## SEPTIEMBRE
## OPCIÓN A

1. **a)** Conteste razonadamente: **i)** ¿Puede asociarse una energía potencial a una fuerza de rozamiento? **ii)** ¿Qué tiene más sentido físico, la energía potencial en un punto o la variación de energía potencial entre dos puntos?

a) i) No, ya que una energía potencial solo puede asociarse a las fuerzas denominadas conservativas, y la de rozamiento no lo es (sí lo son, por ejemplo, la fuerza gravitatoria, elásticas y eléctricas).

Una fuerza conservativa es aquella en la que el trabajo que realiza cuando se desplaza una partícula de un punto a otro no depende del camino seguido, sino solo de los puntos final e inicial. Solo en ellas se cumple que:

$$W_{1\to 2}^{F_c} = \int_1^2 \vec{F_c} \cdot \vec{dr} = -\Delta E_p$$

ii) Solamente tiene sentido físico las diferencias de energía potencial. Es decir, no es posible medir energías en un punto ya que depende del sistema de referencia que se tome (según el sistema, la Ep será diferente).

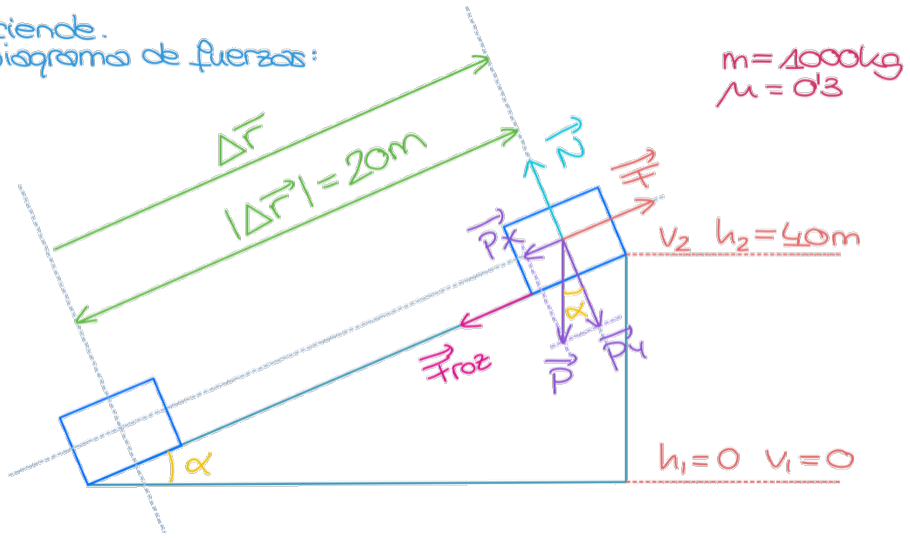
Entonces, a menos que se elija arbitrariamente un punto del campo como punto de referencia (al que se le asigna el valor cero) mediremos diferencias de energía, pues su valor será el mismo independientemente del sistema escogido.

por ejemplo, en el campo terrestre se toma el infinito como punto de referencia

**b)** Se quiere subir un objeto de 1000kg una altura de 40m usando una rampa que presenta un coeficiente de rozamiento con el objeto de 0,3. Calcule: **i)** El trabajo necesario para ello si la rampa forma un ángulo de 10° con la horizontal. **ii)** El trabajo necesario si la rampa forma un ángulo de 20°. Justifique la diferencia encontrada en ambos casos. $g = 9{,}8\ m\ s^{-1}$

b) Asciende.

Diagrama de fuerzas:




i) $\alpha = 10^\circ$

Desplazamiento:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{h_2}{|\vec{\Delta r}|}$$

$$|\vec{\Delta r}| = \frac{h_2}{\operatorname{sen} \alpha} = \frac{40}{\operatorname{sen} 10^\circ} = 230{,}35\ (m)$$

Fuerza peso: $p = m \cdot g = 1000 \cdot 9'8 = 9800\ (N)$

$p_x = p \cdot \operatorname{sen} \alpha = 9800 \cdot \operatorname{sen} 10^\circ = 1701{,}75\ (N)$

$p_y = p \cdot \cos \alpha = 9800 \cdot \cos 10^\circ = 9651{,}12\ (N)$

$\vec{p} = -1701{,}75\vec{i} - 9651{,}12\vec{j}\ (N)$

↳ yo sí te lo voy a pedir, ojo

Fuerza normal: 2ª ley de Newton (Eje Y): $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$

No se mueve en el eje Y: $a = 0$ (eje Y)

$$N - p_y = 0$$

$$N = p_y = 9651{,}12\ (N)$$

$$\vec{N} = 9651{,}12\vec{j}\ (N)$$

Fuerza de rozamiento: $F_{roz} = \mu \cdot N = 0'3 \cdot 9651{,}12 = 2895{,}34\ (N)$

$$\vec{F}_{roz} = -2895{,}34\vec{i}\ (N)$$

Fuerza externa: 2ª ley de Newton (Eje X): $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$

si no nos dicen nada se asume ↙ Se mueve con $v = cte \longrightarrow a = 0$

$$F - p_x - F_{roz} = 0$$

$$F = p_x + F_{roz} = 1701{,}75 + 2895'34 = 4597{,}09\ (N)$$

$$\vec{F} = 4597{,}09\vec{i}\ (N)$$

El trabajo realizado es:

$$\longrightarrow W^{F}_{1\to 2} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos 0^\circ =$$

$$= 4597{,}09 \cdot 230{,}35 \cdot 1 = 1058939{,}68\ (J)$$

ii) $\alpha = 20^\circ$

Desplazamiento:

$$\operatorname{sen}\alpha = \frac{h_2}{|\Delta\vec{r}|}$$

$$|\Delta\vec{r}| = \frac{h_2}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{40}{\operatorname{sen}20^\circ} = 116{,}95\ (m)$$

Fuerza peso: $p = m \cdot g = 1000 \cdot 9'8 = 9800\ (N)$

$$p_x = p \cdot \operatorname{sen}\alpha = 9800 \cdot \operatorname{sen}20^\circ = 3351{,}8\ (N)$$

$$p_y = p \cdot \cos\alpha = 9800 \cdot \cos 20^\circ = 9208{,}99\ (N)$$

$$\vec{p} = -3351{,}8\,\vec{i} - 9208{,}99\,\vec{j}\ (N)$$

Fuerza normal: 2ª ley de Newton (Eje Y): $\Sigma\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

No se mueve en el eje Y: $a = 0$ (eje Y)

$$N - p_y = 0$$

$$N = p_y = 9208{,}99\ (N)$$

$$\vec{N} = 9208{,}99\,\vec{j}\ (N)$$

Fuerza de rozamiento: $F_{roz} = \mu \cdot N = 0'3 \cdot 9208{,}99 = 2762{,}7\ (N)$

$$\vec{F}_{roz} = -2762{,}7\,\vec{i}\ (N)$$

Fuerza externa: 2ª ley de Newton (Eje X): $\Sigma\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

si no nos dicen nada se asume — Se mueve con $v = cte \longrightarrow a = 0$

$$F - p_x - F_{roz} = 0$$

$$F = p_x + F_{roz} = 3351{,}8 + 2762{,}7 = 6114'5\ (N)$$

$$\vec{F} = 6114{,}5\,\vec{i}\ (N)$$

El trabajo realizado es:

$$\longrightarrow W_{1\to2}^{F} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos 0^\circ =$$

$$= 6114{,}5 \cdot 116{,}95 \cdot 1 = 715090{,}78\ (J)$$

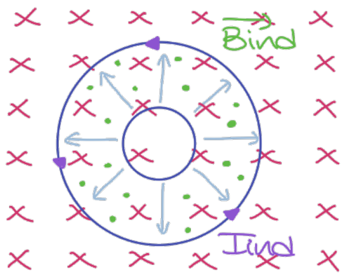
Al aumentar el ángulo de la rampa podría sospecharse que el trabajo resultaría mayor: cuando aumentamos $\alpha$ estamos aumentando la componente $p_x$, por lo que hace falta aplicar una fuerza mayor $F$ que contrarreste dicho aumento.

Sin embargo, en el segundo caso el desplazamiento se reduce notablemente, haciendo que finalmente, el trabajo sea menor.

## SEPTIEMBRE
## OPCIÓN A

**2. a)** Se coloca una espira circular dentro de un campo magnético uniforme $B_0$ perpendicular al plano de la espira y dirigido hacia adentro tal y como se muestra en la figura. Explique razonadamente en qué sentido circulará la corriente inducida en la espira en los siguientes casos: **i)** Si se aumenta progresivamente el radio de la espira permaneciendo constante el valor del campo. **ii)** Si se mantiene constante el valor del radio, pero se aumenta progresivamente el valor del campo.

a) i)




Al aumentar el radio, aumenta la superficie de la espira y aumenta el nº de líneas de campo magnético que atraviesan la espira

→ el $\Phi_B$ aumenta

El $\vec{B}_{ind}$ asociado a la corriente inducida se opondrá a este aumento

Aplicando la regla de la mano derecha, $I_{ind}$ tendrá sentido antihorario.

ii) Caso similar. Si ahora la espira no cambia de tamaño pero aumenta la intensidad del campo $\vec{B}$

aumenta el nº de líneas de campo magnético que atraviesan la espira

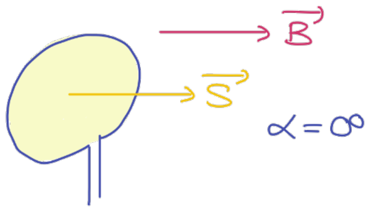
→ el $\Phi_B$ aumenta

El $\vec{B}_{ind}$ asociado a la corriente inducida se opondrá a este aumento

Aplicando la regla de la mano derecha, $I_{ind}$ tendrá sentido antihorario.

**b)** En el seno de un campo magnético de 0,4T se encuentra una bobina circular, de 100 espiras de 0,2m de radio situada en un plano perpendicular al campo magnético. Determine la fuerza electromotriz inducida en la bobina en los casos referidos a un intervalo de tiempo igual a 2s: **i)** Se duplica el campo magnético. **ii)** Se gira la bobina 90° en torno al eje paralelo al campo magnético.

b) $B = 0'4\,T \quad N = 100 \quad R = 0'2\,m \longrightarrow S = \pi R^2 = \pi \cdot 0'2^2 = 0'126\,m^2$




$\Delta t = 2s \longrightarrow$ Si me dan un intervalo de tiempo me están pidiendo el promedio

Ley de Lenz – Faraday

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{Bf} - \Phi_{Bi}}{\Delta t}$$

i) $B_i = 0'4\,(T) \longrightarrow B_f = 2 \cdot 0'4 = 0'8\,(T)$

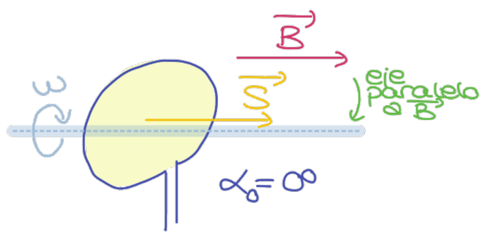
Flujo magnético:

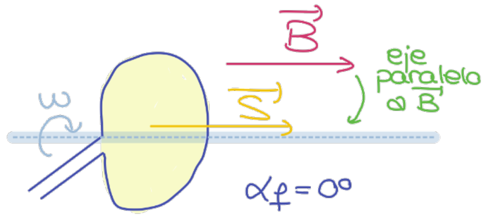
$$\Phi_{Bi} = N \cdot B_i \cdot S \cdot \cos\alpha = 100 \cdot 0'4 \cdot 0'126 \cdot \cos 0° = 5'04\,(Wb)$$

$$\Phi_{Bf} = N \cdot B_f \cdot S \cdot \cos\alpha = 100 \cdot 0'8 \cdot 0'126 \cdot \cos 0° = 10{,}08\,(Wb)$$

$$\Longrightarrow \varepsilon = -\frac{10'08 - 5'04}{2} = -2'52\,(V)$$

ii)




$$\Phi_{Bi} = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\alpha_i = 100 \cdot 0'4 \cdot 0'126 \cdot \cos 0° = 5'04\,(Wb)$$

$$\Phi_{Bf} = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\alpha_f = 100 \cdot 0'4 \cdot 0'126 \cdot \cos 0° = 5'04\,(Wb)$$

$$\Longrightarrow \varepsilon = -\frac{5'04 - 5'04}{2} = 0\,(V)$$

No se induce corriente, ni f.e.m.

## SEPTIEMBRE
## OPCIÓN A

**3. a)** Escriba la ecuación general de una onda estacionaria. Explique el significado físico de cada una de las magnitudes que aparecen en dicha ecuación y relaciónelas con los parámetros de las ondas que la han originado. ¿Cómo se denominan y cuál es el significado físico en los puntos de máxima y mínima amplitud?

a) Una onda estacionaria (OE) se forma por interferencia de dos ondas armónicas de igual amplitud y frecuencia que se propagan en la misma dirección, pero sentido contrario.

$$y_1(x,t) = A \cdot sen(\omega t - kx)$$
$$y_2(x,t) = A \cdot sen(\omega t + kx)$$

$$y(x,t) = y_1(x,t) + y_2(x,t) =$$
$$= A\left[sen(\omega t - kx) + sen(\omega t + kx)\right] =$$
$$= A\,2 \cdot \left[sen\left(\frac{(\omega t - kx) + (\omega t + kx)}{2}\right) \cdot cos\left(\frac{(\omega t - kx) - (\omega t + kx)}{2}\right)\right]$$
$$= 2A \cdot sen(\omega t) \cdot cos(-kx) = \underbrace{2A}\, sen(\omega t) \cdot \underbrace{cos(kx)}$$

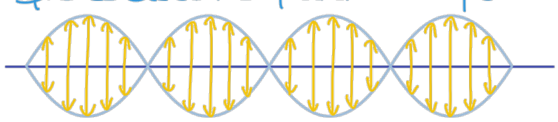
Todo lo que no depende del tiempo es la amplitud de la onda

$y(x,t)$: elongación o posición de una partícula del medio a distancia 'x' (m) del foco emisor, y en un instante de tiempo 't' (s). Unidad SI (m)

Amplitud: máxima elongacion con que vibra la partícula. En el caso de una onda estacionaria, la amplitud depende de la posición:

$$A_r = 2A \cdot cos(kx)\ (m)$$

por lo que es distinta para cada partícula.



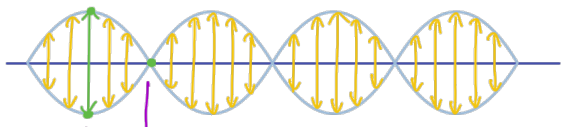
Número de ondas: número de longitudes de onda que hay en una distancia de $2\pi$. Se mide en (rad/m).

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Frecuencia angular o pulsación: número de periodos comprendidos en un tiempo igual al periodo. Se mide en (rad/s).

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Periodo: tiempo que tarda una partícula del medio en hacer una oscilación completa. (s)



↳ punto donde $A=0$: nodo (elongación mínima)

↳ punto donde $A = max$: vientre (elongación máxima)

**b)** La ecuación de una onda armónica que se propaga en una cuerda es:

$$y(x,t) = 0{,}04 \cdot sen\left(8t - 5x + \frac{\pi}{2}\right) \quad (SI)$$

Calcule la amplitud, frecuencia, longitud de onda, velocidad de propagación y velocidad máxima de un punto de dicha cuerda

b) $y(x,t) = 0'04 \cdot sen\left(8t - 5x + \frac{\pi}{2}\right)$ (m)

Amplitud: $A = 0'04$ (m)

Frecuencia: $\omega = 2\pi f = 8 \rightsquigarrow f = \frac{8}{2\pi} = \frac{4}{\pi}$ (Hz)

Longitud de onda: $k = \frac{2\pi}{\lambda} = 5 \rightsquigarrow \lambda = \frac{2\pi}{5}$ (m)

Velocidad de propagación: $v_{prop} = \lambda \cdot f = \frac{2\pi}{5} \cdot \frac{4}{\pi} = 1'6$ (m/s)

Velocidad de oscilación:

$v(x,t) = \frac{dy(x,t)}{dt} = 0'04 \cdot 8 \cdot \cos\left(8t - 5x + \frac{\pi}{2}\right)$ (m/s)

↳ Es máxima cuando $\cos\left(8t - 5x + \frac{\pi}{2}\right) = \pm 1$

y su valor es: $v_{max} = \pm 0'04 \cdot 8 = 0'32$ (m/s)

## SEPTIEMBRE
## OPCIÓN A

**4.** **a)** Cuando el ${}^{235}_{92}U$ captura un neutrón experimenta su fisión, produciéndose un isótopo del $Xe$, de número másico 140, un isótopo del $Sr$ de número atómico 38 y dos neutrones. Escriba la reacción nuclear y determine razonadamente el número atómico del $Xe$ y el número másico del $Sr$.

a) ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{140}_{Z}Xe + {}^{A}_{38}Sr + 2 \cdot {}^{1}_{0}n$

Ley de conservación del número de nucleones: $235 + 1 = 140 + A + 2$
$A = 94$

Ley de conservación de la carga eléctrica: $92 = Z + 38$
$Z = 54$

$\Longrightarrow$ ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2 \cdot {}^{1}_{0}n$

**b)** El proyecto ITER investiga la fusión del deuterio $({}^{2}_{1}H)$ y tritio $({}^{3}_{1}H)$ para dar ${}^{4}_{2}He$ y un neutrón. Escriba la ecuación de la reacción nuclear y calcule la energía liberada por cada núcleo de ${}^{4}_{2}He$ formado. $m({}^{2}_{1}H) = 2{,}014102u; m({}^{3}_{1}H) = 3{,}016049u; m({}^{4}_{2}He) = 4{,}002603u; m_n = 1{,}008665u; 1u = 1{,}66 \cdot 10^{-27}kg; c = 3 \cdot 10^{8}\ m\ s^{-1}$.

b) ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

✓ Ley de conservación del número de nucleones: $2 + 3 = 4 + 1$
✓ Ley de conservación de la carga eléctrica $1 + 1 = 2 + 0$

Defecto de masa: este $\Delta m$ es la diferencia entre la masa total de los reactivos y la de los productos:

$$\Delta m = \left[m({}^{2}_{1}H) + m({}^{3}_{1}H)\right] - \left[m({}^{4}_{2}He) + m_n\right] =$$
$$= \left[2{,}014102 + 3{,}016049\right] - \left[4{,}002603 + 1{,}008665\right] =$$
$$= 0'018883u \cdot \frac{1'66 \cdot 10^{-27}\ kg}{1u} = 3{,}13 \cdot 10^{-29}\ kg$$

Ecuación de Einstein:

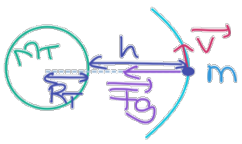
$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 3'13 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^{8})^2 = 2'817 \cdot 10^{-12} (J)$$

## SEPTIEMBRE
## OPCIÓN B

1. **a) i)** Defina velocidad orbital y deduzca su expresión para un satélite en órbita circular en torno a la Tierra. **ii)** ¿Qué relación existe entre las velocidades de escape de un cuerpo si cambia su altura sobre la superficie terrestre de $2R_T$ a $3R_T$?

a) i) La velocidad orbital es la velocidad lineal a la que se mueve un objeto en órbita.

II Ley de Newton:




$$F_g = F_c = m \cdot a_n$$

$$G\frac{\cancel{m}M_T}{R_o^{\cancel{2}}} = \cancel{m}\frac{v^2}{\cancel{R_o}}$$

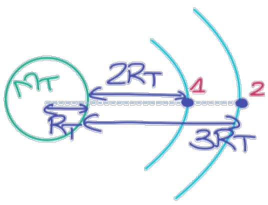
$$v = \sqrt{G\frac{M_T}{R_o}}$$

ii) Es la velocidad mínima necesaria para que un cuerpo pueda abandonar el campo gravitatorio donde se encuentra y alejarse indefinidamente del planeta. El cálculo de esta velocidad puede hacerse recurriendo a la conservación de la energía mecánica, ya que nos movemos bajo una fuerza conservativa. Teniendo en cuenta que se considera que un cuerpo escapa de la órbita de un planeta cuando:

- llega a una distancia infinita del planeta ($E_{Pf} = 0$)
- llega con velocidad nula ($E_{Cf} = 0$)

$$E_{M0} = E_{Mf} \quad \rightarrow \quad E_{C0} + E_{P0} = E_{Cf} + E_{Pf}$$

$$\frac{1}{2}mv_e^2 - G\frac{mM_T}{R_T + h} = 0 \qquad \rightarrow \qquad v_e \geq \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T + h}}$$




$$Ve_1 = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T + 2R_T}} = \sqrt{\frac{2GM_T}{3R_T}}$$

$$Ve_2 = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T + 3R_T}} = \sqrt{\frac{2GM_T}{4R_T}}$$

$$\frac{Ve_1}{Ve_2} = \frac{\sqrt{\frac{2GM_T}{3R_T}}}{\sqrt{\frac{2GM_T}{4R_T}}} = \frac{\sqrt{4}}{\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \Longrightarrow Ve_1 = \frac{2}{\sqrt{3}}Ve_2$$

**b)** El satélite Astra 2C, empleado para emitir señales de televisión, es un satélite en órbita circular geoestacionaria. Calcule: **i)** La altura a la que orbita respecto de la superficie de la Tierra y su velocidad. **ii)** La energía invertida para llevar el satélite desde la superficie de la Tierra hasta la altura de su órbita. $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2 kg^{-2}$

b) Satélite geoestacionario:

$$T = 24h \cdot \frac{3600s}{1h} = 86400s$$

i) Del apartado a): $v = \sqrt{G\frac{M_T}{R_o}}$

También, la relación entre T y v es: $v = \omega R_o = \frac{2\pi}{T} R_o$

Igualo:

$$G\frac{M_T}{R_o} = \frac{2\pi}{T} R_o$$

$$GM_T = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_o^3$$

$$R_o = \sqrt[3]{GM_T\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2} = \sqrt[3]{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}98 \cdot 10^{24} \cdot \left(\frac{86400}{2\pi}\right)^2} =$$

$$= 42250474{,}31 \ (m)$$

Como $R_o = R_T + h \longrightarrow h = R_o - R_T = 35880474{,}31 \ (m)$

Y la velocidad:

$$v = \frac{2\pi}{T} R_o = \frac{2\pi}{86400} 42250474{,}31 = 3072{,}54 \ (m/s)$$

ii) Energía mecánica:

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{M_T \cdot m}{R_o} =$$

$$= \frac{1}{2}m\frac{GM_T}{R_o} - G\frac{M_T m}{R_o} = -\frac{1}{2}G\frac{mM_T}{R_o}$$

$$E_{m_1} = -\frac{1}{2}G\frac{mM_T}{R_T} = -\frac{1}{2}6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{4500 \cdot 5{,}98 \cdot 10^{24}}{6370 \cdot 10^3} =$$

$$= -1{,}41 \cdot 10^{11} \ (J)$$

$$E_{m_2} = -\frac{1}{2} G \frac{m M_T}{R_T + h} =$$

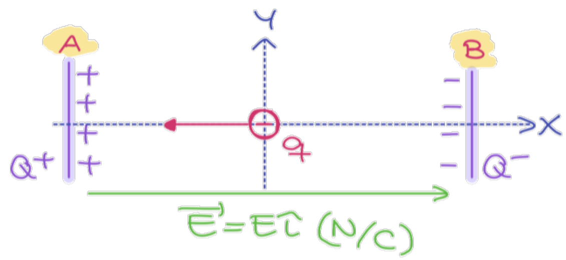
$$= -\frac{1}{2} 6'67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{4500 \cdot 5'98 \cdot 10^{24}}{6370 \cdot 10^3 + 35880474,31} = -2'12 \cdot 10^{10} \text{ (J)}$$

$$\Longrightarrow \Delta E_m = E_{m_2} - E_{m_1} = 1'2 \cdot 10^{11} \text{ (J)}$$

## SEPTIEMBRE
## OPCIÓN B

**2. a)** Una carga eléctrica se desplaza en un campo eléctrico uniforme desde un punto A hasta un punto B por la acción de la fuerza de dicho campo. Dibuje en un esquema la situación y responda razonadamente a las siguientes cuestiones: **i)** ¿Cómo variará su energía potencial? **ii)** ¿En qué punto será mayor el potencial eléctrico?

a) Un campo eléctrico uniforme se consigue entre las placas de un condensador:




Al ser una carga negativa, se moverá hacia el polo positivo (hacia la izquierda, $-\hat{i}$)

i) La carga, al ser negativa, se moverá hacia la zona positiva. Este proceso es espontáneo y, en él, la energía potencial de la carga disminuye.

*Este tipo de preguntas se resuelven bien si uno se sabe la tabla siguiente*

| $W_{A\to B} > 0 \to E_{PA} > E_{PB}$ | $W_{A\to B} < 0 \to E_{PA} < E_{PB}$ |
|---|---|
| La carga $q$ disminuye su energía potencial eléctrica con la distancia. | La carga $q$ aumenta su energía potencial gravitatoria con la distancia. |
| La carga $q$ se desplaza por acción de las fuerzas del campo eléctrico. | La carga $q$ se desplaza por acción de una fuerza exterior al campo eléctrico. |
| Esto ocurre cuando se acercan dos cargas de signo contrario o se alejan dos cargas del mismo signo. | Esto ocurre cuando se separan dos cargas de signo contrario o se acercan dos cargas del mismo signo. |
| Es un proceso espontáneo. | Es un proceso no espontáneo. |

ii) El potencial asociado a la carga de las zonas A y B es:

$$\underbrace{V_A = K\frac{Q^+}{r_A}}_{\text{positivo}} \qquad \underbrace{V_B = K\frac{Q^-}{r_B}}_{\text{negativo}}$$

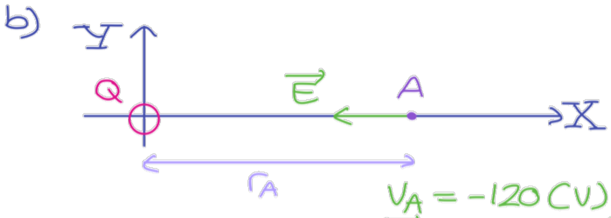
Si $r_A$ disminuye, $V_A$ aumenta

Si $r_B$ aumenta, $V_B$ aumenta → *se hace menos negativo*

Según lo expuesto, el punto donde el potencial será mayor será en el punto A ($r_A$ es lo menor posible y $r_B$ es lo mayor posible).

**b)** Una partícula de carga Q, situada en el origen de coordenadas, O (0,0) m, crea en un punto A situado en el eje OX, un potencial $V_A = -120\ V$ y un campo eléctrico $\overrightarrow{E_A} = -80\hat{\imath}\ N/C$. Dibuje un esquema del problema y calcule: **i)** El valor de la carga Q y la posición del punto A. **ii)** El trabajo necesario para llevar un electrón desde el punto A hasta un punto B de coordenadas (2,2) m.
$K = 9 \cdot 10^9 Nm^2C^{-2}; e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}C$

b)




$V_A = -120\ (V)$

$\overrightarrow{E_A} = -80\hat{\imath}\ (N/C)$ → Como apunta hacia la carga, esta será negativa

i) Expresión del potencial en A:

$$V_A = K\frac{Q}{r_A} = -120 \xrightarrow[\text{en módulo}]{} V_A = K\frac{|Q|}{r_A} = 120$$

Expresión del campo eléctrico en A:

$$\overrightarrow{E_A} = K\frac{Q}{r_A^2}(-\hat{\imath}) = -80\hat{\imath} \xrightarrow[\text{en módulo}]{} K\frac{|Q|}{r_A^2} = 80$$

Sustituyo $V_A$ en $E_A$:

$$\frac{120}{r_A} = 80 \longrightarrow r_A = \frac{120}{80} = 1'5\ (m)$$

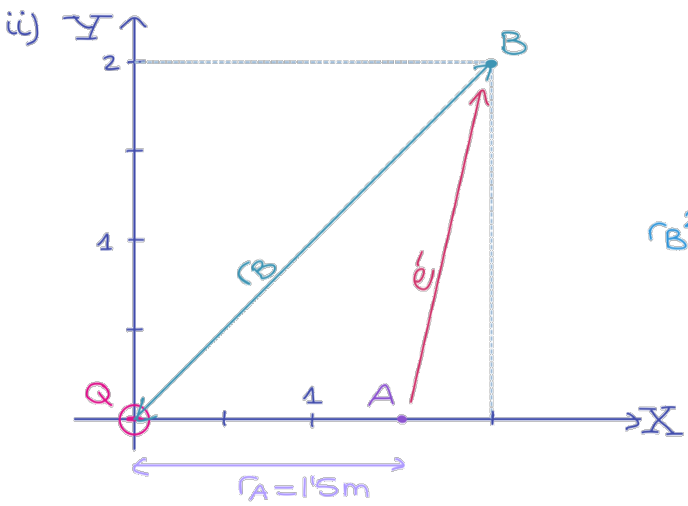
El punto A está (1'5, 0)

Calculo la carga, sabiendo que es negativa:

$$K\frac{|Q|}{r_A} = 120 \longrightarrow |Q| = \frac{120 \cdot r_A}{K} = \frac{120 \cdot 1'5}{9 \cdot 10^9} = 2 \cdot 10^{-8}\ C$$

$$\longrightarrow Q = -2 \cdot 10^{-8}\ C$$

ii)




$$r_B^2 = 2^2 + 2^2 = 8$$

$$r_B = \sqrt{8}\ (m)$$

Potencial en B:

$$V_B = K\frac{Q}{r_B} = 9\cdot10^9\cdot\frac{-2\cdot10^{-8}}{\sqrt{8}} = -63,64\ (V)$$

Trabajo:

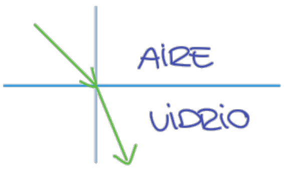
$$W_{A\to B} = q_e\cdot(V_A - V_B) =$$
$$= (-1'6\cdot10^{-19})\cdot(-120+63,64) =$$
$$= 9,02\cdot10^{-18}\ (J)$$

| $W_{A\to B} > 0 \ \to \ E_{PA} > E_{PB}$ |
|---|
| La carga $q$ disminuye su energía potencial eléctrica con la distancia. |
| La carga $q$ se desplaza por acción de las fuerzas del campo eléctrico. |
| Esto ocurre cuando se acercan dos cargas de signo contrario o se alejan dos cargas del mismo signo. |
| Es un proceso espontáneo. |

## RESERVA 3
## OPCIÓN B

**3.** **a)** El índice de refracción de un vidrio es mayor que el del aire. Razone cómo cambian las siguientes magnitudes al pasar un haz de luz del aire al vidrio: frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación.

a) $n_{vidrio} > n_{aire} = 1$




La frecuencia de la onda no varía al cambiar de medio porque únicamente depende de las características del foco emisor.

$n_{vidrio} > n_{aire} \longrightarrow \dfrac{c}{v_{prop}^{vidrio}} > \dfrac{c}{v_{prop}^{aire}} \longrightarrow \dfrac{1}{v_{prop}^{vidrio}} > \dfrac{1}{v_{prop}^{aire}} \longrightarrow v_{prop}^{aire} > v_{prop}^{vidrio}$

$\lambda_{aire} \cdot f > \lambda_{vidrio} \cdot f \longrightarrow \lambda_{aire} > \lambda_{vidrio}$

La longitud de onda en el aire es mayor que en el vidrio.

La velocidad de propagación es mayor en el aire.

Gráficamente, el rayo se acerca a la normal porque pasa de un medio menos denso a más denso).

**b)** Un rayo de luz de longitud de onda en el vacío de $6{,}5 \cdot 10^{-7} m$ incide desde el aire sobre el extremo de una fibra óptica, formando un ángulo α con el eje de la fibra (ver figura), siendo el índice de refracción de la fibra $n_1 = 1{,}5$. La fibra está recubierta de un material de índice de refracción $n_2 = 1{,}4$. Determine: **i)** La longitud de onda de la luz dentro de la fibra. **ii)** El valor máximo del ángulo α para que se produzca reflexión total interna en el punto P. $c = 3 \cdot 10^8 m \cdot s^{-1}, n_{aire} = 1.$

b) i)

La frecuencia de la onda no varía al cambiar de medio porque únicamente depende de las características del foco emisor.

En el aire:

$c = \lambda_{aire} \cdot f \longrightarrow f = \dfrac{c}{\lambda_{aire}} = \dfrac{3 \cdot 10^8}{6'5 \cdot 10^{-7}} = 4{,}62 \cdot 10^{14}$ (Hz)

En el medio 1:

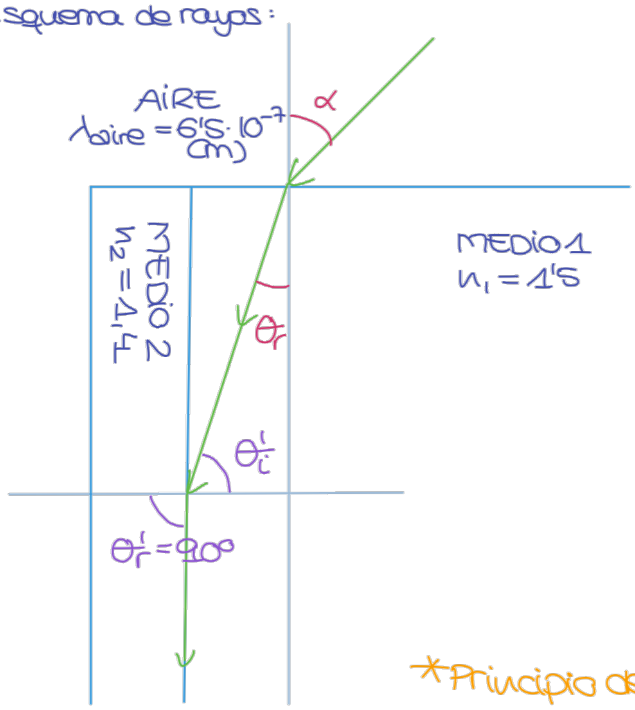
$$n_1 = \frac{c}{v_{prop}^1} \rightsquigarrow v_{prop}^1 = \frac{c}{n_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{1'5} = 2 \cdot 10^8 \, (m/s)$$

$$v_{prop}^2 = \lambda_2 \cdot f \rightsquigarrow \lambda_2 = \frac{v_{prop}^2}{f} = \frac{2 \cdot 10^8}{4{,}62 \cdot 10^{14}} = 4{,}33 \cdot 10^{-7} \, (m)$$

ii) La reflexión total se produce cuando todo el rayo se refleja y nada se refracta.

Para que el rayo refractado se aleje de la normal hasta convertirse en 90° el rayo debe pasar de un medio más denso a otro menos denso ($n_1 > n_2$). En este caso, la $v_{prop}$ aumenta de un medio a otro.

Esquema de rayos:




*Principio de Huygens*

El ángulo de incidencia límite se calcula con la Ley de Snell:

$$n_1 \operatorname{sen} \theta_i' = n_2 \operatorname{sen} 90°$$

$$\theta_i' = \operatorname{arc\,sen}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \operatorname{arc\,sen}\left(\frac{1'4}{1'5}\right) = 68'96°$$

Para ángulos igual o mayores se produce reflexión total.

Por trigonometría: $\theta_r = 90° - \theta_i' = 90 - 68'96 = 21{,}04°$

Vuelvo a usar la ley de Snell:

$$n_{aire} \cdot \operatorname{sen}(\alpha) = n_1 \cdot \operatorname{sen}(\theta_r)$$

$$\alpha = \operatorname{arc\,sen}\left(\frac{n_1}{n_{aire}} \cdot \operatorname{sen}(\theta_r)\right) =$$

$$= \operatorname{arc\,sen}\left(\frac{1'5}{1} \cdot \operatorname{sen}(21{,}04°)\right) = 32'58°$$

## RESERVA 3
## OPCIÓN B

**4. a)** Explique el proceso de conservación de la energía que tiene lugar en el efecto fotoeléctrico. Imagine que tenemos luz azul de baja intensidad y luz roja de alta intensidad. Ambas logran extraer electrones de un cierto metal. ¿Cuál producirá electrones con mayor energía cinética? ¿En qué caso habrá más electrones emitidos? Razone sus respuestas.

a) **Albert Einstein** propuso en **1905** una nueva teoría para la naturaleza de la luz. A partir de la **hipótesis de Plank** enunció que toda la energía emitida por la radiación luminosa **está cuantizada** en **fotones**.

Cuando la radiación luminosa llega al ~~cátodo~~ metal, cada fotón interacciona con uno de sus electrones y, si tiene energía suficiente, lo arranca y salta de la superficie metálica con cierta energía cinética.

Cabe decir que el **trabajo necesario** para arrancar el electrón del metal depende de su energía de enlace con este. La energía más pequeña, correspondiente a los electrones más débilmente unidos, recibe el nombre de **función trabajo del metal** o **trabajo de extracción** y se mide en electrón-voltio ($1eV = 1{,}602 \cdot 10^{-19} J$):

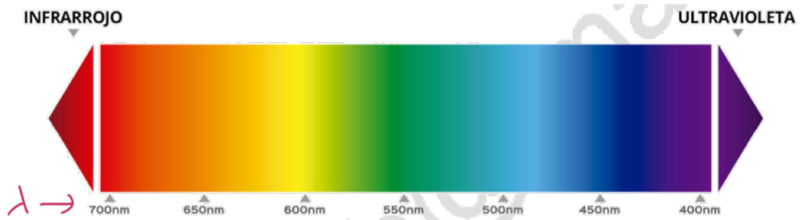
$$W_{extracción\_del\_electrón} = h \cdot f_u$$

Como resultado a sus trabajos, **Einstein** propuso su **ecuación fotoeléctrica**:

$$E_{fotón\_incidente} = W_{extracción\_del\_electrón} + Ec_{electron\_arrancado}$$

$$h \cdot f = h \cdot f_u + \frac{1}{2} m v_e^2$$

Según el espectro electromagnético:




$\lambda_{rojo} > \lambda_{azul}$ ; $\frac{\cancel{c}}{f_{rojo}} > \frac{\cancel{c}}{f_{azul}}$ ; $\frac{1}{f_{rojo}} > \frac{1}{f_{azul}}$ ; $f_{azul} > f_{rojo}$

Si ambas extraen electrones: $f_{azul} > f_{rojo} > f_u$

Por otro lado nos dicen que: $I_{rojo} > I_{azul}$

La intensidad de radiación se define como potencia emitida por unidad de área:

$$I = \frac{P}{S}$$

siendo la potencia de la radiación la energía emitida por unidad de tiempo:

$$P = \frac{E_{radiación}}{t} = \frac{n \cdot E_{fotón}}{t}$$

$$\Longrightarrow I = \frac{n \cdot E_{fotón}}{t \cdot S}$$ La intensidad nos indica el número de fotones que inciden por segundo y metro cuadrado

• ¿$E_c$ mayor?

Por la ecuación de Einstein, como $W_{ext}$ es constante, una vez que la frecuencia de la radiación supere a la frecuencia umbral, el aumento de $f$ producirá un aumento sobre la $E_c$ de los electrones. Por tanto, la luz azul provoca mayor energía cinética.

• ¿más fotoelectrones?

Por lo explicado anteriormente con la intensidad, a mayor $I$ mayor número de electrones extraídos. Por tanto, la luz roja provoca mayor número de fotoelectrones.

**b)** La energía mínima necesaria para arrancar un electrón de una lámina de un metal es de $1{,}0 \cdot 10^{-18} J$. Determine la frecuencia umbral de este metal y la longitud de onda correspondiente a la misma. Si se incide con una luz de longitud de onda $0{,}85 \cdot 10^{-7} m$, ¿qué energía cinética máxima tendrán los electrones extraídos

b) $W_{ext} = 1 \cdot 10^{-18}$ (J)

$$W_{ext} = h \cdot f_u \longrightarrow f_u = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{1 \cdot 10^{-18}}{6'63 \cdot 10^{-34}} = 1{,}51 \cdot 10^{15} (Hz)$$

$$c = \lambda \cdot f \longrightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1{,}51 \cdot 10^{15}} = 1{,}99 \cdot 10^{-7} (m)$$

Si $\lambda = 0'85 \cdot 10^{-7} (m)$:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{0'85 \cdot 10^{-7}} = 3'53 \cdot 10^{15} (Hz) > f_u$$ Entonces sí se produce efecto fotoeléctrico

Ecuación fotoeléctrica de Einstein:

$$E_{fotón} = W_{ext} + E_c$$

$$\longrightarrow E_c = E_f - W_{ext} = h \cdot f - W_{ext} =$$
$$= 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 3'53 \cdot 10^{15} - 1 \cdot 10^{-18} = 1{,}34 \cdot 10^{-18} (J)$$