

英國科學教學目標之演變

陳秉堯譯 PETER UZZELL 著

一、緒言

為什麼要採用這種方式來教科學？今日科學教師心目中的教學目標是否真的接受了教育理想？或是僅僅追求時尚的風行？以下，就 11~16 歲的學童，將過去一世紀以來的科學教學目標進行簡短的調查分析，或許可以提供一些線索，作為討論這些問題的基礎。

二、科學教育的播種時期

一八四〇年代，即上一世紀中葉，政府撥款採購實驗儀器，才有部份的小學開始教授科學課程。這段時期的課程內容，不僅注意到灌輸日常生活所需的科學知識，同時也注意到邏輯思考能力的訓練，和語言文字應用能力的發展。可惜，這段時期的小學科學教育的風氣並未普遍開展。一八六二年，教育部修訂章程 (Education Department's Revised Code of 1862) 中，事實上除了「讀」、「寫」、「算」外，居然沒有將自然科學列入課程之中。

一八六七年，威爾遜 (Revd J.M. Wilson) 提出一篇具有影響力的論文：「一個受過教育的人必定具有判斷和證明事實的能力；這種能力正可由科學教學 (science teaching) 加以陶鑄。」「經過具體實驗的事實才能導出抽象概念的建立而後形成假說和定律；才能由已知推論到未知。」威爾遜和其他學者不斷地努力鼓吹才使這些觀念漸漸流傳。然而，十九世紀中並沒有很多的公立學校安排科學的課程。

一八六八年，學校諮詢委員會 (Schools Inquiry Commission) 聲明：「科學教學不單是科學知識的傳授，更要培養學生自己觀察、解釋、和作結論、驗證的習慣。」

三、科學教育的萌芽時期

一八七一年，教育部宣稱自然科學可在四~六年級作為選修的特別課程。直到一八九〇年代只有 2% 的學生選讀這種特別課程；這其中，約有 2% 選修化學，10% 選修機械。這種現象可能是因為缺少實驗設備的關係。這段時期的課程，尤其是化學都偏重學術理論的研究而忽略實際應用的價值。從一八八二年的教育章程中不難窺知這時候科學教學的本質：「科學教學應該特別重視實驗和引證 (illustration) 的方法。假如科學教學只是給學生下定義和講解而不給學生練習觀察的機會則必失去教育的意義；教師也不應當以這種機械記憶的教法感到滿足。」

一八八二年，小學科學才正式成為班級普通課程，而不再是選修的特別課程；由於缺乏設備和師資，阻礙了科學教育的正常發展。一八八二年的章程不但介紹小學科學教育的意義，同時也描繪出它的藍圖。這個章程將小學科學定義為：「一項簡單而連續的課程……以訓練學生觀察、敘述、評論的習慣。」「這些課程必須採用閱讀、口述、圖例以及作圖、繪表、採集和簡單實驗等不同的教法。」這段時期的一~三年級的課程包括一些熟悉的動物、植物介紹和其他日常生活常見的事物；內容缺乏目標和系統，教法以講解和示範為主；沒有健全的科學師資訓練和缺乏充實的設備，只好依賴背誦記憶一些膚淺零碎的科學知識。

一八九一年，英國科學促進協會 (British Association for the Advancement of Science) 報告：「學生從事科學研究不可侷限於觀察能力的訓練；他們必須親自操作參與活動；僅僅從事於上課的聽講和筆記並不足夠。」

一八九四年的教育章程頒行革新的課程設計，即「實驗的算術、物理和化學」。主張教材必須配合實驗，以學生活動的經驗為主。

一八九五年，皇家中等教育委員會（The Royal Commission on Secondary Education）對當時的科學教學評鑑如下：「科學並非僅是尋求可供貿易的物資目錄或是和經濟效益有關的抽象理論；它是驗證偉大理想和發明創造的系統或表徵。」

四、科學課程教法的研究

十九世紀末，科學教學的目標開始由「爲什麼教科學？」轉移到「如何教科學？」

阿姆斯壯（H.E. Armstrong）創立的皇家協會（The British Association Committee）致力於化學教材教法的改良，提供學校和師資訓練機構有關化學的教學方法要領；他強調重視心智訓練（mental training），他所設計的課程分成下面六個階段：

第一：就兒童周遭環境的事物，概括科學的範圍，包含地理學、地質學、自然歷史等，使了解各種事物的變異。

第二：包括測量長度、面積、質量、體積、密度等，使學生經過測量而理解定量的性質與差異。

第三：探討一些元素與化合物的熱效應，灌輸定性的概念，訓練學生正確觀察和記錄的習慣；同時發現化學反應並非千篇一律。

第四：熟練問題解析的步驟，例如：「當鐵生銹後會發生什麼變化？」

第五：簡介化合物成分定量的分析，例如：水和粉筆的化學組成。

第六：介紹當代的化學理論。

這項課程明示科學的方法乃是藉著仔細觀察、推理和假設，使學生成爲「發現者」，是一種「自我發現」爲目標的教材教法。這套教材由於創意新穎，不能配合當時的考試制度和迎合教師陳腐的觀念而未引起普遍的注意，只有在倫敦的

幾個小學實施；但是這種主張開始影響考試的制度和方法以及引起大眾注意個別參與探討活動的重要性；可惜忽視了近代科學的發展和日常生活的應用。

五、科學教育的成長時期

廿世紀初，科學教學仍然強調學習觀察以及從觀察中學習（learning to observe and learning by observing）。直到一九一五年，課程依然缺乏兒童個別實驗的方式而多半採用示範實驗（demonstration experiments）的形態。

一九二六年，哈特（Hadow）的一篇「青少年和教育」（Education and the Adolescent）認爲優良的教材教法應是以兒童興趣爲主；建議透過科學家和行政者的合作達到目標。他認爲科學是一個整體不是個別分離科目的集合。

一九二〇～一九三〇年代，教育部出版「建議手冊」（Handbook of Suggestions）提示教師教學方法。一九二七年版，特別指出：「喚起學生對生物以及自然景觀的興趣，並對日常科學現象尋求定理的解說。教師必須幫助學生認識健康的法則，科學對社會的貢獻以及鑑賞自然的美妙。」這段時期依然重視示範實驗。

一九三二年，教育部頒行之「高中科學」（Science in Senior Schools）指出：「英格蘭和威爾斯的384個學校中，男生學校喜好選讀物理和化學，女生學校比較喜歡生物學。」「科學事實和原理的傳授有助於學生生活的充實、健康和快樂。」「科學教學可以啓發探討宇宙自然的興趣，訓練正確的科學方法。」此篇論文認爲過份的偏重學術理論或是多餘錯誤的實驗工作都不切實際。

一九三七年，「建議手冊修訂版」認爲較年長的高年級生應注意直接迫切的需要和興趣，引導學生從書本中自我教育（Self-education）以及建立離開學校後永無止境探討科學的志向。高年級生的科學教學應幫助學生熟練科學的方法；培養「心智的科學習慣」（Scientific habit of mind），明瞭各種科學事實之間的相互關係

，從結果之中演繹推論。

六、課程由分科趨向合科

廿世紀早期，科學教育的目標總是爭論不已，直到一九六〇年代，各項考試才注意到評量的具體目標。這段時期，科學教育還是以學術性為重並不注意科學的應用價值。

一九一六年出版的「科學通論」(Science for All)產生十分深遠的影響。這本書不但設計生物、物理、化學方面基本的實驗而且逐漸注意應用的科學。這些課程強調學生的興趣，認為科學是一項使每個孩子生趣盎然，自我追求的活動。

一九一七年，英國皇家協會(British Association Committee)會長格瑞葛里(Gregory)研究中學科學教育發現：男生仍然偏向物理、化學；生物科學已漸漸推廣，而女生則以植物為主。此種現象延續到一九四〇年代才使普通科學(general science)合科學習取代分科教授。他以為學校中應該教授基本廣泛的科學但不主張過多的實驗工作。科學教學目標應當訓練學生觀察和描述(description)的能力，重視科學方法，探求環境和人類有關的科學知識並了解當代科學的學說和觀念。

一九一八年，湯姆遜(J. J. Thomson)出版的「自然科學教育」(Natural Science in Education)同樣強調普通科學的重要性。湯氏另外設計一套課程給十六歲以下的學生，包括物理、化學、植物和動物學，都是取材自日常生活。他認為科學教學目標是訓練學生分析、解釋的能力以及熟悉原理和應用。

一九二四年，「科學教師聯誼會」(Science Masters' Association)出版「普通科學」(General Science)包括生物、化學和物理三個領域。

一九三六年，科學教師聯誼會出版「普通科學教學第一編」(The Teaching of General Science Part I)指出：「普通科學是基於孩

童的日常生活經驗所作的科學研究和探討。它是尋求普通的科學法則；並不重視傳統的分科科學而是根據學生心智的發展歷程探討科學的整體性。」從此，「普通科學」終於有了明確的定義。這個時期開始注意學生心智發展和教材教法的配合問題。

七、評量方法的改進

一九三八年，「普通科學教學第二編」中有一章特別提到「測驗」的方法，強調如何透過考試評鑑學生學習的能力和成就。它包括四項主題：

第一：對科學知識的熟悉程度。例如：術語的認識、定律的推衍和解釋。

第二：對科學思考能力的成熟程度。例如：判斷原理和事實的符合性，事實和假說的差異性，實驗數據的解釋和推論。

第三：認識科學對人類社會的應用與貢獻。

第四：熟悉科學方法和過程能力的程度。例如：應用科學解決實際問題的步驟和方法。

這本書不但強調高水準心智能力(intellectual abilities)的培養，同時亦注重實際工作能力，例如操作技巧等的訓練。考試時，除了要測驗這些能力外；教學上亦要符合這些原則。

一九三八年，史賓士(Spens)提出中級科學教育的研究報告：「科學教學的目標乃是提供學生自然法則的知識和應用，強調科學方法的思考和研究。他反對十六歲以前將科學分科並且認為過多的實驗工作對教學而言是一種時間的浪費。後來因二世大戰爆發，這項報告即行擱置。

一九四四年，龍伍德(Norwood)調查發現：認為中學的課程和測驗方式已不合時宜，應當力求改進。他和史賓士一樣贊同十六歲以前採用統整科學，天份聰穎的孩子可以在十三歲後學習分科的科學。

一九四七年，「中學科學教學」(The Teaching of Science in Secondary Schools)認為科學教學的目標在於正確觀察、實驗技巧和嚴格評理的訓練，並強調科學和生活及科學和文化

的密切關係。這本書特別提醒爲了應付考試而記憶科學知識並不是正確的途徑。

八、科學概念和科學過程並重

戰後，因爲經濟蕭條，缺乏師資和設備，科學教育呈現停滯不前的現象。但在一九五〇年代，美國政府的努力之下，PSSC、BSCS、CHEM等新科學課程陸續推出，影響所及，掀起了世界科學教育蓬勃發展的景象。

一九五〇年，科學教師聯誼會推出「普通科學教學」(The Teaching of General Science)強調探討式(Inquiry)實驗的重要性。

一九五三年，「中學階段的現代科學教學」(Secondary Modern Science Teaching)指出：注意學生學習動機的啓發和學習興趣的維持，除科學概念的獲得外，尚要注意科學過程技能的訓練；實驗工作必須以學生活動爲主，採用「發現」的方法。

一九五八年，「中學科學教學」再版發行。強調科學研究成果的溝通和發表以避免主觀偏見的判斷。

一九六〇年，「中學科學教育」，主張教材必須根據學生興趣的需要和配合學生自我的選擇。學生不但要了解科學概念更要訓練客觀的思考能力。學生應有研究的精神和自我創造的意志。

一九五七年和一九六一年的「科學和教育」(Science and Education)發表政策宣言(Policy Statements)：「科學實驗的經驗是獲致科學概念和解決問題以及熟練技巧的基石。科學教學必須注意到科學和技術的結合以及科學和生活的應用；此外，「科學人性教育」(humanity of science)應當注重以培養正確的科學態度和健全的人生觀。

一九六一年，科學教師聯誼會和婦女科學教師聯誼會(SMA & AWST)出版「中學生物」(Biology for Grammar Schools)以及「中學物理」、「中學化學」等小冊子均依照上述宣言的原則編纂並指導教師如何教法。這些刊物影響早期的奈飛爾科學計劃(Nuffield Science Pro-

jects)非常重大。

一九六〇年代，奈飛爾計劃推出生物、化學和物理三套新教材；其革新重點如下：

第一：了解原理原則比記憶事實結果更爲重要。學生應該具備區別事實、通則和假說的能力。

第二：鼓勵學生發現和發展好奇心，由實驗過程中得到科學概念。

第三：注意科學和社會的密切關係。這套教材另外附有行爲目標的評量測驗。

一九六九年，蘇格蘭教育部出版的「普通教育的科學」(Science for General Education)揭示詳細的教學目標。包括：解決問題、科學思考和科學的文化價值；強調「發現式」的學習方式以期學生具有理解、應用、綜合等科學過程技能。

一九七〇年，奈飛爾推行一套11~13歲階段的統合科學(Combined Science)對科學作基本的介紹，強調各門科學的整體性和一貫性；認爲所有科學之間交互影響具有方法和過程的「守恒性」(Consistency)。這套教材採用探討式的學習方法並同時照顧到程度高低不同的學生。

一九七〇年，奈飛爾又推出13~16歲階段不準備取得教育證書(GCE)的「中級科學課程」(Secondary Science)，這套教材和上述「統合科學」不同，悉以主題中心(Thematic Approach)，根據學生的興趣、需要、就業傾向，從八個主題中選擇教材傳授，使學生獲得廣泛的科學背景。鼓勵學生親自實驗以獲取通則和假說並增進人文教養(Literacy)和科學教養(Numeracy)。

一九七三年，奈飛爾的「公立學校統合科學計劃」(Schools Council Integrated Science Project)可謂創意新穎、突破傳統。這套課程不再以主題爲中心而是融合生物、化學、物理和地球科學以及社會科學。它強調科際間的相關性(Relevance)，注意到科學和技術以及科學和社會的配合與應用。SCISP主要是提供給13~16歲階段的學生；要求他們評理判斷、解決問題、設計實驗、發表結果。課程主要特色是透過

科學過程獲得科學概念以尋求科學通則即「類型」(Patterns)的建立。

一九六五年，科學教育協會(The Association for Science Education)發行「學校科學和普通教育」(School Science and General Education)，其中宣言和一九六一年的政策宣言大致相同。主張發展科學態度(Scientific Attitude)並採用探究方式(Investigatory Approach)的學習方法，對統合課程具有很大影響。

一九六七年再版的「中級現代科學教學」針對平均程度學生的教學；建議課程必須以學生日常的經驗為基礎而以現代應用作為教材的內容以提高學生的興趣；主張不論以示範實驗或個別實驗均採用「發現式」的教法；此外更特別講求操作儀器和設備技能的養成，以及客觀驗證的態度。

一九七三年，「科學教育協會」提出的13~16歲階段的科學課程目標計有三方面：

第一：探討心智的科學(Science for the Inquiring Mind)

第二：活動的科學(Science in Action)

第三：公民的科學(Science for Citizenship)

(上接59頁，珊瑚礁中珍奇的魚類)

• 黑點河魨 *Arothron aerostaticus* (見封面圖1)

• 藍點河魨 *Canthigaster solandri* (見封面圖2)

• 黑點箱魨 *Ostracion cubicus* (見封面圖3)

• 角箱魨 *Lactoria cornuta* (見封面圖4)

• 尖嘴皮剝魨 *Rhinecanthus aculeatus*
(見封面圖5)

6. 珊瑚礁中或水族館內上等的珍奇魚類還有：

• 龔氏松毯魚 *Myripristis kuntzei*，金鱗魚科(見封底圖A-1)

• 細鱗石鱸 *Spilotichthys pictus*，石鱸科(見封底圖A-6)

• 藍身絲帶鰻(又稱五彩鰻) *Rhinomuraena amboinensis*，鰻科(見封底圖D-2)

這套課程認為理解比記憶重要，重視科學方法訓練，鼓勵溝通、想像、發明以及決策能力之鍛鍊。

九、結語

從以上對科學教學目標的演進的調查報告中，我們發現近廿年來，不論在科學教材或是科學教法上都有明顯的改進。歸納起來，共有如下三點：

第一：近廿年來的科學教學目標演變甚多，但其內容不外乎科學知識之傳授、科學過程探討能力的訓練、甚至有關科學道德觀和社會問題的探討。

第二：十九世紀的教學方法以科學知識的背誦記憶為主，廿世紀以後則以科學技能和科學態度的培養為重點。

第三：我們實在很難指明什麼是造成這些改變的因素；但是這些改變時常是由於時代的需要和期望所致。

無論如何，根據這些演變的歷史背景，我們應能更正確透視未來科學教育的發展方向。

[譯自：The School Science Review Sep. 1978.譯者現職：臺北市立明德國民中學教師]

這些熱帶魚都有日漸減少的趨勢，應大力設法保護。除了禁止隨意撈捕之外，應注意維護其生態系的平衡。這些魚類都住在珊瑚的羣落中，如果沒有珊瑚，也就沒有這些美麗的魚族。珊瑚也是動物，其生存的主要條件有：

1. 深度20公尺以內，陽光充足，清淨的海水。
2. 水溫：最適溫度為25~29°C。
3. 鹽度在27~40‰之間，最適鹽度為34~36‰。

珊瑚只在清淨的海水生長，所以海水不容許任何化學污染；珊瑚的最適溫度在29°C以下，所以海水的溫度不能提高，也就是說不可有「熱污染」。

其實地球上珍奇的生物到處都有，只要人類不去干擾生態系的平衡，我們隨時隨地都可見美麗的生物世界景象。