

系統化的教學原則

沈青嵩

I、前言

我們是處在一個變動劇烈的世界，社會各方面都有日日新的成長和進步，學校是社會的一環，社會的變動自然會影響學校教育的內容，進而要求、壓迫學校跟著時代潮流前進。「教育即生活」教育的目標是要培育健全的國民，踏出校門後不但希望他們能適應社會，更要求他們能貢獻社會、領導社會，因此，學校教育不能閉門造車，滿足於當前的成就而駐足不前。科技的進步，工業的一日千里對學校教育造成更大的沖擊力，社會要求學校教師的更甚於從前。將教材背熟到時上講台頭頭是「道」，學生靜坐聆聽的方式培養出來的學生，不再能滿足社會的需要，工業的成品也幫助教師能更生動、更有趣及更有效率的來達成所預定的教學目標。

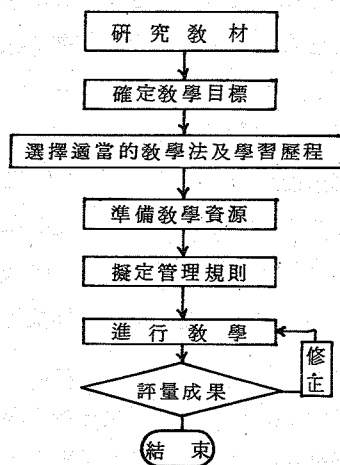
工商界最有效來處理錯縱複雜的問題，是一切系統化處理（systematic approach），同樣地，要使我們的教學更能適應時代的需要也是需要系統化；凡環境變因影響越多的複雜問題，就越需要更清楚、更有次序和更具功能的計劃，以達成問題的解決，教學的問題自然也不例外。教與學的歷程是人類心智活動的複雜行為，它除需詳細瞭解學習者的一切背景與所欲達成教學目標的性質及其之間的關係之外，還得考慮環境的因素，其複雜性絕不亞於工商界活動的問題，因此唯有詳盡計劃有系統的處理，方可達成我們的教學目標。

在一本名叫「動態處理的改善方法」書中作者穆勒¹（Joseph molnar）說：「方法就是執行過程中所有的行動及一切必需的資料，它不只是從步驟A到步驟B再到步驟C以止於目標的所需過程，還要包含：要做的是什麼？為什麼要做？

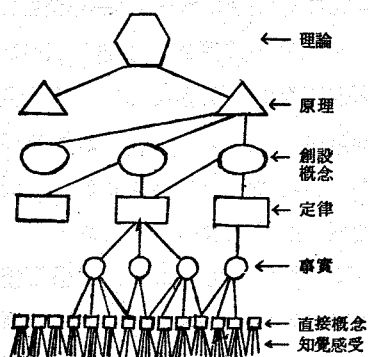
及如何做這些必要的一切事物？」。他又說：「方法包括計劃中所需的資料、工具和設備、每一步驟的內容及所需的人員及工具設備的使用次序等。事實上，凡與目標有關，或影響到目標的每一事物，及保證達成目標的每一步驟，都是方法的一部份」。這段話給我們最大的啓示：一個明確、系統化的計劃，在教與學的複雜歷程上是必須的。一位成功的教師絕不是偶然的。他必須善於計劃他的教學過程。他能系統化處理教學歷程的每一細節。當然他需要良好的組織能力與創造能力。

II、系統化教學

自然學科的教育目標不外乎培養有科學素養的公民，除了具備科學知識外，尚能以科學方法處理他們所將面臨日常生活中錯縱複雜的問題。因此自然學科的教學應有別於一般學科之教學。今將系統化教學架構的流程圖繪於圖一，並分項討論，以供科學教育工作者參考。



圖一 系統化教學流程圖



圖二 知識概念結構層次

一、研究教材

只有自己徹底瞭解的東西，才有辦法使學生接受吸收。對教材的研究不單要「知道」教材內容，更應深入分析。就以教科書的一個單元而論，它應包含學生應得的科學概念，以及如何獲得這些概念的過程。就以科學概念來說，由於抽象程度的不同，在教學方法上自然就有了差異。至於科學過程更為一般教師所忽略，事實上，一般學生受自然科學教育而成為科學家的比例極微，學生畢業後從事各行各業的工作，他們最需要的是如何利用科學方法以解決他們所面臨的問題，因此對科學過程認識的訓練是決不可忽視的，今就科學概念及科學過程分別作有系統的介紹。

概念有一個重要的特性，那就是抽象。亞里斯多德說：「抽象即由諸般事物中棄其特別相異處，而取其共同處的過程」，也因概念具有抽象性才可涵蓋較廣的事實，而可解釋諸多的自然現象，甚至具有預測的功能。對概念的層次結構，以薛華脫 (Showlter) 所建立的模型² 最容易為科學教育家及科學教師接受，他將概念依抽象程度的不同而分成知覺感受、直接概念、事實、定律、創設概念、原理及理論七個層次（見圖二）。知覺感受是對外界認識的最基本起點，從知覺感受的作用透過心智的活動，我們可找到許多直接概念，例如透過視覺，我們看到細胞、元素、物體等。在文字表達裏直接概念往往是一個字或

一個簡單的詞。許多的直接概念就構成了事實概念，例如水滴成球形，物體燃燒等，它是事實的忠實描述，尚不具有概括性。在諸多的事實中若有相同的特徵，而此特徵具有永恆性就成了定律，在自然科學領域中，定律常以數學語言描述，例如我們觀察過無數的實驗之後，均顯示對同一物體作用力越大則其加速度也比例增大的事實，而歸納出牛頓第二定律， $\vec{F} = m \vec{a}$ ，它描述了無窮多的力、質量及加速度關係的事實。所以 $F = ma$ 在概念結構中是屬於定律的層次。它與事實概念最大的不同是事實概念只是描述單一事實，而定律則包含了無窮多的事實，它具有概括性，同時也具有預測的功用，我們不必實際去做實驗，而可從施力及質量的多寡而可預測出加速度的大小。在概念結構中最具有關鍵性當數抽象程度比定律更高一層的創設性概念了。它是經由科學先驅者所想像出來的，它是一種假設用以連貫脫節的事實現象的每一環節，在文字敘述上常是一個簡單的詞或字，例如動量、能量、場等，這些都不是可直接觀察出來的，而是科學家覺得唯有提出這些創設性的概念，方足以解決一些矛盾的事實，也因有了這些假設性的概念，而可在科學領域內發現一個新方向；這種概念學生最不容易瞭解和接受，有待教師多方啟發說明，讓學生瞭解科學家提出它的過程和原因，方可收事半功倍之效。至於原理概念則是以創設性概念為基石而可連絡兩種以上之概念者，例如動量不滅，能量不滅等，因為它必包含了創設性概念，所以其存在的壽命並不一定具有永久性，常因新實驗事實的發現而告壽終，例如流行一世紀之久的以太概念，終因麥契爾遜的干涉實驗而告煙消雲散，波動理論至此不得不加以修正。最高層次的理論是一種最具概括性的概念，基本上是一組原理的綜合體，由它可解釋泰半的自然現象，例如統一場論、演化論等是。

當我們瞭解教材所含的概念是屬於何種層次時，就可預知學生接受的難易程度，教學方法上

自然就需有所因應了。一般而言，抽象程度可因一再重複出現而降低，第一次聽到原子有莫測高深之感，可是一旦重複出現久了之後，就會如事實概念的一般容易接受，這也是教科書往往以螺旋式編製教材的原因了。

科學過程的訓練主要是使學生能運用科學方法以解決問題、正確抉擇及拓展自己對環境的瞭解。同時大多數科學教育家也深信：只有使用這些科學方法才能發展出對自然界各種現象做更精確解釋說明的理論。根據美國科學促進協會的研究，科學過程有分類、傳達、變因控制、下操作型定義、設計實驗、建立模型、形式假說、推論、解釋數據、量度、觀察、預測、發問、應用數學及利用時空關係等十五項。科學過程經哲學家識別推演，逐漸成了科學家從事科學研究的具體行為通則，更受近代科學教育家的重視，我國也在國內科教專家的大力倡導下，漸受重視，目今師大科教中心正實驗的國中自然科學實驗課程就是一套兼顧科學概念與科學過程的課本。

二、確定教學目標

將教材研究透徹後，就可開始決定該單元的教學目標，科學的教學目標應包含以下的三大類：智育、德育和技能³。前者是屬於認知性，有關科學概念及科學過程之養成的教學目標。我們須供給學生本科方面的背景知識，使其具有基本的概念及瞭解該學科的發展趨勢。

德育是屬於情意性的，也就是科學態度的培育，一位具有科學素養者，不單具有豐富的科學知識，也要有著容忍、協和合作及客觀尊重學理的科學態度。近年來在探討教學中，具體地將科學態度區分為好奇心、虛心、尊重事實、進取、客觀、精明、信心、恆心、知足、尊重學理結構、責任感及合作精神⁴等12類。從以上的項目可知，具有科學態度者必然是位負責進取、合作和諧的健全國民；何況近年來科學態度與價值觀念的連繫，已為一般有心人士所重視。克拉郝（Kluckhohn）就認為人際與自然環境都是人類行為準則的基礎⁵，因此自然學科之教材對科學態

度培養的功能，自有其重要性。

技能方面的教學目標是指培養學生實驗觀察的技巧，訓練他們如何處理數據，如何寫實驗報告及如何作正確的判斷等能力。甚至也要讓他們親自安排實驗，設計教具及搜集教學資源，從做中學，不但容易達成技能教學目標，同時也可體驗科學過程以達成高層次的智育目標。

教師所預期的學生學習效果或學習後的行為表現，應該可具體的表達出來，所以各單元的教學目標宜用行為目標來表示，以避免空泛不實。

三、選擇適當的教學方法及學習歷程

教材單元不同，其所包含科學概念之層次及科學過程自然有異，為了達成預定教學目標，自有不同的教學法，不管教學法之名稱如何，我們可把它們區分為三類：(1)以教師為中心的教學法：教師為了解釋、說明及推論一個觀念或概念，學生只是靜坐聆聽，做做筆記。這種教學法是目今一般教師最常採用的方法，自有其優點和必要性。但由於教材內容需要，必須採用此種教學法時，務必配合教具及視聽器材等，例如配以投影片或幻燈片來說明，自可啟發學生的思想。此外，如果採用電視教學，或抽出十數分鐘觀看相關的影片，當可減輕此種單向教學的枯燥性；必要時還得採用協同教學，聘請對教材某一部份有特別研究的教師同仁或校外專家來現身說法，必可引出學生更大的學習興趣。(2)教師與學生間或學生與學生間頻繁的交互作用：這是一種最有成效的教學法，也是學生最感興趣的教學法，在自然學科教學中更應經常採用。例如學生分組實驗觀察，教師從旁輔助；又如分組討論，自由交換觀察所得或實驗結論，有時教師甚至可扮成學生的一份子參與討論，而不以指導者立場出現。這種教學法最重要的是需要完善的計劃，儀表器材需事先搜集（可指導學生搜集）或準備，複雜儀器的使用及實驗過程需先加以解釋，討論的綱領均需事先擬妥，還需注意安全，但不過份注重所謂「秩序」的維持。此種教學法對科學態度及技能的養成更具成效，實在值得教師們採行，這也是

目今教育當局極力提倡的一類教學法。(3)學生單獨活動的教學法：由教師指定作業，讓學生自我學習，如到圖書館搜集所需的資料，回到家裏自行設計實驗或觀察某一特定事務，在個別化教學法中，學生在自我學習教室裏自學的種種活動都是這一類的教學法。爲了保證這種教學法成功及有效性，教師必須選擇適確的「指定作業」，提供有效的教學資源並設定考核標準，適時評量及輔導。

學習是一種活動的過程，教師必須完全掌握整個學習過程的主要部份，何時要求他們聽、看、想，何時要他們觀察、實驗、解釋數據、作圖、計算、說明概念甚至表演、判斷及評鑑等，均應事先妥善計劃，這也是需要編製教案的原因。馬格。曾說決定學習歷程以配合教學目標是教師最主要的工作。

四、準備教學資源

目今一般的教師，往往有個不正確的觀念，認為只要把教科書研究清楚，就算做好了教學前的準備工作。教具在教學上的功用已有很多教育家所論及，大家也都瞭解它們的效用，但一般人總有個觀念：它只是輔助教學的工具，可有可無。爲了糾正這個觀念，近代的教育家⁷主張：「教具就是教材的一部份，教師必須如教科書般的詳細準備。」

根據上述的定義，與自然科學比較有關的教材可列舉如下：教科書、參考書目、補充資料、期刊、編序（循序）教材、影片、閉路電視節目、廣播節目、錄音帶、圖表、投影片、幻燈片、縮影膠片、照片、模型、實物、標本及實驗器材等。無可否認地，在「學生活動爲中心」的教學法中，儀器設備等教具的重要性絕不亞於教科書，誰說它們不是教材的一部份？就以演講式的教學法來說，若能配以投影片、圖片、影片等教具以說明概念，絕不至流於枯燥，因此建立視教具爲教材之一部份的觀念是絕對必要的。

至於在上述林林總總的教學資源中，爲選用最能配合學生的能力、教學目標、學校的設備及

自己熟練程度的教學資源，原則上先要弄清楚本單元要學生學些什麼，我們希望他們如何學法及要他們學到何種程度。在決定學習歷程時，就必須把所需利用到的教具註明清楚，以便準備。

五、擬定管理規則

動態的學習活動必須有適當的管理規則，例如分組實驗、觀察時，如何分組？各組組長的任務是什麼？在實驗室中規則如何？討論必然是需要的，但總不能在實驗進行中高談闊論，妨礙鄰班上課，更不能讓他們隨心所欲的玩儀器，尤其具有危險性的藥品和裝置。這些在系統化教學時都需事先計劃，以免影響學習效果，甚或產生意外。在協同教學裏，所參與的每位教師之任務也需事先劃分清楚，何人準備教具，何人決定教學目標等等，進行教學時各人的角色又是如何？這都是需要事先討論妥當的。

六、進行教學

經過上述五個準備步驟，整個單元的教學輪廓已告確定，將教學過程以層次分明的教案方式或流程圖方式⁸表示出來後就按計劃開始教學。一般而言整個教學過程可分爲介紹階段、發展階段、組織階段及綜合階段等四個大階段，今分別介紹如下：

介紹階段：讓學生有著開始學習的心理準備，引發他們的學習興趣，並知道他們所要詳細探討的內容是些什麼。一般均以較具激發性的發問方式開始，以刺激學生的學習動機；也可利用圖表、模型展示等引起他們的好奇心。在這階段所使用的教學資源往往是學生自己搜集的。

發展階段：這部份是學習活動的主體，視採用教學法之不同而不同，也許是教師指定題目，學生開始分組討論，尋求解決的途徑；也許要經一番熱烈討論後，學生開始做觀察，實驗活動，以尋找問題的答案，總之在這階段中，學生要在教師輔導下展開徹底的學習活動。在自然學科裏的教學這一階段通常都是觀察、實驗之活動。一般教科書可能都已寫好了步驟方法，事實上在提出今天學習主題後，就可讓大家自由討論，研討

達成目標的方法，若有更理想的意見提出，可尊重學生自主的意見去處理，不一定要完全照教科書的敘述來做，這樣他們會有更高的學習興趣。這一階段若因事實需要非得採用演講式教學法時，一定要配合教具，以增進學習效率。

組織階段：這一階段是匯積上一階段研究或學習活動的成果，如實驗後的數據處理與解釋，觀察後的結論等。教師一定要以發問方式啟發他們思想。重點在於幫助學生將各部份的學習活動集合在一起，以瞭解其綜合性和完整性。

總結階段：最後的總結，大部份是學生報告結果並接受大家的質詢；或教師主持討論，比較各種不同的結果，引導學生認識正確的方法和態度；甚或到校外參觀工廠、學術機構及研究單位等，以印證所學之內容；極端情況下也可以投影片或板書將重要結論歸結一下。這階段所使用的教具大部份是學生學習活動後的成品。

七、評量成果

首先要強調的是：一旦學習活動展開後就要經常評量，不要在一個單元完成後，才來最後的總評量。每當一個主要學習目標完後就要評量，以做為是否繼續進行的依據。這裏所謂的評量有別於傳統的成就測驗，蓋聶（Gagne）說得好：「成就測驗的目的在於說明各人能力的分歧性，而評量則在於觀測每位學習者達到預定目標的程度，而非著重於學習者成績間的比較」。

評量在系統化教學中的必要性，可從它的功用看出來：

1 可以顯示計劃的錯失處，如內容、過程或教材不妥當等。

2 可做為判斷學生是否已準備好繼續從事下一個學習活動或需複習或補救教學的依據。

3 可顯出教學目標不恰當或不清楚及評量工具不適宜所引起的問題。

4 可做為修正整個教學計劃所有部份的依據。

評量最大的功用是做為回饋的資料，因此從評量中所發現的問題均需加以修正及補救，修正後的教學仍需再評量直至完全達成教學目標為止。

III、總 結

學習是個複雜的心智活動，教學就是改變學生行為的過程，唯有計劃性的系統處理才能達成。教學成功與否完全掌握在教師的手中，創意再好的教材，如果執教的先生只顧自講自教，不顧學生學習過程，那一定發生不了作用的。從整個教學過程來看，一位成功的教師必須是具有熱忱、富有組織能力及創造力的人。他絕不是「知道」教科書內容而口沫橫飛的演說者，他必須體認到教具也是教材的一部份而仔細籌劃教學的每一過程。唯有如此，學生才能在春風化雨下愉快地、有效率地達成預定的教學目標。

參考資料

- 1 Joseph Molnar, "A Dynamic Approach to Methods Improvement", United States Steel Corporation, Pittsburgh, 1966, P.2.
- 2 趙金祁, "科學概念之形成與分析", 中美技術, 1975, 20, 1, P 13-18.
- 3 J. W. Brown, "AV Instruction: Media and Methods", Mcgraw-Hill, 1969, 3rd Edition, P. 26.
- 4 歐陽鍾仁, "現代啟發教學法" 幼獅文化事業公司, 1974.
- 5 Clyde Kluckhohn, "Values and Value-orientation in the theory of Action", Cambridge, Harvard University Press, 1951.
- 6 Robert F. Mager and Kenneth M. Beach, "Developing Vocational Instruction", Fearon, Palo Alto, Calif. 1967, P.58
- 7 J. W. Brown, "AV Instruction: Media and Methods", Mcgraw-Hill, 1969, 3rd Edition, P. 31.
- 8 楊榮祥, "探討式教學模式分析——流程圖之運用", 科學教育月刊, 1978, 23, P 17-28.
- 9 Gagne, "The Condition of Learning" P. 258-259

〔作者現職：國立臺灣師範大學物理系講師〕