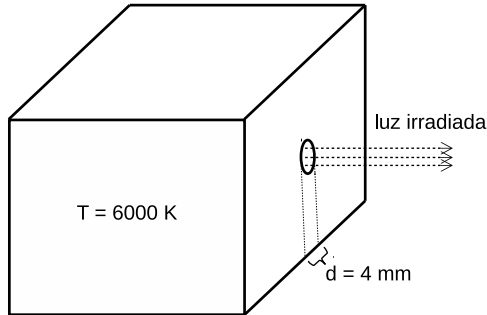


Física Quântica

Prova 1 - turma A2

1) [2,5] Suponha o seguinte arranjo experimental: uma caixa é construída com paredes metálicas que são mantidas na temperatura $T = 6000 \text{ K}$. Faz-se um orifício circular de diâmetro $d = 4 \text{ mm}$ em uma das paredes, de modo que uma pequena quantidade de radiação escape do interior da caixa (veja a figura abaixo). Com base nestas informações, resolva as questões a seguir.



- (a) [1,5] Calcule a potência com a qual a luz é irradiada através do orifício.
- (b) [1,0] Considerando que a frequência típica da luz irradiada é a frequência na qual a distribuição espectral é máxima, estime o número de fótons emitidos pelo orifício por unidade de tempo.
- 2) [2,5] O comprimento de onda correspondente ao limiar para que ocorra o efeito fotoelétrico no alumínio (Al) é 2954 \AA .
- (a) [1,0] Qual é a função trabalho do Al?
- (b) [1,5] Qual é a energia cinética máxima dos elétrons ejetados do Al pela luz ultravioleta com comprimento de onda de 1500 \AA ?
- 3) [2,5] Um múon pode ser capturado por um próton para formar um átomo muônico. O múon é uma partícula idêntica ao elétron, exceto pela massa, que é de aproximadamente $206,85 m_e$. Usando o modelo de Bohr, determine:
- (a) [1,0] O raio da primeira órbita de um átomo muônico.
- (b) [0,5] A energia do estado fundamental.
- (c) [1,0] O menor comprimento de onda da série de Lyman para este átomo.
- 4) [2,5] Um elétron e um fóton têm cada um um comprimento de onda de 2 \AA .
- (a) [1,0] Calcule o momento de ambas as partículas.
- (b) [1,5] Calcule, também, a energia cinética de ambas as partículas.

Algumas constantes:

$$c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s},$$

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J s} = 4,135 \times 10^{-15} \text{ eV s},$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

$$k = (4\pi\epsilon_0)^{-1},$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N m}^2),$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4},$$

$$\text{carga do elétron: } e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C},$$

$$\text{massa do elétron: } m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg} = 0,5110 \text{ MeV}/c^2.$$

Fatores de conversão:

$$\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J},$$

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}; 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}.$$

Fórmulas:

$$K_{\text{max}} = h\nu - \phi_0, \quad (1)$$

$$E = h\nu, \quad (2)$$

$$p = \frac{h}{\lambda}, \quad (3)$$

$$E = pc, \quad (4)$$

$$E = \frac{p^2}{2m}, \quad (5)$$

$$\nu_{\text{max}} = 5,882 \times 10^{10} \text{ T s}^{-1} \text{ K}^{-1}, \quad (6)$$

$$R_T = \int_0^\infty R_T(\nu) d\nu = \sigma T^4, \quad (7)$$

$$L = n\hbar = n\frac{h}{2\pi}, \quad \text{com } n = 1, 2, 3, \dots, \quad (8)$$

$$L = mr \left(\frac{kZe^2}{rm} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (9)$$

$$E = -\frac{1}{2} \frac{kZe^2}{r}. \quad (10)$$

Resolução:

1-a) \mathcal{P} = potência total irradiada pelo orifício.

$$\mathcal{P} = R_T \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \sigma T^4 \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \approx 923,4 \text{ W}$$

1-b) \mathcal{N} = número de fótons emitidos por unidade de tempo.

$$\nu_{\max} = 5,882 \times 10^{10} \text{ T s}^{-1} \text{ K}^{-1} = 5,882 \times 10^{10} 6000 \text{ K s}^{-1} \text{ K}^{-1} \approx 3,53 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$E = h\nu_{\max} \approx 2,34 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\mathcal{N} = \frac{\mathcal{P}}{E} \approx 3,95 \times 10^{21} \text{ s}^{-1}$$

2-a) $\lambda_0 = 2954 \text{ \AA}$, $\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}$.

$$K_{\max} = 0 \Rightarrow h\nu_0 - \phi_0 = 0 \Rightarrow \phi_0 = h\nu_0 = h\frac{c}{\lambda_0} \approx 4,2 \text{ eV}$$

2-b) $\lambda_1 = 1500 \text{ \AA}$, $\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1}$.

$$K_{\max} = h\nu_1 - \phi_0 = h\frac{c}{\lambda_1} - \phi_0 \approx 4,07 \text{ eV}$$

3-a) $m = 206,85 m_e$

$$mr \left(\frac{kZe^2}{rm}\right)^{\frac{1}{2}} = n\hbar \Rightarrow r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{mkZe^2}$$

$$r_1 = \frac{\hbar^2}{mkZe^2} \approx 2,56 \times 10^{-3} \text{ \AA}$$

3-b)

$$E_n = -\frac{1}{2} \frac{kZe^2}{r_n} = -\frac{k^2 Z^2 e^4 m}{2n^2 \hbar^2}$$

$$E_1 = -2,81 \text{ KeV}$$

3-c) Menor comprimento de onda da série de Lyman: $n = \infty$ para $n = 1$.

$$\underbrace{E_{\infty}}_0 - E_1 = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{-E_1}{hc} \Rightarrow \lambda \approx 4,41 \text{ \AA}$$

4-a)

fóton e elétron: $p = \frac{h}{\lambda} \approx 3,31 \times 10^{-24} \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

4-b)

fóton: $E = pc \Rightarrow E \approx 9,94 \times 10^{-16} \text{ J} = 6,2 \text{ keV}$

elétron: $E = \frac{p^2}{2m_e} \Rightarrow E \approx 6,02 \times 10^{-18} \text{ J} = 37,6 \text{ eV}$