

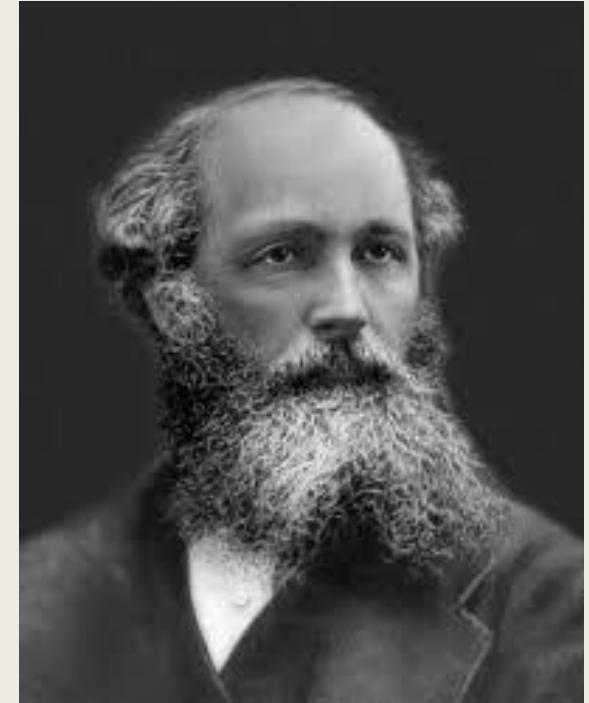
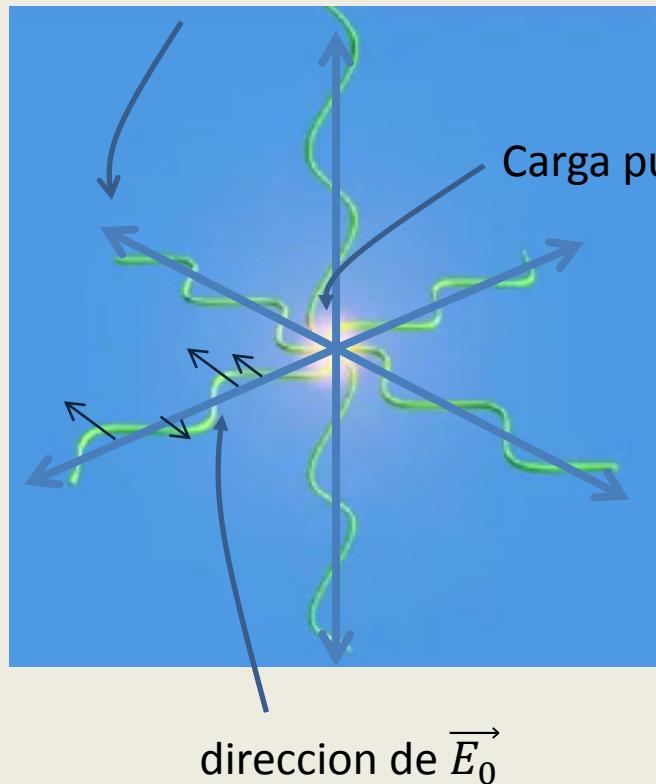
Ondas

Descripcion matematica
Polarizacion

En serio...qué es la luz?

$$\vec{\psi}(x, t) = \vec{E}_0 \cos(kx - w t + \varphi_0)$$

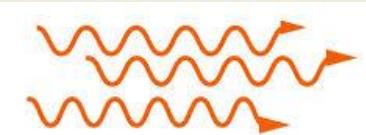
direccion de propagación (rayo)



James Maxwell

La luz es una onda, i.e. una perturbación que se propaga.

En cada punto del espacio la perturbación es el campo **E**, que hay que entenderlo como el apartamiento del valor basal (que es nulo) del campo eléctrico en ese punto.

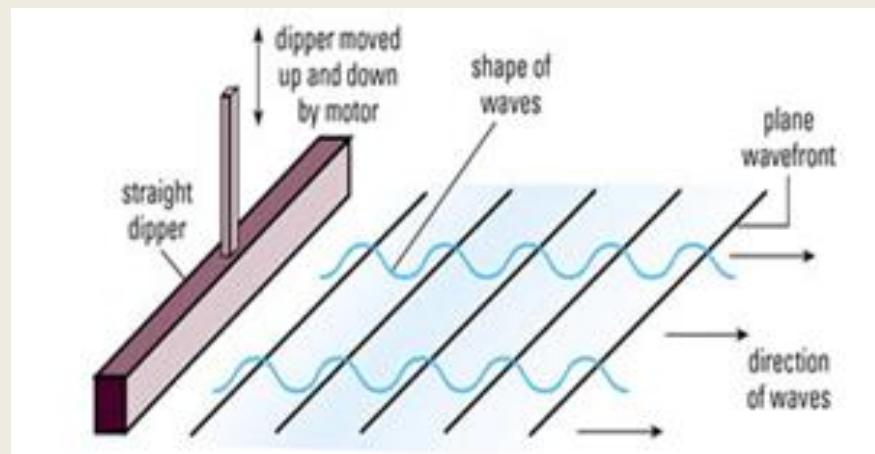
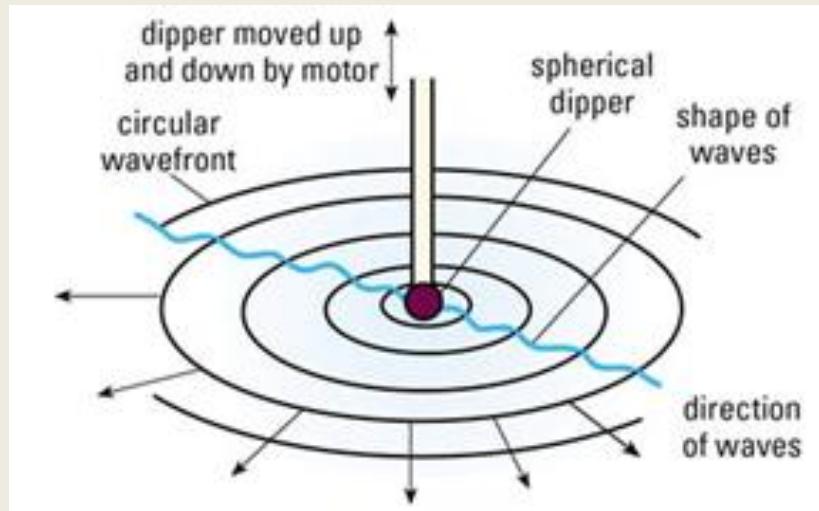


Teoría ondulatoria

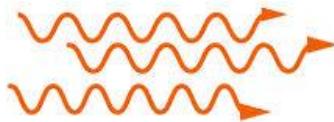


- ✓ La luz es una onda

$$\vec{\psi}(x, t) = \overrightarrow{E_0} \cos(kx - \omega t + \varphi_0)$$



- La forma de la onda describe la perturbación instante a instante.
- Es posible reconocer puntos en el espacio que oscilan en fase. Definen lo que se conoce como **frente de onda**.
- La onda (i.e. la perturbación) viaja en el tiempo a una dada velocidad. Los frentes de onda se desplazan.
- Es posible describir la dirección de la propagación utilizando el concepto de **rayo**: dirección de propagación. Siempre resulta perpendicular a los frentes de onda.

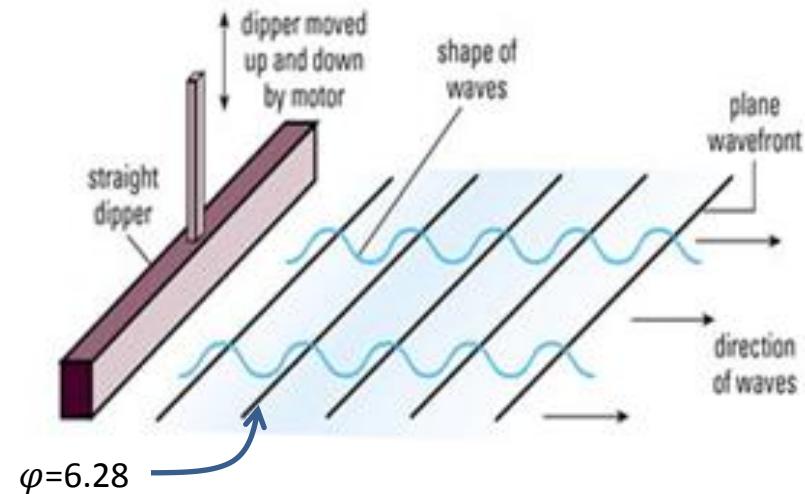
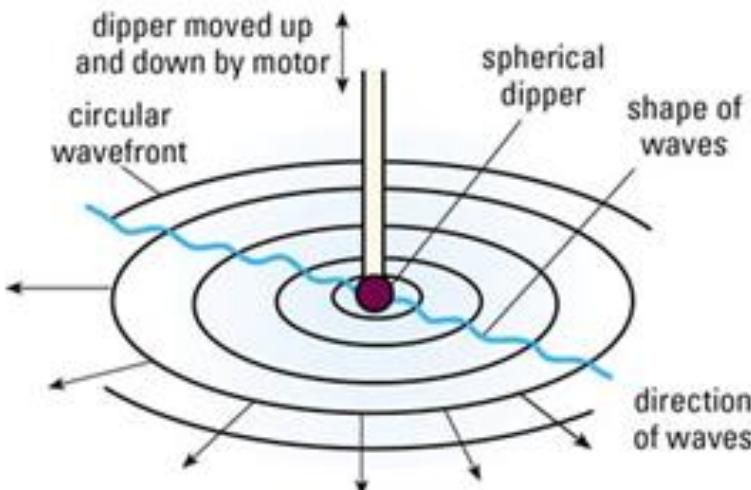


Teoría ondulatoria

- ✓ La luz es una onda

$$\vec{\psi}(x, t) = \overrightarrow{E_0} \cos(kx - \omega t + \varphi_0)$$

Fase de la onda $\varphi(x, t)$



NOTAR:

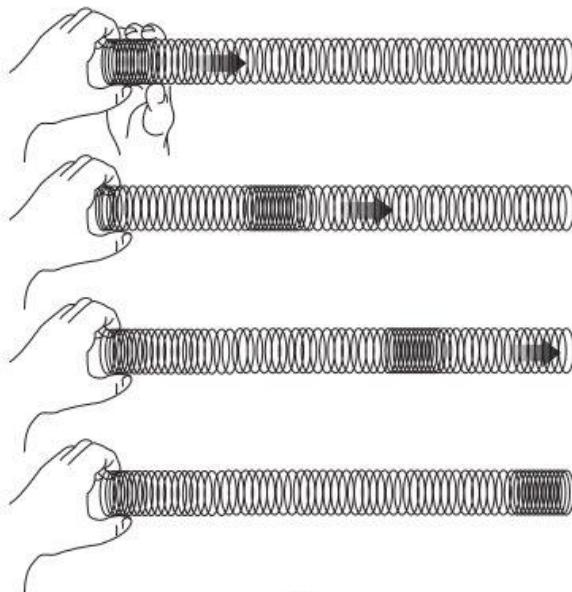
- Todos los puntos de **igual fase** presentan la misma perturbación (definen un frente de onda)
- La condición de fase constante (i.e. la perturbación) viaja en el tiempo a una dada velocidad. Los frentes de onda se desplazan.

Descripción de una onda 1D

Involucra describir **espacial y temporalmente** el comportamiento de una cantidad de interés Ψ que se aleja de su valor de equilibrio transitoriamente. En ese sentido describe cómo una **perturbación** atraviesa un **medio**

Onda longitudinal

desplazamiento del medio // dirección de propagación

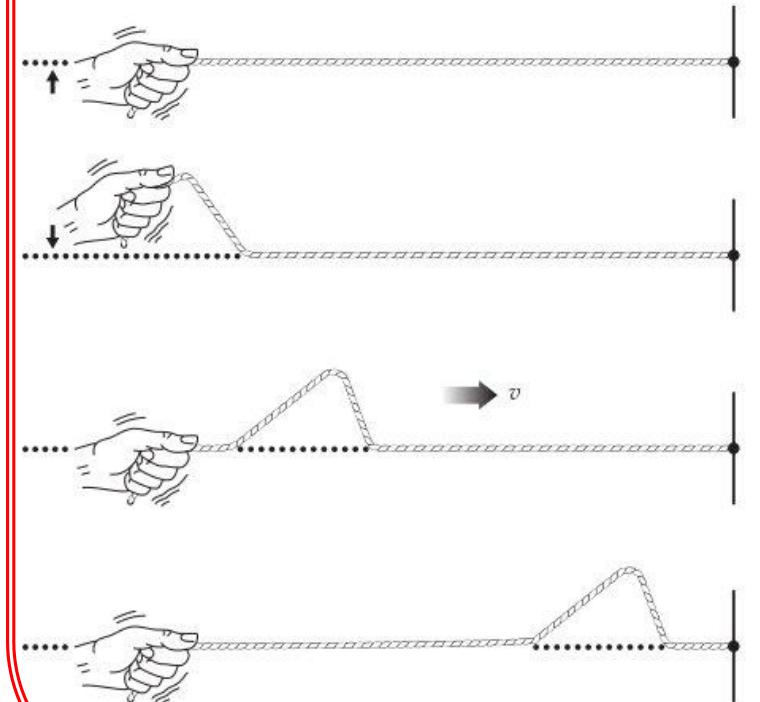


(a)

Ψ : densidad local de espiras

Onda transversal

desplazamiento del medio \perp dirección de propagación



Ψ : altura local de la soga

$$\vec{\psi}(x, t) = \overrightarrow{E_0} \cos(kx - \omega t + \varphi_0)$$

Descripción de una onda 1D

- Describir matemáticamente la onda es especificar $\psi(x, t)$ como función de x y t : $\psi(x, t) = f(x, t)$

- Para una onda que **se propaga a velocidad v sin deformarse**, el perfil de perturbaciones que veo a tiempo $t=0$ lo veré desplazado en una cantidad $v.t$

Sea x la posición del pto azul en el tiempo que estoy mirando

Si la onda se propaga sin deformarse $x_0 = x_\tau - v\tau$

y debe valer que:

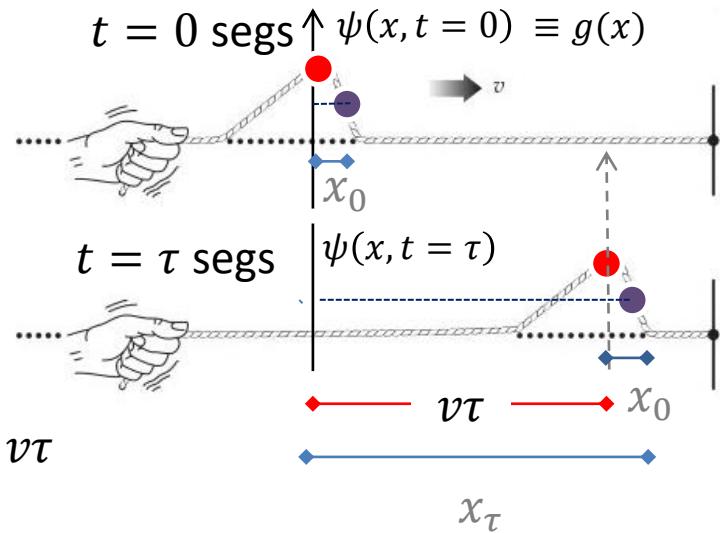
$$\psi(x_\tau, \tau) = \psi(x_0, t = 0) = g(x_0)$$

$$\psi(x_\tau, \tau) = g(x_\tau - v\tau)$$

y en gral: $\psi(x, t) = g(x - vt)$



La perturbación que veo en x a tiempo t es la que a tiempo 0 estaba 'mas atras' (en $x-vt$)

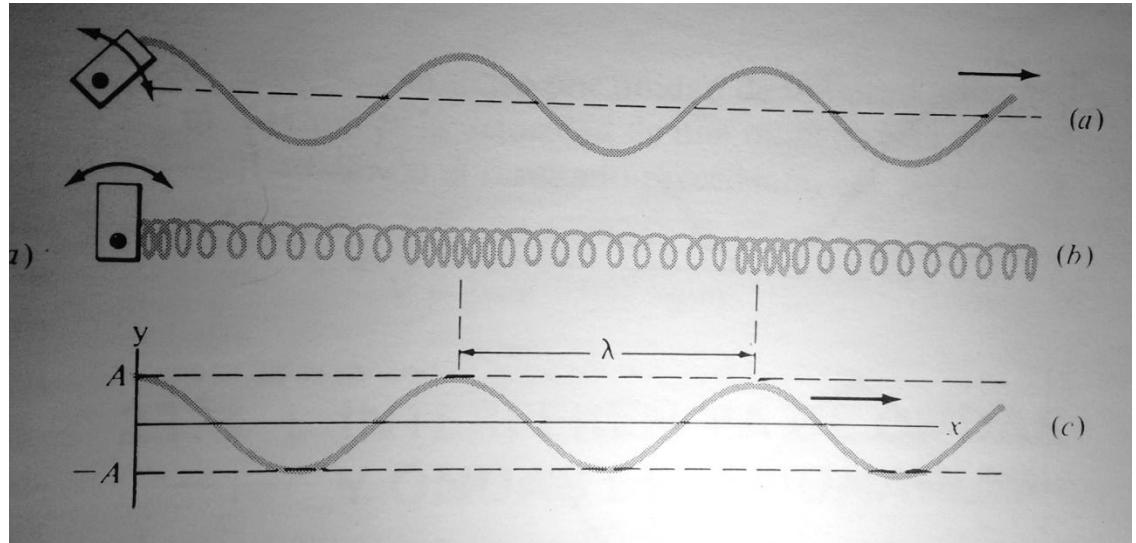


$$\psi(x, t) = g(x - vt)$$

Para describir un perfil que se desplaza sin deformarse $f(x, t) = g(x - vt)$

Onda armónica

- Perturbación armónica



$$\begin{aligned}\psi(x, t) &= f(x - vt) \\ &= E_0 \cos(k(x - vt) + \varphi_0)\end{aligned}$$

$$= E_0 \cos(kx - kv t + \varphi_0)$$

$$\downarrow \quad \text{kv=w} \\ = E_0 \cos(kx - w t + \varphi_0)$$

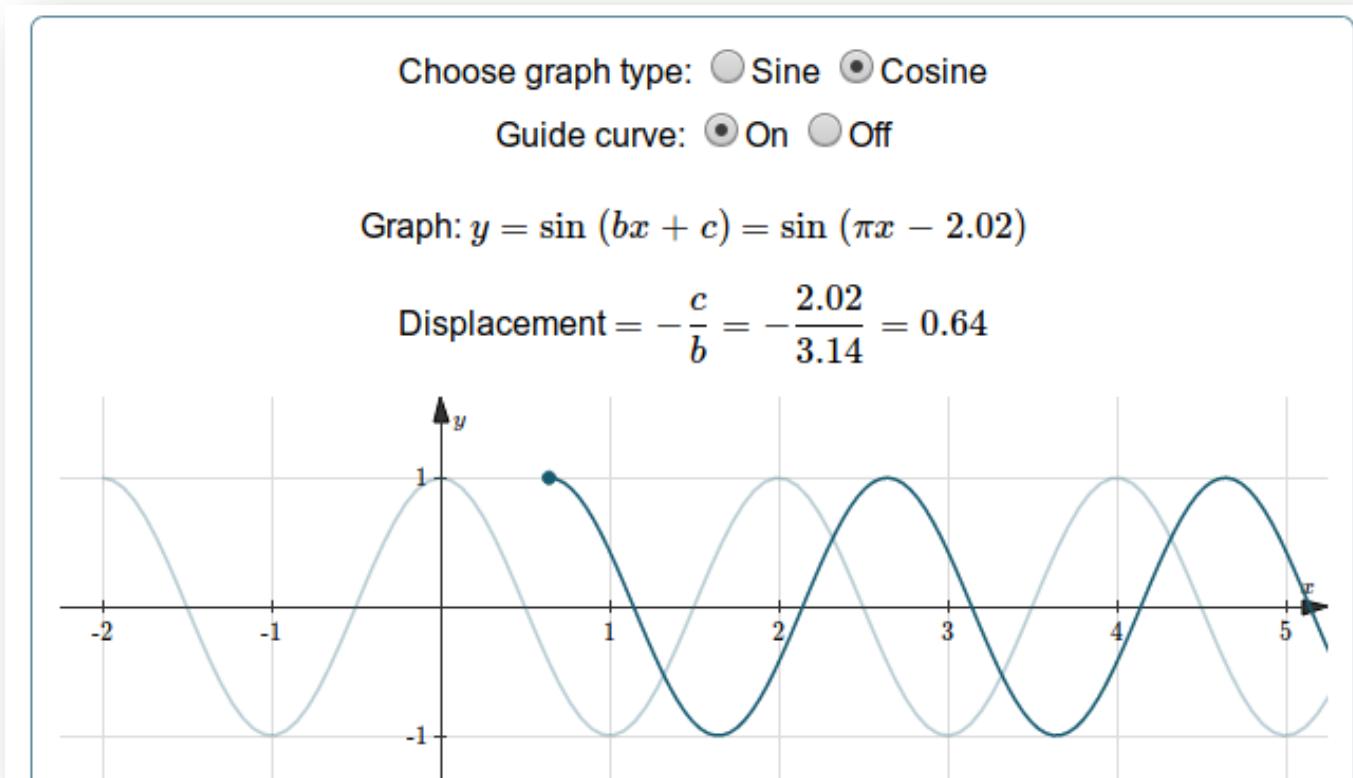
Esta forma funcional permite describir ondas de diferentes **longitudes de onda** (periodos espaciales) y **frecuencias** (periodos temporales)

$$\psi(x, t) = E_0 \cos(kx - w t + \varphi_0)$$

[k]=rad/[longitud] [w]=rad/[tiempo]

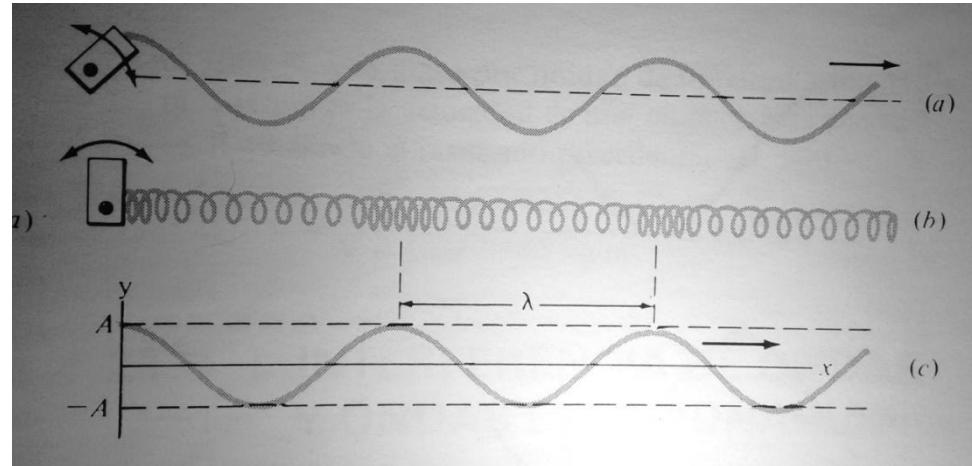
Veamos como funciona $\cos(bx+c)$

Que onda?



<https://www.intmath.com/trigonometric-graphs/3-graphs-sin-cos-phase-shift.php>

Onda armónica



$$\psi(x, t) = E_0 \cos(kx - \omega t + \varphi_0)$$

φ : fase de la onda

Periodicidad espacial

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}$$

Long de onda
(periodo espacial)

Nro de onda

Periodicidad Temporal

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$$

Periodo temporal

Frecuencia angular

Fase inicial

$$\boxed{\begin{aligned} \nu &= \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T} \\ \nu &= \lambda f \end{aligned}}$$

$$\psi(x, t) = E_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$$

Fase angular vs desfasaje

Dos caras de la misma moneda

$$\psi(x, t) = E_0 \cos(\underbrace{kx - \omega t + \varphi_0}_{\varphi: \text{fase de la onda}})$$

Analicemos el caso de $t=0$

$$\psi(x) = E_0 \cos(kx + \varphi_0)$$

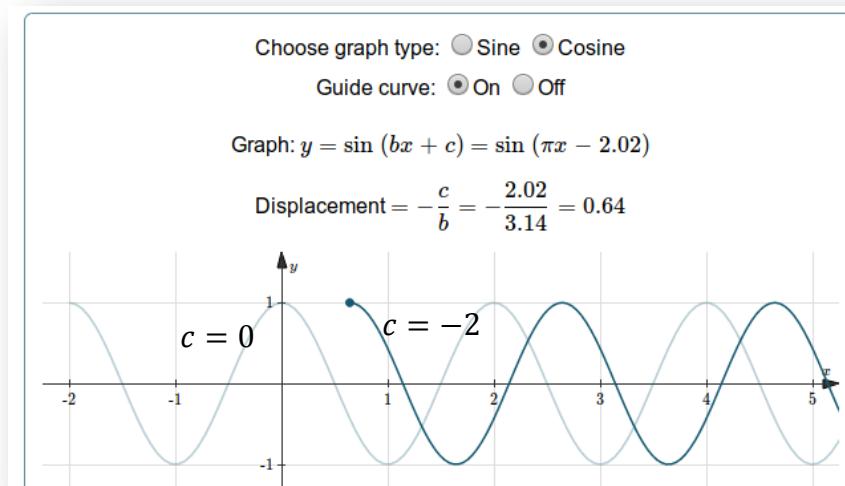
$$\psi(x) = E_0 \cos(kx + \varphi_0)$$

fase inicial
(angular)

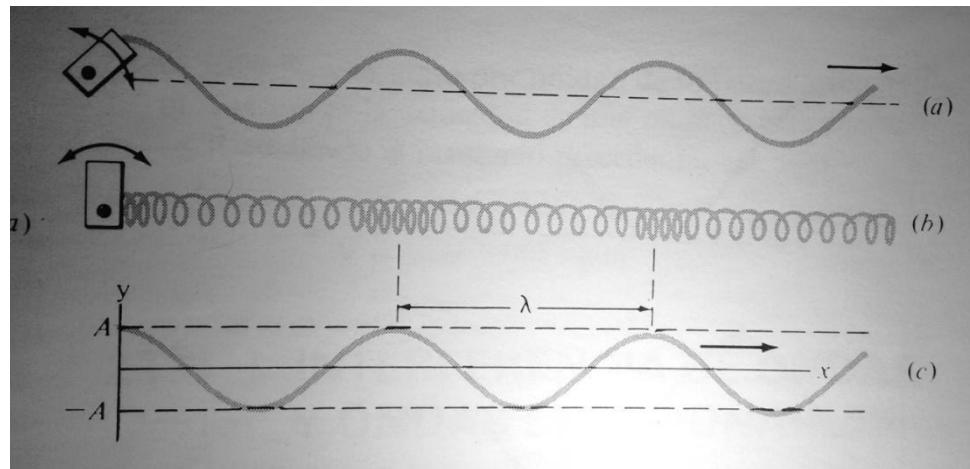
$$= E_0 \cos(k(x + \delta x))$$

δx

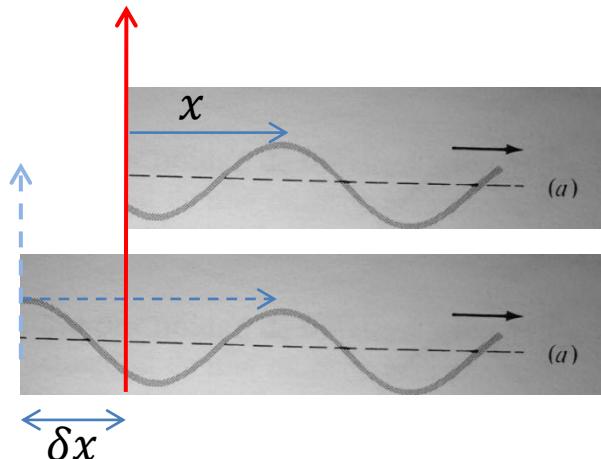
desfasaje



Onda armónica



$$\psi(x, t) = E_0 \cos(kx - \omega t + \varphi_0)$$



φ : fase de la onda

La perturbación que veo en x cuando $\varphi_0 \neq 0$ es la que vería en x si la onda se hubiera originado un poco más lejos ($x + \delta x$) con $\varphi_0 = 0$

$$\delta x = \frac{\lambda}{2\pi} \varphi_0$$

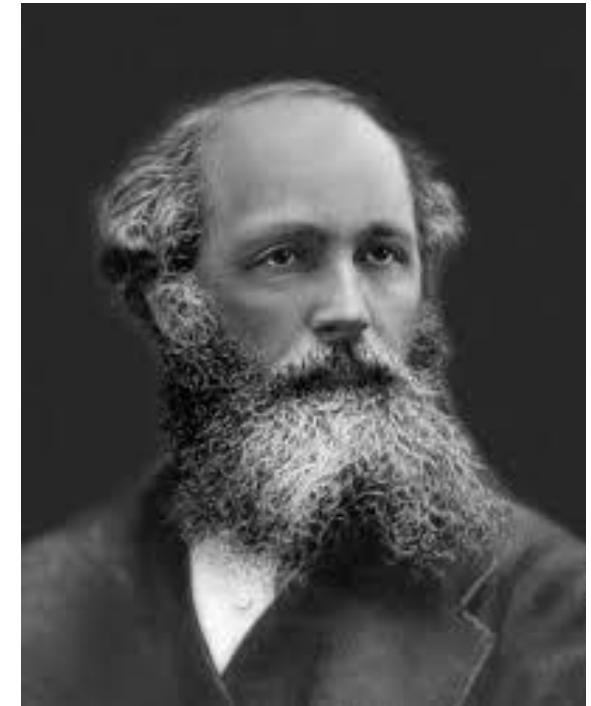
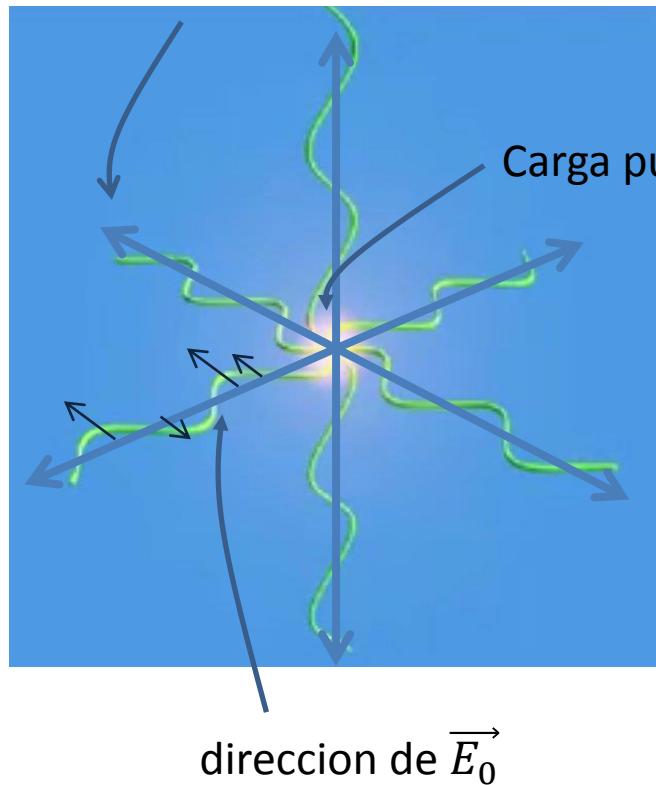
$$\psi(x, t) = E_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$$

$$\psi(x, t) = E_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}(x + \delta x) - \frac{2\pi}{T}t\right)$$

Recordando a Jaime...

$$\vec{\psi}(x, t) = \vec{E}_0 \cos(kx - w t + \varphi_0)$$

dirección de propagación (rayo)

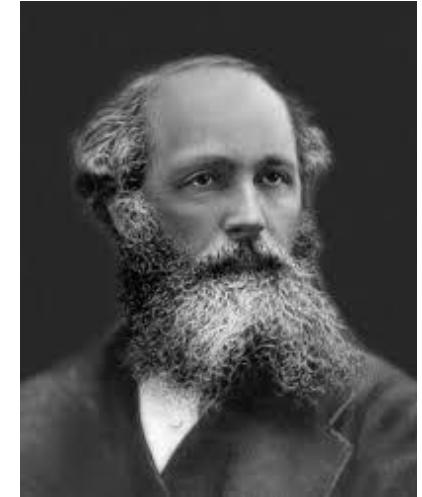


James Maxwell

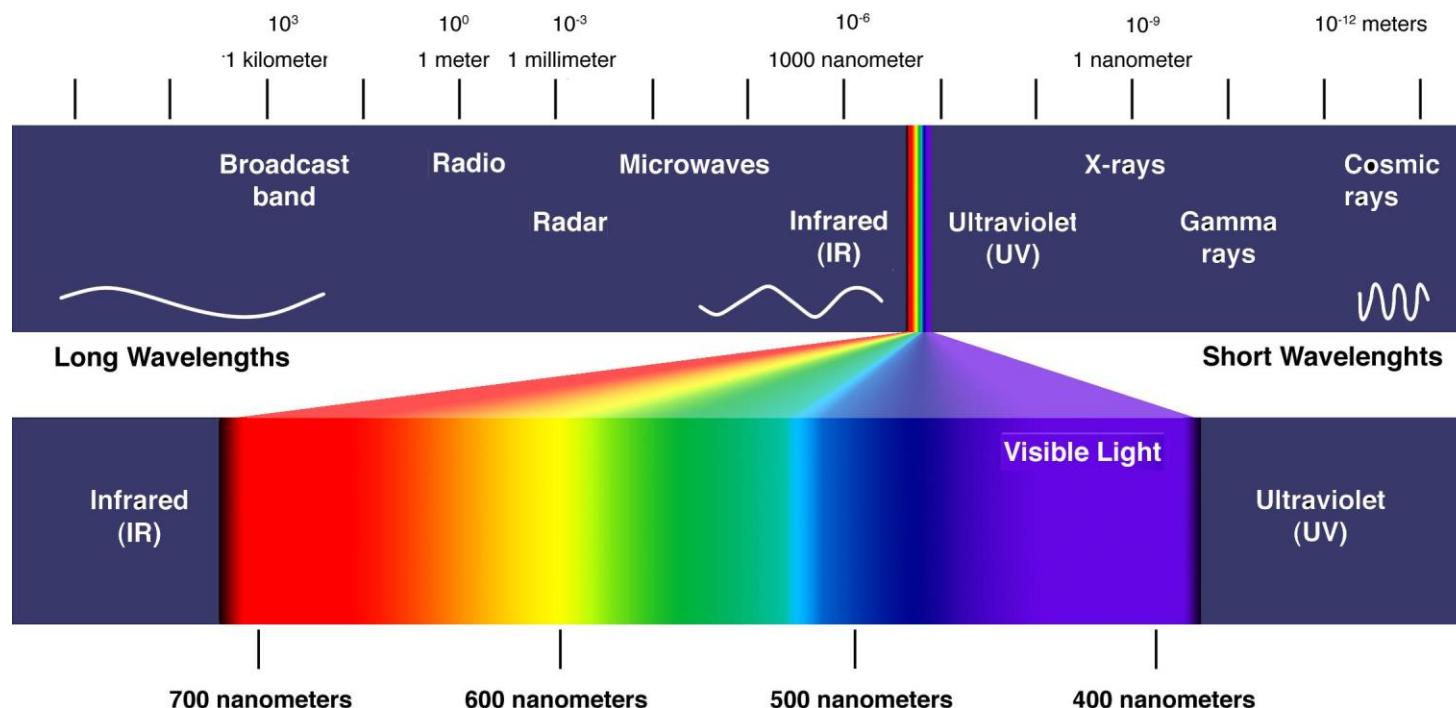
“...Esta velocidad es tan cercana a la de la luz* que tenemos razones para concluir que **la luz** en sí misma es una **perturbación electromagnética** que tiene la forma de una onda que se propaga a través del espacio siguiendo las leyes del electromagnetismo...”

Espectro electromagnético

Descripción matemática de la onda que se propaga



$$\vec{\psi}(x, t) = \overrightarrow{E_0} \cos(kx - w t + \varphi_0)$$

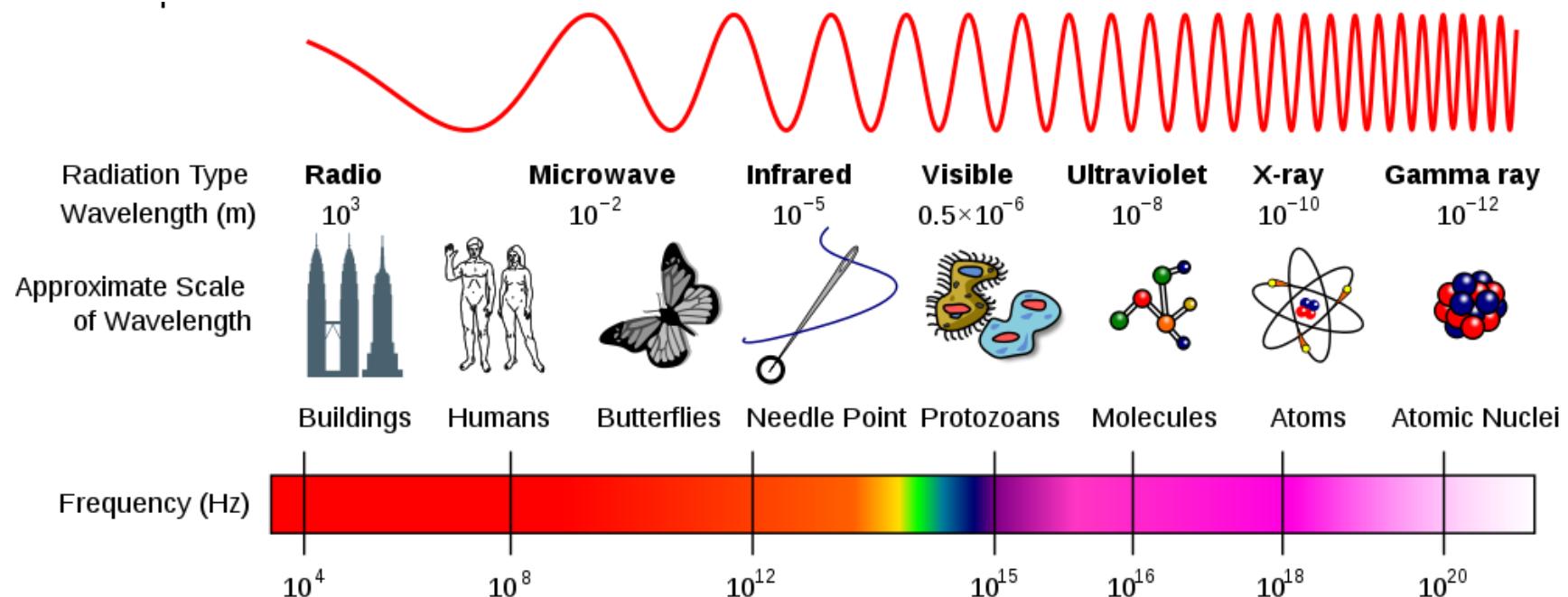
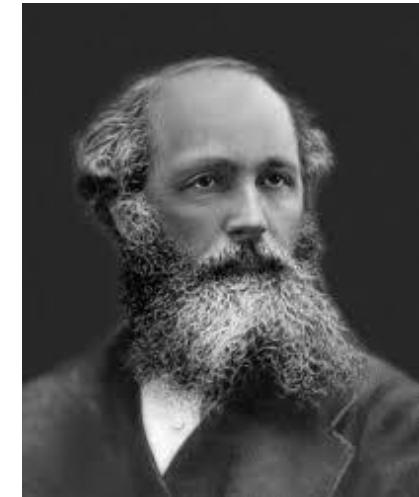


$$c = \lambda f$$

Espectro electromagnético

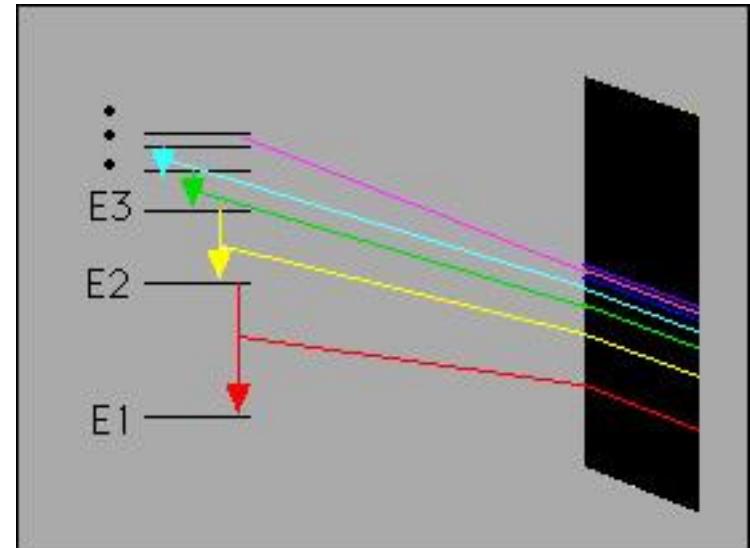
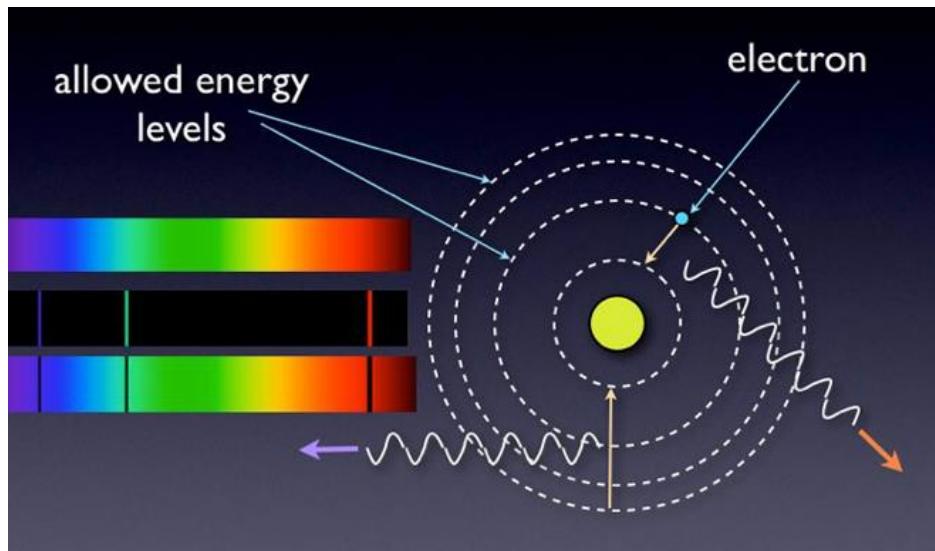
Descripción matemática de la onda que se propaga
(la vamos a ver en detalle más adelante)

$$\vec{\psi}(x, t) = \overrightarrow{E_0} \cos(kx - w t + \varphi_0)$$



$$c = \lambda f$$

Atomos y luz



- Los electrones ligados al átomo sólo pueden tener ciertas energías
- A baja temperatura se encuentran en los niveles más bajos, pero los electrones más externos pueden ser excitados (es decir, aparecer en estados de alta energía) por colisiones o por interacción con radiación EM
- Los electrones solo pueden emitir o absorber energía *de a paquetes* (cuantos):

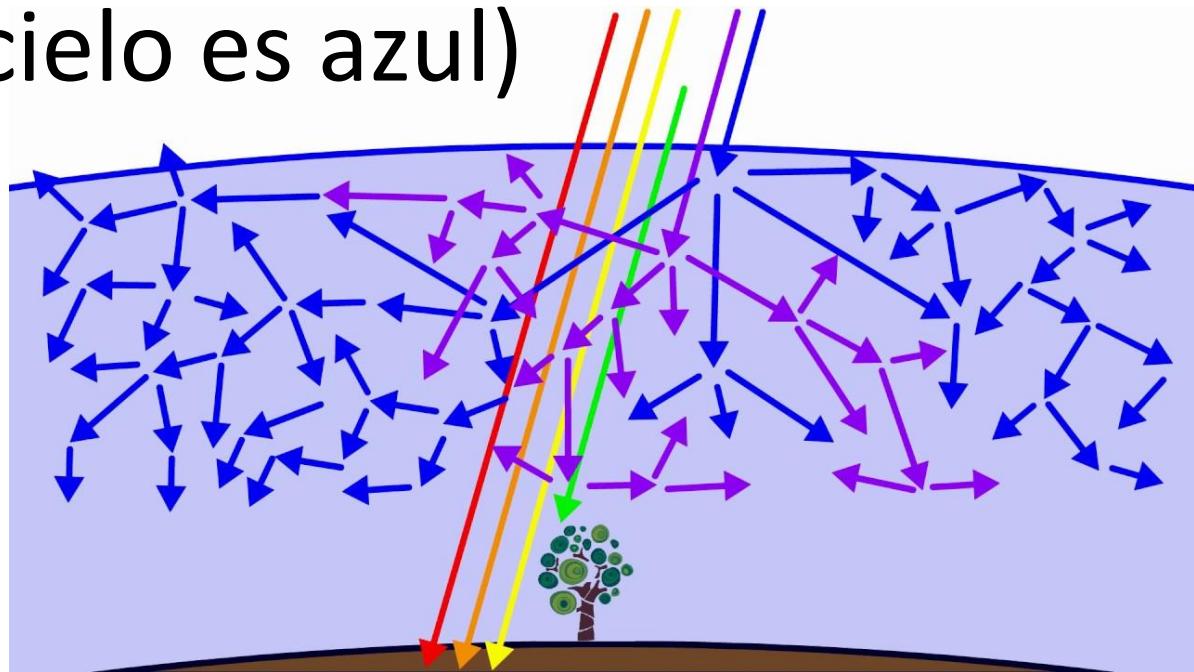
$$\Delta E = hf$$

Scattering de Rayleigh (o por qué el cielo es azul)



Scattering de Rayleigh (o por qué el cielo es azul)

- Electrones de las moléculas de la atmósfera (oxígeno, nitrógeno, etc) pueden absorber y reemisir luz de frecuencias UV-azul.
- No interactúan con radiación de otras longitudes de onda.



Emisión resonante:

