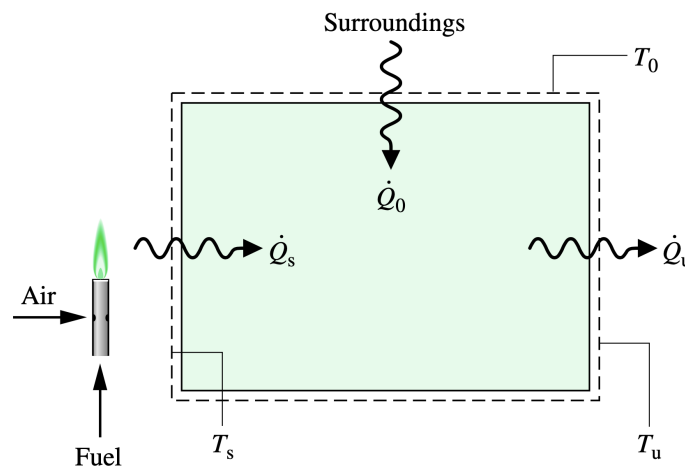


Uso de Entropia (Capítulo 6)

Lista de Problemas

1. [Problema 6.6 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] O sistema apresentado na figura executa um ciclo recebendo energia (1) à taxa \dot{Q}_0 do meio exterior com uma temperatura T_0 e (2) à taxa \dot{Q}_s de uma fonte de calor à temperatura T_s e libertando energia à taxa \dot{Q}_u à temperatura T_u . Não existem outras transferências de energia para além das referidas. Considerando $T_s > T_u > T_0$, obtenha uma expressão para o valor máximo teórico de \dot{Q}_u em termos de \dot{Q}_s e das temperaturas T_s , T_u e T_0



Problema 1

2. [Problema 6.8 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Considere um sistema fechado composto por um gás perfeito com uma razão de calores específicos, k , constante para responder às próximas alíneas.
 - (a) O gás executa um processo ao longo do qual a temperatura a sua temperatura aumenta de T_1 para T_2 . Mostre que a variação da entropia para o processo é superior se a mudança de estados ocorrer a pressão constante em vez de ocorrer a volume constante. Desenhe o processos em diagramas $p - v$ e $T - s$;
 - (b) Considerando os resultados da alínea anterior, mostre num diagrama $T - s$ que uma linha de volume específico constante que passa por um estado apresenta um declive maior do que uma linha de pressão constante que passa pelo mesmo estado.
 - (c) O gás executa um processo durante o qual a pressão aumenta de p_1 para p_2 . Mostre que a razão entre a variação da entropia para um processo isotérmico e a variação da entropia para um processo a volume constante corresponde a $(1 - k)$. Esboço os processos em diagramas $p - v$ e $T - s$.
3. [Problema 6.10 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Uma massa de água constante, m , inicialmente no estado de líquido saturado é conduzida à condição de vapor saturado a pressão e temperatura constantes.

- (a) Obtenha expressões para o trabalho e transferência de calor em função da massa m e das propriedades que podem ser obtidas directamente das tabelas de vapor de água.
- (b) Demonstre que este processo é internamente reversível.
4. [Problema 6.18 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Através das tabelas termodinâmicas para a água, determine a entropia específica, em $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$, para os estados apresentados de seguida. Adicionalmente, para cada caso localize o estado correspondente num esboço do diagrama $T - s$.
- (a) $p = 5,0 \text{ MPa}$, $T = 400^\circ\text{C}$.
- (b) $p = 5,0 \text{ MPa}$, $T = 100^\circ\text{C}$.
- (c) $p = 5,0 \text{ MPa}$, $u = 1872,5 \text{ kJ kg}^{-1}$.
- (d) $p = 5,0 \text{ MPa}$, vapor saturado.
5. [Problema 6.20 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] 1 kg de fluido frigorífero R-22 é submetido a um processo desde o estado inicial a $0,2 \text{ MPa}$ e 20°C até um estado onde a pressão correspondente é igual a $0,06 \text{ MPa}$. Durante este processo verifica-se uma variação de entropia específica ($s_2 - s_1$) igual a $-0,55 \text{ kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$. Para o estado final, determine a temperatura, em $^\circ\text{C}$, e a entalpia específica, em kJ kg^{-1} .
6. [Adaptado do Problema 6.23 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] 1 kg de oxigénio (O_2) considerado como gás perfeito sofre um processo desde do Estado 1 a 300 K e 2 bar para o Estado 2 a 1500 K e $1,5 \text{ bar}$. Determine a variação da entropia específica, em $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$, considerando:
- (a) a Equação (1) com $\bar{c}_p(T)$ obtido através da Tabela A-21;

$$s(T_2, p_2) - s(T_1, p_1) = \int_{T_1}^{T_2} c_p(T) \frac{dT}{T} - R \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (1)$$

- (b) a Equação (2) com \bar{s}° obtido através da Tabela A-23; e

$$\bar{s}(T_2, p_2) - \bar{s}(T_1, p_1) = \bar{s}^\circ(T_2) - \bar{s}^\circ(T_1) - \bar{R} \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (2)$$

- (c) a Equação (3) com c_p a 900 K obtido através da Tabela A-20.

$$s(T_2, p_2) - s(T_1, p_1) = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (3)$$

7. [Problema 6.27 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Gás metano (CH_4) entra num compressor a 298 K e 1 bar e sai à temperatura T e 2 bar . Aplicando o modelo de gás perfeito, determine a temperatura T , em K , considerando nula a variação de entropia específica entre a entrada e a saída do compressor.
8. [Problema 6.32 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Azoto (N_2) inicialmente a ocupar um volume de $0,5 \text{ m}^3$ a $1,0 \text{ bar}$ e 20°C sofre uma compressão internamente reversível durante a qual $pV^{1,3}$ se mantém constante até que se atinge um estado final em que a temperatura é igual a 200°C . Considerando o modelo de gás perfeito, determine:
- (a) a pressão, em bar , no estado final;
- (b) o trabalho e a transferência de calor em kJ ; e

- (c) a variação de entropia em kJ K^{-1} .
9. [Problema 6.34 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Um sistema composto por 100 g de água executa um ciclo de potência de Carnot. No início do processo de expansão isotérmica a água encontra-se no estado de líquido saturado a 160°C . No fim do processo de expansão isotérmica o título de vapor do sistema é de 98 %. A temperatura no fim do processo de expansão adiabática é igual a 20°C .
- Esboço o ciclo em diagramas $T - s$ e $p - v$.
 - Determine o calor fornecido ao ciclo e o trabalho líquido realizado, em kJ.
 - determine a eficiência térmica do ciclo.
10. [Problema 6.43 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Ar, considerado como gás perfeito, é comprimido a partir de um estado em que a pressão e temperatura correspondem a 0,1 MPa e 27°C , respectivamente, para um estado em que a pressão é igual a 0,5 MPa e a temperatura igual a 207°C . O processo descrito pode verificar-se de forma adiabática? Em caso afirmativo, calcule o trabalho por unidade de massa de ar, em kJ kg^{-1} , para um processo adiabático entre os referidos estados. Caso contrário, determine a direcção da transferência de calor.
11. [Problema 6.52 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Em regime estacionário, trabalho à taxa de 25 kW é fornecido por uma pá misturadora a uma suspensão de lamas contida num tanque fechado e de paredes rígidas. Verifica-se transferência de calor do tanque à temperatura de 250°C para o ambiente exterior, o qual se encontra à temperatura de 27°C a uma distância suficientemente afastada das imediações do tanque. Determine a taxa de produção de entropia, em kW K^{-1} , considerando:
- o tanque e a suspensão de lamas como o sistema; e
 - o sistema composto pelo tanque, a suspensão de lamas e uma porção do ambiente envolvente através das fronteiras da qual a transferência de calor ocorre à temperatura de 27°C .
12. [Problema 6.64 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Vapor de água a 10 bar, 600°C e 50 m s^{-1} entra numa turbina isolada a operar em regime estacionário e sai a 0,35 bar a 100 m s^{-1} . Acredita-se que o trabalho desenvolvido por kg de vapor de água que atravessa a turbina é igual a: (a) 1000 kJ kg^{-1} ; ou (b) 500 kJ kg^{-1} . Qual dos valores está correcto? Justifique.
13. [Problema 6.86 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Ar é comprimido por um compressor axial a operar em regime estacionário desde 27°C e 1 bar para uma pressão de 2,1 bar. O trabalho fornecido pelo compressor ao ar corresponde a $94,6 \text{ kJ kg}_{\text{ar}}^{-1}$. Transferência de calor do ar no compressor para o exterior verifica-se à taxa de $14 \text{ kJ kg}_{\text{ar}}^{-1}$ num local do compressor onde a respectiva superfície se encontra à temperatura de 40°C . Despreze variações de energia cinética e energia potencial. Determine:
- a temperatura do ar, em $^\circ\text{C}$, à saída do compressor; e
 - a taxa a que a entropia é produzida dentro do compressor em $\text{kJ kg}_{\text{ar}}^{-1} \text{ K}^{-1}$
14. [Problema 6.108 - Moran e Shapiro, 5.^a Edição] Árgon (Ar) entra numa tubeira isolada a 2,77 bar, 1300 K e 10 m s^{-1} e sai a 1 bar e 645 m s^{-1} . Considerando o modelo de gás perfeito e regime estacionário, calcule:
- a temperatura de saída do gás, em K;
 - a eficiência isentrópica da tubeira; e
 - a taxa de produção de entropia, em $\text{kJ kg}_{\text{Ar}}^{-1} \text{ K}^{-1}$.