



**Departamento de física**

---

*Problemas do Cap.5 e6  
Elementos de Física*

---

*Ano Lectivo 2015/16*

---

## Capítulo 5

1. Um feixe de laser vermelho ( $\lambda=630$  nm) de um ponteiro tem uma potência de 3 mW.

- a) Quantos fótons são emitidos por segundo?
- b) Exprima a energia de cada fóton em electrões-volt.

A intensidade máxima da radiação solar (incidência perpendicular) quando atinge a Terra é cerca de  $10^3$  W/m<sup>2</sup>, sendo o comprimento de onda médio cerca de 550 nm.

- c) Quantos fótons atingem a superfície da Terra por m<sup>2</sup> e por segundo?
  - d) Compare com o feixe laser, supondo que tem diâmetro de 1 mm.
2. Uma lâmpada vulgar de incandescência tem uma eficiência de 5%, isto é, apenas 5% da energia consumida é convertida em radiação visível.
    - a) Quantos fótons são emitidos num segundo por uma lâmpada de potência 100W? Considere um valor típico de comprimento de onda  $\lambda=500$  nm.
    - b) Se a lâmpada irradia uniformemente em todas as direcções, determine quantos fótons penetram por segundo no olho de uma pessoa situada a:
      - i) 2 m da lâmpada
      - ii) 20 km da lâmpada.

Considere uma pupila de diâmetro 2mm. Área duma superfície esférica de raio R:  $4\pi R^2$

3. \*O trabalho de extracção (energia mínima para extrair um electrão da superfície) do sódio metálico é 2,3 eV. Suponha que se faz incidir um feixe luminoso sobre sódio metálico.
  - a) Qual a frequência mínima da radiação incidente para que ocorra emissão de electrões por efeito fotoeléctrico? Qual o comprimento de onda correspondente?
  - b) Qual a energia (cinética) dum electrão libertado por radiação incidente de comprimento de onda 200 nm?
  - c) Qual a diferença de potencial eléctrico que é necessário aplicar para parar os electrões emitidos nas condições da alínea anterior?
4. O comprimento de onda limite para ocorrer emissão fotoeléctrica no potássio é 558 nm.
  - a) Qual o trabalho de extracção do potássio?
  - b) Qual a energia (cinética) dum electrão libertado por radiação incidente de comprimento de onda 400 nm?
  - c) Qual a diferença de potencial eléctrico que é necessário aplicar para anular a corrente no circuito, nas condições da alínea anterior?
5. Na sua experiência original, (Physical Review vol 22, Nov 1923, p. 409) Compton apresenta resultados da alteração do comprimento de onda de raios X desviados pelos electrões dum alvo de grafite. Os raios X são emitidos com uma ampola de Molibdénio e têm comprimento de onda 0,0711 nm.
  - a) Porque seria difícil realizar a experiência com luz visível?
  - b) Qual o comprimento de onda detectado numa direcção que faz um ângulo de 45° com o feixe incidente?

- c) Qual a variação relativa de comprimento de onda quando a radiação é desviada de um ângulo de  $90^\circ$  com o feixe incidente?
  - d) Qual a energia dos fótons incidentes?
  - e) Qual a menor energia que poderão ter os fótons depois de desviados? Para que ângulo ocorre essa situação?
  - f) Qual a energia (cinética) dos electrões nessa situação?
6. \*Numa experiência de efeito Compton, observa-se que o comprimento de onda dos fótons varia 1,5% quando, após a interacção da radiação incidente com o alvo, são detectados fótons a um ângulo de  $120^\circ$ .
- a) Qual o comprimento de onda do feixe incidente?
  - b) Qual o comprimento de onda dos fótons detectados a  $75^\circ$ ?
  - c) Qual a energia dos fótons detectados a  $90^\circ$ ?
7. Determine o comprimento de onda de uma partícula que se move com velocidade  $2,0 \times 10^6$  m/s, considerando o caso de:
- a) um electrão
  - b) um protão
  - c) uma bola de massa 200 g.
- 8.
- a) Mostre que se a energia cinética duma partícula fôr muito maior que a sua energia em repouso, o comprimento de onda da partícula é dado por  $\lambda \approx \frac{hc}{E}$ . Em que situação a expressão anterior é exacta?
  - b) Nos modernos aceleradores de partículas é corrente produzir feixes de electrões ou protões com energias de algumas dezenas de GeV ( $1\text{GeV}=10^9$  eV). No CERN, o LEP (“Large Electron Positron Collider”) produziu no ano 2000, antes de ser desmontado, electrões com energias de 208 GeV. Determine o comprimento de onda dos electrões com essa energia.
9. \*O modelo atómico de Bohr para o átomo de hidrogénio pode ser compreendido considerando que o electrão se move em torno do protão em órbitas circulares de raio R. Os estados estacionários possíveis são determinados por uma condição de “ressonância”, em que o perímetro é um múltiplo do comprimentos de onda do electrão. Considere um sistema análogo em que uma partícula está confinada a uma circunferência de raio R
- a) Determine os valores possíveis para níveis de energia (cinética) da partícula. Suponha que a partícula é um electrão e  $R=0,50$  nm.
  - b) Determine as energias dos 3 estados de mais baixa energia, exprimindo o resultado em eV.
  - c) Determine os comprimentos de onda do electrão nesses três estados.
  - d) Determine a frequência do fóton emitido quando um electrão transita do 2º estado excitado para o estado fundamental.

10. De acordo com o modelo de Bohr, o átomo de hidrogénio é constituído por uma partícula de carga negativa, electrão, descrevendo trajectórias circulares em torno de uma carga positiva (núcleo contendo um protão).
- Calcule a energia e o raio do átomo de hidrogénio no seu estado fundamental.
  - Qual será a energia do fotão emitido por um átomo de hidrogénio ao decair do 2º estado excitado para o estado fundamental?
  - Qual será o comprimento de onda mais curto da radiação absorvida ou emitida por um átomo de hidrogénio?

## Capítulo 6

- Inicialmente uma determinada amostra radioactiva contém  $1,00 \times 10^{10}$  átomos do isótopo  $^{24}_{11}\text{Na}$  do sódio, cuja vida média é de 15,0h.
  - Determine o número de núcleos pai presentes 48,0h mais tarde;
  - Determine a actividade inicial da amostra, e 48,0h mais tarde.
- \*Uma amostra do isótopo  $^{131}\text{I}$ , cujo tempo de meia vida é de 8,04 dias, apresenta uma actividade de 5 mCi, na altura em que sai do laboratório onde foi preparada. Quando é recebida num laboratório médico, a actividade é de 4,2 mCi. Que tempo decorreu entre a saída da fábrica e a chegada ao laboratório?
- Num dado instante dispõe-se de uma amostra A, constituída por uma fonte radioactiva de 100 mCi, com um tempo de meia vida de 10s, e de uma amostra B, constituída por outra fonte radioactiva de 5 mCi, com o tempo de meia vida de 6 h. Passado um dia, qual das amostras apresenta maior actividade?
- \*Um pedaço de carvão de 25 g de massa é encontrado nas ruínas de uma cidade antiga. A amostra apresenta uma actividade de  $^{14}\text{C}$  de 250 decaimentos/min. Há quanto tempo morreu a árvore de onde provém este bocado de carvão?
- Um achado arqueológico contendo 278 g de carbono apresenta uma actividade de 45,0 Bq. Qual a idade do achado?

### Constantes:

$$h=6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}; c=2,998 \times 10^8 \text{ m/s}; e=1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{massa electrão}=9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{massa protão}=1,673 \times 10^{-27} \text{ kg};$$

$$\text{massa neutrão}=1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$N_A=6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1};$$

$$u.m.a.=1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

## Soluções Cap. 5

1. a)  $9,5 \times 10^{15}$  fotões/s; b) 1,97 eV; c) sol:  $2,8 \times 10^{21}$  fotões/m<sup>2</sup>s; d) laser:  $1,2 \times 10^{22}$  fotões/m<sup>2</sup>s
2. a)  $1,3 \times 10^{19}$  fotões/s; b) i)  $7,9 \times 10^{11}$  fotões/s ii)  $7,9 \times 10^3$  fotões/s
3. a)  $f_{\min}=5,55 \times 10^{14}$  Hz;  $\lambda_{\max}=5,40 \times 10^{-7}$  m; b) E=3,91 eV; c) V=3,91 V
4. a) W=2,22 eV; b) E=0,88 eV; c) V=0,88 V
5. b)  $\lambda = 71,8$  pm; c)  $\Delta\lambda/\lambda=3,4\%$ ; d) E=17,4 keV; e)  $E_{\min}=16,3$  keV (180°); f) 1,1 keV
6. a)  $\lambda = 243$  pm; b)  $\lambda = 245$  pm; c) E=5,06 keV
7. a)  $\lambda = 360$  pm; b)  $\lambda = 0,20$  pm; c)  $\lambda = 1,7 \times 10^{-39}$  m
8. b)  $\lambda = 5,97 \times 10^{-18}$  m
9. a)  $E_n = n^2 \frac{h^2}{8\pi^2 m R^2}$ ; b)  $E_1=0,15$  eV;  $E_2=0,60$  eV;  $E_3=1,35$  eV; c)  $\lambda_1=3,14$  nm;  $\lambda_2=1,57$  nm;  $\lambda_3=1,05$  nm; d)  $f=2,9 \times 10^{14}$  Hz
10. a) E = -13,6 eV; R=52,9 pm; b) E=12,1 eV; c)  $\lambda=91$  nm

## Soluções Cap. 6

- 1 a)  $N = 1.09 \times 10^9$ ; b)  $A_0 = 3,46$   $\mu$ Ci; A = 0,378  $\mu$ Ci.
- 2 2,02 dia.
- 3 A amostra B.
- 5 2642 ano.
- 5 2888 ano.