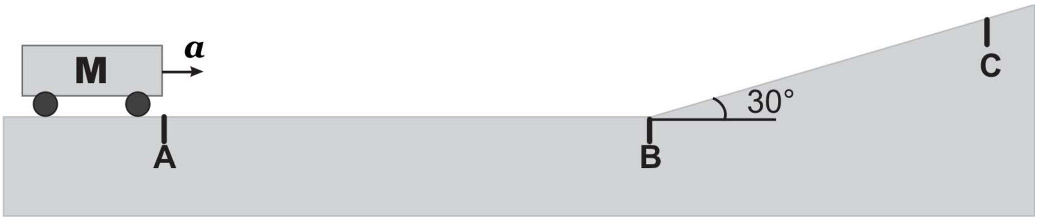
1

Considere a figura a seguir. Despreze qualquer tipo de atrito.



a) O móvel de massa $M = 1200\ kg$ é uniformemente acelerado (com aceleração a) a partir do repouso em $t = 0$ segundos, atingindo B, em $t = 10$ segundos, com a velocidade de $108\ km/h$.
Calcule a força resultante que atua no móvel de A até B.

b) No ponto B, a aceleração a do móvel deixa de existir.
Calcule a distância BC percorrida pelo móvel, sabendo-se que ele alcança C no instante $t = 15$ segundos.
Considerando $g = 10\ m/s^2$, determine a energia mecânica total do móvel em C.
Apresente os cálculos realizados na resolução deste item.

QUESTÃO 1 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo: Mecânica.

Resposta esperada

a) Para se calcular a força resultante, utiliza-se a 2ª Lei de Newton $F = M \cdot a$. Desse modo, é necessário determinar a aceleração sobre o móvel para saber a força resultante. Tem-se que $v_B = v_A + a \cdot \Delta t$, onde $\Delta t = t_B - t_A = 10\ s$.
Assim, $v_B = 0 + a \cdot 10$, isto é, $a = \frac{v_B}{10}$.
Transformando v_B para m/s, tem-se que $v_B = 30\ m/s$, de modo que $a = \frac{30}{10} = 3\ m/s^2$.
Portanto, $F_{R_{AB}} = (1200\ kg)(3\ m/s^2) = 3600\ N = 3,6 \times 10^3\ N$.

b) De B até C, a aceleração da gravidade tem uma componente que atua na direção do movimento do móvel, cujo sentido é contrário ao movimento. Essa componente é $a_{BC} = -g \cdot sen(30^o)$, e substituindo os valores, tem-se $a_{BC} = -10 \cdot \frac{1}{2}\ m/s^2 = -5\ m/s^2$.
Usando a equação de posição para um móvel com aceleração constante, tem-se
$y_C = y_B + v_B \cdot \Delta t_{BC} + a_{BC} \cdot \frac{\Delta t_{BC}^2}{2}$.
Assim, a distância $BC = y_C - y_B = v_B \cdot \Delta t_{BC} + a_{BC} \cdot \frac{\Delta t_{BC}^2}{2}$.
Substituindo os valores, tem-se que a distância $BC = (30\ m/s)\cdot(5\ s) - (5\ m/s^2)\cdot\frac{(5s)^2}{2} = 150\ m - 62,5\ m = 87,5\ m$.
Portanto, a distância BC é $87,5\ m$.

Se o candidato utilizar a fórmula de Torriceli,
A velocidade que o móvel chega em C é então: $v_C = v_B + a_{BC} \cdot \Delta t_{BC}$, onde $\Delta t_{BC} = t_C - t_B = 15\ s - 10\ s = 5\ s$.
Desse modo, $v_C = (30\ m/s) - (5\ m/s^2) \cdot (5\ s) = 5\ m/s$.
Usando a Equação de Torriceli, $\Delta r = \frac{v_C^2 - v_B^2}{2.a_{BC}}$, e substituindo os valores, tem-se:

$\Delta r = \dfrac{5^2 - 30^2}{2 \cdot (-5)} = \dfrac{25 - 900}{-10} = 87,5\ m.$

Como o sistema é conservativo, $\Delta E = 0$, ou seja, a energia mecânica total em B é igual à energia mecânica total em C, a energia mecânica total em B é somente energia cinética,

$E_{t_B} = K_B = \dfrac{1}{2} \cdot M \cdot v_B^2 = \dfrac{1}{2}(1200\ kg)(30\ m/s)^2 = 540000\ kg(m/s)^2 = 540000\ J = 5,4 \times 10^5\ J.$

Ou se o candidato calcular em C:

$E_{t_C} = K_C + U_C$

$K_C = \dfrac{1}{2} \cdot M \cdot v_C^2$

$U_C = M \cdot g \cdot$ (distância BC) $\cdot\ sen(30^o)$

Assim, substituindo os valores,

$E_{t_C} = \dfrac{1}{2} \cdot (1200\ kg) \cdot (3\ m/s)^2 + (1200\ kg) \cdot (10\ m/s^2) \cdot (87,5\ m) \cdot \dfrac{1}{2} = 5400\ J + 525000\ J.$

Portanto, $E_{t_C} = 530400\ J = 5,304 \times 10^5\ J.$

2

Sejam A, B e C estados termodinâmicos. Dois moles de um gás ideal, inicialmente em A, sofrem uma compressão isotérmica até B e vão para um estado final C através de um processo termodinâmico a volume constante.

Dados: $T_A = 30\ ^oC$; $p_A = 1\ atm$; $p_B = 3\ atm$; $p_C = 5\ atm$; $R = 8,31\ \frac{J}{mol.K}$

a) Faça o diagrama $p \times V$ para o processo termodinâmico de A até C e determine a razão de compressão, $\frac{V_A}{V_B}$, que o gás sofreu.

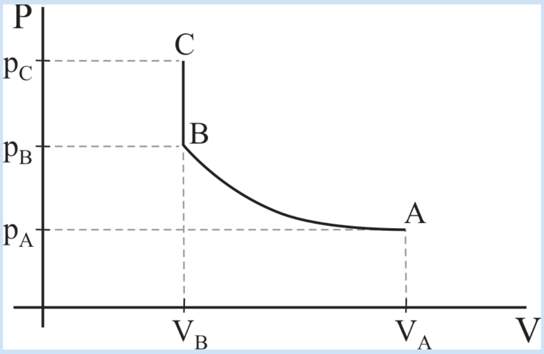
b) Determine a temperatura do gás no estado termodinâmico C.
Apresente os cálculos realizados na resolução deste item.

QUESTÃO 2 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo: Termodinâmica.

Resposta esperada

a)



Pela equação dos gases ideais, tem-se que $p_A V_A = n \cdot R \cdot T_A \quad (1)$ e $p_B V_B = n \cdot R \cdot T_B \quad (2)$

Como o processo é isotérmico, $T_A = T_B$, e dividindo (1) por (2), tem-se

$$\frac{p_A V_A}{p_B V_B} = \frac{n \cdot R \cdot T_A}{n \cdot R \cdot T_B} \Rightarrow \frac{p_A V_A}{p_B V_B} = 1 \Rightarrow \frac{V_B}{V_A} = \frac{p_A}{p_B}$$

Substituindo os valores, tem-se:

$\frac{V_A}{V_B} = \frac{p_B}{p_A} = \frac{3\ atm}{1\ atm} = 3$, ou seja, a razão de compressão é 3.

Alternativa de resolução: O processo AB é isotérmico $(T_A = T_B)$.

$p_A V_A = p_B V_B$ isso implica que PV é constante e $1 \cdot V_A = 3 \cdot V_B$, isto é, $\frac{V_A}{V_B} = 3$.

b) Pela equação dos gases ideais, $p_c V_C = n \cdot R \cdot T_C$. Como $V_C = V_B$, tem-se do item a) que $V_B = \frac{V_A}{3}$.

Pode-se obter V_A usando a equação dos gases ideais em A, sabendo-se que $T_A = 30\ ^oC = 303\ K$, tal que:

$V_A = \frac{n \cdot R \cdot T_A}{p_A}$, e substituindo os valores, tem-se que $V_A = \frac{2\ mol \cdot \left(8,31\ \frac{J}{mol \cdot K}\right) \cdot 303\ K}{1,01 \times 10^5\ P_a} = 49,86\ l$

tal que $V_C = V_B = 16,62\ l$.

Desse modo, pode-se calcular $T_C = \frac{p_C V_C}{nR} = \frac{p_C V_B}{nR} = \frac{5 \cdot 1,01 \times 10^5\ P_a \cdot 16,62 \times 10^{-3}\ m^3}{2\ mol \cdot \left(8,31\ \frac{J}{mol \cdot K}\right)} = 505\ K.$

Portanto, $T_C = 505\ K$.

Alternativa de resolução: Processo isovolumétrico $V_C = V_B$.

$$p_C V_C = n \cdot R \cdot T_C$$

$$p_B V_B = n \cdot R \cdot T_B$$

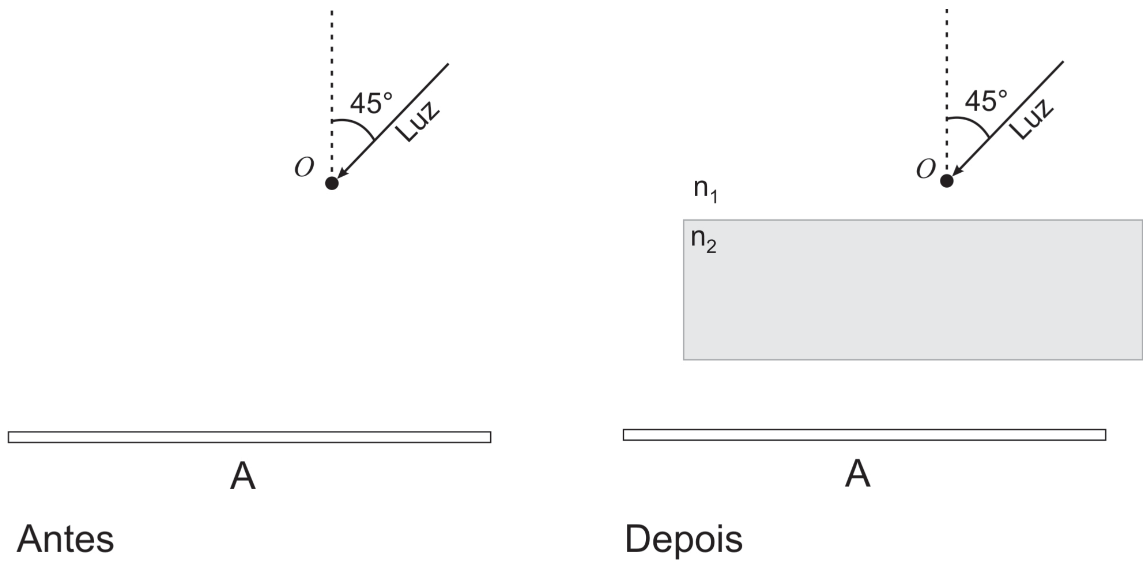
$$\frac{p_C}{p_B} = \frac{T_C}{T_B}$$

$$T_C = \frac{p_C}{p_B} \cdot T_B$$

$$T_C = \frac{5}{3} \cdot T_A = \frac{5}{3} \cdot 303\ K = 505\ K.$$

3

A figura, a seguir, representa um anteparo A, um pequeno objeto O e luz incidindo a 45^o em relação ao anteparo. Na situação da figura, o objeto O faz sombra sobre o anteparo. Colocando-se uma lâmina L de vidro, com $\Delta x\ cm$ de espessura e índice de refração $n_2 = \sqrt{2}$, paralelo ao anteparo, entre o anteparo e o objeto, a sombra se desloca $0,7\ cm$.



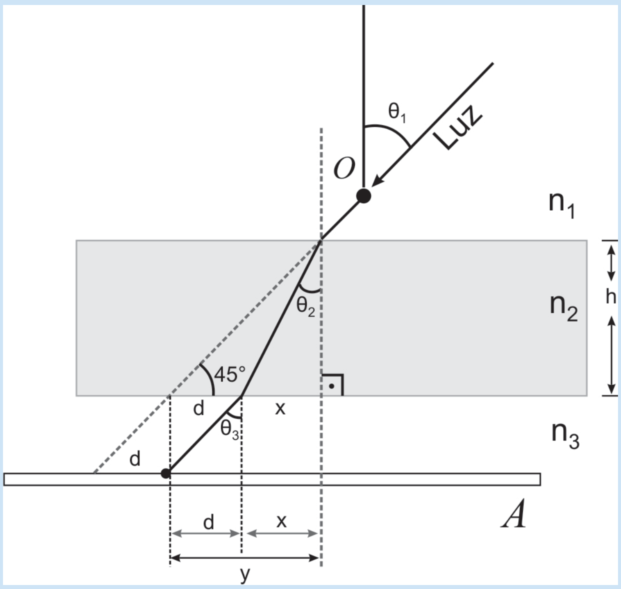
a) **Faça um esboço da trajetória do raio de luz através da lâmina até alcançar o anteparo A.**

b) **Calcule a espessura da lâmina de vidro que produz esse deslocamento da sombra no anteparo A (adote $\sqrt{3} = 1,7$).**
Apresente os cálculos realizados na resolução deste item.

QUESTÃO 3 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo: Óptica.

Resposta esperada

a) 

b) Referindo-se à figura com $n_1 = n_3 = 1$; $n_2 = \sqrt{2}$; $\theta_1 = \theta_3 = 45^o$ e utilizando a Lei de Snell, tem-se que

$n_1 sen(\theta_1) = n_2 sen(\theta_2) \Rightarrow sen(\theta_2) = \left(\frac{n_1}{n_2}\right) sen(\theta_1) = \frac{1}{\sqrt{2}} sen(45^o) = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_2 = 30^o$.

Do triângulo da figura acima, obtém-se $tg(\theta_1) = tg(45^o) = \frac{h}{y} = 1$, então $y = h$ e
$tg(\theta_2) = \frac{x}{h} = \frac{y-d}{h} = 1 - \frac{d}{h}$.

Como $tg(\theta_2) = tg(30^o) = \frac{1}{\sqrt{3}}$, e igualando as duas equações de $tg(\theta_2)$, obtém-se

$\frac{1}{\sqrt{3}} = 1 - \frac{d}{h}$

$\frac{0,7}{h} = 1 - \frac{1}{\sqrt{3}}$

$h = \frac{0,7\sqrt{3}}{\sqrt{3}-1} = \frac{0,7\sqrt{3}}{1,7-1} = \frac{0,7\sqrt{3}}{0,7} = \sqrt{3} = 1,7\ cm$.

4

Com o objetivo de estudar a estrutura da matéria, foi projetado e construído no CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares) um grande acelerador (LHC) para fazer colidir dois feixes de prótons, ou íons pesados. Nele, através de um conjunto de ímãs, os feixes de prótons são mantidos em órbita circular, com velocidades muito próximas à velocidade da luz c no vácuo. Os feixes percorrem longos tubos, que juntos formam um anel de $27\ km$ de perímetro, onde é feito vácuo. Um desses feixes contém $N = 2,0 \times 10^{14}$ prótons distribuídos uniformemente ao longo dos tubos. Os prótons são mantidos nas órbitas circulares por horas, estabelecendo, dessa forma, uma corrente elétrica no anel.

a) **Calcule a corrente elétrica i, considerando o tubo uma espira circular de corrente.**

b) **Calcule a intensidade do campo magnético gerado por essa corrente no centro do eixo de simetria do anel do acelerador LHC (adote $\pi = 3$).**
Apresente os cálculos realizados na resolução deste item.

QUESTÃO 4 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo: Eletromagnetismo.

Resposta esperada

a) A corrente elétrica i no tubo pode ser calculada como

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{Ne}{\frac{l}{c}} = \frac{Nce}{l} = \frac{(2,0 \times 10^{14}) \cdot (3 \times 10^{8}) \cdot (1,6 \times 10^{-19})}{2,7 \times 10^{4}} = 0,36\ A.$$

b) A intensidade do campo magnético B gerado **no centro de um anel** condutor de raio r é

$$B = \frac{\mu_0 i}{2r} = \frac{(1,26 \times 10^{-6}) \cdot 0,36}{\frac{2,7 \times 10^{4}}{\pi}} = \frac{3 \cdot (1,26 \times 10^{-6}) \cdot 0,36}{2,7 \times 10^{4}} \approx 5,0 \times 10^{-11}\ T.$$

Observação: Este campo é muito pequeno quando comparado aos campos que aparecem em aparelhos eletrônicos que utilizamos no dia a dia.

Por exemplo, a intensidade do campo magnético da terra varia entre $2,5 \times 10^{-5}\ T$ e $6,5 \times 10^{-5}\ T$ e o de um refrigerador é de $10^{-2}\ T$.