

- Al iluminar potasio con luz amarilla de sodio de $\lambda=5890 \cdot 10^{-10}$ m se liberan electrones con una energía cinética máxima de $0,577 \cdot 10^{-19}$ J y al iluminarlo con luz ultravioleta de una lámpara de mercurio de $\lambda=2537 \cdot 10^{-10}$ m, la energía cinética máxima de los electrones emitidos es $5,036 \cdot 10^{-19}$ J.
 - Explique el fenómeno descrito en términos energéticos y determine el valor de la constante de Planck.
 - Calcule el valor del trabajo de extracción del potasio.
 $c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹
- Estabilidad nuclear.
 - Explique el origen de la energía liberada en los procesos de fisión y fusión nucleares.
- Calcule la energía cinética de un electrón cuya longitud de onda de de Broglie es $5 \cdot 10^{-10}$ m
 - Razone si un protón con la misma longitud de onda asociada tendría la misma energía cinética.
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J s ; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg ; $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg
- Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.
 - Razone cómo cambiarían el trabajo de extracción y la velocidad máxima de los electrones emitidos si se disminuyera la longitud de onda de la luz incidente.
- Un núcleo de tritio ${}^3_1\text{H}$ se desintegra por emisión β dando lugar a un núcleo de helio.
 - Escriba la reacción de desintegración nuclear y explique en qué consiste la emisión β .
 - Determine razonadamente la cantidad de ${}^3_1\text{H}$ que quedará de una muestra inicial de 0,1 g al cabo de tres años sabiendo que el periodo de semidesintegración del tritio es 12,3 años.
- Explique qué se entiende por defecto de masa y por energía de enlace.
 - Considere los núclidos ${}^{232}_{90}\text{Th}$ y ${}^{232}_{92}\text{U}$. Si el ${}^{232}_{90}\text{Th}$ tiene mayor energía de enlace, razone cuál de ellos es más estable.
- Explique la hipótesis de de Broglie.
 - Considere un haz de protones y un haz de electrones de igual energía cinética. Razone cuál de ellos tiene mayor longitud de onda.

8. Para controlar la fusión nuclear se está construyendo en Cadarache (Francia) el ITER (Reactor Internacional de Fusión Termonuclear). Se pretende fusionar deuterio, ${}^2_1\text{H}$, y tritio, ${}^3_1\text{H}$, para dar lugar a helio ${}^4_2\text{He}$.

a) Escriba la reacción nuclear.

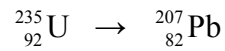
b) Determine la energía liberada en la formación de 0,1 g de ${}^4_2\text{He}$.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $m({}^2_1\text{H}) = 2,01474 \text{ u}$; $m({}^3_1\text{H}) = 3,01700 \text{ u}$;

$m({}^4_2\text{He}) = 4,00388 \text{ u}$; $m({}^1_0\text{n}) = 1,0087 \text{ u}$; $1\text{u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

9. a) Explique qué es la radiactividad y describa en qué consisten los procesos alfa, beta y gamma.

b) Razone cuál es el número total de emisiones alfa y beta que permiten completar la siguiente transmutación:



$$1.-a) \quad \lambda_1 = 5890 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\ \lambda_2 = 2537 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$E_{C1} = 0,577 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ E_{C2} = 5,036 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

El fenómeno descrito se trata del efecto fotoeléctrico. Un fotón choca contra un electrón, comunicándole toda su energía la cual utiliza en desprenderse de la superficie del metal (trabajo de extracción) y la sobrante se transforma en energía cinética

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_C$$

siendo $E_{\text{fotón}} = hf$ y $f = \frac{c}{\lambda}$ nos queda $h \frac{c}{\lambda} = W_{\text{ext}} + E_C$, despejamos el trabajo de extracción del potasio

$$W_{\text{ext}} = h \frac{c}{\lambda} - E_C$$

planteamos las ecuaciones de ambos casos, teniendo en cuenta que el trabajo de extracción es el mismo ya que es una característica del metal

$$W_{\text{ext}} = h \frac{c}{\lambda_1} - E_{C1} \quad W_{\text{ext}} = h \frac{c}{\lambda_2} - E_{C2}$$

igualamos los segundos miembros

$$h \frac{c}{\lambda_1} - E_{C1} = h \frac{c}{\lambda_2} - E_{C2}$$

despejamos h

$$h = \frac{E_{C2} - E_{C1}}{c \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)} = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

b) Para calcular el trabajo de extracción del potasio usamos la ecuación

$$W_{\text{ext}} = h \frac{c}{\lambda_1} - E_{C1} = 2,79 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2.- 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 que los componen. Esta diferencia de masas es conocida como **defecto de masa**, Δm :

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

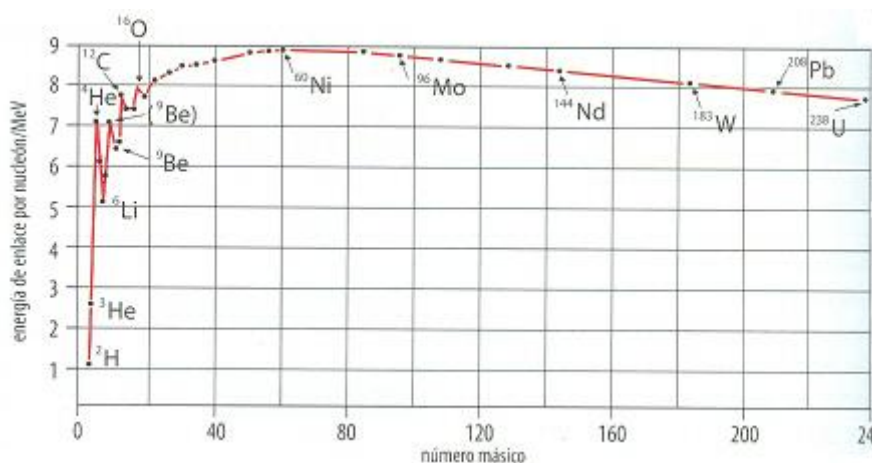
2.- a) (continuación) El defecto de masa explica, a la luz de la teoría de la relatividad de Einstein, la estabilidad que adquiere el núcleo que viene dada por la expresión

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

El parámetro que nos permite comparar la estabilidad de los distintos núcleos de los átomos es la **energía de enlace por nucleón** que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{E_{enl}}{\text{nucleón}} = \frac{\Delta E}{n^{\circ} \text{ nucleones}} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{n^{\circ} \text{ nucleones}}$$

los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, es decir aquellos que están en torno al níquel 60, como podemos observar en la siguiente gráfica



b) La energía liberada tanto en una reacción nuclear de fisión como en una de fusión, proviene del la pérdida de masa que se produce en el transcurso de la reacción

$$\Delta m = \sum m_{\text{productos}} - \sum m_{\text{reactivos}}$$

esta pérdida de masa se transforma en energía según la ecuación de Einstein

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

3.- 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

$$E_c = \frac{1}{2} m_e \left(\frac{h}{m_e \lambda} \right)^2 = \frac{h^2}{2 m_e \lambda^2} = \frac{(6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} (5 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2} = 9,57 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Física moderna 2010 ANDALUCÍA

3.- b) Partiendo de la ecuación de la energía cinética y de la expresión de la velocidad despejada de la ecuación de De Broglie

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad v = \frac{h}{m\lambda}$$

sustituimos en la ecuación de la energía cinética

$$E_c = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

Particularizamos para ambas partículas teniendo en cuenta que $\lambda_e = \lambda_p$

$$E_{cp} = \frac{h^2}{2m_p\lambda^2} \quad E_{ce} = \frac{h^2}{2m_e\lambda^2}$$

Dividiendo ambas expresiones

$$\frac{E_{ce}}{E_{cp}} = \frac{m_p}{m_e} > 1$$

La energía cinética del electrón es mayor que la del protón.

4.- a) Las distintas experiencias realizadas sobre el efecto fotoeléctrico descubierta 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.

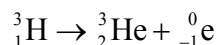
La energía de un fotón es $E = hf$, la relación que Planck usó para la explicación del cuerpo negro. Einstein supuso que un electrón emitido desde la superficie del cátodo es de alguna forma “arrancado” por el impacto con el fotón, de forma que toda la energía del fotón pasa al electrón. Ahora bien, 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

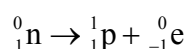
$$E_{fotón} = W_{ext} + E_{C\text{electrón}} \quad \text{o bien} \quad h \cdot f = W_{ext} + \frac{1}{2}m_e v^2$$

4.- b) teniendo en cuenta la expresión $c = \lambda \cdot f$ y que c (la velocidad de la luz en el vacío) es constante, al disminuir la longitud de onda, aumenta la frecuencia y por lo tanto aumenta la energía del fotón. Por otro lado, el trabajo de extracción no cambia ya que es una característica del material, en consecuencia aumentaría la energía cinética de los electrones emitidos y también su velocidad.

5.- a) Escribimos la reacción de desintegración



la emisión β consiste en la expulsión desde el núcleo de un electrón que proviene de la transformación de un neutrón en un protón y un electrón según



con lo cual, el núclido emisor se transforma en otro con el mismo número másico y con una unidad más en el número atómico.

b) El número inicial de átomos

$$N_0 = \frac{m_0}{\text{masa At}} \cdot N_A \quad (N_A = \text{n}^\circ \text{ de Avogadro})$$

transcurrido un tiempo t el número de átomos

$$N = \frac{m}{\text{masa At}} \cdot N_A$$

dividiendo ambas ecuaciones

$$\frac{N}{N_0} = \frac{m}{m_0}$$

podemos escribir la ley de desintegración radiactiva en función de la masa y del periodo de semidesintegración

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

despejamos la masa y sustituimos

$$m = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t} = 0,1 \text{ g} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{12,3} 3} = 0,084 \text{ g}$$

6.- 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 que los componen. Esta diferencia de masas es conocida como **defecto de masa**, Δm :

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

El defecto de masa explica, a la luz de la teoría de la relatividad de Einstein, la estabilidad que adquiere el núcleo que viene dada por la expresión

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

la energía liberada en la formación del núcleo (ΔE) recibe el nombre de **energía de enlace**.

b) El parámetro que nos permite comparar la estabilidad de los distintos núcleos de los átomos es la **energía de enlace por nucleón** que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{E_{\text{eni}}}{\text{nucleón}} = \frac{\Delta E}{n^{\circ} \text{nucleones}}$$

los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, en este caso, al tener el ${}_{90}^{232}\text{Th}$ mayor energía de enlace que el ${}_{92}^{232}\text{U}$ y teniendo ambos el mismo número de nucleones (232), es el torio el más estable.

7.- 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) Partiendo de la ecuación de la energía cinética y de la expresión de la velocidad despejada de la ecuación de De Broglie

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \qquad v = \frac{h}{m \lambda}$$

7.- b) (continuación) sustituimos en la ecuación de la energía cinética

$$E_c = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

como tienen la misma energía cinética

$$\frac{h^2}{2m_p\lambda_p^2} = \frac{h^2}{2m_e\lambda_e^2} \quad \frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \sqrt{\frac{m_p}{m_e}} > 1 \quad \lambda_e > \lambda_p$$



b) Calculamos el defecto de masa de la reacción para la formación de un átomo de helio

$$\Delta m = \sum m_{\text{reactivos}} - \sum m_{\text{productos}} = m({}^2_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H}) - [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n})] = 0,01916 u$$

la transformamos a unidades del Sistema Internacional

$$\Delta m = 0,01916 u \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / u = 3,2 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

calculamos la energía liberada en la formación de un átomo de helio

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 3,2 \cdot 10^{-29} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 = 2,88 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

calculamos la masa de un átomo de helio en kg

$$m({}^4_2\text{He}) = 4,00388 u \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / u = 6,686 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

calculamos el número de átomos de helio contenidos en 0,1 g (10^{-4} kg)

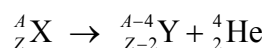
$$\frac{10^{-4} \text{ kg}}{6,686 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / \text{átomo}} = 1,5 \cdot 10^{22} \text{ átomos}$$

calculamos la energía liberada en la formación de 0,1 g de helio

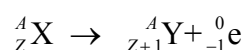
$$\Delta E = 2,88 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{átomo}} \cdot 1,5 \cdot 10^{22} \text{ átomos} = 4,32 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

9.- a) La radiactividad es un fenómeno por el cual algunas sustancias son capaces de emitir radiaciones. La investigación experimental determinó que existen tres tipos de radiación, La radiación **alfa** son núcleos de helio (${}^4_2\text{He}$), la radiación **beta** consiste en electrones procedentes de la conversión en el núcleo de un neutrón en un protón y un electrón y la **gamma** son ondas electromagnéticas con la mayor frecuencia conocida.

Cuando un núcleo radiactivo emite una **partícula alfa**, se transforma en otro cuyo número atómico es dos unidades menor y cuyo número másico es cuatro unidades menor

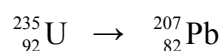


Cuando un núcleo radiactivo emite un **electrón beta**, se transforma en otro cuyo número atómico es una unidad mayor y cuyo número másico es igual



Cuando un núcleo radiactivo excitado emite **radiación gamma**, se desexcita energéticamente, pero no sufre transmutación alguna.

b) Para calcular el número total de emisiones alfa y beta que permiten completar la siguiente transmutación:



recurrimos a los criterios descritos en el apartado anterior y extraemos las siguientes ecuaciones, para el número másico

$$235 - 4n_\alpha = 207 \quad n_\alpha = \frac{235 - 207}{4} = 7$$

y para el número atómico

$$92 - 2n_\alpha + n_\beta = 82 \quad n_\beta = 82 - 92 + 14 = 4$$

se han emitido siete partículas α y cuatro partículas β .