

【甲】化工熱力部份 (50%)

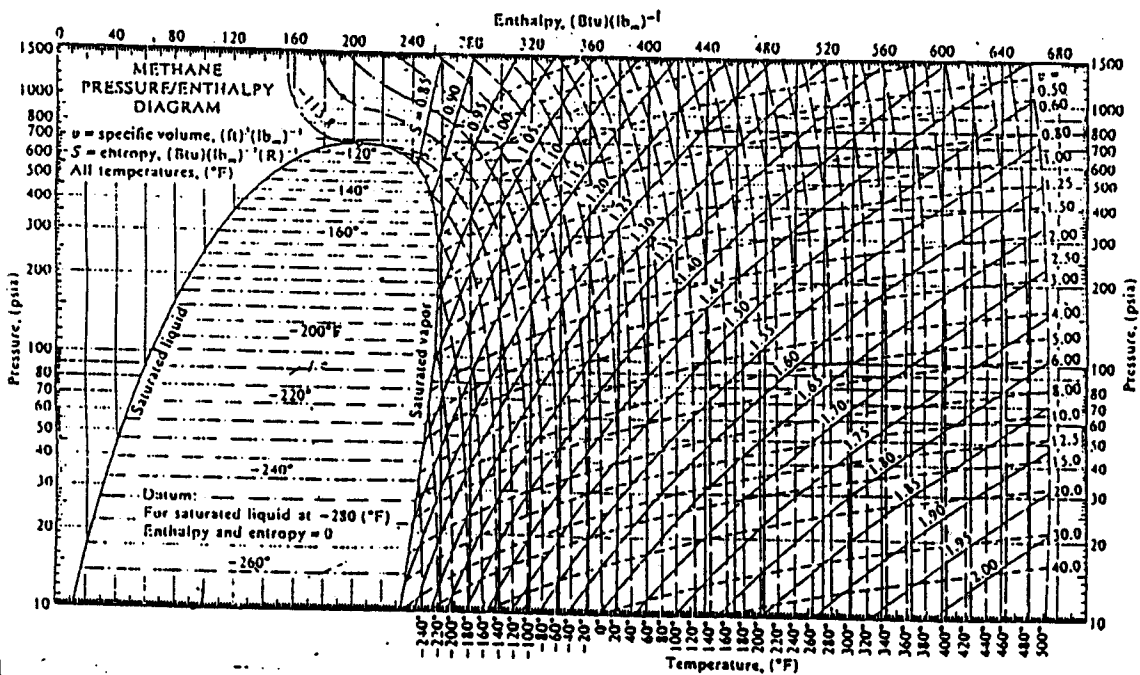
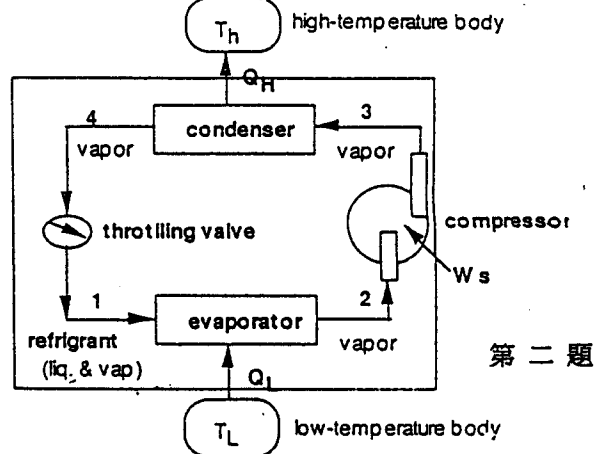
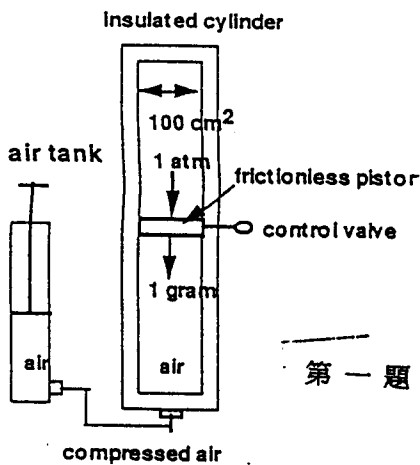
1. 如下圖所示，一套無摩擦絕熱活塞 - 絕熱圓筒裝置；圓筒內面積  $100 \text{ cm}^2$ 。活塞質量  $1 \text{ gram}$ 。該裝置和壓縮空氣筒連接，其間有一個閥，以控制空氣流入圓筒。活塞與控制閥連接。當圓筒內氣體壓力達  $246 \text{ atm}$  時，控制閥即刻跳掉，活塞往上衝。若當時圓筒內氣體溫度  $27^\circ\text{C}$ ；活塞離底部  $10 \text{ cm}$ ；活塞外側壓力  $1 \text{ atm}$ 。假設空氣為理想氣體，其  $C_v = 5$ ；氣體常數  $R = 82 \text{ cm}^3(\text{atm}) \text{ mole}^{-1}\text{K}^{-1}$ ；重力加速  $980 \text{ cm/sec}^2$ 。請計算出活塞最後平衡位置。  
 今選擇筒內空氣為系統，則其熱力第一定律式為  $\Delta NU = -W_s$  請利用此式完成答案。

(15%)

2. 如下圖所示，一套以  $\text{CH}_4$  做冷媒之冷凍機，冷媒在狀態 1 之溫度  $-160^\circ\text{F}$ ；焓(enthalpy;  $H$ )  $120 \text{ Btu/lbm}$ 。經過蒸發器吸熱，成為狀態 2 之飽和蒸汽；繼續通過壓縮機，經絕熱壓縮而成過熱蒸汽，此時的壓力為  $1000 \text{ atm}$  (狀態 3)；若壓縮機效率只有  $85\%$ 。繼續經冷凝器放熱，而成為狀態 4 ( $H = 120 \text{ btu/lbm}$ )；最後通過 throttling valve 而回復原狀態 (狀態 1)。

請利用給於之  $\ln(\text{pressure})$ -enthalpy 熱力線圖做答下面問題：

- (一) 請表示該冷凍機各過程之適當熱力學第一定律式 (15%)
- (二) 請計算各過程之熱及 [或] 功  $1/\text{lbm}$  冷媒



3.

某溶液之莫耳性質 (property) 為  $\bar{M}$ , 其為溫度 ( $T$ )、壓力 ( $P$ ) 與各成份 (component) 之莫耳數 ( $n_i$ ) 之函數, 即  $\bar{M} = f(T, P, n_1, n_2, \dots, n_i, \dots)$ 。回答下兩問題:

(1) 推導下式

$$d\bar{M} = \left(\frac{\partial \bar{M}}{\partial P}\right)_{T, x} dP + \left(\frac{\partial \bar{M}}{\partial T}\right)_{P, x} dT + \sum \bar{M}_i dx_i \quad (A)$$

(2) 解釋上式之物理意義。 (8%)

4.

根據 Lewis/Randall rule 與 Henry's law 之理想溶液分別可由式 (B) 與 (C) 定義之, 即

$$\hat{f}_i^{id} (LR) = x_i f_i \quad (B)$$

$$\hat{f}_i^{id} (HL) = x_i k_i \quad (C)$$

試問  $f_i$  與  $k_i$  之定義為何? 亦即請說明  $f_i$  與  $k_i$  之狀態 (state) 與溫度、壓力條件各為何? (6%)

5.

$\gamma_i(LR)$  與  $\gamma_i(HL)$  分別為根據 Lewis/Randall rule 與 Henry's law 之 activity coefficient, 試問下二式正確否?

$$\lim_{x_c \rightarrow 1} \gamma_c(LR) = 1$$

(D)

$$\lim_{x_c \rightarrow 0} \gamma_c(HL) = 1$$

(E)

若不正確,更正後寫出正確的式子,並由分子的觀點解釋此=式之物理意義。(6%)

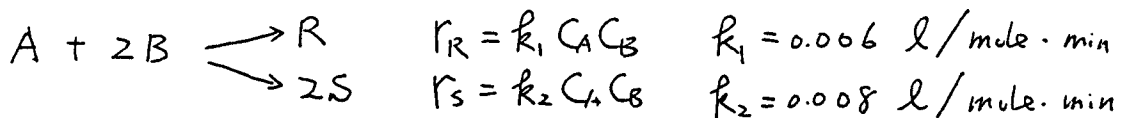
## 乙. 化學反應工程部份 (50分)

## 6. 簡答下列問題 (每題5分)

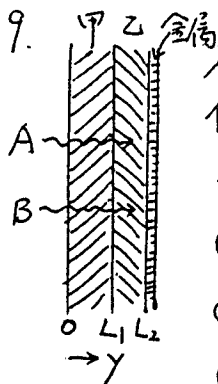
- (1) 請說明實驗室求取反應速率表示式時採用之過剩法 (method of excess)。採用此法有何限制?
- (2) 進行自催化反應 (autocatalytic reaction) 宜採用何種反應器? 何故?
- (3) 請寫出往流反應器之質量平衡式。
- (4) 以固體觸媒催化反應, 若受到質傳 (film diffusion 或 pore diffusion) 之阻力時, 實驗所求得之活化能是大或小於實際之反應活化能? 何故?

7. 一個 CSTR 容積為 60 l。今以絕熱方式進行  $A \xrightarrow{k} B$  之反應, 於穩態時, 測得進料流速與 A 之濃度各為 2 l/min 與 5 mole/l, 進料溫度及反應器內之溫度各為 50 與 150 °C, 出口 A 之濃度為 1.25 mole/l, 假設進料與出料之比熱相同 ( $= 150 \text{ cal/mole}$ ), 且反應液中僅含有 A 與 B, 試求出反應熱。 ( $k = 1 \text{ min}^{-1}$ )。 (6分)

8. 已知液相並行反應:



- (1) 以批式反應器進行上列反應, 若  $C_{A0} = 3 \text{ mole/l}$ ,  $C_{B0} = 6 \text{ mole/l}$ , 試求出開始反應後 33.3 min 時, A, B, R 及 S 之濃度。
- (2) 若以容積為 30 l 之 CSTR 進行反應, 當進料流速為 1 l/min,  $C_{Ai} = 2 \text{ mole/l}$ ,  $C_{Bi} = 4 \text{ mole/l}$ , 試求出 R 之生成率及 A 之轉化率。 (12分)



左圖為一附於金屬平板之雙層觸媒, 今以此一觸媒催化  $A + B \rightarrow \text{product}$ , 已知外層表面 (即  $y=0$ ) 之質傳阻力不可忽略。

- (1) 請導出反應物 A 在甲、乙兩層之質量平衡式。
- (2) 請寫出邊界條件。
- (3) 若擔數係數不隨  $y$  而變, 試求出觸媒內 A 之濃度與  $y$  之關係式。 (12分)