

Prova 3 - 4300372 – Eletromagnetismo - 13/12/2022

1) [3,0 pts] Reflexão e Interferência

a) Um feixe de luz monocromática, de comprimento de onda $\lambda = 0,5\mu m$, incide perpendicularmente sobre uma interface ar-vidro. Considerando que o índice de refração do vidro é $n_v = 3,0$, qual o coeficiente de reflexão, e qual a fração da potência refletida da luz incidente, comparada à potência total incidente

Considere agora que queremos minimizar a reflexão nesta interface, depositando um material isolante com um índice de refração $n_I < n_v$.

b) Se $n_I = 1,5$, qual o coeficiente de reflexão na interface isolante-vidro?

c) Qual a espessura do material para termos interferência destrutiva na reflexão?

d) Em primeira aproximação, qual a fração da potência refletida da luz incidente, comparada à potência total incidente?

Dado: coeficiente de reflexão de Fresnel

$$r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2},$$

onde n_1 é o índice de refração do meio incidente, e n_2 o índice de refração do meio refratado.

2) [3,5] Temos dois dipolos oscilando na origem, descritos pelos momentos de dipolo

$$\vec{p}_1(t) = p_0 \cos(\omega t) \hat{x} \text{ e } \vec{p}_2(t) = p_0 \cos(\omega t + \pi/2) \hat{y}.$$

a) Qual a expressão para o campo elétrico gerado pelo dipolo \vec{p}_1 , ao longo dos eixos x, y, z, ou seja $\vec{E}_1(x, 0, 0, t)$, $\vec{E}_1(0, y, 0, t)$, e $\vec{E}_1(0, 0, z, t)$?

b) Qual a expressão para o campo elétrico gerado pelo dipolo \vec{p}_2 , ao longo dos eixos x, y, z, ou seja $\vec{E}_2(x, 0, 0, t)$, $\vec{E}_2(0, y, 0, t)$, e $\vec{E}_2(0, 0, z, t)$?

c) Qual a Intensidade do campo emitido nas direções x, y e z, e qual a polarização ao longo destas direções?

Dado: Campo elétrico gerado por um dipolo oscilante, onde o dipolo está na origem:

$$\vec{E} = \frac{\mu_0 p_0 \omega^2}{4\pi} \frac{\sin\theta}{r} \cos(kr - \omega t + \phi) \hat{\theta}, \text{ para um dipolo orientado na direção } \hat{z}.$$

$$\text{Campo magnético gerado pelo mesmo dipolo: } \vec{B} = \frac{\mu_0 p_0 \omega^2}{4\pi c} \frac{\sin\theta}{r} \cos(kr - \omega t + \phi) \hat{\phi}.$$

$$\text{Vetor de Poynting } \vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0}, \text{ Intensidade: } I = \langle |S| \rangle$$

Dica: Calcule o caso para o dipolo orientado na direção \hat{z} e depois troque os eixos conforme a conveniência.

3) [3,5 pts] Uma onda plana incide em um meio com um certo índice de refração dependente da frequência. Esta onda é composta de duas frequências, $\omega_1 = \omega_0 + \Delta\omega$ e $\omega_2 = \omega_0 - \Delta\omega$, que dão origem a uma envoltória típica de um batimento:

$$\vec{E}(x, y, z, t) = \vec{E}_0[\cos(k_1z - \omega_1t) + \cos(k_2z - \omega_2t)] = \frac{\vec{E}_0}{2} \cos(k_0z - \omega_0t) \cos(\Delta kz - \Delta\omega t).$$

O índice de refração do meio é dado por $n(\omega) = n_R + n_1 \frac{x}{1+x^2}$, e sua absorção por $\alpha = \alpha_R \frac{1}{1+x^2}$, onde $x = 2 \frac{\omega - \omega_R}{\gamma}$, sendo ω_R a frequência de ressonância e γ a largura de absorção.

a) Se $\Delta\omega \ll \gamma$, qual é a velocidade da envoltória na ressonância? Como ela se compara à velocidade de grupo $v_G = \frac{\partial\omega}{\partial k}$?

b) Se $\Delta\omega = 2\gamma$, qual é a velocidade da envoltória na ressonância? Como ela se compara à velocidade de grupo $v_G = \frac{\partial\omega}{\partial k}$?

Dado: Velocidade de fase: $v_\varphi = \omega/k$; Velocidade de grupo $v_G = v_\varphi / (1 + \frac{\omega}{n^2} \frac{dn}{d\omega})$

Figura 1: Em azul, $f(x) = \frac{2x}{1+x^2}$. Em vermelho, $f(x) = \frac{1}{1+x^2}$

