

「矛盾」在教學上之應用

湯清二

以矛盾激起學習者的好奇心，雖然，在理論上很早就知道，激發學生的好奇心，能促進學習。教育心理學家奧斯貝（Ausubel）也強調「有意義的學習（meaningful learning）」，也就是說學習必須和學習者的認知發展有關連。而皮亞傑（piaget）心理學家所說的調適作用（accommodation）、同化作用（assimilation）以及平衡作用（Equilibration），就是認知的過程。因此，我們知道如何促進學生有意義的學習，增進有效的學習以及判斷的思考，是目前科學教育上的一重要目標。利用「矛盾」方法來教學是達成目標的方法之一，有關的技巧，却很少人提出或改進。

波爾林（Daniel Berlyne）則對這方面，有很大的貢獻。他經由“觀念不一致，相互起衝突”的心理基礎，來引起好奇心。波爾林將引發的途徑，區分為許多類型，並逐一的加以定義和舉例。如，其中有一種類型，就稱作“矛盾”。它首先讓學生了解，葉綠素在植物的光合作用中所扮演的角色。然後，告知却有一種缺乏葉綠素的植物（真菌類），能不仰賴陽光而生存。這顯然矛盾了。於是，依照波爾林的理論，“觀念的衝突”在學生的心中產生了，它描繪出一幅不完整的植物生活圖畫，將這問題帶入思考的焦點，而加深了認識：綠色植物的生活方式，在植物界中，並不是唯一可能的生活方式。也使學生特別注意到，真菌類維持生存的重要特徵和功能。

在使用這種“矛盾”類型的技術時，必須有許多外在的條件配合，效果才能顯著。其中，最重要的可能是，所顯示的問題，複雜程度要和學生以往過去的知識和經驗相連繫。唯有問題難易適中，所牽涉的內容，既不太熟悉，又不過份陌生，才能最有效激起學生的好奇心。畢竟，我們

的本意是要使學生面臨挑戰，而不是無謂的煩擾或刁難他們。然而，無可避免的，學生間總有能力、知識和個性等的個別差異，所以，隨時不斷提高和促進班上的水準，是教師的重要任務。

必要時提供資料和適切加以指導，這也是教師的工作，使討論的重心和進行的方向不超脫原定的範疇，有層次、有條理的尋找解答。當在不拘形式討論的場合，學生可以自由的搜集概念，形成假設，此時，教師就能幫助學生澄清概念和適時提供新的資料。

波爾林“觀念抵觸”的理論，和皮亞傑以及其它爲了說明人類發展、學習、心理動機的過程，所建立的模型，有很多相同的地方。如皮亞傑認為，當事務間彼此不一致，無法下確定的判斷時，就引起了心理上的不平衡或不調適。而這種不調適的作用，形成一股巨大的推動力量，促使學生重新組織思想、領悟，走向合理、成熟的道路。

現今流行的教學技術，多少是基於波爾林和皮亞傑的理論，也都強調了提供“不一致”情境，增強學生對周遭環境認知結構的重要性。譬如，修伯曼（J. Richard Suebanans'）就利用令人感到驚奇和矛盾的效應，激發學生探討的興趣，從中獲得了許多重要的科學概念。

波爾林以爲，這種以“觀念衝突”爲特性的心智過程，不管問題是否特殊，基本上都是一樣的。觀念的抵觸，最初令學生感到他們本身知識的不完整，而後，却因此提高他們迅速抓住問題重點的能力。每個學生，需要努力了解那些外表上性質不相調和的事實或事件；等到有了更進一層資料引入，心中的衝突就漸漸降低，好奇心也隨之漸減。使用“矛盾”技術，除了能解除困惑外，波爾林認為它對教育工作者最重要的是能增

強學習的效果。

循著波爾林的理論，以下我們舉了一個有關原子構造知識（歷史性發展），來說明如何應用矛盾的心理衝突，激起好奇心。爲了簡潔起見，所提供的資料是部分的，僅求能夠讓問題被瞭解以及把解決問題的歷史過程表達出來。（由於有些事實是進一步了解某種情況所必需的，但在關鍵處却省略掉了，故以下的例子，有些觀念上的連繫，可能會顯得突兀。）

例子研究—原子的結構

矛盾：從1860年代已知的元素中，發現有些元素性質相同，似成一族，而每族間性質的差異呈規則性，以及若將晶體內的一元素，以同一屬的其他元素取代，則晶體的特性並不改變。然而，我們都認爲元素只能藉著原子量的基本性質，來分辨；屬族的相似性又如何能存在？它是否和我們所了解原子量的性質相抵觸？

解答：門得列夫（Mendeleevs）發現了週期表，解除了疑惑。他將元素依原子量大小，順序橫行排列，則相同的性質會週期性發生，歸於同屬，形成了直行的一屬。所以族的相似性和原子重量間並不矛盾，反而是相關連的概念。

矛盾：由於門得列夫發現週期表和許多其他實驗證據顯示的結果，使1880年代的科學家起疑了。認爲原子量再也不可能說明元素的所有性質，原子必定還有內部的構造，隱藏了某種重要的特性。但是，這怎麼可能呢？自從希臘時代起，即始終認爲原子是不可分割的！

解答：由於湯木生（Sir. J.J. Thomson）發現電子，矛盾消失了。湯木生仍認爲原子是不可分割的，但是它有組成份子。電子帶有一個負電荷，雖然質量很小，也是構成原子質量的一部分。

矛盾：繼湯木生的發現後，拉塞福（Rutherford）作了個實驗，使他建立了新的原子構造模型。新模型所描述的，原子的質量大部分集中在中心的“核”，而電子循著軌道繞核旋轉，就像行星繞著太陽運轉一樣。雖然，這是從實驗得來的觀點，但仍然和某些事實不一致。如行星環繞著太陽，他們會漸漸失去能量，以致軌道半徑越來越小。如果這種比喻恰當，那麼，在原子裏，是什麼力量防止能量損失？

解答：波爾（Bohr）提出原子所以能維持穩定性，是由於兩種趨勢相互抵消的結果。因電子帶有動能，促使它漸漸遠離質子，然而，電子和質子間的靜電引力却抵消了這種趨勢。因此，原子能保持它穩定的結構。

矛盾：1920年代，已經知道，原子核所帶的正電荷正好中和了電子所帶的負電荷。然而，原子核的質量數却不是電荷數的定倍數，只有一種例子，質量數等於電荷數，其餘則比電荷數大得多。當時，又承認所有的物質皆由帶電性的粒子構成；質量數和電荷數之間不一致的關係，是否否定了這種看法？

解答：查兌克（James Chadwick）的發現，推翻了這觀點。原子核內除了質子，還有一種不帶電的粒子—中子。因此，原子的實際結構，是由含有質子和中子的核組成，核外再環繞著電子。質子的數目等於元素的原子序，質子和中子數目的總和則等於元素的質量數。

矛盾：即使對原子的構造，已有更深的了解，一種元素如何轉變成另一種元素，在1930年代的早期，仍然是個困惑的問題。地球的組成，大部分是較重的元素，如鐵等。而太陽和其它的星球，却由較輕的元素氫和氦所構成。如果地球，太陽，和其它的星球來自同一個源頭，又如何解釋地球較富

（下接30頁）

差異之外，其他各項均相等。

3. 分布各地區十個實驗班學生之間各項成績差異都很大。尤以「數據處理能力」各校之間的差異最大。

4. 在實驗班之間，有關「科學過程技能」的成就之差異較小，「科學知識之記憶或再認」成績之差異較大，剛好與實驗組與對照組之間的情形相反。

科學教育之目的，在於培育具有科學素養的未來公民，強記科學知識並沒有任何教育意義，學校應幫忙學生培養其以科學方法求知識、或解決生活上問題的能力。

本次分析研究就科學Ⅱ的第三冊生物學教材部分測驗學生成就，結果似可證明這一套科學課程教材，在培養學生科學過程技能方面，已經有初步的、明顯的效果。關於科學Ⅰ以及科學Ⅱ的其他部分，亦應繼續做分析研究，以爲評鑑此課程實驗成就之依據。

致謝

本次測驗與分析研究，有賴十所實驗學校校長及教務主任在行政上密切配合；並承蒙各校全體實驗教師協助進行測驗，並做初步統計；本校教育心理學系盧欽銘教授提供統計分析資料，並協助分析部分數據；本校科教中心同仁協助統計各項數據，始順利完成，特此一并致謝。

參考文獻

1 楊冠政，「我國國民中學科學課程實驗研究」，科學教育月刊第二期第22頁，師大科教中心，民國65年10月。

2 D.W. McCurdy, "An Analysis of Qualities of Self-Directedness as Related to Selected Characteristics of ISCS Students", *Science Education*; 59(1): 5-12 (1975).

3 L.E. Klopfer, "Evaluation of Science Achievement and Science Test Development in an International Context: The IEA Study in Science", *Science Education*; 57(3): 387-403 (1973).

4 林清山，心理與教育統計學，台北市：東華書局，第270～283頁，第314～317頁，民國66年。

5 G.F. Kuder and M.W. Richardson, "The Theory of the Estimation of Test Reliability", *Psychometrika*, 2: 151-260, September 1937.

6 V.H. Noll and D.P. Scarnell, "Introduction to Educational Measurement (3rd. Ed.) P.P. 252-256, Houghton Mifflin Co., Boston, 1972.

〔作者現職：國立臺灣師範大學生物系副教授〕

（上接15頁，「矛盾」在教學上之應用）

於重元素呢？

解答：貝斯（Bethe）提供了答案。他發現，星球可以經由核熔合的過程，將輕的元素轉化成較重的元素。

從以上的例子，顯然，波爾林所建立激發好奇心的模式，和科學思想的發展過程有相同的架構。庫林（Thomas Kulin）即認為科學的進步就是藉著觀念和事實間的矛盾，獲得發展。當所觀

察的事實，和一種已經被接受的理論模型不一致時，這個模型就必須加以修正，以求和觀察數據符合。因此，科學的進展，就是隨著新的知識出現，一連串不斷修改和重建的過程。

使用這些能刺激科學思想成長（發展）的教學技術，教師就有了一項有力的教學方法。透過這種有力的方法，使科學思想、觀念的發展和人類心理成熟的活動過程趨於一致。

〔作者現職：彰化省立教育學院科學教育系講師〕