EJERCICIOS RESUELTOS DE FÍSICA MODERNA

Todos los ejercicios son de pruebas de PAU de distintos años y comunidades.

No siguen ningún orden de dificultad.

SOLUCIONES AL FINAL DE LOS ENUNCIADOS

Luis Pardillo Vela https://fisicayquimicaluis.wixsite.com/esoybach

1) Se hace incidir luz monocromática, procedente de un láser de He-Ne, sobre una superficie de potasio. El láser tiene una longitud de onda de 632 nm, mientras que la superficie tiene un trabajo de extracción de 2,22 eV. Determine la energía de los fotones ¿Se producirá emisión fotoeléctrica? ¿Qué ocurrirá si aumentamos la intensidad del láser? Justifique sus respuestas. Datos: h = 6,63 · 10^{-34} Js ; c = 3 · 10^{8} m/s ; 1 eV = 1,602 · 10^{-19} J

2) Considere la siguiente reacción nuclear: ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n$. Determine: a) El valor de la energía liberada. ¿Qué tipo de reacción nuclear es? b) La longitud de onda de De Broglie asociada al neutrón si se mueve a 200 m/s. c) El neutrón es acelerado hasta que alcanza una velocidad de 0,6 c. ¿Cuánto ha variado su masa?
Datos: m(^{2}H) =2,01410 u; m(^{3}H) =3,01605 u; m(^{4}He) =4,00260 u, m(^{1}n) =1,00866 u; 1u =1,66054·10^{-27} kg; h=6,626·10^{-34} J s; c=3·10^{8} m/s

3) El tenista australiano Samuel Groth ostenta el récord histórico conseguido en 2012 al impulsar una pelota de tenis durante el saque con una velocidad de 263 km/h. Si la masa de una pelota de tenis es de 58 g, determine: a) La longitud de onda de De Broglie asociada a la pelota durante dicho saque. b) Uno de los primeros sincrotrones, que aceleraba protones, fue el Bevatrón construido en el Laboratorio Nacional Brookhaven (Nueva York), que comenzó a operar en 1952, alcanzando una energía relativista de 3 GeV. ¿Cuál es la velocidad máxima que alcanzan dichos protones acelerados en el Bevatrón?
Datos: m_p = 1,67x10^{-27} kg   h = 6,63x10^{-34} J·s   c = 3·10^{8} m/s

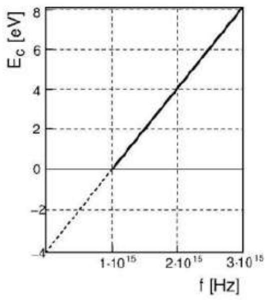
4) Calcule los valores de los números atómico y másico del Rh en la siguiente reacción e indica el tipo al que pertenece:

$${}_{94}^{239}Pu + {}_{0}^{1}n \rightarrow Rh + {}_{49}^{133}In + 3{}_{0}^{1}n$$

Sabiendo que la pérdida de masa del plutonio en esta reacción nuclear es del orden del 0,05%, calcule la energía en julios desprendida al utilizar 10Kg de plutonio. Datos: c = 3·10^{8} m/

5) Determine la energía de la primera transición de la serie de Lyman, de la serie de Balmer y de la serie de Paschen para el átomo de hidrógeno. (1,5 punto) Indique de forma razonada en que zona del espectro electromagnético se encuentra cada una. Considere que una transición pertenece a la región del ultravioleta, otra a la región del visible y otra a la región del infrarrojo.
Datos: c= 3·10^{8} m/s; h=6,63 10^{-34} Js; R (Cte de Rydberg) = 10967757 m^{-1} .

6) La figura muestra la energía cinética máxima, Ec, de los electrones emitidos por una lámina de aluminio en función de la frecuencia, f, de la radiación electromagnética incidente. a) Determinar la longitud de onda umbral y el trabajo de extracción (o función trabajo) en electronvoltios. b) Calcular la velocidad máxima de los electrones emitidos cuando incide una radiación de 4·10^{15}Hz, así como la longitud de onda de de Broglie de dichos electrones. c) Si medimos la cantidad de movimiento de los electrones del apartado b) con una incertidumbre del 0.4%, calcular la incertidumbre mínima con que se puede determinar su posición.



Datos: h= 6.63·10^{-34} J·s, 1 eV=1.6·10^{-19} J, masa del electrón= 9.1·10^{-31} kg

7) Un Kilogramo de carbón, al arder, produce 7000 kcal. Calcular la cantidad de carbón necesaria para producir la misma energía que 1 kg de $^{235}_{92}U$, si la fisión de un núcleo de este elemento libera 200 MeV. Datos: 1J = 0.24 cal; 1eV= $1.6\cdot10^{-19}$ J; $N_A = 6.02\cdot10^{23}$ mol^{-1}; Peso atómico $^{235}_{92}U$ = 235.04 g/mol.

8) El yodo radiactivo $^{131}_{53}I$ es un isótopo usado en radioterapia para tratar algunos cánceres de tiroides mientras que el isótopo 19 del flúor $^{19}_{9}F$ tiene características que permiten su uso en técnicas de RMN (Resonancia magnética nuclear). Las masas respectivas de los dos núclidos son 130.9061 uma y 18.9984 uma. Indique, de forma razonada, cuál de los dos núcleos tiene mayor estabilidad. Datos: m_p = 1.007276 uma; m_n = 1.008665 uma; 1uma = $1.66\cdot10^{-27}$ kg; c = $3\cdot10^{8}$m/s.

9) Marie Curie recibió el Premio Nobel de Química en 1911 por el descubrimiento del radio. Si ese mismo año se almacenaron 2,00 g de radio−226 en su laboratorio, calcule: a) la cantidad de radio restante y la actividad de la muestra en la actualidad; b) el número de años que transcurrirían hasta que la muestra de radio se redujera al 1 % de su valor inicial.
DATOS: $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ partículas·mol^{-1} ; tempo de semidesintegración de la radio = $1,59 \times 10^{3}$ años.

10) En una célula fotoeléctrica, el cátodo se ilumina con radiación de longitud de onda $\lambda = 3\cdot10^{-7}$ m.
a) Estudie si la radiación produce un efecto fotoeléctrico, considerando que el trabajo de extracción corresponde a una frecuencia de $7,0\cdot10^{-4}$ Hz. B) Calcule la velocidad máxima de los electrones expulsados y la diferencia de potencial que debe aplicarse entre el ánodo y el cátodo para que la corriente eléctrica se anule.
Datos: $|q_e|$ = $1,60\cdot10^{-19}$ C; $m_e = 9,1\cdot10^{-31}$ kg; c = $3\cdot10^{8}$ m/s; h = $6,63\cdot10^{-34}$

11) Dos muestras, cada una de un radioisótopo distinto (radioisótopo 1 y radioisótopo 2) contienen en el momento de su preparación la misma masa del radioisótopo correspondiente. Las medidas de actividad de las muestras 1 y 2 para el instante inicial (t = 0) y al cabo de un día arrojan los siguientes valores:

	A_1 (kBq)	A_2 (kBq)
t = 0	10,00	11,70
t = 1 d	8,90	10,77

a) Calcule el período de semidesintegración de cada radioisótopo. b) Si M_1 y M_2 denotan las respectivas masas atómicas de los radioisótopos, determine el cociente M_2/M_1.

12) Una placa de cobalto se expone a luz de una determinada intensidad y de frecuencia igual a 1,2 veces la frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico en ese material. En estas condiciones, se registra un cierto potencial de frenado V1. a) Si se duplica la frecuencia de la luz incidente, se registra un nuevo potencial de frenado V2, que es 6 V mayor que V1. Obtenga el trabajo de extracción para el cobalto y el valor de la frecuencia umbral. b) Si se mantiene la frecuencia inicial y se duplica la intensidad de la luz incidente, ¿cómo se modificará el potencial de frenado?
Datos: Valor absoluto de la carga del electrón, e = $1,6\cdot10^{-19}$ C; Constante de Planck, h = $6,63\cdot10^{-34}$ J s.

13) Para una prueba diagnóstica se utiliza una cierta cantidad del isótopo 99 del tecnecio (^{99}Tc) cuyo tiempo de semidesintegración es de 6 h. Sabiendo que la actividad de la dosis que hay que inocular al paciente es de $5\cdot10^{8}$ Bq, determine: a) La masa de isótopo que hay que inyectar al paciente. b) El tiempo que debe transcurrir para que la actividad sea de $1\cdot10^{4}$ Bq.
Datos: Masa atómica del ^{99}Tc = 98,9 u; Número de Avogadro, $N_A = 6,02\cdot10^{23}$ mol−1

14) Cuando se hace incidir un haz de fotones de frecuencia variable sobre la superficie de un material se emiten fotoelectrones de distintas energías cinéticas máximas. Si se representan los potenciales de frenado de los fotoelectrones, V, en función de la frecuencia de los fotones incidentes, f, se obtiene una recta de ecuación:

$$V\,(V) = 4,16 \cdot 10^{-15} \cdot f(Hz) - 2,16$$

Obtenga de la expresión anterior: a) La frecuencia umbral y el potencial de extracción en eV. b) La constante de Planck. Dato: Valor absoluto de la carga del electrón, e = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

15) Una muestra contiene inicialmente una masa de 30 mg de ^{210}Po. Sabiendo que su período de semidesintegración es de 138,38 días, determine: a) La vida media del isótopo y la actividad inicial de la muestra. b) El tiempo que debe transcurrir para que el contenido de ^{210}Po de la muestra se reduzca a 5 mg. Datos: Masa atómica del ^{210}Po, MPo = 210 u; Número de Avogadro, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol-1.

16) Un electrón relativista ha llegado a adquirir una energía cinética equivalente a la energía de un fotón de $5 \cdot 10^{-12}$ m de longitud de onda en el vacío. Calcule: a) La energía cinética del electrón, en eV. b) La velocidad del electrón.

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

17) a) Justifique, indicando los principios que aplica, cuál de las siguientes reacciones nucleares propuestas no produce los productos mencionados:

i) $^{14}_{7}N + n \rightarrow {}^{14}_{6}C + p$

ii) $^{28}_{14}Si + \alpha \rightarrow {}^{29}_{15}P + n$

b) i) Determine, indicando los principios aplicados, los valores de c y Z en la siguiente reacción nuclear:

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{145}_{Z}La + {}^{88}_{35}Br + c\,{}^{1}_{0}n$$

ii) Calcule la energía liberada cuando se fisionan un millón de núcleos de uranio siguiendo la reacción anterior.

1u = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg; c = $3 \cdot 10^{8}$

m($^{235}_{92}U$) = 235,043930 u ; m($^{148}_{Z}La$) = 144,921651 u ; m($^{88}_{35}Br$) = 87,924074 u ; m_n = 1,008665 u

18) a) El $^{210}_{83}Bi$ se desintegra mediante un proceso beta y el $^{222}_{86}Rn$ mediante radiación alfa. Escriba y explique el proceso radiactivo de cada isótopo, determinando los números atómico y másico del nucleido resultante. b) Los periodos de semidesintegración del $^{210}_{83}Bi$ y $^{222}_{86}Rn$ son de 5 y 3,8 días respectivamente. Disponemos de una muestra de 3 mg del $^{210}_{83}Bi$ y otra de 10 mg de $^{222}_{86}Rn$. Determine en cuál de ellos quedará más masa por desintegrarse pasados 15,2 días.

19) Una muestra radiactiva tiene una actividad de 200 Bq en el momento de su obtención. Al cabo de 30 minutos su actividad es de 150 Bq. Calcule: a) Valor de la constante de desintegración radiactiva. b) Periodo de semi-desintegración. c) Número inicial de núcleos. d) Núcleos que quedan al cabo de 90 minutos.

20) El efecto fotoeléctrico se produce en un determinado metal para una longitud de onda máxima de 710 nm. a) Explique en qué consiste el efecto fotoeléctrico. b) Calcule el trabajo de extracción c) Determine el potencial de frenado de los electrones emitidos y su energía cinética máxima si se utiliza una radiación de

longitud de onda 500 nm. d) ¿Qué tipo de gráfica se obtiene si se representa la energía cinética máxima frente a la frecuencia de luz con que se ilumina el metal? Razónelo.
Datos: h = $6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s; c = $3\cdot10^{8}$ m/s; q_e= – $1{,}6\cdot10^{-19}$ C

21) El isótopo $^{210}_{84}Po$, que emite partículas alfa, es un contaminante natural del tabaco como ya publicaba la prestigiosa revista científica "Science" en Enero de 1964.
a. Defina el concepto de isótopo.
b. Indique cuantos protones y neutrones tiene este isótopo.
c. Considerando que el periodo de semidesintegración de este isótopo es de 138,39 días, ¿Cuál la constante de desintegración o decaimiento de este isótopo?
d. Defina la constante de desintegración y explica de qué factores depende.
e. Calcule la actividad que tiene inicialmente una muestra de 2 μg de $84Po$ 210 .
f. Calcule la actividad de la anterior muestra después de que haya transcurrido 1 año.
Datos: Número de Avogadro = $6{,}022\cdot10^{23}$

22) 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 = 3×10^{8}m/s (* al final)

23) 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: a) ¿Cuál es la masa relativista del electrón para esta velocidad? b) ¿Cuál es la energía relativista total? (* al final)
Datos: Valor absoluto de la carga del electrón e=$1{,}6\times10^{-19}$ C. Velocidad de la luz en el vacío c= 3×10^{8} m/s

24) Un electrón alcanza en un ciclotrón una energía cinética de 2 GeV. Calcule la relación entre la masa del electrón y su masa en reposo. Datos: Valor absoluto de la carga del electrón, e = $1{,}6\cdot10^{-19}$ C; Masa del electrón en reposo, m_e = $9{,}1\cdot10^{-31}$ kg (* al final)

SOLUCIONARIO EN LA SIGUIENTE HOJA

SOLUCIONARIO

Luis Pardillo Vela https://fisicayquimicaluis.wixsite.com/esoybach

1) Se hace incidir luz monocromática, procedente de un láser de He-Ne, sobre una superficie de potasio. El láser tiene una longitud de onda de 632 nm, mientras que la superficie tiene un trabajo de extracción de 2,22 eV. Determine la energía de los fotones ¿Se producirá emisión fotoeléctrica? ¿Qué ocurrirá si aumentamos la intensidad del láser? Justifique sus respuestas. Datos: h = 6,63 · 10^{-34} Js ; c = 3 · 10^{8} m/s ; 1 eV = 1,602 · 10^{-19} J

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\cdot 10^8}{6{,}32\cdot 10^{-7}} = 4{,}74\cdot 10^{14}\ \text{Hz}$$

$$E = hf = 6{,}63\cdot 10^{-34}\cdot 4{,}74\cdot 10^{14} = E = 3{,}14\cdot 10^{-19}\ J\lambda$$

No se producirá emisión fotoeléctrica.

El trabajo de extracción del potasio es 2,22 eV, y en julios 2,22 · 1,602 · 10^{-19} = 3,56 · 10^{-19} J que es mayor que la energía de los fotones 3,14·10^{-19} J por lo que no se produce el efecto fotoeléctrico.

Al aumentar la intensidad del láser **no se producirá ningún cambio** para el efecto fotoeléctrico. Se debe a que el efecto fotoeléctrico se produce cuando los fotones llevan la energía suficiente, mayor que el trabajo de extracción del material, y esto no se consigue aumentando el número de fotones, es decir, la intensidad de la luz monocromática.

2) Considere la siguiente reacción nuclear: ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$. Determine: a) El valor de la energía liberada. ¿Qué tipo de reacción nuclear es? b) La longitud de onda de De Broglie asociada al neutrón si se mueve a 200 m/s. c) El neutrón es acelerado hasta que alcanza una velocidad de 0,6 c. ¿Cuánto ha variado su masa?
Datos: m(^{2}H) =2,01410 u; m(^{3}H) =3,01605 u; m(^{4}He) =4,00260 u, m(^{1}n) =1,00866 u; 1u =1,66054·10^{-27} kg; h=6,626·10^{-34} J s; c=3·10^{8} m/s

a)

$$\Delta m = [m({}^{2}_{1}H) + m({}^{3}_{1}H)] - [m({}^{4}_{2}He) + m({}^{1}_{0}n)] = (2{,}01410 + 3{,}01605) - (4{,}00260 + 1{,}00866) = 0{,}01889\ u$$

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 0{,}01889 \cdot 1{,}66054 \cdot 10^{-27}.(3\cdot 10^8)^2 = 2{,}823\cdot 10^{-12}\ \text{J}$$

$$E = 2{,}823 \cdot 10^{-12} J$$

Es una reacción de fusión (unión de los núcleos de deuterio y tritio)

b)

$$\lambda = \frac{h}{m\cdot v} = \frac{6{,}626\cdot 10^{-34}}{1{,}00866\cdot 1{,}66054\cdot 10^{-27}\cdot 200} = 1{,}978\cdot 10^{-9} m = 1{,}978\ \text{nm}$$

c)

$$m' = \gamma \cdot m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{1{,}00866}{\sqrt{1-\left(\frac{0{,}6\cdot c}{c}\right)^2}} = 1{,}26083u$$

$$\Delta m = m' - m_0 = 1{,}26083 - 1{,}00866 = 0{,}25217u = 0{,}25217\cdot 1{,}66054\cdot 10^{-27} kg = 4{,}1873\cdot 10^{-28}$$

3) El tenista australiano Samuel Groth ostenta el récord histórico conseguido en 2012 al impulsar una pelota de tenis durante el saque con una velocidad de 263 km/h. Si la masa de una pelota de tenis es de 58 g, determine: a) La longitud de onda de De Broglie asociada a la pelota durante dicho saque. b) Uno de los primeros sincrotrones, que aceleraba protones, fue el Bevatrón construido en el Laboratorio Nacional Brookhaven (Nueva York), que comenzó a operar en 1952, alcanzando una energía relativista de 3 GeV. ¿Cuál es la velocidad máxima que alcanzan dichos protones acelerados en el Bevatrón?
Datos: $m_p = 1{,}67\text{x}10^{-27}$ kg h = $6{,}63\text{x}10^{-34}$ J·s c = $3\cdot10^8$ m/s

a) 263 km/h = $263\,\frac{km}{h}\cdot\frac{1000\,m}{1\,km}\cdot\frac{1h}{3600\,s} = 73{,}06\ \frac{m}{s}$

$$\left|\vec{p}_{pelota}\right| = p_{pelota} = (mv)_{pelota} = 0{,}058\cdot 73{,}06 = 4{,}24\ kg\cdot m\cdot s^{-1}$$

Y la longitud de onda asociada según De Broglie $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}}{4{,}24}$ = **$1{,}56\cdot10^{-34}$ m = λ**

b) 3GeV = $3\cdot1{,}6\cdot19^{-19}$C$\cdot10^9$V = $4{,}8\cdot10^{-10}$ J

$$E_{total} = E_c + m_0c^2 = 4{,}8\cdot10^{-10} + 1{,}67\cdot10^{-27}\cdot(3\cdot10^8)^2 = 6{,}303\cdot10^{-10} = \gamma m_oc^2 = \frac{m_oc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$6{,}303\cdot10^{-10} = \frac{1{,}67\cdot10^{-27}\cdot(3\cdot10^8)^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{(3\cdot10^8)^2}}} \Rightarrow \sqrt{1-\frac{v^2}{(3\cdot10^8)^2}} = \frac{1{,}67\cdot10^{-27}\cdot(3\cdot10^8)^2}{6{,}303\cdot10^{-10}} = 0{,}23846 \Rightarrow$$

$1-\frac{v^2}{(3\cdot10^8)^2} = 0{,}05686 \Rightarrow v^2 = 0{,}94314 = 8{,}488\cdot10^{16} \Rightarrow$ **V = 291341724 m/s** $\frac{291341724}{300000000}$ = **0,97 c**

4) Calcule los valores de los números atómico y másico del Rh en la siguiente reacción e indica el tipo al que pertenece:

$${}^{239}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n \rightarrow Rh + {}^{133}_{49}In + 3\,{}^{1}_{0}n$$

Sabiendo que la pérdida de masa del plutonio en esta reacción nuclear es del orden del 0,05%, calcule la energía en julios desprendida al utilizar 10Kg de plutonio. Datos: c = $3\cdot10^8$ m/

La reacción corresponde a una **fisión nuclear**.
$239 + 1 = A + 133 + 3\cdot1 \Rightarrow A = 104$
$94 + 0 = Z + 49 + 3\cdot0 \Rightarrow Z = 45$ $\boldsymbol{{}^{104}_{45}Rh}$

E = mc^2 = $10\cdot\frac{0{,}05}{100}\cdot(3\cdot10^8)^2$ = **$4{,}5\cdot10^{14}$ J**

5) Determine la energía de la primera transición de la serie de Lyman, de la serie de Balmer y de la serie de Paschen para el átomo de hidrógeno. (1,5 punto) Indique de forma razonada en que zona del espectro electromagnético se encuentra cada una. Considere que una transición pertenece a la región del ultravioleta, otra a la región del visible y otra a la región del infrarrojo.
Datos: c= $3\cdot10^8$ m/s; h=6,63 10^{-34} Js; R (Cte de Rydberg) = 10967757 m^{-1} .

En el átomo de hidrógeno se cumple: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

Donde R es la Cte. De Rydberg, n_1 es el número cuántico principal del estado de menor energía, n_2 es el número cuántico principal del estado de mayor energía, y λ es la longitud de onda de la transición entre el estado n_2 y el estado n_1.

La serie **Lyman** incluye las transiciones desde estados superiores al estado n=1, por lo tanto la primera transición será desde n_2=2 a n=1:

$$\frac{1}{\lambda}=10967757\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{2^2}\right) \Rightarrow \lambda = 1{,}2157\cdot10^{-7}\text{ m}$$

$$E = hf \Rightarrow E = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63\cdot10^{-34}\frac{3\cdot10^8}{1{,}2157\cdot10^{-7}} = \mathbf{1{,}64\cdot10^{-18}\ J = E}$$

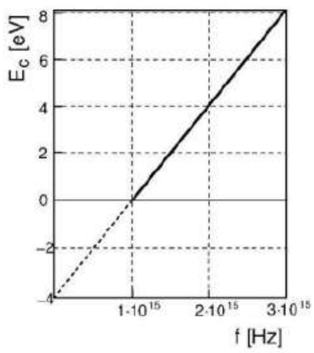
Para la serie Balmer la primera transición será desde n_2=3 a n_1 =2 y aplicando las mismas ecuaciones:

$$\mathbf{E = 3{,}03\cdot10^{-19}\ J}$$

Y para la serie Paschen será de n_2=4 a n_1 =3 y se obtiene: $\mathbf{E = 1{,}06\cdot10^{-19}\ J}$

Teniendo en cuenta que las energías son mayores en el ultravioleta y menores en el infrarrojo, **la de menor energía es la de Paschen (infrarojo), la siguiente es la de Balmer (visible) y la más energética es la de Lyman (ultravioleta).**

6) La figura muestra la energía cinética máxima, Ec, de los electrones emitidos por una lámina de aluminio en función de la frecuencia, f, de la radiación electromagnética incidente. a) Determinar la longitud de onda umbral y el trabajo de extracción (o función trabajo) en electronvoltios. b) Calcular la velocidad máxima de los electrones emitidos cuando incide una radiación de $4\cdot10^{15}$Hz, así como la longitud de onda de de Broglie de dichos electrones. c) Si medimos la cantidad de movimiento de los electrones del apartado b) con una incertidumbre del 0.4%, calcular la incertidumbre mínima con que se puede determinar su posición.



Datos: h= $6.63\cdot10^{-34}$ J·s, 1 eV=$1.6\cdot10^{-19}$ J, masa del electrón= $9.1\cdot10^{-31}$ kg

a) La frecuencia umbral que tiene el fotón de mínima energía para liberar un electrón de un metal es, viendo la gráfica: $f_0 = 1\cdot10^{15}$ Hz. Por tanto su longitud de onda será: $\lambda_0 = c/f_0 = 3\cdot10^8/1\cdot10^{15}$ = $\mathbf{3\cdot10^{-7}\ m = \lambda_0}$

Trabajo de extracción $W_0 = hf_0 = 6.63\cdot10^{-34}\cdot1\cdot10^{15} = 6{,}63\cdot10^{-19}$ J $\Rightarrow \frac{6{,}63\cdot10^{-19}}{1{,}6\cdot10^{-19}} = \mathbf{4{,}1\ eV = W_0}$

b) $hf = W_0 + Ec_{electrón} \Rightarrow Ec_{electrón} = hf - W_0 = 6{,}63\cdot10^{-34}\cdot4\cdot10^{15} - 6{,}63\cdot10^{-19} = 2\cdot10^{-18}$

$Ec_{electrón} = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow 2\cdot10^{-18} = \frac{1}{2}\, 9{,}1\cdot10^{-31}\, v^2 \Rightarrow \mathbf{v = 2{,}1\cdot10^6\ m/s}$

La longitud de onda asociada a una partícula en movimiento viene dada por:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63\cdot10^{-34}}{m\cdot v} = \frac{6.63\cdot10^{-34}}{9{,}1\cdot10^{-31}\cdot2{,}1\cdot10^6} = \mathbf{3{,}47\cdot10^{-10}\ m = \lambda}$$

c) La relación de la indeterminación de Heisenberg es:

$$\Delta p\cdot\Delta x \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{4\pi\cdot\Delta p} = \frac{h}{4\pi\cdot m\Delta v} = \frac{6.63\cdot10^{-34}}{4\pi\cdot9{,}1\cdot10^{-31}\cdot0{,}004\cdot2{,}1\cdot10^6} \Rightarrow \mathbf{\Delta x \geq 6{,}9\cdot10^{-9}\ m}$$

7) Un Kilogramo de carbón, al arder, produce 7000 kcal. Calcular la cantidad de carbón necesaria para producir la misma energía que 1 kg de $^{235}_{92}U$, si la fisión de un núcleo de este elemento libera 200 MeV. Datos: 1J = 0.24 cal; 1eV= $1.6\cdot10^{-19}$ J; $N_A = 6.02\cdot10^{23}$ mol^{-1}; Peso atómico $^{235}_{92}U$ = 235.04 g/mol.

n = m/MA = 1000/235,04 = 4,255 moles $\Rightarrow$ nº átomos = $n\cdot N_A = 4{,}255\cdot6{,}02\cdot10^{23} = 2{,}56\cdot10^{24}$ átomos

1 núcleo 200 MeV $\Rightarrow 200\cdot2{,}56\cdot10^{24} = 5{,}12\cdot10^{26}$ MeV $= 5{,}12\cdot10^{32}$ eV $\Rightarrow 5{,}12\cdot10^{32}\cdot1{,}6\cdot10^{-19} = 8{,}19\cdot10^{13}$ J

Que en calorías son 8,19·10^{13}·0,24 = 1,96·10^{13} cal. Como 1 kg de C produce 7·10^6 cal ⇨$\frac{1,96\cdot 10^{13}}{7\cdot 10^{6}}$ = **2,8·10^6 kg de carbón**

8) El yodo radiactivo $^{131}_{53}I$ es un isótopo usado en radioterapia para tratar algunos cánceres de tiroides mientras que el isótopo 19 del flúor $^{19}_{9}F$ tiene características que permiten su uso en técnicas de RMN (Resonancia magnética nuclear). Las masas respectivas de los dos núclidos son 130.9061 uma y 18.9984 uma. Indique, de forma razonada, cuál de los dos núcleos tiene mayor estabilidad. Datos: m_p = 1.007276 uma; m_n = 1.008665 uma; 1uma = 1.66 ·10^{-27} kg; c = 3·10^8m/s.

La estabilidad del núcleo viene dada por la energía de enlace E_b por nucleón = $\frac{E_b}{A}$ donde A es el número másixco que es la suma de N (neutrones) + Z (protones). Y por otro lado E_b = Δmc^2 siendo Δm:

Δm = (Masa de nucleones separados) - (Masa del núcleo formado)

Para el yodo: Δm = (53·1.007276 + (131-53)· 1.008665) – 130.9061= 1,1554 uma ⇨ 1,1554·1.66 ·10^{-27}= 1,918·10^{-27} kg ⇨E_b = Δmc^2 = 1,918·10^{-27}·$(3\cdot 10^8)^2$ = 1,726·10^{-10} ⇨ $E_{b\ \text{por nucleón}}$ = $\frac{E_b}{A} = \frac{1,726\cdot 10^{-10}}{131}$ = **1,318·10^{-12} J**

Para el fluor: Δm = (9·1.007276 + (19-9)· 1.008665) – 18.9984 = 0,153734 uma ⇨ 0,153734 ·1.66 ·10^{-27}= 2,552·10^{-27} kg ⇨E_b = Δmc^2 = 2,552·10^{-27}·$(3\cdot 10^8)^2$ = 2,297·10^{-11} ⇨ **$E_{b\ \text{por nucleón}}$ = $\frac{E_b}{A} = \frac{2,297\cdot 10^{-11}}{19}$ = 1,209·10^{-12} J**

La energía de enlace por nucleón es mayor en el $^{131}_{53}I$

9) Marie Curie recibió el Premio Nobel de Química en 1911 por el descubrimiento del radio. Si ese mismo año se almacenaron 2,00 g de radio–226 en su laboratorio, calcule: a) la cantidad de radio restante y la actividad de la muestra en la actualidad; b) el número de años que transcurrirían hasta que la muestra de radio se redujera al 1 % de su valor inicial.
DATOS: N_A = 6,02 × 10^{23} partículas·mol^{-1} ; tempo de semidesintegración de la radio = 1,59 × 10^3 años.

a) Tiempo transcurrido: 2024-1911 = 113 años.

$\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}} = \frac{ln2}{1,59\cdot 10^3} = 4,3594\cdot 10^{-4}\ años^{-1}$ $y\ como\ \ m = m_0 e^{-\lambda t}$ ⇨ $m = 2e^{-4,3594\cdot 10^{-4}\cdot 113}$ = **1,904 g = m**

La actividad será: $A = A_0 e^{-\lambda t} = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$

El número de núcleos iniciales en los 2,00 g de radio-226 será:

nº de núcleos iniciales $N_0 = n\cdot N_A = \frac{m}{masa\ molar} N_A = \frac{2,00}{226} 6,02\cdot 10^{23} = 5,327\cdot 10^{21}$ núcleos iniciales

$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = 4,3594\cdot 10^{-4}\cdot 5,327\cdot 10^{21} e^{-4,3594\cdot 10^{-4}\cdot 113} = 2,2108\cdot 10^{18}$ núcleos/año

Para dar el resultado en Becquerel (1 Bq = 1 núcleo/s) dividimos por los segundos en un año:

$\frac{2,2108\cdot 10^{18}}{365\cdot 24\cdot 60\cdot 60} = \mathbf{7,01\cdot 10^{10}}$ **Bq = A**

b) 1% de 2,00 = 0,02 g ⇨ Años para llegar 0,02 g residuales: $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ⇨ $m = m_0 e^{-\lambda t}$

$0,02 = 2e^{-4,3594\cdot 10^{-4}\cdot t}$ ⇨ $0,01 = e^{-4,3594\cdot 10^{-4}\cdot t}$ ⇨ $ln 0,01 = -4,3594\cdot 10^{-4}\cdot t$ ⇨ **t = 10564 años**

10) En una célula fotoeléctrica, el cátodo se ilumina con radiación de longitud de onda λ = 3·10⁻⁷ m.
a) Estudie si la radiación produce un efecto fotoeléctrico, considerando que el trabajo de extracción corresponde a una frecuencia de 7,0·10⁻⁴ Hz. B) Calcule la velocidad máxima de los electrones expulsados y la diferencia de potencial que debe aplicarse entre el ánodo y el cátodo para que la corriente eléctrica se anule.
Datos: |qₑ| = 1,60·10⁻¹⁹ C; mₑ = 9,1·10⁻³¹ kg; c = 3·10⁸ m/s; h = 6,63·10⁻³⁴

a) $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\cdot10^8}{3\cdot10^{-7}} = 10^{15} s^{-1} > 7\cdot10^{14}$ **Si**

b) $hf = hf_0 + \frac{1}{2}m_e v^2_{máx}$ ⇨ $h(f - f_0) = \frac{1}{2}m_e v^2_{máx}$ ⇨

$6,63\cdot10^{-34}(10^{15} - 7\cdot10^{14}) = \frac{1}{2}9,1\cdot10^{-31}\cdot v_{máx}{}^2$ ⇨ **$V_{máx}$ = 6,61·10⁵ m/s**

Trabajo de frenado = E_C (fotoelectrones) = $q_e \cdot V_{frenado}$ ⇨

$\frac{1}{2}9,1\cdot10^{-31}\cdot(6,61\cdot10^5)^2 = 1,6\cdot10^{-19}\cdot v_{frenado}$ ⇨ **$V_{frenado}$ = 1,24 V**

11) Dos muestras, cada una de un radioisótopo distinto (radioisótopo 1 y radioisótopo 2) contienen en el momento de su preparación la misma masa del radioisótopo correspondiente. Las medidas de actividad de las muestras 1 y 2 para el instante inicial (t = 0) y al cabo de un día arrojan los siguientes valores:

	A_1 (kBq)	A_2 (kBq)
$t = 0$	10,00	11,70
$t = 1$ d	8,90	10,77

a) Calcule el período de semidesintegración de cada radioisótopo. b) Si M_1 y M_2 denotan las respectivas masas atómicas de los radioisótopos, determine el cociente M_2/M_1.

a) Para radioisótopo 1: $A = A_0 e^{-\lambda t}$ ⇨ $8,9 = 10e^{-\lambda\cdot1}$ ⇨ 0,89 = $e^{-\lambda}$ ⇨ ln0,89 = -λ ⇨ λ_1 = 0,1165 día⁻¹

$\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}}$ ⇨ 0,1165 = $\frac{ln2}{T_{1/2}}$ ⇨ **$T_{1/2}$ = 5,95 días radioisótopo 1**

Operando igual para radioisótopo 2:

$A = A_0 e^{-\lambda t}$ ⇨ $10,77 = 11,7e^{-\lambda\cdot1}$ ⇨ 0,9205 = $e^{-\lambda}$ ⇨ ln0,9205= -λ ⇨ λ_2 = 0,0828 día⁻¹

$\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}}$ ⇨ 0,0828 = $\frac{ln2}{T_{1/2}}$ ⇨ **$T_{1/2}$ = 8,37 días radioisótopo 2:**

b) $A_0 = \lambda N_0 = \lambda\frac{m_0}{M}N_A$ ⇨ $A_{01} = \lambda_1\frac{m_{01}}{M_1}N_A$ ⇨ $10 = 0,1165\frac{m_0}{M_1}N_A$ (1)

$A_{02} = \lambda_2\frac{m_{02}}{M_2}N_A$ ⇨ $11,7 = 0,0828\frac{m_0}{M_2}N_A$ (2)

dividimos $\frac{(1)}{(2)} \rightarrow \frac{10}{11,7} = \frac{0,1165\,M_2}{0,0828\,M_1}$ ⇨ **$\frac{M_2}{M_1}$ = 0,607**

12) Una placa de cobalto se expone a luz de una determinada intensidad y de frecuencia igual a 1,2 veces la frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico en ese material. En estas condiciones, se registra un cierto potencial de frenado V1. a) Si se duplica la frecuencia de la luz incidente, se registra un nuevo potencial de frenado V2, que es 6 V mayor que V1. Obtenga el trabajo de extracción para el cobalto y el valor de la frecuencia umbral. b) Si se mantiene la frecuencia inicial y se duplica la intensidad de la luz incidente, ¿cómo se modificará el potencial de frenado?
Datos: Valor absoluto de la carga del electrón, e = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C; Constante de Planck, h = $6,63 \cdot 10^{-34}$ J s.

a) $E_{fotón} = W_{extracción} + E_{cinética\ del\ electrón}$

$$hf = hf_0 + \frac{1}{2}m_e v_{máx}^2 \Rightarrow h(f-f_0) = E_{c\ electrón}$$

Pero: **$E_{C\ electrones}$ = Trabajo de frenado = $q_e \cdot V_{frenado}$** $\Rightarrow$ $\boldsymbol{h(f-f_0) = qV}$

Primera experiencia: $h(f-f_0) = qV \Rightarrow h(1{,}2f_0 - f_0) = qV_1 \rightarrow 0{,}2hf_0 = qV_1$ (1)

Segunda experiencia: $h(f-f_0) = qV \Rightarrow h(2 \cdot 1{,}2f_0 - f_0) = q(V_1+6) \rightarrow 1{,}4hf_0 = q(V_1+6)$ (2)

Restando (2) – (1) $\Rightarrow 1{,}2hf_0 = 6q$ pero como $hf_0 = W_{extracción} \Rightarrow 1{,}2W_{ext} = 6q \Rightarrow W_{ext} = \frac{6q}{1{,}2} = 5q = \frac{6 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{1{,}2}$

W_{ext} = 5 eV = $8 \cdot 10^{-19}$ J

$W_{ext} = hf_0 \Rightarrow 8 \cdot 10^{-19} = 6{,}63 \cdot 10^{-34} f_0 \Rightarrow$ **$f_0 = 1{,}21 \cdot 10^{15}$ Hz**

b) El potencial de frenado (o la energía cinética máxima de los electrones) no dependen de la mayor o menor intensidad de la luz, solo depende de de su frecuencia.

13) Para una prueba diagnóstica se utiliza una cierta cantidad del isótopo 99 del tecnecio (^{99}Tc) cuyo tiempo de semidesintegración es de 6 h. Sabiendo que la actividad de la dosis que hay que inocular al paciente es de $5 \cdot 10^8$ Bq, determine: a) La masa de isótopo que hay que inyectar al paciente. b) El tiempo que debe transcurrir para que la actividad sea de $1 \cdot 10^4$ Bq.
Datos: Masa atómica del ^{99}Tc = 98,9 u; Número de Avogadro, $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol−1

a) 1 Bq es igual a una desintegración radiactiva por segundo.

$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$ donde $\lambda N_0 = A_0$ (actividad inicial) y $\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}}$ y $N_0 = núcleos\ iniciales = \frac{m}{MA} \cdot N_A$

$\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}} = \frac{ln2}{6} = 0{,}116\ h^{-1} \Rightarrow 0{,}116/3600 = 3{,}22 \cdot 10^{-5}\ s^{-1}$

$\lambda N_0 = A_0 \Rightarrow 3{,}22 \cdot 10^{-5} \cdot N_0 = 5 \cdot 10^8 \Rightarrow N_0 = 1{,}55 \cdot 10^{13}$

$N_0 = núcleos\ iniciales = \frac{m}{MA} \cdot N_A \Rightarrow N_0 = 1{,}55 \cdot 10^{13} = \frac{m}{98{,}9} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \Rightarrow$ **m = $2{,}55 \cdot 10^{-9}$ g**

b) $A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow 1 \cdot 10^4 = 5 \cdot 10^8 e^{-0{,}116t} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} = e^{-0{,}116t}$

$\ln(2 \cdot 10^{-5}) = -0{,}116t \Rightarrow$ t = 93,3 h $\Rightarrow$ **t = 3,9 días**

14) Cuando se hace incidir un haz de fotones de frecuencia variable sobre la superficie de un material se emiten fotoelectrones de distintas energías cinéticas máximas. Si se representan los potenciales de frenado de los fotoelectrones, V, en función de la frecuencia de los fotones incidentes, f, se obtiene una recta de ecuación:

V (V) = 4, 16 · 10^{-15} · f(Hz) − 2, 16

Obtenga de la expresión anterior: a) La frecuencia umbral y el potencial de extracción en eV. b) La constante de Planck. Dato: Valor absoluto de la carga del electrón, e = 1,6 · 10^{-19} C.

a) La frecuencia umbral es aquella cuya energía es la mínima para arrancar los electrones y por tanto los electrones salen son velocidad (o prácticamente nula), **por lo que el potencial de frenado es cero**.

V (V) = 4, 16 · 10^{-15} · f(Hz) − 2, 16 ⇨ 0 = 4, 16 · 10^{-15} · f_0 − 2, 16 ⇨ **f_0 = 5,19·10^{14} Hz**

Para el potencial de extracción aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$hf = hf_0 + E_{c\,máx} \quad equivalente\ a \quad hf = W_{ext} + eV \quad ⇨ \quad V = \frac{hf}{e} - \frac{W_{ext}}{e}$$

Por tanto, según la ecuación dada: V (V) = 4, 16 · 10^{-15} · f(Hz) − 2, 16

Por lo que: $\frac{W_{ext}}{e} = 2{,}16$ ⇨ $W_{ext} = 2{,}16 \cdot e = 2{,}16 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ = **3,456·10^{-19} J = W_{ext} o 2,16 eV**

b) Para hallar el valor e h usamos $\frac{hf}{e} = 4{,}16 \cdot 10^{-15} \cdot f$ *de la ecuación dada en el problema*

$\frac{h}{e} = 4{,}16 \cdot 10^{-15}$ ⇨ $h = 4{,}16 \cdot 10^{-15} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ ⇨ **h = 6,66·10^{-34} J·s**

muy próximo al valor aceptado 6.63 × 10^{-34} J·s

15) Una muestra contiene inicialmente una masa de 30 mg de ^{210}Po. Sabiendo que su período de semidesintegración es de 138,38 días, determine: a) La vida media del isótopo y la actividad inicial de la muestra. b) El tiempo que debe transcurrir para que el contenido de ^{210}Po de la muestra se reduzca a 5 mg. Datos: Masa atómica del ^{210}Po, MPo = 210 u; Número de Avogadro, N_A = 6,02·10^{23} mol-1.

a) $\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}} = \frac{ln2}{138{,}38} = 0{,}005\ d^{-1}$; $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0{,}005}$ = **200 días = τ (vida media)**

$A_0 = \lambda N_0 = \lambda \frac{m}{MA} N_A = 0{,}005 \cdot \frac{0{,}03}{210} 6{,}02 \cdot 10^{23}$ = 4,3·10^{17} núcleos/día ⇨ $\frac{4{,}3 \cdot 10^{17}}{24 \cdot 60 \cdot 60} núcleos/s$ = **4,98·10^{12} Bq = A_0**

b) $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$ ⇨ $5 = 30e^{-0{,}005t}$ ⇨ $\ln(\frac{5}{30}) = -0{,}005t$ ⇨ **t = 358 días**

16) Un electrón relativista ha llegado a adquirir una energía cinética equivalente a la energía de un fotón de 5·10^{-12} m de longitud de onda en el vacío. Calcule: a) La energía cinética del electrón, en eV. b) La velocidad del electrón.

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

a) $E_c = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-12}}$ = **3,98·10^{-14} J = E_c = 2,49·10^{5} eV**

b) $E_c = (\gamma - 1)m_0 c^2$ ⇨ $3{,}98 \cdot 10^{-14} = (\gamma - 1) 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$ ⇨ $\gamma - 1 = 0{,}486$ ⇨ $\gamma = 1{,}486$

$1{,}486 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ ⇨ $1 - \frac{v^2}{(3 \cdot 10^8)^2} = \left(\frac{1}{1{,}486}\right)^2$ ⇨ $0{,}547 = \frac{v^2}{9 \cdot 10^{16}}$ ⇨ **v = 2,22·10^{8} m/s → 0,74 c**

17) a) Justifique, indicando los principios que aplica, cuál de las siguientes reacciones nucleares propuestas no produce los productos mencionados:
i) $^{14}_{7}N + n \rightarrow {}^{14}_{6}C + p$
ii) $^{28}_{14}Si + \alpha \rightarrow {}^{29}_{15}P + n$

a) i) Determine, indicando los principios aplicados, los valores de c y Z en la siguiente reacción nuclear:

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{145}_{Z}La + {}^{88}_{35}Br + c\,{}^{1}_{0}n$$

ii) Calcule la energía liberada cuando se fisionan un millón de núcleos de uranio siguiendo la reacción anterior.
1u = 1,66·10^{-27} kg; c = 3·10^{8}
m($^{235}_{92}U$) = 235,043930 u ; m($^{148}_{Z}La$) = 144,921651 u ; m($^{88}_{35}Br$) = 87,924074 u ; m$_n$ = 1,008665 u

a) $^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$ Aplicamos conservación de nucleones A: 14 + 1 = 14 + 1 correcto
Aplicamos conservación de cargas Z: 7 + 0 = 6 + 1 correcto ⇨ **Correcto**

$^{28}_{14}Si + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{29}_{15}P + {}^{1}_{0}n$ conservación de nucleones A: 28 + 4 ≠ 29 + 1 incorrecto
conservación de cargas Z: 14 + 2 ≠ 15 + 0 **Incorrecto**

b) i) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{145}_{Z}La + {}^{88}_{35}Br + c\,{}^{1}_{0}n$ A: 235 + 1 = 145 + 88 + c·1 ⇨ **c = 3**
Z: 92 + 0 = z + 35 + 3·0 ⇨ **Z = 57**

ii) Δm = 144,921651 + 87,924074 + 3·1,008665 - (235·,04393 + 1,008665) = 0,180875 u

E = mc^2 = 10^6·0,180875·1,66·10^{-27}·(3·10^8)^2 = **2,7·10^{-5} J = E**

18) a) El $^{210}_{83}Bi$ se desintegra mediante un proceso beta y el $^{222}_{86}Rn$ mediante radiación alfa. Escriba y explique el proceso radiactivo de cada isótopo, determinando los números atómico y másico del nucleido resultante. b) Los periodos de semidesintegración del $^{210}_{83}Bi$ y $^{222}_{86}Rn$ son de 5 y 3,8 días respectivamente. Disponemos de una muestra de 3 mg del $^{210}_{83}Bi$ y otra de 10 mg de $^{222}_{86}Rn$. Determine en cuál de ellos quedará más masa por desintegrarse pasados 15,2 días.

b) $^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Bi + {}^{0}_{-1}e$ **Se aplica conservación de nucleones (A) y cargas (Z)**

$^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{218}_{84}X + {}^{4}_{2}He$ **Se aplica conservación de nucleones (A) y cargas (Z)**

b) $m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$ ⇨ $m = m_0 \cdot e^{-\frac{ln2}{T_{1/2}}t}$ ⇨ $m = 3 \cdot e^{-\frac{ln2}{5}15{,}2}$ ⇨ **m = 0,365 mg $^{210}_{83}Bi$**

$m = 10 \cdot e^{-\frac{ln2}{3{,}8}15{,}2}$ ⇨ **m = 0,365 mg $^{222}_{86}Rn$ Mayor**

19) Una muestra radiactiva tiene una actividad de 200 Bq en el momento de su obtención. Al cabo de 30 minutos su actividad es de 150 Bq. Calcule: a) Valor de la constante de desintegración radiactiva. b) Periodo de semi-desintegración. c) Número inicial de núcleos. d) Núcleos que quedan al cabo de 90 minutos.

a) $A = A_0 e^{-\lambda t}$ ⇨ $150 = 200 e^{-\lambda \cdot 30}$ $ln\frac{150}{200} = -\lambda \cdot 30$ ⇨ λ = 9,59·10^{-3} min^{-1} ⇨ **λ = 1,6·10^{-4} s^{-1}**

b) $\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}}$ ⇨ $T_{1/2} = \frac{ln2}{1{,}6 \cdot 10^{-4}}$ ⇨ **T$_{1/2}$ = 4,34·10^3 s**

c) $A_0 = \lambda N_0$ ⇨ 200 = 1,6·10^{-4}·N_0 ⇨ **N_0 = 1,25·10^6**

d) $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ⇨ $N = 1{,}25 \cdot 10^6 e^{-1{,}6\cdot 10^{-4}\cdot 90\cdot 60}$ ⇨ **N = 5,27·10^5 núcleos**

20) El efecto fotoeléctrico se produce en un determinado metal para una longitud de onda máxima de 710 nm. a) Explique en qué consiste el efecto fotoeléctrico. b) Calcule el trabajo de extracción c) Determine el potencial de frenado de los electrones emitidos y su energía cinética máxima si se utiliza una radiación de longitud de onda 500 nm. d) ¿Qué tipo de gráfica se obtiene si se representa la energía cinética máxima frente a la frecuencia de luz con que se ilumina el metal? Razónelo.
Datos: h = 6,63·10^{-34} J·s; c = 3·10^8 m/s; q_e= – 1,6·10^{-19} C

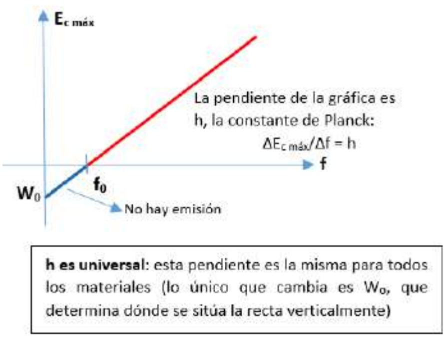
a) El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material (metal o semiconductor) al incidir sobre él una radiación electromagnética (en general luz visible o ultravioleta) de frecuencia lo suficientemente alta.

b) $W_0 = hf_0 = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\frac{3\cdot 10^8}{710\cdot 10^{-9}}$ ⇨ **W_0 = 2,8·10^{-19} J**

c) $hf = W_0 + E_c$ ⇨ $h\frac{c}{\lambda} = W_0 + E_c$ ⇨ $6{,}63 \cdot 10^{-34}\frac{3\cdot 10^8}{500\cdot 10^{-9}} = 2{,}8 \cdot 10^{-19} + E_c$ ⇨ **E_c = 1,18·10^{-19} J**

$E_{c\,máx}$ = q_eV ⇨ 1,18·10^{-19} = -1,6·10^{-19}·V ⇨ **V = -0,74 V**

d)



$hf = W_0 + E_{c\,máx}$ ⇨ $E_{c\,máx} = hf - W_0$

Ecuación de una recta: y = mx + b

La pendiente m = h = Δy/Δx = $\Delta_{c\,máx}$/Δf = h

y W_0 es la ordenada en el origen.

21) El isótopo $84Po\ 210$ $^{210}_{84}Po$, que emite partículas alfa, es un contaminante natural del tabaco como ya publicaba la prestigiosa revista científica "Science" en Enero de 1964.
a. Defina el concepto de isótopo.
b. Indique cuantos protones y neutrones tiene este isótopo.
c. Considerando que el periodo de semidesintegración de este isótopo es de 138,39 días, ¿Cuál la constante de desintegración o decaimiento de este isótopo?
d. Defina la constante de desintegración y explica de qué factores depende.
e. Calcule la actividad que tiene inicialmente una muestra de 2 μg de 84Po 210 .
f. Calcule la actividad de la anterior muestra después de que haya transcurrido 1 año.
Datos: Número de Avogadro = 6,022·10^{23}

a) Isótopo – Núcleos de un mismo elemento (mismo número de protones) pero con distinto número de neutrones.

b) $^{210}_{84}Po$ tiene 84 protones y (210-84)=126 neutrones

c) $\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}} = \frac{ln2}{138{,}39} = 5 \cdot 10^{-3}\ días^{-1}$ = 5,79·10^{-8} s^{-1}

d) La constante de desintegración define el ritmo o probabilidad por unidad de tiempo con el que el núcleo se desintegra y no depende de parámetros físico-químicos externos (p.e. presión, temperatura, etc.). Se trata de un valor constante para cada núcleo

e) N (número de núcleos en 2 μg de ${}^{210}_{84}Po$) = $\frac{1\,mol \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}}{210\,g \quad 1\,mol} \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 5{,}7 \cdot 10^{15}\ nucleones$

A_0 (Actividad inicial)=λN_0 = 5,79·10^{-8}·5,7·10^{15} = 3,3 10^{8} Bq

f) Actividad después de un 1 año $A = A_0 e^{-\lambda t}$ = 3,3 10^{8}$e^{-5 \cdot 10^{-3} \cdot 365}$ = 5,32·10^{7}Bq

22) 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 = 3×10^{8}m/s (* al final de los ejercicios)

a) $m = \gamma m_0 \Rightarrow m = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} m_0 = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}6^2}} \cdot 1 = 1{,}25 \cdot 1 = 1{,}25$ mg ; **m = 1,25·10^{-6} kg**

b) $E_c = (\gamma - 1) m_0 c^2$; $m_0 c^2 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 9 \cdot 10^{10}$

E_c = (1,25-1)·9·10^{10} ⇨ **E_c = 2,25·10^{10} J**

23) 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: a) ¿Cuál es la masa relativista del electrón para esta velocidad? b) ¿Cuál es la energía relativista total? (* al final de los ejercicios)

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón e=1,6×10^{-19} C. Velocidad de la luz en el vacío c= 3×10^{8} m/s

a) $m = \gamma m_0 \Rightarrow m = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} m_0$

Como no nos dan la masa en reposo del electrón la calculamos a partir de su energía en reposo:

E_0 = 0,511·10^{6} eV = 0,511·10^{6}· $(1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C)V$ = 8,176·10^{-14} J

$E_0 = m_0 c^2 \Rightarrow m_0 = \frac{8{,}176 \cdot 10^{-14}}{(3 \cdot 10^8)^2}$ = 9,08·10^{-31} kg = m_0

$m = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} m_0 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{(0{,}8c)^2}{c^2}}} 9{,}08 \cdot 10^{-31}$ = 1,667·9,08·10^{-31} = **1,51·10^{-30} Kg = m**

b) La energía total (E) se puede calcular de dos formas:

$E = \gamma E_0 = 1{,}667 \cdot 8{,}176 \cdot 10^{-14}$ = **1,36·10^{-13} J = E**

O bien: E = mc^{2} = 1,51·10^{-30}·(3·10^{8})^{2} = **1,36·10^{-13} J = E**

24) Un electrón alcanza en un ciclotrón una energía cinética de 2 GeV. Calcule la relación entre la masa del electrón y su masa en reposo. Datos: Valor absoluto de la carga del electrón, e = 1,6·10^{-19} C; Masa del electrón en reposo, m_e = 9,1·10^{-31} kg (* al final de los ejercicios)

La energía relativista tiene por expresión E = mc^{2} y su correspondiente valor en reposo es $E_0 = m_0c^2$. Dividamos E entre E_0:

$$\frac{E}{E_0} = \frac{mc^2}{m_0 c^2} = \frac{m}{m_0}$$

Energía en reposo: $E_0 = m_0c^2 = 9{,}1\cdot10^{-31}\cdot(3\cdot10^8)^2 = 8{,}19\cdot10^{-14}$ J

Pasamos a eV ⇨ $8{,}19\cdot10^{-14}$ J/$1{,}6\cdot10^{-19}$ = 511875 eV ⇨ $5{,}119\cdot10^{-4}$ GeV (1 GeV = 10^9 eV)

$E_{total} = E_c + E_0 = 2 + 5{,}119\cdot10^{-4} = 2{,}0005119$ GeV

Y como vimos

$$\frac{E}{E_0} = \frac{m}{m_0} = \frac{2{,}0005119}{5{,}119\cdot10^{-4}} = \mathbf{3908} = \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{m_0}}$$

(*) Nota sobre la masa en Relatividad:

En la física moderna, **la masa se considera una propiedad invariante (no cambia con la velocidad).** El concepto de "masa relativista" ($m = \gamma m_0$) se mantiene en el currículo de Bachillerato principalmente por razones históricas y didácticas, ya que permite mantener la estructura de fórmulas clásicas como p = mv. Sin embargo, hoy sabemos que lo que realmente aumenta con la velocidad es la energía y el momento, no la masa en sí. La física contemporánea prefiere trabajar únicamente con la masa en reposo (m_0) como una cantidad invariante, y usar el factor de Lorentz (γ) para describir los efectos relativistas.

Aunque es importante que conozcas esta distinción, en tus ejercicios a nivel de 2º de Bachillerato debes responder utilizando la terminología y las fórmulas tal como se explican en clase o según te lo pida el enunciado. Así, si el problema te pide calcular la "masa relativista", calcúlala usando la fórmula $m = \gamma m_0$ (u otro camino según los datos del ejercicio). De esta forma estarás resolviendo el problema correctamente según el nivel educativo correspondiente y obtendrás los mismos resultados numéricos que con el enfoque moderno, ya que matemáticamente $\gamma = m/m_0$.

Esta aclaración es solo para que tengas una base conceptual sólida si decides continuar con estudios en los que incluyen una física más avanzada, donde verás que el enfoque ha evolucionado hacia una comprensión más precisa de estos fenómenos.