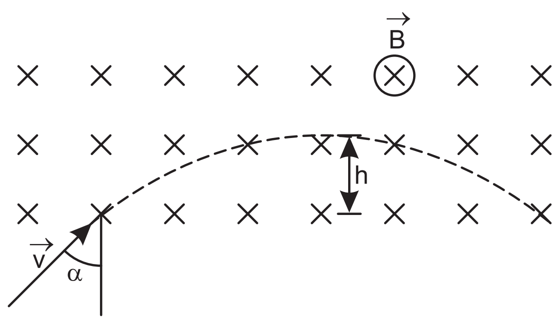
OBJETIVO

ITA
Física
Livro do Professor
12

MÓDULO 45

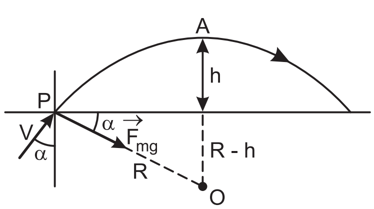
Eletromagnetismo I

1. **(ITA-94)** – Um elétron (massa *m* e carga *–e*) com uma velocidade de módulo *V* penetra na região de um campo magnético homogêneo de indução $\vec{B}$ perpendicularmente à direção do campo, como mostra a figura. A profundidade máxima **h** de penetração do elétron na região do campo é



a) h = Vm (1 – cos α) / (eB)
b) h = Vm (1 – sen α) / (eB)
c) h = Vm (1 + sen α) / (eB)
d) h = Vm ($\cos^2$ α) / (2 eB)
e) h = Vm [1 – $(\cos\alpha)^2/2$] / (eB)

RESOLUÇÃO:



$$R = \frac{m \cdot V}{e\,B}$$

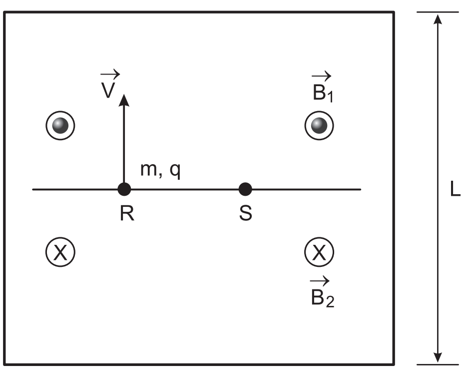
$$\text{sen}\,\alpha = \frac{R - h}{R}$$

R – h = R . sen α
h = R (1 – sen α)

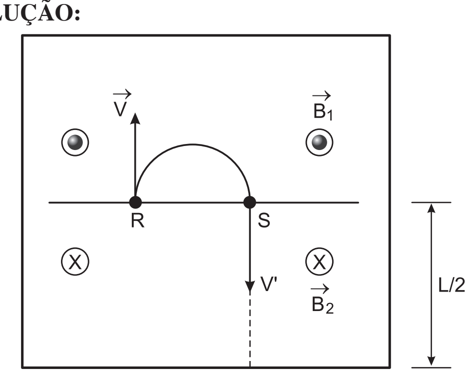
$$\boxed{h = \frac{m\,V}{e\,B}(1 - \text{sen}\,\alpha)}$$

Resposta: B

2. **(ITA-2007)** – A figura mostra uma região de superfície quadrada de lado L na qual atuam campos magnéticos B_1 e B_2 orientados em sentidos opostos e de mesma magnitude B. Uma partícula de massa m e carga q > 0 é lançada do ponto R com velocidade perpendicular às linhas dos campos magnéticos. Após um certo tempo de lançamento, a partícula atinge o ponto S e a ela é acrescentada uma outra partícula em repouso, de massa m e carga –q (choque perfeitamente inelástico). Determine o tempo total em que a partícula de carga q > 0 abandona a superfície quadrada.



RESOLUÇÃO:



Na região superior, a partícula descreve uma semicircunferência em um intervalo de tempo Δt_1 dado por:

$$\Delta t_1 = \frac{T}{2} = \frac{2\pi m / |q| B}{2}$$

$$\boxed{\Delta t_1 = \frac{\pi m}{q\,B}}$$

No choque inelástico, temos:

$$Q_{antes} = Q_{depois}$$
m v = (m + m) v'
v' = v/2

Após o choque inelástico, a carga total do sistema é nula e as partículas realizarão um movimento retilíneo uniforme, percorrendo $\frac{L}{2}$ em um intervalo de tempo Δt_2.

$$\Delta t_2 = \frac{L/2}{v'}$$

$$\Delta t_2 = \frac{L/2}{v/2}$$

$$\boxed{\Delta t_2 = \frac{L}{v}}$$

Assim, o intervalo do tempo total para a partícula abandonar a superfície quadrada é:

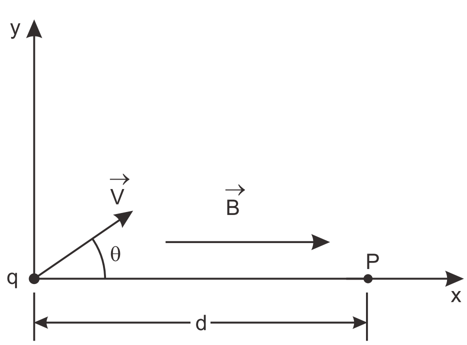
$\Delta t_{total} = \Delta t_1 + \Delta t_2$

$$\boxed{\Delta t_{total} = \frac{\pi m}{q\,B} + \frac{L}{v}}$$

Nota: Admitimos que a linha que passa pelos pontos R e S divide a caixa ao meio.

Resposta: $\boxed{\Delta t_{total} = \frac{\pi m}{q\,B} + \frac{L}{v}}$

3. **(ITA-2007)** – A figura mostra uma partícula de massa m e carga q > 0, numa região com campo magnético $\vec{B}$ constante e uniforme, orientado positivamente no eixo x. A partícula é então lançada com velocidade inicial $\vec{v}$ no plano xy, formando o ângulo θ indicado, e passa pelo ponto P, no eixo x, a uma distância d do ponto de lançamento.



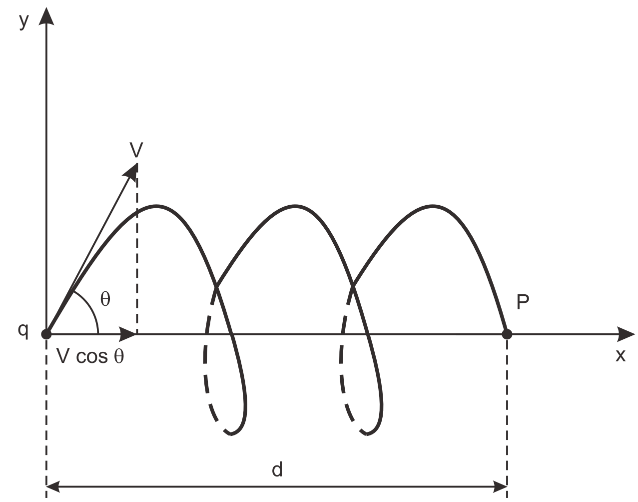
Assinale a alternativa correta.

a) O produto d q B deve ser múltiplo de 2 π m v cos θ.
b) A energia cinética da partícula é aumentada ao atingir o ponto P.
c) Para θ = 0°, a partícula desloca-se com movimento uniformemente acelerado.
d) A partícula passa pelo eixo x a cada intervalo de tempo igual a m/qB.
e) O campo magnético não produz aceleração na partícula.

RESOLUÇÃO:

a) Correta

A partícula descreve um movimento helicoidal uniforme de período $T = \frac{2\pi m}{qB}$



Ao atingir o ponto P, transcorreu um intervalo de tempo Δt, que é múltiplo do período T:

$\Delta t = K \cdot T \ (K \in \mathbb{Z})$

A distância d é percorrida com velocidade v . cos θ no intervalo de tempo Δt:

$d = v \cdot \cos\theta \cdot \Delta t$

$d = v \cdot \cos\theta \cdot K \cdot T$

$d = v \cdot \cos\theta \cdot K \cdot \frac{2\pi m}{qB}$

$dqB = K \cdot 2\pi m \cdot v \cdot \cos\theta$

Portanto, o produto dqB é um múltiplo de $2\pi m \cdot v \cdot \cos\theta$

b) Errada

Sendo o movimento uniforme, concluímos que a energia cinética da partícula é constante.

c) Errada.

Para θ = 0°, o movimento é retilíneo e uniforme.

d) Errada.

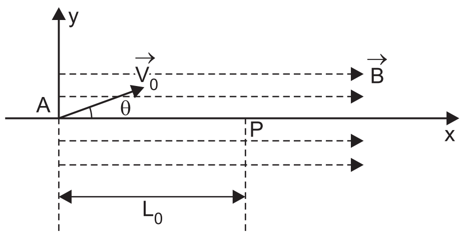
A partícula passa pelo eixo x a cada intervalo de tempo igual a um período $\left(T = \frac{2\pi m}{qB}\right)$.

e) Errada.

A aceleração da partícula é centrípeta.

Resposta: A

4. **(FUVEST-SP)** – Um próton de massa $M \cong 1{,}6 \cdot 10^{-27}$kg, com carga elétrica $Q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$C, é lançado em A, com velocidade $\vec{V}_0$, em uma região onde atua um campo magnético uniforme $\vec{B}$, na direcão x. A velocidade V_0, que forma um ângulo θ com o eixo x, tem componentes $V_{0x} = 4{,}0 \cdot 10^6$ m/s e $V_{0y} = 3{,}0 \cdot 10^6$ m/s. O próton descreve um movimento em forma de hélice, voltando a cruzar o eixo x, em P, com a mesma velocidade inicial, a uma distância $L_0 = 12$ m do ponto A. Desconsiderando a acão do campo gravitacional e utilizando $\pi \cong 3$, determine



a) O intervalo de tempo Δt, em s, que o próton leva para ir de A a P.
b) O raio R, em m, do cilindro que contém a trajetória em hélice do próton.
c) A intensidade do campo magnético $\vec{B}$, em tesla, que provoca esse movimento.

Uma partícula com carga Q, que se move em um campo B, com velocidade V, fica sujeita a uma força de intensidade $F = Q \cdot V_n \cdot B$, normal ao plano formado por $\vec{B}$ e $\vec{V}_n$, sendo $\vec{V}_n$ a componente da velocidade $\vec{V}$ normal a $\vec{B}$.

RESOLUÇÃO:

a) **O movimento resultante do próton é a composição de um movimento circular uniforme de velocidade V_{0y} com um movimento retilíneo e uniforme de velocidade V_{0x}.**

De $V_{0x} = \dfrac{L_0}{\Delta t}$ **, vem:**

$$4{,}0 \cdot 10^6 = \frac{12}{\Delta t}$$

$$\boxed{\Delta t = 3{,}0 \cdot 10^{-6}\text{s}}$$

b) **No mesmo intervalo de tempo Δt anteriormente calculado, o próton descreve uma circunferência de raio R, com velocidade V_{0y}:**

De $V_{0y} = \dfrac{2\pi R}{\Delta t}$ **, vem:**

$$3{,}0 \cdot 10^6 = \frac{2 \cdot 3 \cdot R}{3{,}0 \cdot 10^{-6}}$$

$$\boxed{R = 1{,}5 \text{ m}}$$

c) **No movimento circular, uniforme a força magnética é centrípeta:**

$$F_m = F_{cp}$$

$$Q \cdot V_{0y} \cdot B = m \cdot \frac{V_{0y}^2}{R}$$

$$B = \frac{m \cdot V_{0y}}{Q \cdot R}$$

$$B = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-27} \cdot 3{,}0 \cdot 10^6}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}5} \text{ (T)}$$

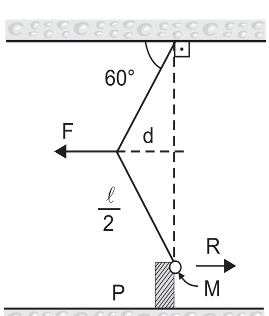
$$\boxed{B = 2{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ T}}$$

Respostas: **a) $3{,}0 \cdot 10^{-6}$s**
b) 1,5 m
c) $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ T

MÓDULO 46

Estática I

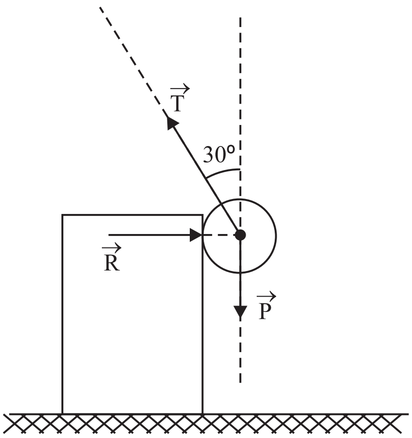
1. **(ITA)** – Na figura abaixo, a massa esférica **M** pende de um fio de comprimento ℓ, mas está solicitada para a esquerda por uma força horizontal constante de intensidade **F** que mantém a massa apoiada contra uma parede vertical **P**, sem atrito.



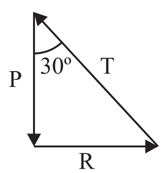
Determine os valores de **F** e de **R** (intensidade da reação da parede). (0 raio da esfera << ℓ.)

	F	**R**
a)	$\dfrac{2\,Mg\sqrt{3}}{3}$	$\dfrac{Mg\sqrt{3}}{3}$
b)	$\dfrac{8\,Mg\sqrt{3}}{3}$	$\dfrac{8\,Mg\sqrt{3}}{3}$
c)	$\dfrac{4\,Mg\sqrt{3}}{3}$	$\dfrac{Mg\sqrt{3}}{3}$
d)	$\dfrac{8\,Mg\sqrt{3}}{3}$	$\dfrac{4\,Mg\sqrt{3}}{3}$
e)	$Mg\sqrt{3}$	$\dfrac{Mg\sqrt{3}}{3}$

RESOLUÇÃO:



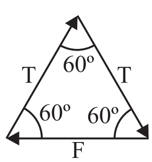
(1)



$$\text{tg } 30° = \frac{R}{P}$$

$$\boxed{R = Mg\,\frac{\sqrt{3}}{3}}$$

(2)



$$\text{sen } 30° = \frac{R}{T}$$

$$T = \frac{R}{\text{sen } 30°}$$

Mas F = T, assim

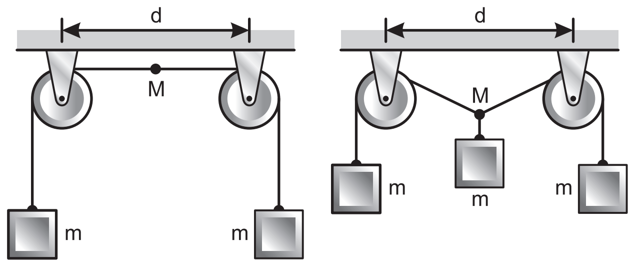
$$F = \frac{R}{\text{sen } 30°}$$

$$F = \frac{Mg\,\frac{\sqrt{3}}{3}}{\frac{1}{2}}$$

$$\boxed{F = 2Mg\,\frac{\sqrt{3}}{3}}$$

Resposta: A

2. **(AFA-2008)** – A figura abaixo apresenta dois corpos de massa m suspensos por fios ideais que passam por roldanas também ideais. Um terceiro corpo, também de massa m, é suspenso no ponto médio M do fio e baixado até a posição de equilíbrio.



O afastamento do ponto M em relação à sua posição inicial é:

a) $\dfrac{d\sqrt{3}}{6}$

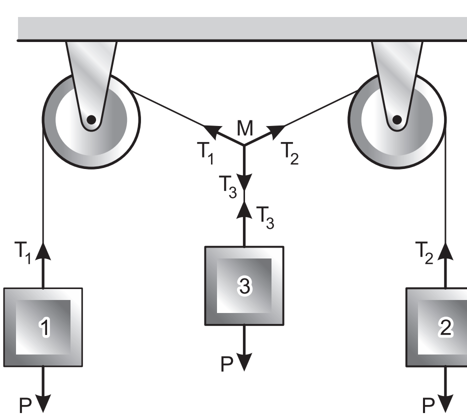
b) $\dfrac{d\sqrt{3}}{4}$

c) $\dfrac{d\sqrt{3}}{4}$

d) $\dfrac{d\sqrt{3}}{2}$

RESOLUÇÃO:

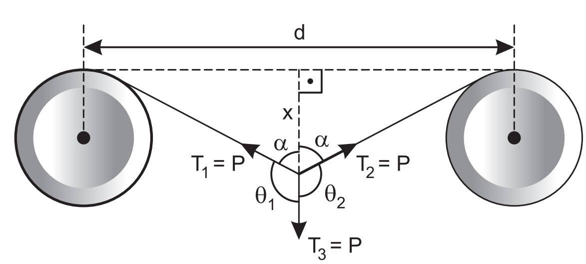
1) Na situação final de equilíbrio, temos:



2) Para o equilíbrio do corpo 1, temos: $T_1 = P$

3) Para o equilíbrio do corpo 2, temos: $T_2 = P$

4)



Como $T_1 = T_2 = T_3 = P$, podemos concluir que $\theta_1 = \theta_2 = 2\alpha = 120°$.

Assim, da figura acima, vem:

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{\frac{d}{2}}{x}$$

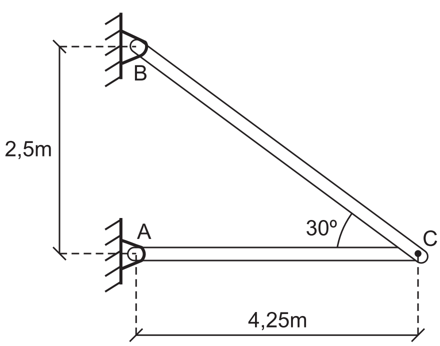
$$x = \frac{d}{2\,\text{tg}\,\alpha}$$

$$x = \frac{d}{2\,\text{tg}\,60°}$$

$$\boxed{x = \frac{d\sqrt{3}}{6}}$$

Resposta: A

3. **(IME-2010)** – A figura mostra duas barras AC e BC que suportam, em equilíbrio, uma força $\vec{F}$ aplicada no ponto C. Para que os esforços nas barras AC e BC sejam, respectivamente, 36N (compressão) e 160N (tração), o módulo e a orientação das componentes vertical e horizontal da força $\vec{F}$ devem ser:



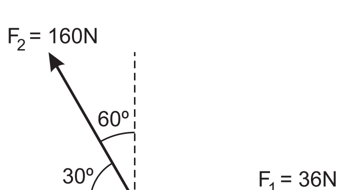
Observação:

Despreze os pesos das barras e adote $\sqrt{3} = 1{,}7$.

a) 80 N (↓), 100 N (→)
b) 100 N (↓), 80 N (→)
c) 80 N (↑), 100 N (←)
d) 100 N (↑), 80 N (←)
e) 100 N (↓), 80 N (←)

RESOLUÇÃO:

1) **De acordo com a lei da ação e reação as forças que as barras exercem no ponto C têm sentidos opostos às forças que elas recebem:**



2) **Decompondo a força F_2:**

$$F_{2x} = F_2 \cos 30° = 160 \,.\, \frac{\sqrt{3}}{2}\ (N) = 136N$$

$$F_{2y} = F_2 \cos 60° = 160 \,.\, \frac{1}{2}\ (N) = 80N$$

3) **A resultante entre $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ terá componentes:**

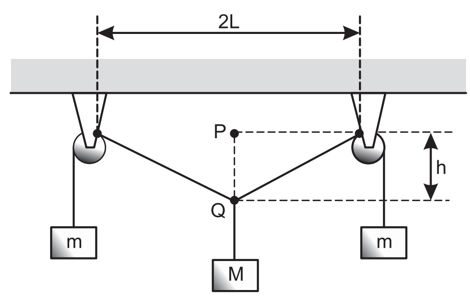
$H_x = F_{2x} - F_1 = 136N - 36N = 100N$ (para a esquerda)

$H_y = F_{2y} = 80N$ (para cima)

4) **Para o equilibrio do ponto C a força $\vec{F}$ a ser aplicada deve ter uma componente horizontal para a direita de intensidade 80N.**

Resposta: A

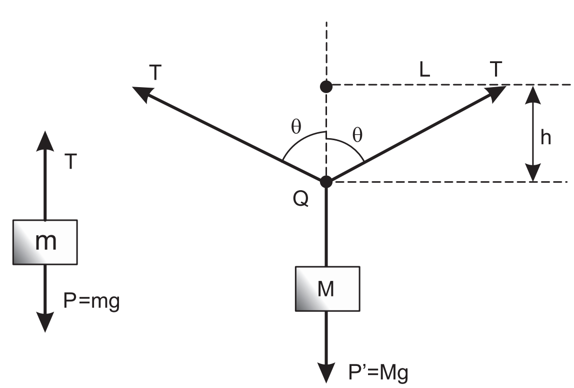
4. **(ITA-2007)** – No arranjo mostrado na figura com duas polias, o fio inextensível e sem peso sustenta a massa M e, também, simetricamente, as duas massas m, em equilíbrio estático.



Desprezando o atrito de qualquer natureza, o valor h da distância entre os pontos P e Q vale

a) $ML/\sqrt{4m^2 - M^2}$.
b) L
c) $ML/\sqrt{M^2 - 4m^2}$.
d) $mL/\sqrt{4m^2 - M^2}$.
e) $ML/\sqrt{2m^2 - M^2}$.

RESOLUÇÃO:



1) **Para o equilíbrio do bloco m:**
T = P = mg

2) **Para o equilíbrio do bloco M:**
$2T \cos\theta = P'$
$2\,mg \cos\theta = Mg$

$$\boxed{\cos\theta = \frac{M}{2m}} \quad (1)$$

3) **Da figura:**

$$\cos\theta = \frac{h}{\sqrt{h^2 + L^2}} \quad (2)$$

Comparando-se (1) e (2), vem:

$$\frac{M}{2m} = \frac{h}{\sqrt{h^2 + L^2}}$$

$$\frac{M^2}{4m^2} = \frac{h^2}{h^2 + L^2}$$

$$h^2 M^2 + M^2 L^2 = h^2\, 4m^2$$

$$h^2(4m^2 - M^2) = M^2 L^2$$

$$\boxed{h = \frac{M\,L}{\sqrt{4m^2 - M^2}}}$$

Resposta: A

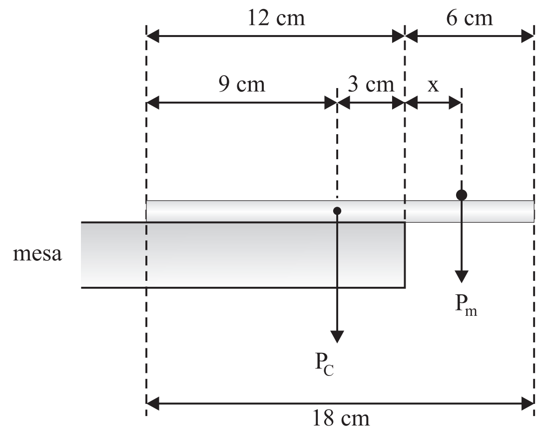
MÓDULO 47

Estática II

1. **(ITA)** – Um canudinho de refresco de massa M e comprimento L ≅ 18cm acha-se apoiado na borda de uma mesa, com dois terços de seu comprimento jazendo sobre a mesa. Um mosquito de massa M' = 0,75M parte do repouso caminhando sobre o canudinho, com velocidade constante v ≅ 2,5 mm/s da extremidade do canudinho apoiada sobre a mesa para a extremidade livre. (t) s após o mosquito ter iniciado seu movimento, o canudinho cairá. Isto ocorre para t igual a:

a) 70s b) 64s c) 62s d) 52s
e) o canudinho não cairá, porque a massa do mosquito é insuficiente para isto.

RESOLUÇÃO:



(1) $M_c = M_m$

$P_c \,.\, 3 = P_m \,.\, x$

$Mg \,.\, 3 = M' g\, x$

$M \,.\, 3 = 0{,}75M\, x$

$x = 4cm$ (40mm)

(2) $V = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{120 + x}{\Delta t}$

$2{,}5 = \dfrac{120 + 40}{\Delta t}$

$$\boxed{\Delta t = 64s}$$

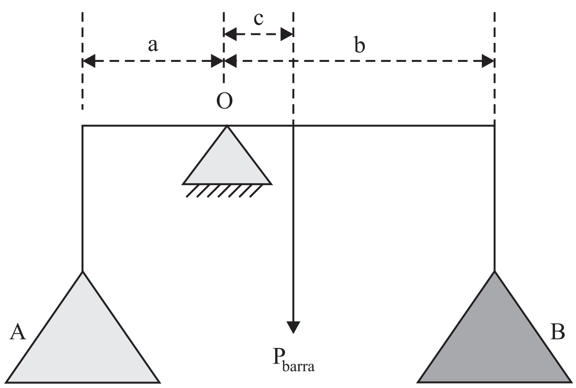
Resposta: B

2. **(ITA-97)** – Um corpo de massa **m** é colocado no prato A de uma balança de braços desiguais e equilibrado por uma massa **p** colocada no prato B. Esvaziada a balança, o corpo de massa **m** é colocado no prato B e equilibrado por uma massa **q** colocada no prato A. O valor da massa **m** é:

a) p q   b) $\sqrt{p\,q}$ c) $\dfrac{p+q}{2}$

d) $\sqrt{\dfrac{p+q}{2}}$ e) $\dfrac{p\,q}{p+q}$

RESOLUÇÃO:



Com os pratos vazios, o equilíbrio da balança nos permite escrever:
$(\Sigma\ \text{Momentos})_{\text{ponto O}} = 0$

$$m_A\, g\, a = m_B\, g\, b + m_{barra}\, g\, c$$

$$\boxed{m_A a = m_B b + m_{barra} \cdot c} \quad \text{(I)}$$

Com o corpo no prato A, vem:

$$m_A g\, a + m\, g\, a = m_B\, g\, b + p \cdot g\, b + m_{barra} \cdot g \cdot c$$

$$\boxed{m_A a + ma = m_B b + p\, b + m_{barra} \cdot c} \quad \text{(II)}$$

De I e II, vem: $\boxed{ma = p\, b}$ (α)

Com o corpo no prato B, vem:

$$m_A\, g\, a + q\, g\, a = m_B\, g\, b + m\, g\, b + m_{barra} \cdot g \cdot c$$

$$\boxed{m_A a + q \cdot a = m_B \cdot b + m\, b + m_{barra} \cdot c} \quad \text{(III)}$$

De I e III, vem:

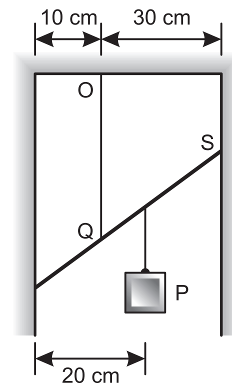
$$\boxed{q \cdot a = m\, b} \quad (\beta)$$

Dividindo membro a membro as relações (α) e (β), vem:

$$\frac{m}{q} = \frac{p}{m} \Rightarrow m^2 = p\,q \Rightarrow \boxed{m = \sqrt{p\,q}}$$

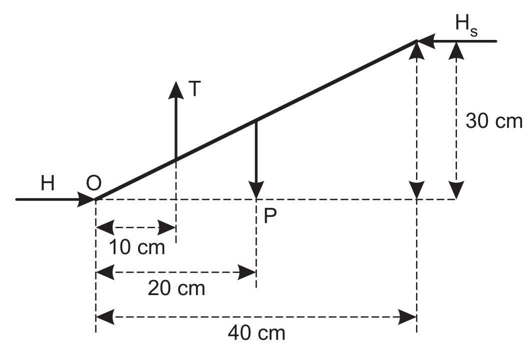
Resposta: B

3. **(ITA-2008)** – A figura mostra uma barra de 50cm de comprimento e massa desprezível, suspensa por uma corda OQ, sustentando um peso de 3000N no ponto indicado. Sabendo-se que a barra se apóia sem atrito nas paredes do vão, a razão entre a tensão na corda e a reação na parede no ponto S, no equilíbrio estático, é igual a



a) 1,5   b) 3,0   c) 2,0
d) 1,0   e) 5,0

RESOLUÇÃO:



1) Na direção vertical, temos: T = P = 3000N.
2) Para o equilíbrio da barra, o somatório dos torques em relação ao ponto O deve ser nulo:

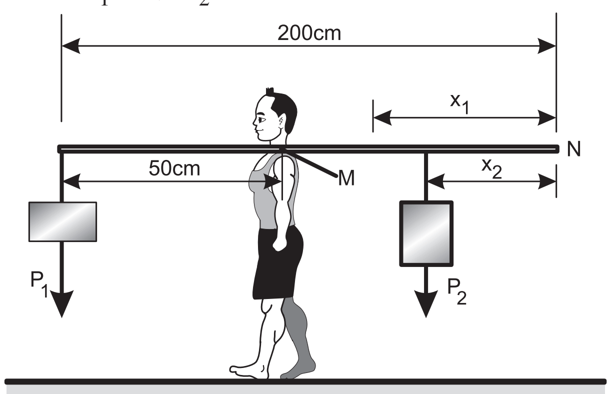
$$P \cdot d_p = T \cdot d_T + H_s \cdot d_H$$
$$3000 \cdot 20 = 3000 \cdot 10 + H_s \cdot 30$$
$$2000 = 1000 + H_s$$
$$H_s = 1000N$$

A razão:

$$\frac{T}{H_s} = \frac{3000}{1000} \Rightarrow \frac{T}{H_s} = 3{,}0$$

Resposta: B

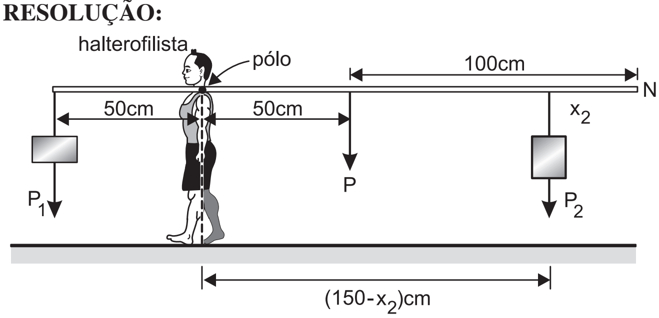
4. **(ITA-2007)** – Na experiência idealizada na figura, um halterofilista sustenta, pelo ponto M, um conjunto em equilíbrio estático composto de uma barra rígida e uniforme, de um peso $P_1 = 100$ N na extremidade a 50 cm de M, e de um peso $P_2 = 60$ N, na posição x_2 indicada. A seguir, o mesmo equilíbrio estático é verificado dispondo-se, agora, o peso P_2 na posição original de P_1, passando este à posição de distância $x_1 = 1{,}6\,x_2$ da extremidade N.



Sendo de 200 cm o comprimento da barra e $g = 10$ m/s^2 a aceleração da gravidade, a massa da barra é de

a) 0,5 kg. b) 1,0 kg. c)1,5 kg.
d) 1,6 kg. e) 2,0 kg.

RESOLUÇÃO:



Na configuração inicial, tomando-se o ombro do halterofilista com o pólo dos momentos, temos:

$50P_1 = 50 \,.\, P + (150 - x_2) \,.\, P_2$

em que P é o peso da barra.

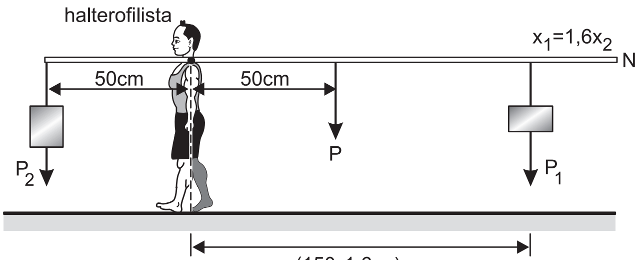
$50 \,.\, 100 = 50 \,.\, P + (150 - x_2) \,.\, 60 \quad (\div 10)$

$500 = 5P + (150 - x_2)\, 6$

$500 = 5P + 900 - 6x_2$

$\boxed{400 + 5P = 6x_2}$ ①

Nova configuração:



Tomando-se, novamente, o ombro do halterofilista como pólo dos momentos, temos:

$50 \,.\, P_2 = 50P + (150 - 1{,}6x_2) \,.\, P_1$

$50 \,.\, 60 = 50P + (150 - 1{,}6x_2) \,.\, 100 \quad (\div 10)$

$300 = 5P + (150 - 1{,}6x_2) \,.\, 10$

$300 = 5P + 1500 - 16x_2$

$\boxed{1200 + 5P = 16x_2}$ ②

Juntando-se as duas equações ① e ②

$$\begin{cases} 1200 + 5P = 16x_2 \\ 400 + 5P = 6x_2 \end{cases} \quad -$$

$$800 + 0 = 10x_2$$

$x_2 = 80$ **cm**

Voltando-se à equação ①

$400 + 5P = 6 \,.\, 80$

$5P = 80$

$P = 16\text{N} \Rightarrow m \,.\, g = 16$

$m = \dfrac{16}{10}$ (kg)

Resposta: D

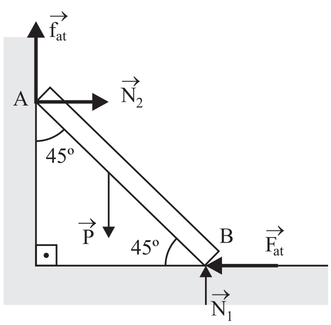
MÓDULO 48

Estática III

1. **(ITA-94)** – Uma barra homogênea de peso **P** tem uma extremidade apoiada num assoalho horizontal e a outra numa parede vertical. O coeficiente de atrito com relação ao assoalho e com relação à parede são iguais a μ. Quando a inclinação da barra com relação à vertical é de 45°, a barra encontra-se na iminência de deslizar.
Podemos então concluir que o valor de μ é:

a) $1 - (\sqrt{2}/2)$ b) $\sqrt{2} - 1$ c) 1/2
d) $\sqrt{2}/2$ e) $2 - \sqrt{2}$

RESOLUÇÃO:



Se a barra está na iminência de escorregar, as forças de atrito terão intensidades dadas por:

$\boxed{F_{at} = \mu N_1}$ **(1)** e $\boxed{f_{at} = \mu N_2}$ **(2)**

Para que a resultante das forças seja nula, devemos ter:

$\boxed{N_2 = F_{at}}$ **(3)** e $\boxed{N_1 + f_{at} = P}$ **(4)**

Para que o momento resultante, em relação ao ponto B, seja nulo, devemos ter:

$$f_{at} \cdot L \cdot \text{sen } 45° + N_2 \cdot L \cdot \cos 45° = P \frac{L}{2} \cos 45°$$

$$\boxed{f_{at} + N_2 = \frac{P}{2}} \quad (5)$$

De (1) e (3), vem: $\mu N_1 = N_2$

De (2) e (4), vem: $N_1 + \mu N_2 = P$

Das quais: $N_1 + \mu^2 N_1 = P \Rightarrow (1 + \mu^2) = \dfrac{P}{N_1}$ **(I)**

De (2) e (5), vem:

$$\mu N_2 + N_2 = \frac{P}{2} \Rightarrow (\mu + 1) N_2 = \frac{P}{2}$$

$$(\mu + 1)\mu N_1 = \frac{P}{2} \Rightarrow 2(\mu + 1)\mu = \frac{P}{N_1} \quad \text{(II)}$$

Comparando (I) e (II), vem:

$$1 + \mu^2 = 2(\mu + 1)\mu \quad \Rightarrow \quad 1 + \mu^2 = 2\mu^2 + 2\mu$$

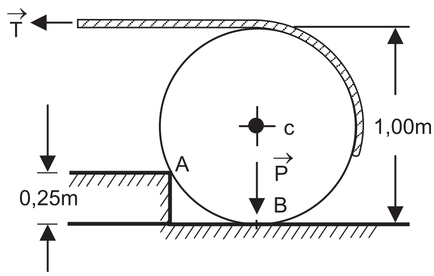
$$\mu^2 + 2\mu - 1 = 0 \quad \Rightarrow \quad \mu = \frac{-2 \pm \sqrt{4 + 4}}{2}$$

$$\mu = \frac{-2 \pm 2\sqrt{2}}{2} \quad \Rightarrow \quad \mu = -1 \pm \sqrt{2}$$

Como μ não pode ser negativo, vem: $\boxed{\mu = \sqrt{2} - 1}$

Resposta: B

2. **(ITA)** – Um toro cilíndrico de madeira de peso P e de 1,00m de diâmetro deve ser erguido por cima de um obstáculo de 0,25m de altura. Um cabo é enrolado ao redor do toro e puxado horizontalmente, como mostra a figura. O canto do obstáculo em A é áspero, assim como a superfície do toro. Nessas condições a tração (T) requerida no cabo e a reação (R) em A, no instante em que o toro deixa de ter contacto com solo, são:



a) $T = P\sqrt{3}$, $R = 2P$

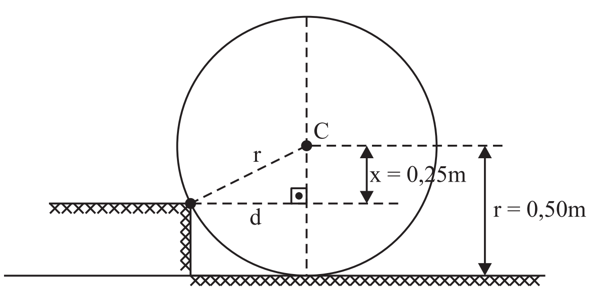
b) $T = P/\sqrt{3}$, $R = 2P/\sqrt{3}$

c) $T = P\sqrt{3}/2$, $R = P\sqrt{7}/2$

d) $T = P/2$, $R = P\sqrt{5}/2$

e) $T = P\sqrt{2}/2$, $R = P\sqrt{3}/\sqrt{2}$

RESOLUÇÃO:



1) Da figura, vem:

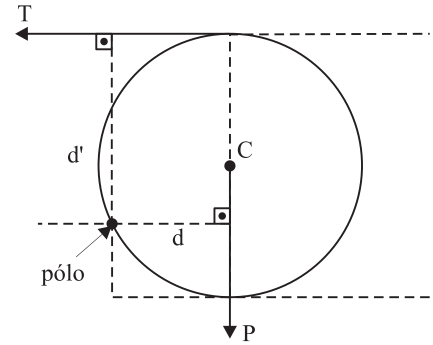
$$r^2 = d^2 + x^2$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = d^2 + \left(\frac{1}{4}\right)^2$$

$$d^2 = \frac{1}{4} - \frac{1}{16}$$

$$\boxed{d = \frac{\sqrt{3}}{4}\,m}$$

2)



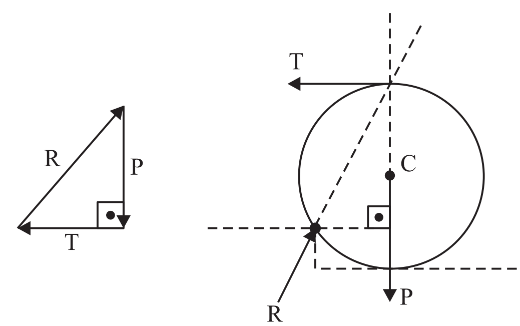
$$M_T = M_P$$

$$T \cdot d' = P \cdot d$$

$$T \cdot \frac{3}{4} = P \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\boxed{T = P\frac{\sqrt{3}}{3}}$$

3)



$$R^2 = T^2 + P^2$$

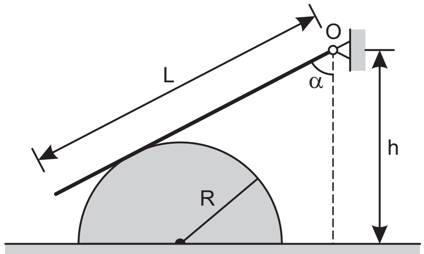
$$R = \sqrt{\left(\frac{P}{\sqrt{3}}\right)^2 + P^2}$$

$$R = \sqrt{\frac{4P^2}{3}}$$

$$\boxed{R = \frac{2P}{\sqrt{3}}}$$

Resposta: B

3. **(ITA-2010)** – Considere um semicilindro de peso P e raio R sobre um plano horizontal não liso, mostrado em corte na figura. Uma barra homogênea de comprimento L e peso Q está articulada no ponto O. A barra está apoiada na superfície lisa do semicilindro, formando um ângulo α com a vertical. Quanto vale o coeficiente de atrito mínimo entre o semicilindro e o plano horizontal para que o sistema todo permaneça em equilíbrio?



a) $\mu = \cos\alpha/[\cos\alpha + 2P(2h/LQ\cos(2\alpha) - R/LQ\ \mathrm{sen}\ \alpha)]$

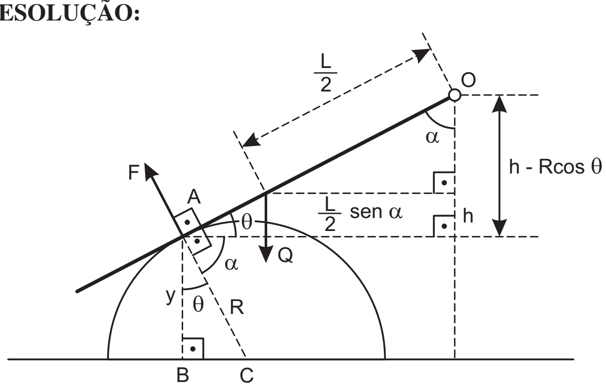
b) $\mu = \cos\alpha/[\cos\alpha + P(2h/LQ\ \mathrm{sen}(2\alpha) - 2R/LQ\cos\alpha)]$

c) $\mu = \cos\alpha/[\mathrm{sen}\ \alpha + 2P\ (2h/LQ\ \mathrm{sen}\ (2\alpha) - R/LQ\cos\alpha)]$

d) $\mu = \mathrm{sen}\ \alpha/[\mathrm{sen}\ \alpha + 2P\ (2h/\ LQ\cos(\alpha) - 2R/\ LQ\cos\alpha)]$

e) $\mu = \mathrm{sen}\ \alpha/[\cos\alpha + P(2h/LQ\ \mathrm{sen}(\alpha) - 2R/LQ\cos\alpha)]$

RESOLUÇÃO:



1) No triângulo ABC: $y = R\cos\theta$

2) A distância $d = AO$ é dada por:

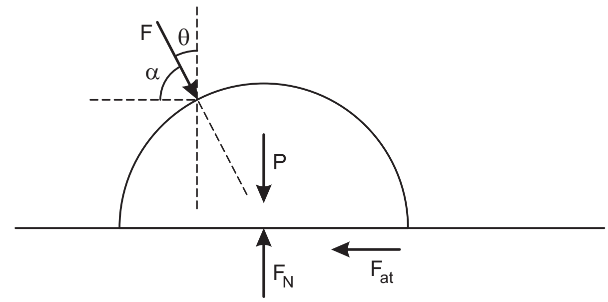
$$\cos\alpha = \frac{h - R\cos\theta}{d} \Rightarrow \boxed{d = \frac{h - R\ \mathrm{sen}\ \alpha}{\cos\alpha}}$$

3) O somatório dos torques em relação ao ponto O deve ser nulo:

$$Q\ .\ \frac{L}{2}\ \mathrm{sen}\ \alpha = F\ .\ \frac{(h - R\ \mathrm{sen}\ \alpha)}{\cos\alpha}$$

$$F = \frac{Q\ L\ \mathrm{sen}\ \alpha\cos\alpha}{2\ (h - R\ \mathrm{sen}\ \alpha)}$$

$$\boxed{F = \frac{Q\ L}{4}\ \frac{\mathrm{sen}\ 2\alpha}{(h - R\ \mathrm{sen}\ \alpha)}}$$



Na direção vertical:

$F_N = P + F_y = P + F\ \mathrm{sen}\ \alpha$

Na direção horizontal: $F_x = F_{at}$

$F\cos\alpha = F_{at}$

Sendo o atrito estático: $F_{at} \leq \mu_E\ F_N$

$F\cos\alpha \leq \mu_E\ (P + F\ \mathrm{sen}\ \alpha)$

$$\mu_E \geq \frac{F\cos\alpha}{P + F\ \mathrm{sen}\ \alpha}$$

$$\mu_E(\text{mín}) = \frac{F\cos\alpha}{P + F\ \mathrm{sen}\ \alpha} = \frac{\cos\alpha}{\mathrm{sen}\ \alpha + \frac{P}{F}}$$

$$\frac{P}{F} = P\ .\ \frac{4\ (h - R\ \mathrm{sen}\ \alpha)}{Q\ L\ \mathrm{sen}\ 2\alpha} = 2P\ \frac{(2h - 2R\ \mathrm{sen}\ \alpha)}{Q\ L\ \mathrm{sen}\ 2\alpha}$$

$$\frac{P}{F} = 2P\left[\frac{2h}{Q\ L\ \mathrm{sen}\ 2\alpha} - \frac{2R\ \mathrm{sen}\ \alpha}{Q\ L 2\ \mathrm{sen}\ \alpha\cos\alpha}\right]$$

$$\frac{P}{F} = 2P\left[\frac{2h}{Q\ L\ \mathrm{sen}\ 2\alpha} - \frac{R}{Q\ L\cos\alpha}\right]$$

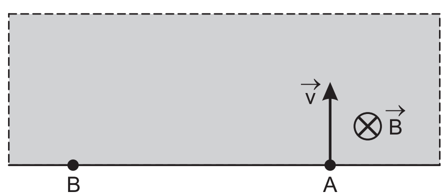
$$\boxed{\mu_E(\text{mín}) = \frac{\cos\alpha}{\mathrm{sen}\ \alpha + 2P\left[\frac{2h}{Q\ L\ \mathrm{sen}\ 2\ \alpha} - \frac{R}{Q\ L\cos\alpha}\right]}}$$

Resposta: C

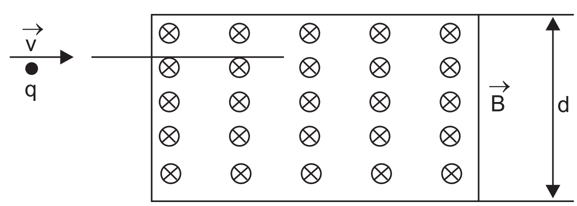
■ MÓDULO 45

1. **(AFA-2008)** – A figura mostra uma região na qual atua um campo magnético uniforme de módulo B. Uma partícula de massa m, carregada positivamente com carga q, é lançada no ponto A com uma velocidade de módulo v e direção perpendicular às linhas do campo. O tempo que a partícula levará para atingir o ponto B é

a) $\dfrac{\pi B q}{m}$ b) $\dfrac{2\pi m}{Bq}$ c) $\dfrac{\pi m}{Bq}$ d) $\dfrac{\pi B q}{2m}$

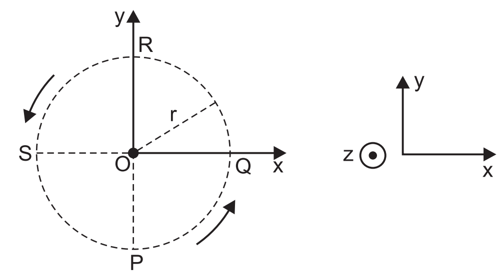


2. A unidade da indução magnética "B", no S.I., é o tesla (T). Considere que uma partícula de massa $m = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$kg, com carga $q = -4{,}0 \cdot 10^{-6}$C, penetre numa região onde existe um campo magnético uniforme de indução $B = 1{,}0 \cdot 10^{-2}$T, com uma velocidade de intensidade $v = 1{,}0 \cdot 10^{4}$ m/s, perpendicularmente ao campo, como mostra a figura.
Considere a distância "d" suficientemente grande para qualquer análise.



Utilizando os seus conhecimentos sobre o magnetismo e os dados anteriores, julgue os itens a seguir.
(1) Assim que a partícula penetrar na região permeada pelo campo magnético, ficará submetida à ação de uma força magnética pertencente ao plano desta folha de papel, perpendicular à direção de sua velocidade, que terá intensidade igual a $4{,}0 \cdot 10^{-4}$N.
(2) Enquanto a partícula estiver na região de campo magnético, a intensidade de sua velocidade estará variando continuamente.
(3) A partícula atravessará o campo magnético sem sofrer nenhum desvio, isto é, atravessará o campo em movimento retilíneo e uniforme.
(4) A partícula sairá do campo magnético a uma distância igual a $1{,}0 \cdot 10^{9}$m do ponto em que penetrou.

3. **(EXAME NACIONAL DE PORTUGAL)** – Por ação de um campo magnético, $\vec{B}$, uniforme, uma partícula α, constituída por dois prótons (p) e dois nêutrons (n), descreve, numa dada região do espaço, uma trajetória circular de raio r = 4,0cm, no plano horizontal xOy. A partícula α tem movimento uniforme e demora $1{,}0 \cdot 10^{-3}$s para descrever 10 voltas.



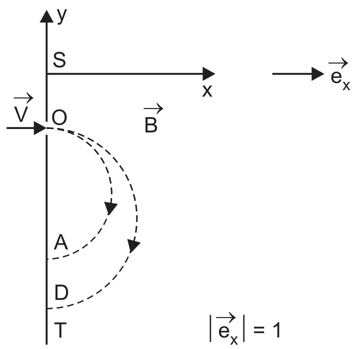
m_p (massa do próton) = $1{,}7 \cdot 10^{-27}$kg
m_n (massa do nêutron) = $1{,}7 \cdot 10^{-27}$kg
q_p (carga do próton) = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$C

a) Determine a intensidade da força magnética que atua na partícula α quando esta passa pelo ponto P, movendo-se no sentido indicado na figura.
b) Determine o módulo do campo magnético $\vec{B}$ e caracterize sua direção e sentido.
c) Admita que um próton tem movimento circular uniforme num campo idêntico ao campo magnético anterior, com velocidade de módulo igual ao da partícula α.
Calcule a razão entre os raios das trajetórias do próton e da partícula α.

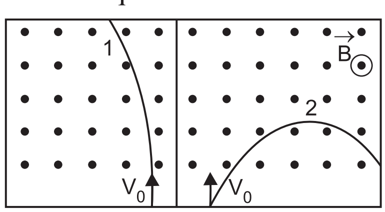
4. **(EXAME NACIONAL DE PORTUGAL)** – Observe a figura a seguir. A placa ST é vertical e tem um orifício O pelo qual são lançadas alternadamente, com a mesma velocidade $\vec{V} = 1{,}2 \cdot 10^{6}\, \vec{e}_x$ (m . s^{-1}), as partículas P_1 e P_2, tais que:

$q_1 = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$C $\qquad$ $m_1 = 1{,}6 \cdot 10^{-27}$kg
$q_2 = 2{,}0q_1$ $\qquad$ $m_2 = 4{,}0m_1$

Do lado direito da placa, relativamente à figura, existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$. A distância entre os pontos de impacto das partículas na placa ($\overline{AD}$) é de 4,8cm.
Despreze a ação do campo gravitacional terrestre.
a) Qual das trajetórias, OA ou OD, corresponde à partícula P_1? E P_2?
b) Caracterize o campo magnético $\vec{B}$.

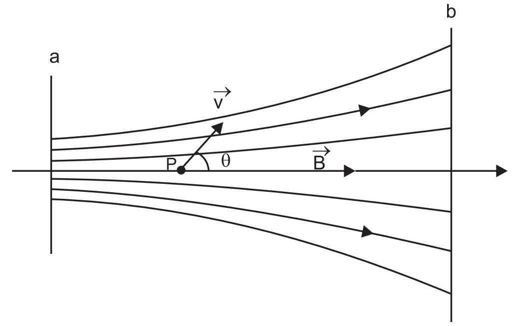


5. **(UEPB-2005)** – Uma maneira de se obter informações sobre a carga e a massa de uma partícula é fazê-la passar através de um campo magnético uniforme. A partir da sua trajetória circular, pode-se, conhecendo- se o campo, a velocidade da partícula e o raio da trajetória, determinar o sinal da carga elétrica e o valor da massa. A figura mostra parte das trajetórias 1 e 2 deixadas por duas partículas, P_1 e P_2, respectivamente. Os pontos indicam um campo magnético B constante que sai perpendicular à folha da prova. Considere que as duas partículas, P_1 e P_2, possuem cargas de mesmo módulo e sinais contrários e penetram perpendicularmente, com a mesma velocidade constante V_0, na região do campo B. Analisando as trajetórias e tomando como base o campo magnético mostrado, conclui-se que



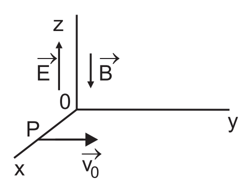
a) a partícula P_1 possui carga negativa e o valor |q/m| é maior que o da partícula P_2.
b) a partícula P_1 possui carga positiva e o valor |q/m| é maior que o da partícula P_2 .
c) a partícula P_1 possui carga positiva e valor |q/m| é menor que o da partícula P_2.
d) a partícula P_1 possui carga negativa e o valor |q/m| é menor que o da partícula P_2.
e) a partícula P_1 possui carga positiva e o valor |q/m| é igual ao da partícula P_2.

6. **(ITA-97)** – Na região do espaço entre os planos **a** e **b**, perpendiculares ao plano do papel, existe um campo de indução magnética, simétrico ao eixo **x**, cuja magnitude diminui com o aumento de **x**, como mostrado na figura a seguir. Uma partícula de carga **q** é lançada a partir do ponto **P** no eixo **x**, com uma velocidade formando um ângulo θ com o sentido positivo desse eixo. Desprezando-se o efeito da gravidade, pode-se afirmar que, inicialmente,

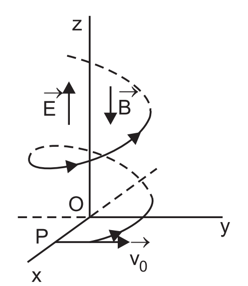


a) a partícula seguirá uma trajetória retilínea, pois o eixo x coincide com uma linha de indução magnética.
b) a partícula seguirá uma trajetória aproximadamente em espiral com raio constante.
c) se θ < 90°, a partícula seguirá uma trajetória aproximadamente em espiral com raio crescente.
d) a energia cinética da partícula aumentará ao longo da trajetória.
e) nenhuma das alternativas acima é correta.

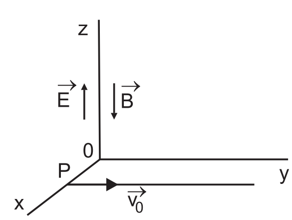
7. **(ITA-89)** – Uma partícula de massa m e carga q > 0 é projetada no ponto P do plano (x,y) com velocidade $\vec{V}_0$ paralela ao eixo y, dentro de uma região onde existe um campo elétrico $\vec{E}$ e um campo de indução magnética $\vec{B}$, ambos uniformes e constantes, na direção do eixo z e com os sentidos indicados. Qual deverá ser, aproximadamente, a trajetória da partícula? (Despreze o efeito da gravidade.)



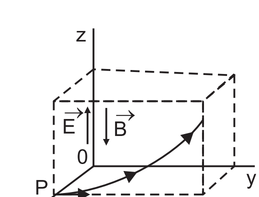
a)



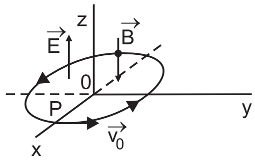
b)



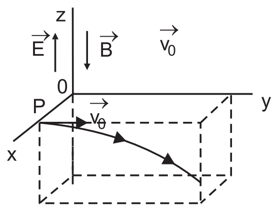
c)



d)



e)



■ MÓDULO 46

1. **(ITA-96)** – No campeonato mundial de arco e flecha, dois concorrentes discutem sobre a Física que está contida na arte do arqueiro. Surge então a seguinte dúvida: quando o arco está esticado, no momento do lançamento da flecha, a força exercida sobre a corda pela mão do arqueiro tem intensidade igual à da

I. força exercida pela sua outra mão sobre a madeira do arco.

II. tensão da corda.

III. força exercida sobre a flecha pela corda no momento em que o arqueiro larga a corda.

Neste caso:

a) todas as afirmativas são verdadeiras.

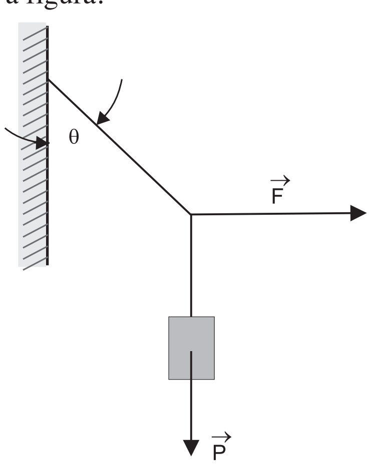
b) todas as afirmativas são falsas.

c) somente I e III são verdadeiras.

d) somente I e II são verdadeiras.

e) somente II é verdadeira.

2. **(ITA)** – Um bloco de peso $\vec{P}$ é sustentado por fios, como indica a figura.



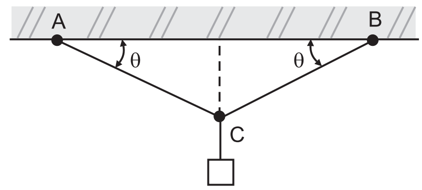
Calcular o módulo da força horizontal $\vec{F}$.

a) $F = P \text{ sen } \theta$ b) $F = P \cos \theta$

c) $F = P \text{ sen}\theta \cos\theta$ d) $F = P \text{ cotg } \theta$

e) $F = P \text{ tg } \theta$

3. **(ITA)** – Uma luminária, cujo peso é P, está suspensa por duas cordas, AC e BC, que (conforme a figura) formam com a horizontal ângulos iguais a θ.



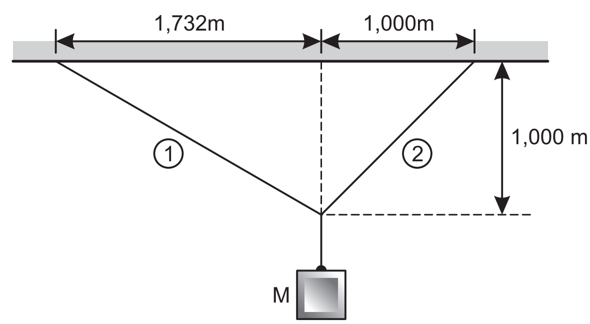
Determine a intensidade da força de tensão T em cada corda.

a) $T = \dfrac{P}{2 \cos \theta}$ b) $T = \dfrac{P}{2 \text{ sen } \theta}$

c) $T = \dfrac{P}{2 \text{ tg}\theta}$ d) $T = \dfrac{P \cos \theta}{2}$

e) nenhuma das anteriores

4. **(IME-2007)** – Um bloco de massa M = 20kg está pendurado por três cabos em repouso, conforme mostra a figura abaixo.

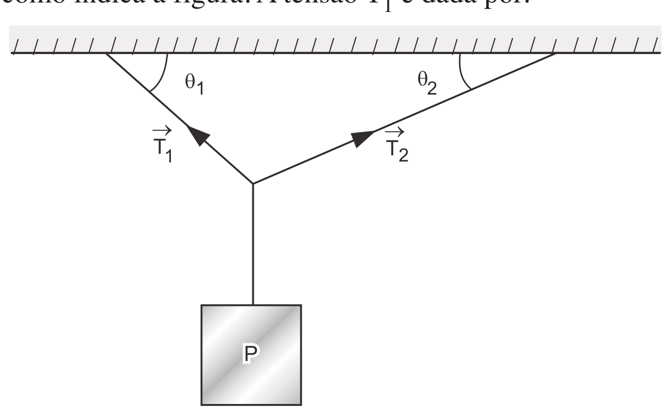


Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2, os valores das forças de tração, em newtons, nos cabos 1 e 2 são, respectivamente:

a) 146 e 179. b) 179 e 146. c) 200 e 146.

d) 200 e 179. e) 146 e 200.

5. **(ITA)** – Um corpo de peso $\vec{P}$ está suspenso por fios como indica a figura. A tensão T_1 é dada por:



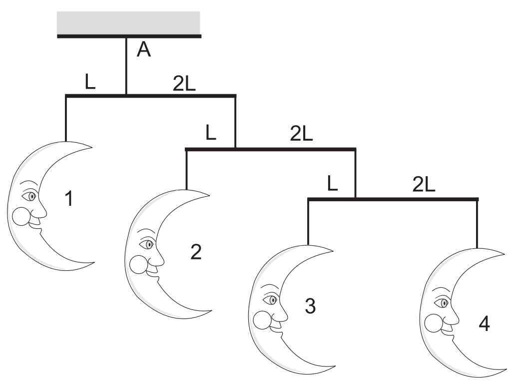
a) $T_1 = \dfrac{P \cos \theta_2}{\text{sen}(\theta_1 + \theta_2)}$ b) $T_1 = \dfrac{P \cos \theta_1}{\text{sen}(\theta_1 + \theta_2)}$

c) $T_1 = \dfrac{P \cos \theta_2}{\cos(\theta_1 + \theta_2)}$ d) $T_1 = \dfrac{P \cos \theta_1}{\cos(\theta_1 + \theta_2)}$

e) $T_1 = \dfrac{P \operatorname{sen} \theta_1}{\operatorname{sen}(\theta_1 + \theta_2)}$

■ MÓDULOS 47 E 48

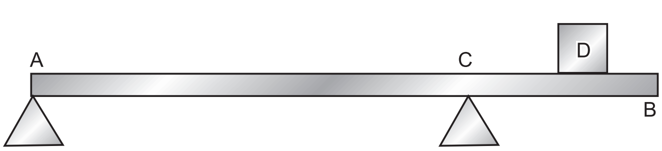
1. **(ITA-99)** – Um brinquedo que as mamães utilizam para enfeitar quartos de crianças é conhecido como "mobile". Considere o "mobile" de luas esquematizado na figura abaixo. As luas estão presas por meio de fios de massas desprezíveis a três barras horizontais, também de massas desprezíveis. O conjunto todo está em equilíbrio e suspenso num único ponto **A**. Se a massa da lua 4 é de 10 g, então a massa em quilogramas da lua 1 é:



a) 180 b) 80 c) 0,36 d) 0,18 e) 9

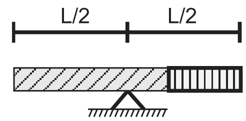
2. **(IME-2009)** – Uma viga de 8,0m de comprimento, apoiada nas extremidades, tem peso de 40,0 kN. Sobre ela, desloca-se um carro de 20,0 kN de peso, cujos 2 eixos de roda distam entre si 2,0m. No instante em que a reação vertical em um apoio tem módulo igual a 27,5 kN, um dos eixos do carro dista, em metros, do outro apoio
a) 1,0 b) 1,5 c) 2,0
d) 2,5 e) 3,0
Nota: Admita que o peso do carro se distribui igualmente nas quatro rodas.

3. **(ITA)** – A barra AB é uniforme, pesa 50,0N e tem 10,0m de comprimento. O bloco D pesa 30,0N e dista 8,0m de A. A distância entre os pontos de apoio da barra é AC = 7,0m. Calcular a intensidade da reação na extremidade A.



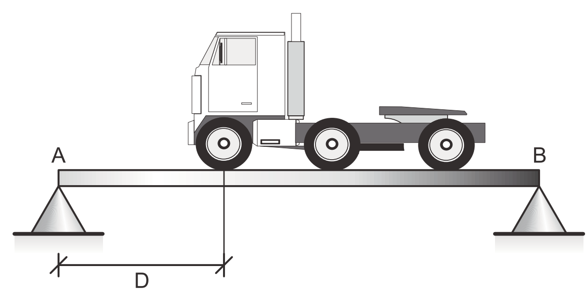
a) R = 14,0N b) R = 7,0N c) R = 20,0N
d) R = 10,0N e) R = 8,0N

4. **(ITA-93)** – Uma haste metálica de seção retangular de área A e de comprimento L é composta de dois materiais de massas específicas ρ_1 e ρ_2. Os dois materiais constituem hastes homogêneas de comprimentos ℓ_1 e ℓ_2, com $\ell_1 + \ell_2 = \ell$ e $\ell_1 = 3\,\ell_2$ soldadas nas extremidades. Colocada a haste sobre um cutelo, verifica-se que o equilíbrio é atingido na situação indicada na figura. Calcule a relação ρ_1 / ρ_2.



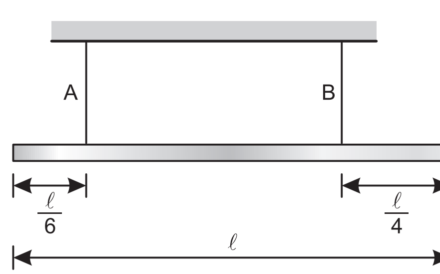
a) $\rho_1 / \rho_2 = 1$ b) $\rho_1 / \rho_2 = 2$ c) $\rho_1 / \rho_2 = 3$
d) $\rho_1 / \rho_2 = 2{,}5$ e) $\rho_1 / \rho_2 = 0{,}4$

5. **(IME-2008)** – Um caminhão de três eixos se desloca sobre uma viga biapoiada de 4,5 m de comprimento, conforme ilustra a figura abaixo. A distância entre os eixos do caminhão é 1,5 m e o peso por eixo aplicado à viga é 150 kN.



Desprezando-se o peso da viga, para que a reação vertical do apoio A seja o dobro da reação vertical no apoio B, a distância D entre o eixo dianteiro do caminhão e o apoio A deverá ser:
a) 0m b) 0,3m c) 0,6m d) 0,9m e) 1,2m

6. **(AFA-2008)** – Uma viga homogênea é suspensa horizontalmente por dois fios verticais como mostra a figura abaixo:

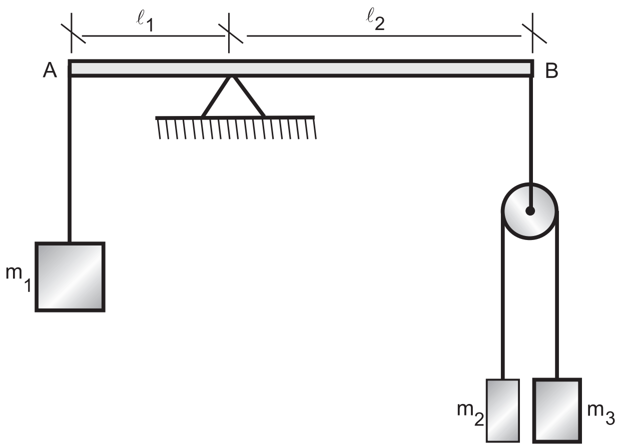


A razão entre as trações nos fios A e B vale:

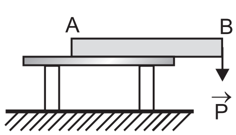
a) $\dfrac{1}{2}$ b) $\dfrac{2}{3}$ c) $\dfrac{5}{6}$ d) $\dfrac{3}{4}$

7. **(ITA)** – Considere o sistema ilustrado na figura a seguir. Supondo-se que tanto a massa da barra **AB** como a da polia sejam desprezíveis, podemos afirmar que **AB** está em equilíbrio se:
a) $m_1\ell_1 = (m_2 + m_3)\ell_2$

b) $m_1 (m_2 + m_3)\ell_1 = 4m_2 m_3\ell_2$
c) $m_1 (m_2 + m_3)\ell_1 = 2m_2 m_3\ell_2$
d) $2m_1 (m_2 + m_3)\ell_1 = m_2 m_3\ell_2$
e) $m_1\ell_2 = (m_2 + m_3)\ell_1$

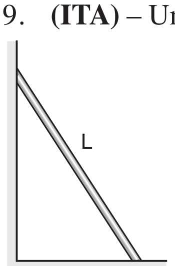


8. **(ITA-93)** – Um pedaço de madeira homogêneo, de seção transversal constante A e comprimento L, repousa sobre uma mesa fixa no chão. A madeira está com 25% do seu comprimento para fora da mesa, como mostra a figura.



Aplicando uma força P = 300N no ponto B, a madeira começa a se deslocar de cima da mesa. Qual é o valor real do peso Q da madeira?
a) Q = 150N b) Q = 300N c) Q = 400N
d) Q = 600N e) Q = 900N

9. **(ITA)** – Uma escada de comprimento L, em repouso, jaz encostada contra uma parede lisa vertical e forma um ângulo de 60 graus com o plano horizontal. A escada pesa 270N e o seu centro de gravidade está distante L/3 de sua extremidade apoiada no plano horizontal, isto é, no chão. A força resultante que o chão aplica na escada vale:

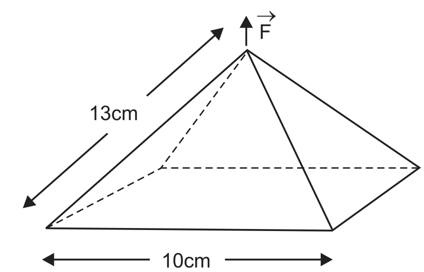


a) 275N b) 27,4N c) 27,5N
d) 280N e) 27,6N

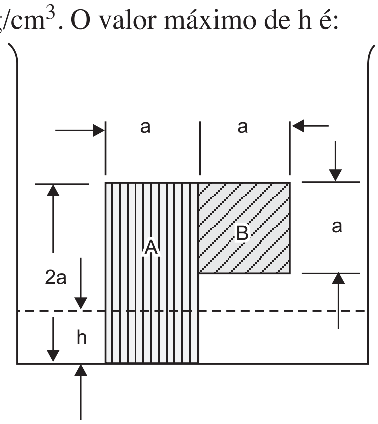
10. **(ITA-96)** – Considere as três afirmativas abaixo sobre um aspecto da Física do cotidiano:
I. Quando João começou a subir pela escada de pedreiro apoiada numa parede vertical, e já estava no terceiro degrau, Maria grita para ele: "— Cuidado, João, você vai acabar caindo, pois a escada está muito baixa e vai acabar deslizando".
II. João responde: "— Se ela não deslizou até agora, que estou no terceiro degrau, também não deslizará quando eu estiver no último".
III. Quando João chega ao meio da escada, fica com medo e dá total razão a Maria. Ele desce da escada e diz a Maria: "— Como você é mais leve do que eu, tem mais chance de chegar ao fim da escada com a mesma inclinação, sem que ela deslize".

Ignorando o atrito na parede,
a) Maria está certa com relação a I, mas João, errado com relação a II.
b) João está certo com relação a II, mas Maria, errada com relação a I.
c) as três afirmativas estão fisicamente corretas.
d) somente a afirmativa I é fisicamente correta.
e) somente a afirmativa II é fisicamente correta.

11. **(ITA-99)** – Suponha que há um vácuo de $3,0 \cdot 10^4$ Pa dentro de uma campânula de 500g na forma de uma pirâmide reta de base quadrada apoiada sobre uma mesa lisa de granito. As dimensões da pirâmide são as mostradas na figura e a pressão atmosférica local é de $1,0 \cdot 10^5$ Pa. O módulo da força $\vec{F}$ necessária para levantar a campânula na direção perpendicular à mesa é ligeiramente maior do que:
a) 700N
b) 705N
c) 1680N
d) 1685N
e) 7000N

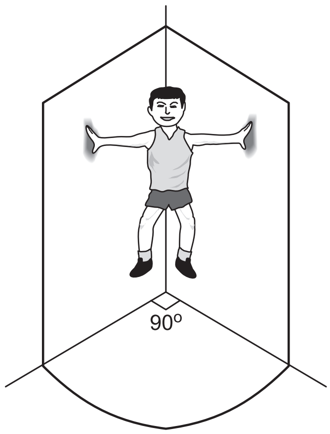


12. **(ITA)** – Dois blocos, A e B, homogêneos e de massas específicas 3,5 g/cm^3 e 6,5 g/cm^3, respectivamente, foram colados um no outro e o conjunto resultante foi colocado no fundo (rugoso) de um recipiente, como mostra a figura. O bloco A tem o formato de um paralelepípedo retangular de altura **2a**, largura **a** e espessura **a**. O bloco B tem o formato de um cubo de aresta **a**. Coloca-se, cuidadosamente, água no recipiente até uma altura **h**, de modo que o sistema constituído pelos blocos A e B permaneça em equilíbrio, isto é, não tombe. Considere a massa específica da água igual a 1,0 g/cm^3. O valor máximo de h é:



a) 0 b) 0,25 a c) 0,5 a d) 0,75 a e) a

13. **(ITA-2004)** – Um atleta mantém-se suspenso em equilíbrio, forçando as mãos contra duas paredes verticais, perpendiculares entre si, dispondo seu corpo simetricamente em relação ao canto e mantendo seus braços horizontalmente alinhados, como mostra a figura. Sendo *m* a massa do corpo do atleta e μ o coeficiente de atrito estático interveniente, assinale a opção **correta** que indica o módulo mínimo da força exercida pelo atleta em cada parede.



a) $\frac{mg}{2}\left(\frac{\mu^2-1}{\mu^2+1}\right)^{1/2}$

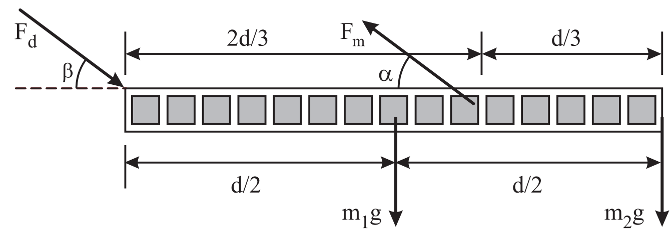
b) $\frac{mg}{2}\left(\frac{\mu^2+1}{\mu^2-1}\right)^{1/2}$

c) $\frac{mg}{2}\left(\frac{\mu^2-1}{\mu^2+1}\right)$

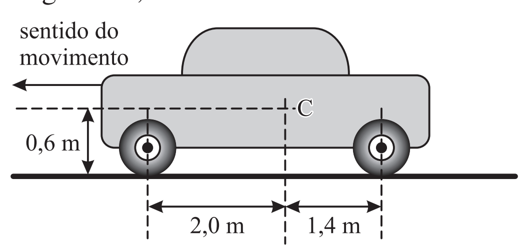
d) $\frac{mg}{2}\left(\frac{\mu^2+1}{\mu^2-1}\right)$

e) n.d.a.

14. **(ITA-2006)** – Considere uma pessoa de massa m que ao curvar-se permaneça com a coluna vertebral praticamente nivelada em relação ao solo. Sejam $m_1 = \frac{2}{5}$ m a massa do tronco e $m_2 = \frac{1}{5}$ m a soma das massas da cabeça e dos braços. Considere a coluna como uma estrutura rígida e que a resultante das forças aplicadas pelos músculos à coluna seja F_m e que F_d seja a resultante das outras forças aplicadas à coluna, de forma a mantê-la em equilíbrio. Qual é o valor da força F_d ?



15. **(ITA-2006)** – Considere um automóvel de peso P, com tração nas rodas dianteiras, cujo centro de massa está em C, movimentando-se num plano horizontal. Considerando $g = 10\ m/s^2$, calcule a aceleração máxima que o automóvel pode atingir, sendo o coeficiente de atrito entre os pneus e o piso igual a 0,75.



resolução dos exercícios-tarefa

■ MÓDULO 45

1) A partícula descreve uma semi-circunferência com velocidade escalar constante (MCU). Assim, o intervalo de tempo que a partícula levará para atingir o ponto B é dado por:

$$\Delta t = \frac{T}{2}$$

em que T é o período do movimento.

Mas, $v = \frac{2\pi R}{T}$ **e** $R = \frac{mv}{|q|\,B}$ **.**

Assim, temos:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{v}\ \frac{mv}{|q|\,B}$$

$$T = \frac{2\pi m}{|q|\,B}$$

Dessa forma: $\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{\frac{2\pi m}{|q|\,B}}{2}$

$$\boxed{\Delta t = \frac{\pi m}{|q|\,B}}$$

Resposta: C

2) (1) Correta. $\vec{F}_m$ pertence ao plano da folha e é perpendicular a $\vec{v}$. Sua intensidade vale:

$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\,\theta$

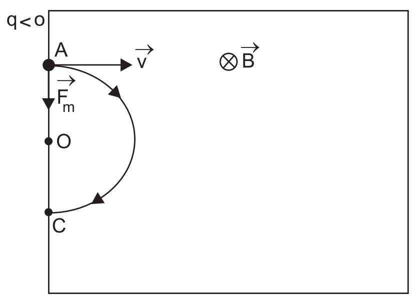
$F_m = 4{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{4} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot \text{sen}\,90°$

$F_m = 4{,}0 \cdot 10^{-4}\text{N}$

(2) Errada. O módulo de $\vec{v}$ permanece constante.
$\vec{v}$ varia em direção e sentido

(3) Errada. A partícula descreve trajetória circular e realiza movimento uniforme.

(4) Correta.



$$AC = 2R = 2\,\frac{mv}{|q| \cdot B}$$

$$AC = 2 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{4}}{4{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2}}$$

$AC = 1{,}0 \cdot 10^{9}\text{m}$

3) a) $q_\alpha = 2q_p = 3{,}2 \cdot 10^{-19}\text{C}$

$m_\alpha = 2m_p + 2m_n = 6{,}8 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}$

$$V_\alpha = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot (4{,}0 \cdot 10^{-2})}{\dfrac{1{,}0 \cdot 10^{-3}}{10}} \left(\frac{m}{s}\right)$$

$V_\alpha \cong 2{,}5 \cdot 10^{3}$ m/s

A força magnética é centrípeta e vale:

$$F_{mag} = F_{cp} = \frac{m \cdot V^2}{r} = \frac{6{,}8 \cdot 10^{-27} \cdot (2{,}5 \cdot 10^{3})^2}{(4{,}0 \cdot 10^{-2})}\ \text{(N)}$$

$$F_{mag} \cong 1{,}06 \cdot 10^{-18}\text{N} \Rightarrow \boxed{F_{mag} \cong 1{,}1 \cdot 10^{-18}\text{N}}$$

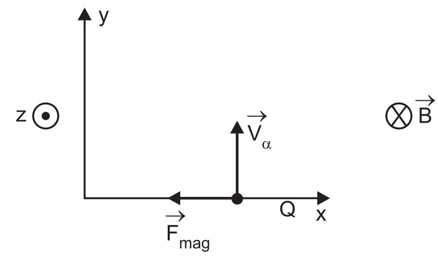
b) $F_{mag} = q_\alpha \cdot V_\alpha \cdot B$

$$B = \frac{F_{mag}}{q_\alpha \cdot V_\alpha} = \frac{1{,}1 \cdot 10^{-18}}{3{,}2 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{3}}\ \text{(T)}$$

$$\boxed{B \cong 1{,}3 \cdot 10^{-3}\text{T}}$$

A direção de $\vec{B}$ é perpendicular ao papel.

O sentido de $\vec{B}$ é dado pela regra da mão esquerda.



Portanto, $\vec{B}$ é oposto ao eixo (z).

c) $m_\alpha = 2m_p + 2m_n = 4 \cdot m_p$

$q_\alpha = 2q_p$

$$R = \frac{mV}{q \cdot B} \Rightarrow \frac{R_p}{R_\alpha} = \frac{\dfrac{m_p \cdot V}{q_p \cdot B}}{\dfrac{m_\alpha \cdot V}{q_\alpha \cdot B}} = \frac{m_p \cdot q_\alpha}{m_\alpha \cdot q_p} =$$

$$= \frac{m_p \cdot 2\ q_p}{4m_p \cdot q_p} = \frac{2}{4}$$

$$\boxed{\frac{R_p}{R_\alpha} = \frac{1}{2}}$$

Respostas: a) $1{,}1 \cdot 10^{-18}\text{N}$
b) $1{,}3 \cdot 10^{-3}$ T, oposto a z
c) 1/2

4) a) O raio da trajetória é: $R = \dfrac{mv}{q \cdot B}$

Sendo $m_2 = 4{,}0\ m_1$
$q_2 = 2{,}0\ q_1$

$$R_1 = \frac{m_1 \cdot V}{q_1 \cdot B} \text{ e } R_2 = \frac{m_2 \cdot V}{q_2 \cdot B} = \frac{4{,}0m_1 \cdot V}{2{,}0\ q_1 \cdot B}$$

$$R_2 = 2\left(\frac{m_1\,V}{q_1\,B}\right) \quad \therefore \quad R_2 = 2\,R_1$$

Conclusão: a partícula P_1 descreve a trajetória OA, enquanto P_2, a trajetória OD.

b) Temos: $\overline{AD} = 4{,}8$ cm. Devemos fazer a diferença entre os dois diâmetros.

$\overline{AD} = 2R_2 - 2R_1$

Como $R_2 = 2R_1$, vem

$$\overline{AD} = 4R_1 - 2R_1 = 2\left(\frac{m_1\,V}{q_1\,B}\right)$$

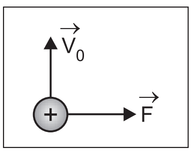
$$4{,}8 \, . \, 10^{-2} = 2 \, . \left(\frac{1{,}6 \, . \, 10^{-27} \, . \, 1{,}2 \, . \, 10^{6}}{1{,}6 \, . \, 10^{-19} \, . \, B} \right)$$

$$B = 2 \, . \left(\frac{1{,}2 \, . \, 10^{-2}}{4{,}8 \, . \, 10^{-2}} \right) (T) \Rightarrow \boxed{B = 5{,}0 \, . \, 10^{-1} \, T}$$

O sentido de $\vec{B}$ é saindo do papel.

5) 1. Sinal das cargas de P_1 e P_2

Usando a regra da mão esquerda:



Concluímos que P_1 tem carga negativa e P_2, positiva.

2. Raio das trajetórias

$$R = \frac{m \, V}{|q| \, B}$$

$$R_1 > R_2 \Rightarrow \frac{m_1 \, V_0}{|q_1| \, . \, B} > \frac{m_2 \, V_0}{|q_2| \, . \, B}$$

$$\frac{m_1}{|q_1|} > \frac{m_2}{|q_2|}$$

Ou ainda: $\boxed{\dfrac{|q_1|}{m_1} < \dfrac{|q_2|}{m_2}}$

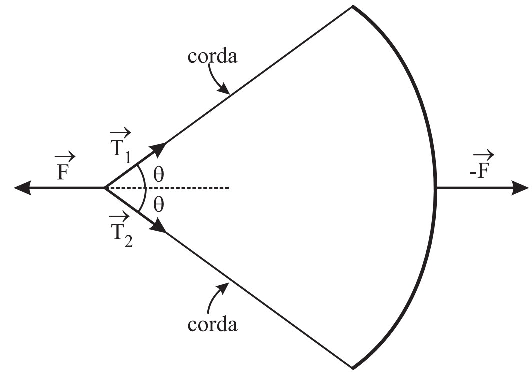
Resposta: D

6) A trajetória da partícula somente seria retilínea se o ângulo θ entre $\vec{V}$ e $\vec{B}$ fosse 0° ou 180°. Por isso, a alternativa *a* é incorreta.
As alternativas *b* e *c* são incorretas, pois a trajetória da partícula não é uma espiral. Espiral é uma figura plana. Observe que, inicialmente, a partícula percorre uma região do espaço onde o campo de indução magnética é praticamente constante. Nestas condições, o movimento inicial da partícula é praticamente helicoidal, pois o ângulo θ entre $\vec{V}$ e $\vec{B}$ da figura é agudo.
A força magnética não altera o módulo da velocidade e, portanto, durante o movimento, a energia cinética é constante. Logo, nenhuma das alternativas propostas é correta.
Resposta: E

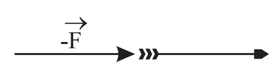
7) Resposta: A

■ MÓDULO 46

1)

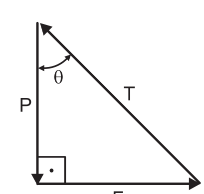


I) Seja $\vec{F}$ a força que a mão do arqueiro exerce sobre a corda. Estando o sistema em equilíbrio, a outra mão deve exercer sobre a madeira do arco uma força $-\vec{F}$, isto é, de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto a $\vec{F}$. As forças $\vec{F}$ e $-\vec{F}$ têm sentidos opostos e, portanto, não são forças iguais.
II) Sendo T a intensidade da força tensora, analisando a figura, temos:
$F = 2T \cos \theta$
Somente para θ = 60° teremos F = T
De qualquer modo, não haveria igualdade de forças, uma vez que as direções são diferentes.
III) No momento em que o arqueiro larga a corda, a flecha recebe uma força igual a $-\vec{F}$, ou seja, com a mesma intensidade de $\vec{F}$, porém em sentido oposto e, portanto, não há igualdade de forças.



Resposta: C

2)

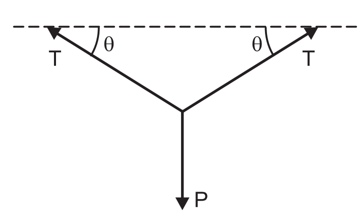


$$\text{tg } \theta = \frac{F}{P}$$

$$\boxed{F = P \text{ tg } \theta}$$

Resposta: E

3)



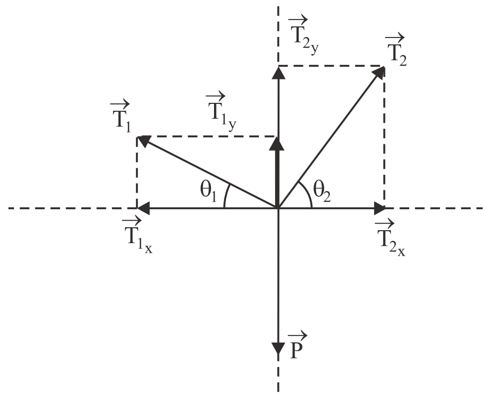
$$P = 2 \, T \text{ sen } \theta$$

$$\boxed{T = \frac{P}{2 \text{ sen } \theta}}$$

Resposta: B

4) **Resposta: A**

5)



1) No equilíbrio, temos:

$$T_{1_x} = T_{2_x}$$

$$T_{1_y} + T_{2_y} = P$$

2) $T_{1_x} = T_{2_x}$

$$T_1 \cos\theta_1 = T_2 \cos\theta_2$$

$$T_2 = \frac{T_1 \cos\theta_1}{\cos\theta_2} \quad \text{(I)}$$

3) $T_{1_y} + T_{2_y} = P$

$$T_1 \operatorname{sen}\theta_1 + T_2 \operatorname{sen}\theta_2 = P \quad \text{(II)}$$

4) Substituindo II em I, vem:

$$T_1 \operatorname{sen}\theta_1 + \left(\frac{T_1 \cos\theta_1}{\cos\theta_2}\right) . \operatorname{sen}\theta_2 = P$$

$$T_1 \operatorname{sen}\theta_1 + \frac{T_1 \cos\theta_1 . \operatorname{sen}\theta_2}{\cos\theta_2} = P$$

$$\frac{T_1 \operatorname{sen}\theta_1 . \cos\theta_2 + T_1 \cos\theta_1 . \operatorname{sen}\theta_2}{\cos\theta_2} = P$$

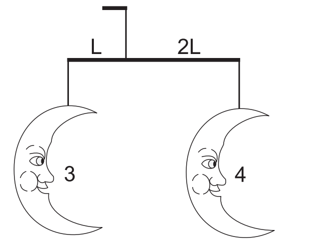
$$T_1 (\operatorname{sen}\theta_1 \cos\theta_2 + \operatorname{sen}\theta_2 \cos\theta_1) = P \cos\theta_2$$

$$\boxed{T_1 = \frac{P \cos\theta_2}{\operatorname{sen}(\theta_1 + \theta_2)}}$$

Resposta: A

■ MÓDULOS 47 E 48

1) 1)



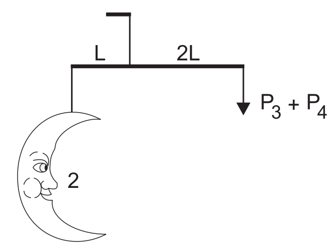
Para o equilíbrio do sistema acima, temos:

$$P_3 . L = P_4 . 2L$$

$$m_3\, g\, L = m_4\, g . 2L$$

$$\boxed{m_3 = 2\, m_4 = 20 \text{ gramas}}$$

2)



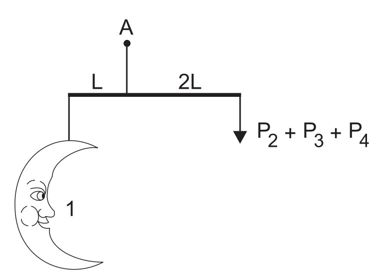
Para o equilíbrio do sistema acima, temos:

$$P_2\, L = (P_3 + P_4)\, 2L$$

$$m_2 = (m_3 + m_4) . 2$$

$$m_2 = 2\,(20 + 10) \text{ gramas} \Rightarrow \boxed{m_2 = 60 \text{ gramas}}$$

3)



Para o equilíbrio do sistema acima, temos:

$$P_1 . L = 2\,(P_2 + P_3 + P_4)$$

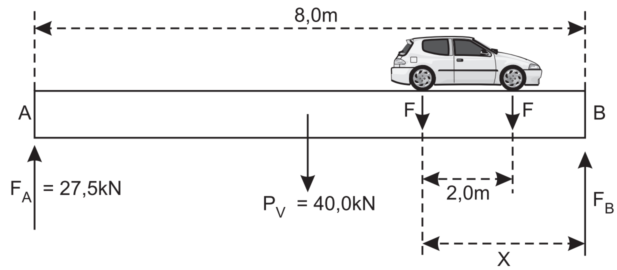
$$m_1 = 2\,(m_2 + m_3 + m_4)$$

$$m_1 = 2\,(60 + 20 + 10) \text{ gramas}$$

$$\boxed{m_1 = 180 \text{ gramas} = 0{,}18 \text{ kg}}$$

Resposta: D

2)



O somatório dos torques em relação ao apoio B deve ser nulo:

$$27{,}5 \cdot 8{,}0 = 40{,}0 \cdot 4{,}0 + 10{,}0x + 10{,}0\,(x - 2{,}0)$$

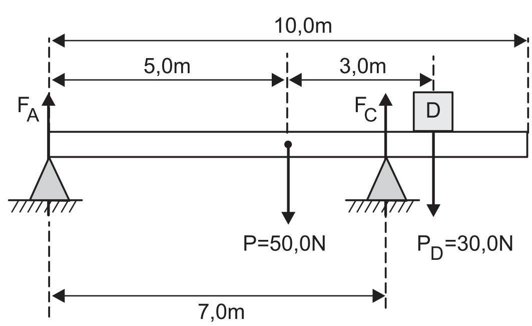
$$220 = 160 + 20{,}0x - 20{,}0$$

$$80{,}0 = 20{,}0x$$

$$\boxed{x = 4{,}0m}$$

O eixo dianteiro dista 2,0m do apoio.
Resposta: C

3)



(1) $F_A + F_C = P + P_D$

$F_A + F_C = 50{,}0 + 30{,}0$

$\boxed{F_A + F_C = 80{,}0}$ (I)

(2) $M_P + M_{P_D} = M_{F_c}$ (pólo em A)

$50{,}0 \cdot 5{,}0 + 30{,}0 \cdot 8{,}0 = F_C \cdot 7{,}0$

$$F_C = \frac{490{,}0}{7{,}0}$$

$F_C = 70{,}0N$

(3) Substituindo em I, vem:

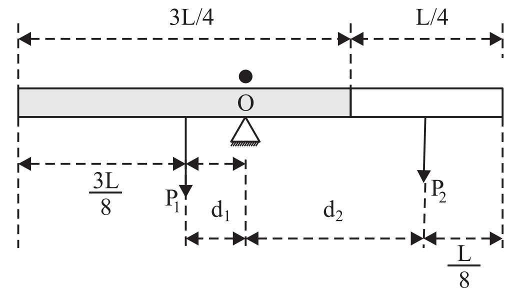
$F_A + F_C = 80{,}0$

$F_A + 70{,}0 = 80{,}0$

$$\boxed{F_A = 10{,}0N}$$

Resposta: D

4)



$$\left.\begin{array}{l} L_1 + L_2 = L \\ L_1 = 3L_2 \end{array}\right\} \; L_2 = \frac{L}{4} \text{ e } L_1 = \frac{3L}{4}$$

$$d_1 = \frac{L}{2} - \frac{3L}{8} = \frac{L}{8}$$

$$d_2 = \frac{L}{2} - \frac{L}{8} = \frac{3L}{8}$$

Para o equilíbrio da haste, a soma dos momentos em relação ao ponto O deve ser nula:

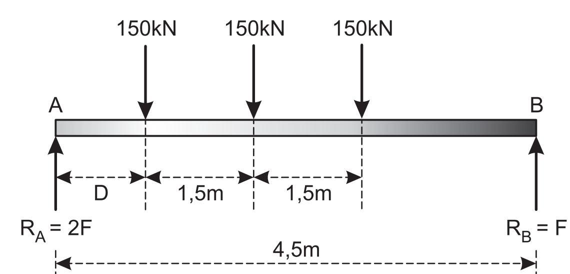
$$P_1 d_1 = P_2 d_2$$

$$\rho_1 \cdot A \cdot \frac{3L}{4} \cdot g \cdot \frac{L}{8} = \rho_2 \cdot A \cdot \frac{L}{4} \cdot g \cdot \frac{3L}{8}$$

$$\rho_1 = \rho_2 \Rightarrow \boxed{\frac{\rho_1}{\rho_2} = 1}$$

Resposta: A

5)



1) Condição de resultante nula: 3F = 450kN

$\boxed{F = 150kN}$

2) Torque resultante nulo em relação ao pólo A:

$150 \cdot D + 150\,(D + 1{,}5) + 150\,(D + 3{,}0) = 150 \cdot 4{,}5$

$D + D + 1{,}5 + D + 3{,}0 = 4{,}5$

$3D = 0 \Rightarrow \boxed{D = 0}$

Resposta: A

6) **Resposta: D**

7) 1) **PFD ($m_2 + m_3$):**

$$P_3 - P_2 = (m_2 + m_3) \cdot a$$

$$a = \frac{(m_3 - m_2)\,g}{(m_2 + m_3)}$$

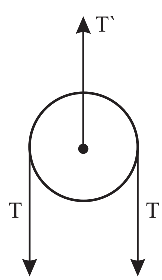
2) **PFD (m_2):**

$$T - P_2 = m_2 \cdot a$$

$$T - m_2\,g = m_2\,\frac{(m_3 - m_2)\,g}{(m_2 + m_3)}$$

$$T = \frac{2\,m_2\,m_3\,g}{(m_2 + m_3)}$$

3)



$$T' = 2T$$

$$T' = 2\left(\frac{2\,m_2 m_3\,g}{m_2 + m_3}\right)$$

$$T' = \frac{4\,m_2\,m_3\,g}{m_2 + m_3}$$

4) **No equilíbrio, temos:**

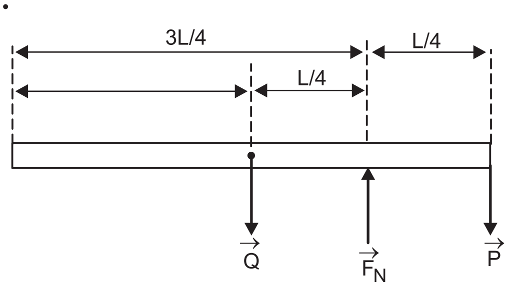
$$P_1 \cdot \ell_1 = T' \cdot \ell_2$$

$$m_1 \cdot g \cdot \ell_1 = \frac{4\,m_2 \cdot m_3\,g}{(m_2 + m_3)} \cdot \ell_2$$

$$\boxed{m_1(m_2 + m_3)\ell_1 = 4 m_2 m_3\,\ell_2}$$

Resposta: B

8) **Na iminência de tombar, a reação normal de apoio ($\vec{F}_N$) está aplicada na extremidade da mesa. Assim, temos:**



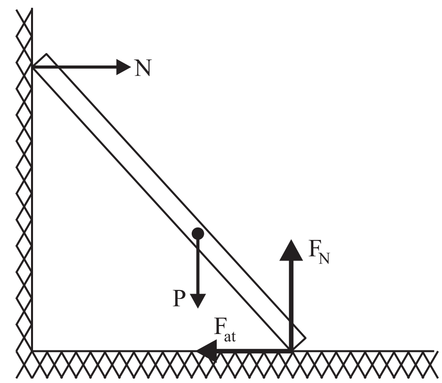
$$M_Q = M_P$$

$$Q \cdot \frac{L}{4} = P \cdot \frac{L}{4}$$

$$\boxed{Q = P = 300N}$$

Resposta: B

9)



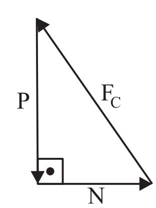
(1) $P \cdot \dfrac{L}{3}\cos 60° = N \cdot L \operatorname{sen} 60°$

$$\frac{P}{3} \cdot \frac{1}{2} = N\,\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$N = \frac{P}{3\sqrt{3}}$$

$$N = 30\sqrt{3}\ N$$

(2)



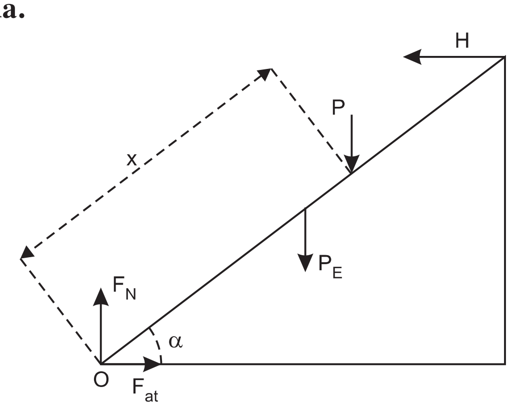
$$F_C = \sqrt{P^2 + N^2}$$

$$F_C = \sqrt{(270)^2 + (30\sqrt{3})^2}$$

$$\boxed{F_C \cong 275\ N}$$

Resposta: A

10) **Representamos, na figura, as forças atuantes na escada.**



P = peso da pessoa

P_E = peso da escada

L = comprimento da escada

Em relação ao ponto O, o momento que favorece o escorregamento da escada tem intensidade dada por:

$$M_{tomb} = P_E \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha + P \cdot x \cos \alpha$$

O momento restaurador que se opõe ao escorregamento é dado por:

$$M_{rest} = H\, L \,sen\, \alpha = F_{at} \cdot L \,sen\, \alpha$$

Na condição de iminência de escorregamento:

$$F_{at} = \mu F_N = \mu (P_E + P)$$

Portanto:

$$M_{rest} = \mu (P_E + P)\, L \text{ sen } \alpha$$

Frase I: Correta

Não foi explicitado no texto o que significa "aumentar a inclinação" da escada. Entendendo que ao aumentar a inclinação, o ângulo α diminui, temos que cos α aumenta e sen α diminui; isto significa que o momento de tombamento (proporcional a cos α) aumenta e o restaurador máximo diminui (proporcional a sen α), o que favorece o tombamento do sistema.

Frase II: Incorreta

À medida que a pessoa sobe, a distância x vai aumentando, o que implica aumento do momento de tombamento, favorecendo a possibilidade de escorregamento.

Frase III: Correta

Na situação de iminência de escorregar, a condição de equilíbrio nos dá:

$$P_E \frac{L}{2} \cos \alpha + P\, x \cos \alpha = \mu (P_E + P)\, L \,sen\, \alpha$$

$$P_E \frac{L}{2} + P\, x = \mu P_E L \,tg\, \alpha + \mu P L \,tg\, \alpha$$

$$P (x - \underbrace{\mu L \,tg\, \alpha}_{\text{constante B}}) = \underbrace{\mu P_E L \,tg\, \alpha - P_E \frac{L}{2}}_{\text{constante A}}$$

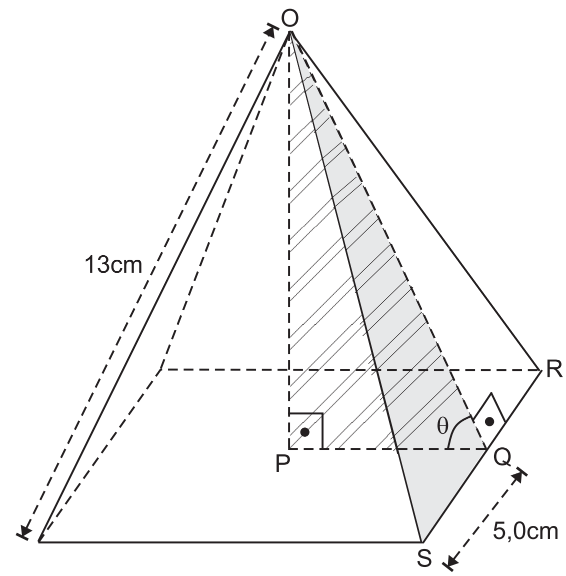
$$P (x - B) = A$$

$$x - B = \frac{A}{P} \Rightarrow \boxed{x = B + \frac{A}{P}}$$

Se diminuirmos o valor de *P*, o valor de *x* aumenta, isto é, a pessoa consegue subir na escada uma distância maior sem provocar o seu escorregamento.

Resposta: A

11) Determinemos, inicialmente, alguns elementos geométricos da campânula.



Triângulo retângulo OQS: $(13)^2 = (5,0)^2 + (OQ)^2$

$$\boxed{OQ = 12cm}$$

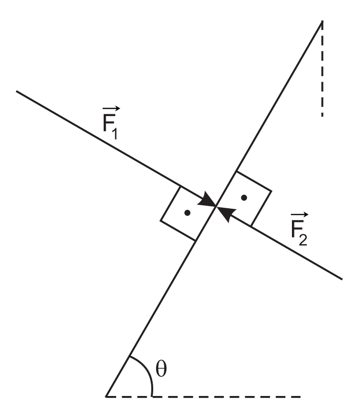
Triângulo ORS: $A = \dfrac{10 \cdot 12}{2}\ (cm^2)$

$A = 60cm^2 \Rightarrow \boxed{A = 60 \cdot 10^{-4} m^2}$

Triângulo retângulo OPQ: $\cos \theta = \dfrac{5,0}{12}$

Cada face da campânula recebe duas forças devidas ao ar: a força aplicada pelo ar externo ($\vec{F_1}$) e a força aplicada pelo ar interno ($\vec{F_2}$). Essas forças são perpendiculares à face considerada.

Sendo f_{ar} a intensidade da força resultante que o ar exerce em cada face da campânula, vem:



$$f_{ar} = F_1 - F_2$$

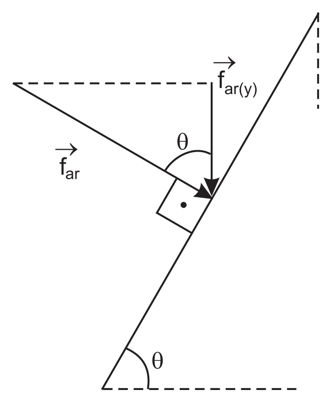
$$f_{ar} = p_1 A - p_2 A$$

$f_{ar} = (p_1 - p_2)A$

$f_{ar} = (10 \cdot 10^4 - 3{,}0 \cdot 10^4) \cdot 60 \cdot 10^{-4}$ (N)

$\therefore \boxed{f_{ar} = 420N}$

Considerando que a campânula tem quatro faces e que os componentes horizontais das forças exercidas pelo ar, em faces opostas, se equilibram, deveremos considerar apenas os componentes verticais dessas forças.



$f_{ar(y)} = f_{ar} \cos\theta$

$f_{ar(y)} = 420 \cdot \frac{5{,}0}{12}$ (N)

$\boxed{f_{ar(y)} = 175N}$

Sendo $F_{ar(v)}$ a intensidade da força vertical total que o ar exerce nas quatro paredes da campânula, temos:

$F_{ar(v)} = 4\, f_{ar(y)} \Rightarrow F_{ar(v)} = 4 \cdot 175$ (N)

$\boxed{F_{ar(v)} = 700N}$

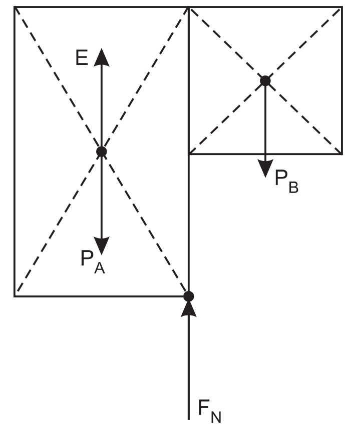
Para erguer a campânula, a intensidade da força $\vec{F}$ deve superar a soma das intensidades de $\vec{F}_{ar(v)}$ e de $\vec{P}$ (peso).

$F > F_{ar(v)} + P \Rightarrow F > F_{ar(v)} + mg$

$F > 700 + 0{,}50 \cdot 10$(N) $\Rightarrow \boxed{F > 705N}$

Resposta: B

12)



Na iminência de tombamento, temos (em relação ao pólo X):

$$P_A \cdot \frac{a}{2} = E \cdot \frac{a}{2} + P_B \cdot \frac{a}{2}$$

$\mu_A \cdot V_A \cdot g = \mu_{Líq} \cdot V_i \cdot g + \mu_B \cdot V_B \cdot g$

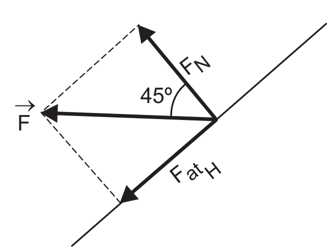
$3{,}5 \cdot 2\, a^3 = 1{,}0 \cdot a^2 h + 6{,}5 \cdot a^3$

$0{,}5\, a^3 = a^2\, h$

$\boxed{h = 0{,}5\, a}$

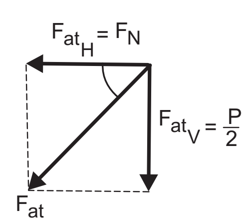
Resposta: C

13) A pessoa aplica sobre a parede uma força horizontal de intensidade F, inclinada de 45°, e uma força de atrito vertical dirigida para baixo, e de intensidade $F_{at_v} = \frac{P}{2}$.



A força inclinada $\vec{F}$ deve ser decomposta em uma componente normal à parede F_N e uma força de atrito horizontal F_{at_H}.

Como a inclinação é de 45°, resulta $F_{at_H} = F_N$
A força total de atrito F_{at} será a soma vetorial das componentes de atrito horizontal e vertical.



$F_{at}^2 = F_{at_H}^2 + F_{at_V}^2$

$F_{at}^2 = F_N^2 + \frac{P^2}{4}$ (1)

Como se pretende a condição limite (iminência de escorregar), temos:

$F_{at} = \mu F_N \quad (2)$

Substituindo-se (2) em (1), vem:

$$\mu^2 F_N^{\,2} = F_N^{\,2} + \frac{P^2}{4}$$

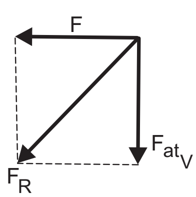
$$F_N^{\,2}(\mu^2 - 1) = \frac{P^2}{4}$$

$$\boxed{F_N = \frac{P}{2}\,\frac{1}{\sqrt{\mu^2 - 1}}}$$

Segue-se ainda que $F = \sqrt{2}\,F_N = \sqrt{2}\,\dfrac{P}{2}$

$$\boxed{F = \frac{P}{\sqrt{2}}\,\frac{1}{\sqrt{\mu^2 - 1}}}$$

A força total que a pessoa aplica na parede é a resultante entre F e F_{at_V}.



$$F_R^{\,2} = F^2 + F_{at_V}^{\,2}$$

$$F_R^{\,2} = \frac{P^2}{2}\,\frac{1}{\mu^2 - 1} + \frac{P^2}{4}$$

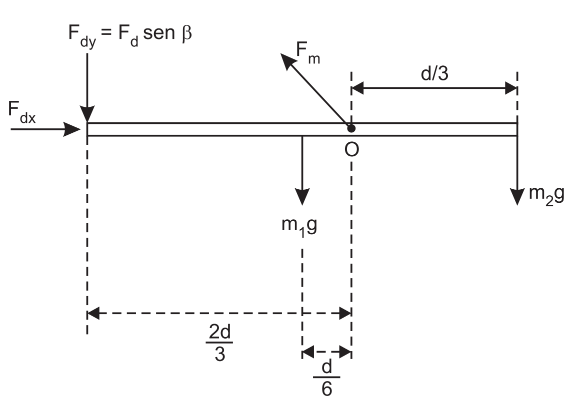
$$F_R^{\,2} = \frac{P^2}{2}\left(\frac{1}{\mu^2 - 1} + \frac{1}{2}\right)$$

$$F_R^{\,2} = \frac{P^2}{2}\,\frac{(2 + \mu^2 - 1)}{2(\mu^2 - 1)} = \frac{P^2}{4}\left(\frac{\mu^2 + 1}{\mu^2 - 1}\right)$$

$$\boxed{F_R = \frac{mg}{2}\left(\frac{\mu^2 + 1}{\mu^2 - 1}\right)^{1/2}}$$

Resposta: B

14)



Impondo-se que o somatório dos torques em relação ao ponto O seja nulo, temos:

$$m_2\,g\,.\,\frac{d}{3} = m_1\,g\,.\,\frac{d}{6} + F_d \operatorname{sen}\beta\,\frac{2}{3}\,d$$

$$2\,m_2\,g = m_1\,g + 4\,F_d \operatorname{sen}\beta$$

$$4\,F_d \operatorname{sen}\beta = (2\,m_2 - m_1)\,g$$

$$F_d \operatorname{sen}\beta = \frac{(2\,m_2 - m_1)\,g}{4}$$

Como $2\,m_2 = m_1$, resulta:

$F_d\,.\operatorname{sen}\beta = 0$

Considerando-se $F_d \neq 0$, resulta sen $\beta = 0 \Rightarrow \beta = 0°$

Nesse caso, F_d é horizontal e resulta:

$\boxed{F_d = F_m \cos\alpha}$ (1)

Na direção vertical: $F_m \operatorname{sen}\alpha = \dfrac{3}{5}\,m\,g$

$\boxed{F_m = \dfrac{3}{5}\,\dfrac{mg}{\operatorname{sen}\alpha}}$ (2)

(2) em (1): $F_d = \dfrac{3}{5}\,\dfrac{mg}{\operatorname{sen}\alpha}\,.\cos\alpha$

$\boxed{F_d = \dfrac{3}{5}\,m\,g\,\operatorname{cotg}\alpha}$ (Resposta)

Observações:

(1) Se considerarmos que o dado da questão é F_m e não é dado o ângulo α, podemos dar a resposta da seguinte forma:

$$F_d = F_m \cos\alpha \Rightarrow \cos\alpha = \frac{F_d}{F_m}$$

$$F_m = \frac{3}{5}\,\frac{mg}{\operatorname{sen}\alpha} \Rightarrow \operatorname{sen}\alpha = \frac{3mg}{5\,F_m}$$

$$\operatorname{sen}^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$$

$$\frac{F_d^{\,2}}{F_m^{\,2}} + \frac{9m^2g^2}{25\,F_m^{\,2}} = 1$$

$$\frac{25\,F_d^2 + 9m^2g^2}{25\,F_m^2} = 1$$

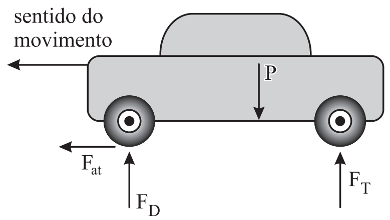
$$25\,F_d^2 + 9m^2g^2 = 25\,F_m^2$$

$$25\,F_d^2 = 25\,F_m^2 - 9m^2g^2$$

$$\boxed{F_d = \frac{\sqrt{25\,F_m^2 - 9m^2g^2}}{5}} \quad \text{(Resposta)}$$

(2) Embora o resultado $F_d = 0$ seja fisicamente inconsistente, ele é possível matematicamente e nesse caso resultaria $\alpha = 90°$ e $F_m = \frac{3}{5}$ mg.

15)



(1) Para o equilíbrio vertical:
$F_D + F_T = P$ (1)

(2) Para que o carro não tombe, o somatório dos torques em relação ao centro de gravidade deve ser nulo:

$F_D \cdot d_D + F_{at}\, d_A = F_T \cdot d_T$

$F_D \cdot 2{,}0 + 0{,}75F_D \cdot 0{,}6 = F_T \cdot 1{,}4$

$2{,}0F_D + 0{,}45\,F_D = 1{,}4\,F_T$

$2{,}45\,F_D = 1{,}4\,F_T \Rightarrow \boxed{F_T = \frac{2{,}45}{1{,}4}\,F_D}$ (2)

(2) Em (1):

$$F_D + \frac{2{,}45}{1{,}4}\,F_D = P$$

$$F_D\,\frac{3{,}85}{1{,}4} = P$$

$$\boxed{F_D = \frac{1{,}4P}{3{,}85}}$$

Aplicando-se a 2ª Lei de Newton:

$F_{at} = M\,a$

$F_{at_{máx}} = M\,a_{máx}$

$$\mu_E\,F_D = \frac{P}{g} \cdot a_{max}$$

$$\mu_E \cdot \frac{1{,}4P}{3{,}85} = \frac{P}{g} \cdot a_{máx}$$

$$a_{máx} = \frac{0{,}75 \cdot 10 \cdot 1{,}4}{3{,}85} \quad (m/s^2)$$

$$\boxed{a_{máx} \cong 2{,}7\ m/s^2}$$

Resposta: $2{,}7 m/s^2$