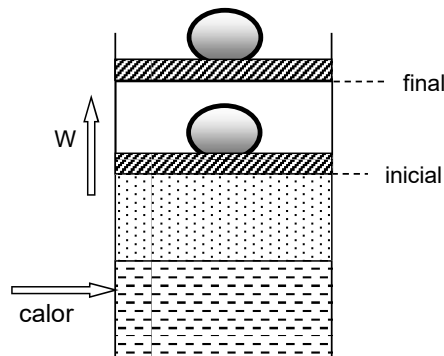


Trabalho

versão 03.2021

Exercício 1. Um cilindro é fechado por meio de um pistão de peso desprezível, que contém uma carga de 4000 N. A área do pistão é de 100 cm^2 e a pressão atmosférica local é de 100 kPa . O cilindro contém vapor de água na temperatura inicial de $200 \text{ }^\circ\text{C}$, ocupando um volume de $0,01 \text{ m}^3$. Uma fonte externa fornece calor ao vapor, cuja temperatura sobe para $300 \text{ }^\circ\text{C}$, provocando o movimento do pistão e mantendo a pressão interna constante. (a) Calcular o trabalho realizado pela expansão do vapor. (b) Calcular a variação da energia interna no processo. (c) Calcular o calor fornecido. (d) calcular a variação da entalpia e justificar o resultado baseando-se no conceito de que $h = u + pv$



Exercício 2. Um cilindro é fechado por meio de um pistão de $0,40 \text{ m}^2$ que suporta uma carga de 50.000 N . O volume interno deste cilindro é de $1,2 \text{ m}^3$ e está cheio de ar atmosférico na temperatura inicial de $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Uma fonte externa fornece calor ao ar, e este sofre aquecimento provocando o movimento do pistão, sem atrito. Desta forma a pressão interna permanece inalterada. O processo termina quando o pistão se desloca a uma distância de $2,5 \text{ m}$. Calcular:

- Pressão absoluta do ar, dentro do cilindro (procure na tabela o R_{Ar}).
- Trabalho realizado pelo sistema.
- A variação da energia interna no processo (procure na tabela Anexo A) os calores específicos a pressão e volume constante.
- Mostre que para gás perfeito $c_p - c_v = R$
- Calcule o calor transferido no processo.

Dados: $P_{atm} = 100 \text{ kPa}$.

Exercício 3. Considere uma montagem composta por um tanque com volume de $0,4 \text{ m}^3$ conectado através de uma tubulação com válvula a um cilindro com um pistão que pode se deslocar sem atrito e que requer uma pressão de 150 kPa para ser deslocado. Inicialmente, o tanque contém argônio a 250 kPa e $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e o pistão está encostado na superfície inferior do cilindro. A válvula que liga os dois recipientes é aberta permitindo o fluxo de argônio para o cilindro. No final do processo o argônio está em um estado uniforme a 150 kPa e $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcule o trabalho realizado pelo argônio.

Dados: $R_{Ar} = 208,1 \text{ J/kg.K}$

Exercício 4. Um cilindro vertical contém um pistão que pode se deslocar sem atrito. Na condição inicial, o cilindro contém 3 L de R-134a a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ e título de 90% . O pistão tem massa de 100 kg e seção transversal de 50 cm^2 e é mantido no lugar por um pino. A pressão ambiente é de $0,1 \text{ MPa}$ e a aceleração gravitacional é de 10 m/s^2 . O pino é removido e o pistão sobe. Após um certo intervalo de tempo, o sistema atinge o equilíbrio, sendo a temperatura final $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Pede-se:

- a pressão e volume finais do R-134a;
- o trabalho realizado pelo R-134a.

Respostas e informações adicionais

- 1) 1.150 J
- 2) (a) 225 kPa, (b) 225 kJ
- 3) 40 kJ
- 4) (a) 300 kPa e 8 L, (b) 1,5 kJ

Primeira Lei da Termodinâmica – Sistemas

versão 04.2021

Sistema

Exercício 1. Um cilindro contém uma mistura de líquido e vapor de água, sujeita à pressão constante de 1 MPa, ocupando um volume inicial de $1,2 \text{ m}^3$. O sistema recebe calor de uma fonte externa, provocando o movimento do pistão até resultar o volume final de $1,8 \text{ m}^3$. Sabe-se que no final do processo a energia interna específica é igual a 1.000 kJ/kg . Calcular o calor fornecido ao sistema durante o processo.

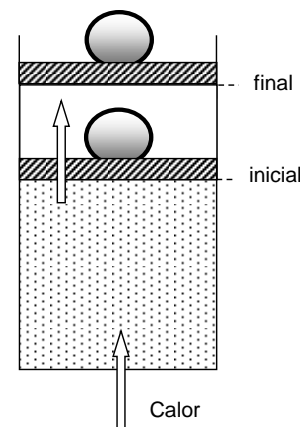
Exercício 2. Um tanque fechado de volume constante contém 200 kg de vapor superaquecido na temperatura inicial de $200 \text{ }^\circ\text{C}$ e pressão de 400 kPa . Uma quantidade de calor entra no tanque e provoca o aumento da pressão para 500 kPa . Pede-se:

- Calcular a temperatura no final do processo (usar valor mais próximo da tabela).
- Calcular a quantidade de calor que entra no tanque.
- Calcular o calor específico deste vapor, para o aquecimento a volume constante.

Exercício 3. O cilindro da figura contém vapor de água sujeito à pressão $P_0 = 4 \text{ MPa}$ e à temperatura $T_0 = 300 \text{ }^\circ\text{C}$, ocupando um volume inicial $V_0 = 1,6 \text{ m}^3$. O sistema recebe calor, provocando elevação na temperatura. A pressão permanece constante, devido ao movimento do pistão. O processo termina quando o volume interno atinge o valor de $2,4 \text{ m}^3$.

Calcular:

- Temperatura e energia interna do vapor no estado final.
- Calor fornecido ao sistema durante o processo.



Exercício 4. Considere uma montagem composta por um tanque com volume de $0,14 \text{ m}^3$, que contém R-134a como vapor saturado a $30 \text{ }^\circ\text{C}$, conectado através de uma tubulação com válvula a um cilindro com um pistão. Esse pistão pode se deslocar sem atrito e requer uma pressão de 200 kPa para ser movimentado. Quando a válvula é aberta, R-134a escoou do tanque para o cilindro até que a pressão no tanque atinja 200 kPa . Durante o processo é trocado calor com o meio de modo que a temperatura do R-134a seja $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Pede-se a quantidade de calor transferida.

Exercício 5. 13) Um recipiente isolado é composto por dois compartimentos: A (volume = 30 L) e B (volume = 14 L), separados por uma membrana. No compartimento B há um misturador e contém, inicialmente, 1 kg de R-134a a 30 °C. O compartimento A está inicialmente vazio ($p=0$ Pa). O R-134a é agitado pelo misturador até que a membrana se rompa. A membrana é projetada para romper a 2 MPa.

Pede-se:

- a) a temperatura do R-134a quando a membrana se rompe;
- b) o trabalho realizado pelo misturador;
- c) a pressão e temperatura do R-134a após o rompimento da membrana e o quando tiverem entrado em equilíbrio termodinâmico.

Respostas e informações adicionais

- 1) 6255 kJ
- 2) (a) 300 °C, (b) 31.216 kJ, (c) 1,56 kJ/kg.K
- 3) (a) 500 °C, (b) 13.370 kJ
- 4) 141,8 kJ
- 5) (a) 130 °C, (b) -158 kJ, (c) $P = 600$ kPa, $T = 80$ °C (aproximados)

Primeira Lei da Termodinâmica – Volume de Controle

versão 04.2021

Exercício 1. Vapor de água no estado superaquecido encontra-se na pressão $P_1 = 3 \text{ MPa}$ e temperatura de $450 \text{ }^\circ\text{C}$, e passa por uma turbina sem troca de calor. Na saída a pressão é $P_2 = 10 \text{ kPa}$ e o título do vapor é $x_2 = 86\%$. Pede-se:

- Sabendo que o vapor que sai da turbina passa por uma condensação total até o estado de líquido saturado, perdendo 6.800 kW , calcular a vazão de líquido que sai da turbina.
- Determinar o trabalho produzido pela turbina.

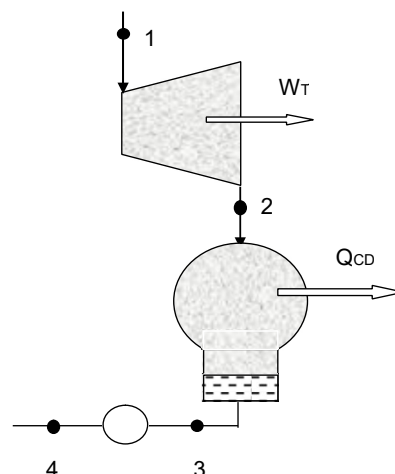
Exercício 2. Uma caldeira recebe a água que sai de uma bomba na pressão de 3 MPa no estado líquido comprimido, na temperatura de $80 \text{ }^\circ\text{C}$. A caldeira produz vapor superaquecido na temperatura de $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Pede-se:

- Calcular a potência da bomba (kW), sabendo que na sua entrada a pressão é de 40 kPa e que a vazão de água é 10.000 kg/h .
- Calcular os fluxos de calor nas fases de aquecimento da água até o início da vaporização, durante a vaporização, e durante o superaquecimento do vapor.

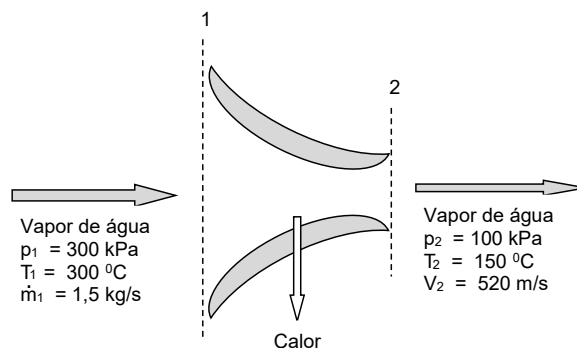
Exercício 3. Conhecendo a vazão de vapor que passa pela turbina $\dot{m}_1 = 20.000 \text{ kg/h}$ e a soma $(\dot{W}_T - \dot{Q}_{CD}) = 16,8 \text{ MW}$, pede-se:

- Obter a temperatura e a entalpia do vapor na entrada da turbina.
- Calcular a potência da turbina e a transferência de calor no condensador, sabendo que o título na saída da turbina é igual a $0,82$.

Dados: $P_1 = 4 \text{ MPa}$, $P_2 = P_3 = 0,01 \text{ MPa}$, $x_3 = 0,0$



Exercício 4. A figura representa um bocal de expansão no qual um fluxo de vapor passa com perda de calor, entrando com uma velocidade considerada desprezível. Com os dados da figura, calcular o calor perdido através do bocal.

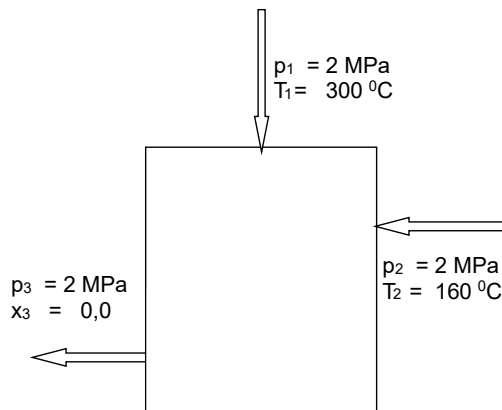


Exercício 5. Em um ciclo de potência, vapor de água passa por uma turbina e segue para o condensador na pressão de 10 kPa. Nesta pressão, o vapor se condensa totalmente até o estado líquido saturado. Conhecendo o calor trocado durante a condensação $\dot{Q}_{CD} = 550 \text{ kW}$ e a vazão de vapor $\dot{m} = 0.27 \text{ kg/s}$, pede-se:

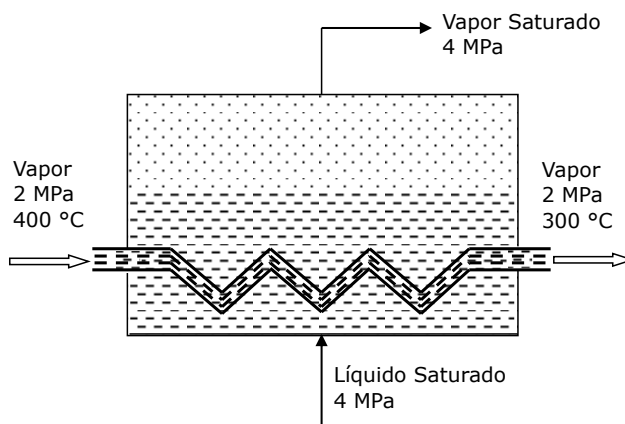
- Calcular o título do vapor na saída da turbina.
- Um circuito de água é usado para remover o calor do condensador. Durante o processo, sua temperatura varia de 20 a 38 °C. Determinar a vazão da água.

Exercício 6. A figura representa um aquecedor de água onde entra a massa m_2 de líquido a 160 °C e a massa m_1 de vapor a 300 °C. Ambos se misturam e o conjunto sai do aquecedor pela seção (3) no estado líquido saturado. Calcular:

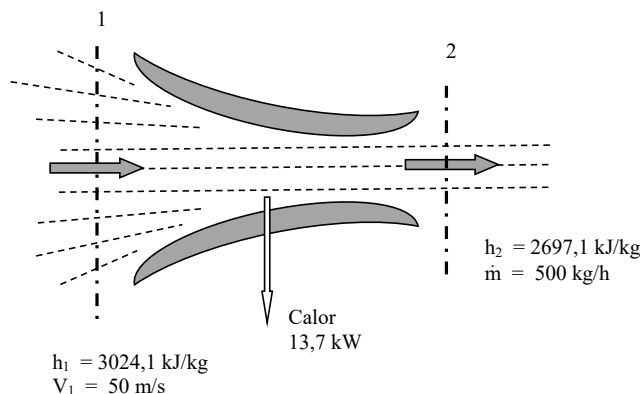
- Relação entre a massa de vapor m_1 e a massa da mistura na saída m_3 .
- Potência de uma bomba instalada na saída do aquecedor para elevar a pressão até 10 MPa, sendo que a vazão de água é igual a 25.000 kg/h.



Exercício 7. A figura representa um trocador de calor que produz 20.000 kg/h de vapor de água saturado seco na pressão de 4 MPa. O trocador de calor é alimentado pela água que entra na mesma pressão, no estado líquido saturado. O calor utilizado para a produção do vapor saturado vem de uma serpentina por onde passa uma outra massa de vapor superaquecido na pressão de 2 MPa. Utilizando os dados da figura e sabendo que o regime é permanente, calcular a vazão de vapor que passa pela serpentina e o calor trocado entre os fluidos.



Exercício 8. No bocal da figura o vapor sofre uma redução de pressão com aumento de velocidade e perda de calor. Com os dados da figura, calcular a velocidade V_2 de saída do vapor.



Respostas e informações adicionais

- 1) (a) 0,46 kg/s; (b) 3.620 kW
- 2) (a) -8,2 kW; (b) 1789 kW, 4988 kW e 1185 kW
- 3) (a) $T_1 = 600$ °C, $h_1 = 3215,8$ kJ/kg; (b) $\dot{W}_T = 5,9$ MW, $\dot{Q}_{CD} = -10,9$ MW
- 4) 236 kW
- 5) (a) 85%; (b) 7,3 kg/s
- 6) (a) 0,10; (b) 55,5 kW
- 7) 42,5 kg/s e 9.520 kW
- 8) 678 m/s