

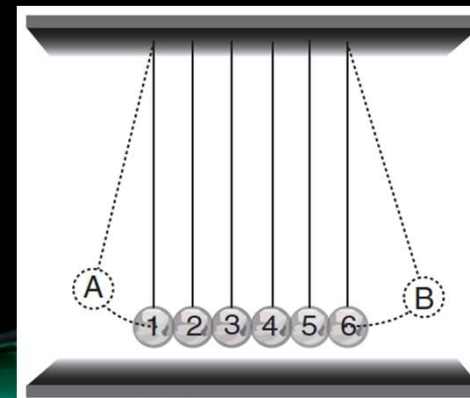


**ONDAS
(TEMA 8)**

Fernando Escudero Ramos/I.E.S. Fernando de los Ríos

1. Concepto de onda

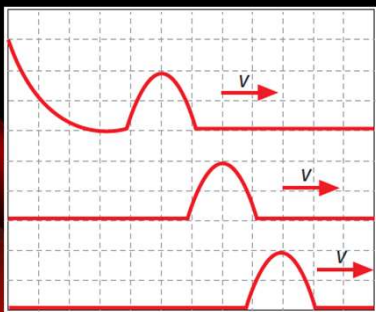
Una **onda** es una propagación de energía sin que haya desplazamiento de materia. Cuando una onda se propaga, las partículas del medio no acompañan al movimiento de avance de la onda. Para que se produzca un movimiento ondulatorio se necesita un manantial de energía, o centro emisor, que produzca una perturbación, y un medio elástico que transmita dicha perturbación.



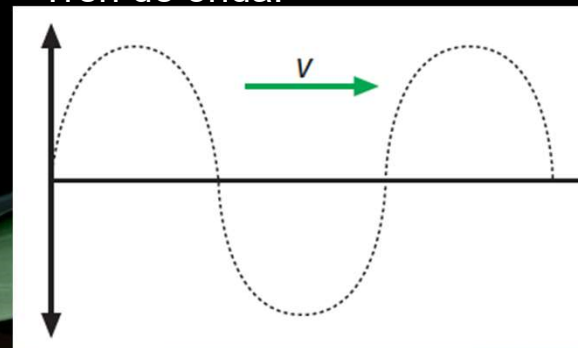
Pulso y tren de onda

- Pulso es una perturbación individual que se propaga a través del medio.
- Un tren de ondas es la propagación de una perturbación continua.
- En un pulso solo unos pocos puntos del medio, e incluso uno solo, están en movimiento en un momento dado.
- En un tren de ondas todos los puntos del medio están en movimiento.
- Para producir un tren de ondas es necesario suministrar energía continuamente al centro emisor.

Pulso :



Tren de onda:



2. Tipos de onda:

2.1 Según la energía que se transporta:

Ondas Mecánicas:

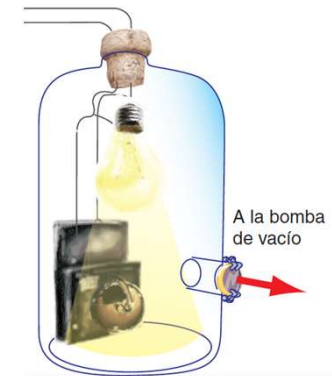
Para que se origine una onda mecánica es necesario:

1. Una fuente o agente que produzca energía mecánica.
2. Un medio material que se pueda perturbar.
3. Alguna característica física común a las partículas del medio que permita una interacción entre ellas. Las características que permiten la propagación de una onda material son:
 - La fuerza recuperadora de tipo elástico que mantiene unidas las moléculas.
 - La masa inerte.

Ondas Electromagnéticas:

Se propaga energía electromagnética producida por oscilaciones de cargas eléctricas aceleradas.

No se necesita medio material de propagación.

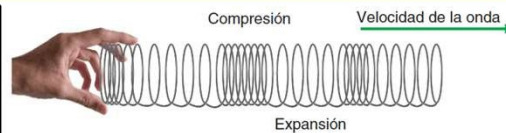


2.2. Número de dimensiones en las que se propaga la energía.

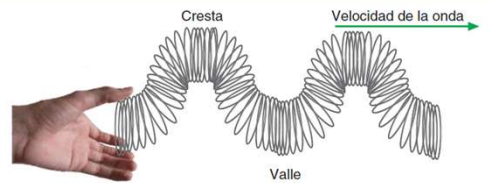
1. **Ondas unidimensionales:** la energía se propaga en una dimensión. Es decir, en una sola dirección en el espacio. Por ejemplo, la onda que se propaga en una cuerda.
2. **Ondas bidimensionales:** la energía se propaga en un plano. Por ejemplo, las ondas que se propagan en la superficie del agua.
3. **Ondas tridimensionales:** la energía se propaga en tres dimensiones. Por ejemplo, el sonido.

2.3. Relación entre la dirección de propagación y la dirección de vibración

Una onda es **longitudinal** cuando la dirección de vibración de las partículas coincide con la dirección de propagación.



Una onda es **transversal** cuando se propaga perpendicularmente a la dirección en que vibran las partículas.



3. Magnitudes características de las ondas armónicas.

Periodo, T: Tiempo que tarda en realizar una oscilación completa. Se mide en segundos (s).

Frecuencia, f: Es el número de oscilaciones que se realizan en un segundo. Se mide en hercios (Hz). $f=1/ T$

Longitud de onda: Es la distancia que se ha propagado la onda en un periodo. Se mide en metros (m).

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

Elongación, y: La distancia que separa cada punto de la posición de equilibrio. Recibe el nombre de función de onda: $y(x, t)$.

Amplitud, A: La máxima elongación.

Velocidad de propagación, v: Velocidad a la que viaja la onda.

$$v = \frac{x}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

Frecuencia angular, ω : Velocidad angular, rapidez con que se producen las oscilaciones.

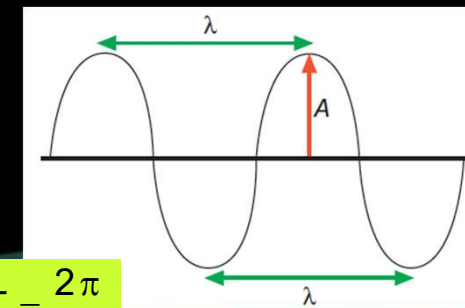
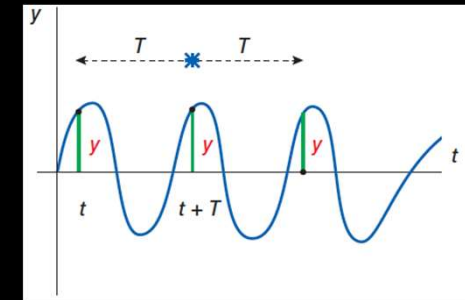
$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Numero de onda, k: Numero de longitudes de onda que hay en una distancia 2π .

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{rad}{m} \right)$$

Fase: Estado de oscilación en cualquier instante.

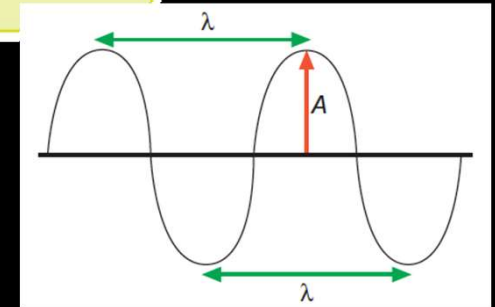
$$(kx \pm \omega t + \phi_0)$$



4. Ecuación de las ondas armónicas

La **ecuación de una onda** se puede definir como la expresión matemática que permite obtener la elongación o estado de vibración de una partícula cualquiera del medio en cualquier instante t .

$$y(x, t) = A \cdot \text{sen}(kx \pm \omega t + \varphi_0) \quad (\text{m})$$



La ecuación será $-\omega t$ cuando la onda se desplace en el sentido positivo de las x , y ωt en caso contrario.

Nótese que la ecuación de ondas no es más que un Movimiento armónico simple (MAS) en cada punto de la onda:

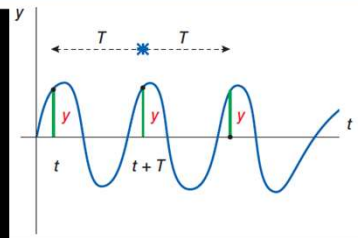
$$\text{En } x = 0 \quad y(0, t) = A \cdot \text{sen}(\pm \omega t + \varphi_0) \quad (\text{m})$$

5. Propiedades periódicas de la función de onda armónica

Una onda armónica es periódica en el tiempo con un periodo T .

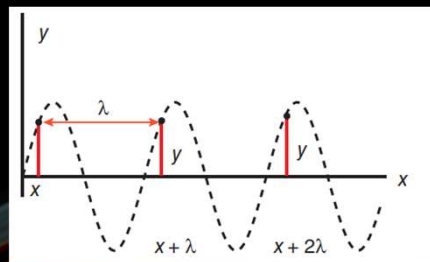
Por tanto, se cumple que:

$$y(x, t) = y(x, t \pm T) = \dots = y(x, t \pm nT) \text{ con } n = 0, 1, \dots$$



Una onda armónica es periódica en el espacio.

Por tanto, el estado de vibración de las partículas $x, x \pm \lambda, x \pm 2\lambda \dots$ es el mismo.



6. Estudio cualitativo de algunas propiedades de las ondas. Principio de Huygens

Todo punto de un frente de onda es centro emisor de nuevas ondas elementales cuya envolvente es el nuevo frente de onda.

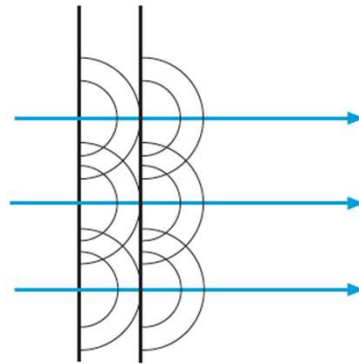
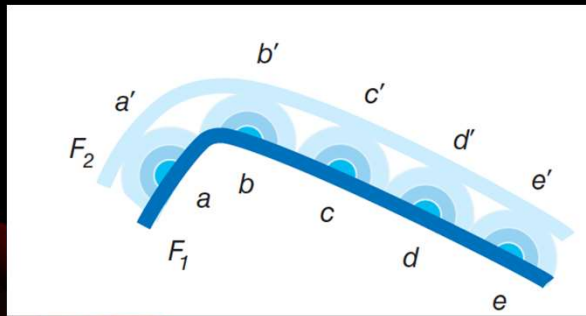


Fig. 8.21. Aplicación del principio de Huygens a una onda plana.

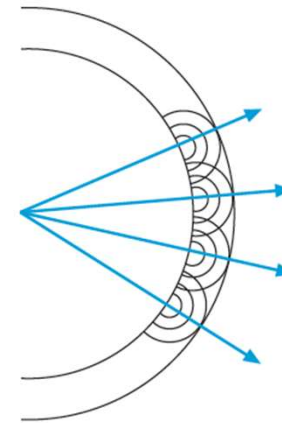


Fig. 8.22. Aplicación del principio de Huygens a una onda esférica.

6.1 Reflexión de ondas. Ley de Snell

La reflexión de las ondas cumple las siguientes leyes conocidas con el nombre de **leyes de Snell**:

1. El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales.
2. Los rayos incidente y reflejado y la normal están en el mismo plano.

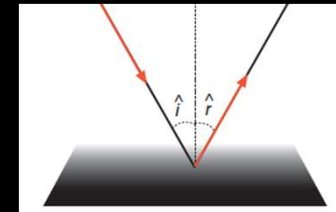
Rayo incidente es la dirección de propagación de la onda que llega a la superficie reflectora.

Rayo reflejado es la dirección en que se propaga la onda reflejada.

La normal (N) es la línea perpendicular a la superficie que refleja en el punto de incidencia.

Ángulo de incidencia (i) es el ángulo formado por la normal y el rayo incidente.

Ángulo de reflexión (r) es el ángulo formado por la normal y el rayo reflejado.



6.2. Refracción de una onda

La refracción se produce cuando una onda atraviesa la superficie de separación entre dos medios de propagación distintos.

Ley de Snell para la refracción

El cociente entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción es igual al cociente entre las velocidades de propagación en los medios 1 y 2 (Fig. 8.25).

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

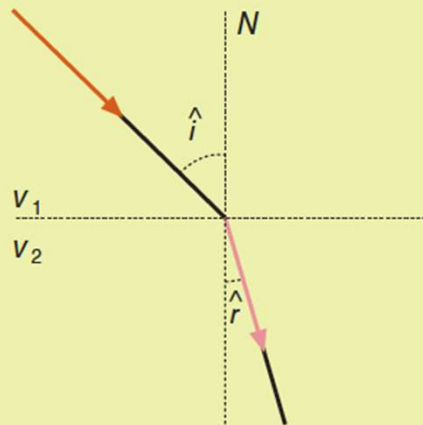
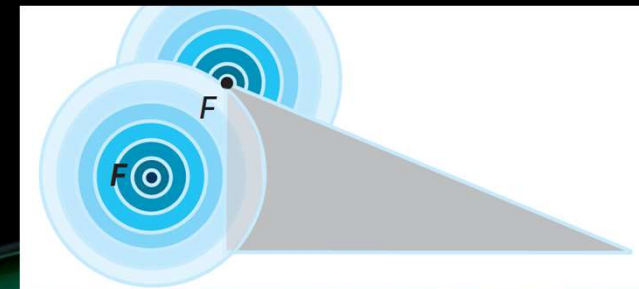
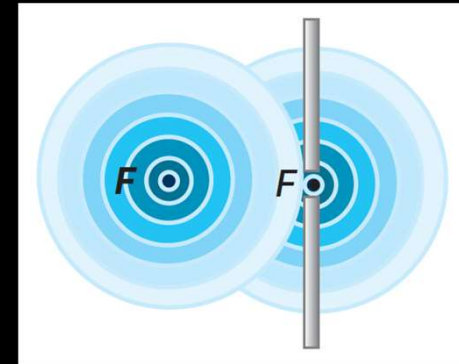
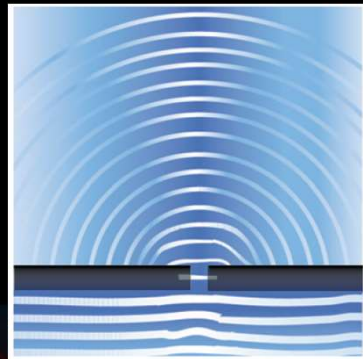


Fig. 8.25. Diagrama de rayos para la refracción.

6.3. Difracción

Este fenómeno se produce cuando un obstáculo impide el avance de una parte del frente de onda.

Los puntos del frente de onda que no están tapados por el obstáculo se convierten en centros emisores de nuevos frentes de ondas.



6.4. Polarización

Se dice que una onda está polarizada cuando tiene un determinado plano de vibración.

Se llama plano de polarización al formado por la dirección de propagación y la dirección de vibración.



6.5. Interferencias

Cuando dos o más ondas concurren en un mismo punto, la perturbación resultante es igual a la suma de las perturbaciones que produciría cada una por separado.

$$y_1(x, t) = A \cdot \text{sen}(kx \pm \omega t + \varphi_{01})$$
$$y_2(x, t) = A \cdot \text{sen}(kx \pm \omega t + \varphi_{02})$$



$$y_T(x, t) = y_1 + y_2 = A \cdot [\text{sen}(kx \pm \omega t + \varphi_{01}) + \text{sen}(kx \pm \omega t + \varphi_{02})]$$

Aplicando las ecuaciones trigonométricas, la ecuación total de la onda resulta ser:

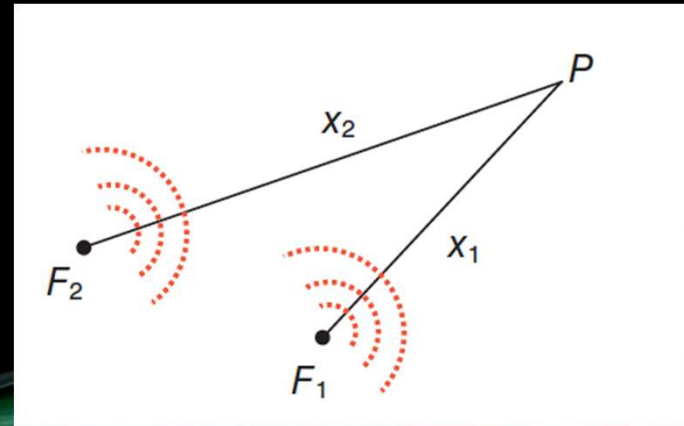
Ayuda:

$$\sin a + \sin b = 2 \cos\left(\frac{a-b}{2}\right) \sin\left(\frac{a+b}{2}\right)$$

$$y_T(x, t) = 2 \cdot A \cdot \cos\left(\frac{\varphi_{01} - \varphi_{02}}{2}\right) \cdot \text{sen}\left(kx \pm \omega t + \frac{\varphi_{01} + \varphi_{02}}{2}\right)$$

La Amplitud resultante viene dada por:

$$A_r = 2 \cdot A \cdot \cos\left(\frac{\varphi_{01} - \varphi_{02}}{2}\right)$$



7. Transmisión de energía a través de un medio

Cuando una onda avanza transporta energía en la dirección y sentido en que viaja.

Se llama intensidad de un movimiento ondulatorio en un punto a la cantidad de energía que atraviesa perpendicularmente la unidad de superficie colocada en dicho punto en la unidad de tiempo. Se mide en W/m^2 .

$$I = \frac{E}{S t} = \frac{P}{S}$$

Recuerda

1. La intensidad de una onda es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco.

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

2. La intensidad de una onda es directamente proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda.

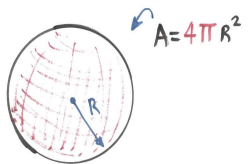
$$I \propto A^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot A^2$$



Atenuación: Variación que se produce en la intensidad de una onda con la distancia.

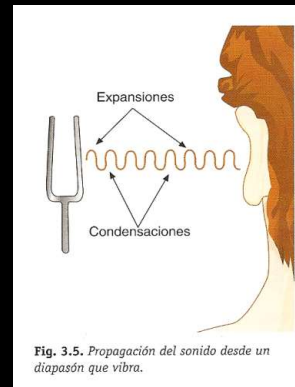
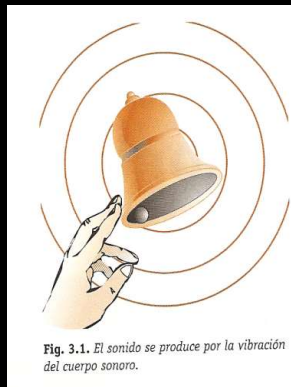
Absorción: Variación que se produce en la intensidad de una onda al atravesar un medio.



9. EL SONIDO.



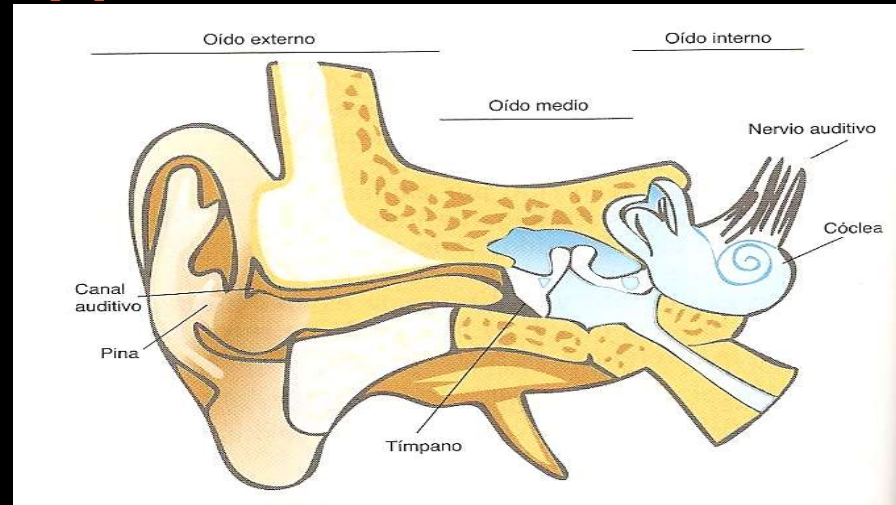
- La **acústica** es la ciencia que estudia la producción, la propagación y la recepción del sonido.
- **Producción del sonido:** Cuando un **foco emisor**, como una campana o una cuerda vocal, vibra, las **vibraciones se transmiten a las partículas del medio contiguas** al foco. Las partículas del medio se separan y aproximan periódicamente; se producen así compresiones y dilataciones que se propagan a través del medio. De esta manera se origina una **onda sonora**.
- **Propagación del sonido:** Las ondas sonoras necesitan un medio en el que propagarse, por lo que son **ondas mecánicas**. Se propagan en la misma dirección en la que tienen lugar las compresiones y dilataciones del medio: son **ondas longitudinales**.



La **velocidad de propagación** de las ondas sonoras depende de la distancia entre las partículas del medio; por tanto, es en general mayor en los sólidos que en los líquidos, y en estos, a su vez, mayor que en los gases.

*El sonido está producido por las vibraciones de un foco emisor.
Las ondas sonoras son mecánicas y longitudinales.*

9. EL SONIDO (II)



- **Recepción del sonido:** Cuando una onda sonora alcanza el oído, la vibración que produce en la membrana auditiva provoca una reacción en el nervio auditivo que da lugar al proceso de audición. El **sistema nervioso humano** produce la sensación auditiva para frecuencias comprendidas entre 16 y 20.000 Hz. Por encima de 20 KHz se encuentran los ultrasonidos.
- La sensación auditiva está relacionada con el fenómeno de la **resonancia**. Todo cuerpo tiene una frecuencia natural o propia de vibración; cuando un objeto es alcanzado por una onda de frecuencia igual a la frecuencia propia del cuerpo, este comienza a vibrar; y se dice que el cuerpo y el sonido están en resonancia. El **oído humano** contiene fibras de diferente longitud con frecuencias propias entre 16 Hz y 20 KHz.

11. Cualidades del sonido

En la siguiente tabla vemos la relación entre el efecto y la propiedad física del sonido:

Efecto sensorial		Propiedad física de la onda
Sonoridad	↔	Intensidad de la onda
Tono	↔	Frecuencia de la onda
Timbre	↔	Forma de la onda

11.1 Sonoridad. La sonoridad es lo que se conoce usualmente como volumen.

El máximo y el mínimo sonidos percibidos por el oído humano se estiman en

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$I = 1 \text{ W/m}^2$$

La sonoridad se suele medir en **decibelios**:

Se trata de una escala logarítmica definida por:

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

Donde:

β = es el nivel de intensidad del sonido; se mide en **decibelios**

I = intensidad de un sonido determinado;

I_0 = intensidad umbral: 10^{-12} W/m^2 .

