

**ATENÇÃO**

VERIFIQUE SE ESTÃO IMPRESSOS EIXOS DE GRÁFICOS OU ESQUEMAS, NAS FOLHAS DE RESPOSTAS DAS QUESTÕES 1, 2, 4, 9 e 10. Se notar a falta de uma delas, peça ao fiscal de sua sala a substituição da folha.

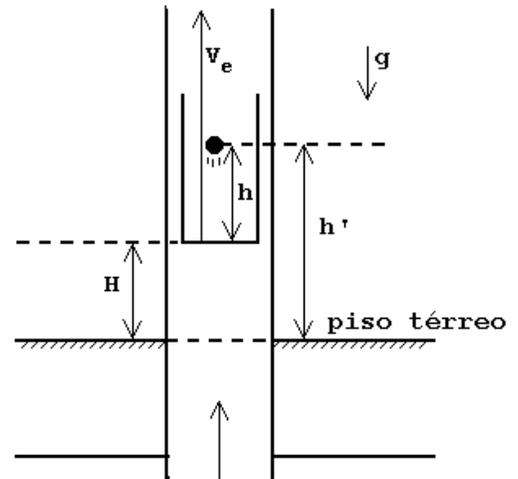
- A correção de uma questão será restrita somente ao que estiver apresentado no espaço correspondente, na folha de resposta, à direita da questão. É indispensável indicar a resolução das questões, não sendo suficiente apenas escrever as respostas.
- Há espaço para rascunho, tanto no início como no final deste caderno.

Quando necessário, adote:

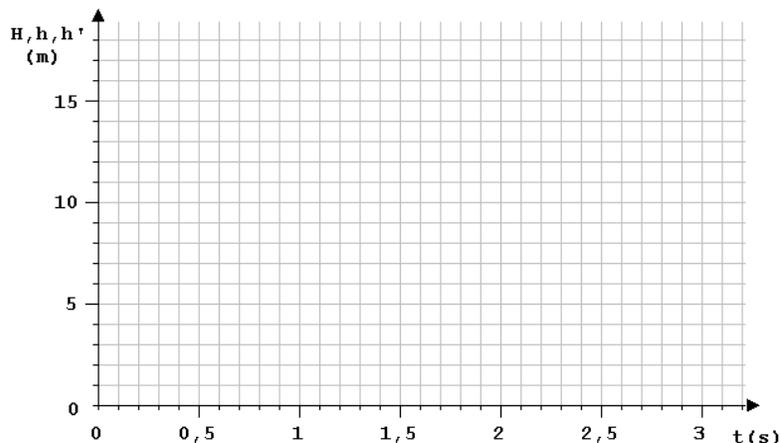
- aceleração da gravidade na Terra =  $g = 10\text{m/s}^2$
- massa específica (densidade) da água =  $1.000\text{ kg/m}^3$
- calor específico da água =  $1,0\text{ cal/g}^\circ\text{C}$ .
- $1\text{ cal} \cong 4\text{ J}$ .

**Q.01**

Um elevador, aberto em cima, vindo do subsolo de um edifício, sobe mantendo sempre uma velocidade constante  $V_e=5,0\text{ m/s}$ . Quando o piso do elevador passa pelo piso do térreo, um dispositivo colocado no piso do elevador lança verticalmente, para cima, uma bolinha, com velocidade inicial  $v_b=10,0\text{ m/s}$ , em relação ao elevador. Na figura,  $h$  e  $h'$  representam, respectivamente, as alturas da bolinha em relação aos pisos do elevador e do térreo e  $H$  representa a altura do piso do elevador em relação ao piso do térreo. No instante  $t=0$  do lançamento da bolinha,  $H=h=h'=0$ .

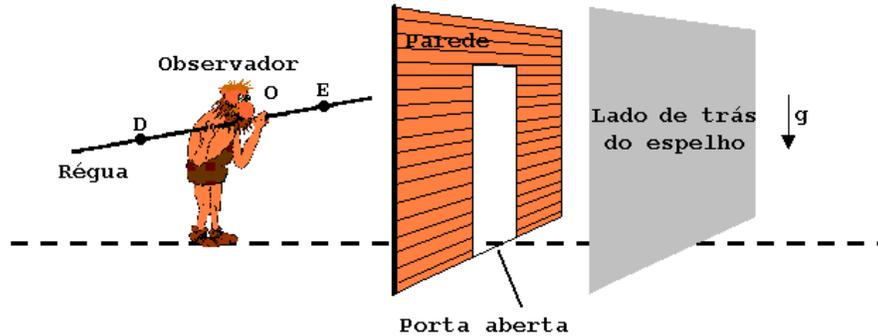


- No sistema de coordenadas da folha de respostas, construa e identifique os gráficos  $H(t)$ ,  $h(t)$  e  $h'(t)$ , entre o instante  $t = 0$  e o instante em que a bolinha retorna ao piso do elevador.
- Indique o instante  $t_{\max}$  em que a bolinha atinge sua altura máxima, em relação ao piso do andar térreo.



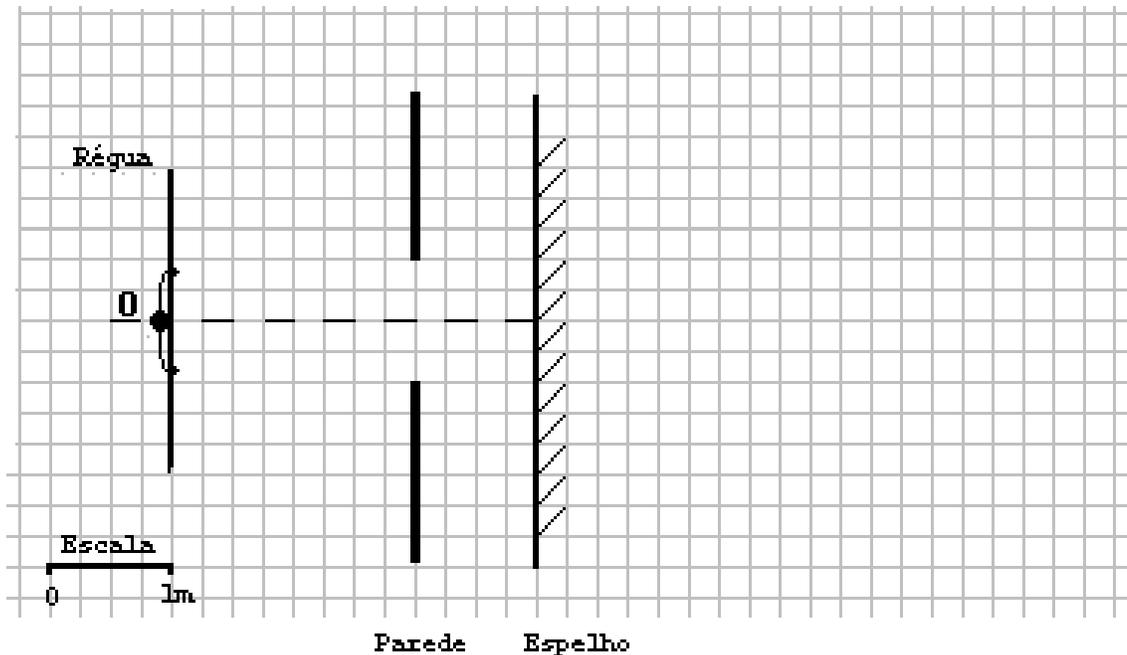
Q.02

Um observador  $O$  olha-se em um espelho plano vertical, pela abertura de uma porta, com 1 m de largura, paralela ao espelho, conforme a figura abaixo e o esquema da folha de respostas. Segurando uma régua longa, ele a mantém na posição horizontal, paralela ao espelho e na altura dos ombros, para avaliar os limites da região que consegue enxergar através do espelho (limite  $D$ , à sua direita, e limite  $E$ , à sua esquerda).



- No esquema da folha de respostas, trace os raios que, partindo dos limites  $D$  e  $E$  da região visível da régua, atingem os olhos do observador  $O$ . Construa a solução, utilizando linhas cheias para indicar esses raios e linhas tracejadas para prolongamentos de raios ou outras linhas auxiliares. Indique, com uma flecha, o sentido de percurso da luz.
- Identifique  $D$  e  $E$  no esquema, estimando, em metros, a distância  $L$  entre esses dois pontos da régua.

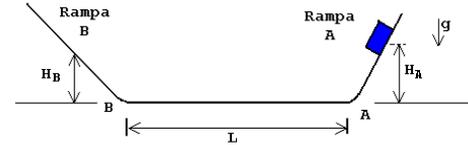
(vista de cima)



Q.03

Uma pista é formada por duas rampas inclinadas, A e B, e por uma região horizontal de comprimento  $L$ . Soltando-se, na rampa A, de uma altura  $H_A$ , um bloco de massa  $m$ , verifica-se que ele atinge uma altura  $H_B$  na rampa B (conforme figura), em experimento realizado na Terra. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a pista é nulo nas rampas e igual a  $\mu$  na região horizontal.

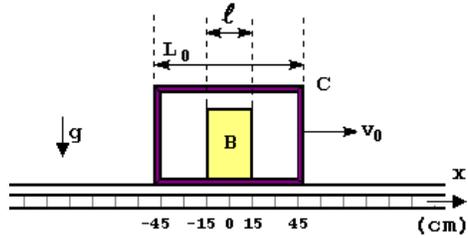
Suponha que esse mesmo experimento seja realizado em Marte, onde a aceleração da gravidade é  $g_M \cong g/3$ , e considere que o bloco seja solto na mesma rampa A e da mesma altura  $H_A$ . Determine:



- a) a razão  $R_a = v_{A \text{ Terra}}/v_{A \text{ Marte}}$ , entre as velocidades do bloco no final da rampa A (ponto A), em cada uma das experiências (Terra e Marte).
- b) a razão  $R_b = W_{\text{Terra}}/W_{\text{Marte}}$ , entre as energias mecânicas dissipadas pela força de atrito na região horizontal, em cada uma das experiências (Terra e Marte).
- c) a razão  $R_c = H_{B \text{ Terra}}/H_{B \text{ Marte}}$ , entre as alturas que o bloco atinge na rampa B, em cada uma das experiências (Terra e Marte).

Q.04

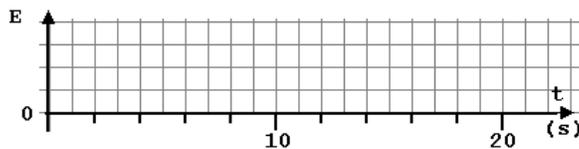
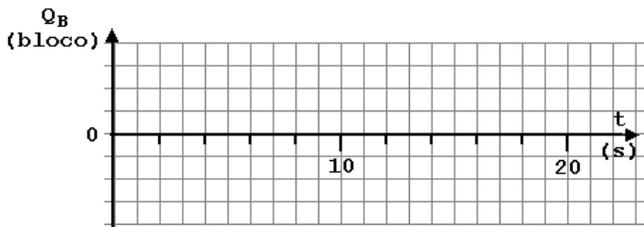
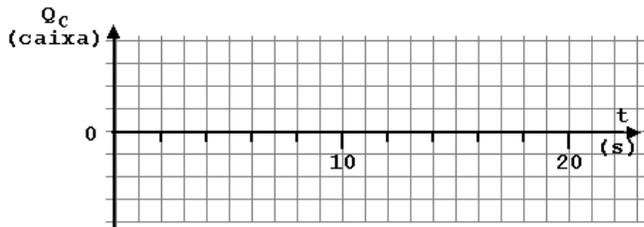
Uma caixa **C**, parada sobre uma superfície horizontal, tem em seu interior um bloco **B**, que pode deslizar sem atrito e colidir elasticamente com ela. O bloco e a caixa têm massas iguais, sendo  $m_C = m_B = 20 \text{ kg}$ . Na situação representada na figura, no instante  $t=0$ , é dado um empurrão na caixa, que passa a se mover, sem atrito, com velocidade inicial  $v_0 = 15 \text{ cm/s}$ .



O bloco e a parede esquerda da caixa colidem no instante  $t_1=2\text{s}$ , passando o bloco, depois, a colidir sucessivamente com as paredes direita e esquerda da caixa, em intervalos de tempo  $\Delta t$  iguais.

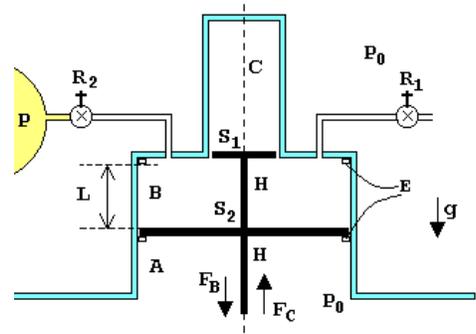
- Determine os intervalos de tempo  $\Delta t$ .
- Construa, nos sistemas de coordenadas da folha de respostas, os gráficos abaixo:
  - Quantidade de movimento  $Q_C$  da caixa em função do tempo  $t$
  - Quantidade de movimento  $Q_B$  do bloco em função do tempo  $t$
  - Energia total  $E$  do sistema em função do tempo  $t$

Em todos os gráficos, considere pelo menos quatro colisões e indique valores e unidades nos eixos verticais.



Q.05

Uma determinada máquina pneumática aplica, por meio da haste **H**, uma força para cima e para baixo sobre um mecanismo externo. A haste **H** interliga dois êmbolos, de áreas  $S_1=1,2\text{m}^2$  e  $S_2=3,6\text{m}^2$ , que podem mover-se em dois cilindros coaxiais, ao longo de um comprimento  $L = 0,50\text{m}$ , limitado por pinos (**E**). O conjunto (êmbolos e haste) tem massa  $M=8000\text{kg}$ . Os êmbolos separam três regiões: câmara **C**, mantida sempre em vácuo;

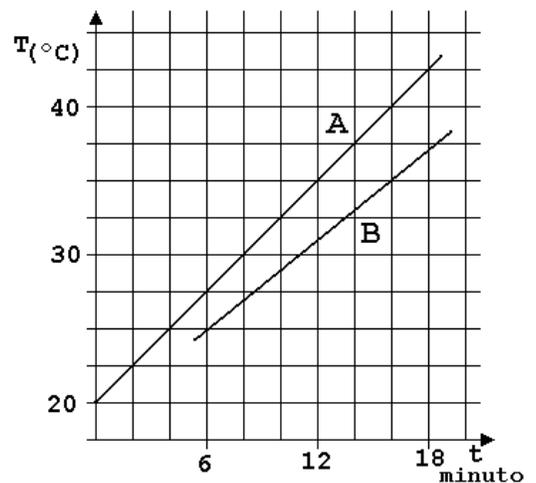
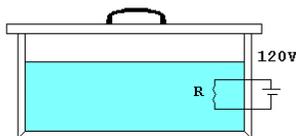


câmara **B**, entre esses dois êmbolos; região **A**, aberta ao ambiente. A câmara **B** pode se comunicar com o ambiente, por um registro  $R_1$ , e com um reservatório de ar comprimido, à pressão constante  $P=5,0 \times 10^5\text{Pa}$ , por meio de um registro  $R_2$  (conforme figura). Inicialmente, com o registro  $R_1$  aberto e  $R_2$  fechado, os êmbolos deslocam-se lentamente para cima, puxando o mecanismo externo com uma força constante  $F_C$ . No final do percurso,  $R_1$  é fechado e  $R_2$  aberto, de forma que os êmbolos deslocam-se para baixo, empurrando o mecanismo externo com uma força constante  $F_B$ . (Considere a temperatura como constante e a pressão ambiente como  $P_0 = 1,0 \times 10^5\text{ Pa}$ . Lembre-se de que  $1\text{ Pa} = 1\text{ N/m}^2$ ). Determine

- a intensidade, em N, da força  $F_C$ .
- a intensidade, em N, da força  $F_B$ .
- o trabalho  $T$ , sobre o mecanismo externo, em J, em um ciclo completo.

Q.06

Uma experiência é realizada para estimar o calor específico de um bloco de material desconhecido, de massa  $m_b = 5,4\text{ kg}$ . Em recipiente de isopor, uma quantidade de água é aquecida por uma resistência elétrica  $R = 40\ \Omega$ , ligada a uma fonte de  $120\text{V}$ , conforme a figura. Nessas condições, e com os devidos cuidados experimentais, é medida a variação da temperatura  $T$  da água, em função do tempo  $t$ , obtendo-se a reta A do gráfico. A seguir, repete-se a experiência desde o início, desta vez colocando o bloco imerso dentro d'água, obtendo-se a reta B do gráfico.

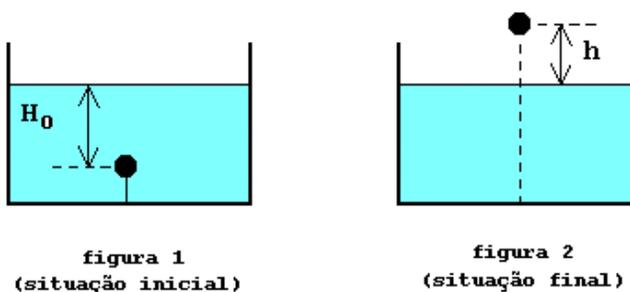


- Estime a massa  $M$ , em kg, da água colocada no recipiente.
- Estime o calor específico  $c_b$  do bloco, explicitando claramente as unidades utilizadas.

Q.07

Uma bolinha de isopor é mantida submersa, em um tanque, por um fio preso ao fundo. O tanque contém um líquido de densidade  $\rho$  igual à da água. A bolinha, de volume  $V = 200 \text{ cm}^3$  e massa  $m = 40 \text{ g}$ , tem seu centro mantido a uma distância  $H_0 = 50 \text{ cm}$  da superfície (figura 1). Cortando o fio, observa-se que a bolinha sobe, salta fora do líquido, e que seu centro atinge uma altura  $h = 30 \text{ cm}$  acima da superfície (figura 2). Desprezando os efeitos do ar, determine:

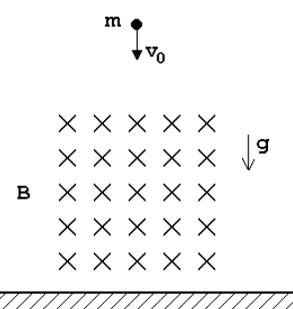
- A altura  $h'$ , acima da superfície, que o centro da bolinha atingiria, se não houvesse perda de energia mecânica (devida, por exemplo, à produção de calor, ao movimento da água, etc.).
- A energia mecânica  $E$  (em joules) dissipada entre a situação inicial e a final.



Q.08

Uma partícula, de massa  $m$  e com carga elétrica  $Q$ , cai verticalmente com velocidade constante  $v_0$ . Nessas condições, a força de resistência do ar pode ser considerada como  $R_{ar} = kv$ , sendo  $k$  uma constante e  $v$  a velocidade. A partícula penetra, então, em uma região onde atua um campo magnético uniforme e constante  $B$ , perpendicular ao plano do papel e, nele entrando, conforme a figura. A velocidade da partícula é, então, alterada, adquirindo, após certo intervalo de tempo, um novo valor  $v_L$ , constante.

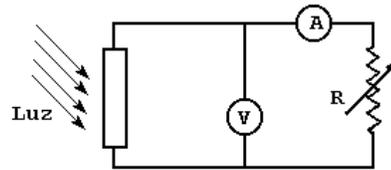
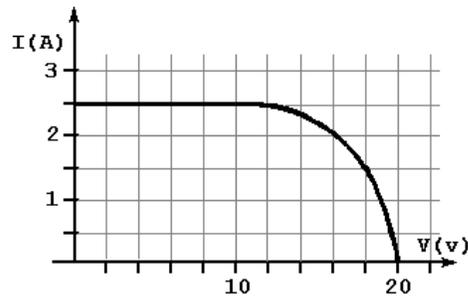
(Lembre-se de que a intensidade da força magnética  $|F_M| = |q||v||B|$ , em unidades SI, para  $v$  perpendicular a  $B$ ).



- Expresse o valor da constante  $k$  em função de  $m$ ,  $g$  e  $v_0$ .
- Esquematize os vetores das forças (Peso,  $R_{ar}$  e  $F_M$ ) que agem sobre a partícula, em presença do campo  $B$ , na situação em que a velocidade passa a ser a velocidade  $v_L$ . Represente, por uma linha tracejada, direção e sentido de  $v_L$ .
- Expresse o valor da velocidade  $v_L$  da partícula, na região onde atua o campo  $B$ , em função de  $m$ ,  $g$ ,  $k$ ,  $B$  e  $Q$ .

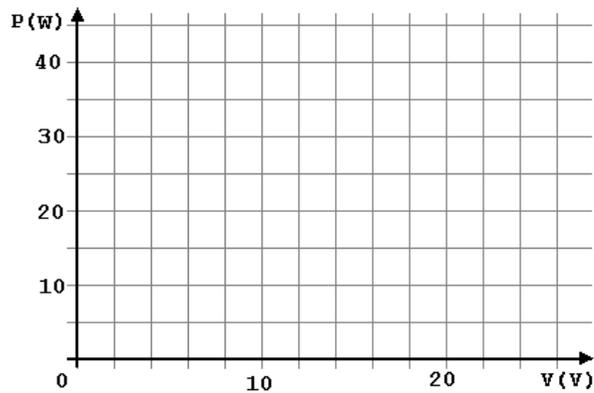
Q.09

Um painel de células solares funciona como um gerador, transformando energia luminosa em energia elétrica. Quando, sobre a área de captação do painel, de  $2 \text{ m}^2$ , incide uma densidade superficial de potência luminosa de  $400 \text{ W/m}^2$ , obtém-se uma relação entre  $I$  (corrente) e  $V$  (tensão), conforme gráfico abaixo. (Os valores de  $I$  e  $V$  são os indicados pelo amperímetro  $A$  e pelo voltímetro  $V$ , no circuito esquematizado, variando-se  $R$  em uma ampla faixa de valores). Nas aplicações práticas, substitui-se a resistência por um aparelho elétrico.



Para as condições acima:

- Construa, no sistema de coordenadas da folha de respostas, um esboço do gráfico da potência fornecida pelo painel solar em função da tensão entre seus terminais.
- Estime a eficiência máxima ( $\eta_{\text{max}}$ ) de transformação de energia solar em energia elétrica do painel.
- Estime a resistência  $R_{\text{max}}$ , quando a potência elétrica gerada pelo painel for máxima.



Q.10

Na figura mostrada na folha de respostas, estão representadas as superfícies equipotenciais do potencial eletrostático criado por duas esferas carregadas  $S_1$  e  $S_2$ . Os centros das esferas estão sobre a reta  $OO'$ . A diferença de potencial entre duas linhas sucessivas é de 1 volt, e as equipotenciais de  $-3V$  e  $-4V$  estão indicadas no gráfico.

- Identifique os sinais das cargas elétricas  $Q_1$  e  $Q_2$  nas esferas  $S_1$  e  $S_2$ . Indique a relação entre os módulos das cargas  $|Q_1|$  e  $|Q_2|$ , utilizando os símbolos  $>$ ,  $<$  ou  $=$ .
- Represente, na figura, direção e sentido do vetor campo elétrico  $\mathbf{E}$  no ponto  $A$ .
- Estime o valor do campo elétrico  $\mathbf{E}$  no ponto  $A$ , em  $N/C$  (newton/coulomb), utilizando a escala de distâncias indicada na figura.
- Se existirem um ou mais pontos em que o campo elétrico seja nulo, demarque, com a letra  $N$ , aproximadamente, a região onde isso acontece. Se em nenhum ponto o campo for nulo, registre na folha de respostas: "Em nenhum ponto o campo é nulo".

