante, arrancando electrones a otros átomos.

Según las leyes de Soddy, cuando un núcleo X emite una partícula α, se convierte en otro núcleo, Y, con cuatro unidades menos de número másico y dos unidades menos de número atómico.

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}\alpha \qquad o \qquad {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

<u>JUNIO 2018</u>

En una muestra radiactiva, transcurridos 30 días su actividad es una cuarta parte de la que se tenía al principio.

a) **(1 p)** Determina el valor de la constante de desintegración y calcula el período de semidesintegración.

$$A = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \Rightarrow \frac{A_0}{4} = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \Rightarrow ln \left(\frac{1}{4}\right) = -\lambda \, . \, t$$

$$\lambda = -\frac{ln \left(\frac{1}{4}\right)}{t} = -\frac{-1{,}386}{30} = 4{,}62 . 10^{-2} \ día^{-1} = 5{,}35 . 10^{-7} \ s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln\, 2}{\lambda} = \frac{ln\, 2}{4{,}62 . 10^{-2}} = 15 \ días = 1{,}296 . 10^{6} \ s$$

b) **(0,5 p)** Si la actividad de la muestra en ese momento vale $6{,}4.10^{14}$ Bq, calcula cuántos átomos radiactivos había inicialmente.

$$A = \frac{A_0}{4} \Rightarrow A_0 = 4 \, . \, A = 4 \, . \, 6{,}4 . 10^{14} = 2{,}56 . 10^{15} \ Bq$$

$$A_0 = \lambda \, . \, N_0 \Rightarrow N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{2{,}56 . 10^{15}}{5{,}35 . 10^{-7}} = 4{,}78 . 10^{21} \ átomos$$

c) **(0,5 p)** Describe brevemente el proceso de desintegración en el que se emite una partícula β (beta).

La desintegración beta, emisión beta o decaimiento beta es un proceso mediante el cual un <u>nucleido</u> o núclido inestable emite una partícula beta (un electrón o positrón) para compensar la relación de neutrones y protones del núcleo atómico.
Cuando esta relación es inestable, algunos neutrones se convierten en protones. Como resultado de esta mutación, cada neutrón emite una partícula beta y un antineutrino electrónico o un neutrino electrónico.

$$n \rightarrow p^{+} + e^{-} + \overline{\nu}_e$$

Según las reglas de Sody cuando un núcleo emite radiación beta se convierte en otro núcleo con el mismo número másico pero cuyo número atómico es una unidad mayor:

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

JUNIO 2018

El trabajo de extracción del aluminio es de 4,2 eV ($6,72.10^{-19}$ J). Si se ilumina una superficie de este material con radiación de 15.10^{-9} m. Determina:

a) **(0,5 p)** La longitud de onda umbral para el aluminio.

El trabajo de extracción, W_0, se corresponde con la energía mínima necesaria para arrancar el electrón. Si la energía del fotón incidente es mayor que el trabajo de extracción, el electrón escapa del metal con una determinada energía cinética. Este trabajo de extracción se corresponde con una frecuencia mínima de la radiación (frecuencia umbral) o una longitud de onda máxima (longitud de onda umbral) necesaria para que se produzca el efecto fotoeléctrico.

$$W_0 = h\,.\,f_0 = h\,.\,\frac{c}{\lambda_o} \quad \Rightarrow \quad \lambda_0 = \frac{h\,.\,c}{W_0} = \frac{6,6.10^{-34}\,.\,3.10^{8}}{6,72.10^{-19}} = 2,95.10^{-7}\ m = 295\ nm$$

b) **(1 p)** La energía cinética máxima de los electrones emitidos.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ incidente} = W_0 + \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} = E_{fotón\ incidente} - W_0$$

$$\left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} = \left(h\,.\,\frac{c}{\lambda}\right) - W_0 = \left(6,6.10^{-34}\,.\,\frac{3.10^{8}}{15.10^{-9}}\right) - 6,72.10^{-19} = 1,253.10^{-17}\ J$$

c) **(0,5 p)** Enuncia la explicación cuántica postulada por Einstein.

Según Einstein el efecto fotoeléctrico puede explicarse de la siguiente forma:

- **La luz incidente está formada por un conjunto de partículas, denominadas fotones, sin masa y sin carga eléctrica, que transportan una energía $E = h\,.\,f$, conforme a la hipótesis de Planck.**
- **Toda la energía de un fotón se transmite a un electrón del metal, y cuando este salta de la superficie posee una energía cinética.**
- **Un electrón necesita una energía mínima para escapar de la superficie del metal. Esta energía mínima recibe el nombre de trabajo de extracción o función trabajo (W_e).**
- **Si la energía del fotón incidente es menor que el trabajo de extracción, no se produce efecto fotoeléctrico.**
- **Si la energía del fotón es igual al trabajo de extracción, estamos ante la frecuencia umbral, cumpliéndose: $W_e = h\,.\,f_0$. El trabajo de extracción, y la frecuencia umbral, son distintos para cada metal.**
- **Si la energía del fotón incidente es mayor que el trabajo de extracción, el electrón escapa del metal con una determinada velocidad, es decir, con una determinada energía cinética, cumpliéndose:**

$$E_{fotón\ incidente} = W_e + E_{c,máx}$$

- **Al aumentar la intensidad de la radiación aumenta el número de fotones que llega a la superficie, de modo que, si estos tienen energía suficiente, aumenta la intensidad de la corriente fotoeléctrica.**

SEPTIEMBRE 2017

El periodo de semidesintegración de un elemento radiactivo es de 5,3 años y se desintegra emitiendo una partícula β. Calcula:

a) **(1 p)** El tiempo que tarda la muestra en convertirse en el 80 % de la original.

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{ln\,2}{t_{1/2}} = \frac{ln\,2}{5,3} = 0,131\ año^{-1} = 4,15.10^{-9}\ s^{-1}$$

$$m = m_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \;\Rightarrow\; 0{,}8m_0 = m_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \;\Rightarrow\; t = -\frac{\ln 0{,}8}{\lambda} = -\frac{\ln 0{,}8}{0{,}131} = 1{,}84 \text{ años}$$

b) **(0,5 p)** La actividad radiactiva de una muestra de 10^{15} átomos transcurridos 2 años.

$$A_0 = N_0 \,.\, \lambda = 10^{15} \,.\, 4{,}15.10^{-9} = 4{,}15.10^{6} \; Bq$$

$$A = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} = 4{,}15.10^{6} \,.\, e^{-(0{,}131\,.\,2)} = 3{,}19.10^{6} \; Bq$$

c) **(0,5 p)** Describir brevemente el proceso de desintegración en el que se emite una partícula β.

La desintegración beta, emisión beta o decaimiento beta es un proceso mediante el cual un <u>nucleido</u> o núclido inestable emite una partícula beta (un electrón o positrón) para compensar la relación de neutrones y protones del núcleo atómico.
Cuando esta relación es inestable, algunos neutrones se convierten en protones. Como resultado de esta mutación, cada neutrón emite una partícula beta y un antineutrino electrónico o un neutrino electrónico.

$$n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$$

Según las reglas de Sody cuando un núcleo emite radiación beta se convierte en otro núcleo con el mismo número másico pero cuyo número atómico es una unidad mayor:

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

<u>**SEPTIEMBRE 2017**</u>

El trabajo de extracción de un metal es 3,2 eV (1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J). Sobre el incide radiación de longitud de onda λ = 340 nm (1 nm = 10^{-9} m). Calcula:

a) **(1 p)** La frecuencia umbral y la velocidad máxima con la que son emitidos los electrones.

$$W_0 = h \,.\, f_0 \;\Rightarrow\; f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{3{,}2 \,.\, 1{,}6.10^{-19}}{6{,}6.10^{-34}} = 7{,}76.10^{14} \; Hz$$

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\,inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{electrón\,emitido} \;\Rightarrow\; E_{c,máx} = E_{fotón\,inc.} - W_0 = h \,.\, \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$E_{c,máx} = 6{,}6.10^{-34} \,.\, \frac{3.10^{8}}{340.10^{-9}} - (3{,}2 \,.\, 1{,}6.10^{-19}) = 7{,}03.10^{-20} \; J$$

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \,.\, m \,.\, v_{máx}^2 \;\Rightarrow\; v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \,.\, E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \,.\, 7{,}03.10^{-20}}{9{,}1.10^{-31}}} = 3{,}93.10^{5} \; m/s$$

b) **(0,5 p)** Si la longitud de onda se reduce a la tercera parte, ¿cuál es, en su caso, la nueva velocidad máxima que adquieren los electrones?

$$E_{fotón\,inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{electrón\,emitido} \;\Rightarrow\; E'_{c,máx} = E'_{fotón\,inc.} - W_0 = h \,.\, \frac{c}{\lambda'} - W_0$$

$$E_{c,máx} = 6{,}6.10^{-34} \,.\, \frac{3.10^{8}}{113{,}33.10^{-9}} - (3{,}2 \,.\, 1{,}6.10^{-19}) = 1{,}23.10^{-18} \; J$$

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \,.\, m \,.\, v_{máx}^2 \;\Rightarrow\; v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \,.\, E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \,.\, 1{,}23.10^{-18}}{9{,}1.10^{-31}}} = 1{,}64.10^{6} \; m/s$$

c) **(0,5 p)** Describir el concepto de frecuencia umbral y su relación con la hipótesis cuántica de Planck.

En el efecto fotoeléctrico, para cada metal existe una frecuencia luminosa umbral, f_0, por debajo de la cual no se produce la emisión fotoeléctrica, sea cual sea la intensidad de la luz o radiación incidente.

Einstein propuso que en el efecto fotoeléctrico la radiación electromagnética en su interacción con los electrones de la materia se comporta en la forma propuesta por Planck para los osciladores atómicos en relación con la radiación del cuerpo negro, de tal manera que la energía no se absorbe de forma uniforme sino de forma cuantizada.

Para un cierto metal, su función trabajo es:

$$W_0 = h \, . \, f_0$$

En esta expresión, f_0 es la frecuencia umbral del metal. Cuando el metal es iluminado con luz de menor frecuencia, no surgen electrones del metal, con independencia de la intensidad de la luz incidente. A partir de esa frecuencia de iluminación, surgen electrones con velocidad al cuadrado proporcional a la diferencia entre la frecuencia de iluminación y la frecuencia umbral. Se trata de un fenómeno cuántico (relacionado con la hipótesis de Planck); es decir, los electrones en la materia, como si fueran osciladores cuánticos, no pueden acumular energía de forma continua, sólo discreta.

<u>JUNIO 2017</u>

La función trabajo de un cierto metal es $6{,}0.10^{-19}$ J, calcula:

a) **(0,5 p)** La frecuencia umbral.

$$W_0 = h \, . \, f_0 \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{6,0.10^{-19}}{6,6.10^{-34}} = 9,09.10^{14} \; Hz$$

b) **(0,75 p)** Si se ilumina el metal con una luz incidente de 320 nm (1 nm = 10^{-9} m) calcular la velocidad máxima de los electrones emitidos.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\,inc.} = W_0 + \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E_{C,máx} = E_{fotón\,inc.} - W_0 = h \, . \, \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$E_{C,máx} = 6,6.10^{-34} \, . \, \frac{3.10^8}{3,2.10^{-7}} - 6,0.10^{-19} = 1,875.10^{-20} \; J$$

$$E_{C,máx} = \frac{1}{2} \, . \, m_e \, . \, (v_{máx})^2 \quad \Rightarrow \quad v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \, . \, E_{C,máx}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \, . \, 1,875.10^{-20}}{9,1.10^{-31}}} = 2,03.10^5 \; m/s$$

c) **(0,75 p)** Si la longitud de onda de luz incidente se reduce a la mitad, ¿cuál será la velocidad máxima de los electrones emitidos?

$$E_{fotón\,inc.} = W_0 + \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E'_{C,máx} = E_{fotón\,inc.} - W_0 = h \, . \, \frac{c}{\lambda'} - W_0$$

$$E'_{C,máx} = 6,6.10^{-34} \, . \, \frac{3.10^8}{1,6.10^{-7}} - 6,0.10^{-19} = 6,375.10^{-19} \; J$$

$$E'_{C,máx} = \frac{1}{2} \, . \, m_e \, . \, (v'_{máx})^2 \quad \Rightarrow \quad v'_{máx} = \sqrt{\frac{2 \, . \, E'_{C,máx}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \, . \, 6,375.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 1,18.10^6 \; m/s$$

<u>JUNIO 2017</u>

Una muestra de una sustancia radiactiva presenta una actividad inicial de $6{,}2.10^7$ Bq y de $1{,}6.10^7$ Bq cuando han transcurrido 12 días.

DATOS: 1 Bq = 1 desintegración por segundo.

a) **(1 p)** Calcular la constante de desintegración y el periodo de semidesintegración de dicha sustancia.

$$A = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \Rightarrow 1,6.10^7 = 6,2.10^7 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \quad \Rightarrow \quad ln\left(\frac{1,6.10^7}{6,2.10^7}\right) = -\lambda \, . \, t \quad \Rightarrow \quad \lambda = -\frac{ln\left(\frac{1,6.10^7}{6,2.10^7}\right)}{t}$$

$$\lambda = -\frac{ln\left(\frac{1,6.10^{7}}{6,2.10^{7}}\right)}{12} = 0,113\ día^{-1} = 1,31.10^{-6}\ s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{1,31.10^{-6}} = 5,29.10^{5}\ s \cong 6,12\ días$$

b) **(1 p)** La actividad de una segunda muestra de la misma sustancia es de 2,8.10^8 Bq cuando han transcurrido 20 días. Hallar cuántos núcleos radiactivos había inicialmente en esta segunda muestra.

$$A = \lambda.\,N \quad \Rightarrow \quad N = \frac{A}{\lambda} = \frac{2,8.10^{8}}{1,31.10^{-6}} = 2,14.10^{14}\ núcleos$$

$$N = N_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} \quad \Rightarrow \quad N_0 = \frac{N}{e^{-\lambda\,.\,t}} = \frac{2,14.10^{14}}{e^{-(0,113\,.\,20)}} = 2,05.10^{15}\ núcleos$$

<u>SEPTIEMBRE 2016</u>

Luz ultravioleta de longitud de onda 170 nm incide sobre una superficie pulida de zinc cuya función de trabajo es de 4,31 eV.

DATOS: 1 eV = 1,6.10^-19 J. 1 nm = 10^-9 m.

a) **(1 p)** Hallar, en su caso, la velocidad máxima de los electrones emitidos.

Para que se produzca efecto fotoeléctrico debe cumplirse que: $E_{fotón\ incidente} > W_{ext}$

Si calculamos la energía del fotón incidente:

$$E_{fotón\ incidente} = h\,.\,f = h\,.\,\frac{c}{\lambda} = 6,63.10^{-34}\,.\,\frac{3.10^{8}}{1,7.10^{-7}} = 1,17.10^{-18}\ J = 7,3125\ eV$$

Como la energía del fotón incidente es mayor que la función trabajo (trabajo de extracción) sí se produce efecto fotoeléctrico.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + (E_C)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E_C = E_{fotón\ inc.} - W_0 = 7,3125 - 4,31 = 3,0025\ eV = 4,804.10^{-19}\ J$$

$$E_c = \frac{1}{2}\,.\,m_e\,.\,v_e^2 \quad \Rightarrow \quad v_e = \sqrt{\frac{2\,.\,E_c}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\,.\,4,804.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 1,027.10^{6}\ m/s$$

b) **(1 p)** Hallar la frecuencia umbral del zinc.

$$W_0 = h\,.\,f_0 \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{4,31\,.\,1,6.10^{-19}}{6,63.10^{-34}} = 1,04.10^{15}\ Hz$$

<u>SEPTIEMBRE 2016</u>

La actividad de una muestra de una sustancia queda dividida por 16 cuando han transcurrido 10 días.

DATO: 1 Bq = 1 desintegración por segundo

a) **(1 p)** Hallar la constante de desintegración y el período de semidesintegración de dicha sustancia.

$$A = A_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} \quad \Rightarrow \quad \frac{A_0}{16} = A_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} \quad \Rightarrow \quad ln\left(\frac{1}{16}\right) = -\lambda\,.\,t \quad \Rightarrow \quad \lambda = -\frac{ln\left(\frac{1}{16}\right)}{t}$$

$$\lambda = -\frac{-2,77}{10\,.\,24\,.\,3600} = 3,2.10^{-6}\ s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{3,2.10^{-6}} = 2,17.10^{5}\ s = 60,17\ horas \cong 2,5\ días$$

a) **(0,5 p)** Si cuando han transcurrido 2 días, la actividad de la sustancia es de 10^{16} Bq, ¿cuántos átomos radiactivos había inicialmente?

$$A = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \;\Rightarrow\; A_0 = \frac{A}{e^{-\lambda \, . \, t}} = \frac{10^{16}}{e^{-(3{,}2.10^{-6} \, . \, 2 \, . \, 24 \, . \, 3600)}} = 1{,}74.10^{16} \; Bq$$

$$A_0 = \lambda \, . \, N_0 \;\Rightarrow\; N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{1{,}74.10^{16}}{3{,}2.10^{-6}} = 5{,}43.10^{21} \; \text{átomos}$$

b) **(0,5 p)** Describir brevemente un proceso de desintegración en el que se emite una partícula α (alfa).

Los rayos α están formados por núcleos de helio, es decir, átomos de helio que han perdido sus dos electrones y tienen dos cargas eléctricas positivas. Tienen un escaso poder de penetración y son frenados por unos pocos centímetros de aire, sin embargo, debido a su gran masa, son muy ionizantes, arrancando electrones a otros átomos.
Cuando un núcleo X emite una partícula α, se convierte en otro, Y, con cuatro unidades menos de número másico y dos unidades menos de número atómico.

$$^{A}_{Z}X \;\rightarrow\; ^{A-4}_{Z-2}Y + \, ^{4}_{2}\alpha \qquad o \qquad ^{A}_{Z}X \;\rightarrow\; ^{A-4}_{Z-2}Y + \, ^{4}_{2}He$$

<u>JUNIO 2016</u>

La energía mínima para arrancar un electrón de una lámina de un cierto metal es de $1{,}0.10^{-18}$ J.

a) **(1 p)** Hallar la frecuencia umbral para este metal y la longitud de onda correspondiente a la misma.

La frecuencia umbral, f_0, se corresponde a la de un fotón con la misma energía que la función trabajo del metal:

$$W_{ext} = h \, . \, f_0 \;\Rightarrow\; f_0 = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{1{,}0.10^{-18}}{6{,}6.10^{-34}} = 1{,}52.10^{15} \; Hz$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3.10^{8}}{1{,}52.10^{15}} = 1{,}97.10^{-7} \; m = 197 \; nm$$

b) **(0,5 p)** Si se incide con una luz de longitud de onda 85 nm, en su caso, ¿qué energía cinética máxima tendrán los electrones extraídos?

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\, inc.} = W_0 + \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\; emitido} \;\Rightarrow\; E_{C,máx} = E_{fotón\, inc.} - W_0 = h \, . \, \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$E_{C,máx} = 6{,}6.10^{-34} \, . \, \frac{3.10^{8}}{85.10^{-9}} - 1{,}0.10^{-18} = 1{,}33.10^{-18} \; J$$

c) **(0,5 p)** Explicar brevemente el significado físico de la "función trabajo" de un metal.

La función de trabajo o trabajo de extracción es la energía mínima que debe proporcionarse a un electrón para liberarlo de la superficie de un metal determinado. En el efecto fotoeléctrico, la excitación electrónica es obtenida por absorción de un fotón. Si la energía del fotón es mayor que la función de trabajo de la sustancia, se produce la emisión fotoeléctrica y el electrón es liberado de la superficie. El exceso de energía del fotón se traduce en la liberación del electrón con energía cinética distinta de cero.

JUNIO 2016

La actividad de una muestra de una sustancia radiactiva queda dividida por 8 cuando han transcurrido 4000 días.

a) **(1 p)** Hallar la constante de desintegración y el período de semidesintegración de dicha sustancia.

$$A = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \;\Rightarrow\; \frac{A_0}{8} = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \;\Rightarrow\; ln\left(\frac{1}{8}\right) = -\lambda\,.\,t$$

$$\lambda = -\frac{ln\left(\frac{1}{8}\right)}{t} = -\frac{-2,079}{4000\,.\,24\,.\,3600} = 6,016.10^{-9}\ s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{6,016.10^{-9}} = 1,15.10^{8}\ s = 1333,5\ días$$

b) **(1 p)** Si el número inicial de átomos radiactivos en la muestra era de $1{,}0.10^{22}$ átomos, ¿cuál será la actividad de la muestra al cabo de 16000 días?

$$N = N_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \;\Rightarrow\; N = 10^{22}\,.\, e^{-6{,}016.10^{-9}\,.\,(16000\,.\,24\,.\,3600)} = 2,44.10^{18}\ núcleos$$

$$A = \lambda\,.\,N = 6,016.10^{-9}\,.\,2,44.10^{18} = 1,47.10^{10}\ Bq$$

SEPTIEMBRE 2015

Una onda electromagnética de longitud de onda 70 nm incide sobre la superficie de un metal cuya función de trabajo es de 7.31 eV.

DATOS: 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J. 1 nm = 10^{-9} m.

a) **(1 p)** Calcular si se van a emitir electrones del metal y, en su caso, hallar la velocidad máxima de los electrones emitidos.

Para que se produzca efecto fotoeléctrico debe cumplirse que:

$$E_{fotón\ incidente} > W_{ext}$$

Si calculamos la energía del fotón incidente:

$$E_{fotón\ incidente} = h\,.\,f = h\,.\,\frac{c}{\lambda} = 6,63.10^{-34}\,.\,\frac{3.10^{8}}{7.10^{-8}} = 2,84.10^{-18}\ J = 17,76\ eV$$

Como la energía del fotón incidente es mayor que la función trabajo (trabajo de extracción) sí se produce efecto fotoeléctrico.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + (E_C)_{e^-\ emitido} \;\Rightarrow\; E_C = E_{fotón\ inc.} - W_0 = 17,76 - 7,31 = 10,45\ eV = 1,672.10^{-18}\ J$$

$$E_c = \frac{1}{2}\,.\,m_e\,.\,v_e^2 \;\Rightarrow\; v_e = \sqrt{\frac{2\,.\,E_c}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\,.\,1,672.10^{-18}}{9,1.10^{-31}}} = 1,92.10^{6}\ m/s$$

b) **(1 p)** Si la longitud de onda de la onda que incide sobre el metal se multiplica por 2, ¿cuál es, en su caso, la velocidad máxima de los electrones emitidos?

Ahora la energía de los fotones incidentes es:

$$E'_{fotón\ incidente} = h\,.\,\frac{c}{\lambda'} = h\,.\,\frac{c}{2\,\lambda} = \frac{E_{fotón\ incidente}}{2} = \frac{17,76}{2} = 8,88\ eV$$

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + (E_C)_{electrón\ emitido} \;\Rightarrow\; E_C = E_{fotón\ inc.} - W_0 = 8,88 - 7,31 = 1,57\ eV = 2,512.10^{-19}\ J$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v_e^2 \quad \Rightarrow \quad v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,512.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 7,43.10^5 \ m/s$$

SEPTIEMBRE 2015

Una roca contiene dos tipos de átomos radiactivos, A y B, de período de semidesintegración $T_{1/2}$ (A) = 1 500 días y $T_{1/2}$ (B) = 4 500 días, respectivamente. Cuando la roca se formó, su contenido en A y en B era el mismo, con $N_0 = 10^{16}$ núcleos de cada tipo de átomo.

a) **(1 p)** Calcular la actividad de cada tipo de átomo en el momento de formación de la roca.

$$\lambda_A = \frac{\ln 2}{\left(T_{1/2}\right)_A} = \frac{\ln 2}{1500} = 4,62.10^{-4} \ día^{-1} = 5,35.10^{-9} \ s^{-1}$$

$$A_A = \lambda_A \cdot N_0 = 5,35.10^{-9} \cdot 10^{16} = 5,35.10^{7} \ Bq$$

$$\lambda_B = \frac{\ln 2}{\left(T_{1/2}\right)_B} = \frac{\ln 2}{4500} = 1,54.10^{-4} \ día^{-1} = 1,78.10^{-9} \ s^{-1}$$

$$A_B = \lambda_B \cdot N_0 = 1,78.10^{-9} \cdot 10^{16} = 1,79.10^{6} \ Bq$$

b) **(1 p)** ¿Cuál será el número de átomos de A y el número de átomos de B todavía existentes en la roca 9 000 días después de su formación?

$$N_A = N_0 \cdot e^{-\lambda_A \cdot t} \quad \Rightarrow \quad N_A = 10^{16} \cdot e^{-4,62.10^{-4} \cdot 9000} = 1,56.10^{14} \ núcleos$$

$$N_B = N_0 \cdot e^{-\lambda_B \cdot t} \quad \Rightarrow \quad N_B = 10^{16} \cdot e^{-1,54.10^{-4} \cdot 9000} = 2,5.10^{15} \ núcleos$$

JUNIO 2015

Sobre una superficie de un cierto metal M inciden simultáneamente dos radiaciones monocromáticas de longitudes de onda 200 nm y 100 nm, respectivamente. La función trabajo para este metal M es de 8,3 eV.

DATOS: 1 eV = 1.6 10^{-19} J; 1 nm = 10^{-9} m.

a) **(1 p)** Determinar la frecuencia umbral de efecto fotoeléctrico para dicho metal y razonar si habría emisión fotoeléctrica para las dos longitudes de onda indicada.

La frecuencia umbral correspondería a la de un fotón con la misma energía que la función trabajo del metal:

$$W_0 = h \cdot f_0 \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{8,3 \cdot 1,6.10^{-19}}{6,6.10^{-34}} = 2.10^{15} \ Hz$$

Para que se produzca efecto fotoeléctrico debe cumplirse que: $E_{fotón\ incidente} > W_{ext}$

Esto implica que la longitud de onda máxima de la radiación incidente que produce efecto fotoeléctrico en este metal es la que corresponde a un fotón con la frecuencia umbral:

$$\lambda_{máx} = \frac{c}{f_0} = \frac{3.10^8}{2.10^{15}} = 1,5.10^{-7} \ m = 150 \ nm$$

Por lo tanto, solamente la radiación de 100 nm producirá efecto fotoeléctrico en este metal.

b) **(1 p)** En su caso, calcular la velocidad máxima de los electrones emitidos.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + (E_C)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E_C = E_{fotón\ inc.} - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_0 = 6,6.10^{-34} \cdot \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$E_C = 6,6.10^{-34} \cdot \frac{3.10^8}{1.10^{-7}} - (8,3 \cdot 1,6.10^{-19}) = 6,52.10^{-19}\ J$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v_e^2 \quad \Rightarrow \quad v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,52.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 1,2.10^6\ m/s$$

<u>JUNIO 2015</u>

La actividad de una muestra que contiene un cierto elemento radiactivo R es de $8{,}0.10^{11}$ Bq. El período de semidesintegración del elemento R es de 1600 días.

DATO: 1 Bq = 1 desintegración por segundo

a) **(1 p)** Hallar el número de núcleos de R en la muestra

$$\lambda = \frac{ln\,2}{T_{1/2}} = \frac{ln\,2}{1600} = 4,33.10^{-4}\ día^{-1} = 5,01.10^{-9}\ s^{-1}$$

$$A_0 = \lambda \cdot N_0 \quad \Rightarrow \quad N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{8.10^{11}}{5,01.10^{-9}} = 1,6.10^{20}\ núcleos$$

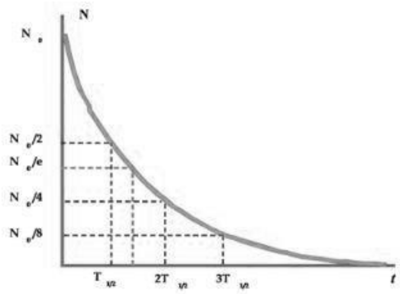
b) **(0,5 p)** Hallar el número de núcleos radiactivos que quedarán en la muestra al cabo de 6400 días.

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \Rightarrow \quad N_A = 1,6.10^{20} \cdot e^{-4,33.10^{-4} \cdot 6400} = 1.10^{19}\ \ núcleos$$

c) **(0,5 p)** Explica brevemente la relación entre el "período de semidesintegración de un elemento" y su "constante de desintegración".

En una muestra de material radiactivo compuesta inicialmente por N_0 núcleos, la cantidad de núcleos va disminuyendo con el tiempo debido a que parte de ellos se van desintegrando. En un instante posterior, la cantidad que queda sin desintegrar es N, demostrándose que en un intervalo Δt, se desintegran un número de núcleos ΔN, que es proporcional al número N de átomos existentes:

$$\Delta N = -\lambda \cdot N \cdot \Delta t$$



La constante de proporcionalidad, λ, se denomina constante de desintegración o constante radiactiva. Representa la probabilidad por unidad de tiempo de que se desintegre un núcleo. Tiene un valor característico para cada núcleo radiactivo. El signo (-) de la ecuación significa que el número de núcleos N disminuye con el tiempo.
Si tomamos un intervalo de tiempo infinitesimal e integramos, obtenemos que:

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

Expresión que permite calcular el número de núcleos radiactivos que quedan sin desintegrar en cada instante, que como observamos disminuye de manera exponencial con el tiempo.
El período de semidesintegración ($T_{1/2}$) es el tiempo que tarda una muestra radiactiva de N_0 núcleos en reducirse a la mitad:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda . T_{1/2}} \quad \Rightarrow \quad t_{1/2} = \frac{ln\ 2}{\lambda} \quad \Rightarrow Son\ inversamente\ proporcionales$$

SEPTIEMBRE 2014

La actividad de una muestra de una sustancia radiactiva queda dividida por 3 cuando han transcurrido 987 días.

DATO: 1 Bq = 1 desintegración por segundo

a) **(1 p)** Halla la constante de desintegración y el período de semidesintegración de dicha sustancia

$$A = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \;\; \Rightarrow \;\; \frac{A_0}{3} = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \;\; \Rightarrow \;\; ln\left(\frac{1}{3}\right) = -\lambda \, . \, t \;\; \Rightarrow \;\; \lambda = -\frac{ln\left(\frac{1}{3}\right)}{t}$$

$$\lambda = -\frac{-1,099}{987 \, . \, 24 \, . \, 3600} = 1,29.10^{-8} \; s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{1,29.10^{-8}} = 5,37.10^{7} \; s = 621,9 \; días$$

b) **(1 p)** Si cuando han transcurrido 500 días, la actividad de la sustancia es de 10^5 Bq, ¿cuántos átomos radiactivos había inicialmente?

$$A = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \;\; \Rightarrow \;\; A_0 = \frac{A}{e^{-\lambda \, . \, t}} = \frac{10^5}{e^{-(1,29.10^{-8} \, . \, 500 \, . \, 24 \, . \, 3600)}} = 1,75.10^{5} \; Bq$$

$$A_0 = \lambda \, . \, N_0 \;\; \Rightarrow \;\; N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{1,75.10^{5}}{1,29.10^{-8}} = 1,36.10^{13} \; átomos$$

SEPTIEMBRE 2014

La energía mínima necesaria para arrancar un electrón de una lámina de un cierto metal es de $9,59.10^{-19}$ J.

DATO: 1 nm = 10^{-9} m

a) **(1 p)** Hallar la frecuencia umbral para este metal y la longitud de onda correspondiente a la misma.

El trabajo de extracción, W_0, se corresponde con la energía mínima necesaria para arrancar el electrón, Si la energía del fotón es mayor que el trabajo de extracción, el electrón escapa del metal con una determinada energía cinética. Este trabajo de extracción se corresponde con una frecuencia mínima de la radiación (frecuencia umbral) o una longitud de onda máxima (longitud de onda umbral) necesaria para que se produzca el efecto fotoeléctrico.

$$W_0 = h \, . \, f_0 \;\; \Rightarrow \;\; f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{9,59.10^{-19}}{6,63.10^{-34}} = 1,45.10^{15} \; Hz$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3.10^{8}}{1,45.10^{15}} = 2,07.10^{-7} \; m$$

b) **(0,5 p)** Si se incide con luz de una longitud de onda de 100 nm, ¿qué energía cinética máxima tendrán los electrones extraídos?

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\,incidente} = W_0 + \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\,emitido} \;\; \Rightarrow \;\; \left(E_{C,máx}\right)_{electrón\,emitido} = E_{fotón\,incidente} - W_0$$

$$\left(E_{C,máx}\right)_{electrón\,emitido} = \left(h \, . \, \frac{c}{\lambda}\right) - W_0 = \left(6,63.10^{-34} \, . \, \frac{3.10^{8}}{100.10^{-9}}\right) - 9,59.10^{-19} = 1,03.10^{-18} \; J$$

c) **(0,5 p)** Explicar brevemente el significado de la "función trabajo" de un metal

La función de trabajo o trabajo de extracción es la energía mínima que debe proporcionarse a un electrón para liberarlo de la superficie de un metal determinado. En el efecto fotoeléctrico, la excitación electrónica es obtenida por absorción de un fotón. Si la energía del fotón es mayor que la

función de trabajo de la sustancia, se produce la emisión fotoeléctrica y el electrón es liberado de la superficie. El exceso de energía del fotón se traduce en la liberación del electrón con energía cinética distinta de cero.

JUNIO 2014

Una onda electromagnética de longitud de onda 70 nm incide sobre la superficie de un metal cuya función de trabajo es de 7.31 eV.

DATOS: 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J 1 nm = 10^{-9} m.

a) **(1 p)** Estimar si se van a emitir electrones del metal y, en su caso, hallar la velocidad máxima de los electrones emitidos.

Para que se produzca efecto fotoeléctrico debe cumplirse que: $E_{fotón\ incidente} > W_{ext}$

Si calculamos la energía del fotón incidente:

$$E_{fotón\ incidente} = h\ .\ f = h\ .\ \frac{c}{\lambda} = 6,63.10^{-34}\ .\ \frac{3.10^8}{7.10^{-8}} = 2,84.10^{-18}\ J = 17,76\ eV$$

Como la energía del fotón incidente es mayor que la función trabajo (trabajo de extracción) si se produce efecto fotoeléctrico.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + (E_C)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E_C = E_{fotón\ inc.} - W_0$$

$$E_C = 17,76 - 7,31 = 10,45\ eV = 1,672.10^{-18}\ J$$

$$E_c = \frac{1}{2}\ .\ m_e\ .\ v_e^2 \quad \Rightarrow \quad v_e = \sqrt{\frac{2\ .\ E_c}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\ .\ 1,672.10^{-18}}{9,1.10^{-31}}} = 1,92.10^6\ m/s$$

b) **(1 p)** Si la longitud de onda de la onda que incide sobre el metal se divide por 3, ¿cuál es, en su caso, la nueva velocidad máxima de los electrones emitidos?

Ahora la energía de los fotones incidentes es:

$$E'_{fotón\ incidente} = h\ .\ \frac{c}{\lambda'} = h\ .\ \frac{c}{\left(\lambda/3\right)} = 3\ .\ E_{fotón\ incidente} = 3\ .\ 17,76 = 53,28\ eV$$

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + (E'_C)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E'_C = E_{fotón\ inc.} - W_0$$

$$E'_C = 53,28 - 7,31 = 45,97\ eV = 7,35.10^{-18}\ J$$

$$E'_c = \frac{1}{2}\ .\ m_e\ .\ v'^2_e \quad \Rightarrow \quad v'_e = \sqrt{\frac{2\ .\ E_c}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\ .\ 7,35.10^{-18}}{9,1.10^{-31}}} = 4,02.10^6\ m/s$$

JUNIO 2014

Una roca contiene dos tipos de átomos radioactivos, A y B, de período de semidesintegración $\left(T_{1/2}\right)_A = 3010\ años$ y $\left(T_{1/2}\right)_B = 6100\ años$, respectivamente. Cuando la roca se formó, su contenido en A y en B era el mismo, con $N_0 = 10^{16}$ núcleos de cada tipo de átomo.

a) **(1 p)** Calcular la actividad de cada tipo de átomo en el momento de formación de la roca.

$$\lambda_A = \frac{ln\,2}{\left(T_{1/2}\right)_A} = \frac{ln\,2}{3010} = 2,3.10^{-4}\ año^{-1} = 7,3.10^{-12}\ s^{-1}$$

$$A_A = \lambda_A\ .\ N_0 = 7,3.10^{-12}\ .\ 10^{16} = 73000\ Bq$$

$$\lambda_B = \frac{ln\,2}{\left(T_{1/2}\right)_B} = \frac{ln\,2}{6100} = 1,14.10^{-4}\ año^{-1} = 3,6.10^{-12}\ s^{-1}$$

$$A_B = \lambda_B\,.\,N_0 = 3,6.10^{-12}\,.\,10^{16} = 36000\ Bq$$

b) **(1 p)** ¿Cuál será el número de átomos de A y el número de átomos de B todavía existentes en la roca 12 000 años después de su formación?

$$N_A = N_0\,.\,e^{-\lambda_A\,.\,t} \Rightarrow N_A = 10^{16}\,.\,e^{-2,3.10^{-4}\,.\,12000} = 6,3.10^{14}\ núcleos$$

$$N_B = N_0\,.\,e^{-\lambda_B\,.\,t} \Rightarrow N_B = 10^{16}\,.\,e^{-1,14.10^{-4}\,.\,12000} = 2,55.10^{15}\ núcleos$$

SEPTIEMBRE 2013

Un fotón incide sobre un metal cuyo trabajo de extracción es 2.0 eV. La energía cinética máxima de los electrones emitidos por ese metal es 0.47 eV.

DATO: 1 eV= 1,602 10^{-19} J

a) **(1 p)** Calcular la energía del fotón incidente y la frecuencia umbral de efecto fotoeléctrico del metal.

$$E_{fotón\ inc.} = W_{ext} + E_C = 2 + 0,47 = 2,47\ eV = 3,96.10^{-19}\ J$$

$$W_{ext} = h\,.\,f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{2\,.\,1,6.10^{-19}}{6,63.10^{-34}} = 4,83.10^{14}\ Hz$$

b) **(1 p)** Calcular cuál sería la velocidad máxima de los electrones emitidos si la longitud de onda del fotón incidente fuera 16 veces menor que la longitud de onda del fotón anterior.

La frecuencia del fotón incidente será ahora 16 veces mayor que la del primer fotón, y por lo tanto será también 16 veces mayor su energía.
Aplicando la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_{ext} + E_C \Rightarrow E_C = E_{fotón\ inc.} - W_{ext} = (16\,.\,2,47) - 2 = 37,52\ eV$$

$$E_C = \frac{1}{2}\,.\,m\,.\,v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\,.\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2\,.\,37,52\,.\,1,16.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 3,09.10^6\ m/s$$

SEPTIEMBRE 2013

La actividad de una muestra de una sustancia radiactiva es inicialmente de 2.718 10^{14} Bq y de 1.000 10^{14} Bq cuando han transcurrido 2000 días.

DATOS: 1 Bq = 1 desintegración por segundo

a) **(1 p)** Hallar la constante de desintegración y el período de semidesintegración de dicha sustancia.

$$A = A_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} \Rightarrow 1.10^{14} = 2,718.10^{14}\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} \Rightarrow ln\ 0,368 = -\lambda.\,t$$

$$\lambda = -\frac{ln\ 0,368}{t} = -\frac{ln\ 0,368}{(2000\,.\,24\,.\,3600)} = 5,785.10^{-9}\ s$$

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{5,785.10^{-9}} = 1,2.10^8\ s = 3,8\ años$$

b) **(1 p)** Si cuando han transcurrido 1000 días, la actividad de una segunda muestra de la misma sustancia radiactiva es de 2.0 10^{14} Bq, hallar cuántos átomos radiactivos había inicialmente en esta segunda muestra.

$$A = \lambda.\,N \Rightarrow N = \frac{A}{\lambda} = \frac{2.10^{14}}{5,785.10^{-9}} = 3,46.10^{22}\ núcleos$$

$$N = N_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \quad \Rightarrow \quad N_0 = \frac{N}{e^{-\lambda \, . \, t}} = \frac{3,46.10^{22}}{e^{-(5,785.10^{-9} \, . \, 1000 \, . \, 24 \, . \, 3600)}} = 5,7.10^{22} \; núcleos$$

JUNIO 2013

La actividad de una muestra de una sustancia radiactiva queda dividida por 15 cuando han transcurrido 50 días.

DATOS: 1 Bq = 1 desintegración por segundo.

a) **(1 p)** Hallar la constante de desintegración y el período de semidesintegración de dicha sustancia.

$$A = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \quad \Rightarrow \quad \frac{A_0}{15} = A_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \quad \Rightarrow \quad ln \left(\frac{1}{15}\right) = -\lambda \, . \, t$$

$$\lambda = -\frac{ln\left(\frac{1}{15}\right)}{t} = -\frac{ln\left(\frac{1}{15}\right)}{(50 \; . \; 24 \; . \; 3600)} = 6,27.10^{-7} \; s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{6,27.10^{-7}} = 1,1.10^{6} \; s = 12,73 \; días$$

b) **(0,5 p)** Si cuando han transcurrido 2 días, la actividad de la sustancia es de 10^{12} Bq, ¿cuántos átomos radiactivos había inicialmente?

$$A = \lambda \, . \, N \quad \Rightarrow \quad N = \frac{A}{\lambda} = \frac{10^{12}}{6,27.10^{-7}} = 1,59.10^{18} \; núcleos$$

$$N = N_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} \quad \Rightarrow \quad N_0 = \frac{N}{e^{-\lambda \, . \, t}} = \frac{1,59.10^{18}}{e^{-(6,27.10^{-7} \, . \, 2 \, . \, 24 \, . \, 3600)}} = 1,77.10^{18} \; núcleos$$

c) **(0,5 p)** Describir brevemente un proceso de desintegración en el que se emite una partícula β (beta).

La desintegración beta, emisión beta o decaimiento beta es un proceso mediante el cual un nucleido o núclido inestable emite una partícula beta (un electrón o positrón) para compensar la relación de neutrones y protones del núcleo atómico.
Cuando esta relación es inestable, algunos neutrones se convierten en protones. Como resultado de esta mutación, cada neutrón emite una partícula beta y un antineutrino electrónico o un neutrino electrónico.

$$n \rightarrow p^{+} + e^{-} + \bar{\nu}_e$$

Según las reglas de Sody cuando un núcleo emite radiación beta se convierte en otro núcleo con el mismo número másico pero cuyo número atómico es una unidad menor:

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}^{\;\;A}Y + {}_{-1}^{\;\,0}\beta$$

JUNIO 2013

Se emite un electrón cuando luz ultravioleta de longitud de onda 170 nm incide sobre una superficie pulida de zinc cuya función de trabajo es 4.31 eV.

DATOS: 1 eV = 1.6 10^{-19} J; 1 nm = 10^{-9} m.

a) **(1 p)** Hallar la velocidad del electrón emitido.

Aplicando la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\,inc.} = W_{ext} + E_C \quad \Rightarrow \quad E_C = E_{fotón\,inc.} - W_{ext} = h \, . \frac{c}{\lambda} - W_{ext}$$

$$E_{fotón\,inc.} = 6,6.10^{-34} \, . \frac{3.10^{8}}{170.10^{-9}} - (4,31 \; . \; 1,6.10^{-19}) = 4,75.10^{-19} \; J$$

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,75.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 1,02.10^6 \ m/s$$

b) **(1 p)** Si la longitud de onda de la luz que incide sobre el zinc se divide por 4, ¿por cuánto se multiplica la velocidad del electrón emitido?

$$E'_{fotón\ inc.} = W_{ext} + E'_C \ \Rightarrow \ E'_C = E'_{fotón\ inc.} - W_{ext} = h \cdot \frac{c}{\lambda'} - W_{ext}$$

$$E'_{fotón\ inc.} = 6,6.10^{-34} \cdot \frac{3.10^8}{\left(170.10^{-9}/_4\right)} - (4,31 \cdot 1,6.10^{-19}) = 3,97.10^{-18} \ J$$

$$E'_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v')^2 \quad \Rightarrow \quad v' = \sqrt{\frac{2 \cdot E'_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,97.10^{-18}}{9,1.10^{-31}}} = 2,95.10^6 \ m/s$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{2,95.10^6}{1,02.10^6} = 2,89$$

SEPTIEMBRE 2012

La energía mínima necesaria para arrancar un electrón de una lámina de plata (función trabajo) es de $7{,}52.10^{-19}$ J.

DATOS: 1 nm = 10^{-9} m.

a) **(1 p)** Hallar la frecuencia umbral para la plata y la longitud de onda correspondiente a la misma.

Un electrón necesita una energía mínima para escapar de la superficie del metal. Esta energía mínima recibe el nombre de trabajo de extracción o función trabajo (W_e).
Si la energía del fotón es igual al trabajo de extracción, estamos ante la frecuencia umbral, cumpliéndose:

$$W_e = h \cdot f_0 \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{7,52.10^{-19}}{6,6.10^{-34}} = 1,14.10^{15} \ Hz; \quad \lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3.10^8}{1,14.10^{15}} = 2,63.10^{-7} \ m$$

b) **(0,5 p)** Si se incide con una luz de longitud de onda 100 nm, ¿qué energía cinética tendrán los electrones extraídos?

Aplicando la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_{ext} + E_C \ \Rightarrow \ E_C = E_{fotón\ inc.} - W_{ext} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_{ext}$$

$$E_C = 6,6.10^{-34} \cdot \frac{3.10^8}{10^{-7}} - 7,52.10^{-19} = 1,228.10^{-18} \ J$$

c) **(0,5 p)** Explique brevemente las energías que intervienen en la explicación del efecto fotoeléctrico.

- **La luz incidente está formada por un conjunto de partículas, denominadas fotones, sin masa y sin carga eléctrica, que transportan una energía $E = h \cdot f$, conforme a la hipótesis de Planck.**
- **Toda la energía de un fotón se transmite a un electrón del metal, y cuando este salta de la superficie posee una energía cinética.**
- **Un electrón necesita una energía mínima para escapar de la superficie del metal. Esta energía mínima recibe el nombre de trabajo de extracción o función trabajo (W_e).**
- **Si la energía del fotón incidente es menor que el trabajo de extracción, no se produce efecto fotoeléctrico.**
- **Si la energía del fotón es igual al trabajo de extracción, estamos ante la frecuencia umbral, cumpliéndose: $W_e = h \cdot f_0$. El trabajo de extracción, y la frecuencia umbral, son distintos para cada metal.**

- **Si la energía del fotón incidente es mayor que el trabajo de extracción, el electrón escapa del metal con una determinada velocidad, es decir, con una determinada energía cinética, cumpliéndose:**

$$E_{fotón\ incidente} = W_e + E_c \quad \Rightarrow \quad h\,.\,f = \ h\,.\,f_0 + \frac{1}{2}\,.\,m_{e^-}\,.\,v^2$$

SEPTIEMBRE 2012

La actividad de una muestra que contiene radio 226, ^{226}Ra, es de 9.10^{14} Bq. El período de semidesintegración del ^{226}Ra es de 1602 años.

DATOS: 1 Bq = 1 desintegración por segundo.

a) **(1 p)** Hallar el número de núcleos de ^{226}Ra en la muestra.

Se llama actividad o velocidad de desintegración (A) de una sustancia radiactiva al número de desintegraciones que se producen en la unidad de tiempo:

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda\,.\,N_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} = \lambda\,.\,N$$

Donde λ es la constante de desintegración o constante radiactiva, que representa la probabilidad por unidad de tiempo de que se desintegre un núcleo.
El período de semidesintegración ($t_{1/2}$) es el tiempo que tarda una muestra radiactiva de N_0 núcleos en reducirse a la mitad:

$$\frac{N_0}{2} = N_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t_{1/2}} \quad \Rightarrow \quad t_{1/2} = \frac{ln\ 2}{\lambda}$$

Por lo tanto:

$$A_0 = \lambda\,.\,N_0 = \frac{ln\ 2}{t_{1/2}}\,.\,N_0 \quad \Rightarrow \quad N_0 = \frac{A\,.\,t_{1/2}}{ln\ 2} = \frac{9.10^{14}\,.\,(1602\,.\,365\,.\,24\,.\,3600)}{ln\ 2} = 6,56.10^{25}\ átomos$$

b) **(1 p)** Hallar el número de núcleos radiactivos que quedarán en la muestra al cabo de 3500 años.

$$N = N_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} = N_0\,.\,e^{-\left(\frac{ln\ 2}{t_{1/2}}\right)\,.\,t} = 6,56.10^{25}\,.\,e^{-\left(\frac{ln\ 2}{1602}\right)\,.\,3500} = 1,44.10^{25}\ átomos$$

JUNIO 2012

Se emite un electrón cuando luz ultravioleta de longitud de onda 170 nm incide sobre una superficie pulida de zinc cuya función de trabajo es 4,31 eV.

DATOS: 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J; 1nm = 10^{-9} m.

a) **(1 p)** Hallar la velocidad del electrón emitido.

Aplicando la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_{ext} + E_C \quad \Rightarrow \quad E_C = E_{fotón\ inc.} - W_{ext} = h\,.\frac{c}{\lambda} - W_{ext}$$

$$E_{fotón\ inc.} = 6,6.10^{-34}\,.\frac{3.10^8}{170.10^{-9}} - (4,31\,.\,1,6.10^{-19}) = 4,75.10^{-19}\ J$$

$$E_C = \frac{1}{2}\,.\,m\,.\,v^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\,.\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2\,.\,4,75.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 1,02.10^6\ m/s$$

b) **(0,5 p)** Hallar la distancia recorrida por el electrón si es sometido a un campo eléctrico de 10^4 V.m^{-1} que lo va frenando.

Por el principio de conservación de la energía el trabajo realizado por el campo sobre los electrones emitidos (este trabajo es negativo ya que la fuerza es de sentido contrario al desplazamiento del

electrón), supone una variación en su energía cinética, recorriendo una distancia d hasta que son frenados totalmente:

$$W = \Delta E_C \;\Rightarrow\; -F\,.\,d = 0 - E_{C,inicial} \;\Rightarrow\; E\,.\,q\,.\,d = E_{C,inicial}$$

$$d = \frac{E_{C,inicial}}{E\,.\,q} = \frac{4,75.10^{-19}}{10^4\,.\;1,6.10^{-19}} = 2,97.10^{-4}\;m$$

c) **(0,5 p)** Describir el concepto de frecuencia umbral y su relación con la hipótesis de Planck.

En el efecto fotoeléctrico, para cada metal existe una frecuencia luminosa umbral, f_0, por debajo de la cual no se produce la emisión fotoeléctrica, sea cual sea la intensidad de la luz o radiación incidente. Einstein propuso que en el efecto fotoeléctrico la radiación electromagnética en su interacción con los electrones de la materia se comporta en la forma propuesta por Planck para los osciladores atómicos en relación con la radiación del cuerpo negro, de tal manera que la energía no se absorbe de forma uniforme sino de forma cuantizada.
Para un cierto metal, su función trabajo es $\phi = h\,.\,f_0$, donde f_0 es su frecuencia umbral. Cuando el metal es iluminado con luz de menor frecuencia, no surgen electrones del metal, con independencia de la intensidad de la luz incidente. A partir de esa frecuencia de iluminación, surgen electrones con velocidad al cuadrado proporcional a la diferencia entre la frecuencia de iluminación y la umbral. Se trata de un fenómeno cuántico (relacionado con la hipótesis de Planck); es decir, los electrones en la materia, como si fueran osciladores cuánticos, no pueden acumular energía de forma continua, sólo discreta.

JUNIO 2012

Una roca contiene dos tipos de átomos radiactivos A (Radio 226) y B (Carbono 14) de período de semidesintegración $t_{1/2}$ (A) = 1602 años y $t_{1/2}$ (B) = 5760 años, respectivamente. Cuando la roca se formó, su contenido en A y en B era prácticamente el mismo, $N_0 = 10^{15}$ núcleos de cada tipo de átomo.

a) **(1 p)** ¿Qué tipo de átomo tenía una actividad mayor en el momento de su formación?

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} \;\Rightarrow\; \lambda = \frac{ln\,2}{t_{1/2}}$$

$$A_0(A) = \lambda_A \cdot N_0 = \frac{ln\,2}{\left(t_{1/2}\right)_A}\;.\,N_0 = \frac{ln\,2}{(1602\,.365\,.24\,.3600)}\;.10^{15} = 1,37.10^4\;Bq$$

$$A_0(B) = \lambda_B \cdot N_0 = \frac{ln\,2}{\left(t_{1/2}\right)_B}\;.\,N_0 = \frac{ln\,2}{(5760\,.365\,.24\,.3600)}\;.10^{15} = 3,81.10^3\;Bq$$

Al formarse la roca tenía una mayor actividad el elemento A.

b) **(1 p)** ¿Cuál será la razón entre el número de átomos A y B todavía existentes en la roca 3000 años después de su formación?

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{N_0\,.\,e^{-\lambda_A\,.\,t}}{N_0\,.\,e^{-\lambda_B\,.\,t}} = e^{(\lambda_B - \lambda_A)\,.\,t} = e^{\left(\frac{ln\,2}{(t_{1/2})_B} - \frac{ln\,2}{(t_{1/2})_A}\right).\,t} = e^{(-3,12.10^{-4})\,.\,3000} = 0,39$$

SEPTIEMBRE 2011

Una muestra contiene 10^{20} átomos de una sustancia cuyo periodo de semidesintegración es de 10 años.

a) **(1 p)** Hallar su actividad al cabo de 20 años.

A partir del período de semidesintegración, obtenemos la constante radiactiva y la actividad inicial de la muestra:

$$t_{1/2} = \frac{ln\ 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{ln\ 2}{t_{1/2}} = \frac{ln\ 2}{10} = 0,0693 \quad año^{-1} = 2,2.10^{-9} \ s^{-1}$$

$$A_0 = \lambda . N_0 = 2,2.10^{-9} . 10^{20} = 2,2.10^{11} \ Bq$$

$$A = A_o . e^{-\lambda . T} = 2,2.10^{11} . \ e^{-(0,0693 . 20)} = 5,5.10^{10} \ Bq$$

b) **(1 p)** Hallar el número de átomos que se han desintegrado a lo largo de esos 20 años.

El número de átomos que quedan después de 20 años es:

$$N = N_o . e^{-\lambda . T} = 10^{20} . \ e^{-(0,0693 . 20)} = 2,5.10^{19} \ átomos$$

Por lo que el número de átomos desintegrados en 20 años es:

$$N' = 10^{20} - 2,5.10^{19} = 7,5.10^{19} \ átomos\ desintegrados$$

SEPTIEMBRE 2011

Se ilumina una lámina de platino con luz cuya frecuencia es el doble de la frecuencia umbral para producir efecto fotoeléctrico.

DATOS: la energía mínima necesaria para arrancar un electrón del platino es 1,016 10^{-18} J.

a) **(1 p)** Hallar la energía cinética máxima y la velocidad máxima de los electrones emitidos.

La energía mínima para arrancar un electrón de un metal por efecto fotoeléctrico recibe el nombre de trabajo de extracción. Este trabajo de extracción se puede relacionar con una frecuencia mínima de los fotones incidentes, conocida como frecuencia umbral (f_0):

$$W_{ext} = h . f_0$$

Como los fotones incidentes tienen una frecuencia doble de la frecuencia umbral su energía es el doble del trabajo de extracción:

$$E_{fotón\ incidente} = 2 . W_{ext}$$

Si aplicamos la ecuación de Einstein para el efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ incidente} = W_{ext} + E_C \Rightarrow E_C = E_{fotón\ incidente} - W_{ext} = 2 . W_{ext} - W_{ext} = W_{ext} = 1,016.10^{-18} \ J$$

b) **(0,5 p)** Calcular la longitud de onda asociada a un electrón emitido con la máxima velocidad.

Calculamos la máxima velocidad de los electrones emitidos:

$$E_C = \frac{1}{2} . m . v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 . E_C}{m}} = \sqrt{\frac{2 . 1,016.10^{-18}}{9,1.10^{-31}}} = 1,49.10^6 \ m/s$$

Para calcular la longitud de onda asociada, aplicamos la ecuación de De Broglie:

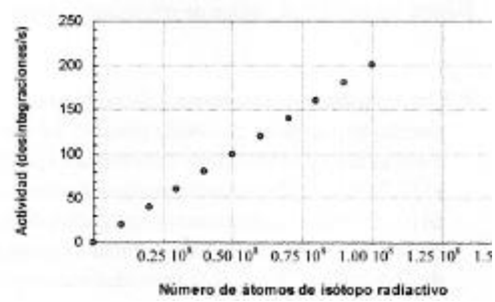
$$\lambda = \frac{h}{m . v} = \frac{6,6.10^{-34}}{9,1.10^{-31} . 1,49.10^6} = 4,87.10^{-10} \ m$$

c) **(0,5 p)** Si inciden sobre la lámina 10 fotones por segundo, ¿cuántos electrones por segundo se liberan como máximo?

De acuerdo con la interpretación de Einstein del efecto del electrón, toda la energía de un fotón incidente con energía suficiente es transferida a u único electrón, por lo que se liberarían 10 electrones por segundo.

<u>JUNIO 2011</u>

La siguiente gráfica recoge las medidas de la actividad de una muestra en función del número de átomos de un isótopo radiactivo presente en la misma.



a) **(1 p)** Hallar el periodo de semidesintegración del isótopo radiactivo.

Se llama actividad o velocidad de desintegración (A) de una sustancia radiactiva al número de desintegraciones que se producen en la unidad de tiempo:

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda \, . \, N_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} = \lambda \, . \, N$$

Donde λ es la constante radiactiva o constante de desintegración. El valor de esta constante la podemos obtener a partir de la pendiente de la gráfica:

$$\lambda = \frac{\Delta A}{\Delta N} = \frac{200}{1.10^8} = 2.10^{-6} \; s^{-1}$$

El período de semidesintegración ($t_{1/2}$) es el tiempo que tarda una muestra radiactiva de N_0 núcleos en reducirse a la mitad:

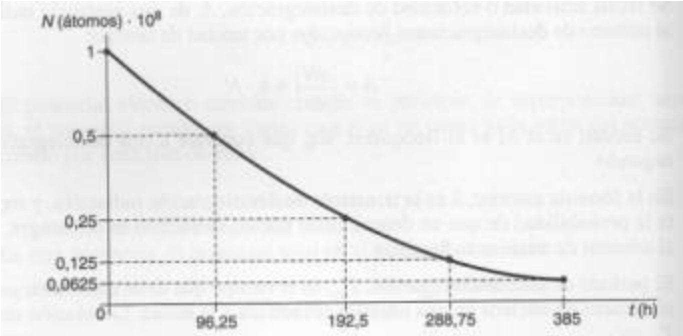
$$\frac{N_0}{2} = N_0 \, . \, e^{-\lambda . t_{1/2}} \quad \Rightarrow \quad t_{1/2} = \frac{ln\ 2}{\lambda} = \frac{ln\ 2}{2.10^{-6}} = 3{,}47.10^5 \; s \cong 96{,}25 \; h$$

b) **(1 p)** Representar en una gráfica cómo varía con el tiempo el número de átomos de isótopo radiactivo en la muestra.

NOTA: explicar el procedimiento seguido para realizar la gráfica.

Para realizar la gráfica tendremos en cuenta el concepto de período de vida media. Cada vez que transcurre un período de tiempo igual al período de semidesintegración (96,25 h), el número de átomos de la muestra radiactiva. Si partimos de N_0 átomos, después de un período de semidesintegración quedarán $N_0/2$ átomos, después de dos períodos de semidesintegración quedarán $N_0/4$; y así sucesivamente.

Por lo tanto, partiendo, según la gráfica, de un número de átomos inicial de 1.10^8, tenemos:



SEPTIEMBRE 2010

Resuelve:

DATOS: m_{Ra} = 226,0960 u; m_{Rn} = 222,0869 u; m_{He} = 4,00387 u; 1 u = 1,66.10^{-27} kg; c = 3.10^{8} m/s

a) **(1 p)** Explicar por qué tipo de emisión radiactiva el radio $^{266}_{88}\boldsymbol{Ra}$ se transforma en radón $^{222}_{86}\boldsymbol{Rn}$

Se trata de una emisión alfa: $^{266}_{88}\boldsymbol{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\boldsymbol{Rn} + {}^{4}_{2}\boldsymbol{He}$

b) **(1 p)** Calcular la energía desprendida en el proceso.

Calculamos el defecto de masa de la reacción:

$$\Delta m = m_{Ra} - m_{Rn} - m_{He} = (226,0960 - 222,0869 - 4,00387) \,.\, 1,66.10^{-27} = 8,68.10^{-30} \ kg$$

Si aplicamos la ecuación de Einstein:

$$E = \Delta m \,.\, c^2 = 8,68.10^{-30} \,.\, (3.10^8)^2 = 7,812.10^{-13} \ J$$

Se desprenden 7,812.10^{-13} J por cada átomo de radio transformado.

SEPTIEMBRE 2010

Un material cuya frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico es 1.5 10^{15} Hz, se ilumina con luz de longitud de onda de 150 nm.

DATOS: constante de Planck: h = 6.6 10^{-34} J s; velocidad de la luz: c = 3 10^{8} m s^{-1}; 1 nm = 10^{-9} m

a) **(1 p)** Hallar el número de fotones que inciden por segundo sobre el material si se ilumina con un haz de 1 mW de potencia.

La energía de un fotón incidente, de acuerdo con la ecuación de Planck es:

$$E = h \,.\, f = h \,.\, \frac{c}{\lambda} = 6,6.10^{-34} \,.\, \frac{3.10^8}{150.10^{-9}} = 1,32.10^{-18} \ J$$

La potencia es energía por unidad de tiempo. En este caso la energía es la de N fotones que forman el haz:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{N \,.\, E_{fotón}}{t} \Rightarrow \frac{N}{t} = \frac{P}{E_{fotón}} = \frac{10^{-3} \ W}{1,32.10^{-18} \ J} = 7,58.10^{14} \ fotones/s$$

b) **(1 p)** Hallar la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

Calculamos en primer lugar el trabajo de extracción del metal:

$$W_{extracción} = h \,.\, f_0 = 6,6.10^{-34} \,.\, 10^{15} = 6,6.10^{-19} \ J$$

De acuerdo a la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_C = E_{fotón\,incidente} - W_{extracción} = 1,32.10^{-18} - 6,6.10^{-19} = 6,6.10^{-19} \ J$$

JUNIO 2010

Un material, cuya frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico es 10^{15} Hz, se analiza con un instrumento que dispone de una lámpara que emite luz de longitud de onda 100 nm.

DATOS: Constante de Planck, h = 6,6.10^{-34} J. s; Velocidad de la luz, c = 3.10^{8} m/s; 1 nm = 10^{-9} m

a) **(0,5 p)** Halla la energía de los correspondientes fotones

Aplicando la ecuación de Planck:

$$E = h \,.\, f = h \,.\, \frac{c}{\lambda} = 6,6.10^{-34} \,.\, \frac{3.10^8}{10^{-7}} = 1,98.10^{-18} \ J$$

b) **(0,5 p)** ¿Cuántos electrones puede arrancar del material un fotón de la lámpara?

Un único electrón. Según la interpretación de Einstein del efecto fotoeléctrico, toda la energía de un fotón se transmite a un solo electrón del metal, y cuando éste salta de la superficie metálica, tiene energía cinética igual a la diferencia entra la energía del fotón incidente y el trabajo de extracción del metal.

c) **(1 p)** Halla la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

Aplicando la ecuación de Einstein:

$$h\,.\,f = h\,.\,f_0 + E_c \;\Rightarrow\; E_c = h\,.\,(f - f_0) = h\,.\,\left(\frac{c}{\lambda} - f_0\right) = 6{,}6.10^{-34}\,.\left(\frac{3.10^8}{10^{-7}} - 10^{15}\right) = 1{,}32.10^{-18}\ J$$

<u>JUNIO 2010</u>

Un residuo de una unidad de medicina nuclear contiene 8.10^18 átomos de una sustancia radiactiva cuyo período de semidesintegración es de 20 años.

a) **(1 p)** Halla la actividad inicial de la misma

$$\lambda = \frac{ln\ 2}{T_{1/2}} = \frac{0{,}693}{20\,.\,365\,.\,24\,.\,3600} = 1{,}1.10^{-9}\ s^{-1} \quad \Rightarrow \quad A_0 = \lambda.\,N_0 = 1{,}1.10^{-9}\,.\,8.10^{18} = 8{,}8.10^9\ Bq$$

b) **(0,5 p)** Halla la actividad al cabo de 60 años

$$A = A_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} = A_0\,.\,e^{-\left(\frac{ln\ 2}{T_{1/2}}\right).\,t} = 8{,}8.10^9\,.\,e^{-\left(\frac{ln\ 2}{20}\right).60} = 1{,}1.10^9\ Bq$$

c) **(0,5 p)** Halla el número de átomos que se han desintegrado al cabo de 60 años.

$$N = N_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t} = 8.10^{18}\,.\,e^{-\left(\frac{ln\ 2}{20}\right).60} = 1.10^{18}\ \text{átomos quedan} \Rightarrow \quad 7.10^{18}\ \text{átomos desintegrados}$$

<u>SEPTIEMBRE 2009</u>

Se ilumina una lámina de platino con luz cuya frecuencia es el doble de la frecuencia umbral para producir efecto fotoeléctrico.

DATOS: La energía mínima necesaria para arrancar un electrón del platino es 6.35 eV; Constante de Planck *h* = 6.6 10^{-34} J.s,; 1 eV = 1.6 10^{-19} J; masa del electrón m_e = 9.1 10^{-31} kg.

a) **(1 p)** Hallar la energía cinética máxima y la velocidad máxima de los electrones emitidos.

Calculamos en primer lugar la frecuencia umbral del platino:

$$W_{ext} = h\,.\,f_0 \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{6{,}35\ eV\,.\,1{,}6.10^{-19}\ J/eV}{6{,}6.10^{-34}\ J.s} = 1{,}54.10^{15}\ Hz$$

Si aplicamos la ecuación de Einstein para el efecto fotoeléctrico:

$$h\,.\,f = W_{ext} + E_c \Rightarrow E_c = h\,.\,f - W_{ext}$$

$$E_c = 6{,}6.10^{-34}\,.(2\,.\,1{,}54.10^{15}) - (6{,}35\,.\,1{,}6.10^{-19}) = 1{,}017.10^{-18}\ J$$

$$E_c = \frac{1}{2}\,.\,m\,.\,v^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\,.\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2\,.\,1{,}017.10^{-18}}{9{,}1.10^{-31}}} = 1{,}5.10^6\ m/s$$

b) **(0,5 p)** Si se envía sobre la lámina un único fotón de esa frecuencia, ¿cuántos electrones se liberan como máximo?

De acuerdo a la interpretación de Einstein, cada fotón con energía suficiente libera un único electrón, siendo la diferencia de energía entre la del fotón incidente y la función trabajo del metal, la energía cinética que adquiere el electrón.

c) **(0,5 p)** Repetir el apartado anterior si se multiplica por 10 la longitud de onda del fotón incidente.

No influiría, mientras el fotón tenga energía suficiente, la energía se transfiere a un único electrón. Para comprobar si el fotón tiene energía suficiente, vamos a calcular cuál sería su frecuencia:

$$\lambda_{inicial} = \frac{c}{f} = \frac{3.10^8}{2\ .\ 1,54.10^{15}} = 9,74.10^{-8}\ m \quad \Rightarrow \quad f' = \frac{c}{\lambda'} = \frac{3.10^8}{10\ .\ 9,74.10^{-8}} = 3,08.10^{14}\ Hz < f_0$$

Como la frecuencia del fotón es menor que la frecuencia umbral no se produce efecto fotoeléctrico, por lo que no se libera ningún electrón.

SEPTIEMBRE 2009

Definir las siguientes magnitudes características de la desintegración radiactiva:

a) **(1 p)** Velocidad de desintegración (actividad).

Se llama actividad o velocidad de desintegración (A) de una sustancia radiactiva al número de desintegraciones que se producen en la unidad de tiempo:

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda .\ N_0\ .\ e^{-\lambda .\ t} = \lambda\ .\ N$$

En el Sistema Internacional de Unidades la actividad se mide en becquerel (Bq); 1 Bq es una desintegración por segundo. La actividad de una muestra radiactiva también disminuye de manera exponencial con el tiempo:

$$A = A_0\ .\ e^{-\lambda .\ t}$$

b) **(1 p)** Periodo de semidesintegración.

El período de semidesintegración ($t_{1/2}$) es el tiempo que tarda una muestra radiactiva de N_0 núcleos en reducirse a la mitad:

$$\frac{N_0}{2} = N_0\ .\ e^{-\lambda .\ t_{1/2}} \quad \Rightarrow \quad t_{1/2} = \frac{ln\ 2}{\lambda}$$

Donde λ es la constante de desintegración o constante radiactiva de la muestra.

JUNIO 2009

En una pieza extraída de una central nuclear existen 10^{20} núcleos de un material radiactivo cuyo período de semidesintegración es de 29 años.

a) **(1 p)** Halla el número de núcleos que se desintegran a lo largo del primer año.

$$N = N_0\ .\ e^{-\lambda .\ t} = 10^{20}\ .\ e^{-\left(\frac{ln\ 2}{29}\right).\ 1} = 9,76.10^{19}\ \text{átomos quedan} \Rightarrow \quad 2,4.10^{18}\ \text{átomos desintegrados}$$

b) **(1 p)** Si la pieza se considera segura cuando su actividad es menor de 600 desintegraciones por segundo, halla cuántos años han de transcurrir para que se alcance dicha actividad.

$$\lambda = \frac{ln\ 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{29\ .\ 365\ .\ 24\ .\ 3600} = 7,58.10^{-10}\ s^{-1}$$

$$A_0 = \lambda .\ N_0 = 7,58.10^{-10}\ .\ 1.10^{20} = 7,58.10^{10}\ Bq$$

$$A = A_0\ .\ e^{-\lambda .\ t} = A_0\ .\ e^{-\left(\frac{ln\ 2}{T_{1/2}}\right).\ t} \Rightarrow \ 600 = 7,58.10^{10}\ .\ e^{-\left(\frac{ln\ 2}{29}\right).\ t} \quad \Rightarrow \quad t = 780,5\ \text{años}$$

JUNIO 2009

a) **(1 p)** Halla la longitud de onda asociada a un electrón cuya velocidad es v = 10^6 m/s.

DATOS: masa del electrón: m_e = $9{,}1.10^{-31}$ kg; constante de Planck: h = $6{,}6.10^{-34}$ J.s

Aplicando la ecuación de De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{m_e \,.\, v_e} = \frac{6,63.10^{-34}}{9,1.10^{-31} \,.\, 10^6} = 7,28.10^{-10} \; m$$

b) **(1 p)** Halla la longitud de onda asociada a una partícula de 2 g de masa cuya energía cinética es 10^{16} veces la del electrón.

$$E'_C = 10^{16} \,.\, E_{C,e} \Rightarrow \frac{1}{2} \,.\, m \,.\, (v')^2 = \frac{10^{16}}{2} \,.\, m_e \,.\, (v_e)^2$$

$$v' = v_e \,.\, \sqrt{\frac{m_e}{m}} = 10^6 \,.\, \sqrt{\frac{10^{16} \,.\, 9,1.10^{-31}}{2.10^{-3}}} = 2,13 \; m/s$$

$$\lambda' = \frac{h}{m \,.\, v'} = \frac{6,63.10^{-34}}{2.10^{-3} \,.\, 2,13} = 1,56.10^{-31} \; m$$