

等 別：三等考試
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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、某入料 20 wt% KNO_3 溶液以 1000 kg/h 進入操作溫度為 422 K 蒸發器內，移除水分生成 50 wt% KNO_3 ，接著進入操作溫度為 311 K 結晶器產生兩股流一是 96 wt% KNO_3 結晶與另一是 37.5 wt% KNO_3 飽和溶液，其中 37.5 wt% KNO_3 飽和溶液回流與入料混合進入蒸發器。

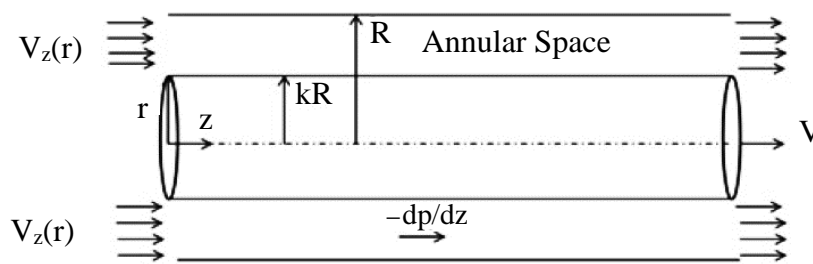
(一)請畫出這製程流程圖。(5 分)

(二)計算 KNO_3 飽和溶液回流量。(10 分)

二、圖一描述平行套管夾層間之穩態層流流動 (steady-state laminar flow) 流體，其中內管之外徑為 kR ，外管之內徑為 R 。已知流體黏度為 μ ，套管內僅有 z 方向壓降 ($-dp/dz$) 且在 $r = r_{\max}$ 有最大流速。

(一)試推導出 z 方向流體速度分布。(10 分)

(二)試推導出 $r_{\max} = \sqrt{\frac{R^2 (k^2 - 1)}{\ln k}} \cdot \frac{1}{2}$ 。(5 分)



圖一平行套管夾層內穩態層流流動流體

三、設計某冷卻蛇管可帶走槽溫為 297.1 K 之總 14.65 W 熱量，已知管內外水溫分別為 274.9 K 與 297.1 K，及管內外半徑分別為 5 mm 與 20 mm，且該材質熱傳導係數 $k = 0.151 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 。請依據傅立葉熱傳導定律 (Fourier's law)，求出該管長 (m)。(15 分)

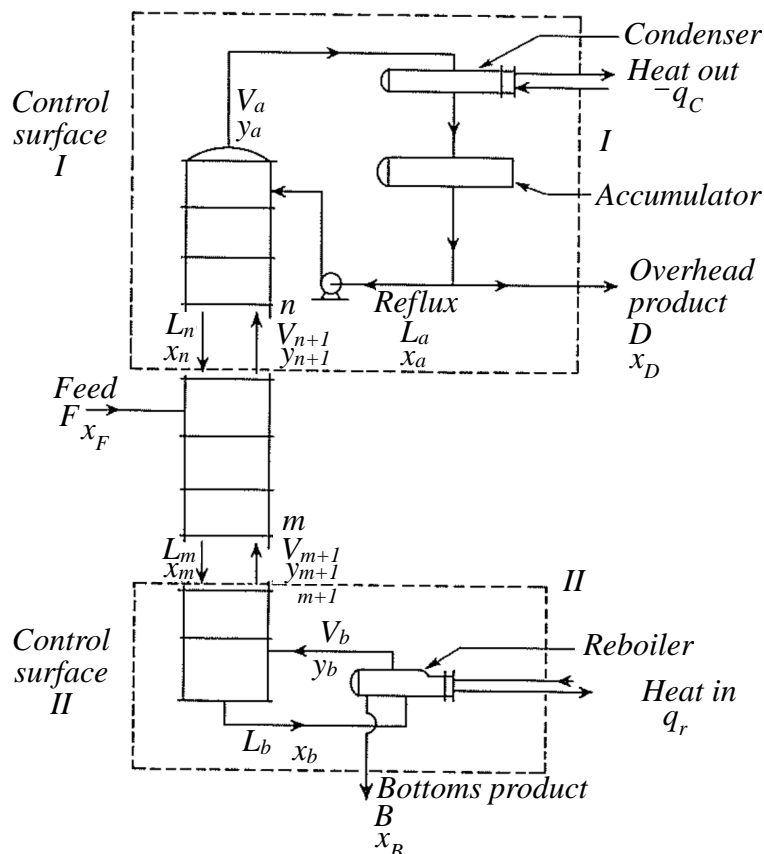
四、圖二描述某蒸餾塔理想操作下，控制面 I 與 II 分別定義精餾 (rectifying) 與汽提 (stripping) 段中各氣 (V) 液 (L) 物流中成分變化。

(一)說明回流設計目的。(5 分)

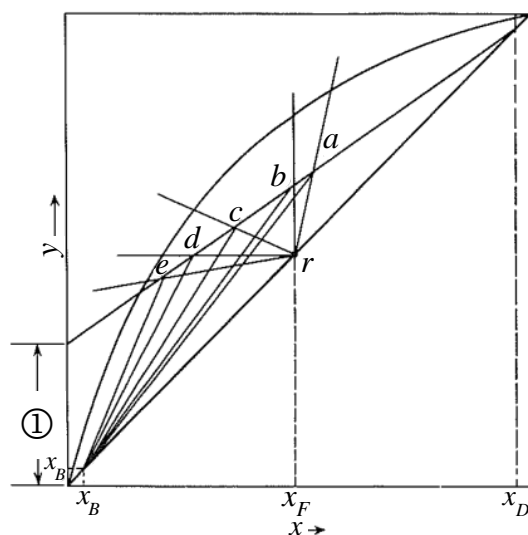
(二)何種型式再沸器(reboiler)最常見於化學與石化工業中的蒸餾塔。(5 分)

(三)假設 x_D 與回流比 (R_D) 為已知參數，求精餾段操作線。(10 分)

(四)圖二蒸餾塔內各操作線描述在 McCabe-Thiele 圖內 (圖三)。請指出圖三中那一直線代表是進料為飽和液體且①的值為何？(10 分)



圖二 蒸餾塔內物料平衡說明圖



圖三 McCabe-Thiele圖

- 五、描述半徑 2 mm 萘丸 (Naphthalene sphere) 懸浮於 1 atm 與 318 K 大氣中，已知萘丸表面溫度、表面蒸氣壓、理想氣體常數及擴散係數 (diffusivity, D_{AB}) 分別為 318 K, 0.555 mmHg, 8.314 ($\text{m}^3\text{Pa} / \text{kgmol} \cdot \text{K}$) 及 $6.92 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。試求出萘丸表面蒸發速率 ($\text{kgmol} / \text{s} \cdot \text{m}^2$)。(15 分)
- 六、某熱鋼錠其初始溫度為 T_0 ，將其突然浸至於大型水槽內其水溫維持在 T_∞ 。假設熱傳係數 $h(\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K})$ 固定不變，且鋼錠密度、體積與熱容量分別定義為 ρ 、 V 與 c_p 。試推導出熱鋼錠在時間 t 的溫度關係式。假設鋼錠的內部溫度均一。(10 分)