

transparent

MOVIMIENTO ONDULATORIO

MAS y SONIDO

Prof. Jorge Rojo Carrascosa

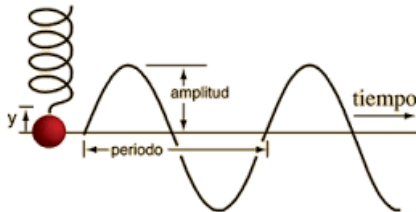
www.profesorjrc.es

MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

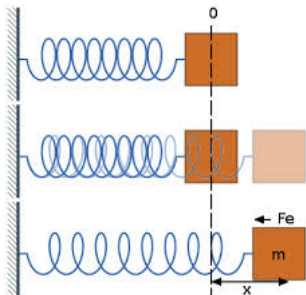
- Movimiento Oscilatorio y Periodico \Rightarrow Vibratorio
- No existe rozamiento con el medio

ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO

$$y = A \sin(\omega t + \phi_0)$$



Ecuación de velocidad	Ecuación de la aceleración
$v = A\omega \cos(\omega t + \phi_0)$	$a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi_0)$
$v_{max} = A\omega$	$a_{max} = -A\omega^2$
$v = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$	$a = -\omega^2 y$



Aplicando la 2ª Ley de Newton, la constante de recuperación del muelle queda,

$$\Sigma F = ma \Rightarrow -ky = ma$$

$$-ky = -m\omega^2 y \Rightarrow \boxed{k = m\omega^2}$$

y el periodo de las oscilaciones,

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

ENERGÍA CINÉTICA

Depende de la posición, es periódica, máxima en la posición de equilibrio y mínima en los extremos.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k(A^2 - y^2) = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t - \phi)$$

ENERGÍA POTENCIAL

Depende de la posición, es periódica, máxima en los extremos y mínima en la posición de equilibrio.

$$E_p = \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega t - \phi)$$

ENERGÍA MECÁNICA

No depende de la posición, depende de k y de la amplitud.

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}k(A^2 - y^2) + \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

ENERGÍA PROPAGACIÓN {
– MECÁNICAS
– ELECTROMAGNÉTICAS

DIRECCIÓN PROPAGACIÓN y VIBRACIÓN {
– LONGITUDINALES
– TRANSVERSALES

DIMENSIÓN {
– UNIDIMENSIONAL
– BIDIMENSIONAL
– TRIDIMENSIONAL

LIMITACIÓN {
– VIAJERA
– ESTACIONARIA

ONDAS ARMÓNICAS. ELEMENTOS I

- ELONGACIÓN, $y(x, t) \rightarrow [y] = (m, s)$
- AMPLITUD, $A \rightarrow [A] = m$
- FRECUENCIA ANGULAR o PULSACIÓN, $\omega \rightarrow [\omega] = \text{rads}^{-1}$
- FASE INICIAL, $\varphi \rightarrow [\varphi] = \text{rad}$
- PERIODO, $T \rightarrow [T] = s$

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

- FRECUENCIA, ν o $f \rightarrow [\nu] = s^{-1}$

$$\nu = \frac{1}{T} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

- LONGITUD DE ONDA, $\lambda \rightarrow [\lambda] = m$

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu}$$

ONDAS ARMÓNICAS. ELEMENTOS II

- NÚMERO DE ONDAS, $k \rightarrow [k] = \text{radm}^{-1}$

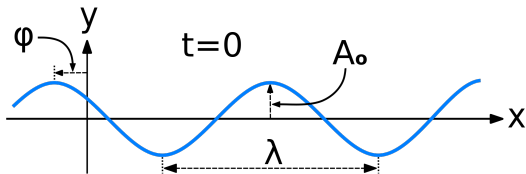
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad k = \frac{\omega}{v}$$

- VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN o DE FASE, $v \rightarrow [v] = \text{ms}^{-1}$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k} = \lambda\nu$$

- VELOCIDAD DE VIBRACIÓN, $v \rightarrow [v] = \text{ms}^{-1}$

$$v = \frac{\partial y}{\partial t}$$



ONDAS ARMÓNICAS. FUNCIÓN DE ONDAS

Ecuación o función de onda de forma general (pulso que viaja de izquierda a derecha):

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

- Si la onda se propaga en sentido negativo al eje 0X:

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

- φ , se determina imponiendo las condiciones iniciales a la función de onda ($x = 0, t = 0$).
- La función de onda también puede expresarse mediante la función coseno \Rightarrow Corrección de fase de $\frac{\pi}{2}$.
- La onda armónica es periódica en el tiempo con periodo (T)
- La onda armónica es periódica en el espacio cada longitud de onda (λ) \Rightarrow partículas en fase.

ONDAS ARMÓNICAS. ENERGÍA E INTENSIDAD

Las ondas armónicas propagan la energía correspondiente a un movimiento armónico simple (MAS)

$$E_{MAS} = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$$

$$I = \frac{E/t}{S} = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi R^2} \quad \text{con P la potencia}$$

ATENUACIÓN

Con la distancia al centro emisor la onda se amortigua.

$$\boxed{\frac{A_1}{A_2} = \frac{R_2}{R_1}}$$

ABSORCIÓN

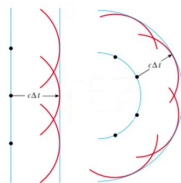
Perdida de energía de la onda por no ser perfectamente elástico el medio.

$$\boxed{I = I_0 e^{-\beta x}} \quad \text{con } \beta \text{ el coeficiente de absorción}$$

FENÓMENOS ONDULATORIOS I

PRINCIPIO DE HUYGENS

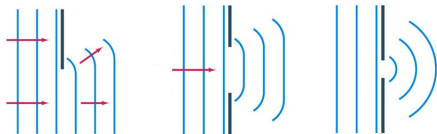
Todo punto del frente de ondas es centro emisor de nuevas ondas elementales cuya envolvente es el nuevo frente de la onda, con igual frecuencia y velocidad que la onda inicial.



Frente de onda plano Frente de onda esférico

DIFRACCIÓN

Expresa la capacidad que tienen las ondas para sortear o doblar obstáculos.



REFLEXIÓN y REFRACCIÓN

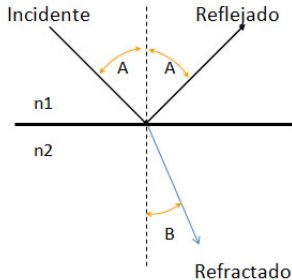
Reflexión:

$$\hat{i}_{inc} = \hat{r}_{refl}$$

Refracción:

$$\frac{\sin \hat{i}_{inc}}{\sin \hat{r}_{refr}} = \frac{v_1}{v_2}$$

La v de la onda refractada es la misma que la de la onda incidente, su λ varía.



POLARIZACIÓN

Dirección de vibración de la perturbación asociada a una onda transversal. Las longitudinales tienen la misma dirección de propagación y de vibración.

INTERFERENCIAS

Ocurre dos ondas coinciden en un mismo punto o zona concreta del espacio.

- Deben tener frecuencias iguales.
- Deben de proceder de focos coherentes.

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t)$$

$$y(x, t) = A_r \sin \left[\omega t - \frac{k(x_1 + x_2)}{2} \right]$$

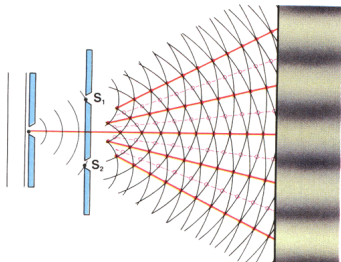
$$A_r = 2A \cos \frac{k(x_2 - x_1)}{2} = 2A \cos \frac{\pi(x_2 - x_1)}{\lambda}$$

- I. CONSTRUCTIVA:

$$\cos \frac{\pi(x_2 - x_1)}{\lambda} = \pm 1 \rightarrow \frac{\pi}{\lambda}(x_2 - x_1) = n\pi \Rightarrow x_2 - x_1 = n\lambda$$

- I. DESTRUCTIVA:

$$\cos \frac{\pi(x_2 - x_1)}{\lambda} = 0 \rightarrow \frac{\pi}{\lambda}(x_2 - x_1) = (2n+1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow x_2 - x_1 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$



Onda mecánica longitudinal y de presión que se transmite por compresiones y enrarecimientos del medio.

- Medio material para propagarse.
- Son ondas esféricas.
- Los límites de audición del oído humano son 20 Hz y 20000 Hz \Rightarrow infrasonidos y ultrasonidos.
- Las ondas sonoras se difractan, interfieren y se reflejan.
- **Eco**: Repetición del sonido original por reflexión.
- **Reverberación** Sonidos con distancia temporal menor a una décima de segundo que se reflejan.
- La velocidad es f (estado de agregación, características del medio de propagación). Aumenta con la temperatura.

SONORIDAD, $f(\text{intensidad})$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2} \Leftarrow \text{Umbrales del oído humano} \Rightarrow I_{max} = 1 \text{ Wm}^{-2}$$

Siendo β el nivel de intensidad del sonido que se mide en **decibelios (dB)**, I la intensidad del sonido.

$$\boxed{\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{I = I_0 10^{\frac{\beta}{10}}}$$

EL TONO, $f(\nu)$

Diferenciamos en **agudos** ($\nu \Rightarrow \uparrow$) y **graves** ($\nu \Rightarrow \downarrow$)

La **Resonancia** $\Rightarrow \nu_{natural} \approx \nu_{externa} \Rightarrow$ acople y posible rotura.

EL TIMBRE, $f(\text{forma de la onda})$

Distinguimos dos sonidos de igual intensidad y tono producidos por dos fuentes distintas. Los sonidos no son monofrecuenciales sino superposiciones de varios MAS \Rightarrow **armónicos** o **sobretonos**.

EFECTO DOPPLER

Es el cambio de frecuencia de una onda recibida por un observador con respecto a la emitida por un foco cuando existe un movimiento relativo entre ambos.

$$\nu' = \nu \frac{v \pm v_0}{v \pm v_F}$$

- **Se aproximan:** v_0 (+) y v_F (-).
- **Se alejan:** v_0 (-) y v_F (+).

