

經濟部所屬事業機構 114 年新進職員甄試試題

類別：化工製程

節次：第三節

科目：1. 單元操作 2. 輸送現象

注意
事項

1. 本試題共 2 頁(A4 紙 1 張)。
2. 可使用本甄試簡章規定之電子計算器。
3. 本試題分 6 大題，每題配分於題目後標明，共 100 分。須用黑色或藍色原子筆或鋼筆在答案卷指定範圍內作答，不提供額外之答案卷，作答時須詳列解答過程，於本試題或其他紙張作答者不予計分。
4. 本試題採雙面印刷，請注意正、背面試題。
5. 考試結束前離場者，試題須隨答案卷繳回，俟本節考試結束後，始得至原試場或適當處所索取。
6. 考試時間：120 分鐘。

一、1 座填充式吸收塔以逆流(counter-current flow)方式操作，利用純水來吸收空氣中之丙酮。純水自塔頂注入，空氣自塔底進入。已知含有丙酮 1 mol% 之空氣進料流量為 1000 mol/s，純水進料流量為 3000 mol/s。若塔內氣液相之丙酮濃度稀薄符合亨利定律(Henry's law)，平衡關係式為 $y_e = 2x$ (x 為液相中丙酮之莫耳分率， y_e 為氣相中丙酮之莫耳分率)。今欲將空氣中丙酮濃度降低 90%，請回答下列問題（2 題，每題 10 分，共 20 分）：

(一)請計算基於氣相之總傳送單元數量 N_{Oy} (number of overall transfer unit based on gas phase) 為多少(計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)？

(二)塔內基於液相之傳送單元高度 H_x 為 0.3 m (height of transfer unit based on liquid phase)，基於氣相之傳送單元高度 H_y 為 0.5 m (height of transfer unit based on gas phase)，請問吸收塔高度為多少公尺(計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)？

二、溫度 330 K 之空氣以 10 m/s 流入內直徑(inner diameter) 25 mm 之管線，管線內壁溫度維持在 415 K 恆溫，流入之空氣被加熱後溫度呈線性上升。已知空氣於管內流動造成之壓力降 (pressure drop) 為每公尺 80 N/m² (牛頓/平方公尺)，空氣密度為 1.1 kg/m³。請回答下列問題：（2 題，共 15 分）

(一)請列舉 3 個雷諾類比法(Reynolds analogy)之主要假設及其適用條件。（6 分）

(二)請使用雷諾類比法計算空氣進入管線 0.6 m 時溫度為多少 K (計算至小數後第 1 位，以下四捨五入)？（9 分）

註：依雷諾類比法，熱傳之斯坦頓數 (Stanton number) $St_H = \frac{f_F}{2}$

$$\text{壁表摩擦係數 (skin friction factor) } f_F = \frac{\Delta P}{4} \times \left(\frac{D}{L}\right) \times \left(\frac{2}{\rho v^2}\right)$$

(ΔP 為壓力降， D 為管線直徑， L 為管長， ρ 為流體密度， v 為流體平均流速)

三、關於蒸餾程序，請回答下列問題：（2題，共15分）

(一)原油為輕油氣(如甲烷、乙烷等)、汽油、柴油、燃料油等各種油品的混合物，煉油製程常使用蒸餾塔將原油分餾。當原油穩態進入蒸餾塔時，蒸餾塔將溫度調控在塔頂約110~120 °C、塔底約370 °C，便可於不同溫度區間取出各類油料之半成品。原油蒸餾塔在塔底氣提段(stripping section)常設有過熱水蒸氣(superheated steam)之注入點，也稱為氣提蒸氣(stripping steam)。請簡述3個氣提蒸氣對原油分餾純化之效益及其原理。（6分）

(二)一蒸餾塔進料為2成分混合物，其組成為A成分40 mol%及B成分60 mol%。已知A與B成分的相對揮發度(relative volatility) α_{AB} 為3，今欲於塔頂得到97 mol%的A成分，若進料為飽和液體(saturated liquid)，請計算塔頂之最小回流比 $R_{\min}$ (minimum reflux ratio)為多少(計算至小數後第1位，以下四捨五入)？（9分）

四、有關流體力學，請回答下列問題：（4題，共20分）

(一)納維-斯托克斯方程式(Navier-Stokes equation)是應用牛頓第幾運動定律之原理？（2分）

(二)承上題，在何種假設條件下，此方程式可簡化為流體動力學之歐拉方程式(Euler equation)。（2分）

(三)某流體(密度 ρ 、黏度 μ)在半徑為 R 的水平圓管中沿軸向(z 方向)流動，請根據納維-斯托克斯方程式(Navier-Stokes equation)，並在假設條件下進行簡化，試求流速分佈 $v_z(r)$ ，請寫出計算過程。（8分）

假設條件如下：層流(laminar flow)、穩態(steady-state)、不可壓縮流體(incompressible fluid)、牛頓流體(Newtonian fluid)、完全發展流動(fully developed flow)、終端效應(end effects)可忽略，忽略重力影響。

(四)承上題，假設水的密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ 、黏度 $\mu = 1.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ，穩定地流經1條管內半徑 $R = 0.01 \text{ m}$ ，長度 $L = 2.0 \text{ m}$ 的水平圓管，兩端壓力差 $\Delta P = 0.8 \text{ Pa}$ ，試求水在管中流動之雷諾數(Reynolds number)為多少？（8分）

五、一座裂解爐，爐牆之平面材料結構，由內向外依序為耐火層、保溫層、鋼板(厚度0.008 m)3層。已知爐內溫度為1150 °C，鋼板外層溫度為80 °C，透過爐牆向外的熱損失為5000 W/m²，各層材料性質如下表所示。假設各層材料間接觸良好，無接觸熱阻，熱導率與溫度為線性關係，若要使爐牆總厚度達到最小，請計算耐火層與保溫層的厚度分別為多少公尺(計算至小數點後第4位，以下四捨五入)？（15分）

材料	最高耐熱溫度°C	熱導率 W/(m·K)	
耐火層	1200	200 °C 時為 1.2	1000 °C 時為 2.0
保溫層	600	50 °C 時為 0.18	500 °C 時為 0.54
鋼板	—	45 (可視為定值)	

六、一顆球形糖果(半徑 $R_0 = 0.001 \text{ m}$ ，密度 $\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$ ，分子量0.342 kg/mol)靜止懸浮於不流動的水中(密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ，分子量0.018 kg/mol)。糖球在溶解過程中保持球形，溶解速率主要受糖分子由表面向外擴散的速度所限制，擴散係數 $D_{AB} = 5 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ，糖球表面濃度維持在飽和值 $C_s = 5 \text{ mol/m}^3$ ，遠處濃度近似為0。試求糖球體積減半需多少天(計算至小數點後第2位，以下四捨五入)？（15分）