科學教育學刊
2007, 第十五卷第四期, 439-459

Chinese Journal of Science Education
2007, 15(4), 439-459

實施引導式探究教學對於國小學童學習成效之影響

楊秀停[1]　**王國華**[2]

[1]台中縣月眉國小

[2]國立彰化師範大學 科學教育研究所

（投稿日期：民國 95 年 4 月 7 日，修訂日期：96 年 2 月 14 日，接受日期：96 年 4 月 9 日）

摘要：本研究目的探討實施引導式探究教學，對於國小學童學習成效之影響。主要以合作式行動研究方式，協助一位國小自然科教師設計並實施引導式探究教學，實施的課程包含了植物、小水滴的旅行、水溶液的性質等三個單元。探究課程的教案設計經專家審核及預試修正後，落實於個案班教學，而參與本研究的個案班學生為國小五年級學生，共三十一人。為了解學生在認知、能力及態度三方面的學習成效，本研究收集多元的量化及質性資料，量化資料包含了三個單元的學習成效評量單前後測與學生知覺問卷，以及為評量學生探究能力，而參考 Vee 圖發展的教師評定學生探究能力檢核表（SIAC），及學生探究能力自評量表（SIASS）；而質性資料有課室觀察之錄影音、晤談個案教師、晤談學生等，經轉錄及開放編碼後進行歸納分析，並以多元資料之三角校正呈現研究結果。綜合量化資料的 t 檢定及質性資料的歸納分析發現，學生在知識的學習、能力的表現及態度的培養等方面的成效有所提昇，也發現學生自行設計實驗的能力，需要教師適度的引導才得以展現。因而建議未來有意從事探究式教學之教師，以引導式探究教學為始，逐步培養學生的探究能力。

關鍵詞：合作式行動研究、探究式教學、Vee 圖

壹、緒　論

一、研究背景與動機

探究式教學在科學教育領域中一直受到重視，因為科學家發現問題及解決問題的過程也被視為一個探究的過程，因此在國內外的科學教育改革中，探究式教學仍是受到矚目的。在美國的國家課程標準 NSES（National Science Education Standards, 簡稱 NSES）強烈建議科學教學中，要讓學生有機會探究真實世界的問題（National Research Council, [NRC], 1996）。而 Trumbull（2005）也認同美國持續四十年的國家課程改革中，同時強

調探究式教學的重要。而在台灣的教育改革中也未忽視它，教育部（2001）於九年一貫課程中提到，科學教學應以學生活動為主體，引導學生做科學探究，並進行設計與製作專題來解決問題。除了教育政策的重視外，國內外探討探究式教學的研究文獻，也顯示出探究式教學對學生的學習成果具有正面之效果（毛松霖和張菊秀, 1997; 劉宏文和張惠博, 2001; Chase & Gibson, 2002; Tamir, Stavy & Ratner, 1998）。因此許多學者認為探究是科學教學和學習的最佳策略（Hinrichsen & Jarrett, 1999; Jarrett, 1997; Trumbull, 2005)。

以往探究式教學的進行，多數由研究者設計探究課程，再由教學者落實於課室教學。然而 Keys 和 Bryan（2001）認為改革努力的功效大部分停留在教師身上，他們的聲音需要被包含在設計和落實探究導向的課程中，所以建議教師應具備自行設計探究導向課程的能力。然而在實際面上，大部分的教師不具備營造科學探究課室的能力是因為多數教師並沒有機會去經驗探究式教學（Crawford, Zembal-Saul, Munford, & Friedrichsen, 2005）。由此可知，教師要落實探究式教學是需要協助的，而本研究對象是一位有意願進行探究式教學之教師，引起研究者與他合作的動機，因而研究者希望以合作式行動研究的方式，協助個案教師設計並落實探究式教學於實際的課室教學中，同時考量時間問題而採取引導式探究教學（guided inquiry）（Windschitl, 2003）。

二、研究目的與待答問題

本研究以合作式行動研究，協助國小自然科教師實施引導式探究教學，主要希望能以引導式探究教學提昇學生的學習，因此研究目的探討學生接受此教學方式之學習成效。本研究的待答問題為：探討國小學童接受引導式探究教學後，在認知、技能及態度三方面之學習成效為何？

貳、文獻探討

此文獻探討，主要在回顧並整理探究式教學之意涵，實施成效，及探究式教學之實施步驟，以作為本研究實施之參考，此外為落實參考 Vee 圖發展評量表以評量學生之學習成效，因而特別探討 Vee 圖中所呈現之學生探究能力。

一、探究式教學

(一)探究式教學的意涵

探究是一系列相關的智力活動（intellectual activities），運用各種方法去解開與問題相關的一些隱含關係，它是一種定義及研究問題的過程，包含了形成問題、構思假設、設計解決方法、模式化等（Trowbridge & Bybee, 1986; Windschitl, 2003）。因而被視為是培養科學過程技能的有效方法（Windschitl, 2003）。

而著重學生探究能力的探究式教學，被視為一種引導學生發現及解決問題的教學方法，是以學生的探究活動為中心，教師安排合適的學習情境，並從中引導學生發現問題，認清問題的所在，提出可能的假設，擬定可行的解決方案，以驗證假設並獲致結論，經由問題解決的過程，一方面讓學生體會科學探究的經驗，並學習到科學的過程與技能（張靜儀, 1995; 張清濱, 2000; 劉宏文和張惠博, 2001）。由過去之文獻可知，實施探究式教學主要著重於，引導學生發展出能主動發現及解決問題的能力。

(二)實施探究式教學的成效

綜合過去探究式教學研究的結果顯示，對學生的學習成效有正向的影響，主要包含

以下幾個部分：

1.促進和他人溝通的技能

探究式教學既然強調小組之間的合作及師生之間的合作，從這樣的合作過程中，學生也同時學會了如何和他人溝通協調，同時達到小組中的分工合作及同儕間的相互學習。劉宏文和張惠博（2001）指出，探究活動提供了學生學習與他人合作的機會，學生彼此間對於相關問題的不同想法，透過合作而及時修飾，並得到啟發，適度分擔了個人的認知負荷，共同發展出對新概念的理解，並學習到科學社群實踐的本質。

2.培養學生主動建構知識的能力

探究式教學希望學生是探究過程中主動學習的主角，因而可以培養學生主動建構知識的能力。陳美如（2001）指出，探究活動的整個歷程是從學生學習的特質與強處出發，經由反省與問題解決的歷程，進而引導學生反思知識，培養建構知識的能力和興趣。Windschitl（2003）也指出，對於任何程度的科學學習者而言，他們可以藉由提出問題和測試假說等真實性的活動，整合自己的知識。由此可知，此知識形成的過程，是經由個人的參與過程主動建講出來的，並非是藉由傳遞性及堆積性的記憶方式學得。

3.學生對科學的學習有更積極正向的態度

根據 Chase 和 Gibson（2002）的研究指出，參與暑期科學探究課程（Summer Science Exploration Program，簡稱 SSEP）的活動，學生對科學的態度較積極，對於科學事業（science careers）也有較高度的興趣。此研究的晤談結果也發現，有百分之七十的學生提到他們喜愛這樣的經驗，而有百分之七十七的學生認為這樣的課程可以提高他們對科學的興趣。因此可知，探究式教學可以使學生對科學的態度及學習方面有較積極的態度，能較主動參與，而且是能引起學生的學習興趣的。而同樣看法也在 Jarrett（1997）的研究中提到，他認為探究活動可以促進學生的態度及成效，同時也有助於學生的理解。

4.提高學生知識及技能方面的學習成效

從許多國內外研究的結果中呈現了，探究式教學可以提高學生知識及技能方面的學習成效。在知識方面，毛松霖和張菊秀（1997）於研究結果認為，學生在氣象單元概念學習成效比較上，不論是統整性問題、理解性問題與全部問題方面，實驗組（探究式教學法）優於控制組（傳統教學法）。而 Khishfe 和 Abd-El-Khalick（2002）也指出，以清楚明確的探究式教學教導六年級學生之科學本質觀，可以促使學生對科學本質及概念的理解。此外 Bakas 和 Mikropoulos（2003）在研究中，針對 102 位希臘中學生，進行融入電腦互動的探究式教學，而結果顯示，大部分學生皆熱衷參與此情境的互動，也從參與過程中修正了他們原先對晝夜循環及季節改變的迷思概念。綜合上述研究的結果，顯示了探究式教學對學生知識概念學習的助益性。

技能方面，Zuckerman, Chudinova 和 Khavkin（1998）於研究結果指出，接受探究式教學的學生，在發明、使用及詮釋基模和模式上有較高的能力，而課堂上描述自然物體的基本語言也較佳。而 Hofstein, Navon, Kipnis 和 Mamlok-Naaman（2005）則在研究中發現，探究教學的學生能夠提出較高層次的問題，其提問能力較控制組好。此外，毛松霖和張菊秀（1997）也從晤談結果得知，實驗組解釋資料能力優於控制組。因而 Tamir, Stavy 和 Ratner（1998）認為，學生要有直接參與探究學習經驗的機會，這樣參與研究的經驗對於發展科學技能是相當有效的。

(三)探究式教學的實施步驟

目前探究式教學的實施步驟並未達到共

同的模式，Anderson（2002）指出，即使 NSES 有一些特定的教學範例，但仍沒有明顯的操作型定義，因此不同的學者所提出的探究式教學模式也不太相同，而研究者歸納Crawford（2000）、Edwards（1997）、Germann（1991）、Phillips（2002）、張靜儀（1995）與張清濱（2000）等人所談及探究式教學的實施步驟，將其分為情境安排、引導學生發展問題並評估、協助學生設計解決方案、學生進行反省、發表及應用等步驟，以利本研究實施之參考。

1.情境安排

教師應該安排和學生生活經驗相關的真實活動，並融入科學家實際進行探究的過程（Crawford, 2000）。而張靜儀（1995）也認為開始進行探究式教學時，教師要先佈置一個困惑的情境，激發學生的好奇心，引導學生去進行探究。由此可知探究活動的引入是從學生的生活經驗出發，以合適的情境讓學生從中去發現問題，進而導引到問題的形成。

2.引導學生發展問題並評估

形成問題是探究的第一步（張清濱, 2000; Phillips, 2002）。探究活動的開始源自於欲解決的問題，因此教師引導學生發展出想要研究的問題，才能促使學生持續進行探究活動。而學生第一個須學習的探究技巧就是問問題（Edwards , 1997）。Edwards 同時也提出了三個基本的策略來幫助學生問問題：提供學生可觀察的現象去問相關的問題、讓學生閱讀有趣的科學文章、教師可以建議一些合適的研究主題。

在學生提出問題之後，教師需要作適當的評估。Crawford（2000）也說明了，教師要仔細地考量學生想研究的問題之價值，然後透過教學的過程，和學生溝通他們工作的重要性。除此之外，Chase 和 Gibson（2002）則認為，學生對於問題的整合在科學探究課室中是很重要的，而好的科學教師應該知道如何利用學生的問題來引導教學。由此可看出，教師除了評估學生的問題可行性之外，更需要幫助學生修正及澄清問題，才能找到一個合適進行研究的問題。

3.協助學生設計解決方案

當學生擬定研究問題後，下個引導步驟便是協助學生設計出解決問題的方法。首先學生應該被鼓勵去設計能測試他們假設的實驗，並蒐集資料，而教師也應該指導學生嚴謹地詮釋及分析資料，並獲得結論（張清濱, 2000; Crawford, 2000; Edwards, 1997）。

4.學生進行反省、發表及應用

參與探究的過程中，學生應該從中去反省分析，此過程可精練學生的學習。張清濱（2000）指出，教師需要求學生分析探究的歷程，了解最有效及無效的發問，或者有需要及不需要的資訊。為使探究歷程不斷精進，學生檢討和分析整個探究歷程是極為重要的。

除了反省，Edwards（1997）提出，學生應該以自己的方式在班上呈現他們的發現。除了展示成果外，也是一個經驗分享的機會，學生可以從與他人溝通的過程中得到回饋和學習。此外，Germann（1991）認為，學生能將此探究過程的相關知識及技巧於下個探究主題中應用，才是真正的學習。

二、學生探究能力與 Vee 圖

(一)學生探究能力的評量

為理解探究式教學的成效，我們需評量學生的探究能力。承如過去研究中也提到了評量學生探究能力的重要，例如：Zachos, Hick, Doane 和 Sargent（2005）發展評估工具以評測學生在引導式科學探究中的表現。第一份工具 – 科學探究能力（Scientific Inquiry Capabilities），可作為學生在引導式探究中表現

的多元面向的指引。而第二份工具 – 科學發現（Scientific Discovery），是作為學生能否成功運用科學概念直接研究自然現象的指標。而其評量的情境是給予學生任務或目標，讓學生想辦法完成，並觀察、評估其表現過程中的探究能力。而這研究中所指的科學探究力包含了：科學過程技能、問題解決能力、科學方法、批判思考及反省思考。

此外，Hofstein 等人（2005）則特別關注學生經由探究方式學習化學，其提問有意義及具科學性問題的能力。因為這種提出及產生問題的能力是探究的第一步。這研究主要在實際的課室情境中觀察學生所問的問題，以數量及內容分析來呈現。然此些方式與本研究大有不同，本研究是以 Vee 圖為參考依準，進而發展出教師評量學生探究能力及學生自評之工具，以量化的資料呈現學生探究能力的展現，並佐以質性資料說明。

(二)Vee 圖

Novak 和 Gowin（1984）指出，Vee 圖的發展主要是為了在科學課室中，幫助學生了解實驗的目的和本質，及便於教學之用。而 Vee 圖中的元素所強調的，就是在任何探究過程都需要被仔細考慮的關鍵要素，而在產生及詮釋知識時，所有元素間作功能性的互動，以對所觀察的物體或事件賦予意義。由此可知，Vee 圖的設計主要考量學生參與探究的學習歷程，透過理論認知與實際操作的互動中，逐步形成結論，以解決問題。而其中的元素與學生在進行探究歷程中的相關性高，正是本研究參考 Vee 圖發展評量表以評量學生探究能力之原因。Vee 圖主要分為概念及方法二部分（Novak & Gowin, 1984），以事件及事物為起始，為解決問題，在探究過程中，結合概念及方法的運用最後能形成知識主張，甚至於價值主張。

綜合上述文獻的探討，許多學者也認為，Vee 圖是可以用來評量學生在自然科學中的知識理解（unpacking knowledge）和價值主張（value claims）的有力工具，因為它將學生的知識結構外顯化，以展現其基本概念和方法，及之間的複雜性，因此可以提供教學與學習批判技巧的正式機制（Novak & Gowin, 1984; Mintzes & Novak, 2000）。此與本研究著重於學生探究能力的評量有相似之處，因而特別參考 V 圖中的方法部分，以發展探究能力量表，評量學生之表現。

參、研究設計

本研究採取合作式行動研究，於國小五年級課室中實施以問題引導之引導式探究教學，依研究目的規劃設計，以下分為四個部分說明：研究對象與情境、研究步驟與流程、研究工具與發展、資料收集與分析。

一、研究對象與情境

本研究之對象為一位國小自然與生活科技教師和其任教班級。個案教師有數十年的自然科教學經驗，願意嘗試各種有利於學生學習的策略和方法，此外，個案教師於研究所期間也接觸過探究方面之研究，因而對探究式教學有初步的了解，同時也有實施的意願。而個案學校是位於中部一所介於都市與鄉村型的中型小學，參與本研究之個案班學生為國小五年級學生，男生十六人、女生十五人，共三十一人，教學過程中依小組成員異質性的考量分成六組，每一組男女生人數各半，也包含高、中、低學習成效之學生。而研究者於本研究之角色為課室觀察者、個案教師之協助合作者、課程設計之參與者，非教學者。

二、研究步驟與流程

本研究為期一學期，採用合作式行動研

究的方式。所謂合作式行動研究（collaborative action research）是藉由教師及研究者對等的伙伴關係，引導教師實務的系統性探究（Ross, Rolheiser & Hogaboam-Gray, 1999）。而過去的研究也提到合作式行動研究可加強教師的實務知識、強化其自我效能，並有助於教進行實務上的改變，及強化其解決問題的能力（Feldman, 1996; Ross et al., 1999; Sagor, 2002）。因而本研究所採用之合作式行動研究方式，依分工合作、計畫、實施、反省和修正等四個步驟進行三個主題的引導式探究教學。

(一)研究者與個案教師分工合作

首先在課程進行之前，研究者依文獻整理過程中對探究式教學的了解，而擬定本研究之研究方向及進行的方式，並與個案教師商討以達成上課模式之共識。我們考量實際進行探究課程的合適度，以決定教學單元，共選定植物、小水滴的旅行及水溶液的性質等三個單元主題，進行探究課程之設計。

(二)計劃階段

探究課程的設計大約在課程進行於一至二個月前，由研究者開始著手擬定草案，包含教案及評量單，同時構思整體上課方式及流程，並與個案教師討論後修改，經專家審核，並於預試班級試教後再修正，才完成探究課程的設計。

而本研究的探究課程，主要是以問題引導為始，考量文獻中所提探究式教學之特點及探究課程之設計原則，並結合實際實施的可行性，以規劃教學活動，每個單元的活動設計包括了情境探究、實驗發現、小組合作及競賽、查資料、作品實作及問題探究等類型，而教學的開始皆是以情境引導為起始，整個引導式探究流程如圖 1。

1.情境探究：

此活動特別著重戶外情境的安排，例如在植物單元中，強調學生對植物各個部位的理解，因而本單元課程設計安排了校園植物的探索，在真實的情境中讓學生學習植物，包含了：學生到校園中觀察記錄植物的根、莖、葉及花、果實、種子等各部位。

2.實驗發現：

本研究的實驗發現主要由教師引導學生設計並進行實驗，因考量學生實驗設計經驗不足，也希望改變以往直接說明實驗方式，讓學生依指示操作的教學方法，而改由教師以問題引導的方式，激勵學生思考實驗要如何設計，從學生的回答，教師試圖引申之後再導入實驗操作，一方面減輕學生因缺少經驗而無法自行設計實驗的困難，也促使學生理解設計實驗時需考量的面向，並以此作為往後學生嘗試自行設計實驗之經驗。

3.小組合作及競賽：

此活動安排主要希望學生由小組合作過程中學習。特別小組合作設計實驗以解決問題，並上台發表。例如：第二單元探討為何水倒在地上後，過了一陣子會乾掉，各組學生於討論完後上台發表並回答他人的疑問。除了小組討論發表外，在各個實驗操作中，也是以各小組合作的方式完成。

4.查資料：

本研究於三個單元中皆設計相關的查資料活動，目的是希望學生能利用課餘時間，透過類似網路、圖書館等特定學習工具的支

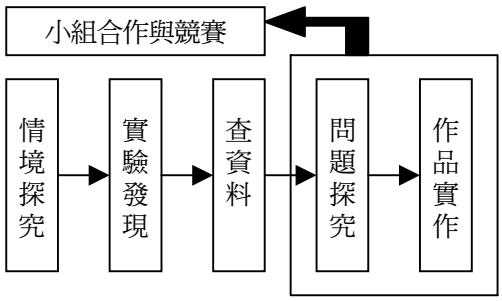


圖 1：本研究之引導式探究實施流程圖

援，能找尋相關資訊以解決問題。例如：在植物單元中，希望學生於課前查詢植物各部位功能之相關資料，以作事前的了解，也藉此引導學生善用各種資源來解決疑惑。而第二單元對於雲、雨、霧、霜的形成，學生雖做過實驗操作而對其形成之條件有初步的印象，然而對於這些現象形成之原因的詮釋及說明部分，學生仍是較陌生的。因此，研究者希望學生從查資料的過程中，能清楚地由文字中明瞭雨是怎麼形成的，也能因此與實驗經驗結合而作完整的說明，並完成學習單。

5.作品實作：

學生主動建構學習與重視探究過程的技能，皆是探究式教學特點中所重視的，因而植物單元的活動設計上，希望學生於課後能有機會自我學習，而安排了種植物的活動，學生必須主動照顧植物，並定期作觀察記錄，同時師生也能約定共同時間以相互分享其實作結果和經驗。這過程中，也呼應了文獻中探究式教學步驟中應用的部分，讓學生有機會將課堂所學得知識技能，應用於此實作活動中，善用觀察判斷能力，也能主動學習。

6.問題探究：

本研究特別以循序漸進的方式引導學生自行設計實驗，此問題探究的設計結合了文獻所整理，探究式教學特點中的學生主動建構學習、強調合作、重視探究過程技能，及探究式教學實施步驟中引導學生發展問題並評估、協助學生設計解決方案、反省、發表、應用等。由於第一個單元植物中，教師逐步引導學生思考實驗設計，第二單元中，教師希望學生進一步嘗試自己設計一個小實驗證明水蒸氣變成小水滴的實驗，因此過程中不斷地以問題提示學生，並從學生的回答中進一步導引學生思考，而第三單元，則由學生自行設計酸鹼指示劑以檢驗溶液的酸鹼性。

(三)實施階段

則由個案教師於個案班級進行探究式教學，在教學過程中個案教師依循引導式探究教學教案進行，每個單元實施教學約一個月，以情境探究為起始，緊接著安排實驗發現和查資料活動，並以小組合作與競賽的方式進行問題探究及作品實作（如圖 1）。而當學生在探究過程中遭遇困難，教師不直接給予答案，而是提供學生思考的線索及可能的情形，讓學生從討論與反思中學習。

(四)反省修正階段

此階段是教學過程中及教學後，個案教師與研究者觀察評估並作反思討論，不斷地修正活動進行方式，以更合於學生需求及教學順暢性，同時也將討論之要點應用於下個主題設計之參考。

三、研究工具與發展

有學者認為 Vee 圖是評量學生探究能力的好方法（Novak & Gowin, 1984; Mintzes & Novak, 2000），然在過去國內的研究中，較少以 Vee 圖來評量學生的探究能力，因而本研究參考 Vee 圖之方法部分，配合教學活動，以發展出評定學生探究能力的檢核表與學生自評量表，以檢測學生參與引導式探究教學之探究能力的展現（如圖 2）。

(一)教師評定學生探究能力之檢核表（SIAC）

本教師評定學生探究能力之檢核表（Student Inquiry Ability Checklist, 簡稱 SIAC），主要參考 Novak 和 Gowin（1984）的 Vee 圖。乃因為 Vee 圖是以焦點問題為起始活動，而此活動則連接了概念及方法二面向，如同學生參與探究的問題解決歷程。

由於本研究採取引導式探究教學，因而問題由老師提供，而非學生尋求，且課程設

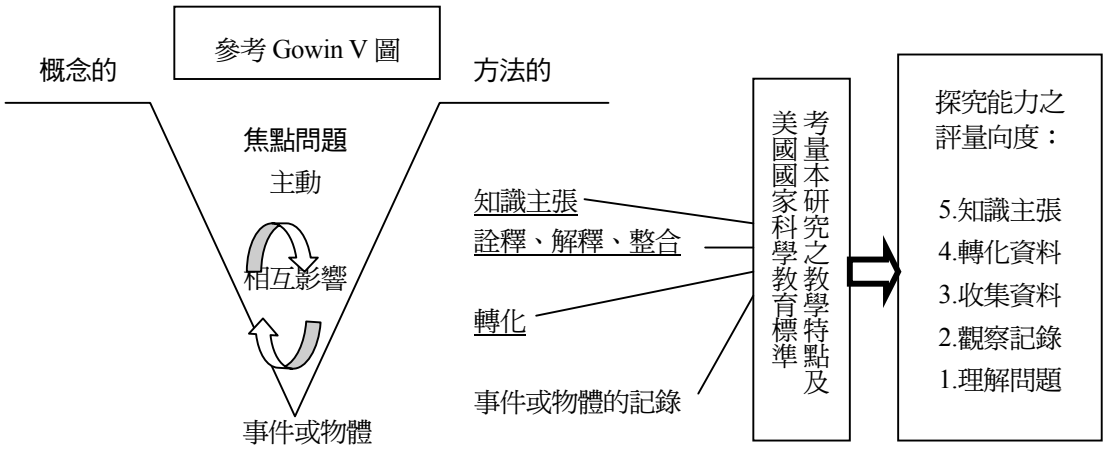


圖 2：探究能力量表之設計理念圖

計上考量實際教學的便利性，例如：實驗方面，剛開始由教師引導學生共同設計，而非由學生自行設計實驗方式，接下來的兩個單元，才讓學生嘗試去設計簡單的實驗以解決老師所安排的問題。研究者基於本研究教學特性及活動安排的考量，參考 Vee 圖的方法要素和 NRC（1996）於美國國家科學教育標準的內容標準指出，五到八年級的學生應該可以辨識解釋和證據間的關係，並使用合適的工具和科技來收集、分析和詮釋資料等面向，而將評量學生探究能力向度分為五大部分來探討：理解問題、觀察記錄、收集資料、轉化資料、知識主張（如圖 2 及附錄一）。

而本評量表之評量情境包含個人及小組活動，依此不同之使用情境，而搭配評量單的設計，以供個案教師及研究者於實際教學現場進行評量。此檢核表設計完成之後，為求內容效度，研究者與教授商討其合適度後作修正，並與個案教師協商其適當的使用情境。本量表於植物單元之預試班使用結果，研究者與個案教師間評分的一致性（Pearson 相關）如下：理解問題方面為 0.69(**)、觀察記錄方面為 0.52(**)、收集資料方面為 0.54(**)、轉化資料方面為 0.80(**)、知識主張方面為 0.72(**)，而總量表各個面向評量的綜合相關為 0.69(**)，結果顯示均達顯著相關（**表示 $p < 0.01$）。

(二)學生探究能力自評量表（SIASS）

學生探究能力自評量表（Student Inquiry Ability Self-assessment Scale, 簡稱 SIASS），依循探究能力量表的五個面向，同樣分為理解問題、觀察記錄、收集資料、轉化資料、知識主張等五大向度作探討。依李克氏五點式的量表設計，主要思考本研究之教學特點與預期目標、參考九年一貫能力指標而設計出此問卷，每向度以二到五題不等之題目共十五題，詢問學生對自我探究能力之知覺。問卷設計完成後，內容效度方面與專家商討後作修正，為考量其表面效度，研究者詢問數位五年級學生，以了解問題的敍述是否合宜。信度方面，研究者找尋個案班與預試班除外之三個班級之五年級學生，發出問卷九十九份，有效問卷八十九份，其內部一致性信度為 0.84，而其五個向度之內部一致性分別為，理解問題 0.78、觀察記錄 0.67、收集資料 0.74、轉化資料 0.72、知識主張 0.69。

本研究以此教師評定學生探究能力檢核表（SIAC）及學生探究能力自評量表（SIASS）來評量學生在參與探究過程中之探究能力的表現。

四、資料收集與分析

(一)資料收集

本研究之資料收集以質性資料為主，量化資料為輔。其中質性資料包括課室觀察之影音及轉錄資料、晤談學生等，而量化資料則包括了三個單元的前後測之單元成效評量單、學生學習態度問卷、教師評定學生探究能力檢核表（SIAC）及學生探究能力自評量表（SIASS）等。

1.課室觀察記錄及影音資料

研究者於個案教師實施探究教學時，對預試班級及個案班級進行課室觀察及錄影，每班每週各三節課，資料收集為期半年。透過課室觀察及記錄，研究者著重於師生間的互動模式，以及學生參與的情形與表現。

2.晤談個案學生

於每單元教學完後，研究者隨機抽取不同組別之學生進行晤談，而本研究共晤談十五位學生。主要了解學生對於此教學的知覺感受和學習情況等。晤談之前會告知被晤談者，使其了解晤談資料被使用的情況。

3.單元成效評量單

於每單元進行教學活動前後各施測一次，評量學生於探究教學活動後認知學習的情況。而此成效評量單包含選擇題及開放性問題，主要測定學生對於此主題之概念理解及操作過程中的常識等。為求表面效度，研究者經由詢問數位六年級學生對題目的理解及易讀性而作修正；內容效度方面，則以雙向細目表呈現題目設計與預期目標的關係，並經由數位有豐富自然科教學經驗之教師審核回饋後修改。而信度方面，以內部一致性信度為主。

4.學生學習態度問卷

本研究之學生學習態度問卷的設計，研究者依據文獻中探究課程設計原則，將教學活動與課程設計原則（本研究鎖定六項原則：情境、探究、合作、作品、學習工具、過程鷹架）作呼應，以設計出問卷，主要想了解學生對整體上課的觀點及對個別活動之知覺感受。為求效度，研究者嚴請專家審視及商討之後作修正，同時透過探詢預試學生對問題易懂易讀性之觀感後再作文句上的修正以達表面效度，最後於實際課室中施測。

在每單元主題結束後，針對個案班施測態度問卷，共測得三次，問題內容依不同主題而作部分更動。以普遍地了解學生參與學習過程的想法、對活動的知覺感受及學習狀況，同時問卷施測之後，依其統計結果以配合晤談學生的方向作更深入的了解。

5.教師評定學生探究能力之檢核表（SIAC）

在每個單元的教學過程中，教師及研究者依 SIAC 的評量準則，針對學生及小組參與活動中表現的情形作探究能力之評量，以 0 到 3 分四種不同層次的給分，最後整理教師及研究者的評分求得平均。

6.學生探究能力自評量表（SIASS）

在學期初及學期末分別對學生進行前後測，以了解接受一學期之探究式教學前後，學生對自我探究能力之知覺的差異，並與教師及研究者對學生之探究能力評判作對應，以此了解學生在本研究中探究能力之展現。

(二)資料分析

本研究以質性資料分析為主，量化資料分析為輔。依研究所取得之質性資料部分，例如：課室觀察記錄、晤談資料等，將影音資料轉錄為文字資料，再以開放性編碼方式，找出組型及類別，再形成主張。為確保資料之效度，研究者會向個案教師確認以開

放性編碼所得之類別，以減低研究者個人之偏見，此外，前後測評量單方面的開放性問題，由學生的回答作分析以比較前後學生概念差異，了解其解題方法的改變，此資料同時呼應教學成效，並作為晤談資料之對應。而本研究採行三角效正法（Best & Kahn, 1998），以多種情境資料，配合理論及研究者與個案教師之不同角色看法，以維持結論與真實情況之可信度。

而量化資料方面，學生學習態度問卷首先對負向題作轉化後，將題目分類，並與文獻中課程設計之原則對應，再以百分比方式呈現，比較三主題中，學生對整體教學觀點，及對個別活動知覺感受之差異。教師評定學生探究能力檢核表部分，從個案教師及研究者的評分表，計算出學生各面向的平均分，再將全班各面向平均分與理想分數（三分）比較，以百分比呈現出整體學生的達成率。而學生探究能力自評量表，以百分比呈現出前後測學生對自我探究能力知覺之差異，並以統計套裝軟體 SPSS10.1 版進行成對樣本 t-test 以檢測前後測之平均數，並了解學生於探究式教學前後之探究能力自評的差異，以呼應質性資料中晤談學生的資料佐證。前後測評量單方面，則比較三主題之前後測評量之平均數，並以統計套裝軟體 SPSS10.1 版進行 t-test，以了解學生於探究式教學前後之成效差異。本研究引用原始資料以佐證研究結果與發現，而引用資料之編碼方式，以前碼代表日期，後面文字代表資料出處，最後針對特定資料註明其單元名稱。

肆、研究結果與討論

本節主要依據所收集質性及量化資料，以充分之證據呈現研究結果，最後配合文獻之相關發現與本研究之結果呼應，並作詳實地說明。結果發現接受此教學方式的學生在知識的學習、能力的表現及態度的培養等方面的成效均有所提昇。

一、知識的學習

文獻中，毛松霖和張菊秀人（1997）及 Khishfe 和 Abd-El-Khalick（2002）皆於研究中指出，探究式教學有助於學生知識方面的學習。此呼應本研究之結果：學生經由此引導式探究教學之後，在知識學習方面，可增加學生知識方面的理解、能精緻化並澄清學生原先另有概念。

(一)增加知識方面的理解

從晤談及成效評量單的分析結果可看出學生知識理解的提昇。以植物單元為例（表 1），前後測的平均數各為 6.54 及 8.87，t 值為 6.01，達顯著性，表示學生在教學前後，其測驗分數，後測較前測為佳。總觀三個單元的評測結果，每個單元之後測平均優於前測平均，且均達顯著。以此看出學生於教學後其概念及理解有提昇的現象。

輔以晤談結果發現，學生在植物單元認為上完課後，對於植物的各個部位有更多認識，也了解其功能，同時更能分辨植物的毒性與否及能否食用等，實際生活上面臨的問題。而在小水滴的旅行單元中，學生認為教學後更知道如何讓水蒸氣變成小水滴，及小水滴出現的條件等。此結果發現與文獻中所提相符，張靜儀（1995）指出，探究式教學能讓學生增進更多的知識，和更高的學習成就。

R：那在上這個單元之前，還有之後，你有沒有什麼不一樣的想法？

S51：就是在上這個單元之前不知道那麼多，也不知道那麼多它的生長過程。然後上完這個單元之後，覺得好像自己變得比較厲害了，了解很多，像看到果實，有

表 1：學生學習成效之顯著性考驗分析表

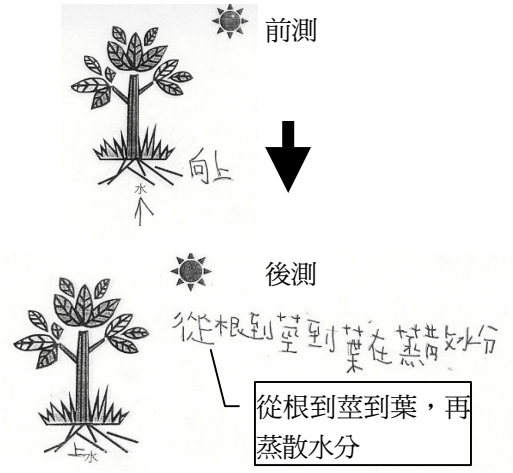
個案班（N = 31）成效評量單選擇題之 t-test 結果						
	植物		小水滴的旅行		水溶液的性質	
	前測	後測	前測	後測	前測	後測
平均數	6.54	8.87	6.32	8.39	5.63	7.87
t-test（t 值）	6.01(**)		5.61(**)		8.28(**)	

註：$^{**}p < 0.01$

時候知道什麼可以吃，什麼不可以吃，這樣就知道了，然後有的有毒啊！沒有毒啊！才不會以後亂撿，有毒的都不知道，就吃下去了。（920929 晤談學生 S51 – 植物）

(二)精緻化並澄清原先的概念

從成效評量單的開放性問答題中，可以看出學生在前後測之概念改變情形。個案班之學生 S13 於前測中認為水分在植物體內的運輸方式是向上，並以一個向上之箭頭表示，沒有多作說明，而教學後，學生較能明確地寫出水分在植物體內的運輸方式從根到莖到葉，再蒸散出去，以此看出學生能將原先的想法作深一層的解釋與了解，更加精緻化其概念。



（個案班 S13 植物主題成效評量之問答題）

在小水滴的旅行單元中，教師的提問與情境的引導也慢慢地澄清學生的原有概念。起初教師佈題時，有一半的學生會認為從冰箱裡拿出來的飲料，放在空氣中一陣子之後，表面有水滴，而這些水滴是從冰箱裡帶出來的，而另一部分的學生認為是和空氣有關，於是教師利用抹布擦乾表面的方式來改變學生的原有概念，讓學生知覺到從冰箱帶出來的水滴已經擦乾了，但放置一陣子之後仍有小滴出現，因而學生思索到是和空氣有關的，改變了原先認為小水滴是從冰箱裡帶出來的想法。

（教師課前請學生帶冰過的飲料來學校，上課時，教師請學生將飲料的外表擦乾後，放在桌上，有一半的學生表決時認為飲料放一陣子之後，表面會有小水滴，是從冰箱帶出來，而另一部分學生則認為是和空氣有關。）

S16：因為在冰箱裡就有濕濕的啊！

T：那是從冰箱裡把水滴帶出來的嗎？（S16：是啊！）瓶子有打開嗎？有破洞嗎？（S：沒有・・・）////（教師則再示範一次用乾抹布將飲料表面擦乾的動作，再詢問學生。）///我擦乾了可是它又濕了，那跟冰箱有關嗎？（S：沒有。）那這小水滴從哪裡來的？

S：空氣。（表決之後，幾乎所有的學生都認同是從空氣中來的。）

（921124 課室觀察記錄 – 預試班 – 小水滴的旅行）

二、能力的表現

本研究除了探討知識的學習外，也特別

著重學生的探究能力的表現。以教師評量學生探究能力檢核表（SIAC）及學生探究能力自評表（SIASS）評量的結果發現（如表 2 及表 3），不論是從老師的觀點或是學生的觀點，這五個探究能力的面向以問題理解的進步較顯著，其次是知識主張也有明顯的提高，而在觀察記錄及轉化資料的表現有些許成長，卻未達顯著。然而在收集資料部分並沒有進步的現象，反倒呈現些微退步的現象。這些值得探索的面向，以下為此些量化結果佐以質性資料說明。

(一)學生對問題有高度的關注和理解

Hofstein 等人（2005）認為問題的產生不會自動來自於學生，而是需要被鼓勵才會產生的。而本研究結果可發現，學生在教學中對於問題有高度的關注和理解。教師評定學生探究能力的 SIAC 量表的結果呈現，從第一個單元到第三單元的達成率均在95% 以上，雖然沒有逐漸進展的狀態，但是在整體表現上卻是五個向度中最穩定的。而在 SIASS 學生探究能力自評部分，問題理解由前測的 3.43，到後測的 3.95，t 值則是 4.04，已達顯著差異，可見學生自己認為其問題理解有提昇的現象。而晤談中，也發現學生 S51 認為自己對於問題不會忽略而且也會試著去了解問題，並找出解決的方式。

R：當你遇到一些問題的時候，你是怎麼處理的？

S51：如果遇到一些實際問題的時候，能做實驗的就做實驗，然後如果說實驗不是做得很成功，就問老師啊！也可以請教爸爸媽媽，或自己去找資料。

R：那你怎麼知道那些答案是對的？

S51：就是先找資料，然後不了解的再去問老師或長輩，或者問那些比較有知識的同學，那問題他們之後可能就比較了解了，那再去問老師可能就更進一步的了解了，比較不會像之前那樣什麼都不知道。

（920929 晤談學生 S51 – 植物）

(二)學生的知識主張能力提昇

在 SIAC 教師評量學生探究能力量表中發現（如表 2），知識主張表現的進步有提昇的現象，由原先在第一單元的 78.3% 達成率，到第二單元 89.0%，最後第三單元中的 96.3%，可看出些微的進步。而在 SIASS 的學生自評部分（如表 3），同樣以知識主張的前後測差異較大，由前測的 4.32，到後測的

表 3：學生探究能力自評前後測比較表

	前測平均	後測平均	t
問題理解	3.43	3.95	4.04(**)
觀察記錄	3.81	3.98	1.10
收集資料	3.83	3.75	-0.42
轉化資料	3.67	3.90	1.21
知識主張	4.32	4.77	3.26(**)
整體	3.77	4.04	3.98(**)

（$^{**}p < 0.01$）

表 2：學生探究能力的落實分析表

探究能力 單元	問題理解	觀察記錄	收集資料	轉化資料	知識主張
植物	95.0%	93.3%	81.7%	90.7%	78.3%
小水滴的旅行	95.7%	94%	80.3%	89.7%	89.0%
水溶液的性質	95%	96.3%	80.0%	91.3%	96.3%

（學生達成率 = 平均分數 ÷ 理想分數(3) × 100%）

4.77，t 值則是 3.26，已達顯著性。

再輔以質性資料發現，從晤談中，個案教師也認同學生在知識主張方面的進步。而課室觀察中，研究者也發現，學生能依其實驗及觀察的結果，推想植物根、莖、葉的功能，最後提出看法與主張。

T：水溶液的部分，///個案班在知識主張表現也不錯，原因在於最後幾次實驗中，他們很期待不同性質水溶液的嘗試，對導電性也有自己的看法///。

（930127 晤談個案教師）

T：好！可以。時間到哦！我們一起看一下你們的發現哦！好厲害哦！發現了這麼多東西。好！從這二個實驗，你證明了什麼？

S56：根吸收水分先傳到莖，再傳到葉

S12：根吸收水分之後，會到莖，莖輸送水分再到葉，葉蒸散水分。

（921022 課室觀察記錄 – 植物）

(三)學生觀察能力的提昇

為增加學生自己思考及實作的能力，在教學中個案教師給予學生大量的引導，尤其在觀察方面，個案教師會於實驗前指引學生可進行觀察的多元面向。而晤談中，也有學生表示自己觀察的能力有所進步，且能結合教師上課所教授的內容，應用於觀察活動中。而在教師評量學生探究能力檢核表（SIASS）中，學生對於觀察記錄的平均數由前測的 3.81 提高到後測的 3.98，t 值為 1.10，顯示其觀察能力的知覺有提昇的現象，但未達顯著性。同樣在學生探究能力自評表（SIAC）（如表 2）結果中，也呈現學生觀察記錄的能力有些許進步之現象。

T：桌上有你們上次做實驗的東西，經過了兩天，///，你覺得等一下要觀察什麼？

S16：看它的水・・・有沒有蒸發。（T：還有呢？）

S33：看水有沒有被植物吸收，///看水有沒有減少。

S53：///看塑膠袋上的有沒有水。

S26：就是把它切開，看水有沒有從根跑到莖，再跑葉，然後從葉子蒸發掉。

S32：看莖和外面的葉子有沒有顏料、葉子爛掉的部分，是不是有紅色顏料的水

（920910 課室觀察記錄 – 植物）

S16：我可以把自己所觀察的記錄下來，可以把老師以前說過的重點記錄下來，然後再去觀察那棵植物。

R：例如呢？比如說台灣欒樹，你會先觀察什麼？

S16：先去觀察它有沒有開花和結果，如果沒有就去觀察其他的特點。可以把上課所學的東西應用過去。

（920929 晤談學生 S16 – 植物）

(四)學生能自行設計實驗以解決問題

整體而言，從評量學生探究能力量表的結果中發現，在資料收集及轉化的部分，學生所表現的似乎不理想，可能因為量表的觀點著重於外來資料的取得與解讀，而未特別強調實驗設計所收集到的資料。然本研究著重以循序漸進的方式，引導學生設計實驗以解決問題，在過程中發現，學生設計實驗的能力比預期的好，在教師的適度引導及小組合作下，學生能夠自行設計實驗以解決問題並解釋其結果。

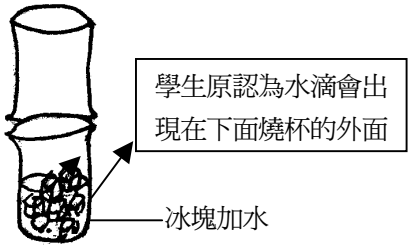
本研究於第一單元，由教師逐步引導學生自行設計實驗，而第二單元，則安排小組學生自行設計實驗，以展現出水蒸氣變成小水滴的現象。在學生可自由運用實驗室裡所有器材，及教師鼓勵學生多嘗試的情況下，各組學生各出奇招，盡其所能以完成此任務。而第三單元中，學生的任務則是自製酸鹼指示劑以檢測水溶液之酸鹼性，學生也能嘗試以不同的方式設計實驗，且能反思設計

缺失，並尋求改善的空間。

1.依其生活經驗來思索實驗設計

透過小組討論，第二組的學生依他們生活常見的經驗來著手設計。學生認為日常中不時看到冰過的飲料和水放在室溫下，其表面有小水滴的出現，因而可以仿照此類似狀態而設計實驗，於是學生試著用燒杯裝冰塊及冷水以模擬剛冰過的飲料，又刻意將瓶口蓋住，以此完成讓水蒸氣變成小水滴的任務。這來自生活經驗的簡易想法和實驗方式，其結果確實達此成效。

＜第二組的實驗設計＞



R：你們為什麼覺得會在這邊出現水滴？

S22：因為買冰的飲料，它外面這邊就會有小水滴啊！

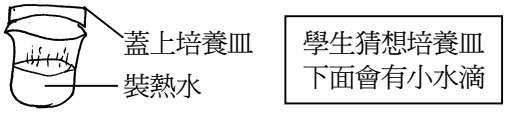
R：所以你就想用這樣的方式來設計嗎？（S：對！）那你現在用手摸摸看有水滴嗎？（S：有啊耶！）

（921203 課室觀察記錄 – 小水滴的旅行）

2.能預測及詮釋其實驗結果

學生除了嘗試操作來設計實驗外，也能解釋及預測可能的實驗結果。以第三組學生為例，他們簡單地使用燒杯裝熱水，並蓋上培養皿。於晤談中詢問學生此實驗裝置為何有小水滴，發現學生盡可能地說明並解釋他們的實驗設計，他們會猜想並判斷可能出現小水滴的位置，也能說明理由，並推理其結果。

＜第三組的實驗設計＞



R：為何認為這裡會有小水滴？

S34：是熱水的水蒸氣蒸發之後，到這裡（培養皿）‥

S32：如果太多的話就會凝結成一顆顆的小水滴下來。

（921203 課室觀察記錄 – 個案班 – 小水滴的旅行）

3.能反省其實驗結果及未來的修正方向

在水溶液的性質單元中，教學過程安排了學生自製指示劑的活動，從晤談中理解，學生能透過此次自製酸鹼指示劑的經驗，由參與過程及實際檢測水溶液的結果中作適度反省，並希望改良一些不合宜的作法，有意嘗試其他可行的方式，以應用於未來作類似實驗設計的改進。

R：這活動對你有什麼幫助？

S11：以後要再做就知道了啊！因為有經驗了嘛！

R：那如果再做一次，你會用什麼材料？

S11：我會用別的東西。‥‥我會用玫瑰花瓣‥因為那個顏色比較濃，看得比較清楚啊！我會用煮的，效果應該比較好吧！

（921229 晤談學生 S11 – 預試班 – 水溶液的性質）

總觀評量探究能力之結果發現，透過引導式探究的教學方式，學生在知識主張的部分確實有顯著的進步，其次對問題的理解向來就是學生表現比較良好的。而過去之文獻結果也顯示接受探究式教學之學生，其解釋資料及解決問題之能力優於其他未接受探究教學之學生（毛松霖和張菊秀, 1997; Tamir et al., 1998; Zuckerman et al., 1998），正呼應本研究之結果。

但結果中也發現，學生在收集資料及轉化資料的表現上，並無成長，甚至於在資料收集部分自評表還呈現退步的情形，我想相

較於其他面向，本研究確實並無特別強調資料收集的多元方式，因此在量化資料中所得結果並非是如此理想。然有趣的是，學生自行設計實驗的能力超乎我們的預期，原先認為學生缺乏自行設計實驗的經驗，可能造成在設計實驗中能力不足的困難，但發現學生仍能善用所學的概念及生活經驗來完成設計實驗，同時也能反省和修正其實驗設計，並應用於下次的任務中。整體而言，研究者對於學生能有自行設計實驗的能力感到驚奇與滿意。

三、態度的培養 – 合作的精神與專注的態度

本研究除了探討學生知識及技能的學習外，也著重態度部分。晤談中學生自然而然地道出，在小組合作設計實驗及操作實驗的過程中，學生學到了合作的精神及專注的態度。

劉宏文和張惠博（2001）指出，探究活動提供了機會讓學生學習與他人合作、分享不同想法，並學習到科學社群中合作及實踐。而本研究之引導式探究教學中，多數活動以小組合作的方式完成，不論是小組合作設計實驗、實驗操作及小組競賽等，皆需要依靠小團體之間的合作來達成。晤談中學生也表示此過程學會了合作的精神，即使團體中大家意見可能有所不同，然而還是需要以多數為主的方式來決定對策和作法，這樣的歷程學生了解到如何分工及合作，才能把事情做好。此也如 Hofstein 等人（2005）所認同的探究組的學生願意投入較多的時間，並專注地完成問卷和學習。

R：那這過程你學到什麼東西？

S14：就是在小組討論的時候，雖然有時候意見會不同，但是我們還是少數服從多數來決定。///學會了要怎樣去合作，在合作當中不要去破壞合作的精神，如果破壞了大家意見就會不同，然後就會分隊，一邊一隊，這樣就不會把事情做好。

（921225 晤談學生 S14 – 個案班 – 小水滴的旅行）

R：那上完這個單元，除了知識之外，還有學到什麼嗎？

S42：實驗時要專心啊！才能做好！

（921201 晤談學生 S42 – 預試班 – 小水滴的旅行）

由此可見，除了知識的理解與能力的表現之外，學生態度的培養也同樣是在探究式教學中能顯現出來的成效。

伍、結論與建議

一、結論

(一)引導式探究提昇學生認知、態度及技能三方面的學習成效

如同過去文獻中所肯定的探究式教學之成效，有助於學生學習相關的知識（毛松霖和張菊秀, 1997; Khishfe et al., 2002）。本研究結果顯示學生理解知識歷程有所轉變，也獲得知識方面的學習。此外，在態度及技能方面皆有所提昇，學生能夠自行設計實驗解決問題，而對於課堂活動參與的態度也有所提昇。

(二)教師適度的引導可以激發學生的探究能力

在過去的許多文獻認為，有些學生會習以為常地仍留在原有被動的學習習慣中，而學生參與探究活動時，也會遭遇到些許困難，例如：設計實驗及解釋其資料等能力的不足（毛松霖和張菊秀, 1997; 黃鴻博, 2000; Tamir et al., 1998）。然而在本研究中卻能很驚奇地發現學生的設計實驗能力，其實是超乎我們所預期的。本研究特別將探究能力鎖

定在設計實驗以解決問題的能力，從學生能結合生活經驗、所學知識等，想各種辦法去解決問題中看出，其實學生具有設計實驗的能力，只要教師稍加引導，給予合適的任務，並能利用小組合作的力量，是足以讓學生主動進行探究的。此外，從教師評定學生探究能力檢核表（SIAC）及學生探究能力自評表（SIASS）二份量表中，也發現，適當的引導是能夠提昇知識主張及觀察記錄的能力，此皆顯示，學生具備探究能力，只是需要被引導，才能發揮得更好。

二、建議

依本研究結果可知，引導式探究教學確實有其成效，應該在國小自然與生活科技課室中落實，因而提出以下建議：有意進行探究式教學之教師，應規劃一個長期完整的計劃以培養學生之探究能力。

誠如結論所提，學生有探究的能力，只是需要教師適度的引導。因此，研究者建議有意從事探究式教學之教師，應該以逐步方式進行，特別是課前或學期前需擬定完整的計劃，並結合課本內容安排探究活動，同時作長期的安排考量，以循序漸近的方式引導學生從事探究。例如：上學期教師先實施引導式探究，活動安排也由教師引導實驗漸走入學生自行設計實驗的活動，同時除了上課所安排之探究活動外，也適度給予學生一些簡易任務之課外探究活動。而下學期，初期教師可以安排需要較長時間進行之探究活動，並給定學生特定的主題範圍，引領學生進行實驗設計及解決問題的主題式探究，而後則可以考慮讓學生分組找尋問題，並設計實驗以解決問題之開放式探究教學，以此逐漸引領學生進行探究，培養其解決問題的探究能力。期望以上之建議有益於未來探究式教學的落實。

參考文獻

1. 毛松霖和張菊秀（1997）：「探究式教學法」與「講述式教學法」對於國中學生地球科學－氣象單元學習成效之比較。**科學教育學刊**, **5**(4), 461- 497。
2. 陳美如（2001）：合作探究教學觀察：多元文化觀點。**教育研究資訊**, **9**(4), 43-65。
3. 張清濱（2000）：探究教學法。**師友**, **395**, 45-49。
4. 張靜儀（1995）：自然科探究教學法。**屏師科學教育**, **1**, 36-45。
5. 教育部（2001）：**國民教育九年一貫課程綱要：自然與生活科技學習領域**。台北市：教育部。
6. 劉宏文和張惠博（2001）：高中學生進行開放式探究活動之個案研究 – 問題的形成與解決。**科學教育學刊**, **9**(2), 169-196。
7. Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education, 13*(1), 1-12.
8. Bakas, C., & Mikropoulos, T. A. (2003). Design of virtual environments for comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *International Journal of Science Education*, *25*(8), 949-967.
9. Best, J. W., & Kahn, J. V. (1998). *Research in Education*. Boston: Allyn and Bacon.
10. Chase, C., & Gibson, H. L. (2002). Longitudinal impact of inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education, 86*(5), 693-705.
11. Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles of science teacher. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(9), 916-937.

12. Crawford, B. A., Zembal-Saul, C., Munford, D., & Friedrichsen, P. (2005). Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(6), 613-637.
13. Edwards, C. H. (1997). Promoting student inquiry. *The Science Teacher, 64*(7), 18-21.
14. Feldman, A. (1996). Enhancing the practice of physics teachers: Mechanisms for the generation and sharing of knowledge and understanding in collaborative action research. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(5), 513-540.
15. Germann, P. J. (1991). Developing science process skills through directed inquiry. *The American Biology Teacher, 53*(4), 243-247.
16. Hinrichsen, J., & Jarrett, D. (1999). *Science inquiry for the classroom*. Portland, OR: Northwest Regional Educational Laboratory.
17. Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(7), 791-806.
18. Jarrett, D. (1997). *Inquiry strategies for science and mathematics learning*. Portland, OR: Northwest Regional Educational Laboratory.
19. Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-construction inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching, 38*(6), 631-645.
20. Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(7), 551-578.
21. Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (2000). Assessing science understanding: The epistemological Vee diagram. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak (Eds.), *Assessing Science Understanding* (pp. 41-69). San Diego: Academic Press.
22. National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
23. Novak, J. D., & Gowin, D. B.(1984). *Learning how to learn.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
24. Phillips, K. A. (2002). A tool for learning scientific inquiry. *The American Biology Teacher, 64*(7), 512-520.
25. Ross, J. A., Rolheiser, C., & Hogaboam-Gray, A. (1999). Effects of collaborative action research on the knowledge of five Canadian teacher-researchers. *The Elementary School Journal, 99*(3), 255-274.
26. Sagor, R. (2002). What project LEARN reveals about collaborative action research. *Education Leadship, 48*(6), 6-10.
27. Tamir, P., Stavy, R., & Ratner, N. (1998). Teaching science by inquiry: assessment and learning. *Journal of Biological Education*, *33*(1), 27-32.
28. Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1986). *Becoming a secondary school science teacher*. Columbus, Ohio: Merrill.
29. Trumbull, D. J. (2005). Developing materials to promote inquiry: Lessons learned. *Science Education, 89,* 879-900.
30. Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom pratice? *Science Education, 87*(1), 112-143.

31. Zachos, P., Hick, T. L., Doane, W. E. J., & Sargent, C. (2005). Setting theoretical and empirical foundation for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(9), 938-962.

32. Zuckerman, G. A., Chudinova, E. V., & Khavkin, E. E. (1998). Inquiry as a pivotal element of knowledge acquisition within the Vygotskian paradigm: Building a science curriculum for the elementary school. *Cognition and Instruction, 16*(2), 201-233.

附錄一　評判學生探究能力之量表

探究能力之評量向度	分數及說明
一.理解問題	0 – 沒有辨識到問題 1 – 問題辨識到了，但是沒有聚焦於合適的事件、物體或概念 2 – 問題辨識到了，包含了概念，但是沒有聚焦於合適的事件、物體 3 – 問題辨識到了，同時包含了概念，也聚焦於合適的事件、物體
二.觀察記錄	0 – 無法記錄其觀察 1 – 達到觀察並作記錄，但與其所觀察之現象、物體、事件不一致 2 – 達到觀察並作記錄，且與所觀察之現象、物體、事件一致，但與問題不一致 3 – 達到觀察並作記錄，且與所觀察之現象、物體、事件一致，同時與問題一致
三.收集資料	0 – 無法達成收集資料 1 – 已達收集資料，但資料內容與問題不一致 2 – 已達收集資料，且資料內容與問題一致，但資料來源僅是單一方式的 3 – 已達收集資料，且資料內容與問題一致，同時資料來源不僅是單一方式
四.轉化資料	0 – 無法將資料作解釋、歸納、分析，以達到轉化資料 1 – 能將資料作解釋，但無法作歸納、分析（或能理解資料，但無法將資料轉化成實驗設計） 2 – 能將資料作解釋、歸納、分析，以達到轉化資料，但與問題不一致（或能將資料轉化成實驗設計，但此實驗設計與問題不一致） 3 – 能將資料作解釋、歸納、分析，以達到轉化資料，且與問題一致（或能將資料轉化成實驗設計，且此實驗設計與問題一致）
五.知識主張	0 – 無法提出知識主張 1 – 能提出知識主張，但與問題或資料、記錄不一致 2 – 能提出知識主張，且與問題或資料、記錄一致，但未聚焦於合適的概念 3 – 能提出知識主張，且與問題或資料、記錄一致，同時聚焦於合適的概念

附錄二　學生探究能力自評量表

班級：　　座號：　　姓名：

本問卷只是想知道同學們對自己探究能力的看法，是不計分的，請真實地回答，在你認為最合適的答案內打ｖ。

一.理解問題	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
1.我遇到問題時，常常會忽略它					
2.我都可以了解上自然課時，老師要我們解決的問題					
二.觀察記錄	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
3.實驗時，我會細心觀察					
4.我能將觀察到的現象記錄下來					
5.我能運用表格來記錄數據及資料					
三.收集資料	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
6.我遇到問題時會去找資料解決					
7.我會運用圖書館來收集資料					
8.我會利用網路資源來收集資料					
9.我會常常詢問師長來解決我不會的問題					
10.我會常常詢問同學來解決我不會的問題					
四.轉化資料	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
11.我可以解釋收集到的資料給同學聽					
12.我能應用收集到的資料來解決問題					
13.我能用學過的知識來分析我觀察到的現象					
五.知識主張	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
14.我可以從這樣的探究過程（觀察記錄、找資料解決問題等）中，獲得新知識					
15.我覺得我可以從實驗操作的過程中獲得新知識					

Investigating Effectiveness of Implementing Guided Inquiry Teaching on Students' Science Learning in the Elementary School

Hsiu-Ting Yang[1] and Kuo-Hua Wang[2]

[1]Yua-ma Elementary School

[2]National Changhua University of Education

Abstract

The aim of this study was to investigate the effectiveness of implementing guided inquiry teaching on elementary school students' science learning through a collaborative action research. The participants were one case teacher and his thirty-one 5th grade students. The researcher and the case teacher worked together on instructional design, as well as data collection and data interpretation. The lesson units encompass three topics, such as "Plants," "The different types of water," and" The characteristics of solution." The field note of classroom observation and the word transcriptions of classroom video and audio tape-recordings, and interviews were validated through triangulation method with multi-data-resource. The quantitative data from the pre- and post-achievement tests, and self-developed instruments, such as Student Inquiry Ability Checklist (SIAC), and Student Inquiry Ability Self-assessment Scale (SIASS) were analyzed with t-test and descriptive statistics. The results show that students' achievement, inquiry abilities, and affective components are all significant improved after implementing guided inquiry instruction. Suggestions are also provided in this paper.

Key words: Collaborative Action Research, Inquiry Teaching, Vee Diagram