

教育部 101 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：探討建模歷程的教學情境對高中學生認知能力之影響

—以電化學為例

主持人：鍾曉蘭老師

E-mail：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：無

4. 辦理活動或研習會對象：課室教學活動

5. 參加活動或研習會人數：參與教學活動學生共 73 人

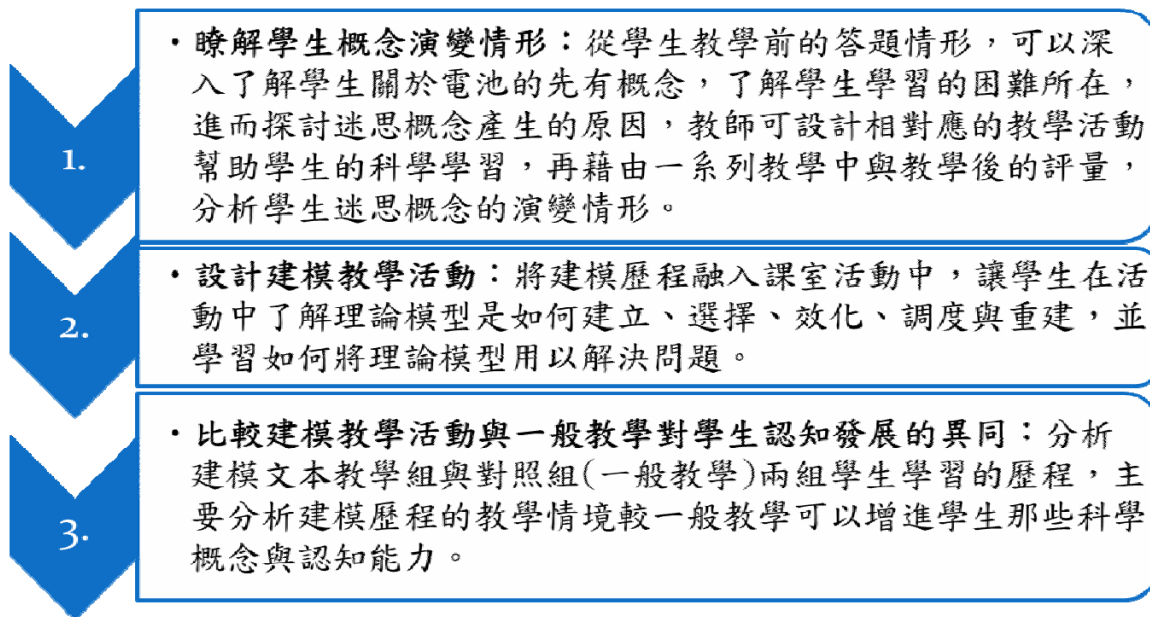
6. 參加執行計畫人數：4 人

7. 辦理/執行成效：

- (1) 了解學生的先前知識有助於教學活動的設計，所設計的教學活動促進學生科學學習與進行概念改變。
- (2) 完成建模歷程與多重表徵模型教學活動及教材設計並將成果應用在教學上，提升高二學生在電池的科學學習與概念改變。
- (3) 在教學活動中，教師明確的連結巨觀、次微觀與符號三種不同層次的表徵，增進學生理解影響電化學的微觀機制，也讓學生學習以不同的表徵與策略來學習抽象的化學概念。

二、計畫目的

本計劃的目的主要分為三部分：



三、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員(4人)

參與計畫人員主要為協同計畫主持人謝進生主任(圖書館主任)、彭立浩老師(化學老師)及行政助理賴麗玉小姐，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，江家珩校長對於本研究亦十分的重視。彭立浩老師在教材設計、謝進生主任老師在資料分析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

1. 研究理論背景

所謂建模，在英文的詞彙上就是「把 Model 加上 ing」，而在中文的詞彙上就是「把模型加以建構(construction)」；因此，建模一詞不免與建構的觀點有部分相關之處。研究建構主義的學者認為：知識是由學習者主動建構的，無法直接由教學者的腦中轉移到學習者的腦中(Driver & Bell, 1986)。Buckley(2000)認為：建模是以「模型」為基礎的學習，是模型的建構，是透過形成、使用、修正與詳細闡述的反覆過程。此外，Justi&Gilbert(2002)則認為：建模就是產生適當「表徵」的過程，此觀點與個體心智模型(Mental model)的作用和形成有關(Johnson-Laird, 1983)，亦即個體在科學學習的過程中，會修正舊模型去順應新的學習(模型作用)和建造新模型(模型形成)，藉以學習正確的科學模型。總而言之，當學習者使用舊知識去整合新的訊息，並且延伸其知識變成新的模型，這樣的歷程便稱為「建模」。

劉俊庚和邱美虹(2010)先將建模分為兩大階段：模型發展階段(模型描述與選擇、模型建立、模型效化、模型分析與評估)及模型應用階段(模型調度、模型重建)，進而將建模歷程彙整為數個子項目(詳見表 1)，如將模型描述與選擇分為五個子項目：描述與選擇現象的各種面向(物件、狀態、交互作用或因果關係)、討論面向與變數的關係、選擇最符合現象與描述的各種

面向的可能變數(物件、狀態、交互作用或因果關係)、進一步詮釋面向與變數的關係、符號語言(表徵)的選擇。將學生在不同建模歷程中可能建立的認知能力分析出來,可供教師在設計建模教學時參考。

表 1 建模歷程與子項目彙整表(整理自劉俊庚和邱美虹, 2010)

階段	建模歷程	子項目
模型發展階段	模型描述與選擇	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 描述與選擇現象的各種面向(物件、狀態、交互作用或因果關係) ➤ 討論面向與變數的關係 ➤ 選擇最符合現象與描述的各種面向的可能變數(物件、狀態、交互作用或因果關係) ➤ 進一步詮釋面向與變數的關係 ➤ 符號語言(表徵)的選擇
	模型建立	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 理解屬於模型之次項目 ➤ 變數之概念化 ➤ 定性關係之建立 ➤ 定量關係之建立 ➤ 符號語言(表徵)的建立
	模型效化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 決定模型之運作與描述 ➤ 判斷與比較 ➤ 模型運作結果詮釋
	模型分析與評估	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 模型經驗性驗證 ➤ 檢驗變數之適當性 ➤ 檢驗變數之完整性 ➤ 檢驗一致性 ➤ 檢驗模型的融貫性
模型應用階段	模型調度	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 模型之應用與預測 ➤ 理解模型的限制性 ➤ 模型精煉 ➤ 類比建立與發展
	模型重建	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 建構新模型 ➤ 擴大模型的解釋範圍

Justi 與 Gilbert(2002)指出科學建模歷程的最主要的成就是使得學生能夠形成適當的表徵,用以表達個人的想法、進行溝通乃至於解決問題。因此研究者認為除了將多重表徵的模型活動融入教學中,也應該將建模歷程(模型建立、模型選擇、模型分析、模型效化、模型應用、模型重建,參考自 Halloun, 1996; 邱美虹, 2008a; 張志康和邱美虹, 2009)納入課室活動中。藉著將建模歷程融入多重表徵模型的教學活動,或許能幫助學生在氧化還原與電化學的科學學習,並有效提升學生問題解決的能力。本計畫除了使用模型選擇、模型建立、模型效化與分析、模型調度、模型重建等六個建模歷程(Halloun, 1996, 2006; 張志康和邱美虹, 2009)設計教學策略與相關活動來幫助學生建立電化學的理論模型以提升學生學習成效,再依據劉俊庚和邱美虹(2010)彙整的建模歷程子項目,釐清學生在經歷建模歷程教學後,在每一個建模歷程階段學會的哪些認知能力。

2. 研究設計

研究方法預計採用準實驗法，設計二種不同的教學法，分別為建模文本教學組 (M 組)與一般教學組(對照組、C 組)，研究工具則分為質性與量化(見圖 1)。二組同時進行二周 (建模組 6 節課、對照組 5 節課，每節課為 50 分鐘)電池的教學，最主要差別在於建模組在第一節有詳細講述建模歷程的定義與如何使用建模學習電池相關概念(見表 2)。二組使用不同的文本(建模文本與一般文本)，兩組皆使用多重表徵的模型活動，建模組教對照組進行較多的模型效化與模型調度。

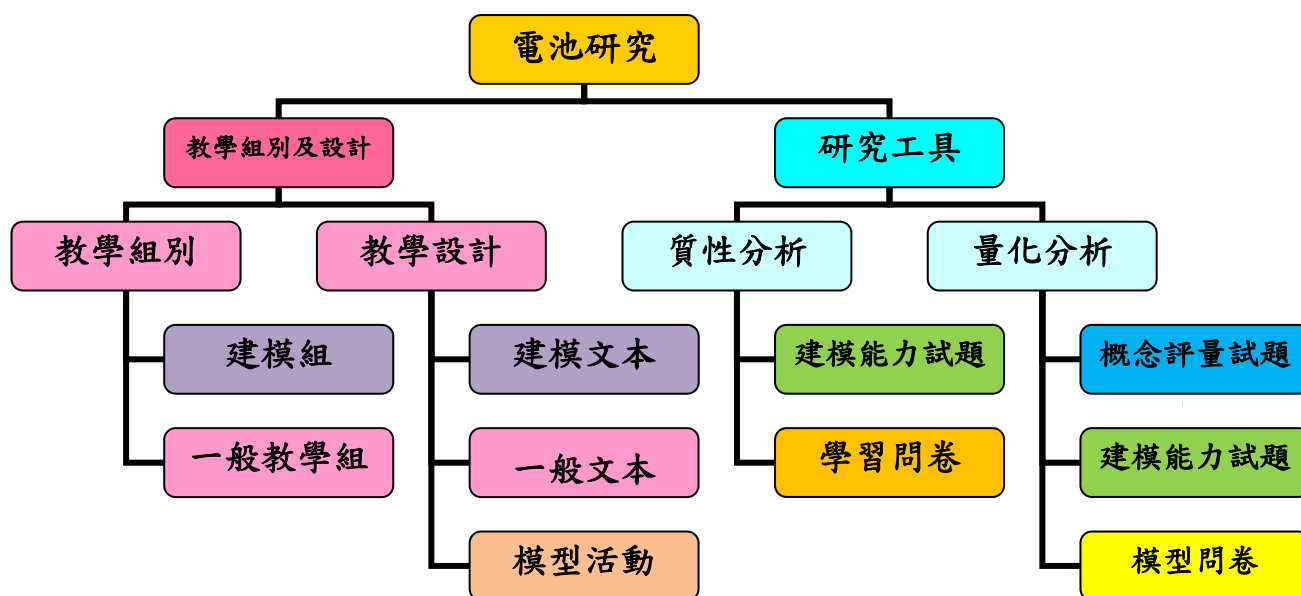


圖 1 電化學研究設計

表 2 評量與教學時間設計

教學組別	教學與評量			
建模文本組(M:37 人)	前測	6 節課	後測	學習問卷
一般教學組(C:36 人)		5 節課		模型問卷

3. 研究對象

研究對象為本校高二自然組(年齡在 16-17 歲)三班學生總計 73 位，學生於國中理化課程中學過狹義的氧化還原、電池與電解等初步概念。其中 37 位學生為建模文本組(代號：M)，教學過程中使用融入建模歷程的建模文本與部分多重表徵模型活動；36 位學生為對照組(代號：C)，使用一般的文本(龍騰版基礎化學二)與部分多重表徵模型活動。兩組皆進行為期二週(6 節課)的教學活動，藉以探討建模歷程教學成效，並探討教學過程中，二組學生有關電池相關概念的概念改變情形，建模組對建模文本與教學活動的評價。

4. 建模歷程的教學情境

建模的歷程為模型選擇、模型建立、模型分析/效化、模型應用、模型調度與模型重建 (Halloun, 1996；邱美虹, 2008a；張志康和邱美虹, 2009)。小組活動是藉由開放式動手自製電

池與電解裝置的歷程讓學生主動學習與從事探究活動，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，也提升學生解決問題的能力；學生藉著小組合作的方式進行建模活動，建立與人相處、協商的經驗與技巧，從經歷的研究過程中瞭解科學社群中協商的意義；教師的角色也由知識的傳授者演變為引導學生學習的角色(Krajcik, Czerniak, & Berger, 1999)。部分建模教學活動設計詳見表 3。

表 3 建模文本組教學策略及教學活動設計(精簡版)

節次	教學策略	表徵方式	建模歷程活動
第一節	師生團體討論 角色扮演 圖像教學	語言混合 動作混合 視覺混合	模型建立、模型選擇、模型效化、模型分析與評估、模型調度、模型重建
	1. 說明建模歷程:		以建模文本配合電池的實例詳細說明建模歷程的定義與如何應用建模學習電池相關概念
	2. 說明模型的用途：溝通概念、解決問題...		模型的功用

註：僅建模組進行此節課的內容，對照組並未提及任何關於建模歷程的內容

5. 多重表徵的模型活動

多重表徵的模型教學活動則依據模型表徵的方式來設計一系列的教學活動，其中應用了視覺混合、動作混合、語言混合與具體混合等四種混合式的模型教學(修改自 Boulter & Buckley, 2000)，模型的表徵屬性則與所欲觀察的現象或建立的模型相同。教學策略則分為四大類：師生團體討論/小組討論、角色扮演、圖像教學與電池小實驗等(詳見表 4)，實驗活動見圖 2.a-2.d。

表 4 不同表徵的模型的教學活動設計(部分設計)

表徵方式	教學策略	探討及說明的相關概念
動作模型	電池中電子的通路 (說明巨微觀交互作用)	老師當作電子，以動作表示電子是從活性大的金屬(負極)經導線(外電路)移動至活性小的金屬(正極)
視覺模型	電池的電路圖形	1. 鋅銅電池圖像:說明電池反應的過程與機制，與氧化還原概念相連結 2. 鋅氫電池圖像 [Ⓞ] :說明電池反應的過程與機制，與氧化還原概念相連結，並討論與鋅銅電池的異同 3. 本校科展自製燃料電池 [Ⓞ] :說明自製燃料電池反應的過程與機制，與勒沙特列原理連結(見圖 2)
語言模型 [Ⓞ]	師生團體討論 (連結巨觀、次微觀與符號表徵)	師生以團體討論的方式分別探討濃度、溫度、電極大小與本性等因素是如何影響電池的電壓並將概念與勒沙特列原理連結
具體模型	鋅銅電池/水果電池小實驗	學生以小組實驗的方式分別探討不同電極、不同水果、電極大小等因素是如何影響電池的電壓/電流，並將概念與勒沙特列原理連結

註：[Ⓞ]表示 M 組會進行的教學活動

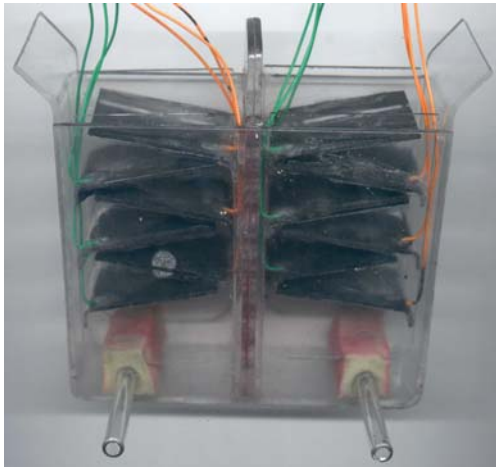


圖 2.a 燃料電池的裝置圖

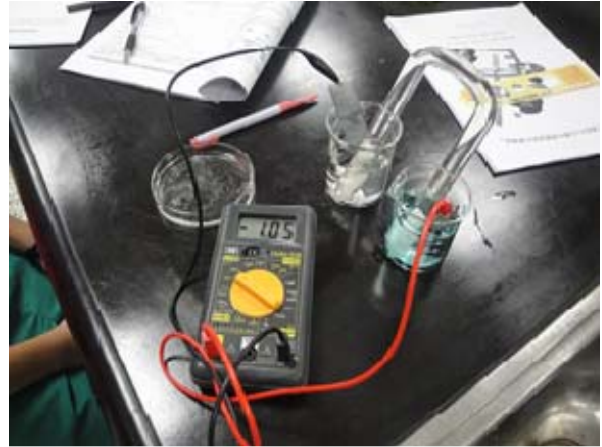


圖 2.b 鋅銅電池實驗



圖 2.c 水果電池實驗



圖 2.d 鋅氫電池實驗

6. 研究工具

研究工具分為建模能力試題、電化學模型問卷、概念試題(形成性評量)與學習問卷四大部分，分別就工具的設計重點/內容與使用的目的說明之(詳見表 5)，建模能力試題、模型問卷及概念試題的研究對象則是二班學生(73 位)。學習問卷的研究對象是建模文本組學生(37 位)。

表 5 研究工具的設計要點

研究工具	設計重點/內容	使用的目的
建模能力 試題	紙筆測驗 模型建立、模型選擇、模型效 化、模型應用、模型調度、模型 重建等建模歷程中的認知特徵	從學生建立/設計電池裝置的過程 中以瞭解學生建模的認知能力發 展的情形
模型問卷	紙筆測驗 (李克氏量表) 從模型本質、表徵、功用、建 模歷程四個面向(共計 32 題) 與三大題開放式問題分析學 生關於電池模型的看法	以李克氏量表的問卷形式瞭解學 生對電池模型、以何種方式認識電 池模型及電池模型用途與建模歷 程的想法
概念試題	紙筆測驗 單一選擇題 主要內容為電池(含氧化還 原)相關概念	1.瞭解學生認知發展的過程 2.修正教學內容的依據 3.分析學生電池概念的演變情形 4.比較二組教學成效

註:電池模型包含電池裝置相關理論與反應機制

(1) 建模能力試題

建模能力試題分為教學前、教學後的開放式問題的紙筆測驗，試題雙向細目表與專家審查意見如表 6，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(具科教專業與建模教學研究的背景)就題目的內容適當性、學科概念上，做進一步的修正，以建立研究工具的專家效度。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 100%。預試對象為本校 76 位高三自然組學生，高一與高二學習過相關概念，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(α 值)為 0.82**。

題組一主要是鎳銅電池的裝置選擇(模型選擇)、電池的反應式與電路情形(模型建立)；題組二則是改變不同元件或變因對電壓的影響(答案為模型效化、解釋原因為模型分析)。

表 6 建模能力試題主要內容與專家審查意見

題號	主要內容	審查意見			修改意見
		通過	修正	不通過	
題組一	鎳銅電池裝置的 <u>電極名稱</u>	2			
	鎳銅電池裝置的 <u>電解液名稱</u>	2			
	鹽橋溶液	2			
	兩極半反應與全反應式	2			
	整個裝置中 <u>電子與離子的移動情形</u>	2			
題組二	外接電阻對電壓的影響	2			
	若將鎳棒改為石墨棒對電壓的影響	2			
	若將銅棒改為石墨棒對電壓的影響	2			
	增大電極面積對電壓的影響	2			
	移走鹽橋對電壓的影響	2			
	將鹽橋內的電解液更改為 <u>硝酸銀</u> 對電壓的影響	2			
	將鹽橋內的電解液更改為 <u>0.5M 鹽酸</u> 對電壓的影響	2			

(2) 模型問卷

主要參考自邱美虹(2008b)、周金城(2008)、吳明珠(2008)、林靜雯與邱美虹(2008)，從模型本質、模型表徵、模型功用三個面向分析學生關於一般(domain-general)模型本質的觀點。邱美虹(2008b)的整合型研究以模型本質、模型表徵、模型功用三個面向的理論基礎探究學生對於模型本質的觀點(圖3)，研究發現在本體論方面，學生對模型本質的觀點可區分為三類：對應關係、呈現形式、變化關係(周金城，2008)，在認識論方面有三個類別；個體表徵、過程、

情境(吳明珠, 2008); 在認知與方法學方面, 根據因素分析可以發現學生認為模型功能有三個主要構念: 問題解決、了解觀察的現象、連結和發展想法(林靜雯與邱美虹, 2008)。

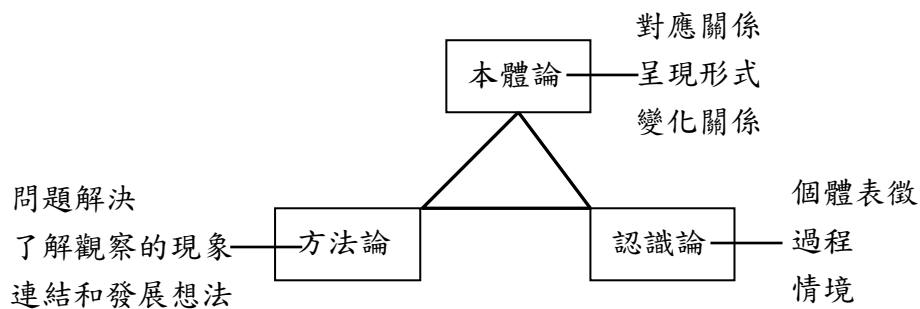


圖 2 學生模型觀點的三面向示意圖
(引自邱美虹, 2008b)

本研究則聚焦在學生對於電池模型(domain-specific)的看法, 問卷共三個面向: 模型本質(模型本質修改為模型本質)、模型表徵(模型表徵修改為模型表徵)、模型功用(模型功用修改為模型功用), 修改後問卷共 24 小題(每一個面向 8 小題)(修改自鍾曉蘭, 2010), 詳見表 7。所設計之量表為 4 分點式李克氏量表, 其分別為「非常同意」、「同意」、「不同意」、及「非常不同意」。其中, 非常同意記為 4 點, 同意記為 3 點, 以此類推。使用 4 點量表之主因乃強迫學生表示意見, 避免學生選擇中立選項。

表 7 學生對於模型想法的問卷

向度	題號	問題陳述
模型本質	1.	我認為電池模型可以是電池的複製品
	2.	我認為電池模型可以是電池的部分呈現
	3.	我認為電池模型必須完全對應電池的結構、性質與關係
	4.	我認為電池模型可以只對應部分電池的結構、或性質、或關係
	5.	我認為電池模型可以是電池的研究或發展經過長時間演變的結果
	6.	我認為對電池相關的現象, 只有一個正確的電池模型能給予解釋
	7.	我認為伏打電池, 僅是歷史發展中的多種電池模型其中之一
	8.	我認為電池模型是可以隨著科學新知而改變
模型表徵	1.	我認為透過語文可以呈現電池模型
	2.	我認為透過符號可以呈現電池模型
	3.	我認為透過實體可以呈現電池模型
	4.	我認為透過圖像可以呈現電池模型
	5.	我認為透過動作可以呈現電池模型
	6.	我認為透過動畫模擬可以呈現電池模型
	7.	我認為透過電池理論可以呈現電池模型
	8.	我認為透過數學關係來呈現電池模型

模型功用	1.	我認為電池模型的功能是可以描述電池事物或現象
	2.	我認為電池模型的功能是可以提供一個參考標準讓我進行判斷
	3.	我認為電池模型的功能是可以解釋電池事物或現象的關係
	4.	我認為電池模型的功能是可以用來進行推理
	5.	我認為電池模型的功能是可以用來解決問題
	6.	我認為電池模型的功能是可以用來溝通想法
	7.	我認為電池模型的功能是可以預測事物或現象未來的發展
	8.	我認為針對同一種電池，會因為使用目的不同而選擇不同的電池模型

(3) 概念試題

概念試題以一般的紙筆測驗的方式進行二次評量(教學前、教學後)，試題共 20 題，為單一選擇題形式。專家審查意見如表 8，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(具科教博士與建模教學研究的背景)就題目的內容適當性、學科概念上，做進一步的修正，以建立研究工具的專家效度。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： $(2 \times 9 + 1 \times 11 + 0.5 \times 11) / 40 = 0.863 (86.3\%)$

試題雙向細目表見表 9，主要將概念分為四個次概念：電池原理(6 題)、電池功用(6 題)、電池電路(4 題)、電池結構(4 題)。

預試對象為本校 76 位高三自然組學生，高一與高二學習過相關概念，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(α 值)為 0.87。

表 8 概念試題雙向細目表與專家審查意見

題號	主要概念	審查意見			修改意見
		通過	修正	不通過	
1	化學電池實驗的敘述	1	1		有的題目四個選項，有的五個選項，請一致
2	電化電池放電時之示意圖	2			
3	化學電池的敘述	2			
4	電池的敘述	2			
5	鹽橋的功用	2			
6	伏打電池的結構	2			
7	常見化學電池的敘述	1	1		建議做複選題或是單一正確選項或單一錯誤選項，避免學生使用刪除法作答
8	水果電池	2			
9	電池使用與原理	1	1		建議做複選題或是單一正確選項或單一錯誤選項，避免學生使用刪除法作答
10	特殊電池原理	1	1		應有五個選項
11	電池的兩極選用	1	1		應有五個選項

12	氫氧燃料電池	1	1		應有五個選項
13	鉛蓄電池原理	1	1		學生對於前面半反應看不懂，也可以作答後面選項，建議需有相關聯結
14	乾電池構造	2			
15	二氧化錳在乾電池的功用	2			
16	氧化劑強弱判斷	1	1		此題需要考慮氧化數，故建議修改較為簡單的題目
17	反應自發性的原理	1	1		此題的反應有些無法用上述的還原力大小來判定
18	氧化還原反應的判斷	2			
19	光電池電路		2		此題若是針對二年級學生難度過高，宜做修改
20	光電池逆反應式		2		

表 9 概念試題雙向細目表

次概念	題號	題數
電池原理	1, 4, 7, 9, 13, 17	6
電池功用	5, 8, 15, 16, 18, 20	6
電池電路	2, 3, 12, 19	4
電池結構	6, 10, 11, 14	4

(4)學習問卷

學習問卷預計改編自相關研究之情意問卷，藉由問卷來瞭解建模文本組學生經過不同教學活動的歷程中對學生學習與情意面向的影響，問卷內容修改自鍾曉蘭(2007)，鍾曉蘭、謝進生、賴麗玉(2009, 2010)建立之，問卷內容主要分為兩部分—量化部分與質性部分。量化的第一部份概分為 18 個問題，其中 15 個問題分別針對師生討論活動、圖像教學、角色扮演、電池實驗、傳統講述教學等五個教學活動，另外 3 題則針對建模教學活動對於「幫助我理解電化學等概念的相關概念」、「使得我覺得學習電化學等概念有趣」、「提升我解決電化學等概念的能力」三個面向的想法，藉以了解實驗組學生對於各種教學活動的評價；問題 19 與 20 則分別針對「在進行此次教學之前/之後，我認為學習化學是很有趣的」，藉以了解學生對於學習化學的看法。第二部份則為「如果可以選擇，你喜歡老師運用何種的教學方式？」，了解學生希望老師運用的教學方式，作為未來設計教學活動的參考。

質性的部份為簡答題，主要針對「本次教學中對於學習電池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，能夠更有效學習電池概念？」、「你對建模教學歷程融入教學的看法為何？」深入了解學生的想法，做為修正本研究教學活動的依據。

7. 研究流程

本研究流程分為準備、預試、教學、分析與撰寫五個階段，詳見下圖 3：



圖 3 研究流程圖

8. 資料處理與分析

(1)分析形成性評量結果

- ①將二組學生一系列的評量結果利用 SPSS 進行顯著性分析(t-test 與 ANCOVA test)
- ②分析一系列的概念試題(形成性評量)中二組學生認知發展的情形，藉以比較建模文本教學與一般教學對於學生學習歷程的影響有何異同。

(2)分析學習問卷

將三組實驗組學生的學習問卷利用 EXCELL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖，並進一步使用 SPSS 進行因素分析。

(3)分析模型問卷

- ①將建模組學生的模型問卷利用 EXCELL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖，並進一步使用 SPSS 進行因素分析。
- ②將建模組學生模型問卷初步分析結果利用 SPSS 進行顯著性分析

(4)分析建模歷程教學對學生認知能力之影響

以表 1 的建模歷程的子項目分析學生在概念試題與晤談過程中建立電池與電解裝置時所使

用的認知能力，藉以分析建模歷程教學活動對學生認知能力之影響，初步的量化數據利用 SPSS 進行顯著性分析。

五、研究結果分析

1. 兩組教學成效分析

(1) 概念前後測分析

教學前，建模組有 10 題(2, 3, 4, 8, 9, 12, 14, 16, 18, 19)、對照組則有 8 題(2, 3, 7, 10, 12, 14, 16, 18)正確百分比低於 30%，兩組同時表現較差的題目是：2, 3, 12, 14, 18(見表 10，圖 4)。其中 2, 3, 12 是關於電池電路、第 14 題是電池結構、第 18 題是電池功用。學生答題百分比高於 80%：5,6，題 5 是鹽橋的功用、題 6 是伏打電池的構造，顯示學生在國中學過相關的概念後能夠長期持有正確概念。

表 10 概念試題前測的各題答對百分比

題數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
建模組	59.5	21.6	21.6	29.7	86.5	94.6	32.4	24.3	27.0	32.4
對照組	61.1	19.4	27.8	44.4	86.1	97.2	13.9	47.2	38.9	27.8
題數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
建模組	32.4	27.0	45.9	18.9	59.5	16.2	70.3	8.1	29.7	45.9
對照組	52.8	22.2	44.4	11.1	41.7	16.7	69.4	2.8	33.3	36.1

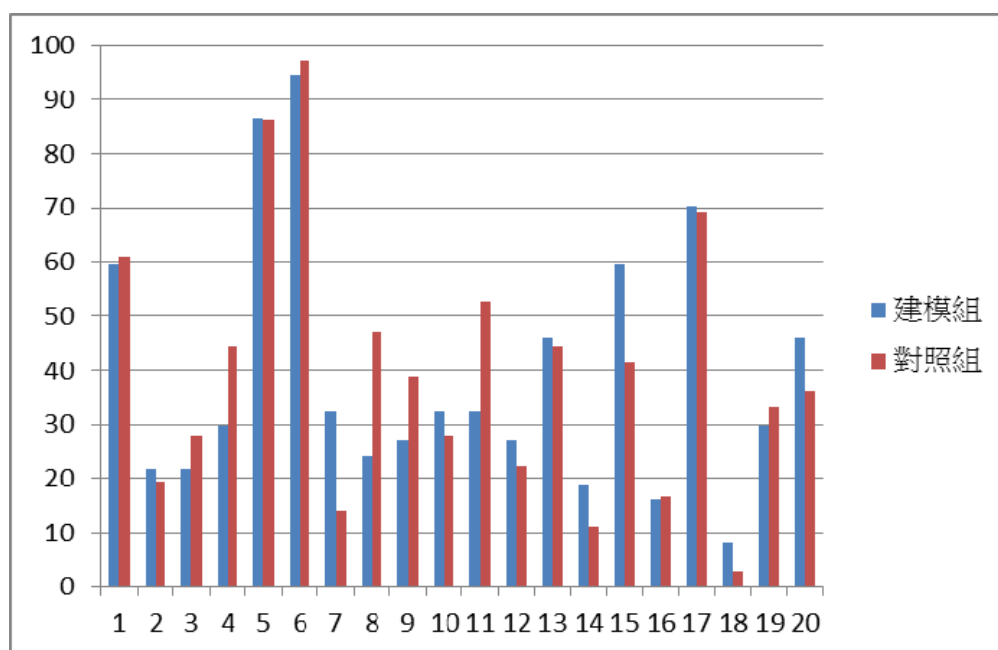
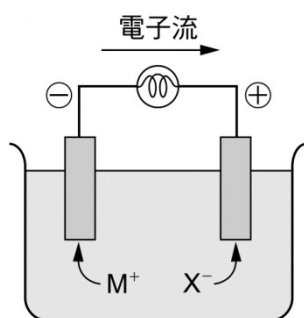


圖 4 概念前測每題正確百分比

教學前學生的迷思概念主要如下：

- ◆全體學生中有 45 人(61.6%)混淆了電池與電解的電路，他們認為在電池內電路中，陽離子移向負極、陰離子移向正極，學生想法如下圖。



- ◆有 21 人(28.8%)認為電池內所發生的反應屬於離子沉澱反應
- ◆氫氧燃料電池：有 18 人(24.7%)認為總反應為水的電解；有 16 人(21.9%)則認為氧氣在陽極被還原，氫氣在陰極被氧化
- ◆乾電池：有 26 人(35.6%)認為當電池放電時，鋅殼不會逐漸變薄；有 15 人(20.5%)則認為碳棒有參與反應
- ◆有 61 人(83.5%)無法從一系列的反應中判斷出氧化劑的強弱
- ◆有 51 人(69.9%)誤認 $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 為氧化還原反應
- ◆有 50 人(68.5%)無法正確判斷出光電池的反應式

教學後，兩組答對百分比均大幅度提升，建模組僅有 4 題(12, 16, 18, 19)、對照組則有 5 題(11, 12, 16, 18, 19)正確百分比低於 50%，兩組同時表現較差的題目是：12, 16, 18, 19 (見表 11，圖 4.b)，教學後表現較差的概念集中在電池的電路與功用兩個次概念上。

教學後學生的迷思概念主要如下：

- ◆仍有 51 人(69.9%)無法從一系列的反應中判斷出氧化劑的強弱
- ◆仍有 52 人(71.2%)誤認 $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 為氧化還原反應
- ◆仍有 50 人(68.5%)無法正確判斷出光電池的反應式

表 11 概念試題後測的各題答對百分比

題數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
建模組	89.2	73.0	91.9	78.4	97.3	97.3	91.9	78.4	86.5	86.5
對照組	88.9	72.2	94.4	69.4	94.4	100.0	75.0	83.3	83.3	80.6
題數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
建模組	54.1	43.2	89.2	62.2	78.4	32.4	75.7	30.6	32.4	67.6
對照組	33.3	41.7	72.2	61.1	80.6	27.8	80.6	2.8	30.6	50.0

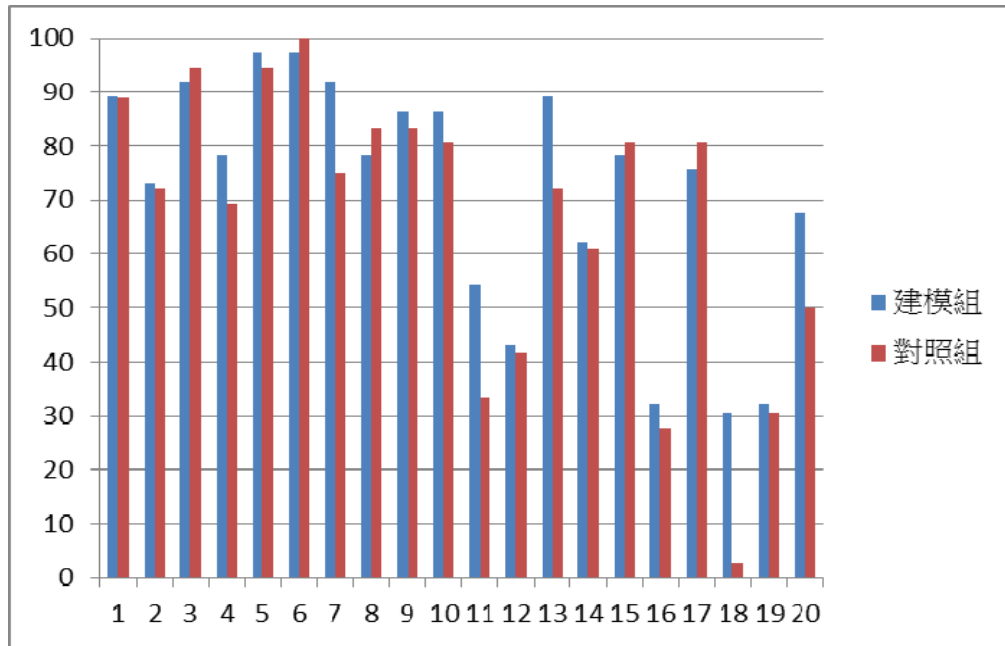


圖 4.b 概念後測每題正確百分比

(2) 兩組概念測驗的顯著比較

兩組在教學前整體概念與四個次概念均未達顯著差異，獨立樣本 t 考驗的 t 值與 p 值詳見表 12。教學後兩組整體概念的答對率以前測為共變數，進行 ANCOVA test，F 值=4.63，p 值=.035<.05，考驗結果顯示兩組學生的電池概念在教學後已達顯著差異。次概念僅電池功用達顯著差異，F 值=9.00，p 值=.004<.01，其他三個次概念並未達顯著差異。研究結果顯示建模教學對電池的教學在整體概念上顯著優於一般教學，特別有助於電池功用相關概念的學習。

表 12 建模組(n=37)與對照組(n=36)電池教學前、後測概念試題正確百分比顯著考驗

次概念	前測				後測				ANCOVA test			
	建模組		對照組		t test		建模組		對照組		F 值	p 值
	平均	s.d	平均	s.d	t 值	p 值	平均	s.d	平均	s.d		
原理(N=18)	7.95	3.90	8.16	3.48	-.255	.799	15.33	2.64	14.07	3.05	3.31	.073
功用(N=18)	7.23	2.79	6.96	2.94	.447	.656	11.91	2.79	10.17	2.40	9.00	.004
電路(N=12)	3.00	2.25	3.09	2.64	-.146	.884	7.62	2.88	7.17	2.40	.539	.465
結構(N=12)	5.34	2.37	5.67	2.37	-.571	.569	9.00	2.91	8.25	2.43	1.33	.254
總分(N=60)	23.52	6.95	23.75	7.36	-.141	.888	43.86	6.51	39.66	6.54	4.63	.035

註: N 表示該項目的總分

(3) 兩組學生建模能力比較

兩組在教學前整體建模能力與四個次建模能力均未達顯著差異，獨立樣本 t 考驗的 t 值與 p 值詳見表 13。教學後兩組建模能力以前測為共變數，進行 ANCOVA test，F 值=14.30，p 值=.000<.001，考驗結果顯示兩組的建模能力學生在教學後已達顯著差異。在模型建立、模型效

化與模型分析三個次建模能力方面，建模組學生皆顯著優於對照組，顯示建模教學較一般教學更有效提升學生的建模能力。兩組學生在模型選擇上並無顯著差異，主因是一般教科書在介紹電池時，在電池的組成與反應式都寫得非常仔細，亦配合相關的實驗圖片或示意圖，故兩組學生在模型選擇方面並未呈現顯著差異。

表 13 建模組(n=37)與對照組(n=36)電池教學前、後測**建模能力**顯著考驗

建模能力	前測				後測				ANCOVA test			
	建模組		對照組		t test		建模組		對照組		F 值	p 值
	平均	s.d	平均	s.d	t 值	p 值	平均	s.d	平均	s.d		
選擇(N=16)	8.78	3.01	8.39	3.51	.495	.622	14.54	2.34	14.56	1.76	.007	.931
建立(N=10)	.38	1.16	.53	1.34	-.509	.612	6.95	2.68	4.42	3.80	11.15	.001
效化(N=7)	2.38	1.06	2.53	1.11	-.588	.558	2.8979	1.24	1.97	1.32	9.37	.003
分析(N=7)	.76	1.04	.778	.90	-.092	.927	2.89	1.24	1.97	1.32	9.37	.003
總分(N=40)	12.19	4.40	12.11	4.66	.074	.942	27.70	5.38	23.14	4.92	14.30	.000

註: N 表示該項目的總分

2. 建模組學生對模型觀點的分析

學生對模型的看法分為模型本質、模型表徵、模型功用三個面向探討，每一個面向皆有 8 個問題，三組的答題平均詳見下表。分析建模組學生的看法，對於模型功用的敘述同意度最高。在模型本質方面，建模組學生對於「我認為電池模型必須完全對應電池的結構、性質與關係」(模型本質題 3，平均分數 2.75)、「我認為對電池相關的現象，只有一個正確的電池模型能給予解釋」(模型本質題 6，平均分數 2.80)兩個觀點同意度最低，表示約一半的學生並不認同上述兩個想法。然而在「我認為伏打電池，僅是歷史發展中的多種電池模型其中之一」(模型本質題 7，平均分數 3.13)與「我認為電池模型是可以隨著科學新知而改變」(模型本質題 8，平均分數 3.24)兩個觀點同意度較高，表示約一半的學生認同上述兩個想法，表示半數的學生能接受科學知識是暫時性的與可變性。

在模型表徵方面，建模組學生對於「我認為透過語言/數學關係來呈現電池模型」(平均分數 2.88、2.90)同意度較低，學生們一般認為實驗、圖像或動畫較能呈現電池的概念或現象，因而在「我認為透過實體可以呈現電池模型」、「我認為透過圖像可以呈現電池模型」、「我認為透過動畫模擬可以呈現電池模型」(平均分數均為 3.15)三個觀點同意度較高，呼應文獻所提及學生偏愛以具體結構的模型來了解抽象的概念(Harrison & Treagust, 1996)，電腦動畫與模擬實驗提供學生視覺的訊息與空間的想像，有助於學生學習抽象難以理解、動態屬性的科學概念(Park & Gittelma, 1992)。

在模型功用方面，建模組學生對於「我認為電池模型的功能是可以預測事物或現象未來的發展」(題 7，平均分數 2.64)同意度最低，主要是學生對於模型具有預測的功能並不了解。相對地，在「我認為電池模型的功能是可以描述電池事物或現象」(題 3，平均分數在 3.24)、「我認為電池模型的功能是用來溝通想法」(題 6，平均分數 3.20)、「我認為針對同一種電池或現象，會因為使用目的不同而選擇不同的電池模型」(題 8，平均分數 3.22)三個觀點同意度

較高，顯示大多數的學生認同上述三個想法。

表 14 建模組學生模型想法的分析結果

向度	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
模型本質	3.03	3.10	2.75	3.08	3.03	2.80	3.13	3.24	3.02
模型表徵	2.88	3.15	3.05	3.15	3.03	3.15	3.05	2.90	3.05
模型功用	3.13	3.08	3.24	3.18	3.08	3.20	2.64	3.22	3.11

3. 建模組學習問卷分析

學習情意問卷主要請建模組學生針對五個教學活動與建模教學就三個面向(幫助概念理解、使得學習有趣、提升解決問題能力)進行評價，整體分析結果如下圖 5。整體而言，學生對於師生討論與實驗的教學活動評價最好(非常同意:4 分，同意:3 分，不同意:2 分，非常不同意:1 分)。

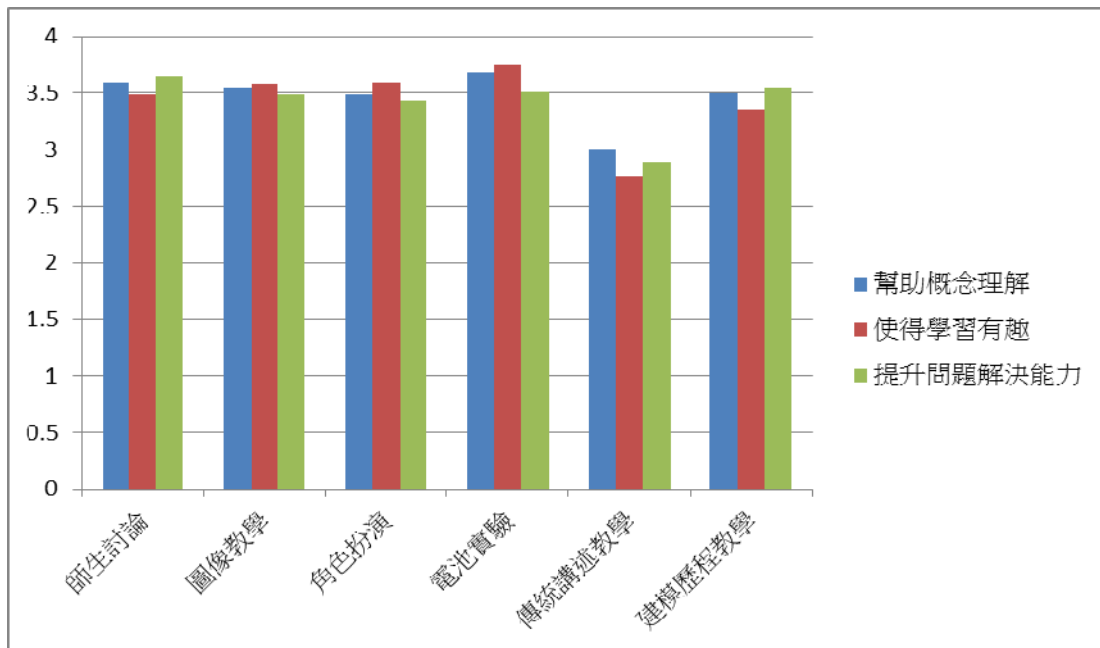


圖 5 建模組學生對於學習活動的評價

建模組學生最同意「幫助學生理解電化學電池的相關概念」的教學方式為電池實驗 (67.6%非常同意、32.4%同意，平均分數為 3.68)，其次為師生討論活動 (59.5%非常同意、40.5%同意，平均分數 3.59)。同意度相對最低的則為傳統講述教學(13.5%非常同意、73.0%同意、13.5%不同意，平均分數 3.00)。

表 15 實驗組學生對於七種教學活動在「幫助概念理解」面向的評價(表格內為人數)

教學活動	非常同意(4)	同意(3)	不同意(2)	非常不同意(1)	平均分數
師生討論	22	15	0	0	3.59
圖像教學	20	17	0	0	3.54
角色扮演	19	17	1	0	3.49
電池實驗	25	12	0	0	3.68
傳統講述教學	5	27	5	0	3.00
建模歷程教學	18	18	1	0	3.50

就「使得學習有趣」的面向分析學生對於六種教學活動的評價，詳見表。建模組學生最同意「使得學習影響電化學電池的相關概念有趣」的教學方式為電池實驗活動 (75.7%非常同意、24.3%同意，平均分數 3.76)，其次為角色扮演活動(59.5%非常同意、40.5%同意，平均分數 3.59)。同意度相對最低的則為傳統講述教學(8.1%非常同意、59.5%同意、32.4%不同意，平均分數 2.76)。

表 16 實驗組學生對於七種教學活動在「使得學習變有趣」面向的評價(表格內為人數)

教學活動	非常同意(4)	同意(3)	不同意(2)	非常不同意(1)	平均分數
師生討論	18	19	0	0	3.49
圖像教學	21	16	0	0	3.58
角色扮演	22	15	0	0	3.59
電池實驗	28	9	0	0	3.76
傳統講述教學	3	22	12	0	2.76
建模歷程教學	15	20	2	0	3.35

就「提升問題解決能力」的面向分析學生對於六種教學活動的評價，詳見表。實驗組學生最同意「提升電化學電池的相關概念的問題解決能力」的教學方式為師生討論(64.9%非常同意、35.1%同意，平均分數 3.65)，其次為建模歷程教學(62.2%非常同意、37.8%同意，平均分數 3.54)。同意度相對最低的則為傳統講述教學(10.8%非常同意、67.6%同意、21.6%不同意，平均分數為 2.89)。

表 17 實驗組學生對於七種教學活動在「提升問題解決能力」面向的評價(表格內為人數)

教學活動	非常同意(4)	同意(3)	不同意(2)	非常不同意(1)	平均分數
師生討論	24	13	0	0	3.65
圖像教學	18	19	0	0	3.49
角色扮演	17	19	1	0	3.43
電池實驗	23	14	0	0	3.51
傳統講述教學	4	25	8	0	2.89
建模歷程教學	20	17	0	0	3.54

質性的部份請建模組學生針對學生整體的評價以實驗活動最獲好評，有 22 位學生認為將來教學可再增加實驗的活動時間。而 19 位學生對於角色扮演的活動則認為是新奇、有趣，但對於概念的理解則是師生討論配合圖像教學評價最佳(18 位學生)，16 位學生認為建模教學可以幫助他們如何選擇成分並建立電池的組成成分的功用與關係，也有 7 位學生表示還不太理解建模歷程的詳細過程。

六、研究初步成果

已完成之工作項目、具體成果及效益分為四部分：

1. 本研究設計的建模文本與建模教學有助於學生理解電池概念與增進學生的建模能力，在整體概念與建模能力都顯著優於對照組(一般教學)。特別在電池功用的次概念與模型建立、模型效化與模型建立等次建模能力上，建模組學生亦顯著優於對照組學生。
2. 教師以電池圖像教學配合師生討論，有助於學生學習電池的組成與成份關係，可幫助學生破除迷思概念與提升其解決問題能力。
3. 設計生活中的小實驗，藉由動手做與小組協商的歷程讓學生主動學習與從事探究活動，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，也提升學生解決問題的能力，學生對實驗活動評價也是最好的。
4. 在教學活動中，教師明確的連結巨觀、次微觀與符號三種不同層次的表徵，應可增進學生理解影響電化學的微觀機制，也讓學生學習以不同的表徵與策略來學習抽象的化學概念。

七、研究檢討與反思

1. 原計畫是規劃三組不同教學組別，因彭老師教學時間與內容無法配合，故修改為二組教學。
2. 99 課綱調整每整上課時數 2 節，外加輔導課 1 節，仍比 95 課綱的每周課程時數少 1 節，原本計畫要先複習高一氧化還原概念與延伸學習電解概念，讓學生能學習整體的電化學概念，但受限時間不許可，縮短教學時間為兩周(6 節課)，內容則刪減為課本內容(常用電池概念)。
3. 晤談學生不易找到合適的時間，故取消晤談的設計，將晤談改為建模能力的紙筆測驗。
4. 因上課時間較趕，建模教學中討論時間不足，學生對於模型效化、模型分析與模型調度等歷程理解不夠，在建模能力的應用上仍有局限，未來高三電化學相關課程可進一步延伸建模教學的內容的廣度與深度。

八、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，研究進度目前進展至階段五，已完成教學與學習成效、模型問卷、學習問卷等的分析，目前進行期末報告的撰寫。