



1. Uma onda electromagnética monocromática num dieléctrico isotrópico, linear e sem absorção pode ser descrita por:

$$\frac{100 \text{ (V)}}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} e^{i(2.979 \times 10^{15} \text{ (rad/s)}t + 1.579 \times 10^7 \text{ (rad/m)}\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} + \pi/2)}.$$

Usam-se coordenadas cartesianas, com grandezas no SI. A descrição usada é a de uma onda *escalar* (e é portanto ainda incompleta).

a) Diga se é progressiva, plana ou esférica e qual o sentido de propagação. (1 V)

b) Qual o comprimento de onda no vácuo (note que não conhece o índice de refração) ? (1.5 V)

2. Placa de vidro ($n = 1.5$; 2 cm de espessura) na horizontal, dentro de água ($n = 4/3$). Tem um feixe de um laser de He-Ne (632.8 nm) a propagar-se num plano vertical dentro de água. Incide no vidro (ângulo de incidência 30°) e quer saber o que se passa na reflexão externa água-vidro. O campo eléctrico apenas tem componente no plano vertical (radiação linearmente polarizada; amplitude 100 V/m).

a) Qual a amplitude do campo eléctrico do feixe refletido (em água) e transmitido (no vidro) ? Faça um esquema onde represente o vetor campo eléctrico da radiação incidente, refletida e transmitida. (1.5 V)

b) Qual a densidade de fluxo de energia, em mW/cm², do feixe incidente (por vezes chamade irradiância; feixe a propagar-se em água) ? (1.5 V)

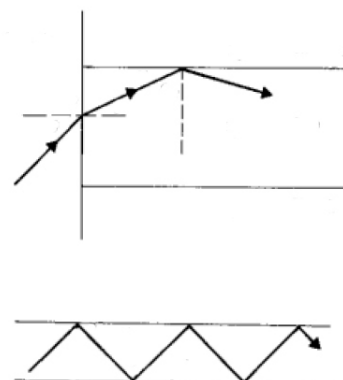
c) Qual a densidade de fluxo de energia, em mW/cm², dos feixes refletido e transmitido ? Compare-as com a densidade de fluxo do feixe incidente e comente. (1.5 V)

3. Aproximação de raio meridional de ótica geométrica para um guia de ondas. Fibra ótica de $n = 1.6$ e coeficiente de absorção 0.2 m^{-1} , protegida por um material de $n = 1.4$ (refletância de 0.9995 em cada reflexão interna na fibra). Diâmetro $50 \mu\text{m}$. Comprimento 1 m. Incidência na fibra a partir do ar.

a) Qual o ângulo de incidência máximo que permite a propagação na fibra ? (1.5 V)

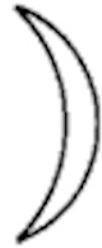
b) Calcule o número de reflexões internas até à saída da fibra, nas condições da alínea anterior. (1 V)

c) Qual a fracção da energia que espera que sobreviva à saída da fibra, por influência exclusiva da absorção e da reflexão interna ? Qual o significado prático deste resultado ? (1.5 V)



4. Lente de 4 cm de espessura de material com $n = 1.60$, em ar. Raios de curvatura das superfícies esféricas 20 e 10 cm. Métodos matriciais, na aproximação paraxial. Figura ilustrativa, não desenhada à escala.

- Quais as matrizes para a refração na 1a. e na 2a. superfícies ? Qual a matriz global, para a lente (referida aos vértices das superfícies refratoras) ? (2 V)
- Calcule a localização dos planos principais. Desenhe a lente e os planos principais. (1.5 V)
- Qual a matriz da lente, na aproximação das lentes delgadas ? Quais as potências da lente e da lente delgada ? Qual o valor que melhor descreve a situação física ? (1 V)



5. Ótica paraxial de lentes delgadas. 1a. lente positiva de $f = 4$ cm; 2a. lente negativa de distância focal $-2f$; objecto colocado à distância de $2f$ da 1a. lente.

- Indique a localização da imagem final. (2 V)
- Indique a orientação e tamanho relativos da imagem final, em relação ao objecto. (1.5 V)
- Use a técnica de traçado de raios para descrever a formação da imagem final, a partir do objecto. O esquema de traçado de raios é compatível com os resultados das alíneas anteriores ? (1 V)

