Tema 6 de Física 2

Ondas y ondas electromagnéticas

Ondas y materia

Las ondas transportan:

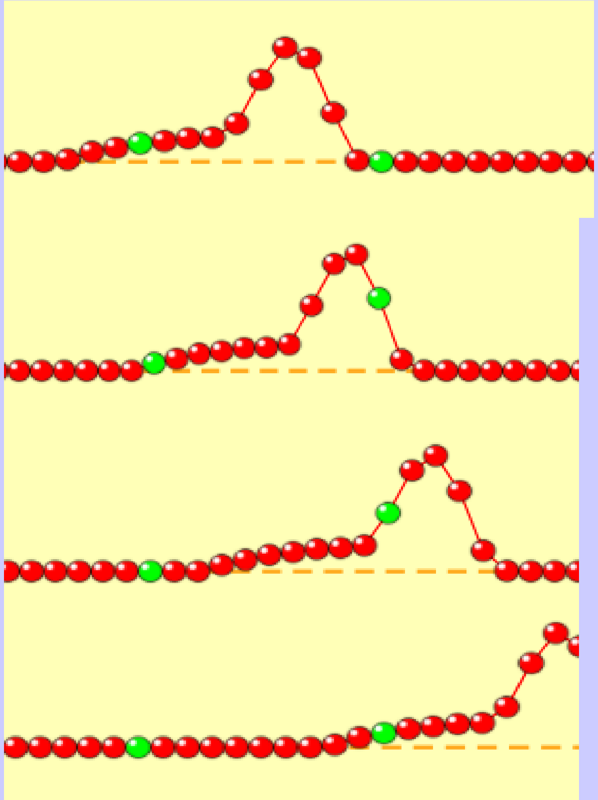
- Energía
- Momento lineal

Las ondas no transportan:

- Materia

Ejemplo: ondas en una cuerda tensa

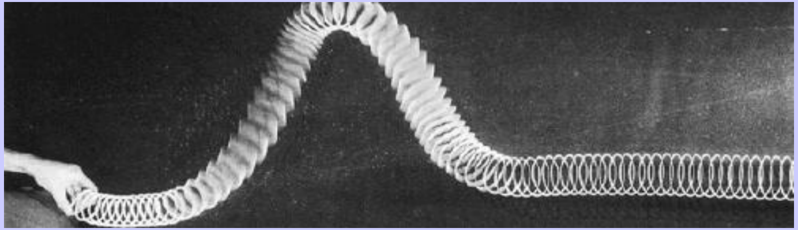
https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_en.html



Un punto de la cuerda

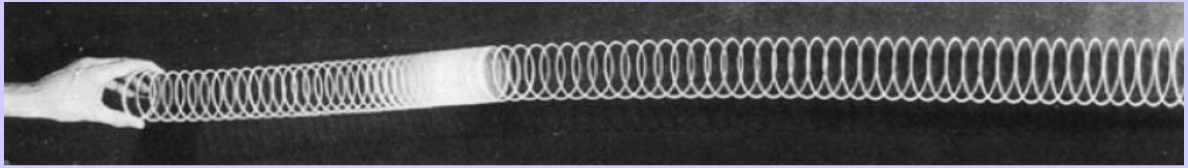
- oscila
- no se traslada

Clasificación de ondas



¿Cómo vibran?

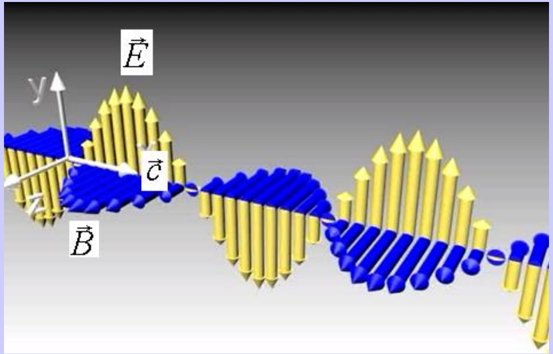
- Transversales: ondas en una cuerda, OEM
- Longitudinales : sonido
- Mixtas: olas



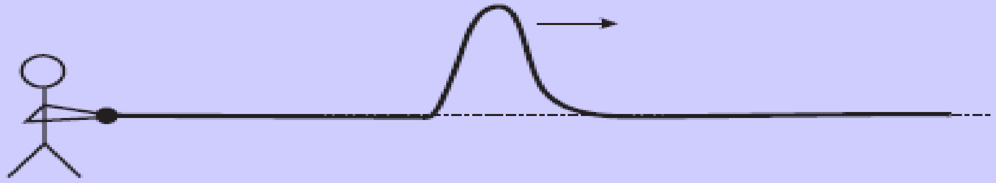
¿Qué vibra?

- Ondas mecánicas : masa
- Ondas electromagnéticas: ***E*** y ***B***

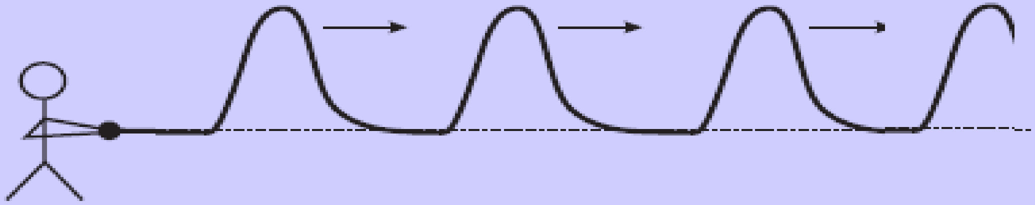
Se propagan en el vacío



Clasificación de ondas (3) ¿Qué forma o perfil?



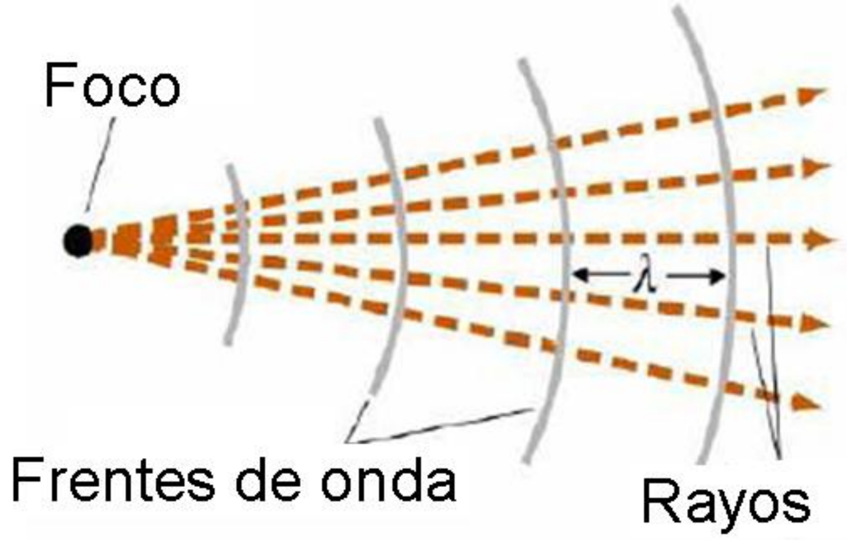
Pulso



Tren de ondas

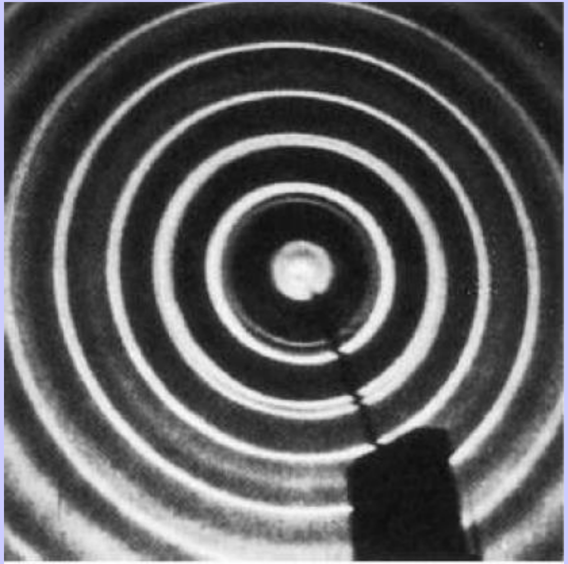
- Finito
- Infinito

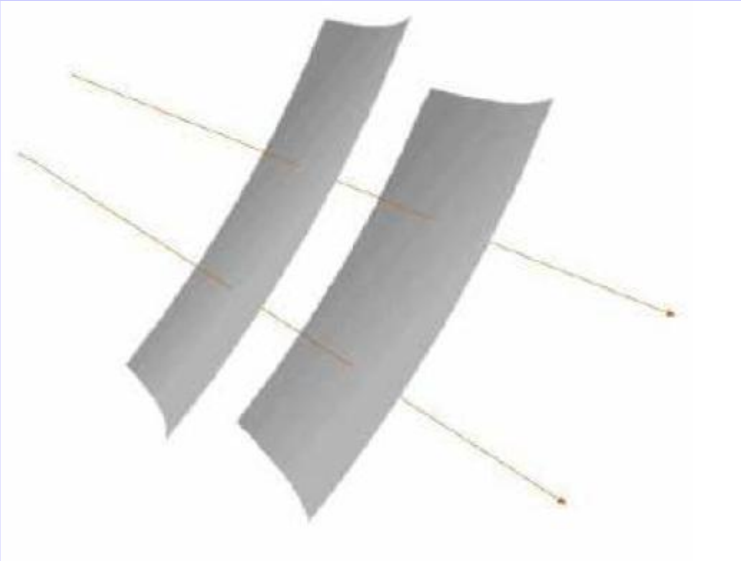
Conceptos básicos



- **Foco**: donde se produce la onda
- **Frente de onda**: puntos de igual fase
- **Rayos**: líneas de propagación

Onda planas, esféricas y circulares

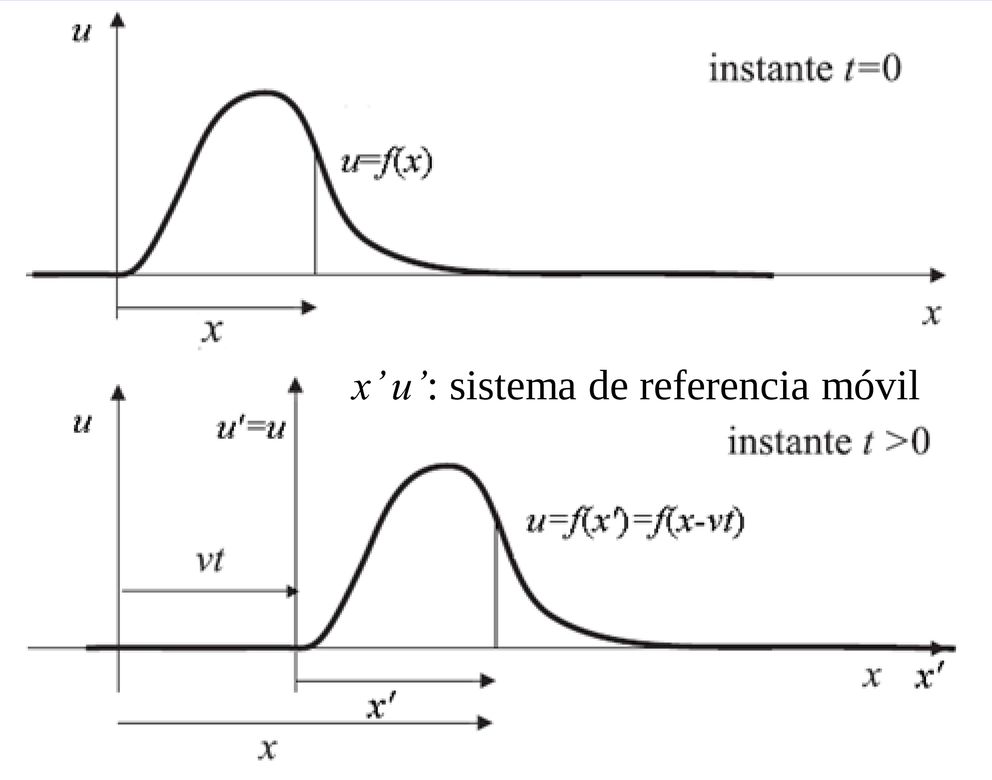




Esférica (3D) Plana

Circular (2D) ~ Cilíndrica (3D)

Ecuación de una onda viajera



$f(x\text{-}vt)$ es una onda que viaja hacia la derecha

$f(x+vt)$ es una onda que viaja hacia la izquierda

Ecuación diferencial de ondas

Si $u = f(x \pm vt)$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = f'(x \pm vt); \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f''(x \pm vt);$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = f'(x \pm vt)(\pm v); \quad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = f''(x \pm vt)(\pm v)^2 = f''(x \pm vt)v^2 \Rightarrow$$

$$\frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = f''(x \pm vt) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

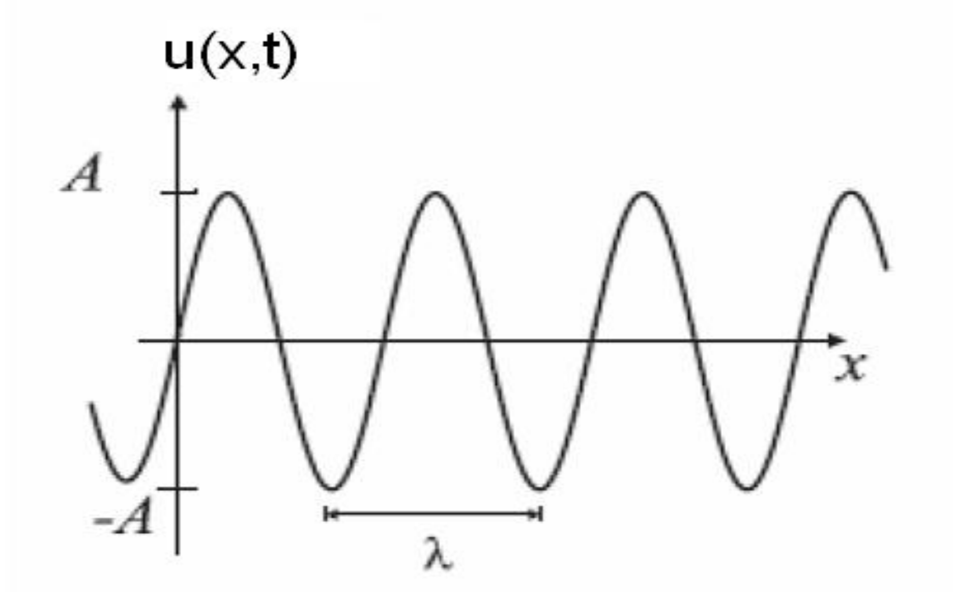
$$\boxed{\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0}$$

Muchas veces se obtiene la relación entre las derivadas y no se tiene la solución:

Ejemplo: De las ecuaciones del campo eléctrico y magnérico se obtiene la ecuación de OEM y v=c

Ondas armónicas o sinusoidales

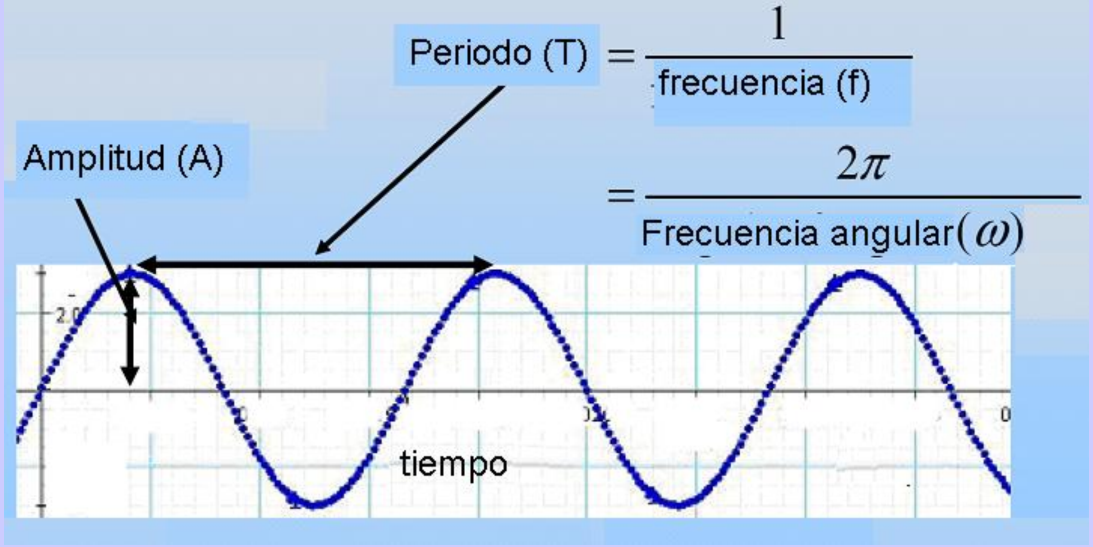
$$u(x,t)=A\cos(kx-\omega t+\varphi_0)$$



Periodicidad con respecto al tiempo

En x=0, es una función del tiempo:

$u(0,t)=A\cos(-\omega t+\varphi_0)=A\cos(\omega t-\varphi_{0})$

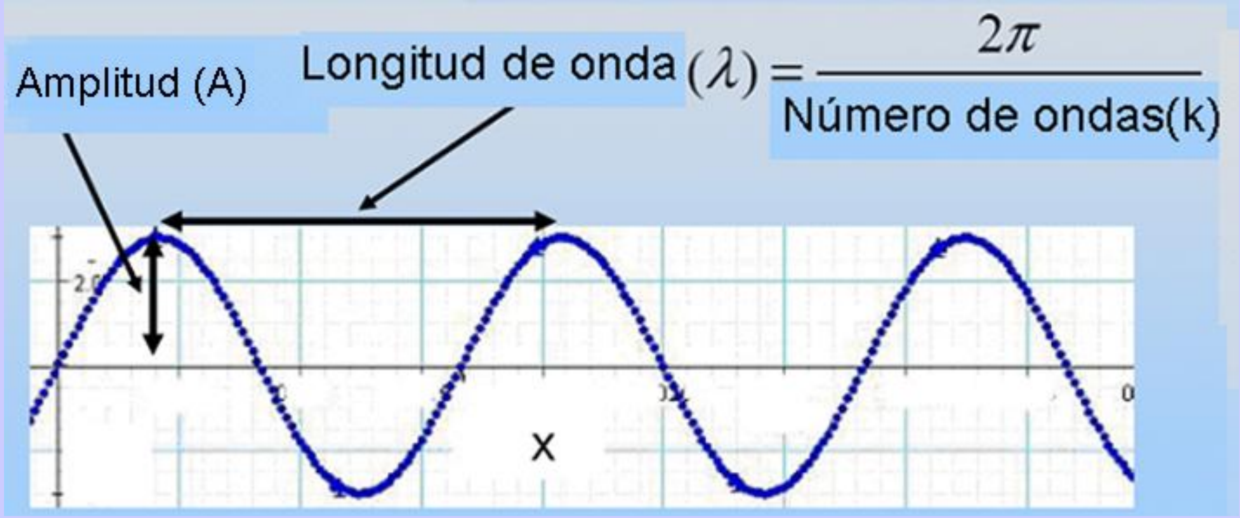


Igual para cualquier punto x con otra fase inicial

$u(x,0)=A\cos(\omega t-\varphi_{0}(x))$: fase inicial $\varphi_0(x)=[\varphi_0+kx]$

Periodicidad con respecto a *x*

En t=0, es una función periódica de x: $u(x,0)=A\cos(kx+\varphi_0)$



Igual para cualquier tiempo t con otra fase inicial

$u(x,0)=A\cos(kx+\varphi_0(t))$: fase inicial $\varphi_0(t)=[-\omega t+\varphi_0]$

Conceptos de ondas armónicas

u=A cos(kx-ωt +φ_0)

Amplitud A, Fase $\varphi = \varphi(x,t) = kx - \omega t + \varphi_0$

Longitud de onda λ, periodo T

Frecuencia $f = \dfrac{1}{T}$

Frecuencia angular $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$

Número de ondas $k = \dfrac{2\pi}{\lambda}$

Velocidad de propagación $v = \dfrac{\lambda}{T} = \dfrac{\omega}{k}$

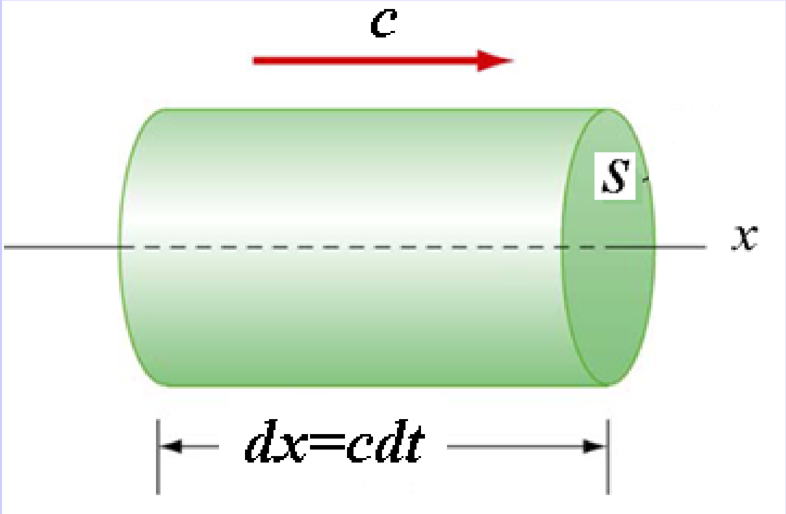
Dirección de propagación +x (-x para u=A cos(kx+ωt +φ_0)

Intensidad de una onda

Intensidad: energía que por unidad de tiempo y área fluye a través de una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la onda

Magnitudes: *c*: velocidad de la onda ρ_u: energía por unidad de volumen

Sdx: volumen de energía que atraviesa *S* en *dt*



$$\mathrm{d}U = \rho_u (S\,\mathrm{d}x) = \rho_u S c\,\mathrm{d}t$$

$$I = \frac{\mathrm{d}U}{A\,\mathrm{d}t} = \rho_u c$$

$$\boxed{I = \rho_u\, c}$$

Intensidad de una onda mecánica armónica

Densidad de energía de una onda armónica: Cada porción de masa Δm, con volumen $\Delta\tau$, realiza un movimiento armónico simple $u=A\cos(kx-\omega t)$, con velocidad $v=\partial u/\partial t=\omega A\,\mathrm{sen}(kx-\omega t)$. Con $v_{\max}=\omega A$, su energía es su energía cinética máxima:

$$\Delta U = \frac{1}{2}\Delta m v_{\max}^2 = \frac{1}{2}\Delta m \omega^2 A^2$$

Usando: densidad de energía $\rho_u = \dfrac{\Delta U}{\Delta \tau}$ y densidad de masa $\rho = \dfrac{\Delta m}{\Delta \tau}$, $I=\rho_u c$:

$$\boxed{I = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2 c}$$

Onda plana: I constante y A constante

Onda esférica: $I = \dfrac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow A \alpha \dfrac{1}{r}$

Onda cilíndrica o circular: $I = \dfrac{P}{2\pi r h}$ o $I = \dfrac{P}{2\pi r} \Rightarrow A \alpha \dfrac{1}{r^{1/2}}$