

FORMULÁRIO P1 – TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA I

- Lei de Fourier: $q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx}$
- Lei de Newton: $q_{conv} = hA(T_{sup} - T_{\infty})$
- Lei de Stefan-Boltzmann: $q_{rad} = \epsilon \sigma A(T_{sup}^4 - T_{viz}^4)$ ou $q_{rad} = h_r A(T_{sup} - T_{viz})$ onde $h_r = \epsilon \sigma (T_{sup} + T_{viz})(T_{sup}^2 + T_{viz}^2)$ com T_{sup} e T_{viz} em escala absoluta
- 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 $\dot{E}_{acu} = \rho V c \frac{\Delta T}{\Delta t}$
- Difusividade térmica: $\alpha = \frac{k}{\rho c}$
- Equação de difusão em coordenadas retangulares:

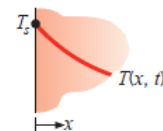
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}$$
- Equação de difusão em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

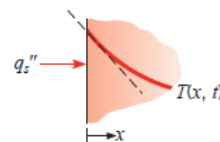
$$T(0, t) = T_s \quad (2.31)$$



2. Constant surface heat flux

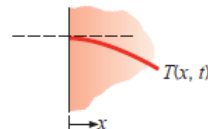
- (a) Finite heat flux

$$-k \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \dot{q}_s'' \quad (2.32)$$



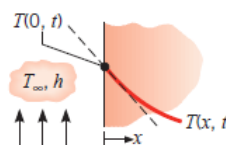
- (b) Adiabatic or insulated surface

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0 \quad (2.33)$$



3. Convection surface condition

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



- 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)	$kA \frac{\Delta T}{L}$	$\frac{2\pi L k \Delta T}{\ln(r_2/r_1)}$	$\frac{4\pi k \Delta T}{(1/r_1) - (1/r_2)}$
Thermal resistance ($R_{t,cond}$)	$\frac{L}{kA}$	$\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi L k}$	$\frac{(1/r_1) - (1/r_2)}{4\pi k}$

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

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