

FISICA

TEMA 3: ONDAS

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

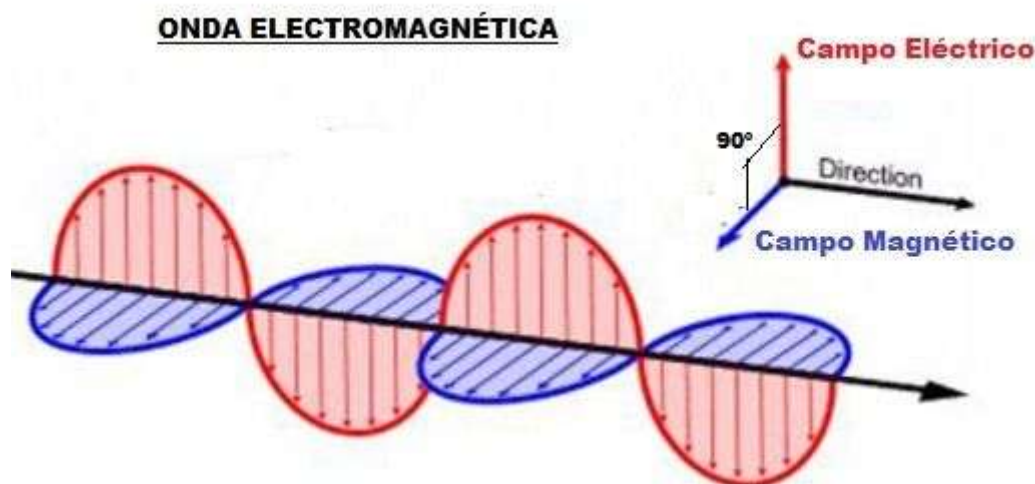
- a) Explique la naturaleza de las ondas electromagnéticas e indique las distintas zonas en las que se divide el espectro electromagnético, indicando al menos una aplicación de cada una de ellas.
b) Una antena de radar emite en el vacío radiación electromagnética de longitud de onda 0,03 m, que penetra en agua con un ángulo de incidencia de 20° respecto a la normal. Su velocidad en el agua se reduce al 80 % del valor en el vacío. Calcule el periodo, la longitud de onda y el ángulo de refracción en el agua.

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

FISICA. 2017. JUNIO. EJERCICIO 3. OPCIÓN A

RESOLUCIÓN

- a) Una onda electromagnética es la propagación en el espacio de un campo eléctrico $\vec{E}$ variable y de un campo magnético variable $\vec{B}$. En síntesis, un campo eléctrico variable produce un campo magnético variable, el cual produce a su vez un campo eléctrico variable y así sucesivamente.



Una onda electromagnética es una onda armónica transversal, en la que el campo eléctrico $\vec{E}$ y el campo magnético $\vec{B}$ son perpendiculares entre sí. Además están en fase. Se propaga en el vacío con la velocidad de la luz ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). En cualquier otro medio se propaga muy rápidamente

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} \text{ en donde } \epsilon = \text{constante dieléctrica y } \mu = \text{permeabilidad magnética}$$

Zonas del espectro electromagnético:

Ondas de radio: se pueden usar en radio, TV

Microondas: usadas en TV o aplicaciones como el horno microondas.

Infrarrojos: se aplican en fotografía, fisioterapia, etc

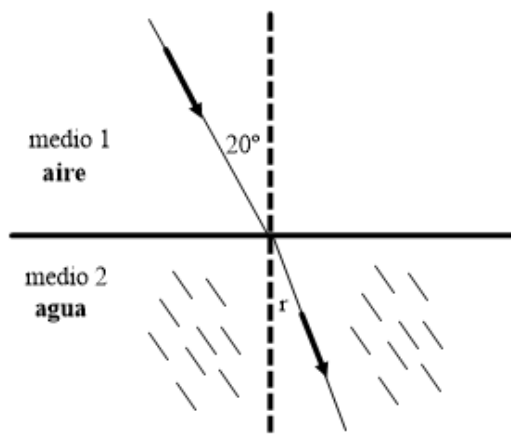
Luz visible: gafas, lupas, microscopios, etc

Ultravioleta: rayos uva

Rayos X: en medicina (radiografías)

Rayos gamma: en medicina (tratamiento del cáncer), para esterilizar alimentos.

b) Hacemos un dibujo



Aplicamos la ley de Snell:

$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 20^\circ}{\sin \hat{r}} = \frac{c}{0'8c} = \frac{1}{0'8} \Rightarrow \sin \hat{r} = 0'2736 \Rightarrow \hat{r} = 15'88^\circ$$

El periodo en el aire es igual al periodo en el agua, luego:

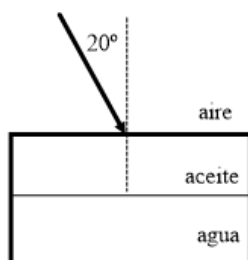
$$c = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow T = \frac{\lambda}{c} = \frac{0'03}{3 \cdot 10^8} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

Calculamos la longitud de onda en el agua:

$$v_2 = \frac{\lambda_2}{T} \Rightarrow \lambda_2 = v_2 \cdot T = 0'8 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1 \cdot 10^{-10} = 0'024 \text{ m}$$

a) Enuncie las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz. Explique la diferencia entre ambos fenómenos.

b) Sea un recipiente con agua cuya superficie está cubierta por una capa de aceite. Realice un diagrama que indique la trayectoria de los rayos de luz al pasar del aire al aceite y después al agua. Si un rayo de luz incide desde el aire sobre la capa de aceite con un ángulo de 20° , determine el ángulo de refracción en el agua. ¿Con qué velocidad se desplazará la luz por el aceite?



$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{aceite}} = 1,45; n_{\text{agua}} = 1,33$$

FISICA. 2017. JUNIO. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Cuando la luz incide sobre la superficie de separación de dos medios distintos transparentes, una parte de ella se refleja y vuelve por el mismo medio en el que se propaga, siguiendo las leyes de la reflexión, y otra parte pasa al segundo medio, en donde se refracta, siguiendo las leyes de la refracción, y se absorbe parcialmente.

Leyes de la reflexión:

1. El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en un mismo plano.
2. El ángulo de incidencia, $\hat{i}$, y el ángulo de reflexión, $\hat{r}$, son iguales, $\hat{i} = \hat{r}$

Leyes de la refracción:

1. El rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en un mismo plano.
2. Ley de Snell: el índice de refracción del medio donde inicialmente se propaga el rayo, n_1 , por el seno del ángulo de incidencia, $\hat{i}$, es igual al índice de refracción del medio donde se refracta el rayo, n_2 , por el seno del ángulo de refracción, $\hat{r}$

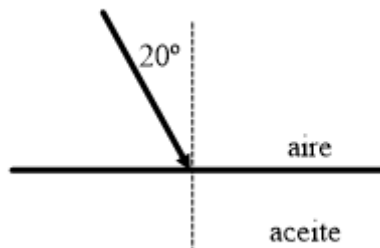
$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Diferencias entre reflexión y refracción:

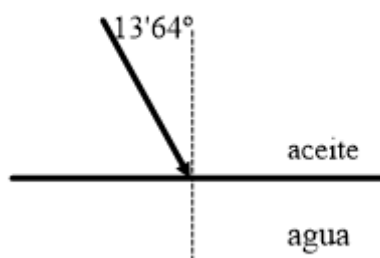
1. En la reflexión la luz no cambia de medio ni de velocidad, mientras que en la refracción, si.

2. En la reflexión el ángulo de incidencia es igual al de reflexión, mientras que en la refracción los ángulos de incidencia y de refracción son distintos.

b) Hay dos refracciones



$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 20^\circ}{\sin \hat{r}} = \frac{1'45}{1} \Rightarrow \sin \hat{r} = 0'2358 \Rightarrow \hat{r} = 13'64^\circ$$

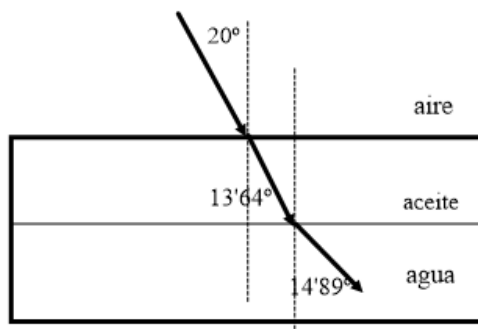


$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 13'64^\circ}{\sin \hat{r}} = \frac{1'33}{1'45} \Rightarrow \sin \hat{r} = 0'2570 \Rightarrow \hat{r} = 14'89^\circ$$

Calculamos la velocidad en el aceite:

$$n_{\text{aceite}} = \frac{c}{v_{\text{aceite}}} \Rightarrow v_{\text{aceite}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1'45} = 2'07 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Diagrama:



a) Explique la doble periodicidad de las ondas armónicas e indique las magnitudes que las describen.

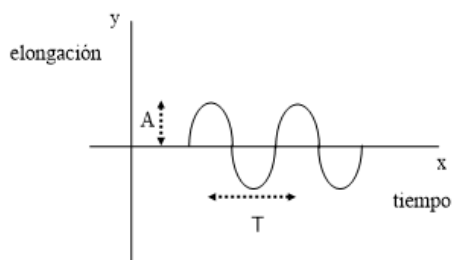
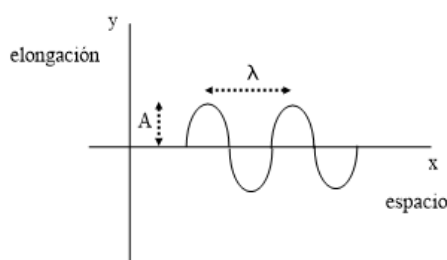
b) En una cuerda tensa se genera una onda viajera de 10 cm de amplitud mediante un oscilador de 20 Hz. La onda se propaga a $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Escriba la ecuación de la onda suponiendo que se propaga en el sentido negativo del eje X y que en el instante inicial la elongación en el foco es nula. Calcule la velocidad de un punto de la cuerda situado a 1 m del foco en el instante $t = 3 \text{ s}$.

FISICA. 2017. RESERVA 1. EJERCICIO 3. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a) Una característica intrínseca a las ondas es la doble periodicidad espacio-tiempo. La periodicidad espacial se puede observar cuando se elige un tiempo concreto y se ve que la perturbación se va repitiendo a lo largo del espacio.

La periodicidad temporal se puede observar cuando se elige un punto concreto del medio y se estudia como oscila. Se mueve con movimiento armónico simple.



La ecuación de una onda incluye las dos variables, espacio y tiempo.

$$y(x, t) = A \sin(\omega t - kx)$$

- Para $t = t_0 \Rightarrow y(x, t_0) = A \sin(\omega t_0 - kx)$ ecuación senoidal a lo largo del espacio, con repetición cada λ metros.

- Para $x = x_0 \Rightarrow y(x_0, t) = A \sin(\omega t - kx_0)$ ecuación senoidal a lo largo del tiempo, con repetición cada T segundos.

Las magnitudes que intervienen son:

A = Amplitud (m): es la máxima elongación

T = Periodo: es el tiempo en dar una oscilación completa ó el tiempo que tarda en avanzar λ metros

λ = longitud de onda: es la distancia mínima entre dos puntos que vibran en fase

f = frecuencia: es el número de ciclos por segundo $f = \frac{1}{T}$

k = número de onda: es el número de ciclos por metro $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

b) $y(x, t) = A \sin(\omega t - kx + \delta)$

$$y\left(\begin{matrix} x=0 \\ t=0 \end{matrix}\right) = 0 = A \sin(0 - 0 + \delta) \Rightarrow \sin \delta = 0 \Rightarrow \delta = 0, \pi, \dots \text{elegimos } \delta = 0$$

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

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

Luego: $y(x, t) = 0'03 \sin\left(400\pi t - \frac{2\pi}{3}x\right)$

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

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

a) Escriba la ecuación de una onda armónica que se propaga en el sentido negativo del eje X. ¿Qué se entiende por periodo y por longitud de onda? ¿Qué relación hay entre esas dos magnitudes?

b) Una onda armónica se propaga por una cuerda en el sentido positivo del eje X con una velocidad de $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La frecuencia del foco emisor es 2 s^{-1} y la amplitud de la onda es $0'4 \text{ m}$. Escriba la ecuación de la onda considerando que en el instante inicial la elongación en el origen es cero. Calcule la velocidad de una partícula de la cuerda situada en $x = 2 \text{ m}$, en el instante $t = 1 \text{ s}$.

FISICA. 2017. RESERVA 2. EJERCICIO 3. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a) La ecuación de onda es: $y(x,t) = A \sin(\omega t + kx)$. El signo positivo indica que se propaga en sentido negativo del eje X.

- Periodo (T) es el tiempo que transcurre entre dos pulsos sucesivos.
- Longitud de onda (λ) es la distancia que existe entre dos pulsos sucesivos o bien la distancia mínima entre dos puntos que oscilan de la misma forma.
- La relación que existe es que en un periodo la onda avanza una longitud de onda

$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ siendo } v \text{ la velocidad de avance de la onda}$$

b) $y(x,t) = A \sin(\omega t - kx + \delta)$

$$y \begin{pmatrix} x=0 \\ t=0 \end{pmatrix} = 0 = A \sin(0 - 0 + \delta) \Rightarrow 0 = \sin \delta \Rightarrow \delta = 0^\circ$$

$$\omega = 2\pi \cdot f = 4\pi \text{ rad/s} ; \quad v = \frac{\omega}{k} \Rightarrow 10 = \frac{4\pi}{k} \Rightarrow k = \frac{2}{5}\pi \text{ rad/m}$$

Luego: $y(x,t) = 0'4 \sin\left(4\pi t - \frac{2}{5}\pi x\right)$ (SI)

$$v = \frac{dy}{dt} = 0'4 \cdot 4\pi \cos\left(4\pi t - \frac{2}{5}\pi x\right)$$

$$v \begin{pmatrix} x=2 \\ t=1 \end{pmatrix} = 0'4 \cdot 4\pi \cos\left(4\pi - \frac{2}{5}\pi \cdot 2\right) = -4'07 \text{ m/s}$$

a) Considere la siguiente ecuación de las ondas que se propagan en una cuerda:

$$y(x,t) = A \sin(Bt \pm Cx)$$

¿Qué representan los coeficientes A, B y C? ¿Cuáles son sus unidades en el Sistema Internacional? ¿Que indica el signo “±” que aparece dentro del paréntesis?

b) Obtenga la ecuación de una onda transversal de periodo 0,2 s que se propaga por una cuerda, en el sentido positivo del eje X, con una velocidad de $40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. La velocidad máxima de los puntos de la cuerda es $0'5\pi \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ y, en el instante inicial, la elongación en el origen ($x=0$) es máxima. ¿Cuánto vale la velocidad de un punto situado a 10 cm del origen cuando han transcurrido 15 s desde que se generó la onda?

FISICA. 2017. RESERVA 3. EJERCICIO 3. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a)

A = Amplitud (m)

B = frecuencia angular (ω) (rad/s)

C = el número de onda (k) (rad/m)

El signo – indica que la onda viaja en el sentido positivo del eje X

El signo + indica que la onda viaja en el sentido negativo del eje X

b) $y(x,t) = A \sin(\omega t - kx + \delta)$

$$y\left(\begin{matrix} x=0 \\ t=0 \end{matrix}\right) = A = A \sin(0 - 0 + \delta) \Rightarrow \sin \delta = 1 \Rightarrow \delta = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0'25} = 8\pi \text{ rad/s}$$

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{8\pi}{0'4} = 20\pi \text{ rad/m}$$

Luego: $y(x,t) = A \sin(8\pi t - 20\pi x)$

$$v_{\text{vibración}} = \frac{dy}{dt} = A \cdot 8\pi \cos(8\pi t - 20\pi x)$$

$$v_{\text{max}} \text{ cuando coseno} = 1 \Rightarrow 0'5\pi = A \cdot 8\pi \Rightarrow A = \frac{0'5}{8} = 0'0625$$

Luego, la ecuación de onda es: $y(x,t) = 0'0625 \sin(8\pi t - 20\pi x)$ (SI)

$$v\left(\begin{matrix} x=0'1 \\ t=15 \end{matrix}\right) = 0'0625 \cdot 8\pi \cos(8\pi \cdot 15 - 20\pi \cdot 0'1) = 0'5\pi \cos(118\pi) = 0'5\pi \cos 0^\circ = 0'5\pi \text{ m/s}$$

- a) Escriba la ecuación de una onda armónica transversal que se propaga a lo largo del sentido positivo del eje X e indique el significado de las magnitudes que aparecen en ella.
- b) En el centro de la superficie de una piscina circular de 10 m de radio se genera una onda armónica transversal de 4 cm de amplitud y una frecuencia de 5 Hz que tarda 5 s en llegar al borde de la piscina. Escriba la ecuación de la onda y calcule la elongación de un punto situado a 6 m del foco emisor al cabo de 12 s.
- FISICA. 2017. RESERVA 4. EJERCICIO 3. OPCIÓN A**

R E S O L U C I O N

a) $y(x, t) = A \sin(\omega t - kx + \delta)$

y = Elongación (m)

A = Amplitud (m)

ω = frecuencia angular (rad/s)

t = tiempo (s)

El signo $-$ indica que la onda viaja en el sentido positivo del eje X

k = número de onda (rad/m)

x = variable x (m)

δ = fase inicial (rad)

b) Al no dar datos para el cálculo, elegimos que $\delta = 0$

$y(x, t) = A \sin(\omega t - kx + \delta)$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 5 = 10\pi$$

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{10\pi}{\frac{e}{t}} = \frac{10\pi}{\frac{10}{5}} = 5\pi$$

Luego: $y(x, t) = 0'04 \sin(10\pi t - 5\pi x)$

$$y\left(\begin{matrix} x = 6 \\ t = 12 \end{matrix}\right) = 0'04 \sin(10\pi \cdot 12 - 5\pi \cdot 6) = 0'04 \sin(90\pi) = 0'04 \sin 0^\circ = 0$$

a) ¿Qué se entiende por refracción de la luz? Explique qué es el ángulo límite y qué condiciones deben cumplirse para que pueda observarse.

b) El ángulo límite vidrio-agua es de 60° . Un rayo de luz, que se propaga por el vidrio, incide sobre la superficie de separación con un ángulo de 45° y se refracta dentro del agua. Determine el índice de refracción del vidrio. Calcule el ángulo de refracción en el agua.

$$n_{\text{agua}} = 1'33$$

FISICA. 2017. RESERVA 4. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) La refracción de la luz es cuando la luz atraviesa la superficie de separación de dos medios y se propaga por el segundo medio.

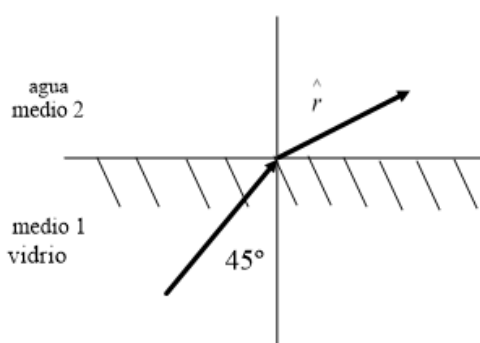
Ángulo límite es el ángulo de incidencia tal que el rayo refractado sale con un ángulo de 90° , es decir, la luz se queda en la interfase (superficie de separación de los dos medios). Para que esto

ocurra, el ángulo de refracción $\hat{r}$ debe ser mayor que el ángulo de incidencia $\hat{i}$ y usando la Ley de

$$\text{Snell: } \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin \hat{i}}{\sin 90^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \sin \hat{i} = \frac{v_1}{v_2} < 1 \Rightarrow v_1 < v_2 \text{ ó } n_2 < n_1$$

Existirá ángulo límite cuando aumente la velocidad de la luz al pasar al segundo medio, o bien, el índice de refracción del segundo medio sea más pequeño que el índice de refracción del primero.

b)



$$\text{El ángulo límite vidrio-agua} = 60^\circ \Rightarrow \frac{\sin \hat{i}}{\sin 90^\circ} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin 60^\circ = \frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{vidrio}}} \Rightarrow n_{\text{vidrio}} = \frac{1'33}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 1'536$$

$$\text{Ley de Snell: } \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 45^\circ}{\sin \hat{r}} = \frac{1'33}{1'536} \Rightarrow \hat{r} = 54'75^\circ$$

a) ¿Por qué un objeto situado en el fondo de una piscina llena de agua se observa desde el aire aparentemente a menor profundidad de la que en realidad se encuentra? Justifique la respuesta con la ayuda de un esquema.

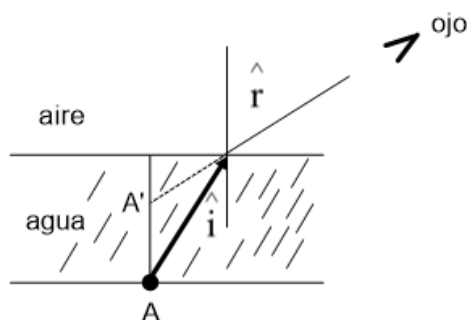
b) Sobre una de las caras de una lámina de vidrio de caras paralelas y espesor 8 cm, colocada horizontalmente en el aire, incide un rayo de luz con un ángulo de 30° respecto de la normal. Calcule el tiempo que tarda la luz en atravesar la lámina y el desplazamiento horizontal, con respecto a la normal en el punto de incidencia, que experimenta el rayo al emerger por la otra cara de la lámina de vidrio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{vidrio}} = 1.5$$

FISICA. 2017. SEPTIEMBRE. EJERCICIO 3. OPCIÓN A

RESOLUCION

a)

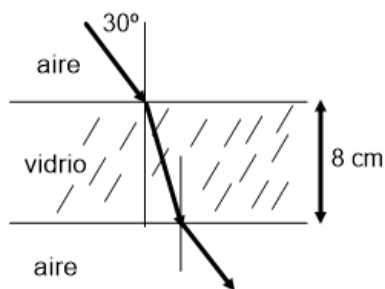


El objeto A está en el fondo de la piscina. Los rayos de luz que parten de ese objeto, al llegar a la interfase agua-aire, se desvían de la línea normal con ángulos mayores que los ángulos de incidencia según la Ley de Snell

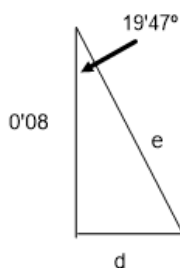
$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{agua}}}; n_{\text{aire}} < n_{\text{agua}} \Rightarrow \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} < 1 \Rightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

La imagen A' del objeto aparece más cerca de la interfase, con lo cual la profundidad aparente es menor que la profundidad real.

b)



Ley de Snell: $\frac{\sin 30^\circ}{\sin \hat{r}} = \frac{1.5}{1} \Rightarrow \hat{r} = 19'47^\circ$



$$\cos 19'47^\circ = \frac{0'08}{e} \Rightarrow e = 0'08485 \text{ m}$$

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow 1.5 = \frac{3 \cdot 10^8}{v_{\text{vidrio}}} \Rightarrow v_{\text{vidrio}} = 2 \cdot 10^8$$

El tiempo que tarda en atravesar el vidrio es:

$$v_{\text{vidrio}} = \frac{e}{t} \Rightarrow t = \frac{e}{v_{\text{vidrio}}} = \frac{0'08485}{2 \cdot 10^8} = 4'24 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

El desplazamiento horizontal es:

$$\sin 19'47^\circ = \frac{d}{e} \Rightarrow d = 0'08485 \cdot \sin 19'47^\circ = 0'02828 \text{ m}$$

a) ¿Qué es una onda electromagnética? Si una onda electromagnética que se propaga por el aire penetra en un bloque de metacrilato, justifique qué características de la onda cambian al pasar de un medio al otro.

b) El campo eléctrico de una onda electromagnética que se propaga en un medio es:

$$E(x,t) = 800 \sin(\pi \cdot 10^8 t - 1'25 x) \quad (\text{SI})$$

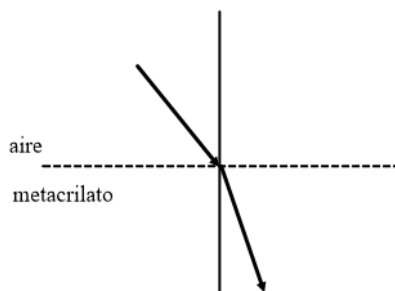
Calcule su frecuencia y su longitud de onda y determine el índice de refracción del medio.

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

FISICA. 2017. SEPTIEMBRE. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Una onda electromagnética es una onda transversal con un campo eléctrico y un campo magnético en fase y perpendiculares entre si, de forma que el campo eléctrico y el campo magnético son variables y se propagan por el espacio.



- La frecuencia de la onda no cambia.
- Cambia el ángulo de refracción según la Ley de Snell. Como pasa a un medio más denso, el ángulo de refracción es menor que el ángulo de incidencia.
- Cambia la velocidad de propagación, en el metacrilato la velocidad es menor que en el aire.
- $v = \lambda \cdot f \Rightarrow f$ es constante, v disminuye $\Rightarrow \lambda$ disminuye $\Rightarrow \lambda_{\text{metacrilato}} < \lambda_{\text{aire}}$
- $k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow k$ también cambia; aumenta
- No cambia la energía, ya que la onda pasa completamente de un medio al otro.

b)

$$\left. \begin{aligned} E(x,t) &= 800 \sin(10^8 \pi t - 1'25 x) \\ E(x,t) &= A \sin(\omega t - k x) \end{aligned} \right\}$$

Identificando coeficientes, tenemos que:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= 10^8 \pi = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{1}{2} 10^8 = 5 \cdot 10^7 \text{ Hz} \\ k &= 1'25 = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{1'25} = 5'03 \text{ m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow v = \lambda \cdot f = 5'03 \cdot 5 \cdot 10^7 = 2'51 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{Índice de refracción del metacrilato } n = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8}{2'51 \cdot 10^8} = 1'195$$