Física 3

(1/2015)

Fluidos, Termodinâmica, Ondas e Ótica

Aula 12

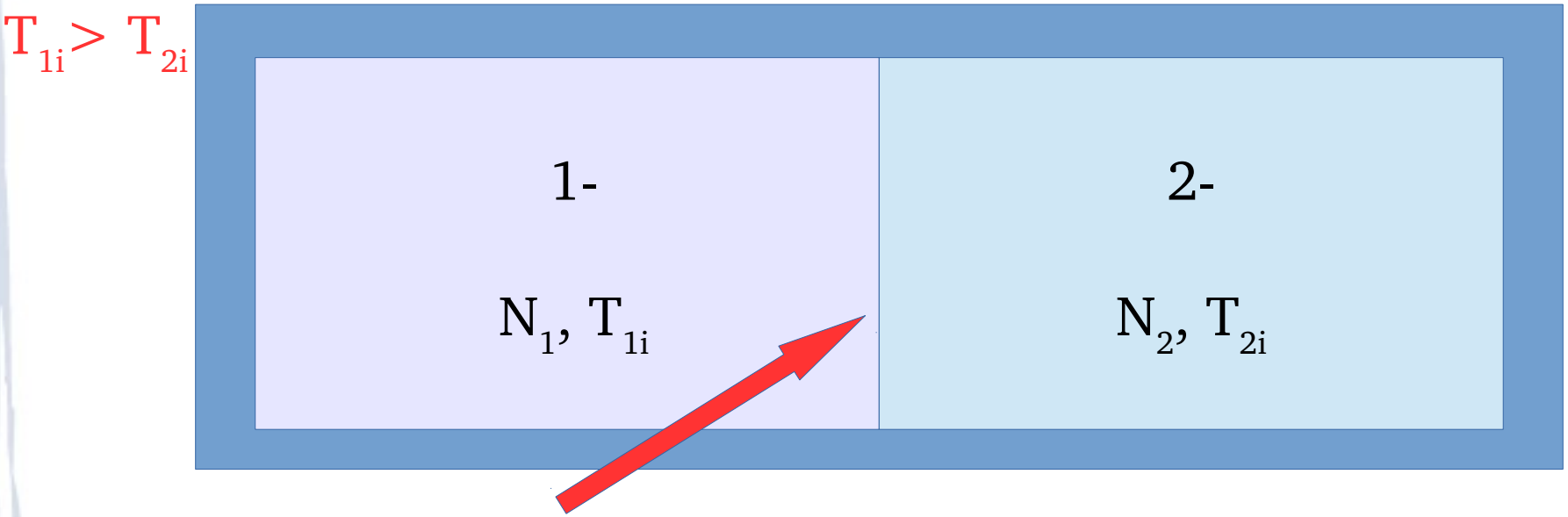
Carlos Eduardo Souza (Cadu)
carloseduardosouza@id.uff.br

Site: **cursos.if.uff.br/fisica3-0115/**

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Interações Térmicas e Calor

Consideremos o caso de dois **gases monoatômicos**



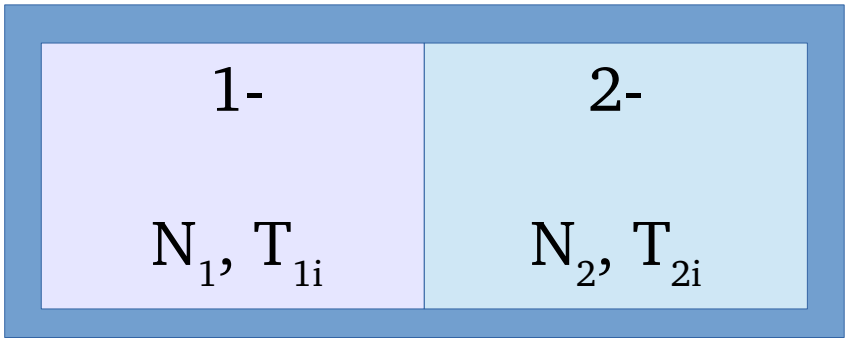
Barreira flexível que impede o movimento das partículas de um lado para outro.

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Interações Térmicas e Calor

Consideremos o caso de dois **gases monoatômicos**

$T_{1i} > T_{2i}$



$$E_{1i} = \frac{3}{2} n_1 R T_{1i} = \frac{3}{2} N \kappa_B T_{1i} \quad \therefore \quad \epsilon_{1i} = \frac{3}{2} \kappa_B T_{1i}$$

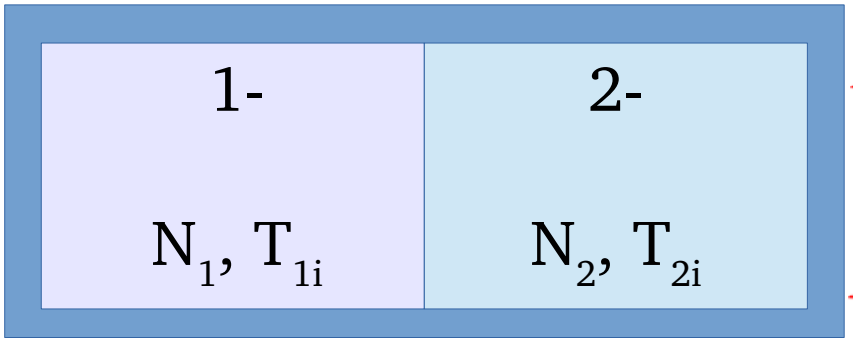
$$E_{2i} = \frac{3}{2} n_1 R T_{2i} = \frac{3}{2} N \kappa_B T_{2i} \quad \therefore \quad \epsilon_{2i} = \frac{3}{2} \kappa_B T_{2i}$$

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Interações Térmicas e Calor

Consideremos o caso de dois **gases monoatômicos**

$T_{1i} > T_{2i}$



$$E_{1i} + E_{2i} = E_{Total}$$

$$E_{1f} + E_{2f} = E_{Total}$$

$$E_{1i} = \frac{3}{2} n_1 R T_{1i} = \frac{3}{2} N \kappa_B T_{1i} \quad \therefore \quad \epsilon_{1i} = \frac{3}{2} \kappa_B T_{1i}$$

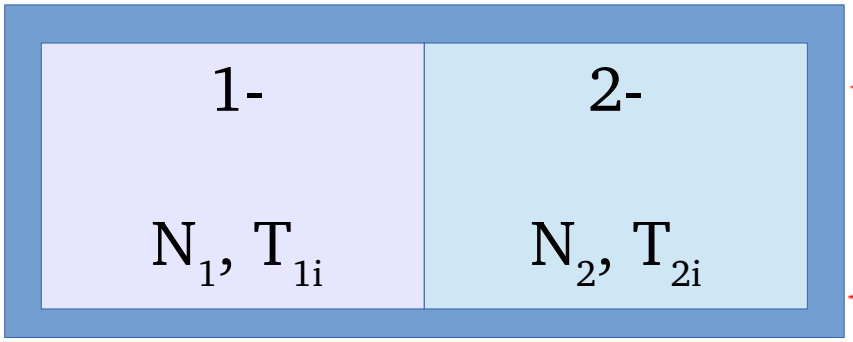
$$E_{2i} = \frac{3}{2} n_1 R T_{2i} = \frac{3}{2} N \kappa_B T_{2i} \quad \therefore \quad \epsilon_{2i} = \frac{3}{2} \kappa_B T_{2i}$$

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Interações Térmicas e Calor

Consideremos o caso de dois **gases monoatômicos**

$T_{1i} > T_{2i}$



$$E_{1i} + E_{2i} = E_{Total}$$

$$E_{1f} + E_{2f} = E_{Total}$$

O calor é uma energia transferida por meio de colisões entre átomos mais energéticos ("+ quentes"), de um lado, e os átomos menos energéticos ("+ frios"), de outro.

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Interações Térmicas e Calor

No Equilíbrio, a $Q_{12} = Q_{21}$, ou seja, em média, não há transmissão da energia.

$$\bar{\epsilon}_1 = \bar{\epsilon}_2 \;\; \Rightarrow T_{1f} = T_{2f}$$

Dois sistemas em interação térmica atingem uma T_f comum porque eles trocam energia através de colisões até que os átomos de cada lado tenham, em média, $\in_c$ iguais.

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Interações Térmicas e Calor

No equilíbrio, $\bar{\epsilon}_1 = \bar{\epsilon}_2$

$$\frac{E_{1f}}{N_1} = \frac{E_{2f}}{N_2} = \frac{E^{TOTAL}}{N_1 + N_2}$$

$$E_{1f} = \frac{N_1}{N_1 + N_2} E^{TOTAL}$$

$$E_{2f} = \frac{N_2}{N_1 + N_2} E^{TOTAL}$$

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Interações Térmicas e Calor

No equilíbrio, $\bar{\epsilon}_1 = \bar{\epsilon}_2$

$$\frac{E_{1f}}{N_1} = \frac{E_{2f}}{N_2} = \frac{E^{TOTAL}}{N_1 + N_2}$$

$$E_{1f} = \frac{N_1}{N_1 + N_2} E^{TOTAL}$$

$$E_{2f} = \frac{N_2}{N_1 + N_2} E^{TOTAL}$$

$$Q = \Delta E^{térm} \begin{cases} Q_1 = E_{1f} - E_{1i} \\ Q_2 = E_{2f} - E_{2i} \end{cases}$$

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Interações Térmicas e Calor

No equilíbrio, $\bar{\epsilon}_1 = \bar{\epsilon}_2$

$$\frac{E_{1f}}{N_1} = \frac{E_{2f}}{N_2} = \frac{E^{TOTAL}}{N_1 + N_2}$$

$$E_{1f} = \frac{N_1}{N_1 + N_2} E^{TOTAL}$$

$$E_{2f} = \frac{N_2}{N_1 + N_2} E^{TOTAL}$$

→ Em geral, as energias térmicas dos subsistemas no equilíbrio são ≠'s. Só serão iguais se $N_1 = N_2$!

No equilíbrio $\epsilon_1 = \epsilon_2$, e não quando $E_{1f} = E_{2f}$.

Problema:

2 g de He a 300K é colocado em contato térmico com 4 g de Ar a 600K.

(A) Quanto vale a Energia Térmica de cada gás imediatamente antes do contato térmico?
(B) O sistema {He+Ar} está em equilíbrio térmico?
(C) Quanto vale a Temperatura no equilíbrio Térmico?

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

→ Por que o calor sempre flui espontaneamente do corpo mais quente para o corpo mais frio?

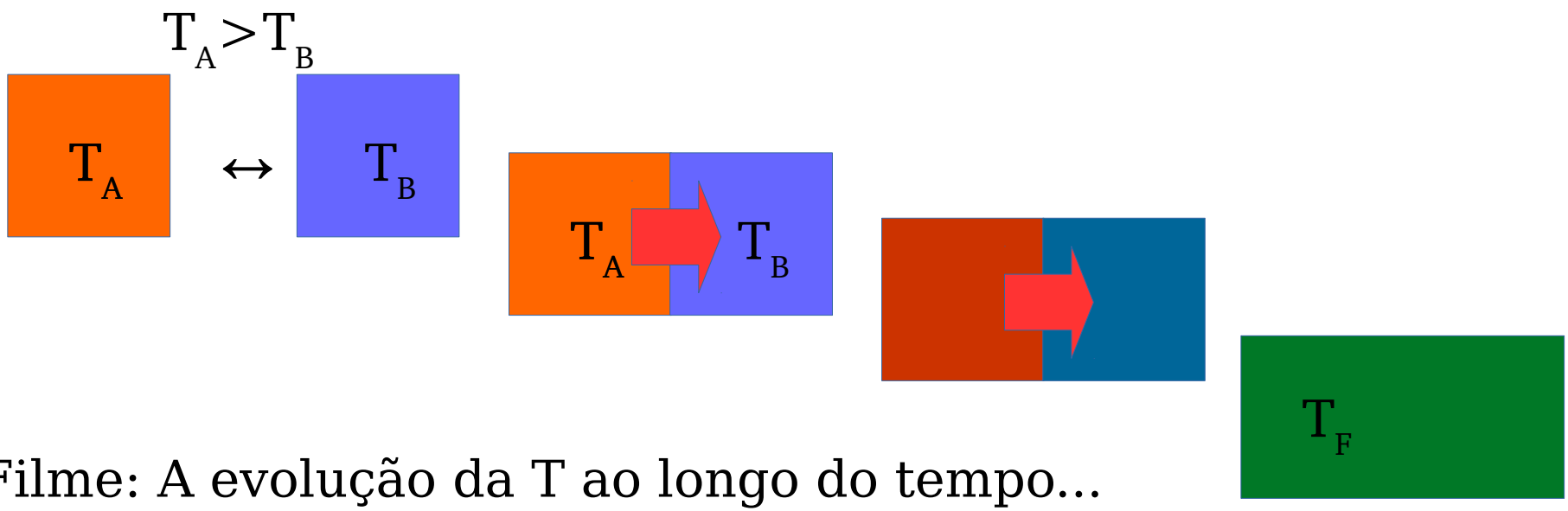
→ É possível entender (descrever) processos macroscópicos (como a transmissão do calor) a partir dos movimentos moleculares microscópicos?

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

(Dois exemplos)

1- Processo Irreversível – Transmissão de Calor

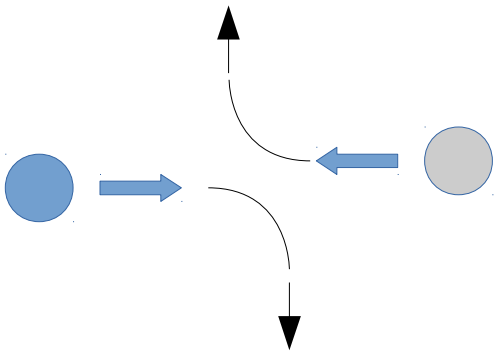


Filme: A evolução da T ao longo do tempo...

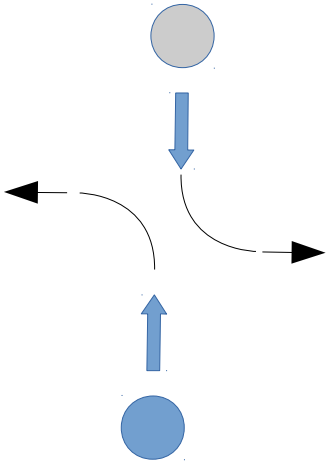
Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

2- Processo reversível – colisão entre duas partículas



Filme rodado em um sentido



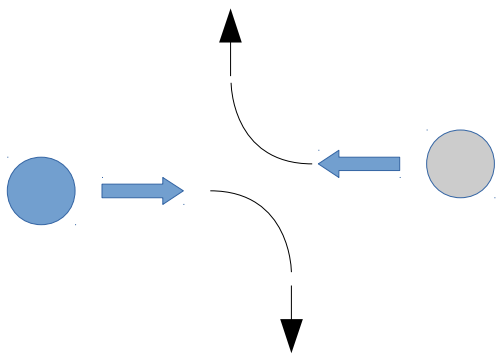
Filme rodado em sentido oposto

Não há como saber qual filme representa a verdadeira colisão:
Ambas são possíveis!

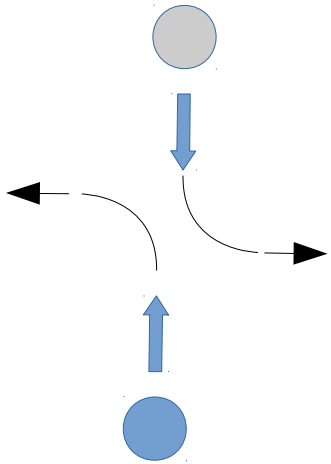
Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

2- Processo reversível – colisão entre duas partículas



Filme rodado em um sentido



Filme rodado em sentido oposto

Não há como saber qual filme representa a verdadeira colisão: Ambas são possíveis!

→ Os processos microscópicos são reversíveis!

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

Nenhuma lei física é violada quando um processo irreversível ocorre ao contrário!?!?!

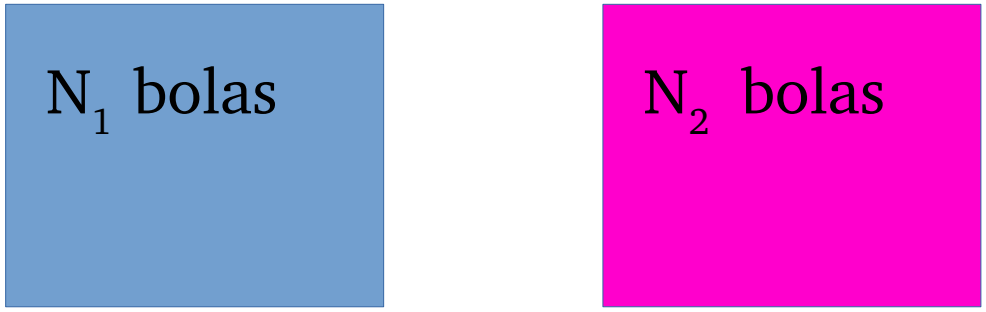
Qual é o caminho para o equilíbrio?

Vamos em busca de uma lei física que determina o sentido de um processo físico...

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

Entendendo o Calor – Mecanismo Microscópico



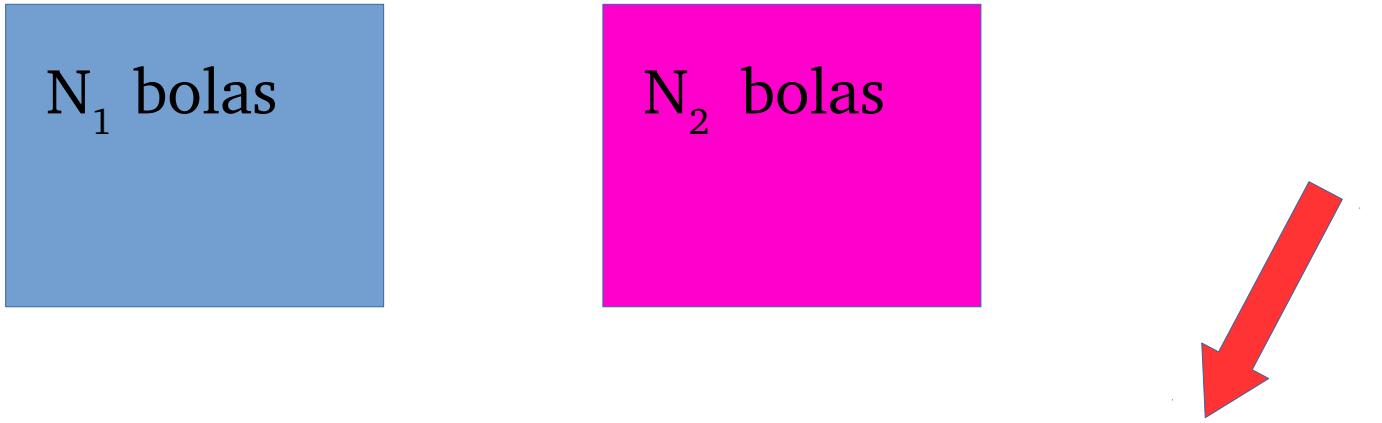
A cada segundo, uma bola das $N=N_1+N_2$ é escolhida aleatoriamente e trocada de caixa.

O que ocorre depois de muitas escolhas?

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

Entendendo o Calor – Mecanismo Microscópico

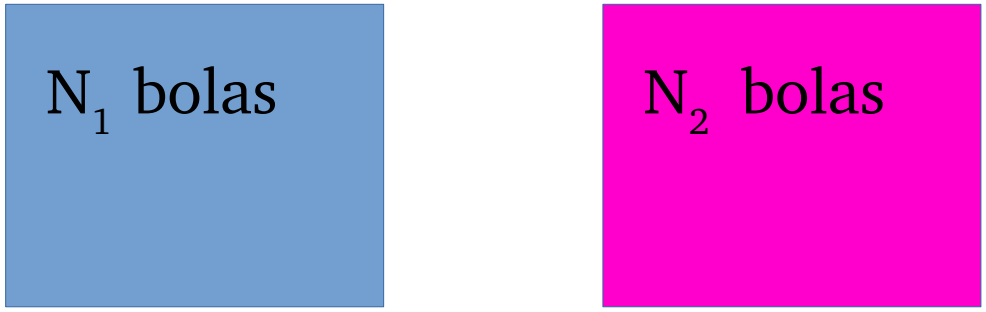


Resposta: Estatisticamente, depois de muitas trocas, $N_1 \approx N_2$!

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

Entendendo o Calor – Mecanismo Microscópico



N_1 aumentar e N_2 diminuir não viola nenhuma lei física, apenas se trata de um processo improvável.

O equilíbrio é o estado mais provável!

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

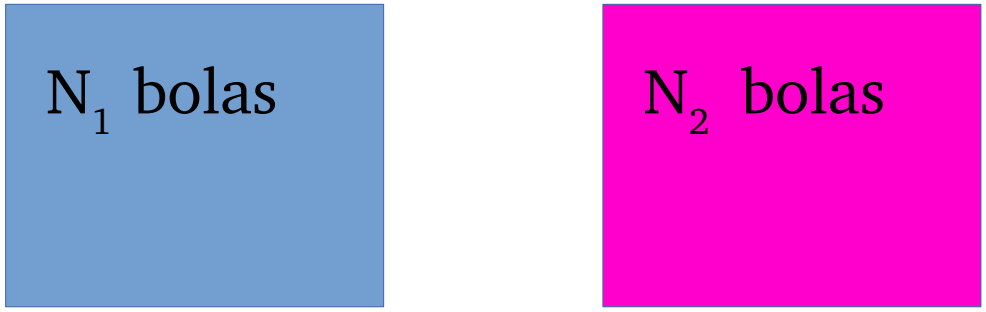
Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

Eventos microscópicos reversíveis resultam em comportamento macroscópico irreversível porque alguns estados macroscópicos são enormemente mais prováveis.

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

Entendendo o Calor – Mecanismo Microscópico



Neste exemplo, a bola representa a energia térmica e o Calor é a movimento de troca de caixas.

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

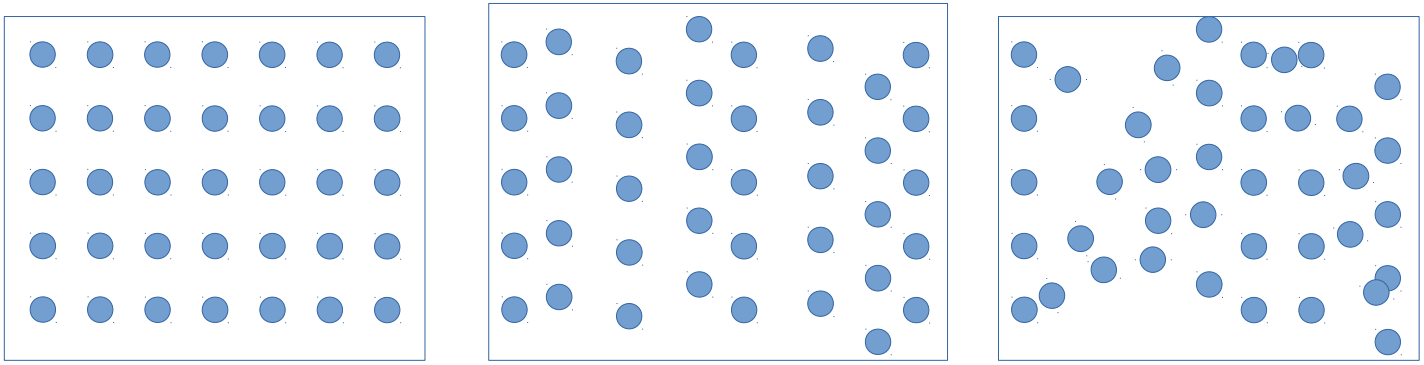
A 2ª Lei da Termodinâmica é relacionada com a probabilidade de ocorrência de eventos...

Entropia – variável de estado relacionada ao ordenamento de um sistema físico e a probabilidade da ocorrência de um dado estado macroscópico.

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

Entropia – variável de estado relacionada ao ordenamento de um sistema físico e a probabilidade da ocorrência de um dado estado macroscópico.



Entropia μ Desordem

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Processos Reversíveis e 2ª Lei da Termodinâmica

2ª Lei da Termodinâmica: A entropia de um ***sistema isolado*** nunca diminui. Ou ela aumenta, até que o sistema atinja o equilíbrio, ou ela se mantém inalterada, se o sistema inicia em equilíbrio.

Teoria Cinética dos Gases
Conexão Micro-Macro

Teste Conceitual