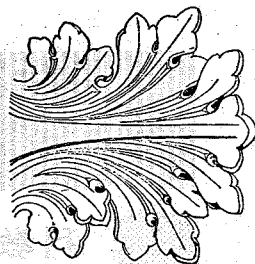


統合科學教育簡介



楊冠政 國立臺灣師範大學

一、統合科學的涵義

統合科學 (integrated science) 是視科學為一整體，不再分化為化學、物理、生物等學門 (discipline)。因此課程的編製，是以主題 (theme) 或概念 (concept) 為中心，將物理、化學、生物和地球科學的教材貫連一體。譬如說以能量概念為中心，學習活動可取自各學科。

美國俄亥俄州立大學的科學教育家使用 unified science。他們除強調科學的統一性外，並重視科學的人類本質。故其編製之課程含有社會科學與行為科學。

二、統合科學的理論基礎

科學的統一性可從若干觀點來辨認，例如科學知識的本質，科學知識的組成和科學知識的形成。

科學知識的本質 通常將科學知識區分為若干學門，此種區分只是為研究的方便，而科學知識均具有相同的本質。美國學者菲尼斯 (P. Phenix) 在其「知識的起源分類」(generic classification of knowledge) 文中，曾將人類知識區分為六種意義範疇 (realms of meaning)，即象徵 (symbolies)、經驗 (empirics)、美學 (aesthetics)、倫理學 (ethics)、福音學 (synoptics) 和心智研究 (synnoetics) 等。

各意義範疇所涵蓋之學科如下表：

意義範疇	學科
象徵	一般語言、數學
經驗	物理科學、社會科學、生物科學、行為科學
美學	音樂、藝術、文學
倫理學	道德哲學
福音學	歷史、宗教
心智研究	哲學、心理學

從上表可知科學均隸屬經驗論，雖然有物理、生物、社會和行為科學之區分，其本質均為藉經驗得到之知識。

美國統合科學教育中心 (Center for Unified Science Education) 認為科學知識均具有下列共同性質：

- | | | |
|--------|--------|--------|
| 1. 暫時性 | 4. 或然性 | 7. 整體性 |
| 2. 公衆性 | 5. 人文性 | 8. 獨特性 |
| 3. 複製性 | 6. 歷史性 | 9. 實驗性 |

科學知識的組成 科學知識是科學家探討自然所得的成果。它是由事實、概念 (concept)、法則 (generalization)、原理 (principle) 和學說 (theory) 所組成。雖然各學科知識有其獨特的結構，但各學科知識的組成都相同。

事實是科學觀察與測量的結果。康能 (J.B. Conant) 認為有兩個基準可用作辨認科學事實：其一、科學事實可直接觀察；其二、在任何時候，事實可被演示 (demonstration)。這兩個基準亦可用於區分真實的與未確定的。

概念是從事實與經驗中概括出來的概念。它是一種象徵性的描述，例如「物質是由分子所組成」，「能量可自一個形態改變為另一種形態」。

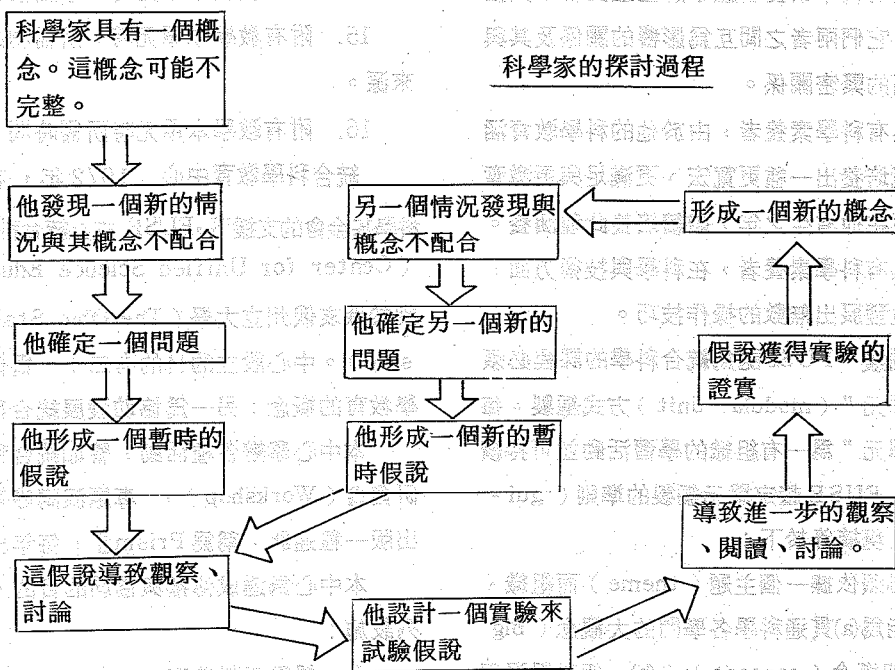
法則（或原理）是由若干關聯的概念所組成，例如「生物體的構造與功能是互相配合的」，這個法則包含生物體、構造、功能等概念。

學說是若干法則與原理的綜合，用以解釋自然現象。學說是最簡單而最有效的方法來說明或預測實驗與觀察的結果。假如沒有地心引力的學說，登陸月球的夢想不會實現。藉引力學說可推

算出火箭在登月旅行中需要消耗多少燃料，以補償引力的改變。此外，生物學的演化學說，細胞學說；化學的原子說，氣體動力說都是常見的學說。

知識形成的過程 美國科學教育學者布蘭溫（P. F. Brandwein）等認為各種科學知識形成的過程均為科學探討的過程，這過程包含概念尋找（concept-seeking），概念形成（concept forming）和概念試驗（concept-testing）等，並以下圖表示科學家的探討過程。

科學家的探討過程



三、美國統合科學教育聯盟

聯盟簡史 美國統合科學教育聯盟（Federation for Unified Science Education, 簡稱 FUSE）創立於 1966 年，為一科學教師組織，其目的在促進統合科學教育（unified science education）。

本聯盟認為科學為人類行為（human endeavor）之一，且為整體的，不可分割的。聯盟並不排斥科學的分割，為了研究的方便與需要，科學的分化有助於科學家的研究工作。但是，聯

盟認為科學為整體的哲學，作為每個人教育的基礎，有其獨特的意義與價值。

統合科學聯盟所協助發展的課程現有一百七十多種。這些課程並不完全相同，有些只將物理與化學合併，有些加入社會科學。

此外，統合科學教育的另一特徵，是藉教育方法（education methods）將教材與學生統合為一，也就是學生與科學一樣為科學課程之決定要素（a determiner of curriculum）。

教育目標 本聯盟認為科學教育之目標在培養具有科學素養（scientific literacy）的公民

。本聯盟曾發表「科學素養之涵義」(the dimensions of scientific literacy)一文。郭鴻銘教授曾將其翻譯，並刊載於本刊第一期。

本聯盟對科學素養有下列七項之解釋：

1. 具有科學素養者了解科學知識的本質。
2. 具有科學素養者能確實應用適當的科學概念、原理、原則及理論於他所處的環境中。
3. 具有科學素養者能運用科學過程以解決問題，作正確抉擇及拓展自己對環境的了解。
4. 具有科學素養者，對自己所處環境中各方面的交互作用，能符合科學的價值標準。
5. 具有科學素養者應了解並鑑賞科學與技術的領域，它們兩者之間互為影響的關係及其與社會各方面的緊密關係。

6. 具有科學素養者，由於他的科學教育涵養，對環境培養出一種更寬宏、更滿足與更激奮的觀點，並在他有生之年，繼續培養此種涵養。

7. 具有科學素養者，在科學與技術方面，繼續不斷地發展出無數的操作技巧。

課程編製 FUSE認為統合科學的課程必須以“組合單元”(modular unit)方式編製。每一“組合單元”為一有組織的學習活動並可持續六週左右。FUSE釐定單元編製的準則(guideline)，現摘錄於下：

1. 必須依據一個主題(theme)而組織，此主題可能為(a)貫通科學各學門的大觀念(big idea)，即概念(concept)，(b)一個科學過程，(c)一個自然現象，或是(d)一個問題。

2. 學習活動取材自科學的各學門，並包含行為科學(behavioral science)或社會科學(social science)。

3. 必須基於若干個敘述清晰的目標。

4. 具備四週至八週的學習活動。

5. 具有多種學習的方式(learning modes)，其中包含有具體經驗。

6. 為地方科學課程的一部份，並為某一年級學生所喜愛與使用。

7. 單元附有評量目標的測驗，其試題含有

極少數的記憶題。

8. 單元以能繼續不斷演進的形態出現。

9. 學習者有機會選擇他們學習的內容與方法。

10. 使用常見的設備與物品，花費最少量的金錢於設備，並利用現有的資源。

11. 單元之起始有對學生和教師說明的緒言，描述單元的重要性與興趣等。

12. 學習者具有機會自我評量。

13. 附有簡短說明，描述教學本單元時，教師的任務。

14. 說明編製本單元時，學習活動的來源。

15. 附有教學本單元時，所需物品的清單與來源。

16. 附有教學本單元時所需時間。

統合科學教育中心 1972年，在美國國家科學基金會的支援下，FUSE成立統合科學教育中心(Center for Unified Science Education)，設於俄亥俄州立大學(The Ohio State University)。中心設立的目的是有二：一為傳播統合科學教育的概念；另一為協助發展統合科學課程。

本中心舉辦各種活動，譬如統合科學課程的研習會(Workshop)，專題演講等等。本中心出版一種通訊，稱為Prism II，每年出版四期。

本中心為達成傳播與協助的目的，特舉辦下列設施：

1. 課程資料檔案：

此檔案含有所有在美國使用的統合科學課程，現共有一百七十多種，其適用程度自幼稚園以至大學，每種課程均有詳細的描述。

2. 教具庫：

各種統合科學課程所使用的教具，均收集儲存。

3. 特種圖書館：

所有有關統合科學教育的書籍、雜誌、論文，均收集無遺。

四、亞洲各國統合科學教育現況

泰國 1971年元月，泰國政府在聯合國文教組織（UNESCO）的協助下，創設「科學教育與技術研究所」（Institute for Promotion of Teaching Science and Education, IPST），從事新科學課程的編製、推廣、評量、以及師資訓練等工作，以改進泰國的科學與數學教育。在澳洲顧問艾渥（G. H. Aylward）的協助下成立了九個委員會，進行科學課程的編製。其中兩種課程屬統合科學。一種適用於八年級至十年級的「普通科學」（general science），另一種適用於十一年級至十二年級的物理科學（physical science）。

「普通科學」共二十章，為典型學生活動的統合科學課程，強調科學概念與科學方法，並與泰國文化以及學生日常生活密切關聯。「物理科學」採用統合型主題（integrating themes），例如循環（cycling），再循環與保存（recycling and conservation），物質與能量的流動，人與其世界的動態性質等。

所有學生均須選讀三年「普通科學」，然後不從事科學研究的學生則選讀「物理科學」，而從事科學研究的學生則選讀物理、化學、生物等科學課程。

IPST並積極籌劃師資訓練，課程評量以及教具製作等工作。

菲律賓 菲律賓大學的科學教育中心（Science Education Center, SEC），從1972年開始編製適用於初中階段的統合科學課程。課程是以美國的ISCS（Intermediate Science Curriculum Study）為藍本，且區分為「統合科學」I、II、III和IV（Integrated Science I、II、III、IV）。統合科學I主要為物理科學，統合科學II以生物為主，III與IV分別以化學與物理為主題。

統合科學I與II的主題為物質（matter）、能量（energy）和改變（change）。物質包含其構造、性質、存在與分類。能量包含轉變、轉移機制及能源。改變包含交互作用、系統與社會關

係。其教材則涉及物理、化學與生物。

SEC在菲律賓國家科學發展局（National Science Development Board），聯合國文教組織與福特基金會（Ford Foundation）的支持下，提供獎學金予科學與數學教師進修，以獲得教學碩士學位（Master of Arts in Teaching）。通常需時一年半。

該國設立九所區域科學教學中心（Regional Science Teaching Center），從事新課程之推廣與師資訓練，並利用暑假，召集學校教師在中心接受短期的講習。

RECSAM RECSAM為科學與數學教育區域中心（Regional Center for Education in Science and Mathematics）的簡稱。此組織係由馬來西亞、菲律賓、泰國、寮國、印尼、高棉、越南和新加坡八個國家所組成，其目的在編製適用於此地區之科學與數學課程。此中心隸屬於東南亞教育部長組織（Southeast Asian Ministers of Education Organization）。中心地址在馬來西亞，近年主要計畫為編製適用於東南亞地區初中階段的統合科學課程。

1973年元月各參與國家選派代表兩人，在RECSAM總部進行課程綱要的擬定。此統合科學課程含有十九個單元，除學生用書外，尚有教師手冊、作業單（worksheets）和評量試題，並完成“熱能交換”及“輻射能”兩單元。

在1974年元月，各國代表重新聚會，修訂上年度擬定之課程綱要及實驗教材，並獲得下列諸專家之協助：

Mr. John Edward (Australian Science Education Project)

Dr. William Hall (British Schools Council's Integrate Science Project)

Miss Carolin Perez (SEC, University of Philippine)

馬來西亞 為了配合劍橋大學考試（Cambridge External Examination），馬來西亞的初中現使用英國的SIS課程（Scottish In-

egrated Science) 所編製的“Science for the 70'”本課程適用於初一與初二。

新加坡 在亞洲基金會的協助下，新加坡的教育研究所(Institute of Education)，於1971年開始進行初中科學課程計畫(Lower Secondary Science Curriculum Development Project)。此新科學課程的目標有三：(1)利用學生對自然的好奇心於科學探討，(2)研究基本科學概念，(3)探討科學—社會問題的性質，即科學的社會責任、人口爆炸、環境污染、迅速工業化等問題。

實驗教材以概念綱領(conceptual scheme)為骨架，並以實驗活動為中心。其主要單元有探討科學、物質的構造、能量、水與溶液、生態學和社會生物等。

本實驗教材由100個學校，4400個學生試用，並自1976年元月起，全面推廣。

日本 自1971年起，日本文部省支持東京都教育研究所(Tokyo Institute for Education)，進行統合科學課程計畫(Integrated Science Curriculum Project)。由東京大學物理系的Yoshinobu Kakiuchi教授領導。本計畫的目的有二：(1)發展小學及初中階段的統合科學課程，作為文部省頒布的課程綱要的一部分；(2)發展統合科學教育的哲學，以及編製統合科學課程的實驗教材。

本計畫所編製的教材，將基本科學概念和過程與環境教育統合為一體。

五、英國的統合科學教育

在傳統上，英國的中等學校系統是採用分科的科學課程。第二次世界大戰後，奈飛爾基金會(Nuffield Foundation)所編製各類科學課程，亦是採用分科方式。自1965年以後，奈飛爾基金會與英國政府的學校課程與測驗委員會(School Council for Curriculum and Examinations)所編製的科學課程均為統合科學，主要的有下列四種：

Nuffield Secondary Science
Scottish Integrated Science
Nuffield Combined Science
Schools Council Integrated Science Project

這些統合科學課程均以學生活動為中心，強調實驗室與野外的經驗，學生必須設計及執行若干自己的實驗。所有課程均傳播科學的精神(spirit of science)，拋棄教條式的事實。

這些課程雖然是以學生活動為中心，而教師仍有重要任務，他必須熟悉整個活動的進行，給予必需的引導，並對學生的討論給予綜合。

六、統合科學課程—SCISP課程

課程概說 英國的義務教育小學階段六年，中學階段五年，總共十一年。中學階段的前二年，科學課程使用Combined Science或Science 5/13，後三年使用SCISP課程(School Council Integrated Science Project)。

本課程除將物理、化學、生物與地球科學的內容予以統合外，並藉科學課程(process of science)予以統合。這些科學過程是發現類型和解決問題(pattern finding and problem solving)。所謂發現類型，就是科學家從衆多的觀察中尋求法則(generalization)。這種過程為一般科學家所使用，故可作為統合主題(integrating theme)。

本課程尚強調科學的社會技術方面(social technological aspects)。由於科學的日漸影響人類的生活，所以特別重視。

本課程發軔於1969年，完成於1973年。自1973年起已在120個學校試用，並有4000個學生參與實驗。

課程目標

1. 知識(knowledge)

1.A 記憶和理解選讀A級課程(含生物、物理、化學科等)所需的知識，期望學生將來能在科學與技術方面就業，並盼望學生能閱讀通

俗科學報告，並以科學為嗜好。

2.A 瞭解類型對科學家的重要性，並使用這些類型於解決問題。

3.A 能夠辨認科學問題。

4.A 瞭解科學與技術、社會和經濟發展的關係。

2. 態度 (attitude)

1.B 忠實地報告科學工作。

2.B 關切應用科學知識於社區 (community)。

3.B 對科學與技術具有興趣，並願意去追尋此種樂趣。

4.B 願意在或然性 (probability) 的平衡中去製作決定 (decision)。

5.B 願意去追尋類型，試驗類型和使用類型於解決問題。

6.B 對所建議的類型表示懷疑。

3. 方法 (skills)

1.C 獨立地或合群地工作。

2.C 能發現和使用適當的資源，例如書籍、器具和材料。

3.C 為要與他人溝通，能組織和形成觀念 (ideas)。

課程綱要

第一年

導言：敘述三個有用的觀念，即構造單位、能量和交互作用。

第一部分

第一章地球與生命

大氣，水，陸地和生命，過去與現在生命的分歧，命名法，岩石與礦物質；人類對這些的使用。

第二章結晶與原子

外在類型與內在類型，自然晶體，製造晶體，外在類型為內在類型的指標，元素的結晶，巨型構造，電子顯微照相圖，原子。

第三章分子

物理證據、大小，化學鍵的簡單觀念，構造式，結合的類型，阿佛加德羅常數，波義耳和查禮定律，動力學說，物質行為的類型。

第四章細胞

巨分子，細胞，生物構造的類型，電子顯微鏡的使用。

第五章生物的生殖、生長與發育

生殖的形態，有性形態包含細胞的聯合、發育與生長的類型，生活史的概念。

第六章生物與水

水的喪失與獲得，滲透作用，適應，適應性。

第七章族群

同類個體的聚合，族群生長，影響族群大小的因素。

第八章變異、適應和選擇

繼續性與非繼續性變異，達爾文的自然選擇。

第九章原子與分子的交互作用

化學反應，方程式，反應的類型，能量改變，能量的類型。

第二部分

第十章作功；動能與位能；能量與生命

能量的種類，能量改變，機械，肌肉—骨骼機器，呼吸，地球的能量來源，呼吸的機制，消化作用，運輸，排泄和恒定性。

第二年

第十一章波能

光，光合作用，波型，光的性質，太陽輻射線，電磁光譜，光學，眼，攝影術，光譜學。

第十二章聲音

另一型態的波能，波的類型，噪音。

第十三章感官，聯絡系統與行為

感官的限度，趨性，聯絡系統。

第十四章電能

D.C. 電磁性，能量與電力，電解。

第十五章熱；熱的保存

能量的類型，保存。

第十六章離子與電子

離子存在的證據，酸性，巨型構造，

一個化學類型：電化學順序。

第三部份

第十七章生物的分佈

生物的不平均分佈，影響分佈的因素。

第十八章大氣、陸地與水

大氣熱與運動，水循環，海洋中水的運動，氣候的類型，氣候與陸地，腐蝕，土壤形成。

第十九章群落與生態系

交互作用的族群形成群落，生態系的性質，生態系中物質與能量的循環，古生態學。

第廿章競爭與合作

個體間的交互作用，競爭，寄生，人類的社會合群。

第三年

第廿一章牛頓定律

運動的類型，太空，太陽系，地球運動。

第廿二章地球及其歷史

地心引力，地球磁場，大氣，地殼，岩石循環。

第廿三章分子的交互作用

動力學說，作用速率。

第廿四章電子的交互作用

第廿五章原子的交互作用

化學鍵，週期表，分子的形狀，DNA。

第廿六章遺傳的繼續

孟德爾學說，基因學說，染色體學說，基因作用。

第廿七章演化

孟德爾學說的擴展，種的起源，人類演化。

第廿八章現代原子科學

原子類型，放射性。

第廿九章環境

物理環境與生物的交互作用，人類對環境的影響與責任。

主要參考資料

1. 郭鴻銘 科學素養之涵義
科學教育月刊 第一期
2. Brandwein, P.F.
Concepts in Science J.
Harcourt Brace Jovanovich 1972
3. Carin A.A. and Sund R.B.
Teaching Modern Science Charles
E. Merrill Co. 1975
4. Gardner M.
A Myriad Pattern on The Inter-
national Science School Science and
Mathematics, Jan 1975 pp.69-79
5. Lucas A.M. and D.G. Chisman
A Review of British Science Cur-
riculum Project, The Ohio State
University, 1973
6. Ost David H.
Changing Curriculum Patterns in
Science, Mathematics and Social
Science
School Science and Mathematics,
Jan 1975, pp.48-52
7. Showalter V.
Rationale for an Unbounded Science
Curriculum School Science and
Mathematics, Jan 1975, pp.15-21
8. Whitfield R. C.
Disciplines of the Curriculum
McGraw-Hill 1971