

# 美國的科學教育計畫與編課本的考量

美國的教育制度與課綱產生的背景與我國不同，且學生教育需求也相異，因此美國的經驗只能做為我國的參考，但其中仍有可取的思維面向有助審視我國的課綱。

■ 王鑫

首先，我們必須問：小學、國中、高中為什麼要學這門課？每門課在不同階段裡的教學目的是什麼？學習的內容又是如何選定的？總不會是把數學、自然科學、社會科學等所有的學問都列為必學的吧！一生中不見得會用得到的知識，為什麼要強迫灌輸給國民呢？

本文整理美國的教育制度與課綱的產生，以供參考其可取的思維面向，期能有助審視我國的課綱。

## 科學全民化

「2061 計畫」是美國科學促進協會（American Association for the Advancement of Science）、聯邦教育部等 12 個機構於 1985 年啟動的，致力於中小學課程改革的跨世紀計畫，期使全民得以獲得科學素養，它代表著美國基礎教育課程和教學改革的趨勢。

這計畫認為：美國下一代必會面臨巨大的變革，而科學、數學和技術正位居變革的核心，它們對今日的兒童適應明日的世界十分重要。「2061 計畫」還提出未來兒童和青

### Project 2061 的重要出版物（\*註：可自 AAAS 網站下載）

1989	Science for All Americans Online allows you to read the text of this book online at AAAS. 「面向全體美國人的科學」
1993	Benchmarks for Science Literacy Online allows you to read the text of this book online at AAAS. 「科學素養的基準」
1998	Blueprints for Reform On-Line allows you to read the text of this book online at AAAS. 「科學教育改革的藍本」
	Atlas of Science Literacy, V.1 「科學素養的導航圖第一集」
2001	Designs for Science Literacy 「科學素養的的設計」
	Resources for Science Literacy 「科學素養的資源」
2007	Atlas of Science Literacy, V.2 「科學素養的導航圖第二集」
* <a href="http://www.project2061.org/publications/rsll/online/index.htm">http://www.project2061.org/publications/rsll/online/index.htm</a>	

「2061 計畫」認為：美國的下一代必會面臨巨大的變革，而科學、數學和技術正位居變革的核心，它們對今日的兒童適應明日的世界十分重要。

**SAPA 課程強調科學教育應當培養兒童熟練科學研究的方法、技巧和建立科學的態度，養成能夠獨立思考，而可適應未來「知識爆炸」的社會。**

少年從小學到高中應掌握的科學、數學和技術領域的知識框架，包括主要學科的基本內容、基本概念、基本技能、學科間的關係，以及掌握這些內容、概念和聯繫的基本態度、方法和手段。

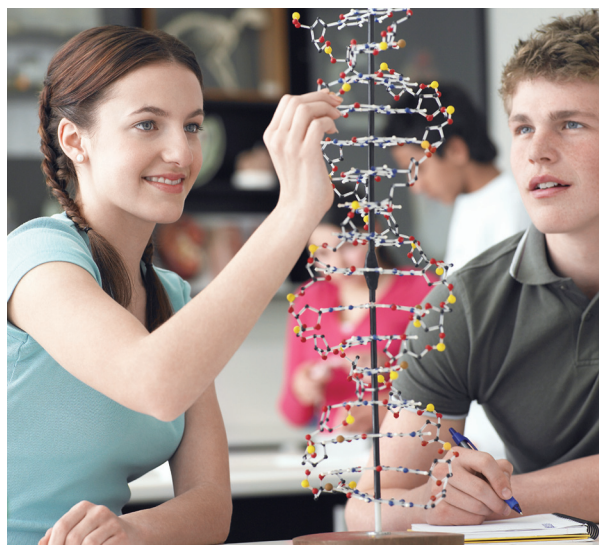
1989 年，這計畫項下出版了「面向全體美國人的科學（Science for All Americans）」，建議所有的中學畢業學生在科學、數學和技術方面應該能得到的各項能力。1993 年，又出版了「科學素養的基準」（Benchmarks for Science Literacy），把科學素養的目的轉化成學習目標，或幼稚園至高中三年級的基準。

目前，許多教科書採用的標準就是取自「科學素養的基準」的內容。最近出版的科學素養與科學素養設計圖集（Atlas of Science Literacy and Designs for Science Literacy），也是這計畫持續影響科學教育改革方向的行動之一。

## 國家科學教育標準

美國的科學教育標準與評量國家委員會在 1992 年開始辦理國家科學教育標準計畫，1994 年頒布了國家科學教育標準稿，把國家科學教育標準組織成 5 個項目：科學教育資源與支援系統標準、科學教育計畫設計與實施標準、科學教育教學與專業師資培育發展標準、科學教育成果評量標準、科學計畫內容標準。

2001 年，National Academy Press 出版了「課堂評量與國家科學教育標準」，針對科學計畫內容標準提出 8 個高品質科學教育課程的內容分類，它們是：統一的概念



科學素養對現代兒童的教育十分重要（圖片來源：種子發）

和作用、科學探索、物理科學、生命科學、地球與太空科學、科學與技術、科學與社會的挑戰、科學史。

## SAPA 課程

美國科學促進會（AAAS）自 1961 年接受美國國家科學基金會的資助，分析科學家從事科學研究工作的過程及行為，並設法把科學工作過程所運用的技能納入自然科學的課程及教學活動中。經過 9 年的研究與發展，提出一套稱為 Science-A Process Approach（SAPA）的課程，這課程強調「做中學」，並以教學科學方法（過程）的連貫性訓練為主。

美國科學促進會的 SAPA 課程結構嚴密，由幼稚園至小學六年級（K-6）的教材都做了整體的規畫，強調科學教育應當培養



科學教育重視的是實作過程，培養出獨立思考的能力而可適應未來「知識爆炸」的社會。(圖片來源：種子發)

兒童熟練科學研究的方法、技巧和建立科學的態度，養成能夠獨立思考，而可適應未來「知識爆炸」的社會。目前有 SAPA、SAPA II 等版本。

SAPA 課程是注重科學過程的課程。它的基本假設是：科學是一種智力活動；探索知識帶來歡樂；看到自然世界和生命世界的奧祕給兒童帶來興奮；學習科學家解決問題的方法可以使兒童得到智慧；科學教育的主要目的在於激發兒童的歡樂感、興奮感和科學的理智感。

SAPA 課程的目標是培養兒童從事科學研究的技能，即進行科學研究的能力，它們是：觀察、認識並使用數位關係、測量、認識並使用時空關係、分類、交流、推理、預測、給概念下工作定義、形成假設、解釋資料、控制變數、實驗。

前 8 種是基本技能，一般在低年級就可學習；後 5 種則較複雜，專供小學高年級學生學習。SAPA 課程是根據美國著名心理學家加涅（Robert Gagne）的學習理論編寫的，強調目標教學和目標的遞進性。當時美國大約有 9% 的學區使用這一課程。

### 範域、連貫、統合計畫

這計畫是由美國科學教師協會（簡稱 NSTA）提出的「範域、連貫與統合」規劃方案。Aldridge 針對中學科學課程提出了以下的建議：所有的學生必須修習六年的科學課程，包含生物、物理、化學、地科等；依學習心理的歷程，發展適當的教學法，使由具體經驗漸漸發展整合出抽象、廣博的理論思考能力，最後會應用知識，以真



正了解及獲得意義；地科、生物、化學和物理間有共同的特質及過程，結合這些素養使學生覺知科學間的相關性，並形成完整的知識體系；小學著重描述的、現象的科學觀點，國中則強調實驗、半量化處理，抽象、理論概念、過程及電腦和科技和實務應用；發展當地學校科學學程及完成課程和教學架構。

範域、連貫與統合是一種 STS 課程設計，由美國 NSTA 主持，適用對象是 8 歲小學生。這學會認為 2061 計畫（Project 2061）——美國科學全民化——耗時長、成就不易掌握、統整課程設計不易、評量標準選定等問題很多。而且在學習過程中內容太多，又需在短時間內消化，難有學習成效，因此建議了這課程。

## 美國人怎麼編課本

本文以美國 Pearson Education 公司編著，Prentice Hall 出版的「科學探索」（Science Explorer）系列 15 冊教材為例，說明在編寫的時候如何融入科學思維和科學方法。

這套融入科學思維和方法的技巧，會先詳細說明如何像科學家那樣思考，例如：什麼是理性思維。指出當你在解決問題和做出判斷的時候，你已經在使用推理和邏輯。理性思維的技巧例如：比較與對比、理解圖表、因果推斷、歸納、做出判斷、解決問題等。因此編撰教科書的人就必須逐課檢查是否已把這些技巧逐一置入課文、專欄、作業中。

科學技能包括觀察、測量、記錄分析、預測、推理、分類、建立模型、交流等。編撰教科書的人士必須逐課檢查是否把這些科學技能充分用在課文、專欄、作業中。

另外必須要求學生經常動手測量，並使用國際標準計量單位。科學實驗不必多，

但是要能掌握提出問題、形成假說、設計實驗（擬定控制變量、下操作性定義）、分析數據、得出結論等程序。

使用資料處理工具也是科學思維和科學方法的基本技能，從做中習得科學家的基本能力。這些資料處理工具包括使用概念圖、比較／對比表、維思圖、流程圖、循環圖等。繪製圖表如記錄表、數據表、柱形圖、折線圖、扇形圖等，都是有用的整理數據的工具。

在設計的實習中，除了取材內容配合進度外，重點更應放在培養下列的科學技能：像科學家那樣思考（科學思維）、科學探究技能、技術設計、資料處理、繪製圖表、閱讀技能等。

在「科學探索」系列教材中，雖已大量減少學科內容，但仍然以學科內容為各章節主軸課文，清楚說明擬傳達的概念。在每一章課文之前，先提供幾個字的「主要內容」，以及各節的「探索活動」、「試一試」、「生活實驗室」等綱要。然後有一頁或半頁的「探索活動」或「課題」，指出這一節的動手做重點。然後是本節課文。但是在本節課文一開始的旁邊一定有一欄「閱讀指南」，提示閱讀的技巧，例如提問、做提綱等。

課文集中使用圖、表、文並茂的方式說明本節主要概念，並善用各種科學技能以及資料處理工具。一旁適時加入「想一想」、「試一試」、「增進技能」欄，帶進科學技巧性的活動，如計算，當然也可以加註其他提示。

本節課文之後是「複習」、「身邊的科學」，或比較完整的一頁「學習指導」、「複習題」欄。「複習」以 5 個左右的問題方式提出，並且提示做理性思維的活動，如應用概念、應用技能、解決問題等。「身邊的

**學生學習的途徑絕對不只是上課聽講，  
自學是必須培養的技能，因此大力推廣多元學習是迫切的。**

科學」則提出學生日常生活中的事情，要求應用本節習得的概念解決類似的題目。當然可以再提出檢查進度的課題。

總之，融入科學思維和方法的技巧是在課文行文及配圖之際適時地融入。結束後，在適當的章節尾可帶進「技能實驗室」，這時候可要求學生設計比較複雜的活動，其中全是密集的科学思維和科學方法學習，包括設計和執行實驗的各步驟。總結的地方可以適時配置「學習評估」，並且附加與其他學科和學習領域之間的聯繫短文，如綜合探索、語言藝術、科技文明、科學史、數學、社會研究等。

總之，全面融入了科學知識、科學態度、科學技能，以及各學科與其他學科和學習領域間的相關例子。畢竟，人與自然是息息相關和緊密互動的。

學生學習的途徑絕對不只是上課聽講，自學是必須培養的技能，因此大力推廣多元學習是迫切的。要求學生從自主性閱讀

中解釋詞彙（關鍵詞）、應用學過的知識、提出問題（例如把教科書中的各種標題轉化成問題）、預習直觀教具（包括相片、圖表、數據表、圖示及各種插圖）、列出提綱（概要）、確認中心思想、比較異同（使用維恩圖、表格）、排序（使用流程圖、循環圖）、確定正面證據、構建因果關係、使用概念圖等就是良好的教學法。

事實上，課本的內容不應該只是靠教師的講授，這樣課本就沒有教不完的道理。此外，我們的學生難道除了聽講就不會學習了嗎？如果是這樣，「能力指標」便完全沒有達到了！

王鑫

臺灣大學地理環境資源學系 / 中國文化大學地學研究所

