



Olimpíada Brasileira de Física 2003 - 2ª Fase *Gabarito Comentado para a prova de 3º ano*

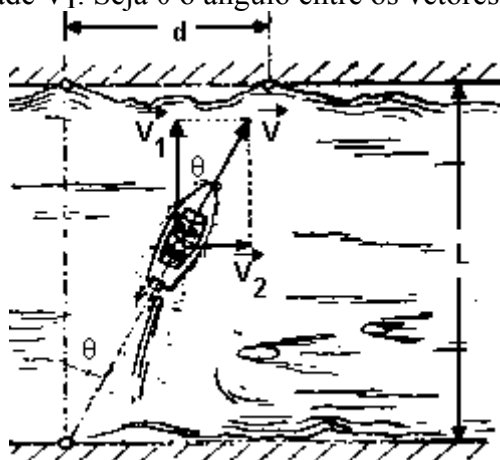
Observações:

1 – A prova tem valor total de 44 pontos. Cada questão tem valor total de **6 pontos**. A questão 7 tem valor de **2 pontos**, porque parte dela foi anulada devido a um erro nos valores fornecidos (vide a resolução). Se a questão for dividida em itens, o valor total foi dividido igualmente entre os itens.

QUESTÃO 1 (6 pontos) – O objetivo desta questão é a determinação da potência desenvolvida pelo motor durante a travessia. Para determinar a potência do motor, P , é necessário determinar o módulo da velocidade do barco, V_1 .

São dados do problema: $V_2 = 8,0 \text{ km/h}$; $L = 720 \text{ m}$; $D = 160 \text{ m}$ e $F_{\text{motor}} = 1,47 \times 10^3 \text{ N}$

- Determinação da velocidade V_1 . Seja θ o ângulo entre os vetores V_1 , V (vide figura abaixo):



$$\operatorname{tg} \theta = \frac{V_2}{V_1} = \frac{8}{V_1} \quad (1)$$

O ângulo θ também é o ângulo entre a largura, L , e o vetor velocidade, V .

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{d}{L} = \frac{160}{720} = \frac{2}{9} \quad (2)$$

Igualando (1) e (2), determina-se a velocidade V_1 :

$$V_1 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s} \quad (3)$$

A potência do motor do barco é dada pela expressão:

$$P_{\text{motor}} = F V_1$$

$$P_{\text{motor}} = 1,47 \times 10^3 \times 10$$

$$P_{\text{motor}} = 14,7 \times 10^3 \text{ W} = \mathbf{14,7 \text{ kW}}$$

- **Forma alternativa de resolução:**

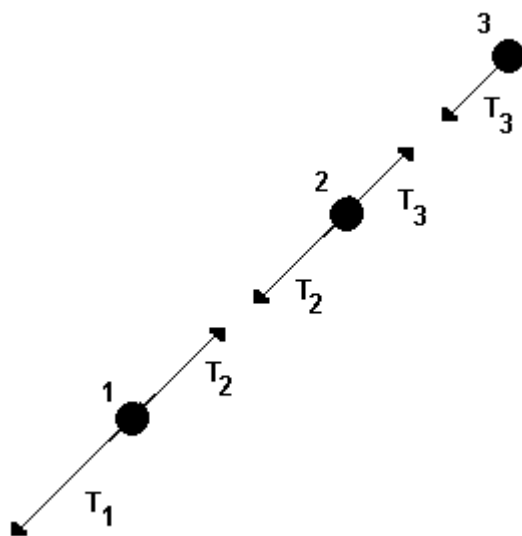
Determinada a velocidade do barco V_1 , o aluno poderia ter determinado o tempo total gasto pelo barco durante a travessia do rio e a partir deste determinar a trabalho realizado pelo motor e a potência desenvolvida:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{F.L.\cos\theta}{\Delta t} = \frac{1,47 \times 10^3 \times 720 \times 1}{72} = 14,7 \text{ kW}$$

QUESTÃO 2 (6 pontos) - O problema deveria ter sido resolvido a partir da determinação das trações que atuam em cada massa a partir da força centrípeta.

Dados do problema: $m = 0,10 \text{ kg}$; $L = 1 \text{ m}$

As forças que atuam sobre cada bola na direção do raio, estão indicadas na figura abaixo:



a) Trações nas cordas quando a velocidade da bola da extremidade é igual a $6,0 \text{ m/s}$.

Tração na corda 3:

Isolando a bola 3, a força centrípeta é a tração na corda, T_3 .

$$T_3 = m a_c = m V^2 / R$$

Substituindo os valores numéricos:

$$T_3 = 0,10 \cdot 6,0^2 / 3$$

$$\mathbf{T_3 = 1,2 \text{ N}}$$

Para determinar a tração na corda 2, precisamos determinar a velocidade angular, ω , que é a mesma para as três bolas:

$$\omega = V / R, \text{ portanto } \omega = 6,0 / 3,0 = 2,0 \text{ rad / s}$$

Sobre a bola 2 estão sendo exercidas as trações, T_2 e T_3 , na direção do raio. A resultante destas trações é força centrípeta que está atuando na bola 2:

$$F_c = T_2 - T_3 = m a_c = m \omega^2 L_2$$

$$T_2 = T_3 + m \omega^2 L_2$$

$$T_2 = 1,2 + 0,10 \cdot 2,0^2 \cdot 2,0$$

$$\mathbf{T_2 = 2,0 \text{ N}}$$

Tração na corda 1:

Sobre a bola 1 estão sendo exercidas as trações, T_1 e T_2 , na direção do raio. A resultante destas trações é força centrípeta que está atuando na bola 1:

$$T_1 - T_2 = m \omega^2 L_1$$

$$T_1 = T_2 + m \omega^2 L_1$$

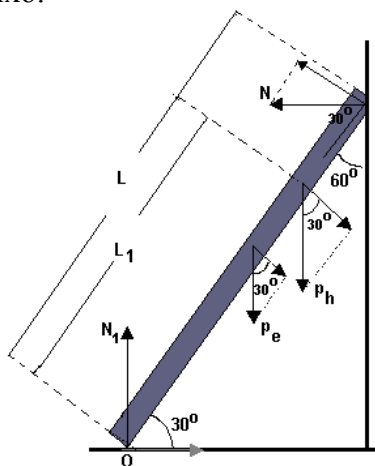
$$T_1 = 2,0 + 0,10 \cdot 2,0^2 \cdot 1,0$$

$$\mathbf{T_1 = 2,4 \text{ N}}$$

- b) A corda que romperá primeiro é a corda que une o centro do círculo à bola 1, porque sobre ela atua uma tração maior do que nas outras, de acordo com o resultado do item anterior.

QUESTÃO 3 (6 pontos) – O problema proposto é um problema clássico de estática. Além do equilíbrio das forças (condição de equilíbrio de translação) que atuam na escada é necessário aplicar o equilíbrio dos momentos (equilíbrio de rotação).

Dados do problema: $L = 3,60 \text{ m}$; $L_1 = 3,0 \text{ m}$; $m_e = 40 \text{ kg}$ e $m_h = 70 \text{ kg}$. O diagrama de forças está indicado na figura abaixo:



a) A força normal (N) que a parede exerce sobre a escada

Aplicando a 2ª condição de equilíbrio, equilíbrio de rotação, que considera que a soma dos momentos das forças que atuam em um corpo em equilíbrio de rotação é nula:

$$\Sigma M = 0,$$

e considerando o eixo de rotação passando pela extremidade inferior (O) da escada:

$$\Sigma M = N \sin 30^\circ L - m_h g \cos 30^\circ L_1 - m_e g \cos 30^\circ L/2 = 0 \quad (1)$$

Convenção adotada: sentido horário → momento negativo

sentido anti-horário → momento positivo

substituindo-se os valores numéricos:

$$N \cdot 0,50 \cdot 3,60 - 70 \cdot 10 \cdot 0,87 \cdot 3,00 - 40 \cdot 10 \cdot 0,87 \cdot 1,80 = 0$$

Obtém-se para o valor da normal, N:

$$N = 1363,5 \text{ N (2 pontos)}$$

b) Força normal (N₁) que o chão exerce sobre a escada

Aplicando a 1ª condição de equilíbrio, equilíbrio de translação, em que a resultante das forças que atuam na escada é nula.

Na direção Y, tem-se que:

$$\Sigma F_y = N_1 - m_h g - m_e g = 0 \quad (2)$$

$$N_1 = (m_h + m_e) g$$

Substituindo os valores numéricos:

$$N_1 = (40 + 70) 10$$

$$N_1 = 1100 \text{ N}$$

c) Força de atrito entre a escada e o chão:

Aplicando a 1ª condição de equilíbrio na direção x:

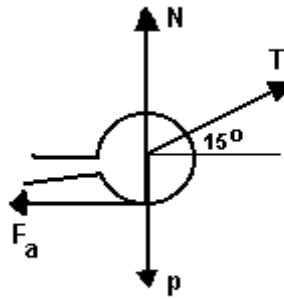
$$\Sigma F_x = N - F_a = 0 \quad (3)$$

$$F_a = N = 1363,5 \text{ N}$$

QUESTÃO 4 (6 pontos) - A tração só será transmitida ao pescoço quando a sua componente horizontal for suficiente para superar a força de atrito entre a cabeça e o seu apoio.

Dados: $p = 40 \text{ N}$ (peso da cabeça); $\mu = 0,20$; $\sin 15^\circ = 0,26$; $\cos 15^\circ = 0,96$

As forças que atuam na cabeça são: a força de atrito, F_a , e a força de tração que a corda exerce, T (figura abaixo).



Aplicando a 1ª condição de equilíbrio (equilíbrio de translação) – iminência de movimento:

$$\Sigma F_x = T \cos 15^\circ - F_a = 0$$

$$T \cos 15^\circ - \mu N = 0 \quad (4)$$

$$\Sigma F_y = N + T \sin 15^\circ - p = 0$$

$$N = p - T \sin 15^\circ \quad (5)$$

Substituindo-se (5) em (4):

$$T \cos 15^\circ + \mu (p - T \sin 15^\circ) - p = 0$$

$$T = \mu p / (\cos 15^\circ + \mu \sin 15^\circ)$$

$$T = 0,20 \cdot 40 / (0,96 + 0,20 \cdot 0,26)$$

$$\mathbf{T = 8,0 \text{ N}}$$

Isolando o bloco suspenso, as forças que atuam sobre o bloco estão mostradas na figura abaixo:



Aplicando a 1ª condição de equilíbrio:

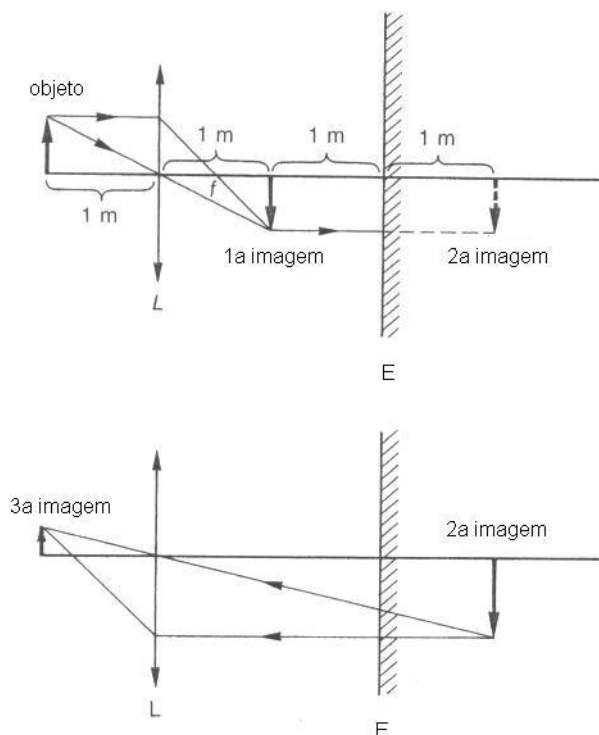
$$\Sigma F_y = T - P = 0$$

$$\mathbf{P = T = 8,0 \text{ N}}$$

Conclusão: o peso mínimo necessário é de 8,0 N, para que a tração comece a ser transferida para o pescoço do paciente.

QUESTÃO 5 (6 pontos) – A questão proposta, aborda conceitos básicos de formação de imagens em sistema ópticos. A forma mais simples de resolver o problema é traçando um esboço do sistema e das imagens formadas.

Esboço do esquema proposto para o sistema (corresponde ao item c).



a) No sistema proposto são formadas 3 imagens. A terceira imagem é formada a partir da 2ª imagem formada pelo espelho plano.

b) Propriedades das imagens:

1ª - real, invertida a 1 m da lente.

2ª - virtual, invertida a 1m do espelho.

3ª - real, direita a 0,6 m da lente.

QUESTÃO 6 (6 pontos) – Para a resolução deste problema é necessário a determinação da energia gasta para a elevação da temperatura do quarto, levando-se em conta a eficiência de aquecimento.

O volume de ar contido no quarto é de:

$$V = 4 \times 5 \times 2,5 = 50 m^3$$

A quantidade de calor absorvida é dada por:

$$Q = VC_A \Delta t \quad (1)$$

então:

$$Q = 50 \times 1500 \times (20 - 10) = 7,5 \times 10^5 J$$

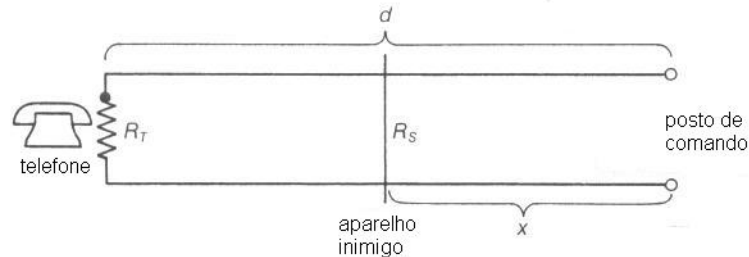
Como a eficiência de aquecimento é de 75%, há um acréscimo na energia necessária para o aquecimento:

$$E = Q/0,75 = 10^6 J \quad (2)$$

O tempo necessário será então:

$$\Delta t = \frac{E}{P} = 10^3 \text{ seg.} = 16,7 \text{ min.}$$

QUESTÃO 7 (2 pontos) – Devido a uma falha nos dados fornecidos, o resultado final para x não pode ser determinado dentro do intervalo considerado para o comprimento do fio. Neste caso os pontos que foram concedidos à questão, correspondem à formulação inicial do problema, basicamente a proposta do esquema e à determinação das equações (1) e (2).



Com o telefone conectado teremos para o circuito equivalente:

$$R_c = 2xr + R_A \quad (1)$$

onde a resistência R_A é determinada a partir de:

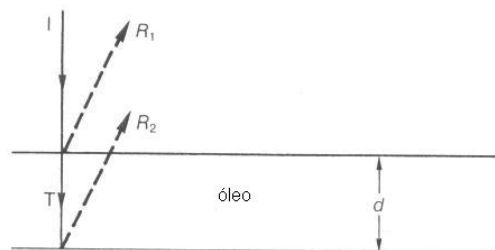
$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_T + 2(d-x)r}$$

e com o telefone desconectado o circuito equivalente se reduz a:

$$R_d = 2xr + R_S \quad (2)$$

QUESTÃO 8 (6 pontos) – A questão trata da interferência dos raios de luz refletidos na superfície superior e inferior de uma película de óleo sobre uma superfície refletora

a) A fração R_1 do raio incidente é refletida na interface óleo-ar. A luz que atravessa a película, fração R_2 , propaga-se dentro da película de óleo – vide figura abaixo.



Para que haja interferência (construtiva e/ou destrutiva) devemos ter as seguintes condições:

$\Delta\phi = 2d(2\pi/\lambda')$ (diferença de caminho óptico entre os feixes),

onde $\lambda' = \lambda/n$ (comprimento de onda da luz no óleo)

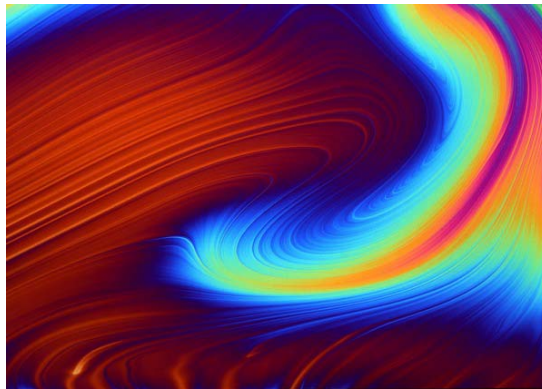
- para que haja interferência construtiva $\Delta\phi = 2\pi$ (valor mínimo para d), logo:

$$\frac{4\pi d}{\lambda/1,25} = 2\pi, \text{ logo } d = 2/5\lambda$$

- para que haja interferência destrutiva $\Delta\phi = \pi$ (valor mínimo para d), logo:

$$\frac{4\pi d}{\lambda / 1,25} = \pi, \text{ logo } d = 1/5\lambda$$

b) O fenômeno físico envolvido neste problema é o da **interferência**. Este fenômeno pode ser facilmente observado no chão de postos de gasolina. Quando um pouco de óleo cai sobre uma superfície com água, este forma uma fina película, e partir desta observam-se anéis coloridos, que na realidade são figuras de interferência. A separação em cores é devido ao fato da luz não ser monocromática, da dependência do índice de refração do óleo com a frequência da luz incidente e da variação de espessura do filme de óleo. O item b) poderia ser respondido sem a resolução do item a).



Padrões de interferência de uma película de óleo sobre água