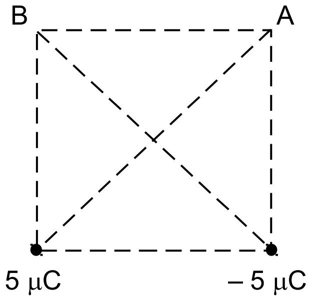
Problema 1A

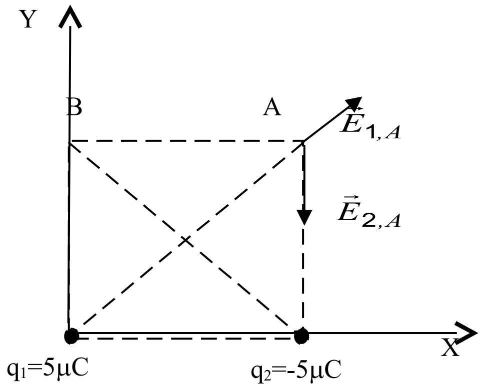


Considere la distribución de dos cargas distribuida sobre dos vértices de un cuadrado de lado *L=1m*, como se muestra en la figura. Calcule:

- **a) El vector intensidad de campo eléctrico en el punto A. (1 pto.)**
- **b) El potencial eléctrico en el punto A. (1 pto.)**
- **c) El trabajo realizado por el campo para llevar una carga de -*1μC* desde el punto A hasta el punto B. (1 pto.)**

Datos: K=9 × 10⁹ N m² C⁻²

Solución



a) Sea $q_1 = 5\mu C$ y $q_2 = -5\mu C$

$$\vec{E}_A = \vec{E}_{1,A} + \vec{E}_{2,A}$$

$$\vec{E}_{1,A} = E_{1,A}\cos 45\,\vec{i} + E_{1,A}\,sen 45\,\vec{j} = E_{1,A}\frac{\sqrt{2}}{2}\left(\vec{i}+\vec{j}\right)$$

$$E_{1,A} = k\frac{|q_1|}{r_{1,A}^2} = 9\times10^9\,\frac{5\times10^{-6}}{\left(\sqrt{2}\right)^2} = 22.5\times10^3 \quad N/C$$

$$\vec{E}_{1,A} = E_{1,A}\frac{\sqrt{2}}{2}\left(\vec{i}+\vec{j}\right) = 22.5\times10^3\,\frac{\sqrt{2}}{2}\left(\vec{i}+\vec{j}\right) = 15.91\times10^3\left(\vec{i}+\vec{j}\right)(N/C)$$

$$\vec{E}_{2,A} = -E_{2,A}\,\vec{j}$$

$$E_{2,A} = k\frac{|q_2|}{r_{2,A}^2} = 9\times10^9\,\frac{5\times10^{-6}}{(1)^2} = 45\times10^3 \quad N/C$$

$$\vec{E}_{2,A} = -45\times10^3\,\vec{j}\,(N/C)$$

$$\vec{E}_A = \vec{E}_{1,A} + \vec{E}_{2,A} = 15.91\times10^3\left(\vec{i}+\vec{j}\right) - 45\times10^3\,\vec{j} = 15.91\times10^3\,\vec{i} - 29.09\times10^3\,\vec{j}\,(N/C)$$

b)

$$V_A = V_{1,A} + V_{2,A}$$

$$V_{1,A} = k\frac{q_1}{r_{1,A}} = 9\times10^9\,\frac{5\times10^{-6}}{\sqrt{2}} = 31.82\times10^3\,V$$

$$V_{2,A} = k\frac{q_2}{r_{2,A}} = 9\times10^9\,\frac{\left(-5\times10^{-6}\right)}{1} = -45\times10^3\,V$$

$$V_A = 31.82\times10^3 - 45\times10^3 = -18.64\times10^3\,V$$

c)

$$W_{A\to B} = \int_A^B q\vec{E}\cdot d\vec{l} = q\left(V_A - V_B\right)$$

$$V_B = V_{1,B} + V_{2,B}$$

$$V_{1,B} = k\frac{q_1}{r_{1,B}} = 9\times10^9\,\frac{5\times10^{-6}}{1} = 45\times10^3\,V$$

$$V_{2,B} = k\frac{q_2}{r_{2,B}} = 9\times10^{9}\,\frac{\left(-5\times10^{-6}\right)}{\sqrt{2}} = -31.82\times10^{3}\,V$$

$$V_B = 45\times10^{3} - 31.82\times10^{3} = 18.64\times10^{3}\,V$$

$$W_{A\to B} = q\left(V_A - V_B\right) = -1\times10^{-6}\left(-18.64-18.64\right)\times10^{3} = 37.28\times10^{-3}\,J$$

Problema 2A

Considere un material conductor sobre el que se hace incidir luz monocromática con el propósito de arrancarle electrones.

a) Determine el trabajo de extracción del material sabiendo que al incidir luz de frecuencia 1.4×10^{15} s^{-1} emite electrones con velocidad máxima de 10^{6} *m/s*. (1 pto.)

b) Determine la longitud de onda de De Broglie de los electrones emitidos con esa velocidad máxima de 10^{6} *m/s,* y también, la longitud de onda de la luz incidente de frecuencia 1.4×10^{15} s^{-1}. (1 pto.)

c) Si incide sobre el material una nueva luz monocromática de longitud de onda de 10^{-8} *m*, cuál será ahora la velocidad máxima de los electrones emitidos. (1 pto.)

Datos: m_e=9.11$\times$ 10^{-31} kg; h=6.626$\times$ 10^{-34}J s; c=3$\times$ 10^{8}m/s

Solución

a)

$\nu_{luz} = 1.4\times 10^{15}\,s^{-1}$ $\qquad$ $v_e = 10^{6}\,ms^{-1}$

$$W_{ext} = E_{luz} - E_{c,e} = h\nu_{luz} - \frac{1}{2}m_e v_e^2 = 6.626\times 10^{-34}\times 1.4\times 10^{15} - \frac{1}{2}\times 9.11\times 10^{-31}\times\left(10^{6}\right)^2 =$$
$$9.276\times 10^{-19} - 4.555\times 10^{-19} = 4.721\times 10^{-19}\,J$$

b) La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones viene dada por

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e v_e} = \frac{6.626\times 10^{-34}}{9.11\times 10^{-31}\times 10^{6}} = 7.27\times 10^{-10}\,m$$

Para luz incidente se tiene $\lambda_{luz}\nu_{luz} = c_{luz} \Rightarrow \lambda_{luz} = \dfrac{c}{\nu_{luz}} = \dfrac{3\times 10^{8}}{1.4\times 10^{15}} = 2.143\times 10^{-7}\,m$

c)

$$W_{ext} = E_{luz} - E_{c,e} = h\nu_{luz} - \frac{1}{2}m_e v_e^2 \Rightarrow$$
$$v_e = \sqrt{\frac{2}{m_e}\left(\frac{hc}{\lambda_{luz}} - W_{ext}\right)} = \sqrt{\frac{2}{9.11\times 10^{-31}}\left(\frac{6.626\times 10^{-34}\times 3\times 10^{8}}{10^{-8}} - 4.721\times 10^{-19}\right)} = 6.564\times 10^{6}\,ms^{-1}$$

Cuestión 1A

Explique brevemente, ayudándose del experimento de la doble rendija de Young y de los dibujos que considere oportunos, el fenómeno de la interferencia de ondas. También explique el fenómeno de la difracción de ondas y no olvide indicar las condiciones que deben darse entre la longitud de onda y el orificio u obstáculo para que tenga lugar este fenómeno. (1 pto.)

Solución

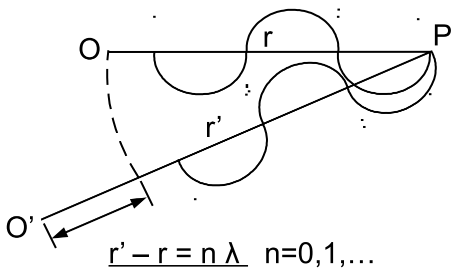
Se denomina interferencia a la superposición de dos o más movimientos ondulatorios en un punto. La interferencia de ondas requiere que los focos sean coherentes, esto es, que se mantenga una diferencia de fase constante.

Los fenómenos de interferencia, se rigen por el principio de superposición, que dice: “Si dos o más ondas se propagan a través de un medio, la función de onda resultante en cualquier punto en el que coincidan, es la suma de dichas funciones de onda”

A consecuencia de la superposición de ondas, en el punto donde ésta tiene lugar, puede producirse una intensificación, una debilitación o incluso, la anulación de la perturbación.

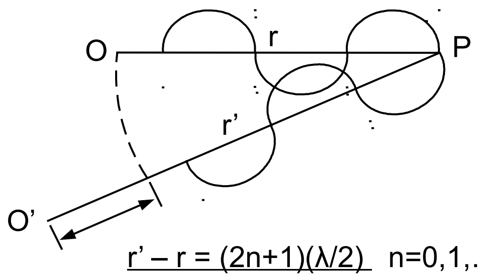
Por ejemplo, en el caso de dos ondas armónicas, y e y’, de igual amplitud, longitud de onda y frecuencia, aparecen interferencias constructivas o destructivas en un punto P, según que las diferencias de recorrido desde este punto P, a los focos emisores de ambas sean:

Interferencia constructiva



$r' - r = n\lambda$ n=0,1,…

Interferencia destructiva

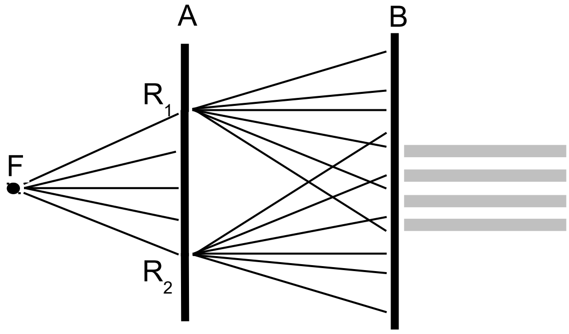


$r' - r = (2n+1)(\lambda/2)$ n=0,1,…

En el caso de la interferencia constructiva, la amplitud de la onda resultante en P es 2A; en el caso de la interferencia destructiva, la amplitud de la onda resultante en P es cero.

El experimento de Young de la doble rendija permite visualizar la interferencia de las ondas luminosas. Fue realizado por Thomas Young en 1801 y constituyó un apoyo decisivo en favor de las tesis que consideraban a la luz como un fenómeno de naturaleza ondulatoria.

El experimento consiste en disponer de una fuente de luz monocromática F que ilumina una pantalla A con dos rendijas R_1 y R_2. Las rendijas actúan como focos emisores y las ondas producidas que emergen de éstas son coherentes, ya que proceden de la misma fuente luminosa. Las ondas interfieren produciendo un patrón de interferencia en la pantalla B, que consiste en una sucesión de franjas brillantes y oscuras, como se ilustra en la figura adjunta.

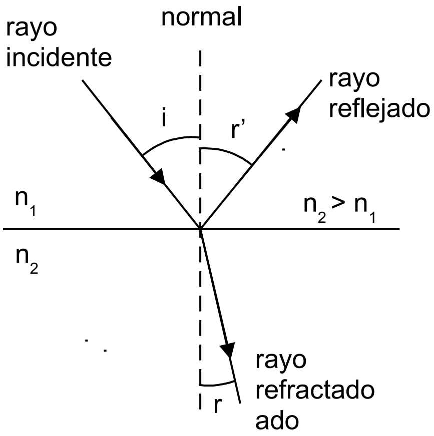


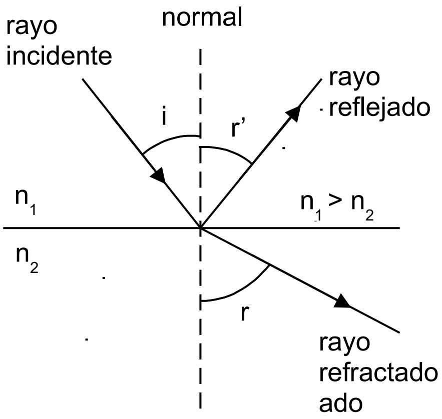
Cuestión 2A

Enuncie las leyes de la reflexión y la refracción de la luz, e ilustre dichas leyes mediante diagramas de rayos. También, determine el ángulo límite para el fenómeno de la reflexión total entre los medios materiales aire y glicerina, cuyos índices de refracción son *1.00* y *1.47* respectivamente. (1 pto.)

Solución

Cuando una onda luminosa alcanza la superficie de separación de dos medios transparentes de distinta naturaleza, parte de ella se refleja, mientras que otra parte se refracta.





Leyes de la reflexión

1. El rayo incidente, la normal a la superficie en el punto de incidencia y el rayo reflejado están situados en el mismo plano.
2. El ángulo de incidencia (i) y el de reflexión (r') son iguales.

Leyes de la refración

1. El rayo incidente, la normal a la superficie en el punto de incidencia y el rayo refractado están situados en el mismo plano.
2. La razón entre el seno del ángulo de incidencia (i) y el seno del ángulo de refracción (r) es una constante igual a la razón entre las respectivas velocidades de propagación del movimiento ondulatorio:

$$\frac{\text{sen (i)}}{\text{sen (r)}} = \frac{v_1}{v_2}$$

En función de los índices de refracción de los medios, n=c/v, la ley anterior se escribe como

$$n_1 \ \text{sen(i)} = n_2 \ \text{sen(r)}$$

A esta última expresión se conoce como la Ley de Snell.

Cuando la luz pasa de un medio a otro de índice de refracción menor, existe un cierto ángulo de incidencia, llamado ángulo límite, para el que el ángulo de refracción vale 90º

$$\text{sen}\,(i_L) = \frac{n_2}{n_1} \qquad n_1 > n_2$$

Para ángulos de incidencia mayores que el ángulo límite la luz se refleja completamente.

Para el caso de la glicerina (n_1=1.47) y el aire (n_2=1) se tiene

$$sen(i_l) = \frac{1}{1.47} = 0.68 \Rightarrow i_l = 42.87^\circ$$

Cuestión 3A

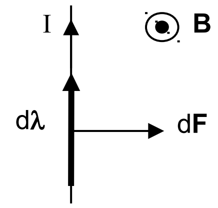
Considere un conductor rectilíneo indefinido, por el que circula una corriente eléctrica de 5 A, inmerso en una región del espacio donde hay un campo magnético uniforma de 2 T. Si el conductor está colocado en un plano perpendicular al campo magnético, dibuje en un esquema: el conductor (indicando el sentido de la corriente)el campo magnético y la fuerza que ejerce el campo magnético sobre el conductor. Calcule el módulo de la fuerza que ejerce el campo magnético sobre un trozo de conductor rectilíneo de longitud 1 m. ¿Cuánto valdría el módulo de la fuerza si el conductor estuviera dispuesto paralelo al campo magnético? (1 pto.)

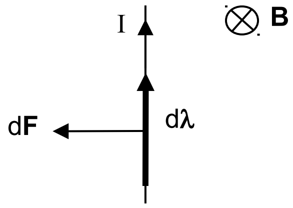
Solución

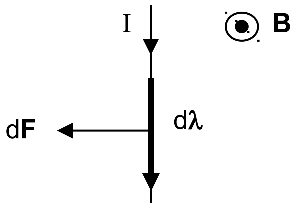
De acuerdo con la ley de Lorentz, la fuerza que ejerce un campo magnético **B** sobre un elemento de corriente Idλ (dq=Idt) es

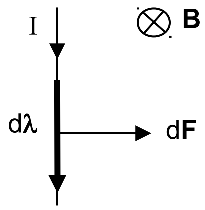
$$d\vec{F} = dq\,(\vec{v}\times\vec{B}) = I dt\,(\vec{v}\times\vec{B}) = I(\vec{v}\,dt\times\vec{B}) = I(d\vec{\ell}\times\vec{B}) \quad\Rightarrow\quad \vec{F} = \int_C I(d\vec{\ell}\times\vec{B})$$

$$\vec{F} = I(\vec{L}\times\vec{B}) \qquad F = I\,L\,B\,\mathrm{sen}(\alpha)$$

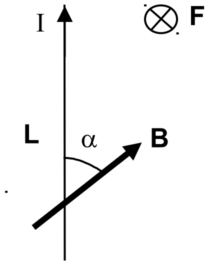








En el caso de un conductor rectilíneo de longitud L situado en un campo magnético uniforme **B**, el valor de la fuerza **F** será



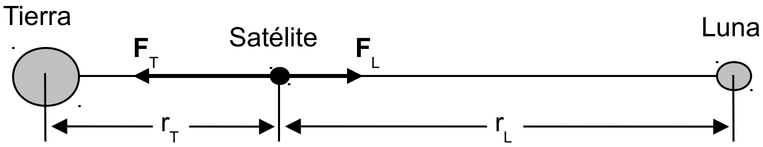
Para un conductor rectilíneo de longitud L=1 m por el que circula una corriente I=5 A, situado en el seno de un campo magnético uniforme de intensidad B=2 T, perpendicularmente (α=90°) a éste, F=10 N

Si el conductor estuviera dispuesto paralelo al campo magnético (α=0° ó 180°) la fuerza que éste ejercería sobre el conductor sería nula.

Cuestión 4A

Un pequeño satélite de masa *100 kg*, destinado a la telefonía móvil, describe una órbita circular de radio *24000 km* en torno a la Tierra. Determine el módulo de la fuerza gravitatoria neta que sufre el satélite debido a la interacción con la Tierra y con la Luna cuando se encuentran los tres cuerpos alineados en la forma Luna-satélite-Tierra, sabiendo que la distancia Tierra-Luna es de *384400 km*. (1 pto.)
Datos: $G=6.67\times 10^{-11}$ N $m^2 kg^{-2}$; $M_{Tierra}=6.42\times 10^{23}$ kg; $M_{Luna}=7.35\times 10^{22}$ kg.

Solución



$$F_{T\to s} = G\frac{M_T m_s}{R_{orb}^2} = 6.67\times10^{-11}\times\frac{5.98\times10^{24}\times100}{\left(24000\times10^3\right)^2} = 69.25N$$

$$F_{L\to s} = G\frac{M_L m_s}{R_{orb}^2} = 6.67\times10^{-11}\times\frac{6.42\times10^{23}\times100}{\left(360400\times10^3\right)^2} = 0.33N$$

La fuerza neta será una fuerza dirigida hacia la Tierra de valor F=68.92 N

Problema 1B

Se lanza un satélite artificial, desde la superficie de un planeta recientemente colonizado, hacia una región del espacio libre de la influencia gravitatoria de los otros cuerpos celestes. La masa del planeta es dos veces la masa de la Tierra y su radio la mitad del radio terrestre. El satélite se lanza verticalmente con una velocidad de *18 km/s*.

a) Calcule la velocidad de escape del planeta ¿Se escapa el satélite artificial de dicho planeta? (1 pto.)
b) Si en el momento del lanzamiento el satélite tiene una energía cinética de *10^{11} J*, calcule su masa y la fuerza que ejerce el planeta sobre el. (1 pto.)
c) Admitiendo que el satélite queda ligado al planeta en una órbita circular, y recordando que fue lanzado con una velocidad de *18 km/s,* calcule el radio de dicha órbita. (1 pto.)

Datos: G=6.67 × 10^{-11} N m^2 kg^{-2}; M_{Tierra}=5.98 × 10^{24} kg; R_{Tierra}= 6371 km;

Solución

a)

$$E_{lanzamiento,escape} = E_{\infty,reposo} \Rightarrow \frac{1}{2} m_s v_{s,escape}^2 - G\frac{M_p m_s}{R_p} = 0 \Rightarrow$$

$$v_{s,escape} = \sqrt{2G\frac{M_p}{R_p}} = \sqrt{2\times 6.67\times 10^{-11}\frac{2\times 5.98\times 10^{24}}{0.5\times 6370\times 10^3}} = 22380.8\ ms^{-1} \approx 22.4\ kms^{-1}$$

Como la velocidad de la sonda es menor que la de escape del planeta ($\mathrm{v}_{\mathrm{sonda,lanz}} = 20\ \mathrm{kms}^{-1} < \mathrm{v}_{\mathrm{escape}} = 22.4\ \mathrm{kms}^{-1}$), la sonda no escapará del planeta.

b)

$$E_{C,s} = \frac{1}{2} m_s v_s^2 \Rightarrow m_s = \frac{2E_c}{v_s^2} = \frac{2\times 10^{11}}{\left(15\times 10^3\right)^2} = 617.28\ kg$$

$$F_{p\to s} = G\frac{M_p m_s}{R_p^2} = 6.67\times 10^{-11}\times\frac{2\times 5.98\times 10^{24}\times 617.28}{\left(0.5\times 6370\times 10^3\right)^2} = 4.85\times 10^4\ N$$

c)

$$E_{lanzamiento} = E_{órbita} \Rightarrow \frac{1}{2} m_s v_{s,lanzamiento}^2 - G\frac{M_p m_s}{R_p} = -\frac{1}{2} E_{p,órbita} \Rightarrow \frac{1}{2} m_s v_{s,lanzamiento}^2 - G\frac{M_p m_s}{R_p} = \frac{1}{-2} G\frac{M_p m_s}{R_{órbita}} \Rightarrow$$

$$R_{órbita} = \frac{\frac{1}{2} G M_p}{-\frac{1}{2} v_{s,lanzamiento}^2 \mp G\frac{M_p}{R_p}} = \frac{\frac{1}{2} 6.67\times 10^{-11}\times 2\times 5.98\times 10^{24}}{-\frac{1}{2} 18^2 -+ 6.67\times 10^{-11}\times\frac{2\times 5.98\times 10^{24}\times 617.28}{0.5\times 6370\times 10^3}} =$$

La solución es 4532386 m

Problema 2B

Considere una lente delgada cuya distancia focal imagen vale – 20 cm.

a) Calcule la potencia de la lente. ¿La lente es convergente o divergente? (1 punto)

b) Determine la posición de un objeto de 5 cm de altura que se coloca a 30 cm por delante de la lente. Dibuje el trazado de rayos e indique las características de la imagen (real o virtual; invertida o no invertida) (1 punto)

c) Determine el aumento lateral de un objeto de 5 cm de altura que se coloca a 10 cm por delante de la lente. Dibuje el trazado de rayos e indique las características de la imagen (real o virtual; invertida o no invertida) (1 punto)

Solución

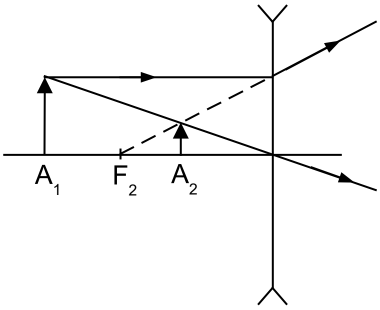
a) Como la distancia focal imagen, f_2, es negativa, se trata de una lente divergente cuya potencia vale:

$$P=\frac{1}{f_2\ (\text{metros})}\quad\rightarrow\quad P=\frac{1}{-0.2}=-5$$

b) A partir de la "ecuación del fabricante de lentes", $\frac{1}{f_2}=\frac{1}{s_2}-\frac{1}{s_1}$, teniendo en cuenta los datos del problema, a saber, $s_1 = -30$ cm y $f_2 = -20$ cm, resulta:

$$\frac{1}{-20}=\frac{1}{s_2}-\frac{1}{-30}\quad\Rightarrow\quad\frac{1}{s_2}=\frac{1}{-12}\quad\Rightarrow\quad s_2=-12\quad\text{cm}$$

Como se ve la imagen es virtual y no invertida y de menor tamaño.

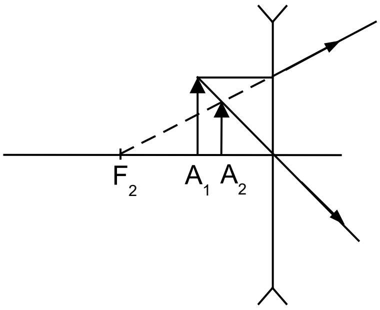


c) A partir de la "ecuación del fabricante de lentes", $\frac{1}{f_2}=\frac{1}{s_2}-\frac{1}{s_1}$, teniendo en cuenta los datos del problema, a saber, $s_1 = -10$ cm y $f_2 = -20$ cm, resulta:

$$\frac{1}{-20}=\frac{1}{s_2}-\frac{1}{-10}\quad\Rightarrow\quad\frac{1}{s_2}=\frac{3}{-20}\quad\Rightarrow\quad s_2=-\frac{20}{3}=-6.\hat{6}\quad\text{cm}$$

En este caso el aumento lateral será $A_L=\frac{2}{3}$.

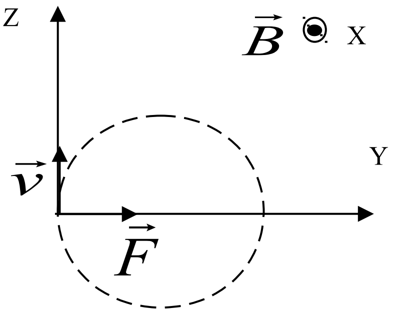
Como se ve la imagen es virtual y no invertida y de menor tamaño.



Cuestión 1B

En una región del espacio existe un campo magnético uniforme, dirigido en el sentido positivo del eje X, dado por $\vec{B} = 2\times10^{-5}\vec{i}\ (T)$. Calcule el vector fuerza magnética que actúa sobre una partícula de carga $q=10^{-6}$ C que entra en dicha región del espacio, con una velocidad $\vec{v} = 5\times10^{5}\vec{k}\ (m/s)$. Represente en un dibujo los vectores velocidad y fuerza asociados a la partícula, el vector campo magnético y la trayectoria circular que describe la partícula en el espacio.(1 pto.)

Solución



$$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B} = 10^{-6}\cdot 5\cdot 10^{5}\cdot 2\cdot 10^{-5}\left(\vec{k}\times\vec{i}\right) = 10^{-5}\vec{j}\,(N)$$

Cuestión 2B

Un observador en reposo respecto de una varilla, realiza una medición y obtiene una longitud y una masa de *10 m* y *25 kg* respectivamente. Cuál será la longitud y la masa de la varilla, medidas por un observador que se mueve con una velocidad de *0.5c* respecto de la varilla, a lo largo de la dirección que define la varilla. (1 pto.)

Solución

$$L = L_o\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 10\sqrt{1-\frac{(0.5c)^2}{c^2}} = 10\times 0.87 = 8.7\ m$$

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{25}{\sqrt{1-\frac{(0.5c)^2}{c^2}}} = \frac{25}{0.87} = 28.74\ kg$$

Cuestión 3B

Enumere cuáles son las interacciones básicas o fundamentales de la naturaleza. Además, formule vectorialmente las leyes de fuerza de Gravitación universal y de la Electrostática (o de Coulomb).

Las interacciones fundamentales son la gravitatoria, la electromagnética, la nuclear débil y la nuclear fuerte.

Fg = -G.M.m/r2.Ur

Fe=k.Q.q/r2.Ur

Cuestión 4B

Explique en qué consiste el fenómeno ondulatorio y cite dos ejemplos reales, uno en el que la onda sea longitudinal y otro en el que la onda sea transversal. Finalmente escriba la ecuación de una onda armónica plana e indique el significado de los parámetros que aparecen en ella. (1 pto.)

Solución

Tiene lugar cuando en una región del espacio hay definida una magnitud física en todo instante de tiempo, y una perturbación de dicha magnitud en un cierto punto del espacio se propaga por el espacio siguiendo la denominada ecuación de ondas. En este fenómeno no tiene lugar transporte de materia por el espacio sino de energía y momento lineal. Como ejemplo de onda longitudinal podemos citar el sonido en el aire, y la propagación de una perturbación en una cuerda como ejemplo de onda transversal. La ecuación de una onda armónica plana (transversal) se puede escribir como

$$y(x,t) = A\, sen(kx - \omega t) = A\, sen\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right)$$

donde *A* (máximo valor de la perturbación asociada a la magnitud *y*) es la amplitud de la onda, *k* es el número de ondas, ω la frecuencia angular, λ (periodo espacial) la longitud de onda y T (periodo temporal) el periodo.

la longitud de onda y T (periodo temporal) el periodo.