

國小學生科學探究活動的課程設計及實施成果 之個案研究

謝甫佩 洪振方

國立高雄師範大學科學教育研究所

摘 要

本研究旨在設計一個適合國小實施的科學探究活動課程，並透過實際的教學瞭解其實施結果，希望藉此類課程之實施提昇學生對科學的興趣、理解相關的科學概念，及獲得過程技能。本研究採單組前後測，並結合個案研究設計，在資料分析方面，採用描述性統計和質性詮釋。研究對象經過一學年的教學，成果如下：隨著時間的增加，平均有 90.8% 的學生能說明具體的概念或技能；平均有 94.3% 的學生能提出相關的問題；平均有 70.1% 的學生能應用學到的知識或實驗跟大家分享。此外，由合適性問卷上的統計得知，此課程能使學生對科學探究產生歸屬感，對學生而言是很合適的；最後，研究者由教學上的反思精鍊此課程，並提出相關的建議。

關鍵詞：科學探究活動、團體活動、課程設計

壹、緒論

一、研究背景

國民中小學九年一貫課程綱要提到自然與生活科技的學習應以學習者為活動的主體，重視開放架構與專題本位的方法，進行探究及實作的方式，強調手腦並用、活動導向、設計與製作兼顧、知能與態度並重，以培養探索科學的興趣與熱忱，並應用於當前和未來的生活(教育部，2003)。此外，從《創造力教育白皮書》與全國第一次科學教育會議觀之，就科學教學與學習而言，顯然今後強調的重點在於以「科學探究」為學習活動、以「問題解決」為學習核心、及以「創造力」的培養為鵠的等三個向度。但是，如何整合

三者於科學教學與學習呢？教育部公佈的文件並沒有具體的教學模式可供參考(洪振方，2003)。那麼，老師要怎麼做才能達成上述的教學目標？

再者，由於資訊科技迅速發展，社會多元化的腳步越來越快。許多學者提到，我們在學期間所學到的知識和技能是無法完全應付未來的需求，既然有些知識或技能很快就變得沒有用，因此，我們必須提昇學生變通性、願意接受新事物、適應或觀察新的做事方法，以及面對突發狀況的勇氣。這些特質在適應未來的世界是必要的，而提升創造力可視為孩子在為一生的變通性和適應性做準備，是未來世界公民的重要基礎能力，攸關

人類文明的起源與延續(Cropley, 2001; 梁雲霞譯, 2002; 教育部, 2002; 吳靜吉、丁興祥、邱皓政, 2002)。但是, 創造力並非呼口號就可以達成, 必須透過科學探究的學習活動, 並且以問題解決為學習核心(洪振方, 2002、2003)。

執是之故, 近年來許多團體、教師及學者對於科學探究活動的推廣不遺餘力, 也有許多研究顯示在課堂上實施科學探究活動對於學生學習科學的興趣、概念理解與問題解決能力皆有提昇。然而, 儘管這類活動的教學效果良好, 卻發現了不少的問題: 材料攜帶不便、時間不足、學生缺乏先前經驗與先備知識、教師對課程的詮釋(塗文忠、黃鴻博, 2002), 所以, 仍然有許多老師不敢輕易嘗試。但是, 如果老師不能克服上述問題, 又怎麼能提昇學習的成效, 培養學生探索科學的興趣與熱忱, 並使他們應用所學的知識於當前和未來的生活呢?

二、研究目的

基於上述緣由, 本研究之目的如下:

- (一) 試著以學生的先備知識為基礎, 結合探究式教學之要旨, 設計適合國小團體活動之科學課程。
- (二) 探討此課程實施之成效。

三、研究問題

依據上述之研究動機, 本研究擬探討下列的研究問題:

- (一) 適合國小團體活動實施之科學課程為何?
- (二) 探討此課程的實施成果為何?
- (三) 研究者在教學過程中的轉變為何?

四、名詞解釋

(一) 科學探究活動

在本研究是指教師在教學中依據主題安排適當的活動, 引導學生閱讀文章、發現問題、設計實驗、歸納發表、應用與回顧, 以便進行探究。

(二) 團體活動

依據教育部於中華民國八十二年九月廿日修正公布之國民小學課程標準實施要點, 各校應依各校師資、設備與環境等條件, 自學生三至六年級實施「團體活動」課程, 並透過聯課教學方式, 採隔週連排方式實施(教育部, 1995)。在本研究是指國小六年級的團體活動, 兩週上課一次, 每次 80 分鐘。

(三) 課程設計

本研究是指研究者在團體活動時間所設計的課程, 此課程設計的方向乃參考學生學過的課程或是日常生活中常見的用品、玩具而設計。

貳、文獻探討

Cropley (2001) 依據 Suchman 的研究結果發現, 學生以探究方法可以獲得比普通方法較多的物理知識, 並且明顯地對科學產生更多的好奇。而且, 適合的環境是非常重要的, 因為環境決定了個人的表現。此外, Lave 和 Wenger (1991) 以及 Collins、Brown 和

Newman (1989) 認為, 學習是融入情境中的活動, 有意義的學習是處於社會世界情境當中參與, 絕不是簡單的知識傳輸或技能的獲取。

因此, 研究者先針對情境學習理論進行探討; 其次, 討論探究式教學的特徵與模式;

最後，說明情境學習與探究式教學之間的關係及其相關的實徵研究，以便作為課程及教學設計之依據。

一、情境學習

Lave 和 Wenger (1991) 提出傳統學徒制，認為學習課程必定是情境的，不是獨立、可被教學任意操縱的，是由師傅帶徒弟，徒弟學習技藝是直接在此實際的工作情境中觀摩見習師傅的技藝，再逐漸提昇參與程度，成為助手，最後學成出師。然而，在一般學徒制的實徵研究當中所提到的「內在酬賞」，僅將焦點放在知識與技能的學習，此種觀點過於窄化，已經逐漸演變成為領域教學、強調他們使用在特定情境的教學技巧。因為歸屬感更是學習者學習動機的主要來源。所謂歸屬感 (belonging) 指的是個人自覺被別人或被團體認可與接納時的一種感受，或是個人的態度或意見與團體規範一致時的一種感受，著重個人在實務社群中的角色，而當個人歸屬於實務社群時，他們會和社群裡的成員分享，從另一方面來說，當個人具有社群的特質時，他就歸屬於實務社群 (張春興，1992，頁 83; Rick, 2003; Boardman, 2003; Lee & Roth, 2003)。

Collins 等人(1989)認為傳統學徒制強調在特定情境下使用教學技巧，給予學習者的問題及任務並非來自學科，而是工作場合的需求，學徒受到經濟因素的影響而快速的學習有用的技能。這使得學習者在其他情況下無法使用已有的資源來改善其他的技能，例如，無法透過閱讀來獲得良好的寫作模式。因此，提出認知師徒制，認為教師必須找出對於學生想要且積極參與的方法，強調去情境脈絡式的知識，以便學生可以在不同場合中運用，使學習者和專家之間在一個共享的問題解決脈絡中交替的影響，促進學習者反

思。把學習者置於一個問題情境中，由教師或專家定義問題，並示範解決的方法，然後將解決問題的責任漸次地轉移給學習者。這種教學法的特色在於使學習者沈浸於實際的問題情境中，在耳濡目染中學習成功。Hay 和 Barab (2001)的實徵研究也證實了，學生在傳統學徒制的教導下，雖然能清楚的連結實務社群的目標，並且學到了科學方法，卻無法將其應用在新的情境中。他們對於科學缺乏理解與創新、批判與執行的技能。

而在實徵研究方面，張敬宜 (2001) 依據「情境學習理論」及「螺旋式課程」理念設計「多元學習情境教學模組」，結果發現學生對於此類教學活動的反應良好，各命題在五點式意見表上的平均值在 4.0 以上的佔 92.3%。而許瑛珺與廖桂菁 (2002) 以情境學習理論為基礎，發展一套地球科學網路輔助教材，結果發現，情境式網路輔助教學有助於學生增長地球科學相關知識，能提高學生在熟悉的情境脈絡中的學習動機，並幫助其整合新舊知識。

綜合上述學者的觀點可知，人們是在特定情境與實際情境中不斷的互動，才發明了一些有效的策略，解決了日常生活上的問題。然而，由於 Lave 和 Wenger 的理論屬於傳統學徒制，並沒有針對學校教育提出教學步驟。而且，正式學校教育和學徒制方法間有很多不同，因此，我們只能粗略的體認到情境對於學習的重要性，而無法具體的了解「怎麼教」。執是之故，研究者將於探究教學的相關文獻探討之後，進一步介紹 Collins 等人(1989)在情境認知學習所提的「理想學習環境特質」，以便了解影響情境的因素，將情境與探究學習作適當的結合。

二、探究式教學的特徵與模式

1950 年代和 1960 年代，「科學—過程取

向」(SAPA)、「小學科學研究」(ESS)與「科學課程改進研究」(SCIS)，發展得很成功，均強調科學探究過程本質，探討的方法歸納為十四種科學技能，如：觀察、測量、量化。此外，Bruner、Schwab 和 Gagne 也強調培養學生的科學過程技能，使得探究教學逐漸成為趨勢。然而，這些課程主要的基礎純然是建立在科學家的探究過程上，沒有介紹一個完整的知識概念結構，「動手做」的活動缺乏讓學生理解的學習，較沒有考量學習與教學的基礎。到了 1990 年代，探究式教學的內涵已產生蛻變，強調「調查和分析科學問題的活動」、「作為論證和解釋的科學」及「將想法和結論與同學公開交流」，其核心在於探索 (exploration)、解釋 (explanation) 與交流 (communication)，而不強調「演示和證明科學內容活動」、「作為探究和實驗的科學」，以及「將想法和結論告訴老師」(洪振方，2002、2003；NRC, 2000)。

探究教學要求學生在使用科學推理和批判思考來發展他們的科學認知時，要同時結合科學過程技能與科學知識。有下列特徵 (NRC, 2000, p.25)：

- (一) 學生參與科學導向的問題。
- (二) 教師給予學生證據，讓他們發展和評價符合科學導向問題的解釋。
- (三) 學生從證據形成解釋，以確定科學導向的問題。
- (四) 學生評價自己的解釋和其他解釋，特

別反映他們對於科學的理解。

(五) 學生溝通並辯護他們所提出的解釋。

目前使用探究的教學技巧包括：讓學生參與部份或全部的真實問題探究、專題導向科學教學、角色扮演辯論會 (role-playing debate simulations) (Beerer & Bodzin, 2004)、問問題或延伸問題、要求學生詳細說明實驗設計的原理、示範詮釋資料的有效策略 (Sandoval & Daniszewski, 2004)，這些技巧試圖使學生研究日常生活經驗中有意義的問題、強調使用研究方法批判性地評價證據的形式、讓學生參與社會性的交談以促進其知識建構、使學生聚焦在他們探究的問題觀點、促使學生明確的表達他們的推理 (Beerer & Bodzin, 2004; Sandoval & Daniszewski, 2004)。

許多文獻指出，科學探究教學始於學習者有興趣，以及熟悉的問題。當學生收集並組織資料來回答問題時，他們就建構了知識、新的概念和技能。以探究為基礎的科學過程鼓勵學生觀察、收集、掌控、描述，並且在主動學習的過程中由老師引導和協助，以提出問題 (Roth & Bowen, 1995; Baumgartner & Reiser, 1998; NRC, 2000; Beerer & Bodzin, 2004; Sandoval & Daniszewski, 2004; Windschitl, 2004)。美國國家科學教育標準提到，科學探究教學模式的共同階段 (NRC, 2000, p.35)，如表一所示：

表一：科學探究教學模式的共同階段

階 段	說 明
一	學生接觸科學問題、事件或現象。連接他們已知的，藉機製造不一致的想法，刺激他們學習更多。
二	學生藉由動手操作的經驗探索他們的想法，形成假設並且進行檢驗，解決問題，解釋他們所觀察到的。

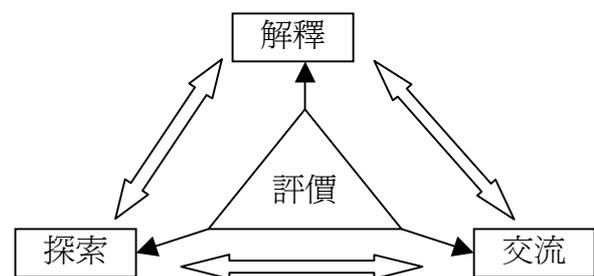
- 三 學生分析並解釋資料，綜合各部分的想法，建立模式，與他們的教師或其他科學知識的來源闡明他們的概念和解釋。
- 四 學生擴充新理解和能力，並在新的情境中應用他們所學到的。
- 五 學生和他們的老師回顧和評量所學到的，以及如何學到的。

不過，上表只是科學探究教學模式共同階段，在教學時必須依據教學目的做適當的改變，如 Baumgartner 和 Reiser (1998) 提出「透過設計來探究」(inquiry through design) 的模式，就是企圖在設計的環境下提供學生探究的機會，讓學生能產生好的設計，並且能解釋材料和設計的結構如何造成這樣的成果。包括三個主要的成分：

- (一) 提供學生背景知識，以及他們可以應用在設計的一系列活動。
- (二) 由老師或學生提出設計上的挑戰，要求學生提出並且設計特別的需要。學生代表性的建造一系列的設計，以便評價不同觀點的設計成效。
- (三) 最後則是重新設計，學生應用在成分(一)與成分(二)所學到的改善他們的設計。

洪振方 (2002、2003) 認為科學即是探究、問題解決系統，然而，探究式教學的五個共同階段並不足以反映出促進探究方面的重點改變，如：交流對科學的解釋、將結論與想法和同學公開交流、對結論進行辯護。不過，探究式教學的第五階段「回顧與評估學到什麼及如何習得」是個很有價值的重點，所以，列為「評價」(evaluation) 的成分。因此，探究式教學的核心在於「探索」、「解釋」、「交流」與「評價」，而創造力的過程就是能敏銳的洞察到問題、知識的不足、缺漏及不一致；確認困難、尋求解答、作猜測，或形成假說並可能修正、檢驗，最後，交流結果。因此，整合 NRC 的科學探究模式，以及創造力問題解決模式 (creative

problem solving, 簡稱 CPS)，提出創造性探究模式 (creative inquiry model, CIM)，其目的在於培養學生探究能力與創造力。如下圖所示：



圖一 CIM 的循環模式 (洪振方, 2002、2003)

此一模式共有「四成份六加二階段」：成份一，探索，包括「形成問題與假說」、「設計研究和產生數據」；成份二，解釋，包括「詮釋數據」、「建立論證」；成份三，交流，包括「說服」同儕社群接受探究發現的效度與重要性、用批判的方法作判斷、經由比較來評價，以及為知識主張作「辯護」；成份四，評價，包括時時評價「探索」、「解釋」與「交流」等工作及計畫之可行性、回顧與評估在這四個過程中學到什麼，以及如何習得。

在實徵研究方面，Chin、Brown 和 Bruce (2002) 針對學生發問所做的研究發現，學生受到激勵時會產生非凡的問題 (wonderment question)，例如：理解、預測、發現異例、應用與計劃，而不是只有提出事實與程序的問題而已。此外，van Zee (2000) 檢驗學生透過合作所形成的探究討論，結果發現學生會討論他們現在所理解的、對觀察的詮釋提出問題及澄清，並且思考新的概念。

綜上所述，研究者認為應該參考自然與生活科技領域的課程目標（教育部，2003），培養學生探索科學的興趣、學習探究方法和基本知能、與人溝通表達的能力。由此可見，上述課程目標與 CIM 模式相當符合，是比較適合國小科學探究課程的模式。因此，將參考 CIM 模式所提的成分與階段來設計適合國小科學探究的教學流程及課程設計。那麼，在此教學模式下，應該用什麼方式來評量國小學童的探究能力與創造力呢？根據國家科學標準（NRC, 1996）指出，促進探究方面的重點在於：調查和分析科學問題活動、與情境相關的過程技能、交流對科學的解釋、將想法和結論與同學公開交流。而從上述的文獻可知，理解相關的科學概念及過程技能是具備探究能力的必要因素。因此，將參考 Mintzes、Wandersee 和 Novak（1999）對「理解」的四個判準作為評量方式：

- （一）互為主觀性：我們所建構的意義能引起他人共鳴或是能與他人分享。
- （二）一致性：我們內在矛盾已經被化解。
- （三）簡約性：我們的解釋減少了無關或不必要的陳述。
- （四）批判性：我們的觀點能夠被具有優勢的科學典範之概念及方法學所證明。

科學概念與過程技能則是依據自然與生活科技領域課程目標中與探究有關的能力指標（教育部，2003）。在科學概念方面包括：認識日常用品的製造材料；提出問題、研商處理問題的策略、學習操控變因、觀察事象的變化並推測可能的因果關係；學習由變量與應變量之間相應的情形，提出假設或做出合理的解釋；藉簡單機械的運用知道力可由槓桿、齒輪來傳動。而在過程技能方面則包括：實驗時，確認相關的變因，做操控運作；能由一些不同來源的資料，整理出一個整體性的看法；願意與同儕相互溝通，共享活動

的樂趣；能依規畫的實驗步驟來執行操作。

而在創造力方面，Hu（2002）認為科學創造力視個人的科學知識與技能而定，不同於一般的創造力，必須和有創造力的科學實驗、科學活動、科學問題發現和解決有關，此外，個人對科學問題的敏銳度，能從新的角度提出新的問題或新的可能性是科學創造力的一個重要元素。關於這點，詹志禹（2001）也認為，在問題解決歷程當中，解題者如果遇到困難或瓶頸，常常必須重新界定問題，而在反思問題目標與條件的時候，往往就發現或創造了新問題。因此，一個學生如果能在某一個領域（或科目）當中持續發現值得探究的問題，或甚至提出新的問題，他在這個領域的創造性成就應該較佳。對此，許多學者也提出相同的看法：Poper 認為，科學開始於問題，而不是觀察，問題才會激勵我們去學習，去發展我們的知識，去實驗，去觀察（張巨青、吳寅華，1994）。愛因斯坦、英費爾德（1960；郭沂譯，1997）則認為，科學迫使我们創造新觀念和新理論，它們的任務是拆除那些常常阻礙科學向前發展的矛盾之牆。將已解決的和未解決的問題聯繫起來，也許可以想到一些新概念來幫助我們解決困難，有些共同的特性卻隱藏在外表上的差別背後，要能發現這些共同點，並在這基礎上建立一個新的理論，這才是重要的創造力。因此，研究者認為創造力雖然是個複雜面向，包括動機、產品和歷程…，但仍以發現問題為最重要，所以，將以學生「對科學問題的敏銳度，能從新的角度提出新的問題或新的可能性」作為評量方式（Hu, 2002）。

三、情境學習與探究教學之間的關係及其相關的實徵研究

Collins 等人（1989）認為環境包含教學內容、使用教學方法、一連串的學習活動，以

及學習社會學，這個架構強調認知學徒制如何超越傳統學徒制的技能。因此，「理想學習環境特質」應該考慮的範圍包括：內容、方法、順序與社會學，而每一個範圍又由一組特質組成，如表二所示：

表二：理想的學習環境特質（Collins, et al., 1989）

範圍	一組特質	包 含
內 容	領域知識	概念的知識、真實的知識、程序性知識(特定主題)。
	捷思策略	有效達成任務的技術和方法。
	監控策略	在許多可能的問題解決策略中，如何選擇，以及如何決定何時改變策略等等，含有監控、診斷和改善的成分。
	學習策略	學習其他內容知識的策略
	示範	內在的過程具體化。
方 法	指導	觀察學生在實作過程的需要給與提示、鷹架、回饋、示範、提醒及新工作的給與。
	鷹架與淡出 (fading)	教師在學生實做中提供幫助。淡出的時機：正確的診斷，儘快讓學生獨立。
	連接	使學生連結其知識、理解及解題的程序。
	反省思考	讓學生對自己的解題過程和專家及同學做比較。
	探索	推動學生自己進入問題解決模式。
順 序	增加複雜度	從活動中做簡單學習活動的經營及親自加入。
	增加廣度	增加任務編排所需用到的策略技能，讓學習者學習分辨在某情況下那些策略可行及不可行。學習者慢慢成爲不被情境束縛，而有能力應付各種不熟悉的情境。
	先介紹整體，再介紹局部的技能	幫助學生了解他正在做的局部工作的目標，並統合更多的部分。做爲學習表現的指引，自我監控，自我修正。以避免個人技能發展錯誤，了解各種技能之目的及每個程序之關係。
	情境學習	了解知識的目的及使用、學到積極運用知識而不是被動的接受、學習在不同情況下應用知識。
	社 會 學	專家實務的練習
內在動機		情境學習和專家實務的文化創造的議題需要引起學習的內在動機。
利用合作		讓學生以促進合作解決問題的方式一起工作。
利用競爭		此策略給予學生相同的任務去完成，然後比較每一個人所作的成果。

由上表可知，要真正對學生的學習成效有所提昇，就要設計適合學習該技能的方法，而認知及後設認知策略和過程遠比低層

次的次要技能或抽象的概念和事實來得重要。再者，觀察、鷹架和增加獨立練習之間的相互作用，可以幫助學生發展自我監控、

自我修正技巧、整合技巧和概念知識。此觀點正符合了 Joyce 和 Weil (1992) 所說的：教學模式就是學習模式，當老師幫助學生獲得訊息、想法、技能、思考的方式與表達他們自己時，就等於是教學生如何學習。

此外，在課程中所安排的真實任務必須符合「工作的認知挑戰和目標一致」(Sherry, Tavalin, & Billig, 2000)。因為 Hmelo-Silver、Nagarajan 和 Day (2002) 認為學校科學課程沒有提供真實的任務，幫助學生發展適合的推理技能。因此，他們比較了專家和生手參與設計檢驗新的癌症藥物的臨床試驗任務。結果發現了：複雜的模擬環境提供學生應用所學的機會，並從模擬環境的回饋反覆設計，這些結果顯示了真實複雜的工作環境可以驅使學生監控並反思他們的表現。

綜上所述，情境學習著重如何提供一個可以讓學習者主動建構知識的學習環境，強調學習者及其所處的環境互動之歷程，而探究教學則著重培養學生探究能力及創造力。

如果能將情境學習與探究教學做適當的組合，將能兼顧學生在知識、技能與情意方面的培養。也就是說，老師要培養學生探索科學的興趣與熱忱，並應用於當前和未來的生活，必須安排真實或類似的環境，讓學生形成歸屬感，才能主動探索，建立有意義的知識表徵，並將所學的知識與技能和他人交流，應用到日常生活中。

此外，由於五到八年級的學生，應當有參與完全探究或部分探究的機會，而且，在部分探究中，應依據教學內容與目標，特別選定一些面向，讓學生運用多種過程技能，培養探究能力與理解科學概念 (NRC, 1996, p.113)。因此，探究的重要性在國內外的科學教育改革中清晰可見。執是之故，研究者希望此課程的安排能使學生由參與真實任務中，鼓勵學生提出相關問題，培養其科學創造力，並且從分享中提升其歸屬感、理解科學概念、學到過程技能。

參、研究方法

一、研究設計

Fraenkel 和 Wallen (2000) 認為，在許多實驗和準實驗研究中，研究者將調查樣本所得推論到他了解的母群體上，而在質性研究中的推論，是由感興趣的實務工作者自己做推論，在一個研究裡，質與量的研究理應合併使用。因此，本研究的設計採單組前後測，並結合個案研究，以提供相關的研究者進行有用的推論。

本研究之教學活動進行一學年，依據國民小學課程標準實施要點 (教育部, 1995)，透過聯課教學方式，採隔週連排實施，每次上課兩節，共 80 分鐘。研究者在教學中實施科學探究活動課程，透過課堂作業單、合適性問卷、研究日誌、

晤談紀錄與課堂錄音紀錄學生的改變，同時也檢驗此課程是否能提昇學生對科學的興趣、理解相關的科學概念，及過程技能。

二、研究對象

受限於全校六年級的團體活動只有一個社團開設科學課程，因此，本研究是以團體活動時間選擇「科學探究」組的 29 位學生為研究對象。此外，由於採聯課教學方式，所以，學生來自九個班級，其中六年一班有 4 位、二班有 4 位、三班有 4 位、四班有 4 位、五班 1 位、六班 3 位、七班 2 位、八班 4 位、九班 3 位，而學生參加「科學探究」組的動機相當分歧，大致有：喜歡科學；不喜歡科

學，但是被老師指派參加；跟好朋友一起選的。

為方便進行教學活動，以學生就讀的普通班為主，將學生分為六組，因為同一班級的學生對彼此比較熟悉，在小組討論時才能充分表達他們的意見，而且這樣也方便學生回到原班級上課時能利用課餘時間討論老師

所設計的問題，但是，如果學生的常規不佳，例如：喜歡找同組的組員聊天，而且屢勸不聽，就特別安排到另一組，小組長的選取則是以自願者優先。此外，依據他們在普通班的學業成就來看，學生的程度也參差不齊，見表三：

表三：座位分配情形

六	五	四	三	二	一	組別
6-3Ls10 ⁺	6-6s19	6-9s27	6-4Ls13	6-3Hs11	6-1s3	組長
6-5Ls16 ⁺	6-9Hs29	6-6Hs17	6-4s12	6-2Ls6 ⁺	6-1Ls1 ⁺	組員
6-8Hs25	6-8Hs26	6-6Hs18	6-4s14	6-2Ls8 ⁺	6-1s4	組員
6-8Hs24	6-8Hs22	6-7s21	6-4Ls15	6-2Hs7	6-2Hs5	組員
6-1Ls2	6-9s28 ⁺	6-7s20		6-3s9	6-3s23	組員

上表的編碼方式以學生就讀之原班級、學業成就及學生在「科學探究組」的編號表示，如：6-3Ls10⁺，6-3 表示學生來自六年三班，Ls 表示該生屬於低成就學生，10 表示在「科學探究組」編號為 10 的學生，⁺表示經訪談原班級任老師後，認定為學習上有困難的學生，例如：注意力不集中、過動兒和語障的學生；6-6Hs17，6-6 表示學生來自六年六班，Hs 表示該生屬於高成就學生，17 表示在「科學探究組」編號為 17 的學生；6-7s21，6-7 表示學生來自六年七班，21 表示在「科學探究組」編號為 21 的學生。

三、研究工具

依據本研究的目的，研究者自行設計研究工具有課堂作業單、合適性問卷、研究日誌、晤談紀錄與課堂錄音，說明如下：

(一) 課堂作業單，代碼為 CA，在每個主

題的最後一節讓學生書寫，共有三題問題引導學生思考和反思，所以，「」內會依據主題的不同而改變，但是問題的形式相同，以「聲音」為例，說明如下：

1. 在「聲音」這個活動中，哪些是你以前沒學過的？
2. 關於「聲音」，你還有哪些不懂的問題？（至少寫下三個問題，但是，老師希望你能多寫一些！）
3. 還有哪些與「聲音」有關的活動或知識可以介紹給大家知道？（至少寫出一個相關的活動或知識，但是，老師希望你能多寫一些！）

由於研究者在設計此探究課程時，先透過教學指引及晤談同年級的學生來了解研究對象的先備知識，以便設計出適合的課程。為避免學生認為此課程中的科學活動或概念

大多數是已經知道的，而影響到其探究的意願，研究者的作業單採用循序漸進的問題引導學生進行評價。因此，問題一，乃希望學生能以先備的知識為基礎，了解自己在相同的主題當中，還學到了哪些科學概念或過程技能；關於問題二，則是希望學生能從熟悉的主題中發現值得「探索」的問題，也就是對科學問題的敏銳度，能從新的角度提出新的問題或新的可能性，進而形成問題、假說、設計研究和產生數據；關於問題三，研究者希望學生能運用學到的知識與技能進行解釋及交流。

(二) 合適性問卷，代碼為 SQ，在上學期結束時填寫，以便提供研究者做為改進教學的依據。為了引導學生能充分回答出自己的感受，研究者在題目上的安排採循序漸進的方式，共有三題，題目如下：

1. 你覺得「科學探究組」的上課方式和你在原班上的自然課有什麼不同？為什麼？請寫詳細一點！
2. 你覺得在「科學探究組」中收穫最多的是什麼？為什麼？請寫詳細一點！
3. 你喜歡「科學探究組」的上課方式嗎？為什麼？請寫詳細一點！

問題一，先引導學生注意到「科學探究組」的上課方式，以便了解學生對此社團的感受，並激發學生對「科學探究組」的歸屬感；關於問題二，研究者希望學生能體會「探究」的意義，知道科學不只是做實驗而已，還包括發現問題、提出假設、設計實驗與發表；至於問題三，是研究者最關切的，因為學生是學習的主體，必須要考慮到他們的感受，關於這點，也呼應了 Lave 和 Wenger (1991) 的看法：將焦點放在知識與技能的學習過於窄化，因為歸屬感更是學習者學習

動機的主要來源。

(三) 研究日誌，代碼為 TJ，研究者以 Shulman(1987)所提的「教學推理與行動過程模式」為依據（引自林曉雯，1996），反思自己的教學並記錄在「研究日誌」上，包括：理解、轉化、教學、評量、反思與新理解等步驟，以作為下次教學的調整，及瞭解研究者在此教學運作模式的轉變。

(四) 晤談紀錄，代碼為 IN。由於學生來自不同的班級，所以，研究者利用「科學探究組」活動期間的每一節下課時間，安排不同的學生晤談，內容大致上是幫助研究者瞭解學生的學習狀況，是否有學習上的困難？以及瞭解學生提出某個觀點時是怎麼想的？在課程結束之前，每位學生至少晤談 3 次。此外，由於學生平常分散在各班級，所以，研究者除了訪談研究對象，還會利用課餘時間與各班級的級任老師談論該班參與科學探究組的學生，以便了解學生的起點行為、真實的想法及改變。此外，因為本組有兩位學生屬於特殊兒童，研究者也會找時間和輔導老師晤談，以便提供較完整的資料及三角校正。因此，晤談紀錄包括三類：級任老師，代碼為 T，T3 表示六年三班的級任導師；研究對象，如：IN-6-3Ls10⁺；輔導老師，代碼為 CT。

(五) 課堂錄音，代碼為 TA。由於「科學探究組」的課程是兩個星期一次，為顧及學生對於課堂錄影可能造成的不適應及敏感性，影響到學生參與的態度，進而造成研究結果的誤差 (Fraenkel & Wallen, 2000)。因此，研究者在課程進行時僅錄音，以提供

研究者回憶，並且在課程結束後立即完成研究日誌的紀錄。

四、過程細節

研究者在「科學探究組」進行教學以前，先透過晤談與閱讀相關的教學指引來了解六年級學生學過哪些科學概念，以便形成教學主題。接著參考與此科學概念相關的課外書籍，安排適當的活動，再與同儕教師、專家教師討論。

在進行教學時，先向學生簡介「科學探究組」的特色與活動目標，並且在每次的教學中，研究者均安排學生進行觀察、發現問題、設計實驗與發表等活動。而在每個主題結束時，學生必須書寫作業單，以提供研究者作為反思的依據，進而改進教學。

五、內部效度

當一項研究具有內部效度，就表示該研究所觀察到的變項之間的任何關係意義明確，而不是由其他因素造成的。因此，在研究中，研究者必須根據先前的研究或經驗決定哪些變項最可能產生問題，並盡力預防或將這些問題減低到最小程度（Fraenkel & Wallen, 2000；朱柔若譯，2000）。

對本研究而言，受限於研究對象為選擇「科學探究組」的學生，因此，研究對象的特質與態度很有可能造成內部效度的威脅。

不過，由研究者在「研究對象」中的描述可知，選擇參加本組的學生在動機與學業成就上具有多樣性，並非全都是喜好科學或自然科學業成就優良的學生。此外，研究對象的特質比普通班級所涵蓋學生特質還要廣泛，而這些研究對象的特質與態度，正好與目前許多團體所推廣的科學活動之參與者類似。因此，研究者認為，本研究不但可以作為科學性團體活動教學之參考，也可以提供學校與其他團體辦理科學活動時的參考。

再者，Fraenkel 和 Wallen（2000）以及 Neuman（1997）認為單組前後測的設計因為沒有控制組，所以，研究者無法知道在前測與後測之間是否有某些實驗處理以外的因素發生，才產生了最後的結果，是不完善的研究設計。關於這點，研究者認為，本研究的目的是在於設計一個適合國小實施的科學探究活動課程，並透過實際的教學瞭解其實施結果，若增設一組控制組，其實質的意義不大。因此，將加強質性分析，以描述學生的改變與課程實施之間的關係，以便讓讀者能知道實驗處理與教學結果之間的關係。

六、資料分析

研究者以課堂上所蒐集到的資料進行轉錄，作為資料分析之依據，並根據本研究的需要及相關文獻，製作「質性資料編碼類別」表，如表四所示：

表四：質性資料編碼類別

編碼類別	定義	舉例說明	資料來源
A、歸屬感	1.個人自覺被別人或被團體認可與接納時的一種感受。	學生覺得老師會注意自己的反應。	研究日誌、晤談紀錄、
	2.個人的態度或意見與團體規範一致時的一種感受。	學生舉手發表時，大家會專注的傾聽。	課堂錄音、合適性問卷
B、真實任務	工作的認知挑戰和目標是一致的。	提出問題、設計實驗、解釋實驗結果、和他人交流實驗	課堂作業單、研究日誌、

C、理解	1.我們所建構的意義能引起他人共鳴或是能與他人分享。 2.我們的觀點能夠被具有優勢的科學典範之概念及方法學所證明。	結果。 學生能用自己的話來詮釋實驗結果。 學生能用「槓桿原理」解釋「平衡鳥」。	課堂錄音 課堂作業單、 研究日誌、 晤談紀錄、 課堂錄音
D、科學概念	1.認識日常用品的製造材料(如木材、金屬、塑膠)。 2.提出問題、研商處理問題的策略、學習操控變因、觀察事象的變化並推測可能的因果關係。 3.學習由變量與應變量之間相應的情形，提出假設或做出合理的解釋。 4.藉簡單機械的運用知道力可由槓桿、齒輪來傳動。 1.實驗時，確認相關的變因，做操控運作。 2.能由一些不同來源的資料，整理出一個整體性的看法。	知道拉笛的製造材料。 怎樣控制吸管吹出來的音高？ 吸管的長短會影響聲音的高低。 學生會利用「輪軸原理」使「最簡單的車子」前進。 學生能藉由改變輪軸的比例，控制車子前進的速度。 當平衡鳥的兩邊(抗力臂、施力臂)不一樣長的時候也可以平衡。	課堂作業單、 研究日誌、 晤談紀錄、 課堂錄音、 合適性問卷
E、過程技能	3.願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。 4.能依規畫的實驗步驟來執行操作。	願意上台說明實驗設計或結果。 吸管每減掉兩公分，就吹看看，並且紀錄所觀察到的現象。	課堂作業單、 研究日誌、 晤談紀錄、 課堂錄音、 合適性問卷
F、科學創造力	對科學問題的敏銳度，能從新的角度提出新的問題或新的可能性。	可以用不同的形狀製作拉笛嗎？	研究日誌、 晤談紀錄、 課堂錄音

在進行資料分析前，先以兩個評分者分別各自進行 15 份資料的分類來訓練評分者，為確保評分者間的一致性，評分者乃針對不同的編碼進行討論，達到共識之後，再針對所有的資料進行分類，最後計算評分者信度達 .89。然而，依據塗文忠和黃鴻博(2002)的研究指出，科學探究活動的問題之一在於教師對課程的詮釋。因此，為了避免其他的評分者不自覺地扭曲資料，造成偏誤(Fraenkel & Wallen, 2000)，研究者同時也採用 Miles 和 Huberman(1994)的建議，先將質性資料進行轉錄，在不同時間將所有資

料進行編碼，再統計所有編碼的一致性，得到評分者信度值為 0.93。

七、研究限制

雖然研究者必須客觀的紀錄過程，可是又因為身兼任教老師，應給予學生必要的協助，所以，可能因此而降低了客觀性。然而，這是無法避免的研究限制。此外，本研究為單組前後測，並結合個案研究設計，研究結果不宜做過度的一般推論。不過，具可遷移性的推論，在類似個案的某些屬性及相似的環境之下，可以做局部的推論。

肆、研究結果

一、適合國小團體活動實施之科學課程設計與結果

研究者彙整情境認知學習理論 (Lave & Wenger, 1991; Collins, et al., 1989)、創造性科學探究模式 (洪振方, 2002、2003)、國小自然科學教學指引及研習進修所學的科學活動，自編團體活動之科學課程，並且正式在教學

前，和同儕教師、專家教師討論後，再以立意取樣的方式，請班上六位自然科學業成就不同的學生分別閱讀研究者所選的文章，確定符合學生閱讀程度後，形成「科學課程」。此外，在學期中仍隨時與專家教師請教，以便達到更佳的教学品質。本研究所設計的教學活動如表五所示：

表五：教學活動設計

主題	活動名稱	閱讀文章或投影片	內容關聯性	分段能力指標
聲音	魔笛	現代公冶長*	自然課 二上、五上	1-3-1-1、1-3-1-2、1-3-3-1、1-3-5-4、 2-3-1-1、2-3-5-2、6-3-2-3、7-3-0-2、 8-3-0-2、8-3-0-3
	「摩」音傳腦	鯨聲鯨語*		
植物	咖啡豆	咖啡渣的妙用***	自然課 三上、三下、 四下、五上	1-3-1-2、1-3-5-4、2-3-6-1、7-3-0-2
	食蟲植物	太空蕃茄*		
靜電	靜電汽球	食蟲植物***	靜電貼紙 空氣清靜機	1-3-5-4、2-3-6-1、7-3-0-2
	會握手的章魚	靜電***		
光	美麗的螢光	螢光棒發光的原理***	自然課五上	1-3-5-4、2-3-6-1、7-3-0-2
簡單 機械	平衡鳥		自然課	1-3-1-1、1-3-1-2、1-3-3-1、1-3-5-4、
	最簡單的车子		三下、四下 、六上	2-3-1-1、2-3-5-4、2-3-6-1、6-3-2-3、 7-3-0-2、8-3-0-2、8-3-0-3
運動	飛盤	飛盤的空氣動力學**飛盤***	自然課六上	1-3-5-4、2-3-6-1、7-3-0-2
	跑步	跑步**		
大氣 壓力	掌上神功		吸盤	1-3-1-2、1-3-3-1、1-3-5-4、2-3-1-1、 6-3-2-3、7-3-0-2
	蘋果汽球			

* 引用自「用心動腦話科學」(曾志朗, 1994)

**引用自「運動原理：人類體能的極限」(黃啓明譯, 2000)

***為配合活動自行設計之教學投影片

以主題「聲音」為例，教學流程如圖二所示：

何進行探究的工作，可以將高層次知識融入教室文化中。例如：可以用紙、寶特瓶吹出聲音、填寫該主題之作業單、上台發表。這就是 Collins 等人(1989)所謂的「反省思考」，而這個過程也是 CIM 模式的交流成分。

「老師與同儕的回饋」指的是在教學過程中，老師與同儕會依據情境的改變而提出相關的問題，以促進大家思考。因為許多學者認為，經常讓學生參與問題解決、詮釋及

研究的活動中，並將學生放在互相回饋的情境中，可以使學生獲得高層次知識(Tishman, et al., 1994; Cropley, 2001)。例如：我們可以聽得到所有的聲音嗎(TJ-910918)？你要怎麼改變聲音的高低(TJ-910919)？這就是 Collins 等人(1989)所謂的「情境學習」，而這個過程也是 CIM 模式的評價成分。

綜上所述，研究者列表說明此教學流程與認知師徒制、CIM 模式之對應(表六)：

表六：教學流程與認知師徒制、CIM 模式之對應

教學流程	認知師徒制	CIM 模式	教學目標
佈置情境	內在動機		理解、科學概念
閱讀文章	領域知識、 增加複雜度與廣度		理解、科學概念
發現問題	探索、鷹架與淡出	探索成分，階段一：形成問題與假說。	真實任務、科學概念、過程技能、創造力
設計實驗	指導、利用合作	探索成分，階段二：設計研究和產生數據。	理解、真實任務、科學概念、過程技能、創造力
歸納發表	利用競爭、 監控策略	解釋成分，包括： 「詮釋數據」和「建立論證」。	歸屬感、理解、真實任務、科學概念、過程技能
應用與回饋	示範、反省思考	交流成分，包括：「說服」和「辯護」。	歸屬感、理解、真實任務、科學概念、過程技能、創造力
老師與同儕的回饋	情境學習	評價成分，包括：在此過程中學到什麼和如何習得。	歸屬感、理解、科學概念、過程技能

二、實施成果

本研究以「探究式教學」設計團體活動之科學課程，希望藉此類課程之實施提昇學生對科學的興趣，並引導學生理解相關主題之科學概念及過程技能。茲將結果整理如下：

(一)學生在科學概念及過程技能方面的成果

此部份是以學生在聲音、植物、靜電、光、簡單機械、運動和大氣壓力這七個不同

的主題所寫的「課堂作業單」為主，由於每位學生在每一題都必須作答，因此，每一題累積各次活動的總和，共有兩百零三筆答案，扣除無效的作答後，以百分比表示學生的學習情形，再以其他資料為輔，整理結果如下：

1. 哪些是你以前沒學過的？

根據學生在作業單上的作答統計，有 90.8% 的學生能提出具體的概念或技能說

明。以 CA-6-1Ls2 的回答為例，說明如下：
 主題「聲音」：把水倒入高腳杯中，用手指摩擦會發出聲音（註：E-2 除了吹和敲擊以外，學生能用不同的方式使高腳杯發出聲音，並由杯中產生的水波知道高腳杯在震動。－「摩音傳腦」活動）。

主題「植物」：咖啡渣可以除臭、除濕，把它放在櫃子裡，很快就會變香了（註：D-1 學生知道有些除濕劑或除臭劑的材料是利用咖啡渣做成的。－「咖啡豆」活動）；豬籠草、毛氈苔和捕蠅草都是食蟲植物（註：D-2 學生知道食蟲植物的葉子有腺體，會分泌出蟲子喜歡的味道，以吸引它們爬到葉子上，再將它們困在葉子裡慢慢分解。－「食蟲植物」活動）。

主題「簡單機械」：當輪比軸大很多的時候，我們做出來的車子會跑得比較快（註：D-4 學生能利用輪軸原理使「最簡單的車子」前進、E-1 學生能藉由改變輪軸的比例，控制車子前進的速度。－「最簡單的車子」活動）；平衡鳥的翅膀兩邊所夾的迴紋針最好一樣多，如果沒有一樣多，鳥就會斜斜的（註：D-3 學生能說明迴紋針的數量會影響平衡鳥的平衡、C-2 學生能用槓桿原理解釋平衡鳥。－「平衡鳥」活動）。

此外，學生在課程結束後，也能將所學到的內容和原班級的師生分享，以 IN-T4-910919 為例說明如下：

在下課時間，六年四班的級任老師到研究者的教室。

T4：你可以教我剛才的實驗嗎？我看他們玩得很開心，還能跟我講解原理呢！（註：C-2 學生能用科學原理來詮釋所看到的現象）

S（研究者）：好啊！

T4：我看他們學得很好，你下次會教什麼？

可以先教我嗎？

S（研究者）：沒問題！

由 CA-6-1Ls2 可知，學生能瞭解自己在不同的主題中學到的概念或技能，如：把水倒入高腳杯中，用手指摩擦會發出聲音（E-2）、咖啡渣可以除臭、除濕，把它放在櫃子裡，很快就會變香了（D-1）、當輪比軸大很多的時候，我們做出來的車子會跑得比較快（D-4、E-1）。此外，Mintzes 等人（1999）認為，學生能用科學原理來詮釋所看到的現象，就是符合理解的「批判性」判準，而學生能用自己的話來詮釋實驗結果，與他人分享，就是符合理解的「互為主觀性」判準。因此，依據 IN-T4-910919 所述：「…我看他們玩得很開心，還能跟我講解原理呢！」（C-2），我們可以說，在此課程中，學生能理解相關主題之科學概念，而不是用背誦的方式學習。

2.你還有哪些不懂的問題？

根據學生在作業單上的作答統計，平均有 94.3% 的學生能提出相關的問題。尤其是高成就的學生能從新的角度提出新的問題，以 CA-6-6Hs17 為例，說明如下：

主題「聲音」：音波如果震動得很快，真的可以震破牆嗎？（註：學生在五年級的時候已經學過「物體震動會產生聲音」，而透過「魔笛」的活動-吹吸管，他發現當吸管吹出來的聲音越高，吸管就震動得越快，耳朵也就越癢。-IN-6-6Hs17）

主題「靜電」：靜電可以用來產生火嗎？哪一種東西最容易產生靜電？（註：學生從「靜電汽球」活動中知道摩擦汽球會使汽球產生靜電，但是有些東西並不容易產生靜電。-IN-6-6Hs17）

主題「大氣壓力」：蘋果氣球可以一直吸在牆上嗎？大氣壓力可以承受多大的力量？怎樣才能完全將寶特瓶底部的空氣擠出

來？（註：學生看到手掌能吸住寶特瓶的底部，都直觀的以為是手汗粘黏的原因，後來，讓他們試著拔掉老師手上吸附的寶特瓶之後，他們才體會到此吸附的力量很大，就像吸盤一樣，是利用大氣壓力。而在實作之後，他們發現若能盡量的將寶特瓶底部的空氣擠出來，就可以吸得很緊。-IN-6-6Hs17）

此外，學生在觀察到某些現象之後，能主動形成問題，並且能根據實際情形提出「評價」，以 TJ-920109 為例說明如下：

在介紹螢光棒的原理後，學生提出一個很棒的問題：

6-6s19：螢光棒要怎樣才能一直發光？因為以前用螢光棒的時候發現，很快就沒亮了。（註：F 學生從新的角度產生新的問題。）

S（研究者）：你們覺得呢？（註：用提問的方式鼓勵學生形成假說。）

6-3s10：加熱嗎？

S（研究者）：放在火爐上烤嗎？（註：用提問的方式協助學生設計實驗。）

6-3s12：應該放在熱水裡就可以了，如果用火烤，螢光棒會融化！（註：學生規劃實驗。）

S（研究者）：你們覺得呢？（註：用提問的方式刺激學生從新的角度提出新的可能性。）

6-1Ls1⁺：說不定要放到冰箱才對！（註：學生規劃實驗。）

S（研究者）：真的？（下課鐘響）沒關係，回家記得做看看，知道答案的人下次上課告訴我們！（註：鼓勵學生依據規劃的實驗步驟來執行。）

Chin 等人（2002）發現，學生所提的問題大致上可以分成「基本訊息」的問題和「非

凡」的問題兩類。前者是典型的表面學習方法，問題內容以事實和程序為主；而後者則是深層的方法，問題內容大多是理解、預測、發現異例、應用和計劃。進行探究活動比教師指導（teacher-directed）活動還能激發更多及範圍更廣的非凡問題。由上述內容可知，學生對於不同主題所提的問題內容必須應用所學，例：如果用火烤，螢光棒會融化！並且經過計劃才能解決，例：應該放在熱水裡就可以了。因此，屬於非凡的問題，還有，學生對於在課堂上學到的技能或原理並不會感到滿足，而是不斷的思考新的問題，例如：怎樣才能完全將保特瓶底部的空氣擠出來？

（CA-6-6Hs17）、螢光棒要怎樣才能一直發光？（TJ-920109）。此外，學生雖然已經學過「聲音」的相關概念，但是仍能從新的角度提出值得探究的新問題，例如：音波如果震動得很快，真的可以震破牆嗎？（CA-6-6Hs17）。

如同 Cropley(2001)所言，一個有創造力的學習者必須要有探究的特質，喜歡學習、有好奇心、批判的精神、能自我監控學習，並且能將學習技能聚焦在深度學習，也就是，將具體的知識應用在新奇的情境上，而不只是完全相同的情境。所以，研究者發現，這樣的課程能提昇學生對於科學問題的敏銳度，進而提出新的問題。

3.請你介紹有關的科學活動或知識給大家知道。

根據學生在作業單上的作答統計，平均有 70.1% 的學生能應用學到的知識解釋相關的生活現象，或是舉出相關的實驗跟大家分享。

以 CA-6-8s24 的回答為例，說明如下：主題「聲音」：有些人走路會發出《一《一》的聲音，是因為鞋子與地板摩擦的關係；主題「光」：螢光棒用過之後，可以放到

冷凍庫去，隔天拿出來還會有一點光，但是不像之前那麼亮，如果把它放入熱水，很快就不會亮了；主題「大氣壓力」：靜電可以吸很輕的東西，用來除塵，而大氣壓力能吸很重的東西；用吸管喝飲料就是利用大氣壓力。

以 TA-911031 為例，說明如下：

6-3Hs11：老師，咖啡渣可以除臭、除濕。(註：研究者上次在課堂上給每位學生一小包咖啡渣及咖啡豆，讓學生觀察、發問，並在課程結束前五分鐘提出一個問題讓學生當回家作業：「咖啡渣可以再利用嗎？如果可以，怎麼用？」)

S (研究者)：你怎麼知道？

6-3Hs11：我爸爸的朋友告訴我的。

S (研究者)：那，他們為什麼知道？

6-3Hs11：因為他們常喝咖啡，也常常拿咖啡渣來當除濕劑。

……(其他同學陸續發表咖啡渣的用途)

6-4Ls13：為什麼咖啡渣可以除濕？

S (研究者)：對啊，有誰會講？(註：研究者以提問的方式刺激學生交流。)

6-8Hs25：我有上網查，網路上說：「主要是由於咖啡渣有如活性碳一般，有無數的氣孔，可以吸收濕氣。」，可是我不知道什麼是活性碳？

S (研究者)：好，那有誰知道？…沒關係，其實我們日常生活中有很多運用活性碳的例子，例如，過濾水質的濾水器，希望大家再去找資料，下次上課再來發表。(註：研究者以提問的方式刺激學生找資料。)

Tishman 等人 (1994) 認為，高層次知識是真正瞭解某一個學科和投入學科學習的

關鍵，所以，教學應擴展到更大的知識範圍，不僅包括內容知識，還要知道如何應用。在本研究，有越來越多的學生能將他們所學到的知識應用在日常生活中，如：靜電可以吸很輕的東西，用來除塵；咖啡渣可以除臭、除濕。所以，他們在高層次知識方面有許多的成長，並且，隨著課程的進行，學生對於不同主題能提出更多的補充。

此外，在本研究中，研究者常在課程結束之前提出一個問題或任務，當作回家功課，讓學生有機會和不同的對象學習，使他們的學習能更融入真實的情境，如：咖啡渣可以再利用嗎；希望大家再去找資料，下次上課再來發表。因此，在學生的回答中常可以發現他們會向不同的對象學習，如：我爸爸的朋友告訴我的、我有上網查。

(二)此課程對學生的合適性

研究者設計「合適性問卷」，讓學生能表達內心的感受，再以其他質性資料為輔，以便瞭解此課程的設計對於學生是否適合。茲將結果整理如下：

1.你覺得「科學探究組」的上課方式和你在原班上的自然課有什麼不同？為什麼？請寫詳細一點！

(1) 有 10.3%的學生覺得差不多，原因是都要做實驗 (6-2Ls6⁺)。

(2) 有 89.7%的學生覺得有很大的不同，原因可分成三類：

第一類，佔 34.6%：課程的內容生動，實驗很多又有趣 (6-1Ls2)。

第二類，佔 46.2%：課程比較深，而且教完有作業單可以寫，使我們不易忘記，教材也都很新 (6-6Hs18) (註：A2 學生不會排斥書寫作業單，並且認為對學習有幫助的態度和團體的規範一致)。

第三類，佔 19.2%：我舉手時，老師會注意到我，並讓我發表 (6-9Hs29) (註：A1

學生覺得被他人認可與接納)。

以 IN-6-9Hs29 為例補充說明：

S (研究者)：老師發現你很棒喔，常常舉手發表，你上自然課的時候也是這樣嗎？(註：因為 6-9Hs29 的級任老師曾向研究者說，6-9Hs29 上自然課都不聽，但是非常喜歡上「科學探究組」的課，希望研究者能幫忙。)

6-9Hs29：我才不想，…以前我舉手要講，可是老師都不看我。

S (研究者)：你再試試看嘛！說不定是你舉手的時間不對！

6-9Hs29：不是這樣的，別人舉手的時候她也是這樣！(註：A1 學生覺得自己沒有受到老師的認可與接納)。

2.你覺得在「科學探究組」中收穫最多的是什麼？為什麼？請寫詳細一點！

學生的意見可分成三類：

(1) 實驗的方法，佔 37.9%：

老師會請我們先討論要怎麼做，再實驗，成功後，讓我們發表，這樣才知道得比較多，也不容易忘記，老師也會在實驗前先問問題讓我們想，再做實驗，所以收穫極多(6-6Hs18)；老師讓我們做實驗，並教我們如何整理資料(6-9s28⁺)(註：A2 學生能了解團體的規範，並且能體會這樣的安排對學習有幫助)。

(2) 教材內容，佔 41.4%：

日常生活中的許多東西都很有趣，而且也學到許多知識(6-8Hs25)；從實驗中得到很多知識(6-3Ls10⁺)。

(3) 學到好玩、有趣的實驗，佔 17.2%：

老師會發明一些稀奇的遊戲(6-1Ls1⁺)。

3.你喜歡「科學探究組」的上課方式嗎？為什麼？請寫詳細一點！

學生的意見可分為兩類：

(1) 還可以，佔 10.3%：

每次都在談有關科學的事和實驗，如果能挑出一些時間讓我們打躲避球、籃球，那我會更喜歡(6-3Ls10⁺)。

(2) 喜歡，佔 89.7%：

每次上課的內容都不一樣，而且可以玩遊戲(6-1Ls2)；老師會找相關的文章讓我們看，並且有很多發表及玩遊戲的機會(6-6Hs17)(註：A2 學生不會排斥閱讀文章及發表的態度和團體的規範一致)。

以 IN-T8-920410 為例補充說明：

T8：我發現我班上那四個學生很喜歡上您的課，他們在教室會把今天學的「秀」給其他同學看，也常提到您喔！

S (研究者)：他們很認真啊，(研究者翻出課堂上的作業單給 T8 看)您看，他們都寫得很棒。

T8：可是他們在班上上自然課就沒表現得那麼好了…他們說，您會鼓勵他們發問、發表，而且很尊重他們的想法，不會用瞧不起的語氣批評他們…(註：A1 學生覺得被老師認可與接納。)

綜合學生在合適性問卷上的回答可以發現：大多數的學生能發現「科學探究組」的上課方式與原班的自然課不同，如：課程比較深，而且教完有作業單可以寫，使我們不易忘記，教材也都很新(A2)、我舉手時，老師會注意到我，並讓我發表(A1)。

而在收穫方面，學生學到了「探索」、「解釋」、「交流」與「評價」等科學探究能力，並且能了解團體的規範，如：老師會請我們先討論要怎麼做，再實驗，成功後，讓我們發表，這樣才知道得比較多，也不容易忘記，老師也會在實驗前先問問題讓我們想，再做實驗(A2)。更重要的是，有將近九成的學生喜歡這樣的上課方式，如：老師會找相關

的文章讓我們看，並且有很多發表及玩遊戲的機會（A2）。這個結果與莊雪芳和鄭湧涇（2003）以國中一年級學生為研究對象的發現極為契合，科學教師在教學經營和教學策略的運用上必須能有效提供學生期望的、喜歡的學習經驗，而且在教學時若能經常鼓勵學生發問，讓學生有機會親自動手做，才能增進學生積極正向的態度。

此外，研究者也發現，不論是高成就或低成就學生，他們的歸屬感會影響到課堂上的表現，如：您會鼓勵他們發問、發表，而且很尊重他們的想法，不會用瞧不起的語氣批評他們…（A1）。因此，研究者認為本研究所設計的課程對於大多數的學生而言是合適的，而且在許瑛珺和廖桂菁（2002），以及張敬宜（2001）的研究也發現，情境學習強調學習者及其與本身所處的環境，包括學習活動、學習環境和同儕互動之歷程，可以有效提高學生的學習動機、激發學生學習興趣，大部分的學生對於沈浸在情境脈絡中進行學習活動，都給予相當正面的評價。

三、研究者的轉變

研究者根據所收集到的資料及「教學推理與行動過程模式」的反思，撰寫研究日誌。經過一年的教學後，發現最主要的轉變有兩點，以下分成「教學流程上的轉變」及「課程設計方面的轉變」說明如下：

（一）在教學流程上的轉變：

由於本研究的目的在設計一個適合國小實施的科學探究活動課程，為了熟悉科學探究活動的教學，並且確保達成教學目標，因此，在一開始是依據圖二的教學流程進行，例如：「聲音」（TJ-910919~911017）、「植物」（TJ-911031~911114）、「靜電」（TJ-911128~911226）與「運動」（TJ-920403~920417）等主題，然而，研究

者發現在日後所設計的主題，就依照實際教學情境而調整，並適時加入問題引導學生思考，例如：「光」（TJ-920109）、「簡單機械」（TJ-920123~920320）與「大氣壓力」（TJ-920501~920529）就是先示範實驗結果，再發問。

（二）在課程設計方面的轉變：

以自編的科學課程進行團體活動教學已經邁入第八年，第一次嘗試在課程中讓學生閱讀相關的文章或投影片，結果學生的反應非常好，也能分享自己所學過的內容，此部份與相關研究之結果吻合（鄭宇樑，1998）。以學生在合適性問卷與課堂作業單上的回答為例，說明如下：

SQ-6-9Hs29：我學到了鳥類和人類一樣都是由左腦來控制聲音。

CA-6-7s21：原來鯨魚也有自己的語言，把鯨魚的聲音錄下來，再加快十倍的速度，就會聽到像鳥一樣的聲音。

此外，研究者也發現此科學課程對於低成就學生的幫助很大，雖然在口語發表上，沒辦法在短期內得到顯著的教學成果，但是，在科學的態度及實作方面的表現不亞於高成就的學生，甚至有的活動還表現得比較好。以IN-CT-911021為例，說明如下：

CT：不知道小介（6-1Ls1⁺）在團體活動課的表現怎樣？

S（研究者）：我覺得他是個很聰明、很認真的學生，有很多次都是他先把答案解出來的。

CT：聽說小介（6-1Ls1⁺）在原班上課時會隨時起來走動，有時還會出怪聲干擾上課，不良紀錄洋洋灑灑的。

S：大概是沒興趣、聽不懂或生理方面的問題吧...其實原因很多，最好再跟他班上的級任老師談，對學生比較有幫助，不

過，小介的表達能力不是很好，或許是沒人了解他吧！…我從來就沒有把它當成特殊兒童來看…

還有，依據 6-1Ls1⁺在合適性問卷第二題的回答，他認為自己收穫最多的是：「老師會發明一些稀奇的遊戲」。在第三題的回答，則是「喜歡，因為有很多好玩的遊戲。」，此結果與研究者所觀察到的相符。

此結果對於研究者而言更是非常正向的回饋，因為學生的能力、先前經驗與先備知

識的缺乏，是無法在短期之內改善的，特別是低成就的學生，所以，這也是許多老師無法實施科學探究教學的理由及問題（Costenson & Lawson, 1986; 塗文忠、黃鴻博，2002）。然而，6-1Ls1⁺的表現讓研究者體會到課程設計若能讓學生有歸屬感，願意探究，那麼，對於學生在科學態度與實作方面仍有成長的空間。因此，在課程設計時除了考慮學生的能力，還要兼顧其感受。

伍、結論與建議

一、結論

本研究旨在設計一個適合國小實施的科學探究活動課程，並透過實際的教學瞭解其實施結果，希望藉此類課程之實施提昇學生對科學的興趣、理解相關的科學概念，及獲得過程技能。根據研究者所收集到的資料及研究結果，分「實施成果」和「研究者的轉變」兩項簡述如下：

(一)實施成果

研究者從所收集資料得到下列的成果：

- 1.隨著時間的增加，學生能瞭解自己在不同的主題中學到的概念或技能。平均有 90.8% 的學生能提出具體的概念或技能說明。
- 2.隨著時間的增加，學生對於不同主題能提出更多有意義的問題。平均有 94.3% 的學生能提出相關的問題。
- 3.隨著時間的增加，學生對於不同主題能提出更多的補充。平均有 70.1% 的學生能應用學到的知識解釋相關的生活現象，或是舉相關的實驗跟大家分享。
- 4.有 89.7% 的學生能從課程中體驗研究者自編的科學課程與原班級自然課不同；有 79.3% 的學生能以深層的方式處理課程中

的活動意義，因此，認為收穫最多的是實驗的方法和教材內容，但是，由於低成就的學生常以比較表面的方式處理訊息，所以，有 17.2% 認為學到好玩、有趣的實驗；有 89.7% 喜歡研究者安排的科學課程，有 10.3% 則是覺得這樣的課程還可以。由合適性問卷上的統計得知，此課程對於提昇學生對科學的興趣、理解相關主題之科學概念，以及獲得過程技能而言是很合適的。

(二)研究者的轉變

根據所收集到的資料及反思，發現研究者的轉變如下：

- 1.教學的流程依照實際教學情境而調整，並適時加入問題引導學生思考。
- 2.適時引導學生閱讀的成效不錯，可促進學生思考學到的知識，並探究問題。此外，低成就學生在實作方面表現積極、投入，讓研究者更加肯定這樣的課程設計。

二、建議

近年來許多團體對於科學活動的推廣不遺餘力，希望能透過這種方式將科學普及化，以便讓國人更了解科學，進而提升學習科學的興趣，也因此更加突顯科學探究活動

的重要性。

Lawson (1995) 認為，想要在課堂中實施探究式教學，老師需要具備三個決定性要素：(一) 了解科學探究的本質；(二) 熟練探究式教學的策略；(三) 對特定學科有足夠的了解。關於第一、二點已於本文的文獻探討中介紹過了，因此，研究者基於本研究之成果，針對第三點提出下列的建議，希望對於有心推廣科學活動的人員有所幫助：

(一) 教師要熟悉材料的特性：

在設計教學時，老師應該瞭解材料對於學生建構型態 (pattern) 的難易度，例如：學生透過吸管吹出聲音，可以感受到震動，而透過剪短吸管的方式，可以發現音階變化與吸管長度之間的關係。這比起吹寶特瓶、

塑膠袋及紙張容易，可以讓學生產生信心，而且在控制變因方面也比較容易觀察、比較。

(二) 概念要明確：

一個科學探究活動可以讓學生探討許多科學概念與相關技能，例如：在「最簡單的車子」活動裡，我們除了可以讓學生探討輪軸原理，還可以引導他們認識動摩擦力、靜摩擦力、合力、加速度與等速運動...等科學概念，但是老師必須顧及到學生的先備知識與經驗，例如：六年級的學生只學過輪軸原理，因此，老師要盡可能的將焦點集中在某個概念，並且引導學生對於其他相關變項做適當的控制，等學生能從探究中歸納出型態之後，再擴充其廣度與深度，這樣才能引導學生投入探究活動的情境中，產生歸屬感。

參考文獻

- 朱柔若(譯)(2000)。Neuman, W. L.著。**社會研究方法—質化與量化取向**。台北市：揚智文化。
- 吳靜吉、丁興祥和邱皓政(2002)。創造力的發展與實踐。**應用心理學**，15，15-41。
- 林曉雯(1996)。國中生物教師教學內容知識的詮釋性研究。**屏東師院學報**，9，263-290。
- 洪振方(2002)。**創造性探究模式之建立及其在實驗課教學的成效**。行政院國家科學委員會專題研究計劃書，計劃編號：NSC-92-2511-S-017-022。
- 洪振方(2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。**高雄師大學報**，15，641-662。
- 梁雲霞(譯)(2002)。Tishman, S., Perkins, D. N., & Jay, E.著。**思考的教室—策略與應用**。台北市：遠流。
- 張春興(1992)。**張氏心理學辭典**。台北市：東華。
- 教育部(1995)。**國民小學課程標準實施要點**。2004.02.02，取自
<http://www.edu.tw/primary/business/2-2-1-2.htm>
- 教育部(2003)。**國民中小學九年一貫課程綱要**。台北：教育部。
- 教育部(2002)。**教育部創造力教育中程發展計劃入口網**。2004.02.02，取自
<http://www.creativity.edu.tw/info/index.php#start>
- 郭沂(譯)(1991)。愛因斯坦、英費爾德著。**物理學的進化**。台北市：水牛。
- 張敬宜(2001)。多元學習情境教學模組之研發—以「二氧化碳」主題為例。**科學教育學刊**，9(3)，p.235-252。
- 莊雪芳、鄭湧涇(2003)。國中學生對生物學的態度與學習環境之研究。**科學教育學刊**，11(2)，p.171-194。
- 許瑛珺、廖桂菁(2002)。情境式網路輔助學習環境之研發與實踐。**科學教育學刊**，10(2)，p.157-178。
- 黃啓明(譯)(2000)。Davis, S., & Stephens, S.著。**運動原理：人類體能的極限**。台北市：寰宇。
- 曾志朗(1994)。**用心動腦話科學**。台北市：遠流。
- 塗文忠、黃鴻博(2002)。**科學創意活動融入國小自然與生活科技課程設計之行動研究**。論文發表於「國立彰化師範大學」主辦之第十八屆科學教育學術研討會，國立彰化師範大學。
- 詹志禹(2001)。小學創造力教育政策與環境之評估。**教育部「創造力教育白皮書」專案研究子計畫**。2004.02.02，取自
<http://www.creativity.edu.tw/modules/wfsection/download.php?fileid=4>
- 鄭宇樑(1998)。後設認知閱讀教學對國小學生科學文章閱讀理解、閱讀態度及後設認知能力影響之研究。**國民教育研究集刊**，4，p.223-259。
- Beerer, K. & Bodzin, A. M. (2004) . *Promoting Inquiry-Based Science Instruction: The Validation of the Science Teacher Inquiry Rubric*. Paper presented at the 2004 Association for the Education of Teachers of Science Annual Meeting, Nashville, TN, January 8-11, from
<http://www.lehigh.edu/~amb4/stir/aets2004.pdf>
- Baumgartner, E., & Reiser, B. J. (1998) . *Strategies for supporting student inquiry in design tasks*. Paper presented at the Annual conference of the American Educational Research Association, San Diego, California, April 13, from
<http://www.lehigh.edu/~amb4/stir/aets2004.pdf>
- Boardman, M. (2003) . *Learning Communities' Contribution to Educational Improvement: Joint Participation for Mutual Gain in Early Childhood Education*, from
<http://www.aare.edu.au/03pap/boa03496.pdf>
- Chin, C., Brown, D. E., & Bruce, B. C. (2002) . Student-generated questions: a meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24 (5) , 521-549.
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In Resnick, L. B.(Ed.), *Knowing, learning, and instruction* (pp.453-494). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Costenson, K., & Lawson, A. E. (1986). Why isn't inquiry used in more classroom? *American Biology Teacher*, 48(3), 150-158.
- Cropley, A. J. (2001). *Creativity in education and learning: A guide for teachers and educators*. London, UK: Kogan Page.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2000). *How to design and evaluate research in education* (fourth edition). New York: McGraw-Hill Inc.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. NY: Cambridge University Press.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development*. California: Wadsworth Publishing Company.
- Lee, S., & Roth, W.-M. (2003) Becoming and Belonging: Learning Qualitative Research Through Legitimate Peripheral Participation, *Forum: Qualitative Social Research* (ISSN 1438-5627), 4 (2) , from <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/2-03/2-03leeroth-e.pdf>
- Hay, K. E., & Barab, S. A. (2001). Constructivism in Practice: A Comparison and Contrast of Apprenticeship and Constructionist Learning Environments. *The journal of the learning sciences*, 10(3), 281-322.
- Hmelo-Silver, C. E., Nagarajan, A., & Day, R. S. (2002). "It's harder than we thought it would be": A comparative case study of expert-novice experimentation strategies. *Science Education*, 86, 219-243.
- Hu, W. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), p.389-403.
- Hurd, P. D., Bybee, R. W., Kahle, J. B., & Yager, R. E. (1980). Biology education in secondary schools of the United States. *American Biology Teacher*, 42(7), 388.
- Joyce, B., & Weil, M. (1992). *Models of teaching* (fourth edition). Boston: Allyn and Bacon.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. CA: Sage.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (1999). *Assessing science for understanding: A human constructivist view*. Academic Press, California.
- National Research Council (NRC, 1996). *National science education standards*. Washington, D. C.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- Rick, J. (2003). Collaborative Personal Home Pages: *Supporting Identity Construction to Enable Learning as Becoming and Belonging*, from <http://home.cc.gatech.edu/je77/uploads/25/thesisStatement.pdf>
- Roth, W.-M., & Bowen, G. M. (1995). Knowing and interacting: A study of culture, practices, and resources in a grade 8 open-inquiry science classroom guided by a cognitive apprenticeship metaphor. *Cognitive and Instruction*, 13 (1) , 73-128.
- Sandoval, W. A. & Daniszewski, K. (2004). Mapping Trade-Offs in teachers' integration of Technology-Supported inquiry in high school science classes. *Journal of Science Education and Technology*, 13 (2) , 161-178.
- Sherry, L., Tavalin, F., & Billig, S. H. (2000). Good online conversation: building on research to inform practice. *Journal of interactive learning Research*, 11 (1) , 85-127.
- Tafoya, E., Sunal, D., & Knecht, P. (1980). Assessing inquiry potential: A tool for curriculum decision makers. *School Science and Mathematics*, 80, 43-48.
- van Zee, E. H. (2000). Analysis of a student-generated inquiry discussion. *International Journal of Science Education*, 22 (2) , 115-142.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of "Inquiry:" How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (5) , 481-512.

誌謝

誠摯的感謝國科會科教處所提供的經費資助

(NSC-92-2511-S-017-022)。

作者簡介

謝甫佩，高雄師範大學科學教育研究所，博士生

Fu-Pei Shieh is a Ph.D. Student in the Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan.

洪振方，高雄師範大學科學教育研究所，副教授

Jeng-Fung Hung is an Associate Professor in the Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan.

The Curriculum Design and the Effectiveness of Elementary School Scientific Inquiry Activities: A Case Study

Fu-Pei Shieh Jeng-Fung Hung

Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung

Abstract

The purpose of this thesis was to design the applicable curriculum for scientific inquiry activity and to investigate the effectiveness of promoting students' interest about science, understanding of relevant conceptions, and process skills achievement by means of instruction. The one-group pretest-posttest design was combined case study in this research.

The subjects were instructed to implement the inquiry curriculum, and the curriculum had been continued for one year. The collected data was analyzed by descriptive statistics and qualitative method.

The results of this research were as followings:90.8% of students were able to make a description of specific conceptions and skills; 94.3% of students were able to address relevant questions; 70.1% of students were able to apply knowledge they learned and shared each other. Besides, the afterward survey for students indicated that the subjects agree that the inquiry activities help them belong to the community. Finally, the researcher has refined this curriculum of suitability through teaching and reflection.

Keywords: Scientific Inquiry Activities, Curriculum Design, Group.