

FENÔMENOS DE TRANSPORTE II
TRANSFERÊNCIA DE CALOR:
CONCEITOS GERAIS

Prof. Dr. Fabrício Maciel Gomes

Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Sempre que existir um gradiente de temperatura no interior de um sistema ou dois sistemas a diferentes temperaturas colocadas em contato, haverá transferência de energia por calor;

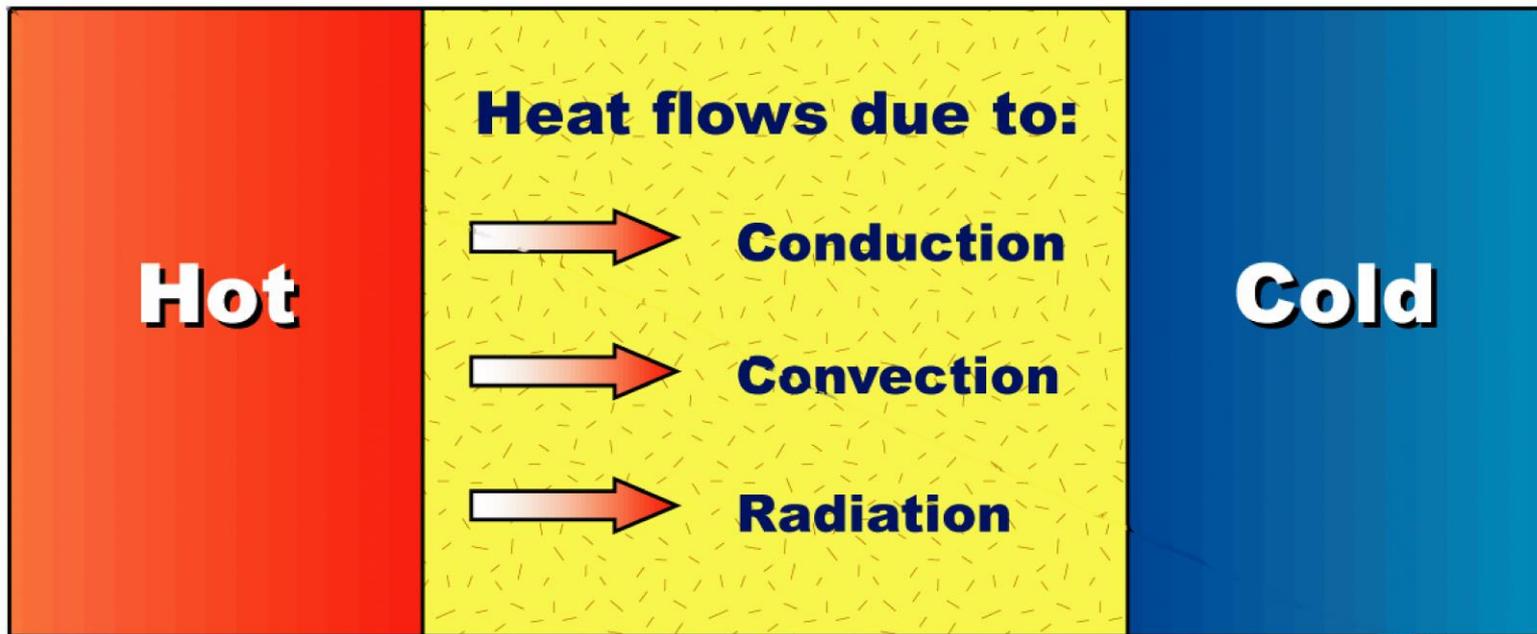
Os processos de transferência de calor devem obedecer às leis da Termodinâmica:

- **1a Lei da Termodinâmica:** *A energia não pode ser criada ou destruída, mas apenas transformada de uma forma para outra.*
- **2a Lei da Termodinâmica:** *É impossível existir um processo cujo único resultado seja a transferência de calor de uma região de baixa temperatura para outra de temperatura mais alta.*

Transferência de Calor: Conceitos Gerais

A transferência de calor é o trânsito de energia provocado por uma diferença de temperatura, no sentido da temperatura mais alta para a mais baixa.

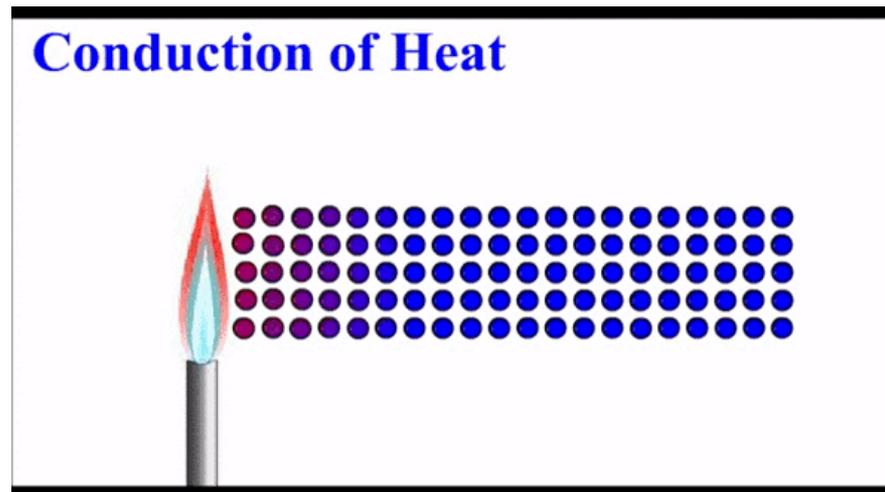
Os modos de transferência de calor são: **condução**, **convecção** e **radiação**.



Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Condução:

- Transferência de calor que ocorre em um meio estacionário, que pode ser um sólido ou um fluido;
- É um processo pelo qual o calor flui de uma região de temperatura mais alta para outra de temperatura mais baixa em um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em **contato físico** direto;
- A energia é transferida por comunicação molecular direta, sem apreciável deslocamento das moléculas.



Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Condução:

Lei de Fourier:

- Taxa de Transferência de Calor (Q [W])

$$Q_x = -k A dT/dx$$

- Fluxo de calor (q [W/m²])

$$q_x = -k dT/dx$$

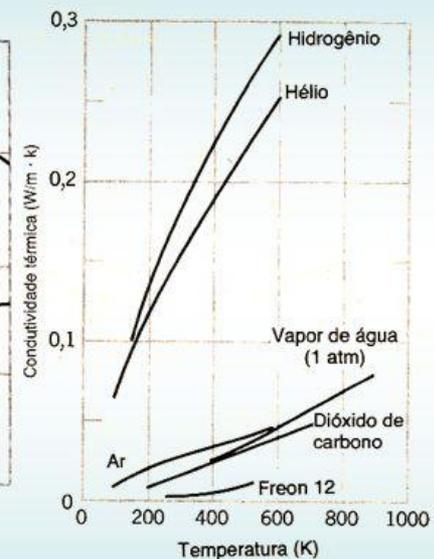
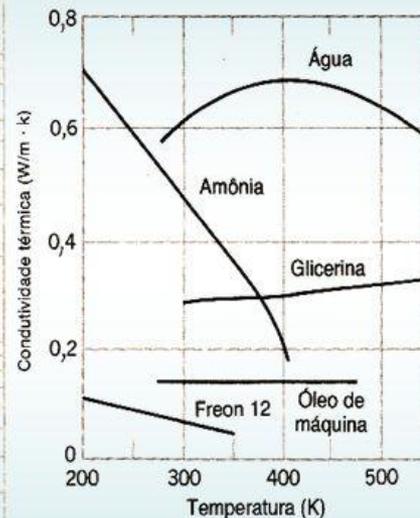
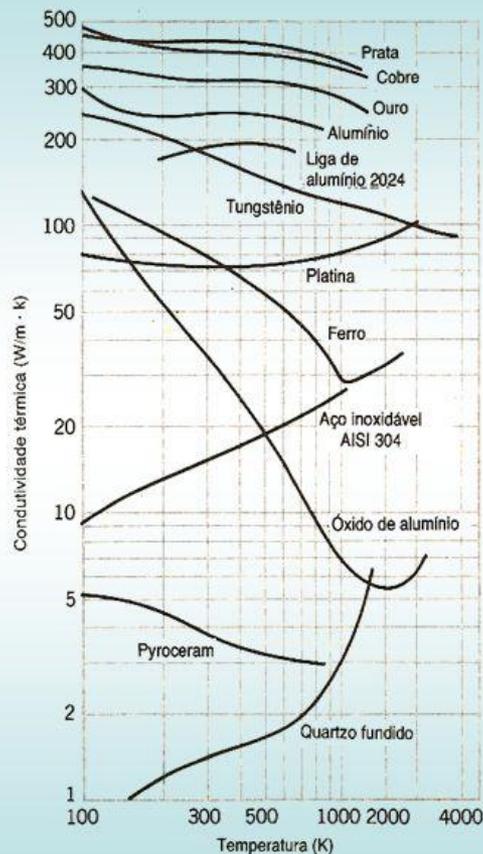
Onde: Q_x é a taxa de transferência de calor através da área A na direção x , q_x é o fluxo de calor na direção x e k é a condutividade térmica do material em W/m°C.

Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Condução:

Ver exemplos 1.1 e 1.2, do Ozisik.

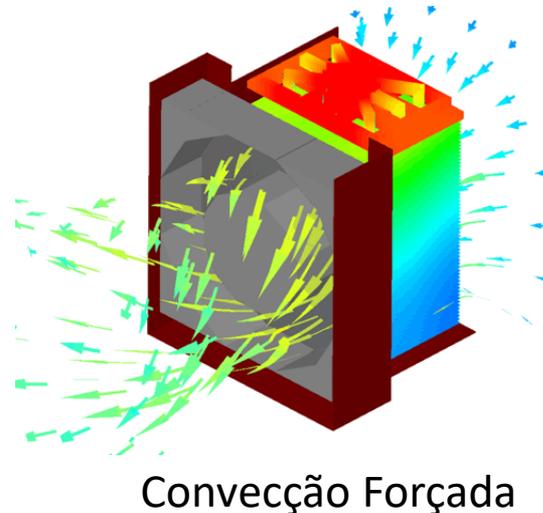
Condutividade Térmica de diversas substâncias



Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Convecção:

- Transferência de calor que ocorre entre uma **superfície** e um **fluido em movimento**, quando estiverem em temperaturas diferentes;
- É um processo de transferência de energia por ação combinada de condução de calor, armazenamento de energia e movimentação da mistura;
- Dois processos: convecção natural e convecção forçada.



Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Convecção:

Nas aplicações da engenharia, para simplificar os cálculos da transferência de calor entre uma superfície a T_w e um fluido que está fluindo sobre ela a uma temperatura T_f , define-se a taxa de transferência de calor e o fluxo de calor em função de um coeficiente de convecção h ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$).

$$Q=hA(T_w - T_f); q=h(T_w - T_f) \rightarrow (\text{para } T_w > T_f)$$

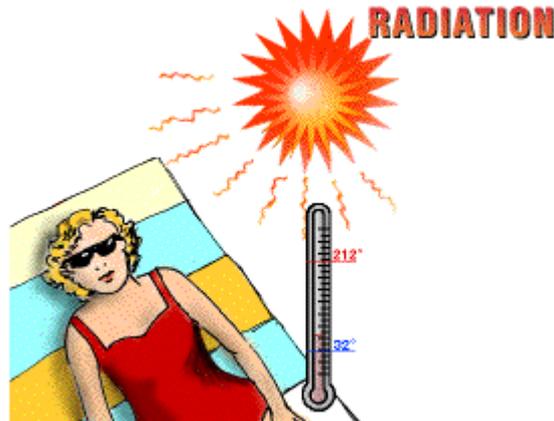
$$Q=hA(T_f - T_w); q=h(T_f - T_w) \rightarrow (\text{para } T_f > T_w)$$

Ver exemplo 1.4 do Ozisik.

Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Radiação:

- Energia emitida na forma de ondas eletromagnéticas por uma superfície a uma temperatura finita;
- É a energia emitida por toda matéria que se encontra a uma temperatura não nula;
- Os átomos, moléculas ou elétrons são excitados e retornam espontaneamente para os estados de menor energia. Neste processo, emitem energia na forma de radiação.



Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Radiação: Lei de Stefan-Boltzmann

A radiação com comprimento de onda de aproximadamente $0,2 \mu\text{m}$ a $1000 \mu\text{m}$ é chamada radiação térmica e é emitida por todas as substâncias em virtude de sua temperatura.

O fluxo máximo que pode ser emitido por uma superfície ideal (radiador ideal ou corpo negro) é:

$$q = \sigma T_s^4$$

Onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann e T_s é a temperatura da superfície.

Para uma superfície ideal, tem-se que:

$$q = \varepsilon \sigma T_s^4 \text{ (emissão de radiação térmica) ou } q = \alpha \sigma T_s^4 \text{ (absorção de radiação térmica)}$$

Onde ε é a emissividade da superfície ($0 \leq \varepsilon \leq 1$) e α é a absorvidade ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Radiação: Lei de Stefan-Boltzmann

Considerando um corpo quente à temperatura T_1 e área A_1 exposto a um ambiente mais frio a T_2 , e $A_2 \gg A_1$ obtém-se o seguinte balanço de energia para o processo de transferência de calor por radiação com relação ao corpo quente:

$$Q = Q_{\text{emitido}} - Q_{\text{absorvido}} = A_1 \varepsilon \sigma T_1^4 - A_1 \alpha \sigma T_2^4$$

Assumindo $\varepsilon = \alpha$

$$Q = A_1 \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) = A_1 \varepsilon \sigma (T_1^2 + T_2^2) (T_1 + T_2) (T_1 - T_2)$$

Definindo $h_r = \varepsilon \sigma (T_1^2 + T_2^2) (T_1 + T_2)$ como um coeficiente de transferência de calor radiante:

$$Q = A_1 \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) = h_r A_1 (T_1 - T_2)$$

Transferência de Calor: Conceitos Gerais

Radiação: Lei de Stefan-Boltzmann

Considerando um corpo quente à temperatura T_1 e área A_1 exposto a um ambiente mais frio a T_2 , e $A_2 \gg A_1$ obtém-se o seguinte balanço de energia para o processo de transferência de calor por radiação com relação ao corpo quente:

$$Q = Q_{\text{emitido}} - Q_{\text{absorvido}} = A_1 \varepsilon \sigma T_1^4 - A_1 \alpha \sigma T_2^4$$

Assumindo $\varepsilon = \alpha$

$$Q = A_1 \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) = A_1 \varepsilon \sigma (T_1^2 + T_2^2) (T_1 + T_2) (T_1 - T_2)$$

Definindo $h_r = \varepsilon \sigma (T_1^2 + T_2^2) (T_1 + T_2)$ como um coeficiente de transferência de calor radiante:

$$Q = A_1 \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) = h_r A_1 (T_1 - T_2)$$

Ver exemplos 1.5 e 1.7 do Ozisik.