UNIVERSIDADE da MADEIRA

Electromagnetismo

Série de exercícios 11

Nota: Os exercícios assinalados com ✠ serão resolvidos nas aulas.

1. ✠ Considere uma lâmpada que emite ondas electromagnéticas esféricas uniformemente em todas as direcções. Assumindo que a lâmpada emite 50 W de radiação electromagnética, determine a intensidade e a pressão de radiação a uma distância de 3 m da lâmpada.

2. ✠ Um feixe paralelo de luz com um fluxo energético S, de $10\,\mathrm{W/\,cm^2}$, incide durante 1 hora sobre um espelho plano, reflector perfeito, de $1,0\,\mathrm{cm^2}$ de área.

   (a) Determine o momento linear que é transferido para o espelho durante este intervalo de tempo?

   (b) Determine a força que actua sobre o espelho?

3. ✠ Imagine que se encontra “encalhado” no espaço a 20 m da sua nave espacial. Transporta consigo um laser de 1 kW. Se a sua massa total, incluindo o seu fato espacial e o laser, é 95 kg, quanto tempo demorará para alcançar a sua nave se apontar o laser em sentido contrário?

4. ✠ Hoje em dia os ponteiros laser são muito usados em apresentações para dirigir a atenção da audiência para informação nos ecrans. Considere um ponteiro de 3,0 mW que cria um ponto de diâmetro 2,0 mm no ecran. Determine a pressão de radiação no ecran, considere que o ecran reflecte 70% da luz que incide nele. Compare o valor calculado com o valor da pressão atmosférica.

5. O Sol fornece cerca de $10^3\,\mathrm{W/\,m^2}$ de energia à Terra na forma de radiação electromagnética.

   (a) Calcule a potência total que incide num telhado de dimensões $8,00\,\mathrm{m} \times 20,0\,\mathrm{m}$.

   (b) Determine a pressão de radiação e a força exercida pela radiação no telhado, assumindo que a cobertura do telhado é uma superfície perfeitamente absorvente.

6. ✠ Um modo possível (pelo menos, teoricamente) de viagem espacial consiste em colocar no espaço uma folha aluminizada perfeitamente reflectora e usar a luz do Sol para empurrar esta “vela solar”. Considere uma vela de área $0.6\,\mathrm{km^2}$ e massa 6 toneladas. Assuma que durante a viagem o valor médio da densidade do fluxo de radiação solar é $1340\,\mathrm{W/\,m^2}$ e o ângulo entre o plano da vela e a direcção para o Sol é $30\,^\circ$ (considera-se que o Sol é uma fonte pontual de radiação). Ignore os efeitos gravitacionais.

   (a) Calcule a força exercida sobre a vela.

   (b) Quanto tempo demora a vela a percorrer, começando do repouso, a distância entre a Terra e a Lua (384 mil quilómetros)?

7. ✠ Numa região do espaço existe um campo eléctrico uniforme dado por $\mathbf{E} = (1, 2, 0)$ V/ m e um campo magnético uniforme dado por $\mathbf{B} = (0, 0, 3)$ mT. Determine o momento linear do campo electromagnético num volume $V = 5\,\mathrm{m^3}$ dentro da região considerada.

8. ✠ Um condutor cilíndrico longo de comprimento L, raio a, e resistividade ρ transporta uma corrente estacionária I que é uniformemente distribuída sobre a sua secção recta.

   (a) Use a lei de Ohm para relacionar o campo eléctrico E no condutor com I, ρ e a.

(b) Encontre o campo magnético B na borda do condutor.

(c) Use os resultados anteriores para obter o vector de Poynting $\mathbf{S}$ na borda do condutor. Qual é a direcção de $\mathbf{S}$?

(d) Encontre o fluxo do vector de Poynting através da superfície do condutor para o interior do condutor e mostre que a potência no condutor é igual a I^2R, onde R é a resistência.

9. ✠ Um condutor cilíndrico oco, longo de comprimento L, com raio interno a e raio externo b é feito de um material de resistividade ρ e transporta uma corrente estacionária I que é uniformemente distribuída sobre a sua secção recta.

(a) Determine o calor de Joule dissipado dentro do condutor.

(b) Determine o vector de Poynting $\mathbf{S}$ na superfície lateral do condutor. Sugestão: Use a lei de Ampère para calcular o campo de indução magnética em função da distância até ao eixo do cilindro (r).

(c) Encontre o fluxo do vector de Poynting através da superfície lateral do condutor.

(d) Comente os resultados das alíneas anteriores à luz do teorema de Poynting.

Soluções:
1) $I = S = \frac{P}{A} = 0,442\,\mathrm{W\,m^{-2}}$; $p = 1,47 \times 10^{-9}\,\mathrm{Pa}$; 2a) $2.4 \times 10^{-4}\,\mathrm{kg\,m\,s^{-1}}$; 2b) $6.7 \times 10^{-8}\,\mathrm{N}$; 3) $t = 3,38 \times 10^4\,\mathrm{s} = 9,38\,\mathrm{h}$; 4) $p = (1 + 0,7)\,\frac{S}{c} = 5,4 \times 10^{-6}\,\mathrm{Pa}$; 5a) $P = A \times S = 1,60 \times 10^5\,\mathrm{W}$; 5b) $p = \frac{S}{c} = 3,33 \times 10^{-6}\,\mathrm{N/\,m^2}$; $F = pA = 5,33 \times 10^{-4}\,\mathrm{N}$; 6a) $2\cos 60\,^\circ \frac{S}{c} A = 2.68\,\mathrm{N}$; 6b) $1310771.07\,\mathrm{s} = 15.2\,\mathrm{d.}$; 7) $\int_V \varepsilon_0 \mathbf{E} \times \mathbf{B} dV = 4,43 \times 10^{-14}\,(6,-3,0)\ \mathrm{kg\,m\,s^{-1}}$; 8a) $E = \frac{\rho I}{\pi a^2}$; 8b) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$; 8c) $\mathbf{S} = -\frac{I^2\rho}{2\pi^2 a^3}\mathbf{u}_r$ com $\mathbf{u}_r$ dirigido radialmente para fora do cilindro condutor; 8d) $\Phi_{\mathbf{S}} = \oint \mathbf{S} \cdot d\mathbf{A} = \frac{I^2\rho L}{\pi a^2}$; 9a) $\int_V jE\,dV = RI^2 = \frac{\rho L I^2}{\pi(b^2-a^2)}$; 9b) $\mathbf{S} = \frac{\rho I^2}{2\pi^2(b^2-a^2)b}\,(-\mathbf{u}_{\mathrm{radial}})$ com $\mathbf{u}_{\mathrm{radial}}$ dirigido radialmente para fora do cilindro condutor; 9c) $\Phi = -\frac{\rho L I^2}{\pi(b^2-a^2)} = -RI^2$.