

# Leis da termodinâmica e aplicações – Parte 1

Fundamentos de física para gestão  
ambiental – 2016

# Conteúdo - Halliday 8ª ed. Cap.18

- Temperatura, termômetros
- Lei Zero da termodinâmica
- A escala Kelvin de temperatura
- As escalas Celsius e Fahrenheit
- Dilatação térmica
- Capacidade térmica e calor específico
- Calor de transformação
- Trabalho associado a uma variação de volume
- Primeira Lei da termodinâmica
- Aplicações da Primeira Lei da termodinâmica
- Condução, convecção e radiação

# Temperatura

Relacionada às sensações de quente e frio

- Medida com Termômetro em Kelvin (K)
- Limite inferior: 0 K (  $\sim$  - 273 Celsius)

## Lei Zero da Termodinâmica

**Se dois corpos  $A$  e  $B$  estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo  $T$ , então  $A$  e  $B$  estão em equilíbrio térmico entre si**

# A escala Kelvin de temperatura

Ponto triplo da água:

$$T_3 = 273,16 \text{ K}$$

## As escalas Celsius e Fahrenheit

Transformando de Kelvin para Celsius:

$$T_C = T - 273,15^\circ$$

Transformando de Celsius para Fahrenheit:

$$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32^\circ$$

# Dilatação térmica

Dilatação linear:

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

$\alpha$  = Coeficiente de dilatação linear ( $K^{-1}$ )

Dilatação volumétrica:

$$\Delta V = V \beta \Delta T$$

$\beta$  = Coeficiente de dilatação volumétrica ( $K^{-1}$ )

$$\beta = 3\alpha$$

# Capacidade térmica e calor específico

Temperatura e calor: Calor é a energia transferida de um sistema para o ambiente, ou vice-versa, devido à uma diferença de temperatura.

Capacidade térmica (C)

$$Q = C \Delta T = C(T_f - T_i)$$

Calor específico (Capacidade térmica por unidade de massa) (c)

$$Q = c m \Delta T = c m(T_f - T_i)$$

$$c = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 1 \text{ Btu/lb} \cdot \text{F}^\circ = 4190 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$$

Calor específico molar: Capacidade térmica por mol

**Calor de transformação ( $L$ ):** quantidade de energia transferida na forma de calor, por unidade de massa, necessária para que uma amostra mude totalmente de fase

$$Q = Lm$$

# Trabalho associado a uma variação de volume

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = (pA)(ds) = p(A ds) = p dV$$

$$W = \int dW = \int_{V_i}^{V_f} p dV$$



# Primeira Lei da termodinâmica

$$\Delta E_{\text{int}} = E_{\text{int},f} - E_{\text{int},i} = Q - W$$

$$\delta E_{\text{int}} = \delta Q - \delta W$$

A energia interna ( $E_{\text{int}}$ ) de um sistema tende a aumentar se acrescentarmos energia na forma de calor ( $Q$ ), e a diminuir se removermos energia na forma de trabalho ( $W$ ) realizado pelo sistema

# OBSERVAÇÃO

Para um sistema isolado a energia não entra e não sai do sistema (Lei da conservação de energia - sistemas conservativos)

A Primeira Lei é uma extensão desta lei para sistemas *não isolados*

# Aplicações da Primeira Lei da termodinâmica

- Processos adiabáticos: tão rápido ou tão isolado que as trocas de calor com a vizinhança não ocorrem.

$$\Delta E_{int} = Q - W = 0 - W = -W$$

- Processos a volume constante: Se volume constante,  $W = 0$ .

$$\Delta E_{int} = Q - W = Q - 0 = Q$$

- Processos cíclicos: casos em que o sistema volta ao estado inicial. Não há variação de propriedades intrínsecas do sistema, logo  $E_{int,f} = E_{int,i}$

$$\Delta E_{int} = Q - W$$

$$0 = Q - W$$

$$Q = W$$

# Condução, convecção e radiação

- Condução

$$P_{cond} = \frac{Q}{t} = k A \frac{T_Q - T_F}{L}$$

$k$  = condutividade térmica em W/m . K, onde W=energia/tempo (J/s)

- Resistência térmica

$$R = \frac{L}{k}$$

# Exemplo: condução através de uma placa composta

$$P_{cond} = \frac{k_2 A (T_Q - T_X)}{L_2} = \frac{k_1 A (T_X - T_F)}{L_1}$$

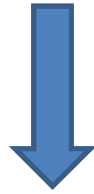
$$T_X = \frac{(k_1 L_2 T_F) + (k_2 L_1 T_Q)}{(k_1 L_2 + k_2 L_1)}$$

$$P_{cond} = \frac{A (T_Q - T_F)}{\left(\frac{L_1}{k_1}\right) + \left(\frac{L_2}{k_2}\right)}$$

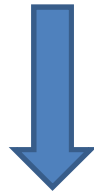
$$P_{cond} = \frac{A (T_Q - T_F)}{\Sigma \left(\frac{L}{k}\right)}$$

- Convecção

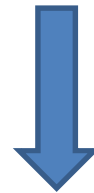
Fluido em contato com objeto com temperatura maior



Temperatura do fluido aumenta na região do contato



Fluido expande, fica menos denso que o restante do fluido fora do contato



Fluido mais quente sobe, fluido mais frio desce

- Radiação

**Ondas eletromagnéticas** que transferem calor:  
chamada radiação térmica para não ser confundida com radiação ionizante ou ondas de rádio e TV

Taxa de emissão de um corpo:

$$P_{rad} = \sigma \varepsilon A T^4$$

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann =  $5,6704 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$\varepsilon$  = emissividade na superfície do objeto ( $0 < \varepsilon < 1$ )

Taxa de absorção de um corpo:

$$P_{abs} = \sigma \varepsilon A T_{amb}^4$$

Taxa líquida de troca com o ambiente

$$P_{liq} = P_{abs} - P_{rad} = \sigma \varepsilon A (T_{amb}^4 - T^4)$$