Ecuaciones de Maxwell (1831-1879)

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$ una fuente del campo eléctrico es la carga

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0$$

$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu_0 J + \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$$ una fuente del campo magnético es la corriente

El el vacio ($\rho_0 = 0$ y $J = 0$)

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = 0 \quad (1)$$
$$\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0 \quad (2)$$
$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\vec{\nabla}\times B = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} \quad (4)$$

Aplicar $\vec{\nabla}\times$ (rotor) a (3)

$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{E}) = -\vec{\nabla}\times\left(\frac{\partial B}{\partial t}\right) = -\frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}\times B)$$

utilizando 4

$$= -\frac{\partial}{\partial t}\left(\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) = -\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

usando la siguiente identidad

$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{E}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla}\vec{E}) - \nabla^2\vec{E}$$

$$\nabla^2(E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_z\hat{k}) = (\partial x^2 + \partial y^2 + \partial z^2)E_x\hat{i} + \ldots$$

$$\begin{vmatrix} i & j & k \\ \partial x & \partial y & \partial z \\ (\vec{\nabla}\times E)_x & (\vec{\nabla}\times E)_y & (\vec{\nabla}\times E)_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{\nabla}.\underbrace{(\partial_x E_x + \partial_y E_y + \partial_z E_z)}_{\alpha}$$

$$= \partial x(\alpha)\hat{i} + \partial_y(\alpha)\hat{j} + \partial_z(\alpha)\hat{k}$$

resolviendo

$$\vec{\nabla}\cdot(\cancel{\vec{\nabla}\cdot\vec{E}}) - \nabla^2 E = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$\cancel{\vec{\nabla}\cdot\vec{E}} \to 0$ → estamos en el vacío

ecuación de la onda

$$\boxed{\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}}$$

$$\boxed{\nabla^2 \vec{B} = \mu_0 B_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}}$$

van juntas, si hay uno hay el otro (onda electro-magnética)

6 ecuaciones

de lo anterior podemos obtener la velocidad

$$\boxed{c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}}, \quad c = 299.799.458 [m/s]$$

→ la luz es una onda

Ondas

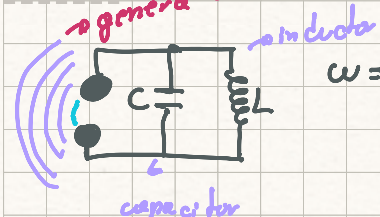
si tengo un dipolo y lo hago oscilar, el campo eléctrico tambien oscila.

↳ no es instantanea → $t = \frac{x}{c}$ → distancia dipolo y punto

$$\frac{1}{x^3}$$

(la escala representa tiempo, no distancia)

Hertz

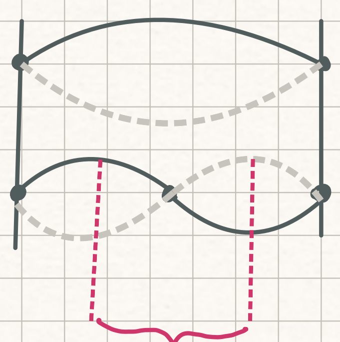


$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L\cdot C}}$$

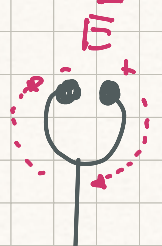
tiene λ, tiene f, entonces calculo V

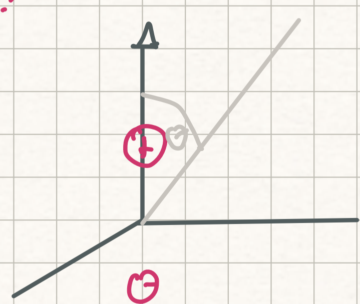
$$c = f\cdot\lambda \approx 10^8 \left[\tfrac{1}{s}\right]\cdot 3 [m]$$

y demostró que las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz



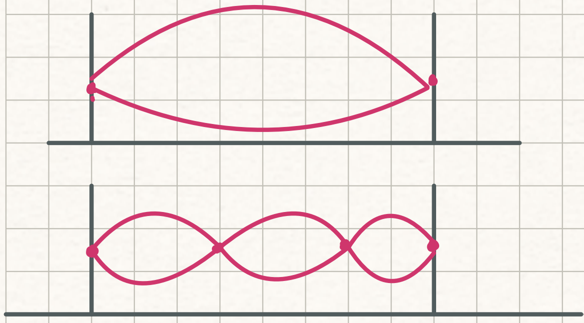
$$x = \frac{\lambda}{2}$$

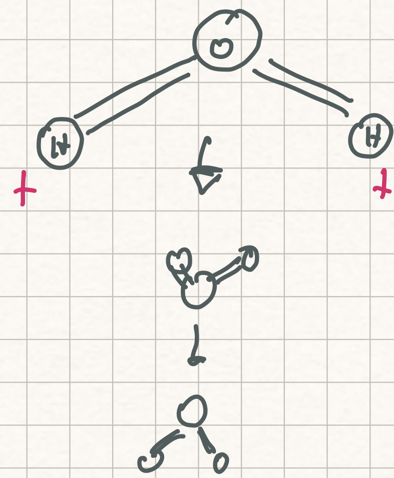




$E \simeq \operatorname{sen}(\theta)$

Otra aplicación: Microondas





Experimento: poner un queso y ver los antinodos

↳ nota: Son tridimencionales

¿Por que no meter cubiertos?

↳ se calienta mucho.

→ propagan campo eléctrico

Tipos de ondas que se pueden generar

* onda plana → en cada punto de un plano las desviaciones son iguales
  Ej: Un laser
* ondas esféricas → Ej: El sol

$E \simeq \frac{1}{r}$

↓

en la tierra las vemos planas, esta tan lejos que el ángulo es el mismo →

* proxima clase: próximo lunes: ondas planas.