

## PME 5202

### 2ª SÉRIE DE EXERCÍCIOS

1. A única irreversibilidade de um motor térmico que opera segundo um ciclo de Carnot resulta das diferenças de temperatura existentes nos processos de troca de calor. As temperaturas da fonte de calor e do ambiente são 900 K e 300 K e as duas diferenças de temperatura são  $DT = 20$  K. Calcule a taxa de destruição de exergia se a potência fornecida pelo motor é de 10 MW.
2. Considere uma indústria onde vapor a 30 bar e 700°C é disponível. Num dos processos desta indústria deve-se utilizar vapor a 20 bar e 400°C. Um engenheiro sugere que o vapor nas condições requeridas pode ser obtido expandindo o vapor a 30 bar através de uma válvula até 20 bar e a seguir resfriando-o até 400°C, através de uma troca de calor para o meio a 20°C.
  - a) Analise esta sugestão a partir dos conceitos de exergia e irreversibilidade.
  - b) Estimando o custo da exergia a 0,08 US\$ por kWh, calcule o custo anual desta alternativa para uma vazão mássica de vapor de 1 kg/s e supondo que a indústria opera 8000 horas por ano.
  - c) Proponha um método alternativo para obter vapor nas condições requeridas que seja "termodinamicamente mais atrativo".

DADOS: Temperatura do meio,  $T_o = 20^\circ\text{C}$   
Pressão do meio,  $P_o = 1$  atm

3. Calcule a exergia destruída devido ao escoamento de um fluxo de vapor d'água através de uma válvula redutora de pressão nas seguintes condições:

Entrada:  $p=21$  bar,  $T=280^\circ\text{C}$

Saída:  $p=1,5$  bar

4. Metano é queimado com 20% de excesso de ar. A mistura do gás e do ar entra no queimador a 25°C e 1 atm, queimando completamente e formando  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{v})$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{N}_2$  a 1800°C e 1 atm. Calcule a variação de exergia entre os gases de combustão e a mistura ar-combustível.

DADOS:  $C_p(\text{CO}_2) = 54,26$  kJ/kmol.K  
 $C_p(\text{H}_2\text{O}) = 42,95$  kJ/kmol.K  
 $C_p(\text{N}_2) = 33,10$  kJ/kmol.K  
 $C_p(\text{O}_2) = 35,52$  kJ/kmol.K

5 Um reservatório contendo  $\text{CO}_2$  ( $V_1 = 0,1 \text{ m}^3$ ;  $p_1 = 3 \text{ MPa}$ ;  $T_1 = T_0 = 283 \text{ K}$ ) é rompido deixando escapar  $\text{CO}_2$  para a atmosfera. Calcule a destruição da exergia do processo se a pressão parcial do  $\text{CO}_2$  na atmosfera é  $33 \text{ Pa}$  e a pressão atmosférica  $p_0 = 0,1 \text{ MPa}$ . Considere o  $\text{CO}_2$  como gás perfeito.

6 Considere o ar ambiente como um gás perfeito a  $T_0$  e  $p_0$  e composto pelos seguintes gases perfeitos (frações molares):

$$x_{\text{N}_2} = 0,7567 \quad x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0303$$

$$x_{\text{O}_2} = 0,2035 \quad x_{\text{CO}_2} = 0,0003, \text{ etc}$$

a) Considere um processo pelo qual um mol de  $\text{O}_2$  é separado da mistura de gases e tendo como estado final 1 mol de  $\text{O}_2$  a  $T_0$  e  $p_0$ . Determine o trabalho mínimo para realizar tal processo.

b) Calcule o trabalho mínimo necessário para separar um mol de  $\text{N}_2$  e compare-o com o resultado do item "a", explicando a diferença.

7 Calcule a exergia química do ar seco se os parâmetros do ar atmosférico são  $p_0 = 98 \text{ kPa}$ ,  $T_0 = 293 \text{ K}$ ,  $\phi_0 = 65\%$ .

8 Calcule a exergia de um fluxo de vapor d'água com  $p = 9 \text{ MPa}$ ,  $T = 510^\circ\text{C}$ , se os parâmetros do ambiente são  $p_0 = 98 \text{ kPa}$ ,  $T_0 = 293 \text{ K}$ ,  $\phi_0 = 65\%$ .

9 Calcule a exergia química específica de gases de combustão contendo 71,8%  $\text{N}_2$ ; 8,7%  $\text{CO}_2$ ; 17,5%  $\text{H}_2\text{O}$  e 2%  $\text{O}_2$  (porcentagens molares), assumindo parâmetros do ambiente padrão de Szargut.

10 Um fluxo de gases a  $1000^\circ\text{C}$  ( $c_p = 28,9 \text{ kJ/kgmol K}$ ) é utilizado para preaquecer um fluxo de ar que será utilizado em um forno. Devido a problemas com o isolante térmico os gases entram no preaquecedor de ar a  $700^\circ\text{C}$ . Calcule a exergia destruída.

11 Calcule a exergia destruída na preparação de uma solução equimolar de heptano, hexano e pentano, a partir de componentes puros, a  $25^\circ\text{C}$ .

12 Calcule o trabalho mínimo para liquefazer um kg de ar a 1 atm, partindo-se de ar a 1 atm e  $25^\circ\text{C}$ . Refaça os cálculos considerando agora  $\text{N}_2$ .