

PROVA G3 FIS 1041 – 24/06/2009
 FLUIDOS E TERMODINÂMICA
 GABARITO

QUESTÃO	VALOR	GRAU	REVISÃO
1	4,0		
2	3,0		
3	3,0		
TOTAL	10,0		

$$\Delta E_{\text{int}} = \Delta Q - \Delta W, \quad dE_{\text{int}} = dQ - dW = dQ - pdV, \quad k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = R / N_A$$

$$pV = nRT, \quad RT = Mv_{\text{mq}}^2 / 3, \quad v_{\text{mq}} = v_{\text{rms}}, \quad N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas / mol}$$

$$\Delta E_{\text{int}} = n C_V \Delta T, \quad E_{\text{cin}} = \frac{1}{2} kT \text{ por grau de liberdade ou } \frac{1}{2} RT \text{ por mol.}$$

Processo adiabático: $p V^\gamma = \text{cte} \quad T V^{\gamma-1} = \text{cte} \quad \gamma = C_p / C_V$

$$e = |W| / |Q_Q| \quad e_C = 1 - T_F / T_Q \quad K = |Q_F| / |W| \quad K_C = T_F / (T_Q - T_F)$$

$$C_p = C_V + R, \quad T_Q = T_H, \quad T_F = T_C, \quad C_V = (3/2)R, (5/2)R \text{ ou } (6/2)R$$

$$\Delta S = \int dQ / T, \quad R = 8,31 \text{ J/(mol.K)} = 0,08 \text{ atm.l/(mol.K)} = 2 \text{ cal/(mol.K)}$$

Números úteis: $2^{5/3} = 3,175 \approx 3 \quad 5,2^{7/5} = 10 \quad 10^{7/5} = 25,1 \quad 3^{4/3} = 4,3$

$$5,2^{5/3} = 15,7 \quad 10^{5/3} = 46,8 \quad \ln 2 = 0,69 \approx 0,7 \quad \ln 3 = 1,10$$

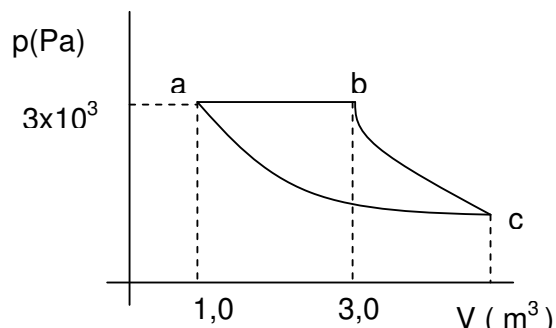
Dados: $p_{\text{atm}} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}; \rho_{\text{agua}} = 10^3 \text{ kg/m}^3; g = 10 \text{ m/s}^2$

As respostas sem justificativas não serão computadas

Responda as questões nos espaços entre os itens. As respostas devem ser escritas à tinta.

1ª Questão (4,0)

Uma amostra de NH_3 , considerado como um gás ideal, ocupa o volume $V_1 = 1,0 \text{ m}^3$, e está à pressão $p_1 = 3,0 \times 10^3 \text{ Pa}$ e à temperatura $T_1 = 500 \text{ K}$ (ponto a). A seguir sofre sucessivamente uma expansão a pressão constante até o volume $V_2 = 3,0 \text{ m}^3$ (ponto b) e uma expansão adiabática de volta à temperatura T_1 (ponto c). Finalmente, sofre uma contração isotérmica e volta ao ponto a. Todos os processos são reversíveis, como se vê na figura.



- (a) **(1,5)** Determine o valor do produto nR , n é o número de mols e R a constante universal dos gases, e os valores da pressão, volume e temperatura nos pontos a, b e c.

$$nR = \mathbf{6,0 \text{ J/K}}$$

	p (Pa)	V (m ³)	T (K)
a	$3,0 \times 10^3$	1,0	500
b	$3,0 \times 10^3$	3,0	1500
c	37	81	500

$$pV = nRT$$

$$\text{gás poliatômico: } C_V = 3R; C_p = 4R \rightarrow \gamma = 4/3$$

$$\text{ponto a: } nR = p_1 V_1 / T_1 = 6,0 \text{ J/K} \quad ; \quad \text{ponto b: } T_2 = p_2 V_2 / nR = 1500 \text{ K}$$

$$\text{ponto c: } p_c V_c = nR T_c = 6 \times 500 \quad \rightarrow \quad p_c = 3 \times 10^3 / V_c$$

$$\text{adiabática bc: } p_c V_c^\gamma = p_b V_b^\gamma \quad p_c V_c^{4/3} = 3 \times 10^3 \times 3^{4/3}$$

$$\text{substituindo } p_c \quad V_c^{1/3} = 3^{4/3} \rightarrow V_c = 3^4 = 81 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$p_c = 3 \times 10^3 / 81 = 37 \text{ (Pa)}$$

(b) **(0,7)** No processo $a \rightarrow b$, determine o valor do trabalho, do calor trocado e a variação da energia interna **em joules**. Diga se o gás forneceu ou recebeu essas energias.

$$W_{\text{isobárico}} = p \Delta V = 6,0 \times 10^3 \text{ J} \quad \text{gás forneceu trabalho}$$

$$Q = n C_p \Delta T = n 4R (T_b - T_a) = 24 \times 10^3 \text{ J} \quad \text{gás recebeu calor}$$

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W = 18 \times 10^3 \text{ J} \quad \text{energia interna aumentou}$$

(c) **(0,7)** No processo $b \rightarrow c$, determine o valor do trabalho, do calor trocado e a variação da energia interna **em joules**.

Adiabática $Q_{bc} = 0$

$$\Delta E_{\text{int}} = n C_V \Delta T = n 3R (T_c - T_b) = -18 \times 10^3 \text{ J}$$

$$W = -\Delta E_{\text{int}} = 18 \times 10^3 \text{ J}$$

(d) **(0,7)** No processo $c \rightarrow a$ determine o valor do trabalho, do calor trocado e a variação da energia interna **em joules**.

Isoterma $\Delta E_{\text{int}} = n C_V \Delta T = 0$

$$Q_{ca} = W_{ca} = \int_c^a p dV = nRT \int_c^a \frac{dV}{V} = 3 \times 10^3 \ln \frac{1}{81} = -12 \times 10^3 \ln 3 = -13,2 \times 10^3 \text{ (J)}$$

(e) **(0,7)** Calcule o trabalho total no ciclo e a eficiência da máquina. Compare com a eficiência de Carnot.

$$W_{\text{total}} = (6 + 18 - 13,2) \times 10^3 \text{ J} = 10,8 \times 10^3 \text{ J} \quad Q_Q = 24 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\varepsilon = W_{\text{total}} / Q_Q = 10,8 / 24 = 0,45 = 45\% \quad \varepsilon_C = 1 - 500/1500 = 0,67 = 67\%$$

Como esperado, ε é menor do que a eficiência da máquina de Carnot.

2ª Questão (3,0)

- a) **(1,0)** Para aquecer, a volume constante, 3,0 mols de um certo gás ideal de 300 K a 350 K são necessárias 750 calorias. O mesmo gás, quando aquecido entre essas mesmas temperaturas, porém a pressão constante, gasta 1050 calorias. Qual a atomicidade do gás (mono, di ou poli atômico)?

Para o processo a volume constante: $Q = nC_V\Delta T = 750 \text{ cal}$

Para o processo a pressão constante: $Q = nC_p\Delta T = 1050 \text{ cal}$

$$C_V = (3/2)R, (5/2)R \text{ ou } (6/2)R \quad C_p = C_V + R = (5/2)R, (7/2)R \text{ ou } (4)R$$

$$\frac{C_p}{C_V} = \frac{1050}{750} = \frac{7}{5}$$

Gás diatômico

- b) **(1,0)** n mols do gás He sofre uma expansão a temperatura constante $T = 400 \text{ K}$, de 50 litros a 100 litros recebendo para isso 1400 calorias. Quantas calorias precisarão o mesmo número n de mols de nitrogênio (N_2) para se expandir na mesma temperatura entre os mesmos volumes?

Para um processo isotérmico: $Q = W = nRT \int \frac{dV}{V} = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$

A expressão acima é válida para qualquer gás ideal, então o número de calorias para o hidrogênio é o mesmo, $Q = 1400 \text{ cal}$

- c) **(1,0)** Se a energia interna de uma amostra de NH_3 , na temperatura de 300 K, vale 18630 J, quantos átomos de hidrogênio existem na amostra?

Para uma molécula (gás poliatômico) $E_{in} = 3kT = 3 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 300 = 1242 \times 10^{-23}$

$$N(\text{número de moléculas}) = \frac{\text{energia interna da amostra}}{\text{energia interna de uma molécula}} = \frac{18630}{1242 \times 10^{-23}} = 1,5 \times 10^{24}$$

Numero de átomos de hidrogênio = $3 \times \text{número de moléculas} = 4,5 \times 10^{24}$

3ª Questão (3,0)

Uma máquina frigorífica ideal (de Carnot) para a produção de gelo opera reversivelmente entre as temperaturas de 37°C e -23°C . A máquina recebe água a 20°C e fornece gelo a -10°C . Para a água o calor de fusão é $L = 3,34 \times 10^5 \text{ J/kg}$, o calor específico da água é $c_a = 4,19 \times 10^3 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$. O calor específico do gelo é $c_g = 2,10 \times 10^3 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$

- a- **(1,0)** Calcule a quantidade de calor que deve ser retirada da água a 20°C para produzir $1,0 \text{ kg}$ de gelo na temperatura de -10°C .

Fase 1 $Q_1 = \text{calor retirado para esfriar } 20^{\circ}\text{C} \text{ à } 0^{\circ}\text{C} = mc_a (T_f - T_i)$

$$Q_1 = -1 \times 4190 \times 20 = -83800 \text{ J}$$

Fase 2 $Q_2 = \text{calor extraído para congelar a água} = -mL$

$$Q_2 = -334000 \text{ J}$$

Fase 3 $Q_3 = \text{calor extraído para baixar a temperatura do gelo} = mc_g (T_f - T_i)$

$$Q_3 = -1 \times 2100 \times 10 = -21000 \text{ J}$$

$$\text{Calor total extraído da fonte fria} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 83800 + 334000 + 21000 =$$

$$Q_F = -438800 \text{ J}$$

- b – **(1,0)** Calcule o trabalho consumido na operação da máquina ao produzir $1,0 \text{ kg}$ de gelo.

$$\text{O fator de desempenho do refrigerador é } K = Q_F / W_T = T_F / (T_Q - T_F)$$

$$T_F = 273 - 23 = 250 \text{ K} \quad T_Q = 273 + 37 = 310 \text{ K} \quad K = 250 / 60 = 4,2$$

$$W = Q_F / K = 438800 / 4,2 = 104,5 \text{ kJ}$$

- c – **(1,0)** Calcule a variação de entropia da água a 20°C ao se transformar em gelo a -10°C .

$$dS = dQ/T$$

Fase 1 $20^{\circ}\text{C} (293\text{K}) \text{ ---- } 0^{\circ}\text{C} (273\text{K}) \quad dS = mc_a dT / T$

$$\Delta S_1 = mc_a \ln(273/293) = -1 \times 4190 \times 0,071 = -296,2 \text{ J/K}$$

Fase 2 $\Delta S_2 = Q_L / T = 334000 / 273 = -1223,4 \text{ J/K}$

Fase 3 $0^{\circ}\text{C} (273\text{K}) \text{ ----- } -10^{\circ}\text{C} (263\text{K}) \quad dS = mc_g dT / T$

$$\Delta S_3 = mc_g \ln(263/273) = -1 \times 2100 \times 0,037 = -78,4 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{\text{Total}} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = -(296,2 + 1223,4 + 78,4) = -1598 \text{ J/K}$$