Carga acelerada

→ Ela produz um campo alterado na vizinhança

→ Este campo variável no tempo $\boxed{\left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right) \Rightarrow \vec{B}}$

amemente a Lei de Ampere

→ Isto faz com que o seu campo magnético depende do tempo logo $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \neq 0$

$\boxed{\frac{\partial B}{\partial t} \Rightarrow \text{gera } \vec{E}}$ amenete a Lei de Indução de Faraday

— x — x — x — x

a partir das equações de Maxwell podemos obter duas equações vetoriais

$$\nabla^2 \vec{E} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

ϵ_0 = permissividade elétrica no vácuo

$$\nabla^2 \vec{B} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$$

μ_0 = permeabilidade magnética no vácuo

∇^2 = Laplaciano

$$\nabla^2 = \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right] = \text{Laplaciano p/ sist de cartesiano}$$

$$\vec{E}_{(x,y,z,t)} = E_x \hat{i} + E_y \hat{j} + E_z \hat{k}$$

$$\vec{B}_{(x,y,z,t)} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k}$$

$\vec{B}(x,y,z,t) = B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}$

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right] \cdot \left[E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_z\hat{k}\right] = \varepsilon_0\mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2}\left[E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_z\hat{k}\right]$$

3 equações escalares, por exemplo: p/ $\boxed{E_x}$, temos

$$\boxed{\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} = \varepsilon_0\mu_0 \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2}}$$

se repete para E_y e E_z

idem p/ B_x, B_y, B_z

---

total de seis equações escalares para o campo E e B da OEM

$\psi \rightarrow$ perturbação (geral)

$$\boxed{\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 \psi}{\partial t}} \qquad \boxed{v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}}$$

v = velocidade de propagação da perturbação ψ

Maxwell $\rightarrow$ calculou a v da OEM 1880

Hertz $\rightarrow$ mensurou o valor de v p/ OEM 1887

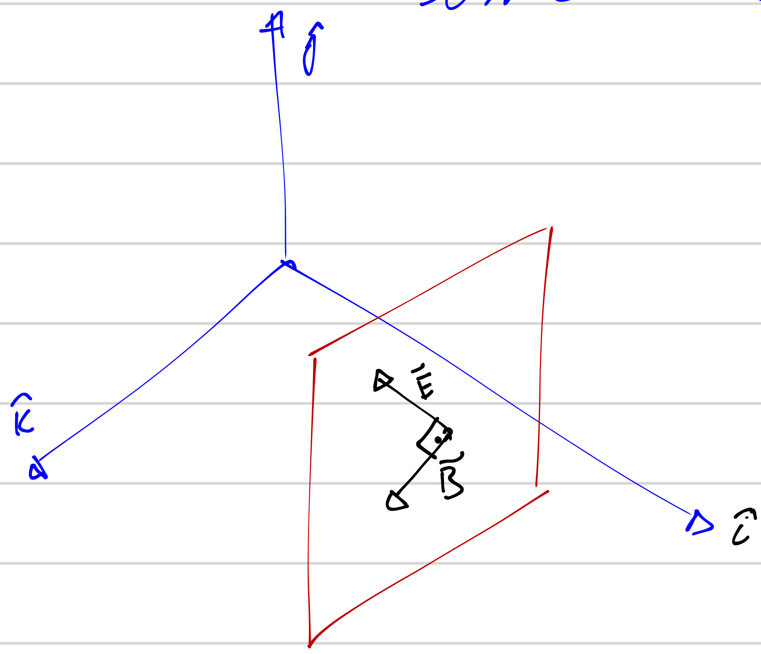
$\hookrightarrow$ Comparou com o v da luz mensurada por Fizeau ($3{,}1 \times 10^8$ m/s)

$\rightarrow$ 1983 $\rightarrow$ se definiu que a velocidade da luz seja uma constante.

$\hookrightarrow$ no vácuo

$$\boxed{c = 2{,}997\,92458 \times 10^8 \ m/s}$$

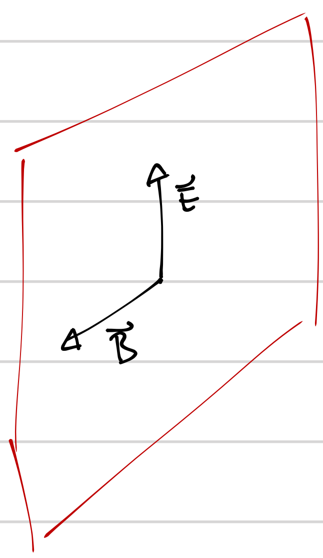
para um caso particular de uma Onda Plana



$$\vec{E}(x,t) = \cancel{E_x \hat{i}} + E_y \hat{j} + E_z \hat{k}$$

$$\vec{B}(x,t) = \cancel{B_x \hat{i}} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k}$$

para simplificar ainda mais



$$\Longrightarrow \begin{cases} \vec{E}(x,t) = E_y \hat{j} \\ \vec{B}(x,t) = B_z \hat{k} \end{cases}$$

$$E_y(x,t) = E_{0y} \boxed{\cos\left[\omega t - \left(\frac{\omega}{c}\right) x + \varepsilon\right]}$$

Das equações de Maxwell temos que

$$\boxed{\frac{\partial B_z}{\partial t} = -\frac{\partial E_y}{\partial x}}$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi c}{\lambda} = kc$$

$$\left(\frac{\omega}{c}\right) = k$$

$$B_z = -\int \frac{\partial E_y}{\partial x}\, dt$$

$$B_z = \frac{E_{0y} \cos\left[\omega t - \left(\frac{\omega}{c}\right) x + \varepsilon\right]}{c} \qquad = E_y$$

$$\boxed{B = \frac{E}{c}}$$

→ isto é válido não somente para ondas planas

→ E e B diferem apenas de uma constante

→ $E \perp B$

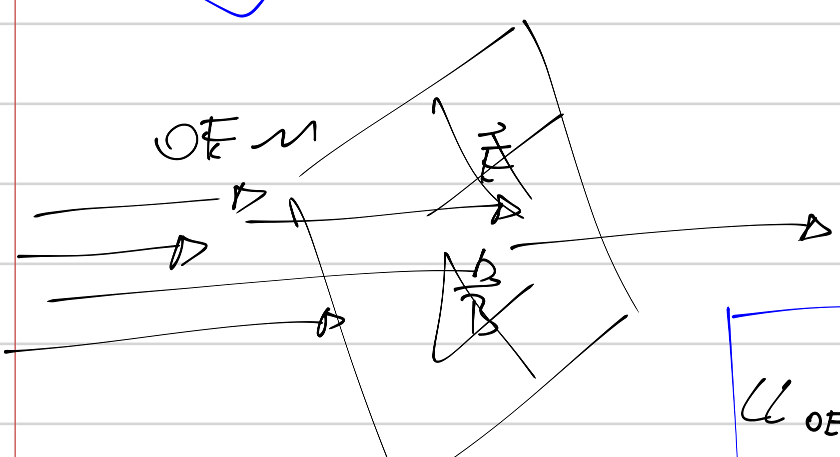
→ $\vec{E} \times \vec{B}$ está na direção de propagação da OEM

3.3 Energia de uma OEM

$u \equiv$ Energia radiante por unidade de volume

↳ densidade de Energia

$$u_E = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 \qquad u_B = \frac{1}{2\mu_0}B^2 = \frac{1}{2\mu_0}\frac{E^2}{c^2} = \boxed{\frac{\epsilon_0 \cancel{\mu_0}}{2\cancel{\mu_0}} E^2} = u_E$$



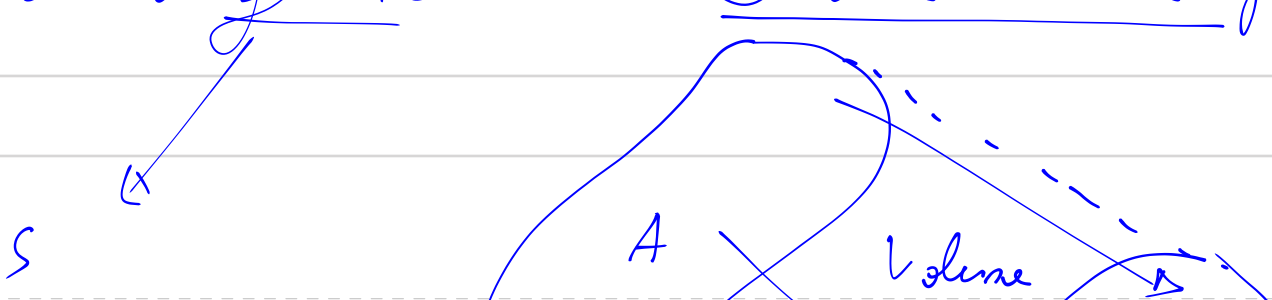
$$u_{OEM} = u_E + u_B$$

$$\boxed{u_{OEM} = 2u_E = 2u_B = \epsilon_0 E^2}$$

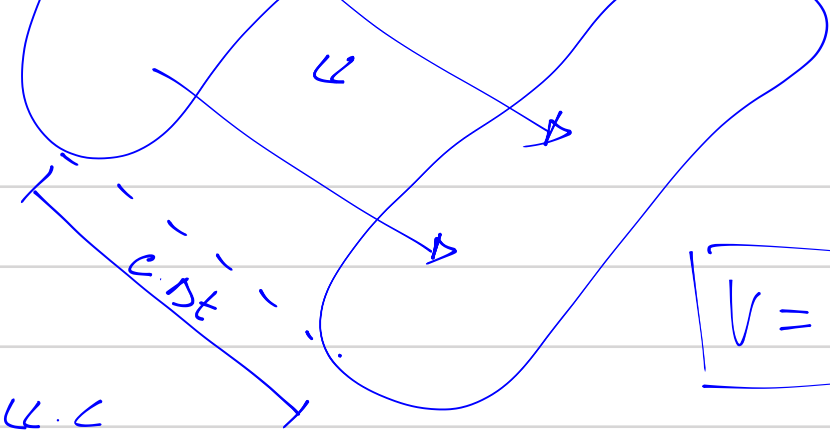
fluxo de energia $\Rightarrow \left[\frac{J}{s}\right]$ $\quad \frac{\text{Energia}}{\text{tempo}}$

u = Densidade de Energia $\Rightarrow \left[\frac{J}{m^3}\right]$

Qual é o fluxo da densidade de energia $\left[\frac{J}{m^2\, s}\right]$



$$S = \frac{(u \cdot V)}{A \cdot \Delta t}$$



$$\boxed{V = A \cdot c\,\Delta t}$$

$$S = \frac{u \cdot (\cancel{A} \cdot c\,\cancel{\Delta t})}{\cancel{A}\,\cancel{\Delta t}} = u \cdot c$$

$$\boxed{S = u \cdot c} \longrightarrow = \left[\frac{J}{m^3}\right] \cdot \left[\frac{m}{s}\right] = \left[\frac{J/s}{m^2}\right] = \left[\frac{W}{m^2}\right]$$

$$\boxed{S} = \left(\frac{1}{\mu_0} B^2\right) \cdot c = \frac{c}{\mu_0} \boxed{B^2} = \frac{\cancel{c}}{\mu_0} \frac{E^2}{c^{\cancel{2}}} = \frac{1}{\mu_0 c} \boxed{E^2}$$

$$\boxed{S = \frac{1}{\mu_0} E B} \qquad \boxed{\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}}$$

onde $\vec{S}$ podemos definir como o vetor de poyting

como vc tem uma onda plana

$$\vec{E}(r,t) = \vec{E}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t + \varepsilon)$$

$$\vec{B}(r,t) = \vec{B}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t + \varepsilon) \qquad c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

$$\vec{S} = \left[c^2 \varepsilon_0\, \vec{E}_0 \times \vec{B}_0\right] \underline{\cos^2(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t + \varepsilon)} \qquad \boxed{c^2 \cdot \epsilon = \frac{1}{\mu_0}}$$

$\vec{S}$ = vetor de poynting $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

I = Irradiância $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

$$I \equiv \langle S(t) \rangle_T = \left[c^2 \varepsilon_0\, \vec{E}_0 \times \vec{B}_0\right] \cdot \underbrace{\langle \cos^2(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t + \varepsilon) \rangle_T}_{1/2}$$

$$I = \frac{c^2 \varepsilon_0}{2} \left|\vec{E}_0 \times \vec{B}_0\right|$$

lembrando que $\vec{E}_0 \perp \vec{B}$

$$I = \frac{c^2 \varepsilon_0}{2} \left| \vec{E} \times \frac{\vec{E}}{c} \right| = \boxed{\frac{c \varepsilon_0}{2} E^2 = \text{Irradiância}}$$

Ler 3.3.3 - fótons
3.3.4 . pressão e momento
3.4 Radiação
