

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:

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

α = Coeficiente de dilatação linear (K^{-1})

Dilatação volumétrica:

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

β = 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_{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:

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

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

ε = 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

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