

國立臺灣科技大學  
九十學年度碩士班招生考試試題

系所組別：化學工程系  
科 目：單元操作

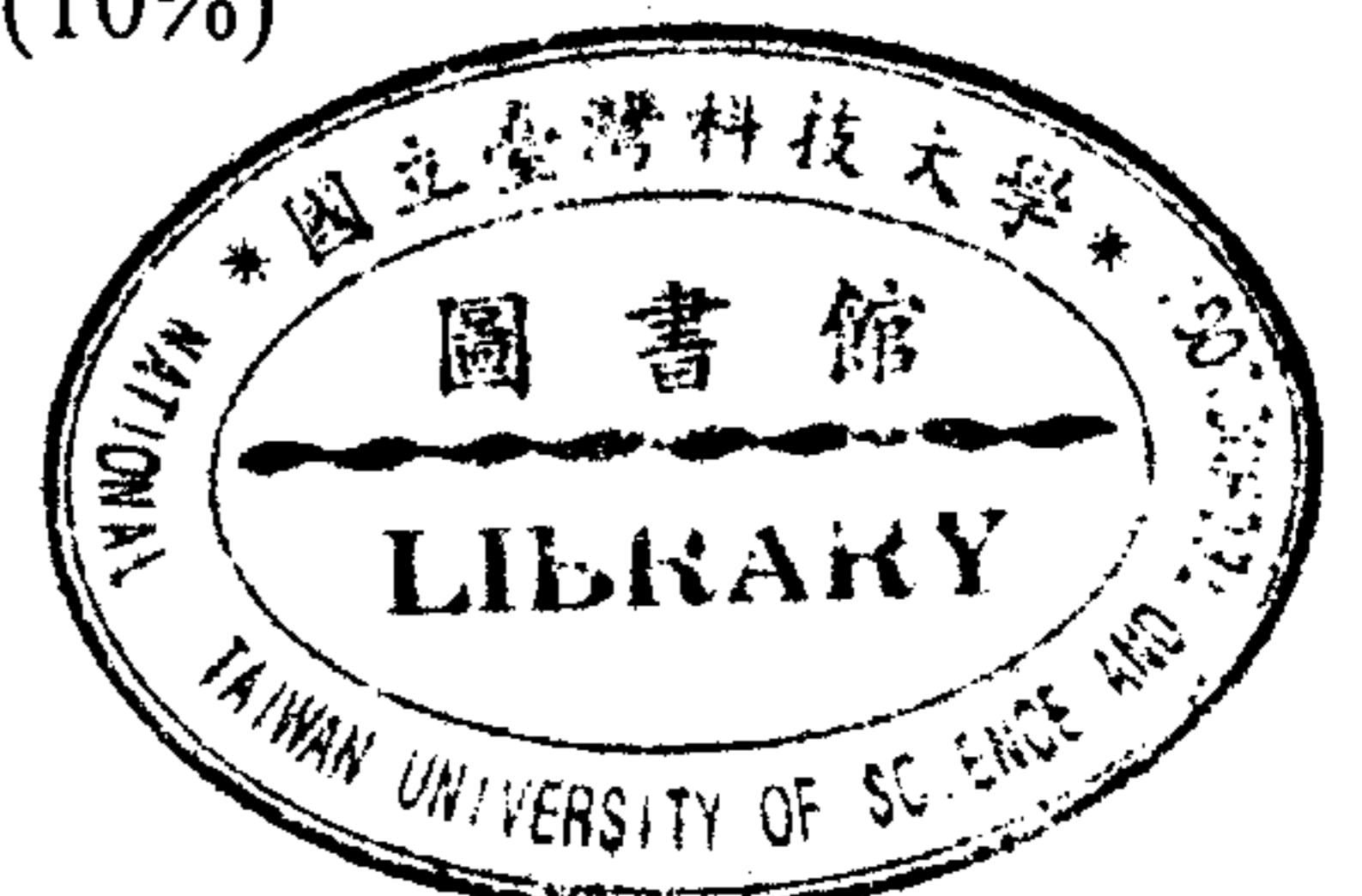
本科總分為 100 分

1. 瀝濾操作(Leaching)在溶液體積  $V$  的容器內進行，將溶質 B 由固體粒子瀝濾出，被瀝濾之固體粒子甚小，因此固體粒子內質傳相對快速，質傳阻力是固體表面與溶液間的濃度差，假設固體表面濃度  $C_{BS}$ ，是溶質的飽合溶解度；溶液濃度時間  $t$  之濃度  $C_B$ ，溶液濃度時間  $t=0$  之濃度  $C_{B0}$ ，濃度單位  $\text{kg m}^{-3}$ 。單位時間固體被瀝濾進入溶液的質量等於  $k_L \cdot A \cdot (C_{BS} - C_B)$ ， $k_L$  是質傳係數，單位  $\text{m s}^{-1}$ ， $A$  是所有固體粒子表面積，(A)請用質量均衡原理導出容器內濃度隨時間變化之公式，(B)假設  $k_L = 1.6 \times 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$ ， $A = 52.6 \text{ m}^2$ ， $V = 10 \text{ m}^3$ ， $C_{BS} = 0.152 \text{ kg m}^{-3}$ ， $C_{B0} = 0.001 \text{ kg m}^{-3}$ ， $C_B = 0.05 \text{ kg m}^{-3}$ ，求需時若干？ (20%)

2. 膜分離操作，氣體分離膜兩側與固體膜本身，共三重質傳阻力，穩態操作條件，如圖 1 所示，固體膜表面之氣固平衡關係表示作， $H = C_{A1i}/P_{A1i} = C_{A2i}/P_{A2i}$   $H$  相當於 Henry's law 常數， $P_A$  氣體 A 之分壓， $C_A$  膜內 A 之濃度， $L$  是膜厚，下標 1,2 分別代表膜兩側，下標  $i$  代表界面。穩態質傳通量  $N_A$  表示作， $N_A = (k_{C1}/RT)(P_{A1} - P_{A1i}) = (k_{C2}/RT)(P_{A2i} - P_{A2}) = (D_{AM}/L)(C_{A1i} - C_{A2i})$  利用串聯質傳阻力，推導出  $R_M$ ， $R_M$  定義如下式。

$$N_A = (P_{A1} - P_{A2}) / R_M \quad (10\%)$$

138



國立臺灣科技大學  
九十學年度碩士班招生考試試題

系所組別：化學工程系  
科 目：單元操作

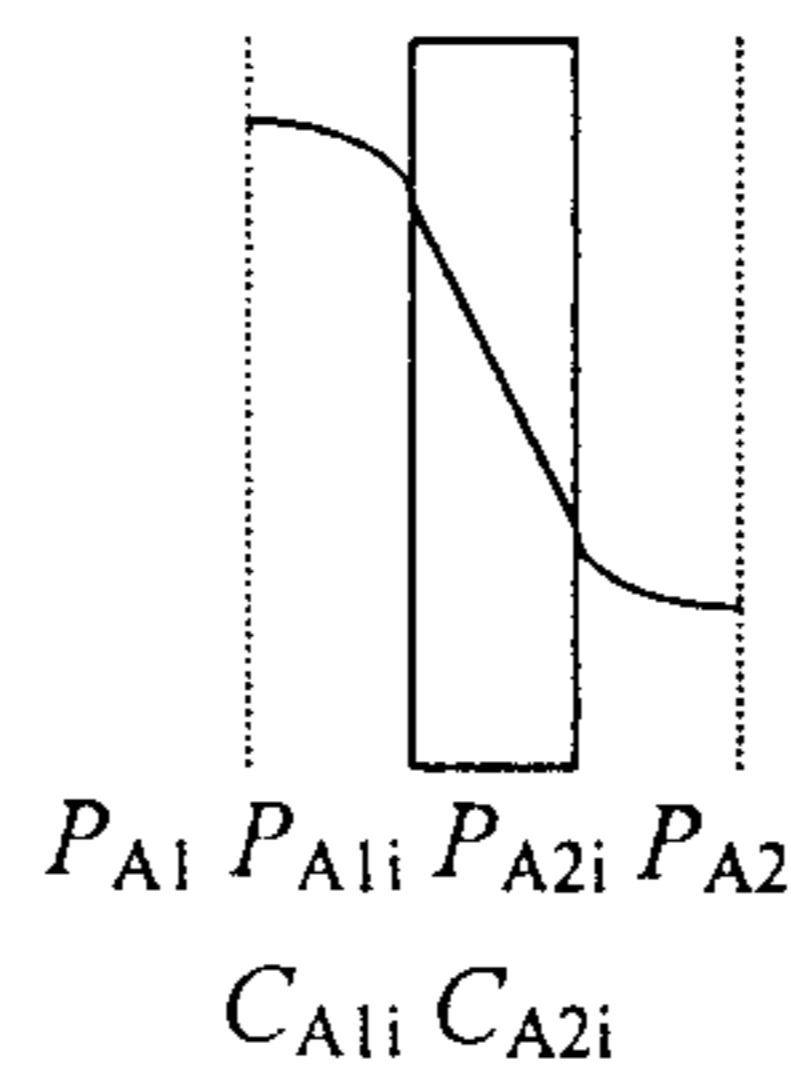


圖 1

3. 兩同軸旋轉之圓筒(Coaxial rotating cylinder)，筒高  $H$ ，內筒半徑  $R_1$  以角速率  $\omega_1$  旋轉，外筒半徑  $R_2$  以角速率  $\omega_2$  旋轉，已知在兩圓筒間流體之流速  $u_\theta$  分佈，(A) 求外筒表面所受之力(請注意，力 Force，而非剪應力 Shear stress)，與外筒扭力(Torque)。

$$u_\theta = \frac{R_2^2}{(R_2^2 - R_1^2)} \left[ r(\omega_2 - \omega_1 \frac{R_1^2}{R_2^2}) - (R_1^2/r)(\omega_2 - \omega_1) \right]$$

$$\text{Shear stress } \tau_{r\theta} = -\mu \left[ r \frac{\partial(u_\theta/r)}{\partial r} \right] \quad (15\%)$$

- (B) 當內外筒角速率相同時( $\omega_1 = \omega_2$ )，討論外筒受力與流體流速間的關係。 (5%)

4. 流率為  $1000 \text{ kg h}^{-1}$  的  $\text{KNO}_3$  溶液( $\text{KNO}_3$  佔 20wt%； $\text{H}_2\text{O}$  佔 80wt%) 送入一個 422K 的蒸發器(Evaporator)中。蒸發器蒸出一些水份，由蒸發器出來的溶液中  $\text{KNO}_3$  佔 50wt%，再將此溶液送入 311K 的結晶器(Crystallizer)中。由結晶器移出的結晶中含 96wt% 的  $\text{KNO}_3$ ，另外含 37.5wt%  $\text{KNO}_3$  的飽和溶液(Saturated solution)則回流



139

國立臺灣科技大學  
九十學年度碩士班招生考試試題

系所組別： 化學工程系  
科 目： 單元操作

(Recycle)到蒸發器。整個流程如圖 2 所示。請算出回流  $R$  及產品  $P$  的流率各為多少  $\text{kg h}^{-1}$ ? (14%)

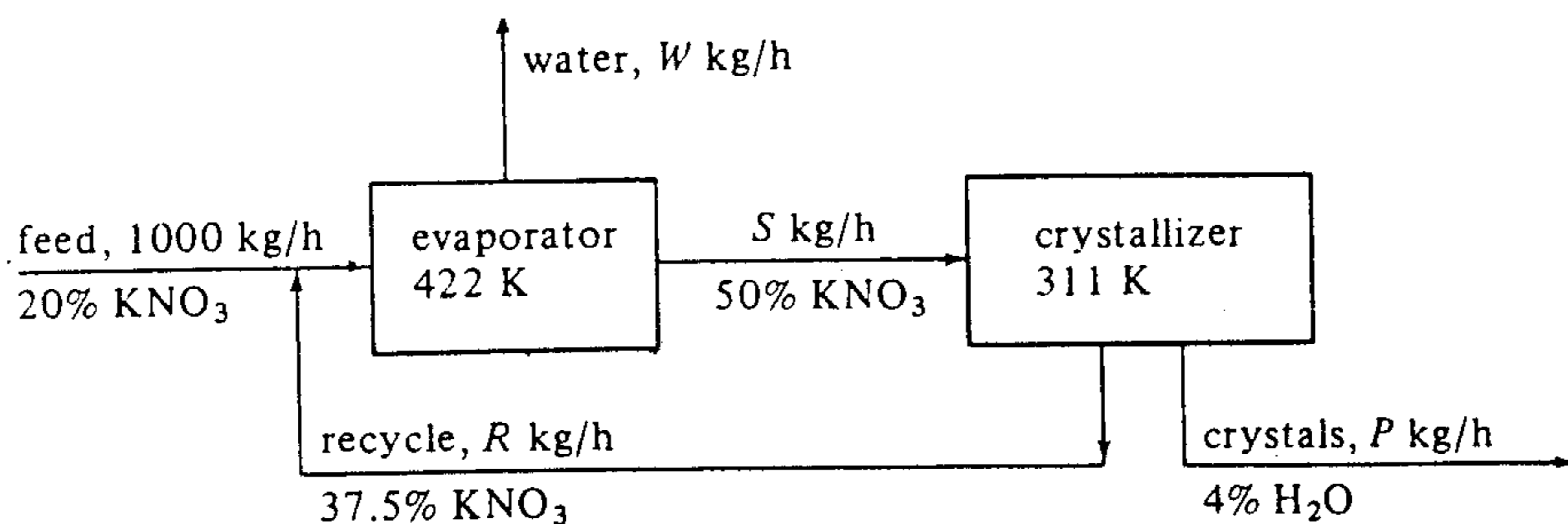


圖 2  $\text{KNO}_3$  製程

5. 蒙古的某一個冬天，前一天氣溫為  $5^\circ\text{C}$ ，凌晨零時起至中午 12 點，地表的溫度突然降至  $-20^\circ\text{C}$ 。(A)請問中午 12 點時，地表以下多少 m 處的溫度是  $0^\circ\text{C}$ ? (B)在這樣的條件下，穿透距離(Penetration distance)為多少 m? 泥土的熱擴散係數(Thermal diffusivity)  $\alpha = 0.0011 \text{m}^2 \text{h}^{-1}$ ；穿透距離  $X_p = 3.64\sqrt{\alpha t}$ 。  $t$  為所經歷的時間。 (14%)

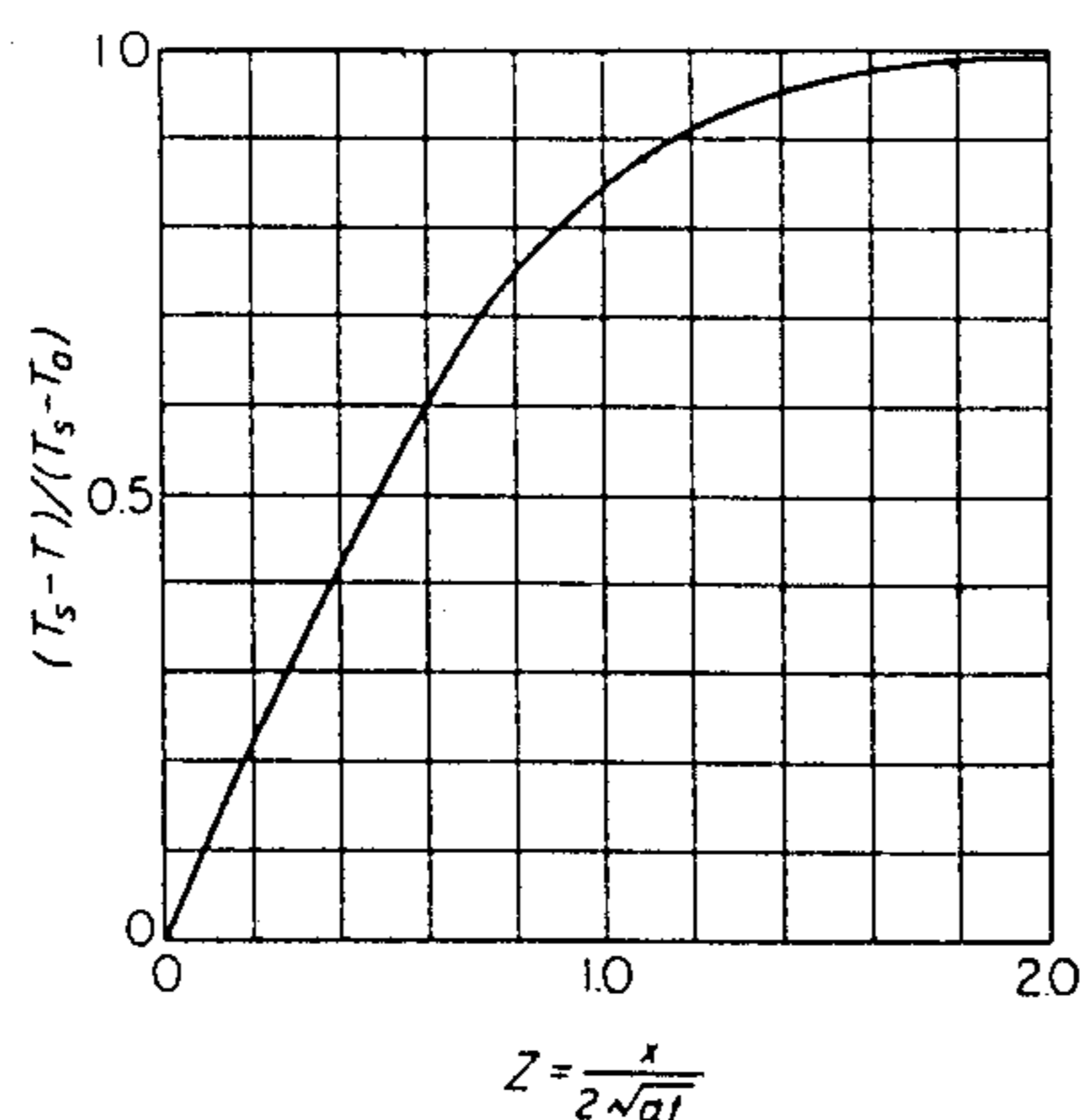


圖 3 半無限固體(Semi-infinite solid)的非穩態(Unsteady-state)溫度分布圖





國立臺灣科技大學  
九十學年度碩士班招生考試試題

系所組別：化學工程系  
科 目：單元操作

6. 一個苯/甲苯(Benzene/toluene)的飽和液體混合物(Saturated liquid mixture)進入壓力為 101.3 kPa 的精餾塔(Fractionating column)中蒸餾，進料速率為  $100 \text{ mol h}^{-1}$ ，成份為 45 mol% 苯/55 mol% 甲苯。其餾出物(Distillate)成份為 95 mol% 苯/5 mol% 甲苯。餾餘物(Residue)的成份為 10 mol% 苯/90 mol% 甲苯；回流比(Reflux ratio)為最小回流比 (Minimum reflux ratio) 的兩倍，請以麥泰圖解法(McCabe-Thiele method)求出理想板數(Number of ideal plate)(含重沸器(Reboiler))。請在答案卷上自行用尺筆作圖，另外在答案卷中簡述你如何繪出精餾段(Rectifying section)及汽提段(Stripping section)的操作線。101.3 kPa 下平衡時，苯在液體及氣體中的莫耳分率( $x_A$ 及  $y_A$ )如表一所示。 (22%)

表 1

<i>Mole Fraction Benzene at 101.325 kPa</i>	
$x_A$	$y_A$
1.000	1.000
0.780	0.900
0.581	0.777
0.411	0.632
0.258	0.456
0.130	0.261
0	0

