

探討式的科學教學

■張玉燕譯述■

前言——何以要討論探討式教學

今天談論「探討式和探究式的科學教學」(Inquiry and investigative science teaching)並非是一個很新鮮的話題。在美國以及世界各地，二十年來已有人做過不少有關這方面的研究。塔密爾(Tamir)在一九八三年就曾提過，過去二十年來，探討觀念的重點被放在科學教育方面。薩其曼(Suchman, 1966)在早年亦認為，探討是人類學習之最根本的方法。本人和桑德博士(Dr. Robert B. Sund)在一九六七年合著了一本關於探討式教學的書；在這本書中強調以學生為中心，而非以老師為中心的教學。哈姆斯(Harms)曾在一九七八年提及，由於開發探討的技巧是科學教育的目標之一，因此它成為學者專家在綜合計畫(Project synthesis)贊助之下，研究科學教育的一個自然焦點的話題。所謂綜合計畫，是一九八〇年代美國的一項大研究計畫。一九七七年，瑞且遜(Rachelson)在其研究論著中曾作這樣的敘述：「美國科學教師協會(NSTA)發表其對於科學教育的立場，認為科學教學的主要目標在發展全民的科學智慧。而與科學智慧的概念相結合的是了解主要的科學原則以及了解科學思想發展的本質。」克婁



弗(Klopfer, 1969)主張，培養科學智慧的教育要將重點放在科學探討的過程。在此之所以引述這許多人的說法，是因為探討教學在科學教育中是一個非常根本的部分。

探討的定義

魏爾且等人(Velch, Klopfer, Aikenhead, Robinson, 1981)認為，所謂「探討」(inquiry)是人類尋求資料或對其了解的一般過程。廣泛地說，探討是思考的一個方式。科學的探討包含在一般探討之內，與自然界有關，而且以某些信念和假設為指引。威爾遜(Wilson, 1974)則認為，探討是一種教學的過程模式，這種教學的過程模式是根據學習理論和行為形成的。它經常被人與用來模倣科學活動的開放結果(open-ended)、間接活動(under-acted activity)混淆。然而，事實並非如此。探討的結果隨時隨地帶來刺激，對參與者的期待形成挑戰。這種情況可能在設備良好的實驗室發生，但也可能發生在一個很有計畫和結構的演講、有刺激性的閱讀作業，或者只是一個單純的新奇情況。強調探討並不能獲致科學或造就科學家的結果。不如說它強調人類如何處理資料的過程以便對於所有的資料類別能作聰明的抉擇決策。皮特遜(Peterson)

Peterson, 1978) 對於科學探討的看法是：「科學探討被定義為以揭露和描述事物及其結果之關係為目的的系統化和探究式的活動。它具有這樣的特性：利用有次序而重複的過程，對事物的探究減少至最單純的程度和形式，使用邏輯的架構來解釋和預測。探討的「操作」包括觀察、發問、實驗、比較、推論、歸納、表達溝通和應用。」

一般所謂的「探討」和「科學探討」，在語意上是有區別的。

根據凱爾 (Kyle, 1980) 的見解，一般的探討，也就是具有好奇心、喜好追根究底、提出問題、企圖自己發現答案。科學探討則被認為是一種進行有系統的探討的能力。這種能力，與一個人透過正式的學習過程，對某一特別事物獲得廣泛而精確的知識之無限限制的歸納思考能力是結合一致的。

探討教學的條件

薩其曼 (Suchman, 1966) 曾提出下列幾種有利於實施探討教學的情境。

1. 自由的情境 (Condition of Freedom)

當學習者需要資料時，讓他可以自由尋找自己所要的資料。學習者必須要能自由地試驗自己的想法和發明方法以解釋他所看到的。

2. 易於反應的環境 (Condition of responsive environment)

只有在易於反應的環境中，才能發生探討。教師必須提供學生所欲尋求的資料；必須在手邊有廣泛的東西和事實，以便學生能有所選擇而滿足自己的需要。

3. 以活動或興趣為中心的情況 (Condition of focus)

探討是一種有目的的活動，情境本身要能激發探究者的內心產生疑問，繼而對某事件、物體或情況作更有意義的探究。

4. 低壓力的情境 (Condition of low pressure)

讓學生在沒有很重的心理負擔的情況下了解環境，學生將直接

地由於自己想法的成功而獲得增強作用。教師必須積極地對學生有反應，而且非常自然地對其思考的結果作反應。

探討教學的要素

1. 問題：所謂問題必須是真實、有意義而又能加以探究的。最好能由學生提出問題，否則也可以由老師提出，而由全班討論。

2. 舊經驗知識 (The background information)：教師提供給學生的知識必須要是一般程度的學生所能理解的。提供知識的方式，可利用課堂上簡短的討論，或者藉閱讀一般讀物、教科書，觀賞影片和做基本實驗等，使全班的學生獲得一般的了解。

3. 事物：教師提供給學生探究的事物必須是能以適當的數量呈現的，要讓學生有機會獨自操作這些事物並從中加以選擇以解決問題。

4. 引導的問題：這包含老師希望問學生以引導其思考過程的一系列問題。在必要的情況下，這些預先擬好的問題可以因學生的反應而作適當的調整變換。

5. 假設：討論和引導問題的結果，這些所謂「教育的猜測」應該建立起來。教師要給予自由的情境鼓勵學生進一步去驗證。

6. 蒐集資料和分析：這是探討學習中學生親身參與和進行實驗的部分。教師要製造一種「低壓力的情境」，避免給予學生過重的心理負荷，允許學生犯錯和重複嘗試，強調做記錄和有系統的解決問題的方法。

7. 結論：做結論是學習的結尾。應獲得某些最後的結果，或根據實驗和討論而提出新的問題。團體所做的結論應被接受。

有關探討式教學的研究

目前在美國，關於探討式教學的研究結果，對於探討式學習者並沒有很大的鼓勵作用。儘管有新的課程出現，受過較佳訓練的教

師，以及器材設備的不斷改進，到目前為止，使學生成為探討者的樂觀期盼，卻很少實現（Welch, Aikenhead, Robinson, 1981）。固然如此，身為教師者也不必因而氣餒，其他有關這方面的教學研究卻顯示出學生可以透過探討式教學而學得更好。

根據「綜合計畫」所陳述的理想科學探討式教學的情況必須是：

- 教師評價所提出來的問題，使用過程技巧。
 - 探討教室中有明顯的可作為探討用的科學對象或事件。
 - 課程包括清楚地敘述渴望學生學習的結果，其重點在科學過程技巧、科學探究的本質，以及科學態度和價值觀。
- 實施探討式教學的實際情況

根據研究的結果大致情形略述於后（Harms and Yager, 1981）。校長和教師儘管十分重視知識過程（information-processing）和決策（decision-making）的技能，然而大部份的課程仍以內容為主。雖然老師們肯定探討的價值，但是仍然經常感到他們更重大的責任在於教給學生科學的事實。另外，有些老師發現，探討式的教學方式很難把握重點。有些老師則發現，除了很聰明的學生例外，探討式的教學對其他的學生太難實施。似乎一般人都同意，教初、高中及大學的學生以探討的技巧，倒不如讓他們獲得更多的知識。對許多老師來說，他們在教室中所進行的種種活動在在都強調老師的權威性和課堂紀律；探討式的教學顯然與其不能協調一致。

塔密爾（Tamir, 1983）認為，由綜合許多長期的小型研究的結果，我們可以得到強有力的實證來支持提倡科學的探討式教學。例如，夏勉斯凱等三人（Shymansky, Kyle and Alport, 1981）發現，新課程——也就是探討式的教學，對於學生的表現有正面的影響。在他們所列的十八項考核學生的實作標準（performance criteria）中，居然有十七項可以看出這種影響。這十八項實作標準包括一般的成就、對於科學的態度傾向、過程技巧、解

決問題的方法、創造力，甚至包括數學與閱讀能力。分析受測學生的資料，影響最大的是生物，其次是物理，而影響最少的是地球科學和化學。從針對七個課程研究所求出來的中學生學習成就的平均數（Mean），可以看出其所受的影響依次為生物、物理、一般科學、物理學、化學和地球科學，而生命科學則顯示沒有任何影響（參表一）。

根據夏勉斯凱等三人（Shymansky, Kyle and Alport, 1983）的研究報導，從所有分析過的新科學課程來看，受過新課程陶冶的學生較接受傳統式課程的學生，在一般成就、分析能力、過程技巧和相關技巧（例如閱讀、數學、社會科學以及表達溝通）等方面，有更好的表現。此外，前者對於學習科學發展出更積極的態度傾向。根據綜合研究的結果，一般學習新科學課程的學生，表現優於63%學習傳統式課程的學生。這種成果，對於有志於嘗試探討式教學的老師來說，無異於一種很大的鼓勵。

（表一）

科目	平均數
生命科學	——
物理學（理化）	0.31
一般科學	0.35
地球科學	-0.07
生物學	0.59
化學	0.16
物理	0.50

結語——對探討式教學的淺見

探討式教學之於科學教學究竟有何意義？以下係個人淺見，提供各位參考。

1. 學生將受益於探討式教學。老師對這點要有信心。
2. 老師可以接受指導而了解如何運用探討的方法。

3. 老師們不妨將探討式教學視為，傳統教學之外，對學生非常有用的另一種教學方法。
4. 老師們如果能運用探討的方法將更能達到某些科學教學的目標。
5. 老師在教導學生時要減少對課本的依賴，避免將它當做主要的或是唯一的科學知識來源。
6. 老師必須改變指導學生實驗工作的重點，由強調「證實」改變為「做實驗」。
7. 教師職前訓練要兼顧專業科目和教育學科二者探究式教學方法的研習。
8. 教師必須改變評量制度，同時兼顧考查學習過程的基本能力和與事實有關的知識。
9. 老師和學生都必須了解，科學過程技能的學習和獲得更多知識的學習二者同等重要。

參考資料

- Harms and Yager, what Research Says to Science Teacher, Volume 3, NSTA, 1981.
- Klopfer, "The Teaching of Science and the History of Science", Journal of Research in Science Teaching, No. 6, 1969.
- Kyle, "The Distinction Between Inquiry and Scientific Inquiry and why High School Students Should be Cognizant of the Distinction", Journal of Research in Science Teaching, Volume 17, No. 2, 1980.
- Peterson, "Scientific Inquiry Training for high School Students", Journal of Research in Science Teaching, Volume 15, No. 2, 1978.
- Rachelson, "A Question of Balance: A wholistic View of Scientific Inquiry", Science Education,

- Volume 61, Issue No. 1, 1977.
- Suchman, Developing Inquiry, Science Research Associates, Chicago, 1966.
- Sund and Trowbridge, Teaching Science by Inquiry in the Secondary School, Charles Merrill Co., 1967.
- Sweitzer and Anderson, "A Meta-analysis of Research on science Teacher Education Practices Associated with Inquiry Strategy", Journal of Research in Science Teaching, Volume 20, No. 5, 1983.
- Tamir, "Inquiry and the Science Teacher", Science Education, Volume 67, No. 5, 1983.
- Welch, Klopfer, Aikenhead, and Robinson, "The Role of Inquiry in Science Education: Analysis and Recommendations", Science Education, Volume 65, No. 1, 1981.
- Wilson, "Processes of Scientific Inquiry: A Model for Teaching and Learning Science", Science Education, Volume 58, Issue No. 1, 1974.

(本文譯自卓播禮博士 (Dr. Lealie W. Trowbridge) 去年九月於新竹東山文教院對國民中小學自然科學教師發表的專題演講詞。卓播禮博士曾任美國科學教師協會 (NSTA) 會長，去年九月應我國科會之聘來華，現任師大物理系客座教授。)

(張玉燕博士市立台北師專副教授)