

EM 524 C - FENÔMENOS DE TRANSPORTE

1ª PROVA – DURAÇÃO 110 MINUTOS
14/Maio/2007 (Consulta ao livro texto somente)

GABARITO

1) (2,0 Pontos) A tabela abaixo fornece dados em kJ para um sistema submetido a um ciclo termodinâmico composto de quatro processos em série. Para o ciclo os efeitos de energia cinética e potencial podem ser desprezados. Determine: a) os valores das lacunas em branco da tabela e; b) se o ciclo representa um ciclo motor ou um ciclo de refrigeração, justifique.

No processo 3-4 sabe-se pela 1ª lei que $\Delta U = -920$. Por ser um processo cíclico, $\Delta U = 0$, portanto, para o processo 1-2 $\Delta U = +570$. Por meio de sucessivas aplicações a 1ª lei pode-se determinar Q e W restantes.

Processo	ΔU	Q	W
1-2	570	-40	-610
2-3	670	900	230
3-4	-920	0	920
4-1	-320	-320	0

O trabalho líquido é +540 kJ, portanto trata-se de um ciclo motor, isto é, um ciclo que produz trabalho.

2) (2,0 Pontos) Um tanque de cobre bem isolado, de massa igual a 13 kg, contém 4 kg de água líquida. Inicialmente a temperatura do cobre é de 27°C e a temperatura da água é de 50°C. É adicionado ao sistema 'tanque + água' 100 kJ de calor. O tanque e a água entram em equilíbrio térmico. a) represente o processo num diagrama Tv; b) Determine o estado da água (líq. comprimido ou saturado ou super aquecido); c) calcule a temperatura final em °C? Considere $C_v(\text{cobre}) = 0,252 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$.

O processo é a volume constante. Se a água está no estado líquido ao ser adicionado calor a volume constante a pressão e a temperatura aumentam portanto, o estado final da água será líquido comprimido

Como a temperatura inicial da água e do cobre são distintas devemos calcular a temperatura de equilíbrio inicial. O sistema é isolado, o processo é a volume constante e o calor cedido pela água é igual ao calor recebido pelo cobre:

$$M_{\text{cu}} \cdot C_{v_{\text{cu}}} \cdot (T - 27) = M_{\text{H}_2\text{O}} (u - 209,32),$$

mas a energia interna da água no estado líquido pode ser estimada utilizando o C_v da água, $C_v = \Delta U / \Delta T$, $C_v(\text{H}_2\text{O}) = 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$. Introduzindo a definição de C_v na equação acima vamos encontrar que a temperatura de equilíbrio inicial, T , é determinada por:

$$T = \frac{M_{\text{cu}} \cdot C_{v_{\text{cu}}} \cdot 27 + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 209,32}{M_{\text{cu}} \cdot C_{v_{\text{cu}}} + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{v_{\text{H}_2\text{O}}}} = 46,24^\circ\text{C}$$

A temperatura final é encontrada aplicando a primeira lei ao sistema tanque + água:

$$Q = (U_{\text{final}} - U_{\text{inicial}})$$

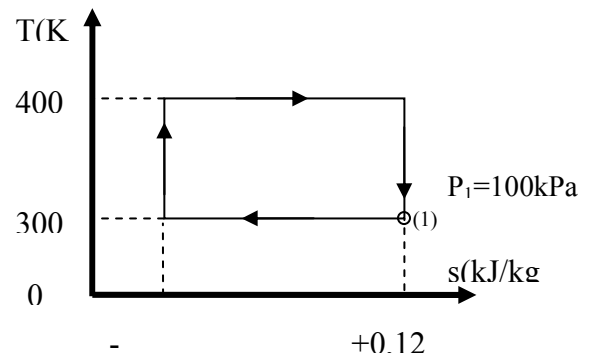
Onde Q é o calor adicionado, $Q = +100 \text{ kJ}$ e U_{final} e U_{inicial} correspondem a energia interna final e inicial do sistema que neste caso é expressa por:

$$Q = M_{\text{cu}} C_{v_{\text{cu}}} (T_f - T_i) + M_{\text{H}_2\text{O}} C_{v_{\text{H}_2\text{O}}} (T_f - T_i), \text{ ou}$$

$$(T_f - T_i) = \frac{Q}{M_{\text{cu}} C_{v_{\text{cu}}} + M_{\text{H}_2\text{O}} C_{v_{\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{100}{13 \cdot 0,252 + 4 \cdot 4,18}, \text{ ou}$$

$$T_f = 51,24^\circ\text{C}$$

3) (2,0 Pontos) Uma máquina térmica reversível opera com ar (gás ideal) num ciclo de Carnot. As condições operacionais do ciclo estão mostradas na figura. Determine: a) o trabalho e o calor líquido do ciclo; b) o ciclo é uma máquina térmica ou um refrigerador? c) avalie a eficiência do ciclo.



Num processo cíclico o trabalho e o calor líquido são iguais. O calor líquido corresponde à área do ciclo, isto é:

$$q_{LIQ} = w_{LIQ} = (400 - 300) \cdot (0,121 - (-0,078)) = +19,9 \text{ kJ/kg}$$

Este ciclo representa uma máquina térmica pois seu trabalho líquido é positivo. Neste caso a eficiência do ciclo é dada pela razão entre o trabalho líquido e o calor recebido da fonte quente: $\eta = w_{LIQ} / q_{HOT}$.

O calor recebido da fonte quente é: $q_{HOT} = T_{HOT} \cdot \Delta s = 400 \cdot 0,199 = +79,6 \text{ kJ/kg}$, portanto a eficiência do ciclo é

$$\eta = \frac{w_{LIQ}}{q_{HOT}} = \frac{19,9}{79,6} = 25\%$$

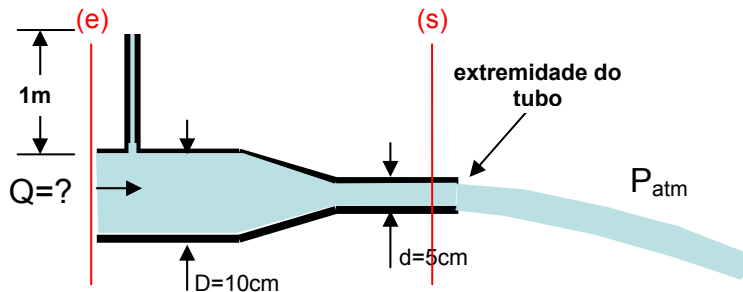
4) (2,0 Pontos) Usando a tabela de propriedades termodinâmicas da água calcule o título após a água, líquido-saturado ($x=0$), ter sido estrangulada de uma pressão de 10MPa para 0,1Mpa.

Processo de estrangulamento ocorre em válvulas ou em trincas em vasos de pressão. Ele é um processo a entalpia constante uma vez que não há calor e trabalho cruzando a fronteira.

O estado (1) é líquido saturado ($x=0$) a 10MPa. Da tabela A-1.2 temos que $h_l = 1407,56$ kJ/kg. O estado (2) está na pressão de 0,1 MPa, portanto $h_l = 417,46$ kJ/kg e $h_v = 2675,5$ kJ/kg. Como a entalpia no estado (2) é igual a entalpia do estado (1), temos que o título pode ser determinado por:

$$x = \frac{1407,56 - 417,46}{2675,5 - 417,46} = 0,438$$

5) (2,0 Pontos) Água escoa em regime permanente através de um tubo como mostrado na figura. Considere um escoamento sem atrito e sem troca de calor. Determine a vazão volumétrica Q máxima para que a água não transborde do tubo vertical que está aberto para a atmosfera.



Para não transbordar água a pressão em (e) é $P_e = P_{atm} + \rho gh$

A pressão em (2) é P_{atm}

A conservação da massa:

$$V_e \cdot A_e = V_s \cdot A_s \rightarrow V_e = V_s \cdot \beta^2 \quad \text{onde } \beta = (d/D) \quad (1)$$

Bernoulli entre (e) e (s):

$$P_e + 0.5 \cdot \rho \cdot V_e^2 = P_s + 0.5 \cdot \rho \cdot V_s^2 \rightarrow 0.5 \cdot \rho \cdot (V_s^2 - V_e^2) = (P_e - P_s) \quad (2)$$

Substituindo Eq. (1) em (2) no Bernoulli vamos ter:

$$0.5 \cdot \rho \cdot V_s^2 (1 - \beta^4) = (P_e - P_s) \quad (3)$$

$$\text{Resolvendo para } V_s \text{ vamos ter que: } V_s = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}} = 4.57 \text{ m/s} \quad (4)$$

Através de (4) e (1) podemos calcular que $V_e = 1.14 \text{ m/s}$.

A vazão volumétrica é obtida multiplicando-se Eq. (4) pela área da seção (s)

$$Q = \frac{A_s}{\sqrt{1 - \beta^4}} \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}} = \frac{0.04}{\sqrt{1 - 0.5^4}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9810}{1000}} = 0.0089 \text{ m}^3/\text{s}$$