

109年專門職業及技術人員高等考試建築師、32類科技師
(含第二次食品技師)、大地工程技師考試分階段考試
(第二階段考試)暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試、
109年第二次專門職業及技術人員特種考試驗光人員考試試題

等 別：高等考試
類 科：化學工程技師
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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

- 一、今有一賓漢塑性流體 (Bingham plastic fluid) 在一半徑 R 的水平圓管中流動，壓力梯度為 $(-dp/dL)$ ，試說明賓漢塑性流體特性，並推導該塑性流體在圓管中的速度分布。(20 分)
- 二、以殼管式熱交換器 (shell and tube heat exchanger) 冷凝苯蒸汽，殼側與管側均為單程。熱交換器中有 24 支外徑 1 in 的 16 BWG 不鏽鋼管，其厚度為 0.065 in，長度為 18 ft，其熱傳導度為 9.4 Btu/hr-ft-°F。飽和苯蒸汽以 5000 lb/hr 流量在 1 atm 壓力下於殼側被冷凝，苯的正常沸點為 176.2°F，其蒸發潛熱為 170 Btu/lb。冷卻水在管中流動，進口與出口溫度分別為 95°F 與 149°F。單位換算：1 ft = 12 in。試計算：
 - (一)基於管外側面積的總包熱傳係數為何？(10 分)
 - (二)若苯蒸汽冷凝的熱傳係數為 300 Btu/hr-ft²-°F，管內水的熱傳係數為何？(10 分)
- 三、有一長 30 m 內直徑 0.0254 m 的光滑管，某流體以 2.2 m/s 的平均速度在管中輸送，其黏度為 25 厘泊 (cp)，密度為 800 kg/m³。當雷諾數 (Re) 介於 2100 與 10⁵ 間，摩擦因子經驗式為 $f = 0.0791 \times (Re)^{-0.25}$ 。今因生產條件改變，改輸送黏度降為 12.5 厘泊 (cp) 密度相同的流體。試問在相同的流速下，克服光滑管中流體摩擦損失所需泵功率變化為何？(20 分)
- 四、有一直徑 0.1 mm 小水滴，懸浮在 30°C，101.3 kPa 相對濕度 20% 的靜止空氣中。小水滴的溫度亦為 30°C，其飽和蒸汽壓為 4.25 kPa。水蒸汽在空氣中的擴散係數 D_{AB} 為 0.28 cm²/s，水的密度 0.99 g/cm³。試計算水滴初始蒸發速率及小水滴完全蒸發所需時間。(20 分)
- 五、自半導體實驗室所排放含有機溶劑蒸汽之廢氣可以藉由填充吸收塔處理。若廢氣 (含 4 mol% 丙酮與 96 mol% 空氣) 以 25 m³/min 體積流量自吸收塔底部進入，水以 100 kg/min 流量自塔頂流入。吸收塔操作溫度維持 295 K、壓力 1.013 kPa。假設丙酮在氣相與液相間平衡關係遵循亨利定律，亨利常數為 0.265。已知氣流出口丙酮蒸汽降為 0.5 mol%。若 L_s 與 G_s 分別是液相與氣相不含丙酮之莫耳流量，試計算 $(L_s/G_s)_{\text{actual}}$ 與 $(L_s/G_s)_{\text{minimum}}$ 的比值為何？液體出料中丙酮的濃度為何？(20 分)