

PUC-RIO – CB-CTC

G3 – Gabarito - FIS1061 - FÍSICA MODERNA – 30-11-2012 – Turma: 33-A

Nome Legível: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Matrícula: \_\_\_\_\_

**AS RESPOSTAS PRECISAM SER JUSTIFICADAS A PARTIR DE LEIS FÍSICAS E CÁLCULOS EXPLÍCITOS.**

**Não é permitido destacar folhas da prova. A prova só poderá ser feita a lápis, caneta azul ou preta.**

Questão	Valor	Grau	Revisão
1ª	3,0		
2ª	3,5		
3ª	3,5		
TOTAL	10,0		

Formulário:  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  ;  $hc = 1243 \text{ eV.nm}$

$q_e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ ;  $k_E = 9,0 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ ;  $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ;

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0; L = \frac{L_0}{\gamma}; \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}; \beta^2 = \left(\frac{v}{c}\right)^2; u = \frac{u'+v}{1+\frac{v}{c^2}u'}; u' = \frac{u-v}{1-\frac{v}{c^2}u'}$$

*Direta:*  $x' = \gamma(x - v.t)$ ;  $t' = \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}.x\right)$ ;  $y' = y$ ;  $z' = z$ .

*Inversa:*  $x = \gamma(x' + v.t')$ ;  $t = \gamma\left(t' + \frac{v}{c^2}.x'\right)$ ;  $y = y'$ ;  $z = z'$ .

$$f_{rec} = f_{emit} \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}; f_{rec} = f_{emit} \left(1 - \beta + \frac{1}{2}\beta^2\right); v = \frac{|\Delta\lambda|}{\lambda_0} c; \vec{p} = \gamma m \vec{u}; E_0 = mc^2;$$

$$E = \gamma mc^2; K = E - mc^2; E^2 = (pc)^2 + mc^2; \vec{p} = \frac{E}{c^2} \vec{u}; m_e c^2 = 0,512 \text{ MeV};$$

$$\lambda_{\text{máx}} T = 0,002898 \text{ m.K}; I(T) = \sigma T^4; E_{\text{fóton}} = h.f; c = \lambda.f; q_e.V_F = h.f - \Phi;$$

$$K_{\text{máx}} = q_e.V_F; h.f_c = \Phi; p_{\text{fóton}} = \frac{h}{\lambda}; \Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\theta); \lambda_{ce} = \frac{h}{m_e c} = 0,00243 \text{ nm};$$

$$r_n = n^2.a_B; 1\text{Å} = 10^{-10} \text{ m}; a_B = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k_E q_e^2} = 0,529 \text{ Å}; R_H = \frac{k_E q_e^2}{2m_e hc} = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1};$$

$$E_n = -\frac{k_E q_e^2}{2a_B} \left(\frac{1}{n^2}\right) = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV para } n=1, 2, 3, \dots; \frac{1}{\lambda} = \frac{E_i - E_f}{hc} = R_H \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right).$$

FIM

**PUC-RIO – CB-CTC**  
**G3 – GABARITO – FIS1061 - FÍSICA MODERNA – 30-11-2012 – Turma: 33-A**

Nome Legível: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Matrícula: \_\_\_\_\_

**1ª QUESTÃO (3,0):**

Parte I: A galáxia NGC 7319 está a aproximadamente  $3,0 \times 10^8$  anos-luz da Terra. A análise do espectro luminoso emitido por essa galáxia mostra um pico de intensidade no comprimento de onda  $\lambda = 525$  nm. Essa emissão no laboratório terrestre tem comprimento de onda 513 nm. Considere tal efeito devido exclusivamente ao efeito Doppler. (a) (1,0) Determine a velocidade radial dessa galáxia em relação à Terra e diga se ela está se aproximando ou se afastando do nosso planeta. Justifique sua resposta.

RESP:  $u = \frac{|\Delta\lambda|}{\lambda_0} \cdot c = \frac{12}{513} \cdot 3 \times 10^8 \rightarrow u = 7,017 \times 10^6 \text{ m/s} \rightarrow$  O comprimento de onda recebido (523 nm) é maior que o emitido (513 nm). Há desvio para o vermelho. Portanto ocorre **AFASTAMENTO**.

Parte II:(b) (1,0) Calcule o trabalho necessário para acelerar um elétron do repouso até a velocidade  $v = 0,99c$ . A massa do elétron é  $9,1 \times 10^{-31}$  kg.

RESP:  $W = K_f - K_i = K_f = (\gamma - 1)m_e c^2$ . Temos  $\beta^2 = \left(\frac{v}{c}\right)^2 = (0,99)^2 = 0,9801 \rightarrow$   
 $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,9801}} = 7,0888 \rightarrow \gamma - 1 = 6,0888 \rightarrow W = 6,0888 \times 0,512 \text{ MeV}$   
 $W = 3,12 \text{ MeV} = 498,7 \times 10^{-15} \text{ J}$ .

Parte III: Em condições ideais a vista humana percebe luz com comprimento de onda de 550 nm se os fótons dessa luz forem absorvidos pela retina à razão de 100 fótons por segundo. (c) (1,0) Calcule a potência luminosa (P) absorvida pela retina.

RESP:  $P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{Nhf}{\Delta t} = \frac{Nhc}{\lambda \Delta t} = \left(\frac{N}{\Delta t}\right) \cdot \frac{hc}{\lambda} = 100 \times \frac{1243 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{550 \text{ nm}} \rightarrow P = 226 \text{ eV/s} = 3,62 \times 10^{-17} \text{ W}$

**2ª QUESTÃO (3,5):**

Parte I: Considere o uso da lei de Wien ( $T \lambda_{\text{máx}} = \text{constante}$ ) válido aproximadamente para a pele humana. Admita a temperatura da pele  $37^\circ \text{ C}$ .

(a) (0,7) Determine o comprimento de onda dessa radiação. Diga se está na faixa do visível (4000Å a 7000Å) .

RESP:  $\lambda_{\text{máx}} T = 0,002898 \text{ m} \cdot \text{K} \rightarrow T_K = T_C + 273 = 37 + 273 = 310 \text{ K} \rightarrow$

$\lambda_{\text{máx}} = \frac{0,002898}{T} = \frac{0,002898}{310} \rightarrow \lambda_{\text{máx}} = 93,483 \times 10^{-7} \text{ m} = 93483 \text{ Å} \rightarrow$  Fora da faixa visível!

Parte II: A função trabalho ( $\Phi$ ) do tungstênio é 4,50 eV. Uma superfície desse metal é iluminada com luz de 5,80 eV.

(a) (1,0) Determine o comprimento de onda dessa luz e a frequência de corte desse metal.

RESP:  $E_{\text{fóton}} = hf = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_{\text{fóton}}} = \frac{1243 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{5,8 \text{ eV}} \rightarrow \lambda = 214,3 \text{ nm} = 2,143 \times 10^{-7} \text{ m}$

$h \cdot f_c = \Phi \rightarrow f_c = \frac{\Phi}{h} = \frac{4,5 \text{ eV}}{4,144 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}} \rightarrow f_c = 1,08597 \times 10^{15} \text{ Hz}$ .

(b) (0,8) Calcule a energia cinética máxima ( $K_{\text{máx}}$ ), em Joules, dos elétrons ejetados .  
RESP:  $K_{\text{máx}} = E_{\text{fóton}} - \Phi = 5,8 - 4,5 \rightarrow K_{\text{máx}} = 1,3 \text{ eV} = 2,08 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

(c) (1,0) Obtenha a energia total ( $E_e$ ) desses elétrons.

RESP:  $E_e = K_{\text{máx}} + m_e c^2 = 1,3 \text{ eV} + 0,511 \times 10^6 \text{ eV} \rightarrow E_e = 511001,3 \text{ eV} \cong 0,511 \text{ MeV}$ .

### 3ª QUESTÃO (3,5)

Parte I: Um feixe de raios gama com fótons de energia 0,511 MeV incide sobre um alvo de alumínio, sendo espalhado em várias direções por elétrons quase livres do alvo.

(a) (0,7) Calcule o comprimento de onda dos raios gama incidentes.

RESP:  $E_{\text{fóton}} = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{E_{\text{fóton}}} = \frac{1243 \text{ eV.nm}}{0,511 \times 10^6 \text{ eV}} \rightarrow \lambda_0 = 2,4325 \times 10^{-3} \text{ nm}$ .

(b) (0,8) Determine o comprimento de onda dos raios gama espalhados a  $90^\circ$  em relação à direção do feixe incidente.

RESP:  $\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\theta) = 0,00243 \text{ nm} \cdot (1 - \cos 90^\circ) = 0,00243 \text{ nm}$ , pois

$\lambda_{ce} = \frac{h}{m_e c} = 0,00243 \text{ nm}$ . Com isso  $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 0,00243 \text{ nm} + 0,00243 \text{ nm} \rightarrow$

$\lambda = 0,00486 \text{ nm}$ .

(c) (0,8) Obtenha a energia dos elétrons espalhados quando os fótons são espalhados a  $90^\circ$ . RESP: *Conservação da Energia na colisão fóton-elétron:*  $hf_0 + m_e c^2 = hf + E_e \rightarrow$

$E_e = hf_0 - hf + m_e c^2 = \frac{hc}{\lambda_0} - \frac{hc}{\lambda} + m_e c^2$ . Porém  $\frac{hc}{\lambda} = \frac{1243 \text{ eV.nm}}{0,00486 \text{ nm}} = 0,25576 \text{ MeV} \rightarrow$

$E_e = (0,511 - 0,25576 + 0,512) \text{ MeV} \rightarrow E_e = 0,7672 \text{ MeV} = 1,228 \times 10^{-13} \text{ J}$ .

Parte II: A série de Balmer para o Hidrogênio corresponde a transições eletrônicas que terminam no estado de número quântico  $n = 2$ .

(d) (0,6) Determine o comprimento de onda do fóton de maior comprimento de onda emitido. Sugestão: a transição eletrônica deve provir do número quântico  $n = 3$ .

RESP:  $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_i - E_f}{hc} = R_H \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) = 1,097 \times 10^7 \text{ x} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 1,097 \times 10^7 \text{ x} \left( \frac{5}{36} \right) \rightarrow$

$\frac{1}{\lambda} = 0,152361 \times 10^7 \rightarrow \lambda = 6,5633 \times 10^{-7} \text{ m} = 656,33 \text{ nm}$ .

(e) (0,6) Obtenha a energia desse fóton.

RESP:  $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1243 \text{ eV.nm}}{656,33 \text{ nm}} \rightarrow E = 1,894 \text{ eV} = 3,0302 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

FIM