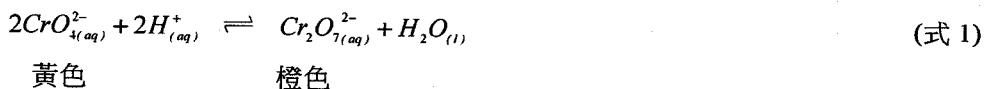


以氯化亞鈷溶液的顏色變化 演示化學平衡的移動

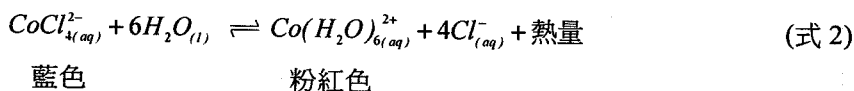
邱智宏
國立三重高級中學

一、前言

有些化學反應不止會朝一個方向前進，也會往反方向進行，當正逆反應速率相等時，便達到平衡狀態。依照勒沙特列原理，若有影響平衡的因素加入系統時，平衡會朝抵消此一因素的方向移動，直到達成另一新平衡為止。一般平衡的移動，若沒有巨觀的變化，則較難觀察平衡狀態的改變。現行高二有關化學平衡的實驗，使用二鉻酸根離子和鉻酸根離子的系統來驗證勒沙特列原理：



當溶液加入酸時，由於氫離子增多，平衡向右移動，顏色由黃色變為橙色。相反地，若加入鹼，由於氫離子被中和而減少，平衡向左移動，顏色由橙色變為黃色。但是此系統加入產物之一的水時，無法用肉眼觀察反應是否會往左移動？其原因為系統中原本就有大量的水，外加一點點水，看不出顏色變化，若加大量的水，橙色是因為稀釋而變淡，或因為平衡向左移動而變黃，就難以分辨。另外，溫度高低對平衡移動的影響，也無法演示出來。有些參考書籍則改由下列系統進行實驗：



相同地，若在水溶液中進行演示，則因為有大量水存在，除了使顏色的變化模糊不清，無法辨識平衡移動的方向外，改變溫度使溶液變色的效果也不理想。幾經嘗試改由能溶解氯化亞鈷的異丙醇當溶劑，由於溶劑本身不起反應，而且上述大量水存在的困難也能迎刃而解，因此在檢驗添加各反應物種及改變溫度對平衡移動的影響上，均有不錯的演示效果。

二、所需儀器及藥品

氯化亞鈷晶體($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)約 3 克，異丙醇 25 毫升，蒸餾水 10 毫升，無水氯化鈣固體數顆，濃鹽酸 5 毫升，50 毫升量筒 1 支，試管 3 支，250 毫升燒杯 1 個，滴管數支。

三、實驗步驟

1. 秤取氯化亞鈷晶體大約 3 克，置入燒杯中，加入異丙醇液體將晶體溶解，配成 25mL 的異丙醇溶液，其濃度約為 0.5M，呈深藍色。
2. 取 A、B、C 三支試管各加入 5mL 上述溶液。
3. 使用滴管分別於上述三支試管中逐滴加入蒸餾水，並搖盪均勻，仔細觀察溶液的顏色變化，當溶液的顏色由深藍轉為粉紅色，便停止滴入蒸餾水。
4. 使用滴管將濃鹽酸逐滴加入 A 試管中，搖盪溶液並觀察顏色的變化，當顏色由粉紅轉為深藍色後，停止滴入鹽酸。
5. 比較 A、C 兩支試管的顏色，並對應上列方程式，試管 A 中的平衡系統應較偏向那一邊？
6. 使用滴管於 A 試管中逐滴加入蒸餾水，邊加邊搖盪，直至變色後停止。比較 A、C 兩支試管的顏色。
7. 重覆步驟 4 至 6 觀察溶液顏色的變化情形，將結果紀錄於表 1。
8. 將一顆無水氯化鈣固體加入 B 試管中，搖盪溶液並觀察顏色的變化。
9. 比較 B、C 兩支試管的顏色，並對應上列方程式，試管 B 中的平衡系統應較偏向那一邊？
10. 於試管 B 中逐滴加入蒸餾水，並搖盪均勻，直至溶液的顏色由深藍轉為粉紅色後停止。
11. 重覆步驟 8 至 10 觀察溶液顏色的變化情形，將結果紀錄於表 1。
12. 將 C 試管置入 90°C 的水浴中，觀察溶液的顏色由粉紅變為藍色的情形。
13. 於熱水浴中將 C 試管取出，置於試管架上，隨著溫度的上升，觀察溶液的顏色變化，並將結果紀錄於表 2。

四、結果與討論

依據勒沙特列原理，當增加反應物的濃度時，例如添加反應式 2 的 $H_2O(l)$ ，平衡會向右移動，試管 A 中溶液的顏色由藍色變成粉紅色。若增加生成物的濃度，例如添加濃鹽酸，增高反應式 2 中氯離子的濃度，平衡朝左移動，試管 A 中溶液的顏色，由粉紅色變回藍色，重覆上述步驟，溶液的顏色能從藍到粉紅來回變化，如表一所示。相同地，若移除反應式中的某一物種，則平衡會朝增加此一物種的方向移動，例如添加氯化鈣固體，將吸收試管 B 中的部分水，使反應式 2 往左進行，溶液的顏色由粉紅變成藍色。但是添加氯化鈣固體使反應式 2 往左進行，恐怕不單是吸水一個因素而已，因為氯化鈣溶在少量水中也會產生 Cl^- 離子。若要檢驗單一因素的影響，可以選擇添加 $Mg(ClO_4)_2$ 當吸水劑，或添加少量的 $Ag_{(aq)}^+$ 離子，藉產生 $AgCl_{(s)}$ 的沉澱，去除系統中的 Cl^- 離子。

表 1 氯化亞鈷的異丙酮溶液加入不同試劑後的顏色變化

處理方式	A 試管溶液顏色	處理方式	B 試管溶液顏色
加蒸餾水約 15 滴	由藍變粉紅	加蒸餾水約 15 滴	由藍變粉紅
再加濃鹽酸約 22 滴	由粉紅變藍	再加氯化鈣固體 1 顆	由粉紅變藍
再加蒸餾水約 15 滴	由藍變粉紅	再加蒸餾水約 15 滴	由藍變粉紅
再加濃鹽酸約 20 滴	由粉紅變藍	再加氯化鈣固體 1 顆	由粉紅變藍

由試管 C 溶液的顏色變化，便能觀察出溫度對平衡的影響。例如增高溫度時，反應式 2 的溶液應為藍色，溫度下降時溶液的顏色逐漸由藍色，變為藍紫色，再變回常溫的粉紅色，重覆升溫降溫的步驟，其結果如表 2 所列。一般學生經常誤以為溶液呈粉紅色時，僅有 $Co(H_2O)_6^{2+}$ 而沒有 $CoCl_4^{2-}$ 的存在，而溶液呈藍色時，僅存有 $CoCl_4^{2-}$ 而沒有 $Co(H_2O)_6^{2+}$ ，事實上達到平衡狀態時反應式中的各成份均應存在，只是量的多少而已，本實驗能藉由試管 C 溶液的溫度逐漸冷卻時，顏色的變化由藍漸次變為粉紅，中間有許多不同層次，其顏色介在兩者之間，證明 $CoCl_4^{2-}$ 和 $Co(H_2O)_6^{2+}$ 同時存在，只是隨溫度的變化兩者所佔的比例不同而已。

表 2 氯化亞鈷的異丙酮溶液在不同溫度下的顏色變化

處理方式	C 試管溶液顏色
加蒸餾水約 15 滴	由藍變粉紅
置入約 90°C 的水浴中	由粉紅變藍
置於常溫中	由藍變藍紫再轉為粉紅色

本演示實驗，所用的器材簡單，操作容易，加上顏色變化明顯，易於觀察，用來驗證勒沙特列原理，其演示效果比使用反應式 1 的系統好很多，適於在教授相關章節中，做為補充實驗，不但能提高學習興趣，也能增進學習效果。

五、參考資料

1. Driel, J. H.; Verloop, N. *J. Chem. Educ.* 1999, 76, 559-561.
2. Garritz, A. *J. Chem. Educ.* 1997, 74, 544-545.
3. 高級中學化學編輯小組 (民 87)：高級中學化學第二冊第六章。台北：國立編譯館。

統一編號

006388890014

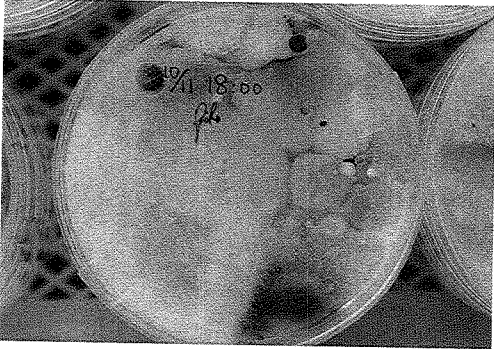


圖 A 檜村里在平板培養基上所獲的真菌菌落



圖 E 麴黴(*Aspergillus*)之菌絲及分生孢子

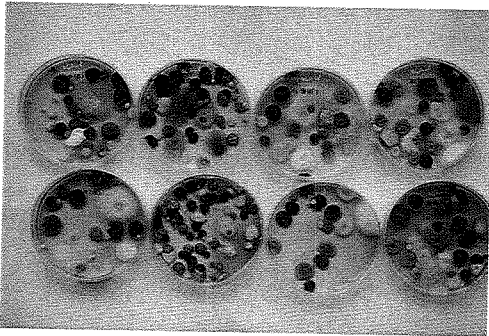


圖 B 教室內所獲得的真菌菌落



圖 F 筭黴(*Choanephora*)之孢子囊孢子及附屬物

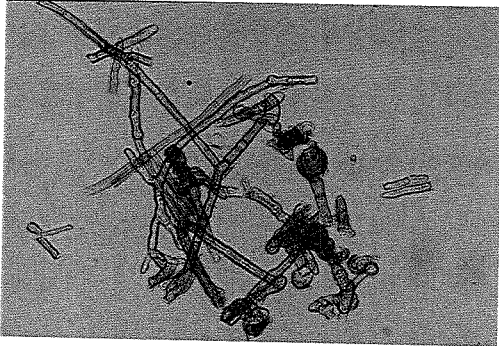


圖 C 格孢黴(*Alternaria*)之菌絲體、分生孢子柄及分生孢子

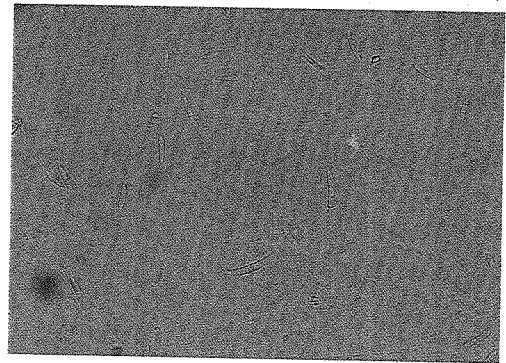


圖 G 鎌孢菌(*Fusarium*)之分生孢子

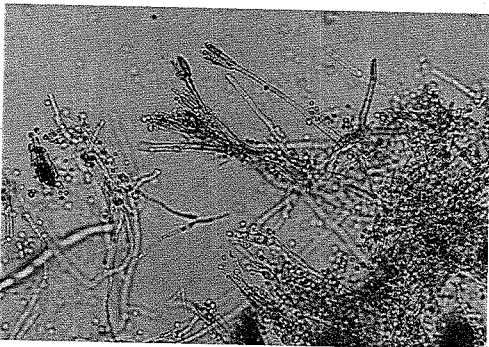


圖 D 青黴(*Penicillium*)之菌絲體及分生孢子

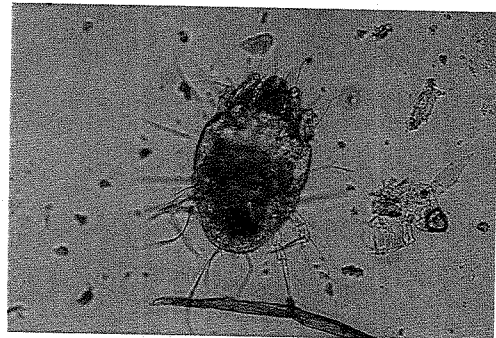


圖 H 空氣清淨機濾網上所觀察到的蟎類