01. No instante t = 0, uma fonte sonora que gera um tom com freqüência de 500 Hz é arremessada verticalmente do solo com velocidade inicial de 40 m/s. Pede-se:

a) a maior e a menor freqüência do som ouvido por um observador estacionário situado muito próximo do local do arremesso;

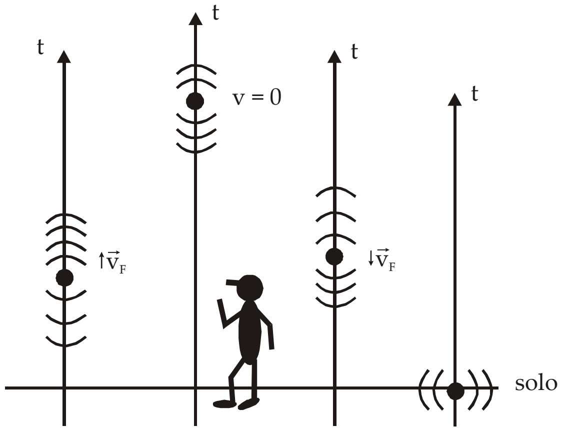
b) um esboço do gráfico da freqüência ouvida pelo observador em função do tempo após o lançamento para 0 < t < 10 s.

Dados: aceleração da gravidade (g) = 10 m/s²;
velocidade do som (v_s) = 340 m/s.

Obs.: despreze o atrito da fonte sonora com o ar e suponha que a fonte permaneça imóvel após atingir o solo.

Solução:

01.



$$\text{fap} = f_F\left(\frac{v_s \pm v_{ob}}{v_s \mp v_F}\right)$$

Observador em repouso: $v_{ob} = 0$

A maior freqüência ocorrerá no instante do lançamento.

$$f_{min} = 500\left(\frac{340}{340+40}\right) = 447 \text{ Hz}$$

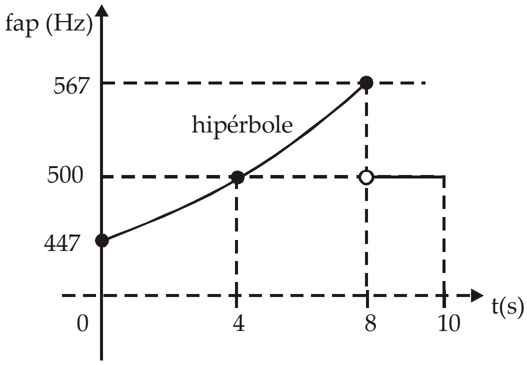
A maior freqüência ocorrerá ao retornar.

$$f_{máx} = 500.\left(\frac{340}{340-40}\right) = 567 \text{ Hz}$$

Para a velocidade:

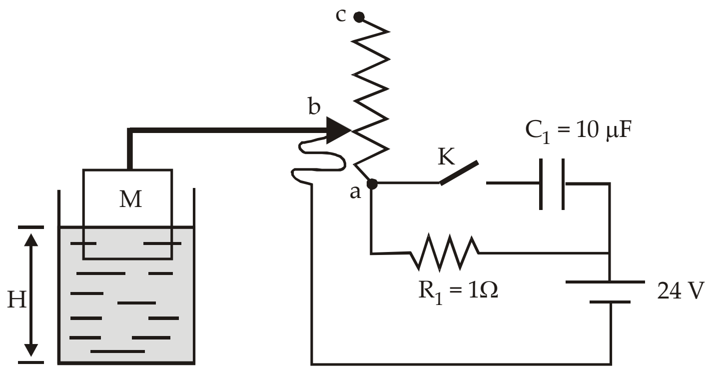
v = 40 – lot

$$\text{fap} = 500\left(\frac{340}{340 \mp (40-10\,t)}\right) = \frac{340}{0,68 \mp (+40+10\,t)}$$

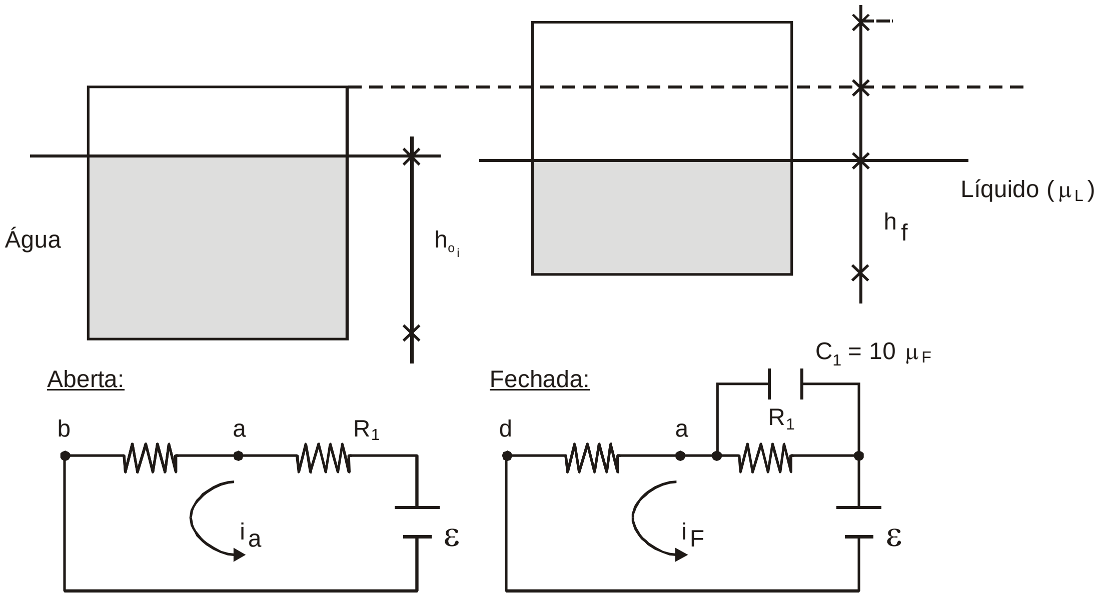


Não foi levado em consideração o atraso no tempo devido a propagação do som até atingir o observador.

02. A figura ilustra um bloco M de madeira com formato cúbico, parcialmente submerso em água, ao qual está fixado um cursor metálico conectado a um circuito elétrico. Na situação inicial, a face do fundo do bloco se encontra a 48 cm da superfície da água, a chave K está aberta e o capacitor C_1 descarregado. O comprimento do fio resistivo entre a posição b do cursor metálico e o ponto a é 10 cm. A potência dissipada no resistor R_1 é 16 W.
Em determinado instante, a água é substituída por outro líquido mais denso, mantendo-se constante o nível H da coluna de água inicialmente existente. Fecha-se a chave K e observa-se que, após um longo intervalo de tempo, a energia armazenada em C_1 se estabiliza em 28,8 μJ. Considerando que a resistência por unidade de comprimento do fio resistivo é constante, determine a massa específica do líquido que substituiu a água.
Dados: aceleração da gravidade (g) = 10 m/s²;
massa específica da água (μ_a) = 1 g/cm³.



Solução:



$$P_1 = R_1 \cdot i_a^2 \Rightarrow i_a = \sqrt{\frac{16}{1}} = 4{,}0 \text{ A}$$

$$V_{1a} = R_1 \cdot i_a \Rightarrow V_{1a} = 4V$$

$$-R_{ab} - i_a - R_1 - i_a + \varepsilon = 0 \Rightarrow R_{ab} = \frac{24-4}{4} = 5{,}0\ \Omega$$

Fechada:

$$E_C = 28{,}8\ \mu J = 28{,}8 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

$$E_C = \frac{CV^2}{2} \Rightarrow 28{,}8 \cdot 10^{-6} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{2} V_C^2 \Rightarrow \boxed{V_C = 2{,}4V}$$

$$-R_{ad} \cdot i_F - R_1 \cdot i_F + 24 = 0 \Rightarrow R_{ad} = \frac{24-2{,}4}{2{,}4} = 9$$

$$\boxed{R_{ad} = 9{,}0\Omega}$$

No equilíbrio:

$P = E_1 = \mu_a \cdot g \cdot A \cdot h_{oi}$
$P = E_2 = \mu_L \cdot g \cdot A \cdot h_f$

Igualando:

$\boxed{\mu_L : \dfrac{\mu_a h_{oi}}{h_f}}$

Como: $\dfrac{l_{ad}}{l_{ab}} = \dfrac{R_{ad}}{R_{ab}} \Rightarrow l_{ad} = \dfrac{10 \cdot 9}{5} = 18$

$l_{ad} = 18$ cm

Com isso, podemos concluir que o bloco emergiu 8,0 cm. Logo $\boxed{h_f = 48 - 8 = 40\,cm}$

$\mu_L = \dfrac{1 \cdot 48}{40} = 1{,}2 \Rightarrow \boxed{\mu_L = 1{,}2\,g/cm^3}$

discursiva

03. Um pequeno corpo é abandonado com velocidade inicial nula no ponto A de uma rampa, conforme ilustra a figura 1. No instante em que esse corpo passa pelo ponto P, um dispositivo provoca o fechamento da chave S1 do circuito elétrico apresentado na Figura 2.

No instante em que o resistor R_1 desse circuito atinge o consumo de 0,05 W . h, um percussor é disparado, perpendicularmente ao trecho plano B-C, com o objetivo de atingir o corpo mencionado. Sabe-se que ao percorrer a distância d mostrada na figura 1, o corpo tem sua velocidade reduzida a 1/3 da alcançada no ponto B. Considerando que os trechos A-B e P-C não possuem atrito e que o corpo permanece em contato com o solo até o choque, determine o ângulo de inclinação θ da rampa para que o corpo seja atingido pelo percussor.

Dado: aceleração da gravidade (g) = 10 m/s².

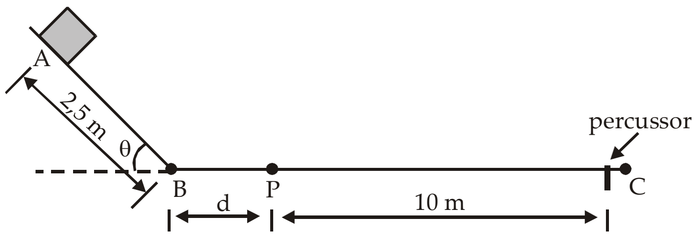


Figura 1

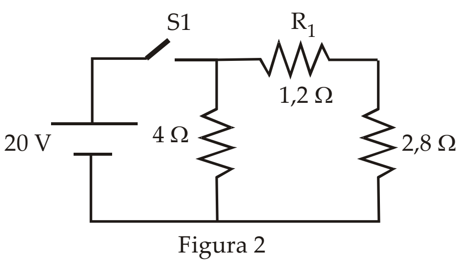
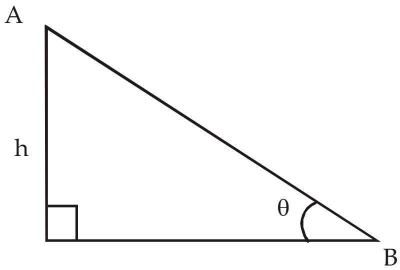


Figura 2

Solução:

03.



$E_{MA} = E_{MB} \rightarrow$

$\rightarrow mgh = \dfrac{mv_B^2}{2} \rightarrow v_B = \sqrt{2gh}$

$v_P = \dfrac{v_B}{3} = \dfrac{\sqrt{2gh}}{3}$

Req = $2{,}0\ \Omega$

$i_T = \dfrac{\varepsilon}{Req} = \dfrac{20}{2} = 10A$ e $i_1 = \dfrac{i_T}{2} = 5{,}0\ A$

$P_1 = R_1 i_1^2 = 1{,}2 \times 5^2 = 30 \Rightarrow P_1 = 30\,w$

Temos MRU no trecho PC:

$v = \dfrac{\Delta S_{PC}}{\Delta t_{PC}} \Rightarrow \dfrac{1}{3}\sqrt{2gh} = \dfrac{\Delta S_{PC}}{\Delta t_{PC}} \Rightarrow \Delta t_{PC} = \dfrac{30}{\sqrt{20h}}$

E = 0,05 wh = 180 ws

$E = P \times \Delta t_{PC} \Rightarrow 180 = 30 \times \dfrac{30}{\sqrt{20h}} \Rightarrow h = 1{,}25\,m$

Finalmente:

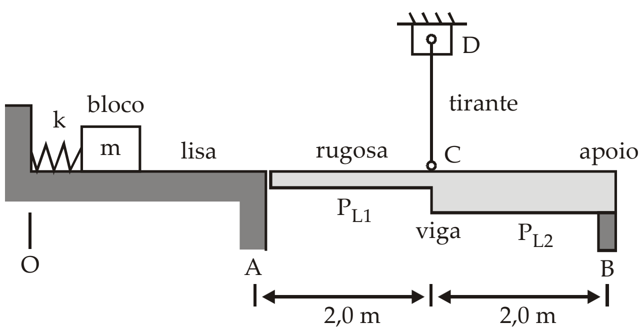
$sen\theta = \dfrac{h}{\overline{AB}} = \dfrac{1{,}25}{2{,}5} = 0{,}50$

$\theta = 30°$

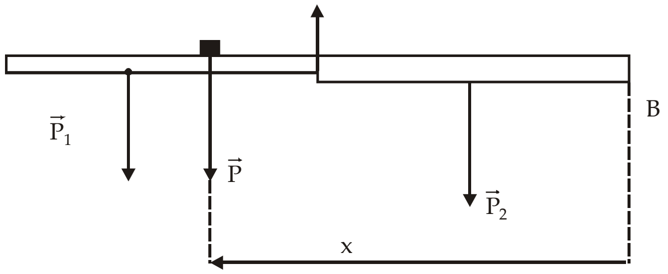
04. Uma mola com constante elástica k, presa somente a uma parede vertical, encontra-se inicialmente comprimida em 10 cm por um bloco de massa m = 4 kg, conforme apresenta a figura abaixo. O bloco é liberado e percorre uma superfície horizontal lisa OA sem atrito. Em seguida, o bloco percorre, até atingir o repouso, parte da superfície rugosa de uma viga com 4 m de comprimento, feita de material uniforme e homogêneo, com o perfil mostrado na figura. Sabendo que a força normal por unidade de área no tirante CD de seção reta 10 mm² é de 15 MPa na posição de repouso do bloco sobre a viga, determine o valor da constante elástica k da mola.

Dados: pesos por unidade de comprimento da viga (P_{L1}) = 20 N/m e (P_{L2}) = 40 N/m; coeficiente de atrito cinético (μ_c) = 0,50;
aceleração da gravidade (g) = 10 m/s²;
1 Pa = 10^5 N/m².

Obs.: o tirante não prejudica o movimento do bloco.



Solução:



$\sum \vec{M}_B = \vec{0}$

$3P_1 + P\,.\,x - 2T + P_2\,.\,1 = 0$ (I)

$$\begin{cases} P = mg = 40\,N \\ P_1 = 20.2 = 40 \Rightarrow P_1 = 40\,N \\ P_2 = 40\,.\,2 = 80 \Rightarrow P_2 = 80\,N \\ T = 15\,.\,10^6\,.\,10\,.\,10^{-6} = 150 \Rightarrow T = 150\,N \end{cases}$$

Em (I):

$$x = \frac{100}{40} = 2,5\,m$$

$\Delta S = 4 - 2,5 = 1,5 \Rightarrow \Delta S = 1,5\,m$

2ª Lei de Newton:

$|F_r| = |fat| \Rightarrow m|a| = \mu\,.\,mg \Rightarrow$

$\Rightarrow |a| = \mu g = 5 \quad \Rightarrow |a| = 5\ m/s^2$

Para o movimento retardado do bloco. Torricelli:

$v^2 = v_0^2 - 2a\ \Delta S \Rightarrow v^2 = 2\,.\,5\,.\,1,5 = 1\,5$

Pela conservação da energia mecânica:

$$\frac{k\ \Delta x^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow k\,.0,1^2 = 4\,.\,15 \Rightarrow k = 6000 \Rightarrow$$

$k = 6000\ N/m$

05. A figura 1 ilustra uma bateria, modelada através de uma fonte de tensão elétrica V_F em série com um resistor R_S, conectado a um voltímetro V, cuja leitura indica 24 V. Essa bateria é ligada em série com o amperímetro A e com um circuito composto por uma resistência de aquecimento R_A em paralelo com uma resistência R_B, conforme mostra a Figura 2. A resistência R_A encontra-se imersa em 0,2 L de um líquido com massa específica de 1,2 g/cm³.

Inicialmente, as chaves S1 e S2 da Figura 2 encontram-se abertas. A chave S1 é acionada. Observa-se que o amperímetro indica 2A e que a temperatura do líquido se eleva de 10 °C para 40 °C em 30 minutos. Em seguida, a chave S2 é fechada e o amperímetro passa a indicar 2,4 A. Considerando que não exista perda de energia no aquecimento da água e que o voltímetro e o amperímetro sejam ideais, determine:

a) a resistência R_A em ohms;

b) a resistência R_S em ohms;

c) a resistência R_B em oms.

Dados: calor específico do líquido (c) = 2 cal/(g .°C);
1 cal ≅ 4 J

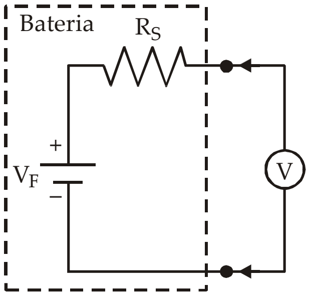


Figura 1

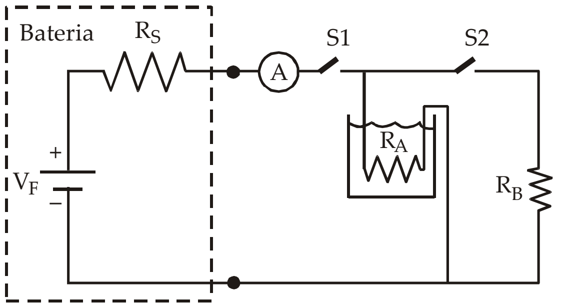


Figura 2

Solução:

$m = \mu \,.\, V = 1{,}2 \,.\, 200 = 240\,g$

Fechando a chave 1:

$$P \,.\, \Delta t = R_A\, i_1^2\, \Delta t = m\, c\, \Delta\theta \Rightarrow$$

$$R_A = \frac{240 \,.\, 8\ 30}{2^2 \,.\, 1800} = 8{,}0 \Rightarrow R_A = 8{,}0\ \Omega$$

No circuito Fechado:

$$V_F - R_A \,.\, i_1 - R_S\, i_1 = 0 \Rightarrow R_s = \frac{24 - 8 \,.\, 2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{R_S = 4\Omega}$$

Fechando a chave 2:

$$i_2 = \frac{V_F}{R_S + \dfrac{R_A R_B}{R_A + R_B}} \Rightarrow 2{,}4 = \frac{24}{4 + \dfrac{8R_B}{8 + R_B}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{R_B = 24\Omega}$$

Resp.: $R_A = 8{,}0\Omega$, $R_S = 4\Omega$ e $R_B = 24\Omega$

06. Uma massa m de ar, inicialmente a uma pressão de 3 atm, ocupa 0,1 m³ em um balão. Este gás é expandido isobaricamente até um volume de 0,2 m³ e, em seguida, ocorre uma nova expansão através de um processo isotérmico, sendo o trabalho realizado pelo gás durante esta última expansão igual a 66000 J. Determine:

a) o trabalho total realizado em joules pelo gás durante todo o processo de expansão;

b) o calor total associado às duas expansões, interpretando fisicamente o sinal desta grandeza.

Dados: $1\text{ atm} = 1\dfrac{kgf}{cm^2}$, $1kgf = 10\,N$ e $\gamma = \dfrac{C_p}{C_v} = 1{,}4$.

Obs.: suponha que o ar nestas condições possa ser considerado como gás ideal.

Solução:

a) $W_{tot} = W_1 + W_2$

$= p\Delta V + W_2$

$= 3\ .\ 10^5\ .\ 0{,}1 + 66000$

$= 96000\ J$

b) $Q_{tot} = Q_1 + Q_2$

$$\begin{cases} Q_1 = nC_p\ \Delta T \\ p\Delta V = nR\ \Delta T \end{cases} \to Q_1 = p\Delta V \frac{C_p}{R} = p\Delta V \frac{C_p}{C_p - C_v} = p\Delta V \frac{\gamma}{\gamma - 1} = 105.000\ J$$

$T = cte \to \Delta U = 0 \to Q_2 = W_2 = 66.000\ J$

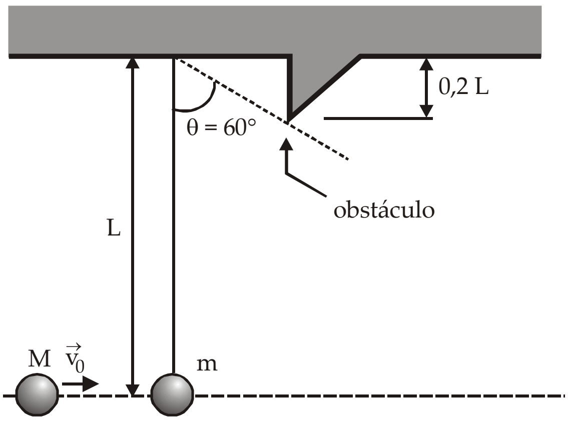
$\Rightarrow Q_{tot} = 171.000\ J$

O sinal do calor trocado é positivo já que em ambas etapas o sistema recebe calor.

07. Um pêndulo com comprimento L = 1m, inicialmente em repouso, sustenta uma partícula com massa m = 1kg. Uma segunda partícula com massa M = 1kg movimenta-se na direção horizontal com velocidade constante v_0 até realizar um choque perfeitamente inelástico com a primeira. Em função do choque, o pêndulo entra em movimento e atinge um obstáculo, conforme ilustrado na figura. Observa-se que a maior altura alcançada pela partícula sustentada pelo pêndulo é a mesma do ponto inferior do obstáculo. O fio pendular possui massa desprezível e permanece sempre esticado. Considerando a aceleração da gravidade g = 10 m/s² e a resistência do ar desprezível, determine:

a) a velocidade v_0 da partícula com massa M antes do choque;

b) a força que o fio exerce sobre a partícula de massa m imediatamente após o fio bater no obstáculo.

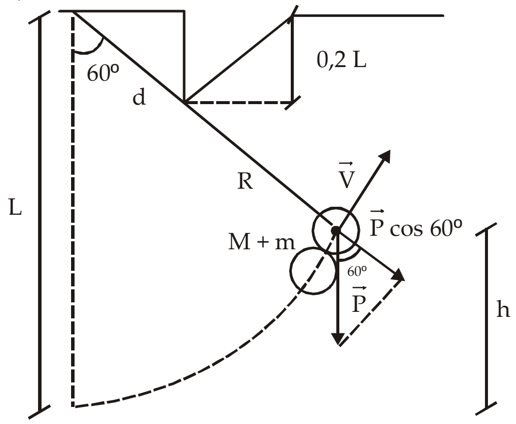


Solução:

a) A velocidade das duas partículas após a colisão é $\frac{v_o}{2}$. Pela conservação de energia, $\frac{\left(\frac{v_o}{2}\right)^2}{2} = g\ .\ (0{,}8\ .\ L) \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \frac{v_o^2}{8} = 10.\ 0{,}8\ .\ 1 \Leftrightarrow v_o = 8\ m/s.$

b)



Pela conservação da energia,

$$\frac{\left(\frac{v_o}{2}\right)^2}{2} = \frac{v^2}{2} + gh\text{. Mas } d = \frac{0,2L}{\cos 60^\circ} = 0,4 \text{ m} \quad \text{e}$$

$h = L - L\cos 60^\circ = 0,5\,m$, logo

$$\frac{v_o^2}{8} = \frac{v^2}{2} + gh \Leftrightarrow 8 = \frac{v^2}{2} + 5 \Leftrightarrow v = \sqrt{6}\ m/s.\ \text{Logo}$$

$$T = F_{cp} + P\cos\theta = \frac{(M+m)v^2}{R} + (M+m)g\cos\theta = \frac{2\,.\,6}{0,6} + 2\,.10\,.\,0,5 =$$

= 30 N.

08. Uma partícula de massa m e carga elétrica q é arremessada com velocidade escalar v numa região entre duas placas de comprimento d, onde existe um campo elétrico uniforme $\vec{E}$, conforme ilustra a figura. Ao sair da região entre as placas, a partícula entra numa região sujeita a um campo magnético uniforme $\vec{B}$ e segue uma trajetória igual a uma semicircunferência, retornando à região entre as placas. Pede-se:

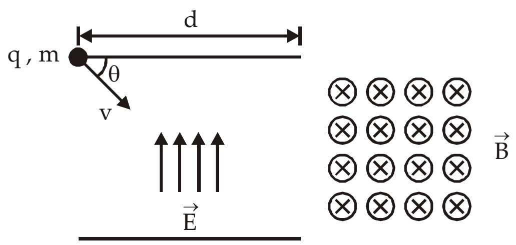
a) o ângulo θ de arremesso da partícula indicado na figura;

b) a energia cinética da partícula no instante de seu retorno à região entre as placas;

c) a faixa de valores de $|\vec{B}|$ para que a partícula volte à região entre as placas;

d) verificar, justificando, se existe a certeza da partícula se chocar com alguma das placas após regressar à região entre as placas.

Obs.: desconsidere a ação da gravidade.



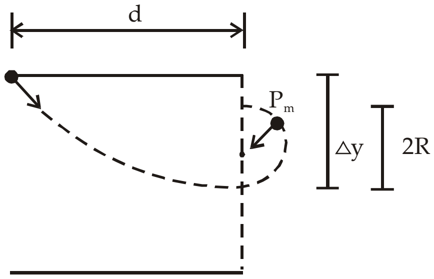
Solução:

a) Como a trajetória da partícula no campo magnético é uma semicircunferência, ela deve entrar neste campo com velocidade puramente horizontal, i.e. $v_y = 0$.

A aceleração vertical da partícula é $\frac{F}{m} = \frac{Eq}{m}$, e $v_{y0} = -v\,\text{sen}\theta$, logo o tempo que a partícula leva para deixar o campo elétrico é $\frac{mv\,\text{sen}\theta}{Eq}$. Como a velocidade horizontal da partícula no eixo x é $v\cos\theta$, ela percorre distância horizontal de $\frac{mv^2\text{sen}\theta\cos\theta}{Eq} = \frac{mv^2}{2}\cdot\frac{1}{Eq}\cdot\text{sen}2\theta$. Mas isso é igual a d, logo $\theta = \frac{1}{2}\text{arc sen}\left(\frac{2Eqd}{mv^2}\right)$.

b) O campo magnético é conservativo neste caso, logo podemos calcular a energia cinética da partícula ao entrar no campo magnético. Mas esta energia é $\frac{mv_x^2}{2} = \frac{mv^2}{2}\cdot\cos^2\theta = \frac{mv^2}{2}\cdot\left[\frac{\cos 2\theta + 1}{2}\right] = \frac{mv^2}{4}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{4E^2q^2d^2}{m^2v^4}}\right]$

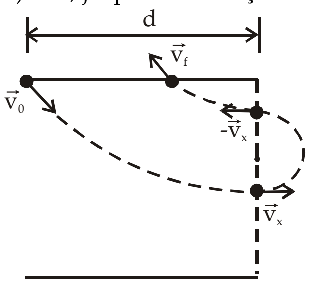
c)



Para que a partícula volte ao capacitor, devemos ter $2R \le \Delta y$. Mas $\Delta y = \frac{at^2}{2} = \frac{Eq}{m}\cdot\frac{v^2\text{sen}^2\theta m^2}{E^2q^2}\cdot\frac{1}{2} = \frac{mv^2\text{sen}^2\theta}{2Eq}$

e R = $\frac{mv_x}{qB}$, logo $2R \le \Delta y \Leftrightarrow \frac{2mv_x}{qB} \le \frac{mv^2\text{sen}^2\theta}{2Eq} \Leftrightarrow B \ge \frac{4E\cos\theta}{v\,\text{sen}^2\theta} = \frac{4\sqrt{2}E\sqrt{1+\sqrt{1-\frac{4E^2q^2d^2}{m^2v^4}}}}{v\left[1-\sqrt{1-\frac{4E^2q^2d^2}{m^2v^4}}\right]}$

d) Sim, já que a aceleração dentro do campo elétrico é constante:



09. Um explorador espacial sofreu um acidente e encontra-se em um planeta desconhecido. Entre seus equipamentos, ele dispõe de um telescópio, um dinamômetro, um bloco de massa M conhecida e um fio de comprimento L. O telescópio é composto por uma objetiva e uma ocular com distância focais f e f', respectivamente. O explorador observou a existência de um satélite no céu deste planeta e o telescópio apresentou uma imagem de diâmetro máximo 2r'. Medidas anteriores ao acidente indicavam que o raio deste satélite era, na realidade, R. O astronauta determinou que o período de revolução do satélite em torno do planeta era equivalente a 5000 períodos de um pêndulo improvisado com o bloco e o fio. Se o dinamômetro registra que este bloco causa uma força F sob efeito da gravidade na superfície do planeta, determine:

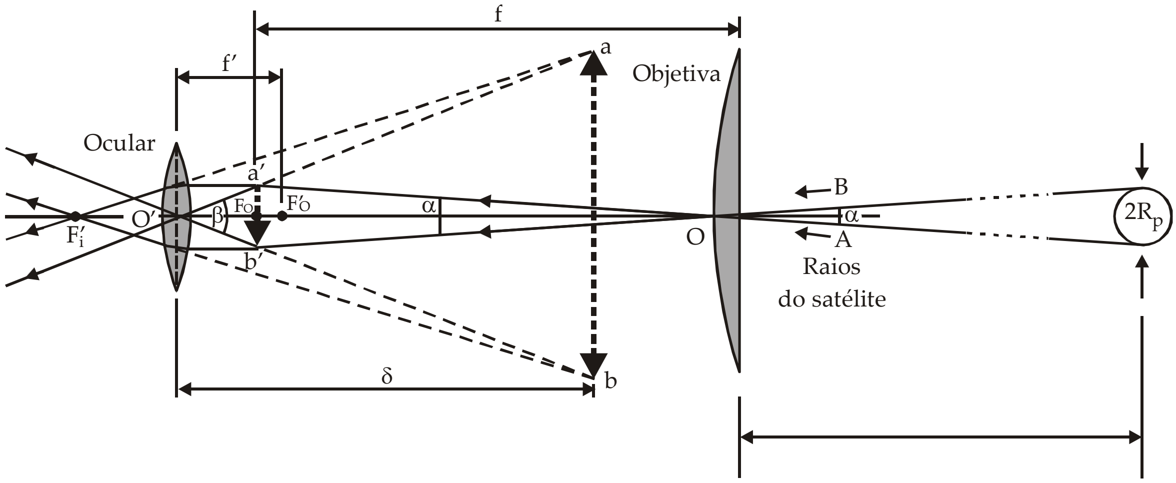
a) a massa M em função dos parâmetros fornecidos;

b) o diâmetro D deste planeta em função dos parâmetros fornecidos.

Dado: constante de gravitação universal = G.

Solução:

a) Seja d a distância do planeta ao satélite. Com a distância de 25 cm (0,25 m) o observador visualiza a imagem na condição de máxima ampliação.



$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p = \frac{\delta f'}{\delta + f'}.$$

$$\frac{\overline{a'b'}}{\overline{ab}} = \frac{i'}{i} = -\frac{p'}{p} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{i = \frac{i'f'}{\delta + f'}} : \text{substuindo em :}$$

$$\text{tg}\ \alpha = \frac{i}{f} = \frac{R}{d}, \text{ temos :}$$

$$\boxed{d = \frac{(\delta + f')\,Rf}{i'\,f'}}$$

Fazendo: $R_p << d$

e considerando que a banca procurava a massa do planeta, M_p .

Na superfície do planeta

$$g_s = \frac{F}{M}$$

$$T_p = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_s}} \Rightarrow T_p = 2\pi\sqrt{\frac{LM}{F}}$$

Para o satélite:

$$T_s = 2\pi\sqrt{\frac{d^3}{G\,.\,Mp}}.$$

Do enunciado:

$$T_s = 5000\ Tp \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M_p = \frac{5000^2\ F\ .\ d^3}{G\ M\ L}$$

$$M_p = \frac{25\ .\ 10^6\ F\ R^3\ f^3\ (f' + \delta)^3}{G M L .\ i'^3 f'^3}$$

b)

$$g_s = \frac{G\ M_p}{R_p^2} = \frac{F}{M}$$

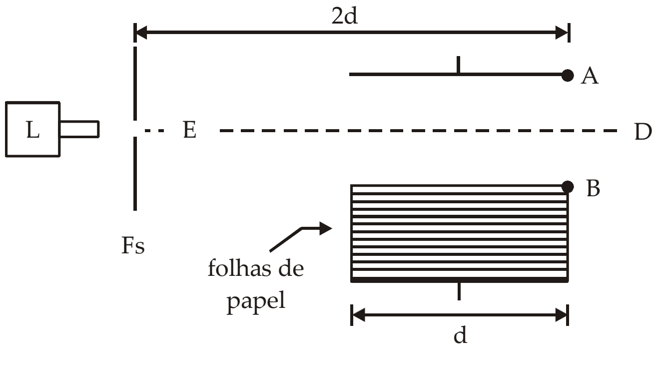
$$R_p = \sqrt{\frac{M\ G\ M_p}{F}}$$

$$D_p = 2\ R_p = 2\sqrt{\frac{M\ .\ M_p\ G}{F}}$$

10. A figura ilustra uma empacotadora de papel que utiliza um capacitor de placas quadradas e paralelas para empilhar a quantidade exata de folhas contidas em cada embalagem. Ao atingir a altura limite do bloco de papel, o laser L acoplado à fenda simples Fs projeta os mínimos de intensidade de difração de primeira ordem nos pontos A e B, eqüidistantes da linha tracejada ED. Sabendo que cada folha de papel possui uma espessura e_f, determine o número de folhas contidas em cada embalagem.

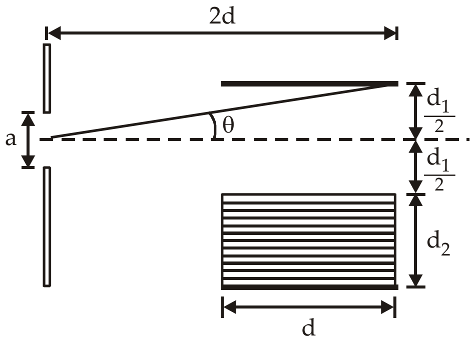
Dados: comprimento de onda do laser = λ ;
largura da fenda simples = a;
distância entre a fenda e a reta AB = 2d;
área da superfície das placas do capacitor = d^2;
permissividade do vácuo = ε_0;
permissividade do papel = ε ;
capacitância do capacitor com o limite máximo de folhas de papel = C.

Obs.: despreze o efeito da borda do capacitor.



Solução:

$a \text{ sen } \theta = m\lambda$ (I)



$\boxed{\text{sen } \theta \approx \text{tg } \theta}$

para θ pequeno.

$$\text{sen } \theta \cong \frac{\frac{d_1}{2}}{2d} \Rightarrow \text{em (I)}:$$

$$a \, . \, \frac{d_1}{4d} = \lambda \Rightarrow d_1 = \frac{4\lambda d}{a}$$

$$C = \frac{\frac{\varepsilon_0 d^2}{d_1} \cdot \frac{\varepsilon d^2}{d_2}}{\frac{\varepsilon_0 d^2}{d_1} + \frac{\varepsilon d^2}{d_2}} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon d^2}{\varepsilon d_1 + \varepsilon_0 d_2}$$

Com isto: $d_2 = \dfrac{\varepsilon_0 \varepsilon a d^2 - 4\varepsilon C \lambda d}{C \varepsilon_0 a}$

$$n = \frac{d_2}{e_f} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon d^2 a - 4\varepsilon C \lambda d}{\varepsilon_0 C a e_f}$$