

中小學科學課程設計準則

——課程目標之設立基準——

寅君 國立臺灣師範大學

自從1958年前後，由美國掀起所謂科學教育現代化運動之後，幾乎全世界各國都開始認真檢討中小學科學課程的品質，於是在各國正如雨後春筍一樣地，出現了許多所謂的新課程、新教材、新教法。在其初期，莫不大量採用科學新知力求科學「水準」之提高，結果雖造就不少科學基礎甚高的學生，却另一方面使多數將來不準備主修科學的學生（non-science students）對於科學失去了信心，於是1960年代後半起，科學教育又有了新的轉機，不單要照顧那些將來為科學家的學生（science major students），更要注意那一群將學文法科的所謂「非主修科學學生」的科學基礎。因為這一批學生在社會上屬於「多數」，同時在社會上參與重大決策的人們也多屬於非主修科學的人們。

最新的科學課程設計，更注意教育心理學、行為科學之應用。在這科學知識爆炸的現代化社會，應如何設計課程？本稿試行由課程學說與教學理論，來討論課程目標的設立基準。

一、課程與教學

教育學家（如：Macdonald，註1；Faix，註2；Mauritz Johnson, JR. 註3）最近似乎都表現以「系統」（System）的觀點，來討論課程模型。麥克唐納（James B. Macdonald）

認為Curriculum, Instruction, Teaching, 與 Learning 四個系統有如圖1的交互關係。

根據他的定義：教師執「教」，教師就是一個「人格系統（personality system）」，他具有其個人獨特的價值觀念（Values）、需要（needs）、經驗（experiences）、愛好或偏好（predispositions）...等。

教師這一種人格系統在社會上所執行的專業任務，就是「教（teaching）」。

「學（learning）」就是學生在學習過程中，所表現的一切行為。學生也都是個別的人格系統，他們都有其個別獨特的價值觀念，需要、經驗以及其喜好厭惡與感受。

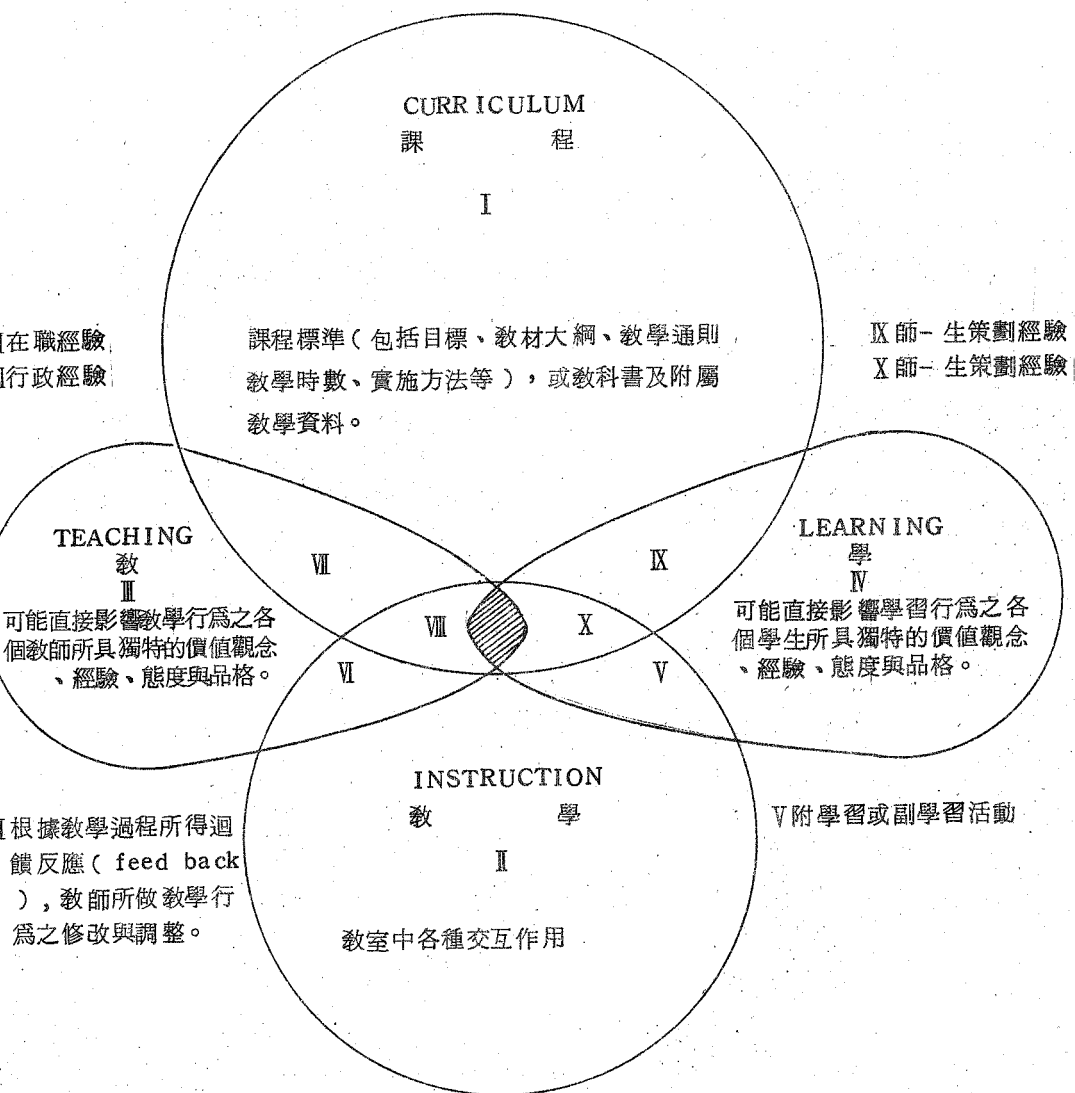
教與學的活動通常並不可分，所以教與學兩系統合而為一，形成教學系統（instructional system）。這是一種社會系統（social system），並非個個人格系統單純的集合。教學系統通常都含有一位教師、一群學生、一組教具、儀器或設備等學習環境。

在課程系統（Curriculum System）中，也含有原屬社會系統中的人士，以策劃課程的內容方案。所以就「課程」與「教學」等兩個系統之間的關係來說，前者產生方案，後者執行（或實現）方案。

麥克唐納認為這些「課程」「教學」「教」「學」

含有 inputs (輸入)、processes (過程)、
outputs (輸出) 與 feedbacks (回饋) 等要素
(elements)，所以都是系統。麥氏以四個部

分重疊的圓圈來代表這四種系統的相互關係 (圖
1)。圓中心四圓重疊的部分代表「根據課程指
示所安排的學習活動，也就是教學與學習行為交



[圖 1] 課程、教學、教、學四系統交互作用圖 (採自: James B. Macdonald,
Theories of Instruction Ninth A.S.C.D. Curriculum Research
Institute)

互作用之後，所表現預期的學生行為改變（Changed behavior）。

這四個圓（系統）其他重疊部分，都分別代表兩個或三個系統之間的交互作用（如圖1）。

根據麥克唐納的定義：

「學」就是所期望的反應（desired response）。

「教」就是有秩序的一系列刺激行動（act of systematically presenting stimuli）。

「教學」就是為一系列刺激行為與所期望反應，所設置一切情境與活動。

「課程」就是上述刺激的主要根源（major sources）。

麥克唐納說：「課程系統」中，含有「內容」與「過程」，但其「輸出」即為教學系統的「輸入」。但，事實上「課程」本身並不含有人。所謂「系統」，除了輸出入、過程、迴饋之外，還應有人。所以約翰生（註3）認為麥克唐納所謂之課程系統，應分為「課程設計系統（Curriculum development system）」與「課程（Curriculum）」等兩部分如圖2。照約翰生的模型。課程不是系統，而是課程設計系統的「輸

出（out put）」，同時也是教學系統的輸入（input）」

蓋聶（gagne，註4）說課程就是：「一系列適合學習活動的內容單元」，艾斯納（Eisner，註5）也認為課程決定「教什麼」，和「怎樣安排這些教材」，又說：「課程的基本單元就是活動」。無論如何，課程決定預期的學習成果，似乎並無異議。

二、課程設計與課程目標

1 課程目標的重要性：

在童話故事「愛麗絲夢遊仙境記（Alice's Adventures in Wonderland）」中，有這麼一段對話：

「請你告訴我，我應該往那邊走？」

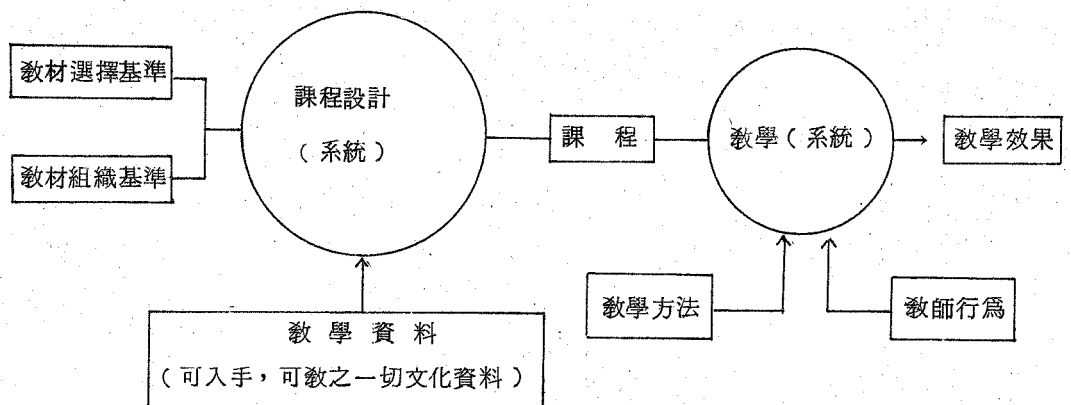
「那要看妳要到那兒去啊！」，貓兒回答說。

「我…，我到那兒都可以…」，愛麗絲說。

「那妳隨便往那邊走不都是一樣嗎？」貓又說。

「…我只要能到達一個地方就行了」，愛麗絲加個解釋。

「噢，那妳就走啊，只要妳走得到……」。



〔圖2〕課程與課程設計及教學兩系統之間的相互關係（採自：Mauritz Johnson, JR.,

Educational Theory, Vol.17, No2, April 1967）

在科學教學中，如果沒有具體的課程目標，如果沒有適當的教學目標，無論寫課本的學者，管教育行政的官員，執教的老師，或教室裏的學生，個個都像故事裏的愛麗絲一樣，毫無目的地「夢遊仙境」了。當然愛麗絲在仙境中，有種種的奇遇，有很多意外的發現。神奇的體驗，但那都不是真實的、現實的。課程應指出一切教學活動預期的學習效果，那麼在科學教學上，為教科學

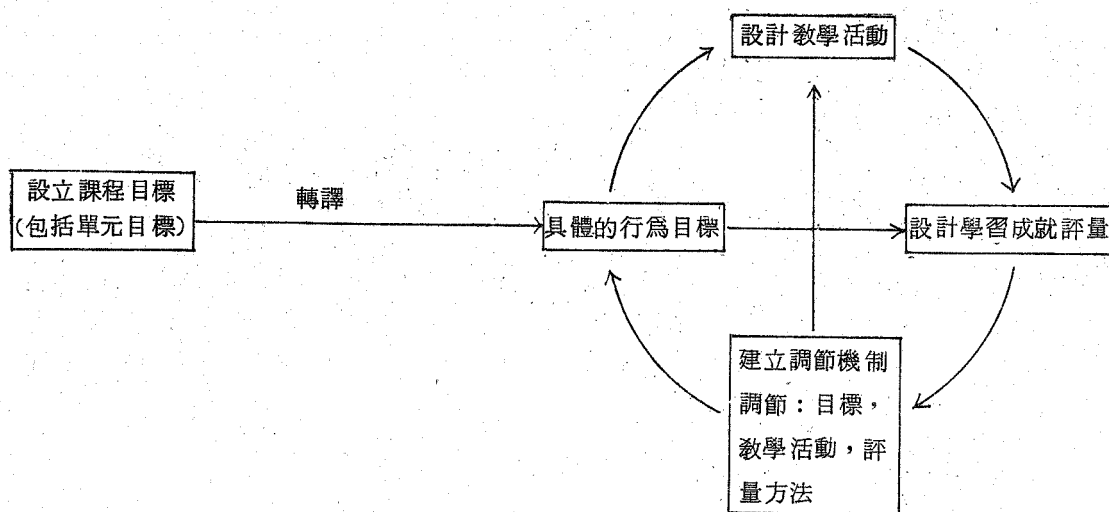
的老師，應有個具體的、適當的「指路標」，使老師們能帶學生走上現實的、真實的「發現」與「經驗」的旅程。

所以在課程的編製中，第一個要研討的，就是課程目標。那是課程編製以及教學活動一切活動的依據，包括教材的選擇、編排、教學方法、甚至教具以及學習成就的評量等。

如以「旅程編排」來比較「課程設計」則如下表：

〔圖表 3〕旅程編排與課程設計之比較

旅 程 編 排	課 程 設 計
1. 那裏是目的地？	1. 課程目標、行為目標。
2. 用什麼交通工具？	2. 教材內容（包括過程技能）
3. 我們怎樣駕駛車輛？	3. 教學方法
4. 能得到什麼地圖？	4. 課本、實驗本、儀器
5. 怎麼知道已經到達了目的地？	5. 評量方法
6. 誰是旅伴？	6. 學校其他的課程
7. 怎樣告知別人？	7. 教師訓練



〔圖 4〕課程編製過程中課程目標與行為目標的地位（採自：Schools Council Integrated Science Project, 1973）

根據約翰生的模式（圖2），課程就是課程設計系統的「輸出」，也就是其產品；同時也是教學系統的「輸入」。所以無論課程設計人（Curriculum planners）或教室裏的老師，都應該能明確回答學生們下面的問題：

1 我們為什麼要做這一些事。

2 我為什麼要用這種方式來做這些事？

關於課程——教學系統中，課程目標與教學目標的地位，賀里威爾（Halliwell，註6）提出如圖4的模式。就這模式來看，課程設計人所設立的課程目標，必須能轉譯成爲具體的學習行爲目標，以明確指示學習的具體效果。換言之，課程設計人必須能具體說明下列各項問題：

1 為什麼選擇這些教材？（為什麼要學生學這些？）

2 為什麼做這樣的編排？（為什麼要這樣安排時間、循序或方法？）

中學科學課程設計當以教育學家，學科專家爲主要負責人，但中學各科教師也應該扮演一部分重要的角色。賀里威爾的模式顯示；教師根據具體的行爲目標，設計教學活動，並且實際施教；然後又根據具體的行爲目標，評量學生的學習成就。根據這些資料，調節或修改目標、教學活動。這裏面回饋體系包括目標、行爲目標、教學活動、評量與調節的交互作用，就是科學教育現代化（modernization）中不可缺的一輪。

課程目標爲課程發展整個過程中的重要準則。那是課程——教學系統的首要，它要明確指出一切有關教育具體的方向。但課程目標並非刻在石碑上的文字，它應能保持彈性，根據回饋體系

，包括實際教學的反應及社會的進步與變遷而隨時修改。

2 課程目標選擇的基準：

爲適當選擇適當的課程目標，至少有以下四個基準：

(1) 學生身心發育情形，包括心理發展（psychological development）、社會性發展（social development）、生理發展（physical development）與情感發展（emotional development）。

(2) 社會與個人需求。

(3) 學科的本質。

(4) 可行性。

這四個基準，應該都同樣重要，不應忽略其中任何一項。往往大家都過分重視第(3)項，而完全忽略其他三項。如果忽略了第(1)項，所發展出來的課程教材，常使學生，感覺不是「不知所學何物」，就是「索然無味」。結果往往是放棄其學習，浪費大好學習的時光。如果課程設計人，不考慮第(2)項，無論就社會或學生個人的立場來看，科學教育的意義將大受懷疑。假如，不顧第(4)項基準，整個課程研究過程可能就是「勞民傷財」白費時間。

現在分別討論這四個選擇基準：

(1) 學生身心發育情形：

瑞士的教育心理學家皮亞傑（Piaget）有關兒童認知結構發展的學說（註7與8）對於世界近十年來科學教育表現其深遠的影響力。根據皮亞傑的理論，人的認知結構發展可分爲四個階

〔圖表3〕

年齡（歲）	認知發展階段	特 徵
0—2	感覺動作期	直接反應外來刺激
2—7	前操作期	開始運用語言、能憑直覺判斷
7—11	具體操作期	具備具體推理的能力
11—14	形式操作期	發展抽象推理能力

段，其摘要如下：

皮亞傑這四個認知結構發展階段，只是大約的年齡分界，有些學生發展較快，另一些則可能較慢，但都要經過這四個階段發展，不會有由第二期突然發育至第四期的現象。然而可能影響這項認知結構發展的因素有三項：

①成熟度與經驗 (maturation and experience)：成熟度包括其生理與心理的成熟程度，皮亞傑認為「沒有經驗，就沒有學習 (there is no learning without experience)」。

②社會經驗 (social experience)：社會性的交互作用，使學生發展其語文能力，並考慮別人的看法 (不再是自我中心的思想)，以建立其謙虛、誠實、合作等社會性行為。

③平衡化過程 (equilibration)：兒童的認知結構因新環境而發生矛盾失去平衡 (equilibrium) 時，能改變其認知結構以適應，而恢復其平衡。

所以課程編製者，應能配合學生認知結構的發展，提供適當的「經驗」與「環境」，使學生能運用充分的時間，學習適當的教材。我們不能要求具體操作期的學生做抽象推理。同樣也不能讓形式操作期的學生僅作具體推理，而完全忽略抽象推理。

依照皮亞傑的理論，中學生，包括國中與高中學生，都應先後進入形式操作期，「假設演繹 (hypothetical deduction)」與「反省思考 (reflexive thinking)」，也能擺脫「知覺」的拘束，以實行較為抽象的思考與概念化的活動，以及有系統的抽象的邏輯思考。其重要特點有：

①能反省思考，如檢討過去所做實驗之得失。
②能根據假說，進行演繹推理，如「若則邏輯」之運用。

③能適當控制變因以進行實驗。

④能指出系統中各種不同的交互作用。

⑤能進行命題操作，以探討現象。

但，根據卓播禮 (L.W. Trowbridge) 的報

告，有好幾個實際的研究結果顯示，論年齡早應進入「形式操作期」的學生之中，常有相當多數的學生並不具有應具備之認知結構。根據卓氏的報告，雷諾 (Renner)、史大福 (Stafford) 與拉岡 (Ragan) 等人，測驗 588 位俄克拉荷馬州的中學生，結果發現只有 10 % 的學生具有「形式操作期」的認知水準。又據卓播禮本人在北科羅拉多大學及臺灣省立彰化教育學院所做的測驗，也分別顯示只有 55 % 及 53 % 的大學一年級的學生，表現其「正常」水準的認知結構 (註 9)。

關於這種現象，早在 1970 年，皮亞傑就有如下的解釋：「認知結構發展的四個階段，其先後順序是恒定不變的，而且前一階段，就是後面一個階段的基礎。另一方面即使年齡相同，其認知結構發展的快慢亦有差異。所以，假使學生在不適當的學習環境 (不適當的學習刺激與活動) 下，前面三個階段中的認知發展必定受阻，以致影響到其形式操作認知結構之建立。」 (註 10)

根據上面這些研究，課程無論在國家級、學校級或教師個別的設計中，均應考慮下面幾個要素：

①學生認知結構上的個別差異

②設計適當的學習活動，使學生能積極參與，儘可能增加其親手經驗的機會。

③儘可能減低「假學習 (即機械性的記憶)」。

④注意學生的學習基礎，提供有關「起點行為 (Pre-entry behavior) 與終點行為 (terminal behavior) 的資料。

⑤為發展學生形式操作思考的能力，建議如下：

a. 為「假設演繹」思考 (hypothetical thinking) 能力之發展，可由教師提出「問題」，讓學生設立「假說」。

b. 為「命題思考 (propositional thinking)」能力之發展，可提供一些解決問題，可能因素 (其中有些是需要因素，有些不是)，讓學生找出解決問題

所需因素。

c. 為評鑑能力之發展，可提出有關問題的數種解決方法，要求學生分別評鑑（判斷）其價值（或可行性）。

d. 為發展「組織問題」的能力，可選用學生所熟習的主題，由教師發問有關問題，要求學生運用其所學知識，找出問題的關鍵，將問題組織起來。

e. 為「反省思考（reflexive thinking）」能力之培養，可針對學生所做的結論，發出問題促使學生參與討論。

總之，應為學生多多提供親身經驗的機會，使積極參與學習活動。只靠單純的記憶。學生無法真正學到任何知識與技能。課程的安排，應配合其認知結構實況，設計適當的學習環境，以幫助學生充分發展其認知結構。

（圖六）各認知發展階段一般目標範例

階 段	溝通思想能力的一般目標
<u>第一階段：</u> 由「直覺」轉入「具體操作」過渡期 「具體操作」初期	◎ 能適當運用新語 ◎ 能依照順序記錄所發生之事 ◎ 能討論並記錄其對於周圍環境的生物或非生物的印象。 ◎ 能將資料做成數表，也能用數表。 ◎ 能用「象徵符號」在圖表上記錄所觀察之資料。
<u>第二階段：</u> 「具體操作」後期	◎ 能用「非象徵符號」以製圖表。 ◎ 能運用「趨勢」或「變化率」等名詞，以解釋（或說明）所觀察之資料（或圖表）。 ◎ 能運用「直條圖（或稱直方圖）」或其他較單純的圖表，表達其思想。
<u>第三階段：</u> 進入「抽象推理（或形式操作）」前之過渡期	◎ 能選用適當的圖表種類，以傳達思想資料。 ◎ 能運用適當立體模型或圖表，以說明或記錄所觀察的結果。 ◎ 能根據圖表中曲線的傾斜、面積或交叉情形，以推論（或演繹）資料。

如上表，我們不能要求國小一、二年級（屬第一階段）的兒童，能推論曲線表的資料。這段年齡兒童的認知結構不可能做如此抽象推理。

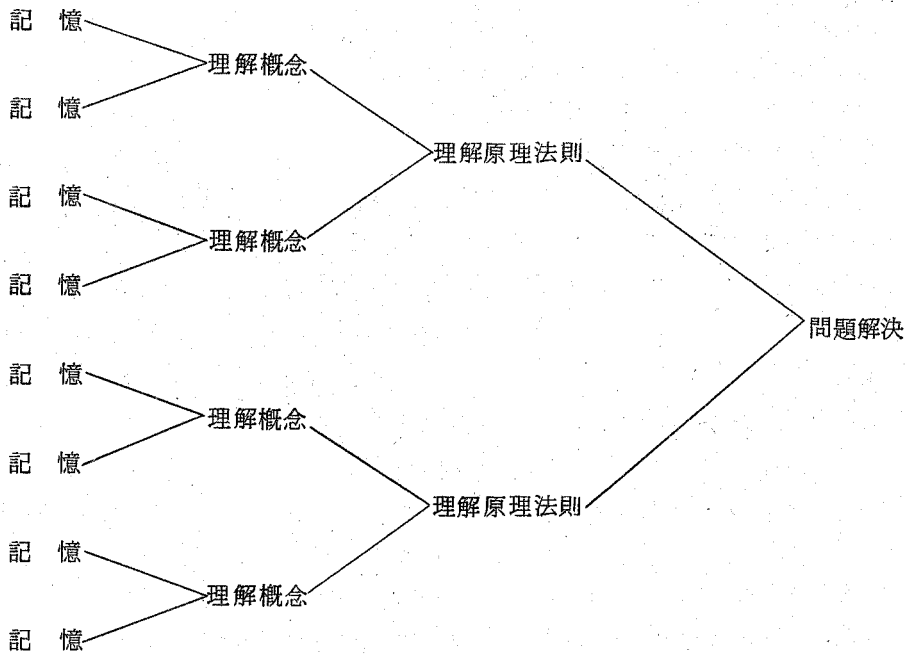
對於特別聰明或 13 歲以上的兒童，可考慮讓他們進一步試行探討「事物、現象的通則（pattern, 或 generalization）」，甚至運用這些通則以解決問題。這種構想受蓋聶（Gagné）學習階層（Learning hierarchy，註 12 與 8）的影響。他的學習階層由簡易至複雜艱難依次排列如下：

1. 訊號學習（Signal learning）
2. 刺激—反應學習（Stimulus-response learning）
3. 反應連鎖（Chaining）
4. 語文聯想（Verbal association）
5. 多重辨別學習（Multiple-discrimination learning）
6. 概念學習（Concept learning）
7. 原理原則學習（Rule learning）
8. 解決問題（Problem Solving）

蓋聶氏的八個學習階層之中，在中學階段的科學教育以後面三層，即概念、原則或問題解決三大類的運用最多。所謂概念學習就是「學習對一群在外表上彼此不盡相同的刺激之共同屬性做共同的反應而言」，所謂原理原則學習就是「學習兩個或兩個以上的概念之連鎖，或了解概念與

概念之間的關係而言」，所謂解決問題學習「使學生於遭遇到新的問題情境時，能經思考，運用並聯合前已學過兩種以上之原理原則，以解決所面對的問題而言」（註8）。

英國的 SCISP（註13）根據這四個學習階層，建立其 SCISP 學習模型如圖7。



（圖7）SCISP 的學習模型

在小學階段，科學課程目標應着重學生親身經驗（firsthand experience），以及具體推理（Concrete reasoning）之學習。像「提高並擴充學生對於人類環境的興趣」或「使學生能欣賞其所居住之世界，以及整個宇宙微妙的秩序與美景」，這樣的目標，做為國小低年級的課程目標不適當，因為太抽象，超越學生能探討的範圍，也就是其學習階層太高，小學生根本就夠不到。

（2）社會與個人需求

課程目標選擇的第二個基準就是社會與個人的需求。任何一個學生無論接受多長的教育，總得離開學校進入社會，成為社會中一份子。有些

人也許將得到一份工作，成為社會組織中的一個「螺絲釘」，安份守己盡他應盡的責任；但也許他要成為參與一些關係大家生活（或生存）重大決策的人物。無論如何，人類的社會是高度複雜的組織，也是各種交互關係所織成的平衡系統（equilibrium system）。然而這項平衡系也不斷在改變。尤其近半個世紀以來，由於人類科學之突飛猛進，人類社會的一切，無論成份、組織、價值體系都在改變。

人類的醫學，使人類克服許多疾病，使人類能抵抗許多惡疾，因而死亡率劇降，平均壽命大為提高。同時農業技術，使人類改良農產品生產體系，使人類吃得好，工業技術也使人類穿得好

，住得舒服，行走又方便。另一方面却惹出人類歷史空前未有的人口，環境品質，以及資源與能源等嚴重問題，大大地威脅人類生命的前途。

我們的各級學生將來都是人類社會中的一份子。至少他要能認識這些問題，也要能「適應」這社會，更重要的，他將要「參與」這社會中的種種交互作用。因而學校教育不能不考慮將來的人類社會「需要」什麼樣的人？

例如，過去的社會需要會打算盤的人。但現在人類已經能生產高性能廉價的袖珍型計算機（Calculator），也有運用範圍廣大的電子計算機（Computer），現在的社會需要會「運用」電子計算機，使它能發揮最大效能的人，而不是會「計算」的人。學校教育當然要能配合以選擇課程目標。

就整個社會的需要來說，例如：

「發展對於人類，以及其物理與生物環境的理解」

「發展對於科學的本質，範圍以及其限度的瞭解」

這二個課程目標，都不能以任何單獨一個學科（例如，生物、地球科學、物理或化學）的學習就能夠達成（這也是各國發展中學階段「統整科學課程」的理由之一），所以也許可為中學各科科學課程的「共同」目標。

另一方面學生個人的需要也應該加以考慮。以個人的興趣來說，有很多學生會有各種不同有關科學或工技的嗜好或興趣，例如，攝影，收集岩石或蝴蝶、「線控模型飛機」，裝收音機或更高級的音響器材組合等等。以個人的家庭生活方面來說，也許他寧願要學會如何更換電開關的保險絲，不介意是否能記憶歐姆定律；或寧願懂得怎樣沖洗照像底片，不介意是否能重述氧化還原的定義。如以高中學生（假定高中生一定要繼續升學大專學校）的教學來說，他將要學數學或物理，生物科學或應用科學，如醫學、農學或工學方面，乃至貿易、管理、經濟、或文學、藝術、法學以及政治，所需要的數學基礎或其目標

均應不相同，課程目標之訂定亦應考慮這些個別的需要。

(3)科學學科的本質

近幾十年來人類科學的突飛猛進，改造了人類的社會生活，也影響中小學的科學教育。中小學的教材，無論物理、化學、生物或地球科學，早已無法在原有的課程結構上，再容納天天增加（估計每5～7年就加倍）的科學新知。科學教育家不得不做適當的選擇（或取捨，或謂若干的「割愛」，再也沒有法子保持所謂「完整」的任何學科。通常這種選擇，要由兩個面來進行。其一為「概念結構」方面，另一則由求知訓練方面來進行。

關於概念結構方面：探討科學之門路絕不止一條，都有其不同的門徑（approach）。例如，美國的BSCS（註14）就發展三種不同門徑的高中生物教材：

黃版（Yellow version）以演化與適應的概念為基礎以發展。

綠版（Green version）以生物與環境間交互作用的概念為基礎以發展。

藍版（Blue version）以生物的「分子本質」為概念（生化的概念）為基礎以發展。

這三個版本都有其不同的概念結構，也有不同的教材內容，但同樣是探討生命的科學。

關於求知訓練的方面來說：因為科學知識增加太快，學生們所要學的東西太多，再說科學知識也不斷地變化，學校再也不能要求學生「無條件」接受知識，倒不如好好訓練學生求知的方法，讓學生能運用以自行尋求知識，或解決自己所遭遇到的問題。根據這種課程哲學，所發展的代表性課程，就是AAAS的Science——A process Approach（註15）。這個教材有系統地訓練學生科學的過程技能，以發展學生科學的思考法與探討科學的技能。其各階段課程目標分別為：

第一階段（小學1～3年級）：發展觀察與數值運用技能。

第二階段（4～5年級）：發展觀察、空間與時間關係運用，數值運用，測量，分類與預測的技能。

第三階段（6年級）：再發展另外二項技能，即溝通表達能力與推理能力。以上均屬基本能力。

第四階段（第7～9年級，相當於我國國中）：開始發展統整技能，包括解釋數據，控制變因，敘述操作型定義，建立模型，建立假說，以及從事實驗的技能。

奈及利亞的科學教師協會所發展的初中科學課程目標（註16），則為一

①觀察：要仔細而完善。

②記錄：要根據觀察，要完全，精確。

③組織：要能組織所觀察的記錄資料。

④一般化：要能從所得資料中找得出通則。

⑤預測：要能根據所得通則以做預測。

⑥設計：要能設計實驗以驗證所做之預測。

⑦繼續探討過程：當所得新資料不支持其預測時，能繼續其探討過程。

另外也有許多科學課程，都採用布倫氏教育目標分類（註17與18）。布倫氏將教學目標分為認知（cognitive）、情意（affective）及技能（psychomotor）等三個領域，布倫氏等人又將認知領域再進一步做階層的分類，而情意的領域與技能的領域部分，則分別由克拉斯霍爾與馬西亞（註19）以及塞洛（註18）做進一步系統分類。這三個領域的分類系統大綱如下表：

（圖表8）

（認知領域）	（情意領域）	（技能領域）
1.知識	1.接受	1.知覺
2.理解	2.反應	2.定向
3.應用	3.批判價值	3.倣效反應
4.分析	4.組織價值	4.機巧操作
5.綜合	5.建立品格	5.熟練操作
6.評鑑		6.創作

總之科學課程目標之設定，或謂目標之選擇，應考慮學科特性與趨勢，絕不以科學知識之灌輸為唯一目的，必須注重學生的思考（thinking），感受（feeling）與實做（doing）。無論運用何種分類，科學課程目標的範圍總不外乎①科學概念結構（思考），②科學方法（實做），以及③科學態度的培養（感受），不宜有任何偏重。

（4）可行性

課程目標當然要劃出我們的教育理想，但這些理想仍需建立在現實上面。

如果經濟情形不容許，課程設計應避免較昂貴之設備或儀器使用，但那些「純」經濟的觀點

則不足為訓。例如在美國與我國都曾經有過「發展電視教學以節省教師名額」的嗜試（註20）。誠然，電視教學有其特殊效能，也有其值得推廣的價值，但，其目的為提高教學效能，絕不為「節省」地方教育預算。有異曲同工之妙者，尚有「增加教室容量（每班學生人數）」以節省教育開支；「增加分組實驗各組學生人數，節省實驗材料（7～8人解剖一隻青蛙）」，都是敷衍了事，將科學教育視同兒戲，似是而非的經濟「理論」。課程設計者應衡量一般學校環境情況，並應設法防止此類怪現象之發生。

社會風氣或其價值觀念，也為課程設計所應考慮之因素。例如，社會上彌漫著文憑主義，升學主義，形式主義的歪風，對於學校科學教育的

影響甚鉅，課程設計人絕不可退縮，不可逃避，應面對現實，設法防止或矯正。當然課程設計人，無法獨力對抗這些偏差，但至少不能受其影響而捨棄理想，反而在設計上設法矯正才對。

對於環境的阻力，包括上述經濟上，或社會價值觀的阻力，課程應積極設計其「替代辦法（alternatives）」，提供有彈性（flexible）的課程。

課程的執行者，就是教師。只要有位好的教師，即使課程設計有所偏差，或設想不週，他（或她）的教室裡仍能「春風化雨」。但教師素質不能配合，就算有完整無缺最好的課程，也不能發生作用，到了教室，都會變了樣子。教師的進修（或退而求其次補修）以及在職訓練制度的建立，當可改善此類現象。課程設計者宜考慮現實的教師素質，或附帶發展教師手冊，指引，或發展在職訓練制度，以配合。另一方面，教師的地位或其職責也應受到尊重。課程設計方面，應准許教師發揮其個別的創造性，在不違背課程目標下，發展其獨特的教育目標。

學生也是具有其獨特價值觀，經驗，態度與品格的人格系統。課程設計的對象，就是學生。所以課程設計人都應該考究他們可能的「起點行為（pre-entry behavior）」。儘管根據學理（例如，皮亞傑或蓋聶的學說），可知道學生們各年齡階段的認知結構發展情形。但，根據實測（例如，卓播禮（註9）的研究），常有很大的出入。課程設計者應該實際考查學生的學前經驗（readiness），以決定其「起點行為」，否則所設計者仍會使教師有「行不通」或「行之難苦」之感。

總之，課程目標就是課程設計的依據，而課程正是一切教學的依據。如用「系統」的觀念來說，課程為課程設計系統的產品，也就是 output（輸出），對於教學系統來說，課程就是其 input（輸入）。

課程目標為教材與一切教學情境選擇與組織的基準，也是教學活動（或過程）設計的依據，

同時也是學習成就評量的具體根據。

課程目標之選擇，至少必須考慮下列四個因素：

- (1) 學生認知結構的發展情形
- (2) 社會及個人的需要
- (3) 學科的本質
- (4) 可行性

現代的科學課程之設計，不能單獨由專業科學家獨力完成。除了科學家之外，還要有教育理論家與中小學科學教師共同參與。科學家可在「學科的本質」方面多提供教學資料，尤其是鄉土的，生活上所需要（包括社會及個人的需要）的資料，同時在科學概念結構的發展方面，多提供資料與意見。教育心理學家則在「學生認知結構」與「社會、個人需要上」多貢獻。中小學教師則在「可行性」上多下功夫，以共同合作的方式，設計較為理想的課程。

課程設計關係全民族之前途。教育國之本，凡教育工作者的眼光，都應該放在五年，十年或更長遠的將來。我們應能預測將來社會或個人的需要，隨時調整課程。

參考資料

- 1 Macdonald, James B., "Curriculum Theory: Problems and a Prospectus", Paper presented at Professors of Curriculum Meeting, Miami Beach, April 3, 1964. Mimeo.
- 2 Faix, Thomas L., "Structural-Functional Analysis as a Conceptual system for Curriculum Theory and Research: A Theoretical Study", paper presented at American Educational Research Association Meeting, Feb. 1966, Mimeo.
- 3 Mauritz Johnson, JR., "Definitions and Models in Curriculum Theory", Educational Theory. Vol. 17, No. 2,

April 1967.

4. Gagné, Robert M., "Curriculum Research and the Promotion of Learning," Invited address to AERA meeting, Feb., 1966. Mimeo.
5. Eisner, Elliot, "Levels of Curriculum and Curriculum Research," *Elementary School Journal*, 66 (Dec., 1965).
6. Halliwell, H. F., *Royal Institute of Chemistry Reviews*, 1968, 1.
7. Piaget, J., "The Origin of Intelligence in children, 1952, International Universities Press, New York. (Original French edition, 1936)
8. 林清山「科學教育的心理學基礎(上)」, 科學教育月刊創刊號, 國立臺灣師範大學科學教育中心, 民國65年9月, 臺北。
9. Trowbridge, Leslie W., "Research on Cognitive Development by Piaget and its Implication for Science Education", Lecture at National Taiwan Normal University, Dec 13, 1977. Mimeo.
10. Piaget, J., "Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood," *Third International Convention of the Institution for studies and Research in Human Formation*, Milan, Italy, 1970, pp. 157-164.
11. Schools Council, "Schools Council 5/13 project," 1972, Macdonald Educational, London.
12. Gagné, R. W., "The Conditions of Learning," 1967, Holt, Rinehart Winston, Inc., New York.
13. Schools Council Integrated. Science Project, 1972, Macdonald Educational, London.
14. Biological Science Curriculum study, University of Colorado, Boulder Colorado.
15. American Association for the Advancement of Science, "The Psychological Bases of Science—A Process Approach, 1965, American Association for the advancement of Science, Washington.
16. Science Teachers' Association of Nigeria, A. Course for the Junior Forms of Nigerian secondary schools, (No date).
17. Bloom, B. S., et al, *Taxonomy of Educational objectives*, Vols. 1 and 2, 1956; David McKay Co. Inc., New York.
18. 楊榮祥「運用教育目標系統分類以改進教學」, 科學教育月刊第三期, 國立臺灣師範大學科教中心, 民國65年11月, 臺北。
19. Krathwohl, D. R. et al, *The Affective Domain of the Taxonomy of Educational Objectives*, 1964, David McKay Co., New York.
20. Gordon, N. George, "Classroom Television—New Frontiers in I TV", 1970.

