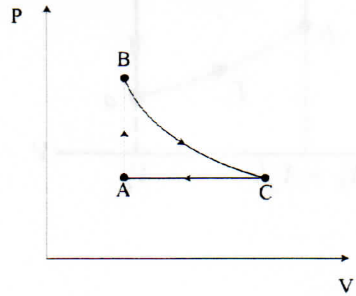
Instruções:

1. Escreva seu nome e número USP no espaço acima. 2. Não é permitido consultar livros, anotações ou os colegas em volta. 3. Não é permitido o uso de calculadoras programáveis ou celulares. 4. Escreva suas soluções de maneira clara, concisa e organizada, indicando os passos da solução dos problemas. Utilize as folhas de rascunho como preferir, mas a prova entregue as respostas devem ser passadas à caneta. 5. Em todas as questões abaixo considere a aceleração da gravidade como dada ($g = 9{,}81\ m/s^2$)

Questão 1 (2,5 pontos): Um pequeno balão de ar quente tem um volume de $15\ m^3$ e está aberto na parte inferior. O ar no interior do balão está a uma temperatura média de 75°C , enquanto no lado de fora do balão o ar tem uma temperatura de 24°C e a uma pressão de, em média, de 1,00 atm. O balão está preso para impedi-lo de subir, e a tensão na corda que o prende é de 10,0 N. Use 0,028 kg/mol para a massa molar do ar. (Despreze a força gravitacional devido ao tecido do balão.) Qual é a pressão, em média, no interior do balão?

Questão 2 (2,0 pontos): (2,0 pontos) Um amostra contendo 1 kmol de gás hélio é submetida ao ciclo termodinâmico ilustrado na figura abaixo. BC é uma isoterma, P_A = 1atm, V_A = 22.4 m^3, P_B = 2 atm.

a) Quais os valores de T_A, T_B e V_C?
b) Qual o trabalho realizado durante o ciclo?



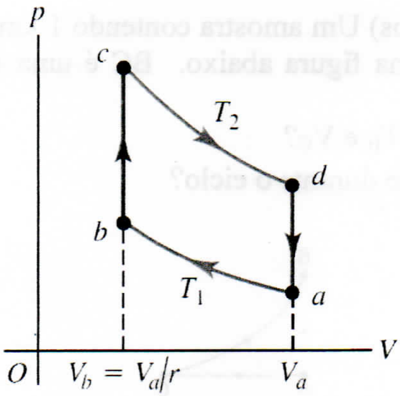
Questão 3 (2,5 pontos): Uma caixa é dividida em duas metades idênticas por uma partição impermeável. Em um dos lados está um mol de gás ideal A; no outro lado, 1 mol de um gás ideal B (diferente do primeiro).

a) Calcule a variação da entropia quando a partição é retirada e os dois gases se misturaram.
b) Se o processo for repetido com o mesmo gás nos dois lados, a entropia se alteraria ao se retirar a partição? Explique com detalhes.

Questão 4 (3,0 pontos): A máquina de Stirling funciona segundo um ciclo muito semelhante ao ciclo Otto, porém a compressão e a expansão do gás são feitas à temperatura constante ao invés de adiabaticamente como no ciclo Otto. O ciclo Stirling ciclo é usado nos chamados motores de combustão externa (na verdade, não é necessário queimar combustível; qualquer maneira de produzir uma diferença de temperatura pode ser usada - solar,

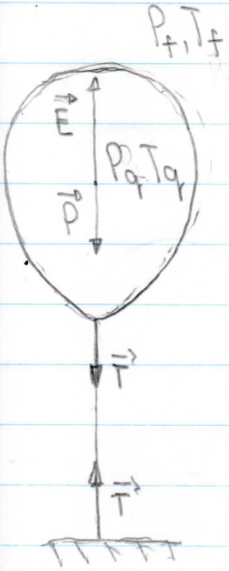
a) Obtenha Q, W e ΔU para cada processo.

b) No Ciclo de Stirling, as transferências de calor nos processos *b-c* e *d-a* não envolvem fontes externas de calor, pois se usa o que costuma-se chamar de regeneração: A mesma substância que transfere calor para o gás no interior do cilindro no processo *b-c* também absorve o calor do gás de volta no processo *d-a*. Logo, as transferências de calor $Q_{b\text{-}c}$ e $Q_{d\text{-}a}$ não contribuem na determinação da eficiência do motor. (c) Calcule a eficiência de um ciclo Stirling em termos das temperaturas T_1 e T_2 e como isso compare a eficiência de operação de um motor de Stirling e de um motor de Carnot operando entre entre estas mesmas duas temperaturas. (Historicamente, o ciclo de Stirling foi concebido antes do ciclo de Carnot.) O resultado viola a segunda lei da termodinâmica? Explique. Infelizmente, Motores de Stirling reais não pode alcançar esta eficiência devido a problemas com os processos de transferência de calor e as perdas de pressão no motor.



Boa Prova

Questão 1:



$$E - W = F_T \Rightarrow \rho_f V g - \rho_q V g = F_T$$

$$\text{Como } PV = nRT = \frac{m}{M} RT \Rightarrow \frac{m}{V} = \rho = \frac{PM}{RT}$$

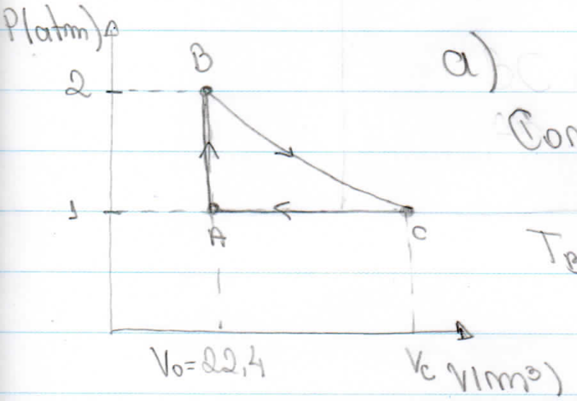
$$\Rightarrow \left(\frac{P_f M}{R T_f} - \frac{P_q M}{R T_q}\right) V g = F_T \Rightarrow \frac{P_f}{T_f} - \frac{P_q}{T_q} = \frac{F_T R}{M V g}$$

$$\Rightarrow P_q = \frac{P_f T_q}{T_f} - \frac{F_T R \cdot T_q}{M V g}$$

$$P_q = \frac{(101{,}3 \cdot 10^3 Pa)(348 K)}{(297 K)} - \frac{(10 N)(8{,}31 \frac{J}{mol \cdot K})(348 K)}{(0{,}028 \frac{kg}{mol}) \cdot (15 m^3)(9{,}81 \frac{m}{s^2})}$$

$$\boxed{P_q = 111{,}7 \, kPa}$$

Questão 2:



a)

$$\text{Como } P_0 V_0 = nRT_B \Rightarrow T_B = \frac{P_0 V_0}{nR}$$

$$T_B = \frac{(2 \cdot 101{,}3 \cdot 10^3 Pa)(22{,}4 m^3)}{(1 \cdot 10^3 mol) \cdot (8{,}31 \frac{J}{mol K})} \Rightarrow \boxed{T_B = 546 K}$$

$$BC \text{ é uma isoterma} \Rightarrow T_C = T_B \Rightarrow P_B V_B = P_C V_C \Rightarrow V_C = \frac{P_B V_B}{P_C}$$

$$V_C = \frac{(2 atm)(22{,}4 m^3)}{(1 atm)} \Rightarrow \boxed{V_C = 44{,}8 m^3}$$

$$AC: \frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_C V_C}{T_C} \Rightarrow T_A = \frac{V_A T_C}{V_C} \Rightarrow T_A = \frac{(22{,}4 m^3)(546 K)}{(44{,}8 m^3)} \Rightarrow \boxed{T_A = 273 K}$$

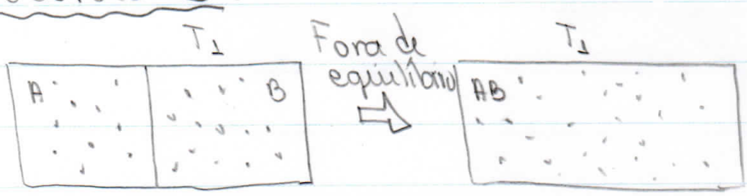
b) $$W = W_{BC} + W_{CA} = \int_{V_B}^{V_C} \frac{nRT_B}{V}\, dV + \int_{V_C}^{V_A} P_C\, dV$$

$$W = nRT_B \ln\left(\frac{V_C}{V_B}\right) + P_C(V_A - V_C)$$

$$W = (10^3 \text{ mol})(8{,}31 \tfrac{J}{mol \cdot K})(546 K)\ln\left(\frac{44{,}8 m^3}{22{,}4 m^3}\right) + (101{,}3 \cdot 10^3 Pa)(22{,}4 - 44{,}8) m^3$$

$$\boxed{W = 875 kJ}$$

Questão 3:



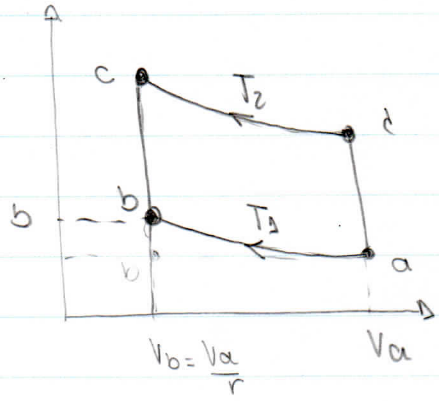
a) $$\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B \Rightarrow \Delta S = n_A R \ln\left(\frac{2V}{V}\right) + n_B R \ln\left(\frac{2V}{V}\right)$$

Como $n_A = n_B = 1$ mol

$$\Delta S = 2 \cdot (1 mol) \cdot (8{,}31 \tfrac{J}{mol \cdot K}) \ln\left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow \boxed{\Delta S = 11{,}52 \tfrac{J}{K}}$$

b) Se os gases fossem idênticos, o processo seria reversível pois bastaria colocar a partição de volta. Logo teria-se $\Delta S = 0$.

Questão 4:



a→b: Compressão isotérmica (T=cte, $\Delta U = 0$, $Q = W$)

$$Q = \int_{V_a}^{V_b} P\,dV = \int_{V_a}^{V_b} \frac{nRT}{V}\,dV = nRT_1 \ln\left(\frac{V_b}{V_a}\right)$$

$$Q = W = -nRT_1 \ln(r)$$

b→c: Aquecimento a volume cte. ($W = 0$; $Q = \Delta U$).

$$Q = \Delta U \Rightarrow Q = C_V \Delta T \Rightarrow Q = C_V(T_2 - T_1)$$

c→d: Expanção isotérmica ($\Delta U = 0$ $Q = W$).

$$Q = W = nRT_2 \ln\left(\frac{V_d}{V_c}\right) = nRT_2 \ln(r)$$

d→a: Resfriamento a volume constante. ($W = 0$; $Q = \Delta U$)

$$Q = \Delta U \Rightarrow Q = C_V(T_a - T_d) = -C_V(T_2 - T_1)$$

Trabalho total, $W_{tot} = (T_2 - T_1)nR\ln(r)$

Calor que entrou: $Q_{ent} = nRT_2 \ln(r)$.

Eficiência: $\eta = \frac{Q_{ent}}{W_{tot}} \Rightarrow \eta = \frac{(T_2 - T_1)}{T_2} \Rightarrow \boxed{\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}}$

⇒ Eficiência igual a do Ciclo de Carnot ⇒ não viola a segunda lei da termodinâmica