

# Termostática

F.S. Navarra

navarra@if.usp.br

[edisciplinas.if.usp.br](http://edisciplinas.if.usp.br)

(buscar: 4300259)

# Bibliografia

Curso de Física Básica - 2  
H. Moysés Nussenzveig  
Ed. Edgard Blücher  
Capítulos 7 - 12

Apostila de Termodinâmica  
Prof. Silvio Salinas

Apostila de Probabilidade  
Profa. Kalline Coutinho

Apostila de Termodinâmica  
Profa. Vera Henriques

Texto e slides  
Prof. Márcio Varela

Tudo está no site  
[edisciplinas.if.usp.br](http://edisciplinas.if.usp.br)

# Avaliação

Três provas : P1 P2 P3

Média :  $P = (P1 + P2 + P3)/3$

## Fevereiro

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
					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		

17: Fim do horário de verão

04 - Nova 12 - Cresc. 19 - Chela 26 - Ming.

## Março

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
					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						

5: Carnaval 6: Cinzas 8: Dia Internacional da Mulher  
20: Início do outono

06 - Nova 14 - Cresc. 20 - Chela 28 - Ming.

## Abril

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
	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				

19: Dia do Índio 21: Tiradentes

22: Descobrimto do Brasil

05 - Nova 12 - Cresc. 19 - Chela 26 - Ming.

## Maió

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
			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	

12: Dia das mães 1: Dia do Trabalho

04 - Nova 11 - Cresc. 18 - Chela 26 - Ming.

## Junho

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
						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						

20: Corpus Christi 12: Dia dos Namorados

21: Início do inverno

03 - Nova 10 - Cresc. 17 - Chela 25 - Ming.

Conteúdo:

Visão Microscópica da Termodinâmica

# Origem da Termodinâmica

Ciência experimental do século 19

Motivação tecnológica : máquina a vapor

O "pai" da termodinâmica :

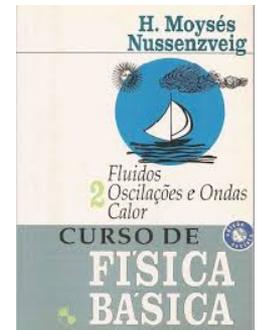
Sadi Carnot (1796 -1832)

"Reflexões sobre a  
potência motriz do fogo"

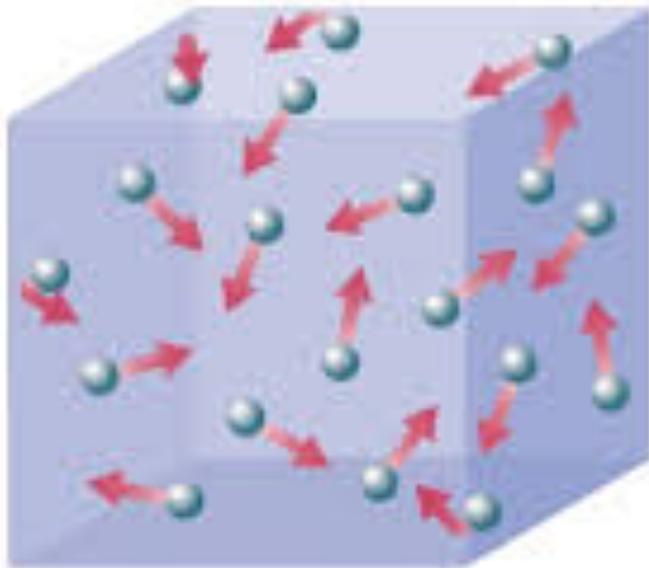


# Temperatura

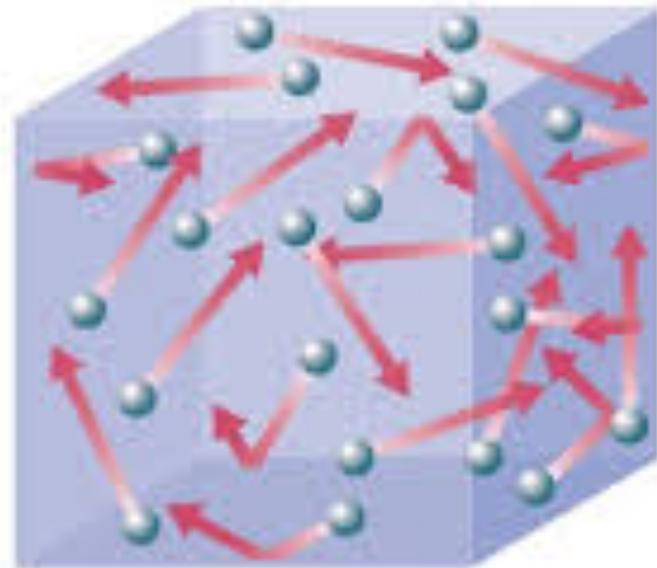
É a grandeza física relacionada à **velocidade média** das moléculas (ou átomos) que compõem um corpo ou sistema físico



Cap. 7



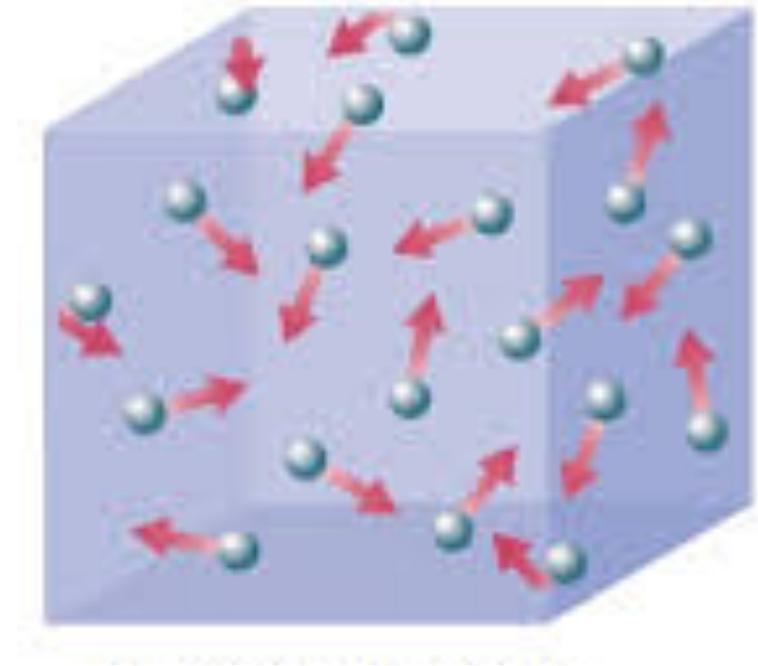
**Menor temperatura**



**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

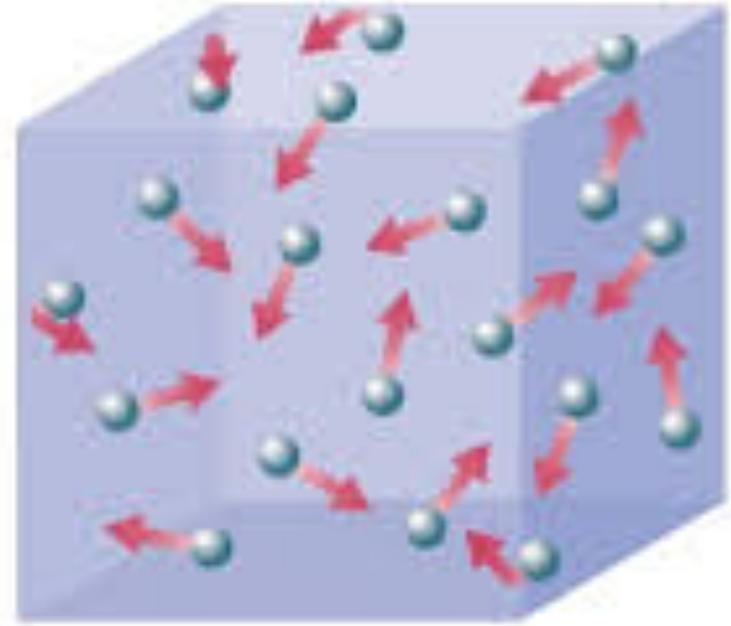
Distribuição de velocidades dada por:

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

$C$  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:

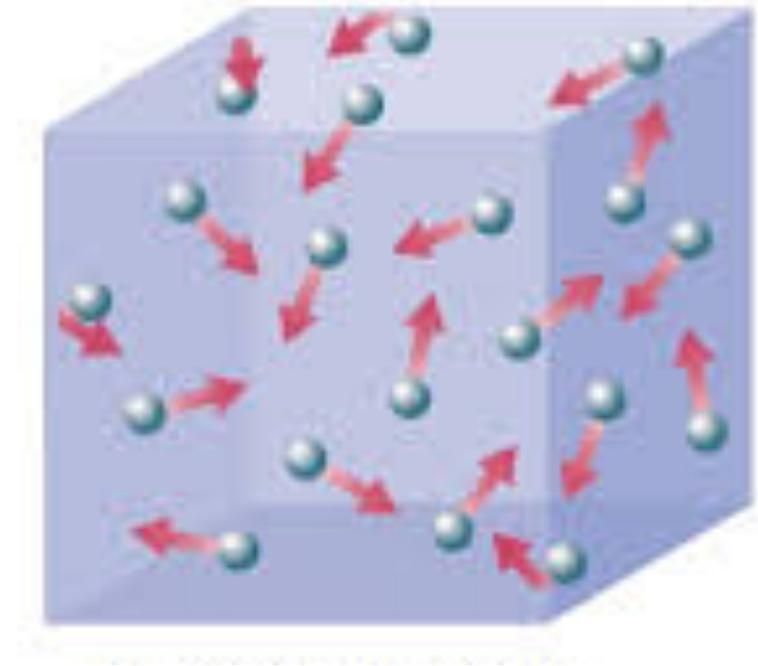
$$f(v) = C v^2 e^{-mv^2/2kT}$$

$C$  e  $k$  são constantes

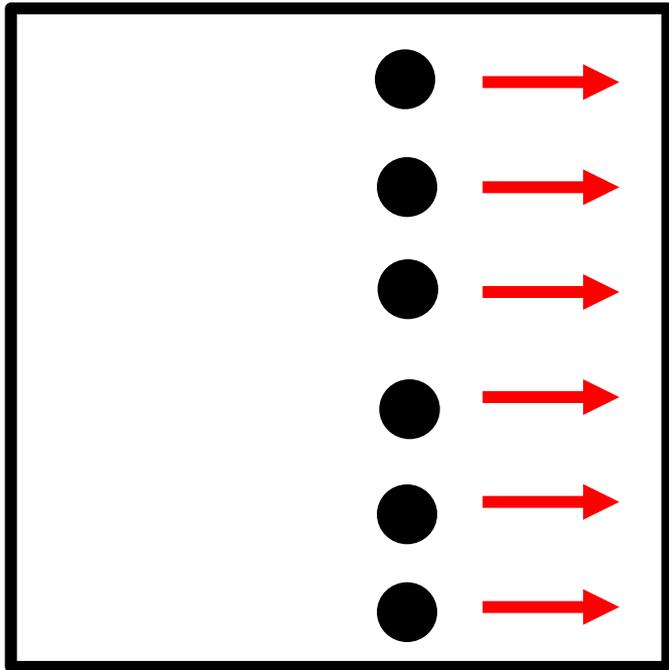
$v$  é o módulo da velocidade de uma molécula

$m$  é a massa de uma molécula

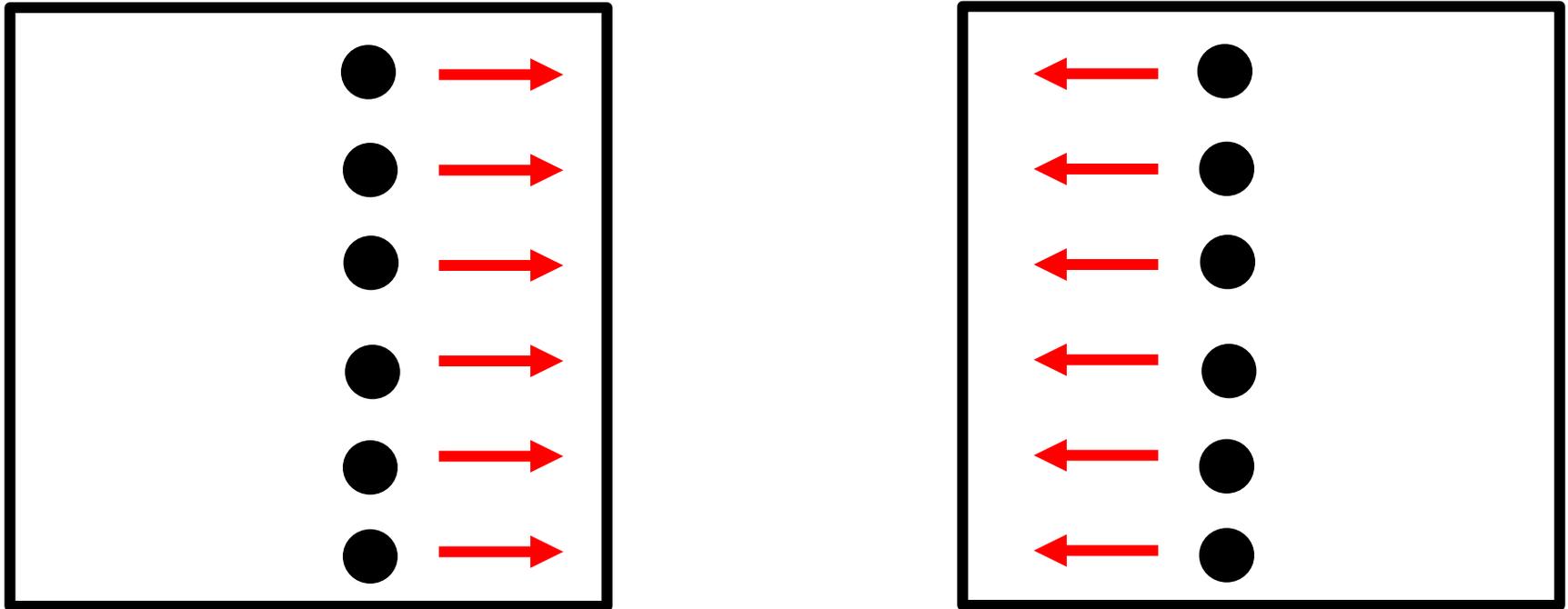
$T$  é a temperatura. Um número extraído da distribuição



# Sistema fora do Equilíbrio Térmico



# Sistema fora do Equilíbrio Térmico

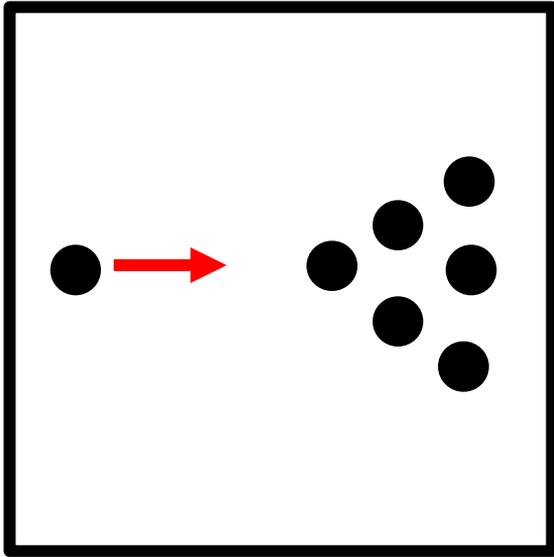


Distribuição de velocidades não é gaussiana !

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

# Atingindo o Equilíbrio Térmico ("equilibração")

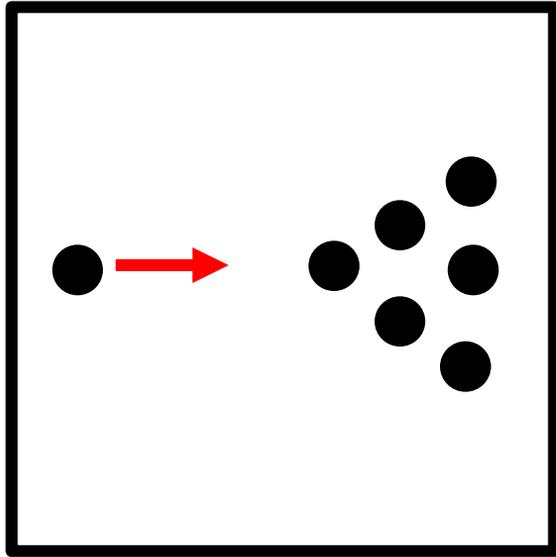
Bilhar de moléculas sem perda de energia (colisões elásticas)



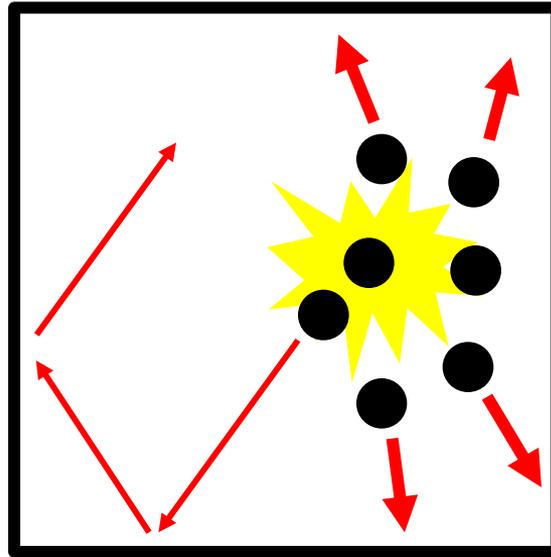
Fora do equilíbrio

# Atingindo o Equilíbrio Térmico ("equilibração")

Bilhar de moléculas sem perda de energia (colisões elásticas)



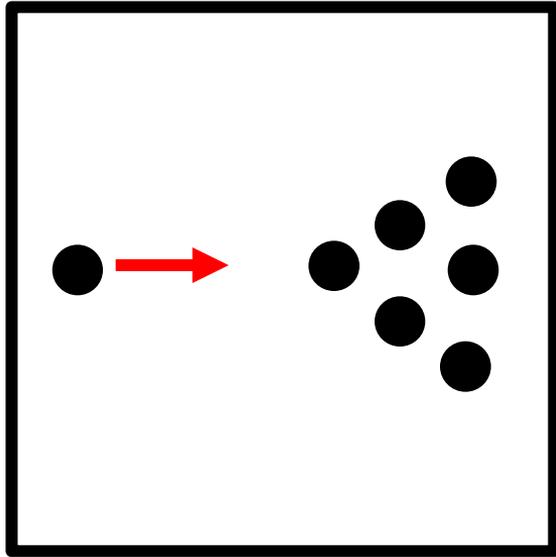
Fora do equilíbrio



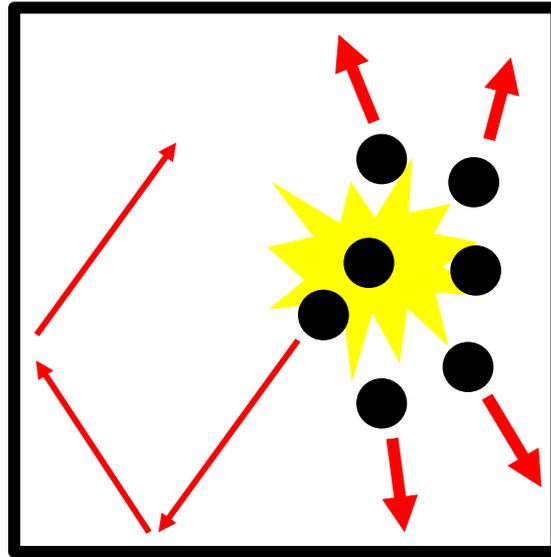
Equilibrando

# Atingindo o Equilíbrio Térmico ("equilibração")

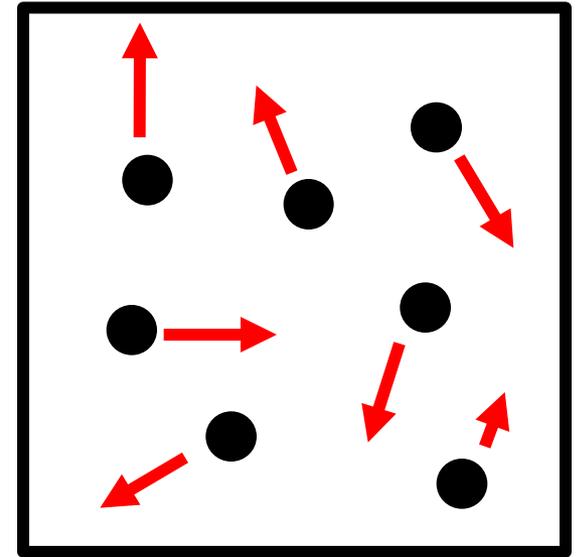
Bilhar de moléculas sem perda de energia (colisões elásticas)



Fora do equilíbrio



Equilibrando



Em equilíbrio

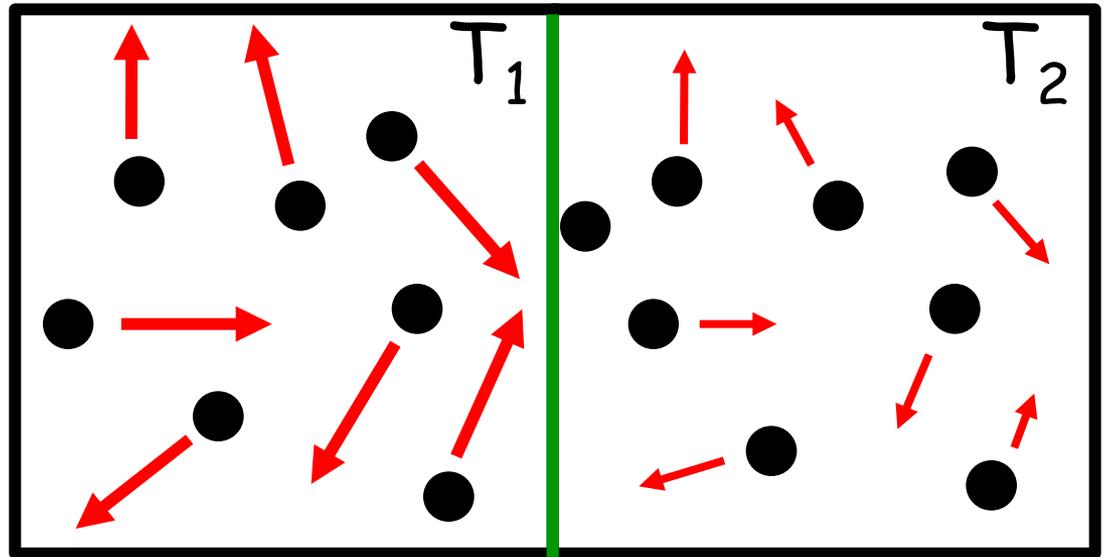
Uma vez atingido o equilíbrio térmico o sistema nele fica !

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

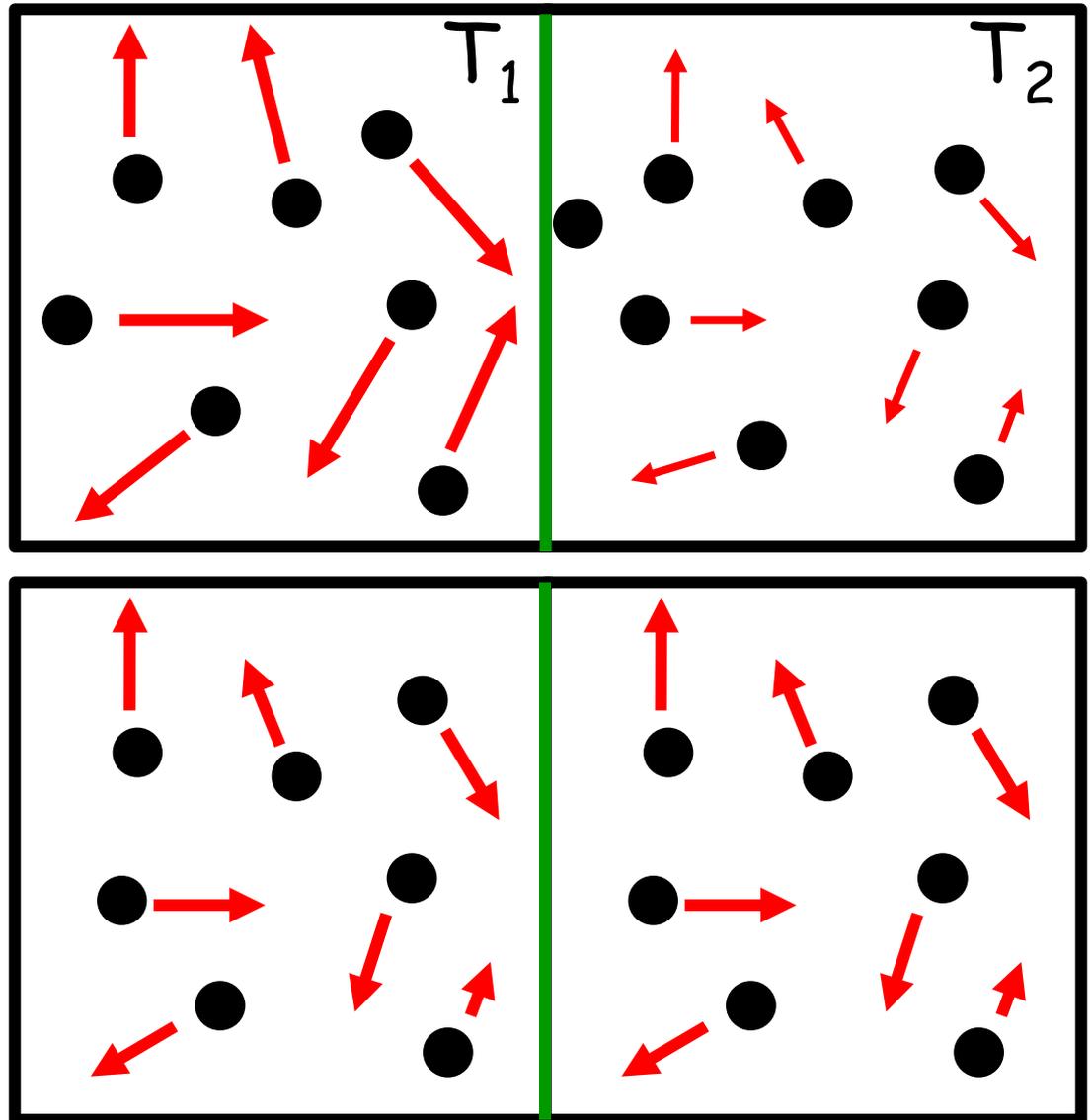
$$T_1 > T_2$$

Parede diatérmica  
(deixa passar calor)

Parede adiabática  
(não passa calor)

depois

$$T_1 = T_2$$



Os dois sistemas estão  
em equilíbrio térmico !!

# 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"

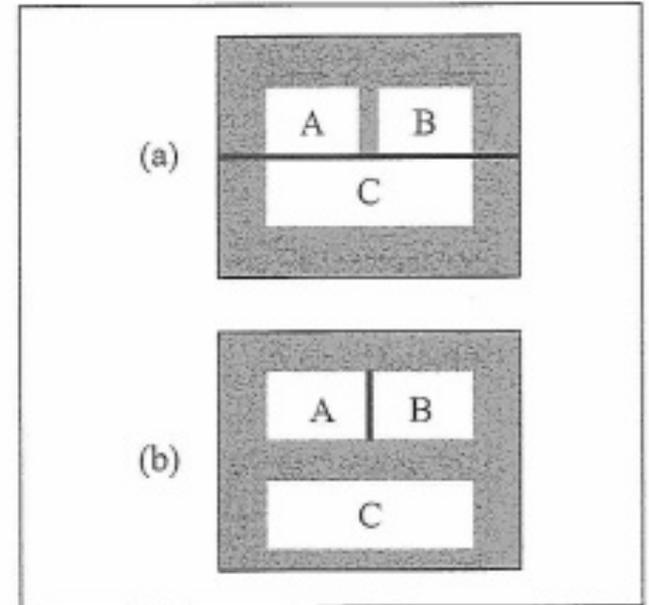


Figura 7.2 — Lei zero da termodinâmica

# Primeira Lei da Termodinâmica

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

Calor  
fornecido

Aumento da  
Energia Interna

Trabalho  
realizado

# Segunda Lei da Termodinâmica

$$\Delta S \geq 0$$

Para um sistema isolado a entropia permanece constante ou aumenta

## Neste curso:

Termodinâmica é derivada a partir da estatística do "bilhar microscópico"

