

**1.- La longitud de onda umbral de la plata para que se produzca efecto fotoeléctrico es de 262 nm.****(a) Hallar la función de trabajo de la plata****(b) Hallar la energía cinética máxima de los electrones si la longitud de onda de la luz incidente es de 175 nm.****Constante de Planck  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ .**

a) Que la longitud de onda umbral de la plata sea  $\lambda = 262 \text{ nm}$  quiere decir que la función de trabajo de la plata es la energía que transporta una onda electromagnética con esa longitud de onda.

$$W = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{262 \cdot 10^{-9}} = 7,59 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

b) Para calcular la energía cinética máxima de los electrones extraídos de un metal hay que restar de la energía incidente al valor correspondiente de la función de trabajo.

$$E_{c,\max} = h\nu - W = \frac{hc}{\lambda} - W$$

$$E_{c,\max} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{175 \cdot 10^{-9}} - 7,59 \cdot 10^{-19} = 3,81 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

**2.- Explicar brevemente la fisión y la fusión nuclear.**

3.- Tanto la fisión como la fusión, son dos tipos de reacciones nucleares en los que se obtiene gran cantidad de energía mediante la desintegración de parte de la masa del núcleo. Las reacciones nucleares se realizan mediante el choque de una partícula con un núcleo formando un núcleo excitado.

La **fisión nuclear** consiste en la escisión de núcleos generalmente pesados ( $A > 230$ ) en dos o más núcleos ligeros denominados fragmentos de fisión.

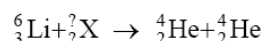
Se puede interpretar mediante el modelo de la gota líquida. Una gota al vibrar, adopta sucesivamente formas esférica y elipsoidal debido a la fuerza de recuperación de la tensión superficial, que hace que la gota vuelva a recuperar su forma original. Cuando la deformación es suficiente la tensión superficial no es capaz de detener la deformación y la gota se rompe.

La unión de núcleos para formar uno mayor se llama **fusión nuclear**. Se produce cuando núcleos pequeños adquieren una energía cinética suficiente como para vencer la repulsión eléctrica y acercarse hasta distancias tan cortas que entren en juego las fuerzas nucleares.

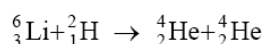
La gran energía cinética que tienen que adquirir los núcleos supone alcanzar unas temperaturas del orden de millones de grados semejantes a las que hay en el interior de las estrellas como nuestro Sol donde se están produciendo en todo momento reacciones de este tipo.

**3.- Si un núcleo de Li, de número atómico 3 y número másico 6, reacciona con un núcleo de un determinado elemento X se producen dos partículas  $\alpha$ . Escribe la reacción y determina el número atómico y el número másico del elemento X.**

Escribimos la reacción tal y como se define en el enunciado, teniendo en cuenta que las partículas  $\alpha$  son núcleos de helio doblemente ionizados:



Para que se conserven el número atómico y el número másico, el elemento X debe tener número atómico igual a 1 y número másico 2, de modo que se trata de un átomo de hidrógeno con dos nucleones, es decir el deuterio.



4.- Se preparan 250 g de una sustancia radioactiva y al cabo de 24 horas se ha desintegrado el 15% de la masa original. Se pide

1. La constante de desintegración de la sustancia.
2. El periodo de semidesintegración de la sustancia así como su vida media o periodo.
3. La masa que quedará sin desintegrar al cabo de 10 días.

1. Partimos de  $N_0 = 250$  g, como se desintegra el 15% quedará el 85% de la muestra inicial.

$$N = \frac{250 \cdot 85}{100} = 212,5 \text{ g}$$

Sustituyendo estos datos en la ley de la desintegración radiactiva tenemos:

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

$$0,2125 = 0,25 \cdot e^{-\lambda \cdot 24}; \quad e^{-\lambda \cdot 24} = \frac{0,2125}{0,25}; \quad -24\lambda = \ln \frac{0,2125}{0,25} \Rightarrow \lambda = 6,77 \cdot 10^{-3} \text{ horas}^{-1}$$

2. El periodo de semidesintegración es el tiempo que tarda la muestra en reducirse a la mitad, luego sustituimos  $N = N_0/2$ .

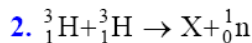
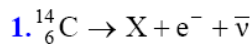
$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t}; \quad \ln \frac{1}{2} = -\lambda t; \quad t_{\frac{1}{2}} = \frac{-1}{\lambda} \ln \frac{1}{2} = \frac{1}{6,77 \cdot 10^{-3}} \ln \frac{1}{2} = 102,38 \text{ horas}$$

3. Sustituimos el tiempo en la ecuación que tenemos:

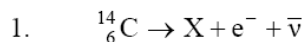
$$t = 10 \text{ días} = 240 \text{ horas}$$

$$N = 0,25 \cdot e^{-240 \cdot 6,77 \cdot 10^{-3}} = 0,049 \text{ kg}$$

5.- Completa las siguientes reacciones nucleares, determinando el número atómico y el número másico del elemento desconocido X.



En las reacciones nucleares se tiene que cumplir la conservación del número másico y del número atómico.

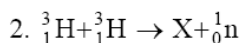


La emisión de un electrón supone la disminución en una unidad del número atómico. El antineutrino no afecta a ninguno de los dos números.

$$\text{El número másico es} \quad 14 - 0 = 14$$

$$\text{El número atómico es} \quad 6 + 1 = 7$$

El elemento desconocido es el  ${}^{14}_7\text{N}$ .



$$\text{El número másico es} \quad 2 + 3 - 1 = 4$$

$$\text{El número atómico es} \quad 1 + 1 = 2$$

Se trata de una partícula  $\alpha$  que es un núcleo de Helio  ${}^4_2\text{He}$

**6.- Una muestra de  $^{222}\text{Rn}$  contiene inicialmente  $10^{12}$  átomos de este isótopo radiactivo, cuya semivida (o periodo de semidesintegración) es de 3,28 días. ¿Cuántos átomos quedan sin desintegrar al cabo de 10 días? Calcula las actividades inicial y final (tras los 10 días) de esta muestra. ( Expresa los resultados en Bq. )**

a) Cuando tenemos una muestra de material radiactivo con  $N_0$  núcleos iniciales observamos que el número de estos disminuye con el tiempo. Transcurrido cierto tiempo la cantidad de núcleos que queda es  $N$  y el número de estos que se desintegran es en todo momento proporcional a los que hay, de modo que:

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

Donde  $\lambda$  es la constante desintegración.

Si consideramos intervalos de tiempo infinitesimales tenemos:

$$dN = -\lambda N dt \quad \Rightarrow \quad \frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

Para calcular el número de núcleos desintegrados, se integra a ambos lados de la ecuación.

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_0^t -\lambda dt \quad \Rightarrow \quad -\ln N \Big|_{N_0}^N = -\lambda t \quad \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

Ecuación que también puede escribirse como

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

que es la expresión matemática de la ley de la desintegración radiactiva:

“El nº de núcleos de una muestra radiactiva disminuye de forma exponencial con el tiempo”

b) El periodo de semidesintegración o semivida es el tiempo que tarda una muestra radiactiva en reducirse a la mitad.

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}; \quad \ln \frac{1}{2} = -\lambda t_{1/2}; \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 0,211 \text{ día}^{-1}$$

Al cabo de 10 día quedan:

$$N = 10^{12} e^{-0,211 \cdot 10} = 1,21 \cdot 10^{11} \text{ átomos}$$

La actividad es la velocidad de desintegración de la muestra o el número de desintegraciones por unidad de tiempo.

$$\frac{dN}{dt} = -\frac{d}{dt} (N_0 e^{-\lambda t}) = \lambda N$$

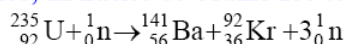
Cambiamos las unidades de  $\lambda$ :

$$\lambda = 0,211 \frac{1}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2,44 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

La actividad inicial es:  $\frac{dN}{dt} = 2,44 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{12} = 2,44 \cdot 10^6 \text{ Bq}$

La actividad al cabo de diez días es:  $\frac{dN'}{dt} = 2,44 \cdot 10^{-6} \cdot 1,21 \cdot 10^{11} = 2,95 \cdot 10^5 \text{ Bq}$

7.- Tras capturar un neutrón térmico, un núcleo de Uranio 235 se fisiona en la forma



Calcula la energía liberada en este proceso. Expresa tu resultado en J y en MeV. (1,5 puntos)

Masas atómicas:  $m_{\text{U}} = 235,0439 \text{ u}$  ;  $m_{\text{Ba}} = 140,9140 \text{ u}$  ;  $m_{\text{Kr}} = 91,9250 \text{ u}$  ;  $m_{\text{n}} = 1,0087 \text{ u}$ .

$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$  ;  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

b) La energía de la reacción procede del defecto de masa que se produce.

$$\Delta m = m({}_{56}^{141}\text{Ba}) + m({}_{36}^{92}\text{Kr}) + 3m({}_0^1\text{n}) - m({}_{92}^{235}\text{U}) - m({}_0^1\text{n})$$

$$\Delta m = 140,9140 + 91,9250 + 2,0174 - 235,0439 = -0,1875 \text{ u}$$

Escribimos el defecto de masa en unidades del sistema internacional para obtener el valor de la energía en Julios.

$$\Delta m = 0,1875 \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{u}} = 3,1 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 3,1 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,8 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

Hacemos el cambio de unidades para escribirlo en MeV.

$$E = \frac{2,8 \cdot 10^{-11}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,75 \cdot 10^8 \text{ eV} = 175 \text{ MeV}$$

8.- El trabajo de extracción del platino es  $1,01 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ . El efecto fotoeléctrico se produce en el platino cuando la luz que incide tiene un longitud de onda menor que  $198 \text{ nm}$ .

1.- Calcular la energía cinética máxima de los electrones emitidos en caso de iluminar el platino con luz de  $150 \text{ nm}$ .

2.- Por otra parte el trabajo de extracción del níquel es  $8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . ¿Se observará el efecto fotoeléctrico en el níquel con luz de  $480 \text{ nm}$ ?

1. Restando la energía umbral se obtiene la energía cinética máxima de los electrones.

$$E_i = E_{\text{umbral}} + E_{\text{c},\text{max}}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = 1,01 \cdot 10^{-18} + E_{\text{c},\text{max}}; \quad E_{\text{c},\text{max}} = \frac{hc}{\lambda} - 1,01 \cdot 10^{-18}$$

$$E_{\text{c},\text{max}} = 1,325 \cdot 10^{-18} - 1,01 \cdot 10^{-18} = 2,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2. Calculamos el valor de la energía que transporta dicha radiación:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{480 \cdot 10^{-9}} = 4,14 \cdot 10^{-19} \text{ J} < 8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Al ser el valor de la energía de la radiación menor que el trabajo de extracción, no se produce el efecto fotoeléctrico.

9.- El  $^{131}\text{I}$  tiene un periodo de semidesintegración  $T = 8,04$  días. ¿Cuántos átomos de  $^{131}\text{I}$  quedarán en una muestra que inicialmente tiene  $N_0$  átomos de  $^{131}\text{I}$  al cabo de 16,08 días? Considera los casos  $N_0 = 10^{12}$  átomos y  $N_0 = 2$  átomos. Comenta los resultados.

El periodo de semidesintegración es el tiempo que tiene que pasar para que una muestra de  $N_0$  átomos se reduzca a la mitad.

En el caso del Yodo-131 su periodo de semidesintegración es  $T = 8,04$  días, luego cada vez que pasan 8,04 días la muestra inicial se reduce a la mitad. Sin utilizar ningún tipo de fórmula:

$$N_0 \xrightarrow{T = 8,04 \text{ días}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{T = 8,04 \text{ días}} \frac{N_0/2}{2} = \frac{N_0}{4}$$

Si  $N_0 = 10^{12}$  entonces  $\frac{N_0}{4} = 2,5 \cdot 10^{11}$  átomos

La ley de la desintegración radiactiva se aplica a grandes cantidades de núcleos. Lo que hace es promediar lo que ocurre cada cierto periodo de tiempo con todos los núcleos.

Cuando trabajamos con pequeñas cantidades de núcleos, se puede promediar pero con la posibilidad de cometer grandes errores ya que es impredecible el momento en que se va a desintegrar un núcleo. Es decir que si tenemos un solo núcleo, no podemos deducir en que momento se va a desintegrar.

Luego en el caso  $N_0 = 2$  no podemos predecir lo que ocurrirá en  $2t_{1/2}$ .

10.- Un haz de luz de longitud de onda  $477 \cdot 10^{-9}$  m incide sobre una célula fotoeléctrica de cátodo de potasio, cuya frecuencia umbral es  $5,5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ .

a) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

b) Razone si se produciría efecto fotoeléctrico al incidir radiación infrarroja sobre la célula anterior. (La región infrarroja comprende longitudes de onda entre  $10^{-3}$  m y  $7,8 \cdot 10^{-5}$  m).

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Todos los metales tienen una función que les caracteriza denominada función trabajo o trabajo de extracción  $W_L$ . Cuando la energía incidente es superior a la función trabajo, los electrones del metal absorben toda la energía de los fotones adquiriendo una energía cinética máxima de valor:

$$E_{c,\max} = hf - W_L = hf - hf_0 = h \frac{c}{\lambda} - h \frac{c}{\lambda_0}$$

En nuestro caso tenemos:

$$E_{c,\max} = h \frac{c}{\lambda} - hf_0 = 6,6 \cdot 10^{-34} \left( \frac{3 \cdot 10^8}{477 \cdot 10^{-9}} - 5,5 \cdot 10^{14} \right) = 5,2 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

b) Hay que comprobar si la radiación infrarroja tiene suficiente energía para que se produzca el efecto fotoeléctrico, para ello calculamos el valor máximo de la frecuencia de una radiación infrarroja. Como tenemos las longitudes de onda, la frecuencia mayor se obtiene para la longitud de onda menor.

$$f_M = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{7,8 \cdot 10^{-5}} = 3,85 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

Como la frecuencia es menor que la frecuencia umbral, no se produce el efecto fotoeléctrico.