

現行美國高中 化學實驗教材 與科學課程目標 的研討

洪志明 王澄霞

國立臺灣師範大學化學系

自 1956 年蘇俄搶先發射了第一顆人造衛星以後，引起了世界各國對於科學教育的關注，也對於自然科學的課程帶來重大的改革。美國集合了全國有名的科學家，經過數年的努力，出版了自然科學各科新課程。這些課程經過修正改進後，產生了現行的教材。現行美國主要的高中化學教材，想要把實驗室裏的活動，由單純的示範或證明已知的原理，轉移到導出問題，發展科學研討的技巧和提供“發現”的機會上。長久以來，實驗室是用來提供有關物質、概念及實驗等的經驗。現行課程則想要給學生們有從事研究與討論的機會。以前，實驗室裏的工作和科學教室裏的學習是分開的，現在則是想把二者合而為一，包括實驗前後的討論在內。現行的美國高中化學實驗教材是否符合此一目標呢？

早在 1970 年，哈倫（Herron）就指

出在 1960 年代的課程中，絕大部分的實驗室活動，仍然是讓學生去定義問題、讓他們按照一整套的既定程序去做，及時常給予學生暗示去核對答案。本文是想延伸哈倫的工作，針對學生對於研討及解決問題時，可預期的行為，來分析現行美國高中化學的實驗教材。

實驗教材是科學教室中重要的資料，它的主要功用是給予教師和學生們決定實驗室活動的目標與程序，它也在實驗研究中，幫助學生集中觀察和推論、解說和其他活動的推展。如果他們依照實驗教材的指示去做，學生們將會真正的獲得知識，也能使化學教師們去變更部分活動，而使其更與教學的重要目標一致。

方 法

本文是用塔米耳（Tamir）和盧聶塔（Luneta）的方法，分析下列五套化學課程的實驗教材：最後的CHEM Study版本（CHEMS-Cotton，CHEMS-O'Connor，和CHEMS-Parry）、“Modern Chemistry”和“Interdisciplinary Approaches to Chemistry”（IAC）。考察它們的實驗室活動，分析它們的組織和學生的作業。在分析其組織時，嘗試其實驗室工作如何和化學課的其他部分統整，分析其實驗手續是否完整且詳細，實驗是安排在教科書介紹此主題之前或之後？以及是希望學生互相合作或單獨工作？用研究的技巧和實驗工作所需的行為來評量學生的學習成就。例如：是否要

求學生有系統地陳述所要研究的問題？是否遵循實驗教材內事先準備好的指示去做實驗？實驗是否需要定性的觀察或定量的測定？以及如何分析數據？

下列一些問題的答案可看出分析實驗教材的組織與其所要求的學習成就之結果：

1. 現行實驗室如何處理開放且無終止的探究？

一般說來，實驗教材裏的研究實驗手續都是很詳細、很完整的，提供一步一步的指示給學生去做。相反情形的實驗設計，可鼓勵學生進一步去研究，但是卻沒有一種實驗教材有這種設計。

2. 是否鼓勵學生去歸納從實驗中收集的數據（歸納引導）或去證明已知的原理（演繹引導）？

要求學生去歸納實驗數據的實驗數百分比，最低是CHEMS-Cotton的42%，最高是CHEMS-Parry的100%，"Modern Chemistry"則有75.4%的實驗遵循演繹引導。

教師指引中，指出許多實驗必須安排在教科書中相關的主題出現之前，有兩種教科書，其實驗教材是併在教科書內，可是實驗真正安排在教科書內該相關主題出現之前的，僅占14.1%（IAC）及17.1%（CHEMS-Cotton）。其他教科書和實驗教材是分開的，並且沒有註明實驗是排在教科書內該主題出現之前，甚至在"Modern Chemistry"中至少有21.7%的實驗，必須排在教科書內該主題出現之後，因為它們必須要用到先前在教科書上出現過的資

料。

3. 實驗室活動與教科書中概念發展的配合程度如何？

比起其他課程，IAC的實驗和其教科書有較好的配合。IAC時常要求學生，根據先前的實驗室經驗，有系統的來說明教科書中所作的預測。

4. 是否經常要學生們一起工作或把實驗數據匯集在一起？

需要全班對同一主題一起工作和把結果匯集起來的實驗數目，CHEMS-Cotton中的百分比最高（34.3%），實驗後的討論也是最高（11.4%），但此也僅是35個實驗中的4個而已。統計結果也顯示"Modern Chemistry"在合作方面的點數最低。

5. 在實驗室內要求學生做些什麼？

一般說來，都要求學生進行各種觀察、測量、儀器操作和撰寫報告等過程，同時也要求他們去觀察和說明他們的研究之間的關係。然而很少要求學生去預測實驗結果、去設計如何觀察、測量和實驗過程，並依照自己的設計去做，或有系統地說明一個問題，或應用他們在研究中學到的實驗技巧。也沒有要求學生對於所要進行的研究，有系統的提出問題，或有系統地陳述將要試驗的假設。

6. 此五種課程有何顯著的差異？

在此五種化學課程中，顯著的差異有幾個方面。學生本身自發性的實驗操作(student-initiated performance)，CHEMS-Parry版本最少（12.8%），"Modern Chemistry"

最多(52.2%)。此表示“Modern Chemistry”教材比CHEMS改訂版,較可能引導學生自己去解釋實驗的過程和依照自己的設計去工作。然而用CHEMS改訂版的學生比用“Modern Chemistry”者更常應用他們在研究中所學習到的經驗。因此,用CHEM Study的學生比用“Modern Chemistry”者更常要做預測和依照實驗結果做有系統的假設,以及應用學過的實驗技巧到新的問題上。CHEMS改訂本比“Modern Chemistry”或IAC用較高一等的解說方式,此顯示用CHEMS的學生比用“Modern Chemistry”或IAC的較可能去定義或討論實驗的誤差、歸納出通則或提出模型,以及解釋相互間的關係。

對此五種教材所含有之12種共同化學主題的實驗,也作了特別的分析。分析的數據顯示此五種教材對於實驗的過程與設計,都過分強調遵守教材指示的操作,而較少讓學生自動自發地去設計,此即要學生依照“烹飪手冊”般去做實驗,而不去闡釋所要研究的問題、預測實驗的結果、有系統地陳述將要測試的假設或設計自己的觀察、測量或所要進行的實驗步驟。此分析結果也顯示此五種化學教材比較強調組織數據製成表和圖形、決定數據中定性和定量的關係等分析技巧,比較不強調需要較高深解說技巧的研討過程,如定出實驗的誤差的範圍、歸納出通則或建立模型,以及說明相互間的關係等。

結 語

本文所提到的五種化學課程,所用的各種材料與活動都很廣,目的是要使高中學生得到廣泛而明確的實驗室經驗。在課程中很明顯地可見到很多科學研討的基本要素,如要求學生去觀察、測量、操作儀器和決定數據間的關係、說明和分析數據等。CHEM Study課程中適中地要求學生,把研究的結果應用到實驗室以外的問題上。然而實驗教材中列出的實驗,仍未達到此目標。如要求學生去依照實驗教材的指示去做實驗,而不去設計實驗或執行他們自己設計的步驟;很少要求他們去建立假說,以解釋相互間的關係和定義進一步研究的問題與疑難,也很少要求他們去做預測。正如同哈倫等人所報告的,現行的化學課程中,實驗室的活動仍然距許多化學教育家所倡議的目標甚遠。

當然,科學研討技巧的發展,僅是化學目標中的一部分。相同地,實驗教材也只是課程資料中的一部分,然而它卻是其中很重要的部分,特殊的指示和引導,可能適當而有效地幫助學生達成某些學習目標。如要在化學教室的經驗中,發展假設、解說、確認問題或設計實驗的技巧,學生必須要有機會去實習這些行為。本文指出了學習目標和實驗教材中的指示有偏差,這主要的目的,是要教師們和課程設計者特加注意的一點。

雖然現行的實驗教材有這些問題,但可由熱心和有能力的教師們來補救。教師應認清,幫助學生發展研討與解決問題的技巧之重要性,找出一些實驗教材中所缺少的,並

提供使學生能增進其科學行為的方法。假如教師採用本文所提之課程，可以用補充講義、小組討論和由教師提出問題與建議，以鼓勵學生自己去：

- (1) 規劃、設計和完成實驗步驟與研究。
- (2) 認清和有系統地陳述所要研究的問題。
- (3) 用實驗所得的數據，說明和選擇假設，發展出通則。
- (4) 討論測量和實驗變因中的限制和實

驗誤差的原因。

- (5) 應用實驗結果到新的問題和變因上。

筆者希望能藉本文引起國內編輯中學化學實驗教材的專家們，注意到文中所提到的一些問題，使我國中學化學實驗教材，更能與教科書相配合，並達成教學目標。

(資料來源：Journal of Chemical Education, Vol. 59, No. 7, pp. 563-565, July, 1982.)

地球科學簡訊

胡忠恒

國立臺灣師範大學物理系

發現世界最古老的陸上昆蟲化石

美國紐約州立賓漢頓大學兩位古植物學家：柯萊生及色娜曼兩位教授，最近在該州採集植物化石，無意間在三億六千三百萬年前的地層中，採到一些與苔蘚植物共同產出的無脊椎動物化石。這些化石經維幾尼亞漢普頓學院的古生物學教授謝爾研究結果，認為其中一塊為蜈蚣的大牙，一塊類似長腿蜘蛛，而另一塊則確實屬於「書魚」一類的祖先型動物。假如這種鑑定可信的話，這是人類所發見的「世界上最古老的昆蟲動物化石了」。論時代來講三億六千三百萬年的地層，是屬於下部泥盆地，也有足夠的可信性。

(資料採自「發見」1983年8月號)