

英國國訂自然科學課程的架構 與評估計畫——物質科學部分

方泰山、廖焜熙、李青桂
國立臺灣師範大學化學系

一、背景

第二次世界大戰以後，世界各國在課程改革，皆不遺餘力，尤其是英國的課程發展，更是令人矚目，馬首是瞻。根據師大黃光雄教授的分析¹，英國的課程過去四十年，主要是以個人，自由化為中心，大約可分為三個階段：(一)1944年至1960年，教師控制的黃金自主時期；(二)1960年至1976年，教師專業的自主質疑時期，及(三)1976年至1987年，學校課程密園的開啓時期。由於英國教育部長卡拉漢（Callaghan），於1987年10月18日，在牛津大學魯斯蘭學院（Oxford, Ruslem College）的演講，導致國會1988年的教育改革法案（Education Reform Act, 1988）²，其中的第四款即為課程部份，於當年三月份正式經國會立法付諸實施，如此，英國的教育課程，將邁向國家中央為樞紐的國家課程。

二、英國國訂課程的實施架構與評估

英國國務院，於1987年7月，委託一個工作委員會進行課程所要“成就目標”和“學習計劃”的研究與諮商。在英格蘭，這個任務，便落在國家課程委員會（National Curriculum Committee），結果在1988年12月5日公佈了這個草案。國務院接受這個建議案，並於當年12月19日核准提交國會審查，於1989年3月正式根據這些文件簽署了「1989年（國訂科學課程）的（成就目標及學習計劃）教育法案」〔The Education（National Curriculum）（Attainment Targets and Programmes of Study）in Science Order 1989〕。

詳細的科學課程所要達成目標，由倫敦的教育部皇家辦公室（Her Majesty's Stationery Office，簡稱 HMSO）以“國訂科學課程”（ISBN 0 11 2706673）出版³，並公佈學習計劃的方案及時間表。

爲了了解國訂科學課程，實施的成效，將學校義務教育（包括自願就學的升學與職業導向的後階教育），分爲四個主要階段（Key Stage），進行評估並訂定時間表。這四個主要階段如下：

第一主要階段（簡稱 KS1）：以進入小學一年級的學生爲實施對象，其年齡一般是在七、八歲之間，但年齡不能低於五歲。從1989年八月起連續二年，在1991年，實施第一次非正式評估測試，在1992年，做第一次正式評估，並報告實施國訂課程教材的成果。這一階段屬初級小學部份。

第二主要階段（簡稱 KS2）：屬於高小部份，實施對象爲八至十一歲。自1990年八月一日起，連續四年試驗，在1994年，實施第一次非正式的評估測試，預定在1995年正式提出實施成果。

第三主要階段（簡稱 KS3）：主要針對十二至十四歲的國中學生，自1989年八月一日起，連續實施三年。在1992年實施第一次非正式的評估測驗，在1993年完成第一次正式的施測結果總報告。

第四主要階段（簡稱 KS4）：是對高中部份的學生所做的評量。自1992年八月一日開始，連續二年，預定在1994年提出第一次正式的施測評估報告。

以上四個主要階段的實施程序及時間，如表一所示。這個法案，所指的測驗群，除了 KS1 外，都是指該年級的平均年齡的該群學生，而非個人可能因爲資優跳班上較高年級的課的學生。至於有些小規模的學校，一個班級或教學單元班級，可能包括好幾個年級，則由教師根據學生年齡決定學生該屬於那一個主要評量階段。

這個所訂的國訂課程，在自然科學課程所要達成的成就目標（Attainment Target）簡稱（AT），共列了17個單元（見表二），依知識（knowledge）、技能（skills）和理解（understanding）等三方面在每一主要階段（KS）學生所擁有的不同能力和成熟度，給予1～10個等級指標，涵蓋11年的義務教育。例如成就目標1（AT1）：科學探究，共有10個等級指標，以文字敘述每一等級所要達成的主概念及數個次概念。每一主要階段（KS）所應達成之等級指標如下：

階 段 等級指標

KS 1 1 ~ 3

KS 2 2 ~ 5

KS 3 3 ~ 7

KS 4 4 ~ 10

值得注意的是，在第四主要階段（KS 4），法案給學生有兩種不同模式的選擇：模式 A 為升學導向，及模式 B 為職業導向。自然科學在模式 A，有 17 個成就目標（AT1 ~ AT17），而模式 B，則剔除其中的 7 個，成為 10 個成就目標。因此模式 B 的 10 個成就目標為（AT1, 3 ~ 4, 6, 8 ~ 11 及 13 ~ 14）。

表一 成就目標及學習計劃實施程序及時間表

	KS 1	KS 2	KS 3	KS 4
1989	第一群（1 年級）		第一群（7 年級）	
1990	第一群（2 年級） 第二群（1 年級）	第一群（3 年級）	第一群（8 年級） 第二群（7 年級）	
1991	第一次非正式的施測評量	第一群（4 年級） 第二群（3 年級）	第一群（9 年級） 第二群（8 年級） 第三群（7 年級）	
1992	第一次正式的施測評量	第一群（5 年級） 第二群（4 年級） 第三群（3 年級）	第一次非正式的施測評量	第一群（10 年級）
1993		第一群（6 年級） 第二群（5 年級） 第三群（4 年級） 第四群（3 年級）	第一次正式的施測評量	第一群（11 年級） 第二群（10 年級）
1994		第一次非正式的施測評量		第一次評量 （由畢業會考施行） GCSE*
1995		第一次正式的施測評量		

GCSE* : Graduation Council of School Examination

表二 自然科學課程綱要

AT 1：科學探究	AT 8：說明物質的性質	AT14：聲與音樂
AT 2：生命的多元性	AT 9：地球和大氣	AT15：利用光及電磁輻射
AT 3：生命的過程	AT10：力	AT16：地球在太空裡
AT 4：遺傳和演化	AT11：電與磁	AT17：科學的自然本質
AT 5：人類對地球的影響	AT12：電子資訊及技術的	
AT 6：物質的分類和用途	科學面	
AT 7：製造新的物質	AT13：能	

三、物質科學的內涵與等級指標

由成就目標及學習計劃小組所發展出的 17 個自然科學目標單元中，純屬物質科學，也就是在化學科學範疇的主要的有三個：即 AT6 的物質的分類和用途；AT7 的製造新的物質和 AT8 的說明物質的性質。在運作這些物質科學的科學過程技能所需的基本科學過程技能和統整科學過程技能則以 AT1 的科學探究的 10 個等級指標加以規範。而在整個自然科學課程架構的最後目標則以 AT17 的科學的自然本質作為總結。以下分述這些成就目標的內容如下：

成就目標 1（AT 1）

科學探究

學生應發展智慧及實作的技巧，使他們能去探究科學的世界及發展一充分了解科學的現象和科學探討及研究過程。此項工作應由活動的內容中獲得一漸近有系統目標能夠量化的方式，而增進科學的知識和了解。這些活動要能培養學生有能力去完成下列事項：

（Ⅰ）計劃假設及預測

（Ⅱ）設計及執行研究

（Ⅲ）解析結果及發現

（Ⅳ）下推論

（Ⅴ）發表所探究的工作和實驗

等級指標

達成目標

學生要能夠

- 1
 - 利用感官，親自觀察他們熟悉的事物及周遭立即發生的事件。
 - 經由群體或其他方法，在班上描述及說出他們的觀察結果。
- 2
 - 發問問題及建議“如何”“為何”“什麼”將發生等的觀念，如果有不同情形存在。
 - 確認簡易的差異性，例如“冷／熱”，“粗糙／光滑”。
 - 利用非標準化及標準化的工具測量。例如手臂、尺等的測量。
 - 列出並排序觀察的結果。
 - 利用一個因子推論解析所發現，例如學生的直感，在此層次會認定“輕物會浮”“薄木塊可以彎曲”。
 - 利用圖、表及其他適當形式來記錄所發現的事實。
- 3
 - 形成假說，例如這個球會比那個球彈得高。
 - 確認並描述由於時間改變的變因。例如一棵樹的成長。
 - 區分“好”及“不好”的測試。
 - 選擇及利用簡單的儀器，增進觀察的能力。例如碼錶或放大鏡。
 - 利用簡單的測量工具，例如尺適當讀出其上最靠近標示尺度之變量。
 - 利用表格或圖記錄實驗的發現。
 - 解釋簡單的圖及表。
 - 利用“規則化”的簡單敘述解析所觀察的結果。例如彈簧上掛的東西唸出重量，其伸長度唸長度。
 - 能排序科學活動的主要特徵。
- 4
 - 舉出能夠被研究的問題之型式。
 - 形成可以試驗的假說。
 - 建立“公正的試驗法”。
 - 計畫一個研究，其能指出相關的變因已能確認其它則在控制之中。
 - 選擇且利用一適當的測量工具範圍，去量化一所觀察到的物理量，如體積和溫度。
 - 能跟隨去了解指示說明及圖示解說。

- 執行一相關安全的探討研究。
 - 利用適當方法，記錄結果，像建立簡單的表格，線條圖及方塊表。
 - 由實驗結果作結論。
 - 利用有限的技術字彙，描述研究結果的序列。
- 5
- 利用概念，知識和技巧，建議計畫，簡易的問題並設計回答這些問題的探究方法。
 - 確認並操作相關的自變數與因變數，且能選擇適當的範圍，數據和值。
 - 選擇並應用測量工具，數量化所量的變數，並進而用較複雜的測量工具以量取所需更精確數值，例如溫度計或力計較精密的刻度之讀數。
 - 由不同來源的數據，能經由歸納所得的樣式，用文字加以敘述。
- 6
- 能經由不同探索方法，其包括實驗，調查及應用各種二手資料，所得衍生結果，加以分析和研究，即學生要能夠：
 - ☆ 利用經驗和知識去預測新的事務。
 - ☆ 確認並操作兩個不同的變數，並控制其它的變數。
 - ☆ 能寫一詳盡的計畫，包括主要的變因之控制，及詳細的實驗過程。
 - ☆ 記錄數據，並能轉成適當的圖表。
 - ☆ 寫出報告，其包括實驗特性的評估，如可靠性、測量的有效性及實驗的設計。
- 7
- 在學生層次的科學了解，能計畫，設計及安全地執行整個研究，以驗證一個“假設”，如此他們能夠：
 - ☆ 確認並操作二個連續性的自變數，並控制其它變數。
 - ☆ 決定自變數及其範圍，並選擇適當的測量工具去測驗因變數。
 - ☆ 選擇適當的方法記錄數據。
 - ☆ 對於數據完整的研究及所形成的新觀念做一份結構有系統，說明詳細的報告。
 - ☆ 傳遞發現的心得時應正確使用及解釋科學名詞、符號和換算因子。
- 8
- 能夠示範一個實驗來說明一個理論、概念或模型，並由實驗結果而對這些觀念有明確的認知。
 - 由許多不同的數據組，包括自己的實驗數據，做一些歸納。
 - 為具有不同來源背景資料的聽眾發表合適的研究報告。

- 9
- 在廣泛的研究中應包括：
 - ☆ 搜集各種來源的資料，草擬一個自行設計的背景研究。
 - ☆ 擬定探討技術的範圍，如實驗，文獻搜集、數據的記錄與分析。
 - ☆ 用實驗發現及適當的科學知識的觀點來解釋數據。
 - ☆ 用數據表和統計數據做出結論並加以推衍。
 - ☆ 提出自己的研究。
 - 在等級指標 9 的研究內容中，學生應能夠：
 - ☆ 嚴謹的評估整個計畫中不正確及不可信度的來源。
 - ☆ 提出可變通的、周密的建議改進實驗技巧。
 - ☆ 設計更深入、可測試的假設，並用已有的知識及學識支持之。

成就目標 6 (AT 6)

物質的分類和用途

學生應發展他們的認知，以便了解物質的性質及決定物質性質的方法和物質的分類及用途。

等級指標

達成目標

學生要能夠

- 1 ● 描述一些常見及不常見物質的簡易性質如形狀、顏色、構造及受壓和伸長後的情形。
- 2 ● 分辨物質重要的相似及相異性，包括硬度、彈性、透明度等。
 - 按物質的特性加以分類。
 - 知道物質受熱或受冷將熔解，凝固或不改變。
- 3 ● 知道物質是自然形成的，也有許多是由原料製成的。
 - 能列舉常見物質的變化的相似性及相異性。
- 4 ● 能比較物質的簡易性質如抗力、硬度、彈性及溶解性。
 - 能將日常使用物質與它們之間的性質產生關聯。
 - 明白固體具有重量且可測量，液體也具有體積且可測量。

- 了解物質因受熱或受冷改變狀態的順序。
- 依物質性質分成固體、液體及氣體三大類。
- 5 • 知道氣體亦具有重量。
- 用指示劑分類溶液是酸性、鹼性及中性。
- 說明各種物質分離及純化過程的技巧。
- 6 • 了解下列物質物理性質的意義、抗力、硬度、彈性、溶解度、密度、熔點、導電性及導熱性。
- 說明混合物及純物質間之區別。
- 依物質的特性解釋數據及觀察元素包括金屬及非金屬，混合物及化合物之間的區別。
- 預測金屬反應活性順序。
- 明白氣體體積受壓力及溫度的影響。
- 7 • 依物質特性區分物質的主要等級：金屬、陶瓷、玻璃、塑膠、纖維。
- 將日常使用物質與它們性質之間產生關聯。
- 明白週期表同族元素間具有相似性質的特性。
- 8 • 具體表示氣體體積與壓力、溫度之間的關聯。
- 經由金屬及非金屬化合物，描述它們的重要化學性質。
- 9 • 描述週期表同族金屬元素及非金屬元素的性質趨勢與電子結構的關係。
- 收集及測量各種金屬之物性，作為使用各種金屬時判斷的依據。
- 10 • 了解週期表乃依重要元素原子結構排列設計而成。
- 明白系統分類有它的使用限制。
- 評估合成化合物之相關利益。
- 由各種科學知識及資訊來源評估金屬、陶瓷、塑膠、纖維之製造與社會、經濟、健康與安全，環境間的關聯。

成就目標 7 (AT7)

製造新的物質

學生應擴充對於化學反應改變物質的過程，以及此過程使用在工業製造新物質的方法之知識和認知。

等級指標

達成目標

學生要能夠

- 4
 - 知道當發生一個化學反應時，就會形成新的物質。
 - 知道製造工業的一項重要特色就是利用化學反應將原料轉換成有用的產物。
- 5
 - 知道空氣、水、岩石、生物及石化燃料均是工業製造使用的原料來源。
 - 了解生化過程在工業製造上的應用，例如發酵作用。
 - 了解燃燒和呼吸作用的過程中，燃料和氧結合形成二氧化碳。
- 6
 - 了解酸和鹼之間反應產生鹽類的重要性。
 - 對電解質做一個簡單的解釋。
 - 知道大部分的化學反應將能量轉移到周圍環境中。
- 7
 - 了解在化學反應的速率中，溫度、濃度、粒子的大小以及催化劑的影響。
 - 使重要的氧化還原反應和工業製造過程或日常生活效應，例如食物氧化產生關聯。
 - 對一些重要的工業製造過程中溫度和電解質分解的關係做一個報告。
 - 了解經濟效益和生鏽的起因以及避免這過程的方法。
- 8
 - 確認影響化學速率主要因素間的定量關係，以及實際的溶液可能需要在競爭次序上採取折衷的辦法，如重要工業製造過程和每天生化改變所顯示者。
 - 以離子間的作用力以及相關於此力的純化過程之觀點解釋沈澱的現象。
- 9
 - 以分子裂解和聚合的觀點解釋化學物質如何被製成石油。
 - 舉出加成及縮合聚合反應的例子，並使其和主要的商業聚合物，包括製造生產、經濟因素產生關聯。
- 10
 - 知道化學反應中化學鍵的斷裂和形成伴隨能量轉移而發生。
 - 預測簡單的電解質反應的產物。
 - 知道岩石的循環是由太陽能 and 地球內熱所趨動，並了解在這個過程中，有一些礦石被凝聚而產生其它的原料。

成就目標 8 (AT8)

說明物質的性質

學生應發展他們的知識，並運用模型來解釋物質的結構及性質。

等級指標

達成目標

學生要能夠

- 4 • 運用想像力想像物質的組成，並利用這些概念合理地解釋日常事物的現象如狀態改變及溶解性等。
- 5 • 知道物質乃由微小粒子，俗稱原子組成是有用的假設。
- 6 • 以粒子的集散及運動來說明個體、液體及氣體之間的相關性。
 - 知道能量的傳遞與狀態的改變有關，也與物質內部狀態的改變有關，例如膨脹。
 - 運用簡單符號方程式來描述化學反應。
- 7 • 說明狀態改變與能量改變有關，且能運用簡單的動力學原理說明蒸發，擴散及溶解的現象。
 - 以簡單的例子，運用原子，離子及分子的觀念來說明元素與化合物的不同。
 - 解釋用符號表示原子及分子模型在三度空間的形狀及圖形。
 - 知道放射性物質會放射出離子性的放射線，其中某些屬於自然地放射現象，例如背景放射，這些可能是有害的或有益的。
- 8 • 以質子，電子及中子來描述原子結構。
 - 以原子模型來描述放射現象與原子分裂。
 - 明白分子及巨大分子的性質與原子或離子的排列有關。
 - 運用符號方程式定性地描述化學反應。
- 9 • 定量地解說化學方程式。
 - 知道有各種不同類型的離子性放射現象，且每一種性質都不同。
 - 解釋各種不同類型的離子性放射性質且能互相連貫之。
 - 說明半生期的意義。
- 10 • 應用動力學原理於周遭環境上。

- 以離子反應來解釋電解現象。
- 運用簡易的模型結構來說明金屬、陶器、玻璃、塑膠及纖維的性質。
- 了解半生期和自然放射性物質間的關係，並運用於放射性物質上。

成就目標17 (AT17)

科學的自然本質

學生應發展他們的知識和理解力以便了解科學的概念是隨時間改變；這些概念的本質受到社會、道德、精神和文化內涵所影響。發展過程是一很重要的“經驗思考”程序，但不是唯一的方法。

等級指標

達成目標

學生要能夠

- 4 • 陳述一些科學的進展，例如醫藥、農業、工業或工程等的內涵，描述觀念、研究方法或發明，且對當時主要的相關科學家生平有所了解。
- 5 • 清楚地和其他人討論一些對他們來說是新的實驗想法。
• 演示一些實驗事實是會有不同的解釋。
- 6 • 由自己學習科學過程，利用一個或二個解說模型，去演示“預測”已被用來刺激新的實驗。
• 由科學的發展史，描述或解釋一則以上“由於成功的預測”而建立起一新的模型，例如下列兩項科學家的工作：
☆巴斯德（Pasteur）：空氣產生的一種有機體。
☆巴斯卡（Pascal）：大氣壓力的存在證據。
- 7 • 給出一個已被接受的理論或學說的發展史，且演示其從物理的、社會的、精神的及道德的對人類生活影響的理解。例如：了解生態平衡以及給予我們環境極大的關注；又如觀察冥王星衛星的運動及伽利略對教會的爭論。
• 表現對科學事實不同功能及執行科學理解的讚賞。例如：富蘭克林（Franklin）和華生（Watson）、苦立克（Crick）對發現DNA

結構的不同研究法。

- 8
 - 解釋對當今所了解的科學事實如何由不同文化及時代所發展。
 - 了解如何去利用“證明”所得的事實和暫時性的本質。
- 9
 - 分辨“一般化”及預測性質的原理，並列舉每項的例子。例如：下列成對的例子：
“所有金屬能導電”及“氣相自由電子理論可預測此性質”；或“冬天裡晴朗的天空，總意味著晚間會有大霧”及“無雲導致地上輻射的反射是這種假設的基礎”。
- 10
 - 對一些題材不管是過去或現在由研究相關文獻所得不同結論的科學意見，能具有了解的分辨能力。例如：版塊（tectonics）及地殼的皺摺；或生命體複製本體及物種的同時發生學說。
 - 對自然科學本質所產生科學不同意見加以關聯。例如：“造成cot 死之原因”或“歐洲森林中樹木的死亡是什麼所造成的”。

參考資料

1. 黃光雄，“英國的國訂課程”，民國 78 年 12 月 21 日下午 2 時在師範大學科學教育研究所的專題演講。
2. The Education Reform Act 1988：
National Curriculum：Mathematics and Science Orders under
Section 4；Department of Education and Science Circular No.
6/89, 7 March 1989.
3. Science in the National Curriculum, Department of Education
and Science and the Welsh Office, 1st published 1989.