

# 教育部 100 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：探討探究活動融入學校本位課程之學習效益

主持人：鍾曉蘭

E-mail：chshirley2007@yahoo.com.tw

共同主持人：彭立浩

執行單位：國立三重高中

## 一、計畫執行摘要

1.是否為延續性計畫？ 是 否

2.執行重點項目：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3.辦理活動或研習會等名稱：自然科精進班化學課程八次實驗(共 24 節課)

4.辦理活動或研習會對象：本校高一、二學生

5.參加活動或研習會人數：41 人

6.參加執行計畫人數：4 人

7.辦理/執行成效：已完成 100%，學生參與精進班化學課程的一系列探究活動後，有效提升其科學技能與學習興趣，同時促進學生關於相關概念(化學反應速率、酸鹼滴定、氧化還原與電化學)的理解，並增進其設計實驗與解決問題能力。學生經過小組發表活動後，培養其小組合作與發表能力。整個科學營的設計與實施方案，可提供給其他學校或科學教師作為設計實驗或相關課程作為參考。

## 二、計畫動機與目的

### (一)研究計畫的背景與動機

由於一般傳統的教學中所強調的「智力」僅僅是該學科的專門知識的表現，對於探究與解決問題的能力、批判性思考的培養幫助不多。在國中與高中的課程中均安排不少的實驗課程，期望藉由實驗課程培養學生科學探究與解決問題的能力，然而在實際的課程實施與學生的學習情況來看，現行食譜式的探究課程僅讓學生遵照「驗證」結果，對於提出假設及設計實驗等較須批判思考的能力，缺乏訓練與發展的機會。如何將這些能力的培養融入課程及教學之中，是極待解決的問題。如何提升學生的自我建構知識的能力，培養學生解決問題得能力？如何藉由

營造社會建構的學習環境，讓師生、生生之間的互動達到最大的教與學的效應？如何能有效提升學生科學探究的興趣並培養其設計實驗、創意與批判思考的能力呢？

Campbell 和 Okey(1977, 引自顏宏志, 2004)的文獻研究指出，1950 年代以來，美國大部分的教學方案多強調科學過程技能的培養，這包含美國著名的 SAPA、SCIS、BSCS 課程，科學探究的過程被分割成一系列的成分技能，學生必須熟練這些成分技能，這些技能包含：觀察、測量、分類、溝通、預設、推理等，並且學會在進行科學探究時要會依科學程序，去發現科學真理，這種學習的方式已經預設科學真理的存在，要求學生經由一定的科學方法，過分強調學生個別科學過程技能，忽略科學探究的整體因素。

隨著科學教育改革演進，探究 (Inquiry) 的概念已成為科學教育的本質 (Keys & Bryan, 2000)，探究能力的培養成為重要的國民科學教育素養，美國科學教育標準 (National Science Education Standards, National Research Council, 1996，簡稱NRC.) 指出，探究活動是科學教學的中心策略，探究為基礎 (inquiry-base) 的教學將是學生學習科學知識的有力的手段 (powerful vehicle)，所以教師在與學生互動 (interacting) 時，應聚焦 (focus) 和支持 (support) 探究活動(顏宏志, 2004)。此外關於中學與探究相關的科學活動研究指出，探究式實驗教學對學生在科學成就、認知發展、實驗技巧、科學過程技能以及對於科學知識的整體性理解，遠較傳統上著重於記憶教學為佳 (Ertepinar & Geban, 1996; Gibson & Chase, 2002, 引自蔡執仲、段曉林, 2005)。

Windschitl(2003)指出，科學教育者將探究式教學依層次的不同分為：實証的經驗 (confirmation experiences)、結構性的探究 (structured inquiry)、引導式的探究 (guided inquiry) 及開放或獨立探究 (open or independent inquiry)，而其中引導式探究是教師提供學生一個問題去研究，但是解決問題的方法仍留給學生。去年筆者所執行的教育部專案就是將一系列的探究實驗融入高二寒假科學營的活動，從食譜式的探究→引導式的探究→開放式的探究，並在開放式的探究活動讓學生練習—提出假設、進行預測、找尋與收集資料、計畫與設計研究步驟、設計工具及進行探究分析數據及作結論，並以小組發表的方式與他人分享探究的成果。研究初步結果發現，經過科學營後學生的科學概念雖然有增加，但並未達到顯著進步，初步推論若學生沒有充足的科學知識背景，即使經過一系列的探究活動，學生也難以在短時間內理解蘊藏在實驗或現象中的科學知識或理論。此外學生雖然在探究過程中逐漸學會如何測量、觀察、操作實驗過程與分析數據，但在找尋變因之間的關係、討論實驗結果、下結論、連結實驗結果與科學理論等較高階的科學能力方面仍顯不足，結果顯示要培養學生開放或獨立探究的能力需要較長時間的課程，並且要在探究前或探究過程中補足學生的科學知識，方能提升學生的探究能力。不過學生在學習問卷中，表達了對科學小競賽，自行設計實驗、小組發表等活動的正面評價，例如認為「小組發表最能夠提升解釋能力，因為面對艱澀的問題時會盡力解惑」。

筆者反思之前研究中的不足，在本次計畫中結合探究教學與精進班課程(學校本位課程)，讓探究活動時間設計成多次活動，預計在一學期中逐步進行，先教授學生相關科學知識，再以食譜式的實驗讓學生學習基本科學技能(使用正確器材、配藥、找尋應變變因、分析數據，找尋變因之間的質性關係等)，進一步以引導式的實驗讓學生學習進階的科學技能(討論/推論出變因之間的量化關係、下結論、連結現象與科學理論等)，以提升學生科學知識、科學技能與解決問題的能力。

## (二)計畫目的

探究活動的歷程並非是單向或線性的過程，每一個過程都有交互作用，並需要小組之間不斷的嘗試錯誤、討論及修正原有的想法與做法。在引導問題與進行探究的過程中，學生、教師與其他社會的參與者是一種合作學習的模式，因此學習是在社會情境脈絡中進行的，不僅需要生生、師生的密切的互動，更需要運用學習科技來幫助學生與教師完成一些傳統教學中較無法達成的活動，像是使用網路收集相關參考資料，而繪圖、模擬工具等可以進行資料分析、或以多媒體的方式呈現探究的成果等。本計畫將探究活動融入學校本位課程(精進班)中，預計達成七個目標：

1. **培養並提升學生的科學技能**：從實驗探究的過程中，提升學生科學技能，這些技能包含：觀察、測量、分類、溝通、分析資料、推理、下結論等。
2. **提升學生的解決問題能力**：教師提出問題，訓練學生從探究的過程中，學習如何解決問題。
3. **培養並提升學生的小組合作的能力**：學生藉著小組合作的方式進行探究活動，建立與人相處、協商的經驗與技巧。
4. **培養學生設計實驗的能力**：從一系列的探究活動中，讓學生逐步學習如何找尋變因、控制變因、操縱變因，並精煉個人的科學技能後，再以小組合作的方式從發現問題、瞭解問題、提出假說、設計實驗、驗證假說、修正假說等步驟，經歷如科學家研究的歷程，培養學生設計實驗的能力。
5. **從探究活動中增進學生對於科學知識的理解與應用**：學生在探究過程應用知識來解決問題時，有機會能學習如何有系統的建立、檢驗和修正個人的想法，不僅促進學生對於探究的科學知識進行深層的理解，也能將整合的知識用於解決新的問題情境中。
6. **以探究的活動提升學生學習動機**：本計劃的精進班活動採用一系列的探究實驗，內容與活動設計皆不同於一般的食譜式實驗，活動變化較多且多屬於微型實驗，將有助於提升學生學習新知與探究的學習動機。
7. **以小組發表活動訓練學生表達能力**：學生在小組發表活動中能培養製作簡報的能力，並提升口語表達能力。

## 三、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

參與計畫人員主要為協同計畫主持人彭立浩老師(負責實驗設計與教學)、化學實習老師林士堯(教學)及行政助理賴麗玉小姐(行政事務)，國立三重高中對於本計畫大力支持，對於教學活動不僅提供足夠的設備，江家珩校長對於本研究亦十分的重視。彭立浩老師在實驗設計與科學營活動方面提供專業而具體的幫助，行政人員(包括行政助理賴麗玉小姐、教學組、設備組與會計、出納組)提供行政支援，讓本計畫能夠順利進行。

## 四、研究方法

### (一)理論背景

學生參與探究教學可以追溯到杜威（John Dewey），杜威認為有一種「探究」的過程，這是有機體與它的環境之間的調節作用，並將探究的模式發表在《我們如何思考》(1910)一書中，學生在探究的歷程中習「做中學」的精神、科學方法與技能。杜威(1916, 引自薛絢譯, 2006)所謂的科學方法的五個步驟－發現問題、瞭解問題、提出假說、演繹假說、驗證假說，然而在現行國中與高中課程的實驗活動中，並未強調此五個步驟，僅僅培養學生部分的科學技能(如測量、觀察、收集資料、分析資料、討論與下結論等)，實際上學生在食譜式的探究活動中連討論與下結論都無法獨立完成，因此探究能力也無法提升。

根據以上的想法，課程的設計除了融入探究活動，在研究方法方面，預計採用個案研究法，聚焦在幫助學生發展三個面向(如圖 1)：科學知識、科學技能與解決問題能力，並探討學生在學習過程中三個面向的發展情形。本計劃藉由探究活動融入學校本位的課程中，引導學生進行一系列的探究活動。先從食譜式的實驗開始，培養學生基礎的科學技能；再進階至引導式的探究實驗，培養並提升學生觀察、分析、推論與解釋能力；最後進展至開放式的探究活動，學生藉由小組活動腦力激盪，自行發現問題、確認問題、提出假設、進行預測、找尋與收集資料、計畫與設計研究步驟、設計工具及進行探究分析數據及作結論，目的是培養學生設計實驗與解決問題的能力。在探究過程中，學生也能理解蘊含在實驗現象中的科學知識與理論。

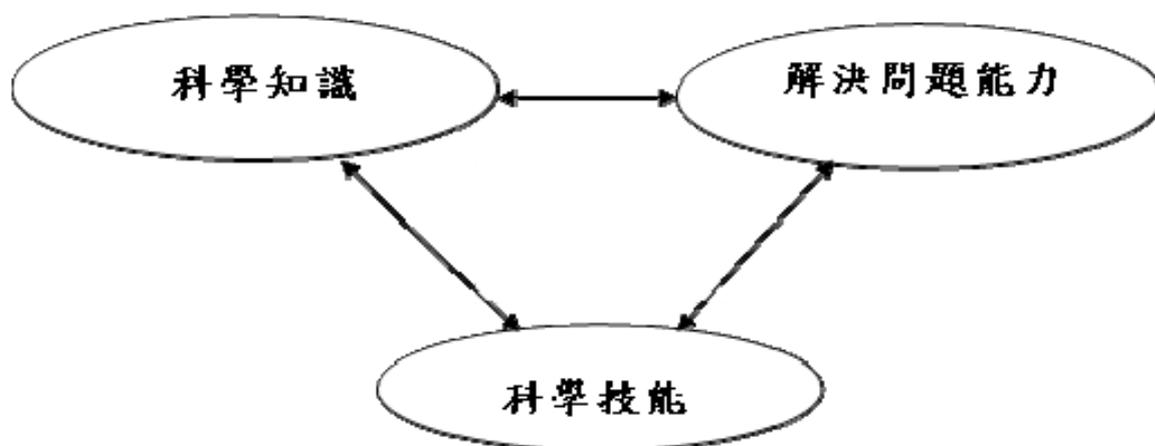


圖 1 本研究預計幫助學生發展的三個面向

### (二) 研究對象

上學期(節次 1-3):研究對象為本校高一學生(年齡在 15-16 歲)學生 22 位與高二自然組學生 9 位，學生於國中理化課程已學過反應速率與氧化還原反應等初步概念。下學期((節次 4-8):本校高一學生(年齡在 15-16 歲)學生 13 位與高二社會組學生 1 位與自然組學生 4 位。兩學期均參加:高一學生 5 位,高二學生 3 位。學生於國中理化課程已學過反應速率與氧化還原反應等初步概念。學生入學成績達學校設定標準且是自願參加精進班課程(學校本位課程)。

### (三)研究工具

研究工具分為**概念診斷試題**、**小組發表評量表**、**情意問卷**三大部分，分別就工具的設計重點/內容與使用的目的說明之(詳見表 1)，測驗的研究對象則是參與精進班的學生。

表 1 研究工具的設計要點、內容與目的

研究工具	設計重點/內容	使用的目的
概念診斷試題	雙層式的選擇題 影響反應速率因素相關概念試題 氧化還原反應試題	診斷學生對於影響反應速率因素與氧化還原反應相關科學知識的理解與應用
科學技能評量表	實作評量表，採二分點： 完全做到該項技能:2分 部份做到該項技能:1分 未做到該項技能:0分	評量學生是否做到確認控制變因與操縱變因、觀察、測量、紀錄、分析等科學技能
小組發表評量表	共有十個評量項目，分別是理論正確、內容實用、內容有趣、內容創新、內容完整、數據分析、結論正確、表達清晰、ppt製作及小組合作	評量各小組學生設計實驗、解決問題、表達能力、小組合作等能力
情意問卷	紙筆測驗 量化部份(李克氏量表) 與質性部分(開放式問答題)	以李克氏量表的問卷形式瞭解學生對精進班課程的看法

#### 1. 概念診斷試題

概念診斷試題採用單一選擇題(詳見附錄一)，試題參考自筆者 99 年所進行的科教專案中的概念試題，但部分內容與難度經過修正。主要內容為反應速率與氧化還原相關概念，包括反應速率測量/有效碰撞、影響反應速率的因素(綜合討論)、溫度/催化劑對反應速率的影響、濃度對反應速率的影響、氧化還原反應的定義與性質、氧化劑/還原劑的定義與性質、氧化力比較、氧化還原反應與滴定等，題號與主要概念雙向細目表與專家審查意見如表 2，測驗使用的目的是診斷學生對於影響反應速率因素與氧化還原反應相關科學知識的理解與應用。概念診斷試題共進行二次，教學前與課程完成後(小組發表完成，即教學後)。

試題由一名任教多年的高中化學教師(具科教博士背景)，另一名為任教多年的國中理化教師(具科教專業與探究研究的背景)就題目的內容適當性、學科概念上，做進一步的修正，以建立研究工具的內容效度。專家審查的通過率(通過為 1 分、修正為 0.5 分、不通過為 0 分)為： $(2 \times 25 + 1 \times 15 + 0.5 \times 15) / 80 = 0.906$  (90.6%)

預試對象為台北縣某國立高中高三自然組共計兩班總計 86 位，於高二下學期已學過相關概念，預測階段的施測對象與正式研究的對象背景相似，由研究者親自參與，藉此修正題目，做為正式階段之研究工具。**試題信度( $\alpha$  值)為 0.882。**

表 2 試題雙向細目表與專家審查意見

題號	主要概念	審查意見(人數)			修改意見
		通過	修正	不通過	
1	反應速率的測量方式	2			
2	反應速率的測量方式	2			
3	有效碰撞的位向	1	1		只有三個選項，應再增加一個圖位置應讓學生明瞭，
4	分子動能分布曲線	2			
5	分子動能分布曲線	1	1		E 點建議由座標軸下上畫出
6	酸的判斷	2			
7	酸鹼滴定	2			
8	酸鹼相關概念	2			
9	酸鹼相關概念	2			檢錯字(鹼)
10	酸鹼指示劑	2			
11	氧化還原反應的判斷	2			
12	還原力大小的比較	2			
13	氧化力大小的比較	2			
14	鋅鎘電池放電		2		建議修改活性鋅>鎘
15	氫氧燃料電池	2			
16	壓力與反應時間的關係	2			
17	反應速率增快方法判斷	1	1		反應系或是反應系統
18	酸鹼度判斷	1	1		酸水修改微酸性水溶液,題目給反應方程式
19	酸鹼淨離子方程式	2			
20	電解基本概念	1	1		(B)(D)選項過難,建議修改選項
21	氧化還原反應的判斷	2			
22	氧化還原反應的判斷	2			
23	電解濃食鹽水	2			
24	酸鹼稀釋/反應與 pH 值	2			
25	酸鹼滴定	1	1		題目為多選應修正選項
26	濃度對反應速率的影響	1	1		為求一致性，建議四個選項
27	催化劑對反應速率的影響	1	1		甲乙丙丁為反應條件或是反應中特定時間下的狀態值
28	溫度對反應速率的影響	1	1		甲乙丙丁為反應條件或是反應中特定時間下的狀態值
29	催化劑對反應產量的影響	2			甲乙丙丁為反應條件或是反應中特定時間下的狀態值
30	酸的強弱與 H <sup>+</sup> 的濃度	2			
31	酸的強弱與 NaOH 的滴定	2			
32	酸的強弱與 NaOH 的滴定	1	1		建議將滴定終點改為當量點
33	酸與鎂帶反應	2			
34	氧化還原反應	2			
35		1	1		正確選項建議確定內容是否完全正確
36		2			
37		1	1		選項中的硫酸銅應修正為銅離子
38	電解反應	1	1		題目太難應修正
39		1	1		題目太難應修正
40		1	1		題目應將電池改為裝置

## 2. 科學技能評量表

科學技能評量表包括一般實驗所需的基本技能(選擇器材、配製溶液)，觀察結果、紀錄數據、分析數據、處理數據(將數據轉換成表格、關係圖或關係式)、討論/推論實驗結果、下結論等面向，再依照不同的實驗內容分為不同評量項目(表 3)。評量的規准採二分點：完全做到該項技能:2 分；部份做到該項技能:1 分；未做到該項技能:0 分。評分者預計為兩位主要授課老師(評分結果可進行評分者信度計算)，被評量的對象以小組為單位(分為 4 小組，每一小組 2-7 人)。

表 3 科學技能評量的項目與計分方式

科學技能	評量項目	完全做到(2 分)	部分做到(1 分)	未做到(0 分)	備註
選擇器材					
配製溶液					
分辨變因					
觀察結果					
紀錄數據					
分析數據					
處理數據					
討論/推論					
結論					

## 3. 小組發表評量表

小組發表活動的評量表共有十個評量項目(表 4)，分別是理論正確、內容實用、內容有趣、內容創新、內容完整、數據分析、結論正確、表達清晰、ppt 製作及小組合作，十個項目評分為 0-10 分，滿分共計 100 分，評分者為 2 位化學教師。

表 4 小組發表的評量項目表(單位：分)

評分項目	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組
理論正確						
內容實用						
內容有趣						
內容創新						
內容完整						
數據分析						
結論正確						
表達清晰						
ppt 製作						
小組合作						
總分						

#### 4. 學習問卷

學習問卷預計改編自相關研究之情意問卷，藉由問卷來瞭解學生經過不同探究活動的歷程中對學生學習面向的影響，問卷內容主要為活動對於「提升實驗技能」、「提升解決問題的能力」、「增進相關概念理解」、「提升學習興趣」等面向的想法，藉以了解學生對於各種探究活動的評價(詳見附錄二)。

質性的部份為簡答題，主要深入了解學生的想法，做為改進精進班活動的依據。

#### (四)課程設計

本計劃藉由探究活動融入學校本位的課程中，引導學生進行一系列的探究活動。先從食譜式的實驗開始，培養學生基礎的科學技能；再進階至引導式的探究實驗，培養並提升學生觀察、分析、推論與解釋能力；最後進展至開放式的探究活動，學生藉由小組活動腦力激盪，自行發現問題、確認問題、提出假設、進行預測、找尋與收集資料、計畫與設計研究步驟、設計工具及進行探究分析數據及作結論，目的是培養學生設計實驗與解決問題的能力。在探究過程中，學生也能理解蘊含在實驗現象中的科學知識與理論，教材詳見附錄三。初步設計課程如表 5:

表 5 高一,二自然科精進班化學課程設計表

節次	日期	授課內容	活動內容	探究實驗類型	授課教師
1	2011.12.15	探究式的教與學	如何進行科學探究	引言	鍾曉蘭
2	2011.12.22	走！進實驗室去	訓練基本實驗技能 暖身活動：泡沫傳情	食譜式的實驗	林士堯
3	2011.12.29	影響反應速率的因素	奈米硫實驗	食譜式的實驗	林士堯
4	2012.03.15	酸鹼相關概念	酸鹼滴定	食譜式的實驗 +引導式的實驗	彭立浩
5	2012.04.05	氧化還原與電化學	電池與電解	引導式的實驗	鍾曉蘭
6	2012.04.12	氧化還原的應用	銀鏡與銅鏡	引導式的實驗	彭立浩
7	2012.04.19	開放式的探究活動	自行設計實驗	開放式的實驗	鍾曉蘭
8	2012.04.26	小組發表活動	各組發表實驗成果	成果發表	彭立浩 鍾曉蘭

#### (五)研究流程

研究流程詳見下圖 2：

階段一：2011.8-9月 蒐集資料、文獻探討、確定研究方向及架構

階段二：2011.9-10月 發展試題、設計教學策略/活動/教材

階段三：2011.11-12月 預試及修正試題、修正教學策略/活動/教材

階段四：2011.12月-2012.4月 精進班教學階段

階段五：2012.5-7月 分析資料、撰寫研究結果、完成研究報告

圖 2 研究流程圖

#### (六)資料處理與分析

##### 1. 分析概念診斷試題與評量

(1)將學生的概念試題答題表現進行描述性統計。

(2)分析學生的概念發展的情形，藉以瞭解探究課程對學生學習的影響。

##### 2. 分析開放式探究與小組發表

將小組發表成績進行初步分析，並質性描述學生研究成果。

##### 3. 分析情意問卷

將學生的情意問卷利用 EXCELL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖，再以 SPSS 進行因素分析。

## 五、研究成果

### (一) 學生活動情形(見圖 3.1-3.16)

在第一次課程主要是以講述式與師生討論的方式讓同學了解何謂「探究式的教與學」，並區分不同探究式教學的異同與特性(詳見附錄三)，並說明後續七次課程的主題與不同探究式教學的關係。

「走!進實驗室去」則是基礎實驗，主要是讓學生認識實驗器材，培養學生使用正確器材、如何配置藥品、簡單的化學計量。

「影響反應速率的因素」則是從奈米硫實驗的過程中幫助學生確認控制變因與操縱變因、觀察實驗結果、測量應變變因、紀錄結果、分析數據、進而由實驗結果推論出變因之間的質性或量化關係、下結論等。

「**酸鹼相關概念**」則是從酸鹼滴定實驗的過程中幫助學生觀察實驗結果、測量應變變因、紀錄結果、分析數據、進而由實驗結果推論出變因之間的質性或量化關係等。

「**氧化還原與電化學**」為探究電池的秘密電從哪裡來—電化學電池探秘，進而探討影響電壓大小的因素，主要是培養學生由實驗結果推論出變因之間量化關係、下結論等實驗技能。

「**氧化還原的應用**」以銀鏡反應進行**減量的微型實驗**，將銀鏡反應的實驗器材從一般的玻璃試管改成玻片。師生共同找尋實驗中可能潛在的變因，設計簡單的實驗加以驗證。

「**自行設計實驗**」則由小組自行發現問題、確認問題、提出假設、進行預測、找尋與收集資料、計畫與設計研究步驟、設計工具及進行探究分析數據及作結論，教師的角色是提供諮詢與引導學生討論。活動目的是培養學生設計實驗與解決問題的能力、小組合作的能力。

「**小組發表與教師回饋**」是最後一次課程，小組將探究的成果以多媒體方式與他人分享活動目的為交換資訊、接受他人的支持及回饋，培養學生小組合作與發表能力。



圖 3.1 老師講解探究式學習的類型



圖 3.2 學生清洗器材



圖 3.3 學生使用安全吸球與吸量管



圖 3.4 學生進行泡沫傳情實驗



圖 3.5 學生進行奈米硫實驗



圖 3.6 比較奈米硫沉澱情形

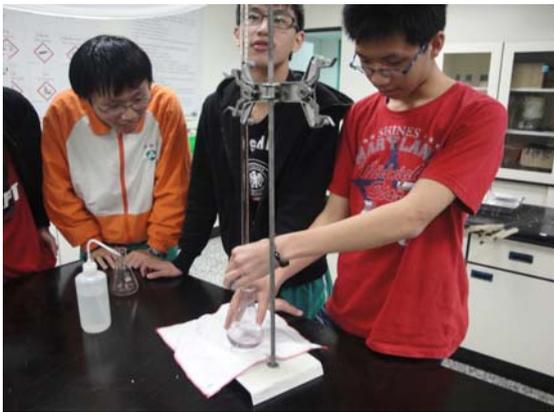


圖 3.7 酸鹼滴定實驗



圖 3.8 水果電池實驗

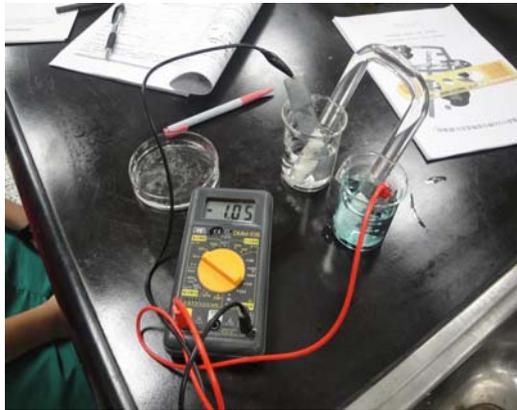


圖 3.9 鋅銅電池實驗

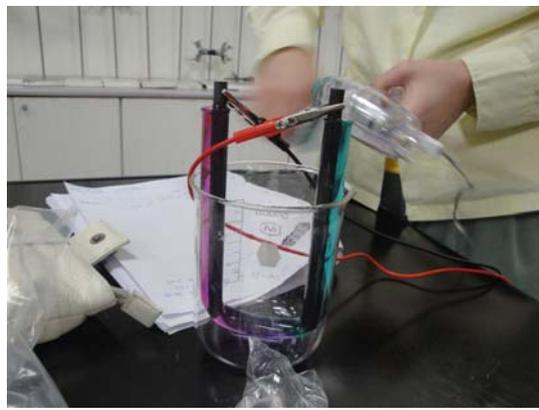


圖 3.10 電解紫色高麗菜汁



圖 3.11 銀鏡反應實驗

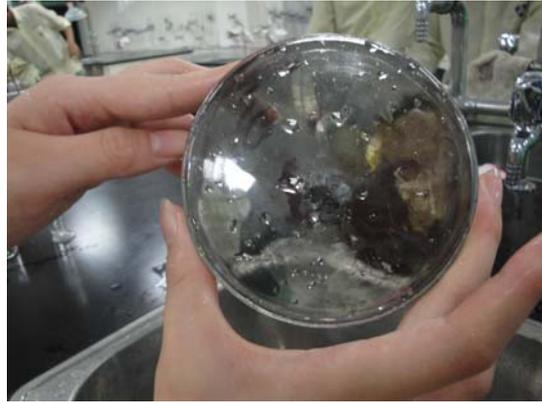


圖 3.12 漂亮的銀鏡



圖 3.13 銅鏡反應實驗

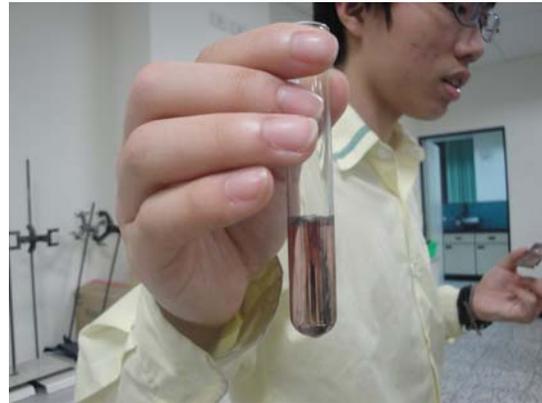


圖 3.14 漂亮的銅鏡



圖 3.15 自製實驗-鋅銅電池

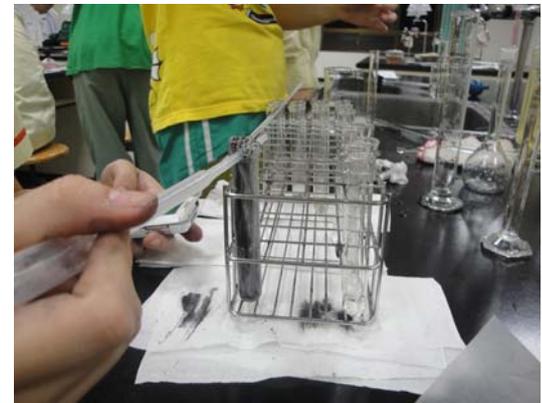


圖 3.16 自製實驗-黑色噴泉

圖 3.1-3.16 精進班化學課程課堂活動照片

## (二) 科學概念學習部分

由於上下學期參與的同學不盡相同(僅 8 位同學相同)，僅能針對 8 位同學進行前後測進步的分析，進一步以 18 位同學的後測答題表現來探究那些科學概念是學習較好、而那些概念仍未理解的。

### 1. 8 位同學前、後測答題表現

8 位同學前、後測答題表現皆有明顯的進步(見圖 4):前測最高分為 57.5、最低分為 35；後測最高分為 65、最低分為 45。進步分數最少為 7.5 分，最高為 27.5 分。經線性回歸分析後測與前測分數的關係是為  $y(\text{後測})=1.3018x(\text{前測})$ 。

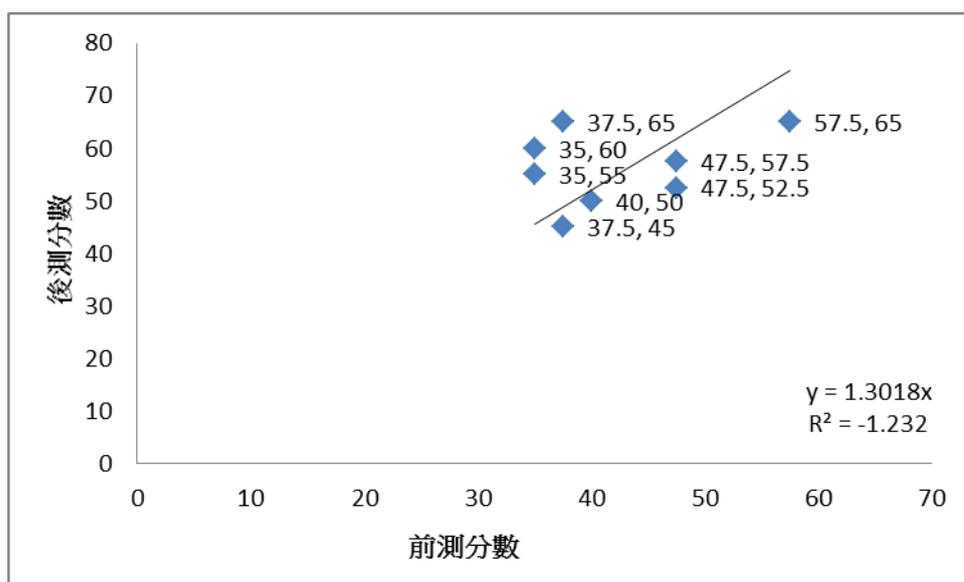


圖 4 八位學生(上,下學期均參加)前測與後測分數分布

### 2. 18 位同學的後測答題表現

18 位同學的後測總分分布情形見圖 5，最低分為 40、最高分為 65，總平均為 51.25、標準差為 8.10，顯示學生僅達對約一半的題目。逐題分析答對百分比，結果顯示僅 7 題答對百分比超過 80% (題 7, 10, 20, 24, 33, 34, 36)，卻有 13 題答對百分比未達到 30% (題 2, 4, 6, 12, 13, 14, 16, 22, 25, 26, 31, 39, 40)。

答對百分比較高的概念多半偏向事實性的概念(見表 6)，例如：酸鹼滴定(題 7)、鹼指示劑的概念(題 10)、電解的過程(題 20)、如何將酸溶液變成鹼性(題 24)、酸的強度對反應速率的影響(題 33)、反應產物的判斷(題 34)、反應類型的判斷(題 36)，學生比較容易因做過實驗或閱讀過資料而獲得正確答案。

相對地，答對百分比較低的概念多半偏向分析資料、應用與綜合的概念(見表 6)，例如：如何測量反應速率(題 2)、從關係圖判斷相關資訊(題 4)判斷水在下列哪一個反應中顯示酸的行為(題 6)、從題目提供的事實推斷出「銀的還原力小於氫氣」(題 12)、從題目提供的事實推論出  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  氧化力的大小(題 13)、從題目提供的活性條件推論出鋅鎳電池的電路情形(題

14)、從題目提供的反應方程式推論出壓力-時間關係圖(題 16)、題目提供的活性條件推論出反應的自發性與氧化劑的強弱(題 21)、判斷哪一個反應需加入還原劑(題 22)、從滴定曲線圖判斷滴定過程的相關資訊(題 25)、從題目提供的資料中判斷影響反應速率的變因(題 26、28)、以 0.10 M NaOH<sub>(aq)</sub> 分別滴定同濃度的顏縮與醋酸，達當量點時，用去 NaOH 體積的比較(題 31)。

學生產生的迷思概念與百分比如下(n=18，僅討論百分比超過 30%):

- (1) 認為碰撞分率越高則有效碰撞頻率越大(題 4，66.7%)
- (2) 誤認  $H_2O \rightarrow H_3O^+$  是顯示酸的行為(題 6，44.4%)
- (3) 認為氧化力  $Cl_2 > I_2 > Br_2$  (題 13，33.3%)
- (4) 認為鋅鎘電池中 Cd 為陽極(誤認陽極是正極，題 14，66.7%)
- (5) 不清楚反應過程中各物種的消耗與生成的量等於係數比(題 16，77.8%)
- (6) 無法從反應式判斷出何者為還原反應(題 22，94.4%)
- (7) 無法從滴定曲線中判斷出滴定終點(題 25，44.4%)
- (8) 以 0.10 M NaOH<sub>(aq)</sub> 分別滴定同濃度的顏縮與醋酸，達當量點時，用去 NaOH 體積是鹽酸大於醋酸(題 31，66.7%)
- (9) 無法從題目提供的資訊找到相關反應方程式(題 39，77.8%)
- (10) 無法從題目提供的資訊判斷出電池電路的流向(題 40，88.9%)

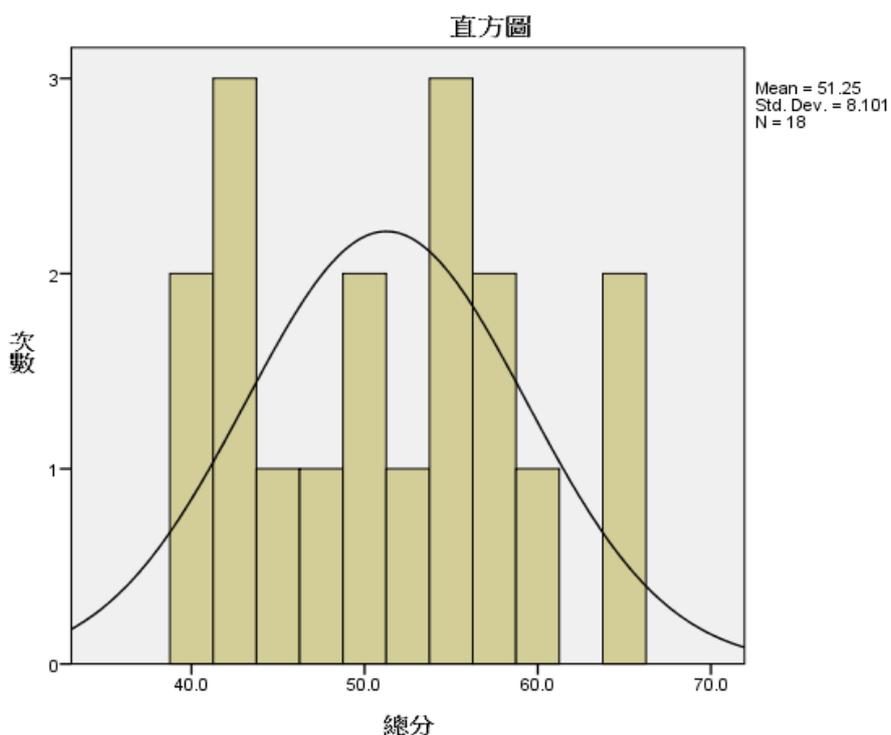


圖 5 18 位學生後測總分分布情形

表 6 18 位同學的後測答題正確百分比

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對%	50.0	27.8	72.2	5.6	50.0	27.8	83.3	66.7	55.6	83.3
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對%	66.7	11.1	22.2	16.7	66.7	22.2	50.0	50.0	44.4	83.3
題號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
答對%	33.3	5.6	44.4	88.9	11.1	27.8	61.1	33.3	38.9	66.7
題號	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
答對%	16.7	50.0	83.3	83.3	38.9	94.4	44.4	38.9	22.2	11.1

### (三) 學生自行設計實驗(科學技能學習情形)

學生自行設計實驗分為四小組:第一組(學生為 5 位高一學生)設計減量的鋅銅電池，主要探討不同濃度的硫酸銅溶液對電池電壓的影響；第二組(學生為 4 位高一學生)設計減量的電解實驗，主要探討不同解質對電解產物之影響；第三組(學生為 2 位高一學生)設計鎂帶在二氧化碳中是否會燃燒；第四組(學生為 5 位高二學生與 2 位高一學生)設計減量的黑色噴泉實驗，主要探討雙氧水濃度對氧氣生成速率之影響。

以第一組設計的實驗內容與實驗過程作範例(詳見圖 6)，此組所設計的實驗主題並不新奇，但為了減少藥品的使用，選用了 10 mL 量筒做為容器，全部的實驗藥品僅使用 100 mL 的硫酸銅與硫酸鋅，用量是一般實驗的 1/5(達成減量實驗目的)。而在鹽橋的設計上，學生就地取材，將洗滌瓶內的塑膠管裝入硝酸鉀彎成適當的形狀後使用(適時解決問題)。配置藥品也正確選擇容量瓶，取用藥品時則使用吸水管(使用正確器材、配置溶液正確)。在實驗前也確認操作變因與應變變因(確實分辨變因)。實驗的前置工作井然有序，並依序測量出實驗數據(觀察結果)，並將數據轉成表格(紀錄數據)與繪製關係圖(分析數據)，並利用 EXCELL 找出硫酸銅濃度與電壓之間的關係式(處理數據)。學生找尋到相關理論，並以勒沙特列原理解釋實驗結果(討論)，並找到本次實驗的結論。更難得的是這組學生有了意外的新發現，在實驗後上網查到科展的相關資料而提出很好的解釋(找尋相關資料與解決問題能力)。學生也在製作報告的過程中提升了小組合作的能力，同時增進對電池相關概念的理解。

筆者以同樣的評分規準分別將其他三組的科學技能評分，分析結果如表 7。四組學生在基本的實驗技能(減量實驗、選擇適當器材、配置藥品、觀察結果)表現均不錯，但在進階的實驗技能(分辨變因、分析數據與處理數據)僅第一組與第四組有完全做到，第二與第三組僅部分做到或完全未做到。在討論與結論的部分僅第四組能以理論與實驗結果相結合，其他三組多但是質性描述結果或無法下正確的結論。

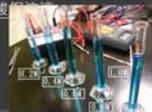
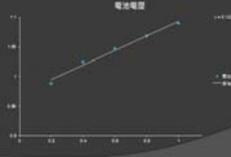
<p>想透過本次實驗了解用不同濃度的硫酸銅溶液，搭配上一樣濃度、體積...的硫酸鋅溶液，以測量其電壓的變化。</p>	<p>量筒(10ml) 10支 塑膠管 4支 數位三用電表 1個 鱈魚夾 2根 鋅片(5mm) 7條 銅片(5mm) 7條 音量瓶 2個 燒杯 2個 玻璃棒 2支 安全眼鏡 2個 定額吸量管 2支</p> 	<p>硫酸鋅 硫酸銅 硝酸鉀</p> 	<p>操作變因： 不同濃度的硫酸銅，分別與同濃度的硫酸鋅反應。</p> <p>應變變因： 電壓的變化量。</p>												
<p><b>實驗主題</b></p>	<p><b>實驗器材</b></p>	<p><b>實驗藥品</b></p>	<p><b>確認變因</b></p>												
<p>1 將硫酸鋅與硫酸銅調配成1M的水溶液</p> 	<p>2 在5支量筒中，分別裝入配製成0.2M、0.4M、0.6M、0.8M、1.0M的硫酸銅溶液</p> 	<p>3 在另外5支量筒中，裝入1.0M的硫酸鋅溶液</p> 	<p>4 將硝酸鉀裝入塑膠管中，兩端用衛生紙堵住，以其當作鹽橋</p>  <p>衛生紙超黏的!!</p>												
<p><b>實驗步驟 1</b></p>	<p><b>實驗步驟 2</b></p>	<p><b>實驗步驟 3</b></p>	<p><b>實驗步驟 4</b></p>												
<p>5 將電表插上夾子，分別夾上鋅片與銅片</p> <p>夾上鋅片端放入硫酸鋅溶液中，銅片端則放入硫酸銅溶液中</p> 	<p>將鹽橋放上，計入其電壓</p> 	<p>列成表後</p> <table border="1" data-bbox="813 907 1069 952"> <thead> <tr> <th>CuSO<sub>4</sub></th> <th>0.2M</th> <th>0.4M</th> <th>0.6M</th> <th>0.8M</th> <th>1.0M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V</td> <td>0.990</td> <td>1.025</td> <td>1.047</td> <td>1.069</td> <td>1.090</td> </tr> </tbody> </table> 	CuSO <sub>4</sub>	0.2M	0.4M	0.6M	0.8M	1.0M	V	0.990	1.025	1.047	1.069	1.090	<p>做成圖形後</p> 
CuSO <sub>4</sub>	0.2M	0.4M	0.6M	0.8M	1.0M										
V	0.990	1.025	1.047	1.069	1.090										
<p><b>實驗步驟 5</b></p>	<p><b>實驗步驟 6</b></p>	<p><b>實驗數據</b></p>	<p><b>關係圖與關係式</b></p>												
<p><b>勒沙特列原理</b></p> <p>化學平衡是一個動態的平衡現象，當宏觀達成平衡時，宏觀的熱力學變數不再可有觀察的變化，但從微觀的層面來看平衡，系統中的原子分子仍然不斷地激盪的碰撞，進行能量的交換，當一個處在平衡的系統，受到外力干擾時，系統會朝向降低外力干擾的方向調整，而達成新的平衡。勒沙特列原理，即是用來預測微擾對平衡所產生的改變方向。</p>	<p>從反應式來看</p> $\text{Zn(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$ <p>當CuSO<sub>4</sub>溶液濃度增加時，反應式向右傾，使得右邊的電壓增大。然而當右邊的ZnSO<sub>4</sub>濃度降低時，左邊的反應為了達到平衡而使得反應向右傾，因此最後才會造成這樣的結果。</p>	<p><b>實驗總是令人感到興奮</b></p> <p>因為都會發現不知道的事物!!</p> 	<p>根據第四十屆科展化學組佳作作品的結論</p> <p>在上網查資料的過程中，發覺科展實驗也有人做出相同的實驗，並由實驗中推斷為「鋅銅電池電解水」原因為第三十屆科展「鋅銅電池的教授評語中提及：『電池三要素：電極、電解質溶液、隔板。』因此鋅片上覆蓋黑色氧化銅後形成較不導電層，才構成電池，生成電解水的氫氣、氧氣（由火焰在瓶內持續燃燒5~10秒，推測為氫、氧）。</p>												
<p><b>找到相關理論</b></p>	<p><b>以理論解釋實驗結果</b></p>	<p><b>意外的發現?</b></p>	<p><b>找尋資料解釋新發現</b></p>												

圖 6 第一組實驗主題、藥品、變因、實驗步驟、數據、關係圖、相關理論、結果解釋、意外發現

表 7 學生自行設計實驗的科學技能評量結果

科學技能	第一組(N=5)	第二組(N=4)	第三組(N=2)	第四組(N=7)
實驗主題	鋅銅電池	電解實驗	鎂帶燃燒	黑色噴泉
實驗主要內容	探討不同濃度的硫酸銅溶液對電池電壓的影響	探討不同電解質對電解產物之影響	鎂帶在二氧化碳中是否會燃燒?	探討雙氧水濃度對氧氣生成速率之影響
減量設計	2	2	2	2
選擇器材	2	2	2	2
配製溶液	2	2	2	2
分辨變因	2	1	1	2
觀察結果	2	2	2	2
紀錄數據	2	1	1	2
分析數據	2	0	0	2
處理數據	2	0	0	2
討論/推論	2	1	1	1
結論	2	1	1	1
總分	20	12	12	18

註 1: 完全做到(2 分)；部分做到(1 分)；未做到(0 分)

#### (四) 小組發表

小組發表活動由參與下學期教學的兩位老師擔任評審，兩位老師的總評意見如表 8，四組學生在實驗設計上均達成減量的實驗，內容比一般的實驗更具趣味性，也顯示出全組學生的團最合作精神。比較可惜的是其中兩組僅做到質性描述實驗結果，並未做深入的分析與討論。

第一組鋅銅電池的實驗設計與成果展現最令老師與同學們讚賞，不僅內容完整(包括實驗原理、過程圖片、以表格呈現實驗數據、以 EXCELL 軟體畫出電壓與硫酸銅濃度關係圖、並找出兩者的關係式，進而勒沙特列原理解釋濃度對平衡的影響導致電壓上升等)，十個項目的表現均十分出色。第四組黑色噴泉的表現亦佳，僅在數據的收集方面略少，較缺乏理論與實驗討論的結合。

整體而言，學生雖然覺得小組發表的前置準備作業非常辛苦，但覺得發表的過程中學到找尋資料、製作 ppt 與繪製圖表等相關能力，讓自己上台發表能力更上一層樓。

學生對於小組設計實驗與發表的感想如下：

透過這次的實驗，讓我知道原來不同濃度的電解液，真的會影響到電流的結果變化，終於在親自操作中知道他的影響，其實我真正獲益良多的並不只是本次實驗操作的結果，這只是其中的一部分而已，我最大的收穫莫過於在小組討論中同心協力完成它的過程!因為無論是要做甚麼、還是怎麼做.....都是經過大家的討論後才做好的，在這當中也讓我了解到團隊合作的重要，原來有些實驗是無法一個人完成的(106-27)

經由這次的實驗，我們可以得知硫酸銅的濃度是真的會影響電壓的大小唷，但我覺得，其實經過本次實驗得到最大的收穫並不是最後的結果，而是實驗的；不論是事前的討論，還是過成中大家手忙腳亂的記錄、操

作.....都相當地好玩。所以對我來說，本次我最大的收穫就是——可以跟大家一同想受實驗的過程~相當有趣又印象深刻(果然實驗還是要親手做才會有 FEEL~)(106-25)

我認為這次的自製實驗對我們整組來說是一個挑戰，考驗大家的團隊精神.....等，在這次的自製實驗中我認為最重要的不僅僅是實驗的結果及過程，從一開始的討論、腦力激盪、團隊互助.....等，都在這次實驗中的到一個很好的經驗。自己動手做實驗、配製藥品都是國中前所未有過的經驗，看老師們配置都覺得很容易，但當自己動手嘗試時才發覺原來並沒有想像中的簡單。這也是在這次實驗中得到的一個美好經驗。(106-12)

表 8 兩位評分老師意見之彙總表

組別	老師	意見
第一組	A	實驗完整、減量設計想法很好、能將理論融入實驗推論中、ppt 製作精美、小組合作極佳
	B	內容完整、表達清晰、充分合作
第二組	A	實驗有趣、理論未說明清楚、結論未深入討論
	B	內容不夠完整、缺乏明確結論
第三組	A	減量設計想法很好、僅質性結果，未做量化分析
	B	內容有趣、缺乏數據
第四組	A	減量設計想法很好、有做量化分析，可惜數據太少、以圖表呈現實驗結果
	B	內容有趣、有數據並以圖表呈現實驗結果

表 9 小組發表的評量結果 (單位：分)

評分項目	第一組		第二組		第三組		第四組	
	A	B	A	B	A	B	A	B
理論正確	10	9	7	7	8	7	9	8
內容實用	9	8	8	7	8	7	9	8
內容有趣	9	8	8	8	8	9	9	8
內容創新	10	9	8	7	7	8	10	8
內容完整	10	10	8	7	8	8	9	8
數據分析	9	9	7	7	7	7	8	8
結論正確	10	9	7	7	7	7	8	8
表達清晰	9	9	8	7	8	8	9	8
ppt 製作	10	10	8	7	7	8	9	8
小組合作	10	10	8	9	9	10	9	9
總分	95	91	77	73	77	79	89	81
平均	93(1)		75		78		85(2)	

註 1: A,B 表示兩位不同評分老師

註 2: (1)表示名次

## (五)學習情意問卷

學習情意問卷主要請 18 位學生針對六個教學活動就四個面向(幫助概念理解、使得學習有趣、提升解決問題能力與增進實驗技能)進行評價,分析結果如下表 10。將學生意見轉成數字(非常同意:5 分、同意:4 分、普通:3 分、不同意:1 分、非常不同意:0 分)以比較學生對各活動的評價,詳見圖 6。質性的部份請學生針對整個活動提出感想,做為未來修改未來精進班化學課程的依據。

學生對於**整體的精進班活動**評價最高,特別在「學習化學有趣」平均分數為 4.8、「增進實驗技能」平均分數為 4.7、「理解化學的相關概念」與「解決化學問題的能力」平均分數均為 4.6,顯示有一半以上的學生對於精進班化學課程是非常認同的。學生在感想中也提及同樣的想法:「好玩有趣又可以紓解壓力,重要的是可以讓我們真正見識到、了解到課本所做的一些實驗,不僅增加我們的知識,更提升我們解決問題的能力和實驗技能(103-12)」。

其次是**自行設計實驗**可以「增進實驗技能」平均分數為 4.6、「理解化學的相關概念」與「解決化學問題的能力」平均分數均為 4.5。將各種活動分別排序上(詳見表 11),有 14 位學生認為**自行設計實驗**最能提升問題解決能力;10 位學生提到**自行設計實驗**最能增進實驗技能。學生想法如下:「最後一次的實驗更有意義,促進腦力激盪,團隊互助協力完成問題,師生互動更多元(106-12)」。

學生公認最有趣的實驗則是**銀鏡反應實驗**,平均分數為 4.6,有 14 位學生在活動排序上認為此實驗是最有趣,而且有 9 位想進一步深入研究。學生在開放問題中提及:「做銀鏡反應看到很多不同的藥品,很好玩,對化學有了進一步的了解(101-08)」。

「在參加精進班**之前**,我認為學習化學是很有趣的」平均分數為 3.8,然而「在參加精進班**之後**,我認為學習化學是很有趣的」平均分數則提升為 4.5,顯示 18 位學生經過精進班活動後對化學的學習興趣大幅度提升。

另一方面學生對於「在參加精進班**之前**,我認為我的實驗能力不錯」平均分數為 3.6,然而「在參加精進班**之後**,我認為我的實驗能力不錯」平均分數提升為 4.0,同意度雖然有提升,卻也表示即使經過精進班的訓練,部分的學生評估自己的實驗能力雖有進步仍覺得有些不足。

表 10 學生對化學精進班活動的評價(李克式量表)(表格內為人次, n=18)

	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	平均分數
<b>一、透過酸鹼滴定實驗可以</b>						
1.幫助我理解化學的相關概念。	6	11	1	0	0	4.3
2.使得我覺得學習化學有趣。	7	9	2	0	0	4.3
3.提升我解決化學問題的能力。	5	12	1	0	0	4.3
4.增進實驗技能	9	8	1	0	0	4.4
<b>二、透過電化學(電池/電解)實驗可以</b>						
5.幫助我理解化學的相關概念。	9	8	1	0	0	4.4
6.使得我覺得學習化學有趣。	7	10	1	0	0	4.3
7.提升我解決化學問題的能力。	8	8	2	0	0	4.3
8.增進實驗技能	10	7	1	0	0	4.5

<b>三、透過銀鏡反應實驗可以</b>						
9.幫助我理解化學的相關概念。	7	9	2	0	0	4.3
10.使得我覺得學習化學有趣。	11	6	1	0	0	4.6
11.提升我解決化學問題的能力。	8	8	2	0	0	4.3
12.增進實驗技能	9	7	2	0	0	4.4
<b>四、透過自行設計實驗可以</b>						
13.幫助我理解化學的相關概念。	10	6	2	0	0	4.4
14.使得我覺得學習化學有趣。	10	7	1	0	0	4.5
15.提升我解決化學問題的能力。	10	7	1	0	0	4.5
16.增進實驗技能	12	5	1	0	0	4.6
<b>五、透過小組發表活動可以</b>						
17.幫助我理解化學的相關概念。	5	11	2	0	0	4.2
18.使得我覺得學習化學有趣。	7	8	3	0	0	4.2
19.提升我解決化學問題的能力。	8	7	3	0	0	4.3
20.增進實驗技能	8	7	3	0	0	4.3
<b>六、參加化學精進班可以</b>						
21.幫助我理解化學的相關概念。	11	7	0	0	0	4.6
22.使得我覺得學習化學有趣。	14	4	0	0	0	4.8
23.提升我解決化學問題的能力。	11	7	0	0	0	4.6
24.增進實驗技能	13	5	0	0	0	4.7
25.在參加精進班之前，我認為學習化學是很有趣的。	5	7	6	1	0	3.8
26.在參加精進班之後，我認為學習化學是很有趣的。	10	7	1	0	0	4.5
27.在參加精進班之前，我認為我的實驗能力不錯。	3	4	11	0	0	3.6
28.在參加精進班之後，我認為我的實驗能力不錯。	5	8	5	0	0	4.0
29.若學校舉辦類似課程我會再參加	9	6	3	0	0	4.3
30.我會鼓勵同學或學弟/妹參加學校舉辦類似課程	9	7	2	0	0	4.4

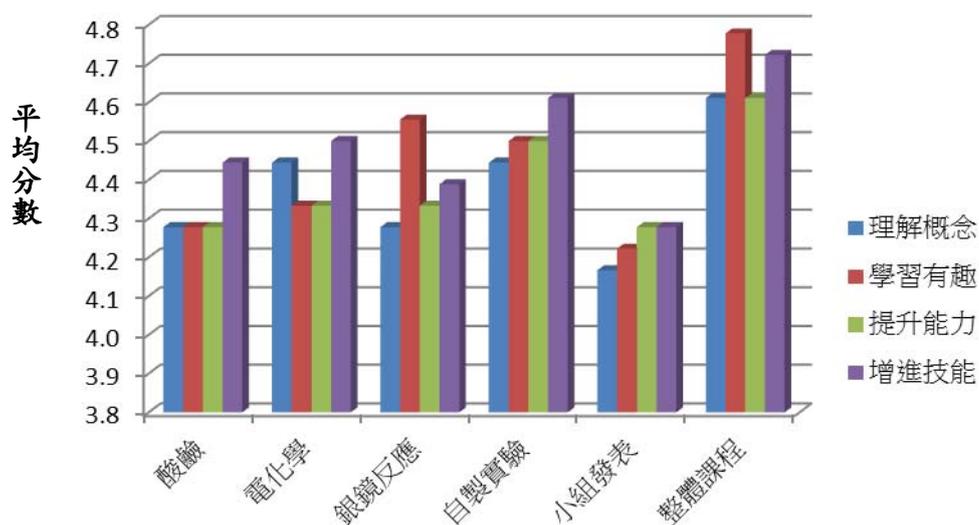


圖 6 學生對實驗活動不同面向之評價

表 11 學生對化學精進班活動不同面向的評價(排序法)(表格內為人次，n=18)

	最有幫助	最有趣	提升解決問題的能力	增進實驗技能	還想深入研究
酸鹼滴定實驗	2	0	2	2	0
電化學實驗	2	3	0	1	3
銀鏡反應	7	12	1	5	9
自製實驗	5	3	14	10	6
小組發表	2	0	1	0	0

## 六、結論與建議

### (一) 結論

完成之工作項目、具體成果及效益分為七部分：

1. **有效提升學生的學習動機:**實驗課程中的學生表現與情意問卷的分析均可顯示出學生經過精進班課程後，大幅度提升對學習化學的興趣。
2. **有效提升學生的科學技能:**學生經過一系列實驗的訓練對於一般實驗所需的基本技能(實驗準備、使用天平、選擇器材、配製溶液等)與觀察結果、紀錄數據等科學技能確實能正確完成，然而在分辨變因、分析數據、處理數據(將數據轉換成表格、關係圖或關係式)、討論/推論實驗結果、下結論等進階的科學技能僅 12 位學生(66.7%，第一組與第四組)表現較佳，另外 6 位學生(33.3%，第二組與第三組)僅做到質性描述實驗結果。
3. **學生在相關概念的答題表現有進步:**從八位學生的前後測答題表現，顯示一系列實驗有助於學生理解相關概念。
4. **增進學生設計實驗與解決問題能力:**兩組學生設計的減量實驗(鋅銅電池與黑色噴泉)有趣而實用，其實驗設計精巧而內容完整，顯示學生參與開放式探究活動後，增進其設計實驗與解決問題能力。
5. **提升了學生的小組合作與發表能力:**學生在情意問卷中表示，經過小組發表活動後，提升了個人小組合作與發表能力。
6. **培訓學科能力競賽的儲備學生:**目前已有兩位學生榮獲校內學科能力競賽優勝(化學與生物)，並當選本校學科能力競賽的代表選手。
7. **參與科展榮獲北區優勝:**一位學生今年榮獲北區科展應用科學組優勝，並將於暑假參加全國科展比賽。

### (二) 建議

本計畫的課程規劃與實施成效可供本校發展本位課程參考，亦可提供其他學校參考。

### (三) 檢討

由於本計畫跨兩學期，參與學生又屬於自願參加，導致上下學期參加的學生不同、參與學生也流失不少，因此在科學概念學習方面無法看出全體學生的進步情形，未來計畫設計成學校本位課程(選修課程)或專注研究其中一學期的學習成效。

在概念測驗方面試題的難度宜降低，並應增加科學技能的筆試題目，以深入瞭解學生概念與科學技能的發展情形。每次的實驗應設計解決問題的評量項目與規準，以確實釐清學生學習的歷程。

## 七、致謝

本研究計畫承蒙教育部經費補助，及台灣師大科教中心悉心的輔導，謹此致謝。