

114年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：化學工程
科 目：反應工程及單元操作
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、氣相反應 $A + B \rightarrow C + D$ 在一恆溫填充床反應器 (packed bed reactor) 內以固體觸媒 X 進行非均相催化。透過微分反應器 (differential reactor) 量測，觀察到 A 的反應消耗速率 ($-r'_A$) 有以下四種趨勢：在其它分壓不變下，增加 A 的分壓導致 $-r'_A$ 先線性上升再持平；在其它分壓不變下，增加 B 的分壓導致 $-r'_A$ 持續線性上升；在其它分壓不變下，增加 C 的分壓導致 $-r'_A$ 持續線性下降；在其它分壓不變下，增加 D 的分壓對 $-r'_A$ 沒有影響。

(一)試詳述微分反應器的運作概念。(5 分)

(二)試推導此非均相催化的反應速率定律式，並求得在反應溫度較高時的反應級數 (reaction order)。(15 分)

二、 $A \rightarrow X \rightarrow Z$ 為一液相系列反應 (series reaction)，其中 $A \rightarrow X$ 和 $X \rightarrow Z$ 兩步驟皆為基元反應 (elementary reaction)，而其反應速率常數分別為 k_1 ($= 0.5 \text{ h}^{-1}$) 和 k_2 ($= 0.2 \text{ h}^{-1}$)。此系列反應在一恆溫連續攪拌槽式反應器 (continuously stirred tank reactor, CSTR) 進行，其進料濃度為 C_{A0} ($= 10 \text{ mol L}^{-1}$)，空間時間 (space time) 為 τ 。

(一)試詳述空間時間的物理意義。(5 分)

(二)當空間時間為 6 h 時，試求得 A 、 X 及 Z 在反應器的濃度。(10 分)

(三)當產物 Z 有最大的產生速率時，試求此時的空間時間及 Z 的產生速率。(10 分)

三、當氮氣在室溫一大氣壓下流過含有 A 液體的容器產生了含有 A 氣體的氮氣流，其中 A 氣體的莫耳濃度為其飽和莫耳濃度的 20%。將此含有氣體 A 的氮氣流以 10 mol min^{-1} 的莫耳流速通入含有 1000 莫耳的固體 B 在同樣的溫度壓力下進行吸附。吸附過程中僅有 A 氣體被固體 B 吸附，系統溫度由熱交換器控制在室溫，假設過程中壓力沒有明顯改變，而 A 氣體在固體 B 的吸附熱和其凝結熱相似。已知每莫耳的 B 可吸附 0.05 莫耳的 A 氣體。已知 A 液體在室溫一大氣壓下的飽和蒸氣壓為 100 mmHg、蒸發熱為 30 kJ mol^{-1} 。試計算氣體 A 在固體 B 上達到吸附飽和需要多久的時間，和熱交換器需提供的熱交換功率？(15 分)

- 四、使用泵將湖水從湖邊透過水管輸送到湖邊山上的貯水桶。輸送管中水的體積流量為 Q 。貯水桶距湖面的高度為 Z ，而輸送管與湖面的夾角為 θ 。輸送管的內直徑為 D ，管內的阻力損失 (friction loss) 可表示為輸送管的長度乘上係數 f 。重力加速度為 g ，水的密度為 d 。試推導出泵功率的表示式並說明推導過程中所做的假設。(15 分)
- 五、反應物 A 從流體相擴散經過一靜止層 (stagnant film) 到固體觸媒的外表面並進行表面反應 $A \rightarrow 2B$ 。擴散過程為穩態 (steady state)。反應物 A 在流體內的莫耳濃度為 y_{A0} 。靜止層的厚度為 δ 。總濃度為 c ，擴散係數 (diffusivity) 為 D_{AB} 。整體過程是質傳限制 (mass-transfer-limited)。假設流體相和靜止層界面坐標 z 為0、固體觸媒外表面坐標 z 為 δ ，試推導反應物 A 莫耳濃度隨坐標 z 變化的表示式 $y_A(z)$ 。(25 分)