TEA007 - TERMODINÂMICA AMBIENTAL
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
Departamento de Engenharia Ambiental, UFPR
P05, 10 Novembro 2017
Prof. Michael Mannich

P05

NOME: GABARITO Assinatura: _____

---

1 [30] Responda cada um dos itens abaixo de forma objetiva.

a) [10] Um sistema passa por um processo entre dois estados fixos: primeiramente, de modo reversível, e em seguida, de modo irreversível. Em qual das duas situações a variação da entropia é maior? Por quê?

b) [10] Quando um sistema passa por um processo adiabático, o que pode-se dizer sobre a variação da entropia da substância no sistema?

c) [10] É possível que a variação da entropia de um sistema fechado seja igual a zero durante um processo irreversível? Explique.

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

a) A variação de entropia é a mesma em ambas as situações, pois a entropia é uma função de estado. Sua variação em um processo é determinada unicamente pelos estados inicial e final, independentemente do caminho entre os mesmos.

b) A entropia de um sistema que passa por um processo adiabático aumenta (caso este seja irreversível) ou permanece constante (se o mesmo for reversível):

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}^{\nearrow 0} + \sigma \geq 0.$$

c) Sim, e para isso é necessário que se transfira calor para fora do sistema de forma que a integral de $\delta Q/T$ durante o processo seja igual (em módulo) à geração de entropia pelas irreversibilidades do processo:

$$\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = -\sigma \quad \Rightarrow \quad \Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + \sigma = 0.$$

Continue a solução no verso ⟹

2 [35] Um bloco de ferro de 50 kg, inicialmente a 80 °C, é jogado em um lago de grandes dimensões que está a 15 °C. O equilíbrio térmico é estabelecido com a água do lago após algum tempo devido à transferência de calor entre o bloco e a água do lago. Utilize $C_{ferro} = 0.45\,\text{kJ}\,\text{kg}^{-1}\,\text{K}^{-1}$.

a) [10] Determine a variação de entropia do ferro.

b) [10] Determine a variação de entropia do lago.

c) [10] Determine a variação de entropia total do processo.

d) [5] Determine a geração de entropia do processo.

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

a) A massa e o calor específico do lago são bastante elevados, de forma que a temperatura de equilíbrio é muito próxima da temperatura inicial do lago. A variação de entropia do ferro é dada por

$$\Delta S_{ferro} = m_{ferro} C_{ferro} \ln \frac{T_2}{T_1} = 50\,\text{kg} \times 0.45\,\text{kJ}\,\text{kg}^{-1}\,\text{K}^{-1} \times \ln \frac{288.15\,\text{K}}{353.15\,\text{K}} = -4.577\,\text{kJ}\,\text{K}^{-1}.$$

b) A variação de entropia do lago é dada por

$$\Delta S_{lago} = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T_{lago}} = \frac{1}{T_{lago}} \int_1^2 \delta Q = \frac{Q}{T_{lago}}.$$

A quantidade de calor transferida do bloco de ferro para o lago é dada por

$$Q = -m_{ferro} C_{ferro} (T_2 - T_1) = -50\,\text{kg} \times 0.45\,\text{kJ}\,\text{kg}^{-1}\,\text{K}^{-1} \times (15 - 80)\ \text{K} = 1462.5\,\text{kJ}.$$

Então,

$$\Delta S_{lago} = \frac{1462.5\,\text{kJ}}{288.15\,\text{K}} = 5.075\,\text{kJ}\,\text{K}^{-1}.$$

c) A variação de entropia total do processo é

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{ferro} + \Delta S_{lago} = 0.498\,\text{kJ}\,\text{K}^{-1}.$$

d) Para o sistema composto pelo bloco de ferro e pelo lago, não há variação de entropia devido a trocas de calor (desprezando perdas de calor do lago para a atmosfera). Assim, a variação de entropia total é igual à entropia gerada durante o processo:

$$\sigma = \Delta S_{total} = 0.498\,\text{kJ}\,\text{K}^{-1}.$$

Continue a solução no verso ⟹

3 [35] Um arranjo cilindro-pistão contém 5 kg de ar a 427 °C e 600 kPa. O ar expande-se adiabaticamente até que a pressão seja de 100 kPa, produzindo 600 kJ de trabalho. Assuma que o ar se comporta como um gás ideal e considere calores específicos constantes avaliados a 25 °C.

a) [10] Determine a temperatura final do ar.

b) [10] Determine a variação da entropia do ar.

c) [5] Determine a geração de entropia do processo.

d) [10] Sabendo que o processo é adiabático e utilizando conceitos da Segunda Lei da Termodinâmica, o processo é realista (irreversível), reversível ou impossível? Justifique.

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

a) Da primeira lei,

$$\Delta U = \cancelto{0}{Q} - W = mc_v\,(T_2 - T_1) \quad \Rightarrow \quad T_2 = T_1 - \frac{W}{mc_v} = 427\,^\circ\text{C} - \frac{600\,\text{kJ}}{5\,\text{kg} \times 0.717\,\text{kJ kg}^{-1}\,\text{K}^{-1}} = 260\,^\circ\text{C},$$

em que c_v é dado na tabela A.5.

b) A variação de entropia de um gás ideal é dada por

$$\Delta S = mc_p \ln\frac{T_2}{T_1} - mR\ln\frac{P_2}{P_1},$$
$$\Delta S = 5\,\text{kg} \times 1.004\,\text{kJ kg}^{-1}\,\text{K}^{-1} \times \ln\frac{533.15\,\text{K}}{700.15\,\text{K}} - 5\,\text{kg} \times 0.287\,\text{kJ kg}^{-1}\,\text{K}^{-1} \times \ln\frac{100\,\text{kPa}}{600\,\text{kPa}} = 1.2\,\text{kJ K}^{-1},$$

em que c_p e R são dados na tabela A.5.

c) A geração de entropia é igual à variação da entropia em um processo adiabático. Assim,

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\cancelto{0}{\delta Q}}{T} + \sigma \quad \Rightarrow \quad \sigma = 1.2\,\text{kJ K}^{-1}.$$

d) Este processo é realista, pois é irreversível ($\sigma > 0$) como acontece com a maioria dos processos na natureza devido à diversos fatores, tais como o atrito.

Continue a solução no verso ⟹