# FORMULÁRIO P1 – TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA I

- Lei de Fourier: $q_{cond} = -kA\dfrac{dT}{dx}$

- Lei de Newton: $q_{conv} = hA\left(T_{\sup} - T_{\infty}\right)$

- Lei de Stefan-Boltzmann: $q_{rad} = \varepsilon\sigma A\left(T_{\sup}^4 - T_{viz}^4\right)$ ou $q_{rad} = h_r A\left(T_{\sup} - T_{viz}\right)$ onde $h_r = \varepsilon\sigma\left(T_{\sup} + T_{viz}\right)\left(T_{\sup}^2 + T_{viz}^2\right)$ com $T_{\sup}$ e $T_{viz}$ em escala absoluta e $\sigma = 5{,}67\times10^{-8}$ W/m$^2$.K$^4$ (constante de Stefan Boltzmann)

- Balanço de energia: $E_e - E_s + E_g = E_{acu}$ ou $\dot{E}_e - \dot{E}_s + \dot{E}_g = \dot{E}_{acu}$

- Geração de energia: $\dot{E}_g = \dot{q}V$

- Para efeitos de calor sensível somente: $E_{acu} = \rho V c \Delta T$ ou $\dot{E}_{acu} = \rho V c\dfrac{\Delta T}{\Delta t}$

- Difusividade térmica: $\alpha = \dfrac{k}{\rho c}$

- Equação de difusão em coordenadas retangulares:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right) + \dot{q} = \rho c\frac{\partial T}{\partial t}$$

- Equação de difusão em coordenadas cilíndricas:

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(kr\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(k\frac{\partial T}{\partial \phi}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right) + \dot{q} = \rho c\frac{\partial T}{\partial t}$$

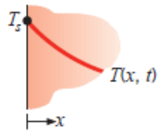
- Equação de difusão em coordenadas esféricas:

$$\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(kr^2\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(k\frac{\partial T}{\partial \phi}\right) + \frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(k\sin\theta\frac{\partial T}{\partial \theta}\right) + \dot{q} = \rho c\frac{\partial T}{\partial t}$$

- Condições de contorno:

1. Constant surface temperature

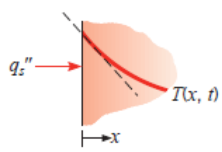
$$T(0, t) = T_s \qquad (2.31)$$




2. Constant surface heat flux

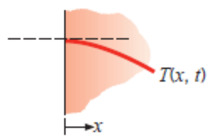
(a) Finite heat flux

$$-k\frac{\partial T}{\partial x}\bigg|_{x=0} = q_s'' \qquad (2.32)$$



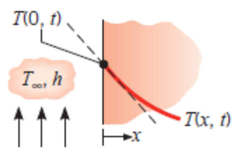

(b) Adiabatic or insulated surface

$$\frac{\partial T}{\partial x}\bigg|_{x=0} = 0 \qquad (2.33)$$




3. Convection surface condition

$$-k\frac{\partial T}{\partial x}\bigg|_{x=0} = h[T_\infty - T(0, t)] \qquad (2.34)$$



- Soluções unidimensionais, em regime estacionário, da equação de difusão calor sem geração de energia térmica com $k$ constante:

| | Plane Wall | Cylindrical Wall[a] | Spherical Wall[a] |
|---|---|---|---|
| Heat equation | $\frac{d^2T}{dx^2}=0$ | $\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dT}{dr}\right)=0$ | $\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{dT}{dr}\right)=0$ |
| Temperature distribution | $T_{s,1}-\Delta T\frac{x}{L}$ | $T_{s,2}+\Delta T\frac{\ln(r/r_2)}{\ln(r_1/r_2)}$ | $T_{s,1}-\Delta T\left[\frac{1-(r_1/r)}{1-(r_1/r_2)}\right]$ |
| Heat flux ($q''$) | $k\frac{\Delta T}{L}$ | $\frac{k\,\Delta T}{r\ln(r_2/r_1)}$ | $\frac{k\,\Delta T}{r^2[(1/r_1)-(1/r_2)]}$ |
| Heat rate ($q$) | $kA\frac{\Delta T}{L}$ | $\frac{2\pi Lk\,\Delta T}{\ln(r_2/r_1)}$ | $\frac{4\pi k\,\Delta T}{(1/r_1)-(1/r_2)}$ |
| Thermal resistance ($R_{t,\text{cond}}$) | $\frac{L}{kA}$ | $\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk}$ | $\frac{(1/r_1)-(1/r_2)}{4\pi k}$ |

[a]The critical radius of insulation is $r_{cr}=k/h$ for the cylinder and $r_{cr}=2k/h$ for the sphere.

- Área superficial e volume do cilindro: $A=2\pi rL$ e $V=\pi r^2 L$

- Área superficial e volume da esfera: $A=4\pi r^2$ e $V=\frac{4\pi r^3}{3}$

- Resistência térmica de convecção: $R_{t,conv}=\frac{1}{hA}$

- Resistência térmica de radiação: $R_{t,rad}=\frac{1}{h_r A}$

- Soluções unidimensionais, em regime estacionário, da equação de difusão calor com geração de energia térmica uniforme com $k$ constante:

| | |
|---|---|
| Parede Plana | $T(x)=-\frac{\dot{q}x^2}{2k}+C_1x+C_2$ |
| Cilindro Longo | $T(r)=-\frac{\dot{q}r^2}{4k}+C_1\ln r+C_2$ |
| Esfera | $T(r)=-\frac{\dot{q}r^2}{6k}-\frac{C_1}{r}+C_2$ |

- Taxa na qual a energia é gerada no interior de um volume $V$, em função da passagem de uma corrente $I$ através do meio que possui resistência elétrica $R_e$:

$$\dot{q}=\frac{q}{V}=\frac{\dot{E}_g}{V}=\frac{I^2R_e}{V}$$