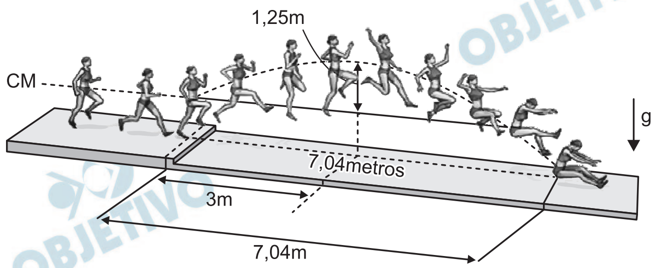
FÍSICA

1

O salto que conferiu a medalha de ouro a uma atleta brasileira, na Olimpíada de 2008, está representado no esquema ao lado, reconstruído a partir de fotografias múltiplas. Nessa representação, está indicada, também, em linha tracejada, a trajetória do centro de massa da atleta (CM). Utilizando a escala estabelecida pelo comprimento do salto, de 7,04 m, é possível estimar que o centro de massa da atleta atingiu uma altura máxima de 1,25 m (acima de sua altura inicial), e que isso ocorreu a uma distância de 3,0 m, na horizontal, a partir do início do salto, como indicado na figura.



Considerando essas informações, estime:

a) O intervalo de tempo t_1, em s, entre o instante do início do salto e o instante em que o centro de massa da atleta atingiu sua altura máxima.

b) A velocidade horizontal média, V_H, em m/s, da atleta durante o salto.

c) O intervalo de tempo t_2, em s, entre o instante em que a atleta atingiu sua altura máxima e o instante final do salto.

NOTE E ADOTE:
Desconsidere os efeitos da resistência do ar.

Resolução

a) Desprezada a resistência do ar, o tempo de subida é igual ao de queda para o centro de massa da atleta voltar à mesma altura inicial. Podemos estudar apenas o movimento vertical de descida do centro de massa da atleta.

$$\Delta s_y = V_{0y}\, t + \frac{\gamma_y}{2}\, t^2 \text{ (MUV)}$$

$$1{,}25 = 0 + \frac{10}{2}\, t_1^2$$

$$t_1^2 = 0{,}25$$

$$\boxed{t_1 = 0{,}50\text{s}}$$

b) O movimento horizontal, desprezando-se o efeito do ar, é uniforme:

$$V_H = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$V_H = \frac{3{,}0m}{0{,}50s} \Rightarrow \boxed{V_H = 6{,}0m/s}$$

c) O tempo total de vôo até a atleta chegar ao solo é dado por:

$$V_H = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 6{,}0 = \frac{7{,}04}{T} \Rightarrow \boxed{T \cong 1{,}17s}$$

O tempo de vôo é tal que:

$T = t_1 + t_2$

$1{,}17 \cong 0{,}50 + t_2$

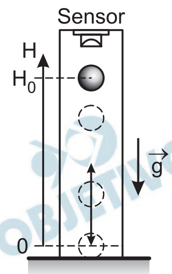
$\boxed{t_2 \cong 0{,}67s}$

Respostas: a) $t_1 = 0{,}50s$

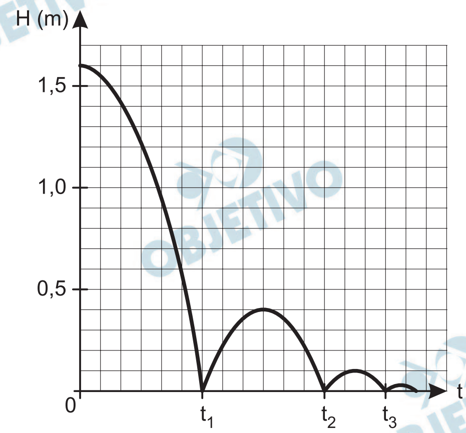
b) $V_H = 6{,}0m/s$

c) $t_2 \cong 0{,}67s$

Para testar a elasticidade de uma bola de basquete, ela é solta, a partir de uma altura H_0, em um equipamento no qual seu movimento é monitorado por um sensor. Esse equipamento registra a altura do centro de massa da bola, a cada instante, acompanhando seus sucessivos choques com o chão.

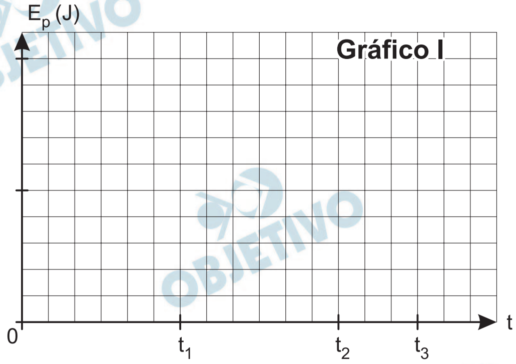


A partir da análise dos registros, é possível, então, estimar a elasticidade da bola, caracterizada pelo **coeficiente de restituição C_R**. O gráfico apresenta os registros de alturas, em função do tempo, para uma bola de massa M = 0,60 kg, quando ela é solta e inicia o movimento com seu centro de massa a uma altura H_0 = 1,6 m, chocando-se sucessivas vezes com o chão.

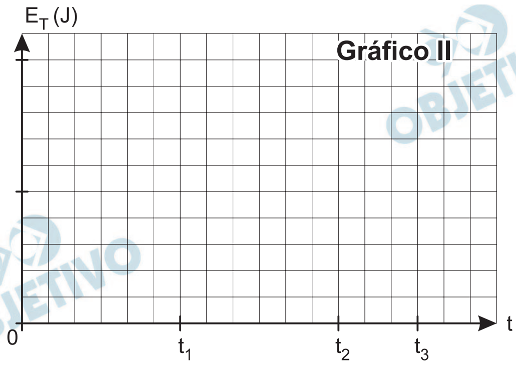


A partir dessas informações:

a) Represente, no Gráfico I da folha de respostas, a energia potencial da bola, E_P, em joules, em função do tempo, indicando os valores na escala.



b) Represente, no Gráfico II da folha de respostas, a energia mecânica total da bola, E_T, em joules, em função do tempo, indicando os valores na escala.



c) Estime o coeficiente de restituição C_R dessa bola, utilizando a definição apresentada abaixo.

O coeficiente de restituição, C_R = V_R/V_I, é a razão entre a velocidade com que a bola é rebatida pelo chão (V_R) e a velocidade com que atinge o chão (V_I), em cada choque. Esse coeficiente é aproximadamente constante nas várias colisões.

NOTE E ADOTE:
Desconsidere a deformação da bola e a resistência do ar.

Resolução

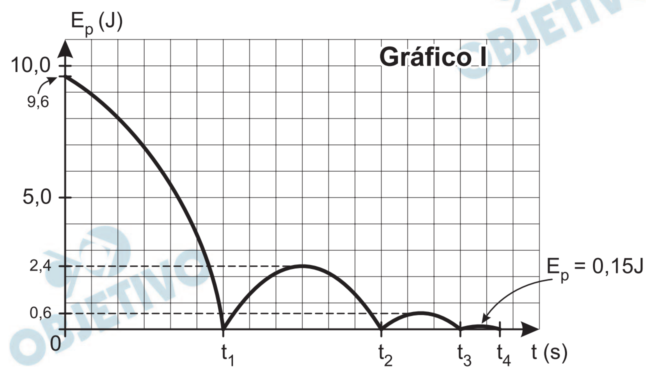
a) A energia potencial gravitacional E_p é dada por:

$E_p = m\,g\,h$

$E_p = 0{,}60 \,.\, 10 \,.\, h$

$\boxed{E_p = 6{,}0h}$ **(SI)**

O gráfico da E_p em função de h terá o mesmo formato do gráfico da altura em função do tempo com os valores numéricos multiplicados por 6,0.



b) 1) Antes da 1ª colisão a energia mecânica total é constante e é dada por:

$E_0 = mg\,H_0$

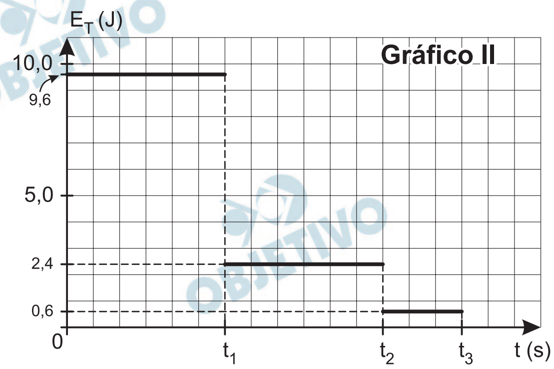
$\boxed{E_0 = 9{,}6J}$

2) Entre a 1ª e a 2ª colisões a energia mecânica é constante e é dada por:

$E_1 = mg\,H_1$

$$\boxed{E_1 = 2{,}4J}$$

Analogamente: $E_2 = 0{,}6J$



c) A velocidade de chegada no chão na 1ª colisão é dada por:

$$V^2 = V_0^2 + 2\,\gamma\,\Delta s$$

$$V_I^2 = 2\,g\,H_0 \Rightarrow \boxed{V_1 = \sqrt{2gH_0}}$$

A velocidade após a colisão tem módulo V_R dado por:

$$V^2 = V_0^2 + 2\,\gamma\,\Delta s$$

$$0 = V_R^2 + 2\,(-\,g)\,H_1$$

$$\boxed{V_R = \sqrt{2gH_1}}$$

O coeficiente de restituição é dado por:

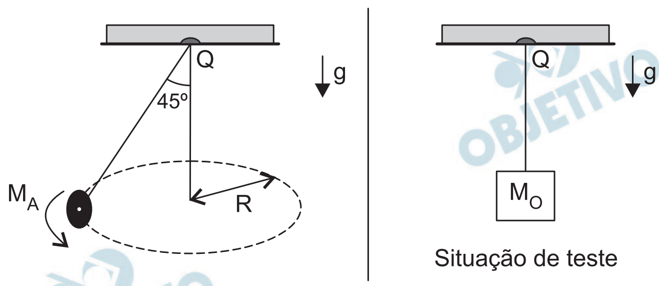
$$C_R = \frac{V_R}{V_I} = \frac{\sqrt{2gH_1}}{\sqrt{2gH_0}}$$

$$C_R = \sqrt{\frac{H_1}{H_0}} = \sqrt{\frac{0{,}4}{1{,}6}} = \sqrt{0{,}25}$$

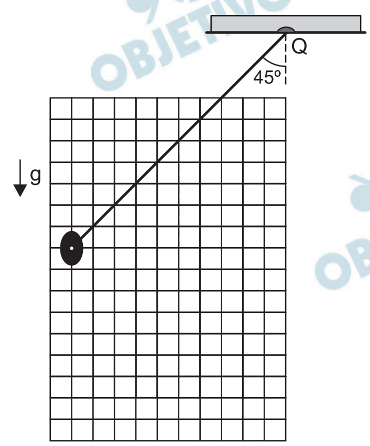
$$\boxed{C_R = 0{,}50}$$

Respostas: a) ver gráfico
b) ver gráfico
c) 0,50

Um acrobata, de massa $\mathbf{M_A}$ = 60 kg, quer realizar uma apresentação em que, segurando uma corda suspensa em um ponto Q fixo, pretende descrever um círculo de raio R = 4,9 m, de tal forma que a corda mantenha um ângulo de 45º com a vertical. Visando garantir sua total segurança, há uma recomendação pela qual essa corda deva ser capaz de suportar uma tensão de, no mínimo, três vezes o valor da tensão a que é submetida durante a apresentação. Para testar a corda, com ela parada e na vertical, é pendurado em sua extremidade um bloco de massa $\mathbf{M_0}$, calculada de tal forma que a tensão na corda atenda às condições mínimas estabelecidas pela recomendação de segurança. Nessa situação:



a) Represente, no esquema da folha de respostas, a direção e o sentido das forças que agem sobre o acrobata, durante sua apresentação, identificando-as, por meio de um desenho em escala.

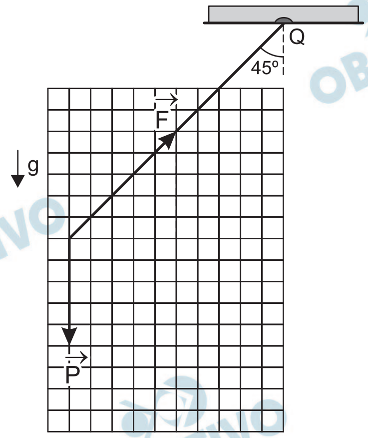


b) Estime o tempo $\mathbf{t_A}$, em segundos, que o acrobata leva para dar uma volta completa em sua órbita circular.

c) Estime o valor da massa $\mathbf{M_0}$, em kg, que deve ser utilizada para realizar o teste de segurança.

NOTE E ADOTE:
Força centrípeta $F_c = mv^2/R$
Adote $\pi \cong 3$

Resolução



a) $\vec{F}$: força que a corda aplica no acrobata.

$\vec{P}$: peso do acrobata.

b) 1) Na direção vertical temos:

$F_y = P = M_A g$

2) Na direção horizontal temos: $F_x = F_{cp} = M_A\, \omega^2\, r$

3) Da figura:

$$tg\ 45° = \frac{F_x}{F_y} = 1$$

$$M_A\, \omega^2\, r = M_A g$$

$$\omega^2 = \frac{g}{r} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$$

$$\frac{2\pi}{t_A} = \sqrt{\frac{g}{r}} \Rightarrow \frac{t_A}{2\pi} = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$t_A = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$t_A = 2\,.\,3 \sqrt{\frac{4,9}{10}}\ \text{(s)} \Rightarrow \boxed{t_A = 4,2\text{s}}$$

c) 1) O módulo de $\vec{F}$ é dado por:

$$F_y = F \cos 45°$$

$$M_A g = F\,.\,\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\boxed{F = \sqrt{2}\, M_A g}$$

2) Na condição do teste temos:

$P = 3F$

$$M_0\, g = 3\sqrt{2}\, M_A\, g$$

$$\boxed{M_0 = 3\sqrt{2}\, M_A}$$

$$M_0 = 3\,.\,1,4\,.\,60\ \text{(kg)}$$

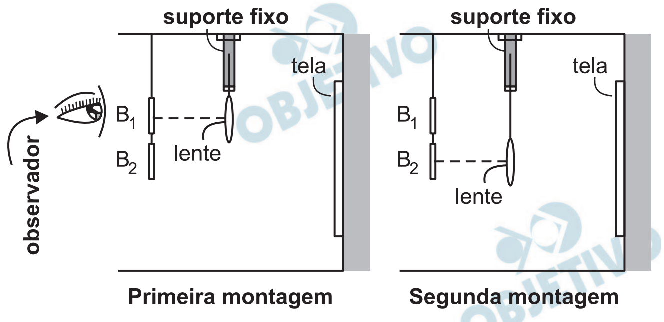
$$\boxed{M_0 = 252\ \text{kg}}$$

Respostas: a) ver figura

b) $t_A = 4,2$ s

c) $M_0 = 252$ kg

Na montagem de uma exposição, um decorador propôs a projeção, através de uma lente pendurada em um suporte fixo, da imagem de duas bandeirinhas luminosas, $\mathbf{B_1}$ e $\mathbf{B_2}$, sobre uma tela. Em sua primeira tentativa, no entanto, apenas a imagem de B_1 pôde ser vista na tela (primeira montagem). Para viabilizar, então, sua proposta, o decorador deslocou a lente para baixo, obtendo, assim, as imagens das duas bandeirinhas sobre a tela (segunda montagem).

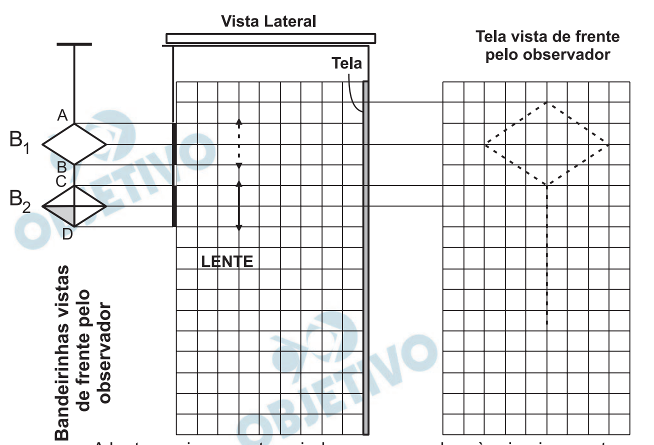


As bandeirinhas encontram-se reproduzidas na folha de respostas, assim como, em linhas tracejadas, a posição da lente e a imagem obtida na primeira montagem. Para visualizar as imagens que passam a ser observadas na segunda montagem, utilizando o esquema da folha de respostas:

a) Determine, a partir da imagem correspondente à primeira montagem (em linha tracejada), a posição do foco da lente, identificando-a na figura pela letra **F**.

b) Construa a imagem completa que a bandeirinha $\mathbf{B_2}$ projeta sobre a tela, na segunda montagem, traçando as linhas de construção necessárias e indicando as imagens de C e D, por C' e D', respectivamente.

c) Construa a imagem completa que a bandeirinha $\mathbf{B_1}$ projeta sobre a tela, na segunda montagem, traçando as linhas de construção necessárias e indicando as imagens de A e B, por A' e B', respectivamente.



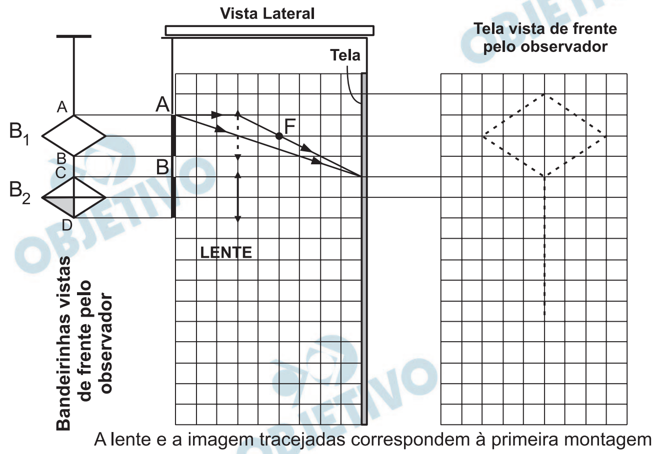
A lente e a imagem tracejadas correspondem à primeira montagem

Resolução

a) Determinação da posição do foco F da lente

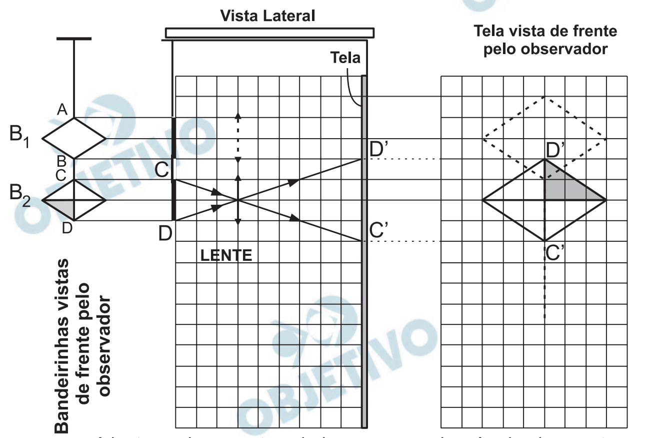
- **Um raio luminoso que incide no centro óptico da lente refrata-se sem sofrer desvio.**

• **Um raio luminoso que incide paralelamente ao eixo óptico, refrata-se passando pelo foco.**



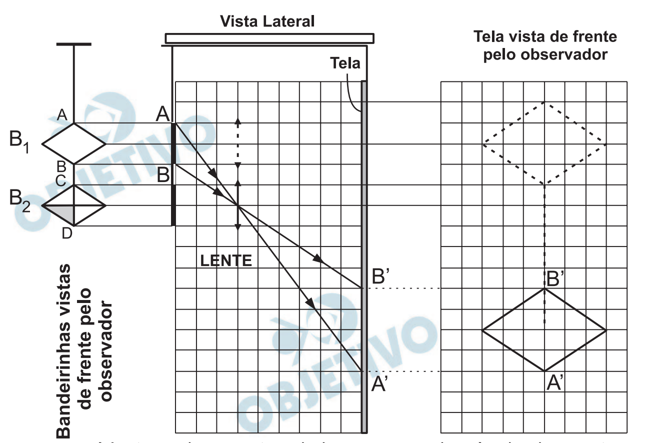
A lente e a imagem tracejadas correspondem à primeira montagem

b) **Utilizando-se raios que incidem no centro óptico da lente, a partir dos pontos C e D, construímos a imagem pedida.**

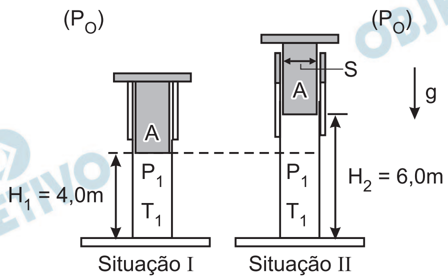


A lente e a imagem tracejadas correspondem à primeira montagem

c) **Novamente, utilizando-se os raios que incidem no centro óptico da lente, a partir dos pontos A e B, esboçamos a imagem da bandeirinha B$_1$.**



A lente e a imagem tracejadas correspondem à primeira montagem



Um grande cilindro, com ar inicialmente à pressão $\mathbf{P_1}$ e temperatura ambiente ($\mathbf{T_1}$ = 300 K), quando aquecido, pode provocar a elevação de uma plataforma **A**, que funciona como um pistão, até uma posição mais alta. Tal processo exemplifica a transformação de calor em trabalho, que ocorre nas máquinas térmicas, <u>à pressão constante</u>. Em uma dessas situações, o ar contido em um cilindro, cuja área da base **S** é igual a 0,16 m^2, sustenta uma plataforma de massa $\mathbf{M_A}$ =160 kg a uma altura $\mathbf{H_1}$ = 4,0 m do chão (situação I). Ao ser aquecido, a partir da queima de um combustível, o ar passa a uma temperatura $\mathbf{T_2}$, expandindo-se e empurrando a plataforma até uma nova altura $\mathbf{H_2}$ = 6,0 m (situação II). Para verificar em que medida esse é um processo eficiente, estime:

a) A pressão $\mathbf{P_1}$ do ar dentro do cilindro, em pascals, durante a operação.

b) A temperatura $\mathbf{T_2}$ do ar no cilindro, em kelvins, na situação II.

c) A eficiência do processo, indicada pela razão $\mathbf{R = \Delta E_p/Q}$, onde $\mathbf{\Delta E_p}$ é a variação da energia potencial da plataforma, quando ela se desloca da altura H_1 para a altura H_2, e **Q**, a quantidade de calor recebida pelo ar do cilindro durante o aquecimento.

> **NOTE E ADOTE:**
> PV = nRT; $P_{atmosférica} = P_0 = 1{,}00 \times 10^5$ Pa;
> 1 Pa = 1 N/m^2
> Calor específico do ar a pressão constante
> $C_p \approx 1{,}0 \times 10^3$ J/(kg.K)
> Densidade do ar a 300 K ≈ 1,1 kg/m^3

Resolução

a) A pressão p_1 do ar no cilindro é dada por:

$$P_1 = P_0 + \frac{mg}{S}$$

$$P_1 = 1{,}00 \cdot 10^5 + \frac{160 \cdot 10}{0{,}16} \text{ (Pa)}$$

$$P_1 = 1{,}00 \cdot 10^5 + 0{,}10 \cdot 10^5 \text{ (Pa)}$$

$$\boxed{P_1 = 1{,}10 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

b) Aplicando-se a Equação de Clapeyron, nas duas fases do processo, vem:

$$\begin{cases} P_1V_1 = n\,R\,T_1 \\ P_2V_2 = n\,R\,T_2 \end{cases}$$

Dividindo-se as equações acima membro a membro, obtemos:

$$\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Como a transformação é isobárica (pressão constante), temos $p_1 = p_2$. Então:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Assim:

$$\frac{SH_1}{T_1} = \frac{SH_2}{T_2}$$

$$\frac{4{,}0}{300} = \frac{6{,}0}{T_2}$$

$$\boxed{T_2 = 450\text{K}}$$

c) Para o cálculo da eficiência R do processo, temos:

$$R = \frac{\Delta E_p}{Q} = \frac{mgh}{m_{ar}\,C_p\,\Delta T}$$

$$\mu_{ar} = \frac{m_{ar}}{V_{ar}}$$

Na temperatura inicial (300K), podemos escrever:

$$\mu_{ar} = \frac{m_{ar}}{S\,H_1}$$

$$1{,}1 = \frac{m_{ar}}{0{,}16 \cdot 4{,}0}$$

$$\boxed{m_{ar} = 0{,}704\text{kg}}$$

Portanto:

$$R = \frac{160 \cdot 10 \cdot (6{,}0 - 4{,}0)}{0{,}704 \cdot 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot (450 - 300)}$$

$$\boxed{R = 0{,}03 \text{ ou } R(\%) = 3\%}$$

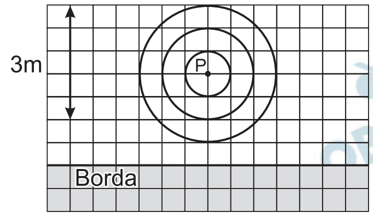
Respostas: a) $1{,}10 \cdot 10^5$ Pa

b) 450K

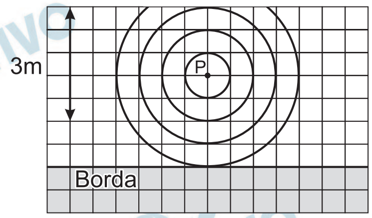
c) 0,03 ou 3%

6

Em um grande tanque, uma haste vertical sobe e desce continuamente sobre a superfície da água, em um ponto P, com freqüência constante, gerando ondas, que são fotografadas em diferentes instantes. A partir dessas fotos, podem ser construídos esquemas, onde se representam as cristas (regiões de máxima amplitude) das ondas, que correspondem a círculos concêntricos com centro em P. Dois desses esquemas estão apresentados ao lado, para um determinado instante $t_0 = 0$ s e para outro instante posterior, t = 2 s. Ao incidirem na borda do tanque, essas ondas são refletidas, voltando a se propagar pelo tanque, podendo ser visualizadas através de suas cristas. Considerando tais esquemas:



Ondas no instante $t_0 = 0s$

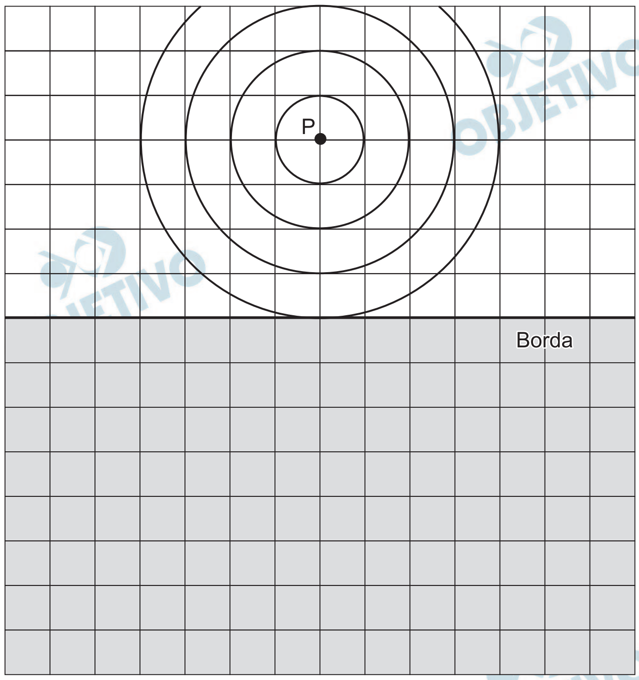


Ondas no instante t = 2s

a) Estime a velocidade de propagação **V**, em m/s, das ondas produzidas na superfície da água do tanque.

b) Estime a freqüência **f**, em Hz, das ondas produzidas na superfície da água do tanque.

c) Represente, na folha de respostas, as cristas das ondas que seriam visualizadas em uma foto obtida no instante t = 6,0 s, incluindo as ondas refletidas pela borda do tanque.



Nessa figura, já estão representadas as cristas das ondas visíveis no instante t = 2,0s

NOTE E ADOTE: Ondas, na superfície da água, refletidas por uma borda vertical e plana, propagam-se como se tivessem sua origem em uma imagem da fonte, de forma semelhante à luz refletida por um espelho.

Resolução

a) O período das ondas produzidas na superfície da água (T) corresponde ao intervalo de tempo entre duas perturbações consecutivas. Logo:

$$T = 2{,}0s$$

O comprimento de onda (λ) é a distância percorrida pela perturbação durante um período. Das duas figuras fornecidas, depreende-se que durante 2,0s a frente da onda avança 0,6m (é importante observar a escala das figuras em que 5 unidades = 3m). Logo:

$$\lambda = 0{,}60m$$

A velocidade de propagação da onda (V) fica determinada por:

$$V = \frac{\lambda}{T}$$

$$V = \frac{0{,}60}{2{,}0} \text{ (m/s)} \Rightarrow \boxed{V = 0{,}30 \text{ m/s}}$$

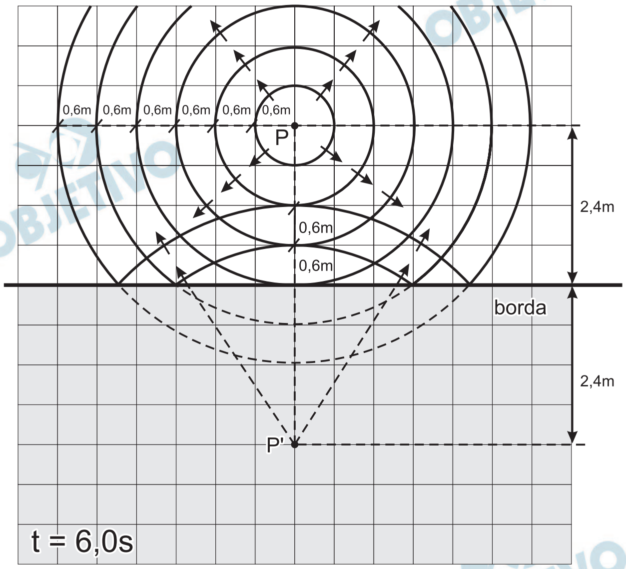
b) A freqüência é o inverso do período.

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2{,}0} \text{ (s}^{-1} \text{ ou Hz)}$$

$$\boxed{f = 0{,}50 \text{ Hz}}$$

c) As frentes de onda refletidas serão circulares, tudo se passando como se existisse uma outra fonte de ondas, P', simétrica de P em relação à barreira refletora.

A situação da superfície da água em t = 6,0s está representada a seguir.



Respostas:

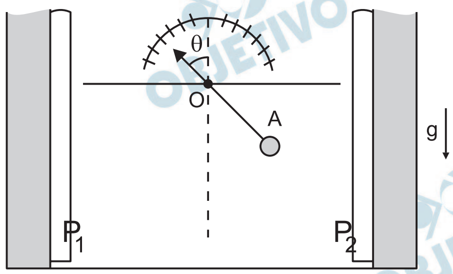
a) V = 0,30m/s

b) f = 0,50Hz

c) ver figura

7

Um campo elétrico uniforme, de módulo **E**, criado entre duas grandes placas paralelas carregadas, P_1 e P_2, é utilizado para estimar a carga presente em pequenas esferas. As esferas são fixadas na extremidade de uma haste isolante, rígida e muito leve, que pode girar em torno do ponto O. Quando uma pequena esfera A, de massa **M** = 0,015 kg e carga **Q**, é fixada na haste, e sendo **E** igual a 500 kV/m, a esfera assume uma posição de equilíbrio, tal que a haste forma com a vertical um ângulo θ = 45º.



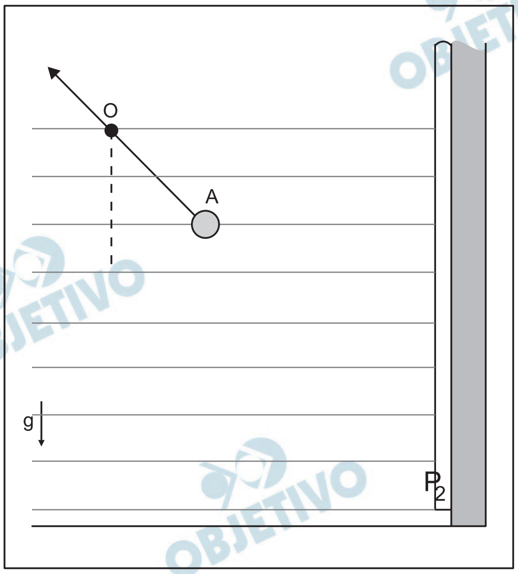
Para essa situação:

a) Represente, no esquema da folha de respostas, a força gravitacional **P** e a força elétrica $\mathbf{F_E}$ que atuam na esfera A, quando ela está em equilíbrio sob ação do campo elétrico. Determine os módulos dessas forças, em newtons.

b) Estime a carga **Q**, em coulombs, presente na esfera.

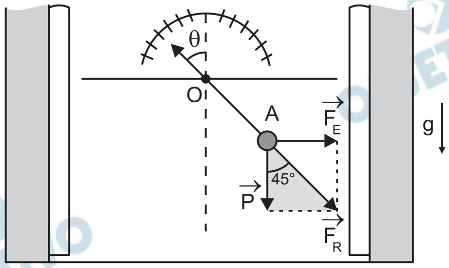
c) Se a esfera se desprender da haste, represente, no esquema da folha de respostas, a trajetória que ela iria percorrer, indicando-a pela letra **T**.

NOTE E ADOTE:
Desconsidere efeitos de indução eletrostática.



Resolução

a)



Sendo a barra de massa desprezível, a força resultante tem a mesma direção da barra.
No triângulo destacado, temos:

$$\text{tg } 45° = \frac{F_E}{P}$$

$$1 = \frac{F_E}{P} \Rightarrow F_E = P = M\,g$$

$F_E = P = 0{,}015 \,.\, 10 \text{ (N)}$

$$\boxed{F_E = P = 0{,}15\text{N}}$$

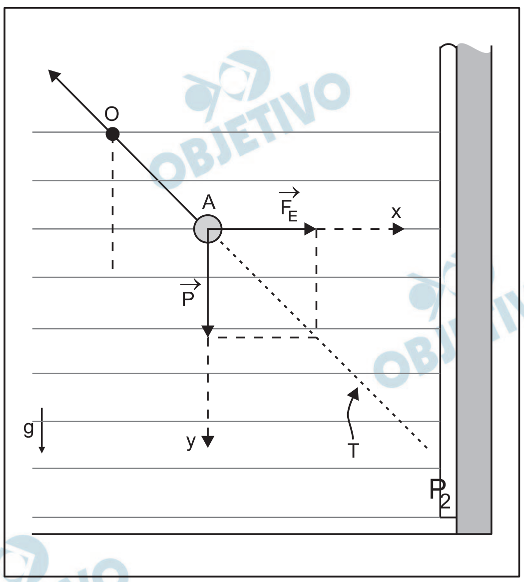
b) A força elétrica atuante é dada por:

$F_E = |Q|\,E$

$0{,}15 = |Q|\,500 \,.\, 10^3$

$|Q| = 3{,}0 \,.\, 10^{-7}\text{C}$

c)



A força elétrica produzirá, na direção do eixo x, um movimento uniformemente variado com módulo de aceleração igual a:

$$a_x = \frac{|Q|\,E}{M}$$

Assim: $x = \dfrac{1}{2}\, a_x\, t^2 \Rightarrow x = \dfrac{1}{2}\; \dfrac{|Q|\,E}{M} \,.\, t^2 \text{ (I)}$

A força peso produzirá, na direção do eixo y, um movimento uniformemente variado com módulo de aceleração igual a g. Portanto:

$$y = \frac{1}{2}\, g\, t^2 \text{ (II)}$$

De I e II, vem:

$$\boxed{y = \frac{M\,g}{|Q|\,E}\, x}$$

O fator $\dfrac{M\,g}{|Q|\,E}$ é constante e igual a 1, pois

$M\,g = |Q|\,E$.

Assim:

$$\boxed{y = x}$$

e concluímos que a trajetória é retilínea.

Respostas: a) 0,15N

b) $3{,}0 \cdot 10^{-7}$C

c) A trajetória é retilínea

8

Com o objetivo de criar novas partículas, a partir de colisões entre prótons, está sendo desenvolvido, no CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares), um grande acelerador (LHC). Nele, através de um conjunto de ímãs, feixes de prótons são mantidos em órbita circular, com velocidades muito próximas à velocidade **c** da luz no vácuo. Os feixes percorrem longos tubos, que juntos formam uma circunferência de 27 km de comprimento, onde é feito vácuo. Um desses feixes contém **N** = 3,0 x 10^{14} prótons, distribuídos uniformemente ao longo dos tubos, e cada próton tem uma energia cinética **E** de 7,0 x 10^{12}eV. Os prótons repassam inúmeras vezes por cada ponto de sua órbita, estabelecendo, dessa forma, uma corrente elétrica no interior dos tubos. Analisando a operação desse sistema, estime:

a) A energia cinética total $\mathbf{E_c}$, em joules, do conjunto de prótons contidos no feixe.

b A velocidade **V**, em km/h, de um trem de 400 toneladas que teria uma energia cinética equivalente à energia do conjunto de prótons contidos no feixe.

c) A corrente elétrica I, em ampères, que os prótons em movimento estabelecem no interior do tubo onde há vácuo.

> NOTE E ADOTE:
> q = Carga elétrica de um próton = 1,6 . 10^{-19}C
> c = 3,0 x 10^8 m/s
> 1 eletron-volt = 1 eV = 1,6 10^{-19}J

> ATENÇÃO ! Não utilize expressões envolvendo a massa do próton, pois, como os prótons estão a velocidades próximas à da luz, os resultados seriam incorretos.

Resolução

a) A energia cinética total E_C é calculada fazendo-se:

$$E_C = NE \Rightarrow E_C = 3{,}0 \cdot 10^{14} \cdot 7{,}0 \cdot 10^{12} \text{ (eV)}$$

Da qual: $\boxed{E_C = 2{,}1 \cdot 10^{27} \text{ eV}}$

Em joules:

$$E_C = 2{,}1 \cdot 10^{27} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ (J)} \Rightarrow \boxed{E_C \cong 3{,}4 \cdot 10^8 \text{J}}$$

b) A velocidade do trem fica determinada por:

$$E_C = \frac{MV^2}{2} \Rightarrow 3{,}4 \cdot 10^8 = \frac{400 \cdot 10^3 \, V^2}{2}$$

Da qual: $\boxed{V \cong 41{,}2 \text{m/s}}$

Em km/h:

$$V = 41{,}2 \, . \, 3{,}6 \left(\frac{km}{h}\right) \Rightarrow \boxed{V \cong 148km/h}$$

c) A corrente elétrica I é calculada pela relação entre a carga elétrica que passa por uma dada secção transversal do LHC e o correspondente intervalo de tempo.

$$I = \frac{Q_{total}}{\Delta t} \ (1) \ ; \ c = \frac{L}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{L}{c} \ (2)$$

Substituindo-se (2) em (1), tem-se que:

$$I = \frac{Q_{total}}{\frac{L}{c}} \Rightarrow I = \frac{c \, Q_{total}}{L}$$

Sendo $c = 3{,}0 \, . \, 10^8 m/s$;

$Q_{total} = Nq = 3{,}0 \, . \, 10^{14} \, . \, 1{,}6 \, . \, 10^{-19} (C) = 4{,}8 \, . \, 10^{-5}$ C

e $L = 27km = 27 \, . \, 10^3 m$, segue que:

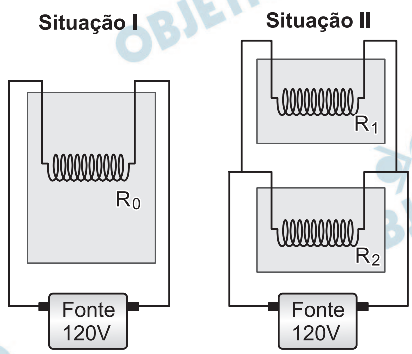
$$I = \frac{3{,}0 \, . \, 10^8 \, . \, 4{,}8 \, . \, 10^{-5}}{27 \, . \, 10^3} \ (A)$$

Da qual: $\boxed{I \cong 0{,}53A}$

Respostas: a) $3{,}4 \, . \, 10^8 J$;
b) 148km/h
c) 0,53A

9

Uma jovem, para aquecer uma certa quantidade de massa **M** de água, utiliza, inicialmente, um filamento enrolado, cuja resistência elétrica R_0 é igual a 12Ω, ligado a uma fonte de 120 V (situação I). Desejando aquecer a água em dois recipientes, coloca, em cada um, metade da massa total de água **(M/2)**, para que sejam aquecidos por resistências R_1 e R_2, ligadas à mesma fonte (situação II). A jovem obtém essas duas resistências, cortando o filamento inicial em partes não iguais, pois deseja que R_1 aqueça a água com duas vezes mais potência que R_2.



Para analisar essas situações:

a) Estime a potência $\mathbf{P_0}$, em watts, que é fornecida à massa total de água, na situação I.

b) Determine os valores de $\mathbf{R_1}$ e $\mathbf{R_2}$, em ohms, para que no recipiente onde está R_1 a água receba duas vezes mais potência do que no recipiente onde está R_2, na situação II.

c) Estime a razão $\mathbf{P/P_0}$, que expressa quantas vezes mais potência é fornecida na situação II **(P)**, ao conjunto dos dois recipientes, em relação à situação I $(\mathbf{P_0})$.

NOTE E ADOTE:
V = RI ; P = VI

Resolução

a) De $P_0 = \dfrac{U^2}{R_0}$**, sendo** $U = 120V$ **e** $R_0 = 12\Omega$**, vem:**

$$P_0 = \frac{(120)^2}{12} \text{ (W)}$$

$$\boxed{P_0 = 1\,200W}$$

b) Sendo $P_1 = 2P_2$**, resulta:**

$$\frac{U^2}{R_1} = 2 \cdot \frac{U^2}{R_2}$$

Portanto: $R_1 = \dfrac{R_2}{2}$ **(1)**

Mas $R_1 + R_2 = R_0$

$R_1 + R_2 = 12\Omega$ (2)

De (1) e (2), temos: $\boxed{R_1 = 4{,}0\Omega}$ e $\boxed{R_2 = 8{,}0\Omega}$

c) $$\frac{P}{P_0} = \frac{P_1 + P_2}{P_0}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\dfrac{U^2}{R_1} + \dfrac{U^2}{R_2}}{\dfrac{U^2}{R_0}}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}}{\dfrac{1}{R_0}} \Rightarrow \frac{P}{P_0} = \frac{\dfrac{1}{4{,}0} + \dfrac{1}{8{,}0}}{\dfrac{1}{12}}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\dfrac{3}{8{,}0}}{\dfrac{1}{12}} \Rightarrow \boxed{\frac{P}{P_0} = 4{,}5}$$

Respostas: a) 1200W
b) $4{,}0\Omega$ e $8{,}0\Omega$
c) 4,5

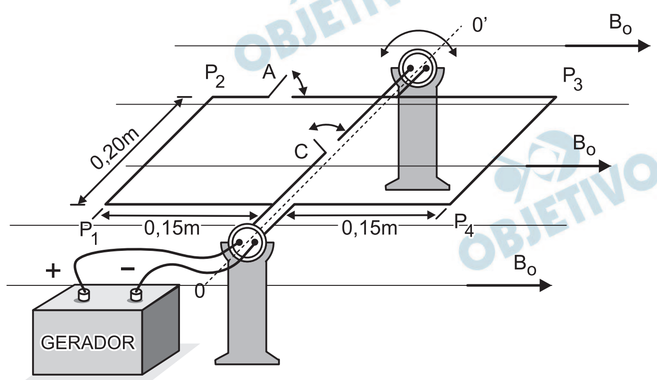
10

Para estimar a intensidade de um campo magnético $\mathbf{B_0}$, uniforme e horizontal, é utilizado um fio condutor rígido, dobrado com a forma e dimensões indicadas na figura, apoiado sobre suportes fixos, podendo girar livremente em torno do eixo OO'. Esse arranjo funciona como uma "balança para forças eletromagnéticas". O fio é ligado a um gerador, ajustado para que a corrente contínua fornecida seja sempre **i** = 2,0 A, sendo que duas pequenas chaves, A e C, quando acionadas, estabelecem diferentes percursos para a corrente. Inicialmente, com o gerador desligado, o fio permanece em equilíbrio na posição horizontal. Quando o gerador é ligado, com a chave A, aberta e C, fechada, é necessário pendurar uma pequena massa $\mathbf{M_1}$ = 0,008 kg, no meio do segmento P_3-P_4, para restabelecer o equilíbrio e manter o fio na posição horizontal.

a) Determine a intensidade da força eletromagnética $\mathbf{F_1}$, em newtons, que age sobre o segmento P_3P_4 do fio, quando o gerador é ligado com a chave A, aberta e C, fechada.

b) Estime a intensidade do campo magnético $\mathbf{B_0}$, em teslas.

c) Estime a massa $\mathbf{M_2}$, em kg, necessária para equilibrar novamente o fio na horizontal, quando a chave A está fechada e C, aberta. Indique onde deve ser colocada essa massa, levando em conta que a massa M_1 foi retirada.

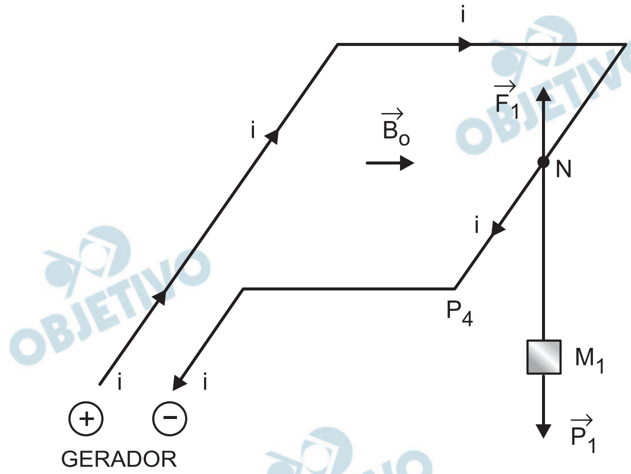


NOTE E ADOTE:
F = iBL
Desconsidere o campo magnético da Terra.
As extremidades P_1, P_2, P_3 e P_4 estão sempre no mesmo plano.

Resolução

a) Com a chave C fechada e a chave A aberta a força magnética $\vec{F}_1$ será vertical e ascendente, equilibrando o peso $\vec{P}_1$.

$\vec{F}_1$ é a força magnética decorrente da ação do campo magnético $\vec{B}_0$ sobre o lado P_3 P_4 e obedece à regra da mão esquerda.



Logo:

$F_1 = P_1 = M_1 \cdot g$

$F_1 = 0{,}008 \cdot 10$

$$\boxed{F_1 = 0{,}08N}$$

b) Ainda, com a chave C fechada e A aberta:

$F_1 = B_0 \cdot i \cdot L$

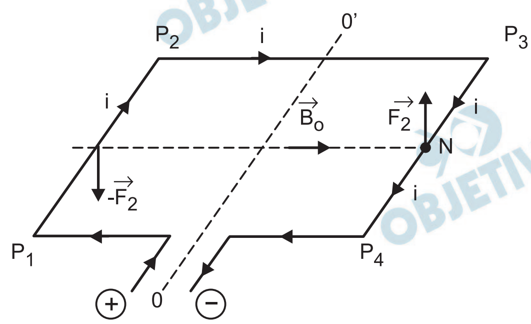
Sendo:

$F_1 = 0{,}08N$; $i = 2{,}0A$; $L = 0{,}20m$

$0{,}08 = B_0 \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}20$

$$\boxed{B_0 = 0{,}20T}$$

c) Fechando a chave A e abrindo a chave C tem-se um binário de forças como se mostra na figura. A espira tende a girar em torno de OO'.



$\vec{F}_2$ é uma força magnética, decorrente da ação do campo magnético $\vec{B}_0$ sobre os lados da espira e obedece à regra da mão esquerda.

Temos: $F_2 = B \cdot i \cdot L$ e, portanto, de mesma intensidade que F_1, anteriormente calculada.

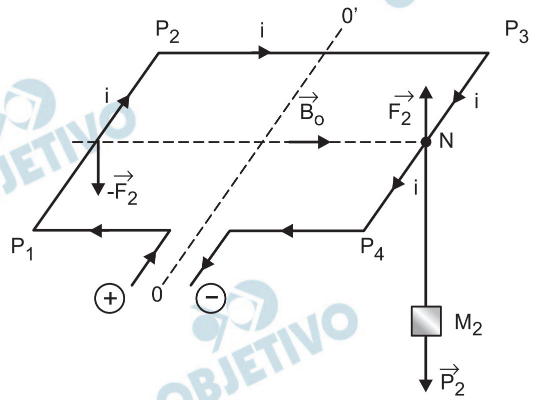
$$F_2 = F_1 = 0{,}08N$$

Para equilibrar o binário $(\vec{F}_2, -\vec{F}_2)$ devemos provocar um torque no sentido oposto. Logo, basta pendurar em N (ponto médio de P_3P_4) a massa M_2, tal que

$M_2 = 2M_1 \Rightarrow M_2 = 2 \cdot 0{,}008kg$

$$\boxed{M_2 = 0{,}016\text{kg}}$$

A figura mostra a situação final



Respostas: **a) 0,08N**

b) 0,20T

c) 0,016kg, colocada no ponto N, médio de P_3P_4