

科學教育的基礎——

談初期教育應有的方向

HARRY McANARNEY 著 陳秉堯 譯

一、前言

過去 10 ~ 15 年來，我們一直強調初期科學教育發展的重要性。從 1960 ~ 1970 年，美國許多課程專家陸續提出課程的改革計劃及推出多種的科學新課程。最近 3 ~ 4 年所提出的「第二代」計劃（second generation）和 1960 年代的「第一代」計劃，無論在課程結構、教學方法、教學目標各方面均有很大的不同。

有些學者認為過去 10 ~ 15 年的努力對科學教育本身並未發生重大的影響。許多事實證明有些計劃沒有充分被採用而束諸高閣。無疑的，有許多理由可以解釋這種情形。為什麼有許多的小學教師不貢獻更多的心智致力於科學教育？小學科學教育的方向究竟應該是什麼呢？

現在各方面的努力尚未發現初期科學教育一個有效的藍圖。以下這篇文章與其說是對未來小學科學教育的預測，不如說是探討未來幾年的初期科學教育可能的方向陳述個人的觀點。

二、科學教育和教師

未來的初期科學教育將會因為教師們基於「科學在學校教育中具有貢獻」的事實而受到很大的影響。非常不幸，很多的理由使得一些教師不能重視科學以及它在完成教育目標時所蘊藏的無比潛能。顯然的，科學不同於一般的讀、寫、記的學科而是一種可以思考、實際經驗，可加選擇的感受（sense），它也是班級活動中的一部份。本人主張教師沒有權利排拒或非法刪除課程中的任何進度；或對課程有所輕意忽視。教師本身，不能夠因為個人或其他的理由在科學或其他學

科中變成有效教學的一個障礙。

有一些因素可以用來解釋為什麼教師缺乏對科學教育的熱誠。有些人認為這種學科十分浪費金錢；有些人以為中小學中，女性教師占大多數，而她們缺乏科學的興趣。但是，我們不是可以加強師資訓練提高她們的興趣嗎？有些人認為科學不是最重要的學科而敷衍了事或是本身能力有限，不能勝任。

欲使科學教育獲得改善必先使教師明白科學在一般學校教育中對學生所發生的深遠的影響以及對他們將來一生無窮盡的貢獻。以下我謹提出幾位專家學者的見解，或許能夠促進我們彼此觀念的溝通。

(1)科萊恩（Kline）：研究科學不僅可以提供學生知識的獲得，同時也可以培養他們理性精神（rational spirit）的素養。他認為科學是一般教育的根本，就如同文學和美術一樣是我們文化遺產的一部份。

(2)易斯勒（Esler）：科學活動可以加強學生在語言、數學和其他科目的基本技巧（basic skills）。因為科學可以發展孩子的思考技能，這種技能正是一切學科的基本。

(3)巴魯法弟和司威特（Barufaldi & Swift）：推行小學科學教育的障礙乃是因為教師認為本身工作忙碌而孜孜於讀寫和語文的教學以致於忽視科學教育的重要性。但是事實得知：學生熱衷參予的科學活動往往和增進他們的語文能力、表達技巧有極密切的關係。

三、教育的三大基石

我們一向的教育政策從開始到現在都強調幫

助個人獲得知識、培養技能，以及個人價值和對社會應有的責任和態度。教育學者一直熱烈討論教育的目標，如何使學生在體能上、心智上、社會上、情感上獲得充分的適應與發展。通常我們認為哲學觀（Philosophical）、心理觀（Psychological）、社會觀（Sociological）是教育的三大基石。因此，科學教育方向的探討首先應根據這三個基石，引導我們正確的途徑去完成研究工作。這篇文章的主題即是小學教師應該改變態度，改進教學方法，進一步使他們了解科學教育是學校教育中最主要的一環。

四、其他觀點

(4)美國教育協會的教育政策委員會（Educational Policies Commission of the National Education Association）所提出的美國的教育中心目標（The central purpose of American Education）強調哲學觀的重要性；教育的中心目標即是發展學生的思考能力；而理性能力（rational powers）則是促進思考的動力；所謂理性者是指記憶、想像、分類、歸納、比較、評量、分析、綜合、演繹、推理的能力。

(5)布倫（Bloom）在「教學目標系統分類」（The Taxonomy of Educational Objectives）一書，在認知領域（Cognitive Domain）中提出由了解、應用、分析、綜合到評量一連串的過程而獲得不同層次的知識。事實上，這些不同層次的認知階層和教育政策委員會所提出的理性能力不謀而合。

(6)皮亞傑（Jean Piaget）強調學生認知發展的過程和心智的成長必須經過四個階段—①感覺動作期（Sensory-motor），②前操作期（Preoperational），③具體操作期（Concrete operational），④形式操作期（Formal operation）。同時，他認為成熟（Maturation），身體經驗（Physical experience），社會經驗（Social experience）和平衡化（Equilib-

ration）是四個影響認知發展的主要因素。皮亞傑的研究特別指出，學習的環境中有關體能的經驗必須豐富。它是智力發展的重要階梯。在小學階段，藉著物體的直接操作正是獲致各種經驗的最佳途徑。

(7)布魯納（Jerome Bruner）在有關學習和智性發展（Intellectual development）的領域中對課程和教學的影響非常重大。在學生的智性發展方面，他認為每一個發展的過程中，孩子對周遭世界各有不同的解釋和看法。教授某一事物給學生時必須藉著孩子們的方式，用他們的口語和看法來說明。學習一事物，似乎同時包含三種過程①新資料的獲得②轉譯（Transformation）或是整理資料以適應新工作（task）③評量（Evaluation）或是檢查所整理的資料對新工作是否足夠。

(8)布魯納認為經過解決問題和發現（Discovery）的過程，每一個學生可以自動學習如何發現或自己思考。他認為一個人愈是利用或練習發現的方法，他愈是可以學習到更多的學習方法獲得更多的知識。他又認為使用發現的方法，孩子們可以得到四種利益①智力潛能的增加②從外在（extrinsic）轉移到內在（intrinsic）的報酬，使學生視學習成功或學習本身就是一種內在的獎賞。③自我發現（heuristics）的學習④記憶力的增進。

五、建議和作法

改進初期科學教育的努力方向，有些專家認為「課程設計」占有極端重要的位置；但是教學方法的改革也頗值得重視。以下謹提數則建議供作參考。

（一）設計經驗為主的教材

最近的許多小學科學課程特別注重具體操作經驗的教材。這些教材的心理基礎建立在皮亞傑等的學習理論。新的課程是要學生經過實際的操作和直接的經驗來學習科學而不是閱讀教科書

來學習科學。新的教材是要學生透過行動和反應 (acting & reacting) 的過程獲得科學的概念。

(二) 注意個別化輔導

個別化輔導就是按照不同程度的需要給予適當不同的教材，注意學生學習速度的個別差異。教師應該輔導學生獲得獨立學習的技巧。

(三) 重視科學的二元目標

教育學者同意科學是學生一生中具有雙重目標的學術研究。科學必須幫助學生了解科學的內容或產物；同時使學生熟悉研究的過程和技巧。這兩個目標事實上必須相輔相成，達到平衡，彼此才會互有助益。課程的設計應該配合學生的認知程度使概念接受與過程訓練兼顧並重。

(四) 幫助學生自我學習

教育的目標之一是要幫助學生如何在學習的過程中發現自我。即如何發現 (discovery) 和探討 (inquiry)。本人認為「發現」在小學的科學教育中似乎占有更重要的地位。卡爾恩 (Carin) 指出「發現」並不侷促於找出新事物的結果而是藉著自我心智追尋獲取知識。也就是說綜合過去的經驗，重整內在的資料而形成新的概念。鼓舞學生「發現」早已成為教學的主要目標。「發現」是人類自我的渴求追尋問題的解答；是一種獨立學習的最佳方法。誠如俗語所說：「給我一條魚吃一天，不如教我如何捕魚而可吃一生。」

(五) 課程結構的一貫性

目前美國小學科學教材內容包含地球科學、生物科學、物理化學的統整科學提供學生從簡單到複雜連續性的概念發展；而從小學到中學的科學課程應有一貫性的銜接。洛克卡瑟爾 (Rockcastle) 認為新的課程中心目標並不著眼目前的成就而是放眼於未來教育成功的遠景。

(六) 減少總時數，延長上課時間

減少每週上課的總時數而延長每堂上課的時間，使學生能夠有充分的時間進行每一個單元活動，都能親自經驗，實際操作以獲得科學的概

念。太短的上課時間往往導致於依賴閱讀、討論、填充作為教室內的活動以致於不能收到真正學習的效果。假設每週有 150 分鐘的科學時數，安排成每週五堂，每堂 30 分；遠不如每堂 50 分每週三堂來得妥善有益。

六、結語

小學是正式學校教育的開始而科學教育又是學校教育最重要的一環。中小學科學教育的成功與否關係到學生一生的幸福與美滿；整個國家社會的進步與發展。首先，我們由改變教師的觀念態度著手，加強師資訓練，灌輸心理學基礎；其次改革科學課程，注重概念發展與過程訓練；最後改進教學方法，使「教與學」真正符合科學的方法。我相信以上這些原則將是今後初期科學教育應該努力的方向。

(譯自 Science Education JAN—MAR 1978)

[譯者現職：台北市立明德國中教師]

(上接 16 頁，百分位數和百分名次)

參考資料

F.4	A.7	A.9	F.14	A.14				
A ₁	A ₂	A 班統計表		B ₁	B 班統計表			
14	18	A ₂	A	劃記	f	B	f	
16	17	18	18	—	1	13	18	0
15	16	17	17	—	1	13	17	0
12	16	16	16	下	3	11	16	1
10	16	16	15	下	3	9	15	2
7	15	16	14	—	1	12	14	3
12	15	15	13	—	1	13	13	6
15	15	15	12	正	6	16	12	2
17	14	15	11	—	1	14	11	2
12	13	14	10	—	1	12	10	2
16	12	13	9	0	0	9	9	2
12	12	12	8	0	0	10	8	0
5	12	12	7	—	1	13	7	0
18	12	12	6	0	0	15	6	0
13	12	12	5	—	1	13	5	0
11	11	12				10		
15	10	12				14		
12	7	12				11		
16	5	11				13		
		10				14		
		7						
		5						