

類 科：化學工程  
科 目：輸送現象與單元操作  
考試時間：2小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目得以本國文字或英文作答。

- 一、一環狀壁 (annular wall) 之內半徑及外半徑分別為  $r_0$  及  $r_1$ ，其上之壁溫分別為  $T_0$  及  $T_1$  ( $T_0 > T_1$ )。此管壁之熱傳導度 (thermal conductivity) 隨溫度線性變化，從內管壁之  $k_0$  變化至外管壁之  $k_1$ 。環狀壁之長度為  $L$ 。請求解經管壁之熱流量 (heat flow through the wall)。(20分)
- 二、50°F 之水以 8 ft/s 流速流經一水平之長塑膠管，其內徑 (inside diameter) 為 3 in.。水之密度為 62.42 lb/ft<sup>3</sup>，黏度 (viscosity) 為 1.310 cp。泛寧摩擦係數 (Fanning friction factor)  $f = 0.046 \text{ Re}^{-0.2}$ ，其中 Re 為雷諾數 (Reynolds number)。
  - (一)請計算每 100 ft 管長之壓力降。(12分)
  - (二)假如每 100 ft 管長之壓力降限制為 2 lb<sub>f</sub>/in.<sup>2</sup> 以內，最大容許之水流速為多少？(8分)單位換算：1ft = 12 in.，1in. = 2.54 cm，1poise = 0.0672 lb/ft · s，1lb = 0.45359 kg， $g = 32.174 \text{ ft/s}^2$ ，1lb<sub>f</sub> = 32.174 lb · ft/s<sup>2</sup>。
- 三、欲以一幾何相似 (geometrically similar) 之小攪拌槽 (agitated tank) 實驗來預測大攪拌槽之流場，大攪拌槽及小攪拌槽置於中心之動葉輪 (impeller) 直徑分別為  $D_I$  及  $D_{II}$ ，請問大小攪拌槽動葉輪轉速之關係及大小攪拌槽所使用液體物性 (physical property) 之關係為何？(20分)
- 四、一同向流 (parallel flow) 之熱交換器使用溫度為 20°C，流量為 13,000 kg/h 的冷水將 18,000 kg/h 之四氯化碳從 85°C 降溫為 40°C。管壁之熱傳阻力可忽略。管外 (四氯化碳側) 之熱傳係數為 1,700 W/m<sup>2</sup>°C，管內 (冷水側) 之熱傳係數為 11,000 W/m<sup>2</sup>°C。四氯化碳之比熱為 0.20 cal/g°C；水之比熱為 1 cal/g°C。(1 cal = 4.184 J)(每小題 10 分，共 20 分)
  - (一)此熱交換器熱傳面積為多少？
  - (二)如冷水及四氯化碳之流量及進口溫度均不變，但改以逆向流 (counter current flow) 於此熱交換器交換熱量，熱傳係數假設不變，請問逆向流熱交換量為同向流時之多少倍？
- 五、一批粗戊烷 (crude pentane) 包含 12 mol % 正丁烷 (n-butane) 及 88 mol % 正戊烷 (n-pentane)。如以大氣壓力下之批次蒸餾 (batch distillation) 去除 95% 的正丁烷，剩下液體 (remaining liquid) 之成分為何？在此操作範圍內，正丁烷對正戊烷之平均相對揮發度 (relative volatility) 為 3.5。(20分)