15ª AULA (1)

(1) Momento relativístico

$$p = \gamma m v = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} m v$$

$$p = \frac{1{,}67\times10^{-27} \times 0{,}01c}{\left[1-\left(\frac{0{,}01c}{c}\right)^2\right]^{1/2}} = \boxed{5{,}01\times10^{-21}\ kg\,m/s} \boxed{\approx mv}$$

$$p = \frac{1{,}67\times10^{-27}\times 0{,}9c}{\left[1-\left(\frac{0{,}9c}{c}\right)^2\right]^{1/2}} = \boxed{1{,}03\times10^{-18}\ kg\,m/s} \neq mv = \boxed{4{,}509\times10^{-19}\ kg\,m/s}$$

(2) $E = 2E_0 \Rightarrow \gamma = 2$ pois $E = \gamma E_0 \Rightarrow 2 = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow 4 = \frac{1}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}$

$$1-\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 1-\frac{1}{4} = \frac{3}{4} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{3}}{2}c = 0{,}866c$$

$$m_{0_p} = 1{,}67\times10^{-27}\ kg \Rightarrow m_{0_p}c^2 = 1{,}67\times10^{-27}(3\times10^8)^2 = 1{,}503\times10^{-10}\ J$$

$$1\,eV \longrightarrow 1{,}6\times10^{-19}\ J$$

$$x \longleftarrow 1{,}503\times10^{-10}\ J \Rightarrow m_{0_p}c^2 = 0{,}935\times10^9 \Rightarrow$$

$$m_{0_p} = \frac{0{,}935\times10^9}{c^2}$$

$$p = \gamma m_0 v = 2\,\frac{0{,}935\times10^9}{c^2}(0{,}866c) = \frac{1{,}619\times10^9}{c} = \boxed{\frac{1619\,MeV}{c}}$$

Energia relativística

(3) (a) $E_0 = m_{0_p}c^2 = 1{,}67\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2 = 1{,}503\times10^{-10}\ J\ \boxed{\cong 935\ MeV}$

(b) $E = \gamma m_{0_p}c^2 = \frac{1{,}503\times10^{-10}}{\sqrt{1-\left(\frac{0{,}95c}{c}\right)^2}} = 4{,}813\times10^{-10}\ J\ \boxed{\cong 3\times10^3\ MeV}$

(c) $K = E - m_{0_p}c^2 \cong \boxed{2{,}065\times10^3\ MeV}$

(4) (a) $E = \gamma m_0 c^2 = K + m_0c^2 \Rightarrow \gamma = \frac{K}{m_0c^2} + 1$

$$\gamma = \frac{qV}{m_0c^2} + 1$$

2

$\therefore m_0c^2 = (9{,}11\times10^{-31}) \times (3\times10^8)^2 = 8{,}199\times10^{-14}$

$1\,eV \longrightarrow 1{,}602\times10^{-19}J$

$x \;—\; 8{,}199\times10^{-14} \Rightarrow m_0c^2 = 0{,}512\times10^6\,eV$

$\therefore \gamma = \frac{25\times10^3}{0{,}512\times10^6} + 1 = 1{,}0488 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} = 1{,}0488$

$\left(\frac{1}{1{,}0488}\right)^2 = 1-\left(\frac{v}{c}\right)^2 \Rightarrow \frac{v}{c} = \sqrt{1-\left(\frac{1}{1{,}0488}\right)^2} \Rightarrow \boxed{v \cong 0{,}3c}$

(b) $K = qV = (\gamma-1)m_0c^2 = 25\times10^3\times1{,}6\times10^{-19} = \boxed{4\times10^{-15}\,J}$

Efeito ~~Compton~~ Doppler relativístico

5 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1 = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}}$ $\quad \Delta\lambda = -100\,nm \quad \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}+1\right) = a$

$a = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \Rightarrow a^2 = \frac{c-v}{c+v} \Rightarrow a^2c + a^2v = c - v \Rightarrow$

$(a^2+1)v = (1-a^2)c \Rightarrow v = \frac{(1-a^2)}{(1+a^2)}c$

$a = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1 = \frac{-100}{650} + 1 = \frac{550}{650} \Rightarrow v = \frac{\left[1-(550/650)^2\right]}{\left[1+(550/650)^2\right]}c$

$v = \left(\frac{1-0{,}716}{1+0{,}716}\right)c \Rightarrow v = 0{,}166c \approx 5\times10^7\,m/s$ $\boxed{\approx 50.000\,km/s}$

6 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 2 \Rightarrow \frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \Rightarrow 3 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$

$9 = \frac{c+v}{c-v} \Rightarrow 9c - 9v = c + v \Rightarrow 8c = 10v$

$\boxed{v = \frac{8}{10}c = 0{,}8c}$

Radiação de Corpo negro

7) $\lambda_{máx} T \cong 3 \times 10^{-3}\ mK \Rightarrow 650 \times 10^{-9}\ T \cong 3 \times 10^{-3} \Rightarrow \boxed{T \cong 4615\ K}$

8) Lei de Stefan - Boltzman $\frac{P}{A} = \sigma T^4$ com $\sigma = 5{,}7 \times 10^{-8} W/(m^2K^4)$

$$\frac{3{,}77 \times 10^{26}}{4\pi \times (6{,}96 \times 10^8)^2} = 5{,}7 \times 10^{-8} \times T^4 \Rightarrow T^4 = 1{,}086 \times 10^{15} \Rightarrow$$

$$\boxed{T = 5741\ K}$$

$$\lambda_{máx} T = 3 \times 10^{-3}$$

$$\lambda_{máx} \times 5741 = 3 \times 10^{-3}$$

$$\boxed{\lambda_{máx} = 522\ nm\ (\text{verde})}$$

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? ($\lambda_{vermelho}$=650 nm e λ_{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 λ 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 λ_{max}= 650 nm.
8. O raio do Sol é $6{,}96\times10^{8}$ m e sua potência total $3{,}77\times10^{26}$ 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° 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 (elétron)=$9{,}11\times10^{-31}$ kg

m_p (próton)=$1{,}67\times10^{-27}$ kg

1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J

h = $6{,}63\times10^{-34}$ J.s

c (velocidade da luz no vácuo)= 3×10^{8} m/s

$\lambda_{max} T = 3\times10^{-3}$ mK

$\sigma = 5.7\times10^{-8}$ W/(m^{2}K^4)

$\Delta\lambda$= (h/mc)(1-cosθ)

λ_C=h/mc=0,00243 nm

$R_H = 1{,}09\times10^{7}$ m^{-1}

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