

## Efeito Fotoelétrico

16ª AULA

①

$$\textcircled{9} \quad \frac{hc}{\lambda} = \phi + eV_0$$

$$\frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{750 \times 10^{-9}} = \phi + 1,602 \times 10^{-19} \times 0,54$$

$$\phi \approx 1,79 \times 10^{-19} \text{ J} \approx \boxed{1,12 \text{ eV}}$$

$$\textcircled{10} \quad K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - \phi$$

$$K_{\max} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{480 \times 10^{-9}} - 2,24 \times 1,602 \times 10^{-19}$$

(azul)  $\leftarrow$

$$K_{\max} = 5,55 \times 10^{-20} \text{ J} \approx \boxed{0,35 \text{ eV}}$$

Quando  $K_{\max} = 0 \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_c} = \phi \Rightarrow \lambda_c = \frac{hc}{\phi}$

$$\lambda_c = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2,24 \times 1,602 \times 10^{-19}} = 5,54 \times 10^{-7} \text{ m} = \boxed{554 \text{ nm (verde)}}$$

## Efeito Compton

⑪

$$(a) \quad \Delta\lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\theta) = 0,00243 (1 - \underbrace{\cos 60^\circ}_{1/2}) = 0,00121 \text{ nm}$$

$$(b) \quad \Delta\lambda = \lambda' - \lambda_0 = 0,00121 = \lambda' - 0,2 \Rightarrow \lambda' = 0,20121 \text{ nm}$$

$$\frac{hc}{\lambda_0} = \frac{hc}{\lambda'} + K \Rightarrow \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0,2 \times 10^{-9}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0,20121 \times 10^{-9}} + K$$

$$K = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-9}} \left( \frac{1}{0,2} - \frac{1}{0,20121} \right) = 5,98 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$\boxed{K \approx 37,4 \text{ eV}}$$

(12)  $K = E_0 - E'$  como  $K = E' \Rightarrow E' = \frac{E_0}{2} = K$  (2)

$$\therefore \lambda' = \frac{hc}{E'} = \frac{hc}{\frac{1}{2}E_0} = \frac{2hc}{E_0} = 2\lambda_0$$

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

$$2\lambda_0 - \lambda_0 = 0,00243 (1 - \cos\theta)$$

$$\lambda_0 = 0,00243 (1 - \cos\theta) \Rightarrow \frac{0,0016}{0,00243} = 1 - \cos\theta$$

$$\cos\theta = 1 - \frac{0,0016}{0,00243} \approx 0,34 \Rightarrow \theta \approx 70^\circ$$

Espectros atômicos

(13) Lyman  $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right)$   
 $n_f = 1$

$n = 2, 3, 4, \dots$  Primeira linha  $n = 2 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R_H \left( 1 - \frac{1}{4} \right)$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \times \frac{3}{4} \Rightarrow \lambda = \frac{4}{3} R_H = \frac{4}{1,09 \times 10^7 \times 3} = 1,22 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 122 \text{ nm} \quad \text{ultra-violeta}$$

(14) Balmer  $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow E_{\text{máx}} \Rightarrow \lambda_{\text{min}}$   
 $n_f = 2$

$n = 3, 4, 5, \dots$

Qto maior  $n \Rightarrow$  menor  $\lambda \Rightarrow \lambda_{\text{min}} \Rightarrow n \rightarrow \infty$

$$\frac{1}{\lambda_{\text{min}}} = R_H \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} = \frac{R_H}{4} \Rightarrow \lambda_{\text{min}} = \frac{4}{R_H}$$

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{4}{1,09 \times 10^7} = 3,67 \times 10^{-7} \text{ m} \quad \rightarrow \text{(ultra-violeta)}$$

$$E_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3,67 \times 10^{-7}} = 5,42 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (3)$$

$$E_{\max} = 3,39 \text{ eV}$$

átomo de Bohr

(15)

$$L = mrv = n\hbar \Rightarrow mv = \frac{n\hbar}{r}$$

$$F_e = F_{cp} \Rightarrow k_0 \frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow \frac{k_0 e^2}{r} = \frac{(mv)^2}{m}$$

$$\therefore \frac{k_0 e^2}{r/n} = \frac{(n\hbar/r_n)^2}{m} = \frac{n^2 \hbar^2}{m r_n^2}$$

$$r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{m k_0 e^2} \Rightarrow r_n = \left[ \left( \frac{\hbar}{e} \right)^2 \frac{1}{m k_0} \right] n^2$$

$$\text{para } n=1 \Rightarrow r_1 = \frac{(6,63 \times 10^{-34} / 2\pi)^2}{9,11 \times 10^{-31} \times 9 \times 10^9 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}$$

$$r_1 = 5,3 \times 10^{-11} \text{ m} = \boxed{0,53 \text{ \AA}} = \underline{0,053 \text{ nm}}$$

$$r_2 = 0,53 \times 4 = \boxed{2,12 \text{ \AA}} = \underline{0,212 \text{ nm}}$$

(16) (a)  $F_{cp} = F_e \Rightarrow \frac{mv^2}{r} = \frac{k_0 e^2}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{k_0 e^2}{mr}}$

$$v_1 = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{9,11 \times 10^{-31} \times 5,3 \times 10^{-11}}} \Rightarrow \boxed{v_1 = 2,18 \times 10^6 \text{ m/s}}$$

(b)  $K = \frac{1}{2} m v_1^2 = 2,17 \times 10^{-18} \text{ J} = \boxed{13,6 \text{ eV}}$

(c)  $E = \frac{mv^2}{2} - \frac{k_0 e^2}{r} = \frac{k_0 e^2}{2r} - \frac{k_0 e^2}{r} = -\frac{k_0 e^2}{2r} \Rightarrow U_1 = -\frac{k_0 e^2}{2r_1} = -\frac{k_0 e^2}{2r_1}$   
 $F = K + U_1$   
 $U_1 = -k_0 e^2 / r_1 = 2K_1 = -27,2$

## Lista de Exercícios Física IV

### Momento Relativístico, Energia Relativística, Efeito Doppler Relativístico, Radiação de Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, Espectros Atômicos e Modelo de Bohr

1. Calcule o momento de um próton com velocidades  $v_1=0,01c$  e  $v_2=0,9c$ .
2. Achar o momento de um próton, em unidades MeV/c, se a energia total do próton for o dobro da energia de repouso.
3. Um próton se move com a velocidade  $0,95c$ . Calcular (a) a energia de repouso, (b) a energia total e (c) a energia cinética.
4. Num tubo de televisão típico, em cores, os elétrons são acelerados por uma diferença de potencial de 25000 eV. (a) Qual a velocidade dos elétrons ao atingir a tela do tubo? (b) Qual a energia cinética dos elétrons (em joule)?
5. Qual deve ser a velocidade de um motorista para que a luz vermelha pareça verde? ( $\lambda_{\text{vermelho}}=650$  nm e  $\lambda_{\text{verde}}=550$  nm). Ao fazer o cálculo, use a fórmula relativística do deslocamento Doppler:  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1 = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}}$ , onde  $v$  é a velocidade de aproximação e  $\lambda$  é o comprimento de onda da fonte.
6. Determinar a velocidade de recessão do quasar 3C9, sabendo que seu deslocamento para o vermelho é  $\Delta\lambda/\lambda=2$ . Usar a fórmula do deslocamento Doppler relativístico:  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$ , onde  $v$  é a velocidade de recessão e  $\Delta\lambda$  é o deslocamento do comprimento de onda.
7. Com a lei de deslocamento de Wien calcular a temperatura superficial de uma estrela gigante vermelha que irradia com o pico de intensidade  $\lambda_{\text{max}}= 650$  nm.
8. O raio do Sol é  $6,96 \times 10^8$  m e sua potência total  $3,77 \times 10^{26}$  W. (a) Admitindo que a superfície do Sol emita como um corpo negro, calcular a temperatura superficial. (b) Com o resultado da parte (a) achar o comprimento de onda do máximo da distribuição espectral da energia do Sol.
9. A fotocorrente de uma célula iluminada por uma radiação de comprimento de onda de 750 nm é reduzida a zero por um potencial frenador de 0,54 V. Achar a função trabalho do material.
10. A função trabalho do potássio é 2,24 eV. Se uma superfície de potássio metálico for iluminada por luz de comprimento de onda de 480 nm, achar (a) a energia cinética máxima dos fotoelétrons e (b) o limiar de comprimento de onda.
11. Raios X de comprimento de onda de 0,200 nm são espalhados por um bloco de carbono. A radiação espalhada é recebida sob um ângulo de  $60^\circ$  com relação à radiação incidente. Achar (a) o deslocamento Compton  $\Delta\lambda$  e (b) a energia cinética atribuída ao elétron que recua.
12. Um fóton de 0,0016 nm é espalhado por um elétron livre. Sob que ângulo de espalhamento (do fóton) o elétron que recua e o fóton espalhado têm a mesma energia cinética?
13. O comprimento de onda da primeira raia da série de Lyman do espectro de hidrogênio pertence a que região do espectro eletromagnético?
14. Qual é a energia máxima (em eV) emitida por um fóton da série de Balmer?
15. Deduza a expressão para os raios das órbitas de Bohr no hidrogênio e calcule os raios da primeira e segunda órbita.
16. Use o modelo de Bohr para calcular, no átomo de hidrogênio, no seu estado fundamental, (a) a velocidade orbital do elétron, (b) a energia cinética em (eV) do elétron e (c) a energia potencial elétrica (em eV) do átomo.

#### Formulário:

$$m_e (\text{elétron}) = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p (\text{próton}) = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$c (\text{velocidade da luz no vácuo}) = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{\text{max}} T = 3 \times 10^{-3} \text{ mK}$$

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

$$\Delta\lambda = (h/mc)(1 - \cos\theta)$$

$$\lambda_c = h/mc = 0,00243 \text{ nm}$$

$$R_H = 1,09 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$1/\lambda = R_H (1/n_f^2 - 1/n_i^2)$$