

甲. 化工熱力學部分 (50分)

一. 請利用熱力學第一及第二定律式給於下列問題之答案 (12分)

$$d[m(u + \frac{u^2}{2} + gz)] = (H + \frac{u^2}{2} + gz)dm_i - (H + \frac{u^2}{2} + gz)dm_e + \delta Q_a - \delta W_a$$

$$d[mS] = S_i dm_i - S_e dm_e + \delta Q_a/T + \delta W_a/T$$

式中:  $m$  為質量;  $u$  及  $H$  分別為內能及焓;  $S$  為熵;  $u$  為速度;  $gz$  為位能;  $Q_a$  為熱;  $W_a$  為功;  $i, e$  分別為入口及出口

- (1) 混合物氣體經可逆恆溫穩定狀態之流動過程, 而今離為純氣體. 請問可由那一熱力學性質直接計算分離需求之功. (4分)
- (2) 可逆溫可逆之電池(蒸閉系統)產生之功, 可由那一熱力學性質計算. (4分)
- (3) 點亮之鎢絲燈泡; 系統為鎢絲, 請寫出其能形轉換; 熱力學第一定律. (4分)

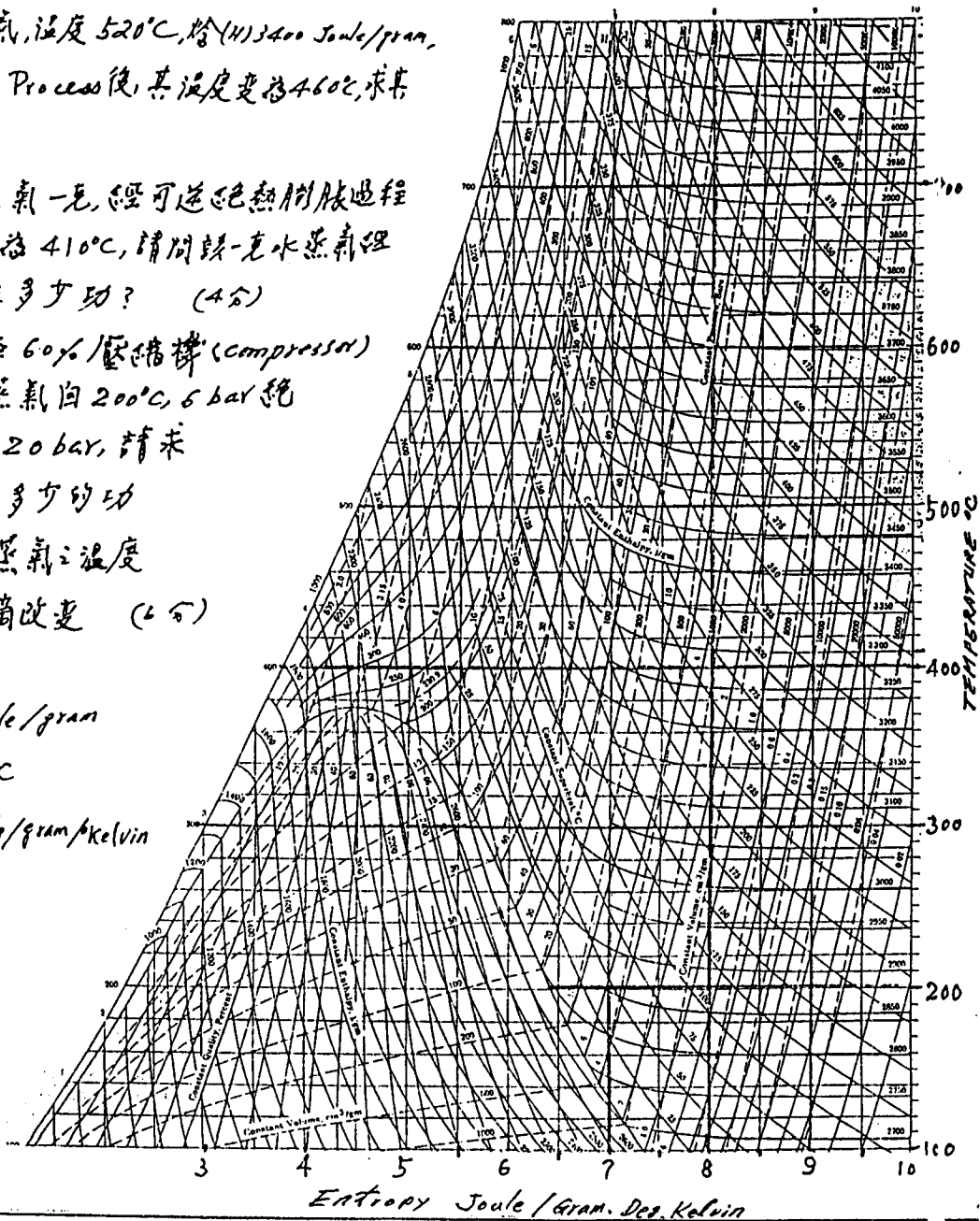
二. 請利用右給之水蒸氣溫度(T)-熵(S)圖, 作答下列問題 (14分)

(a) 一克水蒸氣, 溫度  $520^\circ\text{C}$ , 焓  $h = 3400 \text{ Joule/gram}$ , 經 Throttle Process 後, 其溫度變為  $460^\circ\text{C}$ , 求其壓力 (4分)

(b) 如 (a) 水蒸氣一克, 經可逆絕熱膨脹過程後, 溫度變為  $410^\circ\text{C}$ , 請問該一克水蒸氣經該過程產生多少功? (4分)

- (c) 以一效率  $60\%$  壓縮機 (compressor) 將一克水蒸氣由  $200^\circ\text{C}$ ,  $6 \text{ bar}$  絕熱壓縮至  $20 \text{ bar}$ , 請求
- (i) 需供給多少功
  - (ii) 最後水蒸氣之溫度
  - (iii) 過程之熵改變 (4分)

\* 在圖中: 焓  $\text{Joule/gram}$   
 溫度  $^\circ\text{C}$   
 熵  $\text{Joule/gram/Kelvin}$



(三) Acetone (1)/acetonitrile (2)/與 nitromethane (3) 三者於  $80^{\circ}\text{C}$  時形成之 solution (包括液相與氣相) 可視為 ideal solution. 三者於  $80^{\circ}\text{C}$  時之蒸氣壓力分別為  $P_1^{\text{sat}} = 195.75 \text{ KPa}$ ,  $P_2^{\text{sat}} = 97.84 \text{ KPa}$ ,  $P_3^{\text{sat}} = 50.32 \text{ KPa}$ . 若將此三者以莫耳分率  $z_1 = 0.45$ ,  $z_2 = 0.35$ ,  $z_3 = 0.20$  混合並將溫度維持在  $80^{\circ}\text{C}$ , 回答下列問題:

- (1) 在何者壓力範圍下, 此 solution 全為液相, 又在何者壓力範圍下, 其係以完全氣相存在?
- (2) 若將此 solution 之壓力維持在  $110 \text{ KPa}$ , 則此 solution 為完全液相, 完全氣相或兩相共存?

(12分)

(四) Pure Component (1) 與 (2) 之 molar Gibbs energy 分別為  $G_1$  與  $G_2$ . 兩者形成之 solution,  $n$  莫耳之 Gibbs energy 為  $nG$ , 在 solution 之狀態下, 各 Component 之 molar Gibbs energy 分別為  $\bar{G}_1$  與  $\bar{G}_2$ . 回答下列問題:

- (1) 寫出  $nG$  與  $\bar{G}_1$  與  $\bar{G}_2$  之關係式。
- (2)  $nG = n_1G_1 + n_2G_2$ , 是否正確? 解釋為什麼?
- (3) 若以內能  $U$  取代上式之  $G$ , 即  $nU = n_1U_1 + n_2U_2$ . 則此式正確否? 在何種條件下為正確?

(12分)

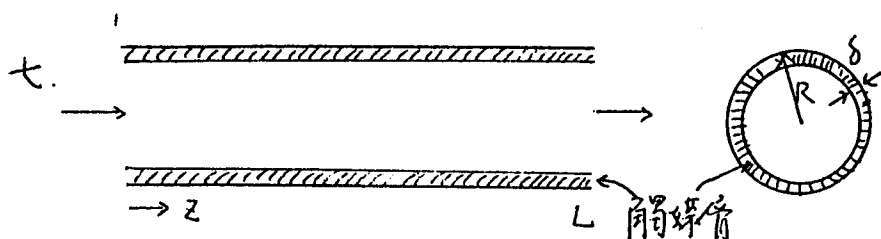
乙. 化學反應工程部份 (50分)

五. 令一個攪拌完全之連續式桶狀反應器 (CSTR) 之體積為  $V$ , 進料及出料之體積流率各為  $U_i$  及  $U_f$ , 進料、反應器內及出料之反應物 A 之濃度分別為  $C_{Ai}$ ,  $C_A$  及  $C_{Af}$ , 請寫出反應物 A 之質量平衡或體積平衡式及起始條件。(8分)

六. (1) 請比較管狀反應器與連續式桶狀反應器之優劣及適用範圍 (請就均相反應討論, 不必比較體積大小) (8分)

(2) 以數個連續式桶狀反應器取代一個體積較大之同式反應器, 除了反應器總體積可減小外, 還有什麼優劣? (6分)

(3) 請舉出減少反應器熱能消耗及回收熱能之方法。(8分)



上圖為一管狀反應器, 壁上鑲有一層具孔性之觸媒層。由於觸媒層之厚度 ( $\delta$ ) 遠小於管徑 ( $R$ ), 因此觸媒層可以視為一平板觸媒。若以此反應器進行  $2A \rightarrow \text{product}$  之反應, A 在觸媒層內之反應速率表示式  $(-r_A)_p = k C_A^2$ , 請寫出 A 在反應器及觸媒層內之質量平衡式 (假定軸向分散效應可忽略, 且在穩定狀態下) 及邊界條件。如果觸媒外表面之質傳為控制步驟, 上面質量平衡式將有何改變? (觸媒層內 A 之濃度以  $C_A'$  表示之, 反應器內則以  $C_A$  表示) (12分)

八. D 是由 A 與 B 經由  $A + B \rightarrow D$  之反應產生的。但同時亦會產生副產品 U。已知  $A + B \rightarrow D$   $r_D = k_D C_A C_B$   $E_D > E_U$



請問有那些方法, 可使 D 之產率提高? (8分)