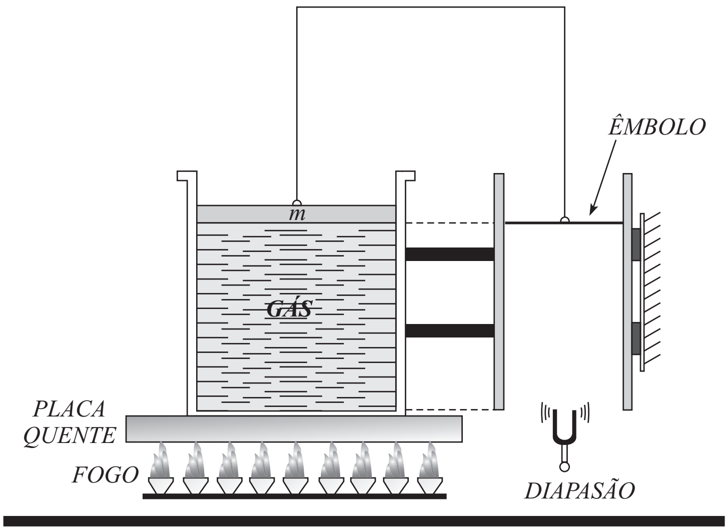
Questão 01

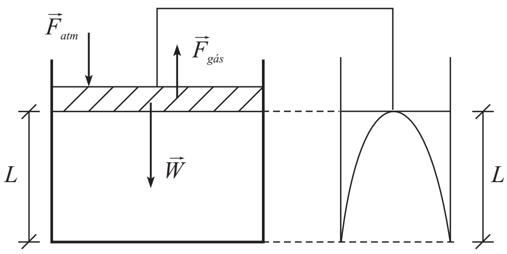
Considere o sistema mostrado abaixo onde um recipiente cilíndrico com gás ideal é mantido a uma temperatura T por ação de uma placa quente. A tampa do recipiente, com massa m, é equilibrada pela ação do gás. Esta tampa está conectada, por meio de uma haste não deformável, ao êmbolo de um tubo de ar, aberto na extremidade inferior. Sabendo-se que existe um diapasão vibrando a uma freqüência f na extremidade aberta, determine o menor número de mols do gás necessário para que seja observado o modo fundamental de ressonância do tubo de ar.

Dado: velocidade de propagação do som no ar: v

Observação: o conjunto haste-êmbolo possui massa desprezível.



Resolução:



No modo fundamental

$$h = \frac{1}{4}\lambda$$
$$\therefore \lambda = 4h$$

Lembrando que

$$v = \lambda f$$
$$v = 4h \cdot f$$
$$h = \frac{v}{4f} \quad (1)$$

$$F_{atm} = P_{atm} \cdot A$$
$$F_{gás} = P_{gás} \cdot A$$
$$W = mg$$

No equilíbrio

$$F_{gás} = W + F_{atm}$$
$$P_{gás} \cdot A = mg + P_{atm} \cdot A \quad (2)$$

$$P_{gás} \cdot V = nRT$$
$$P_{gás} \cdot A \cdot h = nRT$$
$$P_{gás} \cdot A = \frac{nRT}{h} \quad (3)$$

Substituindo (1) em (3)

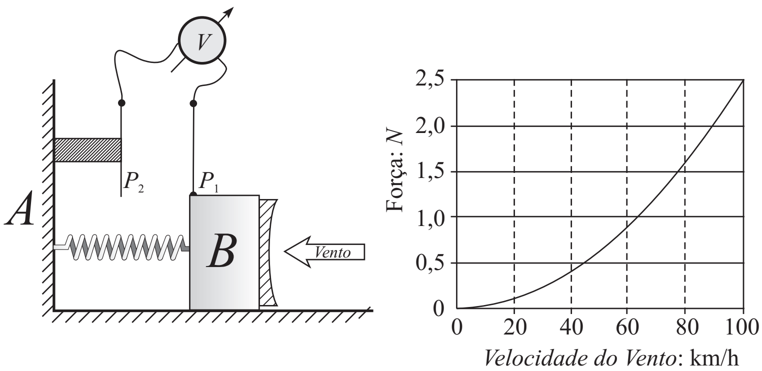
$$P_{gás} \cdot A = \frac{nRT}{v/4f}$$
$$P_{gás} \cdot A = \frac{4f \cdot nRT}{v} \quad (4)$$

$(4) \rightarrow (2)$

$$\frac{4f \cdot nRT}{v} = mg + P_{atm} \cdot A$$
$$n = \frac{v}{4f \cdot RT}\left(mg + P_{atm} \cdot A\right)$$

Questão 02

Um bloco B, de material isolante elétrico, sustenta uma fina plana metálica P_1, de massa desprezível, distante $8\ \text{cm}$ de outra placa idêntica, P_2, estando ambas com uma carga $Q = 0{,}12\ \mu\text{C}$. Presa à parede A e ao bloco está uma mola de constante $k = 80\ \text{N/m}$, inicialmente não deformada. A posição de equilíbrio do bloco depende da força exercida pelo vento. Esta força é uma função quadrática da velocidade do vento, conforme apresenta o gráfico abaixo. Na ausência de vento, a leitura do medidor de tensão ideal é de $16\ \text{mV}$. Calcule a velocidade do vento quando o bloco estiver estacionário e a leitura do medidor for $12\ \text{mV}$. Despreze o atrito.



Resolução:

i) Cálculo da força elétrica de atração entre as placas no instante em que a mola ainda não está deformada:

$$F_{el} = \frac{1}{2}QE = \frac{1}{2}Q \cdot \frac{U}{d} = \frac{1}{2} \cdot 0{,}12 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{16 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-2}}$$

$F_{el} = 1{,}2 \cdot 10^{-8}\ \text{N}$, que é muito pequena e praticamente não deforma a mola de constante elástica $80\ \text{N/m}$.

ii) Desprezando a força elétrica entre as placas, para a nova posição de equilíbrio (com o vento) temos:

(1) $F_{vento} = F_{mola} = kx = k\left(d_1 - d_2\right)$, em que d_2 é a nova distância entre as placas e $d_1 = 8 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$

No capacitor vale a relação:

$$\frac{U_1}{d_1}=\frac{U_2}{d_2}\Rightarrow\frac{16\text{ mV}}{8\cdot 10^{-2}\text{ m}}=\frac{12\text{ mV}}{d_2}\Rightarrow d_2=6\cdot 10^{-2}\text{ m}$$

Voltando em (1):

$$F_{vento}=80\frac{\text{N}}{\text{m}}\left(8\cdot 10^{-2}-6\cdot 10^{-2}\right)\text{m}=1,6\text{ N}.$$

iii) Lembrando que $F_{vento}=a\cdot v_{vento}^2$ e tomando no gráfico o ponto de coordenadas $(100;\,2,5)$:

$$2,5=a\cdot 100^2\Rightarrow a=2,5\cdot 10^{-4}\frac{\text{N}}{\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2}$$

Logo a função será:

$$F_{vento}=2,5\cdot 10^{-4}\cdot v_{vento}^2$$

Substituindo $F_{vento}=1,6\text{ N}$:

$$1,6=2,5\cdot 10^{-4}\cdot v_{vento}^2$$
$$v_{vento}=80\text{ km/h}$$

Questão 03

Dois corpos A e B encontram-se sobre um plano horizontal sem atrito. Um observador inercial O está na origem do eixo x. Os corpos A e B sofrem colisão frontal perfeitamente elástica, sendo que, inicialmente, o corpo A tem velocidade $v_A=2\text{ m/s}$ (na direção x com sentido positivo) e o corpo B está parado na posição $x=2\text{ m}$. Considere um outro observador inercial O', que no instante da colisão tem a sua posição coincidente com a do observador O. Se a velocidade relativa de O' em relação a O é $v_0=2\text{ m/s}$ (na direção x com sentido positivo), determine em relação a O':

a) as velocidades dos corpos A e B após a colisão;
b) a posição do corpo A dois segundos após a colisão.

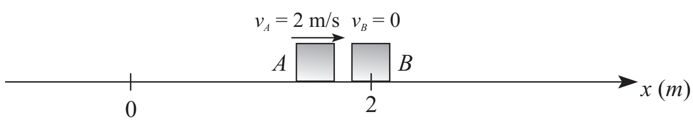
Dados:

- massa de $A=100\text{ g}$;
- massa de $B=200\text{ g}$;

Resolução:

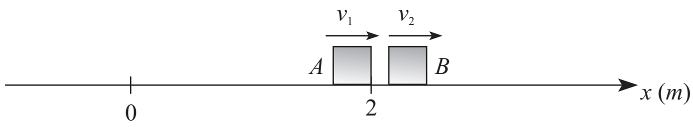
a) Resolvendo a colisão em relação ao observador O:

Antes



$$\overrightarrow{Q_A}=m_A v_A$$

Depois



$$\overrightarrow{Q_D}=m_A\cdot v_1+m_B\cdot v_2$$

$$Q_D=Q_A$$
$$m_Av_1+m_Bv_2=m_Av_A$$
$$0,1v_1+0,2v_2=0,1\cdot 2$$
$$v_1+2v_2=2 \qquad (1)$$

$$|v_{af}|=|v_{ap}|$$
$$v_2-v_1=v_A$$
$$v_2-v_1=2 \qquad (2)$$

De (1) e (2) vem:

$v_2 = \frac{4}{3}$ m/s

$v_1 = -\frac{2}{3}$ m/s (sentido contrário ao do eixo x)

Cálculo das velocidades v_A' e v_B' dos blocos A e B, respectivamente, em relação ao observador O' que tem velocidade $v_0' = 2$ m/s.

$v_A' = v_1 - v_0' = -\frac{2}{3} - 2 = -\frac{8}{3}$

$v_B' = v_2 - v_0' = \frac{4}{3} - 2 = -\frac{2}{3}$

$\therefore v_A' = -\frac{8}{3}$ m/s e $v_B' = -\frac{2}{3}$ m/s

b) Equação horária de A em relação ao observador O':

$s_A = 2 - \frac{8}{3}t$

Fazendo $t = 2$ s:

$s_A = 2 - \frac{8}{3} \cdot 2 = 2 - \frac{16}{3} = -\frac{10}{3}$

$\therefore s_A = -\frac{10}{3}$ m (respeitando a orientação dada ao eixo x no item a, o bloco A estaria $\frac{10}{3}$ m a esquerda de O' 2 s após a colisão).

Questão 04

Um dispositivo fotovoltaico circular de raio α produz uma tensão proporcional à intensidade de luz incidente. Na experiência da figura 1, um feixe espesso de luz, bem maior que a área do dispositivo fotovoltaico, incide ortogonalmente sobre o mesmo, provocando a tensão V_1 entre os terminais do resistor.

Na experiência da figura 2, mantendo-se as mesmas condições de iluminação da primeira experiência, uma lente convergente de distância focal f é colocada a uma distância p do dispositivo fotovoltaico, provocando um aumento da tensão sobre o resistor.

Calcule a corrente que circulará pelo resistor durante a segunda experiência nos seguintes casos:

a) $p < f$;

b) $f < p < 2f$.

Observações:

- o feixe de luz incide paralelamente ao eixo óptico da lente da segunda experiência;
- o feixe de luz tem intensidade uniformemente distribuída no plano incidente.

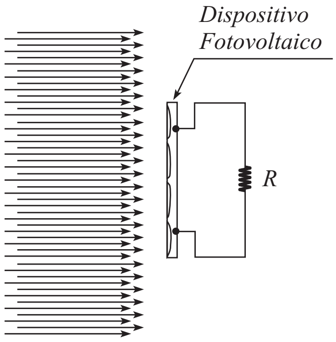


figura 1

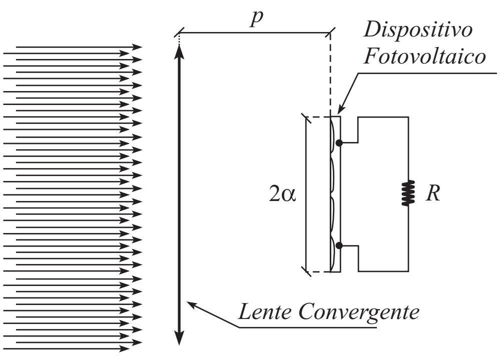
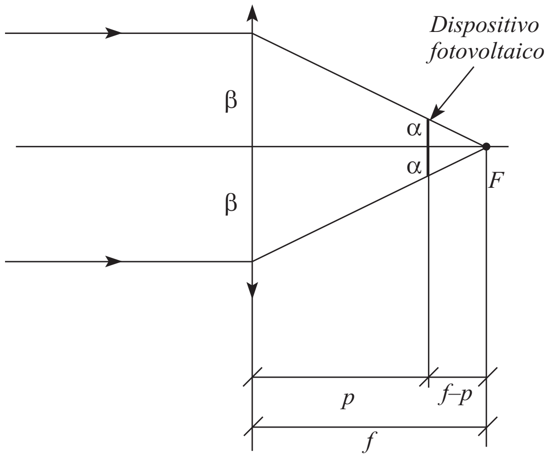


figura 2

Resolução:

a) Para $p < f$:



Por semelhança de triângulos:

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{f}{f - p}$$

$$\therefore \beta = \alpha\left(\frac{f}{f - p}\right)$$

Se a tensão é proporcional à intensidade da luz incidente, então podemos escrever:

$V_1 = k \cdot \alpha^2$

$V_2 = k \cdot \beta^2$, em que k é uma constante de proporcionalidade e V_2 é a tensão na experiência 2.

Do exposto:

$$V_2 = k\left[\alpha\left(\frac{f}{f - p}\right)\right]^2 = k\ \alpha^2\left(\frac{f}{f - p}\right)^2$$

$$V_2 = V_1\left(\frac{f}{f - p}\right)^2$$

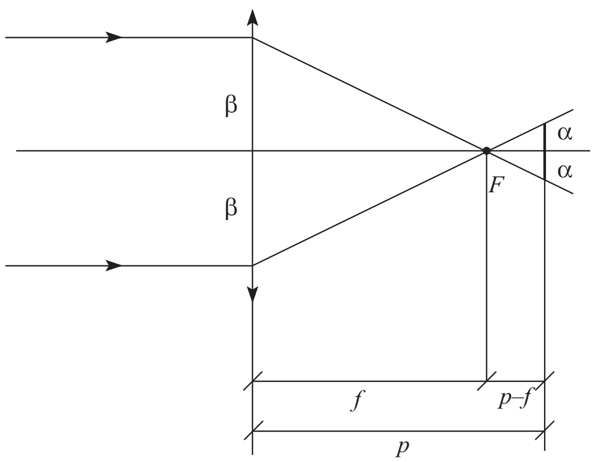
Resolvendo o circuito elétrico:

$V_2 = R \cdot i$, em que i é a intensidade da corrente pedida.

$$V_1\left(\frac{f}{f - p}\right)^2 = R \cdot i$$

$$\therefore\ i = \frac{V_1}{R}\left(\frac{f}{f - p}\right)^2$$

b) Para $f < p < 2f$:



Por semelhança de triângulos:

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{f}{p - f}$$

$$\therefore \beta = \alpha\left(\frac{f}{p - f}\right)$$

De modo análogo ao item a:

$$i = \frac{V_1}{R}\left(\frac{f}{p - f}\right)^2$$

Questão 05

Os pontos A e B da malha de resistores da figura 2 são conectados aos pontos x e y do circuito da figura 1. Nesta situação, observa-se uma dissipação de P watts na malha. Em seguida, conecta-se o ponto C ao ponto F e o ponto E ao ponto H, o que produz um incremento de $12{,}5\%$ na potência dissipada na malha. Calcule a resistência R dos resistores que compõem a malha.

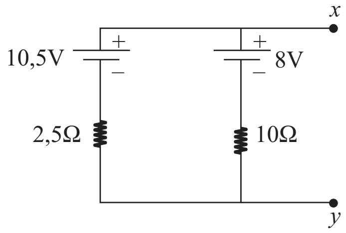


figura 1

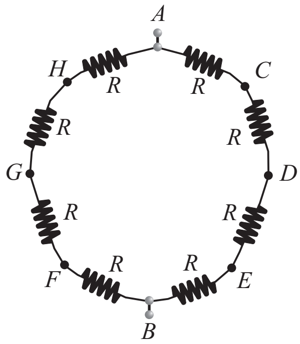
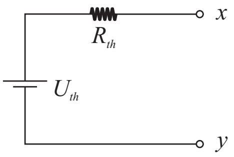


figura 2

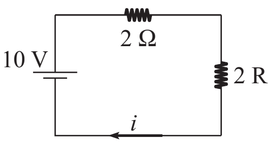
Resolução:

Por Thevenin o circuito pode ser substituído por:



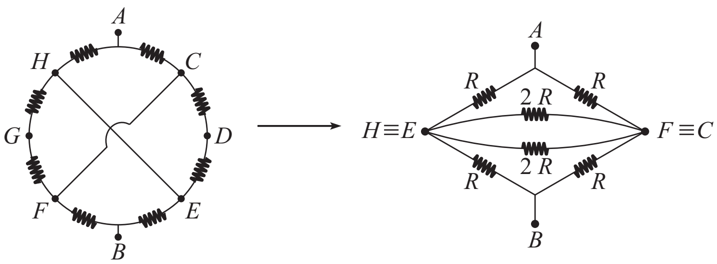
$$U_{th} = 10\,\text{V}$$
$$R_{th} = 2\,\Omega$$

Na 1ª situação a resistência equivalente da malha vale $R_{eq} = 2R$. Então teremos o seguinte circuito:



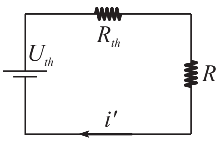
$$i = \frac{10}{2R+2}$$
$$P = 2R \cdot \left(\frac{10}{2R+2}\right)^2$$

Na 2ª situação, fazendo as ligações indicadas a malha ficará com o seguinte aspecto:



$$R_{eq} = R$$

Dessa forma o novo circuito será:



$$i' = \frac{10}{R+2}$$
$$P' = R\left(\frac{10}{R+2}\right)^2$$

Como $P' = 1{,}125\ \text{P}$

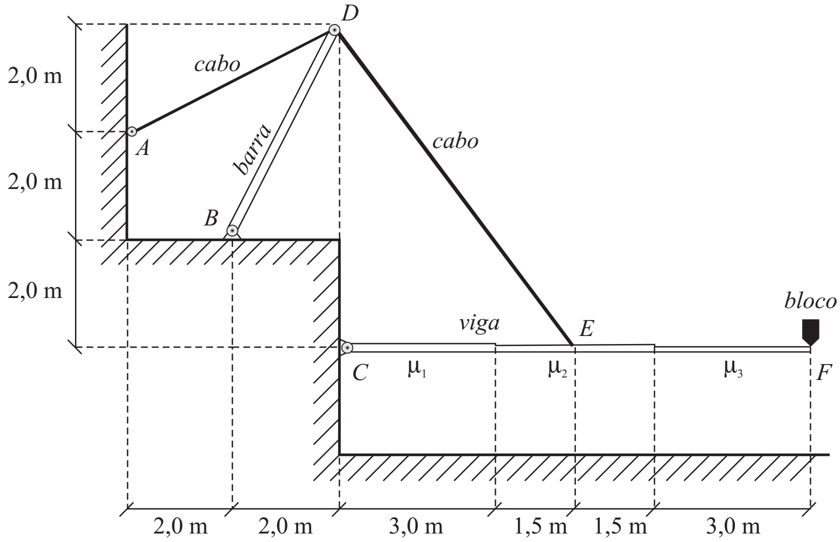
$$R\left(\frac{10}{R+2}\right)^2 = 1{,}125 \cdot 2R\left(\frac{10}{2R+2}\right)^2$$
$$\left(\frac{1}{R+2}\right)^2 = 2{,}25\left(\frac{1}{2R+2}\right)^2$$
$$\frac{1}{R+2} = \frac{1{,}5}{2R+2}$$
$$2R+2 = 3+1{,}5R$$
$$R = 2{,}0\,\Omega$$

Questão 06

A figura mostra uma estrutura em equilíbrio, formada por uma barra BD, dois cabos AD e DE, e uma viga horizontal CF. A barra é fixada em B. Os cabos, de seção transversal circular de $5\,\text{mm}$ de diâmetro, são inextensíveis e fixados nos pontos A, D e E. A viga de material uniforme e homogêneo é apoiada em C e sustentada pelo cabo DE. Ao ser colocado um bloco de $100\,\text{kg}$ de massa na extremidade F da viga, determine:

a) a força no trecho ED do cabo;
b) as reações horizontal e vertical no apoio C da viga;
c) as reações horizontal e vertical no apoio B da barra.

Dados: aceleração da gravidade: $10\,\text{m/s}^2$; densidades lineares de massa: $\mu_1 = 30\,\text{kg/m}$, $\mu_2 = 20\,\text{kg/m}$, $\mu_3 = 10\,\text{kg/m}$; $\sqrt{20} \approx 4{,}5$.

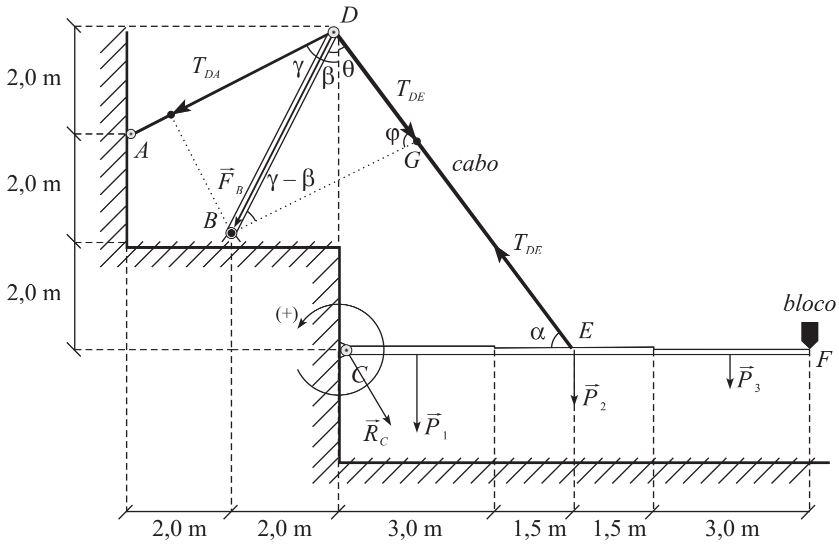


Resolução:

Da figura: $\operatorname{sen}\alpha = 4/5$, $\cos\alpha = 3/5$

$\operatorname{sen}\beta = 4/9$, $\cos\beta = 8/9$

(Fazendo $\sqrt{20} \approx 4{,}5$)



a) $\sum \tau_c = 0$

$-P_1 \cdot 1{,}5 - P_2 \cdot 4{,}5 - P_3 \cdot 7{,}5 - P_B \cdot 9 + T_{DE}\,\text{sen}\,\alpha \cdot 4{,}5 = 0$

$-1350 - 2700 - 2250 - 9000 + T_{DE} \cdot \frac{4}{5} \cdot 4{,}5 = 0$

$\frac{4}{5} \cdot 4{,}5 \cdot T_{DE} = 15300$

$\therefore T_{DE} = 4250\,\text{N}$

b) $\sum F_x = 0$

$R_{c_x} - T_{DE} \cdot \cos\alpha = 0$

$R_{c_x} = T_{DE} \cdot \cos x$

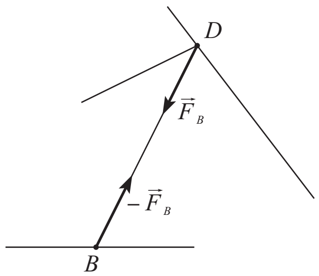
$\therefore R_{c_x} = 4250 \cdot \frac{3}{5} = 2550N$

$\sum F_y = 0$

$T_{DE} \cdot \text{sen}\,\alpha - P_1 - P_2 - P_3 - P_B + R_{c_y} = 0$

$\therefore R_{c_y} = 2800 - 4250 \cdot \left(\frac{4}{5}\right) = -600\,\text{N}$

c) A força resultante em B $\left(\vec{F}_B\right)$, tem mesmo módulo e direção e sentido contrário da resultante das trações $\vec{T}_{DA}$ e $\vec{T}_{DE}$.



Assim, fazendo lei dos senos no triângulo ΔBDG:

$$\frac{F_B}{\text{sen}\,\varphi} = \frac{T_{DE}}{\text{sen}(\gamma - \beta)}$$

$$\therefore \frac{F_B}{\text{sen}(90 + \alpha - \gamma)} = \frac{T_{DE}}{\text{sen}(\gamma - \beta)}$$

$$\therefore \frac{F_B}{\cos\gamma \cdot \cos\alpha + \text{sen}\gamma \cdot \text{sen}\alpha} = \frac{T_{DE}}{\text{sen}\gamma \cdot \cos\beta - \text{sen}\beta \cdot \cos\gamma}$$

$$\frac{F_B}{\frac{4}{9} \cdot \frac{3}{5} + \frac{8}{9} \cdot \frac{4}{5}} = \frac{T_{DE}}{\frac{8}{9} \cdot \frac{8}{9} - \frac{4}{9} \cdot \frac{4}{9}}$$

$$\frac{F_B}{\frac{44}{45}} = \frac{T_{DE}}{\frac{48}{81}} \qquad F_B = \left(\frac{44}{45}\right) \cdot \left(\frac{81}{48}\right) \cdot T_{DE}$$

$$F_B = \frac{33}{20} \cdot 4250\,\text{N} \therefore \begin{cases} F_{B_x} = F_B \cdot \text{sen}\beta = 3117\text{N} \\ F_{B_y} = F_B \cdot \cos\beta = 6233\text{N} \end{cases}$$

Questão 07

Um industrial possui uma máquina térmica operando em um ciclo termodinâmico, cuja fonte de alimentação advém da queima de óleo combustível a $800\ \mathrm{K}$. Preocupado com os elevados custos do petróleo, ele contrata os serviços de um inventor. Após estudo, o inventor afirma que o uso do óleo combustível pode ser minimizado através do esquema descrito a seguir: um quarto do calor necessário para acionar a máquina seria originado da queima de bagaço de cana a $400\ \mathrm{K}$, enquanto o restante será proveniente da queima de óleo combustível aos mesmos $800\ \mathrm{K}$. Ao ser inquirido sobre o desempenho da máquina nesta nova configuração, o inventor argumenta que a queda no rendimento será inferior à 5%. Você julga esta afirmação procedente? Justifique estabelecendo uma análise termodinâmica do problema para corroborar seu ponto de vista. Considere que, em ambas as situações, a máquina rejeita parte da energia para o ar atmosférico, cuja temperatura é $300\ \mathrm{K}$.

Resolução:

i) No início toda energia é retirada do petróleo e o rendimento máximo teórico possível nessa situação seria obtido com uma máquina operando no Ciclo de Carnot, assim:

$$\eta_0 = \frac{W}{Q} = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

$$\eta_0 = 1 - \frac{300}{800} = \frac{5}{8}$$

O rendimento inicial seria então $\eta_0 = \frac{5}{8} = 0,625$

ii) No fim a energia seria retirada de duas fontes distintas, e sendo novamente aplicado o Ciclo de Carnot:
Fonte 1 (bagaço):

$$\eta_1 = \frac{W_1}{\frac{Q}{4}} = 1 - \frac{300}{400} = \frac{1}{4} \quad \therefore \quad W_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{Q}{4}$$

Fonte 2 (petróleo):

$$\eta_2 = \frac{W_2}{\frac{3Q}{4}} = 1 - \frac{300}{800} = \frac{5}{8} \quad \therefore \quad W_2 = \frac{5}{8} \cdot \frac{3Q}{4}$$

Assim, o rendimento total seria:

$$\eta_f = \frac{W_1 + W_2}{Q} = \frac{\frac{Q}{16} + \frac{15Q}{32}}{Q} = \frac{17}{32} = 0,531$$

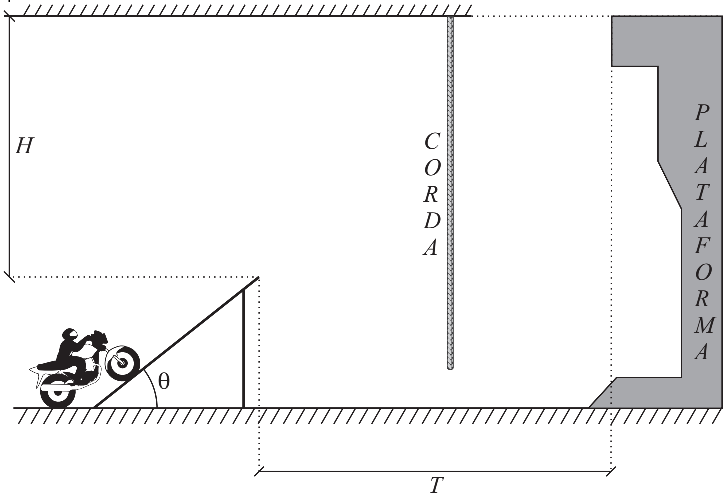
E, a diminuição do rendimento seria:
$\Delta\eta = 0,625 - 0,531 = 0,094$, ou, $\Delta\eta_{\%} = 9,4\%$

Logo, levando em conta as máximas possibilidades das fontes, a afirmação não procede.

Questão 08

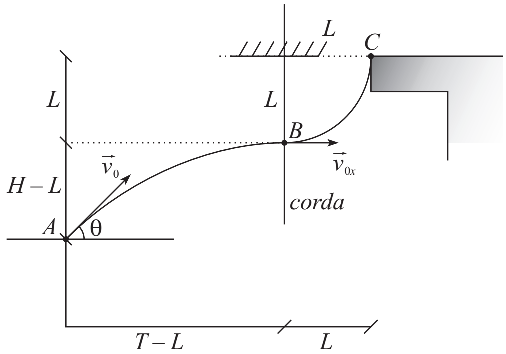
Um motociclista de massa m_1 deseja alcançar o topo de uma plataforma. Para isso, ele faz uso de uma moto de massa m_2, uma corda inextensível de massa desprezível e uma rampa de inclinação θ. Ao saltar a rampa, o motociclista atinge a corda na situação em que esta permanece esticada e o esforço despendido por ele é o menor possível. Para evitar ruptura por excesso de peso, o motociclista libera a moto no momento do contato com a corda, que o conduz para o topo da plataforma.

Nessas condições e considerando os parâmetros H e T indicados na figura, determine o vetor velocidade do motociclista na saída da rampa.



Resolução:

i) Para que a corda permaneça esticada e sofra o menor esforço possível a velocidade do motociclista em B deve ser horizontal:



Sendo então B a altura máxima para o lançamento oblíquo, teremos para o eixo y:

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(H-L)$$

$$\therefore \; v_{0y}^2 = 2g(H-L)$$

$$\therefore \; v_0^2 \cdot \text{sen}^2\theta = 2g(H-L) \quad (I)$$

ii) De A a B a moto percorre metade do alcance total do lançamento:

$$A = 2(T-L) = \frac{v_0^2}{g} \cdot \text{sen } 2\theta \quad (II)$$

Por fim, de (I) e (II) temos:

$$v_0^2\left(\frac{\text{sen}2\theta - \text{sen}^2\theta}{2g}\right) = T - H$$

$\therefore \; v_0 = \sqrt{\dfrac{2g(T-H)}{\text{sen } 2\theta - \text{sen }^2\theta}}$, sendo que para que o homem alcance o plataforma demos ter $\therefore \; v_0 \geq \sqrt{2gH}$, e a direção e o sentido de v_0 estão indicados na figura.

Questão 09

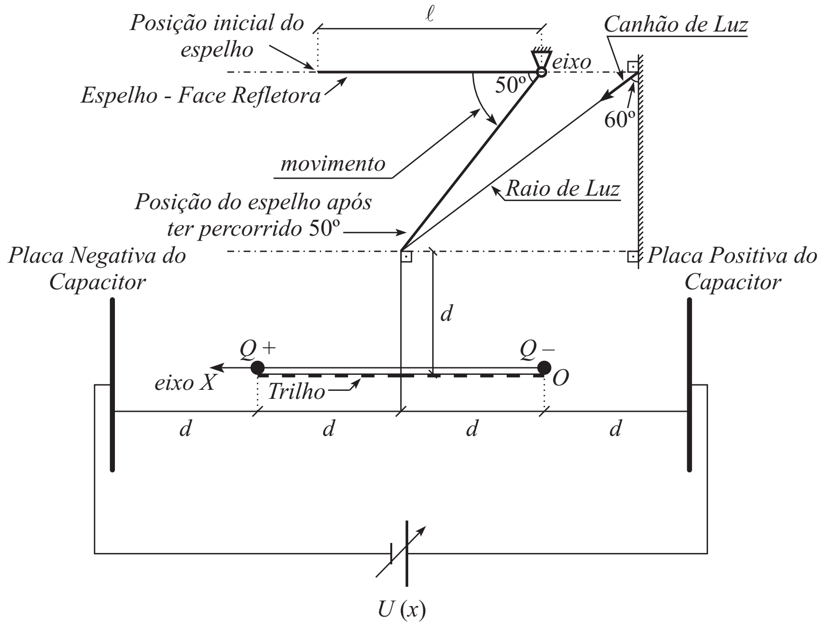
Na figura abaixo, há um espelho com a face refletora para baixo, tendo uma de suas extremidades presa a um eixo que permite um movimento pendular, e um canhão, que emite concomitantemente um raio de luz. Abaixo do espelho existem dois corpos de massa m e cargas de mesmo módulo e sinais opostos. Os corpos estão apoiados sobre um trilho sem atrito, fixados em suas extremidades e no mesmo plano vertical que o canhão de luz. Os corpos estão imersos no campo elétrico uniforme existente entre as placas de um capacitor, que é energizado por uma fonte variável $U(x)$.

No momento em que o espelho inicia o movimento, a partir da posição inicial e com aceleração tangencial de módulo constante, o corpo de carga negativa é liberado. Para que a aceleração deste corpo seja constante e máxima no sentido do eixo X, determine:

a) a expressão de $U(x)$, onde x representa a posição do corpo de carga negativa relativa à origem O e do eixo X;

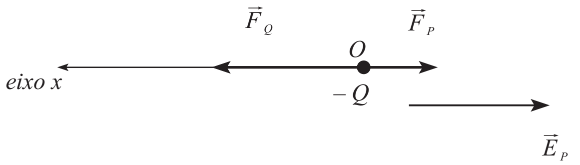
b) o módulo da aceleração tangencial da extremidade livre do espelho, para que o raio de luz atinja a carga de prova negativa no momento em que o deslocamento angular do espelho seja de 50°.

Dados: $Q = 10^{-4} C$; $m = 20\,g$; $I == 1{,}0\ m$; $d = 0{,}5\ m$; $g = 10\ \text{m/s}^2$.



Resolução:

a) Atuam sobre a carga $-Q$, as forças F_Q devido à carga $+Q$ e F_P devido às placas. Para que a aceleração seja máxima no início devemos ter $F_P = 0$, ou seja, $U(0) = 0$. E assim, a aceleração inicial pode ser calculada da forma:



$$F_Q = R_0$$

$$\frac{kQ^2}{(2d)^2} = m \cdot a_0$$

$$\therefore a_0 = \frac{kQ^2}{4md^2}$$

Num instante qualquer temos

$$F_Q - F_P = R$$

$$\frac{kQ^2}{(2d-x)^2} - QE_P = m \cdot a$$

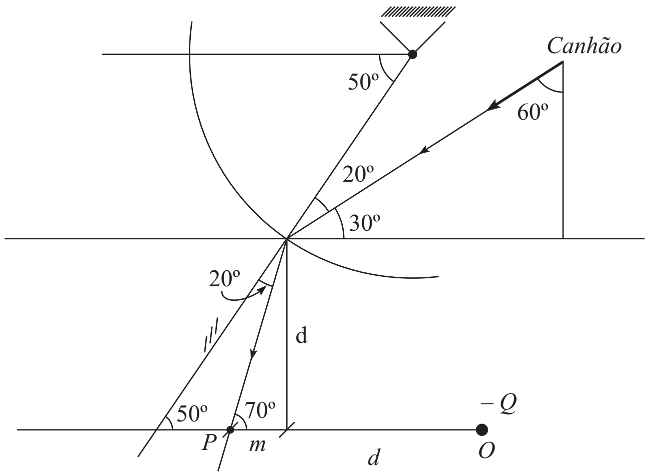
Onde, $E_P = \dfrac{U(x)}{4d}$, e como a deve ser sempre constante $(a = a_0)$, temos:

$$\frac{kQ^2}{(2d-x)^2}-\frac{Q\cdot U(x)}{4d}=m\cdot a_0$$

$$\therefore \frac{Q}{4d}\cdot U(x)=\frac{kQ^2}{(2d-x)^2}-\frac{kQ^2}{4d^2}$$

$$\therefore U(x)=4kQd\left[\frac{1}{(2d-x)^2}-\frac{1}{4d^2}\right]$$

b) Observe a figura. Nela vemos que o raio atinge a carga no ponto P depois que ela percorreu a distância $d+m$, onde $m=d\cdot \text{tg } 20°$.



Sendo que:

$$\Delta s=\frac{at^2}{2}$$

$$d+m=\frac{kQ^2}{4md^2}\cdot\frac{t^2}{2}$$

$$\therefore t^2=\frac{8md^2}{kQ^2}(d+d\cdot \text{tg}20º)$$

Concomitantemente, para a extremidade do espelho temos:

$$a_t=\alpha\cdot\ell \quad (1)$$

$$\Delta\varphi=\alpha\cdot\frac{t^2}{2} \quad (2)$$

em que $\Delta\varphi=50°=\frac{5\pi}{18}$ rad

Assim:

$$\frac{5\pi}{18}=\frac{\alpha}{2}t^2$$

$$\therefore \alpha=\frac{5\pi}{9t^2}$$

$$a_t=\frac{5\pi}{9t^2}\ell=\frac{5\pi\ell}{9\left[\frac{8md^2}{kQ^2}(d+d\cdot \text{tg } 20°)\right]}=7{,}85\cdot 10^3(1+\text{tg } 20°)\text{ m/s}^2$$

Questão 10

A figura apresenta um plano inclinado, sobre o qual estão dois blocos, e, em sua parte inferior, uma mola com massa desprezível. A superfície deste plano apresenta coeficiente de atrito estático $\mu_e = 5\sqrt{3}/13$ e coeficiente de atrito cinético $\mu_c = 0{,}3\sqrt{3}$. O bloco A está fixado na superfície. O bloco B possui massa de $1\,\text{kg}$ e encontra-se solto. Sabe-se que a superfície abaixo da mola não possui atrito e que os blocos A e B estão eletricamente carregados com, respectivamente, $+40\times10^{-4}C$ e $-\left(\sqrt{3}/39\right)\times10^{-3}C$. Desconsiderando as situações em que, ao atingir o equilíbrio, o bloco B esteja em contato com o bloco A ou com a mola, determine:

a) as alturas máxima e mínima, em relação à referência de altura, que determinam a faixa em que é possível manter o bloco B parado em equilíbrio;

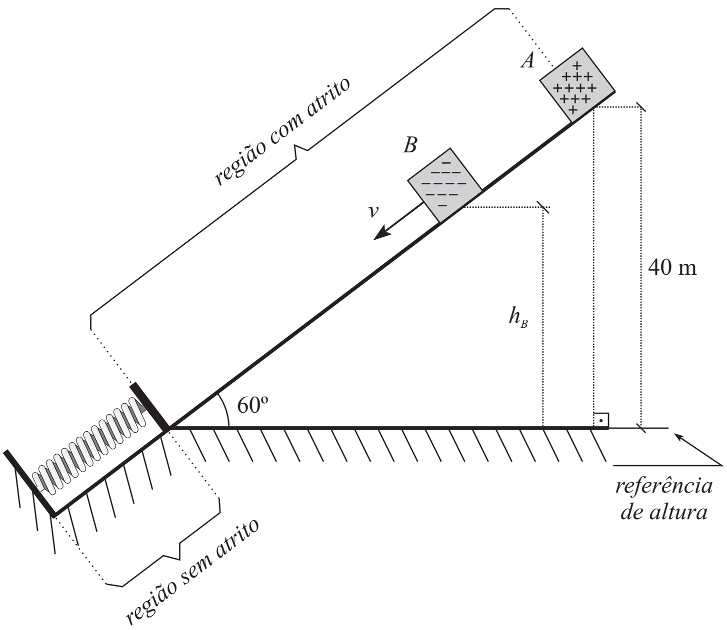
b) a velocidade inicial máxima v com que o bloco B poderá ser lançado em direção à mola, a partir da altura $h_B = 20\ m$, para que, após começar a subir o plano inclinado, atinja uma posição de equilíbrio e lá permaneça.

Dados:

. aceleração da gravidade: $10\ \text{m/s}^2$;

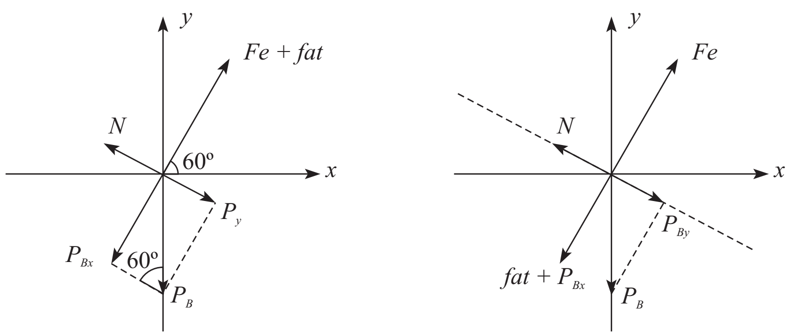
. constante eletrostática: $9\times10^9\ \text{Nm}^2/\text{C}^2$.

Observação: desconsidere as dimensões dos blocos para os cálculos.



Resolução:

a) Diagramas de forças para o bloco B nas situações de equilíbrio.



$$F_e = P_{B_x} \pm f_{at}$$

$$\frac{K|Q_A||Q_B|}{(40-h_e)^2}\ \text{sen}^2 60° = m_B g \text{sen} 60° \pm \mu_e m_B g \cos 60°$$

$$h_e = 40 - \sqrt{\frac{K|Q_A||Q_B|}{m_B g\left(\text{sen}60^\circ \pm \mu_e \cos 60^\circ\right)}} \cdot \text{sen } 60^\circ$$

$$h_e = 40 - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 40 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{39} \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \pm \frac{5\sqrt{3}}{13} \cdot \frac{1}{2}\right)}}$$

$h_e = 30 \text{ m}$ ou $h_e = 25 \text{ m}$

b) *i)* Energia mecânica no início $\left(E_{M_i}\right)$

$$E_{M_i} = \frac{m_B v_{máx}^2}{2} + m_B g h_B + \frac{K Q_A Q_B}{h_B} \text{sen } 60^\circ$$

ii) Cálculo do trabalho das forças dissipativas (2):

$$\tau = f_{at}\left(\Delta S_{descida} + \Delta S_{subida}\right) \cdot \cos \theta$$

$$\tau = \mu_c m_B g \cos 60^\circ \left(\frac{h_B}{\text{sen } 60^\circ} + \frac{h_f}{\text{sen } 60^\circ}\right) \cdot \cos\left(180^\circ\right)$$

$$\tau = -\frac{\mu_c m_B g\left(h_B + h_f\right)}{\text{tg}60^\circ}$$

iii) Energia mecânica no final $\left(E_{M_f}\right)$

$$E_{M_f} = m_B g h_f + \frac{k Q_A Q_B \text{sen } 60^\circ}{\left(40 - h_f\right)}$$

Como $\tau = \Delta E_M$, temos:

$$-\frac{\mu_c m_B g \cdot \left(h_B + h_f\right)}{\text{tg } 60^\circ} = m_B g h_f + \frac{k Q_A Q_B \text{sen } 60^\circ}{\left(40 - h_f\right)} - \left(\frac{m_B v_{máx}^2}{2} + m_B g h_B + \frac{k Q_A Q_B \text{sen } 60^\circ}{h_B}\right)$$

$$v_{máx} = \sqrt{\frac{2}{m_B}\left[\frac{\mu_c m_B g}{\text{tg } 60^\circ}\left(h_B + h_f\right) + m_B g\left(h_f - h_B\right) + k Q_A Q_B \text{sen } 60^\circ \left(\frac{1}{40 - h_f} - \frac{1}{h_B}\right)\right]}$$

Substituindo os valores, temos:

$$v_{máx} = \sqrt{\frac{4700}{13}} \text{ m/s}$$

Professores
Adriano Medeiros
Bruno Werneck
Marcelo Moraes
Rodrigo Bernadelli
Zé Carlos
Walfredo

Colaboradores
Aline Alkmin
Anderson (IME)
Henrique
Orlando (IME)
Paula Esperidião
Pedro Gonçalves

Digitação e Diagramação
Érika de Rezende
Márcia Samper
Val Pinheiro

Desenhistas
Leandro Bessa
Vinicius Ribeiro

Projeto Gráfico
Vinicius Ribeiro

Assistente Editorial
Alicio Roberto

Supervisão Editorial
Alicio Roberto
Bruno Werneck
José Diogo
Marcelo Moraes
Rodrigo Bernadelli

A ***Resolução Comentada*** *das provas do IME poderá ser obtida diretamente no*

OLIMPO *Pré-Vestibular, ou pelo telefone* ***(62) 3251 – 9009***

As escolhas que você fez nessa prova, assim como outras escolhas na vida, dependem de conhecimentos, competências, conhecimentos e habilidades específicos. Esteja preparado.

opirus
EDITORA

olimpo