Uma placa vertical de 4,0 metros de altura é mantida a 60°C em um ambiente a 10°C. Calcule o fluxo de calor em um comprimento de 10 metros de parede. $\nu = 1{,}65 \times 10^{-5}\ m^2/s$

$$Gr = \frac{D^3 \cdot \beta \cdot g \cdot \Delta T}{\nu^2}$$

$$T_f = \frac{60+10}{2} = 35°C = 308\,K$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \Rightarrow \beta = 3{,}25 \times 10^{-3}\ K^{-1}$$

$$Gr = \frac{4{,}0^3 \cdot 3{,}25 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}8 \cdot (60-10)}{(1{,}65 \times 10^{-5})^2}$$

$$Gr = 3{,}74 \times 10^{11}$$

$$\mu = 1{,}80 \times 10^{-5}\ Pa.s$$

$$C_e = 1006\ \frac{J}{kg\,K}$$

$$k = 2{,}57 \times 10^{-2}\ \frac{W}{mK}$$

$$Pr = \frac{C_e \cdot \mu}{k} \Rightarrow Pr = \frac{1006 \cdot 1{,}80 \times 10^{-5}}{2{,}57 \times 10^{-2}}$$

$$Pr = 0{,}705$$

$$Gr \cdot Pr = 3{,}74 \times 10^{11} \cdot 0{,}705 = 2{,}64 \times 10^{11} \therefore \quad 10^9 < Gr\,Pr < 10^{13}$$

$$Nu = 0{,}1\,(Gr\,Pr)^{1/3}$$

$$Nu = 0{,}1\,(2{,}64 \times 10^{11})^{1/3} \Rightarrow Nu = 641$$

$$h = \frac{k \cdot Nu}{D} \Rightarrow h = \frac{2{,}57 \times 10^{-2} \cdot 641}{4} \Rightarrow h = 4{,}12\ W/m^2K$$

$$\dot{q} = h \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$$

$$\dot{q} = 4{,}12 \cdot (4 \times 10) \cdot (60-10)$$

$$\boxed{\dot{q} = 8{,}24 \times 10^3\ W}$$

Um tubo horizontal de ~~2~~0 cm de diâmetro possui uma temperatura superficial constante de 38°C e é imerso em um tanque de água a ~~27~~°C. Calcule a perda de calor por convecção livre por unidade de comprimento.
16

$$Gr = \frac{D^3 \cdot \beta \cdot g \cdot \Delta T}{\nu^2}$$

$\beta_{água} = 3{,}03 \times 10^{-4}\ K^{-1}$

$\nu = 8{,}53 \times 10^{-7}\ m^2/s$

$\mu = 8{,}50 \times 10^{-4}\ Pa.s$

$k = 0{,}610\ W/mK$

$C_p = 4180\ J/kgK$

$$Gr = \frac{0{,}02^3 \cdot 3{,}03 \cdot 10^{-4} \cdot 9{,}8 \cdot (38-27)}{(8{,}53 \times 10^{-7})^2}$$

$$Gr = 7{,}18 \times 10^5$$

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \Rightarrow Pr = \frac{4180 \cdot 8{,}50 \times 10^{-4}}{0{,}610} \Rightarrow Pr = 5{,}82$$

$$Gr\,Pr = 4{,}18 \times 10^6 < 10^{12}$$

$$Nu = \left[0{,}60 + \frac{0{,}387 \cdot (Gr\,Pr)^{\frac{1}{6}}}{\left(1 + \left(\frac{0{,}559}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right)^{\frac{8}{27}}} \right]^2$$

$$Nu = \left[0{,}60 + \frac{0{,}387 \cdot (4{,}18 \times 10^6)^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0{,}559}{5{,}82}\right)^{\frac{9}{16}}\right)^{\frac{8}{27}}} \right]^2 \Rightarrow Nu = 26{,}8$$

$$h = \frac{k \cdot Nu}{D} \Rightarrow h = \frac{0{,}610 \cdot 26{,}8}{0{,}02} \Rightarrow h = 818\ W/m^2\,°C$$

$$\dot{q} = h \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \Rightarrow \dot{q} = h\,(\pi \cdot d \cdot L) \cdot (T_1 - T_2)$$

$$\frac{\dot{q}}{L} = 818 \cdot \pi \cdot 0{,}02 \cdot (38 - 16) \Rightarrow \boxed{\frac{\dot{q}}{L} = 1{,}13 \times 10^3 \text{ (W/metro)}}$$

Um tubo de 5,0 cm de diâmetro interno conduz água a uma vazão de 25 l/min e uma temperatura de 60°C. Calcule a perda de calor por convecção ~~por~~ 10 metro linear de tubulação, considerando que a parede interna da tubulação esteja constante a 40°C.

Dados da água a 50°C:

$\beta = 4{,}54 \cdot 10^{-4} K^{-1}$

$\nu = 5{,}541 \cdot 10^{-7} \frac{m^2}{s}$

$\mu = 5{,}474 \cdot 10^{-4} Pa \cdot s$

$c_p = 4180 \frac{J}{kgK}$

$k = 0{,}640 \frac{W}{mK}$

$\rho = 988 \frac{kg}{m^3}$

Determinar Re

$Q = v \cdot A$ (Q ⇒ vazão (m^3/s))

$Q = 25\ l/min = \frac{25}{60 \cdot 1000} = 4{,}17 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$

$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow A = \frac{\pi \cdot 0{,}05^2}{4} \Rightarrow A = 1{,}96 \times 10^{-3} m^2$

$v = \frac{Q}{A} \Rightarrow v = \frac{4{,}17 \times 10^{-4}}{1{,}96 \times 10^{-3}} \Rightarrow v = 0{,}212\ m/s$

$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{988 \cdot 0{,}212 \cdot 0{,}05}{5{,}474 \times 10^{-4}} \Rightarrow Re = 1{,}91 \times 10^4$ ∴

Fluxo turbulento

$Nu = 0{,}023 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^n$ $n = 0{,}3$, fluido esfriando

$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \Rightarrow Pr = \frac{4180 \cdot 5{,}474 \cdot 10^{-4}}{0{,}640} \Rightarrow Pr = 3{,}58$

$Nu = 0{,}023 \cdot (1{,}91 \times 10^4)^{4/5} \cdot 3{,}58^{0{,}3} \Rightarrow Nu = 89{,}7$

$h = \frac{k \cdot Nu}{D} \Rightarrow h = \frac{0{,}640 \cdot 89{,}7}{0{,}05} \Rightarrow h = 1{,}15 \times 10^3\ W/m^2\,°C$

$\dot{q} = h \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \Rightarrow \dot{q} = 1{,}15 \times 10^3 \left(\frac{\pi \cdot 0{,}05^2}{4} \cdot 10\right) \cdot (60 - 40)$

$\boxed{\dot{q} = 451\ W}$

Ar a 20°C flui sobre uma placa a 35 m/s. A placa tem 75 cm de largura na direção do fluxo e é mantida a 60°C. O comprimento da placa é 1,0 metro. Calcule a transferência de calor por convecção entre a placa e o ar.

Dados do ar a 40°C:

$\rho = 1{,}127 \frac{kg}{m^3}$

$\nu = 1{,}69 \cdot 10^{-5} \frac{m^2}{s}$

$\mu = 1{,}90 \cdot 10^{-5} Pa \cdot s$

$c_p = 1007 \frac{J}{kgK}$

$k = 2{,}735 \cdot 10^{-2} \frac{W}{mK}$

Determinar Re p/ saber se fluxo é Laminar ou turbulento

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1{,}127 \times 35 \times 0{,}75}{1{,}90 \times 10^{-5}}$$

$Re = 1{,}56 \times 10^{6}$ ∴ Turbulento

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{k} \Rightarrow Pr = \frac{1007 \times 1{,}90 \cdot 10^{-5}}{2{,}735 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow Pr = 0{,}7$$

$$Nu = \left(0{,}037 \cdot Re^{\frac{4}{5}} - 871\right) \cdot Pr^{1/3}$$

$$Nu = \left(0{,}037 \cdot (1{,}56 \times 10^{6})^{4/5} - 871\right) \cdot 0{,}7^{1/3}$$

$$Nu = 2{,}19 \times 10^{3}$$

$$h = \frac{k \cdot Nu}{L} \Rightarrow h = \frac{2{,}735 \times 10^{-2} \times 2{,}19 \times 10^{3}}{0{,}75} \Rightarrow h = 79{,}7 \frac{W}{m^2 \, °C}$$

$$\dot{q} = h \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \Rightarrow \dot{q} = 79{,}7 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot (60 - 20)$$

$$\boxed{\dot{q} = 2{,}39 \times 10^{3} \ W}$$