

Resolução da prova SUB

1)

a) A lei zero da termodinâmica diz que dois corpos em contato A e B vão entrar em equilíbrio térmico e ficar com a mesma temperatura T . Se um terceiro corpo C, for colocado em contato apenas com A o equilíbrio também será atingido e agora os 3 corpos A, B e C terão a mesma temperatura, mesmo que C não esteja em contato com B.

Exemplo: Por conta desta lei é possível utilizar termômetro para medir a temperatura de corpos. Pois colocando o termômetro em contato com um corpo A, podemos obter a temperatura T_A e depois colocando em contato com um corpo B, podemos obter a temperatura T_B . Desta forma, podemos comparar temperatura de corpos diferentes.

b) A 1ª lei da termodinâmica relaciona calor (Q) e trabalho (W) com a variação de energia interna (ΔU) de um sistema. A expressão matemática é $dU = dQ - dW$, onde d representa a variação infinitesimal.

Exemplo: Aquecer um gás dentro de uma bexiga pouco murcha. Isto provoca o aumento de temperatura do gás (variação da energia interna) e um aumento do volume da bexiga (realização de trabalho). Assim o calor do aquecimento gerou variação de energia interna e trabalho.


c) A 2ª lei da termodinâmica define entropia com a expressão $dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$, ou seja, a variação de entropia é calculada através do calor de qualquer processo reversível entre os estados inicial e final e da temperatura.

Adicionalmente, esta lei afirma que a variação de entropia do universo só pode ser positiva para processos irreversíveis e nula para processos reversíveis, mas nunca negativa.

Exemplo: Colocar uma pedra de gelo num copo com água, faz com que o calor recebido pelo gelo seja liberado pela água de forma que o equilíbrio térmico seja atingido uma temperatura intermediária entre a do gelo e a da água. Este processo é irreversível e a variação de entropia é positiva.

d) A 3ª lei da termodinâmica define que a entropia é positivamente definida, ou seja, não existe nenhum sistema com entropia negativa.

Exemplo: Em sistemas clássicos (onde não estamos considerando nenhum efeito quântico) quando a temperatura é 0K todo o movimento de translação e rotação é parado e definimos a mais baixa entropia com zero.

2) a)  200g de água a 10°C $m_a = 200g$
 50g de gelo a -20°C $m_g = 50g$
 $c_g = 2,05 \text{ J/g}\cdot\text{K}$; $c_a = 4,18 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ $T_f = 273\text{K}$
 $T_{ai} = 283\text{K}$ $T_{gi} = 253\text{K}$ $L = 333,5 \text{ J/g}$

sistema fechado $\rightarrow Q = 0 = Q_g + Q_a$

calor necessário para aquecer o gelo a 273K

$$Q_g^{(I)} = m_g c_g \Delta T = 50 \times 2,05 \times 20 = 2050 \text{ J}$$

calor para derreter todo gelo

$$Q_g^{(II)} = m_g L = 50 \times 333,5 = 16675 \text{ J}$$

calor para resfriar a água a 273K

$$Q_a^{(I)} = m_a c_a \Delta T = 200 \times 4,18 \times (-10) = -8360 \text{ J}$$

com este calor que será liberado para resfriar a água até 273K é possível usar 2050 J para aquecer o gelo até 273K, mas não é suficiente para derreter todo o gelo, pois só sobrou -6.310 J. Assim vamos descobrir quanto de gelo será derretido com este calor

$$6310 = m \times 333,5 \therefore m = \frac{6310}{333,5} = 19 \text{ g}$$

Resposta: a temperatura final do sistema será 0°C = 273K e o sistema terá 31g de gelo e 219g de água.

b) para aquecer o gelo $\Delta S_g^{(I)} = \int \frac{m_g c_g dT}{T} = m_g c_g \ln\left(\frac{T_f}{T_{gi}}\right)$

$$\Delta S_g^{(I)} = 50 \times 2,05 \times \ln\left(\frac{273}{253}\right) = 7,8 \text{ J/K}$$

para derreter 19g de gelo a 273K (T=const.)

$$Q_g = mL = 6310 \text{ J} \quad \Delta S_g^{(II)} = \frac{6310}{273} = 23,1 \text{ J/K}$$

para resfriar a água $\Delta S_a^{(I)} = \int \frac{m_a c_a dT}{T} = m_a c_a \ln\left(\frac{T_f}{T_{ai}}\right)$

$$\Delta S_a^{(1)} = 200 \times 4,18 \times \ln\left(\frac{273}{283}\right) = -30 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_g^{(1)} + \Delta S_g^{(11)} + \Delta S_a^{(1)} = 7,8 + 23,1 - 30 = 0,8 \text{ J/K}$$

Resposta: A variação de entropia do processo é 0,8 J/K

3) gás ideal monoatômico $c_v = \frac{3}{2}R$ e $c_p = \frac{5}{2}R$
 $\gamma = c_p/c_v = 5/3$

$$T_0 = -23^\circ\text{C} = 250\text{K} \quad P_0 = 2\text{atm} \quad e \quad V_0 = 8\text{L} \quad R = 0,083 \frac{\text{atm}\cdot\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$$

$$P_0 V_0 = n R T_0 \quad \therefore \quad n = \frac{P_0 V_0}{R T_0} = \frac{2 \times 8}{0,083 \times 250} = 0,77 \text{ mol}$$

a) processo isotérmico até $V_f = 16\text{L}$ $T_f = T_i = 250\text{K}$
 $P_f = \frac{n R T_f}{V_f} = \frac{0,77 \times 0,083 \times 250}{16} = 1 \text{atm}$

Numa expansão isotérmica $T = \text{const} \Rightarrow \Delta U = 0$ p/ gás ideal
 então pela 1ª Lei $Q = W$

$$W = \int P dV = n R T \int \frac{dV}{V} = n R T \ln\left(\frac{V_f}{V_0}\right) = Q$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = n R \ln\left(\frac{V_f}{V_0}\right) = 0,77 \times 8,3 \times \ln\left(\frac{16}{8}\right) = 4,4 \text{ J/K}$$

Resposta: O estado final é $n = 0,77 \text{ mol}$; $T_f = 250\text{K}$; $V_f = 16\text{L}$ e $P_f = 1 \text{atm}$
 e a variação de entropia foi de 4,4 J/K

b) processo adiabático até $V_f = 16\text{L}$
 pela 1ª Lei $\Delta U = W$

$$P_f = P_0 \left(\frac{V_0}{V_f}\right)^\gamma = 2 \left(\frac{8}{16}\right)^{5/3} = 2 \left(\frac{1}{2}\right)^{5/3} = 0,6 \text{ atm}$$

$$T_f = \frac{P_f V_f}{n R} = \frac{0,6 \times 16}{0,77 \times 0,083} = 150\text{K}$$

$Q = 0$ e $P V^\gamma = \text{const}$
 $P_f V_f^\gamma = P_0 V_0^\gamma$
 assumindo um
 processo quase
 estático.

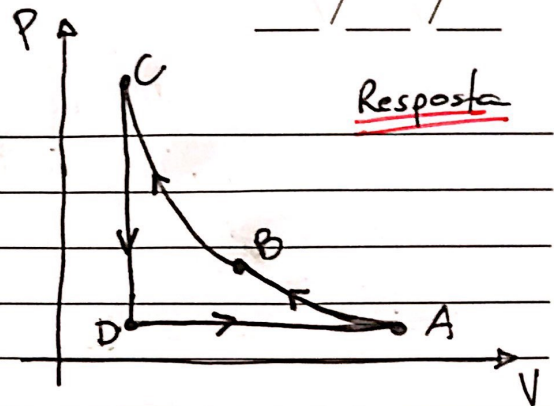
$$\Delta S = 0$$

Resposta: O estado final é $n = 0,77 \text{ mol}$; $T_f = 150\text{K}$; $V_f = 16\text{L}$ e $P_f = 0,6 \text{atm}$
 e a variação de entropia foi nula.

S T Q Q S S D

4) Ciclo termodinâmico

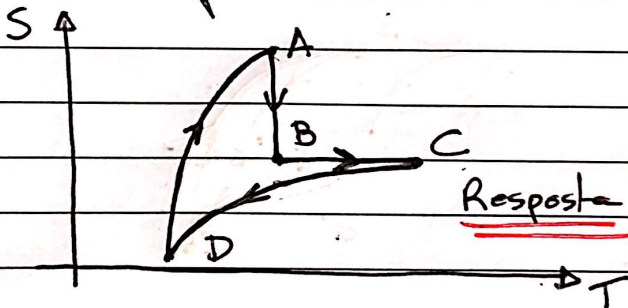
- (i) compressão isotérmica A → B
- (ii) aquecimento adiabático B → C
- (iii) resfriamento isocórico C → D
- (iv) aquecimento isobárico D → A



Resposta

Resposta: Será um geladeira, pois o trabalho total é negativo, ou seja os processo ocorrem no sentido anti-horário no diagrama PV.

- b) (i) compressão isotérmica $\Delta V_{AB} = 0$ $Q_{AB} = W_{AB} < 0 \Rightarrow \Delta S_{AB} < 0$ com $T = \text{const}$
 (ii) aquecimento adiabático = compressão adiabática
 $Q_{BC} = 0 \Rightarrow \Delta S_{BC} = 0$ com $\Delta T_{BC} > 0$
 (iii) resfriamento isocórico $W_{CD} = 0$ $Q_{CD} = \Delta U_{CD} < 0 \Rightarrow \Delta S_{CD} < 0$
 (iv) aquecimento isobárico $\Delta S_{DA} > 0$ pois $\sum \Delta S_i = 0$ ciclo



ΔS_{AB} , ΔS_{BC} e ΔS_{DA} forma da função $\ln T$

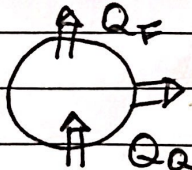
Resposta

5) Ciclo de Carnot $e = 1 - \frac{T_F}{T_a} = 1 - \frac{298}{398} = 0,25 \approx 25\%$

$T_F = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$

$T_a = 125^\circ\text{C} = 398\text{K}$

Resposta: O rendimento desta máquina é de 25%.

b)  $W = 200\text{J}$ $Q_a = W + |Q_f|$ $e = \frac{W}{Q_a} \therefore 0,25 = \frac{200}{Q_a}$

$Q_a = \frac{200}{0,25} = 800\text{J}$ calor recebido da fonte quente

$|Q_f| = Q_a - W = 800 - 200 = 600\text{J}$

Resposta: Esta máquina libera 600J por ciclo