Prova Física 4 - João Pedro dos Reis Mendes

1

a) $n_{vidro} = 1{,}5$

$n_{filme} = 1{,}25 \quad \lambda = 560nm$

Procuramos de interferência destrutiva, ocorre quando a diferença de caminho óptico é $\frac{(2m+1)\lambda}{2}$, para menor espessura, $m=0$

$$2nt = \frac{(2m+1)\lambda}{2} \rightsquigarrow 2nt = \frac{\lambda}{2} \rightsquigarrow t = \frac{560nm}{2 \cdot 2 \cdot 1{,}25} = 112nm$$

b) $m=2$, Para interferência construtiva

$$2L = \cancel{m} \cdot \frac{\lambda}{n} \rightsquigarrow L = \frac{\lambda}{2n} = \frac{560nm}{4} = 1{,}4 \cdot 10^{-7} m$$

c) Superfície ar-filme

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2$$

• $n = 1{,}25$

$$R = \left(\frac{1-1{,}25}{1+1{,}25}\right)^2 \cong 0{,}012 = 1{,}2\%$$

Cont 1.

/ /

• $n = 2$

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2 = \left(\frac{1-2}{1+2}\right)^2 \cong 0{,}111 = 11{,}1\%$$

d) Luz incidindo na lâmina de vidro — filme

$$\operatorname{sen}\theta_c = \frac{n_f}{n_v} \qquad \theta_c = \operatorname{sen}^{-1}\left(\frac{1{,}25}{1{,}5}\right) \cong 56{,}4^\circ$$

Obs: Para que haja reflexão interna total $n_{filme} < n_{vidro}$

---

2) $I_0 = 30\ W/m^2$

a)

$$I_1 = \frac{I_0}{2} = \frac{30}{2} = 15\ W/m^2$$

$$I_2 = I_1 \cdot \cos^2(\theta) = 15 \cdot \cos^2(60^\circ) = 3{,}75\ W/m^2$$

b) $$I_1 = \frac{I_0}{2} = \frac{30}{2} = 15\ W/m^2$$

$$I_2 = I_1 \cdot \cos^2(\theta) \rightsquigarrow I_2 = 15 \cdot \cos^2(15) = 13{,}955\ W/m^2$$

$$I_3 = I_2 \cdot \cos^2(\theta) = 13{,}955 \cdot \cos^2(45) \cong 7\ W/m^2$$

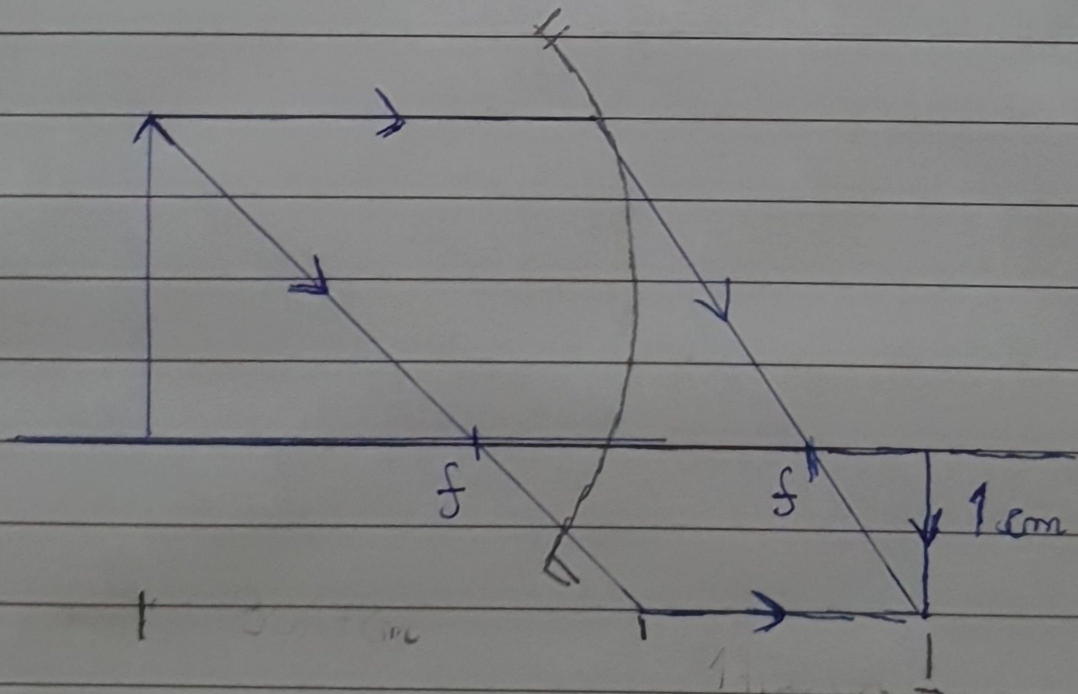
3a) $\lambda = 700\,nm$ $n = 1{,}6$

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = (1{,}6-1)\left(\frac{1}{12} - \frac{1}{-17}\right) \rightsquigarrow f \approx 11{,}73\,cm$$

$$M = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o} \rightsquigarrow -\frac{1}{2} = \frac{d_i}{d_o} \rightsquigarrow d_i = \frac{d_o}{2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \rightsquigarrow d_o \approx -11{,}72\,cm \text{ e } d_i \cong -5{,}86\,cm$$

imagem menor, real e invertida



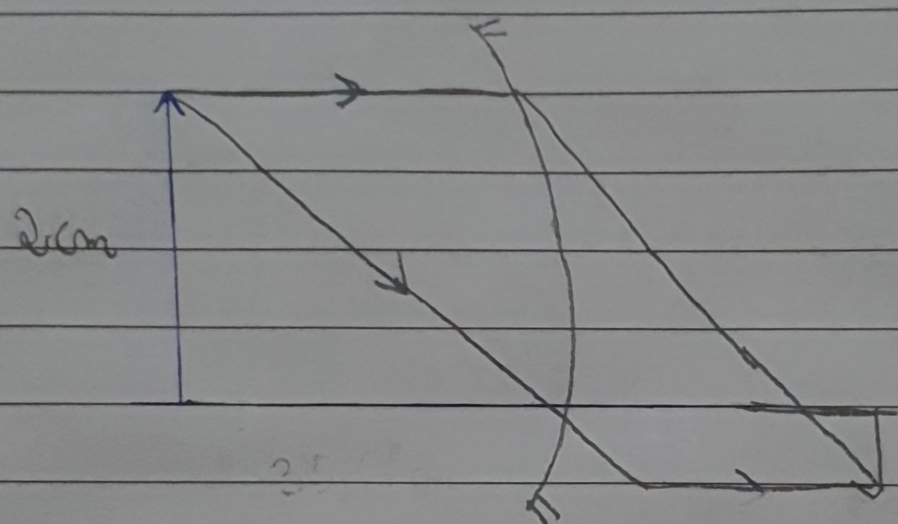
/ /

(6) $r = 400\,mm$ $n = 1,67$

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \rightsquigarrow f \cong 10,51\,cm$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \rightsquigarrow d_o \cong 11,74\,cm, \quad M = -\frac{d_i}{d_o} \cong -0,426$$

menor, real e invertida $\qquad d_i \cong 99,95\,cm$



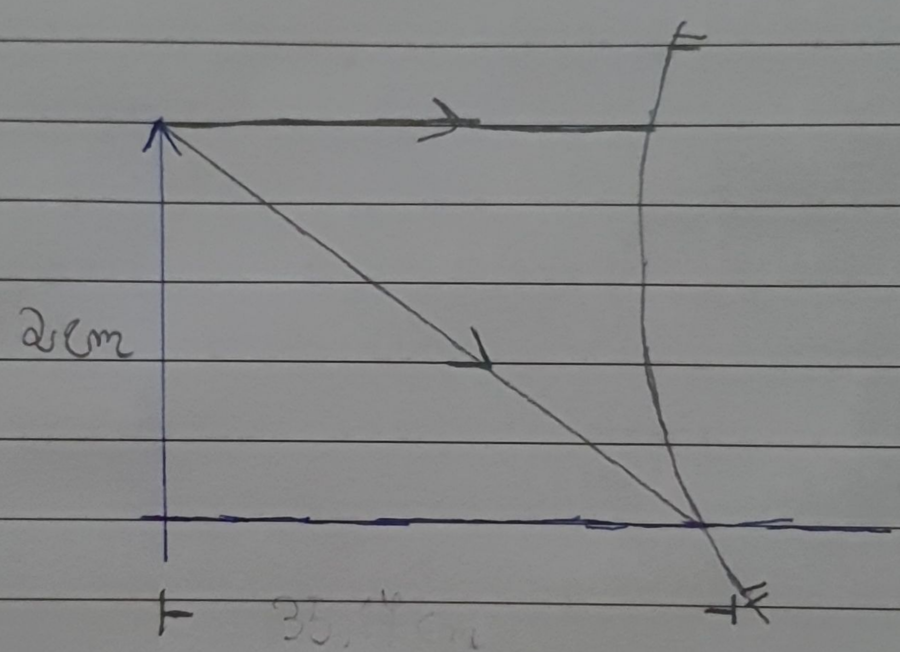
Ⓒ Lente bicôncava $\lambda = 700\,nm$ $n = 1,6$

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \rightsquigarrow f \cong -0,085\,cm$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \rightsquigarrow d_i \cong -0,084\,cm \,,$$

• Menor, virtual, direita

$d_o = 11,72\,cm$



/ /

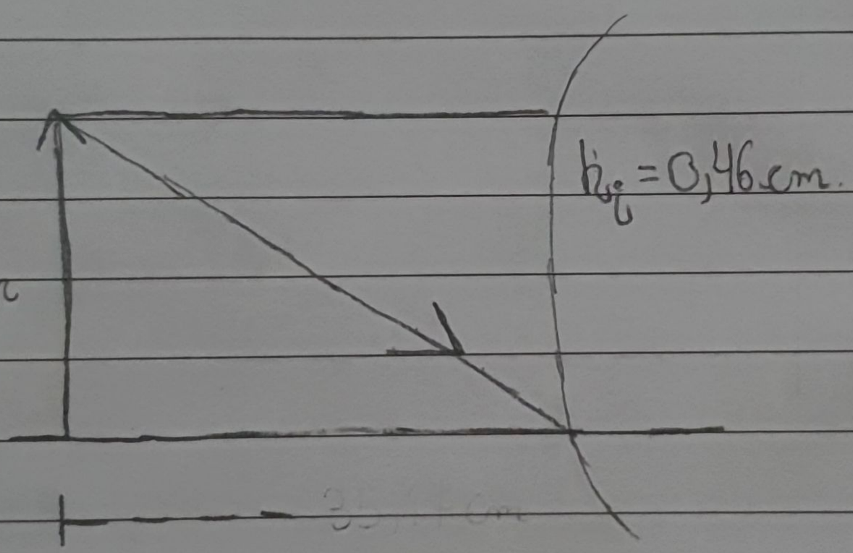
2) $r = 400\,mm$ $n = 1{,}67$

$\frac{1}{f}(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \rightsquigarrow f \cong -0{,}095\,cm$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \rightsquigarrow d_i \cong -0{,}094\,cm,$

$d_o \cong 11{,}72\,cm$

Menor, virtual e direita



4) (a) $\vec{E}(z,t) = E_0 \operatorname{sen}(kz - wt)\hat{\imath} + E_0 \cos(kz - wt)\hat{\jmath}$

$$\nabla \times \vec{E} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{\jmath} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right) \cdot \vec{E}(z,t)$$

Aplicando Faraday e o rotacional

$$\nabla \times \vec{E} = \hat{\imath} \cdot k \cdot E_0 \operatorname{sen}(kz - wt) + \hat{\jmath} \cdot k E_0 \cos(kz - wt) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$-\frac{\partial B_x}{\partial t} = k E_0 \operatorname{sen}(kz - wt), \quad -\frac{\partial B_y}{\partial t} = k E_0 \cos(kz - wt), \quad -\frac{\partial B_z}{\partial t} = 0$$

$$B_z = 0 \qquad B_x = -\int k E_0 \operatorname{sen}(kz - wt)\,dt, \quad B_y = -\int k E_0 \cos(kz - wt)\,dt$$

$$B_x = -\frac{k}{w} E_0 \cos(kz - wt) \qquad B_y = \frac{k}{w} E_0 \operatorname{sen}(kz - wt)$$

$w = kc$

$$\vec{B}(z,t) = \frac{E_0}{c}\left[-\cos(kz - wt)\hat{\imath} + \operatorname{sen}(kz - wt)\hat{\jmath}\right]$$

(b) A onda está se propagando na direção do $+z$

(c) $\vec{E}(z,t) \cdot \vec{B}(z,t) = [E_0 \operatorname{sen}(kz - wt)\hat{\imath} + E_0 \cos(kz - wt)\hat{\jmath}] \times [\frac{E_0}{c}(-\cos(kz - wt)\hat{\imath} + \operatorname{sen}(kz - wt)\hat{\jmath})]$

$\vec{E}(z,t) \cdot \vec{B}(z,t) = 0$ ⇝ indica que $\vec{E}$ e $\vec{B}$ são perpendiculares

/ /

d) $n_1 = 1{,}71$

$n_2 = 1{,}74$

Para estar circularmente polarizada a diferença de fase deve ser $\frac{\pi}{2}$

$$\Delta\phi = \frac{2\pi \Delta n d}{\lambda}$$

$\Delta\phi = \frac{\pi}{2}$, $\lambda = 600\,nm$ $\Delta n = 0{,}03$

$$\frac{\pi}{2} = \frac{2\pi \cdot 0{,}03}{600\,nm} \cdot d \Rightarrow d = 5\,\mu m$$

/ /

João Pedro dos Reis Mendes

5

$\lambda = 441\ nm$

$L = 2\ m$, $y = 1,5\ cm$

a) ângulo de difração do segundo mínimo

Relação $tg\theta = \frac{y}{L}$, y = afastamento linear L = distância

$$\theta = arctg\left(\frac{1,5}{200}\right) = arctg(0,0075) = 0,4297°$$

b) largura da fenda

$$a\ sen\theta = m\lambda$$

$$a \cdot sen(0,4297°) = 2 \cdot 441\ nm$$

$$a = 0,117\ mm \text{ ou } 117,6\ \mu m$$

c) Primeiro mínimo com luz de 650 nm

$\lambda = 650 \cdot 10^{-9}\ m$

1º mínimo $m = 1$

$$a\ sen\theta = m\lambda$$

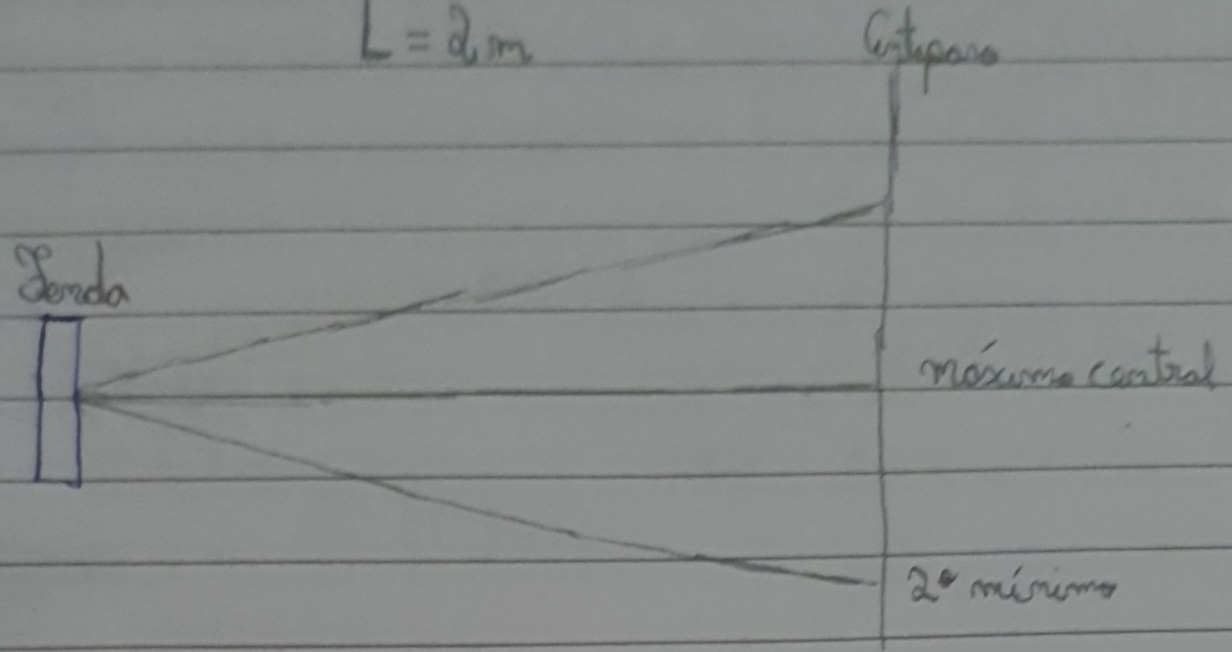
$$sen\theta = \frac{\lambda}{a}$$

$$\theta = arcsen\left(\frac{650 \cdot 10^{-9}}{117,6 \cdot 10^{-6}}\right) \cong 0,3167°$$

$$y_1 = L \cdot tg\theta = 200\ cm \cdot tg(0,3167°) = 1,10\ cm$$

/ /

5 d



6 $\lambda = 632,8\ nm$, $d = 2,6\ m$, $a = 1,37\ mm$
↳ diâmetro do fio

$a \cdot \text{sen}\,\theta = m \cdot \lambda$

$\text{sen}\,\theta = \dfrac{10 \cdot 638 \cdot 10^{-9}}{1,37 \cdot 10^{-3}}$ //

$\theta = \text{arcsen}\,(0,00462) \cong 0,2647°$ //

$tg(\theta) = \dfrac{y}{L}$, $y_1 = L \cdot tg\,\theta = 2,6 \cdot tg\,(0,2647°) \cong 12,01\ mm$

Como o desejado é os 2 mº de décima ordem, basta multiplicar y por 2

//

$D = 24,02\ mm$ //

/ /

(7) $L_0 = 100m$, $V = 0,85c$

a) Comprimento de cada espaçonave

Contração de Lorentz $L = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 100 \cdot \sqrt{1 - \frac{(0,85c)^2}{c^2}}$

$\cong 52,7m$

b) Velocidade relativa

adição de velocidades relativísticas

$u = \frac{(v_1 + v_2)}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$, $v_1 = v_2 = 0,85c$

$\rightarrow u \cong 0,9868c$

c) $\gamma_{relativo} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,9868^2}} \cong 6,169$, $L_{relativo} = \frac{L_0}{\gamma_{relativo}} = \frac{100}{6,169} \approx 16,21m$

d) distância $= 2 \cdot$ comprimento $= 2 \cdot 52,7 = 105,38m$

$V_{relativa\ total} = 2 \cdot 0,85c = 1,7c$

$tempo = \frac{d}{V} = \frac{105,38}{1,7c} \cong 2,06 \cdot 10^{-7} s = 0,206 \mu s$

João Pedro dos Reis Mendes

8)

$E_0 = 0{,}511$ MeV

$u = 0{,}99c$ (velocidade)

a) Energia total

Fator de Lorentz $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \dfrac{1}{\sqrt{1-\frac{(0{,}99c)^2}{c^2}}} \cong 7{,}09$

Energia total $= E = \gamma . E_0 = 7{,}09 . 0{,}511 = 3{,}62$ MeV //

b) Energia cinética

$K = E - E_0 = 3{,}62 - 0{,}511 = 3{,}11$ MeV //

c) Momento

$p = \gamma m_0 u$, $m_0 = \dfrac{E_0}{c^2} = \dfrac{0{,}511}{c^2}$

$p = 7{,}09 . \dfrac{0{,}511}{c^2} . 0{,}99c \cong 3{,}56$ MeV/c

d) Comprimento de onda de Broglie

$\lambda = \dfrac{h}{p}$ ~> constante de Planck ~> momento

$h = 6{,}626 . 10^{-34}$ J.s

$p = 3{,}56$ MeV/c $= 1{,}92 . 10^{-21}$ kg.m/s

$\lambda = \dfrac{6{,}626 . 10^{-34}}{1{,}92 . 10^{-21}} = 3{,}45 . 10^{-13}$ m

/ /

e) Momento inicial do Sistema

A partícula estacionária não possui momento, então o momento inicial do sistema é apenas do elétron, já calculado na letra c

$p_{inicial} \approx 3{,}56\ MeV/c$

f) Velocidade final do Sistema

$E_i = \gamma \cdot m_e \cdot c^2 + m_p \cdot c^2$

$= 7{,}09 \cdot 0{,}511 + 1 = 4{,}62\ MeV$

Momento inicial = Momento final $\quad E_{inicial} = E_{final}$

$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2 \rightsquigarrow m = \sqrt{(4{,}62)^2 - (1{,}92 \cdot 10^{-21} \cdot 2{,}998 \cdot 10^8)^2 \cdot (1{,}602 \cdot 10^{-13})}$

$\approx 2{,}37\ MeV/c^2$

• $V = \dfrac{p}{\gamma m}$ $\quad , \gamma = \dfrac{E}{mc^2} = \dfrac{4{,}62}{2{,}37} \cong 1{,}95$

$\rightsquigarrow V = \dfrac{1{,}92 \cdot 10^{-21}}{1{,}95 \cdot 2{,}37 \cdot 1{,}783 \cdot 10^{-30}} \approx 2{,}31 \cdot 10^8\ m/s \approx 0{,}77c$

g) Massa em repouso do sistema

$E_{total} = m_{final}\, c^2 \rightsquigarrow m_{final} = \dfrac{4{,}62\ MeV}{c^2}$

9) $m_1 = 5\,MeV/c^2$, $K = 7\,MeV$, $m_2 = 9\,MeV/c^2$

a) Momento inicial

Energia total da 1ª partícula $E_1 = E_{0_1} + K = 5 + 7 = 12\,MeV$

$$E^2 = (pc)^2 + (m_1c^2)^2 \rightsquigarrow p_1 = \frac{\sqrt{E_1^2 - (m_1c^2)^2}}{c} = \frac{\sqrt{12^2 - 5^2}}{c} = \frac{10{,}91\,MeV}{c}$$

⊛ Partícula estacionária tem momento zero

b) Velocidade final e massa em repouso

Energia total inicial : $E_i = 12 + 9 = 21\,MeV$

Momento final $= 10{,}91\,MeV/c$

$$E_{total} = m_{final}\,c^2 \rightsquigarrow m_{final} = \frac{21\,MeV}{c^2}$$

Podemos usar a conservação do momento para calcular v_f

$$V_f = \frac{p_{final}}{m_{final}} = \frac{10{,}91}{21} = 0{,}52c$$

/ /

1) $L = 0{,}100\ nm$

$m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}\ kg$

$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$

a) Energia

Energia é dada pela equação

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$$

estado fundamental, $n=1$

$$E_1 = \frac{1^2 \cdot (6{,}626 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 9 \cdot 10^{-31} \cdot (1 \cdot 10^{-10})^2} \cong 6{,}02 \cdot 10^{-18}\ J$$

b) Energia dos 4 estados de energia mais baixos.

Usando a mesma equação

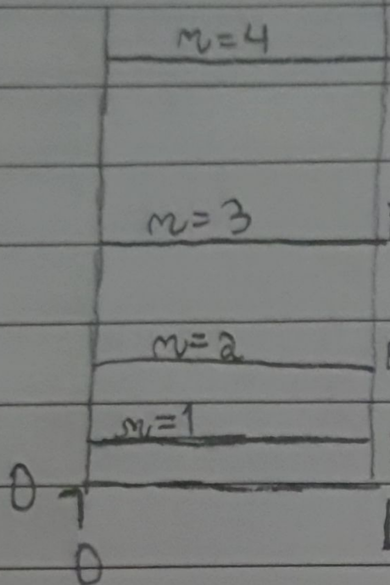
$n=1 \longrightarrow E_1 = 6{,}02 \cdot 10^{-18}\ J$

$n=2 \quad E_2 = 4 \cdot E_1 = 2{,}41 \cdot 10^{-17}\ J$

$n=3 \quad E_3 = 9 \cdot E_1 = 5{,}42 \cdot 10^{-17}\ J$

$n=4 \quad E_4 = 16 \cdot E_1 = 9{,}63 \cdot 10^{-17}\ J$

(c) Diagrama dos níveis de energia



$E_4 = 16E_1 = 9{,}63.10^{-17}$

$E_3 = 9E_1 = 5{,}42.10^{-17}$

$E_2 = 4E_1 = 2{,}41.10^{-17}$

$E_1 = 6{,}02.10^{-18}$

(d) Comprimento de onda dos fótons emitidos para todas as transições do estado $n=3$ para estados de energia mais baixa

$$\lambda = \frac{h.c}{\Delta E}$$

ΔE ↳ diferença de energia entre os estados

Transição $n=3$ para $n=2$

$\Delta E = E_3 - E_2 = 3{,}01.10^{-17}$ J //

$$\lambda_{3\to 2} = \frac{6{,}626.10^{-34}.2{,}998.10^{8}}{3{,}01.10^{-17}} = 6{,}6 \text{ nm}$$ //

Transição $n=3$ para $n=1$

$\Delta E = E_3 - E_1 = 4{,}82.10^{-17}$ J //

$$\lambda_{3\to 1} = \frac{6{,}626.10^{-34}.2{,}998.10^{8}}{4{,}82.10^{-17}} = 4{,}12 \text{ nm}$$ //

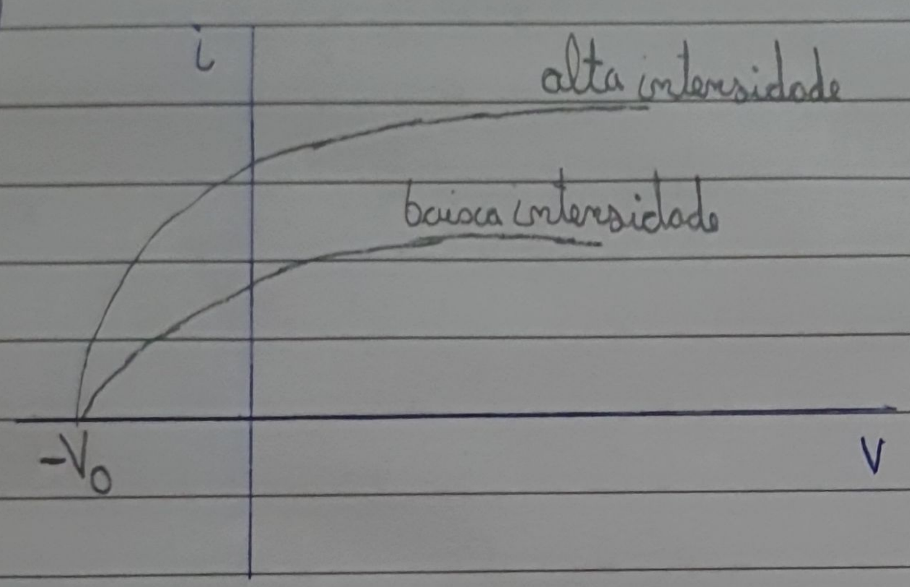
11

a) O efeito fotoelétrico é um fenômeno no qual elétrons são emitidos por um material (geralmente um metal) quando ele é exposto à luz ou radiação eletromagnética de frequência suficiente.

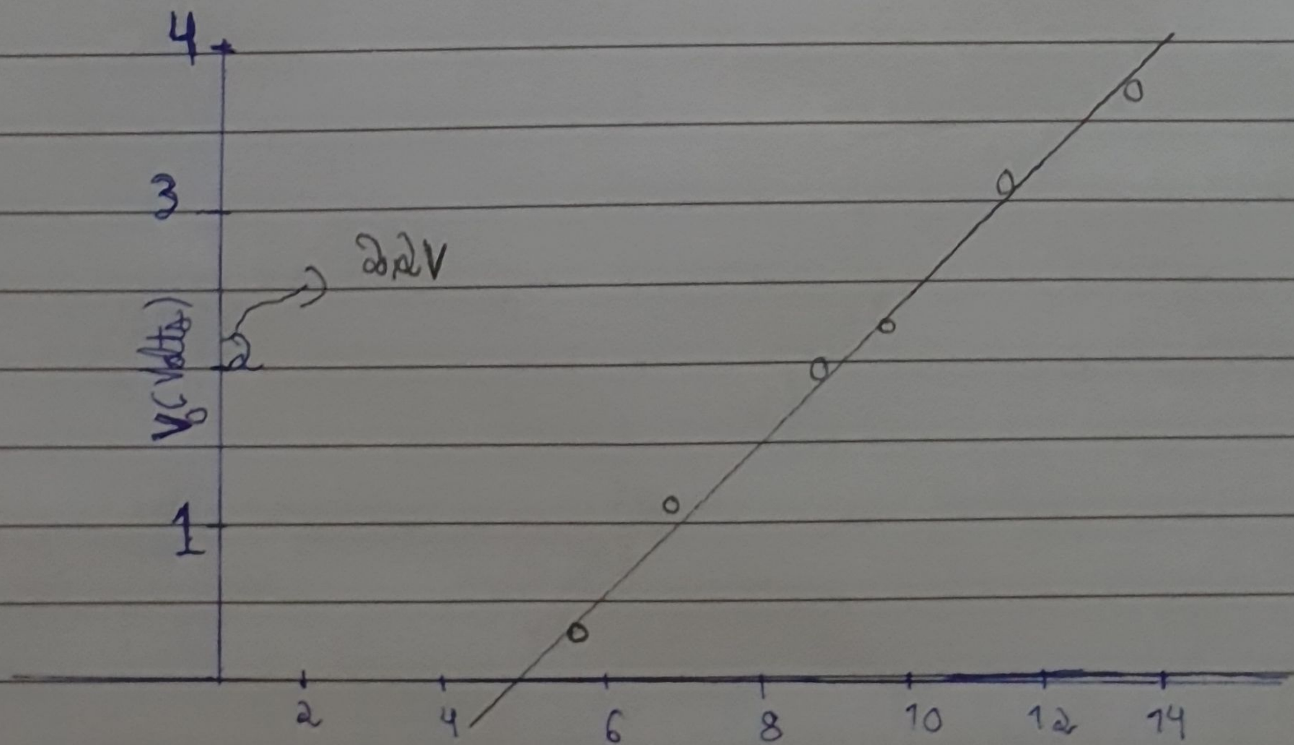
$$\left(\frac{1}{2}mv^2\right)_{máx} = eV_0 = hf - \phi$$

ϕ ~> função trabalho
h ~> constante de Planck
f ~> frequência do fóton

b)



c)



Comportamento do potencial frenador em função da frequência da luz em uma superfície de sódio

/ /

(d)

$$W = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\ J.s \cdot 3 \cdot 10^{8}\ m/s}{564 \cdot 10^{-9}}$$

$$= \boxed{3{,}524 \cdot 10^{-19}\ J \text{ ou } 2{,}2\,eV}$$

12) a) Postulados de Einstein

1. Princípio da Relatividade: As leis da física são as mesmas para todos os observadores inerciais.

2. Constância da Velocidade da Luz: A velocidade da luz no vácuo é a mesma para todos os observadores.

Dilatação do Tempo: Efeito da relatividade restrita, afirma que o tempo não é absoluto, mas depende do referencial do observador.

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Contração dos comprimentos: refere-se ao fato de que um objeto em movimento é medido como mais curto na direção do movimento, em comparação com um observador em repouso.

Massa em repouso: A massa de um objeto quando ele está em repouso, representa a quantidade de energia armazenada no objeto.

Energia Relativística: a energia total de um objeto inclui tanto sua energia de repouso quanto a energia devido ao movimento

6) Origem da constante de Planck - Foi introduzida ao tentar explicar a radiação do corpo negro, em que a energia de um fóton é quantizada em pacotes de energia

Espalhamento Compton: refere-se à colisão de um fóton de alta energia com um elétron livre, resultando em uma mudança no comprimento de onda do fóton.

Dualidade Onda Partícula: princípio da mecânica quântica que afirma que partículas subatômicas, exibem características tanto de onda quanto de partícula

Comprimento de Onda de de Broglie: todas as partículas possuem um comprimento de onda associado

Princípio da incerteza: estabelece um limite fundamental para a precisão com que podemos medir simultaneamente certas grandezas físicas, como posição e momento de uma partícula

Quantização de energia: a energia só pode ser assumida em valores discretos

Partículas Idênticas: partículas que não podem ser distinguíveis se tiverem as mesmas propriedades intrínsecas

Princípio de Exclusão de Pauli: Estabelece que 2 férmions não podem ocupar o mesmo estado quântico simultaneamente.

/ /

C. Postulados de Bohr

1 - Quantização das Órbitas: o elétron pode girar em torno do núcleo apenas em órbitas circulares específicas.

2 - Emissão e Absorção de Radiação: o elétron não emite radiação enquanto estiver em uma órbita estacionária

3 - Níveis de Energia Quantizados: A energia do elétron em uma órbita estacionária é negativa e quantizada

· Diagrama de Níveis de Energia para o Átomo de Hidrogênio

Estado Fundamental $E_1 = -13,6 eV$
Primeiro estado excitado $E_2 = -3,4 eV$
Segundo " " $E_3 = -1,51 eV$

d. Equação de Schrodinger: Descreve o comportamento da função de onda de uma partícula em um sistema quântico

Função de onda: São soluções da equação de Schrodinger e contêm toda a informação sobre o estado de uma partícula.