

- 將米穀粉(含水量 30%，濕基)，以 1000 kg/hr 之流速進入乾燥箱內以空氣乾燥，產品之含水量為 7% (濕基)；新鮮空氣 (水蒸氣壓 5 mmHg) 先與迴流空氣混合 (水蒸氣壓增加為 35 mmHg)，再進入乾燥箱，進行乾燥後，離開乾燥箱之空氣中水蒸氣壓為 250 mmHg，一部份空氣迴流與新鮮空氣混合，其餘則排出。試計算新鮮空氣與迴流空氣的莫耳流速 (molar flow rate)。所有步驟均於 1 atm 下操作。(25 分)
- 一食品流體 (25°C) 流經一加熱管 (直徑 20 cm)，剛開始時，其雷諾數 (Renold's number) 為 2100，屬於層流 (laminar flow)，假設加熱過程中，體積流量為一定值，試計算使流動成為亂流 (turbulent flow) (雷諾數為 4000) 的溫度。流體的性質如下：(25 分)  
 $\rho = 2.7 - 1.9 \times 10^{-3} T$   
 $\mu = 3.5 - 5.7 \times 10^{-3} T$  其中  $\rho$  為密度 (density, kg/m<sup>3</sup>)、 $\mu$  為黏度 (viscosity, cp)、 $T$  為絕對溫度 (K)。
- 一未絕緣之滾筒式熱風乾燥機 (counter current rotary dryer) 用來將顆粒狀食品之水分含量自 5% 降至 1%。此一乾燥機之直徑為 1m，長度為 7m。外界環境空氣之相對濕度為 50%，絕對濕度為 0.01kg water/kg dry air，溫度為 25°C。空氣進入乾燥機前以電熱管加熱至 90°C，而離開乾燥筒時之溫度為 30°C。食品進入乾燥筒前之溫度為 25°C，離開時之溫度為 60°C。若食品進入該機器之速率為 1000 kg/h，請計算所需使用之空氣量 (kg dry air/h)。  
 註：假設食品中固形物之 heat capacity 為 1500 J/kg·K，水為 4200 J/kg·K。乾燥筒傳熱至大氣之熱傳係數 (heat transfer coefficient) 為 12W/m<sup>2</sup>·K。空氣之 enthalpy(J/kg dry air)之估算公式為 (1005 + 1884 Y) t + 2502300Y，其中 Y 為空氣之絕對濕度 (kg water/kg dry air)，t 為溫度 (°C)。(25 分)
- 一蒸發濃縮器 (evaporator) 配備有一直接接觸式之氣壓式冷凝器 (direct contact barometric condenser)。此一蒸發濃縮器產生之蒸氣溫度維持於 65°C，冷凝器使用之冷卻水之溫度為 21°C。請計算 barometric leg 中水柱高度至少應為多少，此系統才能順利操作。(25 分)

A.2-9 Properties of Saturated Steam and Water (Steam Table), SI Units

| Temperature<br>(°C) | Vapor<br>Pressure<br>(kPa) | Specific Volume<br>(m <sup>3</sup> /kg) |             | Enthalpy<br>(kJ/kg) |             | Entropy<br>(kJ/kg·K) |             |
|---------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|----------------------|-------------|
|                     |                            | Liquid                                  | Sat'd Vapor | Liquid              | Sat'd Vapor | Liquid               | Sat'd Vapor |
| 0.01                | 0.6113                     | 0.0010002                               | 206.136     | 0.00                | 2501.4      | 0.0000               | 9.1562      |
| 3                   | 0.7577                     | 0.0010001                               | 168.132     | 12.57               | 2506.9      | 0.0457               | 9.0773      |
| 6                   | 0.9349                     | 0.0010001                               | 137.734     | 25.20               | 2512.4      | 0.0912               | 9.0003      |
| 9                   | 1.1477                     | 0.0010003                               | 113.386     | 37.80               | 2517.9      | 0.1362               | 8.9253      |
| 12                  | 1.4022                     | 0.0010005                               | 93.784      | 50.41               | 2523.4      | 0.1806               | 8.8524      |
| 15                  | 1.7051                     | 0.0010009                               | 77.926      | 62.99               | 2528.9      | 0.2245               | 8.7814      |
| 18                  | 2.0640                     | 0.0010014                               | 65.038      | 75.58               | 2534.4      | 0.2679               | 8.7123      |
| 21                  | 2.487                      | 0.0010020                               | 54.514      | 88.14               | 2539.9      | 0.3109               | 8.6450      |
| 24                  | 2.985                      | 0.0010027                               | 45.883      | 100.70              | 2545.4      | 0.3534               | 8.5794      |
| 25                  | 3.169                      | 0.0010029                               | 43.360      | 104.89              | 2547.2      | 0.3674               | 8.5580      |
| 27                  | 3.567                      | 0.0010035                               | 38.774      | 113.25              | 2550.8      | 0.3954               | 8.5156      |
| 30                  | 4.246                      | 0.0010043                               | 32.894      | 125.79              | 2556.3      | 0.4369               | 8.4533      |
| 33                  | 5.034                      | 0.0010053                               | 28.011      | 138.33              | 2561.7      | 0.4781               | 8.3927      |
| 36                  | 5.947                      | 0.0010063                               | 23.940      | 150.86              | 2567.1      | 0.5188               | 8.3336      |
| 40                  | 7.384                      | 0.0010078                               | 19.523      | 167.57              | 2574.3      | 0.5725               | 8.2570      |
| 45                  | 9.593                      | 0.0010099                               | 15.258      | 188.45              | 2583.2      | 0.6387               | 8.1648      |
| 50                  | 12.349                     | 0.0010121                               | 12.032      | 209.33              | 2592.1      | 0.7038               | 8.0763      |
| 55                  | 15.758                     | 0.0010146                               | 9.568       | 230.23              | 2600.9      | 0.7679               | 7.9913      |
| 60                  | 19.940                     | 0.0010172                               | 7.671       | 251.13              | 2609.6      | 0.8312               | 7.9096      |
| 65                  | 25.03                      | 0.0010199                               | 6.197       | 272.06              | 2618.3      | 0.8935               | 7.8310      |
| 70                  | 31.19                      | 0.0010228                               | 5.042       | 292.98              | 2626.8      | 0.9549               | 7.7553      |
| 75                  | 38.58                      | 0.0010259                               | 4.131       | 313.93              | 2635.3      | 1.0155               | 7.6824      |
| 80                  | 47.39                      | 0.0010291                               | 3.407       | 334.91              | 2643.7      | 1.0753               | 7.6122      |
| 85                  | 57.83                      | 0.0010325                               | 2.828       | 355.90              | 2651.9      | 1.1343               | 7.5445      |
| 90                  | 70.14                      | 0.0010360                               | 2.361       | 376.92              | 2660.1      | 1.1925               | 7.4791      |
| 95                  | 84.55                      | 0.0010397                               | 1.9819      | 397.96              | 2668.1      | 1.2500               | 7.4159      |
| 100                 | 101.35                     | 0.0010435                               | 1.6729      | 419.04              | 2676.1      | 1.3069               | 7.3549      |