

Eletrromagnetismo para licenciatura em física

Lista 02

1. Deduza, a partir das equações de Maxwell, a equação de onda tridimensional para o campo magnético.

2. Uma onda eletromagnética senoidal emitida por uma estação de rádio passa perpendicularmente através de uma janela aberta com área de $0,500 \text{ m}^2$. Na janela, o campo elétrico da onda possui valor de $0,0400 \text{ V/m}$. Quanta energia essa onda transporta através da janela durante um comercial de $30,0 \text{ s}$?

3. Podemos modelar de forma razoável uma lâmpada incandescente de 75 W como uma esfera com $6,0 \text{ cm}$ de diâmetro. Tipicamente, apenas cerca de 5% da energia vai para a luz visível; o restante vai, em grande parte, para a radiação infravermelha não visível.

- Qual é a intensidade da luz visível (em W/m^2) na superfície da lâmpada?
- Quais são as amplitudes dos campos elétrico e magnético nessa superfície, para uma onda senoidal com essa intensidade?

4. Um raio laser possui diâmetro de $1,20 \text{ nm}$. Qual é a amplitude do campo elétrico da radiação eletromagnética no raio se ele exerce uma força de $3,8 \times 10^{-9} \text{ N}$ sobre uma superfície totalmente refletora?

5. As ondas eletromagnéticas se propagam em condutores de modo muito diferente da propagação em dielétricos e no vácuo. Quando a resistividade do condutor for suficientemente pequena (ou seja, quando ele for um bom condutor), o campo elétrico oscilante da onda produzirá uma corrente de condução oscilante que é muito maior que a corrente de deslocamento. Nesse caso, a equação de onda para o campo elétrico $\vec{E}(x,t) = E_y(x,t) \hat{y}$ se propagando no sentido $+x$ no interior do condutor é dada por:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} E_y = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial}{\partial t} E_y$$

em que μ é a permeabilidade do condutor e ρ é a sua resistividade. Uma solução para essa equação é:

$$E_y(x,t) = E_{max} e^{-kx} \cos(kx - \omega t)$$

Em que $k = \sqrt{\frac{\omega\mu}{2\rho}}$.

- Verifique que essa solução é, de fato, solução da equação de onda.
- O termo exponencial mostra que a amplitude do campo elétrico diminui na medida em que a onda se propaga no material. Tente explicar a razão para que isso aconteça (Dica: o campo realiza trabalho para mover a carga no interior do condutor. A corrente resultante desse movimento

produz uma dissipação de calor Ri^2 no interior do condutor, fazendo sua temperatura aumentar. De onde provém a energia para isso?)

- c) Qual a distância percorrida pela onda no material para o campo elétrico diminuir de um fator $1/e$? Calcule o valor numérico para essa distância assumindo que a onda tem frequência $f = 1$ MHz no cobre (resistividade de $1,72 \times 10^{-8}$ Ohm-metro e permeabilidade $\mu = \mu_0$)

6. Uma onda eletromagnética com frequência de 65,0 Hz se desloca em um material magnético isolante que possui constante dielétrica de 3,64 e permeabilidade de 5,18 nessa frequência (valores relativos àqueles no vácuo). O campo elétrico possui amplitude $7,20 \times 10^{-3}$ V/m.

- a) Qual é a velocidade de propagação da onda?
b) Qual é o comprimento de onda?
c) Qual é a amplitude do campo magnético?

7. Em qual distância uma lâmpada incandescente de 100 W produz a mesma intensidade luminosa de uma lâmpada de 75 W em uma distância de 10m? Assuma que ambas tenham a mesma eficiência em produzir energia luminosa em relação ao consumo de energia elétrica.

8. Qual é a intensidade de uma onda eletromagnética cuja amplitude do campo elétrico é 125 V/m?

9. Assuma que a intensidade máxima de exposição a micro ondas por um ser humano é de 1 W/m^2 .

- a) Se um radar emite 10 W de micro-ondas uniformemente em todas as direções, estime a distância considerada segura para a presença de uma pessoa.
b) Qual a amplitude do campo elétrico nessa distância segura?

10. Assuma que o valor médio do vetor de Poynting na superfície da Terra é $\langle \vec{S} \rangle = 900 \text{ W/m}^2$.

- a) Se a luz do sol atinge a superfície de uma pipa refletora de área $0,75 \times 20,75 \text{ m}^2$ perpendicularmente, qual é a força média exercida sobre a pipa por conta da pressão da radiação solar?
b) Como esse resultado seria modificado se a pipa fosse perfeitamente preta e absorvesse toda a radiação?

11. Um grão de poeira de raio $2 \mu\text{m}$ e massa $10 \mu\text{g}$ está se movendo no espaço com velocidade de 30 cm/s. Uma onda eletromagnética monocromática e uniforme atinge esse grão de poeira no sentido oposto ao seu movimento e é absorvida pelo grão. Assumindo que o grão seja desacelerado uniformemente até parar, qual é a amplitude do campo elétrico dessa onda?

12. A amplitude do campo magnético de uma onda harmônica na região de micro-ondas é $9,2 \times 10^{-5}$ T. Qual é a intensidade dessa onda? Você acha isso realisticamente razoável? Explique.