

## Eletricidade e Magnetismo II – Licenciatura: **28ª Aula** (22/11/2012)

Prof. Alvaro Vannucci

---

Na última aula vimos:

- Pressão de radiação:  $\mathcal{P} = \frac{1}{A} \frac{dp}{dt} = \frac{1}{cA} \frac{dU}{dt} \equiv \frac{\text{força}}{\text{área}}$
- Em termos dos valores médios:  $\bar{\mathcal{P}} = \frac{\bar{S}}{c} = \frac{I}{c} = \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2}$
- Os resultados acima valem para absorção total da radiação incidente. No caso de reflexão total, temos que

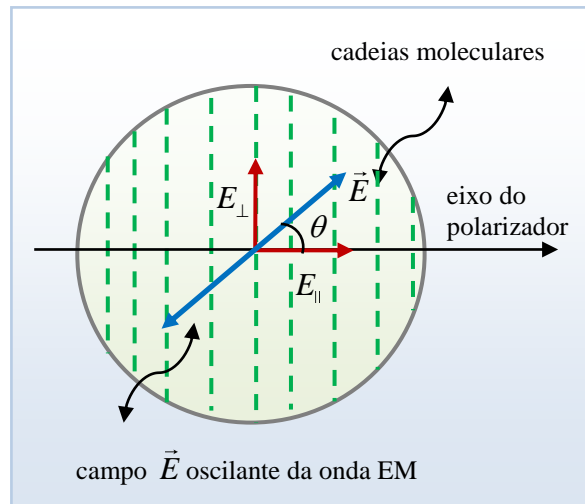
$$\mathcal{P}_{\text{refl}} = \frac{2}{Ac} \frac{dU}{dt} \Rightarrow \bar{\mathcal{P}}_{\text{refl}} = \frac{2I}{c}$$

---

### Polarização de Ondas Eletromagnéticas

- Vimos que ondas eletromagnéticas correspondem a campos  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  oscilando perpendicularmente entre si e perpendicularmente à direção de propagação da onda.
- Na situação em que o campo elétrico oscila em uma direção fixa do espaço, então a onda correspondente é denominada “**plano-polarizada**” ou “**linearmente polarizada**”.
- De modo que a direção de oscilação de  $\vec{E}$  determina como a onda está polarizada; e o “**plano de polarização**” corresponderá ao plano formado pelos vetores  $\vec{E}$  e  $\vec{k}$ .
- Se a direção de  $\vec{E}$  varia aleatoriamente no espaço (em função do tempo) então a onda EM correspondente é dita “**não-polarizada**” (como a luz proveniente do Sol, por exemplo).
- Porém, uma radiação não-polarizada, ao incidir em certos materiais (**polarizadores**), observa-se que a onda transmitida encontra-se linearmente polarizada.
- Fisicamente, um “**polaróide**” consiste em material estruturado por cadeias de moléculas alinhadas paralelamente uma às outras.
- De forma que os elétrons de valência dos átomos que compõem estas cadeias conseguem movimentar-se ao longo delas, em resposta a um campo elétrico externo (de uma onda eletromagnética) e absorvendo energia (que depois é dissipada).

- No entanto, estes elétrons não conseguem passar de uma cadeia para outra. Assim, eles não absorvem energia das ondas que possuem  $\vec{E}$  oscilando perpendicularmente às cadeias.
- Na figura abaixo é mostrada a situação mais geral na qual a radiação EM incidente possui campo  $\vec{E}$  oscilante formando um ângulo  $\theta$  com o “eixo do polarizador”.



- Enquanto a componente paralela ( $E_{\parallel}$ ) ao “eixo do polarizador” (e, portanto perpendicular às cadeias) atravessa o polaróide (de forma que a energia correspondente a este componente não é absorvida), a energia da componente perpendicular ( $E_{\perp}$ ) é absorvida pelos elétrons que se movimentam (e a dissipam). Assim:

$$E_{\text{transmitido}} = (E_{\text{incidente}})(\cos \theta); \text{ ou seja: } E = E_0 \cos \theta$$

Ângulo de  $\vec{E}$  com o eixo do polarizador

- Porém, como já vimos, a intensidade da onda  $I = \bar{S} \propto E^2$
- De forma que a intensidade da onda transmitida, em relação à intensidade da onda incidente será:

$$E^2 = E_0^2 \cos^2 \theta \Rightarrow I = I_0 \cos^2 \theta \equiv \text{“Lei de Malus”}$$

- As ondas EM podem também ser circularmente ou elipticamente polarizadas, como verão no próximo curso.
- Veremos também como ocorre a “polarização por reflexão” (“ângulo de Brewster”).