

教育部 99 年度中小學科學教育計畫專案

期末報告大綱

計畫編號：129

計畫名稱：每一個學生做科展，可能嗎？

—發展國小學生科學探究能力自編課程之行動研究（第三年）

主持人：翁秀玉

執行單位：嘉義市蘭潭國民小學

摘要

本研究為三年計畫，研究者自編「科學專題研究」課程，推展國小學生從事科學專題研究，目前已進入第八年，歷年來共有十六位教師共同參與。第一、二年計畫方向為課程的改進、瞭解學生科學探究能力、及追蹤本課程對畢業學生在中學時科學實驗課的影響。第三年計畫除了持續改進課程外，再往外-跨校合作，以及往下延伸-設計中年級配套課程二方面推廣。

高年級「科學專題研究」課程小組運作方面增加「小小組」的編制後，學生的錯誤率有降低；學生學習手冊的內容以「說明→範例→練習」編排，可以幫助學生理解。

中年級「科學專題研究」授課教師對自然科教材與科學專題研究課程的熟悉度不同，所以在實施上提出不同的困難。初任教師對教學方法較欠缺，因此建議以「師生討論」方式引導學生；而有經驗的教師認為在四年級自然科實驗中融入變因、實驗設計、結果紀錄與討論等各方面的教學上都沒有問題，只有學生的學習時間不足，會影響作業完成度。

跨校合作方面，雲嘉地區共有四所學校六位教師參與，提出教學困難為三方面：變因教學、實驗結果的量化、及全班同時不同主題的教學處理，以上可做為本課程未來修正之建議。

關鍵字：科學探究、科學專題研究、行動研究

壹、緒論

一、研究背景與動機

教育部為因應國際教育潮流、時代脈動、家長期望與社會需求，2002年12月召開第一次全國科學教育會議，由會議結論及共識編撰「科學教育白皮書」，清楚表達落實科學教育，提升全民科學素質，以發掘及培養優質的科學人才，提升國家競爭力(教育部，2010)。在科學教育白皮書第一章明確揭示出，在了解世界各國科學教育的發展、改革與趨勢，並比較國內的實施現況，發現科學教育最少應包括下列成分，分別是：

1. 科學探究能力與科學過程技能的訓練。
2. 科學知識與概念的理解。
3. 科學態度的培養與建立。

將科學探究能力的培養列為首要項目，可知國際教育潮流對於此能力的重視與培養的迫切性。

依據美國國家研究委員會(National Research Council [NRC], 1996)公佈的國家科學教育標準(The National Science Education Standard, NSES)中強調「理解科學概念，養成科學探究的能力。」的重要，並且將科學探究視為科學教學的中心策略，以探究為基礎的教學將是學生學習科學知識的有力手段(NRC, 1996)。

教育部在2008年修訂公佈的九年一貫課程綱要中，自然與生活科技領域提到，教師應有四點基本認識來規劃課程，其中第二、四點皆提及科學探究的重要：

第二點：自然與生活科技之學習應以探究和實作的方式來進行，強調手腦並用、活動導向、設計與製作兼顧及知能與態度並重。

第四點：自然與生活科技之學習應以學習者的活動為主體，重視開放架構和專題本位的方法。

從這次教育改革中可看出，強調以學生活動為主體，引導學生進行科學探究，設計專題研究的探究教學，意即培養科學探究能力及教導學生製作專題是當前重要的課題。

而且九年一貫課程綱要指出，為實現國民教育目的，須引導學生致力達成十大基本能力，而十大基本能力中的五項：運用科技與資訊的能力、主動探索與獨立研究的能力、獨立思考與問題解決的能力、表達與溝通分享的能力、團隊合作的能力，這五項能力都可以透過學生製作科學專題研究來達成科學探究能力的培養。

但是面對教學現場，教科書詳列的實驗步驟，學生不經大腦思考以「照食譜炒菜」來驗證科學知識，缺乏針對假設設計實驗等主動批判思考的學習，如此能真正提升多少「科學探究」呢？(王靜如、周金燕和蔡瑞芬，2006；林煥祥，1996；翁秀玉，1997)

美國國家教育研究會(NRC，1996)主張讓學生如同科學家般在真實情境中學習科學。劉宏文和張惠博(2001)也指出，在科學學習的過程中，學生應該有機會從事真實性的科學探究活動，從具體的實踐中去把握科學的內在與外在面向。

科學探究活動讓學生有機會由實際學習與生活過程中發現問題、收集資料、澄清問題、提出研究假設、設計實驗、進行實驗，進而解決問題，獲得結論並將成果展現出來，這樣過程對學生而言是充滿教育的意義與價值(黃鴻博，1996)。

而如何營造真實的科學探究歷程，這與製作專題發表的過程是息息相關的(游淑媚，2002)，因此科學專題研究的教學應是一項不錯的教學方案。目前也有些學校將科學專題研究，已正式列入課程實施(曾政清，民88)。因此大力推展專題導向的科學學習(Project-Based Science, PBS)，引導學生從事科學專題研究是當前可推行的教學方式，因此指導學生從事科學專題研究，已成為教師最需要的專業知能(詹秀玉，2006)。

但是，教師進行PBS的教學，就現實面而言必須考量時間較長、資源分配與精力等問題，因此這是一項很值得提倡，但卻不易實施的教學方式(顏瓊芬與黃世傑，1999；樊琳與李賢哲，2002)，故推動科學專題研究的課程必須注意開發適合的教材、配套措施、和全面性的考量，也因此科學專題研究通常只在社團或資優班中的獨立研究課程中推行(余俊樑，民91；鄭旭泰、余俊樑，2002)。

檢視國內目前推動有關科學探究的教學方式，大致分為二類(方郁斌，2006；張淑惠，2007；黃志賢，2003；黃婉鈴，2005；蔡執仲與段曉林，2005；鄭旭泰、余俊樑，2002；鄭嘉裕，2005；顏瓊芬與黃世傑，2003)：

第一類：配合課本教材，開發教學模組，讓全班學生在相同科學主題下進行，過程強調科學探究活動，培養學生科學探究能力。

第二類：推展科學專題製作，以社團(科學社)、或資優班(獨立研究)名義實施，參與人數有限額，著重學生產生科學專題研究作品，並安排研究發表等活動，其作品大多會參與科展競賽。

基於落實科學探究過程的信念下，研究者嘗試結合前二類之優點，提出第三類教學方式，已在學校試行第八年的經驗，稱之為「科學專題研究」課程，其方式是納入自然課中實施，使班級中每一位學生透過真實科學探究歷程，以提升學生的科學探究能力。

自89年度起於研究者任教的蘭潭國小實施，前三年在自己任教班級試行，徵求校內高年級科教師共同合作意願後，自第四年起(民95年)學校課程發展委員會明訂「高年級科學專題研究」為蘭潭國小特色課程，將高年級的自然課由每週三節改為四節，增加的節數用以推展科學專題課程；自第八年起，再次通過課程發展委員會融入中年級自然科課程中，並且其他學校共有六位教師自願實施課程，形成跨校合作。每年課程以行動研究「計畫→行動→觀察→反省→修正」模式進行，逐年進行檢討與修正，編著及修改學生版教材及教師教學簡報。(圖1)

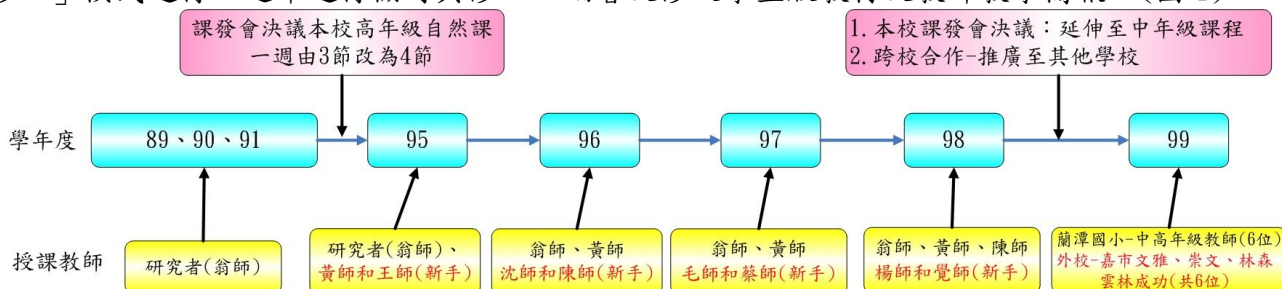


圖1：「科學專題研究」課程在推展歷程

二、研究目的與待答問題

研究者自編之「科學專題研究」課程，自民國 89 年起於國小高年級自然課中實施第八年，歷年來本校共有十一位自然科任教師各自在班級中實施課程。99 學年度本校(蘭潭國小)持續於高年級自然科中實施外，課程往下延伸融入中年級自然科，配合教材單元內容進行教學；並徵求其他學校自然科教師共六位一同參與，達到推廣的效用。

本研究採用行動研究模式「問題、行動、觀察、反省、修正」之循環歷程進行課程檢討與修正，本研究申請三年計畫，以下為第三年計畫的研究目的：

- (一) 以行動研究模式持續修正「科學專題研究」課程。
- (二) 配合中年級自然科單元開發「科學專題研究」延伸課程。
- (三) 與其他學校自然科教師合作「科學專題研究」課程，並瞭解其他學校實施狀況。

貳、研究方法及步驟

一、研究方法流程

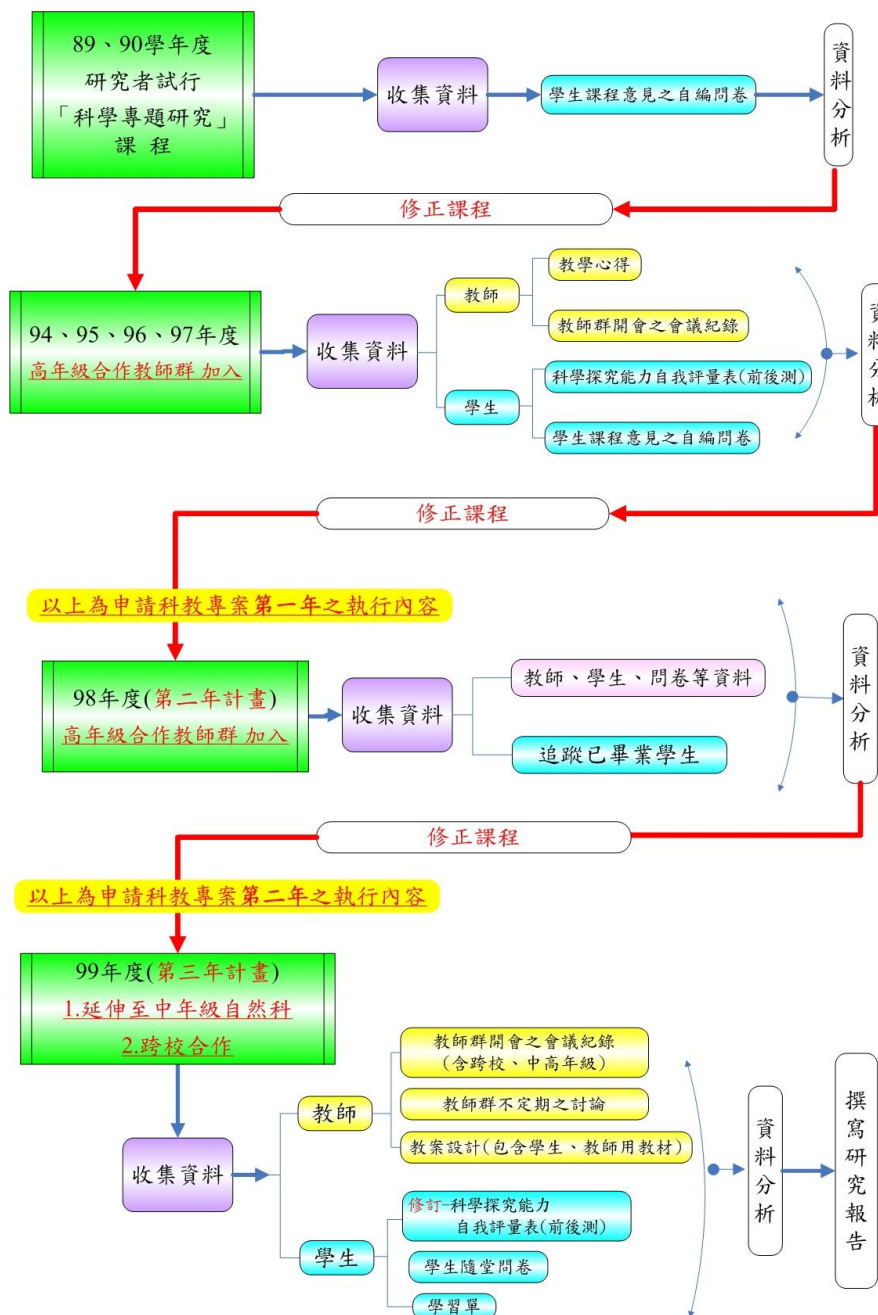


圖 2：研究流程圖

二、收集及分析資料

(一)教師方面：

1. 教師群開會討論之會議紀錄：

九十九學年度討論課程實施的困難與解決方法開會檢討之會議紀錄預計共三場，已辦理第一場 99 年 8 月 16 日、第二場 99 年 11 月 9 日；第三場 100 年 2 月 10 日。包含：研究者任教學校蘭潭國小的中高年級教師共六位。

2. 跨校合作教師之間卷及電子信件：

以及其他學校有意願參與之教師：嘉義市文雅國小陳暉傑、楊勛凱、周盈杉老師(自然課)；嘉義市崇文國小劉明霖老師(綜合及資訊課)；嘉義市林森國小蔡春微老師(班級社團時間)；雲林成功國小黃錫培主任。

3. 教師群不定期之討論：

因本校高年級自然教室皆在同一層樓的相連教室，故高年級合作教師群根據需求隨時進行討論。

4. 教案設計：研究者編著學生版教材及教師用簡報。

(二)學生方面：

1. 「科學探究能力學生自我評量表」：

黃傳俊依據翁秀玉(2010)對於科學探究能力的分類與行為表徵，將學者洪文東教授於 2004 年編製的「科學探究能力學生自我評量表」做增修與調整，修改後共計 16 題，請一位指導教授、二位高年級教師確認題意，以減少受試者對題目誤解或無法理解題意的情形。再分別邀請三位五年級學生進行第一次預試，根據學生反應修改無誤後，請嘉義市一班未參與研究的五年級進行第二次預試，內部一致性係數為 $\alpha=0.918$ 。

完成之量表以 99 學年度蘭潭國小參與課程的五年級 4 個班共 132 位學生進行前後測成對樣本 t 考驗，瞭解本課程是否達到統計上的顯著差異，以驗證本課程是否能增進學生的科學探究能力。

2. 學生隨堂問卷：

由黃傳俊老師根據課程實施階段，編製 10 份問卷，用以瞭解學生科學探究能力：(1)發現問題、(2)尋找變因、(3)分辨變因、(4)提出假設、(5)設計實驗、(6)進行實驗、(7)分析討論、(8)上台報告、(9)作品展示與欣賞、(10)活動心得。

3. 學習單：學生手稿作品

參、目前研究成果

一、學生科學探究能力方面的提升

針對 99 學年度 132 名五年級學生，使用「科學探究能力自我評量表」分為五大項、共 16 小題進行前、後測，使用 excell 和 spss 軟體分析。在科學探究能力：界定問題、設計規劃、實作驗證、分析解釋、溝通辨證，後測平均得分均高於前測平均得分，而且經成對樣本 t 考驗的結果，具有統計上的顯著差異，因此，「科學專題研究」的課程對五年級學生的科學探究能力有明顯的提升。

(一)五大科學探究能力前後測平均分數

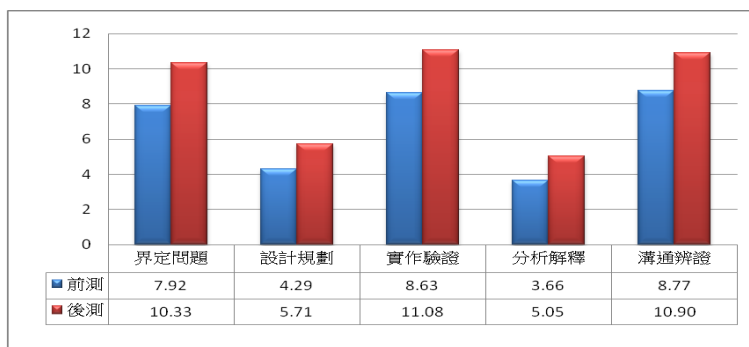


圖 3：五大科學探究能力前後測平均分數

(二)前後測成對樣本 t 考驗

表1：「五大科學探究能力」前後測成對樣本 t 考驗摘要表

樣本數：132人

項目	前測		後測		t
	M	SD	M	SD	
界定問題	7.92	2.520	10.33	2.451	7.886***
設計規劃	4.29	1.692	1.692	1.339	7.561***
實作驗證	8.63	20864	11.08	2.772	7.040***
分析解釋	3.66	1.466	5.05	1.464	7.717***
溝通辨證	8.77	2.531	10.90	2.648	6.662***
科學探究能力(總)	33.27	9.337	43.07	8.937	8.698***

註：***表示 $p < .001$

二、高年級科學專題研究課程行動方案與修正

(一)小組合作運作模式

1. 行動方案：增加小小組的編制

每一個班的學生分為五~六組，每一組人數5~6人，為了使每一位組員參與討論與工作，所以每一組內部再細分為「小小組」的編制，老師修改時要求小小組成員一同與老師討論。

會議紀錄：科學專題課程的所有活動儘量讓學生共同討論，小組內部再細分為2至3人的小小組，完成任何作業時，以小小組為單位，促使他們有共同討論的機會。(99.11.07 第二次會議)

2. 結果：

原本每一位學生必須完成自己的實驗報告，往年都是自己撰寫實驗報告後拿來給老師修改，學生的錯誤率較高，自從增加小小組的編制後，二人之間強迫培養共同合作的習慣，老師修改時發現學生的錯誤率降低。

情境：合作教師群共同討論課程執行狀況。(100年2月10日第三次會議)

黃師：我將小小組的實驗報告單用釘書機釘在一起，那他們在寫實驗報告的時候就一定要一起看、一起討論，拿給老師看時，也是要小小組二人一起來，如果有任何一個地方需要修改，都是二個人的責任。

R：我今年也是這樣做，結果發現，實驗報告單經過小小組成員的討論就會自行修改錯誤，再拿來給老師看的時候，出錯就變少了。而且，我規定小小組的成員要一起來，有一次，學生原本已經排一排在等我看，結果，我說，小小組成員要一同看過，否則扣分，結果全部一轟而散，全部跑回去再討論。

(二)學生手冊

1. 行動方案：增加練習題

修改去年本自編的學生講義版，在選題、變因方面增加讓學生練習的題目，加強學生對內容的理解後，再填寫自己小組的實驗變因。

2. 結果：

學生一組約五~六位，經過學生手冊的練習題，再撰寫自己的實驗變因，學生反應一組中大約只有一人無法完成。由於練習題是大家相同的題材，因此，師生可以共同討論，檢討學生答案。

R：老師讓你們在手冊上先有範例說明，然後寫賽跑變因的練習題，你在寫自己實驗報告單的變因有沒有困難？

S9950326：完全沒有。

R：那小組中的同學呢？

S9950326：大部分都會寫，只有1個不太會寫，後來，我們一起討論，幫她想想。(訪談 99.11.10)

3. 未來行動方案：

由於99學年度的學生手冊只有選題、變因方面以「說明→範例→練習」編排，未來100學年度將再各項目增加練習題。

R：你認為明年度有什麼建議修改的？

黃師：我們的學生講義，在選題、變因方面的編排方式都是「說明→範例→練習」，但是，後面的假設、器材、實驗步驟、討論、結論就只有說明和範例，所以，日後建議還要增加練習題讓學生有練習的機會，再來寫小組的實驗報告。(100.06.01 訪談)

三、中年級科學專題研究課程研發

自然科課本實驗活動以圖文並茂的方式呈現實驗步驟，學生通常不需要經過思考，只要模仿實驗即可。因此較缺乏實驗設計方面教學。本研究針對中年級現有教材，設計「變因」概念的簡報，讓學生認識實驗設計包含操縱變因、應變變因(結果)、和不變變因(也稱為控制變因)三類，提供給中年級自然科教師使用，強化學生對實驗設計規劃變因的認知。

(一) 配套教材

研究者根據學校中年級上學期自然科課本單元，找出單元中的實驗活動共 11 個，設計「變因」教學的簡報。本校中年級自然科教師共有三位，其中只有二位教師願意配合實施，雖然研究者設計三個單元，但是授課教師表示只能針對一個實驗的主題進行教學，三年級為「水量」、「果凍粉量」的；四年級為「毛細現象」，實施細節如表 2：

表 2：中年級教材課本實驗活動的變因項目

教材	課內的實驗	操縱變因	應變變因	不變變因	課外的實驗
三年級康軒版 第四單元 「廚房裡的科學」	果凍粉量對果凍軟硬程度的影響 (P. 66)	果凍粉量	果凍軟硬程度	水量 水溫 冷凍時間	1. 「添加物」 2. 「水溫」 果凍軟硬的比較
	水量對果凍軟硬程度的影響 (P. 66)	水量		果凍粉的量 水溫 冷凍時間	
四年級南一版 第三單元 「毛細現象」	水在物品上移動的比較 (P. 44)	紙張材質	毛細現象的速度 (測量水位上升的高度)	紅墨水濃度 靜置時間 浸水高度 紙張寬度	1. 「液體種類」 2. 「紙張長度」 3. 「紙張寬度」 4. 「浸泡時間」 毛細現象的比較
	內徑粗細不同玻璃管毛細現象的比較 (P. 47)	管徑粗細		紅墨水濃度 靜置時間 浸水高度	

(二) 實施結果

1. 第一階段：課內實驗

配合課本原本設計的實驗，每班學生分成六組，配合課本原本的實驗，小組寫出各種變因，再畫出實驗步驟，以表格方式紀錄結果，提出發現(圖 5、圖 6)。實驗學習單內容包含：(1)操縱變因、應變變因、不變變因；(2)實驗步驟(畫圖和文字說明)；(3)結果；(4)發現。

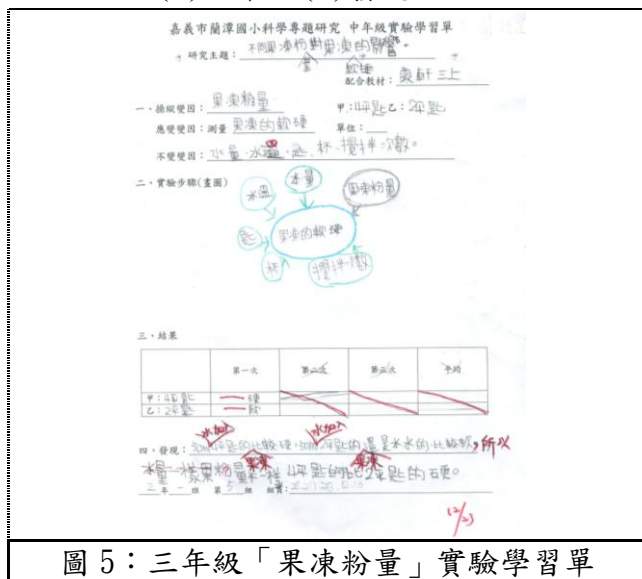


圖 5：三年級「果凍粉量」實驗學習單

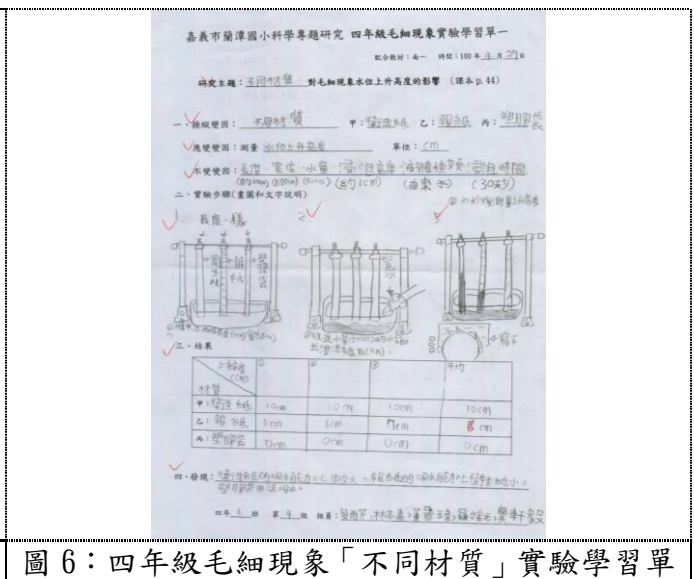


圖 6：四年級毛細現象「不同材質」實驗學習單

2. 第二階段：課外實驗

以課本的實驗為主題，但擴展課本以外的相關實驗，三年級果凍製作實驗增加「添加物」、「水溫」；四年級毛細現象實驗增加「液體種類」、「紙張長度」、「紙張寬度」、「浸泡時間」(圖 7、圖 8)。

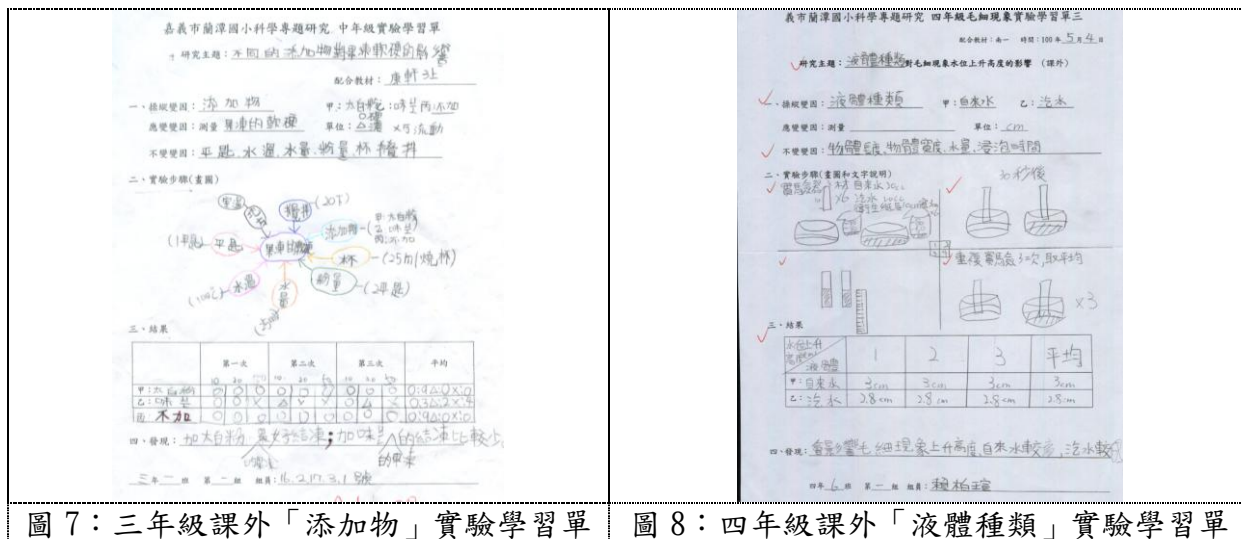


圖 7：三年級課外「添加物」實驗學習單

圖 8：四年級課外「液體種類」實驗學習單

(三)教師遇到的困難與解決方法

1. 沈老師

三年級的沈老師原為擔任導師二十多年的經驗，這是第一次教自然科，而在自然科中又要融入科學實驗中的變因教學及教導學生撰寫實驗報告單，這些對她而言是一大挑戰，因此教學方面有以下的情況：

(1)三年級學生較難自己提出變因，研究者建議以「師生討論」的方式書寫學習單。

沈老師認為三年級學生很難提出變因，研究者建議沈老師可以透過師生共同討論的方式，並在黑板上板書協助學生。以下是研究者與沈老師討論時的內容及團隊老師開會時的討論內容：

【情境】：沈師發現學生的反應不如預期順利，前來與研究者討論。(100年1月4日訪談)

沈師：課本上果凍的實驗是做水量和果凍粉量的實驗，我就先以這二個實驗讓學生用實驗單練習。接下來讓學生自己想想看還可以做什麼題目，可是學生不是那麼容易自己寫出操縱變因、應變變因、和不變變因。

R：我建議採用師生共同討論的方式處理變因，你可以先問學生說，除了水量不同、果凍粉的量不同之外，還有哪些因素會影響果凍的軟硬度？這時候學生就會提出不同的因素，例如，冷卻的時間有5分鐘、10分鐘、20分鐘等等…。

沈師：還有像加果汁呀、果凍粉的品牌…。

R：對呀，當學生提出時，你就可以寫在黑板，操縱變因是加入液體種類，甲：水、乙：果汁。另一個操縱變因是果凍粉的品牌或種類，甲：吉利丁粉的、乙：**牌的。像這樣在黑板上就有不同的變因，接下來就讓學生小組自己認領想要做哪一種變因的實驗。

【情境】：合作教師群討論課程執行狀況。(100年2月10日第三次會議)

沈師：整個在練習版(課內的實驗)都很順利，所以接下來就讓他們做課本以外的實驗，但還是果凍的實驗。如果讓各組都做不同的實驗，在器材準備上要準備很多，我怕無法兼顧，所以我讓全班分成二種實驗，例如1、2、3組做水溫的實驗，4、5、6組做添加物的實驗。這個時候就發現，他們不如我預期的順利，我希望他們可以全部自己寫，可是，只有非常少數能夠自己寫，所以，我就很惶恐，那時候就來來找秀玉老師(研究者)，她說，這是很正常的事。

R：我那時候建議，可以讓各組學生將內容寫在黑板上，師生大家一起討論各組的寫法有哪些錯誤，藉這個機會，可以看到各組的內容，而不是老師一組一組的個別指導。

黃師：妳有讓他們上台報告嗎？

沈師：嗯，沒有，不過下學期可以安排讓他們上台報告。

(2)三年級學生不易畫出實驗步驟的實施圖，沈老師請學生改畫成實驗步驟的心智圖。

沈老師提出，三年級學生不容易畫出實驗進行的過程圖，因此，她自己想出以心智圖的方式讓學生將實驗步驟中使用到的材料及動作以關鍵字寫下來。

【情境】：合作教師群討論課程執行狀況。(100年2月10日第三次會議)

沈師：在實驗步驟方面，我覺得學生畫圖，應該有點難，

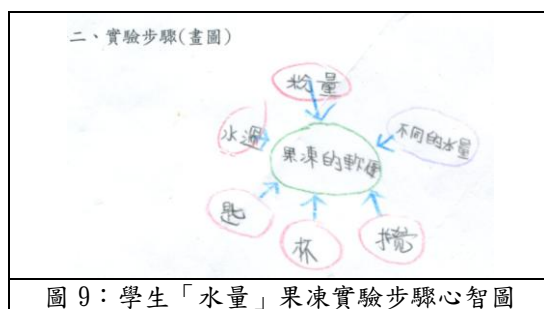


圖 9：學生「水量」果凍實驗步驟心智圖

所以，就用畫圖的方式，而且以三種顏色區分三種變因(圖 9)。

R：如果不容易畫圖，那你這張圖也不錯，只要在多加一點支幹，像這個是「水量」，那水量有分甲：50ml 和乙：25ml，其他的「攪拌」就再寫出是 100 下、「杯子」都是玻璃杯等等，提醒學生在實驗操作中，這些都是要保持相同的。

(3)有些實驗無法數量化，研究者建議使用文字、等級、或符號呈現。

一般老師很少看過實驗報告，對於無法數據化的實驗，不知道要如何呈現結果，所以研究者建議可以使用文字、符號、等級來做紀錄。

沈師：像軟硬度怎麼測，我想到的是用倒的看看，會流動的是軟的，不會流動的是硬的。

R：有些實驗比較難量化，其實也可以有文字敘述的，就像這張報告上面就要「軟、硬」，也可以符號，例如「 $\times\triangle\circ$ 」；也可以自己分等級，例如 1 至 5，1 代表最軟，5 代表最硬，所以這三種也可以，文字、符號、等級。

(4)學生撰寫「實驗發現」句子較不完整。

沈師：學生寫的發現句子不完整，全部都要我教他重寫。但是請他們提出實驗發現的時候，他們就可以說出水量比較多的，做出來的果凍比較軟。

R：這是很正常的，因為學生的語詞寫作能力沒有那麼強，可是口頭報告時卻可以表達出來，所以，建議你還是以師生共同討論的方式，引導他們講出觀察的結果，同時，也請他們六小組都到黑板寫出他們的發現，你一組一組檢討做修改。(晤談 100.01.04)

2. 陳老師

四年級的陳老師多年來一直在學校擔任自然代課老師，之前已經教過高年級的科學專題研究課程，因此，在四年級自然科實驗中融入變因、實驗設計、結果紀錄與討論等各方面的教學上都認為沒有問題，只有學生的學習時間不足，影響作業完成度。

R：今年在四年級科學專題研究方面的執行上有沒有問題？

陳師：在教學內容上沒有問題，學生可以接受，只是有些學生回去做實驗，學生會說，要補習沒有時間。(晤談 100.06.10)

四、其他學校科學專題研究實施狀況

(一)合作學校教師參與的動機

共有四所學校六位合作教師，他們通常會與研究者至少見面一次詳談課程的規劃與實施細節，研究者會將學生講義及教師版簡報上傳網站，方便合作教師下載使用。其他學校合作教師參課程的動機主要分成二類：

1. 已瞭解課程內容，獲得學校教務處的支持：

因文雅國小為蘭潭國小旁新成立的學校，合作教師共有陳師、楊師、周師三位，都是由蘭潭國小移撥過去，他們已瞭解科學專題研究課程實施的情況，再者其教務處規劃自然科課程方面也希望比照蘭潭國小科學專題研究課程，用以提升學生的科學探究能力。

【文雅陳師】：因為三年級開始就有自然課，學校教務處希望加強學生這方面的能力，所以中年級開始就規劃科學專題的課。(晤談 981130)

【文雅周師】：曾在蘭潭國小服務期間參與「科學專題研究」，第一年擔任自然與生活科技的教學，想把握機會推展「科學專題研究」。(問卷 1000505)

2. 因指導科展任務自發性嘗試課程：

這一類的教師為雲林成功國小的黃主任、嘉市崇文國小的劉師、和嘉義市林森國小蔡師，他們皆是聽過研究群在某個場合針對科學專題研究課程的經驗分享後，由於在校內必須指導學生科展，因此，自發性地想在自己的班級嘗試這樣的課程，主動聯絡研究者見面詳談後，不定期以電話及電子信箱聯繫實施細節或困難。

【林森蔡師】：因為個人具自然科教學背景，學校指派以此主題(指導學生科展)做為班級社團活動。由於需要指導社團「科學專題研究」，於是到蘭潭國小請教(秀玉老師)上課內容與講義編寫。(校外教師問卷)

【雲林成功國小黃錫培主任電子郵件聯繫】：圖 5

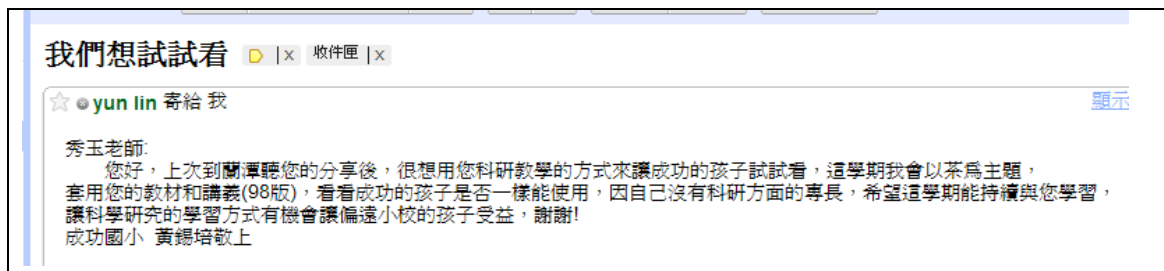


圖 5：雲林成功國小黃錫培主任電子郵件聯繫

(二)其他學校參與教師提出的困難

因為外校合作教師幾乎都是第一次接觸科學專題研究課程，他們提出下列三點目前實施中較困難之處：

1. 變因教學

國小自然科課本的實驗活動並未對「變因」特別介紹或強調，而且課本也有圖文並茂的實驗步驟，但是在科學專題研究課程中，要求學生自行提出實施設計，「變因」相對地極為重要的。因此，學生初次接觸變因項目，教師認為需要給予較多的指導。

【文雅陳師】：學生不太會找變因，這時候老師就必須指導較多一點，例如，學生想研究腳踏車，但是不太能夠找到哪些因素會影響車的速度，例如：地面材質、風力或風向等變因。(晤談 991126)

2. 減少誤差

學生在設計實驗時較缺乏周全的考量，因此教學必須引導控制不變變因以減少誤差，學生經過多次操作後會開始注意細節。

【林森蔡師】：學生設計實驗時容易思考不周，使實驗中許多操作可能影響結果。需多指導學生往「如何減少實驗誤差」方向思考。重複多次操作實驗，能使學生開始注意如何減少誤差等細節，且全組組員學會如何分工及合作。(校外教師問卷)

3. 實驗結果的量化

學生提出的研究主題，受限於實驗器材，有些實驗結果較難以數據呈現，例如，以下合作教師提出實驗結果茶色以色票或拍照、或眼鏡的清晰度只以等級區分，無法得到理想的客觀數據。

【成功黃師】：謝謝您對我們的關心，關於茶的研究，以茶量、溫度、時間來看茶湯顏色的變化，因茶湯顏色不好量化，買了色票但顏色差太大，後來學生說要用拍照來記錄，目前正在研究中，若有茶湯顏色的量化方法建議，也歡迎提供我們參考喔。(電子郵件 99.12.07)

【文雅陳師】：有些實驗無法量化，例如，有一組學生研究 3d 眼鏡，可是看得是否清楚，沒有想到量化的方法，所以就只能用等級來區分，例如 1 到 5 分。(晤談 991126)

【文雅周師】：常常在尋找題目的過程中，會因為缺少符合需求的儀器測量準確的數據，以致停滯不前。從生活中尋找可利用的替代儀器，但精密度不高，無法得到理想的客觀數據。(問卷 1000505)

4. 全班同時不同主題的教學處理

科學專題研究課程讓學生自選有興趣的主題進行分組研究，因此，同時會有多個主題同時進行，教師在台上只是教授實驗進行的概念，大多時間由各組學生討論、操作、撰寫實驗設計或結果，教師必須在台下注意各組進行狀況，適時指導。這有別於一般統一教學的作法，對教師的教學難度較高。

【文雅陳師】：老師同一個時間要處理 5 個主題，而且每個主題實驗都不一樣，這時候老師較難 handle 住全班。(晤談 991126)

肆、結論與建議

一、高年級「科學專題研究」課程

(一)小組合作運作模式增加「小小組」的編制後，二人之間強迫培養共同合作的習慣，老師修改時發現學生的錯誤率降低。

(二) 99 學年度的學生手冊在選題、變因方面以「說明→範例→練習」編排，針對同一個題目共同檢討，可以幫助學生理解，未來 100 學年度將在假設、器材、實驗步驟、討論、結論各項目增加練習題。

二、中年級「科學專題研究」課程

- (一)針對實驗活動設計，研究者原本設計中年級自然課本中的每個實驗都要搭配「變因」的配套教材，在上學期三、四年級教材共設計十一個實驗提供教師使用，但中年級教師只能針對一個實驗主題配合，三年級為果凍製作的實驗、四年級為毛細現象。
- (二)教師實施困難：因授課教師(沈師、陳師)對自然科教材與科學專題研究課程的熟悉度不同，所以在實施上有不同的困難。

1. 三年級沈老師是第一次教授自然科與科學專題研究課程，她認為三年級學生較難自己提出「變因」，而且撰寫「實驗發現」句子較不完整，教師群討論後建議以「師生討論」方式引導進行；沈師認為學生不易畫出「實驗步驟」，她改用心智圖的方式，讓學生將實驗步驟中使用到的材料及動作以關鍵字寫下來。而她個人對於無法數據化的實驗，不知道要如何呈現結果，經過教師群討論建議可以使用文字、符號、等級來做紀錄。
2. 四年級陳老師在自然科與科學專題研究課程有三年的經驗，他認為在四年級自然科實驗中融入變因、實驗設計、結果紀錄與討論等各方面的教學上都沒有問題，只有學生的學習時間不足，影響作業完成度。

三、跨校合作方面，雲嘉地區共有四所學校六位教師參與，提出教學困難為三方面：變因教學、實驗結果的量化、及全班同時不同主題的教學處理，以上可做為本課程未來修正之建議。

伍、未來展望

科學專題研究課程未來持續在中、高年級實施，並逐年修正，希望能夠讓教師使用更順利的教材，形成國小階段中高年級自然科科學專題研究課程完整的體系。未來也將本課程中的五個階段「界定問題、設計規劃、實作驗證、分析解釋、溝通辨證」，由合作教師群將各階段提出等級評分的標準，形成更精緻的課程。

陸、參考資料

- 方郁斌(2006)。以嵌入式評量融入國小中年級探究教學之行動研究。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版。
- 王靜如、周金燕和蔡瑞芬(2006)。國小教師科學教學基準系列報導(二)科學本質與科學探究。屏東教大科學教育，23，3-17。
- 余俊樑(民91)。二階段專題導向探究模式對國小科研社學生進行科學探究活動的影響。臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版。
- 林煥祥(1996)。科學史融入理化教學的效益評估。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NCS84-2511-S-017-005)。
- 洪文東(2004)。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。行政院國家科學委員會專題研究計畫期中報告，(NSC 93-2511-S-153-004)。
- 洪振方(2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探索模式之初探。高雄師大學報，15，641-662。
- 翁秀玉(1997)。國小自然科教師傳達科學本質之行動研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版。
- 張淑惠(2007)。以探究式教學活動提升國小五年級學生科學探究能力之行動研究。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版。
- 教育部(2003)。國民中小學九年一貫課程實施綱要。台北：教育部。
- 高慧蓮(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—科學探究能力之培養(I)。行政院國家科學委員會專題研究計畫，(NSC 93-2511-S-153-006-)。
- 游淑媚(2002)。職前國小教師真實的科學探究能力之培育。台中師院學報，16，577-593。
- 黃志賢(2003)。科學探究教學模組對國小中年級兒童科學本質觀影響之行動研究。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版。
- 黃婉鈴(2005)。以科學探究教學模組提升國小中年級學童科學過程技能之行動研究。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版。
- 黃鴻博(1996)。改變中的自然科學評量實務。國教輔導，35(5)，42-47。
- 詹秀玉(2006)。指導資優兒童做好科展作品—PBS模式的理論與應用。資優教育季刊，99，1-14。
- 樊琳與李賢哲(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。
- 蔡執仲與段曉林(2005)。探究式實驗教學對國二學生理化學習動機之影響。科學教育學刊，13(3)，289-315。
- 蔡清田(2000)。教育行動研究。台北：五南。
- 鄭旭泰與余俊樑(2002)。如何在自然與生活科技教學中輔導學生參加科學展覽—以科學性社團為例。教育資料與研究，48，9-15。
- 鄭嘉裕(2005)。科學探究教學模組探究、教學與精緻化之行動研究—以國小中年級「植物的認識與種植」為例。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版。
- 顏瓊芬與黃世傑(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。
- 顏瓊芬與黃世傑(2003)。學生在開放式科學探究過程中互動模式之研究。科學教育學刊，11(2)，141-169。
- 教育部(2010)。科學教育白皮書。取自homepage.ntu.edu.tw/~floratiem/gen_whi tepaper. files/scienceedu.doc
- Krajcik, J. S., Czerniak, C., & Berger, C. (1999). Teaching children science: A project-based approach. Boston: McGraw-Hill College.
- National Research Council(1996). National science education standards. Washington, Dc: National Academy Press.