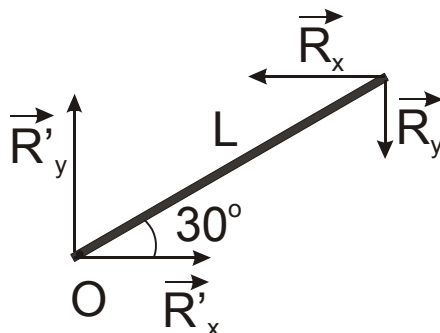


QUESTÃO 1

a) Seja R a força que a haste exerce sobre a janela e θ o ângulo que ela forma com a direção horizontal. Na figura abaixo estão representadas as componentes, R_x e R_y , da força R que a janela exerce sobre a haste (3ª Lei de Newton).



$$R_x = -R \cos \theta \quad \text{e} \quad R_y = -R \sin \theta, \quad \Rightarrow \quad \frac{R_y}{R_x} = \tan \theta$$

Equilíbrio da haste:

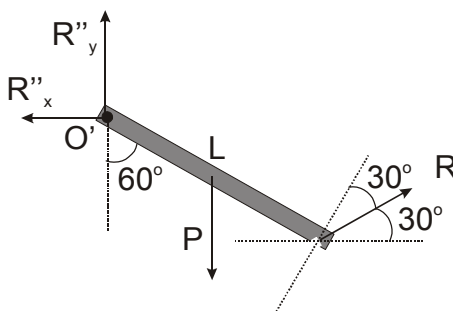
$$\sum \tau_O = -R_y \cdot L \cos 30^\circ + R_x \cdot L \sin 30^\circ = 0$$

$$R_y \cdot L \cos 30^\circ = R_x \cdot L \sin 30^\circ$$

$$\frac{R_y}{R_x} = \tan 30^\circ = \tan \theta$$

Portanto, $\theta = 30^\circ$ e a força que a haste faz sobre a janela está na direção da haste. **(3 pontos)**

b) Equilíbrio da janela:



$$\sum \tau_{O'} = R \cdot L \cos 30^\circ - P \cdot \frac{L}{2} \cos 30^\circ = 0 \quad \Rightarrow \quad R = \frac{P}{2} \quad \text{(3 pontos)}$$

QUESTÃO 2

Aplicando a segunda lei de Newton a cada balde, após a transferência de uma massa m de areia do primeiro para o segundo, obtemos:

$$(M_2 + M + m)g - T = (M_2 + M + m)a$$

$$T - (M_1 + M - m)g = (M_1 + M - m)a, \quad \text{onde } T \text{ é a tensão na corda.}$$

$$\text{Somando as duas equações: } (M_2 - M_1 + 2m)g = (M_1 + M_2 + 2M)a \quad \Rightarrow \quad a = \frac{M_2 - M_1 + 2m}{M_1 + M_2 + 2M}g \quad \text{(1 ponto)}$$

Antes: $m=0$

$$a_i = \frac{M_2 - M_1}{M_1 + M_2 + 2M}g \quad \text{(1 ponto)}$$

Depois: $m \neq 0$

$$a_f = \frac{M_2 - M_1 + 2m}{M_1 + M_2 + 2M}g \quad \text{(1 ponto)}$$

Como: $a_f = fa_i$

$$M_2 - M_1 + 2m = f(M_2 - M_1) \Rightarrow m = \frac{(f-1)(M_2 - M_1)}{2} \quad (2 \text{ pontos})$$

b) O fator será máximo quando toda a areia for transferida de um balde para o outro.

$$m_{\max} = M : 2M = (f-1)(M_2 - M_1) \Rightarrow f_{\max} = 1 + \frac{2M}{M_2 - M_1}. \quad (1 \text{ ponto})$$

QUESTÃO 3

O enunciado dessa questão ficou inconsistente, pois o valor correto do calor recebido para o processo representado na figura é de 1200 J e não de 270 J como constou no enunciado. A questão traz, também, um erro na unidade da constante R , que deve ser J/(mol.K).

Para evitar maiores transtornos e injustiças, ficou decidido manter a questão na correção com o valor de 270 J para o calor recebido.

Assim, a solução pela primeira lei da Termodinâmica seria:

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{0,1 \cdot 8 \cdot 300}{1} = 240 \text{ N/m}^2. \quad (2 \text{ pontos})$$

$$\text{Trabalho: } \tau = p\Delta V = nR\Delta T = 0,1 \cdot 8 \cdot 600 = 480 \text{ J}; \quad (2 \text{ pontos})$$

$$\text{Calor: } Q = 270 \text{ J};$$

$$\text{Primeira Lei da Termodinâmica: } \Delta U = Q - \tau = 270 - 480 = -210 \text{ J.} \Rightarrow \Delta U = -210 \text{ J.} \quad (2 \text{ pontos})$$

A solução utilizando a teoria cinética seria:

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2} \cdot 0,1 \cdot 8 \cdot 600 = 720 \text{ J}. \quad (6 \text{ pontos})$$

Ambas as soluções foram consideradas como válidas.

QUESTÃO 4

$$\text{Equação dos espelhos esféricos: } \frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i}$$

Tomando-se as coordenadas de um ponto qualquer do gráfico, por exemplo, $o = 30$ e $i = 15$, tem-se que $f = 10 \text{ cm}$.

Isto também pode ser deduzido das assíntotas no gráfico, uma para $i = \infty$ ($o = 10 \text{ cm}$) e outra para $o = \infty$ ($i = 10 \text{ cm}$).

Portanto:

$$\text{a) } f = 10 \text{ cm}. \quad (1 \text{ ponto})$$

$$\text{b) Como a distância-focal é positiva, então o espelho é côncavo.} \quad (1 \text{ ponto})$$

$$\text{c) Se } o = 5 \text{ cm, resulta que } i = -10 \text{ cm}. \quad (2 \text{ pontos})$$

$$\text{d) O aumento linear transversal, } A, \text{ é definido por } A = -\frac{i}{o} = -\frac{-10}{5} = 2. \quad (1 \text{ ponto})$$

$$\text{e) Como a distância-imagem é negativa, a imagem é virtual, e como } A > 0 \text{ a imagem é direita.} \quad (1 \text{ ponto})$$

QUESTÃO 5

a) Parábola com vértice na origem: $z = ax^2$, onde $a = \text{constante}$.

Para $x = d$, $z = h \Rightarrow a = \frac{h}{d^2}$, logo $z = \frac{h}{d^2} x^2$. **(1 ponto)**

Energia potencial gravitacional: $E = mgz = \frac{mgh}{d^2} x^2$. **(2 pontos)**

Energia potencial da mola: $E_{\text{mola}} = \frac{kx^2}{2}$.

b) Comparando as duas energias: $\frac{k}{2} = \frac{mgh}{d^2}$. **(1 ponto)**

Período de oscilação de um corpo preso a uma mola: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{d^2}{2gh}} = \frac{2\pi d}{\sqrt{2gh}} \Rightarrow T = \frac{2\pi d}{\sqrt{2gh}}$ **(2 pontos)**

QUESTÃO 6

A velocidade da onda é a mesma para as duas fontes, já que estão em um mesmo meio: $v = \lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2$.

Como $f_1 = f$ e $f_2 = \frac{3}{2}f$, então $\lambda_1 = \frac{3}{2}\lambda_2$. **(1 ponto)**

Para interferência destrutiva, as ondas devem chegar ao ponto P defasadas de $\frac{1}{2}$ comprimento de onda. Assim, as distâncias das fontes ao ponto P devem estar relacionadas aos comprimentos de onda por:

$$d_1 = (n_1 - \frac{1}{2})\lambda_1 \text{ e } d_2 = n_2\lambda_2, \quad \textbf{(1 ponto)}$$

onde n_1 e n_2 são dois inteiros.

A razão entre estas duas distâncias é

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{n_1 - \frac{1}{2}}{n_2} \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{n_1 - \frac{1}{2}}{n_2} \frac{3}{2} = \frac{3}{4} \Rightarrow 2n_1 - 1 = n_2 \Rightarrow 2n_1 - n_2 = 1 \quad \textbf{(1 ponto)}$$

Esta relação é satisfeita, para $n_1 = n$ com $n = 1, 2, 3, \dots$

Logo $n_2 = 2n - 1$ e $n_2 = 1, 3, 5, \dots$ **(1 ponto)**

Entretanto os comprimentos de onda devem ser os maiores possíveis, mas devem ser menores do que a distância ao ponto P. Esta condição é satisfeita somente para $n_1 = 2$ e $n_2 = 3$ e, portanto, os comprimentos de onda são:

$$\lambda_1 = \frac{d_1}{n_1 - \frac{1}{2}} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{1,2}{2 - \frac{1}{2}} = 0,80 \text{ m} \quad \textbf{(1 ponto)}$$

$$\lambda_2 = \frac{d_2}{n_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{1,6}{3} = 0,53 \text{ m} \quad \textbf{(1 ponto)}$$

QUESTÃO 7

Resistência equivalente:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{\lambda R} + \frac{1}{\lambda^2 R} + \frac{1}{\lambda^3 R} + \dots = \frac{1}{R} \left(1 + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda^3} + \dots \right) \quad \textbf{(2 pontos)}$$

Progressão geométrica com $q = \frac{1}{\lambda} < 1$: $1 + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda^3} + \dots = \frac{1}{1 - \frac{1}{\lambda}} = \frac{\lambda}{\lambda - 1}$. **(1 ponto)**

Portanto, $R_{eq} = \frac{\lambda - 1}{\lambda} R$. **(1 ponto)**

$$\text{Potência: } P = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{\lambda V^2}{(\lambda - 1)R} = \frac{1,8 \cdot 12^2}{(1,8 - 1)3} = 108 \text{ W} \Rightarrow P = 108 \text{ W}. \quad \textbf{(2 pontos)}$$

QUESTÃO 8

O gráfico é a curva característica de um motor (receptor), dada por : $U = E' + r' i$, onde U é a tensão nos terminais, E' é a força contra-eletromotriz, r' é a resistência interna e i é a corrente que percorre o motor.

Do estudo do gráfico, vê-se que para $i = 0$, $U = 20$ V, portanto $E' = 20$ V; da inclinação da reta, determina-se a resistência interna: $r' = (25 - 20)/(0,05 - 0)$, $r' = 100 \Omega$. Então, a equação desse motor fica:

$$U = 20 + 100.i \quad \textbf{(2 pontos)}$$

O rendimento, η , do motor é dado $\eta = E'/U$.

Se $\eta = 0,50$, então $E'/U = 0,50$ e $U = 2,0E' = 40$ V. **(2 pontos)**

Substituindo na expressão acima, vem:

$$40 = 20 + 100.i \text{ e } i = 20/100. \text{ Ou}$$

$$i = 0,20A \quad \textbf{(2 pontos)}$$