

Na solução da prova, use quando necessário:

$$1\text{atm} = 10^5 \text{ Pa}, R = 8,32 \text{ J/mol.K}, c_p^{\text{ar}}=1007\text{kJ/kg.K} \text{ e } c_v^{\text{ar}}=0,718\text{kJ/kg.K}; \text{ ou } C_v=(3/2)nR; \rho_{\text{água}}=1000\text{kg/m}^3$$

QUESTÃO 1 – Num dia quente de verão, estava fazendo 27°C, e Pedro ficou muito irritado com a porta da geladeira. Ele abriu a geladeira uma primeira vez para pegar sorvete de creme. Imediatamente após fechar a geladeira, lembrou-se de que sua irmã, Ana, havia pedido o sorvete de morango. Abriu a geladeira novamente e teve que fazer uma força muito maior que a força feita da primeira vez. Isso ocorre porque o ar quente, que entra na geladeira quando esta é aberta, sofre um resfriamento a volume constante. Se esperarmos um pouco, há troca de ar entre o ambiente exterior e a geladeira, fazendo com que as pressões interna e externa se igualem, tornando a geladeira fácil de se abrir novamente.

- a) Considere que o ar é um gás ideal, e que imediatamente antes de Pedro fechar a porta, todo o ar no interior da geladeira está a pressão e temperatura ambiente. Considere ainda que, após fechar a porta, todo o ar no interior da geladeira atinge rapidamente uma temperatura de 7,0°C, e que não há troca de ar entre geladeira e o meio externo. Calcule a pressão no interior da geladeira após o resfriamento.

$$\left. \begin{array}{l} P_0 V_0 = nRT_0 \\ P_1 V_1 = nRT_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_1}{P_0} = \frac{T_1}{T_0}$$

$$P_1 = \frac{T_1}{T_0} P_0$$

$$P_1 = \frac{280\text{k}}{300\text{k}} 1\text{atm}$$

$$P_1 = \frac{14}{15} \text{atm} = 0,933... \text{atm}$$

$$\text{ou } \left\{ \begin{array}{l} 1\text{atm} = 10^5 \text{ Pa} \\ P_1 = \frac{280\text{k}}{300\text{k}} 10^5 \text{ Pa} \\ P_1 = \frac{14}{15} 10^5 \text{ Pa} \end{array} \right.$$

(2 pontos)

- b) Considerando que o volume de ar interno da geladeira é 0,6m³, calcule a energia retirada do ar no processo de resfriamento.

Transformação isovolumétrica (isocórica) $\Delta V=0 \Rightarrow W=0$

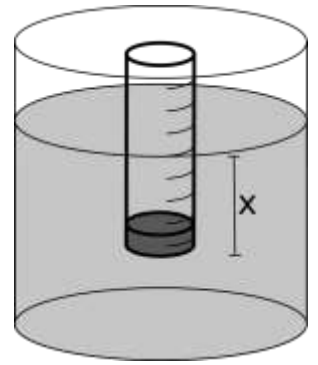
Considerando, por simplicidade, o ar um gás monoatômico, temos:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta V = 0 \Rightarrow \Delta Q = \Delta U \\ P_0 V_0 = nRT_0 \\ nR = \frac{P_0 V_0}{T_0} \\ \Delta U = \frac{3}{2} nR \Delta T \\ \Delta T = (T_1 - T_0) \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta Q = \frac{3}{2} \frac{P_0 V_0}{T_0} (T_1 - T_0) \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \Delta Q = \frac{3}{2} \frac{10^5 \text{ Pa} \cdot 0,6\text{m}^3}{300\text{K}} (280 - 300)\text{K} \\ \Delta Q = \frac{3}{2} \frac{10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 0,6\text{m}^3}{300\text{K}} (280 - 300)\text{K} \\ \Delta Q = \frac{3}{2} \frac{60 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}}{300} (-20) \\ \Delta Q = \frac{3}{2} \cdot 200 \cdot (-20)\text{N} \cdot \text{m} = -6000\text{N} \cdot \text{m} \\ \Delta Q = -6000\text{J} = -6 \times 10^3 \text{ J} = -6\text{kJ} \end{array} \right.$$

(3 pontos)

PS.: Existem outras formas de resolver este problema. Todos os desenvolvimentos corretos foram igualmente pontuados. O problema foi também igualmente pontuado para os desenvolvimentos corretos que consideraram as equações para o ar como sendo um gás diatômico.

QUESTÃO 2 – André está muito empolgado com a sua viagem ao Oriente Médio, pois irá visitar o Mar Morto, que é um grande lago de água salgada. Na verdade, a concentração de sal na água daquele lugar é tão grande que a mudança de densidade da água é bem considerável. André resolveu então levar seu densímetro caseiro para a viagem, para conferir essa mudança de densidade. O densímetro consiste em um tubo cilíndrico de vidro, de 2,0cm de diâmetro, fechado na parte inferior, contendo uma pequena quantidade de areia no fundo, como mostra a figura. O restante do tubo contém apenas ar, de densidade desprezível. O densímetro de André é graduado na escala x, com x=0 no fundo do cilindro. Para calibrar o densímetro, André o colocou na piscina da sua casa, notando que a água atingiu a escala $x_p=24,0\text{cm}$.



- a) Durante sua tão esperada viagem, ao colocar seu densímetro na água do Mar Morto, ele viu que o nível da água estava em $x_m=20,0\text{cm}$. Qual a densidade da água no Mar Morto?

$$\begin{aligned}
 P &= E \Rightarrow m_d \cdot g = \rho \cdot g \cdot V \Rightarrow m_d = \rho \cdot V \\
 E_p &= \rho_p \cdot g \cdot V_p = \rho_p \cdot g \cdot (A \cdot x_p) && \text{Piscina} \\
 E_m &= \rho_m \cdot g \cdot V_m = \rho_m \cdot g \cdot (A \cdot x_m) && \text{Mar Morto} && (2,0 \text{ pontos}) \\
 \rho_p \cdot g \cdot (A \cdot x_p) &= \rho_m \cdot g \cdot (A \cdot x_m) \\
 \left. \begin{aligned}
 \frac{\rho_m}{\rho_p} &= \frac{x_p}{x_m} \Rightarrow \frac{\rho_m}{\rho_p} = \frac{24\text{cm}}{20\text{cm}} = 1,2 \\
 \rho_p &= 1\text{g/cm}^3 = 10^3 \text{kg/m}^3
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \rho_m = 1,2 \times 10^3 \text{kg/m}^3
 \end{aligned}$$

- b) Qual a massa do densímetro de André?

$$\begin{aligned}
 m_d &= \rho \cdot V \\
 m_d &= \rho_{p/m} \cdot A \cdot x_{p/m} = \rho \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot x_{p/m} \\
 m_d &= 10^3 \text{kg/m}^3 \cdot \pi \cdot \left(\frac{2 \times 10^{-2} \text{m}}{2}\right)^2 \cdot 24 \times 10^{-2} \text{m} && (1,5 \text{ pontos}) \\
 m_d &= 2,4 \cdot \pi \times 10^{-2} \text{kg} \quad p/\pi = 3 \\
 m_d &= 7,2 \times 10^{-2} \text{kg} \\
 m_d &= 72 \text{g}
 \end{aligned}$$

PS.: Soluções corretas usando $\pi=3,14$ ou π sem substituição de valor também foram igualmente pontuadas.

- c) André não parou por aí, e tentou mergulhar a uma profundidade de 1,5m no grande lago, que é a profundidade da sua piscina. Qual o módulo da diferença entre as pressões sob as quais André foi exposto no fundo da piscina de sua casa e no grande lago de água salgada?

$$\begin{aligned}
 P_p &= P_0 + \rho_p \cdot g \cdot h_p && \text{Piscina} \\
 P_m &= P_0 + \rho_m \cdot g \cdot h_m && \text{Mar Morto} \\
 h_p &= h_m && (1,5 \text{ pontos}) \\
 \Delta P &= gh(\rho_m - \rho_p) \\
 \Delta P &= 10 \text{m/s}^2 \cdot 1,5\text{m} \cdot (1,2 \times 10^3 - 1,0 \times 10^3) \text{kg/m}^3 \\
 \Delta P &= 3 \times 10^3 \text{N/m}^2 = 3 \times 10^3 \text{Pa}
 \end{aligned}$$

