

PROVA G3 FIS 1041 – 03/12/2010

FLUIDOS E TERMODINÂMICA

NOME _____ N^o _____

TURMA _____

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

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

$$pV = nRT, \quad N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas / mol}$$

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

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

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

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

$$\Delta S = \int dQ / T, \quad R = 8,31 \text{ J/(mol.K)}$$

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

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

Dados: $p_{\text{atm}} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$; $\rho_{\text{agua}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $g = 10 \text{ m/s}^2$

As respostas sem justificativas não serão computadas

Responda as questões nos espaços entre os itens. As respostas devem ser escritas a caneta.

Esta prova consiste de 5 folhas numeradas. Sua duração é de 1 h 50 min

1ª Questão (3,0)

I. Uma caixa de isopor contendo 5,0 kg de gelo a 0°C, troca calor com o meio ambiente a uma taxa constante de 7×10^4 J/hora. O calor de fusão da água a pressão atmosférica é $L_F = 3,34 \times 10^5$ J/kg,

a) **(1,0)** Quanto tempo demora o gelo para se derreter completamente?

$$P = dQ/dt = 7 \times 10^4 \text{ (J/hora)}$$

$$Q = P \Delta t = m L_F$$

$$\Delta t = m L_F / P = 5 \text{ (kg)} \times 3,34 \times 10^5 \text{ (J/kg)} / 7 \times 10^4 \text{ (J/hora)} = 23,9 \text{ (horas)} \sim 1 \text{ dia}$$

b) **(0,5)** Que temperatura alcançaria a água se continuasse recebendo calor com a mesma taxa por um tempo igual ao calculado no item anterior?
(o calor específico da água é $c = 4,19 \times 10^3$ (J/kg K))

$$Q = m L_F = m c \Delta T$$

$$\Delta T = L_F / c = 3,34 \times 10^5 \text{ (J/kg)} / 4,19 \times 10^3 \text{ (J/kg K)} = 79,7 \text{ (K)}$$

$$T_F = T_i + \Delta T = 273 \text{ (K)} + 79,7 \text{ (K)} = 353 \text{ (K)} = 80^\circ \text{C}$$

II. Titã, o maior satélite de Saturno, possui uma densa atmosfera de nitrogênio (N_2). Em sua superfície a pressão é 1,5 vezes a pressão atmosférica terrestre e a temperatura é 94 K.

c) **(1,0)** Quantas moléculas por metro cúbico há na atmosfera da superfície de Titã?

$$PV = NkT$$

$$N/V = P/kT = 1,5 \times 10^5 \text{ (Pa)} \times 1 \text{ (m}^3\text{)} / (1,38 \times 10^{-23} \text{ (J/moléculas K)} \times 94 \text{ (K)})$$

$$N = 1,16 \times 10^{26} \text{ (moléculas)}$$

d) **(0,5)** Qual é a velocidade quadrática média dessas moléculas?
(a massa molar das moléculas de N_2 é $M = 28$ (g/mol))

$$1/2 m \langle v^2 \rangle = 3/2 kT \quad m = (M / N_A)$$

$$\langle v^2 \rangle = 3 kT / m = 3 kT / (M / N_A)$$

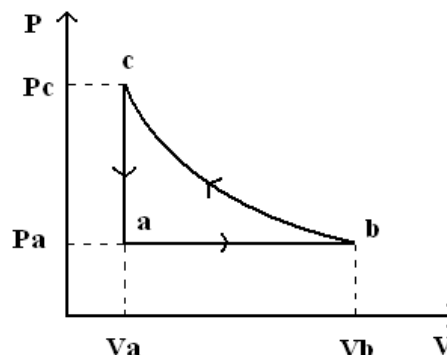
$$\langle v^2 \rangle = 3 \times 1,38 \times 10^{-23} \text{ (J/moléculas K)} \times 94 \text{ (K)} / (28 \times 10^{-3} \text{ (Kg/mol)} / 6,02 \times 10^{23} \text{ (moléculas/mol)})$$

$$\langle v^2 \rangle = 8,37 \times 10^4 \text{ (m}^2\text{/s}^2\text{)} \rightarrow v_{qm} = 289 \text{ m/s.}$$

2ª Questão (3,0)

Três mols de um gás ideal monoatômico passam pelo ciclo termodinâmico descrito na figura (a→b isobárico, b→c isotérmico e c→a isocórico):

a) **(0,6)** Dados $V_a = 1,0 \text{ m}^3$, $P_a = 10^3 \text{ Pa}$ e $T_b = 80 \text{ K}$, determine V_b , P_c e T_a (tome $R = 8,3 \text{ J/mol K}$ e trabalhe com dois algarismos significativos).



$$T_c = T_b$$

$$V_b = nR T_b / P_b = 2,0 \text{ m}^3$$

$$P_c = nR T_c / V_c = 2,0 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$T_a = P_a V_a / nR = 40 \text{ K}$$

$$V_b = \underline{2,0 \text{ (m}^3\text{)}}; \quad P_c = \underline{2,0 \times 10^3 \text{ (Pa)}}; \quad T_a = \underline{40 \text{ (K)}}$$

b) **(0,9)** Determine o trabalho realizado pelo sistema W , o calor cedido ao sistema Q e a variação da energia interna ΔE_{int} para cada processo e preencha a tabela (justifique cada valor encontrado):

	a→b	b→c	c→a
$W \text{ (J)}$	$1,0 \times 10^3$	$-1,4 \times 10^3$	0
$Q \text{ (J)}$	$2,5 \times 10^3$	$-1,4 \times 10^3$	$-1,5 \times 10^3$
$\Delta E_{\text{int}} \text{ (J)}$	$1,5 \times 10^3$	0	$-1,5 \times 10^3$

a→b

$$W = P_a (V_b - V_a) = 1,0 \times 10^3 \text{ (J)}$$

$$Q = n C_p (T_b - T_a) = 2,5 \times 10^3 \text{ (J)}$$

$$\Delta E_{\text{int}} = n C_v (T_b - T_a) = 1,5 \times 10^3 \text{ (J)} \quad (= Q - W)$$

b→c

$$\Delta E_{\text{int}} = 0 \quad Q = W = nRT_b \ln(V_c/V_b) = -1,4 \times 10^3 \text{ (J)}$$

c→a

$$W = 0 \quad \Delta E_{\text{int}} = Q = n C_v (T_a - T_c) = -1,5 \times 10^3 \text{ (J)}$$

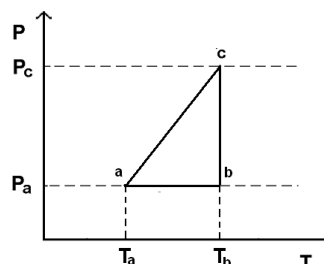
c) **(0,5)** O ciclo considerado descreve uma máquina térmica ou um refrigerador? Justifique.

Um refrigerador, dado que o trabalho total feito pelo gás é negativo e o calor flui do reservatório frio ao quente.

d) **(0,5)** Calcule a eficiência (se for máquina), ou coeficiente de desempenho (se for refrigerador), do ciclo.

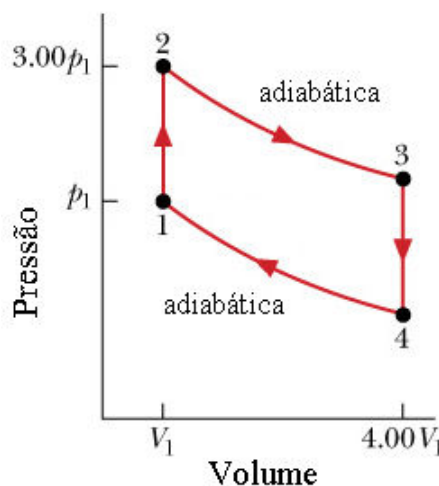
$$K = |Q_F| / |W| = |2,5 \times 10^3 \text{ (J)}| / |(1,0 - 1,4) \times 10^3 \text{ (J)}| = 6,25$$

e) **(0,5)** Faça um gráfico P vs T do ciclo considerado.



3ª Questão (4,0)

O ciclo da figura ao lado representa a operação de um motor de combustão interna a gasolina (ciclo de Otto). Suponha que a mistura gasolina-ar é equivalente a n mols de um gás ideal com $\gamma = 4/3 = 1,33$.



a) **(0,9)** Determine as razões entre as temperaturas absolutas T_2/T_1 , T_3/T_1 e T_4/T_1 .

$$1. \quad p_1 V_1 = nR T_1$$

$$2. \quad 3p_1 V_1 = nR T_2 \rightarrow T_2/T_1 = 3$$

$$3. \quad T_3 (4V_1)^{\gamma-1} = T_2 V_1^{\gamma-1} \rightarrow T_3 = 3T_1 (V_1/4V_1)^{\gamma-1}$$

$$T_3/T_1 = 3 (1/4)^{1/3} = 3 \times 0,630 = 1,89$$

$$4. \quad T_4 (4V_1)^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1} \rightarrow T_4 = 1T_1 (V_1/4V_1)^{1/3} = 0,630$$

$T_2/T_1 = 3,00$	$T_3/T_1 = 1,89$	$T_4/T_1 = 0,630$
------------------	------------------	-------------------

b) **(0,6)** Determine as razões entre as pressões p_3/p_1 e p_4/p_1 .

$$p_3 V_3 / T_3 = p_1 V_1 / T_1 \rightarrow p_3 / p_1 = (T_3/T_1) \cdot (V_1/V_3) = 0,472$$

$$p_4 V_4 / T_4 = p_1 V_1 / T_1 \rightarrow p_4 / p_1 = (T_4/T_1) \cdot (V_1/V_4) = 0,157$$

$p_3/p_1 = 0,472$	$p_4/p_1 = 0,157$
-------------------	-------------------

c) **(1,0)** Determine o trabalho total W realizado no ciclo (em função de nRT_1).

$$W_{12} = 0 ; W_{34} = 0 \text{ (isométricas)}$$

$$W_{23} = -\Delta E_{\text{int } 23} ; W_{41} = -\Delta E_{\text{int } 41} \quad (Q_{23} = Q_{41} = 0 \text{ adiabáticas})$$

$$\text{Mas } \Delta E_{\text{int}} = nC_V \Delta T \rightarrow \text{onde } \gamma = 4/3 = C_p/C_V = (C_V + R)/C_V \rightarrow C_V = 3R$$

$$W_{23} = -n \cdot 3R (T_3 - T_2) = 3,3 nR T_1 ; W_{41} = -n \cdot 3R (T_1 - T_4) = -1,1 nR T_1$$

$$W = (3,3 - 1,1) nR T_1 = 2,2 nR T_1$$

$W/nRT_1 = 2,2$

- d) **(0.5)** Em que fase o calor é fornecido ao sistema? Calcule esse calor Q_Q (em função de nRT_1).

Calor é fornecido na fase 1-2 (pressão aumenta a volume constante)

$$Q_Q = Q_{12} = nC_V \Delta T = n \cdot 3R (3 T_1 - T_1) = 6 nR T_1$$

$Q_Q/nRT_1 = 6,00$

- e) **(0.3)** Calcule a eficiência ε dessa máquina, supondo que todas as trocas de calor ocorrem com fontes externas ao sistema.

$$\varepsilon = W / Q_Q = 2.2 / 6 = 36,7\%$$

$\varepsilon = 36,7\%$

- f) **(0.7)** Determine a variação de entropia da substância de trabalho em cada fase do ciclo (em função de nR).

$$\Delta S_{2-3} = \Delta S_{4-1} = 0 \text{ (adiabáticas)}$$

$$\Delta S_{1-2} = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \int_1^2 \frac{nC_V dT}{T} = 3 nR \ln \frac{T_2}{T_1} = 3,3 nR$$

$$\Delta S_{3-4} = -\Delta S_{1-2} \text{ porque } \Delta S_{\text{ciclo}} = 0 \text{ (fazendo o cálculo, obtém-se a mesma resposta)}$$

$\Delta S_{1-2} = 3,3 nR$

$\Delta S_{2-3} = 0$

$\Delta S_{3-4} = -3,3 nR$

$\Delta S_{4-1} = 0$
