

FISICA

TEMA 3: ONDAS

- Junio, Ejercicio 3, Opción A
- Reserva 1, Ejercicio 3, Opción B
- Reserva 2, Ejercicio 3, Opción B
- Reserva 3, Ejercicio 3, Opción A
- Reserva 3, Ejercicio 3, Opción B
- Reserva 4, Ejercicio 3, Opción A
- Reserva 4, Ejercicio 3, Opción B
- Septiembre, Ejercicio 3, Opción B

a) ¿Qué significa que dos puntos de la dirección de propagación de una onda armónica estén en fase o en oposición de fase? ¿Qué distancia les separaría en cada caso?

b) Una onda armónica de amplitud 0,3 m se propaga hacia la derecha por una cuerda con una velocidad de 2 ms^{-1} y un periodo de 0,125 s. Determine la ecuación de la onda correspondiente sabiendo que el punto $x=0$ m de la cuerda se encuentra a la máxima altura para el instante inicial, justificando las respuestas.

FISICA. 2018. JUNIO. EJERCICIO 3. OPCIÓN A

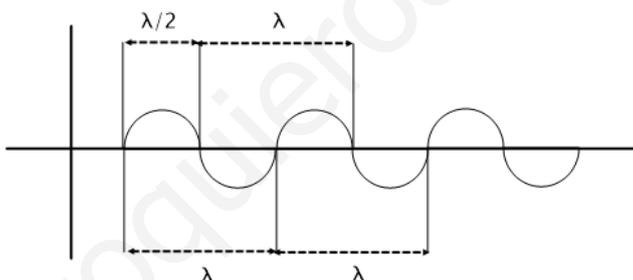
RESOLUCION

a) Dos puntos están en fase cuando tienen, a la vez, la misma posición, velocidad y aceleración. Es decir, oscilan de la misma forma.

Dos puntos están en oposición de fase cuando tienen valores opuestos de posición, velocidad y aceleración.

La distancia entre dos puntos en fase es un número entero de longitudes de onda.

La distancia entre dos puntos en oposición de fase es un número impar de medias longitudes de onda.



b) La ecuación de la onda viajera es $y(x,t) = A \text{sen}(\omega t - kx + \varphi)$, es una onda transversal ya que viaja en el eje X y los puntos del medio vibran en el eje Y.

Al tener velocidad hacia la derecha, el signo delante del término kx es negativo.

Para el instante inicial y el foco: Sabemos que :

$$\left. \begin{array}{l} x = 0 \\ t = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow y = A = 0'3 \Rightarrow 0'3 = 0'3 \cdot \text{sen}(0 - 0 + \varphi) \Rightarrow \text{sen}\varphi = 1 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0'125} = 16\pi \text{ rad s}^{-1}$$

$$\lambda = v \cdot T = 2 \cdot 0'125 = 0'25 \text{ m} ; \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0'25} = 8\pi \text{ rad m}$$

Luego, sustituyendo, tenemos que:

$$y = A \text{sen}(\omega t - kx + \varphi) = 0'3 \text{sen}\left(16\pi t - 8\pi x + \frac{\pi}{2}\right)$$

a) Indique, razonando sus respuestas, qué características deben tener dos ondas que se propagan por una cuerda tensa con sus dos extremos fijos para que su superposición origine una onda estacionaria.

b) En una cuerda tensa con sus extremos fijos se ha generado una onda cuya ecuación es:

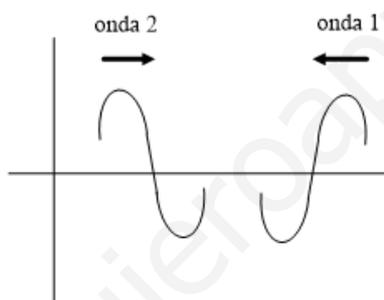
$$y(x,t) = 2\text{sen}\left(\frac{\pi}{4}x\right)\cos(8\pi t) \quad (\text{SI})$$

Determine la amplitud y la velocidad de propagación de dicha onda, así como el periodo y la frecuencia de las oscilaciones.

FISICA. 2018. RESERVA 1. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

RESOLUCION

a)



Las dos ondas son idénticas, salvo que se propagan en sentido contrario

Deben tener la misma amplitud(A), la misma frecuencia (f) y la misma longitud de onda (λ) con un desfase de $180^\circ = \pi$ rad

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= A \text{sen}(\omega t + kx) = A(\text{sen}\omega t \cos kx + \text{sen} kx \cos \omega t) \\ y_2 &= -A \text{sen}(\omega t - kx) = -A(\text{sen}\omega t \cos kx - \text{sen} kx \cos \omega t) \end{aligned} \right\}$$

Desfase de π rad

$$y_{\text{estacionaria}} = y_1 + y_2 = 2A \text{sen} kx \cos \omega t$$

b) La amplitud de la onda estacionaria depende de cada punto y vale: $2A \text{sen} kx$, siendo x la coordenada del punto.

La onda estacionaria no viaja, su velocidad de propagación es cero.

Identificando coeficientes:

$$\omega = 8\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 4 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{4} \text{ s}$$

a) Discuta razonadamente la veracidad de la siguiente afirmación: “Cuando una onda incide en la superficie de separación de dos medios, las ondas reflejada y refractada tienen igual frecuencia e igual longitud de onda que la onda incidente”.

b) Una onda electromagnética que se desplaza por un medio viene descrita por la siguiente ecuación: $y(x,t) = 0'5 \text{sen}(3 \cdot 10^{10} t - 175 x)$ (SI)

Calcule el periodo, la longitud de onda y el índice de refracción del medio por el que se propaga, justificando sus respuestas.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

FISICA. 2018. RESERVA 2. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Las ondas reflejada y refractada tienen la misma frecuencia. Pero la velocidad de propagación es diferente. Como sabemos que: $v = \lambda \cdot f$, entonces si v cambia, entonces λ también cambia. Luego, la afirmación no es verdadera.

b) De la ecuación: $y(x,t) = 0'5 \text{sen}(3 \cdot 10^{10} t - 175 x)$ (SI)

Identificando coeficientes, tenemos que:

$$\omega = 3 \cdot 10^{10} = 2\pi \cdot f \Rightarrow \begin{cases} f = \frac{3 \cdot 10^{10}}{2\pi} = 4'77 \cdot 10^9 \text{ Hz} \\ T = \frac{1}{f} = \frac{1}{4'77 \cdot 10^9} = 2'09 \cdot 10^{-10} \text{ s} \end{cases}$$

$$k = 175 = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{175} = 0'0359 \text{ m}$$

$$v = \lambda \cdot f = \frac{2\pi}{175} \cdot \frac{3 \cdot 10^{10}}{2\pi} = 1'71 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8}{1'71 \cdot 10^8} = 1'75$$

a) Un rayo de luz pasa de un medio a otro, observándose que en el segundo medio el rayo se desvía acercándose a la superficie de separación de ambos medios. Razone: (i) En qué medio el rayo se propaga con mayor velocidad; (ii) en qué medio tiene menor longitud de onda.

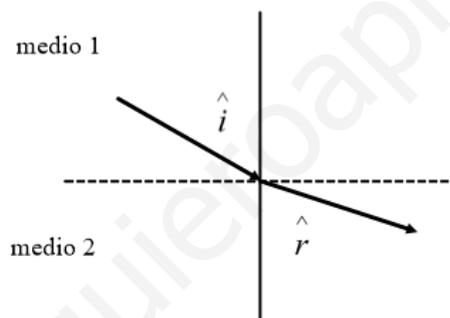
b) Un rayo de luz de longitud de onda de $5'46 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ se propaga por el aire e incide sobre el extremo de una fibra de cuarzo cuyo índice de refracción es 1,5. Determine, justificando las respuestas: (i) La longitud de onda del rayo en la fibra de cuarzo; (ii) el ángulo de incidencia a partir del cual el rayo no sale al exterior.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

FISICA. 2018. RESERVA 3. EJERCICIO 3. OPCIÓN A

RESOLUCION

a)



(i) Ley de Snell:

$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{Como } \hat{r} > \hat{i} \Rightarrow \text{sen } \hat{r} > \text{sen } \hat{i} \Rightarrow \frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} < 1 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} < 1 \Rightarrow v_1 < v_2$$

Luego, en el medio 2 se propaga con más velocidad.

(ii)

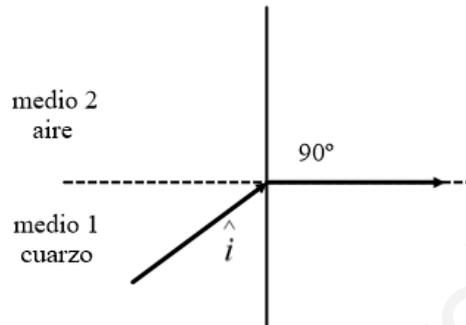
$$\left. \begin{array}{l} \text{medio 1} \Rightarrow v_1 = \lambda_1 \cdot f \\ \text{medio 2} \Rightarrow v_2 = \lambda_2 \cdot f \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} < 1 \Rightarrow \lambda_1 < \lambda_2$$

Luego, tiene mayor longitud de onda en el medio 2.

b) (i)

$$\left. \begin{array}{l} \text{aire} \Rightarrow c = \lambda_{\text{aire}} \cdot f \\ \text{cuarzo} \Rightarrow v_{\text{cuarzo}} = \lambda_{\text{cuarzo}} \cdot f \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{c}{v_{\text{cuarzo}}} = \frac{\lambda_{\text{aire}}}{\lambda_{\text{cuarzo}}} \Rightarrow \frac{3 \cdot 10^8}{\frac{3 \cdot 10^8}{1.5}} = \frac{5.46 \cdot 10^{-7}}{\lambda_{\text{cuarzo}}} \Rightarrow \lambda_{\text{cuarzo}} = 3.64 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

(ii)



Para ángulos mayores o igual a \hat{i} , el rayo no sale del cuarzo.

$$\text{Ley de Snell: } \frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } 90^\circ} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\text{sen } \hat{i}}{1} = \frac{2 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^8} \Rightarrow \hat{i} = 41'81^\circ$$

a) Explique, ayudándose de esquemas en cada caso, la doble periodicidad espacial y temporal de las ondas, definiendo las magnitudes que las describen e indicando, si existe, la relación entre ellas.

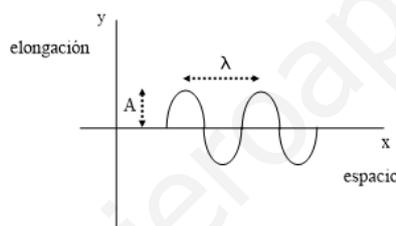
b) Determine la ecuación de una onda armónica que se propaga en sentido positivo del eje X con velocidad de $600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, frecuencia 200 Hz y amplitud 0,03 m, sabiendo que en el instante inicial la elongación del punto $x = 0 \text{ m}$ es $y = 0 \text{ m}$. Calcule la velocidad de vibración de dicho punto en el instante $t = 0 \text{ s}$.

FISICA. 2018. RESERVA 3. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Toda onda posee doble periodicidad espacial y temporal.

La periodicidad espacial se pone de manifiesto cuando se congela el tiempo, tomando un valor concreto de la variable $t = t_0$ se observa la elongación de todos los puntos del medio



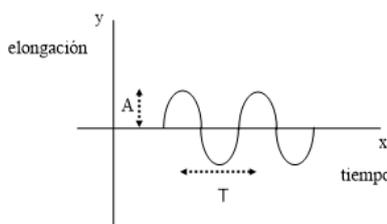
$y(x, t) = A \text{ sen}(\omega t_0 - k x)$ es una función senoidal

$A =$ Amplitud

$k =$ número de onda $= \frac{2\pi}{\lambda}$

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

La periodicidad temporal se pone de manifiesto cuando se congela el espacio, es decir, se toma un punto concreto del medio, la variable $x = x_0$ y se observa el movimiento a lo largo del tiempo.



$y(x, t) = A \text{ sen}(\omega t - k x_0)$

- Amplitud (A) = es la máxima elongación

- Periodo (T) = es el tiempo en dar una oscilación completa, o también el tiempo que tarda en avanzar λ metros.

- Longitud de onda (λ) = es la distancia mínima entre dos puntos que vibran en fase

- Frecuencia (f) = es el número de ciclos por segundo $f = \frac{1}{T}$

- Número de onda (k) = es el número de ciclos por metro $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

b) $y(x, t) = A \text{sen}(\omega t - kx + \delta)$

$$y \begin{pmatrix} x=0 \\ t=0 \end{pmatrix} = 0 = A \text{sen}(0 - 0 + \delta) \Rightarrow \text{sen } \delta = 0 \Rightarrow \delta = 0^\circ, \pi, \dots$$

$$\omega = 2\pi \cdot f = 400\pi \text{ rad/s}$$

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{400\pi}{600} = \frac{2\pi}{3} \text{ rad/m}$$

Luego: $y(x, t) = 0'03 \text{sen}(400\pi t - \frac{2\pi}{3}x)$ (SI)

$$v_{\text{vibración}} = \frac{dy}{dt} = 0'03 \cdot 400\pi \cos(400\pi t - \frac{2\pi}{3}x)$$

$$v_{\text{vibración}} \begin{pmatrix} t=0 \\ x=0 \end{pmatrix} = 0'03 \cdot 400\pi \cos 0^\circ = 12\pi = 37'70 \text{ m/s}$$

a) Explique, ayudándose con un esquema, el concepto de ángulo límite. Indique las condiciones para que pueda producirse.

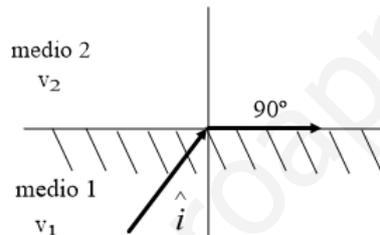
b) Un rayo de luz que se propaga por el aire incide con un ángulo de 20° respecto de la vertical sobre un líquido A, cuyo índice de refracción es 1,2, propagándose seguidamente a otro líquido B de índice de refracción 1,5. Represente el esquema de rayos correspondiente, determine la velocidad de la luz en cada medio y calcule el ángulo que forma dicho rayo con la vertical en el líquido B.

$$n_{\text{aire}} = 1 ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

FISICA. 2018. RESERVA 4. EJERCICIO 3. OPCIÓN A

RESOLUCION

a)

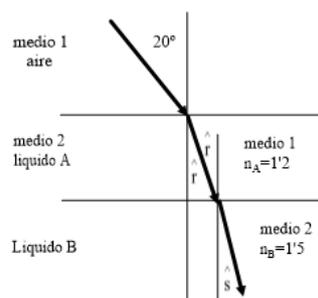


El ángulo límite \hat{i} es el ángulo de incidencia que corresponde a un ángulo de refracción de 90° , es decir, el rayo refractado se queda en la interfase. Mediante la Ley de Snell:

$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin \hat{i}}{\sin 90^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \sin \hat{i} = \frac{v_1}{v_2} < 1 \text{ ya que la función seno está acotada}$$

Luego, $v_1 < v_2$, por lo tanto, se produce ángulo límite cuando la velocidad de la onda aumenta al cambiar de medio.

b)



Se aplica la Ley de Snell:

$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_A}{1} \Rightarrow \frac{\sin 20^\circ}{\sin \hat{r}} = 1'2 \Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{\sin 20^\circ}{1'2} \Rightarrow \hat{r} = 16'56^\circ$$

Volvemos a aplicar la Ley de Snell:

$$\frac{\sin \hat{r}}{\sin \hat{s}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_B}{n_A} \Rightarrow \frac{\sin 16'56^\circ}{\sin \hat{s}} = \frac{1'5}{1'2} \Rightarrow \sin \hat{s} = \frac{1'2 \cdot \sin 16'56^\circ}{1'5} \Rightarrow \hat{s} = 13'18^\circ \text{ en el liquido B}$$

Velocidad de la luz en el medio A: $v_A = \frac{c}{n_A} = \frac{3 \cdot 10^8}{1'2} = 2'5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

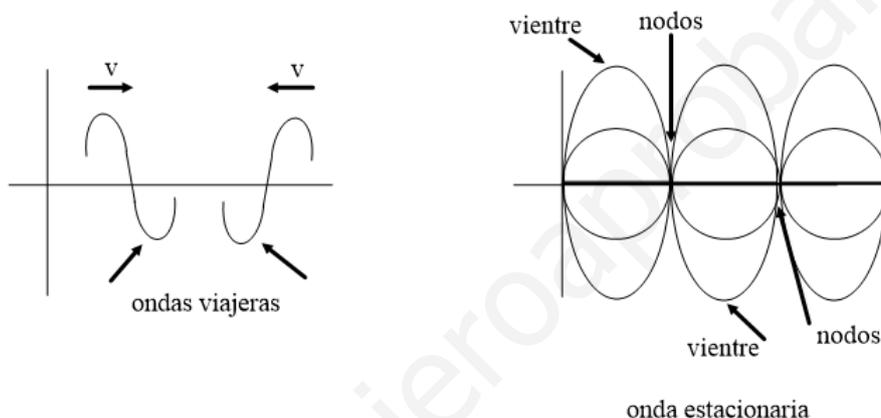
Velocidad de la luz en el medio B: $v_B = \frac{c}{n_B} = \frac{3 \cdot 10^8}{1'5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

a) Defina, ayudándose de los esquemas precisos, los conceptos de onda estacionaria, vientre y nodo. b) Una cuerda vibra según la ecuación: $y(x,t) = 5 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{3}x\right) \cos(40\pi t)$ (SI). Calcule razonadamente: (i) La velocidad de vibración en un punto que dista 1,5 m del origen en el instante $t = 1'25$ s ; (ii) la distancia entre dos nodos consecutivo

FISICA. 2018. RESERVA 4. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a)



La onda estacionaria es la superposición de dos ondas viajeras idénticas que se propagan por el mismo medio en sentidos opuestos.

La onda estacionaria no viaja, está confinada en el medio, debido a los nodos (puntos inmóviles) que impiden que la energía se propague.

Los vientres son los puntos del medio que son máximos, es decir, tienen la máxima elongación al vibrar.

b) De la ecuación: $y(x,t) = 5 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{3}x\right) \cos(40\pi t)$

$$\text{Vibración: } v = \frac{dy}{dt} = 5 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{3}x\right) \cdot (-40\pi) \cdot \operatorname{sen}(40\pi t)$$

$$v(x = 1'5) = -5 \cdot 40\pi \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{3}1'5\right) \cdot \operatorname{sen}(40\pi t) = -200\pi \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \operatorname{sen}(40\pi t)$$

$$v\left(\begin{matrix} x = 1'5 \\ t = 1'25 \end{matrix}\right) = -200\pi \cdot 1 \cdot \operatorname{sen}(40\pi \cdot 1'25) = -200\pi \cdot \operatorname{sen}(50\pi) = -200\pi \cdot 0 = 0 \text{ m/s}$$

$$k = \frac{\pi}{3} = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 6 \text{ m}$$

Distancia entre dos nodos consecutivos: $\frac{\lambda}{2} = 3 \text{ m}$

a) ¿Es lo mismo velocidad de vibración que velocidad de propagación de una onda? Justifique su respuesta en base a sus expresiones matemáticas correspondientes.

b) Dada la onda de ecuación: $y(x,t) = 4\text{sen}(10\pi t - 0'1\pi x)$ (SI)

Determine razonadamente: (i) La velocidad y el sentido de propagación de la onda; (ii) el instante en el que un punto que dista 5 cm del origen alcanza su velocidad de máxima vibración
FISICA. 2018. SEPTIEMBRE. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) No es lo mismo. La velocidad de vibración se refiere a la velocidad de oscilación de un punto del medio, mientras que la velocidad de propagación se refiere a la velocidad de avance de la energía a través de un medio.

Para una onda transversal $y(x,t) = A\text{sen}(\omega t - kx)$, la velocidad de propagación, v , es constante y

$$\text{vale } v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

La velocidad de vibración es $v = \frac{dy}{dt} = A\omega \cos(\omega t - kx)$, es una velocidad variable que depende del tiempo.

b) $y(x,t) = 4\text{sen}(10\pi t - 0'1\pi x)$ (SI)

(i) La onda se propaga en el sentido positivo del eje X porque hay un signo negativo delante del término "x"

Identificando coeficientes, tenemos que:

$$\left. \begin{array}{l} \omega = 10\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 5 \text{ Hz} \\ k = 0'1\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 20 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow v = 20 \cdot 5 = 100 \text{ m/s velocidad de propagación}$$

(ii) v_{max} de vibración: $v = \frac{dy}{dt} = 4 \cdot 10\pi \cos(10\pi t - 0'1\pi x)$

$$v(x = 0'05) = 40\pi \cdot \cos(10\pi t - 0'005\pi)$$

La velocidad es máxima cuando:

$$\cos(10\pi t - 0'005\pi) = 1 \Rightarrow 10\pi t - 0'005\pi = 0 \Rightarrow t = \frac{0'005\pi}{10\pi} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$