

探討教學及創造能力的發展

—卓播禮博士在師大科教中心講題之三—

本社摘譯

今天我們來討論探討與發現式教學法，這正是我個人最喜歡談的題目。早在1963年我的老同事桑德博士(Dr. Robert Sund)與我，就決定一起編寫一本有關中等學校探討教學法的書。從此已有十五年，目前「探討(inquiry)」一詞，已經成為美國科學教育界最常用的名詞。今天我們討論「探討」與「發現(discovery)」以及學生「創造能力(Creativity)」的發展。但請不要誤會探討與發現教學，並不是唯一的科學教學法。「探討」不過是科學教學法中的一部分，並不能說是一套完整的「教學法」。當然桑德與我，都同意「探討」方式的教學法確實比傳統的教學法，更能發展學生的創造能力。

什麼是探討與發現式教學

談到「探討」與「發現」教學，在美國，有許多教師都不作任何區別。我個人並不反對，因為探討與發現教學都含有相同的基本要素。但為進一步討論方便，還是先討論這兩個名詞所代表的意義。探討與發現，只有一點不同。

發現：「所謂發現活動，就是一種特殊設計的學習活動，使學生能在適當的學習情境中，運用其心智(mental power)，以發現新的概念或原理(concepts and principles)」。我們在這個定義裡說到發現，當然這個「發現」與專業科學家的發現並不一樣。科學家的發現就是，找到從來沒有人知道的，絕對是「新的」概念或原理。當然中學生不太可能有這樣的發現。在

發現式教學中，所謂的發現，只要「對於學生個人來說」是「新的」，就算發現。

傳統的科學教育，只管將科學家所發現的概念與原理，灌輸給學生，使學生無條件接受。現在的發現教學，要給學生親自發現科學概念與原理的機會。當然在教育的觀點來看，這是合理的、實在的，對於學生來說是更有價值的學習活動。

探討：「所謂探討的教學，建立在發現之上，學生要像專業科學家一樣，用科學方法去探討問題」。所以探討教學，除了自然科學的教學，在社會科學的教學上，也同樣有很大的效能。在探討的教學中，學生先要學會「觀察、分類、組織問題、收集資料、處理並解釋資料等探討科學所需要的過程技能(Process Skills)。

探討教學活動的要素

探討的教學活動與傳統的教學法完全不同。下面就是幾個基本要素。

1. 注重「現實」問題的討論：用觀察、調查、討論或其他各種活動，讓學生研討切身的，或現實的問題。
2. 鼓勵每一個學生都能積極參與學習活動：學生不再像傳統的教學，靜聽教師的演講。學生都要「做事」，也要「思想」，以積極參與學習活動。
3. 提供多種教學資源：教室裡除了課桌椅以外，還要有許多各種各樣的教學資源，例如，各種有關的模型、標本、工具、儀器、參考書、刊

物、幻燈片、影片等等，以提高學生的學習興趣。這些學習情境之佈置，事實上並不只是爲了學生的興趣，更重要的目的是爲刺激學生的創造性。不過這種佈置對於教師來說，確實是個負擔，教師需要用很長的時間來設計，收集並佈置。在進行教學活動中，教師也要和學生一起工作、規劃，事後也需要整理，保養貯存，教師的負擔或工作量增加不少。

4. 建立背景知識資料：要儘可能運用學生的「舊經驗」，讓學生充分利用原有的知識、經驗與資料，以發現新的概念與原理。

5. 提供充分的時間，使學生能思想、能反應；學生需要有充分的時間來思想，以同化、吸收並整理新的知識和體驗。

6. 提供學生能反應的環境：這一項與前面第三項相似。教師要籌劃適當的學習環境，以刺激學生，以引出其反應（創造性）。

7. 提供自由參與的情境：教師要給充分的機會，使學生能「自由思索」、「自由建議」或「自由建立假說」。尊重其自由探討，絕不說「你的想法太愚蠢！」等有傷自尊心的話。

8. 不給學生施加任何壓力：有些學生學得快，有些則學得慢；有些學生思想得很週全，有些則會有漏洞。學生都有其個別差異。教師應承認並接受這些差異，尊重其個別的發展。設有兩個學生一樣的想法，一樣的做法。教師無論在時間上或方法上，都不宜施加壓力，要讓學生都能充分發展其個別的潛能。

9. 教師必須適當發問，以啓發（或輔導）其思想：教師不能代替學生來探討問題，但，教師必須時常發出適當的問題，以刺激思想。例如：啓發其思考的方向，思想方法。關於此項發問的技術將在稍後詳述。

10. 要給學生都有發現經驗（或謂「優利卡」的經驗）：傳說希臘的哲學家阿基米德，奉海羅王之命，爲解決金王冠純度難題而苦思多日，一日在入浴時，見浴盆溢出之水，頓時靈感來臨，發現求比重的方法，高興之餘大喊「優利卡！（Eureka，爲發現之意）」奔出浴室。在探討教

學中，教師都要使每一個學生，都有這種發現時的快感、滿足感或興奮。

探討教學法的特點

1. 能建立學生爲中心的學習活動（student-centered learning activity）。教師只是從旁協助或輔導。

2. 能建立學生積極的自我觀念（self-concept），使學生能自行克服困難，解決自己的問題。

3. 能減少“記憶式”學習，不再使學生記憶名詞，事實或做無意義的抄寫。

4. 能使學生有充分的時間，去“同化”或“適應”。這就是皮亞傑所謂的“平衡化（equilibration）”的過程。

5. 能提高學生的抱負水準（expectation level），學生不只能記憶所得知識，還能真正地理解、運用、分析、綜合或評鑑其所得知識，使學生更有信心進修。

6. 能增進或發展學生的創造能力。

現在我們大家來演習探討教學。我來當老師，各位委屈一下充當學生。老師先提出問題：請將右手食指與中指伸出，兩指並攏，但不要使接觸，留一道細細的空隙，對着光看過去，在兩指之間看到什麼？請告訴我，（要求全體「學生」參與），是的，都看到細細的「線條」了。算算看，有幾條？現在將兩指再靠近，空隙更狹小了，線條數增加？減少？爲什麼？……（探討過程簡述：老師不斷地發問以提供線索，要求學生解釋或說明，進行探討，直到學生能找到「答案」。）

由美國中學科學教師們實地運用之後，許多研究報告都顯示，經這種探討教學法所培養的學生成就，與那些經傳統方法所培養的學生成就並沒有兩樣，但在科學態度與技能（科學方法）方面的成就，則遠超過傳統教學法下的學生。也許你會說：那沒有「改進」多少！是的，在科學知識方面，探討教學法與傳統教學法成就差不多。在前面已說過，探討教學，需要較多的時間，學

生所能接觸的科學概念當然較少。在這種情況下，仍能與傳統的教學法學得一樣「多」，可以說已經不錯了。何況探討教學，使學生的科學技能大有進步。他們會發掘問題，會組織問題，會收集解決問題所需之資料，會處理數據資料，會解釋數據資料。

「結果開放 (Open-ended)」的科學實驗

大約二十年前，科學課程改革初期，由美國 MCA (化學課程研究團體, Manufacturing Chemists Association) 開始提倡所謂「結果開放」的科學實驗。二十年來這一類型的實驗，已為中小學各科學課程廣泛採用。傳統的中小學科學實驗，總有個「標準」的「結果 (或答案)」，在這種「結果開放」的實驗，則沒有一定的，所謂標準的答案、實驗結果或其解釋。這種實驗的特點如下：

1. 實驗可能由學生針對老師所給的問題，自己來設計。
2. 不能預知實驗最後的答案。
3. 由學生自己選擇觀察事項或方法，並由學生自行下結論。
4. 實驗結果的報告方式都有彈性。
5. 要求學生自己解釋自己的實驗結果。
6. 可適應各種不同程度的學生能力。
7. 所得的答案可能還導出新的問題。
8. 實驗時間可長可短。
9. 通常沒有一定的「正確」答案。在一般中小學實驗，通常都有一個「正答」，教師要求學生「必須」達到或得到教師所預定的「正答」。同時，在課本裡也都是些「權威」知識，要學生「無條件」接受。但在這種「結果開放」的實驗，教師要學生充分發揮求知的潛能，讓學生了解什麼是真正的科學。

10. 幫助或促使學生「預測」、建立「假說」。
- 。預測與假說，都是探討科學中重要的過程技能，Open-ended 實驗能讓學生發揮探討的潛能，並滿足其探討科學的興趣。

發問技術 (Questioning skills)

教師在教室裡，都會發問，發問可以啟發學生的思想，也可以為學生指出正確的探討方向。在探討的教學中，教師的發問就是很重要的關鍵。教師發問應能為學生指出下列各項：

1. 應該運用的思考過程技能：例如，觀察、分類、推理等等。
2. 應發展的能力：例如，創造能力，籌劃能力，溝通思想的能力，或決策的能力等。
3. 應研討的內容目標等。

總之，在探討的學習活動中，教師必須做的，就是一連串一系列適當的、啟發性的發問，協助學生找到適當的思想方向與方式，發展或培養其探討科學的技能，以發現新的科學概念或原理。

在科學教育中，發問是很重要的技術。發問內容適當與否，可以藉分類的方法來考究。發問內容的分類方法很多：

1. 根據布倫 (B. Bloom) 氏的教學目標分類，發問亦可分為知識、理解、應用、分析、綜合及評鑑等六個階層。

①知識 (Knowledge) 為最低的認知行為，是關於所學知識單純的記憶，在探討教學中，屬於這個階層的發問，愈少愈好。

②理解 (Comprehension)：為把握所學知識或資料的意義，含義的發問。屬於此階層的問題，自然也不是探討教學中最主要的發問種類。

③應用 (Application)：要求學生將所學知識運用於新的、具體的情況的發問，在探討教學中應常見的發問種類。

④分析 (Analysis)：要求學生將「整體」分析為各個要素，或分析其各要素之間的相互關係，或分析其組織原理的發問。也是探討教學中應該常見的發問。

⑤綜合 (Synthesis)：要求學生將所學知識，組織成為新「整體」的發問，也是探討發問的主體。

⑥評鑑 (Evaluation)：要求學生運用所學知識，評價或批判，最高層次的發問。也是探討教學中重要的發問內容。

教師可以將自己所發問內容，根據布倫氏分類，不妨試做分類，看看較高層次的發問多？較

低層次的發問多？

2 根據科學的過程技能來分，例如：

- ①有關觀察能力的發問。
- ②有關分類能力的發問。
- ③有關推理能力的發問。
- ④有關假說能力的發問。
- ⑤有關下結論能力的發問。
- ⑥有關控制變因能力的發問。

3 根據學生反應的類型來分：

①趨同型（或收斂型，Convergent）的發問：例如，「這個花叫什麼？」，學生除了回答「那是一朵玫瑰花」以外，無法再發展下去。這種發問，應該愈少愈好。可惜一般教室裡，最常聽到的問題正是這一種「趨同型」的發問。

②趨異型（或開放型，divergent）的發問：例如：「怎樣栽培，才能使玫瑰開又大又香的花？」，學生們可能提出好多種不同的反應。在探討的教學中，在「結果開放」式實驗中，都應以這種「趨異型」的發問為主體。

③擬人化發問：這是錯誤的發問，例如：「花爲了得到水分，將根延伸出去」等將花擬人化，使學生感覺：花也同人一樣會「想」。這種擬人化發問，常引起學生誤會，教師不可不小心。

關於發問的研究

佛羅里達大學的羅伊（Mary B. Rowe）曾做教師發問技術的研究。他觀察很多第十年級（譯者按：相當於我國高中一年級）生物科的教學，發現教師發問之後，等待學生回答的時間（wait-time）太短，也就是說，教師發問之後，通常都沒有給充分的時間讓學生思想，以回答教師所問的問題。根據統計，平均只給一秒鐘的時間。在這麼短的時間就能回答的問題，通常只是那些記憶性的問題。需要思考的問題，不太可能在一秒鐘之內，就回答？如果教師不給充分的思想時間，那麼所發出的問題，事實上並不是真正的問題，而不過是試探學生是否在聽講而已。

在探討的教學中，教師在發問之後，要耐心等待學生回答，也許三秒、五秒，甚至十秒，讓

學生有充分的時間，思想以分析、整理後，才提出較完整的答案。

根據羅伊的研究結果，當教師延長「等待」時間之後，發現有如下幾點「效果」：

- 1 學生反應時間的長度增長（學生回答內容增加且充實）。
- 2 學生自動的反應次數增加（學生樂意積極反應）。
- 3 說：「我不知道」的學生減少。
- 4 學生的信心增強。
- 5 學生想像力與推理能力增高。
- 6 學生回答率（教師發問與學生回答之比率）增高。
- 7 能力較差學生的反應也增多。
- 8 學生反應的種類（類型）增多，也就是說，學生有各種不同的反應。表示其想像力、推理能力的增強。

學習成就的評量

往往教師都僅考驗學生「記憶課本知識」的能力，而忽略更重要的學習成就之考核。教師應根據多方面的學習能力來評量，例如下表，以○代表高成就，以△代表中等，以×代表低成就。

學生名	學術能力	創造能力	籌劃能力	溝通能力	預測能力	決策能力
安妮	○	○	△	×		×
黛安娜	×	×		○		×
史迪夫	△		○		×	○
凱瑟琳	○	○		×		×
朱蒂		×	△	○	○	
約翰	○	○	○	×	○	○

探討的教學，特別着重學生「創造能力」的發展，其他各項能力，也應能附帶發展。

創造能力之發展

所謂創造的過程，就是辨識或察覺問題的關鍵，或矛盾之所在，形成假說或建立新觀念，表達其思想結果，修正或重驗假說的過程。

具有創造性的學生的特質：

1. 好奇心：大凡創造性高的學生，其好奇心也高。

2. 機智：對於變化能迅速適應，能運用機智，以解決問題。

3. 渴望去發現：喜歡發現新的現象、秩序或理論。

4. 樂於做難事：不規避困難，愈難愈使他感興趣。

5. 喜歡解決問題：以解決問題為樂事。

6. 喜歡做事：忠於事業，不怕做事，能進取能奉獻。

7. 思想靈活：思考不呆板，腦筋動得快。

8. 綜合能力強。

9. 探討性高，喜歡探討。

10. 廣大的知識範圍：喜歡閱讀，知識廣博。

總之，具有創造性的學生，都能建立抽象概念，分析能力、組織與綜合能力都很高。他能面對科學問題，積極尋求工具、線索或資料，以謀解決。只要給適當的指導與機會，通常都會有令人驚奇的表現。

創造的過程通常如下：

1. 困惑期：對於問題感到困擾、矛盾，就是皮亞傑所謂的失去平衡（lose equilibrium）的狀況。

2. 心理工作期：為解決問題而思索的階段，可能在想好幾個不同的解決方案。

3. 孕育期：思想的孕育階段，關於可能的線索或解決方案，反覆推敲，否定或重驗的階段。

4. 豁朗期：可以說是「優利卡期」。所謂靈感來臨的階段，找到解決問題的關鍵，或有力線索。

5. 完成期：整理檢討或修飾，完成創造。

在探討的教學，教師並不是專找具有創造性的學生，以發展其創造能力。其實，凡是人類，無論其年齡或智力，多少都有其創造性。每一個人的創造力或其表現力都不同，在「創造性環境」下，其發揮的機會增大。

因此科學教師，在探討的教學活動中，應努力建立理想的創造性環境（使每一個學生都在其

有利於創造的環境中），先了解每一個學生的潛能，幫助他們充分發展其潛能。

應如何「扼殺」學生的創造性？

最後，請看這一張片子，上面寫着「應如何扼殺學生的創造性？當然這是顛倒的寫法。科學教育的目的，應為發展學生的創造性，絕不是為了扼殺學生的創造性。但，請各位看看，我們是否一直在扼殺學生的創造性？

1. 教室佈置要單調，不可使學生發生興趣。教室裡除了課桌椅、黑板與教桌之外，什麼也沒有。

2. 只要一本教科書。學生所學的，唯一的「教材」就是這一本課本。不能有任何課外閱讀的書。圖書館裡也沒有任何書使學生感興趣。

3. 要一個由電鈴（鐘）所控制，一成不變的功課表。由定時鐘控制機械般的學校生活！

4. 所有的學生都做同樣的作業。個別差異不被尊重，大家念一樣的書，做一樣的作業，做一樣的事，考一樣的題目。

5. 只根據「考學生記憶能力的考試成績」以評定學生的成就。

6. 只重學生學科知識的成就，不關其科學態度，科學技能方面的成就。

7. 處罰「不順從」的行為，凡是不聽「話」的，都是「壞」學生，要求學生一切都要遵照教師所規定的方法去做，去思想，毫無自由參與學習的機會。

8. 只要注重「知識」階層的問題，不給學生理解、應用、分析、綜合或評鑑所學知識的機會。

9. 獎勵「聽話」的行為，只要一切服從教師指示，都是「好」學生。

也許在座的許多老師會說：天啊！我們一向就這麼教着！難道我們已扼殺過許多學生的創造性？在我們美國，也正是如此，教育改革並非一蹴可成，需要大家溝通，諒解，互相貢獻，才能慢慢地帶上進步的正路上。

今天我就講到這裡，休息片刻之後，請各位提出問題再討論，謝謝各位！

討論

討論時聽衆關於探討教學的本質及具體技術方面有所深入討論。卓氏均根據講演內容一一詳答，本篇不再重述。

參考文獻

○ Jerome Brunner, Harvard Educational Review 31 (Winter 1961) : 32.
○ Watson, Doodwin "What Psychology Can We Feel Sure About" Education Digest (May 1960) : 19.
○ Lee S. Schlmann, "Psychological Controversies in the Teaching of Science and Mathematics," Science Teacher (September, 1968) : 90.
○ BSCS "Evaluation" BSCS Newsletter, No. 24 (Jan. 1965)
○ Walter Thurber and Alfred Colette,

Teaching Science in Today's Secondary Schools (Boston: Allyn and Bacon, 1970)

○ Manufacturing Chemists Association Scientific Experiments in Chemistry (New York : Holt, Rinchart and Winston, 1962)
○ Benjamin Bloom, et al. A Taxonomy of Educational Objectives Handbook I ; The Cognitive Domain (New York : Longmans, Green Co. 1956)
○ Mary Budd Rowe, "Wait Time and Rewards as Instructional Variables. Their Influence on Language, Logic, and Fate Control : Part One - Wait Time", Journal of Research in Science Teaching, Vol. 11, No. 2, PP. 81 ~ 94 (1974)

(上接 15 頁，每一個人都是科學家)

的常識 (Common senses)。一個正常的人一定就此滿足而跑到警察局去報案。但若你有一位喜歡挑剔的朋友這樣責難你：「你怎麼知道這是小偷幹的？這件事是在你熟睡時發生的，你沒有直接的證據呀！(指你沒有目擊小偷進來搬走電視機與洋酒)。你在熟睡時是沒有知覺的，說不定在你熟睡時，有一些超乎你經驗之外的事情產生呢？譬如說，一隻特別進化的猴子穿上鞋子跑到你家去幹了這件事。你有什麼證據來說明這種事情不會發生呢？」你一定要懷疑這位老兄的腦袋是否正常了。

是的，如果世界上都是這種人，科學界的所有定律都要被推翻了；我們可以仿照這位老兄的說法，來指問牛頓：「萬有引力定律不一定能成立呀！因為丟一個石頭，它就落向地面的舊經驗，說不定是人醒着的時候才有的現象，你睡着時這種現象就不復存在。你有什麼證據來說明這種事情不會發生呢？」當然，世界上很少這種人(

他們老早被關進精神病院去了)，這段話的主旨只在申明：科學界定律的成立，也與我們日常生活中一般性結論的形成一樣，是建立在人類的舊經驗上。捨去了這些經驗，任何自然定律都無法成立。

不要以為有關小偷的假設，是個無足輕重的假設，而忽視了得到這個假設的過程。”萬有引力定律“也不過只是能解釋一些現象(如丟石落地，星球運行軌道等)的一個”假設“罷了，而生頓得到這個假設的過程，也與上述的完全一致。只是他形成他的假設前，花了相當長的一段時間，作了詳細的觀察以蒐集證據，而他的一連串的歸納與演繹推論，也處理的無懈可擊罷了。從過程的觀點而言，我們在日常瑣事上的所作所為，與科學家在從事科學研究時是一致的。所以，如果撇開所得的結論的重要性不談，我們每個人都是個科學家，說得嚴格些，也許是比較粗陋的科學家吧！