



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, encontre 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  $10 \text{ W/cm}^2$ , incide durante 1 hora sobre um espelho plano, reflector perfeito, de  $1,0 \text{ cm}^2$  de área.
  - (a) Que momento linear é transferido para o espelho durante este intervalo de tempo?
  - (b) Que força age 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  $10^3 \text{ W/m}^2$  de energia à Terra na forma de radiação electromagnética.
  - (a) Calcule a potência total que incide num telhado de dimensões  $8,00 \text{ m} \times 20,0 \text{ m}$ .
  - (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  $0,6 \text{ km}^2$  e massa 6 toneladas. Assuma que durante a viagem o valor médio da densidade do fluxo de radiação solar é  $1340 \text{ W/m}^2$  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  $\mathbf{E} = (1, 2, 0) \text{ V/m}$  e um campo magnético uniforme dado por  $\mathbf{B} = (0, 0, 3) \text{ mT}$ . Determine o momento linear do campo electromagnético num volume  $V = 5 \text{ m}^3$  dentro da região considerada.
8. ✂T Um condutor cilíndrico longo de comprimento  $L$ , raio  $a$ , e resistividade  $\rho$  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  $I$ ,  $\rho$  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  $I^2 R$ , 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  $\rho$  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)  $I = S = \frac{P}{A} = 0,442 \text{ W m}^{-2}$ ;  $p = 1,47 \times 10^{-9} \text{ Pa}$ ; 2a)  $2.4 \times 10^{-4} \text{ kg m s}^{-1}$ ; 2b)  $6.7 \times 10^{-8} \text{ N}$ ; 3)  $t = 3,38 \times 10^4 \text{ s} = 9,38 \text{ h}$ ; 4)  $p = (1 + 0,7) \frac{S}{c} = 5,4 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ ; 5a)  $P = A \times S = 1,60 \times 10^5 \text{ W}$ ; 5b)  $p = \frac{S}{c} = 3,33 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$ ;  $F = pA = 5,33 \times 10^{-4} \text{ N}$ ; 6a)  $2 \cos 60^\circ \frac{S}{c} A = 2.68 \text{ N}$ ; 6b)  $1310771.07 \text{ s} = 15.2 \text{ d.}$ ; 7)  $\int_V \varepsilon_0 \mathbf{E} \times \mathbf{B} dV = 4,43 \times 10^{-14} (6, -3, 0) \text{ kg m s}^{-1}$ ; 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)  $\int_V jE dV = RI^2 = \frac{\rho LI^2}{\pi(b^2 - a^2)}$ ; 9b)  $\mathbf{S} = \frac{\rho I^2}{2\pi^2(b^2 - a^2)b} (-\mathbf{u}_{\text{radial}})$  com  $\mathbf{u}_{\text{radial}}$  dirigido radialmente para fora do cilindro condutor; 9c)  $\Phi = -\frac{\rho LI^2}{\pi(b^2 - a^2)} = -RI^2$ .