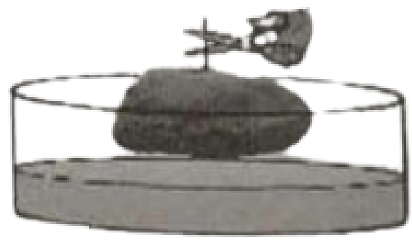
Olympic Birds

Física

Comentário OBFEP 2° Fase Nível B

Alefe Ryan, Lucas Cavalcante e William Alves

1. **(somente para alunos(as) da 1ª série)** Uma pedra de volume igual a 10.000 cm^3, presa por um fio, estava acima de um recipiente cilíndrico cuja base possui raio de 20 cm. No recipiente havia uma porção de água que preenchia 10 cm de altura. Ao cortar o fio, a pedra entra em equilíbrio com 3/5 do seu volume imerso na água, tocando o fundo do recipiente.



Considerando $\pi = 3$, $g = 10$ m/s^2 e a densidade da água igual a 1 g/cm^3, responda às perguntas abaixo para a nova posição da pedra.

a) Qual é a nova altura da superfície da água em relação à base do recipiente?

b) Se a densidade da substância que compõe a pedra é 0,8 g/cm^3, qual é o valor da força que o fundo do recipiente aplica na pedra?

Solução:

a) O volume inicial de água no recipiente é dado por:

$$V_i = \pi R^2 h = 3 \cdot (20)^2 \cdot 10 = 12.000 \text{ cm}^3.$$

Quando a pedra entra no recipiente, ela desloca o volume correspondente à parte imersa ($V_d = \frac{3}{5}V_p$), resultando em um volume final:

$$V_f = V_i + V_d = 12.000 + \frac{3}{5} \cdot 10.000 = 12.000 + 6.000 = 18.000 \text{ cm}^3.$$

Para determinar a nova altura da superfície da água, usamos:

$$h_f = \frac{V_f}{\pi R^2}.$$

Substituindo os valores:

$$h_f = \frac{18.000}{3 \cdot (20)^2} = \frac{18.000}{1.200} = 15 \text{ cm}.$$

Portanto, a nova altura da superfície da água é:

$$\boxed{15 \text{ cm}}.$$

b) Quando a pedra está em equilíbrio, a soma das forças que atuam sobre ela é nula:

$$E + N - m_p g = 0,$$

onde E é o empuxo, N é a força normal exercida pelo fundo do recipiente, e $m_p g$ é o peso da pedra.

O empuxo é dado por:

$$E = \rho_a g V_d,$$

com $\rho_a = 1$ g/cm^3, $V_d = \frac{3}{5}V_p = \frac{3}{5} \cdot 10.000 = 6.000$ cm^3, e $g = 10$ m/s^2. Substituindo:

$$E = 1 \cdot 10 \cdot 6.000 = 60.000 \text{ dynas} = 60 \text{ N}.$$

A massa da pedra é:

$$m_p = \rho_p V_p = 0,8 \cdot 10.000 = 8.000 \text{ g} = 8 \text{ kg}.$$

Logo, o peso da pedra é:

$$m_p g = 8 \cdot 10 = 80 \text{ N}.$$

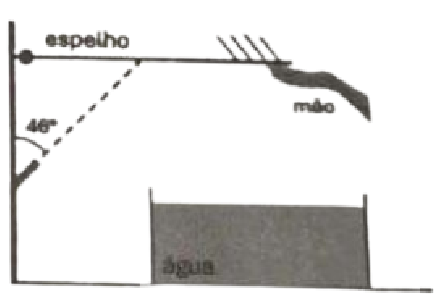
A força normal, isolando na equação de equilíbrio, é:

$$N = m_p g - E = 80 - 60 = 20 \text{ N}.$$

Portanto, a força que o fundo do recipiente exerce sobre a pedra é:

$$\boxed{20 \text{ N}}.$$

2. **(somente para alunos(as) da 1^a série)** Um espelho plano recebeu um raio de luz emitido por uma caneta laser que formava um ângulo de $46°$ (seno $= 0,72$ e cosseno $= 0,69$) em relação à parede na qual foi fixado. A extremidade do espelho é fixada na parede por uma dobradiça e uma mão mantém o espelho na posição horizontal, conforme a figura.



Após refletir no espelho, a luz incide na água contida em um recipiente. Considerando que o índice de refração da água é 4/3 e o do ar é igual ao do vácuo, responda às perguntas abaixo.

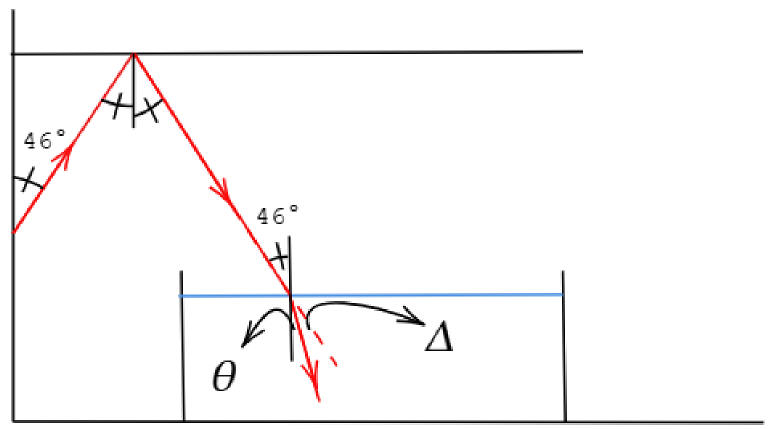
Dados: $\sin 17° = 0,30$; $\sin 24° = 0,40$; $\sin 33° = 0,54$

a) Qual o desvio que esse raio de luz sofre ao refratar do ar para a água?

b) Se a mão abaixar, fazendo o espelho rotacionar de 11°, qual o novo ângulo de refração do raio de luz?

Solução:

a) Fazendo um esquema da trajetória do raio de luz temos:



Tendo em mãos o ângulo de incidência (α) do raio sobre a água, e considerando previamente o índice de refração do ar igual a 1, basta aplicar a Lei de Snell.

$$n_{ar} \sin\alpha = n_{agua} \sin\theta \rightarrow \sin\theta = \frac{\sin\alpha}{n_{agua}}$$

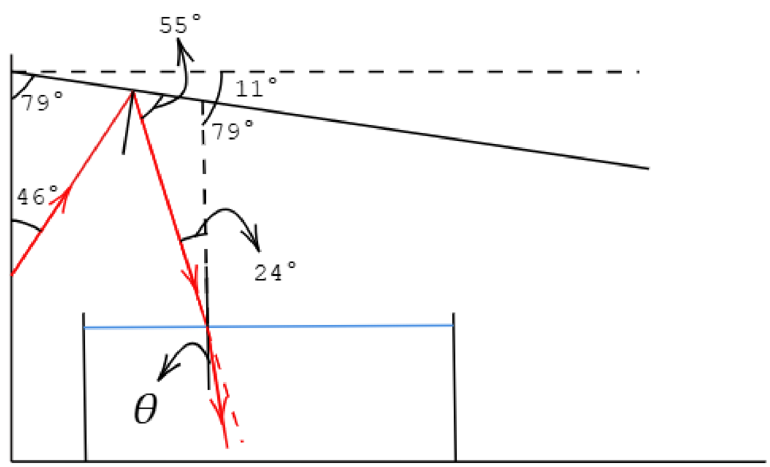
$$\sin\theta = \frac{0,72}{\frac{4}{3}} = 0,72 \cdot 0,75 = 0,56 \rightarrow \theta = 33°$$

O desvio é calculado a partir da diferença entre os ângulos que o raio de luz faz com a normal antes e depois de ser refratado, logo:

$$\Delta = \alpha - \theta \rightarrow \Delta = 46^\circ - 33^\circ$$

$$\boxed{\Delta = 13^\circ}$$

b) Fazendo outro esquema para o raio de luz, agora com o espelho rotacionado 11°, temos:



Com algumas manipulações entre os triângulos apresentados na figura, é possível encontrar que o novo ângulo α de incidência é igual a 24°. Aplicando a Lei de Snell novamente temos:

$$n_{ar} \sin\alpha = n_{agua} \sin\theta \rightarrow \sin\theta = \frac{\sin\alpha}{n_{agua}}$$

$$\sin\theta = \frac{0,40}{\frac{4}{3}} = 0,40 \cdot 0,75 = 0,30 \rightarrow \theta = 17^\circ$$

$$\boxed{\theta = 17^\circ}$$

3. **(somente para alunos(as) da 1^a série)** Um termômetro descalibrado foi usado

para medir a temperatura de uma porção de água em aquecimento juntamente com um termômetro bem calibrado, ambos na escala Fahrenheit. Nessa situação, o termômetro descalibrado indicou $70\ ^\circ F$ e $120\ ^\circ F$ quando o calibrado indicou $77\ ^\circ F$ e $122\ ^\circ F$, respectivamente. Sabendo que $32\ ^\circ F$ equivale a $0\ ^\circ C$ e $212\ ^\circ F$ equivale a $100\ ^\circ C$, responda às perguntas abaixo.

a) Qual a temperatura correta em Fahrenheit quando o termômetro descalibrado indicar $170\ ^\circ F$?

b) Qual a temperatura em Celsius quando o termômetro descalibrado indicar $-30\ ^\circ F$?

Solução:

A relação entre as temperaturas nos dois termômetros é linear. Utilizando os pontos fornecidos, temos que:

$$\text{Quando } 70\ ^\circ F \text{ no descalibrado, } 77\ ^\circ F \text{ no calibrado.}$$
$$\text{Quando } 120\ ^\circ F \text{ no descalibrado, } 122\ ^\circ F \text{ no calibrado.}$$

Para encontrar a equação da reta que descreve essa relação, pode-se escrever um sistema de equações:

$$70a + b = 77$$
$$120a + b = 122$$

Resolvendo esse sistema, a equação da reta que descreve essa relação é:

$$y = 0,9x + 14$$

onde x é a temperatura do termômetro descalibrado e y a temperatura do termômetro calibrado.

a) Substituímos $x = 170$ na equação:

$$y = 0,9 \times 170 + 14 = 167\ ^\circ F$$

Portanto, a temperatura correta é $167\ ^\circ F$.

b) Substituímos $x = -30$ na equação:

$$y = 0,9 \times (-30) + 14 = -13\ ^\circ F$$

Convertendo para Celsius:

$$C = \frac{5}{9}(-13 - 32) = -25^\circ C$$

Portanto, a temperatura em Celsius é $-25\ ^\circ C$.

4. Um bloco de madeira de 10 kg estava no fundo da carroceria de um caminhão que desenvolvia uma velocidade constante de 6 m/s em um trecho retilíneo e horizontal de uma estrada. A superfície da carroceria também era de madeira, e a distância entre o bloco e a cabine do motorista era de 10 metros. De repente, um animal atravessou a pista na frente do caminhão, o que fez o motorista pisar no freio bruscamente, fazendo com que o caminhão retardasse até parar. Sabe-se que os coeficientes de atrito da madeira em contato com madeira são $0,2$ e $0,4$. Considerando que a aceleração da gravidade vale 10 $\mathrm{m/s^2}$, responda às perguntas abaixo.

   a) Qual a distância percorrida pelo caminhão durante essa frenagem, se o bloco ficou na iminência de deslizar sobre a carroceria?

   b) Se o caminhão freasse com 6 $\mathrm{m/s^2}$, a que distância da cabine o bloco estaria quando parasse de deslizar?

Solução:

a) Para que o bloco fique na iminência de deslizar sobre a carroceria, a força de atrito máxima deve ser igual à força resultante que tenta fazer o bloco deslizar devido à desaceleração do caminhão.

A força de atrito máxima F_{atrito} é dada por:

$$F_{\text{atrito}} = \mu_{\text{máx}} \cdot N$$

onde $N = m \cdot g$ é a força normal, com m sendo a massa do bloco e g a aceleração da gravidade.

$$F_{\text{atrito}} = \mu_{\text{máx}} \cdot m \cdot g$$

Substituindo os valores conhecidos:

$$F_{\text{atrito}} = 0,4 \cdot 10 \cdot 10 = 40\,\mathrm{N}$$

Agora, vamos calcular a aceleração do caminhão necessária para que o bloco esteja na iminência de deslizar. A força resultante $F_{\text{resultante}}$ que age sobre o bloco é dada por:

$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a$$

onde a é a aceleração do caminhão.

Como a força de atrito F_{atrito} é a força que impede o bloco de deslizar, temos:

$$F_{\text{atrito}} = F_{\text{resultante}}$$

$$40 = 10 \cdot a$$

$$a = 4\,\mathrm{m/s^2}$$

Agora, utilizando a equação de movimento uniformemente acelerado (com aceleração constante), podemos determinar a distância d percorrida pelo caminhão até parar:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

onde $v_f = 0\,\mathrm{m/s}$ (velocidade final), $v_i = 6\,\mathrm{m/s}$ (velocidade inicial) e $a = -4\,\mathrm{m/s^2}$ (aceleração negativa, pois é uma desaceleração).

Substituindo os valores:

$$0 = 6^2 + 2 \cdot (-4) \cdot d$$

$$0 = 36 - 8d$$

$$8d = 36$$

$$d = 4,5\,\mathrm{m}$$

Portanto, a distância percorrida pelo caminhão durante a frenagem, quando o bloco está na iminência de deslizar, é $\boxed{4,5\,\mathrm{m}}$.

b) Distância da cabine quando o bloco para de deslizar:

Vamos dividir a análise do problema em dois momentos distintos:

Momento 1: O caminhão está desacelerando.

Durante a frenagem do caminhão, ele exerce uma força no bloco que tende a fazê-lo deslizar sobre a carroceria. A força de atrito cinético é a força que impede o deslizamento do bloco. A força máxima de atrito cinético é dada por:

$$F_{\text{atrito}} = \mu_k \cdot N = 0,2 \cdot 10 \cdot 10 = 20\,\mathrm{N}$$

O bloco está sujeito à aceleração do caminhão, que causa uma força não inercial sobre ele. A força não inercial é dada por:

$$F_{\text{não inercial}} = m \cdot a_{\text{caminhão}} = 10 \cdot 6 = 60\,\mathrm{N}$$

A força resultante sobre o bloco será a diferença entre a força não inercial e a força de atrito:

$$F_{\text{resultante}} = F_{\text{não inercial}} - F_{\text{atrito}} = 60 - 20 = 40\,\mathrm{N}$$

A aceleração do bloco é dada por:

$$a_{\text{bloco}} = \frac{F_{\text{resultante}}}{m} = \frac{40}{10} = 4\,\mathrm{m/s^2}$$

Para determinar o tempo necessário até o caminhão parar, utilizamos a equação do movimento uniformemente acelerado:

$$v_f = v_i + a \cdot \Delta t$$

Onde:

$$v_f = 0\,\text{m/s}, \quad v_i = 6\,\text{m/s}, \quad a = -6\,\text{m/s}^2$$

Substituindo os valores na equação:

$$0 = 6 + (-6) \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = 1 \text{ s}$$

Agora, podemos calcular a distância percorrida pelo bloco durante o tempo de frenagem do caminhão. Usamos a equação do movimento para calcular essa distância:

$$d_1 = v_0 \Delta t + \frac{a \Delta t^2}{2}$$

Onde:

$$d_1 = 0 \cdot 1 + \frac{4 \cdot 1^2}{2} = 2 \text{ m}$$

Momento 2: O caminhão já está parado e o bloco continua deslizando.

Quando o caminhão para, o bloco ainda mantém uma velocidade de $6\,\text{m/s}$, já que a força de atrito cinético não atua instantaneamente sobre o bloco. A velocidade do bloco no momento em que o caminhão para é dada por:

$$v = a\Delta t = 4 \cdot 1 = 4 \text{ m/s}$$

A única força que age sobre o bloco é a força de atrito cinético, que é dada por:

$$F_{\text{atrito}} = \mu_k \cdot N = 0,2 \cdot 10 \cdot 10 = 20\,\text{N}$$

A aceleração do bloco será:

$$a_{\text{bloco}} = \frac{F_{\text{atrito}}}{m} = \frac{20}{10} = 2\,\text{m/s}^2$$

Usamos agora a equação do movimento para calcular a distância que o bloco percorre até parar:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

Onde:

$$v_f = 0\,\text{m/s}, \quad v_i = 4\,\text{m/s}, \quad a = -2\,\text{m/s}^2$$

Substituindo os valores:

$$0 = 4^2 + 2 \cdot (-2) \cdot d_2$$

$$0 = 16 - 4d_2$$

$$4d_2 = 16$$

$$d_2 = 4\,\text{m}$$

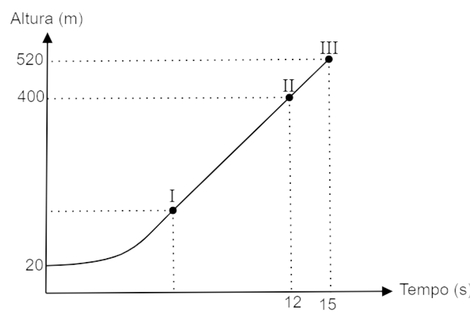
A distância total percorrida pelo bloco até parar é a soma das duas distâncias d_1 e d_2:

$$D = d_1 + d_2 = 2 + 4 = 6\text{ m}$$

Portanto, a distância da cabine até o ponto onde o bloco para de deslizar é:

$$\boxed{D = 6\text{ m}}$$

5. O gráfico mostra o movimento de um foguete de 1 tonelada que testava o rendimento de um motor experimental. O rendimento de um motor é a porcentagem do calor transformado pelo motor em energia mecânica. O calor é produzido pelo queima do combustível. Nesse teste, o foguete parte do repouso do alto de uma plataforma, em $t = 0$.



O ponto I do gráfico representa o momento em que o foguete está em movimento com aceleração que possuía desde o início e passa a manter a velocidade constante. O combustível usado pelo motor do foguete libera 40.000 kJ de calor por litro queimado. O ponto III representa o momento em que o motor tinha queimado $0,5$ litros de combustível, a partir de $t = 0$. Sabendo que a aceleração do foguete é constante e que $g = 10$ m/s^2, responda às perguntas abaixo:

a) Qual a aceleração desenvolvida nos primeiros segundos do movimento?

b) Qual o rendimento desse motor para o intervalo de $t = 0$ s até $t = 15$ s?

Solução:

a) A partir da leitura do gráfico entre os pontos II e III, podemos determinar a velocidade do foguete usando a definição de velocidade média:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{520 - 400}{15 - 12}$$

$$v = 40\text{ m/s}.$$

Para calcular a aceleração do movimento, precisamos determinar a distância percorrida pelo foguete enquanto estava acelerando. Observando o gráfico, vemos que a altura correspondente ao ponto I é 100 m. Aplicando a equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S,$$

onde $v_0 = 0$, $v = 40$ m/s e $\Delta S = 100 - 20 = 80$ m. Substituindo os valores:

$$40^2 = 0 + 2a(80),$$
$$a = \frac{1600}{160},$$
$$\boxed{a = 10 \text{ m/s}^2}.$$

b) Para determinar o rendimento do motor, calculamos a razão entre a energia mecânica cedida ao foguete e a energia total liberada pelo motor. A energia mecânica total no ponto III é a soma da energia potencial gravitacional e da energia cinética em relação ao repouso. Assim, temos:

$$\Delta E = mgH + \frac{mv^2}{2} - mgh,$$

onde $m = 1000$ kg, $g = 10$ m/s^2, $H = 520$ m, $h = 20$ m, e $v = 40$ m/s. Substituindo os valores:

$$\Delta E = 1000 \cdot 10 \cdot 520 + \frac{1000 \cdot 40^2}{2} - 1000 \cdot 10 \cdot 20,$$
$$\Delta E = 5200000 + 800000 - 200000,$$
$$\Delta E = 5800 \text{ kJ}.$$

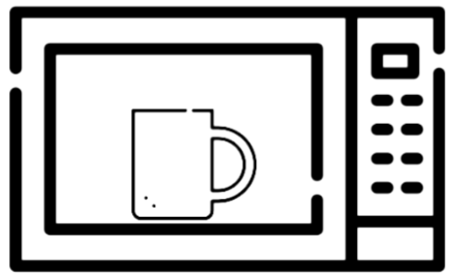
A energia total liberada pelo motor é dada por $E_{\text{tot}} = 40000 \cdot L$, onde $L = 0,5$ s. Assim:

$$E_{\text{tot}} = 40000 \cdot 0,5,$$
$$E_{\text{tot}} = 20000 \text{ kJ}.$$

O rendimento do motor é dado por:

$$\eta = \frac{\Delta E}{E_{\text{tot}}} \frac{5800}{20000} \Rightarrow \boxed{\eta = 0,29 = 29\%}$$

6. Uma caneca cilíndrica contendo 250 g de um líquido foi colocada em um forno elétrico, todos a 20 °C. A parte interna da caneca tinha 10 cm de altura e 50 cm^2 de área da base. Os parâmetros térmicos do líquido e da caneca são coeficiente de dilatação volumétrica da caneca $= 2 \cdot 10^{-5}$ °C^{-1}, coeficiente de dilatação volumétrico do líquido $= 5 \cdot 10^{-4}$ °C^{-1}; capacidade térmica da caneca = 40 cal/°C e calor específico do líquido $= 0,8$ cal/g/°C. As amostras foram aquecidas mantendo-se em equilíbrio térmico entre si. Sabendo que o líquido alcançou a borda da caneca em 1 minuto de aquecimento, quando a temperatura atingiu 420 C, responda às perguntas abaixo:



   a) Qual a potência média de absorção térmica do conjunto caneca com o líquido?

   b) Qual a altura inicial do líquido?

Solução:

a) A potência média de absorção térmica do conjunto pode ser escrita como:

$$P_{\text{ot}} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

A variação de energia é igual à variação de calor ΔQ, que pode ser expressa como a soma das contribuições de calor da caneca e do líquido:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{caneca}} + Q_{\text{líquido}} \rightarrow Q_{\text{total}} = m_{\text{líquido}} c_{\text{líquido}} \Delta T + C_{\text{caneca}} \Delta T$$

Substituindo os valores:

$$Q_{\text{total}} = 250 \cdot 0,8 \cdot 400 + 40 \cdot 400 = 96000 \text{ J}$$

A potência média será:

$$P_{\text{ot}} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{96000}{60} = 1600 \text{ J/s}$$

Portanto, a potência média de absorção térmica é:

$$\boxed{P_{\text{ot}} = 1600 \text{ J/s}}$$

b) De acordo com o enunciado, quando o sistema atinge a temperatura de 420 °C, o líquido atinge a borda da caneca, ou seja, o volume do líquido se iguala ao da caneca. Assim, temos:

$$V_{\text{caneca}} = V_{\text{ic}}\left(1 + \gamma_{\text{caneca}}\Delta T\right)$$
$$V_{\text{líquido}} = V_{\text{il}}\left(1 + \gamma_{\text{líquido}}\Delta T\right)$$

Sendo V_{ic} e V_{il} os volumes iniciais da caneca e do líquido, respectivamente.

Quando $V_{\text{caneca}} = V_{\text{líquido}}$, temos:

$$V_{\text{ic}}\left(1 + \gamma_{\text{caneca}}\Delta T\right) = V_{\text{il}}\left(1 + \gamma_{\text{líquido}}\Delta T\right)$$

Daí, isolando V_{il}:

$$V_{\text{il}} = \frac{V_{\text{ic}}\left(1 + \gamma_{\text{caneca}}\Delta T\right)}{1 + \gamma_{\text{líquido}}\Delta T}$$

Sabemos que o volume da caneca é dado por $V_{\text{ic}} = A \cdot h$, onde A é a área da base e h é a altura. Assim, temos:

$$V_{\text{il}} = \frac{50 \cdot 10\left(1 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot 400\right)}{1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 400}$$

Calculando:

$$V_{\text{il}} = \frac{500\left(1 + 8 \cdot 10^{-3}\right)}{1 + 0,2} = \frac{500 \cdot 1,008}{1,2} \approx 420\ \text{cm}^3$$

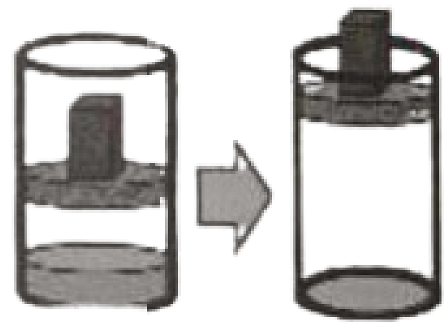
Sabemos que o volume do líquido inicial é dado por $V_{\text{il}} = A \cdot h_{\text{líquido}}$, com $A = 50\ \text{cm}^2$. Assim, podemos determinar a altura inicial do líquido:

$$h_{\text{líquido}} = \frac{V_{\text{il}}}{A} = \frac{420}{50} = 8,4\ \text{cm}$$

Portanto, a altura inicial do líquido é:

$$\boxed{h_{\text{líquido}} = 8,4\ \text{cm}}$$

7. Em um recipiente, havia éter em duas fases: uma líquida e outra gasosa. A fase gasosa tinha 2 mol e estava sob pressão de 2×10^5 Pa. A fase líquida tinha 0,5 mol. Todo o éter estava a 27 $°C$, temperatura de ebulição do éter sob pressão de 2×10^5 Pa. A partir de $t = 0$ s, uma fonte térmica (fogo) passou a fornecer calor ao conjunto, fazendo com que o líquido se transformasse em gás, sem que a temperatura do conjunto aumentasse.



Nesse processo, o êmbolo que continha éter gasoso no recipiente se moveu. O fogo foi apagado quando não restava mais líquido no recipiente. No total, o éter recebeu 15.240 J de calor. Dados: 0 °C equivale a 273 K e a constante dos gases ideais é $R = 8$ Pa $\cdot$ m^3/K $\cdot$ mol. Considerando que a pressão do gás permaneceu constante, que o gás é ideal e que não existe atrito entre o êmbolo e o recipiente, responda às perguntas abaixo sobre o período em que o éter recebeu calor:

a) Qual a variação de volume do éter no estado gasoso, em litros?

b) Desconsiderando o volume ocupado pelo éter líquido, qual a quantidade de calor utilizada para transformar o éter líquido em gasoso?

Solução:

a) Para determinar a variação de volume, utilizamos a equação de Clapeyron para calcular o volume inicial e final do éter no estado gasoso, e depois fazemos a diferença entre eles:

$$PV = nRT \quad \Rightarrow \quad V = \frac{nRT}{P}$$

A variação de volume ΔV é dada por:

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{n_f R T_f}{P_f} - \frac{n_i R T_i}{P_i}$$

Como a temperatura e a pressão permanecem constantes, temos $P_f = P_i$ e $T_f = T_i$. Além disso, a quantidade de mols ao final será a quantidade inicial de gás mais os mols do éter líquido que se evaporaram. Assim, podemos escrever:

$$\Delta V = \frac{RT}{P}(n_f - n_i) \quad \Rightarrow \quad \Delta V = \frac{8 \times 10^3}{2 \times 10^5}(2,5 - 2)$$

$$\Delta V = 0,006 \text{ m}^3 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\Delta V = 6 \text{ L}}$$

b) Além da quantidade de calor que o éter recebe, há também a quantidade de calor associada ao trabalho realizado durante a expansão, que pode ser calculada como:

$$W = P\Delta V \quad \Rightarrow \quad W = 2 \times 10^5 \times 0,006$$

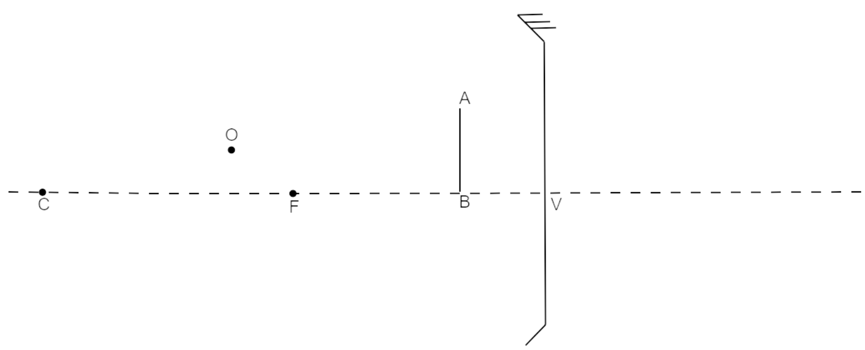
$$W = 1200 \text{ J}$$

Assim, a quantidade total de calor utilizada é:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{recebido}} + W \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{total}} = 15.240 + 1200$$

$$\boxed{Q_{\text{total}} = 16.440 \text{ J}}$$

8. Na figura abaixo, vemos a representação de um espelho gaussiano e seus pontos principais: foco F, centro de curvatura C e vértice V. Na frente do espelho, existe um objeto (AB) e um olho (ponto O) de um observador. Devido ao espelho, será formada uma imagem (A'B').

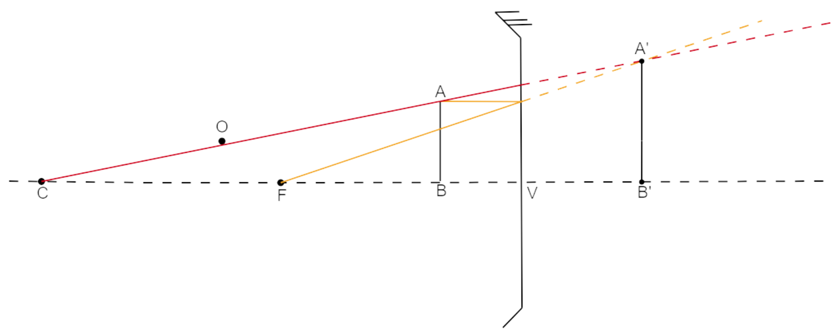


a) Na figura, localize o ponto imagem A' a partir de dois raios notáveis, aqueles que podem ser desenhados utilizando os pontos principais do espelho. Para cumprir esse comando, desenhe a imagem $A'B'$; os raios incidentes; os raios refletidos e seus prolongamentos, caso precise deles para respaldar sua resposta.

b) Na figura, desenhe raios que saem das extremidades do objeto e incidem no olho O de duas formas: sem sofrer reflexão e sofrendo reflexão no espelho. Usando esses raios e argumentos geométricos, determine o que possui um maior tamanho aparente para o observador O: o objeto ou sua imagem. Justifique sua resposta.

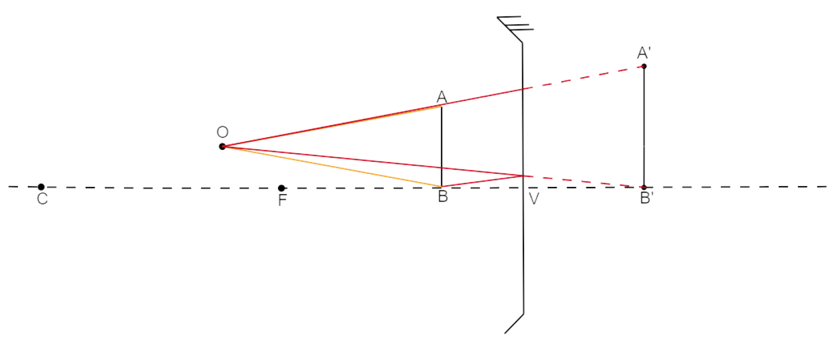
Solução:

a) Para localizar o ponto imagem A', utilizamos os raios notáveis que passam pelo foco e pelo centro do espelho. Um raio que incide paralelo ao eixo principal reflete passando pelo foco, enquanto um raio que passa pelo centro reflete de volta para o centro do espelho. Assim, ao traçar esses raios, obtemos a seguinte construção para a imagem resultante:



Na imagem acima, o raio laranja é o que passa pelo foco, e o raio vermelho é o que passa pelo centro.

b) Para determinar o raio que incide no olho após a reflexão no espelho, traçam-se os raios que ligam os pontos da imagem ao olho. Os raios que não sofrem reflexão são traçados conectando os pontos do objeto diretamente ao olho. A construção resultante é mostrada a seguir:



Na figura, os raios laranjas são aqueles provenientes do objeto, enquanto os raios vermelhos partem da imagem.

Para identificar o menor tamanho aparente, é necessário comparar os ângulos formados pelas retas que ligam as extremidades do objeto e da imagem ao observador. Observando a figura, nota-se que a reta que liga O a A praticamente coincide com a reta que conecta O a A'. Como a reta que liga O a B' toca a horizontal mais distante, concluímos que o tamanho aparente do objeto será maior.