



各國科學課程發展趨勢

楊冠政

國立臺灣師範大學



壹、科學課程改革的回顧

美國科教革命的狂飈 自 1955 年起，美國科學教育界掀起革命狂飈，科學課程遭逢戲劇性的改變。

第二次世界大戰後，由於科學與技術的迅速進步，造成科學知識的爆發，這不但加速了文化的改變，也暴露出人力需要與供應的不平衡。美國科學家們開始感到學校的科學課程並不能鼓舞學生進入科學有關的行業，而且科學教材過份教條化，重視瑣屑事實而無概念的關聯，內容陳舊落伍，因此科學教育遭受嚴酷的評論。（註 1）

在廿世紀初期，美國 14~17 歲的青年只有 8.4% 進入中學，但是在 1960 年前後，該數字已增加到 70%。一般家長對其子弟能否在學校獲得優良的教育，深表關切。這時，美國大學的科學家與科學教育家，都認為中小學校的科學課程，不能適當地培養正確的科學概念來解釋所觀察的現象，教材的內容貧乏，且過份強調工藝的運用，因此改革科學教育之呼聲，日漸高漲。當時，哈佛委員會（The Harvard Committee）與史梯門報告（The Steelman Report）中承認科學課程重定方針的時機已來臨。（註 2）

1957 年，蘇俄的第一顆人造衛星史潑尼克（Sputnik）的發射成功，使美國朝野大為震驚

，輿論檢討的結果，認為美國太空科學的落伍，應歸咎於美國教育。科學與數學教育成為衆矢之的，因為它們與科學人員的缺乏有直接的關係。

美國國會於 1958 年通過國防教育法案（National Defense Education Act），由政府撥出鉅款獎助科學，數學及外國語文教育。美國國家科學基金（National Science Foundation，簡稱 NSF）獎助科學課程之研究與編製，教學方法的改進。此時美國所編製的科學課程，其成績較為卓越的有 PSSC（Physical Science Study Committee），BSCS（Biological Science Curriculum Study），MSG（School Mathematics Study Group）和 CHEM（Chemical Education Material Study Program）等數十種。

NSF 發現當時中學科學教師的素質太差，便獎助美國各大學實施改進師資素質的計劃，提供獎學金，編製新課程，以提高科學與數學教師的水準。

第二代科學課程的新方向 在 1955 年至

註 1 Collette, T.A.: Science Teaching in the Secondary School Allyn and Bacon, Inc. 1973.

註 2 Hurd, P.D.: Biological Education in American Secondary Schools 1890~1960, BSCS Bulletin No.1 1961.

1965年間，美國新編製的新科學課程有數十種之多，百分之五十以上的中小學已採用新課程。由於新教材對學生之影響深且鉅，1965年以後美國社會的各階層紛紛檢討新課程的成效。NSF在資助新課程發展時規定“新課程的內容必須顧及舊課程的學生”。這項規定限制了新課程的充分發展，因此若干新課程在設計之時就出現了缺點。

美國科學教育學家赫德（Paul De Hart Hurd）認為新課程具有卓越的貢獻，也有待改進的地方。這些都可作為編製第二代科學課程的新方向。（註3）

赫德氏認為新科學課程是順應社會的需要而產生。新課程多以該學科的概念、原理與法則為主體，並涵蓋在概念綱領（Conceptual scheme）之下，這就是為順應知識爆發的產物。其次，新課程強調科學探討（inquiry），需要學生親自參與發現（discovery）和解決問題（problem-solving）的活動，使學生認識科學知識是如何獲得的。這種教學方式較以往權威式教學為優，這種探討方式，學生能瞭解科學具有“繼續前進”和“不斷改變”的性質。

赫德氏也認為在1955年至1965年間美國第一代的科學課程，呈現出下列顯著的缺陷：

1. 新課程忽視科學的社會、人文與歷史的意義，這些在通才教育（liberal education）以及普通教育（general education）中具有重要地位。

2. 新課程多為培育科學家而設計，而忽略普通學生（average student）之需要。對普通學生而言，新課程甚艱深，而且內容廣泛，類似百科全書，學生易於迷失，厭煩和疏遠科學。

3. 各學科課程獨立發展，而漠視科學各學科間的統一性與關聯性。

4. 過於重視教材內容的編纂，而忽略教學方法的研究，尤其是學習心理學之配合，未曾妥善安排。

英國的科教改革 英國的科教改革係由科學教師協會（The Science Master's Association, SMA）與婦女科學教師協會（Association for Woman Teacher, AWST）所推動。1961年，此兩團體合併為科學教育協會（The Association for Science Education, ASE）。

自1957年以來，SMA、AWST和ASE對英國科學課程不斷進行檢討，並在1961年發表政策聲明（Policy Statement），對當時的英國科學課程提出下列意見：（註4）

1. 由於科學與技術的突飛猛進，英國一般學校所使用的教材不適合社會之需要。

2. 一般科學課程過份重視事實與原理，以致學生養成死背強記的風氣。

3. 科學課程過於陳舊，不符合現代科學的觀點。

他們認為英國的科學課程必須達成下列三點新的要求：

1. 充分考慮學生能力的個別差異及適應性，以便編製適合一般教育水準的課程。

2. 課程必須建立在有意義的科學概念上，精選教材並力求組織嚴密，以促進學生的思考力與理解力。

3. 設計教師教學活動所需之教材和教具。

這項政策聲明成為英國科學教育發展史的里程碑。雖然英國政府非常讚賞科學教師的卓見與努力，但是並未給予財力上的支援。一個英國的慈善教育基金會，即奈飛爾基金會（Nuffield Foundation），慨然同意捐助大量金錢支援科學教師們的政策聲明及課程計劃。1961年至1962年間，便擬定奈飛爾科學綱要（Nuffield Science Schemes）。1962年4月24日英國教育部

註3 同註1

註4 Lucas, A.M. and D.G. Chisman: A Review of British Science Curriculum Projects. The Ohio State University, 1973.

長在國會下院發表奈飛爾科學教育計畫 (Nuffield Science Program)，於是科學課程的改革活動積極展開。

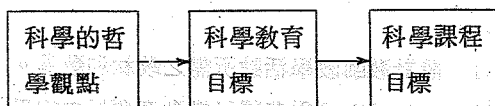
在奈飛爾基金會支援下，八套適用於小學、初中和高中科學課程陸續出版。

爲要促進科學課程的發展，英國政府於1964年成立學校課程與測驗委員會 (School Council for Curriculum and Examinations)，負起中小學課程發展研究，並編製了代表英國的第二代科學課程，即 School Council Integrated Science Project 和 Scottish Integrated Science Courses 等科學課程。

綜觀各國所編製之科學課程，顯示出下列發展趨勢：

貳、科學觀點影響課程目標

科學課程爲達成科學教育目標之工具，故科學課程目標必須符合科學教育目標。而科學教育的目標却隨科學觀點而改變，故課程目標、科學教育目標及科學的哲學觀點有下列三關係：



科學的哲學觀點 科學的定義是什麼？隨各人的哲學觀點不同而異。康能 (James B. Conant) 曾將科學觀點分爲兩類：一爲傳統的靜態觀點 (static view)；另一爲現代的動態觀點 (dynamic view)。(註5)

所謂靜態的觀點，認爲科學只是一系列的原則、法則和學說，以及衆多有系統的知識。根據這個定義，認爲在自然界存在的事實，能被觀察、記錄和分類，並產生系統化的知識。換句話說，科學家研究自然時，他只是一個觀察者，而不是整個系統的一部份。因此，基於這種觀點的傳

統科學課程，把科學當作權威性的事實、原理和法則來教學。

現代的動態科學觀點，認科學爲一不斷前進且自我矯正 (self-correction) 的探討過程 (inquiry process)，而科學知識是科學探討的成果。

美國哥倫比亞大學的科學教育家非茲帕克 (F. Fitzpatrick) 等爲美國政府擬定科學人力計劃 (Science Manpower Project) 時，曾對科學下定義，這定義現已爲科學教育者所接受。他們認爲：「科學爲一累積的與無休止的實驗觀察，導致概念與學說的形成。而概念與學說可爲進一步的實驗觀察結果予以修訂。科學是知識的實體和獲得與精煉此知識的過程。」(註6)

根據這個定義，科學涵蓋科學知識與科學過程，而科學知識爲科學過程的產物。在科學探討過程中，科學家必須具備科學方法與科學態度。換言之，科學的內容包含知識，方法與態度。

科學教育目標 美國科學教師協會 (National Science Teacher's Association) 之課程研究委員會 (Committee on Curriculum Studies) 曾在其「七十年代的學校科學教育聲明 (NATA Position Statement for School Science Education for the 70's)」中謂科學教育的主要目標在培養具有科學素養 (Scientific literacy) 的公民，而科學素養包含科學概念、科學方法與科學態度之培養。該課程委員會並認爲具有科學素養的人，將是：(註7)

1. 當他與他人或環境交往時，他能使用科學概念，過程技術 (process skills) 和價值於裁決。
2. 他瞭解科學知識的產生賴於探討過程 (

註5 Conant, J.B.: Science and Common Sense, Yale University Press, 1961.

註6 同註1

註7 同註1

inquiry process) 以及概念學說 (Conceptual theories)。

3. 他能區分科學證據與個人意見。
4. 他能驗證事實與學說間的關係。
5. 他能認識科學與技術在促進人類福祉時的限度 (limitation) 和用處。

6. 他瞭解科學技術與社會的其他部份間的關係，包含社會與經濟發展。

7. 他認識科學起源於人類 (human origin)，並瞭解科學知識的暫時性，當證據足夠時，它會改變。

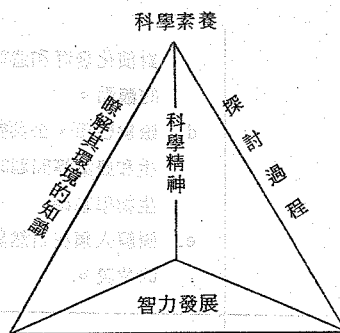
8. 他有充分的知識與經驗，因此他能讚賞他人的科學工作。

9. 由於他的科學教育，他對世界具有豐富與樂觀的看法。

10. 他能採用與科學相同的價值觀念，所以他能使用和享受科學，由於他的智力的刺激，優雅的解釋，和探討的激動。

11. 在他的終生，他會繼續去探討和增加他的科學知識。

美國科學教育學者蘭那 (J.W. Renner) 和史塔福 (D.G. Stafford) 認為科學素養包含三大要素，即瞭解其環境的知識，探討的過程與科學的精神。這三要素組成三角錐體的三邊，而以智力發展為基礎，並以下列模式表示科學教育目標：(註8)



科學教育目標

科學課程目標 今以名國高中生物課程目標

為例，說明科學課程目標可區分為三類：即與科學知識 (概念) 有關者，與科學方法 (技術) 有關，與科學態度 (精神) 有關者。日本文部省頒布的課程目標最簡潔，其三條目標分別隸屬於上述的三類。(註9) (註10)

註8 Renner, J.W. and D.G. Stafford: Teaching Science in the Secondary School, Harper & Row, Publishers, Inc. 1972.

註9 BSCS: Biological Science, An Inquiry into Life Teacher's Guide. Harcourt Brace Jovanovich, Inc. 1973.

註10 日本文部省高等學校學習指導要領，1971.

各國生物課程目標

國別與課程名稱	課程目標		
	與科學知識 (概念) 有關者	與科學方法 (技術) 有關者	與科學態度 (精神) 有關者
美國 BSCS 生物學	a. 瞭解生命的歧異及生物體間的相互作用。 b. 瞭解生物概念的發展歷史。 c. 瞭解目前生物學者	a. 瞭解科學的限制及科學方法。	a. 瞭解科學探討的性質：科學是無止境的智慧活動，現在所知曉的或所相信的，任何時候都會改變。 b. 對生命世界的美麗，

	對演化發育和遺傳的觀點。 d. 瞭解醫學、公共衛生和農業等問題的生物學基礎。 e. 瞭解人類在自然界的位置。		戲劇及悲劇的鑑賞。
日本（新制） 高等學校生物	a. 在探討之過程中，以理解生物及生命現象有關的基本概念、原理、法則，啟發學生之活用能力，並加強對生物的組成及功用的分析及綜合判斷的能力。	a. 在討論生物或生命現象時，加以觀察與實驗，收集資料、推理、形成假說，並證實之過程，以使學生認識科學方法，養成創造能力。	a. 透過對生物及生命所應具備的觀察及思考方法，培養學生科學的自然觀，同時使認識生物學對人類福祉所作的偉大貢獻。
英國 奈飛爾生物	a. 使學生認識人亦是生物，及其在自然界中之地位。 b. 培養對於不同生活類型的生物體，均趨向於類似的認識	a. 教授計劃科學研究，形成問題及實驗的設計。 b. 認識下列生物學觀念為人類成就之一： (1) 生物學不但是基於觀察和實驗，也是基於發問，形成假說，試驗假說和人與人之間的溝通。	a. 啟發和鼓勵好奇與探討的態度。 b. 啟發一種對於事物的現代看法。 c. 鼓勵對於所有生物體之尊敬與同情的心理。 d. 啟發一種積極的走向證實的途徑。 c. 認識下列生物學觀念為人類成就之一： (1) 生物學已發展數世紀，生命仍有許多未能解答的懸疑；當新知識獲得時，我們對生命的觀念會改變。 (2) 生物學的知識是世界各地科學家工作的成果，它的追求是國際性的。 (3) 物理、化學和數學的發展有助於生物學的進步。

叁、課程結構重視概念組織

近數十年來，科學知識的爆發，是以每十五年倍增的速度發展。科學教育者實不可能將所有知識在課程中出現，只能將衆多知識中概括出來的概念，在課程中作有組織的安排。現將數種科學課程的概念組織簡述於下：

英國 SCISP 課程 SCISP 課程 (The School Council Integrated Science Project) 為英國學校課程與測驗委員會於 1973 年編製的科學課程，適用於九年級至十一年級，為一典型的統合課程 (integrated curriculum)，內容包含生物、物理、化學與地球科學，而以構造單元 (building blocks)、能量 (energy) 和交互作用 (interaction) 三大概念作為統合的主題 (integrating theme)。本課程的目標在應用科學過程 (scientific process) 來發展科學概念 (scientific concepts)，以尋求類型 (patterns)。

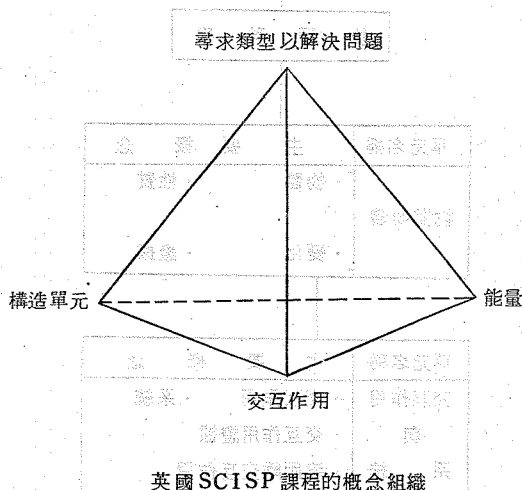
本課程的構造單元係指構成物質的各種單元，譬如電子、離子、分子、細胞、有機體、族群 (population)、群落 (community)，和行星 (planets)。本課程著重其本質、複雜性及大小的探討。

所謂能量的主題在顯示能量具有多種型態，這些型態可以在自然界進行轉變，並且在轉變中能作功 (work)，最後以熱 (heat) 的型態消失。所探討的能量有波能 (wave energy)、聲、電能、和熱。

所謂交互作用是指構造單元間，或構造單元與能量間的交互作用的影響。譬如分子間的交互作用產生了化學變化；族群內有機體的交互作用產生了食物鏈 (food chain)；電子間的交互作用則形成電場 (electric field)。

以上述三大概念作基石，以尋求類型，用於

問題解決。如下圖所示，三角錐體的三個角底表示三大統合主題——構造單元、能量與交互作用，其尖端則為尋求類型以解決問題。（註 11）



本課程認為科學的重要類型有下列十種：

1. 化學週期表
2. 化學電化學順序
3. 化學
4. 原子
5. 運動
6. 構造與功能
7. 社會
9. 環境
9. 遺傳的延續
10. 演化

美國 SCIS 課程 (Science Curriculum Improvement Study) 為美國三大小學科學課程之一。本課程將小學科學分為物理科學 (physical science) 與生物科學 (biological science) 兩領域。每領域含有六個單元，每個單元以主要概念為標題，內含若干小概念，而整個課程以交互作用 (interaction) 為中心概念。其概念組織如下圖。（註 12）

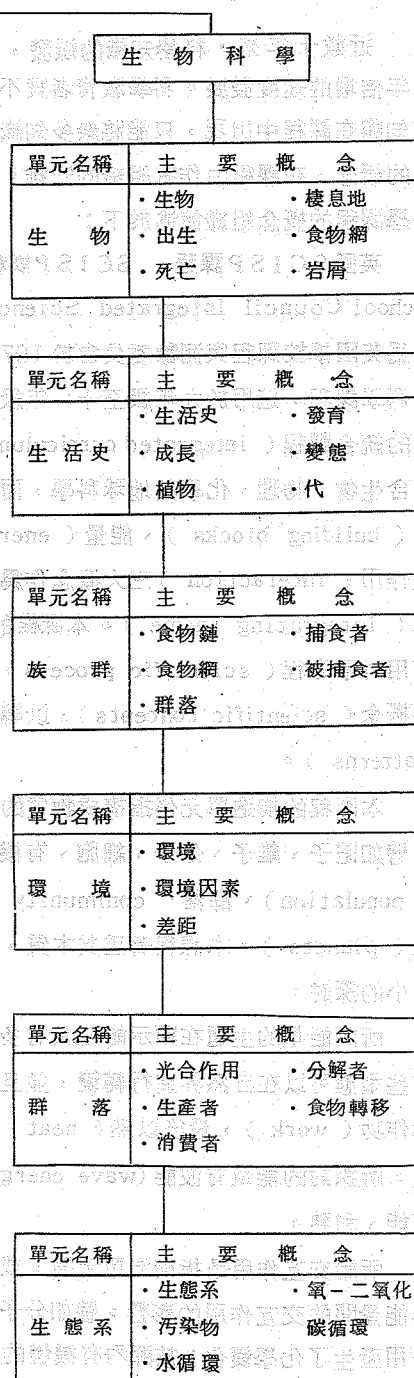
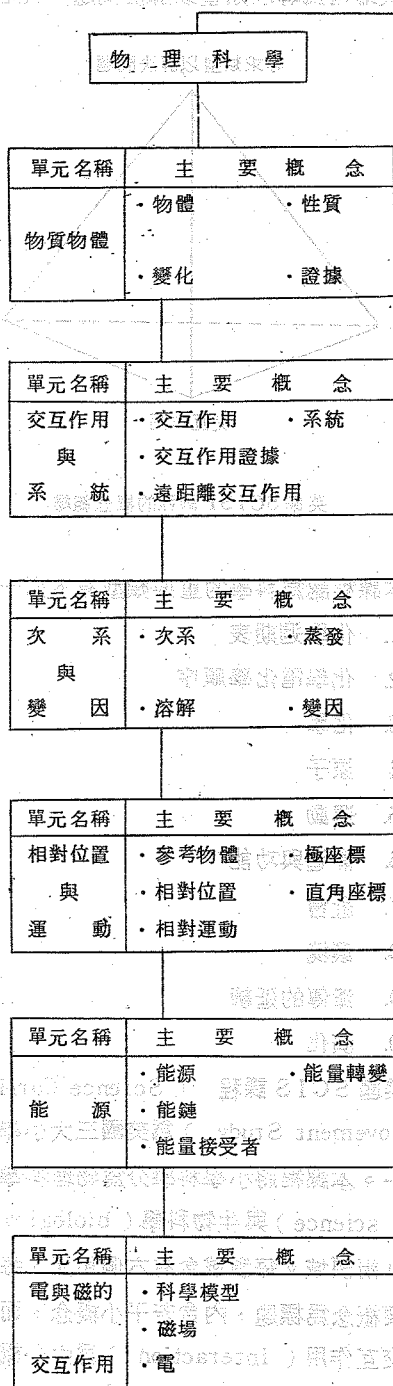
註 11 同註 4。

註 12 SCIS Elementary Science Sourcebook, 1968

表 10-3-1 物理科學課程概念結構圖

圖 10-3-2 生物科學課程概念結構圖

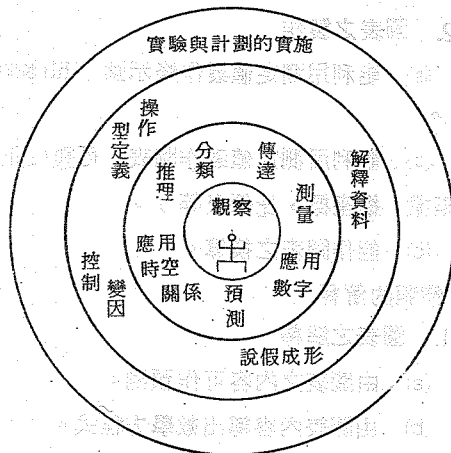
SCIS 課程的概念結構



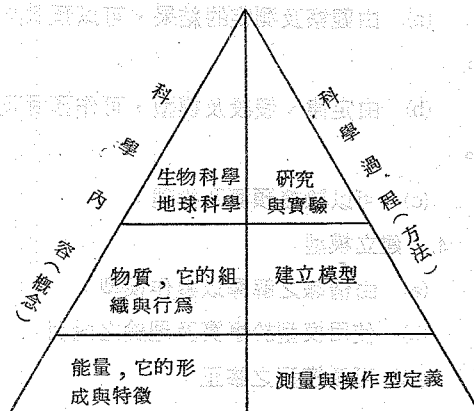
肆、科學教學強調探討過程

如前所述，科學被認為是一個前進，且能自我矯正的探討過程，因此課程必須反映此種本質。

美國 SAPA 課程 SAPA (Science A Process Approach) 認為科學教育的實施最好透過探討過程，正如閱讀是探討任何作品的基本方法一樣，認為科學家進行科學探討的過程，必須使用十三種不同的過程技術 (process skill)，這就是觀察、測量、傳達、應用時空關係、分類、應用數字、預測、推理、控制變因、解釋資料、形成假設、操作型定義、實驗，並以觀察為核心，由基本過程擴展為統整過程，如右圖所示。(註 13)



美國 ISCS 課程 認為科學家的工作是從事科學活動，正像醫師的工作是醫療，教師的工作是教學。而科學家所從事的活動，依其性質可區分為觀察，分析數據，建立模型，說明數據。這些活動是科學探討的基本過程。ISCS 課程認為科學課程中，科學過程與科學概念必須同時出現，並以右列圖形為課程結構模式。ISCS 認為有三類科學過程在科學課程中有特別重要性，這些便是測量與操作型定義，建立樣型，實驗和研究等三類。這三類科學過程構成初中一、二、三年級的過程組織主題 (process-organizing themes)。



日本初中科學課程 日本現行的初中理科課程，其課程目標之一是“以探討的方式培養科學的方法與態度”。並認為科學方法可分為四類十一項，其內容如下：(註 14)

I. 情報之收集

1. 觀察

- 可用五官來觀察。
- 可做定量之觀察。
- 可做比較觀察，發現相似點與相異點
- 可用器具觀察。

2. 測量

- 可用任意基準來測量。
- 測定量的表現法 (精確度與誤差)。
- 可做直接測量。
- 可做間接測量。

註13 湊日雄 AAAS理科—AAAS的科學方法，日本理科教育 1975年7月號

註14 新理科 教師用書 日本東京株式會社 1972

II. 情報之處理

1. 分類

- (a) 以規定之基準做分類。
- (b) 以任意基準做分類。

2. 圖表之製作

- (a) 能利用測定值製作條示圖 (histogram)。
- (b) 能利用測定值製作圖表 (可畫出正確的橫座標, 縱座標, 比例尺等)。
- (c) 能作圖表之換算。

III. 情報的解釋

1. 圖表之解釋

- (a) 由圖表之內容可作預測。
- (b) 由圖表內容導出數學方程式。
- (c) 可以做到數字以外的解釋。

2. 照片之解釋

3. 預測與推理

- (a) 由觀察及測定的結果, 可以預測及推理。
- (b) 由定律、假設及模型, 可作預測及推理。
- (c) 可以驗證預測及推理。

4. 建立模型

- (a) 由情報之解釋以製作模型。
- (b) 使用模型於事實及理論之說明。
- (c) 可做模型之修正。

5. 形成假說

- (a) 從情報內容可製作假說。
- (b) 能用假說證明各種事實。
- (c) 可做假說的證明及修正。

IV. 其他

1. 實驗

- (a) 為要收集情報而做實驗。
- (b) 為要確定預測及推理而做實驗。
- (c) 為要驗證模型及假設而做實驗。
- (d) 可設定對照實驗。

2. 操作型定義：能實驗操作型定義。

3. 記錄及傳達。

美國 BSCS 課程 (Biological Science Curriculum Study) 認為科學探討類似偵探, 要不斷地收集證據, 提出假設和解決問題。一般科學家在探討過程中, 首先要研究情況及收集事實, 與某一特定問題的事實稱為數據。科學家最具創造性的工作, 便是對疑問提出試驗性的解答, 這種解答稱為假說。BSCS 認為下列六項構成科學探討的要素: (註 15)

- 1. 形成問題 (formulating a problem)
- 2. 形成假說 (formulating hypothesis)
- 3. 設計研究 (designing a study)
- 4. 實施研究計劃 (executing the plan of investigation)
- 5. 解釋數據或發現 (interpreting the data or findings)
- 6. 從研究所得綜合成知識 (synthesizing knowledge gained from the investigation)。

伍、中小學課程趨向統合科學

根據美國馬利蘭大學科學教育中心 1974 年所出版的「國際科學與數學課程發展」 (Science and mathematics Curricular Developments), 現代各國正在實驗的初中及小學課程多為統合科學 (integrated science)。(請參閱本冊世界各國科學課程概覽表)。(註 16)

所謂統合科學課程是以科學上的概念, 過程或主題 (theme) 為中心來組織教材, 不再區分

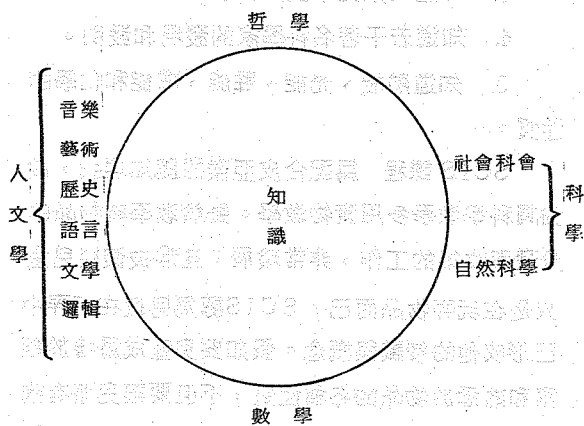
註15 Klinckman, E. Biology Teachers Handbook, John Wiley and Sons, Inc. 1970.

註16 Lockard, J. D. Science and Mathematics Curriculum Developments Internationally 1956-1974.

為物理、化學、生物及地球科學。(註10)

從人類的知識的性質，科學的過程、科學的本質、科學的各學門均有相同性質，故可合而為一。此種課程編製，可啟發兒童對科學的整體認識，教材的編寫可減少許多不必要的重覆，最重要的是可培養兒童完整的科學素養。

人類知識的內涵 美國學者藍利(Ramly)認為人類的知識，如果用一個圓形表示，其一邊是人文學，而另一邊則為科學。人文學包含音樂、藝術、文學、歷史、邏輯；而科學包含自然科學與社會科學。而人類知識的基礎為數學，人類知識的高峯為哲學，並以下圖表示：



科學知識的本質 美國俄亥俄州立大學的統整科學課程中心 (Center for Unified Science Education) 認為科學知識均具有下列性質：(註17)

1. 暫時性 (tentative)：科學知識是在繼續改變狀態，這種改變可產生新知識來填補舊知識間的空隙。

2. 公開性 (public)：科學知識都是基於證據 (evidence) 任何人面對著同樣的證據，都會獲得同樣的結論。

3. 複製性 (replicable)：科學知識基於證據，不同的人在不同的地方，面對同樣的證據，都會得到相同的結論。

4. 或然性 (probabilistic)：當科學原理

應用到真實情況時，它具有或然性的預測 (predictions)。

5. 人性 (humanistic)：科學知識是人類探討自然的結果，它來自人類賦予自然的秩序，或發現自然的類型 (patterns)。

6. 歷史性 (historic)：昔日的科學知識為今日的知識奠下基礎；同樣的，今日的知識為將來知識的基礎。昔日的科學知識必須以歷史的觀點來評判。

7. 整體性 (holistic)：在概念綱領 (Conceptual scheme) 下，各學門知識可融會合一，它們之間的差異，只是程度上的，而非種類的不同。

8. 獨特性 (Unique)：科學知識與人類其他知識不同，具有獨特的性質。

9. 實驗性 (empirical)：科學知識都是來自觀察或實驗。

統合科學課程的類型 綜觀各國所發展之統合科學課程可分為下列五種類型：(註18)

1. 概念中心 (Concept Approach)：以科學上的概念來組織；譬如下列課程：

SCIS課程 (Science Curriculum Improvement Study)。

COPES課程 (Conceptually Oriented Program in Elementary Science)

2. 過程中心 (Process Approach)：為科學上的方法或過程來組織課程；譬如美國的SAPA (Science A Process Approach) 以十三種科學過程來組織教材。

3. 主題中心 (Thematic Approach)：以若干主題為中心來組織教材，譬如奈飛爾中級科學課程 (Nuffield Secondary Science Project)。其主題為生物的相互關係、生命的延續、人類生物學、能量的獲得、感官的伸延運動、使用

註17 郭鴻銘，科學素養之涵義，科學教育第一期。

物質、地球與其在宇宙間的地位。

4. 類型中心 (Patterns Approach): 譬如 SCISP 課程 (School Council Integrated Science Project) 將科學概念與科學過程結合以尋求類型來解決問題。以十種主要類型作為課程的組織骨架。

5. 標題中心 (Topic Approach): 以科學上的主要內容為教材組織骨架, 各篇或章之間無構造上的聯繫。譬如 Nuffield Combined Science 為適用於初中的科學課程, 其內容包含下列標題, 每標題包含科學各學門的教材。其標題為: 環繞我們的世界, 尋求類型, 生命如何開始, 空氣、電、水、小東西、地球、昆蟲和能量。

陸、課程編製必須配合心理學的原理

現代科學課程的設計受心理學的影響, 尤其是皮亞傑 (J. Piaget), 布魯納 (J.S. Bruner) 和蓋納 (M. Gagne) 等, 對現代中小學科學課程的編製有直接的影響。

皮亞傑的智力發展理論。瑞士學者皮亞傑認為兒童的智力發展 (intellectual development) 可分為四個時期, 即感覺動作期 (sensorimotor stage), 操作前期 (preoperational stage), 具體操作期 (concrete operational stage), 以及形式操作期 (formal operational stage)。他認為若干因素影響兒童的智力發展, 這些因素包含成熟 (maturation), 自然接觸經驗, 社會經驗, 和自我調節 (self-regulation)。兒童藉充分的活動, 方能發展其智力結構, 而這些活動為實物所引導。

Science 5/13 課程 為英國奈飛爾基金會 (Nuffield Foundation) 與蘇格蘭教育部 (Scottish Education Department) 聯合編製的一套小學科學課程。這課程認為教學目標必須配合兒童智力發展。不論是科學概念, 方法與態度

的培養均依照兒童的發展特徵來釐定教學目標。譬如科學知識的教學目標, 可依下列各個時期而定: (註19)

一、前操作期之教學目標:

1. 知道熱、光和電的來源。
2. 知道各種普通物質間性質之差異。
3. 知道運動需要能量。
4. 知道普通物質會發生變化。

二、具體操作期之教學目標:

1. 知道使生物與非生物產生改變的狀況。
2. 知道能量的來源和性質。
3. 知道人類史中工具的改變。
4. 知道若干著名科學家的發現和發明。
5. 知道熱能、光能、聲能、電能和化學的性質。

SCIS 課程 為配合皮亞傑的認知理論, 故強調科學教學多用實物教學。雖然教學時物品的分發與收集的工作, 非常瑣屑, 且常被懷疑兒童只是在玩弄物品而已, SCIS認為兒童在玩弄中已形成他的智識與概念。假如要兒童成為善於觀察和熟悉於物品的各種性質, 不但要讓兒童有機會去聽和去看, 而且要讓兒童以自己的方式去操作。(註20)

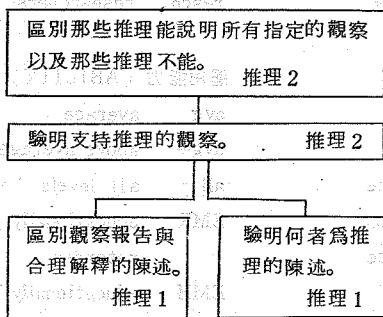
SCIS課程為了要培養兒童具有能力去發現新的關係和有想像力地思考, 其課程包含兩種教材: 一類為介紹或發明 (invention) 一個新的概念; 另一類為協助兒童“發現” (discovery) 新概念的用途。在兒童探討新的事物時, 面對著新事物的出現, 他需要新的概念來解釋新的現象, 這時教師提供新的概念, 並說明其意義, 這就是發明。這種教材編製是配合皮亞傑的智力發展過程。

註18 Integrated Science, Griffin International Bulletin No.11, 1976.

註19 Science 5/13 Macdonald Educational, 1972

蓋聶的學習階層理論 根據美國心理學者蓋聶 (M. Gagne) 的學習階層 (hierarchy of learning) 的學習理論，認為兒童要達成預期的終點行為 (terminal behavior)，必須先要完成其起點行為 (entering behavior)。因此兒童若要達成複雜性較高的終點行為，他必須先要把達成終點行為所需要的附屬行為 (subordinate behavior) 一一做到。

SAPA 課程 根據蓋聶的學習理論，將過程技能依其難易與複雜性，作層狀排列，組成過程層次 (hierarchy of process) 圖，如下圖：(註21)



SAPA 的過程層次圖

柒、科學課程與社會的密切關係

近代科學課程均重視社會的關聯性，科學教育的目的在培養具有科學素養的公民，故科學課程必須配合社會的需要。

由於現代科學與技術的進步，大量工業廢料污染了空氣和水源，對人類的生存產生巨大威脅，故環境污染的知識成為每個公民所必需，尤其在法律的制定，社會安全的維持更為需要。現代科學過程中均有自然與人類關係的教材，例如自然界的平衡，資源的開發，環境污染，以及自然保護等。

科學教育家赫德曾稱：現代科學教育必須配

合國家發展目標，重視技術成就與社會的關係，多利用社會資源於教學，並強調科學知識對社會問題解決之重要性。

捌、結 論

科學課程的研究與發展，已成為世界性的企業，不論是落後的或是進步的國家，都在極力推動，吾人應如何順應世界的潮流，配合國家的需要，進行科學課程的改革，實為當務之急。

將來的科學課程應具有怎樣的形態與性質？這是每個科學教育工作者所關切的問題，美國國家科學基金會於 1971 年召開的柯拉威花園會議 (Callaway Gardens Conference) 中，曾對將來的科學課程的特徵列舉下列數點，這些可作為吾人編製科學課程之借鏡。(註22)

1. 完全統整的 (unified)，並適合所有的學生。
2. 釐定科學素養的最低標準，以編製教學與評量資料。
3. 目標具彈性，並具最低要求。
4. 教學單元簡短，且富彈性，配合學生的個別差異。
5. 具有平衡的和科技整合的內容。
6. 教學單元具獨立性。
7. 採取多種途徑以達成目標。
8. 教學單元能與個別的、自我調節的學習 (self-paced study) 配合。
9. 利用現有資源 (教具)，以免增加教學費用。

註20 同註12

註21 小學科學——活動過程教學 (Science A Process Approach)，台灣省國民學校教師研習會，民國六十二年出版。

註22 同註4