

探究式化學單元教學活動設計與評估：

以「水溶液的性質」為例

洪文東*

摘要

本研究旨在設計探究式化學單元教學活動與科學探究能力評量表。本研究依據五 E 學習環教學模式設計以「水溶液的性質」為主題之探究式教學活動，於屏東縣某國小五年級一班學生(n=35)進行試教評估與修正。並根據修正後的教學活動方案選擇同一學校五年級另一個班級學生(n=31)進行正式實驗教學，期能藉由探究式教學活動歷程促進學生的科學探究能力。本研究採單組前、後測實驗設計方式，以自編之「科學探究能力學生自我評量表」，比較學生在實驗教學處理前後，科學探究能力之表現，結果發現學生在「水溶液的性質」主題探究式教學活動後，科學探究能力有顯著之進步。本研究據此對科學教育之教學與研究提出一些建議。

關鍵詞：水溶液的性質、科學探究、教學活動設計、國小學童。

*美和技術學院幼兒保育學系專任教授

壹、緒論

一、研究背景與動機

二十一世紀正是一個資訊爆炸、高科技發展、社會急速變遷、國際關係日益密切的新時代。跨世紀的九年一貫新課程旨在培養具備人文與科技整合之統整能力，以及能主動探究、解決問題、運用資訊與語言，進行終身學習之健全國民(教育部，2003)。教育部與國科會(2002)召開第一次全國科學教育會議於第一議題提到，中小學科學教育的主要目標之一乃在培養學生科學探究能力，使每位學生能運用探究能力及科學知識來解決日常生活問題。教育部(2003)頒布國民教育階段九年一貫課程綱要，在「自然與生活科技」學習領域的基本理念中提及：「自然與生活科技的學習應以探究及實作的方式來進行，強調手腦並用、活動導向、設計與製作兼顧、知能與態度並重。」在課程目標中同時強調：「培養探索科學的興趣與熱忱，並養成主動學習的習慣。學習科學與技術的探究方法及其基本知能，並能應用所學於當前和未來的生活。」我國科學教育的主要目標即在提升國民科學素養，因此，實有必要在國小九年一貫課程「自然與生活科技」領域中實施探究式教學。

美國國家科學教育標準(National Science Education Standards, 簡稱NSES, National Research Council, 簡稱NRC, 1996a)中提到，對於提升全民的科學素養，發展科學探究教學活動方案是最有效的方法，並建議透過探究式教學活動來培養學生之科學素養。我國教育部(2003)公佈的「國民中小學九年一貫課程綱要」亦強調以科學探究的方式進行「自然與生活科技領域」的教學，期能經由科學性的探究活動，激發主動探索與研究精神，使學生獲得相關的科學知識與技能。

有鑑於此，本研究擬研發科學探究式教學模組，以「水溶液的性質」為主題，進行教學模組設計，試教與評估，於試教中觀察評估學生在教學過程中有關科學探究能力與科學學習興趣之表現，並進一步加以詮釋分析，其研究結果將能提供國小教師從事「自然與生活科技」教學時之參考，並期能進一步促進國小學生科學探究能力之發展。

二、研究目的與問題

基於上述研究背景與研究動機，本計畫擬針對國小「自然與生活科技」領域進行探究式教學活動設計，期能透過探究式教學策略提昇學生的科學探究能力。具體言之，本研究之目的與問題分述如下：

(一)研究目的

- (1)設計與開發國小高年級「水溶液的性質」主題探究式教學活動方案。
- (2)進行國小高年級「水溶液的性質」主題探究式教學活動之試教、修訂與精緻化。
- (3)開發國小學童科學探究能力自我評量表，評估學生科學探究能力表現。

(二)研究問題

(1)國小高年級「水溶液的性質」主題探究式教學活動之設計與發展為何？

(2)如何進行國小高年級「水溶液的性質」主題探究式教學活動之試教、修訂與精緻化？

(3)國小學童於探究式教學活動前、後之科學探究能力表現情況為何？

針對上述研究目的與問題，本研究採用單組前、後測實驗設計方式，以自編之「科學探究能力學生自我評量表」，探討比較學生在實驗教學前、後之科學探究能力表現，期能藉由行動研究方式，尋求上述研究問題之解答，並進一步達成本研究之目的。

三、研究範圍與限制

本研究僅針對九年一貫「自然與生活科技」學習領域課程中第三（五、六年級）學習階段，以高年級「水溶液的性質」為主題，進行探究式教學活動設計。研究者先選擇屏東縣某國民小學五年級一班學生 35 名進行第一階段試教，針對問題省思改進後，再選擇同一學校五年級另一個班級學生 31 人進行正式實驗教學與成效評估，從中提出適切可行之科學探究式教學活動設計，希望藉此提升國小學生的科學探究能力。

本研究僅以施教的五年級學生 31 名為正式實驗教學與評估對象，所以結果的呈現會有侷限性。此外，由於研究過程會受到研究者的價值觀、信念、教學經驗及教學情境的影響；因此研究結果謹能提供具有類似研究情境者參考。

科學探究能力之提升並非短時間內所能明顯促進，然而本研究由於人力與物力有限，無法進行較長時間之實驗教學，僅以「水溶液的性質」主題實驗教學約一個月，期能以此試探性研究（exploratory study）評估是否有助益於學生科學探究能力之成長，這也是本研究之限制。

貳、文獻探討

一、科學探究的歷史與科學過程技能

美國國家科學教育標準（NRC，1996a）指出，引導科學教育標準有四大原則，第一項原則就是主動學習過程（learning science is an active process），而探究教學就是一項能引起學生主動學習的教學模式。在 1960 年代的美國科學課程改革中，課程重點是科學過程技能的培養，這時的科學探究教學就等同於科學過程技能(science process skills)的培養，並依照兒童認知心理之發展在國小課程中逐步漸進地培養科學過程技能。

問題是，學生熟悉觀察、分類、傳達等技巧，並不代表有能力統整起來運用於解決實際問題（NRC，1996a）。而這些課程在 1970 年代受到強烈的質疑與批判，認為是造成學生學習低落的主因。原因可能包括師資及相關設備無法配合，課程內容對探究能力定義過於狹隘，以致於學習內容與生活脫節。（Yager，1992）

而自 1980 年後興起的建構主義的學習觀與教學觀，為探究式教學注入了一股新的活水，讓探究式教學的內涵起了極大的變化。而從美國國家研究委員會（NRC）出版之【國家科學教育標準】（1996）及【探究與國家科學教育標準】（2000）中，也可看出近年來引領教育界風潮的，科學（Science）、科技（Technology）、社會（Society），簡稱 STS 運動，也影響著探究教學的發展。洪振方（2003）指出探究教學內涵的蛻變，不再只是強調「演示和證明的科學」、或是「作為探究和實驗的科學」、「學生只將想法和結論告訴老師」；而是更強調「調查和分析科學活動的問題」與「作為論證和解釋的科學」、以及「將想法和結論與同學公開交流」。

二、科學探究的意義

同樣是科學探究，科學家的科學探究與中小學生的科學探究就有不同程度的意義與目的。從科學家的探究來說，許多綜論自然科學之教科書，提及科學探究進行的步驟，起始於觀察，繼之以發現問題，然後提出假設，再規劃實驗，再憑據實驗結果進行資料分析，進而提出理論與建議，而近年來許多科學教育學者主張將較完整的科學研究流程，涵蓋在實際的教學與訓練中（樊琳、李賢哲，2002）。在探究式教學活動中，這些探究歷程與科學過程技能的教學應是密不可分的，不可以單一的抽離出來教學，以免重蹈 1980 年前科學探究式教學失敗的覆轍。

從學生學習的角度而論，教師要實施成功的探究式教學，必須要尊重並激發學生科學探究的興趣和鼓勵學生進行持續不斷的探究活動（Dembrow & Molldrem, 1997；Bibens, 2001）。而 Palincsar, Magnusson 和 Vincent（2002）的研究指出科學探究應該是一個不斷的循環歷程，共分為五個階段進行。從引起學生興趣開始，進入預備探究階段，包括解釋與設計、確定問題、方法與材料；然後進入探究階段，探究完後在小組內溝通分享、與預備報告；小組有了共識之後，再提出主張與證據，最後進行報告，向全班進行解釋與其經驗間的關係。

Lederman（2001,2002）指出科學探究是科學家循求問題解決之系統取向，科學探究能力的成分：包括觀察、應用時空關係、分類、應用數字、測量、傳達、預測、推理、形成假設、控制變因、下操作型定義、解釋資料、實驗等十三種科學過程技能，再結合科學知識與思考智能。依教育部（2003）九年一貫能力指標所述，思考智能包含批判思考、創造思考、解決問題、推論思考與綜合思考。為了落實中小學科學探究的評量，了解科學探究的組成成分，研究者從問題解決的觀點認為，科學探究是從問題的發現開始，經由探討的過程尋求問題的解決。在探討的過程中涉及以科學過程技能，科學概念知識與科學態度之綜合運用，以求得問題的解決（如圖 1 所示）。如此經由科學探究的歷程，獲得科學知識的增進；而在解決問題之後，會更進一步發現新的有待解決的問題，然後再經由探究的過程尋找新的問題答案，因此科學探究是一種從問題發現

到問題解決的循環歷程。

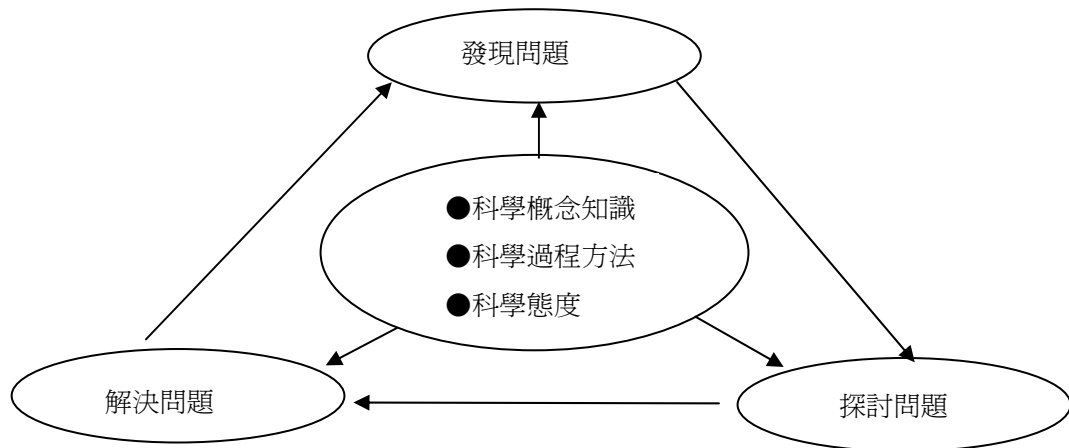


圖 1 科學探究的歷程與成份（洪文東，2005：3）

依據教育部（2003）公佈之九年一貫「自然與生活科技」學習領域內容，研究者考慮了科學素養八項能力指標中，將與科學探究較有相關的三個重要指標納入，對於中小學科學探究能力的評量，相當具有參考價值。洪文東(2005)再根據九年一貫「自然與生活科技學習領域」小學階段對於科學與技術素養的定義，將其改成如圖 2。

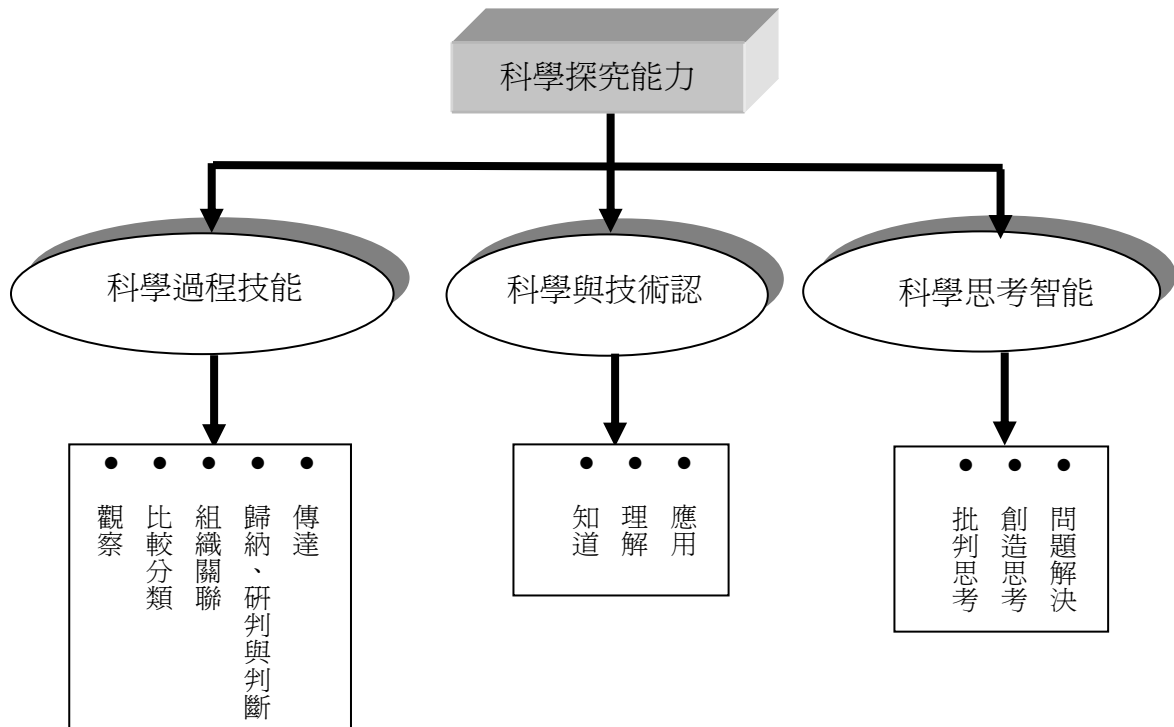


圖 2 國小階段科學探究能力成分（洪文東，2005：3）

從班級上每一個學生是不同認知個體的角度出發，在經歷一個真實的科學

活動後，由於科學的探究、解決問題並無一定的流程，可能因教師與學生特質、能力、題目的難易...而改變，所以不存在一個基本的「探究教學法」(顏弘志，2004)。而 Key 和 Bryan (2001) 進一步指出，應該從教學模組使用者的角度來看探究教學，因應教師教學、學生學習、教材難易、教學資源等特質採取不同的教學策略，進行探究式教學活動設計，以適合不同的教學時空環境。

三、科學探究教學法的意義

探究以往被定義為「人類尋找問題與解決問題的過程」(歐陽鐘仁，1988)。教學活動的進行，若以學生思考運作及身體動作二者參與的多寡來界定教學法，則自然科教學法可以概括分成兩大類型：講述式教學法及探究式教學法。講述式教學法的教學過程中，學生只用耳聽、眼看、手寫。探究式教學法除老師講述之外，給多寡不等的機會讓學生去思考(Thinking)、實作(Doing)與討論(Discussion)。

探究是一種尋找問題和解決問題的歷程。探究式教學法和講述式教學法是截然不同的教學法。探究既是一種思考的歷程，也是一種蒐集資料的過程；既是一種瞭解事物的過程，也是一種建構內在知識體系的方法。學生經由探究的過程，練習科學的過程方法，學習科學知識體系，培養適切的科學態度。從認知的觀點而言，探究的過程，可說是由問題發現開始 (也許問題是別人給予的)，並以問題解決為目的。

研究者綜合各家的說法，認為探究式教學法應具有以下の特徴(張靜儀，1995；黃湃翔，1995；林寶山，1998；張清濱，2000)：

- (1) 學生對自然事物與現象主動地去研究，經由探究自然的過程中獲得科學知識。
- (2) 探究教學強調問題解決、高層次的思考與合作學習；探究式教學法是最接近科學活動模式的教學法。
- (3) 為了研究自然而培養所需要的探究能力。
- (4) 有效地形成與認識科學態度。
- (5) 培養探究未知自然的積極態度。
- (6) 經由探究活動學得的知識是科學概念而不是文字知識。
- (7) 探究式教學法的常用教學策略可歸納為四種：1.矛盾事件法、2.問題解決法、3.歸納法、4.演繹法。

從美國國家研究委員會(NRC)出版之【國家科學教育標準】(1996a)及【探究與國家科學教育標準】(2000)中，說明科學內容標準的重點改變以及促進探究方面的重點改變。可以知道國家科學標準和以往的探究教學的區別，在於更強調「調查與分析科學問題的活動」、「作為論證和解釋的科學」、「將想法與結論與同學公開交流」，這種轉變，宣告了當今探究式教學的核心在於探索(exploration)、解釋(explanation)與交流(communication)(洪振方，2003)。

四、實施科學探究式教學的相關問題

許多研究指出科學探究教學的效能，如培養學生高層次的思考能力和問題解決的能力，以及對於科學概念之理解均有幫助；它能提高學生的學習表現並可以增進學生的科學過程技能諸如：繪圖及解釋資料的能力（Anderson, 1983；Mattheis、Nakayama, 1989；毛松霖, 1994；毛松霖、張菊秀, 1997；蔡綺文, 2003）。但是在美國二十年前大多數的科學教師仍然只使用傳統的講述式教學法（洪振方, 2003）。教師不使用探究教學法的常見理由包括：1.時間與精力的大量消耗；2.教學進度太慢；3.一般學生閱讀困難；4.風險太高，不是每次教學都能成功；5.學生的程度不夠；6.不習慣改變教學；7.課程太多，無法教完所有教材且篩選困難；8.師生的不舒適感；9.實驗室設備、經費的不足；10. 科學教師缺乏科學探究的經驗，不熟悉探究式教學（Lawson, 1995；侯香伶, 2002）。

國內學者樊琳與李賢哲（2002）亦指出：進行實際的科學探究過程，應考慮下列因素：時間較長（至少半學年或一學年）、資源分配（指導老師只能指導少數學生、實驗材料的消耗）、與精力（不斷的腦力激盪、重複的實驗性材料提供等）。因此有學者認為這是一個值得提倡但不易實施的教學方式（顏瓊芬、黃世傑, 1999）。因此在教學之前，適切的教學策略設計與相關的教學資源配套措施、師生互動、全面性的考量都是需要特別注意的。Hackling 和 Fairbrother（1996，引自蔡綺文, 2003）曾作以下建議：可藉由配合學生的研究技巧和經驗的開放性程度，提供鷹架(scaffolding)給學生，支持學生作決定，並讓學生作自我評估，如此必可促使學生在探究技能上有所進步。

五、探究式教學模式

基本上，探究式教學大致可分為兩大類：一、資料處理類的教學模式，二、社會交互作用的教學模式（楊榮祥, 1985）。在教學過程中，將資料的收集與處理為重點的各種教學模式，稱為「資料處理類的教學模式」。表 1 列出資料處理類的主要教學模式、提出者、年代與特色。而科學教育除重視探討或發現式教學外，也重視科學的社會意義與人文意義，即價值教育（value education），表 2 列出社會交互作用的主要教學模式、提出者、年代與特色。

表 1 資料處理類的教學模式

教學模式	主要理論者	特色
1.探究過程	1.Schwab(1962)	1.注重科學方法學的訓練。
2.探究訓練	2.Suchman(1968)	2.主動探究建立科學概念。
3.概念達成	3.Bruner(1966)	3.以分類方法形成概念發展概念。
4.組織因子	4.Ausubel(1968)	4.教材組織化，強化認知結構。

資料來源：生物科教學模式研究，楊榮祥，1985，台北：高立圖書公司。

表 2 社會交互作用的教學模式

教學模式	主要理論者	特色
1.集體探討	1.Herbert Thelen(1981)	1.發展參與民主過程、集體討論社會性科技問題、集體探討學術的能力。
2.角色扮演	2.Moreno & Blatner(1996)	2.藉由參與、瞭解人們的態度、價值觀，發展解決問題的能力。

資料來源：國民小學自然科教材教法，王美芬、熊召弟，2000，台北：心理出版社。

科學探究教學歷經數十年來的演變，至少有十餘種不同教學模式。而這些眾多的教學模式可依以下兩種分類方式加以分類，第一種分類方式是依探究的開放層次來分類，開放層次的分類是依據研究問題、使用器材、研究過程和答案是由老師給予，還是由學生自己做決定，分這四個向度來界定的（蔡綺文，2003）。Schwab 首先在 1962 年提出一個等級表，並在 1964 年將科學實驗的活動分成四個等級；而 Herron 在 1971 年加入最低探究層次為 0 級，Hegarty Hazel 在 1986 年更進一步將第二級分成 2a 及 2b 兩個層次，使探究層次更完備。洪文東(2005)以表 3 更清楚分辨其中開放層次的差異程度。

表 3 探究活動的開放層次

等級	問題	實驗	器材	實驗步驟	結果	名稱
0	給予	給予	給予	給予	給予	驗證式（食譜式）
1	給予	給予	給予	給予	開放	結構式
2	給予	給予	給予	開放	開放	引導式
2a	給予	給予	開放	開放	開放	開放引導式探究
2b	給予	開放	開放	開放	開放	引導開放式探究
3	開放	開放	開放	開放	開放	開放探究

資料來源：國科會研究成果報告(頁 6)，洪文東，2005，台北：行政院國科會

洪振方（2003）則另提出第二種分類方式—將探究活動依師生導向、結構性與否，開放性與否的三維分類向度，對探究作一個另有系統的分類，如圖 3 所示。

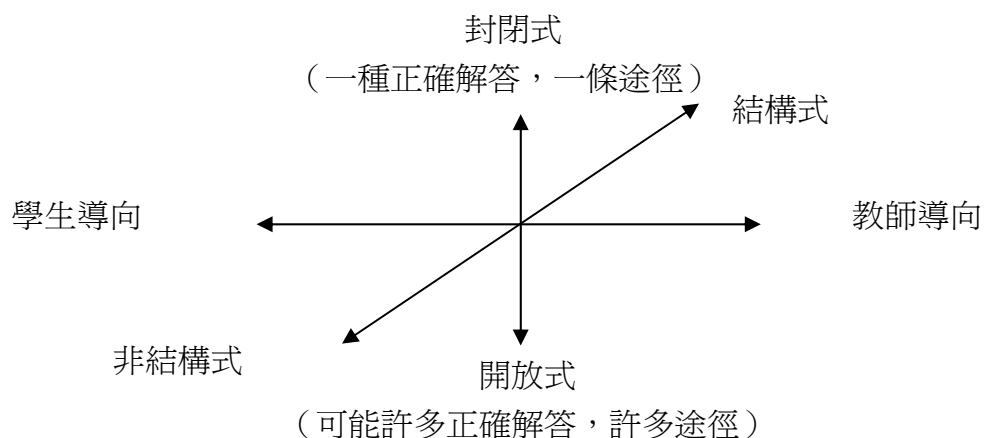


圖 3 探究活動的分類向度 (洪振方, 2003: 659)

六、五 E 教學模式與五 E 評量模式

五 E 學習環教學模式是探究式教學法的典型代表之一，Karplus 和 Their (1967) 首先提出三階段的學習循環論 (learning cycle)，分別是探索 (exploration)、發明 (invention) 和發現 (discovery)。歷經 Lawson 等人多次的改革，最後演變成五個階段的學習環 (Bybee & Landes, 1988)。由美國 BSCS 所發展出來含有建構主義特性的五 E 學習環教學模式，將學習分成五個階段，分別是投入 (Engage)、探索 (Explore)、解釋 (Explain)、精緻化 (Elaborate)、評量 (Evaluate)。(王美芬、熊召弟, 2000)。而 Volkman 與 Abell (2003) 進一步發展出五 E 評量模式 (林曉雯, 2003)。

在眾多的探究式教學模式之下，研究者認為五 E 學習環教學模式搭配五 E 評量模式，具有完整的培育科學探究能力之教學模式與評量模式。在國內，已有教學設計者如陳佩君 (2002)、魯慧敏 (2005) 等人依據五 E 模式而開發出各種主題統整式教學模組。根據上述文獻探討，本研究擬以五 E 學習環教學模式為主要探究式教學活動設計之依據。

NRC (2000) 列出探究教學的五個共同階段，這五個階段與五 E 學習環的五個階段意義相互呼應 (顏弘志, 2004)。研究者根據 NRC (1996a、1996b、2000)，九年一貫課程綱要 (教育部, 2003) 等文獻，經由小組討論分析，綜合歸納出五項科學探究能力，依其屬性與層次分別是界定問題的能力 (包含發現問題、提出問題、定義問題)、設計規劃的能力 (包含收集資料、設計實驗)、實作驗證的能力 (包含進行實驗、觀察、操作、紀錄)、分析解釋的能力 (分析資料、歸納及解釋實驗結果) 與溝通辯證的能力 (包含溝通與批判能力)，可藉由這五項科學探究能力來評量學生的科學探究能力 (洪文東, 2005; 高慧蓮, 2005)。其對應關係如圖 4 所示。

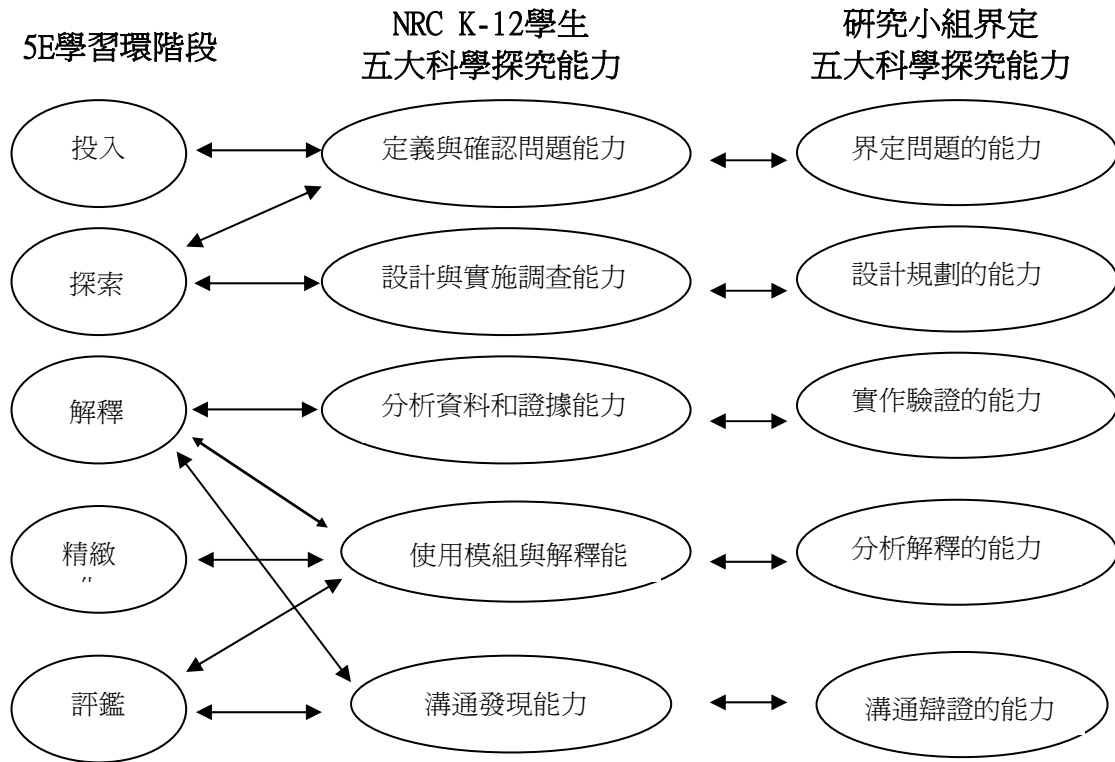


圖 4 5E 學習環階段與 NRC K-12 學生五項探究能力相對應關係
(改自顏弘志，2004；洪文東，2005：7；高慧蓮，2005)

學生透過科學探究的方式來學習，在教學模組的設計與發展過程中，如能逐步發展至具有完整科學探究歷程，對於學生科學探究能力的訓練，應具有正面的功效。透過五E學習環、五E評量模式與美國國家科學標準（NRC，1996a）內容描述，很清楚的說明了對於新的科學探究能力的培養，五E教學模式、五E評量模式是一個相當適合的探究教學模式。本研究透過五E探究式教學模式、五E評量模式來進行國小高年級「水溶液的性質」主題探究教學模組的設計，期能增進國小學生之科學探究能力。

參、研究方法

一、研究方式--行動研究

行動研究（action research）結合了「行動」與「研究」這兩個不同向度的詞語。以往「教學理論研究者」與「教學實務工作者」往往是兩組不同的群體，近來的行動研究強調「理論應源自於對實務的研究，實務也不應脫離理論」，將教學理論與實務合而為一，也就是「教學者即研究者」之理念。行動研究之精神，強調行動者與研究者合一，研究問題與行動問題合一，行動目的與研究目的合一。

行動研究進行的方式是一個循環的歷程，歷程中所包含四個典型的步驟，分別是計畫（Planning）、行動（Acting）、觀察（Observing）反省（Reflecting）。

而秦麗花（2000）指出只要符合下列特徵的研究，就是一種行動研究：

- 1.以實際問題為主要研究內容。
- 2.由實際工作者進行。
- 3.研究的目的是在於問題解決。
- 4.研究工作的進行是在實際工作場景。
- 5.進行方式以反省和持續努力為主。

本研究為一合作式行動研究，本人為行動研究小組之召集人，並定期召開研究小組會議，與研究小組成員隨時溝通有關行動研究之目的與問題，觀念及作法。研究者進行「水溶液的性質」教學模組設計、教學與精緻化時，同時具有教學者與研究者的身分；而在研究過程中，理想的目標可能無法一次達成，面臨：「問題的形成→問題診斷→行動方案→研究（行動）結果→問題的解決或問題的再形成」，是一個不斷循環的過程（Carr & Kemmis, 1986；陳伯璋, 1988；魯慧敏, 2005）。本研究期望能透過行動研究的方式以解決教學問題，提高教學效能，開發出具有可行性與價值性的國小高年級「水溶液的性質」科學探究式教學活動方案。

二、研究步驟

為了開發「水溶液的性質」主題教學方案，必須先進行教材內容分析、學習者情境分析、蒐集相關教學資料、再進行教學活動設計、然後以教學方案原型進行第一階段試教教學、第一階段反省、修正、再以修正之方案新型進行第二階段試教教學、第二階段反省、修正共八個步驟，完成「水溶液的性質」探究式教學方案正式版本，茲將研究步驟進一步說明如下：

- (一)教材內容分析：進行九年一貫課程中「自然與生活科技」學習領域國小階段有關「水溶液的性質」主題之教材內容分析，以了解各活動之間教材內容，教材知識結構。
- (二)學習者情境分析：針對教學班學生進行學習者與情境的分析，以掌握學習者的學習特質與教室情境因素。
- (三)蒐集相關教學資料：針對九年一貫課程中「自然與生活科技」學習領域有關「水溶液」教材，蒐集各項教學相關資源，包括國小教科書不同版本的教學指引、教科書、習作、視聽多媒體教材、教學實驗器具等；部編本改編前的視聽媒體教材、網路及書籍相關資料；詢問資深教師對於這個主題的教學經驗。
- (四)進行教學活動設計：依據教材內容分析及相關教學資源，從文獻中選擇適合的教學模式，考慮學生身心發展及學習特質，進行教學活動設計，提出「水溶液的性質」教學方案原型。
- (五)第一階段試驗教學：依據教學活動設計進行「水溶液的性質」教學方案第一階段教學，並收集資料。
- (六)第一階段教學之反省、修正：根據學生反應，研究者本身教學反省，依據

評量結果（學習單），進行第一階段自我反省再修正，完成「水溶液的性質」教學方案新型。

(七)第二階段試驗教學：因時間、人力、物力、學生來源等因素，第二階段教學僅選擇第一階段教學效果不佳、修正幅度較大的單元活動來進行教學，並收集資料。

(八)第二階段教學之反省修正：根據所收集資料，包括學生反應，研究者本身教學反省，依據評量結果（學習單），進行第二階段自我反省再修正，完成「水溶液的性質」主題探究式教學方案精緻化版本。

三、研究樣本

本研究採目的判斷取樣(Purposive Judgemental Sampling)，以屏東縣某國小五年級 31 名學生為研究樣本，進行「水溶液的性質」主題教學活動設計之正式實驗教學與成效評估，參與實驗教學之老師同為研究小組人員，均能了解本研究設計之理念、研究之目的與研究方法。

四、教學活動設計

本研究旨在研發「水溶液的性質」為主題之科學探究教學活動設計，用以提昇國小學生的科學探究能力，並能進而提升國小學生之科學素養。本研究藉由教材分析、文獻探討，設計主題式探究教學活動方案，經由二階段實驗教學，進行教室觀察、分組活動中學生行為表現與思考反應，並分析教室中師生對話紀錄，從中進行質性資料與量化分析的評估，依小組討論與專家意見修正，進而提出適切可行之教學活動設計。「水溶液的性質」主題，共有三個單元：(一)溶解(二)溶液的導電性(三)溶液的酸鹼性，教學活動內容說明如附錄一、附錄二與附錄三。

五、研究工具設計

為了完成國小「自然與生活科技」學習領域「水溶液的性質」主題探究式教學活動設計、試教與評估，本研究必須完成以下研究工具之設計與開發：

(一)研究小組自行開發之「自然與生活科技」學習領域「水溶液的性質」科學探究式教學方案，包含教師所使用的教學活動設計、上課用的教學媒體（例如投影片、幻燈片、電腦多媒體等）、學生學習單等。經由小組討論與修訂，並送請三位專家審查，依其意見修訂後，再由小組討論定稿，以確定整套教學方案之內容效度。

(二)學習的主體是學生，在「水溶液的性質」主題活動中藉由學生課堂的表現，了解學生所具有的探究能力表徵，進而開發出科學探究能力檢核表及其有關的實作評量工具。

(三)關於科學探究能力的評量。

研究小組透過文獻探討、與小組討論分析進而研發出「科學探究能力學生自我評量表」(如附錄四)。本量表主要係依據圖 4 所界定之五項科學探究

能力，再依其層次屬性細分為十八項次能力，編製而成。本量表編製之初稿，並先請五位國小學童進行預試，依學生反應意見，進行修訂。修訂後並送請三位專家審查，研究小組再依其意見修訂後完稿，以確認其內容效度。研究者利用實驗教學前、後進行前測與後測，以了解「水溶液的性質」主題模組之探究式教學，對於學生科學探究能力之增進是否有所助益。研究小組透過學生行為表現、習作、作品、教學者自我省思、教學日誌...，配合「科學探究能力自我評量表」，在實驗教學研究中進行評估，以檢驗「水溶液的性質」教學中，是否能增進其科學探究能力，並由資料分析結果探討其中原因，以評估主題教學設計的可行性與價值性。

肆、研究結果與討論

一、教學活動之設計與發展

在教案開發的階段，教學活動之設計與發展是一個需要解決的問題，研究者合併使用三種方式來解決這一個問題。

(一) 教學活動的設計步驟：

確立教學活動的設計步驟為 1.擬定主題 2.分析概念與訂定目標 3.蒐集素材 4.分析轉化教材 5.設計教學活動 6.編寫學習活動單 7.擬定評量的方式及標準。

(二) 教案發展的精緻化過程：

教學活動經第一次設計開發出來稱為教學方案原型，教案原型的可行性與價值性仍未經過驗證與確定。教案原型仍須經由修訂與精緻化、設計與發展出教案新型的過程，以提升模組的可行性與價值性（洪文東，2002）。研究者並沒有把握在第一次試教、評估、修訂的過程就將科學探究教學的可行性與教學效能提升至所認可的境界。因而決定進行二個階段的試驗教學、經過兩次的修訂、評估過程提升教案的可行性與教學效能。本研究科學探究教學活動的設計、試教與精緻化過程如圖 5 所示：

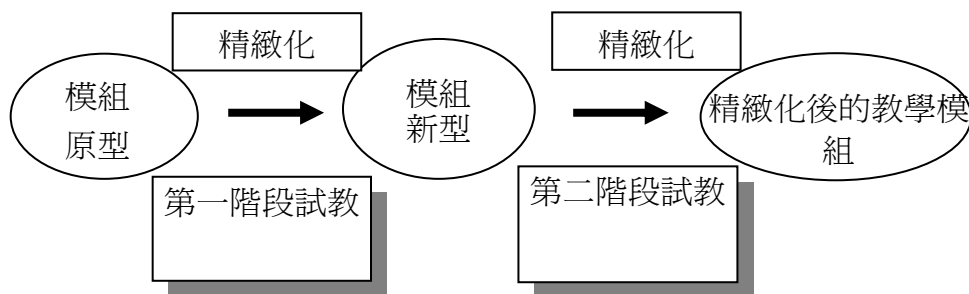


圖 5 「水溶液的性質」科學探究教學模組設計試教與精緻化過程
(洪文東，2005：12)

(三) 行動研究的方式：

本研究必須透過教學活動的設計、試教、評估、修訂(反思修正)的循環歷程漸次提升教學方案的可行性與教學效能。在研究中,教學者即研究者;而教學者為達成研究目的,本諸計畫(Planning)、行動(Acting)、觀察(Observing)省思(Reflecting)的行動研究的精神與方式來進行。

在研究中,教案品質與可行性的提升是透過問題解決的方式來完成,於是研究者採取的行動研究方式是「問題的形成→問題診斷→行動方案→研究(行動)結果→問題的解決或問題的再形成」的一個不斷循環的過程(Carr & Kemmis, 1986; 陳伯璋, 1988; 魯慧敏, 2005)。在教學活動設計與發展的過程中,研究者同時使用以上三種方式,發現可以有效的完成一個具有可行性與價值性的主題探究式教學方案。

二、方案的設計發展與精緻化過程影響的因素

在教學方案的設計發展過程中,研究者發現需考慮教學策略、教學資源、課程、教師、學生這五個影響的因素,而有時可能同時要考慮二個以上的因素。茲將此五項因素簡要說明如下：

- (一)教學策略：教學策略指的是在教學中採取的教學方式,適當的教學策略可以縮短教師所欲達成的教學目標、學生所能做到的,這兩者間的差異;並提高教學效能。
- (二)課程因素：課程設計須經歷文獻探討,相關教學活動的參酌使用、教學活動的設計、開發(包括教案、學習單、投影片)等,這些都屬於課程因素。
- (三)教學資源：在教學模組的設計、教學與精緻化中,教學資源包括教學時間、教學器材、教材來源等。
- (四)教師因素：指的是教師的角色、能力、自我要求、教學熱忱...等會影響教學的各項個人特質。在本研究中,研究者即教學者,為增加內容效度,資料須再經其他專家、教師加以審核。
- (五)學生因素：學生因素指的就是學生特質,在本研究中,學生的認知發展程度、能力、學習意願等,都屬於學生特質。

三、「水溶液的性質」主題探究式教學之省思

教學者依「水溶液的性質」主題之單元活動：(一)溶解(二)溶液的導電性(三)溶液的酸鹼性,教學內容與學生課堂中反應情況,進行省思與分析。

(一)溶解

綠豆湯加砂糖活動,小朋友樂在其中,但是要以砂糖是否完全溶解(看不到砂糖顆粒狀態)來判斷溶解量,實屬不易。砂糖用力攪拌後,即使已達到飽和狀態,仍能暫時看不到顆粒,加上綠豆的干擾,觀察誤差實在太大。部分小組欲證明溫度亦會影響溶解量,但實驗結果證明溫度影響的差別不大,不易觀察。除了各組攪拌程度不固定的原因外,砂糖是以湯匙量來計數,小朋友的每

一湯匙並不固定，雖說一平匙，但每一平匙中，又有緊密的一平匙與鬆散的一平匙，或許應該改以重量來計數。另外，綠豆量的控制亦不夠精準，若要以吃起來的甜度感覺來判斷，又更不客觀了，因此建議刪除此節活動。

小朋友因想到火鍋料會愈煮愈鹹，而想到用燒煮方式讓水分的減少，或許可以看到鹽巴的結晶狀態。欲看到固體溶解後的物質，再還原成固體狀態，使用方糖在酒精燈上燒煮，容易有焦黑情形出現，應以隔水加熱方式進行，但這樣水分減少的速度太慢，實驗時間太久，小朋友會失去耐心。若以鹽巴進行實驗，效果快又無上述缺點。

欲證明相同水量溶解不同份量的物質，以家中廚房裡常用的鹽巴、砂糖及味素來實驗的效果最佳，一方面可以食用，一方面取用方便，更重要的是小朋友都對這些東西很熟悉，也了解這些物質的特色及用途。

(二)溶液的導電性

學生對電路的通路及斷路已具有深刻的了解，燈泡亮了就是通路；而燈泡不亮就是斷路。但是要學生自行設計出能測試水溶液的導電性的裝置是具有困難在的。需要教師在一旁的引導，可以提供學生材料，如燈泡、電線及電池等物品就好，讓學生去設計可形成通路的實驗裝置，再將通路中的電線分離，如此可使教學較為順暢。

在實驗的過程中，原本已是通路的燈泡的亮度是夠的，但是放入水溶液中，燈泡的亮度會變的十分微弱，甚至不易觀察。在實驗中引導學生將教室中的日光燈關掉，並增加電池的數量，如此一來便可較易觀察，但是，相對的增加電池的數量後，電壓增加，燈泡會因為原本已分離的電線接觸在一起，電量過大而燒掉。所以，除了多準備一些燈泡外，同時也要叮嚀學生要小心操作。

實驗中所使用的水溶液，若能使用日常生活中常見的水溶液或是飲料，特別是飲料，最能引起學生興趣，而且準備起來也十分的容易，且沒有危險性。

(三)溶液的酸鹼性

學生對於本單元教學設計，學生學習相當感興趣，也能夠依教師的引導進行分類的工作，多數分類工作都能正確執行，唯有時學生分類時有「感覺混用的情況」，例如第五組以「味覺」對未加入紫色高麗菜的溶液進行分類，結果出現肥皂水溶液是「透明」的所以另外歸為一類。在教學時間的安排上應點出錯誤處後，再讓學生重新修正一次，以確定學生進行分類工作時，能掌握「以某一項特質進行分類」的要點。

在進行批判分類結果時，多數學生能找出其他組分類上的錯誤，進而提出質疑、進行討論及修正工作，這也顯示學生雖然能夠分類，但未必非常精確，部分學生的分類技巧仍有相當大的進步空間，顯示本單元也能藉由活動過程進行科學過程技能中分類之技能訓練。學生對於加入紫色高麗菜時，溶液的顏色變化感到興奮，對加入紫色高麗菜的溶液進行分類時（以顏色），由學生所呈現的結果顯示，多數同學能掌握「以某一項特質進行分類」的要點，因此分類完成後，可以將溶液歸類成三堆。可能是由於先前有進行過分類工作及檢討，第

二次分類多數組表現相同，並未出現「感覺混用」的狀況。

在學生表現上，分類多依視覺及味覺進行，教師可以再引導或分配以其他方式分類，以增加分類結果多元性，有時學生部份感覺有誤，或不能明確表達，如又酸又甜，學生敘述時僅呈現一種感覺，且多數組沒有應用聞的感官。教學技巧操作實務上，各項溶液應避免其他溶液相互干擾以免污染，造成結果不精確，或利用此機會說明操作實驗時要細心。對於鹼的定義比酸要難的多，研究者也發現檸檬汁的性質也會滑滑，柳丁汁也會澀澀的，並不能歸類到鹼的部分。教具準備上，字卡還要再大一點，以增加視覺效果。學生部份顏色判斷有誤，可以準備色譜，以挑選顏色的方式來說明顏色，而溶液最好不要有太多沈澱物。分類板一與二可以合併，以強化比較之效果。記錄表可以改為具有各種感官，要求學生去使用感官。

到了教案發展的最後階段，該是對整套教學方案的設計發展、試教教學、修訂、精緻化之歷程進行自我的省思：

在科學探究教學活動計設的研發過程，整套主題探究式教學方案均能發展成具有完整科學探究歷程的教學活動，並運用五E探究式教學模式與五E評鑑模式進行活動的設計發展。在設計發展的過程中，研究者成員擷取五E學習環的精神，在各教學活動內儘量以「投入、探索、解釋、精緻化、評鑑」的五個階段中來進行設計，在內容與方式上符合以五E探究式教學模式與五E評鑑模式來進行探究式教學與評量。

四、學生科學探究能力之表現

本研究採單組前、後測實驗設計方式，研究者在對試教之班級學生施以「科學探究能力自我評量表」，進行實驗教學前、後之前測與後測，並進行 SPSS 統計軟體進行成對樣本 t 考驗，以了解教學前、後學生在「界定問題」、「設計規劃」、「實作驗證」、「解釋分析」、「溝通辨證」等五項科學探究能力的變化情況，結果如表 4。

表 4 五年級學生「科學探究能力自我評量表」前、後測之 t 考驗(屏東縣)

項目	前測		後測 (n=31)		t
	M	SD	M	SD	
界定問題	4.23	1.73	5.52	2.05	3.420***
設計規劃	4.97	2.27	6.55	2.31	3.539***
實作驗證	3.87	1.82	5.19	2.21	3.765***
解釋分析	2.71	1.47	3.71	1.75	2.739**
溝通辨證	5.52	2.74	6.23	2.47	1.426
科學探究能力(總和)	21.29	8.12	27.19	9.18	3.937***

註：***表示 $P < .005$ **表示 $P < .01$

由表 4 可以知道，學生在「界定問題」、「設計規劃」、「實作驗證」、「解釋分析」等後測平均得分均高於前測平均得分，且經成對樣本 t 考驗的結果，學生除了在「溝通辨證」方面差異未達顯著，其他在「界定問題」、「設計規劃」、「實作驗證」、「解釋分析」、及整體科學探究能力方面的前後測的表現也是有顯著差異。因此可以知道第二階段教學，對五年級學生在科學探究能力之表現上有明顯的提昇，亦證明本研究所開發出「水溶液的性質」主題探究式教學活動確可提升學生的科學探究能力。

以建構式教學理念來說，教師角色的轉變是有一定的次序的，教師從管理者 (Manager)、技術員 (Technician)、協助者 (Facilitator) 演變成授權者 (Empowerer) (Hand, 1996)，如圖 6 所示。本研究透過教學活動的設計、試教與評估等過程發現與 Hand (1996) 理念一致：教師若要提升學生的探究能力，就應在可能的範圍內，盡量提升學生學習的主體性。

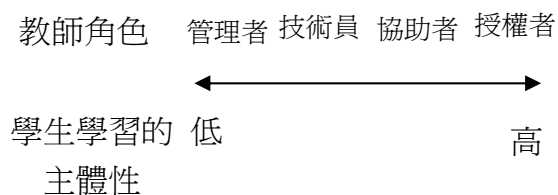


圖 6 教師的角色與學生學習的主體性的關係(Hand, 1996; 洪文東, 2005:24)

陸、結論與建議

本研究主要是透過教學活動的設計、試教與評估的過程，探討如何提昇國小學生科學探究能力。依據文獻的探討與教材內容的分析，設計出教學方案的原型，並據以進行第一次試教，透過教學省思來評估是否充份提昇學生的科學探究能力，再修正教學方案的原型；並根據修正後的教學方案新型進行第二次試教，透過教學者之省思與評量工具來評估學生科學探究能力表現，整合歸納出整套「水溶液的性質」主題探究式教學活動方案。

本研究以行動研究的方式：確立主題探究式教學活動設計與發展步驟，並藉由試教評估與精緻化之歷程，提升教學方案的品質與可行性。在教學活動的開發過程中，發現有五項要素影響其內容效度：1.教學策略 2.教學資源 3.課程目標 4.教師特質 5.學生特質，若能注意加強彼此間互動關係，將能增進教學活動之實施成效。教學者本身自我省思，發現經由兩階段之試教與修訂，確能更加符應探究式教學之精神。

經由整套主題探究式教學活動設計、試教歷程，以及有關教學日誌與學生學習檔案等質性資料分析，發現所設計教學活動之內容與方式符合五E探究式教學理念。從學生學習反應，依所界定之五項能力依次加以檢視，發現確能增進學生科學探究能力之表現。在量化資料方面，在第二次試教時，本研究以所開發之「科學探究能力自我評量表」對本研究樣本之高年級學生進行施測，結果發現五年級學生除了溝通辯證方面未具統計上顯著差異外，其餘四項科學探究能力均有顯著增進。此量化資料足以確認前述資性分析之結果。

本研究本著教學者即研究者之理念，進行行動研究，發現如何提升學生學習主體性是教學活動設計者需考量之因素。本研究所發展出「水溶液的性質」主題探究式教學模組，在探究歷程上，包含引起學生興趣、預備探究、探究、預備報告與報告完整的五個歷程。在科學探究能力表現上，確能促進學生界定問題、設計規劃、實作驗證、解釋分析與溝通辯證等五項探究能力。

相對於講述式教學，探究式教學對於教學者、學習者、教學資源等各方面的要求較高，實施並不容易，由於國小學生的認知發展尚未成熟，因此在科學探究的操作方法與技能上，要求不必過高；可多考慮一些教學資源，例如視聽器材與現代資訊科技（如電腦多媒體與網際網路）融入教學中。一般而言，科學探究式教學對於教師與學生的負擔較為沉重，其適用的評量模式為何？值得進一步研究，本研究所界定之五項科學探究能力的成分，在發展自我評量表時，再細分科學探究能力之次能力，而個別學生在這些細項科學探究能力中所呈現的特質又為何？由於科學探究式教學大量的運用分組討論、分工合作的方式，學生在科學探究活動過程中，不同學習風格與學習興趣的影響又為何？這些問題有待後續研究再進一步予以深入探討。

致謝

感謝行政院國家科學委員會對本研究（計畫編號：NSC93-2511-S-153-004）之經費補助，使研究能夠順利進行實驗教學與實作評量。感謝林顯輝教授，莊嘉坤教授、高慧蓮教授及研究小組中所有協同研究人員與研究助理。由衷感謝高雄市太平國民小學丁月理老師、張文芬老師，高雄市佛公國民小學吳淑芬老師，高雄市翠屏國民小學黃秋敏老師，高雄縣正義國民小學鄭嘉裕老師，以及屏東縣歸來國民小學楊志強老師之參與研究小組討論與協助實驗教學試教與評估之進行，使本文之發表得以順利完成。

參考文獻

1. 毛松霖（1994）：國民小學自然科新課程概說。自然科 84 學年度教材教法研習資料。台北：台灣省教育廳國民教育輔導團。14-33 頁。
2. 毛松霖、張菊秀（1997）：探究式教學法與講述式教學法對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。
3. 王美芬、熊召弟（2000）：國民小學自然科教材教法。台北：心理出版社。
4. 任長松（2002）：探究式學習 18 條原則。2002 年 4 月 5 日取自 <http://big5.sedu.org.cn/gate/big5/www.sedu.org.cn/> 人民教育出版社課程研究室。
5. 林曉雯（2003）：科學探究評量之理論與實務。國立屏東師院學院九十二年國民小學教師在職進修專長增能學分班「科學探究之教學評量」講義，未出版，屏東縣。
6. 林寶山（1998）：教學原理與技巧。台北：五南。
7. 侯香伶（2002）：科學探究活動中的科學本質面貌對國一生科學本質觀之影響。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化縣。
8. 洪文東（2002）：國民中小學九年一貫課程「自然與生活科技」領域教學與學習材料之研究與發展：提昇中小學生思考智能的能力，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，（NSC 90-2511-S-153-011-X3）。台北，台灣：行政院國家科學委員會。
9. 洪文東（2005）：九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域科學探究能力之培養研究—以探究式教學活動設計提升學生科學研究能力（I），行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，（NSC 93-2511-S-153-004）。台北，台灣：行政院國家科學委員會。
10. 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，2003，15，641-662。
11. 秦麗花（2000）：教師行動研究快易通。台南市：翰林出版社。

12. 高慧蓮 (2005)：國民小學九年一貫課程「自然與生活科技」領域科學探究能力之培養研究：科學探究能力之評量 (I)。行政院國家科學委員會專題研究計畫，NSC93-2511-S-153-006-。
13. 張清濱 (2000)：探究教學法。師友，395，45-49。
14. 張靜儀 (1995)：自然科探究教學法。屏師科學教育，1，36-45。
15. 教育部 (2003)：國民中小學九年一貫課程綱要，自然與生活科技學習領域。台北市：教育部。
16. 陳伯璋 (1988)：教育研究方法的新取向：質的研究法。台北市：南宏出版社。
17. 陳佩君 (2002)：實踐多元化評量於國小中年級自然科教學之行動研究。屏東師範學院教育數理研究所碩士論文，未出版，屏東縣。
18. 黃泮翔 (1995)：科學探究的實驗室教學。高雄：高雄文教，109，56-63。
19. 楊榮祥 (1985)：生物科教學模式研究，台北：高立圖書公司。
20. 樊琳、李賢哲 (2002)：以「專題研究」培養國小職前教師科學探究過程與教材開發能力之研究。師大學報，47 (2)，105-126。
21. 歐陽鐘仁 (1988)：科學教育概論，台北：五南書局。
22. 蔡綺文 (2003)：國小自然科建構式與食譜式探究教學比較之研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。
23. 魯慧敏 (2005)：提升國小低年級學生觀察力之行動研究—以校園植物為例。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東縣。
24. 顏弘志 (2004)：從建構主義看探究教學。科學教育研究與發展，39，1-14。
25. 顏瓊芬、黃世傑 (1999)：職前生物教師進行開放式科學探究過程之研究。科學教育，10，46-64。
26. Anderson, J. R. (1983). *Science teaching and the development of thinking*. California : Wadsworth Publishing Company.
27. Ausubel, D. P. (1968) . *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
28. Bibens, R. F. (2001). Using inquiry effectively. *Theory into practice*.19 (2) .87-92.
29. Blatner, A., & Moreno, J. L. (1996). *Acting-In: Practical Applications of Psychodramatic Methods*. New York: Springer Publishing company.
30. Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956) . *A Study of Thinking*. New York : John Wiley & Son.
31. Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25 (8) , 36-37. Cambridge, MA: Harvard University Press.
32. Carr, W. & Kemmis, S. (1986). *Becoming critical: Education, knowledge and action research*. London : Falmer.

33. Dembrow, M. P. & Molldrem-Shamel, J. (1997). *Thinking about teaching through inquiry*, *Reading Teacher*, 51(2), 162-164.
34. Hand, B. (1996). Diagnosis of teachers' knowledge bases and teaching roles when implementing constructivist teaching/learning approaches. *Improving teaching learning in science and mathematics*. Teacher college, Columbia University. 212-221.
35. Hedarty-Hazel, E. (1986). *Lab work SET: research information for teachers, No.1*. Canberra: The Australian Council for Educational Research.
36. Herron, M. D. (1971). The nature of science enquiry. *School Review*, 79(2), 171-212.
37. Karplus, R., & Their, H. D. (1967). *A new look at elementary school science*. IL: Rand McNally.
38. Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 631-645.
39. Lederman, N. G., (2001). *The many Flavors of scientific Inquiry*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching National Meeting, ST . Louis, MO, March 2001.
40. Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2002). Scientific Inquiry : How Is It Defined /Used in Curriculum Reform ? 載於九十一年南區中學科學課程教材教法及教師智能研習會 , (pp7-10) , 教育部主辦。
41. Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. California : Wadsworth Publishing Company.
42. Marzano, R. J., Brandt, R. S., Hughes, C. S., Jones B. F., Presseisen, B. Z., Rankin, S. C., & Suhor, C. (1989). *Dimensions of thinking—A framework for curriculum and instruction*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
43. Mattheis, F. E., & Nakayama, G. (1989) Effects of a laboratory-centered inquiry program on laboratory skills, science process skills and understanding in middle grades students (*ERIC Document Reproduction Service No.ED307148*)
44. Norman, G. Lederman (2002). Scientific Inquiry : As A Means to Integrate Subject Matter ? 九十一年南區科學課程教材教法及教師智能研習會手冊 , 高雄師範大學 , 未出版 , 屏東縣。
45. National Research Council. (1996a). *The National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
46. National Research Council. (1996b). *The Role of Scientists in the Professional Development of Science Teachers* . Washington, D.C.: National Academy Press.
47. National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education*

- Standards. A Guide for Teaching and Learning. Washington, D.C.:* National Academy Press. This report is also available online at <http://www.nap.edu>.
48. Palincsar, A. S., Magnusson, S. J. & Vincent, M. (2002). supporting guided-inquiry instruction. *Teaching exceptional children. 34 (3)* ,88-91.
49. Schwab, J. J. (1962). The Teaching of Science as Inquiry. *The Teaching of Science.*
50. Suchman, J. R.(1968). Learning through inquiry, in R.F. Allen(eds). *Inquiry in the Social Studies*, NCSS.
51. Thelen, H. A. (1981) . *the Classroom Society - the Co (Hardcover)*. New York : John Wiley & Son.
52. Yager, R. E. (1992). Viewpoint : What We Did Not Learn From The 60's About Science Curriculum Reform. *Journal of Research In Science Teaching*,29 (8),905-910.

探究式化學單元教學活動設計與評估：以「水溶液的性質」為例

附錄一、

單元名稱：溶解

活動名稱：隱形高手(一節課)、隱形現身 (一節課)

學習活動流程與教學說明：

學習活動	流程	教學說明
<p>第一節開始</p> <p>*教師準備砂糖、鹽、味素、沙子和水及四個杯子，分發給各組，請各組五個杯子裝等量的水（約 30 c.c.），再分別倒入各種物質一匙放入裝水的杯中，稍攪拌，觀察物質在水中的變化情形。（學習單問題一）</p> <p>◎ 小朋友，你看到什麼情形？沙子還在杯子裡嗎？砂糖、鹽、味素跑到哪裡去了？ （小朋友有「溶解」的答案出現）</p> <p>*教師歸納可溶、不可溶物質。（學習單問題二）</p> <p>◎ 小朋友，你覺得相同水量的水，可以溶解一樣份量的可溶物質嗎？</p> <p>◎ 請各組實驗說明相同的水量（約 30 c.c.）可溶解可溶物質的份量各是多少湯匙。 *小組發表說明 *教師歸納相同水量的水，可以溶解不同份量的溶質</p> <p>第一節完</p>	<p>第一節開始</p> <p>探索</p> <p>Explore</p> <p>(5 min)</p> <p>解釋</p> <p>Explain</p> <p>(35 min)</p> <p>第一節完</p>	<p>由學生回答反應評量 由學生提出的方法評量</p> <p>由學生報告反應評量</p>
<p>第二節開始</p> <p>◎ 小朋友，上一節課的鹽溶解在水後，是看不見而已？還是已經消失了呢？</p> <p>◎ 有什麼辦法可以驗證鹽溶解在水後，並沒有消失？ *小組討論實驗設計 （可能有：嚐起來鹹鹹的、用紙過濾，看看能不能將鹽的顆粒過濾出來、秤重證明、燒煮後水分減少讓溶質釋出...）</p> <p>◎請各組報告小組的實驗設計 ◎請其他組發表實驗設計的優缺點 ◎請各組修正實驗設計 ◎請依修正後的實驗設計進行實驗並完成學習單記錄</p> <p>◎請各組發表實驗結果 *教師歸納溶解的意義。 *請小組歸納實驗結果 （鹽水的重量等於水重加上鹽的重量，所以鹽加入水中並沒有消失，除了可以嚐出鹹味證明以外，重量不消失也可以證明。） （鹽加入水中，會溶解而看不見，但是當鹽水中的水分慢慢蒸發後，鹽又會聚集起來，變成較大的顆粒，讓我們觀察出來，證明了鹽並沒有消失。）</p> <p>第二節結束</p>	<p>第二節開始</p> <p>投入</p> <p>Engage</p> <p>(3 min)</p> <p>探索</p> <p>Explore</p> <p>(7 min)</p> <p>解釋</p> <p>Explain</p> <p>(30 min)</p>	<p>由學生回答的反應評量</p> <p>由學生提出的方法評量</p> <p>由學生提出修正後的設計評量</p> <p>由學生提出的歸納結果評量</p>

附錄二、

單元名稱：溶液的導電性

活動名稱：亮不亮有關係(二節課)

學習活動流程與教學說明：

學習活動	流程	教學說明
<p><u>第一節開始</u></p> <p>* 在日常生活中，有哪些東西會導電？水溶液會導電嗎？</p> <p>◎請小朋友利用桌上的電池、燈泡和電線，設計出能探測水溶液是否能導電的方法？</p> <p>◎小朋友說說看，你們這組所設計出的裝置，必告訴其他小組你們將怎麼進行？</p> <p>◎其他各組覺得他們的實驗裝置如何？有沒有需要改進的？</p> <p>*小朋友發表可能的答案並對其他組提出的想法進行提問。</p> <p>總結：請小朋友針對其他各組所給的意見，或是你們自己有更新的想法，來對你們的實驗裝置進行改進。</p> <p>第一節結束</p>	<p>第一節開始</p> <p><u>投入</u> <u>Engage</u> (10 min)</p> <p><u>探索</u> <u>Explore</u> (30 min)</p>	<p>由學生回答反應評量</p> <p>由學生提出的想法評量</p>
<p><u>第二節開始</u></p> <p>※在桌上放數個燒杯，在燒杯中裝有不同的水溶液。有鹽水、醋、檸檬水等....</p> <p>* ◎小朋友請你們預測看看，有哪些水溶液會導電？而哪些不會？</p> <p>◎實際做做看，你發現了什麼？是否和你原先的預測相同？</p> <p>◎請你說說看，為什麼有些水溶液能使燈泡發亮？而有些不能？</p> <p>◎實驗裝置是否有需要修改的地方？請小組討論，並執行修改後的實驗。</p> <p>◎請將在這次實驗中所得到的實驗結果及發現寫下。</p>	<p>第二節開始</p> <p><u>探索</u> <u>Explore</u> (15 min)</p> <p><u>解釋</u> <u>Explain</u> (10 min)</p> <p><u>探索</u> <u>Explore</u> (10 min)</p> <p><u>解釋</u> <u>Explain</u> (5 min)</p>	<p>由學生提出的想法及實驗操作評量</p> <p>由學生回答反應評量</p> <p>由學生提出的想法評量</p> <p>：</p> <p>由學生提出的想法評量</p>

附錄三、

單元名稱：溶液的酸鹼性

活動名稱：溶液的酸鹼~酸鹼的感覺(一節課) 神奇調酒師(二節課)

學習活動流程與教學說明：

學習活動	流程	教學說明
<p>第一節開始</p> <p>*教師先準備食鹽、白砂糖放在桌上，並提出問題：</p> <p>◎老師把糖(白砂糖)和食鹽放在一起，結果不知道那個是糖，那個是食鹽。怎麼分辨呢？ (聯繫學習經驗，引起興趣)</p> <p>*教師再展示洗髮精、洗碗精、肥皂、無患子、小蘇打、檸檬汁、柳丁汁、橘子汁、汽水、醋、...等一般不具腐蝕性的物質，並提問：</p> <p>◎小朋友，這是什麼東西，有沒有人知道？請你用你的各種感覺，把答案找出來吧！</p> <p>*教師將小蘇打、食鹽、糖.....等物質溶入水中後，(儘量不要有沈殿)每組分發一些水溶液、棉花棒及字卡，教師提問、要求進行學生將對各項溶液的各項感覺填入記錄表後，再將字卡貼在溶液上。</p> <p>*各組公佈結果，並討論</p> <p>◎小朋友，請把記錄表公佈出來，看看大家的答案有沒有一樣。</p> <p>*教師再發給學生棉花棒、圖卡或字卡，學生讓學生進行分類，並將結果以圖卡或字卡貼在分類表一呈現</p> <p>◎那老師問大家一個問題，請你把它們分類，每一類至少要有二項以上？而且要寫出分類的方法(分類的感覺)及規則(物質的特質)，看那一組的分類方法最多，分類的規則最清楚。</p> <p>*學生發表、解釋分類板的結果(圖表概念)</p> <p>第一節結束</p>	<p>第一節開始</p> <p>投入 Engage (5 min)</p> <p>探索 Explore (10min)</p> <p>解釋 Explain (5min)</p> <p>精緻化 Elaborate (10min)</p> <p>評鑑 Evaluate (10min)</p> <p>第一節完</p>	<p>由學生回答反應評量</p> <p>由學生參與程度評量</p> <p>由學生填寫的記錄表評量</p> <p>由分類表一結果評分</p>
<p>第二節開始</p> <p>*教師展示紫色高麗菜汁</p> <p>◎接下來老師要變個魔術，請看一下！.....將洗髮精、肥皂水、無患子、小蘇打、檸檬汁、柳丁汁、橘子汁、汽水、精糖.....等溶液倒入紫色高麗菜汁中(注意，老師要把各項溶液名稱隱藏)。</p> <p>(聯繫學習經驗，引起興趣)</p> <p>*讓學生預測紫色高麗菜汁加入溶液中產生的變化</p> <p>◎猜一猜如果把這杯紫色高麗菜汁倒入，洗碗精、醋、食鹽、.....會變什麼顏色，請你把答案寫</p>	<p>第二節開始</p> <p>投入 Engage (5min)</p> <p>探索 Explore</p>	<p>由學生回答反應評量</p>

學習活動	流程	教學說明
<p>在猜猜表上？ 寫完後~ ◎請將紫色高麗菜汁倒入各種溶液中，並把結果寫在猜猜表上 *揭示答案後。教師要求把這些結果分成三到四種，一種是偏黃綠藍色，一種是偏橙紅色、一種是不變(顏色變淡)、一種是其他變化。把結果寫在分類表二。 *教師提示，把分類表一中的各項分類方法中，和分類表二中有無關聯。 ◎請把分類板一拿出，看看你們剛才的分類狀況，請問一下，各項分類方法中，和分類表二中有無關聯？ *教師介紹指示劑的功用(並且加入「鹼」的介紹) 上一節介紹了紫色高麗菜的功用，除了可以分類外，還可以用來做什麼？ ◎有些物質不但不能嚐，甚至連摸都不行，因為有腐蝕性，這時指示劑就派上用場了。想一想，指示劑還有什麼用途？(教師強調食鹽、糖、水雖然味覺不同，但都是中性！) 第二節結束</p> <p>第三節開始 *用已學習到的方法辨別酸鹼。 ◎這裡有兩杯不明的溶液，請你用安全的方法，分辨它是酸還是鹼？請各組拿回去試試看。 *應用已學習到的方法解決問題。 ◎請你利用老師提供的溶液及紫色高麗菜汁，調出老師桌上的三杯溶液的顏色。 (做出類似的顏色) 看看那一組的顏色最接近 *教師總結 ◎你覺得你學到什麼，怎麼學到的 再次說明指示劑的功用，酸、鹼、鹽、鹼的不同</p> <p>◎請你拿出附件，並完成。 第三節完</p>	<p>(25min)</p> <p>解釋 Explain (10 min)</p> <p>精緻化 Elaborate (25min)</p> <p>評鑑 Evaluate (15in)</p>	<p>猜猜表的結果評量</p> <p>分類表二的結果評量</p> <p>由學生回答反應評量</p> <p>由學生回答反應評量</p> <p>由學生回答反應評量</p> <p>由學生調出顏色接近程度評量</p> <p>由附件答案評量</p>

附錄四、科學探究能力學生自我評量表

聰明又可愛的小朋友：

這份問卷主要目的在瞭解您對科學探究的一些能力，它不是「考試」也不是「測驗」，絕不會列入您的成績中計算，您可以放心的作答。不過，老師希望您可以將您的想法誠實的寫出來，您的意見將作為未來對國民小學課程及學術研究上之參考。請依照說明逐題填寫。非常感謝您的支持與協助！

敬祝
健康快樂

國立屏東師範學院科學教育中心

洪文東老師 敬上
中華民國九十四年二月

【填答說明】
本問卷計勾選題 18，敬請每題都填寫，避免遺漏！
請您仔細閱讀句子中敘述的意思，請您就各題敘述句的同意程度，選擇一於右邊的□內打「v」。

基本資料：班級：【 】年【 】班 姓名：【 】
座號：【 】 我是 (1) 男 (2) 女

無
法
做
到 偶
而
做
到 常
常
做
到 每
次
都
做
到

界定問題	1.	我能對自然現象產生疑惑，發現問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2.	對於一開始提出的問題，我能經由觀察、組織與分類來進一步瞭解問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3.	我能透過觀察、組織與分類來提出可探討性的實驗或調查。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4.	針對要做的科學實驗或調查，我能形成假設，確定問題性質。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
設計規劃	5.	我能針對實驗問題收集相關資料。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.	我能根據資料形成實驗假設。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7.	針對實驗，我能規劃實驗流程。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8.	針對實驗，我能運用相關實驗器材。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實作驗證	9.	在實驗中，我能控制實驗變因。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10.	在實驗中，我能運用五官及工具進行觀察與操作。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11.	對於實驗結果，我能運用文字、圖表等方式紀錄下來。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
解釋分析	12.	對於實驗過程或結果，我能利用各種方式彙整出規則。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13.	對於實驗過程或結果，我能解釋所發生的現象。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	14.	我在實驗之前，就能預測會發生的現象。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
溝通辯證	15.	我能將自己的發現向他人做詳細的描述（包括說話、寫字與畫圖均可）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	16.	我能分析自己的優缺點。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	17.	我能批判他人的優缺點。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	18.	我能對其他人的批判做出合適的回應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A Study of Inquiry-Based Instructional Design and Assessment in the Chemistry Course: An Example of the Properties of Aqueous Solution

Wen-Tung Hung*

Abstract

In this study, we developed an inquiry-based instructional unit and assessment tool for the chemistry course at elementary level. A quasi-experimental design was used to study 31 fifth graders. The instructional unit was “The Properties of Aqueous Solution.” “Inventory of Scientific Inquiry” was used as the assessment tool in pre-and post-tests. Our major finding is that inquiry-based instruction can increase students’ capability of scientific inquiry due to the significant differences between pre-test and post-test scores in scientific inquiry. Based on our findings, we propose that inquiry-based instruction of “The Properties of Aqueous Solution” can be used in elementary school science instruction. We also provide some suggestions for science curriculum design and future science education research.

Keywords: Aqueous Solution, Chemistry Course, Elementary School Students, Instructional Design, Scientific Inquiry.

*Department of Early Childhood Care and Education, Meiho Institute of Technology