

# PROVA G3 FIS 1041 – 22/06/2011

## FLUIDOS E TERMODINÂMICA

NOME \_\_\_\_\_ N<sup>o</sup> \_\_\_\_\_

TURMA \_\_\_\_\_

QUESTÃO	VALOR	GRAU	REVISÃO
1	3,0		
2	3,5		
3	3,5		
TOTAL	10,0		

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W ; \quad dE_{\text{int}} = dQ - dW = dQ - pdV ; \quad pV = nRT ; \quad \Delta E_{\text{int}} = n C_V \Delta T$$

Por grau de liberdade:  $\bar{E}_{\text{cin}} = \frac{1}{2} kT$  por molécula ou  $= \frac{1}{2} RT$  por mol.

$$C_p = C_v + R ; \quad C_v = (3/2)R, (5/2)R \text{ ou } (6/2)R ; \quad \Delta S = \int dQ / T$$

$$\varepsilon = |W| / |Q_Q| ; \quad \varepsilon_C = 1 - T_F/T_Q ; \quad K = |Q_F| / |W| ; \quad K_C = T_F / (T_Q - T_F) ;$$

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

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

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

Dados:  $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} ; \quad g = 10 \text{ m/s}^2 ;$

$R = 8,31 \text{ J/(mol.K)} ; \quad k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = R / N_A ; \quad N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas / mol}$

**As respostas sem justificativas não serão computadas.**

**Responda as questões nos espaços entre os itens.**

**As respostas devem ser escritas a caneta.**

**Esta prova consiste de 4 folhas numeradas.**

**A duração da prova é de 1 h 50 min.**

**1ª Questão (3,0)**

I. Um cilindro de oxigênio hospitalar com volume de 50 litros, à temperatura ambiente (300K), contém  $O_2$  à pressão de 120 atm. (A massa molar das moléculas de  $O_2$  é  $M = 32$  g/mol.)

a) Supondo o gás ideal, determine quantos mols de  $O_2$  o cilindro contém. **0.6 pts**

$$pV = nRT \rightarrow 120 \times 10^5 \times 50 \times 10^{-3} = n \times 8,3 \times 300$$

$$n \approx 241 \text{ mol}$$

b) Qual é a velocidade quadrática média das moléculas de  $O_2$ ? **0.6 pts**

$$\frac{1}{2} M v_{rms}^2 = \frac{3}{2} RT \rightarrow \frac{1}{2} 32 \times 10^{-3} v_{rms}^2 = \frac{3}{2} 8,3 \times 300 \quad (\text{no SI})$$

$$v_{rms}^2 \approx 23,34 \times 10^4 \quad (\text{no SI}) \rightarrow v_{rms} \approx 483 \text{ m/s}$$

c) Calcule o volume médio por molécula de  $O_2$  e, a partir dele, estime a distância média entre essas moléculas. **0.6 pts**

$$V_m = V/N = \frac{50 \times 10^{-3}}{n N_A} (m^3) \rightarrow V_m \approx 3,45 \times 10^{-28} m^3$$

$$d = \sqrt[3]{V_m} \approx 7,0 \times 10^{-10} m$$

II. A vaporização do suor é um mecanismo de controle da temperatura de animais de sangue quente. (Dados: o calor de vaporização da água a  $37^\circ\text{C}$ ,  $L_v = 2,42 \times 10^6$  J/(kg.K); o calor específico típico do corpo humano,  $c_H = 3,48 \times 10^3$  J/(kg.K); e a densidade da água,  $\rho = 1,0$  g/cm<sup>3</sup>.)

d) Qual é a quantidade de água que a pele de um homem de 70 kg deve evaporar para que a temperatura de seu corpo diminua de  $1^\circ\text{C}$ ? **0.6 pts**

$$m_H c_H \Delta T = m_a L_v \rightarrow 70 \times 3,48 \times 10^3 = m_a \times 2,42 \times 10^6 \quad (\text{SI})$$

$$m_a \approx 0,101 \text{ kg}$$

e) Qual é o volume de água que o homem deve beber para repor a água vaporizada? Compare com uma lata de refrigerante (350 cm<sup>3</sup>). **0.6 pts**

$$V_a = \frac{m_a}{\rho} \approx \frac{101 \text{ g}}{1 \text{ g/cm}^3} \rightarrow V_a \approx 101 \text{ cm}^3$$

$$V_a / V_{refri} \approx 0,289 \quad (\text{menos de } 1/3 \text{ de lata})$$

**2ª Questão (3,5)**

Um gás ideal diatômico descreve o ciclo ABCDA definido pelas seguintes etapas:

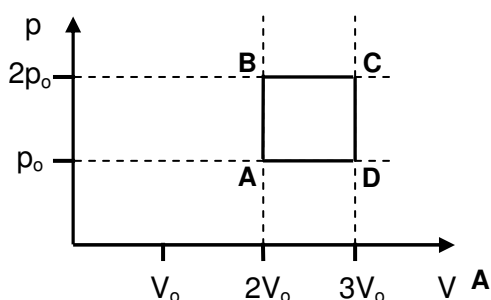
A → B: processo a volume constante  $2V_0$ , desde a pressão  $p_0$  até  $2p_0$ .

B → C: expansão a pressão constante  $2p_0$ , do volume  $2V_0$  até  $3V_0$ .

C → D: processo a volume constante  $3V_0$ , de  $2p_0$  até  $p_0$ .

D → A: compressão a pressão constante  $p_0$ , de  $3V_0$  até  $2V_0$ .

a) Desenhe o ciclo num gráfico  $p$  versus  $V$ , sendo  $p_0=10^5$  Pa e  $V_0=20 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>. **0.5 pts**



b) Dado que o número de mols  $n$  do gás é tal que  $nR = 20$  J/K, calcule a temperatura em cada vértice. **0.6 pts**

$$p_0 V_0 / nR = (2,0 \times 10^3 / 20) K = 100 K$$

$$pV = nRT$$

$$p_0 \times 2V_0 = 20 T_A \rightarrow T_A = 200 K; \quad 2p_0 \times 2V_0 = 20 T_B \rightarrow T_B = 400 K$$

$$2p_0 \times 3V_0 = 20 T_C \rightarrow T_C = 600 K; \quad p_0 \times 3V_0 = 20 T_D \rightarrow T_D = 300 K$$

c) Obtenha o trabalho realizado pelo gás em cada ciclo. **0.6 pts**

O trabalho num ciclo é igual à área do retângulo ABCD

$$W_{\text{ciclo}} = p_0 V_0 = 2,0 \times 10^3 J = 2,0 kJ$$

$$W_{AB} = W_{CD} = 0$$

$$W_{BC} = 2p_0 V_0 = 4,0 kJ$$

$$W_{DA} = -p_0 V_0 = -2,0 kJ$$

d) Obtenha o calor trocado em cada etapa do ciclo, indicando se é recebido ou cedido pelo gás. **0.6 pts**

$$Q_{AB} = nC_V(T_B - T_A) = \frac{5}{2} nR (400 - 200) = 10 kJ \quad Q_{BC} = nC_p(T_C - T_B) = \frac{7}{2} nR (600 - 400) = 14 kJ$$

$$Q_{CD} = nC_V(T_D - T_C) = \frac{5}{2} nR (300 - 600) = -15 kJ \quad Q_{DA} = nC_p(T_A - T_D) = \frac{7}{2} nR (200 - 300) = -7 kJ$$

e) Calcule a eficiência de um motor térmico operando segundo o ciclo ABCDA. **0.6 pts**

$$e = \frac{W}{Q_Q} = \frac{2 \times 10^3}{24 \times 10^3} \approx 0,083 \quad \text{ou} \quad 8,3\%$$

f) Calcule a variação de entropia na etapa D → A e a variação de entropia no ciclo completo. **0.6 pts**

$$\Delta S = \int_{T_D}^{T_A} \frac{dQ}{T} = \int_{T_D}^{T_A} \frac{nC_p dT}{T} = \frac{7}{2} nR \int_{T_D}^{T_A} \frac{dT}{T} = \frac{7}{2} nR \ln \frac{200}{300} = 70(\ln 2 - \ln 3) J/K \approx -28 J/K$$

para o ciclo a variação de entropia é nula

### 3ª Questão (3,5)

I - Uma máquina térmica operando entre as temperaturas  $T_1 = 400 \text{ K}$  e  $T_2 = 800 \text{ K}$  rejeita para a fonte fria uma quantidade de calor  $Q_1 = 270 \text{ kJ}$  em um ciclo. Sua eficiência é igual a 20% da eficiência máxima (Carnot) para essas fontes.

a) Calcule a quantidade de calor fornecida pela fonte quente ( $Q_2$ ) e o trabalho realizado ( $W$ ) em cada ciclo. **1.0 pt**

$$\varepsilon_C = 1 - \frac{T_F}{T_Q} = 0,5 \rightarrow \varepsilon = 0,2 \times 0,5 = 0,1$$

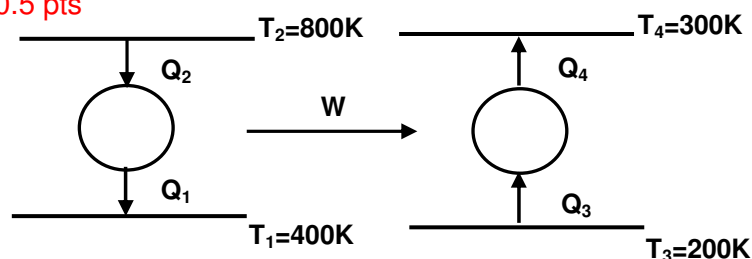
$$\varepsilon = \frac{W}{Q_Q} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} \rightarrow Q_2 = Q_1(1 - \varepsilon) = 300 \text{ kJ} \rightarrow W = 30 \text{ kJ}$$

b) Qual deve ser a duração de cada ciclo para que a potência média que a máquina entrega seja igual a 3 kW? **0.5 pts**

$$P = W / \Delta t_{\text{ciclo}} \rightarrow \Delta t_{\text{ciclo}} = \frac{30 \text{ kJ}}{3 \text{ kW}} = 10 \text{ s}$$

II - Essa mesma máquina é utilizada para alimentar um refrigerador que retira, a cada ciclo (da mesma duração que o da máquina), uma certa quantidade de calor  $Q_3$  de um compartimento à temperatura  $T_3 = 200 \text{ K}$ , despejando no ambiente, a uma temperatura  $T_4 = 300 \text{ K}$ , uma quantidade de calor  $Q_4$ .

c) Faça um esquema do funcionamento do sistema composto, indicando com setas os fluxos de energia. **0.5 pts**



d) Sendo  $Q_4 = 120 \text{ kJ}$ , obtenha o coeficiente de desempenho  $K$  do refrigerador. **0.5 pts**

$$K = |Q_3| / |W| \text{ e } |Q_3| + |W| = |Q_4| \rightarrow K = \frac{120 - 30}{30} = 3$$

e) Calcule a variação de entropia do sistema [refrigerador + compartimento a  $T_3$  + ambiente a  $T_4$ ] após um ciclo. O resultado é compatível com a segunda lei da termodinâmica? **1.0 pts**

$$\Delta S_{\text{refri}} = 0 \text{ volta ao mesmo estado} \quad \Delta S_{T_3} = -Q_3 / T_3 = -90 / 200 \text{ (kJ / K)} = -450 \text{ J / K}$$

$$\Delta S_{T_4} = Q_4 / T_4 = 120 / 300 \text{ (kJ / K)} = 400 \text{ J / K} \quad \Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{refri}} + \Delta S_{T_3} + \Delta S_{T_4} = -50 \text{ J / K}$$

Não, a entropia total não pode diminuir.