

Física do calor

F.S. Navarra

navarra@if.usp.br

edisciplinas.if.usp.br

(buscar: física do calor)

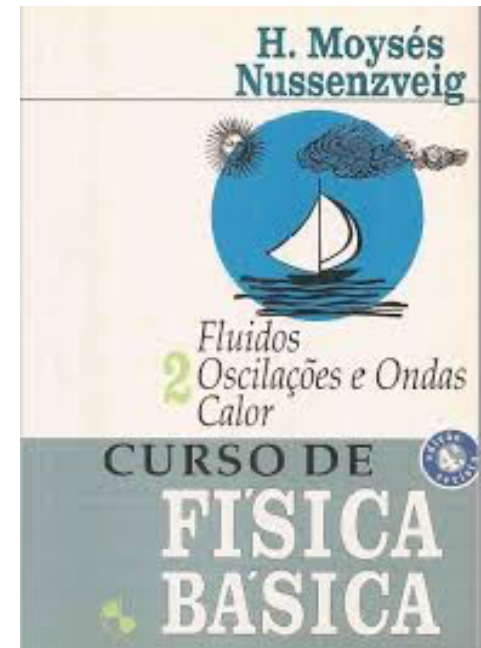
Bibliografia

Curso de Física Básica - 2

H. Moysés Nussenzveig

Ed. Edgard Blücher

Capítulos 7 - 12



Avaliação

Três provas : P1 P2 P3

Média : $P = (P1 + P2 + P3)/3$

Calendário Noturno

365 Agosto 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
31			1	2	3	4	5
32	6	7	8	9	10	11	12
33	13	14	15	16	17	18	19
34	20	21	22	23	24	25	26
35	27	28	29	30	31		

365 Setembro 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
35						1	2
36	3	4	5	6	7	8	9
37	10	11	12	13	14	15	16
38	17	18	19	20	21	22	23
39	24	25	26	27	28	29	30

365 Outubro 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
40	1	2	3	4	5	6	7
41	8	9	10	11	12	13	14
42	15	16	17	18	19	20	21
43	22	23	24	25	26	27	28
44	29	30	31				

365 Novembro 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
44				1	2	3	4
45	5	6	7	8	9	10	11
46	12	13	14	15	16	17	18
47	19	20	21	22	23	24	25
48	26	27	28	29	30		

365 Dezembro 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
48						1	2
49	3	4	5	6	7	8	9
50	10	11	12	13	14	15	16
51	17	18	19	20	21	22	23
52	24	25	26	27	28	29	30
1	31						

29/08 1ª Prova Diurno

31/08 1ª Prova Noturno

10/10 2ª Prova Diurno

09/10 2ª Prova Noturno

28/11 3ª Prova Diurno

30/11 3ª Prova Noturno

Calendário Diurno

365 Setembro 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
35						1	2
36	3	4	5	6	7	8	9
37	10	11	12	13	14	15	16
38	17	18	19	20	21	22	23
39	24	25	26	27	28	29	30

365 Outubro 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
40	1	2	3	4	5	6	7
41	8	9	10	11	12	13	14
42	15	16	17	18	19	20	21
43	22	23	24	25	26	27	28
44	29	30	31				

365 Novembro 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
44				1	2	3	4
45	5	6	7	8	9	10	11
46	12	13	14	15	16	17	18
47	19	20	21	22	23	24	25
48	26	27	28	29	30		

365 Agosto 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
31			1	2	3	4	5
32	6	7	8	9	10	11	12
33	13	14	15	16	17	18	19
34	20	21	22	23	24	25	26
35	27	28	29	30	31		

365 Dezembro 2018

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
48						1	2
49	3	4	5	6	7	8	9
50	10	11	12	13	14	15	16
51	17	18	19	20	21	22	23
52	24	25	26	27	28	29	30
1	31						

29/08 1ª Prova Diurno

31/08 1ª Prova Noturno

10/10 2ª Prova Diurno

09/10 2ª Prova Noturno

28/11 3ª Prova Diurno

27/11 3ª Prova Noturno

Aula 1

Equilíbrio Térmico e Temperatura

Termodinâmica

Dinâmica do calor = movimento do calor e suas causas

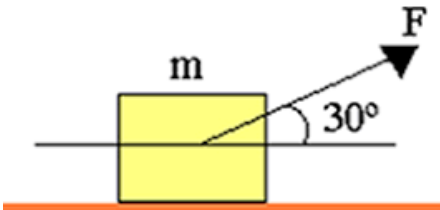
Calor = energia em trânsito = mudança de temperatura

Mecânica

Sistemas com poucas partículas

Leis de Newton

Variável mais importante:
coordenada



$$F = ma$$

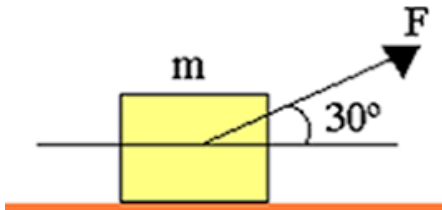
$$x = x(t)$$

Mecânica

Sistemas com poucas partículas

Leis de Newton

Variável mais importante:
coordenada



$$F = ma$$

$$x = x(t)$$

Termodinâmica

Sistemas com muitas partículas $\simeq 10^{23}$

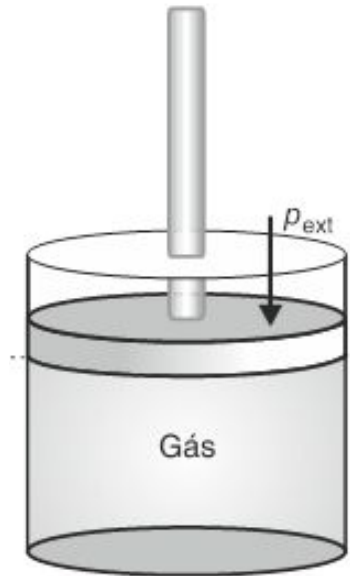
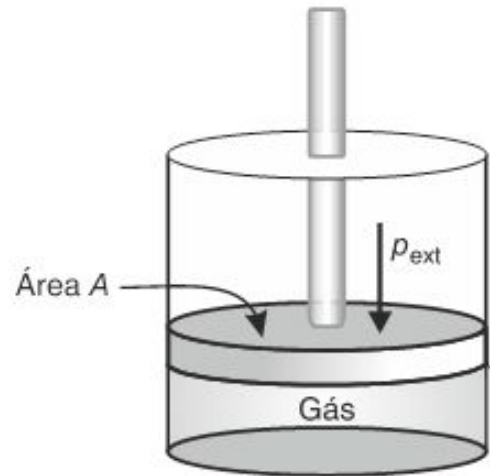
Leis da termodinâmica

Variáveis mais importantes:
pressão
volume
temperatura

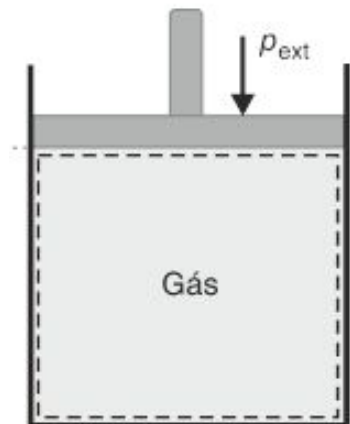
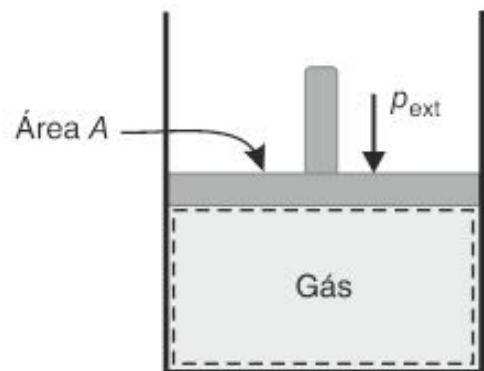
Variáveis macroscópicas

Termodinâmica

Expansão de um gás contido em um cilindro de "tampa" móvel



êmbolo, pistão



Origem da Termodinâmica

Ciência experimental do século 19

Motivação tecnológica : máquina a vapor

O "pai" da termodinâmica :

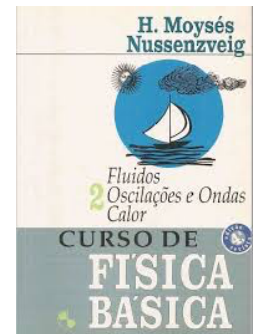
Sadi Carnot (1796 -1832)

"Reflexões sobre a
potência motriz do fogo"

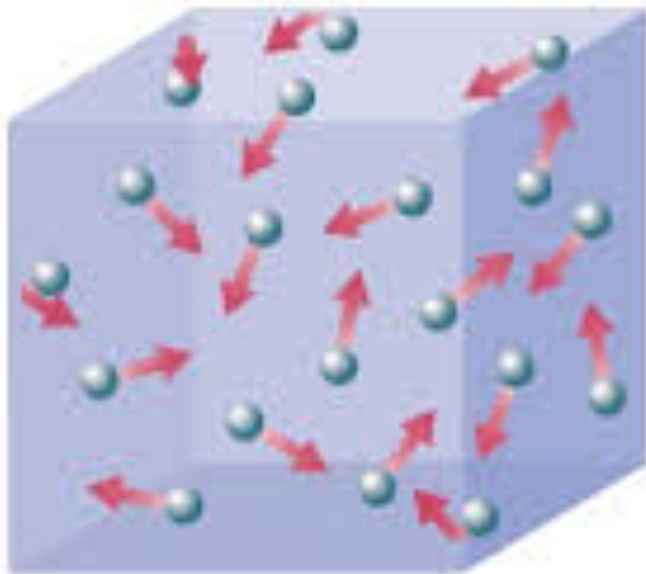


Temperatura

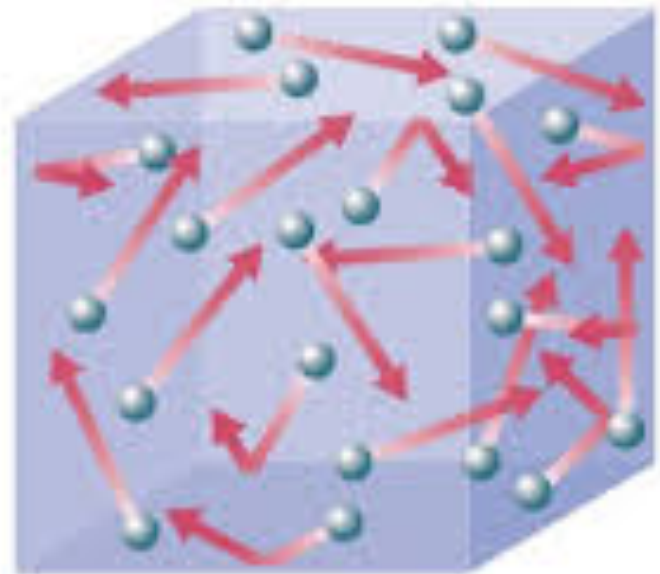
É a grandeza física relacionada à **velocidade média** das moléculas (ou átomos) que compõem um corpo ou sistema físico



Cap. 7



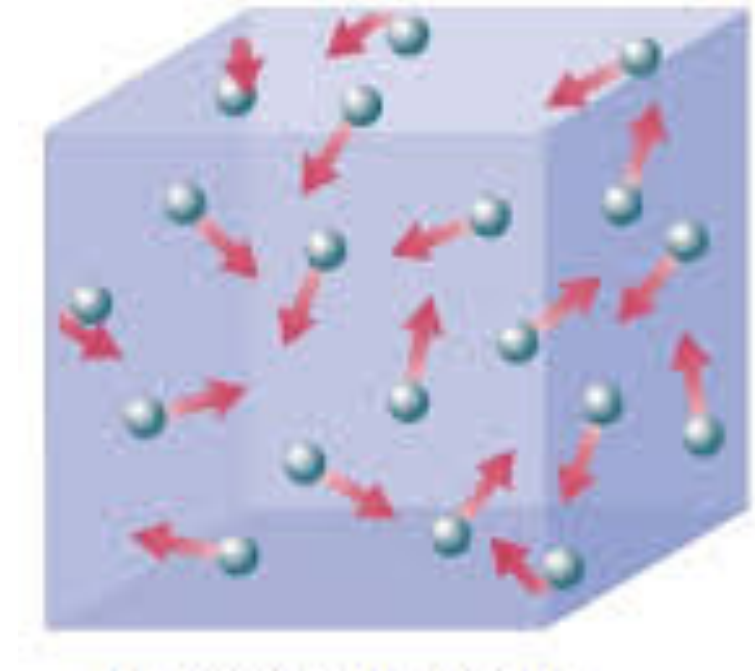
Menor temperatura



Maior temperatura

Sistema em Equilíbrio Térmico

Colisões caóticas entre as moléculas e com as paredes do recipiente



Sistema em Equilíbrio Térmico

Colisões caóticas entre as moléculas e com as paredes do recipiente

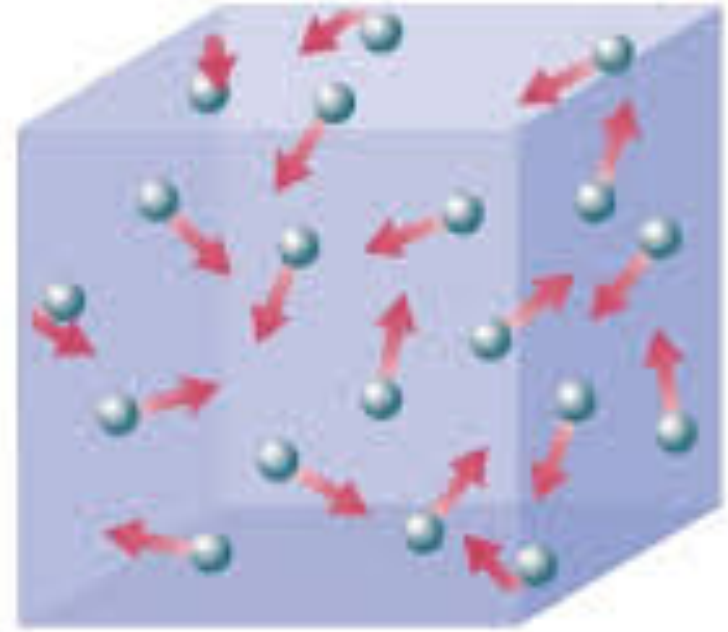
Distribuição de velocidades dada por:

$$f(v) = C e^{-mv^2/2kT}$$

C e k são constantes

v é o módulo da velocidade de uma molécula

m é a massa de uma molécula



Sistema em Equilíbrio Térmico

Colisões caóticas entre as moléculas e com as paredes do recipiente

Distribuição de velocidades dada por:

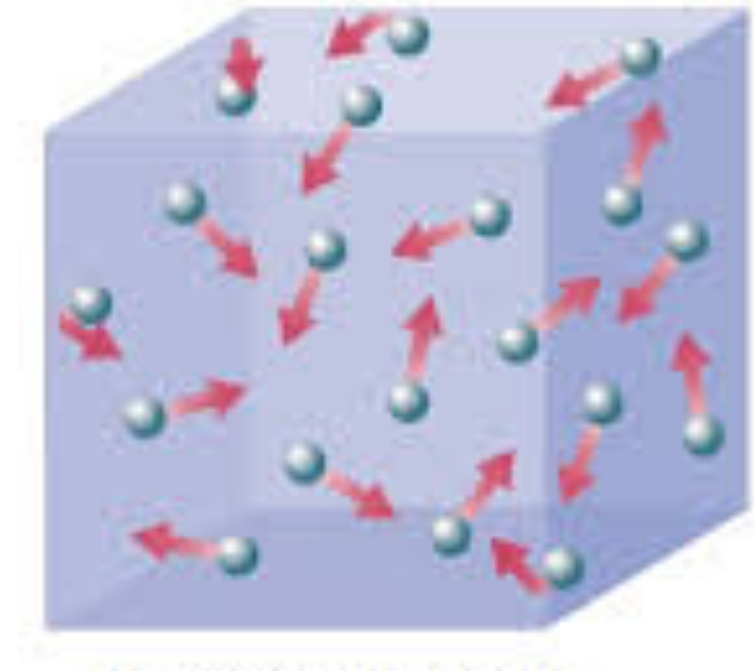
$$f(v) = C e^{-mv^2/2kT}$$

C e k são constantes

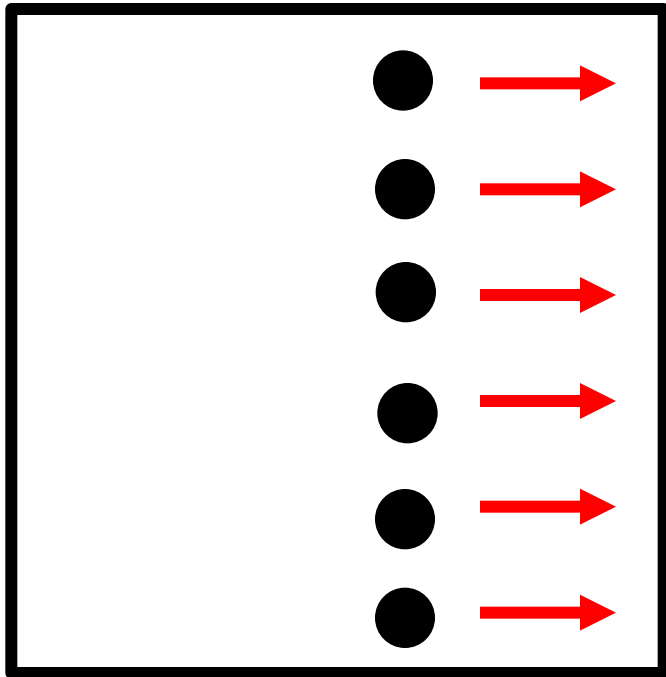
v é o módulo da velocidade de uma molécula

m é a massa de uma molécula

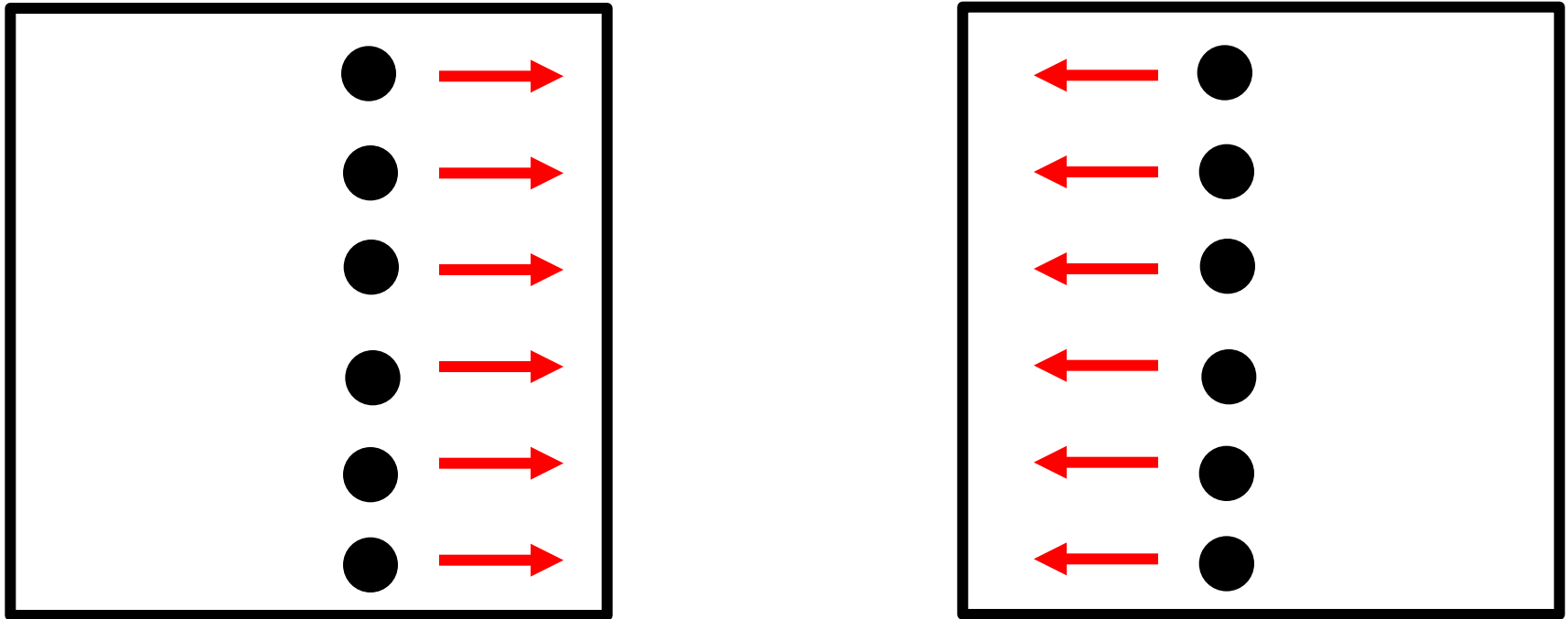
T é a temperatura. Um número extraído da distribuição



Sistema fora do Equilíbrio Térmico



Sistema fora do Equilíbrio Térmico

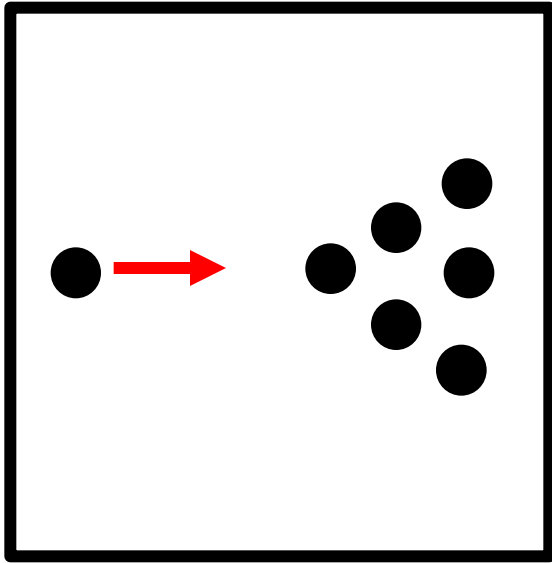


Distribuição de velocidades não é gaussiana !

Sistema não está em equilíbrio térmico e a temperatura não está definida !

Atingindo o Equilíbrio Térmico ("equilibração")

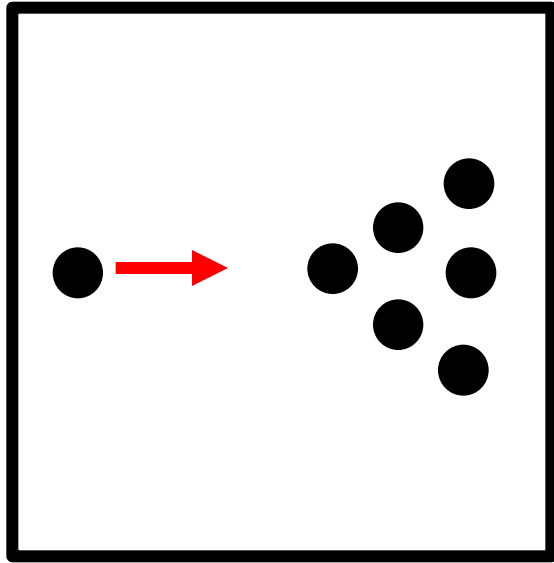
Bilhar de moléculas sem perda de energia (colisões elásticas)



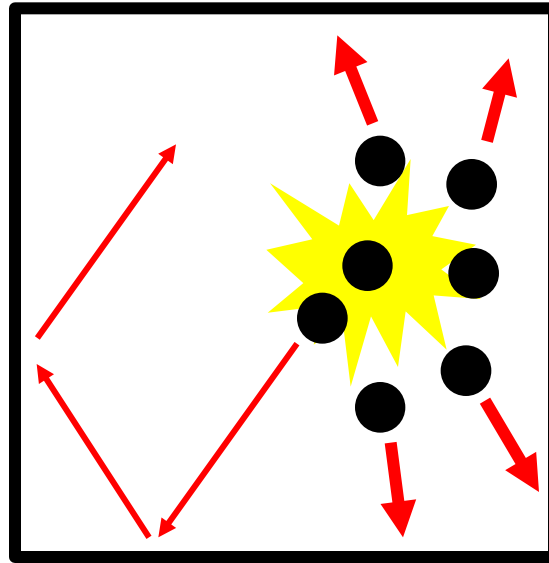
Fora do equilíbrio

Atingindo o Equilíbrio Térmico ("equilibração")

Bilhar de moléculas sem perda de energia (colisões elásticas)



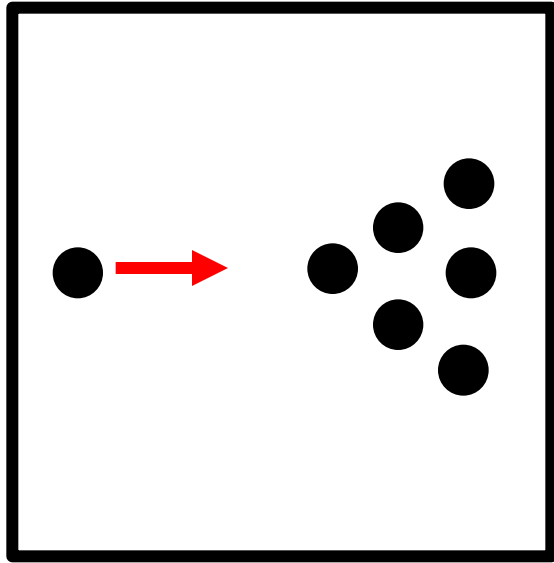
Fora do equilíbrio



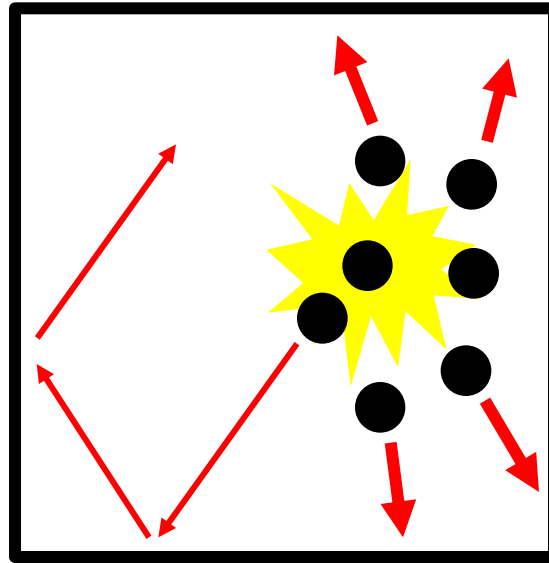
Equilibrando

Atingindo o Equilíbrio Térmico ("equilibração")

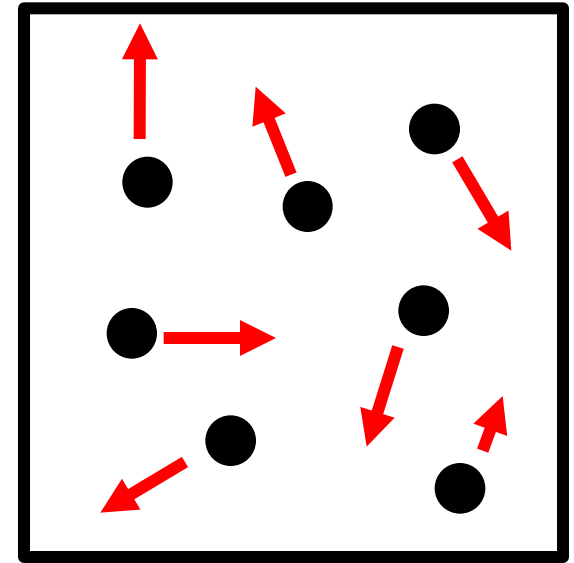
Bilhar de moléculas sem perda de energia (colisões elásticas)



Fora do equilíbrio



Equilibrando



Em equilíbrio

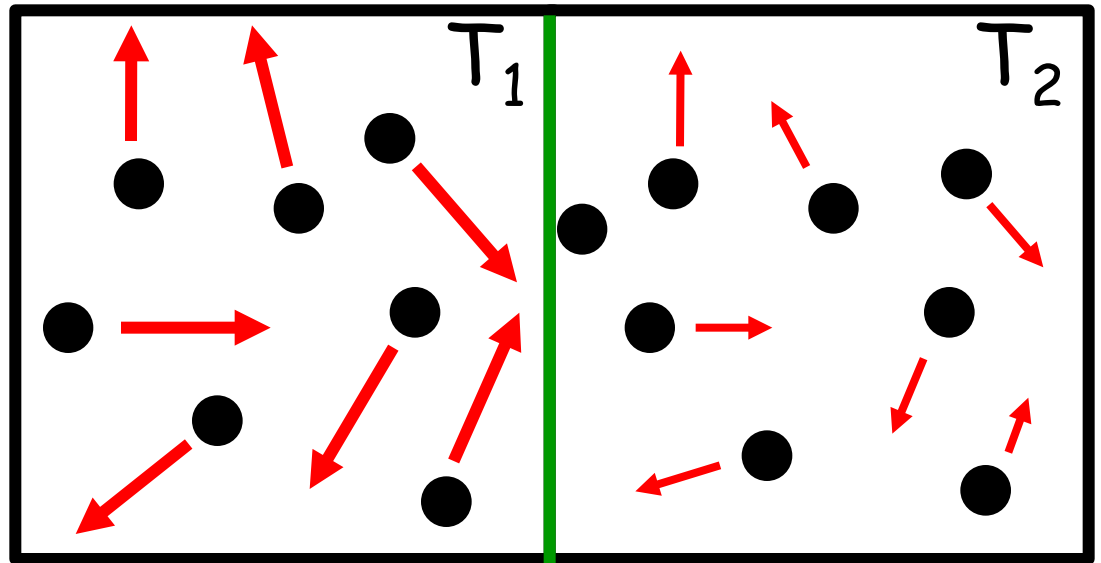
Uma vez atingido o equilíbrio térmico o sistema nele fica !

Temperatura e pressão constantes no tempo !

Contato térmico entre dois sistemas

antes

$$T_1 > T_2$$



Parede diatérmica
(deixa passar calor)

Parede adiabática
(não passa calor)

Contato térmico entre dois sistemas

antes

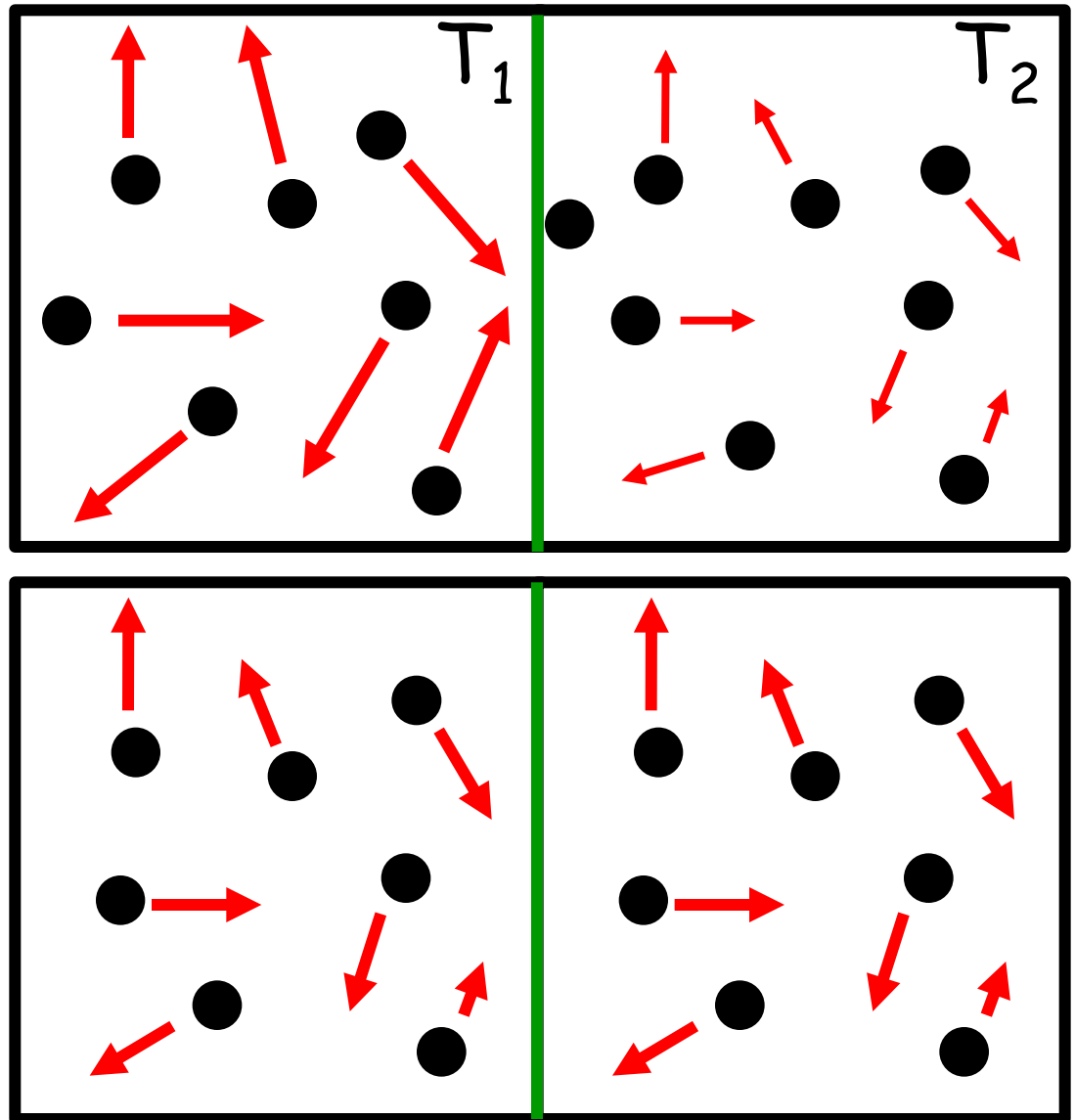
$$T_1 > T_2$$

Parede diatérmica
(deixa passar calor)

Parede adiabática
(não passa calor)

depois

$$T_1 = T_2$$



Os dois sistemas estão
em equilíbrio térmico !!

Contato térmico entre dois sistemas com temperaturas diferentes

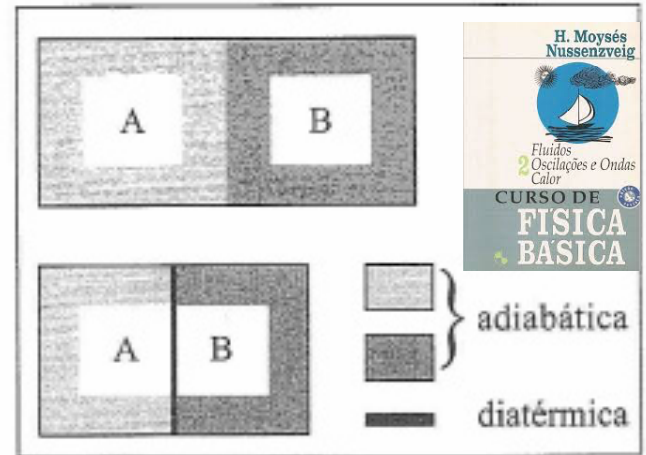


Figura 7.1 — Contato térmico

Lei zero da termodinâmica

"Se A está em equilíbrio com C e B está em equilíbrio com C, então A está em equilíbrio com B"

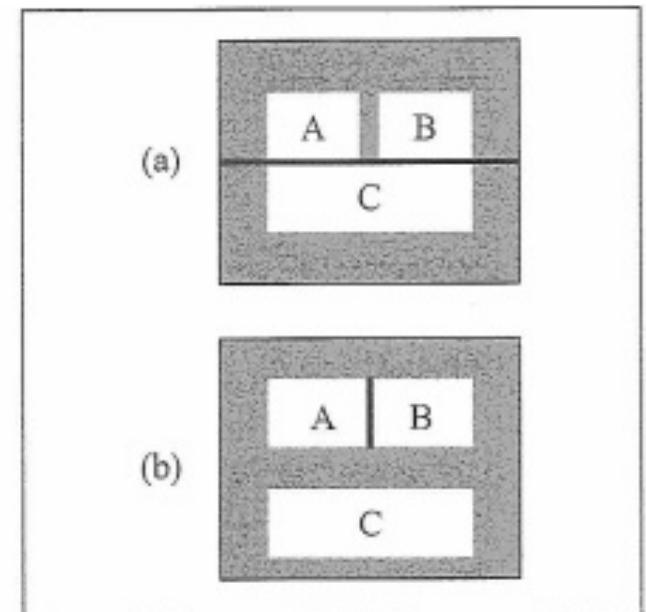
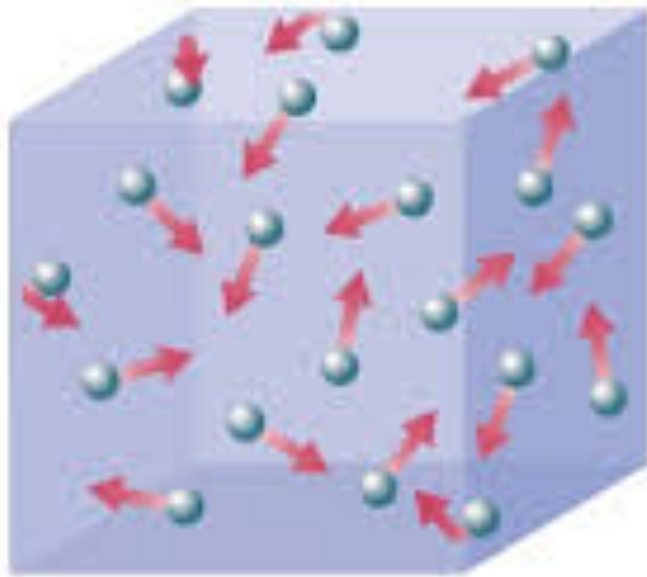


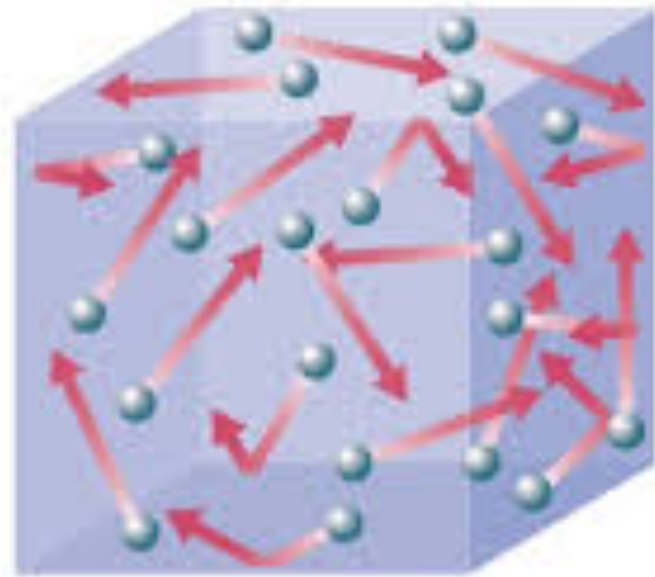
Figura 7.2 — Lei zero da termodinâmica

Pressão

Pressão = Força / Área (do recipiente)

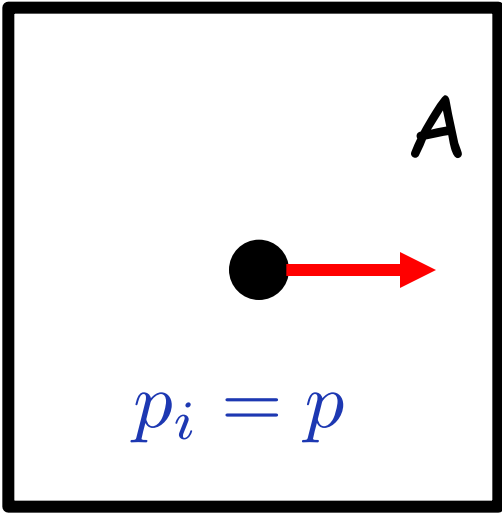


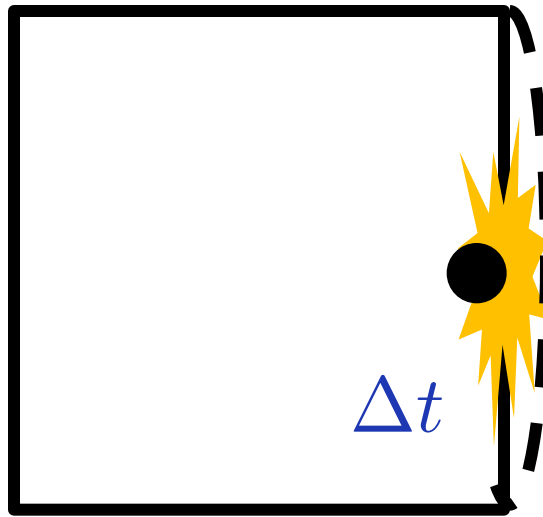
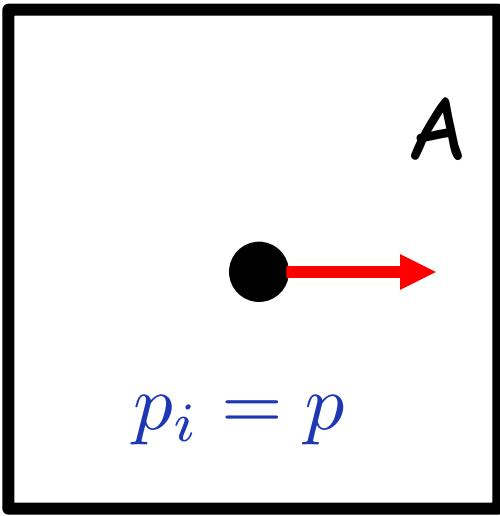
Menos pressão

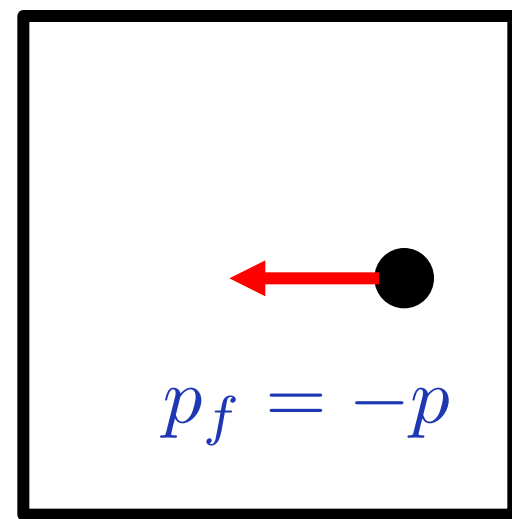
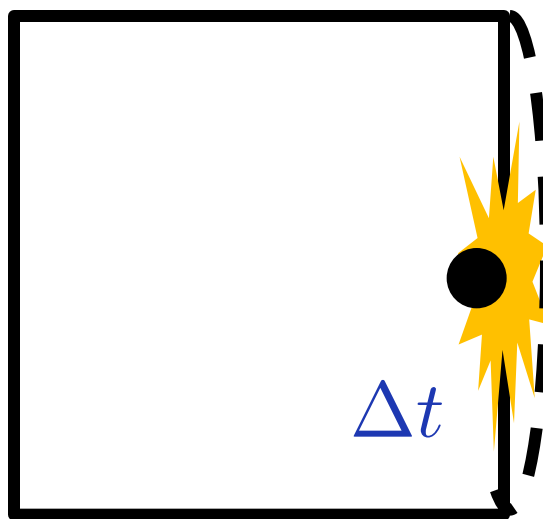
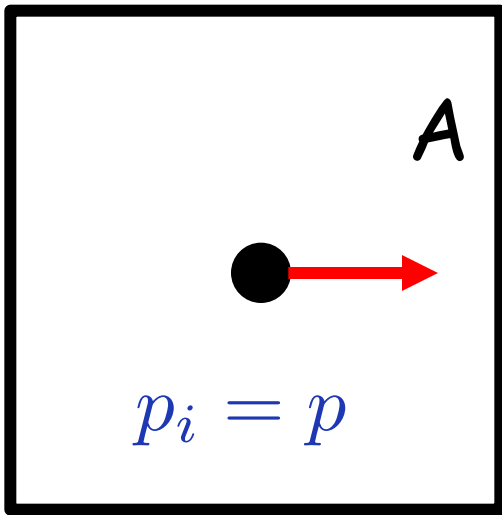


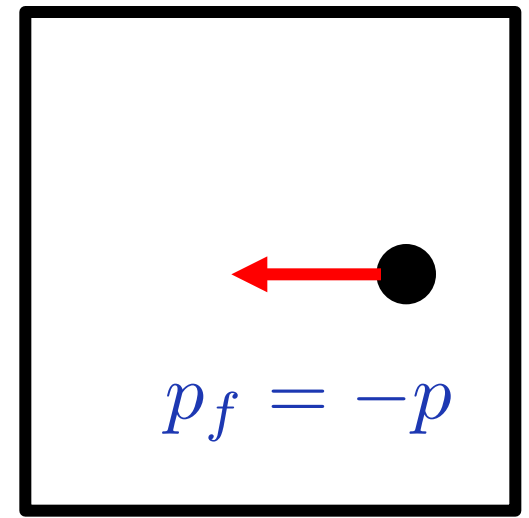
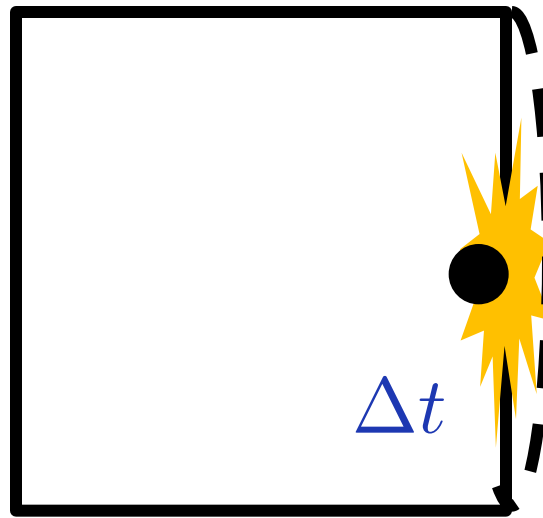
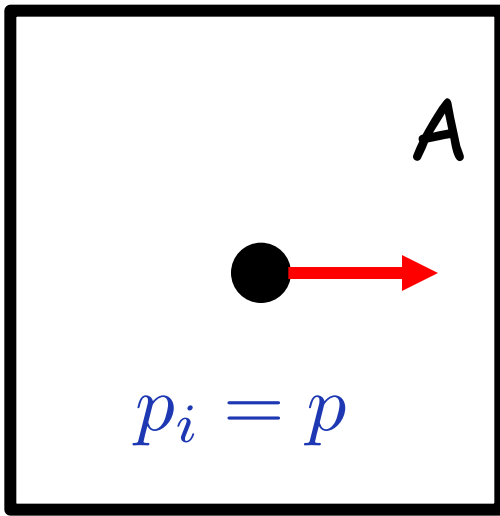
Mais pressão

Pressão existe sem equilíbrio térmico , temperatura não !









$$P = \frac{F}{A} \quad F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$\Delta p = p_f - p_i = -p - p = -2p$$

$$F = -\frac{2p}{\Delta t} \quad \longrightarrow \quad P = -\frac{2p}{A \Delta t} = -\frac{2mv}{A \Delta t}$$

maior velocidade (temperatura) maior pressão !

Fim