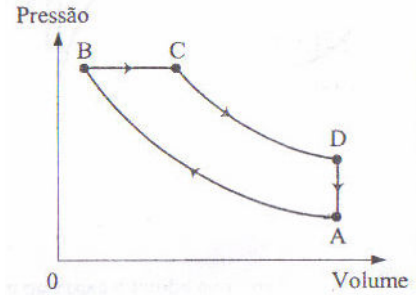


**1ª Questão**

O ciclo Diesel, representado na figura abaixo, corresponde ao que ocorre num motor Diesel de quatro tempos: o trecho AB representa a compressão adiabática da mistura de ar e vapor de óleo Diesel, BC representa o aquecimento a pressão constante, permitindo que o combustível injetado se inflame sem necessidade de uma centelha de ignição; CD é a expansão adiabática dos gases aquecidos movendo o pistão e DA simboliza a queda de pressão associada à exaustão dos gases da combustão.

A mistura é tratada como um gás ideal de coeficiente adiabático  $\gamma$ . Considerando que  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ , e  $T_D$  representam as temperaturas, respectivamente, nos pontos A, B, C e D, mostre que o rendimento do ciclo Diesel é dado por:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left( \frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} \right)$$



**Solução:**

i) O rendimento no ciclo termodinâmico é calculado pela relação:

$$\eta_{\text{ciclo}} = \frac{W_{BC} + W_{CD} + W_{AB}}{Q_{BC}} \quad (I)$$

ii) Cálculo dos trabalhos realizados

Na transformação  $\overline{BC}$  (isobárica):

$$W_{BC} = p \cdot \Delta v = n \cdot R \cdot \Delta t \Rightarrow W_{BC} = n \cdot (C_p - C_v)(T_C - T_B) \quad (II)$$

Na transformação  $\overline{CD}$  (adiabática):

$$W_{\text{adiabática}} = -\Delta v_{\text{isocórica}} \Rightarrow W_{CD} = -n \cdot C_v (T_D - T_C) \quad (III)$$

Na transformação  $\overline{AB}$  (adiabática):

$$W_{\text{adiabática}} = -\Delta v_{\text{isocórica}} \Rightarrow W_{AB} = -n \cdot C_v (T_B - T_A) \quad (IV)$$

iii) Substituindo (II), (III) e (IV) em (I), tem-se:  $\eta_{\text{ciclo}} = \frac{n(C_p - C_v)(T_C - T_B) - nC_v(T_D - T_C) - nC_v(T_B - T_A)}{n \cdot C_p(T_C - T_B)}$

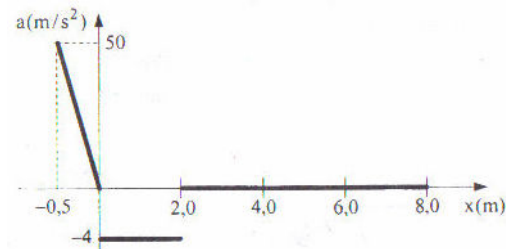
$$\eta_{\text{ciclo}} = \frac{C_p T_C - C_p T_B - C_v T_C + C_v T_B - C_v T_D + C_v T_C - C_v T_B + C_v T_A}{C_p(T_C - T_B)} \Rightarrow \eta_{\text{ciclo}} = \frac{C_p(T_C - T_B) - C_v(T_D - T_A)}{C_p(T_C - T_B)}$$

lembrando que:  $\frac{C_p}{C_v} = \gamma$ , encontra-se:  $\eta_{\text{ciclo}} = 1 - \frac{1}{\gamma} \left( \frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} \right)$

**2ª Questão**

Um corpo de 500g de massa está inicialmente ligado a uma mola. O seu movimento é registrado pelo gráfico abaixo, que mostra a aceleração em função da posição, a partir do ponto em que a mola se encontra com a compressão máxima. A abscissa  $x = 0$  corresponde à posição em que a deformação da mola é nula. Nesta posição, o corpo foi completamente liberado da mola e ficou submetido à aceleração registrada no gráfico. Determine:

- a) a variação da quantidade de movimento no 2s após o corpo ser liberado da mola;
- b) o trabalho total realizado desde o começo do registro em  $x = -0,5\text{m}$  até  $x = 3\text{m}$ .



**Solução:**

Se multiplicarmos os valores de aceleração pela massa do corpo (em kg) obteremos o gráfico da força resultante no corpo em função da posição. Assim, podemos calcular a velocidade do corpo quando perde contato com a mola:

$$A_{(-0,5 \text{ a } 0)} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow \frac{(0,5)(50)(0,5)}{2} = \frac{(0,5)v_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = 5,0 \text{ m/s}$$

Assim, o tempo decorrido para o corpo percorrer as posições de 0 a 2,0 m pode ser calculado por:

$$\Delta x = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} \Rightarrow 2,0 = (5,0)t_1 + \frac{(-4)t_1^2}{2} \Rightarrow 2t_1^2 - 5t_1 + 2 = 0 \Rightarrow (t_1 - 2)(2t_1 - 1) = 0 \Rightarrow t_1 = 0,5 \text{ s}$$

Observe que 2 s corresponde ao segundo instante em que o corpo passaria pela posição 2,0 m, em seu retorno, se continuasse com uma aceleração de  $-4 \text{ m/s}^2$ .

$$\text{A velocidade na posição } x = 2,0 \text{ m é: } v_2^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x \Rightarrow v_2^2 = 25 + 2(-4)(2) \Rightarrow v_2 = 3,0 \text{ m/s}$$

Como após a posição  $x = 2,0 \text{ m}$  o corpo mantém a velocidade constante igual a 3,0 m/s, então se passarão exatamente 1,5 s no movimento do corpo desde  $x = 2,0 \text{ m}$  e  $x = 8,0 \text{ m}$ . Assim, podemos concluir que após 2 s do corpo perder contato

com a mola ele está em  $x = 8,0$  m e com uma velocidade de  $3,0$  m/s. Portanto, a variação da quantidade de movimento nos 2 segundo de movimento após  $x = 0$  é dada por:

$$\Delta Q = Q_8 - Q_0 = m(v_8 - v_0) = (0,5)(3,0 - 5,0) \Rightarrow \Delta Q = -1,0 \text{ kg.m/s}$$

b) A partir do gráfico da força resultante pela posição temos:

$$W_{(-0,5 \text{ a } 3)} = A_{(-0,5 \text{ a } 0)} - A_{(0 \text{ a } 3)} = \frac{(0,5)(50)(0,5)}{2} - (0,5)(4)(2) = 2,25 \text{ J}$$

**3ª Questão**

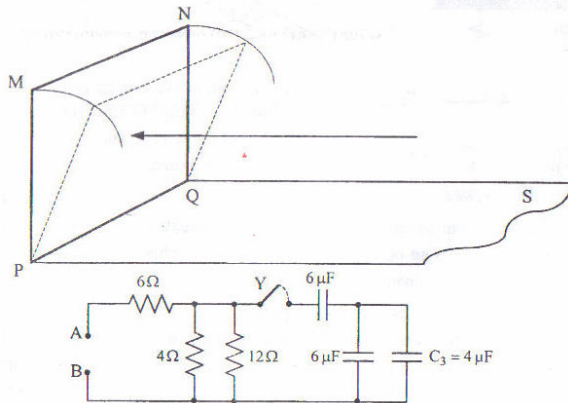
Um raio luminoso incide ortogonalmente no ponto central de um espelho plano quadrado MNPQ, conforme a figura abaixo. Girando-se o espelho de um certo ângulo em torno da aresta PQ, consegue-se que o raio refletido atinja a superfície horizontal S paralela ao raio incidente. Com a seqüência do giro, o ponto de chegada em S aproxima-se da aresta PQ.

No ponto de chegada em S que fica mais próximo de PQ está um sensor que, ao ser atingido pelo raio refletido, gera uma tensão elétrica  $U$  proporcional à distância  $d$  entre o referido ponto e aquela aresta:  $U = k \cdot d$ .

Fixando o espelho na posição em que a distância  $d$  é mínima, aplica-se a tensão  $U$  aos terminais A e B do circuito. Dado que todos os capacitores estão inicialmente descarregados, determine a energia que ficará armazenada no capacitor  $C_3$  se a chave Y for fechada e assim permanecer por um tempo muito longo.

Dados: comprimento PQ = 6m:

constante  $k = 12$  V/m



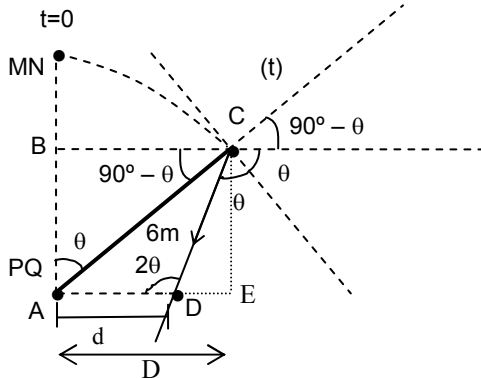
**Solução:**

i) Cálculo da distância mínima ( $d$ ):

Considere que o raio de luz incide no espelho plano segundo um ângulo  $\theta$ . De acordo com a figura, tem-se que:

a)  $\text{tg}(90^\circ - \theta) = 3/D \Rightarrow D = 3 \cdot \text{tg}\theta$  e  $\text{tg}(180^\circ - 2\theta) = 3/DE$ ,

b)  $d = D - DE \Rightarrow D = (3/\text{tg}\theta) - [3/\text{tg}(180^\circ - 2\theta)] \Rightarrow d = 3/\text{sen}2\theta$ , então  $d$  será mínimo quando,  $\text{sen}2\theta = 1$ , então:  $\theta = 45^\circ$  e assim:  $d_{\text{mín}} = 3\text{m}$



ii) Segundo o texto a ddp que alimentará o circuito é dado pela equação:  $U = k \cdot d$ , então substituindo o valor encontrado por  $d$ , tem-se:  $U = 12 \cdot 3 = 36\text{V}$ .

iii) No circuito resistivo ao se estabelecer o regime estacionário de carga, tem-se que:

$$U = R_{\text{eq}} \cdot i \Rightarrow 36 = 9 \cdot i \Rightarrow i = 4\text{A}, \text{ então a ddp } U' \text{ no resistor de } 12 \Omega \text{ é dada por:}$$

$$U' = U - 6 \cdot i \Rightarrow U' = 36 - 6 \cdot 4 = 12\text{V}.$$

iv) Esta ddp ( $U'$ ) será recebida pelo circuito capacitivo cuja capacitância equivalente vale:  $C_{\text{eq}} = \frac{15}{4} \mu\text{F}$  e assim a carga

armazenada pela associação vale:  $Q_{\text{total}} = C_{\text{eq}} \cdot U' = \frac{15}{4} \cdot 12 = 45 \mu\text{C}$  que é a própria carga armazenada pelo capacitor de 6

$\mu\text{F}$  (ao lado da chave), sendo assim sua  $U''$  será:  $45 = 6 \cdot U'' \Rightarrow U'' = 7,5\text{V}$ , portanto a ddp nos terminais do capacitor de 4

$\mu\text{F}$  será:  $U''' = 12 - 7,5 = 4,5\text{V}$ .

v) A energia armazenada pelo capacitor de 4  $\mu\text{F}$  será:

$$E = \frac{1}{2} \cdot C_3 \cdot U'''^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot (4,5)^2 = 40,5 \mu\text{J}.$$

**4ª Questão**

Para ferver dois litros de água para o chimarrão, um gaúcho mantém uma panela de 500g suspensa sobre a fogueira, presa em um galho de árvore por um fio de aço com 2m de comprimento. Durante o processo de aquecimento são gerados pulsos de 100 Hz em uma das extremidades do fio. Este processo é interrompido com a observação de um regime estacionário de terceiro harmônico. Determine:

- a) o volume de água restante na panela;  
b) a quantidade de energia consumida neste processo.

Dados: massa específica linear do aço =  $10^{-3}$  kg/m;  
aceleração da gravidade ( $g$ ) =  $10\text{m/s}^2$ ;  
massa específica da água =  $1\text{kg/L}$ ;  
calor latente de vaporização da água =  $2,26\text{ MJ/ Kg}$ .

**Solução:**

a) O processo obedece a equação:

$$f_3 = \frac{3}{2\ell} \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \text{ onde } F \text{ é o peso da panela e da massa final de água. } F = 5 + 10 m_{fa}, \text{ a frequência continua igual a } 100 \text{ Hz.}$$

$$f_3 = \frac{3}{2\ell} \sqrt{\frac{5 + 10m_{fa}}{\mu}} \Rightarrow 100 = \frac{3}{2 \times 2} \sqrt{\frac{5 + 10m_{fa}}{10^{-3}}} \Rightarrow m_{fa} = 1,28 \text{ kg} \Rightarrow V_f = \frac{m_{fa}}{\rho_a} = 1,28 \text{ l}$$

b)  $Q = (m_{0a} - m_{fa}) L \Rightarrow Q = (2,00 - 1,28) \times 2,26 \Rightarrow Q = 1,63 \text{ MJ}$

**5ª Questão**

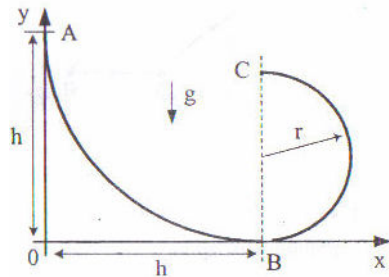
Uma partícula parte do repouso no ponto A e percorre toda a extensão da rampa ABC, mostrada na figura abaixo. A equação que descreve a rampa entre os pontos A, de coordenadas (0,h) e B, de coordenadas (h,0), é

$$y = \frac{x^2}{h} - 2x + h$$

enquanto entre os pontos B e C, de coordenadas (h,2r), a rampa é descrita por uma circunferência de raio r com centro no ponto de coordenadas (h,r). Sabe-se que a altura h é a mínima necessária para que a partícula abandone a rampa no ponto C e venha a colidir com ela em um ponto entre A e B. Determine o ponto de colisão da partícula com a rampa no sistema de coordenadas da figura como função apenas do comprimento r.

Dado: aceleração da gravidade = g.

OBS: despreze as forças de atrito e a resistência do ar.



**Solução:**

Para que a partícula abandone a rampa no ponto C, no mínimo, a normal deve ser igual a zero, como a resultante das forças é a centrípeta, então:

$$P + N = f_{cp} \Rightarrow m \cdot g + 0 = \frac{m \cdot v_c^2}{r} \therefore v_c = \sqrt{g \cdot r}$$

Como a altura é a mínima para completar a rampa, podemos conservar a energia nos pontos A e C:

$$E_{MA} = E_{MC} \Rightarrow m \cdot g \cdot h_A = m \cdot g \cdot h_C + \frac{m \cdot v_C^2}{2} \Rightarrow g \cdot h = g \cdot 2r + \frac{g \cdot r}{2} \Rightarrow h = \frac{5 \cdot r}{2}$$

Assim, a equação da parábola fica igual a  $y = \frac{2x^2}{5r} - 2x + \frac{5r}{2}$ .

As equações horárias da partícula valem  $x = \frac{5r}{2} - \sqrt{gr} \cdot t$  e  $y = 2r - \frac{gt^2}{2}$ .

Eliminando t nestas equações:  $y = 2r - \frac{g}{2} \left[ \frac{5r - 2x}{\sqrt{gr}} \right]^2 = 2r - \frac{25r^2 - 20rx + 4x^2}{8r}$

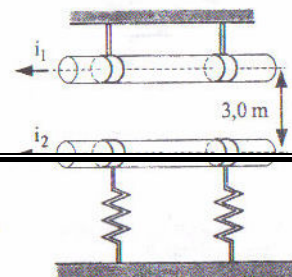
Igualando com a equação da parábola:  $\frac{2x^2}{5r} - 2x + \frac{5r}{2} = 2r - \frac{25r^2 - 20rx + 4x^2}{8r} \Rightarrow 36x^2 - 180x + 145r^2 = 0 \Rightarrow$

$$x = \left( \frac{15 \pm 4\sqrt{5}}{6} \right) r, \text{ onde o sinal } + \text{ não é possível pois } x < 5r/2, \text{ logo } x = \left( \frac{15 - 4\sqrt{5}}{6} \right) r$$

Substituindo na equação da parábola:  $y = \frac{2}{5r} \left[ \left( \frac{15 - 4\sqrt{5}}{6} \right) r \right]^2 - 2 \left( \frac{15 - 4\sqrt{5}}{6} \right) r + \frac{5r}{2} \Rightarrow y = \frac{8r}{9}$ .

**6ª Questão**

Considere duas barras condutoras percorridas pelas correntes elétricas  $i_1$  e  $i_2$ , conforme a figura abaixo. A primeira está rigidamente fixada por presilhas e a segunda, que possui liberdade de movimento na direção vertical, está presa por duas molas idênticas, que



sofrem uma variação de 1,0 em relação ao comprimento nominal. Sabendo-se que  $i_1 = i_2$  e que o sistema se encontra no vácuo, determine:

- o valor das correntes para que o sistema permaneça estático;
- a nova variação de comprimento das molas em relação ao comprimento nominal, mantendo o valor das correntes calculadas no pedido anterior, mas invertendo o sentido de uma delas.

Dados: comprimento das barras = 1,0 m,  
 massa de cada barra = 0,4kg;  
 distância entre as barras = 3,0m;  
 constante elástica das molas = 0,5N/m;  
 aceleração da gravidade ( $g$ ) = 10m/s<sup>2</sup>;  
 permeabilidade do vácuo ( $\mu_0$ ) =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  T.m/A.

**Solução:**

a) 1º situação (considerando  $|\vec{F}_{\text{mag}}| > |\vec{P}|$ : mola alongada):

Analisando o equilíbrio da barra inferior e lembrando que a força magnética entre as barras é atrativo, tem-se:

$$2kx + mg = i \cdot l \cdot B, \text{ onde } B = \frac{\mu_0 i}{2\pi \ell'}, \text{ e assim: } 2kx + mg = \frac{i \cdot l \cdot \mu_0 i}{2\pi \ell'} \Rightarrow 2 \cdot 0,5 \cdot 1,0 + 0,4 \cdot 10 = \frac{i^2 \cdot 10 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi \cdot 3,0} \Rightarrow i = 5000 \sqrt{3} \text{ A}$$

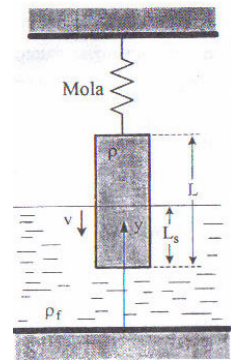
b) Ao se inverter o sentido de uma das correntes, tem-se uma força magnética repulsiva entre as barras e assim para a nova posição de equilíbrio (mola contraída):

$$2kx' = F'_{\text{mag}} + mg \Rightarrow 2kx' = i \cdot l \cdot B' + mg, \text{ onde } B' = \frac{\mu_0 i}{2\pi \ell''}, \text{ e assim: } 2kx' = \frac{i \cdot l \cdot \mu_0 i}{2\pi \cdot \ell''} + mg \Rightarrow$$

$$2 \cdot 0,5 \cdot x' = \frac{7,5 \cdot 10^7 \cdot 10 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi(4 + x')} + 0,4 \cdot 10 \Rightarrow x' = \frac{15}{4 + x'} + 4 \Rightarrow 4x' + x'^2 = 15 + 16 + 4x' \Rightarrow x' = \sqrt{21} \text{ m.}$$

**7ª Questão**

A figura ilustra uma barra de comprimento  $L = 2\text{m}$  com seção reta quadrada de lado  $a = 0,1\text{m}$  e massa específica  $\rho = 1,20 \text{ g/cm}^3$ , suspensa por uma mola com constante elástica  $K = 100\text{N/m}$ . A barra apresenta movimento somente no eixo vertical  $y$  e encontra-se parcialmente submersa num tanque com líquido de massa específica  $\rho_f = 1,00\text{g/cm}^3$ . Em um certo instante, observa-se que a mola está distendida de  $\Delta y = 0,9\text{m}$ , que o comprimento da parte submersa da barra é  $L_s = 1,6\text{m}$  e que a velocidade da barra é  $v = 1\text{m/s}$  no sentido vertical indicado na figura. Determine os comprimentos máximo ( $L_{\text{max}}$ ) e mínimo ( $L_{\text{min}}$ ) da barra que ficam submersos durante o movimento.



Dado: aceleração da gravidade ( $g$ ) = 10m/s<sup>2</sup>.  
 OBS: despreze o atrito da barra com o líquido.

**Solução:**

O gráfico do empuxo em relação a parte submersa do corpo é dado ao lado. Assim, a energia armazenada pela água devido ao movimento de descida do corpo para um  $\Delta x$

$$\text{qualquer é igual a } \frac{E \cdot \Delta x}{2} = \frac{\rho_f \cdot g \cdot a^2 \cdot \Delta x \cdot \Delta x}{2} = \frac{(1000)(10)(0,1)^2 \Delta x^2}{2} = 50 \cdot \Delta x^2.$$

A massa do corpo é dada por  $m = \rho \cdot g \cdot L \cdot a^2 = (1200)(10)(2)(0,01) = 24 \text{ kg}$ .

Seja  $x$  a distância percorrida pelo corpo desde o instante fornecido (quando  $\Delta y = 0,9 \text{ m}$ ) até a situação em que o valor de  $L$  é máximo. Pela conservação da energia

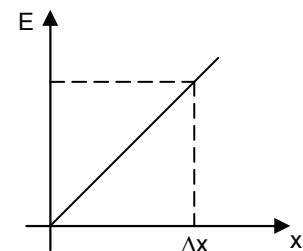
$$\text{mecânica: } \frac{k \cdot \Delta y^2}{2} + 50 \cdot L_s^2 + \frac{mv^2}{2} + mgx = \frac{k \cdot (\Delta y + x)^2}{2} + 50 \cdot (L_s + x)^2 \Rightarrow$$

$$\frac{100 \cdot (0,9)^2}{2} + 50 \cdot (1,6)^2 + \frac{24 \cdot (1)^2}{2} + (24)(10)x = \frac{100 \cdot (0,9 + x)^2}{2} + 50 \cdot (1,6 + x)^2 \Rightarrow$$

$$\frac{81}{2} + 128 + 12 + 240x = \frac{81 + 180x + 100x^2}{2} + 128 + 160x + 50x^2 \Rightarrow 100x^2 + 10x - 12 = 0 \Rightarrow 50x^2 + 5x - 6 = 0 \Rightarrow$$

$$x_1 = 0,3 \text{ m e } x_2 = -0,4 \text{ m.}$$

Logo, a distância máxima vale  $L_{\text{max}} = L_s + x_1 = 1,6 + 0,3 = 1,9 \text{ m}$  e a distância mínima vale  $L_{\text{min}} = L_s + x_2 = 1,6 - 0,4 = 1,2 \text{ m}$ .



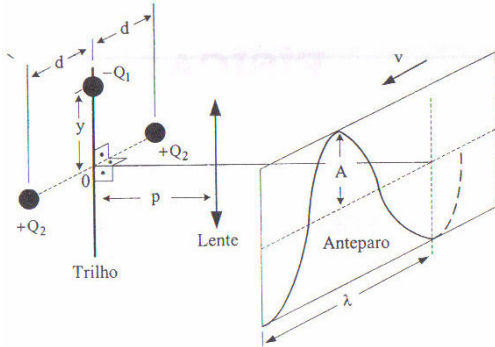
**8ª Questão**

Com o objetivo de medir o valor de uma carga elétrica negativa  $-Q_1$  de massa  $m$ , montou-se o experimento abaixo. A carga de valor desconhecido está presa a um trilho e sofre uma interação elétrica devido à presença de duas cargas fixas, eqüidistante dela, e de valor positivo  $+Q_2$ . O trilho é colocado em paralelo e a uma distância  $p$  de uma lente convergente de distância focal  $f$ . A carga  $-Q_1$ , inicialmente em repouso na posição apresentada na figura, é liberada sem a influência da gravidade, tendo seu movimento de  $-Q_1$  fornecida pela lente. Em função de  $Q_2$ ,  $A$ ,  $d$ ,  $p$ ,  $f$ ,  $v$ ,  $m$ ,  $\lambda$  e  $\epsilon$ , determine:

- a ordenada  $y$  inicial;
- o valor da carga negativa  $-Q_1$ .

Dado: permissividade do meio =  $\epsilon$ .

OBS: considere de  $\gg y$ , ou seja,  $d^2 + y^2 \cong d^2$ .



**Solução:**

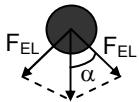
a) Como inicialmente a carga  $Q_1$  estava em repouso, a ordenada  $y$  inicial é a amplitude  $y$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = \frac{f \cdot p}{p - f}$$

Como  $i = A$  e  $o = y$  então  $\frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$ .

$$\frac{-A}{y} = \frac{-p'}{p} \Rightarrow y = \frac{pA(p-f)}{f \cdot p} \Rightarrow y = \frac{A \cdot (p-f)}{f}$$

b)



$$F_{REST} = 2 \cdot F_{EL} \cdot \cos \alpha = 2 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^2} \cdot \frac{y}{d} \Rightarrow F_{REST} = \frac{2 |Q_1| \cdot |Q_2|}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3} \cdot y = K \cdot y, \text{ logo: } K = \frac{2 |Q_1| \cdot |Q_2|}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3} = \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3}$$

Pela Conservação da Energia:  $\frac{Ky^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ .

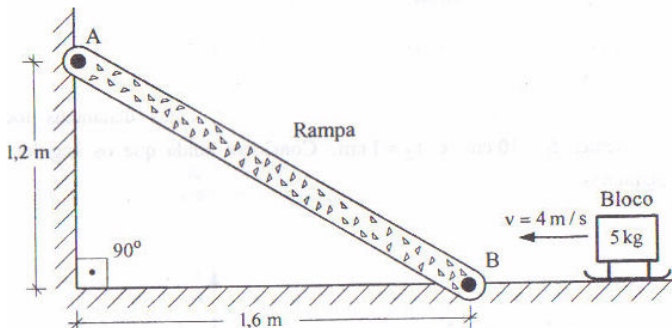
Como  $v = \omega y = 2\pi \cdot f \cdot y$  e  $f = \frac{v}{\lambda}$  então  $Ky^2 = m \cdot 4\pi^2 \cdot \frac{v^2}{\lambda^2} \cdot y^2$

Substituindo obtemos:  $\frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3} = \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot v^2}{\lambda^2} \Rightarrow |Q_1| = \frac{8\pi^3 \cdot m \cdot v^2 \cdot \epsilon \cdot d^3}{|Q_2| \cdot \lambda^2}$ .

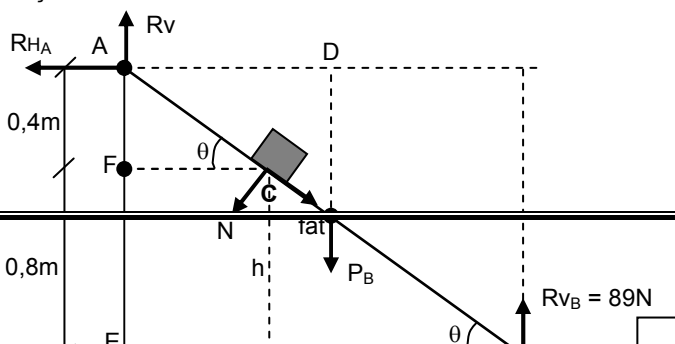
**9ª Questão**

Um bloco da massa  $m = 5\text{kg}$  desloca-se a uma velocidade de  $4\text{ m/s}$  até alcançar uma rampa inclinada de material homogêneo, cujos pontos A e B são apoio e oferecem reações nas direções horizontal e vertical. A rampa encontra-se fixa e o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a rampa é igual a  $0,05$ . Sabe-se que o bloco pára ao atingir determine altura e permanece em repouso. Considerando que a reação vertical no ponto de apoio B após a parada do bloco seja de  $89\text{ N}$  no sentido de baixo para cima, determine a magnitude, a direção e o sentido das demais reações nos pontos A e B.

Dados: aceleração da gravidade ( $g$ ) =  $10\text{ m/s}^2$ ;  
Peso linear da rampa =  $95\text{ N/m}$ .



**Solução:**



i) Calculando inicialmente a altura atingida pelo bloco sobre a rampa, pelo teorema da energia cinética:

$$WP + W_{fat} = 0 - E_{ci} \therefore -mgh - \mu \cdot mg \cdot \cos\theta \cdot d = -m \cdot v^2/2 \therefore 10h + 0,05 \cdot 10 \cdot 1,6/2 = 4^2/2 \therefore 25h + d = 20 \text{ (I)}$$

ii) No  $\triangle BCG$ :  $\sin \theta = h/d \therefore 1,2/2,0 = h/d \therefore d = 5h/3$ , substituindo em (I), encontra-se:  $h = 0,75\text{m}$

iii) Como o bloco ao atingir a rampa encontra-se em equilíbrio:  $fat = m \cdot g \cdot \sin \theta \Rightarrow fat = 5 \cdot 10 \cdot \frac{1,2}{2,0} \Rightarrow fat = 30\text{N}$ .

iv) Aplicando a condição de equilíbrio  $\sum M_A F = 0$ , tem-se:

$$N \cdot \overline{CA} + P_B \cdot \overline{DA} = R_{VB} \cdot \overline{BE} + R_{HB} \cdot \overline{AE} \Rightarrow m \cdot g \cdot \cos \theta \cdot \overline{CA} + P_B \cdot \overline{DA} = R_{VB} \cdot \overline{BE} + R_{HB} \cdot \overline{AE} \Rightarrow$$

$$m \cdot g \cdot \cos \theta \cdot \frac{\overline{AF}}{\sin \theta} + P_B \cdot \overline{DA} = R_{VB} \cdot \overline{BE} + R_{HB} \cdot \overline{AE} \Rightarrow \frac{50 \cdot 0,45 \cdot 1,6}{1,2} + 95 \cdot 2 \cdot 0,8 = 89 \cdot 1,6 + R_{HB} \cdot 1,2 \Rightarrow R_{HB} = 33\text{N} \text{ (para a direita)}$$

v) Aplicando a condição de equilíbrio  $\sum F_x = 0$ , tem-se

$$R_{HB} + fat \cdot \cos \theta = N \cdot \sin \theta + R_{HA} \Rightarrow R_{HA} = R_{HB} + fat \cdot \cos \theta - N \cdot \sin \theta \Rightarrow R_{HA} = 33 + 30 \cdot \frac{1,6}{2,0} - 50 \cdot \frac{1,6}{2,0} \cdot \frac{1,2}{2,0}$$

$$R_{HA} = R_{HB} = 33\text{N} \text{ (para a esquerda)}$$

5) Aplicando a condição de equilíbrio  $\sum F_y = 0$ , tem-se

$$P_B + fat \cdot \sin \theta + N \cdot \cos \theta = R_{VB} + R_{VA} \Rightarrow 95 \times 2 + 30 \cdot \frac{1,2}{2,0} + 50 \cdot \frac{1,6}{2,0} \cdot \frac{1,6}{2,0} = 89 + R_{VA} \Rightarrow 190 + 18 + 32 = 89 + R_{VA} \Rightarrow$$

$$R_{VA} = 151\text{N} \text{ (para cima)}$$

### 10ª Questão

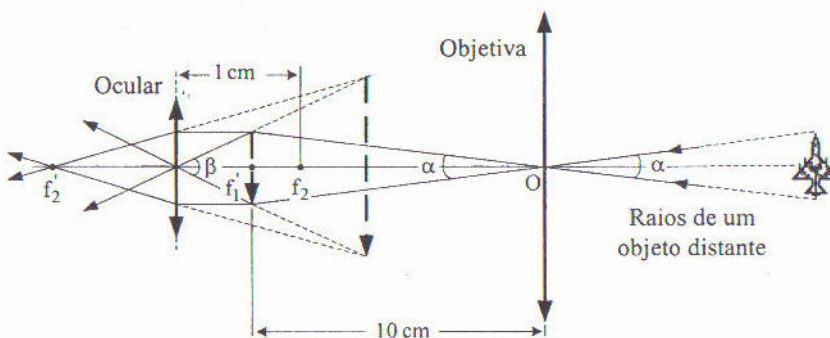
Suponha que você seja o responsável pela operação de um canhão antiaéreo. Um avião inimigo está passando em uma trajetória retilínea, distante de sua posição, a uma altura constante e com velocidade  $v = 900 \text{ Km/h}$ . A imagem deste avião no seu aparelho de pontaria possui comprimento  $l = 5 \text{ cm}$ , mas você reconheceu este avião e sabe que o seu comprimento real é  $L = 100 \text{ m}$ . Ao disparar um projétil deste canhão, sua trajetória é retilínea a velocidade constante  $u = 500 \text{ m/s}$ . No momento em que a aeronave se encontra perfeitamente ortogonal à linha de visada do aparelho de pontaria, determine:

a) do desvio angular  $\theta$  entre o aparelho de pontaria e o tubo do canhão para que você acerte o centro do avião ao disparar o gatilho com a aeronave no centro do visor;

a) o aumento  $M$  do aparelho de pontaria;

b) o tempo  $t$  até o projétil alcançar o centro do avião.

OBS: considere que o aparelho de pontaria possa ser tratado como um telescópio de refração, conforme mostra a figura esquemática abaixo, constituindo por apenas duas lentes convergentes, denominadas objetiva e ocular, cujas distâncias focais, são respectivamente,  $f_1 = 10\text{cm}$  e  $f_2 = 1\text{cm}$ . Considere ainda que os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  sejam pequenos.



**Solução:**