
探索式化學實驗課程之開發

～台北市建國高級中學高瞻計畫之子計畫二～

曹淇峰^{1*} 廖家榮¹ 林志弘¹ 邱美嬌¹ 譚利亞¹ 蔡蘊明²

¹臺北市立建國高級中學

²國立臺灣大學 化學系

【轉載自：中華民國第二十四屆科學教育學術研討會 論文發表】

摘 要

目前高中的化學實驗課程，幾乎全是食譜式的實驗(驗證式實驗)，並沒有探索與創意的實驗課程，學生無法體驗科學探索的樂趣。教育部提出「主動探究與研究」為培養學生的十大基本能力之一(教育部，2000)，但與化學相關的探究課程付之闕如。本計畫為建國中學高瞻計畫之子計畫二，為期三年的研究，擬探討：(1)如何開發創新的化學探索實驗課程 (2)如何開發學生化學實驗建模能力的評量工具 (3)如何以高中化學實驗室進行「化學探索實驗課程」 (4)如何開發一種創新的化學專題選修課程實施模式。本計畫的研究方法為行動研究法與基本研究法，以認知師徒制的六個面向及學生的建模過程，作為課程設計的經緯，藉由質的研究收集到的資料來改進課程。教師透過本研究計畫，能創新教學模式，建立長期且永續的課程發展模式，並將此研究成果推廣至他校，作為實施與設計新化學課程的參考。去年(本子計畫第一年)，本課程研發小組已經開發兩個化學探索實驗的主題，一為錯合物，另一為電化學與奈米溶液，分別預計本(97)學年度的上、下學期實施，本文著重在課程研發的經驗分享，與初步實施的資料分析。

關鍵詞：化學實驗、建模、探索式、認知師徒制

壹、課程發展背景

桌上有兩瓶水，一瓶是自來水，另一瓶是食鹽水，除了嚐一嚐以外，你能不能想出三種以上的方法來辨別呢？如果不能用看的，也不能用嚐的，你還能用聽的分辨出來嗎？如果讓學生直接處在這個情境中，學生藉由實際的實驗探索，或許能想

出很有創意的辦法。今日的科技日新月異，新興的科技領域有很多的創新的內容可以化學實驗的方式，讓學生去探索，目前高中課程並沒有像這類需要探索與創意的化學實驗，學生無法體驗科學探索的樂趣。

Dewey 曾言：「教育透過探究而發生，是一種不斷再建構的過程。」(陳美玉，1998)。「探究式教學法」(Inquiry teaching)就是一種強調過程、學生知為何而學，以

* 為本文通訊作者

及學生學習如何學習的途徑。探究式教學法可追溯到古希臘哲學家蘇格拉底所提倡的「產婆法」(林寶山, 2003; 蘇麗涼 2002; 歐用生, 2000)其重視的是學習的方法, 而非學習的內容。

學者 Collins(引自邱美虹, 2006; Chiu, Chou, & Liu, 2002)在 1989 年所提出的「認知師徒制」(cognitive apprenticeship), 其教學著重: 「示範」(modeling)、 「訓練」(coaching)、 「鷹架」(scaffolding)、 「闡明」(articulation)、 「反思」(reflection)、 「探索」(exploration)六個重要面向(Collins, Brown, & Newman, 1989)。傳統師徒制多著重在動作技能的學習, 認知師徒制的教學內容更加著重在思考認知能力的學習與訓練。學徒(學生)不僅在於其專業知識和技能的精進, 更因其思維能力的成熟而能逐漸進步地成爲一位師傅(專家)。

邱美虹(2007)指出學生模型觀點的三個面向, 包括方法論(林靜雯和邱美虹, 2007)、認識論(吳明珠, 2007)、本體論(周金城, 2007)的實證資料顯示學生的建模能力有待加強。學生對模型本質與功能的認識不足, 學校課程更缺少模型的有效化與模型的調整的教學, 以致於學生無法有效的利用模型來學習。本探索式的化學實驗課程期望能爲高中化學實驗課程發展一種新的模式, 以某一化學實驗研究主題貫穿, 以使學生有充足的機會與時間進行模型的建構與調整, 以提高學生的建模能力。

貳、課程發展的重要性

Hofstein 與 Lunetta(1982)指出「實驗課程」爲一項具有核心價值以及學習特色的議題, 藉由運用實驗室裡所需應用的科學知識、操作技能、科學態度……等眾多學習優勢, 引導學生在科學的學習領域裡面能夠擁有更佳的學習成效。Hofstein 與 Shore (2001)指出學生在開放性的實驗室環境裡操作實驗進行學習時, 透過現象的觀察、紀錄、分析、推理、驗證……等, 可以展現出較佳的學習敏銳度。鼓勵學生對於科學知識的探索, 最佳的情況莫過於提供一個適當的機會與地點, 進而激發學生的好奇心與求知慾產生主動學習的動力, 並且整合所學習到的知識。

「化學」是許多基礎科學與應用科學之發展核心, 也是一門實驗科學。因此理想的實驗課程設計, 不但可激發學生的學習化學興的趣、獲取化學相關知識、亦可訓練培養學生實驗操作的技能、觀察化學變化、設計實驗的能力。實際透過「做中學」的過程, 經由仔細觀察、細心思考、發現所遇到的困難、找出對策, 並找出過程中所觀察到的現象或化學反應的原理, 進而探究出屬於自己本身的學習方法, 以求將課程中的理論與知識轉化成自己本身所能運用的能力。蕭次融(1998)指出實驗是使用具體的實物, 在適當控制的條件下實際操作, 以產生可測量或觀察的現象, 利用實際的感官以形成知識概念, 因此實驗在中等教育顯得格外重要。不過目前實驗在中等學校實施的情形不盡理想, 特別是化學實驗所需要的器材、地點、學生的

知識基礎，加上繁重的課程、考試成績的壓力等眾多因素，造成以往化學實驗課程實施的成果不彰。化學課程實驗著實具有其實際意義與重要性，也值得對於此面向更進一步投注人力物力進行發展。

參、研究目的

本計畫的重要性在於讓對化學有濃烈研究興趣的學生能進行化學實驗探索。本計畫第一年開發與試驗適合學生探索的新興科技主題。第二年以「認知師徒制」的教學模式，透過「示範」、「訓練」、「鷹架」、「闡明」、「反思」、「探索」等過程，老師帶領同時觀察學生的探索過程，學習相關實驗技術，慢慢地讓學生的專業知識和技能同時精進，思維能力逐漸進步而成熟，整合創造性解決問題能力。記錄與評量學生的化學實驗探索、科學過程技能與思考的模型（包括建構模型、分析模型、效化模型、調度模型、重建模型等過程）。第三年起，除了改進第二年的課程模式，更要將相關的研究心得推廣到其他學校，作為設計菁英教育課程的參考。

本計畫研究目的包括：

1. 研究實施化學探索實驗課程的場域，提供化學菁英學生進行實驗探索的實驗室。
2. 開發一種創新的化學探索實驗課程：以認知師徒制(cognitive apprenticeship)的方法，發展探索式化學實驗課程。
3. 開發一種創新的建模能力評量工具：尤其是研究學生在化學實驗能力方面的建模過程。

4. 開發一種創新的化學專題選修課程實施模式：新課綱實施後，透過全校性的化學專題選修課程，以新興的化學科技為主要內容，仿效本計畫逐年進行探索式化學實驗課程，讓學生在化學實驗探索的過程，體會從事基礎科學研究的樂趣與建立模型的能力；教師在研究與執行新的實驗課程時，建立創新的教學模式(teaching model)。
5. 將此研究成果推廣至他校，作為實施與設計新化學課程的參考。

肆、研究方法

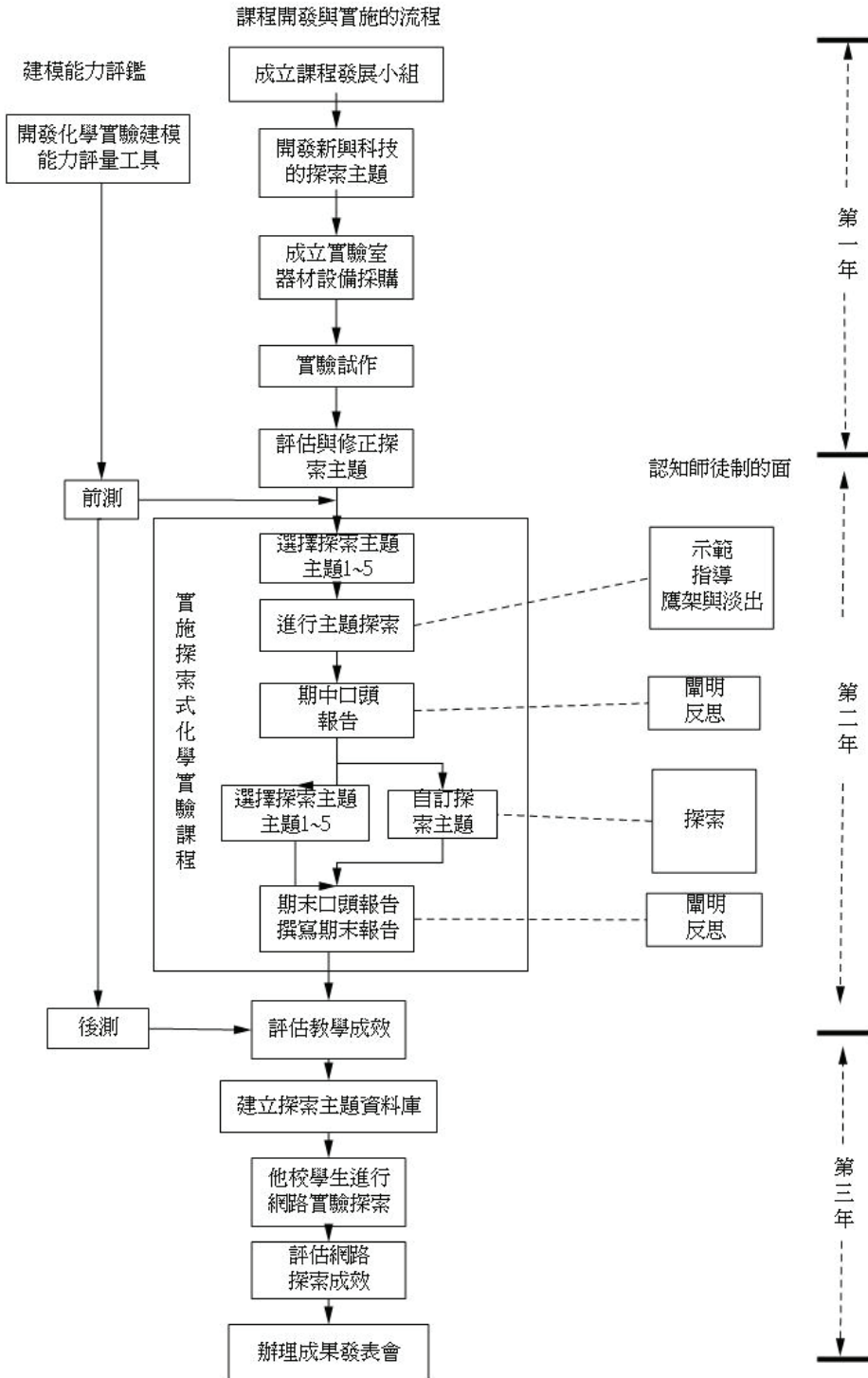
一、研究對象與資料收集

本計畫的研究對象為建國中學全校高二選修化學專題研究的學生，故參與研究計畫的學生，對化學的研究具有高度的興趣。

課程發展採行動研究法：「化學」這門學科，需要龐大的理論知識、精準的實驗操作、精確的數據統整等各種能力的整合。「實驗課程的研究」更需要透過「行動」來付諸實行，教師們在教學現場親身參與或是從旁觀察來實踐教育理論和知識，根據新課程計畫的實施結果，教學者反思自己的工作、探究教學問題、提高教學品質、增進教學效率。

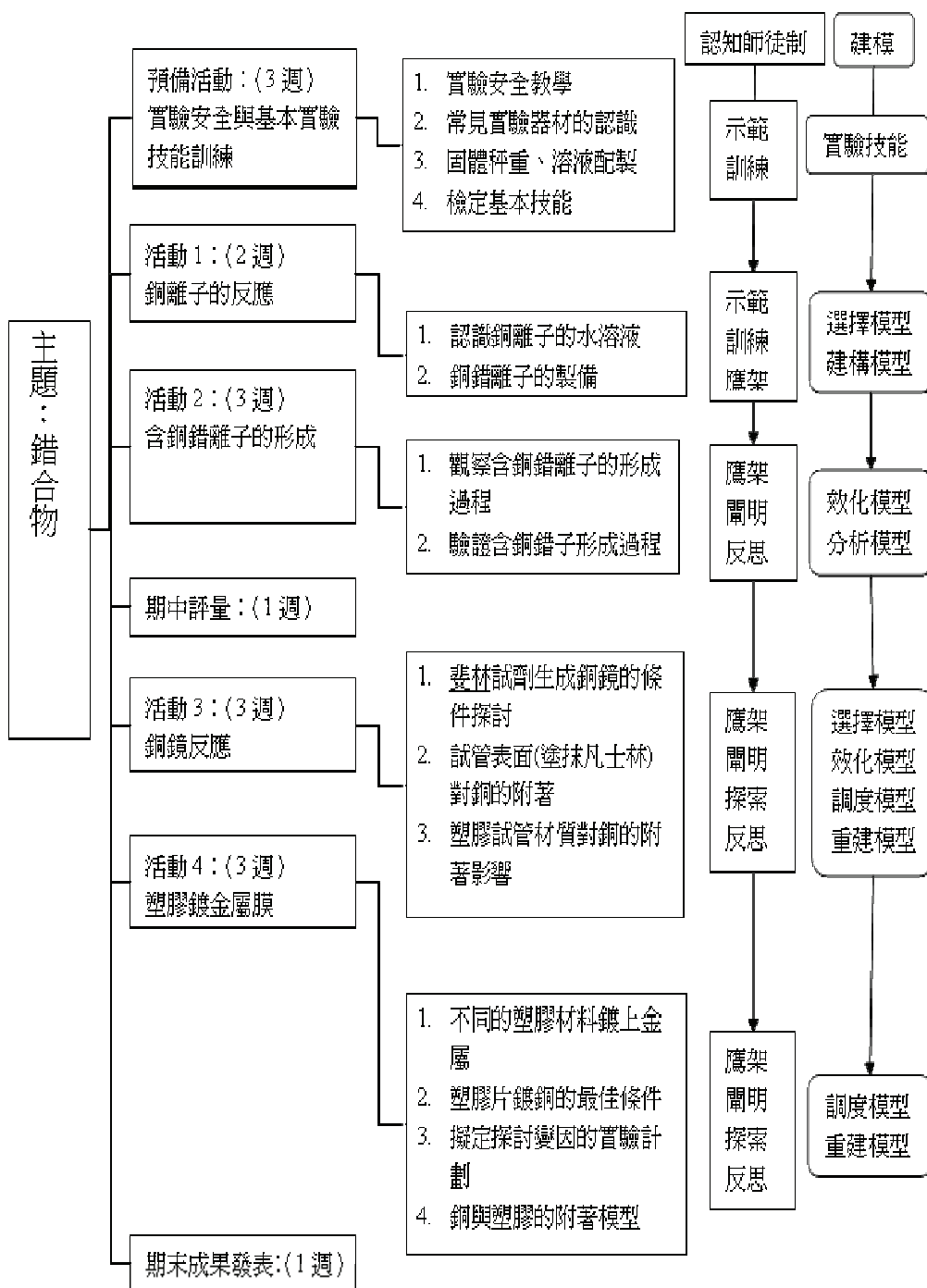
研究學生學習歷程採質的研究法：學生在化學探索的過程中，以錄影、訪談、建模評量工具等方式，蒐集與研究學生相關的回饋訊息，分析學生進行探索過程的技術、思考方式、心智模型、探究能力與態度等，是否發生顯著的改變。

二、研究流程



伍、初步成果

一、化學實驗探索課程的開發



如上圖，第一學期的錯合物主題，是以認知師徒制的教學策略設計整個學期的課程，包括示範、訓練、鷹架、闡明、探索與反思等，循序漸進。

學期初進行預備活動，主要內容有實驗安全教學、實驗器材的認識、固體秤重、溶液配製等，屬於「示範」與「訓練」，強化學生的實驗安全觀念與實驗基本技能。

接著進行活動 1 銅離子的反應，屬於「訓練」「鷹架」，藉由實驗觀察，發現巨觀的性質與微觀粒子的關係，並研究含銅錯離子溶液的形成，建構錯合物的基本模型（建構模型）。

活動 2 含銅錯離子的形成，觀察含銅錯離子的形成過程與測量配位數的實驗，驗證含銅錯子形成過程，也屬於「訓練」「鷹架」，並使學生分析與確定錯合物模型的組成要件（分析與效化模型）。接著進行期中評量，以觀察學生參與此課程的學習成效。

活動 3 銅鏡反應活動由學生「探索」錯合物的反應，教師先設計由斐林試劑生成銅鏡的條件探討作為「鷹架」，當研究在塑膠材質試管鍍金屬銅膜的附著實驗時，再由學生以各種可能去「探索」與「反思」，在實驗過程中，對自己建構的錯合物模型做調整與修正（調度與重建模型）。

活動 4 塑膠鍍金屬膜，則採用更大「探索」空間的實驗，開放由學生設計實驗，以探索如何在塑膠表面鍍金屬膜，同時印證與修正自己所建立的錯合物模型（調度與重建模型）。最後的期末成果發表則提供

學生「探索」「反思」與「闡明」的機會，並且與他人分享討論自己所建構的錯合物模型。

二、化學實驗探索課程實施的初步檢討與發現

- (一) 有不少學生對於這樣的新課程感到興趣與期待，對於能自己操作器材如加熱板以及磁攪拌子非常有興趣，會仔細的觀察與實際操作。
- (二) 學生配製 NaOH 溶液時，使用燒杯而未使用容量瓶，測得之 pH 值與其他同學差異很大對實驗誤差如何產生留下深刻的體驗。
- (三) 教師會發現學生在實驗技能方面常犯的錯誤，如使用天平忘了關窗、秤藥過量、不熟悉安全吸球使用方式、使用燒杯配溶液、學生考試太緊張、實驗數據記錄不完整。

目前本課程仍在實施中，接下來的課程實施後，將進一步分析學生在建模的表現，以作為評估本課程成效的參考。

陸、致謝

本研究承蒙國科會經費補助（總計畫編號：NSC 96-2514-S-640 -003-GJ），與協助本活動的教職員謝秋琴、黃威智、莊佩涓、黃思維等老師，使本研究順利的繼續進行中，在此特致感謝之意。

柒、參考文獻

邱美虹（2006）。化學教育中建模模式的研

- 發與實踐-總計畫：以認知師徒制探討建模能力與歷程對學生學習物質科學中物質電的本性之影響(國科會計畫)。
- 邱美虹(2007)。模型與建模能力之理論架構。論文發表於中華民國科學教育學術研討會，高雄，台灣。
- 周金城(2007)。探究中學生對科學模型的分類與組成本質的理解。論文發表於中華民國科學教育學術研討會，高雄，台灣。
- 吳明珠(2007)。科學模型本質剖析：認識論面向初探。論文發表於中華民國科學教育學術研討會，高雄，台灣。
- 林靜雯和邱美虹(2007)。從認知/方法論之向度初探高中學生模型及建模歷程之知識。論文發表於中華民國科學教育學術研討會，高雄，台灣。
- 林寶山(2003)。實用教學原理。台北：心理。
- 教育部(2000)。國民中小學九年一貫課程暫行綱要。台北：教育部。
- 陳美玉(1998)。教師專業—教學法的省思與突破。高雄：麗文。
- 歐用生(2000)。重要教學方法舉隅。載於黃光雄，教學理論。高雄：復文。
- 蕭次融(1998)。簡易減壓過濾法。科學教育月刊，第 208 期，40—41 頁。
- 蘇麗涼(2002)。國中理化實施探究導向教學對學生學習成效影響之研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，彰化。
- Collins, A., Brown, J., & Newman, S. (1989). Cognitive apprenticeship : Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L.Resnick (ED.), Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser (pp. 453-494.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates .
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N.(1982).The role of the laboratory in science teaching : Neglected aspects of research. Review of Educational Research, 52, 201 – 217. Hofstein. A., Levy Nahum, T., & Shore , R. (2001). Assessment of the learning environment of inquiry-type laboratories in high school chemistry. Learning Environments Research, 4, 193-207.

【轉載說明】

台北市建國高級中學高瞻計畫在國科會的支持下已進入第二年，在執行計畫老師的努力下，去年(2008) 總計畫及各子計畫主持人以論文集的方式於中華民國第二十四屆科學教育學術研討會上進行口頭發表，獲得很大的迴響，因此將該計畫的初步研究結果以轉載方式與同好分享。