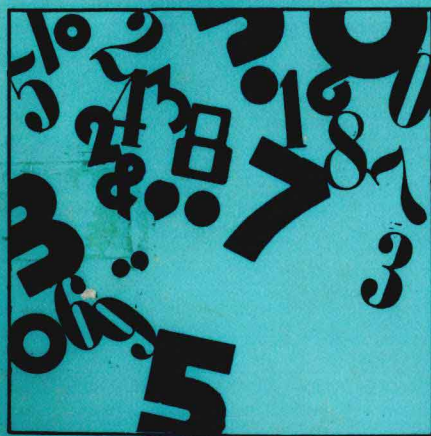
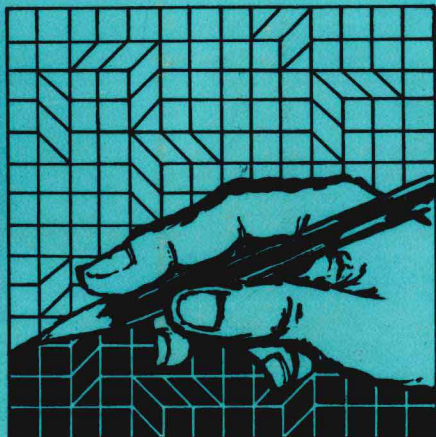
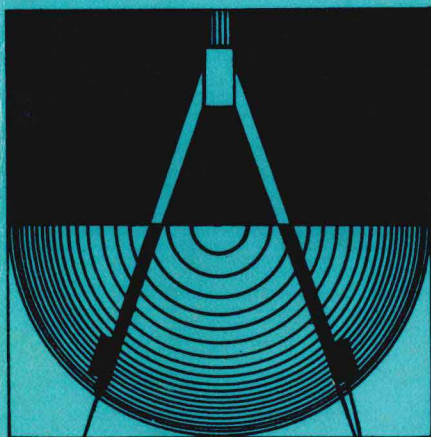


培養科學思考力模式單元教學

國民教育科學教學資料叢書 99

歐陽鍾仁・張玉燕 著

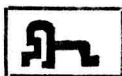


國立教育資料館主編
幼獅文化事業公司印行

培養科學思考力模式單元教學

歐陽鍾仁 合著
張玉燕

國立教育資料館主編
幼獅文化事業公司印行



行政院新聞局核准登記證局版臺業字第〇二四號

主編者：國立教育資料館

著者：歐陽鍾仁·張玉燕

出版者：幼獅文化事業公司

發行人：胡乾

臺北市重慶南路一段66之1號三樓

臺北市漢中街五十一號

郵政劃撥二七三七號

印刷者：中寶印刷廠有限公司

三重市成功路41巷11弄8號

基本定價：一元四角〇分

中華民國七十四年四月初版

序

發展科學教育，首重師資與教材。國民中小學之教科書，由國立編譯館統一編纂；教師之進修，由教育部、廳、局分別輔導，各有專司，脈絡井然。但因我國國民教育十分發達，以致教師人數衆多，欲求輔導工作全面展開，殊非易事。而鼓勵教師自動進修，當爲簡易可行之辦法，且其效果當更爲顯著。然坊間出版有關科學教育之參考書籍不多，是以提供優良參考書刊，實爲當務之急。本會有鑒於斯，乃於民國六十一年九月，由本會科學教育組負責籌劃，成立國民教育科學資料叢書編輯小組，聘請熊先舉先生擔任總主持人，積極展開工作。該小組的工作目標，在編撰國民中小學數理學科重要教材單元之有關參考資料，分：數學、物理、化學、生物、地球科學、健康教育六科，以課程爲經，以各年級相關學科教材爲緯，以各科某一重要概念爲主題，組成一教材單元蒐集與日常生活有關及富有啟發性及趣味性的題材，編爲一冊，彙集同一學科各冊成爲一套，使之分能獨立，合能相貫，包容既廣，取用尤便。各冊內容分爲導言，教材分析，參考資料，注釋，附錄諸項，著重在說明新探討方法及各教材單元在課程中之重要地位，可使教師對某一學科獲有一完整的觀念，進而把握科學教育之要旨，提高科學教育之效能。

本叢書之編寫方式，是寓教學方法於參考資料中，內容充實，構想新穎，約請之編撰人員，皆爲教學經驗豐富之中小學教師及大學教授，寫作態度至爲嚴謹。在一年餘辛勤耕耘之下，現已完成十五種，委託幼獅書店精印出版，以供國民中小學教師，師範院校學生及科學

才能較高之學生參考閱讀，對科學教育之推行，必能有所裨益。

爲統一事功，本會已將國民教育之科學發展研究事宜，移歸教育部統籌辦理，本叢書之編輯工作與經費預算，亦一併移轉，今後在教育部主持之下，當更能發揮高度之效能。

最後，對各位專家在百忙中，爲本會籌劃編撰叢書，將寶貴的經驗毫無保留地貢獻出來，特於此深致誠摯的敬意與謝意。

徐賢修 民國六十二年十二月
於行政院國家科學委員會

國民教育科學教學資料叢書編輯經過

行政院國家科學委員會，爲提供國民中、小學教師有關科學教育之參考書籍，輔導其自修，本寓科學教育之教學方法於參考資料中之構想，乃於民國六十一年九月，編組國民教育科學教學資料叢書編輯小組，由熊先舉先生主持其事。翌年底，此類叢書完稿交印問世者，計數學、生物、地球科學三科各二種，物理、化學、健康教育三科各三種；共十五種，都八九萬餘言，此爲國家科學委員會直接編印時期之概況。

同年十二月，因國科會將國民教育之科學發展研究事宜，移轉教育部統籌辦理，國民教育科學教學資料叢書編輯工作，奉教育部指定由本館承辦，本館乃於六十三年初訂定「國民教育科學教學資料叢書編輯計畫」，報部核定，列爲「教育部科學教育及科學人才培育計劃」專案，與其他工作併爲教育部發展科學教育之一環。此類叢書共計爲一百種，除國科會已編十五種，本館續編八十五種，預定工作程序爲五年，至六十七年六月全部完成。

民國六十六年三月，嘉言承乏本館館務，深感此項叢書之編印工作對奠定國家長期發展科學基礎，極關重要，除積極清理已完稿交印而尚未印製發行之積稿，洽請合作編印之幼獅文化公司加速印行外，並按原定計畫續編二十七種，使成完構。

本叢書之編輯，先後達五年之久，是爲一項長程接力；其間主辦單位與主持人雖有更替，然其編輯要領，編寫方式等始終聯貫，允爲國內當前極有系統而頗具深度的科學教育參考書籍。數年以來，承各

位專家學者參與籌編撰稿，提供心血結晶；本館教育資料組同仁排除困難辛勞工作，幼獅文化公司不計盈虧印製發行；上級機關隨時督導，全力支持，使本館得以完成艱鉅任務。際茲編輯告成。特綴數語，藉誌經過，並申謝忱！

陳嘉言

民國六十六年十一月
於國立教育資料館

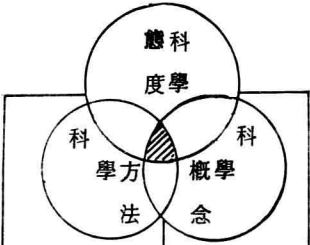
目 錄

教材結構分析表.....	1
第一章 科學的模式單元教學.....	5
第二章 皮亞傑的認知論與其應用.....	15
第三章 腦部位科學與科學思考力的探討.....	27
第四章 科學教學.....	55
科學的模式單元教學活動設計.....	72
一、國小自然科（四、五年級）.....	72
二、國中生物科（一年級）.....	99
三、國中化學科（二年級）.....	111
四、國中物理科（二年級）.....	127
附錄一、 教學實況錄音紀錄.....	140
附錄二、 參考資料.....	145

教材結構分析表

項 目	內 容	結 構 分 析
自然觀與 文化觀	1 保護自然 2 重視創造	1 關心、保護、淨化自然、人人有責。 2 文化之創造（運用創造性思考）。
教 育 哲學觀	1 內在觀點 2 外在觀點 3 教師任務	1 培養富有科學智慧的公民 2 提高人類生活水準 3 設法了解與掌握學生之思考活動。
科 學 教育觀	1 人性開發 2 自我調整	1 科學智慧之應用，價值判斷。 2 科學思考之經驗與操作。 3 操作式、運思型、創造性的開發。
思考與 思考力	1 思考 2 思考力	1 思考是一種腦部之操作活動。 2 思考力為一種操作運思之能力。
科 學 思考力	1 定義 2 內涵 3 實質	1 在探討問題的過程中的思考活動能力。 2 以自然為對象，能設法建立各種科學概念之機能。 3 能針對實質目標做運思操作。
科學思考 力之特徵	三種特徵	1 內發性 2 結構性 3 經濟性
創造力	定 義	1 能夠創造個人獨特見解的能力。 2 能造出新事物的能力。
創造性思 考與探討 活動	關連性	科學的探討活動或解決問題的過程中最容易激發運思操作之特有機能。

2 培養科學思考力模式單元教學

項 目	內 容	結 構 分 析
創造性思考的實質內涵	1. 邏輯推理 2. 創造性思考	 • 三圓交集部分為科學思考力之實質內涵。 實質陶冶 (科學與科技理論與實際) 形式陶冶 (邏輯思考創造) 實質陶冶 (倫理、價值觀之應用發展)
邏輯推理特性	具體 1. 操作期	1. 必須參照類似的行動與事物，觀察其特性。 2. 具體操作期的思考類型特性。 3. 在冗長的過程中，需要按步就班給予指導。 4. 不了解自己的思考
	形式 2. 操作期	1. 能作概念，間接關係和特性、公理及定理方面的思考。 2. 形式操作期思考類型特性。 3. 能計劃包含全面性目標和資源的冗長過程。 4. 了解並能批判自己的思考。
教學過程與認知心理學基礎	1. 皮亞傑認知階段 2. 布路納的認知心理學 3. 希達·答巴 (Hilda Taba)	1. 人類的認知過程具有二個主要邏輯運思階段：(1)前邏輯期（前二個階段）(2)具體操作期與形式操作期之邏輯思考 2. 內在的動機與知性開發 (1)提供結構化教材 (2)學習過程系統化應配合學生思考過程 3. 思考 = 認知過程的模式

項 目	內 容	結 構 分 析
模式單元 (module) 教學	五個階段	把握 → 推論 → 設計 → 解釋 → 發展 問題 → 驗證 → 推廣 ① ② ③ ④ ⑤
創造性思考的實態	科學探討的過程	1. 把握問題：透過自然現象的觀察掌握問題核心 2. 推論：針對如何解決問題作推論 3. 設計驗證：根據推論用實驗法印證 4. 解釋：整理結果、導出新科學概念 5. 發展推廣：找出更新問題，獲新概念與新科技
創造性的科學教學	創造性教學的必要條件	1. 使用趨異性發問技巧 2. 開發批判性思考力 3. 允許多元才華之表現 4. 給予等待時間 5. 善用教學媒體 6. 有高度幽默感 7. 使用腦力激盪法 (brain-storming) 8. 培養自我調整之能力 9. 建立價值觀
科學態度	BSCS 分 類	1. 好奇心 2. 虛 心 3. 尊重現實 4. 進取心 5. 客觀 6. 精 明 7. 信心 8. 恒心 9. 知足 10. 尊重學理結構 11 責任感 12. 合作精神

第一章 科學的模式單元教學

提倡培養科學思考力的教學，有其學理上的根據，大致可以由三方面來探討。

壹、富有人性的科學教育

首先，談到什麼是富有人性的科學教育，也就是人文主義的科學教育或富有人情味的科學教育，大體而言，可以從四個層面來分析。

一、歷史意義

在科學方面和其他知識領域一樣，有很多文化遺產，然而由於時代的變遷，在承先啓後之際，我們有必要重新評估科學遺產，而且應該運用創造性的思考去創造適合時代需要的文化。

二、社會責任

科學教育應該促使個人了解科學、科技和社會三者如何相互關聯，彼此影響。個人要了解，知識的日新月異和科技的發達固然可以增益人類的生活，然而我們要增進的不只是物質生活，更應該提昇精神生活。在科學教育的領域中，充實生活內涵的途徑之一是必須加強建立個人與社會的價值標準。

三、教育宗旨

提倡富有人性的科學教育首先必須開發人性。如何開發人性呢？美國科學教師協會（N.S.T.A.）主張1980年代的科學教育應該培養全民的科學智慧。所謂科學智慧，或謂科學涵養，易言之，即科學素養。我們的學生往往在離開校門之後，便與科學完全脫節，這與

我們的教育有關係。教育要開發人性，啟發智慧，必須將學生視為獨立的個體，讓其無時無刻能感覺到科學與其生活息息相關。個體要能隨著時代變遷、社會變化和個人需要，不斷地吸收科學新知、接受科學新方法、培養科學態度，並建立科學的價值觀，而且還要真正能夠運用這些於實際的日常生活。

四、教師的使命

在現階段提倡科學教育，老師所要擔任的角色與過去大為不同。目前國內的情況是以升學領導教學，將學生個個變成應付考試的機器，提倡人性化的科學教育則必須突破現狀，注重學生的個別差異，設法了解學生的思考意識，進而誘導其作積極而有意義的思考活動。

貳、重視創造性思考之教學

其次，要談到重視創造性思考的教學。提到教學，我們自然而然地會聯想到課程、教材（教學內容）、教學形態、教學策略以及評鑑。（教學的評鑑牽涉範圍極廣，不在此討論。）以目前科學教育的趨勢而言，科學課程要能適應全體學生的需要。我們都知道每個學生均有其個別差異，包括身心發展、經驗背景、興趣和需要等等。在此所謂適應全體學生的需要，最根本的是需要考慮教材和教學方法如何配合兒童認知發展的階段。

教學內容，也就是教材，在過去，甚至目前，還停留在側重學科知識的階段。若重視創造性的思考，則要在教材選擇和結構方面，同時兼顧學科知識、個人需要、社會需要及事業上的需要等因素。

科學係其他一切學科之基礎，今天學生在課堂上所習得的，教師欲其將來能轉移應用到實際生活，亦希望科學與生活打成一片，則必須在教學內容中考慮增列適量的與生活相關之教材。此外，應在科學的學習活動中，培養學生未來對科學工作的憧憬，並為其從事這方面

的工作預做相當的基礎準備。

為順應千變萬化的時代需要，教學形態必須重視學生個人的思考過程。教師唯有提供學生充分的機會從事思考活動，讓其由積極主動參與思考的歷程建立新的觀念。

隨着教學形態的改變，教學策略要強調給予學生自由發表的機會，以便能因此而培養其發問的技巧和良好的聆聽態度的訓練素來為教師所忽略。在教學或學習時，若要學生能提出探討的問題（亦就是發問），首先必須要求學生們有良好的聆聽態度。唯有在教師提出問題時，或其他師生對話時注意聆聽，才可能了解所欲探討問題的內容，也才有可能針對他人的意見，進一步思考，或提出問題，或提出自己的見解。

參、教學過程與認知心理學

認知心理學的發展，促使教育工作者，對於科學教學重新作檢討，因而發現對認知心理學的了解與應用，確實有助於改進教學。

皮亞傑（Jean Piaget）認為，智能是兒童與外在環境起交互作用時，在其心中的適應與重新組織的一種連續過程。而兒童智能之複雜性係指其進行操作的能力而言。可見皮亞傑認為智能並非如傳統的 I.Q. 測驗所強調的是一種固定的能力。他較喜歡將智能想成是一個連續發展的過程。由兒童所能實踐的工作之難易，即可看出其發展。根據長期觀察研究的結果，他推論所有的兒童有類似的經驗。因此，父母與教師在要求兒童做某一項工作之前，應考慮其正處於認知發展的那一階段。他提出「預備（學習）」（Readiness）的說法。

根據他的解釋，所謂「預備（學習）」，包含許多的心智策略，是一種複雜的能力。因為他認為兒童的思維不同於成人的思維，發展本身解釋了學習，唯有提供正確的學習順序，始能促進心智的發展。

大體上，皮亞傑認為人類認知的成長必須依次經歷四個不同的階段：感官動作期（〇～二歲），前操作期（二～七歲），具體操作期（七～十一歲），與形式操作期（十一歲以上）。個體就經歷此四個階段成長時，快慢不一致。

皮亞傑認為無經驗即無學習，其認知理論給予科學教育工作者極大的啓示。1980 年代的科學教師在角色扮演上亦有了重大的轉變。如何配合學生認知發展的程度研擬教材和教學策略，提供新奇而有興趣的情境以激發學習，目前已成為科學教師在教學上的一大考驗。

有些心理學家，例如布魯納（Jerome S. Bruner）和蓋聶（Robert Gagne）就不同意皮亞傑所謂兒童遭遇相近之說，因此也不接受其關於兒童「預備（學習）」的概念。布魯納相信，教材若能調整至兒童能力可以接受的程度，並依其感興趣和能理解的方式編排，則幾乎所有的事物都能在任何年齡教育之。蓋聶亦認為，如果要給兒童學習的教材能依恰當的順序編排，則兒童可以學得其中的概念。

希達·答巴（Hilda Taba）認為認知過程的模式即思考。他假設思考可以訓練。根據其假設，思考是個體主動將資訊變為知識的過程。當個體對教材進行認知上的操作（即思考）時，教材本身對學生才有作用（意義）。教師不能直接教導學生進行智能操作（所謂思考），而且學生也不可能光靠吸收他人思考的結果而學會思考。儘管如此，教師可以設法刺激學生做複雜的思考，在技巧上，儘可能的避免給予直接的答覆，以協助其完成內在化和概念化的過程。最重要的，他主張思考過程的訓練必須循序漸進，由簡單而複雜，因為任何一個複雜的思考活動有賴於前面思考訓練做基礎。總之，思考技巧可以某些特殊的教學策略來訓練，但必須牢記不可操之過急。

肆、科學思考力之培養教學

一、培養創造思考力之必要條件

科學思考力是一種特定的能力，即在探究問題的過程中從事思考活

動的能力。這種特定能力的培養需要某些必要的條件，茲歸納列舉於后：

1 安排助長思考之教學情境

教學情境的恰當與否，足以影響學習的成效，乃不爭之事實。然而，身為教師與在過去甚少考慮到如何設計和佈置一個可以幫助學生學習的教學情境。教師若欲培養學生的思考能力，尤其有必要提供一個能刺激其思考的教學情境。皮亞傑就曾建議教師安排新奇而有趣的教學情趣，以激發學生學習。所謂教學情境的安排，就自然科學而言，應同時兼顧動態與靜態學習的需要，避免侷限於狹隘的室內學習環境。一個理想的、可以助長思考的教學情境必須是學習資源豐富、富於變化而且生動活潑的。

2 善用教學媒體

舉凡可以增進學習效果的各種教學資源均可視為教學媒體，其範圍並不限於視聽器材，蓋涵蓋圖書設備及社會資源等等在內。一個懂得教學策略的教師，必然也必須會運用教學媒體。善用社會資源的教師，不僅安排學生到處參觀，例如博物館、科學館、醫院等等，而且也知道洽請有關的專家名流蒞臨指導學習。

3 活用發問技巧

學生之是否能思考與教師發問的內容有密切的關聯。教師要引發學生內在的學習意欲，則必須設法製造困惑的情境或提出足以刺激其主動參與探討的問題。教師發問的問題內容要斟酌配合學生認知發展的層次及經驗背景，要考慮問題是否具關鍵性——即可以藉此引導其思考或探討。教師要強調學習過程重於學習結果，在探討的過程中，重視學生使用正確的方法而非答案之正確與否。教師提供學生任何嘗試錯誤的機會，俾便從中獲取具體而直接的經驗；要針對學生勇於回答而褒獎，學生而得以儘量發言，不怕言錯。教師應鼓勵學生做多向