



### 2015-Modelo

**A. Pregunta 5.-** La longitud de onda umbral de la plata para el efecto fotoeléctrico es 262 nm.

- Halle la función de trabajo de la plata (trabajo de extracción).
- Sobre una lámina de plata incide radiación electromagnética monocromática de 175 nm. ¿Cuál es la velocidad máxima de los electrones emitidos por efecto fotoeléctrico?

*Datos: Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ; Masa del electrón,  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .*

*Constante de Planck,  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ .*

**B. Pregunta 5.-** En un meteorito esférico de radio 3 m se ha encontrado U-238. En el momento de formación del meteorito se sabe que había una concentración de  $5 \cdot 10^{12}$  átomos de U-238 por  $\text{cm}^3$  mientras que en la actualidad se ha medido una concentración de  $2,5 \cdot 10^{12}$  átomos de U-238 por  $\text{cm}^3$ . Si la vida media de dicho isótopo es  $4,51 \cdot 10^9$  años, determine:

- La constante de desintegración del U-238.
- La edad del meteorito.

### 2014-Septiembre

**A. Pregunta 5.-**

La función de trabajo del Cesio es 2,20 eV. Determine:

- La longitud de onda umbral del efecto fotoeléctrico en el Cesio.
- Si sobre una muestra de Cesio incide luz de longitud de onda de 390 nm, ¿cuál será la velocidad máxima de los electrones emitidos por efecto fotoeléctrico?

*Datos: Constante de Planck,  $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ; Masa del electrón,  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ;*

*Valor absoluto carga del electrón,  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; Velocidad de la luz en el vacío =  $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$*

**B. Pregunta 5.-** Inicialmente se tienen  $6,27 \times 10^{24}$  núcleos de un cierto isótopo radiactivo.

Transcurridos 10 años el número de núcleos radiactivos se ha reducido a  $3,58 \times 10^{24}$ . Determine:

- Vida media del isótopo.
- El periodo de semidesintegración.

### 2014-Junio

**A. Pregunta 5.-** Sobre un cierto metal cuya función de trabajo (trabajo de extracción) es 1,3 eV incide un haz de luz cuya longitud de onda es 662 nm. Calcule:

- La energía cinética máxima de los electrones emitidos.
- La longitud de onda de De Broglie de los electrones emitidos con la máxima energía cinética posible.

*Datos: Velocidad de la luz en el vacío =  $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ; Masa del electrón,  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .*

*Constante de Planck  $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ; Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;*

**B. Pregunta 5.-** Una cierta muestra contiene inicialmente 87000 núcleos radiactivos. Tras 22 días, el número de núcleos radiactivos se ha reducido a la quinta parte. Calcule:

- La vida media y el periodo de semidesintegración de la especie radioactiva que constituye la muestra.
- La actividad radioactiva (en desintegraciones por segundo) en el instante inicial y a los 22 días.

### 2014-Modelo

**A. Pregunta 5.-** Una roca contiene dos isótopos radioactivos, A y B, de periodos de semidesintegración 1600 años y 1000 años, respectivamente. Cuando la roca se formó el contenido de núcleos de A y B era el mismo.

- Si actualmente la roca contiene el doble de núcleos de A que de B, ¿qué edad tiene la roca?
- ¿Qué isótopo tendrá mayor actividad 2500 años después de su formación?

**B. Pregunta 5.-**

- Determine la masa y la cantidad de movimiento de un protón cuando se mueve con una velocidad de  $2,70 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .
- Calcule el aumento de energía necesario para que el protón del apartado anterior cambie su velocidad de  $v_1 = 2,70 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  a  $v_2 = 2,85 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

*Datos: Masa del protón en reposo =  $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ; Velocidad de la luz en el vacío =  $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$*

### 2013-Septiembre

**A. Pregunta 4.-** Dos muestras de material radioactivo, A y B, se prepararon con tres meses de diferencia. La muestra A, que se preparó en primer lugar, contenía doble cantidad de cierto isótopo radioactivo que la B. En la actualidad, se detectan 2000 desintegraciones por hora en ambas muestras. Determine:

- El periodo de semidesintegración del isótopo radioactivo.
- La actividad que tendrán ambas muestras dentro de un año.

**B. Pregunta 4.-**



- a) Calcule la longitud de onda de un fotón que posea la misma energía que un electrón en reposo.  
b) Calcule la frecuencia de dicho fotón y, a la vista de la tabla, indique a qué tipo de radiación correspondería.

Ultravioleta	Entre $7,5 \times 10^{14}$ Hz y $3 \times 10^{17}$ Hz
Rayos-X	Entre $3 \times 10^{17}$ Hz y $3 \times 10^{19}$ Hz
Rayos gamma	Más de $3 \times 10^{19}$ Hz

Datos: Masa del electrón,  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg; Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s;  
Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>

### 2013-Junio

**A. Pregunta 4.-** La vida media de un elemento radioactivo es de 25 años. Calcule:

- a) El tiempo que tiene que transcurrir para que una muestra del elemento radioactivo reduzca su actividad al 70%.  
b) Los procesos de desintegración que se producen cada minuto en una muestra que contiene  $10^9$  núcleos radioactivos.

**B. Pregunta 4.-** Los electrones emitidos por una superficie metálica tienen una energía cinética máxima de 2,5 eV para una radiación incidente de 350 nm de longitud de onda. Calcule:

- a) El trabajo de extracción de un mol de electrones en julios.  
b) La diferencia de potencial mínima (potencial de frenado) requerida para frenar los electrones emitidos.

Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Número de Avogadro:  $N = 6,02 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>;  
Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C;

### 2013-Modelo

**A. Pregunta 5.-** El Co-60 es un elemento radiactivo cuyo periodo de semidesintegración es de 5,27 años. Se dispone inicialmente de una muestra radiactiva de Co-60 de 2 g de masa. Calcule:

- a) La masa de Co-60 desintegrada después de 10 años.  
b) La actividad de la muestra después de dicho tiempo.

Dato: Número de Avogadro:  $N = 6,023 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>

**B. Pregunta 5.-** Una radiación monocromática de longitud de onda  $\lambda = 10^{-7}$  m incide sobre un metal cuya frecuencia umbral es  $2 \times 10^{14}$  Hz. Determine:

- a) La función de trabajo y la energía cinética máxima de los electrones.  
b) El potencial de frenado.

Dato: Constante de Planck  $h = 6,62 \times 10^{-34}$  J s

### 2012-Septiembre

**A. Pregunta 5.-** El trabajo de extracción de un material metálico es 2,5 eV. Se ilumina con luz monocromática y la velocidad máxima de los electrones emitidos es de  $1,5 \times 10^6$  m s<sup>-1</sup>. Determine:

- a) La frecuencia de la luz incidente y la longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos.  
b) La longitud de onda con la que hay que iluminar el material metálico para que la energía cinética máxima de los electrones emitidos sea de 1,9 eV.

Datos: Constante de Planck,  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C; Masa del electrón,  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg; Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>

**B. Pregunta 5.-** El periodo de semidesintegración de un isótopo radiactivo es de 1840 años. Si inicialmente se tiene una muestra de 30 g de material radiactivo,

- a) Determine qué masa quedará sin desintegrar después de 500 años.  
b) ¿Cuánto tiempo ha de transcurrir para que queden sin desintegrar 3 g de la muestra?

### 2012-Junio

**A. Pregunta 5.-** Se dispone de 20 g de una muestra radiactiva y transcurridos 2 días se han desintegrado 15 g de la misma. Calcule:

- a) La constante de desintegración radiactiva de dicha muestra.  
b) El tiempo que debe transcurrir para que se desintegre el 90% de la muestra.

**B. Pregunta 5.-** Una partícula de 1 mg de masa en reposo es acelerada desde el reposo hasta que alcanza una velocidad  $v = 0,6 c$ , siendo  $c$  la velocidad de la luz en el vacío. Determine:

- a) La masa de la partícula cuando se mueve a la velocidad  $v$ .  
b) La energía que ha sido necesario suministrar a la partícula para que ésta alcance dicha velocidad  $v$ .

Dato: Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>



### 2012-Modelo

**A. Pregunta 4.-** Al iluminar con luz de frecuencia  $8,0 \times 10^{14}$  Hz una superficie metálica se obtienen fotoelectrones con una energía cinética máxima de  $1,6 \times 10^{-19}$  J.

- ¿Cuál es la función de trabajo del metal? Exprese su valor en eV.
- Determine la longitud de onda mínima de los fotones que producirían fotoelectrones en dicho material.

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; velocidad de la luz en el vacío  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s; valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C.*

**B. Pregunta 4.-** En un laboratorio se reciben 100 g de un isótopo desconocido. Transcurridas 2 horas se ha desintegrado el 20 % de la masa inicial del isótopo.

- Calcule la constante radiactiva y el periodo de semidesintegración del isótopo.
- Determine la masa que quedará del isótopo original transcurridas 20 horas.

### 2011-Septiembre-Coincidentes

**A. Cuestión 3.-** Una radiación de luz ultravioleta de 350 nm de longitud de onda incide sobre una superficie de potasio. Si el trabajo de extracción de un electrón para el potasio es de 2 eV, determine:

- La energía por fotón de la radiación incidente, expresada en electron-voltios
- La velocidad máxima de los electrones emitidos.

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; velocidad de la luz en el vacío  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s; valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C; masa del electrón  $m = 9,11 \times 10^{-31}$  kg*

**B. Problema 2.-** La constante radioactiva del Cobalto-60 es  $0,13$  años<sup>-1</sup> y su masa atómica 59,93 u. Determine:

- El periodo de semidesintegración del isótopo.
- La vida media del isótopo.
- La actividad de una muestra de 20 g del isótopo.
- El tiempo que ha de transcurrir para que en la muestra anterior queden 5 g del isótopo.

*Dato: N° de Avogadro =  $6,02 \cdot 10^{23}$  núcleos/mol*

### 2011-Septiembre

**A. Problema 2.-** (Enunciado casi idéntico a 2001-Modelo-A-Problema 2, mínima variación datos)

Al iluminar un metal con luz de frecuencia  $2,5 \times 10^{15}$  Hz se observa que emite electrones cuyo potencial de frenado es de 7,2 V. Si a continuación se ilumina con otra luz de longitud de onda  $1,8 \times 10^{-7}$  m, dicho potencial pasa a ser 3,8 V. Determine:

- El valor de la constante de Planck.
- El trabajo de extracción del metal.

*Datos: Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3,00 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>.*

*Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C;*

### 2011-Junio-Coincidentes

**A. Problema 2.-** Cuando una luz monocromática de 300 nm de longitud de onda incide sobre una muestra de litio, los electrones emitidos tienen una energía cinética máxima de 1,65 eV. Calcule:

- La energía del fotón incidente.
- La función de trabajo del litio.
- La energía cinética máxima de los electrones emitidos, cuando la longitud de onda de los fotones es de 400 nm.
- La longitud de onda máxima de la radiación electromagnética para producir el efecto fotoeléctrico en el litio.

*Datos: Carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C; velocidad de la luz en el vacío  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s; constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s.*

**B. Cuestión 3.-** Un electrón se acelera a una velocidad de  $1 \times 10^5$  m/s mediante un acelerador de partículas.

- ¿Cuál será su longitud de onda?
- ¿Cuál será la energía que debería de tener un haz de luz para que tenga la misma longitud de onda que el electrón?

*Datos: Masa del electrón  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg; Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C; Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Velocidad de la luz  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s;*

### 2011-Junio

**B. Cuestión 3.-** Se tiene una muestra de 80 mg del isótopo <sup>226</sup>Ra cuya vida media es de 1600 años.

- ¿Cuánta masa de dicho isótopo quedará al cabo de 500 años?



b) ¿Qué tiempo se requiere para que su actividad se reduzca a la cuarta parte?

### **2011-Modelo**

#### **B. Cuestión 3.-**

*Idéntico a 2010-Modelo B. Cuestión 3*

#### **2010-Septiembre-Fase Específica**

**B. Cuestión 3.-** Una muestra de un organismo vivo presenta en el momento de morir una actividad radiactiva por cada gramo de carbono, de 0,25 Bq correspondiente al isótopo  $^{14}\text{C}$ . Sabiendo que dicho isótopo tiene un periodo de semidesintegración de 5730 años, determine:

- La constante radiactiva del isótopo  $^{14}\text{C}$ .
- La edad de una momia que en la actualidad presenta una actividad radiactiva correspondiente al isótopo  $^{14}\text{C}$  de 0,163 Bq, por cada gramo de carbono.

*Datos: 1 Bq = 1 desintegración/segundo. Considere 1 año=365 días*

#### **2010-Septiembre-Fase General**

**A. Cuestión 3.-** Se ilumina un metal con luz correspondiente a la región del amarillo, observando que se produce efecto fotoeléctrico. Explique si se modifica o no la energía cinética máxima de los electrones emitidos:

- Si iluminando el metal con la luz amarilla indicada se duplica la intensidad de la luz.
- Si se ilumina el metal con luz correspondiente a la región del ultravioleta.

**B. Cuestión 3.-** El tritio es un isótopo del hidrógeno de masa atómica igual a 3,016 u. Su núcleo está formado por un protón y dos neutrones.

- Defina el concepto de defecto de masa y calcúlelo para el núcleo de tritio.
- Defina el concepto de energía media de enlace por nucleón y calcúlelo para el caso del tritio, expresando el resultado en unidades de MeV.

*Datos: Masa del protón  $m_p=1,0073$  u; Masa del neutrón  $m_n=1,0087$  u*

*Valor absoluto de la carga del electrón  $e=1,6\times 10^{-19}$  C*

*Unidad de masa atómica  $u= 1,67\times 10^{-27}$  kg; Velocidad de la luz en el vacío  $c= 3\times 10^8$  m/s*

#### **2010-Junio-Coincidentes**

**A. Cuestión 3.-** Razone si las siguientes afirmaciones son correctas o incorrectas:

- Conociendo únicamente la actividad de una sustancia radiactiva en un instante determinado no se puede determinar su constante de desintegración.
- La radiación beta es sensible a campos magnéticos, mientras que la gamma no.

**B. Cuestión 3.-** Razone si las siguientes afirmaciones son correctas o incorrectas:

- De acuerdo con el principio de conservación de la energía, los fotoelectrones emitidos por un metal irradiado tienen la misma energía que los fotones que absorben.
- Si se irradia con luz blanca un metal y se produce el efecto fotoeléctrico en todo el rango de frecuencias de dicha luz, los fotoelectrones emitidos con mayor energía cinética son los originados por las componentes espectrales de la región del rojo.

**B. Problema 2.-** Una partícula de carga  $+e$  y masa  $2,32\times 10^{-23}$  g se mueve con velocidad constante  $\vec{v}=10^5 \vec{i}$  ( $\text{m s}^{-1}$ ) a lo largo del eje X, desde valores negativos del mismo. Al llegar a  $x=0$ , por efecto de un campo magnético uniforme  $\vec{B}=0,6\vec{k}$  (T) en la región con  $x\geq 0$ , la partícula describe media circunferencia y sale de la región de campo magnético en sentido opuesto al de entrada.

d) Obtenga el valor de la longitud de onda de De Broglie asociada a la partícula.

*Datos: Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6\times 10^{-19}$  C*

*Constante de Planck  $h = 6,63\times 10^{-34}$  J s*

#### **2010-Junio-Fase Específica**

**A. Cuestión 3.-** Dos partículas poseen la misma energía cinética. Determine en los dos casos siguientes:

- La relación entre las longitudes de onda de De Broglie correspondientes a las dos partículas, si la relación entre sus masas es  $m_1 = 50 m_2$ .
- La relación que existe entre las velocidades, si la relación entre sus longitudes de onda de De Broglie es  $\lambda_1=500 \lambda_2$ .

**B. Cuestión 3.-** Una radiación monocromática de longitud de onda de 600 nm incide sobre un metal cuyo trabajo de extracción es de 2 eV. Determine:

- La longitud de onda umbral para el efecto fotoeléctrico.
- La energía cinética máxima de los electrones emitidos expresada en eV.

*Datos: Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6\times 10^{-19}$  C*



Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ; Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

### **2010-Junio-Fase General**

**B. Cuestión 3.-** De los 120 g iniciales de una muestra radiactiva se han desintegrado, en 1 hora, el 10% de los núcleos. Determine:

- La constante de desintegración radiactiva y el periodo de semidesintegración de la muestra.
- La masa que quedará de la sustancia radiactiva transcurridas 5 horas.

### **2010-Modelo**

**B. Cuestión 3.-** (Cuestión 5 en Modelo preliminar que no contemplaba dos opciones disjuntas)

La energía mínima necesaria para extraer un electrón del sodio es de 2,3 eV. Explique si se producirá el efecto fotoeléctrico cuando se ilumina una lámina de sodio con las siguientes radiaciones:

- Luz roja de longitud de onda 680 nm.
- Luz azul de longitud de onda 360 nm.

Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ; Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

### **2009-Septiembre**

**Cuestión 5.-** La energía en reposo de un electrón es 0,511 MeV. Si el electrón se mueve con una velocidad  $v=0,8 c$ , siendo  $c$  la velocidad de la luz en el vacío:

- ¿Cuál es la masa relativista del electrón para esta velocidad?
- ¿Cuál es la energía relativista total?

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón  $e=1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Velocidad de la luz en el vacío  $c= 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

**A. Problema 2.-** En un tiempo determinado, una fuente radiactiva A tiene una actividad de  $1,6 \times 10^{11} \text{ Bq}$  y un periodo de semidesintegración de  $8,983 \times 10^5 \text{ s}$  y una segunda fuente B tiene una actividad de  $8,5 \times 10^{11} \text{ Bq}$ . Las fuentes A y B tienen la misma actividad 45,0 días más tarde. Determine:

- La constante de desintegración radiactiva de la fuente A.
- El número de núcleos iniciales de la fuente A.
- El valor de la actividad común a los 45 días.
- La constante de desintegración radiactiva de la fuente B.

Nota:  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ desintegración/segundo}$

### **2009-Junio**

**Cuestión 5.-** Una roca contiene dos isótopos radiactivos A y B de periodos de semidesintegración de 1600 años y 1000 años respectivamente. Cuando la roca se formó el contenido de A y B era el mismo ( $10^{15}$  núcleos) en cada una de ellas.

- ¿Qué isótopo tenía una actividad mayor en el momento de su formación?
- ¿Qué isótopo tendrá una actividad mayor 3000 años después de su formación?

Nota: Considere  $1 \text{ año} = 365 \text{ días}$

### **2009-Modelo**

**Cuestión 5.-** Discuta la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

- Un fotón de luz naranja es más energético que un fotón de luz roja.

**A. Problema 2.-** El periodo de semidesintegración del  $^{228}\text{Ra}$  es de 5,76 años mientras que el de  $^{224}\text{Ra}$  es de 3,66 días. Calcule la relación que existe entre las siguientes magnitudes de estos dos isótopos:

- Las constantes radiactivas.
- Las vidas medias.
- Las actividades de 1 g de cada isótopo.
- Los tiempos para los que el número de núcleos radiactivos se reduce a la cuarta parte de su valor inicial.

### **2008-Septiembre**

**Cuestión 5.-** La longitud de onda umbral de la luz utilizada para la emisión de electrones en un metal por efecto fotoeléctrico es la correspondiente al color amarillo. Explique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- Iluminando con la luz amarilla umbral, si duplicamos la intensidad de luz duplicaremos también la energía cinética de los electrones emitidos.
- Iluminando con luz ultravioleta no observaremos emisión de electrones.

**A. Problema 1.-** En una muestra de azúcar hay  $2,1 \times 10^{24}$  átomos de carbono. De éstos, uno de cada  $10^{12}$  átomos corresponden al isótopo radiactivo  $^{14}\text{C}$ . Como consecuencia de la presencia de



dicho isótopo la actividad de la muestra de azúcar es de 8,1 Bq.

a) Calcule el número de átomos radiactivos iniciales de la muestra y la constante de desintegración radiactiva ( $\lambda$ ) del  $^{14}\text{C}$ .

b) ¿Cuántos años han de pasar para que la actividad sea inferior a 0,01 Bq?

*Nota: 1 Bq = 1 desintegración/segundo*

#### **2008-Junio**

**Cuestión 4.-** El potencial de frenado de los electrones emitidos por la plata cuando se incide sobre ella con luz de longitud de onda de 200 nm es 1,48 V. Deduzca:

a) La función de trabajo (o trabajo de extracción) de la plata, expresada en eV.

b) La longitud de onda umbral en nm para que se produzca el efecto fotoeléctrico.

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  m/s  
Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C*

**Cuestión 5.-** Justifique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones, según la teoría de la relatividad especial:

a) La masa de un cuerpo con velocidad  $v$  respecto de un observador es menor que su masa en reposo.

b) La energía de enlace del núcleo atómico es proporcional al defecto de masa nuclear  $\Delta m$ .

#### **2008-Modelo**

**Cuestión 5.-** En un experimento de efecto fotoeléctrico un haz de luz de 500 nm de longitud de onda incide sobre un metal cuya función de trabajo (o trabajo de extracción) es de 2,1 eV. Analice la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

a) Los electrones arrancados pueden tener longitudes de onda de De Broglie menores que  $10^{-9}$  m.

b) La frecuencia umbral del metal es mayor que  $10^{14}$  Hz.

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  m/s  
Masa del electrón  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  kg; Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C*

**B. Problema 2.-** El deuterio es un isótopo del hidrógeno de masa atómica igual a 2,0136 u. Su núcleo está formado por un protón y un neutrón.

a) Indique el número atómico (Z) y el número másico (A) del deuterio.

b) Calcule el defecto de masa del núcleo de deuterio.

c) Calcule la energía media de enlace (expresada en MeV) por nucleón del deuterio.

d) Si un ión de deuterio es acelerado mediante un campo eléctrico, partiendo del reposo, entre dos puntos con una diferencia de potencial de 2000 V, calcule su longitud de onda de De Broglie asociada.

*Datos: Masa del protón  $m_p = 1,0073$  u; Masa del neutrón  $m_n = 1,0087$  u*

*Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C; Unidad de masa atómica  $u = 1,67 \times 10^{-27}$  kg  
Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  m/s; Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s*

#### **2007-Septiembre**

**Cuestión 5.-** Determine la longitud de onda de De Broglie y la energía cinética, expresada en eV, de: a) un electrón cuya longitud de onda de De Broglie es igual a la longitud de onda en el vacío de un fotón de energía  $10^4$  eV; b) una piedra de masa 80 g que se mueve con una velocidad de 2 m/s.

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  m s $^{-1}$   
Masa del electrón  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  kg; Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C*

#### **2007-Junio**

**Cuestión 4.-** Un protón que se mueve con velocidad constante en el sentido positivo del eje X penetra en una región del espacio donde hay un campo eléctrico  $\vec{E} = 4 \times 10^5 \vec{k}$  N/C y un campo magnético  $\vec{B} = -2 \vec{j}$  T, siendo  $\vec{k}$  y  $\vec{j}$  los vectores unitarios en las direcciones de los ejes Z e Y respectivamente.

b) En las condiciones del apartado anterior, calcule la longitud de onda de De Broglie del protón.

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Masa del protón  $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  kg*

**Cuestión 5.-** Una muestra de un material radiactivo posee una actividad de 115 Bq inmediatamente después de ser extraída del reactor donde se formó. Su actividad 2 horas después resulta ser 85,2 Bq.

a) Calcule el período de semidesintegración de la muestra.

b) ¿Cuántos núcleos radiactivos existían inicialmente en la muestra?

*Dato: 1 Bq = 1 desintegración/segundo*



### **2007-Modelo**

#### **Cuestión 5.-**

Un electrón de un átomo salta desde un nivel de energía de 5 eV a otro inferior de 3 eV, emitiéndose un fotón en el proceso. Calcule la frecuencia y la longitud de onda de la radiación emitida, si esta se propaga en el agua.

*Datos: Índice de refracción del agua  $n_{\text{agua}} = 1,33$       Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  m/s  
Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s      Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C*

**B. Problema 2.-** Una muestra contiene inicialmente  $10^{20}$  átomos, de los cuales un 20% corresponden a material radiactivo con un periodo de semidesintegración (o semivida) de 13 años. Calcule:

- La constante de desintegración del material radiactivo.
- El número de átomos radiactivos iniciales y la actividad inicial de la muestra.
- El número de átomos radiactivos al cabo de 50 años.
- La actividad de la muestra al cabo de 50 años.

### **2006-Septiembre**

**Cuestión 5.-** La ley de desintegración una sustancia radioactiva es la siguiente, donde  $N = N_0 e^{-0,003t}$ , donde  $N$  representa el número de núcleos presentes en la muestra en el instante  $t$ . Sabiendo que  $t$  está expresado en días, determine:

- El periodo de semidesintegración (o semivida) de la sustancia.  $T_{1/2}$
- La fracción de núcleo radiactivos sin desintegrar en el instante  $t = 5T_{1/2}$

### **2006-Junio**

**Cuestión 5.-** Calcule en los dos casos siguientes la diferencia de potencial con que debe ser acelerado un protón que parte del reposo para que después de atravesar dicho potencial:

- La longitud de onda de De Broglie asociada al protón sea  $5 \times 10^{-13}$  m.

*Datos: Carga del protón  $q_p = 1,6 \times 10^{-19}$  C; Masa del protón  $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  kg  
Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s.*

### **2006-Modelo**

**Cuestión 5.-** Se ilumina una superficie metálica con luz cuya longitud de onda es de 300 nm, siendo el trabajo de extracción del metal de 2,46 eV Calcule:

- la energía cinética máxima de los electrones emitidos por el metal;
- la longitud de onda umbral para el metal.

*Datos: Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C  
Velocidad de la Luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  ms<sup>-1</sup>; Constante de Plack  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  Js*

### **2005-Septiembre**

**Cuestión 5.-** Un protón que parte del reposo es acelerado por una diferencia de potencial de 10 V. Determine:

- la longitud de onda de De Broglie asociada al protón moviéndose con la velocidad anterior.

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Masa del protón  $= 1,67 \times 10^{-27}$  kg; Carga del protón  $= 1,6 \times 10^{-19}$  C*

### **2005-Junio**

**Cuestión 5.-** Un electrón que parte del reposo es acelerado por una diferencia de potencial de 50 V. Calcule:

- La longitud de onda de De Broglie asociada al electrón después de atravesar dicho potencial.

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s; Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>  
Masa del electrón  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  kg; Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C*

### **2005-Modelo**

**Cuestión 5.-** Una partícula  $\alpha$  y un protón tienen la misma energía cinética. Considerando que la masa de la partícula  $\alpha$  es cuatro veces la masa del protón:

- ¿Qué relación existe entre los momentos lineales de estas partículas?
- ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda de De Broglie correspondiente a estas partículas?

### **2004-Septiembre**

**Cuestión 5.-** El trabajo de extracción para el sodio es de 2,5 eV. Calcule:

- La longitud de onda de la radiación que debemos usar para que los electrones salgan del metal con una velocidad máxima de  $10^7$  ms<sup>-1</sup>.
- La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones que salen del metal con la velocidad de  $10^7$  ms<sup>-1</sup>

*Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  Js; Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8$  m/s*



Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; Masa del electrón  $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

### 2004-Junio

**Cuestión 5.-** Un cierto haz luminoso provoca efecto fotoeléctrico en un determinado metal. Explique cómo se modifica el número de fotoelectrones y su energía cinética si: a) aumenta la intensidad del haz luminoso; b) aumenta la frecuencia de la luz incidente; c) disminuye la frecuencia de la luz por debajo de la frecuencia umbral del metal. d) ¿Cómo se define la magnitud trabajo de extracción?

### 2004-Modelo

**Cuestión 5.-** En un átomo, un electrón pasa de un nivel de energía a otro nivel inferior. Si la diferencia de energías es de  $2 \times 10^{-15} \text{ J}$ , determine la frecuencia y la longitud de onda de la radiación emitida.

Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$  Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

### 2003-Septiembre

**Cuestión 5.-** A una partícula material se le asocia la llamada longitud de onda de De Broglie.

a) ¿Qué magnitudes físicas determinan el valor de la longitud de onda de De Broglie? ¿Pueden dos partículas distintas con diferente velocidad tener asociada la misma longitud de onda de De Broglie?

b) ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda de De Broglie de dos electrones cuyas energías cinéticas vienen dadas por 2 eV y 8 eV?

**A. Problema 2.-** Un metal tiene una frecuencia umbral de  $4,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$  para el efecto fotoeléctrico.

a) Si el metal se ilumina con una radiación de  $4 \times 10^{-7} \text{ m}$  de longitud de onda ¿cuál será la energía cinética y la velocidad de los electrones emitidos?

b) Si el metal se ilumina con otra radiación distinta de forma que los electrones emitidos tengan una energía cinética el doble que en el caso anterior ¿cuál será la frecuencia de esta radiación?

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Masa del electrón en reposo:  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ; Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

### 2003-Junio

**Cuestión 5.-** Se dispone inicialmente de una muestra radiactiva que contiene  $5 \times 10^{18}$  átomos de un isótopo de Ra, cuyo periodo de semidesintegración (semivida)  $\tau$  es de 3,64 días. Calcule:

a) La constante de desintegración radiactiva del Ra y la actividad inicial de la muestra.

b) El número de átomos en la muestra al cabo de 30 días.

**B. Problema 2.-** Un protón se encuentra situado en el origen de coordenadas del plano XY. Un electrón, inicialmente en reposo, está situado en el punto (2,0). Por efecto del campo eléctrico creado por el protón (supuesto inmóvil), el electrón se acelera. Estando todas las coordenadas expresadas en  $\mu\text{m}$ , calcule:

d) La longitud de onda de De Broglie asociada al electrón en el punto (1,0).

Datos: Constante de la ley de Coulomb  $K = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; Masa del electrón  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

### 2003-Modelo

**Cuestión 5.-** Una radiación de frecuencia  $\nu$  produce efecto fotoeléctrico al incidir sobre una placa de metal.

a) ¿Qué condición tiene que cumplir la frecuencia para que produzca efecto fotoeléctrico?

Explique qué ocurre:

b) Si se aumenta la frecuencia de la radiación.

c) Si se aumenta la intensidad de la radiación.

### 2002-Septiembre

**Cuestión 5.-** El isótopo  $^{234}\text{U}$  tiene un período de semidesintegración (semivida) de 250000 años. Si partimos de una muestra de 10 gramos de dicho isótopo, determine:

a) La constante de desintegración radiactiva.

b) La masa que quedará sin desintegrar después de 50000 años

**A. Problema 2.-** Los fotoelectrones expulsados de la superficie de un metal por una luz de 400 nm de longitud de onda en el vacío son frenados por una diferencia de potencial de 0,8 V.

a) Determine la función de trabajo del metal.

b) ¿Qué diferencia de potencial se requiere para frenar los electrones expulsados de dicho metal por una luz de 300 nm de longitud de onda en el vacío?

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$





Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ; Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

### 2002-Junio

**Cuestión 5.-** a) ¿Qué velocidad ha de tener un electrón para que su longitud de onda de De Broglie sea 200 veces la correspondiente a un neutrón de energía cinética 6 eV?

b) ¿Se puede considerar que el electrón a esta velocidad es no relativista?

Datos: Masa del electrón  $= 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ; Masa del neutrón  $= 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
Velocidad de la luz en el vacío:  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ; Carga del electrón  $= 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

### 2002-Modelo

**Cuestión 5.-** a) ¿Cómo se define la actividad de una muestra radiactiva? ¿Cuál es su unidad en el Sistema Internacional?

b) El curio es la unidad de actividad definida como la actividad de una muestra de un gramo de radio. ¿Cuál es la relación entre esta unidad y la del Sistema Internacional?

Datos: La masa atómica del radio es 226 u

Constante de desintegración del radio  $\lambda = 1,4 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$

Número de Avogadro  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

### 2001-Septiembre

**Cuestión 5.-** Dos partículas no relativistas tienen asociada la misma longitud de onda de De Broglie. Sabiendo que la masa de una de ellas es el triple que la masa de la otra, determine:

a) La relación entre sus momentos lineales.

b) La relación entre sus velocidades.

### 2001-Junio

**Cuestión 5.-** Un haz de luz monocromática de longitud de onda en el vacío 450 nm incide sobre un metal cuya longitud de onda umbral, para el efecto fotoeléctrico es de 612 nm. Determine:

a) La energía de extracción de los electrones del metal.

b) La energía cinética máxima de los electrones que se arrancan del metal.

Datos: Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Constante de Planck:  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

### 2001-Modelo

**Cuestión 5.-** ¿Cuáles son los tipos de radiaciones más comunes que se producen en una desintegración radiactiva? Explique la naturaleza de cada una de dichas radiaciones.

**A. Problema 2.-** Al iluminar un metal con luz de frecuencia  $2,5 \times 10^{15} \text{ Hz}$  se observa que emite electrones que pueden detenerse al aplicar un potencial de frenado de 7,2 V. Si la luz que se emplea con el mismo fin es de longitud de onda en el vacío  $1,78 \times 10^{-7} \text{ m}$ , dicho potencial pasa a ser de 3,8 V. Determine:

a) El valor de la constante de Planck.

b) La función de trabajo (o trabajo de extracción) del metal.

Datos: Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

### 2000-Septiembre

**Cuestión 5.-** a) ¿Qué intervalo aproximado de energías (en eV) corresponde a los fotones del espectro visible?

b) ¿Qué intervalo aproximado de longitudes de onda de De Broglie tendrán los electrones en ese intervalo de energías?

Las longitudes de onda del espectro visible están comprendidas, aproximadamente, entre 390 nm en el violeta y 740 nm en el rojo.

Datos: Masa del electrón  $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ; Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ; Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

### 2000-Junio

**Cuestión 5.-** Enuncie el principio de indeterminación de Heisenberg y comente su significado físico.

**A. Problema 2.-** Una radiación monocromática que tiene una longitud de onda en el vacío de 600 nm y una potencia de 0,54 W, penetra en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio cuyo trabajo de extracción es de 2,0 eV. Determine:

a) El número de fotones por segundo que viajan con la radiación.

b) La longitud de onda umbral del efecto fotoeléctrico para el cesio.

c) La energía cinética de los electrones emitidos.

d) La velocidad con que llegan los electrones al ánodo si se aplica una diferencia de potencial de 100 V.



*Datos: Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$   
Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$   
Masa del electrón  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$   
Constante de Planck  $= 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$*

**2000-Modelo**

**Cuestión 5.-** Considere las longitudes de onda de de Broglie de un electrón y de un protón. Razone cuál es menor si tienen:

- a) El mismo módulo de la velocidad
- b) La misma energía cinética

Suponga velocidades no relativistas.

**B. Problema 2.-** Un láser de longitud de onda  $\lambda = 630 \text{ nm}$  tiene una potencia de 10 mW y un diámetro de haz de 1 mm. Calcule:

- a) La intensidad del haz.
- b) El número de fotones por segundo que viajan con el haz.

*Datos: Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$   
Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$*



## 2015-Modelo

### A. Pregunta 5.-

$$E_{\text{fotones incidentes}} = h \cdot f_{\text{umbral}} = W$$

$$W = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{umbral}}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{262 \cdot 10^{-9}} = 7,58 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

(La carga del electrón no es dato, pero serían teniéndola se podría indicar también  $W=4,74 \text{ eV}$ )

$$E_{\text{fotones incidentes}} = W + E_{c \text{ máx}} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = W + \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2$$

$$b) \quad v_{\text{máx}} = \sqrt{2 \cdot \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{175 \cdot 10^{-9}} - 7,58 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 9,1 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

### B. Pregunta 5.-

a) *Nota (similar a junio 2013-A4, junio 2011, B. Cuestión 3): Hay dos términos distintos relacionados, ambos con unidades de tiempo, y que es muy importante no confundir*  
 -  $\tau$  (mean lifetime): “tiempo de vida [media]”: promedio estadístico de vida de una partícula antes de desintegrarse.

-  $T_{1/2}$  (halflife): “periodo de semidesintegración, semivida, vida mitad”: tiempo necesario para que se desintegren la mitad de los núcleos de una muestra inicial de una sustancia radiactiva  
 Enunciado es poco claro porque utiliza “vida media” que es ambiguo en español, por una mala traducción del inglés ya que en español media es polisémico y significa tanto media estadística (mean) como mitad (half).

Sería deseable que el enunciado no usase “vida media” sino algo que no diera lugar a dudas; lo importante es dejar claro en la solución que existen ambos significados, y decir que se opta por uno de los dos y por qué. Entre ambos hay una diferencia numérica  $T_{1/2} = \ln(2) \cdot \tau$ .

En este caso tomamos “vida media” como periodo de semidesintegración, ya que ese dato es el periodo de semidesintegración (“halflife”) del Uranio-238 (Si se tomase como vida promedio, los resultados tendrían otros valores numéricos)

<http://www.astro.caltech.edu/~dperley/public/isotopetable.html>

[http://web.stanford.edu/dept/EHS/prod/researchlab/radlaser/RSDS\\_sheets/U-Nat.pdf](http://web.stanford.edu/dept/EHS/prod/researchlab/radlaser/RSDS_sheets/U-Nat.pdf)

<http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/uranium.html>

$$a) \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{4,51 \cdot 10^9} = 1,54 \cdot 10^{-10} \text{ año}^{-1}$$

b) El dato de ser esférico y 3 m de radio no lo utilizamos, ya que la ley de variación de la concentración (llamamos C y  $C_0$ ) es la misma que para el número de núcleos, ya que el volumen del meteorito es constante.

Lo podríamos realizar cualitativamente: como en el mismo volumen la concentración se ha reducido a la mitad, el número de núcleos radiactivos también, y el tiempo transcurrido es precisamente el periodo de semidesintegración.

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N/V}{N_0/V} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{C}{C_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\frac{2,5 \cdot 10^{12}}{5 \cdot 10^{12}} = e^{-1,54 \cdot 10^{-10} \cdot t} \Rightarrow \ln 1/2 = -1,54 \cdot 10^{-10} \cdot t \Rightarrow t = \frac{\ln 1/2}{-1,54 \cdot 10^{-10}} = 4,5 \cdot 10^9 \text{ años}$$

## 2014-Septiembre

### A. Pregunta 5.-

$$E_{\text{fotones incidentes}} = h \cdot f_{\text{umbral}} = W$$

$$a) \quad f_{\text{umbral}} = \frac{W}{h} = \frac{2,20 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 5,32 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$



$$E_{\text{fotones incidentes}} = W + E_{c\text{máx}} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = W + \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2$$

$$b) \quad v_{\text{máx}} = \sqrt{2 \cdot \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{390 \cdot 10^{-9}} - 2,20 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 5,89 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

### B. Pregunta 5.-

a) Utilizando la ley de desintegración radiactiva, calculamos la vida media = vida promedio  $\tau = 1/\lambda$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{-t}{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)} = \frac{-10}{\ln\left(\frac{3,58 \cdot 10^{24}}{6,27 \cdot 10^{24}}\right)} = 17,84 \text{ años}$$

b) El periodo de semidesintegración está relacionado con la vida promedio, siendo ligeramente inferior (con la vida promedio se han desintegrado 1/e, con el periodo de semidesintegración sólo 1/2)  $T_{1/2} = \ln(2) \tau = \ln(2) 17,84 = 12,37 \text{ años}$

### 2014-Junio

#### A. Pregunta 5.-

a)  $E_{\text{fotones incidentes}} = W + E_{c\text{máx}}$

$$E_{c\text{máx}} = E_{\text{fotones incidentes}} - W = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot (3 \cdot 10^8 / 662 \cdot 10^{-9}) - 1,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,2 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

b) Para calcular la longitud de onda de De Broglie necesitamos conocer la velocidad de los electrones. Asumiendo velocidad no relativista

$$E_{c\text{máx}} = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2 \Rightarrow v_{\text{máx}} = \sqrt{2 \frac{E_{c\text{máx}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,2 \cdot 10^{-20}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 4,5 \cdot 10^5} = 1,62 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Ojo a utilizar los datos y valores dados en el enunciado.

#### B. Pregunta 5.-

a) Utilizando la ley de desintegración radiactiva, calculamos primero la vida promedio  $\tau = 1/\lambda$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{-t}{\ln(N/N_0)} = \frac{-22}{\ln(1/5)} = 13,67 \text{ días}$$

El periodo de semidesintegración está relacionado con la vida promedio, siendo ligeramente inferior (con la vida promedio se han desintegrado 1/e, con el periodo de semidesintegración sólo 1/2)

$$T_{1/2} = \ln(2) \tau = \ln(2) 13,67 = 9,48 \text{ días}$$

b)  $A = \lambda N$

Calculamos la constante de desintegración en  $s^{-1}$  a partir de la vida promedio

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{13,67 \cdot 24 \cdot 3600} = 8,47 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

En el instante inicial conocemos el número de núcleos radiactivos.

$$A_0 = \lambda N_0 = 8,47 \cdot 10^{-7} \cdot 87000 = 7,37 \cdot 10^{-2} \text{ Bq [Desintegraciones/s]}$$

A los 22 días conocemos el número de núcleos radiactivos, que es 1/5 de los iniciales

$$A_{22 \text{ días}} = \lambda N_{22 \text{ días}} = \lambda \frac{N_0}{5} = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ Bq [Desintegraciones/s]}$$

### 2014-Modelo

#### A. Pregunta 5.-

a) Calculamos la constante de desintegración para ambos isótopos A y B

$$T_{\frac{1}{2}A} = \frac{\ln 2}{\lambda_A} \Rightarrow \lambda_A = \frac{\ln 2}{1600} = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ año}^{-1}$$

$$T_{\frac{1}{2}B} = \frac{\ln 2}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_B = \frac{\ln 2}{1000} = 6,9 \cdot 10^{-4} \text{ año}^{-1}$$

Si inicialmente tenían la misma cantidad de núcleos pero actualmente la roca A tiene el doble que B podemos plantear



$$N_A = N_0 e^{-\lambda_A t}$$

$$N_B = N_0 e^{-\lambda_B t}$$

Sustituyendo en la segunda  $N_A = 2N_B$  y dividiendo la primera entre la segunda tenemos

$$2 = e^{-\lambda_A t + \lambda_B t} \Rightarrow \ln 2 = t \cdot (\lambda_B - \lambda_A) \Rightarrow t = \frac{\ln 2}{6,9 \cdot 10^{-4} - 4,3 \cdot 10^{-4}} = 2666 \text{ años}$$

$$b) \quad A_A = \lambda_A N_A = \lambda_A N_0 e^{-\lambda_A t}$$

$$A_B = \lambda_B N_B = \lambda_B N_0 e^{-\lambda_B t}$$

Dividimos la primera entre la segunda para comparar

$$\frac{A_A}{A_B} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} e^{-\lambda_A t + \lambda_B t} \quad \text{Sustituyendo para } t=2500 \text{ años} \quad \frac{A_A}{A_B} = \frac{4,3 \cdot 10^{-4}}{6,9 \cdot 10^{-4}} e^{2500(6,9 \cdot 10^{-4} - 4,3 \cdot 10^{-4})} = 1,19$$

Por lo tanto tendrá mayor actividad el isótopo A (que tiene mayor periodo de semidesintegración)

### B. Pregunta 5.-

a) Se trata de una velocidad próxima a la de la luz y hay que utilizar la corrección relativista

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{2,7 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^8} = 0,9 \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-0,9^2}} = 2,29$$

$$m = \gamma m_0 = 2,29 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} = 3,82 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

La cantidad de movimiento es un vector con mismo sentido y dirección que el vector velocidad.

Indicamos solamente el módulo

$$p = mv = 3,82 \cdot 10^{-27} \cdot 2,7 \cdot 10^8 = 1,03 \cdot 10^{-18} \text{ kg m/s}$$

b) Ambas son velocidades relativistas. La primera es la del apartado a.

$$\beta_2 = \frac{v_2}{c} = \frac{2,85 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^8} = 0,95 \quad \gamma_2 = \frac{1}{\sqrt{1-\beta_2^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-0,95^2}} = 3,2$$

Calculamos la energía relativista total a cada velocidad. Se pueden usar expresiones

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4 \quad (\text{expresión equivalente a } E = \gamma m_0 c^2)$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \gamma_2 m_0 c^2 - \gamma_1 m_0 c^2 = (\gamma_2 - \gamma_1) m_0 c^2 = (3,2 - 2,29) \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,37 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

### 2013-Septiembre

#### A. Pregunta 4.-

a) Si en la actualidad se detectan las mismas desintegraciones por hora en ambas muestras, quiere decir que tienen la misma actividad, y como  $A = \lambda N$ , y se trata del mismo material radioactivo (misma  $\lambda$ ), tendremos la misma cantidad de núcleos ( $N$ ), por lo que tendremos la misma masa. Si la muestra A hace 3 meses cuando se preparó tenía el doble de cantidad de isótopo que la B ahora, quiere decir que en esos 3 meses la cantidad de núcleos radioactivos se ha reducido a la mitad, por lo que el periodo de semidesintegración es de 3 meses.

$$b) \quad T_{\frac{1}{2}} = 3 \text{ meses} = 3/12 \text{ años} = 0,25 \text{ años} \quad T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{0,693}{0,25} = 2,772 \text{ años}^{-1}$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = 2000 \text{ desintegraciones/hora} \cdot e^{-2,772 \text{ años}^{-1} \cdot 1 \text{ año}} = 125 \text{ desintegraciones/hora}$$

#### B. Pregunta 4.-

a) Primero calculamos la energía de un electrón en reposo, que es la energía asociada a su masa  $E = mc^2 = 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ J}$

Ahora calculamos la longitud de onda de un fotón que tenga esa energía

$$E = hf; \quad c = \lambda f; \quad \rightarrow E = hc/\lambda \quad \rightarrow \lambda = hc/E = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 8,2 \cdot 10^{-14} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$c) \quad f = c/\lambda = 3 \cdot 10^8 / 2,43 \cdot 10^{-12} = 1,23 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$$

Corresponde a rayos gamma.

### 2013-Junio

#### A. Pregunta 4.-

a) Nota (similar a junio 2011, B. Cuestión 3): Hay dos términos distintos relacionados, ambos con unidades de tiempo, y que es muy importante no confundir

-  $\tau$  (mean lifetime): "tiempo de vida [media]": promedio estadístico de vida de una partícula antes de desintegrarse.



$-T_{1/2}$  (half-life): “periodo de semidesintegración, semivida, vida mitad”: tiempo necesario para que se desintegren la mitad de los núcleos de una muestra inicial de una sustancia radiactiva  
 Enunciado es poco claro porque utiliza “vida media” que es ambiguo en español, por una mala traducción del inglés ya que en español media es polisémico y significa tanto media estadística (mean) como mitad (half).

Sería deseable que el enunciado no usase “vida media” sino algo que no diera lugar a dudas; lo importante es dejar claro en la solución que existen ambos significados, y decir que se opta por uno de los dos y por qué. Entre ambos hay una diferencia numérica  $T_{1/2} = \ln(2) \cdot \tau$ .

En este caso tomamos “vida media” como tiempo de vida promedio.

(Si se tomase como tiempo de semidesintegración, los resultados tendrían otros valores numéricos)

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

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{25} = 0,04 \text{ años}^{-1} = 1,27 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

$$\ln(0,7) = -0,04 \cdot t \Rightarrow t = 8,9 \text{ años}$$

b)  $A = \lambda N = 1,26 \cdot 10^{-9} \frac{1}{s} \cdot \frac{60 s}{1 \text{ min}} \cdot 10^9 \text{ núcleos} = 76,2 \text{ núcleos / min}$

### B. Pregunta 4.-

a)  $E_{\text{fotones incidentes}} = W + E_{\text{cmáx}}$ ;

$$W = E_{\text{fotones incidentes}} - E_{\text{cmáx}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot (3 \cdot 10^8 / 350 \cdot 10^{-9}) - 2,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,68 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

W para 1 mol de electrones =  $6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,68 \cdot 10^{-19} = 101136 \text{ J}$

b) El potencial de frenado es el que frena todos los electrones con su  $E_{\text{cmáx}}$ , ya que toda su  $E_c$  pasa a  $E_p$ .  $V = E_p / q = 2,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,5 \text{ V}$

### 2013-Modelo

#### A. Pregunta 5.-

a)  $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{0,693}{5,27} = 0,131 \text{ años}^{-1}$

Tras 10 años la masa que queda son  $m = m_0 e^{-\lambda t}$ ;  $m = 2 e^{-0,131 \cdot 10} = 0,54 \text{ g}$ , luego se han desintegrado  $2 - 0,54 = 1,46 \text{ g}$

b) En 0,54 g del isótopo Co-60 tenemos  $\frac{0,54 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0,009 \text{ mol}$

$$A = \lambda N = 0,131 \cdot 0,009 \text{ mol} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ núcleos/mol} = 7,1 \cdot 10^{20} \text{ núcleos/año}$$

Para dar la actividad en unidades del SI, Bq = núcleos/s, tomamos un año como 365 días

$$A = 7,1 \cdot 10^{20} \text{ núcleos/año} \cdot \frac{1 \text{ año}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 2,25 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

#### B. Pregunta 5.-

a)  $W = h \cdot f_0 = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 2 \cdot 10^{14} = 1,324 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$E_{\text{fotones incidentes}} = W + E_{\text{cmáx}}; E_{\text{cmáx}} = hf - W = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot (3 \cdot 10^8 / 10^{-7}) - 1,324 \cdot 10^{-19} = 1,85 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

b) El potencial de frenado es el que frena todos los electrones con su  $E_{\text{cmáx}}$ , ya que toda su  $E_c$  pasa a  $E_p$ .

$V = E_p / q$ , luego necesitamos utilizar la carga del electrón aunque no se proporciona en el enunciado

$$V = 1,85 \cdot 10^{-18} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 11,56 \text{ V}$$

### 2012-Septiembre

#### A. Pregunta 5.-

a)  $E_{\text{fotones incidentes}} = W + E_{\text{cmáx}}; h \cdot f_{\text{incidente}} = W + 1/2 m (v_{\text{max}})^2$ ;

$$f_{\text{incidente}} = (2,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1/2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (1,5 \cdot 10^6)^2) / 6,63 \cdot 10^{-34} = 2,15 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,5 \cdot 10^6} = 4,85 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

b)  $h \cdot f_{\text{incidente}} = W + 1/2 m (v_{\text{max}})^2; f_{\text{incidente}} = c / \lambda_{\text{incidente}}$ ;

$$\lambda_{\text{incidente}} = (6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8) / (2,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}) = 2,825 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 282,5 \text{ nm}$$

#### B. Pregunta 5.-



$$a) T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = 3,767 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

$$m = m_0 e^{-\lambda t}; m = 30 e^{-3,767 \cdot 10^{-4} \cdot 500} = 24,85 \text{ g}$$

$$b) m = m_0 e^{-\lambda t}; 3 = 30 e^{-3,767 \cdot 10^{-4} \cdot t} \Rightarrow \ln(0,1) = -3,767 \cdot 10^{-4} \cdot t \Rightarrow t = 6112,5 \text{ años}$$

### 2012-Junio

#### A. Pregunta 5.-

$$t = 2 \cdot 24 \cdot 3600 = 172800 \text{ s}$$

$$a) m = m_0 e^{-\lambda t}; 0,005 = 0,020 e^{-\lambda \cdot 172800} \Rightarrow \lambda = -\ln \frac{(0,005/0,020)}{172800} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

*Si se desintegra el 90% queda el 10%*

$$b) m_0 \cdot 0,1 = m_0 e^{-\lambda t}; 0,1 = e^{-8 \cdot 10^{-6} \cdot t} \Rightarrow t = \frac{-\ln(0,1)}{8 \cdot 10^{-6}} = 287823 \text{ s} = 3,3 \text{ días}$$

#### B. Pregunta 5.-

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,6^2}} = 1,25$$

$$a) m = \gamma m_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

b) La energía a suministrar es la diferencia entre la energía entre ambas situaciones

En reposo su energía es  $E = m_0 c^2$

A velocidades relativistas  $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4 = m_0^2 c^4 \gamma^2$

Restando ambas obtenemos la energía cinética relativista  $E_c = m_0 c^2 (\gamma - 1)$  que en este caso es

$$E_c = 10^{-6} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 (1,25 - 1) = 2,25 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

### 2012-Modelo

#### A. Pregunta 4.-

$$W = h f_0 = E_{\text{fotón}} - E_{\text{cinética máxima}} = h \cdot f - E_{\text{cinética máxima}}$$

$$a) W = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 8 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV}} - 1 = 3,315 - 1 = 2,315 \text{ eV}$$

$$W = h f_0; f_0 = \frac{2,315 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 5,5867 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$b) c = \lambda_0 f_0; \lambda_0 = \frac{3 \cdot 10^8}{5,5867 \cdot 10^{14}} = 5,37 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 537 \text{ nm}$$

#### B. Pregunta 4.-

$$A = A_0 e^{-\lambda t}; \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t}; 0,8 = e^{-\lambda \cdot 2}; \ln(0,8) = -\lambda \cdot 2; \lambda = \frac{-\ln(0,8)}{2} = 0,1116 \text{ h}^{-1}$$

$$a) T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 6,2 \text{ h}$$

$$b) m = m_0 e^{-\lambda t}; m = 100 e^{-0,1116 \cdot 20} = 10,73 \text{ g}$$

### 2011-Septiembre-Coincidentes

#### A. Cuestión 3.-

$$a) E = h f = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{350 \cdot 10^{-9}} = 5,68 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J} \cdot 1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 3,55 \text{ eV}$$

$$E_{\text{incidente}} = W_{\text{extracción}} + E_{c \text{ máx}}$$

$$b) E_{c \text{ máx}} = E_{\text{incidente}} - W_0 = 3,55 - 2 = 1,55 \text{ eV} = 1,55 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 2,48 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2 = 2,48 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow v_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,48 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 7,38 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

#### B. Problema 2.-



$$a) T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{0,13} = 5,33 \text{ años}$$

$$b) \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,13} = 7,69 \text{ años}$$

$$c) \text{En } 20 \text{ g del isótopo tenemos } \frac{20 \text{ g}}{59,93 \text{ g/mol}} = 0,33 \text{ mol}$$

$$A = \lambda N = 0,13 \cdot 0,33 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ núcleos/mol} = 2,58 \cdot 10^{22} \text{ núcleos/año}$$

Para dar la actividad en unidades del SI, Bq = núcleos/s, tomamos un año como 365 días

$$A = 2,58 \cdot 10^{22} \text{ núcleos/año} \cdot \frac{1 \text{ año}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 8,18 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$$

$$d) \frac{A}{A_0} = \frac{m}{m_0} = \frac{5}{20} = e^{-0,13 \cdot t}; \ln(0,25) = -0,13 \cdot t; t = \frac{-1,386}{-0,13} = 10,67 \text{ años}$$

## 2011-Septiembre

### A. Problema 2.-

Solución casi idéntica a 2001-Modelo-A-Problema 2, no se repite todo

Única diferencia en datos: en este enunciado dato  $1,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  y en el anterior era  $1,78 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

El desarrollo sería el mismo, con variaciones en valores numéricos

$$a) c = \lambda_2 f_2 \Rightarrow f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 10^{-7}} = 1,67 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$h \cdot (2,5 \cdot 10^{15} - 1,67 \cdot 10^{15}) = -6,08 \cdot 10^{-19} + 1,15 \cdot 10^{-18}$$

$$h = 5,42 \cdot 10^{-19} / 8,3 \cdot 10^{14} = 6,53 \cdot 10^{-34} \text{ Js (del orden de magnitud de su valor correcto } 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js)}$$

*Nota: no se da el valor real en el enunciado pero comprobamos cómo se aproxima al valor real*

$$\text{Error relativo} = \frac{|h_{\text{obtenida}} - h_{\text{real}}|}{h_{\text{real}}} = \frac{6,53 \cdot 10^{-33} - 6,63 \cdot 10^{-34}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 0,015 = 1,5 \%$$

$$b) W_{\text{extracción}} = 6,53 \cdot 10^{-34} \cdot 2,5 \cdot 10^{15} - 1,15 \cdot 10^{-18} = 4,825 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

## 2011-Junio-Coincidentes

### A. Problema 2.-

$$a) E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} = 6,63 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6,63 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 4,14 \text{ eV}$$

$$b) W_0 = E_{\text{incidente}} - E_{c \text{ máx}} = 4,14 - 1,65 = 2,49 \text{ eV} = 2,49 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 3,98 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

c) Si aumentamos la longitud de onda, la frecuencia será algo más baja, y la energía de los fotones incidentes también. Si es suficiente para producir el efecto fotoeléctrico, emitirá electrones con menor energía cinética.

$$E_{c \text{ máx}} = E_{\text{incidente}} - W_0 = h \frac{c}{\lambda} - W_0 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} - 3,98 \cdot 10^{-19} = 9,93 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0,62 \text{ eV}$$

d) Se producirá cuando los fotones incidentes tengan una energía igual a la función trabajo del litio

$$W_0 = h \frac{c}{\lambda_{\text{máx}}} \Rightarrow \lambda_{\text{máx}} = h \frac{c}{W_0} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,98 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 500 \text{ nm}$$

### B. Cuestión 3.-

$$a) \lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 10^5} = 7,28 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 7,28 \text{ nm}$$

$$b) \text{La energía de cada fotón del haz de luz sería } E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{7,28 \cdot 10^{-9}} = 2,73 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

## 2011-Junio

### B. Cuestión 3.-

*Nota: Hay dos términos distintos relacionados, ambos con unidades de tiempo, y que es muy importante no confundir*

-  $\tau$  (mean lifetime): "tiempo de vida [media]": promedio estadístico de vida de una partícula antes de desintegrarse.





$-T_{1/2}$  (half-life): “periodo de semidesintegración, semivida, vida mitad”: tiempo necesario para que se desintegren la mitad de los núcleos de una muestra inicial de una sustancia radiactiva  
 Enunciado es poco claro porque utiliza “vida media” que es ambiguo en español, por una mala traducción del inglés ya que en español media es polisémico y significa tanto media estadística (mean) como mitad (half).

Sería deseable que el enunciado no usase “vida media” sino algo que no diera lugar a dudas; lo importante es dejar claro en la solución que existen ambos significados, y decir que se opta por uno de los dos y por qué. Entre ambos hay una diferencia numérica  $T_{1/2} = \ln(2) \cdot \tau$ .

En este caso tomamos “vida media” como periodo de semidesintegración, que coincide con el dato real del periodo de semidesintegración para el isótopo de Radio 226 que es de 1602 años.

(Si se tomase como vida promedio, los resultados tendrían otros valores numéricos)

$$a) \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \ln \frac{2}{1600} = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ año}^{-1} = \ln \frac{2}{1600 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,37 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t}; \frac{A}{A_0} = e^{-4,33 \cdot 10^{-4} \cdot 500} = e^{-0,2165} = 0,805 = 80,5 \%$$

La actividad es proporcional a la masa, por lo que quedará el 80,5 % de la masa inicial que supone  $80 \cdot 0,805 = 64,4 \text{ mg}$

$$b) \text{ Si queremos que } \frac{A}{A_0} = 0,25 = e^{-4,33 \cdot 10^{-4} \cdot t}; \ln(0,25) = -4,33 \cdot 10^{-4} \cdot t; t = \frac{-1,386}{-4,33 \cdot 10^{-4}} = 3200,9 \text{ años}$$

### 2011-Modelo

#### B. Cuestión 3.-

Enunciado y solución idénticos a Modelo 2010, B, Cuestión 3

### 2010-Septiembre-Fase Específica

#### B. Cuestión 3.-

$$a) \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5730} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ año}^{-1}$$

$$b) A = A_0 e^{-\lambda t}; 0,163 = 0,25 e^{-1,21 \cdot 10^{-4} \cdot t}; \ln\left(\frac{0,163}{0,25}\right) = -1,21 \cdot 10^{-4} \cdot t; t = 3534,8 \text{ años}$$

### 2010-Septiembre-Fase General

#### A. Cuestión 3.-

a) La energía de los fotones depende de la frecuencia de la luz, no de la intensidad, por lo que no variaría la energía cinética máxima de los electrones emitidos. El aumento de intensidad sólo provocará que haya un mayor número de electrones emitidos.

$$h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + E_{c \text{ máx}}$$

b) La frecuencia ultravioleta tiene una longitud de onda menor y frecuencia mayor que la del amarillo, por lo que los fotones tienen mayor energía y la energía cinética máxima de los electrones emitidos será mayor.

#### B. Cuestión 3.-

a) El defecto de masa en los núcleos atómicos, que se representa por  $\Delta m$ , es la diferencia entre su masa medida experimentalmente y la calculada para sistema de partículas desligadas que lo forman:  $\Delta m = \text{Masa calculada (A,Z)} - \text{Masa Experimental}$ . De manera breve se puede decir que es la diferencia de masa entre los nucleones libres y los ligados.

$$\Delta m = m_p + 2 m_n - m_{\text{radio}} = 1,0073 + 2 \cdot 1,0087 - 3,016 = 0,0087 \text{ u} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg/u} = 1,4529 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

b) La energía de enlace por nucleón se obtiene dividiendo la energía de enlace del núcleo por sus A nucleones:  $E_{\text{me}} = (E_b/A)$ . La energía de enlace es la energía necesaria para separar los nucleones de un núcleo, o lo que es lo mismo la energía que se libera cuando se unen los nucleones para formar el núcleo. El origen de la energía de enlace es el defecto de masa  $\Delta m$ , que tiene una equivalencia en energía según la ecuación  $E = m c^2$

$$E_{\text{enlace}} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{A} = \frac{1,4529 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{3} = 4,3587 \cdot 10^{-13} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,72 \cdot 10^6 \text{ eV} = 2,72 \text{ MeV}$$



## **2010-Junio-Coincidentes**

### **A. Cuestión 3.-**

a) Correcto. La actividad mide la velocidad de desintegración  $A(t) = \frac{-d}{dt} N(t); A = A_0 e^{-\lambda t}$  Si queremos conocer la constante de desintegración  $\lambda$  necesitamos los valores de actividad en dos instantes de tiempo conocidos.

Otra opción para obtener la constante de desintegración a partir de la actividad en un instante sería conocer el número de núcleos radiactivos en ese instante, con lo que  $\lambda = A/N$ .

Cualitativa/matemáticamente: la desintegración sigue una curva exponencial descrita por la constante de desintegración. Conocer la actividad en un instante dado solamente nos permite saber por dónde pasa la curva, pero no describirla.

b) Correcto. La radiación beta son electrones desprendidos en un proceso radiactivo. Al tener carga sí son sensibles a los campos magnéticos según la ley de Lorentz. La radiación gamma es un tipo de radiación electromagnética formada por fotones. Al no tener carga los fotones no son sensibles a los campos magnéticos.

### **B. Cuestión 3.-**

a) Correcto. La expresión del efecto fotoeléctrico de Einstein  $E_{\text{fotón incidente}} = W_0 + E_{c \text{ máx}}$  que refleja la conservación de energía: indica que la energía incidente se utiliza en realizar el trabajo de extracción ( $\Phi$  ó  $W_0$ ) y en aportarle energía cinética.

Los fotones que se absorben son partículas sin masa ni carga y su energía es  $E = hf$ .

Los fotoelectrones emitidos son los electrones emitidos por efecto fotoeléctrico que son partículas con masa y carga, y al hablar de la energía que tienen se puede hablar tanto de la energía asociada a su masa  $E = mc^2$  como energía potencial eléctrica y energía cinética. La función trabajo es energía ganada por el electrón y que se puede decir que tiene el electrón: si el electrón no es extraído sino que solamente pasa a un nivel energético superior del átomo, el electrón “devuelve” esa energía emitiéndola en forma de fotón cuando regresa al nivel energético inferior original.

Dado que el enunciado al hablar de “la energía de los fotoelectrones” no menciona explícitamente que se refiera solo a la cinética, hay que entender que hay que tratar la que tiene globalmente, por lo que la afirmación es correcta.

Nota: Si considerásemos que el enunciado al hablar de “la energía de los fotoelectrones” se refiere solamente a la energía cinética, sí sería una afirmación incorrecta.

b) Incorrecto. La radiación blanca es una radiación que contiene todas las frecuencias visibles, desde el rojo visible (por encima del infrarrojo que no es visible) que es la frecuencia más baja, hasta el violeta (por debajo del ultravioleta que no es visible). La radiación roja tiene la frecuencia menor del espectro visible y es la menos energética, ya que para los fotones  $E = hf$ , y a menor frecuencia menor energía. Como la energía de los fotones incidentes se utiliza en realizar el trabajo de extracción y en aportar energía cinética, los fotones de a radiación roja emitirán fotoelectrones con menor energía cinética que el resto de fotones del espectro visible que componen en blanco.

### **B. Problema 2.-**

d) Utilizamos la velocidad, masa y valor de constante de Planck aportadas en el enunciado. Para usar unidades del SI convertimos la masa dada en g a kg.

$$\lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{2,32 \cdot 10^{-26} \cdot 10^5} = 2,86 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

## **2010-Junio-Fase Específica**

### **A. Cuestión 3.-**



$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{p}; p = m v; E_c = \frac{1}{2} m v^2; v = \sqrt{2 \frac{E_c}{m}}$$

$$p = \sqrt{2 m E_c}$$

a)

$$\frac{\lambda_{De\ Broglie\ 2}}{\lambda_{De\ Broglie\ 1}} = \frac{\frac{h}{p_2}}{\frac{h}{p_1}} = \frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{2 m_1 E_{c_1}}{2 m_2 E_{c_2}}} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{50}$$

$$\frac{\lambda_{De\ Broglie\ 1}}{\lambda_{De\ Broglie\ 2}} = \frac{p_2}{p_1} = 500 = \sqrt{\frac{2 m_1 E_{c_1}}{2 m_2 E_{c_2}}} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$$

b)

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2 \frac{E_{c_1}}{m_1}}{2 \frac{E_{c_2}}{m_2}}} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \frac{1}{500}$$

### B. Cuestión 3.-

a)  $E = h f = h \frac{c}{\lambda}; \lambda = h \frac{c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2 eV \cdot 1,16 \cdot 10^{-19} eV/J} = 8,57 \cdot 10^{-7} m = 857 nm$

$$E_{total} = E_{extracción} + E_{cinética\ máx}$$

b)  $E_{total} = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{600 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{1 eV}{1,16 \cdot 10^{-19} J} = 2,07 eV$

$$E_{cinética\ máx} = E_{total} - E_{extracción} = 2,07 - 2 = 0,07 eV$$

### 2010-Junio-Fase General

#### B. Cuestión 3.-

a) La actividad es proporcional a la masa, si se han desintegrado el 10 % de los núcleos la masa de núcleos radiactivos también se ha reducido en un 10% y queda un 90% de la masa inicial.

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow m = m_0 e^{-\lambda t}; \frac{m}{m_0} = \frac{A}{A_0} = 0,90 = e^{-\lambda t}; \ln(0,9) = -\lambda \cdot 1; \lambda = 0,10536 h^{-1}$$

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,69315}{0,10536} = 6,58 h$$

b)  $m = m_0 e^{-\lambda t}; m = 120 e^{-0,10536 \cdot 5} = 120 \cdot 0,59 = 70,8 g$

### 2010-Modelo

#### B. Cuestión 3.-

Calculamos la longitud de onda asociada a la energía de extracción del sodio, para compararla con las longitudes de ondas proporcionadas en apartados a y b, sabiendo que a menor longitud de onda la frecuencia y la energía es mayor.

$$c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2,3 eV \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} J/eV} = 5,40 \cdot 10^{-7} m = 540 nm$$

a) Como  $580 nm > 540 nm$ , la frecuencia es menos energética y no produce efecto fotoeléctrico.

b) Como  $350 nm < 540 nm$ , la frecuencia es más energética y sí produce efecto fotoeléctrico.

(Nota: otra opción sería calcular la energía asociada a cada una de las longitudes de onda de apartados a y b y luego compararla con la energía de extracción del sodio, pero es algo más larga.

Por ejemplo para a sería

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{580 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{1 eV}{1,6 \cdot 10^{-19} J} = 1,81 eV < 2,3 eV, \text{ no produce efecto fotoeléctrico}$$

### 2009-Septiembre

#### Cuestión 5.-

a) Según la teoría de la relatividad, la masa de una partícula en movimiento es:



$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Donde  $m_0$  representa la masa de la partícula en reposo, que para el electrón calculamos a partir de la energía en reposo a partir de la expresión  $E=mc^2$ , con lo que tenemos

$$E_0 = m_0 c^2; m_0 = \frac{E_0}{c^2} = \frac{0,511 \text{ eV} \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV}}{(3 \cdot 10^8)^2} = 9,08 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,64}} = 1,67$$

$$m = \gamma m_0 = 1,667 \cdot 9,08 \cdot 10^{-31} = 1,51 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

b) Se pide “energía relativista total”, y la energía relativista es la suma de las energía cinética y de su energía en reposo.

Los cálculos son los mismos pero podemos plantearlos de dos maneras:

Utilizando la masa relativista obtenida en apartado anterior:

$$E_{\text{relativista total}} = m c^2 = 1,51 \cdot 10^{-30} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,36 \cdot 10^{-13} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 850000 \text{ eV} = 0,85 \text{ MeV}$$

Utilizando la expresión para obtener la energía relativista a partir de masa en reposo.

$$E_{\text{relativista total}} = \gamma m_0 c^2 = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2} = 1,36 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 0,85 \text{ MeV}$$

### A. Problema 2.-

$$a) \lambda_A = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}, A}} = \frac{\ln 2}{8,983 \cdot 10^5} = 7,7 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

$$b) A_A = \lambda_A \cdot N_A; N_A = \frac{A_A}{\lambda_A}; N_{A_0} = \frac{A_{A_0}}{\lambda_A} = \frac{1,6 \cdot 10^{11} \text{ Bq}}{7,7 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}} = 2,078 \cdot 10^{17} \text{ Núcleos}$$

$$c) A_A = A_{A_0} e^{-\lambda_A t}; \text{ Para } t = 45 \text{ días} = 45 \cdot 24 \cdot 3600 = 3,888 \cdot 10^6 \text{ s}$$

$$A_A = A_B = 1,6 \cdot 10^{11} \cdot e^{-7,7 \cdot 10^{-7} \cdot 3,888 \cdot 10^6} = 8,016 \cdot 10^9 \text{ Bq}$$

$$\text{A los 45 días } A_A = A_B = A_{B_0} e^{-\lambda_B t};$$

$$8,016 \cdot 10^9 = 8,5 \cdot 10^{11} e^{-\lambda_B \cdot 3,888 \cdot 10^6}$$

$$d) \ln\left(\frac{8,016 \cdot 10^9}{8,5 \cdot 10^{11}}\right) = -\lambda_B \cdot 3,888 \cdot 10^6$$

$$\lambda_B = \frac{-4,664}{-3,888 \cdot 10^6} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

### 2009-Junio

#### Cuestión 5.-

$$\lambda_A = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}, A}} = \frac{\ln 2}{1600} = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}; \lambda_B = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}, B}} = \frac{\ln 2}{1000} = 6,93 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

$$a) A_{A,0} = \lambda_A \cdot N_{A,0}; A_{B,0} = \lambda_B \cdot N_{B,0}; \text{ Como } N_{A,0} = N_{B,0} = 10^{15}$$

$$\frac{A_{A,0}}{A_{B,0}} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{4,33}{6,93} < 1 \text{ luego la actividad inicial de B era mayor}$$

b) Para dar la actividad en unidades del SI, Bq = núcleos/s, tomamos un año como 365 días, que se indica en el enunciado como dato (aunque no se indica expresamente dar en unidades SI)

$$A_A = A_{A,0} e^{-\lambda_A t} = 4,33 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{15} e^{-4,33 \cdot 10^{-4} \cdot 3000} = 1,18 \cdot 10^{11} \frac{\text{Núcleos}}{\text{año}}$$

$$A_A = 1,18 \cdot 10^{11} \frac{\text{Núcleos}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 3742 \text{ Bq}$$



$$A_B = A_{B,0} e^{-\lambda_B t} = 6,93 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{15} e^{-6,93 \cdot 10^{-4} \cdot 3000} = 8,67 \cdot 10^{11} \frac{\text{Núcleos}}{\text{año}}$$

$$A_B = 8,67 \cdot 10^{11} \frac{\text{Núcleos}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 27492 \text{ Bq}$$

Por lo tanto el que mayor actividad tiene 3000 años después de su formación es el isótopo A. Otra forma de resolver este apartado, sería calcular primero el número de núcleos que quedan en la muestra sin desintegrar, y a continuación calcular la actividad mediante la expresión  $A = \lambda N$ . Para calcular el número de núcleos que no se han desintegrado se parte de la ley de

desintegración radiactiva:  $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ , integrando  $N = N_0 e^{-\lambda t}$

### 2009-Modelo

#### Cuestión 5.

Se utiliza lo razonado en apartados anteriores sobre la la relación entre color del fotón y frecuencia. d) Verdadero, ya que el fotón naranja tiene mayor frecuencia que el fotón rojo, y  $E = h f$ , siendo h la constante de Planck.

#### A. Problema 2.-

$$\frac{\lambda_{228Ra}}{\lambda_{224Ra}} = \frac{\frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}, 228Ra}}}{\frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}, 224Ra}}} = \frac{3,66}{5,76 \cdot 365} = 0,00174 \text{ o también } \lambda_{224Ra} = 574,4 \lambda_{228Ra}$$

a)

$$\frac{\tau_{228Ra}}{\tau_{224Ra}} = \frac{\frac{1}{\lambda_{228Ra}}}{\frac{1}{\lambda_{224Ra}}} = \frac{\lambda_{224Ra}}{\lambda_{228Ra}} = 574,4 \text{ o también } \tau_{224Ra} = 0,00174 \tau_{228Ra}$$

*El dato del gramo es irrelevante: simplemente tenemos el mismo número de núcleos*

c)

$$A_{228Ra} = \lambda_{228Ra} \cdot N; A_{224Ra} = \lambda_{224Ra} \cdot N;$$

$$\frac{A_{228Ra}}{A_{224Ra}} = \frac{\lambda_{228Ra}}{\lambda_{224Ra}} = 0,00174$$

d) El tiempo necesario para que el número de núcleos radiactivos se reduzca a la cuarta parte de su valor inicial es igual a dos periodos de desintegración, ya que el número de núcleos radiactivos ha de reducirse a la mitad dos veces sucesivas.

$$\frac{t_{\frac{1}{4}, 228Ra}}{t_{\frac{1}{4}, 224Ra}} = \frac{2 \cdot T_{\frac{1}{2}, 228Ra}}{2 \cdot T_{\frac{1}{2}, 224Ra}} = \frac{5,76 \cdot 365}{3,66} = 574,4$$

### 2008-Septiembre

#### Cuestión 5.-

a) Falso. La energía de los fotones depende de la frecuencia de la luz, no de la intensidad, por lo que no variaría la energía cinética máxima de los electrones emitidos. El aumento de intensidad sólo provocará que haya un mayor número de electrones emitidos.

$$h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + E_{c \text{ máx}}$$

b) Falso. La luz ultravioleta tiene mayor frecuencia, luego es más energética que la amarilla y también producirá emisión de electrones.

#### A. Problema 1.-

$$N_0 = \frac{2,1 \cdot 10^{24}}{10^{12}} = 2,1 \cdot 10^{12}$$

a)

$$A_0 = \lambda N_0; \lambda = \frac{8,1}{2,1 \cdot 10^{12}} = 3,86 \cdot 10^{-12}$$



$$A = A_0 e^{-\lambda \cdot t}; 0,01 = 8,1 e^{-3,86 \cdot 10^{-12} \cdot t}; \ln\left(\frac{0,01}{8,1}\right) = -3,86 \cdot 10^{-12} \cdot t; t = \frac{-6,697}{-3,86 \cdot 10^{-12}} = 1,735 \cdot 10^{12} \text{ s}$$

b) 
$$\frac{1,735 \cdot 10^{12} \text{ s}}{3600 \cdot 24 \cdot 365 \text{ s/año}} = 55016 \text{ años}$$

Con tiempos mayores la actividad será menor de 0,01 Bq

**2008-Junio**

**Cuestión 4.-**

a) El potencial de frenado está asociado a la  $E_c$  que tienen los electrones emitidos:  $qV = E_c$

$$h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + E_c = W_0 + qV_{\text{Frenado}}$$

$$c = \lambda \nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$W_0 = h \frac{c}{\lambda} - qV_{\text{Frenado}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} - 1,48 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 7,58 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_0 = 7,58 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J} \cdot 1 \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ eV}} = 4,74 \text{ eV}$$

b) 
$$W_0 = h \cdot \nu_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{h \cdot c}{W_0} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{7,58 \cdot 10^{-19}} = 2,62 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 262 \text{ nm}$$

**Cuestión 5.-**

a) Falso. Según la teorema de la relatividad, la masa de una partícula en movimiento es:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Donde  $m_0$  representa la masa de la partícula en reposo, luego la masa aumenta al

aumentar la velocidad y su masa será mayor.

b) Verdadero. Principio de conservación de la energía. La energía que se desprende al formarse el átomo viene expresada por:  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

**2008-Modelo**

**Cuestión 5.-**

a) Falso, ya que haciendo cálculos, valor de longitud de onda De Broglie mínimo, asociado a la velocidad máxima con la que pueden salir los electrones, es mayor de  $10^{-9} \text{ m}$

$$h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + E_{c \text{ máx}} = W_0 + \frac{1}{2} m v^2$$

$$\text{Fotón } c = \lambda \nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$h \frac{c}{\lambda} - W_0 = \frac{1}{2} m v^2; \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{500 \cdot 10^{-9}} - 2,1 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = \frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} v^2$$

$$\frac{6,18 \cdot 10^{-20} \cdot 2}{9,1 \cdot 10^{-31}} = v^2; v = 368543 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 368543} = 1,98 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

b) Verdadero, haciendo los cálculos  $W_0 = h \cdot \nu_0 \Rightarrow \nu_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 5,1 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

**B. Problema 2.-**

a)  $Z=1$  ya que tiene sólo un protón.  $A=2$  ya que tiene dos nucleones: un protón y un neutrón

b)  $\Delta m = m_p + m_n - m_{\text{Deuterio}} = 1,0073 + 1,0087 - 2,0136 = 0,0024 \text{ u} = 4,008 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$

c) 
$$E_{\text{menlace}} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{A} = \frac{4,008 \cdot 10^{-30} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{2} = 1,8036 \cdot 10^{-13} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

$$1,12725 \cdot 10^6 \text{ eV} = 1,12725 \text{ MeV}$$

d) Al acelerar el ión de deuterio mediante una diferencia de potencial, este gana energía cinética. La carga es la de un electrón, y su masa 2,0136 u.



$$qV = E_c = \frac{1}{2} m v^2; v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2000}{2,0136 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}}} = 436260 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{p} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{2,0136 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 436260} = 4,52 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

### 2007-Septiembre

#### Cuestión 5.-

a) Primero calculamos la longitud de onda en el vacío de un fotón de energía  $10^4 \text{ eV}$

$$c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{10^4 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV}} = 1,24 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,124 \text{ nm}$$

Ahora calculamos la energía cinética de un electrón con ese valor de longitud de onda de De Broglie

$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{m\nu}; \nu = \frac{h}{m\lambda_{De\ Broglie}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \left( \frac{h}{m\lambda_{De\ Broglie}} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{h^2}{m\lambda_{De\ Broglie}^2} = \frac{(6,63 \cdot 10^{-34})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (1,24 \cdot 10^{-10})^2} = 1,57 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

$$E_c = 1,57 \cdot 10^{-17} \frac{\text{J} \cdot 1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 98,1 \text{ eV}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 0,0802^2 = 0,16 \text{ J} = 0,16 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 10^{18} \text{ eV}$$

b)

$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{0,0802 \cdot 2} = 4,14 \cdot 10^{-33} \text{ m}$$

### 2007-Junio

#### Cuestión 4.-

b) Tomamos el valor del módulo de la velocidad calculado en el apartado anterior

$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^5} = 1,99 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

#### Cuestión 5.-

$$A = A_0 e^{-\lambda \cdot t}; 85,2 = 115 e^{-\lambda \cdot 2 \cdot 60 \cdot 60}; \ln\left(\frac{85,2}{115}\right) = -\lambda \cdot 7200; \lambda = \frac{-0,3}{-7200} = 4,17 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

a)

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0,693}{4,17 \cdot 10^{-5}} = 16622 \text{ s}$$

$$b) A_0 = \lambda N_0; N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{115}{4,17 \cdot 10^{-5}} = 2,76 \cdot 10^6 \text{ Núcleos}$$

### 2007-Modelo

#### Cuestión 5.-

Este ejercicio, que no tiene apartados, mezcla aspectos de “física moderna” (energía cuantizada de un fotón) con aspectos de “óptica física” (índice de refracción y longitud de onda en medio distinto del vacío), pero que tratamos por separado de acuerdo a la agrupación de bloques de ejercicios: aquí resolvemos la parte inicial de física moderna:

El fotón emitido tendrá una energía igual a la diferencia de energía entre los dos niveles, es decir

$$5 - 3 = 2 \text{ eV} = 2 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Como la energía está cuantizada por lo que  $E = hf \Rightarrow f = \frac{E}{h} = \frac{3,2 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 4,83 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

#### B. Problema 2.-

$$a) \lambda = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0,693}{13 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,69 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1} \text{ (Usamos SI en lugar de indicar años}^{-1}\text{)}$$



- b) 
$$N_0 = 10^{20} \cdot \frac{20}{100} = 2 \cdot 10^{19}$$
- $$A_0 = \lambda N_0 = 1,69 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{19} = 3,38 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$
- c) 
$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 2 \cdot 10^{19} e^{-1,69 \cdot 10^{-9} \cdot 50 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,39 \cdot 10^{18} \text{ Núcleos}$$
- d) 
$$A = A_0 e^{-\lambda t} = 3,38 \cdot 10^{10} e^{-1,69 \cdot 10^{-9} \cdot 50 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 2,35 \cdot 10^9 \text{ Bq}$$

**2006-Septiembre**

**Cuestión 5.-**

$$\lambda = 0,003 \text{ días}^{-1} = \frac{0,003}{24 \cdot 3600} = 3,47 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1} \text{ (Usamos SI)}$$

- a) 
$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0,693}{3,47 \cdot 10^{-8}} = 2 \cdot 10^7 \text{ s}$$
- b) 
$$N = N_0 e^{-\lambda t}; \text{ Para } t = 5T_{\frac{1}{2}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda \cdot 5 \cdot \frac{\ln(2)}{\lambda}} = e^{-5 \cdot 2} = 296,8; \frac{N_0}{N} = 0,003 = 0,3 \%$$

**2006-Junio**

**Cuestión 5.-**

b) Al acelerar el protón mediante una diferencia de potencial, este gana energía cinética.

$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}; \quad v = \frac{h}{m \lambda_{De\ Broglie}}$$

$$q \Delta V = E_c = \frac{1}{2} m v^2; \quad \Delta V = \frac{1}{2} \frac{m}{q} \left( \frac{h}{m \lambda_{De\ Broglie}} \right)^2 = \frac{(6,63 \cdot 10^{-34})^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 5 \cdot 10^{-13}} = 3290 \text{ V}$$

**2006-Modelo**

**Cuestión 5.-**

$$h \cdot v = h \cdot v_0 + E_{c\ máx} = W_0 + \frac{1}{2} m v^2$$

- a) 
$$c = \lambda v \Rightarrow v = \frac{c}{\lambda}$$
- $$h \frac{c}{\lambda} - W_0 = E_{c\ máx} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} - 2,46 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 2,69 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$
- $$W_0 = h \cdot v_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} = h v - E_{c\ máx} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{h \cdot c}{h \frac{c}{\lambda} - E_{c\ máx}} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda} - \frac{E_{c\ máx}}{hc}}$$
- b) 
$$\lambda_0 = \frac{1}{\frac{1}{300 \cdot 10^{-9}} - \frac{2,69 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}} = 5,05 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 505 \text{ nm}$$

**2005-Septiembre**

**Cuestión 5.-**

b) Utilizamos velocidad calculada en el apartado anterior  $v = 4,38 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ , que vemos que es muy inferior a c, por lo que no es relativista.

$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 4,38 \cdot 10^4} = 9,06 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

**2005-Junio**

**Cuestión 5.-**

b) Utilizamos velocidad calculada en el apartado anterior  $v = 4,19 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ , que se vio que es el 1,4% de c, por lo que se podría empezar a considerar relativista, por lo que aumentará la masa según la teoría de la relatividad y no se aceleraría tanto. Comprobamos cuanto es el aumento de masa, por si hubiera que hacer una corrección de cara a considerar la velocidad.





$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31}}{\sqrt{1 - 0,014^2}} \approx 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = m_0 \Rightarrow \text{no es relativista}$$

$$\lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m \sqrt{\frac{2q \Delta V}{m}}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50}{9,1 \cdot 10^{-31}}}} = 1,74 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

### 2005-Modelo

#### Cuestión 5.-

a)  $E_{c\alpha} = E_{c\text{protón}}; \frac{1}{2} m_{\alpha} v_{\alpha}^2 = \frac{1}{2} m_{\text{protón}} v_{\text{protón}}^2; \frac{m_{\alpha}}{m_{\text{protón}}} = 4 = \left(\frac{v_{\text{protón}}}{v_{\alpha}}\right)^2 \Rightarrow v_{\text{protón}} = 2 v_{\alpha}$

$$\frac{p_{\alpha}}{p_{\text{protón}}} = \frac{m_{\alpha} \cdot v_{\alpha}}{m_{\text{protón}} \cdot v_{\text{protón}}} = \frac{4 \cdot 1}{2} = 2$$

b)  $\frac{\lambda_{\text{De Broglie } \alpha}}{\lambda_{\text{De Broglie protón}}} = \frac{\frac{h}{p_{\alpha}}}{\frac{h}{p_{\text{protón}}}} = \frac{m_{\text{protón}} \cdot v_{\text{protón}}}{m_{\alpha} \cdot v_{\alpha}} = \frac{1}{4} \cdot 2 = \frac{1}{2}$

### 2004-Septiembre

#### Cuestión 5.-

$$h \cdot v = h \cdot v_0 + E_{c\text{máx}} = W_0 + \frac{1}{2} m v^2$$

$$c = \lambda v \Rightarrow v = \frac{c}{\lambda}$$

a)  $h \frac{c}{\lambda} = W_0 + \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{W_0 + \frac{1}{2} m v^2}$

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2,5 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} + \frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (10^7)^2} = 4,3 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 4,3 \text{ nm}$$

b)  $\lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^7} = 7,286 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

### 2004-Junio

#### Cuestión 5.-

a) Si aumenta la intensidad (número de fotones por unidad de tiempo y área), hay mayor número de electrones con la misma energía cinética

b) Si aumenta la frecuencia de la luz incidente, aumenta la energía de cada uno de los fotones, y se tiene el mismo número de electrones con mayor energía cinética.

c) Si disminuye la frecuencia de la luz incidente por debajo de la frecuencia umbral, no se emiten fotoelectrones, sea cual sea la intensidad, ya que la energía de cada uno de los fotones es menor al trabajo de extracción.

d) El trabajo de extracción es la energía que debemos aportar a un electrón para arrancarlo de un metal.

### 2004-Modelo

#### Cuestión 5.-

$$\Delta E = h \cdot v; v = \frac{\Delta E}{h} = \frac{2 \cdot 10^{-15}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 3,02 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$$

$$c = \lambda \cdot v; \lambda = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8}{3,02 \cdot 10^{18}} = 9,93 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

### 2003-Septiembre

#### Cuestión 5.-



a) El momento lineal (masa y velocidad).  $\lambda_{De Broglie} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

Sí es posible, siempre que tengan el mismo momento lineal.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2; v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}}$$

$$b) \frac{\lambda_{De Broglie e 2eV}}{\lambda_{De Broglie e 8eV}} = \frac{\frac{h}{p_{2eV}}}{\frac{h}{p_{8eV}}} = \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot 8 eV}{m}}}{\sqrt{\frac{2 \cdot 2 eV}{m}}} = \sqrt{\frac{8}{2}} = \sqrt{4} = 2$$

### A. Problema 2.-

$$W_0 = h \cdot \nu_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 4,5 \cdot 10^{14} = 2,98 \cdot 10^{-19} J$$

$$a) h \cdot \nu = W_0 + E_c; E_c = \frac{h \cdot c}{\lambda} - W_0 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} - 2,98 \cdot 10^{-19} = 1,99 \cdot 10^{-19} J$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2; v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,99 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 661334 m/s$$

$$b) h \cdot \nu' = W_0 + E_c'; \nu = \frac{2,98 \cdot 10^{-19} + 2 \cdot 1,99 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 1,05 \cdot 10^{15} Hz$$

### 2003-Junio

#### Cuestión 5.-

a) Enunciado confuso: se usa  $\tau$  (tao) que se usa habitualmente para “tiempo de vida [media]”

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \text{ pero se indica período de semidesintegración (semivida) } T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Entre ambas opciones tomamos lo que dice el texto como válido, por lo que  $T_{\frac{1}{2}} = 3,64 \text{ días}$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{3,64} = 0,19 \text{ día}^{-1} = \frac{\ln 2}{3,64 \cdot 24 \cdot 3600} = 2,2 \cdot 10^{-6} s^{-1}$$

$$A_0 = \lambda N_0 = 2,2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{18} = 1,1 \cdot 10^{13} Bq$$

$$b) N = N_0 e^{-\lambda t} = 5 \cdot 10^{18} e^{-0,19 \cdot 30} = 1,67 \cdot 10^{16} \text{ Núcleos}$$

### B. Problema 2.-

b) Utilizamos el momento lineal calculado en el apartado anterior  $\vec{p} = 1,44 \cdot 10^{-26} \vec{i} \text{ kg m/s}$  donde hemos visto que la velocidad es  $v = 1,59 \cdot 10^4 m/s$ , muy inferior a  $c$ , por lo que no es relativista.

$$\lambda_{De Broglie} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{1,44 \cdot 10^{-26}} = 4,6 \cdot 10^{-8} m$$

### 2003-Modelo

#### Cuestión 5.-

a) El valor de la frecuencia tiene que ser suficientemente alto para que la energía de cada fotón sea igual o superior al trabajo de extracción.

b) Si se aumenta la frecuencia de la radiación, los fotones son más energéticos, y los electrones extraídos tendrán mayor energía cinética.

c) Si aumenta la intensidad (número de fotones por unidad de tiempo y área), hay mayor número de electrones con la misma energía cinética

### 2002-Septiembre

#### Cuestión 5.-

$$a) \lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{250000} = 2,77 \cdot 10^{-6} \text{ año}^{-1} = \frac{\ln 2}{250000 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600} = 8,79 \cdot 10^{-14} s^{-1}$$

$$b) m = m_0 e^{-\lambda t}; m = 10 e^{-2,77 \cdot 10^{-6} \cdot 50000} = 8,71 g$$

### A. Problema 2.-

a) Los 0,8 V de frenan la energía cinética de los electrones:  $qV = E_c$



$$h \cdot \nu = W_0 + E_c; W_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda} - qV = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,8 = 3,69 \cdot 10^{-19} J$$

$$b) \quad h \cdot \nu = W_0 + E_c; V = \frac{\frac{h \cdot c}{\lambda} - W_0}{q} = \frac{\frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} - 3,69 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,84 V$$

### 2002-Junio

#### Cuestión 5.-

$$200 = \frac{\lambda_{De Broglie \text{ electrón}}}{\lambda_{De Broglie \text{ neutrón } 6 \text{ eV}}} = \frac{\frac{h}{m_e v_e}}{\frac{h}{m_n v_n}} = \frac{m_n v_n}{m_e v_e} \Rightarrow v_e = \frac{m_n v_n}{m_e 200}$$

$$a) \quad E_c = \frac{1}{2} m v^2; v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}}$$

$$v_e = \frac{m_n \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m_n}}}{m_e 200} = \frac{1,7 \cdot 10^{-27} \sqrt{\frac{2 \cdot 6 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} J / \text{eV}}{1,7 \cdot 10^{-27}}}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 200} = 313909 \text{ m/s}$$

$$b) \quad \frac{v_e}{c} = \frac{313909}{3 \cdot 10^8} = 0,1 \% \text{ No es relativista}$$

### 2002-Modelo

#### Cuestión 5.-

a) La actividad de una muestra radiactiva es la velocidad de desintegración, el número de núcleos que se desintegra por segundo. Matemáticamente  $A(t) = \frac{-d}{dt} N(t) = A_0 e^{-\lambda t}$

En el Sistema Internacional la actividad se mide en Bq (becquerel) que es una desintegración por segundo.

b) En un gramo de radio tenemos  $1 \text{ g} / 226 \text{ g/mol} = 1/226 \text{ mol}$  de radio, que suponen  $(1/226) \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 2,665 \cdot 10^{21}$  núcleos =  $N_0$ .

$$1 \text{ curio} = A_0 = \lambda N_0 = 1,4 \cdot 10^{-11} \cdot 2,665 \cdot 10^{23} = 3,73 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

### 2001-Septiembre

#### Cuestión 5.-

$$a) \quad \lambda_{De Broglie} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

$$\lambda_{De Broglie 1} = \lambda_{De Broglie 2} \Rightarrow \frac{h}{p_1} = \frac{h}{p_2} \Rightarrow p_1 = p_2 \quad \text{Los momentos lineales de ambas partículas deben de ser}$$

iguales para tener la misma longitud de onda de De Broglie, independientemente de la relación entre sus masas.

b) Si llamamos  $m_2 = 3m_1$ , como  $p_2 = p_1$ ,  $m_2 v_2 = m_1 v_1$ ;  $3m_1 v_2 = m_1 v_1 \rightarrow v_1 = 3v_2$

### 2001-Junio

#### Cuestión 5.-

$$a) \quad W_{\text{extracción}} = h \cdot f_{\text{umbral}} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{umbral}}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}} = 3,25 \cdot 10^{-19} J$$

$$E_{\text{incidente}} = W_{\text{extracción}} + E_{\text{cmáx}} \Rightarrow E_{\text{cmáx}} = h \cdot f_{\text{incidente}} - W_{\text{extracción}}$$

$$b) \quad E_{\text{cmáx}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^{-9}} - 3,25 \cdot 10^{-19} = 1,17 \cdot 10^{-19} J$$

### 2001-Modelo

#### Cuestión 5.-

Los tipos de radiaciones más comunes en la desintegración radiactiva son tres:

**-Radiación alfa.** Un núcleo inestable al tener un número muy elevado de neutrones emite partículas alfa. Las partículas alfa emitidas son dos protones y dos neutrones, núcleos de helio,  $\alpha = {}^4_2\text{He}$ , con



carga positiva. El elemento se convierte en un elemento de dos unidades menos de número atómico.

Un ejemplo:  $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$

**-Radiación beta.** Un núcleo inestable por tener una relación entre neutrones y protones muy descompensada emite partículas beta. Hay dos tipos de radiación beta:

**--Radiación  $\beta^-$ .** La relación n/p (nº de neutrones/nº de protones) es muy elevada por lo que se reduce el n y se aumenta p: un neutrón se convierte en protón y se emite un  $e^-$  y un antineutrino electrónico. El elemento se convierte en un elemento de una unidad más de número atómico.

Ejemplo:  $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + e^- + \bar{\nu}_e$  ( $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$ )

**--Radiación  $\beta^+$ .** La relación n/p (nº de neutrones/nº de protones) es muy baja por lo que se aumenta n y se reduce p: un protón se convierte en neutrón y se emite un  $e^+$  (positrón) y un neutrino electrónico. El elemento se convierte en un elemento de una unidad menos de número atómico.

Ejemplo:  $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + e^+$  ( $p^+ \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ )

**-Radiación gamma.** Un núcleo se encuentra excitado y al pasar a su estado fundamental emite la energía en forma de radiación electromagnética de muy alta energía, radiación gamma. Se emiten fotones. El elemento continua siendo el mismo elemento, no varía el número de protones en el núcleo. El núcleo puede quedar en estado excitado por ejemplo tras emitir radiación alfa o beta, o tras un choque de un neutrón con el núcleo en la fisión nuclear.

Ejemplo:  $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni}^* + e^- + \bar{\nu}_e$ ;  $^{60}_{28}\text{Ni}^* \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + \gamma$

Además de estas tres se podría mencionar otras:

-Emisión de neutrones. Un núcleo que tiene muchos neutrones emite un neutrón. También se absorben y emiten en procesos de fisión. No se produce transmutación.

Ejemplo:  $^5_2\text{He} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$

-Captura electrónica. Un protón del núcleo captura un electrón del mismo átomo, de las capas internas, y se convierte en neutrón, emitiendo un neutrino electrónico. El elemento se convierte en un elemento de una unidad menos de número atómico.

Ejemplo:  $^{26}_{13}\text{Al} \rightarrow ^{26}_{12}\text{Mg} + \nu_e$

## A. Problema 2.-

a) El potencial de frenado está asociado a la energía cinética máxima de los electrones, ya que consigue frenar los electrones extraídos por el efecto fotoeléctrico que tienen la  $E_{c\text{máx}}$ . Al frenarlos toda la  $E_c$  pasa a  $E_p$  eléctrica, y podemos plantear  $E_p = e \cdot V_{\text{frenado}} = E_{c\text{máx}}$   $E_p = e \cdot V_{\text{frenado}} = E_{c\text{máx}}$

Si planteamos para los dos casos

$$E_{\text{incidente}} = W_{\text{extracción}} + E_{c\text{máx}} \rightarrow h \cdot f_{\text{incidente}} = W_{\text{extracción}} + e \cdot V_{\text{frenado}}$$

Para el primer caso:

$$E_{c\text{máx}1} = eV_1 = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 7,2 = 1,15 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$h \cdot 2,5 \cdot 10^{15} = W_{\text{extracción}} + 1,15 \cdot 10^{-18}$$

Para el segundo caso:

$$E_{c\text{máx}2} = eV_2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3,8 = 6,08 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$c = \lambda_2 f_2 \Rightarrow f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,78 \cdot 10^{-7}} = 1,685 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$h \cdot (1,685 \cdot 10^{15}) = W_{\text{extracción}} + 6,08 \cdot 10^{-19}$$

Tenemos un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas ( $h$  y  $W_{\text{extracción}}$ )

En este apartado se nos pide primero  $h$ : despejamos  $W_{\text{extracción}}$  en ambas ecuaciones para igualarlos y obtener  $h$ .

$$W_{\text{extracción}} = h \cdot 2,5 \cdot 10^{15} - 1,15 \cdot 10^{-18}$$

$$W_{\text{extracción}} = h \cdot 1,685 \cdot 10^{15} - 6,08 \cdot 10^{-19}$$

Igualando

$$h \cdot 2,5 \cdot 10^{15} - 1,15 \cdot 10^{-18} = h \cdot 1,685 \cdot 10^{15} - 6,08 \cdot 10^{-19}$$

$$h \cdot (2,5 \cdot 10^{15} - 1,685 \cdot 10^{15}) = -6,08 \cdot 10^{-19} + 1,15 \cdot 10^{-18}$$

$$h = 5,42 \cdot 10^{-19} / 8,15 \cdot 10^{14} = 6,65 \cdot 10^{-34} \text{ Js (del orden de magnitud de su valor correcto } 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js)}$$

*Nota: no se da el valor real en el enunciado pero comprobamos cómo se aproxima al valor real*

$$\text{Error relativo} = \frac{|h_{\text{obtenida}} - h_{\text{real}}|}{h_{\text{real}}} = \frac{6,65 \cdot 10^{-34} - 6,63 \cdot 10^{-34}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 0,003 = 0,3\% \text{ Buena aproximación.}$$



b) Si sustituimos el valor de  $h$  obtenido en el apartado anterior en cualquiera de las expresiones anteriores, por ejemplo en la primera

$$W_{\text{extracción}} = 6,65 \cdot 10^{-34} \cdot 2,5 \cdot 10^{15} - 1,15 \cdot 10^{-18} = 5,125 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

### 2000-Septiembre

#### Cuestión 5.-

a) El intervalo de frecuencias es

$$f_{\text{rojo}} = c/\lambda_{\text{rojo}} = 3 \cdot 10^8 / 740 \cdot 10^{-9} = 4,05 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$f_{\text{violeta}} = c/\lambda_{\text{rojo}} = 3 \cdot 10^8 / 390 \cdot 10^{-9} = 7,69 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

El intervalo de energías es

$$E_{\text{rojo}} = h \cdot f_{\text{rojo}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 4,05 \cdot 10^{14} = 2,69 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,68 \text{ eV}$$

$$E_{\text{violeta}} = h \cdot f_{\text{violeta}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 7,69 \cdot 10^{14} = 5,10 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,19 \text{ eV}$$

$$b) \lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

Asociar una energía a los electrones implica asociarles una energía cinética, que puede provenir de la aceleración con cierta diferencia de potencial como sugieren las unidades eV.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}}$$

$$v_{\text{rojo}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,69 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 7,69 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{violeta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5,10 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,06 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{\text{De Broglie Rojo}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 7,69 \cdot 10^5} = 9,47 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{De Broglie Violeta}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,06 \cdot 10^6} = 6,87 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

### 2000-Junio

#### Cuestión 5.-

Enunciado: el principio de incertidumbre o indeterminación de Heisenberg, enunciado en 1927, establece la imposibilidad de determinar simultáneamente y con precisión arbitraria, ciertos pares de variables físicas, como son la posición y el momento lineal, o la energía y el tiempo.

Matemáticamente se puede enunciar de dos maneras

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} = \frac{h}{4\pi} \quad \Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

Significado físico: desde un punto de vista clásico donde se asume el determinismo, se suele explicar asociado al efecto del observador, ya que el proceso de medición para obtener un valor de la medida, supone una perturbación mayor cuanto más pequeña es el valor a medir: debe existir interacción mínima para obtener posición. Por ejemplo al medir posición y momento lineal de un electrón, en el proceso de medida usamos un fotón que perturba al electrón, perturbación imposible eliminar porque el fotón siempre tendrá cierta cantidad de energía, y que siempre se modifican los valores a medir al realizar la medida.

Esta descripción clásica omite el principal aspecto del principio de incertidumbre: establece un límite más allá del cuál los conceptos de la física clásica no se pueden emplearse. No sólo implica no poder conocer la posición en un instante, sino que en escala cuántica las partículas no siguen una trayectoria determinada, ya que eso implicaría conocer en todo momento posición y momento. Dos ejemplos que muestran que la idea de trayectoria clásica no tiene sentido son los orbitales y el experimento de la doble rendija. Si hubiera determinismo clásico, tuviera una posición y momento con valores conocidos, aunque no los pudiésemos medir, la partícula sí seguiría una trayectoria clásica, pero eso no es así. La mecánica cuántica es determinista en la evolución probabilidades, pero no en valores medidos.

Es importante destacar el valor tan pequeño de la constante de Planck que aparece en el principio de



incertidumbre,  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  Js, lo que hace que a nivel macroscópico el principio de incertidumbre sea inapreciable.

**A. Problema 2.-**

a) La frecuencia de la radiación es  $f=c/\lambda=3 \cdot 10^8/600 \cdot 10^{-9}=5 \cdot 10^{14}$  Hz

La energía de cada fotón  $E_{\text{fotón}}=h \cdot f=6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 5 \cdot 10^{14}=3,32 \cdot 10^{-19}$  J

La potencia es energía por unidad de tiempo,  $P=E/t$ , luego la energía de la radiación en un segundo es  $E_{\text{radiación}}=P \cdot t=0,54 \cdot 1=0,54$  J

El número de fotones por segundo será  $E_{\text{radiación}}/E_{\text{fotón}}=0,54/3,32 \cdot 10^{-19}=1,63 \cdot 10^{18}$  fotones/s

b)  $h \cdot f_{\text{umbral}}=h \cdot c/\lambda_{\text{umbral}}=W_{\text{extracción}} \rightarrow \lambda_{\text{umbral}}=h \cdot c/W_{\text{extracción}}$

$\lambda_{\text{umbral}}=6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8/(2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})=6,22 \cdot 10^{-7}$  m = 622 nm

c)  $E_{\text{incidente}}=W_{\text{extracción}} + E_{\text{cmáx}} \rightarrow E_{\text{cmáx}}=E_{\text{incidente}}-W_{\text{extracción}}=3,32 \cdot 10^{-19} - 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}=1,2 \cdot 10^{-20}$  J

$$E_{\text{cmáx}} = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2 \Rightarrow v_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{cmáx}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-20}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,62 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

d) En el cátodo (+) es donde se emiten electrones, que llegan al ánodo (-). No se indica explícitamente, pero asumimos que el potencial se aplica de manera que se están acelerando los electrones; los electrones son partículas con carga negativa y se mueven hacia potenciales mayores, luego 100 V sería la diferencia de potencial de ánodo menos cátodo. Si fueran 100 V de diferencia de potencial entre cátodo y ánodo, sería un potencial de frenado, que sería suficientemente alto para que los electrones nunca llegasen al ánodo, ya que  $E_{\text{cmáx}}=1,2 \cdot 10^{-20}/1,6 \cdot 10^{-19}=0,075$  eV.

La aceleración con una diferencia de potencial supone aumentar su energía en

$$E=q \cdot V=1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100=1,6 \cdot 10^{-17}$$
 J

La energía cinética máxima de llegada al ánodo sería  $1,2 \cdot 10^{-20} + 1,6 \cdot 10^{-17} = 1,6012 \cdot 10^{-17}$  J

$$E_{\text{cmáx}} = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2 \Rightarrow v_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{cmáx}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6012 \cdot 10^{-17}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 5,93 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Esta velocidad es un 2% ( $5,93 \cdot 10^6/3 \cdot 10^8 \approx 0,02$ ) de la velocidad de la luz, luego se podría contemplar energía relativista con el aumento de masa relativista, que haría que la velocidad fuese algo menor.

**2000-Modelo**

**Cuestión 5.-**

a) Usamos la expresión de momento lineal no relativista tal y como indica el enunciado.

$$\lambda_{\text{De Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v} \quad \lambda_{\text{De Broglie protón}} = \frac{h}{m_p v_p} = \frac{m_e v_e}{m_p v_p}$$

Si  $v_e=v_p$ , como  $m_p > m_e$ , tenemos que  $\lambda_{\text{De Broglie electrón}} > \lambda_{\text{De Broglie protón}}$

b) Usamos la expresión de energía cinética no relativista tal y como indica el enunciado.

Si  $E_{ce}=E_{cp} \Rightarrow m_e v_e^2 = m_p v_p^2 \Rightarrow \frac{v_e}{v_p} = \sqrt{\frac{m_p}{m_e}}$  y sustituyendo

$$\frac{\lambda_{\text{De Broglie protón}}}{\lambda_{\text{De Broglie electrón}}} = \frac{m_e}{m_p} \sqrt{\frac{m_p}{m_e}} = \sqrt{\frac{m_e}{m_p}} \quad \text{Como } m_p > m_e, \text{ tenemos que } \lambda_{\text{De Broglie electrón}} > \lambda_{\text{De Broglie protón}}$$

**B. Problema 2.-**

a) La intensidad es potencia por unidad de superficie,  $I=P/S$ , y la sección de superficie del haz es

$$S=\pi r^2=\pi \cdot (10^{-3})^2=\pi \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$I=10^{-3}/\pi \cdot 10^{-6} = 318,3 \text{ W/m}^2$$

b) La frecuencia de la radiación es  $f=c/\lambda=3 \cdot 10^8/630 \cdot 10^{-9}=4,76 \cdot 10^{14}$  Hz

La energía de cada fotón  $E_{\text{fotón}}=h \cdot f=6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 4,76 \cdot 10^{14}=3,16 \cdot 10^{-19}$  J

La potencia es energía por unidad de tiempo,  $P=E/t$ , luego la energía del láser en un segundo es

$$E_{\text{láser}}=P \cdot t=10^{-3} \cdot 1=10^{-3}$$
 J

El número de fotones por segundo será  $E_{\text{láser}}/E_{\text{fotón}}=10^{-3}/3,16 \cdot 10^{-19}=3,16 \cdot 10^{15}$  fotones/s