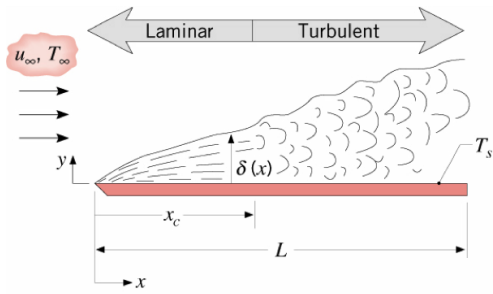


Convecção Forçada – Escoamento Externo

1 A placa plana com escoamento paralelo



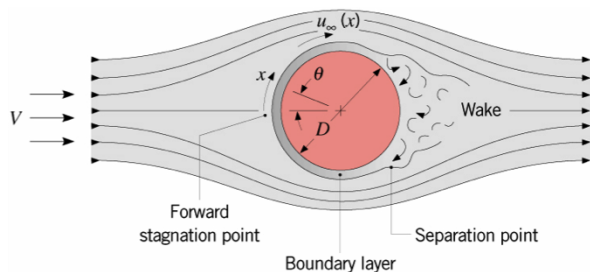
$$Re_x = \frac{u_\infty x}{\nu}$$

$$Re_c = 5 \times 10^5 \rightarrow \text{transição}$$

$$\text{para regime laminar} \quad \left\{ \begin{array}{l} \delta = \frac{5x}{\sqrt{Re_x}} \\ \delta_t = \delta Pr^{-\frac{1}{3}} \end{array} \right.$$

Condições	Correlação
Laminar; local; isotérmica; T_f ; $0,6 \leq Pr \leq 50$	$Nu_x = 0,332Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$
Laminar; local; fluxo uniforme; T_f ; $Pr \geq 0,6$	$Nu_x = 0,453Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$
Laminar; médio; isotérmica; T_f ; $0,6 \leq Pr \leq 50$	$\overline{Nu}_L = 0,664Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$
Turbulenta; local; isotérmica; T_f ; $Re_x \leq 10^8$; $0,6 \leq Pr \leq 60$	$Nu_x = 0,0296Re_x^{4/5} Pr^{1/3}$
Turbulenta; local; fluxo uniforme; T_f ; $0,6 \leq Pr \leq 60$	$Nu_x = 0,0308Re_x^{4/5} Pr^{1/3}$
Turbulenta; médio; isotérmica; T_f ; $Re \leq 10^8$; $0,6 \leq Pr \leq 60$	$\overline{Nu}_L = 0,037Re_L^{4/5} Pr^{1/3}$
Mista; médio; isotérmica; T_f ; $Re \leq 10^8$; $0,6 \leq Pr \leq 60$	$\overline{Nu}_L = (0,037Re_L^{4/5} - 871)Pr^{1/3}$

2 Cilindro em Escoamento Transversal



$$Re_D = \frac{VD}{\nu}$$

Condições

Correlação

Médio;
isotérmico; T_f ;
 $Re_D Pr > 0,2$

$$\overline{Nu}_D = 0,3 + \frac{0,62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0,4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000} \right)^{5/8} \right]^{4/5}$$

Exercício 1

Ar a uma pressão de 1 atm e a uma temperatura de 15°C escoia paralelamente, a uma velocidade de 10 m/s, sobre uma placa plana com 3 m de comprimento. A placa é aquecida até uma temperatura uniforme de 140°C .

- a) Qual é o coeficiente médio de transferência de calor em toda a placa?
- b) Qual é o coeficiente local de transferência de calor no ponto intermediário da placa?

Solução:

Ar: 1 atm, $T_\infty = 15^\circ\text{C}$, $V = 10\text{ m/s}$. Placa: $L = 3\text{ m}$, $T_s = 140^\circ\text{C}$

$$T_f = \frac{15 + 140}{2} = 77,5^\circ\text{C} = 350\text{ K}, \text{ para esta temperatura:}$$

$$\nu = 20,92 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}, \quad Pr = 0,7, \quad k_f = 30,0 \times 10^{-3}\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\text{a) } Re_L = \frac{VL}{\nu} = \frac{10 \times 3}{20,92 \times 10^{-6}} = 1,439 \times 10^6 \Rightarrow \text{Camada limite mista}$$

$$\overline{Nu}_L = (0,037Re_L^{4/5} - 871) Pr^{1/3} = 1992$$

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_L k_f}{L} = \frac{1992 \times 30 \times 10^{-3}}{3} = 19,92\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

b) No ponto médio da placa, $Re_{L/2} = \frac{V(L/2)}{\nu} = 7,170 \times 10^5 \rightarrow$ turbulenta

$$Nu_x = 0,0296 Re_x^{4/5} Pr^{1/3} = 1271$$

$$h = \frac{Nu_x k_f}{L/2} = \frac{1271 \times 30 \times 10^{-3}}{1,5} = 25,42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Exercício 2

Um elemento aquecedor elétrico, na forma de um longo cilindro, com diâmetro $D = 10 \text{ mm}$, condutividade térmica $k = 240 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, massa específica $\rho = 2700 \text{ kg}/\text{m}^3$ e calor específico $c_P = 900 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, é instalado em um duto através do qual ar, a uma temperatura de 27°C e uma velocidade de $10 \text{ m}/\text{s}$, escoam em escoamento cruzado em relação a elemento aquecedor. Desprezando a radiação, calcule a temperatura superficial em regime estacionário quando, por unidade de comprimento do aquecedor, energia elétrica esta sendo dissipada a uma taxa de $1000 \text{ W}/\text{m}$.

Solução: Ar: $T_\infty = 27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$, $V = 10\text{ m/s}$.

Cilindro: $D = 0,01\text{ m}$, $q' = 1000\text{ W/m}$, $T_s = ?$.

Balanco de energia: $\dot{E}_g = \dot{E}_s$

$$q'L = hA(T_s - T_\infty) = h\pi DL(T_s - T_\infty) \Rightarrow T_s = \frac{q'}{h\pi D} + T_\infty$$

É preciso estimar um T_f para calcular as propriedades do fluido, e ao final verificar a estimativa. Admitindo $T_f = 450\text{ K}$,

$$\nu = 32,39 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}, \quad k_f = 37,3 \times 10^{-3}\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}), \quad Pr = 0,686$$

$$Re_D = \frac{VD}{\nu} = 3087$$

$$\overline{Nu}_D = 0,3 + \frac{0,62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0,4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282000} \right)^{5/8} \right]^{4/5} = 28,2$$

$$\bar{h} = \frac{k_f \overline{Nu}_D}{D} = \frac{0,0373 \times 28,2}{0,1} = 105,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$T_s = \frac{1000}{105,1 \times \pi \times 0,01} + 300 = 603 \text{ K} \quad \Rightarrow \quad T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = 451,5 \text{ K}$$

Estimativa de T_f OK!
