

# 以「化學尋寶」實驗活動培養學生 解決問題的能力

洪志明 蔡曉信

國立臺灣師範大學 化學系

## 一、前言：

化學是一門實驗的科學，學生經由參與以探究為中心的實驗活動，培養化學興趣，熟悉科學方法，增進個人解決問題、自我學習、邏輯推理等高層次思考能力。學者 Millar(1989)曾指出實驗教學活動的三種功能：第一，教師藉由實驗教學活動，幫助學生了解科學概念的理論意義。第二，實驗教學可以使學生學習到科學研究歷程中的實用技術及一般策略。第三，實驗活動使學生有機會嘗試解決問題的方法，了解解決實際問題不能固守一套刻板的思考模式。國內學者林陳涌(民84)歸納出良好的實驗教學應具備的積極條件，第一，能提供學生展現其現存科學知識的機會。第二，實驗教學的設計及進行應顧及學生的現有概念，並鼓勵學生自行設計實驗。第三，實驗教學活動的目的不僅在求得知識驗證，更應重視學生對活動結果的詮釋與討論協商。

高中學生在高一基礎化學的課程中，學習到生活中常見物質，如離子化合物、分子化合物、電解質及非電解質等。這些物質在水中的溶解度、導電性及化學反應性均有多樣的變化。目前高中化學各版本的教科書都以敘述性內容編寫此單元，教師多半以課堂講授的方式，向學生介紹這些不同型態的物

質之物理性質及化學性質，少數會以簡單的示範實驗輔助說明。因此學生在學習時，絕大部分將其視為記憶性知識，以背誦法來記憶，學校中的考試評量也引導學生依循此種學習方法。雖然經由記憶學生很容易獲取高分，但許多學生常反應他們不喜歡死背這些溶解度規則，甚至不知道這些規則有何重要性。

## 二、活動設計：

『化學尋寶』實驗活動取材自國立台灣師範大學科學教育中心舉辦之台北地區創意競賽題目，經由高中化學教師修正設計為實驗探索活動，它有別於傳統食譜式實驗，學生必須運用在課堂上學到的化學知識，自行設計實驗，辨識未知的藥品。利用未知溶液的相互作用，觀察可能產生的顏色變化、沉澱或氣泡等多樣的化學反應，運用智慧及耐心，來識別這些未知化合物。藉由未知藥品的辨識過程，學生可觀察到各種豐富的化學變化，學習如何活用溶解度規則進行邏輯推理。藥品的種類可多可少，視實驗時間長短及學生程度而定。在藥品的選擇上，以實驗室中常見、無重大危險性及毒性者為主，此外其組合搭配應有化學上特殊比較的意義，如：含同種陰離子或含同族陽離子的鹽類等。

教師可自行依教學上的需求自由取材，最重要的是藥品的組合，能提供學生多樣化的思考方向，引發學生各種不同的解題思路。如此學生可藉由此活動，學習將課堂上學得之化學概念，有效遷移至實驗活動中的問題解決上，對於學生高層次思考能力的提昇，有極大的助益。

本實驗活動設計於八十九學年度下學期在台北地區某高中高一數理實驗班化學專題研究課程中實施，所有的學生均予以高度的評價，有半數以上學生認為這是他們所參與過最難忘、收穫最多的化學課。

### 『化學尋寶』實驗活動設計

請利用所提供的器材及藥品，找出編號1~18的化學藥品分別是何種物質。這18種物質為：白糖、麵粉、氯化鈉、硝酸鈉、硫酸鈉、氫氧化鈉、碳酸鈉、硫代硫酸鈉、氯化鋇、硝酸鋇、氫氧化鋇、硫酸鈣、碳酸鈣、硝酸鉛、碘化鉀、硫酸銅、硫酸鋅、硫酸亞錳。(提示：善用教師所提供的溶解度規則表)

實驗完成後，請寫出你的解題思路及實驗方法，盡可能把你觀察到的所有現象完整紀錄下來，最好能將實驗紀錄圖表化，並列出所有相關的化學反應方程式。

#### 器材及藥品：

硝酸銀、0.1M 硝酸、0.1M 鹽酸、0.1M 氫氧化鈉、0.1M 硫酸、石蕊試紙、鋁片、銅片、鋅片、電池、導線及燈泡。

### 三、學生解題策略預測

在實驗活動實施之前，研究者預期，多數學生可能會採取所謂「向後做」的策略(working-backward)，即「搜尋驅動」(search-driven)或「資料驅動」(data-driven)的策略(Chi et al.,1982)(引自楊坤原，民88)。亦即學生根據所提供的藥品及器材漫無頭緒地開始進行實驗，將各種藥品互相進行反應，再根據反應的結果決定下一步該如何進行，這種解題方法不僅耗費時間，而且不一定能得到正確的結果，這也正是一般所謂的「生手慣用的策略」。事實上，較合適的解題方法應該是「向前做」策略(working-forward)，即所謂「知識發展」(knowledge development)的策略，這十八種藥品的辨識，需要建立一套有效率、且符合化學邏輯的思考策略，學生也必須在實驗的過程不斷地檢視自己的策略是否適當、是否需要改變方向，並且不斷搜尋可用的外在資源及利用已獲得的實驗訊息。

### 四、結果與討論：

課程實施的結果，驗證研究者所預期的學生表現。以下以三組學生所用的解題思路舉例說明。

範例一：A 小組的解題策略

- 1.先觀察藥品的外觀。
- 2.將所有藥品配成水溶液，以石蕊試紙檢測其酸鹼性。
- 3.將 NaOH , H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> , HCl 及 AgNO<sub>3</sub> 分別與 18 種溶液反應，觀察其變化。(結果列於下表)

4. 依所學過的化學知識及老師所發的常見物

質溶解度規則來判斷各編號可能為何種藥

表一 A 小組的實驗結果記錄

編號	外觀紀錄	酸鹼性	反應現象
1	略	酸性	
2		鹼性	
3		中性	
4		中性	加 NaOH 產生綠色沉澱
5		酸性	加 NaOH 產生白色沉澱
6		中性	加 NaOH 產生白色沉澱
7		中性	加 H <sub>2</sub> O 呈白色混濁
8		中性	加 HCl 產生白色沉澱及氣泡
9		中性	
10		中性	
11		中性	加 NaOH 產生白色沉澱，加硫酸呈白色混濁
12		中性	加 NaOH 產生白色懸浮物，加 HCl 產生白色沉澱
13			加硫酸呈淡黃色混濁
14			加硝酸銀產生白色沉澱
15			加硫酸產生白色沉澱
16		中性	加 HCl 產生白色沉澱
17			加硝酸銀產生白色沉澱
18			鹼性

註：「外觀紀錄」一項此處略去不列，其他欄位中空白者表示無法判斷或無反應。

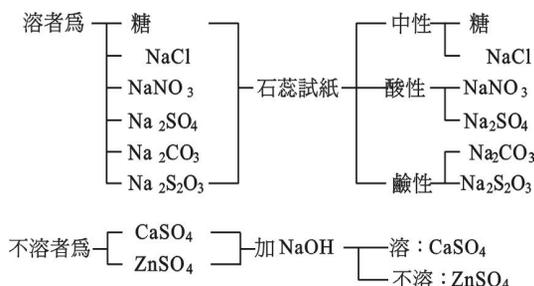
品。

評論：A 小組所用的解題策略，類似生手常用的嘗試錯誤法，屬於典型的「資料驅動」策略(data-driven)。由於對所有藥品的相關性質了解有限，只能由最基本的觀察著手，再試探性地將所提供的已知藥品逐一與 18 種物質進行反應，得出一個實驗紀錄表。在此紀錄表中，雖然提供不少解題訊息，但因

學生缺乏足夠的化學知識，面對如此龐雜的資訊，無法有系統地加以分類及進行進一步的比較實驗，最後只是徒然耗費許多實驗操作的時間，而無法得到有意義的實驗結果。此外，A 小組由於未花較多的時間構思解題計劃，且在解題過程中並未根據已學過的化學知識進行邏輯思考或推理，因此無法成功地解題。

範例二：B 小組的解題策略

1. 觀察：NaOH 會潮解、含水的  $\text{CuSO}_4$  呈藍色、麵粉加水呈糊狀、 $\text{NiSO}_4$  呈綠色。
2. 加  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，產生沉澱者有三種，再比較其酸鹼性。
3. 加 HCl，冒氣泡者為  $\text{CaCO}_3$  及  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，再比較其溶解度。
4. 加  $\text{AgNO}_3$ ，生成黃色沉澱者為 KI。
5. 加 KI 水溶液，生成黃色沉澱者為  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
6. 加水，



評論：分析 B 小組的解題思路，可看出除了「資料驅動」策略外，學生嘗試以「知識發展」的思考方式來解題。從上述 1-5 的實驗步驟中，均顯示合理的化學邏輯思考。但在步驟 6，因對於可溶性物質的酸鹼性判斷錯誤，把中性的硫酸鈉及硝酸鈉視為酸性；以及將可溶的硫酸鋅誤判為無法溶解，因而導致後續的解題過程失敗，無法辨識出所有的藥品。由此可驗證「知識發展」的策略有利於解題，但解題者需具備豐富正確的學科知識。此外，B 小組忽略「交叉驗證」(cross-examination) 的重要性，當實驗結果與解題者本身所認知的事實不符時，如能另闢解題途徑，比較不同方法所得結論之間的

差異，就能找出矛盾之處，克服解題過程的盲點。

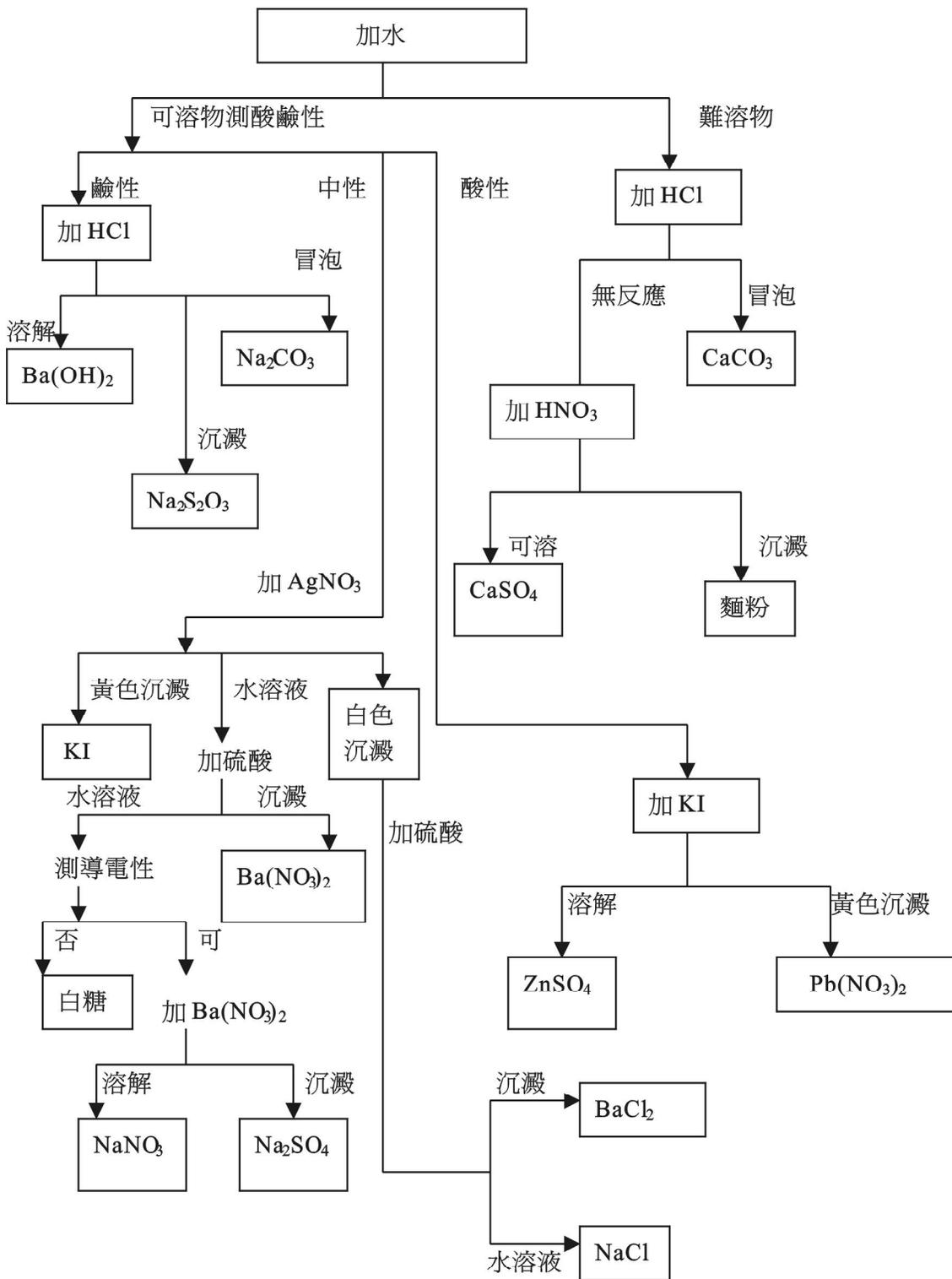
範例三：C 小組的解題策略

1. 先觀察 18 種藥品的外觀，藍色的是硫酸銅晶體，綠色的是硫酸亞錳，易潮解的是氫氧化鈉。
2. 剩餘 15 種藥品依下列流程圖加以區辨，如圖一所示。

評論：由 C 小組的解題思路可以看出，他們先針對所有藥品的物理及化學性質進行分類，以「在水中的溶解度」、「酸鹼性」、「是否為電解質」、「與特定化合物的反應結果」進行符合化學邏輯、有系統的分類實驗。此外學生懂得利用已找出的藥品來辨識出其他未知物，顯見其思考推理相當嚴謹與完整。由此可驗證，學生能將所學的化學知識有系統的加以組織，遇到問題的情境，能經由縝密的思考，不盲目地利用嘗試錯誤法，而能自己發展出有效率的解題策略。如此的解題思路證明學生能運用邏輯思考，從已觀察到的反應中推理下一步應採取的實驗方法，可視為相當成功的「知識發展」策略。

五、結論與建議：

從這三組代表性的範例及評論可以看出，像「化學尋寶」這一類的實驗活動，可以引導學生將化學知識具體應用至解決問題的情境，學生在思考、解題的過程中，可能會遭遇許多難題及困境，他們必須設法自行發



圖一 C 小組的解題流程

展出適當的策略來解決問題，此外堅持及毅力也是必須的。這種具有挑戰性和啟發性的教學方式絕不是課堂上板書式的解題技巧講授所能做到的。建議教師們在設計此類實驗活動時，可由簡入深，從5-6種藥品開始，隨著藥品種類的增加而提高難度，學生可逐漸自我發展出有效的解題方法，從接受挑戰中培養自信心，從而建立樂在化學解題之中的成就感。化學教師如能在教學中，多設計此類解題取向的學習活動，將可引導學生主動建構所學概念，活用程序性知識和概念性知識，透過成功的解題經驗來導正學習的方式，建立有效率的解題策略。如此方能協助學生有效遷移所學知識，應用在實際情境中的問題解決。

## 六、參考文獻：

- 1.林陳涌(民84):從經驗證據和科學理論之間的關係來探討自然科學實驗教學的意義。科學教育月刊，184期，2-13頁。
- 2.許榮富、黃德亮(民75):問題解決能力的教育與問題設計及其對學習的影響。科學教育月刊，91期，2-13頁。
- 3.楊坤原(民88)，問題解決在科學學習成就評量上的應用。科學教育月刊，216期，3-13頁。
- 4.Camacho,M.(1986).Analysis of the performance of experts and novices while solving chemical equilibrium problems. Dissertation Abstracts International, 44,2979A, (University Microfilms No.8624624)
- 5.Chi,M.T.H.,Glaser,R.,Rees,E.(1982).Expertise in problem solving.In R.J.Sternberg(Ed.), Advances in the psychology of human intelligence(Vol.1)New Jersey:LEA Publishers.
- 6.Gabel,D.,Sherwood,R.,& Enochs,L.(1984). Problem-solving skills in high school chemistry students. Journal of Research in Science Teaching,21(2),221-233.
- 7.Greenbowe,T.J.(1983).An investigation of variables involved in chemical problem solving. Dissertation Abstracts International, 44,3651A,(University Microfilms No. EA8407543)
- 8.Millar,R(1989).Bending The Evidence: The Relationship between theory and experiment in science education. In R.Millar (ed) Doing Science: Images of Science In Science Education, 62-82.London: The Falmer Press.