



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Movimiento oscilatorio

Juan Francisco Sánchez Pérez



Universidad
Politécnica
de Cartagena

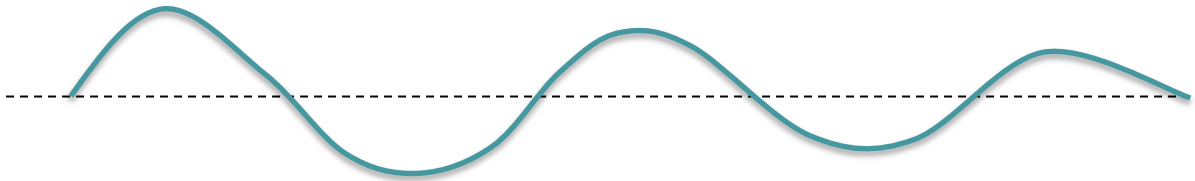
1

Movimiento ondulatorio



Movimiento ondulatorio

Movimiento ondulatorio: En el movimiento ondulatorio hay transporte de energía y de cantidad de movimiento en el espacio, pero no hay transporte de materia.





Tipos de ondas

Tipos de Ondas

Longitudinales y transversales (y otras clasificaciones)

Según el medio de propagación: Ondas electromagnéticas, mecánicas o gravitatorias.

Según la periodicidad: Ondas periódicas o no periódicas



Tipos de ondas

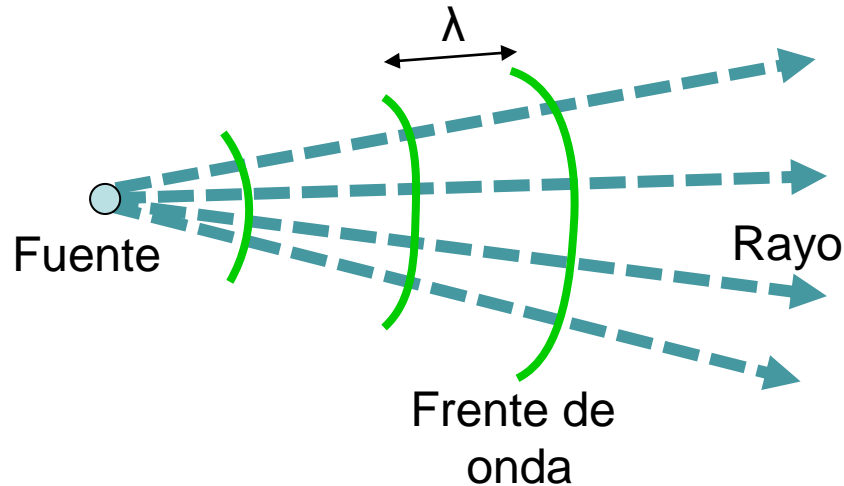
Según las dimensiones espaciales de propagación de la energía

- Ondas unidimensionales: tubo sonoro u ondas en una cuerda.
- Ondas bidimensionales: ondas en la superficie de un estanque.
- Ondas tridimensionales: ondas sonoras



Frente de ondas

El **frente de onda** es un lugar geométrico donde la onda alcanza simultáneamente a unos puntos del medio. Así, estos puntos con la misma **fase de perturbación** en cualquier instante.



Por otro lado, la **dirección de propagación** de la perturbación es **perpendicular al frente de onda**. Esta se representa con una línea, conocida como **rayo**, que indica la mencionada dirección y, además, el sentido de propagación.



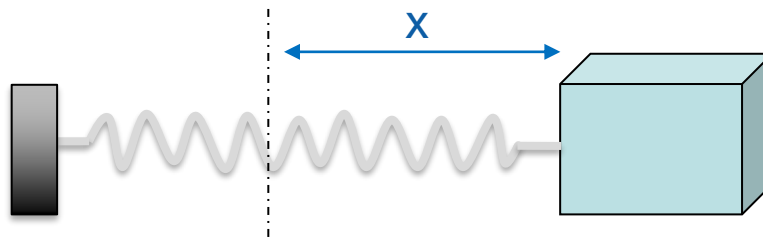
Frente de ondas

Los frentes de onda presentan formas muy diversas:

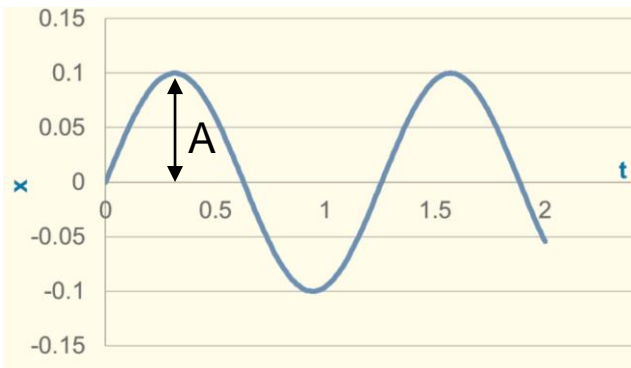
- 1) **Planos paralelos:** Cuando las **ondas** se propagan en una **sola dirección** y la onda se conoce como una **onda plana**.
- 2) **Esferas:** Cuando la onda es originada por un **foco puntual**.
- 3) **Cilindros:** Cuando la **onda** se genera en una **línea recta o eje**.
- 4) **Círculos:** Cuando se produce una perturbación en una superficie.

Movimiento Armónico Simple (MAS)

Equilibrio



$$F = ma = m \frac{d^2x}{dt^2}$$
$$F = -kx$$



$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

$$\omega^2 = k/m$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

Solución

$$x = A \text{ sen}(\omega t + \phi)$$

ϕ : Ángulo de fase

Ecuación básica del Movimiento Armónico Simple



Energía del MAS

Energía cinética de un MAS: $E_c = \frac{1}{2} m\omega^2[A^2 - x^2] = \frac{1}{2} k[A^2 - x^2]$

La Energía cinética alcanza su máximo en el centro y es nula en los extremos de oscilación

Energía potencial de un MAS: $E_p = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$

La Energía potencial alcanza su máximo en los extremos de oscilación y es nula en el centro

Energía total de un MAS: $E = E_c + E_p = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2} kA^2$



Ecuación de onda

Ecuación de onda

$$y(x,t) = A \operatorname{sen} \left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x + \phi \right)$$

$$f = \frac{\lambda}{T}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$K = \frac{2\pi}{\lambda}$$

f: Frecuencia (Hz)

λ : Longitud de onda (m)

T: Periodo (s)

ω : Frecuencia angular (rad/s)

ϕ : Ángulo de fase (rad)

K: Número de onda (m^{-1})

A: Amplitud (m)

y: Elongación del punto (m)

x: Coordenada de posición del punto

t: Tiempo (s)



Superposición o interferencias de ondas armónicas

Interferencia: Ocurre cuando una partícula sufre más **de una fuerza armónica**.

Un ejemplo es cuando se lanzan dos piedras a un estanque y se superponen en un punto

Cuando la partícula está sometida a dos MAS con la misma frecuencia, el desplazamiento del MAS viene dado por:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 = A_1 \operatorname{sen} \omega t \\ x_2 = A_2 \operatorname{sen}(\omega t + \delta) \end{array} \right\} x = x_1 + x_2 = A_1 \operatorname{sen} \omega t + A_2 \operatorname{sen}(\omega t + \delta)$$

δ : diferencia de fase



Ondas estacionarias

Una **Onda estacionaria** se produce cuando se superponen dos **movimientos ondulatorios armónicos** con igual frecuencia y amplitud que se propagan a través del medio en sentidos opuestos.

Ejemplo: Onda que se propaga en una cuerda sujeta en ambos extremos.

Onda incidente (\rightarrow): $y_1 = A \cos(Kx - \omega t)$

Onda reflejada (\leftarrow): $y_2 = A \cos(Kx + \omega t + \pi)$

$$y = y_1 + y_2 = A \cos(Kx - \omega t) + A \cos(Kx + \omega t + \pi) = 2A \operatorname{sen}(Kx) \operatorname{sen}(\omega t)$$

$$y = A_T \operatorname{sen}(\omega t)$$

$A_T = 2A \operatorname{sen}(Kx)$ La amplitud es función de la posición del punto en la cuerda



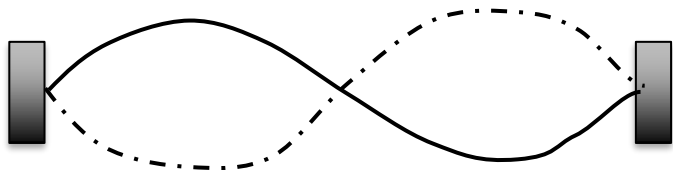
Ondas estacionarias

Solo en algunos casos se generan ondas estacionarias para un par de ondas incidente y reflejada



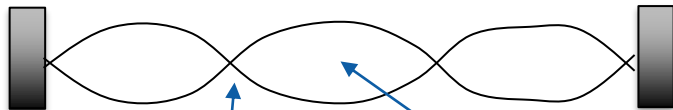
FUNDAMENTAL

$n = 1$



SEGUNDO ARMÓNICO

$n = 2$



TERCER ARMÓNICO

$n = 3$

Nodo

Vientre o antinodo

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

$$L = \frac{n\lambda_n}{2}$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n}$$

f: Frecuencia (Hz)

λ : Longitud de onda (m)

v: Velocidad (m/s)

ω : Frecuencia angular (rad/s)

L: Longitud de la cuerda (m)



Ondas estacionarias

Velocidad de propagación de la onda en la cuerda

$$v = \sqrt{\frac{T_c}{\mu}}$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{1}{\lambda_n} \sqrt{\frac{T_c}{\mu}} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T_c}{\mu}}$$

f: Frecuencia (Hz)

μ : densidad lineal (kg/m)

v: Velocidad (m/s)

T_c : Tensión de la cuerda (N)

L: Longitud de la cuerda (m)



Bibliografía

TIPLER, PAUL ALLEN Física para la ciencia y la tecnología. Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica; Reverté, 2012. ISBN 97-88429144-29-1

FERNÁNDEZ, M.R. 1000 problemas de física general mecánica, electricidad, electromagnetismo, ondas, electrónica, relatividad, radiactividad, termodinámica: Bachillerato, LOGSE, Pruebas de acceso a la Universidad, Escuelas Técnicas, Facultades Universitarias. Everest, 2007. ISBN 97-88424176-03-7

CONESA VALVERDE, MANUEL; SÁNCHEZ PÉREZ, JUAN FCO.; CASTRO RODRÍGUEZ, ENRIQUE. Prácticas de física para ingenieros: Física II: termodinámica, ondas, electricidad, óptica. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2017. ISBN 97-88416325-37-5