Termodinâmica I 1° Semestre/2020

Professor: Valter Salles do Nascimento Jr
email: nascimento.valter@usp.br

3° Semana

- Balanço de energia para sistemas fechados / Análise de energia para ciclos / Revisão e exercícios

Calendário

fevereiro

d	s	t	q	q	s	s
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
1	2	3	4	5	6	7

24 - Carnaval

março

d	s	t	q	q	s	s
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11

abril

d	s	t	q	q	s	s
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	1	2
3	4	5	6	7	8	9

06 e 09 - Semana Santa

20 - Tiradentes

maio

d	s	t	q	q	s	s
26	27	28	29	30	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6

junho

d	s	t	q	q	s	s
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11

11 - Corpus Chisti

julho

d	s	t	q	q	s	s
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8

Período para realização de recuperação

Balanço de Energia para Sistemas Fechados

- O balanço de energia na forma de taxa temporal é

[*Variação* da quantidade de energia contida no sistema durante um certo intervalo de tempo] = [*Quantidade líquida* de energia transferida para dentro através da fronteira do sistema por transferência de calor durante o intervalo de tempo] − [*Quantidade líquida* de energia transferida para fora através da fronteira do sistema por transferência de trabalho durante o intervalo de tempo]

- O balanço de energia pode ser descrito pela expressão:

$$E_2 - E_1 = Q - W$$

- Alternativamente, $\Delta KE + \Delta PE + \Delta U = Q - W$

O **sinal negativo** aparece **antes de** W porque a energia transferida por meio de trabalho *do* sistema *para* a vizinhança é considerada positiva.

* (M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Balanço de Energia para Sistemas Fechados

- O balanço de energia na forma de taxa temporal é

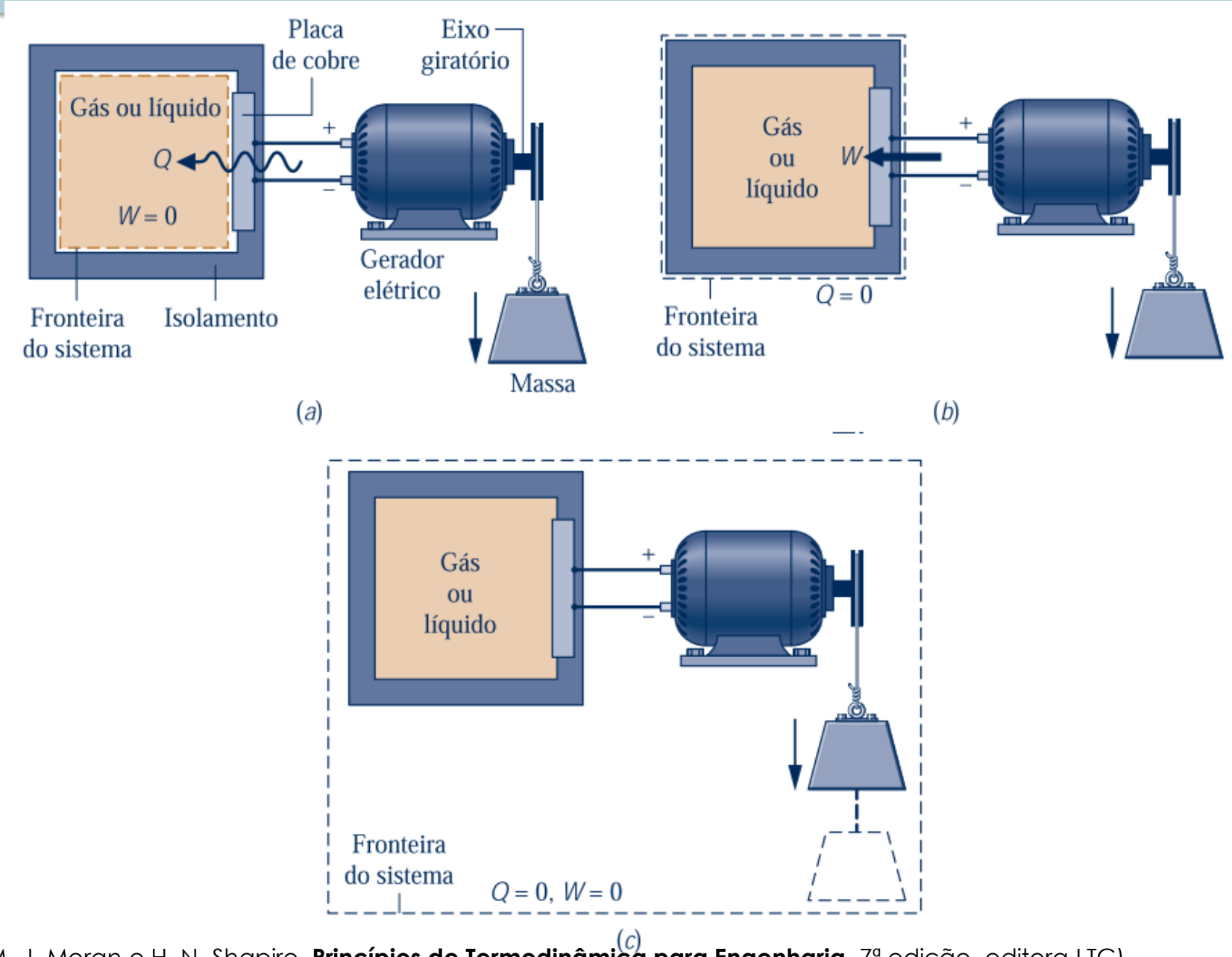
$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}$$

- A forma da taxa de balanço de energia expressa em palavras é:

[*Taxa de variação* temporal da energia contida no Sistema *no tempo t*] = [*Taxa líquida* na qual a energia está sendo transferida para dentro por Transferência de Calor *no tempo t*] − [*Taxa líquida* na qual a energia está sendo transferida para fora por Trabalho *no tempo t*]

* (M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia,** 7ª edição, editora LTC)

Exemplos de escolha de fronteira



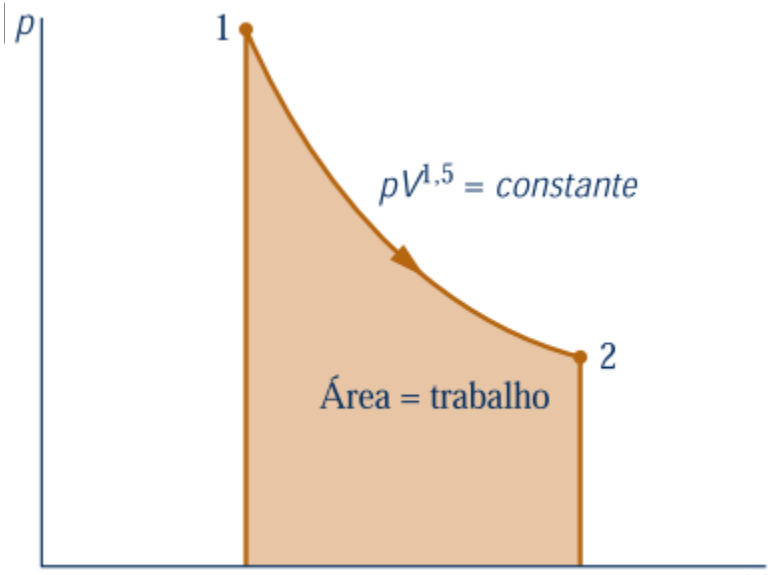
* (M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia,** 7ª edição, editora LTC)

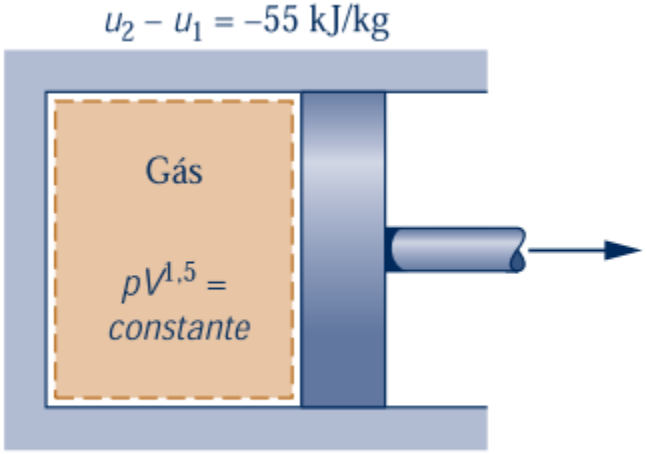
Exemplo

Um conjunto cilindro - pistão contém 0,4 kg de um certo gás. O gás está sujeito a um processo no qual a relação pressão - volume é

$$pV^{1,5} = constante$$

A pressão inicial é de 3 bar, o volume inicial é de 0,1 m^3 e o volume final é de 0,2 m^3. A variação da energia interna específica do gás no processo é $u_2 - u_1 = -55$ kJ/kg. Não há variação significativa da energia cinética ou potencial. Determine a transferência de calor líquida





*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo

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.

*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo

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.

2–51 Um ventilador deve acelerar ar parado até a velocidade de 8 m/s a uma taxa de 9 m^3/s. Determine a potência mínima que deve ser fornecida ao ventilador. Suponha que a densidade do ar seja de 1,18 kg/m^3.

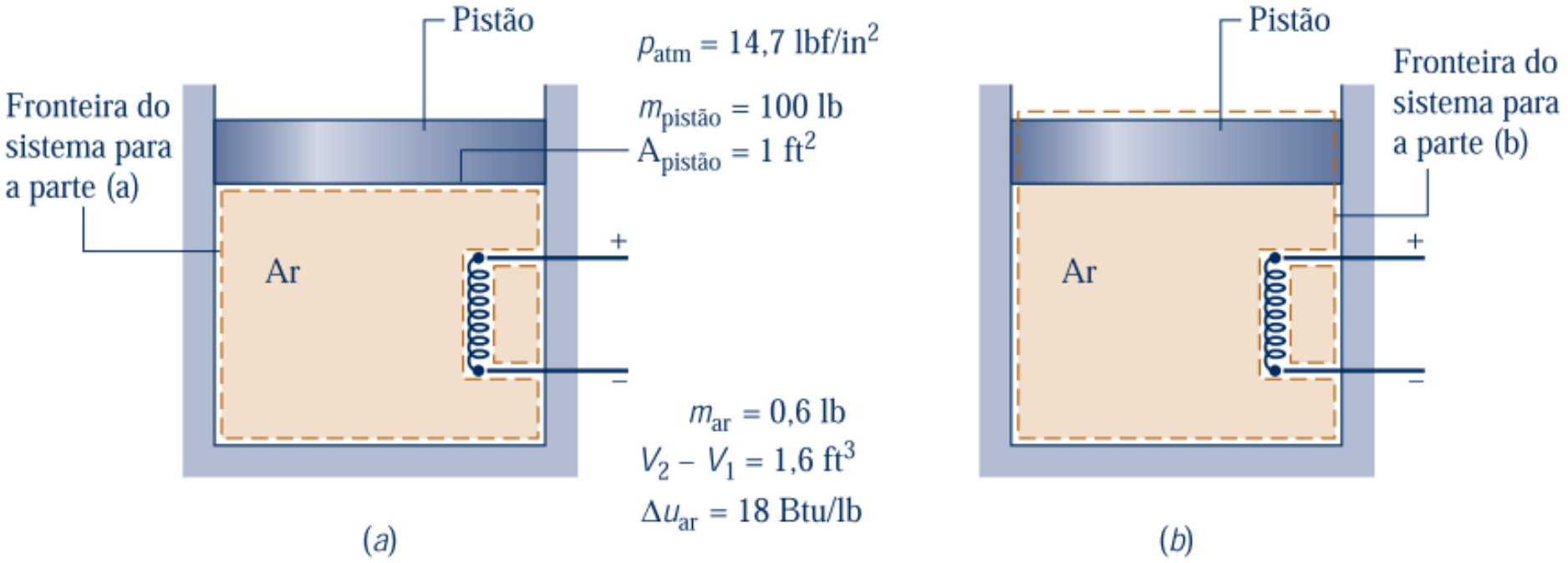
*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo

Ar está contido em um conjunto cilindro-pistão vertical equipado com uma resistência elétrica. A atmosfera exerce uma pressão de 14,7 lbf/in^2 (101,3 kPa) no topo do pistão, que possui uma massa de 100 lb (45,4 kg) e cuja área da face é de 1 ft^2 (0,09 m^2). Uma corrente elétrica passa através da resistência e o volume de ar aumenta lentamente de 1,6 ft^3 (0,04 m^3), enquanto sua pressão permanece constante. A massa do ar é 0,6 lb (0,27 kg) e sua energia interna específica aumenta de 18 Btu/lb (41,9 kJ/kg). O ar e o pistão estão em repouso no início e no fim do processo. O material do cilindro-pistão é um composto cerâmico e, portanto, um bom isolante. O atrito entre o pistão e a parede do cilindro pode ser desprezado, e a aceleração da gravidade é g = 32,0 ft/s^2 (9,7 m/s^2). Determine a transferência de calor da resistência para o ar, em Btu, para um sistema composto de (a) apenas ar, (b) ar e pistão.

*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo



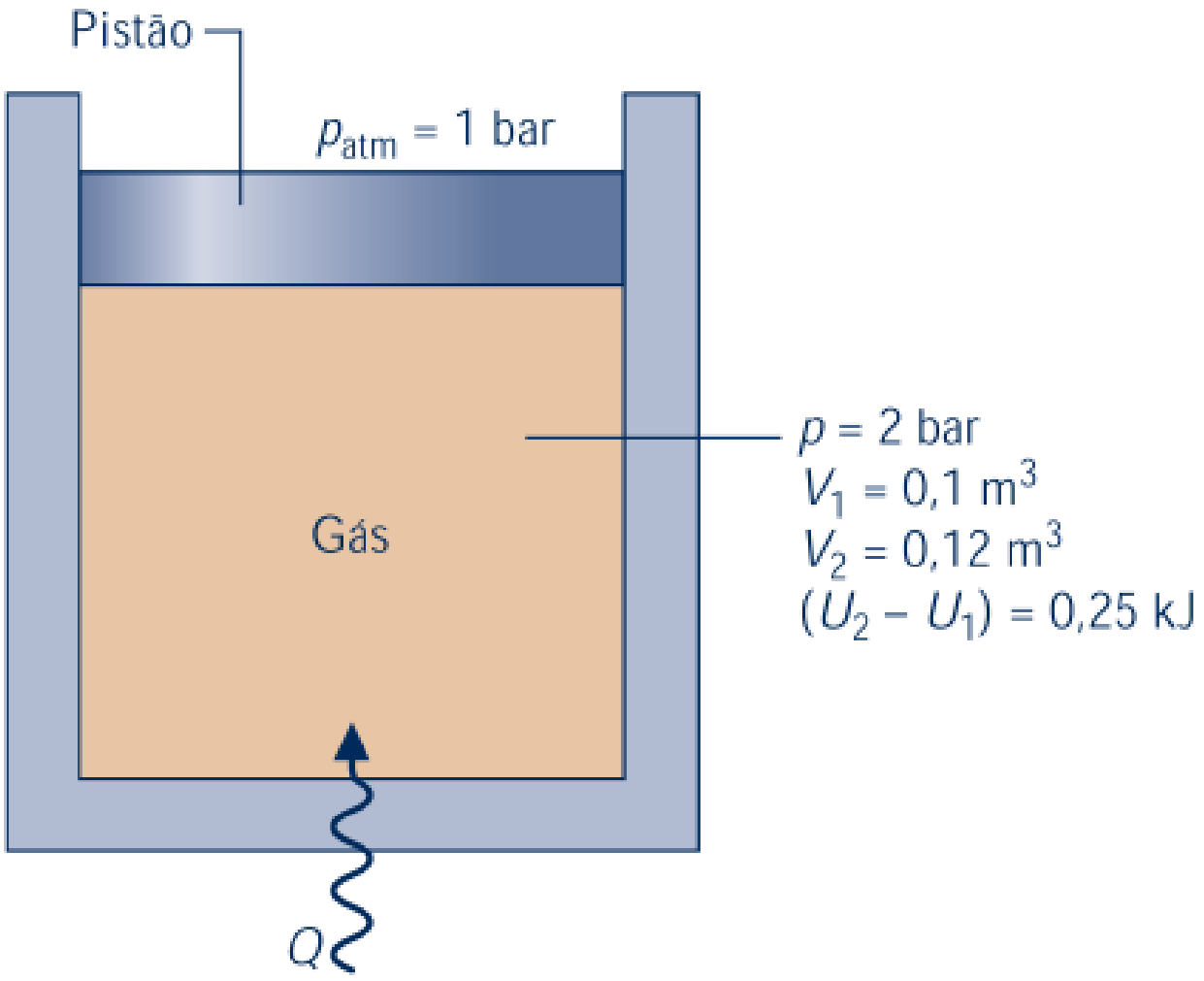
*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo

Conforme ilustrado na Fig., um gás contido em um conjunto cilindro-pistão, inicialmente a um volume de 0,1 m^3, passa por uma expansão a pressão constante de 2 bar até o volume final de 0,12 m^3 , enquanto é aquecido lentamente através da base. A variação da energia interna do gás é de 0,25 kJ. Considere que as paredes do pistão e do cilindro são fabricadas com um material resistente ao calor e que o pistão se move lentamente no cilindro. A pressão atmosférica local é de 1 bar.(a) Determine o trabalho e a transferência de calor, ambos em kJ, considerando o gás como o sistema. (b) Determine o trabalho e a variação da energia potencial, ambos em kJ, considerando o pistão como o sistema.

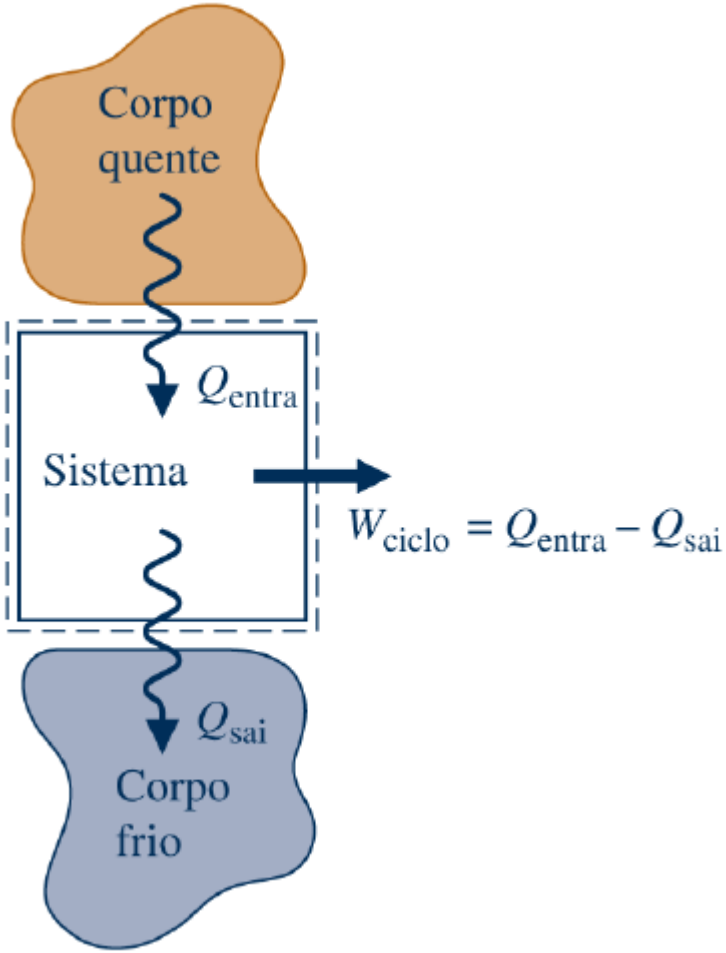
*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo



*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia,** 7ª edição)

Ciclo de potência



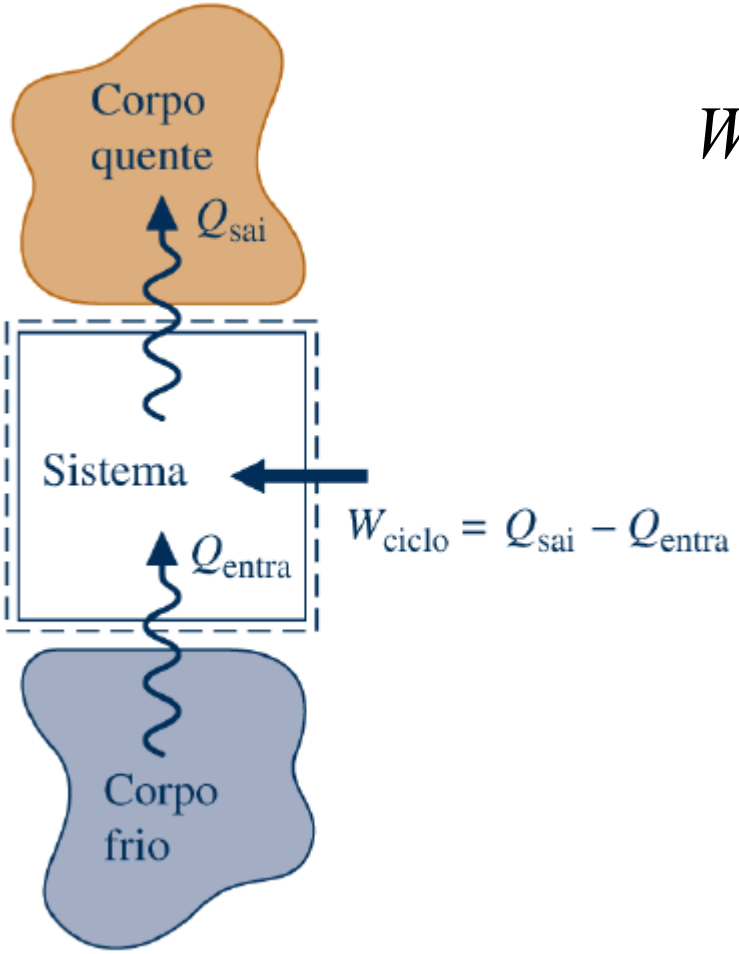
$$W_{ciclo} = Q_{entra} - Q_{sai}$$

$$\eta = \frac{W_{ciclo}}{Q_{entra}}$$

$$\frac{Q_{entra} - Q_{sai}}{Q_{entra}} = 1 - \frac{Q_{sai}}{Q_{entra}}$$

*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Ciclo de refrigeração



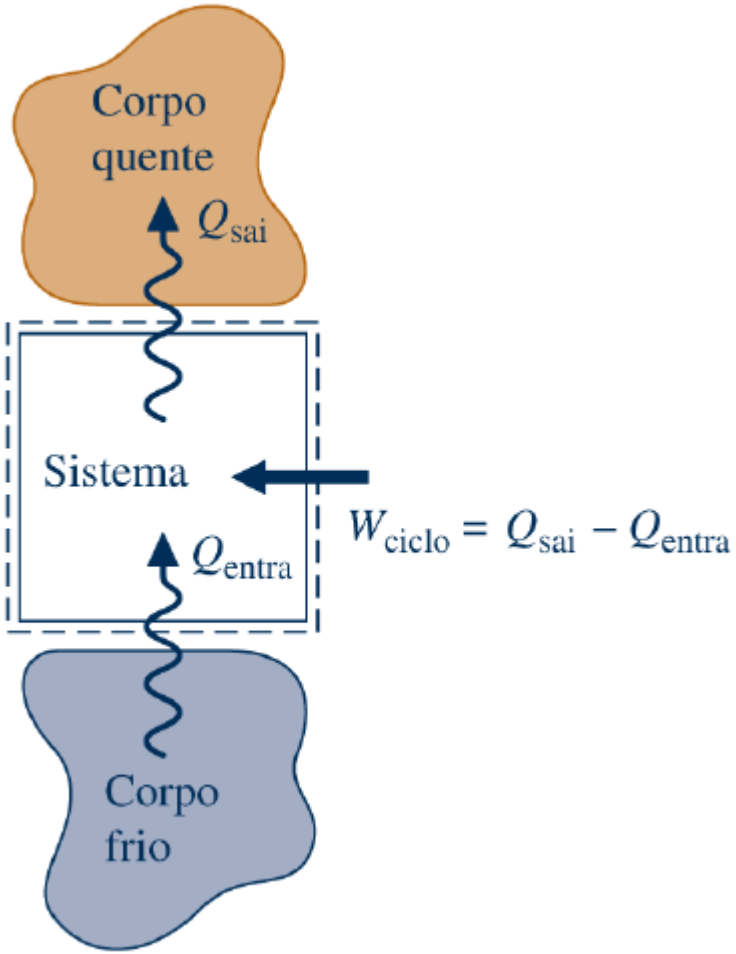
$$W_{ciclo} = Q_{sai} - Q_{entra}$$

$$\beta = \frac{Q_{entra}}{W_{ciclo}}$$

$$\beta = \frac{Q_{entra}}{Q_{sai} - Q_{entra}}$$

*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Ciclo de bomba de calor



$$W_{ciclo} = Q_{sai} - Q_{entra}$$

$$\gamma = \frac{Q_{sai}}{W_{ciclo}}$$

$$\gamma = \frac{Q_{sai}}{Q_{sai} - Q_{entra}}$$

*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo

2.72 A seguinte tabela fornece dados, em Btu, para um sistema que percorre um ciclo termodinâmico composto por quatro processos em série. Determine (a) os dados que faltam na tabela, todos em Btu, e (b) a eficiência térmica.

Processo	ΔU	ΔEC	ΔEP	ΔE	Q	W
1-2	950	50	0		1000	
2-3		0	50	−450		450
3-4	−650		0	−600		0
4-1	200	−100	−50		0	

*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo

2.74 Um gás em um conjunto cilindro-pistão percorre um ciclo termodinâmico composto por três processos em série, iniciando no estado 1, em que $p_1 = 1$ bar, $V_1 = 1{,}5\ m^3$, como a seguir:

Processo 1-2: compressão com $pV = constante$, $W_{12} = -104$ kJ, $U_1 = 512$ kJ, $U_2 = 690$ kJ.

Processo 2-3: $W_{23} = 0$, $Q_{23} = -150$ kJ.

Processo 3-1: $W_{31} = +50$ kJ.

Não há variações na energia cinética ou potencial.

(a) Determine Q_{12}, Q_{31}, e U_3, todos em kJ. (b) Esse ciclo pode ser de potência? Explique.

*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo

2.76 Um gás em um conjunto cilindro-pistão percorre um ciclo termodinâmico composto por três processos:

Processo 1-2: volume constante, $V = 0{,}028\ \text{m}^3$, $U_2 - U_1 = 26{,}4\ \text{kJ}$.

Processo 2-3: expansão com $pV = constante$, $U_3 = U_2$.

Processo 3-1: pressão constante, $p = 1{,}4\ \text{bar}$, $W_{31} = -10{,}5\ \text{kJ}$.

Não há variações significativas na energia cinética ou potencial.

(a) Esboce o ciclo em um diagrama p-V.

(b) Calcule o trabalho líquido para o ciclo, em kJ.

(c) Calcule a transferência de calor para o processo 2-3, em kJ.

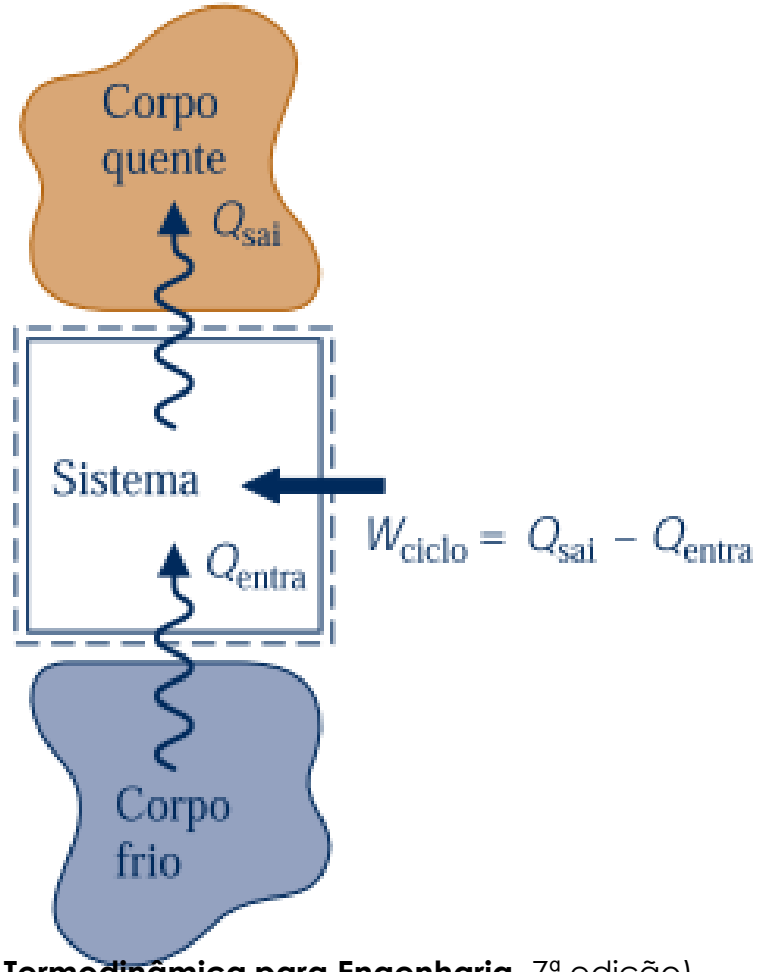
(d) Calcule a transferência de calor para o processo 3-1, em kJ.

Este é um ciclo de potência ou de refrigeração?

*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)

Exemplo

2.86 Um ciclo de refrigeração que opera como mostra a Fig. 2.17(*b*) apresenta um coeficiente de desempenho $\beta = 1{,}8$. Para o ciclo, $Q_{sai} = 250$ kJ. Determine Q_{entra} e W_{ciclo}, ambos em kJ.



*(M. J. Moran e H. N. Shapiro. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª edição)