

Esercitazione di Meccanica dei fluidi con Fondamenti di Ingegneria Chimica

Esercitazione 4 (FIC) - 7 Gennaio 2016

Convezione naturale e forzata (III)

Esercizio 1 – Riscaldamento di una sferetta metallica

Una sferetta metallica di diametro pari a $D=(2+0.1 \cdot x)$ cm è esposta alla radiazione solare per un flusso medio di calore pari a $(550+5 \cdot x)$ W/m². L'oggetto è sospeso in ambiente ventilato d'aria alla temperatura di 25°C, e il coefficiente di scambio termico intorno ad esso può essere stimato pari a circa 0.015 kcal/m²/s/°C. Si assuma che la sferetta abbia una densità pari a 7.80 g/cm³ e un calore specifico di 450 J/kg/K.

- Si determini la temperatura di regime che la sfera raggiungerebbe in corrispondenza di un tempo infinitamente lungo.
- Immaginando che la sferetta si trovi inizialmente alla stessa temperatura dell'aria (25°C), e che al tempo $t=0$ venga improvvisamente esposta alla radiazione solare, si stimi il tempo necessario perché essa possa raggiungere una temperatura di 30°C. Si ipotizzi per semplicità che la sferetta sia a temperatura uniforme.

Esercizio 2 - Riscaldamento di un cilindro metallico

Un cilindro di acciaio, di lunghezza 20 cm e diametro 2 cm, inizialmente alla temperatura di 5°C, viene posto in una corrente d'aria avente velocità pari a 5 m/s e temperatura di 25°C. Contemporaneamente sulla superficie del cilindro incide la radiazione solare, stimabile pari a 650 W/m². Si chiede di determinare il tempo necessario perché il cilindro si porti alla temperatura di 22°C, trascurando i fenomeni di convezione naturale e assumendo che la sua temperatura sia uniforme. Per semplicità si trascurino le due superfici di base del cilindro. Si utilizzi la seguente correlazione (convezione forzata intorno ad un cilindro orizzontale):

$$\overline{Nu}_D = 0.30 + \frac{0.62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0.40}{Pr}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$$

Esercizio 3 - Dissipazioni termiche su un serbatoio cilindrico

Un serbatoio cilindrico, di lunghezza esterna 1 m e diametro esterno 0.30 m, è riempito con un olio avente temperatura di 60°C. L'aria che circonda il serbatoio è in quiete ed ha una temperatura di 20°C e lo spessore delle pareti in acciaio del serbatoio pari a 5 mm. Trascurando i fenomeni di convezione naturale all'interno del serbatoio e assumendo che la temperatura del fluido al suo interno sia uniforme, si calcolino le dissipazioni termiche (corrispondenti alla situazione descritta) attraverso la superficie laterale del serbatoio.

Di quanto si abbassano le dissipazioni se la superficie esterna del cilindro viene rivestita con un sottile strato di 5.0 mm di isolante? Si utilizzi la seguente correlazione (convezione naturale):

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0.60 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{8/27}} \right\}^2$$

Esercizio 4 – Riscaldamento di un serbatoio

Un serbatoio intermedio avente diametro D pari a 8 m e altezza H pari a 10 m, contiene un prodotto chimico liquido che deve essere riscaldato dalla temperatura ambiente $T_0=25\text{ °C}$ fino alla temperatura $T_1=80\text{ °C}$ prima di essere alimentato al processo. Alla base del serbatoio è inserito un fascio tubiero cui può essere avviato vapore condensante a 120 °C . Si chiede di valutare, considerando il serbatoio adiabatico:

1. il tempo necessario a portare il liquido alla temperatura voluta prima di spillare il liquido;
2. l'andamento del livello del liquido nel serbatoio e della sua temperatura nel tempo in relazione ad un prelievo per spillamento fino al dimezzamento della massa iniziale;
3. la quantità di vapore da adibire nelle due fasi e la portata massima da erogare.

Massa iniziale:	300 ton
Portata di spillamento:	15 kg/s
Coefficiente di scambio globale:	500 W/m ² /K
Superficie del fascio tubiero:	25 m ²
Densità del liquido:	850 kg/m ³
Calore specifico del liquido:	2.5 kJ/kg/K
Calore latente del vapore:	2206 kJ/kg

Esercizio 5 – Raffreddamento di latte per immersione

Un biberon contiene latte a 60 °C . Deve essere raffreddato per immersione in una bacinella di acqua fredda a 10 °C della capacità di 200 cm³. Il biberon ha un diametro di 4 cm e una altezza immersa di 6 cm, mentre la massa complessiva e la sua capacità termica sono rispettivamente pari a 0.125 kg e 4 kJ/kg/K. Il coefficiente globale di scambio è stimato pari a 350 W/m²/K. Lo scambio termico fra bacinella e ambiente è trascurabile. Si chiede di valutare le temperature di latte ed acqua se il contatto viene prolungato indefinitamente e il tempo necessario per portare la temperatura del latte (e del biberon) a quella corporea (37 °C), e la temperatura dell'acqua corrispondente.

Esercizio 6 – Scambiatore di calore

In uno scambiatore di calore un olio, con una portata massiva pari a 0.50 kg/s, deve essere raffreddato da 116 °C a 81 °C . Il fluido refrigerante è acqua con una portata in alimentazione di 0.30 kg/s ed una temperatura iniziale di 8 °C . Si chiede di valutare le superfici di scambio rispettivamente per uno scambiatore in equicorrente e per uno in controcorrente.

Coefficiente globale di scambio termico	275	W/m ² /K
Calore specifico acqua	4186	J/kg/K
Calore specifico olio	1880	J/kg/K

Esercizio 7 – Raffreddamento di una corrente di aria compressa

Si vuole raffreddare una corrente di aria compressa avente una portata pari a 0.53 kg/s da 50 °C a 30 °C . A tale scopo si utilizza uno scambiatore con acqua come fluido refrigerante avente temperatura all'ingresso pari a 10 °C e all'uscita pari a 24 °C . Il coefficiente globale di scambio termico è pari a 284 W/m²/K. Si calcoli la superficie di scambio termico richiesta per moto equicorrente e controcorrente dei due fluidi e si commentino anche i risultati ottenuti. Si tenga presente che il calore specifico dell'aria è pari a 0.24 cal/g/K.