

MOVIMIENTO ONDULATORIO III

Reflexión y refracción

1. Cierta onda pasa de un medio a otro de índice de refracción relativo respecto al primero mayor que la unidad. Razona cómo varían la velocidad, la frecuencia, el período y la longitud de onda. El ángulo de refracción, ¿será menor o mayor que el ángulo de incidencia? Justifica la respuesta

2. La velocidad de una onda es de 0,1 m/s y su longitud de onda de 0,02 m. Penetra en otro medio con un ángulo de incidencia de 30° y la longitud de onda en este segundo medio es de 0,01 m. Calcula: a) la frecuencia de la onda. b) su velocidad en el segundo medio; c) el valor del seno del ángulo de refracción.

Sol.: a) 5 Hz; b) 0,05 m/s; c) 0,25

Polarización

3. a) Qué es la polarización? b) Qué ondas se pueden polarizar? Por qué?
c) Es posible polarizar las ondas sonoras?

Efecto Doppler

4. Supón que una fuente sonora y un observador se mueven con la misma velocidad, dirección y sentido. Razona si se existirá efecto Doppler.

5. La bocina de un coche que se mueve a 30 m/s suena a 600 Hz. Calcula si las frecuencias que percibe un observador en reposo junto a la carretera cuando el automóvil: a) se aproxima; b) se aleja.

Sol.: a) 656,1 Hz; b) 551,4 Hz

6. La frecuencia del sonido de una sirena es de 1000 Hz. Calcula la frecuencia que oirá el conductor de un automóvil que se desplaza a 15 m/s: a) si se aproxima a la sirena; b) si se aleja de ella.

Sol.: a) 1044,1 Hz; b) 955,9 Hz

7. Una ambulancia se desplaza por la carretera a una velocidad de 40 m/s, mientras hace sonar la sirena con una frecuencia de 980 Hz. Calcula la frecuencia que percibe el conductor de un automóvil que circula en sentido contrario a una velocidad de 20 m/s cuando: a) se acerca a la ambulancia; b) se aleja de ella.

Sol.: a) 1176 Hz; b) 825,3 Hz

8. Calcula la velocidad de un tren y la frecuencia de sus pitidos sabiendo que una persona en reposo junto a la vía percibe un sonido de frecuencia 704 Hz, cuando el tren se acerca y de 619 Hz cuando el tren se aleja.

Sol.: a) 21,8 m/s; b) 659 Hz

Interferencia

9. Dos ondas que se propagan por el mismo medio interfieren en un punto a 1,5 m del foco emisor de una onda y a 1,75 m del de la otra. Se la ecuación de las dos ondas es:

$y = 0,25 \cos(40\pi t - 4\pi x)$, determina: a) la longitud de onda, b) si en el punto considerado la interferencia es constructiva o destructiva.

Sol.: 0,5 m

10. Dos ondas coherentes, de 40 Hz de frecuencia, se propagan a la velocidad de 20 cm/s. calcula el tipo de interferencia que se producirá en: a) un punto A que dista 12 cm de un foco y 10,5 cm del otro; b) un punto B que sita 6,25 cm de un foco y 8 cm del otro; c) un punto C que dista 5 cm de un foco y 9 del otro.

11. Un punto está sometido a la acción de dos ondas idénticas que parten de focos situados a 26 cm y 25,8 cm del punto. Si la velocidad de propagación de las ondas es de 1200 m/s, determina cuál debería ser la frecuencia para que el punto considerado corresponda al primer mínimo de amplitud.

Sol.: $3 \cdot 10^5$ Hz

4] Cuando una onda pasa de un medio (1) a otro (2) tal que $n_{21} > 1$, entonces:

$$n_{21} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \underline{v_2 > v_1} \quad \text{La velocidad con la que se propaga la onda es mayor en (2)}$$

La frecuencia de la onda es la misma en ambos medios, ya que es consecuencia del foco emisor. \Rightarrow El período T_b es el mismo!!

$$\text{Dado que } v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{v_1}{f} \quad \left\{ \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} < 1 \Rightarrow \underline{\lambda_1 < \lambda_2} \right.$$

Según la ley de Snell:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} < 1 \Rightarrow \sin \alpha_1 < \sin \alpha_2 \Rightarrow \underline{\alpha_1 < \alpha_2}$$

[2]

$$\begin{aligned} v_1 &= 0.1 \text{ m/s} \\ \lambda_1 &= 0.02 \text{ m} \\ \alpha_1 &= 30^\circ \\ \lambda_2 &= 0.01 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{a) } v_1 = \lambda_1 f \Rightarrow f = \frac{v_1}{\lambda_1} = 5 \text{ Hz}$$

$$\text{b) } v_2 = \lambda_2 f = 0.01 \cdot 5 = 0.05 \text{ m/s}$$

$$\text{c) } \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = 2$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{\sin \alpha_1}{2} = \frac{0.5}{2} = 0.25$$

[3] La polarización es el fenómeno por el cual las partículas del medio sólo pueden vibrar en una dirección determinada (lineal, circular, ...).

Sólo es posible polarizar ondas transversales, ya que la dirección de vibración no corresponde con la dirección de propagación. Las partículas del medio pueden vibrar en cualquier dirección del plano q. sea \perp a la propagación de la onda.

[4] No, ya que $v_2 - v_1 = 0 \Rightarrow$ \nexists velocidad relativa entre fuente sonora y observador

$$\text{[5] } v_F = 30 \text{ m/s} \quad \text{a) } f' = f \frac{v \pm v_0}{v \mp v_F} = 600 \frac{340}{340 - 30} = 658.1 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} f &= 600 \text{ Hz} \\ v &= 340 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{b) } f' = f \frac{v \pm v_0}{v \mp v_F} = 600 \frac{340}{340 + 30} = 551.4 \text{ Hz}$$

$$\text{[6] } f = 1000 \text{ Hz} \quad \text{a) } f' = f \frac{v \pm v_0}{v \mp v_F} = 1000 \frac{340 + 15}{340} = 1044.1 \text{ Hz}$$

$$v_0 = 15 \text{ m/s}$$

$$\text{b) } f' = f \frac{v \pm v_0}{v \mp v_F} = 1000 \frac{340 - 15}{340} = 955.9 \text{ Hz}$$

$$\text{[7] } f = 980 \text{ Hz} \quad \text{a) } f' = f \frac{v \pm v_0}{v \mp v_F} = 980 \frac{340 + 20}{340 - 20} = 1176 \text{ Hz}$$

$$v_F = 40 \text{ m/s}$$

$$\text{b) } f' = f \frac{v \pm v_0}{v \mp v_F} = 980 \frac{340 - 20}{340 + 20} = 825.3 \text{ Hz}$$

$$v_0 = 20 \text{ m/s}$$

8

$$v_0 = 0 \text{ m/s}$$

$$f_1 = 704 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 619 \text{ Hz}$$

$$f_1' = f \frac{v}{v - v_f}$$

$$f_2' = f \frac{v}{v + v_f}$$

$$\frac{704}{619} = \frac{v + v_f}{v - v_f} = \frac{340 + v_f}{340 - v_f}$$

$$239360 - 704v_f = 210460 + 619v_f$$

$$28900 = 1323v_f$$

$$v_f = 2184 \text{ m/s}$$

$$f = f_1' \frac{v - v_f}{v} = 639 \text{ Hz}$$

9

$$r = 15 \text{ m}$$

$$r' = 175 \text{ m}$$

$$y = 0.25 \cos(40\pi t - 4\pi x)$$

$$a) \quad k = 4\pi \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = 0.5 \text{ m}$$

$$b) \quad \Delta r = r' - r = 0.25 \text{ m}$$

$$\Delta r = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \text{Int. destruciva}$$

10

$$f = 40 \text{ Hz}$$

$$v = 0.2 \text{ m/s}$$

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = 0.005 \text{ m}$$

$$a) \quad \begin{cases} r' = 12 \text{ cm} \\ r = 10.5 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow \Delta r = 1.5 \text{ cm} = 0.015 \text{ m} = 3\lambda$$

Int. constructiva

$$b) \quad \begin{cases} r' = 8 \text{ cm} \\ r = 6.25 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow \Delta r = 1.75 \text{ cm} = 0.0175 \text{ m} = 3.5\lambda = 7 \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \text{Int. destruciva}$$

$$c) \quad \begin{cases} r' = 4 \text{ cm} \\ r = 5 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow \Delta r = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m} = 8\lambda \Rightarrow \text{Int. constructiva}$$

11

$$v = 1200 \text{ m/s}$$

$$r = 26 \text{ cm}$$

$$r' = 25.4 \text{ cm} \Rightarrow \Delta r = 0.002 \text{ cm}$$

minimo de amplitud \Rightarrow int. destruciva $\Rightarrow \Delta r = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$

$$0.002 = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 0.004 \text{ m}$$

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1200}{0.004} = 3 \cdot 10^5 \text{ Hz}$$

Cuestiones

4. ¿Cuál de las expresiones propuestas representa una onda transversal que se propaga en el sentido positivo del eje X con una velocidad de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, tiene una amplitud de 1 m y una frecuencia de 10 Hz ?
- A) $y = \cos 2\pi(10 t - 5x)$
B) $y = \cos 2\pi(10 t + 5x)$
C) $y = \cos 4\pi(5 t - x)$

(P.A.U. Jun. 00)

5. La ecuación de una onda transversal de amplitud 4 cm y frecuencia 20 Hz que se propaga en el sentido negativo del eje X con una velocidad de $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ es:
- A) $y(x, t) = 4 \cdot 10^{-2} \cos \pi (40 t + 2 x) [\text{m}]$
B) $y(x, t) = 4 \cdot 10^{-2} \cos \pi (40 t - 2 x) [\text{m}]$
C) $y(x, t) = 4 \cdot 10^{-2} \cos 2 \pi (40 t + 2 x) [\text{m}]$

(P.A.U. Set. 13)

6. La ecuación de una onda es $y = 0,02 \sin (50 t - 3 x)$; esto significa que:
- A) $\omega = 50 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ y $\lambda = 3 \text{ m}$.
B) La velocidad de propagación $u = 16,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y la frecuencia $f = 7,96 \text{ s}^{-1}$.
C) $T = 50 \text{ s}$ y el número de onda $k = 3 \text{ m}^{-1}$.

(P.A.U. Jun. 12)

7. La energía que transporta una onda es proporcional:
- A) A la frecuencia.
B) A la amplitud.
C) A los cuadrados de la frecuencia y amplitud.

(P.A.U. Set. 00)

8. La energía de una onda es proporcional
- A) Al cuadrado de la amplitud.
B) A la inversa de la frecuencia.
C) A la longitud de onda.

(P.A.U. Jun. 03)

9. Cuando una onda armónica plana se propaga en el espacio, su energía es proporcional:
- A) A $1/f$ (f es la frecuencia)
B) Al cuadrado de la amplitud A^2 .
C) A $1/r$ (r es la distancia al foco emisor)

(P.A.U. Set. 09)

10. Razona cuál de las siguientes afirmaciones referidas a la energía de un movimiento ondulatorio es correcta:
- A) Es proporcional a la distancia al foco emisor de ondas.
B) Es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda.
C) Es proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda.

(P.A.U. Set. 11)

11. En la polarización lineal de la luz:
- A) Se modifica la frecuencia de la onda.
B) El campo eléctrico oscila siempre en un mismo plano.
C) No se transporta energía.

(P.A.U. Set. 06)

12. Una onda luminosa:
- A) No se puede polarizar.
B) Su velocidad de propagación es inversamente proporcional al índice de refracción del medio.
C) Puede no ser electromagnética.

(P.A.U. Jun. 09)

13. Cuando la luz atraviesa la zona de separación de dos medios, experimenta:
- A) Difracción.
B) Refracción.
C) Polarización.

(P.A.U. Jun. 06)

14. Cuando interfieren en un punto dos ondas armónicas coherentes, presentan interferencia constructiva si la diferencia de recorridos Δr es:
 A) $\Delta r = (2n + 1) \lambda / 2$
 B) $\Delta r = (2n + 1) \lambda$
 C) $\Delta r = n \lambda$
 (siendo $n = 0, 1, 2$ etc. y λ la longitud de onda) (P.A.U. Set. 02)
15. Dos focos O_1 y O_2 emiten ondas en fase de la misma amplitud (A), frecuencia (f) y longitud de onda (λ) que se propagan a la misma velocidad, interfiriendo en un punto P que está a una distancia λ m de O_1 y 3λ m de O_2 . La amplitud resultante en P será:
 A) Nula.
 B) A .
 C) $2A$. (P.A.U. Jun. 13)
16. Las ondas sonoras cumplen alguna de las siguientes características:
 A) Son transversales.
 B) Son longitudinales.
 C) Se transmiten en el vacío. (P.A.U. Jun. 99)
17. El sonido de una guitarra se propaga como:
 A) Una onda mecánica transversal.
 B) Una onda electromagnética.
 C) Una onda mecánica longitudinal. (P.A.U. Set. 05)
18. La posibilidad de oír detrás de un obstáculo sonidos procedentes de una fuente sonora, que se encuentra fuera de nuestra vista, es un fenómeno de:
 A) Polarización.
 B) Difracción.
 C) Refracción. (P.A.U. Set. 03)
19. Si una onda atraviesa una abertura de tamaño comparable a su longitud de onda:
 A) Se refracta.
 B) Se polariza.
 C) Se difracta.
 (Dibuja la marcha de los rayos) (P.A.U. Jun. 14, Set. 09)
20. Una onda de luz es polarizada por un polarizador A y atraviesa un segundo polarizador B colocado después de A. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta con respecto a la luz después de B?
 A) No hay luz si A y B son paralelos entre sí.
 B) No hay luz si A y B son perpendiculares entre sí.
 C) Hay luz independientemente de la orientación relativa de A y B. (P.A.U. Jun. 11)
- * 21. De las siguientes ondas ¿cuáles pueden ser polarizadas?
 A) Ondas sonoras.
 B) Luz visible.
 C) Ondas producidas en la superficie del agua. (P.A.U. Jun. 02)
- * 22. Una onda electromagnética que se encuentra con un obstáculo de tamaño semejante a su longitud de onda:
 A) Forma en una pantalla, colocada detrás del obstáculo, zonas claras y oscuras.
 B) Se polariza y su campo eléctrico oscila siempre en el mismo plano.
 C) Se refleja en el obstáculo. (P.A.U. Jun. 07)
23. Si un haz de luz láser incide sobre un objeto de pequeño tamaño (del orden de su longitud de onda),
 A) Detrás del objeto hay siempre oscuridad.
 B) Hay zonas de luz detrás del objeto.
 C) Se refleja hacia el medio de incidencia. (P.A.U. Set. 07)

$\Delta = 1 \text{ m}$
 $v = 5 \text{ m/s}$
 $f = 10 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 20\pi \text{ rad/s}$
 dirección $+0x$

$v = \lambda f$
 $\Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow k = \frac{2\pi}{\lambda} = 4\pi \text{ m}^{-1}$
 $y = A \cos(20\pi t - 4\pi x)$
 $y = \cos 4\pi(5t - x) \leftarrow \underline{\underline{c}}$

5

$\Delta = 4 \text{ cm}$
 $f = 20 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 40\pi \text{ rad/s}$
 sentido: $-0x$
 $v = 20 \text{ m/s} \rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow k = \frac{2\pi}{\lambda} = 2\pi \text{ m}^{-1}$

$y = 0.04 \cos(40\pi t + 2\pi x)$
 $= 0.04 \cos \pi(40t + 2x) \leftarrow \underline{\underline{c}}$

6

$y = 0.02 \sin(30t - 3x)$

$\Delta = 0.02 \text{ m}$
 $\omega = 30 \text{ rad/s} \rightarrow f = 7.96 \text{ s}^{-1}$
 $k = 3 \text{ m}^{-1} \rightarrow \lambda = 2.09 \text{ m}$
 $\Rightarrow v = \lambda f = 16.67 \text{ m/s} \leftarrow \underline{\underline{b}}$

7

$E = \frac{1}{2} k \Delta^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 \Delta^2 = \frac{1}{2} m 4\pi^2 f^2 \Delta^2 \leftarrow \underline{\underline{c}}$

8

a) $E \propto \Delta^2 \rightarrow$

9

b)

10

c)

11

b)

12

b)) Inter

13

b)

14

c) $\Delta r = n \lambda$, ya que en este caso $\Delta \phi = k(r_1 - r) = 2\pi n \Rightarrow \Delta r = 2\Delta \cos(\frac{\Delta \phi}{2}) = 2\Delta$

15

c) como $\Delta r = 3\lambda - \lambda = 2\lambda = n\lambda \Rightarrow$ interf. constructiva $\Rightarrow \Delta r = 2\Delta \cos(\frac{\Delta \phi}{2}) = 2\Delta$

16

b)

22) a) \rightarrow fenómeno de difracción.

17

c)

23) b) \rightarrow " " "

18

b)

19

c)



20

b)

21

c)