

Exemplo 7.1 (continuação)

ressados em saber quanta energia está sendo descarregada no meio ambiente e qual o rendimento do motor, e em comparar esses dois valores com os de um motor de Carnot operando entre os mesmos dois reservatórios térmicos.

Solução

Se tomarmos o motor térmico como um sistema, a equação da energia dá

$$\dot{Q}_L = \dot{Q}_H - \dot{W} = 1000 - 450 = 550 \text{ kW}$$

e da definição do rendimento

$$\eta_{\text{térmico}} = \dot{W} / \dot{Q}_H = 450 / 1000 = 0,45$$

Para o motor térmico de Carnot, o rendimento é dado pelas temperaturas dos reservatórios

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{550 + 273} = 0,635$$

As taxas de trabalho e de rejeição de calor são

$$\dot{W} = \eta_{\text{Carnot}} \dot{Q}_H = 0,635 \times 1000 = 635 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_L = \dot{Q}_H - \dot{W} = 1000 - 635 = 365 \text{ kW}$$

O motor real tem, portanto, um rendimento menor do que o motor de Carnot (ideal), com um valor típico de 45% para uma usina moderna. Isso implica também que o motor real rejeita uma quantidade maior de calor para o meio ambiente (55%) comparado com o motor de Carnot (36%).

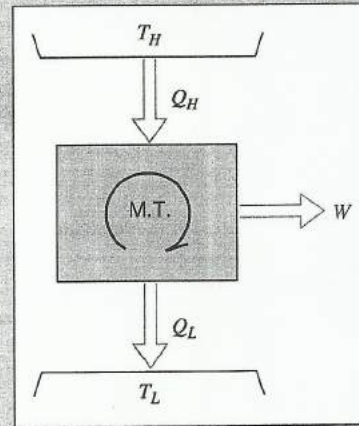


Fig. 7.22 Um motor térmico operando entre dois reservatórios térmicos de temperaturas constantes para o Exemplo 7.1.

Exemplo 7.2

Um condicionador de ar, operando no modo de refrigeração, resfria uma sala num dia quente, como esquematizado na Fig. 7.23. Um total de 4 kW é removido da sala a 24°C para uma atmosfera a 35°C. Gostaríamos de estimar o trabalho requerido para garantir esse resfriamento. Para fazer isso, não analisaremos o processo dentro do refrigerador, tal como é feito no Cap. 11. Aqui, nos limitaremos a determinar a potência mínima requerida pelo refrigerador, admitindo que ele opere num ciclo de Carnot.

Solução

O coeficiente de performance (COP) é

$$\beta = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_L} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{273 + 24}{35 - 24} = 27$$

de modo que a taxa de trabalho ou potência de entrada será

$$\dot{W} = \dot{Q}_L / \beta = 4 / 27 = 0,15 \text{ kW}$$

Uma vez que a potência foi estimada com a hipótese de um refrigerador de Carnot, ela é a menor possível. Reveja também as expressões para as taxas de transferência de calor no Cap. 4. Se o refrigerador deve descarregar 4,15 kW para a atmosfera a 35°C, o lado de alta temperatura do refrigerador deve ter um

valor maior do que esse, digamos 45°C, para que o trocador de calor (condensador) tenha um tamanho razoável. Como a sala deve ser mantida a 24°C, o lado de baixa temperatura do refrigerador (evaporador) deve apresentar uma temperatura menor do que esse valor, digamos 18°C. Recalculando o COP com os valores de temperaturas alta e baixa de 45°C e 18°C, encontramos 10,8, que é um valor mais realista. Um refrigerador real opera com um COP da ordem de 5 ou menor ainda.

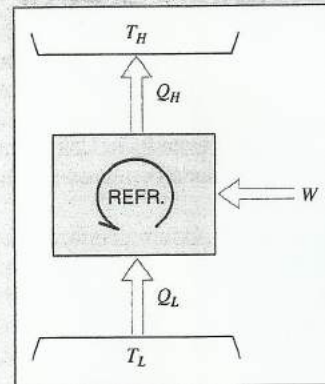


Fig. 7.23 Um condicionador de ar, operando no modo de refrigeração, onde T_L é a temperatura do espaço refrigerado.

PROBLEMAS

Motores térmicos e refrigeradores

7.1 Calcule o rendimento térmico da usina termelétrica a vapor dada no Exemplo 9.8.

7.2 Calcule o coeficiente de performance do refrigerador a R-134a dado no Exemplo 6.9.

7.3 Calcule o rendimento térmico do ciclo da usina termelétrica a vapor dado no Problema 6.63.

7.4 Calcule o coeficiente de performance do ciclo da bomba de calor a R-12 descrito no Problema 6.70.

7.5 Um motor de carro queimou 5 kg de combustível (equivalente a adicionar Q_H) com um rendimento térmico de 28%, rejeitando energia pelo radiador e pela descarga. Considere que o combustível tem um poder calorífico de 40000 kJ/kg e determine a quantidade total de trabalho fornecida pelo motor.

7.6 Uma usina termelétrica a vapor gera 150 MW de potência elétrica. A planta recebe 1000 MW de uma fonte geotérmica e rejeita energia para o ar atmosférico no condensador. Determine a potência rejeitada e a quantidade mínima de ar (kg/s) que deve circular no condensador para que a diferença de temperatura no ar não ultrapasse 10°C.

7.7 Um motor de automóvel libera 25 hp para o eixo com um rendimento térmico de 30%. O combustível tem um poder calorífico de 40 000 kJ/kg. Determine a taxa de consumo de combustível e a potência total rejeitada através do radiador e da descarga.

7.8 Para cada um dos casos a seguir, determine se a máquina térmica satisfaz a primeira lei (equação da energia) e se viola a segunda lei.

- $\dot{Q}_H = 6 \text{ kW}$, $\dot{Q}_L = 4 \text{ kW}$, $\dot{W} = 2 \text{ kW}$
- $\dot{Q}_H = 6 \text{ kW}$, $\dot{Q}_L = 0 \text{ kW}$, $\dot{W} = 6 \text{ kW}$
- $\dot{Q}_H = 6 \text{ kW}$, $\dot{Q}_L = 2 \text{ kW}$, $\dot{W} = 5 \text{ kW}$
- $\dot{Q}_H = 6 \text{ kW}$, $\dot{Q}_L = 6 \text{ kW}$, $\dot{W} = 0 \text{ kW}$

7.9 Em uma usina termelétrica a vapor, 1 MW é adicionado na caldeira, 0,58 MW é rejeitado no condensador e o trabalho na bomba é de 0,02 MW. Determine o rendimento térmico da usina. Se todos os processos da planta fossem reversíveis, determine o coeficiente de performance da planta operando como um refrigerador.

7.10 Células elétricas solares podem produzir eletricidade com 15% de rendimento. Compare isso com um motor térmico acionando um gerador elétrico de eficiência igual a 80%. Qual deveria ser o rendimento do motor térmico para que o ciclo com o gerador tivesse o mesmo rendimento total das células solares?

7.11 Para cada um dos casos no Problema 7.8, determine se a bomba de calor satisfaz a primeira lei (equação da energia) e se viola a segunda lei.

7.12 Um motor de automóvel opera com um rendimento térmico de 35%. Considere que o condicionador de ar (refrigerador) tem um coeficiente de performance $\beta = 3$, e que ele resfria o interior do carro usando trabalho de eixo do motor. Que quantidade extra de energia do combustível deve ser consumida para retirar 1 kJ de energia do interior do carro?

7.13 Um condicionador de ar rejeita 5,1 kW para o meio ambiente com uma potência de entrada de 1,5 kW. Determine a taxa de refrigeração e o coeficiente de performance do condicionador.

7.14 Uma casa necessita ser aquecida por uma bomba de calor, com $\beta' = 2,2$, e mantida permanentemente a 20°C. Estima-se que 0,8 kW são perdidos por grau de diferença entre a temperatura no interior da casa e a do ambiente externo. Considere uma temperatura de -10°C no ambiente externo e determine a potência requerida para acionar a bomba de calor.

7.15 Fluido refrigerante R-12 a 95°C, com título $x = 0,1$ e vazão de 2 kg/s é transformado em vapor saturado em um trocador de calor a pressão constante. A energia é fornecida por uma bomba de calor com um coeficiente de performance $\beta' = 2,5$. Determine a potência requerida para acionar a bomba de calor.

7.16 Um condicionador de ar, com potência de entrada de 1,2 kW, pode trabalhar como um refrigerador ($\beta = 3$) ou como uma bomba de calor ($\beta' = 4$). O condicionador mantém, durante todo o ano, um escritório a 20°C, o qual troca calor com o ambiente externo na razão de 0,5 kW por grau de diferença de temperatura entre o escritório e o exterior. Determine as temperaturas exteriores máxima e mínima, para as quais essa unidade é suficiente para condicionar o ar no escritório.

Segunda lei e processos

7.17 Prove que uma máquina cíclica que viola o enunciado de Kelvin-Planck da segunda lei também viola o enunciado de Clausius da segunda lei.

7.18 Discuta os fatores que fariam o ciclo da planta de geração de potência descrita no Problema 6.63 funcionar como um ciclo irreversível.

7.19 Considere uma máquina cíclica que troca 6 kW com um reservatório a 250°C e tem

- $\dot{Q}_L = 0 \text{ kW}$, $\dot{W} = 6 \text{ kW}$
- $\dot{Q}_L = 6 \text{ kW}$, $\dot{W} = 0 \text{ kW}$

e $\dot{Q}_L$ é trocado com um meio ambiente a 30°C. O que você pode dizer sobre o processo nos dois casos, *a* e *b*, se a máquina for um motor térmico? Repita a questão para o caso de uma bomba de calor.

7.20 Discuta os fatores que fariam o ciclo de bomba de calor descrito no Problema 6.71 funcionar como um ciclo irreversível.

7.21 Um recipiente rígido, com isolamento térmico, tem dois compartimentos separados por uma membrana. O compartimento *A* contém 1 kg de ar a 200°C e o compartimento *B* contém 1,5 kg de ar a 20°C; ambos estão a 100 kPa. Considere dois casos diferentes:

1. O calor transferido entre *A* e *B* cria uma temperatura final uniforme, *T*.
2. A membrana rompe-se e o ar chega a um estado uniforme.

Para ambos os casos, determine a temperatura final. Os dois processos são reversíveis e diferentes? Explique.

7.22 A água em um reservatório raso aquece durante o dia e resfria durante a noite. Calor trocado por radiação, condução e convecção com o meio ambiente recicla, portanto, a temperatura da água. Esse processo cíclico é reversível ou irreversível?

7.23 Considere um motor térmico e uma bomba de calor conectados, conforme mostrado na Fig. P7.23. Admita $T_{H1} = T_{H2} > T_{\text{amb}}$ e determine, para cada um dos três casos, se o conjunto satisfaz a primeira lei e/ou viola a segunda lei.

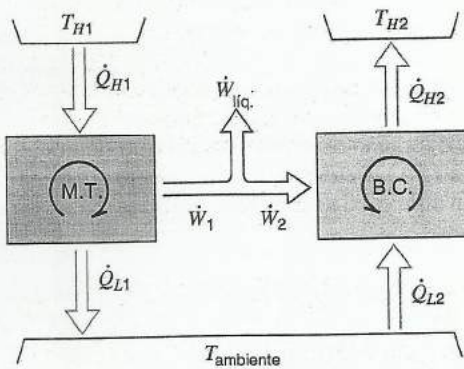


FIGURA P7.23

	$\dot{Q}_{H1}$	$\dot{Q}_{L1}$	$\dot{W}_1$	$\dot{Q}_{H2}$	$\dot{Q}_{L2}$	$\dot{W}_2$
a.	6	4	2	3	2	1
b.	6	4	2	5	4	1
c.	3	2	1	4	3	1

7.24 Considere os quatro casos de um motor térmico no Problema 7.8 e determine se algum deles é um moto-contínuo de primeira ou de segunda espécie.

Ciclos de Carnot e temperatura absoluta

7.25 Calcule o rendimento de um motor térmico-de-ciclo de Carnot operando entre dois reservatórios a 300°C e a 45°C. Compare o resultado com aquele do Problema 7.1.

7.26 Calcule o coeficiente de performance de uma bomba de calor de ciclo de Carnot operando entre dois reservatórios a 0°C e a 45°C. Compare o resultado com aquele do Problema 7.4.

7.27 Determine a potência de saída e a taxa de rejeição de calor a baixa temperatura de um motor térmico de ciclo de

Carnot, que recebe 6 kW a 250°C e rejeita calor a 30°C como no Problema 7.19.

7.28 Um motor de carro queima 5 kg de combustível (equivalente a adicionar Q_H) a 1500 K e rejeita energia para o radiador e descarga a uma temperatura média de 750 K. Admita que o combustível tem um poder calorífico de 40 000 kJ/kg e determine a quantidade máxima de trabalho que o motor pode fornecer.

7.29 Em um determinado local, energia geotérmica de água subterrânea está disponível e é usada como fonte de energia em uma planta de geração de potência. Considere um suprimento de água líquida saturada a 150°C. Qual é o máximo rendimento possível de um motor térmico cíclico usando esta fonte de energia, com a temperatura do meio ambiente a 20°C? Seria melhor usar uma fonte de vapor saturado a 150°C em vez de líquido saturado?

7.30 Diferenças de temperaturas entre águas profundas e águas superficiais podem ser usadas para geração de potência. É proposta a construção de um motor térmico cíclico que operará perto do Havai, onde a temperatura da água do mar perto da superfície é de 20°C e, a uma certa profundidade, de 5°C. Como você avalia o possível rendimento desse motor térmico?

7.31 Determine o coeficiente de performance máximo de um refrigerador doméstico, admitindo que ele funcione conforme o ciclo de Carnot.

7.32 Um condicionador fornece 1 kg/s de ar a 15°C, resfriado a partir da temperatura do ar atmosférico a 35°C. Estime a quantidade de potência necessária para operar o condicionador de ar. Estabeleça claramente todas as hipóteses feitas.

7.33 Um dispositivo de armazenamento térmico é feito com um leito de pedra (granito) de 2 m³ aquecido até 400 K com energia solar. Um motor térmico recebe Q_H do leito e rejeita calor para o meio ambiente a 290 K. Portanto, o leito de pedra resfria e, quando a sua temperatura chega a 290 K, o processo pára. Determine a energia que o leito de pedra pode fornecer. Qual é o rendimento do motor térmico no início e no final do processo?

7.34 Propõe-se aquecer uma casa no inverno com uma bomba de calor. A casa deve ser mantida a 20°C durante todo o tempo. Quando a temperatura do ambiente exterior cai para -10°C, a taxa na qual a casa perde calor é estimada em 25 kW. Qual é a potência elétrica mínima requerida para acionar a bomba de calor?

7.35 Um comerciante vendendo refrigeradores e congeladores (freezers) garante um coeficiente de performance mínimo anual de 4,5. Como você avalia essa afirmação? O coeficiente de performance seria constante durante todo o ano?

7.36 Uma máquina cíclica, mostrada na Fig. P7.36, recebe 325 kJ de um reservatório de energia a 1000 K. Ela rejeita 125 kJ para um reservatório térmico a 400 K e o ciclo produz 200 kJ de trabalho. Esse ciclo é reversível, irreversível ou impossível?

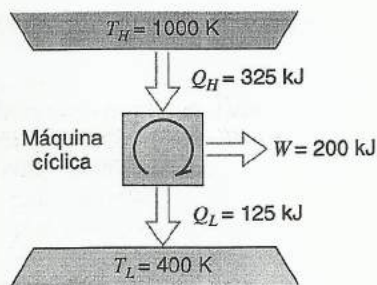


FIGURA P7.36

7.37 Um inventor desenvolveu uma unidade de refrigeração que mantém seu espaço interno refrigerado a -10°C , enquanto opera em um ambiente a 25°C . Um coeficiente de performance de 8,5 é requerido. Como você avalia isso?

7.38 Um freezer doméstico opera em um ambiente a 20°C . Calor deve ser transferido de seu interior a uma taxa de 2 kW para manter sua temperatura interna em -30°C . Teoricamente, qual é o menor (potência) motor requerido para operar esse freezer?

7.39 Em um experimento de criogenia, um contêiner deve ser mantido a -125°C embora ele ganhe 100 W devido à transferência de calor. Qual é o menor (potência) motor requerido para um refrigerador criogênico absorvendo calor do contêiner e rejeitando calor para o ambiente a 20°C ?

7.40 Um certo coletor de energia solar produz uma temperatura máxima de 100°C . A energia é usada em um motor térmico cíclico que opera em um meio ambiente a 10°C . Qual é o rendimento térmico máximo do ciclo? Qual seria o rendimento máximo, se o coletor fosse projetado para concentrar a radiação incidente de modo a obter uma temperatura máxima de 300°C ?

7.41 O hélio tem o menor ponto normal de ebulição entre todos os elementos, 4,2 K. Nesta temperatura, a entalpia de evaporação é de 83,3 kJ/kmol. Um ciclo de refrigeração de Carnot é analisado para a produção de 1 kmol de hélio líquido a 4,2 K a partir de vapor saturado também a essa temperatura. Qual é o trabalho requerido pelo refrigerador e o coeficiente de performance para o ciclo, com uma temperatura ambiente de 300 K?

7.42 Um refrigerador, mantendo 5°C em seu interior, está localizado em um ambiente a 30°C . O refrigerador deve ter uma temperatura alta ΔT graus acima da temperatura ambiente e uma temperatura baixa ΔT graus abaixo daquela no espaço refrigerado, de modo a obter a transferência de calor necessária no ciclo. Para valores de ΔT de 0°C , 5°C e 10°C , calcule o COP do refrigerador, considerando ciclo de Carnot.

7.43 Deseja-se refrigerar um ambiente a -30°C . Um reservatório a 200°C , mostrado na Fig. P7.43, está disponível e a temperatura ambiente é de 30°C . Deste modo, trabalho pode ser produzido por um motor térmico cíclico operando entre o reservatório a 200°C e o meio ambiente. Esse trabalho é usado para acionar um compressor. Determine a razão entre o calor transferido

do reservatório a 200°C e o calor transferido do reservatório a -30°C , considerando que todos os processos são reversíveis.

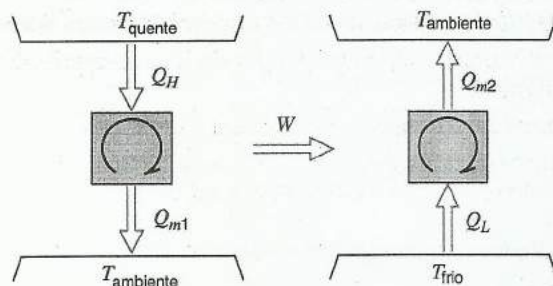


FIGURA P7.43

7.44 Uma garrafa de aço de $V = 0,1 \text{ m}^3$ contém R-134a a 20°C e 200 kPa. A garrafa é colocada em um freezer onde é resfriada a -20°C . O freezer está instalado em uma sala onde a temperatura ambiente é de 20°C e possui uma temperatura interna de -20°C . Determine a quantidade de energia que o freezer deve remover do R-134a e a quantidade extra de trabalho consumida pelo freezer para realizar o processo.

7.45 Sódio líquido sai de um reator nuclear a 800°C e é usado como fonte de energia em uma usina termelétrica a vapor. A água de refrigeração do condensador vem de uma torre de refrigeração a 15°C . Determine o rendimento térmico máximo da usina. É um equívoco usar as temperaturas dadas para calcular o rendimento?

7.46 Uma jarra contendo 4 l de leite a 25°C é colocada num refrigerador doméstico onde o leite é resfriado até 5°C . A temperatura alta no ciclo de refrigeração de Carnot é de 45°C e as propriedades do leite são as mesmas da água. Determine a quantidade de energia que deve ser removida do leite e o trabalho adicional correspondente no compressor.

7.47 Uma combinação de motor térmico e bomba de calor (similar àquela da Fig. P7.43) tira Q_{r1} de energia de rejeito de uma fonte a 50°C para o motor térmico com fonte fria a 30°C . Outra quantidade de energia de rejeito, Q_{r2} , vai para a bomba de calor que libera Q_H a 150°C . Admitindo todos os processos reversíveis e a energia de rejeito total igual a 5 MW, determine a taxa de energia liberada a alta temperatura.

7.48 Um motor térmico tem uma fonte quente constituída por uma substância aquecida até 450 K no interior de um coletor solar que recebe $0,2 \text{ kW/m}^2$. A energia coletada aciona o motor térmico que rejeita calor a 40°C . Se o motor deve produzir 2,5 kW, qual é o tamanho mínimo (área) do coletor solar?

7.49 Um refrigerador requer uma potência de 2,5 kW para resfriar um espaço a 5°C , funcionando em um ciclo com temperatura alta de 50°C . A energia Q_H é rejeitada para o ar ambiente a 35°C em um trocador de calor cujo coeficiente global de transferência de calor é de $50 \text{ W/m}^2\text{K}$. Determine a área de transferência de calor mínima requerida no trocador.

7.50 Sessenta quilos por hora de água escoam através de um trocador de calor, entrando como líquido saturado a 200 kPa e saindo como vapor saturado. O calor é fornecido por uma bomba de calor de Carnot, operando com uma fonte de baixa temperatura a 16°C. Determine a taxa de trabalho entrando na bomba de calor.

7.51 É proposta a construção de uma usina termelétrica com potência de saída de 1000 MW, tendo o vapor d'água como fluido de trabalho. Os condensadores devem ser esfriados com água de rio (veja Fig. P7.51). A temperatura máxima do vapor é de 550°C e a pressão nos condensadores será de 10 kPa. Estime o aumento na temperatura da água do rio a jusante da usina.

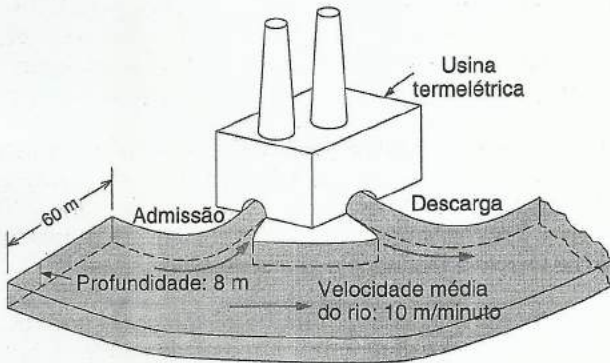


FIGURA P7.51

7.52 Dois combustíveis diferentes podem ser usados em um motor térmico operando entre a temperatura de combustão do combustível e uma fonte de baixa temperatura a 350 K. O combustível A queima a 2200 K, liberando 30 000 kJ/kg, e custa R\$1,50/kg. O combustível B queima a 1200 K, liberando 40 000 kJ/kg, e custa R\$1,30/kg. Que combustível você compraria e por quê?

7.53 Ar em uma caixa rígida de 1 m³ está a 300 K e 200 kPa. O ar é aquecido até 600 K por calor transferido de uma bomba de calor reversível, a qual recebe, além de trabalho, energia de um ambiente a 300 K. Use calor específico constante a 300 K. Como o coeficiente de performance varia, escreva $\delta Q = m_{ar} C_p dT$ e determine δW . Integre δW com a temperatura para determinar o trabalho requerido na bomba de calor.

7.54 Considere o armazenamento térmico no leito de pedra do Problema 7.33. Use o calor específico de forma que você possa escrever δQ_H em termos de dT_{pedra} e encontre uma expressão para δW saindo do motor térmico. Integre esta expressão com a temperatura e determine o trabalho total de saída do motor térmico.

Transferência de calor com ΔT finito

7.55 Uma casa é mantida aquecida, a T_H , por uma bomba de calor acionada por um motor elétrico usando o meio exterior como reservatório a baixa temperatura, T_L . As perdas de energia da casa são diretamente proporcionais à diferença de temperatura e dadas por $\dot{Q}_{perdas} = K(T_H - T_L)$. Determine a potência elétrica mínima requerida para acionar a bomba de calor como uma função dessas duas temperaturas.

7.56 Uma bomba de calor aquece uma casa no inverno e, operando de modo reverso, refrigera a casa no verão. A temperatura interior deve ser de 20°C no inverno e de 25°C no verão. A transferência de calor através das paredes e do teto é estimada em 2400 kJ por hora por grau de diferença de temperatura entre o interior e o exterior.

- Se a temperatura exterior no inverno é de 0°C, qual é a potência mínima requerida para acionar a bomba de calor?
- Para a mesma potência calculada no item a, qual é a temperatura exterior máxima no verão para a qual a casa pode ser mantida a 25°C?

7.57 Uma casa é mantida aquecida, a T_H , por uma bomba de calor elétrica usando o exterior como reservatório a baixa temperatura, T_L . Para diferentes temperaturas exteriores no inverno, estime a economia percentual de energia elétrica se a casa for mantida a 20°C em vez de 24°C. Considere que a casa perde energia para o meio exterior segundo a equação $\dot{Q}_{perdas} = K(T_H - T_L)$.

7.58 Uma casa é mantida refrigerada, a T_L , por uma bomba de calor elétrica usando o exterior como reservatório a alta temperatura, T_H . Para diversas temperaturas exteriores de verão, estime a economia percentual de energia elétrica se a casa for mantida a 25°C em vez de 20°C. Considere que a casa ganha energia do meio exterior segundo a equação $\dot{Q}_{infiltração} = K(T_H - T_L)$.

7.59 Uma fornalha pode fornecer calor, $\dot{Q}_{H1}$, a T_{H1} para ser usado por um motor térmico com rejeição de calor a T_{atm} , conforme mostrado na Fig. P7.59. O motor térmico aciona uma bomba de calor que libera $\dot{Q}_{H2}$ para manter um ambiente a $T_{ambiente}$ usando a atmosfera como reservatório frio. Determine a razão $\dot{Q}_{H2}/\dot{Q}_{H1}$ como uma função das temperaturas. Esta solução é melhor do que o aquecimento direto do ambiente com a fornalha?

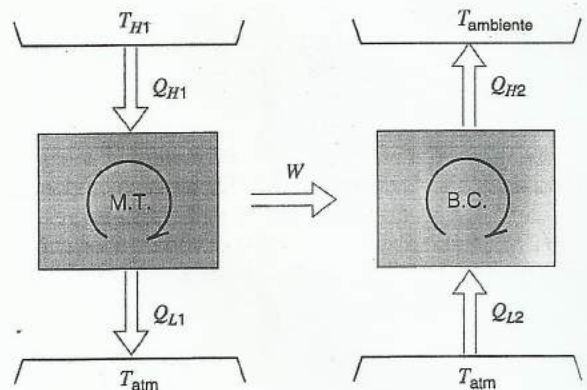


FIGURA P7.59

7.60 Uma bomba de calor tem um COP $\beta' = 0,5\beta'_{Carnot}$ e mantém uma casa a $T_H = 20^\circ\text{C}$, enquanto a casa perde energia segundo a equação $\dot{Q}_{perdas} = 0,6(T_H - T_L)$ [kW]. Para um máximo de potência requerida de 1,0 kW, determine a temperatura exterior mínima, T_L , para a qual a bomba de calor é uma fonte de calor suficiente.

7.61 Um condicionador de ar refrigera uma casa a $T_L = 20^\circ\text{C}$ com uma potência de entrada máxima de 1,2 kW. A casa ganha energia segundo a equação $\dot{Q}_{\text{infiltração}} = 0,6(T_H - T_L)$ [kW] e o COP de refrigeração é $\beta = 0,6\beta'_{\text{Carnot}}$. Determine a temperatura exterior máxima, T_H , para a qual a unidade condicionadora de ar fornece refrigeração suficiente.

7.62 Um motor térmico de Carnot, mostrado na Fig. P7.62, recebe energia de um reservatório a T_{res} através de um trocador de calor, onde o calor transferido é proporcional à diferença de temperatura e dado por $\dot{Q}_H = K(T_{\text{res}} - T_H)$. O motor rejeita calor a uma temperatura dada, T_L . Para projetar o motor térmico de modo a obter a potência máxima de saída, mostre que o reservatório a alta temperatura, T_H , no ciclo deve ser selecionado com $T_H = (T_L T_{\text{res}})^{1/2}$.

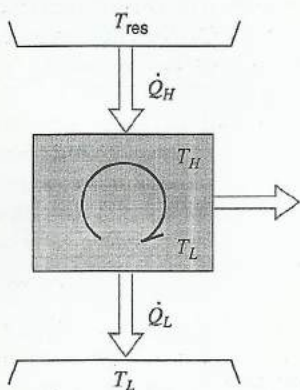


FIGURA P7.62

7.63 Um tanque de 10 m^3 e a 600 kPa age como um reservatório de alta temperatura para um motor térmico de Carnot que rejeita calor a 300 K. Uma diferença de temperatura de 25°C , entre o ar no tanque e o reservatório de alta temperatura do ciclo de Carnot, é necessária para transferir o calor. O motor térmico opera até que a temperatura do ar caia para 400 K e, em seguida, pára. Admita calor específico constante para o ar e determine quanto trabalho é produzido pelo motor térmico.

Ciclo de Carnot para um gás ideal

7.64 Hidrogênio gasoso é usado em um ciclo de Carnot tendo um rendimento de 60%, com uma fonte fria a 300 K. Durante a rejeição de calor, a pressão passa de 90 kPa para 120 kPa. Determine as transferências de calor a alta e a baixa temperatura e o trabalho líquido no ciclo por unidade de massa de hidrogênio.

7.65 Um ciclo de Carnot de gás ideal, com ar em um cilindro-pistão, tem uma temperatura alta de 1200 K e uma rejeição de calor a 400 K. Durante a adição de calor, o volume triplica. Determine as duas transferências de calor por unidade de massa de ar (q) no ciclo e o rendimento global do ciclo.

7.66 Ar em um dispositivo cilindro-pistão passa por um ciclo de Carnot com o diagrama P - v mostrado na Fig. 7.21. As temperaturas alta e baixa são 600 K e 300 K. O calor adicionado a alta temperatura é de 250 kJ/kg e a pressão mais baixa no ciclo é 75 kPa. Determine o volume específico e a pressão após a rejeição de calor e o trabalho líquido por unidade de massa.

- 5.12 $-690,7 \text{ kJ}$
 5.15 $-274,6 \text{ kJ}$
 5.18 $720,5 \text{ kJ}$
 5.21 a. $7,8 \text{ kJ}$
 b. $3,7^\circ\text{C}$
 5.24 a. 400°C
 b. $163,4 \text{ kJ}; 3012 \text{ kJ}$
 5.27 $111,4^\circ\text{C}; 173,7 \text{ kJ/kg}; 3031 \text{ kJ/kg}$
 5.30 $-2068,5 \text{ kJ}$
 5.33 $287,7 \text{ m}^3$
 5.36 115 l
 5.39 a. $829^\circ\text{C}; 25,425 \text{ m}^3$
 b. 3390 kJ
 c. 25961 kJ
 5.42 $2610,7 \text{ kJ}$
 5.45 4603 kJ
 5.48 a. $0,931 \text{ kg}; 0,58 \text{ m}^3$
 b. $85,2 \text{ kJ}$
 c. 588 kJ
 5.51 $-877,4 \text{ kJ}$
 5.54 $41,82 \text{ MJ}$
 5.57 $65,9^\circ\text{C}$
 5.60 $1,005 \text{ kJ/kg K}; 14\%; 21\%$
 5.63 5048 kJ/kg
 5.66 a. 520 kJ/kg
 b. 922 kJ/kg
 c. 842 kJ/kg
 5.69 $298 \text{ kJ}; 368,7 \text{ kJ}$
 5.72 $2,323 \text{ kg}; 3,484 \text{ kg}; 736 \text{ K}; 613 \text{ kPa}$
 5.75 $172,2 \text{ kJ/kg}; 670,5 \text{ kJ/kg}; 0;$
 $-498,3 \text{ kJ/kg}$
 5.78 $-0,192 \text{ kJ}; -0,072 \text{ kJ}$
 5.81 $845,2 \text{ kPa}; 458,8 \text{ K}; -0,0147 \text{ kJ}$
 5.84 $1,7047; 81,45 \text{ kJ/kg}; -61,95 \text{ kJ/kg}$
 5.87 $27,25 \text{ kJ}$
 5.90 $0,53^\circ\text{C/min.}$
 5.93 $2,45 \text{ kW}$
 6.3 $1,52 \text{ kg/s} \pm 2\%$
 6.6 $2,658 \text{ m}^3/\text{s}; 4,33 \text{ m}$
 6.9 $438,7 \text{ m/s}; 1,3 \text{ cm}^2$
 6.12 $123,9 \text{ kPa}; 319,7 \text{ K}$
 6.15 $22,9^\circ\text{C}; 215,7 \text{ kPa}$
 6.18 $0,9414; 0,0586$
 6.21 $482,3 \text{ kJ/kg}; 964,6 \text{ kW}$
 6.24 $1,9925 \text{ kJ/kg}; 3,985 \text{ kW}$
 6.27 $12,0 \text{ kg/s}$
 6.30 a. $1,538$
 b. $-140,0 \text{ kJ/kg}$
 c. $73,8 \text{ kJ/kg}$
 6.33 $0,866 \text{ kW}; 0,99 \text{ kW}$
 6.36 $157,4 \text{ kW}$
 6.39 $20,23^\circ\text{C}; 44,3 \text{ m/s}$
 6.42 $29,43 \text{ m/s}; 2,31 \text{ kg/s}$
 6.45 $91,565 \text{ MW}$
 6.48 $131,2 \text{ m/s}; 1056 \text{ kW}$
 6.51 $1,815 \text{ kg/s}$
 6.54 $0,867$
 6.57 $14,8 \text{ kW}$
 6.60 $0,964 \text{ kg/s}$
 6.63 $49 \text{ m/s}; 24\,805 \text{ kW}$
 6.66 a. $2673,9 \text{ kJ/kg}; 0,9755$
 b. $22,489 \text{ MW}$
 c. $18,394 \text{ MW}$
 d. $0,26$
 6.69 a. $-118,77 \text{ MW}$
 b. $-127,8 \text{ kW}$
 6.72 $25,5 \text{ kJ}$
 6.75 $0,966 \text{ kg}; 20,1 \text{ kJ}$
 6.78 $4,29 \text{ MPa}$
 6.81 $22,36 \text{ m/s}; -0,125 \text{ kJ}$
 6.84 6744 kJ
 7.6 $850 \text{ MW}; 84\,661 \text{ kg/s}$
 7.9 $0,42; 1,38$
 7.12 $0,595 \text{ kJ}$
 7.15 $51,6 \text{ kW}$
 7.21 a. 92°C
 b. 92°C
 7.27 $2,52 \text{ kW}; 3,48 \text{ kW}$
 7.30 $0,051$
 7.33 $0,275; 0$
 7.39 $97,8 \text{ W}$
 7.42 $11,1; 7,8; 5,96$
 7.45 $0,731$
 7.48 41 m^2
 7.51 $1,9^\circ\text{C}$
 7.54 $81\,945 \text{ kJ}$
 7.60 $4,4^\circ\text{C}$
 7.63 $1494,3 \text{ kJ}$
 7.66 $0,2688 \text{ m}^3/\text{kg}; 320 \text{ kPa}; 125 \text{ kJ/kg}$
 8.6 a. $4,05 \text{ kJ/kg K}$
 b. $6,5452 \text{ kJ/kg K}$
 c. $-1,2369 \text{ kJ/kg K}$
 d. $0,2966 \text{ kJ/kg K}$
 e. $0,2945 \text{ kJ/kg K}$
 8.9 a. $23,21 \text{ kJ/kg}; 0,7755 \text{ kJ/kg K}$
 b. $26,07 \text{ kJ/kg}; 1,1022 \text{ kJ/kg K}$
 c. $28,32 \text{ kJ/kg}; 1,8503 \text{ kJ/kg K}$
 8.12 $-20^\circ\text{C}; 0,24; 997 \text{ kJ/kg}; 4,6577 \text{ kJ/kg K}$
 8.15 b. $0,2629; 0,9809$
 c. $7,83$
 8.21 $232,4 \text{ kJ}; 0$
 8.24 $-38,2 \text{ kJ/kg}; -26,3 \text{ kJ/kg}$
 8.27 $-794,2 \text{ kJ}; -727,6 \text{ kJ}$
 8.30 $-3,2 \text{ kJ}; -3,8 \text{ kJ}$
 8.33 $-338 \text{ kJ/kg}; -445,6 \text{ kJ/kg}$
 8.36 $-164,5 \text{ kJ/kg}$