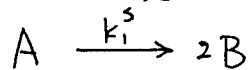


*本試題共有 7 題

1. 有一長方形水池, 長 6 公尺, 寬 3 公尺, 深 1 公尺, 其液面較地面高 20 公分。今欲以虹吸 (siphon) 方式放水至地面上, 若所使用水管之直徑為 1.2 公分, 則此放水程序最快多久可以完成? (12%)
2. 有一圓桶內裝某液體, 圓桶底部接一根截面積相較之下很小的管子, 試說明如何由此設備求桶內液體的黏度。 (13%)
3. 比重 0.8 黏度 0.01 g/cm-sec 之某液體, 欲以幫浦 (pump) 從常壓儲槽輸送至高度差為 10 公尺, 表壓為 5 kg/cm^2 之反應器內。所使用之管子直徑 D 為 1.5 英寸, 管線長 L 為 50 公尺。管線中包含 2 個標準的 90° 肘管和一個全開的球閥, 這兩種管件的相當長度 (equivalent length) 和管徑之比分別為 32 和 350。若選用 30 馬力之馬達 (效率為 0.7), 則輸送速率 (體積流率) 為多少? (15%)
註: ① 管線的揚程損失 h_L (head loss) 為

$$h_L = 2 f_f \frac{L}{D} \frac{v^2}{g}$$
 其中 $f_f = 0.046 Re^{-1/3}$
 ② $1 \text{ hp} = 745.7 \text{ watt}$
4. 有一外徑 1.315 英寸的鋼管, 溫度 400°F , 欲外包絕熱材料使熱量損失降為一半。外界空氣溫度為 90°F , 對流熱傳送係數為 $1.5 \text{ Btu/Rr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$ 。若此絕熱材料之熱傳導係數為 $0.06 \text{ Btu/Rr-ft-}^\circ\text{F}$, 則其厚度應為多少? (10%)

5. 考慮在一平板狀觸媒表面發生之反應:



其反應為一次, 即

$$N_{A3}|_{z=\delta} = k_1^s C_A|_{z=\delta} = k_1^s C y_A|_{z=\delta}$$

在此, N_{A3} 為反應物 A 在 z 方向之摩耳通量 (molar flux), δ 為在觸媒上方之氣體薄膜層 (gas film) 之厚度, C_A 是 A 在氣體中之濃度, 而 y_A 則是 A 在氣體中之摩耳分率 (mole fraction)。在氣體薄膜層表面, A 之摩耳分率可以假設為固定, 即

$$y_A|_{z=0} = y_{A0}$$

同時, 我們假設擴散係數 (diffusion coefficient) D_{AB} 與總濃度 C 在氣體薄膜層中為不變之常數。

- 試推導形容此系統中 A 之摩耳分率 (y_A) 隨距離 (z) 變化之微分方程式, 並寫下其對應之邊界條件。(10%)
- 解 (a), 將 y_A 表示成 z 之函數。(5%)
- 若 $C, D_{AB}, \delta, y_{A0}$ 與 k_1^s 之值為已知, 試述如何計算 N_{A3} (5%)。

6. 在某一工業製程中, 苯 (Benzene) 被用作固態產品之溶劑, 然後再以乾燥法分離之。因為苯是相當易燃且有劇毒之化學品, 故在乾燥過程中, 以氮氣為運傳質 (carrier) 將其回收, 苯與氮氣都不可以離開製程, 釋放到外界。為了要重複使用苯 (產品之溶劑) 與氮 (乾燥之運傳質), 兩者之混合氣體須以板式吸收塔 (tray absorber) 分離。吸收塔進口處苯在氣體中之濃度為 7.4 mol%, 我們希望將其減少至 0.4 mol%, 並將離開吸收塔之氮氣加熱, 再作乾燥固態產品之用。苯在吸收塔中則被某一分子量為 200 之液體 (S) 吸收, 進入吸收塔之液體 S 與進入吸收塔之氮氣摩耳流量之比為 0.5。假設

- Raoult Law 成立,
- 吸收塔之操作條件為 50°C 與 1 atm, 每

(ii) 液體 S 之蒸氣壓極小，而氮氣不溶於 S。

(a) 請以 Y (mole benzene / mole N_2) 為縱軸，以 X (mole benzene / mole S) 為橫軸，繪一草圖表示出平衡曲線與操作線之相對位置。
(注意，苯在 $50^\circ C$ 之蒸氣壓約為 270 mm Hg) (6%)

(b) 請估計吸收塔理想板數。(7%)

(c) 請計算離侖吸收塔之液體中苯之摩耳分率。(7%)

7. 考慮下列在輸送現象理論中常見之廣義平穩式 (generalized property balance equation):

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + (\vec{U} \cdot \nabla) \phi = \dot{\phi}_G + \delta \nabla^2 \phi$$

在此， \vec{U} 是一代表流速的向量 ($\vec{U} = U_x \hat{i} + U_y \hat{j} + U_z \hat{k}$)， δ 代表廣義的擴散係數 (diffusivity)，其單位為 m^2/s ， ϕ 則是廣義的濃度，在質量、熱量與動量輸送理論中，它分別可以 C_A (摩耳濃度)， $\rho C_p T$ (能量濃度) 與 ρU_n ($n=x, y, z$) (動量濃度) 代表，而 $\dot{\phi}_G$ 則代表單位體積內質量、熱量或動量之產生 (generation) 速率。

(a) 在上述公式中，每一項的單位都是相同的。因此，其中任兩項相除的結果必然沒有單位而形成一個 dimensionless group。若我們將等式左手邊第二項除以右手邊第二項，即

$$\frac{(\vec{U} \cdot \nabla) \phi}{\delta \nabla^2 \phi}$$

此一無單位之量可以被看作是經由兩種不同機構產生之輸送速率的比例。試寫出這兩種不同的輸送機構 (mechanism)。(4%)

(b) 若以 l_0 取代操作子 (operator) ∇ ，在此 l_0 代表一特性長度 (characteristic length)；再以特性速率 U 取代向量 \vec{U} ，則 (a) 中的無單位比值可以寫成

$$\frac{U l_0}{\delta}$$

試寫出在質量、熱量與動量輸送的理論中其對應之 dimensionless group。(6%)