(Oviedo. 2024-2025/ Junio. 7)

En un laboratorio de materiales nucleares se investigan las propiedades de una sustancia radiactiva mediante un detector de radiación Geiger-Müller, cuya medida de la actividad inicial del radioisótopo arroja un valor de 12,96 kBq. Un día después se vuelve a medir la actividad del radioisótopo y se obtiene un nuevo valor de 9,63 kBq.

a) Determina el período de semidesintegración del isótopo radiactivo de la sustancia.
b) Si la masa inicial del radioisótopo es de 24 g, calcula la masa de la sustancia que habría al día siguiente en el laboratorio.
c) ¿Cuál sería la vida media de un núcleo de este isótopo radiactivo?

Solución:

a)

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

$$\lambda = \frac{1}{t\,.\ln e} \ln\frac{A_0}{A} = \frac{1}{1\,\text{día}\,.1} \ln\frac{12,96}{9,63} = 0,2970\,\frac{1}{\text{dia}}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{0,2970}\,\text{dias} = 2,33\ \text{días} = 2,02\ 10^5\,\text{s}$$

b)

$$m = m_0\ e^{-\lambda t} = 24\ \text{g}\ e^{-(0,2070\,.\,1)} = 17,83\ \text{g}$$

c)

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,2970\ \text{días}^{-1}} = 3,367\ \text{días} = 2,91\,10^5\,\text{s}$$

(Oviedo. 2024-2025/ Junio. 8)

Si la energía total relativista de un protón es el triple de su energía en estado de reposo, determina:

a) ¿Cuál es el valor de la energía en reposo del protón?
b) ¿Qué velocidad lleva el protón?
c) ¿Qué energía cinética tiene el protón

DATOS: m_p= 1.7×10^{-27} kg; c = 3.0×108 m·s-1

Solución:

a) $$E_0 = m\,c^2 = 1,7\ 10^{-27}\text{kg}\,.\left(3 10^8\right)^2\left(\frac{m}{s}\right)^2 = 1,53\ 10^{-10}\,\text{J}$$

b)

$$E_{Tot} = \gamma\ m\ c^2;\ \gamma = \frac{E_{Tot}}{m\ c^2} = \frac{3\ E_0}{m\ c^2} = \frac{3\ \cancel{m\,c^2}}{\cancel{m\,c^2}} = 3$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}};\ \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{\gamma};\ 1-\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{\gamma^2};\ \frac{v^2}{c^2} = 1-\frac{1}{\gamma^2};\ v = c\ \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}}$$

$$v = c\ \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}} = 3\ 10^8\,\frac{m}{s}\sqrt{1-\frac{1}{3^2}} = 2,83\ 10^8\,\frac{m}{s} = 0,943\ c$$

c)

$$E_{Tot} = E_0 + E_{cin};\ E_{cin} = E_{Tot} - E_0 = 3E_0 - E_0 = 2\ E_0 = 2\,.1,53\ 10^{-10}\,\text{J} = 3,06\ 10^{-10}\,\text{J}$$

(Oviedo. 2024-2025/ Julio. 7)

La función de trabajo para el potasio es de 2,3 eV.

a) Determina la frecuencia mínima umbral con la que se debe emitir la luz que irradia una lámina de potasio para producir el efecto fotoeléctrico.
b) Calcula el potencial de frenado de los electrones emitidos cuando se irradia la lámina de potasio con radiación de longitud de onda de 395 nm. ¿Cuál será la velocidad máxima de los electrones?
DATOS: q_e= 1,6 10^{-19} C; c = 3 10^{8} m/s; h = 6,63 10^{-34} J. s

Solución:

a)
$$(Ec)_{Max} = E - W_{ext} = h\,f - W_{ext}$$

$$0 = h\,f_0 - W_{ext};\ f_0 = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{2{,}3\,\cancel{eV}\,\dfrac{1{,}6\;10^{-19}\,\cancel{J}}{1\,\cancel{eV}}}{6{,}63\;10^{-34}\,\cancel{J}\,s} = 5{,}55.10^{14}\,s^{-1}$$

b)
$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\;10^{8}\,\dfrac{\cancel{m}}{s}}{395\;10^{-9}\,\cancel{m}} = 7{,}59\;10^{14}\;s^{-1}$$

$$(Ec)_{Max} = E - W_{ext} = h\,f - W_{ext} = 6{,}63\;10^{-34}\;J\,\cancel{s}\;.\;7{,}59\;10^{14}\,\cancel{s^{-1}} - 2{,}3\,\cancel{eV}\,\frac{1{,}6\;10^{-19}\,J}{1\,\cancel{eV}} = 1{,}35\,.10^{-19}\,J$$

$$Ep = q\,V_F = Ec_{max};\ V_F = \frac{Ec_{max}}{q} = \frac{1{,}35\;10^{-19}\,J}{1{,}6 10^{-19}\,C} = 0{,}84V$$

(Oviedo. 2024-2025/ Julio. 8)

Un protón se acelera en un acelerador lineal de partículas con una energía cinética de 120 eV. Calcula:

a) La longitud de onda asociada al protón.
b) La longitud de onda que tendría un fotón con la misma energía que el protón.
c) La longitud de onda de De Broglie asociada a un diminuto grano de arena de 0.35 μg de masa y que se mueve con la misma velocidad que la del protón.
DATOS: q_p= 1,6 10^{-19} C; c = 3 10^{8} m/s; h = 6,63 10^{-34} J. s

Solución:

a) La velocidad del protón será:

$$E_{cin} = \frac{1}{2}m_p v^2;\ v = \sqrt{\frac{2\,E_{cin}}{m_p}} = \sqrt{\frac{2\,.\,1{,}92\;\;10^{-17}\,J}{1{,}67\,.10^{-27}\,kg}} = 1{,}52\;10^{5}\,\frac{m}{s}$$

La longitud de onda de De Broglie:

$$\lambda\,m\,v = h;\ \lambda = \frac{h}{m\,v} = \frac{6{,}63\;10^{-34}\,J\,s}{1{,}67\,.10^{-27}\,kg\;\;1{,}52\;10^{5}\,\dfrac{m}{s}} = 2{,}61.\,10^{-12}\,m$$

b)
$$E = h\,f = h\,\frac{c}{\lambda};\ \lambda = h\,\frac{c}{E} = 6{,}64\;10^{-34}\,J\,s\;\;\frac{3\;10^{8}\,\dfrac{\cancel{m}}{s}}{1{,}92\;10^{-17}\,\cancel{m}} = 1{,}04\;10^{-8}\,m$$

c)
$$\lambda = \frac{h}{m\,v} = \frac{6{,}63\;10^{-34}\,J\,s}{0{,}35\,.10^{-9}\,kg\;\;1{,}52\;10^{5}\,\dfrac{m}{s}} = 1{,}25.\,10^{-29}\,m$$

(Oviedo. 2023-2024/ Junio. 9)

El trabajo de extracción para el cobre es de 4,7 eV.

a) Calcula la frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico de este metal.
b) Determina el potencial de frenado de los electrones emitidos por el metal cuando se irradia una muestra de cobre con una radiación de 190 nm de longitud de onda.
DATOS: q_e= 1,6 10^{-19} C; c = 3 10^{8} m/s; h = 6,63 10^{-34} J. s

Solución:

a) Como el trabajo de extracción se define como la energía mínima para liberar a un electrón, la energía cinética máxima de los electrones liberados podría calcularse:

$(Ec)_{Max} = E - W_{ext} = h\,f - W_{ext}$ La frecuencia umbral, será aquella para la que Ec = 0. Por tanto:

$$0 = h\,f_0 - W_{ext};\ f_0 = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{4{,}7\,\cancel{eV}\,\frac{1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{J}}{1\,\cancel{eV}}}{6{,}63\,10^{-34}\,\cancel{J}\,s} = 1{,}13.10^{15}\,s^{-1}$$

b) Si la frecuencia con la que se irradia es superior a la umbral habrá emisión electrónica. La frecuencia correspondiente a la radiación de 190 nm, será:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\,10^{8}\,\frac{\cancel{m}}{s}}{190\,10^{-9}\,\cancel{m}} = 1{,}58\,10^{15}\ s^{-1}$$ Como la frecuencia está por encima de la umbral se emitirán electrones con una energía cinética máxima:

$$(Ec)_{Max} = E - W_{ext} = h\,f - W_{ext} = 6{,}63\,10^{-34}\ J\,\cancel{s}\ .\ 1{,}58\,10^{15}\,\cancel{s^{-1}} - 4{,}7\,\cancel{eV}\,\frac{1{,}6\,10^{-19}\,J}{1\,\cancel{eV}} = 2{,}96\,.10^{-19}\,J$$

Si se aplica un potencial contrario, se pueden detener todos los electrones (potencial de frenado) si se cumple:

$$Ep = q\,V_F = Ec_{max};\ V_F = \frac{Ec_{max}}{q} = \frac{2{,}96\,10^{-19}\,J}{1{,}6\,10^{-19}\,C} = 1{,}85\,V$$

(Oviedo. 2023-2024/ Junio. 10)

Un electrón relativista adquiere una energía cinética equivalente a la energía de un fotón con una longitud de onda en el vacío de 6×10^{-12} m. Calcula:

a) La energía cinética del electrón, en eV.
b) La velocidad del electrón.
DATOS: q_e= 1,6 10^{-19} C; m_e= 9,11 10^{-31} kg; c = 3 10^{8} m/s; h = 6,63 10^{-34} J. s

Solución:

a)
$$E = h\,f = h\,\frac{c}{\lambda} = 6{,}63\,10^{-34}\,J\,s\ \ \frac{3\,10^{8}\,\frac{\cancel{m}}{s}}{6\,10^{-12}\,\cancel{m}} = 3{,}32\,10^{-14}\,J$$

$$3{,}32\,10^{-14}\,\cancel{J}\,\frac{1\,eV}{1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{J}} = 2{,}07\,10^{5}\,eV$$

b) La energía total de una partícula de masa m viene dada por: $E = \gamma\,m\,c^2 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\,m\,c^2$

…y está relacionada con la energía cinética por la siguiente expresión: $E_{cin} = E - E_0$, donde E_0 es la energía de la partícula considerada en reposo. Combinando ambas obtenemos:

$$E_{cin} = \gamma\, m\, c^2 - mc^2 = mc^2(\gamma - 1);\quad \gamma = \frac{E_{cin}}{mc^2} + 1$$

$$\gamma = \frac{E_{cin}}{mc^2} + 1 = \frac{3{,}32\ 10^{-14}\ \cancel{J}}{9{,}11\ 10^{-31}\ \cancel{kg}\ \left(3\ 10^8\right)^2\ \cancel{\frac{m^2}{s^2}}} + 1 = 1{,}405$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}};\ \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{\gamma};\ v = c\ \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}} = 3\ 10^8\ \frac{m}{s}\ \sqrt{1-\frac{1}{1{,}405^{\ 2}}} = 2{,}11 . 10^8\ \frac{m}{s}$$

NOTA: Siguiendo el razonamiento que se puede encontrar en los apuntes (Física 2º Bachillerato. Teoría de la Relatividad Especial, pag 11), no se hace uso del concepto “masa relativista” y “masa en reposo”, conceptos que el propio Einstein desaconsejaba usar. ***La masa es un invariante***.

(Oviedo. 2022-2023/ Junio. 9)

El tenista australiano S. Groth ostenta el récord histórico, conseguido en 2012, al impulsar una pelota de tenis durante el saque con una velocidad de 263 km/h. Si la masa de la pelota es de 58 g, determine:

a) La longitud de onda de De Broglie asociada a la pelota durante dicho saque.
b) Uno de los primeros sincrotrones, que aceleraba protones, fue el Bevatrón construido en el Laboratorio Nacional Brookhaven (Nueva York), que comenzó a operar en 1952, alcanzando una energía relativista de 3 GeV. ¿Cuál es la velocidad máxima que alcanzan dichos protones acelerados en el Bevatrón?

DATO: $|q_e|$= 1,6 10^{-19} C; m_p= 1,6 10^{-27} kg; h= 6,63 10^{-34} J.s.

Solución:

a) $$\lambda\, m\, v = h;\ \lambda = \frac{h}{m\, v} = \frac{6{,}63 10^{-34}\ J\ s}{5{,}8 . 10^{-2} kg\ \ 73{,}1\frac{m}{s}} = 1{,}56\ 10^{-34} m$$

b) $$3\ 10^9\ \cancel{eV}\ \frac{1{,}6\ 10^{-19}\ J}{1\ \cancel{eV}} = 4{,}8\ 10^{-10}\ J$$

$$\left.\begin{array}{l} E = \gamma\, m\, c^2 \\ E = Ec + m\, c^2 \end{array}\right\}\gamma\, m\, c^2 = Ec + m\, c^2;\ \gamma = \frac{Ec}{m\, c^2} + 1$$

$$\gamma = \frac{Ec}{m\, c^2} + 1 = \frac{4{,}8 . 10^{-10}\ \cancel{kg}\ \cancel{\frac{m^2}{s^2}}}{1{,}67\ 10^{-27}\ \cancel{kg}\ \left(3\ 10^8\right)^2\ \cancel{\frac{m^2}{s^2}}} + 1 = 4{,}2$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}};\ \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{\gamma};\ v = c\ \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}} = 3\ 10^8\ \frac{m}{s}\sqrt{1-\frac{1}{4{,}2^2}} = 2{,}9 . 10^8\ \frac{m}{s} = 0{,}97\ c$$

(Ver nota ejercicio anterior)

(Oviedo. 2022-2023/ Junio. 10)

La longitud de onda umbral para el efecto fotoeléctrico de un metal es 565 nm.

a) Calcule el trabajo de extracción de los electrones del metal y la energía cinética máxima de los electrones emitidos cuando dicho metal se ilumina con radiación de 340 nm de longitud de onda.

Si se irradia otro metal distinto con la misma radiación del apartado anterior, se observa que el potencial de frenado de los electrones emitidos es de 1,36 V.

b) Calcule el trabajo de extracción para este nuevo metal.

DATOS: h= 6,63 10 $^{-34}$ J.s; $|q_e|$= 1,6 10^{-19} C;

Solución:

a)
$$\left.\begin{aligned} W_{ext} &= h\,\nu_0 \\ \nu_0 &= \frac{c}{\lambda_0} \end{aligned}\right\} W_{ext} = h\,\frac{c}{\lambda_0} = 6{,}63\,10^{-34}\,J\,s\,\frac{3\,10^8\,\frac{m}{s}}{565\,10^{-9}\,m} = 3{,}52\,10^{-19}\,J\,;\ 3{,}52\,10^{-19}\,\cancel{J}\,\frac{1\ \ eV}{1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{J}} = 2{,}2\ eV$$

$$Ec = E_T - W_{ext} = h\,(\nu - \nu_0) = h\,c\,(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}) = 6{,}63\,10^{-34}\,J\,\cancel{s}\ \ 3\,10^8\,\frac{\cancel{m}}{\cancel{s}}\left(\frac{1}{340\,10^{-19}} - \frac{1}{565\,10^{-19}}\right)\frac{1}{\cancel{m}} = 2{,}32\,10^{-19}\,J$$

$$2{,}32\,10^{-19}\,\cancel{J}\,\frac{1\,eV}{1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{J}} = 1{,}5\ eV$$

b)
$$V_F\ q = h\upsilon - W_{ext}\ ;\ W_{ext} = h\upsilon - V_F\ q = h\,\frac{c}{\lambda} - V_F\ q = 6{,}67\,10^{-34}\,J\,s\,\frac{3\,10^8\,\frac{m}{s}}{340\,10^{-9}\,m} - 1{,}36\,\frac{J}{\cancel{C}}\,1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{C} = 3{,}71\ \ 10^{-19}\,J$$

$$3{,}71\ \ 10^{-19}\,J\,\frac{1\,eV}{1{,}6\ \ 10^{-19}\,\cancel{J}} = 2{,}3\ eV$$

(Oviedo. 2022-2023/ Julio. 9)

Se determina experimentalmente el trabajo de extracción de cierto material obteniendo un valor de 2,1 eV. Indica cuál de las siguientes radiaciones producirá efecto fotoeléctrico si se irradia una lámina de dicho material con:

a) Luz infrarroja de longitud de onda 780 nm, o luz ultravioleta de 280 nm.
b) Calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos en el caso anterior.
c) Obtener el potencial de frenado requerido para detener los fotoelectrones emitidos

DATOS: h= 6,63 10 $^{-34}$ J.s; $|q_e|$= 1,6 10^{-19} C

Solución:

a) Para poder contestar a la pregunta planteada debemos de calcular la longitud de onda umbral:

$$W_{ext} = h\,\frac{c}{\lambda_0};\ \lambda_0 = h\,\frac{c}{W_{ext}} = 6{,}63\,10^{-34}\,\cancel{J}\,\cancel{s}\ \frac{3\,10^8\,\frac{m}{\cancel{s}}}{2{,}1\,\cancel{eV}\,\frac{1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{J}}{1\cancel{eV}}} = 5{,}92\,10^{-7}\,m = 592\ nm$$

Considerando el resultado, cuando se ilumine el material con luz cuya ***longitud de onda esté por debajo del valor umbral, habrá emisión de electrones,*** y cuando la longitud de onda esté por encima de ese valor, no habrá emisión. Por tanto:

Para 780 nm, no habrá emisión. ***Para 280 nm se producirá emisión de fotoelectrones.***

b)
$$(Ec)_{Max} = E_T - W_{ext} == h\,\upsilon - W_{ext} = h\,\frac{c}{\lambda} - W_{ext} = 6{,}63\,10^{-34}\,J\,\cancel{s}\ \frac{3\,10^8\,\frac{\cancel{m}}{\cancel{s}}}{2{,}80\,10^{-7}\,\cancel{m}} - 2{,}1\,\cancel{eV}\,\frac{1{,}6\,10^{-19}\,J}{1\,\cancel{eV}} = 3{,}74\,10^{-19}\,J$$

$$3{,}74 10^{-19}\,\cancel{J}\,\frac{1\,eV}{1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{J}} = 2{,}3\ eV$$

c) El potencial de frenado será aquel que suministre una energía (Ep=V.q) igual a la energía cinética máxima de los electrones:

$$V_F\ q = (Ec)_{Max}\,;V_F\ = \frac{(Ec)_{Max}}{q} = \frac{3{,}74\,10^{-19}\,J}{1{,}6\ \ 10^{-19}\,C} = 2{,}3\ V$$

(Oviedo. 2022-2023/ Julio. 10)

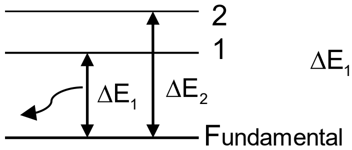
La energía de la luz emitida por un láser, correspondiente a la radiación de la transición electrónica entre los niveles del primer estado excitado y el nivel fundamental de una especie atómica, es de 2,17 eV. Sin embargo, el proceso de absorción en dicha sustancia se debe a la transición entre el nivel fundamental y el segundo estado excitado, cuya energía es de 2,85 eV. Calcule:

a) La longitud de onda de la radiación emitida.
b) La longitud de onda y la frecuencia del fotón necesario para la transición electrónica del proceso de absorción.

DATOS: h= 6,63 10^{-34} J.s; $|q_e|$= 1,6 10^{-19} C;

Solución:

a)



$$\Delta E_1 = h\,\upsilon = h\,\frac{c}{\lambda};\ \lambda = \frac{h\,c}{\Delta E_1} = \frac{6{,}63\,10^{-34}\,\cancel{J}\,\cancel{s}\,3\,10^{8}\,\frac{m}{\cancel{s}}}{2{,}17\ \cancel{eV}\,\frac{1{,}60\,10^{-19}\,\cancel{J}}{1\,\cancel{eV}}} = 5{,}73\,10^{-7}\,m = 573\ nm$$

b)

$$\Delta E_2 = h\,\upsilon;\ \upsilon = \frac{\Delta E_2}{h} = \frac{2{,}85\ \cancel{eV}\,\frac{1{,}60\,10^{-19}\,\cancel{J}}{1\,\cancel{eV}}}{6{,}63\,10^{-34}\,\cancel{J}\,s} = 6{,}88\,10^{14}\,s^{-1}\ ;\ \lambda = \frac{c}{\upsilon} = \frac{3\,10^{8}\,\frac{m}{\cancel{s}}}{6{,}88\,10^{14}\,\cancel{s^{-1}}} = 4{,}36\,10^{-7}\,m = 436\ nm$$

(Oviedo. 2021-2022/ Junio. 5A)

En un microscopio electrónico de barrido se aceleran haces colimados de electrones mediante un campo eléctrico para producir imágenes de alta resolución de la superficie de materiales. Determina:

a) La longitud de onda asociada a un electrón que se acelera mediante una diferencia de potencial de 30 kV.

b) Justifica la certeza o falsedad de la siguiente afirmación: “La longitud de onda asociada a un protón acelerado con la misma diferencia de potencial será mayor que en el caso de un electrón”

DATOS: $|q_e|$= 1,6 10^{-19} C; m_e= 9,1 10^{-31} kg; m_p= 1,6 10^{-27} kg; h= 6,63 10^{-34} J.s.

Solución:

a)

$$\left.\begin{array}{l} E_{cin} = \frac{1}{2} m v^2 \\ E_{cin} = E_{pot} = qV \end{array}\right\} \frac{1}{2} m v^2 = qV;\ v = \sqrt{\frac{2\,q\,V}{m}}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2\,e\,V}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\,.\,1{,}6\ 10^{-19}\,C\,3\,10^{4}\,V}{9{,}11.10^{-31}\,kg}} = 1{,}03\,10^{8}\,\frac{m}{s} = 3{,}8\,10^{8}\,\frac{km}{h}$$

$$\lambda\,m\,v = h;\ \lambda_e = \frac{h}{m_e\,v_e} = \frac{6{,}63\,10^{-34}\,J\,s}{9{,}11.10^{-31}\,kg\,1{,}03\,10^{8}\,\frac{m}{s}} = 7{,}07\,10^{-12}\,m$$

b)

$$\left.\begin{array}{l} \lambda_e m_e v_e = h \\ \lambda_p m_p v_p = h \end{array}\right\} \lambda_e m_e v_e = \lambda_p m_p v_p;\ \frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{m_p v_p}{m_e v_e}$$

Como:

$$m_p \approx 1800\,m_e$$

$$\left.\begin{array}{l} v_e = \sqrt{\frac{2\,q\,V}{m_e}} \\ v_p = \sqrt{\frac{2\,q\,V}{m_p}} \end{array}\right\} \frac{v_e}{v_p} = \sqrt{\frac{m_p}{m_e}} \approx \sqrt{\frac{1800\,\cancel{m_e}}{\cancel{m_e}}} \approx 42\,;\ v_e \approx 42\,v_p$$

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{m_p v_p}{m_e v_e} \approx \frac{1800\,\cancel{m_e}\,\cancel{v_p}}{\cancel{m_e}\,42\,\cancel{v_p}} \approx 43\,;\ \boxed{\lambda_e \approx 43\lambda_p}\ \ \boxed{\lambda_e > \lambda_p}$$

Afirmación falsa, tal y como se ha demostrado, la longitud de onda del electrón es mayor que la del protón.

(Oviedo. 2021-2022/ Junio. 5B)

Un laboratorio de medicina nuclear tiene 20 mg de Cs, cuyo período de semidesintegración es de 30,23 años y masa atómica de 137 u. Calcula:

a) La vida media del isótopo y el tiempo transcurrido para que la muestra se reduzca a 4 mg

b) Las actividades radiactivas de la masa inicial y una vez reducida a 4 mg

Solución:

a)

$$T_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda};\ \lambda=\frac{\ln 2}{T_{1/2}}=\frac{\ln 2}{30{,}23\ \text{años}}=0{,}023\ \text{años}^{-1};\ 0{,}023\frac{1}{\cancel{\text{años}}}\frac{1\ \cancel{\text{año}}}{365\ \cancel{\text{días}}}\frac{1\ \cancel{\text{día}}}{24\ \cancel{\text{h}}}\frac{1\ \cancel{\text{h}}}{3600\ \text{s}}=7{,}29\ 10^{-10}\ \text{s}^{-1}$$

$$\tau=\frac{1}{\lambda}=\frac{1}{\lambda}=\frac{1}{0{,}023\ \text{años}^{-1}}=43{,}5\ \text{años}=1{,}4\ 10^{9}\ \text{s}$$

$$m=m_o\ e^{-\lambda t};\ t=-\frac{1}{\lambda}\ln\frac{m}{m_0}=-\frac{1}{0{,}023\ \text{años}^{-1}}\ln\frac{4}{20}=69{,}98\ \text{años}\approx 70\ \text{años}$$

b)

Actividad de 20 mg (inicial)

$$A=\lambda\ N_0\ e^{-\lambda t}=\lambda\ N\ =7{,}29\ 10^{10}\ \text{s}^{-1}\ 20\ 10^{-3}\ \cancel{\text{g}}\ \frac{6{,}02\ 10^{23}\text{nuc}}{137\ \cancel{\text{g}}}=6{,}4\ 10^{10}\ \frac{\text{nuc}}{\text{s}}(\text{Bq})$$

Actividad de 4 mg

$$A=\lambda\ N_0\ e^{-\lambda t}=\lambda\ N\ =7{,}29\ 10^{-10}\ \text{s}^{-1}\ 4\ 10^{-3}\ \cancel{\text{g}}\ \frac{6{,}02\ 10^{23}\text{nuc}}{137\ \cancel{\text{g}}}=1{,}3\ 10^{10}\ \frac{\text{nuc}}{\text{s}}(\text{Bq})$$

(Oviedo. 2021-2022/ Julio. 5A)

El ^{14}C es el isótopo radiactivo del carbono, comúnmente denominado carbono-14, muy empleado en métodos de datación absoluta de materia orgánica fósil y cuyo período de semidesintegración es de 5760 años. Se dispone de una muestra de dicho isótopo con una masa inicial de 10 mg.

a) Calcula la vida media del isótopo ^{14}C y la masa que hay al cabo de 500 años.

b) ¿Cuánto se reduce la actividad de dicha muestra tras transcurrir un tiempo igual a 2/3 de la vida media del isótopo?

Solución:

a)

$$T_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda};\ \lambda=\frac{\ln 2}{T_{1/2}}=\frac{\ln 2}{5760\ \text{años}}=1{,}2\ 10^{-4}\ \text{años}^{-1};$$

$$\tau=\frac{1}{\lambda}=\frac{1}{\lambda}=\frac{1}{1{,}2\ 10^{-4}\ \text{años}^{-1}}\approx 8333\ \text{años}=2{,}6\ 10^{11}\text{s}$$

$$m=m_0\ e^{-\lambda t}=10\ \text{mg}\ e^{-\left(1{,}2 10^{-4}\ \cancel{\text{años}^{-1}}\ 500\ \cancel{\text{años}}\right)}=9{,}4\ \text{mg}$$

b)

$$A=\lambda\ m_0\ e^{-\lambda t}=\lambda\ m$$

$$\left.\begin{array}{l}A_1=\lambda\ m_1\\ A_2=\lambda\ m_2\end{array}\right\}\frac{A_1}{A_2}=\frac{m_1}{m_2};\ A_2=\frac{m_2}{m_1}A_1$$

Donde se nota con 1 las condiciones de partida (m_1=10 mg) y con2 las finales

Cálculo de la masa que hay al cabo de

$$t=\frac{2}{3}\ \tau=\frac{2}{3}\ 8333\ \text{años}=5555{,}3\ \text{años}$$

$$m=m_0\ e^{-\lambda t}=10\ \text{mg}\ e^{-1{,}2 10^{-4}\ \cancel{\text{años}^{-1}}\ 5555{,}3\ \cancel{\text{años}}}=5{,}1\text{mg}$$

$$A_2=\frac{m_2}{m_1}A_1=\frac{5{,}1\cancel{\text{mg}}}{10\ \cancel{\text{mg}}}A_1=0{,}51\ A_1$$

La actividad es un 51% de la inicial, luego ***se reduce un49%***

(Oviedo. 2021-2022/ Julio. 5B)

El trabajo de extracción de la plata es de 4.73 eV.

a) Calcula la frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico de este metal.

b) Determina el potencial de frenado de los electrones arrancados cuando se irradia una muestra de Ag con una radiación de 200 nm de longitud de onda.

DATOS: $|q_e|$= 1,6 10^{-19} C; h= 6,63 10 $^{-34}$ J.s; c = 3 10^8 (m/s)

Solución:

a)

$$W = h\,\upsilon_0 ;\ \upsilon_0 = \frac{W}{h} = \frac{4,75\ \cancel{eV}\ \frac{1,6\ 10^{-19}\,J}{1\ \cancel{eV}}}{6,63\ 10^{-34}\,J\,s} = 1,15\ 10^{15}\,s^{-1}$$

b) La frecuencia umbral será:

$$\lambda\,\upsilon = c\ ;\ \upsilon = \frac{c}{\lambda}\ ;\ \upsilon_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3\ 10^8\ \frac{\cancel{m}}{s}}{200\ 10^{-9}\ \cancel{m}} = 1,5\ 10^{15}\,s^{-1} = 1,5\ 10^{15}\,Hz$$

Potencial de frenado:

$$qV_F = h\,\upsilon - h\,\upsilon_0 = h\,(\upsilon - \upsilon_0)$$

$$V_F = \frac{h\,(\upsilon-\upsilon_0)}{q} = \frac{6,63\ 10^{-34}\,J\ \cancel{s}\ (1,50\ 10^{15} - 1,15\ 10^{15})\ \cancel{s^{-1}}}{1,6\ 10^{-19}\,C} = 1,45\ \frac{J}{C} = 1,45\ V$$

(Oviedo. 2020-2021/ Junio. 9)

Las técnicas de dispersión de neutrones se utilizan para el estudio de la estructura y microestructura de los materiales. En un experimento de difracción un haz de neutrones con una longitud de onda de De Broglie de 0.2 nm (valor que es del orden de la distancia interatómica en materiales sólidos cristalinos) incide sobre el material objeto de nuestra investigación.

a) Calcule la velocidad del neutrón.

b) Justifique por qué ese estudio no puede llevarse a cabo empleando un haz de partículas que posean una masa promedio de 1 µg lanzadas a una velocidad de 10^3 m/s.

DATOS: m_n= 1,675 10^{-27} kg; h= 6,626 10^{-34} J.s.

Solución:

a)
$$(m_n\ v)\,\lambda = h\ ;\ v = \frac{h}{m_n\,\lambda} = \frac{6,626\ 10^{-34}\,J\,s}{1,675\ 10^{-27}\,kg\,.0,2\ 10^{-9}\,m} = 1,98\ 10^3\ \frac{m}{s}$$

b) La longitud de onda de DeBroglie correspondiente a las partículas sería:

$$(m_p\ v)\,\lambda = h\ ;\ \lambda = \frac{h}{m_p\ v} = \frac{6,626\ 10^{-34}\,J\,s}{10^{-9}\,kg\ .\ 10^3\ \frac{m}{s}} = 6,63\ 10^{-28}\,m$$

para que se produzca difracción la longitud de la radiación empleada debería de ser comparable a la distancia interatómica (nanómetros). Como es mucho más pequeña no se produciría difracción.

(Oviedo. 2020-2021/ Junio. 10)

Una central nuclear produce una potencia de 3 GW. Su funcionamiento se basa en las reacciones de fisión nuclear del ^{235}U con neutrones. La fisión de cada átomo de ^{235}U libera 200 MeV.

a) Complete el siguiente proceso que tiene lugar en la central sustituyendo con el número atómico (Z) y el número másico (A) correspondiente en cada caso:

$$^{235}_{92}U + n \rightarrow {}^{A}_{Z}U$$
$$^{236}_{92}U + {}^{144}_{Z}Ba \rightarrow {}^{A}_{36}Kr + 3\,n$$

b) Sabiendo que la vida media del ^{235}U, es de 7,04 10^8 años, calcule su constante de desintegración radiactiva y su periodo de semidesintegración.

Solución:

a)

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U$$
$$^{236}_{92}U \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{89}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n$$

b)

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{7{,}04\;10^{8}\,\text{años}} = 1{,}42\;10^{-9}\;\frac{1}{\text{años}}\,;1{,}42\;10^{-9}\;\frac{1}{\cancel{\text{años}}}\;\frac{1\;\cancel{\text{año}}}{365\;\cancel{\text{días}}}\;\frac{1\;\cancel{\text{día}}}{24\;\cancel{h}}\;\frac{1\;\cancel{h}}{3600\;s} = 4{,}50\;10^{-17}\;s^{-1}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{1{,}42\;10^{-9}\;\frac{1}{\text{año}}} = 4{,}88\;10^{8}\,\text{años}$$

(Oviedo. 2020-2021/ Julio. 9)

El periodo de semidesintegración de un átomo de uranio es de 4500 millones de años y el del isótopo ^{51}Cr de 27 días.

a) Determine la vida media de un átomo de uranio.
b) Si tenemos un mol de átomos de ^{51}Cr, ¿cuántos átomos quedarán transcurridos 5 meses?

DATOS: N_A= 6,022 10^{23} átomos mol^{-1}

Solución:

a)

$$\left.\begin{aligned}\lambda &= \frac{1}{\tau} = \\ T_{1/2} &= \frac{\ln 2}{\lambda}\end{aligned}\right\} T_{1/2} = \tau \ln 2\,; \quad \tau = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{4{,}5\,10^{9}\,\text{años}}{\ln 2} = 6{,}49\;10^{9}\,\text{años} \approx 6500\text{ millones de años}$$

b) 1 mol =6,022 10^{23} átomos

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{27\text{ días}} = 0{,}0256\;\frac{1}{\cancel{\text{días}}}\;\frac{30\;\cancel{\text{días}}}{1\,\text{mes}} = 0{,}770\;\text{mes}^{-1}$$
$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 6{,}022\;10^{23}\,\text{átomos}\,.e^{-0{,}770\;\cancel{\text{mes}^{-1}}\;5\,\cancel{\text{meses}}} = 1{,}281\;\;10^{22}\;\text{átomos}$$

(Oviedo. 2020-2021/ Julio. 10)

Supongamos que se desintegra completamente 1 kg de materia. Calcule:

a) La energía producida en el proceso de desintegración.
b) El momento lineal del cuerpo cuando se mueve a la mitad de la velocidad de la luz.

DATOS: c= 3 10^8 m/s

Solución:

a) $E = m\,c^2 = 1\text{ kg }(3\ 10^8 \text{m/s})^2 = 9\ 10^{16}\text{ J} = 90\ 000\text{ TJ}$

b) Como se mueve a velocidad próxima a la de la luz deberemos de usar la expresión relativista del momento:

$$p = \gamma\, m\, v = \frac{2}{\sqrt{3}}\ m\, v = \frac{2}{\sqrt{3}}\ 1\text{ kg}\ \frac{3\ 10^8}{2}\ \frac{m}{s} = 1{,}75\ 10^8\text{ kg}\ \frac{m}{s}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\left(\frac{c}{2}\right)^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{c^2}{4\,c^2}}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

(Oviedo. 2019-2020/ Junio. 7)

Un electrón posee una energía cinética de 25 eV. Calcule:

a) La longitud de onda asociada al electrón.
b) La longitud de onda de un fotón con la misma energía de 25 eV.
c) La longitud de onda de De Broglie asociada a una partícula de masa, m = 0.005 μg con la misma velocidad que el electrón de los apartados anteriores.

DATOS: $|q_e|$= 1,6 10^{-19} C; m_e= 9,1 10^{-31} kg; h= 6,626 10^{-34} J.s.

Solución:

a)

$$Ec = \frac{1}{2} m\, v^2;\ v = \sqrt{\frac{2\,Ec}{m}} = \sqrt{\frac{2\ .\ 25\,\cancel{eV}\ \frac{1{,}6\ 10^{-19}\text{J}}{1\,\cancel{eV}}}{9{,}1\ \ 10^{-31}\text{kg}}} = 2{,}96\ 10^6\ \frac{m}{s}$$

$$\left(m_e v\right)\lambda_e = h\,;\ \lambda_e = \frac{h}{m_e v} = \frac{6{,}626\ 10^{-34}\text{ J s}}{9{,}1 10^{-31}\text{kg}\ .2{,}96\ 10^6\ \frac{m}{s}} = 2{,}46\ 10^{-10}\text{m} = 0{,}25\ 10^{-9}\text{m} = 0{,}25\text{ nm}$$

b)

$$E = h\,f = h\,\frac{c}{\lambda}\,;\ \lambda = \frac{h\,c}{E} = \frac{6{,}626\ 10^{-34}\ \cancel{J}\ \cancel{s}\ 3\ 10^8\ \frac{m}{\cancel{s}}}{25\ \cancel{eV}\ \frac{1{,}6\ 10^{-19}\ \cancel{J}}{1\ \cancel{eV}}} = 4{,}97\ 10^{-8}\text{m} = 49{,}7\ 10^{-8}\text{m} = 50\text{ nm}$$

c)

$$\left(m\, v\right)\lambda = h\,;\ \lambda = \frac{h}{m\,v} = \frac{6{,}626\ 10^{-34}\text{ J s}}{5\ \ 10^{-12}\text{kg}\ .2{,}96\ 10^6\ \frac{m}{s}} = 4{,}48\ 10^{-29}\text{m}$$

(Oviedo. 2019-2020/ Junio. 8)

El isótopo más común del uranio (Z = 92) es el ^{238}U, tiene un periodo de semidesintegración de 4,47 10^9 años y decae a ^{234}Th mediante emisión de una partícula alfa.

a) Escriba la reacción de decaimiento prevista para el ^{238}U señalando el número atómico del Torio.
b) Calcule la constante de desintegración radiactiva.
c) Determine el tiempo que debe transcurrir para que la actividad de una muestra de un mineral que contiene ^{238}U, se reduzca a la mitad.

DATO: N_A= 6,022 10^{23} átomos.mol^{-1}

Solución:

a) $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

b) $\lambda = \dfrac{\ln 2}{T_{1/2}} = \dfrac{\ln 2}{4{,}47\ 10^9\ \text{años}} = 1{,}55\ 10^{-10}\,\text{años}^{-1}$

$$1{,}55\ 10^{-10}\ \frac{1}{\cancel{\text{años}}}\ \frac{1\ \cancel{\text{año}}}{365\ \cancel{\text{días}}}\ \frac{1\ \cancel{\text{día}}}{24\ \cancel{h}}\ \frac{1\ \cancel{h}}{3600\ s} = 4{,}92\ 10^{-18}\,s^{-1}$$

c) Se pregunta por el periodo de semidesintegración que se da como dato en el enunciado. Luego:

$$T_{1/2} = 4{,}47\ 10^9\ \cancel{\text{años}}\ \frac{365\ \cancel{\text{días}}}{1\ \cancel{\text{año}}}\ \frac{24\ \cancel{h}}{1\ \cancel{\text{día}}}\ \frac{3600\ s}{1\ \cancel{h}} = 1{,}41\ \ 10^{17}\,s$$