

Esercitazione 11

Oggetto: Conduzione

1.La parete di un forno ha uno spessore $s= 20$ cm di materiale refrattario con conduttività termica pari a $K_r= 12$ W/mK ed è isolata con materiale composito con conduttività termica pari a $K= 0.3$ W/mK. La temperatura della superficie interna del forno è di 900 °C, mentre quella dell'aria esterna è di 25 °C. Nell'ipotesi che il forno sia a regime e che il coefficiente di scambio termico sia pari a 10 W/m²K, determinare:

- lo spessore di isolamento necessario affinché il flusso termico disperso dal forno sia minore di $Q= 800$ W/m²;
- la temperatura raggiunta dalla superficie esterna dell'isolamento. [29 cm, 105 °C]

2.Un tubo di acciaio di 8 cm di diametro interno e con uno spessore di parete di 5.5 mm (conduttività termica pari a 47 W/m-K) ha una temperatura della superficie interna pari a 250 °C. Il tubo è coperto con uno strato di 9 cm di isolante con conduttività termica di 0.5 W/m-K seguito da un altro strato di 4 cm di isolante con conduttività termica di 0.25 W/m-K. La temperatura della superficie più esterna dell'isolante è di 20 °C. Determinare:

1.la potenza termica dissipata per unità di lunghezza del tubo;

2.le temperature alle due interfacce [448 W/m, 250 °C, 94 °C]

3.Determinare il numero di Biot per un corpo sferico ($R= 10$ cm) realizzato in acciaio ($K_s= 15$ W/mK, $\rho_s= 7800$ kg/m³, $c_s= 0.2$ kJ/kgK) e lambito da un fluido con proprietà termofisiche note ($K_f= 2$ W/mK, $\rho_f= 800$ kg/m³, $c_f= 2$ kJ/kgK) con un coefficiente convettivo $h= 80$ W/m²K.

[0.1778]

4.Determinare il numero di Biot per un cubo ($L= 20$ cm) realizzato in rame ($K_{Cu}= 300$ W/mK, $\rho_s= 7200$ kg/m³, $c_s= 0.4$ kJ/kgK). Il cubo è appoggiato con una faccia ad una superficie adiabatica mentre le altre facce sono lambiti da un fluido con proprietà termofisiche note ($K_f= 0.6$ W/mK, $\rho_f= 800$ kg/m³, $c_f= 4$ kJ/kgK) e con un coefficiente convettivo $h= 80$ W/m²K. [0.01067]

5.Delle sfere di acciaio con diametro $D= 10$ mm subiscono un trattamento di tempra che consiste nel riscaldamento fino alla temperatura $T_i= 1100$ K seguito dal lento raffreddamento a $T_f= 420$ K in una corrente di aria con temperatura $T_\infty= 50$ °C e velocità $w_\infty= 0.3$ m/s. Nel caso in cui il coefficiente di scambio convettivo tra la corrente d'aria e le sferette sia $h= 20$ W/m²K, determinare:

- 1 il tempo richiesto dal processo di raffreddamento;
- 1 l'effettivo coefficiente di scambio convettivo medio tra aria e sferetta utilizzando la correlazione: $Nu= [2+ (0.44 Re^{0.5} + 0.066 Re^{0.667}) Pr^{0.4}]$

Proprietà termofisiche dell'acciaio:

conduttività termica $k_m= 40$ W/mK densità $m= 7800$ kg/m³

calore specifico $c= 600$ J/kgK

Proprietà termofisiche dell'aria:

conduttività termica $k_a= 0.03$ W/mK densità $a= 0.995$ kg/m³

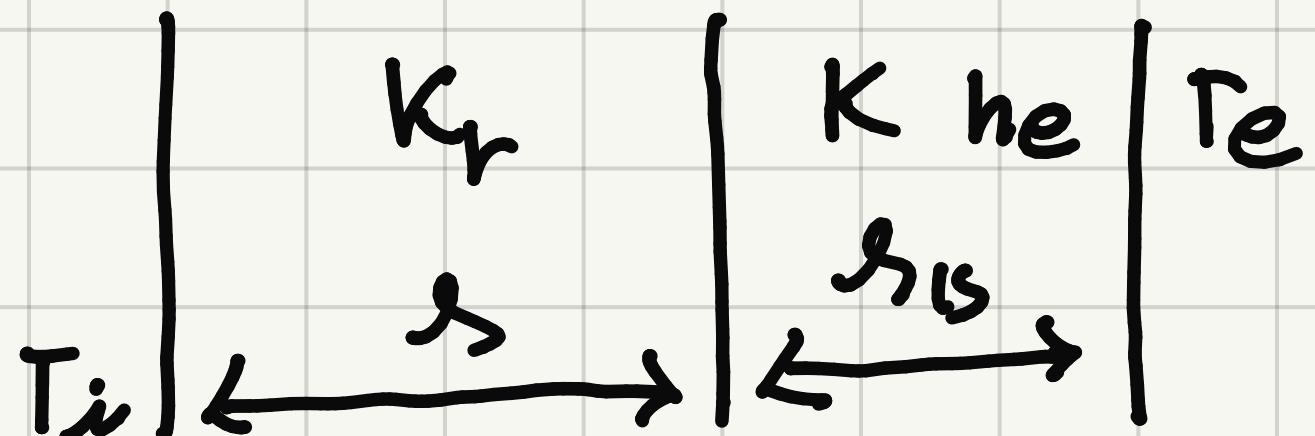
calore specifico $c_p= 1008.6$ J/kgK viscosità $a= 20.82 \cdot 10^{-6}$ kg/ms

[812 s, 24.4 W/m²K]

$$1 \quad h=20 \text{ cm} \quad K_r = 12 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad K = 0,3 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad T_i = 900^\circ\text{C} \quad T_e = 25^\circ\text{C}$$

$$h_e = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}} \rightarrow L = 800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad h_{IS} ? \quad T_{IS,e} ?$$

Φ UGUALE PER tutti i MATERIALI ATTRAVERSATI



$$\Phi = (T_i - T_e) \cdot \frac{K_e}{h} = (T_i - T_{IS,i}) \frac{K_r}{s} \Rightarrow T_{IS,i} = 886,67^\circ\text{C}$$

$$= (T_{IS,i} - T_{IS,e}) \cdot \frac{1}{h_e} \Rightarrow T_{IS,e} = 105^\circ\text{C}$$

$$h_{IS} = \frac{K}{\Phi} (T_{IS,i} - T_{IS,e}) = 23,3 \text{ cm}$$

$$2 \quad d_i = 8 \text{ cm} \quad s = 5,5 \text{ mm} \quad K_{acc} = 47 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad T_i = 250^\circ\text{C}$$

$$h_{IS1} = 9 \text{ cm} \quad K_{IS1} = 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad h_{IS2} = 4 \text{ cm} \quad K_{IS2} = 0,25 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

$$T_e = 20^\circ\text{C} \quad Q/L ? \quad T_{IS1} ? \quad T_{IS2} ?$$

POSTULATO DI FOURIER $\dot{Q} = -KA \cdot \frac{dT}{dr} \Rightarrow \frac{\dot{Q}}{L} = \frac{-K \cdot 2\pi r}{L} \cdot \frac{dT}{dr}$

$$d_i/2 + s + h_{IS1} + h_{IS2}$$

$$\Rightarrow \int_{d_i/2}^{T_e} \frac{\dot{Q}}{rL} dr = \int_{T_i}^{T_e} -K \cdot 2\pi r dt \Rightarrow \frac{\dot{Q}}{L} = \frac{2\pi \cdot K (T_e - T_i)}{\ln(\frac{r_e}{r_i})}$$

$$\frac{2\pi K}{\ln(\frac{r_e}{r_i})}$$

VA SCOMPOGO NELLE VARIE SEZIONI

$$\frac{2\pi K_{acc}}{\ln(\frac{r_i+s}{r_i})} + \frac{2\pi K_{IS1}}{\ln(\frac{r_i+s+h_{IS1}}{r_i+s})} + \frac{2\pi K_{IS2}}{\ln(\frac{r_i+s+h_{IS1}+h_{IS2}}{r_i+s+h_{IS1}})}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}/L = 445,73 \text{ W/m}$$

Φ UGUALE PER tutti i MATERIALI attraversati

$$(T_{IS1} - T_i) \cdot \frac{\frac{2\pi \cdot K_{acc}}{ln(\frac{r_i+s}{r_i})}}{A} = \frac{\dot{Q}}{A} \quad A = 2\pi r L$$

$$\Rightarrow T_{IS1} = T_i - \frac{\frac{2\pi \cdot K_{acc}}{ln(\frac{r_i+s}{r_i})}}{\cdot 2\pi \cdot \left(\frac{d}{2} + s\right)} \frac{\dot{Q}}{L} = 249,8^\circ C$$

$$(T_e - T_{IS2}) \cdot \frac{\frac{2\pi \cdot K_{IS2}}{ln(\frac{r_i+s+d_{IS1}+d_{IS2}}{r_i+d_{IS1}})}}{A} = \frac{\dot{Q}}{A}$$

$$T_{IS2} = T_e + \frac{\frac{2\pi \cdot K_{IS2}}{ln(\frac{r_i+s+d_{IS1}+d_{IS2}}{r_i+d_{IS1}})}}{\cdot \frac{\dot{Q}}{L}} = 93,4^\circ C$$

3 $R = 10 \text{ cm}$ $K_s = 15 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ $\rho_s = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $C_s = 0,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

$$K_f = 2 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \quad \rho_f = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C_f = 2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad h = 80 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad B_{ij}?$$

$$B_{ij} = \frac{h L_c}{K_s} \quad L_c = \frac{V}{A} = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3}{4\pi R^2} = \frac{R}{3} \Rightarrow B_{ij} = 0,1778$$

4 $L = 20 \text{ mm}$ $K_w = 300 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ $\rho_w = 7200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $C_w = 0,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

$$K_f = 0,6 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \quad \rho_f = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C_f = 4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad h = 80 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad B_{ij}?$$

$$B_{ij} = \frac{h L_c}{K_w} \quad L_c = \frac{V}{A} = \frac{L^3}{5L^2} = \frac{L}{5} \Rightarrow B_{ij} = 0,01067$$

$$5 \quad D = 10 \text{ mm} \quad T_w = 1100^\circ\text{K} \quad T_f = 420^\circ\text{K} \quad T_\infty = 50^\circ\text{C} \quad W_\infty = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$h = 20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \quad [?] \quad \text{hepp?}$$

$$k_m = 40 \frac{\text{W}}{\text{m} \text{K}} \quad \rho_m = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C = 600 \frac{\text{J}}{\text{kg} \text{K}}$$

$$k_a = 0,03 \frac{\text{W}}{\text{m} \text{K}} \quad \rho_a = 0,995 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C_p = 1008,6 \frac{\text{J}}{\text{kg} \text{K}}$$

$$\rho_a = 20,822 \text{ kg} \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$B_{ij} = \frac{h \cdot C}{k_m} = \frac{h \cdot \nu_A}{k_m} = \frac{h \cdot R/3}{k_m} = 0,00083 \quad \text{LL0,1}$$

\Rightarrow STUDIO A PARAMETRI CONCENTRATI

$$\frac{T(\tau) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = e^{-b \cdot \tau} \quad \text{con } b = \frac{hA}{\rho_m \nu C_m}$$

$$\Rightarrow h \frac{T(\tau) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = - \frac{hA}{\rho_m \nu C_m} \tau \Rightarrow \tau = 8118$$

$$Re = \frac{\rho \nu w_0 D}{\eta} = 143,4 \quad Pr = \frac{\rho \nu C_p}{k_a} = 0,7$$

$$N_u = \frac{h_{eff} \cdot D}{k_a} \Rightarrow h_{eff} = 24,4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Esercitazione 12

Oggetto: Convezione

1. Calcolare il coefficiente convettivo con la relazione di Dittus-Boelter ($Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.3}$) conoscendo le seguenti grandezze: portata massica $m = 2 \text{ kg/s}$ diametro del condotto $D = 3 \text{ cm}$ massa volumica $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ viscosità dinamica $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ms}$ $Pr = 12.7$ conduttività termica $k = 0.3 \text{ W/mK}$. **[2483,4 W/m²K]**
2. Determinare il numero di Prandtl di un fluido in moto in un condotto cilindrico di diametro $D = 6 \text{ cm}$ con una portata $G = 10 \text{ kg/min}$ ed avente proprietà termofisiche costanti e note: massa volumica $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$, viscosità dinamica $\mu = 0.0017 \text{ Ns/m}^2$, calore specifico $c = 0.8 \text{ kcal/kgK}$, conduttività termica $k = 0.14 \text{ W/mK}$. **[40.7]**
3. Utilizzando la relazione di Dittus-Boelter ($Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.33}$) determinare il numero di Nusselt per una portata di acqua $G = 0.2 \text{ kg/s}$ che attraversa un condotto, di sezione cilindrica e diametro $D = 10 \text{ cm}$. Sono noti per l'acqua la massa volumica $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$, la viscosità dinamica $\mu = 8.3 \cdot 10^{-4} \text{ kg/ms}$ ed il numero di Prandtl $Pr = 4.7$.
- 4.
5. Una portata di acqua $G = 0.3 \text{ kg/s}$ attraversa un condotto di lunghezza $L = 1200 \text{ m}$, di sezione cilindrica e diametro $D = 20 \text{ cm}$. Essendo nota per l'acqua la massa volumica $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$, la viscosità dinamica $\mu = 8.3 \cdot 10^{-4} \text{ kg/ms}$, la conduttività termica $k = 0.265 \text{ W/mK}$, il calore specifico $c = 4.1 \text{ kJ/kgK}$, si chiede di determinare il numero di Reynolds nel condotto. **[2301]**
6. Determinare il numero di Reynolds relativo ad una portata in massa $m = 100 \text{ kg/h}$ di acqua che fluisce in un condotto di lunghezza $L = 100 \text{ m}$ e diametro $d = 60 \text{ mm}$. Le proprietà termofisiche dell'acqua sono: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$, $c = 1 \text{ kcal/kgK}$, $k = 0.2 \text{ W/mK}$. **[737]**
7. Determinare il numero di Prandtl di una sostanza di cui sono noti massa volumica $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$, calore specifico $c_p = 1.05 \text{ kJ/kgK}$, conduttività termica $k = 1.3 \text{ kcal/hmK}$, viscosità dinamica $\mu = 0.002 \text{ Ns/m}^2$. **[1.39]**
8. Una superficie la cui temperatura è $T_s = 800 \text{ }^\circ\text{C}$ è attraversata da un flusso termico areico $J = 60 \text{ kW/m}^2$. Sapendo che la superficie è lambita da un fluido con temperatura $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ determinare il coefficiente convettivo. **[77.9 W/m²K]**
9. Determinare il numero di Nusselt per una portata di acqua $G = 0.2 \text{ kg/min}$ che attraversa un condotto, di sezione cilindrica e diametro $D = 2 \text{ cm}$. Sono noti, per l'acqua, la massa volumica $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$, la viscosità dinamica $\mu = 8.3 \cdot 10^{-4} \text{ kg/ms}$ ed il numero di Prandtl $Pr = 4.7$. Il numero di Nusselt è determinabile con le relazioni:
moto laminare $Nu = 4.66$
moto turbolento $Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.33}$ **[4,66]**
10. Determinare il numero di Nusselt medio per un cilindro indefinito in acciaio di raggio $R = 20 \text{ cm}$ immerso in un fluido con coefficiente convettivo $h = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sono note le proprietà dell'acciaio e del fluido:
 $k_{acc} = 15 \text{ W/mK}$ $\rho_{acc} = 7800 \text{ kg/m}^3$ $c_{acc} = 1 \text{ kJ/kgK}$
 $k_{fl} = 0.3 \text{ W/mK}$ $\rho_{fl} = 1.25 \text{ kg/m}^3$ $c_{vis} = 1.2 \text{ kJ/kgK}$. **[20]**

11. Determinare il numero di Nusselt relativo allo scambio convettivo tra una sfera di acciaio di diametro $D = 10$ cm e temperatura superficiale costante $T_s = 100$ °C immersa in acqua a temperatura $T_{H_2O} = 20$ °C. La sfera cede all'acqua una potenza $Q = 150$ W. Sono noti:

$$\begin{aligned} k_{acc} &= 15 \text{ W/mK} & \rho_{acc} &= 7800 \text{ kg/m}^3 & c_{acc} &= 1 \text{ kJ/kgK} \\ k_{H_2O} &= 0.3 \text{ W/mK} & \rho_{H_2O} &= 1000 \text{ kg/m}^3 & c_{H_2O} &= 4.1 \text{ kJ/kgK} & \mu_{H_2O} &= 0.0009 \text{ Ns/m}^2 \end{aligned}$$

[19,9]

$$1 \quad N_U = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,93} \quad \dot{m} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad D = 3,0 \text{m} \quad \rho = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$N = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \quad Pr = 12,7 \quad K = 0,3 \frac{\text{W}}{\text{m.K}} \quad h?$$

$$N_U = \frac{hK}{D} \Rightarrow h = \frac{KN_U}{D} \quad Re = \frac{\rho w D}{\eta}$$

$$\dot{m} = \rho w A = \rho w \cdot \pi \frac{D^2}{4} \rightarrow w = 3,144 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow Re = 42444 \Rightarrow N_U = 248,4 \Rightarrow h = 2484 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$2 \quad D = 6 \text{m} \quad G = 10 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \quad \rho = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \mu = 0,0017 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \quad C = 0,8 \frac{\text{kcal}}{\text{kg.K}}$$

$$K = 0,14 \frac{\text{W}}{\text{m.K}} \quad Pr? \quad Pr = \frac{Nc}{K} = 40,66$$

$$3 \quad N_U = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,93} \quad G = 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad D = 10 \text{m} \quad \rho = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$N = 8,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \quad Pr = 4,7 \quad N_U?$$

$$Re = \frac{\rho w D}{\eta} \quad G = \rho w A = \rho w \pi \frac{D^2}{4} \rightarrow w = 0,0255 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow Re = 3066 \Rightarrow N_U = 22,52$$

$$5 \quad G = 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad L = 1200 \text{m} \quad D = 20,0 \text{m} \quad \rho = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \mu = 8,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$$

$$K = 0,265 \frac{\text{W}}{\text{m.K}} \quad C = 4,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}} \quad Re?$$

$$Re = \frac{\rho w D}{\eta} \quad G = \rho w A = \rho w \pi \frac{D^2}{4} \rightarrow w = 0,0974 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow Re = 2342,2$$

$$6 \quad \dot{m} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad L = 1200\text{m} \quad d = 60\text{-cm} \quad \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad N = 0,8 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

$$K = 0,2 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad C = 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad Re?$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta} \quad \dot{m} = \rho \cdot v \cdot A = \rho \cdot v \cdot \pi \frac{d^2}{4} \rightarrow v = 0,0984 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow Re = 736,5$$

$$7 \quad \rho = 650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C_p = 1,05 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad K = 1,3 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}\cdot\text{K}} \quad N = 0,002 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \quad Pr?$$

$$Pr = \frac{Nc}{K} \quad K = 1,3 \cdot \frac{4186}{3600} \frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{K}} = 1,512 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad Pr = 1,389$$

$$8 \quad T_s = 800^\circ\text{C} \quad \Phi = 60 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2} \quad T_\infty = 30^\circ\text{C} \quad h?$$

$$\underline{\Phi} = h(T_s - T_\infty) \Rightarrow h = 77,92 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$$

$$9 \quad G = 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \quad D = 2\text{-cm} \quad \rho = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad N = 8,3 \cdot 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}} \quad Pr = 4,7$$

$$N_u (\text{LAMINARE}) = 4,66 \quad N_u (\text{TURBOLENTO}) = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,3} \quad N_u?$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta} \quad G = \rho \cdot v \cdot A = \rho \cdot v \cdot \pi \frac{D^2}{4} \rightarrow v = 0,0106 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow Re = 254,91 \ll 10000 \Rightarrow \text{LAMINARE} \quad N_u = 4,66$$

$$10 \quad R = 20\text{cm} \quad h = 15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}} \quad K_{acc} = 15 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad \rho_{acc} = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C_{acc} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad K_{fl} = 0,3 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad \rho_{fl} = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C_{fl} = 1,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad N_u?$$

$$N_u = \frac{h \cdot D}{K_{fl}} = \frac{h \cdot 2R}{K_{fl}} = 20$$

$$11 \quad D=10 \text{ cm} \quad T_s=100^\circ\text{C} \quad T_{H_2O}=20^\circ\text{C} \quad \dot{Q}=150 \text{ W} \quad K_{acc}=15 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

$$\rho_{acc}=7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C_{acc}=1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad K_{H_2O}=0,3 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad \rho_{H_2O}=1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{H_2O}=4,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad N_{H_2O}=0,0009 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \quad N_U?$$

$$N_U = \frac{hD}{K_{H_2O}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{\Phi} = \frac{\dot{Q}}{A} \\ \overline{\Phi} = h(T_s - T_{H_2O}) \end{array} \right. \Rightarrow h = 59,68 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}} \Rightarrow N_U = 19,89$$