

教育部 104 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：開發校本選修課程—X計畫化學篇

主持人：鍾曉蘭老師 電子信箱：chshirley2007@yahoo.com.tw

共同主持人：謝進生主任、彭立浩老師

執行單位：新北市立新北高級中學

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：無

4. 辦理活動或研習會對象：校本選修課

5. 參加活動或研習會人數：選修學生 14 人

6. 參加執行計畫人數：4 人 鍾曉蘭老師、協同計畫主持人謝進生主任(圖書館主任、資訊教師)、彭立浩老師(化學老師)及實習老師洪日善老師

7. 辦理/執行成效：

- (1) 已完成課程設計與執行，初步成效不錯。
- (2) 三位學生參加新北科展，榮獲高中化學科國展特優。
- (3) 四位學生榮獲校內化學學科能力競賽優勝。

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。本計畫專題導向的探究活動融入學校本位選修課程-X計畫化學篇中，預計達成個下列七個目標：

1. 以有效教學的原理，設計多樣性的教學活動：以模型化活動、實作、專題報告與挑戰活動提升學生對於生活中相關化學知識的學習興趣與動機。

2. 以設計多元評量的觀點，設計不同面向的評量方式：以檔案評量、實作評量與小組專題報告等評量方式為主，從不同的面向評量學生的學習成效。
3. 以適性輔導的面向，提供學生職涯探索的機會：提供學生職涯探索的機會，讓學生從專題製作的學習過程中了解與化學相關的職業發展。
4. 培養學生實作技能：學生學習從日常生活經驗、科學報導或實作中找出問題，根據問題特性、設備資源、期望之成果等因素，運用簡單的科學模型、理論與儀器、科技設備等，進行自然科學探究活動，進而發表探究的成果與提出合宜的問題解決方案。
5. 培養學生思考技能：學生能從一系列的觀察、實驗中取得自然科學數據，並依據科學理論及方法進行比較與判斷資料，進而以批判的論點來檢核資料的可信性，並提出創新與前瞻的思維來解決問題。
6. 培養學生發表能力：能以合乎邏輯的方式描述自然科學活動的主要特徵、方法、發現、價值和限制，進而透過討論理解同儕的探究過程和結果，且提出合乎邏輯的解釋或意見。
7. 培養學生探究能力：學生能運用較為複雜的科學模型、理論與儀器、科技設備等，獨立規劃完整的實作探究活動，進而根據實驗結果，反思實驗過程的優、缺點，以修正實驗模型或創新突破。

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鍾曉蘭老師、協同計畫主持人謝進生主任(圖書館主任、資訊教師)、彭立浩老師(化學老師)及實習老師洪日善老師，本校行政單位對於本計畫大力支持，對於教學活動不僅提供足夠的設備，倪靜貴校長對於本研究亦十分的重視，行政人員(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)課程設計

課程規劃為二學分、為期一學期的選修課程，18週、共計36節課(每節50分鐘)，概念與活動主題配合基礎化學(二)的學習內容主要為：物質的鍵結與結構、有機化合物的官能基與異構物、生活中的化學/化學與化工與自行設計實驗(專題式)，藉以增進學生探究技能與解決問題能力。本計劃藉由專題式的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。初步設計課程如表 1:

表 1 課程設計

探究主題	次主題	探究活動	評量方式
物質的鍵結與結構 (4 週)	分子晶體	小組實作: 1. 用各種分子或晶體模型學習各種晶體的鍵結形式與結構 2. 小組討論並統整各種晶體的分類與性質	1. 簡報 2. 紙筆測驗
	離子晶體		
	金屬晶體	小組發表: 1. 學生由圖表、報告中解讀資料, 瞭解資料具有的內涵性質 2. 學生將討論與彙整的內容作有條理的、科學性的陳述 3. 學生正確運用科學名詞、符號及常用的表達方式 4. 學生傾聽別人的報告, 並能提出意見或建議 5. 善用網路資源與人分享資訊	
	網狀共價晶體		
有機化合物的官能基與異構物 (5 週)	官能基性質與檢定	小組實作: 1. 從實作瞭解各種官能基的物性與化性 2. 從實作瞭解各種官能基的檢驗方法 3. 用各種分子模型學習異構物的相關概念 4. 透過製作固體的酒精凍, 讓學生探討添加物對實驗的影響。	1. 簡報 2. 紙筆測驗
	探討異構物		
	奈米科技實驗與實作: 酒精凍帶著走	小組發表: 1. 查詢有機化合物在生活與科學上的原理、應用與價值。 2. 將查詢的內容作有條理的、科學性的陳述 3. 學生傾聽別人的報告, 並能提出意見或建議 4. 善用網路資源與人分享資訊	
	有機化合物在生活的應用與影響		
生活中的化學/化學與化工 (3 週)	氧化還原反應: 以 POEC 法學習鎂帶的氧化還原反應	1. 從 POEC 實驗中瞭解氧化還原定義與反應 2. 從實驗瞭解氧化還原反應與電化學原理 3. 查詢新興科技(如奈米科技、高溫超導體、OLED)在生活與科學上的原理、應用與價值, 進行口頭報告。	學習單
	氧化還原反應: 銀鏡與銅鏡反應		成品
	新興科技口頭報告		簡報
自行設計實驗(專題式)	小組設計實驗	1. 發現問題: - 觀察現象與蒐集資訊 - 形成問題	1. 實驗報告 2. 簡報

(6 週)		- 提出假設或假說 2. 規劃與研究： - 收集數據資料	
	小組實作	1. 學生製作圖表、使用資訊與數學等方法，有效整理資訊或數據。 2 將自己的探究結果和同學的結果或其它相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。 3. 從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、解決問題或是發現新的問題。 4. 比較與判斷自己及他人對於科學資料的解釋在方法及程序上的合理性，並能提出問題或批判。 5. 從問題解決過程、合作討論中建立模型，用以描述一個系統化的科學現象，並察覺模型有其局限性。	
	自行設計實驗成果	小組發表： 1. 利用口語、影像(如攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物等，呈現探究之過程、發現或成果。 2. 理解同學的探究過程和結果。 3. 對同學的探究過程和結果，提出合理的疑問或意見。 4. 評估不同探究結果或模型的優點和限制。 5. 呈現探究過程各項元素，如：觀察定題、推理實作、資源運用、活動安全、探究結果等。 6. 對探究過程各項元素，加以評價或提出改善方案	

(二) 研究工具

研究工具分為**概念診斷試題**、**POEC 學習單**、**小組發表評量表**、**情意問卷**與**自行設計實驗報告**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 2)，測驗的研究對象則是參與選修課程的學生。

表 2 研究工具的設計要點、內容與目的

研究工具	評量形式	主要評量內容	工具使用目的
概念診斷試題	紙筆測驗： 選擇題與題組	試題一：物質的鍵結與結構 試題二：有機化合物的官能基與異構物	瞭解學生相關科學概念的發展

POEC 學習單	實作評量	觀察結果、紀錄、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、下結論與學習心得等面向。	瞭解學生的實作技能與探究技能的發展
小組發表評量表	小組發表	內容正確、內容實用、內容創新、分析完整、討論詳實、結論正確、表達清晰、參考資料、ppt 製作及小組合作	瞭解學生的表達與討論能力
情意問卷	紙筆測驗：李克式量表與開放式問答題	學生對於「提升實作技能」、「提升探究技能」、「增進相關概念理解」、「提升學習興趣」、「幫助職涯探索」等面向的想法	瞭解學生對於各種教材與活動的評價
實驗報告	書面報告	實驗書面報告：實驗環境與條件(溫度等)、實驗步驟、實驗照片、實驗設計、實驗結果記錄、結論與討論、如何改進實驗、實驗安全或廢棄物處理、實驗心得等	瞭解學生的表達能力、解決問題能力與探究技能的發展

1. 概念診斷試題

概念診斷試題採用單一選擇題與開放式問答題或計算題，部分試題參考自筆者近幾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。試題一內容主要為化學鍵結與晶體相關概念，包含 13 題單選題、12 題多重選擇題與二大題非選題。試題二內容主要為有機化合物的官能基與異構物，包含 10 題單選題、10 題多重選擇題與四大題非選題。部分試題如下：

1. 畫出第二週期元素的部分共價化合物 CH_4 、 NH_3 、 H_2O 、 HF 的電子點式。(8 分)

2. 下列物質 C_{60} 、 Si 、 SiC 、 Mg 、 MgCl_2 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 、 NH_4Cl ，回答下列問題：(答案 1 分)

2.1 何者可為離子固體？Ans: _____

2.2 何者可為共價網狀固體？Ans: _____

2.3 何者可為金屬固體？Ans: _____

2.4 何者可為分子固體？Ans: _____

2. POEC 學習單

※POEC 的實施程序

POEC 預測—觀察—解釋—比較 (Prediction-Observation-Explanation-Comparison, POEC) 的實施程序：

- ▶ **P(Prediction, 預測)**：向學生說明實驗裝置與實驗程序，請學生填寫預測的實驗結果，並寫下預測的理由(也可以利用小組的討論，讓他們分享彼此的看法)。
- ▶ **O(Observation, 觀察)**：進行實驗，請學生觀察並詳細紀錄觀察現象，並判斷是否與預測的情形符合。
- ▶ **E(Explanation, 解釋)**：無論是否符合，請學生再次提出解釋的理由。
- ▶ **C(Comparison, 比較)**：再將所觀察的現象與之前的預測做一比較，填寫學習單，再做學習總結討論，比較原先預測與觀察之間的現象與前後解釋的異同。

鎂帶在硫酸銅中會跳舞？

※教師引導學生發現問題或引起動機：

教師將鋅粒投入硫酸銅水溶液中，請同學觀察現象，並提出解釋。接著提出問題：「若將鎂帶丟到硫酸銅水溶液會產生何種現象？」

*器材及藥品：每組

鎂帶 10cm	鋅粒 2-3 粒	硫酸銅(aq) 0.5M 100mL
燒杯 100mL 2 個	玻璃棒 2 隻/每組	滴管 2 隻/每組

*實驗過程：

1. 在 100mL 硫酸銅水溶液，放入 10 cm 鎂帶(可切成小段或捲成特殊形狀)。
2. 觀察 3 分鐘內，燒杯中發生的現象並紀錄。
3. 經過 10 分鐘後，觀察燒杯中的現象並紀錄。

※學生進行 POEC 實驗活動：

<p>P 預測可能發生的現象並提出合理解釋：</p> <p> </p> <p> </p> <p> </p>	<p>O 觀察燃燒的鎂帶在硫酸銅溶液中的現象並紀錄：</p> <p> </p> <p> </p> <p> </p>
<p>E 學生就觀察現象提出解釋：</p> <p> </p> <p> </p>	<p>C 比較預測與觀察現象的異同：</p> <p> </p> <p> </p>

- 2.請同學們依照以上的觀察現象，試著推論鎂帶在硫酸銅溶液中可能發生哪些反應？
- 3.對本此活動的想法

3. 小組發表評量表

10 個項目：內容正確、內容實用、內容完整、表達清晰、討論詳實、結論正確、參考資料、提問與回答、ppt 製作及小組合作，各項目評分為 0-10 分，滿分共計 100 分(表 3)，評分者為 1 位化學教師。

表 3 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
內容正確					
內容實用					
內容完整					
表達清晰					
討論詳實					
結論正確					
參考資料					
提問與回答					
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教材與活動的歷程中對學生學習面向的影響，問卷內容主要為學生對於「提升實作技能」、「提升探究技能」、「增進相關概念理解」、「提升學習興趣」、「幫助職涯探索」等面向的想法，藉以瞭解學生對於各種教材與活動的評價。

質性的部份為簡答題，主要深入了解學生的想法，做為改進課程教材與活動的依據。

5. 自行設計實驗報告

實驗書面報告：實驗環境與條件(溫度等)、實驗步驟、實驗照片、實驗設計、實驗結果記錄、結論與討論、如何改進實驗、實驗安全或廢棄物處理、實驗心得等。

(三)研究對象

本校特色班(科學班)選修 X 計畫化學篇的高二學生，共計 14 位。

(四) 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 POEC 學習單

4. 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。

5. 評比學生的書面報告

(五) 時間規劃表

整體計畫時間規劃如表 4。

表 4 計畫時間表

月份 工作項目	2014. 8	9	10	11	12	2015. 1	2	3	4	5	6	7
收集資料												
評量工具												
課程實施												
分析數據												
修改教材												
撰寫報告												

五、執行進度（請評估目前完成的百分比）

目前計畫已完成 **90%** 的進度，收集資料與評量工具皆已完成，課程實施已完成上學期的十八週課程。僅剩下期末報告撰寫工作項目。

六、初步成果

(一) 概念測驗分析

14 位學生兩次概念測驗成績詳見表 5，大部分同學都呈現進步。其中一位同學(編號 1)參與度較低，上課或聆聽小組發表時，都顯得注意力不集中，成績明顯偏低。編號 6、8、12、13 四位同學表現甚佳。但哪些概念表現較好，待進一步分析。

表 5 14 位學生兩次概念測驗成績

編號	1	2	3	4	5	6	7
測驗一	46	55	65	74	69	83	77
測驗二	38	79	72	80	78	84	70
編號	8	9	10	11	12	13	14
測驗一	85	60	69	64	79	88	73
測驗二	88	71	79	69	85	92	82

(二) 小組發表分析

1. 「化學鍵與晶體」小組發表

第一次小組發表，五組同學在內容的正確與完整都表現不錯，最大問題是未清楚標示參考資料來源，第四組與第五組在提問較少。

表 6 「化學鍵與晶體」小組發表的評量表與分數（單位：分）

評分項目	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組
報告主題	離子晶體	分子晶體	金屬晶體	共價網狀	晶體比較
內容正確	9	9.5	8.5	9	8
內容實用	9	9	9	9.5	8.5
內容完整	10	10	9.5	9.5	9
表達清晰	9.5	8.5	8.5	9	8.5
討論詳實	9	9	9	9	8.5
結論正確	9	9	8.5	9	8
參考資料	7	7	9	9	7
提問與回答	10	10	8	6	4
ppt 製作	9	8	9.5	10	9
小組合作	10	9	9	8.5	8
總分	91.5	89	88.5	88.5	78.5

註：個項目評分為 0-10 分，滿分共計 100 分

2. 「有機化學官能基」小組發表

第二次小組發表，同學們多能清楚表示出參考資料來源，但由於有機官能基對高二學生屬於偏難的概念，學生在講解內容上有些錯誤或不完整。在選擇報告內容上，實用性與完整度較第一次報告略為退步，表達的能力則較第一次略為進步。

表 7 「有機化學官能基」小組發表的評量表與分數（單位：分）

評分項目	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組
報告主題	醇類	酸類	醛類	酯類	酮類

內容正確	10	10	9.5	9	8.5
內容實用	8.5	9	9.5	9	9
內容完整	9	9	9	8.5	8.5
表達清晰	9	9	9.5	9	8.5
討論詳實	9	9	9	9	8.5
結論正確	9	9	9	9	8.5
參考資料	9	9	9	9	8.5
提問與回答	10	8	8	10	5
ppt 製作	8.5	8.5	10	9	8
小組合作	9	8.5	9	8	8
總分	91	89	91.5	90.5	81

註：個項目評分為 0-10 分，滿分共計 100 分

(三) 期末實驗報告

期末自行設計實驗五組皆自行設計實驗，完成整個實驗流程，並進行口頭報告與書面報告，其中第一組與第二組的實驗設計較為完整，有進行量化的分析與呈現分析後的圖表，討論與結論方面較為完整。此兩組以實驗報告參加校內科展，分別榮獲優勝與佳作。無電電鍍的研究參加新北市科展，榮獲新北市高中化學組國展特優，將於暑假參加全國科展。其他三組實驗仍為食譜式探究，僅為完成質性的實驗，對於變因的探討仍待改進。

表 8 「自行設計實驗」小組發表的評量表與分數（單位：分）

評分項目	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組
實驗主題	無電電鍍	有趣泡泡	電池研究	電解實驗	鋅銅電池
內容正確	9	9	9	9	9
內容實用	10	9.5	9	9	9
內容完整	9.5	9	8.5	8.5	8
表達清晰	10	9	8	8.5	8
討論詳實	10	9	8	8	8
結論正確	9	9	8	8	8
參考資料	9	8	8	8	8
提問與回答	10	8	8	9	8
ppt 製作	9	9	8	8	8
小組合作	9	9	8	8	8
總分	94.5	88.5	82.5	84	82

註：個項目評分為 0-10 分，滿分共計 100 分

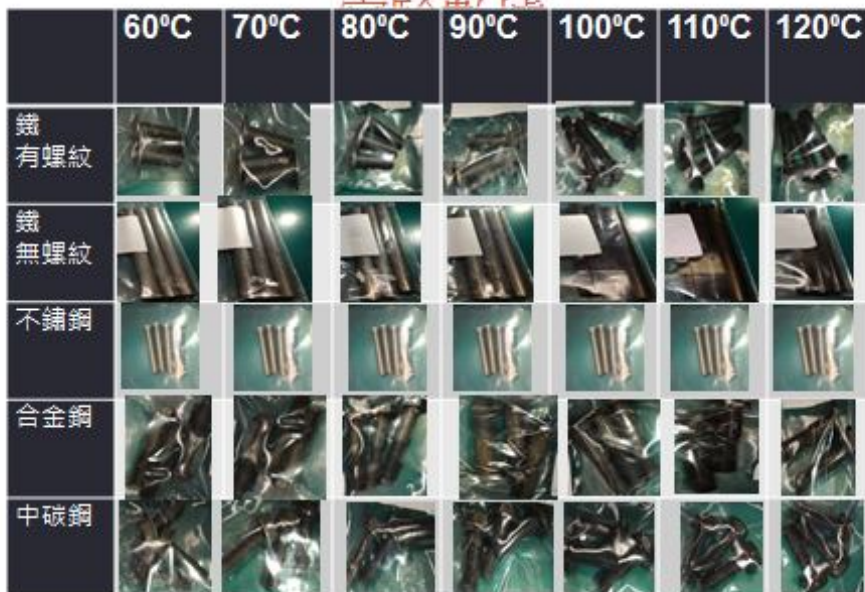


圖 1 電鍍-熱浴浸泡法實驗結果(找尋最佳電鍍溫度)

三、實驗結果:

二氧化錳	0.025g	0.05g	0.075g	0.1g	0.125g
次數					
1	1:23	43	31	30	22
2	1:24	45	34	28	24
3	1:26	42	29	28	18
4	1:24	38	30	29	21
5	1:26	40	26	25	24

表(一) 催化劑的量對反應速率的影響

圖 2 有趣的泡泡實驗結果

(四) 學習問卷

學生對於實作過程中可以提升學習興趣、探究技能與實作技能的同意度最高，對於幫助職涯探索的同意度相對較低。其中最感興趣的活動是銀鏡與銅鏡的實驗，對於提升探究技能與實作技能的活動則為 POEC 實驗與自行設計實驗。學生質性想法摘錄如下：

本來我一直在生物與化學之間做抉擇。但是最後，我選擇了化學。我對於當初的決定並不會感到後悔。在此課程中，我學到了不少東西(雖然很累)。我想這在往後一定會有所幫助的。(陳 X 廉)

X 計畫化學科跟其他科不一樣的地方在於化學科確實讓我們在吸收化學知識，不斷地做實驗與報告讓我們增加實驗技能跟自己找問題的能力，讓我這半年收穫很多。(曾 X 芳)

七、檢討

- (一) 由於是選修課，有少部分同學學習動力不足，不論在概念測驗表現與實作過程的投入都顯不足，如何幫助學生提高學習動機仍待研究者努力。
- (二) 學生的先前經驗(概念與探究能力)不足以進行獨立研究，在自行設計實驗的過程中，為找尋研究題目，花了不少時間，反而壓縮探究過程，讓其中三組的自行設計實驗的過程仍偏向食譜式的驗證，這部分仍需加強學生的基本探究能力。