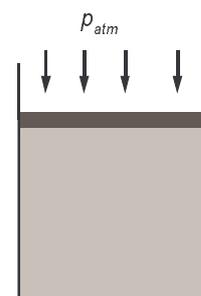


TERMODINÂMICA I

EXERCÍCIOS DE REVISÃO E REFORÇO PARA A 3ª PROVA
2º semestre de 2011

Prof. Fabbri

Ex. 1) O recipiente contém 250g de vapor de água superaquecido, inicialmente a 160°C. O êmbolo pode mover-se praticamente sem atrito, e mantém o vapor a uma pressão de 1,5 bar. O movimento do êmbolo é considerado como trabalho útil. A pressão externa é de 1atm. Calcule a energia térmica que deve ser fornecida para elevar lentamente a temperatura do vapor para 280°C, e o rendimento obtido nesse processo. Use $1\text{bar} = 0,1\text{MPa} \approx 1\text{atm}$



A 1,5bar as propriedades do vapor de água superaquecido são:

temperatura	volume específico (m ³ /kg)	energia interna (kJ/kg)
160°C	1,317	2595,2
280°C	1,695	2778,6

Resp.: 60,0kJ e 7,9%

Resolução:

a pressão é mantida constante em 1,5bar

Estado inicial: 160°C : energia interna : $U_1 = 2595,2 \text{ (kJ/kg)} \times 0,25 \text{ (kg)} = 648,8 \text{ kJ}$
volume : $V_1 = 1,317 \text{ (m}^3\text{/kg)} \times 0,25 \text{ (kg)} = 0,32925 \text{ m}^3$

Estado final: 280°C : energia interna : $U_2 = 2778,6 \text{ (kJ/kg)} \times (0,25\text{kg}) = 694,65 \text{ kJ}$
volume : $V_2 = 1,695 \text{ (m}^3\text{/kg)} \times 0,25 \text{ (kg)} = 0,42375 \text{ m}^3$

Trabalho feito contra a atmosfera: $W_1 = P_{\text{atm}} \times \Delta V = 0,1 \times 10^6 \text{ (Pa)} \times (0,42375 - 0,32925) \text{ m}^3 = 9,450 \text{ kJ}$

Trabalho útil: $W_u = (P - P_{\text{atm}}) \times \Delta V = 0,05 \times 10^6 \text{ (Pa)} \times (0,42375 - 0,32925) \text{ m}^3 = 4,725 \text{ kJ}$

Trabalho total realizado pelo gás: $W = W_1 + W_2 = P \times \Delta V = 14,175 \text{ kJ}$

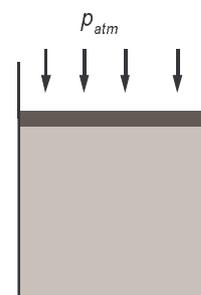
Energia interna armazenada no gás : $\Delta U = 694,65 - 648,8 = 45,850 \text{ kJ}$

1ª Lei: energia térmica total fornecida $Q = W + \Delta U = 14,175 \text{ (kJ)} + 45,850 \text{ (kJ)} = 60,025 \text{ kJ} \approx 60,0 \text{ kJ}$

Rendimento $\eta = W_u/Q = 4,725\text{kJ}/60,025\text{kJ} \approx 7,9\%$

REFORÇO:

O recipiente contém 4,5kg de vapor de água superaquecido, inicialmente a 200°C. O êmbolo pode mover-se praticamente sem atrito, e mantém o vapor a uma pressão de 7bar. O movimento do êmbolo é considerado como trabalho útil. A pressão externa é de 1atm. Calcule a energia térmica que deve ser fornecida para elevar lentamente a temperatura do vapor para 400°C, e o rendimento obtido nesse processo. Use $1\text{bar} = 0,1\text{MPa} \approx 1\text{atm}$



A 7bar, as propriedades do vapor de água superaquecido são:
(valores aproximados para facilitar as contas)

temperatura	volume específico (m ³ /kg)	energia interna (kJ/kg)
200°C	0,3	2600
400°C	0,4	2900

Resp.: 1,7MJ e 16%

Ex. 2) Um reservatório de 1m^3 , fechado, contém $0,4\text{m}^3$ de água líquida com vapor saturado a 1bar. Fornecendo energia térmica, a pressão no reservatório chega a 10bar. Calcule (a) o título e a energia interna inicial da mistura (b) a temperatura final (c) a energia térmica que foi fornecida, e (d) o título e as massas e volumes de vapor e de água líquida na mistura após o aquecimento.

Resp.: (a) $9,23 \times 10^{-4}$; 161MJ (b) 180°C (c) 137MJ (d) $7,66 \times 10^{-3}$ 2,94kg 381kg

Dados para a água saturada (líquido + vapor):

pressão	temperatura	volume específico (m^3/kg)		energia interna (kJ/kg)	
		liq sat $\times 10^3$	vapor sat	liq sat	vapor sat
1bar	$99,63^\circ\text{C}$	1,0432	1,694	417,36	2506,1
1,014bar	100°C	1,0435	1,673	418,94	2506,5
1,5bar	$111,4^\circ\text{C}$	1,0528	1,159	466,94	2519,7
10bar	$179,9^\circ\text{C}$	1,1273	0,1944	761,68	2583,6

Resolução:

Estado inicial: pressão 1bar, líquido e vapor em equilíbrio $\Rightarrow 99,63^\circ\text{C}$

massa de líquido : $m_{L1} = 0,4 (\text{m}^3) / 1,0432 \times 10^{-3} (\text{m}^3/\text{kg}) = 383,436\text{kg}$

massa de vapor : $m_{V1} = 0,6 (\text{m}^3) / 1,694 (\text{m}^3/\text{kg}) = 0,35419\text{kg}$

massa total $M = 383,790\text{kg}$

Título : $x = 0,35419/383,790 = 9,2288 \times 10^{-4}$

Energia interna :

$$U_1 = 383,436... (\text{kg}) \times 417,36 (\text{kJ/kg}) + 0,35419... (\text{kg}) \times 2506,1 (\text{kJ/kg}) = 160,918 \text{ MJ}$$

Estado final: pressão 10bar, líquido e vapor em equilíbrio $\Rightarrow 179,9^\circ\text{C}$

volume específico da mistura : $v = 1 (\text{m}^3) / 383,790... (\text{kg}) = 2,60559 \times 10^{-3} (\text{m}^3/\text{kg})$

$$2,60559... \times 10^{-3} = (1-x) \times 1,1273 \times 10^{-3} + (x) \times 0,1944 \Rightarrow x = 7,64874 \times 10^{-3}$$

massa final de vapor : $7,64874... \times 10^{-3} \times 383,790... (\text{kg}) = 2,93551 \text{ kg}$

massa final de líquido : $383,790... (\text{kg}) - 2,93551... (\text{kg}) = 380,854 \text{ kg}$

Energia interna :

$$U_2 = 380,854... (\text{kg}) \times 761,68 (\text{kJ/kg}) + 2,93551... (\text{kg}) \times 2583,6 (\text{kJ/kg}) = 297,673 \text{ MJ}$$

Como não houve trabalho, a energia fornecida foi igual à variação da energia interna:

$$Q = \Delta U = 297,673... \text{ MJ} - 160,918 \text{ MJ} \approx 137 \text{ MJ}$$

REFÔRÇO: Estime a energia térmica para fazer uma panela de pressão de 2 litros, contendo 1,5 litros de água já aquecida a 100°C , chegar à pressão de equilíbrio de 1,5bar.

Resp.: 69kJ

Ex. 3) Estime a potência de um chuveiro que esquenta água de 18°C a 41°C com uma vazão de cinco litros por minuto.

Resp.: 8kW

Resolução:

a cargo dos alunos (muito simples !!!)