

美國中級科學課程簡介

(Intermediate Science Curriculum Study, ISCS)

楊冠政 國立臺灣師範大學

一、課程簡史

一九六二年，一羣美國教育工作者聚集會商如何改進初中的科學教學，並提出具體改進意見。這意見立即為美國佛羅里達州立大學的科學教育家們採納。一九六四年，在布克曼教授（Ernest Burkman）的領導下，草擬中級科學課程綱要及教材大綱，並編寫實驗教材。所有這些初步的研究工作是得到佛羅里達州立大學的資助。

一九六六年，美國教育總署（The United State Office of Education）資助這課程研究，並正式成立中級科學課程研究計畫（Intermediate Science Curriculum Study Project）。美國國家科學基金會（National Science Foundation）亦撥巨款支援此計畫。

本課程計畫之目標有下列三項：

1. 發展一種適合初中階段的綜合科學課程（Comprehensive science program）。
2. 學生所學習之教材是依適合學生個別速度而編寫，俾供學生各按其學習進度學習。
3. 編製供全體學生使用的核心教材（Core material），以及供能力較高或較低學生使用的輔助教材（excursion）。課程順序的特色是漸次建立過程技術與基本概念。

一九六六年，參與編輯與修訂的人員多達一百五十多人，包含來自美國各地的科學家，科學教育家及教師。教材經過三次的修訂後，方在各地初中使用。

在一九六七年，美國使用 ISCS 教材的學生只有一萬多，一九七〇年有十八萬。到了一九七四年，美國已有五十州，一百多萬學生使用本

課程。毋容諱言，ISCS 課程是今日美國最流行初中科學課程之一。

本課程由美國 General Learning Corporation 公司發行，並以“探討自然世界”（probing the natural world）為名。

二、課程的理論基礎

一個不懂科學的人，當他讀到科學家排斥他們已有的觀念時，他會嘲笑科學家並減低對科學的信任。但是一個瞭解科學的人，當他讀到科學家修訂或排斥已有的觀念時，他會認為這種變化是顯示出科學的活力（Vitality）與坦率性（Open-mindedness）。ISCS 課程的目的就是要培養具有此種認識的學生。

ISCS 認為學生藉面對着有意義的問題及找出解決的方法，這是獲得對科學及其方法瞭解的最好途徑。為達到此目的，學生必須獲得從事探討所需的觀念與方法。

這三年的 ISCS 課程是以可應用於各種情況的基本概念開始。當課程進行時，學生學習將這些觀念關聯。同時，他們被引導於選擇問題解決的工具。

ISCS 課程的編製是基於下列四點認識：
初中的科學教育應為普通教育 在美國，由於許多學生修完第八級（初二）或第九級（初三）時便停止學校生活，而一般高中科學課程只有生物學。因此，在初中階段若無普通的科學課程，許多學生對他的周圍的世界不會有明晰的認識。

科學過程與概念必須同時出現 如何讓科學概念自學生的研究活動形成，科學過程與概念

將顯得更有意義。

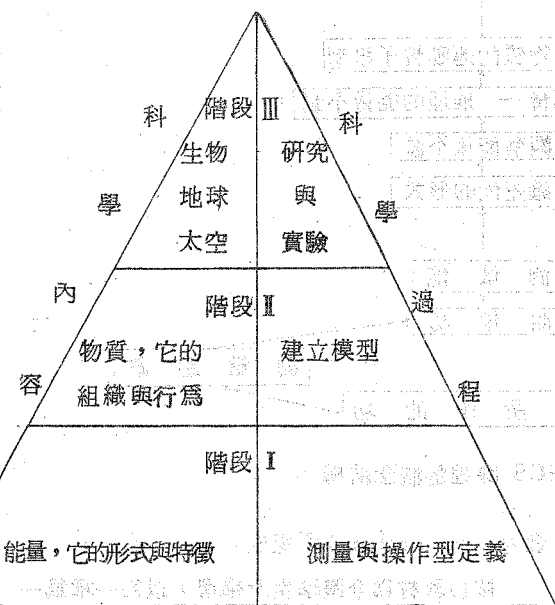
教學速度必須隨學生的能力與興趣有所差異
ISCS 課程供應機會給各種才能的學生。對記憶不佳而常失敗的學生有較多成功機會。由於學生隨着自己的步調進行，進行較速的學生不會被較遲緩的學生所牽累。

初中的科學教材必須為活動中心
在這形式操作期 (Stage of formal operation) 的學生最佳的學習方法是「做」。快而持久的學習是存在於實驗室為中心的課程。

三、課程的組織模式

科學內容與科學過程兩者在 ISCS 課程中同時出現。這些科學內容與過程可分為三個階段 (Level)，各階段以不同主題 (Organizing themes) 組織。階段 I 其科學內容主題為「能量，其形式與特徵」，而科學過程的主題為「測量與操作型定義」；階段 II 的科學內容主題為「物質，其組織與行為」，科學過程的主題為「建立模型」；階段 III 的科學內容主題存在於各個獨立單元中，包含生命、地球及太空科學，其科學過程着重研究與實驗。

ISCS 課程的組織模式如下：



圖一

四、課程的概念結構

這是一個科學教育上常被爭論的問題：科學探討的過程抑或科學概念，何者為科學教材組織的較佳基礎。ISCS 課程認為兩者均為科學教材組織的基石，應藉學生的探討活動來培養科學概念。為達成此目的，ISCS 教材是依一系列的內容過程主題 (A series of content-process themes) 而組織。這些主題都是科學上的重要概念，其結構如圖二所示。

階段 I 的內容組織主題 (Organizing themes) 是「能量，它的形式與特徵」 (Energy, its forms and characteristics)。這階段的學習活動是着重物理科學，而漸轉向化學。階段 II 課程的初期是着重於化學，而在結束時已趨向生物科學。在階段 III，是應用階段 I 和 II 的原理來研究生物學和地球科學。內容是包括八個獨立的單元，而過程主題是實驗與研究。

如圖二所示，階段 I 是引導學生把一些基本的概念融合成兩個大概概念。這階段結束時，學生瞭解物質是微細的粒子所組成，並且能量可被轉移或轉變，而不能被創造或毀滅。階段 I 的課程就是要學生漸漸的發展這兩個概念，並能運用這些概念。

階段 II 是基於前述物質的粒子模型，而推論組成物質的粒子是原子，並從粒子的移動與否，對離子原子和分子下操作型定義，最後試驗所擴展模型的功能於解釋反應速率改變與能量的關係，並應用擴展的粒子模型於生物系統。

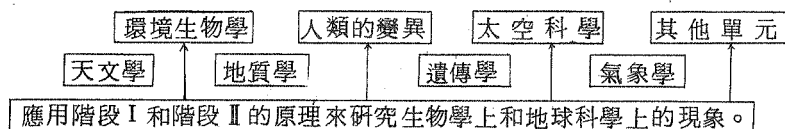
階段 III 是各自獨立的單元，每個單元是以生物學和地球科學上的主要問題為中心，而着重在學生能應用階段 I 和 II 所學習的概念於日常生活所接觸的事物中。

階段 II

組織主題

內容——各獨立單元

過程——實驗與研究

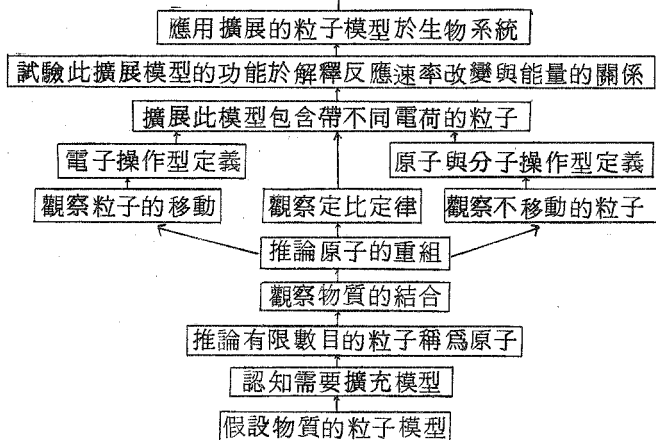


階段 II

組織主題

內容——物質的組成與行為

過程——建立模型

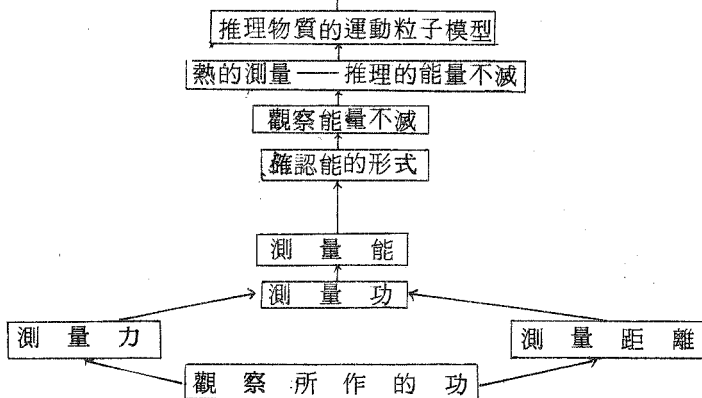


階段 I

組織主題

內容——能，它的形式與特性

過程——測量與操作型定義



圖二 ISCS 課程的概念結構

教材 (Excursion) 所組成。

五、教材的組織

核心教材為全體學生所學習，以每一章為一

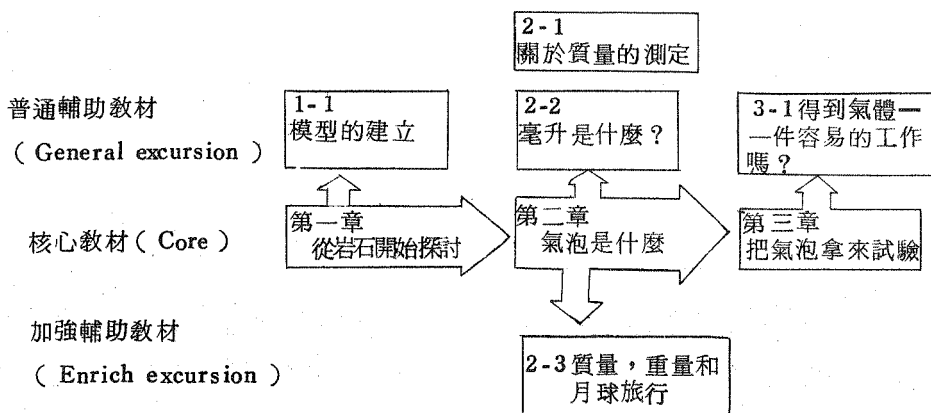
ISCS 教材是由核心教材 (Core) 和輔助單元，每章起首為短文引起動機，然後為各種活

動 (Activity)，然後歸納成原理法則，而養成各種概念。每個活動之後有檢驗 (Checkup)，藉問題自我評鑑瞭解活動結果之正錯。

輔助教材可分普通輔助教材 (General ex-

cursion) 及加強輔助教材 (Enrichment excursion)。前者為所有學生所學習，而後者却依學生之興趣而定。

階段Ⅱ第一章至第三章，其組織順序如下圖：



六、教材內容簡述

階段Ⅰ的教材內容

在階段Ⅰ的第一章中，學生建造鉛—硫酸鈉電池。這電池可使電燈光亮，並可轉動小馬達。由於這些「活動」的成功，學習物體可影響其他物體，而導入本階段的組織主題。即能，其形式與特性。

在第二章中，學生們與班上同學比較電池與小馬達。他們是以電池與馬達可將物體舉起多高來比較。變因 (Variable) 被介紹，並要求學生辨認何種變因能影響電池與小馬達之舉物。在輔助教材中，學生練習米突制及小數。

第三與第四章是同來引導本階段「過程組織主題」(Organizing theme)，即測量與操作型定義。學生首先學習描述力 (前章中已辨認之變因之一) 為物體之形狀與運動的改變，並建造一個簡單的裝置來測量力。在測力器 (Force measurer) 的建造中，學生知道良好的測量是賴於良好的測量工具。學生並知道定量描述的益處。他們辨認數種力，並練習繪製圖表。

在第五章中學生返回到第二章中的問題，學生互相比較其電池小馬達影響他物之程度。「功」的概念被正式地建立。藉各種機器的實驗，學生瞭解功 (力×距離) 為成就的測量，而所做的

功之量是賴於實施的方法。

在第六章中學生學習輸入功 (Input work) 與輸出功 (Output work) 的系統概念。藉槓桿的研究，學生比較對一個機器所作功之量與此機器所能作之功之量。末了時，學生獲得一個結論，即輸入功之量常稍高於輸出功之量，並且在作功時，通常由於摩擦而產生溫度的變化。

在第七章中，學生為了分離變因以及決定摩擦之量而進行若干實驗。其目的是為了給予學生設計控制實驗和解釋資料的實際經驗。同時學生瞭解摩擦與其早期的力的定義相符合，並且作功時，摩擦亦有程度之不同。

在以後的三章中，其內容主要在能量的學習。學生知道能量有兩種，即重力潛能 (Gravitational potential energy) 與動能 (Energy of motion)。他瞭解這兩種形態可互相轉變。最後，他知道在能量轉變中，輸入能 (Input energy) 常稍少於輸出能 (Output energy)。他再留意摩擦與溫度變化為此種情況之特徵。

在第十一章中，溫習前十章中的概念，並加深學生的能量概念。他使用化學電池來點亮燈泡，轉動馬達，及驅使其他能量轉變器 (Energy convertor)。他發現熱、光和電能用來作功，因此符合能量的定義。此外，他知道所有各種形態的能量都可互相轉變。

在第十二章中，學生學習另一種形態的能量，即化學能（Chemical energy），這是藉使用其電池於各種情況。在這過程中，電池實際是一個化學電池，由於物質的改變，電能被釋放或吸收。

自十三章至十七章，教材內容牽涉到一個問題，即能量從一個形態轉變為另一形態時，能量的量有什麼不同？由於測定光能、化學能和熱能相當困難，電的和機械的系統被選作能量轉變的定量分析。首先學生將其化學電池以定量的電能充電，並使用此電池轉動小馬達，以小馬達舉物所作之功來測定小馬達的「輸出能」。在這連續的活動中，學生瞭解在能量的轉變過程中，輸入能常稍高於輸出能，並且產生溫度的變化。在這些活動中，學生利用以往製作測力器的原理與技術，來建造測電器。

爲了要建造測電器，學生設計一個模型來說明電從他的電池流向一個燈泡或馬達。電被看作「電粒子」，沿着鐵線移動，攜帶或卸下能量。這種電粒子模型的活動爲「建立模型」的過程。

在最後的四章中，即自第十八章至廿一章，學生有機會來尋找在能量轉變過程中所失去的能量。在這些活動中，學生獲得結論，即輸入能與輸出能的差異可用熱來說明，熱是能量轉變時的副產品。這些活動中，學生首先嘗試說明溫度改變常伴隨着能量轉變。然後他爲熱的性質發展一個模型，熱被認作能量，它能引起組成物質的小粒子的運動。學生也利用以前建造測力器與測電器的原理與技術，來製作測熱器（Heat measurer）。這些活動是要加深瞭解在本階段早期已學習的測量，操作型定義和建立模型。

階段Ⅱ的教材內容

階段Ⅱ的內容組織主題是物質——它的組成與行爲。在這階段中，學生發現他雖然不能直接觀察物質的基本構造，但是一種非常有用的圖形（模型）能藉邏輯的假想來發展。然後發現他的模型是有用的工具來說在實驗室和自然界的物理、化學和生物現象。

在第一章中已顯示出階段Ⅱ課程的特徵：發

展粒子模型，使用實驗室中的各種化學系統來試驗模型，並應用此模型於生物系統。藉鹽酸對花崗石和貝殼的影響研究，學生認識物質是由粒子構成的概念不足以說明這兩種物質的行爲的差異。他承認需要來擴展粒子模型以說明物質的行爲。在第一章所提出的基本問題是「模型應包含多少種類的粒子方足以說明物質的行爲？」

第二章至第五章回答第一章的基本問題。各種物質行爲的共同性與差異性的檢驗，供給了學生可觀察的資料來獲得一個結論，即各種不同的物質可能有共同的基本粒子。學生推論出各種物質的差異性與共同性與他們所具有的基本粒子有關。他們知道大約有一百種基本粒子，稱作原子，是全部需要來說明他所觀察的差異性與共同性。

在這數章的初期，學生知道在化學變化中，質量是不減的。他開始來發展化學變化（Chemical Change）的操作型定義（Operational definition）。這定義包含一個概念，就是在化學變化中，原反應物（Initial reactant）減少，而產生新的物質。他知道氣體的產生，沈澱物的形成，和顏色的改變都是化學變化的指標（Index）。

第六章至第八章引導學生注意物質的規定行爲。他觀察出物質的結合產生預期的結果，即反應的產物含有與原反應物同樣的原子，顯然的，原子是不減的，並且原子依預期結合的數目來聯結。他知道另一化學變化的固有特徵，即它常與可測定的溫度變化相伴隨。

在第九章至第十一章中，學生嘗試決定將物質粒子聯在一起的力量性質。經由離子遷移和靜電現象的實驗，他將物質粒子間的力是電性的概念加於他的粒子模型中。他獲得足夠的資料來對離子下操作型定義並將他的行爲與原子和分子形成對照。他知悉有兩種電荷，即正的和負的，並且中性的物體亦能帶電荷產生吸引作用。

第十二章着重在分子物質是由粒子含有兩種或多種原子聯結在一起而成的單位（Unit）。這種粒子可分裂爲較小單位。學生的物質粒子模型中現已有三種基本物質粒子，即原子、離子和電子。

在第十三章至第十六章中，粒子模型被試驗決定是否它有用於說明和預測由於增加反應物濃度、溫度和觸媒而引起的反應速率改變。事實上，在三次的試驗中，兩次已足以成功地證驗。然而，學生發現有模型形式可足以說明觸媒的影響，這種發現給學生另一個科學模型特徵的例子，即科學模型可應用在某些情況，而在另一些情況中却無效，因此它們必須要加以修訂，並非予以全部拋棄。

在這學習過程中，學生認識了科學的真面目，它是一個動力的與開放性的（Open-ended）過程。

在第十七章和第十八章中，化學反應中的能量變化被仔細地檢驗，並使用模型為說明現象的基礎。此時學生發現需要添加補充的概念於模型中，即原子結合時，能量被吸收，而結合的原子分離時，能量被釋放。這顯示出在化學變化中的能量變化與粒子的電排列有關。

在第十九章和第二十四章中，模型被試驗來決定它在說明生物系統變化時的用處。在酵母菌、金魚、和人體生物體中化學系統的研究給予學生的證據，即生物系統中的化學變化與非生物系統中的相同。學生發現在生物系統中的化學反應為濃度、溫度和觸媒所影響，他知悉生物系統中的變化也伴隨著能量變化，並且在生物系統的化學變化與非生物系統中的無顯明的差異。

在第二十五章中總結階段Ⅱ中的課程，並且物質的模型已被發展，試驗和應用。這模型包括下列主要概念。

1. 所有物質是由粒子所組成。
2. 所有物質為一種或多種物質粒子，即原子所組成。有一百多種原子。
3. 只有一種原子組成的物質稱為元素。
4. 在化學變化中，原子進行重排列。在一種化學反應中形成的新物質是原有物質原子的新結合。這種反應可能伴隨著溫度的改變。
5. 當原子結合時，它們是依有規則的方式進行。它們是選擇地結合。一種原子並不與每種原子結合。當原子結合時，有數量的

關係存在。

6. 由一種以上的原子依一定數目結合成的物質稱為化合物（Compound）。
7. 所有物質是由三種帶電荷的粒子所組成。
 - a. 一種粒子具有過量正電荷或負電荷。這種粒子稱為離子（Ion）。
 - b. 另兩種粒子帶有等量的正電荷或負電荷。它們被稱為中性（Neutral）。這兩種粒子稱為分子和原子。
8. 兩種不同電荷的力量將原子、分子和離子聯結成元素和化合物。
9. 分子是由原子所造成。大分子可分裂成小分子和原子。小分子亦可結合成大分子。
10. 在分子中的中性原子藉相對電荷的吸引力量聯結。
11. 下列全部或那一種能用於增加化學反應速率。
 - a. 增加一種或多種反應物的濃度。
 - b. 增加反應物的溫度。
 - c. 加觸媒於反應物。
12. 能量變化伴隨著化學反應。當結合的粒子被分開時，自環境中吸收能量。當分離的粒子結合時，能量被釋放於環境中。

階段Ⅲ的教材內容

階段Ⅲ的教材是要綜合和擴展在階段Ⅰ和Ⅱ所獲得的研究經驗與知識，並應用於實際的和具有科學意義的問題。本階段是由八個各自獨立的教學單元所組成，其中四個單元屬於生物科學，另外四個為地球科學。這種安排是為適應各個學校的需要。屬於生物科的四個教學單元為幸福（Well Being），為什麼是你（Why you are you？），環境科學（Environmental Science）和研究變異（Investigating Variation）。地球科學的四個單元是在軌道中（In Orbit），什麼上升（What's up？），風與氣候（Winds and Weather），地殼問題（Crusty Problems）。

幸福 這單元屬於健康科學（Health Science），其主要論點是人體中的反饋系統（Feed-

back system)，這是應用階段Ⅰ與階段Ⅱ中所研究過的教材。學生利用負反饋（Negative feedback）表解，能認識負反饋為一矯正的過程（A corrective process）。然後他能夠預測人體如何地與各種化學輸入物（Chemical input）起反應。

在學生所檢驗的第一個反饋系統是食量對體重的影響。學生悉知體重是能量輸入與輸出間一種平衡（A balance）。抽烟對身體的影響亦被檢驗。學生藉現有的抽烟的科學數據（Scientific data）來獲得他自己的結論。

學生也研究使用某些化學物品而形成的不良嗜好，譬如酒和藥品等。這些有關的資料都予以解釋，學生以合理的眼光來看這些刺激物並知悉其對身體之影響。

為什麼是你 這單元是遺傳的研究，特別是與人類特徵有關的遺傳。學生初時檢視果蠅培養物，這些果蠅為捲翅或棕色眼的純系（Pure strain）。學生把不同特徵的果蠅交配，譬如紅眼果蠅與棕眼果蠅，或直翅果蠅與捲翅果蠅。將產生的第一代與親代比較。然後學生進行第一代的交配而產生第二代。

當等待果蠅發育時，學生用豆類、豌豆和菸草的種子進行遺傳有關的實驗。譬如他用鏟子從袋中掏出豆子來決定一種遺傳類型的比率。然後，學生使用這種模型來預測任何一袋豆子中某一特徵的比率。當他打開袋子後，他便能決定預測的準確度。

藉這些植物種子的遺傳類型，學生能解釋果蠅實驗的結果。ISCS利用一種稱為「Ninsect」的想像生物來顯示在同一時間內數種特徵的遺傳。Ninsect所展示的遺傳是與人類的相同。

有許多機會來應用遺傳模型於人類的特徵，但是要學生留意這種模型的運用是有限度的。在這單元中儘量少用名詞，只有這單元的終結前使用基因（Gene）和染色體（Chromosome）。

環境科學 本單元的內容為生態學（Ecology），其主要概念是生物與其環境的交互作用（Interaction）。學生被提醒環境問題可能來自人口

過多，污染和自然資源的濫用。在這些過程中，並不告知學生這些環境問題的嚴重性以及應立即採取的行動，而鼓勵學生發展他自己的數據並形成他自己的結論。

基本的生態學主題是輸入—排出系統（Input-output system）。所有生物均自環境中攝入一些物質，而釋放另外一些物質。一個生物所排出的物質可能為另一生物的輸入物。因此，生物顯然是互相依賴。

這單元全篇的重點是人造成的污染問題。這單元認為污染問題的原因與控制，當時認為是地方性問題，但是在一九七〇年以後將成為全國性問題。而這些問題的解決都留給學生去處理。這單元所介紹的生態學概念為作為一些指引。

這單元著重在尋找問題解答時的客觀性（Objectivity）。學生被鼓勵去檢視問題的各方面，要他們認識生態問題的複雜性是很重要的。正像其他單元一樣，問題的解決是不重要的。

研究變異 本單元的設計是要學生認識人類特徵的差異，並介紹學生在地球與生物科學中所需的資料處理技術，譬如資料的收集，記錄和說明，以及作推理的方法。

經由人類的手相與性的分佈，學生觀察各種不同的現象。學生練習各種表解的製作與解釋。

在研究手臂長度與周圍視覺（Peripheral vision）時，學生練習使用操作型定義，測量和繪圖表等方法。正常分佈曲線圖的概念對人類特徵的差異的認識極有幫助。

在這單元中，各種測量的比較與差異的普遍性被強調，對操作型定義在科學中使用的益處亦被重視。學生並練習預測等科學方法。學生認識與其他生物一樣有許多特徵。每個人都是他的這些特徵組成的外貌。

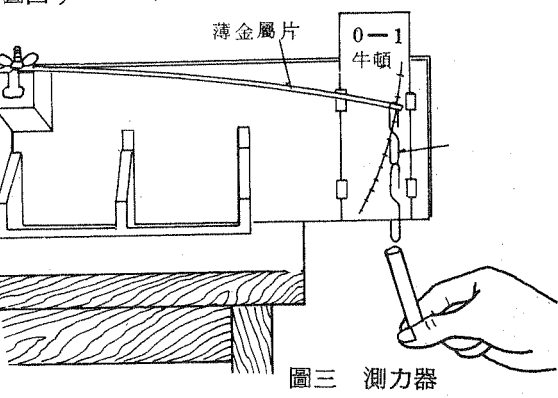
七、教具設計

ISCS課程為配合教學需要，特別設計若干簡便而實用之教具。今舉其重要者於下：

測力器 是由塑膠基座，塑膠片及塑膠卡片組成。塑膠卡片上有以「牛頓」為單位的刻度。

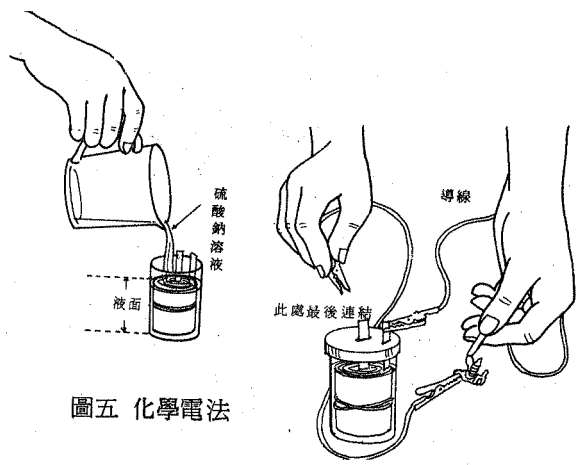
測力器可與其他教具配合使用。(如圖三)。

測電器 為本課程之主要教具，可用作安培計 (Ammeter) 或伏特計 (Voltmeter)。(如圖四)。

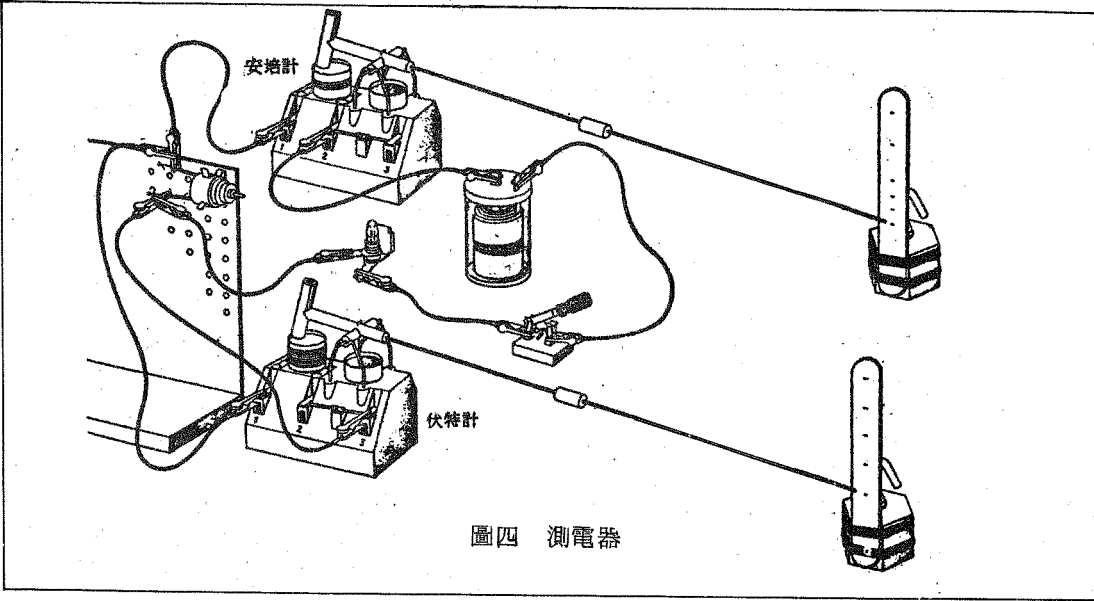


圖三 測力器

化學電法 係由鉛箔組成的兩極，置於塑膠杯中，注入硫酸鈉溶液，經充電後即可使用。



圖五 化學電法



圖四 測電器

八、師資訓練

師資訓練的障礙 一九六六年，當美國第一個教室使用 ISCS 實驗教材的時候，就很明顯的顯示出此種課程的教學法與傳統的教學法有很大的差異。由於 ISCS 課程的個別化性質，使 ISCS 教師更需要適當的訓練來配合。ISCS 教師不但面對的是個別的，並非是成班的學生，而且他必須對每個學習速度與順序不同的學生來安排他的教法與教具。通常在 ISCS 課程的教室時有十五種不同活動在同時進行，此種教學與傳統的班級教學大相逕庭。

教師所要做的事是安排他的教具，告訴學生進行工作，並在必要時協助學生。令人困擾的事是大部分的教師認為這種教學過於簡單。他們感到如果他們的工作不比課程所建議的做得更多的話，將會損害他們的學生。

其實在 ISCS 課程中有許多協助學生的方法。教師可鼓勵受挫折的學生，刺激能幹的學生來回答問題，或協助感到無望的學生恢復正常學習。這樣教師會感到他自己在教。

其實這些教師不願讓學生輕鬆的癥結是在認為沒有正式的教學，學生是無法學習的。而且認為學生年齡過輕，如果沒有教師的引導與控制不能自律，或者缺乏學習動機。

本質上，ISCS 課程的教學法是相當簡單。

對初用 ISCS 課程的教師最困擾的是對教材的陌生。特別是階段 I 和 II 的教材着重在物理科學。由於美國一般初中教師很少受科學訓練，因此對教材中的許多概念都不熟悉。對使用 ISCS 課程的教師給予進修機會是很有益處的。這樣不但可以加強教師使用這些教材的信心，而且在進行教學時能與學生充分配合。雖然一個優良教師對教材比學生知道得更多，但是師資教育者不可過份重視這點。如果在教師訓練課程中使用微積分的教科書常會嚇壞教師，就是高中所用 PSSC 物理教材或 CHEM 化學，對許多初中教師都會感到困難。

多數師資教育者在訓練 ISCS 課程的初中教師時常用正式演講法，或者使用標準參考書來引導物理科學的概念，這種方法並不成功。其主要原因是使用過多且過深的數學教材，而初中教師認為所修習的教材與他們將來的教學無直接關係。

或者訓練 ISCS 課程教師的最成功方法是使用 ISCS 教材為教科書。這些教材內容的討論以及活動的進行，對一般初中教師都能獲最大的效果。

師資訓練教材 由於 ISCS 課程特色之一是以學生為主體的個別教學，與傳統的以教師為主體的班級教學有極大的差異。為了協助教師將任務轉向個別化教學，ISCS 課程特編製個別化教師準備 (Individualized Teacher Preparation, ITP) 教材，供各學校舉辦教師在職訓練之用。

ITP 教材亦採用個別化方式，教師可依自己的程度與興趣進行學習，並用自我評量方法，檢驗學習成就。

ITP 教材共有十八個單元 (Module)，其中七個單元與個別化教學法有關，而另外九個單元與 ISCS 各階段教材有關。每個單元的教材可分核心教材與輔助教材。

與個別化教學有關的單元有下列七個：

- △個別化的理論基礎 (Rationale for Individualization)
- △教室組織 (Classroom Organization)
- △問問題 (Questioning)

- △你的學生的任務 (Your Student's Role)
- △個別化目標測驗 (Individualizing Objective Testing)

- △評量與報告進步 (Evaluating and Reporting Progress)

- △發展過程技術 (Developing Process Skills)

與各階段教材有關的 ITP 單元有下列九種：與階段 I 有關

- △操作型定義 (Operationally Defining Work)

- △能量與系統 (Energy and Systems)

- △測定電 (Measuring Electricity)

- △熱與粒子 (Heat and Particles)

與階段 II 有關

- △發展一個粒子模型 (Developing a Particle Model)

- △模型試驗與修訂 (Model Testing and Modifying)

- △粒子與生命 (Particles and Life)

與階段 III 有關

- △在平衡中的生命 (Life in the Balance)

- △地質循環 (Geo-Cycles)

- △人類差異 (Human Variability)

- △探討太空 (Probing Space)

師資訓練方法 有數種方法運用於 ISCS 課程的師資訓練。何種方法最適宜？這完全依實際情況而定。其中經費、人員、教材、教具、教師的素質以及行政上的配合都是決定採用方法的重要因素。現將已經施用，且有顯著績效的方法簡述於下：

1. 短期職前研習：一般言，最好且最切實的訓練方法就是在使用 ISCS 教材的開學以前，舉行五天至十天的研習。這種方法中，教師在短期全時間的研習，對教材中重要內容的瞭解，教法的配合，教具的使用和教室的管理極有益。

無可諱言的，由於這方法有其缺點，就是在短期內，教師無法消化所有的理論，亦無機會去獲得實際的經驗。

2 長期職前訓練：利用暑期進行六個至八個星期的職前訓練，這是 ISCS 課程師資訓練方式之一。由於時間的充裕，教師們有充分的時間來研討教材，進行實驗活動以及教室管理的練習。而且能像學生一樣，把若干教材有系統的進行。

這種方法的困難處，是必須有充足的經費支援，使教師能安心在教室中學習，教師的其他待遇亦須顧及，譬如學分證明和證書的頒佈，此外，在暑期中要有足夠的學生供給教師們實習，亦是一個棘手的問題。

3 長期在職訓練：如果在開學前無法將教師聚集在一起進行職前研習，在學年中定期地舉行研習，亦是一個良好辦法。在美國有許多學校系統已將每週一次，或兩週一次的研習作為 ISCS 教師的例行工作。

這種訓練方法，在職教師定期地研習，其主要目的是使 ISCS 教師能在他們的學生學習之前能有機會充分瞭解教材。由於時間上的安排，教師們會感到迫切需要這種定期研習。

九、ISCS 課程的特色

個別化教學法 在通常的班級教學中，教師採用同一內容的教材，以及同一進度的教法。這種教學法，對能力與興趣各不相同的學生是無法配合的。

ISCS 的個別化教學 (Individualizing instruction) 是從教材與教法着手。

在教材方面，學生依本身之能力循序而進，其核心教材全體學生可依自己的進度，按章研習。學生亦可依本身之能力與興趣選習輔助教材。

在教法方面，ISCS 的教學法是讓學生個別工作，而教師在各個學生間行走，不斷地給學生暗示，回答問題，更正誤解，而供給學生新觀念。

這種教學法與傳統的方法有顯著的差異。在傳統的教室中，學生安靜坐在座位上聽教師的演講或看教師的示範 (Demonstration)，只有當教師要求時，方作回答動作。而在 ISCS 課程的教室中，學生是不斷地活動，準備器材，進行實驗，研討結果，記錄結果，並與教師討論。

合理的教材排列次序 一般的初中教材，都

是以生物→化學→物理為次序。而 ISCS 課程用物理→化學→生物的教材排列。

ISCS 的七年級 (初一) 的科學課程是以物理為主的活動開始，當結束時已進入化學的性質。八年級 (初二) 是以化學為主的活動作起始，當結束時已進入生物學的範圍。九年級 (初三) 時運用以前所學習的基本概念於生物學和地球科學的探究。

由於物理知識較化學為基本，一切物質的化學反應是依其本身的物理性質而定。而生物和地球科學的物質問題均須以物理和化學上的原理與法則來解釋。

因此這種教材的排列順序，是符合從簡單到複雜，從基礎到運用的原則。

各科目的統合一體 傳統的初中科學課程是分為生物、化學、物理和地球科學。這種方法是為了便於編寫教材，而忽視了科學本質的完整性。

ISCS 課程分為三個階段，即階段 I、II 和 III。把科學中的各科目融合一體，使學生認識科學的本質。

科學概念與過程的配合 科學概念與過程為科學課程之兩大要素。ISCS 課程將此兩要素密切配合。

例如階段 I 的科學概念主題是「能量—它的形式與特徵」，其科學過程的主題是「測量與操作型定義」。學生首先進行一連串活動，包含辨認與測量力與距離兩變因，這兩變因揉合為一個功 (Work) 的操作型定義。學生探討一些關係的存在後，導致能量概念的發現和能量形式的觀察。學生發現「能量」可視為貨幣 (Curuncy)，它能從一個物體轉移到另一物體，並能從一個形式 (Form) 轉變為另一形式，但它不能被創造或毀壞。

參考資料

ISCS Probing the Natural World 1
and 2 1971

Teacher's Edition General
Learning Corporation