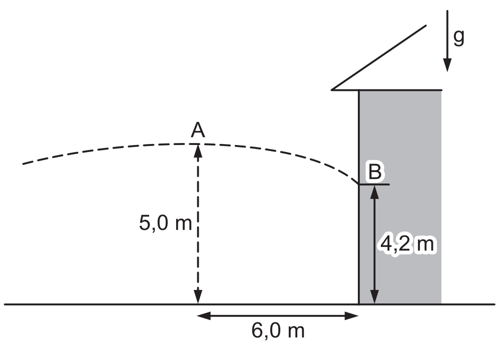
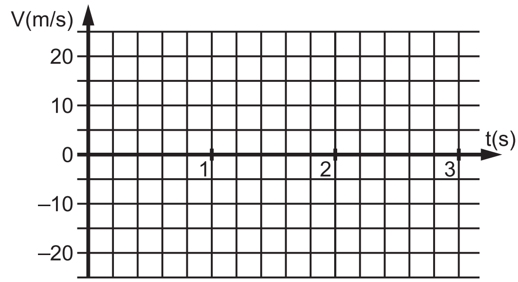
Questão 1

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



Resposta

a) Desprezando a resistência do ar, a bola realiza um MUV na vertical. Admitindo $g = 10\ m/s^2$ e sendo $\Delta y = 4{,}2 - 5{,}0 = -0{,}80$ m o deslocamento vertical entre as posições A e B, temos:

$$\Delta y = -g \cdot \frac{t_1^2}{2} \Rightarrow -0{,}80 = -10 \cdot \frac{t_1^2}{2} \Rightarrow \boxed{t_1 = 0{,}40\ s}$$

b) Como o choque é elástico e desprezando o tempo de contato, o intervalo de tempo t_2 durante o qual a bola permaneceu no ar é o mesmo para o caso da bola retornar ao solo sem a existência da parede. Sendo t o intervalo de tempo para a bola deslocar-se entre A e o solo (y = 0) e sendo $t = \frac{t_2}{2}$, temos:

$$\Delta y' = -g \cdot \frac{t^2}{2} \Rightarrow 0 - 5{,}0 = -10 \cdot \frac{\left(\frac{t_2}{2}\right)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{t_2 = 2{,}0\ s}$$

c) Como a bola realiza um MU na horizontal, entre as posições A e B, temos:

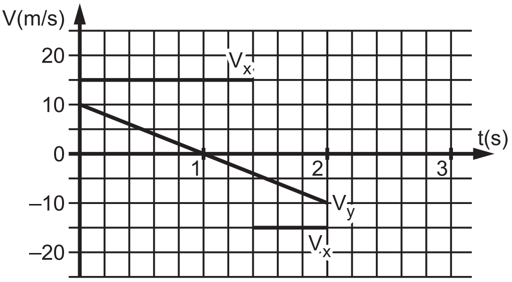
$$\Delta x = V_x \cdot t_1 \Rightarrow 6{,}0 = V_x \cdot 0{,}40 \Rightarrow V_x = 15\ m/s$$

Então, do chute até o choque, $V_x = 15$ m/s e do choque até tocar o solo, $V_x = -15$ m/s.
Da equação horária da velocidade vertical, entre o chute e a altura máxima (A), temos:

$$V_y = V_{0y} - g \cdot \frac{t_2}{2} \Rightarrow 0 = V_{0y} - 10 \cdot \frac{2{,}0}{2} \Rightarrow$$

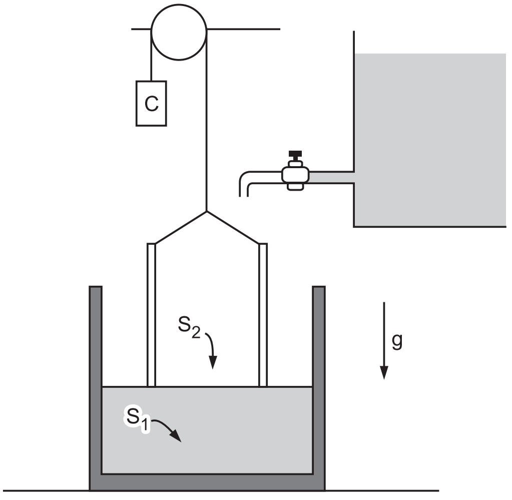
$$\Rightarrow V_{0y} = 10\ m/s$$

Assim, podemos representar V_x e V_y como segue:



Questão 2

Um sistema industrial é constituído por um tanque cilíndrico, com 600 litros de água e área do fundo $S_1 = 0,6\ m^2$, e por um balde, com área do fundo $S_2 = 0,2\ m^2$. 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 **ΔF**, 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.

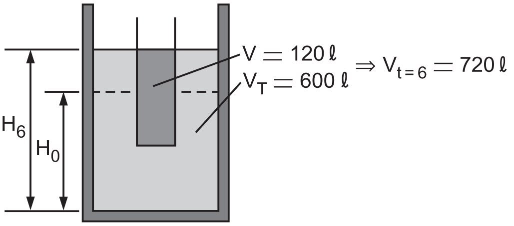
> Note e Adote:
> O contrapeso equilibra o peso do balde, quando vazio.
> O volume das paredes do balde é desprezível.

Resposta

a) Como o balde desce com velocidade constante, o contrapeso C sobe também com velocidade constante, portanto não há resultante de forças sobre os mesmos, assim, a tração (F) no fio será sempre igual ao peso do balde vazio e teremos:

$$\boxed{\Delta F = 0}$$

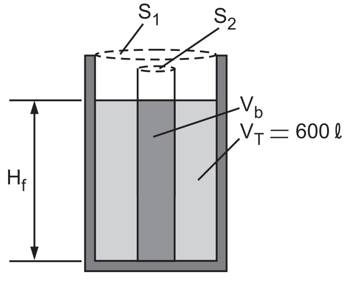
b) Se a resultante de forças sobre o balde é zero, temos que o empuxo que este recebe da água do tanque é sempre igual ao peso da água contida no balde, portanto
$V_{\text{água balde}} = V_{\text{água deslocada no tanque}} = V$, para o tempo 6 min temos $V = 20 \cdot 6 = 120\ \ell$, assim decorre o esquema a seguir:



A altura H_6 é dada por:

$$V_{t=6} = S_1 \cdot H_6 \Rightarrow H_6 = \frac{720 \cdot 10^{-3}}{0,6} \Rightarrow \boxed{H_6 = 1,2\ m}$$

c) Quando o balde tocar o fundo do tanque teremos o esquema a seguir:



Do esquema temos que a altura final (H_f) da água contida no tanque é:

$$V_T = H_f \cdot (S_1 - S_2) \Rightarrow H_f = \frac{600 \cdot 10^{-3}}{(0,6 - 0,2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_f = 1,5\ m$$

Assim o volume de água adicionada ao balde (V_b) é:

$$V_b = S_2 \cdot H_f \Rightarrow V_b = 0,2 \cdot 1,5 \Rightarrow V_b = 0,3\ m^3$$

O tempo T necessário para se encher o balde é:

$$\Delta t = \frac{V_b}{\phi} \Rightarrow \Delta t = \frac{0,3}{20 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 15\ min}$$

Questão 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.

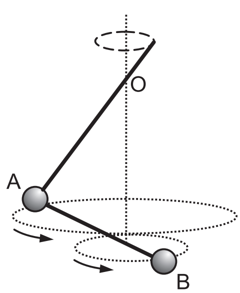


Figura 1

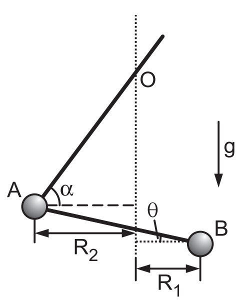


Figura 2

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**.

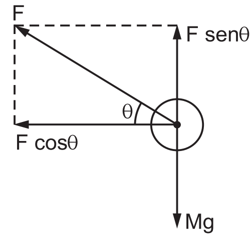
b) A razão **K** = **sen** α**/sen** θ, entre os senos dos ângulos que o fio faz com a horizontal.

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 θ ≈ 0,4 e cos θ ≈ 0,9; π ≈ 3

Resposta

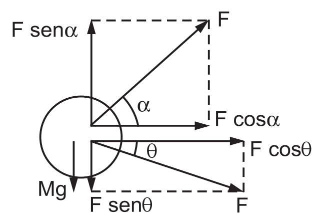
a) As forças que atuam sobre a bola B são dadas por:



Do equilíbrio na vertical, vem:

$$F\ sen\theta = Mg \Rightarrow F \cdot 0,4 = Mg \Rightarrow \boxed{F = 2,5\ Mg}$$

b) As forças que atuam sobre a bola A são dadas por:



Do equilíbrio na vertical, vem:

$$F\ sen\alpha = Mg + F\ sen\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2,5Mg\ sen\alpha = Mg + Mg \Rightarrow sen\alpha = 0,8$$

Calculando a razão K, vem:

$$K = \frac{sen\alpha}{sen\theta} \Rightarrow K = \frac{0,8}{0,4} \Rightarrow \boxed{K = 2}$$

c) Admitindo-se $g = 10\ m/s^2$, a resultante centrípeta que atua na bola B é dada por:

$$F\cos\theta = M\omega^2 R_1 \Rightarrow 2,5 \cdot \cancel{M}g \cdot 0,9 =$$

$$= \cancel{M}\omega^2 \cdot 0,10 \Rightarrow 2,5 \cdot 10 \cdot 0,9 = \omega^2 \cdot 0,10 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = 15\ rad/s$$

Calculando a freqüência (N), vem:

$$\omega = 2\pi N \Rightarrow 15 = 2 \cdot 3 \cdot N \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{N = 2,5\ voltas/s}$$

Questão 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

Resposta

a) Da equação de estado dos gases ideais, para o O_2 inicialmente contido no cilindro, temos:

$$p_0V = N_0RT \Rightarrow N_0 = \frac{100 \cdot 60}{8 \cdot 10^{-2} \cdot 300} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{N_0 = 250 \text{ mols}}$$

b) Após 30 min de funcionamento com uma vazão de 5 ℓ/min, o volume total de O_2 que sai do medidor é de 150 ℓ a uma pressão de 3 atm, assim temos:

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{3 \cdot 150}{8 \cdot 10^{-2} \cdot 300} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{n = 18{,}75 \text{ mols}}$$

c) Quando a pressão interna do cilindro chegar a 40 atm, o número de mols que ficou (N_f) no cilindro é dado por:

$$p_fV = N_fRT \Rightarrow N_f = \frac{40 \cdot 60}{8 \cdot 10^{-2} \cdot 300} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_f = 100 \text{ mols}$$

Assim, o número de mols consumido (N_c) é:

$$N_c = N_0 - N_f \Rightarrow N_c = 250 - 100 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_c = 150 \text{ mols}$$

O intervalo de tempo t pedido é:

tempo de funcionamento (h)	consumo (mols)
0,5	18,75
t	150

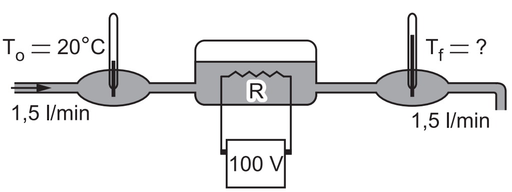
$\Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{t = 4 \text{ h}}$$

Obs.: a unidade correta da constante dos gases ideais é $\frac{atm \cdot \ell}{mol \cdot K}$.

Questão 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.

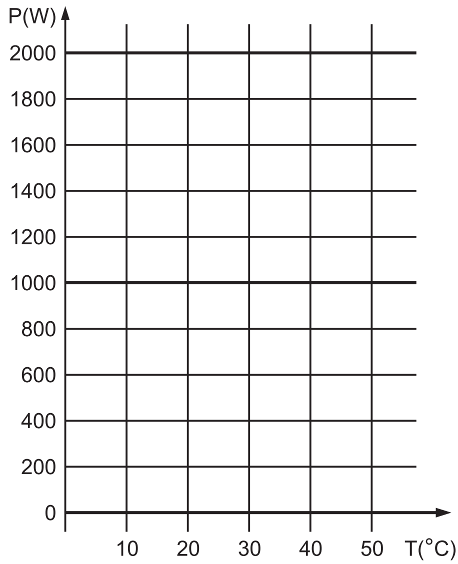


Para analisar o funcionamento do sistema:

a) Escreva a expressão da potência $\mathbf{P_R}$ dissipada no resistor, em função da temperatura do resistor, e represente $\mathbf{P_R \times T}$ 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 $\mathbf{P_A \times T}$ 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 $\mathbf{R = 10 - \alpha\, T}$, quando R é expresso em Ω, T em °C e $\alpha = \mathbf{0{,}1\ \Omega/^{o}C}$.
> - 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 $c = 4000\ J/(kg \cdot K)$ e a densidade da água $\rho = 1$ kg/litro

Resposta

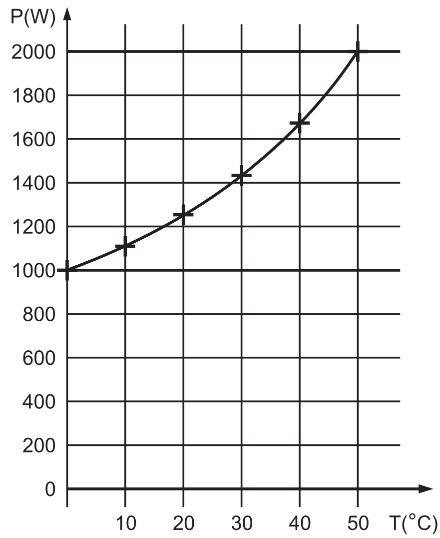
a) Admitindo a tensão U = 100 V constante, temos:

$$P_R = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{10 - 0{,}1\,T} \Rightarrow \boxed{P_R = \frac{10\ 000}{10 - 0{,}1\,T}}$$

Montando uma tabela, vem:

T (°C)	P_R (W)
0	1 000
10	1 111
20	1 250
30	1 428
40	1 667
50	2 000

Assim, podemos construir o seguinte gráfico:



b) Sendo a razão $\phi = 1{,}5$ *L/min* $= \frac{1{,}5}{60}$ *kg/s, temos:*

$$P_A = \frac{Q}{\Delta t} = \overbrace{\frac{m}{\Delta t}}^{\phi} c\,\Delta\theta \Rightarrow P_A = \phi c (T - T_0) \Rightarrow$$

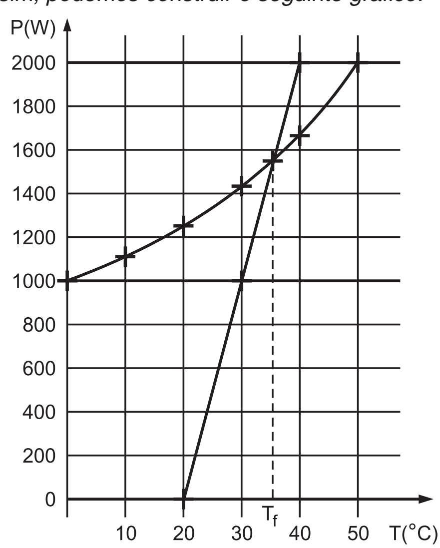
$$\Rightarrow P_A = \frac{1{,}5}{60} \cdot 4\ 000 (T - 20) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{P_A = 100T - 2\ 000}$$

Montando uma tabela, vem:

T (°C)	P_A (W)
20	0
30	1 000
40	2 000

Assim, podemos construir o seguinte gráfico:



c) A temperatura se estabiliza no encontro das duas curvas do gráfico anterior, ou seja, podemos admitir $T_f = 35^oC$.

Questão 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 esquematizado 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.

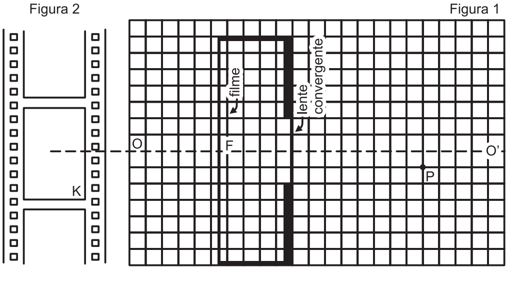
No esquema da folha de respostas,

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.



Resposta

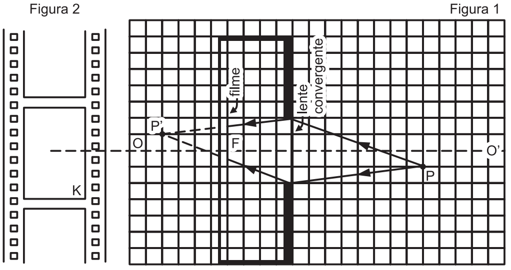
a) Pela Equação dos Pontos Conjugados, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{8} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = 8$$

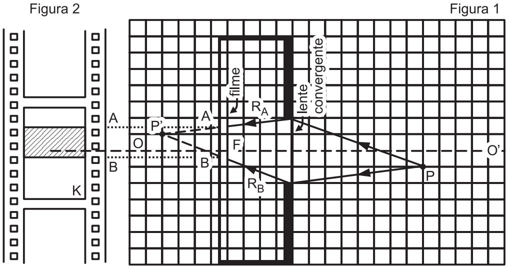
Pela Equação do Aumento Linear Transversal, temos:

$$\frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{y'}{1} = -\frac{8}{8} \Rightarrow y' = -1$$

Portanto, temos a seguinte figura:

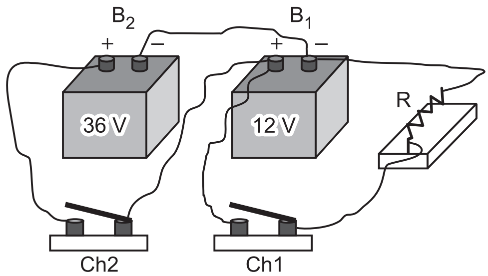


Os raios extremos R_A e R_B (item b) e a região hachurada (item c) são mostrados na figura a seguir:



Questão 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:



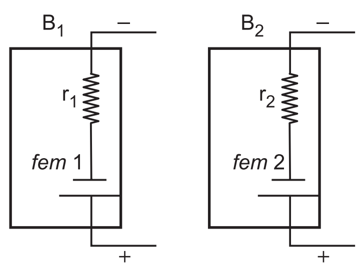
a) O valor da corrente $\mathbf{I_1}$, em ampères, que percorre o resistor R, durante o tempo em que a chave Ch1 permanece fechada.

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.

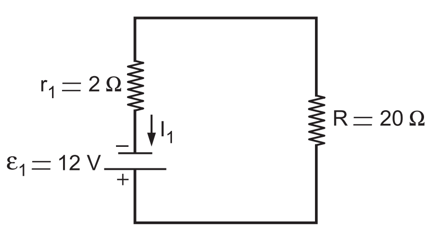
Note e Adote:

As baterias podem ser representadas pelos modelos a seguir, com *fem* 1 = 12 V e $r_1 = 2\Omega$ e *fem* 2 = 36 V e $r_2 = 4\Omega$



Resposta

a) Com a chave Ch_1 fechada, podemos representar o circuito como segue:



Da Lei de Ohm-Pouillet, vem:

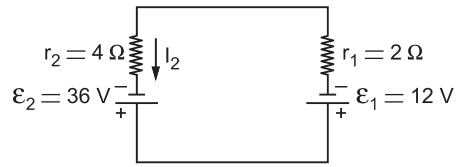
$(R + r_1) \cdot I_1 - \varepsilon_1 = 0 \Rightarrow (20 + 2) \cdot I_1 - 12 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{I_1 = 0{,}545\ A}$

b) Da definição de intensidade média de corrente elétrica, temos:

$$I_1 = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 0{,}545 = \frac{Q}{100} \Rightarrow \boxed{Q = 54{,}5\ C}$$

c) Quando B_2 alimenta B_1, temos o seguinte esquema:



Assim, aplicando a Lei de Ohm-Pouillet, vem:

$(r_1 + r_2) \cdot I_2 + \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 0 \Rightarrow$

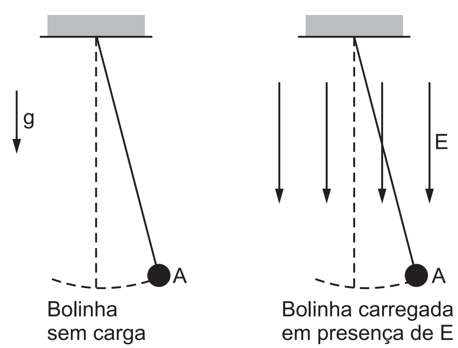
$\Rightarrow (2 + 4) \cdot I_2 + 12 - 36 = 0 \Rightarrow I_2 = 4\ A$

Para que B_1 recupere sua energia química, ela deve recuperar a carga perdida Q. Assim, temos:

$$I_2 = \frac{Q}{T} \Rightarrow 4 = \frac{54{,}5}{T} \Rightarrow \boxed{T = 13{,}6\ s}$$

Questão 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** = 3×10^{-5} C, em presença de um campo elétrico cujo módulo **E** = 1×10^{5} V/m.
Então, determine:
a) A intensidade da força efetiva $\mathbf{F_e}$, em N, que age sobre a bola carregada.
b) A razão $\mathbf{R} = \mathbf{T_Q / T_0}$ 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.

Resposta

a) A intensidade da força efetiva F_e que age sobre a bola carregada, sem considerar a tensão do fio, é dada por:

$$\left|\begin{array}{l} P = M \cdot g \\ F_{el.} = Q \cdot E \\ g = 10\ m/s^2 \end{array}\right. \Rightarrow F_e = P + F_{el.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_e = M \cdot g + Q \cdot E \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_e = 0{,}1 \cdot 10 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 10^{5} \Rightarrow \boxed{F_e = 4\ N}$$

b) Quando a bola não tem carga ($F_{el.} = 0$), a força vertical efetiva que age sobre a massa é a força peso, ou seja, $F_e' = P$. Assim, o comprimento do fio do pêndulo será:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{M \cdot L}{F_e'}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\cancel{M} \cdot L}{\cancel{M}g}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{10}} \Rightarrow L = \frac{10}{\pi^2}\ m$$

Quando a bola está carregada, o período T_Q será dado por:

$$T_Q = 2\pi\sqrt{\frac{M \cdot L}{F_e}} \Rightarrow T_Q = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}1 \cdot \frac{10}{\pi^2}}{4}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_Q = 2\pi\sqrt{\frac{1}{4\pi^2}} \Rightarrow T_Q = 1\ s$$

Logo, a razão R entre os períodos do pêndulo, quando a bola está carregada e quando não tem carga será:

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

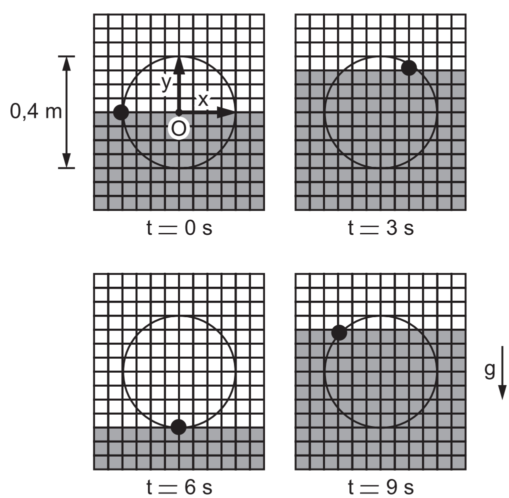
c) A partir do meio-dia, o pêndulo com a bola sem carga oscilou durante três horas (t = 3h). Para o pêndulo com a bola carregada, temos $R = \frac{t}{t'} \Rightarrow$

$$\Rightarrow t' = \frac{t}{R} \Rightarrow t' = 6\ h.$$

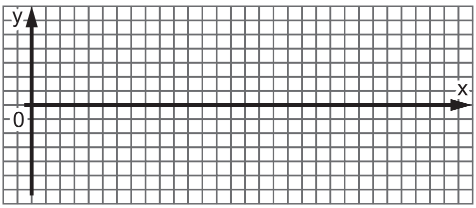
Assim, a hora que o relógio estará indicando será 6 h da tarde.

Questão 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.



Resposta

a) Medindo o deslocamento angular aproximado da bóia entre cada registro (intervalos de 3 s), podemos construir a seguinte tabela:

Intervalo de Tempo	Fração de Período	Período (s)
0 s a 3 s	$\frac{120}{360}T$	9
3 s a 6 s	$\frac{150}{360}T$	7
6 s a 9 s	$\frac{135}{360}T$	8

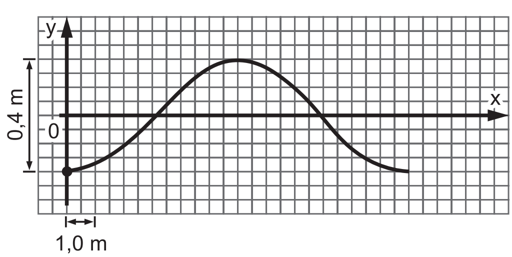
Calculando um período médio (T), temos:

$$T = \frac{9+7+8}{3} \Rightarrow \boxed{T = 8\ s}$$

b) Da Equação Fundamental da Ondulatória, vem:

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 1{,}5 = \frac{\lambda}{8} \Rightarrow \boxed{\lambda = 12\ m}$$

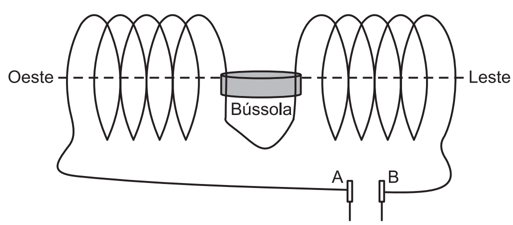
c) Para o instante t = 14 s (1 período mais 6 s) a bóia se encontra na posição do registro 6 s. Assim, podemos representar o seguinte perfil:



Obs.: uma outra possibilidade é considerarmos que a onda se desloca da direita para a esquerda. Nesse caso, a bóia irá se deslocar no sentido anti-horário com um período de aproximadamente 5 segundos. Embora possível, essa situação gera resultados com grande imprecisão, o que dificulta a representação pedida no item c.

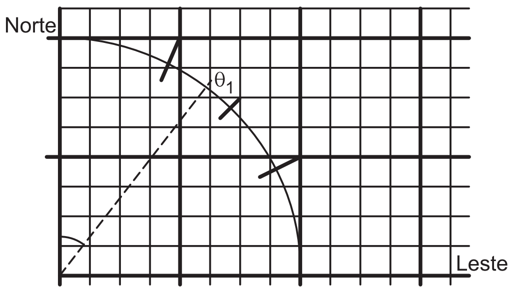
Questão 10

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 $\theta_0 = 45^o$, 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 θ_1, representada na folha de respostas. Utilize, para isso, uma construção gráfica.
c) Indique, no esquema apresentado na folha de respostas, a nova direção θ_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 I, é dado por B = k I, em que k é uma constante de proporcionalidade.
- A constante $k = \mu_0$ N, em que μ_0 é uma constante e N, o número de espiras por unidade de comprimento da bobina.

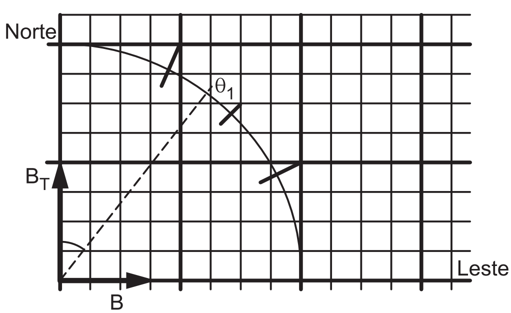


Resposta

a) Como a direção de B_T é perpendicular à direção de B produzido pela bobina, para $\theta_0 = 45^o$, temos:

$B = B_T \Rightarrow k \cdot 2 = 0{,}2 \Rightarrow$ $\boxed{k = 0{,}1 \text{ gauss por ampère}}$

b) Da figura, temos:



$$\left.\begin{array}{l} tg\theta_1 = \dfrac{B}{B_T} \\ tg\theta_1 = \dfrac{3}{4} \end{array}\right| \Rightarrow \frac{B}{B_T} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{0{,}1 \cdot I_1}{0{,}2} = \frac{3}{4} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ $\boxed{I_1 = 1{,}5 \text{ A}}$

c) Na medida inicial de calibração, temos:

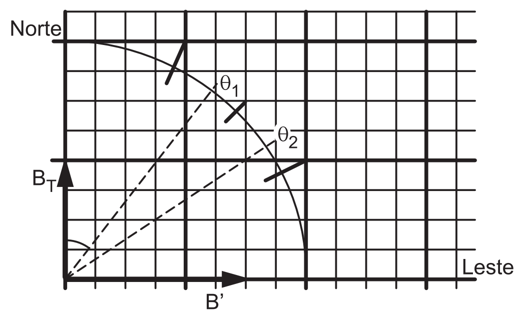
$B = \mu_0 \cdot N \cdot I \Rightarrow 0{,}2 = \mu_0 \cdot N \cdot 2 \Rightarrow \mu_0 \cdot N = 0{,}1$

Como o número N é dobrado para a mesma corrente I_1, temos:

$B' = \mu_0 \cdot N \cdot 2 \cdot I_1 \Rightarrow B' = 0{,}1 \cdot 2 \cdot 1{,}5 \Rightarrow$

$\Rightarrow B' = 0{,}3$ *gauss*

Como $B' = \dfrac{3}{2} \cdot B_T$, *podemos representar a nova direção* θ_2, *como segue:*



Quando necessário, adote:

aceleração da gravidade na Terra = g = 10 m/s^2

massa específica (densidade) da água = 1.000 kg/m^3

velocidade da luz no vácuo = c = $3{,}0 \times 10^8$ m/s

calor específico da água $\cong$ 4J/(^{o}C · g); (1 caloria $\cong$ 4 joules)