



1. Conteste razonadamente a las siguientes cuestiones:
 - a) ¿Cuál es el origen de las partículas beta en una desintegración radiactiva, si en el núcleo sólo hay protones y neutrones?
 - b) ¿Por qué la masa de un núcleo atómico es menor que la suma de las masas de las partículas que lo constituyen?

2. El trabajo de extracción del aluminio es 4,2 eV. Sobre una superficie de aluminio incide radiación electromagnética de longitud de onda $200 \cdot 10^{-9}$ m. Calcule razonadamente:
 - a) La energía cinética de los fotoelectrones emitidos y el potencial de frenado.
 - b) La longitud de onda umbral para el aluminio.
$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

3. a) Explique qué es el defecto de masa y calcule su valor para el isótopo ${}^{15}_7\text{N}$
b) Calcule su energía de enlace por nucleón.
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; m_p = 1,007276 \text{ u}; m_n = 1,008665 \text{ u}; m({}^{15}_7\text{N}) = 15,0001089 \text{ u};$$
$$1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

4. a) Describa la explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico y relaciónela con el principio de conservación de la energía.
b) Suponga un metal sobre el que incide radiación electromagnética produciendo efecto fotoeléctrico. ¿Por qué al aumentar la intensidad de la radiación incidente no aumenta la energía cinética de los electrones emitidos?

5. a) ¿Cuál es la energía cinética de un electrón cuya longitud de onda de De Broglie es de 10^{-9} m?
b) Si la diferencia de potencial utilizada para que el electrón adquiriera la energía cinética se reduce a la mitad, ¿cómo cambia su longitud de onda asociada? Razone la respuesta.
$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

6. Dos muestras A y B del mismo elemento radiactivo se preparan de manera que la muestra A tiene doble actividad que la B.
 - a) Razone si ambas muestras tienen el mismo o distinto período de desintegración.
 - b) ¿Cuál es la razón entre las actividades de las muestras después de haber transcurrido cinco períodos?

7. Al iluminar una superficie metálica con luz de frecuencia creciente empieza a emitir fotoelectrones cuando la frecuencia corresponde al color amarillo.
 - a) Explique razonadamente qué se puede esperar cuando el mismo material se irradie con luz roja. ¿Y si se irradia con luz azul?
 - b) Razone si cabría esperar un cambio en la intensidad de la corriente de fotoelectrones al variar la frecuencia de la luz, si se mantiene constante el número de fotones incidentes por unidad de tiempo y de superficie.

8. El núcleo radiactivo ${}_{92}^{232}\text{U}$ se desintegra, emitiendo partículas alfa, con un período de semidesintegración de 72 años.

- Escriba la ecuación del proceso de desintegración y determine razonadamente el número másico y el número atómico del núcleo resultante.
- Calcule el tiempo que debe transcurrir para que su actividad se reduzca al 75 % de la inicial.

9. a) Explique cualitativamente la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.

b) Considere dos núcleos pesados X e Y de igual número másico. Si X tiene mayor energía de enlace, ¿cuál de ellos es más estable?

10. a) Cuál es la energía de un fotón cuya cantidad de movimiento es la misma que la de un neutrón de energía 4 eV.

b) ¿Cómo variaría la longitud de onda asociada al neutrón si se duplicase su energía?

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_n = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

11. El ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ se desintegra radiactivamente para dar ${}_{86}^{222}\text{Rn}$.

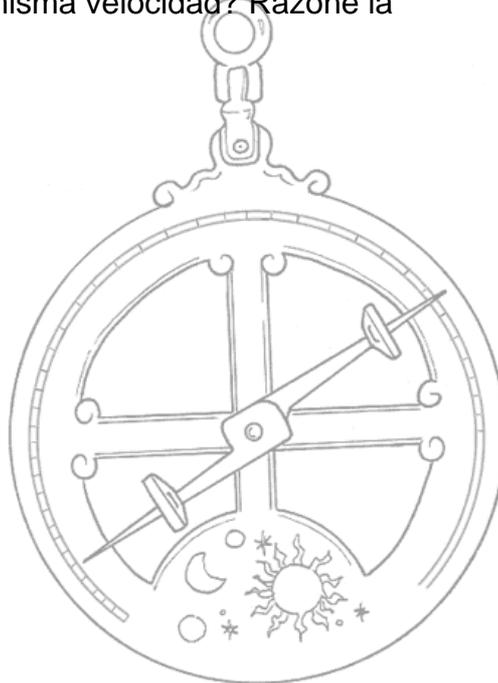
a) Indique el tipo de emisión radiactiva y escriba la correspondiente ecuación.

b) Calcule la energía liberada en el proceso.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; m_{\text{Ra}} = 225,9771 \text{ u} ; m_{\text{Rn}} = 221,9703 \text{ u} ; m_{\text{He}} = 4,0026 \text{ u} ;$$
$$1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

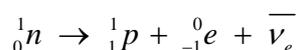
12. a) Enuncie la hipótesis de De Broglie. Comente el significado físico y las implicaciones de la dualidad onda-corpúsculo.

b) Un mesón π tiene una masa 275 veces mayor que un electrón. ¿Tendrían la misma longitud de onda si viajasen a la misma velocidad? Razone la respuesta.



1. -

a) En la emisión beta negativa se produce en el núcleo la siguiente reacción:



así la conversión de un neutrón en un protón, un electrón y un antineutrino, lo justifica.

b) Cuando se mide muy precisamente la masa del núcleo resulta sorprendente comprobar que esta siempre es algo menor que la suma de las masas de las partículas que lo componen. Concretamente se puede restar la masa de las partículas que lo componen de su masa real y obtener así

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_X$$

siendo m_X la masa real del núcleo del átomo de ${}_Z^AX$

¿Qué ha sucedido con esta masa que se ha perdido?. Recordemos que según la teoría de la relatividad de Einstein masa y energía son intercambiables, por lo que podemos afirmar que el núcleo como tal tiene una energía $E = \Delta mc^2$ menor que las partículas que lo forman. Esta energía, por tanto, se desprendió cuando se formó el núcleo y su carencia es lo que ahora posibilita su existencia como agregado. Si la volviéramos a reintegrar al núcleo obtendríamos otra vez los neutrones y protones correspondientes y por tanto disgregaríamos el átomo en sus componentes. Se trata de la energía de enlace del núcleo atómico.

Esta energía nuclear está asociada a su vez a la fuerza nuclear fuerte, la interacción que evita que los protones se alejen (se repelen entre sí) manteniéndoles fuertemente unidos.

2. - $W_{ext} = 4,2 \text{ eV}$ $\lambda = 200 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

a) $W_{ext} = 4,2 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 6,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$E_{fotón} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot s \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 9,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

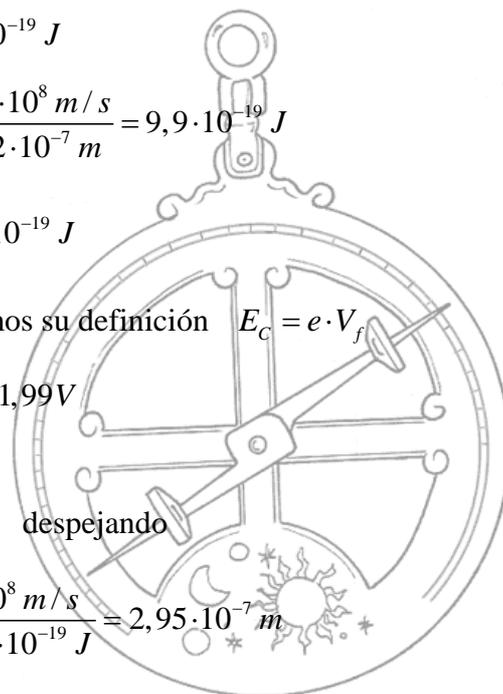
$$E_C = E_{fotón} - W_{ext} = 3,18 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

para calcular el potencial de frenado V_f , usamos su definición $E_C = e \cdot V_f$

$$V_f = \frac{E_C}{e} = \frac{3,18 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1,99 \text{ V}$$

b) $W_{ext} = h \cdot f_{umb} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{umb}}$ despejando

$$\lambda_{umb} = h \cdot \frac{c}{W_{ext}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot s \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{6,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,95 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$



3. -

a) Se ha medido la masa de muchos núcleos atómicos mediante técnicas de espectrometría de masas. Esto ha permitido comprobar que la masa de los núcleos es menor que la suma de las masas de los nucleones (protones y neutrones) que lo componen. Esta diferencia de masa es conocida como defecto de masa, Δm

$$\Delta m = \sum m_{\text{nucleones}} - m_{\text{núcleo}}$$

aplicando esta ecuación al caso del isótopo $^{15}_7\text{N}$ nos quedaría

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m(^{15}_7\text{N}) = 7 \cdot 1,007276u + 8 \cdot 1,008665u - 15,0001089u = 0,120144u$$

transformándola a unidades del S. I.

$$\Delta m = 0,120144u \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{u} = 2,006 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

b) La energía de enlace se calcula por medio de la ecuación de Einstein

$$E_{\text{enlace}} = \Delta m \cdot c^2 = 2,006 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 1,8 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

como el isótopo $^{15}_7\text{N}$ tiene 15 nucleones

$$\frac{E_{\text{enlace}}}{\text{nucleón}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{15 \text{ nucleones}} = 1,2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nucleón}}$$

4. -

a) Las distintas experiencias realizadas sobre el efecto fotoeléctrico descubierto por Hertz en 1.887, tuvieron como resultado un hecho por entonces inexplicable. Al aumentar la intensidad de la luz incidente sobre el metal, por tanto la energía por unidad de tiempo, no aumenta la energía cinética de los electrones emitidos

Einstein demostró en 1.905 que estas experiencias podían entenderse suponiendo que la energía luminosa no se distribuye de manera continua, como dice el modelo clásico de la luz, sino cuantizada en paquetes pequeños llamados fotones.

La energía de un fotón es $E = h \cdot f$, la relación que Planck usó para la explicación del cuerpo negro. Einstein supuso que un electrón emitido desde la superficie del cátodo es de alguna forma “arrancado” por el impacto con el fotón, de forma que toda la energía del fotón pasa al electrón. Ahora bien, el electrón recibe su energía de un único fotón. Así, cuando se aumenta la intensidad de la luz lo que sucede es que al incidir más fotones sobre el cátodo por unidad de tiempo quedan más electrones liberados, pero la energía que ha absorbido cada electrón no varía, es la misma.

Si a la energía necesaria para que se desprenda un electrón de la superficie de un metal, que es una cantidad característica de cada metal, le llamamos trabajo de extracción W_{ext} , podemos aplicar a cada choque fotón-electrón el principio de conservación de la energía

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_{\text{Electrón}} \quad \text{o bien} \quad h \cdot f = W_{\text{ext}} + \frac{1}{2} m_e v^2$$

b) Ver apartado anterior.

5. -

a) Usando la ecuación de De Broglie $\lambda = \frac{h}{m_e \cdot v}$ despejando la velocidad $v = \frac{h}{m_e \cdot \lambda}$ y sustituyéndola en la ecuación de la energía cinética

$$E_C = \frac{1}{2} m_e \left(\frac{h}{m_e \cdot \lambda} \right)^2 = \frac{h^2}{2 \cdot m_e \cdot \lambda^2} = \frac{(6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} (10^{-9} \text{ m})^2} = 2,39 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (1)$$

b) La energía cinética del electrón es igual al trabajo que realiza el campo eléctrico sobre él, $E_C = e \cdot V$ si el potencial se reduce a la mitad ($V' = \frac{V}{2}$), la energía cinética lo hará en la misma proporción ($E_C' = \frac{E_C}{2}$).

Despejando λ^2 de la ecuación (1) $\lambda^2 = \frac{h^2}{2 \cdot m_e \cdot E_C}$ englobamos las constantes en otra constante $K = \frac{h^2}{2 \cdot m_e}$ y nos queda $\lambda^2 = \frac{K}{E_C}$.

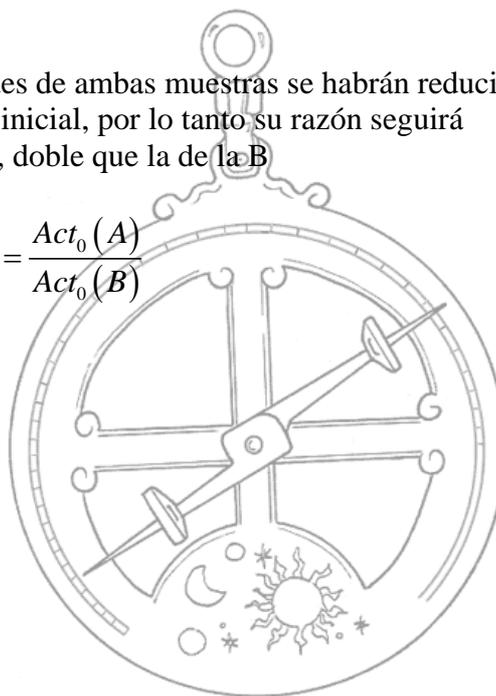
$$\lambda'^2 = \frac{K}{E_C'} = \frac{K}{E_C/2} = 2 \frac{K}{E_C} = 2\lambda^2 \quad \lambda' = \sqrt{2} \cdot \lambda$$

6. -

a) La expresión que relaciona el periodo de semidesintegración ($T_{1/2}$) con al constante radiactiva (λ) es $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ al ser λ una característica de cada elemento radiactivo, el $T_{1/2}$ será el mismo para las dos muestras.

b) Trascurridos cinco periodos, las actividades de ambas muestras se habrán reducido a una treintaidosava (2^5) parte de la actividad inicial, por lo tanto su razón seguirá siendo la misma, la actividad de la muestra A, doble que la de la B

$$\frac{Act'(A)}{Act'(B)} = \frac{Act_0(A)/32}{Act_0(B)/32} = \frac{Act_0(A)}{Act_0(B)}$$



7. -

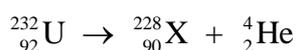
a) De la lectura del enunciado del problema se deduce que la frecuencia umbral del metal es la que corresponde al color amarillo. Al iluminar el metal con luz roja, de frecuencia menor que la amarilla, no se obtiene fotoemisión.

Al iluminar el metal con luz azul, de mayor frecuencia que la amarilla, se emitirán fotoelectrones con cierta velocidad.

b) Al mantener constante el número de fotones incidentes por unidad de tiempo y de superficie, también permanecerá constante el número de electrones emitidos, ya que cada fotón “arranca” un electrón. Al variar la frecuencia, varía el contenido en energía de cada fotón y cambiará la energía cinética de los electrones emitidos pero no su número, por lo tanto la intensidad de la corriente de fotoelectrones permanecerá constante.

8. -

a) las partículas α son núcleos de helio ${}^4_2\text{He}$, por lo tanto el núcleo resultante tendrá cuatro unidades menos de número másico y dos de número atómico. La ecuación del proceso de desintegración es



el elemento cuyo número atómico es 90 es el Thorio.

b) $T_{1/2} = 72$ años

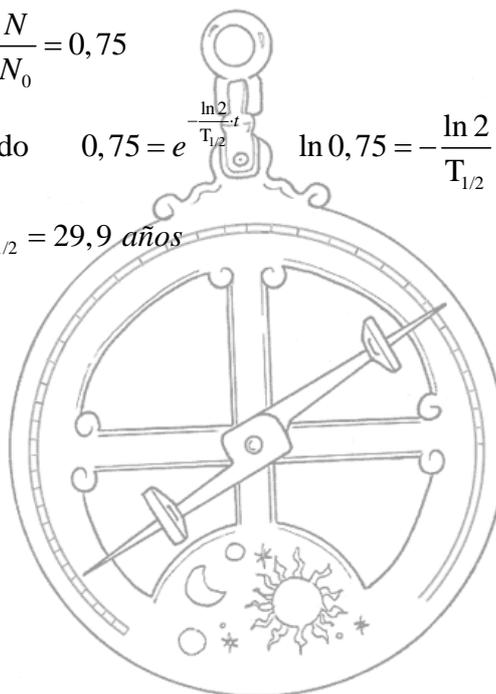
en el instante inicial se cumple $Act_0 = \lambda \cdot N_0$

transcurrido un tiempo t se cumple $Act = 0,75Act_0 = \lambda \cdot N$

dividiendo ambas ecuaciones nos queda $\frac{N}{N_0} = 0,75$

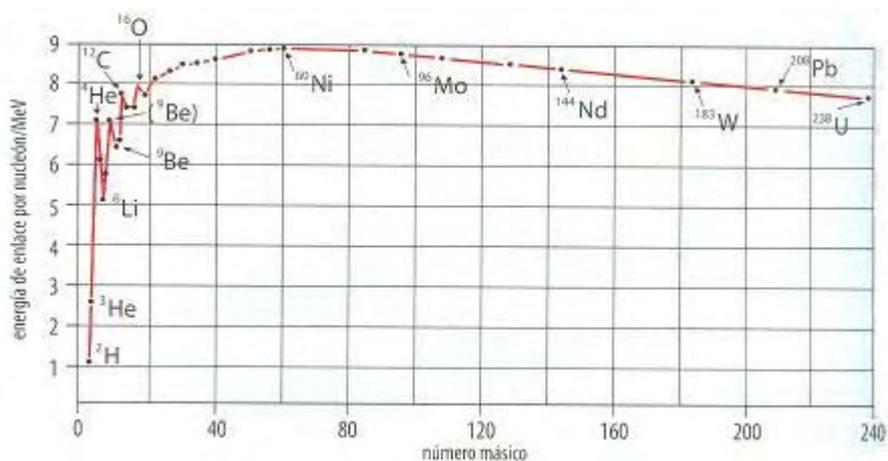
como $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ y $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ sustituyendo $0,75 = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$ $\ln 0,75 = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t$

$$t = -\frac{\ln 0,75}{\ln 2} \cdot T_{1/2} = 0,415 \cdot T_{1/2} = 29,9 \text{ años}$$



9. -

a) Si recordamos que en el fondo las energías de enlace son debidas a defectos de masa, entenderemos que los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, es decir aquellos que están en torno al hierro 56, como puede verse en la figura que representa la energía de enlace por nucleón en función del número másico



b) Como hemos visto en el apartado anterior, los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor. Al tener X e Y el mismo número másico, será más estable el que tenga mayor energía de enlace, es decir X.

10. -

a)
$$E_{\text{neutrón}} = 4 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m_n \cdot v_n^2 \quad \text{despejando} \quad v_n = \sqrt{\frac{2 \cdot E_C}{m_n}}$$

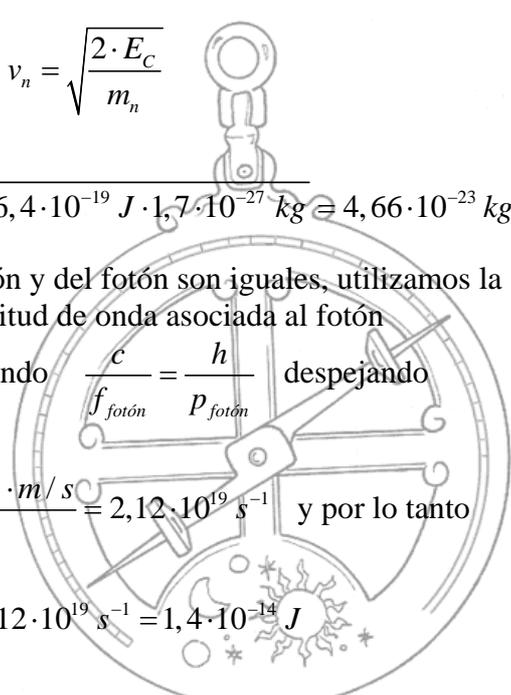
$$p_n = m_n \cdot v_n = m_n \sqrt{\frac{2 \cdot E_C}{m_n}} = \sqrt{2 \cdot E_C \cdot m_n} = \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 4,66 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

como las cantidades de movimiento de neutrón y del fotón son iguales, utilizamos la expresión de De Broglie para calcular la longitud de onda asociada al fotón

$$\lambda_{\text{fotón}} = \frac{h}{p_{\text{fotón}}} \quad \text{como} \quad \lambda = \frac{c}{f} \quad \text{sustituyendo} \quad \frac{c}{f_{\text{fotón}}} = \frac{h}{p_{\text{fotón}}} \quad \text{despejando}$$

$$f_{\text{fotón}} = \frac{c \cdot p_{\text{fotón}}}{h} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 4,66 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 2,12 \cdot 10^{19} \text{ s}^{-1} \quad \text{y por lo tanto}$$

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot f_{\text{fotón}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 2,12 \cdot 10^{19} \text{ s}^{-1} = 1,4 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$



10. -

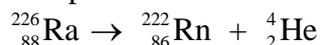
$$b) \quad \lambda_n = \frac{h}{p_n} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot E_{Cn} \cdot m_n}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}} = 1,41 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

si se duplica la energía cinética del neutrón

$$\lambda_n' = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot E_{Cn}' \cdot m_n}} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot 2 \cdot E_{Cn} \cdot m_n}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{h}{\sqrt{2 \cdot E_{Cn} \cdot m_n}} = \frac{\lambda_n}{\sqrt{2}} = 10^{-11} \text{ m}$$

11. -

a) Aplicando las leyes de desplazamiento radiactivo obtenemos



es una emisión α .

b) El defecto de masa de la reacción anterior es $\Delta m = m(\text{Ra}) - [m(\text{Rn}) + m(\text{He})]$

sustituyendo los valores que nos dan en el enunciado del problema, obtenemos

$$\Delta m = 0,0042 \text{ u} \text{ lo transformamos a unidades del S. I.}$$

$$\Delta m = 0,0042 \text{ u} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{u}} = 7 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

aplicamos la ecuación de Einstein

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 7 \cdot 10^{-30} \text{ kg} (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 6,3 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

12. -

a) De Broglie, después de que se estableciera la doble naturaleza de la luz (ondulatoria y corpuscular), sugirió que la naturaleza debía regirse por leyes simétricas, de modo que si una onda tenía propiedades corpusculares, un corpúsculo tendría propiedades ondulatorias y afirmó:

Toda partícula material que se mueve con velocidad v tiene una longitud de onda asociada, dada por la expresión

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

De alguna manera esta expresión relaciona una propiedad corpuscular (momento lineal) con una propiedad ondulatoria (longitud de onda).

Las implicaciones de la hipótesis de De Broglie junto con otros dos puntos de partida, el principio de indeterminación de Heisenberg y la función de probabilidad de Schrodinger, se pueden resumir en que a partir de entonces se estructura una nueva mecánica llamada "mecánica cuántica".

b) Aplicando la hipótesis de De Broglie

$$\lambda_{\text{mesón}} = \frac{h}{m_{\text{mesón}} \cdot v} = \frac{h}{275 \cdot m_e \cdot v} = \frac{1}{275} \cdot \frac{h}{m_e \cdot v} = \frac{\lambda_e}{275}$$

la longitud de onda del mesón sería 275 veces menor que la del electrón, si ambos viajan a la misma velocidad v .

