

國立交通大學

教育研究所

碩士論文

大學生處理科學實驗異象的方法與態度：兼探其科學  
知識觀、實驗室環境及教師觀點之相關性

University students' strategies and attitudes of responding to  
anomalous data in science laboratory, with relations to their views about  
the nature of science, laboratory environments and teachers' views

指導教授：蔡今中 博士

研究 生：邱羽立

中華民國九十七年二月

大學生處理科學實驗異象的方法與態度：兼探其科學知識觀、  
實驗室環境及教師觀點之相關性

University students' strategies and attitudes of responding to anomalous  
data in science laboratory, with relations to their views about the nature of  
science, laboratory environments and teachers' views

研究 生：邱羽立

Student : Yu-Li Chiu

指導教授：蔡今中

Advisor : Chin-Chung Tsai



Education

February 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年二月

# 大學生處理科學實驗異象的方法與態度：

兼探其科學知識觀、實驗室環境及教師觀點之相關性

學生：邱羽立

指導教授：蔡今中博士

國立交通大學教育研究所碩士班

## 中文摘要

本研究以學生面對實驗異象的反應為基礎，學生科學知識觀、實驗室環境與教師觀點為背景，探討大學生經由具挑戰性事件的實驗活動後，其科學知識觀的變化與處理實驗異象的策略、態度、反應的關係，同時探討實驗室環境與教師觀點在學生處理實驗異象的策略、態度、反應時所扮演的角色。

研究對象為修習大學普通化學與普通化學實驗之生命科學院三班大學一年級科學主修的學生，共 157 人。三班學生皆參與兩次具挑戰性事件之實驗活動，填寫科學觀點量表、科學實驗環境量表及繳交實驗異象報告。此外，依據學生實驗異象報告的豐富度，另挑選 47 位學生進行訪談並將訪談內容製作成逐字稿，以內容分析法進行分析。最後針對學生的科學觀點、偏好與實際的實驗環境及對實驗異象的反應、處理策略與處理態度進行分析。

本研究結果發現學生參與具挑戰性事件的實驗活動，藉由處理實驗異象的過程後，其科學知識觀分數於「理論滿載的探索」面向有顯著提升，而於「被發明且具創造力的科學本質」面向與「科學知識的暫時性與變動性特徵」面向則有顯著降低。顯示具挑戰性事件的實驗活動，藉由處理實驗異象的過程，確實可改變學生的科學知識觀，但需重

視實驗環境及教師指導方式的開放程度。本研究也發現科學知識觀相對偏建構主義取向的學生偏好較開放的實驗室環境，以便從接近於科學家的方式來探索未知世界的本質。並且科學知識觀相對較偏建構主義取向的學生，其處理實驗異象的策略偏以 $\beta$ 行為（重新解釋異象、周圍理論改變）的方式來進行，以其獲得接近理論改變的結果。

關鍵字：挑戰性事件、科學實驗異象、科學知識觀、實驗室環境、大學普通化學實驗



University students' strategies and attitudes of responding to  
anomalous data in science laboratory, with relations to their views about  
the nature of science, laboratory environments and teachers' views

Student: Yu-Li Chiu

Advisor: Dr. Chin-Chung Tsai

Institute of Education  
National Chiao Tung University

**英文摘要**

**ABSTRACT**

The purpose of the study was to investigate the relationships among university students' strategies and attitudes of responding to anomalous data in science laboratory, their views about the nature of science, scientific laboratory environments, and teachers' views.

The participants were a group of ninety-five Taiwanese science-major freshmen in a university, who enrolled in a general chemistry laboratory course for a semester, and seven Taiwanese science teachers in the university. The course implemented some inquiry-oriented and challenging open-ended laboratory exercises, called "challenging event". The challenging event was used to challenge students' perceptions toward anomalous data in science laboratory.

The data sources were based on their responses to anomalous data in science laboratory. In qualitative data collections, students' reports of responding to anomalous data in science laboratory, including their strategies and attitudes, were collected. Forty-seven students selected by the richness of their reports were interviewed after two months. The interview questions included nine perspectives: the purpose of the laboratory activity, the influence of laboratory activity in science learning, the influence of prior knowledge in laboratory activity, the influence of laboratory teaching in laboratory activity, students' responses to anomalous data in science laboratory, students' strategies of responding to anomalous data in science laboratory, students' attitudes of responding to anomalous data in science laboratory, the influence of anomalous data in science laboratory to science learning, and the ways of responding to cross-subject anomalous data in science laboratory.

In quantitative data collections, students' responses to a multi-dimensional scientific

epistemological view (SEV) questionnaire and to the Science Laboratory Environment Inventory (SLEI) for pretest and posttest were collected. The SEV questionnaire in this study, with adequate validity and reliability, included 19 items on the following four scales: the role of social negotiation on science (SN), the invented and creative reality of science (IC), the theory-laden exploration of science (TL), and the changing features of science (CT). Furthermore, the SLEI in this study included 35 items on the following four scales: student cohesiveness (SC), open-endedness (OE), integration (IT), rule clarity (RC), and material environment (ME).

The result showed that students' responses between pretest and posttest were statistically different in the scales of IC, TL, CT. Students' scores increased in the scales of TL but decrease in the scale of IC and CT due to the certain answer given by teachers. The significant differences suggested that the chemistry course with inquiry-oriented laboratory practices may promote the development of the participants' SEVs, but open-endedness environments needed to be improved.

The study revealed that students' scientific epistemological views were correlated to their strategies of responding to anomalous data in science laboratory and their satisfaction on science laboratory environments. The constructivist-oriented SEV students preferred to have more open-ended science laboratory environments, exploring the uncertain world of nature by a scientist-like way.

**Keywords:** challenging event, anomalous data in science laboratory, scientific epistemological views, laboratory environments, general chemistry laboratory course in university

## 誌謝

撰寫碩士論文總是希望寫誌謝的那一天趕緊到來，因為那代表著自己已經將論文完成並且準備印製了，心裡有著無比的喜悅與感動，喜悅的是終於完成了人生中第一本碩士論文，即將拿到人生中第一個碩士學位證書，感動的則是做研究的路上，我很幸運地有許多老師、朋友、學長姐、學弟妹以及我的家人相挺，才得以完成這本論文。

首先，我非常感謝我的指導教授蔡今中博士，蔡老師給予我相當大的空間和時間來撰寫碩士論文，並且在我徬徨無助的時候，總是能給予我最大的支持與鼓勵。此外，在資料分析與詮釋上，我一直寫得很不順，蔡老師總是能給予我很多建議與看法，讓我能將清水變雞湯，將重要的發現呈現出來。同時也非常感謝遠從台北趕來新竹的楊芳瑩教授及交大教育所的余曉清教授擔任我論文的口試委員，讓這本論文可以更臻完善。楊老師在口試過程中，總是能給予我非常多寶貴的建議和看法，並且適時點出論文的優缺點，讓我茅塞頓開。而余老師對論文的嚴謹要求，讓我了解到學術研究的真諦。三位老師的建議、鼓勵與關懷對於甫轉換到教育領域兩年多的我獲益良多，也更加堅定未來作研究的信心與想法。

然而除了三位勞苦功高的教授外，還有對我具有重要意義的老師、朋友們，他們分別來自海洋大學、交通大學、台灣科技大學、及蔡今中教授研究團隊。

### 海洋大學

儘管在海大唸書時，我主修機械工程，但由於大二開始修習師資培育中心的課程，對教育領域開始產生興趣，更發覺自己對人與人之間的互動、溝通等行為相當感興趣，因而教育研究的種子開始在我心裡逐漸萌芽。

謝謝間接讓我認識現在指導教授的機械系蔡金榮學長與吳志偉教授，是你們開啟了我對科學教育的認識，進而參與交通大學教育研究所科學教育組的推薦甄試。也謝謝機械系王星豪教授、商船系張啟隱教授、外語中心郭宜湘老師、薛梅老師、王鳳敏老師、師資培育中心張小芬老師、江愛華老師，因為你們的鼓勵與支持，我才能繼續堅持走教

育研究的路。此外，也要感謝Toastmasters的朋友們Fred Pan（潘建安），Jean Sun（孫啟棠），Jean Chen（陳靜儀）。謝謝兩位Jean都在我收研究資料的時候給予我非常大的幫助，讓我非常感動，希望遠在美國當交換學生的啟棠與在新竹努力賺錢的靜儀事事順心，好人會有好報的！

在蒐集資料時，遇到了不少困難，感謝許濤教授、熊同銘教授、林秀美教授、許富銀教授及陳逸然教授，謝謝教授們大方地接受訪問並侃侃而談，讓我收集到許多珍貴的資料。

此外，我要特別感謝Judy助教和慧敏助教不辭辛勞地被我打擾將近兩個月的時間。特別是從我大學時代就認識的Toastmasters社團老朋友Judy助教，我永遠忘不了妳的開朗、樂觀和創意。身兼教職和媽媽兩個角色的Judy，時常用非常幽默詼諧的模式與學生們、朋友們相處。有Judy在的地方，不論是實驗課還是社團，都充滿著歡笑。我會非常想念你與你的小朋友Tino日常生活中的趣事以及以前一同相處的點點滴滴。而慧敏助教與我素昧平生，但是仍排除萬難、篤力幫助我收集學生們的實驗報告和訪談錄音。兩位助教的學識以及經驗也都相當淵博，使得本研究結果增色不少。在此要特別謝謝他們兩位。更不能忘記本論文最龐大的功臣，來自三個不同系所的一百多位學生和七位勞苦功高的教授，因為有你們的支持與配合，這本論文才得以順利產出，非常感謝你們。

## 交通大學

能到交大念教育所真的是我人生中最珍貴的一段記憶，所上的和樂氣氛與嚴謹的研究態度至今讓我難以忘懷。在交大教育所兩年多，從欣喜若狂、酸甜苦辣、悲喜交加、悲從中來、到後來的樂不自勝，陪伴我經歷這段歲月一同成長的老師和同學們，謝謝你們。

謝謝我的指導教授蔡今中老師，在蔡老師的課堂上總是充滿歡笑，老師風趣幽默的言談及嚴謹細膩的分析講授，總是讓我們在歡笑聲中學習到非常寶貴的知識與經驗，還好以後還可以繼續上到蔡老師的課，不然真的會覺得遺憾。還有老師對於教學的熱忱與精闢的見解，讓我了解到作為一個教師要能時常保持樂觀與愉快的心態。

謝謝余曉清老師，您讓我了解到念paper必須面面俱到、見微知著，我永遠忘不了您的「科學學習心理學」課程，讓我們宛如瞬間被打通任督二脈，經過一個學期，功力頓時增長不少。

謝謝林珊如老師，您告訴我做研究要努力但是也要做得快樂，只要努力過的事情，以後回想起來都會覺得很值得、很珍貴。更重要的是，您讓我深刻了解到需對自己負責，也需對所修的課程負責，宛如當頭棒喝，我才能嚴謹並積極地往前繼續走下去。

謝謝彭心儀老師，雖然我是一個有點叛逆思考的學生，但是您仍給予我相當大的空間來表達出屬於我自己的意見和看法，並仔細聆聽、給予建議。更不時地寫E-mail關心我、鼓勵我，讓我倍感溫馨，我宛如在教育所找到一個漂亮又體貼的姊姊。

謝謝周倩老師，您平時給我的鼓勵與讚美，讓我對自己更有自信心。

謝謝陳致嘉老師，深入淺出的教學方式，讓我能一窺課程社會學的神秘，更在許多次的演講活動中，了解到第一線教師的想法。也謝謝老師給予我與學弟妹及學程學生分享看法與經驗的機會。

更不能忘記我的幾位好戰友，謝謝好兄弟兼好室友的宗達，因為高中讀同一所男校的連結關係，讓我們總是無話不談，甚至情緒不好的時候，可以彼此互當對方的垃圾桶。謝謝你總是在我徬徨無助的時候，默默給我支持與鼓勵。你也是一個逛大賣場的好伙伴，新竹地區的大賣場都不難找到我們的足跡。

謝謝雷聲大雨點小、差點搶了隋棠風采的緋聞女友彥君，你真的是我看過最適合娶回家的嫋嫋女性，只可惜「相見恨晚」，哈！。與同是射手座的我總是有聊不完的話題，非常謝謝你不斷地介紹女友給我，也謝謝你讓我見識到台妹也是有很可愛、很真性情的一面。

謝謝行政組的凱俐和安琦，讓我有機會開著高檔名車載著大家在新竹兜風，也讓我知道真的有俊男美女配的美好結局。

更要感謝同為科學教育組的兩位好搭檔，謝謝總是不被我們當作女生看待的倩嫻及越來越有份量的格瑜，最後趕論文口試的階段，彼此打氣鼓勵，總算我們都如期完成了。也要謝謝科教組的學弟妹文已、孟玲、淑娟、莉郁、千祈、珮菁，大家加油！

## 台灣科技大學

碩士班的最後一年，我很幸運地能認識許多台科大的朋友與老師給予我支持與鼓勵，並提點很多論文應該改進的部分，非常感謝。

謝謝跟我同月同日生的王淑玲老師，王老師總是給予我不同的見解與想法，並且教導我們該如何有系統地閱讀期刊論文、如何有系統地撰寫研究計畫與論文，獲益匪淺。謝謝陳素芬老師在論文的文獻探討部分，提供了我一個清楚定義專有名詞的方向，讓我能將偏哲學領域的詞彙表達得更清楚明瞭。

謝謝台科大技職所的暉珍、雅惠、麗蓉、曉君、奕淑、祿恩，因為有你們溫暖的關懷，我才能一鼓作氣地將論文寫完。

謝謝台科大高等所的峰名、典緯、旭源，沒有你們，我不可能有效率地將質性資料分析完，非常感謝。

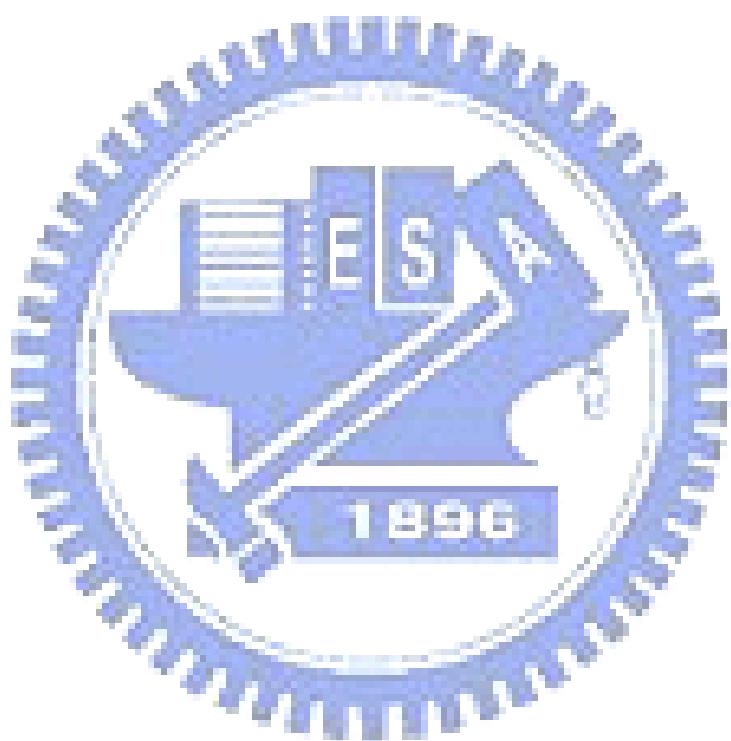
## 蔡今中教授研究團隊

首先，我最要感謝的是第一屆學長吳穎沺博士，總是在我建立研究架構、分析研究資料、詮釋研究結果有挫折的時候，不厭其煩地提供我很多想法與經驗談，讓我能再一次又一次的檢視研究架構與問題中，找到這本論文的核心價值。謝謝梁至中老師、旻憲學長、佳慶學長、子軒、靜慧、傳舜不時鼓勵我、幫我加油打氣。

此外，我想特別感謝臺南大學的林哲彥教授，謝謝您幫助一個素昧平生的碩士班學生，無償提供給我實驗手冊，非常感謝。

另外，我想把最多的感謝獻給我的母親曹姐與哥哥杜威，我的母親在我的生命中扮演著很重要的角色。從小學教育開始，母親就一直致力於給予我最好的教育環境與資源。就讀碩士班期間，也是因為母親與哥哥的犧牲奉獻，讓我能無後顧之憂繼續碩士班的學業，沒有你們的支持，我根本沒辦法心無旁騖地完成碩士班學業，謝謝你們。

最後，這本論文的完成並不是研究路途的句點，而只是個逗點。希望這本論文能對國內的科學教育有一些貢獻，並且提供科學實驗教學與學習一些想法與建議。僅以此論文獻給所有曾幫助過我的人，希望大家都能生活得愉快、事事順心！



# 目 錄

中文摘要 .....	iii
英文摘要 .....	v
誌謝 .....	vii
目錄 .....	xii
表目錄 .....	xvii
圖目錄 .....	xxi
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
第一節 研究背景 .....	1
第二節 研究動機與目的 .....	2
第三節 研究問題 .....	3
第四節 名詞解釋 .....	3
第五節 研究範圍與限制 .....	4
<b>第二章 文獻探討 .....</b>	<b>7</b>
第一節 異例與異象 .....	7
壹、異例與異象的定義 .....	9
貳、學生面對異象所產生之反應類型 .....	12

參、促進科學理論改變之異例.....	17
肆、異象在國內科學教育上的應用.....	23
<b>第二節 科學實驗活動 .....</b>	<b>24</b>
壹、科學實驗教學與學習.....	25
貳、科學實驗學習環境.....	27
<b>第三節 科學知識觀 .....</b>	<b>28</b>
第四節 小結 .....	30
<b>第三章 研究方法.....</b>	<b>31</b>
第一節 研究對象.....	31
第二節 研究流程 .....	33
壹、準備工作.....	34
貳、實驗課程進行過程 .....	36
參、師生訪談與量表施測 .....	39
肆、資料處理與分析 .....	39
第三節 研究設計 .....	42
第四節 資料蒐集 .....	43
壹、實驗異象報告 .....	43
貳、科學觀點量表 .....	44
參、科學實驗環境量表 .....	48

第五節 半結構式訪談法 .....	50
壹、訪談進行流程 .....	51
第六節 資料處理與分析 .....	52
壹、實驗異象報告 .....	52
貳、訪談資料 .....	54
<b>第四章 研究結果與討論.....</b>	<b>57</b>
第一節 學生與教師的科學知識觀之分析 .....	57
壹、學生的科學認識觀 .....	57
貳、教師的科學知識觀 .....	64
參、學生與教師的比較 .....	66
第二節 學生與教師對實驗室環境的偏好與實際情況之分析 .....	67
壹、學生偏好的實驗室環境與實際的實驗室環境 .....	68
貳、學生的科學知識觀與實驗室環境之相關性分析 .....	70
參、教師偏好的實驗室環境與實際的實驗室環境 .....	74
肆、學生與教師的比較 .....	77
第三節 實驗活動之分析 .....	80
壹、學生對實驗活動的觀點之分析 .....	81
貳、教師對實驗活動的觀點之分析 .....	90
參、學生與教師對實驗活動的觀點之比較 .....	103

第四節 處理實驗異象的方法與態度之分析 .....	104
壹、學生處理實驗異象的方法與態度 .....	105
貳、教師處理實驗異象的方法與態度 .....	128
參、學生與教師的比較 .....	147
第五節 面對實驗異象的反應行爲、實驗異象的處理方式與處理態度、實驗活動對科學學習的影響類型、科學知識觀及實驗室環境之分析 .....	149
壹、學生面對實驗異象的反應、實驗異象的處理方式與處理態度、實驗活動對科學學習的影響類型、科學知識觀及實驗室環境之分析 .....	150
第六節 後續分析與討論 .....	168
壹、學生處理實驗異象的策略與學生自我調制學習 .....	168
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>171</b>
第一節 結論與討論 .....	171
壹、實驗活動與學生的科學知識觀 .....	172
貳、學生面對實驗異象的反應、處理實驗異象的態度、處理實驗異象的策略與學生的科學知識觀 .....	172
參、教師的科學知識觀、處理實驗異象的觀點與學生處理實驗異象 .....	173
第二節 建議 .....	173
壹、學生的實務知識論與科學知識觀 .....	173
貳、實驗異象與學生科學學習 .....	174

參考文獻 .....	177
附錄 .....	186
附錄一 實驗異象報告 I—溶液的濃度 .....	186
附錄二 實驗異象報告 II—維他命 C 含量之測定.....	187
附錄三 學生訪談大綱.....	188
附錄四 教師訪談大綱.....	189
附錄五 科學觀點量表.....	190
附錄六 科學實驗環境問卷調查—學生偏好.....	193
附錄七 科學實驗環境問卷調查—學生實際狀況.....	195
附錄八 科學實驗環境問卷調查—教師偏好.....	197
附錄九 科學實驗環境問卷調查—教師實際狀況.....	199
附錄十 研究同意書及研究對象權益保證書 .....	201

## 表 目 錄

表 2-1-1 異例定義之比較 .....	12
表 2-1-2 異象定義之比較 .....	12
表 2-1-3 九種面對異象時可能採取的反應類型 .....	16
表 2-1-4 Lavoisier 新觀念與燃素說之比較 .....	19
表 2-1-5 科學史上所遭遇之異例整理 .....	23
表 2-1-6 國內文獻對異象問題的研究之比較 .....	24
表 3-1-1 班級人數統計表 .....	31
表 3-1-2 教師基本資料表 .....	32
表 3-2-1 實際參與教學與班級之教學關係表 .....	35
表 3-2-2 學生與教師訪談問題比較表 .....	35
表 3-2-3 兩次實驗處理方式 .....	37
表 3-2-4 兩個實驗異象報告問題之比較 .....	38
表 3-4-1 科學觀點量表各向度之題數與信度值 .....	46
表 3-4-2 科學實驗環境量表各向度之題目分配與信度值 .....	50
表 4-1-1 學生參與實驗活動前後的科學知識觀比較 .....	58
表 4-1-2 各組學生科學知識觀的變化 .....	61
表 4-1-3 男學生參與實驗活動前後的科學知識觀比較 .....	63

表 4-1-4 女學生參與實驗活動前後的科學知識觀比較.....	63
表 4-1-5 七位教師的科學知識觀.....	65
表 4-1-6 各組教師的科學知識觀.....	66
表 4-1-7 學生與教師的科學觀點比較.....	66
表 4-2-1 學生偏好的實驗室環境與其實際所接觸之實驗室環境之比較...	69
表 4-2-2 學生參與實驗活動前之科學知識觀與偏好實驗環境之相關性...	70
表 4-2-3 學生參與實驗活動後之科學知識觀與實際實驗環境之相關性...	71
表 4-2-4 學生科學知識觀與偏好的實驗環境之相關性.....	73
表 4-2-5 學生科學知識觀與實際實驗環境之相關性.....	73
表 4-2-6 七位教師偏好的實驗室環境與實際的實驗室環境.....	74
表 4-2-7 各組教師的科學知識觀、偏好與實際的實驗環境分數.....	76
表 4-2-8 學生與教師偏好及實際的實驗環境比較.....	78
表 4-3-1 訪談逐字稿與實驗異象報告分析比較.....	81
表 4-3-2 實驗目的各組人數統計.....	82
表 4-3-3 實驗活動對科學學習的幫助各組人數統計.....	84
表 4-3-4 先備知識對實驗活動的影響各組人數統計.....	86
表 4-3-5 學生對實驗活動的觀點.....	89
表 4-3-6 教師對實驗活動的觀點.....	102
表 4-3-7 學生與教師對實驗活動的觀點之比較.....	103

表 4-4-1 訪談逐字稿與實驗異象報告分析比較 .....	105
表 4-4-2 解決異象的策略對照表 .....	107
表 4-4-3 解決異象的策略、可信度與理論改變程度 .....	108
表 4-4-4 學生面對實驗異象的反應各組人數統計 .....	111
表 4-4-5 學生處理實驗異象的策略各組人數統計 .....	115
表 4-4-6 學生處理實驗異象的態度各組人數統計 .....	117
表 4-4-7 實驗異象對學生科學學習的影響各組人數統計 .....	120
表 4-4-8 學生跨學科處理實驗異象方式各組人數統計 .....	122
表 4-4-9 實驗異象對科學理論發展的影響各組人數統計 .....	125
表 4-4-10 學生對實驗異象的觀點 .....	126
表 4-4-11 學生處理實驗異象各組人數統計 .....	127
表 4-4-12 教師處理實驗異象的策略 .....	140
表 4-4-13 教師對實驗異象的觀點 .....	147
表 4-4-14 學生與教師對實驗異象的觀點之比較 .....	148
表 4-5-1 實驗活動對學生學習科學的影響類型與其科學知識觀前測及後測 的比較 .....	152
表 4-5-2 實驗活動對學生學習科學的影響類型與其偏好及實際實驗環境的 比較 .....	154
表 4-5-3 學生處理實驗異象的態度與其科學知識觀前測及後測的比較 .....	156

表 4-5-4 學生處理實驗異象的態度與其偏好及實際實驗環境的比較.....	158
表 4-5-5 學生處理實驗異象的策略與其科學知識觀前測的比較 .....	160
表 4-5-6 學生處理實驗異象的策略與偏好及實際實驗環境的比較.....	162
表 4-5-7 學生面對實驗異象的反應行爲與其科學知識觀前測及後測的比較 .....	164
表 4-5-8 學生面對實驗異象的反應行爲與偏好實驗環境的比較 .....	167



## 圖 目 錄

圖 2-1-1 個體遭遇異象之處理模式 .....	11
圖 2-1-2 科學理論分類之球型類比模型 .....	15
圖 2-1-3 白花紅花之親代與子代遺傳性狀圖 .....	20
圖 2-2-1 實驗活動發展與評鑑之歷程圖 .....	27
圖 3-2-1 研究流程四階段 .....	33
圖 3-2-2 研究流程概略圖 .....	41
圖 3-3-1 研究概念圖 .....	42
圖 3-4-1 探索學生科學知識觀之架構圖 .....	47
圖 4-1-1 實驗活動前後學生科學知識觀的分數變化 .....	58
圖 4-1-2 實驗活動前後三組學生的科學知識觀分數變化 .....	62
圖 4-1-3 學生與教師科學知識觀比較 .....	67
圖 4-2-1 學生偏好與實際實驗環境的分數變化 .....	69
圖 4-2-2 教師偏好與實際實驗環境的分數變化 .....	75
圖 4-2-3 各組教師偏好與實際實驗環境的分數變化 .....	76
圖 4-2-4 學生與教師偏好實驗環境的分數比較 .....	79
圖 4-2-5 學生與教師實際實驗環境的分數比較 .....	79

# 第一章 緒論

本章共分為五節，主要說明本研究之研究背景、研究動機與目的、研究問題、名詞解釋與研究範圍與限制，並對本研究中所提及之重要名詞予以解釋與定義。

## 第一節 研究背景

科學發展過程中，科學家不斷地發明許多新理論與現象，亦時常遭遇瓶頸或無法解開之謎題，此種謎題常會讓科學家陷入長考、修正固有理論甚至完全改變之。此種被稱為異例 (anomaly) 之謎題，在科學發展上扮演了一個極為重要的角色 (Kuhn, 1962; Chinn & Brewer 1993; Limon & Carretero, 1997; Mason, 2000; Tsai & Chang, 2005)。然而，對於學習科學的學生而言，並不會如同科學家遭遇許多異例或經歷典範轉移，但學生可藉由一些異常數據或現象進一步檢視自己的科學學習歷程與知識，此一異常數據或現象稱為「異象」 (anomalous data)。

異象對科學學習者產生了極為重大的影響力，並且可以供科學教師用以促進學生的概念改變。如：Shepardson & Moje (1999) 使用異象來重新建構學生的概念，以便了解電路學概念。Chan, Burtis, & Bereiter (1997) 進一步探究學生討論某些抵觸其所相信之事物的訊息，並提出分層的知識處理活動 (level of knowledge-processing activity) 可直接影響概念改變。此外，在克服因類比推理而產生之迷思概念的研究中指出，學生所熟知的異象已經被用來促進概念改變 (Brown & Clement, 1989)。

然而，當研究者希望學生藉由其對異象的反應來達到概念改變歷程，會於觀察 (observation)、解釋 (interpretation)、類化 (generalization)、保留 (retention) 四種認知過程中遭遇到阻礙 (Brewer & Lambert, 1993)。例如：學生固然藉由對異象之反應達到概念改變，但其只是產生暫時性的概念改變而非真正接受。因此經過一個星期後，學生又重拾之前的另有概念。此外，Kuhn, Amsel, & O'Loughlin (1988) 更認為並非接觸到異象就

等同於產生概念改變或知識重建的情形，有時學生僅接觸到異象並不會導致概念改變。舉例來說，孩童們有時候被視為是不理性的 (irrational)，即當孩童對異象做出反應時，會試著用各種方式來漠視資料所表現出的異常現象。因此，本研究試著探討，當實驗活動中出現實驗異象時，學生對實驗異象的反應以及處理方式為何，並兼探其與科學知識觀、實驗室環境及教師觀點的相關性，期望了解異象如何促進有效學習。

## 第二節 研究動機與目的

過去五十年來，針對科學史哲中的異例、異象、面對異象時的反應類別及異象在教育上的應用等相關研究相當多，其中 Chinn & Brewer (1993) 認為了解人們如何學習科學以及如何增進科學教學是非常重要的兩項議題。當學生遭遇到與其對外在世界所持之既有理論相矛盾的科學資訊時，學生會有什麼反應？學生如何處理此狀況？換言之，當學生接受科學教學歷程，發現自己對外在世界所抱持的信念與課堂所呈現之資訊產生衝突時，學生的反應為何？Chinn & Brewer 更指出上述此種產生矛盾的狀況時常發生於科學學習歷程中，學生堅持保有舊理論而不易接受新的想法。

然而，科學實驗室在科學學習與教學上扮演一個極為重要的角色，亦屬於科學教室的範疇，因此研究者期望能進一步探究學生在面對異象時的反應類型是否可符應至傳統課堂教學之學習情況，抑或有不同的反應類型。此外，進行實驗活動時，學生對於實驗異象的反應是否與其科學知識觀、所處之實驗室環境以及教師觀點三者有關之研究至今尚未深入探討。因此本研究旨在探討大學生面對實驗異象時，其處理的方法與態度為何？並且進一步分析學生個人內在因素（學生的科學知識觀與學生偏好的實驗室環境）及外在因素（學生實際所處之實驗室環境、教師指導學生處理實驗異象的方法與態度、教師的科學知識觀與教師偏好的實驗室環境）對於學生處理實驗異象的方法與態度是否有相關性。

### 第三節 研究問題

基於研究動機與目的，本研究的研究問題為：

- 一、 同學科背景的大一學生對實驗異象的反應、處理方式與態度為何？
- 二、 同學科背景的大一學生對科學及實驗室環境的觀點與其處理實驗異象之相關為何？
- 三、 教師指導學生處理實驗異象的方式為何？
- 四、 教師對科學的觀點及其指導學生處理實驗異象之關係為何？

### 第四節 名詞解釋

本節將對本研究中的重要變項予以解釋，協助讀者對於本研究中的名詞有更進一步的了解。

#### 一、典範 (paradigm)

典範一詞源自於希臘字 *paradeigma*，含有模式 (model)、類型 (pattern) 及範例 (example) 之意。一般來說，可將「典範」界定為學術社群所共享的一種信仰系統、思維模式、行動規準、研究方法、分析原型、詮釋參考架構或理解真實世界的方式（引自謝文全，2004）。就科學教育而言，於常態科學時期，科學家從事科學活動必須遵循的最高原則稱之為「典範」。科學家不會對典範產生質疑並且會在典範的原則下進行解惑 (solving puzzles) 活動。當疑惑經長久努力後仍無法得解，此種疑惑變成為「異例」 (anomaly)。

#### 二、否證論 (falsificationism)

否證論為 Karl Popper 所提出，其基本主張為「能被否證的學問或理論才可稱之為科學」，即 "好的" 科學就具備高度檢驗性，因此科學在不斷摒棄錯誤後，始能逐漸接近真理。

### 三、異例 (anomaly)

根據 Merriam-Webster's Collegiate Dictionary，將「異例」定義為「偏離一般法則的事物」、「不同的、異常的、特殊的或不易分類的事物」(Merriam-Webster, 2003)。許多科學教育學者對異例的定義亦不盡相同（詳見第二章第一節）。然而，本研究參照 Kuhn (1962) 的定義，異例在常態科學中，被視為一種「待解的謎」，而在革命科學中則為「典範的反例」。

### 四、異象 (anomalous data)

亦稱為異常數據、異常現象等。在本研究中，異象為使學習者對先備知識、既有理論產生矛盾、衝突的現象或數據。

### 五、科學實驗異象 (anomalous data in science laboratory)

在科學實驗室中，遭遇到與先備知識或既有理論相衝突或矛盾之數據或現象，導致進行實驗或推論結果時，產生難以解決之疑惑。由於此現象好發於科學實驗室中，因此本研究者將此問題稱之為「科學實驗異象」。

### 六、對異象所產生的反應類型 (types of responses to anomalous data)

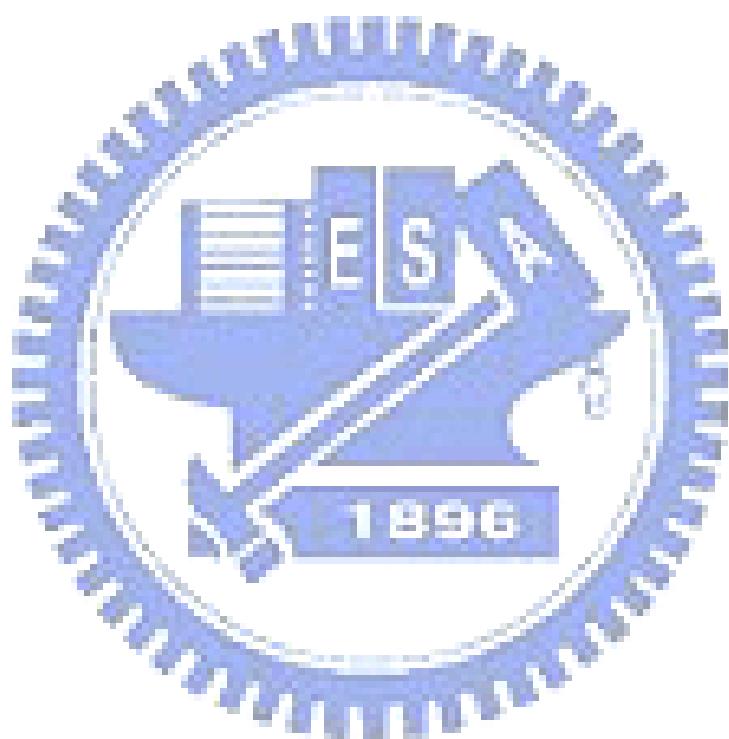
當學生遭遇異象時，面對異象所產生的思考、處理方式，即稱為異象反應。

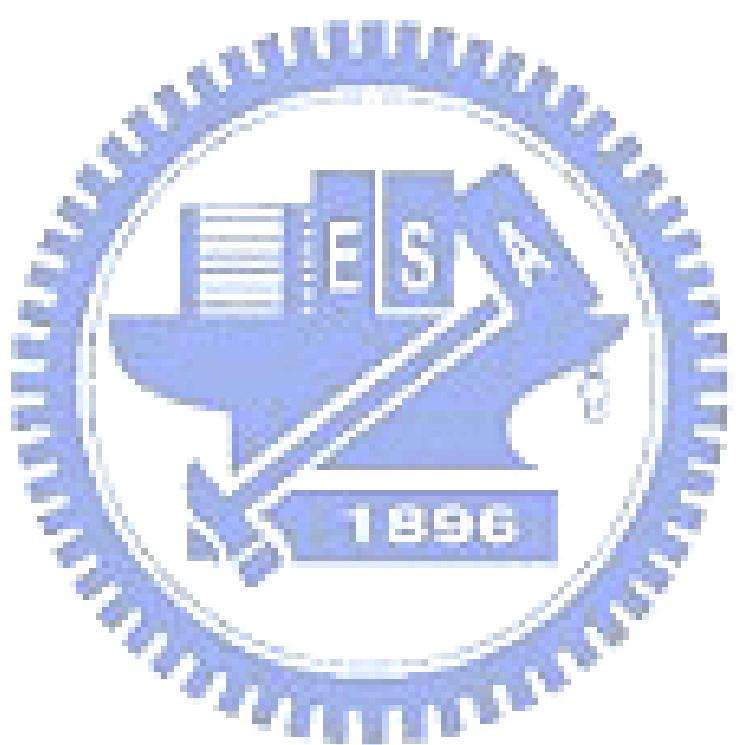
## 第五節 研究範圍與限制

本研究由於時間、人力、空間等限制因素，僅以北部某國立大學生命科學院的三個班級為研究對象，因此研究的推論性有所侷限。而且由於研究對象所接受的教學內容為大學一年級第一學期之普通化學與普通化學實驗，故推論到其他學科或不同單元皆有限制性。

此外，目前對於面對異象所產生之反應類別尚未完全定論，仍有研究學者持續探討

面對異象所做出的反應類別(如:Lin, 2007),本研究綜合 Chinn & Brewer (1993, 1998) 及 Lin (2007) 所歸納出面對異象或實驗異象反應類型，深入探討影響學生處理實驗異象之相關因素，並檢視學生對實驗異象反應類型之再現性。





## 第二章 文獻探討

### 第一節 異例與異象

學校窮、地方小，一切也就克難些吧。對他而言，他已經十分滿意目前他的環境了，他不像張凡和李鍾發那般人，整天不是埋怨設備不好，就是嫌實驗室又小又舊，他們都只是一心一意想畢了業出國深造……。

這學期在實驗課開始之前，助教就宣佈本學期的分數是按各組每次實際結果和實際值之間的差別來決定，換句話說，你所做出來的數據越接近實際值，分數就越高。而大部分的實驗結果是可由書上查到或推算出來的，為了爭取高分，許多人不惜刪改自己所做出來的數據，使它更接近實際值……。

『大家都改，只有你最清高……』

『既然要改，那何必麻煩做實驗？乾脆把標準答案抄給助教好了……』

『怎麼，你也做出兩百左右啊！我看，這回你別再頑固了，改成一百六十好啦，以免又再當眾出醜。』

『奇怪？』周篤行這下也對自己的答案感到懷疑了，信心似乎又大減了……。

『課本還會錯嗎？求求你，別猶豫了，就改吧。』

在全班驚訝的嘆息聲中，老師宣佈了這件事：『各位不要奇怪，我今天給各位的並不是棉子油，而是玉米油，我是故意說錯的。目的就在測驗各位同學是否對自己的實驗有信心？更重要的，也是測驗各位會不會刪改自己的數據。由這次實驗我發現你們真太不誠實了。……想不到就因為我說是棉子油，你們的答案都變成棉子油的了。』(小野，1988: 31-39)

許多科學教育學者共同主張科學研究總是從「問題」開始，將異常問題與未解決問題轉變為已解決問題，即是科學進步的指標之一 (Popper, 1959; Kuhn, 1962; Lakatos, 1970; Laudan, 1977; 洪振方，1999)。

從科學發展的脈絡來看，Kuhn (1962) 首先對科學知識提出了典範 (paradigm) 的概念，認為整個科學知識的成長是由於科學社群在困頓的環境下，企圖以改變對外在世界的觀點而成長 (趙金祈、許榮富、黃芳裕, 1993)。Kuhn 更指出科學家發現新問題時，會先進行一段時間的調適 (adjust) 並嘗試接受該問題。此一問題挑戰其先備知識 (prior knowledge) 與既有科學理論 (existing scientific theory) 的不足，因此導致科學家開始發展新理論或修正舊理論來滿足其所發現的新問題。此一導致科學理論有嶄新發現的「問題」稱為「異例」(anomaly)。此外，Kuhn 認為雖然在科學哲學的詞彙中，異例的確是典範的反例，然而從科學史來看，科學發展的歷程與否證論 (falsificationism) 的主張並不相同，即科學家常常不把異例當成反例。Kuhn 相信典範除了有助於科學家認定其研究方向外，亦具有啟發科學家嘗試解答新問題的功用（引自洪振方，1994：4。趙金祈，1992）。

在典範之內所從事的科學活動，不斷地遭遇異例 (anomaly)，而當典範無法解釋的異例越來越多時，危機就會出現。Kuhn 認為當危機發生時，就是新舊理論交替的階段，即「科學革命」的時期。在科學革命後，新的典範產生，就開始進行新的常態科學活動，因此科學知識的進展並非不斷的累積知識，而是不斷的進行科學革命。且在革命時期，異例所造成的認知威脅性，使其成為科學理論變遷的先決條件 (Kuhn, 1962; 洪振方，1994)。

由上述可知異例在科學理論變遷、知識習得與概念改變的歷程中，經常扮演著一個關鍵的角色。然而，許多科學教育學家、心理學家與科學哲學家並不認為在科學教室中學習的學生與實際發明理論或推翻理論的科學家具有完全相同的特徵，即學生的角色並不完全等同於科學家的角色。其主張科學家發展理論的歷程與學生知識習得之間的關係是有所侷限的，即認為學生是一種發展中的科學家 (developing scientist) (Duschl, 1990; Chinn & Brewer, 1993; Niaz, 1995; Abd-El-Khalick et al. 2003)。國內學者也對於學習科學的學生與鑽研科學的科學家兩者角色的特徵持不同的看法。

Kuhn 的科學典範是存在於科學專業社群中，並不一定存在於學生的「生活世界」。因此典範的實用性與限制性等的感受，對於研讀科學的學生當然不同於鑽研科學的科學家（引自楊文金，1997。許榮富、黃芳裕，1995：624）。

許榮富、黃芳裕認為典範並不存於學生的科學社群中，故對於學生而言，典範一詞就變成無可理解的詞彙，並且所謂的異例與異象也就變成類似子虛的詞彙（引自楊文金，1997）。然而 Kuhn (1962) 却認為教科書的目的在於形塑一個最新的典範，使學生可以在最短的時間內瞭解當今科學社群所接受的實驗、觀念、定律及理論。

上述兩者不同的說法顯示學生與科學家是否可等同視之，確實仍存在相當大的討論空間。但本研究提及的「異象」並不需要藉由 Kuhn 的科學革命作為判別的依據，且研究者認為僅擷取 Kuhn 對於「解決問題」及「理解」的重要概念並用於學生身上並無不妥，故可排除「學生是不是等同於科學家」的爭議。

因此，了解人們遭遇到與其先備知識有所衝突的資訊 (conflicting information) 時所做出的反應以及探討人們產生此種反應的原因，有助於研究者進一步了解理論改變的過程 (Mason, 2000)。



異象可挑戰科學家及學生的先備知識與既有理論概念，進而促進概念改變與知識重建，但究竟何謂「異象」？又何謂「異例」？對異例與異象做進一步研究探討前，我們必須先對異例與異象的定義有所了解，經本研究者統整發現許多研究者對於異例與異象的分類與定義不盡相同 (Chinn & Brewer, 1993, 1998; Lin, 2007; 洪振方，1994)，經統整如下：

### 一、從後實徵主義角度看異例：以 Popper 與 Kuhn 為例

洪振方 (1994) 指出，從後實徵主義 (post-positivism) 的角度探討「異例」，可區分為下列兩種意義：

## 1. 狹義的異例

異例即是反例，就算理論只遭遇到一個異例，科學家就可駁斥與放棄該理論，此為 Popper 否證論 (falsificationism) 的主張。

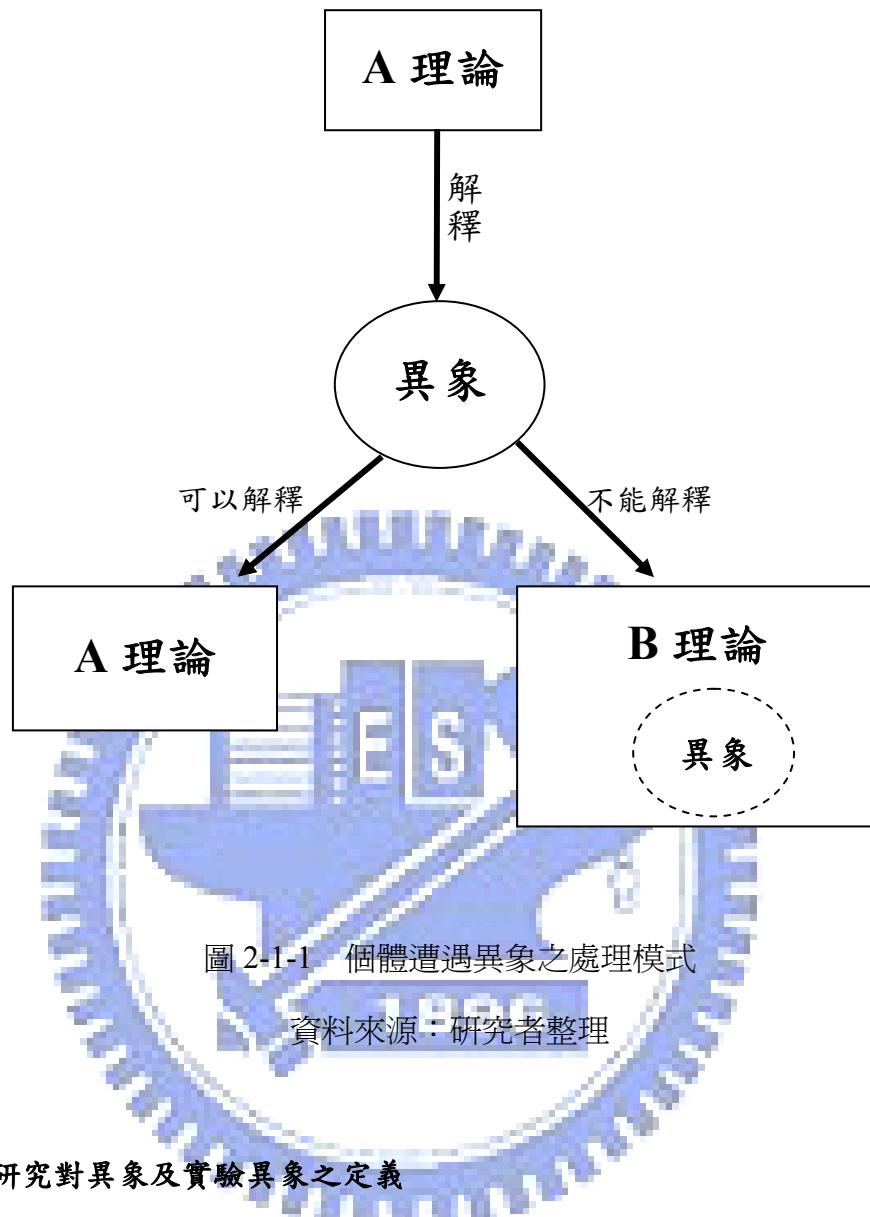
## 2. 廣義的異例

異例並不等同於反例，依據 Kuhn 的觀點，異例在「常態科學」與「革命科學」的作用不同。異例在常態科學中的本質被看成是一個「待解的謎」，其作用主要是用以擴張典範的廣度與精確度。而其在革命科學的主要作用為使科學社群對典範形成危機意識，以促成新典範的產生 (洪振方，1994：23-24)。因此，黃光國 (2003) 認為 Kuhn 所定義的異例為「出現不符合典範所預期的現象」而 Laudan 的定義則為「在邏輯上與理論不一致的經驗事實」。

在常態科學時期，異例是屢見不鮮的。但隨著常態科學的進展，經由典範的調整，這些異例不僅可以成為符合典範的預期結果，而且還可以由反例變成支持典範的正例。由於常態科學是由某種典範所宰制著，典範總是受到絕對的信賴，但它與實驗結果之間的銜接並不會十分完美，總是存在著明顯的差異或異例。常態研究的主要工作，便是經過恰當的調整，來解決這些反常的異例，以使典範不受損害（黃光國，2003：165）。

## 二、以當代科學教育學者角度看異象：以 Chinn & Brewer (1993) 為例

Chinn & Brewer (1993) 指出，個體本身已經具備 A 理論的概念，但遭逢到異常數據或現象的挑戰時，而此數據或現象又不能被 A 理論所解釋時，此種與 A 理論相衝突、矛盾或只因 A 理論無法舉證出任何一個可以用來解釋該異常數據或現象的概念，研究者將此種無法被既有理論完整解釋的異常數據或現象稱之為「異象」。此一異象並不一定隱含在新理論—B 理論中，但 B 理論勢必可以用以解釋 A 理論原本可說明的數據或現象以及異常數據或現象。茲以圖 2-1-1 顯示：



### 三、本研究對異象及實驗異象之定義

異例與異象對於學生的意義並不相同，研究者已於本節詳盡說明此部分，故本處不再贅述，因此本研究僅針對異象與實驗異象進行研究。根據上述科學教育學者對異象在科學教育上的研究，本研究認為當個體遭逢與其先備知識與既有理論相衝突、矛盾之數據或現象，導致其開始對固有概念產生懷疑，進而檢視其先備知識與既有理論的正確性與可解釋現象或數據的廣度，不論個體是否有產生概念改變或知識重建，皆被視為遭遇到「異象」而有所反應。

因此，本研究將異象定義為「可使個體對其先備知識與既有理論產生衝突或矛盾，進而挑戰、重新檢視先備知識與既有理論的精度與廣度之數據或現象」。此外，

由於本研究者之研究環境為大學實驗室，因此在實驗室中遭遇到可使個體對先備知識或既有實驗理論產生衝突、矛盾，進而可挑戰、重新檢視先備知識或既有實驗理論的精度與廣度之數據或現象，本研究稱之為「實驗異象」(anomalous data in science laboratory)。茲將異例之定義整理如表 2-1-1，異象之定義整理如表 2-1-2：

表 2-1-1 異例定義之比較

代表人物	異例之定義
Karl R. Popper (1959)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 異例即是反例。</li> <li>◆ 當理論遭遇到異例時，科學家就可駁斥與放棄該理論。</li> </ul>
Thomas Kuhn (1962)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 異例不等同於反例。</li> <li>◆ 出現不符合典範所預期的現象。</li> <li>◆ 在常態科學中，異例被看成是一個「待解的謎」，其作用主要是用以擴張典範的廣度與精確度。</li> </ul>
Larry Laudan (1977)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 異例係指在邏輯上與理論不一致的經驗事實</li> </ul>

資料來源：研究者整理

表 2-1-2 異象定義之比較

代表人物	異象之定義
Chinn & Brewer (1993)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 異象係指無法被既有理論完整解釋的異常數據或現象。</li> </ul>
本研究者 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 異象：可使個體對其先備知識與既有理論產生衝突或矛盾，進而挑戰、重新檢視先備知識與既有理論的精度與廣度之數據或現象。</li> <li>◆ 實驗異象：在實驗室中遭遇到可使個體對先備知識或既有實驗理論產生衝突、矛盾，進而可挑戰、重新檢視先備知識或既有實驗理論的精度與廣度之數據或現象。</li> </ul>

資料來源：研究者整理

## 貳、學生面對異象所產生之反應類型

當個體遭遇異象時，其處理方式並不只一種，根據 Chinn & Brewer (1993, 1998)

所提出的八種異象反應類型如下：

### 1. 忽略異象 (ignoring the data)

人們面對異象時，最常採取的方式為將其忽略不管。因此當個體忽略異象時，其幾乎不會去解釋該異象。故「忽略異象」的定義為當個體面對異象時，並不接受異象、沒有提出解釋，最後也沒有發生概念改變。

### 2. 拒絕異象 (rejecting the data)

拒絕異象如同忽略異象，個體並未接受異象，也沒有改變其固有概念。拒絕異象與忽略異象的差異在於，個體「忽略異象」代表其並不試圖去解釋異常數據或現象，但「拒絕異象」則代表個體可以解釋為何其不接受甚至拒絕該異常數據或現象。故「拒絕異象」的定義為當個體面對異象時，並不接受異象且能提出自己不接受的原因，最後概念沒有發生改變。

### 3. 異象效度的不確定性 (uncertainty about the validity of the data)

係指當學生不確定異象是不是有效的與可信的資料，因而不知道該不該接受異象，並未對異象提出解釋，最後概念也沒有改變。

### 4. 排除異象 (excluding the data)

Kuhn (1962) 認為許多科學家在面對異象時，常將異象視為是「另一個學科的觀點」 (concern of another discipline)，因此並未試圖以既有理論來解釋異象。故「排除異象」係指不論個體是否有接受異象，其並未對異象效度做出評價，最後概念也沒有發生改變。

### 5. 摖置異象 (holding the data in abeyance)

個體並不急著找尋一個可以立即解釋異象的說法，而是將異象暫時擯置，並假

設爾後必定會發現一個完善的處理方法來解釋異象。因此「擱置異象」係指當個體面對異象時，不知道如何解釋異象但會接受異象的出現，而最後概念沒有發生改變。

## 6. 重新解釋異象 (reinterpreting the data)

個體可以接受異象的出現，並且藉由「重新解釋異象」來保全其先備知識。相較於「拒絕異象」的反應方式，「重新解釋異象」係指當個體重新詮釋異象時，其接受異象為某種可以被自己的先備知識所解釋的數據或現象。以圖 2-1-1 為例，個體可以接受在某種程度上，A 理論與 B 理論可以同時解釋異象。但理論上兩者對於異象的詮釋仍然有所不同。因此當個體以「重新解釋異象」的方式來面對異象時，其不但有接受異象，也對異象提出自己的解釋，但最後因為個體對固有理論無法解釋異象的部分試圖重新解釋來滿足所產生的衝突現象，故此種反應類型並無概念改變的現象發生。

## 7. 周圍理論的改變 (peripheral theory change)

Lakatos (1970) 區分出科學理論應包含兩種命題 (proposition)：硬核 (hard core) 與保護帶 (protective belt)。除非整個理論被科學家摒棄不用，否則理論的硬核部分無法輕易地被修改，但保護帶可在中心理論 (central theories)、假設與關鍵性因素都被保留下稍做改變以滿足外在挑戰，如同圖 2-1-2 所示。因此，當個體面對異象時，對其既有概念做小幅的修正以便接受異象，也對異象提出解釋，最後概念僅有部分改變，起因於個體並不願意放棄固有理論而接受新理論，故並未達到完全的概念改變，稱之為「周圍理論的改變」。

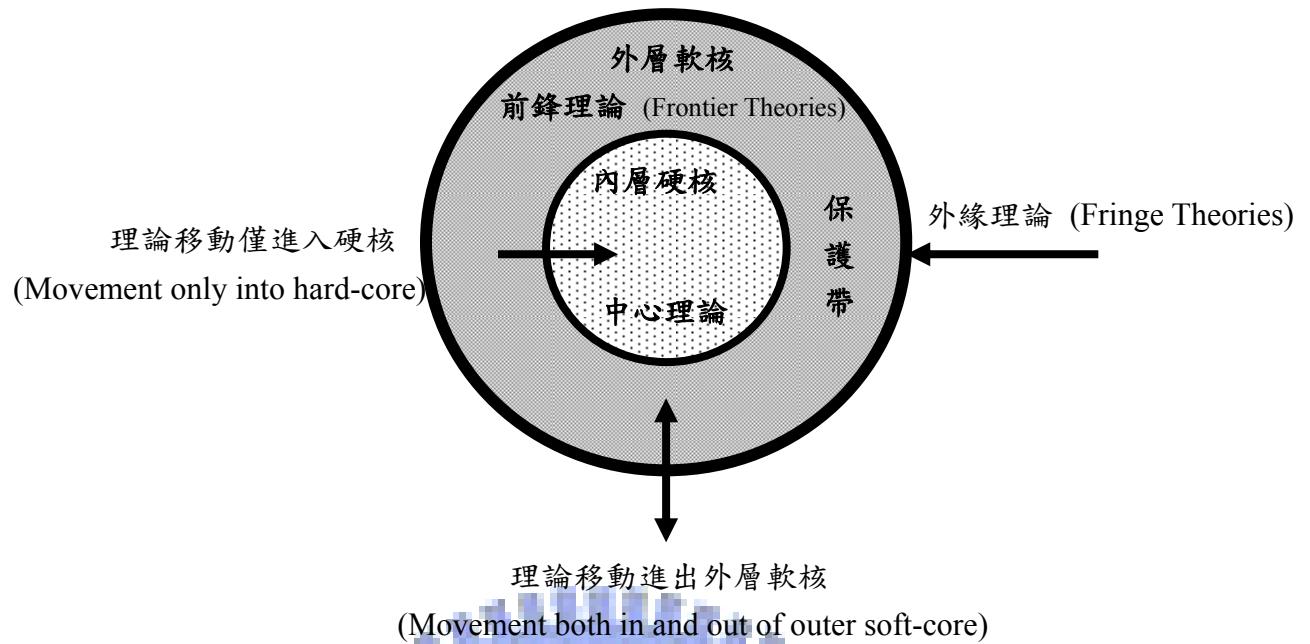


圖 2-1-2 科學理論分類之球型類比模型

資料來源：修改自 Duschl, 1990: 61

## 8. 理論的改變 (theory change)

異象對個體所產生最大的功效在於使其固有理論改變至新理論，即使個體的理論核心信念 (theorist's core beliefs) 產生改變。此時個體接受異象，也對異象提出自己的解釋，並藉由改變固有理論的核心信念或採納一個另有理論來解釋異象，最後概念徹底改變。

前七種反應類型顯示出，學生認為異象的角色不一定是用以 "保衛" (defend) 固有理論 (Tsai & Chang, 2005)，而開始動搖其對固有理論之精確度的信念。因此在學習或進行實驗過程中，當學生遭遇越多的異象，越能挑戰學生的先備知識及固有理論架構的精確性與廣度，亦可能促進概念改變 (Posner et al., 1982; Mason, 2000; Chinn, 2002; Tsai & Chang, 2005)、知識重建 (洪振方, 1994; 祖莊璣, 1995；Shepardson, 1999)。

然而，Lin (2007) 針對大學生對實驗所遭遇之異象的反應類型進行研究後，進一步分析出第九種異象反應類型為「解釋異象的不確定性」 (uncertainty about the interpretation of the data)：當學生面對異象時，不知道該不該接受異象，不確定對異象

有沒有提出解釋，最後並未決定改變先前概念。研究者根據 Chinn & Brewer (1993, 1998) 及 Lin (2007) 的分類，將異象反應類型歸納成表 2-1-3：

表 2-1-3 九種面對異象時可能採取的反應類型

反應類型	異象是否被接受	異象是否被解釋	概念是否改變
忽略異象	否	否	否
拒絕異象	否	是	否
異象效度的不確定性	未決定	否	否
解釋異象的不確定性	未決定	不確定	未決定
排除異象	是	否	否
擱置異象	是	未決定	否
重新解釋異象	是	是	否
周圍理論改變	是	是	是，部分
理論改變	是	是	是，完全

資料來源：Chinn & Brewer (1993, 1998), Lin (2007)

此外，Lin (2007) 的發現顯示，即使學生處在不同於傳統科學教室之科學實驗室中，面對異象而產生的反應類型仍與 Chinn & Brewer (1998) 所提出之八種反應類型吻合，此外更出現第九種異象反應類型。因此本研究將此九種由大學生實驗課程中所發現之異象稱為「九種實驗異象反應類型」(nine types of responses to anomalous data in science laboratory)，以便進一步探討學生在實驗室進行實驗活動且遭遇實驗異象時，學生的反應類型、處理方式與態度。

## 參、促進科學理論改變之異例

### 一、物理領域：批判 Aristotle 的運動學說

所有那些古人知道的第一定律，他們歸之於原子在虛空中直線運動，因為沒有阻力，運動極快而永恆。

Newton 手稿《慣性定律片段》

早在古希臘時代，Democritus 與 Epicurus 對於原子或物體的運動皆秉持著「在空中直線運動，且因為沒有阻力，運動極快而永恆」的看法。Epicurus 認為，當原子在虛空裡被帶向前進而沒有東西與它們碰撞時，它們一定以相等的速度運動。但是人們無法證實此原理是正確無誤的，因此僅能將此說法視為一種猜測或推想的結果。

Aristotle 所提出的「推動說」認為，物體只有在一個推動者的直接接觸下，才能保持運動。一旦推動者停止作用或兩者沒有接觸時，物體就會停下來。此說法與實際經驗不謀而合，但經不起挑戰。例如拋體在離開推動者後，儘管兩者已經沒有接觸，拋體仍會繼續運動，似乎與 Aristotle 所提出的推動說有所矛盾。Aristotle 解釋，拋體會繼續運動的原因在於手或機器在做拋物動作中，同時也使靠近物體的空氣運動，而空氣會再帶動物體運動。因此並非拋體沒有與手或機器接觸，而是此時的推動者換成了空氣。然而，Aristotle 的說法仍有許多不合理之處，其學說不斷被許多中世紀的學者挑戰並提出反駁。

西元六世紀，希臘學者 J. Philoponus 對 Aristotle 的推動說提出了批判，其認為拋體本身具有某種動力，可以推動物體前進，直到耗盡才趨於停止。後來，此看法進一步發展為「衝力理論」，其中代表人物 O. William 認為，「運動並不需要外來推力，一旦運動起來就要永遠運動下去」。關於拋體運動，William 解釋為「當運動物體離開投擲者後，因為無法區分運動者和被推動者，所以物體是靠自己運動而不是被任何在物體內部或者與物體有關的動力所推動」。並以磁針吸鐵為例，說明要使鐵運動不一定得直接與之接觸。

此外，F. Buridan 更反對 Aristotle「空氣是拋體運動的推動者」的說法。根據 Aristotle

對拋體運動的解釋「在拋體的後面形成了虛空區域，由於自然界懼怕虛空，於是空氣就立即填補了此虛空區域，因而形成了推力」。Buridan 却反問「空氣又是受什麼東西推動呢？顯然還有別的物體產生作用，此一連串的推動根源為何？」Buridan 更以「水手在船上，僅感覺到迎面吹來的風，卻感受不到背面推動的風」的實例來反駁 Aristotle 「空氣持續推動拋體」的說法，並認為 Aristotle 的推動說不符合事實真相。而後提出了「衝力理論」，認為推動者在推動一物體運動時，便對物體施加某種衝力或動力，使其即使脫離推動者而運動時，仍能繼續運動（引自郭奕玲、沈慧君，1994: 31-33）。

## 二、化學領域：Lavoisier 與化學革命

Lavoisier 開始從事化學研究時，燃素說在化學界具有舉足輕重的重要地位。但到 1772 年夏天，Lavoisier 的同事 Morveau 發表了一篇論金屬鍛燒的著作，指出「一切金屬鍛燒時都會增加重量」。Lavoisier 反思這一事實，決定重新考慮關於空氣的本質和金屬的組成問題。然而問題的癥結點在於，根據燃素說，鍛燒金屬或無機物燃燒必然會放出燃素，最終的產物重量理應減少，但事實不然。金屬的重量非但減少反而增加，這個結果的邏輯推理為：「燃素減少而重量卻增加」。促使 Lavoisier 進行反思最重要的因素為，依照當時盛行的牛頓物理學斷言：「一切物體都有重力質量」，而燃素說卻斷言：「燃素具有負重量」。Lavoisier 相信一切科學必能以某種方式統一，因此 Lavoisier 無法理解與接受燃素說的概念。之後，Lavoisier 進行許多實驗以支持他關於「燃燒後增重是由於燃燒物吸收空氣的結果」此一新觀念。Lavoisier 把物質燃燒時增重歸因於燃燒物與空氣的結合，這是與燃素說完全對立的觀念（金吾倫，1993；引自洪振方，1999）。

按照燃素說，金屬鍛燒分解成燃素與金屬灰，金屬是化合物；按照 Lavoisier 的新觀念，金屬鍛燒結合空氣形成金屬灰，金屬是純物質。按照燃素說，燃燒是分解反應；按照 Lavoisier 的新觀念，燃燒是結合反應。由上述的分析可知，Lavoisier 新觀念的形成是勇於反向思考的結果（引自洪振方，1999）。Lavoisier 的新觀念與燃素說的比較如表 2-1-4：

表 2-1-4 Lavoisier 新觀念與燃素說之比較

	燃素說	Lavoisier 的新觀念
金屬的分類	純物質	化合物
燃燒的定義	分解反應	結合反應
	金屬分解成燃素與金屬灰	金屬與空氣結合形成金屬灰

資料來源：研究者整理

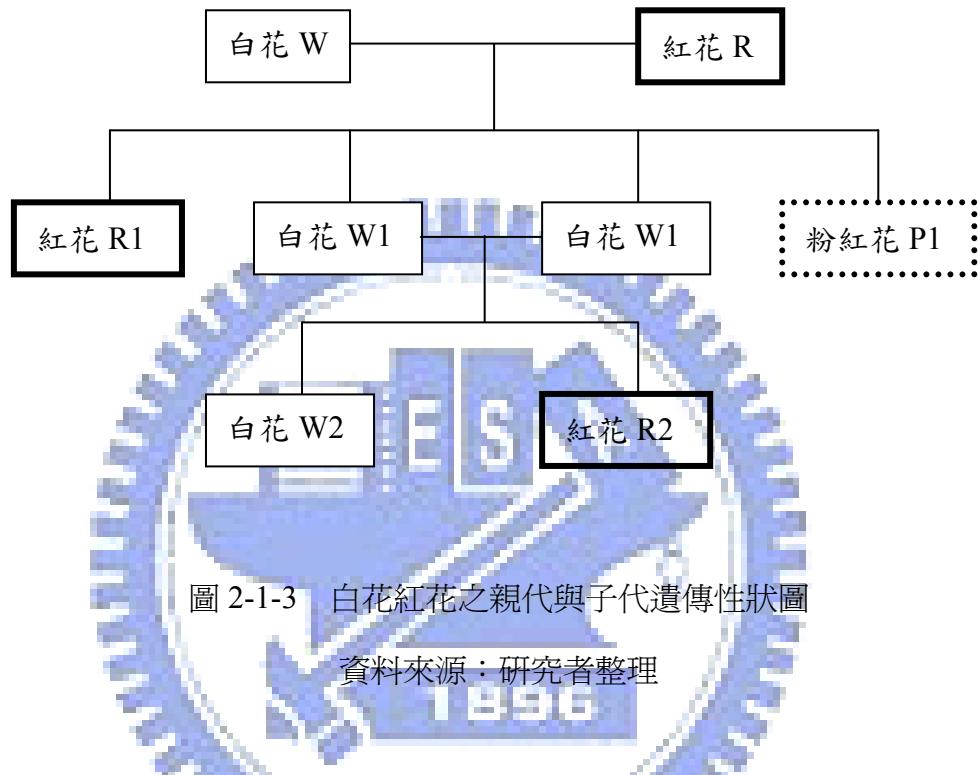
### 三、生物領域：Mendel 與遺傳理論改變

生物界中，人們非常早就已觀察到遺傳學的生命現象。東、西方的人們很早就注意到生物的某些特徵是可以在不同的世代間傳遞的，比如說眼睛的大小，鼻子的高低等等。如同中國人所說：「龍生龍，鳳生鳳，老鼠的兒子會打洞」。相同地，西方的人們也很早就利用此種遺傳現象進行生物育種的工作。然而，儘管人們很早就發現生物特徵的遺傳現象但卻未能加以應用，原因在於人們並不知道產生此種遺傳現象的原因為何。當時的生物學家 Darwin 提出演化論時，也只知道在生物族群中是確有生物特徵的變異存在，且此種特徵的差異為生物演化的過程中天擇的選擇基礎，但卻不知產生變異的原因與其如何在生物世代間傳遞。雖然生物學家無法解釋生物特徵如何在父母與子女之間傳遞，但其觀察到子女的特徵似乎是經由父母特徵混合後而產生的現象，比如眼睛像爸爸，鼻子像媽媽，而臉形則像父母的混和體。

當時的生物學家藉由實際觀察事實的結果，提出遺傳特徵的混合理論 (blending theory)。即生物的特徵是可以遺傳的，但在親子之間的關係如同果汁牛奶一般，同時混和了果汁與牛奶的特質，因此後代的子女才會兼具父母的特徵。然而，根據此理論，性狀像爸爸的子女，其子代應該不會再出現與媽媽相似的性狀，但事實卻不然。

以下頁圖 2-1-3 白花 W 為例，若將白花 W 與紅花 R 交配，繁衍的子代應為白花 W1 或紅花 R1，但實際觀察後發現，其所產生的子代除了白花 W1、紅花 R1 外，尚有粉紅花 P1 的子代產生。此外，若將白花 W1 與白花 W1 交配繁衍子代，理應只出現白花性狀的子代 W2，實際結果卻發現出現白花 W2 與紅花 R2 的子代，顯示子代所表現

出來的性狀並非僅取決於親代的某一方，對此傳統的混合理論無法做出完善的解釋。然而長期以來，生物學家一直將混合遺傳特徵的觀念視為真理，並用來解釋其所觀察到的事實。但此混合理論並非完全正確，一直到二十世紀的初期才真正的被遺傳學家們所否定。此修正轉變的過程中，Mendel 可說功不可沒。



西元 1854 年，Mendel 以豌豆作為實驗的生物材料，長期觀察豌豆的遺傳特徵與交配方式。由於豌豆是一種雌雄同體的植物，即此種植物的花會將雌蕊與雄蕊完全包裹。此外，由於豌豆會進行自花授粉 (self-fertilization)，故可視為是一種純系的品種。以遺傳學的專業用語描述之，豌豆為一種雙套 (diploid) 的植物，其體內每一個成對的基因都是同基因型的 (homozygous)。所以此種個體中，除了發生突變外，其基因的組成是單純而不變的。因此當 Mendel 以豌豆作為實驗材料時，因其花的結構可以人為的操作完成雜交的授粉 (cross-fertilization) 工作，而不需擔心非計畫性授粉的發生；又因為其為純品系的植物，外表型 (phenotype) 就可以當成其基因型 (genotype) 來看。

此外，Mendel 在選擇每一次的雜交實驗中，僅以一種外表型作為觀察實驗結果的重點。此種只以一種遺傳特徵作為雜交目的的實驗稱為「單一性狀的雜交實驗」

(monohybrid cross)。Mendel 對外表型的結果了解後，才開始對兩兩外表型的遺傳方式進行研究。兩種遺傳特徵同時進行的雜交實驗稱為「兩種性狀的雜交實驗」 (dihybrid cross)。此種作法與以往的遺傳觀察完全不同，以前是全部的外表特徵都混在一起的觀察法，Mendel 則是先對單一外表型特徵進行觀察研究，之後再對兩種遺傳特徵進行觀察研究。Mendel 成功地解釋了許多混合理論所無法解釋的子代性狀，推翻先前生物學家所信仰的混合理論，並且觀察到許多其他生物學家沒有觀察到的事實，促使了遺傳學理論的轉移。

但 Mendel 在 1865 年發表的研究卻不受重視，甚至對他的研究結果嗤之以鼻。直到二十世紀初期才被遺傳學家們重新發現並給予應得的重視與尊崇。由孟德爾的實驗遺傳學家才了解到以往的觀察錯誤，生物的遺傳特徵在不同的世代間傳遞時所遵守的法則，並了解在此法則下如何預測某種生物特徵或多種生物特徵在下一世代出現的機率（引自孟德爾豌豆實驗與遺傳第一與第二定律，<http://science.scu.edu.tw/micro/1024/>）。

#### 四、地球科學領域：Copernicus 天文理論的革命

西元二世紀至十六世紀，希臘天文學方法獨尊 Claudio Ptolemy 的數學式體系 "Almagest"，此理論建立在地球為宇宙中心的假設上，認為太陽、月亮、星辰都在固定的天際，圍繞著地球運轉。此宇宙圖像雖然展示出世界的結構，卻無法說明肉眼觀察到的行星和月亮間的複雜運動。因此，希臘天文學家採用一套複雜的數學天文學理論來解釋星體運動的模式，期望藉由幾何學方法提供一個精確且可量化的解釋。"Almagest" 代表此種數學式天文學傳統的發展極致，Ptolemy 使用的模式與方法，塑造日後天文學的理論（引自池勝昌，1999: 48-49）。

然而，最令天文學家困擾的問題在於地球並不是處於星球體系的正中央，而是行星（包括地球）按照橢圓形的軌道圍繞太陽運轉，但人們直到 Johannes Kepler 導出行星軌道模式三大定律後，才對太陽為中心的事實有所了解。Kepler 認為，行星運行的軌道為橢圓，太陽居其一焦點。此外，行星與太陽連線在等長的時間內掃過相同的面積（曹亮吉，1988）。對於 Kepler 所提出的橢圓軌道說法，Ptolemy 為了解釋星體是以正圓形軌

道繞著地球運動，又要維持地球為宇宙中心且靜止不動的假設，設計了一套更複雜的幾何學模式來詮釋星體正圓形運動的數學體系，以便人們可以計算與預測行星的運行路線。但此舉更加顯現 Ptolemy 無法顧慮到地球本身的運動也影響著行星活動之觀測方式。因為地球本身圍繞太陽運轉，所以從地球觀測其他行星的行徑路線，顯得複雜且毫無章法，並且違背先前的假設：地球在宇宙中心靜止不動，且眾多行星循著正圓形軌道圍繞地球運行。在 Copernicus 提出「地球為中心」的理論前，天文界始終維護 Ptolemy 的星體運動理論與 Aristotle 的地球為宇宙中心理論，導致天文學理論滯足不前（引自池勝昌，1999）。

由於 Ptolemy 的星體運動論無法滿足實際的星體運動模式，因此 Copernicus 經過研究後，大膽提出與 Ptolemy 截然不同的「太陽為宇宙中心」理論。Copernicus 認為宇宙的中心是太陽，而非地球；地球只是一個行星，且與其他行星一樣，在正圓形的軌道上繞著太陽運轉；地除了每年環繞太陽運行之外，每天還會繞著自己的軸心自轉。Copernicus 的新假設，解開了許多 Ptolemy 之前未能解釋的現象。首先，地球每天自轉的假設，解釋為何地球會有黑夜與白天交替的現象。再者，太陽為宇宙中心的假設，而地球處於運動狀態的觀念，在理論上可解釋為何從地球上看來，星球的運行路徑會如此複雜。此種複雜的路徑是因為觀察者處在不斷移動的地球上來觀測其他行星運動的緣故（引自池勝昌，1999）。

暫且不論 Copernicus 所提出的新理論之中有些自相矛盾的小瑕疵，甚至仍認為行星運行軌道為正圓形。但在當時仍以 Aristotle 的地心說理論為權威的時代，Copernicus 能大膽假設、小心推論並且找出 Ptolemy 與 Aristotle 理論的漏洞與矛盾之處，使得天文理論發展向前邁進了一大步，Copernicus 功不可沒。

## 五、總整理

本研究將上述四種領域於科學史上促成理論改變或修正之異例整理如表 2-1-5：

表 2-1-5 科學史上所遭遇之異例整理

領域	原理論	遭遇之異例	結果
物理	推動說	拋體運動	慣性定律、衝力理論取代
化學	燃素說	燃素減少而重量卻增加	推翻燃素說
生物	混合理論	子代的不完全性狀及隔代性狀	推翻混合理論
地球科學	星體正圓軌跡	複雜之星體運動模式	橢圓軌跡取代

#### 肆、異象在國內科學教育上的應用

當今的科學教育文獻包含了相當多新的教學方法，這些教學方式考量到學生在接受教學前就已持有的一些理論，並且試圖說服學生改變其所持有的理論。這些教學方法都依循著一個要素：異象的應用。異象即為展示給學生看一些與其理論所相抵觸的事實。這些異象會讓學生對其已有的理論產生不滿足感，因為現有的理論並不能解釋異象。學生也會採納可以成功解釋異象的科學理論來使自己感到滿足 (Posner et al., 1982)。

許多教育研究者都提倡使用異象來促使學生改變其固有理論 (Alverman & Hynd, 1989; Anderson, 1977; Brown & Clement, 1992; Champagne, Gunstone, & Klopfer, 1985; Hewson & Hewson, 1983; Posner et al., 1982; Roth, Anderson, & Smith, 1987; Roth, 1990; Wang and Andre, 1991)。此方法可廣泛的應用，且異象可以許多不同方向來呈現。有時候透過實驗室工作呈現 (Lin, 2007)，有時候透過電腦呈現 (Bridewell, 2004)，有時候又可透過討論呈現。因此運用異象常常是促進概念改變的關鍵之一 (Chinn, & Brewer, 1993)。

然而，在建構主義盛行之下，教育學者開始重視學生的想法，並且發現學生的部分想法和正統的科學概念有出入，教育研究者將學生的這些概念稱為迷思概念 (misconception)、學前概念 (preconception)、直覺 (intuition)、另有概念 (alternative conception)。許多研究者都致力於釐清另有概念並針對學生的先備知識，搭配建構主義式的教案，讓學生得以達到徹底的概念改變 (黃台珠, 1984; 王國華, 1995; 鄭湧涇，

2001; She, 2002, 2003, 2005; Tsai, 2001a; Lawson, 1989; Soyibo, 1983; Treagust, 1986, 1995; Treagust & Haslam, 1986)。於是興起了研究不同於個體先備知識的異象（祖莊珮，1995）。國內學者對異象的實徵研究如表 2-1-6：

表 2-1-6 國內文獻對異象問題的研究之比較

	楊文金 (1993)	洪振方 (1994)	祖莊珮 (1995)
研究問題	異常現象的知覺與反應類型分析	從孔恩異例的認知與論證探討科學知識的重建	高中學生物理知識重建歷程的特徵研究
研究目的	分析個案對異常現象的知覺與反應類型	分析學生群體的科學知識重建歷程與特性	分析個案解決異象問題的思考歷程特徵
研究對象	學歷高中以上	高二與大一學生	高一與高二學生
研究情境	一對一訪談	研究者對學生樣本(班)做施測	一對一施測
研究方法	臨床探究法	多向度臨床探究法	放聲思考法與臨床探究法
異象問題	電磁與指南針	蠟燭燃燒	磁鐵性質
異象性質	受試者先備知識不足以解決的問題	受試者所接受的典範無法解釋的問題	受試者先備知識存有刻板想法而無法解決的問題

資料來源：祖莊珮 (1995)。高中學生物理知識重建歷程的特徵研究。

## 第二節 科學實驗活動

科學教育的目的在於幫助學生培養對自然世界 (natural world) 的了解,因此進行科學教學時,教師會協助學生建構有關自然世界的生活知識並且提供學生許多觀察或與真實物體 (objects) 或物質 (materials) 接觸的機會,由於此種活動經常在實驗室進行,故

科學教育學者通稱此類活動為實驗活動 (labwork) (Millar, Tiberghien, & Maréchal, 2002)。實驗活動可統整眾多科學課程的學習方式且實驗環境提供了許多不同於傳統教室環境的教學方式 (Henderson, Fisher, & Fraser, 2000)。因此，實驗室可讓學生的在科學教學情境中所習得的經驗或想法變得更有意義。

從建構主義的觀點，實驗活動可視為一種允許學習者主動追求學習並擁有多感官經驗 (multi-sensory experiences) 的活動。藉由實驗活動，學生可培養問題解決的能力並建構相關的科學知識。Ausubel (1968) 認為，實驗活動可使學生具備四種能力：了解科學方法的能力、促進問題解決的能力、分析能力與統整能力。並且使學生對於科學本質有所了解。Shulman & Tamir (1973) 提出科學教育中，實驗教學所需達成的五項目標：

1. 引發並維持對科學的興趣、滿足感、開闊心胸 (openmindedness) 與好奇心
2. 培養創意思考與問題解決的能力
3. 促進科學思考與科學方法 (如：形成假設、提出假設)
4. 培養概念理解與智能
5. 培養實務能力 (如：設計並進行探究活動、觀察、記錄數據、分析並解釋結果)

Tamir & Lunetta (1978) 更指出，1960 年代，科學課程中之所以保留實驗活動部分，主要是希望可以促進學生探究能力並且給予學生動手做研究的機會。Tamir & Lunetta 的說法已經不同於以往只將實驗室視為一個用來舉例、展示、證實已知概念與定律的場所。而 Hofstein & Lunetta (1982) 認為，實驗活動可以有效促進智力發展 (intellectual development)、探究能力 (inquiry) 與問題解決能力 (problem-solving skills)。除此之外，實驗活動更具有促進觀察能力、發展實驗操弄技術與理解科學概念的潛能。

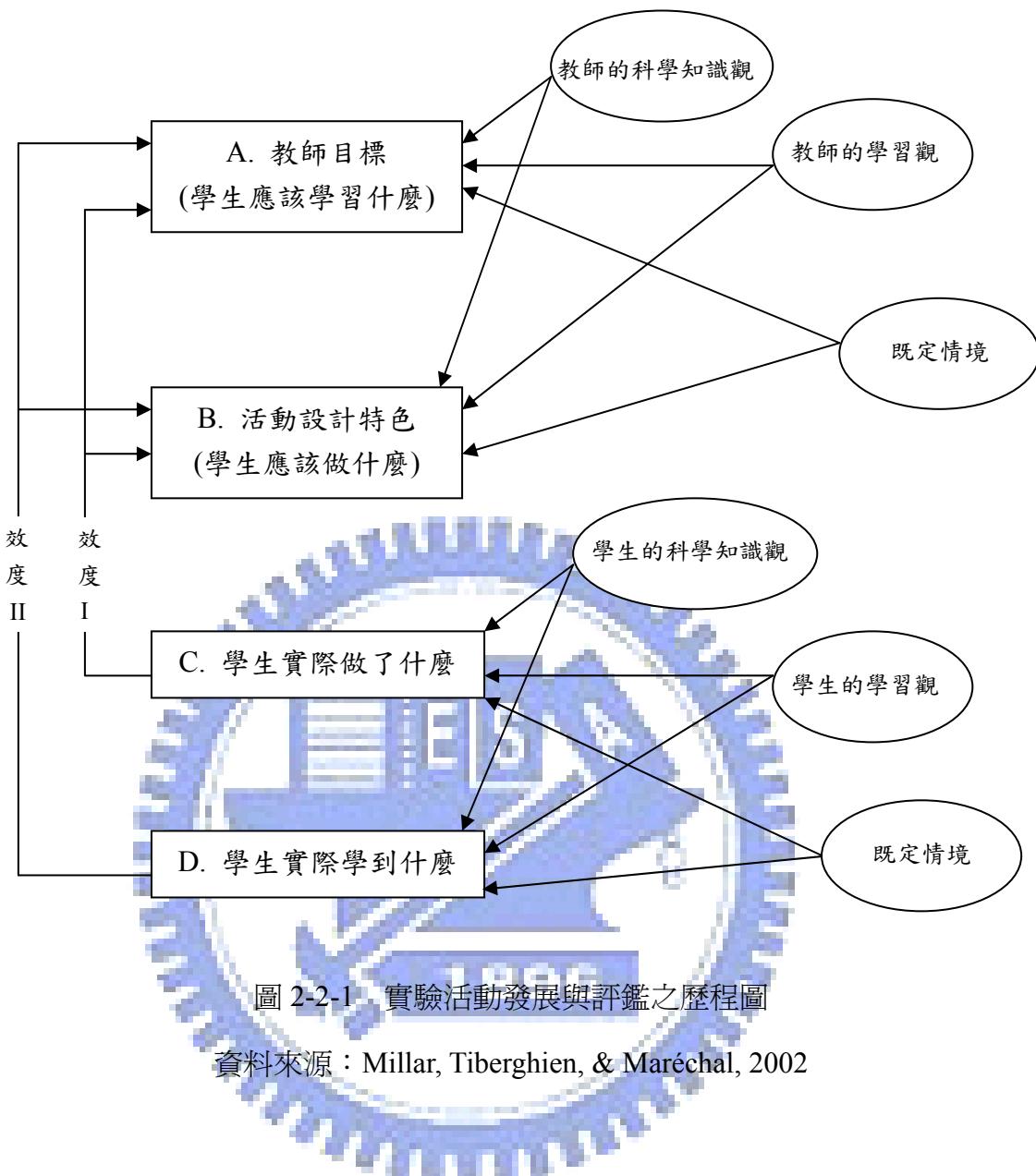
## 壹、科學實驗教學與學習

實驗教學被視為科學教育中不可或缺的教學法，並且持續存在超過一百年的理由在

於此種教學可訓練學生的觀察力、提供更詳細的科學資訊以及激發學生的學習興趣 (Blosser, 1983)。儘管實驗活動對學生學習有諸多益處，但當今學校教育並未將科學課程中的實驗活動視為主流課程，僅將實驗活動視為科學課程的一小部份。當學生實地進行實驗活動時，通常都以閱讀食譜 (cookbook) 的方式來進行，即學生完全參照實驗手冊中的步驟，一步步進行以得到預測結果、驗證已知結果。雖然大部分的學校皆將實驗活動納入科學學習的範疇中，但其所規劃之實驗活動卻不一定考量到學生的接受度、設備是否合用以及學生所得之實驗結果的精確度，因而失去實驗教學的成效。此外，許多研究亦指出實驗活動不易使學生以理解的方式來增強其學習潛力 (Stake & Easley, 1978; Hofstein & Lunetta, 1982; Tobin & Gallagher, 1987)，導致學生不但無法做出預期的實驗結果，無法進行觀察，更無法達成實驗學習的效果。結果，實驗活動淪為一種例行公事 (routine)，教師僅照本宣科，甚至以示範實驗取代學生實際操作實驗的機會，而使學生喪失對實驗活動的興趣與動機。

為了提升實驗活動的成效，Millar, Tiberghien, & Maréchal (2002) 認為必須先了解實驗活動的發展與評鑑歷程，圖 2-2-1 為實驗活動發展與評鑑之歷程圖。

教師應先訂定實驗活動的目標，設定學生於本活動後應該習得的知識為何。確立教學目標後，教師才能開始設計實驗活動。教師所設定的學習目標與實驗活動設計皆會受到教師的科學知識觀、學習觀點和既定情境（如：資源是否可運用、課程需要、評量形式等）三項因素所影響。同樣地，學生進行實驗活動時，實際做了什麼、學到什麼也會受到自身的科學知識觀、學習觀點以及既定情境所影響。然而，在教師認知理念中，學生應該學到的知識或技能並不一定全然會在所有實驗活動中表現出來，例如：教師認為實驗探究能力非常重要，學生卻認為教師應該直接給予實驗結果之正確解答而忽視探究能力，結果學生的作法並不如教師所預期應達到的目標。因此研究者需針對「學生實際行為與教師目標、活動設計特色」及「學生實際學習成果與教師目標、活動設計特色」兩方面來檢視教學成效與學習成效。故圖 2-2-1 中，效度 I 在於檢視學生的行為是否符合教師預期結果，而效度 II 則檢視學生學習成果是否與教師訂定之學習目標相符應。



「學習環境」(learning environment)一詞最早由 Anderson (1973) 定義為「同儕間的人際關係、同儕與教師間的關係、同儕、學科與學習方法間的關係以及同儕對課程結構的接受度」。故在傳統教室中，採用不同教學方法的授課教師會對學生造成一定程度的影響。而影響實驗學習環境的因素是否與傳統教室相同，抑或有額外不同的影響因子？

Rentoul & Frazer (1979) 針對採用科學探究教學與傳統教學的班級進行研究後，發

現參與探究活動的學生會對教室環境抱持更多滿足感，進而歸納出學習環境會受學生所參與之實驗活動特質影響。即不同性質之實驗活動具有不同之實驗學習環境，因此教師在進行實驗活動前，應先考量實驗學習環境是否適合該實驗。Hofstein & Lunetta (1982) 指出，影響實驗學習環境的因素為「教師態度與行為」、「實驗內容或實驗活動本質」、「教學目標」、「社會變因」 (social variables) (如：凝聚力、民主精神等)、「管理」(如：學生評量方法、限定實驗時間、學生分組辦法、空間與器材使用規範等)。此外，Fraser, Giddings, & McRobbie (1995) 檢視學生對實驗室環境的認知與學生的實驗工作態度之間的相關性後，發現學生的向心力 (student cohesiveness) 及統整能力 (integration) 與學生正向學習態度成高度相關。同時提出物質環境 (material environment) 也會影響實驗活動之進行。綜言之，教師態度、人際關係與物質環境皆對實驗活動有一定程度影響。



Epistemology 一字在 Merriam-Webster's Collegiate Dictionary 中，係指「一種關於知識本質與領域的理論或研究」 (Merriam-Webster, 2003)。Epistemology 包含知識 (knowledge) 和認識 (knowing) 兩部分，本研究僅就知識部分進行討論，科學知識觀 (scientific epistemological views, SEV) 係指關於科學知識本質與領域的理論或研究。

近年來，許多科學教育學者致力於研究「學生對科學知識本質的觀點」為何 (Lederman, 1992; Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Tsai, 1998a; 王靜如，2006; 高慧蓮、蘇明洲、林裕仁，2006)，並將研究重心轉移至探究科學史哲對於科學教育的重要性 (Duschl, 1985, 1990)。研究學者相當重視影響學生科學知識觀的因素，並將學生的科學知識觀視為能夠引導其學習科學知識或形塑學生科學學習的一種高階思考模式 (higher order thoughts) (Pintrich *et al.* 1993, Hofer and Pintrich 1997, Tsai, 1999)。眾多研究 (如：Edmondson 1989, Songer and Linn 1991, Tsai 1997, 1998a, 1998b, 1999a, 1999b, 1999c) 更顯示，持實徵主義式科學知識觀 (empiricist-oriented SEV) 的學生往往認為科學是經由一連串完全客觀的觀察及實驗才被發現出來的，而持建構主義式科學知識觀

(constructivist oriented SEV) 的學生卻認為科學是經由許多科學家所認同的典範 (paradigm)、證據與協調結果所發明出來的。相較於實徵主義取向的學生，建構主義取向的學生在學習科學時，比較會運用許多有意義的策略來幫助學習，並且在建構主義式的學習環境中也能有非常好的表現。因此，瞭解學生具備實徵主義式或建構主義式科學知識觀不僅能有效促進科學學習，同時啓示教師可採用建構主義式的教學策略來增進學生學習。

此外，根據許多可靠的研究證據顯示，學生的科學知識觀對於學生學習科學的向度來說，是不可或缺的要素之一 (Edmondson, 1989; Hammer, 1995; Songer & Linn, 1991; Tsai, 1998a, 1999a)，並將個人的科學知識觀視為個人概念生態圈的特徵之一 (Demastes, Good, & Peebles, 1995; Posner et al., 1982)。因此，學生的科學知識觀與其科學學習認知架構的廣度、豐富性與準度具有非常密切的關連性 (Tsai, 1998b)。

教育部 (2003) 所編纂之《科學教育白皮書》更明確指出，「科學教育是經由科學性的探究活動，使學生獲得相關的知識與技能，養成科學思考的習慣，依照科學方法從事探討與論證，運用科學知識與技能以解決問題，進而形成對科學本質的認識，並建立科學精神（科學態度）。」但在實際教學中，科學本質的內涵卻很少被提及 (McComas, Clough, & Almazroa, 1998)。因此，《科學教育白皮書》中也針對科學教師提出下列建議：「科學教師能應用當前科學研究文獻，能理解科學教學目標、課程、教學、學習及評量等所強調的主要內容，亦應能依據其關於科學本質的教學信念，把握科學探究與創造的精神，協助學生具備創造、關懷的基本知能與態度……。」、「科學教師教育學程應著重於科學本質、科學探究過程、科學的學習情境以及科學教學專業實務等能突顯科學教學特色的課程。」故研究者不僅需對教師的科學知識觀做進一步的了解，亦需針對學生的科學知識觀及其科學學習情境深入地探討與研究，以使教師及學生真正了解到「科學是什麼」而不只是「如何做科學」。

## 第四節 小結

科學發展歷程中，科學家時常遭遇異象而產生科學革命、理論改變。根據以上眾多實徵研究的資料顯示，學生也會從學習、討論、動手操作的過程中遭遇異象，而異象可作為挑戰學生先備知識或既有理論，此時教師適時介入教學，更能帶領學生學習到正確的科學知識與概念。將異象的概念導入實驗室的場域，亦可獲得相同的效果。

此外，實驗教學與學習需兼具理論與實務，藉由實地動手做的活動方式來達到學習的效果 (learning by doing)，不但可誘發學生對學習科學的興趣，藉由已設計之挑戰性事件—使學生遭遇實驗異象，讓學生能模擬科學家在實驗室做實驗遭遇不同於先前理論之數據與現象的狀況、了解科學理論發展歷程、檢視所學之科學理論是否正確、反思自己的科學概念是否正確。研究者期許藉由數次遭遇實驗異象的活動，培養學生能對自己親手操作所得之實驗成果有信心，以誠實自信的原則進行爾後每一次實驗活動，並且能逐漸以偏建構主義取向的思維模式來進行實驗活動。



## 第三章 研究方法

本章將分別介紹本研究的研究對象、研究設計、研究流程、研究工具、資料蒐集的方式、資料處理與分析及預期結果，希冀藉由完整的研究方法獲得最佳研究成果。

### 第一節 研究對象

由於本研究所設定之教學內容為大學一年級第一學期之普通化學與普通化學實驗課程，基於此理由，研究者選定某國立大學生命科學院之大一學生為研究對象，並且共有兩位教授普通化學實驗助教與五位教授普通化學教授參與本研究之教學。

本研究的研究對象在第一學期接受普通化學與普通化學實驗教學前，僅在高中接受過三年的化學學科教育及化學實驗教育，儘管所有學生來自台灣北、中、南部等不同地區與學校，甚至閱讀的高中課本版本也不盡相同，但根據教育部（1995）所頒佈之《高級中學基礎化學課程標準》與《高級中學選修科目化學課程標準》中提及「教材之編選，應根據『高中基礎化學課程標準』與『高級中學選修科目化學課程標準』」。故即使使用的教科書不同、授課教師教學方式略有不同，但教學的核心目標與學習目標均大同小異，因此選取剛入學第一學期之大一學生作為本研究之對象影響並不大。茲將參與本研究之三個班級學生人數統計如表 3-1-1 所示。

表 3-1-1 班級人數統計表（單位：人）

	男	女	合計
班級 A	28	28	56
班級 B	24	31	55
班級 C	26	20	46
總計	78	79	157

此外，本研究者參考所有生命科學院之專任教授資歷後，選取具備化學相關專業背

景之三位助理教授與兩位教授以及兩位負責教授普通化學實驗之助教，共計七人參與本研究之教學。其中共有五位教師（M3-T 教師、M1-S 教師、M2-M 教師及 E2-L 助教、E1-W 助教）實際參與本研究選取之施測班級之普通化學與普通化學實驗之教學，而 C2-B 教師、C1-C 教師並未參與本研究選取之三個班級的教學，但由於 C2-B 教師與 C1-C 教師的學經歷與專業背景對本研究的幫助甚大，並且藉由七位教師的資料分析，可更廣泛了解教師對實驗教學的認知。茲將此七位教師的基本資料整理如表 3-1-2 所示。

表 3-1-2 教師基本資料表

	性別	年齡	專業背景	化學教學年資	總教學年資
M3-T 教師	男	49 歲	毒物學博士	13 年	16 年
C2-B 教師	男	48 歲	化學博士	15 年	15 年
M2-M 教師	女	40 歲	化學博士	7 年	7 年
M1-S 教師	男	37 歲	醫工博士	2 年	2 年
C1-C 教師	男	32 歲	化學博士	1 年	1 年
E2-L 助教	女	38 歲	生技博士	15 年	15 年
E1-W 助教	女	27 歲	生技碩士	1 年	1 年

在研究對象的背景與性別方面，七位教師皆具備生命科學或化學的專業知識，男女比例為 4：3。而在學生部分，三個班的學生皆來自於生命科學院，分別主修食品科學、生物科技與生命科學等專業領域，男女總人數比例為 1：1。顯示本研究在教師與學生方面，較不易出現因男女比例不同而產生之性別落差，並且皆具有相似背景之專業知識，對於化學知識具有一定程度的了解。此外，教師的教學資歷亦納入考量，研究者期望從年資高、中、低三種類別可進一步檢視其教學成效與學生學習成果。

由於本研究著重質性與量化並重之研究方法，因此以分析學生與教師的科學觀點量表與實驗環境量表、學生之實驗異象報告及參考學生報告撰寫之詳細程度、表達能力等程度後，選取出 47 位學生進行深度訪談，詳見本章第二節。

## 第二節 研究流程

本研究流程共分為四個階段，分別為準備工作、實驗課程進行過程、師生訪談與量表施測及資料處理與分析四個階段。茲將此四個階段整理如圖 3-2-1。

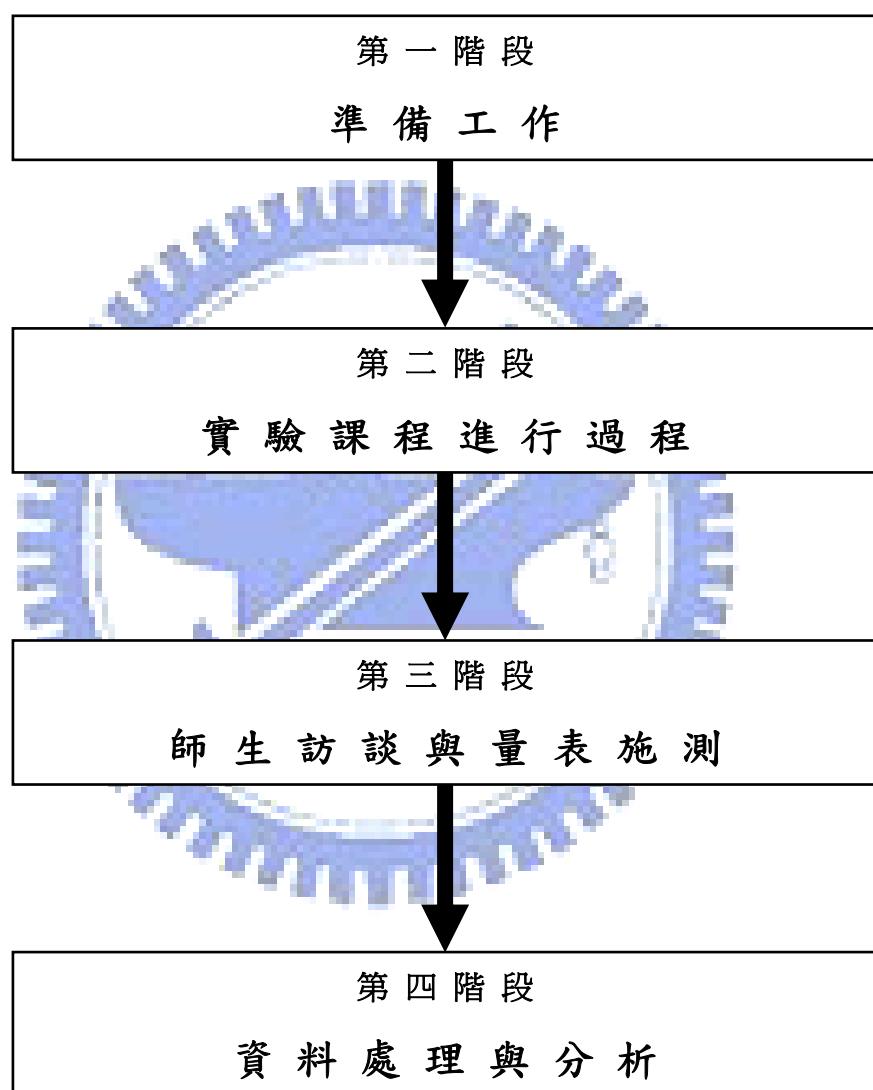


圖 3-2-1 研究流程四階段

# 壹、準備工作

## 1. 確定研究題目與文獻探討

本研究於 2006 年上旬，根據科學史、科學哲學及科學教育近年來對於異例與異象之相關研究，對於異例與異象之相關研究內容初步探討與分析後，擬定出「大學生面對實驗異象時的處理方法與態度」之研究題目。與專家討論後，確立研究主題、研究問題及資料收集方法等項目，同時針對異例、異象、科學史上的異象、科學本質、實驗教學與活動等研究進行文獻探討。

## 2. 選定施測量表

本研究所採用的量表源自於 Tsai & Liu (2005) 之科學觀點量表（見附錄五）及 Fraser, Giddings & McRobbie (1995) 之科學實驗環境量表（見附錄六至九），而此二量表原始題目皆以英文敘述呈現，為使此二量表得以使用於本研究對象，研究者將量表進行改編及翻譯，並求翻譯語句能符合國內語言及文化。

## 3. 選擇受試對象

### 3.1 學生部分

本研究受測班級選取方式為研究者參考該學院三個科系大學指定考試之錄取成績後，選取成績較高之前二名科系共三班 157 位學生為本研究受試學生群。為確實了解大一上學期普通化學實驗課程對學生之影響，研究者於該學期第一次進行實驗課程教學與活動前，先進行量表前測（詳見本章第四節），以便了解學生接受實驗教學、參與實驗活動前，其科學觀點及其對實驗室環境的偏好為何。

### 3.2 教師部分

本研究之受試教師共有七位，包含五位該學期教授大一普通化學課程之教授與兩位教授普通化學實驗之助教，七位教師的背景資料已於本章第一節介紹過，在此不贅述。僅就受試學生與教師之關係進一步說明。

如表 3-1-2 所示，M2-M 教師、M1-S 教師及 M3-T 教師三位分別負責班級 A、班級 B 及班級 C 三個班級的普通化學課程教學。而其中 E2-L 助教負責班級 A 及班級 B 兩班的實驗教學，E1-W 助教則負責班級 C 的實驗教學，茲將此五位教師與三個班級的教學關係表整理如表 3-2-1。

表 3-2-1 實際參與教學與班級之教學關係表

實際參與教學之教師與助教		
	普通化學 負責教師	普通化學實驗 負責助教
班級 A	M2-M 教師	E2-L 助教
班級 B	M1-S 教師	
班級 C	M3-T 教師	E1-W 助教

資料來源：研究者整理

#### 4. 設計教師與學生訪談大綱

根據學生的前測結果，設計適合學生之訪談大綱，並以訪談教師角度改寫學生之訪談大綱。師生訪談大綱內容幾近相同，僅就其角色不同，將問題稍做更改（見附錄三、四）。茲將教師與學生訪談大綱比較如表 3-2-2。

表 3-2-2 學生與教師訪談問題比較表

學生	教師
你覺得進普化實驗室之前，在課堂上所學過的理論或知識對實驗的進行有沒有影響或幫助？	您覺得學生在進入實驗室之前，在課堂上所學過的理論或知識對實驗的進行有沒有影響？
普化實驗前，助教或老師對實驗的說明與教學對你實際在進行實驗活動時，有沒有影響或幫助？	實驗前，您對實驗的說明與教學對學生實際在進行實驗活動時，有沒有影響或幫助？

分別從教師與學生的角度來了解其對實驗課程的認知。教師與學生之訪談大綱設計完畢，再與專家討論後，方能進行訪談及後測等相關研究。

## 5. 瞭解歷年實驗課程進行狀況

實驗教學進行方式皆遵循授課教師往年之教學方法，即依照實驗手冊進行實驗原理、實驗步驟、實驗藥品、器材與注意事項之教學及相關事項說明，並搭配教師之示範實驗活動。教師會在學生進行完實驗活動後，給予本次實驗正確的實驗結果與數據，以便檢視學生是否達到本次實驗之目標與成果。

## 6. 與教師討論兩次實驗操弄因素的可行性

經過研究者與教師討論後，認為以「挑戰性事件」(challenging events)來檢測學生對於實驗成果的態度與處理方法的可行性很高。

### 1. 挑戰性事件與挑戰性資料

「挑戰性事件」為本研究最重要之操弄因素，係指不給予學生正確的實驗結果與數據，而用與實際實驗結果與數據差異相當大的「挑戰性資料」(challenging data)，例如學生測量出溶液濃度為 0.5M，教師公布的數據則為 1.0M。學生事前不知道教師公布的答案並非實驗結果的標準答案，而是相差甚遠的答案。

### 2. 兩次實驗待測液濃度數據處理方式

本研究依據兩項不同實驗，設計出兩種形式之實驗操弄。研究者根據第一個實驗「溶液的濃度」設計出第一種形式之實驗操弄，即為給予每一組不同濃度之待測液，學生需對自己所做出來的實驗結果作解釋並抱持的態度、想法、處理方式等寫在實驗報告中。此目的在於測試學生對自己的實驗數據之信任程度。當學生對自己操作實驗後所得到的數據有所疑惑或矛盾時，常以同儕的實驗數據為參考依據。為避免學生之間過度參考彼此的實驗數據，因此研究者與助教討論可行性後，給予每一組不同濃度之待測液，並於

實驗活動結束後，給予學生非正確答案的挑戰性資料，再讓學生撰寫實驗報告。

由於第一個實驗活動完畢後一週，即開始進行第二個實驗「維他命 C 含量之測定」，為避免對同一群學生施以連續兩次相同的實驗操弄方式所造成之誤差且顧及事先準備調製藥品濃度不易，故第二個實驗給予每一組學生相同濃度之待測液，但不告知學生每組待測液的濃度相同，讓學生自行判斷、討論，並於實驗活動結束後，同樣如第一次實驗活動時，給予學生非正確答案的挑戰性資料，檢視學生第二次的反應與處理方式為何。

此外，第一個實驗的正確答案會於第二個實驗活動進行前公布，即每次進行實驗活動前會先公布上週的實驗結果正確答案，讓學生獲得真正的解答。茲將兩次實驗的操弄方式整理如表 3-2-3。

表 3-2-3 兩次實驗處理方式

	待測液濃度	給予挑戰性資料	公布真正的正確答案
第一次實驗 (溶液的濃度)	各組不同	有	第二次實驗進行前
第二次實驗 (維他命 C 含量之測定)	各組相同	有	第三次實驗進行前

資料來源：研究者整理

研究者認為此一相似於實驗異象之挑戰性資料可讓學生模擬遭遇實驗異象的狀況，更希望以此事件考驗學生對於實驗數據的精確性、挑戰學生對自己所做出的實驗成果之信心，並了解學生遭遇實驗異象時的處理態度與方法。

### 3. 發放實驗異象報告

為了能深入了解學生對於實驗異象之感覺與看法，研究者設計兩份了解學生處理實驗異象態度與方法的報告，分別為「實驗異象報告 I—溶液的濃度」（見附錄一）及「實驗異象報告 II—維他命 C 含量之測定」（見附錄二）。此兩份實驗報告的問題形式與引導

式問題皆相同，惟實驗內容不同。謹將兩個實驗異象報告題目比較如表 3-2-4。

表 3-2-4 兩個實驗異象報告問題之比較

報告問題	
	一、當你測出待測液的濃度後，發現測出之濃度與實際濃度有一些落差或出入。
第一次實驗 (溶液的濃度)	(1)你當時的想法或反應為何？ (2)請解釋發生落差的可能原因。 (3)你會採取什麼方法來處理你所測出的實驗數據？你的理由是什麼呢？
	一、當你第一次測出維他命 C 的含量後（未取平均值），發現測出之含量與助教所公布的實際含量有一些落差或出入。
第二次實驗 (維他命 C 含量之測定)	(1)你當時的想法或反應為何？ (2)請解釋發生落差的可能原因。 (3)你會採取什麼方法來處理你所測出的實驗數據？請說明你的理由。

資料來源：研究者整理

期望讓學生在經歷過具挑戰性事件之實驗活動後，藉由撰寫研究者所設計具引導式問題的實驗報告，以便了解學生對於設立實驗活動的目的、其遭遇實驗異象的感受、態度、其處理實驗異象的方法及跨學科實驗態度。研究者於學生隔週進行新的實驗活動前蒐集學生所繳交之實驗報告，且針對實驗報告內容進行分析。

## 參、師生訪談與量表施測

### 1. 選取訪談對象、簽署權益保證書、訪談大綱

#### 1.1 學生部分

為使本研究訪談過程進行順利，研究者根據實驗異象報告之詳盡程度與學生表達能力，挑選出 47 位學生進行訪談。訪談開始之前，研究者會先對本訪談內容、訪談隱私及訪談者權益進行說明，並於受訪者了解全部的訪談過程後，簽署研究同意書及研究對象權益保證書，以確保研究者與訪談者雙方之權益（見附錄十）。

#### 1.2 教師部分

由於七位教師能接受訪問的時間並不相同，因此教師訪談部分則待學生訪談部分結束後，另尋時間進行。

### 2. 量表施測時機

#### 2.1 學生部分

學生量表後測於該學期末實施，不同於前測的部分為科學實驗環境量表以「實際狀況版」來檢測學生經歷一學期普通化學實驗課程後，對實驗環境的觀感為何。

#### 2.2 教師部分

研究者與七位教師訪談完畢後，為進一步了解教師的科學知識觀與其對實驗環境的偏好與實際狀況，研究者對教師實施科學觀點量表及科學實驗環境量表測驗。

## 肆、資料處理與分析

### 1. 實驗異象報告

學生實驗報告以內容分析法 (content analysis) 及電腦輔助質性資料分析軟體

NVivo 7.0 進行分析。NVivo 7.0 具備多數質性分析軟體的常見功能，例如編碼與搜尋 (code-and-retrieve)、產生規則、建立理論 (rule-based theory-building systems)、建立索引 (an index-based approach)、建立邏輯關係 (logic-based systems)、建立概念網絡 (conceptual network systems) (引自王宏仁，2006。Richards & Richards，1994)。因此可針對文字部分進行分類與分析（詳見本章第六節），並與訪談逐字稿交叉分析，雙向了解學生在書寫與口語表達對實驗異象的處理態度與方式，以求降低學生口語或書寫過程中的謬誤與遺漏。

## 2. 訪談逐字稿

蒐集完師生訪談資料及量表後，研究者進行資料處理與分析步驟，將師生訪談錄音內容製作成逐字稿，並以內容分析法及電腦輔助質性資料分析軟體 NVivo 7.0 進行分析。

### 3. 前後測量表

### 3.1 學生部分

量表部分，則以統計軟體 SPSS 之成對樣本  $t$  考驗來分析學生成績前後測的分數。

### 3.2 教師部分

由於教師並未實施前後測，因此僅將教師於科學觀點量表及科學實驗環境量表所得的分數計算並整理。

#### 4. 統整與分析

最後將學生處理實驗異象的態度與方法分類並予以類別化 (conceptualizing)，搭配學生的科學觀點與科學實驗環境之量化分析，將學生與教師依據統計分數，分別分成高、中、低三群科學知識觀程度與高、中、低三種科學實驗環境認知之後，再與其處理實驗異象之方法與態度的類別進行相關分析。將結果與專家討論、修正後，開始著手撰寫論文。最後，將全文提交專家審核並進行修改。

茲將本研究流程繪製成圖 3-2-2 所示。

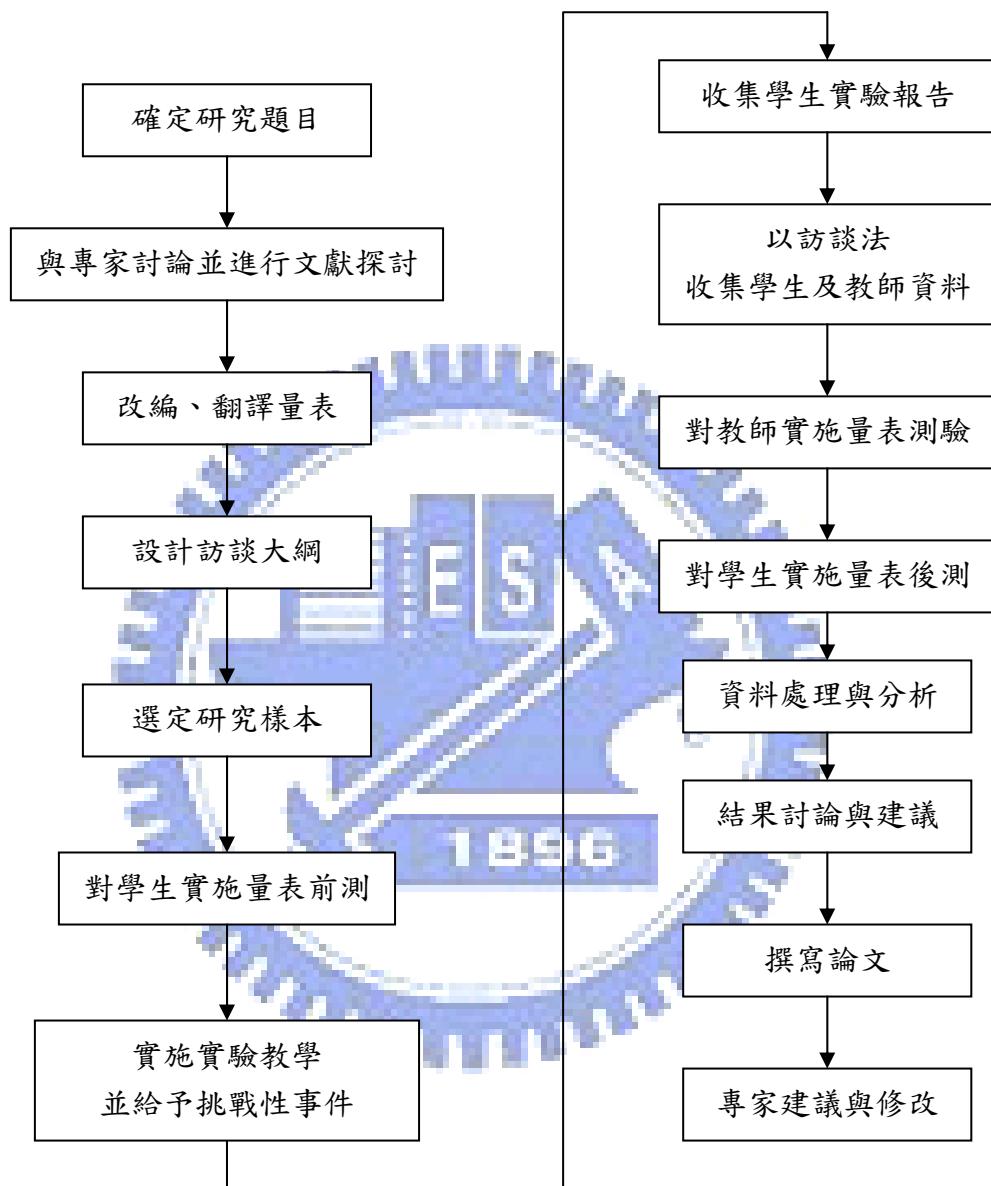


圖 3-2-2 研究流程概略圖

### 第三節 研究設計

根據本研究目的與相關文獻顯示，研究者考量到學生處理異象的態度與方法較不易以量表完全測出，因此除了量化研究部分採問卷調查法施測，尚採用內容分析法分析學生實驗報告及半結構式訪談法之質性研究方法進行。此外，為了減少教學部分的干擾因素（如：不同教師具不同教學方式、不同教學觀、教學時間長短不同等），本研究將其中兩個受試班級採用同步教學系統，即兩班同時間於不同教室但接受同一位教師之實驗教學，可有效減少教學部分的干擾。期望藉由質量並重之分析方式來了解學生於科學實驗室之學習狀況與教師科學實驗教學間的相關性。係將本研究概念以圖 3-3-1 表示。

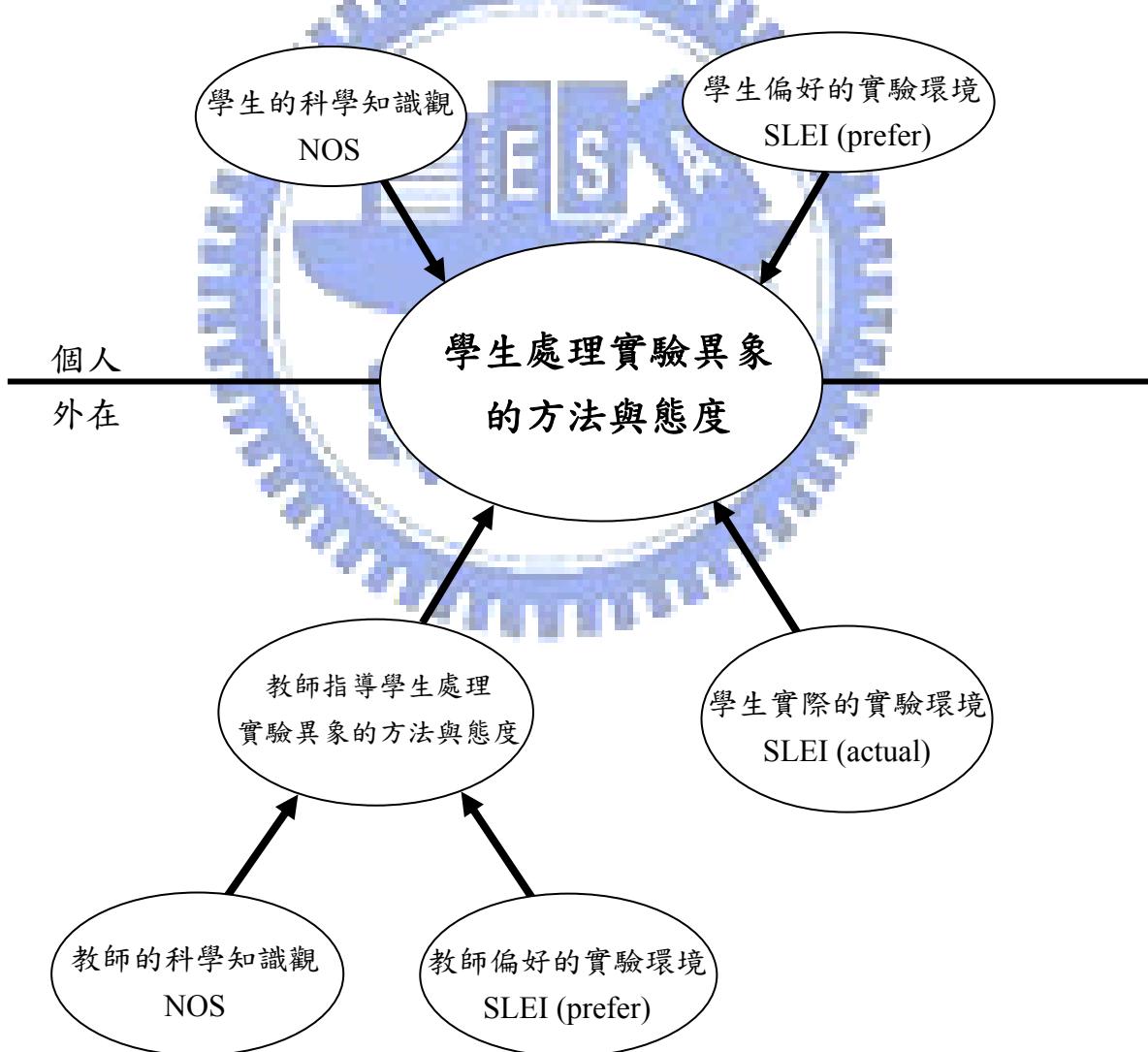


圖 3-3-1 研究概念圖

## 第四節 資料蒐集

本研究期望以學生與教師對科學的觀點與所處之實驗室環境等兩個角度檢視其在面對實驗活動中所遭遇的實驗異象及反應類型，因此本研究質化部分採用研究者設計之實驗異象報告(如附錄一至二)與半結構式訪談法，量化部分則採用 Tsai & Liu (2005) 所開發之「科學觀點量表」(如附錄五)與 Fraser, Giddings & McRobbie (1995) 所開發之「科學實驗環境量表」(如附錄六至附錄九) 對三班大一學生實行前測與後測。

### 壹、實驗異象報告

本研究之受測學校，其實驗課程皆要求學生於課前進行預習並撰寫預報，預報之內容包含實驗目的、實驗步驟、使用藥品、儀器操作方法等。於實驗活動結束後，學生需根據所得之實驗數據、結果與討論撰寫結報。

研究者期望藉由分析學生課後撰寫之實驗報告以了解學生處理實驗異象的態度與方法，因此將問題與討論獨立製作成具引導式問題之講義（如附錄一、二）。研究者不給予開放性問題之講義的原因，在於期望學生根據題目的描述與提問，回憶其遭遇實驗異象時，學生當下的態度為何？處理的方式為何？並推廣至其他科學學科（如：物理、生物、地球科學）時，是否具有相似之處理模式與態度？

給予引導式問題的優點在於學生能藉由各項題目，有系統地回答出關於實驗異象的重要概念，更能深入思考當時作實驗的情境。如：當你做了好幾次實驗都獲得相近的濃度數據（與實際答案不同），你會不會覺得有可能是實驗課程中有些地方出錯？(1)若會，你覺得可能是哪個部分出錯？（普通化學上課教授所教的理論知識、助教實驗教學內容、器材藥品、實驗課本內容、其他），請說明你的原因並解釋為何其他部分不是你懷疑的項目？此一問題可使學生回想其處理實驗異象的方式與想法為何，甚至進一步挑戰學生心中知識權威（如：授課教師、實驗助教或實驗課本）的地位，使研究者可了解學生對權威的信任度及其想法。

## 貳、科學觀點量表

本研究的研究目的之一為探討學生的科學知識觀與其處理實驗異象之方法與態度之相關性，且檢視教師本身所具有之科學知識觀是否影響著教師指導學生處理實驗異象的方法與態度。經研究者參考國內外研究科學本質的量表（如：Lederman, 2002; Chen, 2006）並考量研究目的與施測對象後，本研究採用 Tsai & Liu (2005) 所編製之「科學觀點量表」，其中包含五個向度，以下將個別說明五個向度所包含之意義：

### 1. 社會協商的角色 (the role of social negotiation)

可分為兩個觀點解釋。以建構主義的觀點來看，科學發展仰賴科學家間的溝通與協調。而以實徵主義的觀點則認為，科學是一種個體探索 (individual exploration) 的過程，其主要著重在個人的努力。

### 2. 被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science)

此向度用以評估學生是否了解科學事實是被發明的 (invented) 而非被發現的 (discovered)。此外，科學知識發展的過程中，想像力與創造力也扮演著相當重要的角色。

### 3. 理論滿載的探索 (the theory-laden exploration)

建構主義取向的人們認為，科學家進行科學探索時，其想法會受到個人的假設 (assumption)、自身的價值觀 (value)、研究議程 (research agenda) 因素影響。而實徵主義取向的人們則持相反觀點，其主張科學知識源自於完全客觀的觀察與程序。

### 4. 文化衝擊 (the cultural impacts)

文化衝擊係指科學知識發展中，具有文化依賴 (culture-dependent) 的特質，即科學知識發展會受各國不同文化的影響而認識的方法也會有所不同。傳統的科學教學經常將科學描繪成為西方世界的產物，並且忽略不同文化背景的人對科學知識具有不同的認識法。

## 5. 科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

建構主義取向的人們認為，本向度係指「科學進步中的概念改變」。主要觀點為科學知識常常有所變動且具有暫時性的特徵，即科學知識並非一成不變。相反地，實徵主義取向的人們則認為，科學旨在提供自然事實 (truth of nature)。

以上五個向度皆採 Likert 五點式法編製量表。為避免作答者以固定方式填答，本量表以正反向方式交錯出題，反向題將於計分時以反向計分，預計作答時間為二十分鐘。原量表的施測對象為高中學生，而本研究的施測對象為大學一年級學生，因此研究者以大學一年級三個班共 96 位學生實施預試，預試後得到本量表的內在一致性信度值  $\alpha = 0.68$ ，始得採用。

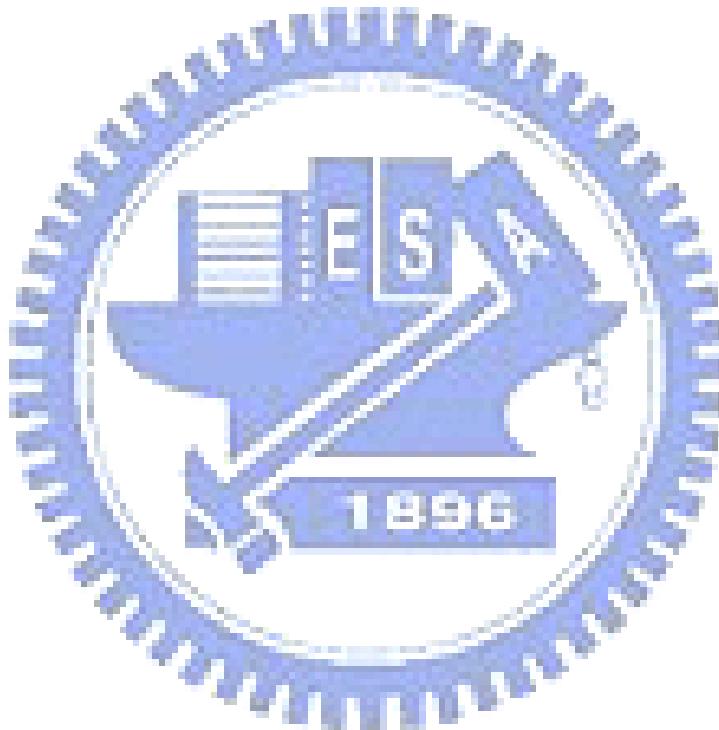
然而，科學觀點量表的預試後，僅「社會協商的角色」、「理論滿載的探索」、「被發明且具創造力的科學本質」及「科學知識的暫時性與變動性特徵」四個向度信度值達 0.55 的信度以上，而「文化衝擊」向度則未通過，可能的原因為學生從小接觸科學開始，所學習到的科學史或科學理論皆為西方世界的科學家所提出來的，讓學生耳濡目染地覺得科學是屬於西方世界的產物，因而忽略了亞洲地區、歐洲地區也具有不同的科學發展。因此，對於學生在「文化衝擊」向度的測量較為不容易通過信度標準。

此外，整體的信度值為 0.68。根據 Hatcher & Stepanski (1994) 的觀點，對於社會科學研究，即使信度值很低（僅達  $\alpha=0.55$ ），統計上仍可被接受。研究者將剩餘的四個向度的題數與信度值整理如表 3-4-1，並將 Tsai (1999b) 分析學生訪談資料後所統整之探索學生科學知識觀之架構圖，刪減文化衝擊向度後，繪製如圖 3-4-1。

表 3-4-1 科學觀點量表各向度之題數與信度值

向度	題數	信度值 ( $\alpha$ )
社會協商的角色 (SN)	6	0.69
理論滿載的探索 (TL)	3	0.55
被發明且具創造力的科學本質 (IC)	4	0.55
科學知識的暫時性與變動性特徵 (CT)	3	0.57
overall $\alpha = 0.68$		

此外，本研究正式進行前將會先實施一次前測，待兩個月後再實施一次後測。



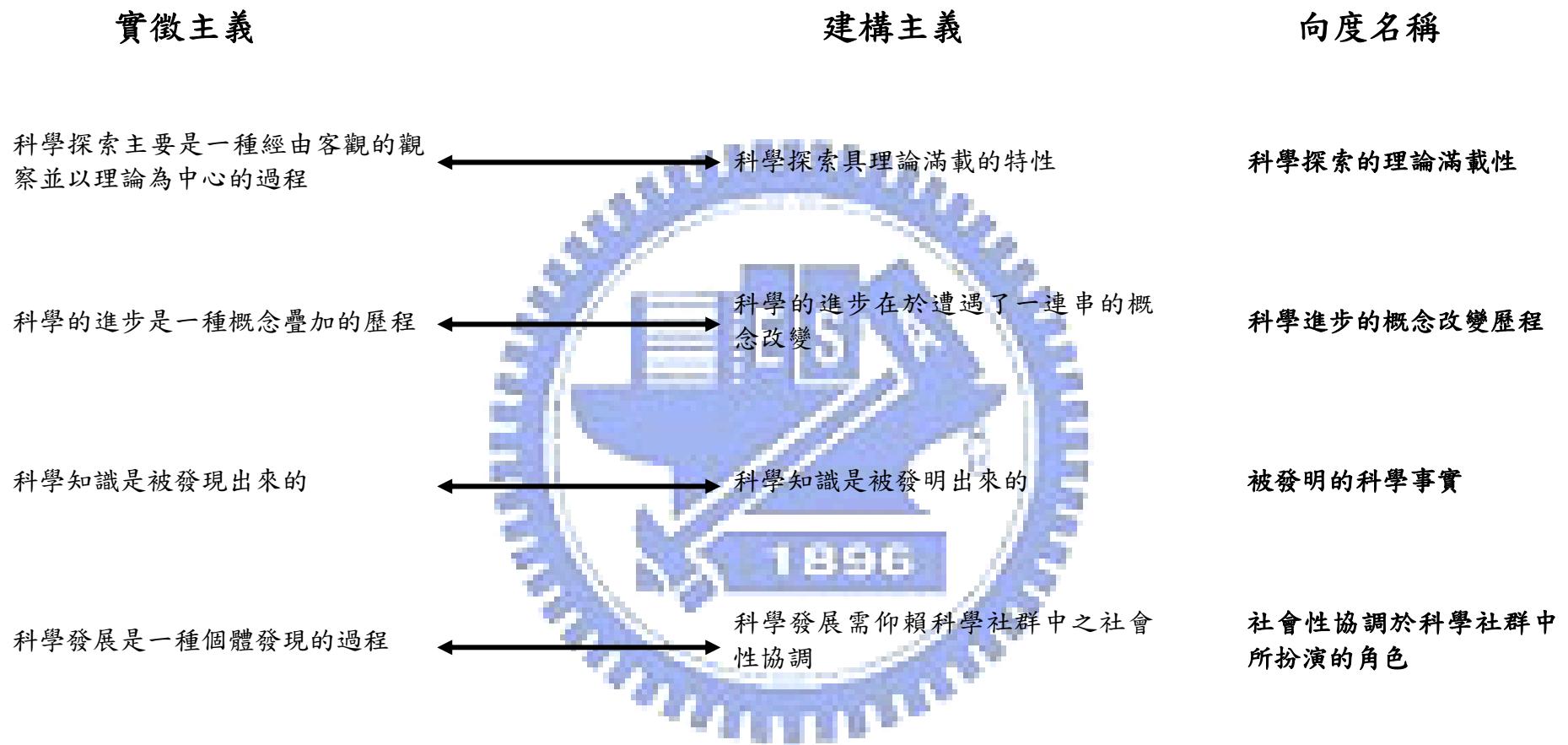


圖 3-4-1 探索學生科學知識觀之架構圖

資料來源：Tsai, 1999b

## 參、科學實驗環境量表

Fraser, Giddings & McRobbie (1995) 所開發之「科學實驗環境問卷」，目的在於探索學生對於進行實驗活動的感覺與想法。該問卷包含兩個部分：個人偏好 (personal preferred form) 與個人實際狀況 (personal actual form)。個人偏好的部分旨在評估學生對於理想的實驗室環境的想法；個人實際狀況的部分旨在探索學生對於實際實驗室環境狀況的觀點。此量表總共包含五個不同的向度，茲說明五個向度所涵蓋的意義如下：

### 1. 學生的向心力 (student cohesiveness scale)

Haladyna & Shaughnessy (1982) 的研究指出，在科學實驗課程中，學生之間的互動程度（如：認識彼此、互相幫助等）會對其正向態度產生影響，例如：學生在實驗課程中，若與實驗夥伴互動良好，則較有可能會積極思考並處理其所遭遇的實驗問題。

### 2. 實驗室開放程度 (open-endedness scale)

所謂的開放程度在於檢視實驗是否有一定的 "正確" 程序，且學生事先並不知道實驗的結果或解答。若學生處於較為開放的實驗環境，則有較多機會探究不同於實驗手冊中的實驗，或自己設計實驗來探索未知的科學知識，學生不一定探索得到正確的實驗結果，亦無標準答案，學生可就其得到的結論與教師討論。

### 3. 學生的統整能力 (integration scale)

藉由本向度可檢視學生對於傳統科學課程與科學實驗課程之間的關連性為何，學生是否可以應用傳統科學課程中所習得之理論基礎於科學實驗課程上，並以實務經驗來檢視先前於課堂上所學之理論的精確性，相得益彰。

### 4. 實驗室規則的清楚程度 (Rule Clarity scale)

為確保學生的實驗安全，實驗室需訂定清楚明瞭的實驗規定，如：進入實驗室需穿著實驗衣、護目鏡。本向度旨在檢視實驗室中是否有訂定嚴謹且清楚的規定來規範學生

在實驗室中的行爲或活動。

### 5. 物質環境 (material environment scale)

本向度係指供給學生或教師所使用之實驗設備、藥品、器材等設施。除了學生意度、實驗規則、實驗室開放程度及學生的統整能力外，設備亦在實驗活動中扮演著很重要的角色。處於良好的物質環境中，可有效減少因實驗設備而導致的誤差。

以上五個向度皆採 Likert 五點式法編製量表。為避免作答者以固定方式填答，本量表以正反向方式交錯出題，反向題將於計分時以反向計分，預計作答時間為二十分鐘。原量表的施測對象為高中學生，而本研究的施測對象為大學一年級學生，因此研究者以大學一年級三個班共 157 位學生實施預試，預試後得到本量表的內在一致性信度值  $\alpha = 0.80$ ，始得採用。表 3-4-2 為「科學實驗環境量表」各向度之題目分配及信度值。

然而，科學實驗環境量表的預試後，僅「學生的向心力」、「實驗室開放程度」、「學生的統整能力」及「物質環境」四個向度信度值達 0.55 的信度以上，而「實驗室規則的清楚程度」向度則未通過，可能的原因為台灣學校的科學實驗室雖有規定相關的安全規則與服裝規定，但僅在第一次上課的時候強調，並且有些時候並未確實要求，故規則雖有訂定，實際運作的狀況卻不如理想。因此，此一向度「實驗室規則的清楚程度」才沒有通過信度標準。此外，根據 Hatcher & Stepanski (1994) 的觀點，對於社會科學研究，即使信度值很低（僅達  $\alpha=0.55$ ），統計上仍可被接受。研究者將剩餘的四個向度的題數與信度值整理如表 3-4-2

表 3-4-2 科學實驗環境量表各向度之題目分配與信度值

向度	題數	題目分配	信度值 ( $\alpha$ )
學生的向心力	7 題	1, <u>6</u> , 11, 16, 21, <u>26</u> , 31	0.72
實驗室開放程度	7 題	2, 7, 12, 17, 22, <u>27</u> , 32	0.68
學生統整能力	7 題	<u>3</u> , <u>8</u> , 13, 18, <u>23</u> , 28, <u>33</u>	0.70
物質環境	7 題	4, <u>9</u> , 14, 19, <u>24</u> , 29, 34	0.55

\*標有底線之題號為反向題

\* overall  $\alpha = 0.80$

此外，本研究正式進行前將會先實施一次前測，待兩個月後再實施一次後測。

## 第五節 半結構式訪談法

由於本研究考量到受訪者會因為其遭遇實驗異象之問題的認知及個人學習經驗不同而導致不同的反應，因此研究者採質性研究中之半結構訪談法 (semi-structured interviews)，對 47 位受訪者進行為時十五分鐘之晤談。為了使研究者能有效率地與受訪者晤談，研究者事先擬定訪談大綱並區分為實驗目的、對實驗異象的態度、跨學科的實驗態度等數個面向來詢問受訪者的看法，使訪談過程進行得更流暢，但並不侷限於已訂定之訪談大綱，因此在詢問過引導式的問題後會緊隨著開放說明式的問題，用以進一步瞭解受訪者的感受、認知與內在想法（潘淑滿，2003）。茲將半結構訪談法之優點列舉如下（引自潘淑滿，2003。Tutty et al. 1996）：

1. 對特定議題可以採取較為開放的態度，以半結構式訪談法來蒐集資料，經常會有意外的收穫。
2. 當受訪者在訪談過程受到較少限制時，往往會採取較開放的態度來反思自己的經驗。
3. 當研究者的動機是要深入了解個人生活經驗或將訪談資料進行比較時，半結構式的訪談可說是非常適合運用的方式。

## 壹、訪談進行流程

研究者依據 Padgett (1998) 提出之訪談前需準備之工作要項，將訪談流程分為下列各項來說明。

### 一、確認研究者的角色與立場

研究者於訪談過程中，期望與具學生身份之受訪者形成 Crabtree & Miller (1999) 所謂之「夥伴關係」 (partnership)，即營造輕鬆自然的訪談情境，使研究者與受訪者能積極參與訪談，一同建構現象、事件或意義。

### 二、決定訪談的類型與對象

學生與教師自身的經驗、感受與認知，因此為了進一步了解學生與教師內在感受與看法，故本研究採取深度訪談法。然而，並非所有的研究對象都是適合接受訪談的受訪者，因此學生訪談對象的選取方式是經由評估學生兩次實驗異象報告內容的豐富度、表達能力等項目後，篩選出 47 位受訪者接受深度訪談。訪談教師對象則不另挑選，逕行訪談前述七位教師。

### 三、發展訪談大綱

基於本研究之目的在於探討大學生面對實驗異象之處理態度與方法，研究者根據可能影響大學生處理實驗異象的態度與方法的因素來發展訪談大綱，其中包含下列四個向度：

#### 1. 實驗活動的目的

學生部分，以了解學生對於實驗課程目標與學習目的之認知程度，並進一步檢視學生先前接受實驗教育的經驗與感受為重點。

教師部分，則以了解教師對於設計實驗課程的目的與預期學生可達成的目標等項目為重點。

#### 2. 實驗教學的影響

學生部分，從學生認知中實驗教學對進行實驗活動時的影響檢視實驗教學的成效，亦可與科學實驗環境中「實驗室開放程度」向度交叉參照。

教師部分，從教師對學生的指導方式，以了解教師欲傳達的科學實驗內容與實驗技巧，並與學生的想法對照。

### 3. 面對實驗異象的態度與方法

學生部分，了解學生進行實驗活動且遭遇實驗異象時，其處理方法與所持的態度為何，並與教師訪談的結果交叉比對分析。

教師部分，則以了解教師指導學生處理實驗異象的方法與態度為何，並對照學生與教師的觀點進行分析比較。

### 4. 不同學科之科學實驗異象處理方法

由於科學教育包含對物理、化學、生物、地球科學之教學與學習研究，故藉此向度之訪談問題可了解到學生與教師雙方面對於不同學科之科學實驗所秉持的實驗態度與處理方式是否有所差異。

## 四、正式訪談工作

學生與教師部分，訪談過程中，研究者將以錄音及簡短摘要兩種方式記錄訪談內容。當正式訪談結束，研究者關掉錄音機後，持續訪談、接觸，檢視是否有新的資訊出現。

## 第六節 資料處理與分析

### 壹、實驗異象報告

內容分析研究法 (content analysis) 旨在解釋某特定時間某現象的狀態，或在某段期間內該現象的發展情形。若研究者的基本目標在於將語文的、非量的文獻轉變為量的資料，而內容分析的結果常以含有次數或百分比的圖表呈現 (王文科、王智弘，2005)。研究者期望進一步了解大學生於實驗活動中，遭遇實驗異象時的反應與處理方式，因此

本研究以內容分析法將學生之實驗異象報告進行分析，並搭配學生訪談逐字稿交叉比對其想法。此外，由於類別 (categories) 與研究目標有關，故研究者需確認內容分析的類別，並力求各個類別是周延、互斥與獨立的，即某一類別的價值不能決定另一類別的價值（王文科、王智弘，2005）。茲將實驗異象報告分為下列四個類別：

### **一、實驗活動目的與實驗教學成效**

藉由「實驗活動目的」項目可了解學生與教師對從事實驗活動目的的認知，並可檢視教師所期望達到的實驗活動目標是否與學生認知上的實驗活動目標相似或相同。此外，藉由「實驗教學成效」項目可了解實驗教學對於學生從事實驗活動的影響力，並可檢視教師期望學生經歷實驗活動後，需培養或達成之實驗態度、操作技能等目標是否與學生反映出來的能力、態度與想法接近。

### **二、對實驗異象之感知**

藉由此項目可了解學生與教師對實驗異象的觀感，並可檢視教師與學生所持的態度或想法是否相同或相異。

### **三、處理實驗異象之方法**

藉由此項目可了解學生處理實驗異象的方法及教師指導學生處理實驗異象的方法，並可對照相關文獻所提出之九項異象反應類型，是否有所符應。

### **四、實驗異象與科學學習及跨學科處理方式**

藉由「實驗異象與科學學習」項目可了解學生遭逢實驗異象時，是否對於其進一步檢視所學科學理論、概念與知識的正確性，甚至發覺自己的另有概念 (alternative conceptions)。藉由「跨學科處理方式」項目可了解學生在從事科學學科實驗活動時，遭遇實驗異象的處理態度與方法是否有一定的原則，即實驗異象處理態度與方法是否僅適用於特定領域 (domain-specific) 的科學或可推廣至一般領域 (domain-general) 的科學。

為求獲得更多的量化資訊，研究者決定類別之後，將以「受試者所採用的類別次數」

(以人數統計)來進行編碼，並依照學生與教師以科學觀點量表分數區分為建構主義組、混合組、實徵主義組三組，以及科學實驗環境量表分數依「學生的向心力」、「實驗室開放程度」、「學生的統整能力」、「物質環境」四個面向區分為四組，並與科學知識觀的三個組別分析比較。藉此不但可以統整學生與教師於科學實驗室中面對實驗異象所採取之處理方法類型，亦可兼探具不同程度之科學知識觀的學生與教師對實驗異象所採取的處理方法類型間的相關性。

## 貳、訪談資料

本研究將錄音資料中受訪者所描述內容轉錄成逐字稿並進行編碼 (coding)。而質性資料的編碼方式有開放編碼 (open coding)、主軸編碼 (axial coding)、選擇編碼 (selective coding) 及歷程編碼 (process coding) 四種。研究者採用上述四種編碼方式分析訪談資料。

在開放編碼的歷程中，研究者需進行概念化 (conceptualizing) 的步驟，即將資料抽象化 (abstracting)。資料被分解成為獨立的部分後，再被詳細的檢驗與比較其中的異同並賦予一個名稱來代表。事件、事例、事物和行動 / 互動等，一旦被發現在性質上具有概念的相似性或是意義的關聯性，即被以更抽象的概念來加以群聚，此較為抽象的概念就稱為「類別」 (categories)。如：我看見飛機、飛鳥或風箏。此三者的共通點為可在空中停留或移動，因此歸類為飛行物。

研究者在資料脈絡中進行比較檢驗時，藉由事物所喚起的意象或意義，而賦予能反映該意義的命名。並會透過比較分析 (comparative analysis) 來指認出其他事物、事件或行動。若該事物具有共通的特徵，則給予相同的命名，即將其置於相同代碼。期望以嶄新的思維來看待此事物、事件，並創造出嶄新的理論性解釋 (theoretical explanations) (吳芝儀、廖梅花譯，2001: 106-109)。

茲以下例指出何為概念化命名：(粗體字為概念化命名)

訪談者：請告訴我青少年及其使用藥物問題。

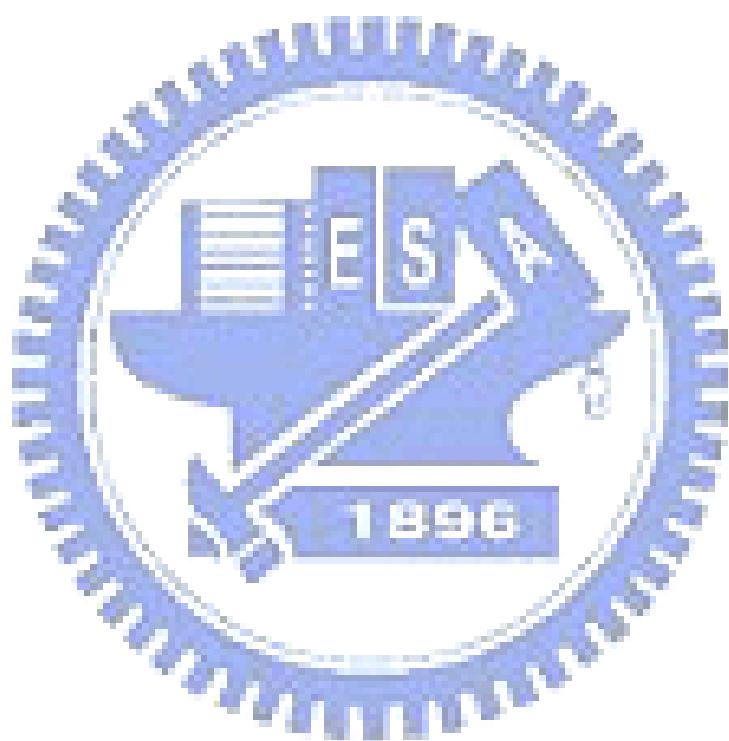
受訪者：我想青少年之所以使用藥物，是想要從他們父母處獲得釋放 [叛逆行動]。喔，我不知道，我只能談我自己。對我而言，那是一種經驗 [經驗] [實境代碼]。你會聽到很多有關嗑藥的事 [嗑藥經]。你會聽說嗑藥是很不好的事 [嗑藥經的負面意涵]。但它們卻到處都有 [供應無缺]。你很自然就會嗑藥，因為很容易取得 [容易取得]，而且因為它是一種新奇的玩意兒 [新奇經驗]，太ㄉ一尤ㄉ了。你知道它是對你不好的一種東西、一種禁忌、一種「不」 [負面意涵]。每一個人都反對它 [成人的負面立場]，如果你是一個青少年，你首先要做的是就是去試試看 [挑戰成人的負面立場]。(引自吳芝儀、廖梅花譯，2001: 111)

質性研究歷程中，經常要面對的挑戰是如何處理多樣性的研究素材，這類素材可能是文本資料、信件、手寫稿、觀察筆記、訪談錄音、記錄照片、活動影片、網路討論文章、網頁資料等等。若以編碼為理論建構基礎的軟體類型，目前最常被採用的為澳洲 La Trobe 大學發展的 Nudist / Nvivo，目前最新版本是 7.0。此兩套軟體都屬於整合型的研究工具，均具備了多數質性分析軟體的常見功能，例如編碼與搜尋 (code-and-retrieve)、產生規則、建立理論 (rule-based theory-building systems)、建立索引 (an index-based approach)、建立邏輯關係 (logic-based systems)、建立概念網絡 (conceptual network systems) (引自王宏仁，2006。Richards & Richards，1994)。

為求達到有效率的分析，本研究以電腦輔助質性資料分析軟體 (computer assisted qualitative data analysis software, CAQDAS) NVivo 7.0 針對訪談逐字稿進行分析。研究者期望以 NVivo 7.0 加速且有效率地分析訪談逐字稿，並進行編碼與分類。完成編碼與分類後，研究者可針對分類中的反應程度、次數等予以分類，並根據科學觀點與科學實驗環境與兩項研究工具所分出之建構主義組、混合組、實徵主義組等三種對科學了解程度與科學實驗環境認知程度，並檢視不同程度之學生與教師對實驗異象的處理方式與態度之類別之間的相關性為何。

此外，為了解不同編碼者之間的意見一致性，研究者需檢測同等信度 (equivalence reliability)。同等信度是應用於利用多重指標測量同一構念的情況，並探討不同指標是否能獲得一致的測量結果（關炳寅，2007）。本研究用以分析同等信度的分析方法為「編

碼者間信度 (intercoder reliability)」，而研究者根據學識背景，挑選一位交通大學教育研究所碩士班學生作為第二位編碼者。經過同等信度分析後，針對每一項質性資料分類，研究者均得到 0.8 至 0.9 的同等信度值，顯示兩位編碼者彼此之間的意見大致相同。



## 第四章 研究結果與討論

本章主要將呈現本研究成果，研究者將對重要理論、結果作進一步分析，並深入探究、闡述研究結果，及對第一章之研究問題提出回應與解答。最後，對本研究結果進行討論。

### 第一節 學生與教師的科學知識觀之分析

針對研究問題二「同學科背景的大一學生對科學及實驗室環境的觀點與其處理實驗異象之相關為何？」與研究問題四「教師對科學的觀點及其指導學生處理實驗異象之關係為何？」中，本節將先探討學生與教師的科學知識觀在本研究所扮演的角色與重要性。本節研究結果的取得過程分為兩部分。學生部分，於學生進行第一次實驗活動前收取科學觀點前測資料，後測資料則於學生參與具挑戰性事件的兩次實驗活動後兩個月收取。教師科學知識觀的部分，則在訪談教師對於實驗異象的觀點之前收取，不以前後測收集資料的原因為教師並不如學生有藉由實驗活動來影響其科學知識觀，因此僅需填寫一次科學觀點問卷即可。此外，科學觀點問卷為 Tsai & Liu (2005) 所編製之「科學觀點量表」，本研究已於第三章詳述發展過程與其信度，故此處不再贅述。

本節所探討的研究結果可使研究者了解到實驗活動究竟有沒有對學生的科學知識觀產生影響，並以教授學科知識的教師之科學知識觀來相互比較，了解學生與教師對於科學的觀點是否有差異。

#### 壹、學生的科學認識觀

參與本研究之 157 位學生於第一次實驗課進行前，並無參與任何關於大學實驗課程內容的活動，僅受過中學六年的基礎實驗教學，因此研究者選取該群學生進實驗室做實驗前來進行其科學觀點的前測問卷。此外，兩個月後（學期中），進行科學觀點的後測問卷。經信度分析後，為使四個面向的信度（社會協商的角色、被發明且具創造力的科學本質、理論滿載的探索、科學知識的暫時性與變動性特徵）達 0.55 可分析之標準以上，因此僅擷取其中 95 位學生的科學知識觀分數進行探討。茲將學生參與實驗活動前後的

科學知識觀整理如表 4-1-1 與圖 4-1-1。

表 4-1-1 學生參與實驗活動前後的科學知識觀比較

	前測	後測	t
SN <sup>a</sup> (平均值)	4.03 [0.50] <sup>b</sup>	3.96 [0.61]	1.43
IC (平均值)	4.19 [0.50]	3.97 [0.67]	3.75*
TL (平均值)	3.08 [0.59]	3.68 [0.58]	- 8.64*
CT (平均值)	4.30 [0.52]	4.09 [0.60]	3.83*

註：<sup>a</sup>\*p < 0.05 by t-test; n=95

<sup>a</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

<sup>b</sup>. [ ]內的數值為標準差

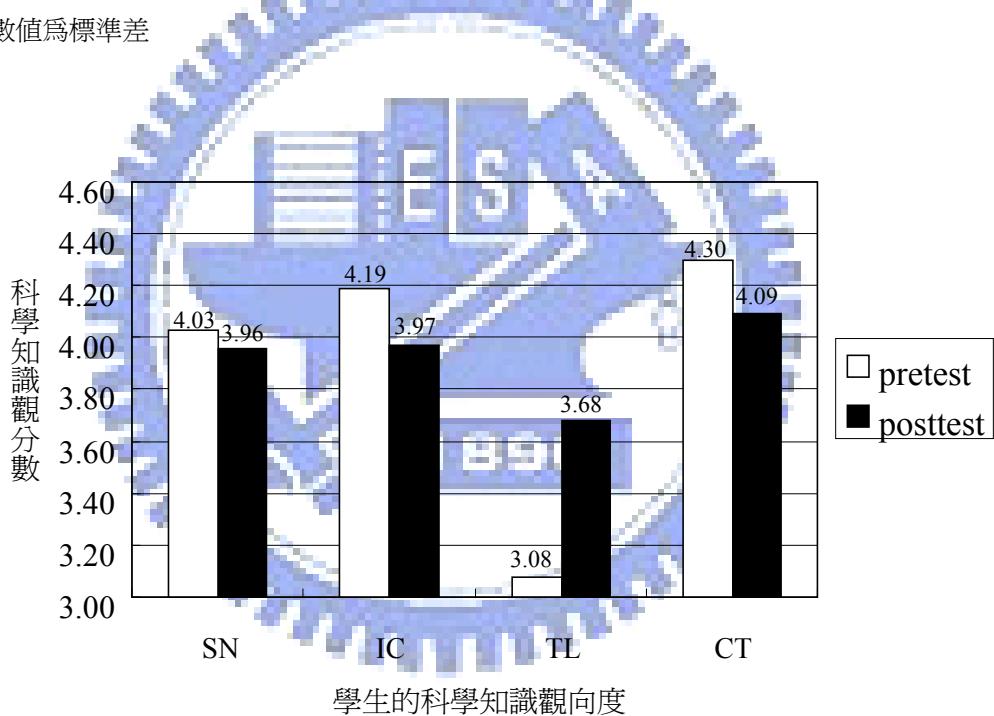


圖 4-1-1 實驗活動前後學生科學知識觀的分數變化

在檢視學生的科學知識觀與實驗環境的相關性前，研究者先探索全體學生在進行實驗活動前與參與實驗活動後，學生所具有的科學知識觀分數。表 4-1-1 顯示學生的科學知識觀在實驗活動前後，於「被發明且具創造力的科學本質 (IC)」、「理論滿載的探索 (TL)」、「科學知識的暫時性與變動性特徵 (CT)」三項分數有明顯的改變。在實驗活動過後，學生在「理論滿載的探索 (TL)」的分數有明顯的進步 (\*p<0.05)，但在「被發明

且具創造力的科學本質 (IC)」與「科學知識的暫時性與變動性特徵 (CT)」的分數卻有明顯的退步 ( $*p<0.05$ )。而學生「社會協商的角色 (SN)」的分數在前後測幾乎相同，除後測分數有些微減少。

根據本研究結果，研究者認為，學生透過實驗活動中，實際動手做實驗的經驗可以確實了解到科學發展是受科學家個人主觀意識的觀察、假設所影響，因而學生於「理論滿載的探索」的科學知識觀分數才會有明顯的進步。

此外，本研究結果另外兩個非常有趣的結果為「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」的分數，出現退步的結果。研究者認為，此結果是由於當初設計實驗中的挑戰性事件是為了促進學生的科學學習，然而最後進行完實驗活動後，教師仍給予一個標準答案，顯示實驗結果並非開放性的答案，學生原本具有創造力的思考過程與結論受到標準答案的干擾而下降，並且可能將原本對於科學知識的暫時性與變動性的觀感修正為有正確、固定、不可挑戰之標準答案，因而降低對於暫時性與變動性的科學知識觀分數。

此三個面向的分數消長結果提供了本研究一個非常具有參考價值的結論，即具挑戰性事件的實驗活動雖然可以幫助學生了解科學探索的歷程，但是若於實驗活動結束後，下一週給予標準答案，則會使學生的創造力以及其對科學知識的暫時性與變動性的看法有所變動，而根據學生的訪談逐字稿中也可看出學生觀點從完全相信權威到開始懷疑權威的轉變：

有時候我們會覺得老師講的是對的，然後結果就一直去鑽研，像上一次，第一次做實驗的時候，老師給的數據，他是故意給錯的，然後我們大家都以為是我們算錯了，後來發現其實每一組都一樣的時候，就會去想到是不是老師是錯的，後來問老師，老師說他是故意的，對阿。會有一點影響阿，因為他是老師，所以大家剛開始會覺得他的想法應該是對的。

未曾參與過具挑戰性事件的學生相當信任教師或課本的權威性，然而，經由本研究所設計之具挑戰性事件的實驗活動後，學生方開始懷疑權威的正確性，而不是盲目接受。

因此，研究者建議，若教學上仍需要給予學生一個極具參考價值的解答，可於全部實驗活動進行完畢後，再給予參考解答，並積極鼓勵學生從不同面向來解釋實際的實驗結果，而不是給予「不是對，就是錯」的二元答案。

此外，上述皆為全體學生科學知識觀整體的分數變化，以下研究者為了進一步探討科學知識觀高（建構主義組）、中（混合組）、低（實徵主義組）三群人之間，不同組的科學知識觀分數變化，而將學生分組。根據學生的科學知識觀前測成績分為前 27%（建構主義組  $n=26$ ， $M=4.06\sim4.89$ ）、中間 46%（混合組  $n=43$ ， $M=3.67\sim4.03$ ）、後 27%（實徵主義組  $n=26$ ， $M=3.06\sim3.64$ ），並將此三組學生的科學知識觀前後測變化整理成表 4-1-2



表 4-1-2 各組學生科學知識觀的變化

	建構主義組		混合組		實徵主義組 <sup>a</sup>	
	前測	後測	t	前測	後測	t
SN <sup>b</sup> (平均值)	4.50 [0.41] <sup>c</sup>	4.22 [0.46]	2.30*	3.93 [0.40]	4.03 [0.59]	-1.06
IC (平均值)	4.49 [0.33]	4.10 [0.52]	3.22**	4.21 [0.43]	4.07 [0.51]	1.76
TL (平均值)	3.56 [0.62]	3.77 [0.62]	-1.14	3.00 [0.59]	3.81 [0.37]	-7.12**
CT (平均值)	4.53 [0.44]	4.13 [0.53]	2.95**	4.33 [0.52]	4.14 [0.56]	2.24*
科學知識觀 (平均值)	4.23 [0.20]	4.02 [0.41]	2.11*	3.84 [0.10]	3.99 [0.47]	-1.96

註 : \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$  by t-test

<sup>a</sup>. 根據學生的科學知識觀前測成績分為前 27% (建構主義組 n=26, M=4.06~4.89)、中間 46% (混合組 n=43, M=3.67~4.03)、後 27% (實徵主義組 n=26, M=3.06~3.64)

<sup>b</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

<sup>c</sup>. [ ]內的數值為標準差

由表 4-1-2 顯示，前測與後測之間，混合組學生的科學知識觀分數變化沒有達到顯著性，且後測分數較前測分數為大。然而，實徵主義組學生的科學知識觀分數在實驗活動後，顯著的進步 ( $p < 0.05$ )，而建構主義組生的科學知識觀分數在實驗活動後，則顯著的退步 ( $p < 0.05$ )。此結果顯示在三組學生之間，混合組與實徵主義組的學生趨於進步到建構主義取向的科學知識觀 (從 3.84 到 3.99；從 3.44 到 3.65)。研究者將上述結果繪製成圖 4-1-2：

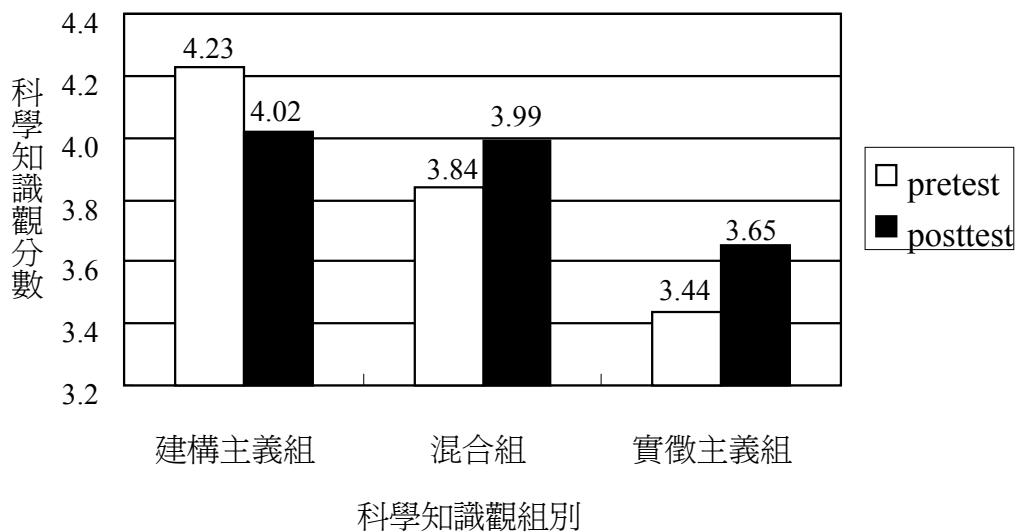


圖 4-1-2 實驗活動前後三組學生的科學知識觀分數變化

根據上述的量化分析，研究者推論，經過兩個多月的實驗課程（包括兩次具有挑戰性事件的實驗活動），混合組與實徵主義組的學生似乎更支持「科學是理論蘊含的，科學探索會受到個人假設、價值觀等影響」的信念。然而，「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」的分數，出現明顯退步的結果，表示教師於實驗活動結束後，隔週公布實驗結果的標準答案似乎讓學生的創造力以及對科學知識的暫時性與變動性特徵的看法有所動搖。牢不可破的標準答案可能導致學生認為之前有創意的答案與詮釋方向皆為錯誤的或不具參考價值的，並且讓學生認為科學皆有標準的解答而沒有詮釋的空間，因此造成「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」兩面向的分數下降。

總言之，原本持實徵主義取向科學知識觀與混合取向科學知識觀的學生藉由參與蘊含挑戰性事件的實驗課程，有助於培養其建構主義取向的科學知識觀，但須考量公布標準答案的時機，以免影響學生在「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」兩面向的表現。

此外，為了解參與實驗活動中，男女學生的科學知識觀是否於實驗前後有出現差異，研究者將男女學生參與實驗活動前後的科學知識觀列舉如表 4-1-3 與表 4-1-4：

表 4-1-3 男學生參與實驗活動前後的科學知識觀比較

	前測	後測	t
SN <sup>a</sup> (平均值)	4.03 [0.54] <sup>b</sup>	4.07 [0.65]	-0.44
IC (平均值)	4.18 [0.55]	3.97 [0.67]	1.78
TL (平均值)	3.11 [0.67]	3.74 [0.66]	-4.66**
CT (平均值)	4.37 [0.47]	4.09 [0.59]	2.91**

註：<sup>a</sup>\*p < 0.05; \*\*p < 0.01; n=46

<sup>a</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

<sup>b</sup>. [ ]內的數值為標準差

表 4-1-4 女學生參與實驗活動前後的科學知識觀比較

	前測	後測	t
SN <sup>a</sup> (平均值)	4.00 [0.50] <sup>b</sup>	3.92 [0.53]	0.97
IC (平均值)	4.13 [0.48]	3.95 [0.57]	2.03*
TL (平均值)	3.04 [0.66]	3.68 [0.49]	-4.92**
CT (平均值)	4.21 [0.60]	4.01 [0.61]	2.16*

註：<sup>a</sup>\*p < 0.05; \*\*p < 0.01; n=49

<sup>a</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

<sup>b</sup>. [ ]內的數值為標準差

表 4-1-3 與表 4-1-4 顯示，前後測之間，男學生的科學知識觀分數變化，在「社會

協商的角色」與「被發明且具創造力的科學本質」兩個面向均沒有達顯著性，顯示男學生在此二面向並沒有顯著的差異。此外，女學生的科學知識觀分數變化則在「社會協商的角色」面向沒有達顯著性，亦顯示女學生在該面向沒有顯著的差異。

研究者進一步分析男女學生的科學知識觀分數發現，男學生在「理論滿載的探索」面向，後測分數 ( $M=3.74$ ) 明顯高於前測分數 ( $M=3.11$ )，顯示男學生在此面向有顯著的進步；而「科學知識的暫時性與變動性特徵」面向，後測分數 ( $M=4.09$ ) 明顯低於前測分數 ( $M=4.37$ )，顯示男學生在此面向有顯著的退步。

而女學生在「理論滿載的探索」面向，後測分數 ( $M=3.68$ ) 明顯高於前測分數 ( $M=3.04$ )，顯示女學生在此面向有顯著的進步。

總言之，經過實驗活動後，男女學生似乎更支持「科學是理論蘊含的，科學探索會受到個人假設、價值觀等影響」的信念，與前述的結論不謀而合，顯示實驗課程於培養學生建構主義取向的科學知識觀並不因為學生的性別不同而有所差異。但如同前一小節所述，學生於「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」的分數，出現明顯退步的結果。以男女不同性別的面向來分析，也獲得相同的結果，即「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」明顯退步。因此，顯示教師於具挑戰性事件的實驗活動後給予的標準解答對於男女學生的科學知識觀有顯著的影響，標準解答使得男女學生對於自己具創意性的詮釋與歸納受到衝擊，並且男女學生在本研究的實驗活動中，表現並不會因為性別差異而有所不同。(楊老師意見：男女差異？分析)

## 貳、教師的科學知識觀

參與本研究之七位教師，其中三位教師 (M3-T 教師、M2-M 教師、M1-S 教師) 及兩位助教實際參與三個班級的實驗教學與活動，另兩位教師 (C2-B 教師與 C1-C 教師) 則因其專業知識背景為化學主修，因此可提供在化學實驗上的豐富經驗與見解。C2-B 教師與 C1-C 教師的科學知識觀分數並無大幅影響整體的平均分數，為求資料豐富性，

仍將 C2-B 教師與 C1-C 教師的科學知識觀分數納入計算。此外，E1-W 助教曾是 C2-B 教師的研究所學生，E2-L 助教曾是 M3-T 教師的研究所學生。然而，雖然七位教師中僅有 M3-T 教師、M2-M 教師、M1-S 教師以及 E2-L 助教、E1-W 助教參與本研究的實驗教學，但研究者為求教師資料的精緻度，因此，仍以七位教師來進行科學知識觀與實驗環境的分析。

本研究於教師接受訪談後，再發放科學觀點問卷給七位教師填寫。茲將教師的科學知識觀整理如表 4-1-5。

表 4-1-5 七位教師的科學知識觀

教師代號	科學知識觀的四個向度（平均值）				各向度加總 平均
	SN <sup>a</sup>	IC	TL	CT	
M3-T 教師	4.3	4.3	4.0	4.7	4.32
C2-B 教師	5.0	5.0	3.7	5.0	4.68
M2-M 教師	5.0	5.0	3.0	5.0	4.50
M1-S 教師	4.7	4.8	4.0	4.7	4.55
C1-C 教師	5.0	5.0	4.3	5.0	4.83
E2-L 助教	4.3	3.5	3.3	4.0	3.78
E1-W 助教	4.3	4.8	2.7	4.7	4.13
總平均	4.66	4.63	3.57	4.73	

註：n=7

<sup>a</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

研究者根據教師的科學知識觀分數，以相對分數將七位教師分為建構主義組 ( $M=4.68\sim4.83$ )、混合組 ( $M=4.32\sim4.55$ )、實徵主義組 ( $M=3.78\sim4.13$ ) 三個組別以便分析。分組方式與結果如表 4-1-6：

表 4-1-6 各組教師的科學知識觀

教師代號	建構主義組		混合組			實徵主義組 <sup>a</sup>	
	C1-C 教師	C2-B 教師	M1-S 教師	M2-M 教師	M3-T 教師	E1-W 助教	E2-L 助教
(平均值)	4.83	4.68	4.55	4.50	4.32	4.13	3.78

<sup>a</sup>. 根據教師的科學知識觀分數，將教師分為建構主義組 ( $M=4.68\sim4.83$ )、混合組 ( $M=4.32\sim4.55$ )、實徵主義組 ( $M=3.78\sim4.13$ )。分組原則採相對分數，如 C1-C 教師與 C2-B 教師科學知識觀分數相對高於其他五位教師，因此歸類為建構主義組。

由表 4-1-6 顯示，建構主義組中，相較於其他五位教師，C1-C 教師與 C2-B 教師具有較高的科學知識觀分數；混合組中，M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師的科學知識觀分數居中；實徵主義組中，相較於其他五位教師，E1-W 助教與 E2-L 助教的科學知識觀分數較低。顯示 C1-C 教師與 C2-B 教師在從事教學活動時，可能會以相對較偏建構主義取向的理念來影響學生的科學知識觀；E1-W 助教與 E2-L 助教則會以相對較偏實徵主義的理念來影響學生的科學知識觀。

### 參、學生與教師的比較

本小節將探討學生的科學知識觀與教師的科學知識觀之間的關係，並進一步詮釋學生於實驗活動後，學生的科學知識觀與教師的科學知識觀的比較。研究者將學生與教師的科學觀點比較整理如表 4-1-7 及圖 4-1-3：

表 4-1-7 學生與教師的科學觀點比較

	SN <sup>c</sup>	IC	TL	CT
學生 <sup>a</sup> (後測)	3.96	3.97	3.68	4.09
教師 <sup>b</sup>	4.66	4.63	3.57	4.73

<sup>a</sup>. n=95

<sup>b</sup>. n=7

<sup>c</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation)；IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science)；TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration)；CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

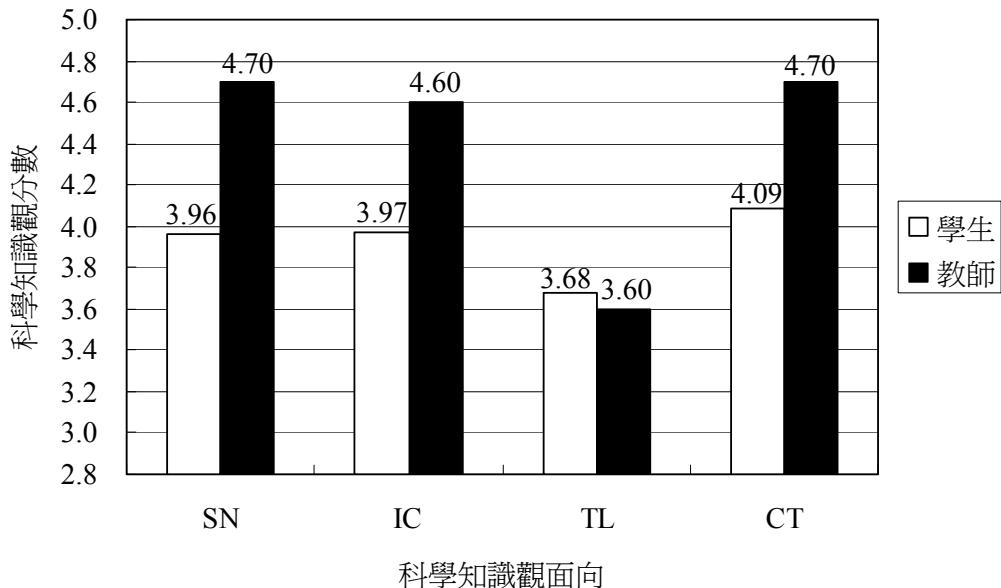


圖 4-1-3 學生與教師科學知識觀比較

註：SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

由表 4-1-7 與圖 4-1-3 顯示，教師於「社會協商的角色 (SN)」、「被發明且具創造力的科學本質 (IC)」、「科學知識的暫時性與變動性特徵 (CT)」面向的科學知識觀分數皆高於學生的科學知識觀分數。然而，在「理論滿載的探索 (TL)」面向，學生後測的科學知識觀分數幾乎與教師的科學知識觀分數相同，唯學生後測的分數略高於教師的分數。研究者推論，實驗活動確實提升學生對「科學探索是基於個人假設、價值觀等因素」的信念，並超越教師的信念。顯示藉由具挑戰性事件的實驗活動，有助於學生提升科學知識觀信念，且實驗活動的影響力略微超越教師對學生的影響力。

## 第二節 學生與教師對實驗室環境的偏好與實際情況之分析

本節基於研究問題二「同學科背景的大一學生對科學及實驗室環境的觀點與其處理實驗異象之相關為何？」中，及研究問題四「教師對科學的觀點及其指導學生處理實驗

異象之關係為何？」中，提及學生與教師對於實驗室環境的觀點，因此本節將進一步針對此二部份的結果進行分析。此二部分分別呈現：(1) 學生對於實驗室環境的偏好以及其進入實驗室後，實際處於該實驗室環境中，學生對環境有什麼感受；(2) 教師對於實驗室環境的偏好以及教師對實際實驗室環境的看法。

本研究結果藉由學生與教師填寫中文翻譯版之「科學實驗環境問卷」，該問卷之中文翻譯版已通過先前預試（詳見本研究第三章）。本問卷原始於 Fraser, Giddings & McRobbie (1995) 所開發之「科學實驗環境問卷」，目的在於探索學生對於進行實驗活動的感覺與想法。該問卷包含兩個部分：個人偏好 (personal preferred form) 與個人實際狀況 (personal actual form)。個人偏好的部分旨在評估學生對於理想的實驗室環境的想法；個人實際狀況的部分旨在探索學生對於實際實驗室環境狀況的觀點。

本節之研究結果可使研究者了解學生偏好之實驗環境與實際所參與的實驗環境之間的異同，並可搭配教授實驗知識的教師，其對實驗環境的偏好與實際狀況來與學生的觀點相互對照，了解學生與教師對於科學實驗室環境是否有差異。

## 壹、學生偏好的實驗室環境與實際的實驗室環境

學生部分，個人偏好問卷於第一次實驗課程進行前發放給學生填寫。實際狀況問卷則於學生參與具挑戰性事件的兩次實驗活動後兩個月收取並填寫。個人偏好的部分旨在評估學生對於理想的實驗室環境的想法；個人實際狀況的部分旨在探索學生對於實際實驗室環境狀況的觀點。此量表總共包含五個不同的向度：學生的向心力 (student cohesiveness scale)、實驗室開放程度 (open-endedness scale)、學生的統整能力 (integration scale)、實驗室規則的清楚程度 (rule clarity scale)、物質環境 (material environment scale)。然而，經信度分析後，僅學生的向心力、實驗室開放程度、學生的統整能力、物質環境四個面向通過信度考驗（詳見本研究第三章）。而為使四個面向的信度（學生的向心力、實驗室開放程度、學生的統整能力、物質環境）達 0.55 可分析之標準以上，因此僅擷取其中 95 位學生的科學知識觀分數進行探討。根據學生填寫之個人偏好版及

個人實際狀況版之實驗環境問卷，研究者將結果整理如表 4-2-1 及圖 4-2-1。

表 4-2-1 學生偏好的實驗室環境與其實際所接觸之實驗室環境之比較

	偏好	實際	t
SC <sup>a</sup> (平均值)	3.89 [0.54] <sup>b</sup>	3.61 [0.55]	6.18*
OE (平均值)	3.62 [0.54]	2.77 [0.51]	15.17*
IT (平均值)	3.89 [0.50]	3.41 [0.50]	8.85*
ME (平均值)	4.10 [0.42]	3.54 [0.65]	9.90*

註：<sup>a</sup>\*p < 0.05; n=95

<sup>a</sup>. SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

<sup>b</sup>. [ ]內的數值為標準差

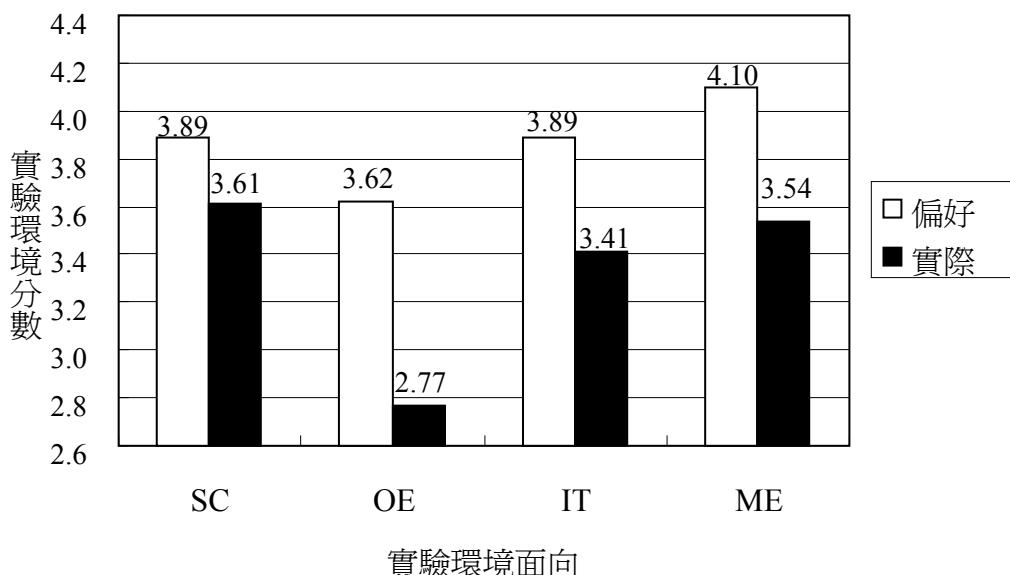


圖 4-2-1 學生偏好與實際實驗環境的分數變化

本章第一節已針對學生的科學知識觀進行分析，然而在檢視學生的知識觀與與實驗環境的相關性前，研究者需先探討學生偏好的實驗環境與實際的實驗環境的分數。表 4-2-1 與圖 4-2-1 顯示學生偏好的實驗環境與實際的實驗環境中，「學生的向心力 (SC)」、「實驗室開放程度 (OE)」、「統整能力 (IT)」、「物質環境 (ME)」四項分數有明顯的差異。在此四個面向的分數中，學生偏好實驗環境的分數均低於實際實驗環境的分數 (\*p<0.05)。研究者推論，學生偏好的實驗環境與實際的實驗環境並不相同，學生間的互

動性較少、不容易將傳統科學課程中所習得的理論基礎應用於科學實驗課程中、儀器或藥品等設備的品質不如想像中的優良。

此外，於「實驗室開放程度 (OE)」面向的分數差異最大，顯示實際實驗環境的開放程度較低，即學生探究不同於實驗手冊中的實驗，或自己設計實驗來探索未知的科學知識的機會較少。

## 貳、學生的科學知識觀與實驗室環境之相關性分析

科學知識觀與實驗室環境為本研究兩項重要的因素，本小節將針對學生的科學知識觀與實驗室環境之間的關係進行分析討論，檢視科學知識觀中「社會協商的角色 (SN)」、「被發明且具創造力的科學本質 (IC)」、「理論滿載的探索 (TL)」、「科學知識的暫時性與變動性特徵 (CT)」四個面向與實驗室環境中，「學生的向心力 (SC)」、「實驗室開放程度 (OE)」、「統整能力 (IT)」、「物質環境 (ME)」四個面向的關係。研究者將學生的科學知識觀與偏好的實驗室環境之間的相關性整理如表 4-2-2：

表 4-2-2 學生參與實驗活動前之科學知識觀與偏好實驗環境之相關性

	SC <sup>b</sup> (preferred)	OE (preferred)	IT (preferred)	ME (preferred)
SN <sup>a</sup> (pretest)	0.33**	0.12	0.21*	0.21*
IC (pretest)	0.19	0.11	0.14	0.19
TL (pretest)	0.20	0.02	- 0.28**	- 0.13
CT (pretest)	0.24*	0.20	0.24*	0.42**

註：\* $p < 0.05$ ，\*\* $p < 0.01$ ; n=95

<sup>a</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

<sup>b</sup>. SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale); OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale); IT 為統整能力 (integration scale); ME 為物質環境 (material environment scale)

由表 4-2-2 可知，學生科學知識觀前測分數的「社會協商的角色 (SN)」面向與偏好實驗環境的「學生的向心力 (SC)」、「統整能力 (IT)」面向及「物質環境 (ME)」面向

有顯著的相關性 ( $r = 0.33, p < 0.01$ ;  $r = 0.21, p < 0.05$ ;  $r = 0.21, p < 0.05$ )。即建構主義取向的學生認為科學發展需仰賴科學家間的溝通與協調，此種溝通與協調對應在實驗活動上，建構主義取向的學生會比較偏好「可藉由同儕間的溝通與協調、運用課堂所學的理論於科學實驗上並具備良好的實驗設備」的實驗環境。

學生科學知識觀前測分數的「理論滿載的探索 (TL)」面向與偏好實驗環境的「統整能力 (IT)」也有顯著的負相關性 ( $r = -0.28, p < 0.01$ )。即建構主義取向的學生認為科學家進行科學探索時，其想法會受到個人的假設、價值觀、研究議程因素的影響，所以比較不偏好以實驗驗證理論為主的實驗環境。簡言之，建構主義取向的學生偏好做一些獨立探究性的實驗而不只是做實驗來驗證課堂所學的理論。

此外，學生科學知識觀前測分數的「科學知識的暫時性與變動性特徵 (CT)」面向與偏好實驗環境的「學生的向心力 (SC)」、「統整能力 (IT)」面向及「物質環境 (ME)」面向有顯著的相關性 ( $r = 0.24, p < 0.05$ ;  $r = 0.24, p < 0.05$ ;  $r = 0.42, p < 0.01$ )。即建構主義取向的學生認為科學知識常常有所變動且具有暫時性的特徵，科學知識並非一成不變。因此比較偏好透過同儕間的溝通與協調來解釋科學知識的暫時性與變動性，同時將課堂所學的理論運用在設備良好的實驗上，若發現不同於理論的實驗結果，則更能解釋科學知識的變動性特徵。

表 4-2-3 學生參與實驗活動後之科學知識觀與實際實驗環境之相關性

	SC <sup>b</sup> (actual)	OE (actual)	IT (actual)	ME (actual)
SN <sup>a</sup> (posttest)	0.22*	- 0.01	0.42**	0.22*
IC (posttest)	0.34**	0.04	0.20*	0.20
TL (posttest)	- 0.08	- 0.21*	0.20*	0.02
CT (posttest)	0.25*	- 0.06	0.19	0.14

註：<sup>a</sup>\* $p < 0.05$ ，\*\* $p < 0.01$ ; n=95

<sup>a</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

<sup>b</sup>. SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale); OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale); IT 為統整能力 (integration scale); ME 為物質環境 (material environment scale)

由表 4-2-3 可知，學生科學知識觀後測分數的「社會協商的角色 (SN)」面向與實際實驗環境的「學生的向心力 (SC)」、「統整能力 (IT)」面向及「物質環境 (ME)」面向有顯著的相關性 ( $r = 0.22, p < 0.05$ ;  $r = 0.42, p < 0.01$ ;  $r = 0.22, p < 0.05$ )。此結果相似於科學知識觀前測分數與偏好實驗環境的分析，即建構主義取向的學生認為科學發展需仰賴科學家間的溝通與協調，此種溝通與協調對應在實驗活動上，建構主義取向的學生實際接觸的實驗環境也提供「可藉由同儕間的溝通與協調、運用課堂所學的理論於科學實驗上並具備良好的實驗設備」的機會。

學生科學知識觀後測分數的「被發明且具創造力的科學本質 (IC)」面向與實際實驗環境的「學生的向心力 (SC)」、「統整能力 (IT)」面向有顯著的相關性 ( $r = 0.34, p < 0.01$ ;  $r = 0.20, p < 0.05$ )。即建構主義取向的學生認為科學是被發明出來的並且富含創意和想像，並且實際所接觸到的實驗環境，讓學生可透過同儕間的溝通與協調以及運用課堂所學的理論於科學實驗中。藉由同儕間的溝通與協調，建構主義取向的學生得以激盪出新的創意與想像，並且可能藉由實際應用理論於實驗的過程發明出新事物。

學生科學知識觀後測分數的「理論滿載的探索 (TL)」面向與實際實驗環境的「實驗室開放程度 (OE)」、「統整能力 (IT)」也有顯著的相關性 ( $r = -0.21, p < 0.05$ ;  $r = 0.20, p < 0.05$ )。即建構主義取向的學生認為科學是理論蘊含的，且科學探索會受到個人假設、價值觀等影響。而實際接觸的實驗環境，讓學生可以驗證所學理論，也可藉實驗來促進學習理論，也有機會可以探究不同於實驗手冊的實驗。此外，「理論滿載的探索 (TL)」與「實驗室開放程度 (OE)」間的負相關數據，顯示建構主義取向的學生認為實際的實驗室環境的開放性不高，比較沒有機會探究不同於實驗手冊外的實驗，並且每個實驗單元都有標準答案，使得學生沒有自我詮釋實驗結果的空間。

此外，學生科學知識觀後測分數的「科學知識的暫時性與變動性特徵 (CT)」面向與實際實驗環境的「學生的向心力 (SC)」面向有顯著的相關性 ( $r = 0.25, p < 0.05$ )。即建構主義取向的學生認為科學知識不時地在變動，具有暫時性的特徵，因為科學知識並非一成不變。所以建構主義取向的學生會比較偏好透過同儕間的溝通與協調來解釋科學知識的暫時性與變動性。

再者，研究者為探討學生科學知識觀的整體性與其偏好的實驗環境之間的相關性，故將學生的科學知識觀分數加總平均後，列為「科學知識觀 SEVs (scientific epistemological views)」面向，並與學生偏好的實驗環境及實際的實驗環境進行分析。本研究將學生的科學知識觀與其偏好的實驗環境之間的相關性整理如表 4-2-4：

表 4-2-4 學生科學知識觀與偏好的實驗環境之相關性

	SC <sup>b</sup> (preferred)	OE (preferred)	IT (preferred)	ME (preferred)
SEVs <sup>a</sup>	- 0.03	- 0.06	0.28**	0.07

<sup>a</sup>. SEVs 為科學知識觀 (scientific epistemological views)

<sup>b</sup>. SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

註：\*\* $p < 0.01$

由表 4-2-4 可知，學生的科學知識觀與學生偏好的實驗環境中的統整能力面向有顯著相關 ( $r = 0.28, p < 0.01$ )。即建構主義組的學生比較偏好強調能應用傳統科學課程中所習得之理論基礎於科學實驗課程上，並以實務經驗來檢視先前於課堂上所學理論精確性的實驗活動。

表 4-2-5 學生科學知識觀與實際實驗環境之相關性

	SC <sup>b</sup> (actual)	OE (actual)	IT (actual)	ME (actual)
SEVs <sup>a</sup>	0.05	- 0.10	- 0.18	0.01

<sup>a</sup>. SEVs 為科學知識觀 (scientific epistemological views)

<sup>b</sup>. SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

由表 4-2-5 可知，學生的科學知識觀與學生實際的實驗環境均無顯著相關。即建構主義組、混合組與實徵主義組的學生在「學生的向心力 (SC)」、「實驗室開放程度

(OE)」、「統整能力 (IT)」、「物質環境 (ME)」四個面向都沒有相關。

## 參、教師偏好的實驗室環境與實際的實驗室環境

教師部分，於訪談後再進行個人偏好問卷及實際狀況問卷填寫。個人偏好實驗環境問卷旨在評估教師對於理想的實驗室環境的想法；個人實際實驗環境問卷的部分旨在探索教師對於實際實驗環境的觀點。此量表總共包含五個不同的向度：學生的向心力 (student cohesiveness scale)、實驗室開放程度 (open-endedness scale)、統整能力 (integration scale)、實驗室規則的清楚程度 (rule clarity scale)、物質環境 (material environment scale)。然而，經信度分析後，僅學生的向心力、實驗室開放程度、學生的統整能力、物質環境四個面向通過信度考驗（詳見本研究第三章）。根據教師填寫之個人偏好實驗環境問卷及個人實際實驗環境問卷，將結果整理如表 4-2-6 及圖 4-2-2。

表 4-2-6 七位教師偏好的實驗室環境與實際的實驗室環境

教師代號	偏好的實驗室環境				實際的實驗室環境			
	SC <sup>a</sup>	OE	IT	ME	SC	OE	IT	ME
M3-T 教師	4.00	3.86	4.71	4.00	4.00	3.57	3.57	3.86
C2-B 教師	4.43	4.43	5.00	4.43	3.43	2.29	4.86	4.43
M2-M 教師	4.00	3.86	5.00	4.43	3.57	2.86	5.00	4.29
M1-S 教師	3.86	4.14	3.57	4.71	3.43	3.29	3.29	4.57
C1-C 教師	4.14	4.29	5.00	4.71	3.71	2.71	5.00	4.43
E2-L 助教	4.00	3.43	4.43	4.00	3.86	3.14	4.00	3.43
E1-W 助教	3.57	3.43	4.29	4.71	4.00	3.29	4.29	4.29
總平均	4.00	3.92	4.57	4.43	3.71	3.02	4.29	4.19

<sup>a</sup>. SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

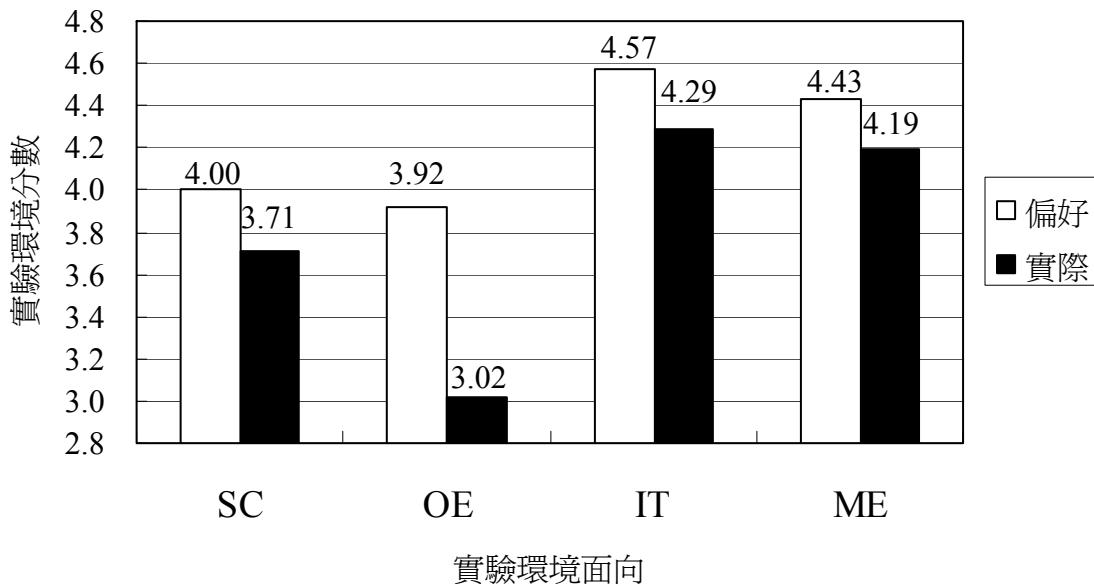


圖 4-2-2 教師偏好與實際實驗環境的分數變化

註：SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

由表 4-2-6 與圖 4-2-2 可知，教師認為實際的實驗環境都不完美，尤以「實驗室的開放程度」面向，實際環境與偏好環境差異最大。此結果顯示大學實驗室環境的開放性較低，即學生能探究不同於實驗手冊中的實驗，或自己設計實驗來探索未知的科學知識的機會較少，且實驗結果有固定的標準解答，故學生需要討論實驗結果的機會也較少。

為了能進一步分析教師的科學知識觀、偏好與實際的實驗環境分數變化，研究者依據第四章第一節教師的科學知識觀分組方式，以教師的相對科學知識觀分數，將教師分為相對較偏建構主義組、相對較偏混合組與相對較偏實徵主義組三組並整理於表 4-2-7 及圖 4-2-3：

表 4-2-7 各組教師的科學知識觀、偏好與實際的實驗環境分數

教師代號	建構主義組		混合組			實徵主義組 <sup>a</sup>	
	C1-C 教師	C2-B 教師	M1-S 教師	M2-M 教師	M3-T 教師	E1-W 助教	E2-L 助教
SEVs	4.83	4.68	4.55	4.50	4.32	4.13	3.78
偏好	4.54	4.57	4.14	4.32	4.14	4.00	3.97
實際	3.96	3.75	3.65	3.93	3.75	3.97	3.61

<sup>a</sup>. 根據教師的科學知識觀分數，將教師分為建構主義組 ( $M=4.68\sim4.83$ )、混合組 ( $M=4.32\sim4.55$ )、實徵主義組 ( $M=3.78\sim4.13$ )。分組原則採相對分數，如 C1-C 教師與 C2-B 教師科學知識觀分數相對高於其他五位教師，因此歸類為建構主義組。

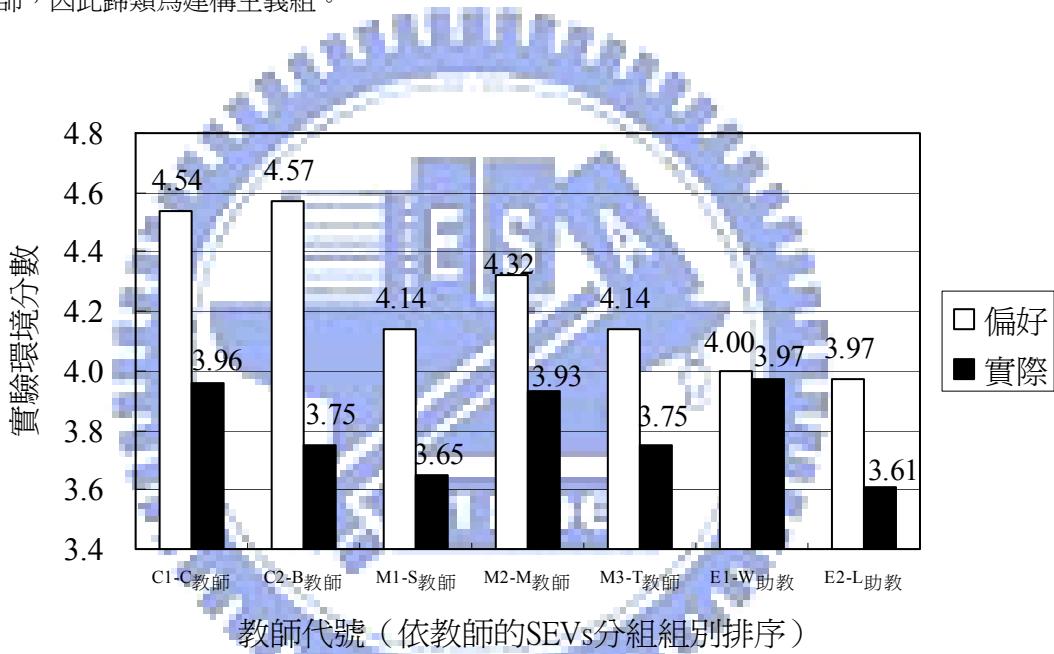


圖 4-2-3 各組教師偏好與實際實驗環境的分數變化

從表 4-2-7 可知，教師的科學知識觀對其偏好的實驗環境有關，但對實際的實驗環境卻無關。此結果顯示建構主義取向的教師對偏好的實驗環境的分數較高，即教師的科學知識觀與其偏好的實驗環境有一致性。然而，實際的科學環境由於牽涉的層面較廣且變動性較大，因此實際的實驗環境與科學知識觀並無關係。

此外，從教師偏好的實驗環境與實際的實驗環境的分數來看，偏好的實驗環境分數中，科學知識觀屬建構主義組的 C1-C 教師與 C2-B 教師具有較高的實驗環境分數，科

學知識觀屬混合組的 M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師的實驗環境分數居中，科學知識觀屬實徵主義組的 E1-W 助教、E2-L 助教的實驗環境分數則最低。顯示教師的科學知識觀在偏好的實驗環境分數中，明顯各組教師的實驗環境分數有所區別，但在實際的實驗環境分數中，七位教師的實驗環境分數則差異不大，並無區別。此一結果支持上述的結論，即教師的科學知識觀與其偏好的實驗環境有一致性。但實際的科學環境由於牽涉的層面較廣且變動性較大，因此實際的實驗環境與科學知識觀並無關係。另一個可能的原因為，教師認為實際的實驗室環境較為受限，必須基於教學型實驗的目的與固定的實驗器材、藥品來進行教學，因此在實際的實驗環境中，七位教師所表現出來的實驗環境分數較為接近。

#### 肆、學生與教師的比較

本小節將進一步比較學生與教師偏好與實際的實驗環境分數，檢視學生與教師在偏好的實驗環境分數與實際的實驗環境分數的差異，並進行探討與分析。研究者將學生與教師偏好及實際的實驗環境比較整理如表 4-2-8 及圖 4-2-4、圖 4-2-5：

1896

表 4-2-8 學生與教師偏好及實際的實驗環境比較

	偏好實驗環境				實際實驗環境			
	SC <sup>a</sup>	OE	IT	ME	SC	OE	IT	ME
學生分數	3.89	3.62	3.89	4.10	3.61	2.77	3.41	3.54
教師分數	4.00	3.92	4.57	4.43	3.71	3.02	4.29	4.19

<sup>a</sup>. SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

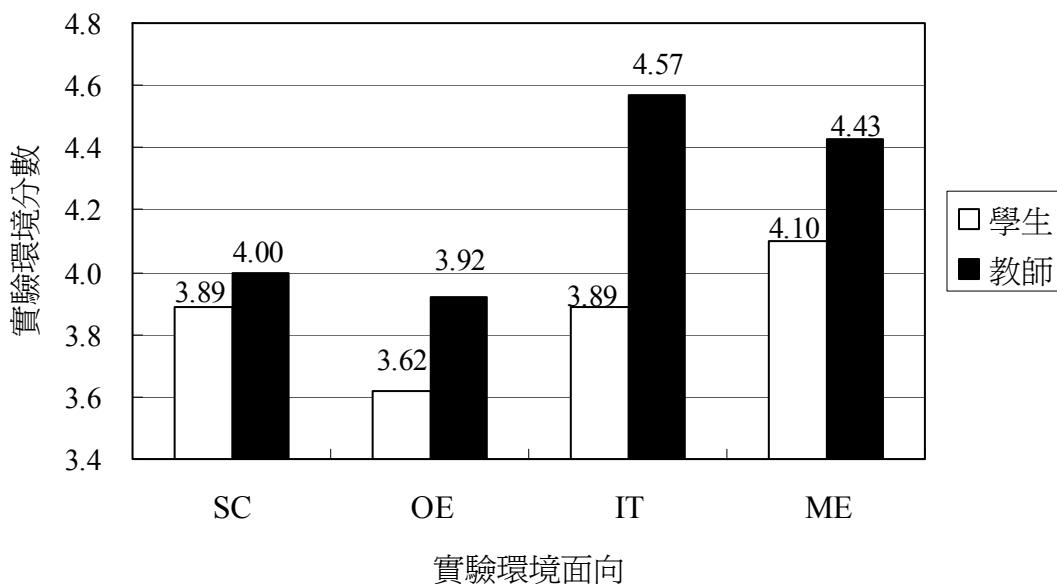


圖 4-2-4 學生與教師偏好實驗環境的分數比較

註：SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

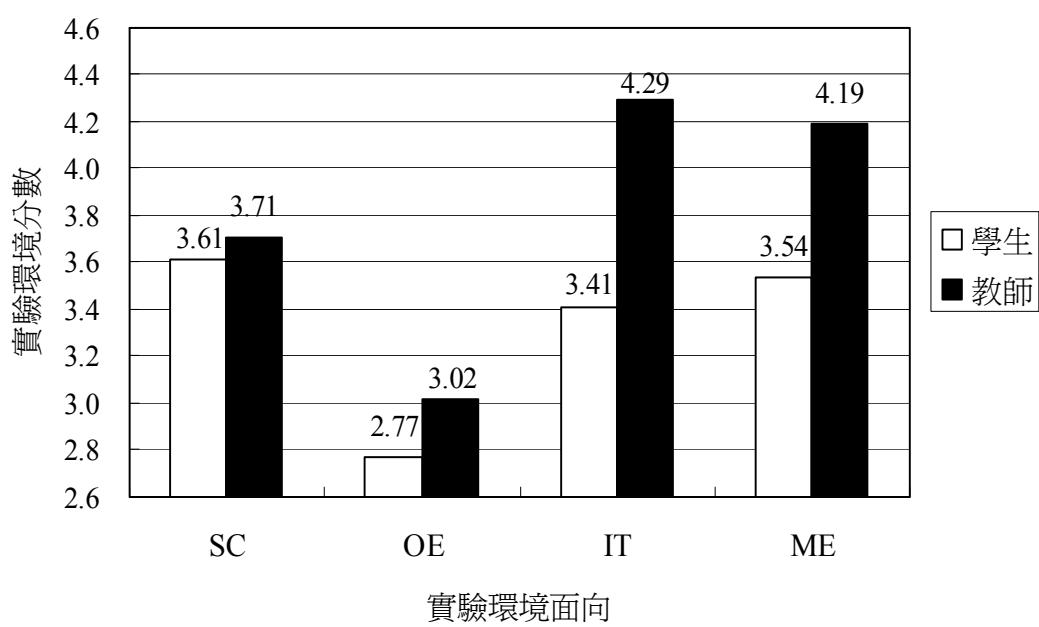


圖 4-2-5 學生與教師實際實驗環境的分數比較

註：SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

根據表 4-2-8 及圖 4-2-4，偏好的實驗環境中，實驗環境四個面向的分數，教師均比學生高。顯示教師偏好的實驗環境皆比學生所偏好的實驗環境來得理想。教師認為實驗環境能讓學生可以應用傳統科學課程中所習得之理論基礎於科學實驗課程上，並以實務經驗來檢視先前於課堂上所學之理論的精確性，非常重要。而學生則認為實驗環境中有沒有具備良好的器材設備比較重要。

此外，根據表 4-2-8 與圖 4-2-5，實際的實驗環境中，教師於實驗環境四個面向的分數仍比學生高。然而，教師仍然認為他們所營造的實驗環境能讓學生可以應用傳統科學課程中所習得之理論基礎於科學實驗課程上，並以實務經驗來檢視先前於課堂上所學之理論的精確性。

### 第三節 實驗活動之分析

為了進一步了解學生與教師對實驗活動的觀點，研究者分別對學生與教師進行訪談，以便獲得可信的質性資料。本節將針對學生與教師的訪談逐字稿進行分析，而訪談逐字稿分為「實驗目的」、「實驗活動對科學學習的影響」、「實驗教學對實驗活動的影響」、「先備知識對實驗活動的影響」、「實驗教學對實驗活動的影響」、「面對實驗異象的反應」、「處理實驗異象的策略」、「處理實驗異象的態度」、「實驗異象對科學學習的影響」、「跨學科處理實驗異象方式」等十項，然而本節僅就實驗活動的部分進行分析，即「實驗目的」、「實驗活動對科學學習的影響」、「實驗教學對實驗活動的影響」、「先備知識對實驗活動的影響」、「實驗教學對實驗活動的影響」等四個向度進行分析。實驗異象報告並不包含實驗活動部分，因此本節不分析實驗異象報告。僅將訪談逐字稿與實驗異象報告內容分析如表 4-3-1。

表 4-3-1 訪談逐字稿與實驗異象報告分析比較

分析向度		訪談逐字稿	實驗異象報告
實驗活動部分	實驗目的	◎	●
	實驗活動對科學學習的影響	◎	
	實驗教學對實驗活動的影響	◎	
	先備知識對實驗活動的影響	◎	
	實驗教學對實驗活動的影響	◎	
實驗異象部分	面對實驗異象的反應	◎	●
	處理實驗異象的策略	◎	●
	處理實驗異象的態度	◎	●
	實驗異象對科學學習的影響	◎	●
	跨學科處理實驗異象方式	◎	●
	實驗異象對科學理論發展的影響	◎	●

## 壹、學生對實驗活動的觀點之分析

本小節將探討學生對於實驗活動中，「實驗目的」、「實驗活動對科學學習的影響」、「實驗教學對實驗活動的影響」及「先備知識對實驗活動的影響」四個面向的看法，並分別詮釋學生的觀點，最後統整學生對於該面向的觀點。

### 一、實驗目的

為了探討學生對於進實驗室從事實驗活動的目的是否了解，研究者以「就你個人的想法而言，你覺得為什麼要進實驗室作實驗？」之問題對學生進行訪談，並以內容分析法分析學生的訪談逐字稿，經研究者統整後，將學生的意見分為三種類別：「了解理論內容」、「驗證理論的正確性」、「記憶理論」。

「了解理論內容」是指，學生認為藉由實驗活動，可以使其了解科學理論的起源與

發展過程。同時，相較於理論課程，學生也認為親自操作的實驗活動比較能深刻了解科學理論的內容。「驗證理論的正確性」是指，學生認為從事實驗活動的目的在於以親自動手做的過程、結果來驗證課本理論的正確性。而「記憶理論」是指，學生認為做實驗的目的僅在幫助記憶理論內容，如：公式、反應物、生成物等。

研究者將學生的回應整理如下，並統計各類人數的數目如表 4-3-2：

S1：因為從課本上學到的都是理論，要自己親自操作後才能更了解理論是怎麼來的。（了解理論內容）

S7：畢竟高中以前讀的都是理論基礎，做實驗才可以了解理論是在講什麼，或者是怎麼建立的。（了解理論內容）

S12：為了要驗證理論的正確性，所以就必須要做實驗來確定這理論是正確的。（驗證理論的正確性）

S21：基本上就是驗證所學，讓我們有自己操作實驗的機會，做實驗可以享受那個過程。（驗證理論的正確性）

S30：我覺得實驗當然就是以前做過了，但是我們一定要做一遍，看看理論有沒有錯。（驗證理論的正確性）

S22：因為一般唸書就只是念到理論的東西，但是理論跟實際還是有一些差別，就算你念了，但是沒有實際去做，我覺得不會有什麼幫助，而且你做實驗後，會對於理論有更深刻的印象。（記憶理論）

表 4-3-2 實驗目的各組人數統計

向度	了解理論內容	驗證理論的正確性	記憶理論
實驗目的	10 人 (21%)	16 人 (34%)	21 人 (45%)

由表 4-3-2 可知，認為實驗目的在於「了解理論內容」的學生有 10 人 (21%)，「驗證理論的正確性」的學生有 16 人 (34%)，「記憶理論」的學生有 21 人 (45%)。此結果

顯示，近半數的學生認為做實驗的目的在於幫助記憶理論。研究者認為可能是由於本研究取樣的大學，實驗課程的評量除了繳交報告，尚有跑堂測驗與紙筆測驗，學生除了會操作實驗器材、了解如何進行實驗外，仍須對實驗結果或重要步驟有印象。此外，學生先前學習經驗與大學入學考試內容，著重在記憶部分較多，因而使近半數的學生認為從事實驗活動的目的為幫助記憶理論。

研究者將上述學生觀點整理如下：

1. 了解理論內容
2. 驗證理論的正確性
3. 記憶理論

## 二、實驗活動對科學學習的幫助

科學課程包含理論課程與實驗課程兩部份，因此實驗活動常被視為是一個重要的角色 (Hofstein & Lunetta, 1982, 2004; Tsai, 1999a)。此一部份為了解學生學習科學時，實驗活動所扮演的角色與其重要性。茲將學生針對「你覺得進實驗室作實驗對你學物理、化學、生物等科學有什麼樣的幫助？」此一問題的回應整理如下：

S2：才會發現課本上的知識有沒有學錯，也會更了解那個知識。（檢視先前學習歷程）

S3：就是能夠更了解課本上所說的東西，如果進實驗室可以動手去做，實際進行一個實驗的時候，就可以更了解課本上的理論。因為有時候只透過文字敘述會不知道他在說什麼，要到自己做的時候才可以去了解。（了解理論內容）

S7：有一些化學反應，做過實驗印象會比較深刻。可以了解一些計算的方法，就在寫報告的時候，要寫計算過程的時候，會有用到。（記憶理論）

研究者將學生的觀點進行分類，並將各類別的學生人數統計如表 4-3-3：

表 4-3-3 實驗活動對科學學習的幫助各組人數統計

階層	類別	人數
1	了解理論內容	16 人 (36%)
2	檢視先前學習歷程	3 人 (7%)
3	真實性經驗	2 人 (5%)
4	學習實驗技巧	4 人 (9%)
5	驗證理論	9 人 (20%)
6	記憶理論	10 人 (23%)

47 位學生的逐字稿中，有 3 位的資料並未針對本問題做出回應，故刪減之。研究者分析 44 位學生的逐字稿發現，學生認為進入實驗室做實驗對學習科學學科的幫助有六項：了解理論內容（16 人，36%）、檢視先前學習歷程（3 人，7%）、真實性經驗（2 人，5%）、學習實驗技巧（4 人，9%）、驗證理論（9 人，20%）、記憶理論（10 人，23%）。並將此六項幫助依照階層排列依高到低排序為：了解理論內容、檢視先前學習歷程、真實性經驗、學習實驗技巧、驗證理論、記憶理論。

「了解理論內容」係指學生認為進入實驗室做實驗是為了深入了解課堂上所學到的理論內容；「檢視先前學習歷程」係指學生認為做實驗可以幫助自己檢視學習科學歷程中，是否有誤解理論或產生另有概念的錯誤現象發生；「真實性經驗」係指學生認為科學學習不能只是在課堂上學習理論知識、從實驗手冊中了解實驗步驟、過程、預期結果，而更應該實際看到實驗結果是如何產生的，才具有可信度。即科學實驗可視為理論與實務之間的重要橋樑；「學習實驗技巧」係指學生認為進入實驗室主要在學習如何配置藥品、操作儀器等實驗技巧；「驗證理論」係指學生認為做實驗可以驗證課堂所學到的理論是正確無誤的；「記憶理論」係指學生認為藉由實驗活動可以幫助有效記憶重要理論，藉由實際操作的經驗加深學生對於理論的印象。

實驗活動可以幫助學生了解理論發展的歷程，進而驗證課堂中所學到的科學知識是否與實驗結果相同或接近，並且藉由親自操作實驗流程的活動，學生可以練習到許多實

驗技巧（如：調製藥品的比例），也可以親自觀察到實驗結果而不只是熟記教科書上所描述的現象。此外，有 3 位學生更深入檢視自己先前在課堂上所學到的科學知識是否正確。藉由實地參與實驗活動，學生可以實際運用科學理論於實驗上，更可以再次檢視先備知識的正確性。因此，研究者認為實驗活動可以有效幫助學生重新檢視所學到的科學知識，並修正錯誤。

研究者將實驗活動對科學學習的幫助，整理如下：

1. 了解理論內容
2. 檢視先前學習歷程
3. 真實性經驗
4. 學習實驗技巧
5. 驗證理論
6. 記憶理論

### 三、先備知識對實驗活動的影響

學生進入實驗室做實驗前，已於科學教室中習得一些科學知識，這些知識被稱為「先備知識」。本研究為了解先備知識對於學生從事實驗活動時的影響為何，因此詢問學生「你覺得進普化實驗室之前，在課堂上所學過的理論或知識對實驗的進行有沒有影響或幫助？」，希望藉由學生的回應來了解先備知識對實驗活動的影響。

為了能進一步分析學生在此面向的觀點，研究者根據學生對先備知識在實驗活動中的看法分為「確實對實驗活動有幫助」與「對實驗活動幫助有限」兩類。持先備知識確實對實驗活動有幫助之觀點的學生認為，先備知識可以幫助實驗的進行，反之實驗也可以幫助修正先備知識，此觀點恰符合實驗環境量表中的「學生的統整能力」面向。此外，課堂上的先備知識能幫助了解實驗技巧，並有意義地學習實驗內容，且實驗活動是基於先備知識來進行操作的。持先備知識對實驗活動幫助有限之觀點的學生認為，實驗課程與理論課程兩者的授課時間點並不接近，導致學生必須先在實驗課程學習實驗技巧，數

週後才學習相關的理論內容，難以將理論課程與實驗課程連貫在一起，因此認為先備知識對實驗活動的幫助有限。

訪談結果經研究者統整如下：

S3：有一些基本的觀念，如果能套用上的話，對於我們在實驗中，有一些過程可能發生什麼反應，我們不知道的話，我們就可以套用之前所學到的知識，這樣就會比較有用，可以推測它是怎麼發生的，不用說可能做完實驗後還要自己再重新再去 run 一遍，先有一個底子，如果有錯或者是怎麼樣的話，就比較能夠知道。（確實對實驗活動有幫助）

S5：比如說做一個電解的實驗的時候，如果你不了解，之前沒有上過課的話，你不知道正負極的會出現什麼狀況，我覺得就沒有意義了，所以我覺得一定要上課學到一定程度的知識、技術後才會知道怎麼去做實驗。（確實對實驗活動有幫助）

S24：當然是基於在課堂上學習到的那些東西來做實驗。（確實對實驗活動有幫助）

S10：好像沒有很大的關係。因為課堂上教的不見得馬上就可以應用在實驗上，等實驗做到了，之前教的就不見得記得了。（對實驗活動幫助有限）

S29：其實幫助並沒有很大，因為在做實驗過程就是太多實驗因素和環境因素的考量，所以就覺得說做實驗沒有想像中那麼流暢或者那麼進行的比較順利。而且在實驗室裡面，人很多很多之外，就是做實驗的儀器還有什麼的都要等、排隊這樣子，就覺得做實驗過程就沒有想像中的理想。（對實驗活動幫助有限）

表 4-3-4 先備知識對實驗活動的影響各組人數統計

	確實對實驗活動有幫助	對實驗活動幫助有限
先備知識對實驗活動的影響	31 人 (74%)	11 人 (26%)

47 位學生的逐字稿中，有 5 位的資料並未針對本問題做出回應，故刪減之。研究者分析 42 位學生的逐字稿發現，一半以上的學生認為課堂上所學到的知識對實驗活動

確實有幫助，並且可以先預測出實驗過程的現象，避免錯誤產生。此外，課堂上所學習到的科學知識可以幫助學生對生成物的性質、種類有基礎的認識後，待實際情況發生，就能清楚地辨識出物質的特性。然而課堂知識並非可以涵括所有的科學知識，有些細節、實驗技術並不會在傳統課堂上教授，必須實際操作過儀器。光用講述的方式很難讓學生理解實驗的過程和操作器材的方式。然而，有近三成的學生認為，大學教學中，由於實驗課程不易與理論課程完美搭配，即理論課程尚在教授前半部內容，但實驗課程卻已經進行到後半部內容了。基於此現象，該類別的大學生認為先備知識對於實驗活動的幫助並不太大。

研究者將先備知識對實驗活動的影響整理如下：

1. 確實對實驗活動有幫助：可幫助實驗進行、實驗也可幫助修正先備知識
2. 對實驗活動幫助有限：實驗課程與理論課程難以連貫

#### 四、實驗教學對實驗活動的影響

科學教育不同於其他學科教學在於：科學教育通常搭配學科教學與實驗教學兩部分，而各大專院校多半僱請有豐富實際經驗的助教來進行實驗教學。而此一部份希望了解實驗教學對於學生進行實驗活動的影響為何，因此訪問題目為「普化實驗前，助教或老師對實驗的說明與教學對你實際在進行實驗活動時，有沒有影響或幫助？」，訪談結果經研究者整理如下：

S2：當然有，以前高中的話，其實實驗器材還蠻簡易的。但現在大學的話，和以前接觸的完全不一樣，有時候看完實驗紀錄本之後，有些還是不知道該怎麼做，因為不知道長怎樣或者是怎麼操作，如果助教先示範的話，我就比較能知道，我之前讀的那些，怎麼把它套進去用，做實驗就比較方便一點，不會說自己還要摸索。

S3：我覺得有，因為如果在做實驗之前，助教會先講解，然後就會先知道實驗要怎麼操作，也會知道你為什麼要這樣操作，還有實驗的目的跟原理，對於實驗就會有幫助。

S9：有，比如說一些危險的動作，如果沒有老師去示範的話，我們可能就會做錯或者是比較危險，可能會有意外發生。

S24：幫助的話是可以先再一次的預習，然後會比較注意操作上的一些小細節。影響方面的話，就可能只照著老師的方式去做，可能自己被影響到，就不會讓自己反思這樣子。

S34：這當然有影響和幫助，因為大部分在做預報的時候，都是在趕預報，所以基本上不會太詳細的去看那個預報，所以我覺得在做實驗前，老師再叮嚀我們一次，這樣對實驗進行非常好。

S37：平常做實驗前，老師通常都會叫你自己先看過一次流程，可是你沒有器具在手邊的時候，光看課本的感覺就會很抽象。可是老師如果實驗講過一遍的話，因為老師還會加上操作，還有一些小細節、技巧，老師就會把他的經驗講給我們聽，所以大家會感覺比較好。就會有事半功倍的感覺。

由於實驗教學對實驗活動的影響屬於外顯行爲，故不適合區分為建構主義組、混合組與實徵主義組來分析，僅針對學生的觀點來進行分析。

許多學生對於教師的實驗教學內容都給予高度肯定，認為在實驗活動前的教學對實際進行實驗活動時幫助很大，經由教師的示範操作或重點提示，學生操作儀器、配置藥品也會比較順利且不會發生危險。然而，學生並不會質疑實驗手冊、教師教學的正確性，甚至認為實驗手冊編纂多年，並不會有錯誤產生；教師教學多年，相同的實驗步驟、內容講述多次，並不會有錯誤發生。研究者針對此一部分，特別商請教師給予學生挑戰性數據，挑戰學生對於自己做出來的實驗數據的信心，並且檢視學生對於實驗手冊與實驗教學的信心程度是否受到影響而進一步發現問題。而學生的反應是：

對我們在做實驗上面的影響就是，有時候我們會覺得老師講的是對的，然後結果就一直去鑽研，像上一次，第一次做實驗的時候，老師給的數據，他是故意給錯的，然後我們大家都以為是我們算錯了，後來發現其實每一組都一樣的時候，就會去想到是不是老師是錯的，後來問老師，老師說他是故意的。所以我覺得會有一點影響，因為他是老師，

所以大家剛開始會覺得他的想法應該是對的。

在接觸挑戰性數據前，學生一致認為教師所給的數據都是對的，教學過程都是正確無誤的。面對挑戰性事件時，學生對照同儕之間的實驗結果，發現全體同學的實驗結果一致性很高，但仍與教師所公布的數據不同，雖然有所質疑，但學生認同教師的權威性，即「老師給的答案一定是正確的」想法，顯示學生的想法偏向實徵主義取向，認為教師的權威性是值得信任的。然而，經由挑戰性事件，學生了解到不能一味信服權威，也開始檢視所有實驗過程、教學內容、教科書內容是否正確。

研究者將實驗教學對實驗活動的影響整理如下：

1. 可安全地進行實驗
2. 實驗過程進行順利

研究者將學生對實驗活動的觀點整理如表 4-3-5：

表 4-3-5 學生對實驗活動的觀點

實驗活動向度	學生觀點
實驗目的	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 了解理論內容</li><li>2. 驗證理論的正確性</li><li>3. 記憶理論</li></ol>
實驗活動對科學學習的幫助	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 了解理論內容</li><li>2. 檢視先前學習歷程</li><li>3. 真實性經驗</li><li>4. 學習實驗技巧</li><li>5. 驗證理論</li><li>6. 記憶理論</li></ol>
先備知識對實驗活動的影響	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 確實對實驗活動有幫助</li><li>2. 對實驗活動幫助有限</li></ol>
實驗教學對實驗活動的影響	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 可安全地進行實驗</li><li>2. 實驗過程進行順利</li></ol>

實驗目的方面，學生認為做實驗的目的在於理解科學理論的起源、證明科學理論的正確性、檢驗理論與實務的一致性、幫助記憶科學知識。實驗活動對科學學習的影響方面，學生認為做實驗可以幫助了解理論發展的歷程、驗證理論與實驗結果的一致性、重新檢視既有科學知識。先備知識對實驗活動的影響方面，學生認為先備知識可以幫助他們預測實驗過程中可能會發生的現象、預先認識藥品性質與儀器功能。實驗教學對實驗活動的影響方面，學生認為實驗教學可以幫助他們安全地進行實驗活動、做實驗的過程也會進行得比較順利。

## 貳、教師對實驗活動的觀點之分析

本研究中，共有兩位助教、五位教授共七位教師參與教學活動，七位教師皆具備化學相關專業背景，男女教師比例為 4：3。從化學教學年資來看，C2-B 教師與 M3-T 教師的教學年資最長，分別為 15 年及 13 年的教學經驗；M1-S 教師與 C1-C 教師的教學年資最短，分別為 2 年及 1 年的教學經驗；E2-L 助教的教學年資為 15 年，E1-W 助教的教學年資為 1 年。

根據第四章第一節，根據七位教師的科學知識觀分數，將七位教師分成相對於其他六位教師的科學知識觀，較偏建構主義組、較偏混合組與較偏實徵主義組三個組別以便分析。依據科學知識觀分數，C1-C 教師與 C2-B 教師屬於相對較偏建構主義組；M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師屬於相對較偏混合組；E1-W 助教與 E2-L 助教屬於相對較偏實徵主義組。

本小節將針對教師在「實驗目的」、「實驗活動對科學學習的影響」、「實驗教學對實驗活動的影響」及「先備知識對實驗活動的影響」四個面向的看法。藉由此四個向度的分析，以了解教師對於實驗活動的觀點。

### 一、實驗目的

許多教學活動都有其教學目的，因此實驗教學亦有其實驗目的。為了實際了解教師

對於從事實驗活動的目的的看法，研究者以「您認為為什麼要進實驗室作實驗？」為題，詢問七位教師的意見、概念，整理如下：

C2-B 教師：化學本來就是一個實驗性的科學，沒有做實驗，根本不會知道為什麼會有這個科學。事實上實驗教學會更重要，因為科學本來就是用實驗來證明的，那當然一定要做實驗。

(註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.68$ )

相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀偏建構主義取向的C2-B教師認為科學發展的歷程中，實驗扮演一個非常重要的角色，許多科學概念都源自於實驗，經由實驗所得到的結論，經過科學家多次驗證後就會發展成科學理論。所以讓學生親自做過實驗來了解科學內容是理所當然的。

相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀同樣偏建構主義取向的C1-C教師的觀點如下：

C1-C 教師：我們從課本上念到的東西，到實際上你知道要怎麼做之間，其實是有一段距離的，這是第一部份。第二部分就是，以前我可能沒有這麼深的感覺，那可是現在的話，現在幾乎大部分的大學生都要念研究所，尤其像理工科的學生幾乎一定會進實驗室，那他們有一些基礎的實務經驗，我覺得是蠻重要的。我覺得學生有時候真的考試可以考得不錯啊，可是實際上你要把這些理論應用在實驗中，就是在實驗上或解決一些問題的時候，其實是有一段差距的。他們可能只會針對考題去處理，可是實際上你去操作的時候，那就不一樣了。對我來講，實驗跟看書其實是有很大很大的不同，通常我們看到就是很會唸書的，他做實驗不見得是最好的，甚至是很後面的也有可能。

(註：C1-C 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.83$ )

C1-C教師認為，對學生而言學科知識和實驗操作是截然不同的兩件事，學生在課堂上學習成果高，並不代表在實驗活動中的表現就會比較好。大學部的實驗室目的在於訓練基礎操作技巧，讓學生有機會學習到許多實務經驗，以便在未來能進一步鑽研更高

深的理論或更複雜的實驗活動。

相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀分數屬混合組的M2-M教師則有不同的觀點：

M2-M教師：學習基本實驗的技巧及比較基礎的東西。如果是研究生的話，我覺得注重在他們獨立思考的能力還有獨立解決事情的能力，當他遇到問題的時候，他必須知道怎麼去尋找資料，或是跟他的指導教授去談怎麼解決這個問題。那大學部的實驗是一個routine的實驗，所以注重的是打好基礎，讓他們未來可以去念研究所的時候，這些實驗基礎他都已經具備了。

(註：M2-M 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀 M=4.50 )

M2-M教師的觀點是以大多數學生未來都會繼續就讀研究所為前提，並將大學部實驗活動視為一種「例行公事」(routine)，即實驗內容鮮少變化、較依賴教師與實驗手冊的一種實驗活動。而實驗目的在於給予學生一個基礎訓練與磨練技術的機會。綜言之，M2-M教師認為大學部的實驗活動由於學生基本的實驗技巧不足、先備知識不夠、獨立思考及獨立解決實驗上問題的能力皆不足，因此，實驗活動的目的，只是提供大學生一個熟悉實驗技術、了解理論知識在實驗上實際的應用情形的基礎課程。

此外，相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀偏實徵主義取向的E2-L助教的觀點如下：

E2-L助教：化學本來就是用實驗所累積出來的科學，所以必須要回到實驗室，重新奠學生實驗的基礎，他才能夠去對照真正化學課本裡面所講的知識，以及幫助他們未來在研究化學的部分，有更紮實的實驗基礎，學生才能讀更深的化學。

(註：E2-L 助教的科學知識觀相較於六位教師為偏實徵主義取向，科學知識觀 M=3.78 )

E2-L助教認為科學是經由許多實驗所堆積出來的，化學也不例外。因此想要了解

科學，必須進入實驗室學習實驗的基礎技術，才能與理論知識對照。所以進入實驗室的目的在於讓學生實際操作實驗器材、了解實驗流程，體會到科學家如何在實驗室中發現重要科學理論，並且磨練基礎實驗技巧，實際應用課堂科學知識於實驗上。

綜合以上教師的觀點，研究者發現教師認為進實驗室做實驗的目的在於磨練實務經驗、驗證實驗與理論間的關連性、了解原始理論發展歷程與實驗活動的相關性，並且期望學生藉由基礎的、出錯率低的、具高度再現性的實驗活動來培養實驗態度與實驗技巧等基礎技能。

根據七位教師對於實驗目的的訪談結果，可將教師對實驗目的的看法整理為以下三項意見：

1. 訓練實驗技術的基礎課程
2. 了解理論在實務上的應用
3. 了解發現科學知識的歷程

教師認為實驗可以幫助學生達成上述三項目標，也是學生進入實驗室做實驗所需要了解的目的所在。

## 二、實驗活動對科學學習的影響

科學課程中，實驗活動是一個非常重要的部分。因此此向度旨在探討教師對於實驗活動對學生學習科學上的影響為何？訪談問題為「您覺得進實驗室作實驗對學生學物理、化學、生物等科學有什麼樣的幫助？」藉由此題來進一步了解教師對實驗活動在科學學習上的看法為何。茲將教師的意見整理如下：

C2-B教師：要觀察、要假設、推論然後再作一些結構性的整理之後，再重複做實驗驗證，因為科學這種東西本來就沒有絕對真或絕對假的，我們只能夠透過實驗的方式來一直不斷的修正我們的假設，然後推出我們的定律。所以好像沒有做實驗就不太可能更加了解，只是一個必須走的方向，實驗非常重要。

(註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.68$ )

相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀偏建構主義取向的C2-B教師認為在實驗活動進行中，科學家經由不斷地試驗、修正假設，最後推導出重要定律或理論。因此實驗活動在科學發展中的角色非常重要，透過實驗活動，可以幫助學生更容易了解理論。C2-B教師對科學的想法相對於其他六位教師而言較偏向建構主義取向，即認為科學是基於許多科學家共同認可的典範、證據及共識而建構出來的。而研究者進一步將C2-B教師的觀點「科學沒有絕對真或假，僅能透過實驗來修正假設，然後推出定律」詮釋為科學應該是具有妥協性，即科學沒有絕對的對錯，只能不斷的修正或解釋，再提出定律。

相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀介於建構主義取向與實徵主義取向的M2-M教師則以不同的觀點來闡述實驗活動對學生科學學習的影響：

M2-M教師：一定會有幫助，因為你記得最清楚的其實不是背誦，而是你作過什麼事。你的影像對你的記憶是可以比較長久而深刻的，正課的時候，其實你講了一些性質，學生有時候沒辦法理解，他可能是死背，那他死背的結果可能他的記憶能力只有三個月，假設很好的話。可是讓他做過這個實驗的時候，我相信在他的記憶裡，有可能會保持的比較久，一年、兩年甚至都有可能。可是死背的東西，可能經過一兩個星期，他就已經忘記了，所以實驗絕對是對你在科學上的理解，絕對是有幫助的。

(註：M2-M教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀 M=4.50)

M2-M教師以認知心理學的角度來分析學生的科學學習。就記憶層面來說，課堂上所教授的學科知識多半為文字或平面圖表的方式呈現，學生僅能將課堂內容知識納為短期記憶之中，而實驗活動可以讓學生藉由實際動作操作的經驗課程，讓實際經驗轉化成長期記憶。長期記憶模式對於學生未來學習其他科學知識的幫助較短期記憶模式為大。

相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀介於建構主義取向與實徵主義取向

的M3-T教師，其觀點則以學習態度為主，以下為M3-T教師的觀點：

M3-T教師：你進實驗室的話，會讓他把理論更實際結合，再來他就知道怎樣讀書比較正確。否則他只是考試的機器而已，所以實驗課基本的觀念就是誘導他們真正正確的學習態度跟方向。

(註：M3-T 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.32$ )

M3-T教師認為實驗活動的功能在於幫助學生建立實驗內容與課堂知識的連結，並且培養學生正確的學習態度，而不是只強記學科知識卻忽略實務經驗。

相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀較偏建構主義取向的C1-C教師則認為學科考試與從事實驗活動並不相同：

C1-C教師：學科考試的話我覺得可能沒有幫助，可是我覺得對教學目的是有幫助的。就考試而言，可能學生的分數不會因為他做的實驗而特別高。但我覺得是一個完整性，就是說你唸完書，可是實際上你不見得會實際運用這些東西在實驗裡。我覺得這是單方面、單方向的獲益，而不是會有雙向的回饋回來。我覺得唸書可以幫助他做實驗，可是你做實驗可不可以幫助唸書，我覺得可能比較難。

(註：C1-C 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.83$ )

C1-C教師認為實驗學習和學科學習是不同的兩種領域，學生實地操作實驗可以更熟悉學習目標，也可以讓學生的有更多實務經驗。在評量方面，實驗學習成就與學科學習成就並不會有顯著的相關性，也就是說在實驗活動表現越好的學生，學習科學學科的成績不見得越好。此外，C1-C教師認為學科成績表現較好的學生，代表他對理論架構有一定程度的了解，但是實驗表現和學科表現是不可共量的 (incommeasurable)，即任何科學知識只有放在特定典範中才有意義。

相較於其他六位教師的科學知識觀，科學知識觀偏實徵主義的E2-L助教則認為：

E2-L助教：我覺得有很大的幫助。其實物理、化學、生物三科在最古老的科學裡面，他們是三者合而為一的，就是生命科學啦。然後就慢慢地研究，然後才分支物理、化學跟生物。這三種科學全部都是來自於實驗。

(註：E2-L 助教的科學知識觀相較於六位教師為偏實徵主義取向，科學知識觀 M=3.78)

就E2-L助教的觀點，科學原本並沒有學科的區分（例如：物理、化學、生物、地球科學），如同M2-M教師所述，科學應該有一個可以貫穿的典範或理念，而此一典範都源自於科學實驗。簡言之，科學是源自於實驗，從多次實驗歷程中，我們可以歸納出重要的科學理論。

根據七位教師對於「實驗活動對科學學習的影響」的訪談結果，將教師對該面向的看法整理為以下三項意見：

1. 實驗活動有助於學生了解科學理論
2. 將實務經驗轉化為長期記憶以幫助學習
3. 連結理論與實務的關係

教師認為實驗活動影響學生科學學習有上述三部分，亦為教師期望實驗活動可以幫助學生學習的想法。

### 三、先備知識對實驗活動的影響

學生在進入實驗室前，在課堂上習得之科學理論或知識甚多，但這些先備知識對學生進行實驗活動是否有產生影響？本向度希望藉由訪問教師對於「您覺得學生在進入實驗室之前，在課堂上所學過的理論或知識對實驗的進行有沒有影響？」此題的看法，進而了解教師對先備知識在科學實驗活動上所扮演的角色或其重要性為何。將教師的意見整理如下：

C2-B教師：這看我們課程跟實驗課程之間銜接的關係，有些時候，假如說用比較基礎科

學的觀點，假如我們在做建構式的話，我寧可說，我們不是以課程為主而是以實驗為主，然後再推論到、架構出我們現在推出來的這些理論，可是反過來說，我們現在剛好反方向走，因為我們必須快速達成目標，所以我們是先把課堂的理論跟各位介紹完畢之後，然後才去進行實驗。可是事實上真正在科學的發展上面，應該是先有實驗才會有這些理論。而為了快速達成教學目的，因為我們授課內容太多了，所以我們可能必須先授課然後搭配我們的實驗。當然到了研究所的時候，就會讓他什麼理論都不知道，真正厲害的人可以從實驗去導出理論，但是在我們現在教學的環境或者研究環境裡面，可能要得到這樣的結果不多，因為我們都要快速的得到我們的結果，所以我們就現有的理論去進行實驗，很少由自己的實驗來推出自己的理論，其實是蠻可惜的事情，那我只能跟你講說，我們現在是為了快速達成我們的目的，所以我們才會先授課。

(註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.68$ )

C2-B教師認為建構式的科學教學會以課程為主，藉由實驗活動讓學生獨立思考並進行推論，試圖從理論發展的歷程讓學生主動建構出科學知識，但實際教學卻需考量到時間和教學內容的因素，而必須採取以課程為主，實驗為輔的課程設計方式，先讓學生學習科學理論後，再進實驗室做實驗，如此一來可以節省很多時間，提高教學效率。C2-B教師對科學實驗課程與科學理論課程的描述代表台灣科學課程的現況，欲教授的課程內容繁多，授課時間卻不多，導致學生於實驗室主動建構知識的機會減少，因而偏向實徵主義式的教學與學習方式。

M2-M教師則認為先備知識會賦予實驗活動意義，而不只是盲目地操作實驗步驟。

M2-M教師：我覺得有吧，因為在他們做實驗之前，比較危險的東西我們會先跟他們講，一方面讓他們知道，你在作這個實驗的時候，你要觀測的是什麼樣的現象，然後跟課本的對照是什麼樣的情形，甚至於化學上跟很多日常生活是有關係的，我們會去讓他注意，比如說你做到三態的時候，冰為什麼會浮在水上面，為什麼冰不會沈下去，這些東西都可以由日常生活中觀測到，然後再做實驗看到，上課的時候再跟你講跟密度有關，這些東西都可以相關連，如果你事先沒有告訴他，他就只是做過這樣子而已。

(註：M2-M 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.50$ )

M2-M教師認為如果學生沒有先備知識就去做實驗的話，實驗本身並不會有什麼意義，有意義的部分在於學生怎麼運用所學到的理論知識在每一個親自作的實驗上面，最後能夠對實驗結果做出解釋和分析，並對照日常生活中所觀測到的自然現象，才是實驗課程設立的主要目的，而不是單純跟隨教師的示範實驗模擬一次。

E1-W助教除了接續M2-M教師的觀點外，更進一步認為學生有能力從錯誤中進行學習。

E1-W助教：當然會有影響，可是我覺得影響其實不會很大。比如說，可能課堂上老師講的不一定會對，當他進到實驗室的時候，他想到說老師講的是這樣，他去做做看，可是作出來並不是像老師講的那樣，其實他就可以去推翻老師所講的東西，他可以自己建立新的想法。我覺得老師講的東西不一定會對，那學生他進實驗室之後，他如果發現老師講的是錯的，他就可以自己從中學習，建立自己的想法，不一定老師講的就是對的。其實主要還是學生自己，因為學習是他自己的，所以就是可以讓他慢慢去學。

(註：E1-W 助教的科學知識觀相較於六位教師為偏實徵主義取向，科學知識觀 M=4.13)

E1-W助教認為，雖然實驗活動前，學生一定會先聽過實驗講解，但是課堂講解不見得全然是正確的，而且學生是有能力推翻老師所講的東西，甚至建立新的想法。此外，如果學生發現所學的理論或老師講解的內容有錯，學生更有機會可以藉由錯誤建立出自己的想法。簡言之，藉由實驗活動，學生可以試圖建立自己的理論觀點，甚至挑戰固有的理論，而不只是盲目跟隨理論。

根據七位教師對於「先備知識對實驗活動的影響」的訪談結果，將教師對該面向的看法整理為以下兩項意見：

1. 輔助學生進行有意義的實驗活動
2. 促進實驗活動的效率

根據上述兩點，教師認為先備知識可以讓學生更有意義地進行實驗活動並促進實驗活動的效率。

#### 四、實驗教學對實驗活動的影響

本向度在檢視教師對於實驗教學在學生進行實驗活動時的影響為何，訪談問題為「實驗前，您對實驗的說明與教學對學生實際在進行實驗活動時，有沒有影響或幫助？」教師的回應如下：

M3-T教師：那是必須的，你在動手之前，必須讓學生了解為什麼要做這個實驗，可能用的器材是什麼東西，對整個流程有了解以後，他就比較容易完成他的工作，但是我比較不希望的部分是說，助教在帶這個實驗的時候，就預先告訴同學你可能預期到什麼、會看到什麼樣的現象，免得會讓學生會有一個先入為主的觀念。只跟他講你的步驟應該是怎麼做，讓學生自己去看到他的結果是什麼樣的。那我們很多台灣的學生對於自己的結果不是很有信心，如果你不跟他講的話，他總會覺得我這樣做到底對不對，或者他會要求結果到底如何期望，但是不會問我這樣做的方法對不對，這是我們學生一個很大的缺點。

(註：M3-T 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.32$ )

就M3-T教師的觀點，實驗教學可以幫助學生了解實驗目的、熟悉實驗器材的操作方式、觀察整個實驗流程的進行方式等。藉由助教的示範實驗，學生會比較了解該怎麼進行實驗，而不會一籌莫展。但是，M3-T教師反對在實驗進行之前，就已經告知學生會觀察到什麼樣的現象或正確的數據為何，需避免學生產生先入為主的想法，即採取開放性的探究活動來讓學生學習。但根據第四章第二節教師的實驗環境分數，M3-T教師在實驗室的開放程度面向分數並不偏高，可能的原因為M3-T教師個人的教學經驗中，發現學生會以答案反推實驗過程的數據，而無法呈現真實的實驗結果，也對自己所做出來的實驗數據不具信心。

此外，M3-T教師更指出，台灣學生對自己親手作出來的實驗結果並沒有信心，並

且只著重在實驗結果會不會出現，是不是正確的，卻忽略了學生自己操作實驗過程中的方法是否正確。因此，研究者進一步詮釋M3-T教師的理念為，重視學生主動發現科學實驗結果，並對自己的實驗步驟與實驗過程有嚴謹確實的自我要求，不只是將實驗做完而已。

C2-B教師：假如說，今天我不先跟他解釋的話，完完全全讓他推演的話，因為我們不是一個個別型的教學，我們是一個整體型的教學的話，我必須還是有一點點在作標準化的動作，因為要注意到實驗室的安全。一般而言，學生具備一些理論基礎，然後開始進行這些實驗的話，就只當作是一個練習實驗，當然這可能並不是非常有啟發性。可是反之，趁現在告訴他一個基本的練習中所需要注意的事項，當然有一些基本的東西他不太會操作的話，會把整個架構弄得非常混亂。所以我想應該還是有幫助的，不然學生有些時候並不會了解這個實驗的目的，所以還是要跟學生提示一下。除非說他是一個非常獨立自主的學生，或者是他天資非常聰穎，他可以自發性的建立，當然這可能就不是大學部的實驗課程了，而是一個專題研究。現在目前的專題研究有時候也是以老師的指導為主，那未來假如說我們的學生真的要獨立一點研究的話，那麼這個時候可能就為了他念研究所甚至是研究所畢業以後從事研究工作的時候，才可能自己建立自己的想法，那目前在教學實驗的話，我還是覺得授課這一部份，提示的部分還是相當重要的。

(註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.68$ )

C2-B教師認為大學部的普通化學實驗課程是一種個別型、練習型、標準化的實驗課程，學生藉由實驗活動以學習基本實驗技巧，而實驗教學可以幫助學生了解實驗目的、提示學生如何在安全的前提下操作實驗。只有研究所課程或是未來從事研究工作的獨立研究才有可能讓學生獨立自主進行實驗活動，才有可能從實驗活動中建構出自己的想法。研究者進一步詮釋C2-B教師的觀點，大學部的實驗課程為一種基礎的體驗課程，學生必須在教師適度的提示指導下實際操作實驗活動，目的在於讓學生熟悉實驗室中的各項器材與環境。此外，基於安全性的考量，教師適度的教學提示是相當重要且必須的。

C1-C教師：我覺得這蠻重要的，因為其實助教再講一遍的話，他們會比較能summarize，因為學生在看實驗流程的時候，他不見得可以找到重點。有些實驗，學生在寫預報的時

候，他可能只是把東西抄過去而已。其實他可能腦袋是空的在寫，不是真的在想「我該怎麼做」。我覺得有助教再講一遍，起碼他們可以follow上他們寫預報時，心不在焉的問題。

(註：C1-C 教師的科學知識觀相較於六位教師為**偏建構主義取向**，科學知識觀  $M=4.83$ )

在實驗進行前，學生被要求撰寫實驗預報以對實驗流程有初步的了解。但C1-C教師認為學生不見得可以發現實驗的重點，且了解的程度會依學生個人認真程度有所差異，並非深入了解實驗步驟。因此C1-C教師強調實驗教學的重要性，藉由助教的講解，學生可以對實驗步驟有初步的了解。

E2-L助教：百分之一百有影響吧！你沒有演示沒有教他們，他們沒有辦法進入狀況。他們根本不知道怎麼開始，而且還有一個很大的問題，就是安全性的問題，必須讓學生了解什麼東西有危險，該怎麼樣處理。

(註：E2-L 助教的科學知識觀相較於六位教師為**偏實徵主義取向**，科學知識觀  $M=3.78$ )

E2-L助教認為實驗活動進行前，必須先示範一次實驗給學生看，學生方能知道如何開始進行實驗。此外，解說過一次實驗步驟和必須注意的地方後，學生才能安全地進行實驗活動。

根據七位教師對於「實驗教學對實驗活動的影響」的訪談結果，將教師對該面向的看法整理為以下三項意見：

1. 初步了解實驗目的與步驟
2. 安全地進行實驗活動
3. 提示實驗重點

根據上述三點，教師認為自己對學生的實驗教學可以讓學生更了解實驗目的與步驟，並且藉由提示實驗重點可以讓學生更順利進行實驗活動，也可以在最安全的狀態下從事實驗活動。

研究者將七位教師對實驗活動的觀點統整如下頁表4-3-6：

表 4-3-6 教師對實驗活動的觀點

實驗活動向度	教師觀點
實驗目的	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 訓練實驗技術的基礎課程</li><li>2. 了解理論在實務上的應用</li><li>3. 了解發現科學知識的歷程</li></ol>
實驗活動對科學學習的影響	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 實驗活動有助於學生了解科學理論</li><li>2. 將實務經驗轉化為長期記憶以幫助學習</li><li>3. 連結理論與實務的關係</li></ol>
先備知識對實驗活動的影響	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 輔助學生進行有意義的實驗活動</li><li>2. 促進實驗活動的效率</li></ol>
實驗教學對實驗活動的影響	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 初步了解實驗目的與步驟</li><li>2. 安全地進行實驗活動</li><li>3. 提示實驗重點</li></ol>

實驗目的方面，教師認為做實驗的目的在於訓練實驗技術、了解理論在實務上的應用、了解發現科學知識的歷程。實驗活動對科學學習的影響方面，教師認為實驗活動有助於學生了解科學理論、將實務經驗轉化為長期記憶以幫助學習、連結理論與實務的關係。先備知識對實驗活動的影響方面，教師認為先備知識可以輔助學生進行有意義的實驗活動並促進實驗活動的效率。實驗教學對實驗活動的影響方面，教師認為實驗教學可以幫助學生初步了解實驗目的與步驟、安全地進行實驗活動並提示學生實驗重點。

## 參、學生與教師對實驗活動的觀點之比較

本小節將比較學生與教師對實驗活動的觀點有何異同，並進一步闡釋結果。茲將學生與教師對實驗活動的觀點比較整理如表4-3-7：

表 4-3-7 學生與教師對實驗活動的觀點之比較

實驗活動向度	學生觀點	教師觀點
實驗目的	<ol style="list-style-type: none"><li>了解理論內容</li><li>驗證理論的正確性</li><li>記憶理論</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>訓練實驗技術的基礎課程</li><li>了解理論在實務上的應用</li><li>了解發現科學知識的歷程</li></ol>
實驗活動對科學學習的影響	<ol style="list-style-type: none"><li>了解理論內容</li><li>檢視先前學習歷程</li><li>真實性經驗</li><li>學習實驗技巧</li><li>驗證理論</li><li>記憶理論</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>實驗活動有助於學生了解科學理論</li><li>將實務經驗轉化為長期記憶以幫助學習</li><li>連結理論與實務的關係</li></ol>
先備知識對實驗活動的影響	<ol style="list-style-type: none"><li>確實對實驗活動有幫助</li><li>對實驗活動幫助有限</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>輔助學生進行有意義的實驗活動</li><li>促進實驗活動的效率</li></ol>
實驗教學對實驗活動的影響	<ol style="list-style-type: none"><li>可安全地進行實驗</li><li>實驗過程進行順利</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>初步了解實驗目的與步驟</li><li>安全地進行實驗活動</li><li>提示實驗重點</li></ol>

實驗目的方面，學生與教師皆認為做實驗的目的在於了解科學理論的由來，並觀察理論在實務上的應用情況。實驗活動對科學學習的影響方面，學生與教師一致認為實驗活動可以幫助了解科學理論並連結理論與實務兩者間的關係。先備知識對實驗活動的影響方面，雖然學生與教師皆著重在實驗活動的效率，但教師更強調有意義的實驗活動，

而不仅是不加思索地重複實驗教學所示範的步驟與過程。最後，實驗教學對實驗活動的影響方面，學生與教師皆認為實驗教學可以幫助學生在安全性的考量下進行實驗活動，並順利地操作實驗。

綜言之，研究者認為教師對於實驗活動的觀點多著重於「實驗過程、實驗步驟與了解理論程度」三個部分，而學生對於實驗活動的觀點則著重在「記憶理論、重視實驗結果、以實驗驗證理論」三個部分。研究者推論，台灣學生較重視學科成績而忽視經驗課程，導致學生僅重視結果、背誦而忽視學習歷程的重要性。

#### 第四節 處理實驗異象的方法與態度之分析

本節針對研究問題一「同學科背景的大一學生對實驗異象的反應、處理方式與態度為何？」及研究問題三「教師指導學生處理實驗異象的方式為何？」兩個問題之結果來分析。此二部分呈現學生與教師在處理實驗異象的時候，其反應、方法、態度等結果。本結果的取得是藉由學生與教師的個別訪談，為時約十五分鐘。學生部分，針對其在實驗課所遭遇之實驗異象時，研究者詢問學生的反應、處理方式與態度。教師部分，則針對當學生面對實驗異象時，研究者詢問教師會給予何種指導、其反應與態度為何。藉由分析學生與教師之訪談逐字稿以及學生實驗報告之文字稿等兩個部分以了解學生與教師對於實驗異象的觀點與處理策略。

研究者將分析學生與教師的訪談逐字稿及學生的實驗異象報告並分為「面對實驗異象的反應」、「處理實驗異象的策略」、「處理實驗異象的態度」、「實驗異象對科學學習的影響」、及「跨學科處理實驗異象方式」等五項逐步進行說明。學生實驗異象報告則分為「面對實驗異象的反應」、「處理實驗異象的策略」、「處理實驗異象的態度」、「實驗異象對科學學習的影響」、「跨學科處理實驗異象方式」及「實驗異象對科學理論發展的影響」等六項進行說明。茲將分析向度整理如表 4-4-1：

表 4-4-1 訪談逐字稿與實驗異象報告分析比較

分析向度	訪談逐字稿	實驗異象報告
面對實驗異象的反應	◎	●
處理實驗異象的策略	◎	●
處理實驗異象的態度	◎	●
實驗異象對科學學習的影響	◎	●
跨學科處理實驗異象方式	◎	●
實驗異象對科學理論發展的影響		●

綜言之，學生部分將針對其訪談逐字稿與實驗異象報告進行統整與分析，而教師部分則僅針對其訪談逐字稿進行分析。

## 壹、學生處理實驗異象的方法與態度

為了清楚區分學生對實驗異象的觀點，研究者依據學生的科學知識觀前測成績分為前 27%（建構主義組  $n=26$ ， $M=4.06\sim4.89$ ）、中間 46%（混合組  $n=43$ ， $M=3.67\sim4.03$ ）、後 27%（實徵主義組  $n=26$ ， $M=3.06\sim3.64$ ）。研究者將以上述三個面向來分析學生的觀點，並以三個英文字母代表學生知識觀的取向，如：C 代表建構主義組(constructivist group)，M 代表混合組(mixed group)，E 代表實徵主義組(empiricist group)。英文字母後的數字則代表每組中的某位學生。建構主義組的學生相信科學是基於許多科學家共同認可的典範、證據及共識而建構出來的；在建構主義式學習環境中，學生可以應用更多有意義的學習策略於學習科學上，對於學習科學學科也會有更良好的學習態度及學習信念。而本研究設計之具挑戰性事件的實驗活動則可視為建構主義取向之實驗環境，因此研究者推論該組學生應可運用許多有意義的學習策略在實驗學習上。實徵主義組的學生認為科學是經由完全客觀的觀察與實驗活動後而被發現出來的，並相信教師與教科書具備不可被推翻的權威性。研究者推論實徵主義組的學生於具有挑戰性事件的實驗活動中，仍會選擇相信教師與教科書傳達的知識，而並不相信實際的實驗結果或忽視實驗異

象的存在。混合組的學生則兼具建構主義與實徵主義的想法，即認為實驗活動可以促進有意義的學習但並不會輕易推翻實驗教學與教科書的內容。

此一部分的訪談問題為「當實驗結果與先前所學的理論有一些出入時(不一定是誤差，可能是與你之前所學過的知識有所衝突或矛盾，請分別以「誤差」的角度和「與所學知識有所矛盾或衝突」的角度來分析)，你會如何處理或你的反應是什麼？請舉實例說明。」。訪談結果經研究者整理如下：

### 一、面對實驗異象的反應

本向度目的在於檢視學生在面對實驗異象時，學生會採取何種反應。根據 Chinn & Brewer (1993)所提出的面對異象的反應類型應有八種，加上 Lin (2007)所增加的「異象解釋的不確定性」，共有九種異象反應類型。然而，研究者發現，學生或教師對於異象的反應並不足以明確分出九種反應類型，因此研究者採用 Piaget (1977)所提出的研究架構，Tsai (1998c)認為 Piaget (1977)所提出的研究架構與 Chinn & Brewer (1993)的研究架構相似，同樣是用以解釋學生對於異象（擾亂認知行爲）的反應，該理論架構為：以  $\alpha$  行為、 $\beta$  行為、 $\gamma$  行為來解釋人們對於認知擾亂 (cognitive perturbation)的反應。下頁表 4-4-2 為 Tsai (1998c)與本研究者整理之解決異象的策略對照表。

表 4-4-2 解決異象的策略對照表

解決異象的策略		
Chinn & Brewer, 1993	Piaget, 1977	本研究者, 2008
(a) 忽略異象	$\alpha$ 行爲	$\alpha_1$ 行爲
(b) 拒絕異象	$\alpha$ 行爲	$\alpha_1$ 行爲
(c) 排除異象	$\alpha$ 行爲	$\alpha_1$ 行爲
(d) 擱置異象	$\alpha$ 行爲	$\alpha_2$ 行爲
(e) 異象效度的不確定性 <sup>a</sup>		$\alpha_2$ 行爲
(f) 異象解釋的不確定性 <sup>b</sup>		$\alpha_2$ 行爲
(g) 重新詮釋異象	$\beta$ 行爲	$\beta$ 行爲
(h) 周圍理論改變	$\beta$ 行爲	$\beta$ 行爲
(i) 理論改變	$\gamma$ 行爲	$\gamma$ 行爲

資料來源：修改自 Tsai (1998c)

<sup>a</sup>. 引自 Chinn & Brewer (1998)

<sup>b</sup>. 引自 Lin (2007)

由表 4-4-2 得知，Tsai (1998c) 將「忽視異象、拒絕異象、排除異象、擱置異象」四種異象反應訂為  $\alpha$  行爲 (Alpha behavior)。「重新詮釋異象、周圍理論改變」二種異象反應訂為  $\beta$  行爲 (Beta behavior)。 $\beta$  行爲係指學習者將干擾理論的異象納入既有理論之中，並使其成為一個新的變數，以便固守既有理論。；「理論改變」則訂為  $\gamma$  行爲 (Gamma behavior)。 $\gamma$  行爲係指當學習者接受干擾理論的異象並且認為此異象是有用的，則可消除異象干擾的程度。即當學習者接受異象並將其轉化成有用的資訊後，異象就不再成為會干擾理論的因素。

然而，本研究為更深入分析學生處理實驗異象的反應行爲，因此將  $\alpha$  行爲再細分為  $\alpha_1$  行爲、 $\alpha_2$  行爲兩部分。研究者將「忽視異象、拒絕異象、排除異象」三種異象反應定義為  $\alpha_1$  行爲 (Alpha one behavior)，並以 A1 代表  $\alpha_1$  行爲。「擱置異象、異象效度的不確

定性、異象解釋的不確定性」三種異象反應定義為  $\alpha_2$  行爲 (Alpha two behavior)，並以 A2 代表  $\alpha_2$  行爲。 $\alpha_1$  行爲指學習者遭遇到異象時，並不接受異象，且爲了維持原始理論不被擾亂，學習者會採取忽視或排除異象的方式，將可能會擾亂原始理論的因素去除，以便繼續使用原理論。例如：學習者原本認爲 A 理論可用以解決任何特定現象，當異象出現時，學習者爲了繼續使用 A 理論來解釋現象，對異象的出現視而不見或排除在外，不予以解釋也不認同異象的存在。 $\alpha_2$  行爲指學習者不確定異象是否爲有效資料或不確定自己對異象的解釋是否正確，故以擱置的方式來維護原始理論的作法。例如：當學習者原本認定的 A 理論遭遇異象時，學習者對於異象是不是一個有效且正確的數據存有質疑，即使對異象有提出解釋，也不知道此種解釋是否正確，最後可能採取先將異象放置一邊，等未來有新理論或新發現後再進一步探討。此外，根據 Lin (2007) 對實驗異象的研究，面對實驗異象的反應類型與面對異象的反應類型相同，因此本研究將上述面對異象的反應類型沿用於實驗異象的反應類型。

然而，研究者發現，採取  $\alpha_1$  行爲來處理異象的學習者，並不相信異象的存在是具有信度的，且認爲異象對原有理論並沒有產生改變；採取  $\alpha_2$  行爲來處理異象的學習者，認爲異象可被相信的程度較低，但並非完全不可信，且仍認爲異象並沒有使原有理論產生改變；以  $\beta$  行爲處理異象的學習者，認爲異象是值得相信的，但仍對異象的某些部分存疑，因此僅將原有理論作部分改變。最後，以  $\gamma$  行爲處理異象的學習者，完全相信異象的存在是有意義的，並且完全改變原始理論的內容。研究者將上述內容整理如表 4-4-3。

表 4-4-3 解決異象的策略、可信度與理論改變程度

解決異象的策略	對異象的可信度	對原有理論的改變程度
$\alpha_1$ 行爲	完全不相信	沒有改變
$\alpha_2$ 行爲	有點相信	沒有改變
$\beta$ 行爲	部分相信	部分改變
$\gamma$ 行爲	完全相信	完全改變

綜言之，本研究將以「 $\alpha_1$ 行爲、 $\alpha_2$ 行爲、 $\beta$ 行爲、 $\gamma$ 行爲」四種方式來分析學生與教師對實驗異象的反應。然而，本研究中並未發現學生或教師達到理論改變的標準，即未有 $\gamma$ 行爲。因此僅採用 $\alpha_1$ 行爲、 $\alpha_2$ 行爲、 $\beta$ 行爲進行分析、整理。

### 1. $\alpha_1$ 行爲

學習者遭遇到異象時，並不接受異象，且為了維持原始理論不被擾亂，學習者會採取忽視或排除異象的方式，將可能會擾亂原始理論的因素去除，以便繼續使用原理論。此方式稱之為「 $\alpha_1$ 行爲」(Alpha one behavior)。根據本研究結果，發現大多數學生面對實驗異象的時候，常採用 $\alpha_1$ 行爲的方式處理。研究者將學生的反應列舉如下：

S12：應該覺得說是我自己做錯了，因為我們學過而且學很久了，如果自己做出來很矛盾會覺得應該是自己做錯，就會想說再做一遍看看，因為你學很久，你會盡量想說，你的想法已經偏向理論那邊，就會想說應該是自己做錯，會想要去傾向原本的理論值。(訪談逐字稿)

S13：如果是跟學的知識有矛盾或衝突的話，那我會比較傾向相信課本上的實例，因為我覺得能寫到課本上或教科書上的都是有經過驗證過的，所以可能會比較偏向課本，我會覺得課本上寫的比較正確，可能是我操作上有問題。(訪談逐字稿)

S21：做完實驗，當然多多少少會有誤差這樣子，就會失望這樣子。然後希望說下次實驗，就多注重之前實驗經過，就是之前實驗的時候所得到的教訓，希望下次實驗可以比較小心。(實驗異象報告一)

$\alpha_1$ 行爲的學生對於實驗異象的反應為「忽略異象、拒絕異象、排除異象」，藉由實驗異象的刺激，學生仍認為課本與教師的觀點是正確無誤的，實驗異象應該只是冰山一角，不會對實驗異象做出解釋，甚至不認為實驗異象的存在對於學習是有幫助的，並且將實驗異象視為人為疏失所造成的實驗誤差，不以為意。

## 2. $\alpha_2$ 行爲

學習者不確定異象是否為有效資料或不確定自己對異象的解釋是否正確，故以擱置的方式來維護原始理論的作法，則稱之為「 $\alpha_2$  行爲」(Alpha two behavior)。研究者將學生的反應列舉如下：

S27：有一次要檢定一些鹽類，有一些真的，就是他說一定有反應的東西，他就是滴下去就是沒有反應，這狀況就是我就是不知道怎麼說。（訪談逐字稿）

S33：會寫下什麼得到的結果，然後去想為什麼會這樣子，怎麼會造成這種問題，然後再與朋友討論或跟老師討論為什麼會這樣子。（訪談逐字稿）

$\alpha_2$  行爲的學生對於實驗異象的反應為「擱置異象、異象效度的不確定性、異象解釋的不確定性」，學生認為實驗異象的確存在，並非完全不可信，但對於實驗異象又不知如何提出解釋，或者會寫下解釋但不確定解釋是否正確。

## 3. $\beta$ 行爲

當學習者將干擾理論的異象納入既有理論之中，並使其成為一個新的變數，以固守既有理論。則稱之為「 $\beta$  行爲」(Beta behavior)。根據本研究結果，發現建構主義組與部分混合組的學生面對實驗異象的時候，常採用  $\beta$  行爲的方式處理。研究者將學生的反應列舉如下：

S15：可是所學的應該也是不無可能有錯，像人家說有研究生症，一定就是你自己做錯，或許不是這樣，因為常常發現新的東西的時候，都是你敢去突破它就會發現新東西。（訪談逐字稿）

S23：可能就會先去找一些資料，比如說期刊，對於這個實驗來說，有沒有別的說法。如果有符合的話，接下來就可以針對這些東西再深入研究。（實驗異象報告一）

S26：就還蠻奇怪的吧，然後如果其他也更深入的話，可能就會想說是不是這個東西本

來就是錯的....就以前人錯了吧，現在就這樣子了。（訪談逐字稿）

S31：如果還是有差距的話，那我會開始思考這個方法有沒有錯誤。（訪談逐字稿）

$\beta$  行爲的學生對於實驗異象的反應為「重新解釋異象、周圍理論的改變」，學生認為實驗異象代表著新的發現，當下並不會馬上推翻舊有的理論，而是先蒐集資料來加強自己的立論點，來對實驗異象進行新的解釋。如多次實驗結果證實是新發現，則研究者推論此時學生已進入到「周圍理論改變」的階段，針對舊有的理論做出修正，以滿足實驗異象。

研究者將學生面對實驗異象的反應所採取的三種方式整理如表 4-4-4，其中 47 位學生的逐字稿中，有 4 位的資料並未針對本問題做出回應，故刪減之。

表 4-4-4 學生面對實驗異象的反應各組人數統計

	$\alpha_1$ 行爲	$\alpha_2$ 行爲	$\beta$ 行爲
訪談逐字稿	19 人 (44%)	18 人 (42%)	6 人 (14%)
實驗異象報告	36 人 (38%)	54 人 (57%)	5 人 (5%)

根據表 4-4-4 可知，訪談逐字稿部分，採用  $\alpha_1$  行爲的學生有 19 人，採用  $\alpha_2$  行爲的學生有 18 人，採用  $\beta$  行爲的學生有 6 人；實驗異象報告部分，採用  $\alpha_1$  行爲的學生有 36 人，採用  $\alpha_2$  行爲的學生有 54 人，採用  $\beta$  行爲的學生有 5 人。顯示學生遇到實驗異象的反應多採用  $\alpha_1$  行爲與  $\alpha_2$  行爲來處理，即學生傾向運用忽略異象、排除異象等反應來面對。

綜言之，學生面對實驗異象的反應可整理為下列三點：

1.  $\alpha_1$  行爲：懷疑理論的正確性、相信教科書與教師的權威性、實驗異象對學習沒有幫助。
2.  $\alpha_2$  行爲：不知對實驗異象的解釋是否正確、相信實驗異象存在但先擱置。

3.  $\beta$  行爲：實驗異象是一種新的發現、修正舊理論來滿足實驗異象。

## 二、處理實驗異象的策略

學生在面對實驗異象時，除了前一小節所敘述之反應外，尚會運用一些策略來處理實驗異象的狀況。研究者分析學生的逐字稿與實驗異象報告後發現，學生會採取「尋求實驗的再現性」、「尋求教師協助與資料蒐集」、「與同儕討論」、「檢視所學知識的正確性」等四種策略，由於處理實驗異象的策略屬於外顯行爲，故不適合區分為建構主義組、混合組與實徵主義組來分析。將學生運用的實驗異象策略列舉如下：

### 1. 尋求實驗的再現性

學生認為準確的科學實驗具有再現性，即不管作多少次實驗，都會趨近一個共同的現象或相似的數據。如理論上提出純水在零度 C 時會結冰，故在相同的實驗環境下，無論作多少次實驗都會得到「純水在零度 C 時會結冰」的結論。經研究者分析，發現學生在面對實驗異象時，第一次都會認為實驗異象的產生是由於自身操作錯誤，因此會再次進行實驗，檢視是否有再現性的狀況出現，以再次確認實驗過程的正確性。列舉學生的想法如下：

S6：誤差的話會先看是不是自己有計算錯，如果沒有錯誤的話，大概會回想一下做實驗過程中是不是有哪個地方沒有注意到，疏忽了而出錯，然後可能就再做一次，如果是很嚴重的錯誤的話。（實驗異象報告一）

S18：我覺得做實驗就一定有誤差，多少都會有。那如果是太大的誤差的話，會看看自己有沒有操作錯誤或者是怎樣的，然後就會多做幾次，取個平均值，就會比較準確了。（實驗異象報告一）

S26：我覺得應該還是要先重做一次實驗，因為也許是自己操作有出差錯。（訪談逐字稿）

S30：我覺得像上次在做維生素C的定量實驗時，老師所公布的答案跟我們所計算出來的差好多，當發現這個有誤差的時候，大部分的反應都會是重做，會重複個幾次之後再去看看結果與答案有沒有什麼差距之類的。（實驗異象報告二）

學生遭遇到實驗異象時，大多數選擇再做一次，一方面為了再次確認實驗過程是否有錯誤，另一方面若是新理論的發現，應該也具有再現性的特質。研究者認為學生受到教師及先前經驗的影響，時常將實驗異象解釋為誤差與人為疏失。此外，學生相信權威（如：教科書、教師）的想法，更加強學生認定產生之實驗異象為合理的誤差與人為疏失，甚至視之為理所當然的現象，不以為意。

## 2. 尋求教師協助與蒐集資料

學生面對實驗異象時，如不知如何處理，會尋求教師的協助或蒐集課外資料來佐證。研究者進一步分析學生的觀點，發現採用此一策略的學生可能認為處理實驗異象已經超過自身所學的理論，所以才無法解決問題，而尋求理論知識較高階的教師或蒐集專業資料以解決實驗異象。茲將學生的意見列舉如下：

S22：如果實驗結果還是有出入的話，就會請教助教或者是老師，看到底是出了什麼問題。（訪談逐字稿）

S35：請教老師或者是去圖書館查書。因為一定是自己學的不夠多，可能會先去查一下其他的課外資料。（訪談逐字稿）

S36：我會問一下，問問看助教。因為像做實驗之前，助教會先操作一次給我們看，所以我就會去問問看為什麼跟之前講的不一樣，為什麼在做的時候會有這樣的結果。（實驗異象報告一）

如同前述，學生將教師與實驗手冊視為高可信度的權威，所以當面對實驗異象出現時，學生多半會尋求教師的協助或參考課外資料，並開始懷疑自己的先備知識是否足以解決實驗異象。

### 3. 與同儕討論

學生遭遇到實驗異象時，為再次確認自己所做出的實驗數據或現象是否與其他同學有差異性，因此會先檢視其他組別的學生的數據、現象，並與同學討論實驗結果。茲將學生的意見列舉如下：

S1：就問別人，看一下我們做的跟他們有什麼不一樣，比較一下。（訪談逐字稿）

S3：看各組同學的數據是不是都一樣，就是先看看別組是不是也有這些落差。（實驗異象報告一）

除了尋求教師與課外資料的輔助外，面對實驗異象時，學生會先參考同儕的數據。若數據相同，會增強學生對於自己實驗數據的信心；若數據不同，則會歸因於自己實驗操作有錯誤，並不會認為自己有什麼新發現。

### 4. 檢視所學知識的正確性

學生遭遇到實驗異象時，會試圖檢視自己之前所學的理論是否有誤，檢視自己的學習歷程是否有不確實或需要再次修正的部分，並深入探討自己的學習狀態。茲將學生的意見列舉如下：

S2：我會先弄清楚是不是自己學錯了，因為我覺得自己一個人的實驗的錯誤不代表是課本的東西是錯，我覺得是自己錯比較多，所以我就會弄清楚是不是自己弄錯一點東西。（訪談逐字稿）

S4：可能就要回去再翻一下學過的那些理論，看看到底有沒有錯，如果真的是差很多的話，那我們就會更深入討論。（實驗異象報告一）

經由接觸實驗異象，讓學生重新檢視其所學知識的正確性，能讓學生建立起理論與實務的關連性。學生在檢視學習歷程中，可以重新檢驗教科書內容、科學學習過程、以及教師上課內容的正確性，而非一味相信權威。此外，藉由重新檢視學習歷程、所學知

識的正確性，更進一步可以讓學生修正固有的迷思概念而有更好的學習成果。研究者將上述四種學生處理實驗異象的策略整理如表 4-4-5，其中 47 位學生的逐字稿中，有 2 位的資料並未針對本問題做出回應，故刪減之。

表 4-4-5 學生處理實驗異象的策略各組人數統計

類別	訪談逐字稿	實驗異象報告
檢視所學知識的正確性	4 人 (9%)	23 人 (24%)
尋求教師協助與蒐集資料	6 人 (13%)	3 人 (3%)
與同儕討論	5 人 (11%)	9 人 (9%)
尋求實驗的再現性	30 人 (67%)	60 人 (63%)

根據表 4-4-5 可知，訪談逐字稿部分，運用「檢視所學知識的正確性」的學生有 4 人，運用「尋求教師協助與蒐集資料」的學生有 6 人，運用「與同儕討論」的學生有 5 人，運用「尋求實驗的再現性」的學生有 30 人；實驗異象報告部分，運用「檢視所學知識的正確性」的學生有 23 人，運用「尋求教師協助與蒐集資料」的學生有 3 人，運用「與同儕討論」的學生有 9 人，運用「尋求實驗的再現性」的學生有 60 人。顯示學生遇到實驗異象時，多運用「尋求實驗的再現性」的策略來處理實驗異象。

綜言之，學生處理實驗異象的策略可整理為下列四點：

1. 尋求實驗的再現性
2. 尋求教師協助與蒐集資料
3. 與同儕討論
4. 檢視所學知識的正確性

### 三、處理實驗異象的態度

學生平時從事實驗活動時，若沒有遭遇實驗異象，則可順利進行實驗。而遭遇實驗

異象的出現時，學生會採取不同的態度來面對。研究者將學生處理實驗異象的態度分為「挑戰-反思組」與「環境-權威組」兩類，其中「挑戰-反思組」是指學生對課本、教師的知識權威性抱持著存疑的態度，並會反思自己的實驗過程，回顧所學理論並修正錯誤。「環境-權威組」是指學生信任教師所教授的知識及課本內容知識，而將實驗異象的存在歸因於人為因素與設備因素。研究者將學生處理實驗異象的態度整理如下：

S4：如果還是有差距的話，那我會開始思考這個方法有沒有錯誤，跟同學有什麼不一樣的地方，還有跟老師算出來的還有實驗過程有什麼出差錯，那就目前碰到矛盾來講，大部分理論都還可以解釋的過去，所以還沒有什麼矛盾的地方。（實驗異象報告一）

S5：我想可能是因為書本有一些錯誤，因為每一本書一定有錯誤，不會全部是對的，但如果是只有一個實驗是錯誤也可以接受。（訪談逐字稿）

S7：有沒有可能是助教拿錯試劑給我，或者說會不會這種試劑是要在什麼情況下，才會這樣子，還是課本說錯。有些時候，書本有一些出入，有可能課本上寫說溶液的顏色是粉紅色，但是實際看到溶液放在桌上的時候，卻好像是沒有顏色的。必須知道要放一張白紙在瓶子下面，才會看出粉紅色，可能很淡很淡的顏色，我們看不到，可能是這樣子。（訪談逐字稿）

挑戰-反思組的學生面對實驗異象時，會先思考整個實驗流程的正確性，並將實驗結果和過程與教師的示範實驗作比較。此外，學生也會對於課本上所描述的現象、數據的正確性提出合理的質疑，並仔細觀察、修正錯誤，而不僅是完全依照實驗手冊或教師實驗教學的內容依樣畫葫蘆。因此，挑戰-反思組的學生能對實驗結果做出反思，面對實驗異象時能回顧所學理論並將學習錯誤的地方修正，提高學習成效。

S3：一開始知道的時候都很驚訝，然後都覺得是自己做錯，然後想到要重做就覺得，很不想要重做。（訪談逐字稿）

S6：我會比較傾向相信課本上的實例，因為我覺得能寫到課本上或教科書上的都是有經過驗證過的，所以可能會比較偏向課本，我會覺得課本上寫的比較正確，可能是我操作上有問題。（實驗異象報告一）

環境-權威組的學生比較信任助教與課本所傳遞的知識內容，將實驗異象的存在歸因於人為操作錯誤、實驗環境不佳，並認為課本上所記錄的科學實驗數據，是因為科學家有比較好的實驗環境，對於理論和操作的熟悉度也比較高，所以可以做出近乎完美的實驗數據和現象。

然而，研究者發現，47位學生的逐字稿中，有6位學生的資料並未針對本問題做出回應，95位學生的實驗異象報告中，也有7位學生的資料並未針對本問題做出回應，故刪減之。經研究者整理學生處理實驗異象的態度後，統整如表 4-4-6

表 4-4-6 學生處理實驗異象的態度各組人數統計

	挑戰-反思組	環境-權威組
訪談逐字稿	9 人 (22%)	32 人 (78%)
實驗異象報告	29 人 (33%)	59 人 (67%)

根據表 4-4-6 可知，訪談逐字稿部分，處理態度屬於「挑戰-反思組」的學生有 9 人，處理態度屬於「環境-權威組」的學生有 32 人；實驗異象報告部分，處理態度屬於「挑戰-反思組」的學生有 29 人，處理態度屬於「環境-權威組」的學生有 59 人。顯示學生遇到實驗異象時，多採取「環境-權威組」的態度來面對實驗異象。

綜言之，學生處理實驗異象的態度可整理為下列兩部分：

1. 挑戰-反思組：質疑教科書內容的正確性、反思學習歷程
2. 環境-權威組：相信教科書與教師的權威性、實驗環境不佳、專家與生手的差異

#### 四、實驗異象對科學學習的影響

學生接觸到實驗異象後，對於實驗異象有不同的反應或處理方式，而研究者希望進一步了解，該實驗異象的事件是否對學生的科學學習產生影響，如：重新檢視自己的先備知識的正確性，修正自己學習科學的態度、方式等。此一部分的訪談問題為「在實驗課時，遇到實驗結果與先前所學的理論有一些出入，你覺得對你的學習成果或對科學實驗目的的理解有無幫助？」。為清楚分析下列資料，研究者將實驗異象對科學學習的影響分為「輔助學習組」、「判別組」與「環境組」三類，輔助學習組學生認為實驗異象可以幫助科學學習，如：重新檢視實驗過程、檢視既有理論的正確性、學習歷程等。判別組學生認為實驗異象提供一個判斷課本內容知識錯誤或是自己學習錯誤的機會。環境組學生則認為實驗異象是因為自己操作錯誤，歸因於環境因素。學生訪談結果經研究者整理如下：

S5：我覺得是有的，因為如果你實驗有所出入的話而本身理論卻沒有錯誤的話，你可以藉由實驗的過程來發現，你自己本身對實驗的態度或者是一些過程、技術上出了什麼問題，會更深入去探討。（輔助學習組，實驗異象報告一）

S8：我覺得有，如果錯的話，你就會探討為什麼它是錯的，然後你就會知道對的跟錯的差別在哪裡，所以對做實驗或是真正在學理論思考就會有所幫助。（輔助學習組，訪談逐字稿）

S12：有出入的話當然有幫助，感覺是從不同的路去了解這個理論，因為如果你都做很順的話，你就會覺得就是這樣而已。可是如果有一些出入的話，你就會再多去想一些東西，多去看一些東西，然後會去激盪你的腦。（輔助學習組，訪談逐字稿）

S18：科學就是一直會進步的，應該就是今年或是最近又有發展性的東西吧。如果舊的方法和新的方法，我會用新的方法。（輔助學習組，實驗異象報告一）

S1：可能下次遇到的時候會仔細一點，就是做實驗比較仔細一點。（環境組，訪談逐字稿）

S7：結果跟之前所學的理論不一樣？這樣會更混亂吧，就是不知道到底是自己錯還是書本錯。（環境組，訪談逐字稿）

S21：因為平常學的理論都是很一成不變的，這樣我會覺得，既然有出入的話，我覺得科學不能只是說照課本上，還是要多做實驗，因為最重要的是說，科學還是以實驗、數據來做立論的，會給我一個觀念就是，不管是不是上課學的，應該是你讀的越多，你做的實驗應該也要越多，因為你學越多，以原本的理論作基礎，然後去推出下個理論。（判別組，實驗異象報告一）

S32：有，如果說你做的完全都對的話，那你可能就會覺得說「喔！那它對，所以就過了」，可是如果有錯的話，那你就會再想，我覺得想的過程比較重要，就是最後討論的地方，因為既然你知道要討論，你在實驗過程中就會比較注意，最後就會重新再想一遍的話，那個過程就會是你會重新把整個理論再套一次，回想實驗過程，這樣的話你對實驗就會比較了解，以後如果會再操作類似的實驗的話就會比較得心應手。（判別組，訪談逐字稿）

S35：真的是有幫助阿，但是不是正面的，只是我們會發現一個理論是錯的，還是要進一步再了解一下，這是目的，因為如果說在書本上錯的東西你全部都相信，你不相信自己做的事情也是不太可能的吧！所以一定要判斷吧！就是判斷是書本錯還是我做錯阿！（判別組，訪談逐字稿）

輔助學習組與判別組的學生認為遇到實驗異象對於學習有一定程度的幫助，會開始重新檢視實驗過程、檢視既有理論、檢視自己所學的科學知識是否正確。藉由反覆檢視理論與實驗內容，會加深學生對理論的印象及實驗流程，並且針對學習有錯誤的地方修正，甚至質疑課本理論的正確性，對知識權威開始有了不同的想法，進而挑戰權威。若沒有遭遇實驗異象，則做實驗就如同例行公事般，重複示範實驗的再現性，比較不容易察覺先備知識的正確性。環境組的學生則認為應該是本次實驗操作錯誤，理論本身沒有錯誤，將實驗異象的出現歸因於人為操作與實驗環境的問題。研究者將上述結果整理成表 4-4-7：

表 4-4-7 實驗異象對學生科學學習的影響各組人數統計

	輔助學習組	判別組	環境組
訪談逐字稿	34 人 (72%)	5 人 (11%)	8 人 (17%)
實驗異象報告	78 人 (82%)	6 人 (6%)	11 人 (12%)

根據表 4-4-7 可知，訪談逐字稿部分，認為實驗異象可以輔助科學學習的「輔助學習組」學生有 34 人，認為實驗異象是用以判斷課本知識錯誤或自己學習錯誤的「判別組」學生有 5 人，認為實驗異象只是操作錯誤或環境因素造成的「環境組」學生有 8 人；實驗異象報告部分，認為實驗異象可以輔助科學學習的「輔助學習組」學生有 78 人，認為實驗異象是用以判斷課本知識錯誤或自己學習錯誤的「判別組」學生有 6 人，認為實驗異象只是操作錯誤或環境因素造成的「環境組」學生有 11 人。顯示學生認為實驗異象對於科學學習的影響為可以幫助科學學習、檢視既有理論、學習歷程。

綜言之，學生認為實驗異象對科學學習的影響可整理為下列三部分：

1. 輔助學習：重新檢視既有理論、檢視先前所學科學知識的正確性
2. 判別：判別課本知識與學習內容的錯誤
3. 環境：人為操作錯誤、實驗環境不佳

## 五、跨學科處理實驗異象方式

科學教育的範疇非常廣泛，涵蓋如物理、化學、生物等學科知識，而本研究僅針對普通化學實驗探討，故研究者希望藉由受訪者的回應來了解，學生在其他科學學科的實驗活動中，遭遇實驗異象時的反應與處理方式是否與化學實驗活動有所差異？此一部分的訪談問題為「你覺得你的處理方式會不會因為科目不同而不同？為什麼？請舉實例說明你在不同科目的處理方式。」，訪談結果經研究者整理如下：

## 1. 處理方式相同

不同學科所產生的實驗異象，學生認為會有相同的處理方式，如：尋求實驗的再現性、與同儕討論等。即物理、化學、生物等科學實驗出現的實驗異象，學生會採用相同的處理方式來處理，而其他學生則認為會有不同的處理方式。茲將學生的回應整理如下：

S5：應該不會因為科目不同而不同，因為就是實驗跟理論的驗證，我覺得都一樣，應該還是會用相同的處理方式。（訪談逐字稿）

S8：我覺得不會，像我們物理做實驗的時候，也是會有誤差，出現誤差的時候當然也會盡量去想到底哪裡出了問題。因為我覺得科學都是這樣吧。如果還是不行的話，會多做幾次然後取平均值，最接近的平均值。我覺得科學都是差不多，雖然有誤差，可是誤差還是要想辦法去解決。（訪談逐字稿）

S12：處理方式應該不會不同吧！因為畢竟實驗都是一樣，雖然科目不同，但是處理誤差的方法還是一樣，應該不可能因為每一科就去創出這一科的誤差要怎麼樣解釋，那一科要怎麼樣解釋，所以應該都是一樣的處理方式，不是問助教就是看要不要重新再做一次。（實驗異象報告一）

大多數學生都認為面對科學實驗異象的時候，所採取的處理方式會相同，並不會因為不同科目而有不同處理方式。換言之，對於科學來說，存在一種可以貫穿每個科學學科的信念，而此一信念具有跨學科的性質，並不受限於學科內容的不同而有所差異。

## 2. 處理方式不同

不同學科所產生的實驗異象，學生認為會有不同的處理方式，即物理、化學、生物等科學實驗出現的實驗異象，學生於各個學科會採用不同的處理方式來處理。茲將學生的回應整理如下：

S7：我覺得會不同，像生物這種可能是原本的東西就是錯誤的，物理的部分就可能是自

己操作的關係。（訪談逐字稿）

S22：會有不同，生物的話，有些會因為個體有不同差異。化學的話，就是跟儀器、器材有關。生物個體差異是沒辦法控制的，化學器材可以自己試試看調整。（實驗異象報告一）

S26：好像會耶！像生物的話，如果是觀察一個細胞的話，那可能就是每個不同的個體，他可能多少形狀有點不一樣，好像一定會有的。那如果是化學的話，如果出一點錯，就會覺得說是不是我量錯了，就感覺上會覺得是自己操作的問題。然後生物比較不會這麼覺得。因為像生物的話，雖然說是你採集的樣本，但是樣本只是大概內容相同，可是形狀多少都會有不同，所以覺得比較不會是誤差，就是可能他本身個體之間的差異而已。而物理實驗就覺得可能給他過去吧！應該有很多原因導致那樣的結果，不會一直再重做，因為有時候重做出來的效果覺得好像是一樣的，也不像生物，可能原本就是這樣子。

（訪談逐字稿）

研究者將上述結果整理成表 4-4-8，其中 47 位學生的逐字稿中，有 6 位的資料並未針對本問題做出回應；95 位學生的實驗異象報告中，也有 15 位學生的資料並未針對本問題做出回應，故刪減之。

表 4-4-8 學生跨學科處理實驗異象方式各組人數統計

	處理方式相同	處理方式不同
訪談逐字稿	26 人 (63%)	15 人 (37%)
實驗異象報告	55 人 (69%)	25 人 (31%)

根據表 4-4-8 可知，訪談逐字稿部分，認為跨學科處理實驗異象「處理方式相同」的學生有 26 人，「處理方式不同」的學生有 15 人；實驗異象報告部分，認為跨學科處理實驗異象「處理方式相同」的學生有 55 人，「處理方式不同」的學生有 25 人。顯示學生認為跨學科處理實驗異象的方式不會因為科目不同而有所差異，而是會採取相同的

方式來處理。

然而，一些學生持不同的觀點。他們認為面對實驗異象時，各學科有其不同的處理方式。從學生的敘述發現，學生認為學科不同會導致有不同的實驗異象類別，此一種類上的不同，導致學生處理實驗異象的方式也不同。例如 S22 學生認為生物實驗異象是因為生物體本身就有差異性存在，自然界並不可能找到完全相同的生物體，因此對於實驗異象的處理態度較為寬容。但化學實驗異象並不像生物體存在差異性，因此會將實驗異象的原因歸咎為自己操作的問題。綜言之，基於實驗異象的複雜性不同，學生認為各個學科有不同處理實驗異象的方法。

整體來看，學生對跨學科處理實驗異象方式可整理為下列兩部分：

1. 處理方式相同：科學存在一個可以連貫各學科的信念
2. 處理方式不同：不同學科有不同實驗異象類型

## 六、實驗異象對科學理論發展的影響

從科學發展的脈絡來看，整個科學知識的發展為科學社群在困頓的環境下，企圖以改變對外在世界的觀點而成長。當科學家發現挑戰先備知識與既有科學理論不足的問題出現時，則開始發展新理論或修正舊理論來解決問題。由此可知，異象在科學理論發展中，扮演了一個非常重要的角色。因此研究者為了解學生對於實驗異象對科學理論發展的影響的看法，以「你覺得若科學家遭遇實驗異象，對於科學理論的發展有沒有幫助？為什麼？」一題訪談學生，發現學生對於實驗異象對科學理論發展的影響可分為「促成理論改變」與「維持原理論」，持「促成理論改變」觀點的學生認為實驗異象會促使科學家懷疑理論的真實性，並有可能發明出可成功解釋實驗異象的新理論。持「維持原理論」觀點的學生則認為實驗異象的影響力不足以促成科學理論的改變，實驗異象只是一種可參考的錯誤經驗。

茲將學生的回應整理如下：

S5：如果科學家發現問題，用更嚴格方式再進行實驗，並做上十次，二十次時問題持續存在，則可以進一步檢視實驗方式是否有可檢討之地方，若問題依舊存在，即可懷疑理論的真實性，進一步設計實驗考驗之，可能因此而有更新穎理論出現，因此這是有幫助的。（促成理論改變，實驗異象報告一）

S18：有。若是科學家遇到上述的現象，對於其科學理論一定有其相當程度的幫助。因為科學都是在不斷的錯誤中找到正確的答案，所以說實驗的誤差在追求科學理論的發展中也算是一種不可或缺的助力。也就是因為有誤差，所以才會詳加討論，檢視是否有疏失，然後才能在一次又一次的失敗錯誤中，得到實驗的解答，進一步和科學理論互相印證，然後促成科學理論的發展。（促成理論改變，實驗異象報告一）

S29：有，我們現在所學的知識，就是建立在不斷修正改良過去所謂”正確”的知識上，如古希臘的四大元素說、貝歇爾的燃素說等，都是曾被認為是正確觀念最後卻被實驗結果推翻的理論，當實驗的結果與自身所學不吻合，可以進一步檢視過去所學的正確性，若是正確，可以幫助自己了解實驗的落差所在，若是錯誤，更可為這個世界帶來更為正確的知識。（促成理論改變，實驗異象報告一）

S37：當然有，世界上本來就沒有永遠的真理，所謂的科學理論是經由眾多科學家不斷推理、辯論、經過無數次的實驗探討，才被世上的人們公認。但常常在某些時機從一些小地方被敏感的科學家發現，進而推翻這些理論，所以遇到實驗上的落差有時候並不是件壞事。（促成理論改變，實驗異象報告一）

S9：有的，因為他們所用的實驗器材都會盡量減少可能的錯誤，精確值和我們所用的有天壤之別，而人員又受過專業訓練，所以也不太可能發生實驗步驟錯誤，或儀器使用不當的問題。如此一來，發生上述現象就比較可能是所學理論有誤，重新思考，討論後或許能歸納出新結論，若無新結論產生，也可為後人留下寶貴的研究資料。若是真的發生人為錯誤，將這些可能的錯誤編入注意事項中，使後輩犯下相同錯誤的機會降低，也不失為一樁好事。（維持原理論，實驗異象報告一）

S10：狀況都算是很基本的小實驗誤差，應該對現代科學沒有什麼幫助。（維持原理論，實驗異象報告一）

持「促成理論改變」觀點的學生認為經由多次實驗考驗後，若挑戰既有理論的實驗異象仍舊存在，則開始懷疑理論的真實性 (authentic)，並預測有可成功解釋實驗異象的新理論出現。S29 學生更認為，科學知識就是建立在不斷修正改良當時所謂「正確」的科學知識上。研究者進一步詮釋，持「促成理論改變」觀點的學生對科學理論的發展歷程有一定程度的了解，如：科學理論就是在不斷地被異象挑戰中修正或創造出新理論。而持「維持原理論」觀點的學生則認為實驗異象的影響力很小，不會對科學產生幫助。並且相較於學生，科學家擁有較多專業能力；科學家所處的實驗環境也比學生在學校實驗室環境好。此外，持「維持原理論」觀點的學生也認為實驗異象僅為一種可供後人參考的錯誤經驗，並不能推翻既有理論。

研究者將上述結果整理成表 4-4-9：

表 4-4-9 實驗異象對科學理論發展的影響各組人數統計

	促成理論改變	維持原理論
實驗異象報告	79 人 (83%)	16 人 (17%)

根據表 4-4-9 可知，實驗異象報告部分，以促成理論改變觀點來看待實驗異象對科學理論發展的影響的學生有 79 人，以維持原理論觀點來看待實驗異象對科學理論發展的影響的學生有 16 人。顯示學生認為實驗異象對科學理論發展的影響為促成理論改變，即認為實驗異象可以挑戰既有理論、改變舊理論、促使新理論的產生。

綜言之，實驗異象對科學理論發展的影響可整理為下列三點：

1. 促成理論改變：挑戰既有理論、懷疑舊理論的真實性、促使新理論產生
2. 維持原理論：可供參考的錯誤經驗

研究者將本節「學生對實驗異象的觀點」中所包含的六個向度整理如表 4-4-10：

表 4-4-10 學生對實驗異象的觀點

實驗異象向度	學生觀點
面對實驗異象的反應	
$\alpha_1$ 行爲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 懷疑理論的正確性</li> <li>2. 相信教科書與教師的權威性</li> <li>3. 實驗異象對學習沒有幫助</li> </ol>
$\alpha_2$ 行爲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不知對實驗異象的解釋是否正確</li> <li>2. 相信實驗異象存在，但先擱置</li> </ol>
$\beta$ 行爲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 實驗異象是一種新的發現</li> <li>2. 修正舊理論來滿足實驗異象</li> </ol>
處理實驗異象的策略	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 尋求實驗的再現性</li> <li>2. 尋求教師協助與蒐集資料</li> <li>3. 與同儕討論</li> <li>4. 檢視所學知識的正確性</li> </ol>
處理實驗異象的態度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 挑戰-反思組：質疑教科書內容的正確性、反思學習歷程</li> <li>2. 環境-權威組：相信教科書與教師的權威性、實驗環境不佳、專家與生手的差異</li> </ol>
實驗異象對科學學習的影響	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 輔助學習：重新檢視既有理論</li> <li>2. 判別：判別課本知識與學習內容的錯誤</li> <li>3. 環境：人為操作錯誤、實驗環境不佳</li> </ol>
跨學科處理實驗異象方式	<p><b>處理方式相同</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 科學存在一個可以連貫各學科的信念</li> </ol> <p><b>處理方式不同</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不同學科有不同實驗異象類型</li> </ol>
實驗異象對科學理論發展的影響	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 挑戰既有理論</li> <li>2. 懷疑舊理論的真實性</li> <li>3. 促使新理論產生</li> </ol>

研究者統整本節「學生處理實驗異象」各組人數，並整理如表 4-4-11：

表 4-4-11 學生處理實驗異象各組人數統計

1. 面對實驗異象的反應	$\alpha_1$ 行爲	$\alpha_2$ 行爲	$\beta$ 行爲
訪談逐字稿	19 人 (44%)	18 人 (42%)	6 人 (14%)
實驗異象報告	36 人 (38%)	54 人 (57%)	5 人 (5%)
2. 處理實驗異象的策略	檢視所學知識 的正確性	尋求教師協助 與蒐集資料	與同儕討論
訪談逐字稿	4 人 (9%)	6 人 (13%)	5 人 (11%)
實驗異象報告	23 人 (24%)	3 人 (3%)	9 人 (9%)
3. 處理實驗異象的態度	挑戰-反思組	環境-權威組	
訪談逐字稿	9 人 (22%)	32 人 (78%)	
實驗異象報告	29 人 (33%)	59 人 (67%)	
4. 實驗異象對科學學習的影響	輔助學習組	判別組	環境組
訪談逐字稿	34 人 (72%)	5 人 (11%)	8 人 (17%)
實驗異象報告	78 人 (82%)	6 人 (6%)	11 人 (12%)
5. 跨學科處理實驗異象方式	處理方式相同	處理方式不同	
訪談逐字稿	26 人 (63%)	15 人 (37%)	
實驗異象報告	55 人 (69%)	25 人 (31%)	
6. 實驗異象對科學理論發展的 影響	促成理論改變	維持原理論	
實驗異象報告	79 人 (83%)	16 人 (17%)	

根據表 4-4-11 可知，在「實驗異象對科學學習的影響」、「實驗異象對科學理論發展的影響」兩部分，多數學生以建構主義取向來看待實驗異象對學習與理論發展的影響，即認為可以挑戰既有理論、幫助重新檢視先前學習歷程等，所以從學生的觀點可發

現學生認為實驗異象對科學學習以及科學理論發展是有幫助的。然而，從學生「面對實驗異象的反應」、「處理實驗異象的策略」、「處理實驗異象的態度」三部分來看，卻發現學生實際從事實驗活動遭遇實驗異象時，反應、處理策略、處理態度皆偏實徵主義取向，即採取忽略、排除等反應、採取尋求實驗的再現性的策略。上述結果顯示，學生雖然認為實驗異象對科學學習及科學理論發展的觀點偏建構主義取向，但是在實際處理實驗異象卻以偏實徵主義取向的方式來進行，證明學生對實驗異象的理想性影響與實際性影響並不相同，研究者將於第五章結論與建議繼續討論此結果。

## 貳、教師處理實驗異象的方法與態度

前一小節針對學生處理實驗異象的方法與態度進行結果分析，本節則著重在教師面對學生遇到實驗異象，前來詢問授課教師或實驗助教時，教師協助處理實驗異象的方法與態度為何，並了解教師對於實驗目的、實驗教學對實驗活動的影響等面向。

### 一、教師面對實驗異象的反應

本向度目的在於檢視教師對於學生遭遇實驗異象時，所產生的反應及處理方式與態度為何，訪談問題為「當學生的實驗結果與先前所學的理論有一些出入時，若這些出入為「實驗誤差」，您會如何處理或您的反應是什麼？請舉實例說明。此外，若這些出入為「與學生之前所學過的知識有所衝突或矛盾」，您會如何處理或您的反應是什麼？請舉實例說明。」

根據本章第四節（第 102 頁至第 104 頁）所描述的分類法，研究者以「 $\alpha_1$  行為、 $\alpha_2$  行為、 $\beta$  行為、 $\gamma$  行為」四種方式來分析教師對實驗異象的反應。然而，本研究中並未發現教師達到理論改變的標準，即未有  $\gamma$  行為。因此僅採用  $\alpha_1$  行為、 $\alpha_2$  行為、 $\beta$  行為進行分析、整理。

## 1. $\alpha_1$ 行爲

學習者遭遇到異象時，並不接受異象，且爲了維持原始理論不被擾亂，學習者會採取忽視或排除異象的方式，將可能會擾亂原始理論的因素去除，以便繼續使用原理論。此行爲稱之爲「 $\alpha_1$  行爲」(Alpha one behavior)。根據本研究結果，發現有 3 位教師 (M2-M 教師、E2-L 助教、E1-W 助教) 採用  $\alpha_1$  行爲的方式處理。研究者將教師的反應列舉如下：

E2-L助教：當下的反應一定是趕快去找出怎麼會這樣，因為我有我的理論，我也有我的數據嘛！那他的數據怎麼會跟我的數據不一樣，那我一定會馬上去處理。那我第一個步驟一定是去問其他同學的數據是怎麼樣，如果其他同學的數據跟這位同學的數據是相同的，那問題一定就出在我這邊，那我就會一步一步去查詢。第一步有沒有問題，第二步給的藥有沒有問題，第三步第四步我一個一個去查，如果問題出在我這邊，那我就會查我這邊的問題，通常都會很快就找到。基礎化學實驗都已經行之很多年了，都不會有錯啦！我很少遇到這種情形。

(註：E2-L 助教的科學知識觀相較於六位教師爲偏實徵主義取向，科學知識觀  $M=3.78$ )

M2-M教師：可能第一個我會先問他整個實驗的細節，如果誤差很大，我們在他實驗過程當中應該就可以知道，或者他跟我講他自己覺得他都沒有錯，那我可能會請他再作一次給我看，然後去告訴他為什麼誤差這麼大。那有的是他不知道他自己作錯了，或者是說他沒有作錯，可能儀器的操作上或者儀器的矯正是有問題的，那這些都會產生誤差。如果聽不懂，就再作一次，在他述說的過程當中，找不出原因的話，就請他再作一次給你看。

(註：M2-M 教師的科學知識觀相較於六位教師爲混合取向，科學知識觀  $M=4.50$ )

E1-W助教：如果時間允許的話，會請他再作一次實驗，證明是人為的誤差還是藥品的配置有錯，不過通常如果差距很大的話，應該就是人為上的誤差，就會請他們再作一次實驗。如果差距只有一點點的話，當然也可能是人為誤差，如果在可以接受範圍內的話，我們就會跟他解釋說他可能因爲什麼原因，技術上面的因素所以才會導致這樣的誤差，不過通常不會說有太大的誤差，如果太大的話，就是本身的問題。

(註：E1-W 助教的科學知識觀相較於六位教師爲偏實徵主義取向，科學知識觀  $M=4.13$ )

由本研究第四章第一節（第 63 頁），依照教師的科學知識觀在科學觀點量表中獲得的科學知識觀分數，分為相對較偏建構主義組 ( $M=4.68\sim4.83$ ；C1-C 教師、C2-B 教師)、相對較偏混合組 ( $M=4.32\sim4.55$ ；M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師)、相對較偏實徵主義組 ( $M=3.78\sim4.13$ ；E1-W 助教、E2-L 助教)。M2-M 教師的科學知識觀分數相對於其他六位教師的科學知識觀分數，屬於較偏混合組的教師，E1-W 助教與 E2-L 助教的科學知識觀分數相對於其他六位教師的科學知識觀分數，則屬於相對較偏實徵主義組的教師。三位教師對於學生的實驗異象皆採取  $\alpha_1$  行為的方式處理。

E2-L 助教認為學生遭遇實驗異象應該是學生自己操作錯誤或器材藥品有問題，對於實驗異象的出現並不以為意，並把實驗異象當作一種錯誤、誤差。此觀點接近  $\alpha_1$  行為的定義，即去除干擾原始理論的異象以便繼續使用原理論。

M2-M 教師與 E1-W 助教皆認為學生遇到實驗異象的情況，必定是學生實驗過程有錯，只是學生不知道自己做錯了，或者在學生操作儀器上出現問題。此種將實驗異象視為操作錯誤的觀點可視為「排除異象」的作法，屬於  $\alpha_1$  行為。

研究者搭配此三位教師的科學知識觀分數與分組狀況分析後發現，雖然 M2-M 教師的科學知識觀分數屬於混合組，但卻採用  $\alpha_1$  行為來處理學生遭遇實驗異象的狀況，因此有可能 M2-M 教師的科學知識觀為混合組但較偏實徵主義方向，或者 M2-M 教師對於大學部的實驗課程較不具期待，才會導致實際指導的狀況與其科學知識觀不太一致。

此外，為了解實際實驗操作案例中，是否有實驗異象的實例出現，因此研究者將教師對於實驗異象的實例列舉如下：

E2-L 助教：比如做EDTA的實驗，因為EDTA必須要在鹼性的環境之下，才能夠去跟二價亞離子，可是一般的EDTA是弱酸的，解離比較弱。所以你要讓EDTA完全的解離，將氫離子解離開的話，就是要加鹼，PH值10 buffer。結果這幾天做實驗就是學生忘記加了，忘記加了就變成顏色怎麼都不對。其實那個不對，我看他的顏色就知道了。你如果沒加 PH值10 buffer，就呈現淡淡的紅色，可是你一旦把PH值10 buffer 加進去就會出現深紅色，一看就知道。後來我就看學生滴，其實我在看就知道他一定會出錯，但先不說。等他出錯了以後，我再問他說，你加PH值10 buffer了沒，他就楞在那，我加了啊！我說你

確定嗎？他就開始回想，然後他承認真的忘記加了，然後再去加，一加就變深紅色。這種情形層出不窮，少加幾個藥，實驗作不出來，那是常常有的。

E2-L助教：比如說最近在做EDTA的實驗，有一次工讀生，他擺出來的藥是EDTA但是不含鈉，那我要求的是要給含鈉的，可是工讀生他看錯了，就給不含鈉的EDTA，結果那個EDTA就不能溶，隔好久都不能溶解，結果我發現全班都是不能溶，我想一定有問題，就一步一步的檢查，然後再回去看那個藥罐，我才發現錯了。因為EDTA的粉末跟那個含鈉的結晶顆粒長相是不一樣的，後來就趕快撤掉全部的藥。

(註：E2-L 助教的科學知識觀相較於六位教師為偏實徵主義取向，科學知識觀 M=3.78)

E2-L 助教實際參與實驗教學已有十幾年之久（教師背景介紹請見第三章），因此對於實驗內容相當了解。根據 E2-L 助教的經驗陳述得知，學生遭遇到的實驗異象，通常歸因於教師藥品給錯或學生藥品加錯，導致實驗結果並不如預期結果一樣，因而產生疑問。因此，研究者認為實驗異象的起源有可能是因為操作者不了解藥品特性或欲操作的實驗內容已經超過其認知標準，產生的現象或數據無法被解釋，於是就產生了實驗異象。

## 2. $\alpha_2$ 行爲

1996

學習者不確定異象是否為有效資料或不確定自己對異象的解釋是否正確，故以擱置的方式來維護原始理論的作法。根據本研究結果，發現有 1 位教師（C2-B 教師）採用  $\alpha_2$  行為的方式處理。研究者將教師的反應列舉如下：

C2-B教師：假如說有顯著的差距的話，基本上可能就是學生整個實驗進行的流程不熟悉，操作步驟不是非常準確而造成這些誤差，這個時候理論上在標準化的實驗，我們會告訴學生或檢查這些原因，然後倒推回去，假如時間夠的話會要求他重作，盡量回到理論上應該得到的結果，因為我們實驗是要有再現性的，當那個實驗隨機出現了一個很奇怪的數據的時候，那代表它沒有跟我們再現性重疊，當實驗沒有再現性的時候，基本上這個實驗就是不一致的，沒有辦法對比。除非是一個學生可以獨立自主的實驗，這種情況如果出現跟理論值顯著不同的狀況，我們必須先檢查，在他整個實驗的過程、實驗的報告中有沒有錯誤。如果也沒有什麼顯著的錯誤的時候，這時候我們就可以開始討論，

到底他是不是建立了一個新的方向，或者是要推翻以前的一些理論基礎。但是在教學型的實驗裡面，這個狀況要出現的機會幾乎是不太可能的。

(註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.68$ )

由本研究第四章第一節(第 63 頁)，依照教師的科學知識觀在科學觀點量表中獲得的科學知識觀分數，分為相對較偏建構主義組 ( $M=4.68\sim4.83$ ；C1-C 教師、C2-B 教師)、相對較偏混合組 ( $M=4.32\sim4.55$ ；M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師)、相對較偏實徵主義組 ( $M=3.78\sim4.13$ ；E1-W 助教、E2-L 助教)。

C2-B 教師的科學知識觀分數相較於其他六位教師的科學知識觀分數，屬於較偏建構主義組的教師，對於學生的實驗異象採取  $\alpha_2$  行為的方式處理。C2-B 教師認為學生遭遇實驗異象的時候，必須先檢視實驗過程是否有人為因素而造成的錯誤，並再次操作實驗以求實驗的再現性。經過檢查與校對後，仍無錯誤產生的話，C2-B 教師認為或許有可能發現新的方向，但是又覺得在教學型的實驗中，發現新的方向或推翻理論的機會很少。根據 C2-B 教師先以反覆校對確認實驗過程的行為，研究者認為 C2-B 教師對於實驗異象的效度並無法確切地解釋出原因，僅歸因於人為因素，因而可屬於「異象效度的不確定性」，為  $\alpha_2$  行為。

## 2. $\beta$ 行為

當學習者將干擾理論的異象納入既有理論之中，並使其成為一個新的變數，以固守既有理論。則稱之為「 $\beta$  行為」(Beta behavior)。根據本研究結果，發現 3 位教師 (M3-T 教師、M1-S 教師、C1-C 教師) 協助學生處理實驗異象，常採用  $\beta$  行為的方式。研究者將教師的反應列舉如下：

M3-T教師：第一個我會注意，必要的時候，可能要請另外一些學生再做同樣的事情看看，看看會不會有再現性，如果沒有再現性的話，我們就認為是這個學生特別的動作造成的，確定是不是真的。因為你是真的東西，應該是兩個不同的人，完全獨立的人，他做的應該會獲得相同的結果，先獲得再現性，如果有這種的情況出現，我們再來討論他可

能是什麼樣的原因造成的。所以如果另外一組同學做出來跟這組同學做的是一樣的結果的時候，我就會相信這個是真的，這個情況之下的話，也許可能他們會產生一個很大的發現，因為很多很重要的發現都是無意之間看到的，那這個其實就是很多研究的基礎，找到很多意料之外，你沒有想到的事情，那如果是這樣的話，那我會很小心的看待他們的新發現。

(註：M3-T 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.32$ )

M1-S教師：如果是我的話，我會要求他先把他整個實驗的流程再重新描述一次，從中去了解他的實驗過程是不是有疏失或者是遺漏了什麼而造成這樣的問題，幫他去debug。那如果這些都沒有，但是誤差還是很大的時候，那就是要想他實驗技巧上的問題還是儀器上出了問題，那如果都還是沒有這些問題，那就要更小心的去了解到底是為什麼，那可能就要請學生們再去survey相關資料，看別人有沒有最新的研究領域出來說對這個有不一樣的看法。重點是回到實驗室的本質去了解，整個過程你到底疏忽了什麼。以我以前的經驗，一般我會是repeat，看結果是怎麼樣。如果所得到的結果都還是一樣，但是跟先前的研究不一樣的時候，我會去找原因，到底是為什麼，搞不好你可以看到別人所沒有看到的東西或別人所沒有注意到的東西。

(註：M1-S 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.55$ )

C1-C教師：有時候要看狀況，不過假如說是我沒有辦法解釋的話，我可能會跟著他看一遍，我也想要知道到底出現什麼狀況？因為其實很多實驗的發現都是在不小心中發現的。

(註：C1-C 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.83$ )

由本研究第四章第一節(第 63 頁)，依照教師的科學知識觀在科學觀點量表中獲得的科學知識觀分數，分為相對較偏建構主義組( $M=4.68\sim4.83$ ；C1-C 教師、C2-B 教師)、相對較偏混合組( $M=4.32\sim4.55$ ；M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師)、相對較偏實徵主義組( $M=3.78\sim4.13$ ；E1-W 助教、E2-L 助教)。C1-C 教師的科學知識觀分數相較於其他六位教師的科學知識觀分數，屬於建構主義組的教師，而 M3-T 教師與 M1-S 教師的科學知識觀分數相較於其他六位教師的科學知識觀分數，則屬於混合組的教師，此三

位教師對於學生的實驗異象採取  $\beta$  行爲的方式處理。

M3-T 教師認為很多重要的發現都是在無意間看到的，因此對於學生遇到實驗異象時，M3-T 教師會小心求證，將實驗異象視為新發現的一種徵兆。M1-S 教師則認為經由實驗再現性的檢驗後，仍跟先前研究有不一樣的結果時，會合理推論出新理論或新發現的產生。C1-C 教師認為實驗異象有可能會是一個新的發現，並且先針對原始理論無法解釋實驗異象的狀況進行探討。根據上述三位教師的觀點，研究者認為三位教師皆對實驗異象抱持樂觀其成的態度，並認為實驗異象的出現有可能代表著新理論的發現，但仍不肯定，此觀點可歸類為「 $\beta$  行爲」。

綜言之，依據上述結果顯示教師的科學知識觀與教師面對實驗異象的反應  $\alpha_1$  行為、 $\alpha_2$  行為、 $\beta$  行為可能有一點關係。研究者將教師面對實驗異象的反應結果整理成以下三點：

1.  $\alpha_1$  行為：實驗異象是人為因素產生
2.  $\alpha_2$  行為：實驗異象可能是新發現但不確定
3.  $\beta$  行為：實驗異象的出現可能代表新理論的發現

## 二、教師處理實驗異象的態度

當學生遇到實驗異象時，根據本研究第四章第四節的分析顯示，部分學生會選擇尋求教師的協助，因此本面向旨在了解教師協助學生處理實驗異象的態度為何。經由研究者分析後發現，教師處理實驗異象的態度可分為「挑戰-反思組」與「環境-權威組」兩類。「挑戰-反思組」的教師認為學生遭遇實驗異象可以幫助其更了解實驗內容，有發現新理論的潛力，並且可挑戰課本的權威性，而不是一味相信課本的內容。「環境-權威組」的教師則認為實驗異象不可能在大學部的實驗出現，多半的原因是學生人為操作疏失，並要求學生再次檢驗、重做實驗以符合課本或理論的標準。研究者將各組教師的訪談內容整理如下。

## 挑戰-反思組

研究者根據各教師的訪談內容，將 M3-T 教師、M1-S 教師兩位教師處理實驗異象的態度歸屬於挑戰-反思組，並將此兩位教師的逐字稿整理如下：

M3-T教師：第一個你既然做到這個結果，你先確定你做的方法都沒有問題，然後你得到的結果你自己當然就會相信，可是我會盡量去找出來一個他可能會為什麼會跟原來的答案會有差距，很可能是因為不同版本的教科書寫的不一樣，這個我有看過，不同版本的教科書，他描述的只是那個人做的實驗的可能其中某一個部分，但是你換了一個方法的時候，你可能得到的答案跟他會有一點接近，可是不會完全一樣，那我會盡量跟學生解釋說為什麼你看到的會不一樣。

(註：M3-T 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.32$ )

M1-S教師：以我以前的經驗，一般我會是repeat，看結果是怎麼樣。如果所得到的結果都還是一樣，但是跟先前的研究不一樣的時候，我會去找原因，到底是為什麼，搞不好你可以看到別人所沒有看到的東西或別人所沒有注意到的東西。

(註：M1-S 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.55$ )

研究者欲了解教師的科學知識觀與其協助學生處理實驗異象的態度兩者的關係，因此先了解各教師的科學知識觀分數。由本研究第四章第一節（第 63 頁），依照教師的科學知識觀在科學觀點量表中獲得的科學知識觀分數，分為相對較偏建構主義組 ( $M=4.68\sim4.83$ ；C1-C 教師、C2-B 教師)、相對較偏混合組 ( $M=4.32\sim4.55$ ；M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師)、相對較偏實徵主義組 ( $M=3.78\sim4.13$ ；E1-W 助教、E2-L 助教)。M3-T 教師與 M1-S 教師相對於其他六位教師的科學知識觀分數，屬於相對較偏混合組。

然而，在教師協助學生處理實驗異象的態度上，M3-T 教師、M1-S 教師均屬於挑戰-反思組，表示兩位教師在協助學生處理實驗異象上，認為實驗異象可以幫助學生了解實驗內容、挑戰課本內容知識等。此外，M3-T 教師與教師會依據先前的教學經驗來協助學生處理實驗異象。

## 環境-權威組

研究者根據各教師的訪談內容，將 C2-B 教師、C1-C 教師、M2-M 教師、E2-L 助教、E1-W 助教五位教師處理實驗異象的態度歸屬於環境-權威組，並將此五位教師的逐字稿整理如下：

C2-B教師：教學型實驗裡面，是一個重複性的實驗而且有一個再現性的問題，理論上假如沒有這個再現性的狀況，這個實驗就不會成為一個教學型的實驗，其實我們預期的結果應該跟我們的設計吻合的才會推出來。除非他是專題研究，專題研究的時候，他的過程不是按照我們所設計的過程作的時候，那麼這就另當別論，那可能是另外一個新的現象或者是說一個其他現象出現，這個時候我們才開始討論他是不是有一些新發現。但是這個部分不會出現在教學型實驗。

(註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.68$ )

C1-C教師：其實我蠻希望學生做實驗不順利的，因為我覺得實驗很順利的話，那你對於這個實驗的了解程度就會很有限。可能一個實驗它有十個步驟，搞不好你每一個步驟都很順的話，當然可能是很小心，那也有可能是它正好不小心出錯的地方不是對這個實驗有很大的影響，可是當你有誤差的時候，我會鼓勵學生回去查看它到底哪個步驟是有問題的？我會問他說，你這個步驟是照著這個實驗流程在跑，在流程跑的時候，當中到底有發生什麼樣的狀況或什麼樣的問題，那你從哪邊的結果，你可以在當下，比如說你再做第一步跟第二步的時候，你就知道說這個步驟是有問題的，你應該要想辦法，如果有重做的機會就要想辦法重做，那我覺得有誤差的時候反而是一個好事。我反而希望他有誤差，才能讓他好好去想。即使他報告做出來，寫說沒做出來，可是他可以把這個實驗沒做出來的原因寫得很好的話，我可能會比完全做出來然後沒有什麼討論的學生，我會給他更高的分數，對我來說，我會喜歡這種學生。

(註：C1-C 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.83$ )

M2-M教師：如果是大學部的實驗，基本上那些實驗的結果都已經預知了，那如果有這種情形，最大的可能就是他拿錯藥了，因為絕對不可能跟實驗的結果不同，因為這些已經經過數千人做過的實驗，他是不可能有不同的東西呈現，一定是他拿錯藥，不然就是他的操作過程當中，百分之百有錯，你可以很堅定的這樣去告訴他，這時候去看他用的

藥是不是那個藥品的標籤錯誤。

(註：M2-M 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀 M=4.50)

E2-L助教：通常很多問題都是在這裡出現的，就是說，去拿藥的跟去秤藥的不同人，然後就錯了。然後大概就這樣，如果問題出在學生那邊，就一步一步找問題，可是如果問題還是找不到的話，我就叫他們再重做，那再重做，結果問題解決了

(註：E2-L 助教的科學知識觀相較於六位教師為偏實徵主義取向，科學知識觀 M=3.78)

E1-W助教：其實我們在教他們之前，那些實驗我們都有做過，看看是不是跟書上講的一樣的。那如果說他們做出不一樣的結果，我們就會覺得是不是學生作錯。

(註：E1-W 助教的科學知識觀相較於六位教師為偏實徵主義取向，科學知識觀 M=4.13)

由本研究第四章第一節（第 63 頁），依照教師的科學知識觀在科學觀點量表中獲得的科學知識觀分數，分為相對較偏建構主義組（M=4.68~4.83；C1-C 教師、C2-B 教師）、相對較偏混合組（M=4.32~4.55；M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師）、相對較偏實徵主義組（M=3.78~4.13；E1-W 助教、E2-L 助教）。C2-B 教師、C1-C 教師的科學知識觀分數相對於其他六位教師的科學知識觀分數，屬於相對較偏建構主義組，M2-M 教師屬於相對較偏混合組，E2-L 助教、E1-W 助教屬於相對較偏實徵主義組。

在教師協助學生處理實驗異象的態度上，C2-B 教師、C1-C 教師、M2-M 教師、E2-L 助教、E1-W 助教均屬於環境-權威組，表示五位教師在協助學生處理實驗異象上，認為實驗異象的產生是由於學生操作疏失，課本內容知識並不可能出現錯誤，此類的實驗活動也已實施多年，不可能有錯誤。C2-B 教師與 C1-C 教師認為理想中的科學實驗與實際的科學實驗進行的方式有所不同，理論上實驗異象可以促成新理論的產生，但實際上的教學型實驗並不可能達到理想的狀況。可能受限於實驗環境或實驗課程設計的部分，因而使得理想與現實不能趨於一致。

研究者將教師處理實驗異象的態度結果整理成以下兩部分：

1. 挑戰-反思組：實驗異象可以幫助學生了解實驗內容、挑戰課本內容知識

## 2. 環境-權威組：實驗活動與課本知識不可能有錯，應是人為疏失

### 三、教師處理實驗異象的策略

前一小節中，研究者針對學生處理實驗異象的策略進行分析討論，本小節將針對教師對於處理實驗異象的策略來進行探討。根據七位教師的訪談逐字稿中，可將其處理實驗異象的策略依階層高到低分為：了解實驗內容、對照實驗結果、尋求實驗的再現性。

「了解實驗內容」是指在給予學生指導前，先了解學生對實驗內容、步驟的理解，並藉由學生陳述實驗過程中，進一步分析給予指導。「對照同儕實驗結果」是指教師會先檢視其他學生的實驗結果是否呈現相同的數據或狀態，若學生做出的結果均相同，則教師會開始檢視自己提供給學生的器材、藥品或教學內容是否有問題；若僅有少數的學生做出不同的結果，則進一步檢視學生的實驗流程與操作方式。「尋求實驗的再現性」是指讓學生再做一次實驗，以求獲得實驗的再現性，並且教師認為學生做不出實驗的再現性是因為學生個人疏失。研究者將此三種處理策略整理如下：

M2-M教師：可能第一個我會先問他整個實驗的細節，如果誤差很大，我們在他實驗過程當中應該就可以知道，或者他跟我講他自己覺得他都沒有錯，那我可能會請他再作一次給我看，然後去告訴他為什麼誤差這麼大。（了解實驗內容）

（註：M2-M 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.50$ ）

C1-C教師：我會鼓勵學生回去查看它到底哪個步驟是有問題的？我會問他說，你這個步驟是照著這個實驗流程在跑，在流程跑的時候，當中到底有發生什麼樣的狀況或什麼樣的問題，那你從哪邊的結果，你可以在當下，比如說你再做第一步跟第二步的時候，你就知道說這個步驟是有問題的，你應該要想辦法，如果有重做的機會就要想辦法重做，那我覺得有誤差的時候反而是一個好事。我反而希望他有誤差，才能讓他好好去想。（了解實驗內容）

（註：C1-C 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.83$ ）

E2-L助教：我第一個步驟一定是去問其他同學的數據是怎麼樣，如果其他同學的數據跟

這位同學的數據是相同的，那問題一定就出在我這邊，那我就會一步一步去查詢啊！（對照同儕實驗結果）

（註：E2-L 助教的科學知識觀相較於六位教師為**偏實徵主義取向**，科學知識觀  $M=3.78$ ）

M3-T教師：可能要請另外一些學生再做同樣的事情看看，看看會不會有再現性，如果沒有再現性的話，我們就認為這個學生特別的動作造成的，確定是不是真的。因為你是真的東西，應該是兩個不同的人，完全獨立的人，他做的應該會獲得相同的結果，先獲得再現性，如果有這種的情況出現，我們再來討論他可能是什麼樣的原因造成的。（尋求實驗的再現性）

（註：M3-T 教師的科學知識觀相較於六位教師為**混合取向**，科學知識觀  $M=4.32$ ）

M1-S教師：以我以前的經驗，一般我會是repeat，看結果是怎麼樣。也不是說認可做出來的實驗結果應該是沒有錯誤的，而是說因為你repeat，表示說你有出現再現性，有再現性表示說這個是可信的，那你就必須自己去說一套故事來讓人家能接受你這個結果，那說故事之前你就必須去了解更多東西來支持你的論點。（尋求實驗的再現性）

（註：M1-S 教師的科學知識觀相較於六位教師為**混合取向**，科學知識觀  $M=4.55$ ）

C2-B教師：假如時間夠的話會要求他重作，盡量回到理論上應該得到的結果，因為我們實驗是要有再現性的，當那個實驗隨機出現了一個很奇怪的數據的時候，那代表它沒有跟我們再現性重疊，當實驗沒有再現性的時候，基本上這個實驗就是不一致的，沒有辦法對比。（尋求實驗的再現性）

（註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為**偏建構主義取向**，科學知識觀  $M=4.68$ ）

E1-W助教：如果時間允許的話，會請他再作一次實驗，證明是人為的誤差還是藥品的配置有錯，不過通常如果差距很大的話，應該就是人為上的誤差，就會請他們再作一次實驗。（尋求實驗的再現性）

（註：E1-W 助教的科學知識觀相較於六位教師為**偏實徵主義取向**，科學知識觀  $M=4.13$ ）

由本研究第四章第一節（第 63 頁），依照教師的科學知識觀在科學觀點量表中獲得的科學知識觀分數，分為相對較偏建構主義組 ( $M=4.68\sim4.83$ ；C1-C 教師、C2-B 教師)、

相對較偏混合組 ( $M=4.32\sim4.55$ ；M1-S 教師、M2-M 教師、M3-T 教師)、相對較偏實徵主義組 ( $M=3.78\sim4.13$ ；E1-W 助教、E2-L 助教)。

M2-M 教師與 C1-C 教師處理實驗異象的策略為「了解實驗內容」，E2-L 助教處理實驗異象的策略為「對照實驗結果」，M3-T 教師、M1-S 教師、C2-B 教師及 E1-W 助教處理實驗異象的策略為「尋求實驗的再現性」。C1-C 教師的科學知識觀相對於其他六位教師，較偏建構主義取向，且採取最高階的處理策略「了解實驗內容」，顯示 C1-C 教師重視學生操作過程中，對實驗內容的理解程度是否足夠，而不只是為了強調最後的實驗結果是否有與課本中的數據相同。E2-L 助教的科學知識觀相對於其他六位教師，較偏實徵主義取向，且採取的處理策略為「對照同儕實驗結果」，顯示 E2-L 助教會先檢視其他學生是否有做出實驗的再現性，再檢視自己的實驗教學、藥品配置是否有誤。此外，採用「尋求實驗的再現性」的處理實驗異象策略的四位教師中，C2-B 教師的科學知識觀相對於其他六位教師，較偏建構主義取向，M3-T 教師與 M1-S 教師的科學知識觀相對於其他六位教師，則介於建構主義取向與實徵主義取向之間，E1-W 助教的科學知識觀相對於其他六位教師，則較偏實徵主義取向。顯示 C2-B 教師雖然認為科學是具有暫時性的特質，但是實際在學校科學實驗室中，由於教學型的實驗已將內容制式化、固定化，所以學生不可能做出不同於實驗課本的數據或現象。C2-B 教師的想法顯現出學校科學實驗課程要求安全、固定、方便操作，因而將科學的暫時性與變動性排除在外，僅剩下技術層面的學習方式。研究者將上述三種處理策略整理如表 4-4-12。

表 4-4-12 教師處理實驗異象的策略

教師代號	處理實驗異象的策略									
	了解實驗內容	對照同儕實驗結果	尋求實驗的再現性	M2-M 教師	C1-C 教師	E2-L 助教	M3-T 教師	M1-S 教師	C2-B 教師	E1-W 助教

綜言之，研究者將教師處理實驗異象的策略整理成以下三點：

1. 了解實驗內容
2. 對照同儕實驗結果
3. 尋求實驗的再現性

#### 四、實驗異象對科學學習的影響

此向度旨在了解當學生遭遇實驗異象，尋求教師協助時，教師處理的方式與想法為何。訪談問題為「您覺得學生在實驗課時，遇到實驗結果與以前所學的理論有一些出入，對他們的學習成果或對科學實驗目的的理解有無幫助？」茲整理如下：

M3-T教師：實驗課對很多一般學生留下的印象是不深刻的，沒有考試那麼深刻，……實驗的結果會幫助他學習的，不管怎麼樣，他覺得他的實驗結果可以幫助他討論或者多角度看待某個問題的話，這都會很有幫助的。

(註：M3-T 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀  $M=4.32$ )

M3-T 教師認為學生對於實驗課程的印象並不如有考試制度的學科學習來得深刻，但是實驗活動對學生學習科學來說都是相當重要的，尤其是實驗異象產生不同的實驗結果，藉此幫助學生從不同面向來看待問題。研究者進一步將 M3-T 教師的理念進行詮釋，實驗課程可以幫助學生了解到科學是可以從不同活動與學習方式來進行觀察，藉由不同視角來看待問題，並試圖尋求出解決問題的方法，更可加深學生對於該科學知識內容的印象，而不只是背誦科學理論與知識。

C2-B教師：這個當然是不錯的，但是這個要看是什麼樣的實驗，假如我今天是再作專題實驗的話，我們當然會容許學生這樣做，我們給的是一個並不非常明確的步驟，然後學生可能要必須不斷的嘗試，終於他完成一個很漂亮的實驗，他也作了很多的測試，再現性也非常好，可以解釋很多現象。假如說我們有比較好的簡單化的設計，我們可以設計一個錯誤的實驗，讓學生經由設計來修正過來，可是以大一的學生目前的狀況來說，可能還沒有到反應這麼快速，我們現在一般在做基礎訓練，但是這是個非常好的想法，未

來在做專題的時候，我們可能會容許學生從錯誤中嘗試獲取經驗，但是並不是每個實驗都可以這樣做。

(註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為**偏建構主義取向**，科學知識觀  $M=4.68$ )

C2-B 教師認為運用實驗異象在科學學習上的可行性很高，但是必須取決於實驗內容及學生背景兩項條件，對於才剛開始接觸實驗課程的大一學生，其反應比較慢，並不適合。此外，對於用以訓練學生基礎實驗技巧的課程內容，並不適合設計一個讓學生從找尋錯誤並修正實驗內容的實驗。因此，統整 C2-B 教師的觀點，研究者認為 C2-B 教師對於設計實驗異象於實驗課程中的想法可行性甚高，但並不是每個實驗都可以運用實驗異象來考驗學生，必須考量到學生學習目的與實驗課程內容的合適度。

M1-S教師：理論上應該是會，但現在實際上不見得會是這樣，因為學生就會告訴你說，就是這樣，我就是做不出來，老師你要幫我想辦法。對，現在學生比較缺少的是自我探索why的能力，大部分都是，尤其像碩士學生或是專題生，沒有辦法去做這種debug的工作，他們不像博士班的訓練那麼多，他們可以做的一些事情。那如果說像碩士生或者是專題生，這種能力是不足的，其實可以training的，但是就是看你怎麼去引導他們，老師其實是扮演一個很重要的角色，你要去教導他們去那邊找，他們可以找到結果。或者哪邊可以找到他們要的資料，而不是你去幫他們做debug的工作。

(註：M1-S 教師的科學知識觀相較於六位教師為**混合取向**，科學知識觀  $M=4.55$ )

M1-S 教師認為學生缺乏自我探索原因的能力，沒有辦法從實驗異象來修正自身的錯誤，僅依賴性的依靠教師的協助。然而，M1-S 教師認為自我探索原因的能力是可以訓練出來的，主要取決於教師的教學如何引導學生解決問題的方向，而並不是直接給予學生正確答案。

E2-L助教：有幫助，像EDTA的實驗，他們才會了解到原來EDTA真的要在鹼性的環境之下，才會形成六個未共用電子對。因為我在上課之前不斷的講，畫出EDTA的結構，把它六個未共用電子對都講出來了，畫出來了，我還問他們要怎麼樣形成這六個未共用電子對，他們都說得出來，要把氫離子解離出來才可以，他們都知道。可是真正做實驗，

他就是完全忘光了，完全忘記這個理論的東西了。就等他出錯的時候，他才發現原來這麼的重要。就會對這個印象更深刻，就不會像背課本背一背，然後到實驗室就做不出來。

(註：E2-L 助教的科學知識觀相較於六位教師為**偏實徵主義取向**，科學知識觀  $M=3.78$ )

E2-L 助教以 EDTA 的實驗為例，在做實驗之前，學生的確了解 EDTA 的結構並能清楚表達相關理論架構，但實際做實驗的時候卻無法將所學的理論運用在實做上，只有等到學生從實驗中獲得錯誤的結果後，學生藉由錯誤來加深自己對 EDTA 結構與理論的印象，而不只是強記課本中的理論。綜言之，研究者認為 E2-L 助教所表達的理念為，學生藉由接觸實驗異象以重新檢視課堂上所學到的理論知識，並且學習到如何運用理論來解決實驗中所遭遇到的問題，進而對於該理論有更深刻的印象，而不只是背誦理論。

E1-W 助教：當事人比較難知道自己哪裡出錯，你在旁邊糾正他的時候，他就會知道原來我就是有一些錯誤，所以才會導致這個誤差，你就跟他講、提醒他，他可能第二次、第三次還會重複同樣的錯誤，可是一直重複下去的時候，一直不對的時候，到最後他就會慢慢的錯誤更正，或者是下次做實驗的時候，就會比較注意那個環節的問題，會比較細心。矛盾的部分的話，他應該會去想自己是不是哪裡學錯。如果他每次做完實驗後，有誤差或矛盾的時候，他回去思考或找資料的話，我覺得這些都是他自己會吸收進去的，因為他會進一步思考。

(註：E1-W 助教的科學知識觀相較於六位教師為**偏實徵主義取向**，科學知識觀  $M=4.13$ )

E1-W 助教認為學生在多次實驗異象的挑戰下，學生方能對實驗過程中的錯誤進行修正，若沒有足夠的時間多次修正實驗，則會將此次的實驗經驗作為下次實驗的參考依據，即教育心理學理論中的「先前經驗」(prior experience) 影響學習歷程。此外，若是學生能主動尋求協助（如：找資料佐證、學生反思），則更可促進學生學習科學。因此，研究者認為學生若有多次機會藉由嘗試錯誤或接觸實驗異象，從經驗中修正自己的錯誤，可以有效地促進學生正確地學習科學知識。

研究者將教師認為實驗異象對科學學習的影響整理成以下兩點：

1. 從另一個不同的角度觀察科學
2. 需考量到課程內容的適切性

## 五、跨學科處理實驗異象方式。

本向度旨在探討教師對於不同學科，遭遇實驗異象的時候，處理的方式是否有異同？訪談問題為「您覺得上述的處理方式會不會因為科目不同而不同？為什麼？」茲將結果整理如下：

C2-B教師：應該不會不同，因為所有的科學裡面，到了統計這個階層都是一致的精神，雖然說在公式上面、在計算的方式上面，因為定義、公式很多種，在算的方式有很多種，可是基本上精神是一致的，都會有一個標準的處理程序，那麼理論上，每一個學門、每一個科目只要他可以有參考值的東西，他應該都可以執行這種工作，學生的處理方式應該也是差不多的。但生物上面比較麻煩，因為生物上大部分你很難找到一個參考樣品來當作他的比對值，這個時候就比較要靠老師的耐心和信心。我們知道生物統計的東西，真正純粹生物的實驗數據，比較靠生物的計算，細菌的計算等等，那誤差是一個正負值非常大的。物理的話，我們知道物理的誤差理論上應該非常小，因為他只到儀器跟基本的一些回應的訊號，化學可能介於中間，化學有些東西可能會大，有些會蠻小的，還有製備的過程等等的。我覺得精神是一致的，應該都是要考量進去的。

(註：C2-B 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀  $M=4.68$ )

C2-B教師認為處理實驗異象上有複雜程度的差異，物理實驗異象複雜程度最小，化學實驗異象複雜程度居中，生物實驗異象複雜程度最大。C2-B教師的理由為物理實驗中，器材儀器的複雜性較化學、生物簡易，觀測的現象也較接近預測值，因此複雜程度最小。化學實驗由於牽涉到儀器、藥品特性、物質反應過程等複雜現象，因此較不容易掌握，出現實驗異象的機會較多。而生物實驗由於待測物多為有生命的物體，其生命型態、活動方式、觀測方式等複雜程度高，甚至同一種生物會有不同的外型、狀態，因此更容易被視為實驗異象，故複雜程度最高，最不容易解惑。

M3-T教師：不同的課程，對待的方式，照理講方法或許會不一樣，但是原則應該都是一樣的。即便物理實驗應該也是這個樣子。他應該要有再現性或者是他應該要知道說，比如說他發現某個東西跟他課本上寫的不一樣，他會進行討論。應該每個學科都是接近的作法，只是說在方法上面可能有一些差異。

(註：M3-T 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀 M=4.32 )

C1-C教師：我覺得應該是不會，我覺得應該是任何科學都是這種方式去看待，對我來講，我覺得是等於是一個基本科學的邏輯，我覺得科學沒有分物理、化學、生物。

(註：C1-C 教師的科學知識觀相較於六位教師為偏建構主義取向，科學知識觀 M=4.83 )

M1-S教師：科學是一貫性的，科學就是這樣子，當你有問題的時候，你就要去debug，不可能因為你在不同的學術、學門就有不一樣的結果。

(註：M1-S 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀 M=4.55 )

M2-M教師：應該不會不同，因為真理是適用在每一個領域，不管是生物還是物理、微積分，甚至於你運算錯誤，你算出來跟別人不一樣，你自己也是一直重複檢查，都是一樣。

(註：M2-M 教師的科學知識觀相較於六位教師為混合取向，科學知識觀 M=4.50 )

M3-T教師認為，雖然學科不同，或許處理的方法會不太一樣，但是原則應該是接近的。比如說，無論物理還是化學，都會期望實驗有再現性的效果，如果發現不同於課本上所描述的內容，則會進行討論。或許看待的方式會不一樣，但是基本上應該會有一個原則可以通用於各個學科。

C1-C教師、M1-S教師與M2-M教師的看法與M3-T教師大同小異，也認為科學是具有一個基本的邏輯，並不分物理、化學、生物等學科類型。研究者進一步詮釋，M3-T教師、C1-C教師、M1-S教師、M2-M教師、E2-L助教等五位教師的看法相當接近，都認為科學應該有一個可以貫穿的典範或理念。即M3-T教師、C1-C教師、M1-S教師、M2-M教師、E2-L助教都具高度知識判準 (epistemological commitment) 的能力，即在科學領域中，五位教師都認為存在一個可以成功解釋科學的特定觀點 (Tsai, 2001b)。

E1-W助教：會不一樣。作化學跟作生物實驗是差很多的，作化學的話，你只要有一點點的誤差，就看得出來了。化學要求精確度很重要，可是生物的話，精確度就沒有那麼好的時候，可是你還是作得出來，還是可以看出趨勢。化學上面的誤差，如果說誤差很大的話，通常這一個東西就不能用了，我們就要去作第二次，那生物的話，其實是有一個範圍的，他如果差異太大的話，還是可以拿來用。生物會比較好作一點，化學就比較難作。

(註:E1-W 助教的科學知識觀相較於六位教師為**偏實徵主義取向**,科學知識觀 M=4.13 )

E1-W助教認為化學實驗和生物實驗的要求不同，化學實驗講究精確度，而生物實驗則是在觀察生物的趨勢。因此若是生物實驗中產生些許差異，而此差異是介於可被接受的範圍之內的話，仍可繼續進行實驗，不受影響。然而，化學實驗由於講究精確度，因此若出現較大的誤差或錯誤時，實驗成果就不被接受，而需要重新再作一次。研究者進一步詮釋，不論實驗異象或誤差，E1-W助教認為化學實驗對精確度的要求較生物實驗為高，因此必須將現象或數據與理論差異太大的實驗異象或誤差排除掉，重新進行實驗。但生物實驗由於生物個體本身就存在些許差異，因此並不會採取與化學實驗相同的標準來處理。

1896

研究者將教師跨學科處理異象的方式整理成以下兩點：

1. 處理方式有學科差異性
2. 科學有共同的典範，處理方式相同

研究者將上述所有教師觀點整理如表4-4-13：

表 4-4-13 教師對實驗異象的觀點

實驗異象向度	教師觀點
面對實驗異象的反應	
$\alpha_1$ 行爲	實驗異象是人爲因素產生
$\alpha_2$ 行爲	實驗異象可能是新發現但並不確定
$\beta$ 行爲	實驗異象的出現可能代表新理論的發現
處理實驗異象的態度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 挑戰-反思組：實驗異象可以幫助學生了解實驗內容、挑戰課本內容知識</li> <li>2. 環境-權威組：實驗活動與課本知識不可能有錯，應是人爲疏失</li> </ol>
處理實驗異象的策略	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解實驗內容</li> <li>2. 對照同儕實驗結果</li> <li>3. 尋求實驗的再現性</li> </ol>
實驗異象對科學學習的影響	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 從另一個不同的角度觀察科學</li> <li>2. 需考量到課程內容的適切性</li> </ol>
跨學科處理實驗異象方式	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處理方式有學科差異性</li> <li>2. 科學有共同的典範，處理方式相同</li> </ol>

綜合來看，七位教師中有六位教師都認為不同學科仍有相同的實驗異象處理方式，並不會因為科目不同而採取不同的處理方式。除了 E1-W 助教認為化學實驗和生物實驗中的差異在於準確性程度上的不同要求，其他教師都認為處理方式並無太大差異，並分別認為科學是一種真理、一種具有邏輯的學科，並且可以運用相同的原則、精神來貫穿科學學科，如：物理、化學、生物等。此外，七位教師中，M2-M 教師認為科學是跟隨著一個真理，而真理恆久不變，因為真理可以適用在每一個領域，所以不管哪一個學科都是運用相同的實驗異象處理方式。C1-C 教師則認為處理實驗異象的方式是一種基本的科學邏輯，而且科學並沒有分物理、化學、生物等學科。

## 參、學生與教師的比較

本小節將就學生與教師對於「面對實驗異象的反應」、「處理實驗異象的態度」、「處

理實驗異象的策略」、「實驗異象對科學學習的影響」、及「跨學科處理實驗異象方式」等五個向度進行分析，研究者將進一步比較學生與教師在不同向度的看法，並予以詮釋。

將學生與教師對實驗異象的觀點比較列表如表 4-4-14：

表 4-4-14 學生與教師對實驗異象的觀點之比較

實驗異象向度	學生觀點	教師觀點
面對實驗異象的反應		
$\alpha_1$ 行爲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 懷疑理論的正確性</li> <li>2. 相信教科書與教師的權威性</li> <li>3. 實驗異象對學習沒有幫助</li> </ol>	實驗異象是人為因素產生
$\alpha_2$ 行爲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不知對實驗異象的解釋是否正確</li> <li>2. 相信實驗異象存在，但先擱置</li> </ol>	實驗異象可能是新發現但並不確定
$\beta$ 行爲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 實驗異象是一種新的發現</li> <li>2. 修正舊理論來滿足實驗異象</li> </ol>	實驗異象的出現可能代表新理論的發現
處理實驗異象的策略		
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 尋求實驗的再現性</li> <li>2. 尋求教師協助與蒐集資料</li> <li>3. 與同儕討論</li> <li>4. 檢視所學知識的正確性</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解實驗內容</li> <li>2. 對照同儕實驗結果</li> <li>3. 尋求實驗的再現性</li> </ol>
處理實驗異象的態度		
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 挑戰-反思組：質疑教科書內容正確性、反思學習歷程</li> <li>2. 環境-權威組：相信教科書與教師的權威性、實驗環境不佳、專家與生手的差異</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 挑戰-反思組：實驗異象可以幫助學生了解實驗內容、挑戰課本內容知識</li> <li>2. 環境-權威組：實驗活動與課本知識不可能有錯，應是人為疏失</li> </ol>

(續上頁) 表 4-4-14 學生與教師對實驗異象的觀點之比較

實驗異象向度	學生觀點	教師觀點
實驗異象對科學學習的影響	1. 輔助學習：重新檢視既有理論 2. 判別：判別課本知識與學習內容的錯誤 3. 環境：人為操作錯誤、實驗環境不佳	1. 從不同的角度觀察科學 2. 需考量課程內容的適切性
跨學科處理實驗異象方式	<b>處理方式相同</b> 1. 科學存在一個可以連貫各學科的信念  <b>處理方式不同</b> 1. 不同學科有不同實驗異象類型	1. 科學有共同的典範，處理方式相同  2. 處理方式有學科差異性

## 第五節 面對實驗異象的反應行為、實驗異象的處理方式與處理態度、實驗活動對科學學習的影響類型、科學知識觀及實驗室環境之分析

本節重點在於解答研究問題二「同學科背景的大一學生對科學及實驗室環境的觀點與其處理實驗異象之相關為何？」及研究問題四「教師對科學的觀點及其指導學生處理實驗異象之關係為何？」。研究者將針對本研究重要的因素—面對實驗異象的反應行為、處理實驗異象的方式與態度、實驗活動對科學學習的影響類型、科學知識觀及實驗室環境進行分析比較，先分別對學生部分與教師部分進行分析，最後再對照學生與教師的觀點與處理方式之異同。

# 壹、學生面對實驗異象的反應、實驗異象的處理方式與處理態度、實驗活動對科學學習的影響類型、科學知識觀及實驗室環境之分析

本節將學生對實驗異象的反應行為、處理方式、處理態度、實驗活動對科學學習的影響類型等四個面向與學生的科學知識觀、實驗環境進行分析。研究者將學生面對實驗異象的反應分為  $\alpha_1$  行為、 $\alpha_2$  行為、 $\beta$  行為，「忽視異象、拒絕異象、排除異象」三種異象反應定義為  $\alpha_1$  行為 (Alpha one behavior)；「擱置異象、異象效度的不確定性、異象解釋的不確定性」三種異象反應定義為  $\alpha_2$  行為 (Alpha two behavior)；「重新詮釋異象、周圍理論改變」二種異象反應訂為  $\beta$  行為 (Beta behavior)。 $\alpha_1$  行為指學習者嘗試從原領域中，藉由忽視或排除異象的方式以避免干擾到原始理論的作法。 $\alpha_2$  行為指學習者不確定異象是否為有效資料或不確定自己對異象的解釋是否正確，故以擱置的方式來維護原始理論的作法。 $\beta$  行為係指學習者將干擾理論的異象納入既有理論之中，並使其成為一個新的變數，以便固守既有理論。另有  $\gamma$  行為，但已於本章第四節探討過不採用於本研究的原因，故本節不再贅述。

學生對實驗異象的處理方式有「尋求實驗的再現性」、「尋求教師協助與資料蒐集」、「與同儕討論」、「檢視所學知識的正確性」四種策略，學生對實驗異象的處理態度可分為「建構主義取向」與「實徵主義取向」兩種，上述實驗異象的處理策略與實驗異象處理態度於本章第四節已清楚定義，以下將針對實驗活動對學學學習進行分析。

## 一、實驗活動對學生學習科學的影響類型與其科學知識觀前後測之分析

研究者將「實驗活動對學生學習科學的影響類型」分為「了解理論內容」、「檢視先前學習歷程」、「真實性經驗」、「學習實驗技巧」、「驗證理論」、「記憶理論」六種類別。由於本研究的訪談人數較少 (47 人)，為分析數據順利，研究者參照 Reid, Wood, Smith, & Petocz (2005) 的分類方式，將「了解理論內容」、「檢視先前學習歷程」、「真實性經驗」分類為「學科層面 (subject)」；「學習實驗技巧」、「驗證理論」、「記憶理論」分類為「技術層面 (techniques)」。「學科層面」是指學習科學是在學習學科本身；「技術層面」是指

學習科學著重在技術部分和外在歸因 (extrinsic attributes)。此外，根據本章第一節的分析結果，將學生的科學知識觀分為「社會協商的角色」、「被發明且具創造力的科學本質」、「理論滿載的探索」、「科學知識的暫時性與變動性特徵」四個面向。經研究者分析整理實驗活動對學生學習科學的影響類型與其科學知識觀前測分數後，將結果整理如下頁表 4-5-1：

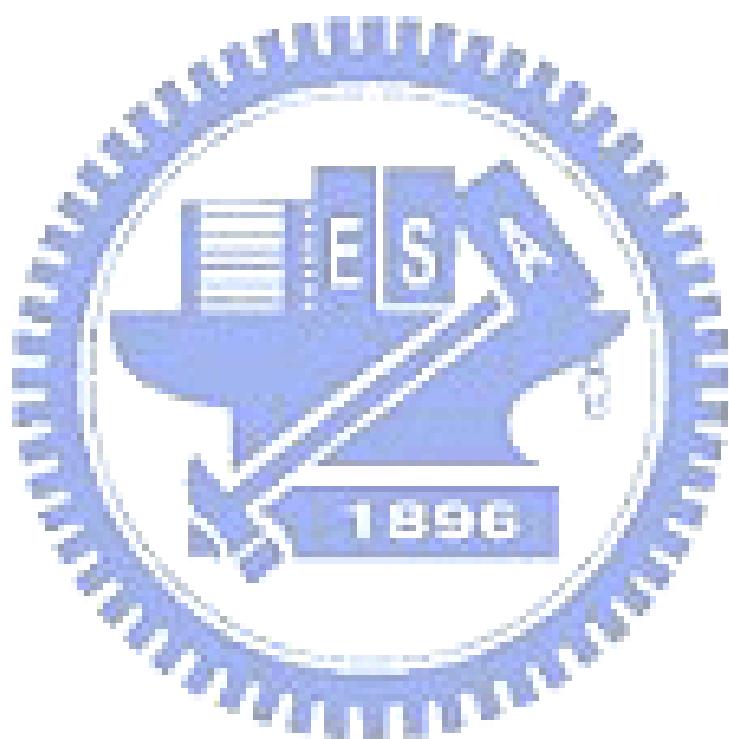


表 4-5-1 實驗活動對學生學習科學的影響類型與其科學知識觀前測及後測的比較

階層 Scale (n=42)	科學知識觀前測				科學知識觀後測			
	SN <sup>d</sup> (pretest)	IC (pretest)	TL (pretest)	CT (pretest)	SN (posttest)	IC (posttest)	TL (posttest)	CT (posttest)
學科層面 <sup>a</sup>	4.44 <sup>c</sup> [0.42] <sup>c</sup>	4.45 [0.37]	3.52 [0.65]	4.52 [0.49]	4.25 [0.50]	4.00 [0.52]	3.75 [0.58]	4.08 [0.58]
技術層面 <sup>b</sup>	3.93 [0.40]	4.12 [0.42]	3.03 [0.65]	4.24 [0.58]	3.90 [0.69]	3.77 [0.36]	3.71 [0.59]	3.95 [0.64]
F (ANOVA)	16.25**	7.58**	5.98*	2.98	3.52	2.69	0.03	0.45

<sup>a</sup>. 學科層面包含「了解理論內容」、「檢視先前學習歷程」、「真實性經驗」等三種影響類型

<sup>b</sup>. 技術層面包含「學習實驗技巧」、「驗證理論」、「記憶理論」

<sup>c</sup>. 平均數、[ ]內的數字為標準差

<sup>d</sup>. SN 為社會協商的角色 (the role of social negotiation); IC 為被發明且具創造力的科學本質 (the invented and creative nature of science); TL 為理論滿載的探索 (the theory-laden exploration); CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵 (the changing and tentative feature of science knowledge)

\*p<0.05, \*\*p<0.01

表 4-5-1 呈現出實驗活動對學生學習科學的影響類型與其科學知識觀前測分數兩者間的分析結果。根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA)顯示，實驗活動對學生學習科學的影響類型在「社會協商的角色」、「理論滿載的探索」、「被發明且具創造力的科學本質」三個面向上扮演了很重要的角色。然而在「科學知識的暫時性與變動性特徵」面向並沒有顯著差異。

此外，實驗活動對學生學習科學的影響類型與其科學知識觀後測分數兩者間的分析結果，根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA)顯示，實驗活動對學生學習科學的影響類型在「社會協商的角色」、「被發明且具創造力的科學本質」、「理論滿載的探索」、「科學知識的暫時性與變動性特徵」四個面向都沒有顯著差異。顯示科學知識觀「理論滿載的探索」面向後測分數在學科層面與技術層面兩者間沒有顯著差異。

## 二、實驗活動對學生學習科學的影響類型與其偏好的及實際的實驗環境之分析

本小節旨在探討實驗活動對學生學習科學的影響類型與其偏好的及實際的實驗環境之分析結果，除前一小節已闡述之實驗活動對學生學習科學的影響類型外，實驗環境的面向有「學生的向心力」、「實驗室開放程度」、「統整能力」、「物質環境」四項，研究者將結果整理如表 4-5-2：

表 4-5-2 實驗活動對學生學習科學的影響類型與其偏好及實際實驗環境的比較

Scale (n=42)	偏好實驗環境				實際實驗環境			
	SC <sup>e</sup> (preferred)	OE (preferred)	IT (preferred)	ME (preferred)	SC (actual)	OE (actual)	IT (actual)	ME (actual)
	3.92 <sup>c</sup> [0.62] <sup>d</sup>	3.66 [0.54]	3.88 [0.35]	4.14 [0.32]	3.62 [0.58]	2.71 [0.49]	3.52 [0.41]	3.65 [0.67]
學科層面 <sup>a</sup>	3.77 [0.50]	3.61 [0.55]	4.01 [0.39]	4.32 [0.44]	3.51 [0.59]	2.65 [0.50]	3.60 [0.57]	3.61 [0.71]
F (ANOVA)	0.74	0.10	1.29	2.22	0.36	0.20	0.29	0.04

<sup>a</sup>. 學科層面包含「了解理論內容」、「檢視先前學習歷程」、「真實性經驗」等三種影響類型

<sup>b</sup>. 技術層面包含「學習實驗技巧」、「驗證理論」、「記憶理論」

<sup>c</sup>. 平均數

<sup>d</sup>. [ ]內的數字為標準差

<sup>e</sup>. SC 為學生的向心力 (student cohesiveness scale)；OE 為實驗室開放程度 (open-endedness scale)；IT 為統整能力 (integration scale)；ME 為物質環境 (material environment scale)

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$

由表 4-5-2，根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA)顯示，實驗活動對學生學習科學的影響類型在偏好實驗環境與實際實驗環境之「學生的向心力」、「實驗室開放程度」、「統整能力」、「物質環境」四個面向均無顯著差異。可能的推論為實驗活動對學生學習科學的影響類型與其偏好的實驗環境間並無連結，彼此不相互影響。

綜言之，偏好的或實際的實驗環境與實驗活動對科學學習的影響間，沒有發現顯著的差異存在。

### 三、學生處理實驗異象的態度與其科學知識觀前後測之分析

研究者將「學生處理實驗異象的態度」分為「建構主義取向」與「實徵主義取向」兩種類別（詳見第四章第四節），而根據本章第一節的分析結果，將學生的科學知識觀分為「社會協商的角色 (SN, the role of social negotiation)」、「被發明且具創造力的科學本質 (IC, the invented and creative nature of science)」、「理論滿載的探索 (TL, the theory-laden exploration)」、「科學知識的暫時性與變動性特徵 (CT, the changing and tentative feature of science knowledge)」四個面向。經研究者分析整理學生處理實驗異象的態度與其科學知識觀前測分數後，將結果整理如表 4-5-3：

表 4-5-3 學生處理實驗異象的態度與其科學知識觀前測及後測的比較

Scale (n=95)	科學知識觀前測				科學知識觀後測			
	SN <sup>d</sup>	IC	TL	CT	SN	IC	TL	CT
	(pretest)	(pretest)	(pretest)	(pretest)	(posttest)	(posttest)	(posttest)	(posttest)
建構主義取向 <sup>a</sup>	4.36 <sup>b</sup> [0.46] <sup>c</sup>	4.35 [0.47]	3.11 [0.78]	4.45 [0.54]	4.29 [0.38]	4.24 [0.47]	3.76 [0.51]	4.13 [0.55]
實徵主義取向	3.86 [0.46]	4.07 [0.51]	3.06 [0.61]	4.22 [0.53]	3.85 [0.62]	3.84 [0.64]	3.69 [0.60]	4.01 [0.61]
t-test	4.86**	2.57*	0.40	1.95	4.21**	3.05**	0.52	0.88

<sup>a</sup>. 學生處理實驗異象的態度分為「建構主義取向」與「實徵主義取向」兩種

<sup>b</sup>. 平均數

<sup>c</sup>. [ ]內的數字為標準差

<sup>d</sup>. SN 為社會協商的角色; IC 為被發明且具創造力的科學本質; TL 為理論滿載的探索; CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$

表 4-5-3 呈現出學生處理實驗異象的態度與其科學知識觀前測分數兩者間的分析。

根據獨立樣本 t 檢定的結果顯示，處理實驗態度偏建構主義取向的學生與偏實徵主義取向的學生，在科學知識觀之「社會協商的角色」面向上的分數有顯著差異。因此，處理實驗異象的態度偏向建構主義取向的學生，傾向認為科學是經由科學家之間協商、溝通出來的。而「被發明且具創造力的科學本質」的分數有顯著差異的情形顯示，處理實驗異象的態度偏建構主義取向的學生，認為科學家具創造力與想像力才能發明出科學。

然而，表 4-5-3 另一部份呈現出學生處理實驗異象的態度與其科學知識觀後測分數間的分析。根據獨立樣本 t 檢定的結果顯示，處理實驗態度偏建構主義取向的學生與偏實徵主義取向的學生，在科學知識觀之「社會協商的角色」與「被發明且具創造力的科學本質」兩面向上的分數有顯著差異。上述分析結果顯示，學生處理實驗異象的態度偏向建構主義取向的學生，仍傾向認為科學是經由科學家之間協商、溝通出來的，並且認為科學發展是需要科學家的想像力與創造力的。

因此根據表 4-5-3 的結果，研究者認為學生的科學知識觀可能會影響其處理實驗異象的態度。

## 二、學生處理實驗異象的態度與其偏好的及實際的實驗環境之分析

「學生處理實驗異象的態度」的部分，分為「建構主義取向」與「實徵主義取向」兩種類別。而根據本章第一節的分析結果，將學生偏好的實驗環境分為「學生的向心力 (student cohesiveness scale)」、「實驗室開放程度 (open-endedness scale)」、「統整能力 (integration scale)」、與「物質環境 (material environment scale)」。經研究者分析整理學生處理實驗異象的態度與其偏好及實際的實驗環境分數後，將結果整理如表 4-5-4：

表 4-5-4 學生處理實驗異象的態度與其偏好及實際實驗環境的比較

Scale (n=95)	偏好實驗環境				實際實驗環境			
	SC <sup>d</sup> (preferred)	OE (preferred)	IT (preferred)	ME (preferred)	SC (actual)	OE (actual)	IT (actual)	ME (actual)
建構主義取向 <sup>a</sup>	4.09 <sup>b</sup> [0.40] <sup>c</sup>	3.65 [0.49]	3.95 [0.52]	4.07 [0.44]	3.84 [0.62]	2.75 [0.49]	3.60 [0.40]	3.62 [0.80]
實徵主義取向	3.77 [0.56]	3.56 [0.54]	3.84 [0.49]	4.10 [0.43]	3.52 [0.51]	2.75 [0.49]	3.38 [0.51]	3.54 [0.60]
t-test	2.78**	0.73	0.93	-0.22	2.61*	0.02	2.06*	0.55

<sup>a</sup>. 學生處理實驗異象的態度分為「建構主義取向」與「實徵主義取向」兩種

<sup>b</sup>. 平均數

<sup>c</sup>. [ ]內的數字為標準差

<sup>d</sup>. SC 為學生的向心力；OE 為實驗室開放程度；IT 為統整能力；ME 為物質環境

\* $p<0.05$

\*\* $p<0.01$

表 4-5-4 呈現出學生處理實驗異象的態度與其偏好的實驗環境分數兩者間的分析。

根據獨立樣本 t 檢定的結果顯示，處理實驗態度偏建構主義取向的學生與偏實徵主義取向的學生，在偏好的實驗環境之「學生的向心力」面向上的分數有顯著差異 ( $p<0.01$ )。即處理實驗異象的態度偏向建構主義取向的學生，傾向偏好能與同儕間達成良好互動的程度較高，所以遇到實驗異象的時候，會採取建構主義取向的態度來解決。然而實際的實驗環境並不常如學生所預期。

表 4-5-4 中，獨立樣本 t 檢定的結果顯示，處理實驗態度偏建構主義取向的學生與偏實徵主義取向的學生，在實際的實驗環境之「學生的向心力」與「統整能力」兩面向上的分數有顯著差異。上述分析結果顯示，學生處理實驗異象的態度偏向建構主義取向的學生，仍認為實際的實驗環境可提供與同儕溝通討論的機會，並且可將課堂所學的理論應用於實驗活動上。所以因為學生認為實際的實驗環境具有「學生的向心力」與「統整能力」的條件，所以讓學生比較可能有建構主義取向的處理實驗異象態度。

因此根據表 4-5-4 的結果，研究者認為學生處理實驗異象的態度也可能會影響學生偏好的實驗環境或實際所接觸的實驗環境。

### 三、學生處理實驗異象的策略與其科學知識觀前後測之分析

本小節將對學生處理實驗異象的策略與其科學知識觀前後測分數之間進行分析。「學生處理實驗異象的策略」分為「尋求實驗的再現性」、「尋求教師協助與蒐集資料」、「與同儕討論」、「檢視所學知識的正確性」等四種面向，學生科學知識觀的面向仍與本節前述相同，因此不再贅述。經研究者整理，將結果列舉如表 4-5-5：

表 4-5-5 學生處理實驗異象的策略與其科學知識觀前測的比較

Scale (n=95)	科學知識觀前測				科學知識觀後測			
	SN <sup>c</sup> (pretest)	IC (pretest)	TL (pretest)	CT (pretest)	SN (posttest)	IC (posttest)	TL (posttest)	CT (posttest)
(1) 尋求實驗的再現性 <sup>a</sup>	3.92 <sup>b</sup> [0.49] <sup>b</sup>	4.08 [0.52]	2.94 [0.61]	4.20 [0.57]	3.91 [0.61]	3.93 [0.64]	3.67 [0.57]	4.02 [0.58]
(2) 尋求教師協助與蒐集資料	4.22 [0.25]	4.42 [0.14]	3.33 [1.00]	4.67 [0.33]	4.28 [0.42]	4.08 [0.63]	4.22 [0.69]	4.33 [0.33]
(3) 與同儕討論	4.53 [0.43]	4.33 [0.54]	3.72 [0.57]	4.39 [0.39]	4.56 [0.34]	4.13 [0.47]	3.56 [0.34]	4.39 [0.49]
(4) 檢視所學知識的正確性	4.14 [0.55]	4.33 [0.48]	3.07 [0.66]	4.49 [0.45]	4.04 [0.53]	4.03 [0.59]	3.84 [0.62]	3.96 [0.68]
F (ANOVA)	3.48*	1.77	4.31**	2.06	2.67	0.32	1.42	1.05
Scheffe test	(3) > (1)		(3) > (1)					

<sup>a</sup>. 學生處理實驗異象的策略分為「尋求實驗的再現性」、「尋求教師協助與蒐集資料」、「與同儕討論」、「檢視所學知識的正確性」等四種面向

<sup>b</sup>. 平均數、[ ]內的數字為標準差

<sup>c</sup>. SN 為社會協商的角色；IC 為被發明且具創造力的科學本質；TL 為理論滿載的探索；CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$

表 4-5-5 呈現出學生處理實驗異象的策略與其科學知識觀前測分數兩者間的分析結果。根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA) 顯示，處理實驗異象的策略在「社會協商的角色」與「理論滿載的探索」兩個面向上扮演了很重要的角色。然而在「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」兩面向並沒有顯著差異。在 Scheffe test (事後比較) 中，進一步指出傾向採用「與同儕討論」的處理實驗異象策略的學生在「社會協商的角色」與「理論滿載的探索」面向上的分數皆比處理實驗異象策略的學生在「尋求實驗的再現性」分數高。此結果顯示，運用「與同儕討論」之處理實驗異象策略的學生，同時也可能認為科學發展上，科學家間的溝通協調以及科學家本身的假設、推論等主觀想法扮演了非常重要的角色。

此外，在學生處理實驗異象的策略與其科學知識觀後測分數兩者間的分析結果。根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA) 顯示，處理實驗異象的策略在「社會協商的角色」、「理論滿載的探索」、「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」四個面向都沒有顯著差異。

#### 四、學生處理實驗異象的策略與其偏好的及實際的實驗環境之分析

本小節將對學生處理實驗異象的策略與其偏好的及實際的實驗環境分數之間進行分析。「學生處理實驗異象的策略」分為「尋求實驗的再現性」、「尋求教師協助與蒐集資料」、「與同儕討論」、「檢視所學知識的正確性」等四種面向，學生偏好的及實際的實驗環境面向仍與本節前述相同，因此不再贅述。經研究者整理，將結果列舉如表 4-5-6：

表 4-5-6 學生處理實驗異象的策略與偏好及實際實驗環境的比較

Scale (n=95)	偏好實驗環境				實際實驗環境			
	SC <sup>d</sup> (preferred)	OE (preferred)	IT (preferred)	ME (preferred)	SC (actual)	OE (actual)	IT (actual)	ME (actual)
(1) 尋求實驗的再現性 <sup>a</sup>	3.83 <sup>b</sup> [0.53] <sup>c</sup>	3.57 [0.50]	3.88 [0.54]	4.13 [0.41]	3.60 [0.55]	2.73 [0.44]	3.41 [0.50]	3.64 [0.65]
(2) 尋求教師協助與蒐集資料	3.57 [0.29]	3.38 [0.22]	3.90 [0.16]	4.05 [0.22]	2.81 [0.44]	2.67 [1.00]	3.67 [0.66]	3.52 [0.30]
(3) 與同儕討論	4.19 [0.41]	3.81 [0.75]	3.74 [0.21]	4.07 [0.35]	3.86 [0.51]	2.90 [0.69]	3.62 [0.27]	3.64 [0.42]
(4) 檢視所學知識的正確性	3.95 [0.58]	3.62 [0.56]	3.88 [0.46]	3.97 [0.54]	3.76 [0.56]	2.78 [0.52]	3.50 [0.45]	3.28 [0.77]
F (ANOVA)	1.37	0.59	0.15	0.65	3.01*	0.30	0.64	1.51
Scheffe test								

<sup>a</sup>. 學生處理實驗異象的策略分為「尋求實驗的再現性」、「尋求教師協助與蒐集資料」、「與同儕討論」、「檢視所學知識的正確性」等四種面向

<sup>b</sup>. 平均數

<sup>c</sup>. []內的數字為標準差

<sup>d</sup>. SC 為學生的向心力；OE 為實驗室開放程度；IT 為統整能力；ME 為物質環境

\* $p<0.05$

由表 4-5-6，在學生處理實驗異象的策略與其偏好的實驗環境的部分，根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA)顯示，處理實驗異象的策略在「學生的向心力」、「實驗室開放程度」、「統整能力」、「物質環境」四個面向都沒有顯著差異。在 Scheffe test (事後比較) 中，各項分數也沒有顯著性。可能的推論為學生處理實驗異象的策略較不容易與偏好的實驗環境連結，學生需實際參與實驗活動。

在學生處理實驗異象的策略與其實際的實驗環境的部分，根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA)顯示，處理實驗異象的策略在「學生的向心力」面向上扮演了很重要的角色。然而在「實驗室開放程度」、「統整能力」、「物質環境」三面向仍舊沒有顯著差異。在 Scheffe test (事後比較) 中，各項分數並沒有顯著性，顯示處理實驗異象策略的四個面向間沒有顯著差異。此結果顯示，學生認為處理實驗異象的策略在同儕間的互動、溝通中扮演了一個重要的角色，但是在策略之間並不明顯。可能的推論為同儕之間可藉由討論該採用何種實驗異象處理策略來凝聚學生之間的向心力。

## 五、學生面對實驗異象的反應行為與其科學知識觀前後測之分析

本小節將學生面對實驗異象的反應行為與其科學知識觀前後測分數之間進行分析。「學生面對實驗異象的反應行為」分為  $\alpha_1$  行為、 $\alpha_2$  行為、 $\beta$  行為三個面向。 $\alpha_1$  行為指學習者嘗試從原領域中，藉由忽視或排除異象的方式以避免干擾到原始理論的作法。 $\alpha_2$  行為指學習者不確定異象是否為有效資料或不確定自己對異象的解釋是否正確，故以擋置的方式來維護原始理論的作法。 $\beta$  行為係指學習者將干擾理論的異象納入既有理論之中，並使其成為一個新的變數，以便固守既有理論。經研究者整理，將結果列舉如表 4-5-7：

表 4-5-7 學生面對實驗異象的反應行爲與其科學知識觀前測及後測的比較

Scale (n=95)	科學知識觀前測				科學知識觀後測			
	SN <sup>c</sup> (pretest)	IC (pretest)	TL (pretest)	CT (pretest)	SN (posttest)	IC (posttest)	TL (posttest)	CT (posttest)
(1) $\alpha_1$ 行爲	3.94 <sup>a</sup> [0.46] <sup>b</sup>	4.03 [0.43]	2.99 [0.67]	4.17 [0.59]	3.70 [0.58]	3.67 [0.62]	3.45 [0.58]	3.69 [0.62]
(2) $\alpha_2$ 行爲	4.03 [0.55]	4.21 [0.56]	3.04 [0.60]	4.35 [0.51]	4.15 [0.54]	4.10 [0.55]	3.84 [0.48]	4.26 [0.48]
(3) $\beta$ 行爲	4.37 [0.45]	4.50 [0.35]	4.07 [0.49]	4.47 [0.30]	4.37 [0.48]	4.60 [0.29]	4.20 [0.77]	4.33 [0.24]
F (ANOVA)	1.65	2.61	6.73**	1.58	8.30**	9.35**	7.74**	13.53**
Scheffe test			(3)>(1)		(2)>(1)	(2)>(1)	(2)>(1)	(2)>(1)
			(3)>(2)		(3)>(1)	(3)>(1)	(3)>(1)	(3)>(1)

\*\* $p<0.01$

<sup>a</sup>. 平均數

<sup>b</sup>. [ ]內的數字為標準差

<sup>c</sup>. SN 為社會協商的角色; IC 為被發明且具創造力的科學本質; TL 為理論滿載的探索; CT 為科學知識的暫時性與變動性特徵

由表 4-5-7，學生面對實驗異象的反應行為與其科學知識觀前測分數的部分，根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA)顯示，面對實驗異象的反應行為在「理論滿載的探索」面向上扮演了很重要的角色。然而在「社會協商的角色」、「被發明且具創造力的科學本質」、「科學知識的暫時性與變動性特徵」三個面向並沒有顯著差異。在 Scheffe test (事後比較) 中，進一步指出傾向採用「 $\beta$  行為」面對實驗異象的反應行為的學生在「理論滿載的探索」面向上的分數較「 $\alpha_1$  行為」與「 $\alpha_2$  行為」高。此結果顯示，運用「 $\beta$  行為」面對實驗異象的反應行為的學生，同時也可能認為科學家進行科學探索時，其想法會受到個人的假設、價值觀的主觀因素影響。而以實際面對實驗異象時，以「重新詮釋異象、周圍理論改變」的  $\beta$  行為反應來與學生的科學知識觀前測分數進行分析較不容易看出非常明顯的差異。可能的原因為學生實際採用重新詮釋異象與周圍理論改變的行為並沒有非常明顯，所以才導致不顯著的結果。

然而，學生面對實驗異象的反應行為與其科學知識觀後測分數的部分，根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA)顯示，面對實驗異象的反應行為在「社會協商的角色」、「被發明且具創造力的科學本質」、「理論滿載的探索」、「科學知識的暫時性與變動性特徵」四個面向扮演了很重要的角色。即四個面向都呈現顯著性差異。在 Scheffe test (事後比較) 中，進一步指出傾向採用「 $\alpha_2$  行為」與「 $\beta$  行為」面對實驗異象的反應行為的學生在四個面向上的分數均較高。此結果顯示，學生運用「 $\alpha_2$  行為」與「 $\beta$  行為」，即採取「擋置異象、異象效度的不確定性、異象解釋的不確定性、重新詮釋異象、周圍理論改變」的實驗異象反應類型，對其科學知識觀的影響皆高於運用  $\alpha_1$  行為的學生。即偏建構主義取向的科學知識觀可以促進  $\alpha_2$  行為及  $\beta$  行為。研究者進一步推論，在實驗活動中遭遇實驗異象時，會選擇採用「 $\alpha_2$  行為」與「 $\beta$  行為」的實驗異象反應行為做出反應的學生，其科學知識觀分數可能也較高。

從表 4-5-7 整體來看，研究者分成下列兩部分進行深入討論：

### 1. 學生科學知識觀「理論滿載的探索」面向前測顯著情形

學生面對實驗異象的反應行為與其科學知識觀前測的結果顯示只有「理論滿載的探

索」面向有顯著差異。Tsai & Liu (2005) 發現，認同科學知識是理論蘊含的學生也很有可能察覺到科學社群中的社會協調行為並了解科學具有創意性、暫時性與文化性的特質。因此，「理論滿載的探索」的概念非常有可能是科學知識觀中的核心部分。所以學生前測的分數雖然只有「理論滿載的探索」面向達到顯著，但也證明了進行實驗活動之前，學生的科學知識觀已具備核心部分的概念。

## 2. 科學知識觀後測四個面向皆顯著情形

根據表 4-5-7 可知，學生的科學知識觀在實驗活動後，四個面向的分數皆達顯著。此結果顯示，由於研究者目前尚無法精確測出學生在進行實驗活動當時的科學知識觀為何，故以較為接近實際情況的科學知識觀後測分數來分析學生於實驗活動後的科學知識觀。與學生的科學知識觀前測比較後，發現具挑戰性事件的實驗活動確實能促進學生的科學知識觀，而且學生在處理實驗異象過程中，已經開始在挑戰自己的科學知識觀，並漸漸改變自己的科學知識觀，因而出現學生科學知識觀四個面向的後測分數均達顯著差異的結果。

## 六、學生處理實驗異象的反應行為與其偏好的及實際的實驗環境之分析

本小節將學生面對實驗異象的反應行為與其偏好的及實際的實驗環境分數之間進行分析。經研究者整理，將結果列舉如表 4-5-8：

表 4-5-8 學生面對實驗異象的反應行爲與偏好實驗環境的比較

Scale (n=95)	偏好實驗環境				實際實驗環境			
	SC <sup>c</sup> (preferred)	OE (preferred)	IT (preferred)	ME (preferred)	SC (actual)	OE (actual)	IT (actual)	ME (actual)
(1) $\alpha_1$ 行為	3.72 <sup>a</sup> [0.50] <sup>b</sup>	3.58 [0.53]	3.85 [0.45]	4.05 [0.47]	3.45 [0.58]	2.75 [0.51]	3.36 [0.45]	3.59 [0.52]
(2) $\alpha_2$ 行為	3.95 [0.54]	3.57 [0.52]	3.89 [0.55]	4.11 [0.41]	3.73 [0.54]	2.73 [0.46]	3.48 [0.49]	3.58 [0.77]
(3) $\beta$ 行為	4.00 [0.45]	3.80 [0.55]	3.83 [0.33]	4.11 [0.42]	3.69 [0.57]	2.89 [0.61]	3.74 [0.57]	3.26 [0.47]
F (ANOVA)	2.25	0.44	0.08	0.21	2.68	0.24	1.66	0.56

<sup>a</sup>. 平均數

<sup>b</sup>. [ ]內的數字為標準差

<sup>c</sup>. SC 為學生的向心力；OE 為實驗室開放程度；IT 為統整能力；ME 為物質環境

由表 4-5-8，學生面對實驗異象的反應行為與其偏好的實驗環境部分，根據單因子變異數分析 (one-way ANOVA)顯示，面對實驗異象的反應行為在「學生的向心力」、「實驗室開放程度」、「統整能力」、「物質環境」四個面向都沒有顯著差異。

學生面對實驗異象的反應行為與實際的實驗環境，面對實驗異象的反應行為在「學生的向心力」、「實驗室開放程度」、「統整能力」、「物質環境」四個面向也都沒有顯著差異。在 Scheffe test (事後比較) 中，各項分數沒有顯著性。

可能的推論為實驗異象的反應行為屬於實做層面，故學生面對實驗異象的反應行為較不容易與偏好的實驗環境連結，因此學生需實際參與實驗活動。但是，學生面對實驗異象時，所採取的反應可能並不會因為環境因素而影響其反應類型，或影響力不足以干擾學生面對實驗異象的反應。

## 第六節 後續分析與討論

根據前述的研究結果，研究者發現學生處理實驗異象中，仍具有可繼續深入探討的部分進行分析與討論，因此整理如後。

1996

### 壹、學生處理實驗異象的策略與學生自我調制學習

根據本研究發現，學生面對實驗異象時，並不會主動認為該異象的出現會幫助本身的科學學習行為，而會先採取不同的反應、策略及態度來處理實驗異象。此時，教師的任務似乎應藉由實驗異象來促成學生達到理論改變而非固守原有理論。然而，學生遭遇到實驗異象時，教師的角色在於讓學生意地懷疑實驗異象的存在更甚於盲目地促進理論改變，理論改變必須是理性且具反思性的 (reflective) (Chin, Brewer, 1993)。而研究者從學生錄音訪談的資料中，發現學生遭遇實驗異象時，傾向採取檢視先前學習歷程的策略。

我會先弄清楚是不是自己學錯了，因為我覺得自己一個人的實驗的錯誤不代表是課本的

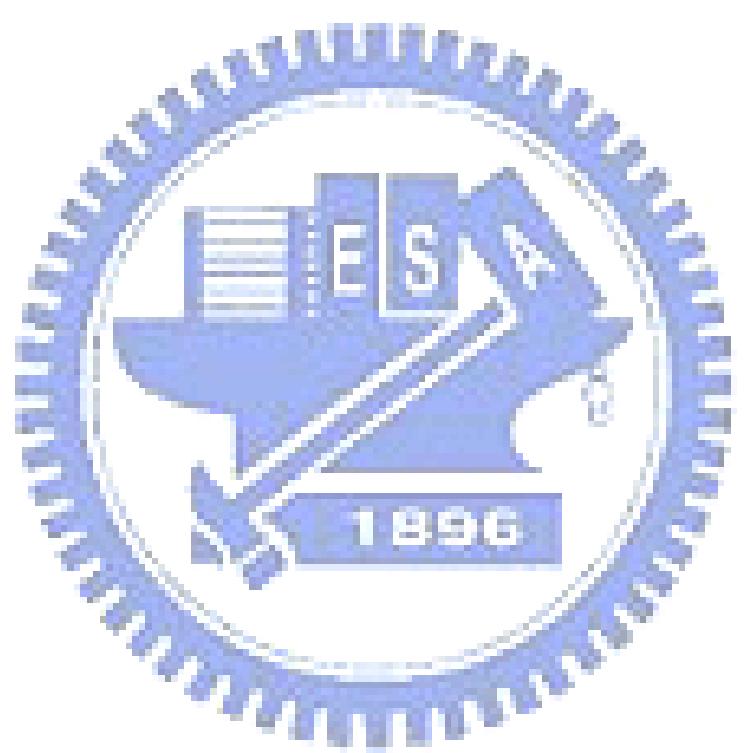
東西是錯，我覺得是自己錯比較多，所以我就會弄清楚是不是自己弄錯一點東西。

可能就要回去再翻一下學過的那些理論，看看到底有沒有錯，如果真的是差很多的話，那我們就會更深入討論。

研究者認為此一策略與動機心理學中「自我調制學習 (self-regulated learning)」理論相似。自我調制學習的理論架構大致可分為「認知調制(regulation of cognition)」、「動機與情意調制 (regulation of motivation and affect)」、「行為調制 (regulation of behavior)」、「脈絡調制 (regulation of context)」四種類型 (Pintrich, 2000)。「認知調制」係指學習者可能會運用於學習的認知策略及用以控制與調整其認知能力的後設認知策略。「動機與情意調制」係指學習者本身可能具備的多樣動機信念（如：自我效能），而該動機信念與所從事的工作具有關連性。此外，對於工作的喜好與興趣所產生的正向或負向情緒反應也會影響此面向。所有學習者用以控制與調整動機與情意的策略亦為此面向討論的範疇。「行為調制」係指學習者可能運用在工作上的努力程度，如：堅持、尋求協助、抉擇等。「脈絡調制」係指工作環境、一般教室或文化脈絡等任何學習可能發生的地方進行調整。

1896

研究者認為學生面對實驗異象的反應與自我調制學習中的行為調制關係較密切。從學生的訪談逐字稿分析可知，學生處理實驗異象的策略有「檢視所學知識的正確性」、「尋求教師協助與蒐集資料」、「與同儕討論」及「尋求實驗的再現性」，而行為調制則可能採用的方式有「堅持」、「尋求協助」、「抉擇」、「增強努力或降低努力」等。因此，研究者推論，未來研究可進一步討論學生處理實驗異象的策略與實驗室中自我調制學習兩者的分析。



## 第五章 結論與建議

本章共分為兩節。第一節主要依據第四章的研究分析結果進行彙整，並針對數個重要結論進行深入討論。第二節則為研究者針對後續相關研究所提出之建議。

### 第一節 結論與討論

本研究針對三班 157 位參與挑戰性事件之實驗活動的大一學生，其面對實驗異象的反應、實驗異象的處理策略、處理態度及其科學知識觀、實驗環境與教師觀點進行分析。經信度分析後，為使「科學觀點量表」（社會協商的角色、被發明且具創造力的科學本質、理論滿載的探索、科學知識的暫時性與變動性特徵）與「科學實驗環境量表」（SC 為學生的向心力；OE 為實驗室開放程度；IT 為統整能力；ME 為物質環境）八個面向的信度達 0.55 可分析之標準以上，因此僅擷取其中 95 位學生的科學知識觀分數進行探討。

在實驗異象方面，研究者首先以兩次實驗異象報告收集資料，再依據學生實驗異象報告的精緻度、表達能力等標準，從三班 157 位大一學生中，平均從各班選取 15 至 16 位學生，共計 47 位學生進行錄音訪談，並以內容分析法分析所收集到的資料，以對三班學生在面對實驗異象的反應、實驗異象的處理策略、實驗異象的處理態度等資料有所了解；而在科學知識觀與實驗環境方面，研究者在兩次具有挑戰性數據的實驗活動前後分別以「科學觀點量表」及「科學實驗環境量表」進行前後測，以瞭解學生在具有挑戰性數據的實驗活動後，其對於科學觀點的改變情形與其偏好與實際的實驗環境間的差異。本節將所得到的研究結果，針對「學生的科學知識觀與實驗活動」、「學生的科學知識觀與其面對實驗異象的反應、處理實驗異象的態度、處理實驗異象的方式」、「教師的科學知識觀、處理實驗異象的觀點對學生處理實驗異象的影響」三個部分提出結論並進行深入討論。

## 壹、實驗活動與學生的科學知識觀

本研究運用錄音訪談與「科學觀點量表」、「科學實驗環境量表」，對三班參與具挑戰性事件實驗活動的大一學生進行分析。研究結果發現，實驗活動影響科學學習的層面的確會因為學生的科學知識觀不同而有所差異。以科學知識觀「社會協商的角色」的面向為例，認為實驗活動會幫助自己更了解科學理論內容的學生，比起認為實驗活動是用来驗證先前所學理論的學生，更傾向相信科學是藉由科學家們溝通討論而確立的事實。

而 Tsai (1999a) 的研究指出，學校實驗室中，多數的語言互動行為都發生於學生與學生間的溝通互動，儘管學生的科學知識觀與有效的語言互動行為之間沒有相關性，但是相較於科學知識觀較低的學生（實徵主義取向的學生），科學知識觀較高的學生（建構主義取向的學生）傾向有更多機會與同儕溝通實驗活動的意義。本研究的研究結果也同樣發現，學生為了解科學理論的內容與發展歷程，傾向與同儕進行討論與溝通。

## 貳、學生面對實驗異象的反應、處理實驗異象的態度、處理實驗異象的策

### 略與學生的科學知識觀

本研究發現，處理實驗異象的態度方面，態度偏建構主義取向的學生，其科學知識觀比態度偏實徵主義取向的學生來得高，因此處理實驗異象的態度有可能受學生的科學知識觀所影響。處理實驗異象的策略方面，研究者發現，傾向藉由同學與同學之間的討論來處理實驗異象的學生，其科學知識觀「社會協商的角色」與「理論滿載的探索」的面向上的表現也較好。研究者推論，學生處理實驗異象的策略可能會受到學生的科學知識觀影響，又以「社會協商的角色」以及「理論滿載的探索」的面向的影響較大。面對實驗異象的反應方面，選擇採用「 $\alpha_2$  行為」與「 $\beta$  行為」的實驗異象反應行為做出反應的學生，其科學知識觀分數可能也較高。具挑戰性事件的實驗活動確實能促進學生的科學知識觀，而且學生在處理實驗異象過程中，已經開始在挑戰自己的科學知識觀，並漸漸改變自己的科學知識觀。此外，由學生的科學知識觀「理論滿載的探索」後測分數上升、「被發明且具創造力的科學本質」與「科學知識的暫時性與變動性特徵」後測分數

下降可知，學生參與具挑戰性事件的實驗活動，藉由親手操作的過程，可以幫助學生進一步了解科學家發明理論的歷程。然而，在教師公布實驗結果的標準答案後，此一標準答案會使學生認為科學知識還是有所謂的正確解答，而非具暫時性的特徵，同時對於所得之奇異實驗結果的創意詮釋也與標準答案相抵觸，而使學生的創造力科學本質的觀點減弱。

## 參、教師的科學知識觀、處理實驗異象的觀點與學生處理實驗異象

本研究發現，面對實驗異象的反應方面，教師的科學知識觀與其對實驗異象的反應行為有關，教師採取「 $\alpha_2$ 行為」與「 $\beta$ 行為」實驗異象的反應行為，其科學知識觀分數較採取「 $\alpha_1$ 行為」的教師高。處理實驗異象的態度方面，態度偏建構主義取向與介於建構主義取向及實徵主義取向的教師，其科學知識觀比態度偏實徵主義取向的教師來得高，因此處理實驗異象的態度有可能受教師的科學知識觀所影響。處理實驗異象的策略方面，研究者發現，傾向以了解學生實驗內容的處理實驗異象策略的教師，其科學知識觀比採用「對照同儕實驗結果」、「尋求實驗的再現性」的處理實驗異象策略的教師高。

由上述的結果可知，教師「面對實驗異象的反應」、「處理實驗異象的態度」、「處理實驗異象的策略」可能會受到教師的科學知識觀影響，而教師的科學知識觀與處理實驗異象的觀點亦可能會影響學生處理實驗異象的觀點。

## 第二節 建議

### 壹、學生的實務知識論與科學知識觀

本研究發現，學生對於科學家在進行科學探究活動與自己在科學實驗室中所進行的科學探究活動兩者的看法並不相同。學生的實驗異象報告中，認為科學家經由多次實驗考驗後，若挑戰既有理論的實驗異象仍舊存在，則開始懷疑理論的真實性，並預測有可成功解釋實驗異象的新理論出現。而對於自己在學校科學實驗室中所遭遇類似上述現象時，卻歸因於實驗設備與人為因素導致實驗異象的出現，並不以為意。學生的觀點可由

Sandoval (2005) 所提出的實務知識論 (practical epistemology) 做進一步說明。

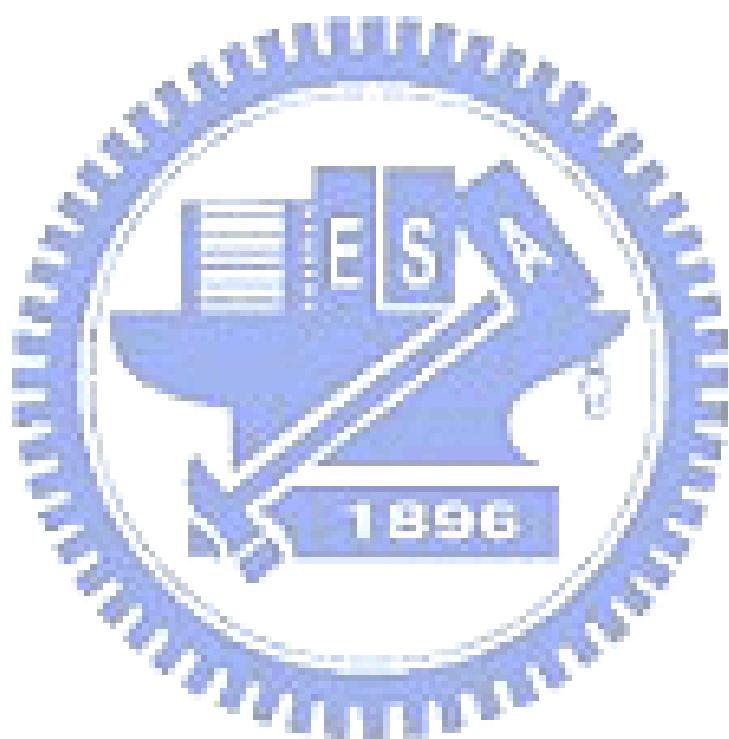
Sandoval (2005) 將學生的知識論分為形式知識論 (formal epistemology) 與實務知識論 (practical epistemology) 兩類。形式知識論是指學生對於專業科學中科學知識的知識論信念。實務知識論是指學生在探究活動中，用以建構自己的科學知識所應用的知識論信念（吳佳蓮、吳心楷，2006）。研究者於本研究中所採用的「科學觀點問卷」測得的僅為形式知識論，目前尚無可供測量實務知識論的量表開發出來。因此，本研究根據學生錄音訪談分析後，以內容分析法分析學生的逐字稿，了解到學生認為自己在學校的科學實驗室中，無論環境還是個人專業知識的涵養，皆不如科學家，因此認為自己無法藉由實驗異象來挑戰既有理論甚至進行理論改變。但科學家基於良好的實驗環境與豐富專業知識的背景，遭遇實驗異象所提出對於既有理論的質疑與論點，可信度都相當高，科學家也比較有機會推翻理論，達成理論改變。

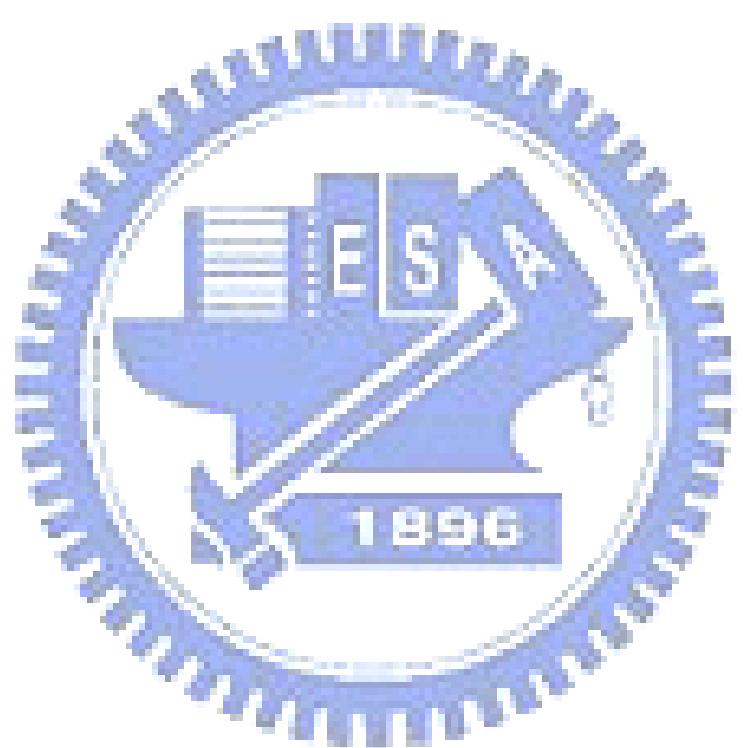
## 貳、實驗異象與學生科學學習

根據第四章的研究結果，研究者發現，學生接觸到實驗異象時，由於受限於大學以前的舊經驗，認為實驗必然有誤差或出入，因此並不認為實驗異象足以促使自己檢視學習歷程與所學理論的正確性，而選擇再做一次實驗以求實驗的再現性，將實驗異象視為一種失誤、錯誤，而採取忽略、排除的反應。從教師的訪談逐字稿分析也可得到相似的結論，教師認為學生在做實驗的時候，自己從實驗過程中發現錯誤或矛盾的機會不大，最常見的狀況都是經由教師提醒後才恍然大悟地發現問題所在。簡言之，學生仍偏實徵主義取向，難以主動發現實驗異象的存在，需要權威角色提點才能發現實驗異象。

因此，研究者認為，僅讓學生發現實驗異象的存在並無法使學生進行有意義的學習行為，教師應適時給予協助，但不是直接提供學生正確答案。此外，研究者也發現，第一次實驗異象報告與第二次實驗異象報告之間的差異在於第一次實驗異象報告內容中，學生多將實驗異象的存在歸因於人為操作錯誤、器材設備不良所造成，而並不會質疑教師的教學內容、教科書內容、科學理論內容的正確性。然而，在教師宣布挑戰性事

件的原委後，第二次進行實驗後，學生第二次所撰寫的實驗異象報告明顯地將實驗教學內容的因素納入造成出入的原因，並且將實驗異象視為可以檢視自己所學知識的正確性的想法也減少。根據上述現象，研究者認為，設計具挑戰性事件的實驗課程時，應隨機安排異象於實驗活動中，以避免學生連續接觸多次實驗異象後，反而干擾學生對於實驗異象的反應行為。





, mn

## 參考文獻

### 中文部分

- 小野 (1988)。蛹之生。台北：遠流。
- 王文科、王智弘 (2005)。教育研究法。台北市：五南。
- 王宏仁 (2006)。Nvivo 7 和 Atlas.ti 5 比較。2007 年 3 月 5 日，取自 <http://doz.blogspot.com/search/label/Nvivo%207.0>。
- 王國華 (1995)。自然科概念改變教學策略之探討。論文發表於台灣中區國民中學數理學科「概念改變教學策略」研習會。彰化市：國立彰化師範大學。
- 王靜如 (2006)。傳達科學本質之理論與教學實例。台北市：秀威資訊。
- 池勝昌 (譯) (1999)。P.M. Harman 著。科學革命 (The scientific revolution)。台北市：麥田。
- 吳芝儀、廖梅花 (譯) (2001)。A. Strauss & J. Corbin 著。質性研究入門：紮根理論研究方法 (Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory)。嘉義市：濤石文化。
- 吳佳蓮、吳心楷 (2006)。科學探究活動中國小五年級學童科學解釋能力及實務認識論之研究。論文發表於中華民國第二十二屆科學教育學術研討會。台北市：國立台灣師範大學。
- 東吳大學微生物學系。遺傳及微生物生態、生理與工業應用—孟德爾豌豆實驗與遺傳第一與第二定律。2007 年 1 月 25 日，取自 <http://science.scu.edu.tw/micro/1024/>。
- 金吾倫 (1993)。科學發現的哲學—拉瓦錫化學革命的探究。台北市：水牛。
- 洪振方 (1994)。從孔恩異例的認知與論證探討科學知識的重建。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，台北市。
- 洪振方 (1999)。從科學史與科學哲學的探討反思學生社群科學知識的重建與問題。物理教育，3，85-92

- 祖莊珮（1995）。高中學生物理知識重建歷程的特徵研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。
- 高慧蓮、蘇明洲、林裕仁（2006）。科學本質融入自然科的教學。教育研究月刊，152，56-63。
- 教育部（1995a）。高級中學基礎化學課程標準。未出版，台北市。
- 教育部（1995b）。高級中學選修科目化學課程標準。未出版，台北市。
- 教育部（2003）。科學教育白皮書。未出版，台北市。
- 郭奕玲、沈慧君（1994）。物理通史。新竹市：凡異文化。
- 黃台珠（1984）。概念研究及其意義。科學教育月刊，66，44-56。
- 黃光國（2003）。社會科學的理路。台北市：心理。
- 楊文金（1993）。異常現象的知覺與反應類型分析。中華民國第九屆科學教育學術研討會論文彙編，105-124。彰化：國立彰化師範大學。
- 楊文金（1997）。對異常現象的反應類型與推理類型之相關研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。NSC84-2511-S-003-052。
- 潘淑滿（2003）。質性研究：理論與應用。台北市：心理。
- 鄭湧涇（2001）。國一學生生物概念學習之研究(I)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。NSC88-2511-S-003-029。
- 趙金祈、許榮富、黃芳裕（1993）。科學哲學對組成知識之主張及其演變。科學教育月刊，161，4-15。
- 曹亮吉（1988）。數學導論。台北市：科學月刊社。
- 謝文全（2004）。教育行政學。台北市：高等教育。
- 關秉寅（2007）。信度與效度。2008年1月24日，取自  
<http://www3.nccu.edu.tw/~soci1005/Reliability%20and%20Validity.doc>

## 英文部分

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N.G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Alverman, D.E., & Hynd, C.R. (1989). Effects of prior knowledge activation modes and text structure on nonscience majors' comprehension of physics. *Journal of Educational Research*, 83, 97-102.
- Anderson, G.J. (1973). *The Assessment of Learning Environment*. Halifax, Nova Scotia: Atlantic Institute of Education.
- Anderson, R.C. (1977). The notion of schemata and the educational enterprise: General discussion of the conference. In R.C. Roehler, & J. Mason (Eds.), *Comprehension Instruction: Perspectives and Suggestions* (pp. 187-201). New York: Longman.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Blosser, P.E. (1983). What research says: The role of the laboratory in science teaching. *School Science and Mathematics*, 83, 165-169.
- Brewer, W. F., & Lambert, B. L. (1993). The theory ladenness of observation: Evidence from cognitive psychology. *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 254-259). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bridewell, W. (2004). *Science as an anomaly-driven enterprise: A computational approach to generating acceptable theory revisions in the face of anomalous data*. Unpublished doctoral dissertation, University of Pittsburgh, PA.
- Brown, D.E., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Brown, D.E., & Clement, J. (1992). Classroom teaching experiments in mechanics. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp.380-397). Kiel, Germany: Institute furdie Padagogik der Naturwissenschaften an der Universitat Kiel.
- Champagne, A.B., Gunstone, R.F., & Klopfer, L.E. (1985). Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena. In L.H.T. West & A.L. Pines (Eds.), *Cognitive Structure and Conceptual Change* (pp. 61-90). Orlando, FL: Academic

Press.

- Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15, 1-40.
- Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90, 803-819.
- Chinn, C.A. & Brewer, W.F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Chinn, C.A. & Brewer, W.F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623-654.
- Chinn, C.A. & Malhotra, B.A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94, 327-343.
- Crabtree, B.D., & Miller, W. (1999). *Doing Qualitative Research*. Newbury Park: Sage Publications.
- Demastes, S. S., Good, R.G., & Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 79, 637-666.
- Duschl, R. A. (1985). Science education and philosophy of science twenty-five years of mutually exclusively development. *School Science and Mathematics*, 85, 541-555.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring Science Education: The Importance of Theories and Their Development*. New York: Teachers College Press.
- Edmondson, K. M. (1989). *The Influence of Students' Conceptions of Scientific Knowledge and Their Orientations to Learning on Their Choices of Learning Strategy in a College Introductory Level Biology Course*. Unpublished doctoral dissertation, Cornell University, Ithaca, NY.
- Fraser, B.J., Giddings, G.J., & McRobbie, C.J. (1995). Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 399-422.
- Haladyna, T., Olsen, R., & Shaughnessy, J. (1982). Relations of student, teacher and learning environment variables to attitudes toward science. *Science Education*, 66, 671-687.
- Hammer, D. (1995). Epistemological considerations in teaching introductory physics. *Science Education*, 74, 393-413.

- Hatcher, L. & Stepanski, E. J. (1994). *A step-by-step approach to using the SAS system for univariate and multivariate statistics*. Cary, NC: SAS Institute.
- Henderson, D., Fisher, D., & Fraser, B. (2000). Interpersonal behavior, laboratory learning environments, and student outcomes in senior biology classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 26-43.
- Hewson, M.G., & Hewson, P.W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731-743.
- Hofer, B.K., & Pintrich, P.R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88-140.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*. San Diego, CA: Academic Press.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge* (pp. 91-196). London: Cambridge University Press.
- Laudan, L. (1977). *Progress and Its Problems*. Berkeley: University of California Press.
- Lawson, A.E. (1989). The acquisition of biological knowledge during childhood - an alternative conception - response. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 825-826.
- Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39,

497-521.

- Limon, M., & Carretero, M. (1997). Conceptual change and anomalous data: A case study in the domain of natural sciences. *European Journal of Psychology of Education*, 12, 213-230.
- Lin, J.Y. (2007). Responses to anomalous data obtained from repeatable experiments in the laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 506-528.
- Mason, L. (2000). Role of anomalous data and epistemological beliefs in middle school students' theory change about two controversial topics. *European Journal of Psychology of Education*, 15, 329-346.
- McComas, W.F., Clough, M.P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In McComas, W.F. (Ed), *The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies* (pp.3-39). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Merriam-Webster's collegiate dictionary (11th ed.) (2003). Springfield, MA: Merriam-Webster.
- Millar, R., Tibergien, A., & Maréchal, J.L. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In Psillos, D., & Niedderer, H. (Eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 9-20). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Niaz, M. (1995). Chemical equilibrium and Newton's third law of motion: Ontogeny/phylogeny revisited, *Interchange*, 26, 19-32.
- Niaz, M., Abd-El-Khalick, F., Benarroch, A., Cardellini, L., Laburú, C.E., Marín, N., Montes, L.A., Nola, R., Orlik, Y., Scharmann, L.C., Tsai, C.-C., & Tsaparlis, G. (2003). Constructivism: Defense or a continual critical appraisal – A response to Gil-Pérez et al. *Science & Education*, 12, 787-797.
- Padgett, K.D. (1998). *Qualitative Methods in Social Work Research : Challenges and Rewards*. London: Sage Publications.
- Pintrich, P.R., Marx, R.W., & Boyle, R.A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (Chap. 14). San

Diego, CA: Academic Press.

- Popper, K. R. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Harper & Row.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Reid, A., Wood, L.N., Smith, G.H., & Petocz, P. (2005). Intention, approach and outcome: University mathematics students' conceptions of learning mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 567-586.
- Retoul, A.J., & Frazer, B.J. (1979). Conceptualization and assessment of enquiry-based or open classroom learning environments. *Journal of Curriculum Studies*, 11, 233-245.
- Richards, L., & Richards, T. (1994). From filing cabinet to computer. In Alan Bryman, & Robert G. Burgess (Eds.), *Analyzing Qualitative Data* (pp.146-172). London: Routledge.
- Roth, K.J., Anderson, C.W., & Smith, E.L. (1987). Curriculum materials, teacher talk and student learning: Case studies in fifth grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19, 527-548.
- Roth, K.J. (1990). Developing meaningful conceptual understanding in science. In B.F. Jones & L. Idol (Eds.), *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction* (pp. 109-141). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sandoval, W. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89, 634-656.
- She, H.-C. (2002). Concepts of higher hierarchical level required more dual situational learning events for conceptual change: A study of students' conceptual changes on air pressure and buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24, 981-996.
- She, H.-C. (2003). DSLM instructional approach to conceptual change involving thermal expansion. *Research in Science and Technological Education*, 21, 43-54.
- She, H.-C. (2005). Promoting students' learning of air pressure concepts: The interrelationship of Teaching approaches and student learning characteristics. *The Journal of Experimental Education*, 74, 29-51.
- Shepardson, D.P. & Moje, E.B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth

- graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21, 77-94.
- Shulman, L.D. & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. In R.M.W. Travers (Ed.), *Second Handbook of Research on Teaching*. Chicago: Rand McNally.
- Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 761-784.
- Soyibo, K. (1983). Selected science misconceptions amongst some Nigerian school certificate students. *Misconception in Science and Mathematics*. Proceedings of the International Seminar. pp. 443-445.
- Stake, R. E., & Easley, J. A. (1978). *Case Studies in Science Education* (Vols.1 & 2). Urbana: Center for Instructional Research and Curriculum Evaluation and Committee on Culture and Cognition, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1978). An analysis of laboratory inquiries in the BSCS yellow-version. *American Biology Teacher*, 40, 353-357.
- Tobin, K., & Gallagher, J. (1987). What happens in high school science classrooms? *Journal of Curriculum Studies*, 19, 549-560.
- Treagust, D.F. (1986). Evaluating students' misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science Education*, 16, 199-207.
- Treagust, D.F. & Haslam, F. (1986). *Evaluating Secondary Students' Misconceptions of Photosynthesis and Respiration in Plants Using a Two-tier Diagnostic Instrument*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (59th, San Francisco, CA). March, 1986. ERIC Document Reproduction Service No. ED283713.
- Treagust, D.F. (1995). *Diagnostic Assessment of Students' Science Knowledge*. Mahwah: New Jersey.
- Tsai, C.-C. (1998a). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientation of Taiwanese eighth graders. *Science Education*, 82, 473-489.
- Tsai, C.-C. (1998b). An analysis of Taiwanese eighth graders' science achievement, scientific epistemological beliefs and cognitive structure outcomes after learning basic atomic theory. *International Journal of Science Education*, 20, 413-425.
- Tsai, C.-C. (1999a). "Laboratory exercises help me memorize the scientific truths": A study of

- eighth graders' scientific epistemological views and learning in laboratory activities. *Science Education*, 83, 654-674.
- Tsai, C.-C. (1999b). The progression toward constructivist epistemological views of science: a case study of the STS instruction of Taiwanese high school female students. *International Journal of Science Education*, 21, 1201-1222.
- Tsai, C.-C. (1999c). Science learning and constructivism. *Curriculum and Teaching*, 13, 31-52.
- Tsai, C.-C. (2000). Relationship between student scientific epistemological beliefs and perceptions of constructivist learning environments. *Educational Research*, 42, 193-205.
- Tsai, C.-C. (2001a). Collaboratively developing instructional activities of conceptual change through the Internet: Science teachers' perspectives. *British Journal of Educational Technology*, 32, 619-622.
- Tsai, C.-C. (2001b). A review and discussion of epistemological commitments, metacognition, and critical thinking with suggestions on their enhancement in Internet-assisted chemistry classrooms. *Journal of Chemical Education*, 78, 970-974.
- Tsai, C.-C., & Chang, C.-Y. (2005). Lasting effects of instruction guided by the conflict map: Experimental study of learning about the causes of the seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 1089-1111.
- Tsai, C.-C., & Liu, S.-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views towards science. *International Journal of Science Education*, 27, 1621-1638.
- Wang, T., & Andre, T. (1991). Conceptual change text versus traditional text and application questions versus no questions in learning about electricity. *Contemporary Educational Psychology*, 16, 103-116.

## 附錄

### 附錄一 實驗異象報告 I—溶液的濃度

◎本次實驗目的在於量測溶液的重量百分濃度、各濃度間的換算及酸、鹼性溶液的配置。請根據本次實驗所得的數據與結果，進一步討論並寫出你的想法。

一、當你測出待測液的濃度後，發現測出之濃度與實際濃度有一些落差或出入。

(1)你當時的想法或反應為何？(2)請解釋發生落差的可能原因。

(3)你會採取什麼方法來處理你所測出的實驗數據？你的理由是什麼呢？

二、當你做了好幾次實驗都獲得相近的濃度數據(與實際答案不同)，你會不會覺得有可能是實驗課程中有些地方出錯？

(1)若會，你覺得可能是哪個部分出錯？(普通化學上課教授所教的理論知識、助教實驗教學內容、器材藥品、實驗課本內容、其他)，請說明你的原因並解釋為何其他部分不是你懷疑的項目？

(2)若不會，請依上述各項可能出錯項目說明你的理由。

三、你在普通化學課堂上所學到的理論或概念，對你處理上述所發生的落差有沒有幫助？為什麼？(有或沒有都需說明你的理由)

四、遭遇上述狀況時，會不會幫助你進一步檢視自己所學到的普通化學知識的正確性？請說明你的理由。(有或沒有都需說明你的理由)

五、請你回想一下，(1)你在其他科目(如：物理、生物)有沒有遭遇過實驗結果與你所學過的專業知識有一些出入的狀況？請簡單說明你所遇到的狀況及內容。(2)你覺得你的處理方式會不會因為不同科目而採取不同處理方法？(會或不會都請說明你的理由)

六、你覺得若科學家遭遇上述的現象，對於科學理論的發展有沒有幫助？為什麼？(有或沒有都需說明你的理由)

## 附錄二 實驗異象報告 II—維他命 C 含量之測定

◎本次實驗目的在於了解維他命 C 含量之測定。請根據本次實驗所得的數據與結果，進一步討論並寫出你的想法。

一、當你第一次測出維他命C的含量後(未取平均值)，發現測出之含量與助教所公布的實際含量有一些落差或出入。

(1)你當時的想法或反應為何？(2)請解釋發生落差的可能原因。

(3)你會採取什麼方法來處理你所測出的實驗數據？請說明你的理由。

二、當你重複做了幾次實驗都獲得相近的維他命C含量，即使取平均值後還是與實際答案有差異，你會不會覺得有可能是實驗課程中有些地方出錯？

(1)若會，你覺得可能是哪個部分出錯？(普通化學上課教授所教的理論知識、助教實驗教學內容、器材藥品、實驗課本內容、其他)，請說明你懷疑的原因並解釋為何其他部分不是你懷疑的項目？

(2)若不會，請依上述各項可能出錯項目說明你的理由。

三、你在普通化學課上所學到的理論或概念，對你處理上述所發生的落差有沒有幫助？為什麼？(有或沒有都需說明你的理由)

四、遭遇上述狀況時，會不會幫助你進一步檢查自己所學到的普通化學相關知識究竟正不正確或者自己的想法到底對不對？(會或不會都需說明你的理由)

五、請你回想一下，(1)你在其他科目(如：物理、生物)有沒有遭遇過實驗結果與你所學過的專業知識有一些出入的狀況？請簡單說明你所遇到的狀況及內容。(2)你覺得你的處理方式會不會因為不同科目而採取不同處理方法？(會或不會都請說明你的理由)

六、在化學課中，當你遭遇到實驗結果和所學理論有所出入或不同時，(1)會不會引起你想要進一步探討為什麼會有這樣的情形發生的興趣？會或不會都請說明你的理由。

(2)如果今天做的是物理實驗或生物實驗，你會不會有同樣的想法和興趣？會或不會都請說明你的理由。

### 附錄三 學生訪談大綱

1. 就你個人的想法而言，你覺得為什麼要進實驗室作實驗？
2. 你覺得進實驗室作實驗對你學物理、化學、生物等科學有什麼樣的幫助？
3. 你覺得進普化實驗室之前，在課堂上所學過的理論或知識對實驗的進行有沒有影響或幫助？
4. 普化實驗前，助教或老師對實驗的說明與教學對你實際在進行實驗活動時，有沒有影響或幫助？
5. 當實驗結果與先前所學的理論有一些出入時(不一定是誤差，可能是與你之前所學過的知識有所衝突或矛盾，請分別以「誤差」的角度和「與所學知識有所矛盾或衝突」的角度來分析)，你會如何處理或你的反應是什麼？請舉實例說明。
6. 在實驗課時，遇到實驗結果與先前所學的理論有一些出入，你覺得對你的學習成果或對科學實驗目的的理解有無幫助？
7. 你覺得你的處理方式會不會因為科目不同而不同？為什麼？請舉實例說明你在不同科目的處理方式。

謝謝你接受本研究訪談

## 附錄四 教師訪談大綱

1. 您認為為什麼要進實驗室作實驗？
2. 您覺得進實驗室作實驗對學生學物理、化學、生物等科學有什麼樣的幫助？
3. 您覺得學生在進入實驗室之前，在課堂上所學過的理論或知識對實驗的進行有沒有影響？
4. 實驗前，您對實驗的說明與教學對學生實際在進行實驗活動時，有沒有影響或幫助？
5. 當學生的實驗結果與先前所學的理論有一些出入時
  - ①若這些出入為「實驗誤差」，您會如何處理或您的反應是什麼？請舉實例說明。
  - ②若這些出入為「與學生之前所學過的知識有所衝突或矛盾」，您會如何處理或您的反應是什麼？請舉實例說明。
6. 您覺得學生在實驗課時，遇到實驗結果與以前所學的理論有一些出入，對他們的學習成果或對科學實驗目的的理解有無幫助？
7. 您覺得上述的處理方式會不會因為科目不同而不同？為什麼？

謝謝您接受本研究訪談

## 附錄五 科學觀點量表

本問卷是用來瞭解你對科學的看法。請用下列的指標（1，2，3，4，5）來代表你對以下所有陳述的意見，請你用圓圈將你所認為適當的答案圈選出來

- 5 = 幾乎完全同意
- 4 = 大致而言同意
- 3 = 同意與不同意的程度幾乎相同
- 2 = 大致而言不同意
- 1 = 幾乎完全不同意

請在每個陳述前之號碼中圈選出你的意見，例如 5 ④ 3 2 1，代表你大致同意這項敘述。如果你想更改答案，你可以直接劃掉原有的答案並圈選一個新答案，例如 5 ~~④~~ 3 2 1。

您珍貴的協助將使本研究得以順利完成，衷心感謝您寶貴的意見！

SN	題目	你的同意程度				
		幾乎完全不同意	大致而言不同意	程度幾乎相同	同意與不同意	大致而言同意
	1. 一個新的科學理論需經由科學社群的大部分科學家認可才有其效力。	1	2	3	4	5
	2. 科學家們有一套共同認可的觀點與方式進行科學研究。	1	2	3	4	5
	3. 科學社群內的討論與成果分享是科學知識成長的主要原因之一。	1	2	3	4	5
	4. 有效的科學知識需經由相關領域科學家的認可。	1	2	3	4	5
	5. 當代的科學家有一套共同接受的標準以評定科學研究結果的可靠性。	1	2	3	4	5
	6. 科學家間的不斷討論辯證可形成更好的科學理論。	1	2	3	4	5

IC	題目	你的同意程度				
		幾乎完全不同意	大致而言不同意	程度幾乎相同	同意與不同意	大致而言同意
	1. 科學家的直覺在科學發展的過程中，扮演一個重要的角色。	1	2	3	4	5
	2. 一些現在被接受的科學知識是從人類幻想與預感而來的。	1	2	3	4	5
	3. 科學理論發展的過程中需要科學家的想像力與創造力。	1	2	3	4	5
	4. 創造力在科學知識發展的過程中扮演一個重要的角色。	1	2	3	4	5

題目	你的同意程度				
	幾乎完全不同意	大致而言不同意	程度幾乎相同	同意與不 同意	大致而言同 意
TL, r1r3					
1. 科學家可做完全客觀的觀察。	1	2	3	4	5
2. 科學家的研究活動會受他們既有理論的影響。	1	2	3	4	5
3. 科學探索的過程中是不會受科學家既有理論的影響。	1	2	3	4	5

題目	你的同意程度				
	幾乎完全不同意	大致而言不同意	程度幾乎相同	同意與不 同意	大致而言同 意
CU, r1r2					
1. 不同文化族群的人，有同樣的方法解釋自然現象。	1	2	3	4	5
2. 因為科學具有普遍性和客觀性，所以各個文化下的科學知識都是相同的。	1	2	3	4	5
3. 不同文化族群的人，有不同的方法或過程來獲得有效的科學知識。	1	2	3	4	5

題目	你的同意程度				
	幾乎完全不同意	大致而言不同意	程度幾乎相同	同意與不 同意	大致而言同 意
CT					
1. 科學知識發展的過程中經歷過概念的一再變更。	1	2	3	4	5
2. 現有科學知識提供對於自然現象暫時性的解釋。	1	2	3	4	5
3. 現在被認可的科學知識可能未來會改變或甚至被捨棄。	1	2	3	4	5

題目	你的同意程度
other	幾乎完全不同意 大致而言不同意 程度幾乎相同 同意與不 同 大致而言同意 幾乎完全同意
1. 科學理論是由科學家發明的。	1 2 3 4 5
2. 科學理論的提出與建立是依賴對於自然現象客觀的整理，而與科學家的想像力無多大關係。	1 2 3 4 5
3. 不同理論背景的科學家對於同一現象的觀察可獲得相同的觀察紀錄。	1 2 3 4 5
4. 科學家依據既有的理論選擇他們所認為有效的方法來研究與了解自然。	1 2 3 4 5
5. 科學家可能選擇部份（而非全部）的實驗數據以驗證自己既有的理論。	1 2 3 4 5
6. 不同理論背景的科學家對於同一現象的觀察可能獲得完全不同的觀察紀錄。	1 2 3 4 5
7. 不同年代的科學家可能用不同的理論和方法來解釋相同的自然現象。	1 2 3 4 5
8. 有些早期的科學知識恰好和現今的科學知識相反。	1 2 3 4 5
9. 非連續性的思考，也就是說，觀念上的突然重大改變，是許多科學家的特性。	1 2 3 4 5
10. 科學理論是恆久不變的。	1 2 3 4 5
11. 科學知識是經由科學家們共同討論辯證出來的。	1 2 3 4 5
12. 有一部份的科學知識來自民間傳說與神話。	1 2 3 4 5
13. 科學知識對不同文化族群的人有不同的價值。	1 2 3 4 5
14. 科學是客觀的，因此科學獨立於民族的文化之外。	1 2 3 4 5
15. 科學知識發展受文化的影響。	1 2 3 4 5

\*量表來源：Tsai, C.-C., & Liu, S.-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views towards science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638

## 附錄六 科學實驗環境問卷調查—學生偏好

請確實記錄下列所述你在實驗課裡可能會進行的活動之頻率多寡(幾乎沒有、很少如此、有時如此、經常如此、總是如此)	幾 乎 沒 有	很 少 如 此	有 時 如 此	經 常 如 此	總 是 如 此	教 師 使 用	
	1	2	3	4	5	----	
1 在實驗課裡，我希望我能和同學相處得很好。	1	2	3	4	5	----	
2.我希望實驗課能讓我有機會追求我對科學所抱持的興趣。	1	2	3	4	5	----	
3.我希望在一般科學課程裡所學的內容能和我在實驗室的工作沒有關聯。	1	2	3	4	5	R----	
4.我希望實驗課裡能有清楚的規則來引導我所要做的事。	1	2	3	4	5	----	
5.當我在做實驗時，我希望實驗室是很擁擠的。	1	2	3	4	5	R----	
6.在實驗課裡，我希望很少有機會去認識其他的同學。	1	2	3	4	5	R----	
7.在實驗課裡，我會希望需要自己去設計實驗來解決一個特定的問題。	1	2	3	4	5	----	
8.我希望實驗室裡的活動可以和我在科學課程裡所學習的內容沒有相關聯。	1	2	3	4	5	R----	
9.我希望我在實驗課裡可以覺得較不受拘束而且沒有那麼多規則限制著我。	1	2	3	4	5	R----	
10.我希望我在實驗活動裡所需要的儀器設備和材料都是已經準備好而且隨時可獲得的。	1	2	3	4	5	----	
11.我希望在實驗課裡的其他同學會幫助我進行實驗。	1	2	3	4	5	----	
12.在實驗期間，我希望其他同學會蒐集跟我不同的資料來處理同一個問題	1	2	3	4	5	----	
13.我希望我在一般科學課程中所學的內容能和實驗活動完整的整合在一起	1	2	3	4	5	----	
14.我願意在實驗室裡遵守某些特定規則	1	2	3	4	5	----	
15.我不會喜歡實驗室的環境	1	2	3	4	5	R----	
16.我希望在實驗課裡更能去認識其他同學	1	2	3	4	5	----	
17.我希望被允許除了在做一般實驗活動外，還可以作一些我自己的實驗	1	2	3	4	5	----	
18.我希望可以運用平時在科學課程中所學到的原理於實驗活動中	1	2	3	4	5	----	
19.我希望有一套自己認定的方法來幫助我在實驗室裡安全的進行實驗	1	2	3	4	5	----	

請確實記錄下列所述你在實驗課裡可能會進行的活動之頻率多寡(幾乎沒有、很少如此、有時如此、經常如此、總是如此)	幾	很	有	經	總	教
	乎 沒 有	少 如 此	時 如 此	常 如 此	是 如 此	師 使 用
20.在實驗室裡我所使用到的儀器設備狀況不會是太理想的	1	2	3	4	5	R-----
21.在實驗課時，我希望能依靠其他同學的協助	1	2	3	4	5	-----
22.在實驗期間，我希望比其他同學作更多不同的實驗	1	2	3	4	5	-----
23.我希望在一般科學課程內容中所涵蓋的主題能和我在實驗期間所面對的主題截然不同	1	2	3	4	5	R-----
24.在實驗期間，我希望只需要遵守少數固定的規則	1	2	3	4	5	R-----
25.我會希望實驗室很熱且不通風	1	2	3	4	5	R-----
26.在實驗課裡，我需要花很長的時間認識每個同學的名字	1	2	3	4	5	R-----
27.在實驗期間，我會希望老師能為我決定最好的方法去進行實驗	1	2	3	4	5	R-----
28.我希望在實驗課裡所做的活動能幫助我了解在一般科學課程裡所涵蓋的理論	1	2	3	4	5	-----
29.我希望在開始著手實驗之前，老師能先簡述安全預防措施給我聽	1	2	3	4	5	-----
30.我希望實驗室是一個會吸引我加入的地方	1	2	3	4	5	-----
31.在實驗期間，我總是希望能與其他同學分工合作	1	2	3	4	5	-----
32.在實驗試驗期間，我會希望選擇最好的方式來繼續進行實驗活動	1	2	3	4	5	-----
33.我希望在實驗室的活動能和一般科學的課程裡所學的內容沒有相關	1	2	3	4	5	R-----
34.比起其他課程，我希望實驗課是在較清楚的規則下進行的	1	2	3	4	5	-----
35.我希望實驗室有足夠的空間供個人或團體進行實驗活動	1	2	3	4	5	-----

\*量表來源：Fraser, B.J., Giddings, G.J., & McRobbie, C.J. (1995). Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 399-422.

## 附錄七 科學實驗環境問卷調查—學生實際狀況

請確實記錄下列所述你在實驗課裡實際發生的活動之頻率多寡(幾乎沒有、很少如此、有時如此、經常如此、總是如此)	幾乎沒有	很少如此	有時如此	經常如此	總是如此	教師使用
	1	2	3	4	5	----
1.在實驗課裡，我和同學相處得很好。	1	2	3	4	5	----
2.實驗課使我有機會追求我對科學的興趣。	1	2	3	4	5	----
3.我在一般科學課程裡所學的內容和我在實驗室的工作並沒有關聯。	1	2	3	4	5	R----
4.實驗課裡有清楚的規則來引導我所要做的事。	1	2	3	4	5	----
5.我發覺當我在做實驗時實驗室常是很擁擠的。	1	2	3	4	5	R----
6.實驗課裡，我很少有機會去認識其他的同學。	1	2	3	4	5	R----
7.在實驗課裡，我需要自己設計實驗來解決一個特定的問題。	1	2	3	4	5	----
8.實驗室裡的活動和我在科學課程裡所學習的內容並沒有相關聯。	1	2	3	4	5	R----
9.我在實驗課裡反而覺得較不受拘束而且沒有那麼多規則限制著我。	1	2	3	4	5	R----
10.我在實驗活動裡所需要的儀器設備和材料都是已經準備好而且隨時可獲得的。	1	2	3	4	5	----
11.在實驗課裡的其他同學會幫助我進行實驗。	1	2	3	4	5	----
12.在實驗期間，其他同學會蒐集跟我不同的資料來處理相同的問題	1	2	3	4	5	----
13.我在一般科學課程中所學的內容能和實驗活動完整的整合在一起	1	2	3	4	5	----
14.我在實驗室裡需要遵守某些特定規則	1	2	3	4	5	----
15.我很不喜歡實驗室的環境	1	2	3	4	5	R----
16.我在實驗課裡更能去認識其他同學	1	2	3	4	5	----
17.除了一般實驗活動外，我可以作一些我自己的實驗	1	2	3	4	5	----
18.在進行實驗活動時，我會運用我平時在科學課程中所學到的原理	1	2	3	4	5	----
19.我有一套自己認定的方法來幫助我在實驗室裡安全的進行實驗	1	2	3	4	5	----
20.在實驗室裡我所使用到的儀器設備狀況都不太理想	1	2	3	4	5	R----

請確實記錄下列所述你在實驗課裡實際發生的活動之頻率多寡(幾乎沒有、很少如此、有時如此、經常如此、總是如此)	幾	很	有	經	總	教
	乎	少	時	常	是	師
	沒	如	如	如	如	使
21.在實驗課時，我能夠依靠且尋求其他同學的幫助	1	2	3	4	5	----
22.在實驗期間，我能比其他同學作更多不同的實驗	1	2	3	4	5	----
23.在一般科學課程內容中所涵蓋的主題和我在實驗期間所面對的主題是截然不同的	1	2	3	4	5	R----
24.在實驗期間，我只需要遵守少數固定的規則	1	2	3	4	5	R----
25.我覺得實驗室很熱且不通風	1	2	3	4	5	R----
26.在實驗課裡，我花了很長的時間去認識每個同學的名字	1	2	3	4	5	R----
27.在實驗期間，老師會為我決定最好的方法去進行實驗試驗	1	2	3	4	5	R----
28.我在實驗課裡所做的活動能幫助我了解在一般科學課程裡所涵蓋的理論	1	2	3	4	5	----
29.在我開始著手實驗之前，老師會先簡述安全預防措施給我聽	1	2	3	4	5	----
30.實驗室是一個會吸引我加入的地方	1	2	3	4	5	----
31.在實驗期間，我總是能與其他同學分工合作	1	2	3	4	5	----
32.在實驗試驗期間，我會選擇最好的方式來繼續進行實驗活動	1	2	3	4	5	----
33.我在實驗室的活動和一般科學的課程裡所學的內容是不相關的	1	2	3	4	5	R----
34.比起其他課程，我的實驗課是在較清楚的規則下進行的	1	2	3	4	5	----
35.我的實驗室有足夠的空間供個人或團體進行實驗活動	1	2	3	4	5	----

\*量表來源：Fraser, B.J., Giddings, G.J., & McRobbie, C.J. (1995). Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 399-422.

## 附錄八 科學實驗環境問卷調查—教師偏好

請確實記錄下列所述你在實驗課裡可能會進行的活動之頻率多寡(幾乎沒有、很少如此、有時如此、經常如此、總是如此)	幾乎沒有	很少如此	有時如此	經常如此	總是如此	教師使用
1 在實驗課裡，我希望學生能和其他同學相處得很好。	1	2	3	4	5	----
2.我希望實驗課能讓學生有機會追求學生對科學所抱持的興趣。	1	2	3	4	5	----
3.我希望在一般科學課程裡所教的內容能和學生在實驗室的工作沒有關聯。	1	2	3	4	5	R----
4.我希望實驗課裡能有清楚的規則來引導學生所要做的事。	1	2	3	4	5	----
5.當學生在做實驗時，我希望學生覺得實驗室是很擁擠的。	1	2	3	4	5	R----
6.在實驗課裡，我希望學生很少有機會去認識其他的同學。	1	2	3	4	5	R----
7.在實驗課裡，我會希望學生需要自己去設計實驗來解決一個特定的問題。	1	2	3	4	5	----
8.我希望學生在實驗室裡的活動可以和學生在科學課程裡所學習的內容沒有相關聯。	1	2	3	4	5	R----
9.我希望學生在實驗課裡可以覺得較不受拘束而且沒有那麼多規則限制著他/她。	1	2	3	4	5	R----
10.我希望學生在實驗活動裡所需要的儀器設備和材料都是已經準備好而且隨時可獲得的。	1	2	3	4	5	----
11.我希望在實驗課裡同學們會幫助彼此進行實驗。	1	2	3	4	5	----
12.在實驗期間，我希望同學們會各自蒐集不同的資料來處理同一個問題	1	2	3	4	5	----
13.我希望學生在一般科學課程中所學的內容能和實驗活動完整的整合在一起	1	2	3	4	5	----
14.我希望學生願意在實驗室裡遵守某些特定規則	1	2	3	4	5	----
15.我希望學生不會喜歡實驗室的環境	1	2	3	4	5	R----
16.我希望學生在實驗課裡更能去認識其他同學	1	2	3	4	5	----
17.我希望學生被允許除了在做一般實驗活動外，還可以作一些他/她自己的實驗	1	2	3	4	5	----

	幾乎沒有	很少如此	有時如此	經常如此	總是如此	總此 使用	教 師
請確實記錄下列所述你在實驗課裡可能會進行的活動之頻率 多寡(幾乎沒有、很少如此、有時如此、經常如此、總是如此)							
18.我希望學生可以運用平時在科學課程中所學到的原理於實驗活動中	1	2	3	4	5	----	
19.我希望學生能有一套自己認定的方法來幫助他/她自己在實驗室裡安全的進行實驗	1	2	3	4	5	----	
20.在實驗室裡學生所使用到的儀器設備狀況不會是太理想的	1	2	3	4	5	R----	
21.在實驗課時，我希望學生能依靠其他同學的協助	1	2	3	4	5	----	
22.在實驗期間，我希望學生能比其他同學作更多不同的實驗	1	2	3	4	5	----	
23.我希望學生在一般科學課程內容中所涵蓋的主題能和他/她在實驗期間所面對的主題截然不同	1	2	3	4	5	R----	
24.在實驗期間，我希望學生只需要遵守少數固定的規則	1	2	3	4	5	R----	
25.我會希望學生的實驗室很熱且不通風	1	2	3	4	5	R----	
26.在實驗課裡，我希望學生需要花很長的時間認識每個同學的名字	1	2	3	4	5	R----	
27.在實驗期間，我希望能為學生決定最好的方法去進行實驗	1	2	3	4	5	R----	
28.我希望學生在實驗課裡所做的活動能幫助他/她了解在一般科學課程裡所涵蓋的理論	1	2	3	4	5	----	
29.我希望學生在開始著手實驗之前，能先聽我簡述安全預防措施給他/她聽	1	2	3	4	5	----	
30.我希望實驗室是一個會吸引學生加入的地方	1	2	3	4	5	----	
31.在實驗期間，我總是希望學生能與其他同學分工合作	1	2	3	4	5	----	
32.在實驗試驗期間，我會希望學生選擇最好的方式來繼續進行實驗活動	1	2	3	4	5	----	
33.我希望學生在實驗室的活動能和一般科學的課程裡所學的內容沒有相關	1	2	3	4	5	R----	
34.比起其他課程，我希望學生的實驗課是在較清楚的規則下進行的	1	2	3	4	5	----	
35.我希望實驗室有足夠的空間供個人或團體進行實驗活動	1	2	3	4	5	----	

\* 量表來源：Fraser, B.J., Giddings, G.J., & McRobbie, C.J. (1995). Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 399-422.

## 附錄九 科學實驗環境問卷調查—教師實際狀況

請確實記錄下列所述你在實驗課裡實際發生的活動之頻率 多寡(幾乎沒有、很少如此、有時如此、經常如此、總是如此)	幾	很	有	經	總	教師 使用
	乎	少	時	常	是	
沒	如	如	如	如	此	
有	此	此	此	此	此	
1.在實驗課裡，學生和其他同學相處得很好。	1	2	3	4	5	-----
2.實驗課使學生有機會追求他/她對科學的興趣。	1	2	3	4	5	-----
3.學生在一般科學課程裡所學的內容和他/她在實驗室的工作並沒有關聯。	1	2	3	4	5	R-----
4.實驗課裡有清楚的規則來引導學生所要做的事。	1	2	3	4	5	-----
5.我發覺當學生在做實驗時實驗室常是很擁擠的。	1	2	3	4	5	R-----
6.實驗課裡，學生很少有機會去認識其他的同學。	1	2	3	4	5	R-----
7.在實驗課裡，學生需要自己設計實驗來解決一個特定的問題。	1	2	3	4	5	-----
8.實驗室裡的活動和學生在科學課程裡所學習的內容並沒有相關聯。	1	2	3	4	5	R-----
9.學生在實驗課裡反而覺得較不受拘束而且沒有那麼多規則限制著他/她。	1	2	3	4	5	R-----
10.學生在實驗活動裡所需要的儀器設備和材料都是已經準備好而且隨時可獲得的。	1	2	3	4	5	-----
11.在實驗課裡同學們會彼此幫助以進行實驗。	1	2	3	4	5	-----
12.在實驗期間，同學們會各自蒐集與其他人不同的資料來處理相同的問題。	1	2	3	4	5	-----
13.學生在一般科學課程中所學的內容能和實驗活動完整的整合在一起。	1	2	3	4	5	-----
14.學生在實驗室裡需要遵守某些特定規則。	1	2	3	4	5	-----
15.學生很不喜歡實驗室的環境。	1	2	3	4	5	R-----
16.學生在實驗課裡更能去認識其他同學。	1	2	3	4	5	-----
17.除了一般實驗活動外，學生可以作一些他/她自己的實驗。	1	2	3	4	5	-----
18.在進行實驗活動時，學生會運用他/她平時在科學課程中所學到的原理。	1	2	3	4	5	-----

	幾 乎 沒 有 此	很 少 如 此	有 時 如 此	經 常 如 此	總 是 如 此	教 師 使 用
請確實記錄下列所述你在實驗課裡實際發生的活動之頻率多寡(幾乎沒有、很少如此、有時如此、經常如此、總是如此)						
19.學生有一套自己認定的方法來幫助他/她在實驗室裡安全的進行實驗。	1	2	3	4	5	----
20.在實驗室裡，學生所使用到的儀器設備狀況都不太理想。	1	2	3	4	5	R----
21.在實驗課時，學生能夠依靠且尋求其他同學的幫助。	1	2	3	4	5	----
22.在實驗期間，學生能比其他同學作更多不同的實驗。	1	2	3	4	5	----
23.在一般科學課程內容中所涵蓋的主題和學生在實驗期間所面對的主題是截然不同的。	1	2	3	4	5	R----
24.在實驗期間，學生只需要遵守少數固定的規則。	1	2	3	4	5	R----
25.我覺得學生的實驗室很熱且不通風。	1	2	3	4	5	R----
26.在實驗課裡，學生花了很長的時間去認識每個同學的名字。	1	2	3	4	5	R----
27.在實驗期間，我會為學生決定最好的方法去進行實驗試驗。	1	2	3	4	5	R----
28.學生在實驗課裡所做的活動能幫助他/她了解在一般科學課程裡所涵蓋的理論。	1	2	3	4	5	----
29.在學生開始著手實驗之前，我會先簡述安全預防措施給他/她聽。	1	2	3	4	5	----
30.實驗室是一個會吸引學生加入的地方。	1	2	3	4	5	----
31.在實驗期間，學生總是能與其他同學分工合作。	1	2	3	4	5	----
32.在實驗試驗期間，學生會選擇最好的方式來繼續進行實驗活動。	1	2	3	4	5	----
33.學生在實驗室的活動和一般科學的課程裡所學的內容是不相關的。	1	2	3	4	5	R----
34.比起其他課程，學生的實驗課是在較清楚的規則下進行的。	1	2	3	4	5	----
35.學生的實驗室有足夠的空間供個人或團體進行實驗活動。	1	2	3	4	5	----

\*量表來源：Fraser, B.J., Giddings, G.J., & McRobbie, C.J. (1995). Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 399-422.

## 附錄十 研究同意書及研究對象權益保證書

\_\_\_\_\_，您好：

我是一位碩士班研究生，目前正在撰寫碩士論文。我的論文是有關台灣大學生對於實驗室中所獲得的實驗結果或數據與平時上課內容有所出入時，學生會採取什麼樣的反應。我想了解大學生的經驗與想法，希望透過您的訪問增加對這個領域的了解。

我們的訪問將以一至二次為限，我會請教您幾個您參與過之實驗過程的問題。訪問進行的時間大約是二十分鐘。為了讓談話內容能在訪問結束後作進一步的參考，非常希望您能同意我將訪問的內容錄音。

感謝您義務提供協助，您隨時可以在訪問前或訪問中停止接受訪問。為了充分尊重您的隱私，您的姓名及所在縣市將以匿名處理；訪問資料只對我的論文指導教授蔡今中博士公開而且只作撰寫論文用途。

您的訪問記錄將在事後提供一份供您參考；同時為感謝您參與本研究，我會在研究結束後寄上一份論文請您指正。如您同意接受訪問，請在以下的同意函部分簽名。

如您對訪問有任何疑問，請隨時與我聯絡。非常感謝您對台灣科學教育的付出，也謝謝您參與我的研究！

邱羽立敬上

國立交通大學教育研究所 科學教育組研究生

1996

電話：(03)5731642; 0911-xxx-xxx

地址：新竹市大學路 1001 號人社一館二樓

E-mail: [ylchiu.ie94g@nctu.edu.tw](mailto:ylchiu.ie94g@nctu.edu.tw)

### 同意函

我同意接受邱羽立先生對有關科學實驗室的訪問；同時我也了解我可以在訪問前或訪問中停止接受訪問。

\_\_\_\_\_  
(受訪者簽名)

基於研究需要，我同意將訪問內容錄音。

\_\_\_\_\_  
(受訪者簽名)

年      月      日