FAP0296

14 de setembro de 1999

P 1

Física–4 para a Escola Politécnica

✔ Esta prova tem duração de 100 minutos.
✔ Escreva de forma legível.
✔ Justifique as fórmulas utilizadas que não constam do formulário.
✔ É proibido o uso de calculadoras.
✔ Resolva cada questão em sua folha própria.
✔ Após 60 min, a compreensão do enunciado passa a fazer parte da questão.

1– Uma onda eletromagnética plana (harmônica), de comprimento de onda λ, propaga-se no vácuo no sentido positivo do eixo z. Seu campo elétrico oscila na direção x e assume seu valor máximo E_o para $z = 0$ quando $t = 0$. As respostas devem envolver apenas λ, E_o, A (definida no ítem d) e as constantes c e ε_o.

a. (0,5) Determine o campo magnético associado à onda;

b. (0,5) Determine o vetor de Poynting $\vec{S}(x, y, z, t)$;

c. (0,5) Qual a intensidade média da radiação, I_{med} ?

d. (0,5) Qual a energia W incidente sobre uma superfície de área A (orientada normalmente ao eixo z), num período da onda ?

e. (0,5) Qual o momento $\vec{P}$ transferido a esta mesma superfície, num período da onda, se a energia W incidente for totalmente absorvida ?

2– Uma onda eletromagnética plana harmônica de freqüência f propaga-se no vácuo no sentido positivo do eixo x e incide sobre um material, com índice de refração n (> 1) e permeabilidade magnética igual à do vácuo, que preenche todo o semi-espaço $x \geq 0$.

a. (0,5) Escreva a expressão do campo elétrico incidente, $\vec{E}(x, y, z, t)$, em termos de E_o, c e f sabendo-se que possui amplitude E_o, oscila apenas na direção y e assume seu valor máximo quando $x = 0$ e $t = 0$.

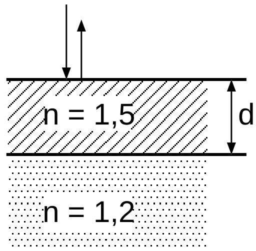
b. (0,5) Escreva a condição de contorno que deve ser satisfeita pelos campos elétricos incidente $\vec{E}$, refletido $\vec{E}_r$ e transmitido $\vec{E}_t$ na interface, para $x = 0$;

c. (0,5) Sendo E_{or} a amplitude do campo elétrico da onda refletida, escreva a expressão do campo elétrico refletido pela superfície, em termos das constantes E_{or}, f e c;

d. (0,5) Sendo E_{ot} a amplitude do campo elétrico da onda transmitida, escreva a expressão do campo elétrico transmitido pela superfície, em termos das constantes E_{ot}, f, c e n;

e. (0,5) Se é dada a relação $E_{ot}/E_{or} = 4$, determine E_{or} e E_{ot} como função de E_o.

3– Uma película delgada de vidro com espessura d e índice de refração $1,5$, recobre uma lâmina de material com índice de refração $1,2$. Luz monocromática de comprimento de onda λ, vinda do ar, incide normalmente sobre a película.



Questão 3

a. (1,0) Qual a relação entre a espessura d e o comprimento de onda λ para que haja interferência construtiva *para a luz refletida*?

b. (1,0) Qual a relação entre a espessura d e o comprimento de onda λ para que haja interferência construtiva *para a luz transmitida*?

c. (0,5) Existe uma espessura d e um comprimento de onda λ tal que as condições a e b sejam simultaneamente satisfeitas?

4– Duas antenas tipo dipolo, alinhadas segundo o eixo z, emitem radiações eletromagnéticas de comprimento de onda λ e estão separadas de uma distância d (figura a). Esta configuração permite que o sinal de rádio seja enviado com maior intensidade em certas direções do que em outras, embora qualquer das antenas isoladamente irradie com a mesma intensidade em todos os pontos do plano x, y em pontos eqüidistantes com relação a ela..

Figura **a**.

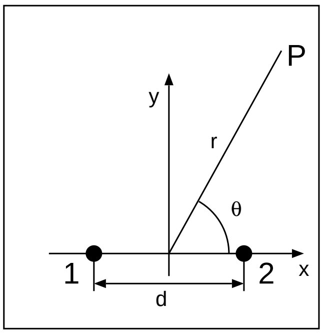
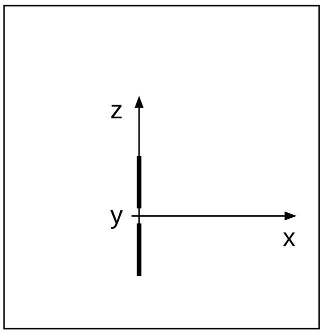


Figura **b**.



a. (1.0) Sabendo-se que a antena 1 está defasada de 180^o em relação à antena 2, determine os ângulos α para os quais a intensidade de radiação recebida em um ponto P, situado a uma distância r ($r >> d$) seja máxima;

b. (1.0) Nas mesmas condições do ítem anterior, determine a intensidade média $I(\theta)$ como função de I_o e θ, onde I_o é a intensidade de qualquer uma das antenas, tomadas isoladamente, no ponto P do espaço.

c. (0.5) Considere agora apenas uma das antenas, posicionada ao longo do eixo z constituindo um dipolo (figura b), esboce o seu diagrama de radiação.

Formulário

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_o} \quad \oint \vec{B}\cdot d\vec{S} = 0 \quad \oint \vec{E}\cdot d\vec{\ell} = -\frac{d\phi_M}{dt} \quad \oint \vec{B}\cdot d\vec{\ell} = \mu_o I + \mu_o \varepsilon_o \frac{d\phi_E}{dt}$$

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad \vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0 \quad \vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \quad \vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu_0\vec{J} + \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$$

$$\vec{S} = \vec{E}\times\vec{H} \quad I = c\varepsilon_o E^2$$

$$D_{n1} - D_{n2} = \sigma \quad E_{t1} - E_{t2} = 0$$

$$B_{n1} - B_{n2} = 0 \quad H_{t1} - H_{t2} = K$$

$$< \sin^2\theta >= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin^2\theta\, d\theta = \frac{1}{2}$$

$$\vec{\nabla}\times\vec{A} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}\right)\vec{e}_x + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}\right)\vec{e}_y + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}\right)\vec{e}_z$$

$$\sin a + \sin b = 2\sin\left(\frac{a+b}{2}\right)\cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$$