Fez

ELITE

PRÉ-VESTIBULAR

campinas

Aprovou!

Elite Resolve

IME 2014

FÍSICA

Discursivas

FÍSICA

QUESTÃO 01

O cérebro humano determina a direção de onde provém um som por meio da diferença de fase entre as ondas sonoras que chegam ao ouvido. Um carro que se aproxima de um pedestre a uma velocidade de 36 km/h faz soar continuamente a buzina, cuja frequência é 1200 Hz. Calcule a diferença de fase, em graus, entre o som que chega ao ouvido direito e o som que chega ao ouvido esquerdo do pedestre.

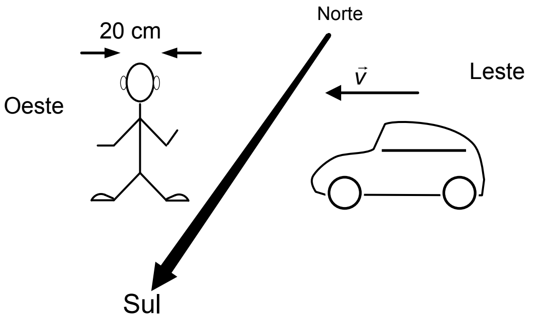
Dados:
- velocidade do som no local: 340 m/s;
- distância entre os ouvidos do pedestre: 20 cm;
- o pedestre está voltado para o norte;
- o carro se move no sentido leste-oeste diretamente para o local onde se encontra o pedestre

Resolução

Calculando a frequência ouvida pelo observador devido ao efeito Doppler:

$$\frac{f_{obs}}{v_{som}} = \frac{f_{emit}}{v_{som} - v} \Rightarrow f_{obs} = v_{som}\frac{f_{emit}}{v_{som} - v}$$

$$f_{obs} = 340\frac{1200}{340-10} \Rightarrow f_{obs} = \frac{13600}{11}\ \text{Hz}$$



A diferença de fase se deve ao intervalo de tempo que o som leva para percorrer a distância de 20 cm entre as orelhas do observador, assim:

$$\Delta t = \frac{0{,}2}{340} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{1700}\ \text{s}$$

A diferença de fase $\Delta\varphi$ pode ser calculada de duas maneiras:

Solução 1:

$\Delta\varphi$ é determinada pelo produto da frequência angular $\omega_{obs} = 2\pi f_{obs}$ pelo tempo Δt:

$$\Delta\varphi = \omega_{obs}\cdot\Delta t \Rightarrow \Delta\varphi = 2\pi f_{obs}\Delta t$$

$$\Delta\varphi = 2\pi\frac{13600}{11}\frac{1}{1700} \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{16}{11}\pi\ \text{rad}$$

Como a resposta foi pedida em graus:

$$\Delta\varphi = \frac{16}{11}\pi\cdot\frac{180^\circ}{\pi} \Rightarrow \boxed{\Delta\varphi \approx 262^\circ}$$

SOLUÇÃO ALTERNATIVA:
Calculando-se o comprimento de onda observado:

$$v = \lambda_{obs}\cdot f_{obs} \Rightarrow 340 = \lambda_{obs}\cdot\frac{13600}{11} \Rightarrow \lambda = 0{,}275\ \text{m}$$

Por uma relação de proporção entre diferença de caminho e diferença de fase:

0,275 m	————	360°
0,20 m	————	$\Delta\varphi$

$$\boxed{\Delta\varphi \approx 262^\circ}$$

QUESTÃO 02

Dois músicos com seus respectivos violões afinados participam de um dueto. No início do concerto, é ligado um aparelho de ar condicionado próximo a um deles e, após alguns minutos, percebe-se uma frequência de batimento f_{bat} produzida pela quinta corda dos violões, no modo fundamental. Considerando que ambas as cordas permaneçam com o comprimento inicial L_0, determine a variação de temperatura sofrida pela corda do violão próximo ao ar condicionado.

Dados:
- constante elástica da corda: k;
- massa específica linear da corda: μ;
- coeficiente de dilatação linear: α;
- frequência da quinta corda do violão afinado: f.

Observação:
- despreze o efeito da temperatura no outro violão.

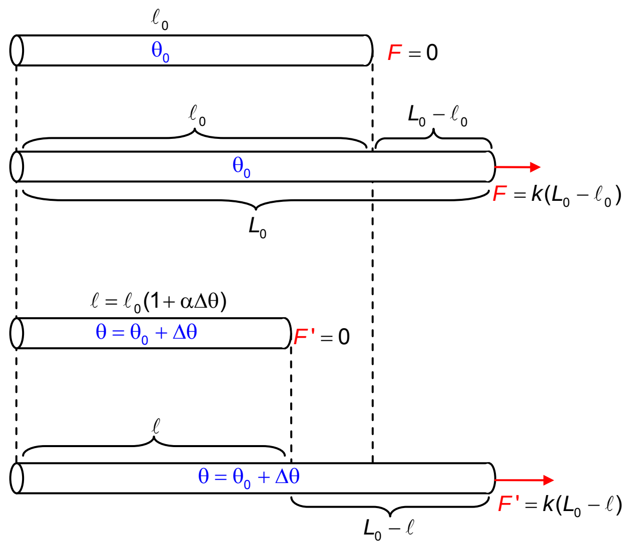
Resolução

No harmônico fundamental, temos a seguinte relação para a força F de tração na corda:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \lambda f = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow 2L_0 f = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$\boxed{F = 4\cdot L_0^2\mu f^2}\ \text{eq. (1)}$$

Agora, observe a figura e a sua descrição abaixo:



Para calcular a tração na corda, é necessário imaginar que, à temperatura θ_0, antes de ser afinada (força de tração F nula), ela possuiria um comprimento $\ell_0 < L_0$.

Ao sofrer uma força $F = k(L_0 - \ell_0)$, a corda se distende até o comprimento L_0.

Da mesma forma, à temperatura $\theta = \theta_0 + \Delta\theta$, antes de ser afinada ($F' = 0$), ela possuiria um comprimento ℓ e, ao sofrer uma força $F' = k(L_0 - \ell)$, a corda se distende também até o comprimento L_0.

Observação: $\Delta\theta$ é negativo, pois há um resfriamento.

Da eq (1), temos:

$\theta_0 \rightarrow$ $\qquad F = 4\cdot L_0^2\mu f^2 = k(L_0 - \ell_0)$

$$\boxed{\ell_0 = \left[L_0 - \frac{4\cdot L_0^2\mu f^2}{k}\right]}\ \text{eq (2)}$$

$\theta = \theta_0 + \Delta\theta \rightarrow$ $\qquad F' = 4\cdot L_0^2\mu f'^2 = k(L_0 - \ell)$

$$4\cdot L_0^2\mu f'^2 = k\left(L_0 - \ell_0(1+\alpha\Delta\theta)\right)$$

Substituindo a eq (2):

$$4\cdot L_0^2\mu f'^2 = k\left(L_0 - \left[L_0 - \frac{4\cdot L_0^2\mu f^2}{k}\right](1+\alpha\Delta\theta)\right)$$

$$4\cdot L_0^2\mu f'^2 = kL_0 - \left[kL_0 - 4\cdot L_0^2\mu f^2\right](1+\alpha\Delta\theta)$$

$$4\cdot L_0^2\mu f'^2 = \cancel{kL_0} - \cancel{kL_0} - kL_0\alpha\Delta\theta + 4\cdot L_0^2\mu f^2 + 4\cdot L_0^2\mu f^2\alpha\Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \frac{4\cdot L_0^2\mu f^2 - 4\cdot L_0^2\mu f'^2}{kL_0\alpha - 4\cdot L_0^2\mu f^2\alpha}$$

$$\boxed{\Delta\theta = \frac{4\cdot L_0\mu}{\alpha}\cdot\frac{(f^2 - f'^2)}{(k - 4\cdot L_0\mu f^2)}} \text{ eq (3)}$$

Para concluir, vale lembrar que, como a corda se resfria, a força elástica é maior, devido a uma distensão maior, logo de acordo com eq. (1):

$$f' > f \Rightarrow f_{bat} = f' - f$$

$$f' = f_{bat} + f$$

Substituindo na eq (3):

$$\Delta\theta = \frac{4\cdot L_0\mu}{\alpha}\cdot\frac{(f^2 - (f_{bat}+f)^2)}{(k - 4\cdot L_0\mu f^2)}$$

$$\text{Resposta: } \boxed{\Delta\theta = \frac{-4\cdot L_0\mu}{\alpha}\cdot\frac{(2\cdot f\cdot f_{bat} + f_{bat}^2)}{(k - 4\cdot L_0\mu f^2)}}$$

Atenção!
Nesta prova, muitos alunos podem ter utilizado erroneamente $\ell = L_0(1+\alpha\Delta\theta)$ no lugar de $\ell = \ell_0(1+\alpha\Delta\theta)$, chegando equivocadamente à resposta $\Delta\theta = \frac{-4\cdot L_0\mu}{\alpha}\cdot\frac{(2\cdot f\cdot f_{bat} + f_{bat}^2)}{k}$.

QUESTÃO 03

Uma partícula de carga $+Q$ e massa m move-se pelo espaço presa a um carrinho. Esse movimento é regido pelas seguintes equações de posição nos três eixos, para k, ω_1 e ω_2 constantes:

$$x(t) = \frac{k}{\omega_1}sen(\omega_1 t) - \frac{k}{\omega_2}sen(\omega_2 t)$$

$$y(t) = \frac{k}{\omega_1}\cos(\omega_1 t) + \frac{k}{\omega_2}\cos(\omega_2 t)$$

$$z(t) = \frac{4k}{\omega_1+\omega_2}sen\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}t\right)$$

Durante todo o movimento, um campo elétrico atua na partícula, o que provoca uma força que tende a arrancá-la do carrinho.
Dado:
• coordenadas nos três eixos do campo elétrico: $(0,0,E)$.
Portanto:
a) mostre que a partícula se move com velocidade escalar constante;
b) determine os instantes em que a força provocada pelo campo elétrico na partícula é ortogonal à sua trajetória;
c) determine as equações dos vetores aceleração tangencial e aceleração normal decompostos nos três eixos;
d) supondo que em $t_x = \frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}$ a partícula se solte do carrinho, determine as acelerações normal e tangencial da partícula imediatamente após t_x.

Resolução

a) Lembrando que a velocidade escalar de uma particular é expressa por

$$(*) \quad v(t) = \sqrt{v_x(t)^2 + v_y(t)^2 + v_z(t)^2}$$

devemos mostrar que a soma dos quadrados das componentes da velocidade é constante.

Sabe-se que:

$$v_x(t) = \frac{dx}{dt} = k\cdot\cos(\omega_1\cdot t) - k\cos(\omega_2\cdot t) \Rightarrow$$
$$v_x^2(t) = k^2\cdot\left(\cos^2(\omega_1\cdot t) - 2\cos(\omega_1\cdot t)\cdot\cos(\omega_2\cdot t) + \cos^2(\omega_2\cdot t)\right)$$

$$v_y(t) = \frac{dy}{dt} = -k\cdot sen(\omega_1\cdot t) - k\cdot sen(\omega_2\cdot t) \Rightarrow$$
$$v_y^2(t) = k^2\cdot\left(sen^2(\omega_1\cdot t) + 2sen(\omega_1\cdot t)\cdot sen(\omega_2\cdot t) + sen^2(\omega_2\cdot t)\right)$$

$$v_z(t) = \frac{dz}{dt} = 2k\cdot\cos\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\cdot t\right) \Rightarrow v_z^2(t) = 4k^2\cdot\cos^2\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\cdot t\right) \Leftrightarrow$$
$$v_z^2(t) = 4k^2\cdot\left(\sqrt{\frac{\cos(t\cdot(\omega_1+\omega_2))+1}{2}}\right)^2 \Leftrightarrow v_z^2(t) = 2k^2\left(\cos(t\cdot(\omega_1+\omega_2))+1\right)$$

Daí, segue que

$$\begin{cases} v_x^2(t) = k^2\cdot\left(\cos^2(\omega_1\cdot t) - 2\cos(\omega_1\cdot t)\cdot\cos(\omega_2\cdot t) + \cos^2(\omega_2\cdot t)\right) \\ v_y^2(t) = k^2\cdot\left(sen^2(\omega_1\cdot t) + 2sen(\omega_1\cdot t)\cdot sen(\omega_2\cdot t) + sen^2(\omega_2\cdot t)\right) \Leftrightarrow \\ v_z^2(t) = 2k^2\cdot\left(\cos(t\cdot(\omega_1+\omega_2))+1\right) \end{cases}$$

$$v_x^2(t)+v_y^2(t)+v_z^2(t) = k^2\left[2 - 2\cos(t(\omega_1+\omega_2)) + 2\left(\cos(t(\omega_1+\omega_2))+1\right)\right] \Leftrightarrow$$
$$v_x^2(t)+v_y^2(t)+v_z^2(t) = k^2(2+2) \Leftrightarrow v_x^2(t)+v_y^2(t)+v_z^2(t) = 4k^2$$

Substituindo em $(*)$, temos

$$v(t) = \sqrt{v_x^2(t)+v_y^2(t)+v_z^2(t)} \Leftrightarrow v(t) = \sqrt{4k^2} \Leftrightarrow \boxed{v(t) = 2|k|}$$

(note que k pode ser uma constante negativa)

b) Como a força é perpendicular à trajetória, então o vetor força é perpendicular ao vetor velocidade, logo, o produto interno entre esses vetores deve ser nulo. Logo,

$$(v_x, v_y, v_z)\cdot\vec{F_E} = 0 \Leftrightarrow (v_x, v_y, v_z)\cdot(0,0,Q\cdot E) = 0 \Leftrightarrow$$
$$Q\cdot E\cdot v_z = 0 \Leftrightarrow v_z = 0$$

$$v_z = 0 \Leftrightarrow 2k\cdot\cos\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\cdot t\right) = 0 \Leftrightarrow$$

$$\frac{\omega_1+\omega_2}{2}t = \frac{\pi}{2} + n\cdot\pi,\ n\in\mathbb{N} \Leftrightarrow \boxed{t = \frac{(2n+1)\cdot\pi}{\omega_1+\omega_2},\ n\in\mathbb{N}}$$

c) Como a velocidade escalar é constante, temos que a aceleração tangencial é nula.

$$\boxed{\vec{a}_t = (0,0,0)}$$

Como a aceleração tangencial é nula, então a aceleração normal, $\vec{a_n}$, corresponde à aceleração vetorial total do corpo, sendo expressa por

$$\vec{a}_n = (a_x, a_y, a_z) = \left(\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{d^2y}{dt^2}, \frac{d^2z}{dt^2}\right)$$

Deste modo, suas componentes são:

$$\boxed{\frac{d^2x}{dt^2} = a_x = -k\omega_1\cdot sen(\omega_1\cdot t) + k\cdot\omega_2\cdot sen(\omega_2\cdot t)}$$

$$\boxed{\frac{d^2y}{dt^2} = a_y = -k\omega_1\cdot\cos(\omega_1\cdot t) - k\cdot\omega_2\cdot\cos(\omega_2\cdot t)}$$

$$\boxed{\frac{d^2z}{dt^2} = a_z = -k\cdot(\omega_1+\omega_2)\cdot sen\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\cdot t\right)}$$

d) Após soltar-se, a partícula estará sujeita à força elétrica

$$\vec{F} = Q\cdot\vec{E} \Leftrightarrow \vec{F} = (0, 0, Q\cdot E) \Leftrightarrow \vec{a} = \left(0, 0, \frac{Q\cdot E}{m}\right).$$

Sabe-se que $\vec{a}_t \,//\, \vec{v}$ e $\vec{a}_n \perp \vec{v}$, assim, para analisarmos as componentes de $\vec{a}$ na direção tangencial e radial devemos analisar a direção da velocidade no instante t_x. Observando a semelhança entre o argumento de $z(t)$ e t_x, calcularemos inicialmente $v_z(t_x)$:

$$v_z\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = 2k\cdot\cos\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\cdot\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) \Leftrightarrow$$

$$v_z\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = 2k\cdot\cos(\pi) \Leftrightarrow v_z\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = -2k$$

Sendo $|v_z(t_x)| = |v(t_x)| = 2k$, então $v_x(t_x) = v_y(t_x) = 0$, conforme comprovaremos matematicamente a seguir:

$$v_x\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = k\cdot\cos\left(\frac{\omega_1\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) - k\cos\left(\frac{\omega_2\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) \Leftrightarrow$$

$$v_x\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = k\cdot\left[-2\,\mathrm{sen}\left(\frac{\frac{\omega_1\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}+\frac{\omega_2\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}}{2}\right)\cdot\mathrm{sen}\left(\frac{\frac{\omega_1\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}-\frac{\omega_2\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}}{2}\right)\right] \Leftrightarrow$$

$$v_x\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = -2k\cdot\underbrace{\mathrm{sen}(\pi)}_{0}\cdot\mathrm{sen}\left(\pi\cdot\frac{(\omega_1-\omega_2)}{\omega_1+\omega_2}\right) \Leftrightarrow v_x\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = 0$$

$$v_y\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = -k\cdot\mathrm{sen}\left(\frac{\omega_1\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) - k\cdot\mathrm{sen}\left(\frac{\omega_2\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) \Leftrightarrow$$

$$v_y\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = -k\cdot\left[2\,\mathrm{sen}\left(\frac{\frac{\omega_1\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}+\frac{\omega_2\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\frac{\omega_1\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}-\frac{\omega_2\cdot 2\pi}{\omega_1+\omega_2}}{2}\right)\right] \Leftrightarrow$$

$$v_y\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = -2k\cdot\underbrace{\mathrm{sen}(\pi)}_{0}\cdot\cos\left(\pi\cdot\frac{(\omega_1-\omega_2)}{\omega_1+\omega_2}\right) \Leftrightarrow v_y\left(\frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = 0$$

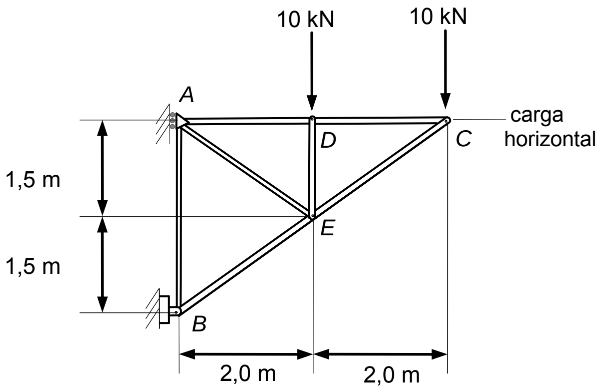
Deste modo,

$$\vec{v}(t_x) = (0, 0, -2k)$$

Logo, podemos notar que a velocidade é paralela à aceleração nesse instante, portanto, a aceleração normal é nula. Sendo assim, a aceleração tangencial é a própria aceleração $\vec{a}$ calculada.

$$\boxed{\vec{a}_n = (0,0,0)} \text{ e } \boxed{\vec{a}_t = \left(0, 0, \frac{Q\cdot E}{m}\right)}$$

QUESTÃO 04

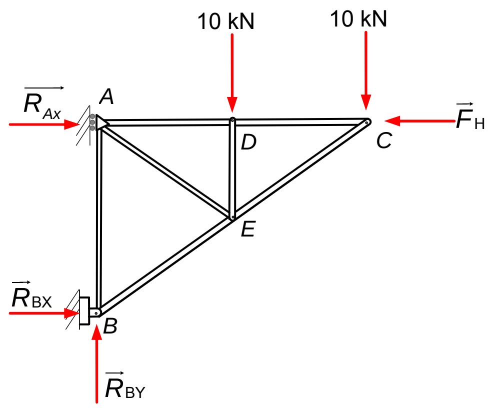


A figura acima mostra uma estrutura em equilíbrio de peso desprezível em relação ao carregamento externo. As barras desta estrutura só resistem aos esforços normais de tração ou de compressão. Sobre o nó *D* há uma carga vertical concentrada de 10 kN, enquanto no nó *C* há uma carga vertical concentrada de 10 kN e uma carga horizontal. Sabendo que o apoio *A* não restringe o deslocamento vertical e a força de compressão na barra *AB* é 5 kN, determine:

a) a intensidade, em kN, e o sentido da carga horizontal no nó *C*;
b) as reações de apoio, em kN, nos nós *A* e *B*, indicando suas direções e sentidos;
c) as barras que estão tracionadas, indicando suas magnitudes em kN;
d) as barras que estão comprimidas, indicando suas magnitudes em kN .

Resolução

Analisando o equilíbrio de forças do sistema como um todo, isto é, considerando apenas as forças externas, temos:



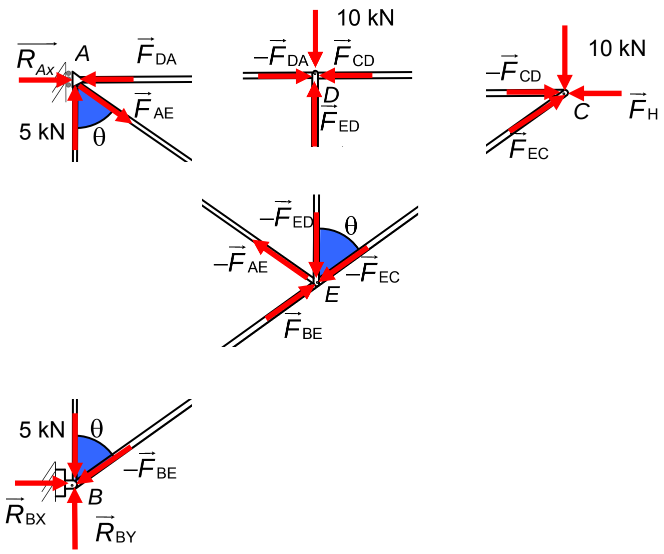
$$\begin{cases} R_{BX} + R_{Ax} = F_H \\ R_{BY} = 10 + 10 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{BX} + R_{Ax} = F_H \\ R_{BY} = 20\text{ kN} \end{cases}$$

Analisando o equilíbrio de momentos no ponto *B*:

$$F_H\cdot 3 = R_{Ax}\cdot 3 + 10\cdot 2 + 10\cdot 4$$

$$F_H = R_{Ax} + 20 \text{ em kN.}$$

Analisando agora cada uma das junções de nosso problema, podemos obter as forças envolvidas.
As figuras abaixo representam as forças que cada barra aplica sobre a junção à qual está ligada. Observe que uma força na direção da junção, tais como nos esquemas abaixo, representa uma força de compressão na barra, enquanto uma força que aponta "saindo" da junção representa uma força de tração (par ação e reação).



Ponto A:

$$\begin{cases} F_{AE}\cos\theta = 5 \\ F_{DA} = F_{AE}\,\mathrm{sen}\,\theta + R_{Ax} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_{AE}\dfrac{3}{5} = 5 \\ F_{DA} = F_{AE}\dfrac{4}{5} + R_{Ax} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_{AE} = \dfrac{25}{3}\text{ kN} \\ F_{DA} = \dfrac{20}{3} + R_{Ax} \end{cases}$$

Ponto D:

$$\begin{cases} F_{DA} = F_{CD} = \dfrac{20}{3} + R_{Ax} \\ F_{ED} = 10\text{ kN} \end{cases}$$

Ponto C:

$$\begin{cases} F_{EC}\,\text{sen}\,\theta + F_{CD} = F_H \\ F_{EC}\cos\theta = 10 \text{ kN} \end{cases} \Rightarrow F_{EC} = \frac{50}{3}\text{ kN}$$

Ponto E:

$$\begin{cases} F_{EC}\cos\theta + F_{ED} = F_{AE}\cos\theta + F_{BE}\cos\theta \\ F_{BE}\,\text{sen}\,\theta = F_{AE}\,\text{sen}\,\theta + F_{EC}\,\text{sen}\,\theta \end{cases} \Rightarrow F_{BE} = 25 \text{ kN}$$

Ponto B:

$$\begin{cases} R_{BY} = 5 + F_{BE}\cos\theta \\ R_{Bx} = F_{BE}\,\text{sen}\,\theta \end{cases} \Rightarrow R_{Bx} = 20 \text{ kN}$$

Uma vez que já utilizamos todas as junções do nosso sistema, é possível mostrar que sempre obteremos a relação $F_H = R_{Ax} + 20$ para a força horizontal (F_H) e para a reação no ponto A (R_{Ax}). Com isso a resposta do item *a* e parte do *b* não é numérica.

a) Se a reação no ponto A for $\overrightarrow{R_{Ax}}$, então a carga horizontal será dada por $F_H = R_{Ax} + 20$, em kN.
Se $F_H > 0$, seu sentido será na horizontal para a esquerda e se $F_H < 0$, horizontal para a direita.

b) Pelo que já foi resolvido acima:

$$\begin{cases} R_{Bx} = 20 \text{ kN} \\ R_{BY} = 20 \text{ kN} \end{cases}$$

Com R_{Bx} na horizontal para a direita e R_{BY} na vertical para cima.
Conforme discutido anteriormente, a reação no apoio A depende da carga horizontal no ponto *C*.

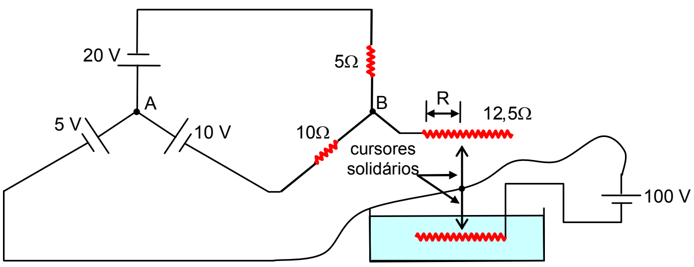
$$R_{Ax} = F_H - 20$$

Se $R_{Ax} > 0$, seu sentido será na horizontal para a direita e se $R_{Ax} < 0$, horizontal para a esquerda.

c) A barra EA está tracionada e o módulo da tração é $F_{AE} = \frac{25}{3}$ kN.
A barra AC estará tracionada se $F_{DA} < 0$, o módulo da tração é $F_{DA} = \frac{20}{3} + R_{Ax}$ kN

d) As barras DE, CE, AB e EB estão comprimidas e o valor das forças de compressão são, respectivamente, 10 kN, 50/3 kN, 5 kN e 25 kN.
A barra AC estará comprimida se $F_{DA} > 0$, o módulo da tração é $F_{DA} = \frac{20}{3} + R_{Ax}$ kN

QUESTÃO 05



A figura acima apresenta um circuito elétrico composto de quatro baterias, dois resistores fixos e dois resistores variáveis (reostatos) lineares. Os dois reostatos são iguais e os dois cursores (que ajustam os valores das resistências) são solidários. Um dos reostatos é imerso em 100 litros de água a uma temperatura inicial de 20 ºC e um capacitor é conectado entre os nós *A* e *B*. Sabendo que o potencial de *B* é maior que o potencial de *A* e que o capacitor está com uma carga de 0,0625 C, determine a temperatura da água após uma hora de funcionamento do circuito.

Dados:

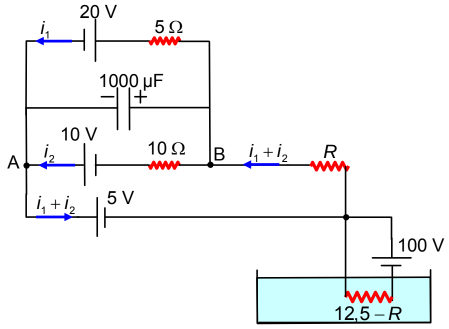
- Massa específica da água: $1\frac{\text{kg}}{\text{L}}$;
- capacitor: 1.000 μF;
- calor específico da água: $4.000\,\frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$;
- rendimento do processo de aquecimento: 95%
- resistência total do reostato: 12,5 Ω.

Observação:

- despreze o tempo de carga do capacitor.

Resolução

Para facilitar a resolução podemos redesenhar o circuito já incluindo o capacitor e estabelecendo o sentido que adotaremos para as correntes conforme a figura a seguir:

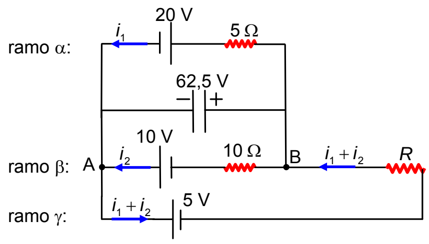


Ao redesenhar o circuito percebemos que o enunciado nos dá, na verdade, dois circuitos acoplados por um nó em comum. Dessa forma podemos resolver o circuito de cima isoladamente do circuito de baixo apenas para a obtenção do valor de *R*, o qual necessitamos para encontrar a potência dissipada no resistor imerso em água.

Para encontrarmos a tensão entre os pontos A e B podemos utilizar as informações que possuímos a respeito do capacitor. Ele tem capacitância 1.000 μF e carga 0,0625 C.

$$Q = C \cdot V$$
$$V = \frac{0{,}0625}{1000 \cdot 10^{-6}}$$
$$V = 62{,}5 \text{ V}$$

Então a parte de cima do circuito fica:



Qualquer dos caminhos que nos leve de A para B deve nos dar a diferença de potencial de 62,5 V.

NOTA 1: Não há, no circuito proposto, explicação para a diferença de potencial que se mantém no capacitor. O que houve, provavelmente, foi algum erro por parte da banca examinadora ao dimensionar os componentes utilizados. Note que a tensão no capacitor após a carga (isto é, a regime) é maior do que a soma das tensões das 3 baterias, o que é impossível fisicamente.

Vamos então às equações:

No ramo α: $20 + 5 \cdot i_1 = 62{,}5 \Rightarrow i_1 = 8{,}5$ A

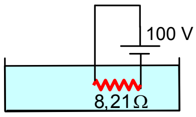
No ramo β: $-10 + 10 \cdot i_2 = 62{,}5 \Rightarrow i_2 = 7{,}25$ A

Assim: $i_1 + i_2 = 15{,}75$ A

No ramo γ: $-5 - 15{,}75 \cdot R = 62{,}5 \Rightarrow R \cong -4{,}29\ \Omega$

NOTA 2: O valor negativo encontrado para a resistência R só reafirma o mau dimensionamento dos componentes. Para prosseguir com a resolução adotaremos $R \cong +4{,}29\ \Omega$.

Se $R \cong +4{,}29\ \Omega$ então a parte de baixo do circuito fica:



Dessa forma a potência dissipada no resistor é tal que:

$$P = \frac{U^2}{r} \Rightarrow P = \frac{100^2}{8{,}21} \Rightarrow P \cong 1218\ \text{W}$$

Se aproveitarmos 95% dessa potência no aquecimento da água então

$$0{,}95 \cdot P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Delta t}$$

$$0{,}95 \cdot 1218 = \frac{100 \cdot 4000 \cdot \Delta\theta}{3600}$$

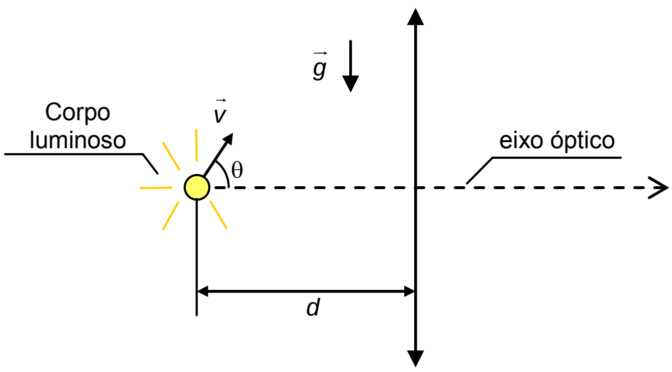
$$\Delta\theta \cong 10{,}4\ ^\circ\text{C}$$

Se o líquido está a 20 ºC no início do aquecimento então sua temperatura final seria de $\boxed{30{,}4\ ^\circ\text{C}}$.

NOTA 3: O resultado calculado acima serve apenas como exercício matemático, uma vez que a situação descrita no enunciado é fisicamente impossível.

QUESTÃO 06

Um corpo luminoso encontra-se posicionado sobre o eixo óptico de uma lente esférica convergente de distância focal *f*, distando *d* do vértice da lente. Esse corpo se encontra sob a ação da gravidade e é lançado com velocidade *v*, formando um ângulo θ com a horizontal.



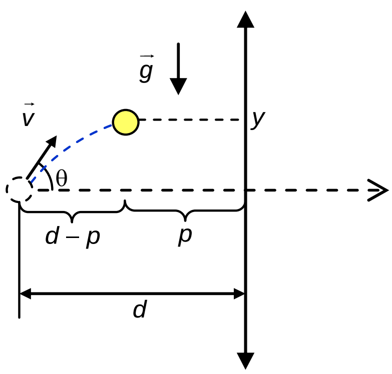
Determine o ângulo de lançamento θ necessário para que a distância entre esse eixo e a imagem do corpo luminoso produzida pela lente varie linearmente com o tempo, até o instante anterior ao de seu retorno ao eixo óptico.

Dados:

- $g = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;
- $v = 4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$;
- $f = 1{,}2\ \text{m}$;
- $d = 2\ \text{m}$.

Resolução

Observe a figura:



O movimento parabólico do objeto pode ser descrito da seguinte forma:

Vertical:

$$y = y_0 + v \cdot \text{sen}\,\theta \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$y = 0 + 4 \cdot \text{sen}\,\theta \cdot t - \frac{10 \cdot t^2}{2}$$

$$\boxed{y = 4 \cdot \text{sen}\,\theta \cdot t - 5 \cdot t^2} \quad \text{eq (1)}$$

Horizontal:

$$d - p = v \cdot \cos\theta \cdot t$$

$$2 - p = 4 \cdot \cos\theta \cdot t$$

$$\boxed{p = 2 - 4 \cdot \cos\theta \cdot t} \quad \text{eq (2)}$$

Ampliação linear da lente:

$$A = \frac{y'}{y} = \frac{f}{f - p}$$

Substituindo (1), (2) e $f = 1{,}2$ m no aumento, vem que:

$$\frac{y'}{4 \cdot \text{sen}\,\theta \cdot t - 5 \cdot t^2} = \frac{1{,}2}{1{,}2 - (2 - 4 \cdot \cos\theta \cdot t)} \Rightarrow y' = \frac{4{,}8 \cdot \text{sen}\,\theta \cdot t - 6 \cdot t^2}{4 \cdot \cos\theta \cdot t - 0{,}8}$$

Mas queremos *y'* variando linearmente com *t*, ou seja, $y' = K \cdot t$, onde *K* é uma constante. Logo:

$$\frac{4{,}8 \cdot \text{sen}\,\theta \cdot t - 6 \cdot t^2}{4 \cdot \cos\theta \cdot t - 0{,}8} = K \cdot t \Leftrightarrow$$

$$4{,}8 \cdot \text{sen}\,\theta \cdot t - 6 \cdot t^2 = 4 \cdot K \cdot \cos\theta \cdot t^2 - 0{,}8 \cdot K \cdot t$$

Por ser uma identidade polinomial, válida para todo instante de tempo *t*, devemos impor que os coeficientes correspondentes em cada membro da equação sejam iguais, isto é:

$$\begin{cases} 4{,}8 \cdot \text{sen}\,\theta = -0{,}8 \cdot K \\ -6 = 4 \cdot K \cdot \cos\theta \end{cases}$$

Isolando *K* e igualando:

$$K = \frac{4{,}8 \cdot \text{sen}\,\theta}{-0{,}8} = \frac{-6}{4 \cdot \cos\theta}$$

$$2 \cdot \text{sen}\,\theta \cdot \cos\theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \text{sen}(2\theta) = \frac{1}{2}$$

Soluções trigonométricas, para $n \in \mathbb{Z}$:

$$2\theta = 30^\circ + 360^\circ \cdot n \Rightarrow \theta = 15^\circ + 180^\circ \cdot n$$

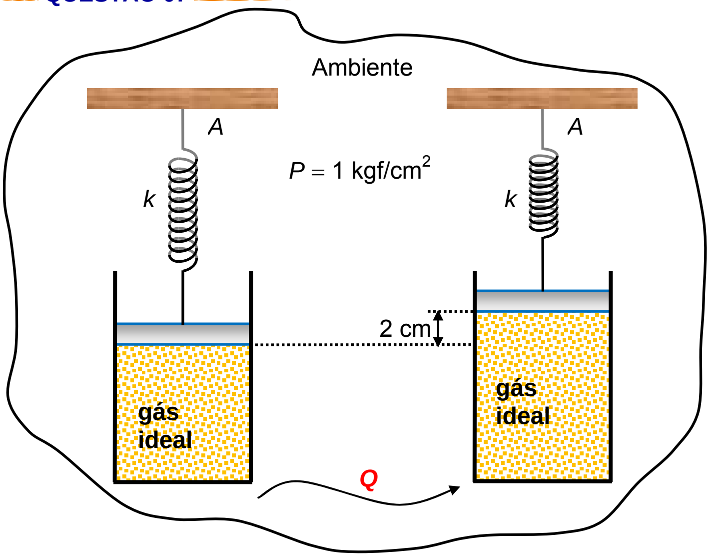
ou

$$2\theta = 150^\circ + 360^\circ \cdot n \Rightarrow \theta = 75^\circ + 180^\circ \cdot n$$

Pela montagem física da questão, só faz sentido θ pertencer ao primeiro quadrante trigonométrico, pois, segundo o enunciado, o corpo retorna ao eixo óptico. Além disso, vamos descartar $\theta \geq 360º$.
Assim, temos:

$$\boxed{\theta = 15^\circ \text{ ou } \theta = 75^\circ}.$$

QUESTÃO 07



No interior de um ambiente submetido à pressão atmosférica, encontra-se um cilindro que contém 10 mL de um determinado gás ideal. Esse gás é mantido no interior do cilindro por um êmbolo móvel de área igual a 30 cm^2, conforme apresentado na figura acima. Inicialmente a mola não exerce força sobre o êmbolo. Em seguida, o gás recebe uma quantidade de calor igual a 50% daquele rejeitado por uma máquina térmica, operando em um ciclo termodinâmico, cujas características técnicas se encontram listadas abaixo. Como consequência do processo de expansão, observa-se que a mola foi comprimida em 2 cm. O rótulo de identificação do gás está ilegível, mas sabe-se que existem apenas duas opções – o gás é hélio ou oxigênio. Baseado em uma análise termodinâmica da situação descrita, identifique o gás.

Dados:

- temperaturas da fonte quente e da fonte fria da máquina térmica: 600 K e 450 K;
- razão entre o rendimento da máquina térmica e o do ciclo de Carnot associado: 0,8;
- quantidade de calor recebido pela máquina térmica: 105 J;
- constante da mola: $3\times10^4\ \dfrac{\text{N}}{\text{m}}$;
- pressão atmosférica: $1\ \dfrac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$;
- 1 kgf $=$ 10 N;
- peso do êmbolo: desprezível.

Resolução

Sendo 0,8 a razão entre o rendimento da máquina térmica e o do ciclo de Carnot associado, operando entre as temperaturas de 600 K e 450 K, temos:

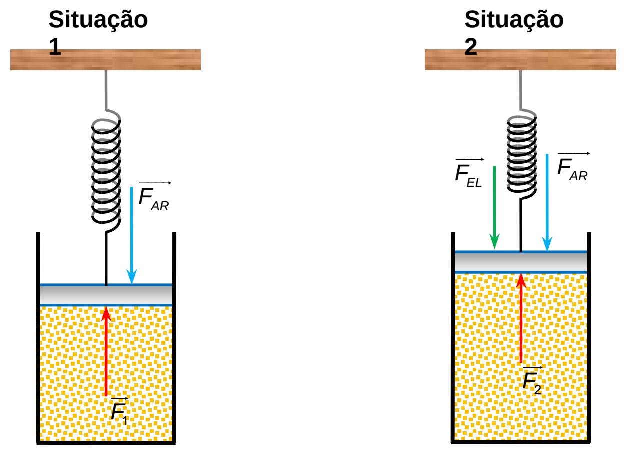
$$\frac{\eta}{\eta_C}=0{,}8 \Leftrightarrow \frac{|Q_H|-|Q_C|}{|Q_H|}=0{,}8\cdot\left(1-\frac{T_C}{T_H}\right)\Leftrightarrow$$

$$1-\frac{|Q_C|}{105}=0{,}8\cdot\left(1-\frac{450}{600}\right)\Leftrightarrow |Q_C|=84\ \text{J}$$

Como o calor recebido pelo gás é igual a 50% do calor rejeitado pela máquina térmica, temos:

$$Q=\frac{50}{100}\cdot 84 \Leftrightarrow Q=42\ \text{J}$$

Agora, em cada situação (inicial e final), vamos representar as forças que atuam sobre o êmbolo:



Sendo:

- $\vec{F}_{AR}$: força exercida pelo ar devido à pressão atmosférica;
- $\vec{F}_1$: força exercida pelo gás na primeira situação;
- $\vec{F}_2$: força exercida pelo gás na segunda situação;
- $\vec{F}_{EL}$: força exercida pela mola na segunda situação.

Como o êmbolo está em equilíbrio em cada situação, vamos impor que em cada caso a força resultante sobre ele deve ser nula. Assim:

$$\begin{cases}|\vec{F}_1|=|\vec{F}_{AR}|\\ |\vec{F}_2|=|\vec{F}_{AR}|+|\vec{F}_{EL}|\end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases}p_1\cdot A=p_{ATM}\cdot A\\ p_2\cdot A=p_{ATM}\cdot A+k\cdot x\end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases}p_1=p_{ATM}\\ p_2=p_{ATM}+\dfrac{k\cdot x}{A}\end{cases}$$

$$\begin{cases}p_1=1\cdot10^5\ \text{Pa}\\ p_2=1\cdot10^5+\dfrac{3\cdot10^4\cdot2\cdot10^{-2}}{30\cdot10^{-4}}\end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases}p_1=1\cdot10^5\ \text{Pa}\\ p_2=3\cdot10^5\ \text{Pa}\end{cases}$$

O volume ocupado pelo gás no primeiro caso é:

$$V_1=10\ \text{mL}=1\cdot10^{-5}\ \text{m}^3$$

Já no segundo caso:

$$V_2=V_1+A\cdot x=1\cdot10^5+30\cdot10^{-4}\cdot2\cdot10^{-2}=7\cdot10^{-5}\ \text{m}^3$$

Entre a primeira situação e a segunda, vamos utilizar agora o teorema do trabalho-energia cinética: "O trabalho da força resultante é igual à variação da energia cinética do corpo". Lembrando que das três forças que atuaram sobre o êmbolo, somente a força que o gás ideal exerce atua a favor do deslocamento (força motriz), enquanto as outras duas atuam contra o deslocamento (forças resistivas):

$$\tau_{RES}=\Delta E_C \Leftrightarrow \tau_{GÁS}+\tau_{AR}+\tau_{MOLA}=0-0\Leftrightarrow$$

$$\tau_{GÁS}-p_{ATM}\cdot A\cdot x-\frac{k\cdot x^2}{2}=0\Leftrightarrow$$

$$\tau_{GÁS}=1\cdot10^5\cdot30\cdot10^{-4}\cdot2\cdot10^{-2}+\frac{3\cdot10^4\cdot(2\cdot10^{-2})^2}{2}\Leftrightarrow\tau_{GÁS}=12\ \text{J}$$

Da Primeira Lei da Termodinâmica, vem que:

$$Q=\tau_{GÁS}+\Delta U\Leftrightarrow 42=12+\Delta U\Leftrightarrow\Delta U=30\ \text{J}$$

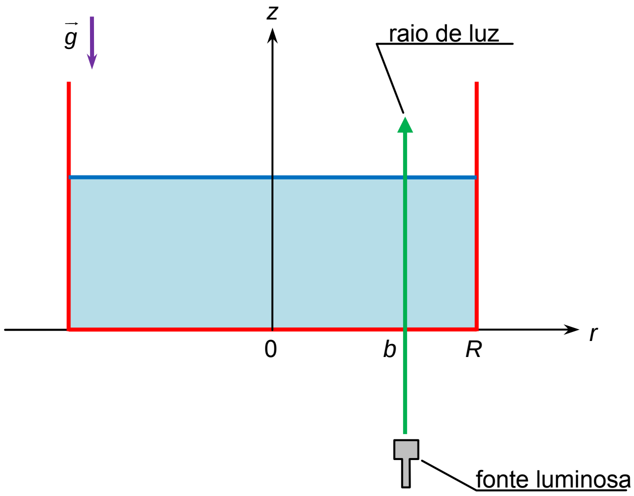
Sendo *f* o número de graus de cada molécula do gás ideal, temos:

$$\Delta U=\frac{f}{2}\cdot(p_2\cdot V_2-p_1\cdot V_1)\Leftrightarrow$$

$$30=\frac{f}{2}\cdot(3\cdot10^5\cdot7\cdot10^{-5}-1\cdot10^5\cdot1\cdot10^{-5})\Leftrightarrow f=3$$

Assim, sendo $f=3$, o gás é monoatômico, tratando-se, portanto, do **hélio**.

QUESTÃO 08



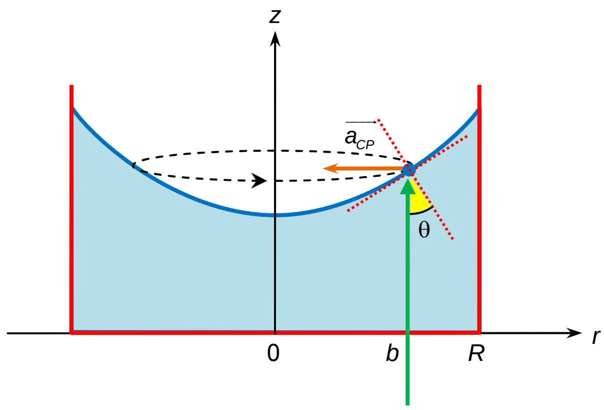
Um raio de luz monocromática incide perpendicularmente no fundo transparente de um balde cilíndrico, inicialmente em repouso. Continuando a sua trajetória, o raio de luz atravessa a água a uma distância b do eixo z (eixo de simetria do balde) até ser transmitido para o ar, de acordo com a figura acima.
Se o balde e a água giram em torno do eixo z a uma velocidade angular constante ω, calcule o menor valor de b para o qual a luz sofre reflexão total.

Dados:

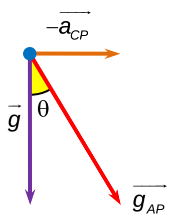
- índice de refração da água: n;
- índice de refração do ar: 1;
- raio do balde: $R > b$.

Resolução

Ao girar o balde em torno do eixo z, temos a configuração a seguir, com a aceleração (centrípeta) a que uma molécula do líquido na sua superfície fica sujeita:



Utilizando o Princípio da Equivalência, para passar para o referencial (acelerado) do líquido em rotação, vem que:



$$\operatorname{sen}\theta = \frac{\left|-\vec{a}_{CP}\right|}{\left|\vec{g}_{AP}\right|} = \frac{\omega^2 \cdot b}{\sqrt{\left|\vec{g}\right|^2 + \left(\omega^2 \cdot b\right)^2}}$$

Agora, pela lei de Snell-Descartes, a reflexão interna total ocorre para os ângulos de incidência θ tais que:

$$\operatorname{sen}\theta > \frac{n_{menor}}{n_{maior}},$$

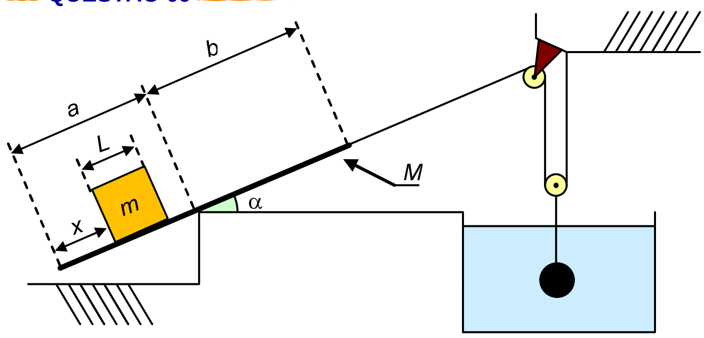
quando a luz tenta se propagar do meio mais refringente para o menos refringente. Assim, sendo o meio menos refringente o ar (índice de refração 1) e o meio mais refringente a água (índice de refração n), vem que:

$$\operatorname{sen}\theta > \frac{n_{AR}}{n_{ÁGUA}} \Leftrightarrow \frac{\omega^2 \cdot b}{\sqrt{\left|\vec{g}\right|^2 + \left(\omega^2 \cdot b\right)^2}} > \frac{1}{n} \Leftrightarrow n^2 \cdot \left(\omega^2 \cdot b\right)^2 > \left|\vec{g}\right|^2 + \left(\omega^2 \cdot b\right)^2 \Leftrightarrow$$

$$\left(n^2 - 1\right) \cdot \left(\omega^2 \cdot b\right)^2 > \left|\vec{g}\right|^2 \Leftrightarrow \boxed{b > \frac{\left|\vec{g}\right|}{\omega^2 \cdot \sqrt{n^2 - 1}}}$$

Observação: a rigor, não há um menor valor de b para o qual ocorre reflexão total, mas sim um máximo valor de b para o qual ainda ocorre a refração do raio luminoso, voltando para o ar após passar pela água.

QUESTÃO 09



Uma placa rígida e homogênea de massa M e espessura desprezível está apoiada na quina de um degrau sem atrito e em equilíbrio, como mostrado na figura. Sobre a placa, encontra-se fixado um cubo de aresta L e massa m, a uma distância x do extremo esquerdo da placa. O extremo direito da placa está preso por um fio a um conjunto de polias, que sustenta uma esfera totalmente imersa em um líquido. Determine:

a) o valor de x, considerando que tanto o fio quanto a placa fazem um ângulo α com a horizontal;

b) o valor do raio R da esfera.

Dados:

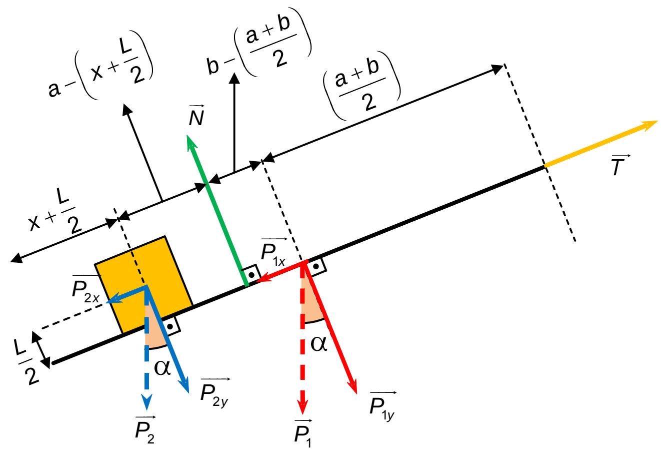
- massa específica da esfera: ρ_e;
- massa específica do líquido: ρ_L;
- aceleração da gravidade: g.
- distância da quina ao extremo esquerdo da barra: a;
- distância da quina ao extremo direito da barra: b.

Observação:

- Considere o fio ideal e despreze a massa das polias.

Resolução

a) No enunciado temos a informação de que se trata de uma placa, enquanto nos dados fornecidos se fala em extremos de uma barra. Embora isso não faça muita diferença, na resolução consideraremos que se trata de uma barra.
Considere o diagrama de forças na barra, e também as distâncias indicadas:



Sendo:

- $\vec{P_1}$: peso da barra;
- $\vec{P_2}$: peso do bloco;
- $\vec{T}$: tração;
- $\vec{N}$: reação normal na quina (a reação deve ser normal porque não há atrito na quina, logo não pode haver nenhuma componente da força de contato na direção paralela à barra).

As componentes dos pesos (da barra e do bloco) nas direções paralela e normal à barra têm suas intensidades dadas por:

$$\begin{cases} |\vec{P_{1x}}| = M\cdot|\vec{g}|\cdot\operatorname{sen}\alpha \\ |\vec{P_{1y}}| = M\cdot|\vec{g}|\cdot\cos\alpha \end{cases} \quad \text{e} \quad \begin{cases} |\vec{P_{2x}}| = m\cdot|\vec{g}|\cdot\operatorname{sen}\alpha \\ |\vec{P_{2y}}| = m\cdot|\vec{g}|\cdot\cos\alpha \end{cases}$$

Impondo o equilíbrio dos torques em relação ao ponto de apoio na quina, temos ($\vec{T}$ e $\vec{P_{1x}}$ têm suas linhas de ação passando por esse ponto, por isso não exercem torque em relação a ele):

$$|\vec{P_{2x}}|\cdot\frac{L}{2}+|\vec{P_{2y}}|\cdot\left[a-\left(x+\frac{L}{2}\right)\right]=|\vec{P_{1y}}|\cdot\left[b-\left(\frac{a+b}{2}\right)\right]\Leftrightarrow$$

$$m\cdot|\vec{g}|\cdot\operatorname{sen}\alpha\cdot\frac{L}{2}+m\cdot|\vec{g}|\cdot\cos\alpha\cdot\left[a-\left(x+\frac{L}{2}\right)\right]=M\cdot|\vec{g}|\cdot\cos\alpha\cdot\left(\frac{b-a}{2}\right)$$

Dividindo toda a igualdade por $m\cdot|\vec{g}|\cdot\cos\alpha$, temos:

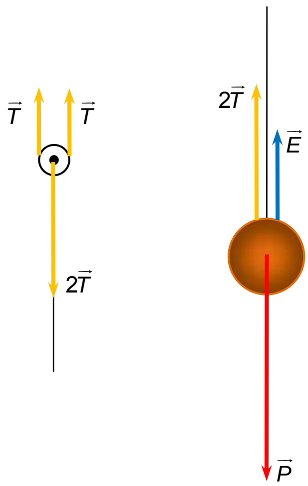
$$\operatorname{tg}\alpha\cdot\frac{L}{2}+\left[a-\left(x+\frac{L}{2}\right)\right]=\frac{M}{m}\cdot\left(\frac{b-a}{2}\right)\Leftrightarrow$$

$$\boxed{x=a+\frac{(\operatorname{tg}\alpha-1)}{2}\cdot L-\frac{M}{m}\cdot\left(\frac{b-a}{2}\right)}$$

b) Impondo que a força resultante na direção paralela à barra deve ser nula, temos:

$$|\vec{T}|=|\vec{P_{1x}}|+|\vec{P_{2x}}|=M\cdot|\vec{g}|\cdot\operatorname{sen}\alpha+m\cdot|\vec{g}|\cdot\operatorname{sen}\alpha=(M+m)\cdot|\vec{g}|\cdot\operatorname{sen}\alpha$$

Agora, analisando as forças atuando sobre a polia móvel e sobre a esfera, temos o seguinte diagrama:



Sendo nula também a força resultante sobre a esfera, vem que:

$$2|\vec{T}|+|\vec{E}|=|\vec{P}|\Leftrightarrow 2\cdot(M+m)\cdot|\vec{g}|\cdot\operatorname{sen}\alpha+\rho_L\cdot|\vec{g}|\cdot V_D=\rho_e\cdot|\vec{g}|\cdot V\ ,$$

onde V_D é o volume de fluido deslocado pela esfera e V é o volume da esfera. Como ela se encontra completamente imersa, temos que:

$$V_L=V=\frac{4}{3}\cdot\pi\cdot R^3$$

Portanto:

$$2\cdot(M+m)\cdot|\vec{g}|\cdot\operatorname{sen}\alpha+\rho_L\cdot|\vec{g}|\cdot\frac{4}{3}\cdot\pi\cdot R^3=\rho_e\cdot|\vec{g}|\cdot\frac{4}{3}\cdot\pi\cdot R^3\Leftrightarrow$$

$$(M+m)\cdot\operatorname{sen}\alpha=(\rho_e-\rho_L)\cdot\frac{2}{3}\cdot\pi\cdot R^3\Leftrightarrow$$

$$\boxed{R=\sqrt[3]{\frac{3\cdot(M+m)\cdot\operatorname{sen}\alpha}{2\cdot\pi\cdot(\rho_e-\rho_L)}}}$$

QUESTÃO 10

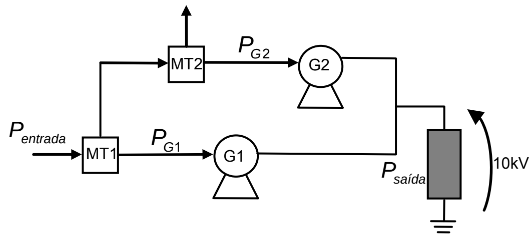


Figura 1

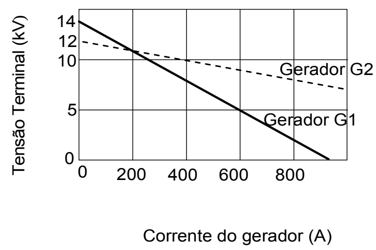


Figura 2

A Figura 1 apresenta a planta de uma usina térmica de ciclo combinado. As saídas das máquinas térmicas 1 e 2 (MT1 e MT2) alimentam os geradores G1 e G2, fornecendo-lhes, respectivamente, as potências P_{G1} e P_{G2}. As curvas de **Tensão Terminal** *versus* **Corrente do Gerador** dos dois geradores são apresentadas na Figura 2. Os dois geradores estão conectados em paralelo fornecendo uma potência de saída (P_{saida}) de $\frac{20.000}{3}$ kW , com uma tensão de 10 kV.

Determine:

a) a resistência interna de cada gerador;
b) o percentual da carga total fornecida por cada gerador;
c) a perda na resistência de cada gerador;
d) as potências P_{G1} e P_{G2} fornecidas aos geradores;
e) o rendimento do sistema

Dados:

- a máquina térmica MT1 opera entre as temperaturas de 800 ºC e 300 ºC e seu rendimento é 35% do rendimento máximo do ciclo de Carnot a ela associado;
- a máquina termina MT2 opera entre as temperaturas de 500 ºC e 50 ºC e o seu rendimento é 40% do rendimento máximo do ciclo de Carnot a ela associado.

Observação:

- Considere nos geradores somente as perdas em suas resistências internas.

Resolução

a) Para determinarmos as resistências internas dos geradores necessitamos das informações do gráfico apresentado na Figura 2.
Os geradores apresentados seguem a equação $U=\varepsilon-r\cdot i$.

Gerador 1:
Coeficiente linear do gráfico $\varepsilon=14\text{ kV}$.
Aplicando os valores de 600 A para a corrente e 5 kV para a tensão entre os terminais:

$$U = \varepsilon - r \cdot i$$
$$5 \cdot 10^3 = 14 \cdot 10^3 - r_1 \cdot 600 \Rightarrow \boxed{r_1 = 15\ \Omega}$$

Gerador 2:

Coeficiente linear do gráfico $\varepsilon = 12\,\text{kV}$.

Aplicando os valores de 400 A para a corrente e 10 kV para a tensão entre os terminais:

$$U = \varepsilon - r \cdot i$$
$$10 \cdot 10^3 = 12 \cdot 10^3 - r_2 \cdot 400 \Rightarrow \boxed{r_2 = 5\ \Omega}$$

b) Encontraremos primeiramente a corrente total fornecida na saída dos geradores:

$$P_{saída} = U_{Saída} \cdot i_{total}$$
$$\frac{20000}{3} \cdot 10^3 = 10 \cdot 10^3 \cdot i_{total}$$
$$i_{total} = \frac{2000}{3}\ \text{A}$$

Se, do gráfico, o Gerador 2 fornece uma corrente $i_2 = 400$ A, então o o que falta para i_{total} advêm do Gerador 1. Portanto,

$$i_{total} = i_1 + i_2 \Rightarrow \frac{2000}{3} = i_1 + 400 \Rightarrow i_1 = \frac{800}{3}.$$

O percentual de carga total do Gerador 2 (β_{G2}) é dado por:

$$\beta_{G2} = 100 \cdot \frac{i_2}{i_{total}} \Rightarrow \beta_{G2} = 100 \cdot \frac{400}{\frac{2000}{3}} \Rightarrow \boxed{\beta_{G2} = 60\%}$$

O restante corresponde à porcentagem fornecida pelo Gerador 1 (β_{G1}).

$$\beta_{G1} = 100\% - 60\,\% \Rightarrow \boxed{\beta_{G1} = 40\%}$$

c) A potência dissipada em cada resistência interna pode ser calculada da seguinte forma:

$$P_{dis} = i^2 \cdot r$$

Gerador 1:

$$P_{1dis} = i_1^2 \cdot r_1 \Rightarrow P_{1dis} = \left(\frac{800}{3}\right)^2 \cdot 15 \Rightarrow \boxed{P_{1dis} = \frac{3200}{3}\ \text{kW}}$$

Gerador 2:

$$P_{2dis} = i_2^2 \cdot r_2 \Rightarrow P_{2dis} = 400^2 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{P_{2dis} = 800\ \text{kW}}$$

d) Para encontrarmos as potências fornecidas aos geradores pelas máquinas térmicas necessitamos encontrar agora as potências fornecidas pelos geradores para a saída.

$$P_{útil} = U \cdot i$$

Gerador 1:

$$P_{1útil} = 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{800}{3} \Rightarrow P_{1útil} = \frac{8000}{3}\ \text{kW}$$

Gerador 2:

$$P_{2útil} = 10 \cdot 10^3 \cdot 400 \Rightarrow P_{2útil} = 4000\ \text{kW}$$

As potências recebidas pelos geradores é a soma das potências fornecidas por eles à saída com as potências dissipadas em suas resistências internas:

$$P_G = P_{útil} + P_{dis}$$

Gerador 1:

$$P_{G1} = \frac{8000}{3} + \frac{3200}{2} \Rightarrow \boxed{P_{G1} = \frac{11200}{3}\ \text{kW}}$$

Gerador 2:

$$P_{G2} = 4000 + 800 \Rightarrow \boxed{P_{G2} = 4800\ \text{kW}}$$

e) O rendimento do sistema é a razão entre a potência de saída e a potência de entrada. Para calcularmos a potência de entrada devemos utilizar os dados a respeito da máquina térmica MT1. É importante notar que o rendimento da máquina térmica MT2 não influi no rendimento total do sistema, visto que MT2 é alimentada pela energia desperdiçada em MT1.

O rendimento da maquina térmica MT1 é dado por:

$$\eta_{MT1} = 0{,}35 \cdot \left(1 - \frac{T_F}{T_Q}\right) \Rightarrow \eta_{MT1} = 0{,}35 \cdot \left(1 - \frac{300 + 273}{800 + 273}\right) \Rightarrow$$
$$\eta_{MT1} \cong 0{,}163$$

Desse modo, sabe-se que:

$$\eta_{MT1} = \frac{P_{G1}}{P_{entrada}} \Rightarrow P_{entrada} = \frac{11200/3}{0{,}163} \Rightarrow$$
$$P_{entrada} \cong 22900\ \text{kW}$$

Então, o rendimento total da planta é:

$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} \Rightarrow \eta = \frac{20000/3}{22900} \Rightarrow \boxed{\eta \cong 0{,}29}$$

Equipe desta resolução

Física

Danilo José de Lima
Luiz Salles de Carvalho
Vinício Merçon Poltronieri

Revisão

Edson Vilela Gadbem
Eliel Barbosa da Silva
Fabiano Gonçalves Lopes
Felipe Eboli Sotorilli

Digitação, Diagramação e Publicação

Allan Cavalcanti de Moura
Lucas Rubi Rosa