

# 高中新舊化學實驗教材比較研究

## (五)探討“化學反應的平衡”

### 新舊實驗教材之異同

許丹瓊

臺北市立第一女子高級中學

王澄霞

國立臺灣師範大學化學系

本文針對新舊高中化學教材中，有關“化學反應的平衡”主題概念之實驗項目加以比較研究並整理於表中<sup>(1、2、3)</sup>。其概念導引過程新舊教材相同，但其實驗內容則不同。

#### (1) 概念導引過程：

新舊實驗教材，有關概念導引過程都可分為兩階段，即第一階段：定性觀察濃度變化對化學平衡移動的影響；第二階段：定量測定各物質之平衡濃度，計算其平衡常數，且找尋出平衡定律式。

#### (2) 實驗項目之異同：

第一階段：有關「定性觀察濃度變化對化學反應平衡移動的影響」的實驗項目之異同如下：

1.  $\text{CrO}_4^{2-}$  與  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  間的平衡：  
觀察逐漸加入 1M HCl 或 1 M NaOH 溶液時之顏色變化

⇒ 此實驗新舊教材都有，但新教材在高一基礎理化及高二化學又重覆同一實驗。

2. 固體鉻酸鉍與其飽和溶液中離子間的平衡：觀察逐漸加入 1 M HCl 或 1 M NaOH 時，固體鉻酸鉍沈澱量與溶液顏色之變化

⇒ 此實驗新舊教材都有。

3.  $\text{CrO}_4^{2-}$  與  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  間的平衡：  
(再進一步探討)

- (1) 以  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  代替 HCl
- (2) 以  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{NH}_3$  代替 NaOH

⇒ 舊教材多出此實驗，新教材則無。

第二階段：有關「定量測定各物質之平衡濃度，計算其平衡常數，且找出平衡定律式」之實驗，新舊教材都使用比色法測定  $\text{Fe}^{3+}$ ， $\text{SCN}^-$  與  $\text{FeSCN}^{2+}$  間的平衡常數。

### (3) 實驗內容之異同：

#### 第一階段：

1. 觀察  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ， $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液之顏色隨着加入 1 M HCl 或 1 M NaOH 而產生之變化。

新教材在高一〔基化－4.2〕化學反應的平衡及高二〔化二·9〕平衡常數與勒沙特列原理，有關此部分的實驗內容完全相同，都探討  $\text{CrO}_4^{2-}$  與  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  間的平衡，即  $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ，其溶液顏色隨着加入 1M HCl 時由黃色變為橙色，或加入 1M NaOH 時由橙色變為黃色。所導引的概念是勒沙特列原理——濃度對平衡狀態的影響。

“化學反應的平衡”主題概念之新舊實驗教材

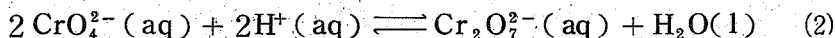
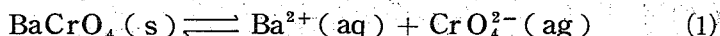
|      | 實驗活動名稱                        | 與課本有關概念(知能)                                              | 實驗主要內容                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 科學過程、技能                          | 藥品                                                                                                                                                                                            |
|------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎理化 | 〔基化—4·2〕<br>化學反應的<br>平衡       | 5-4 化學平衡<br>5-5 平衡的移動<br>勒沙特列原理：濃度<br>對平衡狀態的影響           | 〔第一階段〕<br>1. $\text{CrO}_4^{2-}$ 與 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 間<br>之平衡：觀察逐漸加入<br>1 M HCl 或 1 M<br>NaOH 溶液時之顏色<br>變化                                                                                                                                                                      | 觀察顏色變化                           | 0.1 M $\text{K}_2\text{CrO}_4$<br>0.1 M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$<br>1 M HCl<br>1 M NaOH                                                                                              |
| 高中化學 | 〔化二·9〕<br>平衡常數與<br>勒沙特列原<br>理 | 6-2 影響化學平衡狀態的<br>因素<br>勒沙特列原理：濃度<br>對平衡狀態的影響<br>6-3 平衡常數 | 〔第一階段〕<br>1. $\text{CrO}_4^{2-}$ 與 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 間<br>之平衡觀察逐漸加入<br>1 M HCl 或 1 M NaOH<br>溶液之顏色變化<br>2. 固體鉻酸銀與其飽和<br>溶液中離子間的平衡：<br>觀察逐漸加入 1 M HCl<br>或 1 M NaOH 時，固<br>體鉻酸銀沉澱量與溶<br>液顏色之變化<br>〔第二階段〕<br>測定 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{SCN}^-$ 與<br>$\text{FeSCN}^{2+}$ 間的平衡常數 | 1. 觀察顏色變化<br>2. 配製溶液<br>3. 溶液的比色 | 0.1 M $\text{K}_2\text{CrO}_4$<br>0.1 M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$<br>1 M HCl<br>1 M NaOH<br>0.1 M $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$<br>0.002 M KSCN<br>0.2 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (酸化) |

| 實驗活動名稱 | 與課本有關概念(知能)     | 實驗主要內容                                    | 科學過程、技能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 藥 品                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|-----------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 舊      | 〔十四〕化學平衡及勒沙特列原理 | 10-2-2 勒沙特列原理<br>濃度與勒沙特列原理<br>10-3-1 平衡常數 | 〔第一階段〕<br>1. $\text{CrO}_4^{2-}$ 與 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 間的平衡：觀察逐漸加入 1 M HCl 或 1 M NaOH 溶液之顏色變化<br>2. 固體鉻酸鉀與其飽和溶液中離子間的平衡：觀察逐漸加入 1 M HCl 或 1 M NaOH 時，固體鉻酸鉀沉澱量與溶液顏色之變化<br>3. $\text{CrO}_4^{2-}$ 與 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 間的平衡：<br>(1) 以 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 代替 HCl<br>(2) 以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{NH}_3$ 代替 NaOH<br>〔第二階段〕<br>測定 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{SCN}^-$ 與 $\text{FeSCN}^{2+}$ 間的平衡常數 | 0.1 M $\text{K}_2\text{CrO}_4$<br>0.1 M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$<br>1 M HCl<br>1 M NaOH<br>0.1 M $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$<br>$\text{CH}_3\text{COOH}$<br>$\text{HNO}_3$<br>$\text{H}_2\text{SO}_4$<br>$\text{Ca}(\text{OH})_2$<br>KOH<br>$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$<br>$\text{NH}_3$<br>0.002 M KSCN<br>0.2 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (酸化) |
| 教      |                 |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 材      |                 |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

舊教材在〔十四〕化學平衡及勒沙特列原理，有關此部分實驗除部分內容與上述新實驗教材相同外，其不同點是觀察平衡系溶液顏色的變化，使用 1 M HCl 外，還以  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  代替 HCl，使用 1M NaOH 外，還以  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{NH}_3$  代替 NaOH 進行實驗。使學生能找尋出此平衡系移動之規律性——即酸性物質如 HCl、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  等皆可使平衡系向右移動，溶液由黃色變為橙色，而鹼性物質如 NaOH、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{NH}_3$  等皆可使平衡系向左移動，溶液由橙色變為黃色。且讓學生注意到所用的藥品  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，化學式雖含 OH，但為中性化合物，不會使平衡系發生移動。

## 2. 觀察固體鉻酸鉍與其飽和溶液中離子間的平衡：

新教材在高二〔化二·9〕平衡常數與勒沙特列原理，舊教材在〔十四〕化學平衡及勒沙特列原理，有關此部分的實驗，新舊教材之內容完全相同，皆探討下面之平衡系：



在  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  鹼性溶液中，滴入  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液則產生  $\text{BaCrO}_4$  黃色沈澱，再滴入 1M HCl，會使平衡系(2)向右移動，溶液顏色由黃色變為橙色，且隨着 1M HCl 之滴入， $\text{BaCrO}_4$  黃色沈澱量慢慢減少。而在  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  酸性溶液中，滴入  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液不易產生  $\text{BaCr}_2\text{O}_7$  沈澱，但再滴入 1M NaOH 後，會使平衡系(2)向左移動，溶液顏色由橙色變為黃色，且隨着 1M NaOH 之滴入，可觀察到有黃色  $\text{BaCrO}_4$  沈澱之生成。所導引的概念是勒沙特列原理——濃度變化對化學反應平衡移動的影響，且讓學生知道欲產生鉻酸鉍沈澱需在  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  鹼性溶液中，而當滴入酸後，會使鉻酸鉍沈澱溶解，即沈澱量會減少。

第二階段：使用比色法測定  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{SCN}^-$  與  $\text{FeSCN}^{2+}$  間的平衡常數：

新教材在高二〔化二·9〕平衡常數與勒沙特列原理，舊教材在〔十四〕化學平衡及勒沙特列原理，有關此部分的實驗，新舊教材之內容完全相同，皆探討下面之平衡系：

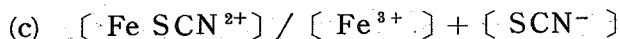
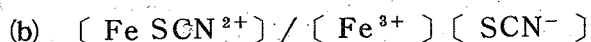
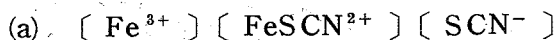


定量測定各離子之平衡濃度，找尋出一簡單數學式來表示各離子平衡濃度間的關係。所導引的概念是：定溫時當下列反應達平衡： $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$

其生成物平衡濃度與反應物平衡濃度間有簡單關係：
$$\frac{[\text{FeSCN}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]} = K$$

K 稱為平衡常數，此式稱為平衡定律式。

其實驗內容是先將 0.002M KSCN 各 5mL 加入標記為 1、2、3、4、5 之五支試管中，再分別加入 0.2 M、0.08 M、0.032 M、0.0128 M、0.0052 M 的  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  溶液 5mL，混合均勻。各反應物離子的初濃度，可由其稀釋數據算出，而反應後  $\text{FeSCN}^{2+}$  血紅色離子的平衡濃度，則使用比色法，將試管 1 當作標準溶液，利用  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{d_2}{d_1}$  求得（C： $\text{FeSCN}^{2+}$  離子的平衡濃度，d：溶液顏色的深度）。然後將每一試管之各離子平衡濃度代入下列三式。



分別計算(a)、(b)、(c)的值，結果以(b)最接近常數值，而決定 b 式為平衡定律式。

總而言之，有關“化學反應的平衡”實驗，〔第一階段〕定性觀察濃度變化對化學反應平衡移動的影響：新教材在高一基礎理化、高二化學有重複的實驗教材。而舊教材除部分內容與新教材相同外，其與新教材的不同點是：觀察  $\text{CrO}_4^{2-}$  與  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  間的平衡移動，新教材只利用一種酸：HCl，一種鹼：NaOH，而舊教材使用四種酸：HCl、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，四種鹼：NaOH、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、KOH、 $\text{NH}_3$ ，使學生能找尋出此平衡系移動之規律性。〔第二階段〕定量測定各物質平衡濃度，計算平衡常數，且找尋出平衡定律式：新舊實驗教材的內容完全相同。

## 參考資料

1. 師大科教中心：高中基礎理化上冊第 77 頁。  
高中基礎理化實驗手冊上冊，國立編譯館。
2. 師大科教中心：高中化學第二冊第 4 頁至第 9 頁。  
高中化學實驗手冊第二冊，國立編譯館。
3. a. 陳朝棟、王澄霞：高中化學（自然科組）下冊第 8 頁至第 16 頁。  
高中化學實驗（自然科組）下冊，商務印書館。  
b. 車乘會、吳德堡：高中化學（自然科組）下冊第 13 頁至第 22 頁。  
高中化學實驗（自然科組）下冊，東華書局。  
c. 其他我國各書局出版的高中化學教科書。