

英國 1988 年國家科學課程物質科學課程與教材之分析

— 牛津科學編序式教學計劃之分析 —

81-101

【內容大綱】

- 前言
- 模組化的編寫方式
- 循序漸進的學習步驟
- 以有機化學作為生活化的
主要教材並提前學習
- 涵蘊 STS 的理念
- 結語

指導教授：方泰山教授 彭旭明教授

研究教師：宜蘭高中 林泰彬老師

英國 1988 年國家科學課程物質科學課程與教材之分析

— 牛津科學編序式教學計劃之分析 —

研究教師：宜蘭高中 林泰彬老師

指導教授：方泰山教授 彭旭明教授

前言

英國的課程改革與發展，一直是世人矚目的焦點，1988年由國會立法的教育改革法案中的第四款即為課程部分。而有關科學教育的課程法案，於同年十二月由「國家課程委員會」研究訂定，經國務院交國會審查，於1989年三月正式簽署公佈實施。

英國國家科學課程大綱的「成就目標」和「學習計劃」分四個主階段（Key Stage）實施，並進行評估。這四個主階段為：

第一主階段（簡稱 KS1）：以小學一、二年級學生為實施對象，屬初級小學部分。

第二主階段（簡稱 KS2）：實施對象為三～六年級學生，屬高小部分。

第三主階段（簡稱 KS3）：實施對象為七～九年級學生，相當於我國國民中學的學生。

第四主階段（簡稱 KS4）：實施對象為十、十一年級學生，相當於我國高一、高二的學生。

牛津科學編序式教學計劃（Oxford Science Programme）是由一組有經驗的教授、教師、和作家依據英國1988年國家科學課程標準（the Science National Curriculum）編寫而成的一套內容生動的新教材，由牛津大學出版部（Oxford University Press）於1993年出版，供主階段3（KS3）和主階段4（KS4）使用。其內容大要如下二表：

【主階段 3 (Key Stage 3)】

牛津科學編序式教學計劃 (Oxford Science Programme)		
年級(Year)	模 組 (Module)	
Y 7	Part 1	<i>A</i> 探究生命(Looking at life) <i>B</i> 微生物與健康(Microbes and health) <i>C</i> 物質與混合物(Materials and mixtures) <i>D</i> 電與生活(Living with electricity)
Y 8/9	Part 2	<i>E</i> 視與聲(Sight and sound) <i>F</i> 活的地球(The active Earth) <i>G</i> 太空中的地球(The Earth in space) <i>H</i> 平衡中的地球(The Earth in balance)
Y 8/9	Part 3	<i>I</i> 製造新的物質(Making new materials) <i>J</i> 能的變化(Energy changes) <i>K</i> 探討物質(Looking into materials) <i>L</i> 生物如何工作(How living things) <i>M</i> 應用電子學(Using electronics) <i>N</i> 運動中的力(Forces in action)

【主階段 4 (Key Stage 4)】

牛津科學編序式教學計劃 (Oxford Science Programme)		
年級(Year)	模 組 (Module)	
Y 10	Part 4a	<i>O</i> 地球和大氣(The Earth and beyond) <i>P</i> 波與電流(Waves and currents) <i>Q</i> 生命與健康(Life and health)
	Part 4b	<i>R</i> 物質與模型(Materials and models) <i>S</i> 力與能(Forces and energy) <i>T</i> 生命系統(Systems for life)

Y 11	Part 5	<i>U</i> 製造與使用物質(Making and using materials) <i>V</i> 能與環境(Energy and environment) <i>W</i> 共享地球(Sharing the Earth)
------	--------	---

此套教材為一普級（O 級）教材，共分六冊，每冊均編有：

- (1) 學生教科書（ Students' Book ） 供學生學習。
- (2) 教師資源檔案（ Teacher's Resource File ） 供教師參考。

這套書是牛津大學出版部的重要著作，其優點極具參考價值。其中主階段 4（KS 4）的 Part4a、part4b 兩冊供十年級使用，part5 一冊供十一年級使用，相當我國高一、高二學生的教材。本文僅研究分析 KS 4 中有關「化學教材」的部分。

模組化的編寫方式

學生教科書（ Students' Book ）是以模組（ Module ）的形式編寫而成的。所謂模組（ Module ）可界定為：「由一群教材編輯而成之系統組合單元，是一種更具開放性、變通性、和彈性的教學設計，其內容包含目標、閱讀資料、實驗箱（ kit ）、實驗步驟、視聽教材、評量等。」

「 Key Stage 4 」中屬於「化學」的部分有二個模組，其為：

模組 R：物質與模型（ Materials and models ）。

模組 U：製造與使用物質（ Making and using materials ）。

上面兩個模組均各含有六個單元，每個單元又含有 3 ~ 9 個小單元不等。其各單元的內容大要如下：

〔 模組 R：物質與模型（ Materials and models ） 〕

第 1 單元：研究元素以及了解它們物理和化學的特性，找出特性之間的關聯性、原子結構以及在元素週期表的位置。

第 2 單元：檢驗化學鍵的形式，運用不同的方法將原子結合在一起，找出元素週期表中原子如何連結的線索。

第3單元：找出化學鍵如何影響不同物質的特性，這些特性包括物質的本身是固態、液態或氣態，以及是否會熔解。

第4單元：在不同的交互作用下計算物質的量，以及檢驗預測。

第5單元：氧化還原反應：電子反應是從一物質轉變到另一物質時產生的，它包括電池、電解以及腐蝕的作用。

第6單元：研究一些影響化學反應速率的因素。

〔模組 U：製造與使用物質（Making and using materials）〕

第1單元：探討固態、液態、氣態以及粒子的運動，並研究氣體壓力、體積與溫度之間的關聯性，用物質粒子的模型來解釋三態。

第2單元：主要討論石油及其產品，考量到如何從石油中製造有用的物質如塑膠的製造。

第3單元：找出肥料的重要、製造及一些相關問題。

第4單元：探討食鹽（氯化鈉）的製備及電解製造化學工業中的重要原料。

第5單元：探討不同產品中所包含的物質以及其特性。

第6單元：探討混合物的特性，包含了溶膠、凝膠、泡沫、乳狀液、混凝土等。

（※每單元下的小單元參見附錄一）

循序漸進的學習步驟

科學教育需要具體的內容，更要講究實施的方法。物質科學課程的落實，在於透過有價值而且有興趣的科學內容和科學活動，配合學生的認知發展和心理狀態，使學生能獲得基本的科學概念、科學方法和科學態度。雖然很多人強調科學課程的設計與實施，應以學生的興趣為中心，然而有系統、有層次的培養學生認知的能力、自學和解決問題的能力，及培養細心切實、實事求是的科學態度，才是科學教育最重要的內涵。

英國「國家科學課程」大綱中，包含 17 個自然科學目標單元，純屬物質科學，也就是化學科學的範疇有 3 個單元，其為：

(1).物質的分類和用途。

(2).製造新的物質。

(3).說明物質的性質。

在探究物質的科學方法和科學態度方面，則以下列兩個單元為架構：

(1).科學探討。

(2).科學的自然本質。

牛津科學編序式教學計劃的序文中強調，學生在學習各單元教材時，是以循序漸進的方式來學習；單元的一開始，學生將被要求討論以及複習先前所習得的知識，包括這項計劃早期的一些構想，接下來，開始行動並研究以增進自身的了解，最後，可以將研究所得到的知識應用在新的課題上，因此，在每個單元中，學生學習的模式應為：

建立概念 (establishing ideas)

深入探討 (investigating further)

應用新的概念 (applying ideas)

參考單元 U 1.1 — 物質與粒子(Matter and particles)：

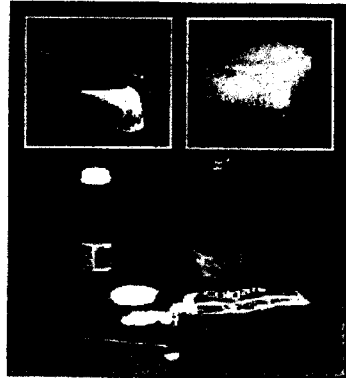
U 1.1 物質與粒子 (Matter and particle)

材料可能是固體、液體或是氣體。

- 1.參看右圖。列出一個表來表示哪些材料是固體、哪些是液體、哪些是氣體。
- 2.固體有哪些共同的特徵？
- 3.液體有哪些共同的特徵？
- 4.氣體有哪些共同的特徵？

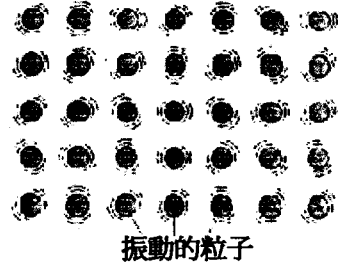
物質的粒子：

每種物質都是由小粒子所組成。依物質的不同，這些粒子可能是原子，或可能是一群原子，稱為分子，也可能是帶電的原子（或一群原子），稱為離子。例如，大部份在空氣中圍繞你的粒子是分子。



5. 原子、離子和分子全都是小粒子。它們之間有什麼不同？

右圖表示科學家認為在一片金屬中的粒子是如何排列與運動。

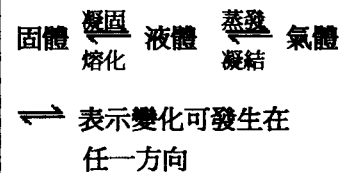


6. 假如金屬的溫度升高，會發生什麼變化？

7. 自己作圖來表示粒子在液體和氣體的情形。

狀態的改變：

不管某一物質是固體、液體或氣體，我們都稱之為它的狀態。某些物質可藉由溫度的改變來變化其狀態。



8. 命名上圖中物質的名稱，圖中將所有的三種狀態都顯示出來。

9. 研究右圖的圖表，解釋下列名詞所代表的含義。

凝結 蒸發 凝固 熔化

※你知道嗎？

沸騰是一種非常快速的蒸發方式。它發生在溫度夠高時，足以使液體產生氣泡來克服外在的壓力，並且從液體表面擴張和噴發。

使用的氣體：

氣體有物理性質：例如，它們可以被壓縮。此外，它們也有化學性質：例如，它們可以和其它物質反應。

10. 寫下這四個標題：運輸(transport)、工業

(industry)、醫院(hospital)、休閒活動

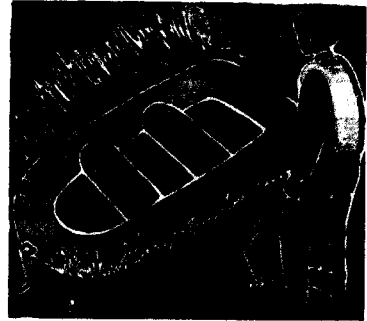
(leisure)。在每個標題下面，列出一些氣體

被使用的例子以及它們的用途。

11. 看看你所列的表，決定是否每一種氣體是因為其物理或化學性質而被使用，將其寫下來。

營火冒險 (camp fire hazard) :

費爾(Phil)和寶拉(Paula)組隊參加一次竹筏冒險。費爾正點燃生起一堆營火來從事炊事的工作。他很有條理地檢查，並沒有發生叢林大火的危險性，但是他仍疏忽了將一罐噴霧殺蟲劑放在非常靠近火源處。突然間，他看見寶拉衝過去拿開它。



12. 如果寶拉沒有拿開噴霧殺蟲劑，將可能會發生什麼事？

13. 描述一下當噴霧器罐加熱時，其內的氣體可能會發生什麼事？

橡皮艇的問題：

在右圖中，你可以看到當寶拉為橡皮艇充氣時，然後將其漂浮於冷冷的河水上，會發生什麼事情。



14. 為什麼你會認為當橡皮艇氣快充滿時，會變得愈來愈難將其繼續打氣？

15. 為什麼將橡皮艇漂浮於冷水上，會使其看起來收縮了？

16. 畫一圖案來顯示當下列幾種情況時，橡皮艇內的氣體分子會發生什麼事：

- a. 橡皮艇只有部分充氣時。
- b. 橡皮艇完全充氣時。
- c. 橡皮艇已漂浮在冰冷的河水上。

深海潛水：

當潛水者在水面下極深時，他們的身體會承受極大的水壓。為了能夠呼吸，他們必須利用其肺吸入幾乎和外界水壓同樣壓力的空氣。他們的呼吸工具能自動地調節所需提供的壓力來適應外界的壓力。



17. 為什麼空氣（呼吸的）要和水壓幾乎相同？
18. 為什麼你會認為潛水者浮出水面時，沒有暫時停止住呼吸？

以有機化學作為生活化的主要教材並提前學習

由於大量的有機化合物是每日生活及工業所須，是燃料或生化反應的能量來源，現代社會依賴有機化合物之工業製品甚鉅，而此類工業深切的影響一個國家的經濟發展。無數的有機化合物的發現已大為增進人類社會的幸福，因此以有機化學作為生活化的主要教材並提前學習，是近年來國內外編寫化學教材的趨勢，也是本書的一大特色。本書有關有機化學的教材內容尚有：

U2.2 石油的精鍊(Refining oil)

分餾原油成為分餾物

U2.3 符合其需要(Meeting the demand)

從石油中分離和加入新分子

U2.4 高分子(Polymers)

鏈狀的分子

U2.5 有關更多高分子的介紹(More about polymers)

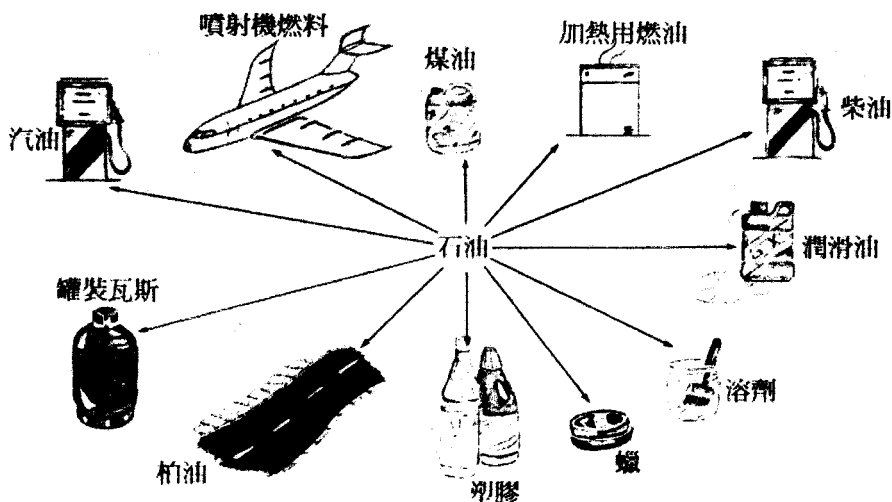
製造和模組高分子

U2.6 過程及問題(Processes and problems)

高分子的生成和使用

參考單元 U 2.1 — 石油及其產品(Oil and its products)：

U 2.1 石油及其產品 (Oil and its products)



石油是一種我們能獲得的最重要的原料材料。它被用來製造數千種材料。材料製造有使用到石油的稱為石化產品。

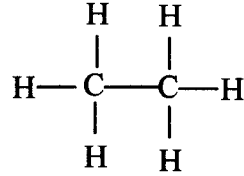
1. 舉出五種可以由石油獲得的物質。
2. 列出一些使用石油產物的缺點。

石油可能有許多令人困惑的名字！當石油(oil)還在地底時，它被稱為石油(petroleum)（和汽油不一樣）。當從地底取出時，它就是眾所週知的原油(crude oil)。原油是一種由數千種化學物質所組成的複雜混合物，主要是碳氫化合物。但是原油如果以這種混合物形式並不是非常有用。它須分成數個不同部份，稱為分餾

烷類	分子式
甲烷	CH ₄
乙烷	C ₂ H ₆
丙烷	C ₃ H ₈
丁烷	C ₄ H ₁₀
戊烷	C ₅ H ₁₂
己烷	C ₆ H ₁₄
庚烷	C ₇ H ₁₆
辛烷	C ₈ H ₁₈
壬烷	C ₉ H ₂₀
癸烷	C ₁₀ H ₂₂

物。

右邊的表顯示原油中的一些碳氫化合物。這些均屬於碳氫化合物的一族稱為烷類。在列表下面是乙烷分子中原子排列的顯示。這種圖示稱為結構式。

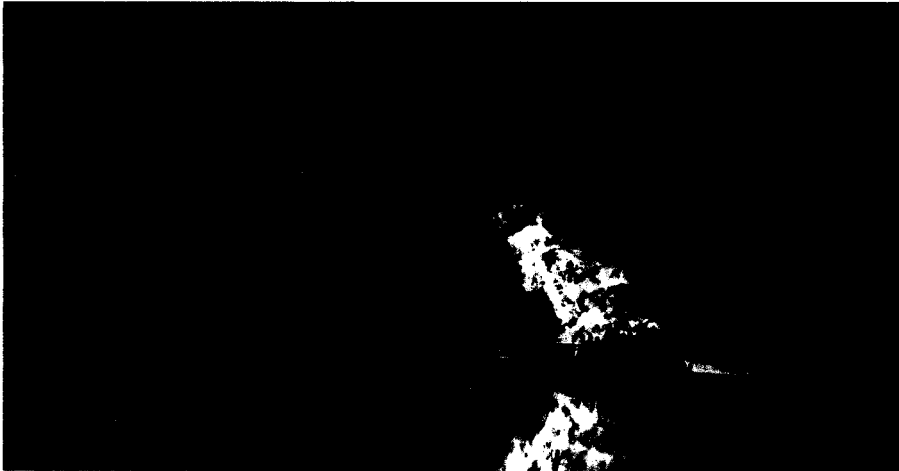


3. 「碳氫化合物」的名字告訴你在每個分子中原子的種類有哪些？

4. 看看你是否能畫出下列分子的結構式。

- a. 甲烷 b. 丁烷 c. 癸烷

乙烷(C_2H_6)的結構式：每個 H 是氫原子，每個 C 是碳原子。



計算價格：

雖然石油的使用帶來很多好處，但仍有其待付的環境代價。和你的組群作：

5. 畫一個有兩列的表：以優點和缺點為標題。

6. 討論石油的使用及其衍生的問題。列出你的想法於你畫的表中。

利用下表中的資訊來幫助你回答下列問題：

8. 用圖表的方式來呈現其數量（例如長條圖）。

9. 從前四個分餾物中，畫出一種分子的結構式（在每個分餾物中有一程度範圍的分子，你只須畫出

- 7.就平衡的觀點，你認為石油應該繼續或不
應該繼續被開採？
- 10.分子中碳原子的數目會影響分
餾物燃燒的容易度嗎？解釋你
的答案。
- 看看分餾物：
- 11.小分子的碳氫化合物較大分子
的容易揮發（變成氣體），哪
一種液體分餾物最易揮發？
- 下表列出部分原油的分餾物，它們分
子內的碳原子數以及這些分餾物如何燃
燒。

分餾物	分子中碳原子數目	分餾物燃燒狀況
石油氣	1 - 4	易燃、藍色火焰、黑煙很少。
汽油	5 - 10	易燃、藍黃色火焰、有少許黑煙。
煤油	10 - 15	引燃後燃燒良好、藍黃色火焰、多黑煙。
柴油	15 - 20	難引燃、燃燒時有很髒的黃色火焰。
重油	20 - 40	很難引燃、黃色火焰、多烏黑蒸煙。
殘留物	40 以上	極難引燃、黃色火焰、多烏黑蒸煙。

涵蘊 STS 的理念

自 1975 年開始，英國在科學課程發展上，就已注重科學、技術、社會 (Science-Technology-Society，簡稱 STS) 三者關聯之重要性。除了仍強調科學研究過程之訓練外，更將科學與技術應用到社會有關問題之探討。

英國科學教育協會 (The Association for Science Education 簡稱 ASE) 首先為 STS 課程闢出一條大道，並發展出三套教材，其為：

- (1).1981 年出版「社會中的科學」(Science in Society，簡稱 SIS)。
- (2).1983 年出版「社會脈絡中的科學」(Science in a Social Context，簡稱 SISCON)。

(3).1984 年出版「社會中的科學與技術」(Science and Technology in Society , 簡稱 SATIS)。

1988 年由英國「國家課程委員會」研究訂定的課程「成就目標」和「學習計劃」仍十分明確的融入 STS 理念，在其課程標準綱要中的「成就目標 17 : 科學的自然本質」就明白指出：「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。」

依據上述課程標準編訂的牛津科學編序式教學計劃的各個教學模組中，自然涵蓋很多 STS 教材。

參考單元 U 6.9 — 計算物價- 物質經濟學 (Counting the cost -The economics of materials) :

U 6.9 計算物價 (counting the cost)



石灰石的使用(英國)

路基和混凝土材料	80%
水泥	11%
鋼鐵	3%
農業	2%
塗粉及填充物	1.5%
玻璃製造	1%
其他化學上的用途	1.5%

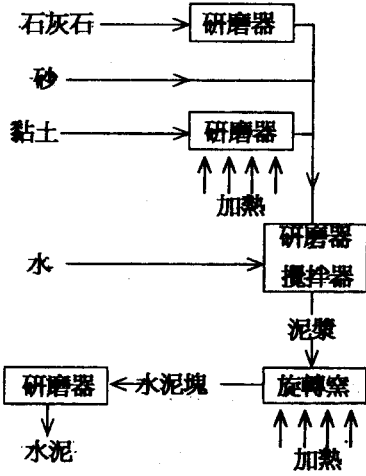
英國全國石灰石的產量
每年 10 億噸

如同經濟材料，物質有其環境上的價格，混凝土是其中一個例子。石灰石必須被挖出來製造水泥。石灰石也被用作混凝

土材料的切削。上面的照片顯示石灰石的挖掘。

在這頁，有一些有關水泥的製造和石灰石使用的資訊。利用這些資訊可以幫助你回答下列問題：

1. 製造水泥需要哪些未加工的原料？
2. 這些未加工的原料來自何處？
3. 為什麼這個過程需要燃料？
4. 水泥製造過程如何引起環境上的破壞？
5. 在英國，石灰石主要的用途為何？
6. 在英國，每年有多少噸石灰石備用於製造水泥的原料？
7. 為什麼混凝土的強度要比水泥來得強？
8. 舉出兩種可用來代替水泥凝固的材料，而這些材料的製造可能不造成環境上的破壞嗎？



水泥製造過程

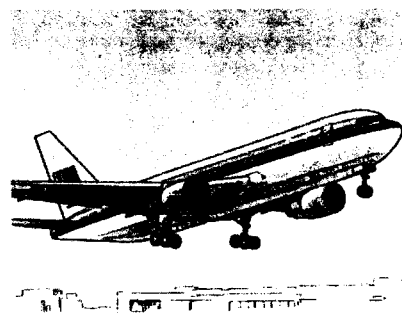
問題的選項

鋁 (aluminium)	銅 (copper)
陶瓷 (ceramic)	玻璃 (glass)
混凝土 (concrete)	木材 (wood)

請看上表所列出的物質：

9. 你認為每種材料的主要物理與化學性質為何？
10. 哪些材料適應用在你的家和學校？每種材料適應用在何處？而且為什麼你覺得它會被選擇使用？

飛行材料：



11.看看你是否能選擇兩種替代品來代替上表所列出的材料？（你已在前面混凝土部份作過類似的事了）

12.你認為哪一種事對環境最無害的建築材料？為什麼？

13.有種材料可能對某種工作而言有理想的物理和化學性質，但它仍然不被選擇，為什麼？

纖維價值：

許多複合材料用纖維來增強。下表列出了某些纖維的價值。

14.哪一種事最貴的纖維？

15.哪種纖維並不是真的適合作複合材料的加強？

16.你覺得為什麼某些纖維會比其它的貴上許多？

17.100 公斤重的碳纖維價值多少？

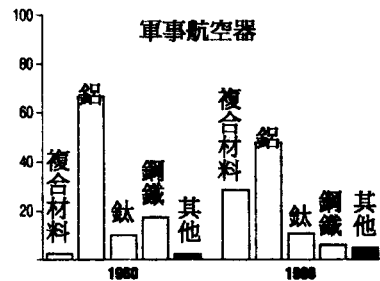
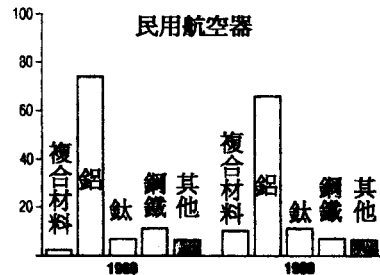
18.碳纖維加強的塑膠被用於一般小的製品，例如網球拍，但卻無法應用於一些大的建築，例如橋樑。為什麼？

纖維種類	每公斤值多少英鎊
E-玻璃(玻璃纖維)	1
S-玻璃(強化玻璃)	15
石墨(碳)	250
耐綸	15
硼	400

下列圖表顯示在三十年間飛行器的不同製造材料比例的改變。

19.民用航空器可由圖表顯示有什麼傾向？

20. 民用和軍用航空器可由圖表顯示有何不同？你能提供它們之間差異的理由嗎？



結語

課程在本質上是個極其複雜的概念，因此課程學者的主張也各有所偏，有的注重學科的結構，有的強調學生活動和教學環境，也有重視經世濟用者。然而無論課程概念如何複雜，學生的興趣與需要、學科的專門知識、社會發展的需求，應都是選擇及組織課程內容的考慮因素。牛津科學編序式教學計劃在課程內容的選擇及組織上，確實掌握了這些因素。

牛津科學編序式教學計劃全部的模組內容包含了物質科學、物理學、生命科學、地球科學、環境科學等五大領域，內容涵蓋極廣。此種類型的教材，在我國現行的聯考制度下，似乎很難推展，然就本文所分析探討有關化學部分的兩個模組看來，仍有很多可供借鏡之處。

在我國現行的課程架構上，有關物質科學課程與教材的編訂，牛津科學編序式教學計劃的下列三項特點很值得參考應用：

- 一.以學科概念、科學方法、科學態度為課程主軸，編寫生動活潑、彩印精美的模組化教材。
- 二.屬於各學科知識中的生活化教材及社會議題，編入模組化教材中，使其蘊含 STS 的理念。
- 三.以有機化學作為生活化的主要教材並提前學習。

參考資料

1. Oxford University Press , Oxford Science Program , 1993 , Oxford University .
- 2.魏明通，民 83 ，各國 STS 課程教材評介(一) — 英國 SIS 及 SISCON 計劃，台北師大科教中心，台北。
- 3.魏明通，民 83 ，各國 STS 課程教材評介(二) — 英國 SATIS 計劃，台北師大科教中心，台北。

4.方泰山等，民 79，英國國定自然科學課程的架構與評估計劃—物質科學部分，台北師大科教中心，台北。

【附錄一：模組 R 與模組 U 目次】

模組 R：物質與模式(Materials and models)

R1.1 概念的分類(Sorting out ideas)

原子與週期表的概念(Ideas about atoms and the periodic table)

R1.2 尋求模型(Looking for patterns)

元素的分類(Classifying the elements)

R1.3 化學模型(Chemical patterns)

由性質尋求模型(Looking for patterns in properties)

R1.4 原子的概念(Atomic ideas)

原子觀念的形成(How ideas about atoms have developed)

R1.5 電子與殼層(Electrons and shells)

探究原子與元素(A closer look at atoms and elements)

R1.6 管柱與顏色(Columns and colours)

更多的模型與性質(More patterns and properties)

R2.1 結合(Joining up)

化合物、鍵和電力(Compounds,bonds,and electric forces)

R2.2 氯的反應(Chlorine reactions)

從氯中尋求模型(Looking for patterns in the chlorides)

R2.3 鍵結的解釋(Explaining bonds)

共價鍵與離子鍵(Covalent and ionic bonding)

R2.4 鍵的形成與破壞(Joining and breaking)

分子與大分子(Molecules and macromolecules)

R2.5 化合與反應式(Combinations and equations)

價數的計算(Calculating with valencies)

R2.6 活動中的鍵(Bonds in action)

運用鍵的概念(Using ideas about bonds)

R3.1 更多概念的分類(Sorting more ideas)

熔點、沸點、離子和鍵(Melting,boiling,ions,and bonds)

R3.2 狀態變化(Changing state)

固體、液體和氣體中的粒子(Particles in solids,liquids,and gases)

R3.3 溶劑與溶液(Solvents and solutions)

溶解與沈澱(Dissolving and precipitating)

R3.4 更多的活動鍵(More bonds in action)

清潔劑和更多的鍵結效應(Detergents and more bonding effects)

R3.5 溶液與金屬(Solutions and metals)

溶解、鹽和金屬(Dissolving,salts,and metals)

R4.1 算出來(Work it out)

原子量和分子量的計算(Calculating with atomic and molecular masses)

R4.2 比例和問題(Percentages and problems)

更多 RAM 與 RMM 的計算(More RAM and RMM calculations)

R4.3 使用化學計算(Using chemical calculations)

預估和探討(Predicting and investigating)

R5.1 氧化與還原(Oxidation and reduction)

還原反應和電子傳遞(Redox reactions and electron transfer)

R5.2 電子與電池(Electrons and cells)

電化學效應(Some electrochemical effects)

R5.3 電化學分析的研究(Looking into electrolysis)

經由溶液的電流(Currents through solutions)

R5.4 更多的電化學分析(More about electrolysis)

更多的預測和研究(More predictions and investigations)

R5.5 腐蝕(Corrosion)

金屬的腐蝕(Metals under attack)

R6.1 反應和速率(Reactions and rates)

反應速率的探討(Investigating rate of reaction)

R6.2 反應因素(Reaction factors)

影響反應速率的因素(Some factors affecting rate of reaction)

R6.3 更多的反應因素(More reaction factors)

顆粒大小和催化劑的反應(The effects of particle size and catalysts)

模組 U：製造與使用物質(Making and using materials)**U1.1 物體和粒子(Matter and particles)**

固相、液相和氣相的粒子(Particles in solid, liquid, and gases)

U1.2 氣體壓力和體積的關係(Gas pressure and volume)

密閉氣體的行為(The behaviour of trapped gases)

U1.3 氣體體積和溫度關係(Gas volume and temperature)

氣體的擴張與凝聚(Gases expanding and contracting)

U1.4 氣體定律的研究(Looking into gas laws)

壓力、體積和溫度的進一步探討(More on pressure, volume, and temperature)

U2.1 石油及其產品(Oil and its products)

原油中有用的物質(Useful substances from crude oil)

U2.2 石油的精煉(Refining oil)

分餾原油(Separating crude oil into its fractions)

U2.3 符合其需要(Meeting the demand)

從石油中分離和加入新分子(Splitting and joining molecules from oil)

U2.4 高分子(Polymers)**鏈狀的分子(Chain-like molecules)****U2.5 有關更多高分子的介紹(More about polymers)****製造和模組高分子(Making and modelling polymers)****U2.6 過程及問題(Processes and problems)****高分子的生成和使用(Forming and using polymers)****U3.1 肥料和氮(Fertilizers and nitrogen)****土壤和氮循環 (Soil and the nitrogen cycle)****U3.2 氨的製造與使用(Making and using ammonia)****哈柏法的重要性(The importance of the Haber process)****U3.3 更多有關肥料的資料(More about fertilizers)****工業製造的肥料(Fertilizers from the factory)****U4.1 食鹽(Common salt)****萃取和分離氧化鈉(Extracting and splitting sodium chloride)****U4.2 鹼氯工業(The chlor-alkali)****鹽類中有用的化學物質(Useful chemicals from salt)****U4.3 溶液與問題(Solutions and problems)****鹽與鹼氯工業(More on salt and the chlor-alkali industry)****U5.1 材料的探討(Looking at materials)****分類、選擇與使用(Grouping, choosing, and using)****U5.2 適合用途(Fit for the job)****選擇、延伸與壓縮(Selecting, stretching, and compressing)****U5.3 窗框(In the frame)****調查窗框的物質(Looking into materials for window frames)****U6.1 混合物的探討(Looking at mixtures)****將顆粒(物質)混合(Mixing particles together)****U6.2 分散系的探討(More about disperse systems)**

溶膠、凝膠、泡沫和乳狀液(Sols, gels, foams, and emulsions)

U6.3 調製乳狀液(Making emulsions)

乳化劑的探討(Investgating emulsifying agents)

U6.4 從酸到鹽(From sour to salt

酸、鹼和鹽(Acids, alkali, and salts)

U6.5 從日落到傳播(From sunsets to spread)

一些分散系和清潔劑(Some disperse systems and detergents)

U6.6 混合物(Mixed materials)

一些混合物及其用途(Some composites and their uses)

U6.7 混凝土的探討(Looking into concrete)

混合、強度與強化(Mixture, strength, and reinforcement)

U6.8 更多的混合物(More composites)

薄片、纖維和織物(Sheets, fibres, and fabrics)

U6.9 計算物價(Counting the cost)

物質經濟學 (The economics of materials)