i) Ley de Gauss: $\oint \vec{E} \cdot \vec{dS} = \frac{q}{\varepsilon_0}$

Ley de Gauss Magnética. $\oint \vec{B} \cdot \vec{dS} = 0$

Ley de inducción $\oint \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$, $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot \vec{dS}$

Ley de Ampere

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 i + \mu_0 \varepsilon_0 \cdot \frac{d\Phi_E}{dt} \ ; \ \Phi_E = \int \vec{E} \cdot \vec{dS}$$

En forma diferencial:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad \nabla \cdot \vec{B} = 0 \qquad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad \nabla \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{J} + \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$$

En el vacío

$$\underset{(I)}{\nabla \cdot \vec{E} = 0} \quad \underset{(II)}{\nabla \cdot \vec{B} = 0} \quad \underset{(III)}{\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}} \quad \underset{(IV)}{\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}}$$

Calcular el rotacional de (IV):

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

Pero: $\nabla \times (\nabla \times \ ) = \nabla (\underbrace{\nabla \cdot \vec{B}}_{=0}) - \nabla^2 \vec{B} = -\nabla^2 \vec{B}$. Por tanto:

$$\underbrace{\nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}}_{\text{Ec. d.f. de onda en 3 dimensiones}}$$

Ec. de onda: $\nabla^2 \psi = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$

Nota: ψ puede ser una variable escalar o vectorial. Luego $\vec{B}$ es una onda con velocidad: $v = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}$. $\vec{B}(x, y, z, t)$, de aquí: $v = c$. Variar campo $\vec{E} \Leftrightarrow$ variar campo $\vec{B}$.

Por otro lado:

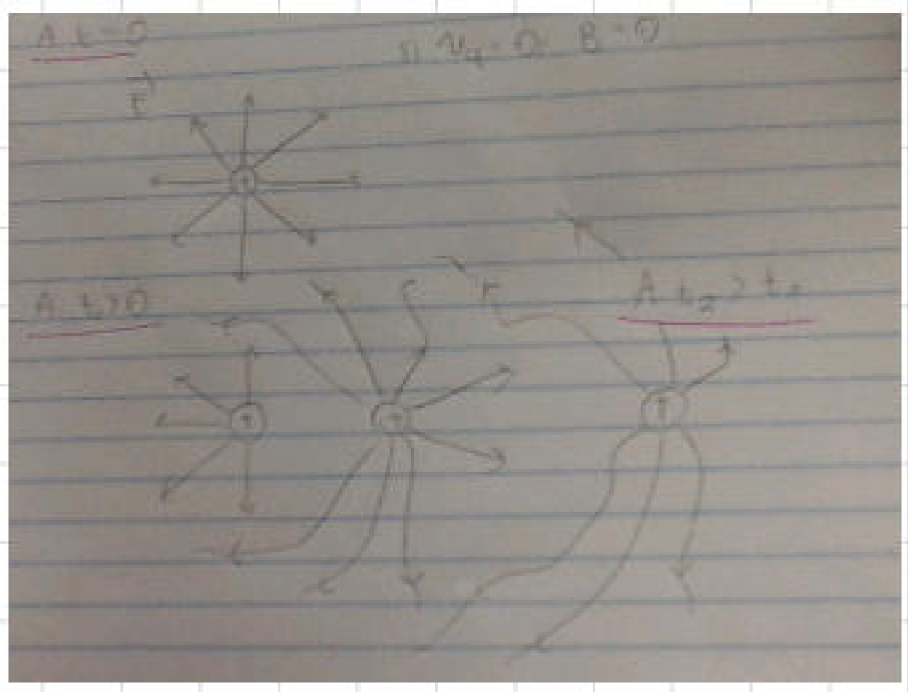
$$\nabla \times (\nabla \times \vec{E}) = \nabla \times \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \vec{B}) = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\mu_0 \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = -\mu_0 \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial^2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

Entonces:

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

Luego, $\vec{E}(x, y, z, t)$ es una onda con velocidad $v = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} = c$. De lo que, concluimos que la luz puede representarse como una perturbación de campo eléctrico y magnético que se desplaza con una velocidad $v = c$. uwu owO ōwō owu

ÕwÕ uwu u.u



Obs: En una onda electromagnética, $\vec{E}$ y $\vec{B}$ están acoplados.

$\vec{E}$ variable, pero la variación es periódica, y $\vec{B}$ que tampoco es periódico.