PUC-RIO – CB-CTC

G4 – Gabarito – FIS1061 – FÍSICA MODERNA – 11-12-2013 – 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	2,5		
2ª	3,0		
3ª	2,0		
4ª	2,5		
TOTAL	10,0		

Formulário: $I = c\varepsilon_0 {E_{ef}}^2$; $E_{ef} = cB_{ef}$; $I = \frac{P}{A}$; $\nabla.\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$; $\nabla.\vec{B} = 0$; $\nabla x\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$; $\nabla x\vec{B} = \mu_0\vec{J} + \mu_0 . \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$; $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}x\vec{B}$; $v = \frac{c}{n}$; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$; $v = \frac{\omega}{k} = \lambda f$; $E = cB$; $\varepsilon_0 = 8{,}9 \; x \; 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$; $\mu_0 = 12{,}56 \; x \; 10^{-7} \frac{N}{A^2}$; $c = 2{,}99792458x10^8 m/s$;
$I = I_{máx}.cos^2\theta$; $sen(\alpha \pm \beta) = sen\alpha.cos\beta \pm cos\alpha.sen\beta$;
$cos(\alpha \pm \beta) = cos\alpha.cos\beta \mp sen\alpha.sen\beta$; $d.sen\theta = m\lambda$; $d.sen\theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$;
$tg\theta = \frac{y}{L}$; $m = 0,1,2,3,4,...$; $2nLcos\theta = m\lambda$; $2nLcos\theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$; $m = 0,1,2,.$ ou $sen\theta = \frac{1{,}22.\lambda}{d}$; $\theta_R = \frac{1{,}22.\lambda}{d}$; $\theta = \frac{D}{L}$; $tg\theta_B = n_t/n_i$; $\theta_t + \theta_B = 90°$;
$I = I_{máx}.\left(\frac{sen\alpha}{\alpha}\right)^2$; $\alpha = \frac{\pi.a.sen\theta}{\lambda}$; *Mínimos:* $\alpha = n\pi$; *n = 1, 2,...ou* $a.sen\theta = n.\lambda$;
Máximos: $\alpha \cong (n + \frac{1}{2})\pi$; *n = 1, 2, ..* $a.sen\theta \cong (n + \frac{1}{2}).\lambda$; $I = I_0.\left(\frac{sen\alpha}{\alpha}\right)^2.(cos\,\beta)^2$;
$\beta = \frac{\pi.d.sen\theta}{\lambda}$; *Máximos de* $(cos\,\beta)^2$: $\beta = m\pi$; *m = 1, 2, ..ou* $d.sen\theta = m.\lambda$; *Mínimos de* $(cos\,\beta)^2$: $\beta = (m + \frac{1}{2})\pi$; *m = 1, 2,..ou* $d.sen\theta \cong (m + \frac{1}{2}).\lambda$; $d = \frac{\Delta x}{\boldsymbol{N}}$; ; $\delta = \frac{\pi.d.sen\theta}{\lambda}$;
$I = I_{máx}.\left(\frac{sen\alpha}{\alpha}\right)^2.\left(\frac{sen\,N\delta}{sen\,\delta}\right)^2$; *Máximos Principais:* $\delta = m\pi$; *m = 1, 2,...;* $d.sen\theta = m\lambda$;
$tg\theta = \frac{y}{L}$; $D = \frac{\Delta\theta}{\Delta\lambda} = \frac{m}{d.\cos\theta} = \frac{tg\theta}{\lambda}$; $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = m.N$; $\Delta t = \gamma\Delta t_0$; $L = \frac{L_0}{\gamma}$; $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$;
$\beta^2 = \left(\frac{v}{c}\right)^2$; $u = \frac{u'+v}{1+\frac{v}{c^2}.u'}$; $u' = \frac{u-v}{1-\frac{v}{c^2}.u}$ $q_e = 1{,}6 \; x \; 10^{-19}C$; $hc = 1240 \; eV.nm$;
Direta: $x' = \gamma(x - v.t)$; $t' = \gamma(t - \frac{v}{c^2}.x)$; $y' = y$; $z' = z$; $m_e = 9{,}1 \; x \; 10^{-31}Kg$;
$h = 6{,}626 \; x \; 10^{-34}J.s = 4{,}14x10^{-15}eV.s$; $1eV = 1{,}6x10^{-19}\,J$; $f_{rec} = f_{emit}\sqrt{\frac{1\pm\beta}{1\mp\beta}}$; $v = \frac{|\Delta\lambda|}{\lambda_0}c$;
$\vec{p} = \gamma m\vec{u}$; $E_0 = mc^2$; $E = \gamma mc^2$; $E = K + mc^2$; $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$; $\vec{p} = \frac{E}{c^2}\vec{u}$;
$m_ec^2 = 0{,}511 \; MeV$; $m_pc^2 = 0{,}93828 \; GeV$; $m_nc^2 = 0.93957 \; GeV$;
$\lambda_{máx}T = 0{,}002898 \; m.K$; $E_{fóton} = h.f$; $c = \lambda.f$; $p_{fóton} = \frac{h}{\lambda}$; $\Delta\lambda = \frac{h}{m_ec}(1 - cos\theta)$;
$\lambda_{Ce} = \frac{h}{m_ec} = 2{,}43 \; pm$; $r_n = n^2.a_B$; $a_B = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k_E q_e^2} = 0{,}529$ Å; $E_n = -\frac{k_E q_e^2}{2a_B}\left(\frac{1}{n^2}\right) = -\frac{13{,}6}{n^2}eV$ para *n=1, 2,...;* $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_i - E_f}{hc} = Z^2 R_H\left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right)$; $R_H = \frac{k_E q_e^2}{2m_ehc} = 1{,}097x10^7 \; m^{-1}$;

FIM.

PUC-RIO – CB-CTC

G4 – Gabarito – FIS1061 - FÍSICA MODERNA – 11-12-2013 – Turma: 33-A

Nome Legível:____

Assinatura:_________________________________Matrícula: ________________

1ª QUESTÃO (2,5):

Parte I: Um sensor EM se encontra a 5,0 km de um transmissor de rádio. Ele recebe um sinal eletromagnético desse rádio com intensidade I = 100 μW/m^2 . O sinal chega ao sensor como uma onda plana.

(a) (1,0) Determine o valor eficaz do vetor intensidade do campo elétrico (E_{ef}) onde está o sensor. Faça o mesmo para o valor eficaz do vetor de indução magnética (B_{ef}).

RESP: $I = c\varepsilon_0 {E_{ef}}^2 \rightarrow {E_{ef}}^2 = c\mu_0 I \rightarrow {E_{ef}}^2 = 3x10^8 x12{,}56x10^{-7}x10^{-4} = 37{,}68x10^{-3}$

$E_{ef} = 0{,}1941\ V/m \rightarrow B_{ef} = \frac{E_{ef}}{c} = \frac{0{,}1941}{3x10^8} \rightarrow B_{ef} = 6{,}47x10^{-10}\ T.$

(b) (0,7) Encontre a potência de transmissão (P) se a irradiação é feita em uma semiesfera.

RESP: $I = \frac{P}{A} \rightarrow A = 2\pi r^2 = 6{,}28x(5x10^3)^2 m^2 \rightarrow P = I.A = 10^{-4}x1{,}57x10^8 \rightarrow$
$P = 1{,}57x10^4\ W.$

Parte II: Um feixe de luz não polarizada com intensidade I_0 = 0,446 W/m^2, atravessa um sistema composto por dois filtros polarizadores cujas direções fazem ângulos de 65° e 85° em relação a um eixo coordenado Z.

(c) (0,8) Calcule a intensidade (I_f) da luz transmitida pelo sistema.

RESP: I_0 → *intensidade incidente, não polarizada, sobre o primeiro filtro.*

I_1 → *intensidade após passar o primeiro filtro, que é a intensidade incidente sobre o segundo filtro.*

I_2 → *intensidade após passar o segundo filtro.*

$\theta = 85° - 65° = 20°$ → *Ângulo entre as direções características dos dois filtros.*

$I_1 = \frac{I_0}{2} = \frac{0{,}446}{2} = 0{,}223\ W/m^2 \rightarrow I_2 = I_1.\cos^2(\theta) = 0{,}223x\cos^2(20°) \rightarrow$

$I_2 \cong 0{,}1969\frac{W}{m^2}.$

2ª QUESTÃO (3,0):

Parte I: A segunda franja ESCURA de uma figura de interferência no experimento de dupla fenda de Young está a 0,6 cm do máximo central. A distância entre as fendas é igual a 1000 comprimentos de onda da luz monocromática que incide perpendicularmente ao plano das fendas.

(a) (1,0) Obtenha a distância entre o anteparo das fendas e a tela de observação.

RESP: $d.sen\theta \cong (m + \frac{1}{2}).\lambda$ *para m = 0,1,2,..* $\rightarrow sen\theta \cong \left(1 + \frac{1}{2}\right).\frac{\lambda}{1000\lambda} = \frac{3}{2000} \rightarrow$

$sen\theta \cong tg\theta = \frac{y}{L} \rightarrow L = \frac{y}{tg\theta} = \frac{0{,}6x10^{-2}x2000}{3} \rightarrow L = 4{,}0\ m.$

Parte II: Um observador vê uma pilha cônica de grãos, supostos esféricos e com diâmetro de 50 μm. Considere a luz refletida pelos grãos tendo um comprimento de onda médio de 650 nm. Admita que a pupila do observador tem 1,5 mm de diâmetro.

(b) (1,0) Encontre a distância máxima que o observador deve estar da pilha para ver dois grãos como objetos separados (use dois diâmetros). Use o critério de Rayleigh.

RESP: *Para distinguir dois grãos devemos enxergar os dois completamente, ou seja, ver claramente dois diâmetros dos grãos:* $\Delta x = D = 2x50x10^{-6} = 10^{-4}m$ → *Pelo critério de Rayleigh* $\theta_R = \frac{1{,}22.\lambda}{d}$ *e pela relação* $\theta = \frac{D}{L}$ → $\frac{D}{L} = \frac{1{,}22.\lambda}{d}$ → $L = \frac{d.D}{1{,}22.\lambda}$ → $L = \frac{1{,}5x10^{-3}x10^{-4}}{1{,}22x6{,}5x10^{-7}}$ → $L = 0{,}19\ m.$

Parte III: Uma rede de difração possui 200 ranhuras por mm. Ela é iluminada com feixe de luz perpendicular ao plano da rede que contém dois comprimentos de onda λ_1 = 400 nm e λ_2 = 500 nm.

(c) (1,0) Determine o menor ângulo (θ) para o qual dois máximos desses comprimentos de onda se superpõem.

RESP: $d = \frac{\Delta x}{N} = \frac{1x10^{-3}}{200} = \frac{1x10^{-5}}{2}$ → $sen\theta_1 = \frac{m_1\lambda_1}{d}$ *e* $sen\theta_2 = \frac{m_2\lambda_2}{d}$. *Porém* $\theta_1 = \theta_2$ → $sen\theta_1 = sen\theta_2$ → $m_1\lambda_1 = m_2\lambda_2$ → $m_1 400 = m_2 500$ → $\frac{m_1}{m_2} = \frac{5}{4}$. *A menor escolha é* $m_1 = 5$ *e* $m_2 = 4$. *Com isso* $sen\theta_1 = \frac{m_1\lambda_1}{d} = \frac{5x4x10^{-7}}{0{,}5x10^{-5}} = 0{,}40$ → $\theta_1 \cong 23{,}6°$

3ª QUESTÃO (2,0)

Uma espaçonave com comprimento próprio 250 m, medido pelo seu piloto, está se movendo com velocidade + 0,42c em um referencial inercial. Um meteoro, com velocidade 0,42c em relação ao mesmo referencial, passa pela espaçonave viajando no sentido oposto.

(a) (1,0) Obtenha a velocidade do meteoro em relação à espaçonave.

RESP: u → *velocidade do meteoro em relação ao observador inercial.*
u' → *velocidade do meteoro em relação à nave.*
v → *velocidade da nave em relação ao observador inercial;*
Considere $v = +0{,}42c,\ u = -0.42c,\ u' = \frac{u-v}{1-\frac{v}{c^2}.u} = \frac{-0{,}42c-0{,}42c}{1-\frac{(0{,}42c)}{c^2}x(-0{,}42c)} = \frac{-0{,}84c}{1+0{,}1764}$ →
$u' = -0.714c = -2{,}14x10^8 m/s.$ *OBS: Se considerar o sinal de v negativo e o sinal de u positivo, então* $u' = +0{,}714c = +2{,}14x10^8 m/s.$

(b) (1,0) Calcule o tempo gasto pelo meteoro para passar pela nave, segundo um observador a bordo.

$\Delta t' = \frac{d}{|u'|} = \frac{250}{2{,}14x10^8}$ → $\Delta t' = 1{,}16x10^{-6}s.$

4ª QUESTÃO (2,5)

Parte I: Um feixe de raios X com energia de 17,5 KeV incide sobre uma folha fina de cobre. Considere a ocorrência de efeito Compton com os elétrons quase livres do cobre. Despreze a função trabalho do cobre.

(a) (1,0) Obtenha a energia dos fótons espalhados quando a energia cinética dos elétrons ejetados é máxima ($\theta = 180°$). Obtenha essa energia cinética máxima dos elétrons.

RESP: $E_{f0} = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$ → $\lambda_0 = \frac{hc}{E_{f0}} = \frac{1240\ eV.nm}{17{,}5x10^3 eV}$ → $\lambda_0 = 0{,}071\ nm$. *No efeito Compton vem*

$E_{f0} + m_ec^2 = E_f + E_e$ → $E_{f0} - E_f = E_e - m_ec^2$ → $hf_0 - hf = K_e$. *Para* K_e *ser máximo, f deve ser mínimo e* λ *deve ser máximo. Como* $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$, *então* $\Delta\lambda$ *deve ser máximo, o que somente ocorre para* $cos\theta = -1$, *ou seja* $\theta = 180°$. *Pela equação do efeito Compton*

$\Delta\lambda = \frac{h}{m_ec}(1 - cos\theta) = \frac{2h}{m_ec}$ $\Delta\lambda = \frac{2x6{,}626x10^{-34}}{9{,}11x10^{-31}x3x10^8} = 0{,}485x10^{-11}m = 0{,}00485\ nm$ →

$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda \rightarrow \lambda = (0{,}071 + 0{,}00485)nm = 0{,}0759nm \rightarrow$

$E_f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ eV.nm}{0{,}0759\ nm} = 16{,}34\ KeV \rightarrow K_{e-máx} = hf_0 - hf = (17{,}5 - 16{,}34)\ KeV \rightarrow$

$K_{e-máx} = 1{,}16\ KeV.$

Parte II: (b) (0,5) Diga corretamente a nova idéia central contida na proposta de Bohr para explicar a estabilidade da órbita eletrônica no modelo do átomo de Hidrogênio. Use no máximo 4 linhas em seu texto.

RESP: *Bohr propôs que o Momento Angular (L) dos elétrons nas órbitas fosse quantizado, isto é, admitissem somente valores discretos, múltiplos inteiros de um valor fundamental* $(\frac{h}{2\pi})$: $L = n.\frac{h}{2\pi}$, *com* $n = 0{,}1{,}2{,}3 \ldots$, *onde* $h = 6{,}626x10^{-34}J.s$ *é a constante de Planck.*

Parte III: (c) (1,0) Calcule o comprimento de onda da radiação emitida por transições eletrônicas entre os estados quânticos de ordem n = 4 e n = 3 no átomo de Hélio (Z=2), segundo o modelo de Bohr.

RESP: $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_i - E_f}{hc} = Z^2 R_H \left(\frac{1}{{n_f}^2} - \frac{1}{{n_i}^2}\right); R_H = 1{,}097x10^7\ m^{-1} \rightarrow$

$\frac{1}{\lambda} = 2^2 x 1{,}097 x 10^7 \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) = 4{,}388x10^7 x(\frac{7}{144}) \rightarrow \lambda = 4{,}688x10^{-7}m.$

FIM