

## MOVIMIENTO ONDULATORIO

- Las ondas no propagan materia solo energía
- **Clasificación de las ondas:**
  - **Según el tipo de energía que propagan:**
    - **Mecánicas:** si transportan energía mecánica. Necesitan de un medio material para su transporte. Ejemplo: el sonido.
    - **Electromagnéticas:** si transportan energía electromagnética. No necesitan de un medio para su propagación. Ejemplo: la luz.
  - **Según la dirección de propagación y la dirección del movimiento de las partículas.**
    - **Longitudinales:** ambas direcciones son iguales. Ejemplo: el sonido, las ondas de compresión de un muelle.
    - **Transversales:** una es perpendicular a la otra. Ejemplo: la onda que se propaga por una cuerda.

- **Ecuación de una Onda Armónica Unidimensional**

$$y = A \cdot \cos \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_o \right] = A \cdot \cos(\omega \cdot t \pm k \cdot x + \varphi_o)$$

$$y = A \cdot \text{sen} \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi'_o \right] = A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t \pm k \cdot x + \varphi'_o)$$

el signo ( - ) corresponde a una onda que viaja hacia valores de X mayores (de izquierda a derecha) y el ( + ) hacia X menores. El coseno va retrasado  $\pi/2$  respecto del seno.

$$\lambda \text{ longitud de onda ( m ) } \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ número de ondas ( m}^{-1} \text{ )}$$

$$\text{Fase del movimiento: } \varphi = \omega \cdot t \pm k \cdot x + \varphi_o \text{ (rad)}$$

$$v_{\text{propagación}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \quad \text{Velocidad de propagación ( m/s )}$$

$$v_{\text{vibración}} = \frac{dy}{dt} \quad \text{V. de vibración ( m/s ); } \quad a_{\text{vibración}} = \frac{dv_{\text{vibrac}}}{dt} \quad \text{Aceleración de vibración (m/s}^2\text{)}$$

- *La velocidad de propagación de una onda depende de las características del medio, pero su frecuencia solo del foco emisor.*
- La Ecuación de la onda es **doblemente periódica:**
  - a) **en el espacio:** se repite, para un instante determinado, cada longitud igual a su  $\lambda$ .
  - b) **en el tiempo:** se repite, para un punto determinado, cada tiempo igual a su T.
- **Energía** asociada a un movimiento ondulatorio:

$$E = 2\pi^2 m f^2 A^2 \text{ ( J ) ; } E \text{ es proporcional a "f}^2\text{" y "A}^2\text{"}$$

- **Potencia** asociada a un movimiento ondulatorio:

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{2\pi^2 m f^2 A^2}{\Delta t} \text{ ( W )} \quad \text{"Energía propagada en la unidad de tiempo"}$$

- **Intensidad** de una onda en un punto: "Energía que atraviesa una superficie unidad colocada en ese punto perpendicularmente a la dirección de propagación, en la unidad de tiempo".

$$I = \frac{E}{\Delta S \cdot \Delta t} = \frac{P}{\Delta s} \text{ ( W/m}^2 \text{ )} \quad I \text{ es proporcional a "f}^2\text{" y "A}^2\text{"}$$

- **Atenuación** de una onda: “Disminución que sufre la intensidad y amplitud de una onda al aumentar la distancia al foco”

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1^2}{A_2^2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

la intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia al foco y la amplitud disminuye con la distancia al foco.

- **Absorción** de una onda: “Disminución que sufre la intensidad de una onda al paso de la misma por un medio determinado.

$$I = I_o \cdot e^{-\beta \cdot x}$$

## FENÓMENOS ONDULATORIOS

- **Principio de Huygens:** “Cuando un frente de onda alcanza un conjunto de puntos del espacio, éstos se convierten en focos secundarios de nuevas ondas elementales de características idénticas a la precedente, de tal modo que la envolvente de las ondas elementales constituye el nuevo frente de onda”.

- **Reflexión de una onda:** Una onda se refleja cuando choca contra una superficie y experimenta un cambio de dirección volviendo por el mismo medio que el de llegada.

**Leyes de la reflexión:** Los rayos de la onda incidente, de la reflejada y la normal están siempre en el mismo plano. Los ángulos formados por el rayo incidente con la normal y el rayo reflejado y la normal, son iguales.

- **Refracción de una onda:** Cuando una onda pasa de un medio en el que lleva una cierta velocidad “ $v_1$ ”, a otro en el que la velocidad “ $v_2$ ” es distinta de la anterior, cambia de dirección verificándose la ley de Snell:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{v_1}{v_2}$$

- **Difracción de una onda:** Es la distorsión que sufre una onda cuando se encuentra una abertura o un obstáculo, cuyo tamaño es menor o del mismo orden que el de su longitud de onda.

- **Polarización de una onda:** Una onda transversal se dice que esta polarizada linealmente cuando todas las partículas vibran en una misma dirección. Al plano definido por dicha dirección y la de propagación se le denomina “plano de polarización”. No tiene sentido hablar de polarización en las ondas longitudinales.

- **Interferencias**

- **Condiciones de interferencia:** Las ondas deben ser **coherentes** lo que implica que la diferencia de fase entre las ondas debe ser constante en cada punto del espacio. Y deben tener la misma frecuencia y amplitud.

- **Interferencia constructiva:** “Dos ondas coherentes producen una interferencia constructiva en un punto cuando la diferencias de caminos del punto en cuestión a los focos emisores es un **múltiplo entero de la longitud de onda**. Deben llegar en fase. Su amplitud será  $2A$ ”

$$r_1 - r_2 = n \cdot \lambda \quad \text{con } n = 0, 1, 2..$$

- **Interferencia destructivas:** “Dos ondas coherentes producen una interferencia destructiva en un punto cuando la diferencias de caminos del punto en cuestión a los focos emisores es un **múltiplo impar de la semilongitud de onda**”. Deben llegar en oposición de fase. Su amplitud será 0.

$$r_1 - r_2 = (2 \cdot n + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

- **Ondas estacionarias:** Las ondas estacionarias se producen cuando una onda interfiere con otra idéntica pero que viaja en sentido contrario.
  - Una onda estacionaria pues posee unos puntos fijos y permanentes llamados **nodos** en los que la amplitud vale cero. La distancia entre dos nodos consecutivos es siempre  $\lambda/2$ .
  - Entre cada dos nodos consecutivos hay siempre un **vientre** o **antinodos**, donde la onda toma valores periódicos que oscilan entre  $\pm 2.A$ .
- **Efecto Doppler:** Este efecto consiste en el cambio que experimenta la frecuencia con la que se percibe un sonido respecto de la frecuencia con la que se ha originado, debido al movimiento relativo entre la fuente y el receptor.
  - Si el foco u observador se alejan uno del otro, se perciben menos frentes de onda en la unidad de tiempo. La frecuencia baja. Sonido más grave.
  - Si el foco u observador se acercan uno del otro, se perciben más frentes de onda en la unidad de tiempo. La frecuencia sube. Sonido más agudo.
- **El sonido:** Es una onda de presión longitudinal que se propaga por un medio elástico (gas líquido o sólido). Su propagación en el aire consiste en un conjunto de compresiones y dilataciones de las partículas del aire, existiendo a su paso puntos de ligerísimos aumentos o disminuciones de la densidad y de la presión del aire.

**- Cualidades del sonido:**

**a) Intensidad:** energía transportada por una onda sonora a través de una superficie unidad y en la unidad de tiempo. Según su intensidad los sonidos se clasifican en *fuertes* y *débiles*.

**b) Tono** o altura del sonido, que depende de su frecuencia. Así un sonido se dice *agudo* si su frecuencia es alta y *grave* si su frecuencia es baja.

**c) Timbre**, que permite distinguir dos sonidos de iguales intensidad y tono. Depende de la complejidad de las ondas.