

討論、觀察和驗證工作 在科學學習過程中的應用

國立臺灣師範大學物理系 謝振權

引言

學校是社會體系的一部分，是領導社會的因素。在開放的社會裡，學生參與活動與日俱增；學校為供給這些與日俱增的需要，其教學的目的，並不是要求學生在一定時間內必須學習達成某種結論，而是使其學習能發生於所使用的方法。因為方法可以反映出公認價值體系，可以把有效的教學原理付諸實施。由於方法可以決定學生所有的經驗性質，因此可以說它是學校課程的基本因素。

科學教學中最常用的方法，就是討論、觀察和驗證工作。但今日的科學教學中，所謂「討論」到目前為止，仍界定於問答的範圍，說得更明白一點，即就是——背誦，實際的討論是極有限的。同樣的觀察驗證的方法，也一直是根據手冊的內容，亦步亦趨的依樣去做，真正由學生自己設計從事分析、驗證者極少。

當一個學生全神灌注進行某種問題討論時，將會經歷一連串的許多複雜的過程。一個問題的發生，往往會引起許多研究的動機。有關學習過程中問題的活動，應包括觀察、和研討分析兩部分；觀察活動包括蒐集資料，以獲得各種知識，及控制變因如何簡化問題，這算是最基本的活動了。此種觀察必須配合各種感官的作用，才可以達成。人類透過科學學習的經驗，而獲得各種知識的質與量，其先決的條件是在於觀察技術的靈活運用。觀察的對象，不僅限於自然現象，對每一事物的成長及其因果關係，均應包括在內，討論與分析，是依據資料的特性加以整理分類，再

對問題作預測、推理和統計，然後將這些資料再作解釋與研討；同時對各項可能的變因，先加以控制，選擇與嚐試錯誤，再進一步收集有關資料，以建立假說，找出實際操作型定義，以獲得確實的概念。

觀察在學習活動中所扮演的角色

在學習活動中，使用各種不同的方法蒐集資料，也是屬於觀察的一種。而觀察的方法是有一定程序的，其要點如下：

- 1 從日常生活的經驗開始觀察。
- 2 從聽取他人的解說，或參與研討過程來觀察。
- 3 藉着廣播、錄音等方式來觀察。
- 4 從閱讀書報、論文等有關資料來觀察。

這是一種連續性的活動，不論任何學科的學習，要紮穩其基礎學力，非得做到上述的事項不可。其過程皆可從具體的觀察或日常生活經驗中來蒐集資料，這種活動也可以激起再發現新問題，及培養其基本的學習態度。

從自我學習到客觀的觀察

觀察的技術和知性的發展，是有其密切不可分的關係的。人類在其成長的過程中，總是會不斷地發現到許多他認為不可思議的自然現象；透過日常生活，能獲得豐富的知識，在教育上是極具啟發智慧之重大意義的。

低年級學生的學習構想，較為單純，大部分是屬於瞬間的反應，或片斷的感覺，而少有連續性的觀察。他們也不易改變自己的立場和角度來

做觀察。因此對這類學生觀察力的培養，應着重於連續概念的觀察。推行此種活動時，必須配合學生的能力，及其環境背景，使學生在充滿學習動機的學習過程中，逐漸獲得正確的知識。觀察活動不可單獨進行，應配合個體的發展階段，因為觀察活動也是個人思考活動的一部分。杜威博士曾對科學課程性質，有如下的解釋，「我們期望於科學的任務，除非從事於科學教育者不再認為學校中有了各式各樣課程為滿足，且要在科學課程中爭取一席地位時，應花費更多的力量，以促使所授的科學本身更致力於某種心理態度的建立，而不只是提供一些呆板的知識而已」。

以客觀的方法蒐集資料

通常我們對於所知道的事物，所關心的問題，都會加以仔細的觀察，但所做的記錄則並不十分精確。若收集較多人的觀察記錄，則資料將更完備，學習便可更為深入。個人的觀察活動，都是依據他本身的資料而定，茲歸納而下：

- 1 時間的經過和過程的資料群。
- 2 由感官所察覺到的片面資料群。
- 3 主觀的感情因素或解釋的事項。

以上各項中，第一二兩項是屬客觀的資料，而第三項則是屬於主觀的資料。客觀的資料，常為價值判斷的主要依據。通常所謂觀察力，是指能夠獲得正確資料的觀察活動。這種觀察活動愈正確，次數愈多，則歸納出的原理、原則等概念，也就愈精確而可信度也愈高了。

在觀察的學習活動中，所產生的許多問題，其深淺的層次，是依據其個人智能發展的情況不同而異的，問題的性質也不一定相同。因此問題的難易，深淺便成為研究價值的所在。不論問題的深淺，根據觀察後所得的全部資料，彼此間的程度是俱有相當關連的。

學校教學中，教師們常依自己的方法、想法來準備問題，常將這些資料填鴨式地塞入學生腦海中，並勉強學生對它產生興趣和好奇心，這種方式是不當的，有違教學原則的。歐美各國的教

學方法，通常是先由教師自備教材，再將此資料提供給學生，讓學生酌情的吸收，並自動去發現問題，提出疑難，教師再根據這些問題作為施教的重點，加以討論、解釋，這種教學方式的實驗研究，目前在教育文獻上，已有顯著的成果可查了。

根據資料來推理和預測

英國的科學教育家法拉第，曾在「蠟燭的科學」一書中稱：「正在燃燒中的蠟燭，其上端何以會形成碟狀呢？」「這是由於蠟燭在燃燒時產生熱量，使其週圍的空氣膨脹，而形成一股由下而上衝的氣流，因此蠟燭外緣的溫度，較燭心中間部分為低。同時火焰順着燭心往下燃燒，所以蠟燭外圈不會很快地熔化，而形成碟狀的緣故。如果蠟燭後方放一木板，則這時上升的氣流，一面被擋住，受熱面無法保持均勻，碟狀部分便形成一斜面，蠟油就會沿斜面方向向下流動了」。

我們對於燃燒中的蠟燭上端，所以形狀碟狀的解釋，係經過仔細的觀察，及簡單的試驗，將所得資料歸納整理出來的結果。這結果也可以推知欲使蠟燭，作有效而完全燃燒時，必須使其週圍形成一股均勻上升氣流，得使蠟燭上端熔成碟狀，才可達成的。若外表刻有花紋或不規則條紋的蠟燭，外觀雖屬美麗好看，然而這種蠟燭燃燒時，上升氣流因其週圍不規則的形狀，而引起不規則的流動，蠟燭上端也就無法形狀碟狀，也不能夠作有效地燃燒了。

國中資賦學生暑期科學研習會問題討論實例

今年暑假，教育部為促進科學教育在國民中學中生根，特商請全國九所大學分別舉辦，國中資賦學生科學研習會。本校擔負兩個梯次的學習研討工作，每一梯次計時兩週，共分數學、物理、化學、生物及地球科學五組，輪流接受各種問題研討。茲將在研討過程中的一些實例，介紹於后：

1. 太陽風車為什麼會轉呢？

這是國中學生遠道前來參加科學研習會，首次看到物理儀器——太陽風車，爆晒在陽光下表演，會發生繼續不停地轉動，而感覺新鮮好奇所提出的問題。當時我告訴他們，科學問題的討論，必須先了解問題本身所含的因素，然後再行收集資料，加以觀察、試驗，取出其中有利的事實，作為解釋問題的條件，才可以達成學習的效果的。本問題我不直接告訴你答案及原因，但我可以告訴你一些資料，去驗證，去分析，去思考你就可以得到解釋問題的答案的。

(1)將太陽風車分別放在陽光下、電燈下，火爐旁及桌子下，觀察其實際的情況，並探究其有關的因素。

(2)觀察太陽風車的構造，及風車葉片顏色與配對的順序等裝置。

(3)探討穿黑白制服，在陽光下身心所遭受的感受。

由(1)項的觀察及驗證，得知輻射熱能是推動太陽風車轉動的主要因素。再(2)、(3)兩項的探討結論——吸收與反射作用，便可以解釋太陽風車所以會轉動的原因及其方向了。

作一番熱烈的研討，並作結論介紹時，一位女同學又提出她在實驗觀察過程中，所發現的新問題。原來這位同學在用電燈來驗證太陽風車發生轉動時，發現當電燈熄滅的瞬間，太陽風車會作反方向轉動，這又是什麼緣故呢？同樣地，這個問題我也可以介紹下列實驗，給你們自己去觀察和思考。

(1)取兩個大小相同的玻璃茶杯，其中一個用白紙包裹；另一個用黑紙包裹，置於桌上。

(2)取熱水將兩玻璃杯注滿。

(3)待經若干時間後，檢視兩茶杯內水，何者冷卻較快。

由(2)項試驗得知若物體本身熱量，高於外界時，即會輻射散熱。由(3)項試驗的檢定結果，黑紙包裹的杯內熱水冷卻較快。若將此結論與前一結論相互連結思考，則就不難導出黑體的特性，是當

外界熱能高於其本身時，則產生吸熱的效果。反之，若其本身所含的熱能高於外界時，則會發生散熱的效果。因此當使用電燈照射太陽風車葉片時，外界的熱能高於其本身，故葉片黑白兩面遂生吸排作用而促風車旋轉。但當照射中的電燈突然熄滅的瞬間，則葉片自身所含的熱量，便高於外界了，其對葉片斥排作用恰好相反，因此風車便作反方向轉動了。

2 太陽看起來為什麼其形像是圓的呢？

太陽本身係屬於高溫的熱氣團及熔漿所構成，高懸於太空中球體，因它投射至我們眼睛裡的投影，由視神經反應作用，好像是一面平坦而光亮的圓形鏡子。為什麼太陽是一個球體呢？關於這個問題，我可以介紹你先去觀察幾個實驗：

(1)取一小玻璃吸管，吸入水後，讓它由空中一滴一滴地慢慢落下來（水滴愈小愈佳），當它下降的過程中，仔細觀察小水滴在空中所形成的形狀。

(2)取小滴水銀滴入桌面或書面上，觀察其分散後所形成的形狀。

(3)取任意形狀（圓、方、三角形）的小管子，去吹肥皂泡，觀察所吹成的肥皂泡形狀。

由(1)、(2)、(3)各項的實驗觀察，得知其所形成的形狀都是球形。因為物體與空間接觸的地方，均形成一表面，在表面上，不論液體或液膜表面均俱表面張力。表面張力有使該物體收縮至最小面積的作用。前面各項實驗的結果均屬形成球形，就是它們受表面張力作用所生成的效果，也可以說明一定質量所形成物體的面積，球形為最小了。太陽本身已屬定量的熔岩，且俱表面，自然我們可用來推知它也和水滴、水銀滴因受表面張力作用一樣，而形成為球形了。

結 論

從這次舉辦國中資賦學生科學學習研習會中，得知我們日常所遭遇的問題，大多和課程所講授者並不完全相互關連，因此研究科學也應不完全限於教科書的範圍，科學教師的特質，是幫助

（下接 34 頁）

類問題需要學生進行分析、評鑑、判斷以及建立價值觀等此較複雜的心智操作。因此，適當的發問活動必須涵蓋這兩類問題。

5. 注意問題之中，是否可發展學生的“理性推理能力”（reasoning ability）及“解決問題能力”（problem-solving ability）。

6. 檢視各問題，看是否在思想結構及過程上，均與學生的認知發展期配合〔依皮亞傑（Piaget）的認知發展理論〕？

7. 回答問題所需之思想歷程是否符合“探討”式教學？

8. 能否經由這些問題發掘學生的多元才能？

9. 問題之中，有沒有任何足以限制學生創造性思考的命題在內？

10. 是否全部學生都有機會參與發問討論活動？

11. 你期望的答案是什麼？

六、結語

科學教學的短程目標在訓練學生具有創造性的思想能力；也在訓練學生經由科學概念及過程的了解與運用，進而培養其解決問題的能力。而其長程目標則在培養具有基礎科學素養、心智健全的國民。欲達到此目標，在科學教育上，必須培養學生健康的自信、自尊以及完整的自我觀念。欲培養學生健康的自我觀念，必須讓學生有機會發展其各項多元才能。而經由發問活動及探討式的學習則是達到此目標的捷徑。

總而言之，發問的目的並不是只為評量學生的學習成就，或只為了解學生學業的進展情況而已；更積極的說，發問應該是一種啟發、引導學生的思想及創作的工具；經由發問活動，可以培養學生健全的人格及進取、自信的人生觀，達到教育的目標。〔編者按：本文尚有Ⅱ溝通—討論活動的要素，Ⅲ發展創造能力的討論教學，以後將陸續刊出〕

參考資料

1. Daniel S. Arnold, Ronald K. Atwood and Virginia M. Rogers, Questions and responses level and lapse time intervals. J. Exptl. Education Vol. 43, no. 1 Fall

1974.

2. Patricia E. Blosser, Handbook of effective questioning techniques. Worthington, Ohio, Education Associates, Inc., 1975.
3. National Science Teacher's Association Committee on Research in Science Teaching. Ask a higher-level questions, Get a higher-level answer. The Science Teacher, 43(4):23, 1976.
4. Louis E. Rath, Merrill Harmin, and Sidney B. Simon, Values and Teaching, Charles E. Merrill Publishing Co., 1966, Columbus, Ohio. P. 243-245.
5. Robert B. Sund and Arthur Carin, Creative questioning and sensitive listening techniques, A self-concept approach. 2nd ed. Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio 1978.
6. Robert B. Sund and Leslie W. Trowbridge, Teaching science by inquiry in the secondary school, 2nd ed. Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio, 1973.
7. Calvin W. Taylor, Multiple talents approach teaching scheme in which most students can be above average, The Instructor. April, 1968:27.

（上接 26 頁）

學生建立一個穩健的科學行動的基礎。近年來，有一種叫做統合課程（Integrated Curriculum）就是由於重視這種學習活動而開發的一種新課程，是以培養觀察技能為目的的教材，其功效不僅是觀察技能的獲得，同時在學生進行觀察活動的過程中，因透過觀察而獲得有關學科中相當程度的基本概念。我們若能據此予以推廣，領導學生親自發現問題，藉研討活動親自作成結論的過程，了解求知的方法，我國的科學教育就可以邁前一大步了。