Termodinâmica I 1° Semestre/2020

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

2° Semana
- 1° Lei e Conceitos Mecânicos de Energia / Transferência de energia através de trabalho / Transferência de energia através de calor

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

Energia e 1° Lei da Termodinâmica

$$\Delta E = \Delta U + \Delta EC + \Delta EP = \overbrace{mu}^{\text{Energia interna}} + \underbrace{\frac{mv^2}{2}}_{\text{Energia cinética}} + \overbrace{mgz}^{\text{Energia potencial}}$$

Energia pode ser armazenada no interior de sistemas sob várias formas macroscópicas. A energia pode ser transformada de uma forma para outra e transferida entre sistemas. Para sistemas fechados, a energia pode ser transferida por meio de trabalho e da transferência de calor. A quantidade total de energia é conservada em todas as transformações e transferências.

Energia e 1° Lei da Termodinâmica

Energia interna

Energia potencial

$$\Delta E = \Delta U + \Delta EC + \Delta EP = mu + \frac{mv^2}{2} + mgz$$

Energia cinética

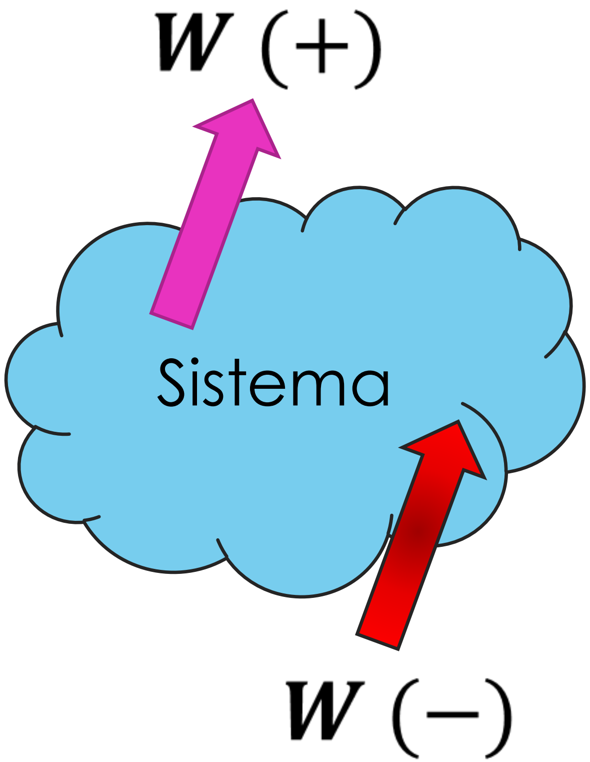
Energia pode ser armazenada no interior de sistemas sob várias formas macroscópicas. A energia pode ser transformada de uma forma para outra e transferida entre sistemas. Para sistemas fechados, a energia pode ser transferida por meio de trabalho e da transferência de calor. A quantidade total de energia é conservada em todas as transformações e transferências.

Convenções de sinais para o Trabalho

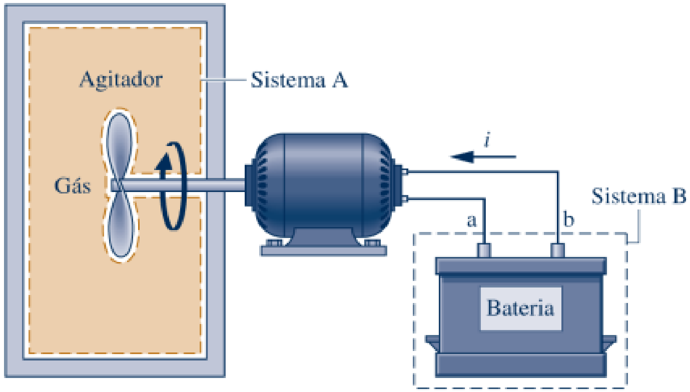
Convenção de sinais:

$W > 0$: trabalho realizado pelo sistema

$W < 0$: trabalho realizado sobre o sistema



$$W = \int_{s_1}^{s_2} F ds$$



Trabalho não é uma propriedade do sistema ou vizinhança.

$$\int_1^2 \delta W = W$$

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

Potência e trabalho de compressão

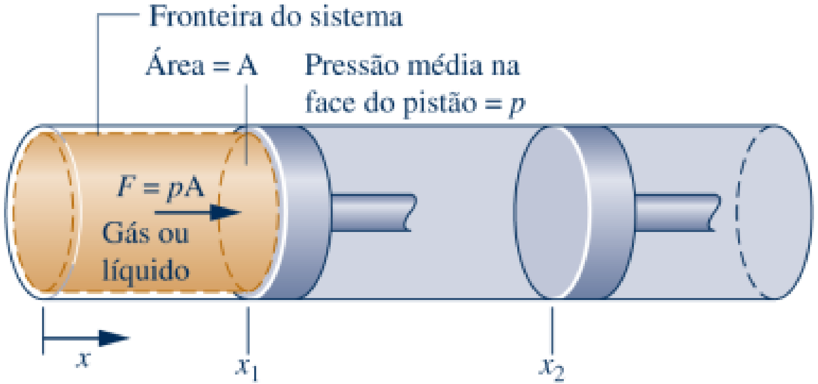
Potência → Taxa de transferência de energia por intermédio de trabalho.

$$\boxed{\dot{W} = Fv} \qquad W = \int_{t_1}^{t_2} \dot{W}\,dt = \int_{t_1}^{t_2} Fv\,dt \quad \rightarrow \quad P = \dot{W} = \frac{W}{t}$$

Trabalho de expansão ou compressão:

$$W = \int_{s_1}^{s_2} F ds \qquad \rightarrow p = \frac{F}{A}$$

$$W = \int_{s_1}^{s_2} pA ds \quad ou \quad W = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$



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

Trabalho de compressão

Para calcular o trabalho, precisamos conhecer $p = p(V)$ quando:

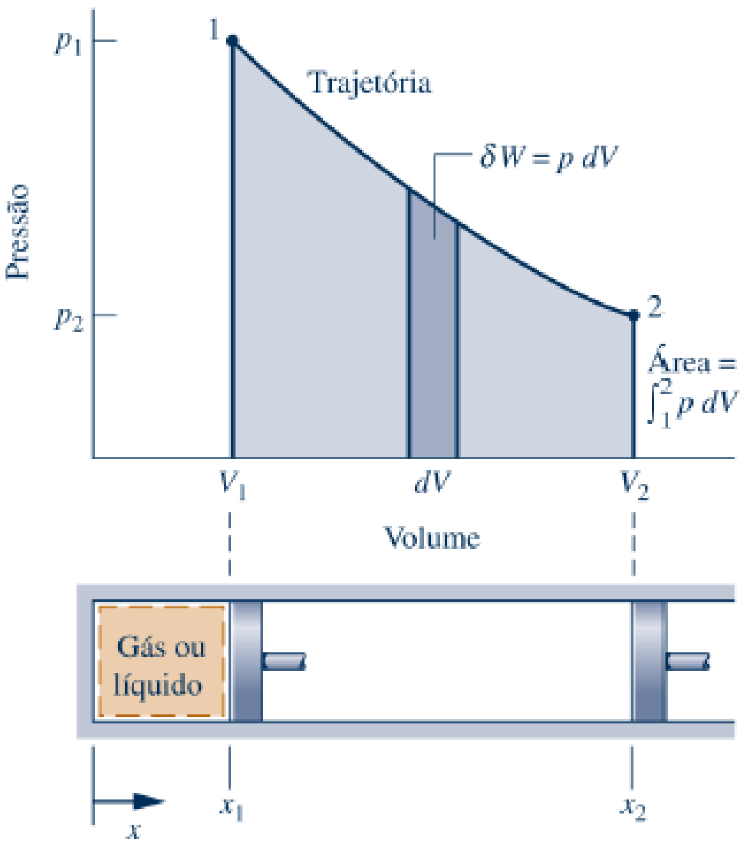


Fig. 2.7 Trabalho de um processo de expansão ou compressão em quase equilíbrio.

$pV^n = cte$	$\rightarrow$	*Processo politrópico*
$n = 0$	$\rightarrow$	*Processo isobárico*
$n = 1$	$\rightarrow$	*Processo isotérmico*
$n = k = \frac{cp}{cv}$	$\rightarrow$	*Processo isentrópico*
$n = +\infty$	$\rightarrow$	*Processo isocórico*

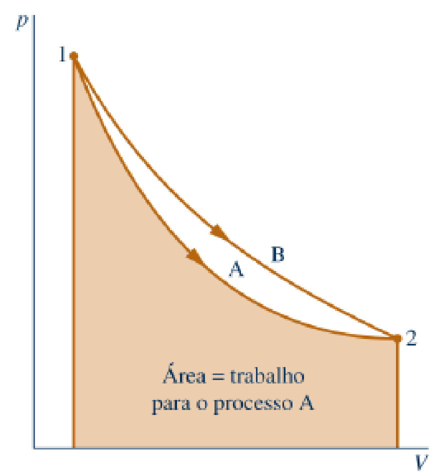


Fig. 2.8 Ilustração de que o trabalho depende do processo.

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

Exemplo

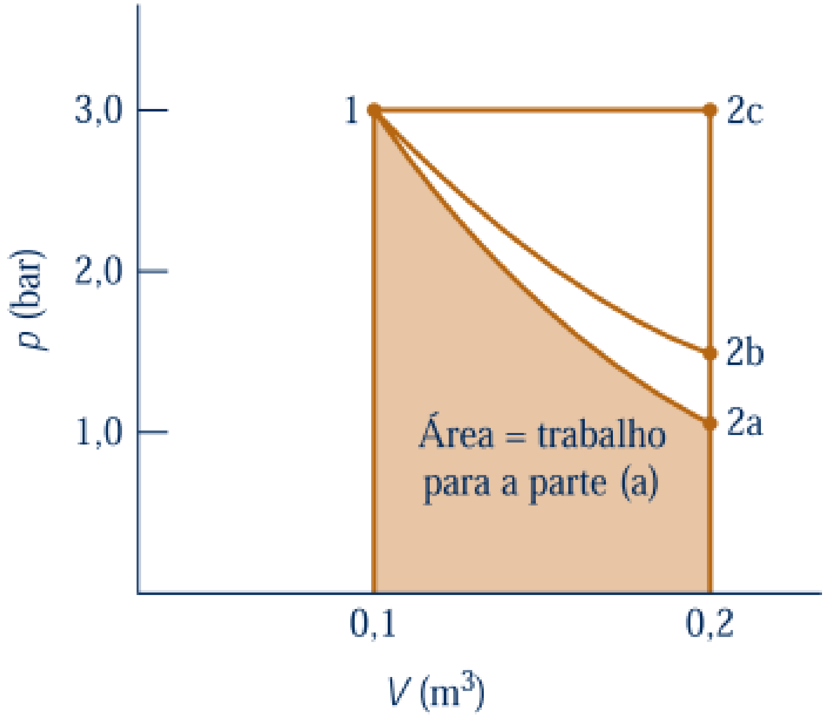
Avaliando Trabalho de Expansão

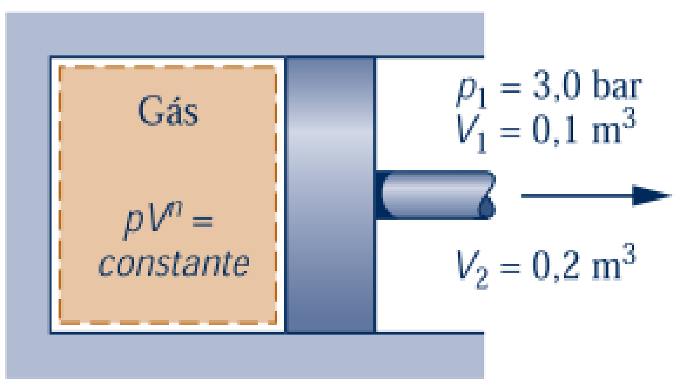
Um gás em um conjunto cilindro - pistão passa por um processo de expansão, cuja relação entre a pressão e o volume é dada por

$$pV^n = constante$$

A pressão inicial é de 3 bar, o volume inicial é de 0,1 m³ e o volume final é de 0,2 m³. Determine o trabalho para o processo, em kJ, no caso de

(a) n = 1,5 (b) n = 1,0 (c) n = 0.





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

Outros tipos de Trabalho

Eixo

$T = F.r$

$s = 2\pi.r.N = \omega.r$

$W = F.s = \frac{F}{r}\omega.r$

$\boxed{W = T.\omega}$

Mola

$F = k.x$

$W = \int_1^2 k.x.dx \quad \rightarrow \quad \boxed{W = k.\frac{x_2^2 - x_1^2}{2}}$

Campo Elétrico

$\boxed{\delta W = -\vec{E}d(V\vec{P})}$

$V \rightarrow Volume$

$\vec{E} \rightarrow intensidade\ do\ campo\ elétrico$

$\vec{P} \rightarrow momento\ do\ dipolo\ elétrico$

Campo Magnético

$\boxed{\delta W = -\mu_o\vec{H}d(V\vec{M})}$

$V \rightarrow Volume$

$\vec{H} \rightarrow intensidade\ do\ campo\ magnético$

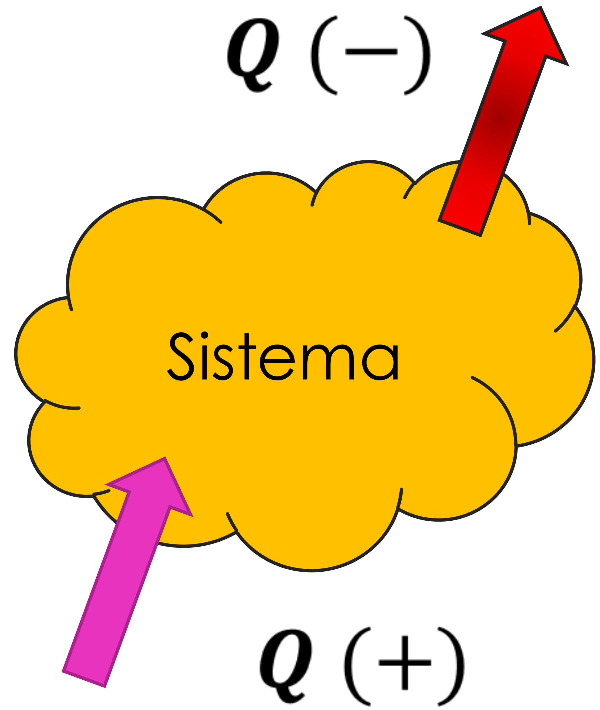
$\vec{M} \rightarrow momento\ do\ dipolo\ magnético$

Convenção de sinais para calor

Convenção de sinais:

$Q > 0$: transferência de calor <u>para</u> o sistema

$Q < 0$: transferência de calor <u>do</u> sistema



$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q}\,dt \quad [J] \qquad\qquad \dot{Q}[W]$$

→ Fluxo de calor; a taxa de transferência de calor por unidade de área de superfície do sistema.

$$Q = \int_A q"dA \quad [J] \qquad\qquad q"[W/m^2]$$

Calor não é uma propriedade do sistema ou vizinhança.

$$Q = \int_1^2 \delta Q \quad [J] \qquad Q \neq Q_2 - Q_1$$

$$\textit{depende do caminho do processo}$$

Transferência de Calor

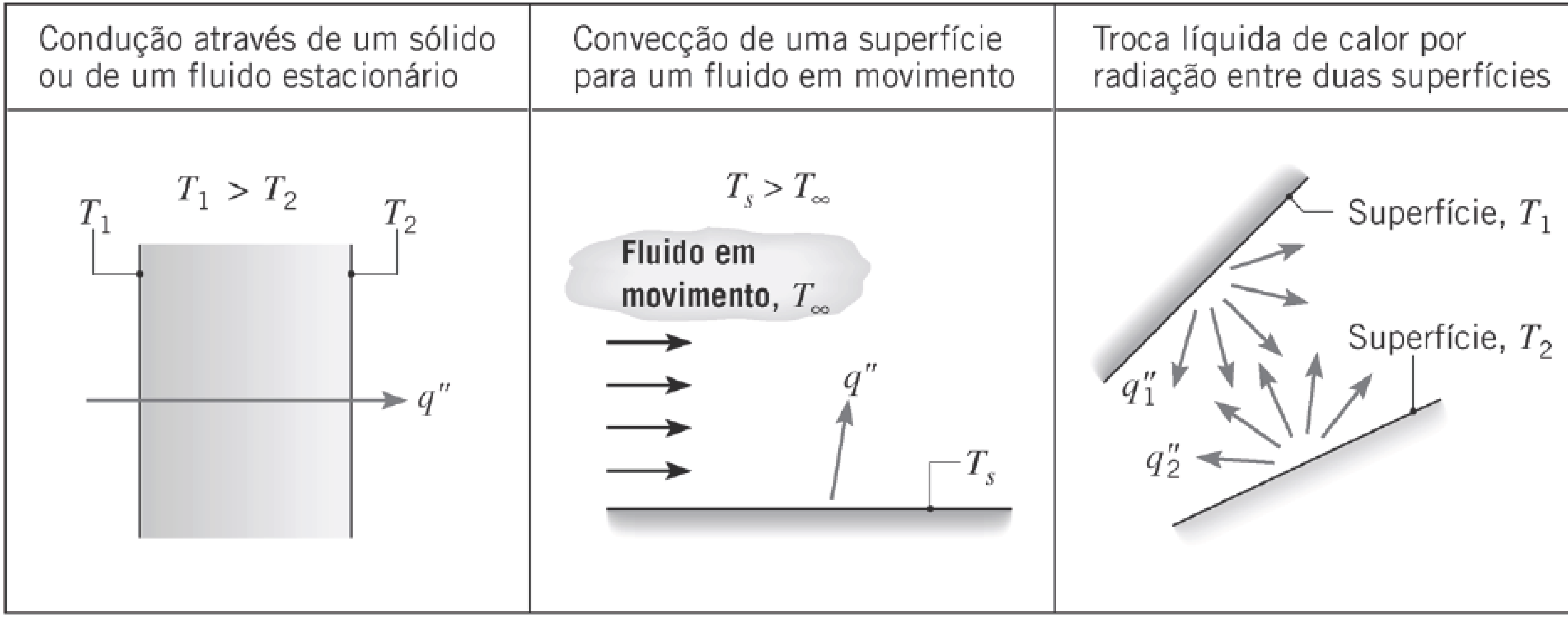


FIGURA 1.1 Modos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

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

Transferência de Calor - Condução

Lei de Fourier

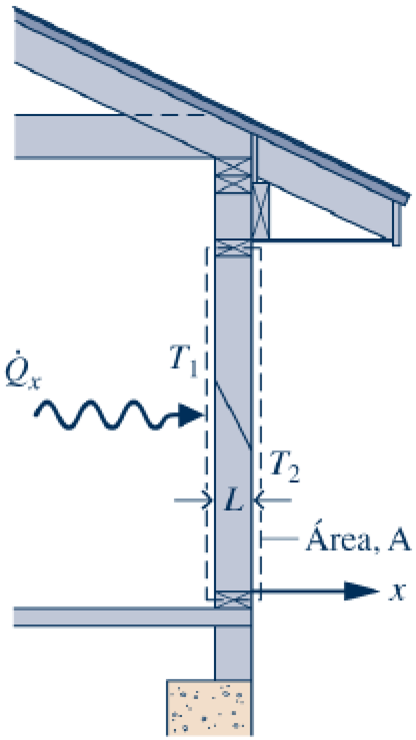
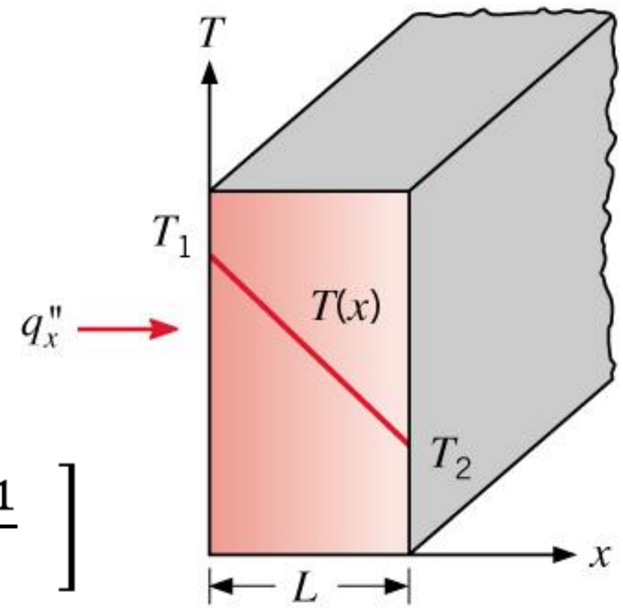


Fig. 2.12 Ilustração da lei de Fourier da condução de calor.

$$\dot{Q}_x = -kA\frac{dT}{dx}$$



$$\dot{Q}_x = -kA\left[\frac{T_2 - T_1}{L}\right]$$

$$\dot{Q}_{cd} = kA\left[\frac{T_1 - T_2}{L}\right]$$

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

Transferência de Calor (Radiação)

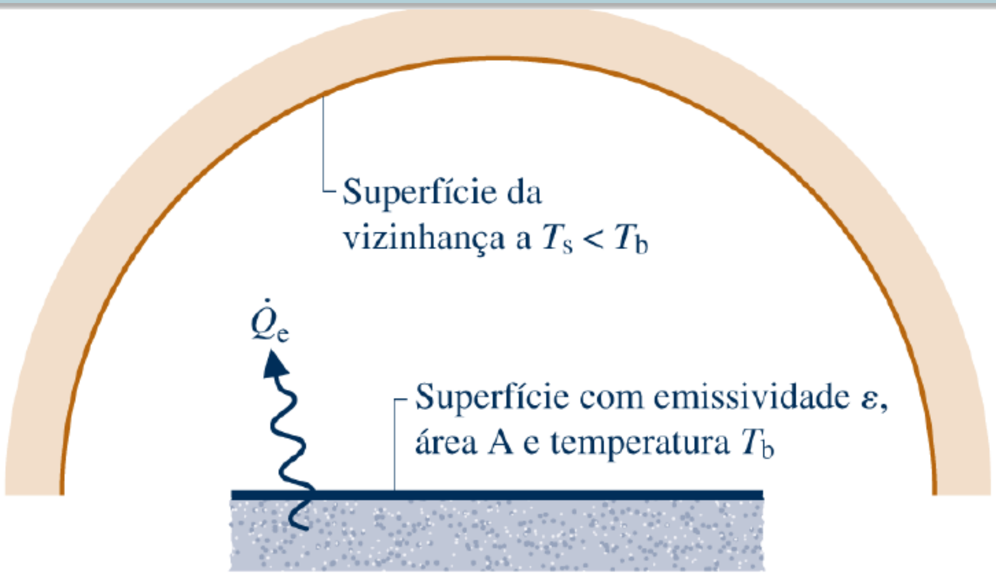


Fig. 2.13 Troca líquida de radiação.

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon\sigma A\left[T_s^4 - T_{viz}^4\right] \qquad \dot{Q}_e = \varepsilon\sigma A[T_s^4]$$

$$\sigma = 5{,}67\,.\,10^{-8}\,W/m^2.K^4$$

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

Transferência de Calor (Convecção)

Lei de Resfriamento de Newton

$$\dot{Q}_{cv} = hA[T_s - T_\infty]$$

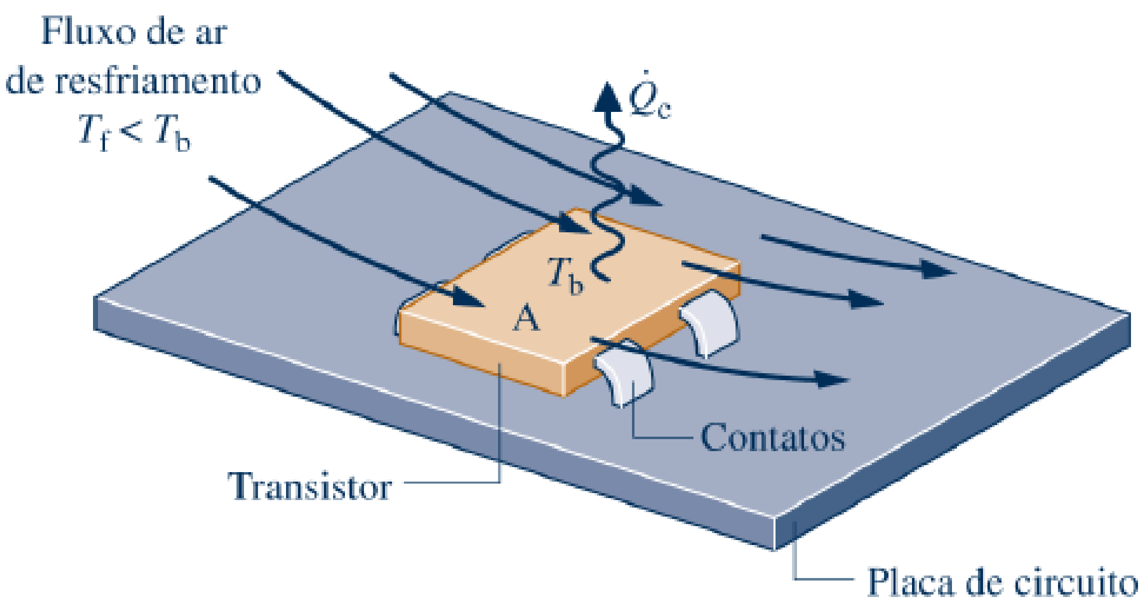


Fig. 2.14 Ilustração da lei do resfriamento de Newton.

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

Exercícios

Uma parede plana composta consiste em uma camada de isolante de 75 mm de espessura (k_i = 0,05 W/m.K) e uma camada de tijolos de 25 mm de espessura (k = 0,10 W/m.K). A temperatura interna relativa ao isolante é 20°C. A temperatura externa dos tijolos é –13°C. Determine, em regime permanente,

(a) a temperatura na interface entre as duas cama- das, em °C;

(b) a taxa de transferência de calor através da parede, em W por m^2 de área de superfície.

$$\dot{Q}_{cd} = kA\left[\frac{T_1 - T_2}{L}\right]$$

Exercícios

Um corpo cuja área superficial é 0,5 m², emissividade é 0,8 e temperatura é 150°C é colocado em uma grande câmara de vácuo, cujas paredes estão a 25°C. Qual a taxa de radiação *emitida* pela superfície, em W? Qual a taxa *líquida* de radiação *trocada* entre a superfície e as paredes da câmara, em W?

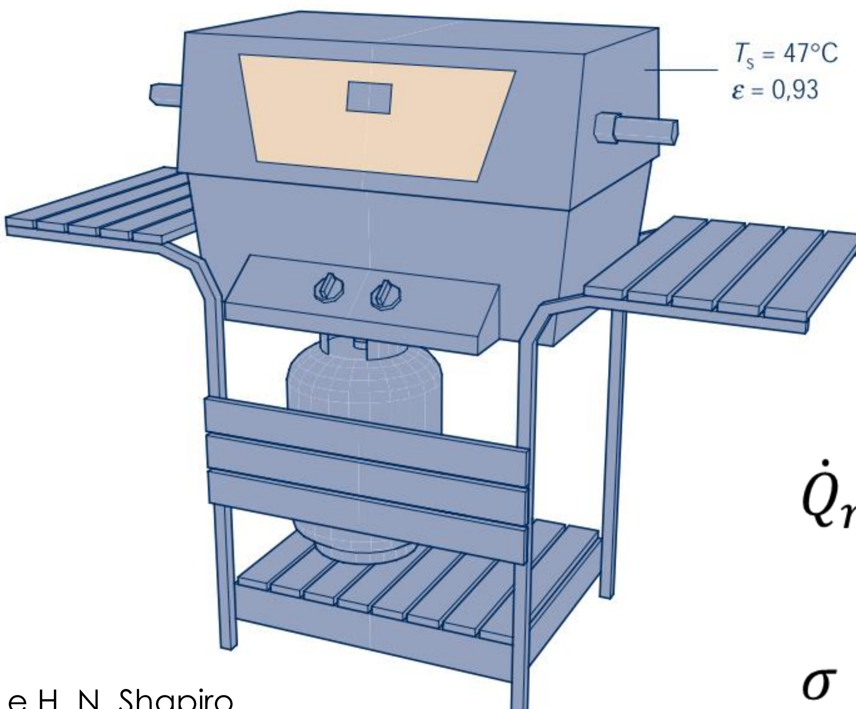
$$\dot{Q}_e = \varepsilon \sigma A[T_s^4]$$

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon \sigma A\left[T_s^4 - T_{viz}^4\right]$$

$$\sigma = 5{,}67 \,.\, 10^{-8}\, W/m^2.K^4$$

Exercícios

2.52 A superfície externa da grelha com cobertura mostrada na Fig. P2.52 está a 47°C e sua emissividade corresponde a 0,93. O coeficiente de transferência de calor por convecção entre a grelha e a vizinhança é 10 W/m^2 · K. Determine a taxa líquida de transferência de calor entre a grelha e a vizinhança por convecção e radiação, em kW por m^2 de área de superfície.



$$\dot{Q}_{cv} = hA[T_s - T_\infty]$$

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon\sigma A\left[T_s^4 - T_{viz}^4\right]$$

$$\sigma = 5{,}67\,.\,10^{-8}\,W/m^2.K^4$$

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