



ce
pre
UNI

Física

CICLO
PREUNIVERSITARIO
2023-1





ce
pre
UNI

Física

MOVIMIENTO ONDULATORIO

ce
pre
UNI

FUNCIÓN DE ONDA

Representa el cambio de una cantidad física del medio mientras la onda se propaga a través de él.

Sea y el cambio de dicha cantidad física respecto a su valor cuando el medio está en equilibrio.

Cuando $y = 0$, las partes del medio están en equilibrio.

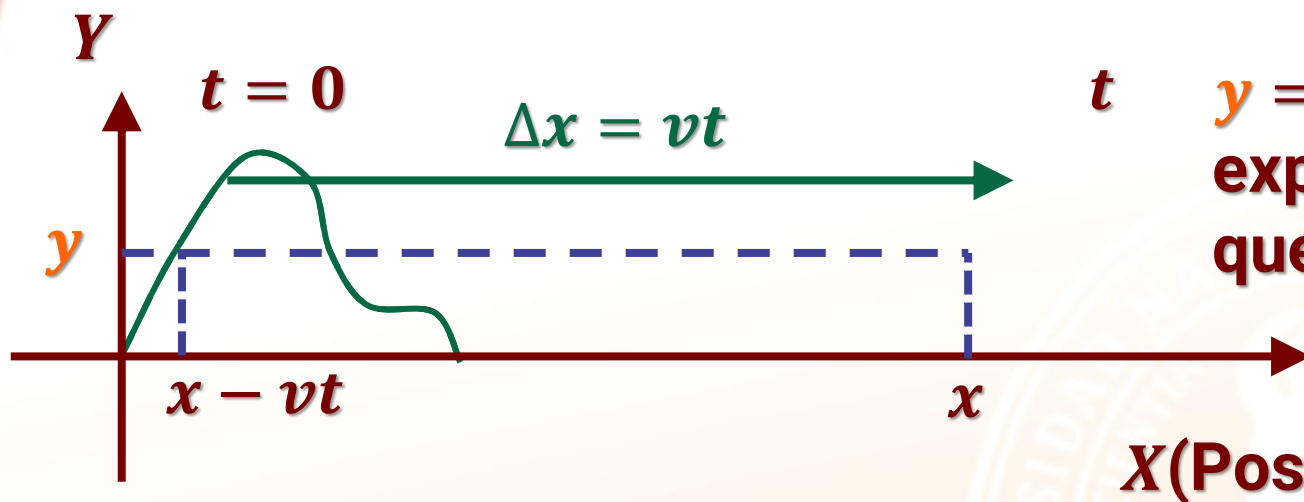
Cuando $y \neq 0$, las partes del medio se desplazan respecto a su posición de equilibrio. al valor $y_{\max}$ se le denomina amplitud de la onda y se simboliza como A

CUANDO NO PASA LA ONDA

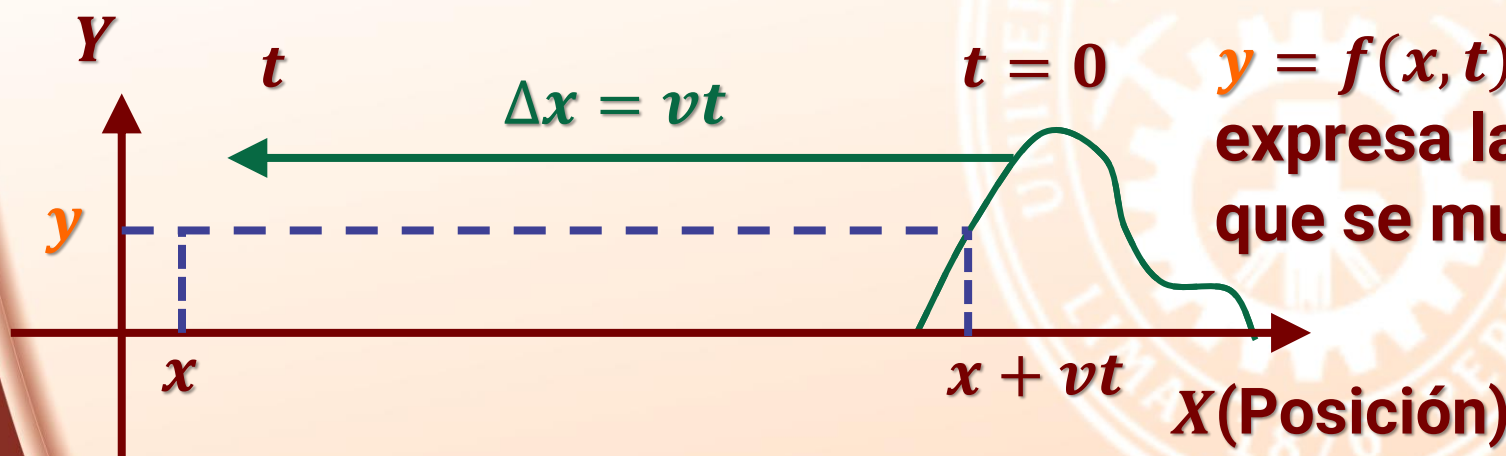
$$y = 0$$



Mientras no cambien las propiedades del medio la onda se mueve a velocidad constante



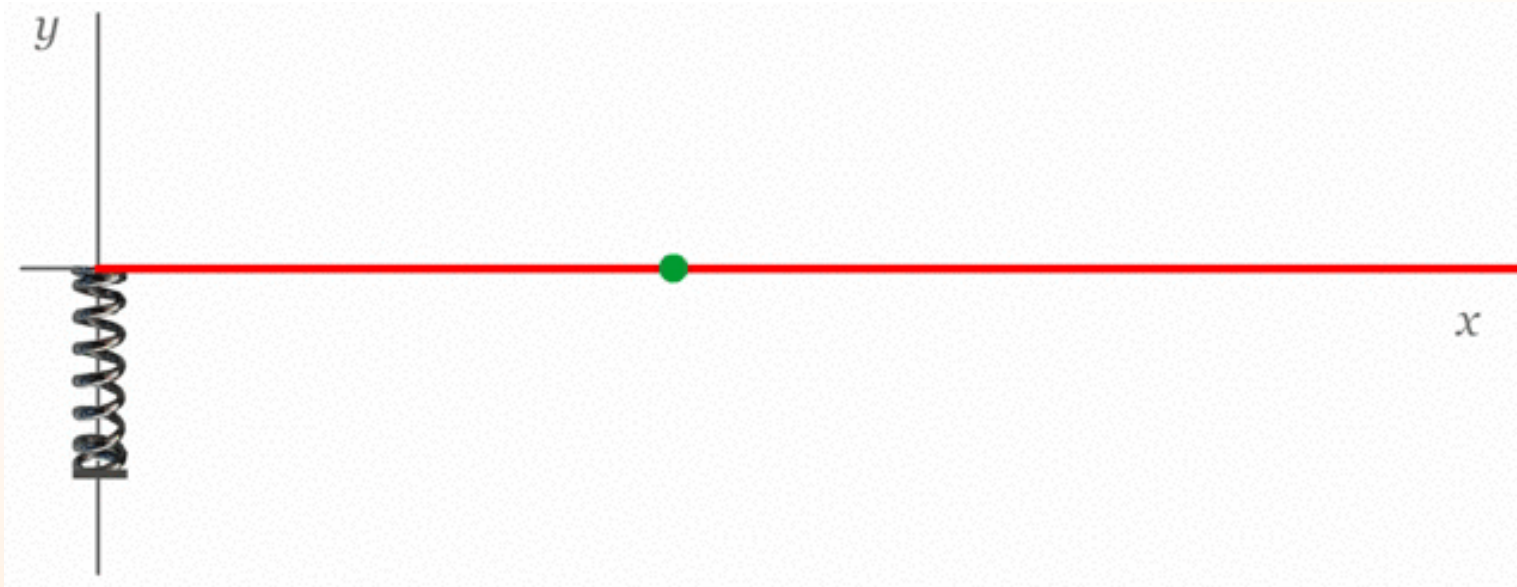
$y = f(x, t) = f(x - vt, 0) = f(x - vt)$
expresa la función de una onda
que se mueve hacia $+X$



$y = f(x, t) = f(x + vt, 0) = f(x + vt)$
expresa la función de una onda
que se mueve hacia $-X$

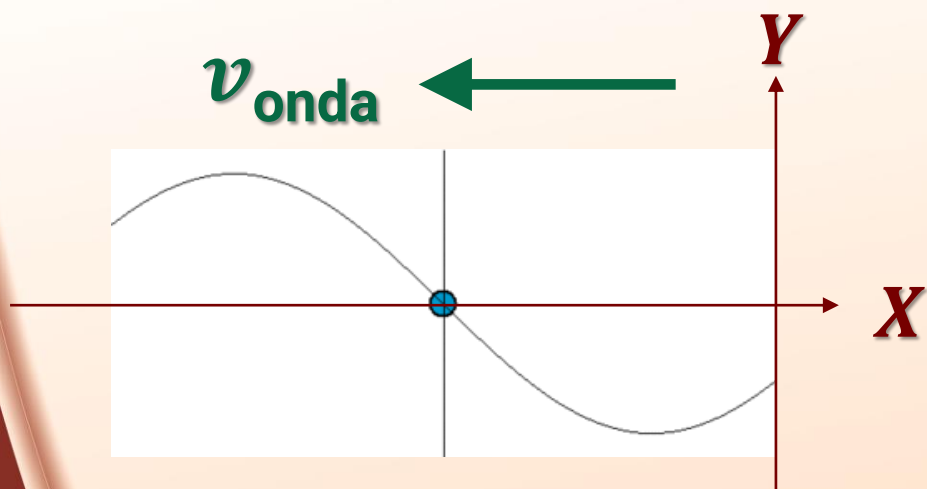
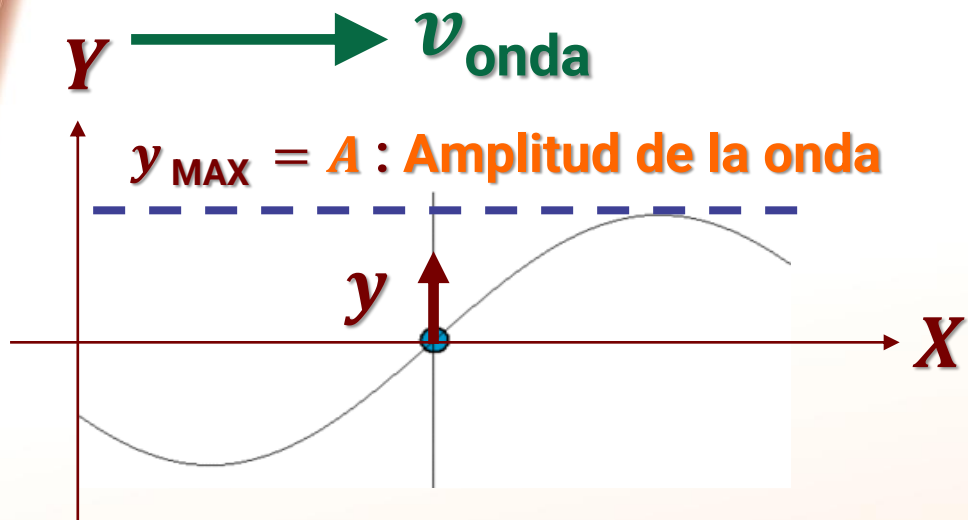
ONDA ARMÓNICA

Es producida por una fuente de modo que la perturbación que produce puede representarse como un movimiento armónico simple.



La fuente produce la perturbación con cierta frecuencia (ν). En el caso de un medio material esa será también frecuencia de oscilación de las partes del medio.

Fijando una posición de observación



Vemos que mientras la onda armónica se propaga, las partes del medio realizan M.A.S.

$$y_{\text{max}} = A$$

Recordando que $\omega = 2\pi\nu$

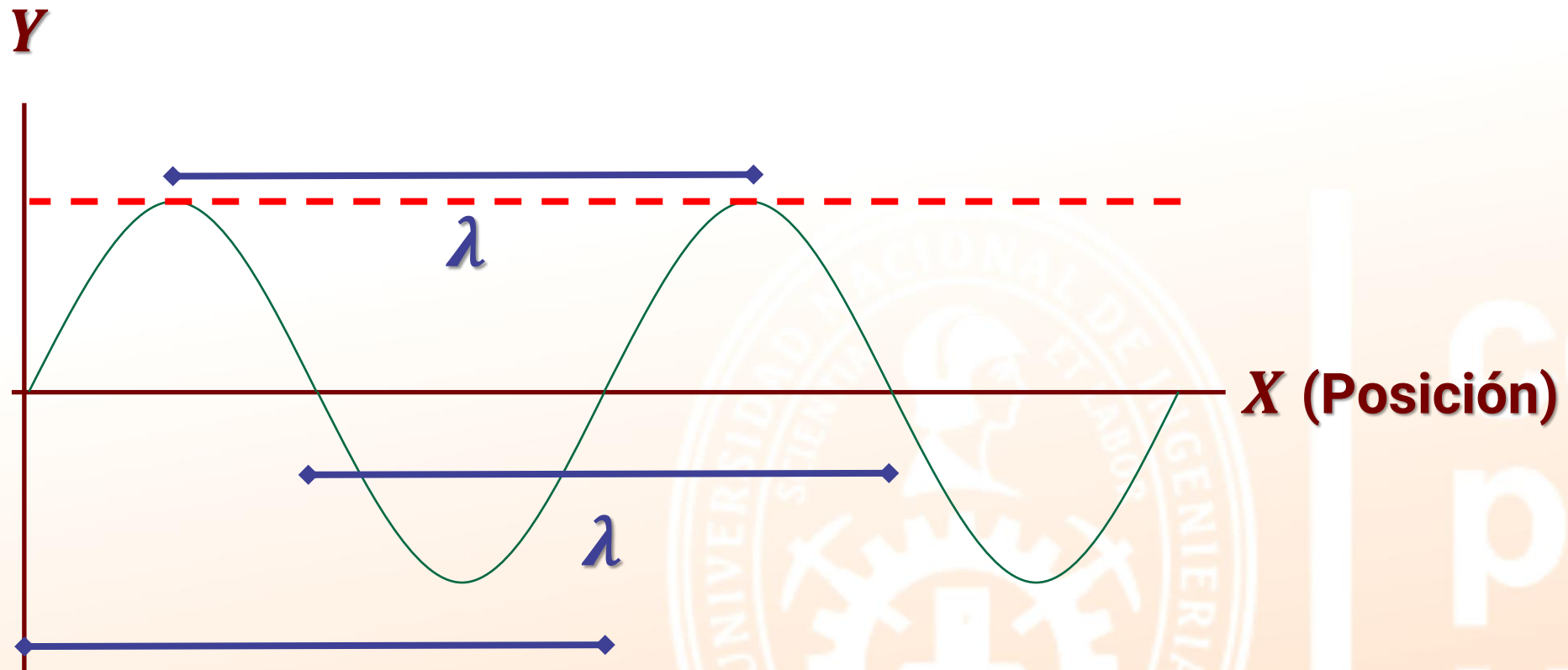
$$v_y = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$$

$$v_{y\text{max}} = \omega A$$

$$a_y = -\omega^2 y$$

$$a_{y\text{max}} = \omega^2 A$$

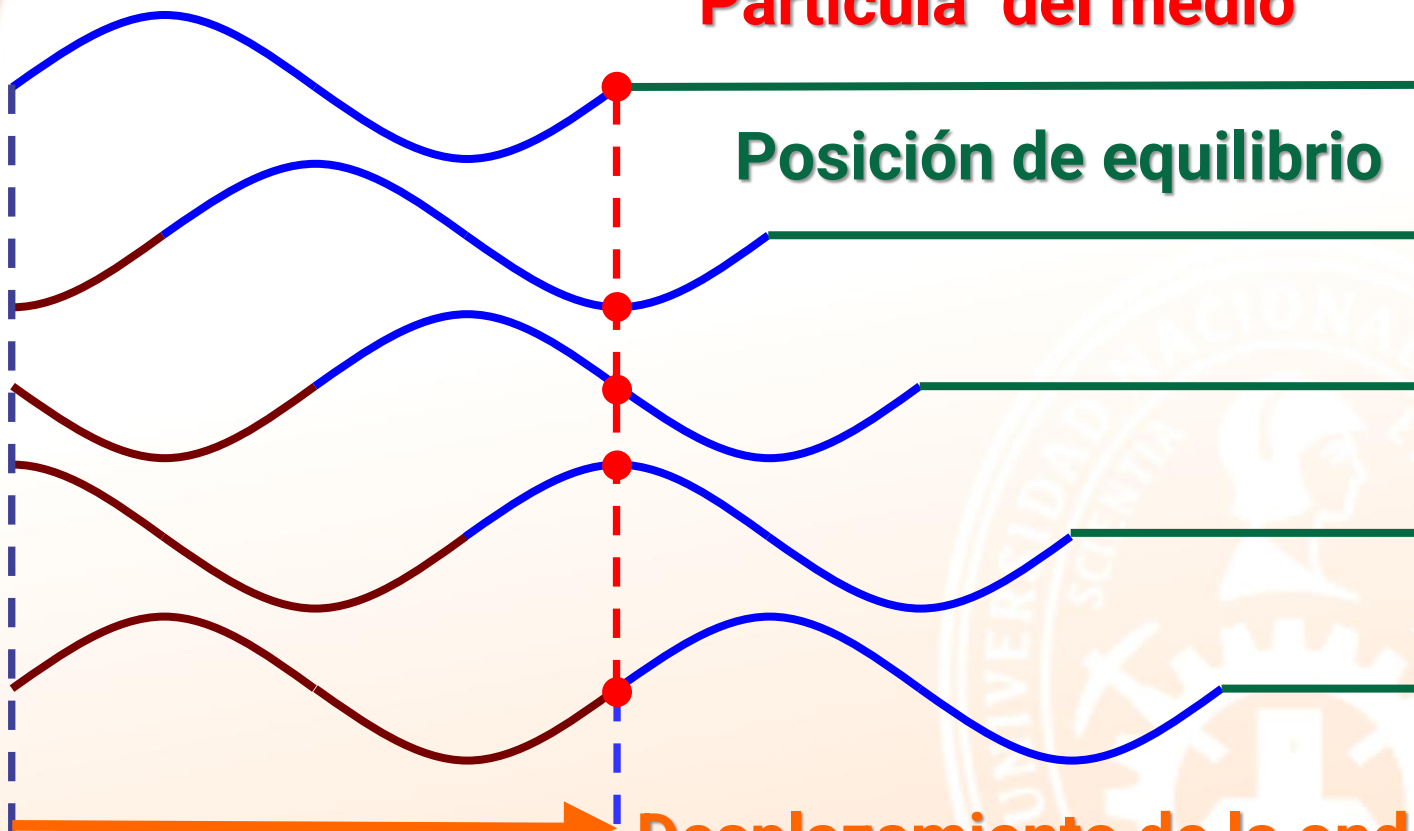
Tomando una foto en un instante de tiempo



λ : Longitud de onda (longitud para la cual se repite el perfil de la onda armónica)

Partícula del medio

Posición de equilibrio



Desplazamiento de la onda
luego de una oscilación: λ

Calculamos la velocidad
de la onda armónica.
Como la velocidad de una
onda es constante:

$$v_{\text{onda armónica}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda v$$

FUNCIÓN DE ONDA ARMÓNICA

$$y = f(x, t) = f(x \pm vt)$$

$$= A \text{ Sen}[k(x \pm vt)] = A \text{ Sen}[kx \pm \underbrace{kv}_{\omega}t]$$

$$\omega = kv \Rightarrow k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi\nu}{\lambda\nu} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

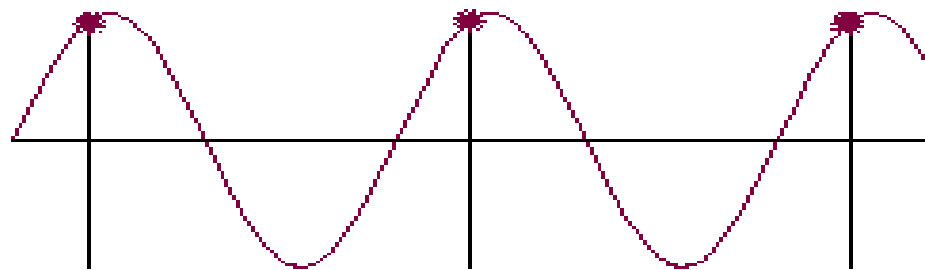
Se denomina a k número de onda, cuya unidad S.I. es m^{-1}

De esta manera, la función de onda armónica se expresa de la siguiente forma:

$$y = A \text{ Sen}[\underbrace{kx \pm \omega t}_{\text{Fase}}]$$

Fase

Oscilación en fase



Dos puntos del medio que oscilan en fase realizan la misma oscilación en el mismo tiempo. La distancia que los separa siempre es un múltiplo entero de λ .

Diferencia de fase

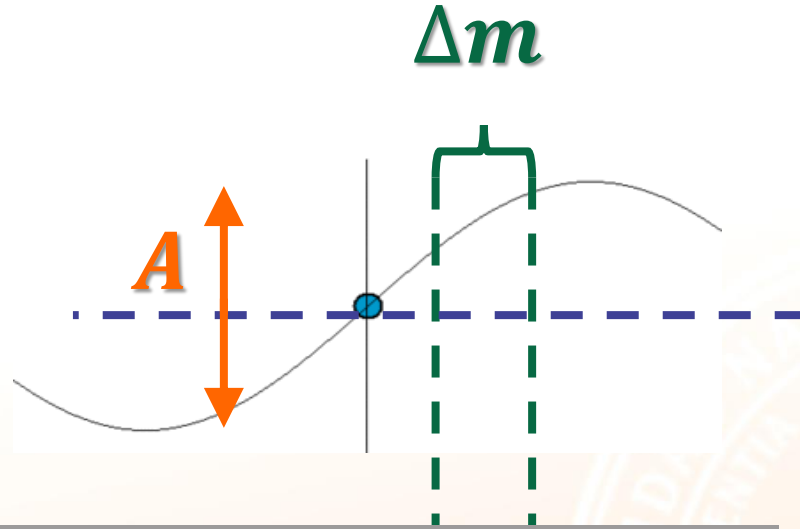
De la función de onda armónica, la fase es $kx \pm \omega t$. para dos posiciones x_1 y x_2 , la diferencia de fase en un mismo instante de tiempo es:

$$\begin{aligned}\Delta\varphi &= kx_2 \pm \omega t - (kx_1 \pm \omega t) \\ &= k(x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1)\end{aligned}$$

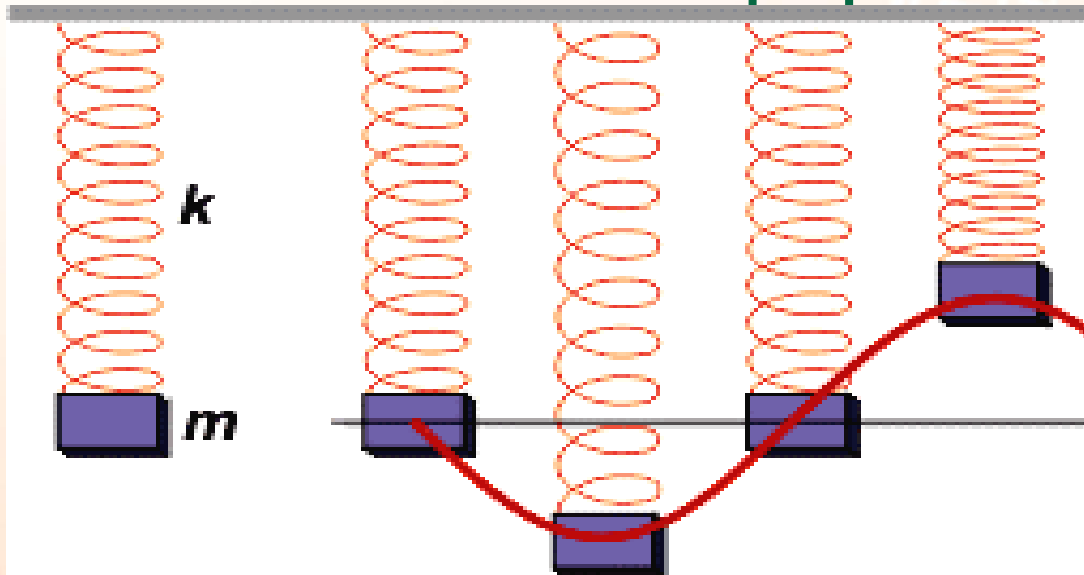
Cuando oscilan en fase:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(N\lambda) = 2\pi N$$

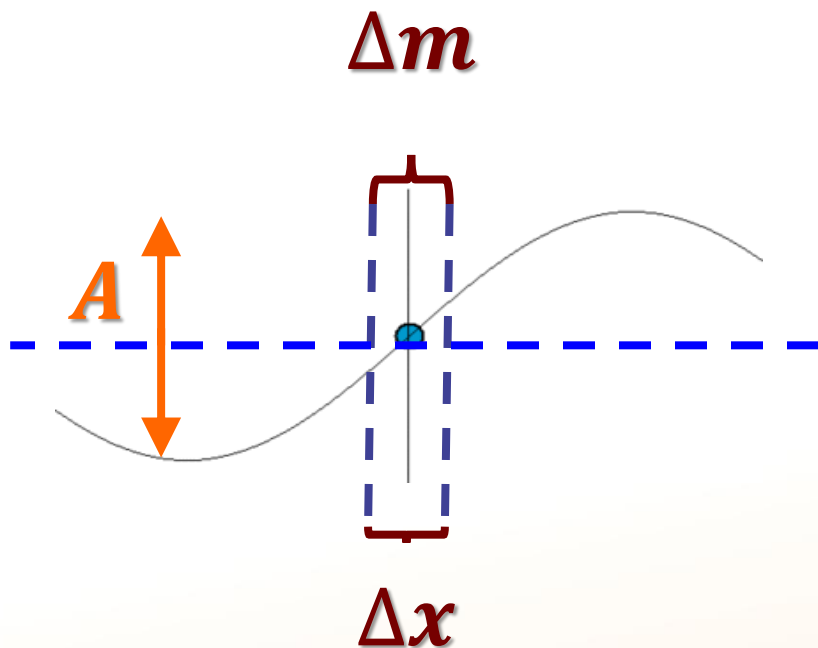
ENERGÍA TRANSPORTADA POR UNA ONDA



Las partes del medio realizan M.A.S. debido a la energía que la onda transporta mientras se propaga



Como todas las partes oscilan con la misma amplitud y frecuencia, pero con diferente fase, entonces cada parte del medio oscila con la misma energía



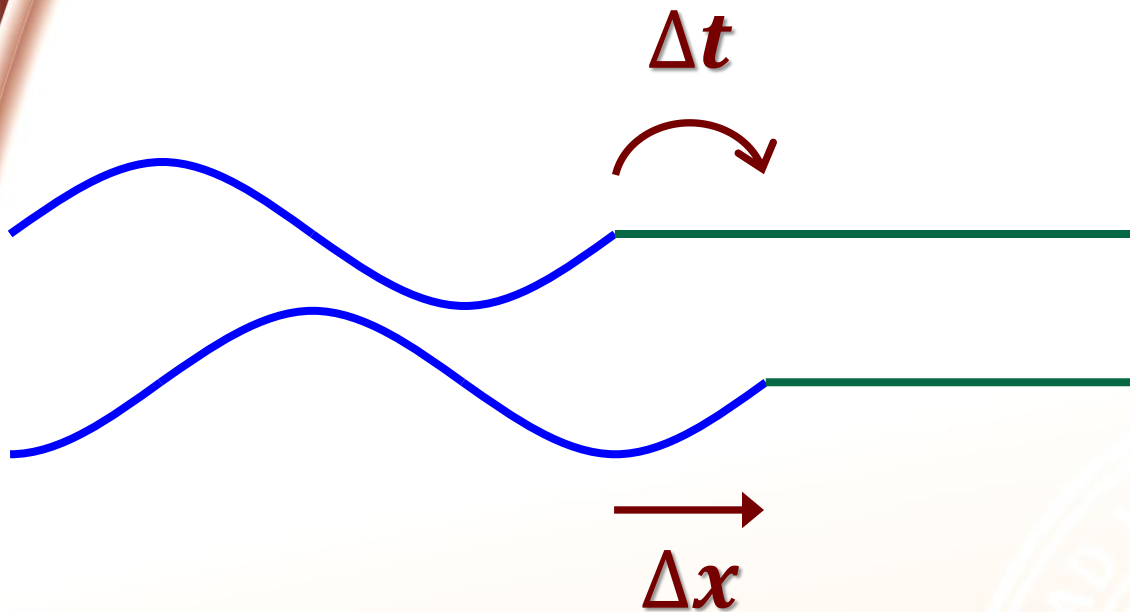
En el caso de una cuerda tensa, podemos dividir la cuerda en pequeños segmentos de masa Δm y longitud Δx .

$$\mu = \frac{\Delta m}{\Delta x} \Rightarrow \Delta m = \mu \Delta x$$

En el M.A.S. la energía $E = E_{k\max} = \frac{1}{2} m (v_{\max})^2$
 $= \frac{1}{2} m (\omega A)^2$. Entonces cada

pequeño segmento tiene una energía $\Delta E = \frac{1}{2} (\mu \Delta x) (v_{\max})^2$ es $\frac{1}{2} (\mu \Delta x) (\omega A)^2$

$$E = \sum \Delta E = \sum \frac{1}{2} (\mu \Delta x) (\omega A)^2 = \frac{1}{2} \mu (\sum \Delta x) (\omega A)^2 = \frac{1}{2} \mu \ell (\omega A)^2$$



En el tiempo Δt la onda realiza un desplazamiento Δx y transportando una energía

$$\Delta E = \frac{1}{2} (\mu \Delta x) (\omega A)^2$$

Por lo tanto la potencia con la cual la fuente emite la energía transportada por la onda es

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1}{2} \left(\mu \frac{\Delta x}{\Delta t} \right) (\omega A)^2 = \frac{1}{2} (\mu v_{\text{ONDA}}) (\omega A)^2$$



ce
pre
UNI

Física

FENÓMENOS ONDULATORIOS

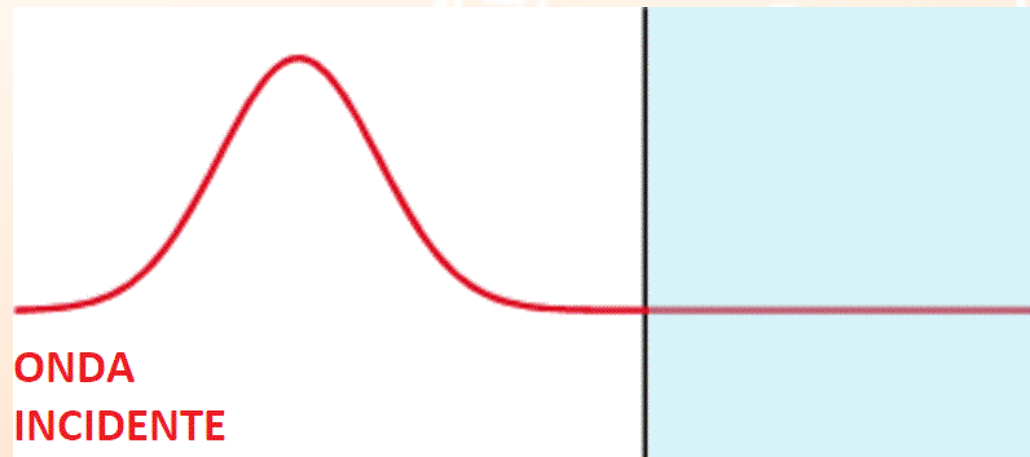
ce
pre
UNI

REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE ONDAS

Onda incidente: Onda que viaja por un medio y llega a la frontera que lo separa de otro medio.

Onda reflejada: Parte de la onda incidente que retorna desde la frontera por el medio donde viajaba la onda incidente.

Onda refractada o transmitida: Parte de la onda incidente que logra pasar la frontera y viaja en el otro medio.



Experimentalmente, en cuerdas tensas se observan los siguientes resultados:

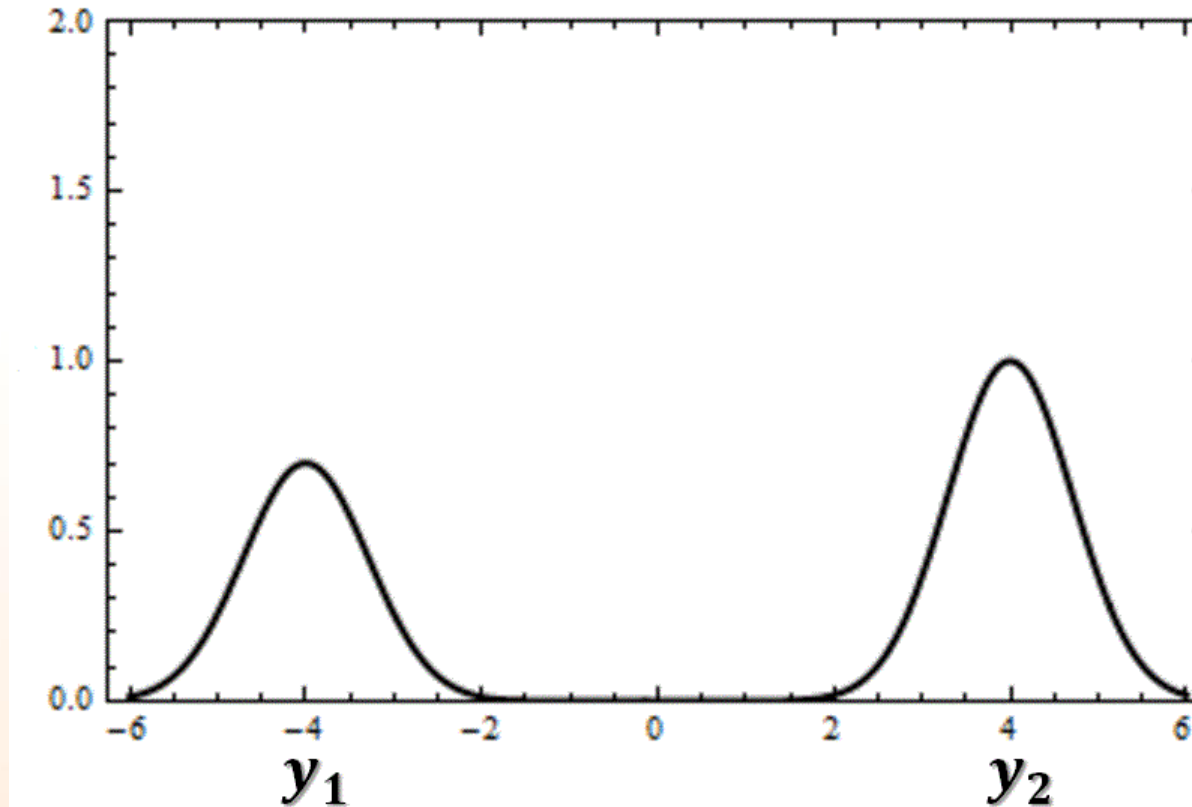
Cuando una onda viaja hacia un medio de mayor densidad lineal ($\mu_A < \mu_B$) el perfil de la onda reflejada se invierte verticalmente



Cuando una onda viaja hacia un medio de menor densidad lineal ($\mu_A > \mu_B$) el perfil de la onda reflejada no se invierte.



SUPERPOSICIÓN DE ONDAS



Cuando dos ondas se superponen, comparten la misma región del espacio en el mismo tiempo, situación imposible para las partículas.

ONDAS ESTACIONARIAS

Se obtienen por la superposición de 2 ondas armónicas con la misma frecuencia y amplitud.

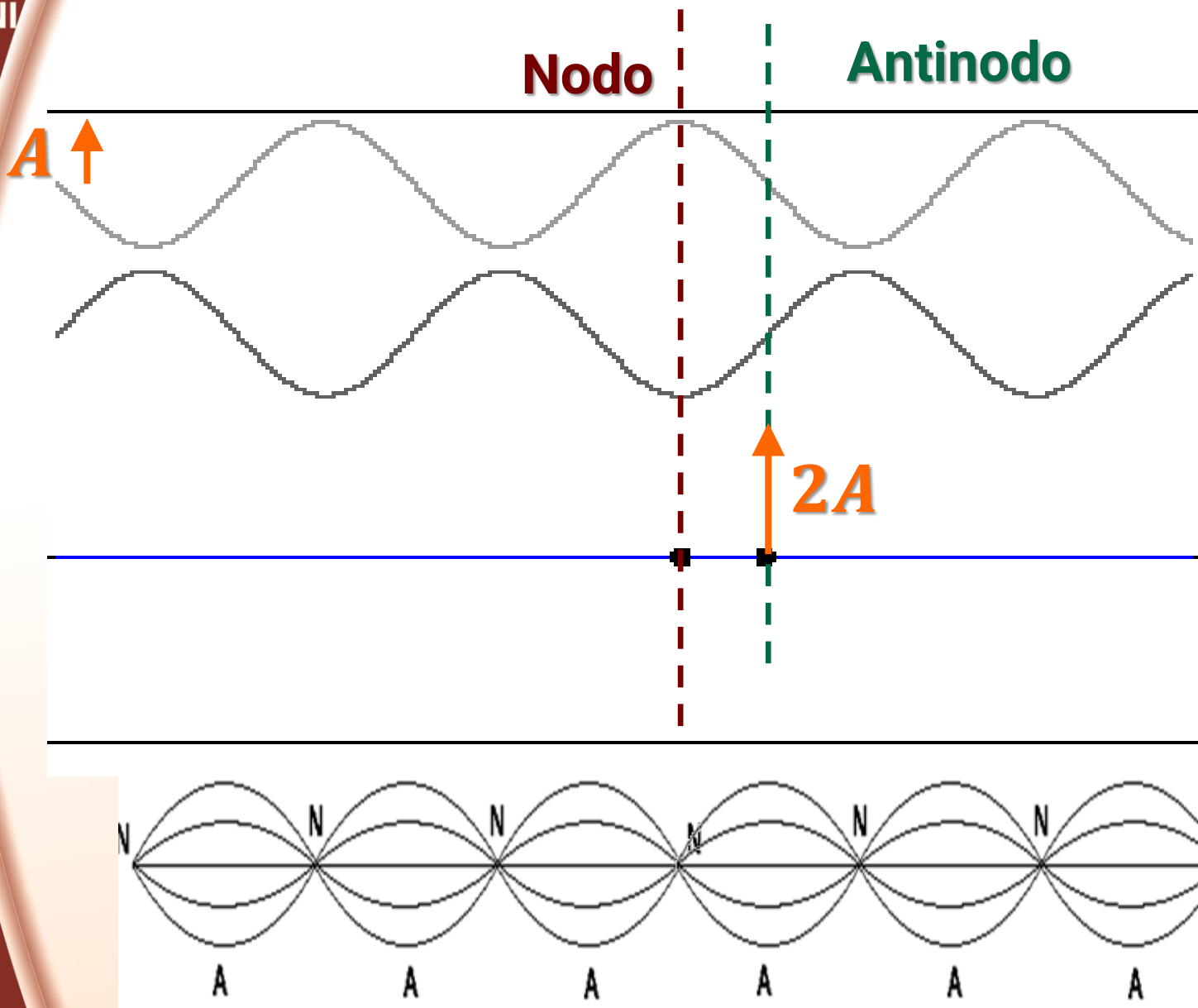
Analizaremos el caso cuando las ondas se propagan en orientaciones opuestas y yendo a su encuentro

$$y_1 = A \text{ Sen}[kx + \omega t] \quad y_2 = A \text{ Sen}[kx - \omega t]$$

Mientras se superponen $y = y_1 + y_2$

$$y = A \text{ Sen}[kx + \omega t] + A \text{ Sen}[kx - \omega t]$$

$$y = 2A \text{ Sen}[kx] \text{ Cos}[\omega t]$$

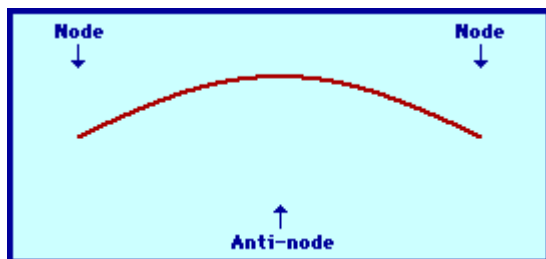


Nodo: Puntos sin amplitud

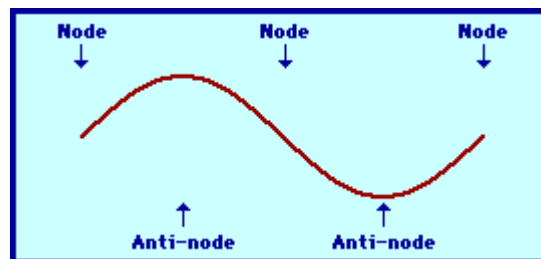
Antinodo: Puntos con la máxima amplitud: $2A$

$$y = 2A \underbrace{\text{Sen}[kx] \text{Cos}[\omega t]}$$

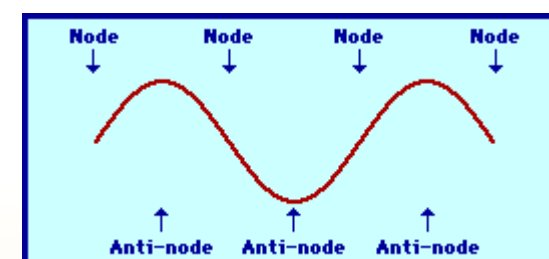
Amplitud para el punto cuya posición es x



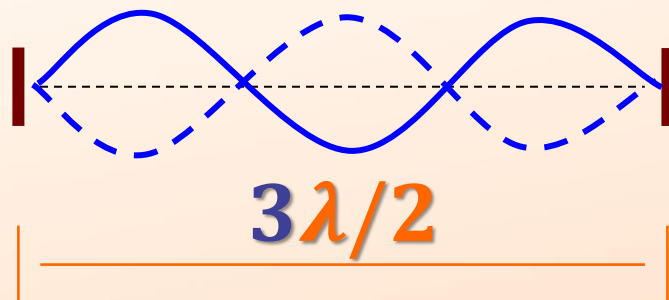
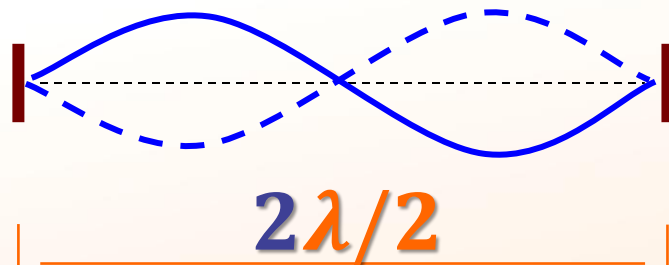
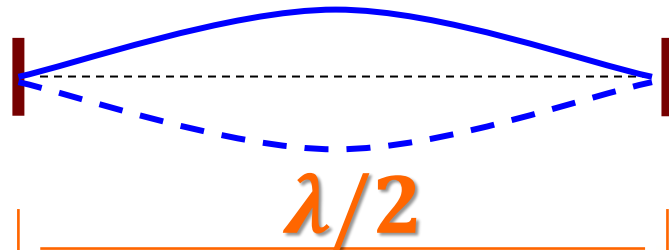
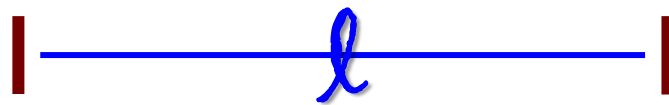
**Un antinodo:
Armónico
fundamental
ó
Primer modo
de oscilación**



**Dos antinodos:
Segundo
armónico
ó
Segundo modo
de oscilación**



**Tres
antinodos:
Tercer
armónico
ó
Tercer modo
de oscilación**



$$l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2l$$

$$v = \frac{v_{\text{onda}}}{\lambda} = \frac{v_{\text{onda}}}{2l}$$

$$l = 2 \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2l/2$$

$$v = \frac{v_{\text{onda}}}{\lambda} = 2 \frac{v_{\text{onda}}}{2l}$$

$$l = 3 \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2l/3$$

$$v = \frac{v_{\text{onda}}}{\lambda} = 3 \frac{v_{\text{onda}}}{2l}$$

$$N = \# \text{ Antinodos} = 1, 2, 3, 4, \dots, \quad \ell = N \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2\ell/N$$

Frecuencia del enésimo armónico o enésimo modo de oscilación

$$\nu = \frac{v_{\text{onda}}}{\lambda} = N \frac{v_{\text{onda}}}{2\ell}$$

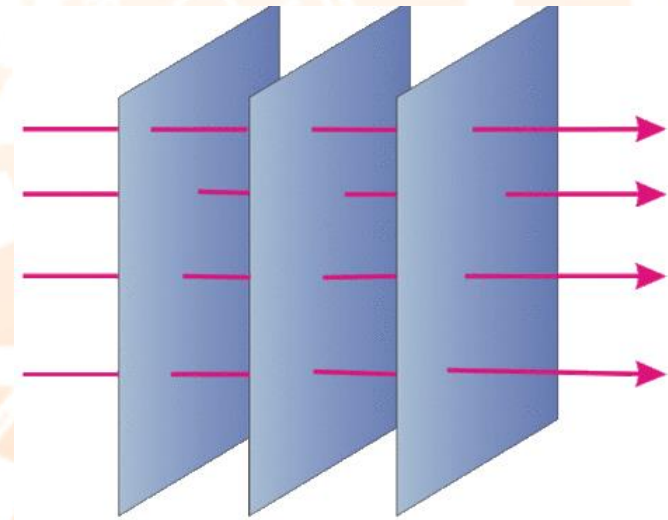
Como $v_{\text{onda}} = \sqrt{F/\mu}$ es posible que sin cambiar la frecuencia, podamos alterar el número de antinodos N . por ejemplo cambiando la tensión en la cuerda F o usando otra cuerda con diferente densidad lineal μ .

FRENTE DE ONDA

Es el lugar geométrico formado por todos los puntos del medio alcanzados por la onda en un instante dado, por lo que estos puntos se encuentran en fase.

Como la onda transporta la energía de la fuente, esta energía se distribuye en el frente de onda.

En el caso de una onda que solo se propague en una orientación, el frente de onda es plano.



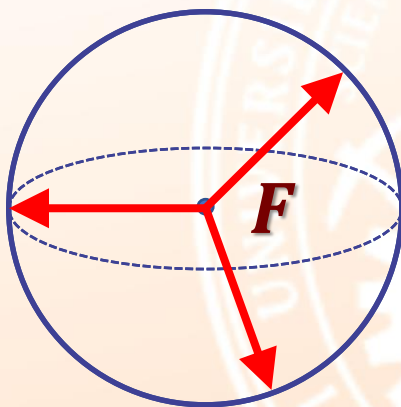
Frente de onda plano.

Cuando consideramos una fuente cuyo tamaño es mucho más pequeño que la distancia recorrida por la onda, se le denomina fuente puntual.

Una fuente puntual tiene la característica de emitir en todas las direcciones del espacio. Por ello el frente de onda en este caso es esférico.

F : Fuente puntual

Frente de onda
esférico



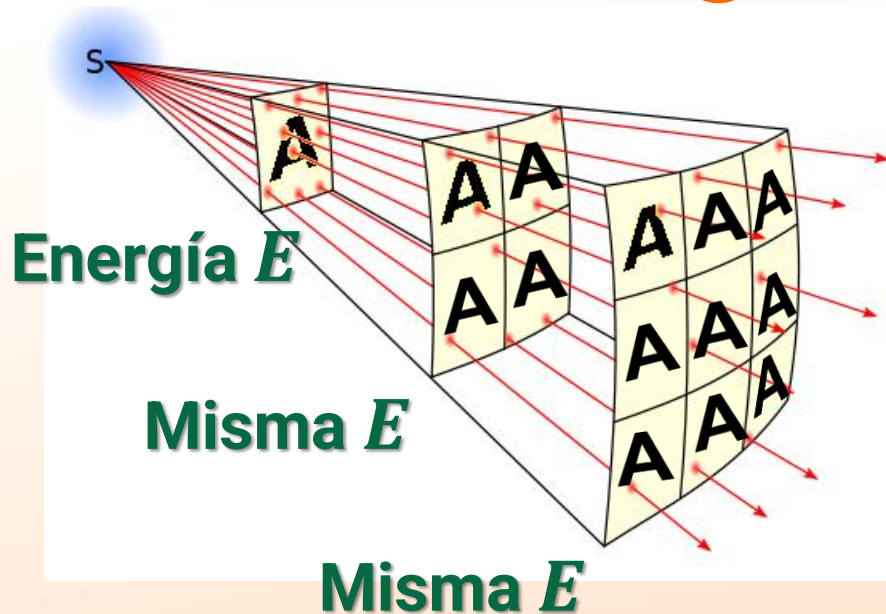
Como se distribuye la energía E en el área del frente de onda, a medida que la onda se propaga, la misma energía E se distribuye en áreas cada vez más grandes.

INTENSIDAD DE LA ONDA

Es la energía que atraviesa una sección por unidad de área y por unidad de tiempo

$$I = \frac{\left(\frac{E}{A}\right)}{\Delta t} = \frac{E}{A \Delta t} = \frac{P}{A}$$

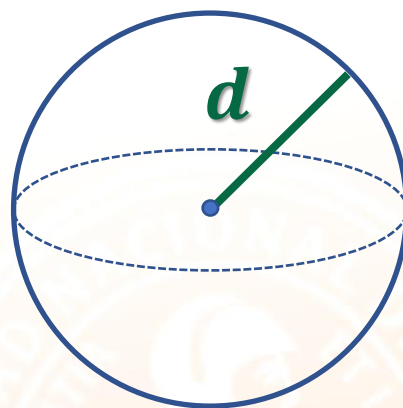
Unidad S.I. :
W/m²



A medida que la onda se propaga, la energía que transporta se distribuye en áreas mas grandes, por lo que los puntos más alejados de la fuente están a menor intensidad.

En el caso de una fuente puntual, la toda la energía se distribuye en el frente de onda esférico

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi d^2}$$



Área: $A = 4\pi d^2$

Para dos o más fuentes:



$$I = I_1 + I_2$$

ONDAS SONORAS

Se denomina onda sonora a toda onda mecánica longitudinal.

$$v_{\text{sonido / aire}} = 340 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{sonido / agua}} = 1440 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{sonido / aluminio}} = 6400 \text{ m/s}$$

Sin embargo, no toda onda sonora puede ser oída. Para ser percibida por el oído humano, estas ondas deben tener las siguientes características:

$$\begin{array}{ccc} \longleftarrow & 20 \text{ Hz} \leq v \leq 20000 \text{ Hz} & \longrightarrow \\ \text{Infrasonido} & & \text{Ultrasonido} \end{array}$$

$$\text{Umbral auditivo : } I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \leq I \leq 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ Umbral del dolor}$$

NIVEL DE INTENSIDAD

Dado que la intensidad del sonido no es percibida de forma lineal, se prefiere definir una escala logarítmica y definir el nivel de intensidad

$$\beta = \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \text{unidad S.I. bel}$$

Sin embargo se suele utilizar un submúltiplo que es el decibel (dB), como $1 \text{ B} = 10 \text{ dB}$, entonces:

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ dB}$$

Algunas propiedades: $\log(A^N) = N \log A$; $\log(10^N) = N$

$$\log(A) + \log(B) = \log(AB) \quad \log(A) - \log(B) = \log(A/B)$$