

2-15 Dois locais estão sendo considerados para geração de energia eólica. No primeiro local, o vento sopra a 7 m/s durante 3.000 horas por ano, enquanto no segundo local o vento sopra a 10 m/s durante 2.000 horas por ano. Considerando, por questões de simplicidade, que a velocidade do vento seja desprezível no restante do ano para os dois casos, determine qual é o melhor local para a geração de potência. *Dica:* Observe que o fluxo de massa do ar é proporcional à velocidade do vento.

2-20C O que é um processo adiabático? O que é um sistema adiabático?

2-22C Considere um automóvel viajando a uma velocidade constante ao longo de uma estrada. Determine os sentidos das interações de calor e trabalho considerando os seguintes sistemas: (a) o radiador do carro, (b) o motor do carro, (c) as rodas do carro, (d) a estrada, e (e) o ar em torno do carro.

2-40C Para um ciclo, o trabalho líquido tem de ser necessariamente zero? Em quais tipos de sistemas isso acontece?

2-42C Em um dia quente de verão, um estudante liga seu ventilador ao sair de seu quarto pela manhã. Ao retornar à noite, o quarto estará mais quente ou mais frio do que os cômodos vizinhos? Por quê? Considere que todas as portas e janelas foram mantidas fechadas.

2-47 Uma sala de aula para 40 pessoas deve ser climatizada por meio de aparelhos de condicionamento de ar com capacidade de resfriamento de 5 kW. Considera-se que uma pessoa parada dissipe calor a uma taxa de aproximadamente 360 kJ/h. Existem 10 lâmpadas incandescentes na sala, cada uma com uma capacidade nominal de 100 W. A taxa de transferência de calor para a sala através das paredes e das janelas é estimada em 15.000 kJ/h. Para que o ar da sala seja mantido à temperatura constante de 21 °C, determine o número de aparelhos de condicionamento de ar necessários.

Resposta: 2 unidades

2-66 Uma sala de ginástica tem oito aparelhos de levantamento de peso sem motores e quatro esteiras, cada uma equipada com um motor de 2,5 hp (potência de eixo). Os motores operam com um fator de carga médio de 0,7, para o qual sua eficiência é de 0,77. Durante o horário noturno de pico, todos os 12 equipamentos de exercício são utilizados continuamente, e também há duas pessoas fazendo exercícios leves enquanto aguardam na fila para usar um dos equipamentos. Considerando que a taxa média de dissipação de calor das pessoas em uma sala de ginástica seja de 525 W, determine a taxa de ganho de calor da sala de ginástica decorrente da presença das pessoas e o funcionamento dos equipamentos durante o horário de pico.

2-72 Grandes turbinas eólicas com pás de envergadura de mais de 100 m estão disponíveis para a geração de energia elétrica. Considere uma turbina eólica com pás de envergadura de 100 m instalada em um local sujeito a ventos constantes de 8 m/s. Considerando que a turbina eólica tem uma eficiência global de 32% e a densidade do ar é de $1,25 \text{ kg/m}^3$, determine a potência elétrica gerada por essa turbina. Da mesma forma, considerando ventos constantes de 8 m/s durante um período de 24 horas, determine a quantidade de energia elétrica e a receita geradas por dia para um preço unitário de eletricidade equivalente a US\$ 0,06/kWh.

2-77E Uma bomba cuja eficiência é de 80% e a potência de entrada corresponde a 20 hp está bombeando água a partir de um lago para um reservatório próximo a uma taxa de $1,5 \text{ pés}^3/\text{s}$ por um tubo de diâmetro constante. A superfície livre do reservatório está a 80 pés acima do lago. Determine a potência mecânica utilizada para superar os efeitos de atrito na tubulação.

Resposta: 2,37 hp

3-1C Qual é a diferença entre líquido saturado e líquido comprimido?

3-2C Qual é a diferença entre vapor saturado e vapor superaquecido?

3-3C Há alguma diferença entre as propriedades intensivas do vapor saturado a uma determinada temperatura e as propriedades intensivas do vapor em uma mistura saturada à mesma temperatura?

3-6C Qual é a diferença entre o ponto crítico e o ponto triplo?

3-7C É possível verificar vapor de água a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$?

3-14C Qual é o significado físico de h_{lv} ? Seu valor pode ser obtido a partir dos valores de h_l e h_v ? De que forma?

3-28 Se os dados fornecidos forem suficientes, complete as células em branco na tabela a seguir com as propriedades da água. Na última coluna, descreva a condição da água como líquido comprimido, mistura saturada, vapor superaquecido ou informação insuficiente, e, se for caso, dê o título.

P , kPa	T , $^{\circ}\text{C}$	ν , m^3/kg	h , kJ/kg	Descrição da condição e título (se aplicável)
200			2.706,3	
	130			0,650
	400		3.277,0	
800	30			
450	147,90			

3-32 Um quilo de água enche um recipiente rígido de 150 L a uma pressão inicial de 2 MPa. O recipiente é então resfriado para 40 °C. Determine a temperatura inicial e a pressão final da água.

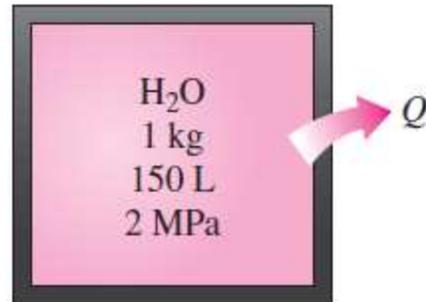


FIGURA P3-32

3-47 Uma panela de aço inoxidável com 25 cm de diâmetro interno ferve água a uma pressão de 1 atm em um fogão elétrico. Observa-se que o nível da água na panela cai em 10 cm no período de 45 min. Determine a taxa de transferência de calor para a panela.

3-81 Um tanque rígido cujo volume é desconhecido está dividido em duas partes por uma partição. Um dos lados do tanque contém um gás ideal, a $927\text{ }^{\circ}\text{C}$. O outro lado está evacuado e tem um volume que equivale a duas vezes o tamanho da parte que contém o gás. A partição é então removida e o gás expande-se, preenchendo todo o tanque. Calor é transferido ao gás até que a pressão seja igual à pressão inicial. Determine a temperatura final do gás.

Resposta: $3.327\text{ }^{\circ}\text{C}$

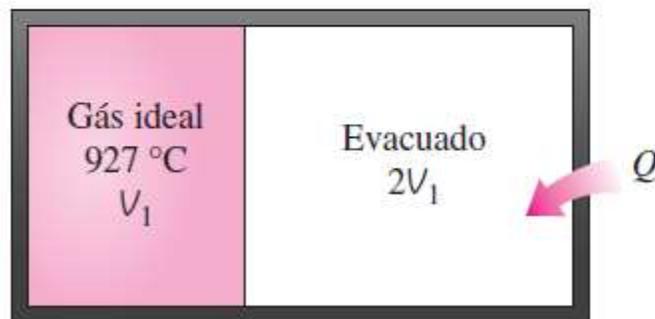


FIGURA P3-81

3-87 Determine o volume específico do vapor de água superaquecido a 15 MPa e $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, usando (a) a equação do gás ideal, (b) o diagrama generalizado de compressibilidade e (c) as tabelas de vapor. Determine também o erro associado aos dois primeiros casos.

Respostas: (a) $0,01917\text{ m}^3/\text{kg}$, $67,0\%$; (b) $0,01246\text{ m}^3/\text{kg}$, $8,5\%$; (c) $0,01148\text{ m}^3/\text{kg}$

3-113 Um tanque rígido contém gás nitrogênio a 227 °C e pressão manométrica de 100 kPa . O gás é aquecido até à pressão manométrica de 250 kPa . Considerando que a pressão atmosférica é de 100 kPa , determine a temperatura final do gás, em °C .

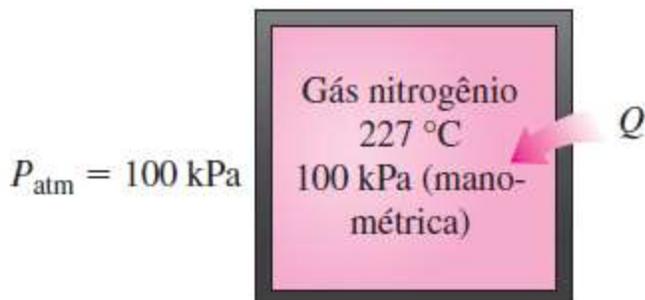


FIGURA P3-113

3-137 Uma dada quantidade de água inicialmente a 300 kPa e 250 °C está contida em um tanque de volume constante. A água é resfriada até que sua pressão seja 150 kPa . No esboço dos diagramas P - v e T - v , considerando as linhas de saturação, verifica-se que a curva do processo passa pelos estados inicial e final da água. Identifique o estado final sobre as curvas do processo. Esboce também, nos diagramas P - v e T - v , as isotermas passando em ambos os estados, e mostre seus valores, em °C , nas isotermas.

4-9 Um arranjo pistão-cilindro inicialmente contém $0,07 \text{ m}^3$ de gás nitrogênio a 130 kPa e $180 \text{ }^\circ\text{C}$. O nitrogênio então se expande, de maneira politrópica, até uma pressão de 80 kPa com um expoente politrópico cujo valor é igual à razão entre os calores específicos (a chamada *expansão isentrópica*). Determine a temperatura final e o trabalho de fronteira realizado durante esse processo.

4-10 Uma massa de 5 kg de vapor de água saturado a 300 kPa é aquecida a uma pressão constante até que a temperatura atinja $200 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcule o trabalho realizado pelo vapor durante esse processo.

Resposta: 165,9 kJ

4-14 Uma massa de $2,4 \text{ kg}$ de ar a 150 kPa e $12 \text{ }^\circ\text{C}$ está contida em um arranjo pistão-cilindro bem vedado, que não sofre atrito. O ar é então comprimido até a pressão final de 600 kPa . Durante esse processo, calor é transferido do ar para o ambiente externo de maneira que a temperatura dentro do cilindro permanece constante. Calcule o trabalho realizado sobre o ar nesse processo.

Resposta: 272 kJ

4-24 Um arranjo pistão-cilindro contém $0,15 \text{ kg}$ de ar, inicialmente a 2 MPa e $350 \text{ }^\circ\text{C}$. O ar é então expandido isotermicamente para 500 kPa , depois comprimido politropicamente com um expoente politrópico de $1,2$ até a pressão inicial e, finalmente, comprimido a uma pressão constante até o estado inicial. Determine o trabalho de fronteira em cada processo e o trabalho líquido do ciclo.

4-27 Um gás ideal passa por dois processos em um arranjo pistão-cilindro, da seguinte maneira:

- 1-2 Compressão politrópica de T_1 e P_1 com o expoente politrópico n e razão de compressão de $r = V_1/V_2$.
- 2-3 Expansão a uma pressão constante a $P_3 = P_2$ até $V_3 = V_1$.
 - (a) Esboce o processo em um único diagrama P - V .
 - (b) Obtenha uma expressão para a razão do trabalho de compressão-expansão como uma função de n e r .
 - (c) Encontre o valor dessa razão para valores de $n = 1,4$ e $r = 6$.

Respostas: (b) $\frac{1}{n-1} \left(\frac{1-r^{1-n}}{r-1} \right)$; (c) 0,256

4-32 Um tanque rígido bem isolado contém 2 kg de uma mistura saturada de líquido e vapor de água a 150 kPa. Inicialmente, verifica-se que 3/4 da massa estão na fase líquida. Um resistor elétrico colocado no tanque é conectado a uma fonte de 110 V, e uma corrente de 8 A flui pelo resistor quando o interruptor é ligado. Determine quanto tempo levará para evaporar todo o líquido do tanque. Mostre também o processo em um diagrama $T-v$ que inclua as linhas de saturação.

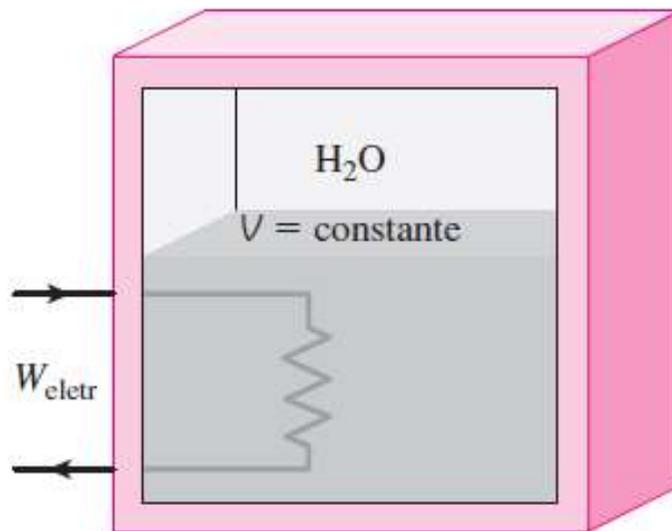


FIGURA P4-32

4-39



Um arranjo pistão-cilindro contém vapor de água inicialmente a 200 kPa, 200 °C e 0,4 m³. Nesse estado, uma mola linear ($F \propto x$) está tocando o pistão, mas sem exercer qualquer força sobre ele. Calor é então transferido lentamente para o vapor, fazendo com que a pressão e o volume sejam elevados para 250 kPa e 0,6 m³, respectivamente. Mostre o processo em um diagrama P - v que inclua as linhas de saturação e determine (a) a temperatura final, (b) o trabalho realizado pelo vapor e (c) o calor total transferido.

Respostas: (a) 606 °C; (b) 45 kJ; (c) 288 kJ

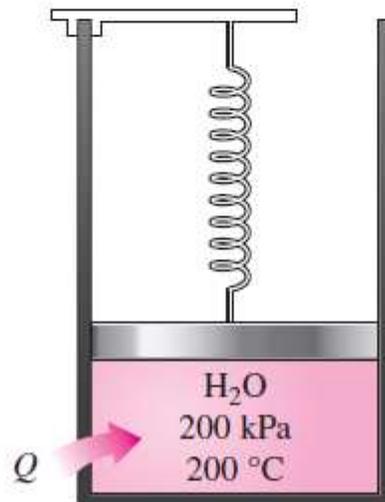


FIGURA P4-39

4-41 Um radiador elétrico de 30 L contendo óleo de aquecimento é colocado em uma sala de 50 m^3 . Tanto a sala como o óleo do radiador estão inicialmente a $10 \text{ }^\circ\text{C}$. O radiador – cuja capacidade nominal equivale a $1,8 \text{ kW}$ – é então ligado. Ao mesmo tempo, calor é perdido pela sala a uma taxa média de $0,35 \text{ kJ/s}$. Depois de algum tempo, as temperaturas médias são medidas, indicando $20 \text{ }^\circ\text{C}$ para o ar da sala e $50 \text{ }^\circ\text{C}$ para o óleo do radiador. Considerando que a densidade e o calor específico do óleo correspondem a 950 kg/m^3 e $2,2 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$, respectivamente, determine por quanto tempo o aquecedor foi mantido ligado. Considere que a sala é bem vedada e, portanto, não houve vazamento de ar.



FIGURA P4-41

4-74 Um arranjo pistão-cilindro com mola contém 1 kg de dióxido de carbono. Esse sistema é aquecido de 100 kPa e 25 °C para 1.000 kPa e 300 °C. Determine o calor total transferido e o trabalho produzido por esse sistema.

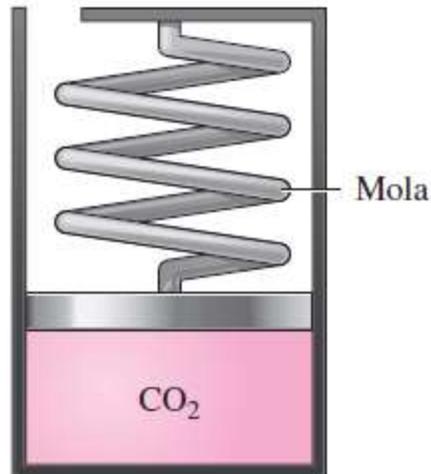


FIGURA P4-74

4-82 Uma determinada massa de ar está contida em um arranjo pistão-cilindro a 600 kPa e 927 °C, ocupando um volume de 0,8 m³. O ar passa por um processo isotérmico (temperatura constante) até que a pressão seja reduzida para 300 kPa. O pistão é então fixado em um local e não é possível movê-lo enquanto ocorre um processo de transferência de calor que faz o ar atingir 27 °C.

- (a) Esboce o sistema mostrando as energias que atravessam a fronteira e o diagrama de P - V para os processos combinados.
- (b) Para os processos combinados, determine a quantidade líquida de transferência de calor, em kJ, e a sua direção.

Considere que o ar tem calores específicos constantes avaliados a 300 K.

4-125 Um arranjo pistão-cilindro sem atrito contém inicialmente ar a 100 kPa e $0,15 \text{ m}^3$. Nesse estado, uma mola linear ($F \propto x$) está tocando o pistão, mas sem exercer qualquer força sobre o mesmo. O ar é então aquecido até o estado final de $0,45 \text{ m}^3$ e 800 kPa. Determine (a) o trabalho total realizado pelo ar e (b) o trabalho realizado contra a mola. Mostre também o processo em um diagrama P - v .

Respostas: (a) 135 kJ; (b) 105 kJ

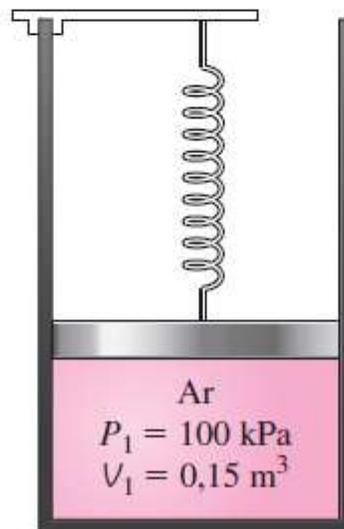


FIGURA P4-125

4-126 Uma massa de 5 kg de uma mistura de água líquida e vapor de água saturados está contida em um arranjo pistão-cilindro a 125 kPa. Inicialmente, dois quilos da água estão na fase líquida e o restante está na fase vapor. Calor é então transferido para a água, e o pistão, apoiado em batentes, começa a se mover quando a pressão interna atinge 300 kPa. A transferência de calor continua até que o volume total aumente em 20%. Determine (a) as temperaturas inicial e final, (b) a massa de água na fase líquida, quando o pistão começa a se mover e (c) o trabalho realizado durante esse processo. Mostre o processo em um diagrama P - v .

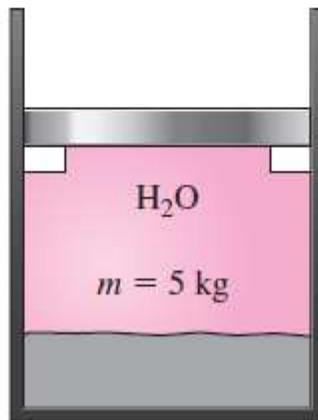


FIGURA P4-126

4-144 Considere um cilindro rígido, horizontal e bem isolado, dividido em dois compartimentos por um pistão com liberdade de movimento, mas que não permite fuga de gás de um lado para o outro. Inicialmente, um lado do pistão contém 1 m^3 de gás N_2 a 500 kPa e $120 \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto o outro lado contém 1 m^3 de gás He a 500 kPa e $40 \text{ }^\circ\text{C}$. O equilíbrio térmico no cilindro é então estabelecido como resultado da transferência de calor através do pistão. Usando calores específicos constantes à temperatura ambiente, determine a temperatura final de equilíbrio no cilindro. O que você responderia se o pistão não fosse livre para se mover?

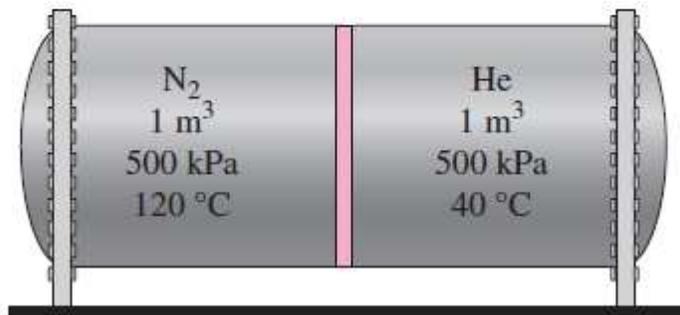


FIGURA P4-144

5-30 Uma determinada quantidade de ar entra em regime permanente em um bocal adiabático a 300 kPa , $200 \text{ }^\circ\text{C}$ e 45 m/s e sai a 100 kPa e 180 m/s . A área na entrada do bocal é de 110 cm^2 . Determine (a) o fluxo de massa no bocal, (b) a temperatura de saída do ar e (c) a área na saída do bocal.

Respostas: (a) $1,09 \text{ kg/s}$; (b) $185 \text{ }^\circ\text{C}$; (c) $79,9 \text{ cm}^2$

5-34 Vapor entra em um bocal a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 800 kPa com uma velocidade de 10 m/s e sai a $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 200 kPa , enquanto perde calor a uma taxa de 25 kW . Para uma área de entrada de 800 cm^2 , determine a velocidade e a vazão volumétrica do vapor na saída do bocal.

Respostas: 606 m/s ; $2,74\text{ m}^3/\text{s}$

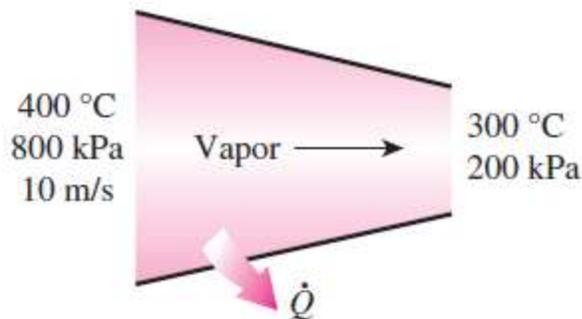


FIGURA P5-34

5-41 Refrigerante-134a entra em regime permanente em um difusor como vapor saturado a 800 kPa com velocidade de 120 m/s e sai a 900 kPa e $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. O refrigerante está ganhando calor a uma taxa de 2 kJ/s à medida que passa pelo difusor. Considerando que a área de saída é 80% maior do que a área de entrada, determine (a) a velocidade na saída e (b) o fluxo de massa do refrigerante.

Respostas: (a) $60,8\text{ m/s}$; (b) $1,308\text{ kg/s}$

5-46C Alguém propõe o seguinte sistema para resfriar uma casa no verão: comprimir o ar ambiente externo, deixá-lo esfriar de volta até a temperatura ambiente, escoá-lo em uma turbina e em seguida descarregar o ar frio que sai da turbina dentro da casa. O sistema proposto é bom, sob o ponto de vista termodinâmico?

5-49 Vapor escoia em regime permanente por uma turbina adiabática. Na entrada, o vapor está a 6 MPa, 400 °C e 80 m/s, e na saída, a 40 kPa, 92% de título e 50 m/s. O fluxo de massa do vapor é de 20 kg/s. Determine (a) a variação da energia cinética, (b) a potência produzida e (c) a área de entrada da turbina.

Respostas: (a) -1,95 kJ/kg; (b) 14,6 MW; (c) 0,0119 m²

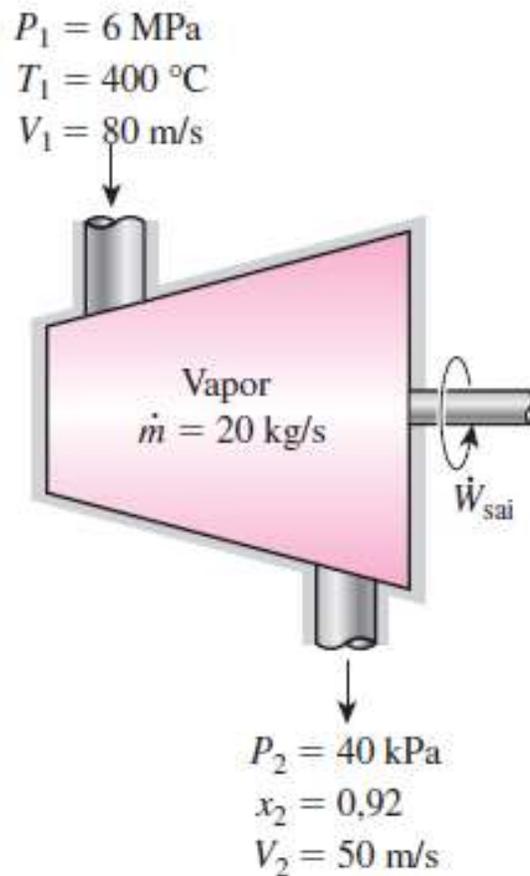


FIGURA P5-49

5-53 Um compressor de ar adiabático comprime 10 L/s de ar a 120 kPa e 20 °C para 1.000 kPa e 300 °C. Determine (a) o trabalho requerido pelo compressor, em kJ/kg, e (b) a potência necessária para fazer o compressor de ar funcionar, em kW.

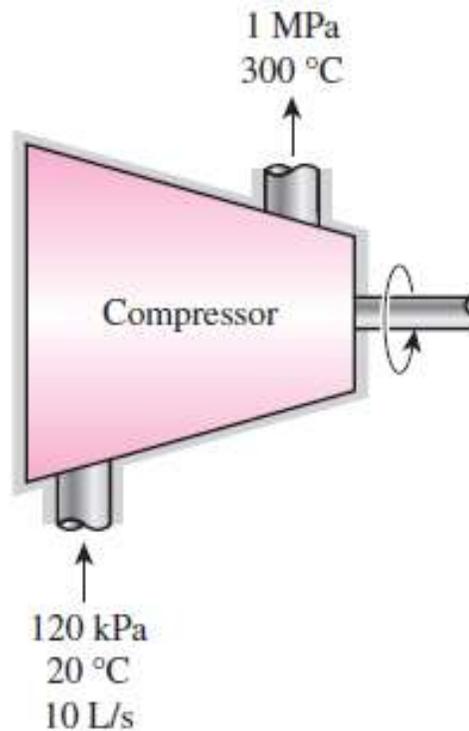


FIGURA P5-53

5-56 Dióxido de carbono entra em um compressor adiabático a 100 kPa e 300 K a uma taxa de 0,5 kg/s e sai a 600 kPa e 450 K. Desprezando as variações de energia cinética, determine (a) a vazão volumétrica de dióxido de carbono na entrada do compressor e (b) o consumo de potência no compressor.

Respostas: (a) 0,28 m³/s; (b) 68,8 kW

5-62C Alguém diz, com base em medições de temperatura, que a temperatura de um fluido aumenta durante um processo de estrangulamento em uma válvula bem isolada com atrito desprezível. Como você avalia essa afirmação? Esse processo viola as leis da termodinâmica?

5-67 Uma mistura de líquido-vapor saturado de água, chamada de vapor úmido, inicialmente a 2.000 kPa em uma linha de vapor, é estrangulada até uma pressão de 100 kPa e uma temperatura de 120 °C. Qual é o título na linha de vapor?

Resposta: 0,957

5-69 Uma válvula bem isolada é usada para estrangular vapor de água inicialmente a 8 MPa e 350 °C para uma pressão de 2 MPa. Determine a temperatura final do vapor.

Resposta: 285 °C

5-75 As correntes quente e fria de um fluido são misturadas em uma câmara de mistura rígida. O fluido quente flui para a câmara a uma vazão mássica de 5 kg/s com energia de 150 kJ/kg. O fluido frio flui para a câmara com uma vazão mássica de 15 kg/s e energia de 50 kJ/kg. Há transferência de calor para a vizinhança a partir da câmara de mistura a uma quantidade de 5,5 kW. A câmara de mistura opera em regime permanente e não ganha ou perde energia ou massa com o tempo. Determine a energia transportada a partir da câmara de mistura pela mistura de fluido por unidade de massa de fluido, em kJ/kg.

5-81 Vapor de água entra no condensador de uma usina de potência a vapor a 20 kPa e título de 95% com um fluxo de massa de 20.000 kg/h. O vapor deve ser resfriado pela água de um rio próximo, a qual circulará pelos tubos que estão dentro do condensador. Para evitar poluição térmica, a água do rio não poderá sofrer um aumento de temperatura acima de 10 °C. Considerando que o vapor deve sair do condensador como líquido saturado a 20 kPa, determine o fluxo de massa necessário para a água de resfriamento.

Resposta: 297,7 kg/s

5-85 Um determinado volume de água fria ($c_p = 4,18 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$), que será utilizada em um chuveiro, entra em um trocador de calor tipo duplo-tubo de correntes opostas a 15 °C a uma vazão de 0,60 kg/s e é aquecida até chegar a 45 °C. Para isso, utiliza-se água quente ($c_p = 4,19 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$), que entra a 100 °C no sistema a uma vazão de 3 kg/s. Determine a taxa de transferência de calor no trocador de calor e a temperatura de saída da água quente.

5-92 O condensador de um ciclo de refrigeração é basicamente um trocador de calor em que um refrigerante é condensado pela rejeição de calor para um fluido de resfriamento. Refrigerante-134a entra em um condensador a 1.200 kPa e 85 °C, a uma vazão mássica de 0,042 kg/s, e sai à mesma pressão sub-resfriado a 6,3 °C. A condensação é realizada pela água de resfriamento, a qual sofre uma elevação de temperatura de 12 °C no condensador. Determine (a) a taxa de calor transferido para a água no condensador, em kJ/min e (b) a vazão mássica de água, em kg/min.

Respostas: (a) 525 kJ/min; (b) 10,5 kg/min