

教育部九十九學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：**探究式教學融入科學營活動以提升學生的科學技能、解釋與問題解決的能力**

主持人：**鍾曉蘭老師** 共同主持人：**彭立浩老師**

執行單位：**國立三重高中**

一、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。從科學營的探究活動中，本計劃的目的主要分為八部分：

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. **提升學生的科學解釋能力**：讓學生從實驗所觀察到的現象，提出解釋，並找出證據支持個人的解釋，提升學生科學解釋或說明的能力。
3. **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。
4. **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。
5. **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。
6. **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。
7. **以探究的活動提升學生學習動機**：本計劃的科學營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。
8. **師生自行研發微型實驗，以節能減碳**：教師與學生自行研發的微型實驗不僅可減量化學藥品的使用，在實驗器材的使用上也朝向環保、回收的方向，符合現行「綠色化學」、「節能減碳」的觀點。

二、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、化學實習老師葉雅文及行政助理賴麗玉小姐，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。

三、研究方法

本計畫藉由科學營的模式，引導學生進行一系列的探究活動。先從一般食譜式的實驗開始，培養學生科學技能；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。

根據以上的想法，實驗營的設計除了融入一系列的探究活動，在研究方法方面，預計採用準實驗法：一組學生(38人，對照組)活動型態如一般的實驗課程(教師講解實驗原理、實驗步驟，學生再進行實驗過程)；另一組(46人，實驗組)活動型態則納入 POEC (Prediction 預測—Observation 觀察—Explanation 解釋—Comparison 比較, Gunstone, 1990；White & Gunstone, 1992；邱美虹等人合著, 2005) 模式的實驗活動。研究假說是探究活動中，讓學生先進行預測並提出解釋，實驗後再將所觀察的現象與之前的預測作一比較，比一般的探究活動更能提升學生解釋與解決問題的能力。

實驗營預計在寒假中進行，學生採自願參加寒假輔導課(84人)，共進行五次探究活動與一次小組發表，小組發表時間預定在下學期開學後進行，探究活動與教學組別設計詳見表一。

表一 探究活動與教學組別設計

設計組別 探究活動主題	對照組(N=38) 一般探究活動	實驗組(N=46) 納入 POEC 教學策略
食譜式的探究(驗證性實驗) 酸鹼滴定(標定、滴定、反滴定)	實驗設計：教科書內的實驗 活動目的：培養學生科學技能，包括：確認控制變因與操縱變因、觀察、測量、紀錄、分析等。 對照組進行的方式為一般的實驗方式	實驗組進行方式則多了預測與比較這兩個步驟，目的是培養學生解釋與表達個人想法的能力
引導式的探究 奈米硫實驗	實驗設計： 教科書實驗的修正版 活動目的：培養學生觀察、分析、推論與解釋能力。	
引導式的探究 探討影響銀鏡/銅鏡形成的因素	實驗設計： 減量的微型實驗 將銀鏡反應修改成花費較便宜的銅鏡反應，並將實驗器材從一般的玻璃試管改成廢棄回收的表玻璃。 活動目的：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。	
開放式的探究	小組自行發現問題、確認問題、提出假設、進行預測、找尋	

設計實驗(分兩次進行)	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。(教師僅提供諮詢與引導學生討論) 活動目的：培養學生設計實驗與解決問題的能力
小組發表 分享探究的成果	小組將探究的成果以多媒體方式與他人分享 活動目的：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

研究工具

研究工具分為**概念診斷試題**、**科學技能評量表**、**診斷解釋能力試題**、**小組發表評量表**、**情意問卷**五大部分，分別就工具的設計重點/內容與使用的目的說明之(詳見表二)，測驗的研究對象則是 84 位參與實驗營的學生。

表二 研究工具的設計要點

研究工具	設計重點/內容	使用的目的
概念診斷試題	選擇題:單選題與多選題 影響反應速率因素相關概念試題 酸鹼概念、氧化還原反應試題	診斷學生對於影響反應速率因素、酸鹼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
診斷解釋能力試題	題組與簡答題： 針對日常生活現象，請同學提出主張，並進一步解釋原因，支持其主張與解釋。	診斷學生經過探究式活動後解釋能力的改變
解決問題能力	探究活動的開放式的挑戰題	診斷學生解決問題的能力
小組發表評量表	共有七個評量項目，分別是內容正確、內容實用、內容有趣、內容創新、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、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參加科學營的看法

概念診斷試題

概念診斷試題採用雙層式(two-tier)試題，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、氧化數定義及應用、氧化還原反應與滴定等，子概念與認知向度雙向細目表見表三，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三次，參加科學營前(教學前)、三次實驗後(教學中)、科學營完成後(小組發

表完成，即教學後)。

表三 概念診斷試題子概念與認知向度雙向細目表

主要概念	次概念	單選題	多選題	題數
化學反應速率	反應速率測量	1,2	1	3
	影響反應速率的因素(綜合討論)	3,4,5	2	4
酸與鹼	酸鹼定義與反應	6,8	3,4	4
	酸鹼滴定	7,9,10	--	3
氧化還原反應	氧化還原反應的定義與性質	11,14,15	5	4
	氧化劑/還原劑強弱比較	12,13	6	3
小計		15	6	21

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(實驗準備、使用天平、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(表四)。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。評分者預計為兩位老師(帶實驗的化學教師與一位實驗助理老師，未來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(預計實驗組與對照組各分為8小組，總計16小組，每一小組5-6人)。

表四 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
實驗準備					
使用天平					
配製溶液					
觀察結果					
紀錄數據					
分析數據					
處理數據					
討論/推論					
結論					

3. 診斷解釋能力試題

診斷解釋能力試題的形式為紙筆測驗，分為題組與簡答題，併入概念診斷試題中一起施測，試題的內容如下(題組部分內容)。

題組 1. 今有某一反應 $A_{2(g)} + B_{2(g)} \rightarrow 2AB_{(g)}$ ，測得各條件下的一些狀態因素如附表。由此表中推論下列問題：

1.1 由甲變到乙為乙物系中 (A)加入催化劑所致 (B) 將甲的體積縮小所致 (C)將甲物系增高溫度所

1.2 承 1.1，你所提出的解釋為何?(請簡單說明之)

	反應物的碰撞頻率	有效碰撞頻率	有效碰撞莫耳分率	$AB_{(g)}$ 的生成速率 M/s
甲	1.0×10^{31}	1.0×10^{17}	1.0×10^{-14}	3.2×10^{-7}
乙	2.0×10^{31}	2.0×10^{17}	1.0×10^{-14}	6.4×10^{-7}
丙	1.0×10^{31}	2.0×10^{17}	2.0×10^{-14}	6.4×10^{-7}
丁	1.1×10^{31}	4.0×10^{17}	3.3×10^{-14}	1.3×10^{-6}

2.1 由甲變到丙為丙物系中 (A)加入催化劑所致 (B) 將甲的體積縮小所致 (C) 將甲物系增高溫度所致

2.2 承 2.1，你所提出的解釋為何?(請簡單說明之)

4. 解決問題能力

每個探究活動的最後都有挑戰題：

- (1) 如何測量出食醋中醋酸的含量(重量百分比)
- (2) 各組利用所配製之溶液，以及前項所得之數據，於特定時間完成硫沉澱反應，以準時完成為 100 分，提早或延遲秒數為所扣分數，於台上做分組競賽。
- (3) 想辦法以最少的溶液用量，以載玻片分別製作銀鏡與銅鏡

5. 小組發表評量表

小組發表活動的評量表共有七個評量項目(表六)，分別是內容正確、內容實用、內容有趣、內容創新、表達清晰、ppt 製作及小組合作，七個項目評分為 0-10 分，滿分共計 70 分，評分者預計為 2-4 位化學教師。

表六 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
內容正確						
內容實用						
內容有趣						
內容創新						
表達清晰						
ppt 製作						
小組合作						
總分						

6. 情意問卷

情意問卷預計改編自相關研究之情意問卷，藉由問卷來瞭解兩組學生經過不同探究活動的歷程中對學生情意面向的影響，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」、「增進解釋能力」、「提升表達能力」、「增進小組合作能力」等面向的想法，藉以了解兩組學生對於各種探究活動的評價。

質性的部份為簡答題，主要針對「本次實驗營中最有趣的單元為何?」、「本次實驗營中印象最深刻的單元為何?」、「本次教學中對於學習化學相關概念最有幫助的活動為何呢?」、「本次教學中最需要再增加那一個活動的時間，能夠更有效學習化學相關概念?」、「本次教學需要改進的單元為何呢?」、「你對 POEC 融入實驗活動的看法為何?」深入了解學生的想法，做為改進科學營活動的依據。

研究流程

研究流程詳見下圖 1：

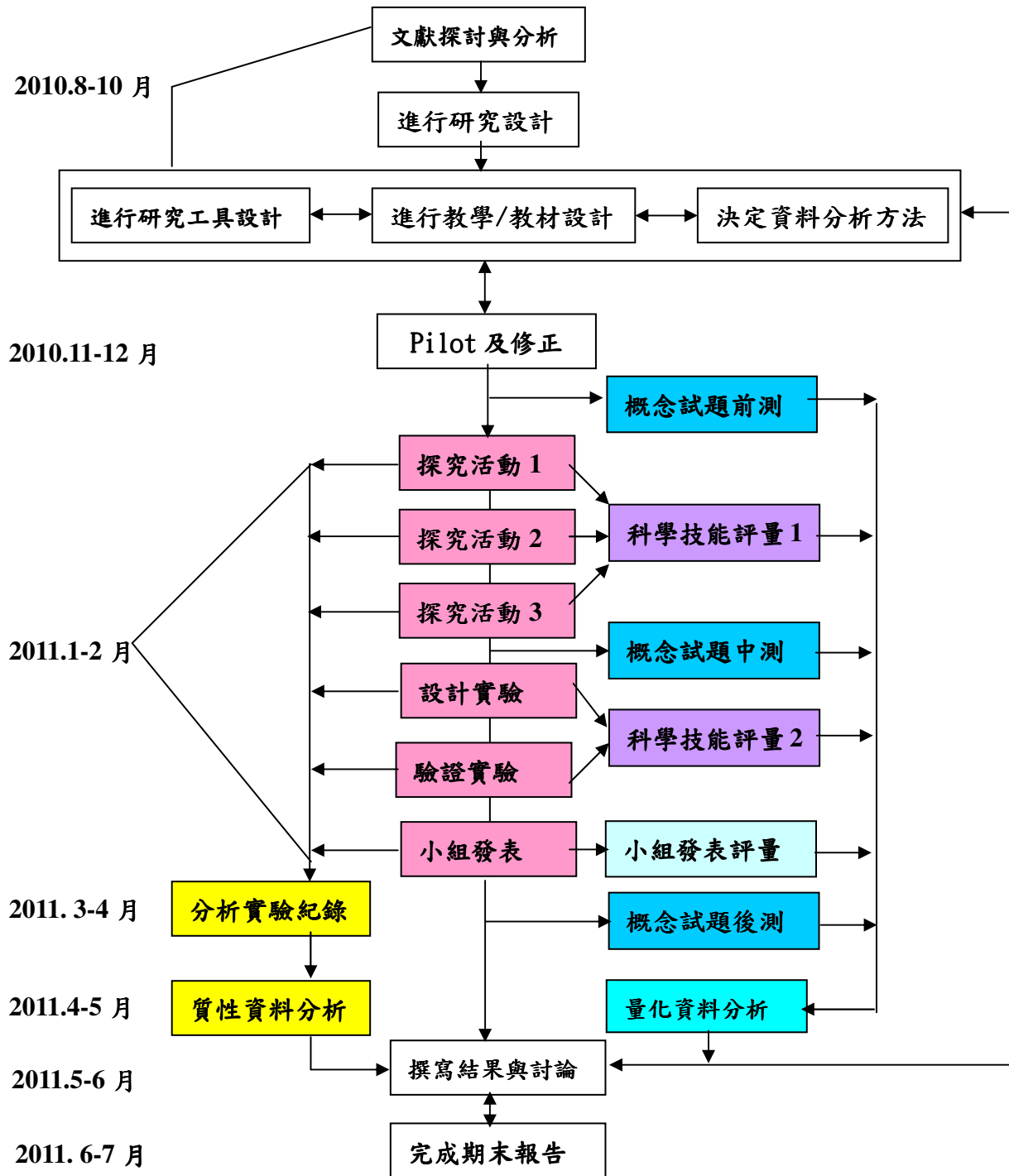


圖 1 研究流程

資料處理與分析

1. 分析概念診斷試題與評量

- (1) 將二組學生的概念、科學技能評量、解釋能力試題、小組發表成績利用 SPSS 進行顯著性分析
- (2) 分析分兩組學生一系列的概念、科學技能、解釋能力認知發展的情形，藉以比較兩組學生學習歷程的影響有何不同。

2. 分析情意問卷

將兩組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。

3.分析實驗活動紀錄

將兩組學生的實驗紀錄與學生的概念與科學技能、情意問卷的結果合併分析，以呈現學生學習的歷程與學習成果之間的關係。

四、目前完成程度

目前已完成階段三的研究流程，完成的工作內容：研究工具設計、信效度、實驗活動/教材等設計、科學營已進行至探究活動 3，已完成進度約 60%。

五、預期完成之工作項目、具體成果及效益：

預計完成之工作項目、具體成果及效益分為七部分：

1. 學生參與實驗營一系列的探究活動後，應能有效提升其科學技能與學習動機。
2. 學生參與實驗營一系列的探究活動後，應能促進學生關於反應速率與氧化還原相關概念的深層理解與概念改變。
3. 學生參與開放式探究活動後，應能增進其設計實驗與解決問題能力。
4. 學生經過 POEC 的探究活動後，應能提升其解釋能力。
5. 學生經過小組發表活動後，應能培養其小組合作與發表能力。
6. 教師與學生設計的微型實驗或改良實驗可納入日後的教學活動中，亦可提供其他老師或學校參考，為「節能減碳」盡一份心力。
7. 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科學營相關活動作為參考。

六、檢 討

目前計畫已完成 60% 的進度，與預計的研究進度相符合，學生不僅認真參與探究活動，也進一步培養並提升了小組合作的能力。