Física II – Avaliação – Módulo 3 - (Termodinâmica) Prof. Humberto – 26/06/2012

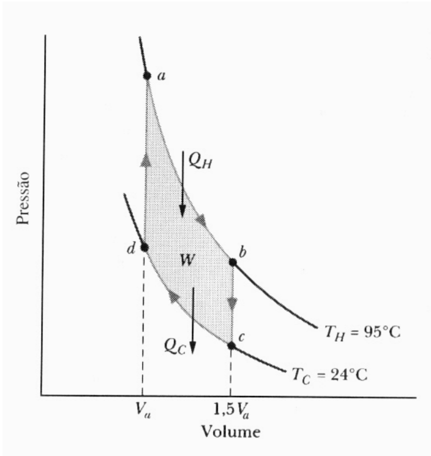
Nome: Assinatura:

- **<u>Deixe claro o raciocínio utilizado para responder cada exercício, e também a resposta final.</u>**

Problema 1 (2,0 pontos)
Um cilindro contendo 1,2 mol de gás ideal monoatômico, inicialmente a uma pressão de $3{,}6x10^5$Pa e à temperatura de 300 K se expande até o triplo do seu volume inicial. Calcule o trabalho realizado pelo gás e o calor envolvido no processo quando a expansão é: (a) isobárica (b) adiabática.

Problema 2 (2,0 pontos)
Uma panela de cobre de *150g* contém *220g* de água, ambas a *20°C*. Um cilindro de cobre muito quente de *300g* é colocado dentro da água, fazendo com que ela ferva. Nesse processo *5,0 g* de água são convertidos em vapor. A temperatura final do sistema é *100°C*. (a) Quanto calor foi transferido para a água no processo? Quanto foi transferido para a panela? (b) Qual era a temperatura inicial do cilindro?

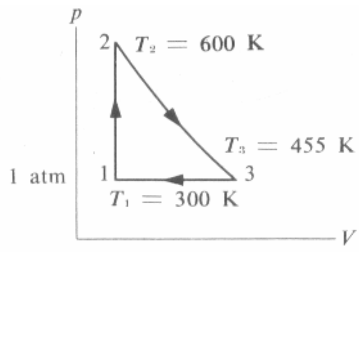
Problema 3 (2,0 pontos)
O gráfico representa uma versão idealizada de um pequeno motor Stirling (Robert Stirling, Escócia, 1816). Q_H representa o calor adicionado ao sistema durante a expansão isotérmica *(ab)*. Q_C representa o calor perdido pelo sistema durante a contração isotérmica *(cd)*. A máquina usa $n=8{,}1x10^{-3}$ *moles* de um gás ideal, operando entre reservatórios de alta $(T_H = 95°C)$ e baixa $(T_C=24°C)$ e funcionando à taxa de *0,70* ciclos por segundo. Um ciclo consiste em uma expansão isotérmica *(ab)*, uma compressão isotérmica *(cd)* e dois processos de volume constante *(bc e da)*. Pede-se: (a) Qual o trabalho resultante da máquina por ciclo? (b) Qual o calor resultante transferido para o gás no trecho *ab*?



Explicação: Durante o processo a volume constante *bc* a energia térmica é armazenada em uma parte do motor, em geral uma rede metálica. A mesma quantidade de energia é retirada da rede durante o processo a volume constante *da*.

Problema 4 (2,0 pontos)
Determine a variação de entropia dos seguintes processos: (a) *1,0 kg* de água a *°C* é aquecida até *100°C*. (b) *1,0 kg* de água a *0°C* é misturada a *1,0 kg* de água a *100°C*. Obs: Use como valor (arbitrário) de referência de entropia zero a entropia da água líquida a *0°C*.

Problema 5 (2,0 pontos)
Uma máquina térmica conduz *0,1 mol* de um gás ideal através do ciclo representado pelo diagrama *pV* da figura ao lado. O processo 1-2 ocorre a volume constante, o 2-3 é adiabático e o 3-1 é a pressão constante de 1atm. Sendo $\gamma = 5/3$ para o gás, determine: (a) O trabalho efetivo realizado pelo gás no ciclo. (b) Calcule a razão (e_M/e_C) entre a eficiência da máquina e a eficiência de uma máquina de Carnot trabalhando entre fontes na temperatura alta e baixa do ciclo.

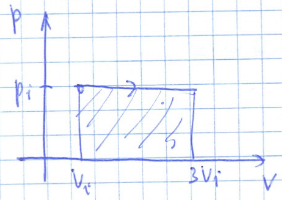


Dados: Calor específico da água = $4{,}18x10^3$ *J/(kg.K)*
g = 9,8 m/s^2. R = 8,31 J/(mol.K). Calor latente de fusão da água = 334 kJ/kg.

Boa Prova!

P3 – Resumo da Solução

1 (a) $W_{isob.} = p\,\Delta V = p_i(3V_i - V_i) = 2\times p_iV_i = 2\times \overbrace{1{,}2\times 8{,}31\times 300}^{2{,}99\times 10^3}$

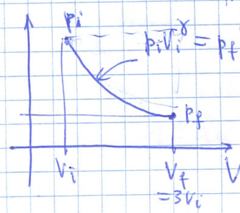


$p_iV_i = nRT_i$

$$\boxed{W_{isob} = 5{,}98\times 10^3\ \mathrm{J}}$$ 1,0

$V_i = \dfrac{nRT_i}{p_i} = 8{,}31\times 10^{-3}\ \mathrm{m}^3$

(b) $W_{adiab} = \dfrac{p_fV_f - p_iV_i}{1-\gamma}$



$p_iV_i^{\gamma} = p_fV_f^{\gamma} \longrightarrow p_f = p_i\left(\dfrac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma} = 3{,}6\times 10^5 \underbrace{\left(\dfrac{1}{3}\right)^{1{,}67}}_{0{,}160} = 5{,}75\times 10^4\ \mathrm{Pa}$

$p_fV_f = 1{,}43\times 10^3\ \mathrm{J}$

$p_iV_i = 2{,}99\times 10^3\ \mathrm{J}$

$W_{adiab} = \dfrac{1{,}43\times 10^3 - 2{,}99\times 10^3}{-0{,}67}$

$$\boxed{W_{adiab} = 2{,}32\times 10^3\ \mathrm{J}}$$ 1,0

Calores envolvidos.

$c_{p,m}$ (monoatómico)

(a) $Q_{if} = n\,c_{p,m}\,\Delta T = 1{,}2\times \frac{5}{2}R\,.\,\Delta T = 1{,}2\times\frac{5}{2}\times 8{,}31\times(T_f - 300)$

↑ calor específico molar.

$T_f = \dfrac{p_fV_f}{nR} = \dfrac{2{,}99\times 10^3\times 3}{1{,}2\times 8{,}31} = 899{,}5\ \mathrm{K} \Rightarrow Q_{if} = \boxed{14{,}95\ \mathrm{kJ}}$ 0,3

(b) Processo adiabático $\boxed{Q_{if} = 0}$ 0,3

2 (a) $Q_{água} = Q_{0-100} + Q_V = m_a c_a \Delta T + m_v L_v$

$Q_{água} = 73{,}7\ \mathrm{kJ} + 11{,}3\ \mathrm{kJ} = \boxed{85{,}0\ \mathrm{kJ}}$

$Q_{pan} = m_{pan}\,c_{pan}\,.\,\Delta T = \boxed{4{,}63\ \mathrm{kJ}}$ 1,0

↑ cobre.

(b) $T_{icil} = ?$ $\boxed{Q_a + Q_{pan} = -Q_{cil}}$ ← sistema fechado. 1,0

$Q_a + Q_p = -m_{cil}\,c_{cil}\,.(T_{fcil} - T_{icil}) \Rightarrow \boxed{T_{icil} = 1147\ \mathrm{K},\ 874\,^{\circ}\mathrm{C}}$

3 (a) $W_{ciclo} = W_{ab} + \underbrace{W_{bc}}_{0} + W_{cd} + \underbrace{W_{da}}_{0} \leftarrow V cte.$

$$\boxed{W_{isot} = nRT \ln(V_f/V_i)}$$

$nRT = p_iV_i$

$V_f = 1{,}5V_a$, $V_i = V_a$ } gráfico

$p_iV_i = nRT_i = \underline{24{,}77 J}$

$$W_{ab} = 24{,}77 \times \underbrace{\ln(1{,}5)}_{0{,}406} = \boxed{10{,}04 J}$$

$$W_{cd} = nRT_c \cdot \ln(V_a/1{,}5V_a) = 19{,}99 \times (-0{,}406) = \boxed{-8{,}11 J}$$

1,0

$$\boxed{W_{ciclo} = 1{,}93 J}$$

(b) trecho $a \to b$, isotérmico $\Rightarrow \Delta U = 0$.

1ª lei $\Rightarrow Q_{ab} = W_{ab} \Rightarrow \boxed{Q_{ab} = 10{,}04 J}$

1,0

4

0°C (i) → 100°C (f) $\Delta S = S_f - S_i$

(a)

$$\Delta S = \int_i^f \frac{dQ}{T} = mc\int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T} = mc \ln(T_f/T_i) = \boxed{1{,}31 \times 10^3 J/K}$$

$dQ = mcdT$

1,0

(b)

0°C + 100°C (i) → 50°C (f)

$S_i = S_0 + S_{100} = 1{,}31 \times 10^3$ $S_f = S_{50}$

$$S_f = \int_{T_i}^{T_f} \frac{dQ}{T} = \int_{273}^{323} \frac{dQ}{T} = mc \ln(323/273) = 1{,}409 \times 10^3 J/K$$

$m = 2 kg$, $c = 4{,}19 \times 10^3$

$$\Delta S = 1{,}409 \times 10^3 - 1{,}31 \times 10^3 = \boxed{99{,}4 J/K}$$

1,0

5 $n = 0{,}10$ moles, $\gamma = 5/3$ (monoat)

(a) $W_{ciclo} = W_{23} + W_{31}$; $W_{23} = \dfrac{p_2V_2 - p_3V_3}{\gamma - 1}$ (adiab)

$p_2V_2 = nRT_2 = 498{,}6 J$

$p_3V_3 = nRT_3 = 378{,}1 J$

$$\boxed{W_{23} = 180{,}7 J}$$

$W_{31} = p(V_1 - V_3) = p_1V_1 - p_3V_3 =$; $p_1V_1 = nRT_1$

$W_{isob} = 249{,}3 - 378{,}1 = -128{,}8 J$ $p_1V_1 = 249{,}3 J$

$$W_{ciclo} = 180{,}7 - 128{,}8 = \boxed{51{,}9 J}$$

1,0

(b) $e_m = \dfrac{W}{Q_a} = \dfrac{51{,}9}{374} = 0{,}139$; $\underline{13{,}9\%}$

$Q_a = nc_v\Delta T$, $c_v = \frac{3}{2}R$ (monoat)

$Q_a = 374 J$

$e_c = 1 - \dfrac{T_b}{T_a} = 1 - \dfrac{300}{600} = 0{,}50$; 50%

$e_m/e_c = \dfrac{13{,}9}{50} = 0{,}278$

a máquina tem eficiência de 28% da máq. de Carnot.

1,0