



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PQI 3301 – FENÔMENOS DE TRANSPORTE II

CONVECÇÃO NATURAL : Exercícios



Convecção Natural – Exercício 1

Um tubo a 55 C é imerso em um grande tanque de água a 21 C. O tubo tem diâmetro externo de 25 mm e comprimento de 1,5 ft. Estime o coeficiente de convecção natural. Considere tubo: a) vertical e b) horizontal.

a) vertical

Parede vertical ?

$$L = 0,457 \text{ m}$$

$$T_f = (55 + 21)/2 = 38 \text{ C : Propriedades (SI!)}$$

$$k = 0,63 ; C_p = 4187 ; \nu = 0,687 \cdot 10^{-6} ; \rho = 993 ; \beta = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ e } Pr = 4,52$$

$$Gr_L = \frac{g\beta \cdot L^3 (T_s - T_\infty)}{\nu^2}$$

$$Gr_L = 2,43 \cdot 10^{10}$$

$$Ra = Pr \cdot Gr_L = 1,1 \cdot 10^{11}$$

$$Nu_L = C \cdot Ra_L^n = 0,1 \cdot Ra_L^{1/3} = 478 \Rightarrow Nu_L = \frac{h_L L}{k} \Rightarrow$$

$$h_L = 659 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$



Convecção Natural – Exercício 1

Um tubo a 55 C é imerso em um grande tanque de água a 21 C. O tubo tem diâmetro externo de 25 mm e comprimento de 1,5 ft. Estime o coeficiente de convecção natural. Considere tubo: a) vertical e b) horizontal.

b) horizontal

~~Cilindro vertical infinito?~~

$$D = 0,025 \text{ m}$$

$$T_f = (55 + 21)/2 = 38 \text{ C} : \text{Propriedades (SI!)}$$

$$k = 0,63 ; C_p = 4187 ; \nu = 0,687 \cdot 10^{-6} ; \rho = 993 ; \beta = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ e } Pr = 4,52$$

$$Gr_L = \frac{g\beta D^3 (T_s - T_\infty)}{\nu^2}$$

$$Gr_L = 3,97 \cdot 10^6$$

$$Ra = Pr \cdot Gr_L = 1,8 \cdot 10^7$$

$$Nu_L = C \cdot Ra_L^n = 0,125 \cdot Ra_L^{1/3} = 32,72 \Rightarrow Nu_L = \frac{h_L D}{k} \Rightarrow$$

$$h_L = 824 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$



Convecção Natural – Exercício 2

Um tubo a 55 C está exposto em ar estagnado a 21 C. O tubo tem diâmetro externo de 25 mm e comprimento de 1,5 ft. Estime o coeficiente de convecção natural. Considere tubo: a) vertical e b) horizontal.

a) vertical

$$h_L = 4,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

b) horizontal

$$h_L = 4,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$



Convecção Natural – Exercício 3 (2 da lista 8)

Uma grande placa plana vertical com temperatura superficial de 130 °C está suspensa em ar quiescente a 25 °C e pressão atmosférica. Estimar, para uma posição a 0,25 m da aresta inferior da placa: a) espessura da camada limite, b) velocidade máxima, c) o coeficiente convectivo local. Estime, também, d) a posição da placa em que a camada limite se torna turbulenta.

$$T_f = (25 + 130)/2 + 273 \cong 350 \text{ K} : \text{Propriedades (SI!)}$$

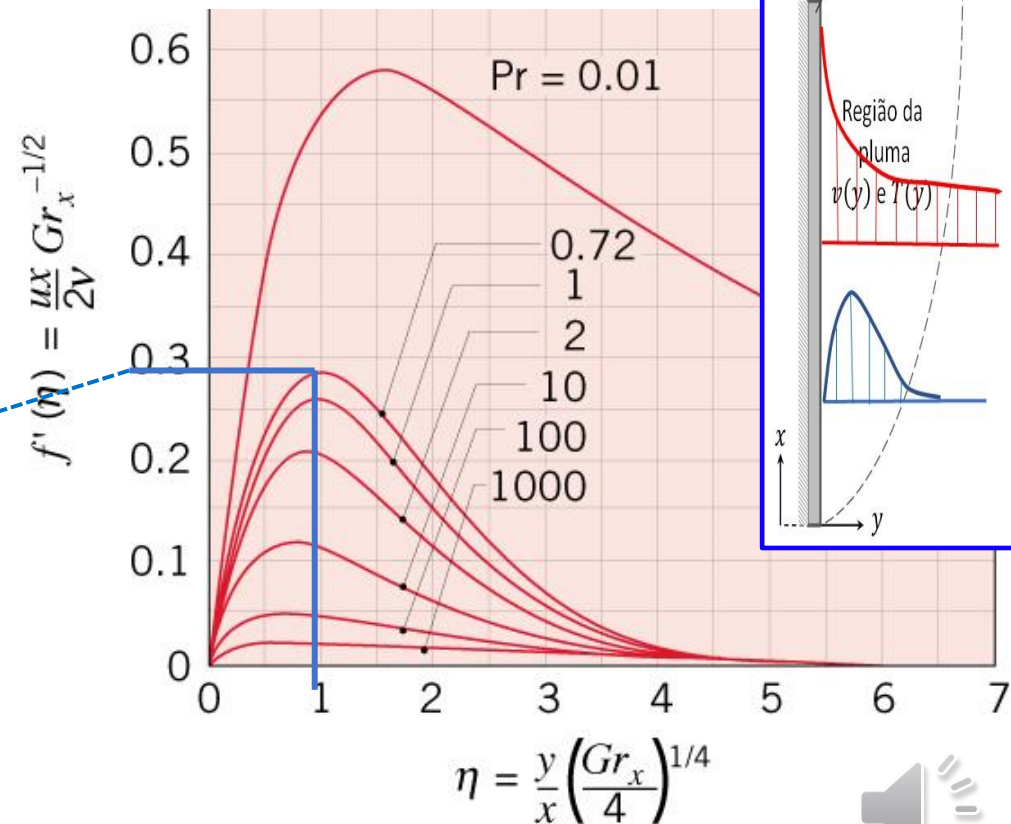
$$k = 0,03 ; \nu = 20,9 \cdot 10^{-6} ; \beta = 1/350 \text{ e } Pr = 0,7$$

$$Gr_x = \frac{g \beta \cdot x^3 (T_s - T_\infty)}{\nu^2} = 1,05 \cdot 10^8$$

$$\eta = \frac{y}{x} \left(\frac{Gr_x}{4} \right)^{1/4} = 5 = \frac{y}{0,25} \left(\frac{1,05 \cdot 10^8}{4} \right)^{1/4}$$

$$\Rightarrow y = 0,0175 \text{ m}$$

$$\frac{x v_x}{2\nu} Gr_x^{-1/2} \cong 0,28 \Rightarrow v_x = 0,48 \text{ m/s}$$



Convecção Natural – Exercício 3 (2 da lista 8)

Uma grande placa plana vertical com temperatura superficial de 130 °C está suspensa em ar quiescente a 25 °C e pressão atmosférica. Estimar, para uma posição a 0,25 m da aresta inferior da placa: a) espessura da camada limite, b) velocidade máxima, c) o coeficiente convectivo local e d) a posição da placa em que a camada limite se torna turbulenta.

$$Nu_x = \left(\frac{Gr_x}{4}\right)^{1/4} \cdot \left(\frac{0,75.Pr^{1/2}}{(0,609+1,221.Pr^{1/2}+1,238.Pr)^{1/4}}\right) = 42,2 \Rightarrow Nu_x = \frac{h_x x}{k}$$

$$h_x = \frac{Nu_x k}{x} = 5,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$Ra_x = Pr \cdot Gr_x = 10^9 \Rightarrow Gr_x = 1,43 \cdot 10^9 = \frac{g\beta \cdot x^3 (T_s - T_\infty)}{\nu^2} \Rightarrow x = 0,6 \text{ m}$$

