

國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班
碩士論文

指導教授：邱美虹博士

探討建模本位探究教學於化學電池的
學習成效與建模能力

Investigating the Effectiveness of Modeling-based Inquire on
Students' Science Conceptual and Modeling Competence
about Chemical Battery

研究生：曾茂仁

中華民國 105 年 01 月

誌謝

現在想想，從大學、研究所到站在講台上教書，一切都這麼幸運。總是在快偏離航道時，都有人會拉我一把。何其有幸，讓我遇見你們。

從化學系畢業，進入國中實習，總覺得離化學越來越遠，才發現，原來自己是真的喜歡化學，當初考大學時，全部的志願都是化學系真的是不後悔的抉擇。然而，進入科學教育研究所念書的第一學期，難免水土不服以及頭暈目眩。一直到聽到這句話：「替化學做些什麼吧！」這是決定進入美虹老師研究室時，老師帶著高昂的鬥志給予的鼓勵。「是阿！或許這也是再次貼近化學的機會。」每次只要帶著疑惑寫信給美虹老師，聊著聊著都會忽然間豁然開朗。謝謝美虹老師的不離不棄，在老師身上看見身為教育研究者的堅持與執著，謝謝老師願意空出時間，與學生討論研究中的種種疑難雜症以及烏漆抹黑的謎團。另外，謝謝曉蘭學姐皆能在每周三的下午，撥空討論研究工具的設計與教學流程的安排。若能夠有著如同曉蘭學姐般的前輩照顧，無論在研究或是實際的教學經驗上，都可以聽見不同觀點的意見，謝謝學姐。

當分析自己的教學，能夠體會自己在教學現場的不足以及缺陷。謝謝兩年導師班的學生，謝謝你們願意接受菜鳥老師在講臺上提出自己所認為的科學；謝謝第三年任課班的學生，願意討論著你們在網路上所發現的種種科學知識。你們的回饋與互動，絕對是身為菜鳥老師我，最好的營養劑。

最後，謝謝爸媽，我知道這樣很老套，但是，爸媽在大學後，總是尊重著我每一個重大的決定：大學全部志願都填化學系完全不聽你們的勸告；決定不考化學所轉考科學教育研究所；偷偷跑去考教師甄試到了放榜當天你們才知道。謝謝你們，在求學的過程中，讓我知道：「讀書不是為了誰，而是真的為了自己。」我不一定能夠讓你們感到驕傲，但是，我會努力達到的自己目標。

完成這份研究後，總是記得美虹老師以及心楷老師所說的：「當你願意跨出原本的空間，會發現這世界比你想的大！」謝謝老師們，我一定會記得。

摘要

學生學習科學方式即是建立模型的過程，並且在學習過程中，不斷修正與精緻化此模型使其能逐漸與科學模型相似，因此，在科學學習的過程中培養學生的建模能力是重要且必須的目標。本研究所使用的建構模型的過程包含八個步驟：模型選擇、模型建立、模型效化、模型分析、模型應用、模型調度、模型修正與模型重建(邱美虹，2014；Jong, Chiu, & Chung, 2015)，在此過程中，每個歷程所應具備的能力即為建模能力。

本研究根據課程內容可分成：研究一：化學電池的成分與關係；研究二：化學電池的交互作用，針對學生之科學概念、建模能力與心智模式分別進行討論。本研究的研究工具改編自邱美虹(2015)科技部計畫，由一位具有科教背景的高中化學教師，與兩位資深國中教師建立專家效度，且試卷信度為 0.76 與 0.79。本研究之研究對象：研究一：以 51 位臺北市國中學生為研究對象，分成建模文本教學組(N=24)與一般文本教學組(N=27)；研究二：以研究一之建模文本組為研究對象，分成建模本位探究(N=12)與一般探究教學組(N=12)。資料收集包含課程之前、後化學電池測驗以及學生晤談資料。

研究結果顯示，研究一：在化學電池的總分、成分、關係與系統此四項分類中，建模文本教學組的學習成效較一般文本教學組高；另一方面，學生建模能力的表現上，建模文本教學組，於選擇、建立、效化與應用中皆較一般文本教學組的建模能力階層高。研究二：在化學電池的總分與系統分類中，建模本位探究組的學習成效較一般探究教學組高；另一方面，學生建模能力的表現上，建模本位探究組，於建立、效化與平均建模能力皆較一般文本探究組的建模能力表現好。綜合以上研究結果可知，建模本位探究教學有助於學生在科學概念、建模能力與心智模式的學習與改變。

關鍵字：化學電池、心智模式、建模能力、建模本位教學(MBI)

Abstract

This study investigated the effects of a modeling-based teaching and modeling-based inquiry on 7th and 8th graders' modeling competencies. The modeling processes included model selection, model construction, model validation, model analysis, model deployment, and model reconstruction in the study. Students learned the chemistry battery with modeling-based text and modeling-based inquiry.

According to the content, there are two subjects in the study. Subject one was targeted to explore the teacher providing the modeling view during the process of science learning. Fifty-one 7th and 8th graders from a local junior high school in Taipei city were involved in the subject one. The experiment group (N=24) was 7th and 8th graders in the science club, and the control group (N=27) was 8th graders in the normal classes. The difference between the experiment group and the control group was that the former was presented with explicit descriptions and representations of modeling processes. Subject two attempted to implement the model-based inquiry teaching framework in the laboratory activity. Twenty-four students from the subject one were involved in the subject two. The experiment group (N=12) was 7th graders, and the control group (N=12) was 8th graders. This study demonstrated that modeling-based teaching and modeling-based inquiry helped students learn the science concepts, develop their modeling competencies and promote their mental model to the science model.

Key words : Chemical battery, Mental model, Modeling competencies,
Modeling-based learning

目錄

第壹章	緒論.....	1
	第一節 研究動機.....	2
	第二節 研究目的與研究問題.....	3
	第三節 名詞解釋.....	5
	第四節 研究範圍與限制.....	7
第貳章	文獻探討.....	9
	第一節 探究與探究教學.....	10
	第二節 建模歷程與建模能力.....	13
	第三節 心智模式.....	17
	第四節 化學電池相關研究.....	19
第參章	研究方法.....	23
	第一節 研究設計.....	23
	第二節 研究對象.....	25
	第三節 教學與教材設計.....	26
	第四節 研究工具.....	36
	第五節 研究流程.....	53
	第六節 資料分析.....	55
第肆章	研究結果.....	59
	第一節 不同教學策略對於化學電池科學概念的學習成效.....	60
	第二節 不同教學策略對於建模能力的表現情形.....	78
	第三節 化學電池心智模式的改變情形.....	98
	第四節 化學電池的另有概念.....	115
	第五節 建模能力與科學概念的相關.....	123
第伍章	結論與建議.....	131
	第一節 結論.....	132
	第二節 研究意涵.....	133
	第三節 未來工作與研究方向.....	135

圖次

圖 2-2-1 建模歷程指標(Modeling Process Indicators, MPI)	14
圖 3-1-1 本研究架構圖.....	23
圖 3-4-1 化學電池的成份與關係概念圖.....	38
圖 3-4-2 化學電池的交互作用概念圖	46
圖 3-5-1 研究流程圖	54
圖 4-1-1 研究一 科學概念(成份)之詹森-內曼法迴歸模型.....	66
圖 4-2-1 「建模本位探究組」與「簡單探究組」教學前建模能力分數.....	87
圖 4-2-2 「建模本位探究組」與「簡單探究組」教學後建模能力分數.....	89
圖 4-3-1 研究一 「建模文本組」教學前後心智模式分佈情形	103
圖 4-3-2 研究一 「一般文本組」教學前後心智模式分佈情形	104
圖 4-3-3 「一般文本教學組」之心智模式變化路徑	107
圖 4-3-4 「建模文本教學組」之心智模式變化路徑	107
圖 4-3-5 研究二 學生回答情形	108
圖 4-3-6 「簡單探究組」之心智模式變化路徑	113
圖 4-3-7 「建模本位探究組」之心智模式變化路徑	113
圖 4-4-1 研究一 選擇題選項教學前後選填情形	116
圖 4-4-2 研究一 「建模文本教學組」選擇題選項教學前後選填情形.....	119
圖 4-4-3 研究一 「一般文本教學組」選擇題選項教學前後選填情形.....	119
圖 4-4-4 鋅銅電池介紹之上課投影片	122

表次

表 2-1-1 探究活動的四階層	11
表 2-1-2 探究階段與學習者困難	12
表 2-4-1 電化學-電化學電池的另有概念	21
表 3-2-1 研究對象人數統計表	25
表 3-3-1 研究一 研究流程	26
表 3-3-2 研究二 研究流程	27
表 3-3-3 研究一「建模文本教學組」與「一般文本教學組」課程規劃	27
表 3-3-4 研究二「建模本位探究」與「一般探究」教學規劃	28
表 3-3-5 建模本位探究教案一以化學電池的交互作用為例	29
表 3-3-6 一般文本與建模文本內容對照舉例	33
表 3-4-1 研究工具與使用目的說明	36
表 3-4-2 化學電池概念試題(I)雙向細目表	39
表 3-4-3 化學電池概念試題(I)配分表	39
表 3-4-4 研究一 建模歷程相對應試題舉例說明	40
表 3-4-5 研究一 建模能力評鑑	42
表 3-4-6 研究一 化學電池心智模式試題組合	44
表 3-4-7 研究一 化學電池心智模式類型與心智模式評鑑表	45
表 3-4-8 化學電池概念試題(II)雙向細目表	47
表 3-4-9 化學電池概念試題(II)配分表	47
表 3-4-10 研究二 模型調度的建模能力編碼表	49
表 3-4-11 研究二 模型調度的建模能力編碼記分表	50
表 3-4-12 研究二 化學電池心智模式試題組合	50
表 3-4-13 研究二 心智模式編碼表	51
表 3-4-14 研究二 心智模式評鑑表	52
表 3-6-1 研究工具與資料分析對照表	56
表 4-1-1 研究一 化學電池的科學概念前測描述性統計	61
表 4-1-2 研究一 化學電池的科學概念前測 獨立樣本 T 檢定	61
表 4-1-3 研究一 化學電池的科學概念後測描述性統計	62
表 4-1-4 建模文本教學組教學前後科學概念情形 相依樣本 T 檢定	63

表 4-1-5 一般文本教學組教學前後科學概念情形 相依樣本 T 檢定	63
表 4-1-6 研究一 科學概念(總分)之迴歸係數同質性檢定摘要表.....	64
表 4-1-7 研究一 科學概念(總分)之單因子共變數分析摘要表	64
表 4-1-8 研究一 科學概念(總分)之單因子共變數相依比較表	64
表 4-1-9 研究一 科學概念(成份)之迴歸係數同質性檢定摘要表.....	66
表 4-1-10 研究一 科學概念(成份)之詹森-內曼法之回歸模型係數	66
表 4-1-11 研究一 科學概念(關係)之迴歸係數同質性檢定摘要表.....	67
表 4-1-12 研究一 科學概念(關係)之獨立樣本 T 檢定	67
表 4-1-13 研究一 科學概念(系統)之迴歸係數同質性檢定摘要表.....	68
表 4-1-14 研究一 科學概念(系統)之單因子共變數分析摘要表	68
表 4-1-15 研究一 科學概念(系統)之單因子共變數相依比較表	68
表 4-1-16 研究二 化學電池的科學概念前測描述性統計.....	70
表 4-1-17 研究二 化學電池的科學概念前測 Mann-Whitney U 檢定	71
表 4-1-18 研究二 化學電池的科學概念後測描述性統計.....	71
表 4-1-19 研究二 建模本位探究組教學前後科學概念情形 Wilcoxon 檢定	72
表 4-1-20 研究二 簡單探究組教學前後科學概念情形 Wilcoxon 檢定	72
表 4-1-21 研究二 科學概念(總分)之迴歸係數同質性檢定摘要表.....	73
表 4-1-22 研究二 科學概念(總分)之單因子共變數分析摘要表	73
表 4-1-23 研究二 科學概念(總分)之單因子共變數相依比較表	73
表 4-1-24 研究二 科學概念(成份)之迴歸係數同質性檢定摘要表.....	74
表 4-1-25 研究二 科學概念(成份)之 Mann-Whitney U 檢定.....	74
表 4-1-26 研究二 科學概念(關係)之迴歸係數同質性檢定摘要表.....	75
表 4-1-27 研究二 科學概念(關係)之單因子共變數分析摘要表	75
表 4-1-28 研究二 科學概念(關係)之單因子共變數相依比較表	75
表 4-1-29 研究二 科學概念(系統)之迴歸係數同質性檢定摘要表.....	76
表 4-1-30 研究二 科學概念(系統)之單因子共變數分析摘要表	76
表 4-1-31 研究二 科學概念(系統)之單因子共變數相依比較表	76
表 4-2-5 研究一 兩教學組於教學前建模能力之卡方檢定摘要表	79
表 4-2-1 研究一 建模能力前測層級	80
表 4-2-2 研究一 建模能力後測層級	80
表 4-2-3 研究一 建模文本教學組「前測」各建模歷程之建模能力層級人數統計	

.....	80
表 4-2-4 研究一 一般文本教學組「前測」各建模歷程之建模能力層級人數統計	80
表 4-2-6 研究一 建模文本教學組「後測」各建模歷程之建模能力層級人數統計	81
表 4-2-7 研究一 一般文本教學組「後測」各建模歷程之建模能力層級人數統計	81
表 4-2-8 研究一 建模文本教學組於教學前後建模能力之卡方檢定摘要表.....	83
表 4-2-9 研究一 一般文本教學組於教學前後建模能力之卡方檢定摘要表.....	83
表 4-2-10 研究一 兩教學組於教學後建模能力之卡方檢定摘要表	84
表 4-2-11 研究二 模型調度之建模能力編碼範例	86
表 4-2-12 研究二 建模能力前測分數	88
表 4-2-13 研究二 建模能力後測分數	88
表 4-2-14 研究二 建模能力前測分數之 Mann-Whitney U 檢定	88
表 4-2-15 研究二 建模本位探究組建模能力後測分數之 Wilcoxon 檢定	90
表 4-2-16 研究二 簡單探究組建模能力後測分數之 Wilcoxon 檢定	90
表 4-2-17 研究二 整體建模能力之迴歸係數同質性檢定摘要表	91
表 4-2-18 研究二 整體建模能力之單因子共變數分析摘要表	92
表 4-2-19 研究二 整體建模能力之單因子共變數成對比較表	92
表 4-2-20 研究二 建模能力(模型選擇)之迴歸係數同質性檢定摘要表	93
表 4-2-21 研究二 建模能力(模型選擇)之單因子共變數分析摘要表	93
表 4-2-22 研究二 建模能力(模型選擇)之單因子共變數成對比較表	93
表 4-2-23 研究二 建模能力(模型建立)之迴歸係數同質性檢定摘要表	93
表 4-2-24 研究二 建模能力(模型建立)之單因子共變數分析摘要表	93
表 4-2-25 研究二 建模能力(模型建立)之單因子共變數成對比較表	94
表 4-2-26 研究二 建模能力(模型效化)之迴歸係數同質性檢定摘要表	94
表 4-2-27 研究二 建模能力(模型效化)之單因子共變數分析摘要表	95
表 4-2-28 研究二 建模能力(模型效化)之單因子共變數成對比較表	95
表 4-2-29 研究二 建模能力(模型應用)之迴歸係數同質性檢定摘要表	95
表 4-2-30 研究二 建模能力(模型應用)之 Mann-Whitney U 檢定	95
表 4-2-31 研究二 建模能力(模型調度)之迴歸係數同質性檢定摘要表	96

表 4-2-32 研究二 建模能力(模型調度)之單因子共變數分析摘要表.....	96
表 4-2-33 研究二 建模能力(模型調度)之單因子共變數成對比較表.....	96
表 4-3-1 心智模式圖示與說明.....	99
表 4-3-2 研究一 「建模文本組」與「一般文本組」心智模式分佈情形.....	103
表 4-3-3 研究二 「建模本位探究組」與「簡單探究組」心智模式分佈情形..	111
表 4-4-1 研究一 化學電池概念試題(I)選項之另有概念	115
表 4-4-2 研究一 另有概念整體答題情形.....	117
表 4-4-3 研究一 另有概念於兩教學組答題情形	118
表 4-4-4 「建模文本教學組」與「一般文本教學組」對於另有概念發生概念改變情形.....	121
表 4-5-1 研究一與研究二 科學概念與建模能力	123
表 4-5-2 研究一 科學概念(名次)與建模能力斯皮爾曼等級相關檢定摘要表 ...	124
表 4-5-3 研究二 科學概念與建模能力之皮爾森相關檢定摘要表	124
表 4-5-4 研究一 不同程度之科學概念與建模能力	125
表 4-5-5 研究二 不同程度之科學概念與建模能力	126
表 4-5-6 研究一 不同程度的科學概念與建模能力斯皮爾曼等級相關檢定摘要表	127
表 4-5-7 研究二 不同程度的科學概念與建模能力皮爾森相關檢定摘要表.....	127

第壹章 緒論

探究是學習科學最為人所熟悉的教學方式，但此種教學方式時常引導學生偏向科學技能層面的熟悉，卻忽略了顧及知識層面。當提倡真實探究的教學不斷的在教學現場出現，教師必須將真實性探究轉換成科學課程，以及落實到科學學習之中，因此，模型與建模的教學能夠補足探究所欠缺的部份。課堂中的課程進行，每一堂皆為真實性探究實屬不易，在有限時間之下，讓學生參與如同科學家研究般的科學流程，則為現今科學教育最主要的部份。以建模本位的教學內容，從模型的成份選擇到模型失效的修正，會不斷的要求學生檢視此模型的合理性以及適切性，是否可以支持所提出來的主張等方式，不斷的精製化學生所創造的模型。因此，建模本位的教學方式，可在認知層面上不斷的強化以及精製化模型內容。因此本研究將以建模教學融入科學課程之中，觀察建模教學以及建模本位探究教學，對於學生學習化學電池的學習成就、建模能力以及心智模型的改變情況進行討論。

本研究針從兩個方面討論建模本位探究教學對於學生在學習成就、建模能力提升以及心智模式改變進行了解。因此，研究一主要為了解建模文本配合建模教學，對於學生所產生的影響；研究二主要討論驗證式實驗與建模本位探究實驗，對於學生所產生的影響。在綜合上述的兩研究後，即可對於建模本位探究對於學生的效益更為清楚。

建模本位探究的教學方式是透過教師引導且以學生為中心的探究教學，有別於探究的流程，此方式是使用「建模歷程」作為架構的教學方式(Hestenes,2010)。最後，本研究希望以不同的教學方式，發現與改善目前科學課室中所產生的問題。

第一節 研究背景與重要性

因參與由邱美虹老師主持的模型與建模教學的計畫之中，開始接觸有別於探究式教學的內容，開始用不同的觀點討論以及思考如何修正探究式教學在科學課室中所產生的影響，並試圖以建模的觀點加入文本內容以及課堂教學中，希望可以改善學生學習科學的情況。

學生從了解科學知識到形成科學理論，模型一直以來是相當重要的角色。在科學課程中，所教授的科學知識不斷做為建構模型的成份，並且在學習成份後，一步步的建構與精製化模型(Treagust, Chittleborough& Mamiala, 2002)，這樣的過程與探究式教學的精神有相似之處。在形成模型間，必須經歷幾個步驟，這些步驟可以明確的告訴學生現在進行的部份為模型的何種部份，幫助學生聚焦在學習重點，使學生產生更有目標的學習。並且在學習之後，亦可透過課堂上所建構出的模型在真實世界中使用，再次不斷的修正與精緻化此模型的內容。

本研究設計分成兩個子研究，分別探討建模本位教學在文本與探究教學所產生的影響。研究一：主要是透過文本設計的不同進行教學，建模文本教學策略，著重於模型建構與模型理解的過程，且讓學生得知，模型不僅只有實際的物體，某些非實體的想法亦是模型的範疇。並在過程中透過外顯化的方式，使學生清楚理解每段文章所要建構的模型，使學生理解在科學當中建構模型的方式以提升學生的建模能力。而傳統文本教學策略，則是透過一般教科書內容，多以講述的方式進行授課。研究二：目的是要建模歷程如何作為教學鷹架，幫助老師完成探究式教學。因此，建模本位探究組的學生必須經歷科學家般的研究過程：發現問題、提出假說、實驗操作、數據分析與形成模型，並且在學生規劃實驗流程中，透過建模歷程產生的鷹架提醒學生此步驟的目的。簡單探究組的學生較如同一般課室當中的驗證式實驗，給予學生固定的實驗步驟一步步完成實驗操作內容、蒐集資料、分析實驗數據與實驗結果討論。在此兩部份皆會蒐集學生問卷資料以及物談內容做為分析的依據。

此研究結果，可以更明確的指出建模教學在文本以及課室教學上所提供的幫助，以及針對於學生所產生的學習效益、建模能力的培養與心智模式的改變，進一步提升教師使用建模本位教學的意願。

第二節 研究目的與研究問題

本研究主要目的為在進行建模教學後，對於七年級與八年級學生在化學電池的學習成就上是否有幫助，並且在教學後，是否可以增進學生的建模能力，以及學生對於化學電池心智模型轉變的情形。根據建模教學所著重的層面不同，因此分成兩個子研究進行討論，研究一：將建模歷程融入文本以及教學中；研究二：以建模本位探究教學，帶領學生參與類似科學家做研究般的過程，透過討論變因的機制進而產生化學電池的模型，讓學生體驗模型解釋以及預測的功能。

根據本研究之研究背景與動機，研究目的歸納如下，並從研究目的，延伸出研究問題：

研究目的 1. 探討不同教學策略對於學生「化學電池」科學概念學習成效。

問題 1-1 學生透過「一般文本」教學後，對於化學電池科學概念影響為何？

問題 1-2 學生透過「建模文本」教學後，對於化學電池科學概念影響為何？

問題 1-3 學生透過「簡單探究教學」教學後，對於化學電池的交互作用科學概念影響為何？

問題 1-4 學生透過「建模本位探究教學」教學後，對於化學電池的交互作用科學概念影響為何？

研究目的 2. 探討不同教學策略對於學生「電化學電池」建模能力成效。

問題 2-1 學生透過「一般文本」教學後，對於化學電池建模能力影響為何？

問題 2-2 學生透過「建模文本」教學後，對於化學電池建模能力影響為何？

問題 2-3 學生透過「簡單探究教學」教學後，對於化學電池的交互作用建模能力影響為何？

問題 2-4 學生透過「建模本位探究教學」教學後，對於化學電池的交互作用建模能力影響為何？

研究目的 3. 探討不同教學策略對於學生「化學電池」的心智模式變化。

問題 3-1 學生透過「一般文本」教學後，對於化學電池心智模式變化為何？

問題 3-2 學生透過「建模文本」教學後，對於化學電池心智模式變化為何？

問題 3-3 學生透過「簡單探究教學」教學後，對於化學電池心智模式變化為何？

問題 3-4 學生透過「建模本位探究教學」教學後，對於化學電池心智模式變化為何？



第三節 名詞解釋

一、心智模型 (Mental Model)

本研究所使用的心智模式，在於了解學生學習化學電池相關科學概念後，對於化學電池所產生的心智模式，並根據文獻內容將此心智模型分成七大類分別為：電池概念不完整模式、電池雛型模式、電極混淆模式、電路雛型模式、電路進階模式、類科學模式與科學模式。

二、建模歷程 (Modeling Process)

學生在科學學習的過程中，形成模型時所經歷的步驟稱之為建模歷程，在本研究中選用邱美虹(2015)科技部計畫所發展出的建模歷程：模型選擇、模型建立、模型效化、模型分析、模型應用、模型調度、模型修正與模型轉換等八個建模立成。根據課程設計內容，本研究尚未檢測學生的模型分析、模型修正與模型轉換等三個建模歷程。

三、建模能力 (Modeling Competence)

建模能力是用以評斷學生是否具備完成建模歷程中每個階段的能力，因此，選用張志康與邱美虹(2009)開發的建模能力指標(MMAI)，依據指標內容開發建模能力評鑑表，以六個層次(Level 0 ~ Level 5)表示學生在各歷程所達到的建模能力。

四、一般文本 (Common text)

選用 103 學年度翰林版國中理化教科書國九電池的化學效應做為本研究的一般文本使用，文本內容並不另外修正，僅節錄教學內容所需的頁數。

五、建模文本 (Modeling-Based Text)

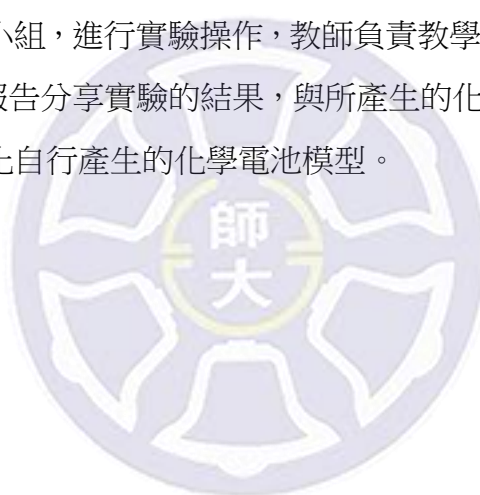
依據一般文本(翰林版國中理化教科書國九電池的化學效應)的內容，以外顯化的方式在文本內容加入「建模歷程」，並且在文本的段落中設計「想想看」的提問內容，並將一般文的示範實驗替換成「課堂任務」，在這三者的內容皆為外加的方式添入一般文本，並不影響一般文本的邏輯編排方式。建模文本以及一般文本所使用的字數，扣除非相關課程內容的文字，兩者相差控制在 20%以內。

六、驗證式實驗 (Confirmation experiment)

參照邱美虹(2015)國科會計畫所使用的「影響化學電池電壓的因素」之實驗操作手冊，做為本研究的參考資料。驗證式實驗先將實驗目的、實驗原理與實驗步驟給學生，並由教師在講解完實驗流程後，在教師的引導之下，學生自行操作實驗。最後，由教師帶領學生檢討「問題與討論」的內容，並加以證明此實驗數據與實驗原理兩者之間的關係。

七、建模本位探究 (Modeling-Based Inquiry)

本研究中所提到的建模本位探究教學，以建模歷程為主要的鷹架建構出科學模型，並希望學生透過類似科學家的真實性探究方式進行學習，因此，學生必須自行形成實驗目的、實驗步驟與實驗數據處理。在此教學過程中，以學生為主體，學生自行分成三人的小組，進行實驗操作，教師負責教學流程的規劃以即時間的提醒。最後，以各組報告分享實驗的結果，與所產生的化學電池模型，並透過同儕間的回饋再次精緻化自行產生的化學電池模型。



第四節 研究範圍與限制

一、研究範圍

本研究的内容是將模型内容放入國中理化課程之中，亦是讓學生參與如同科學家做研究的過程，並且可感受到建立出的模型的功能性。在化學電池中的概念以及變因則為此研究的教學内容，教師帶領學生討論各模型的適用範圍與所獲得證據是否可驗證想法的正確性。

二、研究限制

- (一)本研究對象為臺北市立某完全中學的七年級與八年級學生，因此，相關的研究結果與推論不適切應用到不同年級、不同區域的學生。
- (二)本研究針對化學電池的單元進行研究，研究結果與推論不宜應用至其他不同學科領域或其他學習單元。
- (三)本研究的文本設計主要是著重於建模歷程的加入，使學生明確了解如何建構模型，而文本内容尚未討論至各項表徵擺放位置所造成的影響，僅注意兩文本間的字數相差不超過 20%。

第貳章 文獻探討

科學的本質即為探究，探究即為科學家探索自然的方式，並且透過尋找證據給與現象合理的解釋，因此，探究式教學法即為學習科學最為廣泛使用的方式。在科學課堂中，探究的使用僅為透過驗證性的探究活動來闡述科學原理的正確性，而非讓學生經歷如同科學家般的真實性探究活動(NRC, 1996, 2000)。因此，透過建模教學使學生在一般的科學課程中，經歷類似於科學家建構模型與產生知識的過程。

本章分為四小節，第一節，從文獻中了解探究與探究教學對科學課程的影響，並且在其中參考臺灣與美國的課綱標準，在實際面向上，討論探究教學落實的情形。然而，長期以探究教學為目標的科學學習，亦有學者認為在探究教學的實施上仍有許多地方需要再作修正。第二節，談論建模與建模能力在本研究探究所擔任的角色，以及如何透過建模評量評鑑出學生的建模能力，並且透過「建模本位探究」的實施以改進上述文獻提及關於探究的需補強之處。第三節，針對化學電池的心智模式進行討論，由文獻內容指出，透過教學即可發生心智模式的改變，若能針對「建模本位教學」與「一般教學」間心智模式改變的情形進行討論，即可得知，「建模本位教學」對於學生的貢獻在何處。第四小節，以回顧本章的主題內容化學電池的相關研究，透過實徵性研究整理化學電池對於教學上的困難，作為製作課程教材及上課內容所需的資源。

最後，本章內容將於各節提出相關文獻對於本研究之啟示，目的更是清楚的說明此部份所使用的文獻內容皆分別融入於課程安排、教材與評量設計與課程活動中，作為最主要的參考依據。

第一節 探究與探究教學

探究是科學家作為經驗世界與科學概念的橋樑(Duit, Roth, Komorek,& Wilbers, 2001)，而探究內容可包含：科學方法、科學推理、批判性思考、科學問題解決、探究技能、科學過程技能以即包含社會情境(Etheredge & Rudnitsky, 2003)，透過探究的步驟可以使科學家了解自然與物質世界(National Science Education Standard, National Research Council, 簡稱 NRC, 2000)。

蘇聯與美國冷戰時期，蘇聯於 1957 年首先發射人造衛星—史波尼克號，此舉使得美國當局開始檢討科學教育的內容(Nation Society for the Study of Education, 簡稱 NSSE, 1960)。Dewey (1910)提到科學教學應注重思考的方法，而結果與過程兩者皆為重要。Hofstein & Lunetta (1982, 2004)認為探究是透過提出想法和從科學研究中所得到的證據進行解釋和提出主張的各種方法，使得科學家認識這個世界。對於學習者而言，探究是一種真實的方式來調查這個世界，藉由提出想法並且基於證據來解釋以及支持自己的主張，可以體驗到科學的精神。課室當中的探究學習，可能無法與科學家的研究方式完全相同，但學生的探究活動仍可類比為科學家的探究歷程(NRC, 1996)。

一、課室當中的探究教學

科學課室當中的探究教學可依照探究素材提供的程度，來進行分類：是否提供探究問題、是否提供解決方法與是否提供正確答案此三個依據，將探究活動分為四個層次(引自 Bell, Smentana& Binns, 2005)：驗證型探究(Confirmation inquiry)、結構型探究(Structured inquiry)、引導型探究(Guided inquiry)與開放型探究(Open inquiry) (表 2-1-1)，當所提供的素材越多，探究活動屬於較低的層次。若從教師參與的程度及學生自主學習的空間來看，階層越低表示教師參與程度越高，而學生自主學習的空間越少；階層越高表示教師參與程度越低，而學生自主學習的空間越高。

從表 2-1-1 中的分類中，驗證性探究(Confirmation inquiry)在探究活動中探究問題、解決方法以及正確答案皆會由教學者提供，教學者會利用縝密的實驗操作步驟，以及問題討論等方式將探究問題的答案給予學生，學生在探究活動中的自由度較低，屬於階層 0 的探究活動；引導型探究 (Guided inquiry)所指的是教學

者僅提供探究問題，而解決方法以及答案兩者是由學習者自行設計實驗與蒐集實驗數據在透過數據回答教學者所提出的研究問題，學習者在此階段的學習自由到高於階層 0，屬於階層 2 的探究活動。

表 2-1-1 探究活動的四階層

探究活動的四個層次	提供 探究問題	提供 解決方法	提供 正確答案
階層 0 驗證型探究 (Confirmation inquiry)	V	V	V
階層 1 結構型探究 (Structured inquiry)	V	V	
階層 2 引導型探究 (Guided inquiry)	V		
階層 3 開放型探究 (Open inquiry)			

二、臺灣與國際當前的探究教學內容

探究式教學是讓投入長時間的學習活動，藉由問題的引導帶起一連串收集資料、形成證據與利用證據進行解釋的過程(吳百興、張耀云、吳心楷，2010)，透過這樣的過程希望學習者能夠在探究的過程中，經歷類似科學家理解知識與建構科學模型的歷程(劉宏文、張惠博，2001；Zimmerman, 2007)。近年來許多學者建議應以證據導向的探究式科學課程，做為教育改革的重要方向。如此一來，課堂中將以學生為中心為主，而不是教師中心為主。

臺灣於 107 課綱明訂高中必修學分包含「自然科學探究與實作」，國家教育研究院(2014)提到此課程，主要提供學生學習經驗，並強調跨學科之間的整合。針對探究的內容可分成兩部份分別為：一、探究學習：著重於科學探究歷程，主要為發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享等項目；二、實作學習：著重於科學活動操作，主要為觀察、測量、資料蒐集與分析等。此課綱最主要的精神仍是建立起理論層面與實際層面之間的相關。

國際上 NGSS(Next Generation Science Standards)將科學課程分成三大部分，分別為：一、核心想法(Core Idea)：包含地球空間科學(Earth Space Science)、生命科學(Life Science)與物理科學(Physical Science)；二、跨領域概念(Crosscutting Concepts)：提供學生在不同領域間的連結，一方面提升對於核心知識的理解，另一方面則是提供實作更多的應用機會；三、科學與工程實作(Science and Engineering Practices)：在此分類中，並不是僅有操作技術(skill)的展現，重要的

是必須在實作的過程中融入知識的內容，並且投入科學實作課程有助於學生理解科學知識如何發展、使用模型解釋現象，使學習更有意義。以下為實作的架構內容：尋問問題與定義問題、發展與使用模型、計畫與執行調查、分析定轉譯資料、使用數學或計算進行思考、建構解釋與設計解決方案、論證、評價與溝通資訊。透過臺灣與美國現今課綱的調整方向可知，強調學科之間的緊密連結，並且學科知識與實作內容並重。

三、探究教學的限制

探究教學主要可分成四個階段：提出問題、設計與執行調查或動手實驗、分析與整理數據、解釋與回答問題，此四階段並無一特定線性關係，而是呈現雙向網路關係(吳百興、張耀云、吳心楷，2010)。依照上個四個階段，在教室中實施探究活動，對於學習者而言產生了學習困難的現象。

Krajcik 等學者(1998)提出，學習者在探究活動的過程中，因為遭遇困難，進而影響探究活動所呈現的學習成效。由表 2-1-2 可知，學習者於探究的各階段皆會產生困難。吳百興(2010)認為透過活化先前知識、強化證據評估策略、資料模型建立以即教師鷹架策略的應用皆可解決探究活動中所產生的困難。

表 2-1-2 探究階段與學習者困難(引自吳百興、張耀云、吳心楷，2010)

探究階段	學習者困難
提出問題	提出的問題過於發散，因而無法預測並聚焦實驗結果(Apedoe,2008)。 無法確實理解科學辭彙的使用，而不能清楚表達想法與提問(Krajcik et al., 1998)。
設計與執行 調查活動或實驗	缺乏控制變因的能力，導致實驗設計無法有效獲得實驗數據(Krajcik et al., 1998)。 無法持續維持專注力，使部分學習者只能著重於部分的變因，而無法依據其他變因進行全盤的實驗設計(Bell, 2002)。
分析與 整理數據	學習者無法由數據找出變因的影響關係，而影響數據分析的結果(Jeong et al., 2007)。 缺乏經驗去組織數據與檢驗數據，因此無法從數據中獲得實驗結果 (Krajcik et al., 1998)。
形成解釋與 回答問題	無法由證據發展合乎邏輯的論證去支持他們所獲得的主張，導致無法有效推論(Krajcik et al., 1998)。

第二節 建模歷程與建模能力

科學家們進行科學研究最主要的目的即為建構科學模型，並透過這不斷的檢視、修正與精緻化科學模型的內容，再利用科學模型進行現象的解釋。

對於學生而言在科學學習的過程中，試圖模擬科學家建構模型的過程，學習科學研究中會經歷某些特定的步驟，並且產生許多科學理論，而這些特定步驟稱為建模歷程，那科學理論即為科學模型，當學生透過建模歷程完成科學模型，所具備的能力即為建模能力。本章節將針對建模歷程、建模能力與建模能力評量進行詳細說明。

一、建模歷程

學生建立科學模型的過程和科學家並不完全相同，並且，學生不是僅有「建立」出模型，學生必須不斷的檢驗與精緻化此模型，進一步達到「科學模型」的目的。因此，研究者們針對學生科學學習的建模歷程所提出的看法，大致上可分成以下主要的方向：一、模型的建立：利用繪圖、解釋與預測現象並將其理論化後，才能夠建立出模型。二、模型的使用：學生能利用模型進行描述、預測與解釋現象。三、模型的評價：能夠使用模型對新現象進行預測，並且評價不同模型在現象所扮演的表徵以及樣態。四、模型的反思：透過新證據的加入或是情境的變動能夠得之模型的不足，進而反思此模型增加模型的解釋性與預測能力 (Schwarz, 2009)。

對於建模歷程的內容 Hestenes(2010)更明確指出四個步驟：步驟一、模型建立：進行模型元件的組裝與定義，並且對於認識此模型的元件之間的關係。步驟二、模型分析：利用步驟一建立的模型對於現象進行解釋與實驗的預測。步驟三、模型效化：判斷此模型的解釋性與一致性。步驟四、模型調度：檢驗此模型在不同的情境下之情形。Hestenes 並強調這四個步驟在實施的過程中，並非線性的順序進行，而是以一種循環的方式實施。

本研究所使用的建模歷程，是由邱美虹(2015)科技部計畫對於原有的歷程進行擴充與修正，並針對建模歷程的內容更細分成四大階段與八個步驟(圖 2-2-1 所示)分別為：一、模型選擇：選擇適合的物件組合成模型，或是選擇適切的模

型；二、模型建立：建立原先選擇物件之間的連結關係；三、模型效化：驗證已建立的模型，對於成份的關係與模型的結構進行效化，並且確認模型內部的一致性；四、模型分析：使用已效化的模型進行問題的解釋(或是分析)，大多數的情形為數據的計算或是邏輯推論；五、模型應用：問題的情境與原先有些許的不同時(進遷移)，能夠使用已效化的模型解釋；六、模型調度：問題的情境已屬於新情境(遠遷移)時，仍可使用已效化後的模型進行解釋；七、模型修正：若必須增加或減少成份(物件)與關係，才能進行問題的解釋，進而修正已效化後的模型，屬於模型(弱)重建；八、模型轉換：當效化後的模型不能解釋現象，代表此模型已經失效，必須重新建立新的模型，屬於模型(強)重建。

有別於其他研究者所提出的建模歷程，刻意將模型重建的階段放入。在科學研究當中，每當有新證據的提出，且此新證據並不支持原先所建立的「科學模型」時，科學家必須放棄原有的模型，重新建立出與此證據相符的「科學模型」。這樣的修正，雖然後科學研究當中發生的機率並不高，屬於較高層次的建模歷程，但，透過這樣的修正會更貼近科學家對於科學本質的看法。上述的八個步驟，分屬在「模型發展階段」、「模型精緻化階段」、「模型遷移階段」、「模型重建階段」四大階段中(見圖 2-2-1)。

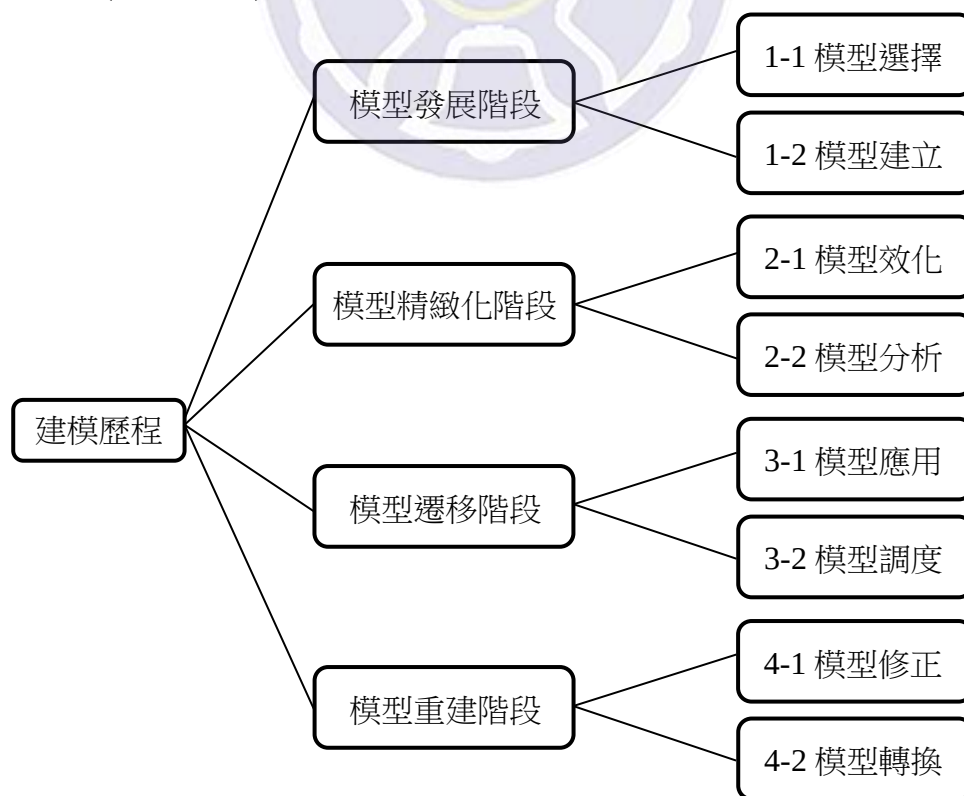


圖 2-2-1 建模歷程指標(Modeling Process Indicators, MPI) (引自邱美虹 2015)

二、建模能力

除了建構模型本身之外，還有其他面向也是相當重要的，例如：許多學者認為學生在建立模型過程中如何作決定是重要的指標(Prins et al., 2009;Wu, 2010)，也有學者認為對於學生使用模型解釋、討論以及反思模型本身亦是重要的能力表現(Chang, Quintana, & Krajcik, 2010;Hogan & Thomas, 2001)。因此，建模能力可區分成以下三個部份(Bahadir Namdar & Ji Shen,2015)：一、建模成品(modeling product)：從學生自行建構出的模型，判斷學生建模能力的情形，從此模型的物件組成、變數的使用與因果關係，以及此模型在表徵使用上的情況皆為可觀察面向。二、建模實作(modeling product)：主要著重在學生「計畫」產出模型的動態過程作為主要的觀察內容。三、後設建模知識(meta-modeling knowledge)：主要包含學生對於模型本質的了解、科學模型的目的、如何評價模型、如何反思模型以及建模歷程的知識(Schwarz&White,2005)。透過上述三個面向，即可讓建模能力更具有方向即目標的進行檢驗。

三、建模能力評量

建構模型是一個動態且複雜的過程，為了更符合學生在建模教學前後建模能力的改變，可從建模成品(modeling product)、建模實作(modeling product)與後設建模知識(meta-modeling knowledge)這三面向進行觀察與評量。在建模成品的面向，即可與學生建立模型時同時進行評量，評量學生如何使用、建立以及評價模型，但是，分析此學生與模型互動的動態過程之數據資料，必然是一大挑戰(Bahadir Namdar & Ji Shen,2015)。對於後設建模知識的評量已跳脫特定建模任務，在實施上較為單純，並且可用此大略推估學生的建模能力高低。

本研究的建模能力評量根據不同的教學主題有不同的評量內容，其評量面向較屬於評量學生的建模成品，因此，和學科知識內容較有關係。本研究選用張志康與邱美虹(2009)開發的建模能力指標，並加以修正(見表 3-4-10 及表 3-4-11)，研究一使用選擇題組合的方式確認學生的建模能力；研究二則是使用張志康與邱美虹(2009)開發的化學電池建模問卷做為評量工具。透過此方式，對於化學電池的建模能力評量即可大規模的進行施測，亦能夠了解學生的建模能力。

四、本節對於本研究的啟示

從上述的內容可知，驗證式實驗的探究方式並不能使得學生在學習科學的過程中，達到其他層面的學習內容。透過引導式的探究，再加上模型的建構過程，亦可增進學生利用系統化的方式思考科學模型的建構過程。協助學生以建模本位開始思考問題，進行多變因的因果關係討論以及檢驗，並針對所建立的模型進行反思及精緻化。

在本研究中，化學電池課程所涉及的内容皆尚未經歷模型重建的階段，由於本研究對象為國中階段的學生，僅聚焦於化學電池成份與關係的建立和化學電池交互作用的影響，尚未著墨於較高層次的建模歷程培養，並且較少涉及數據的計算內容。因此，本研究僅檢測學生模型選擇、模型建立、模型效化、模型應用與模型調度此五項建模能力，以下將對於建模能力的情況加以描述：

- 一、模型選擇：化學電池中，電極、鹽橋與電解液的選擇。
- 二、模型建立：化學電池中，電極與電解液之間的關係。
- 三、模型效化：使用鋅銅電池的模型，解釋電子與離子在此系統當中所移動的現象。
- 四、模型應用：原本的鋅銅電池，將銅片抽換成石墨棒。
- 五、模型調度：原本的鋅銅電池，將鋅片抽換成石墨棒，因為，抽換鋅棒反應物已經消失，此電池的反應已經和原先模型些許不同，變動較大屬於此建模歷程。

本研究為了達到上述的安排，針對一般教科書文本解構，刻意以外顯化的方式，凸顯建模歷程的內容，若一般文本缺少建模歷程的內容，則以外加的方式加入文本當中，透過此方式將一般文本轉換成「建模文本」，利於本研究使用；若針對「教學活動」則是透過授課教師引導學生經歷上述的建模歷程。因此，此兩種方式將作為「建模本位探究」最主要的研究變因。

第三節 心智模式

心智模式(mental model)為內部概念的表徵，或是內部概念連結成系統的外顯化結構表徵(Gentner & Stevens, 1983)，而心智模式亦可透過蒐集個別信念並組織而成(Chi, 2008)。Chiu 與 Chung 指出，在近三十年來，各研究者對於心智模式提供更為明確的定義。以下將針對心智模式的產生與心智模式的性質此兩部份進行說明。

一、心智模式的性質

Gilbert 與 Boulter(1998)指出，心智模式即為想法、物件、事件、過程或是系統的表徵，明確的提及心智模式的功能，對於孩童而言透過反思既有知識即認識新知識的機制，可建構屬於自己的心智模式，並且此心智模式具備預測與解釋的能力(Vosniadou et al, 2001)。但是，針對心智模式的說法，各學者間透過不同的研究主題，針對心智模式的性質研究，卻未見得到相同的結論。

Vosniadou(1992)針對孩童地球的心智模式進行研究發現，可將孩童的心智模式透過正確性(accuracy)與一致性(consistency)大致分成三類，分別為：一、科學模式(scientific model)；二、綜合模式(synthetic model)；三、初始模式(initial model)。根據研究結果 Vosniadou 提出孩童對於地球的心智模式具有內部一致性，並於力學的研究中亦得到學生心智模式具內部一致性此項特徵(Ioannides & Vosniadou, 2002)。但是，另一位研究者 diSessa(2004)指出，學生的心智模式並不具有內部一致性，其心智模式隨機且不一致。由上述資料可知，學生的心智模式特性包含了破碎以及不完整的知識，但是，當在進行問題解決或是概念理解時仍是具有一致性的特質(Chiu & Chung, 2013)。

二、心智模式的產生

Vosniadou 認為在認知活動中，有新的資訊與舊有知識合併時即會產生新的心智模式或修補原有心智模式。並且，心智模式是動態或多解釋性的表徵(Vosniadou, 1994)，藉以描述改變或是產生更多因果關係的解釋(Chi, 2008)。綜合以上 Chi 與 Vosniadou 的說法，心智模式透過教學(認知活動)即可發生改變，此改變是因為新資訊融入教知識而產生。換句話說，學習者的心智模式與科學概念

兩者間不一定相同，甚至是相互衝突(Chi, 2008)，而不完整的心智模式可透過學習添加或補足缺漏的內容。

許多學者仍認為，學生的心智模式雖然會改變，但不同的心智模式仍保持內部一致性，並且學生會使用具有一致性的心智模式以回答問題或預測(McCloskey, 1983; Samarapungavan & Wiers, 1997; Vosniadou & Brewer, 1992; Wiser, 1987)。根據上述的特性，當提出新情境希望學生回答，學生所使用的心智模式具內部一致性，因此，針對學生的回答內容與預測的情況來勾勒出心智模式的結構，並針對這些結構系統性的分析，進一步確認心智模式的樣態(Chi et al., 1994; Vosniadou & Brewer, 1992, 1994)。

三、本節對於本研究的啟示

在本研究中心智模式主要依據邱美虹(2008)針對電化學所提出七種心智模式進行分類，此七種化學電池的心智模式依據化學電池的成分、關係與延伸思考關係的正確性進行分類分別為：一、電池雛型模式：僅具備巨觀的電池成分；二、電池電解混淆模式：在電池外部連結一個電池，電路的判斷是由外部電池決定；三、電極混淆模式：混淆了電池電極的正、負極(陰、陽極)，在電極、電路與電池的反應皆與科學模式相反；四、電路雛型模式：具備大部分電池的組成成分及小部分電池的反應、通路的概念，但未建立完整的成分之間的關係；五、電路進階模式：具備電池的組成成分及電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解延伸思考關係；六、類科學模式：具備電池的組成成分及電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，但尚未建立完整的延伸思考關係；七、科學模式：具備電池的組成成分及電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，以及完整的延伸思考關係。

根據本研究所選擇的教學內容，對於此心智模式的種類將會選取與課程相符的心智模式，作為分類主要的依據。而上述的分類方式，主要根據 Vosniadou 對於心智模式的定義所發展的內容，為了顧及完整性，因此在本研究中將 diSessa 對於心智模式的論點，針對學生心智模式不一致的情形加入「電池概念不完整」之心智模式，用以區分上述無法分類的學生。關於本研究心智模式的分類情形即結果，將於第三章與第四章詳細說明與討論(見表 3-4-7、表 3-4-14 與表 4-3-1)。

第四節 化學電池相關研究

西元前七世紀，希臘哲學家泰爾斯發現摩擦過後的琥珀，能夠吸引微小的物體，正緩慢的推開電學研究的大門。一七五二年富蘭克林與兒子透過一枝鑰匙引來閃電，導入萊頓瓶，終於證實了天上的閃電與摩擦產生的靜電，兩者沒有差別。一七九一年賈法尼解剖青蛙時，觀察到蛙腿產生抽搐的現象；一直到一八零零年，伏打發明出全世界第一個化學電池，終於能夠給予電學研究穩定的來源。接下來，十九世紀科學家們透過伏打堆電池，進行各式各樣的電化學研究內容，無疑的在理論與應用層面上皆有相當顯著的進展。

一、化學電池的另有概念

電化學的研究內容包括的範圍相當廣泛，主要是建立在氧化還原反應之上，亦有提及電解質的概念、電子與粒子的移動情形、化學反應的情形與化學反應進行的方向等。Garnett & Treagust (1992)針對 32 位高中學生透過電化學教學後，對於電化學電池與電解的另有概念進行調查，發現另有概念種類相當繁雜且龐大，並透過半結構式晤談診斷出學生擁有的另有概念後，可分成電路、氧化還原、電化學電池與電解此四個分類；Sanger & Greenbowe (1997)延伸 Garnett & Treagust 的研究內容，針對 16 位大學主修化學的學生在電化學教學後，進行半結構式晤談，檢測出新的另有概念，並從此研究中提到學生對於化學電池的微觀機制未能清楚理解。

本研究的課程內容主要為「化學電池」，因此，將上述兩份針對電化學另有概念的研究內容進行整理，以 Garnett & Treagust (1992)的分類為主，挑選出關於化學電池的另有概念共有 18 個，並整理成表 2-4-1。

二、化學電池的教學模式

電化學的學習主題涉及巨觀、微觀與次微觀表徵間的轉換，對於學生而言屬於較難的單元(Osman & Lee,2014)。學生對於電化學有許多的另有概念(Garnett & Treagust,1992b; Sanger & Greenbowe,1997)，針對電化學的課程與教材設計，已有許多學者進行研究。以下，將分成教師教學以及教材使用進行比較與討論。

在教師教學上，Doymus, Karacop, & Simsek(2010)利用拼圖法教學的教學方

式，以分組進行學習電化學的概念內容，各小組精熟學習一個概念後，透過小組間的討論與分享，能夠學習到不同的概念。Burcin & Leman(2103)是利用探究為主實驗式活動進行電化學教學，讓學生進行實驗操作，並且驗證實驗理論的正確性。在教材使用上，Yürük (2007)使用概念改變文本，促使學生達到概念改變。Osman & Lee(2014)是以資訊與通信科技 (Information and Communication Technology, ICT) 融入教學，以學習者為主體的學習並加上模擬教學，增強學生巨觀、微觀與次微觀表徵間的轉換。

三、本節對於本研究的啟示

針對文獻所提及的部份，將分成以下兩部份使用與進行說明：

(一) 研究工具開發

根據上述資料，電化學的另有概念在近幾年來尚未有新的文獻發現其他的另有概念。因此，使用本研究文獻所提及的另有概念，作為檢測另有概念的重點，將其放入化學電池科學概念評量工具中，藉此評量本研究之學生針對文獻中所提及的另有概念分佈的情形。

(二) 課程內容開發

由化學電池的實徵性研究中可知，化學電池的科學概念，對於學生而言屬於較難的科學概念。透過改變教學方式與教材內容，對於電化學的學習成效皆優於傳統的教學方式與教材內容，兩者之間，仍相信尚有更為妥當的方式進行電化學教的教學方式。因此，保有上述「文本」對於概念的影響與「探究」促進概念的學習，作為本研究修改與討論的主要方向。

在本研究中，將改編一般教科書的內容轉化成「建模式文本」而探究的教學法更聚焦於「建模本位探究」，透過此兩種方式的改變，一方面吸取實徵性研究中所提及的經驗，另一方面更是融入在「建模教學」的理論內容，希望透過兩方面的搭配，能夠產生更有效率以及更具良好學習成效的教學內容。

綜上所論，本研究嘗試在「文本」與「教學活動」中更貼近科學家研究的過程，因此，選擇使用「建模教學」，學生透過文本以及教學活動能夠模擬科學家研究的步驟以及思考方式，希望能夠給予化學電池不同的教學內容與成效。

表 2-4-1 電化學-電化學電池的另有概念

分類	另有概念
電路	
電荷法則	1a. 電池中，陰陽離子彼此互相吸引並朝向電極移動 1b. 水溶液中的正離子吸引電子穿越電解液。
電位差	3a. 電位差僅由兩點之間的電荷濃度差異而決定 3b. 陽極為高電子濃度 3c. 陰極為低電子濃度 3d. 電子由電子濃度較高的陽極，穿越外電路到電子濃度較低的陰極
電化學電池	
定義陰陽極	8a. 標準還原電位表中，還原電位最高的是陽極 8b. 標準還原電位表中，金屬的活性由上而下減少 *8c. 陰極或陽極是由擺放位置而決定 *8d. 陽極，為負電荷，如同陰離子；陰極，為正電荷，如同陽離子
化學電池中的電流	10a. 電子從陰極進入電解液，並且通過電解液在陽極出現 10b. 鹽橋提供電子使得電路完整 10c. 鹽橋中的正離子吸引電子從一半電池到另一半電池，形成電流 10d. 化學電池中陰陽離子移動直到兩半電池濃度相同 *10e. 電子無需透過離子幫助，即可流過水溶液 *10f. 只有負電荷可在鹽橋與電解液中流動
陰陽極	11a. 陽極為負電荷，因此吸引陽離子；陰極為正電荷，因此吸引陰離子 11b. 陽極因為失去電子，為正電荷；陰極因為失去電子，為正電荷

* Sanger & Greenbowe (1997) 所提及的另有概念

第參章 研究方法

本章共分為六節，分別敘述本研究的架構與研究的方法。第一節為研究設計，介紹本研究的設計方式；第二節為研究對象，說明此研究對象的背景以及取樣來源；第三節為教學與教材設計，及列舉出本研究所需要教學流程以及教學內容；第四節為研究工具，目的在於介紹本研究所要的工具來源；第五節為研究流程，詳細列出本研究從預備階段、實驗階段與分析階段的時間規劃；第六節為資料分析，目的在於將研究工具所可測得的內容與研究問題加以對照，並且確定分析資料的方式。

第一節 研究設計

本研究為了理解建模本位探究教學對於學生的科學知識內容、建模能力以及心智模式的影響情形，並試圖說明建模本位探究教學，使得學生在科學知識內容、建模能力以及心智模式上的表現。並且依照教學方式不同，將本研究分成兩子研究，進行不同的設計(圖 3-1-1 所示)。透過建模文本的使用，讓學生更明確的得知模型所建立的過程，進而了解模型不僅由實際的物件組合而成，也是可以利用較為抽象的想法構成模型，亦能夠了解模型在科學中所扮演解釋與預測的功能。另一個要點為討論探究活動若以建模本位的觀點出發，會使學生在整個探究的過程當中更有目的以及方向，以下將針對兩個子研究進行說明。

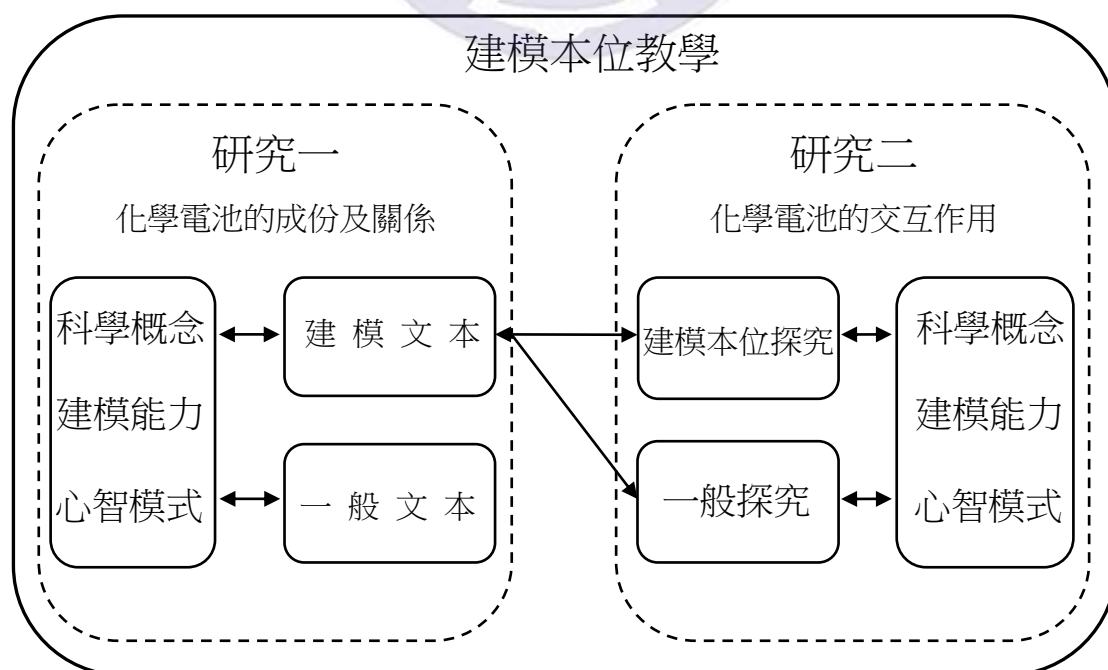


圖 3-1-1 本研究架構圖

研究一：化學電池的成份及關係

研究一目的是了解建模教學，對於學生學習的影響情形，藉由建模文本的使用，使教師選擇建模式的教學作為主要的教學方法。教學單元是以化學電池的成份及關係作為主題，經由介紹化學電池的基本元件，各別元件之間的連接關係，並從元件之間的連接關係建立後，了解化學電池運作的機制、建立化學電池的微觀解釋以及認識化學電池的化學反應方程式，在此研究中尚未介紹較抽象的影響化學電池電壓因素。

研究一中分別有一般文本教學組和建模文本教學組，透過文本設計的不同進行教學，教師也會配合文本的內容，進行教學法上的不同。建模文本教學組策略，著重於模型建構與模型理解的過程，且讓學生得知，模型不僅只有實際的物體，某些非實體的想法亦是模型的範疇。並在過程中文本與教師教學透過外顯化的方式，使學生清楚理解每段文章所要建構的模型，使學生理解在科學當中建構模型的方式以提升學生的建模能力。而一般文本的教學策略，則是透過一般教科書內容，多以教師講述的方式進行授課。

研究二：化學電池的交互作用

研究二主要探討的是以建模為本位的探究教學，對於學生學習的影響情形為何。因此，在課程的設計上，將融入實驗課程的安排，讓學生可以進入實驗室進行學習，以驗證式實驗或引導探究式實驗完成課程教學與討論。

研究二中分別包含一般探究組以及建模本位探究組，兩組皆會進入實驗室操作實驗，理解影響化學電池的變因。建模本位探究組中是以學生自行規劃實驗流程，如同科學家般的研究過程：發現問題、提出假說、實驗操作、數據分析與形成模型，並且在學生規劃實驗流程中，會透過學習單提醒學生選擇做這一步的目的。而在一般探究組如同一般課室當中驗證式實驗的設計，給予學生固定的實驗步驟一步步完成實驗操作內容、蒐集資料、分析實驗數據與以老師為中心的實驗結果討論。

第二節 研究對象

本研究的研究對象皆為台北市某一所完全中學七年級與八年級學生，皆無接受任何關於模型與建模的教學，且科學的背景皆尚未學習過任何關於電化學相關知識。本研究分成兩個子研究，並在這兩個子研究中皆有各一組的實驗組與對照組，以下將介紹關於本研究的研究對象在各子研究的組成情形(表 3-2-1)。

研究一：化學電池的成份與關係

研究一的教學主題為化學電池的成份與關係，主要是以文本作為主要的分類依據，可分成兩組，實驗組為「建模文本教學組」24 人；對照組為「一般文本教學組」27 人，兩組皆有教師引導學生使用文本授課，並且教師會依據文本內容編排的不同授課方式亦不相同。「建模文本教學組」是由該校自然科學性質社團學生組成，包含了 12 位七年級學生，12 位八年級學生；「一般文本教學組」是該校八年級某班學生組成，兩組學生並不重複。進行教學實驗時，建模文本教學組利用社團時間進行教學；一般文本教學組是於一般上課時間進行教學實驗。針對化學電池的課程內容，屬於原定於九年級的課程主題，本研究之學生皆未接受化學電池教學，因此本研究之學生對於化學電池的先備知識皆相同。

研究二：化學電池的交互作用

研究二的教學主題為化學電池的交互作用，主要探討建模本位探究教學，對於學生學習情形的影響，因此，研究一的建模文本組學生繼續擔任研究二的研究對象。研究二可分成「建模本位探究組」12 人與「一般探究組」12 人。為了配合校方社團課的安排與規劃，所以「建模本位探究組」的研究對象為七年級學生；「一般探究組」的研究對象為八年級學生，兩組學生皆由相同的教師實施教學實驗，分別在不同的周次進入實驗室進行實驗課程操作。

表 3-2-1 研究對象人數統計表

研究項目	教學組別	學生人數	組成年級
研究一	建模文本教學組	24	自然科學社團，七年級與八年級組成
	一般文本教學組	27	八年級學生組成
研究二	建模本位探究組	12	自然科學社團，由七年級學生組成
	一般探究組	12	自然科學社團，由八年級學生組成

第三節 教學與教材設計

一、課程目標與課程規劃

本研究對象為臺北市某完全中學七年級與八年級學生，分別給予「建模文本教學組」、「一般文本教學組」、「建模本位探究」與「一般探究」等不同的教學策略，探討教學後學生對於化學電池的科學概念、建模能力與心智模式的改變，其研究流程見表 3-3-1 及表 3-3-2 所示。

本研究依據研究主題不同分為兩子研究：研究一、以化學電池的成分與關係為教學單元主題，根據教學方法的不同，藉由文本設計及教師授課的方式不同分成「建模文本教學組」組與「一般文本教學組」組，其課程規劃見表 3-3-3；研究二、以化學電池交互作用的影響為教學單元主題，是在探討影響化學電池電位的變因。在這一部分，主要透過「建模本位探究」和「一般探究」此兩種教學法，使學生進入實驗室，建模本位探究組會使用引導的方式，讓學生自行規劃實驗流程完成如同科學家進行研究的方式完成課程；一般探究的學生如同目前中學經常使用的驗證式實驗，再給予完整的實際操作後得到數據而驗證理論的正確性，藉此學習影響化學電池電壓概念，其課程規劃見表 3-3-3 與表 3-3-4。

教案設計內容為表 3-3-5，則選用 103 學年度翰林版國中理化教科書國九電池的化學效應與邱美虹教授主持國科會計畫中電池的實驗內容作為主要教學內容，為了配合研究問題與研究對象，對於原先文本的適切性，刻意將文本重新排版撰寫，本研究所使用的文本皆經由一位具有科教背景的專家學者給予意見，使教學教材可符合教學目標，並符合七年級、八年級學生使用。

表 3-3-1 研究一 研究流程

	化學電池成份與關係		教學後
	實驗教學前	教學中	
建模文本教學組	測驗：化學電池概念試題 晤談：化學電池晤談試題	建模文本教學組 (2 節)	測驗：化學電池概念試題 晤談：化學電池晤談試題
一般文本教學組	測驗：化學電池概念試題 晤談：化學電池晤談試題	一般文本教學組 (2 節)	測驗：化學電池概念試題 晤談：化學電池晤談試題

表 3-3-2 研究二 研究流程

	實驗教學前	化學電池交互作用 教學中	化學電池交互作用 教學後
建模本位探究 教學	測驗：化學電池交互作用 概念試題 晤談：化學電池交互作用 晤談試題	建模本位探究 (4 節)	測驗：化學電池交互作用 概念試題 晤談：化學電池交互作用 晤談試題
一般探究 教學	測驗：化學電池交互作用 概念試題 晤談：化學電池交互作用 晤談試題	一般探究 (4 節)	測驗：化學電池交互作用 概念試題 晤談：化學電池交互作用 晤談試題

表 3-3-3 研究一「建模文本教學組」與「一般文本教學組」課程規劃

	建模文本教學組	一般文本教學組
第一節	● 模型與建模觀點介紹 ● 化學電池成份介紹 1.教師透過投影片講解模型與建模觀點的意義，包含模型可為具體也可非實物想法和觀點，並強調成分之間的交互作用以及模型本身的解釋與預測的能力。 2.教師演示水果電池，由學生觀察提出所看見的成分內容，以及猜測為何可以使得燈泡發亮。引入科學史的內容，強調不斷修正的電池其成分改變的部分。	● 化學電池成份介紹 ● 化學電池關係介紹 1.教師演示水果電池，並且說明水果電池所需要的成分，從科學史的觀點介紹電池的演化過程，再由伏打電池引到鋅銅電池介紹化學電池的成分內容。 2.從鋅銅電池的演示實驗解釋各成分之間的關係，並且透過<u>一般文本</u>內容整理重點，提醒學生該注意的地方。
第二節	● 化學電池關係介紹 藉由觀察鋅銅電池的演示實驗，開始推敲各成分之間的關係，並且透過<u>建模文本</u>效化自己所推論的內容，並且可以將此各成分之間的關係自行整理歸納，形成較為完整的化學電池基本構造。	● 化學電池關係介紹 ● 化學電池試題練習及檢討 1.藉由教師的課堂重點整理，了解化學電池各成分之間的關係。 2.學生透過試題的練習與教師檢討問題以強化所學內容。

表 3-3-4 研究二 「建模本位探究」與「一般探究」教學規劃

	建模本位探究	一般探究
第一節	● 自行設計實驗 1.由學生自行透過實驗規劃流程表格(見附件 0)，從提出研究問題、提出主張、假設與實驗操作流程完成屬於各組的實驗規劃，由小組為單位繳交附件 0 的內容。 2.與教師討論此實驗自行規劃的實驗流程之可行性以及安全性。	● 熟悉實驗操作流程與小組分工 1.教師發下實驗過程，學生必須自行熟悉實驗操作流程與了解實驗目的、實驗原理與實驗步驟等內容，完成驗證式實驗的內容。 2.各組需完成小組內部分工情形，完成實驗內容。
第二節 與 第三節	● 實驗室中操作實驗 1.以小組為單位，依照<u>自行規劃的實驗流程</u>完成實驗數據的測量。 2.透過 Excel 軟體作為數據處理的工具，教師可藉由學生輸入數據資料情況掌握學生進度。	● 實驗室中操作實驗 1.以小組為單位，依照<u>實驗操作步驟</u>的提醒完成實驗數據的測量 2.透過 Excel 軟體作為數據處理的工具，教師可藉由學生輸入數據資料情況掌握學生進度。
第四節	● 實驗討論 1.小組必須完成數據處理，再回到實驗規劃流程表格檢視小組提出的證據是否可以做為假設的證據，若不行則如何修正？ 2.並且透過小組之間的發表分享實驗規劃流程表格以及所作出的實驗結論。 3.教師必須匯集各組所完成的研究假設，並與學生討論各假設之間有無矛盾，並與學生一起建構出化學電池的鋅模型，用以解釋與預測新的情況。	● 實驗討論 1.小組必須完成數據處理，並且回答問題與討論的內容，以小組為單位完成實驗討論內容。 2.由教師匯集各組所完的成數據資料後，直接給予問題與討論正確的解釋內容。

表 3-3-5 建模本位探究教案—以化學電池的交互作用為例

教學堂數	建模歷程	教學過程說明	NGSS 實作課程規準	107 課綱之探究能力
第一節	模型選擇 提出變因的種類	1.選擇本研究的實驗器材並組裝成一個化學電池 2.提出影響化學電池電壓的變因	詢問與定義問題	1.推理論證 2.觀察與定題
	模型建立 提出變因與變因之間的關係	1.各組提出關於影響化學電池電壓的主張 2.各組提出關於影響化學電池電壓的假說	1.發展並且使用模型 2.計劃並實行調查	1.推理論證
	模型效化 利用不同的證據檢視模型的正確性	各組在規劃流程時，必須考慮資料蒐集的來源是否多樣性(從實驗流程中得到和過去理論中得知作為支持主張或是修正主張的證據)。	計劃並實行調查	想像創造
第二節	模型分析	1.進行實驗操作，並透過實驗操作得到實驗數據	1.分析和詮釋數據資料	1.分析與發現
第三節	利用數據或文字對於現象進行解釋	2.透過 Excel 軟體進行數據處理	2.使用數學方式與電腦幫助思考	2.計劃與執行
		3.根據數據資料所呈現的結果給於合理的解釋		
		4.確認實驗解釋與實驗假說兩者是否合理	3.計劃並實行調查	
	模型建立 確認變因與變因之間的關係	實驗數據與實驗假說不相同時，必須重新修改假說，並重新建立變因之間的關係。	發展並且使用模型	批判思辨
	模型效化 利用不同的證據檢視模型的正確性	利用實驗數據或是理論內容，檢視新的化學電池模型，對於現象的解釋是否具備一致性與正確性。	發展並且使用模型	批判思辨

續表 3-3-5 建模本位探究教學教案—以化學電池交互作用為例

教學堂數	建模歷程	教學過程說明	NGSS 實作課程規準	107 課綱之探究能力
第四節	模型應用 使用已效化的模型應用於相似情境的問題	使用氧化還原反應原理解釋電壓改變的現象	建構解釋	批判思辨
	模型調度 使用已效化的模型應用於新情境的問題	加入化學平衡的理論解釋電壓改變的現象	建構解釋	1.建立模型 2.批判思辨
	模型建立 了解變因與變因之間的關係，形成析的化學電池模型。	1.小組發表研究發現，並提出數據證據解釋現象 2.各組別給於小組建議 3.了解各組變因後，建立各變因之間的關係，產生一個更為完整的化學電池模型	1.從證據中融入論證過程 2.評價、溝通資訊	1.建立模型 2.討論與傳達 3.批判思辨
	模型效化 利用不同的證據檢視模型的正確性	利用實驗數據或是理論內容，檢視新的化學電池模型，對於現象的解釋是否具備一致性與正確性。	發展並且使用模型	1.推理論證 2.批判思辨
	模型應用 使用已效化的模型應用於相似情境的問題	1.給予學生一個相似情境進行思考(改變系統溫度)，使學生利用已效化的模型進行解釋。 2.鼓勵學生針對此現象提出不同的解釋方式，以訓練學生對於模型的使用與預測的能力。	1.建構解釋 2.評價、溝通資訊	1.推理論證 2.批判思辨 3.討論與傳達

二、建模文本設計

本研究的文本來源依據研究主題可分成兩大類：研究一、選擇 103 學年度翰林版教科書電池的化學效應，作為一般文本教學組的教材(見附錄一)，而建模文本教學組則是將翰林版教科書的內容以外顯化的方式，加入邱美虹 2015 科技部計畫中的建模歷程，包括：模型選擇、模型建立、模型效化、模型分析、模型應用與模性調度的步驟，皆會以外顯化的方式融入，以完成建模文本的撰寫，並由一位具有科教背景的高中化學科教師針文本正確性以及邏輯性給予意見，以確保此份文本的效益(見附錄二)。研究二：使用由邱美虹老師主持科技部計畫中電池的實驗內容，使用其「一般探究式文本」(見附錄三)與「建模本位探究文本」(見附錄四)，其中對於國中生而言，建模本位探究文本內容所提及的問題太過開放，使得國中生不知如何回答，因此，將內容所提及的問題加以聚焦以及舉例，完成之後，亦給具科教背景的教師審閱後，才能提供教學實驗使用。

為了在一般文本與建模文本之間做出區隔，建模文本除了增加加入外顯化的建模歷程提示之外，更加入想想看、課堂任務與換你試試看等部份內容(見表 3-3-6)。對於這幾個部份的差別，將分成以下四部份進行說明：

一、外顯化建模歷程：

選用邱美虹於 2015 國科會計畫中提出的建模歷程，此建模歷程分成四部份，共八步驟(模型選擇、模型建立、模型效化、模型分析、模型應用、模性調度、模性修正與模性轉換)，在建立模型的過程當中，每個步驟皆有特定的任務。外顯化的主要功能在於學生閱讀文本時，可清楚知道本段目的，使學生更有方向的了解文本內容。在化學電池的教學主題下，單元本身內容未達較高層次的建模歷程討論，因此，本次建模文本設計並未提及模性修正與模性轉換。

二、想想看：

在同學閱讀部份段落的文本內容之後，針對此段落提出想法，用以確認是否理解此段落的概念。在文本當中，亦經常作為幾個概念或是簡單模型的比較，尚未進入較高層次的討論。教師在使用上，可以請同學思考三分鐘後，提出自己的想法，和同學分享答案內容。

三、課堂任務：

相較於想想看，課堂任務的範圍較廣泛，有別於想想看比較元件之間的功能，課堂任務的目的是希望同學以較為有架構的方式整理元件之間的連接關係或是系統層次的情境問題。在研究一的文本當中的設計即為，學生在觀察教師演示實驗後，必須記錄所看到的元件、元件的連接方式、元件之間的關係以及現象的發生，在透過教師的引導，進一步的提及元件的限制。課堂任務是建立學生一討有系統的思考邏輯，對於教師而言，課堂任務也一個用來診斷學生在課堂學習的過程中，哪個階段發生了狀況，需要給予學生協助。

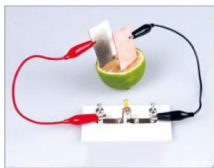
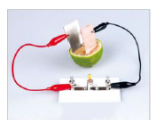
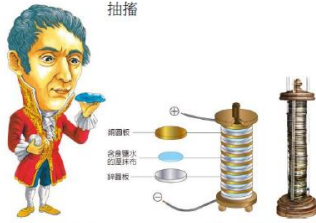
四、換你試試看：

一般文本和建模文本皆有此部份的設計，主要的功能是在於學生可以熟悉此單元的概念，透過練習的方式，使學生能夠利用概念回答問題。但建模文本的問題跳脫選擇題的形式，改以問答題的方式回答，學生必須對於化學電池的模型理解後，再透過此模型才能完整的各小題的內容。設計小題的過程中，課刻意將建模歷程放在各小題的題幹中，因此，學生在回答各小題，就是再重新建立一次模型，在這樣的過程中學生，可以熟悉建模歷程以及精緻化課堂上所建立的模型。

建模文本在此四部份的設計下，希望與可以真正促進學生學習科學概念以及培養學生建模能力的成效，讓學生在學習的過程當中更清楚每個學習階段的目的以及方向。

文本上的改變是本研究的變因之一，為了維持文本的公平性，文本內容的豐富程度，是一個主要的影響因素。有鑑於此，透過文本字數的限制來做為，判斷兩文本是否造成豐富度差異主要的指標。由於建模文本中有加入建模歷程的解說，這些解說無關於文本本身的科學概念豐富程度，所以，在計算文本字數時必須扣除，因此，建模文本扣除建模歷程外顯化的字數後，要求兩文本字數相差不能超過 20%。研究一，一般文本(2214 字)與建模文本(2501 字)差距小於 20%；研究二，一般探究文本(1517 字)與建模本位探究文本(1630 字)差距小於 20%，此兩研究的建模文本皆在要求範圍內。

表 3-3-6 一般文本與建模文本內容對照舉例

研究一 一般文本	研究一 建模文本
電池 人們在日常生活中常會隨身攜帶許多電器用品，如手電筒、行動電話，甚至筆記型電腦等，這些電器都是以電池作為電源；電池的發明加速了電學的發展，更促成現在生活的便捷。在我們享受電池便利之餘，一起來了解電池的原理。 小活動 右圖（圖一）是由半顆檸檬、一個燈泡、兩條電線與兩片不同材質的金屬板所構成。請觀察老師所操作的實驗，看看發生了什麼樣子的改變？  圖一	電池 人們在日常生活中常會隨身攜帶許多電器用品，如手電筒、行動電話，甚至筆記型電腦等，這些電器都是以電池作為電源；電池的發明加速了電學的發展，更促成現在生活的便捷。在我們享受電池便利之餘，一起來了解電池作用的原理。 【模型選擇】：為了解電池如何運作，從經驗中選擇適當的組成物件(電極、鹽橋等)。 【觀察與定題】：能依據生活中所觀察到的現象、資料等，確認電池運作的原理(例如氧化還原、理論、或物件(例如電極、鹽橋))。 小活動 右圖（圖一）是由半顆檸檬、一個 LED 燈、兩條電線與兩片不同材質的金屬板所構成。請觀察老師所操作的實驗，看看發生了什麼樣子的改變？  圖一
伏打電池 十八世紀末，義大利醫生賈法尼（Luigi Galvani，西元 1737～1798 年）在一次解剖實驗中發現，當銅製解剖刀碰觸放在鐵盤上的蛙腿，蛙腿會產生抽搐，因此推測生物本身具有發電的能力（圖二）。可是義大利科學家伏打（Alessandro Volta，西元 1745～1827 年）則認為蛙腿抽搐的原因，是因為在兩種不同的金屬之間放置非金屬物質時，使電荷產生流動所致。 為了證明這個推論，伏打在西元 1800 年作了一項實驗，他以含食鹽水的溼抹布夾在銅（或銀）和鋅的金屬圓形板中間，並且重複堆積成圓柱，再利用導線連接最頂層的銅（或銀）圓板和最底層的鋅圓板，製造出最早的電池，稱為伏打電池（圖三）。 伏打電池是第一個能夠提供穩定電荷來源的裝置，使得電學發展突飛猛進，讓我們透過了解伏打電池的原理來製造鋅銅電池。  圖二：銅製解剖刀碰觸放在鐵盤上的蛙腿時，蛙腿立刻產生抽搐  圖三：伏打電池	伏打電池 十八世紀末，義大利醫生賈法尼（Luigi Galvani，西元 1737～1798 年）在一次解剖實驗中發現，當銅製解剖刀碰觸放在鐵盤上的蛙腿，蛙腿會產生抽搐，因此推測生物本身具有發電的能力（圖二）。可是義大利科學家伏打（Alessandro Volta，西元 1745～1827 年）則認為蛙腿抽搐的原因，是因為在兩種不同的金屬之間放置非金屬物質時，使電荷產生流動所致。 圖二：實驗示意圖 想看看：比較賈法尼與伏打兩位科學家，針對「蛙腿抽搐」現象的解釋相異之處

續表 3-3-6 一般文本與建模文本內容對照舉例

研究一 一般文本

研究一 建模文本

小實驗 鋅銅電池

目的：了解伏打電池的原理並製造鋅銅電池。

器材

1. 檢流計 1 臺
2. 導線（附鱷魚夾）2 條
3. 鋅棒 1 根
4. 銅棒 1 根
5. 棉花少許
6. U 型管 1 個
7. 250mL 燒杯 2 個
8. 0.1M 硫酸鋅水溶液 200mL
9. 1M 硝酸鉀水溶液 150mL
10. 0.1M 硫酸銅水溶液 200mL



步驟：

1. 在燒杯內加入 0.1M 的硫酸鋅水溶液約 200 毫升，放入鋅棒當電極，並將導線連接至檢流計負極端。
2. 另取一個燒杯，加入 0.1M 的硫酸銅水溶液約 200 毫升。放入銅棒，將導線連接至檢流計正極端，觀察並記錄檢流計偏轉情形。
3. 將 U 型管裝滿 1M 的硝酸鉀水溶液，兩端管口用棉花塞住，確保管口朝下時棉花不會掉下即可。



4. 將 U 型管倒立橫跨連接兩燒杯，注意不要讓 U 型管中產生氣泡，觀察並記錄檢流計的偏轉情形。



補充資料 檢流計

一種靈敏的電流檢測儀器，電路上的符號為, 可用來檢驗電路中是否有電流以及電流的方向。檢流計的指針在中央時，其讀數為零。當電流由右端（+ 端）流入時，指針向右偏轉；電流由左端（- 端）流入時，指針向左偏轉。



實驗步驟

課堂任務

在燒杯內加入 0.1M 的硫酸鋅水溶液約 200 毫升，放入鋅棒當電極，並將導線連接至檢流計負極端。



成份：

關係：

限制：

另取一個燒杯，加入 0.1M 的硫酸銅水溶液約 200 毫升。放入銅棒，將導線連接至檢流計正極端，觀察並記錄檢流計的偏轉情形。



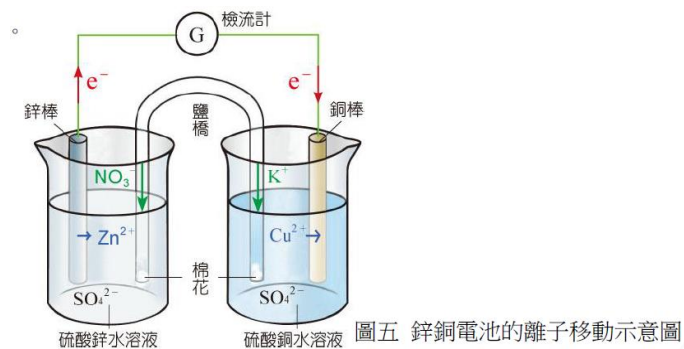
成份：

關係：

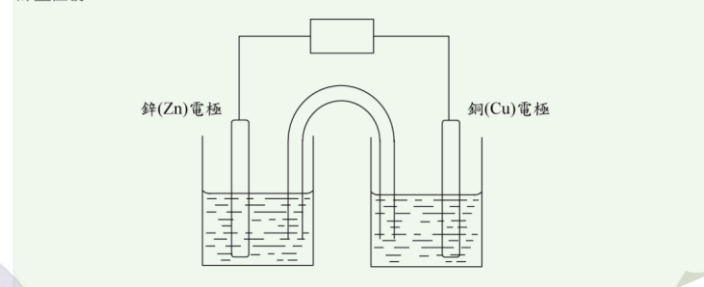
續表 3-3-6 一般文本與建模文本內容對照舉例

研究一 一般文本

研究一 建模文本

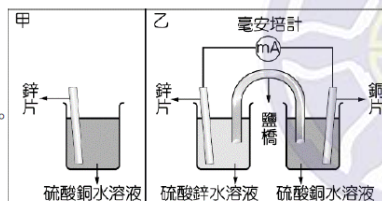


課堂任務



3. 甲、乙兩實驗裝置如圖，在實驗中發現甲實驗的鋅片上有銅析出且溶液的溫度升高，而乙實驗的毫安培計顯示有電流產生。下列有關此兩實驗的敘述何者正確？

- (A) 甲實驗的反應是將電能轉變為熱能
- (B) 乙實驗的反應是將熱能轉變為電能
- (C) 甲實驗的反應式為： $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$
- (D) 乙實驗的反應式為： $\text{Cu} + \text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Zn}$



甲、乙兩實驗裝置如圖，在實驗中發現甲實驗的鋅片上有銅析出且溶液的溫度升高，而乙實驗的毫安培計顯示有電流產生。

Q1. 為什麼乙實驗有電流產生，而甲實驗沒有電流產生？

Q2. 試著思考一下甲、乙兩實驗的化學反應式是否相同？

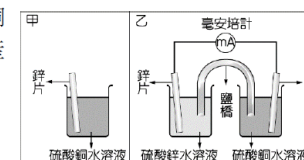
Q3. 承上，比較甲、乙兩者相同之處。

Q4. 承上，比較甲、乙兩者相異之處。

Q5. 若將甲實驗中的鋅片換成鉑片，預測實驗甲的實驗結果為何？

詳細敘述此原因？(活性：鉑<銅<氫<鋅)

Q6. 若將乙實驗中的鋅片換成鉑片，此化學電池會不會作用？



第四節 研究工具

研究工具的選用會因為所要回答的研究問題不同，而有不同的選擇。在本研究中，需要回答的研究問題可分為以下三個方向：一、學生對於化學電池的科學概念；二、學生的建模能力；三、學生對於化學電池的心智模式。因此，研究工具分成兩性質以回答研究問題，量化部份主要是以紙筆測驗為主(化學電池概念問卷、化學電池交互作用概念試題、建模能力問卷與心智模式問卷)；質性部份包括晤談錄音資料、學生學習單、課堂錄音以及小組實驗錄音等，上述內容依照研究主題進行分類，並整理於表 3-4-1。

本研究包含了兩子研究，兩子研究的教學單元不同，因此，研究工具必須配合教學單元設計。設計完成後，皆讓兩位資深國中自然科教師、一位高中化學教師與一位具科教背景的高中化學教師進行專家效度，採納意見後進行試題修正，方進入試題預試階段。

表 3-4-1 研究工具與使用目的說明

研究工具	設計重點	使用目的	
研究一	化學電池概念試題(I)	1.了解學生對於 化學電池成份與關係 的科學概念學習情形。 2.題目以題組方式呈現 3.以兩階段的方式作答，第一階是現象為主要的單一選擇題；第二階為解釋現象成因的單一選擇題。	1.了解不同教學策略對於學生學習化學電池的 科學概念 的成效 2.了解不同教學策略對於學生的 建模能力 3.了解不同教學策略對於學生化學電池 心智模式 的改變
	化學電池半結構式晤談錄音(I)	1.學生以 紙卡 拼湊出電池模型，能夠回答元件之間的成份與關係。 2.以半結構式晤談，得知學生完整的化學電池的概念與想法。	1.了解不同教學策略對於學生學習化學電池的 科學概念 的成效 2.了解不同教學策略對於學生化學電池 心智模式 的改變
	課堂中錄影	1.教材使用情形分析 2.師生互動歷程分析	了解不同教學策略教師所呈現的方式與學生參與課堂的情形。

續表 3-4-1 研究工具與使用目的說明

研究工具	設計重點	使用目的
化學電池概念試題(Ⅱ)	1.了解學生對於 化學電池交互作用 的影響之科學概念學習情形。 2.題目以題組方式呈現 3.以兩階段的方式作答，第一階是現象為主要的單一選擇題；第二階為解釋現象成因的單一選擇題。 4.收錄概念試題(Ⅰ)答對率較低的題目	了解不同教學策略對於學生學習化學電池的 科學概念 的成效
化學電池建模能力問卷	1.修改自張志康,邱美紅(2009)建模能力評量試題。 2.加入引導語，使國中學生易於回答。	了解不同教學策略對於學生的 建模能力
化學電池心智模式問卷	選自張志康與邱美虹(2015)建模能力問卷部份試題，並加入引導語適合國中生使用。	了解不同教學策略對於學生化學電池 心智模式 的改變
化學電池半結構式晤談錄音(Ⅱ)	1.以紙卡做為實驗器材，給與情境假設，請學生操作實驗。 2.透過紙卡的拼湊出化學電池後，再詢問學生科學概念與理由。	1.了解不同教學策略對於學生學習化學電池的 科學概念 的成效 2.了解不同教學策略對於學生化學電池 心智模式 的改變
師生討論錄影	師生互動歷程分析	了解透過師生討論是否對於學生產生新的想法。
分組實驗錄影記錄	觀察小組內部操作實驗情形	1.了解不同探究策略學生所參與探究的情形。 2.對於學生的科學概念與心智模式作為佐證資料。

研究一：化學電池的成份與關係

一、化學電池概念試題(I)

化學電池概念試題(I)主要探討七年級與八年級學生對於化學電池的成份與關係之科學概念，繪製化學電池的成份與關係的概念圖(圖 3-4-1)後，再發展試題內容。試題主要的組成參考邱美虹 2015 國科會計畫中電化學試題，配合概念圖依照適當比例挑選與修正，原本的試題屬於開放式問答題型，顧及國中生對於開放式試題回答的情況並不理想，而無法得知學生真實的學習情況。因此，蒐集邱美虹 2015 國科會計畫中電化學試題學生作答的情形，分析作答內容後將其分類，成為本研究概念試題的選項，部分試題形成類似於二階層診斷試題(見附錄五)。

化學電池的成份與關係雙向細目表與配分表如表 3-4-2、表 3-4-3 所示，可成分三大面向，「成份」、「關係」與「系統」，本試卷設計完成後，皆由兩位資深國中自然科教師、一位高中化學教師與一位具科教背景的高中化學教師進行專家效度，採納意見後進行試題修正。完整專家效度的試卷，先針對以學習過化學電池的關係與成份知學生進行預試，由於教科書課程安排關係，符合資格且接近教學實驗學生為高一學生，因此，此試卷施測對象為同校的高一學生，共計 47 人，預試之概念問卷結果 Cronbach's α 為.76。

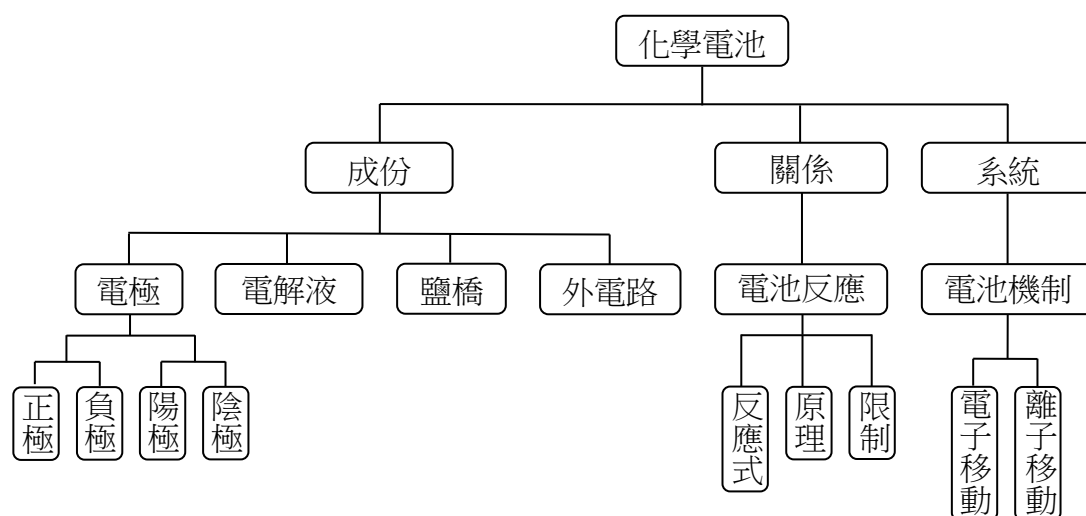


圖 3-4-1 化學電池的成份與關係概念圖

表 3-4-2 化學電池概念試題(I)雙向細目表

分類	主要概念	命題陳述	題號	題數
成份 (17)	電極	活性大的金屬是陽極；	13、26、E ₂	3
		活性小的金屬的陽離子所在的半電池電極是陰極		
		電子流出(電流流入)的是負極；	02、E ₁	2
		電子流入(電流流出)的是正極		
	電解液	兩杯電解溶液需與電極配合	E _{AB}	1
	鹽橋	連結陽極半電池與陰極半電池行成通路	04、05、	5
			18、19、28	
	電解質為易解離的鹽類	01、E _C [*]	2	
	電器	檢測化學電池是否可運作	E _D [*] 、24、I、25	4
關係 (17)	電池反應	陽極: $M \rightarrow M^{m+} + me^{-}$	F、14	2
		陰極: $N^{n+} + ne^{-} \rightarrow N$	G、16	2
		全反應: $M + N^{n+} \rightarrow M^{m+} + N + (m-n)e^{-}$	H、15、17	3
		失去電子為氧化反應；得到電子為還原反應	03、06、07、08	4
		水溶液不能與電極與其電解液發生反應	A、20、21、22、23、27	6
系統 (10)	電池機制	為了維持電荷平衡，陽離子移向陰極(正極)； 陰離子移向陽極(負極)，以保持電池通路。	C、D、E ₄ 、12	4
		因為活性差因素，電子由負極(陽極)通過導線與 電器移動到正極(陰極)，以保持電池通路。	B、09、10、E ₃ 、11、J	6
總題數				44

*此題配分為 1 分

表 3-4-3 化學電池概念試題(I)配分表

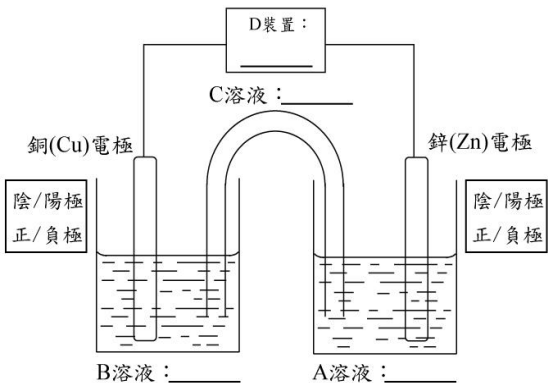
題型	題數	配分	分數
選擇題	28	2.5	70
畫圖題	5	2	10
解釋題	10	2	20
總分			100

二、建模能力評鑑表

化學電池概念試題(I)的設計包含了建模歷程相對應的試題內容，試題有相對應的建模歷程見表 3-4-4，因此，對於學生的建模能力評量方式即是透過此份問卷搭配上表 3-4-5 的評鑑表，即可得知學生的建模能力。

研究一的建模能力評鑑表是修改張志康和邱美虹(2009)所提出的建模能力分析指標方式，本研究將搭配邱美虹 2015 國科會計畫提出的建模歷程指標，縱向則為：模型選擇、模型建立、模型效化、模型應用與模型調度等五部份。由於，研究主題課程屬性的限制，在此並不將模型分析、模型修正與模型轉換列為評量的類別；橫向為學生答題的反應階層，其標示如下：前結構、單一結構、多重結構、相關結構、延伸抽象結構以及科學理論等六個層次(見表 3-4-5)。此建模能力評鑑表皆由一位科學教育博士背景的高中化學老師進行專家效度，給予建議之後進行修改。

表 3-4-4 研究一 建模歷程相對應試題舉例說明

鑑模 歷程	試題舉例	試題說明
模型 選擇	下圖裝置為一鋅棒(Zn)浸放在 1M 的 A 水溶液中，另一銅棒 (Cu)浸放在 1M 的 B 水溶液中，另以導線連接兩金屬棒與 D 裝置，並且以裝有 C 溶液(1M)的鹽橋插入 A、B 溶液之中。 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})} \quad E^0 = +0.34 \text{ V}$ $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})} \quad E^0 = -0.76 \text{ V}$ 	學生在組裝化學電池電池時，必須選擇正確的物件進行組裝。

請圈選出上圖電極裝置的功能名稱、並標示出 A、B、C 水溶液名稱與寫出 D 裝置的名稱

續表 3-4-4 研究一 建模歷程相對應試題舉例說明

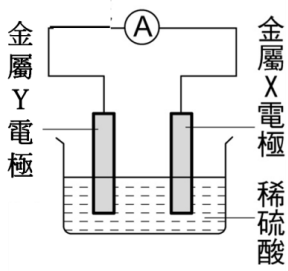
鑑模 歷程	試題舉例	試題說明
模型 建立	請寫出指定的化學反應式 ※銅極半反應：_____ ※鋅極半反應：_____ ※全反應：_____	學生必須建立物件與物件之間的連接關係
模型 效化	造成電子移動的原因為何？ (A)易放出電子的電極，放出電子後到行還原反應的電極形成通路。 (B)易放出電子的電極，放出電子後到電子濃度較低的電極形成通路。 (C)易放出電子的電極，放出電子後透過鹽橋中正離子的吸引到另一電極形成通路 (D)易放出電子的電極，放出電子後透過電極所在的電解液中正離子的吸引到另一電極形成通路	學生使用在課堂上建立的模型解釋現象
模型 應用	※將水果電池中 <u>電子</u> 的移動方式繪製於右圖圖中。(請繪製程完整的電子移動路徑) ※將水果電池中 <u>離子</u> 的移動方式繪製於右圖圖中。(主要有 2 種離子需要繪製)	學生必須將原先學習的模型使用至相似情境之下。
模型 調度	利用金屬 Y 與金屬 X 組成的伏打電池，裝置圖如下，請依照此裝置圖完成以下問題。(已知 X 為鋅金屬；Y 為銅金屬；且活性大小： $\text{Cu} < \text{H}_2 < \text{Zn}$) 	學生必須將原先學習的模型使用至新的情境之下。
	在下列關於 <u>Zn 電極所發生的化學反應結果何者錯誤</u> ？ (A) 產生氫氣(H_2) (B) 產生 Zn 析出 (C) 發生氧化反應為主 (D) 擔任電池中的負極	

表 3-4-5 研究一 建模能力評鑑

	操作型定義	答題反應層次					
		Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
		前結構	單一因素	多重因素	關係層次	延伸關係	科學理論
建模能力		無法反應相關且正確的因素	反應出與理論相關的 個別因素 ，但未提 關係	反應出與理論相關的 兩個因素 ，但未提 關係 ，或只提 及質性關係	反映出因素間的 關係、交互作用或影響	將多個因素關係間的概念作 進一步延伸抽象的反應	更多 高階、複雜延伸抽象 的定層次
模 型 選 擇	組裝化學電池時，必須選擇正確的物件進行組裝。 (試題：E ₁₂ 、E _{AB} 、E _{CD} 、2、3)	不清楚、無作答或作答錯誤	僅能正確選擇一個元件 例如： 僅答對 E ₁₂ 、E _{AB} 或 E _{CD} 其中一題	能正確選擇兩個元件 例如： 答對 E ₁₂ 、E _{AB} 或 E _{CD} 其中兩題	正確選擇兩個元件外，並答對元件間部份的關係 例如： 答對 E ₁₂ 、E _{AB} 或 E _{CD} 其中兩題；再答對 2 或 3	正確選擇所有元件外，並答對元件間部份的關係 例如： E ₁₂ 、E _{AB} 與 E _{CD} 皆正確；再答對 2 或 3	正確選擇所有元件外，並答對元件間全部的關係 例如： E ₁₂ 、E _{AB} 、E _{CD} 、2 和 3 全部正確
模 型 建 立	確定物件之間的連接關係 (試題：H、F、G、1、4、6)	不清楚、無作答或作答錯誤	僅能正確選擇一個元件間的連結關係 例如： 僅答對 1、4、6、F 或 G 其中一題	能正確建立兩個元件間的連結關係 例如： 答對(1,4)、(6,F)或(6,G)	能正確建立部份元件間的連結關係 例如： 答對(1,4,6,F)或(1,4,6,G)	元件間的連結關係完全正確 例如： 1、4、6、G 和 F 完全答對	元件間的連結關係完全正確，尚能夠 整合 元件關係。 例如： 1、4、6、G、F 和 H 完全答對

續表 3-4-5 研究一 建模能力評鑑

模 型 效 化	使用課堂上建立的模型解釋現象 (試題：E3、E4、11、12、16)	不清楚、無作答或作答錯誤	僅能使用課堂建立的模型正確解釋一種現象 例如：僅答對 11、12、16 其中一題	能使用課堂建立的模型正確解釋兩種現象 例如：答對 (11,12)、(11,16)或(12,16)其中一組	能使用課堂建立的模型正確解釋兩種現象，且正確說出部份交互作用的情形 例如：答對 (11,12)、(11,16)或(12,16)，且 E ₃ 或 E ₄ 答對一個	能使用課堂建立的模型正確解釋現象，且正確說出部份交互作用的情形。 例如： (11,12,16,E ₃)或(11,12,16,E ₄)答對	能使用課堂建立的模型正確解釋現象，且正確說出交互的情形。 例如： E ₃ 、E ₄ 、11、12、16 全對
模 型 應 用	將課堂上學習的模型使用至相似情境之下 (試題：B、C、9、10、17)	不清楚、無作答或作答錯誤	僅能答對一個相似情境下的解釋 例如： 僅答對 9、10、17 其中一題	答對兩個相似情境下的解釋 例如： 答對(9,10)、(9,17)或(10,17)其中一組	答對兩個相似情境下的解釋，能夠正確說出部份交互作用的情形 例如：答對(9,10)、(9,17)或(10,17)，且 B 或 C 答對一個	答對全部相似情境下的解釋，能夠正確說出部份交互作用的情形 例如： (9,10,17,B)或(9,10,17,C)答對	答對全部相似情境下的解釋，能夠正確說出交互作用的情形 例如： B、C、9、10、17 全對
模 型 調 度	將課堂上學習的模型使用至新情境之下 (試題：7、8、14、15、20、21、22、23)	不清楚、無作答或作答錯誤	僅能答對一個新情境下的解釋 例如：僅答對 7、8、14、20、22 其中一題	答對兩個新情境下的解釋 例如：答對(7,8)、(14,15)、(20,21)或(22,23) 其中一組	答對兩組新情境下的解釋 例如：答對(7,8)、(14,15)、(20,21)或(22,23) 其中兩組	答對三組新情境下的解釋 例如：答對(7,8)、(14,15)、(20,21)或(22,23) 其中三組	答對全部新情境下的解釋 例如： 7、8、14、15、20、21、22、23 全對

三、心智模式評鑑表

邱美虹(2008)提到化學電池的心智模式依據化學電池的成份、關係與抽象延伸關係的完備程度可分成以下七種心智模式，分別為電池雛型模式、電池電解混淆模式、電極混淆模式、電路雛型模式、電路進階模式、類科學模式與科學模式。因此，尋找研究一學生對於化學電池的心智模式時，從化學電池概念試題(I)的試題當中，抽取關於成份、關係與抽象延伸關係的試題組合(見表 3-4-6)，完成學生心智模式評鑑表(表 3-4-7)，並根據學生三大分類的完備程度以及特性，確認每位學生對於化學電池的心智模式。

本研究對象為國中學生，僅接觸過日常生活中的電池，尚未對於化學電有任何的先被經驗，因此，在上述提到的七個心智模式中再添加入「電池概念不完整」的心智模式(表 3-4-7)。研究一的課程內容中，並未談論化學電池交互作用的因素，因此在抽象思考的層次上會少了化學平衡的內容。在評量的設計上，尚未檢測學生對於化學電池電壓的變化是否擁有利用化學平衡此抽象敘述的心智模式，為了維持研究一與研究二學生心智模型評鑑項目的一致性，因此，研究一學生的心智模是最高僅達「類科學模式」；研究二的學生心智模式則有「科學模型」。

表 3-4-6 研究一 化學電池心智模式試題組合

分類	主要概念	題號	題數
成份	電極	E ₁	1
	電解液	E _A 、E _B	2
	鹽橋	E _C	1
	外電路	E _D 、25	2
關係	電極-電解液關係	E ₂ 、03	2
	電極-鹽橋關係	01	1
	電極-外電路關係	02、09	2
	電解液-鹽橋關係	21	1
抽象思考	原理	12、10、11	3
	粒子移動方向	E ₃ 、E ₄	2
總題數			17

表 3-4-7 研究一 化學電池心智模式類型與心智模式評鑑表

層次	類型	心智模式特徵	試題組合	評鑑規準
科學模式	類科學模式	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，但尚未建立完整的抽象延伸關係。	(ω):E ₃ (2)、E ₄ (2)、10(A)、 11(A)、12(B)	符合(ω)四題以上且 符合(ρ)五題以上且 符合(α)六題以上
綜合模式	電路進階模式	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解抽象延伸關係。	(ω):E ₃ (2)、E ₄ (2)、10(A)、 11(A)、12(B)	符合(ω)四題以下且 符合(ρ)五題以上且 符合(α)六題以上
	電路雛型模式	電池的組成成分大部分完整，及小部分電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解抽象延伸關係。	(ρ):E ₂ (0)、1(D)、2(A)、 3(A)、9(B)、21(C)	符合(ρ)四題以上且 符合(α)四題以上
	電極混淆模式	電池電極的正、負極(陰、陽極)混淆，在電極、電路與電池的反應皆與科學模式相反。	(β):E ₁ (0)、E ₂ (0)、2(BCD)、 3(BCD)、9(A)	符合(β)三題以上且 符合(α)四題以上
初始模式	電池雛型模式	僅具備電池的巨觀組成(電極、外電路、鹽橋、電解質)，不了解電池反應、通路概念，不了解電池的微观機制。	(α):E _A (1)、E _B (1)、E _C (1)、 E _D (1)、E ₁ (1)、25(D)	符合(α)三題以上
	電池概念不完整	對於化學電池無任何科學概念，僅認識少部份電池部份巨觀的成份組成(電極、外電路、鹽橋、電解質)。	(α):E _A (1)、E _B (1)、E _C (1)、 E _D (1)、E ₁ (1)、25(D)	符合(α)兩題以下

研究二：化學電池的交互作用

一、化學電池概念試題(Ⅱ)

化學電池概念試題(Ⅱ)評量的重點在於七年級與八年級學生對於「影響化學電池的電壓」的理解，並繪製化學電池的交互作用的概念圖(圖 3-4-2)後，邱美虹(2015)國科會計畫化學電池試題中挑選適合的題目做為本研究二的概念試題。相同的，為了能夠完整的得知學生的學習情況，修改原本的開放性試題，因此，部份試題形成兩階層診斷試題。化學電池概念試題(Ⅱ)並參考化學電池概念試題(Ⅰ)中答對率較低並與研究二課程主題有相關的試題，一併整理成化學電池概念試題(Ⅱ)(見附錄六)。

化學電池概念試題(Ⅱ)的雙向細目表與配分表如表 3-4-8 與表 3-4-9 所示，本試卷開發完成後，皆由兩位資深國中自然科教師、一位高中化學教師與一位具科教背景的高中化學教師進行專家效度，採納意見後進行試題修正。完整專家效度的試卷後進行預測，預測對象為了符合完整學習「化學電池的交互作用」的科學概念，因此，預測對象為為同校的高二學生，共計 47 人，預試之概念問卷結果 Cronbach's α 為 0.79。

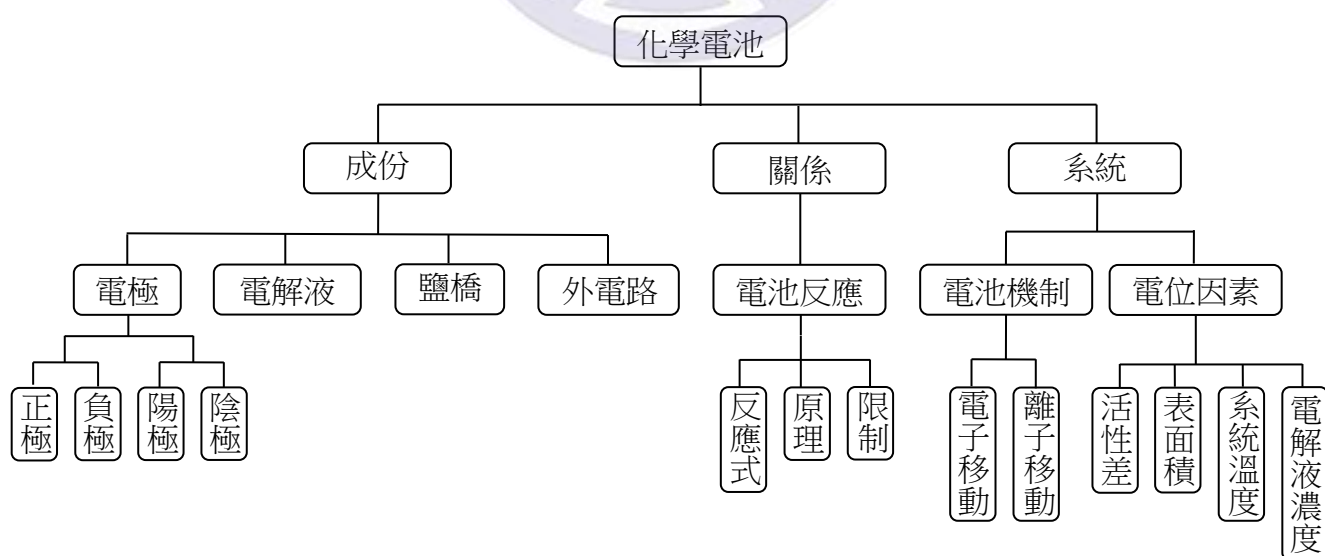


圖 3-4-2 化學電池的交互作用概念圖

表 3-4-8 化學電池概念試題(Ⅱ)雙向細目表

分類	主要概念	命題陳述	題號	題數
成份 (7)	電極	活性大的金屬是陽極；	**A ₂ 、**03	2
		活性小的金屬的陽離子所在的半電池電極是陰極		
		電子流出(電流流入)的是負極；	**A ₁	1
		電子流入(電流流出)的是正極		
	電極電解液	兩杯電解溶液需與電極配合	**A _{AB}	1
	鹽橋	電解質為易解離的鹽類	**A _C *	1
	電器	檢測化學電池是否可運作	**A _D *、E	2
關係 (13)	電池反應	陽極: $M \rightarrow M^{m+} + me^{-}$	**B、**04	2
		陰極: $N^{n+} + ne^{-} \rightarrow N$	**C、**06	2
		全反應: $M + N^{n+} \rightarrow M^{m+} + N + (m-n)e^{-}$	**D、**05、**07	3
		失去電子為氧化反應；得到電子為還原反應	**28、**29	2
		水溶液液不能與電極與其電解液發生反應	**08、**09、30、31	4
系統 (21)	電池機制	為了維持電荷平衡，陽離子移向陰極(正極)； 陰離子移向陽極(負極)，以保持電池通路。	**A ₄ 、**02	2
		因為活性大小關係，電子由負極通過導線與電器移動到正極，以保持電池通路。	**A ₃ 、**01	2
	影響電位的因素	兩極的金屬活性差越大，電位越大	F、23、24、25、 26、27	6
		改變濃度使平衡向左移動，電位變小； 改變濃度使平衡向右移動，電位變大。	10、12、13、14、 16、17	6
		溫度升高，使平衡向左移動，電位變小； 溫度降低，使平衡向右移動，電位變大。	18、19、20	3
		改變電極的表面積，不影響電位	21、22	2
總題數				41

11、15 題因試題選項有誤刪去 *此題配分為 1 分 **與化學電池概念試題(Ⅰ)相同

表 3-4-9 化學電池概念試題(Ⅱ)配分表

題型	題數	配分	分數
選擇題	29	2.5	72.5
選填題	9	2	18
多選題	2	4.5、5	9.5
總分			100

二、化學電池建模能力評量問卷

研究二的樣本來自於研究一的建模文本教學組，學生已經接受過建模教學，為了評量學生的建模能力，必須使用更為精準的建模能力評量問卷，因此，選擇張志康與邱美虹(2009)所開發的建模能力評量試題，作為本研究二的建模能力問卷(見附錄七)。此份建模能力評量問卷試題形式皆為問答題，為了防止學生不知道如何回答問題，因此在問題後方加入引導語，透過引導語的提示回答的方向，可幫助學生答出較為正確的內容，例如：第二題：「在這些知識架構下，你會準備哪物件？分別敘述這些物件的功能是什麼呢？」學生在做答時通常僅寫下物件名稱，而忽略寫下物件的功能，進行建模能力評鑑時易造成誤差，為了防止這樣的情形，在後方會加入引導語「導線：是用來做為 … …的 …」，使學生得知，不僅要將物件內容寫出來，更要對於物件的功能加以說明；第十題：「請畫出一個電壓更強的組裝池」，學生僅繪製出裝置圖，對於內容並不會再進一步解釋，因此，在引導語的內容為：「(A) 標示出新電池的物件名稱 (B)說明元件之間明元件之間的關係又為何？ (C) 試說明有什麼理論可以支持你的想法？」，透過此方式更能夠貼近國中學生的回答習慣。

三、建模能力評鑑表

研究二的建模能力是使用張志康與邱美虹(2009)開發的「建模能力評量試題—電化學篇」，因此編碼表與編碼記分表亦是參照此份試題所設定的架構進行編碼與評分。由於配合學生回答的情形，在模型調度的建模能力的編碼表與編碼記分依據原先設定的方式進行些許更動，可更符合本研究學生所回答的情境(見表 3-4-10 與表 3-4-11)。

建模歷程的評分方式依照學生回答內容的「因素量」、「關係量」與「延伸關係量」等數值大小進行評斷(張志康、邱美虹,2009)，可分成 Level 0~ Level 5。與其它建模歷程評分內容不同的是模型調度，因為此歷程評分並未計算「微觀」因素的數目，而是計算「影響化學電池電壓」因素的數目，有此改變是因為，在模型調度的試題中，明確提及學生必須說明元件名稱、元件之間的關係與說明理論。學生會提及如：電極活性大小、電解液濃度與系統溫度等變因，因此，此變因內容取代「微觀」的編碼(見表 3-4-10)。

四、心智模式評鑑表

本研究二的心智模式，主要由化學電池概念試題(Ⅱ)與建模能力評量問卷的部分試題做為判斷的主要研究工具，因此，包含了選擇題以及開放式的回答問題(見表 3-4-12)，並且開放式的回答問題作答方式已繪圖為主，輔以文字說明，希望學生透過不同的表徵方式，更能得知學生在學習後的化學電池心智模式。在心智模式的分類中，與研究一相同，引用邱美虹(2008)提出的化學電池心智模型分類，針對化學電池的成份、關係與抽象思考的內容依據其完備程度，判斷學生的心智模式，已完成分類主要的目標(見表 3-4-14)。

表 3-4-10 研究二 模型調度的建模能力編碼表(修改自張志康、邱美虹,2009)

層次 建模歷程	Level 0 經驗	Level 1 單一因素	Level 2 多重因素	Level 3 關係層次	Level 4 延伸關係	Level 5 科學理論
模型調度	【0】 非科學理論	【1.1.#】 表 Level 1； 答出 1 個巨觀因素，答出 # 個原理名稱。	【2.2.#】 表 Level 2； 答出 2 個巨觀因素，答出 # 個原理名稱。 【2.3.#】 表 Level 2； 答出 3 個巨觀因素，答出 # 個原理名稱。 【2.4.#】 表 Level 2； 答出 4 個巨觀因素，答出 # 個原理名稱。	【3.2.@.#】 表 Level 3； 答出 2 個巨觀因素，答出 # 個原理名稱，答對 @ 個因素間的關係。 【3.3.@.#】 表 Level 3； 答出 3 個巨觀因素，答出 # 個原理名稱，答對 @ 個因素間的關係。 【3.4.@.#】 表 Level 3； 答出 4 個巨觀因素，答出 # 個原理名稱，答對 @ 個因素間的關係。	【4.2.@.#】 表 Level 4； 答出 2 個巨觀因素，答出 # 個原理內容，答對 @ 個因素間的關係。 【4.3.@.#】 表 Level 4； 答出 3 個巨觀因素，答出 # 個原理內容，答對 @ 個因素間的關係。 【4.4.@.#】 表 Level 4； 答出 4 個巨觀因素，答出 # 個原理內容，答對 @ 個因素間的關係。	【5】 表 Level 5； 答出 4 個巨觀因素，答出 3 個原理內容，答對 4 個因素間的關係，能夠完整的敘述化學電池元件的組成與關係以及影響電壓的原理。
編碼類型	0	1.1.#	2.\$.#	3.\$.@.#	4.\$.@.#	5

研究二的課程內容主要探討「影響化學電池電壓的因素」，透過學習希望學生可以達到更高層次的心智模式，因此，與研究一的心智模式相比較，除了電池概念不完整、電池雛型模式、電極混淆模式、電路雛型模式、電路進階模式與類科學模式外，更加入了科學模式，此心智模式對於電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，以及完整的抽象延伸關係。此科學模式，需要學生透過化學反應平衡的原理(勒沙特略原理)進行解釋：當電解液濃度改變以及系統溫度改變時，化學電池的電壓會有何種變化，在此解釋中，學生必須透過文字表徵或是符號表徵對於此情境進行說明。

表 3-4-11 研究二 模型調度的建模能力編碼記分表(修改自張志康、邱美虹,2009)

答題層次	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
編碼類型	0	1.1.#	2.\$.#	3.\$.@.#	4.\$.@.#	5
記分方式	0 分	4 分之(第二碼加第三碼)	1 又 7 分之(第二碼加第三碼)	2 又 11 分之(第二碼加第三碼加第四碼)	3 又 11 分之(第二碼加第三碼加第四碼)	5 分
最高分數	0 分	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分
範例編碼	0	1.1.1	2.2.1	3.4.1.2	4.4.1.2	5
範例記分	0 分	$0 + [(1+1)/4]$ 0.5 分	$1 + [(1+1)/7]$ 1.429 分	$2 + [(4+1+2)/11]$ 2.636 分	$3 + [(4+1+2)/11]$ 3.636 分	5 分

表 3-4-12 研究二 化學電池心智模式試題組合

分類	主要概念	試題來源	題目回答方式
成份	電極、電解液、鹽橋、外電路	建模能力評量問卷 — 問題二與問題三(附件七)	繪圖與文字說明
關係	電極與電解液關係； 電極與鹽橋關係； 電極與外電路關係； 電解液與鹽橋關係	建模能力評量問卷—問題四(附件七)	文字說明
抽象思考	反應原理	建模能力評量問卷—問題一(附件七)	文字說明
	化學平衡	化學電池概念試題(Ⅱ)(附件六) (12、13、16、17、19、20)	選擇題

表 3-4-13 研究二 心智模式編碼表

分類	次分類	碼	
成份	電極	舉例	銅電極、鋅電極
		功能	產生氧化還原的地方、電子交換的場所
	電解液	舉例	硫酸銅、硫酸鋅
		功能	提供反應所需的離子
	鹽橋	舉例	硝酸鉀
		功能	中性的鹽類、電解質水溶液、形成通路
	外電路	舉例	三用電表、燈泡、導線
		功能	形成通路
關係	電極-電解液	機制	1.電解液與電極要互相配合 2.硫酸銅的銅離子提供反應所需的反應物 3.硫酸鋅的鋅離子不反應
		限制	電解液為酸性，會使電極產生氫氣
	電解液-鹽橋	機制	鹽橋為了維持電中性，使鹽橋內離子移動 (例：陽離子朝陰極移動；陰離子朝陽極移動)
		限制	鹽橋加鹼使得電解液產生沉澱 (例：氫氧化鋅、氫氧化銅)
	電極-鹽橋	限制	1.鹽橋為酸性時，使得電極產生氫氣 2.鹽橋為鹼性時，使得電極產生沉澱
	電極-外電路	機制	1.導線連接兩電極，使得電子(或電流)在導線中流動
			2.導線將電子由正極(陽極)傳遞至負極(陰極)
抽象 描述	原理	1.氧化還原反應	
		2.兩電極的活性差	
		3.電子：由鋅電極流向電器再流向銅電極；	
		離子：鹽橋陽離子流向陰極；鹽橋陰離子流向陽極	
	化學平衡	電解液濃度	現象 1.陽極電解液濃度提高，電壓下降 2.陰極電解液濃度提高，電壓上升
			解釋 1.陽極電解液濃度提高，逆反應大於正反應， 總反應朝左 2.陰極電解液濃度提高，正反應大於逆反應， 總反應朝右
		系統溫度	現象 溫度提高，使得電壓下降
			解釋 溫度提高，逆反應大於正反應，總反應朝左

表 3-4-14 研究二 心智模式評鑑表

層次	類型	心智模式特徵	試題組合	評鑑規準
科學模式	科學模式	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，以及完整的抽象延伸關係。	(8)：12(C)、13(C)、16(B)、17(B)、19(C)、20(C) 問題一、問題二、問題三與問題四	符合(8)其中 5 題以上 問題一：完成 80%以上的內容 問題二與三：完成 100%以上的內容 問題四：完成 80%以上的內容
	類科學模式	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，但尚未建立完整的抽象延伸關係。	問題一、問題二、問題三與問題四	問題一：完成 80%以上的內容 問題二與三：完成 100%以上的內容 問題四：完成 80%以上的內容
綜合模式	電路進階模式	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解抽象延伸關係。	問題二、問題三與問題四	問題二與三： 完成 80%以上的內容 問題四： 完成 80%以上的內容
	電路雛型模式	電池的組成成分大部分完整，及小部分電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解抽象延伸關係。	問題二、問題三與問題四	問題二與三： 完成 80%以上的內容 問題四： 完成 60%以上的內容
	電極混淆模式	電池電極的正、負極(陰、陽極)混淆，在電極、電路與電池的反應皆與科學模式相反。	問題二與問題三	問題二與問題三： 回答內容 60%與編碼表相反
初始模式	電池雛型模式	僅具備電池的巨觀組成(電極、外電路、鹽橋、電解質)，不了解電池反應、通路概念，不了解電池的微觀機制。	問題二與問題三	問題二與問題三： 完成 80%以上的內容
	電池概念不完整	對於化學電池無任何科學概念，僅認識少部份電池部份巨觀的成份組成(電極、外電路、鹽橋、電解質)。	問題二與問題三	問題二與問題三： 完成 80%以下的內容

第五節 研究流程

本研究目的在了解學生透過建模教學時，學生的科學概念、建模能力以及化學電池心智模型的改變情形。研究流程分成三個階段完成如圖 3-5-1，第一階段為預試階段，此階段主要分為：形成研究問題、研究設計、文獻探討、發展研究工具與工具預試等五個部分。在預試階段中，參與邱美虹教授主持的國科會計畫，並延伸此研究計畫的內容，朝國民中學階段進行探討學生透於建模教學後對於「化學電池」的學習成效。在確立研究問題後，透過文獻的蒐集及閱讀歸納對於「化學電池」的迷思概念，做為研究工具發展及課程內容注意的方向。在發展研究工具包含了建模文本改寫、建模本位探究實驗設計、概念試題與晤談試題的整理，並根據研究設計的規劃進行恰當的組合方式。預試階段的最後一個步驟，便是將已完成的文本內容與試題先行進行預試，亦是作為工具修正最主要的目的，以利於實驗階段的完備性。

實驗階段依據課程內容分成兩個子研究，研究一：化學電池成分與關係；研究二：化學電池交互作用的影響。在研究一：化學電池成分與關係教學中，分別以建模文本與一般文本的方式進行教學，而研究二：化學電池交互作用的影響，則是分別以建模本位探究與一般探究此兩種方式，透過學生實際進入實驗室操作實驗，讓學生了解影響化學電池電壓的因素。在此階段，透過化學電池概念問卷、化學電池建模問卷以及晤談的方式，作為理解學生的學習化學電池的科學概念、建模能力以及化學電池的心智模式改變情形。

最後一個階段為分析階段，藉由實驗階段最後一部份蒐集學生於學習階段所產生的資料，於此階段進行此資料的建檔、分類、晤談過程的轉錄與相對應於研究主題的數據分析，而主要的統計與分析方法將於本章第六節進行說明。最後，數據資料分析將與文獻資料進行比較之後，而開始撰寫論文。此實驗的時間規劃，如表 3-5-1 依序完成研究的程序。

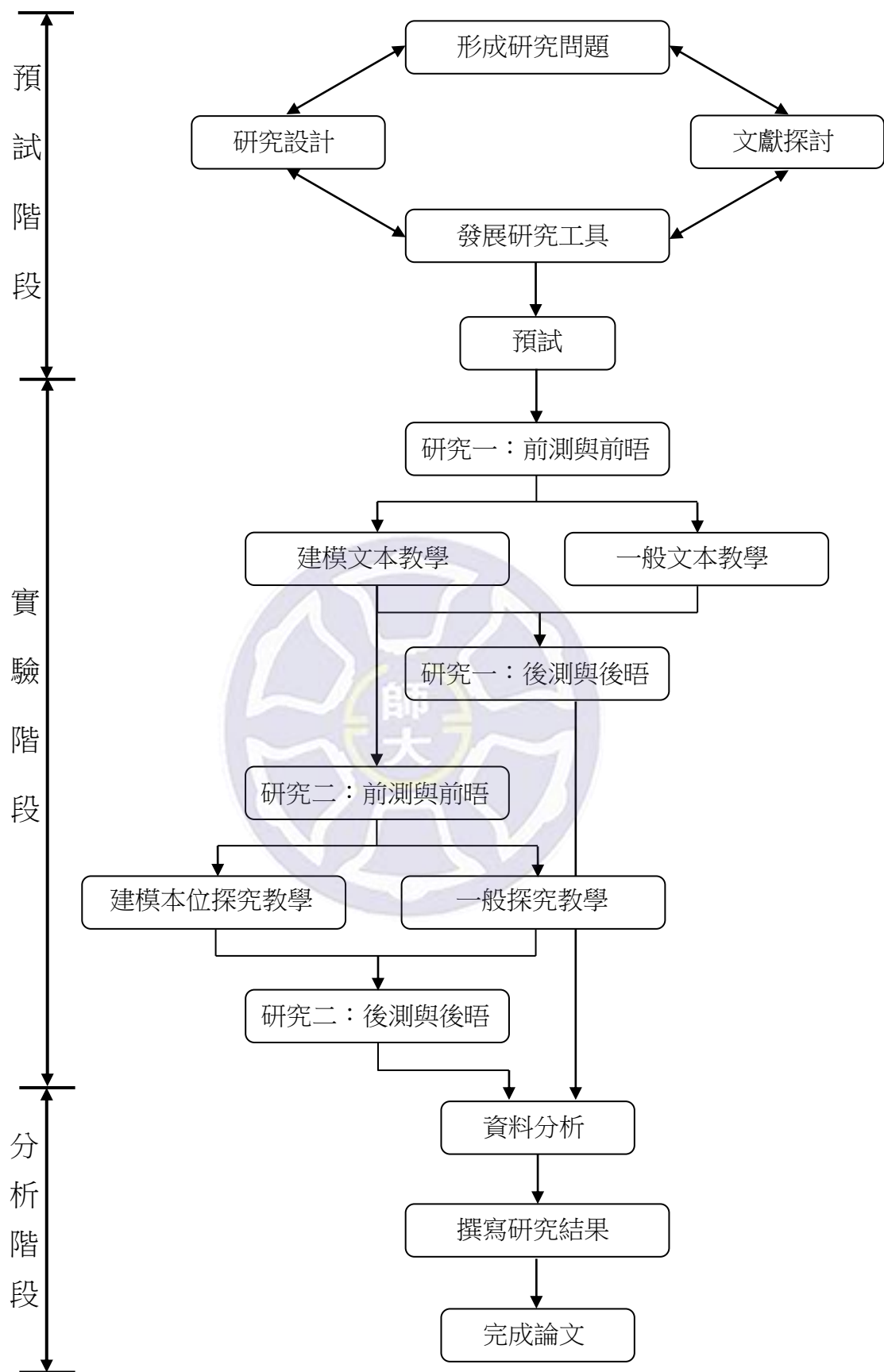


圖 3-5-1 研究流程圖

第六節 資料分析

本研究的研究目的為透過不同的教學後，學生對於化學電池的科學概念、建模能力以及心智模式的改變情形，因此，開發了科學概念問卷、建模能力問卷以及半結構式晤談試題，用以蒐集學生在學習過程中的資料。並且，本研究包含兩子研究的內容，在不同的教學主題上，研究工具必須做些許的調整，依據研究工具的不同，資料分析的方式亦會根據資料性質稍有不同。

針對研究工具性質亦可分成量化資料與質性資料(如表 3-5-2)，量化資料的內容主要為科學概念的前後測，分析方式主要是以 SPSS 統計軟體第 22 版，進行描述性統計分析以及推論性統計分析；而質性資料的內容包括學生填寫的建模問卷以及晤談資料，這些學生資料必須透過編碼表(見表 3-4-5、表 3-4-7、表 3-4-10 與表 3-4-13)加以分組後才能進行評分，在以 SPSS 統計軟體進行描述性統計分析以及推論性統計分析。但是，如同心智模式的資料內容，僅為簡單的百分比計算，應著重於各心智模式之間的改變以及轉換途徑，所以，此資料中統計的考驗所占的比例也就降低許多。

綜上所論，分析的方式會依據資料的性質以及用途有所不同，最重要的是要回歸研究目的以及研究問題所討論的內容，因此，在表 3-5-2 中，透過「研究目的—研究問題—研究工具—分析方法」表格的方式呈現四者之間的關係。表 3-5-2 除了提供分析階段明確的方向外，亦在預試階段與實驗階段皆可做為檢核表，以利於研究進度的掌握。

表 3-6-1 研究工具與資料分析對照表

研究目的	研究問題	研究工具	分析方法
1.不同教學策略對於學生「化學電池」科學概念學習成效為何？	1-1 學生透過「一般式文本」教學後，對於化學電池科學概念學習影響為何？	1.一般文本 2.化學電池概念試題(I) 3.化學電池晤談試題(I)	1.成對樣本 T 檢定 2.共變數分析
	1-2 學生透過「建模式文本」教學後，對於化學電池科學概念學習影響為何？	1.建模文本 2.化學電池概念試題(I) 3.化學電池晤談試題(I)	1.成對樣本 T 檢定 2.共變數分析
	1-3 學生透過「建模本位探究教學」，對於化學電池的交互作用概念學習影響為何？	1.化學電池概念試題(II) 2.化學電池晤談試題(II)	1.成對樣本 T 檢定 2.共變數分析
	1-4 學生透過「一般探究教學」，對於化學電池的交互作用概念學習影響為何？	1.化學電池概念試題(II) 2.化學電池晤談試題(II)	1.成對樣本 T 檢定 2.共變數分析
2.不同教學策略對於學生「化學電池」建模能力成效為何？	2-1 學生透過「一般式文本」教學後，對於化學電池建模能力影響為何？	1.一般文本 2.化學電池概念試題(I) 3.化學電池晤談試題(I)	1.建模能力評鑑表 2.卡方考驗 3.斯皮爾曼相關
	2-2 學生透過「建模式文本」教學後，對於化學電池建模能力影響為何？	1.建模文本 2.化學電池概念試題(I) 3.化學電池晤談試題(I)	1.建模能力評鑑表 2.卡方考驗 3.斯皮爾曼相關
	2-3 學生透過「建模本位探究教學」，對於化學電池的交互作用建模能力影響為何？	1.化學電池建模能力問卷 2.化學電池晤談試題(II)	1.成對樣本 T 檢定 2.共變數分析 3.皮爾森相關
	2-4 學生透過「一般探究教學」，對於化學電池的交互作用建模能力影響為何？	1.化學電池建模能力問卷 2.化學電池晤談試題(II)	1.成對樣本 T 檢定 2.共變數分析 3.皮爾森相關

續表 3-5-2 研究工具與資料分析對照表

研究目的	研究問題	研究工具	分析方法
3.不同教學策略對於學生「化學電池」的心智模式變化為何？	3-1 學生透過「一般文本」教學後，對於化學電池心智模式變化為何？	1.一般文本 2.化學電池概念試題(Ⅰ) 3.化學電池晤談試題(Ⅰ)	1.心智模式評鑑表(Ⅰ) 2.卡方考驗
	3-2 學生透過「建模文本」教學後，對於化學電池心智模式變化為何？	1.建模文本 2.化學電池概念試題(Ⅰ) 3.化學電池晤談試題(Ⅰ)	1.心智模式評鑑表(Ⅰ) 2.卡方考驗
	3-3 學生透過「一般探究教學」，對於化學電池的心智模式變化為何？	1.化學電池建模能力問卷 2.化學電池晤談試題(Ⅱ)	心智模式評鑑表(Ⅱ)
	3-3 學生透過「建模本位探究教學」，對於化學電池的心智模式變化為何？	1.化學電池建模能力問卷 2.化學電池晤談試題(Ⅱ)	心智模式評鑑表(Ⅱ)

第肆章 研究結果

本章主要討論建模教學前後，學生於科學概念、建模能力與心智模式的改變情形。本研究具備量化資料與質性資料，依照資料性質選擇不同方式的整理情形。針對本研究量化資料主要為依照雙向細目表以及配分表進行分數累計，再透過 SPSS 第 22 版統計軟體進行統計檢定，再進行研究結果的討論；質性資料依照評鑑表與記分表的方式進行資料處理。

本章包含科學概念、建模能力、心智模式、另有概念與科學概念與建模能力的相關，此五大部份分別針對本研究之研究目的進行討論。以下將針對各小節的內容加以說明：一、科學概念：了解建模本位探究教學於科學概念的成效，因此，比較學生於科學概念評量的前後測差異；二、建模能力：了解建模本位探究教學於建模能力的成效，因此，比較學生於建模能力評量的前後測差異；三、心智模式：了解建模本位探究教學於心智模式改變的情形；四、另有概念：了解建模教學對於化學電池另有概念改變的情形；五、科學概念與建模能力的相關：了解科學概念與建模能力之間的相關程度。於各節的第三部份皆呈現在資料處理後所觀察到的現象，並進行討論。

第一節 不同教學策略對於化學電池科學概念的學習成效

本節討論的內容為化學電池的科學概念之學習成效，所使用的評量工具為「化學電池概念試題(I)」與「化學電池概念試題(II)」，依據教學主題內容，使用相對應的評量工具，並進行前後測。因此，本節將針對兩子研究的化學電池科學概念的學習成效分別進行討論，包含前後測的描述性統計以及推論性統計的分析方式，並利用 SPSS 第 22 版軟體作為統計分析工具。

研究一對於化學電池的科學概念主要著重於，學生是否對於化學電池的成份與關係之科學概念透過教學的成效為何，因此，將以「前測分數比較」、「後測分數比較」與「化學電池的另有概念」此三部分進行統計分析；研究二的科學概念主要著重於化學電池的交互作用，因此以「前測分數比較」與「後測分數比較」此兩部份進行統計分析。經過預試，可知本研究問卷已建立專家效度以及良好的試題信度，當學生完成本評量後測，針對學生的回答情形分別對於整份問卷(包含選擇題與非選擇題，研究一共 51 題；研究二共 29 題)，進行後測信度分析，得到 Cronbach's α 分別為 0.91 與 0.81，可知，對於本研究的研究對象皆為具有良好信度的評量問卷。

研究一：化學電池的成份及關係

依據本研究規劃，開始化學電池的成分及關係教學前後，分別對於「一般文本教學組」與「建模文本教學組」進行化學電池的成分與關係的科學概念的前後測，藉此得知兩教學組在教學前後，對於「化學電池的成份與關係」的概念改變的情形。

一、兩組學生於「化學電池概念試題(I)」前測成績比較

(一)「化學電池概念試題(I)」前測成績描述性統計分析

化學電池概念前測分數可作為以下三點用途：一、得知學生對於化學電池的

概念理解程度；二、得知化學電池概念內各分項內容的表現；三、為後測的推論性統計分析的共變數。因此，將化學電池概念試題(I)前測的得分情形依據雙向細目表(表 3-4-2)作為分類的依據，並將描述性統計整理於表 4-1-1。

表 4-1-1 研究一 化學電池的科學概念前測描述性統計

	總分		成份		關係		系統	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
建模文本教學組	25.67	7.25	14.73	5.63	7.98	4.01	2.96	2.15
一般文本教學組	23.74	6.44	11.89	4.18	8.15	3.43	3.70	2.53

從表 4-1-1 可知，建模文本教學組分別在「總分」與「成份」此三個項目中，分數略高於一般文本教學組，而在「關係」與「系統」的分類上則是以一般文本教學組高於建模文本教學組。這兩將學組間是否達顯著差異，則要進一步進行獨立樣本 T 檢定的統計考驗。

(二)「化學電池概念試題(I)」前測成績推論性統計分析

尚未接受任何化學電池學習經驗的學生，是否對於化學電池的概念表現是否已達差異，透過獨立樣本 T 檢定(表 4-1-2)，可知各分類項目的比較情形。在總分、關係與系統的 p 值分別為 0.320、0.872 與 0.266 皆大於 0.05，可知兩組別在教學前，總分、關係與系統三者並未達顯著差異；關係的 p 值為 0.049 小於 0.05，可知此項目於教學前已達顯著差異。因此，進行後測推論性統計考驗時，會將前測分數作為共變數進行共變數分析。

表 4-1-2 研究一 化學電池的科學概念前測 獨立樣本 T 檢定

項目	T	df	顯著性 (雙尾)
總分	1.01	49	.320
成份	2.03	42.15	.049*
關係	-0.16	49	.872
系統	-1.13	49	.266

*p < .05

二、兩組學生於「化學電池概念試題(I)」後測成績比較

針對研究一化學電池概念的後測表現將做以下三點方式分析：一、整理兩教學法於教學後各分項的學習表現；二、分析相同教學法組內學生對於化學電池科學概念的學習成效情形；三、分析不同相教學法組間學生對於化學電池科學概念的學習成效。

(一)「化學電池概念試題(I)」後測成績描述性統計分析

兩組學生分別接受不同教學法的學習後，對於化學電池的科學概念學習成效為何？化學電池概念試題(I)為評量學生學習化學電池科學概念的指標，作為本研究一的科學概念後測試題，相同的，依據雙向細目表(表 3-4-2)的分類項目將描述性統計整理於表 4-1-3。

表 4-1-3 研究一 化學電池的科學概念後測描述性統計

	總分		成份		關係		系統	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
建模文本教學組	67.27	12.97	36.17	4.32	20.83	6.28	14.27	4.56
一般文本教學組	35.61	10.52	20.02	6.61	11.48	4.51	4.11	3.49

從表 4-1-3 可知，建模文本教學組與一般文本教學組在教學後，各分類項目分數皆高於前測分數，並且，建模文本教學組在各分類項目中，後測分數皆大於一般文本教學組。依此，為了得知教學前後組內與組間是否達顯著差異，則分別需進行相依樣本 T 檢定與共變數分析(ANCOVA)的推論性統計考驗。

(二)「化學電池概念試題(I)」後測成績推論性統計分析

針對推論性統計的內容，在此分成兩項目進行討論：一、相同教學組內科學的概念變化情形；二、不同教學組間的科學概念變化情形，進行推論性統計分析。透過此兩項目的分析即可推論：一、學生是否無法學習「化學電池的成份與關係」的科學概念；二、建模文本教學組與一般文本教學組在科學概念學習成效上是否相同。

1.相同教學組內科學概念變化情形

在此項目中，要推論學生是否無法學習「化學電池的成份與關係」的科學概念，必須透過組內前後測的學習成效的變化情形進行分析，因此，使用相依樣本 T 檢定，進行推論性統計分析方法，結果整理於表 4-1-4 與表 4-1-5。

表 4-1-4 建模文本教學組教學前後科學概念情形 相依樣本 T 檢定

項目	平均數	標準偏差	T	df	顯著性（雙尾）
總分	41.60	13.92	14.65	23	<.001***
成份	17.44	6.38	13.40	23	<.001***
關係	12.85	8.60	7.32	23	<.001***
系統	11.31	4.91	11.28	23	<.001***

***p < .001

表 4-1-5 一般文本教學組教學前後科學概念情形 相依樣本 T 檢定

項目	平均數	標準偏差	T	df	顯著性（雙尾）
總分	11.87	9.21	6.70	26	<.001***
成份	8.13	5.02	8.41	26	<.001***
關係	3.33	5.13	3.38	26	.002**
系統	0.41	3.52	0.60	26	.552

***p < .001；**p < .01

從表 4-1-4 與表 4-1-5 進行分析，建模文本教學組的總分、成份、關係與系統的 p 值皆小於 0.001，可知透過建模文本教學針對化學電池的科學概念在教學前後總分、成份、關係與系統達顯著差異。一般文本教學組的總分與成份的 p 值皆小於 0.001；另外關係的 p 值為 0.002 小於 0.01；系統的 p 值為 0.552 大於 0.05，因此，學生透過一般文本教學針對化學電池的科學概念，在教學前後總分、成份、關係達顯著差異，而系統未達顯著差異。

綜上所論，七年級與八年級學生透過教學示可學習「化學電池的成份與關係」的科學概念並且在教學成效上皆達顯著差異，僅在系統的分類項目上，對於一般文本教學的學生在教學成效尚未達顯著差異。

2.不同教學組間的科學概念變化情形

研究一的研究設計，主要討論建模文本教學與一般文本教學對於科學概念的變化情形，考量兩組在成分的分類項目上於前測已達顯著差異，因此，將科學概念前測分數作為共變數，進行單因子共變數分析，並分成總分、關係與系統個別進行單因子共變數分析，而成分的分類由於兩組未通過迴歸同質性考驗，必須分組討論，並將其結果整理成摘要表。

(1)總分

表 4-1-6 為研究一的科學概念迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測總分的交互作用(班級*前測總分)考驗結果為 $F_{(1,47)} = 1.37(p = .247 > .05)$ ，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

表 4-1-6 研究一 科學概念(總分)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測總分	174.19	1	174.19	1.37
誤差	5956.41	47	126.73	

表 4-1-7 研究一 科學概念(總分)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	11702.27	1	11702.27	91.62***
誤差	6130.59	48	127.72	

*** $p < .001$

表 4-1-8 研究一 科學概念(總分)之單因子共變數相依比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模文本教學	一般文本教學	30.66***	3.20	24.22	37.10

*** $p < .001$

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,49)} =$

2.72 ($p = .105 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，進行共變數分析檢定，從表 4-1-7 得知， $F_{(1,47)}=1.37$ ($p=.000 < .001$)，達顯著性水準。從此結果表示，對於研究一的科學概念總分，建模文本教學組與一般文本教學組有達顯著差異，並且由表 4-1-8，可知建模文本教學組科學概念的總學習成效優於一般文本教學組。

(2)成份

表 4-1-9 為研究一的科學概念迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測成份的交互作用(班級*前測成份)考驗結果為 $F_{(1,47)}= 9.47$ ($p= .003 < .05$)，達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為不同，兩迴歸線具有相交的情形，不符合組內迴歸係數同質性的基本假定，無法進行共變數分析。

因此，使用 SAS 統計軟體進行詹森-內曼法(Johnson-Neyman method)進一步分析，並使用 Microsoft Excel 軟體進行圖形繪製。從圖 4-1-1 可知，以前測分數為 X 軸;後測分數為 Y 軸，以 Excel 繪圖，可知建模文本教學組的迴歸方程式($Y = 0.15X + 29.924$)與一般文本教學組的迴歸方程式($Y = 1.03x + 7.78$)，兩者因斜率不相同，會相交於一點，由此兩條迴歸方程式解聯立後可得 $X_D=25.25$ ，即為兩迴歸方程式相交的 X 軸座標。

使用詹森-內曼法進行分析，透過 X_{D-} 與 X_{D+} 可將圖 4-1-1 分成三個部分，從圖 4-1-1 可知，第一部分範圍落在 0 到 X_{D-} 之間表示：兩組別間具有顯著差異，且迴歸方程式在上方者有較好的表現；第二部分範圍落在 X_{D-} 到 X_{D+} 之間表示：兩組別間具無顯著差異；第三部分範圍落在 X_{D-} 到 X_{D+} 之間表示：兩組別間具有顯著差異，且迴歸方程式在上方者有較好的表現。利用此三部分，便可以進行兩教學法在不同起始點的學生所產生的效益情形。

從表 4-1-10 可知 $X_{D-}=19.78$ ； $X_{D+}=49.06$ ，但 X_{D+} 已超越本研究樣本前測分數的最大值(22.5)，因此，尚未繪製於圖 4-1-1。若 X_{D-} 與 X_{D+} 作為分界點，在第

一部分，建模文本教學組的迴歸方程式在上方，可推論出建模文本教學組學習成效較好，並且有達顯著差異；第二部分兩教學組並無差異；第三部分，由於尚未有樣本落於此區，因此，不做過多的推論。

由上述的方式可知，若建模文本教學組前測分數低於 19.78 分者(N=19, 79.17%)後測表現會優於一般文本教學組前測分數低於 19.78 分者(N=25, 92.59%)，且兩者之間達顯著。並從建模文本教學組的人數分布情形來看，可發現建模文本教學組有助於前測較低分的學生對於化學電池的成分學習。

表 4-1-9 研究一 科學概念(成份)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測總分	215.09	1	215.09	9.47**
誤差	1067.88	47	1067.88	

**p < .01

表 4-1-10 研究一 科學概念(成份)之詹森-內曼法之迴歸模型係數

a	b	c	X_D	X_{D-}	X_{D+}
0.44	-15.14	426.87	25.25	19.78	49.06

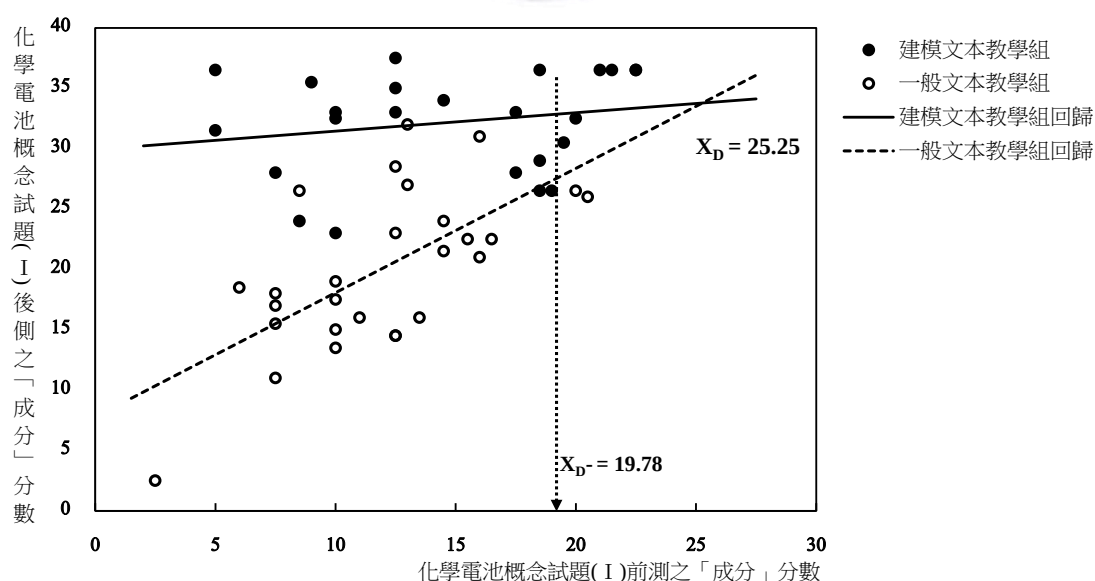


圖 4-1-1 研究一 科學概念(成份)之詹森-內曼法迴歸模型

(3)關係

表 4-1-11 為研究一的科學概念迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測成份的交互作用(班級*前測關係)考驗結果為 $F_{(1,47)} = 0.74$ ($p = .395 > .05$)，未達顯著性水準，表示三組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,49)} = 5.41$ ($p = .024 < .05$)，已達顯著性，表示兩樣本的離散情形不相同。因此，不能使用單因子共變數分析，由於兩教學組的「關係」的前測分數未達顯著差異(表 4-1-0)，為了判斷教學所形成的影響，將以科學概念之關係分項中的前測與後測分數差，進行獨立樣本 T 檢定，並將統計結果整理於表 4-1-12。

表 4-1-11 研究一 科學概念(關係)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測關係	27.04	1	27.04	0.74
誤差	1721.93	47	36.64	

表 4-1-12 研究一 科學概念(關係)之獨立樣本 T 檢定

項目	Levene變異數同質檢定		T	df	顯著性(雙尾)
	F	顯著性			
關係	7.73	.009	4.73***	36.61	<.001***

*** $p < .001$

進行獨立樣本 T 檢定後，從表 4-1-12 得知， p 值小於 0.001，兩教學組的前後測分數差達顯著性水準。從此結果表示，對於研究一的科學概念的關係分類項目，建模文本教學組與一般文本教學組在前後測進步分數達顯著差異，並且由表 4-1-3，可知建模文本教學組在科學概念關係分類項目中，透過教學進步 12.85 分；一般文本教學組在科學概念關係分類項目中，透過教學進步 3.33 分；因此，推論建模文本教學組在科學概念關係分類項目中進步分數優於一般文本教學組，並且兩組達顯著差。

(4)系統

表 4-1-13 為研究一的科學概念迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測成份的交互作用(班級*前測系統)考驗結果為 $F_{(1,47)} = 1.26$ ($p = .267 > .05$)，未達顯著性水準，表示三組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

表 4-1-13 研究一 科學概念(系統)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測系統	19.15	1	19.15	1.26
誤差	714.18	47	15.20	

表 4-1-14 研究一 科學概念(系統)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	1330.78	1	1330.78	87.11***
誤差	733.33	48	15.28	

*** $p < .001$

表 4-1-15 研究一 科學概念(系統)之單因子共變數相依比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模文本教學	一般文本教學	10.37***	1.11	8.13	12.60

*** $p < .001$

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,49)} = 2.29$ ($p = .137 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，進行共變數分析檢定，從表 4-1-14 得知， $F_{(1,47)} = 87.11$ ($p < .001$)，達顯著性水準。從此結果表示，對於研究一的科學概念中的系統分類項目，建模文本教學組與一般文本教學組有達顯著差異，並且由表 4-1-15，可知建模文本教學組科學概念系統分類項目的學習成效優於一般文本教學組。

三、發現與討論

在本研究中，主要討論建模文本搭配建模教學，對於學生的化學電池的成分與關係的科學概念的學習情形，綜合以上資訊，透過觀察於以下提出三點發現並進行討論。

(一) 透過教學對於化學電池的科學概念皆達顯著水準

本研究的研究對象在教學前皆未接觸任何化學電池概念的教學，因此，此科學概念對研究對象而言，皆屬於新的科學概念。從上述資料中可知，無論是「一般文本教學組」或是「建模文本教學組」，藉由文本的使用以及教師授課，在教學前後皆達顯著差異，此現象表示基礎的化學電池科學概念，對於七年級與八年級學生透過教學即能夠有顯著的進步。

(二) 建模文本教學有助於學習較為複雜的科學概念

根據化學電池概念試題(I)依照試題的性質透過雙項細目表分成：成分、關係與系統，進行統計考驗可知，「建模文本教學組」在三個項目中，教學前後皆達顯著差異，又以「成份」的分享進步最為顯著；「一般文本教學組」的系統項目中，在教學前後則無達顯著差異。「系統」的試題屬於複雜的科學概念，例如：電池的機制；除了理解電極活性大小外，仍需知到電子如何在整個電路中移動，此概念對學生而言屬於較複雜的科學概念。由此可知，透過建模文本教學後，有助於學生學習複雜的化學電池概念。

(三) 建模文本教學在「化學電池成份與關係的科學概念」效益優於一般文本教學

針對兩教學組間科學概念的學習效益比較可知，建模文本教學組在「總分」、「關係」與「系統」此項目於科學概念的學習效益優於一般文本教學組，並從「成份」的分組比較可知，建模文本教學組有利於低成就學生學習。表示，在建模文本所設計的想想看、課堂任務與回家作業於本研究中能夠系統化的整理學生的知識，幫助學生學習。

研究二：化學電池的交互作用

進入實驗室探究活動前後，分別對於「建模本位探究組」與「簡單探究組」進行化學電池的交互作用概念前後測，依據化學電池概念試題(Ⅱ)的試題分成成分、關係與系統等三個項目，透過統計考驗進行分析與比較教學前後兩教學組內以及組間科學概念改變的情形。

一、兩組學生於「化學電池概念試題(Ⅱ)」前測成績比較

(一)「化學電池概念試題(Ⅱ)」前測成績描述性統計分析

依據學生於化學電池概念試題(Ⅱ)的作答情形，透過表 3-4-8 計分且將試題類型根據表 3-4-9 分為成分、關係與系統三項目後，進行描述性統計分析，結果如表 4-1-16 所示。

表 4-1-16 研究二 化學電池的科學概念前測描述性統計

	總分		成份		關係		系統	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
建模本位探究組	58.86	10.50	13.28	1.59	16.63	6.37	28.96	6.53
簡單探究組	51.25	11.69	12.04	2.57	14.17	4.41	25.04	7.68

研究二研究對象已接受過化學電池成分與關係的教學，對於化學電池已有先備知識，在答題情形上兩組皆有 50% 已上的答對率。並從表 4-1-16 可知，建模本位探究組分別在「總分」、「成份」、「關係」與「系統」此項目中，分數皆略高於簡單探究組。這兩組間是否在前測成績上達顯著差異，並且兩組屬於小樣本，因此選擇使用 Mann-Whitney U 檢定的統計考驗。

(二)「化學電池概念試題(Ⅱ)」前測成績推論性統計分析

根據前測的分數，進行 Mann-Whitney U 檢定，分析結果整理於表 4-1-17 所示，可知「建模本位探究組」在各項表現上皆優於「簡單探究組」，但兩組之間尚未達顯著差異。雖然兩組在前測無顯著差異，為了後續統計分析的準確性，仍將前測分數做為共變數，使用 SPSS 軟體進行 ANCOVA 統計考驗。

表 4-1-17 研究二 化學電池的科學概念前測 Mann-Whitney U 檢定

項目	Z	顯著性 (雙尾)
總分	-1.39	.166
成份	-1.25	.212
關係	-1.01	.311
系統	-1.50	.133

二、兩組學生於「化學電池概念試題(II)」後測成績比較

對於研究二化學電池概念的後測表現將做以下三點方式分析：一、整理兩教學法於教學後各分項的學習表現；二、分析相同教學法組內學生對於化學電池科學概念的學習成效；三、分析不同教學法組間學生對於化學電池科學概念的學習成效。

(一)「化學電池概念試題(II)」後測成績描述性統計分析

透過化學電池概念試題(II)評量學生教學後化學電池科學概念的學習成效，並依據雙向細目表(表 3-4-8)的分類項目將描述性統計整理於表 4-1-18。

表 4-1-18 研究二 化學電池的科學概念後測描述性統計

	總分		成份		關係		系統	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
建模本位探究組	71.42	12.61	14.63	0.28	14.67	5.84	42.13	8.45
簡單探究組	55.49	11.70	11.66	2.68	12.29	5.74	31.54	9.54

從表 4-1-18 可知，教學後，建模本位探究組與在「總分」、「成份」與「系統」項目的分數皆高於前測；而在「關係」分數低於前測；簡單探究組在「成份」與「關係」的項目分數皆低於前測分數，其他的項目皆有進步。在此兩組間比較，可發現建模本位探究組在各分類項目中，後測分數皆高於簡單探究組。為了得知教學前後組內與組間是否達顯著差異，分別需進行：一、Wilcoxon 檢定，以檢視教學法對於學生學習前後科學概念上的成效；二、共變數分析，以比較兩教學法對於學生在科學概念上的成效差異。

(二)「化學電池概念試題(II)」後測成績推論性統計分析

針對推論性統計的內容，在此分別利用 Wilcoxon 檢定與共變數分析分別討論：一、相同教學法組內科學概念的變化情形；二、不同教學法組間的科學概念變化情形，進行推論與分析。透過此兩項目的分析即可推論：一、七年級與八年級學生是否可透過探究的方式學習「化學電池交互作用」的科學概念；二、建模本位探究組與簡單探究組在科學概念學習成效上是否相同。

1.相同教學法組內科學概念變化情形

在此項目中，要推論學生是否可透過探究的方式學習「化學電池交互作用」的科學概念。透過組內前後測學習成效的變化情形進行分析，使用 Wilcoxon 檢定，進行推論性統計分析，其結果整理於表 4-1-19 與表 4-1-20。

表 4-1-19 研究二 建模本位探究組教學前後科學概念情形 Wilcoxon 檢定

項目	Z	顯著性 (雙尾)
總分	-2.98	.003**
成份	-2.49	.013**
關係	-1.27	.205
系統	-3.06	.002**

* $p < .05$ ；** $p < .01$

表 4-1-20 研究二 簡單探究組教學前後科學概念情形 Wilcoxon 檢定

項目	Z	顯著性 (雙尾)
總分	-1.02	.308
成份	-1.57	.075
關係	-1.61	.108
系統	-1.51	.131

針對「建模本位探究組」的結果如表 4-1-20 所示，分別在「總分」、「成份」與「系統」的項目中，後測學習成效優於前測，並且達顯著差異，僅有在「關係」的項目中，未達顯著差異；「簡單探究組」，在各項目中皆無顯著差異。顯示使用簡單探究法，對於「化學電池的交互作用」科學概念上尚未有顯著的成效。

2.不同教學法組間科學概念變化情形

研究二透過「建模本位探究組」與「簡單探究組」之間的比較，嘗試推論出針對「化學電池的交互作用」，何者為較適當的教學方式。因此，將科學概念前測分數作為共變數，進行單因子共變數分析，並分成總分、成份、關係與系統個別進行單因子共變數分析，並將其結果整理成摘要表。

(1)總分

表 4-1-21 為研究二的科學概念「總分」迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測總分的交互作用(班級*前測總分)考驗結果為 $F_{(1,20)} = 0.99$ ($p = .331 > .05$)，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

表 4-1-21 研究二 科學概念(總分)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測總分	140.48	1	140.48	0.99
誤差	2827.34	20	141.37	

表 4-1-22 研究二 科學概念(總分)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	962.51	1.00	962.51	6.81*
誤差	2967.83	21.00	141.33	

* $p < .05$

表 4-1-23 研究二 科學概念(總分)之單因子共變數相依比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模本位探究	簡單探究	13.45*	5.15	2.73	24.17

* $p < .05$

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,22)} = 0.341$ ($p = .565 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，進行

共變數分析檢定，從表 4-1-22 得知， $F_{(1,21)}=6.81$ ($p=.016 < .05$)，達顯著性水準。從此結果表示，研究二科學概念的總分，建模本位探究組與簡單探究組間有達顯著差異，並由表 4-1-23，可知建模文本教學組科學概念的總學習成效優於一般文本教學組。

(2)成份

表 4-1-24 為研究二的科學概念「總分」迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測成份的交互作用(班級*前測成份)考驗結果為 $F_{(1,20)} = 0.16$ ($p= .694 > .05$)，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,22)} = 17.92$ ($p = .000 < .05$)，已達顯著性，表示兩樣本的離散情形不相同。因此，不能使用單因子共變數分析，由於兩教學組的「成份」的前測分數未達顯著差異(表 4-1-17)，為了判斷教學所形成的影響，將以科學概念之關係分項中的前測與後測分數差，進行 Mann-Whitney U 檢定，並將統計結果整理於表 4-1-25。

表 4-1-24 研究二 科學概念(成份)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測總分	0.62	1	0.62	0.16
誤差	77.72	20	3.89	

表 4-1-25 研究二 科學概念(成份)之 Mann-Whitney U 檢定

項目	Z	顯著性（雙尾）
成份進步分數	-1.42	.156

進行 Mann-Whitney U 檢定後，從表 4-1-25 得知，p 值為 0.156 大於 0.05，兩教學組的前後測分數差未達顯著性水準。從此結果表示，對於研究一的科學概念的成份分類項目，兩組在前後測進步分數未達顯著差異，並且由表 4-1-18，可

知建模本位探究組關係分類項目中，透過教學進步 1.34 分；而簡單探究組則退步 0.39 分。

(3)關係

表 4-1-26 為研究二的科學概念「關係」迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測關係的交互作用(班級*前測關係)考驗結果為 $F_{(1,20)} = 0.59$ ($p = .452 > .05$)，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

表 4-1-26 研究二 科學概念(關係)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測關係	9.02	1	9.02	0.59
誤差	307.23	20	15.36	

表 4-1-27 研究二 科學概念(關係)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	0.95	1	0.95	0.06
誤差	316.26	21	15.06	

表 4-1-28 研究二 科學概念(關係)之單因子共變數相依比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模本位探究	簡單探究	0.41	1.63	-2.97	3.79

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,22)} = 0.066$ ($p = .800 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。由表 4-1-28 顯示，「建模本位探究組」於科學概念的關係分類項目中，後測的表現優於「簡單探究組」，當進行共變數分析檢定，從表 4-1-27 得知， $F_{(1,21)} = 0.06$ ($p = .804 > .05$)，未達顯著差異，可知兩教學組於科學概念之「關係」分項中無差異。

(4)系統

表 4-1-29 為研究二的科學概念「系統」迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測系統的交互作用(班級*前測系統)考驗結果為 $F_{(1,20)} = 0.75$ ($p = .396 > .05$)，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

表 4-1-29 研究二 科學概念(系統)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測系統	63.62	1	63.62	0.75
誤差	1690.49	20	84.52	

表 4-1-30 研究二 科學概念(系統)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	699.39	1	699.39	8.37**
誤差	1754.11	21	83.53	

** $p < .01$

表 4-1-31 研究二 科學概念(系統)之單因子共變數相依比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模本位探究	簡單探究	11.23	3.88	3.16	19.30

** $p < .01$

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,22)} = 0.01$ ($p = .971 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，進行共變數分析檢定，從表 4-1-30 得知， $F_{(1,21)} = 8.37$ ($p = .009 < .05$)，達顯著性水準。從此結果表示，研究二科學概念的系統，建模本位探究組與簡單探究組間有達顯著差異，並由表 4-1-31，可知建模本位探究組科學概念的「系統」分項中學習成效優於簡單探究組。

三、發現與討論

本研究主要討論不同開放程度的探究實驗與建模教學，對於學生的化學電池的交互作用之科學概念的學習情形，綜合以上資訊，從觀察內容中於以下提出三點發現並進行討論。

(一) 建模文本教學有利於化學電池之科學概念學習

本研究的對象來源為研究一的建模文本組學生，因此，在教學前以接受基礎的化學電池概念的教學，必須以此基準點來討論此學生的學習情形。觀察學生於研究二前測在科學概念各分項表示時發現：成份平均得 12.66 分(此分項滿分為 15 分)可知，接受過建模教學的學生對於成份的科學概念相當熟悉。由此可知，透過建模教學，有系統的教學，利於元件功能與性質的學習。

(二) 建模本位探究組有利於化學電池科學概念的表現

從上述資料中可知，透過建模本位探究後，對於科學概念的整體、成份與系統皆有顯著差異，而透過簡單探究後，在科學知識上無顯著差異。此結果表示，對於化學電池的科學概念，使用建模本位探究對於學生是可以促進學生化學電池概念的學習；若使用食譜式的探究實驗進行化學電池概念教學，其教學成效不彰。

(三) 建模本位探究有利於複雜的科學概念學習

科學概念中的「系統」分項包含電池機制與影響電位因素，而後者為研究二的主要課程內容，兩者所討論的內容變因數目多或是因果關係(例：使用勒沙特略原理，解釋電解液濃度變化與電壓的關係)，學生不僅只學單一的科學概念，必須把概念串起後才能回答問題。透過建模本位探究於「整體表現」與「系統」分項上，表現優於簡單探究，表示建模本位探究能夠有效建立學生科學概念間的架構，藉以回答較為複雜的問題。

第二節 不同教學策略對於建模能力的表現情形

在真實的科學研究中，科學家透過模型進行精緻化與修正所發明的理論。學生模擬科學家研究的過程，利用建模歷程建立模型，在此過程中所具備的能力稱為建模能力。本研究選用邱美虹(2015)科技部計畫所提出的建模歷程作為評量的對象，並使用張志康、邱美虹(2009)提出的建模能力分析指標，以 SOLO 分析方式為架構，判斷學生的建模能力的層級。

研究一的建模能力評量是由化學電池概念試題(I)中，根據試題的類型且依照建模歷程分類後，形成建模能力評鑑表(表 3-4-5)已評量研究一學生的建模能力；研究二選用張志康、邱美虹(2009)開發之電化學建模能力試題，並參照其編碼表與編碼計分表(表 3-4-10 與表 3-4-11)，用以評量研究二學生的建模能力。根據本研究的課程內容性質，所評量的建模歷程包含：「模型選擇」、「模型建立」、「模型效化」、「模型應用」與「模型調度」等五種建模歷程，並依照所建模能力評鑑表(表 3-4-10 與表 3-4-11)針對學生進行建模能力層級分類。透過此方式，每位學生都有此建模歷程的建模能力分數與層級，並利用此建模能力分數與層級以 SPSS 軟體進行統計考驗。

根據統計結果，於本節將討論以下三點內容：一、教學前兩組學生建模能力是否相同；二、透過教學，是否可提升學生各建模歷程的建模能力；三、在不同的教學策略下，對於學生建模能力改變的情形是否相同。以下將依序以描述性統計與推論性統計進行說明。

研究一：化學電池的成份及關係

為了了解學生於教學前後建模能力改變的情形，「建模文本教學組」與「一般文本教學組」分別在教學前後皆蒐集學生的建模能力資料，作為分析的主要依據資料。由於研究一的建模能力評鑑表(見表 3-4-5)所得到的結果為學生建模能力的「層級」，因此使用「卡方檢定」統計判斷學生建模能力改變的依據。

一、「教學前」建模能力表現情形

(一)「教學前」建模能力表現情形描述性統計分析

透過建模能力評鑑表 3-4-5 進行評鑑後，將學生在各建模歷程所表現的建模能力層級的層級整理如表 4-2-1 所示。建模文本教學組於模型選擇與模型調度的建模能力在層級一(Level 1)，而模型建立、模型效化與模型應用的建模能力在層級零(Level 0)；一般文本教學組在模型建立與模型調度的建模能力在層級一(Level 1)，而模型選擇、模型效化與模型應用的建模能力在層級零(Level 0)。由此可知，在教學前學生的建模能力皆在低建模能力層級。

(二)「教學前」建模能力表現情形推論性統計分析

表 4-2-1 所表示數據為平均層級為名義變數，因此若要進行兩教學組的比較，必須使用皮爾森卡方檢定(Pearson's chi-squared test)。針對兩教學組學生在各建模歷程的建模能力層級分布百分比情形如表 4-2-3 與表 4-2-4 所示，並進行統計檢定，並將卡方檢定摘要表整理於表 4-2-5。

從表 4-2-5 可知，建模文本教學組與一般文本教學組在教學前於模型選擇 ($\chi^2(4) = 3.32$, $p=.506 > .05$)、模型建立($\chi^2(2) = 0.52$, $p=.772 > .05$)、模型效化 ($\chi^2(2) = 0.95$, $p=.622 > .05$)、模型應用($\chi^2(2) = 2.42$, $p=.299 > .05$)與模型調度 ($\chi^2(4) = 4.43$, $p=.351 > .05$)皆無達顯著。因此，教學前建模文本教學組與一般文本教學組的建模能力無差異。

表 4-2-5 研究一 兩教學組於教學前建模能力之卡方檢定摘要表

建模能力	統計模型	數值	df	精確顯著性(雙尾)
模型選擇	皮爾森卡方	3.32	4	.506
模型建立	皮爾森卡方	0.52	2	.772
模型效化	皮爾森卡方	0.95	2	.622
模型應用	皮爾森卡方	2.42	2	.299
模型調度	皮爾森卡方	4.43	4	.351
有效觀察值個數		51		

表 4-2-1 研究一 建模能力前測層級

	模型選擇		模型建立		模型效化		模型應用		模型調度	
	L-Mean *	L-SD **	L-Mean	L-SD	L-Mean	L-SD	L-Mean	L-SD	L-Mean	L-SD
建模文本	1.00	1.32	0.96	0.75	0.79	0.78	0.79	0.59	1.25	0.85
一般文本	0.44	0.89	1.00	0.68	0.85	0.86	0.89	0.75	1.56	0.80

*層級平均；**層級平均差

表 4-2-2 研究一 建模能力後測層級

	模型選擇		模型建立		模型效化		模型應用		模型調度	
	L-Mean *	L-SD **	L-Mean	L-SD	L-Mean	L-SD	L-Mean	L-SD	L-Mean	L-SD
建模文本	4.58	1.02	3.12	1.57	3.42	1.02	2.21	1.18	1.96	1.16
一般文本	1.93	1.54	1.48	0.85	1.19	1.04	0.59	0.75	1.85	0.77

*層級平均；**層級平均差

表 4-2-3 研究一 建模文本教學組「前測」各建模歷程之建模能力層級人數統計

	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
模型選擇	13(54.16)	4(16.67)	2(8.33)	4(16.67)	1(4.17)	0
模型建立	7(29.17)	11(45.83)	6(25.00)	0	0	0
模型效化	10(41.67)	9(37.50)	5(20.83)	0	0	0
模型應用	7(29.17)	15(62.50)	2(8.33)	0	0	0
模型調度	5(20.83)	9(37.50)	9(37.50)	1(4.17)	0	0

表 4-2-4 研究一 一般文本教學組「前測」各建模歷程之建模能力層級人數統計

	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
模型選擇	20(74.08)	4(14.81)	1(3.70)	2(7.41)	0	0
模型建立	6(22.22)	15(55.56)	6(22.22)	0	0	0
模型效化	12(44.45)	7(25.93)	8(29.62)	0	0	0
模型應用	9(33.33)	12(44.45)	6(22.22)	0	0	0
模型調度	1(3.70)	13(48.16)	11(40.74)	1(3.70)	1(3.70)	0

二、「教學後」建模能力比較

(一)「教學後」建模能力表現情形描述性統計分析

進行不同的教學後，進行學生建模能力的分析，並將其結果整理於表 4-2-2，以下將以兩教學組的各建模歷程的平均建模能力層級進行討論。「建模文本教學組」的建模能力於「模型選擇」達層級四(Level 4)；「模型建立」與「模型效化」達層級三(Level 3)；「模型應用」達層級二(Level 2)；「模型調度」達層級一(Level 1)，而「一般文本教學組」於「模型選擇」、「模型建立」、「模型效化」與「模型調度」達層級一(Level 1)；「模型應用」達層級零(Level 0)。

針對兩教學組後測平均建模能力層級，「建模文本教學組」於模型選擇表現最好，而「建模調度」表現最差，並且透過教學後建模能力有往高層級發展；「一般文本教學」各建模歷程的建模能力皆大致相同，且停留於較低層級。

表 4-2-6 研究一 建模文本教學組「後測」各建模歷程之建模能力層級人數統計

	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
模型選擇	0	0	3(12.50)	0	1(4.17)	20(83.33)
模型建立	0	3(12.50)	10(41.67)	0	3(12.50)	8(33.33)
模型效化	0	0	4(16.67)	11(45.83)	4(16.67)	5(20.83)
模型應用	3(12.50)	4(16.67)	3(12.50)	13(54.16)	1(4.17)	0
模型調度	4(16.67)	2(8.33)	11(45.83)	5(20.83)	2(8.33)	0

表 4-2-7 研究一 一般文本教學組「後測」各建模歷程之建模能力層級人數統計

	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
模型選擇	6(22.22)	8(29.63)	0	9(33.33)	3(11.11)	1(3.70)
模型建立	3(11.11)	10(37.04)	13(48.15)	0	1(3.70)	0
模型效化	8(29.63)	9(33.34)	8(29.63)	1(3.70)	1(3.70)	0
模型應用	14(51.85)	11(41.75)	1(3.70)	1(3.70)	0	0
模型調度	1(3.70)	7(25.93)	14(51.85)	5(18.52)	0	0

(二)「教學後」各教學組建模能力表現情形推論性統計分析

從兩教學組學生之建模能力平均層級(表 4-2-1 與表 4-2-2)可知，教學後學生的建模能力平均層級有產生變化，並且兩教學組變化的情形亦不相同，因此，將兩教學組學生的各建模歷程之建模能力層級人數整理於表 4-2-6 與表 4-2-7，進行卡方檢定以判斷：一、相同教學法組內學生於建模能力層級改變之情形；二、不同教學法組間學生於建模能力層級改變之情形，進行推論性統計討論。根據此兩項目討論即可推論：一、透過教學是否有助於學生於建模能力的提升；二、建模文本教學組與一般文本教學組對於提升學生的建模能力成效是否相同。

1.相同教學法組內對於學生於建模能力改變之情形

兩教學組學生之建模能力層級表現如表 4-2-1 與表 4-2-2 所示，並將其相同教學組各建模歷程之建模能力人數在教學前後分布情形，進行卡方檢定，其結果整理如表 4-2-8 與表 4-2-9 所示。

建模文本教學組在教學前後各建模歷程之建模能力人數分布情形經卡方檢定後，模型選擇($\chi^2(5) = 41.20$, $p = .000 < .05$)、模型建立($\chi^2(4) = 23.57$, $p = .000 < .05$)、模型效化($\chi^2(5) = 39.11$, $p = .000 < .05$)、模型應用($\chi^2(5) = 22.17$, $p = .000 < .05$)與模型調度($\chi^2(4) = 9.43$, $p = .000 < .05$)皆達顯著差異，表示建模文本教學組在教學前後建模能力層級的人數分布情形不同，且從表 4-2-8 可知，建模文本教學組於教學前各建模歷程之建模能力層級人數百分比比例多在低能力層級，而教學後各建模歷程之建模能力層級人數百分比比例多在低高能力層級，因此推論，此教學有助於學生提升建模能力層次。

一般文本教學組在教學前後各建模歷程之建模能力人數分布情形經卡方檢定後，模型選擇($\chi^2(5) = 18.33$, $p = .003 < .05$)達顯著差異，表示一般文本教學組在教學前後模型選擇之建模能力層級的人數分布情形不同，且從表 4-2-9 可知，一般文本教學組於教學前模型選擇歷程之建模能力層級人數百分比比例多在低能力層級，而教學後各建模歷程之建模能力層級人數百分比比例多在低高能力層級，

因此推論，此教學有助於學生提升模型選擇之建模能力層次。而其他建模歷程之建模能力層級人數分布情形，透過卡方檢定後 p 直皆大於.05。因此，一般文本教學組之模型建立、模型效化、模型應用與模型調度於教學前後皆相同。

表 4-2-8 研究一 建模文本教學組於教學前後建模能力之卡方檢定摘要表

建模能力	統計模型	數值	df	精確顯著性(雙尾)
模型選擇	皮爾森卡方	41.20	5	< 0.001***
模型建立	皮爾森卡方	23.57	4	< 0.001***
模型效化	皮爾森卡方	39.11	5	< 0.001***
模型應用	皮爾森卡方	22.17	5	. < 0.001***
模型調度	皮爾森卡方	9.43	4	.051
有效觀察值個數		48		

*** $p < 0.001$

表 4-2-9 研究一 一般文本教學組於教學前後建模能力之卡方檢定摘要表

建模能力	統計模型	數值	df	精確顯著性(雙尾)
模型選擇	皮爾森卡方	18.33	5	.003**
模型建立	皮爾森卡方	5.58	3	.134
模型效化	皮爾森卡方	3.05	4	.549
模型應用	皮爾森卡方	5.70	3	.127
模型調度	皮爾森卡方	5.83	4	.212
有效觀察值個數		54		

** $p < 0.01$

2.不同教學法組間學生於建模能力之情形

針對不同的教學方式對於學生在各建模歷程之建模能力層級分布情形，進行卡方檢定，並將其結果整理於表 4-2-10。依據卡方檢定表示，兩教學組於後測的模型選擇($\chi^2(5) = 44.17, p = .000 < .05$)、模型建立($\chi^2(4) = 16.04, p = .003 < .05$)、模型效化($\chi^2(5) = 33.41, p = .000 < .05$)與模型應用($\chi^2(4) = 22.57, p = .000 < .05$)之建模能力層級人數分布不相同。從建模文本教學組於後測人數分布於模型選擇、模型建立、模型效化與模型應用(表 4-2-0)在中、高層級占較大的比例，而一

般文本教學組則在低層級比例居多。而兩教學組於模型調度($\chi^2(4) = 6.79$, $p = .148 > .05$)之建模能力層級分布情形皆相同。

表 4-2-10 研究一 兩教學組於教學後建模能力之卡方檢定摘要表

建模能力	統計模型	數值	df	精確顯著性(雙尾)
模型選擇	皮爾森卡方	44.17	5	.000***
模型建立	皮爾森卡方	16.04	4	.003**
模型效化	皮爾森卡方	33.41	5	.000***
模型應用	皮爾森卡方	22.57	4	.000***
模型調度	皮爾森卡方	6.79	4	.148
有效觀察值個數		51		

** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

三、發現與討論

本研究主要討論建模文本搭配建模教學，對於學生建模能力的影響，綜合以上資訊，透過觀察於以下提出兩點發現並進行討論。

(一) 未接受建模教學前學生的建模能力普遍低落

根據教學前的建模能力層級發現，未接受建模本位教學的學生建模能力普遍低落，主要集中於層級一。於本研究亦發現，透過一般文本教學對於僅能促進「模型選擇」之建模能力，未能全方面提升各建模歷程之建模能力。而使用建模文本教學，皆能促進學生於各建模歷程之建模能力，雖然「模型調度」未通過統計考驗($p = .051 < .05$)，但從人數比例來看，於前測較低層級(Level 0~ Level 1)占了 58%，而後測減少為 25%，有此可知，教學前後有往高層次移動，尚能看出機學後有助於建模能力的提升。

(二) 建模文本教學提升建模能力之成效優於一般文本教學

由上述資料可知，透過建模文本教學後，各建模歷程之建模能力提升情形接優於一般文本，由此可知，建模文本教學不僅能促進學生提升建模能力，且其成效優於一般文本教學。

研究二：化學電池的交互作用

研究二以化學電池的交互作用作為課程主題，針對「建模本位探究教學組」與「簡單探究教學組」此兩組不同程度的探究活動，了解對於建模能力的改變情形為何？並使用張志康與邱美虹(2009)發表的電化學電池建模問卷並參照其編碼表與編碼記分表進行評分，而模型調度則搭配修正後的評鑑表(表 3-4-10)與編碼記分表(表 3-4-11)進行評分，模型調度之建模能力範例整理於表 4-2-11，透過此方式評分後屬於量化資料，因此，可直接使用此分數進行統計檢定。模型調度屬於較高階的建模歷程，在研究二中，大部分學生的建模能力皆集中於層次二與層次三，如表 4-2-11 中所示，將針對編碼表的使用配合範例說明如何進行此建模能力編碼及評分。

模型調度之建模能力評鑑表(表 3-4-11)，主要是以學生答題的內容的「正確巨觀概念」、「正確元件關係」與「正確電壓變因」此內容進行編碼，在巨觀概念包含：電極、電解液、鹽橋、外電路等四個碼；元件關係包含：電極與電解液、電極與鹽橋、電極與外電路、電解液與鹽橋等四個碼；電壓變因：活性差、電解液濃度、溫度等三個碼，透過以上的碼對於學生回答情形進行編碼。以下針對表 4-2-11 的範例所屬之特性以及計分方式加以說明，例如：MBI 11 學生，分別在問題十回答(a)標示出新電池的物件的名稱，在巨觀條件答對四個(電極、電解液、鹽橋、外電路)；(b)說明元件之間的關係為何，在元件關係答對一個(電極與電解液)；(c)說明有什麼理論可以支持你的想法，在電壓變因答對三個(電極活性差、電解液濃度、環境溫度)。由於，此學生僅回答出一個元件之間的關係，尚未得知抽象延伸關係，因此未達層級四，此學生的模型調度之建模能力為層級三，此學生編碼為「3.4.1.3」，其計分為 2.727 分 $[2+(4+1+3)/11 = 2.727]$ ，本研究樣本僅有 23 位學生，未能針對每個編碼皆有相對應之學生答題情形與此僅列數不分編碼情形介以說明，另外，針對學生的回答內容進行編碼與記分之後，將以此分數進行統計分析。

表 4-2-11 研究二 模型調度之建模能力編碼範例

編號	學生回答	正確巨觀概念	正確元件關係	正確電壓變因	編碼	記分
SI 25	(a) 石墨、鋅片 (c) 活性差越大	電極		電極活性差	1.1.1	0.5
SI 21	(a) 鋅片、銅片、硫酸鋅、硫酸銅 (c) 增加電極質量、增加硫酸銅濃度、減少硫酸銅濃度	電極、電解液		電解液濃度	2.2.1	1.429
MBI 02	(a) 鋅片、銅片、硫酸鋅、硫酸銅、硝酸鉀、升高電壓裝置 (c) 假設使用鋅銅電池，將硫酸銅濃度提高，同時將硫酸鋅濃度降低，電壓就會提高。	電極、電解液、 鹽橋		電解液濃度	2.3.1	1.571
MBI 04	(a) 鋅片、銅片、硫酸鋅、硫酸銅、硝酸鉀、三用電表、導線 (c) 氧化還原、活性差	電極、電解液、 鹽橋、外電路		電極活性差	2.4.1	1.714
MBI 12	(a) 鋅片、銀片、硫酸鋅、硝酸銀、硝酸鉀、檢流計、導線 (b) 硫酸鋅與鋅互相配合 (c) 鋅>氫>銅>銀>金；活性差更大；硫酸鋅濃度低、硝酸銀濃度高	電極、電解液、 鹽橋、外電路	電極與電解液	電極活性差、 電解液濃度	3.4.1.2	2.636
MBI 11	(a) 鈉、鉑、硫酸鈉(0.2M)、硫酸鉑(5M)、硝酸鉀、三用電表、導線 (b) 電極與電解液互相配合 (c) 氧化還原、化學平衡、環境溫度小於 10°C	電極、電解液、 鹽橋、外電路	電極與電解液	電極活性差、 電解液濃度、 環境溫度	3.4.1.3	2.727

*(a)元件；(b)元件之間關係；(c) 影響電壓變因

一、「教學前」建模能力表現情形

(一)「教學前」建模能力表現描述性統計分析

從學生作答情形的質性資料透過編碼計分表轉成量化資料後，可藉由分數進行判斷學生各建模歷程之建模能力層級以及統計分析，並將其教學前建模能力表現整理於表 4-2-12，其中建模能力極為各建模歷程之建模能力分數平均。

研究二的研究對象來自於研究一之「建模文本教學組」，於教學前以接受過建模教學，在本研究之教學前其整體建模能力為層級二(Level 2)，此結果與研究一教學前之建模能力不同。若從層級進行討論根據表 4-2-12 與圖 4-2-1，兩教學組於「模型選擇」與「模型建立」皆屬於層級三(Level 3)；「建模能力」屬於層級二(Level 2)；「模型效化」、「模型應用」與「模型調度」屬於層級一(Level 1)，兩教學組於各建模歷程之建模能力層級皆相同，並無差異。

若從建模能力分數討論，建模本位探究組的各建模歷程之建模能力表現上，在「模型選擇」與「模型建立」的分數低於簡單探究組；而「模型效化」、「模型應用」、「模型調度」與「建模能力」的分數高於簡單探究組。發現建模能力分數上，兩教學組不相同，若要確認兩組在教學前是否具備相同建模能力，則要進行推論性統計分析。

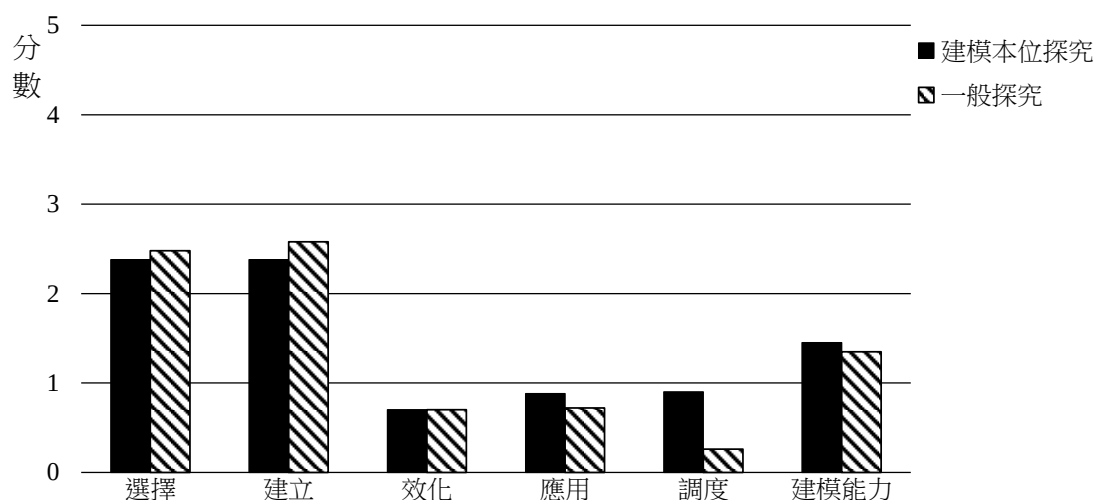


圖 4-2-1 「建模本位探究組」與「簡單探究組」教學前建模能力分數

表 4-2-12 研究二 建模能力前測分數

	建模能力		模型選擇		模型建立		模型效化		模型應用		模型調度	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
建模本位探究	1.45	0.44	2.38	0.54	2.38	0.56	0.70	0.56	0.88	0.67	0.90	0.78
簡單探究	1.35	0.32	2.48	0.64	2.58	0.35	0.70	0.36	0.72	0.57	0.26	0.49

表 4-2-13 研究二 建模能力後測分數

	建模能力		模型選擇		模型建立		模型效化		模型應用		模型調度	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
建模本位探究	2.45	0.53	2.78	0.95	3.28	0.42	3.08	0.57	1.55	0.81	1.59	0.83
簡單探究	1.68	0.35	2.56	0.59	2.79	0.35	1.35	0.81	0.95	0.54	0.77	0.69

(二)「教學前」建模能力表現情形推論性統計分析

根據表 4-2-13 可知，建模本位探究組與簡單探究組於建模能力分數上不相等，利用 Mann-Whitney U 檢定進行分析，確認兩教學組於教學前之建模能力是否相同，並將其結果整理於表 4-2-14。依據表 4-2-14 可知兩教學組在不同的建模歷程之建模能力分數比較的情形，在建模能力平均、模型選擇、模型建立、模型效化與模型應用的 p 值分別為 0.316、0.608、0.833、0.880 與 0.413 皆大於 0.05，可知兩教學組在上述這些建模歷程之建模能力分數皆未達顯著差異；而模型調度的 p 值為 0.027 小於 0.05，可知教學前模型調度之建模能力已達顯著差異。因此，當後測進行統計考驗時，將以前測分數做為共變項進行共變數分析。

表 4-2-14 研究二 建模能力前測分數之 Mann-Whitney U 檢定

項目	Z	顯著性（雙尾）
建模能力	-1.02	.316
模型選擇	-0.55	.608
模型建立	-0.23	.833
模型效化	-0.17	.880
模型應用	-0.85	.413
模型調度	-2.36	.027*

*p < .05

二、「教學後」建模能力表現情形

針對研究二之建模能力後測表現將做為以下三點方式分析：一、整理兩教學組於教學後建模能力表現情形；二、分析相同教學法組內學生建模能力表現改變情形；三、分析不同教學法組間學生建模能力表現改變情形。

(一)「教學後」建模能力表現情形描述性統計分析

透過不同開放程度的探究實驗，對於建模能力的影響，可從建模能力評量後測分數與建模能力層級進行比較，因此將學生於建模能力後測評量作答情形，藉由變碼表與計分表分析後，將其結果整理於表 4-2-15 與圖 4-2-2。

根據表 4-2-13 表示，從建模能力層級進行討論，對於各建模歷程之建模能力層級，建模本位探究組高於簡單探究組；並且整體建模能力在建模本位探究組為層級三(Level 3)亦高於簡單探究組的層級二(Level 3)。若從建模能力分數進行討論，如圖 4-2-2 可知，建模本位探究組在每個建模歷程之建模能力分數皆高於簡單探究組，不同程度探究是否真的影響學生提升建模能力，則要進行推論性統計的分析與考驗。

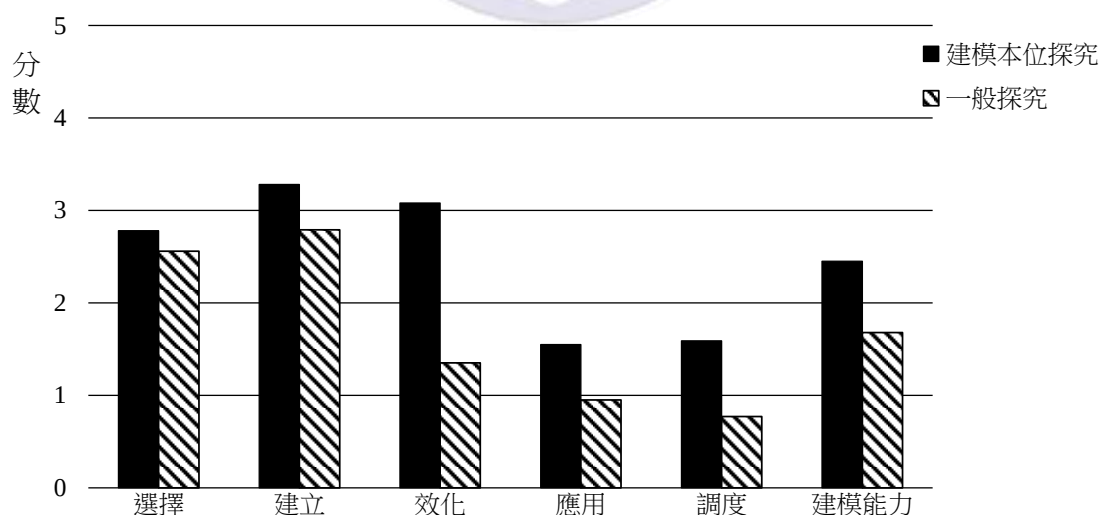


圖 4-2-2 「建模本位探究組」與「簡單探究組」教學後建模能力分數

(二)「教學後」建模能力表現情形推論性統計分析

透過推論性統計將討論以下兩項目：一、相同探究實驗組內對於建模能力的變化情形；二、不同探究實驗組間對於建模能力的變化情形。在進行分析後，即可推論：一、探究式實驗對於建模能力影響的情形；二、建模本位探究組與簡單探究組對於學生的建模能力影響情形是否相同。

1.相同探究實驗組內對於建模能力的變化情形

藉由比較相同探究實驗組內建模能力前後測的變化情形，推論探究實驗對於建模能力的影響，因此，對於各建模歷程之建模能力前後設分數討論，使用 Wilcoxon 檢定，推論在相同探究實驗下建模能力變化的情形，並將結果整理於表 4-2-15 與表 4-2-16。

表 4-2-15 研究二 建模本位探究組建模能力後測分數之 Wilcoxon 檢定

項目	Z	顯著性 (雙尾)
建模能力	-2.93	.003**
模型選擇	-2.03	.042*
模型建立	-2.94	.003**
模型效化	-2.94	.003**
模型應用	-2.41	.016*
模型調度	-2.52	.012*

p < .01 ; *p < .001

表 4-2-16 研究二 簡單探究組建模能力後測分數之 Wilcoxon 檢定

項目	Z	顯著性 (雙尾)
建模能力	-2.58	.010*
模型選擇	-0.53	.596
模型建立	-1.86	.063
模型效化	-2.59	.010*
模型應用	-1.63	.102
模型調度	-2.37	.018*

*p < .05 ; **p < .01

從表 4-2-15 與表 4-2-16 可知，建模本位探究組在「整體建模能力」、「模型建立」與「模型效化」p 值皆小於 0.01；「模型選擇」、「模型應用」與「模型調度」p 值皆小於 0.05，以上的建模能力透過建模本位探究實驗皆達顯著差異，而在；簡單探究組在「整體建模能力」、「模型效化」與「模型調度」p 值皆小於 0.05，因此，透過簡單探究實驗對於提升建模能力達顯著差異，而在「模型選擇」、「模型建立」與「模型應用」p 值皆大於 0.05，表示在簡單探究實驗前後，探究能力並未達顯著差異。

根據以上內容指出，探究實驗對於有助於提升學生「整體的建模能力」，但若在各建模歷程的建模能力會依據不開放程度的探究實驗而由所不同。

2.不同探究實驗組間對於建模能力的變化情形

主要討論「建模本位探究組」與「簡單探究組」在教學後，對於建模能力提升的成效是否相同，因此，將建模能力依據建模歷程將分項討論，並且以各分項建模能力前測分數為共變數，進行單因子共變數分析，並將結果整理成摘要表做未討論之依據。

(1)整體建模能力

表 4-2-17 為研究二的建模能力迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測整體建模能力的交互作用(班級*前測整體建模能力)考驗結果為 $F_{(1,19)}=2.49(p=.131 > .05)$ ，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

表 4-2-17 研究二 整體建模能力之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測整體建模能力	0.22	1	0.22	2.49
誤差	1.65	19	0.09	

表 4-2-18 研究二 整體建模能力之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	2.65	1	2.65	28.38***
誤差	1.87	20	0.09	

***p < .001

表 4-2-19 研究二 整體建模能力之單因子共變數成對比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模本位探究	簡單探究	0.69***	0.13	0.42	0.95

***p < .001

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,21)} = 0.35$ ($p = .560 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，進行共變數分析檢定，從表 4-2-18 得知， $F_{(1,20)} = 28.38$ ($p = .000 < .001$)，達顯著性水準。從此結果表示，對於研究二的整體建模能力分數，建模本位探究組與簡單探究組有達顯著差異，並且由表 4-2-19，可知建模本位探究組對於提升整體建模能力的成效優於簡單探究教學組。

(2)模型選擇

表 4-2-20 為研究二的模型選擇迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測模型選擇的交互作用(班級*前測模型選擇)考驗結果為 $F_{(1,19)} = 2.39$ ($p = .139 > .05$)，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,21)} = 0.95$ ($p = .341 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，進行共變數分析檢定，從表 4-2-21 得知， $F_{(1,20)} = 1.01$ ($p = .318 > .05$)，未達顯著性水準。雖然由表 4-2-22，可知建模本位探究組對於提升整體建模能力的成效優於簡單探究教學組，從統計結果表示，對於研究二模型選擇之建模能力分數，建模本位探究組與簡單探究組有未達顯著差異。

表 4-2-20 研究二 建模能力(模型選擇)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測模型選擇	1.05	1	1.05	2.39
誤差	8.39	19	0.44	

表 4-2-21 研究二 建模能力(模型選擇)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	0.48	1	0.48	1.01
誤差	9.44	20	0.47	

表 4-2-22 研究二 建模能力(模型選擇)之單因子共變數成對比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模本位探究	簡單探究	0.29	0.29	-0.31	0.89

(3)模型建立

表 4-2-23 為研究二的模型建立迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測模型建立的交互作用(班級*前測模型建立)考驗結果為 $F_{(1,19)}=0.45(p=.511 > .05)$ ，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

表 4-2-23 研究二 建模能力(模型建立)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測模型建立	0.05	1	0.05	0.45
誤差	2.27	19	0.12	

表 4-2-24 研究二 建模能力(模型建立)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	1.78	1	1.80	15.44**
誤差	2.33	20	0.12	

** $p < .01$

表 4-2-25 研究二 建模能力(模型建立)之單因子共變數成對比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模本位探究	簡單探究	0.58**	0.17	0.00	0.27

**p < .01

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,21)} = 1.33$ ($p = .719 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，進行共變數分析檢定，從表 4-2-24 得知， $F_{(1,20)} = 15.44$ ($p = .001 < .01$)，達顯著性水準。從此結果表示，對於研究二模型建立之建模能力分數，建模本位探究組與簡單探究組有達顯著差異，並且由表 4-2-25，可知建模本位探究組對於提升模型建立之建模能力的成效優於簡單探究教學組。

(4)模型效化

表 4-2-26 為研究二的模型效化迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測模型效化的交互作用(班級*前測模型效化)考驗結果為 $F_{(1,19)} = 0.17$ ($p = .684 > .05$)，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,21)} = 0.14$ ($p = .905 > .05$)，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，進行共變數分析檢定，從表 4-2-27 得知， $F_{(1,20)} = 33.92$ ($p = .000 < .001$)，達顯著性水準。從此結果表示，對於研究二模型效化之建模能力分數，建模本位探究組與簡單探究組有達顯著差異，並且由表 4-2-28，可知建模本位探究組對於提升模型效化之建模能力的成效優於簡單探究教學組。

表 4-2-26 研究二 建模能力(模型效化)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測模型效化	0.09	1	0.09	0.17
誤差	10.04	19	0.53	

表 4-2-27 研究二 建模能力(模型效化)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	17.18	1	17.18	33.92***
誤差	10.13	20	0.51	

***p < .001

表 4-2-28 研究二 建模能力(模型效化)之單因子共變數成對比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模本位探究	簡單探究	1.73***	0.30	1.11	2.35

***p < .001

(5)模型應用

表 4-2-29 為研究二的模型應用迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測模型效化的交互作用(班級*前測模型應用)考驗結果為 $F_{(1,19)} = 0.12 (p = .713 > .05)$ ，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

透過迴歸係數同質性檢定後，再進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,21)} = 9.56 (p = 0.006 < .05)$ 達顯著性，表示兩樣本的離散情形不相同。因此，不能使用單因子共變數，由於兩教學組於「模型應用」的前測分數未達顯著差異(表 4-2-30)，為了判斷不同程度的探究實驗活動所造成之影響，將以建模能力之模型應用分項中的前測與後測分數相差，進行 Mann-Whitney U 檢定，並將統計結果整理於表 4-2-30。

表 4-2-29 研究二 建模能力(模型應用)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測總分	0.04	1	0.04	0.12
誤差	5.40	19	0.28	

表 4-2-30 研究二 建模能力(模型應用)之 Mann-Whitney U 檢定

項目	Z	顯著性(雙尾)
關係	-1.94	.079

進行 Mann-Whitney U 檢定後，從表 4-2-29 得知，p 值為 0.079 大於 0.05，兩教學組模型應用的分數差未達顯著性水準。由表 4-2-30，可知建模本位探究組對於提升模型應用之建模能力成效優於簡單探究教學組，從統計結果表示，對於研究二模型應用之建模能力分數，建模本位探究組與簡單探究組未達顯著差異。

(6)模型調度

表 4-2-31 為研究二的模型調度迴歸係數同質性檢定結果。其中自變項與共變項前測模型效化的交互作用(班級*前測模型效化)考驗結果為 $F_{(1,19)}=0.03(p=.867>.05)$ ，未達顯著性水準，表示兩組的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，故可進行共變數分析。

表 4-2-31 研究二 建模能力(模型調度)之迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F
組別*前測模型調度	0.01	1	0.01	0.03
誤差	8.15	19	0.43	

表 4-2-32 研究二 建模能力(模型調度)之單因子共變數分析摘要表

來源	平方和	df	平均值平方	F
組別	0.70	1	0.70	1.71
誤差	8.17	20	0.41	

表 4-2-33 研究二 建模能力(模型調度)之單因子共變數成對比較表

班級		平均差異	標準誤差	95%信賴區間	
(I)	(J)	(I-J)		下限	上限
建模本位探究	簡單探究	0.39	0.30	-0.23	1.02

進行 Levene 的變異數同質性考驗， $F_{(1,21)}=0.11(p=.917>.05)$ ，亦未達顯著性，表示兩樣本的離散情形相同。最後，共變數分析檢定，表 4-2-0 得知， $F_{(1,20)}=1.71(p=.206>.05)$ ，未達顯著性水準。雖然由表 4-2-0，可知建模本位探究組對於提升模型調度之建模能力的成效優於簡單探究教學組，從統計結果表示，對於研究二模型調度之建模能力分數，建模本位探究組與簡單探究組未達顯著差異。

三、發現與討論

透過建模教學後，綜合以上資訊，透過觀察於以下提出三點發現並進行討論。

(一) 建模教學促進學生建模能力的提升

本研究對象來自於研究一的建模文本教學組，於教學前研究二的建模能力評量所呈現的建模能力分別平均為 1.45 分與 1.35 分，表示皆屬於層級二(Level 2)，若從各歷程之建模能力討論可知，模型選擇與模型建立皆可達層級三(Level 3)，證實透過建模文本教學能促進學生建模能力的提升。

(二) 建模本位探究教學提升建模能力之成效優於簡單探究教學

從上述資料可知，建模本位探究於模型建立、模型效化與整體建模能力的提升皆優於簡單探究教學。從課程內容進行討論，研究二主要是以探究實驗為主，又以建模本位探究組學生自行設計實驗流程並且回答實驗問題，在此過程中，學生必須清楚元件之間的關係以及不斷的檢視鋅銅電池模型的正確程度，除了實驗操作外，更有小組組員分享實驗結果的時間。而簡單探究組則是以驗證式實驗為主，僅根據步驟完成實驗即可推得結果。由此可知，建模本位探究組的學生，在抽換元件觀察反應、檢視鋅銅電池模型與小組分享時正在經歷「模型建立」與「模型效化」，因此於此歷程之建模能力學習效益優於簡單探究教學。

(三) 文本教學與探究教學提升的建模能力不同

透過文本教學在建模能力上的表現最顯著的則是「模型選擇」，建模文本組於模型選擇之建模能力透過文本教學低層級(Level 0 ~ Level 1)人數比例由 71% 到 0%；一般文本組由 89%到 52%。皆可得知，透過文本教學有助於學生的模型選擇之建模能力朝中、高層級移動。探究教學在建模能力上的表現最顯著的是「模型效化」與「模型調度」，此次的探究活動主要為進入實驗室的探究活動，因此，在實驗操作的過程中，學生必須持續檢視鋅銅電池的正確性，並再從中抽換部份元件觀察改變的結果，有別於使用文本的課程方式。由上述內容可知，不同的教學策略能夠促進不同建模歷程建模能力提升。

第三節 化學電池心智模式的改變情形

心智模式即是認知過程中生成特定的表徵，並有著可以表達某種事物結構的特徵(Vosniado,1994)，教學前後評量學生的心智模式，即可知學生心智模式變化的情形，進而了解此教學活動對於學生的認知過程所發生的影響。藉由邱美虹(2008)研討會發表中，針對所提出的化學電池心智模式進行分類。

根據化學電池的「物件」、「物件與物件之間的關係」與「延伸思考關係」此三部份的完備性進行分類，以下依照完備性由低到高的順序介紹此七種心智模式具備的特徵：(一)電池概念不完整模式：對於化學電池無任何科學概念，僅認識少部份或是完全不認識電池元件；(二)電池雛型模式：僅認識部份電池元件，不了解電池反應、通路概念，不了解電池的微觀機制；(三)電極混淆模式：電池電極的正、負極(陰、陽極)混淆，在電極、電路與電池的反應皆與科學模式相反；(四)電路雛型模式：電池的組成元件大部分完整，及小部分電池的反應、通路的觀念，但尚未建立完整的元件之間的關係，亦不了解延伸思考關係；(五)電路進階模式：電池的組成元件完整且有電池的反應、通路的觀念，但尚未建立完整的元件之間的關係，亦不了解延伸思考關係；(六)類科學模式：電池的組成元件完整且有電池的反應、通路的觀念，也建立完整的元件之間的關係，但尚未建立完整的延伸思考關係；(七)科學模式：電池的組成元件完整且有電池的反應、通路的觀念，也建立完整的元件之間的關係，以及完整的延伸思考關係。上述的這些心智模式將其所屬特徵、概念呈現的關係與圖例整理於表 4-3-1 所示。

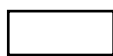
本研究對於包含研究一：化學電池的成份與關係；研究二：化學電池的交互作用，學生在化學電池心智模式的分佈情形會因課程內容而有所不同，其中，最大的差別，即是研究一的課程內容僅提及「元件」與「物件與物件之間的關係」為主要的課程內容(見研究一課程架構圖 3-4-1)，「延伸思考關係」提及的內容較少，因此，對於研究一的學生則無「科學模式」。針對化學電池心智模式在各研究中的類型特徵、分佈情形以及演化路徑將於以下進行介紹。

表 4-3-1 心智模式圖示與說明

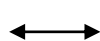
層次	類型	心智模式特徵	圖示	說明
科學模式	科學模式	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，以及完整的延伸思考關係。		對於各概念、關係與延伸思考的內容皆為正確的，屬於科學模式。
	類科學模式	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，但尚未建立完整的延伸思考關係。		對於化學平衡未清楚了解，其餘的關係與概念皆正確，屬於類科學模型。
綜合模式	電路進階模式	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解延伸思考關係。		了解元件概念，並對於關係有大部分的認識，僅未能掌握延伸思考關係。
	電路雛型模式	電池的組成成分大部分完整，及小部分電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解延伸思考關係。		了解元件的概念，但在化學反應或關係與科學模式相反，屬於電極混淆模式。



表示為元件



表示為延伸思考概念



表示為元件與元件關係



深色實線表示為此概念或關係存在



表示為延伸思考關係



灰階虛線表示為此概念或關係不完整

續表 4-3-1 心智模式圖例與說明

層次	類型	心智模式特徵	圖例	說明
綜合模式	電極混淆模式	電池電極的正、負極(陰、陽極) 混淆 ，在電極、電路與電池的反應皆與科學模式 相反 。		對於元件的概念有正確了解，但在電極、化學反應或關係與科學模式相反，屬於電極混淆模式。
初始模式	電池雛型模式	僅具備電池的巨觀組成(電極、外電路、鹽橋、電解質)，不了解電池反應、通路概念，不了解電池的微觀機制。		正確了解元件的概念，關係與延伸思考的內容皆錯誤，屬於電池雛型模式。
	電池概念不完整	對於化學電池無任何科學概念，僅認識少部份電池部份巨觀的成份組成(電極、外電路、鹽橋、電解質)。		僅了解外電路的概念，其餘元件概念、關係與延伸思考皆錯誤，屬於電池概念不完整。

○ 表示為元件

↔ 表示為元件與元件關係

—— 表示為延伸思考關係

□ 表示為延伸思考概念

—— 深色實線表示為此概念或關係存在

----- 灰階虛線表示為此概念或關係不完整

- - - - 表示為此概念或關係與科學概念相反

100

研究一：化學電池的成份及關係

一、化學電池心智模式的分類

在研究一的心智模式判斷是挑選自「化學電池概念問卷(I)」部份試題的作答情形，透過心智模式評鑑表 3-4-12 進行心智模式分類，可分成：電池概念不完整模式、電池雛型模式、電極混淆模式、電路雛型模式、電路進階模式與類科學模式等六種心智模式，以下將說明化學電池的心智模式於研究一學生所回答情形作為範例說明。

此部分將以編號：CT-07-02 學生為例，此學生的教學組別為一般文本教學組，此學生的科學概念後測表現為該組學生中屬於「高成就組」，依據心智模式評鑑表分類其心智模式屬於「電路雛型模式」，在此輔以學生晤談資料說明此學生的心智模式。

此學生透過紙卡拼湊鋅銅電池時，在物件方面「電極」、「電解液」與「外電路」的選擇搭配皆為正確，僅在「鹽橋」的選擇錯誤，因此，晤談者接續詢問鹽橋選擇上的限制與功能。

師：鹽橋的選擇上的條件是什麼？

生：不能酸也不能是鹼

師：鹽酸是酸性，那為什麼你要選擇他？（圖上的鹽橋放的是鹽酸）

生：因為我只記得...印象

師：那如果提醒你鹽酸是酸性，那他會不會和其他產生反應？

生：產生氫氣

由上述的回答方式可知，此學生能夠清楚說明部份鹽橋的限制，但是無法根據說明的內容而選擇正確的元件。另一方面，進一步針對「元件與元件之間的關係」了解，晤談者詢問「電解液與電極之間的關係」學生回答的內容如下：

師：那這兩杯水溶液有沒有什麼樣的關連

生：要搭配

師：什麼叫做要搭配？

生：就是，硫酸銅要配銅；硫酸鋅要配鋅。

師：好，為什麼一定要搭配？

生：不知道

相同的，學生能夠提及電解液與電極之間的關係為互相配合，但是請學生進一步說明「互相配合」的意義時，卻無法說明物件之間的理由，因此僅對「元件與元件之間的關係」進行片面及部分的了解，屬於尚未建立完整的關係。

學生於「延伸思考關係」可是為兩個以上的「元件與元件之間的關係」所產生新的關係，例如：化學電池中的「帶電粒子移動方式」包含電子的移動與離子的移動，其中電子的移動牽涉其「電極與外電路」；離子的移動則表示「電解液與鹽橋」，因此「帶電粒子移動方式」在化學電池中，屬於「延伸思考關係」。以下將針對此學生之情形進行說明：

師：離子怎麼流？

生：鋅離子流向銅離子，銅離子會附著在上面(指向銅片)

師：那裏面的 K^+ 和 NO_3^- 會不會流動？

生：不會，只有鋅離子和銅離子

師：那為什麼會使得鋅離子流向銅離子？

生：電流和電子流.....不清楚

師：電子會從活性大的跑向活性小的。那電子怎麼流要不要比一下

生：(旋轉圖型，三用電表面向自己)可不可以換成指針？

師：好，指針偏向銅片

生：電流是從這裡流進去(銅片→電表→鋅片→硫酸鋅→鹽橋→硫酸銅→銅片)

師：那電子怎麼流？

生：反方向，從負極開始(鋅片→硫酸鋅→鹽橋→硫酸銅→銅片→電表→鋅片)

對於「離子的移動」學生認為僅有銅離子與鋅離子會進行移動，而在鹽橋中解離的鉀離子與硝酸根離子並不會移動，由此可知，學生尚未建立起完整的「電解液與鹽橋的關係」；而「電子的移動」情形，根據學生的敘述，電子由負極流出，可藉由外電路通過電表抵達另一電極，但是電子亦可在電解液與鹽橋移動，後者的科學概念錯誤，因此，此學生建立正確的「電極與外電路的關係」但尚未擁有正確的「電極與鹽橋」的關係，總和以上證據，此學生不了解化學電池中的「延伸抽象關係」。

綜上所論，此學生(CT-07-02)，已掌握大部分化學電池的物件與小部分的物件性質、反應的情形，但是未建立完整物件之間的關係，並且不了解化學電池的延伸抽象關係，因此此學生的化學電池心智模式分類為「電路雛型模式」。

二、化學電池心智模式的分佈情形

透過上述的分類方式，將學生教學前後的心智模式分類完成，並且將心智模式分佈情形整理於表 4-3-2，做為討論心智模型分佈情形討論之依據。

表 4-3-2 研究一 「建模文本組」與「一般文本組」心智模式分佈情形

心智模式		建模文本教學		一般文本教學	
		前測	後測	前測	後測
		N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
科學模式	類科學模式	0	7 (29.2)	0	0
綜合模式	電路進階模式	0	9 (37.5)	0	0
	電路雛型模式	0	5 (20.8)	0	7 (25.9)
	電極混淆模式	3 (12.5)	1 (4.2)	1 (3.7)	5 (18.5)
初始模式	電池雛型模式	4 (16.7)	2 (8.3)	0	0
	電池概念不完整	17 (70.8)	0	26 (96.3)	15 (55.6)

「建模文本教學組」心智模式的分佈情形如表 4-3-2 與圖 4-3-1 所示，教學前，學生的心智模式多集中於「電池概念不完整」高達 70.8%，透過建模文本教學後，發現，「電池概念不完整」之心智模式已不存在，並且發展出在前測尚未有的心智模式：電路雛型模式、電路進階模式與類科學模式，教學後所發展出的心智模式其比例皆高於 20%。若以圖 4-3-0 的分佈情形來看，教學前集中於左方之心智模式(初始模式)，透過教學朝右方的心智模式移動(科學模式)，並且教學

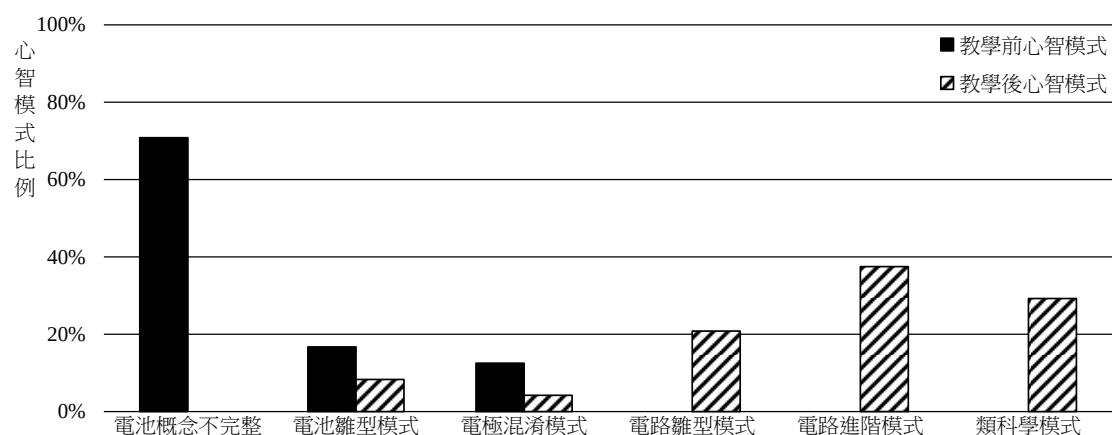


圖 4-3-1 研究一 「建模文本組」教學前後心智模式分佈情形

前後於初始模式由 87.5%降低至 8.3%；綜合模式由 12.5%提升至 62.5%；科學模式由 0%提升至 29.2%，可知，透過教學有助於提升綜合模式與科學模式與降低初始模式的比例。

「一般文本教學組」心智模式的分佈情形如表 4-3-2 與圖 4-3-2 所示，教學前，學生的心智模式幾乎集中於「電池概念不完整」高達 96.3%，僅有一位同學之心智模式為「電極混淆模式」。透過一般文本教學後，學生的心智模式仍集中於「電池概念不完整」，但比例有下降達 55.6%；亦有發展出新的「電路雛型模式」其比例為 25.9%，位居第二。若從圖 4-3-0 觀察可知，教學前，心智模式多集中於左方的心智模式(初始模式)；教學後心智模式朝右方的心智模式移動(綜合模式)，並且仍可看出教學前後於初始模式由 96.3%降低至 55.6%；綜合模式由 3.7%提高於 44.4%，但是，仍無觀察到有科學模式的產生。



圖 4-3-2 研究一 「一般文本組」教學前後心智模式分佈情形

由上述心智模式的分佈情形可提出以下三個現象：一、教學前，學生的概念過於破碎與不完整，因此，大部的學生於教學前皆屬於「電池概念不完整」的心智模式，透過教學，會發現此現象降低情形顯著，表是透過教學有助於學生改善破碎與不完整的概念；二、教學後，皆有助於降低初始模式，提升綜合模式甚至科學模式的比例，此現象正與第一個現象互相呼應；三、透過不同的教學方式，所達到的最高心智模式不相同。此三點現象將於本節的結論加以討論與說明。

三、化學電池心智模式的演化路徑

Vosniado(1994)提到當參與認知過程中若有新資訊的加入，便會產生新的心智模式或是修正原有的心智模式，從上述的內容可知，透過教學可發現學生心智模式的變化情形，但是，學生將從原本的心智模式如何修正或是產生新的心智模式？為了理解這樣的情形，必須透過追蹤每一位學生心智模式變化的情形，並且繪製出演化路徑，即可發現心智模式間轉換的方式。

心智模式演化路徑可從二個方式進行討論：一、變化路徑的複雜性：藉由初始模式、綜合模式與科學模式之間的變化數目，藉以說明心智模式間變化的複雜程度；二、心智模型間變化的機率：由原先的心智模式中轉變為另一個心智模式的機率(心智模式改變人數/原心智模式的人數)，可作為推論心智模式的演化路徑。透過上述兩種方式的考量，即可推論心智模式演化路徑，在推論路徑時，必須選擇起點與終點：起點通常為最低的心智模式，而終點通常為研究對象中最高或已無變化的心智模式。接下來將依照上述兩種方式，重新整理「建模文本教學組」與「一般文本教學組」分別在心智模式表現的情形，且將各心智模式的變化情形繪製成圖，並將其結果於圖 4-3-3 與圖 4-3-4 呈現。

圖 4-3-3 與圖 4-3-4 所呈現的資訊包含；一、心智模式的階層性：心智模式越朝右上方，表示其越靠近科學模式；二、教學前此心智模式的人數與比例：表示在心智模式方框中的左方數字，例如：**26(96.3)** / 15(55.6)，表示此心智模型前測有 26 人，占總人數的 96.3%；三、教學後此心智模式的人數與比例：表示在心智模式方框中的右方數字，例如：26(96.3) / **15(55.6)**，此心智模型後測有 15 人，占總人數的 55.6%；四、心智模式變化至另一心智模式的人數與機率：表示於箭頭的上方，例如：**5 (19.2%)**，教學後有 5 人的心智模型發生改變，占原有心智模型人數的 19.2%；五、心智模式變化路徑的機率：圖中箭頭越粗，即表示心智模式變化路徑的機率越高。透過上述的五種表示方式與內容的表達，可使對於心智模式演化路徑的結果更為清楚。

從圖 4-3-3 可知，透過「一般文本教學」有 15 人(55.6%)未發生心智模式改變，且皆停留至「電池概念不完整」。若從變化路徑的複雜性來看：由初始模式到綜合模式有兩條；由綜合模式到綜合模式有一條，共三條心智模式變化的路徑；在推論演化路徑時，發現在「一般文本教學組」心智模式的起點為「電池概念不完整」；終點則是在「電路雛型模式」，因此，對於此教學法可繪製出兩條演化路徑：一、「電池概念不完整」到「電路雛型模式」；二、「電池概念不完整」到「電極混淆模式」到「電路雛型模式」，其中，又以第一條心智模式演化路徑機率最高，最能夠代表教學法的心智模式演化路徑。

從圖 4-3-4 中可發現，「建模文本教學組」透過教學，所有學生的心智模式皆發生變化。從變化路徑的複雜性討論：由初始模式到初始模式有一條；由初始模式到綜合模式有四條；由初始模式到科學模式有兩條；由綜合模式到綜合模式有兩條；由綜合模式到科學模式有一條，共十條心智模式變化的路徑；在推論演化路徑時，發現對於「建模文本教學組」心智模式的起點為「電池概念不完整」；終點則是在「電路雛型模式」、「電路進階模式」與「類科學模式」，因此，可推論出八條演化路徑，其中演化路徑機率最大的為：「電池概念不完整」到「電路進階模式」。

學生透過教學而發生心智模式的改變，從「建模文本教學組」與「一般文本教學組」的比較發現，透過不同的教學方式會影響學生心智模式發生改變的情形，若根據上述的資料內容進行討論，歸納出以下三點情形：一、從心智模式變化的路線觀察，透過教學大部分的學生皆會朝更高層次的心智模式改變，但是在一般文本教學則有 55.6%尚未改變心智模式；二、建模文本教學組的心智模式變化路線較於一般文本教學組複雜：心智模式路線複雜性越高，表示心智模式間改變的情形越顯著；三、對於演化路徑而言，透過不同教學，使學生產生不同的心智模式演化路徑，此心智模式演化路徑有助於教師依據課程內容選擇適合的教學方式，以利於學生達到課程所要求的教學目標。

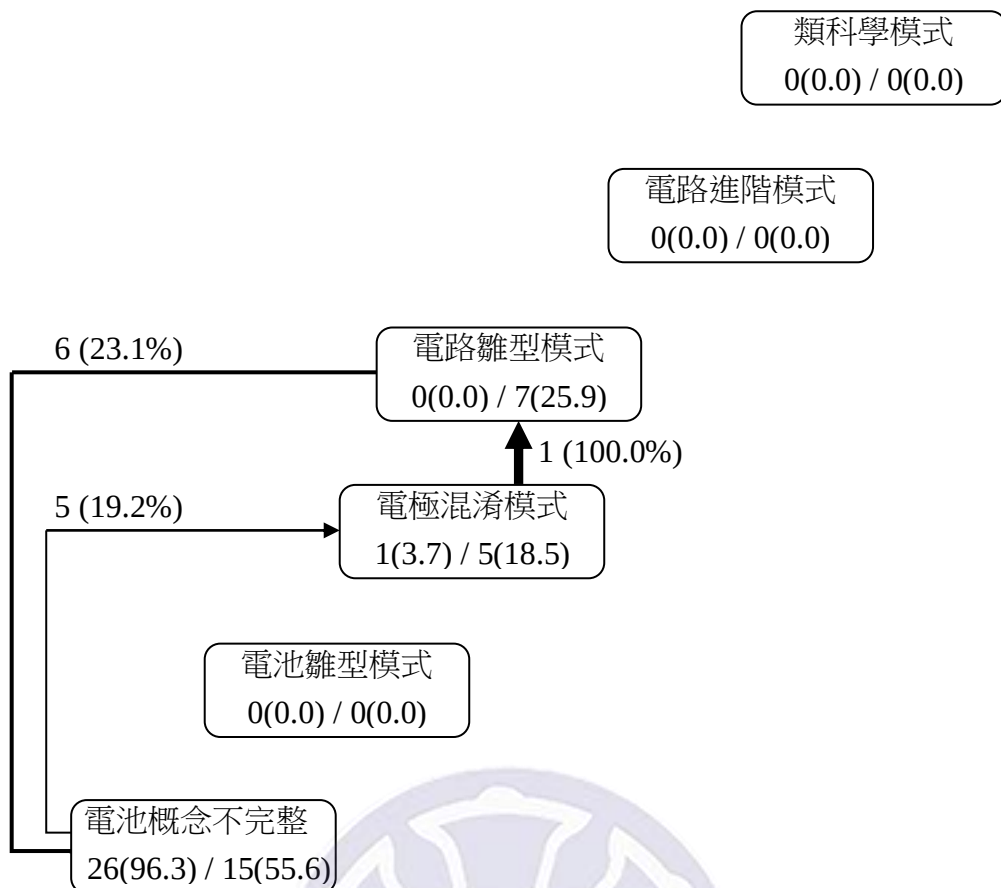


圖 4-3-3 「一般文本教學組」之心智模式變化路徑

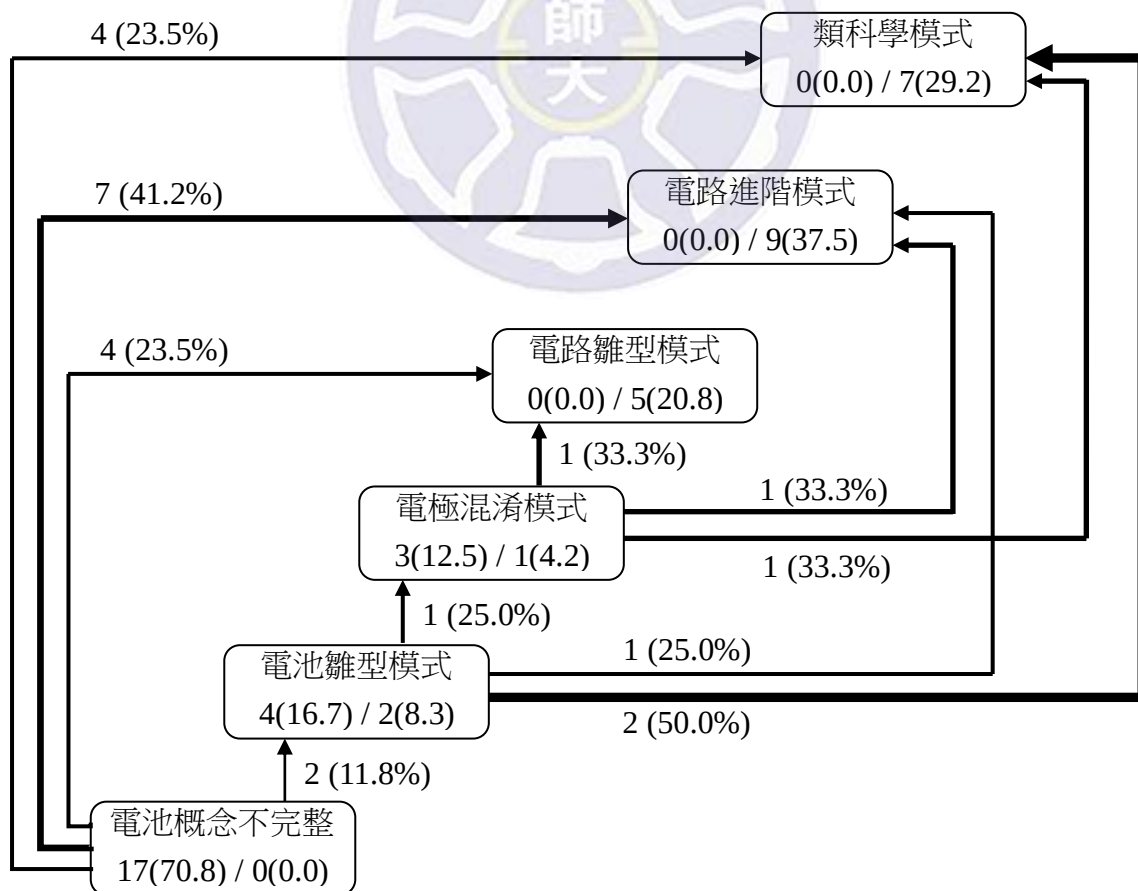


圖 4-3-4 「建模文本教學組」之心智模式變化路徑

研究二：化學電池的交互作用

一、化學電池心智模式的分類

研究二的心智模式是根據化學電池概念試題(Ⅱ)與建模能力評量問卷部分試題作為分類主要的來源，透過心智模式編碼表 3-4-13 與心智模式評鑑表 3-4-14 而完成研究二學生心智模式的判定，研究二的心智模式依據課程內容可分成：電池概念不完整模式、電池雛型模式、電極混淆模式、電路雛型模式、電路進階模式、類科學模式與科學模式等七種心智模式，以下將說明化學電池的心智模式於研究二學生所回答情形作為範例說明。

此部分將以編號：MBI-06 學生為例，追蹤此學生的心智模式改變的情形(編號 MBI-06-01 為該學生前測；MBI-06-02 為該學生後測)，教學組別為建模本位探究教學組，此學生的科學概念前後測表現在該組學生中屬於「高成就組」，依據心智模式分類後，在教學前為「電極混淆模式」；教學後為「科學模式」，再輔以學生晤談資料說明此學生的心智模式，以下將說明 MBI-06-01 與 MBI-06-02 學生的作答內容以及心智模式分類情形。

MBI-06-01 的部分作答情形如從圖 4-3-5 所示，該學生能夠畫出鋅銅電池的基本元件，並且組合成一個正確的化學電池，尚能夠舉例(硝酸鉀、硫酸銅、硫酸鋅...等)，表示此學生已經建立完整的元件內容，且能夠對於相對應的電極、電解液、鹽橋與外電路舉例正確。

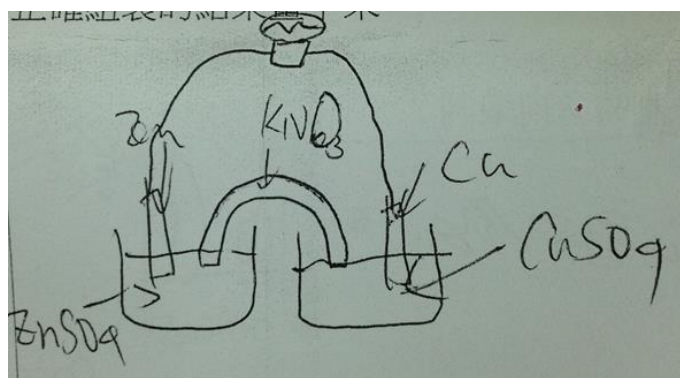


圖 4-3-5 研究二 學生回答情形

接續透過試卷內容檢視學生對於「元件與元件之間的關係」與反應的過程，此試題為回答問題，學生必須寫下「此電池組裝完成後，能運作的連接關係」的解釋，以下為學生回答的情形：

Cu 氧化釋出電子，由導線經燈泡後到 ZnSO₄，ZnSO₄ 分出 Zn²⁺、SO₄²⁻，Zn²⁺ 得到電子變成 Zn、SO₄²⁻，KNO₃ 解離的 K⁺ 和 NO₃⁻，NO₃⁻ 流入 CuSO₄ 的 Cu²⁺ 電中性。

從 MBI-06-01 回答的情形可知，該生對於電解液的解離概念正確，但是對於電子的運動情形，學生認為銅電極發生氧化反應而失去電子；接收電子的是鋅離子，並且鹽橋中的陰離子朝陰極移動，兩個概念與科學概念完全相反。綜合以上的資訊，MBI-06-01 學生以清楚了解元件的內容，並且擁有部分的科學概念，但是對於陰極與陽極混淆，並且電極、電路與電池的反應與科學概念相反，因此，MBI-06-01 的心智模式屬於「電極混淆模式」。

教學後，繼續追蹤 MBI-06 的心智模式，藉由心智模式編碼表與心智模式評鑑表確認後，此學生的心智模式為「科學模式」，並輔以學生晤談資料內容佐證，並將學生部分晤談內容於下方呈現。

此學生透過紙卡拼湊鋅銅電池時，在物件方面「電極」、「電解液」、「外電路」與「鹽橋」的選擇搭配皆為正確，因此，晤談者接續詢問物件的名稱與功能。

師：介紹一下各元件之間的特性，就是：「這叫什麼名稱，它的特性是什麼，他的功能是什麼？」

生：這叫鋅，他失去電子，擔任負極。這兩個是導線。銅的話，他接受電子，他是正極。硝酸鉀是鹽橋，他可以讓兩杯水溶液形成電中性。

師：哪這兩杯呢？（電極電解液）

生：水溶液，他可以讓離子流動。

師：有沒有什麼樣子的功能？

生：就是……這杯硫酸銅，他其實是接收鋅釋出來的電子；硫酸鋅就是接收鋅跑出來的鋅離子。

從上述的晤談內容可知，此學生對於元件功能皆屬於科學概念，例如：對於電極正負極的判斷、鹽橋與電解液的功能，甚至已經提到部分「電極與電解液之間關係」的內容，例如：硫酸銅會接收從鋅電極來的電子，並且鋅離子會流入硫酸鋅溶液中。

以下為晤談者對於提問「延伸思考關係」的問題，並提較高層次的問題並追問學生的想法(例如：化學電池的運作原理)，希望學生詳細說明與解釋其內部發生的機制。

師：讓電池運作還有什麼樣子的原理

生：化學平衡

師：化學平衡怎麼影響？

生：應該是正逆反應，正逆反應的話，正反應越大，電壓應該越大；逆反應越大，電壓應該越小

師：那正反應是和誰比？

生：正反應是和逆反應比

師：什麼叫做比較

生：就像是溫度，當溫度升高的時後，逆反應會提高比較多；正反應也會提高，可是逆反應會提高比較多，大部分的就是，右邊比較多所以往左邊，所以就是逆反應大於正反應。

師：好，除了溫度之外，還有什麼可以用化學平衡的想法來看？

生：就是硫酸鋅和硫酸銅的濃度

師：會造成什麼樣的結果？

生：就是硫酸鋅越高的話電壓就會下降，因為它的右邊反應的鋅二正會提高的話，逆反應大於正反應，所以它電壓就會變小；然後硫酸銅提高的話， Cu^{2+} 提高，正反應大於逆反應所以它電壓會變大。

藉由學生的回答方式可知，此學生對於化學電池的運作原理除了氧化還原外，尚有電極活性的差別、環境溫度的差異與兩杯電解液濃度的不同皆為化學電池運作的原理，並從訪談的內容中可看出，學生已經了解勒沙特略原理(未能精確的提及此名稱)，並且能夠藉由化學反應方程式中，反應物及產物的濃度改變，影響反應方向，而影響到化學電池電壓大小。並且能夠請處說明，當反應的條件改變之後(溫度或濃度)，對於正反應與逆反應之間的消長的情形，以及總反應的方向，由此可知，學生能夠了解其中的反應機制。因此，此學生已經能夠掌握「延伸思考關係」層次的問題。

綜合以上資訊，此學生對於電池的組成元件完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的元件之間的關係，以及完整的延伸思考關係，在「元件」、「元件與元件之間關係」與「延伸思考關係」此三個層次上，皆可看到相當充分的證據，因此，將此類學生依照化學電池的心智模型分類為「科學模式」。

二、化學電池心智模式的分佈情形

皆由心智模式編碼表與心智模式評鑑表分類後，將「建模本位探究組」與「簡單探究組」的結果整理後，呈現於表 4-3-3，並透過此表內容進行討論。

表 4-3-3 研究二 「建模本位探究組」與「簡單探究組」心智模式分佈情形

心智模式		建模本位探究		簡單探究	
		前測 N (%)	後測 N (%)	前測 N (%)	後測 N (%)
科學模式	科學模式	0	4 (36.4)	0	1 (8.3)
	類科學模式	1(9.1)	2 (18.2)	1 (8.3)	1 (8.3)
綜合模式	電路進階模式	1(9.1)	0	1 (8.3)	1 (8.3)
	電路雛型模式	1(9.1)	2 (18.2)	2 (16.7)	5 (41.8)
	電極混淆模式	1(9.1)	0	0	0
初始模式	電池雛型模式	6(54.5)	3 (27.6)	8 (66.6)	4 (33.3)
	電池概念不完整	1(9.1)	0	0	0

「建模本位探究組」有一位同學未參與後測，因此參與學生人數為 11 人。「建模本位探究組」的心智模式分佈從表 4-3-3 中可知，教學前學生的心智模式多集中於「電池雛型模式」達 54.5%，透過教學後發現，學生較集中於「科學模式」達 36.4%，透過教學可幫助學生產生科學模式。若將所有的心智模式分成三部分進行討論，教學前後心智模式比例改變的情形發現：教學前後，初始模式由 63.3% 降低至 27.6%；綜合模式由 27.3% 降低至 18.2%；科學模式由 9.1% 提升至 54.6%，可知，透過教學有助於提升科學模式與降低初始模式與綜合模型的比例。

「簡單探究組」參與學生為 12 人，並從表 4-3-0 中可知其心智模式分佈情形，教學前學生的心智模式多集中於「電池雛型模式」達 66.6%，透過教學後發現，學生較集中於「電路雛型模式」達 41.8%，透過教學有 1 位學生達科學模式。若將所有的心智模式分成三部分進行討論，教學前後心智模式比例改變的情形發現：教學前後，初始模式由 66.6% 降低至 33.3%；綜合模式由 25.0% 提升至 50.1%；科學模式由 8.3% 提升至 16.6%，可知，透過教學有助於提升科學模式與綜合模式並且降低初始模式的比例。

三、化學電池心智模式的演化途徑

研究二的心智模式演化途徑相同由「變化路徑的複雜性」與「心智模式間變化的機率」兩個面向決定，因此，追蹤每位學生的心智模式變化路徑，並且繪製成路徑圖，並將其結果於圖 4-3-6 與圖 4-3-7 呈現。

從圖 4-3-6 可知，透過「簡單探究」有 7 人(58.3%)的心智模式未發生變化，分別停留在電池雛型模式(4 人)、電路雛型模式(1 人)、電路進階模式(1 人)與類科學模式(1 人)。若從變化路徑的複雜性來看：由初始模式到綜合模式有一條；由綜合模式到科學模式有一條，共兩條心智模式變化的路徑；在推論演化路徑時，發現在「簡單探究組」心智模式的起點為「電池雛型模式」；終點則是在「科學模式」，因此，對於此教學法可繪製出一條演化途徑即是：從「電池雛型模式」經過「電路雛型模式」到「科學模式」。

從圖 4-3-7 可知，透過「建模本位探究」有 2 人(18.2%)的心智模式未發生變化，且皆停留在電池雛型模式。若從變化路徑的複雜性來看：由初始模式到初始模式有一條；初始模式到綜合模式有一條；由初始模式到科學模式有兩條；由綜合模式到綜合模式有一條；由綜合模式到科學模式有一條；由科學模式到科學模式有一條，共八條心智模式變化的路徑；在推論演化路徑時，心智模式的起點為「電池概念不完整」；終點是在「科學模式」，因此，對於此教學法可繪製出三條演化途徑，其中機率最高的心智模式演化途徑為：從「電池概念不完整」經過「電池雛型模式」、「電路雛型模式」、「類科學模式」到「科學模式」。

綜合上述資料，學生透過教學心智模式會發生改變，並且從「建模本位探究組」與「簡單探究組」比較發現，不同的教學方式會造成學生心智模式改變的情形不同，因此歸納出以下三點內容：一、透過不同程度的探究活動，皆可幫助學生朝「科學模型」發展；二、建模本位探究組的心智模式變化路線較簡單探究組複雜；三、兩組所產生的心智模式演化途徑不相同，提供不同教學目的使用。

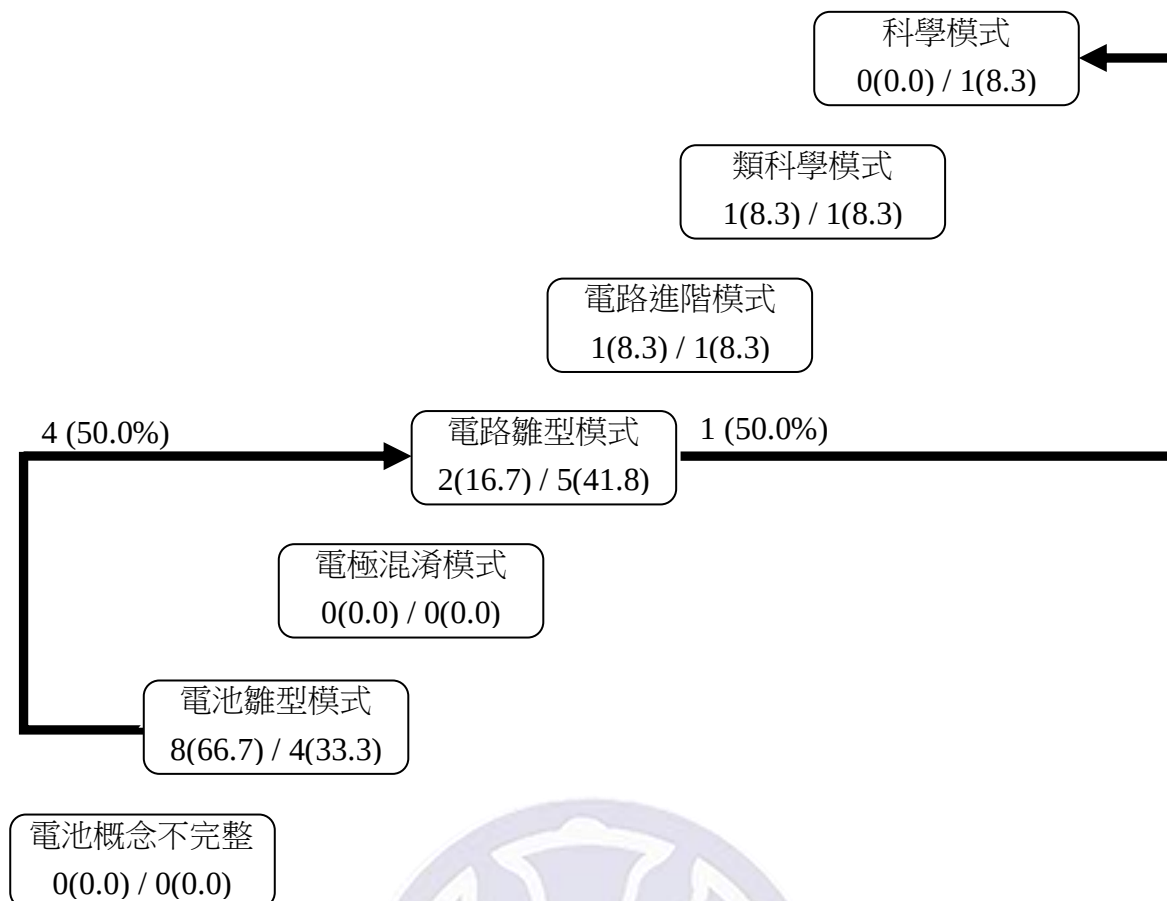


圖 4-3-6 「簡單探究組」之心智模式變化路徑

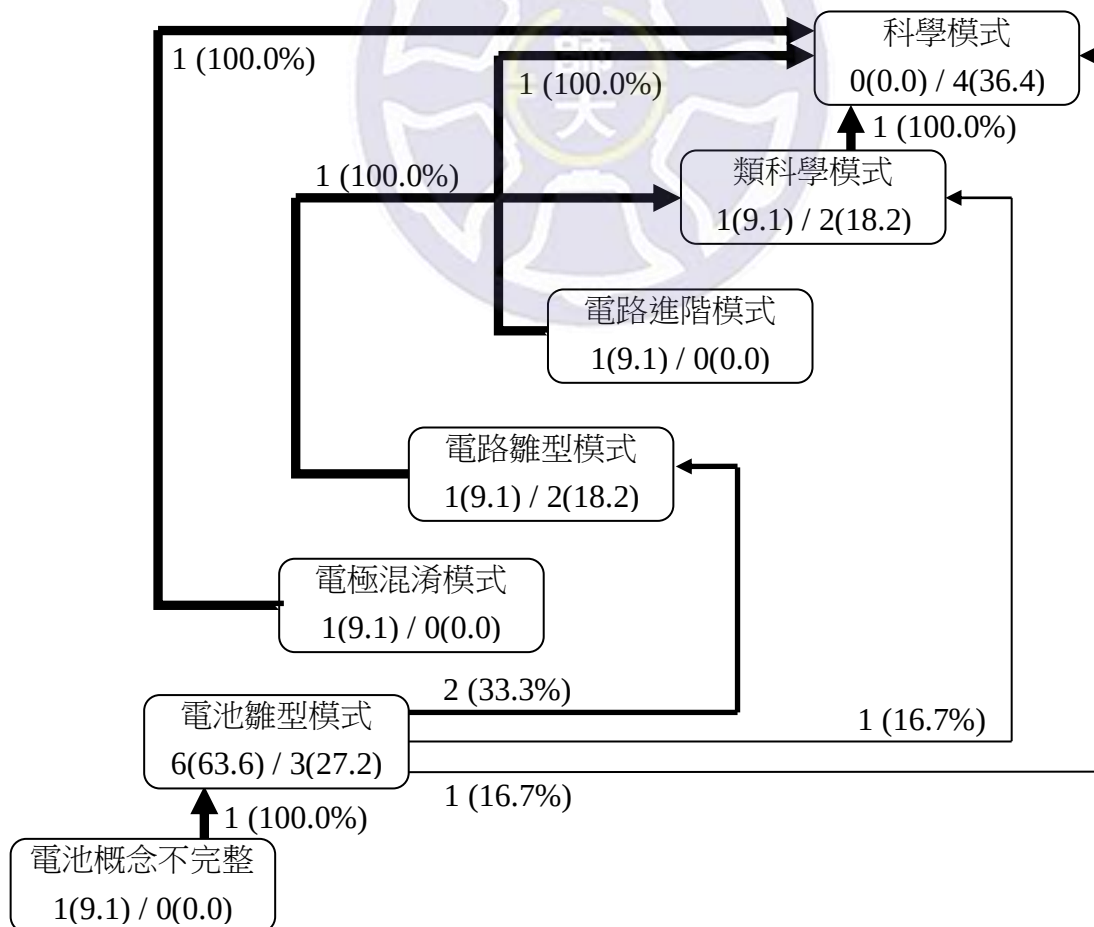


圖 4-3-7 「建模本位探究組」之心智模式變化路徑

發現與討論

從上述資料可知，不同的教學策略對於學生心智模式的改變情形有不同的情形，以下將依據心智模式改變的方式分成三部份說明與討論。

(一) 教學前學生並無特定的心智模式

研究一進行化學電池教學前可發現，學生對於化學電池的心智模式屬於破碎且不一致，必須增加一心智模式為「化學電池概念不完整」，屬於此心智模式之學生教學前達到 84%，教學後下降至 29%；並且追蹤研究二學生於此心智模式僅達 4%，此結果表示，教學前學生對於此科學概念尚未擁有完整的架構，因此呈現破碎與不一致的情況，透過教學可減少學生心智模式破碎與不一致的情形，並且發展出各心智模式。

(二) 建模教學促進學生的心智模式朝科學模式邁進

透過心智模式的變化路徑比較可發現，「建模文本組」所有的學生皆發生心智模式改變，並且心智模式改變路徑最多；「建模本位探究組」次之；「一般文本組」與「簡單探究組」皆有 50%以上的學生未發生心智模式改變，且變化路徑最少。由此可知，透過建模教學使學生的心智模式改變路線豐富，從教學後各心智模式所占的比例討論，建模教學在科學模式所占的比例皆為最高，因此，探究教學有助於學生心智模式朝科學模式前進。

(三) 心智模式演化路徑

利用機率的方式繪製出各教學法的心智模式演化途徑後，發現此四條心智模式演化途徑之交集為「電路雛型模式」。電路雛型模式已建立完大部分得元件概念，且理解少許的反應關係後，對於發展心智模式演化途徑的發展相當重要，當具備基本物件即少許關係後，才能發展出更為複雜的心智模式。因此，在教學時應幫助學生達到「電路雛型模式」此心智模式，如此一來才能提高學生學習更為複雜心智模式的機會。

第四節 化學電池的另有概念

Garnett & Treagust (1992)研究澳洲中學生對於電化學的另有概念，而 Sanger & Greenbowe (1997)承接 Garnett 與 Treagust 的研究內容，針對化學電池中的鹽橋探測其另有概念。本研究將其化學電池的另有概念整理於表 2-4-1，並在此章節針對試題中設計之另有概念選項整理於表 4-4-1，將做為接下來分析本研究學生對於另有概念的依據。

本研究之另有概念僅著重於研究一學生的答題情況以及概念改變進行討論，根據此討論方向，將本章節分成三部分：一、學生對於化學電池的另有概念分布情形：根據文獻所提及的另有概念，放入科學概念評量的選項中，藉以偵測於本研究學生之另有概念分布情形；二、不同教學法對於另有概念分布情形：透過不同教學觀察學生達概念改變的比例，以及另有概念重新分布的現象；三、小結：總合上述發現，針對化學電池的另有概念給予結論。藉由此三部分的討論更清出化學電池另有概念的分布情況，以及透過教學達概念改變主要的關鍵因素。

表 4-4-1 研究一 科學評量試題選項之另有概念

題號	選項	另有概念
9	(C)電子從 Y 電極經水溶液流向 X 電極	10a.電子從陰極進入電解液，並且通過電解液在陽極出現。
11	(B)易放出電子的電極，放出電子後到電子濃度較低的電極形成通路	3d. 電子由電子濃度較高的陽極，穿越外電路到電子濃度較低的陰極。
	(C)易放出電子的電極，放出電子後透過鹽橋中正離子的吸引到另一電極形成通路	10c.鹽橋中的正離子吸引電子從一半電池到另一半電池，形成電流。
	(D)易放出電子的電極，放出電子後透過電極所在的電解液中正離子的吸引到另一電極形成通路	1b. 水溶液中的正離子吸引電子穿越電解液。
13	(A)此電極累積較多的正電荷	11b.陽極因為失去電子，為正電荷；陰極因為得到電子，為負電荷。
	(B)此電極累積較多的電子	3b. 陽極為高電子濃度。

一、學生對於化學電池的另有概念分布情形

根據研究一的科學概念評量，分別在第九題的選項(C)；第十一題的選項(B)、選項(C)、選項(D)；第十三題的選項(A)、選項(B)，將化學電池的另有概念放入各題中，作為學生答題的選項；各題正確的選項為：第九題為選項(B)；第十一題為選項；第十三題的選項(C)。蒐集學生作答情形，並且將這三題的各選項統計選擇人數及百分比後，整理成圖 4-4-1 與表 4-4-2。

從表 4-4-2 與圖 4-4-1 中可得知，教學前第十一題與第十三題分別是由另有概念 10c，共有 19(37.3%)人選擇；另有概念 11b，共有 22 人(44.0%)選擇，作為各題選擇比例最高的選項；而第九題的另有概念 10a.則是該題比例第二高的選擇選項(27.5%)。由此可知，由 Garnett 與 Treagust 所提出的化學電池另有概念，在本研究中亦可發現表 4-4-2 所列出另有概念對學生的影響。

藉由教學的幫助，目的是能夠提升學生的科學概念，因此，從表 4-4-2 與圖 4-4-1 可知，透過教學在每個試題的科學概念皆為選擇比例最高的選項，由此可知，教學可以降低部分另有概念即錯誤概念選擇的比例，進而提升科學概念的比列。但，在圖 4-4-1 中第九題的選項(A)、第十一題的選項(B)、第十三題的選項(B)與選項(D)皆不是科學概念，透過教學比例僅有小幅度的減少，甚至有增加比列的現象，因此，於下個部分將依照兩組教學法的不同進行討論。

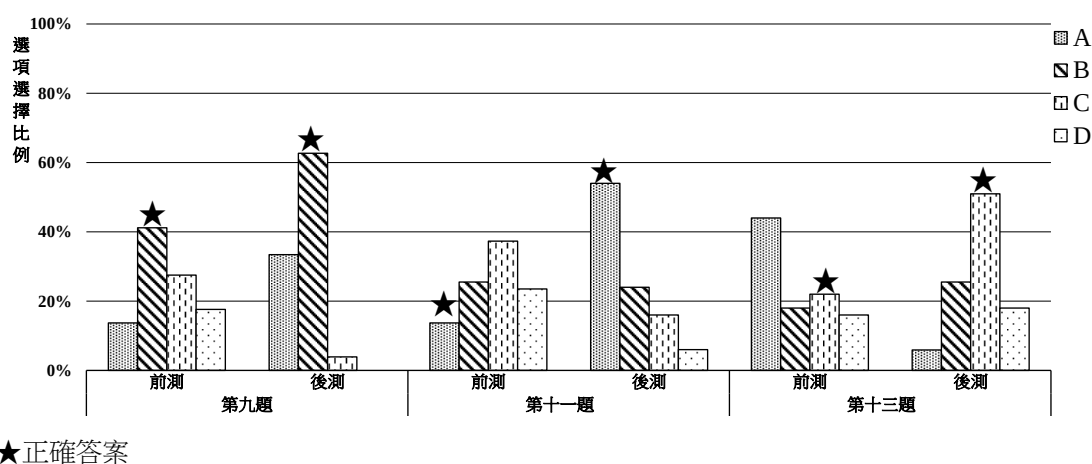


圖 4-4-1 研究一 選擇題選項教學前後選填情形

表 4-4-2 研究一 另有概念整體答題情形

題號	另有概念	前測 N (%)	後測 N (%)
9	(A) 錯誤概念	7(13.7)	17(33.4)
	(B) 科學概念	21(41.2)	32(62.7)
	(C) 電子從陰極進入電解液，並且通過電解液在陽極出現。	14(27.5)	2(3.9)
	(D) 錯誤概念	9(17.6)	0
11*	(A) 科學概念	7(13.7)	27(54.0)
	(B) 電子由電子濃度較高的陽極，穿越外電路到電子濃度較低的陰極。	13(25.5)	12(24.0)
	(C) 鹽橋中的正離子吸引電子從一半電池到另一半電池，形成電流。	19(37.3)	8(16.0)
	(D) 水溶液中的正離子吸引電子穿越電解液。	12(23.5)	3(6.0)
13**	(A) 陽極因為失去電子，為正電荷；陰極因為失去電子，為正電荷	22(44.0)	3(5.9)
	(B) 陽極為高電子濃度。	9(18.0)	13(25.5)
	(C) 科學概念	11(22.0)	26(51.0)
	(D) 錯誤概念	8(16.0)	9(18.0)

*建模文本組後測一位學生未作答，總樣本數為 50 人； **建模文本組前測一位學生未作答，總樣本數為 50 人

二、不同教學法對於學生在化學電池的概念改變情形

本研究分成「建模本位教學組」與「一般文本教學組」，在兩之間教學注重的面向未必相同，因此，教學後學生的表現也會不同。有鑑於此將在這部份將分成兩個面向進行討論：一、不同教學法在另有概念及錯誤概念間對學生的影響：主要依據教學前後選項分佈情形進行討論；二、不同教學法對於另有概念達概念改變的情形：討論另有概念的概念改變在這兩組教學法產生的情況。透過此兩面向的討論，有助於對於化學電池的另有概念較有效率的處理方式，並且可給予教師在選擇解決不同的另有概念或是錯誤概念時所參照的依據。

(一)不同教學法在另有概念及錯誤概念間對學生的影響

由第一部分可發現些許另有概念以及錯誤概念，透過教學未能有效的降低學生選擇的比例，在本研究中包含兩種教學組別，顧及兩種教學法之間的差異，將兩組學生在化學電池概念試題(I)中的第九題、第十一題與第十三題之答題情形整理於表 4-4-3 與圖 4-4-2，進行各教學組之間答題分布情形差異的討論。

表 4-4-3 研究一 另有概念於兩教學組答題情形

題 號	另有概念	建模文本教學		一般文本教學	
		前測	後測	前測	後測
		N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
9	(A) 錯誤概念	3(12.5)	3(12.5)	4(14.8)	14(51.8)
	(B) 科學概念	6(25.0)	21(87.5)	15(55.6)	11(40.8)
	(C) 電子從陰極進入電解液，並且通過電解液在陽極出現。	10(41.7)	0	4(14.8)	2(7.4)
	(D) 錯誤概念	5(20.8)	0	4(14.8)	0
11*	(A) 科學概念	2(8.3)	16(69.7)	5(18.5)	11(40.8)
	(B) 電子由電子濃度較高的陽極，穿越外電路到電子濃度較低的陰極。	9(37.5)	5(21.7)	4(14.8)	7(25.9)
	(C) 鹽橋中的正離子吸引電子從一半電池到另一半電池，形成電流。	7(29.2)	1(4.3)	12(44.4)	7(25.9)
	(D) 水溶液中的正離子吸引電子穿越電解液。	6(25.0)	1(4.3)	6(22.2)	2(7.4)
13**	(A) 陽極因為失去電子，為正電荷；陰極因為失去電子，為正電荷	14(60.8)	0	8(29.6)	3(11.1)
	(B) 陽極為高電子濃度。	2(8.7)	4(16.7)	7(25.9)	9(33.3)
	(C) 科學概念	4(17.4)	18(75.0)	7(25.9)	8(29.7)
	(D) 錯誤概念	3(13.1)	2(8.3)	5(18.6)	7(25.9)

*建模文本組後測一位學生未作答，為 23 人； **建模文本組前測一位學生未作答，為 23 人

從表 4-4-3 與圖 4-4-2 討論「建模文本教學組」於教學前後，學生選擇選項的變化情形可發現，在教學後，各題選擇科學概念的比例皆大幅上升，且皆為後測表現中比例最高的選項。若從錯誤概念來看，各題選項的比例皆降低；而另有概念，除了第十三題的選項(B)選項有小幅度上升外，其餘的另有概念皆有明顯下降的情形，例如：第九題的選項(C)與第十三題的選項(A)皆沒有學生選取這些另有概念。

綜上所述可知，透過建模文本教學有助於學生對於科學概念的選擇與降低學生另有概念與錯誤概念的比例，另外，針對另有概念小幅度上升的情形，以及與一般文本在答題情形比較，將於第三部分進行說明。

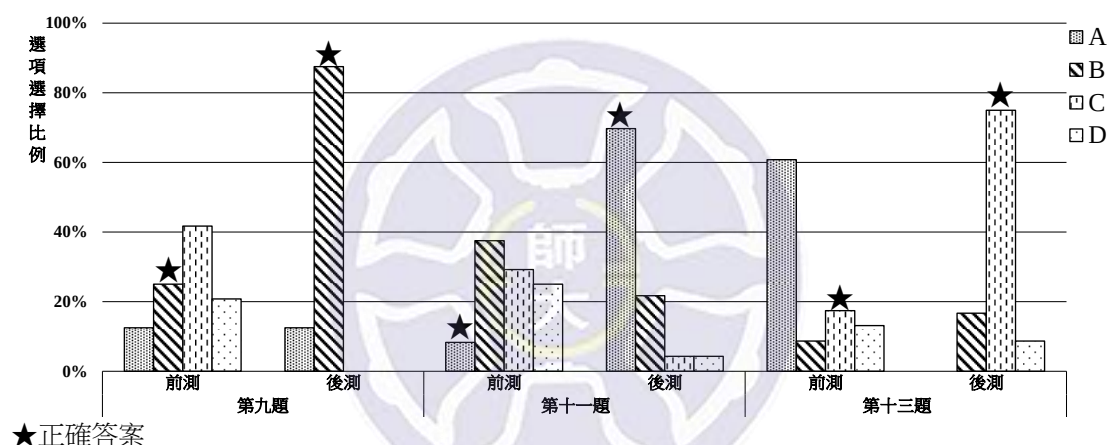


圖 4-4-2 研究一 「建模文本教學組」選擇題選項教學前後選填情形

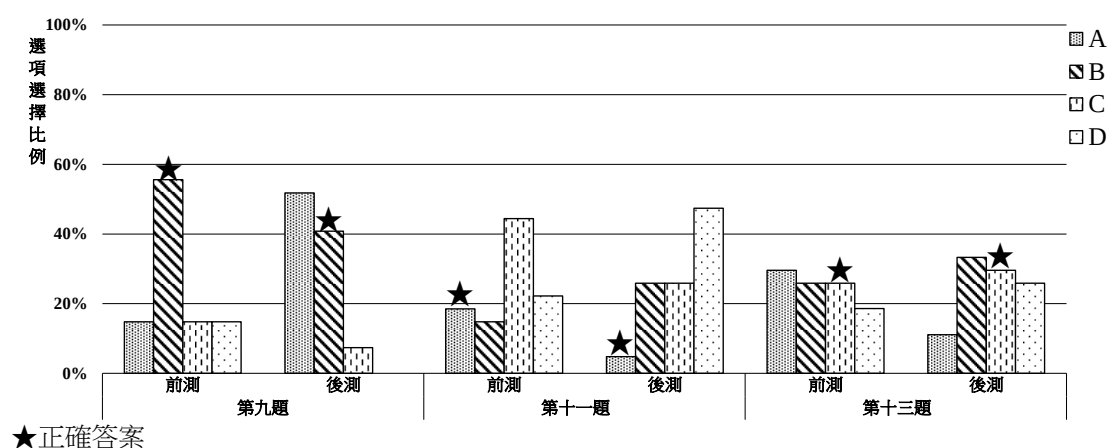


圖 4-4-3 研究一 「一般文本教學組」選擇題選項教學前後選填情形

根據表 4-4-3 與圖 4-4-3 討論「一般文本教學組」於教學前後學生答題情形發現，對於科學概念第九題與第十一題在教學後比例下降，僅第十三題的科學概念在教學後有小幅度的上升；針對錯誤概念，除了第九題的選項(D)教學後無人選答外，其餘選擇錯誤概念的比例皆有上升，又以第九題的選項(A)最為明顯；對於另有概念，在第九題的選項(C)、第十一題的選項(C)、第十三題的選項(A)皆有小幅下降的情形，而在第十一題的選項(B)與選項(D)、第十三題的選項(B)皆為上升的情形。從上列資料可知，透過一般文本教學，對於學生在另有概念與錯誤概念選擇的比例表現上，未優於建模文本教學組。

針對上述的內容，將以兩點進行討論：一、透過不同教學方式教學後，對於減少學生錯誤概念的影響；二、透過不同教學方式教學後，針對另有概念的影響。並將討論的內容，呈現於第三部分。

(二)不同教學法間另有概念的概念改變情形

針對「建模文本教學組」與「一般文本教學組」的另有概念進行討論，並將各組發生概念改變的情形整理於表 4-4-4，發現兩組發生概念改變的情形不同，因此，將對於此現象進行比較與說明。

針對本研究所觀察的另有概念透過教學發現，除了 3d.此另有概念未發生概念改變外，其他的另有概念皆發生概念改變的情形；對於「建模文本教學組」除了 3d.的另有概念外，其餘達概念改變的比例皆高於 60%，其中又以 11b.的另有概念達概念改變的比例為 85.7%，可知，大部分在本研究中所提出的另有概念中，透過建模文本教學可促使學生發生概念改變，促進學生學習；在「一般文本教學組」的另有概念透過教學後，達概念改變的比例皆小於 50%，因此，大部分在本研究中的另有概念透過一般文本教學並不能有效的發生概念改變。

對於上述現象，以兩教學組於教材內容以及教師教學方式的差異進行分析，並針對以下兩點討論：一、建模文本教學與一般文本教學在教材內容與教師教學方式對於概念改變的影響；二、針對未發生概念改變發生的另有概念進行討論。

表 4-4-4 「建模文本教學組」與「一般文本教學組」對於另有概念發生概念改變情形

另有概念	建模文本教學		一般文本教學	
	概念改變	未概念改變	概念改變	未概念改變
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
10a. 電子從陰極進入電解液，並且通過電解液在陽極出現。	6 (60.0%)	4 (40.0%)	1 (25.0%)	3 (75.0%)
3d. 電子由電子濃度較高的陽極，穿越外電路到電子濃度較低的陰極。	6 (66.7%)	3 (33.3%)	2 (50.0%)	2 (50.0%)
10c. 鹽橋的正離子吸引電子從一半電池到另一半電池，形成電流。	5 (71.4%)	2 (28.6%)	4 (33.3%)	8 (66.7%)
1b. 水溶液中的正離子吸引電子穿越電解液。	4 (66.7%)	2 (33.3%)	2 (33.3%)	4 (66.7%)
11b. 陽極因為失去電子，為正電荷	12 (85.7%)	2 (14.3%)	2 (25.0%)	6 (75.0%)
3b. 陽極為高電子濃度。	0	2 (100%)	0	7 (100%)

三、發現與討論

從上述資料可知，不同的教學策略對於對於學生科學概念、錯誤概念與另有概念的選擇比例有不同的情形，以下將依據學生教學前後的作答情形分成三部份說明與討論。

(一) 建模文本提升科學概念的選擇比例

建模文本中利用「想想看」與「課堂任務」(見表 3-3-6)做為學生學習的鷹架，使學生在學習的過程中能夠以較有系統與架構的方式進行學習，此方式有助於學生建立科學概念，因此，建模文本組於的科學概念選擇比例皆有超過 65%的選擇比例。相對於一般文本的科學概念選擇情形，在教學後兩提的選擇比例僅有 41%，另外一個科學概念皆低於 30%。由此可知，建模文本教學，透過文本外顯式鷹架的幫助有利於學生學習化學電池的科學概念。

(二) 化學電池的另有概念分佈情形

本研究試題的設計刻意將化學電池的另有概念放置選擇提選項中，以調查學生是否具有文獻中的另有概念。從教學前選擇提分佈情形可知，刻意放入選擇題中的另有概念選項，其選擇比例於第十一題即的十三題皆高於科學概念與錯誤概念，在第九題是第二高的選擇比例。由此可知，本研究對象對於存在特定的化學電池的另有概念。

(三) 建模文本促進學生對於化學電池的另有概念產生概念改變

「一般文本組」的另有概念達概念改變的情形，皆低於 50%；「建模文本組」的另有概念達概念改變的情形，除了「3b.陽極為高電子濃度」的另有概念外，其於的另有蓋年大概概念改變情形皆高於 60%。由此可知，「建模文本組」有利於另有概念發生概念改變。其中，以「3b.陽極為高電子濃度」於「建模文本組」以及「一般文本組」的學生皆未發生概念改變的情形，由教師上課教材推論，圖 4-4-4 為教師上課所使用於介紹鋅銅電池反應機制的投影片。以下為節錄教師於此部份的文字資料：

鋅會變成鋅離子加上兩個電子，電子會跑向銅電極；鋅離子會跑向這杯溶液(指著硫酸鋅)。銅棒要發生什麼事情？銅要接收電子，請問誰接收電子？這一杯溶液(指著硫酸銅)的銅離子，銅離子二正接收電子後變成什麼東西？銅原子。

在課堂中教師強調，左方鋅電極為電子流出的位置，而銅電極接收電子，並且是由銅離子接收電子變成銅原子，尚未強調此事件主要為同時發生同時消失(氧化還原的概念)，學生會有電子濃度之間(陽極為起點濃度高；因極的電子被同離子吸收濃度低)的差異情形。

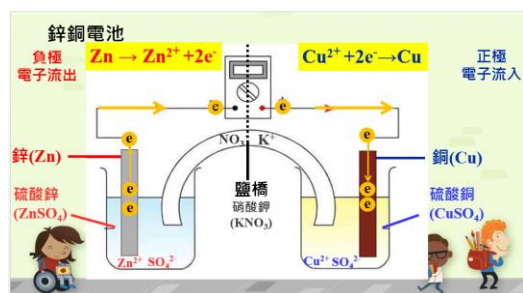


圖 4-4-4 鋅銅電池介紹之上課投影片

第五節 建模能力與科學概念的相關

本節主要的目的為討論建模能力與科學概念之間的相關程度，透過相關程度的呈現更能夠說明培養學生建模能力的同時科學概念改變的情形，並且深入了解面對不同科學概念程度的學生在建模能力上表現以及兩者間的相關情形。

藉由「化學電池概念試題(Ⅰ)」、「化學電池概念試題(Ⅱ)」與「化學電池建模能力問卷」所得到的科學概念與建模能力後，依據呈現的資料形式不同，將針對兩者的相關程度以 SPSS 軟體分別進行皮爾森相關(Pearson's correlation)或斯皮爾曼等級相關(Spearman's rank correlation)之統計鑑定。以下將分成三部份進行討論：一、整體科學概念與建模能力的相關情形；二、不同程度的科學概念與建模能力的相關情形；三、發現與討論，透過此三部份的討論，將對於本研究科學概念與建模能力的相關有更清楚了解。

一、整體科學概念與建模能力的相關情形

(一)科學概念與建模能力之描述性統計

研究一與研究二接針對學生的科學概念與建模能力進行評量，因此，依據此結果，分別進行統計考驗，以下將針對科學概念與建模能力的資料性質了解後，依據資料性質選擇正確的相關統計類型。

表 4-5-1 研究一與研究二 科學概念與建模能力

建模歷程	研究一 (N=51)		研究二 (N=23)	
	Mean*	SD*	Mean	SD
科學概念總分	50.51	2.76	63.55	3.07
模型選擇	3.18	0.26	2.66	0.16
模型建立	2.25	0.21	3.03	0.09
模型效化	2.24	0.21	2.18	0.23
模型應用	1.35	0.18	1.23	0.15
模型調度	1.90	0.14	1.16	0.18
平均建模能力	2.18	0.15	2.05	0.12

*能力層級的平均；**建模能力層級的標準差

(二)科學概念與建模能力之推論性統計

研究一的科學概念的原始資料為學生「作答分數」；建模能力的原始資料為「能力層級」，兩者資料性質不同，因此，為了配合能力層級的資料性質，將科學概念的原始資料轉換成「學生分數排名」，並且排名第一名表示分數後測表現最差，最後，進行斯皮爾曼等級相關(Spearman's rank correlation)統計鑑定。研究二，科學概念的原始資料為學生「作答分數」；建模能力的原始資料透過編碼評分表形成「建模能力分數」，兩者資料性質相同，因此，進行皮爾森相關(Pearson's correlation)。將兩相關考驗的統計結果整理於表 4-5-2 與表 4-5-3。

表 4-5-2 研究一 科學概念(名次)與建模能力斯皮爾曼等級相關檢定摘要表

科學概念-名次 (N=51)	建模歷程之建模能力					
	模型 選擇	模型 建立	模型 效化	模型 應用	模型 調度	平均 建模能力
相關係數	0.87***	0.68***	0.82***	0.74***	0.31***	0.95***
顯著性(雙尾)	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001

***p < .001

表 4-5-3 研究二 科學概念與建模能力之皮爾森相關檢定摘要表

科學概念 (N=23)	建模歷程之建模能力					
	模型 選擇	模型 建立	模型 效化	模型 應用	模型 調度	平均 建模能力
相關係數	0.34	0.71***	0.45*	0.27	0.51*	0.59**
顯著性(雙尾)	.113	< .001	.031	.218	.013	.003

* p<.05；**p < .01；***p < .001

根據表 4-5-2 所示，研究一的科學概念(名次)與各建模歷程之建模能力分別於模型選擇($r = 0.87$, $p < 0.001$, 高相關)、模型建立($r = 0.68$, $p < 0.001$, 高相關)、模型效化($r = 0.82$, $p < 0.001$, 高相關)、模型應用($r = 0.74$, $p < 0.001$, 高相關)、模型調度($r = 0.31$, $p < 0.001$, 中相關)與平均建模能力($r = 0.95$, $p < 0.001$, 高相關)皆達顯著相關。針對研究一的統計結果可知，科學概念與各建模歷程之建模能力呈現線性關係，除了模型調度外，其餘建模歷程之建模能力與科學概念屬於高程度正相關。

根據表 4-5-3 所示，研究二的科學概念與各建模歷程之建模能力分別於模型建立($r = 0.71$, $p < 0.001$, 高相關)、模型效化($r = 0.45$, $p = 0.031$, 中相關)、模型調度($r = 0.51$, $p < 0.013$, 中相關)與平均建模能力($r = 0.59$, $p = 0.003$, 中相關)皆達顯著相關。對於研究二的統計結果顯示，科學概念與模型建立、模型效化、模型調度和平均建模能力為線性關係，並且呈現正相關。

二、不同程度的科學概念與建模能力的相關情形

(一)不同程度的科學概念與建模能力之描述性統計

研究一的研究對象有 51 人，依據學生在科學概念的表現分成高成就(前 25%, $N=13$)、中高成就(25%~50%, $N=13$)、中低成就(50%~75%, $N=13$)與低成就(前 75%~100%, $N=12$)，由此四組進行相關統計檢定。研究二的研究對象為 23 人(1 位學生未參與建模能力問卷後測)，顧及人數過少僅依據科學概念的表現分成高成就(前 50%, $N=11$)與低成就組(後 50%, $N=12$)，由此兩組進行相關統計檢定。並將兩研究之科學概念總分即各建模歷程之建模能力整理於表 4-5-4 與表 4-5-5。

表 4-5-4 研究一 不同程度之科學概念與建模能力

建模歷程	高成就 ($N = 13$)		中高成就 ($N = 13$)		中低成就 ($N = 13$)		低成就 ($N = 12$)	
	Mean*	SD*	Mean*	SD*	Mean*	SD*	Mean*	SD*
科學概念總分	77.42	5.89	55.62	5.61	41.46	4.18	25.63	4.58
模型選擇	5.00	0.00	4.15	1.28	2.54	1.33	0.83	0.83
模型建立	3.92	1.55	2.15	0.90	1.62	0.96	1.25	0.75
模型效化	3.85	1.07	2.69	0.85	1.69	1.11	0.58	0.67
模型應用	2.77	0.83	1.69	1.11	0.62	0.65	0.25	0.45
模型調度	2.23	0.83	2.00	1.29	1.77	0.93	1.58	0.67
平均建模能力	3.55	0.41	2.54	0.45	1.65	0.40	0.90	0.32

*能力層級的平均；**建模能力層級的標準差

表 4-5-5 研究二 不同程度之科學概念與建模能力

建模歷程	高成就(N= 11)		低成就(N= 12)	
	Mean	SD	Mean	SD
科學概念總分	75.76	11.61	52.36	5.07
模型選擇	2.87	0.85	2.48	0.67
模型建立	3.19	0.47	2.87	0.38
模型效化	2.54	1.11	1.84	1.07
模型應用	1.28	0.85	1.19	0.65
模型調度	1.44	0.88	0.90	0.77
平均建模能力	2.27	0.62	1.86	0.50

於表 4-5-4 與表 4-5-5 可知，在各建模歷程間之建模能力隨著科學概念分數的下降而有遞減的趨勢，但兩者間是否為線性關係即互為解釋程度的大小，則須透過相關統計考驗才能確定。

(二)不同程度的科學概念與建模能力之推論性統計

根據兩研究的資料性質不同分別進行不同的統計相關考驗，於研究一資料性質為順序尺度，因此使用斯皮爾曼等級相關統計檢定；研究二資料性質為比例尺度，因此使用皮爾森相關統計檢定，並將其統計結果整理於表 4-5-6 與表 4-5-7。

由表 4-5-6 可知，對於研究一，高成就組的科學概念與平均建模能力($r = 0.61$, $p=0.027$, 高相關)皆達顯著相關，表示兩者達線性關係且達高度相關。其中模型選擇之建模能力此 13 位同學皆為層級五，因此，科學概念與模型選擇之建模能力在統計尚無意義；中高成就組科學概念與建模能力則無任何相關；中低成就組的科學概念與模型效化之建模能力($r = 0.60$, $p=0.031$, 高相關)皆達顯著相關，表示兩者達線性關係且達高度相關；低成就組的科學概念與平均建模能力($r = 0.61$, $p=0.034$, 高相關)皆達顯著相關，表示兩者達線性關係且達高度相關。由此可知，在研究一中發現，對於不同程度科學概念的學生與各建模歷程知建模能力的層級有著不同類型的相關情況，其內容對於培養學生建模能力與科學概念間的關係將於第三部份討論。

表 4-5-6 研究一 不同程度的科學概念與建模能力斯皮爾曼等級相關檢定摘要表

			建模歷程之建模能力					
			模型 選擇	模型 建立	模型 效化	模型 應用	模型 調度	平均 建模能力
科學概念	高成就	相關係數		0.48	0.24	0.06	0.28	0.61*
	(N= 13)	顯著性(雙尾)		.097	.426	.837	.360	.027
	中高成就	相關係數	0.28	0.11	-0.06	0.07	0.48	0.55
	(N= 13)	顯著性(雙尾)	.346	.718	.841	.817	.095	.051
	中低成就	相關係數	0.30	0.49	0.60*	-0.39	-0.40	0.42
	(N= 13)	顯著性(雙尾)	.316	.088	.031	.194	.180	.153
念	低成就	相關係數	0.45	0.47	0.29	0.03	0.13	0.61*
	(N= 12)	顯著性(雙尾)	.142	.121	.364	.931	.682	.034

* p < .05

表 4-5-7 研究二 不同程度的科學概念與建模能力皮爾森相關檢定摘要表

			建模歷程之建模能力					
			模型 選擇	模型 建立	模型 效化	模型 應用	模型 調度	平均 建模能力
科學 概念	高成就	相關係數	0.36	0.81**	0.30	0.35	0.66*	0.61*
	(N= 12)	顯著性(雙尾)	.284	.003	.369	.286	.028	.047
	低成就	相關係數	-0.09	0.72**	0.53	0.44	0.02	0.44
	(N= 11)	顯著性(雙尾)	.780	.009	.079	.156	.942	.157

* p < .05 ; **p < .001

由表 4-5-7 可知，對於研究二，高成就組的科學概念與模型建立($r = 0.81$, $p=0.003$,高相關)、模型調度($r = 0.66$, $p=0.028$,高相關)與平均建模能力($r = 0.61$, $p=0.047$,高相關)皆達顯著相關，表示科學概念與上述之建模能力兩者間為線性關係且達高度相關；低成就組的科學概念與模型建立之建模能力($r = 0.72$, $p=0.009$, 高相關)達顯著相關，表示兩者為線性關係且達高度相關。於上述的資料中可知，不同程度的科學概念與建模能力的相關情形亦不同。

三、發現與討論

從上述資料中可知，針對不同程度的科學概念與建模能力間的相關討論，可歸納出以下三點的內容。

(一) 學生建模能力高低與科學概念程度有相關

對於學生整體的科學概念與建模能力進行相關的統計考驗可知，無論研究一與研究二在這兩者之間分別在模型建立、模型效化、模型調度與平均建模能力皆呈現線性關係，並且皆屬於中高成度的相關。換句話說，對於上述所提及的建模歷程之建模能力越高，則學生在科學概念的表現也會越好。因此，在教學時，應強調學生提升學生的建模能力，一但提升建模能力亦會促進學生對於科學概念學習的成效。

(二) 不同科學概念程度的學生與建模能力相關情形不同

從上述結論中可知，提升建模能力有助於提升學生的科學概念，若在更細分成不同程度的科學概念時會發現：不同程度的科學概念與建模能力之間的相關情形不同。因此，以下將詳細說明此情形。

針對研究一的相關情形可發現，高成就組與低成就組僅在平均建模能力與科學概念，呈現線性關係與的高度正相關；低成就組是在模型效化呈現線性關係與的高度正相關；中高成就組則未呈現任何相關情形。由此推論，不同的科學程度與建模能力有不同的相關情形。根據上述的內容可知，對於高成就組與低成就組必須培養學生整體的建模能力，方能促進學生於科學概念的學習；而中低成就組培養學生模型效化之建模能力，即能促進學生於科學概念的學習。可見，不同建模歷程之建模能力利於不同程度學生學習科學概念。

針對研究二的內容可知，高成就組於模型建立、模型調度與平均建模能力，呈現線性關係與的高度正相關；低成就組是在模型建立呈現線性關係與的高度正相關。根據上述的內容可知，對於高成就組培養學生模型建立、模型調度與平均的建模能力，方能促進學生於科學概念的學習；而低成就組培養學生模型建立之建模能力，即能促進學生於科學概念的學習。再次說明，不同建模歷程之建模能力利於不同程度學生學習科學概念。

(三) 培養不同建模歷程之建模能力促進不同成就的學生提升科學概念

由上述資料可知，針對兩研究的學生而言，高成就組的科學表現與高層次的建模歷程(如：模型應用、模型調度)有相關，其中，高層次建模歷程著重於情境改變時，使用已效化的模型對於情境解釋，因此，學生必須熟悉「效化後的模型」才能進入高層次建模歷程的層次。對於高成就的學生而言，相較於其它組別的同學科學概念較為完備，因此擁有「已效化的模型」機率大於其它組的學生。由此推論，高成就學生發展高層次的建模歷程以培養建模能力，即可提升學生於科學概念的表現。

由本研究之資料指出，對於中低成就或低成就學生分別與「模型建立」與「模型效化」等低層次的建模能力達高度相關，而模型建立與模型效化尚在產生模型的階段，學生必須了解元件之間的關係並且使用其他方法(理論)檢驗此模型的正確性。中低成就或低成就學生科學概念表現並不完備，對於元件的性質或是元件間的關係並不完整。由此可知，中低成就或低成就學生發展低層次的建模歷程以培養建模能力，即可提升學生於科學概念的表現。

綜上所論，建模能力與科學概念彼此相符相成，因此，透過選取不同建模歷程教學進而培養學生的建模能力，對於學生的科學概念是有正向的影響。並且，若能針對不同程度的學生，設計不同建模歷程的課程內容，能更為聚焦並有效率的提升學生的科學概念。此作法有利於中學階段教師教學時，針對學生程度的不同，而選擇不同的授課內容與方式，能夠更有效率的提升學生的科學概念與建模能力，以面對目前班級中學生程度分佈不均的情形。

第伍章 結論與建議

本研究著重在建模文本與建模本位教學之相關理論，於國中科學課程實施的情形，並針對學生在科學概念、建模能力與心智模式的改變進行探討。以下將針對先前研究者所提出關於建模教學的挑戰，於本研究中所企圖修正之方式進行說明，並提出本研究之發現。

Schwarz(2009)提出關於建模本位教學將遭遇的挑戰，可分成兩部分，第一部分來自於教師對於科學課程的信念改變，教師必須從僅提供「固定」答案的教學方式，進而轉換成以證據為導向的知識建構方式進行教學，此教師信念的改變為建模教學現今所遭受的挑戰之一；第二部份來自於學生於科學學習中的情形，建模教學即為學生仿效科學家建立模型的過程，其中，科學家透過發表模型，並使用模型解釋或預測，因此，在建模教學中，必須著重於學生「發表」自行所產生的模型，使學生能夠有機會「發表」。此兩部分皆為教學活動中極為重要的角色，因此，建模教學能夠落實，必須克服上述的挑戰。關於本研究針對上述兩點的修正情形，將分成以下三點進行說明：

一、教學文本的改編與使用情形

透過教科書文本的改變，除了將建模歷程外顯化外，另一個主要的功能則是提供情境的改變，一方面是希望學生經由情境的改變修正與精緻化所建立的模型，另一方面則是間接的提醒教師，科學並不是「固定」的答案，而是透過證據為導向方式，所形成的成果。因此，教學文本的改編與設計，除了能夠作為學生學習之鷹架外，亦能夠幫助教師對於「科學」能有不同的認識，並用以克服上述所提及的挑戰。

二、教學活動設計的內容

與本研究中第二部分的教學活動設計，由學生主導研究的進行，透過學生自行訂定研究內容與設計研究流程，藉以提升學習的興趣與動機外，尚能降低原先科學教室中存在的教室文化，當學生擺脫此教室文化後，更可破除既定的「規

範」。根據自行規劃的研究內容所得到的資訊為主要的證據來源，並做為建模模型所需要的重要指標。

三、教學活動進行的方式

Hestenes(2010)提到教師進行建模教學活動時，學生能夠聽取同儕間的想法而產生學習，此觀點與 Schwarz(2009)的觀點相互契合。Hestenes 進一步指出，針對課室當中，若學生使用「小白板」發表想法，更能夠在教室中產生更為豐富的教師與學生、學生與學生之間的互動。因此，本研究之教學活動的討論方式即使用此工具，能夠促進學生有效率的「發表」想法，並使教學流程更為順暢。

透過上述三點的修正，克服建模教學的所面臨的挑戰，並從此為出發點，更能夠發現更多實施建模教學所帶來的現象。以下將針對整理本研究的發現，並提出本研究的限制以及未來的研究方向。

第一節 結論

根據第四章的研究結果所呈現的內容，並針對本研究之研究目的，將其歸納成以下三點作為本研究之結論：

結論一、建模文本與建模本位探究教學增進學生科學概念的學習效果

學生模擬科學家建構模型與產生知識的過程，並使用模型對於世界進行預測與解釋，無非是科學課堂中最理想的情境。透過建模教學的方式，建立鷹架來幫助學生學習較為複雜的科學概念，並以較為系統性的方式，達到增進學生科學概念的學習效果。根據研究結果顯示，使用建模教學的組別其科學概念優於一般教學組並且達顯著差異。

結論二、建模文本與建模本位探究教學提升學生建模能力的發展

藉由外顯化建模歷程的幫助以及以學生為中心的討論方式，皆為建模本為探究教學主要的安排。透過外顯化的建模歷程，使學生在學習的過程中更有方向極

目標；學生為中心的討論方式，則是提供許多機會讓學生發表自己的觀點，並且使用所產生的模型進行解釋，或是聽取其他的想法，藉此精緻化與修正所建立的模型。根據本研究結果指出，透過建模教學的學生之建模能力皆優於一般教學且達顯著差異。

結論三、建模文本與建模本位探究教學促進學生心智模式的改變

增加不同情境的探究問題與以學生為中心的方式，屬於建模本位探究教學規劃中的一部份。使學生思考不同情境的問題，以及自行選擇探究的主題皆能夠使得學生的心智模式產生更大幅度的變化，並且擁有更複雜的變化情形。根據研究結果，透過建模教學的學生心智模式改變的情形要一般教學明顯。

第二節 研究意涵

針對本研究所對於科學教育所帶來的意義，將針對鼓勵教師使用建模本位教學的原因，整理成以下三點說明：

一、教材內容的設計

根據本研究之結果可知，一般文本依據九一貫課程綱要所設計，並未加入建模歷程的架構，因此，學生透過一般文本教學僅仍提升較低階層的建模能力，為能提升高階層的建模能力。在本研究中，以外顯化的方式將建模歷程明確的列出後發現，此方式能夠有效的提升學生各面向的建模能力。因此，教學者若以培想學生建模能力為教學目標，則建議對於一般文本進行修正，並配合建模教學以提升學生的建模能力。

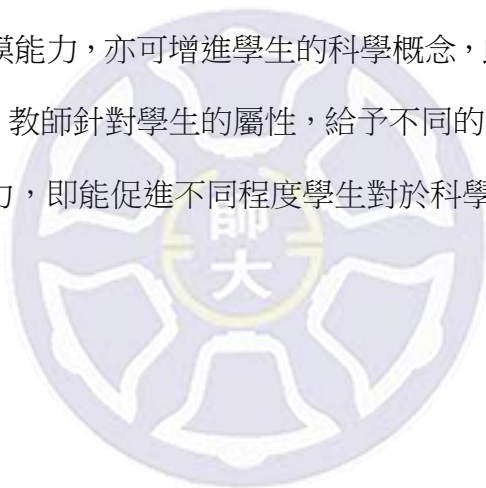
二、教學內容的改變

以學生為中心的教學方式，提供學生更多討論與反思的機會。針對研究問題與研究流程，皆由各小組自行討論與決定，與教師溝通後則開始蒐集資料。本研

究中以白板的發表的方式，學生可使用各種表徵，發表各組的研究成果，透過小組間的比較與討論，增高了學生經歷模型效化的機會。從心智模式的改變情形可知，多元、彈性且以學生為中心的教學模式，有利於學生發生心智模式的改變，並且產生更為豐富的心智模式。

三、提升學生建模能力便能夠增進科學概念

從本研究的内容可知，建模能力與科學概念間並不互相衝突，兩者具有高度相關，因此培養建模能力便能夠增進科學概念。在目前教學中，增進科學概念的要求仍為教師主要的目的，而透過提升建模能力亦能幫助教師達到教學目標。對於國中階段學生而言，科學概念的程度參差不齊，於本研究的内容指出，透過培養不同建模歷程之建模能力，亦可增進學生的科學概念，此一内容更能推動教師使用建模教學。因此，教師針對學生的屬性，給予不同的教學目標，並且培養不同建模歷程之建模能力，即能促進不同程度學生對於科學概念的學習。



第三節 未來工作與研究方向

基於本研究之結果，針對未來的研究方向提出以下三點內容：

一、建立建模能力的架構

從文獻中可知建模能力包含建模實作(modeling practice)與後設知識(metaknowledge)此兩部份(Nicolaou, 2010; Papaevripidou, 2012; Papaevripidou, Nicolaou, & Constantinou, 2014)。針對本研究的建模能力，僅為部份的建模能力，尚未包含模型本質與後設建模知識等的建模能力。因此，在未來應更清楚的掌握建模能力的架構，以利於更為準確的判斷學生的建模能力。

二、擴充建模評量的範圍

本研究的建模評量僅針對特定領域之建模能力，尚未設計較為全面性的建模能力評量，因此，透過建模能力架構的建立，亦可擴充建模評量的範圍。若從評量的性質來看，本研究所設計的評量較屬於總結性評量，若能設計行程評量，則能夠更為清楚的了解學生透過建模教學過程中變化的情形，並且配合教學方式的多元，應該開發相互配合的評量內容。

三、進行長期建模本位探究教學

本研究的課程內容，尚未完成完整的建模歷程，因此，部份建模歷程之建模能力尚未於本研究中得知。依據本研究的研究成果可知，越高層次的建模歷程須透過長時間的教學，才能提升學生高層次建模歷程之建模能力。因此，希望透過長期的建模本位探究教學，能夠使學生經歷更為完整的建模歷程，對於研究而言，亦有助於了解建模歷程的起點與限制(Schwarz,2009)。

參考文獻

一、中文文獻

- 吳百興, 張耀云, & 吳心楷. (2010). 科學探究活動中的科學推理. *Research and Development*, (56), 53-74.
- 張志康, & 邱美虹. (2009). 建模能力分析指標的發展與應用-以電化學為例. *科學教育學刊*, 17(4), 319-342.
- 劉宏文, & 張惠博. (2001). 高中學生進行開放式探究活動之個案研究-問題的形成與解決.

二、英文文獻

- Apedoe, X. S. (2008). Engaging students in inquiry: Tales from an undergraduate
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Chang, H.-Y., Quintana, C., & Krajcik, J. S. (2010). The impact of designing and evaluating molecular animations on how well middle school students understand the particulate nature of matter. *Science Education*, 94(1), 73-94.
- Chi, M. T. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. *International handbook of research on conceptual change*, 61-82.
- Chiu, M. H., & Chung, S. L. (2013). The use of multiple perspectives of conceptual change to investigate students' mental models of gas particles. In *Concepts of Matter in Science Education* (pp. 143-168). Springer Netherlands.
- DC: National Academy Press
- diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28(6), 843-900.
- Doymus, K., Karacop, A., & Simsek, U. (2010). Effects of jigsaw and animation techniques on students' understanding of concepts and subjects in electrochemistry. *Educational Technology Research and Development*, 58(6), 671-691.

- Duit, R., Roth, W. M., Komorek, M., & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies—between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11(4), 283-303.
- ecology. *Journal of Science Education and Technology*, 10(4), 319–345.
- Etheredge, S., & Rudnitsky, A. (2003). Guidelines for Developing Inquiry Units. *Introducing Students to Scientific Inquiry*, 27-50.
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, (29), 1079-1099.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, 7(2), 155-170.
- geology laboratory-based course. *Science Education*, 92(4), 631-663.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83–97.
- graders' understanding for gathering and interpreting evidence in scientific
- Hestenes, D. (2010). Modeling theory for math and science education. In *Modeling students' mathematical modeling competencies* (pp. 13-41). Springer US.
- Hofstein A. & Lunetta V. (1982) The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research* 52, 20–217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Hogan, K., & Thomas, D. (2001). Cognitive comparisons of students' systems modeling in investigations. *Research in Science Education*, 37(1), 75-97.
- Ioannides, C., & Vosniadou, C. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science*, 2, 5–61.
- Jeong, H., Songer, N. B., & Lee, S.-Y. (2007). Evidentiary competence: Sixth
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 313-350.
- Namdar, B., & Shen, J. (2015). Modeling-Oriented Assessment in K-12 Science Education: A synthesis of research from 1980 to 2013 and new directions.

- International Journal of Science Education, 37(7), 993-1023.
- National Research Council. (1996). National Science Education Standards. Washington,
- National Research Council. (2000). Inquiry and the National Science Education Standards. Washington, DC: National Academic Press.
- Osman, K., & Lee, T. T. (2014). Impact of interactive multimedia module with pedagogical agents on students' understanding and motivation in the learning of electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(2), 395-421.
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. Identifying, attributing, and dispelling student misconceptions in electrochemistry, 38.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction*, 23(2), 165-205.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24(4), 535-585.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- Wu, H.-K. (2010). Modelling a complex system: Using novice-expert analysis for developing an effective technology-enhanced learning environment. *International Journal of Science Education*, 32(2), 195-219.
- Yürük, N. (2007). The effect of supplementing instruction with conceptual change texts on students' conceptions of electrochemical cells. *Journal of science education and technology*, 16(6), 515-523.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223

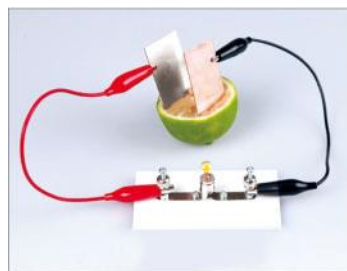
附錄一：化學電池的成分與關係 一般文本

電池

人們在日常生活中常會隨身攜帶許多電器用品，如手電筒、行動電話，甚至筆記型電腦等，這些電器都是以電池作為電源；電池的發明加速了電學的發展，更促成現在生活的便捷。在我們享受電池便利之餘，一起來了解電池的原理。

小活動

右圖（圖一）是由半顆檸檬、一個燈泡、兩條電線與兩片不同材質的金屬板所構成。請觀察老師所操作的實驗，看看發生了什麼樣子的改變？



圖一

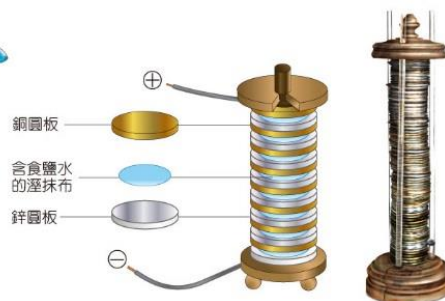
伏打電池

十八世紀末，義大利醫生賈法尼（Luigi Galvani，西元 1737～1798 年）在一次解剖實驗中發現，當銅製解剖刀碰觸放在鐵盤上的蛙腿，蛙腿會產生抽搐，因此推測生物本身具有發電的能力（圖二）。可是義大利科學家伏打（Alessandro Volta，西元 1745～1827 年）則認為蛙腿抽搐的原因，是因為在兩種不同的金屬之間放置非金屬物質時，使電荷產生流動所致。



圖二：銅製解剖刀碰觸放在鐵盤上的蛙腿時，蛙腿立刻產生抽搐

為了證明這個推論，伏打在西元 1800 年作了一項實驗，他以含食鹽水的溼抹布夾在銅（或銀）和鋅的金屬圓形板中間，並且重複堆積成圓柱，再利用導線連接最頂層的銅（或銀）圓板和最底層的鋅圓板，製造出最早的電池，稱為**伏打電池**（圖三）。



圖三：伏打電池

伏打電池是第一個能夠提供穩定電荷來源的裝置，使得電學發展突飛猛進，讓我們透過了解伏打電池的原理來製造鋅銅電池。

小實驗 鋅銅電池

目的：了解伏打電池的原理並製造鋅銅電池。

器材

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1.檢流計 1 臺 | 2.導線（附鱷魚夾）2 條 |
| 3.鋅棒 1 根 | 4.銅棒 1 根 |
| 5.棉花少許 | 6.U 型管 1 個 |
| 7.250mL 燒杯 2 個 | 8.0.1M 硫酸鋅水溶液 200mL |
| 9.1M 硝酸鉀水溶液 150mL | 10.0.1M 硫酸銅水溶液 200mL |



步驟：

1.在燒杯內加入 0.1M 的硫酸鋅水溶液約 200 毫升，放入鋅棒當電極，並將導線連接至檢流計負極端。 	2.另取一個燒杯，加入 0.1M 的硫酸銅水溶液約 200 毫升。放入銅棒，將導線連接至檢流計正極端，觀察並記錄檢流計偏轉情形。 	3.將 U 型管裝滿 1M 的硝酸鉀水溶液，兩端管口用棉花塞住，確保管口朝下時棉花不會掉下即可。 
4.將 U 型管倒立橫跨連接兩燒杯，注意不要讓 U 型管中產生氣泡，觀察並記錄檢流計的偏轉情形。 	補充資料 檢流計 一種靈敏的電流檢測儀器，電路上的符號為-⊙-，可用來檢驗電路中是否有電流以及電流的方向。檢流計的指針在中央時，其讀數為零。當電流由右端（+端）流入時，指針向右偏轉；電流由左端（-端）流入時，指針向左偏轉。 	

問題與討論：

1. 比較在兩燒杯之間置入 U 型管前後，檢流計指針發生什麼變化？
2. 依照檢流計的指針偏轉方向，判斷正極是鋅棒或銅棒？
3. 裝滿硝酸鉀水溶液的 U 型管有什麼作用？

在小實驗中，未放入 U 型管之前，檢流計的讀數為零。當 U 型管跨接兩燒杯後，檢流計指針發生偏轉，可知有電流產生（圖四）。由檢流計指針的偏轉方向顯示，電流由銅棒經檢流計流向鋅棒，可知銅棒為正極，鋅棒為負極。U 型管中的硝酸鉀水溶液，可連接兩杯分開的溶液，以離子導電的方式形成通路，稱為鹽橋。除了硝酸鉀，其他易解離的鹽類，如硫酸鈉等，也可以作為鹽橋內水溶液的電解質。

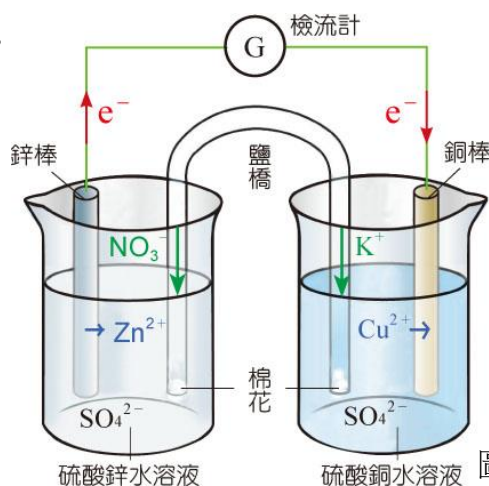
藍色硫酸銅水溶液在反應一段時間後，顏色會變淡，檢流計的偏轉角度也減小，表示隨著水溶液中銅離子濃度減少，電流也變小。如果在實驗前後，測量銅棒及鋅棒的質量，會發現鋅棒的質量減少，而銅棒的質量增加，這是因為電池內負極的化學反應為鋅棒的鋅原子放出電子後，變成鋅離子（ Zn^{2+} ）溶於溶液中：



而鋅棒釋放的電子，會從外部經導線、檢流計，然後進入另一燒杯的銅棒中，燒杯水溶液中的銅離子，便可自銅棒上獲得電子，形成銅原子析出：



在電池外部，電子由鋅棒經導線流向銅棒，在電池內部，則靠鹽橋中的正離子（ K^+ ）游向正極的一端，負離子（ NO_3^- ）游向負極的一端，使兩杯水溶液呈電中性（圖五）。

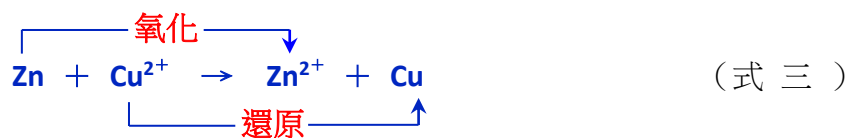


圖五 鋅銅電池的離子移動示意圖



圖四 U型管連接兩個燒杯形成通路，使得檢流計發生偏轉

物質得失氧的過程，稱為氧化還原反應。事實上，涉及電子得失的化學反應也是一種廣義的氧化還原反應，科學家稱物質失去電子的反應為**氧化反應**，物質獲得電子的反應為**還原反應**。鋅銅電池即是藉由得失電子的氧化還原反應，將化學能轉換為電能的裝置。化學反應式如下：



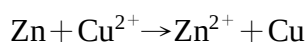
隨堂筆記

整理鋅銅電池的氧化還原反應。

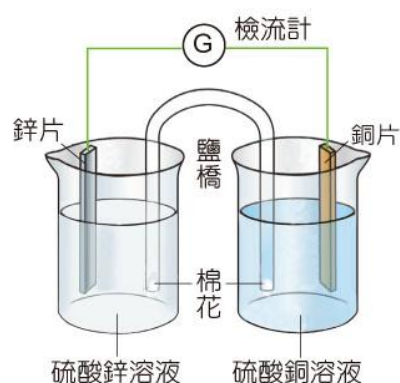
電極	反應式	金屬材料	活性	得／失電子	氧化／還原	電極質量變化	水溶液顏色變化
正極							
負極							
正負極總反應							

換你試試看

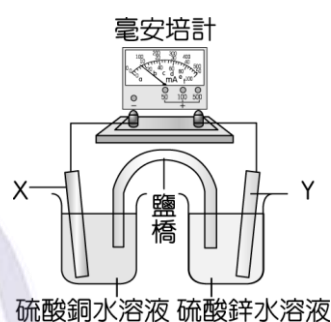
1. 鋅銅電池的裝置如右圖，其放電時的總反應如下，則電池放電時，有關電子的移轉情形，下列敘述何者正確？



- (A) 鋅原子由溶液中獲得電子
(B) 鋅離子由鋅片處獲得電子
(C) 銅原子由溶液中獲得電子
(D) 銅離子由銅片處獲得電子

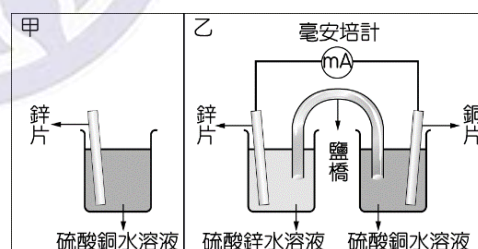


2. 小梅在實驗室看到如圖的裝置，X 為銅片電極、Y 為鋅片電極，依據此裝置，她做了以下描述：「反應發生後，X 處會有紅褐色的物質析出，Y 處的電極質量變輕，(甲)此時氧化與還原反應同時進行，並(乙)有電子流通過毫安培計，使指針偏轉。經過一段時間後，(丙)指針的偏轉角度會變小，(丁)硫酸銅水溶液的藍色變深。」上述畫線的描述，何者與事實不符？



- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁。

3. 甲、乙兩實驗裝置如圖，在實驗中發現甲實驗的鋅片上有銅析出且溶液的溫度升高，而乙實驗的毫安培計顯示有電流產生。下列有關此兩實驗的敘述何者正確？



- (A) 甲實驗的反應是將電能轉變為熱能
(B) 乙實驗的反應是將熱能轉變為電能
(C) 甲實驗的反應式為： $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$
(D) 乙實驗的反應式為： $\text{Cu} + \text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Zn}$

附錄二：化學電池的成分與關係 建模文本

電池

人們在日常生活中常會隨身攜帶許多電器用品，如手電筒、行動電話，甚至筆記型電腦等，這些電器都是以電池作為電源；電池的發明加速了電學的發展，更促成現在生活的便捷。在我們享受電池便利之餘，一起來了解電池作用的原理。

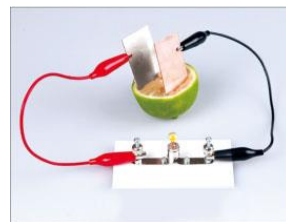
【模型選擇】：為了解電池如何運作，從經驗中選擇適當的組成物件(電極、鹽橋等)。

【觀察與定題】：能依據生活中所觀察到的現象、資料等，確認電池運作的原理(例如氧化還原)、理論、或物件(例如電極、鹽橋)。

小活動

右圖（圖一）是由半顆檸檬、一個 LED 燈、兩條電線與兩片不同材質的金屬板所構成。請觀察老師所操作的實驗，看看發生了什麼樣子的改變？

圖一



想看看：

- 一、造成LED燈發亮最主要原因是什麼？
- 二、此裝置與日常生活中何種東西的功能相同？

伏打電池

十八世紀末，義大利醫生賈法尼（Luigi Galvani，西元 1737～1798 年）在一次解剖實驗中發現，當銅製解剖刀碰觸放在鐵盤上的蛙腿，蛙腿會產生抽搐，因此推測生物本身具有發電的能力（圖二）。可是義大利科學家伏打（Alessandro Volta，西元 1745～1827 年）則認為蛙腿抽搐的原因，是因為在兩種不同的金屬之間放置非金屬物質時，使電荷產生流動所致。

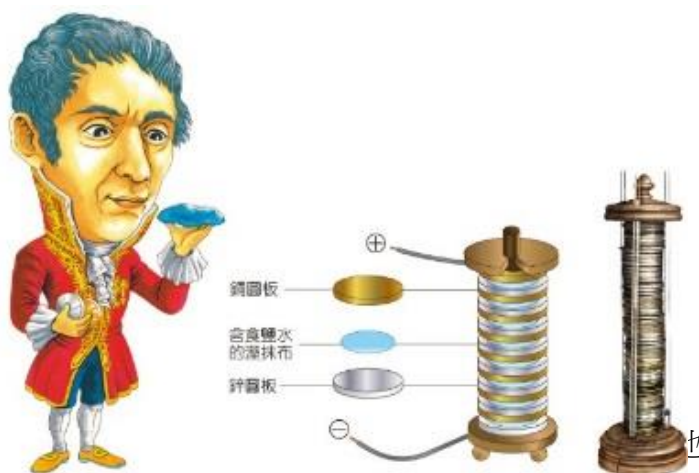


圖二：實驗示意圖

想看看：比較賈法尼與伏打兩位科學家，針對「蛙腿抽搐」現象的解釋相異之處

為了證明這個推論，伏打在西元 1800 年作了一項實驗，他以含食鹽水的溼抹布夾在銅（或銀）和鋅的金屬圓形板中間，並且重複堆積成圓柱，再利用導線連接最頂層的銅（或銀）圓板和最底層的鋅圓板，製造出最早的電池，稱為**伏打電池**（圖三）。

伏打電池是第一個能夠提供穩定電荷來源的裝置，使得電學發展突飛猛進，讓我們透過了解伏打電池的原理來



製造鋅銅電池。

想想看：

一、賈法尼的青蛙實驗、伏打電池與水果電池在「成份」有何相同與相異之處？

二、為什麼伏打可以修正賈法尼提出「生物電」的說法？

三、當利用伏打電池連接一 LED 燈，使得 LED 燈發亮。

(1) 若現在將 LED 燈改為「標示 3V 的鎢絲燈泡」，請問是否會亮？原因是什麼？

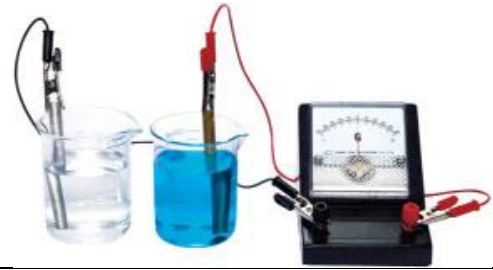
(2) 在不改變鎢絲燈泡的前提下，如何使此燈泡發亮或是更亮？

(請利用畫圖的方式解釋)

【模型建立】：在電池模型中，電池的運作，由所選擇的物件(電極、鹽橋等)與原理(氧化還原反應)中，建立各物件與原理的關係(化學反應式)與結構(鋅為陽極、銅為陰極、電池示意圖等)，稱為「模型建立」。

【建立模型】：能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用如「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象，進而瞭解模型有其局限性。

小實驗 鋅銅電池

實驗步驟	課堂任務
在燒杯內加入 0.1M 的硫酸鋅水溶液約 200 毫升，放入鋅棒當電極，並將導線連接至檢流計負極端。 	成份： 關係：
限制：	
另取一個燒杯，加入 0.1M 的硫酸銅水溶液約 200 毫升。放入銅棒，將導線連接至檢流計正極端，觀察並記錄檢流計的偏轉情形。 	成份： 關係：
限制：	
補充資料 檢流計 靈敏的電流檢測儀器，電路上的符號為-⊙-，可用來檢驗電路中是否有電流以及電流的方向。檢流計的指針在中央時，其讀數為零。當電流由右端（+端）流入時，指針向右偏轉；電流由左端（-端）流入時，指針向左偏轉。 	

實驗步驟	課堂任務
將 U 型管裝滿 1M 的硝酸鉀水溶液，兩端管口用棉花塞住，確保管口朝下時棉花不會掉下即可。 	成份： 關係：
限制：	
將 U 型管倒立橫跨連接兩燒杯，注意不要讓 U 型管中產生氣泡，觀察並記錄檢流計的偏轉情形。 	關係：

想想看：

一、比較在兩燒杯之間置入裝滿硝酸鉀水溶液的 U 型管前後，檢流計指針發生什麼變化？推論此裝置有何作用呢？

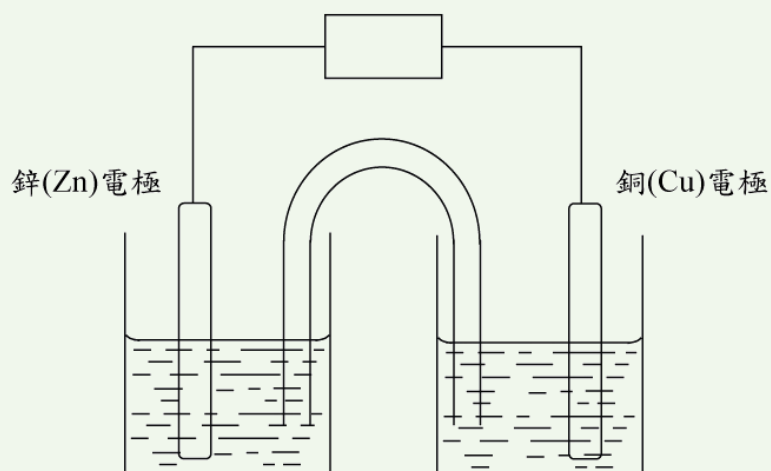
二、依照檢流計的指針偏轉方向，判斷正極是鋅棒或銅棒？為什麼呢？

三、請比較伏打電池與鋅銅電池在「成份」有何相同與相異之處？

四、(1) 將兩杯溶液、鹽橋中的離子以及電子運動的情形繪製於下圖中。

(2) 造成鹽橋水溶液正負離子移動的情況移動的原因是什麼？

課堂任務



【模型效化】：透過不同素材(如；實驗數據、資料閱讀)的證實，更可以確認模型的正確性。

【批判思辨】：實驗所蒐集到的數據，有著和理性的懷疑，並且透過不同的角度解讀實驗得到的數據。

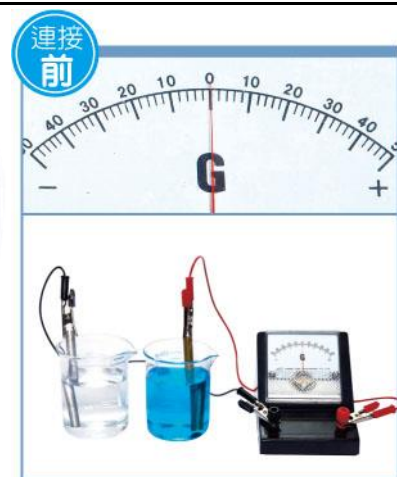
【分析與發現】：透過不同素材(如：實驗數據、資料閱讀)的證實，驗證自己的假說和理論結果相同。

在小實驗中，未放入 U 型管之前，檢流計的讀數為零。當 U 型管跨接兩燒杯後，檢流計指針發生偏轉，可知有電流產生（圖四）。由檢流計指針的偏轉方向顯示，電流由銅棒經檢流計流向鋅棒，可知銅棒為正極，鋅棒為負極。U 型管中的硝酸鉀水溶液，可連接兩杯分開的溶液，以離子導電的方式形成通路，稱為**鹽橋**。除了硝酸鉀，其他易解離的鹽類，如硫酸鈉等，也可以作為鹽橋內水溶液的電解質。

藍色硫酸銅水溶液在反應一段時間後，顏色會變淡，檢流計的偏轉角度也減小，表示隨著水溶液中銅離子濃度減少，電流也變小。如果在實驗前後，測量銅棒及鋅棒的質量，會發現鋅棒的質量減少，而銅棒的質量增加，這是因為電池內負極的化學反應為鋅棒的鋅原子放出電子後，變成鋅離子（ Zn^{2+} ）溶於溶液中：



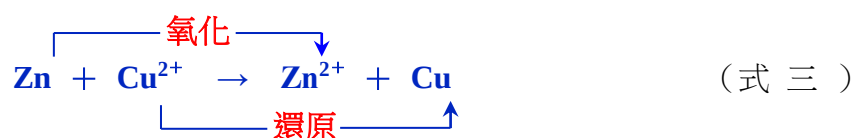
而鋅棒釋放的電子，會從外部經導線、檢流計，然後進入另一燒杯的銅棒中，燒杯水溶液中的銅離子，便可自銅棒上獲得電子，形成銅原子析出：



圖四 U型管連接兩個燒杯形成通路，使得檢流計發生偏轉

電池原理

物質得失氧的過程，稱為氧化還原反應。事實上，涉及電子得失的化學反應也是一種廣義的氧化還原反應，科學家稱物質失去電子的反應為氧化反應，物質獲得電子的反應為還原反應。鋅銅電池即是藉由得失電子的氧化還原反應，將化學能轉換為電能的裝置。化學反應式如下：



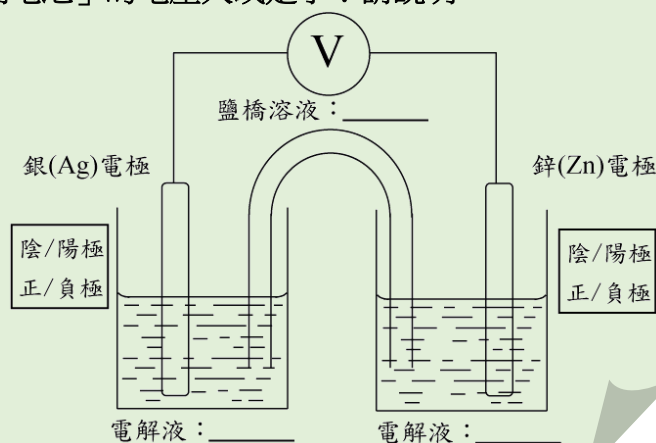
想看看：

一、若將鹽橋中的水溶液更換成鹽酸，你認為和原本的鋅銅電池相同嗎？
請說明有可能會發生的現象以及原因。

二、現在你已經知道了化學電池運作的原理，請詳細說明水果電池中，
(1) 離子與電子的運動情形 (2) 與鋅銅電池相異之處

三、根據化學電池的原理，請將下圖中「鋅銀電池」的空格補齊。

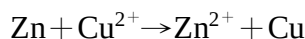
- (1) 在選擇元件上，有什麼需要特別注意的條件？
- (2) 此伏特計中所測得的電壓相較「鋅銅電池」的電壓大或是小？請說明。



【模型分析】：請根據上述過程已建立出來的模型，能夠描述化學電池中粒子的移動方向。

【建立模型】：運用上述步驟所建立出的模型，能夠描述化學電池中粒子的移動方向。

1. 鋅銅電池的裝置如右圖，其放電時的總反應如下，則電池放電時，有關電子的移轉情形，下列敘述何者正確？



Q1. 在此系統當中，擔任陰極與陽極的分別是什麼？

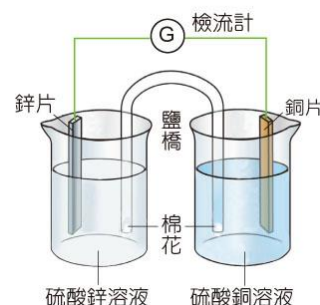
所判斷的原因是什麼？

Q2. 在此系統當中，擔任負極與正極的分別是什麼？

所判斷的原因是什麼？

Q3. 鹽橋之中事何放入何種物質較為恰當？原因為何？

Q4. 將電子與離子在鋅銅電池中的移動方式繪製在圖形上。



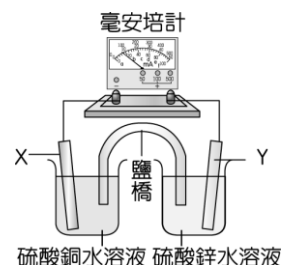
2. 小梅在實驗室看到如鋅銅電池裝置，X 電極、Y 電極，依據此裝置，回答下列問題：

Q1. X 電極與 Y 電極分別為何種金屬？為什麼做此選擇？

Q2. 對於兩電極分別的質量變化與產生的反應為何？

並分別解釋造成此現象的原因。

Q3. 請敘述兩杯電解液所產生離子的濃度變化情況。

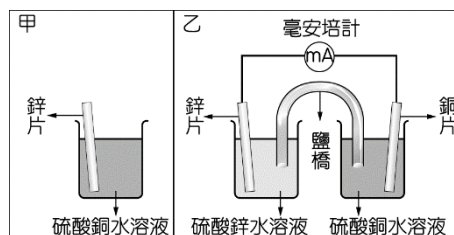


【模型應用】：請根據上述過程已建立出來的模型，透過所提供的數據資料，預測新組合的電池電壓。

【建立模型】：運用上述步驟所建立出的模型，來預測電池所產生的電壓。

【推理論證】：運用簡單的且單一的科學證據，以及數據之間的關係可預測新組合的電池電壓。

甲、乙兩實驗裝置如圖，在實驗中發現甲實驗的鋅片上有銅析出且溶液的溫度升高，而乙實驗的毫安培計顯示有電流產生。



Q1.為什麼乙實驗有電流產生，而甲實驗沒有電流產生？

Q2.試著思考一下甲、乙兩實驗的化學反應式是否相同？

Q3.承上，比較甲、乙兩者相同之處。

Q4.承上，比較甲、乙兩者相異之處。

Q5.若將甲實驗中的鋅片換成鉑片，預測實驗甲的實驗結果為何？

詳細敘述此原因？(活性：鉑<銅<氫<鋅)

Q6.若將乙實驗中的鋅片換成鉑片，此化學電池會不會作用？



附錄三：化學電池的交互作用 一般文本

影響化學電池電壓的因素

● 實驗目的

了解電極活性大小、電解液濃度與系統溫度之間和電壓的關係。

● 實驗器材與試藥

器材（每組）

☐ 三用電表（含紅黑二色探棒）	1 個	☐ 砂紙	1 小張	☐ 鹽橋	2 個
☐ 燒杯（50 mL）	4 個	☐ 簽字筆	1 支	☐ 標籤紙	數張

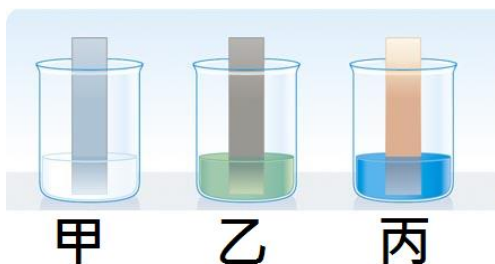
試藥（每組）

☐ 硫酸鋅(ZnSO_4)溶液(1 M)	30mL	☐ 鋅片(厚約 0.5 mm，長 5 cm，寬 5 cm)	2 片
☐ 硫酸鋅(ZnSO_4)溶液(0.8 M)	30mL	☐ 鎳片(厚約 0.5 mm，長 5 cm，寬 5 cm)	2 片
☐ 硫酸鋅(ZnSO_4)溶液(0.6 M)	30mL	☐ 銅片(厚約 0.5 mm，長 5 cm，寬 5 cm)	2 片
☐ 硫酸鋅(ZnSO_4)溶液(0.4 M)	30mL	☐ 硫酸鎳(NiSO_4)溶液(1 M)	30mL
☐ 硫酸鋅(ZnSO_4)溶液(0.2M)	30mL	☐ 硫酸銅(CuSO_4)溶液(0.6 M)	30mL
☐ 硫酸銅(CuSO_4)溶液(1 M)	30mL	☐ 硫酸銅(CuSO_4)溶液(0.4 M)	30mL
☐ 硫酸銅(CuSO_4)溶液(0.8 M)	30mL	☐ 硫酸銅(CuSO_4)溶液(0.3 M)	30mL

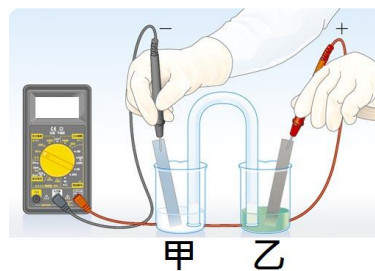
● 實驗步驟

一、改變電極材質測量電池電壓

- 1.用細砂紙輕拭金屬片，將固體表面之汙染物或氧化物磨乾淨。
- 2.取 50 mL 燒杯 3 個，分別標示為甲、乙、丙。在各杯內倒入溶液 30 mL，並置入電極（如圖一所示）。



圖一



圖二

3.測量鋅鎳電池電壓：將鹽橋的兩端分別放入燒杯甲、乙中（如圖二所示），三用電表的紅色探棒接觸乙杯上的鎳電極（正極），並將黑色探棒接觸甲杯上的鋅電極（負極），使電池連續作用 1 分鐘～2 分鐘後，觀察三用電表上的讀數，並記錄於實驗表格一。

※鹽橋清洗乾淨後才可繼續使用。

4.測量鋅銅電池電壓：重覆步驟 3。

5.測量鎳銅電池電壓：重覆步驟 3。

二、改變電解液濃度測量電池電壓

1.用細砂紙輕拭金屬片，將固體表面之汙染物或氧化物磨乾淨。

2.取 50 mL 燒杯 7 個，分別標示為 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J。在各杯內倒入溶液 30 mL，並置入電極。

3.測量鋅銅電池電壓：將鹽橋的兩端分別放入燒杯 A、B 中（如圖~~所示），三用電表的紅色探棒接觸 B 杯上的銅電極（正極），並將黑色探棒接觸 A 杯上的鋅電極（負極），使電池連續作用 3 分鐘～5 分鐘後，觀察三用電表上的讀數，並記錄於實驗表格二。

※鹽橋清洗乾淨後才可繼續使用。

※實驗完成後，廢液需分類回收於「重金屬鹽類」。

● 實驗記錄

一、改變電極材質測量電池電壓

鋅鎳電池		鋅銅電池		銅鎳電池	
負極	正極	負極	正極	負極	正極
鋅/硫酸鋅(1M)	鎳/硫酸鎳(1M)	鋅/硫酸鎳(1M)	銅/硫酸銅(1M)	銅/硫酸銅(1M)	鎳/硫酸鎳(1M)
電壓：_____		電壓：_____		電壓：_____	

二、改變電解液濃度測量電池電壓

硫酸鋅(1M)	硫酸銅濃度				
	A	B	C	D	E
	1M	0.8M	0.6M	0.4M	0.2M
硫酸銅(1M)	硫酸鋅濃度				
	F	G	H	I	J
	1M	0.8M	0.6M	0.4M	0.2M

● 數據處理

一、改變電極材質測量電池電壓

二、改變電解液濃度測量電池電壓(分別畫出各電池之間的電壓)



● 問題與討論

一、實驗一和實驗二的控制變因、操縱變因與應變變因分別為何？

二、從實驗一的内容可推論出電極本身特性與電池電壓有什麼關係？

三、從實驗二的内容可推論出電解液濃度的改變與電壓有什麼關係？

● 實驗心得

例題

題組一：

阿鐳量測電池電壓後，得到表一的數據。尚未測量電壓之前，阿鐳先預測實驗結果，請問：

電池種類	電壓(伏特)
鋅銅電池	1.10
鋅鎳電池	1.55

01. 銅鎳電池的正負極分別為何種電極？

(A)銅為正極；鎳為負極 (B)銅為負極；鎳為正極

02. 銅鎳電池的電壓為多少伏特？

(A) 1.10 伏特 (B) 1.55 伏特 (C) 0.45 伏特 (D) 2.65 伏特

題組二：

根據本章節的實驗結論，請回答下列問題：

01. 下列何種組合的電壓最大？

(A)鋅電極；銅電極；硫酸鋅(0.5M)；硫酸銅(1M)

(B)鋅電極；銅電極；硫酸鋅(0.5M)；硫酸銅(2M)

02. 下列何種組合的電壓最大？

(A)鋅電極；銅電極；硫酸鋅(1M)；硫酸銅(1M)

(B)鋅電極；鎳電極；硫酸鋅(1M)；硫酸鎳(1M)

(C)鎳電極；銅電極；硫酸鎳(1M)；硫酸銅(1M)

題組三：

定春做完電解濃食鹽水的實驗之後靈光一閃，在他的印象中，曾看過將水果剖成一半之後，在果肉之間插上兩片金屬，再接上燈泡，此時的燈泡會發光。

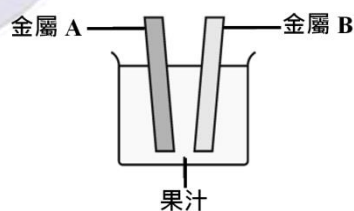
■ 實驗流程：

步驟一：將市售果汁倒入 150mL 至燒杯中。

步驟二：將兩不同金屬放入此燒杯中。

步驟三：兩金屬與伏特計串聯，記錄測量電壓值。

■ 實驗紀錄：



金屬種類 果汁種類	鋅棒/銅棒	鉛棒/銅棒	鋅棒/銀棒
弱肉強食，食鹽水	0.90V	0.30V	0.89V
鳩佔雀巢，檸檬茶	0.89V		0.88V
無心插柳，柳橙汁	0.88V	0.29V	0.88V
東施效顰，蘋果汁	0.88V	0.29V	

01. 在此實驗中，影響電池電壓的因素為何？

(A)電解液濃度 (B)電解液種類 (C)電極活性 (D)系統溫度

附錄四：化學電池的交互作用 建模文本

影響化學電池電壓的因素

《模型選擇》：在之前的課堂中，已經知道丹尼爾電池之間的組成成份，我們就可以透過選擇此模型來討論其中變因。

【動腦時間】

Q1. 有哪些變因可以改變或影響化學電池電壓的改變？(請勾選你認為會影響的變因)

《模型建立》：確定影響化學電池電壓的變因後，在實驗前，澄清此變因與變壓之間的關係。

Q2. 確定會影響化學電池電壓的變因後，這些變因對於化學電池電壓的影響為何？

變因	變因對於電壓的影響	你的看法	
		同意	不同意
☐ 電極材質	兩電極之間的活性差距越大，電壓也越大		
☐ 系統溫度	系統溫度越高，則電壓越大		
☐ 導線材質	導線材質導電度越好，則電壓越大		
☐ 電解液濃度	電解液濃度越高，則電壓越大		
☐ 電解液酸鹼值	電解液越偏向酸性，則電壓越大		
☐ 電極是否為金屬	電極必須為金屬，化學電池才会有電壓		
☐ 電極接觸面積大小	電極接觸面積越大，則電壓越大		
☐ 鹽橋內電解液濃度	鹽橋內電解液濃度高，則電壓越大		
☐ 鹽橋內電解液酸鹼值	鹽橋內電解液越偏向酸性，則電壓越大		

《模型分析》：實驗數據的確認與整理，更可以透過數據充分的解釋問題的原因。

請寫出本實驗的各項變因

實驗 變因	影響化學電池的電壓的因素		變因選項
	改變電極材質		
操縱變因			A. 電極材質 B. 電解液濃度 C. 電池電壓 D. 系統溫度 E. 電極表面積
控制變因			
應變變因			

請完成附件一的表格

A.改變電極材質測量電池電壓

鋅鎳電池		鋅銅電池		銅鎳電池	
負極	正極	負極	正極	負極	正極
鋅/硫酸鋅(1M)	鎳/硫酸鎳(1M)	鋅/硫酸鋅(1M)	銅/硫酸銅(1M)	銅/硫酸銅(1M)	鎳/硫酸鎳(1M)
電壓：_____		電壓：_____		電壓：_____	

【動腦時間】

Q1.從實驗的數據資料可推論出電極的改變與電壓有什麼關係？

Q2.實驗結果與自己原本預測的結果相同嗎？（從電極本身的性質來思考對於電池電壓的影響）



《模型效化》：透過實驗驗證來確定假說的正確性，並且可以更清楚了解變因之間的相互影響關聯性。

此為 A 老師依照理論關係所得到的結果：

鋅鎳電池		鋅銅電池		銅鎳電池	
負極	正極	負極	正極	負極	正極
鋅/硫酸鋅(1M)	鎳/硫酸鎳(1M)	鋅/硫酸鋅(1M)	銅/硫酸銅(1M)	銅/硫酸銅(1M)	鎳/硫酸鎳(1M)
電壓： <u>1.56 V</u>		電壓： <u>1.10 V</u>		電壓： <u>0.46 V</u>	

【動腦時間】

Q1. 此理論關係得到的結果與自己的假說相同嗎？（質性描述）

若相同，此理論關係如何支持你的實驗假說？

若不同，此理論關係如何修正你的實驗假說？



Q2. 請針對你自行的實驗結果與理論關係，回答「電極的改變與電壓有什麼關係？」此研究問題。

（從兩實驗數據的趨勢進行分析：量的描述；

電極本身性質推論有可能的機制：理論的運用）

【課堂任務】

Q1.在操作完實驗後，根據實驗操作的結果回答下列問題：

《模型建立》：從實驗操作的過程中，觀察原本設定的變因與化學電池電壓之間關係。

1-1 說明你們所選擇的操縱變因與化學電池電壓之間的關係為何？（質性描述）

《模型分析》：透過實驗所得到的數據，利用數據對於現象進行解釋。

1-2 利用實驗數據以及圖表，解釋操縱的變因如何影響化學電池的電壓？
（量的描述）

Q2.請比較實驗前的主張與實驗後的實驗數據

《模型效化》：利用不同的資料來源，來檢驗（說明）所得到的現象。

2-1 實驗前的主張與實驗後的實驗數據兩者相同嗎？

若相同，請使用「氧化還原」原理對於得到的「實驗數據」進行解釋

若不同，請回到「實驗規畫流程圖」中思考如何更改實驗的規劃、更改實驗主張或是增加證據的蒐集？

《模型調度》：在新情境的條件下，發現原本的化學電池模型可添加入新的原理才能夠進一步解釋新情境的現象。

2-2 若僅使用「氧化還原」的原理，是否可以完備的解釋操縱變因與化學電池電壓之間的關係？若不行，你認為還需要什麼原理來加以利用才可解釋？

【挑戰任務】

請綜合自行發現以及同學分享的內容，整理後回答下列問題：

《模型建立》：確定影響化學電池電壓的變因，並說出此變因與變壓之間的關係

Q1.請列舉出影響化學電池電壓的變因，並敘述變因與化學電池電壓的關係。

《模型效化》：利用不同的資料來源，來檢驗（說明）所得到的現象。

Q2.請選擇 Q1 的其中一個變因，利用「氧化還原」和「化學平衡」解釋影響化學電池電壓的機制。

《模型分析》：透過實驗所得到的數據，利用數據對於現象進行解釋。

Q3.呈問題 Q2，請繪製出此變因與化學電池電壓的關係圖，並簡單解釋此圖表所呈現的趨勢（記得標明 X 軸與 Y 軸的單位）

《模型應用》：在既有模型下，思考是否有新的變因可以加入現有模型中。

Q4.還有哪些變因是在這次課程中，尚未討論到的？

請利用「氧化還原」和「化學平衡」試著推論此變因對於化學電池電壓的關係以及機制。

【動動腦】

《模型分析》：請根據上述過程已建立出來的模型，透過所提供的數據資料，預測新組合的電池電壓。

情境：阿鐮量測電池電壓後，得到表一的數據。尚未測量電壓之前，阿鐮先預測實驗結果，請問：

電池種類	電壓(伏特)
鋅銅電池	1.10
鋅鎳電池	1.55

Q1.銅鎳電池的正負極分別為何種電極？

Q2.銅鎳電池的電壓為多少伏特？

Q3.從此實驗可知，影響電池電壓的因素為何？其中銅鎳電池電壓最小的原因為何？

【模型應用】：透過了解影響電池電壓因素的關係，並能夠自行重組出情境所要求的電池。

情境：學校提供的實驗器材及藥品如右表所列，請回答下列問題

器材		藥品	
鋅電極	鹽橋	硫酸鋅(0.5M)	硫酸鋅(1M)
鎳電極	導線	硫酸鎳(1M)	硫酸鎳(2M)
銅電極	電表	硫酸銅(1M)	硫酸銅(2M)

Q1.利用本實驗提供的器材，組合一個最大電壓的化學電池，並列出所試用的器材。

Q2.請從影響電池電壓的因素解釋，為何你會選擇使用此種組合的器材？

【模型調度】：有別於之前所建立的模型，在新的情境之下，必須利用之前所效化完成的模型來解釋新情境的問題。

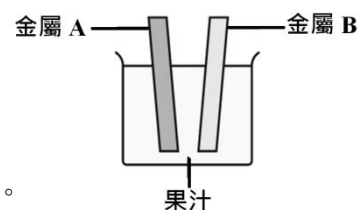
情境：定春是位愛喝飲料且積極上進的好學生，做完電解濃食鹽水的實驗之後靈光一閃，在他的印象中，曾看過將水果剖成一半之後，在果肉之間插上兩片金屬，再接上燈泡，此時的燈泡會發光。難道，水果真的也能像發電廠一樣自行發出電能來嗎？

■ 實驗流程：

步驟一：將市售果汁倒入 150mL 至燒杯中。

步驟二：將兩不同金屬放入此燒杯中。

步驟三：兩金屬與伏特計串聯，記錄測量電壓值。



■ 實驗紀錄：

金屬種類 果汁種類	鋅棒/銅棒	鉛棒/銅棒	鋅棒/銀棒
弱肉強食，食鹽水	0.90V	0.30V	0.89V
鳩佔雀巢，檸檬茶	0.89V		0.88V
無心插柳，柳橙汁	0.88V	0.29V	0.88V
東施效顰，蘋果汁	0.88V	0.29V	

Q1.這實驗中，何者為影響電壓最主要的因素？

Q2.請從物質的本身特性，或是電池的反應式所進行的方向決定，解釋此現象所產生原因。

Q3.請自行選擇一組金屬種類搭配一種果汁組合，詳細說明其中電子及離子移動的情況。

附錄五：科學概念試題(I)

作答注意事項：

- 一、請先將班級、座號與姓名分別在(1)本試卷右上角 (2)答案卡上畫記清楚以及書寫完整
- 二、請用畫卡的方式完成作答，各題皆為單選題。(只有一個正確，或是恰當的選項)
- 三、若為需要利用文字回答問題，請詳細的敘述答案內容，並將答案直接書寫在答案卷上
- 四、若需要繪製圖片的問題，也請畫記清楚。
- 五、此份試卷分數不會影響在校成績，請放心及用心作答！
- 六、若有任何疑問，請舉手詢問老師！

班級：

座號：

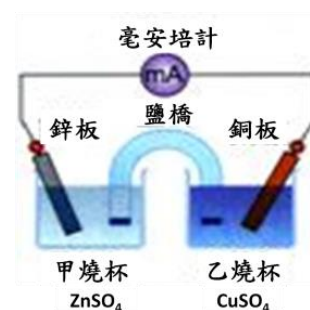
姓名：

日期：

題組一

01. 鋅銅電池裝置如右圖，下列對於圖中「鹽橋」的敘述何者錯誤？

- (A)鹽橋中含有陽、陰離子
(B)鹽橋內應含易解離的電解質
(C)鹽橋的作用是讓兩燒杯的離子保持通路
(D)鹽橋內的物質可使用強酸或強鹼來幫助導電



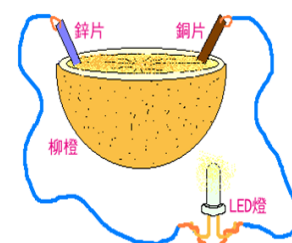
A.並將錯誤選項修改為正確：

題組二

使用兩根不同的金屬插入檸檬中，以導線接通，即可組成化學電池(水果電池)，如圖所示。

02. 下列有關此電池中鋅電極的敘述，何者正確？

- (A) 鋅電極是負極，失去電子。 (B) 鋅電極是負極，得到電子。
(C) 鋅電極是正極，失去電子。 (D) 鋅電極是正極，得到電子。



03. 下列有關此電池中銅電極的敘述，何者正確？

- (A) 銅電極是陰極，發生還原反應的地方 (B) 銅電極是陰極，發生氧化反應的地方
(C) 銅電極是陽極，發生還原反應的地方 (D) 銅電極是陽極，發生氧化反應的地方

B.將水果電池中電子的移動方式繪製於右圖圖中。(請繪製程完整的電子移動路徑)

C.將水果電池中離子的移動方式繪製於右圖圖中。(主要有 2 種離子需要繪製)

04. 下列何者不是柳橙所具有的功能呢？

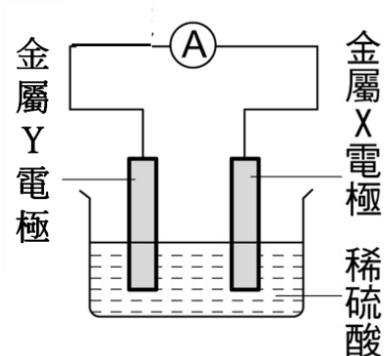
- (A) 溝通內電路 (B) 溝通外電路 (C) 提供反應所需的離子 (D) 維持系統的電中性

05. 柳橙所擔任的角色與下列何者相同呢？

- (A) 鹽橋 (B) 電極 (C) 導線 (D) 電池

題組三

利用金屬 Y 與金屬 X 組成的伏打電池，裝置圖如下，請依照此裝置圖完成以下問題。(已知 X 為鋅金屬；Y 為銅金屬；且活性大小： $\text{Cu} < \text{H}_2 < \text{Zn}$)



06. 下列哪項敘述正確？

- (A) 金屬 Y 電極是負極，發生還原反應 (B) 金屬 Y 電極是負極，發生氧化反應
(C) 金屬 Y 電極是正極，發生還原反應 (D) 金屬 Y 電極是正極，發生氧化反應

D.在此電池中離子的移動方向繪至於右上的同型中？(主要有 4 種離子需要繪製)

07. 在下列關於 Zn 電極所發生的化學反應結果何者錯誤？

- (A) 產生氫氣(H_2) (B) 產生 Zn 析出 (C) 發生氧化反應為主 (D) 擔任電池中的負極

08. 在下列關於 Cu 電極所發生的化學反應結果何者錯誤？

- (A) 產生氫氣(H_2) (B) 產生 Cu 析出 (C) 發生還原反應為主 (D) 擔任電池中的正極

09. 此電池中正確的電子流動路徑為何？

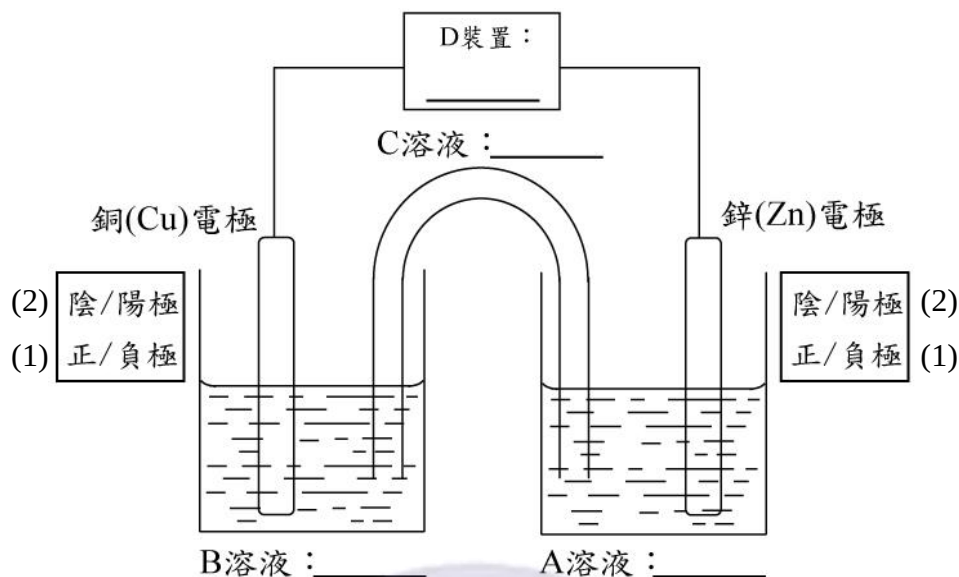
- (A) 電子從 Y 電極經導線流向 X 電極 (B) 電子從 X 電極經導線流向 Y 電極
(C) 電子從 Y 電極經水溶液流向 X 電極 (D) 電子從 X 電極經水溶液流向 Y 電極

10. 造成此電子流動路徑的原因是什麼呢？

- (A) 兩電極金屬之間的活性差，使電子由陽極流向陰極 (B) 兩電極金屬之間的活性差，使電子由陰極流向陽極
(C) 維持此杯溶液的電中性，使電子由正極流向負極 (D) 維持此杯溶液的電中性，使電子由負極流向正極

題組四

下圖裝置為一鋅棒(Zn)浸放在 1M 的 A 水溶液中，另一銅棒(Cu)浸放在 1M 的 B 水溶液中，另以導線連接兩金屬棒與 D 裝置，並且以裝有 C 溶液(1M)的鹽橋插入 A、B 溶液之中。



E. 請圈選出上圖電極裝置的功能名稱，並標示出 A、B、C 水溶液名稱 與寫出 D 裝置的名稱；畫出電子流向以及鹽橋中的陰離子和陽離子的移動方向。(請直接在圖上作答，畫圖時請注意電路的完整性)

請寫出指定的化學反應式

F. 銅極半反應：_____

G. 鋅極半反應：_____

H. 全 反 應：_____

11. 造成電子移動的原因為何？

- (A) 易放出電子的電極，放出電子後到行還原反應的電極形成通路
- (B) 易放出電子的電極，放出電子後到電子濃度較低的電極形成通路
- (C) 易放出電子的電極，放出電子後透過鹽橋中正離子的吸引到另一電極形成通路
- (D) 易放出電子的電極，放出電子後透過電極所在的電解液中正離子的吸引到另一電極形成通路

12 造成鹽橋中 C 溶液的離子移動的原因為何？

- (A) 為了維持反應時所需要的離子 (B) 為了維持電極電解液的電中性 (C) 為了維持電極電解液中陽離子的濃度

13 下列何者為陽極主要的判斷方式？

- (A) 此電極累積較多的正電荷 (B) 此電極累積較多的電子
- (C) 於此電極發生氧化反應 (D) 此電極電解液的正離子濃度最高

若將鋅棒改為石墨棒，其他內電阻均不計。

14. 此時兩電極的電位差應為何？
(A) 1.10 伏特 (B) 比 1.10 伏特大 (C) 比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特
15. 呈上題，造成此現象的原因為何？
(A) 負極電極不參與反應 (B) 石墨棒活性大於鋅棒
(C) 石墨棒活性小於鋅棒 (D) 缺乏反應物，無法進行反應

若將銅棒改為石墨棒，其他內電阻均不計。

16. 此時兩電極的電位差應為何？
(A) 1.10 伏特 (B) 比 1.10 伏特大 (C) 比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特
17. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A) 負極電極不參與反應 (B) 石墨棒活性大於銅棒
(C) 石墨棒活性小於銅棒 (D) 缺乏反應物，無法進行反應

若移走鹽橋，其他條件皆不改變。

18. 此時兩電極的電位差應為何？
(A) 1.10 伏特 (B) 比 1.10 伏特大 (C) 比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特
19. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A) 電子仍可通過伏特計，不影響反應進行。 (B) 電路阻礙變小，導電效率提高。
(C) 電路阻礙增加，電子不易在水溶液移動。 (D) 連接電路不通，系統形成斷路。

將鹽橋內的電解液更改為硝酸銀(AgNO_3)，其他條件皆不改變。

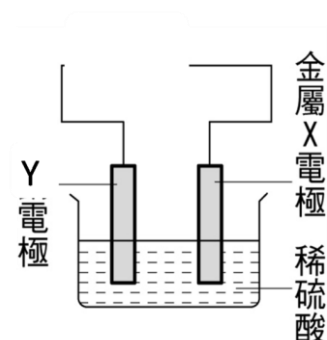
20. 更換後，是否會造成化學電池內部反應有所改變？
(A) 會 (B) 不會
21. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A) 硝酸銀並不會溶於水，因此會產生沉澱。
(B) 硝酸銀屬於強電解質與溶液 C 的物質解離能力相同。
(C) 銀離子(Ag^+)會和電解液中的硫酸根離子(SO_4^{2-})產生沉澱。
(D) 硝酸根離子(NO_3^-)會和電解液中的鋅片(Zn)產生氫氣(H_2)。

將鹽橋內的電解液更改為 0.5M 硫酸。

22. 更換後，是否會造成化學電池內部反應有所改變？
(A) 會 (B) 不會
23. 呈上題，造成此現象的原因為何？
(A) 電解液濃度變低，陰離子與陽離子的濃度皆下降。
(B) 硫酸屬於強電解質與溶液 C 的物質解離能力相同。
(C) 硫酸(H_2SO_4)會和電解液中的鋅片(Zn)產生氫氣(H_2)。
(D) 硫酸根離子(SO_4^{2-})會與電解液中的銅片(Cu)產生沉澱。

題組五

若現在有一新電池設計圖，請依照右圖回答下列問題，也請根據題目要求更換其中裝置。



24. 若依照目前此裝置圖的內容，請問是否可以提供電流？

(A) 可以 (B) 不可以

I. 承上題，請說明判斷的原因。

我的原因：

25. 若需要得知此電池是否可以運作，從下列選項中選取那個裝置放在空缺的部份？

(A) 導線 (B) 電池 (C) 鹽橋 (D) 燈泡

26. 若在空缺的地方放上檢流計，檢流計朝右邊偏轉(補充資料)，下列敘述何者正確？

(A) X 電極活性大於 Y 電極 (B) Y 電極活性大於 X 電極

(C) 兩電極活性相同 (D) 我不清楚

J. 承上題，請說明判斷的原因。

我的原因：

27. 若此兩電極的材質為銅與鋅，經過一段時間後，檢流計依舊向右偏轉，但發現兩電極上都有不等量的氣泡產生，預測電池電壓有可能為多少？(已知活性： $\text{Zn} > \text{H}_2 > \text{Cu}$)

(A) 大於 1.10 伏特 (B) 等於 1.10 伏特 (C) 小於 1.10 伏特 (D) 我不清楚

28. 觀察此電池的原始裝置圖與課堂上所學到的鋅銅電池，將空缺的部分補齊後，請問還缺少了哪一個部份？

(A) 導線 (B) 電池 (C) 鹽橋 (D) 燈泡

補充資料：檢流計的指針在中央時，其讀數為零。當電子由右端（+端）流入時，指針向左偏轉；電子由左端（-端）流入時，指針向右偏轉。

附錄六：科學概念試題(II)

作答注意事項：

- 一、請先將班級、座號與姓名分別在(1)本試卷右上角 (2)答案卡上畫記清楚以及書寫完整
- 二、請用畫卡的方式完成作答，各題皆為單選題。(只有一個正確，或是最恰當的選項)
- 三、此份試卷分數不會影響在校成績，請放心及用心作答！
- 四、若有任何疑問，請舉手詢問老師！

班級：

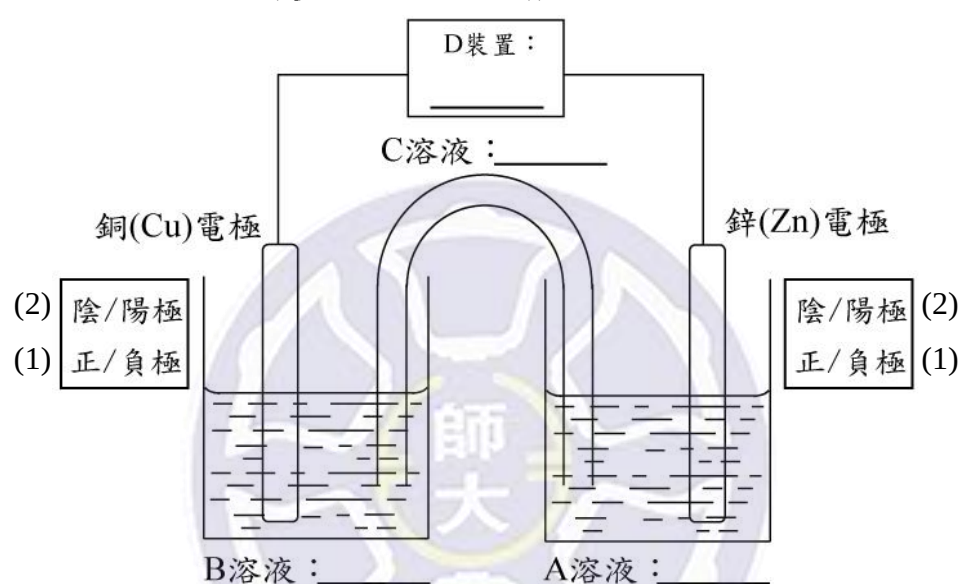
座號：

姓名：

日期：

題組一

下圖裝置為一鋅棒(Zn)浸放在 1M 的硫酸鋅水溶液中，另一銅棒(Cu)浸放在 1M 的硫酸銅水溶液中，另以導線連接兩金屬棒與 D 裝置，並且以裝有 C 溶液(1M)的鹽橋插入 A、B 溶液之中。



- A. 請圈選出上圖電極裝置的功能名稱，並標示出 A、B、C 水溶液名稱與寫出 D 裝置的名稱；畫出(3)電子流向以及(4)鹽橋中的陰離子和陽離子的移動方向。(請直接在圖上作答，畫圖時請注意電路的完整性)

請寫出指定的化學反應式

B. 銅極半反應：_____

C. 鋅極半反應：_____

D. 全 反 應：_____

01. 造成電子移動的原因為何？
(A)易放出電子的電極，放出電子後到進行還原反應的電極形成通路。
(B)易放出電子的電極，放出電子後到電子濃度較低的電極形成通路。
(C)易放出電子的電極，放出電子後受到鹽橋內正離子的吸引到另一電極形成通路。
(D)易放出電子的電極，放出電子到電極所在的溶液中吸引另一電極的正離子而形成通路。
02. 造成鹽橋中 C 溶液的離子移動的原因為何？
(A)為了提供反應時所需要的離子
(B)為了維持電極電解液的電中性
(C)為了維持電極電解液的中性
03. 下列何者為陽極主要的判斷方式？
(A)此電極累積較多的正電荷 (B)此電極累積較多的電子
(C)於此電極發生氧化反應 (D)此電極電解液的正離子濃度最高

若將鋅棒改為石墨棒，其他內電阻均不計。

04. 此時化學電池的電位差應為何？
(A) 1.10 伏特 (B)比 1.10 伏特大 (C)比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特
05. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A)石墨電極不參與反應，但鋅離子(Zn^{2+})仍可反應 (B)石墨棒活性大於鋅棒
(C)石墨棒活性小於鋅棒 (D)缺乏反應物，無法進行反應

若將銅棒改為石墨棒，其他內電阻均不計。

06. 此時化學電池的電位差應為何？
(A) 1.10 伏特 (B)比 1.10 伏特大 (C)比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特
07. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A)石墨電極不參與反應，但銅離子(Cu^{2+})仍可反應 (B)石墨棒活性大於銅棒
(C)石墨棒活性小於銅棒 (D)缺乏反應物，無法進行反應

將鹽橋內的電解液更改為硝酸銀(AgNO_3)，其他條件皆不改變。

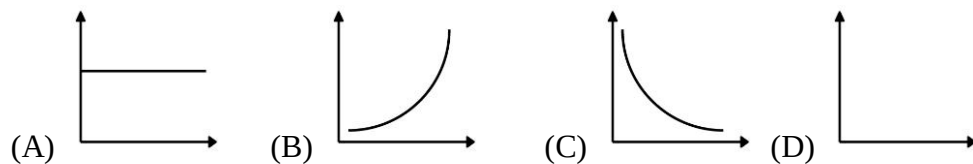
08. 更換後，是否會造成化學電池內部反應有所改變？
(A) 不會 (B) 會 (C)不一定
09. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A) 硝酸銀並不會溶於水，因此會產生沉澱，但不會影響電池的反應。
(B) 硝酸銀屬於強電解質與溶液 C 的物質解離能力相同，但不會影響電池的反應。
(C) 銀離子(Ag^+)會和電解液中的硫酸根離子(SO_4^{2-})產生沉澱。
(D) 硝酸根離子(NO_3^-)會和電解液中的鋅片(Zn)產生氫氣(H_2)。
(E) 其它：_____

若將硫酸鋅水溶液濃度增加為 2M，其他條件不變，其他內電阻均不計。

10. 此時化學電池的電位差應為何？

- (A) 1.10 伏特 (B) 比 1.10 伏特大 (C) 比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特

11. 當硫酸銅水溶液濃度固定(1M)，僅改變硫酸鋅水溶液濃度，再將實驗數據(電壓與硫酸鋅水溶液濃度)作圖，最有可能是哪一個選項？[橫軸為濃度與縱軸為電壓的單位 (若無適合者，請自行在 D 選項繪製)]



12. 承上題，判斷正逆反應的大小？

- (A) 正反應速率等於逆反應速率 (B) 正反應速率大於逆反應速率
(C) 正反應速率小於逆反應速率 (D) 正反應速率皆逆反應速率等於零

13. 承上題，造成此現象的原因為何？

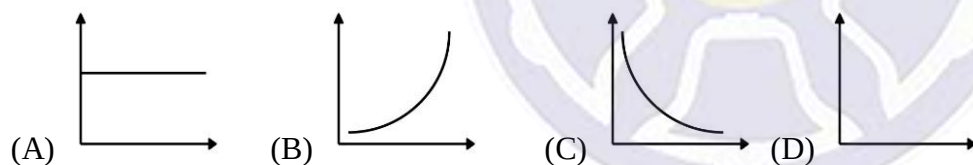
- (A) 反應物濃度提高，使得總反應朝左方 (B) 反應物濃度提高，使得總反應朝右方
(C) 生成物濃度提高，使得總反應朝左方 (D) 生成物濃度提高，使得總反應朝右方

若將硫酸銅水溶液增加為 2M，其他條件不變，其他內電阻均不計。

14. 此時化學電池的電位差應為何？

- (A) 1.10 伏特 (B) 比 1.10 伏特大 (C) 比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特

15. 當硫酸鋅水溶液濃度固定(1M)，僅改變硫酸銅水溶液濃度，再將實驗數據(電壓與硫酸銅水溶液濃度)作圖，最有可能是哪一個選項？[橫軸為濃度與縱軸為電壓的單位 (若無適合者，請自行在 AC 選項繪製)]



16. 承上題，判斷正逆反應的大小？

- (A) 正反應速率等於逆反應速率 (B) 正反應速率大於逆反應速率
(C) 正反應速率小於逆反應速率 (D) 正反應速率皆逆反應速率等於零

17. 承上題，造成此現象的原因為何？

- (A) 反應物濃度提高，使得總反應朝左方 (B) 反應物濃度提高，使得總反應朝右方
(C) 生成物濃度提高，使得總反應朝左方 (D) 生成物濃度提高，使得總反應朝右方

若將整個系統至於高於 30°C 的環境中，其他條件不變，其他內電阻均不計。

18. 此時化學電池的電位差應為何？
(A) 1.10 伏特 (B) 比 1.10 伏特大 (C) 比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特
19. 承上題，判斷正逆反應的大小？
(A) 正反應速率等於逆反應速率 (B) 正反應速率大於逆反應速率
(C) 正反應速率小於逆反應速率 (D) 正反應速率皆逆反應速率等於零
20. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A) 溫度提高，使得反應停止 (B) 溫度提高，使得總反應朝右方
(C) 溫度提高，使得總反應朝左方

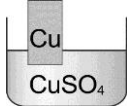
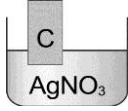
若將若兩金屬電極的面積增為一倍，其他條件不變，其他內電阻均不計。

21. 此時化學電池的電位差應為何？
(A) 1.10 伏特 (B) 比 1.10 伏特大 (C) 比 1.10 伏特小 (D) 變成 0 伏特
22. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A) 兩電極金屬並未改變，因此活性差相同，僅影響電流不影響電壓。
(B) 反應速率增加，產生的電子數目增加，使得電流與電壓增加。
(C) 化學電池內電阻未改變，使得電流增加但電壓減小。
(D) 化學電池內電阻變大，使得電流不變但電壓減小。



題組二

在甲、乙、丙、丁四個燒杯中，各放 30 毫升 1 M 的硫酸鋅、硫酸鎳、硫酸銅及硝酸銀，依序以石墨棒、鎳片、銅片、石墨棒為電極構成四個半電池。(已知活性：鋅>鎳>銅>銀，石墨為惰性電極)

			
甲	乙	丙	丁
鋅/硫酸鋅	鎳/硫酸鎳	銅/硫酸銅	石墨/硝酸銀

電壓	甲	乙	丙	丁
甲	—	I	II	III
乙		—	IV	V
丙			—	VI
丁				—

E.若想要組裝一個化學電池，且可以得到表一的數據，可選擇哪些裝置？(勾選下表裝置，可複選)

器材清單		
☐ 檢流計	☐ U形管	☐ 硝酸鉀
☐ 三用電表	☐ 溫度計	☐ 鹽 酸
☐ 燈 泡	☐ 玻 棒	☐ 鱷魚夾導線
☐ 電 池	☐ 酒精燈	☐ 直流電供應器

F.若僅觀察甲、乙及丙三個半電池的實驗設計，將各種變因放在相對應的空格中。

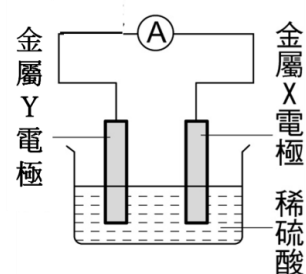
變因 \ 實驗		變因選項
操縱變因		A.電極材質 B.電解液濃度
控制變因		C.電池電壓 D.系統溫度
應變變因		E.電極表面積

23. 請問在表一當中，下列何者的電位差最大？
(A) I (B) II (C) III
24. 承上題，造成此現象的原因為何？
(A) 電極的活性差最大 (B) 電解液的濃度差最大
(C) 系統的溫度差最大 (D) 電極的表面積差最大
25. 根據上述的實驗步驟推論，此實驗最有可能回答下列哪個研究問題？
(A)電極材質不同是否會造成化學電池電壓改變？
(B)電解液濃度不同是否會造成化學電池電壓改變？
(C)系統溫度不同是否會造成化學電池電壓改變？
(D)電極表面積不同是否會造成化學電池電壓改變？
26. 比較III、V與VI這三杯電壓大小的關係。
(A) III < V < VI (B) III > V > VI ≠ 0 (C) III = V = VI = 0 (D) III > V > VI = 0
27. 承上題，關於此三個電池電壓的大小關係，下列解釋何者正確？
(A) 編號VI電池電壓最大，是因為銅與銀之間活性差最大。
(B) 編號III電池電壓最大，是因為鋅與銀之間活性差最大。
(C) 三個電池電壓為 0，是因為石墨棒不為金屬，因此電壓皆為零。
(D) 編號III電池電壓最大，但是銅與石墨皆不產生化學反應，因此電壓為零。

題組三

利用金屬 Y 與金屬 X 組成的伏打電池，裝置圖如下，請依照此裝置圖完成以下問題。

(已知 X 為鋅金屬；Y 為銅金屬；且活性大小： $\text{Cu} < \text{H}_2 < \text{Zn}$)



28. 在下列關於 Zn 電極所發生的化學反應結果何者錯誤？
(A) 產生氫氣(H_2) (B) 產生 Zn 析出
(C) 發生氧化反應為主 (D) 擔任電池中的負極
29. 在下列關於 Cu 電極所發生的化學反應結果何者錯誤？
(A) 產生氫氣(H_2) (B) 產生 Cu 析出
(C) 發生還原反應為主 (D) 擔任電池中的正極
30. 經過一段時間後，測量此電池的電壓，預測電池電壓有可能為多少？
(已知活性： $\text{Zn} > \text{H}_2 > \text{Cu}$)
(A) 大於 1.10 伏特 (B) 等於 1.10 伏特 (C) 小於 1.10 伏特 (D) 電壓不固定
31. 承上題，對於上述現象的解釋，下列敘述何者正確？
(A) 因為有氣泡產生，使得電壓不穩定，電壓會任意跳動。
(B) 因為有氣泡產生，化學反應較為劇烈，電壓大於 1.10 伏特。
(C) 仍有銅原子析出，反應相同，電壓和鋅銅電池相同為 1.10 伏特。
(D) 在陰極產生氫氣，代表為氫離子(H^+)參與反應，因此電壓小於 1.10 伏特。

附錄七：化學電池建模能力問卷

化學電池 建模能力測驗

日期： 班級：

同學 您好：

座號： 姓名：

這是一份關於「電化學概念」建模能力試題，其試題測驗結果為做為學術研究與教學之學習與改進。本試題作答不會影響到您的學業成績，您可以放心且用心填寫，感謝您的付出與配合，謝謝您！在填寫答案時，請務必將答案寫的越豐富越好！

Q1.若要自己製作電池；你會用到什麼科學知識或生活知識？[詳細敘述此知識的內容]

Q2.在這些知識架構下，你會準備哪些物件？分別敘述這些物件的功能又是什麼呢？(例：導線：是用來做為 的 ...)

Q3.請將所選材料的正確組裝的結果畫下來。

Q4.整體組裝完成後，之所以能運作的「連接關係」是？(例：A 元件與 B 元件之間有... ..的關係)

Q5.(A)這些材料在準備上有哪些應該注意的？

(B)在使用這些材料的背後蘊含的理論概念(化學反應方程式或公式)是什麼呢？



Q6.為什麼整體組裝完成後能運作，你要怎麼證明此電池可行？

(建議：思考整個電池的運作機制，可利用繪圖加上文字說明)

Q7.有任何其他尚未考量的相關因素會影響自製電池的效能嗎？

(每個材料的物理性質(大小塊)或是化學性質(濃度).....等)

Q8.你有聽過水果電池嗎？他跟你所製做電池的材料有何「相似」與相異之處？



Q9.若用你所製作電池的蘊含理念來解是水果電池的運轉機制時有何限制？

你將如何重新詮釋整個製作電池的理論模型？

Q10.請畫出一個電壓更強的組裝電池：

(A) 標示出新電池的物件名稱 (B)說明元件之間的關係又為何？

(C) 試說明有什麼理論可以支持你的想法？