

Exercício 8.15 : Uma onda electromagnética plana incide numa interface ar-água que separa estes dois meios dieléctricos de permitividades eléctricas relativas $\epsilon_r^{ar} = 1$ e $\epsilon_r^{agua} = 81$. Determine:

- a) os índices de refração dos meios dieléctricos.
- b) a velocidade de propagação nos meios dieléctricos.
- c) o ângulo de Brewster (θ_B) e o ângulo de refração correspondente.
- d) os coeficientes de reflexão e transmissão, para $\theta_i = \theta_B$, para o caso em que a onda possui polarização paralela ao plano de incidência.
- e) os coeficientes de reflexão e transmissão, para $\theta_i = \theta_B$, para o caso em que a onda possui polarização perpendicular ao plano de incidência.
- f) a transmitância (T) para ambos os casos (paralela e perpendicular) de polarização da onda.

Eqs de Fresnel:

(paralelo ao plano de incidência)

$$\left(\frac{E_R}{E_I} \right)_{\parallel} = \frac{n_2 \cos \theta_i - n_1 \cos \theta_t}{n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t}$$

$$\left(\frac{E_T}{E_I} \right)_{\parallel} = \frac{2n_1 \cos \theta_i}{n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t}$$

(perpendicular ao plano de incidência)

$$\left(\frac{E_R}{E_I} \right)_{\perp} = \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t}$$

$$\left(\frac{E_T}{E_I} \right)_{\perp} = \frac{2n_1 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t}$$

Exercícios Propostos

Exercício 9.1 : Uma onda electromagnética monocromática de frequência $f = 10^{14}$ Hz propaga-se no ar e entra num material com um índice de refração $n = 2$.

- Qual a velocidade de propagação da onda no material?
- Qual a frequência da onda no material?
- Qual o comprimento de onda no material?

Exercício 9.2 : Um raio de luz monocromático incide com um ângulo de 30° numa das faces de uma placa de vidro com índice de refração $n = 1,5$ (para esse comprimento de onda).

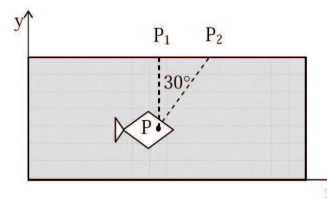
- Qual o ângulo da onda transmitida através do vidro? (faça um esquema)
- O que se alterava se em vez de vidro a luz atravessasse uma placa diamante de índice de refração $2,4$?

Exercício 9.3 : Um raio de sol (luz branca) incide sobre uma janela de vidro de 4 mm com um ângulo de 45° . Sabendo que o índice de refração do vidro para a cor vermelha é de $1,5885$ e para a cor azul é de $1,5982$, determine a separação espacial das duas cores após o raio atravessar o vidro.

Exercício 9.4 : Uma onda electromagnética plana monocromática propaga-se dentro de um material caracterizado por $\epsilon_r = 1,5$ e $\mu_r = 1$.

- Verifique em que condições de incidência da onda na superfície de separação do material com o ar não existe onda propagada no ar.
- O fenómeno descrito em a) (reflexão total) poderia verificar-se a onda incidisse na superfície de separação dos meios mas propagando-se no ar?

Exercício 9.5 : Um pescador procura observar na água ($n_{gua} \gg 1,5$) um peixe, sendo este visível caso a luz nele reflectida atinja os olhos do pescador. Considere que a luz proveniente do ponto P de um peixe (imóvel) está linearmente polarizada, com o seu campo eléctrico no plano xy (ver figura).



- Determine a velocidade da luz na água e escreva uma expressão para o campo eléctrico associado à componente da luz com $\lambda = 500\text{nm}$ da onda que se propaga na direcção do ponto P_2 . Considere que a amplitude do campo eléctrico é E_0 .
- Determine as direcções de propagação da luz transmitida para o ar dos raios luz que incidem na superfície da água nas posições P_1 e P_2 .
- Qual o ângulo de incidência máximo que a luz proveniente do peixe pode ter para que possa ser observada pelo pescador?

Exercício 9.6 : Uma onda electromagnética plana monocromática e polarizada circularmente desloca-se no ar e incide segundo um dado ângulo de incidência θ_i sobre a superfície plana de um dieléctrico ($\epsilon_r = 2,7$ e $\mu_r = 1$). Determine o ângulo de incidência para o qual a onda reflectida está polarizada linearmente.

Soluções

- 8.1 a) $1,5 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 b) 10^{14} Hz
 c) $\lambda = 1,5 \mu\text{m}$
- 8.2 a) 30°
 b) Saía com o mesmo ângulo mas mais perto do ponto de incidência.
- 8.3 $d = 14,8 \mu\text{m}$
- 8.4 a) $\theta_i = 54,7^\circ$
 b) não
- 8.5 a) $\vec{E} = E_x \vec{u}_x + E_y \vec{u}_y$
 $E_x = \frac{\sqrt{3}}{2} E_0 \cos(8\pi \times 10^{14} t - 4\pi \times 10^6 (\frac{1}{2}x + \frac{\sqrt{3}}{2}y))$
 $E_y = -\frac{1}{2} E_0 \cos(8\pi \times 10^{14} t - 4\pi \times 10^6 (\frac{1}{2}x + \frac{\sqrt{3}}{2}y))$
 b) $\vec{n}_{ar1} = \vec{u}_y$
 $\vec{n}_{ar2} = 0,75\vec{u}_x + 0,66\vec{u}_y$
 c) $\theta_{max} = 41,8^\circ$
- 8.6 $58,7^\circ$