

Elementos de Física

Problemas Cap. 5

Introdução à Física Quântica

Problemas Cap. 6

Radioatividade

Ano Letivo 2018/2019

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 elétrons-volt.A intensidade máxima da radiação solar (incidência perpendicular) quando atinge a Terra é cerca de 10^3 W/m², sendo o comprimento de onda médio cerca de 550 nm.
 - c) Quantos fótons atingem a superfície da Terra por m² e por segundo?
 - d) Compare com o feixe laser, supondo que tem diâmetro de 1mm.
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 direções, 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 extração (energia mínima para extrair um elétron 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 elétrons por efeito fotoelétrico? Qual o comprimento de onda correspondente?
 - b) Qual a energia (cinética) dum elétron libertado por radiação incidente de comprimento de onda 200 nm?
 - c) Qual a diferença de potencial elétrico que é necessário aplicar para parar os elétrons emitidos nas condições da alínea anterior?
4. O comprimento de onda limite para ocorrer emissão fotoelétrica no potássio é 558 nm.
 - a) Qual o trabalho de extração do potássio?
 - b) Qual a energia (cinética) dum elétron libertado por radiação incidente de comprimento de onda 400 nm?
 - c) Qual a diferença de potencial elétrico 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 elétrons 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 detetado numa direção 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° 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 elétrons nessa situação?
6. Numa experiência de efeito Compton, observa-se que o comprimento de onda dos fótons varia 1,5% quando, após a interação da radiação incidente com o alvo, são detetados fótons a um ângulo de 120° .
- a) Qual o comprimento de onda do feixe incidente?
 - b) Qual o comprimento de onda dos fótons detetados a 75° ?
 - c) Qual a energia dos fótons detetados a 90° ?
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 elétron
 - b) um próton
 - c) uma bola de massa 200 g.
- 8.
- a) Mostre que se a energia cinética de uma partícula for 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 exata?
 - b) Nos modernos aceleradores de partículas é corrente produzir feixes de elétrons ou prótons com energias de algumas dezenas de GeV ($1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$). No CERN, o LEP (“Large Electron Positron Collider”) produziu no ano 2000, antes de ser desmontado, elétrons com energias de 208 GeV. Determine o comprimento de onda dos elétrons com essa energia.
9. O modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio pode ser compreendido considerando que o elétron se move em torno do próton 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 comprimento de onda do elétron. 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 elétron e $R = 0,50 \text{ nm}$.
 - b) Determine as energias dos 3 estados de mais baixa energia, exprimindo o resultado em eV.
 - c) Determine os comprimentos de onda do elétron nesses três estados.
 - d) Determine a frequência do fóton emitido quando um elétron transita do 2º estado excitado para o estado fundamental.
10. De acordo com o modelo de Bohr, o átomo de hidrogênio é constituído por uma partícula de carga negativa, elétron, descrevendo trajetórias circulares em torno de uma carga positiva (núcleo contendo um próton).

- a) Calcule a energia e o raio do átomo de hidrogénio no seu estado fundamental.
- b) Qual será a energia do fóton emitido por um átomo de hidrogénio ao decair do 2º estado excitado para o estado fundamental?
- c) Qual será o comprimento de onda mais curto da radiação absorvida ou emitida por um átomo de hidrogénio?

Capítulo 6

1. Inicialmente uma determinada amostra radioativa contém $1,00 \times 10^{10}$ átomos do isótopo $^{24}_{11}\text{Na}$ do sódio, cujo tempo de meia vida é de 15,0h.
 - a) Determine o número de núcleos presentes 48,0h mais tarde;
 - b) Determine a atividade inicial da amostra, e 48,0h mais tarde.
2. Uma amostra do isótopo ^{131}I , cujo tempo de meia vida é de 8,04 dias, apresenta uma atividade de 5 mCi, na altura em que sai do laboratório onde foi preparada. Quando é recebida num laboratório médico, a atividade é de 4,2 mCi. Que tempo decorreu entre a saída da fábrica e a chegada ao laboratório?
3. Num dado instante dispõe-se de uma amostra A, constituída por uma fonte radioativa de 100 mCi, com um tempo de meia vida de 10s, e de uma amostra B, constituída por outra fonte radioativa de 5 mCi, com o tempo de meia vida de 6 h. Passado um dia, qual das amostras apresenta maior atividade?
4. Um pedaço de carvão de 25 g de massa é encontrado nas ruínas de uma cidade antiga. A amostra apresenta uma atividade de ^{14}C de 250 decaimentos/min. Há quanto tempo morreu a árvore de onde provém este bocado de carvão? Assuma que a fração de $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ no meio ambiente é $1,3 \times 10^{-12}$.
5. Um achado arqueológico contendo 278 g de carbono apresenta uma atividade de 45,0 Bq. Qual a idade do achado? Assuma que a fração de $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ no meio ambiente é $1,3 \times 10^{-12}$.

Formulário:

$$E = m c^2$$

$$\lambda_n = \frac{h}{p_n}$$

$$E = h f - W$$

$$\lambda' - \lambda_0 = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$$

$$E_n = - \frac{m k^2 Z^2 e^4}{2 \hbar^2} \frac{1}{n^2} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$a = \left| \frac{dN}{dt} \right| = N_0 \lambda e^{-\lambda t}$$

$$a = a_0 e^{-\lambda t}$$

Grandezas físicas, conversões e fórmulas:

$$N_A = 6,022140857 \times 10^{23} \text{ moléculas/mol}$$

$$h = 6,626070040 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,135667662 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$\hbar = h/2\pi = 1,054571800 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 6,582119514 \times 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$\varepsilon_0 = 8,854187817 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$k = 1/4\pi\varepsilon_0 = 8,98755188 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

$$m_e = 9,10938356 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1,67262 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1836.151 m_e$$

$$1 \text{ amu} = 1,660539040 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1,67493 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$c = 299792,458 \text{ km/s} = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s} \quad \frac{h}{mc} = 2.4263102367 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$e = 1,602176208 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$\pi = 3,14159265$$

$$\text{Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

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^2s d) laser: $1,2 \times 10^{22}$ fotões/ m^2s
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) $f_{min}=5,58 \times 10^{14} Hz$; $\lambda_{max}=5,40 \times 10^{-7} m$ 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. a) porque $\Delta\lambda/\lambda \sim 4 \times 10^{-4} \%$ 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) $\lambda = 242$ pm b) $\lambda = 244$ pm c) $E=5,06$ keV
7. a) $\lambda = 363$ 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) $A_0 = 3,46$ μCi ; $A = 0,378$ μCi .
2. 2,02 dia.
3. A amostra B.
4. 3329,8 ano.
5. 3571,1 ano.