

以英國經驗為例淺談國民中學 地球科學基本學力測驗

李春生

國立臺灣師範大學 地球科學系

壹、前言

根據「高級中學多元入學方案」，教育部中教司目前正積極推展國民中學學生基本學力測驗的研發工作。測驗成績可作為八十七學年入學之國一學生在升入高中、高職和五專時，分發入學、推薦甄選入學、申請入學等多元入學管道時採計或參酌使用。作者近年來多次參與教育部委辦之國民中學科學課程研究計劃及大學入學考試中心的推薦入學學科能力測驗之自然考科試題研發工作，故擬介紹一些英國的經驗，俾提供一些可作為我國國民中學學生基本學力測驗借鏡之處。

貳、1989 年版英國國訂科學課程

(Science in the National Curriculum, 1989)

最近美國一連串科學課程改革之同時，有一系列的書問世，例如 1993 年美國科學素養校準點(AAAS, 1993)和 1985 年起開始發展的 2061 計劃，1995 年起出版的美國科學教育國家標準(魏明通，民國八十六年；NRC, 1995)。此外，在英國則有 1989 年版和 1995 年版的科學國訂課程(Science in the National Curriculum, Dept. of Education and Science and the Welsh office, 1989; Dept. of Education and Science, 1989 和 Dept. of Education and the Welsh office Education Dept., 1995)的設計。該課程分為四個主要的實施階段(Key Stage, 簡稱 KS)。KS-1 相當於國小 1 至 2 年級，KS-2 相當於國小 3 至 6 年級，KS-3 相當於國中 1 至 3 年級，而 KS-4 就等於高中階段（在英國只有 10 至 11 年級）。在 1989 年版的英國科學國訂課程中，包括四個實施階段之自然科學課程，其預定達成目標(Attainment Targets, 簡稱 AT)總共就有 17 個之多。每一個 AT 之下，再細分為從低到高第 1 至第 10 等級(level)的指標。KS 不同，所要達成每個 AT 的 1 至 10 等級指標也有程度之分，例如 KS1 只需達成每個 AT 之 1-3 範圍內的等級指標，KS2 要達成 2-5 範圍內的等級指標，KS3 要達成 3-7 範圍內的等級指標，而 KS4 要達成 4-10 範圍內的等級指標。換句話說，KS-1 只需至少達到第 1 等級，KS-2，KS-3 和 KS-4 其實分別達到至少第 2 等級，第 3 等級和第 4 等級之目標就可以了。十七個預定達成目標(AT)中與地球科學最相關為 AT5：人類對地球的影響，AT9：地球和

大氣和 AT16：在太空裡的地球。此外，AT1：科學探索和 AT17：科學本質也略與地球科學有關。不過在 KS4 實施階段中，即高中階段，如果學生為職業導向，則可免修偏向地球科學類的 AT5 和 AT16。此外也可免修 AT2：生命的多元性，AT7：製造新的物質，AT12：電子資訊及技術科學層面，AT15：利用光及電磁輻射和 AT17：科學的本質等單元，所以只剩 AT1：科學探索，AT3：生命作用，AT4：遺傳與演化，AT6：物質的種類與用途，AT8：解釋物質如何變化，AT9：地球和大氣，AT10：力，AT11：電性與磁性，AT13：能源，AT14：光與聲等十個預定達成目標。相當於高中階段之 KS-4，其全部 17 個預定達成目標都要修的稱為模式 A，而職業性向為主的高中生只需修 10 個預定達成目標的稱為模式 B（方泰山等，民國七十九年）。

如果以與地球科學性質較相近的 AT1：科學探索，AT5：人類對地球的影響，AT9：地球和大氣，AT16：地球在太空裡和 AT17：科學本質為例，其中 2 年級、6 年級、9 年級和 11 年級之學力或學習指標可分列參看表 1 至表 5。

科學探索與科學認知和科學本質之了解，兩者在不同實施階段(KS)之所佔百分比可參考表六。由於 KS-1 階段學生根本不需要了解科學本質，所以在科學認知和科學本質欄內之 50%，完全為科學認知。往後 KS-2 至 KS-4 階段學生對科學本質之了解才逐步增加，所以可以說明從 KS-1 至 KS-4 階段，一直應該都很強調科學認知。

表 1 英國 1-11 年級不同階段學生有關 AT1：「科學探索」預定達成目標之學力或學習指標

等 級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標			
		2 年級	6 年級	9 年級	11 年級
1	<ul style="list-style-type: none"> •用自己的感官來親自觀察自己周邊的事物。 •在自己班上分成一些小團體，將觀察到的結果加以描述並且互相討論。 	↑			
2	<ul style="list-style-type: none"> •能發問及提供意見，例如：一些差異是「如何」，「為什麼」發生的？而發生的後果又將如何？ •區分一些簡單的差異，例如：冷與熱，光滑與粗糙。 •能使用一些非標準和標準的測量工具，例如：手掌之大小和尺。 •能將觀察資料整理及條列出來。 •能利用兩個因素間的相關性，解釋自己的簡單發現。例如：輕的物品易浮與重物易沉。 •能用表、繪圖或其他合適方法做記錄。 		↑		
3	<ul style="list-style-type: none"> •形成假說，例如：假設此球將比另一球回彈的更高。 •認出及描述能隨時間做改變的事物，例如：植物會隨時間成長。 •區分「公正」和「不公正」的測試。 			↑	

(續)

等級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標			
		2年級	6年級	9年級	11年級
3	<ul style="list-style-type: none"> 能選用簡單的工具，例如：馬錶或放大鏡加強觀察效果。 能使用測量工具，例如尺而讀出最精確之測量數值。 能將實驗結果利用表或柱狀圖呈現。 能解釋簡單圖形及柱狀圖之意義。 能用通則化之陳述來解釋觀察結果，例如彈簧末端之懸掛物越重則彈簧伸張的長度越長。 能依主要特徵按照順序來描述正在進行中的活動。 	↓			
4	<ul style="list-style-type: none"> 能提出在目前條件下，可以進行調查的項目。 形成可加以驗證的假設。 能建立一個「公正」的測試。 能計劃進行一項調查工作，確認其中相同的變數，而其它無關的變因已受控制。 能選用一些合適的測量工具去量化觀察到物理特性，例如體積和溫度。 能遵照寫好的指導原則和圖示行事。 能遵守實驗準則去進行調查。 能用適當方式，例如圖表、曲線等將結果呈現。 能從實驗結果導出正確結論。 能以通俗有序的文字形式，而不必用太多的專門詞彙來陳述調查結果。 				↑
5	<ul style="list-style-type: none"> 能利用概念知識和技巧來指出簡單問題，並且設計實驗去解問題。 能確認及控制相關的獨立變數，並且選取合適的數值和範圍。 能選用測量工具去量化變數。當需要較精確數值時能選用一些比較精確的測量工具，例如溫度計的細刻度等。 從各種來源的資料中寫出彼此共通特性或模式為何？ 		↓		
6	<ul style="list-style-type: none"> 在一個合作演練案件上，學生能對分析和調查有所貢獻，使得研究結果是從一些不同探究方法所獲得，這包括實驗、實地調查和應用一些二手資料等。而學生在此一方面應該做到下列事項： 對於新增事物，利用舊經驗及先備知識能事先加以預測 確認及控制兩個獨立的相關變數及控制一些其他變因。 準備一份詳細的書面計劃，其中登載有主要變因和一些詳細的實驗步驟。 				

(續)

等 級	評量重點項目	不同階 段學力或學習指標			
		2 年級	6 年級	9 年級	11 年級
6	<ul style="list-style-type: none"> •用表記錄數據並將它們轉化成合適的圖形。 •寫成一份完整報告，其中包括對於實驗的一些要點的評價，例如可信度、測量數據和實驗設計的效度等。 				
7	<ul style="list-style-type: none"> •依照計劃和設計安全執行整個調查研究，此階段之重點在學生對科學之了解程度及去測試假說的真偽。為此學生應該做到下列事項： •在控制其他變因下，確認及控制二個獨立的相關變數。 •選用適當的方式來記錄數據，針對數據和新看法產生一份有系統及有結構和有圖示的報告。 •在溝通科學上之發現時，能正確使用及解釋科學名詞、符號和慣例。 			↓	
8	<ul style="list-style-type: none"> •能操作一個實驗去說明學說概念或模式及利用實驗結果去證明清楚了解學說概念或模式的真正意涵。 •從許多資料中，包括自己製造的新資料能加以通則化。 •能準備一份適合聽眾的演說及報告，其中包含許多來源的背景資料。 				
9	<ul style="list-style-type: none"> •在加深調查研究方面，學生應做到下列事項： •利用一堆資訊來源，能展開一件自行設計的研究計劃。 •能計劃出一些探究技巧，例如實驗、文獻探討、數據蒐集和分析。 •能利用實驗所得結果、合適的科學知識和真正了解去解釋數據。 •正確應用表上及統計數據，導出結論及作進一步的推論。 •能展示自己的研究及調查結果。 				
10	<ul style="list-style-type: none"> •在上一等級之加深調查研究方面，學生應該能夠做到下列事項： •考慮到資源之不可靠性及無效性，來重新評估整個研究計劃之可行性。 •提出一些改進實驗技術的替代方案。 •形成另一個可測試且由知識和了解所支持的新假設。 				↓

表 2 英國 1-11 年級不同階段學生有關 AT5：「人類對地球的影響」預定達成目標之學力或學習指標

等級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標			
		2 年級	6 年級	9 年級	11 年級
1	•人類活動產生了許多的廢棄物。	↑			
2	•廢棄物會自然分解，但通常需要很長一段時間才能完成分解。 •能以不同型式來記日記，記載隨著時間的流逝，自己有那些改變。		↑		
3	•知道人類的活動能對地球表面做局部改變，例如改變了當地的空氣和水等。 •能對一個改進地方環境的計劃作一報導。	↓		↑	
4	•知道廢棄物可回收利用。				↑
5	•能描述一些污染的來源、影響及可能簡單防治方法。 •能區分廢棄物為生物可分解者和生物不可分解者兩種。 •能對當地環境有所衝擊的計劃方案進行支持或反對的辯護。		↓		
6	•了解影響水之乾淨的作用有那些？ •了解維持好水質的重要性。 •確認開發稀有資源的正負效應，包括對環境的傷害。				
7	•當人類活動影響到環境，了解二者之平衡的得與失。 •知道人類對地球環境的衝擊，也是晚近才有的事情，這跟人口多寡、經濟因素和工業需求息息相關。			↓	
8	•人類活動會引起生物圈之大擾動，而其恢復原狀需費時相當長久。				
9	•知道影響一些生物圈中大轉變的基本科學原理，例如為何造成臭氧層破洞和地球的溫室效應。				
10	•對一些影響社會的重大生態議題，能選擇及權衡證據去形成合理的判斷。				↓

表 3 英國 1-11 年級不同階段學生有關 AT9：「地球和大氣」學習預定達成目標之學力或學習指標

等 級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標			
		2 年級	6 年級	9 年級	11 年級
1	<ul style="list-style-type: none"> 知道天氣多變化。 能描述天氣變化指的是哪些？ 	↑			
2	<ul style="list-style-type: none"> 知道天氣隨著季節變化也有四季變化。 知道天氣影響人類的日常生活作息。 能使用文字、圖畫和表等一些溝通工具來記錄某一段時間內的天氣變化。 能根據觀察到一些特徵將天然物質大致分類。 		↑		
3	<ul style="list-style-type: none"> 能從觀察中描述風化作用對建築物和地貌的改變。 知道空氣環繞我們周圍，無所不在。 知道岩石風化產生不同種類的土壤。 能針對岩石及土壤等一些天然物質之調查做一報告。 能了解一些天氣報告上常使用到的天氣符號並加以解釋。 	↓		↑	
4	<ul style="list-style-type: none"> 能測量氣溫、降雨量、風速、風向及解釋風的產生是由於空氣的流動。 知道氣候條件決定農業的成敗及了解偶爾發生的災變事件可能引起的衝擊。 				↑
5	<ul style="list-style-type: none"> 知道地貌是由一些像地殼變動、風化、侵蝕、沉積等營力作用形成的。它們影響力有大有小，尺度並非完全一樣。 能解釋由地震和火山所形成的有關地形或地貌。 能解釋水循環。 		↓		
6	<ul style="list-style-type: none"> 能解釋火成岩、沉積岩和變質岩如何藉火山作用、沉積作用和變質作用分別形成，並討論岩石如何循環？ 能描述岩石與礦物之特有性質與它們能被利用作為特殊用途的原料。 了解不同的氣流（鋒面）提供不同的天氣。 				
7	<ul style="list-style-type: none"> 能將氣壓與風的關係量化。 能認識一些地球表面的主要地形特徵（包括大陸、造山帶、古老岩石出露區、海洋、深海盆地、海溝及中洋脊）和地殼活動（包括地震帶和火山帶）的分布型式。 			↓	

(續)

等級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標			
		2年級	6年級	9年級	11年級
8	<ul style="list-style-type: none"> 了解地質時間與人類或歷史尺度時間相比，它是非常久遠的及對地質時間如何量度有一個起碼的基本了解。 能解釋形成三種岩石的成因及證據及岩石的變形。 				
9	<ul style="list-style-type: none"> 能用合適的科學原理解釋大氣物理性質的改變造成各種天氣現象。 能簡單指出地球內部的層狀結構及解釋有何證據贊成此結構模型為合理的。 				
10	<ul style="list-style-type: none"> 了解何謂板塊構造學說，並且利用它來解釋一些地球表面上的重大地質特徵，例如中洋脊和海溝等。 了解板塊構造學說引起一場對了解地球最外圈岩石圈是如何運作的大革命。 				↓

表 4 英國 1-11 年級不同階段學生有關 AT16：「在太空中的地球」預定達成目標之學力或學習指標

等級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標			
		2年級	6年級	9年級	11年級
1	<ul style="list-style-type: none"> 能從言談中描述表現在天氣上或生物事物上的季節變化。 知道直接觀測太陽會引起的莫大傷害。 能描述住家或學校附近太陽每天穿越天空的大致運動（最重要的知道東升西落）。 	↑			
2	<ul style="list-style-type: none"> 知道為何有黑夜？ 知道一日內之晝夜長短，在一年中有所改變。 知道我們所居住的地球為一自給自足的大型圓球。 知道日、地、月三者為彼此分離的個體。 	↓	↑		
3	<ul style="list-style-type: none"> 知道太陽入射地球的仰角一年中有所改變。 能用沙漏來測量時間長短。 	↓		↑	
4	<ul style="list-style-type: none"> 知道月相改變極有規律且是能預測的。 知道太陽系由太陽及一些行星、衛星組成，並且彼此的大小尺寸和間距維持的相當理想。 知道太陽是一顆恆星。 		↑		↑

(續)

等 級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標			
		2 年級	6 年級	9 年級	11 年級
5	<ul style="list-style-type: none"> •能利用一個簡單的太陽系模型將晝夜現象、晝夜長短改變、季節變化及一年中太陽入射角變化等相關事項串聯起來。 •能夠觀察及記錄一段時間內之月相變化。 		↓		
6	<ul style="list-style-type: none"> •能用相關的科學語言描述日、地、月及其他行星彼此間的相互運動。 •能解釋宇宙由星系組成，而星系由一些恆星系統（例如太陽系）組成。而宇宙的組成份子其位置和性質需經過長久時間才會略作改變。 				
7	<ul style="list-style-type: none"> •能藉科學證據之助，辯論地球是一個圓球而並非一平面。 •了解所有引力的方向均指向每個天體之中心。 			↓	
8	<ul style="list-style-type: none"> •知道所有物體彼此均具有引力，但引力之大小與距離長短有關聯。 •能利用太陽系或其他恆星的數據去推論其他行星的物理狀態及性質。 •知道一些行星也可能具有活躍的地質作用及它們的原始成分為何與太陽的遠近有關。 				
9	<ul style="list-style-type: none"> •能解釋潮汐的成因與月、日對地球的引力有關及行星和衛星的運行及太空旅行的可能性，其受到限制都與引力大小有關。 •知道太陽藉著核融合產生能源。 •太陽能能量的改變影響地球的氣候。 				
10	<ul style="list-style-type: none"> •能將目前流行的地球及宇宙起源與過去的或出現於其他國文化中互作比較。 •知道抵抗不了重力是引起恆星崩潰死亡的主因，這也是影響宇宙不能持續膨脹的主因。 				↓

表 5 英國 1-11 年級不同階段學生有關 AT17：「科學的本質」學習預定達成目標之學力或學習指標

等 級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標		
		6 年級	9 年級	11 年級
4	<ul style="list-style-type: none"> •能對一些科學進展做一報導；例如針對醫藥、農業、工業或工程等方面描述新觀念、新調查或新發明以及需要有多少科學家投入他們的時間及生命等。 	↑	↑	↑

(續)

等級	評量重點項目	不同階段學力或學習指標		
		6年級	9年級	11年級
5	<ul style="list-style-type: none"> •能將一些對新實驗的感想與別人清楚的討論。 •能對實驗中所獲得的證據做各種可能的不同延伸解釋。 	↓		
6	<ul style="list-style-type: none"> •能利用一、二個自己學習到的可解釋的模式去證明預測是如何達成的，而這又如何刺激引發了另一個實驗。 •能從科學歷史上描述及解釋一件成功的預測可以建立起一個模式。例如一些科學家的工作像巴斯的細菌和巴斯卡的大氣壓力證據。 			
7	<ul style="list-style-type: none"> •能說明一個被接受的理論或解釋在科學史上有何重大改變，並且證明了解它對人類生活包括在物質上、社會上、心理上及道德層面上的重大影響力。 •能證明可以欣賞科學證據具有許多功能，而想像力是讓科學知識不斷前進的動力。例如 DNA 構造的發現等。 		↓	
8	<ul style="list-style-type: none"> •能解釋經由不同文化或不同時代對科學的不同解說才導致有今日對科學的正確了解。 •了解證據的使用及證據有其時效性，可能隨時間改變而變質。 			
9	<ul style="list-style-type: none"> •能區分通則化與預測性的理論之差異，並且能夠舉例加以說明。例如通則化之陳述為「冬天天空晴朗的日子通常表示當夜會結霜」，而預測性的理論為「天空中缺少雲層，以致不能將地射反射回地面是引起當日夜晚容易結霜」的合理推論。 			
10	<ul style="list-style-type: none"> •能從文獻上發現、了解一些不管是今日或過去科學意見上的差異紛爭。例如板塊構造學說或褶皺是由於地球因收縮引起的。 •能視科學意見之不同是由於證據有時有其不確定性所引起。 			↓

表六 不同實施階段「科學探索」相對於「科學認知和科學本質」之了解兩項所佔百分比

領域	實施階段	KS-1	KS-2	KS-3	KS-4
科學探索		50%	45%	35%	30%
科學認知和科學本質		50%	55%	65%	70%

參、1995 年版的英國國訂科學課程

(Science in the National Curriculum, 1995)

既然 1989 年版的英國國訂科學課程包括 17 個預期達成目標，顯得企圖心太大，相較於美國 2061 計劃之科學素養校準點「less is more」之主張，英國國訂科學課程 1995 年版就大力將 17 個預期達成目標簡化合併成四個。它們分別為 AT1：實驗及探查的科學；AT2：生命作用及具有生命現象的東西；AT3：材料及其性質，和 AT4：物質作用。將 1995 年版與 1989 年版二者互作比較（表七），顯然看到原先 17 個預期達成目標的 16 個大致都被合併到 1995 年版新的四個預期達成目標之內。唯一漏掉的 AT17：科學本質是因似乎已發覺到它不能純靠「教」就能達成目標。所以反而要求它以另一種型式，即溶入式教學貫穿於新的 AT1 至 AT4 之中，即使是 AT1：實驗及探索的科學也建議最好也能溶入新的 AT2 至 AT4 之教材內容內。

新合併成 AT1 至 AT4 的四個預期達成目標也可視為四個學習綱領(programme of study)。每個學習綱領也可分成四個實施階段(key stage)，KS-1 等於國小 1-2 年級，KS-2 等於國小 3-6 年級，KS-3 等於國中 1-3 年級（即 7-9 年級）而 KS-4 等於高中階段（在英國只有 10、11 年級）。同樣的高中學生也依學生性向是否為職業導向？將職業導向的高中學生修的科學課程稱為單科學(Single science, 1989 年版稱為模式 B)，非職業導向的高中學生修的科學課程稱為雙科學(Double science, 1989 年版稱為模式 A)。

既然 1995 年版之 AT1 至 AT4 是以學習綱領看待，所以本版本中也比較重視其教材內容。原先在 1989 年版之地球科學教材內容僅少部分併入 AT3：物質及其性質和 AT4：物質作用。其詳細情形可參看表八及表九。

1995 年版之英國國訂科學課程之學力指標跟 1989 年版的已略有不同。譬如 KS-4 就不再規定有學力指標。此外，在四個學習綱領之下雖然 KS-1，KS-2 和 KS-3 之等級指標仍然像 1989 年版一樣分別維持在 1-3 等級，2-5 等級和 3-7 等級範圍之內，但針對能力強的學生則設有第 8 等級指標，尤其是針對 KS-3 學生能力比 8 等級指標還強的學生特別設了一個比 8 等級還佳之表現特別好(exceptional performance)之等級指標。另外，由於原 17 個學習預期目標已濃縮為四個，所以從 1 到表現特別好之等級指標似乎已比較不跟學習內容緊密結合。這可從有關實驗及探索的科學學習綱領之學力指標分級（表十）可以看出。

表七 1989 年版與 1995 年版英國國訂科學課程之比較表

1995 年版		1989 年版
AT 分類	主要重點**	AT 分類
無*	<ol style="list-style-type: none"> 1. 系統性探索 2. 日常生活的科學（科學的應用） 3. 科學想法的本質 4. 溝通 5. 健康與安全 	AT17：科學的本質（及部分 AT1：科學探索）
AT1：實驗與探索的科學	<ol style="list-style-type: none"> 1. 實驗計劃 2. 收集證據 3. 考慮（或評估）證據（的強弱） （4.分析證據和導出結論） 	AT1：科學探索
AT2：生命作用與具生命現象的東西	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生命作用（及細胞活動） 2. 人類也是生物之一 3. 綠色植物 4. 生物多樣性及分類（遺傳與演化） 5. 環境中的生物 	AT3：生命的作用 AT2：生命的多樣性 AT4：遺傳與演化 AT5：人類影響地球
AT3：材料及其性質	<ol style="list-style-type: none"> 1. 物質的分群和分類 2. 持續改變中的物質 3. 將混合物分離；物質的應變 	AT6：物質的種類與用途 AT7：形成新物質 AT8：解釋物質的行為
AT4：物質作用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電（與磁） 2. 力與運動 3. 光與聲（波動） <p>（4.地球及其外面的世界）</p> <p>（5.能源資源與能源轉換）</p> <p>（6.放射性）</p>	AT11：電與磁 AT10：力 AT12：電子資訊與技術科學層面 AT14：聲與音樂 AT15：利用光及電磁輻射 AT9：地球與大氣 AT16：太空中的地球 AT13：能源

*但需溶入並穿插於 AT1 至 AT4 中

**凡括弧處代表隨著 KS（實施階段）編號的增加，即年級之增加，才逐步加入。

表八 與「AT3：物質及其性質」學習綱領有關的地球科學教材內容

主要重點*	KS-1	KS-2	KS-3	KS-4(雙)	KS-4(單)
物質的分法（或分類）	<ul style="list-style-type: none"> •認識一些常見物質的名稱，例如紙、木頭、金屬和岩石，知道有些是天然產出的。 •物質各具特性，故也各具不同用途。 	<ul style="list-style-type: none"> •以日常所見物質為例說明依性質之不同，各具不同用途。 •描述岩石和土壤的外觀組織、滲透率之不同，並依此不同將他們分類。 	<ul style="list-style-type: none"> •海水和空氣由不同物質組成，不能結合，故它是一種混合物。 •利用性質不同將元素分為金屬元素和非金屬元素。 		
改變中的物質	<ul style="list-style-type: none"> •水加熱可形成蒸汽，水凝結而形成冰。 	<ul style="list-style-type: none"> •介紹水循環及蒸發和凝結在水循環扮演的角色。 •大部分物質在變化後均屬不可逆反應，例如天然氣燃燒後，它就消失不見了。 	<ul style="list-style-type: none"> •地質變化 1. 岩石之風化有時靠水之結冰及熱脹冷縮原理達成。 2. 岩石依成因分為火成岩、沉積岩和變質岩三大類。成因不同影響到它們組織及礦物成分各不相同。 3. 三大岩類之間依不同的地質時間尺度進行岩石循環。 	<ul style="list-style-type: none"> •地質變化 1. 介紹火成作用、沉積作用和變質作用三種成岩作用。 2. 如何從岩石記錄中知道有上述三種成岩作用。 3. 板塊構造運動與成岩作用和岩石循環有何關聯？ •油田如何形成？ •地層中可以找到礦床。 •岩石及礦物具有許多用途。 	<ul style="list-style-type: none"> •油田如何形成？
（分離混合物或物質變化的模式）		<ul style="list-style-type: none"> •土壤中的大小顆粒組成可藉篩選而分離。 	<ul style="list-style-type: none"> •反應速率有快有慢，不盡相同。 	<ul style="list-style-type: none"> •反應速率有快有慢，不盡相同。 	

*括弧代表隨著 KS 號碼增大，才增加之項目。

表九 與「AT4：物質作用」學習綱領有關的地球科學教材內容

主要重點*	KS-1	KS-2	KS-3	KS-4(雙)	KS-4(單)
光與聲	•光的來源有很多種，包括太陽光。	•當光穿不透東西時，就產生一些陰影。	•陰影是如何形成的？		
(地球及地球以外的世界)		<ul style="list-style-type: none"> •日、地、月的外觀都很接近圓體或似橢圓體。 •週期性變化 1. 太陽有視運動，此也引起影子長度方位的變化。 2. 晝夜主要由地球的自轉引起 •地球公轉太陽需時一年，月球公轉地球需時約28天。 	<ul style="list-style-type: none"> •太陽系 1. 太陽及其它恆星之每日東升西落和每年在太空視運動變化，均分別由地球自轉和地球公轉太陽所引起。 2. 太陽系各成員之間的相對位置及間距。 3. 萬有引力使得各行星繞太陽運行。 4. 太陽及其它恆星能自行發光，而行星只能反射光線而已。 5. 人造衛星可用來觀測地球及進行太空探索任務。 	<ul style="list-style-type: none"> •太陽系及廣大的宇宙。 1. 太陽系成員的相對位置以及各恆星的相對位置。 2. 各種天體之運動深受萬有引力之牽引。 3. 恆星之演化需費時很久。 4. 宇宙是如何演變成今日之模樣？ 	<ul style="list-style-type: none"> •太陽系及廣大的宇宙。 1. 太陽系成員的相對位置以及各恆星的相對位置。 2. 各種天體之運動深受萬有引力之牽引。
(波)				•地球內部的層圈狀結構是靠地震波波速隨深度變化覺察出來的。	
(能源及能源轉換)			<ul style="list-style-type: none"> •雖然能源總量是守恒的，但它可因消耗而減少。 •地球上的能源有些是可再生的，有些則屬非再生能源。 	<ul style="list-style-type: none"> •原子核的分裂產生放射性。 •半衰期的定義。 •放射性定年。 	<ul style="list-style-type: none"> •原子核的分裂產生放射性。 •半衰期的定義。

*括弧代表隨著 KS 號碼增大，才增加之項目。

表十 英國 1-9 年級不同階段有關「AT1：實驗與探索的科學」學習綱領之學力或學習指標

等級	評量重點	不同階段學力或學習指標		
		2年級	6年級	9年級
1	<ul style="list-style-type: none"> ●學生能就自己觀察之事物、生命體簡單特徵做描述。 ●就上述描述用簡單方式與別人溝通。 	↑		
2	<ul style="list-style-type: none"> ●學生能在別人輔導之下進行探查。 ●能使用簡單工具進行觀察。 ●能進行比較。 ●在需要簡單的表列時，能使用表來描述及記錄所觀察之結果。 ●能簡單驗證一下結果是否與自己預期相符合。 		↑	
3	<ul style="list-style-type: none"> ●能在輔導之下，加上自己意見做一大膽假設。 ●能用簡單工具進行觀測。 ●在輔導之下進行一公正實驗並能解釋它為何公正？ ●能用一些不同方式進行記錄工作。 ●替觀察結果作解釋，如果可能也指出測量資料中曲線之簡單趨勢或大致型式。 ●能看出實驗工作已有何發現。 			↑
4	<ul style="list-style-type: none"> ●學生了解公正實驗的重要性，在他們的實驗工作上能描述到或真正呈現公正性。 ●能控制變因。 ●能對結果稍作預測。 ●能選用適當及對工作有用的測量。 	↓		
5	<ul style="list-style-type: none"> ●能從少數影響因子中找出最重要的一個影響因子。 ●能基於科學知識或認知進行預測。 ●能依不同工作性質小心使用合適的工具。 ●能注意觀測所需之精確度。 ●能重複操作實驗並對不一致處作簡單解釋。 ●能用曲線呈現觀測資料。 ●能基於變化型式下結論。 ●能將結論與科學知識與認知結合。 		↓	
6	<ul style="list-style-type: none"> ●利用科學知識或認知確認需要考慮的主要變因，並對結果稍作預測。 ●能用較精密之儀器進行需要精確的測量。 ●能收集到足夠的觀測資料。 ●座標能使用適當的比例尺度以便將資料有效呈現。 ●能指出一些與趨勢或型式不符合的資料。 ●能依證據導出合理結論並用科學知識和認知來解釋結論。 			
7	<ul style="list-style-type: none"> ●在許多影響因子中利用科學知識或認知找出主要影響因子並稍作預測。 ●能用一些較精密儀器進行有系統的觀測。 			↓

(續)

等級	評量重點	不同階段學力或學習指標		
		2年級	6年級	9年級
7	<ul style="list-style-type: none"> •爲了獲取可靠資料，會重複進行觀測。 •能將觀察資料量化及維持一致。 •能用圖表呈現資料並依統計原理建立最佳適合曲線。 •依證據下結論並用科學知識或認知加以合理解釋。 •能懷疑目前搜集到的資料是否足夠下結論。 			
8 (此等級只適合能力強的學生)	<ul style="list-style-type: none"> •學生了解針對不同問題需要不同的解決策略，並能依科學知識針對工作選用適當策略及確認主要影響因子。 •能作預測。 •能熟練操作較精確儀器。 •能決定那些觀察與定性工作息息相關，並詳實記錄。 •決定測量之精確度以便建立變數間之相關性。 •能指出那些與觀測資料不符合的資料並能合理解釋爲何如此。 •能依證據下結論。 •能對圖表內容批評並指出已獲取資料之缺點。 			
超過8等級或表現特別好者 (目的在與第8等級有所區別)	<ul style="list-style-type: none"> •學生了解針對不同問題需要不同解決策略，並能依據科學知識針對工作選用適當策略，確認主要影響因子及能從一堆相關資訊來源中選出有用的。 •能作數量化的預測。 •能熟練操作較精密的儀器。 •能記錄相關的觀察，指出特別重要的地方。 •決定測量及資料之精確度。 •利用資料建立變數間之相關性。 •能指出那些是建立圖表時，資料異常的地方。 •能解釋圖形之趨勢及依證據下結論。 •能精確的呈現最後的研究結果。 •能對圖表內容批評及對資料不足處加強以便補強結論。 			

肆、結論

1. "less is more"的觀念似乎是一個世界的趨勢。因爲英國高中、國中和小學學生所學習的科學教材內容也跟美國一樣，越來越精簡，而我國九年一貫課程之精神也大致遵行此一趨勢。
2. 科學的「實驗性」與「探索性」應落實在科學之學習領域或各學科分科內容之內，所以宜採融入式而不宜以「純」教學來造成此學習預期目標，尤其是「科學本質」之傳授，理更應該如此。
3. 雖然學力或學習指標與教材內容相關，但應牢記不是凡已教什麼，就必須將已教過的每樣，均設立學力指標來加以考核。
4. 並不一定需要先知道科學是如何進行研究？或需先知道一些科學的哲學觀、社會觀才能知道

這個世界是如何運作的。所以對科學教育者而言，如何將科學的各種層面綜合起來編寫教科書，俾達到互相補強的目的是一項嚴苛的挑戰。

伍、參考資料

1. 方泰山、廖焜熙、李青桂（民國七十九年）英國國訂自然科學課程的架構與評估計劃—物質科學部分。本刊，第 13 期，第 2-13 頁，台灣師大科教中心發行。
2. 魏明通（民國八十六年）評介美國國家科學教育標準。本刊，第 196 期，第 16-25 頁。台灣師大科教中心發行。
3. AAAS(American Association for the Advancement of Science) (1993) Benchmarks for Science Literacy, New York: Oxford Univ. Press, 418pp.
4. Department of Education and Science and the Welsh Office(1989) Science in the National Curriculum, London: Her Majesty's Stationery Office, 83pp.
5. Department of Education and Science(1989) The Education Reform Act 1988: National Curriculum: Mathematics as Science Orders Under Section 4, Circular No 6/89(7 March, 1989), Elizeteth House, London, 14pp.
6. Department of Education and Welsh Office Education. Department(1995) Science in the National Curriculum, London, Her Majesty's Stationery Office, 57pp.
7. NRC(National Research Council) (1995) National Science Education Standards. Washington, D. C. National Academy Press, 262pp.