

科學領域的 課程、教學與學習

文／藍偉瑩

科學教育自上個世紀末起便以科學素養之培養為目標、以探究教學為骨架、和以科學議題及科學知識發展為內容，期望課程不但引起學生學習科學的興趣，更能夠讓學生認識並嘗試解決真實問題。這樣的課程設計複雜度提高，在這樣的改革背景下，自發性的教師社群增加，共同研發課程。學生面對複雜的真實問題，藉由與同儕討論共學，體驗科學社群共創歷程，不僅學習知識，更培養探究能力，了解科學議題重要性，提供學生未來所需。

課程目標的轉向

我國近代的科學教育受到美國影響甚深，特別是 1957 年蘇俄史潑尼克人造衛星的升空事件後，中學科學教育最主要的目的便是了解科學知識的結構，並強調運用科學探究、發現與問題解決等方式達到學習科學知識的目標 (Bybee & Deboer, 1994)。美國國家科學基金會 (National Science Foundation, 簡稱 NSF 或美國國科會) 於 1964 年贊助 20 個創新 K-12 課程，例如物理 (PSSC)、化學 (CHEM)、生物 (BSCS) 以及地球科學 (ESCP) 等，這些課程在自然科學家的領導以及心理家的合作下，提供學生更早接觸真實的科學並吸引有潛力與能力的學生投身更高深的科學學習與工作，希望他們能像科學家一樣地思考與行動。這一套課程也對我國 60 到 80 年代的科學教育改革有極大影響。時至今日，仍是有些科學教室裡呈現相同的樣貌，進行著和過去相同目標的課程與教學。

1989 年我國獲美國教育測驗中心 (Educational Testing Service, 簡稱 ETS) 邀請參與國際教育進展評測 (International Assessment of Educational Progress, 簡稱 IAEP)，結果顯示我國學生表現，不論在數學或科學皆名列前茅，但成績差異上較大，特別是 13 歲階段的分布最廣。科學知識上表現佳，但於科學本質與解決問題能力表現上較差，根據問卷分析也發現，我國學生求知領域與生活圈太小，只為應付升學考試，這也使我國的科學教育又重新思考其意義 (教育部, 1996)。自九年一貫課程推動後，科學教育的目標除涵蓋過去強調的科學知識、科學方法、科學精神以及生活應用的目標，並強調科學研究活動，培養良好的科學態度與終身學習的能力，使國人能成為具科學素養的未來公民 (教育部, 2003)。然而，科學教育的問題似乎未解決，我國學生學習的 M 型化仍然嚴重，而學生進入社會後，仍然對於生活中簡單的科學問題無法正確判斷。

過去的科學教育著重於科學人才的培育，多數的學生不會從事科學相關工作，若然，科學教育的積極意義為何？學生除了面對升學考試所需外，科學課程對他們的意義是什麼呢？科學充滿於現代生活且包羅萬象，科學創造了現代社會的新藝術，並透過以科學為基礎的科技發展，大量改變人類的生活型態，解決許多過去無法處理的問題，也同時也衍生新的問題。學生應該了解現代公民所面對的問題以及因應之道，並能以科學方法、分析與論證等方式進行科學性社會議題的討論。當科學課程與學生生活連結，讓學生開始關心生活周遭，並思考改善之道，學生參與科學學習的動機與動力就會不同，課程目標的積極意義便產生。

科學課程的翻轉

一、科學課程的設計

當課程目標重新確認後，科學課程的設計便有了轉變。許多科學教師開始思考如何在學生解決問題的歷程中，可以習得科學知識與探究方法。課程設計成為學習經驗的設計，教師必須想像學生學習的過程，包含可能的困難與必要的回應。如此，課程在教室實施過程中才能達到課程目標。以思考學習歷程而進行的課程設計，其歷程如下：

1. **分析學生的準備度 (readiness)：**了解學生的起點狀態在課程設計中是重要的，除了先備知識，還包含學生需要知道的重要問題，學生對於這些問題的熟悉度，以及這些問題與單元概念的關聯，以便選擇最適當的問題。
2. **設定培養的能力：**學習內容除了知識

外，還有能力的培養。如果將課程欲培養的能力比擬為骨架，則知識則為骨架內填充物。在教學現場最常發現學生學習科學的困難有兩類，一是科學知識過於艱深，另一是學生不具備學習知識過程所需的能力。前者是最常被歸因的學習困難原因，但後者卻鮮少被處理。例如學生讀不懂圖或表，會以為自己沒學會，但其實是缺乏非連續文本的閱讀理解能力所致。課程設計如果沒有設定要培養的能力，則不是以講述法授課，便是討論或活動課程進行得不順暢。

3. **找出核心概念：**找出課程的核心概念，並完成概念分析，對課程設計與學生學習是關鍵的。掌握核心概念，並了解概念間關係。學生知識網絡得以建立，在教學提問的設計時更能夠掌握問題間概念的發展性，使得問題能漸進或以螺旋方式發展。如果沒有分析概念間關聯，則教學過程會變成零碎，或是只在乎枝微末節的事，未來也無法活用。
4. **決定學習成果：**每一個單元或每一堂課的設計都須設定學習成果，這是形成性評量，也是下一個問題的診斷性評量。「學生能夠說出膠體溶液的定義」、「學生能夠從溶液照射雷射光的觀察中，歸納出膠體溶液和真溶液的不同，並能與同儕討論出形成的原因。」課堂上能立即回饋的評量便是藉由學生完成學習任務的表現，當學生能夠說出或完成某些問題，教師便能立即掌握學生的學習成果，並判斷教學是否需要調整。
5. **設計課堂問題與任務：**提問設計對很多教師而言可能很簡單，也很難。要問一個 yes or no 的問題很容易，要問一個提取訊息的問題也很容易。某次的教師研

習場合中，我特別問台下非自然科教師何謂牛頓第一運動定律，台下的老師很快便能說出「慣性定律，靜者恆靜，動者恆做等速度運動。」如果繼續追問，老師們就答不出來了。科學課堂中常常出現這種問題，當教師得到了書上的「標準答案」時，便很滿意地繼續進行課程，但學生真的懂嗎？好的問題能幫助

教師確認學生學習現況，也能讓學生覺察自己是否理解。

過去的課程目標讓教師們習慣於將教科書視為課程，而非教材；而現在的課程目標則從課綱出發，以核心概念為根基，安排學生學習經驗，不再是以教科書為課程，而須依據學生差異與生活經驗，設計能培養素養的客製化學習課程。



圖 1. 課程設計循環



圖 2. 教師共備互學：高一原子結構課程設計

二、科學教學的改變

當課程設計已經轉變為學生學習經驗的設計，當科學課程設計不再只是以科學知識出發，而是結合學生需求與經驗時，則安排學生與科學的相遇，並預備持續深度學習的機會，便可預期「學習」產生更大的轉變。

越來越多的科學教室採用合作或協同的方式學習，學習任務不再只是單純的填充，而是需要透過同儕相互聆聽與對話後才能解決，因為學習任務需要的能力是多元的。例如在探討碰撞學說時，需繪製與想像粒子間如何碰撞，對於具有空間智能的學生有表現的機會；科學史文本閱讀，需要閱讀理解、分析與推論，對於語文智能的學生有表現的機會。科學教室裡的分組教學，不再只是合作完成任務，而是藉由討論過程，讓不同智能的學生得以互助、互學與成長。

教師不再是知識的提供或傳遞者，而是聆聽學生的對話，理解學生的理解。沒有思考的課堂不能算是學習，所以教師透過提問啟動學生思考，更串聯不同學生的答案，讓學習的內容與深度更提升。教師除了是課程設計者、討論引導者、更是概念共創者，提供學生安心學習的氛圍，能

自在說出真正想法，並真正解決困惑。以「混成軌域」的學習為例，學生們能夠從能量與空間平均分配的角度，思考與討論軌域角度或形狀，不再以記憶等方式回應問題；學生也能思考到非中心原子（周圍原子）的軌域是否需要混成，這些深刻的討論問題，促進師生共同討論，產生較深刻學習。

學習樣貌的重塑

以學習者為中心的教室不只是把時間或講台留給學生，而是在課程設計中思考學生的需求，規劃概念形成的歷程，漸進培養學生的能力。過去的科學教室是科學菁英的舞台，一旦有分組學習的任務，也多是學力好的學生指導學力弱的學生，兩種學生的學習其實都沒有被滿足。筆者實施協同教學後，在教室中觀察到不同於過往的學習樣貌。學生們是這樣回饋的（代號表示個別學生）：

S1：和同學討論比較有機會說出不懂的地方，也可真正理解觀念，印象更深刻；這樣的學習也讓我會自主思考，思路變得有條理，課後反而有信心多做練習題。



圖 3. 學生討論實作：比色法實驗學生討論情形



圖 4. 學生小組表達分享

S2：討論可以聽到更多不同的想法，讓學習變得更充實，而且看到同學的努力，我會提醒自己要更努力；因為概念是自己和同學一起想出來的，所以能內化成自己的。

S3：從以前自己就比較習慣於獨立學習，遇到不會的問題，也都自己回家找答案或問家教。在小組的討論中，我漸漸學習與同學討論問題，並提出自己的想法。

S4：我除了成績上有所成長，更重要的是我發現自己不再像從前一樣只依照成績去評斷別人的優劣。現在我會尊重每個人的想法，畢竟依賴自己的思考總會存在盲點。

學生從知識的接受者，成為能相信自己，也能欣賞同學的知識生產者，這樣的轉變讓學習轉為積極，思考與討論不隨著下課而中斷，回家後自主做進階學習的情形也增加，這樣的學習模式是討厭機械式學習且有想法的年輕世代期待的。當學習過程變得充實與滿足，學生的能動性便會展現，這是新的學習樣態。

為未知而教 為未來而學

什麼樣的課程才有學習的價值？對科學教師而言，科學教育不只是傳遞已經打開的盒子裡面的內容，更應當是培養學生打開尚未打開的盒子的好奇心與探究能力。為了學生未知的世界，教師們設計的學習歷程，雖然預設的學習歷程的終點，但過程才是這段旅程中最重要核心。當學習任務的終點達到時，學生完成學習歷程，也習得未來生活與學習所需的能力。12年國民基本教育課程綱要將於2018年實施，其中自然領域在高中有了重大的變革——「自然科學探究與實作」成為部定必修課程，這樣的變革正宣示著科學教育目標的改變。科學教師發展客製化課程，採用多元教學形式，引導新的學習樣貌，這些將在更多的科學教室裡出現。面對未來世界的挑戰，科學領域的課程、教學與學習正在翻轉中。

參考文獻

1. 教育部（1996）。第六次中華民國教育年鑑。台北：教育部。
2. 教育部（2003）。國民中小學九年一貫課程綱要—自然與生活科技領域。台北：教育部。
3. Bybee, R. W., & Deboer, G. E. (1994). Research on goals for the science curriculum. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. (pp. 357-388) New York: Mamillan.

藍偉瑩

臺北市立麗山高級中學化學科教師兼教務主任