

Física do calor

F.S. Navarra

navarra@if.usp.br

edisciplinas.if.usp.br

(buscar: física do calor)

Aula 3

Calor e 1ª Lei da Termodinâmica



Capítulo 8

Termodinâmica

Dinâmica do calor = movimento do calor e suas causas
Calor = energia em trânsito = mudança de temperatura

Sadi Carnot



Termodinâmica

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

Variáveis macroscópicas :

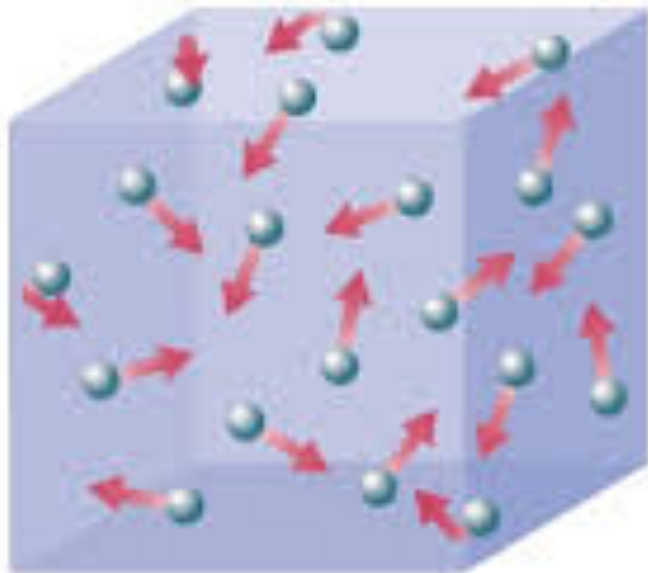
pressão

volume

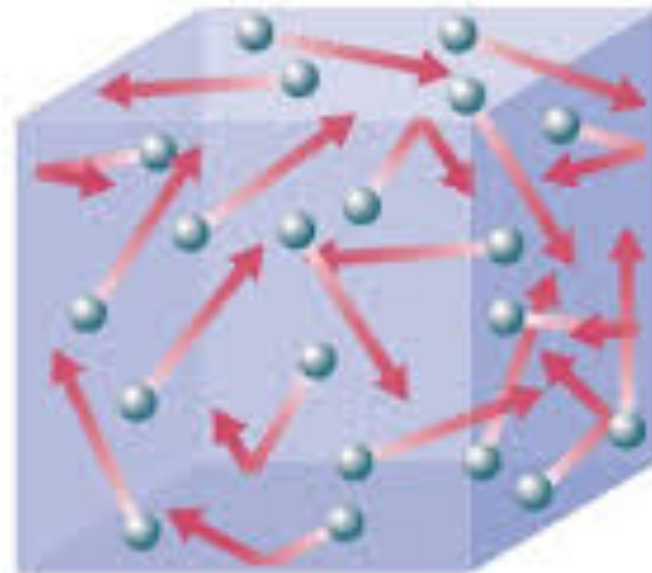
temperatura

Temperatura

Grandeza física que reflete a **velocidade média** das moléculas que compõem um sistema físico

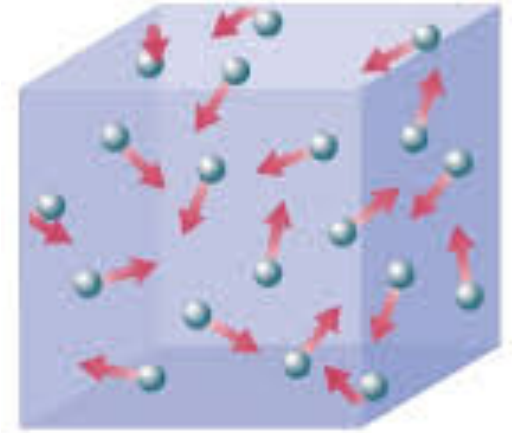


Menor temperatura



Maior temperatura

Equilíbrio Térmico



Distribuição de velocidades dada por:

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

Uma vez atingido o equilíbrio térmico **o sistema nele fica !**

Temperatura e pressão **constantes no tempo !**

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"

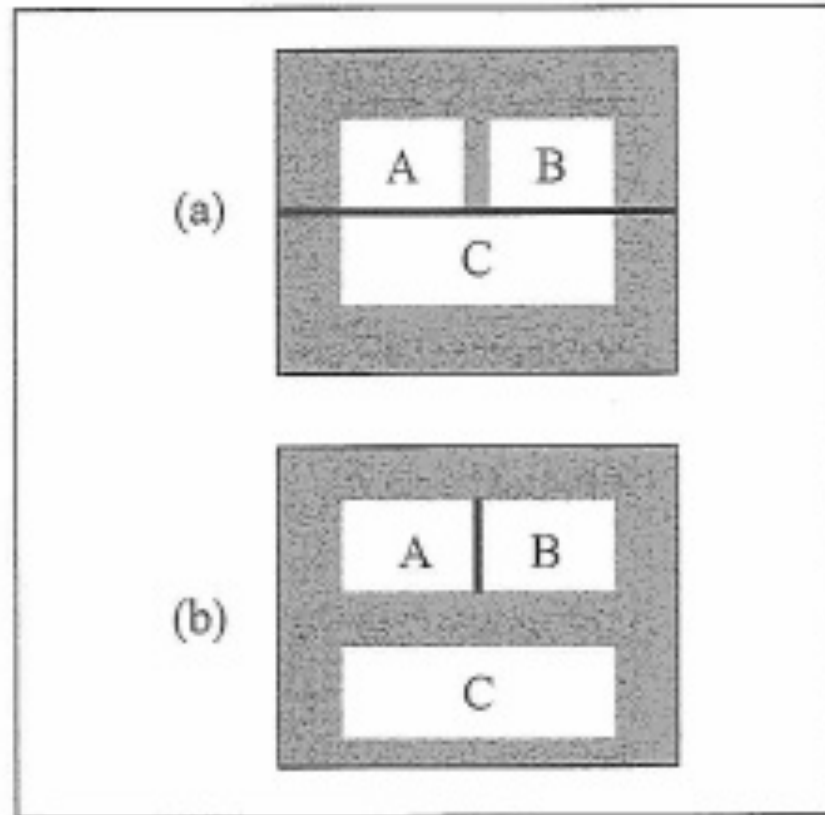
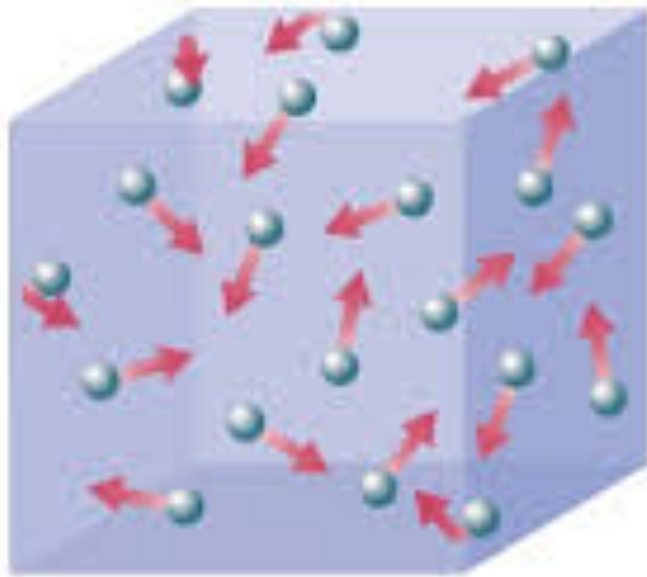


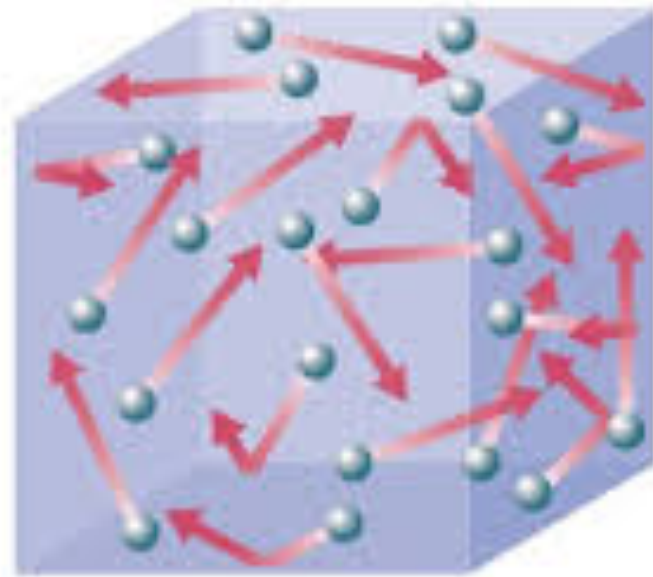
Figura 7.2 — Lei zero da termodinâmica

Pressão

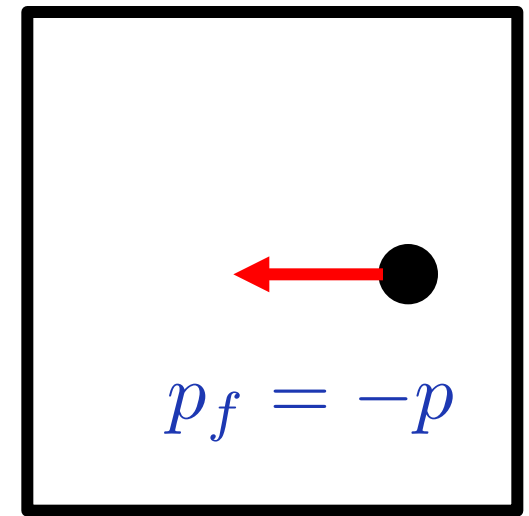
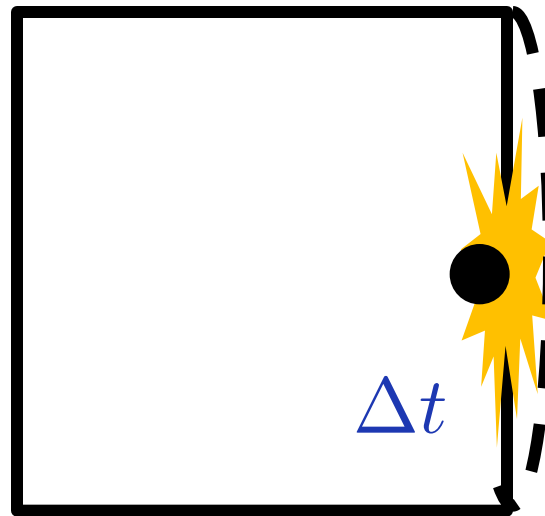
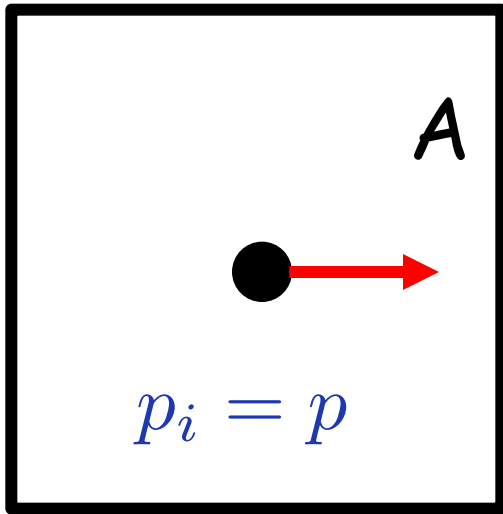
Pressão = Força / Área (do recipiente)



Menos pressão



Mais pressão



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

maior velocidade (temperatura) maior pressão !

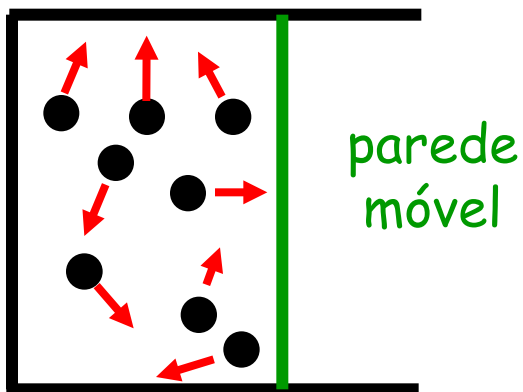
Maior temperatura



Maior pressão

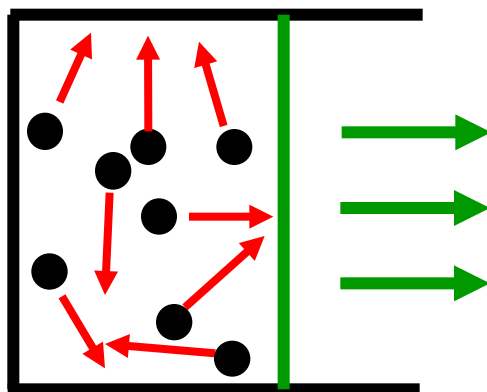


Maior volume

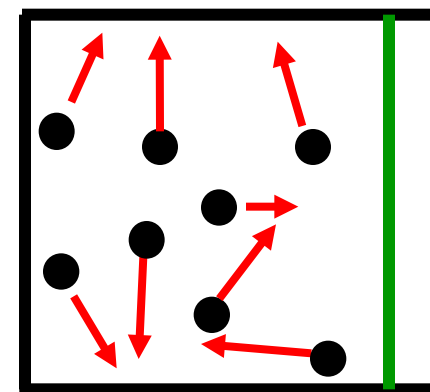


L_1

T_1



L_1



L_2

T_2

Volume é proporcional à temperatura !

$$T \propto L$$

Medindo L , medimos T !



Termômetro !!!

Escala Celsius

Dois
pontos fixos

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ponto de fusão do gelo :} \quad T = 0 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \text{Ponto de vaporização da água :} \quad T = 100 \text{ } ^\circ\text{C} \end{array} \right.$$

$$T = 100 \cdot \frac{L - L_0}{L_{100} - L_0} \text{ (} ^\circ\text{C)}$$

Escala Kelvin

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 100 \cdot \frac{L - L_0}{L_{100} - L_0} + 273 \text{ (K)} \\ T_K = T_C + 273 \end{array} \right.$$

Dilatação Térmica Linear

Varição de temperatura produz variação de tamanho de um corpo

Dilatação Linear



$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

$$L = L_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

α = coeficiente de dilatação linear

Dilatação Superficial



$$\Delta A = 2 \alpha A_0 \Delta T$$

$$A = A_0 [1 + 2 \alpha (T - T_0)]$$

Dilatação Volumétrica



$$\Delta V = 3 \alpha V_0 \Delta T$$

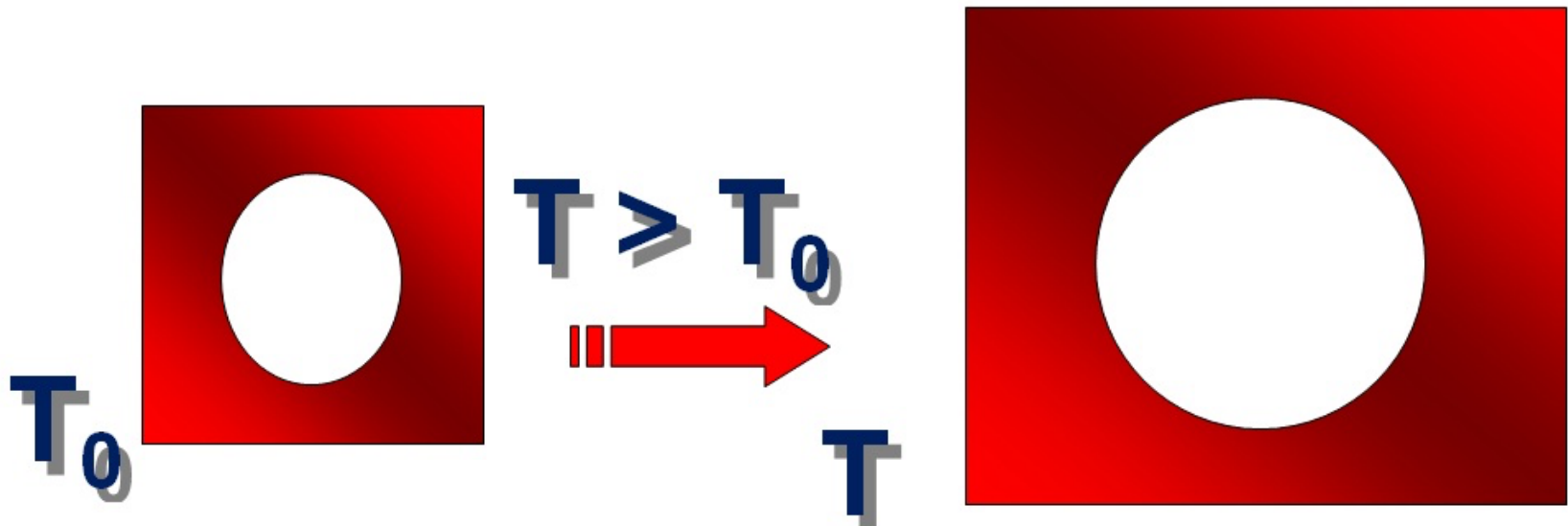
$$V = V_0 [1 + 3 \alpha (T - T_0)]$$

Dilatação de Líquidos

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \beta \Delta T$$

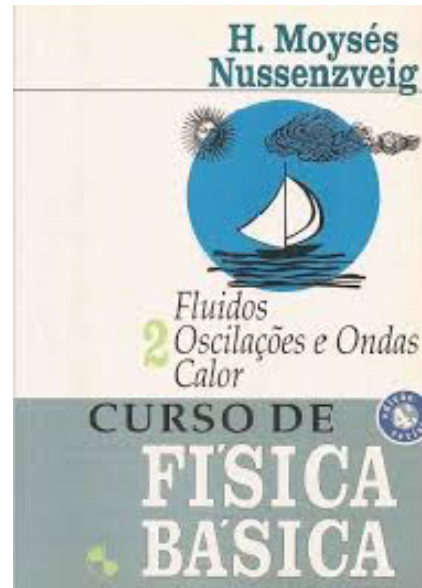
$$V = V_0 [1 + \beta (T - T_0)]$$

"Corpos ocos se dilatam como se não fossem ocos."



Aula 3

Calor e 1ª Lei da Termodinâmica



Capítulo 8

O que é calor ?

Resposta no final do século XVIII :

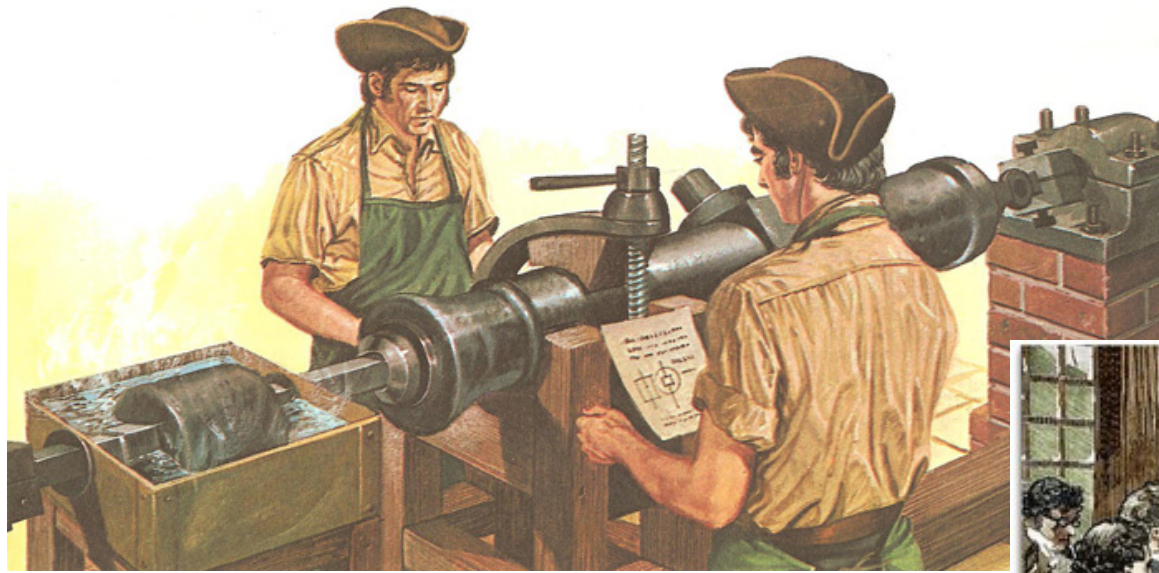
Lavoisier :

{ Calórico: substância fluida indestrutível
que escorre do corpo mais quente para o
corpo mais frio

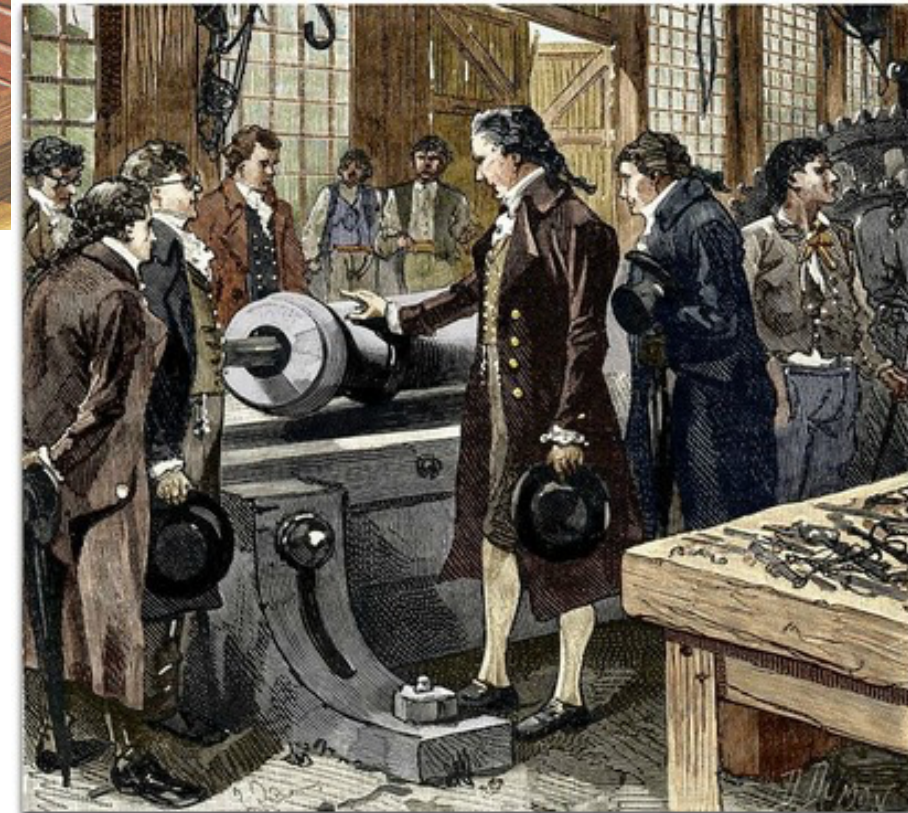
Bacon, Hooke
B. Thomson :

{ Movimento de vibração das partículas
dos corpos

Observação de Thomson:



Perfurando o canhão ele esquentá!
Esquentá tudo o que está em volta !
Estamos extraindo seu calórico !



Quantidade de calórico num corpo deve ser finita !

Podemos extrair uma quantidade de calor sem limite de um objeto !!!

Calor não pode ser uma substância material !!!

B. Thomson ou Conde de Rumford
(1798)



Experiência de Thomson versão caseira :



Panela Le Creuset: 700 Reais

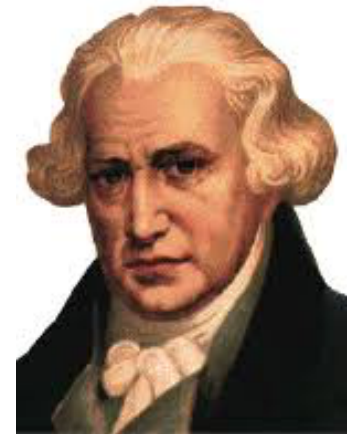


Bom Bril: 3 Reais

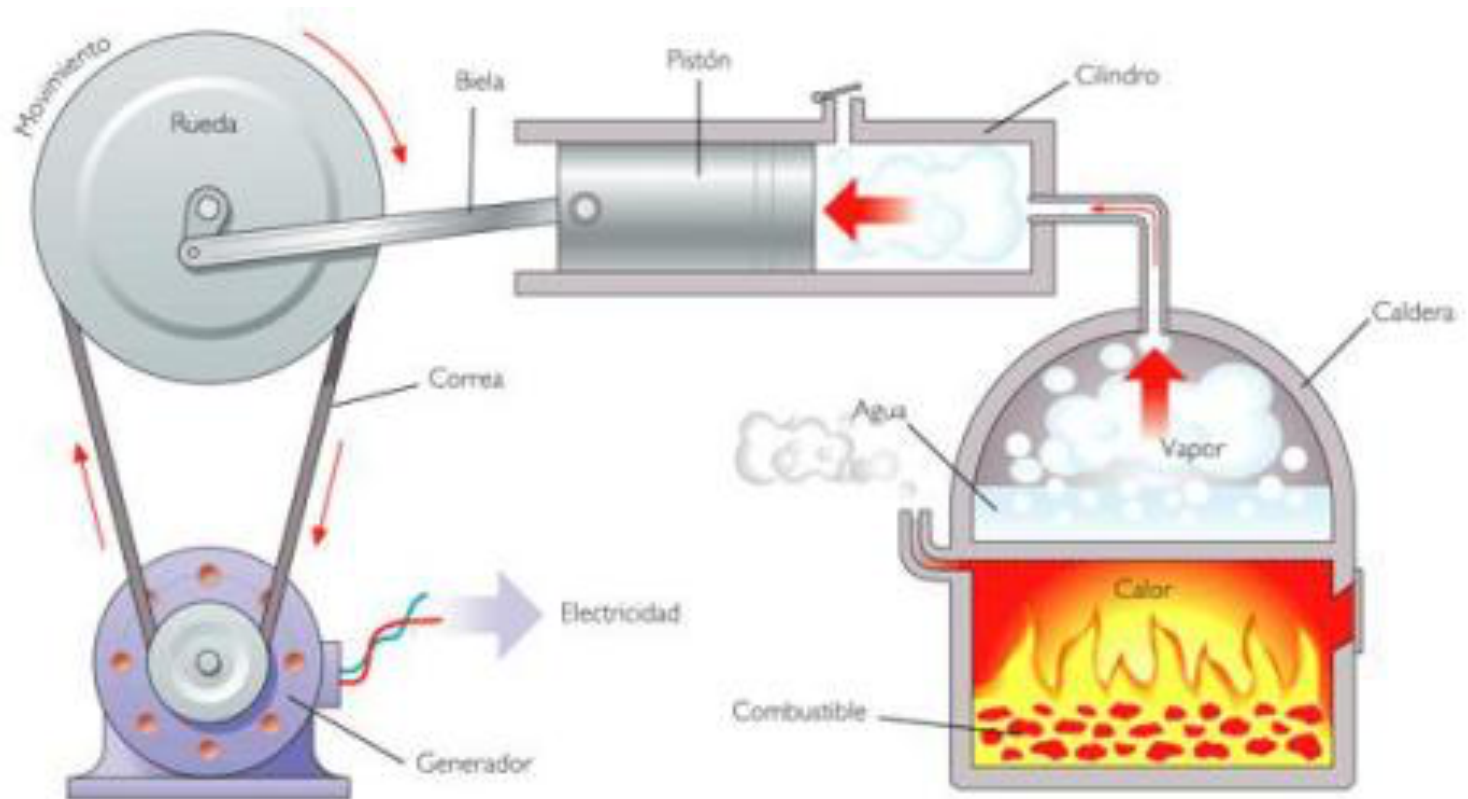
Mostrar que o calor é uma forma de energia : **NÃO TEM PREÇO !!!**

Máquina a vapor: calor gera trabalho !

(Calor produz energia mecânica)



James Watt



Calor é uma forma de energia !

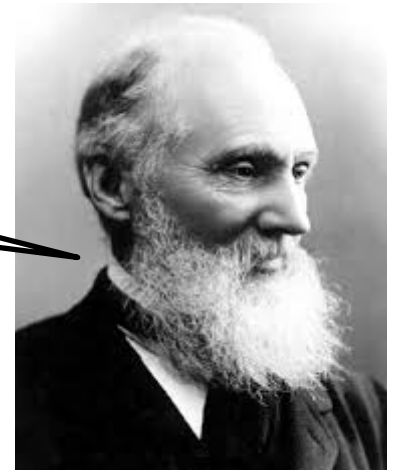
Energia mecânica produz calor

1843 -1868 : equivalência entre
calor e energia



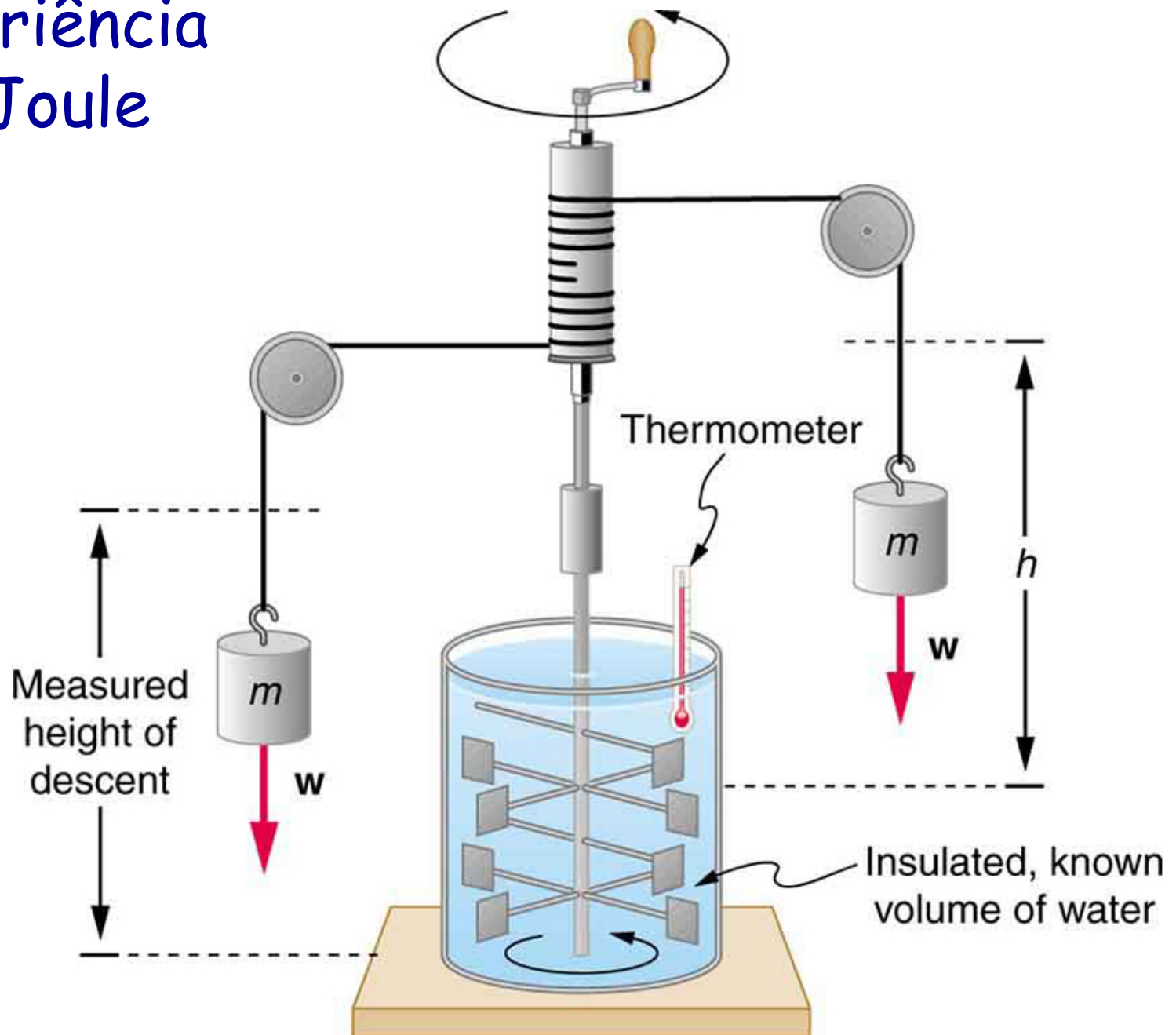
James Joule

Apoio o Joule !!!



William Thomson
- Lord Kelvin

Experiência de Joule



Conservação da energia total !

"...As energias são entidades conversíveis e indestrutíveis..."

1842 : primeiro enunciado da conservação da energia



Julius Mayer

Conservação da energia total !

"Chegamos à conclusão de que a natureza como um todo possui um estoque de energia que não pode ser aumentado ou reduzido ! "

1847 : "Sobre a conservação da energia"



Hermann von
Helmholtz

Vocabulário

Quantidade de calor

Calor é energia mas (historicamente) é medido em **calorias**

Caloria = quantidade de calor necessária para elevar de 14.5 °C a 15.5 °C a temperatura de 1 g de água

Calor específico

c = quantidade de calor necessária para elevar de 1 °C a temperatura de 1 g de uma substância

Água: $c = 1. \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

Calor específico

C_p = calor específico a pressão constante

C_v = calor específico a volume constante

$$\Delta Q = m c \Delta T$$

Capacidade Térmica

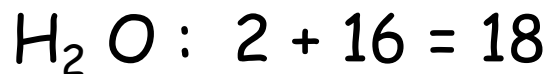
$$C = m c$$

Capacidade Térmica Molar

Capacidade térmica de um mol da substância (C_M)

1 mol = massa em gramas igual
à massa molecular da substância

Massa molecular ~ número de prótons ou
neutrons na molécula



Para sólidos numa certa região de temperatura:

$$C_M \simeq 6 \frac{\text{cal}}{\text{mol } ^\circ\text{C}}$$

Lei de Dulong e Petit

Reservatório Térmico

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{C}$$

$$C \rightarrow \infty$$

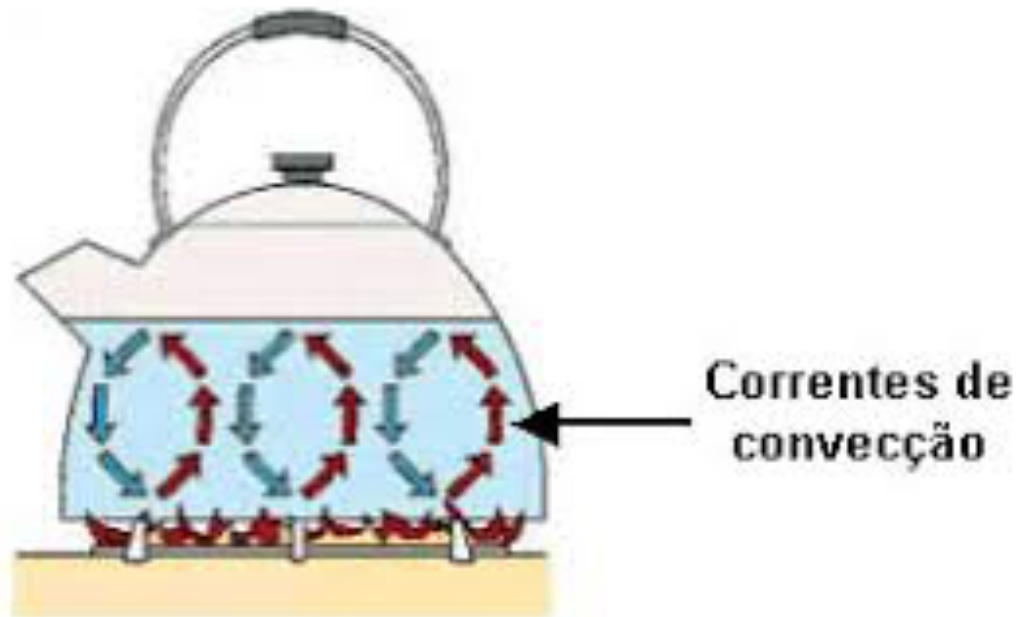
$$\Delta T \rightarrow 0$$

Oceano, atmosfera...

Transferência de calor

- Convecção
- Radiação
- Condução

Convecção : calor transferido pelo movimento das moléculas
há transporte de matéria !



Radiação : emissão de radiação eletromagnética ("luz")
não há transporte de matéria !

Emissão de luz ocorre quando há cargas elétricas aceleradas
(na física clássica)

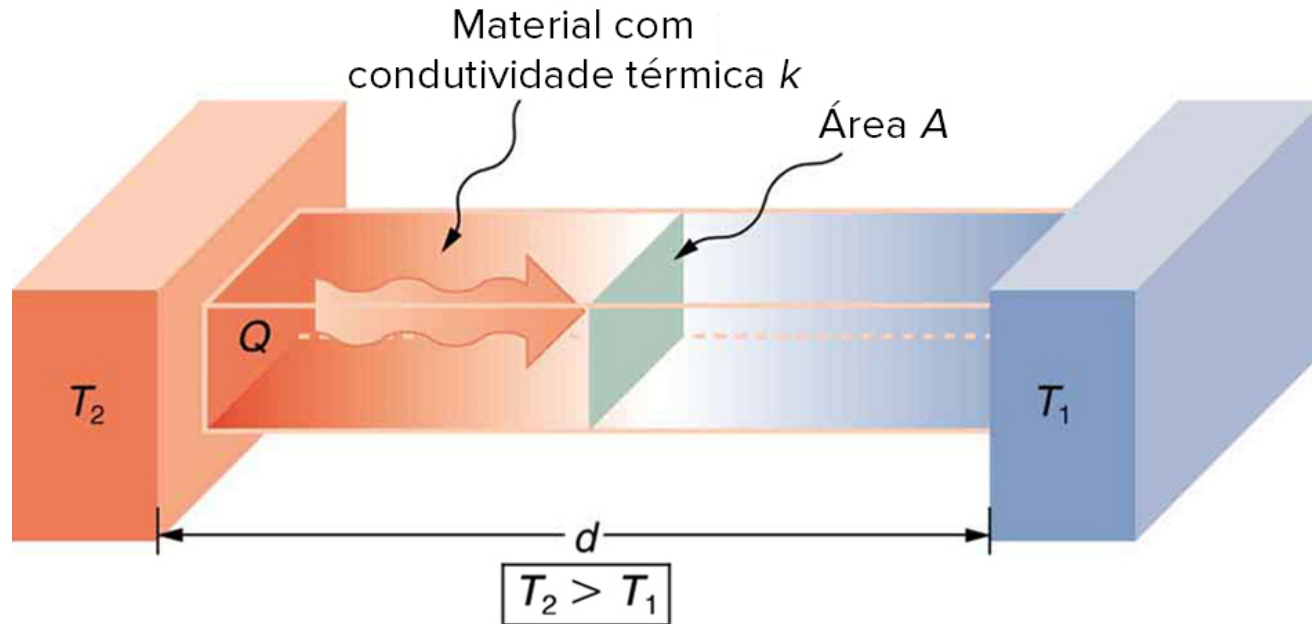


corpo aquecido

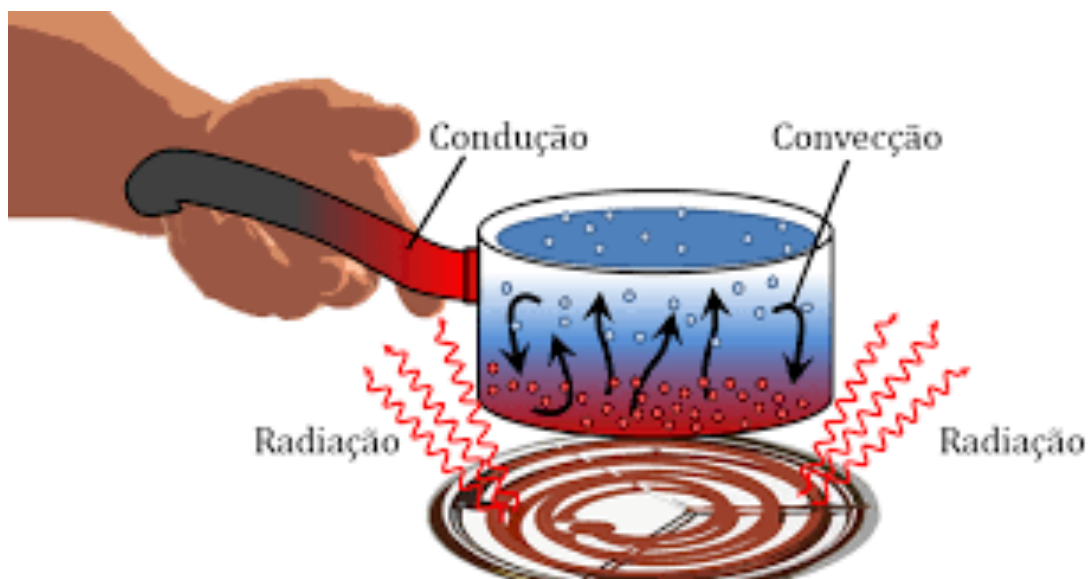


sol

Condução : através de um meio material
sem transporte de matéria !



$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$



Perde calor ?



E a garrafa térmica ?