P1

Física - 4

Escola Politécnica - 2001

FAP2296 - 1^a PROVA

11/9/2001

◇ Esta prova tem 100 minutos de duração.
◇ É proibida a consulta a colegas, livros e apontamentos.
◇ É proibido o uso de calculadoras.
◇ Resolva cada questão na folha apropriada.
◇ Não serão aceitas respostas sem justificativas

Questão 1

Uma onda eletromagnética harmônica plana propaga-se num meio com $\mu = \mu_o$ e tem seu campo elétrico dado por (unidades do sistema MKS):
$E_x = 0,5\, sen(\frac{4\pi}{5} z - 2\pi\, 10^8 t)$; $E_y = E_z = 0$. Calcule:

a. (0,5) o vetor de onda $\vec{k}$;
b. (0,5) o comprimento de onda e a frequência angular ;
c. (0,5) o módulo da velocidade de propagação da onda ;
d. (0,5) o índice de refração e a constante dielétrica $\kappa = \varepsilon/\varepsilon_o$ do meio ;
e. (0,5) o campo magnético $\vec{B}$;
f. (0,5) o vetor de Poynting $\vec{S}$ (deixe o resultado como função de μ_o).
Dado: $c = 3 \cdot 10^8 m/s$.

Solução da Questão 1

a. $\vec{k} = \frac{4\pi}{5}\,\hat{e}_z$ **b.** $\lambda = \frac{2\pi}{k} = 2,5$ m ; $\omega = 2\pi\cdot 10^8$ rad/s

c. $v = \frac{\omega}{k} = 2,5\cdot 10^8$ m/s

d. $n = \frac{c}{v} = \frac{3}{2,5} = 1,2\,;$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} \Rightarrow n = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_o}} = \sqrt{\kappa} \quad \therefore \quad \kappa = 1,2^2 = 1,44$$

e. $\vec{B} = \underbrace{\frac{0,5}{2,5\cdot 10^8}}_{E_o/v}\, sen(\frac{4\pi}{5}\,z - 2\pi\cdot 10^8 t)\,\hat{e}_y$

f. $\vec{S} = \vec{E}\times\vec{H} = \frac{\vec{E}\times\vec{B}}{\mu_o} = \frac{0,5^2}{2,5\cdot 10^8\mu_o}\, sen^2(\frac{4\pi}{5}\,z - 2\pi\cdot 10^8 t)\,\hat{e}_z$

Questão 2

Um farol de intensidade média I_o tem toda sua energia concentrada em um feixe de radiação eletromagnética de seção reta circular de raio R. O feixe incide sobre uma placa que absorve 50% da energia incidente e reflete o restante. Determine:

a. (0,5) a potência média emitida pelo farol ;

b. (0,5) as amplitudes dos campos elétricos dos feixes incidente e refletido ;

c. (0,5) a força exercida pela radiação sobre a placa ;

d. (0,5) a energia contida em um comprimento L do feixe.

Solução da Questão 2

a. $P = I_o \cdot A = \pi R^2 I_o$

b. $I_o = \dfrac{1}{2}\, c\, \varepsilon_o\, E_{o_i}^2 \quad \Rightarrow \quad E_{o_i} = \sqrt{\dfrac{2 I_o}{c \varepsilon_o}}$

$$E_{o_r} = \sqrt{\frac{I_o}{c\varepsilon_o}} = \frac{E_{o_i}}{\sqrt{2}}$$

c. $F = P_{rad} \cdot A = A \cdot (0,5\, \dfrac{I_o}{c} + 0,5 \cdot 2\, \dfrac{I_o}{c}) = 1,5 \pi R^2\, I_o/c$

P_{rad}: pressão de radiação.

d. $U = I_o\, A\, \Delta t = I_o\, A\, \dfrac{L}{c} = \pi\, R^2\, I_o\, L/c$

Questão 3

Luz de comprimento de onda λ incide sobre duas fendas separadas por uma distância $d = 2 \cdot 10^{-5}m$, e as ondas esféricas resultantes são captadas num anteparo que dista $L = 2m$ das fendas.

A figura abaixo mostra a intensidade da luz captada como função da coordenada y no anteparo.

a. (1,5) obtenha o comprimento de onda λ.

b. (1,0) Quantos máximos de interferência serão observados na região an-

gular definida por $-5^o \leq \theta \leq 5^o$?

Observações: para $\theta \approx 0 \Rightarrow tg(\theta) \approx sen(\theta) \approx \theta$; $sen(5^o) = 0,09$

Solução da Questão 3

a. $d\,sen\theta \,=\, m\,\lambda \quad \Rightarrow \quad \lambda \,=\, \dfrac{d\,sen\theta}{m} \,\simeq\, \dfrac{d\,tg\theta}{m} \,=\, \dfrac{2\cdot 10^{-5}\ \mathrm{m}\cdot 0,05\ \mathrm{m}}{1\,\cdot\, 2\ \mathrm{m}}$

$\lambda \,=\, 0,05\cdot 10^{-5}\ \mathrm{m} = \, 5\cdot 10^{-7}\ \mathrm{m}$

b. $m \,=\, \dfrac{d\,sen\theta}{\lambda} \,=\, \dfrac{2\cdot 10^{-5}}{5\cdot 10^{-7}}\cdot 0,09 \,=\, 3,6$

$m_{max} \,=\, +3\,; \quad m_{min} \,=\, -\,3 \,\Rightarrow\, \text{total} \,=\, 3+3+1 \,=\, 7\ \text{máximos}$

Questão 4

Uma onda plana de luz monocromática de comprimento de onda λ incide perpendicularmente sobre uma fina película de óleo de espessura uniforme d, a qual cobre uma placa de vidro. O índice de refração do ar é 1, do óleo é 1,25 e o do vidro é 1,5.

a. (0,5) Qual é a condição entre d e λ para que haja interferência destrutiva para a luz refletida?

b. (1,0) Supondo $d = 5 \cdot 10^{-7}m$, haverá interferência destrutiva para a luz refletida se $\lambda = 50 \cdot 10^{-7}m$?

c. (1,0) Supondo $d = 5 \cdot 10^{-7}m$, qual será o **maior** comprimento de onda λ para o qual haverá interferência **construtiva** para a luz refletida ?

Solução da Questão 4

a. $2d = (m + 1/2)\,\dfrac{\lambda}{1,25}\,; \quad m = 0, 1, 2, \cdots$

b. $2{\cdot}5{\cdot}10^{-7}\,\mathrm{m} = (m{+}1/2)\,\dfrac{50 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m}}{1,25} \quad \Rightarrow \quad m = -1/4$ (m é inteiro e positivo!) $\Rightarrow$ não haverá

c. construtiva $\quad \Rightarrow \quad 2d = \dfrac{m\lambda}{1,25} \quad \therefore \quad \lambda = \dfrac{12,5 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m}}{m}$

maior $\quad \Rightarrow \quad m = 1 \quad \Rightarrow \quad \lambda = 12,5 \cdot 10^{-7}$ m

Formulário

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho\,; \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0\,; \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\,; \quad \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\vec{D} = \varepsilon\,\vec{E}\,; \quad \vec{B} = \mu\,\vec{H}\,; \quad \vec{B} = \frac{\vec{k} \times \vec{E}}{\omega} = \frac{1}{v}\,\hat{k} \times \vec{E}$$

$$\langle S \rangle = \frac{1}{2}\,c\,\varepsilon_o\,E_o^2\,; \quad \frac{dU}{dt} = \int \vec{S} \cdot d\vec{A}\,; \quad E = v\,B\,; \quad n = \frac{c}{v}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$$

incidência normal com absorção total: $P_{rad} = \dfrac{\langle S \rangle}{c}$.

com reflexão total : $P_{rad} = 2\,\dfrac{\langle S \rangle}{c}$.