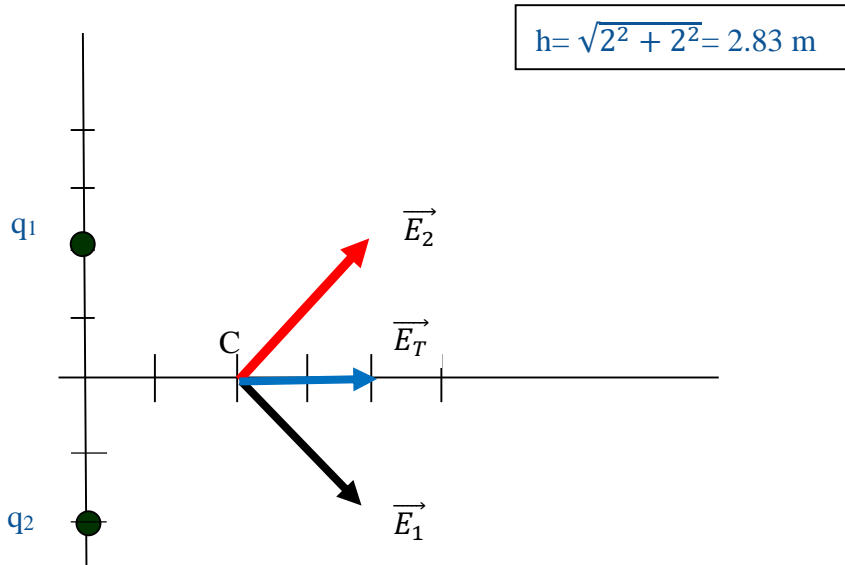


OPCIÓN A

- 1.- Una carga puntual de 10^{-6}C está situada en el punto A(0,2) de un sistema cartesiano. Otra carga puntual de 10^{-6}C está situada en B (0,-2). Las coordenadas están expresadas en metros. Calcula:
- El valor del potencial electrostático en un punto C(2,0).
 - El vector intensidad de campo eléctrico en un punto C(2,0).
 - El trabajo realizado por el campo para llevar una carga puntual de 1C desde el punto anterior (2,0) al punto D (0,0).

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$



- a) El potencial en el punto C (2,0) será:

$$V_{1C} = \frac{kQ}{r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{2,83} = 3180,21 \text{ V}$$

$$V_{2C} = \frac{kQ}{r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{2,83} = 3180,21 \text{ V}$$

$$V_{TC} = 6360,42 \text{ V}$$

- b) Intensidad de campo en el punto C (2,0)

$$E_{1C} = \frac{kQ}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{8}^2} = 1125 \text{ N/C}$$

$$E_{2C} = \frac{kQ}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{8}^2} = 1125 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_{1C} = 1125 \frac{2}{2,83} \vec{i} - 1125 \frac{2}{2,83} \vec{j} = 795 \vec{i} - 795 \vec{j} \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_{2C} = 1125 \frac{2}{2,83} \vec{i} + 1125 \frac{2}{2,83} \vec{j} = 795 \vec{i} + 795 \vec{j} \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_{CT} = 1590 \vec{i} \text{ N/C}$$

c) Calculamos el potencial en el punto D (0,0) :

$$V_{1D} = \frac{kQ}{r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{2} = 4500 \text{ V}$$

$$V_{2D} = \frac{kQ}{r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{2} = 4500 \text{ V}$$

$$V_T = 9000 \text{ V}$$

El trabajo para llevar la partícula desde C(2,0) hasta D(0,0) será :

$$W_{C \rightarrow D} = -q\Delta V = -q(V_D - V_C) = -1 \cdot (9000 - 6360,42) = -2639,6 \text{ Jul}$$

2.- Un electrón penetra perpendicularmente (en el sentido positivo del eje Y) en una región donde existe un campo magnético uniforme de valor 10^{-2} T (en el sentido positivo del eje X) y describe una trayectoria circular de 12 cm de radio. Calcule:

a) La fuerza que ejerce el campo magnético sobre el electrón e indique su dirección y sentido ayudándose de un diagrama.

b) La energía cinética del electrón en eV.

c) El número de vueltas que da el electrón en 10^{-3} s .

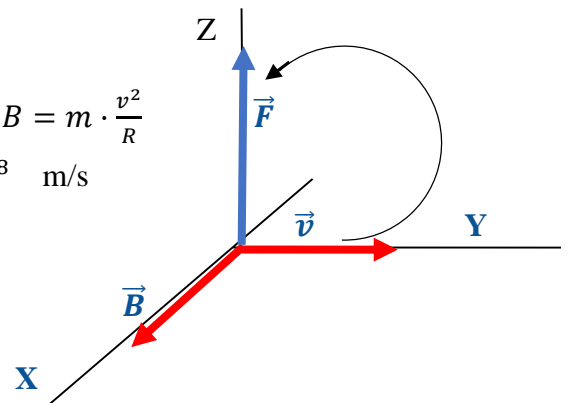
Datos: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

a) $R = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$ $\vec{B} = 10^{-2} \vec{i} \text{ T}$

Calculamos v Igualando las fuerzas correspondientes $q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R}$

$$v = \frac{q \cdot B \cdot R}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2} \cdot 0,12}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 2,11 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\vec{v} = 2,11 \cdot 10^8 \vec{j} \text{ m/s}$$



La fuerza quedaría

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$\vec{F} = -1,6 \cdot 10^{-19} \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 2,11 \cdot 10^8 & 0 \\ 0,01 & 0 & 0 \end{vmatrix} = 3,376 \cdot 10^{-13} \vec{k} \text{ (N)}$$

b) $E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 9,1 \cdot 10^{-31} (2,11 \cdot 10^8)^2 = 2,03 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 2,03 \cdot 10^{-14} \cdot \frac{1}{1,6} \cdot 10^{19} = 126875 \text{ eV}$

c) $v = 2\pi \cdot r \cdot f$; $n^\circ \text{ de vueltas en } 10^{-3} \text{ s} = 10^{-3} f$
 $f = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{2,11 \cdot 10^8}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,12} = 2,8 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$; luego en 10^{-3} s da $2,8 \cdot 10^5$ vueltas

1.- El desplazamiento transversal de los puntos de una cuerda por los que se propaga una perturbación armónica viene dado por $y(x,t) = 0.5 \cdot \text{sen}(5t - 10x + \varphi_0)$ donde x e y se miden en metros y t en segundos. Si en el instante inicial ($t=0$), la elongación en el origen de coordenadas ($x=0$) es 0.5, calcule:

- El periodo, la longitud de onda y la fase inicial.
- La velocidad de propagación de la perturbación así como la velocidad máxima de vibración de cualquier punto de la cuerda.
- La diferencia de fase entre dos puntos separados entre sí una distancia de 40 cm.

Datos : $A = 0,5 \text{ m}$; $\omega = 5 \text{ rad/s}$; $k = 10 \text{ m}^{-1}$ $T = 1/50 = 0,02 \text{ s}$

$$\text{a)} \quad \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{10} = 0,2 \pi \text{ m} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{5} = 0,4\pi \text{ s}$$

La ecuación de onda queda: $y(x,t) = 0.5 \cdot \text{sen}(5t - 10x + \varphi_0)$

Teniendo en cuenta las condiciones iniciales ($t=0$) en $x=0$ ($y(0,0)=0,5$), se tiene:

$$0,5 = 0.5 \cdot \text{sen} \varphi_0 \Rightarrow \text{sen} \varphi_0 = 1 \Rightarrow \varphi_0 = \pi/2 \text{ rad}$$

$$\text{b)} \quad v_p = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,2\pi}{0,4\pi} = 0,5 \text{ m/s} \quad v_{\text{max}} = A \omega = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ m/s}$$

$$\text{c)} \quad \Delta\varphi = kx_2 - kx_1 = k \Delta x = 10 \cdot 0,4 = 4 \text{ rad}$$

2. Una onda armónica senoidal transversal se propaga en sentido positivo del eje X con una frecuencia de 10 Hz, una velocidad de propagación de 20 m/s, una amplitud de 5 cm y fase inicial nula. Determine:

- La ecuación de la onda.
- La velocidad de vibración de un punto situado en $x = 20 \text{ cm}$ en el instante $t = 0,25 \text{ s}$.
- La distancia entre dos puntos cuya diferencia de fase, en un determinado instante, es $\pi / 4 \text{ rad}$.

Datos : $A = 0,05 \text{ m}$; $v = 20 \text{ m/s}$; $f = 10 \text{ Hz}$ $\varphi_0 = \text{nula}$

$$\text{a)} \quad y(x,t) = A \cdot \text{sen}(\omega t - kx + \varphi_0)$$

$$\text{Calculamos las magnitudes correspondientes: } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ s} \quad \lambda = v \cdot T = 2 \text{ m}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{2} = \pi \text{ rad/m} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,1} = 20\pi \text{ rad/s}$$

$$y(x,t) = 0,05 \cdot \text{sen}(20\pi t - \pi x) \text{ m}$$

$$\text{b)} \quad v(x,t) = A\omega \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

$$v(x,t) = 0,05 \cdot 20\pi \cos(20\pi t - \pi x) \quad v_{(0,2,0,25)} = 0,05 \cdot 20\pi \cos(20\pi \cdot 0,25 - \pi \cdot 0,2) = -2,54 \text{ m/s}$$

$$\text{c)} \quad \Delta\varphi = k \Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{\Delta\varphi}{k} = \frac{\pi}{\pi \cdot 4} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ m}$$

Cuestiones

1.- Deduzca la velocidad de escape de un cuerpo de un planeta de masa M y radio R.

Aplicación: ¿Cuánto vale la velocidad de escape del planeta Marte?

Datos: $G=6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_{\text{Marte}}=6.40 \cdot 10^{23} \text{ kg}$; $R_{\text{Marte}}=3320 \text{ km}$

Consideramos el lanzamiento del cuerpo desde la superficie de la Tierra (A) con una velocidad v y suponemos que éste alcanza el infinito (B) con velocidad nula. De esta manera, suponiendo que la energía del cuerpo se conserva, podemos determinar la velocidad de escape ($v=v_e$). Entonces,

$$E_m = \text{cte} \Rightarrow (E_m)_A = (E_m)_B \Rightarrow (U + E_c)_A = (U + E_c)_B$$

$$\left. \begin{aligned} E_c(\text{suelo}) + U(\text{suelo}) &= E_c(\infty) + U(\infty) \\ \frac{1}{2}mv_e^2 - G\frac{M_T m}{R_T} &= \frac{1}{2}mv_A^2 - G\frac{M_T m}{R_T} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{1}{2}mv_e^2 - G\frac{M_T m}{R_T} = 0 + 0$$

$$\frac{1}{2}mv_e^2 = G\frac{M_T m}{R_T} \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}}$$

Aplicación : $v_e = \sqrt{\frac{2GM_M}{R_M}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6.40 \cdot 10^{23}}{3320000}} = 5071,1 \text{ m/s}$

2.- Enuncie la Ley de Faraday-Henry y Lenz. Aplíquela para calcular la fuerza electromotriz inducida en una espira, sabiendo que el flujo magnético a través de la misma viene dado por $\Phi(t) = 5 \cdot \cos(10\pi t)$ (Tm^2)

La Ley de Faraday-Henry-Lenz:

La fuerza electromotriz inducida sobre una espira de superficie S es igual, y de signo contrario, a la rapidez con que varía en el tiempo el flujo del campo magnético a través de dicha superficie.

$$\varepsilon = - \frac{d\phi_S(B)}{dt}$$

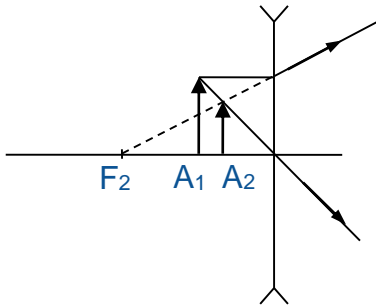
Siendo el flujo del campo magnético $\phi_B = B \cdot S$

Aplicación: $\Phi(t) = 5 \cdot \cos(10\pi t)$.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = 50\pi \text{ sen}(10\pi t) \text{ (V)}$$

3. Considere una lente divergente. Dibuje el diagrama de rayos para formar la imagen de un objeto de altura h situado a una distancia d de la lente, en el caso en que d sea mayor que la distancia focal. Indique si la imagen formada es real o virtual, y si está derecha o invertida.

Las lentes divergentes proporcionan imágenes virtuales y derechas.



4.- Una nave espacial mide 150 m de longitud para un observador en reposo respecto de ella. La nave parte de la Tierra hacia el planeta Marte. Los habitantes de una colonia de dicho planeta dijeron que la nave medía 149,9 m cuando pasó por delante de ellos ¿A qué velocidad viajaba la nave respecto de los habitantes de la colonia situada en Marte? (Dato: $c=3 \cdot 10^8$ m/s).

$$l_{o, \text{reposo}} = \frac{l_{\text{movimiento}}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$v = c \sqrt{1 - \frac{l^2}{l_0^2}} = 3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - \frac{149,9^2}{150^2}} = 1,095 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

OPCIÓN B

Problemas

Bloque Campo Gravitatorio

1. Un pequeño satélite artificial de 2000 kg de masa describe una órbita circular alrededor de la Tierra cada 90 minutos. Calcule:
- La altura sobre la superficie de la Tierra a la que se encuentra el satélite.
 - La velocidad y la aceleración del satélite en su órbita.
 - La energía que se necesita suministrar al satélite, para posicionarlo en una nueva órbita circular, situada a 500 km sobre la superficie de la Tierra.

Datos: $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; $R_T = 6370 \text{ km}$; $M_T = 5.98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

$m_s = 2000 \text{ kg}$ $T = 90 \text{ min} = 5400 \text{ s}$

a)

$$v_o = \omega \cdot R = \frac{2\pi}{T} R \Rightarrow v_o^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} R^2 \quad m \frac{v_o^2}{R} = \frac{GMm}{R^2} \Rightarrow 4\pi^2 R^3 = GMT^2 \Rightarrow R^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.98 \cdot 10^{24} \cdot 5400^2}{4\pi^2}} = 6,65 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Para calcular la altura utilizamos $R_s = R_p + h$

$$h = R_s - R_p = 6,65 \cdot 10^6 - 6,37 \cdot 10^6 = 2,84 \cdot 10^5 \text{ m}$$

b)
$$v_s = \sqrt{G \frac{M_p}{R_s}} = \sqrt{6.67 \cdot 10^{-11} \frac{5.98 \cdot 10^{24}}{6,65 \cdot 10^6}} = 7744,66 \text{ ms}^{-1}$$

Y la aceleración
$$\vec{g}_p = -G \frac{M_p}{r^2} \vec{u} \Rightarrow g_p(r) = G \frac{M_p}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{6,65 \cdot 10^6} = 9,02 \text{ m/s}^2$$

c)

$$\begin{aligned} E &= E_c + E_p = \frac{1}{2} m_s v_s^2 - G \frac{M_p m_s}{R_s} = -\frac{1}{2} G \frac{M_p m_s}{R_s} = \\ &= -\frac{1}{2} 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 2000}{6,65 \cdot 10^6} = -6 \cdot 10^{10} \text{ J} \end{aligned}$$

Y la energía en la nueva órbita a 500 km sería:
$$E = -\frac{1}{2} G \frac{M_p m_s}{R_s} = -\frac{1}{2} 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 2000}{6,87 \cdot 10^6} = -5,81 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

El incremento de energía (energía que habrá que suministrar) será por lo tanto:

$$\Delta E = -5,81 \cdot 10^{10} - (-6 \cdot 10^{10}) = 1,910^9 \text{ J}$$

2.- En la superficie de un planeta de 2000 km de radio la aceleración de la gravedad es de 4 ms^{-2} . A una altura de $6 \cdot 10^4 \text{ km}$ sobre la superficie del planeta, se mueve en una órbita circular un satélite con una masa de 500 kg. Calcule:

- la masa del planeta.
- la velocidad del satélite en su órbita.
- la energía total que debe tener el satélite a dicha altura.
- Datos: $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$;

a) Para un punto situado en la superficie del planeta, es decir a una distancia R_p del centro del planeta, tenemos que

$$\left. \begin{aligned} g_p &= G \frac{M_p}{R_p^2} \Rightarrow M_p = \frac{g_p R_p^2}{G} \\ g_p &= 4 \text{ ms}^{-2}; R_p = 2 \cdot 10^6 \text{ m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow M_p = \frac{4 \cdot (2 \cdot 10^6)^2}{6.67 \cdot 10^{-11}} = 2,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}$$

b) Para que el satélite se mantenga en órbita circular, la distancia entre el satélite y el centro del planeta debe permanecer constante e igual a R_s . Teniendo en cuenta esta condición y a partir de que la fuerza gravitatoria \vec{F} que actúa sobre el satélite es en todo momento en la dirección centrípeta, se tendrá

$$\vec{F} = m_s \vec{a}_{\text{centrípeta}} \Rightarrow -G \frac{M_p m_s}{R_s^2} \vec{u} = -m_s \frac{v_s^2}{R_s} \vec{u} \Rightarrow G \frac{M_p m_s}{R_s^2} = m_s \frac{v_s^2}{R_s}$$

donde R_s es el radio de la órbita circular que describe el satélite y viene dado por

$$R_s = R_p + h = 2 \cdot 10^6 + 6 \cdot 10^4 = 2,06 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Despejando de la ecuación anterior la velocidad, se tiene

$$v_s = \sqrt{G \frac{M_p}{R_s}} = \sqrt{6.67 \cdot 10^{-11} \frac{2,4 \cdot 10^{23}}{2,06 \cdot 10^6}} = 2787,63 \text{ ms}^{-1}$$

La energía total del satélite viene dada por (por cualquiera de las dos formas)

$$\begin{aligned} E &= E_c + E_p = \frac{1}{2} m_s v_s^2 - G \frac{M_p m_s}{R_s} = \frac{1}{2} m_s G \frac{M_p}{R_s} - G \frac{M_p m_s}{R_s} = -\frac{1}{2} G \frac{M_p m_s}{R_s} = \\ &= -\frac{1}{2} 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{2,4 \cdot 10^{23} \cdot 500}{2,06 \cdot 10^6} = -1,94 \cdot 10^9 \text{ J} \end{aligned}$$

Bloque Óptica

3.- Un objeto de 2,5 cm de alto está situado a 0,75 cm de una lente. La imagen formada es de 4 cm de alto.

- ¿A qué distancia de la lente se forma la imagen del objeto?
- ¿Cuánto valen la distancia focal y la potencia de la lente? ¿Se trata de una lente convergente o divergente? Razone su respuesta.
- Dibuje el trazado de rayos y determine la posición a la que debe situarse el objeto respecto de la lente para que su imagen se forme en el infinito.

Datos ; $y = 2,5 \text{ cm}$ $s = -0,75 \text{ cm}$ $y' = 4 \text{ cm}$

- a) Utilizando el aumento lateral $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \frac{4}{2,5} = \frac{s'}{s} \Rightarrow s' = 1,6 s = 1,6 \cdot (-0,75) = -1,2 \text{ cm}$
Imagen a la izquierda de la lente.

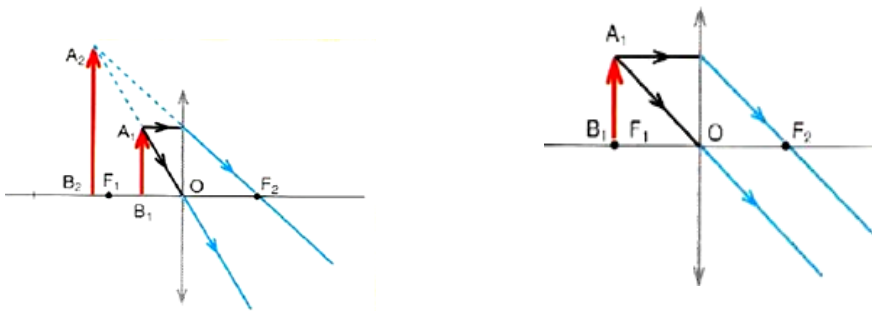
- b) Utilizando la ecuación de las lentes delgadas

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \frac{1}{-1,2} - \frac{1}{-0,75} = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ dioptrías} \quad (\text{recordar } f' \text{ en metros})$$

Se trata de una lente convergente pues f' es positiva.

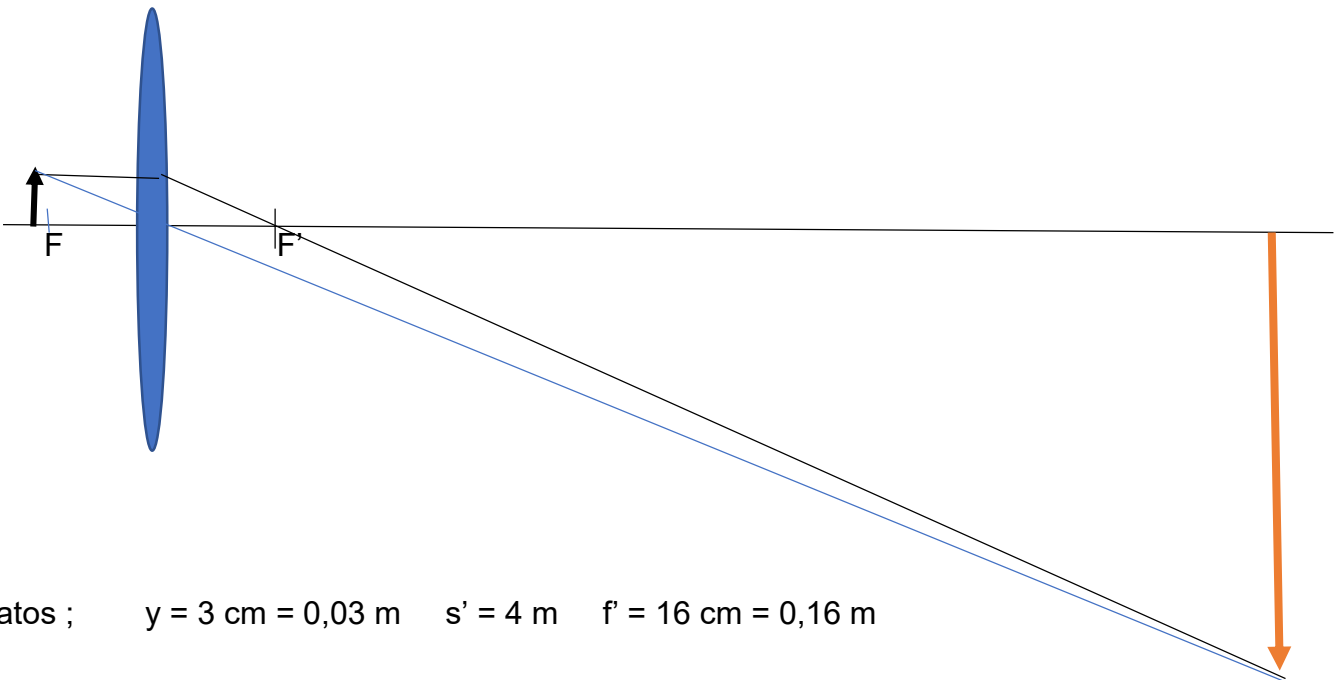
- c) Imagen en el infinito (el objeto en el foco)



4.- Una lente convergente de distancia focal de +16 cm , proyecta la imagen nítida de un objeto de 3 cm de alto, sobre una pantalla que se encuentra a 4 m de la lente.

- Dibuja un diagrama de rayos de forma aproximada de la situación planteada.
- ¿A qué distancia de la lente está colocado el objeto?
- ¿Cuál es el aumento lateral de la imagen y la potencia de la lente?

a)



Datos ; $y = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$ $s' = 4 \text{ m}$ $f' = 16 \text{ cm} = 0,16 \text{ m}$

b) Utilizando la ecuación de las lentes delgadas

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{4} - \frac{1}{s} = \frac{1}{0,16} \Rightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{4} - \frac{1}{0,16} = -\frac{24}{4} \Rightarrow s = -0,16 = -0,17 \text{ m}$$

c) El aumento lateral viene dado por $A_L = \frac{s'}{s} = \frac{4}{-0,17} = -23,53$; $P = 1/f' = 1/0,16 = 6,25 \text{ Dp}$

Cuestiones

1. Escriba la ecuación de una onda transversal armónica (sinusoidal) que se propaga por una cuerda de izquierda a derecha, si se sabe que la velocidad de propagación vale 4 m s^{-1} , su longitud de onda 2 m y su amplitud $0,8 \text{ m}$ y su fase inicial nula

$$A = 0,8 \text{ m} \quad ; \quad v = 4 \text{ m/s} \quad ; \quad \lambda = 2 \text{ m}$$

$$y(x,t) = A \cdot \text{sen} (\omega t - k x + \phi_0)$$

$$v_p = \frac{\lambda}{T} \quad T = \frac{\lambda}{v} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ s} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{2} = \pi \text{ m}^{-1} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,5} = 4\pi \text{ rad/s}$$

$$y(x,t) = 0,8 \cdot \text{sen} (4\pi t - \pi x) \quad (\text{m})$$

2.- Calcule la fuerza con la que se atraen un protón y un electrón separados entre sí una distancia de $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ ¿Cuál es la energía potencial electrostática de este sistema de dos cargas?

Datos: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$; $q_e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $q_p = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$$F = k \frac{Qq}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{(2 \cdot 10^{-6})^2} = 5,77 \cdot 10^{-17} \text{ N}$$

$$U = k \frac{Qq}{r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-1,602 \cdot 10^{-19}) \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{2 \cdot 10^{-6}} = -1,15 \cdot 10^{-22} \text{ J}$$

3. Considere dos conductores rectilíneos y paralelos recorridos por intensidades de corriente del mismo sentido y valor $I_1 = I_2 = 2 \text{ A}$. Determine la distancia d de separación entre ambos conductores, sabiendo que el módulo de la fuerza magnética por unidad de longitud vale $5 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}$. Datos: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{C}^{-2}$.

La fuerza por unidad de longitud entre ambos conductores: $\frac{F}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} I_1 I_2}{2\pi d}$

Sustituimos los datos y despejamos la distancia d :

$$5 \cdot 10^{-6} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 2}{2\pi d} \Rightarrow d = 0,16 \text{ m}$$

4.- Diga en qué consiste la hipótesis de De Broglie. Como aplicación, calcule la longitud de onda asociada con una pelota de tenis de 60 g de masa que se mueve a una velocidad de 200 km/h , y la de un electrón que se mueve a la misma velocidad.

Datos: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

De Broglie establece la «dualidad onda-corpúsculo» (campo/partícula) para las partículas materiales, de manera que toda partícula tiene asociada una longitud de onda dada por $\lambda = h/p$, siendo $p = m \cdot v$.

Para la pelota: $\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{0,06 \cdot 55,56} = 1,99 \cdot 10^{-34} m$

Para el electrón: $\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{9,109 \cdot 10^{-31} \cdot 55,56} = 1,3 \cdot 10^{-5}$