

De las dos opciones propuestas, sólo hay que desarrollar una opción completa. Cada problema correcto vale tres puntos. Cada cuestión correcta vale un punto.

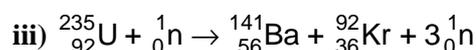
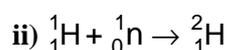
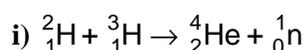
**OPCIÓN A**

**PROBLEMAS**

- La posición de una partícula que oscila armónicamente a lo largo del eje X y en torno a un punto O, que tomamos como origen de coordenadas, viene dada por  $x(t)=A \text{ sen}(\omega t+\pi/2)$ , donde x se mide en metros y t en segundos. La partícula completa 2 oscilaciones o ciclos en 8 segundos. En el instante inicial ( $t=0$  s), la partícula se encuentra en  $x=+0.02$  m.
  - ¿Cuánto valen la frecuencia angular y la amplitud de las oscilaciones? Calcule la velocidad y la aceleración de la partícula en un instante de tiempo cualquiera, esto es, calcule las funciones  $v(t)$  y  $a(t)$ .
  - ¿Cuánto valen la velocidad y la aceleración de la partícula en el instante inicial? ¿Y en  $t=5T$ ?
  - ¿Cuánto valen la velocidad y la aceleración máxima que alcanza la partícula? ¿Cuánto tarda la partícula en alcanzar por primera vez, a partir del instante inicial, esa velocidad y esa aceleración máxima?
- Considere una lente delgada cuya distancia focal imagen vale -20 cm. Delante de la lente, a 30 cm, se coloca un objeto (flecha vertical) de 1 cm de alto.
  - ¿Qué tipo de lente es? ¿Cuál es la potencia de la lente?
  - Dibuje el trazado de rayos e indique las características de la imagen.
  - Calcule la distancia a la que se forma la imagen, el tamaño de ésta y el aumento lateral.

**CUESTIONES**

- En una región del espacio en la que hay definido un campo eléctrico, los potenciales en los puntos A y B valen,  $V_A=40$  V y  $V_B=70$  V, respectivamente. Calcule el trabajo que realiza el campo eléctrico para transportar una carga de 2  $\mu\text{C}$  desde el punto A hasta el punto B. Explique el significado del signo del trabajo.
- Suponga que quiere hacer una demostración del fenómeno de reflexión total. En el laboratorio dispone de un depósito, que contiene un líquido cuyo índice de refracción vale 1.6 y de un puntero láser de muy baja potencia ¿en qué medio (aire o líquido) colocará el puntero láser para que se produzca la reflexión total? ¿cuánto valdrá el ángulo límite?  
Dato:  $n_{\text{aire}}=1$
- Quizás en un futuro podamos hablar de “una nave fabricada en la Tierra, de 50 m de longitud, de la que los habitantes de una colonia del planeta Marte, dijeron que medía 49.9 m, cuando pasó por delante de ellos”. Suponiendo que el movimiento relativo de la nave respecto de los habitantes de la colonia, era de traslación uniforme en la dirección y sentido del movimiento de éstos ¿a qué velocidad viajaba la nave, respecto de los habitantes de la colonia?  
Dato:  $c=3 \times 10^8$  m/s
- Explique en qué consisten la fisión y la fusión nuclear. Indique algunas ventajas e inconvenientes de estos procesos. Diga si las reacciones nucleares que se indican a continuación son de fisión o de fusión:

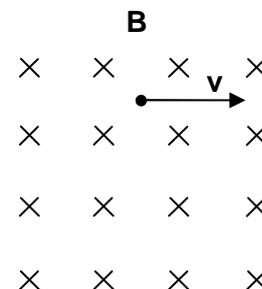


De las dos opciones propuestas, sólo hay que desarrollar una opción completa. Cada problema correcto vale tres puntos. Cada cuestión correcta vale un punto.

## OPCIÓN B

### PROBLEMAS

1. Un electrón que se mueve con una cierta velocidad  $v$ , atraviesa una región del espacio, en la que en un determinado instante se activa un campo magnético uniforme de valor  $4 \times 10^{-4}$  T, según se indica en el esquema adjunto. Como se aprecia en el esquema, el campo magnético es perpendicular a la velocidad. El electrón describe una trayectoria circular de 6 cm de radio.



- Dibuje la trayectoria que describe el electrón, indicando el sentido en el que éste la recorre. Dibuje también en el mismo esquema, los vectores velocidad, campo magnético y fuerza.
- Calcule el valor de la fuerza que ejerce el campo magnético sobre el electrón y la energía cinética de éste.
- Calcule el número de vueltas que da el electrón en  $10^{-6}$  s.

Datos:  $q_e = -1.602 \times 10^{-19}$  C;  $m_e = 9.109 \times 10^{-31}$  kg

2. Los núcleos de neón  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$  y  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$  tienen masas atómicas de 19.9924 u y 21.9914 u, respectivamente. Calcule para ambos núcleos:

- El defecto de masa en unidades de masa atómica (u).
- La energía de enlace en MeV
- La energía de enlace por nucleón, indicando cuál de los dos es más estable.

Datos:  $m_p = 1.0078$  u;  $m_n = 1.0087$  u;  $c^2 = 931.5$  MeV/u

### CUESTIONES

1. Enuncie la tercera ley de Kepler y como aplicación de ésta, calcule la masa del planeta Marte sabiendo que Fobos, uno de sus satélites, describe una órbita circular a su alrededor de  $9.27 \times 10^6$  m de radio en un tiempo de 7.5 horas.

Dato:  $G = 6.67 \times 10^{-11}$  N·m<sup>2</sup>·kg<sup>-2</sup>

2. Escriba la ecuación  $y(x,t)$  de la onda armónica que se propaga por una cuerda en el sentido negativo del eje X, con una velocidad de 2 m/s, una amplitud de 0.006 m, un periodo de  $\pi/4$  s y una fase inicial  $\phi=0$ . ¿Qué velocidad tendrá la partícula que ocupa la posición  $x=0.1$  m en el instante  $t=10$  s?

3. Se coloca un objeto delante de un espejo esférico cóncavo, a una distancia menor que la distancia focal del espejo. Realice la construcción gráfica de la imagen e indique las características de ésta.

4. Diga en qué consiste la hipótesis de De Broglie. Como aplicación, calcule la longitud de onda asociada con una pelota de tenis de 58 g de masa que se mueve a una velocidad de 220 km/h, y la de un electrón que se mueve a la misma velocidad.

Datos:  $h = 6.626 \times 10^{-34}$  J·s;  $m_e = 9.109 \times 10^{-31}$  kg.

La posición de una partícula que oscila armónicamente a lo largo del eje X y en torno a un punto O, que tomamos como origen de coordenadas, viene dada por  $x(t)=A \text{ sen}(\omega t+\pi/2)$ , donde x se mide en metros y t en segundos. La partícula completa 2 oscilaciones o ciclos en 8 segundos. En el instante inicial ( $t=0$  s), la partícula se encuentra en  $x=+0.02$  m.

- a) ¿Cuánto valen la frecuencia angular y la amplitud de las oscilaciones? Calcule la velocidad y la aceleración de la partícula en un instante de tiempo cualquiera, esto es, calcule las funciones  $v(t)$  y  $a(t)$ .
- b) ¿Cuánto valen la velocidad y la aceleración de la partícula en el instante inicial? ¿Y en  $t=5T$ ?
- c) ¿Cuánto valen la velocidad y la aceleración máxima que alcanza la partícula? ¿Cuánto tarda la partícula en alcanzar por primera vez, a partir del instante inicial, esa velocidad y esa aceleración máxima?

----- oOo -----

a) 2 oscilaciones en 8 s  $\Leftrightarrow T=4$  s  $\Rightarrow f=0.25$  Hz  $\Rightarrow \omega=\pi/2$  rad/s

$$\left. \begin{aligned} x(0) &= A \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) = A \\ x(0) &= 0.02 \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow A = 0.02 \text{ m}$$

$$x(t) = 0.02 \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ m}$$

$$v(t) = 0.01\pi \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right) = 0.0314 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ m/s}$$

$$a(t) = -0.005\pi^2 \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right) = -0.0493 \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ m/s}^2$$

b) t=0s

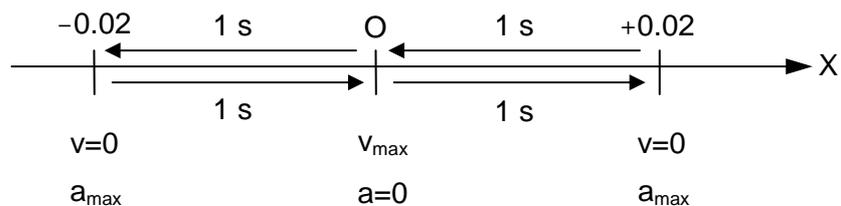
t=5T

$$\begin{aligned} v(0) &= 0 \text{ m/s} \\ a(0) &= -0.0493 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v(20) &= 0 \text{ m/s} \\ a(20) &= -0.0493 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

c)  $v_{\text{max}} = A\omega = 0.02 \times \pi/2 = 0.01 \times \pi \approx 0.0314$  m/s

$$a_{\text{max}} = A\omega^2 = 0.02 \times \pi^2/4 = 0.005 \times \pi^2 \approx 0.0493 \text{ m/s}^2$$



Tiempo empleado en alcanzarla velocidad máxima a partir del instante inicial = 1 s

Tiempo empleado en alcanzar la aceleración máxima a partir del instante inicial = 2 s

Considere una lente delgada cuya distancia focal imagen vale -20 cm. Delante de la lente, a 30 cm, se coloca un objeto (flecha vertical) de 1 cm de alto.

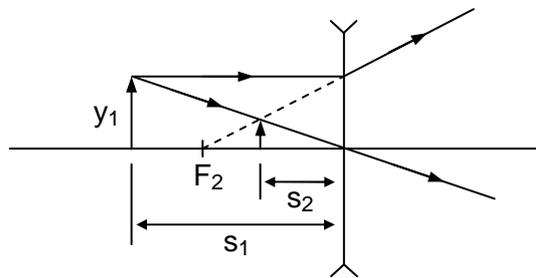
- ¿Qué tipo de lente es? ¿Cuál es la potencia de la lente?
- Dibuje el trazado de rayos e indique las características de la imagen.
- Calcule la distancia a la que se forma la imagen, el tamaño de ésta y el aumento lateral.

----- oOo -----

a) Puesto que  $f_2 < 0$ , se trata de una lente divergente.

$$P = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{-0.2} = -5 \text{ dioptrías}$$

b)



La imagen es virtual, no invertida y más pequeña que el objeto.

c)

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{s_2} - \frac{1}{s_1} \rightarrow \frac{1}{-20} = \frac{1}{s_2} - \frac{1}{-30} \Rightarrow \frac{1}{s_2} = -\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{30}\right) = -\frac{1}{12} \Rightarrow s_2 = -12 \text{ cm}$$

$$A_L = \frac{y_2}{y_1} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{-12}{-30} = \frac{2}{5} = 0.4$$

$$\frac{y_2}{1} = \frac{-12}{-30} \Rightarrow y_2 = \frac{2}{5} = 0.4 \text{ cm}$$

En una región del espacio en la que hay definido un campo eléctrico, los potenciales en los puntos A y B valen,  $V_A=40$  V y  $V_B=70$  V, respectivamente. Calcule el trabajo que realiza el campo eléctrico para transportar una carga de  $2 \mu\text{C}$  desde el punto A hasta el punto B. Explique el significado del signo del trabajo.

----- o0o -----

$$W_{AB} = q (V_A - V_B) = 2 \times 10^{-6} (40 - 70) = -6 \times 10^{-5} \text{ J}$$

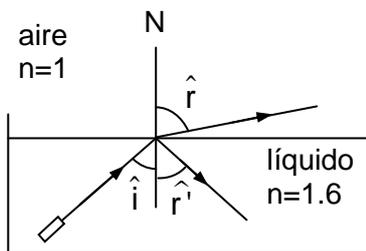
El signo menos del trabajo hecho por el campo, nos dice que la carga se desplaza del punto A al punto B ( $U_A < U_B$ ) por la acción de un campo exterior.

Suponga que quiere hacer una demostración del fenómeno de reflexión total. En el laboratorio dispone de un depósito, que contiene un líquido cuyo índice de refracción vale 1.6 y de un puntero láser de muy baja potencia ¿en qué medio (aire o líquido) colocará el puntero láser para que se produzca la reflexión total? ¿cuánto valdrá el ángulo límite?

Dato:  $n_{\text{aire}}=1$

----- o0o -----

La reflexión total aparece cuando la luz pasa de un medio de índice de refracción mayor a otro de índice de refracción menor. Por lo tanto el puntero láser tendrá que sumergirse en el depósito.



$$n_{\text{liq}} \times \text{sen } \hat{i}_L = n_{\text{aire}} \times \text{sen } 90^\circ \Rightarrow \text{sen } \hat{i}_L = \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{liq}}}$$

$$\hat{i}_L = \arcsen \left( \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{liq}}} \right)$$

$$\hat{i}_L = \arcsen \left( \frac{1}{1.6} \right) \cong 38.68^\circ$$

Quizás en un futuro podamos hablar de “una nave fabricada en la Tierra, de 50 m de longitud, de la que los habitantes de una colonia del planeta Marte, dijeron que medía 49.9 m, cuando pasó por delante de ellos”. Suponiendo que el movimiento relativo de la nave respecto de los habitantes de la colonia, era de traslación uniforme en la dirección y sentido del movimiento de éstos ¿a qué velocidad viajaba la nave, respecto de los habitantes de la colonia?

Dato:  $c=3 \times 10^8$  m/s

----- oOo -----

Hay que tener en cuenta la contracción de las longitudes que predice la teoría de la relatividad especial:

$$L = \frac{L_P}{\gamma} \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

siendo  $L_P$  la longitud propia del objeto, esto es, la longitud que se mide en un sistema de referencia inercial en el que el objeto se halla en reposo.

En nuestro caso:

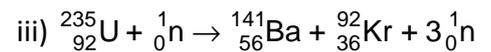
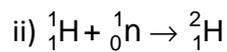
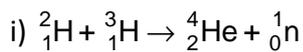
$$L_P = 50 \text{ m}$$

$$L = 49.9 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} L_P \Rightarrow \left(\frac{L}{L_P}\right)^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow v = c \sqrt{1 - \left(\frac{L}{L_P}\right)^2}$$

$$v = 3 \times 10^8 \sqrt{1 - \left(\frac{49.9}{50}\right)^2} = 1.8964 \times 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cong 18964 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Explique en qué consisten la fisión y la fusión nuclear. Indique algunas ventajas e inconvenientes de estos procesos. Diga si las reacciones nucleares que se indican a continuación son de fisión o de fusión:



----- oOo -----

La fisión es una reacción nuclear en la que un núcleo pesado se divide en otros dos más ligeros al ser bombardeado con neutrones.

La fusión es una reacción nuclear en la que dos núcleos ligeros se unen para formar otro más pesado.

En ambos tipos de reacciones se libera una considerable cantidad de energía y distintos subproductos (neutrones, rayos gamma, partículas alfa, etc)

La fisión presenta ventajas e inconvenientes, entre las que se pueden citar:

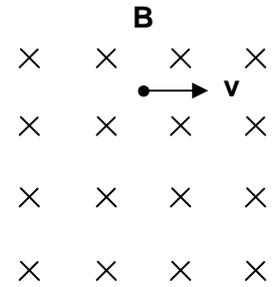
- la tecnología de la fisión es bien conocida y está altamente desarrollada.
- es muy eficiente, esto es, con muy poca materia se obtiene muchísima energía.
- el gran inconveniente que presenta la fisión es que los desechos radiactivos son muy peligrosos para la vida y altamente contaminantes para el medio ambiente. La mayoría de estos residuos permanecen activos por miles de años; su almacenamiento, también presenta problemas.
- otro gran inconveniente de la fisión, es que de producirse un accidente nuclear, este tiene gravísimas consecuencias.
- Las fuentes de materiales fisionables son limitadas, aunque actualmente no escasean.

La fusión también presenta ventajas e inconvenientes, a saber:

- existen grandes reservas de combustible (el hidrógeno del agua de los océanos).
- no produce residuos radiactivos altamente contaminantes.
- no produce gases de efecto invernadero.
- es muy eficiente, esto es, con muy poca materia se obtiene muchísima energía.
- sería una fuente de fabricación de Helio industrial.
- desde el punto de vista tecnológico el mayor inconveniente está en mantener las condiciones en las que se consigue que los núcleos reactivos se fusionen (venciendo las repulsiones electrostáticas) y en confinar la materia en estado de plasma (el estado de agregación en el que se encuentra la materia cuando se produce la fusión, de cientos de millones de grados y altísimas presiones).
- no es una tecnología del todo conocida; es necesario invertir en investigación para llegar a conocer bien el comportamiento de los plasmas.
- a día de hoy, las grandes corporaciones energéticas, no están interesadas en su desarrollo, por lo que no invierten recursos.

- i) es una reacción de fusión.
- ii) es una reacción de fusión.
- iii) es una reacción de fisión.

Un electrón que se mueve con una cierta velocidad  $v$ , atraviesa una región del espacio, en la que en un determinado instante se activa un campo magnético uniforme de valor  $4 \times 10^{-4}$  T, según se indica en el esquema adjunto. Como se aprecia en el esquema, el campo magnético es perpendicular a la velocidad. El electrón describe una trayectoria circular de 6 cm de radio.

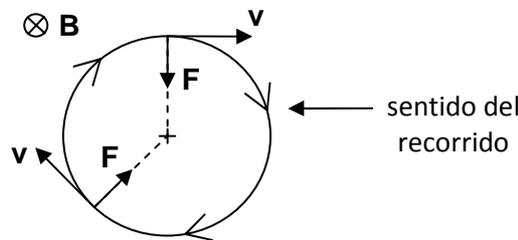


- Dibuje la trayectoria que describe el electrón, indicando el sentido en el que éste la recorre. Dibuje también en el mismo esquema, los vectores velocidad, campo magnético y fuerza.
- Calcule el valor de la fuerza que ejerce el campo magnético sobre el electrón y la energía cinética de éste.
- El número de vueltas que da el electrón en  $10^{-6}$  s.

Datos:  $q_e = -1.602 \times 10^{-19}$  C;  $m_e = 9.109 \times 10^{-31}$  kg

-----o0o-----

a)



b)

$$\left. \begin{aligned} F &= qvB \\ F &= m \frac{v^2}{R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow v = \frac{qBR}{m} = \frac{(1.602 \times 10^{-19}) \times (4 \times 10^{-4}) \times 0.06}{9.109 \times 10^{-31}} = 4.221 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = (1.602 \times 10^{-19}) \times (4.221 \times 10^6) \times (4 \times 10^{-4}) = 2.7 \times 10^{-16} \text{ m/s}$$

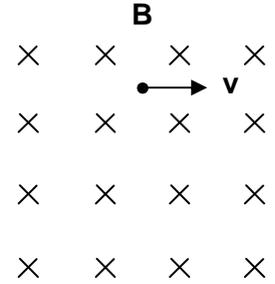
$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = 0.5 \times (9.109 \times 10^{-31}) \times (4.221 \times 10^6)^2 = 8.115 \times 10^{-18} \text{ J}$$

c)

$$\left. \begin{aligned} v &= \omega R \\ T &= \frac{2\pi}{\omega} \end{aligned} \right\} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \times 0.06}{4.221 \times 10^6} = 8.93 \times 10^{-8} \text{ s}$$

$$\text{Número de vueltas} = \frac{10^{-6}}{8.93 \times 10^{-8}} = 11.2 \text{ vueltas}$$

Los núcleos de neón  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$  y  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$  tienen masas atómicas de 19.9924 u y 21.9914 u, respectivamente. Calcule para ambos núcleos:



- El defecto de masa en unidades de masa atómica (u).
- La energía de enlace en MeV
- La energía de enlace por nucleón, indicando cuál de los dos es más estable.

Datos:  $m_p=1.0078$  u;  $m_n=1.0087$  u;  $c^2=931.5$  MeV/u

----- oOo -----

El defecto de masa de un núcleo se calcula de acuerdo con la expresión:

$$\Delta m = \sum \text{masa de los nucleones} - \text{mas del núcleo} \equiv [Z m_p + (A-Z) m_n] - \text{masa atómica}$$

La energía de enlace de un núcleo es la energía asociada con este defecto másico:

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

También se puede decir que la energía de enlace de un núcleo es:

- la energía liberada por los nucleones aislados al unirse para formar el núcleo, o que es
- la energía que hay que aportar para descomponer el núcleo en sus nucleones.

La energía de enlace por nucleón es el cociente entre la energía de enlace y el número másico.

$$\text{Energía de enlace por nucleón} = \frac{\Delta E}{A}$$

Cuanto mayor es este cociente más estable es el núcleo.

En el caso que nos ocupa:



$$\Delta m = 10 \times 1.007825 + 10 \times 1.008665 - 19.992440 = 0.17246 \text{ u}$$

$$\Delta E = 0.17246 \times 931.5 = 160.646 \text{ MeV}$$

$$\text{Energía de enlace por nucleón} = \frac{160.646}{20} = 8.032 \text{ MeV}$$



$$\Delta m = 10 \times 1.007825 + 12 \times 1.008665 - 21.991385 = 0.19084 \text{ u}$$

$$\Delta E = 0.19084 \times 931.5 = 177.767 \text{ MeV}$$

$$\text{Energía de enlace por nucleón} = \frac{177.767}{22} = 8.080 \text{ MeV}$$

Luego son más estables los núcleos de  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ .

Enuncie la tercera ley de Kepler y como aplicación de ésta, calcule la masa del planeta Marte, sabiendo que Fobos, uno de sus satélites, describe una órbita circular a su alrededor de  $9.27 \times 10^6$  m de radio, en 7.5 horas.

Dato:  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

----- oOo -----

La tercera ley de Kepler dice que *“El cuadrado del periodo del movimiento de un planeta es directamente proporcional al cubo de la distancia media del planeta al Sol”*.

Su expresión matemática será:

$$T^2 = C \langle r \rangle^3$$

siendo  $\langle r \rangle$  la distancia media del planeta al Sol.

En el caso ideal que la masa del planeta sea mucho mayor que la del satélite y que las órbitas de éste sean circulares, la expresión matemática de la tercera ley de Kepler es:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$$

A partir de esta expresión

$$M = \frac{4\pi^2}{GT^2} r^3$$

En nuestro caso,  $R = 9.27 \times 10^6$  m y  $T = 7.5 \times 3600 = 27000$  s:

$$M = \frac{4\pi^2 \times (9.27 \times 10^6)^3}{(6.67 \times 10^{-11}) \times (27000)^2} = 6.47 \times 10^{23} \text{ kg}$$

Escriba la ecuación de la onda armónica de elongación  $y(x,t)$ , que se propaga por una cuerda en el sentido negativo del eje X, con una velocidad de 2 m/s, una amplitud de 0.006 m, un periodo de  $\pi/4$  s y una fase inicial  $\phi=0$ . ¿Qué velocidad tendrá la partícula que ocupa la posición  $x=0.1$  m en el instante  $t=10$  s.

----- o0o -----

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{\pi/4} = 8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

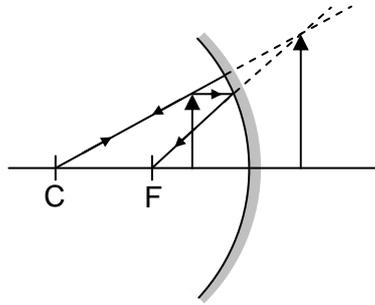
$$\left. \begin{array}{l} \lambda = v T \\ k = \frac{2\pi}{\lambda} \end{array} \right\} \Rightarrow k = \frac{2\pi}{v T} \rightarrow k = \frac{2\pi}{2 \times \pi/4} = 4 \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

$$y(x,t)=0.006 \text{ sen}(8 t + 4 x) \text{ m}$$

$$y(0.1,10)=0.006 \text{ sen}(80 + 0.4)=0.006 \times (-0.958) = -5.75 \times 10^{-3} \text{ m} = -5.75 \text{ mm}$$

Se coloca un objeto delante de un espejo esférico cóncavo, a una distancia menor que la distancia focal del espejo. Realice la construcción gráfica de la imagen e indique las características de ésta.

----- o0o -----



La imagen es virtual, no invertida y de mayor tamaño que el objeto

Diga en qué consiste la hipótesis de De Broglie. Como aplicación, calcule la longitud de onda asociada con una pelota de tenis de 58 g de masa que se mueve a una velocidad de 220 km/h, y la de un electrón que se mueve a la misma velocidad.

Datos:  $h=6.626 \times 10^{-34}$  J·s;  $m_e=9.109 \times 10^{-31}$  kg.

----- o0o -----

Ya en 1919, Einstein había sugerido que los fotones viajaban en una dirección determinada, a la velocidad de la luz, y con un momento lineal

$$p=h/\lambda$$

Esta expresión relaciona una propiedad corpuscular (momento lineal) con una propiedad ondulatoria (longitud de onda).

La genialidad de De Broglie consistió en sugerir que la Naturaleza debía regirse por leyes simétricas de modo que si una onda (como la luz) tenía propiedades corpusculares, un corpúsculo (como el electrón) debía tener propiedades ondulatorias. Así, extendió la expresión anterior a las partículas materiales que se movieran con velocidad  $v$ , de forma que podemos afirmar que:

*Toda partícula material que se mueve con velocidad  $v$  tiene una longitud de onda asociada, dada por la expresión:*

$$\lambda=h/mv$$

En el caso que nos ocupa:

$$p_{pt}=m v \dots p_{pt} = 0.058 \times \frac{220 \times 10^3}{3600} = \frac{319}{90} \approx 3.54 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \dots \lambda_{pt} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{3.54} = 1.87 \times 10^{-34} \text{ m}$$

$$p_e=m v \dots p_e = (9.109 \times 10^{-31}) \times \frac{220 \times 10^3}{3600} = 5.57 \times 10^{-29} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \dots \lambda_e = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{5.57 \times 10^{-29}} = 1.19 \times 10^{-5} \text{ m}$$

El valor de la longitud de onda de la pelota de tenis, hace que las características ondulatorias de ésta, no se manifiesten.