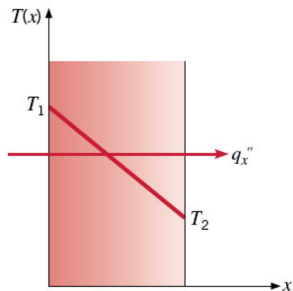


3 Condução unidimensional em regime estacionário

3.1 Parede plana sem geração



Eq. do calor: $\frac{d}{dx} \left(k \frac{dT}{dx} \right) = 0$

Fluxo térmico é constante, independente de x

Se k é constante, podemos integrar a eq. do calor: $T(x) = C_1x + C_2$

Exemplos de condições de contorno: $T(0) = T_{s,1}$, $T(L) = T_{s,2}$

$$\text{Assim: } C_2 = T_{s,1}, C_1 = \frac{T_{s,2} - T_{s,1}}{L}$$

$$\therefore T(x) = (T_{s,2} - T_{s,1})\frac{x}{L} + T_{s,1} \quad \rightarrow \text{distribuição linear}$$

$$\text{Calor transferido: } q_x = -kA \frac{dT}{dx} = \frac{kA}{L}(T_{s,1} - T_{s,2})$$

$$\text{Fluxo: } q_x'' = \frac{q_x}{A} = \frac{k}{L}(T_{s,1} - T_{s,2})$$

3.1.1 Resistência térmica

Analogia com circuitos elétricos é possível para problemas unidimensionais, sem geração interna, em regime permanente.

Elétrico:

$$U = RI$$

Térmico:

$$(T_{s,1} - T_{s,2}) = \frac{L}{kA} q_x$$

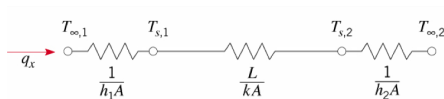
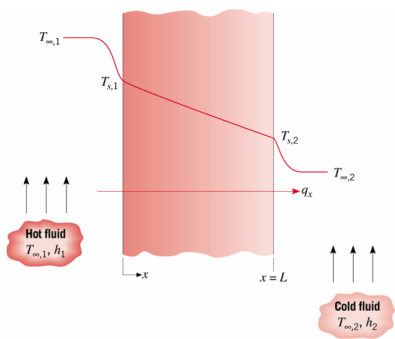
Resistência de condução:

$$R_{t,\text{cond}} = \frac{L}{kA} \text{ (parede plana)}$$

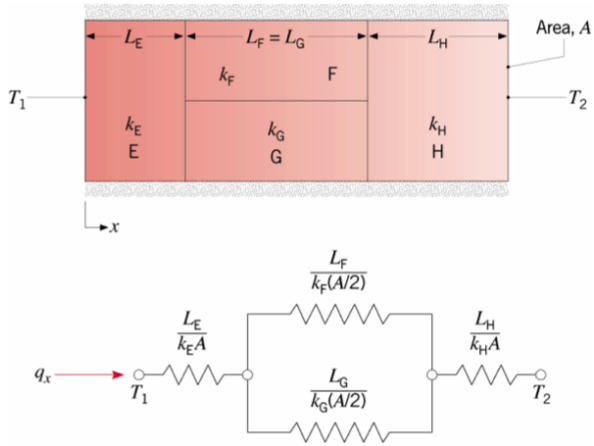
Resistência de convecção:

$$q_x = hA(T_s - T_\infty)$$

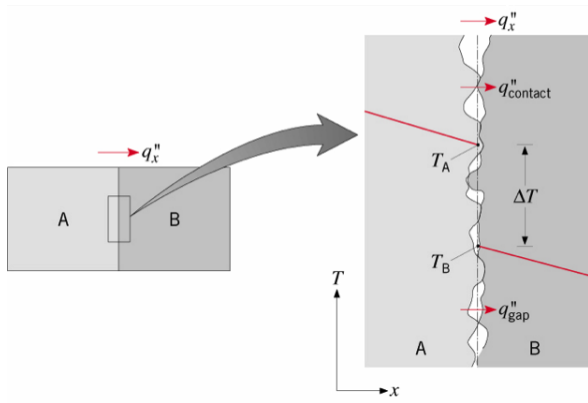
$$\therefore R_{t,\text{conv}} = \frac{1}{hA}$$



Associação pode ser feita em série ou paralelo.



3.1.2 Resistência de contato



Imperfeições na junção

$$R''_{t,c} = \frac{T_A - T_B}{q_x''}$$

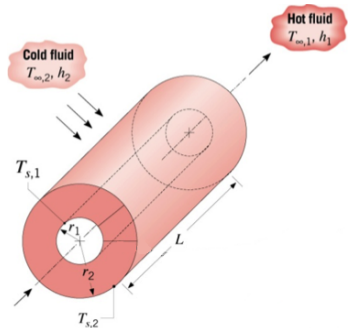
Exercício 3

As paredes externas de um edifício são compostas por três camadas: uma placa de gesso ($k_g = 0,17 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) com 10 mm de espessura, espuma de uretano ($k_u = 0,026 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) com 50 mm de espessura, e uma madeira macia ($k_m = 0,12 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) com 10 mm de espessura. Em um dia típico de inverno, as temperaturas do ar nos lados externo e interno da parede são de -15°C e 20°C , respectivamente, com os correspondentes coeficientes de transferência de calor por convecção iguais a $15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e $5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

- Qual a carga de aquecimento necessária para um seção de 1 m^2 da parede?
- Qual a carga de aquecimento necessária se a parede composta for substituída por uma janela de vidro ($k_v = 1,4 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) com 3 mm de espessura?

c) Qual a carga de aquecimento necessária se a parede composta for substituída por uma janela dupla, com duas lâminas de vidro de 3 mm de espessura separadas por um espaço de 5 mm contendo ar estagnado ($k_a = 0,0263 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)?

3.2 Cilindro sem geração



Eq. do calor: $\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(kr \frac{dT}{dr} \right) = 0$

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

Taxa de transferência é constante, independente de r .

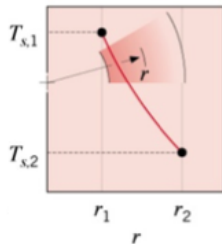
Para k constante: $\frac{d}{dr} \left(r \frac{dT}{dr} \right) = 0 \Rightarrow r \frac{dT}{dr} = C_1 \Rightarrow \frac{dT}{dr} = \frac{C_1}{r}$

$$T(r) = C_1 \ln r + C_2$$

Exemplos de condições de contorno: $T(r_1) = T_{s,1}$, $T(r_2) = T_{s,2}$

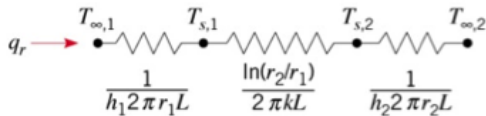
$$\text{Assim: } T(r) = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{\ln(r_1/r_2)} \ln\left(\frac{r}{r_2}\right) + T_{s,2}$$

→ distribuição logarítmica.



$$q_r = \frac{2\pi Lk}{\ln(r_2/r_1)} (T_{s,1} - T_{s,2})$$

$$R_{t,\text{cond}} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk}$$



Exercício 4

Um aquecedor elétrico delgado é enrolado ao redor da superfície externa de um tubo cilíndrico longo cuja superfície interna é mantida a uma temperatura de 5°C . A parede do tubo possui raios interno e externo iguais a 25 mm e 75 mm, respectivamente, e condutividade térmica de $10\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. A resistência térmica de contato entre o aquecedor e a superfície externa do tubo (por unidade de comprimento do tubo) é de $R_{t,c} = 0,01\text{ m} \cdot \text{K}/\text{W}$. A superfície externa do aquecedor está exposta a um fluido com $T_\infty = -10^\circ\text{C}$ e um coeficiente de convecção de $h = 100\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Determine a potência do aquecedor, por unidade de comprimento do tubo, requerida para mantê-lo a $T_o = 25^\circ\text{C}$.

Exercício 5

Vapor d'água a 575°C é conduzido de uma caldeira para a turbina de uma usina de geração de potência elétrica através de tubos de aço ($k = 35 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$), com diâmetro interno igual a 300 mm e 30 mm de espessura de parede. Para reduzir a perda térmica para a vizinhança e para manter a temperatura externa segura para o toque, uma camada de isolante de silicato de cálcio ($k = 0,10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) é aplicada nos tubos. O isolante é coberto com uma folha fina de alumínio que possui uma emissividade $\varepsilon = 0,20$. A temperatura do ar e das paredes da planta de potência é igual a 27°C . Considerando que a temperatura da superfície interna do tubo de aço seja igual à do vapor e que o coeficiente convectivo externo à folha de alumínio seja igual a $6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, qual é a espessura mínima de isolante necessária para garantir que a temperatura do alumínio não seja superior a 50°C ? Qual é a perda de calor correspondente, por metro de comprimento de tubo?