

## 目 次

目次.....	I
圖次.....	II
表次.....	III
中文摘要.....	IV
壹、緒論.....	1
貳、文獻探討.....	1
參、研究方法.....	8
肆、結果與討論.....	17
伍、結論.....	28
陸、參考文獻.....	29
柒、計畫成果自評.....	30

## 圖 次

圖一	教、學、評量同時並進的動態評量歷程.....	5
圖二	多元化評量系統.....	6
圖三	模組的設計與發展.....	7
圖四	整合型研究之互動架構圖.....	9
圖五	「科學探究能力之培養」研究流程圖.....	10
圖六	第一年研究流程圖.....	11
圖七	第二年研究流程圖.....	13
圖八	第三年研究流程圖.....	15
圖九	科學探究實作評量之研究歷程.....	27

## 表 次

表一	探究式教學法.....	2
表二	科學探究教學模式五個階段.....	3
表三	教室中進行科學探究的五個必要條件.....	3
表四	第一年研究步驟及實施方式.....	11
表五	第二年研究步驟及實施方式.....	14
表六	第三年研究步驟及實施方式.....	16
表七	五 E 學習環教學模式與五 E 評鑑模式.....	24

九年一貫「自然與生活科技」領域科學探究能力之培養研究—總計畫（II）

計畫編號：NSC-94-2511-S-276-001

執行期限：94 年 8 月 1 日至 95 年 10 月 31 日

主持人：林顯輝 美和技術學院經營管理研究所

E-mail：x0019@meiho.edu.tw

## 中文摘要

我國中小科學教育主要目標即在培養國民科學素養，目前九年一貫課程改革理念，即特別強調經由科學性的「探究」活動，培養科學探究能力，進而提升全民的科學素養。

本整合型研究計畫針對培養科學探究能力所需之探究式教學活動設計、專題導向教學設計及有關的評量工具，以三年為期進行合作式行動研究，依「設計與發展」、「試驗與精緻化」、「評鑑與推廣」三階段開發出整套以探究為導向之教學活動設計與評量工具。第一年在設計與發展出的探究式教學活動設計及嵌入式評量方式；第二年在於將第一年的研究成果選擇國小進行實驗教學，並精緻化教學活動設計與評量工具；第三年則在於舉辦研習會、觀摩會，並推廣至全國。

第二年之研究成果發現，以五 E（投入 engage、探索 explore、解釋 explain、精緻化 elaborate、評量 evaluate）學習環探究式教學模式，所設計出的引導式探究教學，確實可提昇國小中高年級學童的科學探究能力。以國小中年級科學探究實作評量方面施測後發現，除界定問題能例外，其餘之探究能力，皆達顯著進步的水準，總探究能力亦達顯著進步水準。科學探究能力的起點在於好奇心及疑惑，有好奇心及疑惑才能去質疑、思考、找資料求證，這應是「探究」的核心概念。

關鍵詞：自然與生活科技、行動研究、科學探究能力、科學素養、教學模組

# 壹、緒論

## 一、研究背景

我國教育部公佈自民國九十學年度起逐年實施國民中小學九年一貫課程。這是我國國民教育課程劃時代的改革。為了培養國民具備基本科學素養，九年一貫課程打破了傳統學科的建制，將學生的學習內容分為語文、健康與體育、社會、藝術與人文、數學、自然與生活科技、以及綜合活動等七大學習領域。

有關中小學學生科學學習的課程最大的變革是將「自然與生活科技」規劃成同一個學習領域，是基於「自然科學」的探討自然現象，在生活方面的應用是全面的，它的許多創造、發明的產品更是日常生活中所不可或缺的，例如家庭用電、機械應用、人造材料、食品製造、資訊傳送等等，它們依據的原理未必是國民基礎教育階段所能理解的，可是卻可以逕由「探究」方式來研習，以培養其妥善用科學探究能力，以解決生活問題，進而提升國民的科學素養。

在此理念下，現階段我國中小學科學教育主要目標即在培養國民科學素養，二十一世紀之高科技社會，更需提升全民科學與技術素養，目前九年一貫課程改革理念，即特別強調經由科學性的「探究」活動，培養學生科學探究的能力，進而提升全民的科學素養。因此，本研究小組即針對培養學生科學探究能力所需之學習模組、探究式教學活動設計、及有關的評量工具，進行「合作式行動研究」，期能提出有效之科學探究導向之教學活動設計與適切可行的學生科學探究能力評量方式，以提昇學生的科學素養。

## 二、研究目的

本整合型研究計畫主要目的如下：

- (一) 設計與開發有關國小學童科學探究能力之學生探究式教學活動設計及評量工具。
- (二) 進行國小學生探究式教學活動設計之試教與評估，以及科學探究能力評量工具之預試與實測。
- (三) 依實際教學評估及實測分析結果，修正精緻化並綜合統整出一系列培養國小學童科學探究能力之學習材料、教學素材、教學方式與評量工具，提供國小教師加以推廣使用，並提昇其教學知能。

# 貳、文獻探討

本整合型研究計畫旨在開發出整套以探究為導向之教師教學與學生學習所需之教學模組與評量工具，並從尋求適切可行之學生科學探究能力之培育模式，茲針對科學探究能力與教學模組設計等有關文獻加以說明如下：

## 一、科學探究能力

科學探究是學生採取主動去發現問題、發掘問題答案的活動。Lederman 和 Lederman (2002) 指出科學探究是科學家尋求問題答案之系統取向 (systematic approaches) 科學探究能力包括傳統的科學過程技能，它是各種科學過程技能結合科學知識、科學推理、與批判思考可以發展科學知識的能力。

教育部 (2001) 公布的九年一貫課程「自然與生活科技」領域在分段能力指標中，對科學探究的內涵闡述如下：

經由科學性的「探究活動」，自然科學的學習使學生獲得相關知識與技能。同時，也由於經常依照科學方法從事探討與論證，養成了科學的思考習慣和運用科學知識與技能以解決問題的能力。長期的從事科學性的探討活動，對於經由這種以「探究」方式建立的知識之本質將有所認識，養成提證據和講道理的處事習慣。再面對問題，處理問題時，持以好奇與積極的探討、了解及合理解決的態度，我們統稱以上各種知識、見解、能力與態度為「科學素養」。自然科學的學習，在於提升國民的科學素養。(引自教育部 2001, P. 20)

根據上述，科學探究能力應包括觀察、應用時空關係、分類、應用數字、測量、傳達、預測、推理、控制變因、解釋資料、形成假設、下操作型定義、實驗等科學過程技能，並結合科學知識與科學思考智能之總體表現。

## 二、五 E 探究式教學模式

Esler & Esler (1989) 在 "Teaching Elementary Science" 一書中曾介紹三種探究式教學模式：發現式探究教學 (Inquiry by discovery)，推理式探究教學 (Rational inquiry)，以及實驗式探究教學 (Inquiry by experimentation)，研究者將此三種教學模式之過程加以整理比較如表一：

表一探究式教學法

教學法	教學步驟
發現式探究教學	(1) 探索階段 (2) 發明階段 (3) 發現階段
推理式探究教學	(1) 教師講述 (2) 師生共同討論 (3) 學生運用推理發展其概念
實驗式探究教學	(1) 發現問題 (2) 指出變因 (3) 形成假設 (4) 控制變因，自行設計實驗 (5) 執行實驗以驗證假設

由表一，我們發現，發現式探究教學著重於探索及發現；推理式探究教學在

於師生共同討論，及學生應用推理發展其科學概念；實驗式探究教學在於探索設計實驗、形成假設、控制變因、及執行實驗和驗證假設。若綜合整理此三種探究教學法，則探究教學不外乎在於讓學生接觸問題，引起興趣 (engage)，再來就由學生親自去探索 (explore) 此問題，找資料分析解釋 (explain) 所發現之問題，並擴充知識應用到新情境 (elaborate)，最後去評量 (evaluate) 學生所學到的知識。此即為美國國家科學教育標準所提的五 E 科學探究教學模式。

本研究根據美國國家科學教育標準中所提到之五 E 科學探究教學模式 (NRC, 2000) 作為研究小組進行教學活動設計之依據。科學探究教學模式有五個共同階段如表二所示。在教學時先由問題開始，藉此給予學生發表先前知識的機會，使教師與學生間、學生與學生間均有互動 (interaction) 的機會，接著再給予學生預期結果與事實並不符合，因而產生認知衝突。接著由教師提供情境，讓學生經由動手做 (hands on) 的探究活動，使學生透過相互討論，思索解決問題。最後，學生進一步擴充他們新的理解和探究能力，並讓學生應用新建構的科學概念於新的學習情境中。

表二 科學探究教學模式五個共同階段

- 
- 階段一投入 (engage)：使學生接觸問題、事件或現象，連結到他們已經知道的事實，藉機製造他們想法衝突，促使他們學習。
- 
- 階段二探索 (explore)：學生經由動手做的經驗探究他們的想法，形成假說與測試假說的過程，解決問題，探討所提出的解釋之合理性。
- 
- 階段三解釋 (explain)：學生分析及詮釋實驗數據，綜合各部份想法，建立模型，與他們的教師或其他科學知識的來源澄清他們的概念和解釋。
- 
- 階段四精緻化 (elaborate)：學生擴充他們的新理解和能力，並應用所學到新情境。
- 
- 階段五評量 (evaluate)：學生與他們的教師回顧與評估學到什麼及如何習得。
- 

(NRC, 2000)

五 E 探究式教學以”探究”為中心，進行科學之教學與學習。美國國家科學教育標準中從問題提到解釋驗證，指出在教室中進行探究有五個必要條件如表三：

表三 教室中進行科學探究的五個必要條件

- 
- 教師提出科學導向的問題使學習者參與。
  - 事先給予學習者證據，讓他們發展和評鑑他們對科學導向問題的解釋。
  - 學習者從證據形成解釋，以確定科學導向的問題。
  - 學習者評估他們另有解釋，特別反映出那些對於科學的理解。
  - 學習者為他們所提出的解釋作溝通及辯證。
- 

本研究以五 E 科學探究教學模式來設計開發教學模組及評量工具，即以表二探究教學的五個階段，及表三之五個必要條件來進行本計畫之研究。

### 三、教學模組的意涵與多元化教學評量

國民中小學九年一貫課程最大的特色是課程保持彈性，由於課程的彈性，因而模組 (module) 之教學設計應運而生。所謂「教學模組」係指以同一主題貫穿之一系列教學活動，每個活動皆與主題相關且獨立存在，教師依實際教學需要自行組合有關的教學單元 (姚如芬，2001)。模組之設計者根據主題有關概念之知識架構，參酌相關的教學理論，設計出多元化的教學活動；而模組之使用者，可以依自己專業經驗選擇合適之單元與教學策略，並進行教學活動與教學評量，期能達成最好之教學成效 (賴慶三，楊繼正，2001)。

以「自然與生活科技」學習領域而言，其課程精神乃與 Yager (1992, 1996a) STS 之教學理念相呼應。研究者認為教學模組是一個以探討及解決社會上或生活上有關的問題為主題，由探討及解決相關的子問題所組成之教學系列活動，其內容是一個主題式教學，包括社會議題、生活事件等有關問題之探討，並因應教學目標與時數而作彈性取捨，其方式也是多元的。例如：實驗設計、動手實作、調查報告、戶外教學、外埠參觀等。因此教學模組是一套以學生為主體，以生活為中心之主題式、生活化、適性化的統整教學活動設計，其內容與方式是多樣化而且符合學生之學習心理的。

#### (一) 教學評量的方式與原則

根據 Piaget 和 Bruner 的認知發展理論，由於低年級兒童常無法進行抽象或過份語文符號的學習，因此，低年級兒童應儘量避免使用文字評量，文字評量的比重可以隨兒童年級之遞升而逐漸增加。對絕大部分國小兒童而言，如果透過操作具體的實物、教具和儀器，則要比透過文字符號更容易表達他們的概念。因此，唯有透過實作測驗、情境測驗之類的具體評量情境，方能真正測出兒童所學得的科學概念和過程技能。(王美芳，熊召弟，2000)

建構主義在當今教育上的影響，主張知識是建構的，學習是個人從知識和先前之事件的有意義學習，基於此，「評量」的提出，重視知識的真實性應用與自我評鑑標準的設定，以有效地測量學生在課堂學習與進步的歷程，並強調評量是學生主動地在學習活動中，表現出有意義的成品和解決一個真實的問題。

由上可知自然科教學評量重視三大原則，即：

1. 連續性；
2. 多面性；
3. 客觀性。

此外，教學評量之功能主要在提供“回饋”(feedback)作用，評量就像教學的一面鏡子，讓教學者省思是否達到教學目標，作為改進教材教法之依據

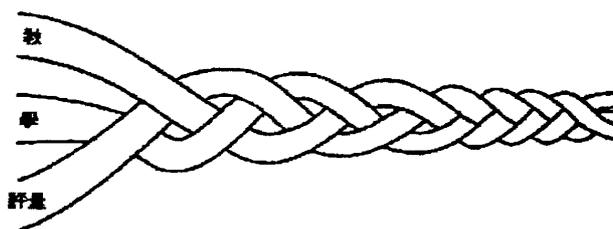
(Reynolds, Doran, Allers & Agruso, 1996)。本研究旨在開發「科學探究導向」之主題式教學模組並進行試教與評估，因此，整套科學探究式教學模組之實地成效如何？有賴所設計發展之評量工具加以施測及評估。依據教育部(2001)公布「國民中小學九年一貫課程暫行綱要」中之實施要點，指出教學評量的主要目的在作

為改進教學，促進學習的參考，其原則如下：

1. 評量的主要目的在於瞭解學生的學習實況。
2. 評量應具有引發學生反省思考的功能。
3. 教學評量應以課程目標為依據，教學評量應伴隨教學活動進行之。
4. 教學評量不宜侷限於同一種方式，除由教師考評外，得輔以學生自評與互評來完成。
5. 為了培養學生分析、推理的能力，評量時仍應提供這些資料，以提供學生參考，不應要求學生記憶。
6. 能時常參考評量的結果並作自我評鑑，並做調適。
7. 評量的層面應包含認知、技能與情意。
8. 評量的時機應兼顧形成性評量與總結性評量。
9. 評量的結果應用於幫助學生瞭解自己學習的優缺點，解以改善學習的效果。

## （二）多元化評量的特性

傳統評量模式已由教、學、評量的單向性結構，轉變為教、學、評量同時並進的新評量趨勢（Puckett & Black, 1994）如圖一：



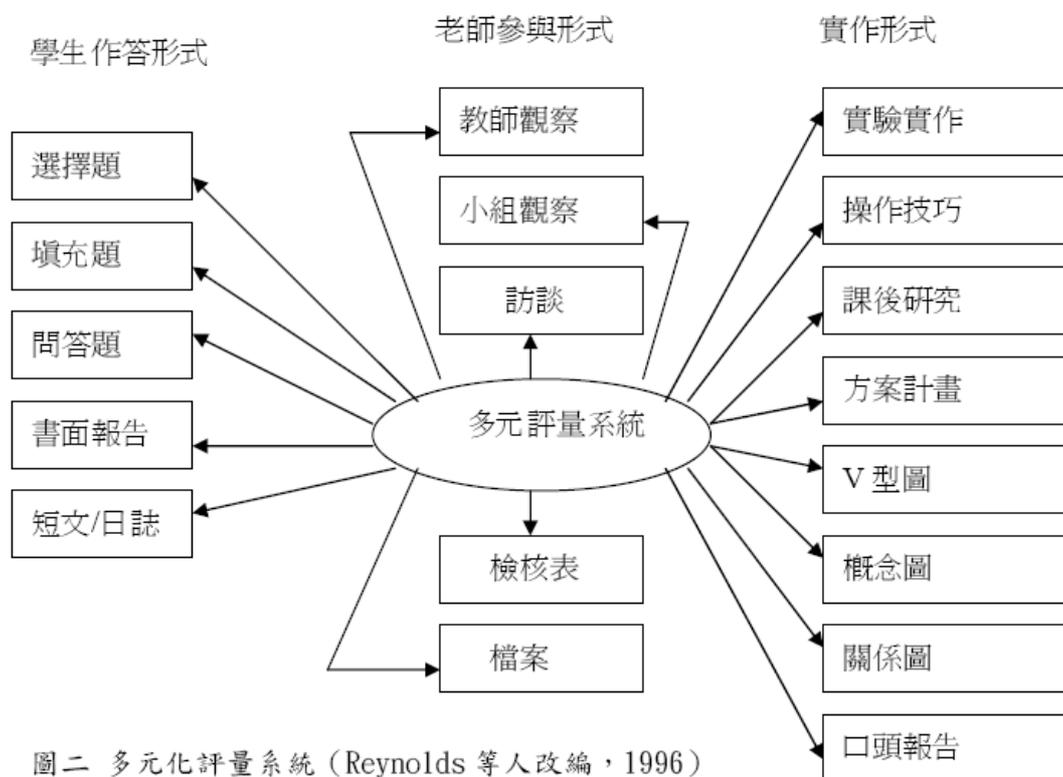
圖一 教、學、評量同時並進的動態評量歷程

（圖引自 Puckett & Black, 1994, p34）

從圖一中可以看出，教學評量不再只是教學後實施，它已與教學過程中教師的教、學生的學結合在一起，隨時進行著。教學評量的多元化評量，其精神在於重視學生內在的認知與學習改變、瞭解學生個人與環境的互動關係，著重學生個體之間的個別差異性，給予合適的評量方式，藉此讓每個學生都能了解自己的學習情況並能適性化發展潛能（侯雅齡，2000）。

## （三）多元化的評量形式

傳統的教育測驗是在課程或單元結束後，評量學生對課程命題或概念的瞭解。這種測驗所評量是比較低層次的認知技能。通常使用紙筆測量，如是非題、填充題、簡答題。近年來的評量改革，採用多元化的評量工具來評測比較高層次的認知技能，譬如：解決問題、探究、傳達、以及人際溝通的技巧。這種多元化的工具以各種不同的形式出現，如圖二所述。

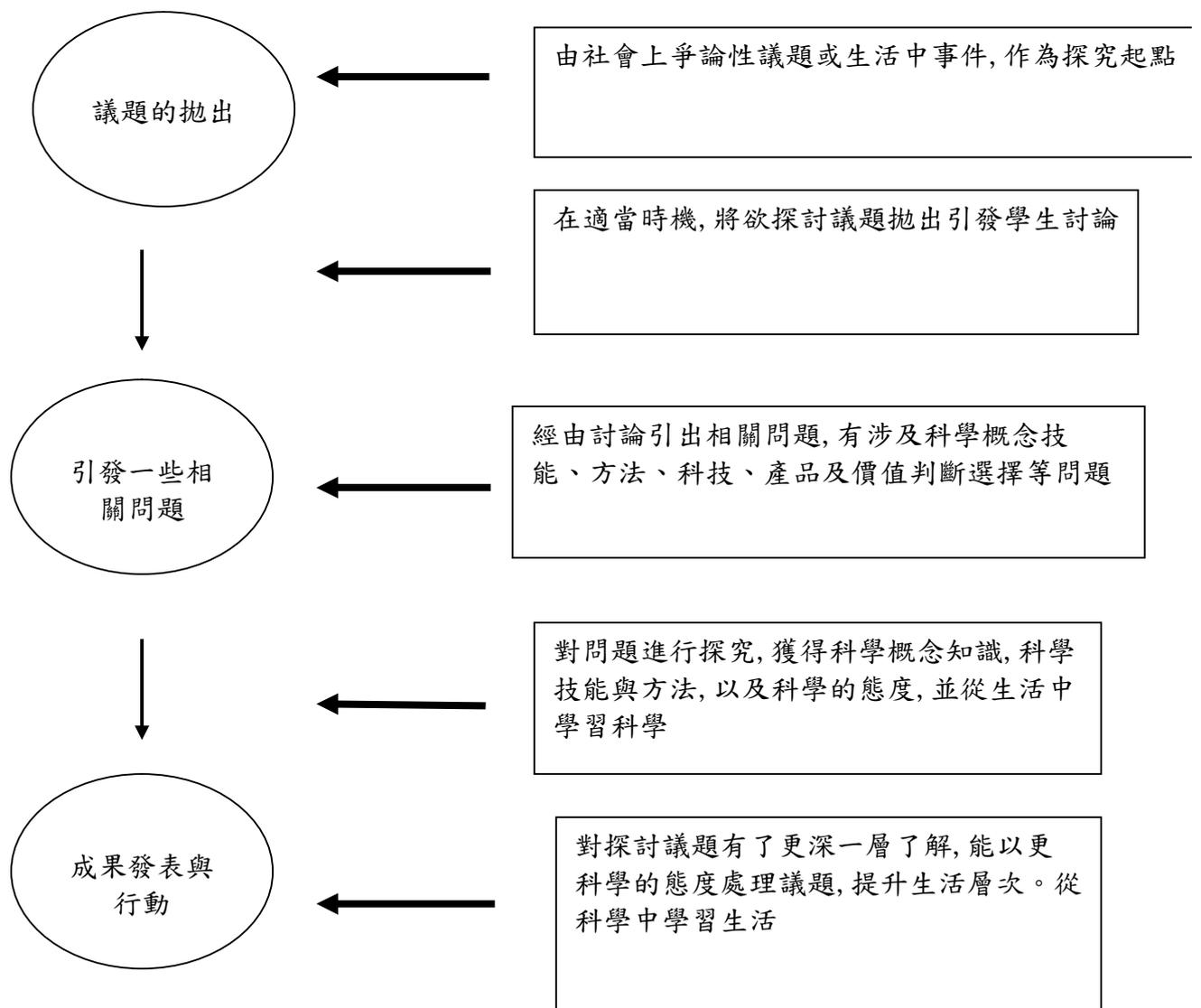


#### 四、教學模組之研擬與設計理念：

本研究第一年及第二年所發展之教學模組是一套以五E「探究為導向」(inquiry-based) 所組成之教學系列活動，包括教師教學活動與學生學習活動之材料及有關之科學探究能力評量工具。茲就其教學內容及教學方式加以說明：

- (一) 教學內容：就是一個主題式教學，包括相關的「次主題」之探討，可因教學目標、時間而做取捨。
- (二) 教學方式：可以是戶外教學、長期觀察活動、實驗設計與執行、主題調查報告、小組討論…形式不固定，彈性且多元。

根據上述設計理念，本研究進行五E「探究導向」(inquiry-based) 之教學模組設計與發展，其流程如圖三：



圖三 模組的設計與發展

上述教學模組於教學活動中進行之流程如下：

- (一)「議題」的察覺、形成及對「議題」相關內涵的討論與認識。
- (二)依教學目標及時間, 裁決「探討的重點」, 估量各子題的處理方式、深淺, 並做好小組的分工。
- (三)讓各小組的學生瞭解自己肩負的工作並主動進行規劃和設計工作, 教師協助其完成。
- (四)整合經驗: 安排學生觀摩別組的工作成果, 評鑑自己的工作, 提出報告或成品, 統整自己獲得的學習, 檢討議題處理的得失及提出進一步處理的展望意見。

## 五、九年一貫課程架構下教學模組應有之考量與特色

本研究擬以三年為期，進行「設計與發展」、「試驗與精緻化」、「評鑑與推廣」之合作式行動研究，開發出整套的培養學生科學探究能力所需之探究式教學活動設計與有關的評量工具。希望透過「行動研究」發展出「由下而上」的學校本位課程發展模式，強調「參與」、「草根式民主」課程發展。本計畫採取「行動研究」的策略，是企圖協調、結合研究者的「理論」與教師的「經驗」，在兩方互相配合下，研發提昇中小學生對科學素養的學校本位課程、教學活動及多元化教材。

所開發之教學模組包括完整的教師教學材料、學生學習材料、補救教學材料、和診斷教學工具，這些將與其它子計畫整合成一完整的資料庫，開放供給教師多元思考、教學之參照、和彈性運用，因此，這種研究設計是一種根本的、由基礎做起的、「由下而上」(bottom-up)的、可靠的「自然與生活科技」領域培養學生科學探究能力之教學模組及評量工具。

在九年一貫課程架構下，本研究所開發之教學模組應具有下列特色：

- (一) 以「探究」為導向之教學活動。
- (二) 以「主題」為單位之組合教材。
- (三) 以「學生」為主體之學習活動。
- (四) 這是一種生活化的教育。
- (五) 這是一種適性化的教學。
- (六) 這是一種符合「學習心理」的教學活動。
- (七) 它是一種統整性的教材。
- (八) 它的內容及活動方式是現代化的。

## 參、研究方法

### 一、研究範圍與研究樣本

- (一) 以國小「自然與生活科技」領域之教材內容為範圍，設計有關探究式教學活動設計、及評量工具。
- (二) 以國小中、高年級學童為研究對象與實驗教學樣本。

### 二、研究內容

- (一) 自行開發探究式教學活動設計
- (二) 自行開發科學探究能力評量之工具
- (三) 整合成科學探究能力培養之模式

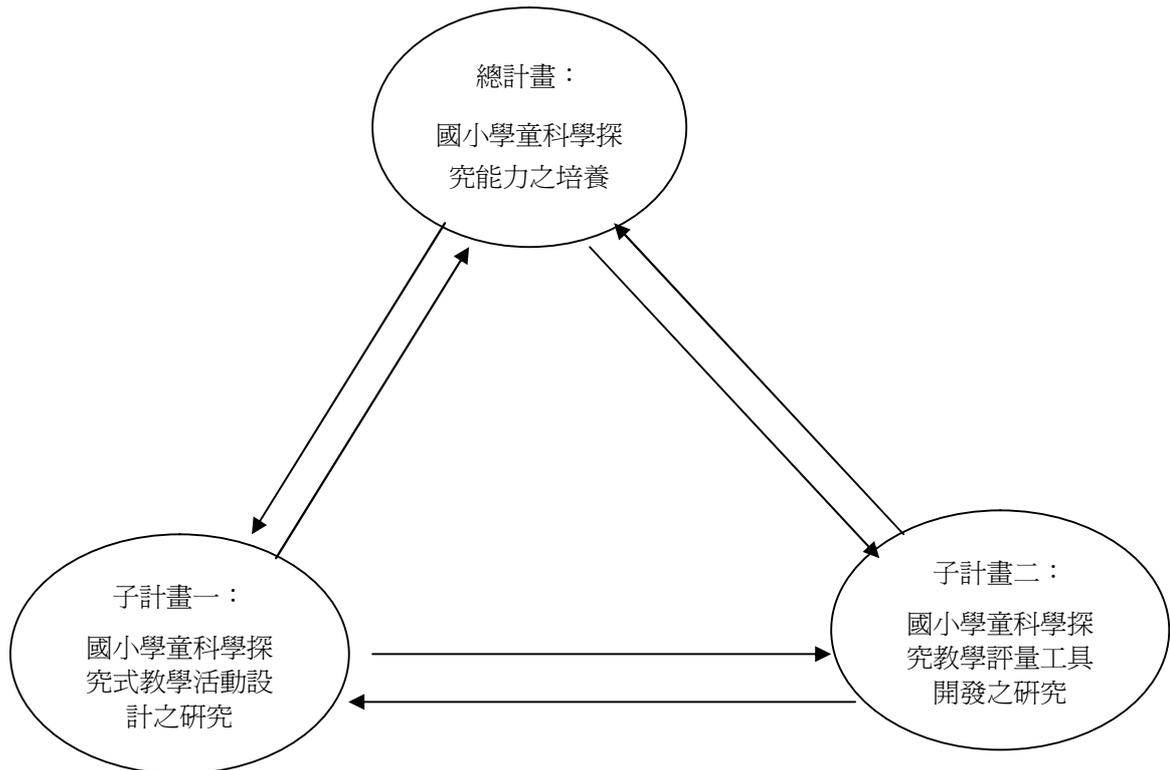
### 三、研究主題

主題：國小學童科學探究能力之培養研究

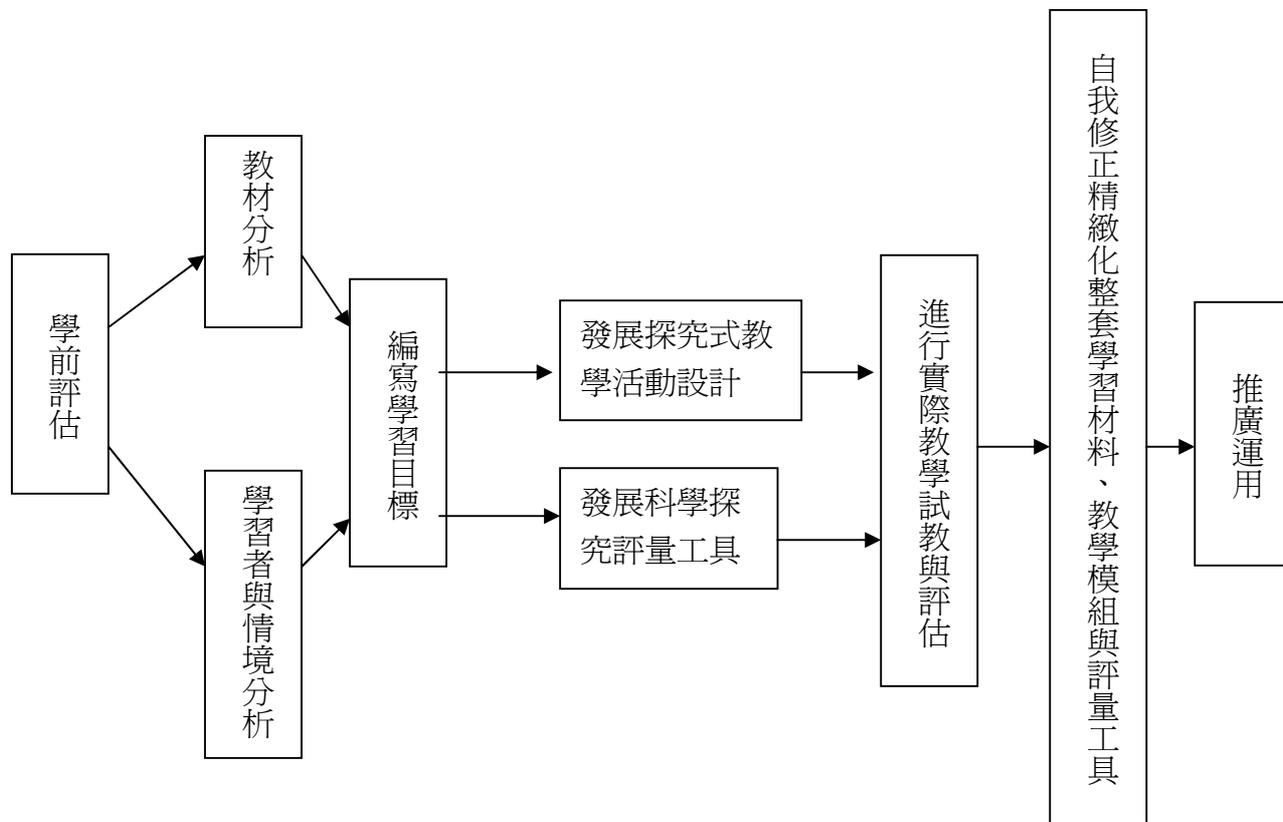
- 子題：(一) 國小學童科學探究式教學活動設計與提升科學探究能力之研究
- (二) 國小學童科學探究能力評量工具開發之研究

#### 四、研究架構

本研究總計畫及各子計畫互動關係如圖四所示，其研究流程如圖五：



圖四 整合型研究之互動架構圖

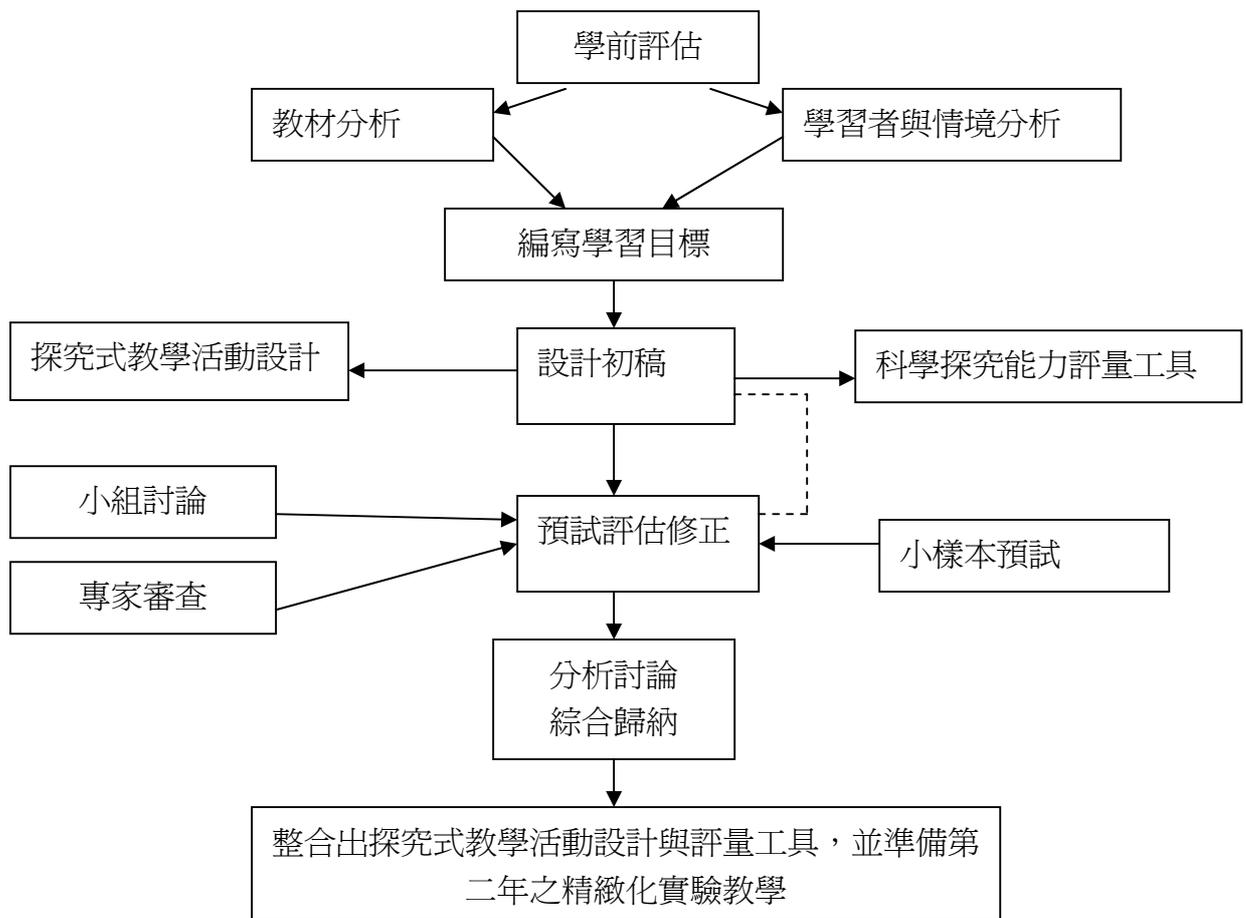


圖五 「科學探究能力之培養」研究流程圖

## 五、各年研究流程及研究步驟之實施方式

### (一) 第一年 (93年8月~94年10月)

本研究第一年在於「設計與發展」培養科學探究能力之教學模組、評量工具，其研究流程如圖六所示，而研究步驟實施方式則於表四中說明：



圖六 第一年研究流程圖

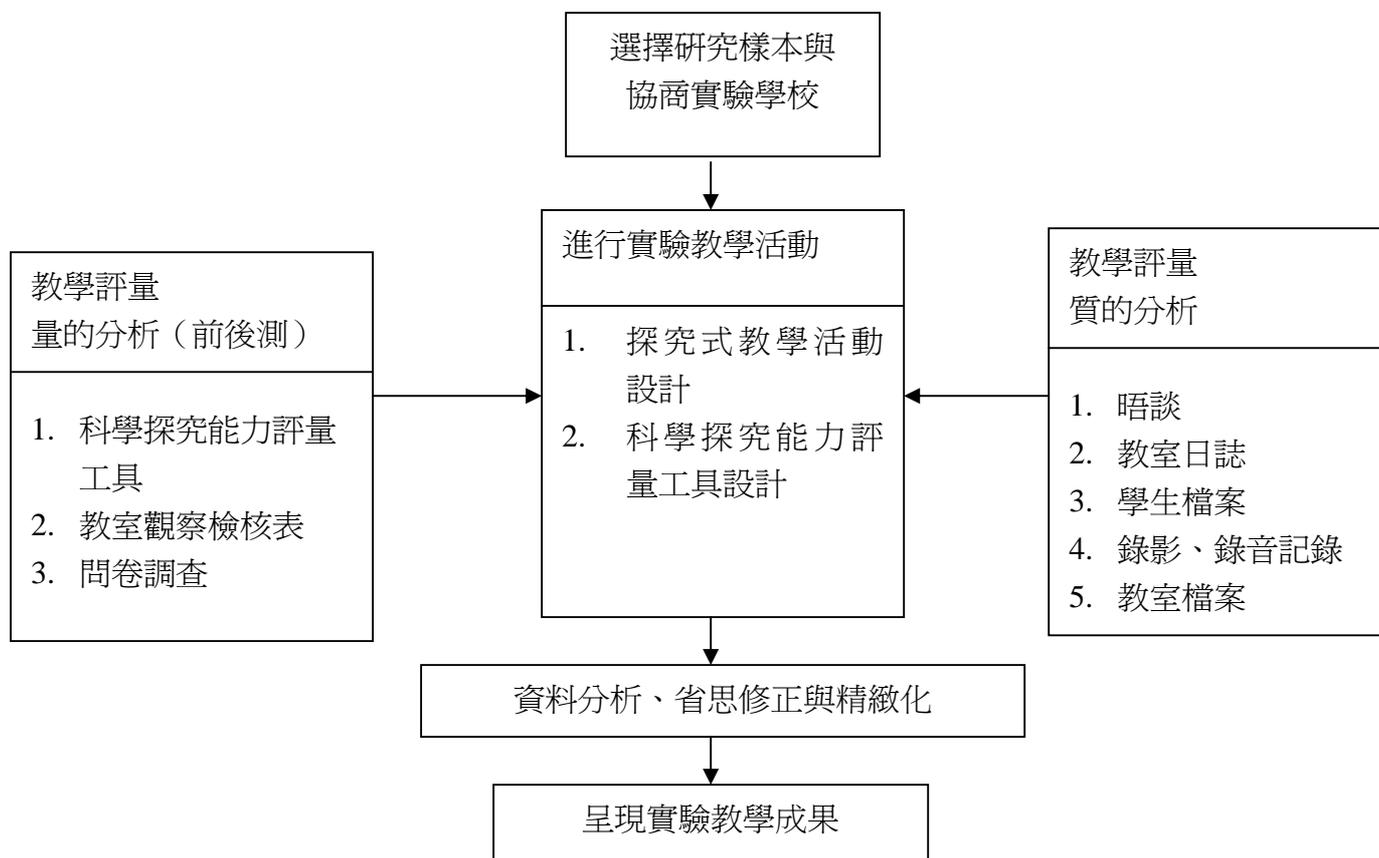
表四 第一年研究步驟及實施方式

研究步驟	實施方式及策略	日期	工作目標	工作評估
1. 準備階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 閱讀相關文獻、專題學習單元、參考公告的課程標準、蒐集教學相關資料等。</li> <li>● 研究基礎與可用資源之評估。</li> <li>● 擬定教學目標及評量方式等。</li> </ul>	93年8、9月	1. 分析相關教材 2. 選擇相關主題 3. 訂定編寫目標及進行模組開發工作	
2. 研究前評估	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 進行九年一貫課程中「自然與生活科技」學習領域，有關科學探究能力內容分析 (content analysis)，包</li> </ul>	93年10~12月	1. 完成模組原型圖 2. 完成模組架構圖	1. 教材分析表 2. 學習者與情境分析表

	含：教材分析和學習者與情境分析。			
3. 進行「自然與生活科技」科學探究能力培養科學素養之教學模組設計。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計及修訂「自然與生活科技」教師教學活動與教材設計。</li> <li>● 設計及修訂「自然與生活科技」學生學習材料。</li> <li>● 設計及修訂科學探究能力之評測工具。</li> </ul>	94年1~2月	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確立模組設計理念</li> <li>2. 模組全案設計</li> <li>3. 模組內活動設計</li> </ol>	1. 科學探究能力之評測工具
4. 模組開發完成之初稿	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 將進行預試評估及修正之工作。</li> <li>● 送請專家審查後，依其結果評估修正。</li> <li>● 進行小規模預試後，透過研究小組討論。</li> </ul>	94年3~5月	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 模組初稿完成</li> <li>2. 於模組預試時蒐集相關資料</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 「教室觀察檢核表」。</li> <li>2. 「問卷調查表」。</li> </ol>
5. 分析討論	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 綜合歸納整合出正式模組定稿</li> </ul>	94年6~7月	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 模組修正定稿</li> <li>2. 規劃第二年工作內容</li> </ol>	
6. 撰寫第一年報告	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 研究小組討論、修正並撰寫報告</li> </ul>	94年8~10月	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 撰寫報告</li> <li>2. 進行第二年之精緻化教學</li> </ol>	

(二) 第二年(94年8月~95年10月)

第二年研究工作在於「試驗與精緻化教學」，其研究流程如圖七，研究步驟之實施方式如表五所示。



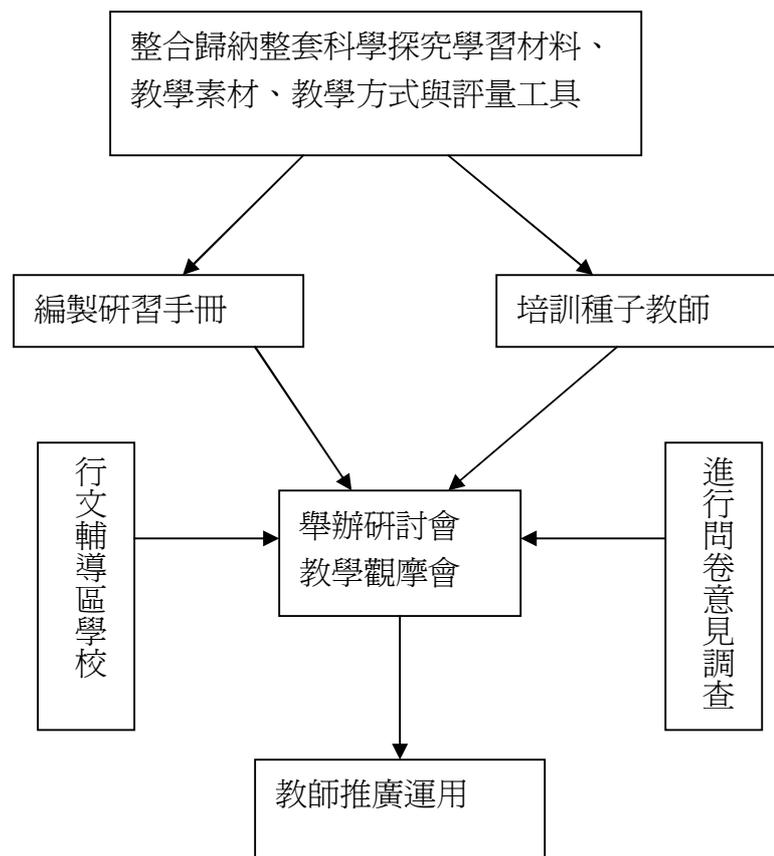
圖七 第二年研究流程圖

表五 第二年研究步驟及實施方式

研究步驟	實施方式及策略	日期	工作目標	工作評估
1. 工作準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 首先選擇適當班級為研究樣本。</li> <li>● 與實驗學校進行協商，以取得同意進行試教之實驗教學。</li> </ul>	94年7、8月		
2. 試教教師培訓	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 召集擔任實驗教學之班級教師進行培訓工作，以便了解本計畫科學探究教學模組之設計理念與實務，以便該教師在教學時能依循所設計之模組進行教學工作。</li> </ul>	94年9~11月		
3. 模組試教前、中、後之觀察與評量教學評量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 於試教前後進行前、後測，以獲得對本教學模組之反應及回饋。</li> <li>● 對教師及學生進行晤談，撰寫教室日誌，檢閱學生學習檔案，並於教學活動進行時予以錄影、錄音，記錄作為教室檔案。</li> </ul>	94年12月~95年4月	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發現模組開發的缺失。</li> <li>2. 蒐集教師及學生試教時之反應及資料</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 試教前進行必要的施測與教室觀察。</li> <li>2. 「科學探究能力評測工具」。</li> <li>3. 「教室觀察檢核表」。</li> <li>4. 「問卷調查表」。</li> </ol>
4. 試教檢討座談	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 試教活動結束後，邀集擔任試教教師、實驗學校校長及行政人員，和本計畫研究團隊進行試教檢討，以深入探討本模組設計之效果及缺失，並了解模組實施時行政配合之相關問題。</li> </ul>	95年5~6月	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以深入探討本模組設計之效果及缺失，並了解模組實施時行政配合之相關問題。</li> </ol>	
5. 呈現實驗教學成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 研究團隊將於試教檢討座談結束後，依據試教時所蒐集之資料及座談會之意見，修改本教學模組，並整理試教之相關資料以呈現實驗教學之成果。</li> </ul>	95年6~8月	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教學模組修訂，並整理試教之相關資料以呈現實驗教學之成果</li> </ol>	
6. 舉辦探究式教學活動設計與評量知能研習會	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 研究團隊於國立屏東教育大學舉辦科學探究式教學與評量知能研習會，邀請高、高屏三縣市中小學科學教師參與。</li> <li>● 精緻修正教學模組與評量工具</li> </ul>	95年9月20日及27日	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發表初步研究成果</li> <li>2. 100多名與會者互相交換教學心得</li> </ol>	省思並修正本研究之初步成果

(三) 第三年(95年8月~96年7月)

第三年之研究在於評鑑與推廣，其研究流程如圖八，研究步驟之實施方式如表六說明。



圖八 第三年工作流程圖

表六 第三年研究步驟及實施方式

研究步驟	實施方式及策略	日期	工作目標	工作評估
1. 教師研習準備工作	● 將第二年之研究成果整合歸納，包含整套科學探究學習材料、教學素材、教學方式與評量工具。	95年8、9月	1. 蒐集研習素材	
2. 製作教師研習手冊	● 為辦理推廣工作，將相關內容編製成研習手冊，並舉辦研習會，檢討並再進行實驗教學。	95年9~11月	1. 完成科學探究研習手冊 2. 完成研習會 3. 再進行實驗教學	
3. 科學探究種子教師培訓	● 與整合型計畫內之各子計畫配合，培訓種子教師，作為各地區推展探究教學之用。	95年12月~96年3月	1. 培訓種子教師 2. 各地區教師推展探究教學	1. 「教室觀察檢核表」。 2. 「問卷調查表」。
4. 舉辦科學探究研討會	● 與輔導區學校教師研習並進行問卷意見調查。	96年4~5月	1. 輔導區學校教師探究教學研習。	1. 「教室觀察檢核表」。 2. 「問卷調查表」。
5. 訪視國民小教師，進行教室觀察並推廣運用科學探究教學法。	● 與整合型計畫內之各子計畫配合，分赴各地國小訪視，加強推廣運用科學探究教學法。	96年5~7月	1. 推廣運用科學探究教學法。	1. 「教室觀察檢核表」。 2. 「問卷調查表」。

## 六、研究小組成員

總計畫：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

主持人：林顯輝博士（美國愛荷華大學科學教育博士）

子計畫一：九年一貫課程「自然與生活科技」領域科學探究能力之培養研究：以探究式教學活動設計提升科學探究能力

主持人：洪文東博士（國立台灣師範大學科學教育博士）

子計畫二：九年一貫課程「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

主持人：高慧蓮博士（美國印第安那大學科學教育博士）

## 肆、結果與討論

### 一、第一年初步成果（93年8月~94年10月）

本研究計畫為三年之整合型計畫，第一年之工作著重於設計與開發有關國小學童科學探究能力之學生探究式教學活動設計、專題導向教學設計、及評量工具，其研究過程與結果如下：

#### （一）教材分析

教材分析係依下列四個面向來進行分析：

1. 九年一貫「自然與生活科技」領域之課程綱要
2. 各版本國小教科書
3. 網路教材
4. 相關科學教育書籍

經由計畫主持人與在職國小教師之兼任助理共同進行九年一貫「自然與生活科技」學習領域國小中、高年級之相關教材分析，以瞭解各主題、次主題間、教材內容與教材知識結構。由各子計畫助理群收集相關教學資源，針對九年一貫課程中「自然與生活科技」學習領域國小中高年級之相關教材，包括不同版本之教學指引、教科書、習作、視聽多媒體教材、教學實驗器具，以及租借實驗室和相關教學場地等。

#### （二）學習者與情境分析

本研究計畫本著「設計者即教學者」之理念，因此本研究所聘請之助理，皆是國小資深之自然科教師，藉助其豐富之教學經驗來設計與發展教學模組與擔任實驗教學之工作，在設計模組與預試班級時，均與研究助理群以及學校資深自然

科教師相互討論研究針對該校之師生特色、學校本位課程設計發展適合該實驗教學班級學童之教學模組，以掌握學習者的學習特質與教室情境等因素。

### (三) 總計畫整合各子計畫編寫學習目標

總計畫與子計畫所有研究小組成員參考總計畫主持人於 2003 年所主持之九年一貫「自然與生活科技」領域能力指標詮釋研究(林顯輝, 2003)之研究報告, 經過相關文獻收集、及多次開會討論, 並請教國內科學教育學者洪振方、王靜如、林曉雯等三位教授後, 制訂出五個能力面向來定義科學探究能力, 作為科學探究能力指標以及行為表徵之主軸。這五個能力面向包括:

1. 界定問題的能力(包含發現問題、提出問題、定義問題)
2. 設計規劃的能力(包含收集資料、設計實驗)
3. 實作驗證的能力(包含進行實驗、觀察、操作、記錄)
4. 分析解釋的能力(分析資料、歸納及解釋實驗結果)
5. 溝通辯證的能力(溝通、批判)。

將中、高年級之科學探究能力指標暨行為表徵之五個能力面向, 依次陳述較詳細之能力指標細項, 經過各小組協商討論後, 最後定稿如下:

### 高年級科學探究能力指標暨行為表徵

#### (1) 界定問題 (包含發現問題、提出問題)

1-3-1-2 觀察一個問題或事件, 常可由不同的角度來觀察而看出不同的特徵。

3-3-0-4 察覺在「以新觀點看舊資料」或「以新資料檢視舊理論」時, 常可發現出新問題。

8- 3b 能由生活中的種種, 察覺問題, 獲得知識。

9- 3a 針對環境中各種變化, 能主動思考其可能原因。

※註 8、9 是十大基本能力的順位, 3 是第三段, a、b 是項次

#### (2) 設計規劃 (包含收集資料、設計實驗)

6-3-2-3 面對問題時, 能做多方思考, 提出解決方法。

6-3-3-1 能規畫、組織探討的活動。

6-3-3-2 體會在執行的環節中, 有許多關鍵性的因素需要考量。

7-3-0-1 察覺運用實驗或科學的知識, 可推測可能發生的事。

#### (3) 實做驗證 (包含進行實驗、觀察、操作)

1-3-1-1 能依規劃的實驗步驟來執行操作。

1-3-3-1 實驗時確認相關變因, 作操控運作。

1-3-4-1 能由一些不同來源的資料, 整理出一個整體性看法。

3-3-0-1 能由科學性的探究活動中, 瞭解科學知識是經過考驗的。

5-3-1-2 知道細心、切實的探討, 獲得的資料才可信。

5-3-1-3 相信現象的變化有其原因, 要獲得什麼結果, 需營造什麼變因。

6-3-2-1 察覺不同的辦法，常也能做出相同的結果。

(4) 分析解釋 (分析資料、歸納、解釋實驗結果)

1-3-4-4 由實驗的結果，獲得研判的論點。

1-3-4-2 辨識出資料的特徵及通則性並做詮釋。

1-3-4-3 由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果關係。

3-3-0-3 發現運用科學知識來作推論，可推測一些事並獲得證實。

3-3-0-5 察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異。

(5) 溝通辯証 (溝通、批判)

1-3-5-2 能由適當的方式表述資料。

1-3-5-3 清楚的傳述科學探究的過程和結果。

1-3-5-4 願意和同儕相互溝通共享活動的樂趣。

1-3-5-5 傾聽別人的報告，並做適當的回應。

6-3-1-1 對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑。

中年級科學探究能力指標暨行為表徵

(1) 界定問題的能力(包含發現問題、提出問題、定義問題)：

	能 力 指 標	行 為 表 徵
過 程 技 能	觀察 1-2-1-1 察覺事物具有可辨識的特徵和屬性	能觀察出不同事物間之差異，依目的做不同的分類，並能提出問題、形成預測之假設。
	比較與分類 1-2-2-3 了解即使情況一樣，所得的結果未必相同，並察覺導致此種結果的原因 1-2-2-4 知道依目的(或屬性)不同，可做不同的分類	
	組織與關連 1-2-3-2 能形成預測式的假設(例如這球一定跳得高，因...)	<u>能觀察出不同事物間之差異，依目的做不同的分類，並能主動蒐集資料以提出問題、形成預測之假設。</u>
	傳達 1-2-5-3 能由電話、報紙、圖書、網路與媒體獲得資訊	

科學本質	3-2-0-1 知道可用驗證或試驗的方法來查核想法 3-2-0-2 察覺只要實驗的情況相同，產生的結果會很相近 3-2-0-3 相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的	能提出檢驗想法的實驗方法，並認為不同的變因將導致不同的結果。
科學態度	發現樂趣 5-2-1-1 相信細心的觀察和多一層的詢問，常會有許多的新發現	相信對現象做詳細的觀察與詢問會有新的發現。 <u>相信對現象做詳細的觀察與詢問會有新的發現。</u>
思考	批判思考 6-2-1-1 能由「這是什麼?」、「怎麼會這樣?」等角度詢問，提出可探討的問題	對於未知的現象能先試著確定問題性質，再提出可探討性的問題，並能主動思考解決的方法。 <u>對於未知的現象能提出可探討性的問題，並能主動思考解決的方法。</u>
考	創造思考 6-2-2-1 能常自問「怎麼做?」，遇事先自行思考解決的辦法	
智能	解決問題 6-2-3-1 養成主動參與工作的習慣 6-2-3-2 養成遇到問題時，先試著確定問題性質，再加以實地處理的習慣	

(2) 設計規劃的能力(包含收集資料、設計實驗)：

	能力指標	行為表徵
過程技能	傳達 1-2-5-3 能由電話、報紙、圖書、網路與媒體獲得資訊	能透過各種方式蒐集資料，並能根據資料形成假設。
	組織與關連 1-2-3-2 能形成預測式的假設(例如這球一定跳得高，因...)	
科學與技術認知	認知層次 2-2-1-1 對自然現象作有目的的偵測。運用現成的工具如溫度計、放大鏡、鏡子來幫助觀察，進行引發變因改變的探究活動，並學習安排觀測的工作流程	能學習安排並嘗試提出觀察流程。 <u>能對運用現成工具對未知現象進行偵測活動，並能提出觀察流程。</u>

科學本質	3-2-0-1 知道可用驗證或試驗的方法來查核想法	能提出檢驗想法的實驗方法，並認為不同的變因將導致不同的結果。
	3-2-0-2 察覺只要實驗的情況相同，產生的結果會很相近	
	3-2-0-3 相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的	
科學態度	發現樂趣 5-2-1-1 相信細心的觀察和多一層的詢問，常會有許多的新發現	相信對現象做詳細的觀察與詢問會有新的發現。
思考智能	創造思考 6-2-2-2 養成運用相關器材、設備來完成自己構想作品的習慣	能發揮創造力以相關實驗器材、設備設計實驗。 對於未知現象試著確定問題性質，並能發揮創造力以相關器材設計實驗。
	解決問題 6-2-3-2 養成遇到問題時，先試著確定問題性質，再加以實地處理的習慣	
科學應用	7-2-0-1 利用科學知識處理問題(如由氣溫高低來考慮穿衣) 7-2-0-2 做事時，能運用科學探究的精神和方法 7-2-0-3 能安全妥善的使用日常生活中的器具	具備探究的精神，並能利用本身科學知識處理問題，並能妥善運用日常生活中的器具。 具備探究的精神，並能利用本身科學知識處理問題。

(3) 實作驗證的能力(包含進行實驗、觀察、操作、記錄)：

	能力指標	行為表徵
過程技術能	觀察 1-2-1-1 察覺事物具有可辨識的特徵和屬性	能控制實驗變因，運用感官及工具進行觀察，並能運用表格、圖表等紀錄實驗結果。
	比較與分類 1-2-2-1 運用感官或現成工具去度量，做量化的比較	
	1-2-2-2 能權宜的運用自訂的標準或自設的工具去度量	
	1-2-2-3 了解即使情況一樣，所得的結果未必相同，並察覺導致此種結果的原因	
	1-2-2-4 知道依目的(或屬性)不同，可做不同的分類	
	組織與關連 1-2-3-3 能在試驗時控制變因，做定性的觀察	

	<p>傳達</p> <p>1-2-5-1 能運用表格、圖表(如解讀資料及登錄資料)</p>	
科學與技術認知	<p>認知層次</p> <p>2-2-1-1 對自然現象作有目的的偵測。運用現成的工具如溫度計、放大鏡、鏡子來幫助觀察，進行引發變因改變的探究活動，並學習安排觀測的工作流程</p> <p>2-2-2-1 實地種植一種植物，飼養一種小動物，並彼此交換經驗。藉此栽種知道植物各有其特殊的構造，學習安排日照、提供水分、溶製肥料、選擇土壤等種植的技術</p>	能運用溫度計、放大鏡等現成工具對未知現象進行探究活動。
科學態度	<p>發現樂趣</p> <p>5-2-1-1 相信細心的觀察和多一層的詢問，常會有許多的新發現</p> <p>5-2-1-2 能由探討活動獲得發現和新的認知，培養出信心及樂趣</p>	能在實驗中獲得新發現，並能從探究的過程中培養信心與樂趣。
思考智能	<p>6-2-3-1 養成主動參與工作的習慣</p> <p>6-2-2-2 養成運用相關器材、設備來完成自己構想作品的習慣</p>	能主動運用相關器材完成自己的構想。
科學應用	7-2-0-2 做事時，能運用科學探究的精神和方法	

(4) 分析解釋的能力(分析資料、歸納及解釋實驗結果)：

	能 力 指 標	行 為 表 徵
過程技能	<p>比較與分類</p> <p>1-2-2-3 了解即使情況一樣，所得的結果未必相同，並察覺導致此種結果的原因</p> <p>組織與關連</p> <p>1-2-3-1 對資料呈現的通則性做描述(例如同質料的物體，體積愈大則愈重…)</p> <p>1-2-3-2 能形成預測式的假設(例如這球一定跳得高，因…)</p>	能將實驗結果整理出規則，解釋或預測所發生的現象，並能向他人做詳細的描述。

	歸納與推斷 1-2-4-1 由實驗的資料中整理出規則，提出結果 1-2-4-2 運用實驗結果去解釋發生的現象或推測可能發生的事	
	傳達 1-2-5-1 能運用表格、圖表(如解讀資料及登錄資料) 1-2-5-2 能傾聽別人的報告，並能清楚的表達自己的意思	

(5) 溝通辯證的能力(溝通、批判)：

	能 力 指 標	行 為 表 徵
過程技能	傳達 1-2-5-1 能運用表格、圖表(如解讀資料及登錄資料) 1-2-5-2 能傾聽別人的報告，並能清楚的表達自己的意思	能將實驗結果向他人做有系統的描述，並能傾聽別人的報告而提出自己的看法。

(四) 設計初稿

1. 由總計畫委請子計畫一：「以探究教學活動設計提升科學探究能力」之團隊先行設計出一套「植物的成長與繁殖」之科學探究教學模組，以供其他子計畫參考，藉以拋磚引玉，以期能激發出更完整適切之教學模組。
2. 經由計畫主持人與在職國小教師之兼任助理共同進行九年一貫「自然與生活科技」學習領域國小中、高年級之「植物的生長與繁殖」相關教材分析，以瞭解各主題、次主題間、教材內容與教材知識結構，制訂出國小植物課程概念圖。

(五) 預試與評估修正

1. 總計畫與子計畫每個月定期舉行主持人會議、整合型研究計畫之工作坊作為縱向之聯繫，以及各子計畫也每週定期召開小組會議討論未來之研究方向
2. 九十三年十月及十二月聘請校內專家學者王靜如教授與林曉雯教授為團隊之教授及研究助理講授「科學探究之教學與評量」，並且為本研究提供寶貴之審查意見。
3. 九十四年一月六日再聘請高雄師大科學教育所洪振方教授以及高雄市教育局「自然與生活科技」領域輔導團葉安琦老師蒞臨本校為研究團隊演講相關議題以及提供寶貴之專家意見。

4. 根據「植物的成長與繁殖」教學模組原形圖，各子計畫設計發展出其教學單元內容之後，於各子計畫助理所服務學校進行試驗性之實驗教學，全程錄影，教學結束後，進行教學反省與分析，採用五E學習環教學模式與五E評鑑模式（如表七），修正為更加完善之教學模組與教案。

表七：五E學習環教學模式與五E評鑑模式

階段		
投入 (Engage)	活動 重點	此時期的教學目的是學習之間的連結，活動應該能和過去的和現在的學習經驗聯繫起來，並關注學生在當今活動學習成果的思考歷程。學生應進行心智上概念、過程和技巧的探索。
	評量 方式	圖表、概念圖、卡片分類、備忘錄、腦力激盪、晤談、問卷調查。
探索 (Explore)	活動 重點	這時期的教學過程提供學生鑑定及發展目前的概念、過程和技巧的共同經驗基礎。學生主動探索學習環境並操弄教材、教具。
	評量 方式	科學筆記本、每日反省記錄、遇到的難題、每日問題、討論、短文、概念組織、分組思考與分享、畫圖、預測活動、圖表組織。
解釋 (Explain)	活動 重點	學生以語言、文字、圖表等各種方式來表達他們對概念的理解或探究階段中所獲得的經驗、看法、技巧等。同時教師可以引介對概念、過程或行為上正式的解釋或定義。
	評量 方式	不同事件的預測及解釋、概念測試、製造模型、概念回想
精緻化 (Elaborate)	活動 重點	本階段要對學生概念理解上予以挑戰及延伸，並提供學生驗證預期的技巧和行為的機會。已發展更深入且淵博的瞭解，獲得更多的訊息及發展更高層次的技巧。
	評量 方式	應用問題、小組解決問題、設計活動、思考性實驗（沒有親自作實驗）
評量 (Evaluate)	活動 重點	鼓勵學生評量他們的瞭解程度及能力，而教師評量學生達成教育目標的進展狀況。
	評量 方式	海報、投影片、測驗、實驗練習、報告、比較性的議題、總反省、實驗報告、自我評鑑、辯論、備忘錄。

## 二、第二年研究成果（94年8月～95年10月）

本研究第二年在精緻化修正探究式教學活動設計與評量工具。子計畫一在於研究修正精緻化探究式教學活動設計，子計畫二則在於研究修正精緻化探究式教學之評量方式，茲綜合彙整研究之成果說明如下：

### (一) 科學探究式教學活動設計方面

#### 1. 有關國小高年級學童探究式教學活動設計之研究

本研究以屏東市某國小五年級兩班學童為研究對象，並以康軒版課本五年級上學期之「太陽規則」、「植物世界面面觀」、「空氣與燃燒」、「力與運動」等四個單元，設計成「食譜式探究」與「引導式探究」兩種 5E（投入、探索、解釋、精緻、評鑑）科學探究式教學與評量活動設計，藉由「科學概念學習成就測驗」、「科學探究能力自我評量問卷」、「科學探究能力實作評量」三種評量工具以及部分學生的半結構式晤談結果，研究發現如下：

- (1) 學童在「科學概念學習成就測驗」的表現兩班均顯著提昇，但統計考驗未達顯著差異。
- (2) 學童在「科學探究能力自我評量問卷」的表現上，亦未達顯著差異。
- (3) 學童在「科學探究能力實作評量」的表現上，兩班的表現則都有顯著的進步。
- (4) 由質性的資料分析發現，學童的科學探究能力可藉由探究式活動設計而有所提昇。
- (5) 晤談之結果發現五年級的學童在認知發展上已較成熟，且對科學實驗的操作也較有經驗，隨著年級之增長，本身對於科學探究能力的自我要求認為有再加強之空間，因而影響了學童對科學探究能力的自我評價，所以在自我評量表現未有顯著的提昇。

#### 2. 有關國小中年級學童科學探究式教學活動設計之研究

本研究以屏東市某國小三年級兩班學童為研究對象，並以康軒版課本三年級之「植物身體」、「磁力玩具」、「空氣和風」、「廚房裡的科學」、「水溶液」、「奇妙的水」等六個單元，設計成「食譜式探究」與「引導式探究」兩種 5E 科學探究式教學與評量活動設計，評量工具亦與高年級相同，研究發現如下：

- (1) 「學生科學探究能力自我評量」後測的成績在排除前測的影響後，會因教學模式的不同而有顯著性的差異，且成績上，「引導式探究」顯著高於「食譜式探究」。
- (2) 「科學探究能力實作評量」的設計，教學與精緻化的過程中，尚無法達到預期的成效，追其原因，在於三年級的學童過去為有過科學實驗操作的經驗，許多實驗操作的能力仍須培養。
- (3) 「學生科學概念學習成就測驗」結果顯示，「引導式探究」與「食譜式探究」在學習成就測驗的表現均有顯著提昇。
- (4) 經由晤談資料之分析，學童的科學探究能力卻能透過探究式教學活動設計的探究學習過程而有所提昇。

### 3. 培養國小中年級學童科學探究能力之教學研究

本研究以「5E 探究教學法」及「評量融入式教學法」，於屏市某國小中年級二班進行實驗教學，並對整個教學過程與結果進行分析與反思，重要結果如下：

- (1) 以日常生活的具體實例結合科學教材是引起學生學習動機的重要良方。
- (2) 教師的引導與重點提示，可協助學生釐清所欲探究問題。
- (3) 學童分組之報告，可彼此增進學生溝通辯證的能力。
- (4) 學童不易由表格之數據發現規則，需要教師明確的指導。

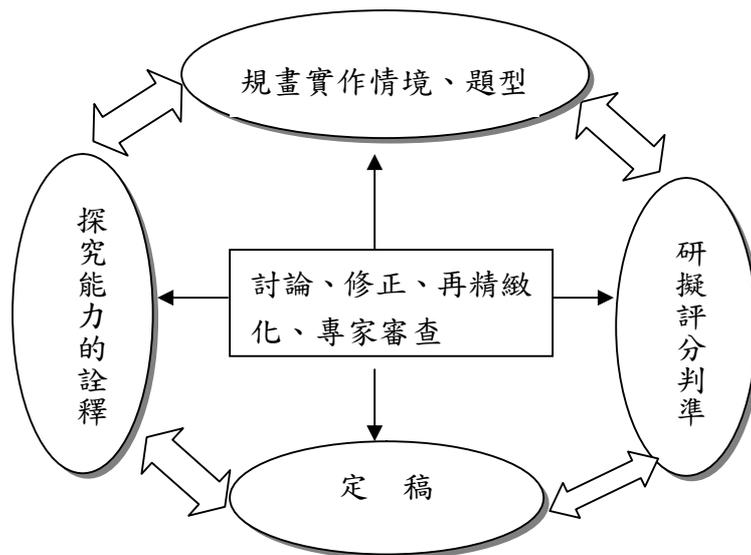
#### (二) 科學探究多元化評量工具的發展

##### 1. 科學探究能力問卷

- (1) 本研究依據總計畫所研訂之「國小中、高年級科學探究能力的行為表徵」開發本問卷，分別計有 32 題、36 題，包含正向及負向敘述各半，且正負的試題順序採隨機排列。
- (2) 問卷之設計為李克四點量表，選項包含「完全符合」、「經常符合」、「偶爾符合」及「尚未符合」等四種。計分的方式如下：若問卷為正向題，學童作答「完全符合」者計四分，「經常符合」者計三分，「偶爾符合」者計二分，「尚未符合」者計一分；若問卷為反向題，答「完全符合」者計一分，「經常符合」者計二分，「偶爾符合」者計三分，「尚未符合」者計四分。
- (3) 問卷先選擇以小樣本的學童為對象，讓學生大聲逐題朗讀題目問學生是否能明白所要問的，調查學生是否瞭解題目的意義。
- (4) 在內容效度(content validity)方面，將問卷送科學教育學者、科學教師作內容之審查，並依照回覆的意見作修訂。中年級問卷初步的整體量表信度  $\text{Alpha} = .9040$ ，高年級問卷初步的整體量表信度  $\text{Alpha} = .9205$ 。

##### 2. 學生科學探究能力實作評量

- (1) 評量工具的開發，需透過不斷反覆檢視的過程，本研究除了從文獻理論出發，與九年一貫的指標條文中提掣出探究能力的元素，並採取「行動研究」的精神，對於教學現場的安排、教學工作的進行等需要嚴格的掌控，利用所開發出的五種探究能力，研擬實作評量的題型，進行學生的預試、評分判準的擬訂、試題修正，最後並提交專家審查，使評量的工具更嚴謹。
- (2) 每次歷程的開發均需要研究小組針對理論與實務層面進行詳細的討論與再精緻化。茲將本研究的開發歷程彙整如圖九所示：



圖九：科學探究實作評量之研究歷程

- (3) 探究能力成分：分析過國小中、高年級的科學探究行為表徵後，研究群發現每個探究能力所包含的範圍太廣，直接影響到實作題的評分判準，可能得預設更多的能力層次，而且不同的能力層次也無法截然論斷其優劣。例如：在界定問題的能力中，「能提出預測式的假設」與「能聯結到舊經驗」並無法判斷哪一個層次較高。故研究群在多次的討論後整理出各種探究能力的探究能力成分，而且儘可能彼此獨立。茲舉「界定問題的能力」為例，可細分成「察覺問題」、「形成假設」、「新舊經驗聯結」等三部分，最後再研擬出各自的評分判準。
- (4) 實作題型的編排：實作題的設計需考量到有特定的故事情境，情節若能挑起學生的提問能力會產生更多的誘答情境產生，學生也較樂於參與。本研究依循所發展出的探究能力架構，設計一個「影子國」與「賣冰塊的爺爺」之實作題型，最後依據探究能力成分提出相關的命題陳述，從學生提問、設計規畫、實作驗證到解釋分析、溝通辯證，貫穿整個理論脈絡，以檢視學生的探究能力表現。

### 3. 嵌入在教學活動中的多元化評量

- (1) 本研究亦結合從課堂中的活動來設計合宜的嵌入式評量 (embedded assessment)，以符合「評量落實在實際的教學中」之理念。這些嵌入式評量工具的效度應考量的範圍，以從編製過程開始、到實施的情況、學生表現的歷程、評分得到的結果、對於結果的解釋、詮釋後會產生的效果、及整個歷程所傳遞的價值，來考量效度。
- (2) 嵌入式評量是將評量融入在教學過程中，而不是在教學後才進行的，也就是評量整合於教學。因此嵌入式評量與教學、學習之間的界線是模糊的。

教師利用嵌入式評量的策略獲得學生學習的情形，進一步引導後來的教學決定、教學計劃的調整與修正。嵌入式評量採用的評量方式是多元的包括口頭回答、書寫作業、實驗操作，亦包括個別作業和分組合作等。嵌入式評量的構想，要怎麼做？

- (3) 以中年級探究實作評量研究之結果發現，除界定問題能力外，其餘探究能力皆達顯著水準，而總探究能力亦達顯著水準。

### (三) 總計畫之整合分析

本計畫經過總計畫每個月召集各子計畫研究人員整合分析，討論科學探究活動教學設計及評量工具所應注意之事項，加上召開研習會、實地演示教學檢討後，獲得以下之共識：

1. 以界定問題、設計規劃、實作驗證、解釋分析、溝通辯證等五個能力面向來定義科學探究能力，作為科學探究能力指標，以及行為表徵之主軸，並以五E（投入、探索、解釋、精緻、評量）學習環探究式教學模式來開發設計科學探究能力的教學活動設計與評量方式。
2. 科學探究能力的起點在於好奇心及疑惑，有好奇心及疑惑才能去質疑、思考、找資料求證，這應是「探究」的核心概念。
3. 科學探究式教學的特質在於
  - (1) 強調反覆「探索」、「質疑」，與「求證」的歷程。
  - (2) 探究能力需要完整的練習，也需要有分段的培養，非一蹴可幾。
4. 應尊重師生「教與學」兩者原有的知識。
5. 教師在教學時，不必立即的解釋，而是引導學生對不同的觀點如何思考去解釋之。
6. 教學時不必急於概念的正確性，要依著學生的發現去誘導，而不是依規劃的教學流程步驟去教學。
7. 教學設計及評量要重視論述的合理性，不必太重視概念的正確性。
8. 在評量時，教師不必拘泥於標準答案，也不要立即作結論。
9. 科學探究的教學與評量，需要長時間及有耐性的練習，才能讓學生有時間去思考、討論、發表、質疑，也才能培養出具有科學素養的國民。
10. 師生均應瞭解科學的知識是暫時性的、可驗證性的、公開性的、可複製性的、累積性的等科學知識的本質。
11. 本研究針對上述的共識，將再度修正、精緻第二年之研究成果，並於第三年辦理研習會時，公開發表研究成果，並進行推廣之工作。

## 伍、結論

- 一、本研究以界定問題、設計規劃、實作驗證、解釋分析、溝通辯證等五個能力面向來定義科學探究能力，作為科學探究能力指標，以及行為表徵之主軸，並以五E（投入、探索、解釋、精緻、評量）學習環探究式教學模式

來開發設計科學探究能力的教學活動設計與評量方式。

- 二、引導式的科學探究能力教學活動設計確實可提昇國小中高年級學童的探究能力。
- 三、在中年級科學探究實作評量中，研究得知學童在五個探究能力面向除界定問題外，其餘四項探究能力面向均有顯著的進步，而總探究能力亦有顯著進步的水準。
- 四、科學探究能力起點在於好奇心及疑惑，有好奇心及疑惑才能去質疑、思考、找資料求證，這應是「探究」的核心概念。
- 五、本研究所研發之科學探究教學活動設計及評量方式，可供中小學科學教學教師之參考

## 陸、參考文獻

- 行政院國家科學委員會(2003):九十三年度「國科會與科教處目標導向研究計畫」邀請書。
- 林顯輝(2003):九年一貫「自然與生活科技」領域能力指標詮釋研究-總計畫。國科會專題研究計畫成果報告(計畫編號 NSC 92-2522-S-153-009)。
- 姚如芬(2001):從學校本位教學模組之發展協助小學數學教師專業成長之研究。2001年海峽兩岸小學教育學術研討會論文集,2001,9。國立嘉義大學教育學院主編。
- 侯雅齡(2000):如何有效運用多元評量結果。測驗與輔導,159期,3339-3341頁。
- 教育部(1999):國民教育階段九年一貫課程總綱要。
- 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。
- 張玉成(1993):思考技巧與教學。台北:心理出版社。
- 賴慶三、楊繼正(2001):國小自然資源教學模組的發展研究。國立台北師範學院學報,14,673-704。
- Lederman, N.G. & Lederman, J.S.(2002). Scientific Inquiry: How Is It Defined/Used in Curriculum Reform? 九十一年度南區中學科學課程教材教法及教師知能研習會,教育部。
- 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.
- NRC. (1996a). National Science Education Standards. Washington, D.C.: National Academy Press.
- NRC. (1996b). The Role of Scientists in the Professional Development of Science Teachers. Washington, D.C.: National Academy Press.

- NRC. (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>.
- Puckett, M.B., & Black, J.K. (1994) . *Authentic assessment of the young child celebrating development and learning*. New York : Macmillan College Publishing Company.
- Reynolds,D.,Doran, R.,Allers,R.,&Agruso,S.(1996). *Alternative assessment in Science: A teacher's guide*. Buffalo: University of Buffalo.
- Yager, R. E. & McCormack, A. J. (1989). Assessing teaching/ learning successes in multiple domains of science and science education, *Science Education*, 73(1), 45-48.
- Yager, R.E.(1992). The STS approach parallels Constructivist Practices. *Science Education International*, 3 (2), 18-20.
- Yager, R.E.(1996a) : *Science/Technology/Society As Reform in Science Education*. NY : State University of New York Press, Albany, U.S.A.
- Yager, R.E.(1996b). *Teaching science in the elementary school*. Boston : little, Brown and canpany.

### 柒、計畫成果自評

- (一) 本研究藉由五 E 科學探究能力之教學模式設計相關單元之教學模組及評量工具，參與師生均表示教學活動相當生動有趣，確可提昇國小學生之科學探究能力。
- (二) 藉由研究之過程，可提昇參與本研究計畫之所有研究人員，從事科學教育研究之能力。
- (三) 本研究所發展的五 E 科學探究能力之教學模組及評量模式，可設立網站，藉由網路交流提昇國中小學教師因應九年一貫課程所需之教學模組設計能力，及進行探究式教學所需之教學知能。