O Elite Resolve

ELITE
PRÉ-VESTIBULAR
campinas

Você na elite das universidades!

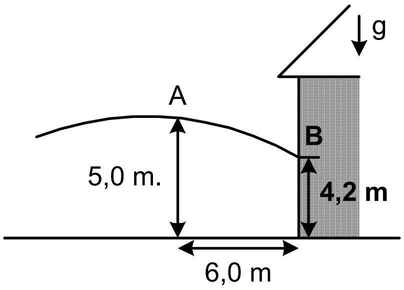
FUVEST 2004

SEGUNDA FASE

FÍSICA

✓ *FÍSICA*

1. Durante um jogo de futebol, um chute forte, a partir do chão, lança a bola contra uma parede próxima. Com auxílio de uma câmera digital, foi possível reconstituir a trajetória da bola, desde o ponto em que ela atingiu sua altura máxima (ponto A) até o ponto em que bateu na parede (ponto B). As posições de A e B estão representadas na figura. Após o choque, que é elástico, a bola retorna ao chão e o jogo prossegue.



a) Estime o intervalo de tempo $\mathbf{t_1}$, em segundos, que a bola levou para ir do ponto A ao ponto B.

b) Estime o intervalo de tempo $\mathbf{t_2}$, em segundos, durante o qual a bola permaneceu no ar, do instante do chute até atingir o chão após o choque.

c) Represente, no sistema de eixos da folha de resposta, em função do tempo, as velocidades horizontal $\mathbf{V_X}$ e vertical $\mathbf{V_Y}$ da bola em sua trajetória, do instante do chute inicial até o instante em que atinge o chão, identificando por V_X e V_Y, respectivamente, cada uma das curvas.

> NOTE E ADOTE:
> V_y é positivo quando a bola sobe
> V_x é positivo quando a bola se move para a direita

SOLUÇÃO:

a) No ponto A (altura máxima da trajetória) a velocidade vertical da bola é nula. Decompondo o movimento nas direções vertical e horizontal, temos movimento uniforme na horizontal e movimento uniformemente variado na vertical.

Como a bola cai 0,8m sob ação da gravidade com velocidade inicial nula, temos:

$$\Delta s = \frac{g\,t_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2\,\Delta s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}8}{10}}$$

$$\Rightarrow t_1 = 0{,}4 \text{ s}$$

b) A altura máxima atingida pela bola foi de 5m. Considerando novamente o movimento vertical e desprezando a resistência do ar, temos que o tempo de queda da bola é dado por:

$$t_D = \sqrt{\frac{2.H_{max}}{g}} = \sqrt{\frac{2.5}{10}}$$

$$\Rightarrow t_D = 1 \text{ s}$$

<u>Observação</u>: A colisão não afeta o movimento vertical.

Como num lançamento oblíquo, os tempos de subida e descida são iguais, temos que:

$$t_2 = 2\,t_D \Rightarrow t_2 = 2 \text{ s}$$

c) A componente vertical da velocidade no instante do chute pode ser determinada por:

$$v_y = v_{oy} - g\,t \Rightarrow 0 = v_{oy} - 10 \cdot 1$$

$$\Rightarrow v_{oy} = 10 \text{ m/s}$$

(Observe que foi considerado o tempo de subida, ao final do qual a bola tem velocidade vertical nula.)

Logo, na vertical temos:

$$v_y = 10 - 10\,t$$

Na horizontal, temos movimento uniforme cuja velocidade tem módulo dado por:

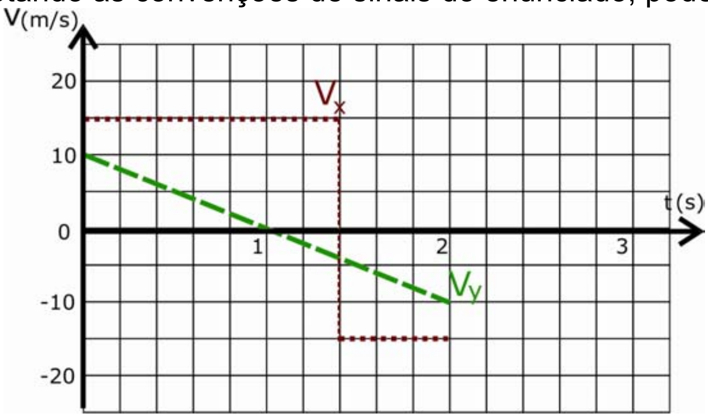
$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6}{0{,}4}$$

$$\Rightarrow v_x = 15 \text{ m/s}$$

O instante da colisão da bola com a parede, t_C, (quando a velocidade horizontal inverte o sentido) pode ser determinado somando-se o tempo de subida ao tempo de deslocamento de A até B (t_1).

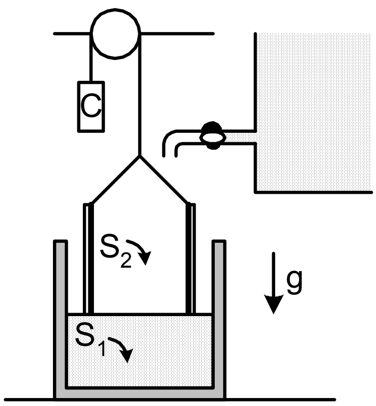
$$t_C = t_D + t_1 \Rightarrow t_C = 1 + 0,4$$
$$\Rightarrow t_C = 1,4 \text{ s}$$

Com os dados acima e, adotando as convenções de sinais do enunciado, podemos traçar o gráfico.



2. Um sistema industrial é constituído por um tanque cilíndrico, com 600 litros de água e área do fundo $S_1 = 0,6 \text{ m}^2$, e por um balde, com área do fundo $S_2 = 0,2 \text{ m}^2$. O balde está vazio e é mantido suspenso, logo acima do nível da água do tanque, com auxílio de um fino fio de aço e de um contrapeso C, como indicado na figura. Então, em t = 0 s, o balde passa a receber água de uma torneira, à razão de 20 litros por minuto, e vai descendo, com velocidade constante, até que encoste no fundo do tanque e a torneira seja fechada.

Para o instante **t = 6 minutos**, com a torneira aberta, na situação em que o balde ainda não atingiu o fundo, determine:



a) A tensão adicional Δ**F**, em N, que passa a agir no fio que sustenta o balde, em relação à situação inicial, indicada na figura.

b) A altura da água $\mathbf{H_6}$, em m, dentro do tanque.

c) Considerando todo o tempo em que a torneira fica aberta, determine o intervalo de tempo **T**, em minutos, que o balde leva para encostar no fundo do tanque.

NOTE E ADOTE:
O contrapeso equilibra o peso do balde, quando vazio.
O volume das paredes do balde é desprezível.

SOLUÇÃO:

a) Conforme o enunciado, a velocidade de descida do balde, assim como a de subida do contrapeso, é constante. Logo, não é acelerado.

Pela segunda lei de Newton, a força resultante que age no contrapeso é nula, assim como na situação inicial (sistema em repouso).

Como a força resultante não se altera, concluímos que a tensão na corda também não se altera ($\Delta F = 0$), pois se opõe apenas ao peso do contrapeso.

b) Como a força resultante no balde também é nula, o nível de água em seu interior é o mesmo que o do tanque. Inicialmente, a altura da água no tanque pode ser determinada por:

$$H_0 = \frac{V_0}{S_1} = \frac{0,6}{0,6} \Rightarrow H_0 = 1 \text{ m}$$

Após seis minutos, com vazão de 20L/min, temos um volume adicional de 120L (0,12 m^3). Portanto, a altura do nível da água no tanque sofre um acréscimo de:

$$\Delta H = \frac{\Delta V}{S_1} = \frac{0,12}{0,6} \Rightarrow \Delta H = 0,2 \text{ m}$$

Daí, a altura final é:

$$H_6 = H_0 + \Delta H = 1 + 0,2 \Rightarrow H_6 = 1,2 \text{ m}$$

c) No instante em que o balde toca o fundo do tanque, a altura do nível da água no tanque (e conseqüentemente no balde) pode ser determinada por:

$$H = \frac{V_o}{s_1 - s_2}$$

Pois temos agora um recipiente equivalente a diferença entre o volume do tanque e do balde cilíndricos, cuja área de base vale $s_1 - s_2$, ocupado pelo mesmo volume inicial de 0,6m^3.
Como o volume de água no balde pode ser dado por: $V_B = S_2 H$
E também por: $V_B = R\,\Delta t$ (onde R é a Vazão volumétrica), temos que:

$$R\,\Delta t = S_2 \frac{V_o}{s_1 - s_2} \Rightarrow \Delta t = \frac{S_2}{R}\frac{V_o}{s_1 - s_2} \Rightarrow \Delta t = \frac{0,2}{20}.\frac{0,6}{0,6-0,2}$$

$$\Rightarrow \Delta t = 15 \text{ min}$$

3. Um brinquedo consiste em duas pequenas bolas **A** e **B**, de mesma massa **M**, e um fio flexível: a bola **B** está presa na extremidade do fio e a bola **A** possui um orifício pelo qual o fio passa livremente. Para o jogo, um operador (com treino!) deve segurar o fio e girá-lo, de tal forma que as bolas descrevam trajetórias circulares, com o mesmo período **T** e raios diferentes. Nessa situação, como indicado na figura 1, as bolas permanecem em lados opostos em relação ao eixo vertical fixo que passa pelo ponto O. A figura 2 representa o plano que contém as bolas e que gira em torno do eixo vertical, indicando os raios e os ângulos que o fio faz com a horizontal.

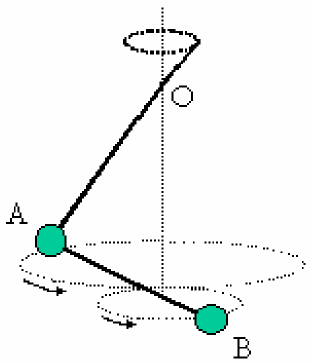


Figura 1

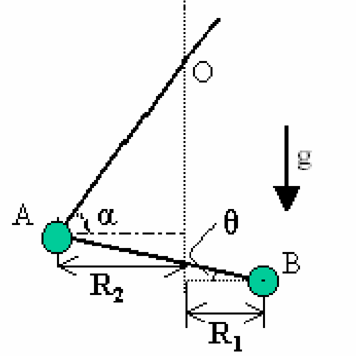
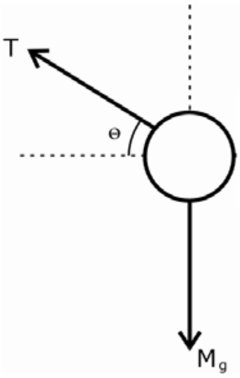


Figura 2

Assim, determine:
a) O módulo da força de tensão **F**, que permanece constante ao longo de todo o fio, em função de **M** e **g.**
b) A razão **K** = **sen α/sen θ ,** entre os senos dos ângulos que o fio faz com a horizontal.
c) O número **N** de voltas por segundo que o conjunto realiza quando o raio R_1 da trajetória descrita pela bolinha B for igual a 0,10 m.

NOTE E ADOTE:
Não há atrito entre as bolas e o fio.
Considere sen $\theta \approx 0,4$ e cos $\theta \approx 0,9$; $\pi \approx 3$

SOLUÇÃO:
a) Fazendo o diagrama de forças da bola B:



Na direção vertical, temos:

$$T \text{ sen } \theta = M\,g \qquad (1)$$

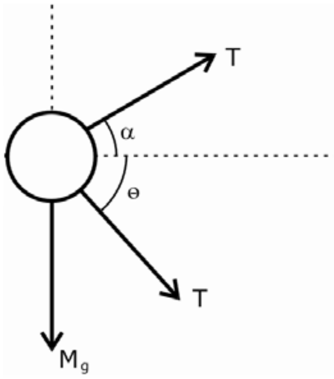
Usando sen θ = 0,4:

$$T = \frac{M\,g}{0{,}4} \Rightarrow T = 2{,}5\,M\,g \ (2)$$

Na direção horizontal tem-se:

$$T \cos\theta = M\,\omega^2\,\mathbf{R_1} \qquad (3)$$

b) Fazendo o diagrama de forças da bola A:



Na direção vertical tem-se:

$$T \text{ sen } \alpha = T \text{ sen } \theta + M\,g \qquad (4)$$

Das equações (1) e (4):

$$T \text{ sen } \theta = T(\text{sen } \alpha - \text{sen } \theta) \Rightarrow \text{sen } \theta = \text{sen } \alpha - \text{sen } \theta$$
$$\Rightarrow \text{sen } \alpha = 2 \text{ sen } \theta$$
$$\Rightarrow K = \text{sen } \alpha / \text{sen } \theta \mathbf{= 2}$$

c) Das equações (2) e (3):

$$2{,}5\,M\,g\cos\theta = M\,\omega^2\,R_1 \Rightarrow 2{,}5\,g\cos\theta = \omega^2\,R_1$$
$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2{,}5\,g\cos\theta}{R_1}} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2{,}5\,g\cos\theta}{R_1}}$$

Tem-se:

$g = 10$ m/s^2 $\cos\theta = 0{,}9$ $R_1 = 0{,}1$ m $\pi = 3$

Substituindo:

$$f = \frac{1}{2\cdot 3}\sqrt{\frac{2{,}5\cdot 10\cdot 0{,}9}{0{,}1}} \Rightarrow f = 2{,}5 \text{ Hz}$$

4. Um cilindro de Oxigênio hospitalar (O_2), de 60 litros, contém, inicialmente, gás a uma pressão de 100 atm e temperatura de 300 K. Quando é utilizado para a respiração de pacientes, o gás passa por um redutor de pressão, regulado para fornecer Oxigênio a 3 atm, nessa mesma temperatura, acoplado a um medidor de fluxo, que indica, para essas condições, o consumo de Oxigênio em litros/minuto.

Assim, determine:

a) O número $\mathbf{N_0}$ de mols de O_2, presentes inicialmente no cilindro.

b) O número **n** de mols de O_2, consumidos em 30 minutos de uso, com o medidor de fluxo indicando 5 litros/minuto.

c) O intervalo de tempo **t**, em horas, de utilização do O_2, mantido o fluxo de 5 litros/minuto, até que a pressão interna no cilindro fique reduzida a 40 atm.

NOTE E ADOTE: Considere o O_2 como gás ideal. Suponha a temperatura constante e igual a 300 K. A constante dos gases ideais $R \approx 8 \times 10^{-2}$ litros · atm / K

SOLUÇÃO:

Dados gerais da questão:

$$T = 300 \text{ K}$$
$$R = 8\text{x}10^{-2} \text{ litros} \cdot \text{atm / K}$$

a) Inicialmente temos no cilindro:

$$P_0 = 100 \text{ atm}$$
$$V_0 = 60 \text{ litros}$$

Utilizando a equação de Clapeyron:

$$P\,V = n\,R\,T$$
$$\Rightarrow P_0\,V_0 = N_0\,R\,T$$
$$\Rightarrow 100\text{x}60 = N_0\,8\text{x}10^{-2}\text{x}300$$
$$\Rightarrow N_0 = 250 \text{ mols}$$

b) Temos o fluxo de gás:

$$\phi = 5 \text{ litros/minuto}$$

O volume total de gás consumido em 30 minutos é de:

$$V = \phi\,t = 5\text{x}30 \Rightarrow V = 150 \text{ litros}$$

Temos ainda:

$$P = 3 \text{ atm}$$

Logo, utilizando novamente a equação de Clapeyron:

$$P\,V = n\,R\,T$$
$$3\text{x}150 = n\,8\text{x}10^{-2}\text{x}300$$
$$\Rightarrow n = 18{,}75 \text{ mols}$$

c) Após o intervalo de tempo t, temos no cilindro:

$$P_f = 40 \text{ atm}$$
$$V_f = 60 \text{ litros}$$

Utilizando a equação de Clapeyron:

$$40\text{x}60 = N_f\,8\text{x}10^{-2}\text{x}300$$
$$\Rightarrow N_f = 100 \text{ mols}$$

O número de mols expelido pelo cilindro é então:

$$\Delta n = N_0 - N_f \Rightarrow \Delta n = 150 \text{ mols}$$

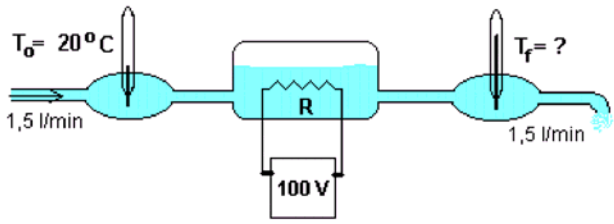
O fluxo de gás saindo do cilindro, em mol/min, é:

$$\phi_n = 18{,}75 \text{ mols / 30 minutos} = 0{,}625 \text{ mol/min}$$

Logo:

$$\phi_n = \Delta n / t \Rightarrow t = \Delta n / \phi_n = 150 / 0{,}625$$
$$\Rightarrow t = 240 \text{ minutos}$$
$$\Rightarrow t = 4 \text{ horas}$$

5. Em um experimento de laboratório, um fluxo de água constante, de 1,5 litros por minuto, é aquecido através de um sistema cuja resistência **R**, alimentada por uma fonte de 100 V, depende da temperatura da água. Quando a água entra no sistema, com uma temperatura T_0 = 20 ºC, a resistência passa a ter um determinado valor que aquece a água. A água aquecida estabelece novo valor para a resistência e assim por diante, até que o sistema se estabilize em uma temperatura final T_f .



Para analisar o funcionamento do sistema:

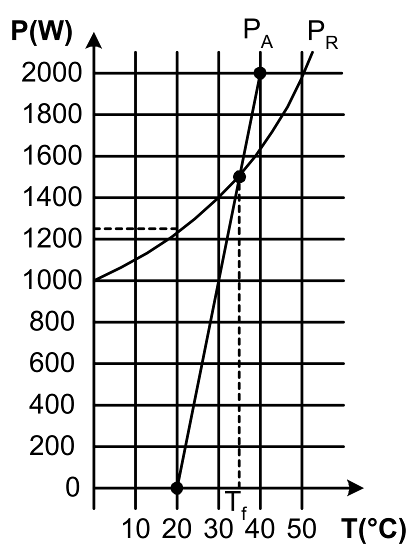
a) Escreva a expressão da potência $\mathbf{P_R}$ dissipada no resistor, em função da temperatura do resistor, e represente $\mathbf{P_R}$ **x T** no gráfico da folha de respostas.

b) Escreva a expressão da potência $\mathbf{P_A}$ necessária para que a água deixe o sistema a uma temperatura T, e represente $\mathbf{P_A}$ **x T** no mesmo gráfico da folha de respostas.

c) Estime, a partir do gráfico, o valor da temperatura final $\mathbf{T_f}$ da água, quando essa temperatura se estabiliza.

NOTE E ADOTE:
- Nas condições do problema, o valor da resistência R é dado por **R = 10 – α T,** quando R é expresso em Ω, T em ºC e **α = 0,1 Ω/ºC**.
- Toda a potência dissipada no resistor é transferida para a água e o resistor está à mesma temperatura de saída da água.
- Considere o calor específico da água c = 4000 J/(kg.K) e a densidade da água ρ = 1 kg/litro

SOLUÇÃO:



a) $P_R = \dfrac{U^2}{R}; \quad U = 100 \text{ V}$

Utilizando a fórmula dada R = 10 – 0,1 T (Ω, °C), tem-se:

$$P_R = \frac{100^2}{10 - 0{,}1T} \qquad (1)$$

b) Calor absorvido pela água no intervalo Δt:

$$P_A\, \Delta t = m\, c\, \Delta T = \Delta V\, \rho\, c\, \Delta T$$

$$P_A = \frac{\Delta V}{\Delta t}\rho c \Delta T\,;\ \frac{\Delta V}{\Delta t} = 1{,}5\,\frac{L}{min} = \frac{1{,}5}{60}\,\frac{L}{s}$$

$$\Rightarrow P_A = \frac{1{,}5}{60} x1x4000x(T - 20)$$

$$\Rightarrow P_A = 100\ (T - 20) \qquad (2)$$

c) T_f pode ser obtido analiticamente, igualando (1) e (2),

$$\frac{100^2}{10-0{,}1\ T_f} = 100\,(T-20) \Rightarrow T^2 - 120\,T + 3000 = 0$$

$$\Rightarrow T' \cong 84{,}5\ °C\ ;\ T'' \cong 35{,}5\ °C$$

Observe que a solução gráfica para $P_A = P_R$ aproxima-se de 35,5°C

6. Uma máquina fotográfica, com uma lente de foco F e eixo OO', está ajustada de modo que a imagem de uma paisagem distante é formada com nitidez sobre o filme. A situação é esquematizada na figura 1, apresentada na folha de respostas. O filme, de 35 mm, rebatido sobre o plano, também está esquematizada na figura 2, com o fotograma K correspondente. A fotografia foi tirada, contudo, na presença de um fio vertical P, próximo à máquina, perpendicular à folha de papel, visto de cima, na mesma figura.

No esquema da folha de respostas,

a) Represente, na figura 1, a imagem de P, identificando-a por P' (Observe que essa imagem não se forma sobre o filme).

b) Indique, na figura 1, a região AB do filme que é atingida pela luz refletida pelo fio, e os raios extremos, R_A e R_B, que definem essa região.

c) Esboce, sobre o fotograma K da figura 2, a região em que a luz proveniente do fio impressiona o filme, hachurando-a.

NOTE E ADOTE:
Em uma máquina fotográfica ajustada para fotos de objetos distantes, a posição do filme coincide com o plano que contém o foco F da lente.

SOLUÇÃO:

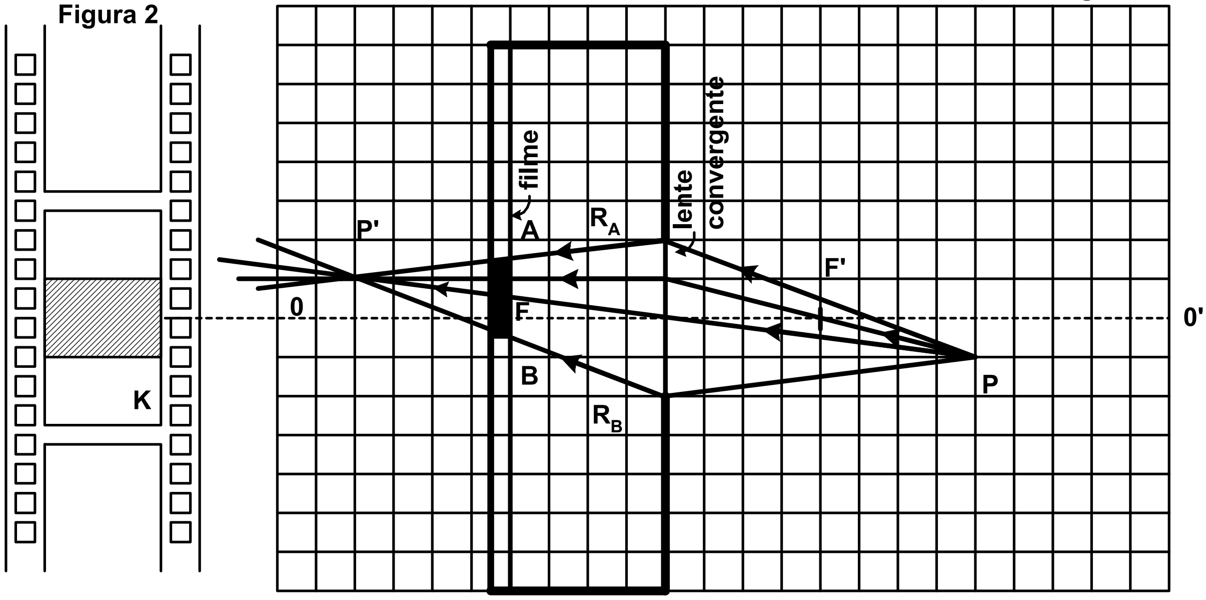
a) Observando na figura 1 a posição dos dois focos F (já assinalado) e F', pode-se determinar P' a partir de dois raios de luz (veja figura 1).

b) Veja figura 1

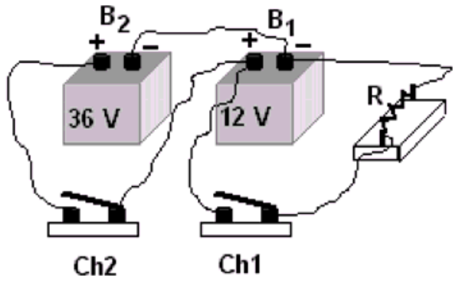
c) Como P corresponde a um fio vertical, a região AB corresponde no filme a uma região retangular (veja figura 2).

Figura 1

Figura 2



7. Um sistema de alimentação de energia de um resistor **R** = 20 Ω é formado por duas baterias, $\mathbf{B_1}$ e $\mathbf{B_2}$, interligadas através de fios, com as chaves Ch1 e Ch2, como representado na figura. A bateria B_1 fornece energia ao resistor, enquanto a bateria B_2 tem a função de recarregar a bateria B_1. Inicialmente, com a chave Ch1 fechada (e Ch2 aberta), a bateria B_1 fornece corrente ao resistor durante 100 s. Em seguida, para repor toda a energia química que a bateria B_1 perdeu, a chave Ch2 fica fechada (e Ch1 aberta), durante um intervalo de tempo T. Em relação a essa operação, determine:

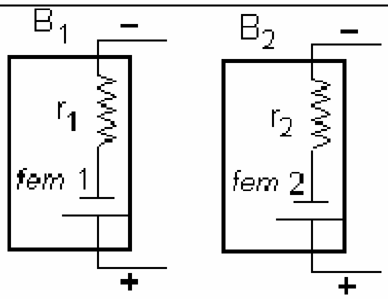


a) O valor da corrente $\mathbf{I_1}$, em ampères, que percorre o resistor R, durante o tempo em que a chave Ch1 permanece fechada.

b) A carga **Q,** em C, fornecida pela bateria B_1, durante o tempo em que a chave Ch1 permanece fechada.

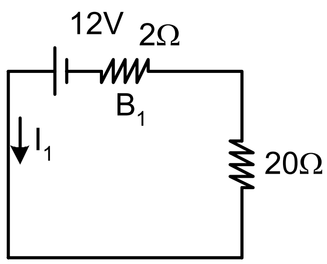
c) O intervalo de tempo **T,** em s, em que a chave Ch2 permanece fechada.

NOTE E ADOTE:
As baterias podem ser representadas pelos modelos ao lado, com
fem 1 = 12 V e r_1 = 2Ω e
fem 2 = 36 V e r_2 = 4Ω



SOLUÇÃO:

a) Com Ch1 fechada e Ch2 aberta, o circuito fica:



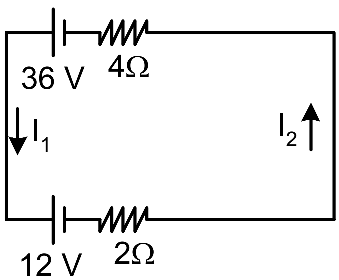
Pela Lei de Pouillet:

$$I_1 = \frac{12}{20+2} \Rightarrow \boxed{I_1 = \frac{6}{11}\,A}$$

b) Q = I_1 Δt

$$Q = \frac{6}{11}.100 \Rightarrow \boxed{Q = \frac{600}{11}\,C}$$

c) Com CH1 aberta e CH2 fechada, o circuito fica:



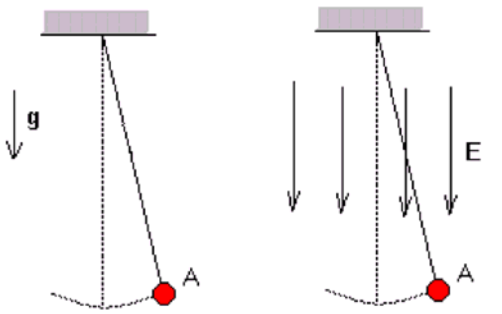
Pela Lei de Pouillet, I_2 fica:

$$I_2 = \frac{36-12}{4+2} \Rightarrow I_2 = 4A$$

Como $Q = \frac{600}{11} C$ (item C), tem-se:

$$Q = I_2\,T \Rightarrow \frac{600}{11} = 4T \Rightarrow \boxed{T = \frac{150}{11} s}$$

8. Um certo relógio de pêndulo consiste em uma pequena bola, de massa **M** = 0,1 kg, que oscila presa a um fio. O intervalo de tempo que a bolinha leva para, partindo da posição A, retornar a essa mesma posição é seu período $\mathbf{T_0}$, que é igual a 2s. Neste relógio, o ponteiro dos minutos completa uma volta (1 hora) a cada 1800 oscilações completas do pêndulo. Estando o relógio em uma região em que atua um campo elétrico **E**, constante e homogêneo, e a bola carregada com carga elétrica **Q**, seu período será alterado, passando a $\mathbf{T_Q}$. Considere a situação em que a bolinha esteja carregada com carga **Q** = 3 x 10^{-5} C, em presença de um campo elétrico cujo módulo **E** = 1 x 10^{5} V/m.



Bolinha sem carga
Bolinha carregada em presença de E

Então, determine:

a) A intensidade da força efetiva $\mathbf{F_e}$**,** em N**,** que age sobre a bola carregada**.**

b) A razão **R** = $\mathbf{T_Q/T_0}$ entre os períodos do pêndulo, quando a bola está carregada e quando não tem carga.

c) A hora que o relógio estará indicando, quando forem de fato três horas da tarde, para a situação em que o campo elétrico tiver passado a atuar a partir do meio-dia.

NOTE E ADOTE:
Nas condições do problema, o período T do pêndulo pode ser expresso por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\text{massa x comprimento do pêndulo}}{F_e}}$$

em que F_e é a força vertical efetiva que age sobre a massa, sem considerar a tensão do fio.

SOLUÇÃO:

a) A força efetiva mencionada no enunciado é a resultante das forças elétrica e gravitacional sobre a bola:

$$F_e = m\,g + q\,E = 0{,}1x10 + 3x10^{-5}x10^{5} = 1 + 3$$
$$F_e = 4\ N$$

b) Utilizando-se a fórmula dada para T:

$$T_a = 2\pi\sqrt{\frac{M\,\ell}{4}} \text{ e } T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{M\,\ell}{1}}\text{; (com } F_e = mg = 1N)$$

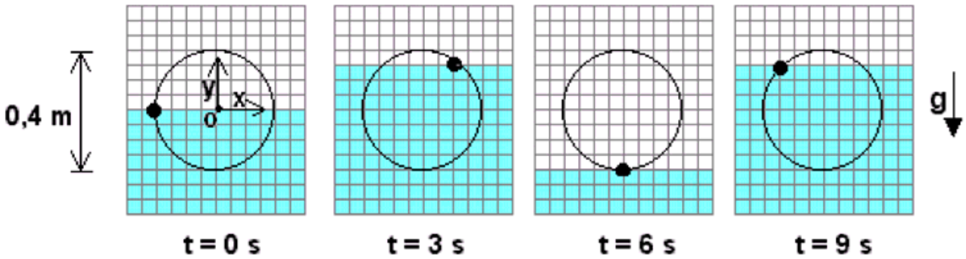
Portanto $R = \frac{T_Q}{T_0} \Rightarrow R = \frac{1}{2}$

c) Usando $R = \frac{1}{2}$ e T_0 = 2s, tem-se T_Q = 1s. Do meio dia até três horas o pêndulo na presença do campo elétrico terá executado 3x3600 oscilações completas, correspondendo a *x* voltas completas no ponteiro dos minutos:

$$\left.\begin{array}{ll} 3 \text{ x } 3600 \text{ oscilações} & \_\_\_\_\_\_\_\_ x \text{ voltas} \\ 1800 \text{ oscilações} & \_\_\_\_\_\_\_\_ 1 \text{ volta} \end{array}\right\} \Rightarrow x = 6 \text{ voltas}$$

$\Rightarrow$ O relógio indica 6 h (ao invés do horário correto 3 h).

9. Um sensor, montado em uma plataforma da Petrobrás, com posição fixa em relação ao fundo do mar, registra as sucessivas posições de uma pequena bola que flutua sobre a superfície da água, à medida que uma onda do mar passa por essa bola continuamente. A bola descreve um movimento aproximadamente circular, no plano vertical, mantendo-se em torno da mesma posição média, tal como reproduzido na seqüência de registros abaixo, nos tempos indicados. O intervalo entre registros é menor do que o período da onda. A velocidade de propagação dessa onda senoidal é de 1,5 m/s.



Para essas condições:

a) Determine o período **T**, em segundos, dessa onda do mar.

b) Determine o comprimento de onda λ**,** em m, dessa onda do mar.

c) Represente, na folha de respostas, um esquema do perfil dessa onda, para o instante t = 14 s, tal como visto da plataforma fixa. Indique os valores apropriados nos eixos horizontal e vertical.

SOLUÇÃO:

a) Mesmo que o enunciado tenha afirmado que o intervalo entre registros é menor que o período da onda, há duas soluções admissíveis:

I) movimento da bola no sentido horário:

Nesse caso, entre t = 0s e t = 6s a bola executa $\frac{3}{4}$ de uma oscilação completa, assim:

$$\frac{3}{4}T = 6 \;\Rightarrow\; T = 8\,s$$

II) movimento da bola no sentido anti-horário:

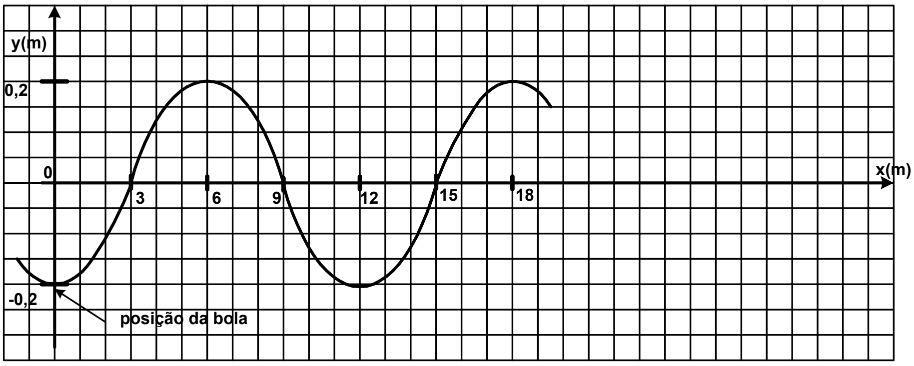
Nesse caso, entre t = 0s e t = 6s a bola executa $\left(1+\frac{1}{3}\right)$ de uma oscilação completa, assim:

$$\left(1+\frac{1}{3}\right)T = 6 \;\Rightarrow\; T = 4{,}5\ s$$

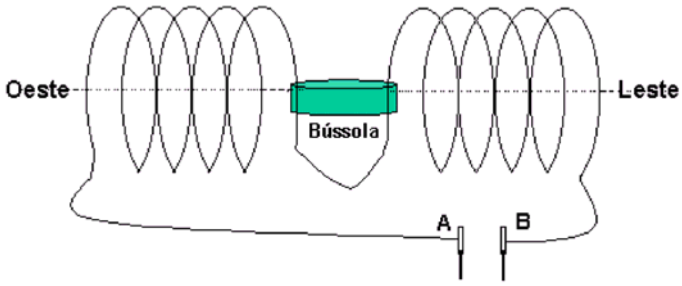
b) Usando $v = \frac{\lambda}{T}$; $v = 1{,}5\ m/s$

Caso (I) $\lambda = 1{,}5 x 8 \quad \lambda = 12m$ Caso (II) $\lambda = 1{,}5 \,.\, 4{,}5 \Rightarrow \lambda = 6{,}75m$

c) Por simplicidade esse item será resolvido apenas para o caso (I). O caso (II) é análogo.
O perfil da onda no instante 6s (com a bola no vale da onda) é representado pela curva do gráfico (levando-se em conta λ = 12 m e Amplitude = 0,2 m). Após *8s* (isto é, *t = 14 s*), o perfil da onda é idêntico, pois o intervalo entre *6s* e *14 s* é exatamente o período.
Observação: Essa onda na superfície da água não é uma onda transversal, pois há oscilação da bóia na direção *x* (mesma direção de propagação da onda). Portanto, essa não pode ser uma onda senoidal e o gráfico obtido é uma mera aproximação. Achamos que os examinadores desejam como resposta o gráfico aproximado, pois o enunciado menciona "onda senoidal." Além disso, o verdadeiro perfil dessa onda exige uma elaboração matemática bem mais demorada, portanto inadequada para um exame vestibular.



10. Com auxílio de uma pequena bússola e de uma bobina, é possível construir um instrumento para medir correntes elétricas. Para isso, a bobina é posicionada de tal forma que seu eixo coincida com a direção Leste-Oeste da bússola, sendo esta colocada em uma região em que o campo magnético **B** da bobina pode ser considerado uniforme e dirigido para Leste. Assim, quando a corrente que percorre a bobina é igual a zero, a agulha da bússola aponta para o Norte. À medida em que, ao passar pela bobina, a corrente **I** varia, a agulha da bússola se move, apontando em diferentes direções, identificadas por **θ**, ângulo que a agulha faz com a direção Norte. Os terminais A e B são inseridos convenientemente no circuito onde se quer medir a corrente. Uma medida inicial de calibração indica que, para θ_0 = 45º, a corrente I_0 = 2 A. Para essa montagem:

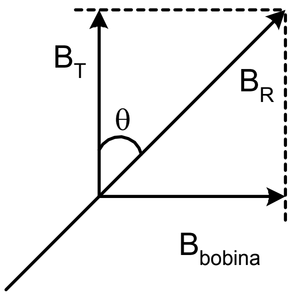


a) Determine a constante **k** de proporcionalidade entre B e I, expressa em gauss por ampère.
b) Estime o valor da corrente $\mathbf{I_1}$, em ampères, quando a agulha indicar a direção $\boldsymbol{\theta_1}$, representada na folha de respostas. Utilize, para isso, uma construção gráfica.
c) Indique, no esquema apresentado na folha de respostas, a nova direção $\boldsymbol{\theta_2}$ que a bússola apontaria, para essa mesma corrente $\mathbf{I_1}$, caso a bobina passasse a ter seu número N de espiras duplicado, sem alterar seu comprimento.

NOTE E ADOTE:
- A componente horizontal do campo magnético da Terra, $B_T \approx 0{,}2$ gauss.
- O campo magnético B produzido por esta bobina, quando percorrida por uma corrente é dado por B = k I, em que k é uma constante de proporcionalidade.
- A constante k = μ_0 N, em que μ_0 é uma constante e N, o número de espiras por unidade de comprimento da bobina.

SOLUÇÃO:

a) A agulha magnética da bússola alinha-se com o campo magnético resultante:



Da figura: $B_{bobina} = B_T \text{ tg } \theta$ (1)
Para θ = 45° e $B_T \cong 0{,}2$ gauss,
$B_{bobina} \cong 0{,}2 \text{ tg } 45°$
$B_{bobina} \cong 0{,}2$ gauss.
Utilizando B_{bobina} = k I (2) do enunciado:

$$k = \frac{0{,}2}{2}\ \frac{\text{gauss}}{\text{A}} \Rightarrow k = 0{,}1\frac{\text{gauss}}{\text{A}}$$

b) Usando (1) em (2) tem-se:

$$B_T \, tg\theta = k \, I \quad (3)$$

$$\Rightarrow 0{,}2 \, tg\theta = 0{,}1 \, I \Rightarrow I = 2 \, tg\theta \quad (4)$$

Como $tg\theta_1 = \dfrac{AB}{AC}$ (veja gráfico), tem-se: $tg\theta_1 = \dfrac{3}{4}$

De (4) determina-se $I_1 = 2 \, . \, \dfrac{3}{4} = 1{,}5 \text{ A}$

c) Do enunciado k = μ_0N. Portanto, duplicando-se o número de espiras o valor de k duplica $\left(k' = 0{,}2 \dfrac{gauss}{A}\right)$.

Usando k' e I_1 em (3), tem-se: $0{,}2 \, tg\theta = 0{,}2 x 1{,}5 \Rightarrow tg\theta_2 = 1{,}5$
(veja θ_2 no gráfico)