

Condução de calor

. transferência de energia através de um meio material sob o efeito de diferença de temperatura, sem que haja movimento (macroscópico) de matéria.

- A energia flui do ponto a T mais elevada para o ponto a T mais baixa

- A quantidade de energia transferida num dado intervalo de tempo \propto

$$\propto \Delta T = T_2 - T_1$$

$\propto A$ (área através da qual se faz o fluxo de calor)

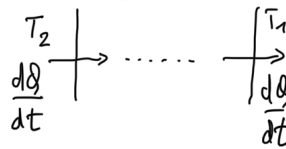
$$\propto \frac{1}{\Delta x} \quad (\Delta x - \text{espessura})$$

$$\propto \Delta t$$

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

\downarrow
condutividade térmica

$$\boxed{\frac{dQ}{dt} = -K A \frac{dT}{dx}}$$



$$K > 0$$

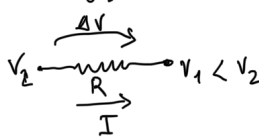
$$\frac{dQ}{dt} > 0; \quad \frac{dT}{dx} < 0$$

\rightarrow
temperatura decrescent

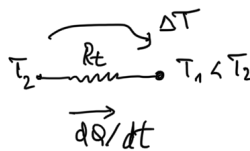
— " —

. Lei de Ohm: $I = \frac{dq}{dt} = \frac{V}{R} = V \cdot \frac{\sigma A}{l}$, σ : condutividade elétrica

$$I = \frac{dq}{dt} \leftrightarrow \frac{dQ}{dt}; \quad V \leftrightarrow \Delta T$$



$$\Delta V = R I$$



$$\Delta T = R_t \left(\frac{dQ}{dt} \right); \quad R_t: \text{resistência térmica.}$$

$$R_t = \frac{\Delta x}{KA} = \frac{l}{KA}$$

— " —

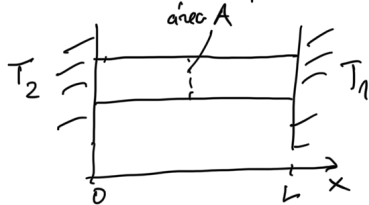
. A condutividade elétrica \propto condutividade térmica \rightarrow os metais são bons condutores de calor e de corrente elétrica.

. Líquidos são bons isolantes térmicos, mas transferem calor por convecção

os melhores
- gases são bons isolantes térmicos

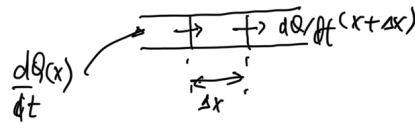
MATERIAL	cobre	Água	Madeira	Vidro	Ar (20°C)
$k [W/m.K]$	397	0,6	0,08	0,8	0,02

Exemplo: barra homogênea, seção fixa A, comprimento L, com as extremidades a temperaturas fixas T_2 e T_1



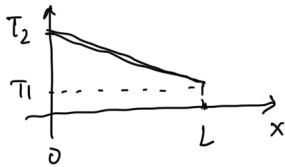
$T(x) = ?$ (regime estacionário)

Em regime estacionário, $\frac{dQ}{dt}$ é independente de x



$$\frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} = C_1$$

$$\rightarrow \frac{dT}{dx} = -\frac{C_1}{kA} \rightarrow T(x) = -\frac{C_1}{kA}x + C_2$$



$$T(x=0) = T_2 \rightarrow C_2 = T_2$$

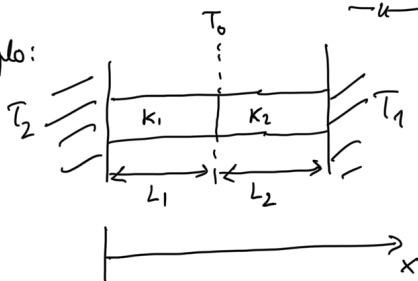
$$T(x=L) = T_1 \rightarrow -\frac{C_1}{kA}L + T_2 = T_1$$

$$C_1 = (T_2 - T_1) \frac{kA}{L}$$

$$T(x) = - \underbrace{(T_2 - T_1) \frac{kA}{L}}_{C_1} \frac{x}{kA} + T_2 = - \frac{(T_2 - T_1)}{L} x + T_2$$

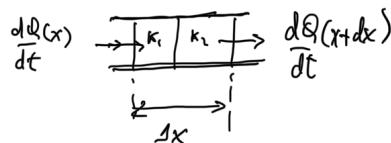
$$\frac{dQ}{dt} = C_1 = (T_2 - T_1) \frac{kA}{L} \equiv \frac{(T_2 - T_1)}{R_t} \rightarrow R_t = \frac{L}{kA}$$

Exemplo:

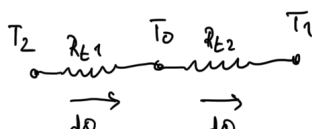


Seção A constante.

$$\frac{dQ}{dt} = ? \quad T_0 = ?$$



$\frac{dQ}{dt}$ é independente de x!



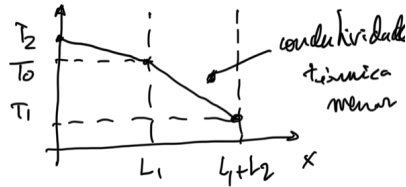
$$R_t = \frac{L}{kA}$$

$$\frac{q}{dt} \quad \frac{q}{dt}$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{T_2 - T_0}{R_{t1}} = \frac{T_0 - T_1}{R_{t2}} = \frac{T_2 - T_1}{R_{t1} + R_{t2}} = \frac{T_2 - T_1}{\frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A}} =$$

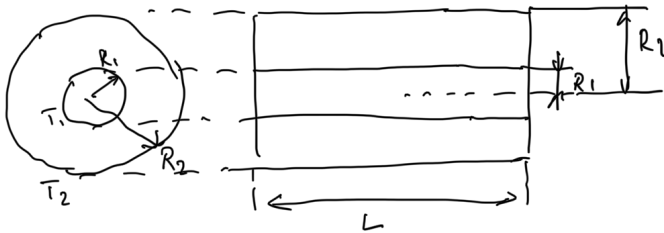
$$= (T_2 - T_1) \frac{A}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}}$$

$$T_0 = \dots)$$



B

Exemplo:



2 superfícies cilíndricas concêntricas, raios R_1 e R_2 , a temperaturas T_1 e T_2 , comprimento L

$$T(r) = ? \quad \frac{dQ}{dt} = ? \quad R_t = ?$$



Por simetria, todos os pontos à mesma distância r estão à mesma temperatura.

O fluxo de calor através de qualquer superfície cilíndrica de raio r (e comprimento L) é constante



(mesmo argumento).

$$\frac{dQ}{dt} = -k A \frac{dT}{dr}$$

$$\frac{dQ}{dt}(r) = -k(2\pi r L) \frac{dT}{dr} =$$

$$r \frac{dT}{dr} = - \frac{C_1}{2\pi L k} = \tilde{C}_1$$

$$\frac{dT}{dr} = \frac{\tilde{C}_1}{r}$$

$$T(r) = \tilde{C}_1 \ln(r) + C_2$$

$$T(r=R_1) = T_1 \rightarrow \tilde{C}_1 \ln(R_1) + C_2 = T_1$$

$$T(r=R_2) = T_2 \rightarrow \tilde{C}_1 \ln(R_2) + C_2 = T_2$$

$$\tilde{C}_1 \ln(R_2/R_1) = T_2 - T_1$$

$$\tilde{C}_1 = \frac{T_2 - T_1}{\ln(R_2/R_1)} \quad \text{e} \quad dQ = -2\pi r L \tilde{C}_1 \frac{dT}{dr} = 2\pi L k (T_1 -$$

$$\ln(R_2/R_1) \quad \frac{dQ}{dt} = \frac{\Delta T}{R_t} \quad \ln(R_2/R_1)$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\Delta T}{R_t} \rightarrow R_t = \frac{\ln(R_2/R_1)}{2\pi L K}$$

→ u ←

Convecção: a energia é transferida pelo movimento do próprio fluido.

A transferência de calor: $\propto A$ $\propto \Delta T$ $\frac{dQ}{dt} = h A \Delta T \equiv \frac{\Delta T}{R_t}$

h esconde todas as dificuldades: $R_t = \frac{1}{h A}$

h depende:

- da forma da superfície
- pode depender da orientação
- do material em contacto com a superfície
- velocidade e tipo do escoamento do fluido
- de haver vaporização ou condensação
- ...)