ONDAS MECÁNICAS

¿Qué es una onda?

Son oscilaciones que se propagan en el espacio y tiempo, desde un lugar del espacio que ha sido perturbado, conocido como «foco».

Para la propagación de una onda mecánica, ¿es necesaria la existencia de un medio?

Rpta.: ¡Sí!

Sabemos que las partículas de todo cuerpo, sea sólido, líquido o gaseoso, interactúan unas con otras. Por eso si una partícula del medio empieza a oscilar debido a la interacción, este movimiento oscilatorio comienza a propagarse con cierta rapidez en todas las direcciones.

Una onda no transporta masa, solo transporta energía y cantidad de movimiento, las cuales son propiedades fundamentales de toda onda, sea cual fuese su naturaleza.

a) **Ondas transversales**

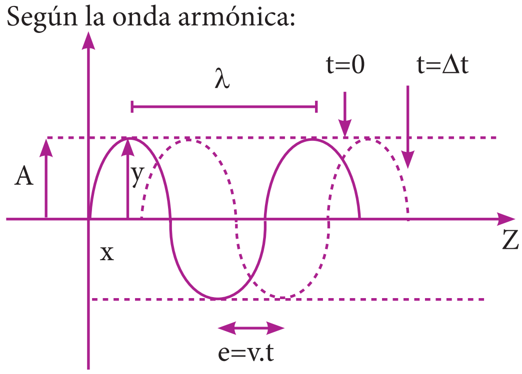
Son aquellas en las que las partículas oscilan perpendicularmente a la dirección de propagación. El deslizamiento de unas capas de otras, en los gases y líquidos, no permite que aparezcan fuerzas de elasticidad, por esta razón, en los gases y en los líquidos no pueden propagarse ondas transversales.

b) **Onda longitudinal**

Son aquellas en la que las partículas oscilan paralelamente a la dirección de propagación. En la onda longitudinal, tiene lugar la deformación por compresión. Las fuerzas de elasticidad, ligadas a esta deformación, se originan tanto en los sólidos como en los líquidos y en los gases, por eso, las ondas longitudinales se pueden propagar en todos los medios.

Elementos de una onda

Según la onda armónica:



y: Es la posición de la partícula del medio oscilante ubicada a «x» metros del origen de onda.
A: amplitud (ymáx.)
λ: longitud de onda
F: frecuencia en hertz (Hz)

Rapidez de propagación V

$$\boxed{V = \frac{e}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f}$$

$$\Rightarrow \boxed{V = \lambda \cdot f}$$

Donde:

$$\boxed{f = \frac{1}{T}}$$

La posición y(x, t) de una partícula situada a «x» metros del origen de ondas, en el instante de tiempo «t» es:

$$\boxed{y_{(x,t)} = A\text{Sen}2\pi\left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda}\right)}$$

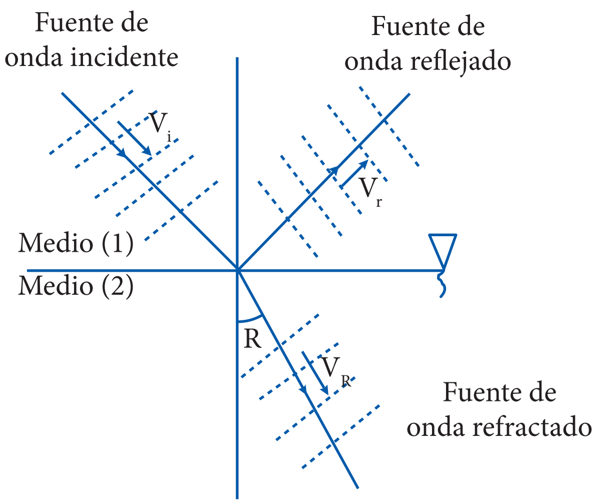
Ecuación de una onda armónica:

Donde:
(−): si la onda se propaga es a la derecha
(+): si la onda se propaga es hacia la izquierda.
La frecuencia de la fuente de las oscilaciones es la misma frecuencia de oscilación de una partícula del medio y es la misma frecuencia que el de la onda.

Las ondas experimentan fenómenos, como reflexión, refracción, difracción, interferencia y polarización.

¿Qué sucede cuando una onda se encuentra con la frontera de otro medio?

Cuando un movimiento ondulatorio llega a una superficie o región donde cambia las propiedades del medio en el cual se propaga, sufre una alteración y como resultado, parte de la energía del movimiento ondulatorio es devuelta al mismo medio de donde procedía, constituyendo la onda refractada. El grado de reflexión y transmisión depende de la elasticidad del segundo medio.



En donde el rayo incidente, el rayo reflejado y el rayo refractado están en un mismo plano.

En donde el ángulo de incidente ($\hat{i}$) y el ángulo de reflexión ($\hat{r}$) son iguales:

$$\boxed{\hat{i} = \hat{r}}$$

Las rapideces de las ondas son diferentes en los medios (1) y (2):

$$\boxed{\frac{\text{Sen } \hat{i}}{\text{Sen } \hat{R}} = \frac{V_{\text{medio incidente}}}{V_{\text{medio rfefractado}}}}$$

Las partículas del medio 2 empiezan a oscilar debido a que son perturbados por las partículas de la interface correspondiente al medio 1, las que se comportan como si fueran la fuente de las oscilaciones, y como la frecuencia de la fuente de oscilaciones es la misma que la frecuencia de la onda generada, podemos concluir que:

$$\boxed{f_{\text{medio(1)}} = f_{\text{medio(2)}}}$$

Concluimos que cuando una onda pasa de un medio a otro su frecuencia permanece constante.

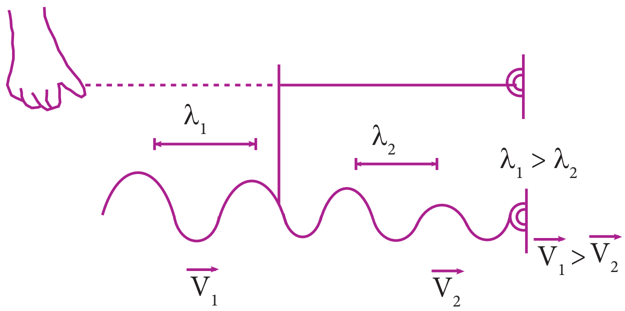
¿Qué ocurrirá con su longitud de onda?

$$f_{\text{medio(1)}} = f_{\text{medio(2)}}$$

$$\frac{V_{\text{medio(1)}}}{\lambda_1} = \frac{V_{\text{medio(2)}}}{\lambda_2}$$

Es decir, la rapidez de la onda es proporcional a su longitud de onda.

Si la rapidez en el segundo medio es menor, entonces la longitud de onda en el segundo medio será también menor.



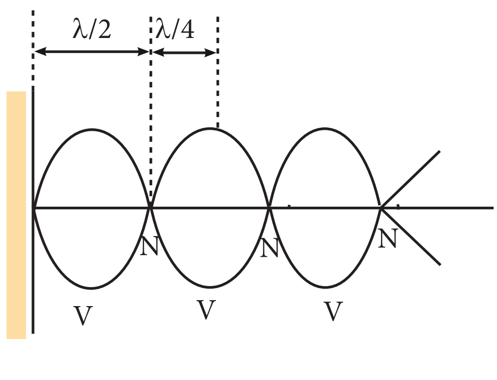
La frecuencia de una onda no se altera cuando se transmite de un medio a otro.

Ondas estacionarias

Es un tipo especial de la interferencia de ondas que resultan de la superposición de 2 movimientos ondulatorios producidos por dos focos que vibran sincrónicamente (con la misma frecuencia) y por consiguiente tienen la misma longitud de onda.

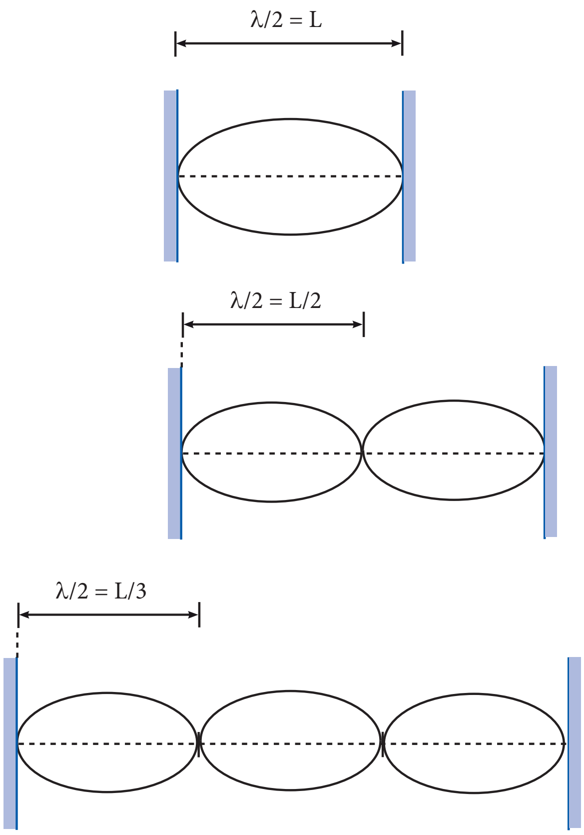
Estas interferencias se caracterizan porque existen puntos llamados «nodos» donde la interferencia es siempre con anulación, mientras que en otros puntos llamados «vientres», la interferencia es siempre con refuerzo.

Los nodos y los vientres ocupan posiciones fijas, de modo que esta onda parece no avanzar en el espacio, de ahí el nombre de «onda estacionaria».



N: nodo V: vientre

Una característica interesante es que la distancia entre dos nodos consecutivos o dos vientres consecutivos es de media longitud de onda ($\lambda/2$), mientras que la distancia entre un nodo y un vientre es de un cuarto de longitud de onda ($\lambda/4$).
Esto se puede apreciar en la siguiente ilustración:



En los gráficos anteriores, se observa que la longitud de onda estacionaria toma valores definidos.

$$\frac{\lambda}{2} = L, \frac{L}{2}, \frac{L}{3}, \frac{L}{4}, \ldots, \frac{L}{n}$$

$$\rightarrow \lambda = 2L, \frac{2L}{2}, \frac{2L}{3}, \ldots \frac{2L}{n}$$

Donde «n» es un número entero.

$$\text{Como } f = \frac{V}{\lambda} \rightarrow f = V\left(\frac{n}{2L}\right) \ldots(\Psi)$$

Es decir:

$$f = \frac{V}{2L}, 2\left(\frac{V}{2L}\right), 3\left(\frac{V}{2L}\right), \ldots \text{ etc.}$$

La rapidez con la cual se propaga una onda a través de una cuerda está dada por:

$$\boxed{V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}}$$

Donde T es el módulo de la fuerza de tensión en la cuerda (N) y μ es la densidad lineal de la cuerda. Reemplazando en Ψ, obtenemos la frecuencia de una onda estacionaria.

$$\boxed{f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}} \ldots (\lambda)$$

Para n = 1, obtendremos:

$$\boxed{f_1 = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}}$$

A la cual se le denomina «frecuencia fundamental de la cuerda».
La expresión (λ) es importante, porque esta manifiesta cuáles son los factores que influyen en la frecuencia de las ondas estacionarias en una cuerda vibrante.
Como las cuerdas vibrantes se utilizan en numerosos instrumentos musicales (piano, guitarra, violín, etc.), el sonido emitido por una cuerda de esos instrumentos se controla ajustando la longitud, la tensión o la masa de la cuerda.

Trabajando en clase

Integral

1. Se sabe que en el agua el sonido viaja a 1500 m/s. Si se produce en el agua un sonido cuya longitud de onda es $\lambda = 5$ m; entonces, ¿cuál es su frecuencia?
Resolución:

$$V = \lambda \cdot f$$

$$1500 = 5 \cdot f$$

$$f = 300 \text{ Hz}$$

2. Se sabe que en el agua, el sonido viaja a 1500 m/s. Si se produce en el agua un sonido cuya longitud de onda es λ = 7,5 m; entonces, ¿cuál es su frecuencia?

3. Calcula con qué rapidez viaja el sonido en el agua de mar, si se sabe que un sonido de frecuencia de 2 KHz tiene una longitud de onda de 0,75 m.

4. Una cuerda tensa vibra en su cuarto armónico con una frecuencia de 40 Hz. Si la cuerda es de 0,05 kg/m y tiene una longitud de 2 m, ¿cuál es el módulo de la tensión de la cuerda en N?

UNMSM

5. Determina la rapidez (en m/s) y la longitud de onda (en m) de una onda transversal que se propaga por una cuerda tensa cuya función de onda es:
$y(x, t) = 0{,}4\ \text{Sen}(3\pi x - 2\pi t)$
Resolución:
$\lambda\ (x, t) = A\text{Sen}(kx - wt)$
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow 3\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{2}{3}\ \text{m}$$
$$w = 2\pi \cdot f \qquad 2\pi = 2\pi \cdot f \Rightarrow f = 1\text{Hz}$$
$$\Rightarrow V = \lambda \cdot f = \frac{2}{3} \cdot 1 = \frac{2}{3}\ \text{m/s}$$

6. Determina la rapidez (en m/s) y la longitud de onda (en m) de una onda transversal que se propaga por una cuerda tensa cuya función de onda es:
$y(x, t) = 0{,}2\text{Sen}(2\pi x - 3\pi t)$

7. La función de onda que es propagada en una cuerda de densidad 0,75 kg/m es $y = 0{,}8\ \text{Sen}(\pi x - 20\pi t + \pi/6)$m. Calcula el módulo de la tensión a la que es sometida la cuerda.

8. ¿Cuál será el módulo de la tensión (T) necesaria con la que hay que sostener el extremo de una cuerda de 36 m de longitud y 2 kg de masa, si se quiere que las ondas formadas vayan con una rapidez de 6 m/s?
Resolución:
$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T \cdot L}{m}}$$
$$6 = \sqrt{\frac{T \cdot 36}{2}}$$
$$T = 2\ \text{N}$$

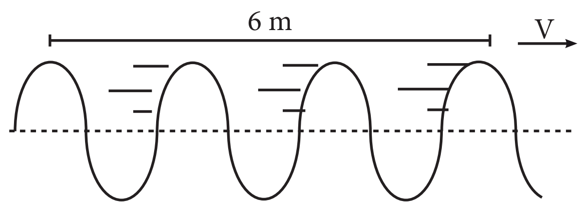
9. ¿Cuál será el módulo de la tensión (T) necesaria con la que hay que sostener el extremo de una cuerda de 18 m de longitud y 4 kg de masa, si se quiere que las ondas formadas vayan con una rapidez de 6 m/s?

10. En una cuerda sometida a una tensión cuyo módulo es 50 N, se generan ondas armónicas de 10 m de amplitud y 10π rad/m de número de onda. Halla la energía por unidad de longitud que transporta dicha cuerda (en 10^5J/m) ($\pi^2 \approx 10$)

11. Indica las proposiciones correctas (V o F) respecto de ondas mecánicas.
I. Se propagan en el vacío. ( )
II. Su frecuencia depende de las características del medio. ( )
III. Transportan energía y cantidad de movimiento. ( )

12. Halla, aproximadamente, la potencia media (en W) que debe tener un oscilador de 60 Hz, para establecer ondas armónicas de 0,5 cm de amplitud en una cuerda de 20 g/cm, sometida a una fuerza de tensión de módulo 8 N.

13. La figura muestra el perfil de las olas que van en cierto lugar. Si dichas olas recorrieron 18 m en 3 s, halla la frecuencia que llevan asociadas.



14. Cierto estudiante genera ondas en el extremo de una cuerda con una frecuencia de 4 Hz y nota que estas ondas avanzan con una rapidez de 12 m/s. ¿Cuál es la longitud de estas ondas y qué distancia habría entre la primera y la novena cresta?

UNI

15. Una frecuencia sonora tiene una potencia de 200 kW. ¿Cuál es el la intensidad de emisión a una distancia de 600 m?
Resolución:
$$I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow \frac{200\ 000}{4\pi.600.600}$$
$$I = \frac{5}{36\pi}\ \frac{w}{m^2}$$

16. Una fuente sonora tiene una potencia de 100 kW. ¿Cuál es la intensidad de emisión a una distancia de 400 m?

17. En una fiesta costumbrista, explota una avellana de manera que una persona ubicada a 100 m de la explosión escucha el sonido con un nivel de intensidad de 100 dB. Determina la intensidad sonora en 10^{-3} W/m^2 que escucha otra persona ubicada a 200 m de la explosión.

18. El nivel de intensidad a 30 m de una fuente sonora, que emite ondas uniformemente en todas direcciones, es 90 dB. Determina la intensidad en 10^{-5} W/m^2 de las ondas sonoras a 50 m de la fuente.