



4302212 – Física IV

Ondas Eletromagnéticas – IV

– **Vácuo**: ausência de cargas ($\rho = 0$) e correntes ($\mathbf{j} = \mathbf{0}$) elétricas

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \qquad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \qquad \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

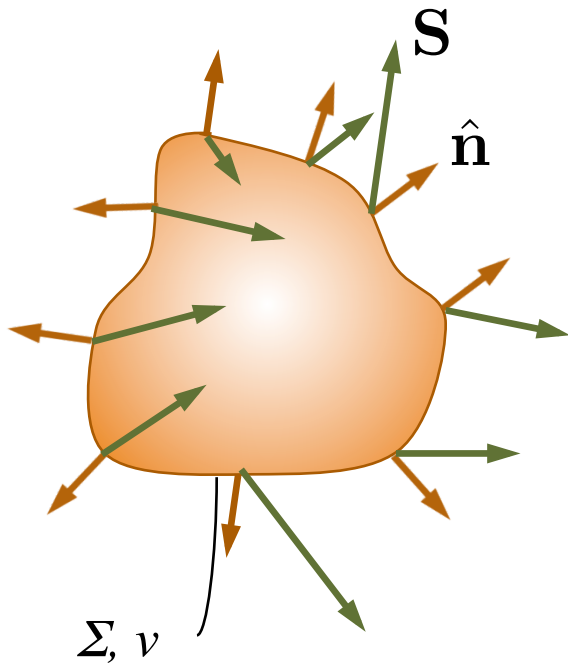
– Energia armazenada no campo EM:

$$U(t) = \int_{\nu} dV u(\mathbf{r}, t) = \int_{\nu} dV \left[\frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0} B^2 \right]$$

– Identidade vetorial:

$$\nabla \cdot (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) = \mathbf{B} \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) - \mathbf{A} \cdot (\nabla \times \mathbf{B})$$

Vetor de Poynting e Continuidade



$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}$$

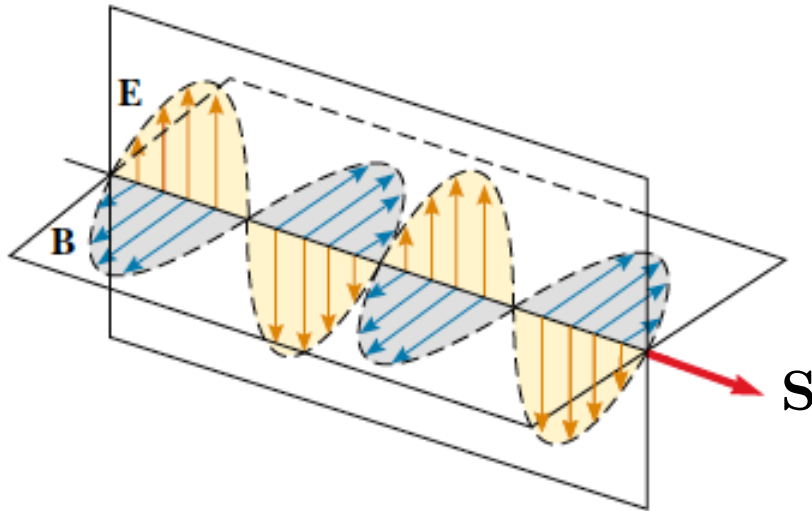
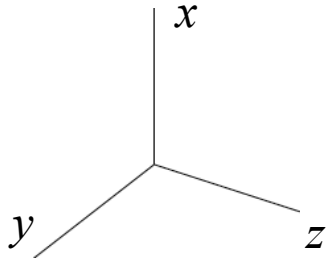
$$\frac{\partial u}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{S} = 0$$

$$\frac{dU}{dt} = \int_{\nu} \frac{\partial u}{\partial t} dV = - \int_{\Sigma} \mathbf{S} \cdot \hat{\mathbf{n}} dA$$

Ondas EM Monocromáticas

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}$$

$$u_E = u_B$$

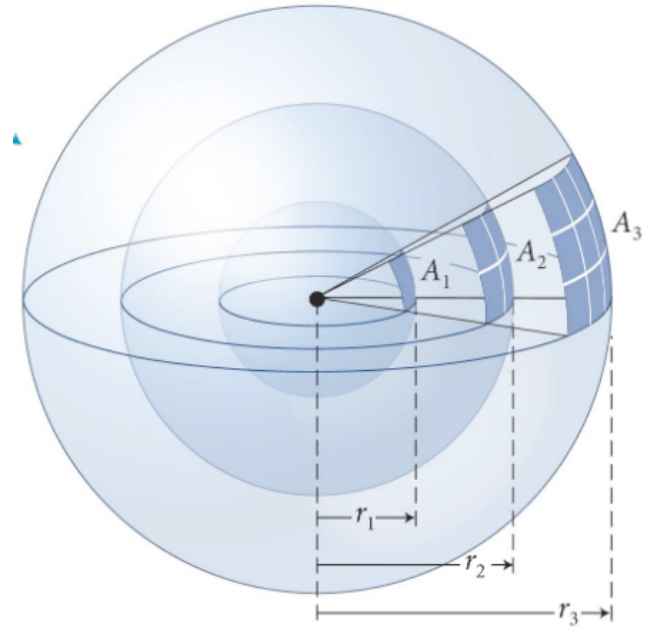
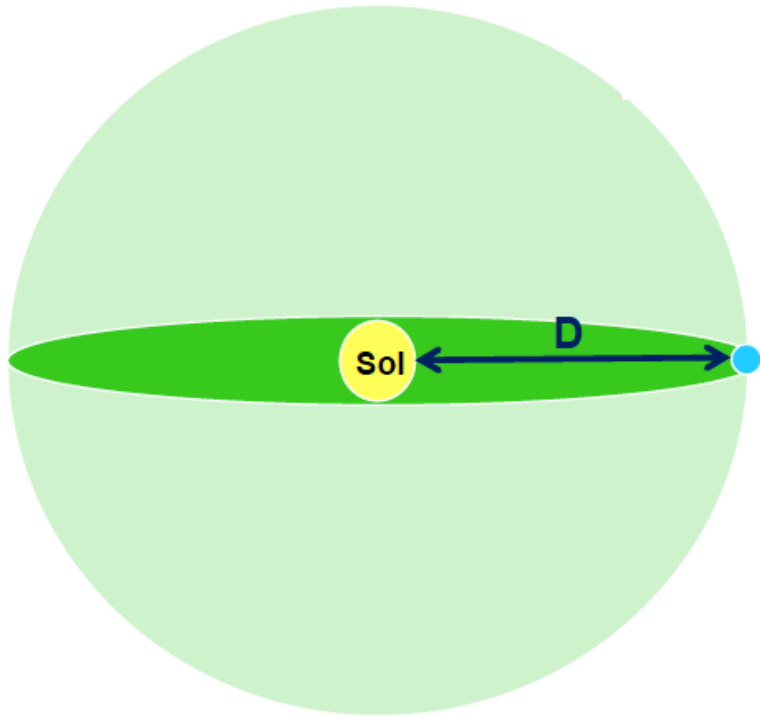


– Intensidade (potência média por unidades de área):

$$I = \langle S \rangle = \frac{E_{\max}^2}{2\mu_0 c}$$

Exercício: A irradiância solar (intensidade integrada sobre as frequências ou comprimentos de onda), no alto da atmosfera, é cerca de 1.37 kW/m^2 . Qual a potência média emitida pelo Sol?

Dado: distância média Terra-Sol é de 150 milhões de km.



Tomando o sol como uma fonte puntiforme de ondas esféricas (razoável a grandes distâncias), poderemos explorar a relação entre irradiância (intensidade) e potência média:

$$\langle P \rangle = I(4\pi r^2) = (1.37 \times 10^3) \times (4\pi) \times (1.50 \times 10^{11})^2 = 3.87 \times 10^{26} \text{ W}$$