

1. ¿A qué nos referimos cuando decimos que dos puntos de una onda están en fase? ¿Cuánto vale la distancia entre dos puntos que se encuentran en fase?
2. Una onda armónica unidimensional se propaga con una velocidad de 32 m/s y una frecuencia de oscilación de 8 Hz. ¿Cuál es la distancia mínima entre dos puntos que se encuentran en oposición de fase? ¿Podrían estar en fase dos puntos que están separados por una distancia de 30 m?
3. Una partícula puntual oscila con movimiento armónico simple produciendo ondas en una superficie plana. ¿Cuál es la forma de los frentes de onda?
4. Una partícula puntual cargada eléctricamente oscila armónicamente de manera que emite radiación electromagnética en todas las direcciones del espacio. ¿Cuál será la forma de los frentes de onda?
5. Enuncia el Principio de Huygens.
6. Una onda sonora que se propaga por el aire con una velocidad de 340 m/s incide sobre una pared de acero perfectamente lisa de modo que la dirección de propagación de la onda forma un ángulo de  $1,5^\circ$  respecto a la normal. Suponiendo que la onda se refleja y se refracta, ¿qué ángulo formará con la normal la dirección de propagación de la onda reflejada y de la refractada? Velocidad del sonido en el acero =  $5,1 \cdot 10^3$  m/s.
7. Cuando una onda encuentra en su camino un obstáculo parcial, como una rendija o un orificio, puede superar el obstáculo y propagarse detrás del mismo, aunque ello suponga que el frente de onda cambie de forma. ¿Qué nombre recibe este fenómeno?
8. ¿Cuándo se dice que una onda está polarizada? Si agitamos verticalmente el extremo de una cuerda tensa, ¿produciremos una onda polarizada? ¿Cómo podríamos cambiar el plano de polarización de la onda?
9. ¿Cuándo se produce la interferencia entre dos ondas?
10. ¿Qué son ondas coherentes? Cuando dos ondas armónicas coherentes se superponen en un punto, ¿cómo es la frecuencia de la onda resultante? ¿Y la longitud de onda?
11. ¿Qué condición debe cumplirse para que se produzca la interferencia constructiva de dos ondas armónicas? En ese caso, ¿cuánto vale la amplitud resultante?
12. En ocasiones, la interferencia de dos ondas armónicas en un punto del espacio puede dar lugar a una amplitud nula. ¿Qué nombre recibe ese tipo de interferencia? ¿Qué condición debe cumplirse para que se produzca?
13. Dos ondas armónicas se propagan por el mismo medio, siendo la ecuación de cada una de ellas  $y(x,t) = 0,8 \cos(20\pi t - 4\pi x)$  en unidades SI. Calcula:
  - a) Su frecuencia, su longitud de onda y su velocidad de propagación.
  - b) Escribe la ecuación de la onda que resulta de la interferencia de ambas ondas.
  - c) Cuánto vale la amplitud resultante de la interferencia de estas ondas en un punto situado a 0,25 m del foco emisor de la primera y a 0,5 metros del foco emisor de la segunda.
  - d) La amplitud resultante en un punto que dista 2,3 m del primer foco y 7,8 m del segundo.
14. Dos ondas armónicas se propagan por el mismo medio con una velocidad de 20 m/s y un periodo de oscilación de 0,02 s. Calcula:
  - a) Su frecuencia y su longitud de onda.
  - b) Escribe la ecuación de las ondas que interfieren y de la onda que resulta de su interferencia.
  - c) Si un punto del espacio dista 5,2 m del foco emisor de la primera onda y 8 m del foco emisor de la segunda, ¿qué tipo de interferencia se produce en dicho punto? ¿Cuánto vale la amplitud resultante?

## SOLUCIONES

1. Decimos que dos puntos de una onda están en fase cuando se encuentran en el mismo estado de vibración. La distancia entre dos puntos que se encuentran en fase es un múltiplo entero de la longitud de onda.
2. La distancia mínima entre dos puntos que están en **oposición de fase** es la mitad de la longitud de onda:

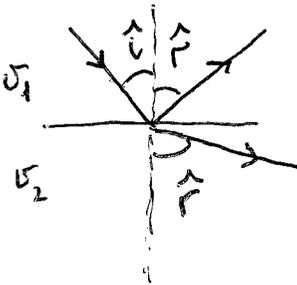
$$v = \lambda \cdot \nu \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{32 \text{ m/s}}{8 \text{ s}} = 4 \text{ m}$$

$$d_{\text{mínima oposición de fase}} = \frac{\lambda}{2} = \underline{2 \text{ m}}$$

$$\frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{30}{4} = \boxed{7,5} \quad \Rightarrow \quad \text{Si } \Delta x = 30 \text{ m, los puntos no oscilan en fase.}$$

3. Los frentes de onda son circulares.
4. Los frentes de onda son esféricos.
5. Cuando una onda se propaga, cada punto del frente de onda se comporta como centro emisor de ondas elementales cuya envolvente es el nuevo frente de onda.

6.



$$\text{REFLEXIÓN: } \hat{r} = \hat{i} = 1,5^\circ$$

$$\text{REFRACCIÓN: } \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}}$$

$$\sin \hat{r} = \frac{v_2 \sin \hat{i}}{v_1} = \frac{5,1 \cdot 10^3 \cdot \sin 1,5^\circ}{340} = 0,3927$$

$$\hat{r} = \sin^{-1}(0,3927) = \underline{23,1^\circ}$$

7. Difracción.
8. Se dice que una onda está polarizada cuando, al propagarse, su dirección de vibración se mantiene constante.  
Si agitamos verticalmente el extremo de una cuerda tensa, produciremos una onda polarizada verticalmente. Podríamos cambiar el plano de polarización de la onda agitando el extremo de la cuerda horizontalmente, por ejemplo.
9. Dos ondas interfieren cuando ambas se superponen en una región del espacio.
10. Llamamos ondas coherentes a aquellas que tienen las mismas características:  $A$ ,  $\lambda$  ( $k$ ),  $\nu$  ( $\omega$ ).  
Cuando dos ondas armónicas coherentes se superponen en un punto, la onda resultante tiene la misma frecuencia y la misma longitud de onda.

11. La interferencia constructiva de dos ondas armónicas se produce cuando las dos ondas que interfieren llegan al punto  $x$  en fase. Eso sucederá cuando la diferencia entre el camino recorrido por una y otra onda sea un múltiplo entero de la longitud de onda, es decir, cuando  $x_2 - x_1 = n \lambda$ .  
En este caso, la amplitud resultante es el doble de la amplitud inicial de cada onda.

12. Interferencia destructiva. Se produce cuando la diferencia entre el camino recorrido por una y otra onda sea un múltiplo **semientero** de la longitud de onda, es decir, cuando:  $x_2 - x_1 = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$

13. a) 
$$v = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{20\pi}{2\pi} = \underline{10 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{4\pi} = \underline{0,5 \text{ m}}$$

$$v = \lambda v = 0,5 \cdot 10 = \underline{5 \text{ m/s}}$$

b) 
$$y = A_R \cos(20\pi t - 4\pi x)$$

$$A_R = 2A \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \Delta x}{2}\right) = 2 \cdot 0,8 \cdot \cos\left(\frac{4\pi \cdot \Delta x}{2}\right)$$

$$A_R = 1,6 \cdot \cos(2\pi \cdot \Delta x)$$

c) 
$$\Delta x = 0,5 - 0,25 = 0,25 \text{ m}$$

$$A_R = 1,6 \cdot \cos(2\pi \cdot 0,25) = \underline{0 \text{ m}}$$

Interferencia  
destructiva

d) 
$$\Delta x = 7,8 - 2,3 = 5,5 \text{ m}$$

$$A_R = 1,6 \cdot \cos(2\pi \cdot 5,5) = \underline{-1,6 \text{ m}}$$

Interferencia  
constructiva.

14

a)  $v = 20 \text{ m/s}$

$$T = 0,02 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02} = \underline{50 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{20}{50} = \underline{0,4 \text{ m}}$$

b)  $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 100\pi \text{ rad/s}$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0,4} = 5\pi \text{ m}^{-1}$$

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

$$\boxed{y(x,t) = A \cos(100\pi t - 5\pi x)} \rightarrow \text{Ondas que interferem}$$

$$\left. \begin{aligned} y_R(x,t) &= A_R \cdot \cos(100\pi t - 5\pi x) \\ A_R &= 2A \cdot \cos\left(\frac{5\pi \cdot \Delta x}{2}\right) \end{aligned} \right\} \text{Onda resultante.}$$

c)  $\Delta x = 8 - 5,2 = 2,8 \text{ m}$

$$\frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{2,8}{0,4} = 7 \Rightarrow \boxed{\Delta x = 7\lambda} \rightarrow \text{Interferência construtiva.}$$

$$A_R = 2A \cdot \cos\left(\frac{5\pi \cdot 2,8}{2}\right) = \underline{-2A}$$