

761/44

科学教学资料丛书

现代启发教学法

欧阳钟仁 著



現代啓發式科學教學研究

目 錄

現代啓發式科學教學研究內容結構分析圖

第一章 緒 論.....	1
第一節 當前我國科學教育瓶頸.....	1
第二節 科學教學的實質.....	2
第三節 傳統式教材與現代啓發式教材.....	3
第四節 現代啓發式科學教學簡介.....	4
第二章 近代中小學科學教育發展之趨勢.....	7
第一節 科學教育觀的新發展.....	7
第二節 教學方法的改進.....	8
第三節 科學師資的再訓練.....	9
第四節 歐美中小學科學教育發展新趨勢.....	12
第五節 科學教育之最終目標.....	13
第三章 探討發現學習之基本理論與方法.....	15
第一節 何謂發現教學法.....	15
第二節 方法論之科學教育表解及其流程.....	16
第三節 發現教學法的理論基礎.....	20
第四節 發現學習與直覺的思考.....	23
第四章 教學目標之研究.....	26
第一節 教學目標之分類.....	26

第二節	行為目標研究	31
第三節	行為目標分段舉例	33
第四節	如何擬定教學目標	43
第五節	啓發式的教學目標	45
第五章	基本科學能力之培養	49
第一節	A.A.A.S.之基本科學能力分類	49
第二節	觀察能力	51
第三節	分類	53
第四節	應用數學	55
第五節	從事測量	57
第六節	時間與空間	58
第七節	表達與溝通	58
第八節	預測	59
第九節	推論	60
第六章	綜合科學能力之培養	62
第一節	綜合科學能力之分類	62
第二節	下適當的定義	62
第三節	建立假說	63
第四節	解釋資料	65
第五節	控制實驗因子	68
第六節	從事實驗之技術	69
第七章	推論與假說	72
第一節	推論與觀察	72
第二節	推論之分類	76
第三節	建立假說之方法	77

第四節 推論與假說之區別實例	79
第八章 科學態度之培養	82
第一節 科學態度之分類	82
第九章 科學概念之分類	85
第一節 科學知識與科學概念之區別	85
第二節 科學概念與科學原理法則的關係	86
第三節 科學的基本概念	87
第十章 集體思考與發問之技巧	92
第一節 集體討論之形態	92
第二節 集體思考的訓練	92
第三節 發問技巧的條件	93
第四節 發問的要領	93
第五節 集體思考的技巧	94
第十一章 科學思考力之分類與方法	97
第一節 集體思考之發問行為目標評量依據	97
第二節 創造性能力之開發	98
第三節 直覺能力之培養	100
第四節 配合科學思考力之發問技巧實例	102
第十二章 科學實驗之意義與技巧	105
第一節 科學實驗之意義	105
第二節 如何培養實驗能力	110
第十三章 科學課程與教材之結構	112
第一節 教材之邏輯結構	112
第二節 怎樣選擇教材內容	113

第三節	教材結構的類型	114
第四節	科學概念之結構化	115
第五節	教材結構之實例	119
第六節	教材結構之分析與評鑑實例	124
第十四章	過程教學之理論與實踐	133
第一節	探討之學習形態	133
第二節	探討學習過程之研究	135
第三節	學習過程與學習指導	140
第四節	引起興趣的方法與探討之過程	141
第十五章	啟發式學習評量之原則與方法	145
第一節	評量之現代化	145
第二節	啟發式教學評量之內容重點	149
第三節	評量實例	156
第十六章	單元學習活動設計	161
第一節	常識科單元教學活動設計〔一〕	161
第二節	國小中年級自然科單元學習活動設計〔二〕,〔三〕	164
第三節	國小高年級自然科單元教學活動設計〔四〕	169
第四節	國中生物科單元教學活動設計〔五〕	173
第五節	國中化學科單元教學活動設計〔六〕	175
第六節	國中物理科單元教學活動設計〔七〕,〔八〕	177
附 錄		183
附錄 1.	科學方法及重要內容(一), (二)	183

第一章 緒 論

第一節 當前我國科學教育瓶頸

現代啓發式科學教學之理論與實際，針對以迅速爆發的形態增加的科學知識。科學教育的改進與發展，雖有十多年不斷的革新史蹟，但總未能達到預期的目標，究其原因，有下列四項主要因素：

- (1)教材內容缺乏系統化，而只是羅列了成堆的科學知識，所以既多且難，教師亦多偏重於注入傳授。
- (2)教學內容注重成果之記憶，以教師爲中心講授原理、法則，刻板地安排教學程序（如五段教學法等），學生也只是如命行事，吸收累積成堆的科學知識，而忽略了科學方法，與科學態度、能力的有效學習。
- (3)教科書大多循著原理與法則的介紹，實際內容之討論及作業練習等程序安排，只讓學生被動地去接受，僅能達到認知的領域。
- (4)科學教育的發展，只偏重在消極的形式化，如舉辦科學展覽、建立科學館、添置儀器等，而沒把實際問題的科學形態之改變，與教材的革新齊頭並進。

總之，我們的教學形態，仍然停留在「以教科書爲中心，以教師爲中心」的階段，而我們當前的科學教育內容，也尙未能配合整體的課程標準精神；簡言之，我們的科學教育內容，仍以注入科學知識，注重教學的成果為主，可以說完全是一種科學教育主義。

現在我們深感當前的教材內容，及教學形態與方法，無法適應時

代的潮流，更難配合知識爆炸之現代化社會的需要。行政院國家科學委員會鑒於前者，擬訂「現代啓發式科學教學實驗計劃」，重新編排教材之內容，注重過程教學，培養學生之基本科學方法及思考能力，從事實驗研究工作，做為將來改進科學教育之準備，及全面推動科學教育之現代化運動的先聲。

第二節 科學教學的實質

科學教育之重點，不是科學方法的理論根據，而是怎樣運用各種思想和方法，在學校中學習階段裏。所謂科學教育即包括此兩方面的工作，二者相輔而成，確乃缺一不可。

知識與技巧在科學工作上確實有用，但對「科學教育」而言，這樣的工作尚不完全。還必須從事研究問題的工作，只有從實際做問題的研究，才能體會到科學方法的精神和意義；才能學會運用科學的方法，而不是僅會把這種思想方法降為空說，況且唯有從事實際的研究問題，吾人方能活用由讀書得來的知識，和由實習學來的技巧。

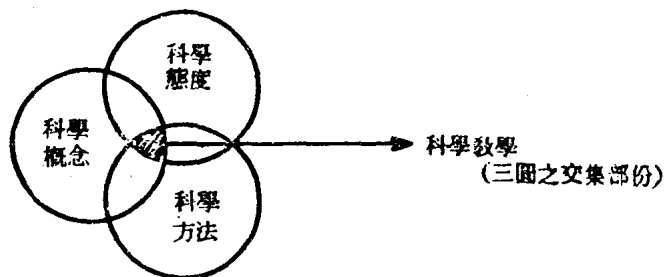
綜上所述，所謂「科學教育」，過去被認為知識之講授與啓發要並重，故教學應賦與學生以研究的興趣及研究的環境。任何學問的道理，都是經過無數的嘗試錯誤、思想領悟、與經過再接再勵的努力而獲致的，「科學教育」不是單傳式的、「祖傳秘方」式的教授，而是一種開展式的、摸索式的過程。在精神上，科學教育最顯著的特點，就是力求思想不為感情所支配，不信任一切的權威，也不完全相信不自相矛盾的推論，而完全依從自由自動所求得的事實，為判斷推論的標準。這種嚴正之科學習慣和態度之培養是無限進展，乃為科學教育之真諦。因此今天學校的科學教育，尤其在中小學的階段，實應專門注重培養學生之各種基本能力，換句話說，應重視實際之方法和教

學形態。

啓發教學具備科學教學實質的精神，不再重視片斷的知識灌輸，而注重學生本位，指導學生能自動去發現問題，探究解決問題，以培養學生的基本科學概念，及科學方法與科學態度。

現用圖表示：

圖中三圓之交集部份，即為現代啓發式科學教學之實質內容。



第三節 傳統式教材與現代啓發式教材

傳統式的教材，就是教材內容大都具有一定的格式，這種教材缺乏體系化。它雖具有理論的結構，但缺乏螺旋式的編排方法，因此它本身的結構是沒有連續性的片斷知識，在這種教材下的教學活動，幾乎全賴教師的教學為依歸，講授固定在課本範圍內的知識，並常把實驗當作幫助理解教科書內容的手段，因此教師僅需準備一定形式及「現成文化」的材料，來向學生講解。

傳統式的教材，不但限制了學生的思考，忽略了學生各種科學概念、方法的培養，也直接阻礙了科學的迅速發展。

現代啓發式的教材則重視科學基本概念及能力，為了培養學生的科學基本概念及能力，因此所有現代啓發式教材的組織與結構皆可加

以分析，採螺旋式的編排方法，編訂一套有系統有連貫性的基本科學概念教材。

啟發式教材不僅祇灌輸新知識，而意圖讓學生養成適應新時代的科學素養；亦即放棄了過去傳統式以學校為傳授知識的目的，而改以培養學生達成能適用於多種領域的科學方法和態度。

其教材內容，以自然界的階層整理成三大系統：

- (1)生物領域（生命現象）。
- (2)理化領域（物質與能量）。
- (3)地學領域（宇宙空間的現象）。

將這些系統化的基本科學概念（也可說是基本科學原理與法則之重點），如何安排於每個學年的順序，革新過去繁雜的教材，並與基本科學態度及能力結合，成有效的學習，為現代啟發式教材的重點。

第四節 現代啟發式科學教學簡介

現代啟發式科學教學，又名自然科探究（探討）、發現學習法（Inquiry And Discovery Learning of Science）。此種教學形態與曾經在歐美盛行幾十年之啟發式五段教學法，在理論上與實質上迥然不相同。

現代啟發式科學教學之特性：

現代啟發式科學教學的過程是具有千變萬化之流程，分探討、發現問題、解決問題，再發現新問題等之一種學習活動。在這一聯串的過程步驟中，都是由學生著手親身經歷，進而體會獲得學習的結果，使學生能發表、能研究、能思考、能創造。

現代啟發式科學教學之內容，力求不雜亂，以骨幹的教材為內容，透過發現的手續而進行學習。

探討自然科學應該身歷其境接觸自然界，從自然界發現問題，解決問題，想法探討自然界的原理、法則，始能獲得活知識，更能培養真正的科學基本能力和科學方法。因此現代啟發式教學，以學生活動為主體，注重過程之教學，不注重目前結果，教師活動成為輔助地位。

科學創造能力表這一種知識概念，基本科學方法以及科學能力與態度的綜合活動下，始能在未來的新世界的自然現象中，產生自力解決，認識新世務，適應日新月異的現代化生活。

實施要領：

- (1) 激發學生發生疑問，提出問題，這就是所謂立體化(問題化)階段，即是喚起濃厚的學習動機，這個階段為鉤起學生的疑問，產生解決疑問的強烈意慾，如配合演示實驗、設計遊戲、推測等具體方法，引發學生探討心理的點燃，為使學生探討心理不斷的升高，我們應該從教材的學習活動設計，以及指導計劃作審慎、周密的考慮，
- (2) 單元活動設計要有充分的彈性。在漫長的學習活動中，學生的思考、推測，以及反應，往往會出乎意料之外地發展，或遭遇到非預期的問題，不但事先要研究而預知，並編擬活動設計案，要編列有充分的時間去解決問題，這是培養創造力的要訣。
- (3) 實驗方法應採取多種方式，並由各組自由選擇自己喜歡的方式，學習效果較大。
- (4) 重視探討學習過程，盡量採取「雙軌」或「多軌」方式，勿限制於刻板的「單軌」，以增加探討的效果，為實施「多軌」探討方式，教師的研究一定辛勞備至。
- (5) 啟發式教學目標，很重視行為改變(行為目標)，學生能利用所獲得的科學概念和科學方法及思考能力，再去發現新問題，解決新問題，這個設計全憑賢明教師的設定。
- (6) 教學活動流程，不必拘於公式化，教師可視實際情形，適當調整或

改變。

實驗效果：

行政院國家科學委員會亦為改進中、小學科學教育，在六十一年初擬定「現代啟發教學法實驗計劃」，該計劃自六十一年二月起至六十三年六月止為期兩年半，六十一年二月至六月為第一階段，六十一年七月至六十二年六月為第二階段，現已進入第二階段第一期。指定臺灣省兩所國中，四所國小，臺北市一所國中，一所國小從事實驗工作。第二階段第一期的實驗工作，並改由臺灣省教育廳及臺北市政府教育局接辦進行。

我國教育行政當局，在強國必先發展科學的原則下，引進現代啟發式教學法，又指定若干學校實驗，一年以來，藉著教學演示會為各界推介，並與舊有的教學法相互比較、去蕪存菁，使此教學法獲得更深一層的瞭解。在教師教學演示以後，也發現了現代啟發式教學法的幾個特點：

- ①整個教學過程中，幾乎完全是學生的活動。
- ②學生的學習興趣特別高。
- ③實驗操作係由學生自己設計，自己操作。
- ④實驗的結果是開放式的，所以教師不作結論，（Open End），以造成學生對本主題再作進一步探討的動機。
- ⑤教師課前準備必須花費大量的時間，搜集各種有關的資料，無形中增加教師的工作量。

第二章 近代中小學科學教育發展之趨勢

第一節 科學教育觀的新發展

一、知識觀念的改變

所謂知識，已被認為是「設法發現」的創造性過程的一部分，而非僅是接受與累積的結果。過去許多年來，很多人認為：「知識」是經過多次練習，經事實的了解，而後加以應用的。我國人常有「中學為體，西學為用」的說法，認為科學是技術，能加以運用即行。現在我們應認為「知識」是解決問題的能力，或者說是創造的能力，有些知識能幫助理解力的發展，有些知識能指導我們用技巧，可說是行動的指針，有些知識則可培養感情，可獲得新經驗，以得到滿足，因此知識應為學生思考感情行動之一部分，而知識之獲得，則必須學者積極地自動參與工作，才能產生大的效果。

二、能力觀念的改變

狹義的講，能力即智力。智力測驗得來的 I. Q，常做為智力的代表，而且多由先天遺傳決定，這是多年來被承認的觀念，但此觀念，近年來已有了改變。瑞士著名心理學家皮亞傑士 (J.P. Jaget) 對智力研究五十多年，他認為「智力是個人與存在的環境依互交感發展所成」。不是完全得自遺傳而不可變的。另一位美國心理學家蓋爾福氏 (J.P. Guilford) 在一九六七年寫了一本很著名的書：「人類智力的性質」認為人類的智力是多因素的。根據蓋爾福氏的理論，智力與創造力不同。I. Q 由智力測驗得來，這些測驗是取材自日常生活知

識，是有標準答案的，而創造力是無答案的。I. Q 高的不見得有創造力，但有創造力的人，可能具有基本能力，而且創造力可因教育而改變或提高的。

三、教學觀念的改變

目前的教學重視具有充分彈性的方法，鼓勵兒童多方探究實驗，主要培養學生的思考與創造能力，平常用觀察、實驗，及親手操作等技術進行教學，使學生親自體會學習之歷程。

在知識爆炸的今天，昨日知識在今天已屬陳舊，學校所學，出校門已屬淘汰了，因此不必過分重視已固定的常識，而要注意學生遷移的能力，學生學習態度較知識重要。

第二節 教學方法的改進

科學教育觀已今非昔比，當然不能再沿襲往日注入式教學法，舊式的教授法，因其方式過於形式化，又把科學和人文嚴格地分開，顯然地不足以應付這麼巨大的發展和進步，是以在教學方法方面已有現代啟發式教學法的改進。

目前最新的教學法，是發現式的學習法，即現代啟發式的教學法、學習發現，或認識某一種觀念與另一個概念之關係，或兩種概念之間的關係，或兩種觀察之間所具有的關係。

由問題的產生，繼而探討、思索、研究、嘗試，最後發現原理，以解決困難的過程，即是現代啟發式教學法的過程。

科學教育在實施時，愈來愈重視應用各種數學能力的培養，因此學生均需從事測量、繪製圖表、從事記錄整理等之活動。而且科學的教材不再強調技術的重要性及科學的應用，而改為重視各種基本觀念、理論、和抽象概念。對於現代啟發式教學法，後面將會有很詳細的介

紹。

依據教育心理學家的論說，各種學科之教學，均有相互關連之需要。辦理科學學科之研習，仍與其他學科配合，故美國有些研習中心，多作綜合教學之設計，此一情形亦為教學上之新趨向。

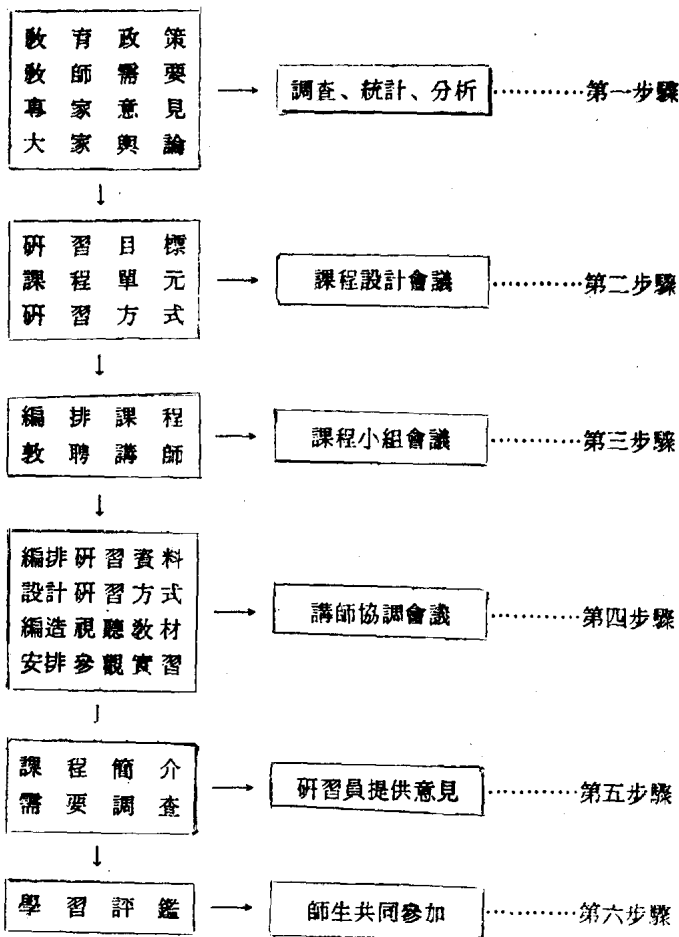
第三節 科學師資的再訓練

隨著時代進步，教師的教學已不再是單調的演講式了，新的發現教學法，在自然科已被大家公認為最理想的教學法，因此今後科學教師在教室內所扮演的角色，應為多方面的配合：在直接活動方式方面，利用提示，指導學生學習方法，批評現有的原理法則及講述結論。而在間接活動方式方面，則耐心接受學生的意見、讚揚、鼓勵與批評，引起學生的學習動機，引導學生之學習興趣，進一步提供各種問題，讓學生有深入研究之機會。亦即一個科學教師，必須對教師的活動有充分的了解，知道如何去啟發學生的觀察、推測、建立假設、設計實驗……等之能力，及對培養學生創造性的思考力，有較好的技巧，總括這一切，教師應具備的最主要的技巧之一就是「發問的技巧」。

為了使學生在良好的教育方法中，獲得最大的學習效果，配合新的教學法，就應提高教師的素質。美國近年來在科學教育上是重視如何使老師在教學方法上改進，故在職的教師訓練非常重要。教師為了要輔導學生做研究，至少要具備兩種基本能力：1.教室常規管理。2.教材組織。而其訓練目標如下：

- 1.訓練教師能自己編寫科學資料、教材、單元……等之能力。
- 2.培養教師如何去運用所編教材之能力。
- 3.培養教師有教室管理之能力。
- 4.培養教師有組織學生之能力。
- 5.培養教師有評鑑之技術。

以下是理想的師資訓練設計實施進度表：



關於在職師資訓練，美國國家科學基金會，設有科學教師進修助學貸金辦法，及各種獎學金，以鼓勵教師進入各大學，研究進修。又於若干州、市規定，最低需大學程度，並接受小學師資專業訓練者，始可執教小學。紐約及加利福尼亞兩州，更規定在任教五年之內，必

須再進修獲得碩士學位，否則可予解僱，同時進行之後，可獲得學分，積滿規定學分，可獲得學位或晉薪，故在職教師之進修，多能志願而踴躍參加。

該會之在職師資訓練，概委託大學或研究院辦理，給予充分經費，以充實設備器材，以及聘請優良的教授。是項訓練對象為中、小學教師，其類型大要分為下列三種：

1. 寒暑假期間之研習

配合各校教學的需要，開設各種課程，如 A.A.A.S. 或 E.S.S. 等，供教師申請進修，使其在工作當中能有職業的生長。通常訓練為二星期，亦有長至一個月者。

2. 大學或研究院研習

教師們在大學或研究院進修。按照規定修滿應修的學分，不僅可增薪，同時也可拿到碩士學位。

(3) 每週一天之短期研習

短期訓練，每週一、二天以案題研習，課程範圍小，如標本製作等之專業訓練，以應教學之需。

有的研習方式採用領導人員方式，（我國已試辦過兩次），先辦理領導人物之研習，然後由領導人物分區、分級，擴大辦理，以收迅速普遍的效果。而對於地處偏遠，教師素質較低之單級學校，在職教育中心尚巡迴協助，根據學校之請求，以示教車巡迴各校協助輔導，並以器材資料供各校教師借用。

對於教師教學之評量，趨向於以學生之反應如何為評量標準。如僅由教師講授，學生聽講，其評分最低，學生能參與討論、發問、提出疑問等為較高分。制定學生反應評量表一種，如只有老師說，學生做者，得一分；學生向老師提出不同意見者，得七分。以此測驗教師之教學是否能使學生獲有詢問、發現之態度。此種在職教師訓練，經

實施後之評鑑認為有效，故已普遍地被採用。

第四節 歐美中小學科學教育發展新趨勢

1. 各種科學教育的改革，大多由專業科學家來發起並推動。
2. 產生許多新的教學方式和工具 (New Teaching Technology)。由於各方面專家學者共同的努力，乃革新了不少科學教育的觀念。
3. 課程設計針對全部兒童的需要，而非只求適合某一種對象的兒童。
4. 「課本」已非唯一的教材，而改為同時應用多種教科書 (Multi-text approach)，及其他有效方式來提高學習效果。
5. 教材範圍縮小，但是深度增加。
6. 目前的教學，重視具有充分彈性的方法，鼓勵兒童多方探究實驗，自行發現原理知識，而不再教兒童只用教師所規定的方式來解決問題。
7. 知識的定義是「設法發現」的創造性過程之一部份，而非「接受與累積的結果」。
8. 科學教育在實施時，愈來愈重視「數學能力」的培養，使學生均需從事測量、繪製圖表、從事記錄整理等活動。
9. 科學的教材不再強調技術的重要，及科學的應用，而改為重視各種基本觀念、理論、和抽象概念。
10. 課程設計均根據最合理的教學理論，並配合科學發展的狀況編製。
11. 為提高教學效果，應用各種方式改進或訓練教師的素質、教學的技術，以及運用實驗工具的能力。