

美、英、日三國主要 地球科學課程的比較研究(上)

石再添、黃朝恩、張瑞津

國立臺灣師範大學

壹、緒 論

第二次世界大戰以後，科學技術一日千里，以致五十年代的科學家教育家對舊有的科學課程及科學教育方式深表懷疑。一般皆以爲傳統的科學教育缺點甚多，教材內容和教學方法均有改革的必要。美國首先於一九五八年通過國防教育法案，由政府撥出鉅款獎助科學教育的研究發展，國家科學基金會（National Science Foundation）更全力支援各大學及有關機構作科學課程之實驗研究，是以科學課程實驗計畫此起彼繼，在美國國內一時出現許多嶄新的科學課程，這一事實對全世界發生巨大的衝擊，立即影響及英國、日本和其他國家的教育界，相繼推動本國科學課程的更新。時至今日，全球先後約有四百餘種科學課程研究計畫分別在不同國家進行。再根據馬里蘭大學科教中心的資料統計〔註一〕，在265個較主要的科學課程計畫當中，有102個屬於結合或整合性質並含有地球科學課程在內，另有5個則專以地球科學爲研究對象，由此可見地球科學已普受各國之重視。本文特選出美、英、日三國有關地球科學的課程四種（即美國的ESCP、ISCS；英國的Nuffield結合課程；日本的新科學），分別介紹其特色，並作一綜合比較，供發展國內地球科學教育之參考。

貳、ESCP

一、課程簡史

ESCP是地球科學課程計畫（Earth Science Curriculum Project）的簡稱，由美國地質學會贊助，美國國家科學基金會經費支持下完成的地球科學課程，取名爲“Investigating the Earth”。該課程由數十位科學家及教師集合於科羅拉多州波爾德市共同撰寫，於1963年完成初稿，然後經實驗、試教和評量，在1966年春季提出該書的第三版，並且普遍爲美國各中等學校所採用。至1973年該課程再度由M.F. Harris等七人小組修訂，並交Houghton Mifflin公司出版發行。

二、課程的哲學觀點

本課程強調學童皆有觀察及探究的能力，所以各章節中除了知識灌輸外，特別安插許多探究（investigating）的活動，讓學生憑著自己的觀察力、測量作業和實驗活動，進一步獲得圓滿的解釋（interpretation）。此外，課文中更反覆提示許多啓發性的問題，幫助學生達到探究學習的目的。

其次，該課程在授課時間編排上，彈性殊大

〔註一〕：這項統計依據1956—1974年資料；詳者可參閱本刊第六、七、八期「世界各國科學課程概覽表」一文。

，學生個人興趣與天賦大見重視，戶外活動亦復加強，教師進行教學時，盡量開放所有實驗及其他輔導教材，學生可自行決定其參加活動之時間與地點，故基本哲學上認為學生接受環境內之新知固屬必要，然培養學生獨立創造思考能力之特性更不能缺少。

三、課程目標

ESCP 為地球科學提供了一種科學方法，而且將不同的學科融合為一體，使學生對於行星地球及其環境產生更統整的觀念。書中一系列的探究活動協助學生獲致經驗，達成對課文更深刻的了解，由此觀之，科際整合和探究方式為本課程的兩大目標。

四、課程的範圍與組織

本課程的內容以地球科學為主體，但仍不時讓學生重溫一些基本的物理化學及生物概念，以使學生觀念更臻完整，至於作為主體的地球科學，實包含了地球物理、地球化學、氣象學、地形學、水文學、地質學、古生物學、自然地理學、天文學等分科的內容。全書分為四篇二十六章（新版刪至二十二篇），每章分量大致相當，可分成二十六個教學單元講授，內有插圖 533 幅，表 14 個，作業 498 題。在美國中學每週（五小時的教學時數）授課一章左右，計一百六十小時授畢。課程中另附有教師指引一冊，教具一套和學生使用的實驗手冊、評量手冊等，也有許多供教學用的影片和參考書。

至於課程的教材分配列述如表一（根據第三版）。

五、課程的概念結構

本課程的概念發展，是以動力的地球作為開始，將地球科學與物理、化學連繫起來，說明地球科學是其他科學領域的引申，而且強調地球的變

表一 ESCP 教材分配表（1966 年版）

	頁數	圖數	表數	作業數
第一篇 動力的地球				
第一章 改變中的地球	22	20	1	16
第二章 地球物質	24	25	2	19
第三章 地球測量	24	28	1	19
第四章 地球的運動	22	21	0	27
第五章 場與力	24	27	0	18
第六章 能流	24	20	0	20
第二篇 地球上的各種循環				
第七章 能與空氣運動	26	20	0	19
第八章 空氣中的水分	26	26	1	17
第九章 陸地上的水	21	21	1	33
第十章 海洋中的水	20	23	0	24
第十一章 能、水汽和氣候	22	25	0	19
第十二章 陸上的侵蝕作用	22	26	0	20
第十三章 海洋中的沉積物	20	22	0	8
第十四章 海中隆起高山	20	21	1	29
第十五章 高山上的岩石	18	14	0	14
第十六章 地球內部	18	19	1	24
第三篇 地球的歷史				
第十七章 時間及其測定	18	9	2	9
第十八章 岩石的紀錄	18	19	0	12
第十九章 生命古今談	24	28	1	15
第二十章 一個大陸的形成	22	18	1	20
第二十一章 地形的演化	18	23	0	22
第四篇 地球在太空的地位				
第二十二章 地球的衛星—月球	22	25	0	23
第二十三章 太陽系	22	17	1	22
第二十四章 恆星	18	11	1	22
第二十五章 星的演變	18	12	0	19
第二十六章 宇宙及其起源	18	13	0	15

化、地球的特質、地球的運動、場和力、能量等為地球科學最基本的幾個概念。又因為太陽是一切能量的源起，故在第一單元中對太陽的熱能先

作詳細的探討，並對日、地間能量的轉移及運動的形態作完整的介紹。由這些觀念的確立，課程才將話題轉向氣象、水文、海洋、地形、地質、古生物等分科，但是為求統整觀念，編者更努力著綜合這些個別發展的內容，使成為「地球科學」的概念，而不希望分隔開來逐一討論上述內容，其概念結構有如圖一。

六、科學方法

ESCP 是一套強調學生親身探究的課程，其探究的方法又可分為多種，諸如觀察、測量、實驗、分析、分類、統計、製圖、預測、推論、模式的建立、資料的解釋，皆構成本課程中學習的重要方法。

七、教學方法

ESCP 所採用的教學方法富於變化，包括個別學習，綱領式指導、實驗探究、啟發性追問和小組討論，均甚新穎，然其總目標仍然在於培養學生獨自探討的學習方法。其中，實驗活動最受重視，因實驗實質上包括資料的收集、處理、解釋、預測和推斷，模式的建立，甚至假說的形成，其過程一如圖二。

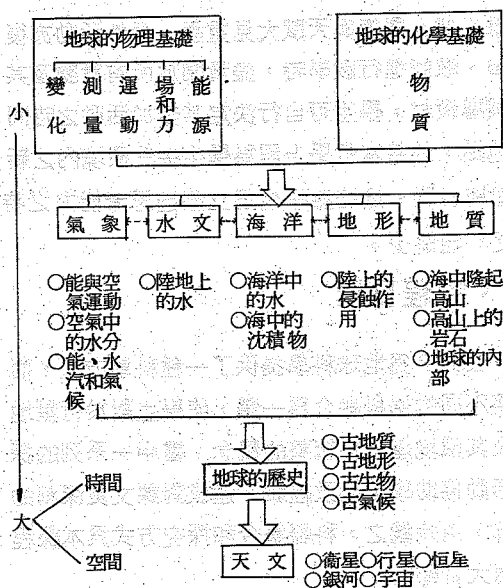
八、教學單元的組織

本課程的教學單元在配合其總目標為大前提下，可用圖三所示的模式顯示出來。

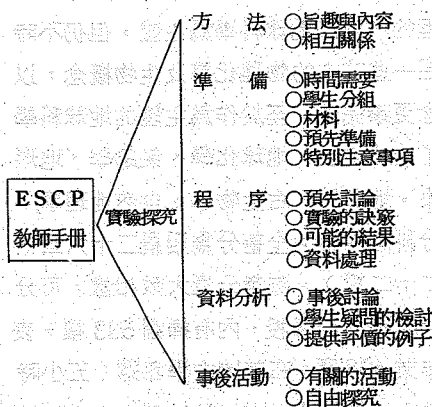
九、課程特色

綜上所述，可知 ESCP 有四大特色。

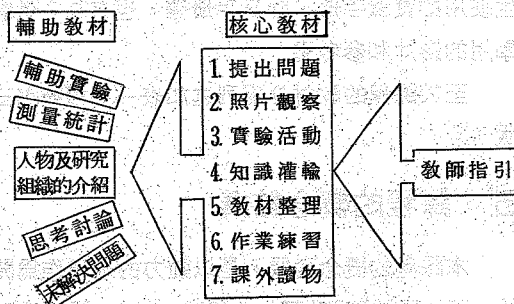
1. 地球科學在自然科學各領域中雖然係一分科，與物理、化學、生物並排，然而其本身亦為一合科，因為地球科學內容包羅了地質、水文、海洋、地形、氣象、天文、土壤等性質並不不同的學門，惟 ESCP 能妥善地將它們融為一體，使地球科學更能達到統整的目的，可見科際間的



圖一、ESCP 的概念結構圖



圖二、ESCP 教學方法示意圖



圖三、ESCP 的教學單元組織

的整合是 ESCP 的一大特點。

2. ESCP 特別強調探究，使學生憑自己能力和學習經驗獲得概念，所以各章節中安排了許多有趣的活動，配合課文發展。這種以學生為中心的程度雖不及 ISCS，但是已經安排得非常適度。可見探究的學習方式為 ESCP 的另一特點。

3. 就內容的組織而言，ESCP 可說是由小而大，由內而外，而且一開始先與物理化學加以銜接，使學生先了解地球的物理化學基礎，然後再談地表地內的各種現象，最後進一步將時間空間擴展，探討地球的歷史和天文宇宙的內涵。

4. ESCP 概念結構以地球的物質、能量、變化和交互作用為四大支柱。至於方法上，則重視觀察、測量、實驗、分類、統計、推論、預測、建立模式和解釋資料等項目。

叁、ISCS

一、課程簡史

ISCS 為中等科學課程研究 (Intermediate Science Curriculum Study) 的簡寫，原為美國佛羅里達州州立大學科學教育學家於 1962 年為改進美國中學教育，在布克曼 (Ernest Burkman) 教授領導下，所擬定的課程綱要及教材大綱，後經全美各地科學家及科學教育專家們修改三次，於 1966 年已正式使用，仍在推廣的階段。

ISCS 課程可分為三個階段，第一階段着重物理科學，第二階段着重化學科學，第三階段以地球科學及生物科學為中心，分別在七、八、九年級級講授。

二、課程的理論基礎

ISCS 課程所依據的理論基礎有下列四點：

1. 視初中教育為普通教育：ISCS 課程強調初級中學的科學教育是普通教育 (general education)，旨在使學生了解科學的目的，科

學的原理、原則，認識周圍環境，而不是培養科學專家。

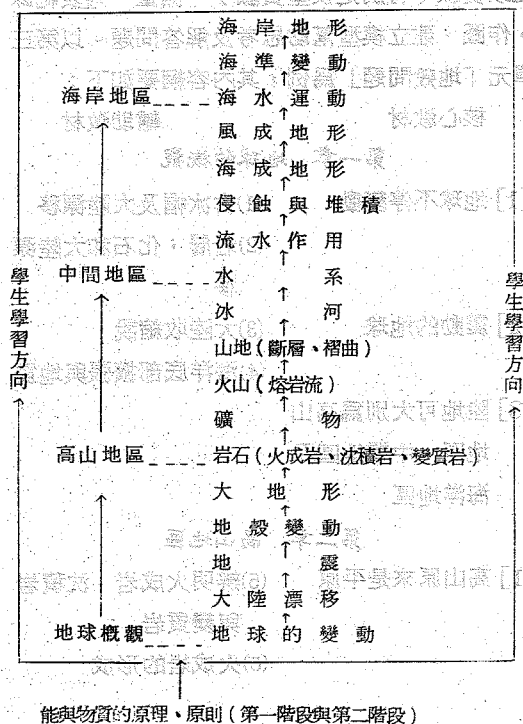
2. 兼重科學過程與概念：ISCS 課程強調瞭解科學，必須同時瞭解科學過程與概念，並非僅止於科學知識的傳授而已，二者應同時兼顧。

3. 以學生活動中心為主：ISCS 課程強調科學教育並不是消極灌輸科學知識，應以學生活動中心為主，讓學生由「做」中學習科學知識。

4. 適應學生的個別差異：ISCS 認為學生的天資、學習的興趣、能力均有差異，故課程的內容、順序、教學的進度均應適應學生個別差異，使學生能發揮所長，不受牽制。

三、課程的概念結構

ISCS 課程中，地球科學部分的教材概屬於第三階段的「探究自然界」(Probing the Natural World, Level III)，排在九年級，與生物課程並列，本階段主要的內容與物理、化學並不相同，而採以問題為中心的獨立單元 (independent unit)，乃應用七、八年級所學習的各項



圖四、ISCS「地殼問題」單元的概念結構

原理、原則來研究地球上的各種現象。地球科學分為四個單元，每個單元為一冊。第一單元為「太空軌道」(In Orbit)，屬太空科學；第二單元為「宇宙穹蒼」(What's Up)，屬天文學；第三單元為「地殼問題」(Crusty Problems)，屬地質、地形和水文學；第四單元「風與天氣」(Winds and Weather)，屬氣象學。每個單元中的概念，前後均連貫，以第三單元「地殼問題」為例，其概念結構如圖四所示。

四、教材的組織與內容

「課程概念結構」一段中提到的各個單元又分為核心教材(core section)與輔助教材(resources)兩大部分。核心教材旨在具體簡要說明重要的科學概念，一般撰寫的程序為引起動機、照片觀察、追問、實驗活動，然後進入主題，綜合歸納原理、原則，灌輸概念。輔助教材，是以實驗(特別是模型實驗)、測量、列表紀錄、作圖、建立模型幫助思考及解答問題。以第三單元「地殼問題」為例，其內容綱要如下：

核心教材

輔助教材

第一章 地球的概觀

- | | |
|--------------------------|----------------|
| [1] 地球不停變動 | (1) 古冰帽及大陸漂移 |
| | (2) 岩層、化石和大陸漂移 |
| [2] 震動的地球 | (3) 大陸收縮說 |
| | (4) 海洋底部擴張與地震 |
| [3] 陸地可大別為高山地區、中間地區及海洋地區 | |

第二章 高山地區

- | | |
|-------------|-------------------|
| [1] 高山原來是平原 | (5) 辨明火成岩、沈積岩與變質岩 |
| | (6) 火成岩的形成 |

- (7) 沈積層的形成
- (8) 沈積層如何硬化
- (9) 沈積岩
- (10) 變質岩
- (11) 鑑定造岩礦物
- (12) 各類岩石如何變換

[3] 平地隆起即可形成山地

- [4] 岩漿噴出地表凝固而成的山地多具有火山口而且渾圓

- [5] 岩漿侵入地內凝固後因侵蝕出露地表的山地亦甚渾圓

- [6] 斷層造成的高山一脈相連，但呈楔狀

- [7] 沈積岩所成山地備受褶曲，成直線方向，排列整齊

- [8] 各式各樣的原因皆可造成高山，惟其形狀各異

- [9] 大自然不斷進行移山工作，冰河是移走高山的主要營力

- [10] 辨別作用於高山地區的各種營力，預測其將來的演變

第三章 中間地區—通往海岸的過渡帶

- [1] 岩質多屬沈積岩，火成岩、變質岩則零星分布

- [2] 主要造地營力是河

- (13) 製作一座火山
- (14) 成層狀的火成岩
- (15) 地殼下的熔岩
- (16) 錐狀火山和熔岩流
- (17) 楔形山地和斷層隆起
- (18) 褶曲造成高聳的山脈
- (19) 老年山地和幼年山地
- (20) 雪變成冰
- (21) 冰河的規模和運動
- (22) 冰河的刻蝕效果
- (23) U形谷及懸谷的產生
- (24) 美國平均雨量圖

流

(25)美國水系圖

(26)美國地形圖

[3] 河流不斷工作

(27)影響流速的因素

(28)流速和搬運量

(29)河流下切多深

(30)河床堆積物對流向的影響

[4] 河流導源於高山，

上游水清流急，侵

蝕力強

[5] 河流下游流經平緩

地區，流速較慢，

易生堆積

[6] 特殊的河流地形

(31)沖積扇的生成

(32)三角洲的形成和海準變動

(33)瀑布的岩石抗蝕力

(34)溝蝕和切割高原

(35)比較雨溝和峽谷

(36)流水彎曲前進的作用

(37)移動中的砂丘

[7] 風力也是塑造中間

地區的營力

[8] 預測中間地區地形

將來演變

第四章 海岸地區

[1] 波浪的營力

[2] 波浪對海灘的作用

[3] 波浪衝擊陡岸

(38)波浪對岩岸的作用

(39)波浪和動能

(40)海灘與波浪的屈折

(41)波浪斜進和漂沙之移動

[4] 波浪的移動方向變

化多端

[5] 另一種海水運動—

潮汐

(42)測量海平面

(43)海岸的潮汐效應

(44)海準變動及海蝕

[6] 海岸地形多姿多彩

(45)濱沙從何處來

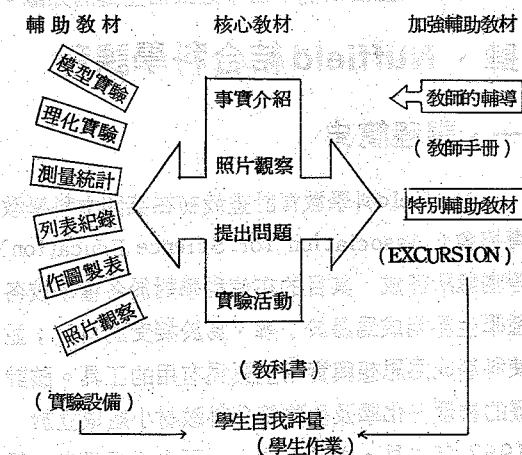
(46)沙嘴與沙洲

(47)海準上升淹沒河谷

[7] 預測海岸地形將來

的演變

五、教材的單元組織



圖五、ISCS 教材單元組織圖

六、課程特色

ISCS 課程最大的特色乃在改進目前科學教育之團體教學方法及傳統式聽講法，其特點可由下列四點分別說明。

1. 個別化教學：本課程強調因材施教，學生可依個人的能力、興趣來決定學習的內容與進度，故在同一時間內，教室內可從事不同進度的活動，學生有更多的自由來支配自己學習的時間與內容，老師僅從旁個別輔導。

2. 學生活動為中心：ISCS 課程要求學生從準備器材，進行實驗至觀察結果等都能夠親自動手，在教室中，學生活動為中心，老師僅從旁加以指導，啟發重點，使學生由「做」中學習科學的知識。

3. 合理的教材順序：一般教材的安排次序是生物—化學—物理，而 ISCS 則改為物理—化學—地球科學及生物學的次序，主要是因一切物質的化學變化是基於本身的物理特性而定，而地球科學和生物的問題均以物理和化學的原理來處理，以符合由簡至複雜，由基礎到應用的原則。

4. 課程內容配合生活教育：教材內所舉的例子和所做實驗與生活環境配合，使學生瞭解科

學是存在於生活環境中而不是玄而生澀的知識。

肆、Nuffield 結合科學課程

一、課程簡史

Nuffield科學教育計畫最初在英國由科學教育協會（Association for Science Education）等團體所促成。其目的在使科學對於各種學校各種學生都能成為易於了解、易於接受的科目；並使科學成為思想與實用上更為有用的工具。該計畫的物理、化學及生物等分科教材小組成立於1962年九月，主要針對十一至十六歲投考一般文憑考試普通級（G.C.E., O level）的學生而設計。

至1965年九月，英國教育家艾威爾（M.J. Elwell）和賓漢（C.D. Bingham）深感傳統的分科初中科學課程，對年齡十一、十二歲的學童不甚適宜，而Nuffield基金會所編纂的上述O-level科學課程都是為智力較高學童所設計的，因此策定編撰Nuffield結合課程（Nuffield Combined Science）的計畫，將傳統的物理、化學和生物結合為一，再加入地球科學觀念。

整個課程於1969年編製完成，隨後曾在三十八所學校試用，並有四千多學生參與實驗教學。最後修訂好的課程交由英國Longmans和Penguin兩大出版社共同發行，學生用書稱為“Activities”，分為十本小冊子（Booklet）。

二、課程的哲學觀點

自六十年代後期開始，美國科學教育家鑑於第一代科學教育改革運動中所生的弊端，乃積極尋求適合實際需要以另一方式編寫的科學課程，Nuffield基金會贊助完成的一系列科學課程計畫，即頗多取材於美國第二代的科學教育改革運動。

本課程的重要哲學基礎有以下各點：

1. 科學是著眼於吾人周圍的世界，故科學教育應與生活密切連繫。

2. 兒童必須活躍參與實驗工作，靠經驗獲致科學知識。

3. 兒童藉實驗工作，才有機會去思考，自己建立模式，設定假說，並且設計實驗，試驗自己的建議。

4. 配合國家的需要，因此取材側重社會資源。

5. 注重技術成就與社會需求間的相互作用。

6. 訓練學童適應未來世界的變化。

7. 由科學各領域的結合，使學童能獲得統整的知識。

三、課程的目標

綜合及修正舊教材，以促使學童在學習中發揮最大的能力，並使中等學校成為「綜合」學習的場所，使綜合能力教學（Mixed-ability teaching）成為現代教學的主流。是以本課程的目標在於編製適用於十一至十三歲學童的科學教材，使學童能活躍地參與實驗，獲致「科學為探討」的觀念，並鑑賞科學外貌的一致性，科學假說形成的過程，由此發展用以解釋其觀察所得的概念。

四、課程的組織

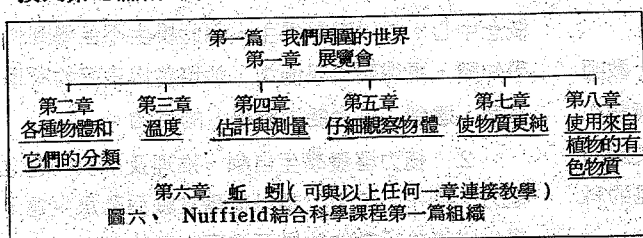
Nuffield結合科學課程之教材共分為十篇（Sections），每年級（相當於我國的初一及初二）各使用五篇，每篇所含章數不等，多者有八章，少者三章，惟各自成一小冊，以Activities為名，可見該課程之精神所在。至於附屬的課程尚包括視聽教材（影片、照片、幻燈片），課外讀物，教師手冊及儀器使用手冊等，另有全套實驗設備。

每章則由若干實驗（Experiments）組成，每個實驗含數活動（Activity）。實驗可分為兩種，即班級實驗（Class experiments）與演示實驗（Demonstration experiments），此外還有一些選用實驗（Optional experiments）作為

輔助教材，可隨學生或教師的需要自由選出進行。

由於編纂小組認為他們所整理出來的教材，絕非兩年中每週五節四十五分鐘的課所能涵蓋，故教師應憑其專業判斷，根據課程所提供的概念、教材和評語，重新組織成適合該班學生的教材。

換言之，課程中的章節次序只是提供一種觀念組織發展的參考，其實深具彈性，教師隨時配合實際情形重新組合使用。例如，課程中的第一篇各章次序有如圖六所列，然而曼徹斯特一所中學的四個班級却曾經使用不相同的學習順序，而效果均佳。設第三、第四章為A；第五、第六章為B；第七、第八章為C；第二篇的第一章「運動和力」為D，甲班的學習順序為A→C→D→B；乙班為B→C→A→D；丙班為C→A→B→D；丁班為C→B→D→A。此外，由第三章「溫度」也直接接上第六篇的「保持冷暖」一節，由第五章「仔細觀察物體」則可以接到第三篇「生命如何開始」，由第七章「使物質更純」可接到第七篇的「粒子」。



下面再以第一篇第七章「使物質更純」的內容組織為例，列表說明如下：

實驗	名稱	實驗類型
a	試使岩鹽更純	班級實驗
b	真空蒸發	選用演示實驗
c	用幫浦過濾	選用演示實驗
d	試使粗質石腦油精更純	選用班級實驗
e	墨水是一種物質嗎？	班級實驗
f	凝縮從墨水來的蒸氣	班級實驗
g	演示墨水的蒸餾	演示實驗
h	墨水污斑	班級實驗
i	研究樹葉中的綠色物質	班級實驗

五、教材大綱

◎主要屬地球科學範疇的章目

* 地球科學和其他自然科學領域結合的章目

第一篇 我們周圍的世界

- * 1. 展覽會
- * 2. 各種物體和它們的分類
- * 3. 溫度
- * 4. 估計和測量
- * 5. 仔細觀察物體
- 6. 蚯蚓
- 7. 使物質更純
- 8. 使用來自植物的有色物質

第二篇 尋找類型

- 1. 運動和力
- * 2. 加熱於物體
- 3. 生長的類型

第三篇 生命如何開始

- 1. 生命如何開始？
- 2. 動物如何在水裏繁殖？
- 3. 哺乳動物的繁殖
- 4. 植物的繁殖和種子的形成

第四篇 空氣

- ◎ 1. 空氣環繞著我們一效果
- 2. 空氣與真空的差別
- ◎ 3. 空氣中有些什麼？
- ◎ 4. 壓力

第五篇 電

- 1. 電路板
- 2. 是否所有物質都可導電
- 3. 如何去了解電

第六篇 水

- ◎ 1. 不同地方的水
- * 2. 如何去了解水
- 3. 水中和陸上的動植物
- 4. 水是什麼？
- 5. 水能否通電？

第七篇 小東西

1. 物體可以小到什麼程度？
2. 微生物
3. 粒子

第八篇 地球

- ◎ 1. 地球的產物
- * 2. 土壤
3. 蛋和種子的發育成長
- * 4. 原油
- ◎ 5. 岩石中的礦物
- * 6. 礦物和非礦物的差別
- ◎ 7. 探測礦床
- * 8. 海中的物質

第九篇 昆蟲

1. 蝗蟲
2. 大型白蠟蝶
3. 其他昆蟲

第十篇 能

- * 1. 調查能的意義、熱輻射、光和聲音

六、科學方法

Nuffield結合科學課程完全注重實驗，教師很少講授必須令學生背誦的教材，故學生無論在科科學知識與能力方面，科學態度方面，實際的技能方面，均有所收穫。學習過程中最常見的科學方法包括下列程序：

1. 以事實引起注意。
2. 尋求事實之成因。
3. 激發出尋求更多資料及更多相關事物的興趣。
4. 設計一些有計畫的探究。
5. 導出某種模式。
6. 修正所作的解釋。
7. 導致更多的發現。

七、教學單元組織

1. 主題敘述：教師利用社會事實輔以圖表

影片說明，使學生大略了解學習的內容，由此引入主題。敘述時多以追問方式進行，其所提出的思考路線，適可培養學生的思考、推理、綜合與歸納能力。

2. 實驗：使學生配合主題敘述及所見所聞以至課外讀物，獲得寶貴的一手經驗。

3. 家庭課業。

4. 預備下一小節課程。讓學生預先閱讀與下一節有關之背景教材，以充實學生的印象，刺激學習的興趣。

八、課程特色

Nuffield結合科學課程為目前世界上少數中學用科學結合課程中最具代表性的一種，它將物理、化學、生物和地球科學四大領域融會一起，配合若干重要主題以整合觀念灌輸給學生。換言之，本課程以科學上的主要內容為教材組織骨架，各篇章間無構造連繫，富於彈性。就整合技巧而言，可說已經非常難得，此為本課程之最大特色，其餘尚有：

1. 教學方法上重視過程中心而捨棄傳統的概念中心。故以實驗為主，因此學生不但學到科學知識，更得到科學能力，並培養出良好的科學態度，達到「綜合能力教學」的目的。

2. 極力啟發學生自學、推理及解決問題之能力。每一小節中，都以從事實驗活動為主題，學生從實驗活動的結果可修正自己的觀念。

3. 教材內容豐富充實，輔助教材及教具衆多。而且為了配合教學活動，本課程更特別設計若干經濟而實用的教具，好電路板、平衡板、汽油分餾器、麥桿天平、測電器等。

4. 實驗方面：除了分為班級實驗及演示實驗外，更有選用實驗，隨學生或教師視實際條件選用，為本課程富於彈性的另一例證。

5. 本課程強調科學是著眼於吾人周圍的世界，故科學教育應與生活密切連繫，而課程之取材，盡量使學生能夠藉此應付日常生活，具備解決問題、預測後果、和評估的能力。（待續）