

國立交通大學教育研究所

碩士論文

結合顯性與隱性的教學活動改變國中學  
生科學知識論觀點之實驗研究



指導教授：蔡今中 博士

研究生：陳弘昇

中華民國九十八年六月

結合顯性與隱性的教學活動改變國中學生科學知識論觀點  
之實驗研究

An experimental study of combining explicit and implicit instruction of  
changing eighth-grade students' scientific epistemological views

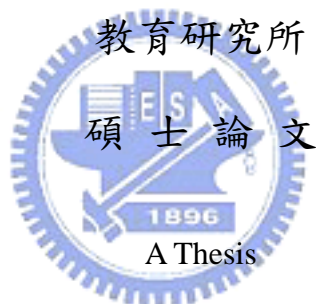
研究生：陳弘昇

Student: Hung-Shen Chen

指導教授：蔡今中 教授

Advisor: Chin-Chung Tsai, Ph.D.

國立交通大學



Submitted to Institute of Education

College of Humanities and Social Science

National Chiao Tung University

For the Degree of

Master

in

Education

June, 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年六月

# 結合顯性與隱性的教學活動改變國中學生科學知識論觀點之實驗研究

研究生：陳弘昇

指導教授：蔡今中 博士

國立交通大學教育研究所

## 摘要

過去改變學生的科學知識論觀點所運用的方法，可分為顯性與隱性兩種方法，顯性是指透過科學史哲等材料於教學過程，而隱性方法是指透過科學探究活動等方式以改變學生的科學知識論觀點。本研究旨在探討結合顯性與隱性兩種改變科學知識論觀點的教學方法實施後，對於國中學生的科學知識論觀點產生的改變，以及對學生的學習科學之策略產生的影響。

本研究採用實驗研究法之準實驗設計，研究對象為六十一位國中八年級學生，其中實驗組有三十一人，對照組有三十人。本研究對兩班學生的科學知識論觀點及學習科學的方法在將近三個月的實驗措施的前後，分對進行前後測。在實施科學知識論觀點的前後測，本研究以「科學知識論信念量表」、「科學觀點問卷」、「科學知識論觀點情境式問卷」及訪談等四項工具施測；而在學習科學的方法方面，研究者在實驗措施前後以訪談進行前後測各一次。

本研究的結果，在「科學知識論信念量表」與「科學觀點問卷」並沒有出現顯著差異。而在「科學知識論觀點情境式問卷」及訪談裡發現，經過結合顯性與隱性的教學活動之後，學生的科學知識論觀點會朝向建構主義的方向發展，同時其觀點也較為一致。在一般傳統的教活動後，部分學生的科學知識論觀點發生改變，其改變的情形有分別朝向建構主義與實證主義兩種方向兩極化發展的現象。由訪談結顯示，學生受到顯性教學活動的影響，對於科學是什麼，科學知識的產生與獲得，同一現象有不同的科學理論解釋，科學知識的特質等幾項問題，產生了更偏向建構主義的看法。而隱性的教學活動則更能促使學生將所學的科學知識應用於生活。同時在學習科學的方法上，結合顯性與隱性的教學活動也使得學生更願意採取與其他人討論，以及傾向監控自己學習活動或採取實驗的方法去學習新的事物等更多有意義的學習方法。

本研究的結果顯示顯性與隱性的教學活動，會影響學習者的科學知識論觀點。因此研究者建議未來的教學者仍然可以結合顯性與隱性的方法，發展更多的課程計畫或教學活動，以了解學習者的更多改變的可能性。

關鍵字：科學知識論觀點、知識論、建構主義、國民中學

# An experimental study of combining explicit and implicit instruction of changing eighth-grade students' scientific epistemological views

Student: Hung-Shen Chen

Advisor: Chin-Chung Tsai, Ph.D.

Institute of Education  
National Chiao Tung University

## Abstract

In the past, the ways of changing students' the scientific epistemological views (SEVs) might be divided into either the "explicit" or "implicit" approach. The explicit approach refers to the usage of history of science in the teaching process, and the implicit approach refers to the utilization of science inquiry activities. The purpose of this study was mainly to investigate the effects of combining the explicit and implicit instruction of changing the junior high school students' SEVs and the students' learning strategies.

This study was conducted with a quasi-experimental research design. The subjects were sixty-one eighth graders. Thirty-one students in one class were assigned to the combining explicit and implicit instruction group, while thirty students in another class were assigned to the traditional instruction group. The students' SEVs and strategies of learning science were probed both before and after the research treatment, lasting about three months. The tools utilized at pre-test and post-test included "epistemological beliefs on science questionnaire", "SEVs questionnaire", "contextual questionnaire for SEV" and interviews. An interview was also conducted to assess students' learning strategies of science both before and after the research treatment.

Research findings revealed that there was no statistical difference between two groups after the research treatment on "epistemological beliefs on science questionnaire" and "SEVs questionnaire". But both in the interviews and on "contextual questionnaire for SEV", it revealed that the SEVs of the experimental group students were changed toward more constructivist-oriented, and at the same time their SEVs become more consistent. After the traditional instruction, some of the control group students had changed their SEVs toward either more constructivist or positivist. According to the interview results, it was found that students' SEVs could be changed toward more constructivist by the explicit instruction, such as posing questions like: "what is science", "how the scientific knowledge were created and acquired", "why the identical phenomenon has different scientific theories to explain", "what are the characteristics of scientific knowledge". But the implicit instruction can promote the application of scientific knowledge into the real life. Meanwhile in the strategies of learning science, the combining explicit and implicit instruction also caused the students to be more

willing to discuss with other peers, as well as develop the tendency of monitoring oneself learning activity, or adopt experimental approach to examine new things and events.

This study revealed some evidence that the combination of explicit and implicit approaches might change the students' SEVs. It is suggested that researchers can use both approaches to enhancing students' SEVs, and develop more lesson plans or instructional activities to examine their potential.



Key words: scientific epistemological views, epistemology, Constructivism, junior high school

## 誌謝

時光逝去，如飛燕穿堂，在交大求學的日子即將告一個段落，然而它已是我人生裡一段難以忘懷的感恩之旅，感恩老師們辛勤的指導與展現的風範，感謝同學們的鼓勵與扶持，感激學校同事們的支持與協助，還有那群可愛活潑的學生們，使得這趟學習之旅充滿知識獲得與經驗成長的喜悅，過程裡的點點滴滴都讓這趟旅程彌足珍貴。

論文的完成，首先要感謝我的指導教授蔡今中老師，感謝您在這段過程裡總是以最大的包容心與耐心指導著我的研究，尤其在每次研究實施或論文撰寫的前後過程裡遇到瓶頸而不得其解時，您總是能以其專業的學養及過去的經驗，明確的指出問題的關鍵處，以及一些可能的解決方案，使得論文的進度得以開展。同時也要感謝楊芳瑩老師與余曉清老師您們的指導，您們精闢而寶貴的研究意見使得這份論文的瑕疵能夠得以修正。

而在這段研究所求學期間，感謝有你們，教育所同學，大家在一起相互討論課業與課餘遊樂的過程，歷歷在目，為趕製作業及案牘勞形的日子裡點綴了璀璨的色彩。感謝攻緬在計劃審查及論文產出的階段給予不少的鼓勵與支持。在學校裡更要感謝已經退休的吳景豐校長和蔡愛卿主任、吳鈺崧校長、鄧興增校長、源有主任、淑雲主任、慧玲主任對於我進修的支持與鼓勵，也要感謝玉琪、怡謹兩位老師及其班上同學們的協助，讓我可以順利完成論文相關資料的蒐集，更感謝菁瑩、婕盈、珮棱、淑貞、玉玲、金美及桂英等同事這段期間時常為我打氣加油及協助。

最後要感謝的我的家人們，我的爸爸、媽媽、及老弟都一直是我重要的支柱，也不斷的督促我儘速完成論文。在這段過程裡，讓你們擔心與困擾了，謝謝你們。在此也希望我的論文對國內的科學教育能有一點小小的貢獻，在這段時間裡，不論是直接或間接幫助過我的人們，感謝你們，祝福你們，願你們健康快樂。

# 目錄

中文摘要	.....	I
英文摘要	.....	II
誌謝	.....	IV
目錄	.....	V
表目錄	.....	VII
第一章 緒論	.....	1
第一節 研究背景	.....	1
第二節 研究動機與目的	.....	4
第三節 研究問題	.....	5
第四節 名詞解釋	.....	6
第五節 研究範圍與限制	.....	7
第二章 文獻探討	.....	8
第一節 知識信念發展的理論及其相關研究	.....	8
第二節 科學知識論觀點	.....	11
壹、以傳統哲學中知識論為基礎的科學知識論觀點	.....	11
貳、以科學史及科學心理學為基礎的科學知識論觀點	.....	11
參、兩種科學知識論觀點的相關性	.....	12
肆、小結	.....	17
第三節 改變個人科學知識論觀點的教學活動相關研究	.....	18
壹、顯性方法	.....	18
貳、隱性方法	.....	20
參、小結	.....	21
第三章 研究方法	.....	24
第一節 研究對象	.....	24
第二節 研究設計	.....	25
第三節 研究流程	.....	43
第四節 研究工具	.....	44
壹、科學史哲議題教材	.....	44
貳、科學知識論信念量表	.....	44



參、	科學觀點問卷.....	45
肆、	科學知識論觀點情境式問卷.....	46
第五節	資料蒐集與分析.....	49
壹、	量化分析.....	49
貳、	質性分析.....	53
第四章	研究結果與討論.....	58
第一節	實驗組與對照組在科學知識論觀點的差異分析.....	58
壹、	科學知識論信念量表與科學觀點問卷的量化分析.....	58
貳、	「科學知識論觀點情境式問卷」的量化分析.....	63
參、	科學知識論觀點訪談的質性分析.....	71
第二節	實驗組與對照組在學習自然科學方法的差異分析.....	88
壹、	學習自然科學方法的質性分析.....	88
貳、	小結.....	101
第三節	結果與討論.....	106
壹、	不同的科學學習活動對學習者的科學知識論觀點之影響.....	106
貳、	不同的科學學習活動對學習者的科學學習方法之影響.....	111
第五章	討論與建議.....	117
第一節	結論.....	117
第二節	在科學教育上的應用.....	118
第三節	建議.....	119
參考文獻	.....	121
附錄	.....	125
附錄一	科學史哲議題指定閱讀文章四篇.....	125
附錄二	科學知識論信念量表.....	142
附錄三	科學觀點問卷.....	144
附錄四	科學知識論情境式問卷.....	146
附錄五	訪談題目內容.....	151



## 表目錄

表 1 傳統哲學取向與科學史及科學心理學取向的科學知識論組成之相關表 .....	12
表 2 傳統知識論與建構主義對於科學知識論觀點之比較表 .....	14
表 3 科學知識論觀點向度顯示建構主義與傳統知識論的比較表 .....	15
表 4 科學知識論觀點各向度顯示建構主義與傳統知識論的比較表 .....	16
表 5 採用顯性教學活動促進學生科學知識論觀點改變的研究對照表 .....	20
表 6 實驗組與對照組人數統計表 .....	24
表 7 實驗組與對照組七年級數學科及自然科成績之t考驗摘要表 .....	25
表 8 實驗設計 .....	25
表 9 實驗組與對照組的教學內容對照表 .....	26
表 10 「科學知識論信念量表」各向度之題目分配與信度值 .....	45
表 11 「科學觀點問卷」各向度之題目分配與信度值 .....	46
表 12 實驗組與對照組在「科學知識論信念量表」四個向度的前後測成績比較表 .....	60
表 13 實驗組與對照組在「科學知識論信念量表」四個向度的共變量分析摘要表 .....	60
表 14 實驗組與對照組在「科學觀點問卷」五個向度的前後測成績比較表 .....	61
表 15 實驗組與對照組在「科學觀點問卷」五個向度的共變量分析摘要表 .....	62
表 16 兩組在情境式問卷第四題到第六題呈現的回答類型改變情況分析表 .....	65
表 17 兩組在情境式問卷第七題到第九之二題呈現的回答類型改變情況分析表 .....	66
表 18 兩組在「情境式科學知識論觀點問卷」四題的共變量分析摘要表 .....	67
表 19 兩組在「情境式科學知識論觀點問卷」四題的共變量分析摘要表 .....	68
表 20 科學知識論觀點情境式問卷回答類型一致題數統計表 .....	70
表 21 科學知識論觀點情境式問卷回答類型一致題數分類比較表 .....	71

# 第一章 緒論

本章分為五小節，主要是將本研究的研究背景、研究動機與目的、研究的問題、相關名詞和研究的範圍與限制，依序做說明。

## 第一節 研究背景

在科學教育的領域裡，促使學生了解科學的本質一直是科學素養的重要部分之一。在國外的課程裡（American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1990; National Research Council [NRC], 1996），科學素養的重要項目之一即是培養學生對科學本質（nature of science）有適當的了解。而科學本質一詞，即是指科學知識論的內容，一般而言呼應了假設、評估、科學概念的發明，科學社群如何達成一致性和科學知識的特徵等議題(Ryan & Aikenhead, 1992)，因此我們可以說對科學本質有適當的了解亦即對科學知識論觀點有適當的了解。在國內已全面實施的九年一貫課程中，從自然與生活科技領域所羅列的分段能力指標中，便可發現，提昇國民的科學與科技素養是該領域課程的重要目標之一（教育部, 2003）。以科學本質的分段能力指標內容來看，亦即為發展良好的科學知識觀。發展良好的科學知識觀之所以重要，在於根據近來的研究顯示，良好的科學知識觀在科學教育領域中一直被許多學者認為其會影響學生科學學習。良好的科學知識觀可以有助於學生學習科學內容(Hammer, 1994; Schommer, 1993; Songer & Linn, 1991)。國外對於七年級學生的研究顯示，大部分學生若是抱持偏向實證主義的科學知識論觀點，極可能採被動接收的方式去獲得科學知識，對於實驗活動也會採取較侷限於純粹的觀察行為而不是進一步的從探索中建構出科學知識(Carey, Evans, Honda, Jay and Unger, 1989)。因此這些學生在學習科學知識時，可能採取的學習策略是屬於機械式的記

憶方法，而不是使用有意義的學習(Tsai, 1998a)。同時國內也有研究顯示，國中階段的學生，其所抱持的科學知識信念觀點會影響其學習科學知識時，所採用的學習策略及表現出來的學習態度(Tsai, 1998b)。然而一些研究也顯示，許多學生仍未發展出良好的科學知識觀(e.g., Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996)。

近年來，關於學習者的科學知識信念之研究有越來越受到重視的趨勢，因此在國內科學教育的領域內，如何透過實施適當的教學活動去影響學生的科學知識論觀點，進而促使學生在學習科學時，採取更為積極有效的學習策略與方法，獲得更好的學習效果，達到教學目標，對於學習者而言，實為有其重要性。而在教學實務上，教師如何運用其教學策略及自身的影響力，影響學習者的科學知識論觀點發展，使其能在學習的過程中，朝向成熟良好的觀點改變，促使良好教學效果的展現，亦具有其重要性。

長期以來，改變學生的科學知識論觀點的相關研究對象多以大專以上的學生或是職前及在職的教師為主，雖然近年來國內外的研究對象也逐漸包含國小及高中階段的學生，但是以國中階段學生為對象的相關研究仍為少數，且在國內的現行的教育體制及環境下，國中階段學生的科學知識論觀點應會影響目前及未來科學課程的學習及看法，甚至影響對於未來求學階段的分流試探，因此如何使國中階段的學生，改變其科學知識論觀點從而促進其有效的學習科學課程，實為有其必要性。另外在改變科學知識論觀點的教學方法上，Abd-El-Khalick & Lederman (2000)對於改變教師對科學本質的觀點(NOS)相關研究文獻回顧，將這些教學方法分為隱性(implicit)和顯性(explicit)的兩種，所謂隱性是指透過科學探究活動等方式以改變學生的科學知識論觀點，而顯性是指透過科學史哲等材料於教學過程，使學生的科學知識論觀點得以改變。在此方法的分類架構下，國內外相關研究若以國小學生為實施對象時，因為限於學生的語言認知能力而僅能採取隱性的方法，然而當實施對象是大專以上的學生時，由於語言認知能力的發展成熟，則可

以採取顯性的方法。因本研究的研究對象為國中階段的學生，考量此階段的學生的語言認知發展成熟度，因此採用結合隱性和顯性兩種方法，以期改變其科學知識論觀點。



## 第二節 研究動機與目的

近年來雖然國內有關科學知識信念相關研究有增加的趨勢，但是研究對象多著重於職前教師及現職教師的科學知識信念內容探討，而對於國中階段的學生，如何透過適當的教學活動去改變其科學知識信念，此部分的研究相對顯得較少。在國外的相關研究來看，從過去以來，探討知識信念的研究對象多集中於大學生 (Pintrich, 2002)，只有極少的部分延伸到高中生及國中生。因此於本研究的趣旨在於探討八年級(國中二年級)學生在歷經結合顯性與隱性的教學活動後，其科學知識觀點是否產生改變以及若有改變的情況下，其知識論改變之情形。

根據以上所述，本研究試圖探討在國中階段學生知識信念在歷經特定的教學活動後，透過科學知識信念量表及訪談來探討其科學知識論觀點是否產生改變，是本研究的目的之一。

此外，若學生的科學知識信念有改變，則其知識論觀點改變之可能肇因於教學活動的那個部分，以及改變其科學知識信念後，是否也影響學習者的學習科學時的學習策略或方法，則是本研究的目的之二。

### 第三節 研究問題

基於研究的動機與目的，本研究問題為：

一、經過結合顯性與隱性的科學知識信念改變教學活動後，國中八年級學生（實驗組）

對於科學知識信念觀點有何差異存在？

二、經過一般傳統科學學習活動的前後，國中八年級學生（對照組）對於科學知識信念

觀點有何差異存在？

三、經過結合顯性與隱性的科學知識信念改變教學活動與一般傳統科學學習活動的前

後，國中八年級學生（實驗組與對照組）對於科學知識信念觀點有何差異存在？

四、經過結合顯性與隱性的科學知識信念改變教學活動後，國中八年級學生（實驗組）

對於科學學習方法有何差異存在？

五、經過一般傳統科學學習活動的前後，國中八年級學生（對照組）對於科學學習方法

有何差異存在？

六、經過結合顯性與隱性的科學知識信念改變教學活動與一般傳統科學學習活動的前

後，國中八年級學生（實驗組與對照組）對於科學學習方法有何差異存在？





## 第四節 名詞解釋

### 一、顯性（explicit）與隱性（implicit）的教學活動

基於將學生的科學知識論觀點改變的過程視為一種認知學習的結果，所以本研究所謂的顯性教學活動是指將發展學生的科學知識論觀點直接列為教學目標，在此教學活動過程中，透過研讀經教師編製的科學史、科學哲學及科學時事等文章後，並由教師以閱讀後的團體討論方式帶領學生反思這些文章所提及的現象背後所隱含的科學知識論觀點，並於一般的自然科課程中，透過直接教導學生科學本質觀點，藉以影響原有的科學知識論觀點。

而所謂的隱性教學活動，是不直接向學生陳述或教導科學知識論觀點，反而藉由經歷科學探究活動或科學調查活動的過程及事後僅針對實驗過程及操作程序的討論活動，使學生由間接的方式去體會科學的本質，進而改變其科學知識觀點。無論是顯性或隱性的教學活動均附加在實驗組的一般的自然科學課程中。

### 二、一般傳統科學學習活動

在本研究中是指教學者依據九十五學年度南一版八年級下學期自然與生活科技教學指引所進行的教學活動。



## 第五節 研究範圍與限制

本研究因人力、時間的限制，僅以苗栗縣某一國中八年級兩個班的學生為研究對象，因此研究結果之推論有其限制性，而且教學內容為八年級下學期之自然科學，因此推論到其他的學科或不同的學習單元也有其侷限之處。

此外，如果實驗組與對照組是同一位教學者，其優點可以減少因不同教學者特質差異的研究誤差，其缺點為可能因為教學者的預期心理而產生研究的誤差；若由不同教師分別擔任兩組的教學者，則較不容易因為教學者的預期心理而產生研究誤差，然而其可能缺點為對照組的教學者可能為了不甘示弱，力圖與實驗組一較高下而產生補償性對抗（compensatory rivalry），一般稱之為「強亨利效應」（the John Henry effect），或是因不同教學者特質差異而產生的研究誤差。研究者考量以上兩種方式的優缺點及教學現場中研究進行的可行性後，在本研究中，研究者決定同時擔任兩組的教學教師，以避免上述的「強亨利效應」或是因不同教學者特質差異而產生的研究誤差，因此本研究可能還是會有因教學者預期心理而產生的研究誤差。

## 第二章 文獻探討

### 第一節 知識信念發展的理論及其相關研究

知識信念發展的相關研究，早期研究多以哲學觀點來瞭解個人的知識論，Hofer 與 Pintrich (1997)針對相關研究以知識的本質、獲得知識的本質、教與學的本質及智能的本質等四個向度作為分類依據，進行文獻探討，得到以下的一些結論：

一、Perry 在 1970 年則開始以實證性研究的方式，探討大學生知識信念的發展，發現大多數大學新生都相信知識是簡單、確定的及知識的來源是由權威所提供的，隨著年級增加，才逐漸瞭解知識的複雜性，而知識的來源也較偏向個人。

二、Belenky 等人在 1986 年研究女性的知識信念發展則發現，對於個體獲得知識過程的本質，是由被動的接收逐漸發展到主動建構，知識的獲得是從有別於自己的外在知識進入個體，發展到知識的獲得是自己賦予其意義的過程。

三、Baxter Magolda 在 1992 年的研究則發現知識信念的發展，在知識的本質方面，知識的確定性是從絕對的發展到脈絡化；而獲得知識的本質方面，知識的獲得是依賴權威到依靠自己；知識的是否為真的論證是由接受或精熟發展到依據內容脈絡中證據的判斷。

四、King 與 Kitchener 在 1994 年的研究則發現知識信念的發展，在知識本質方面，知識的確定性由知識是有確定的對或錯發展到知識具有不確定性，需依其內容脈絡而定；知識的簡單性由簡單到複雜。在獲得知識的本質上，知識的真偽證明則由知識是不需要被證明的發展到知識是被建構的，知識的真偽證明是要批判性的再評鑑；獲得知識的來源則是依賴權威發展到知識獲得者是意義的建構者。

五、Kuhn 在 1991 年的研究則發現知識信念的發展，在知識本質方面，知識的確定性是有絕對的對或錯發展到知識必須在相關的意義下被評估。在獲得知識的本質方面，知識的確定性由知識是絕對的，有對或錯的答案，發展到知識必須要在相關的價值中被評鑑。對於在獲得知識中的真偽證明，則由事實片斷的接受，未受檢驗的專家鑑定發展到專家鑑定後的評估；而知識的來源，則由專家到經過批判評估後的專家。

六、Schommer-Aikins (2004)將個人知識論視為一個信念系統，強調這個系統的多面向：結構、確定性、知識來源、控制及知識獲得速度。Hofer 與 Pintrich (1997) 指出 Schommer 所建構的多向度知識信念模式包含了四大內涵：在知識簡單性 (simple ability): 從孤立的沒有交集的片段發展到有關聯的概念；知識確定性 (certain knowledge) 由絕對發展到暫時的和進化的；智能的本質方面則是能力天生 (innate ability)；教與學的本質則是快速習得 (quick learning)。對於獲得知識的來源，則是由權威獲得發展到由推理引出。不過，個人的知識信念會影響其學習行為則是大家所共同認知的現象。同時也指出將「知識信念系統」與其他系統結合討論是有必要的。但是，Hofer 與 Pintrich (1997) 同時也認為 Schommer 所提出的個人知識論信念系統中的能力天生 (innate ability) 及快速習得 (quick learning) 兩個向度應歸類於學習信念觀點，而不是在個人知識論觀點中。

綜合以上所述，知識信念的歷史淵源可追溯至早期的西方哲學，然而目前心理學對此概念的看法，多採取逐漸發展的個人知識論觀點，認為個人知識論觀點是可以改變且其組成內容是複合式的，多重向度的。同時，Hofer 與 Pintrich (1997) 也建議討論知識論觀點應包含了四個向度：知識的確定性 (穩定性)、知識的簡易性 (結構)、知識的來源 (權威) 及知識的驗證 (對於發表知識的檢證)。在科學學習的領域中，這四個向度與科學知識論議題作了很適切而重要的呼應，例如知識的確定性 (穩定性) 呼應了科學知識是否為絕對固定不變的議題，知識的簡易性 (結構) 則對應了科學知識是否能對複

雜的問題提供一個標準答案，知識的來源（權威）對應了學習者認為獲得科學知識的來源，而知識的驗證（對於所發表知識的檢證）則對應了運用可靠的資料及證據以檢驗科學假設或科學理論，實驗在科學知識中所扮演的角色等。因此透過發展良好的科學知識論觀點應該可以造成一般領域知識論良好的發展。



## 第二節 科學知識論觀點

雖然在目前的文獻中，對於科學知識論的內容架構還沒有一致的看法，但是依其理論發展來源，仍然可以分為兩個大類：一是以傳統哲學中知識論的探討議題（知識的本質為何，認知的本質為何等）為出發點，參照科學知識的特性所衍生出來的內容架構，此類科學知識論觀點的內容可以用 Hofer 和 Pintrich（1997）的研究論述為代表。另一類則是以科學史及科學心理學為基礎，從科學知識的發展與改變的觀點所衍生出的內容架構，此類科學知識論觀點的內容架構可以用 Tsai 和 Liu（2005）的研究論述為代表。

### 壹、以傳統哲學中知識論為基礎的科學知識論觀點

Hofer 和 Pintrich 認為在目前的一些研究文獻裡，對於學生科學知識論的結構仍有五項共同的想法：（一）科學的目的；（二）科學的變易性；（三）實驗在科學理論改變中的角色；（四）科學的一致性；（五）科學知識的來源。依循以上的結構看法，Elder (2002) 研究國小五年級學生所持有科學知識論觀點時，則採用了上述五個內容架構去整合學生有關科學知識的本質（nature of knowledge in science）之信念。但是後來 Conley 等人（Conley, Pintrich, Vekiri, & Harrison, 2004）在研究改變國小五年級學生的科學知識論觀點時，對於學生的科學知識論結構卻加以修訂，並採用了四個向度，分別為科學知識的來源（source）、確定性（certainty）、發展（development）及驗證（justification）。其向度的設計理念仍是緊跟著傳統個人知識論信念的兩個核心問題：知識本質的信念（beliefs about the nature of knowledge）與認知本質的信念（beliefs about the nature of knowing），並在自然科學的範疇裡分別對應四個向度：認知本質的信念對應了科學知識的來源與驗證，而知識本質的信念則對應了科學知識的確定性與發展。

### 貳、以科學史及科學心理學為基礎的科學知識論觀點

有別於從傳統知識論議題出發的科學知識論內容架構，Tsai 和 Liu（2005）則提出

了五個向度來整合學生的科學知識論內容，其五個向度分別是：(一) 科學社群協商：科學知識是由科學社群中，經由社群協商，取得共識所得來的；(二) 科學的創造發明本質：科學知識是來自於發明與創造的；(三) 觀察蘊含理論：科學觀察是理論蘊含的；(四) 文化影響：科學受文化影響；(五) 科學知識的變易性和暫時性：科學知識的發展是由概念改變所造成的，科學知識為目前的自然現象提供暫時性的解釋。

### 叁、兩種科學知識論觀點的相關性

雖然二者因為概念的來源取向有所差異，導致衍生出來科學知識論的內容組成有所不同，但是進一步比較兩種科學知識論的內容組成(如表 1)，無論何種內容架構，各向度在大致上仍然有相關之處。

表 1 傳統哲學取向與科學史及科學心理學取向的科學知識論組成之相關表

	科學知識的來源 (source)	科學知識的確定 性 (certainty)	科學知識的發展 (development)	科學知識的驗證 (justification)
1.科學社群協商	✓		✓	✓
2.發明與創造本質	✓		✓	
3.觀察蘊含理論		✓		
4.文化影響		✓		✓
5.科學知識的變易性與暫時性		✓	✓	

以「科學知識的來源」此項目而言，其背後是想探討學習者在科學知識的來源與獲得方面是否認為「科學知識是由外而內(被動的接受知識)」、「來自權威人士」，這些看法呼應了「科學社群協商」與「發明與創造本質」所探討的「科學知識是由一群科學家所組成的科學社群所討論協商出來的」與「科學知識是被創造發明的，而不是被發現的(個體主動的心智活動所產生)」兩項背後的意義。



在「科學知識的確定性」項目上，代表學習者認為對於一個複雜問題是否只有一個標準答案或是可能有超過一個以上的標準答案的信念，此信念呼應以下三個項目：一、「觀察蘊含理論」：科學觀察活動是受到觀察者所蘊含理論的引導；二、「文化影響」：傳統的科學教育忽略在不同的文化影響下有不同的獲得科學知識的方法；三、「科學知識的變易性和暫時性」：科學知識總是在改變的，並處於一個暫時的狀態，有別於科學知識代表自然真理的看法。

在「科學的知識發展」項目上，是指認為科學仍處於發展中的狀態，一旦有了新的證據和資料，既有的概念和理論就有可能會被改變。科學上新的發現會導致此看法呼應以下三個項目：一、「科學社群協商」：科學知識是由一群科學家所組成的科學社群所討論協商出來的；二、「發明與創造本質」：科學知識是被創造發明的，而不是被發現的（個體主動的心智活動所產生）；三、「科學知識的變易性和暫時性」：科學知識總是在改變的，並處於一個暫時的狀態，有別於科學知識代表自然真理的看法。

在「科學知識的驗證」項目上，主要是指實驗活動所扮演的角色及學生使用資料以支持其科學觀點的信念。它呼應了「科學社群協商」及「文化影響」兩個項目，前者是指科學知識是由一群科學家所組成的科學社群所討論協商出來的，後者是指在不同的文化裡，對於驗證科學知識的看法不一定相同。

然而，影響當代科學教育的科學哲學與學習心理學的知識論觀點，分別是以實證主義為取向的傳統知識論觀點與以建構主義為取向的知識論觀點，其兩者的比較如表 2（修改自Brooks & Brooks, 1993, p17）。



表 2 傳統知識論與建構主義對於科學知識論觀點之比較表

	傳統知識論觀點	建構主義的觀點
科學課程的目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 教導科學知識</li> <li>· 得到廣泛性的知識或基本的科學技能</li> <li>· 得到基礎的科學知識</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 教導什麼是科學</li> <li>· 得到深入的科學知識或概念</li> <li>· 得到情境脈絡化的科學知識</li> </ul>
科學課程間的關係	課程單元之間是獨立的	課程單元之間是連貫的
認知的目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 事實的記憶與累積</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 處理生活經驗、連結先備知識</li> </ul>
學習者的角色	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 學習者如同一張白紙進入學習環境</li> <li>· 被動學習知識</li> <li>· 接收科學知識的意義</li> <li>· 同學是競爭者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 學習者帶著本身已有的觀點、想法進入學習環境</li> <li>· 知識的主動建構者</li> <li>· 協商科學知識的意義</li> <li>· 同學是合作者</li> </ul>

此外，即是不同的科學知識論觀點內容組成，以科學知識論觀點研究學生對於科學知識及獲得科學知識的看法，仍然可以將學生的科學知識論觀點區分為傾向於建構主義或實證主義的兩個方向。以Conley *et al.* (2004)所使用的科學知識論觀點內容來看，雖然他們將學生所反映的科學知識論觀點區分為較為成熟的與較為不成熟的兩類看法，但是另一方面以學生所偏好的科學知識論觀點來看，各向度的回答傾向仍然可以表現出其比較趨向建構主義或實證主義的觀點如表表 3(修改自Conley *et al.*, 2004, p190)。

例如對於科學知識的來源，如果比較認同科學知識是來自於自身的推理與觀察，則與認為知識是由個體主動建構而成的(von Glasersfeld, 1989, 1993)的知識論觀點是比較相近的。而傾向於實證主義的科學知識論觀點是認為科學知識的獲得是由外而內，科學知識是來自於外在的權威，持一種較為被動的觀點。

以科學知識的確定性而言，偏向建構主義的觀點對於複雜的問題，認為可能不止一個的正確答案。而偏向實證主義的觀點則持有科學問題都有一個正確的標準答案之信

念。

以科學知識的發展項目而言，偏向建構主義的觀點可能認為科學知識是會因為新的證據或資料而持續發展改變的。而偏向實證主義的觀點則認為科學知識是表徵自然的真理，所以是不變的。

以科學知識的驗證項目而言，偏向建構主義的觀點可能認為驗證概念的實驗方式並不是固定的，在各種情境脈絡下除了實驗檢證外，還可以運用各種推理方法形成可以普遍被接受的科學主張。而偏向實證主義的觀點則認為唯有透過科學實驗才能驗證的知識，才能歸屬於科學知識。

表 3 科學知識論觀點向度顯示建構主義與傳統知識論的比較表

科學知識論觀點向度	較成熟的科學知識論觀點(偏向建構主義)	較不成熟的科學知識論觀點(偏向實證主義)
科學知識的來源	來自於自身的推理與觀察。	是由外而內，來自於外在的權威。
科學知識的確定性	複雜的問題可能有超過一個以 上的答案。	相信科學問題有一個絕對的答 案。
科學知識的發展	科學知識是會持續改變的。	科學知識是不變的。
科學知識的驗證	驗證概念的實驗方式並不是固 定的。	唯有透過科學實驗才能驗證知 識。

另外，Tsai和Liu（2005）提出學生的科學知識論觀點包含了五個向度內容，在各個向度中可以根據受試者的反應，將其顯示的觀點區分為偏向建構主義或實證主義的觀點如表表 4（修改自Tsai & Liu, 2005, p1623-1624）。例如科學知識的發展是來自於科學社群協商一項，如果學生能比較認同此觀點，則相近於建構主義所主張的科學學習是個體內在認知結構與外在社會脈絡有關的過程（Driver *et al.*, 1994）。若學生的觀點是偏向經驗主義或是實證主義的看法時，則會認為科學是個人獨自的探索過程，主要依賴

個人的努力而獲得發展。

在科學的創造發明本質項目裡，偏向建構主義觀點的受試者會認為科學是被創造發明的，而不是被發現的。在此認知觀點中，人類的想像力與創造力在科學知識的發展中會扮演一個重要的角色。

在觀察蘊合理論的項目裡，偏向建構主義觀點的受試者會認為科學家在進行科學觀察及探索時，會受到個人的假設、價值標準及研究議程等因素的影響。而偏向實證主義觀點的受試者則會認為科學知識是來自於完全客觀的觀察和程序步驟。

在科學受文化影響的項目裡，偏向建構主義觀點的受試者會認為科學知識發展的本質是受到文化因素的影響，而偏向實證主義觀點的受試者則會認為科學是不受文化因素影響的，而忽略在不同文化中獲得科學知識的方法。

科學知識的變易性和暫時性的項目裡，主要是指科學知識或概念改變的進展過程中，偏向建構主義觀點的受試者會認為科學知識總是在改變並處於一個暫時的狀態。而偏向實證主義觀點的受試者則會認為科學知識是代表自然的真理，所以是不會改變的。

表 4 科學知識論觀點各向度顯示建構主義與傳統知識論的比較表

科學知識論觀點向度	建構主義科學知識論觀點	實證主義的科學知識論觀點
科學社群協商	科學知識是由科學社群中，經由社群協商，取得共識所得來的。	科學知識是由個人探索的歷程，主要是由個人的努力所致。
科學的創造發明本質	科學知識是來自於發明與創造的。	科學知識是來自於發現的。
觀察蘊合理論	科學觀察是理論蘊含的。	科學觀察是理論中立的，絕對客觀的。
文化影響	科學受文化脈絡影響。	科學不受文化影響。
科學知識的變易性和暫時性	科學知識的發展是由概念改變所造成的。 科學知識為目前的自然現象提供暫時性的解釋。	科學知識的發展是由概念累積所造成的。 科學知識表徵真實的世界。

#### 肆、小結

本節首先探討了兩種不同向度組成的科學知識論觀點，並比較了兩者在各個向度上的相關性。傳統哲學取向與科學史及科學心理學取向的科學知識論觀點，在組成之向度上是可以互相呼應的，而且即使組成的向度不同，但是以建構主義以及實證主義兩種取向的科學知識論觀點作為檢視依據，判斷受測者在每個向度的回答反應，均能顯示出受測者的科學知識論觀點趨向。

根據以上所探討的兩種不同的科學知識論觀點，本研究將實施結合顯性與隱性的教學活動，並以各向度的觀點改變情形，作為受試學生的科學知識論觀點是否改變以及內容如何改變依據。



### 第三節 改變個人科學知識論觀點的教學活動相關研究

在目前的學習環境下，能夠影響學生的科學知識論觀點的因素是相當多，諸如教師的教法、使用的課程、教師個人的科學知識論信念、學生所感知的科學學習環境及學生所接觸的媒體等。Lederman 在 1992 年的研究便指出，教師個人所持的科學知識論信念透過在教學過程所使用的語言，就能影響學生對於科學本質的觀念。Tsai (2007)也指出教師個人的科學知識論觀點透過教學活動的實施也會影響學生所感知的科學學習環境，因此，在考量學校的學習環境下，教師是影響學生科學知識論觀點的重要人士，操弄教師的教法以改變學生的科學知識論觀點應是一個頗具可行性的作法。

根據 Abd-El-Khalick & Lederman (2000)對於改變教師對科學本質的觀點(NOS)相關研究文獻回顧，認為改變教師對科學本質的看法，可以分為隱性(implicit)和顯性(explicit)的兩種方法。所謂的顯性方法，是將改變教師對科學本質的看法視為實驗課程的認知目標，透過直接教導科學史哲相關議題的方法，透過閱讀短評及科學發展史實等形式，使得課程的認知目標得以達成。而所謂的隱性方法，是將改變教師對科學本質的看法視為實驗探究活動的附屬課程目標，透過實際的實驗操作活動、探索式學習、小組學習及同儕討論與分享等方式，使得課程目標得以達成。

Abd-El-Khalick & Lederman 所提出將教學活動（或學習活動）區分為顯性及隱性兩類，此種觀點提供我們檢視過去相關研究中，其所採用的教學活動（或學習活動）的重要分類依據。

#### 壹、顯性方法

Tsai (2006)在重新建構職前及在職教師的科學知識論觀點研究中，採用顯性的教學活動，包括直接教導科學哲學、探索學生的另有概念、教導概念改變的理論以及部分的科學教室活動等。研究顯示職前教師及在職教師，在課程結束後，均改變了科學知識論



觀點。同時研究也發現，職前教師及在職教師探索學生的另有概念及學習概念改變理論，對於教師改變科學本質的看法比直接教導科學哲學更有幫助。

另外，若將改變科學知識論觀點視為一種概念改變的歷程，則在教學活動的設計及執行上，應盡可能的滿足 Posner *et al.* (1982) 所主張促使概念改變發生的四個條件：讓學習者對已有概念不滿意 (dissatisfaction)，對於新概念也有最初的瞭解 (minimally understand)，新概念是看似合理 (plausible) 的，且可能可以適用到更廣的範圍 (fruitful)，在這些條件都具備下，學習者可能會發生概念改變。也因此，科學史哲的教材呈現形式及執行上，除了直接敘述科學哲學的形式之外，過程中透過教材設計、教師提問及討論等方式，挑戰學生的既有科學知識論觀點，使其對原有部分的科學知識論觀點感到不滿足，並引介對學生而言，是可理解的、看似合理的及具有廣應用範圍的科學知識論觀點，以促使其科學知識論觀點改變的發生。

另外近年來，對於六至九年級學生，採顯性教學活動促進學生科學知識論觀點改變的實驗研究如表 5 所示，其中 Khishfe & Abd-El-Khalick (2002) 的實驗研究結果仍然與 Abd-El-Khalick & Lederman (2000) 對於改變教師科學的本質的文獻回顧的結果一致，使用使用顯性的教學方法比隱性的教學方法會更能促進學生的科學本質觀點改善。

表 5 採用顯性教學活動促進學生科學知識論觀點改變的研究對照表

研究	實驗設計	實驗參與者	內容	實驗時間	實驗結果
Khishfe & Abd-El-Khalick (2002)	實驗組與對照組實施前後測	62 位六年級的學生，實驗組與對照組各 31 位。	國小六年級課程	2.5 個月	一、使用顯性的教學方法比隱性的教學方法會更能促進學生的科學本質觀點改善。 二、使用隱性的教學方法在科學本質觀點幾乎沒有明顯的改變。
Khishfe(2008)	只有實驗組	18 位七年級的學生	國中七年級課程	3 個月	以發展的觀點來看，學生的科學本質觀點在進入較成熟前會經歷”過渡”階段。
Khishfe & Lederman(2006)	實驗組與對照組	42 位九年級的學生	全球暖化的議題以整合及非整合的方式附在當時的學校課程	6 週	一、無論整合或非整合的課程，均使學生的科學本質觀點獲得明顯的改善。 二、兩種課程的效果幾乎沒有差異。

## 貳、隱性方法

雖然 Abd-El-Khalick & Lederman(2000)對於改變教師科學的本質的文獻回顧及 Khishfe & Abd-El-Khalick (2002)的實驗研究結果一致的顯示使用使用顯性的教學方法比隱性的教學方法會更能促進學習者的科學本質觀點改善，但不代表隱性方法是全然無效的。根據 Palmquist & Finley (1997)的研究顯示，職前教師也可以從被教導概念改變、探索導向的學習及合作學習等教學知識，在這些可視為隱性方法的過程實施後，其科學知識論觀點被影響而偏向建構主義觀點。

Elder (2002) 研究改變國小五年級學生所持有的科學知識論觀點時，發現在學生經歷動手做 (hands-on) 科學的教學活動前，學生已有成熟及質樸兩種摻雜的科學知識論觀點。而 Conley 等人在研究國小五年級學生的科學知識論觀點改變情形，其中學生所歷經科學教學活動，也是類似的動手做探究式學習活動，活動中強調了科學過程技能，



包括了如何執行一個科學研究，收集資料，進行觀察，解釋結果，提出結論，以及在以觀察獲得的證據為基礎上，檢驗其結論的正確性。結果顯示，學生在知識的來源和確定性兩項上，有隨著時間成熟的跡象。但是在知識的發展及驗證兩項，卻沒有明顯的改變。

在教學活動的過程中，藉由讓學生實際體驗觀察現象會產生記錄取捨的心理歷程，與從有限的證據產生科學結論，使得學生能夠在科學知識的產生（來源）及確定性方面的看法上產生改變。但是由於整個教學活動設計的限制，使得小組討論的部分未能強調，學生在知識的發展及驗證兩項上的改變並不顯著。

另外，Smith 等人（Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C., and Hennessey, M. G.）在 2000 年研究六年級學生的科學知識論觀點改變時，在整個實驗過程中，實驗組採取建構主義式的學習環境，學生以四人為一組的小組形式，研究一些自然現象，並與其他的小組成員或老師討論。過程中，學生被鼓勵提出自己對現象的解釋，教師並引導學生相互討論使其建構出的想法概念能夠更為人所理解（intelligibility），聽似合理的（plausibility），以及更能豐富的解釋其他現象（fruitfulness）。而對照組的學習環境裡，雖然也有實驗活動，但是教學活動的主要目標在於科學教科書上科學事實的教導，教師抱持著科學是確定不變的知識論態度，學生在實驗活動後並沒有去進一步的反思其實驗的推論過程、結果的修正。

在實驗後的結果顯示，在對照組的學生發展出傾向科學是確定不變的科學知識論觀點，而在建構主義式的學習環境中，學生的科學知識論觀點則偏向實驗活動是獲得科學知識獲得的重要過程，另外能體驗實驗活動過程中，概念理解、概念發展和概念修正等心理社會層面。

### 叁、小結

從以上的相關研究發現，對於改變學習者的科學知識論觀點，在面對學習者已有堅

固的既有科學知識論觀點情況下，將改變學生科學知識論觀點，設定為直接的教學目標，採用顯性方法的教學活動，結合適當的教學方法（如滿足概念改變產生的發生條件），可以改變學習者既有的科學知識論觀點。

而在對於年紀較小的學生科學知識論觀點研究，研究者會考慮學生當時認知能力的發展階段及學習經驗，無法直接教導科學哲學等相關概念，使其改變科學知識論觀點，因此多以動手做科學的體驗方式，使學生能夠在完成科學學習活動後，體驗新的學習經驗，使科學知識論觀點的改變以「副產品」的形式產生。在此，改變學生科學知識論觀點的目標便設定為間接教學目標。

雖然改變學生科學知識論觀點的教學方法可以區分為顯性與隱性兩類，然而 Abd-El-Khalick & Lederman(2000) 也主張不宜過分強調顯性與隱性的兩種教學方法之間是有明顯而絕對的界限。尤其他們更指出，即使在教學活動中溶合了科學史的成分，但是若缺乏了對科學本質多元看法的討論與反省，則還是被歸類為隱性的方法，而從事科學探究活動後，若能給予學生澄清與反省整個活動中有關闡明科學本質觀點的概念架構，則實質上是更趨近顯性的方法。因此，區別顯性與隱性教學活動的依據，除了內容上是否使用科學史哲或是科學探究活動之外，活動是否能在反省與討論的過程中觸及到科學本質或科學知識論觀點的相關議題，也是應作為分類的判斷參考。以 Lin & Chen (2002)在改變職前教師科學本質之觀點的研究為例，所採取的教學內容除了教導職前教師如何運用科學史去教導科學之外，另外實驗組的職前教師也要組成實驗小組去動手做科學探究實驗，以重現科學史上重要實驗及理論的發展過程。整個教學活動除了有明顯的顯性方法之外，在動手做的探究活動中其實已揉合若干隱性方法的成分，因此可以被視為是結合顯性與隱性教學方法的一個例子。而此種方法為本研究的教學活動設計帶來啟示。

在本研究中，考慮國中階段的學生，其現階段認知能力的發展及成熟度，以及學生可能已具有既有科學知識論觀點的情況，在教學活動直接教導科學史哲的相關概念。然而一直教導科學史哲的相關概念可能無法觸及實際科學活動中，科學家心智活動歷程所呈現的科學知識論觀點，致使教學效果有限，因此結合隱性的教學方法，透過動手做、及探究式實驗活動，使學生在探究的過程中，透過新的學習經驗，能夠體驗到新的科學知識論觀點。



## 第三章 研究方法

本研究的主要目的是探討結合顯性與隱性的教學活動後，對於八年級學生科學知識論觀點之影響。本章分五小節，將本研究的研究對象、研究工具、研究設計、資料蒐集和資料處理與分析，加以說明。

### 第一節 研究對象

本研究的研究對象是苗栗縣縣立某一所國中八年級的學生，從研究者任教的兩個班級中分別為實驗組和對照組，其人數分配如表 6 所示。

表 6 實驗組與對照組人數統計表

	男	女	合計
實驗組	14	17	31
對照組	18	12	30

雖然學生的分班方式是依據電腦亂數分配所形成的常態分班法，但是為確保實驗組和對照組兩個班級在教學前並無差異存，研究收集這兩班學生在七年級上、下學期數學科及自然科的學期成績進行t考驗的統計分析，結果發現兩班在七年級上、下學期數學科及自然科的學期成績並未達到統計上顯著差異，因此可視為這兩班在教學前並無差異存在，表 7 為實驗組與對照組七年級自然科成績之t考驗摘要表。此外，由於轉學生的關係，對照組人數在八年級時增加二位學生，以致在實施差異措施時，對照組的人數達到三十位。

表 7 實驗組與對照組七年級數學科及自然科成績之 t 考驗摘要表

		人數	分數範圍	平均數	標準差	t 值
上學期數學 科成績	實驗組	31	38-92	69.35	16.45	0.111
	對照組	28	37-98	61.96	18.42	
上學期自然 科成績	實驗組	31	44-93	70.58	14.59	0.872
	對照組	28	45-94	70.00	12.99	
下學期數學 科成績	實驗組	31	26-92	62.84	18.83	0.124
	對照組	29	19-96	54.48	22.59	
下學期自然 科成績	實驗組	31	40-91	69.16	14.84	0.742
	對照組	29	36-92	70.38	13.69	



## 第二節 研究設計

根據本研究之研究目的與參考相關文獻，研究者考慮在研究進行時無法隨機選取或分派受試者，只能就現有情境做最有效的控制，因此本研究採用準實驗設計

(quasi-experimental design) 之不相等對照組設計 (nonequivalent-control group design)，

應用現有班級作為實驗的分組，實驗設計如表 8 所示：

表 8 實驗設計

組別	實驗處理(共五個單元)		
實驗組 (一個班級)	前測	顯性與隱性的教學活動	後測
對照組 (一個班級)	前測	一般傳統教學法	後測

本研究由研究者分別對兩個班級實施兩種不同的教學法，教學前先實施「科學觀點問卷」與「科學知識論信念量表」之前測，經過五個單元的結合顯性與隱性的教學活動

後再實施「科學觀點問卷」與「科學知識論信念量表」之後測，本研究實驗組與對照組之教學內容對照如表 9 所示：

表 9 實驗組與對照組的教學內容對照表

單元名稱	第四章第一節 有機化合物		
教學時間	90 分鐘(2 節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	一、準備活動	約 10 分鐘	一、準備活動
學習活動	進行 4-1 的討論教室的討論，藉以引起學生探究有機化合物的興趣。	約 25 分鐘	進行 4-1 的討論教室的討論，藉以引起學生探究有機化合物的興趣。
整理活動	二、發展活動 1. 說明有機化合物的由來。 2. 說明過去所指的有機化合物與現代所指的有機化合物的差別。 3. 說明碳是構成有機化合物的重要成分。	約 10 分鐘	二、發展活動 1. 說明有機化合物的由來。 2. 說明過去所指的有機化合物與現代所指的有機化合物的差別。 3. 說明碳是構成有機化合物的重要成分。
結束	三、綜合活動 1. 介紹有機化合物的種類。 2. 介紹日常生活常見的有機化合物。 ~第一節結束~	約 5 分鐘	三、綜合活動 1. 介紹有機化合物的種類。 2. 介紹日常生活常見的有機化合物。 ~第一節結束~
開始	一、準備活動 請學生準實驗 4-1 的相關器材。	約 30 分鐘	一、準備活動 請學生準實驗 4-1 的相關器材。
學習活動	二、發展活動 1. 進行實驗 4-1「檢驗竹筴的成分」。 2. 探索有機化合物中含有碳元素，以協助學生印證課文中所敘述之有機化合物概念 3. 檢測學生之既有想法。	約 30 分鐘	二、發展活動 1. 進行實驗 4-1「檢驗竹筴的成分」。 2. 探索有機化合物中含有碳元素，以協助學生印證課文中所敘述之有機化合物概念。 3. 檢測學生之既有想法。
整理活動	三、綜合活動 1. 教師解說實驗中發生的現象。 2. 進行實驗的問題與討論，請學生討論完後發表討論的結果。 3. 進行 4-1 想一想，請同學進行分組討論後並上台發表結論。 ~第二節結束~	約 10 分鐘	三、綜合活動 1. 教師解說實驗中發生的現象。 2. 進行實驗的問題與討論，請學生討論完後發表討論的結果。 3. 進行 4-1 想一想，請同學進行分組討論後並上台發表結論。 ~第二節結束~
結束	~第二節結束~		~第二節結束~
單元名稱	第四章第二節 常見的有機化合物		



教學時間	90 分鐘(2 節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
學習活動	以生活中常見的有機化合物做引導，介紹常見的有機化合物及其性質。	10 分鐘	以生活中常見的有機化合物做引導，介紹常見的有機化合物及其性質。
整理活動	二、發展活動	約	二、發展活動
結束	1. 說明有機化合物的性質隨原子種類、原子數目及原子排列的差異而有不同。	25 分鐘	1. 說明有機化合物的性質隨原子種類、原子數目及原子排列的差異而有不同。
	2. 介紹常見烴類的性質	約	2. 介紹常見烴類的性質
	3. 介紹常見的烴類在日常生活中的應用。	10 分鐘	3. 介紹常見的烴類在日常生活中的應用。
	三、綜合活動	約	三、綜合活動
	請學生回家查看家中所用的瓦斯的成分，並與同學討論。	10 分鐘	請學生回家查看家中所用的瓦斯的成分，並與同學討論。
	～第一節結束～		～第一節結束～
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
學習活動	複習上一節課的內容。並說明有機化合物中若只含有碳、氫、氧，則稱為碳氫氧化合物。	5 分鐘	複習上一節課的內容。並說明有機化合物中若只含有碳、氫、氧，則稱為碳氫氧化合物。
整理活動	二、發展活動	約	二、發展活動
結束	1. 介紹各種碳氫氧化合物。	30 分鐘	1. 介紹各種碳氫氧化合物。
	2. 進行實驗 4-2「乙酸和乙醇的反應」。	約	2. 進行實驗 4-2「乙酸和乙醇的反應」。
	3. 由教師操作實驗步驟，並請學生仔細觀察實驗的過程及其發生的現象。	10 分鐘	3. 由教師操作實驗步驟，並請學生仔細觀察實驗的過程及其發生的現象。
	4. 請學生將實驗觀察及結果詳細的記錄在活動紀錄簿上。	約	4. 請學生將實驗觀察及結果詳細的記錄在活動紀錄簿上。
	三、綜合活動	約	三、綜合活動
	進行 5-2-2「想一想」。	10 分鐘	進行 5-2-2「想一想」。
	～第二節結束～		～第二節結束～
單元名稱	第四章第三節 聚合物和衣料		
教學時間	145 分鐘(3 節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
學習活動	1. 由 5-3 討論教室所提出的問題，聚集學生的注意力，引發學生討論。	10 分鐘	1. 由 5-3 討論教室所提出的問題，聚集學生的注意力，引發學生討論。
	2. 介紹塑膠在日常生活中的重	約	2. 介紹塑膠在日常生活中的重



	要性，及對環境的影響，引起學生的注意。		要性，及對環境的影響，引起學生的注意。
	二、發展活動	約 30 分鐘	二、發展活動
整理活動	1. 講解何謂聚合物。		1. 講解何謂聚合物。
	2. 講解天然聚合物和合成聚合物的差異性。		2. 講解天然聚合物和合成聚合物的差異性。
	3. 介紹聚合物分類及在生活中使用情形。		3. 介紹聚合物分類及在生活中使用情形。
結束	4. 介紹塑膠的種類及其代號。	約 5 分鐘	4. 介紹塑膠的種類及其代號。
	三、綜合活動		三、綜合活動
	提出日常生活的例子，使學生能多了解聚合物的使用狀況。		提出日常生活的例子，使學生能多了解聚合物的使用狀況。
	～第一節結束～		～第一節結束～
開始	一、準備活動		一、準備活動
	經由「4-3-2 討論教室」，協助學生以日常生活的經驗印證課文中所敘述之概念，並檢測學生之想法。	約 10 分鐘	經由「4-3-2 討論教室」，協助學生以日常生活的經驗印證課文中所敘述之概念，並檢測學生之想法。
學習活動	二、發展活動	約 30 分鐘	二、發展活動
	1. 透過「小檔案：美國塑膠工業協會塑膠分類代碼」及「小檔案：耐綸 (Nylon)」提供與課文內容相關專有名詞的參考資料，使學生了解相關科學概念的歷史發展過程。		1. 透過「小檔案：美國塑膠工業協會塑膠分類代碼」及「小檔案：耐綸 (Nylon)」提供與課文內容相關專有名詞的參考資料，使學生了解相關科學概念的歷史發展過程。
整理活動	2. 經由學習活動中，提供相關的問題，協助學生澄清概念，並運用於生活情境之中。	約 10 分鐘	2. 經由學習活動中，提供相關的問題，協助學生澄清概念，並運用於生活情境之中。
結束	三、綜合活動		三、綜合活動
	測驗衣料纖維的簡易實驗辨別法，增加學生的印象。課本習題檢討。		測驗衣料纖維的簡易實驗辨別法，增加學生的印象。課本習題檢討。
	～第二節結束～		～第二節結束～
開始	顯性教學活動一		一、隨堂測驗。
	一、文章導讀	約 10 分鐘	
	提示學生閱讀指定文章（深嘗知識的甜蜜——海爾蒙特與生理化學的興起）的重點，並提醒文章的最後有一些簡短的問答題，並沒有標準答案，請依自己的想法回答。		
學習活動	二、文章閱讀	約 25 分鐘	
	1. 發下指定的文章		

	2.向部分學生解釋問答題的題意。		二、隨堂測驗檢討。
整理活動	3.學生閱讀文章並寫下讀後的問答題。	約	
結束	三、全班討論 根據文章後面的問題，請學生發表個人的看法。	10 分 鐘	~第三節結束~
單元名稱	第四章第四節 常用的清潔劑		
教學時間	90分鐘(2節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
學習活動	1.利用本節的討論教室內容，引起學生學習動機。	10	1.利用本節的討論教室內容，引起學生學習動機。
	2.教師準備肥皂製造的實驗器材，並提示如何進行本實驗，以及實驗的注意事項。	分鐘	2.教師準備肥皂製造的實驗器材，並提示如何進行本實驗，以及實驗的注意事項。
學習活動	二、發展活動	約	二、發展活動
	1.老師說明討論教室的問題，並請學生回答，引起學習動機。	30	1.老師說明討論教室的問題，並請學生回答，引起學習動機。
整理活動	2.在老師指導下，學生依課本步驟完成實驗4-3。	分鐘	2.在老師指導下，學生依課本步驟完成實驗4-3。
	三、綜合活動	約	三、綜合活動
結束	老師歸納本節所討論的內容，以及實驗之問題與討論做結論。	5 分 鐘	老師歸納本節所討論的內容，以及實驗之問題與討論做結論。
	~第一節結束~		~第一節結束~
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
學習活動	複習上一節課實驗結果與問題討論	10	複習上一節課實驗結果與問題討論
	二、發展活動	約	二、發展活動
整理活動	教師利用實驗的結果，說明肥皂的去汙原理，並介紹日常常見的合成清潔。	30	教師利用實驗的結果，說明肥皂的去汙原理，並介紹日常常見的合成清潔。
	三、綜合活動	約	三、綜合活動
結束	以5分鐘的時間，針對常用的清潔劑做結論。	5 分 鐘	以5分鐘的時間，針對常用的清潔劑做結論。
	~第二節結束~		
單元名稱	第四章第五節 食品科技		
教學時間	90分鐘(2節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
		5	

學習活動	利用周遭生活中可見的食物，引發學生思考食物科技進步對人類生活的影響。	分鐘	利用周遭生活中可見的食物，引發學生思考食物科技進步對人類生活的影響。	分鐘
整理活動	二、發展活動 1.利用討論教室單元，教師說明悶燒鍋和壓力鍋的應用，使學生思考食物和溫度、壓力的關係。	30分鐘	二、發展活動 1.利用討論教室單元，教師說明悶燒鍋和壓力鍋的應用，使學生思考食物和溫度、壓力的關係。	30分鐘
結束	2.教師舉出生活中食品釀製的成品，引發學生了解釀製的方法與原理。	約10分鐘	2.教師舉出生活中食品釀製的成品，引發學生了解釀製的方法與原理。	約10分鐘
開始	三、綜合活動 1.教師說明食物保存的方法 2.以5分鐘的時間，針對釀製的方法與原理做結論。檢討第四章 第四、五節的習題。		三、綜合活動 1.教師說明食物保存的方法 2.以5分鐘的時間，針對釀製的方法與原理做結論。檢討第四章 第四、五節的習題。	
學習活動	~第一節結束~ <b>顯性教學活動二</b> 一、文章導讀 提示學生閱讀指定文章（迷失 執著 狂熱：當代“民間科學家”是與非及阿瑞尼士與游離說）的重點，並提醒文章的最後有一些簡短的問題，並沒有標準答案，請依自己的想法回答。	約5分鐘	~第一節結束~ 一、隨堂測驗。	約5分鐘
整理活動	二、文章閱讀 1.發下指定的文章，進行閱讀。 2.學生寫下讀後的問題回答。 3.針對部分學生解釋問題的題意。	約10分鐘	二、隨堂測驗檢討。	約10分鐘
結束	三、全班討論 根據文章後面的問題，請學生發表個人的看法。教師並提示故事背後有關科學史哲的意義。			
單元名稱	~第二節結束~ 第五章第一節 力		~第二節結束~	
教學時間	135分鐘(3節)			
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容	
開始	一、準備活動 引起動機 日常生活中無論是工作、運動、活動等皆需要力，那麼力是什麼呢？	約10分鐘	一、準備活動 引起動機 日常生活中無論是工作、運動、活動等皆需要力，那麼力是什麼呢？	約10分鐘
學習活動	二、發展活動	約25分鐘	二、發展活動	約25分鐘

	1.說明力的效應：將物體產生形變，藉此講解力的效應。 2.說明力的種類：利用教材介紹力的種類。 3.說明力的三要素：利用教材講解施力時需注意三個重點。	分鐘	1.說明力的效應：將物體產生形變，藉此講解力的效應。 2.說明力的種類：利用教材介紹力的種類。 3.說明力的三要素：利用教材講解施力時需注意三個重點。	分鐘
整理活動		約10分鐘		約10分鐘
結束	三、綜合活動 綜合上面的教學，舉一例子測驗學生對力的認識程度，了解學生的學習狀況。		三、綜合活動 綜合上面的教學，舉一例子測驗學生對力的認識程度，了解學生的學習狀況。	
	～第一節結束～		～第一節結束～	
開始	一、準備活動 引起動機 請學生每人拿出一條橡皮筋，將橡皮筋拉長，感覺一下，不同的伸長量，手的拉力有何不同。	約10分鐘	一、準備活動 引起動機 請學生每人拿出一條橡皮筋，將橡皮筋拉長，感覺一下，不同的伸長量，手的拉力有何不同。	約10分鐘
學習活動	二、發展活動 1.進行實驗 5-1 力的測量，探討如何利用彈簧的伸長來測量力。 2.教師先說明操作流程、操作時注意事項，及觀察重點。 3.分組操作實驗，教師巡視各組實驗狀況及進度，並適時予以指導、糾正。	約25分鐘	二、發展活動 1.進行實驗 5-1 力的測量，探討如何利用彈簧的伸長來測量力。 2.教師先說明操作流程、操作時注意事項，及觀察重點。 3.分組操作實驗，教師巡視各組實驗狀況及進度，並適時予以指導、糾正。	約25分鐘
整理活動	4.利用實驗數據，引導出虎克定律，並說明虎克定律的意義。 5.講解應用虎克定律的演算。	約10分鐘	4.利用實驗數據，引導出虎克定律，並說明虎克定律的意義。 5.講解應用虎克定律的演算。	約10分鐘
結束	三、綜合活動 透過操作實驗後，教師將各組實驗數據，提出討論，讓同學了解彈簧的長度與所掛的砝碼的重量兩者之間的關係。		三、綜合活動 透過操作實驗後，教師將各組實驗數據，提出討論，讓同學了解彈簧的長度與所掛的砝碼的重量兩者之間的關係。	
	～第二節結束～		～第二節結束～	
開始	一、準備活動 教師準備實驗 5-2 力的平衡的實驗器材，並示範如何進行本實驗，以及實驗的注意事項	約5分鐘	一、準備活動 教師準備實驗 5-2 力的平衡的實驗器材，並示範如何進行本實驗，以及實驗的注意事項	約5分鐘
學習活動	二、發展活動 1.在老師指導下，學生依課本步驟完成實驗。 2.說明力圖的表示法：將力的三要素圖像化，加強學生的認	約35分鐘	二、發展活動 1.在老師指導下，學生依課本步驟完成實驗。 2.說明力圖的表示法：將力的三要素圖像化，加強學生的認	約35分鐘



整理活動	知。 3.說明二力平衡的條件。	約 5 分 鐘	知。 3.說明二力平衡的條件。	
結束	三、綜合活動 以本節課所作實驗之問題與討論做結論。		三、綜合活動 以本節課所作實驗之問題與討論做結論。	
	～第三節結束～		～第三節結束～	
單元名稱	第五章第二節 摩擦力			
教學時間	135 分鐘(3 節)			
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容	
開始	一、準備活動 引起動機 以「推不動桌子是因為推力小於摩擦力嗎」的問題和之前學得的「兩力平衡」概念並呈，引發學生討論。	約 10 分 鐘	一、準備活動 引起動機 以「推不動桌子是因為推力小於摩擦力嗎」的問題和之前學得的「兩力平衡」概念並呈，引發學生討論。	
學習活動	二、發展活動 1.進行實驗 5-3 摩擦力的性質，教師講解操作流程，操作注意事項及觀察重點。 2.講解摩擦力隨物體的運動狀態而有不同性質。	約 35 分 鐘	二、發展活動 1.進行實驗 5-3 摩擦力的性質，教師講解操作流程，操作注意事項及觀察重點。 2.講解摩擦力隨物體的運動狀態而有不同性質。	
結束	～第一節結束～		～第一節結束～	
開始	一、準備活動 引起動機 1.藉由上一節實驗所得討論結果，進一步探討何謂摩擦力及如何去改變摩擦力大小。 2.教師提出日常生活中時常碰到的例子，引起學生討論的興趣。	約 10 分 鐘	一、準備活動 引起動機 1.藉由上一節實驗所得討論結果，進一步探討何謂摩擦力及如何去改變摩擦力大小。 2.教師提出日常生活中時常碰到的例子，引起學生討論的興趣。	
學習活動	二、發展活動 1.藉由實驗過程中，觀察拉力的改變情況，講解摩擦力的種類。 2.解合日常生活的例子，增加學生的印象。 3.說明摩擦力對日常生活的影響。 4.講解如何去正確地改變摩擦力。	約 25 分 鐘	二、發展活動 1.藉由實驗過程中，觀察拉力的改變情況，講解摩擦力的種類。 2.解合日常生活的例子，增加學生的印象。 3.說明摩擦力對日常生活的影響。 4.講解如何去正確地改變摩擦力。	
整理活動	三、綜合活動 1.教師提出日常生活中的例子，讓學生去回答出如何使用	約 10 分 鐘	三、綜合活動 1.教師提出日常生活中的例子，讓學生去回答出如何使用	

	<p>摩擦力。</p> <p>2. 教師提出日常生活中的例子，讓學生去回答出如何使用摩擦力及如何改變其摩擦力的大小。檢討本章節的習題。</p> <p>～第二節結束～</p> <p><b>顯性教學活動三</b></p> <p>一、文章導讀</p> <p>提示學生閱讀指定文章（科學的爭議—全球暖化的原因）的重點，並提醒文章的最後有一些簡短的問題，並沒有標準答案，請依自己的想法回答。</p> <p>二、文章閱讀</p> <p>1. 發下指定的文章，進行閱讀。</p> <p>2. 學生寫下讀後的問題回答。</p> <p>3. 針對部分學生解釋問題的題意。</p> <p>三、全班討論</p> <p>根據文章後面的問題，請學生發表個人的看法。</p> <p>～第三節結束～</p>	<p>約</p> <p>10</p> <p>分鐘</p> <p>約</p> <p>25</p> <p>分鐘</p> <p>約</p> <p>10</p> <p>分鐘</p>	<p>摩擦力。</p> <p>2. 教師提出日常生活中的例子，讓學生去回答出如何使用摩擦力及如何改變其摩擦力的大小。檢討本章節的習題。</p> <p>～第二節結束～</p> <p>一、隨堂測驗。</p> <p>二、隨堂測驗檢討。</p> <p>～第三節結束～</p>
單元名稱	第五章第三節 壓力		
教學時間	135 分鐘(3 節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	<p>一、準備活動</p> <p>引起動機</p> <p>以討論教室的問題，詢問學生：「赤腳踩在公園裡的健康步道，感覺比在平地來得疼痛，為什麼？」，引發學生對「壓力」的討論。</p> <p>二、發展活動</p> <p>1. 由保特瓶與海綿的實做活動講解壓力的產生及其定義。</p> <p>2. 講解影響壓力大小的因素。</p> <p>3. 進行 5-3-1 想一想的問題討論，協助學生澄清概念。</p> <p>三、綜合活動</p> <p>教師將上述內容，再作整合，重點講解，增加學生的印象。</p> <p>～第一節結束～</p>	<p>約</p> <p>5</p> <p>分鐘</p> <p>約</p> <p>35</p> <p>分鐘</p> <p>約</p> <p>5</p> <p>分鐘</p>	<p>一、準備活動</p> <p>引起動機</p> <p>以討論教室的問題，詢問學生：「赤腳踩在公園裡的健康步道，感覺比在平地來得疼痛，為什麼？」，引發學生對「壓力」的討論。</p> <p>二、發展活動</p> <p>1. 由保特瓶與海綿的實做活動講解壓力的產生及其定義。</p> <p>2. 講解影響壓力大小的因素。</p> <p>3. 進行 5-3-1 想一想的問題討論，協助學生澄清概念。</p> <p>三、綜合活動</p> <p>教師將上述內容，再作整合，重點講解，增加學生的印象。</p> <p>～第一節結束～</p>
學習活動			
整理活動			
結束			
開始	<p>一、準備活動</p> <p>引起動機</p>	<p>約</p>	<p>一、準備活動</p> <p>引起動機</p>



	利用水壓觀器在水中的形變，引起學生對水壓力的討論。	5分鐘	利用水壓觀器在水中的形變，引起學生對水壓力的討論。
學習活動	<p>二、發展活動</p> <p>1. 進行實驗 5-4 水壓力，觀察水壓觀器在水中的形變。</p> <p>2. 觀察水的側壓力及上壓力。</p> <p>3. 藉由實驗探討水壓力的定義。</p> <p>4. 由教師操作實驗步驟，並請學生仔細觀察實驗的過程及其發生的現象。</p>	約 25 分鐘	<p>二、發展活動</p> <p>1. 進行實驗 5-4 水壓力，觀察水壓觀器在水中的形變。</p> <p>2. 觀察水的側壓力及上壓力。</p> <p>3. 藉由實驗探討水壓力的定義。</p> <p>4. 由教師操作實驗步驟，並請學生仔細觀察實驗的過程及其發生的現象。</p>
整理活動	<p>5. 請學生將實驗觀察及結果詳細的記錄在活動紀錄簿上。</p>	約 15 分鐘	<p>5. 請學生將實驗觀察及結果詳細的記錄在活動紀錄簿上。</p>
結束	<p>三、綜合活動</p> <p>1. 進行 5-3-2 想一想的活動，並多提一些日常生活中的例子，增加學生的印象。</p> <p>2. 讓學生提出日常生活中的例子，增加學生對水壓力的了解。</p>	約 15 分鐘	<p>三、綜合活動</p> <p>1. 進行 5-3-2 想一想的活動，並多提一些日常生活中的例子，增加學生的印象。</p> <p>2. 讓學生提出日常生活中的例子，增加學生對水壓力的了解。</p>
開始	<p>～第二節結束～</p> <p>一、準備活動</p> <p>利用連通管或針筒的實做活動，引發學生學習興趣。</p>	約 15 分鐘	<p>～第二節結束～</p> <p>一、準備活動</p> <p>利用連通管或針筒的實做活動，引發學生學習興趣。</p>
學習活動	<p>二、發展活動</p> <p>1. 介紹連通管和帕斯卡原理，及其在日常生活中的應用。</p> <p>2. 進行 5-3-3 想一想的活動，協助學生澄清概念。</p>	約 25 分鐘	<p>二、發展活動</p> <p>1. 介紹連通管和帕斯卡原理，及其在日常生活中的應用。</p> <p>2. 進行 5-3-3 想一想的活動，協助學生澄清概念。</p>
整理活動	<p>3. 進行 5-3-4 的討論教室，以為講解大氣壓力的引導。</p> <p>4. 講解大氣壓力的物理性質。</p>	約 5 分鐘	<p>3. 進行 5-3-4 的討論教室，以為講解大氣壓力的引導。</p> <p>4. 講解大氣壓力的物理性質。</p>
結束	<p>三、綜合活動</p> <p>進行 5-3-4 想一想的活動，協助學生澄清概念。</p>	約 5 分鐘	<p>三、綜合活動</p> <p>進行 5-3-4 想一想的活動，協助學生澄清概念。</p>
單元名稱	第五章第四節 浮力		第五章第四節 浮力
教學時間	90 分鐘(2 節)		90 分鐘(2 節)
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	<p>一、準備活動</p> <p>引起動機</p> <p>以討論教室的問題，及在游泳池中感覺變輕的經驗，引發學生對「不同物質在水中所受浮力</p>	約 10 分鐘	<p>一、準備活動</p> <p>引起動機</p> <p>以討論教室的問題，及在游泳池中感覺變輕的經驗，引發學生對「不同物質在水中所受浮力</p>

	大小為何？」的討論。		大小為何？」的討論。
	二、發展活動		二、發展活動
學習活動	1.進行「物體在液體中所受的浮力」實驗，測量物體在液體中所受浮力大小。	約25分鐘	1.進行「物體在液體中所受的浮力」實驗，測量物體在液體中所受浮力大小。
	2.教師講解並操作實驗，並請學生仔細觀察實驗的過程及其發生的現象。		2.教師講解並操作實驗，並請學生仔細觀察實驗的過程及其發生的現象。
	3.請學生將實驗觀察及結果詳細的記錄在活動紀錄簿上。		3.請學生將實驗觀察及結果詳細的記錄在活動紀錄簿上。
整理活動	4.由實驗所得數據，探討影響浮力的因素。		4.由實驗所得數據，探討影響浮力的因素。
	三、綜合活動	約10分鐘	三、綜合活動
結束	1.綜合實驗結果，講解浮力的定義，及影響浮力的因素。		1.綜合實驗結果，講解浮力的定義，及影響浮力的因素。
	2.舉日常生活例子，提高學生學習興趣。		2.舉日常生活例子，提高學生學習興趣。
	～第一節結束～		～第一節結束～
開始	一、準備活動	約10分鐘	一、準備活動
	引起動機		引起動機
	以上一節實驗的討論結果，與日常生活的例子做一結合，引起學生的學習興趣。		以上一節實驗的討論結果，與日常生活的例子做一結合，引起學生的學習興趣。
學習活動	二、發展活動	約25分鐘	二、發展活動
	1.講解亞基米得原理。		1.講解亞基米得原理。
	2.講解物體在溶液中是沉？是浮？的決定因素。		2.講解物體在溶液中是沉？是浮？的決定因素。
	3.討論”想一想”，探討出原因，並結合日常生活中的例子，再說明，加深學生的印象。		3.討論”想一想”，探討出原因，並結合日常生活中的例子，再說明，加深學生的印象。
整理活動			
	三、綜合活動	約10分鐘	三、綜合活動
結束	透過想一想，讓學生舉出日常生活實例並說明其原因		透過想一想，讓學生舉出日常生活實例並說明其原因
	～第二節結束～		～第二節結束～
單元名稱	第六章第一節 靜電		
教學時間	180分鐘(4節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	一、準備活動	約20分鐘	一、準備活動
	引起動機		引起動機
	以討論教室的問題，詢問學生，引發學生對「摩擦起電」的討論。		以討論教室的問題，詢問學生，引發學生對「摩擦起電」的討論。
學習活動		約	

	二、發展活動	25	二、發展活動
	1.講解導體及絕緣體，靜電感應的差別及原因。	分	1.講解導體及絕緣體，靜電感應的差別及原因。
	2.進行實驗 6-1 物質的摩擦，探索物質摩擦後的帶電現象及其發生原因。	鐘	2.進行實驗 6-1 物質的摩擦，探索物質摩擦後的帶電現象及其發生原因。
結束	3.經由實驗的結果及討論，解釋摩擦起電、靜電、導電、絕緣體，並進而說明其彼此的關係。		3.經由實驗的結果及討論，解釋摩擦起電、靜電、導電、絕緣體，並進而說明其彼此的關係。
	~第一節結束~		~第一節結束~
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
	引起動機	10	引起動機
	復習上一節講述的摩擦起電、靜電、導電、絕緣體的觀念，加深學生的印象。	分	復習上一節講述的摩擦起電、靜電、導電、絕緣體的觀念，加深學生的印象。
學習活動	二、發展活動	約	二、發展活動
	利用上一節所學的知識，進行靜電感應的活動。	25	利用上一節所學的知識，進行靜電感應的活動。
		分	
整理活動	三、綜合活動	約	三、綜合活動
	復習上節中所講述的知識，讓學生有一通盤了解。	10	復習上節中所講述的知識，讓學生有一通盤了解。
結束		分	
	~第二節結束~	鐘	~第二節結束~
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
	復習上一節講述的觀念，加深學生的印象。	10	復習上一節講述的觀念，加深學生的印象。
		分	
學習活動	二、發展活動	約	二、發展活動
	1.講解導體及絕緣體，靜電感應的差別及原因。	25	1.講解導體及絕緣體，靜電感應的差別及原因。
	2.進行 6-1-3 想一想，進一步澄清學生概念。	分	2.進行 6-1-3 想一想，進一步澄清學生概念。
		鐘	
整理活動	三、綜合活動	約	三、綜合活動
	檢討本章節的習題。	10	檢討本章節的習題。
結束		分	
	~第三節結束~	鐘	~第三節結束~
開始	顯性教學活動四		一、隨堂測驗。
	一、文章導讀	約	
	提示學生閱讀指定文章（漫步在藍色多瑙河畔的學者——歐姆與電阻定律）的重點，並提醒文章的最後有一些簡短的問答題，並沒有標準答案，請依自己	10	
學習活動		分	
		鐘	

	的想法回答。	約	
	二、文章閱讀	25	
整理活動	1.發下指定的文章，進行閱讀。	分	
	2.學生寫下讀後的問題回答。	鐘	
結束	3.針對部分學生解釋問題的題意。	約	二、隨堂測驗檢討。
	三、全班討論	10	
	根據文章後面的問題，請學生發表個人的看法。	分	
		鐘	
	～第四節結束～		～第四節結束～
單元名稱	第六章第二節 電壓		
教學時間	135 分鐘(3 節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
	引起動機	10	引起動機
	利用一手電筒，探討其發光原理，引發學生對電路的興趣。	分	利用一手電筒，探討其發光原理，引發學生對電路的興趣。
學習活動	二、發展活動	約	二、發展活動
	1.利用一簡單的電器，分析其通電原理，過程中介紹何謂電路、電路符號、電路圖、通路、斷路。	30	1.利用一簡單的電器，分析其通電原理，過程中介紹何謂電路、電路符號、電路圖、通路、斷路。
	2.利用一數個簡單的電器零件，組合成通路狀態。由過程中介紹何謂並聯、串聯。並解釋其中異同。	分	2.利用一數個簡單的電器零件，組合成通路狀態。由過程中介紹何謂並聯、串聯。並解釋其中異同。
整理活動	3.整合前面所講述的知識，加深同學印象。	約	3.整合前面所講述的知識，加深同學印象。
結束	三、綜合活動	5	三、綜合活動
	進行 6-2-1 想一想，澄清學生概念。	分	進行 6-2-1 想一想，澄清學生概念。
		鐘	
	～第一節結束～		～第一節結束～
開始	一、準備活動	約	一、準備活動
	引起動機	5	引起動機
	復習上一節講述的電路、電路符號、電路圖、通路、斷路的觀念，加深學生的印象。	分	復習上一節講述的電路、電路符號、電路圖、通路、斷路的觀念，加深學生的印象。
學習活動	二、發展活動	約	二、發展活動
	利用一簡單的電器，解釋其作用原理，進而引申出電壓觀念。	25	利用一簡單的電器，解釋其作用原理，進而引申出電壓觀念。
		分	
整理活動	三、綜合活動	約	三、綜合活動
		10	



結束	復習二節中所講述的知識，讓學生有一通盤了解。	分鐘	復習二節中所講述的知識，讓學生有一通盤了解。	分鐘
	～第二節結束～		～第二節結束～	
開始	一、準備活動 準備實驗相關器材	約5分鐘	一、準備活動 準備實驗相關器材	
學習活動	二、發展活動 1.操作實驗 6-2 電壓的測量，了解串聯及並聯時，電壓的變化。 2.由教師操作並講解實驗步驟，並請學生仔細觀察實驗的過程及其發生的現象。 3.請學生將實驗觀察及結果詳細的記錄在活動紀錄簿上。	約25分鐘	二、發展活動 1.操作實驗 6-2 電壓的測量，了解串聯及並聯時，電壓的變化。 2.由教師操作並講解實驗步驟，並請學生仔細觀察實驗的過程及其發生的現象。 3.請學生將實驗觀察及結果詳細的記錄在活動紀錄簿上。	
整理活動				
結束	三、綜合活動 做一隨堂測驗，了解學生的學習概況。	約10分鐘	三、綜合活動 做一隨堂測驗，了解學生的學習概況。	
	～第三節結束～		～第三節結束～	
單元名稱	第六章第三節 電流			
教學時間	135 分鐘(3 節)			
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容	
開始	一、準備活動 引起動機 利用圖 6-14 解釋電流和電子流的流動方向相反，引發學生對電路的興趣。	約10分鐘	一、準備活動 引起動機 利用圖 6-14 解釋電流和電子流的流動方向相反，引發學生對電路的興趣。	
學習活動	二、發展活動 1.解釋電解質溶液內的電流成因和方向。 2.介紹電流大小的定義和單位。 3.介紹毫安培計各部分名稱及使用方法。	約35分鐘	二、發展活動 1.解釋電解質溶液內的電流成因和方向。 2.介紹電流大小的定義和單位。 3.介紹毫安培計各部分名稱及使用方法。	
結束				
	～第一節結束～		～第一節結束～	
開始	一、準備活動 引起動機 復習上一節講述的觀念，加深學生的印象。	約10分鐘	一、準備活動 引起動機 復習上一節講述的觀念，加深學生的印象。	
學習活動	二、發展活動 1.進行實驗 6-3 電流的測量。 2.各組學生將數據寫在黑板，並發表「問題與討論」的答案，其他組學生可提出詢問，教師	約25分鐘	二、發展活動 1.進行實驗 6-3 電流的測量。 2.各組學生將數據寫在黑板，並發表「問題與討論」的答案，其他組學生可提出詢問，教師	

整理活動	最後做總評。	約	最後做總評。
	三、綜合活動	10	三、綜合活動
結束	復習本節中所講述的知識，讓學生有一通盤了解。	分鐘	復習本節中所講述的知識，讓學生有一通盤了解。
	～第二節結束～		～第二節結束～
開始	<b>隱性教學活動</b>		一、隨堂測驗。
	一、進行「電阻模型實驗」，內容為在不同高度差的彈珠臺上，測量彈珠滾落之時間，教師講解時間倒數所代表的意義。	約 10 分 鐘	
學習活動	二、學生分組依序進行，確認測量數據、紀錄數據、處理數據、模型推論及誤差處理等經驗，並在實驗後與研究者針對其所測得結果及推論過程進行討論。	約 25 分 鐘	
整理活動			二、隨堂測驗檢討。
結束	三、學生將討論後的感想及心得以書面形式紀錄下來	約 10 分 鐘	～第三節結束～
	～第三節結束～		
單元名稱	第六章第四節 電阻		
教學時間	90 分鐘(2 節)		
教學過程	實驗組教學內容	時間	對照組教學內容
開始	一、準備活動 引起動機		一、準備活動 引起動機
	回述上一節電流變化與電池數的關係，導引出電流與電壓的關係，增加學生做實驗 6-4 的興趣。	約 10 分 鐘	回述上一節電流變化與電池數的關係，導引出電流與電壓的關係，增加學生做實驗 6-4 的興趣。
學習活動	二、發展活動		二、發展活動
	1.操作實驗 6-4 電壓與電流的關係，探討在固定電阻條件下，增加電池數，觀察電壓的變化。	約 35 分 鐘	1.操作實驗 6-4 電壓與電流的關係，探討在固定電阻條件下，增加電池數，觀察電壓的變化。
	2.將所觀察到電流與電壓變化的關係數據，繪製成圖，由圖探討電流、電壓與電阻三者正確關係。		2.將所觀察到電流與電壓變化的關係數據，繪製成圖，由圖探討電流、電壓與電阻三者正確關係。
結束	3.整合前面所講述的知識，加深同學印象。		3.整合前面所講述的知識，加深同學印象。
	～第一節結束～		～第一節結束～
開始	一、準備活動 引起動機	約 5 分	一、準備活動 引起動機
	復習上一節講述的電流、電壓		復習上一節講述的電流、電壓



學習活動	與電阻三者的關係，加深學生的印象並進而深入探討其原因。	鐘	與電阻三者的關係，加深學生的印象並進而深入探討其原因。
	二、發展活動	約	二、發展活動
	1.利用電流、電壓與電阻三者關係，說明電子在導線內的流動情況，因此有了上述關係。	30	1.利用電流、電壓與電阻三者關係，說明電子在導線內的流動情況，因此有了上述關係。
	2.講解二極體。	分鐘	2.講解二極體。
	3.探討在串聯或並聯時，變化燈泡及電池的數量或位置時，燈泡亮度的變化，推導出一定理。		3.探討在串聯或並聯時，變化燈泡及電池的數量或位置時，燈泡亮度的變化，推導出一定理。
整理活動	4.復習前面所講述的內容，實施想一想活動，讓學生能靈活思考其所學。	約	4.復習前面所講述的內容，實施想一想活動，讓學生能靈活思考其所學。
		10	
		分鐘	
結束	三、綜合活動	鐘	三、綜合活動
	1.復習二節中所講述的知識，讓學生有一通盤了解。		1.復習二節中所講述的知識，讓學生有一通盤了解。
	2.做一隨堂測驗，了解學生的學習概況。		2.做一隨堂測驗，了解學生的學習概況。
	~第二節結束~		~第二節結束~

由表 9 中可以發現，實驗組的顯性教學活動安排了四節課的時間，隱性的教學活動則安排了一節課的時間。造成兩種教學活動次數及時間不同的主要原因，是因為在教學實務上，目前課程的制定並未考量到額外的活動實施時間和場地，因此以顯性的形式進行改變學生科學知識論觀點的教學活動，在實務上是比較有充裕的準備與實施彈性。其次在目前制式課程的實驗活動，多為期待學生依循固定的實施步驟，印證理論上預期的結果，但此種形式的實驗活動一方面與真實的科學實驗活動有段差距，另一方面此類的活動更是僅存驗證而少了探索的學習層面，與所謂的探索式學習活動存在著明顯的差距。因此，在活動的設計階段時便構想在一個長時間的、能夠包含探索學習層面、體驗實驗過程中「觀察蘊含理論」及結果推論時「科學社群協商」的原則下發展隱性教學活動，而其實施時間選在相關理論學習前，使學生對實驗的理論結果未能完全確定，另外其後的二節課時間內，可以隨堂討論或指導測量數據、紀錄數據、處理數據及模型推論

等過程或經驗，而達到隱性教學活動的目的，因此隱性教學活動的次數雖然僅有一次，但對學生而言，兩種教學活動實施的時間並不會差異甚大。

本研究的自變項為教學方法，依變項為對自然科學的態度。以下就本研究中所包含的自變項、依變項和控制變項分別加以說明：

#### 一、自變項：

本研究的自變項為教學方法，實驗組採取結合顯性與隱性方法的科學知識信念改變教學活動，而對照組採取一般傳統教學法。結合顯性與隱性方法的科學知識信念改變教學活動，其內容主要是依據 Abd-El-Khalick & Lederman (2000) 的分類方法，在顯性方法的部分結合與課程中相關的科學史哲議題，在上課時以教師提問、資料閱讀後心得撰寫及師生討論等形式進行；在隱性方法的部分，則透過學生動手作實驗後，就收集數據、解釋結果及師生討論等階段的活動形式進行。而一般傳統教學法則是依據南一版八年級上學期自然科學教師手冊實施的教學活動。

#### 二、依變項：

本研究的依變項為學生的「自然科學知識論觀點」。所謂的「自然科學知識論觀點」是受試者在「科學知識論信念量表」、「科學觀點問卷」的得分，及「科學知識論觀點情境式問卷」上的回答情形，以及在訪談題目上回答的情形。「科學知識論信念量表」、「科學觀點問卷」、「科學知識論觀點情境式問卷」及「訪談題目」的內容詳見附錄二、附錄三、附錄四及附錄五。

#### 三、控制變項：

為減少自變項以外的其他變項對於研究所造成的影響，本研究將兩組教材內容與教

學時間都保持一致。教材內容為南一版之國中自然與生活科技第四冊三個單元的內容，各單元分別是「生活中的有機化合物」、「力與壓力」、「電」。而每個單元的教學時間分別是十一節（495分）、十一節（495分）及十二節（540分）。



### 第三節 研究流程

本研究之流程如圖 3-3-1 所示：

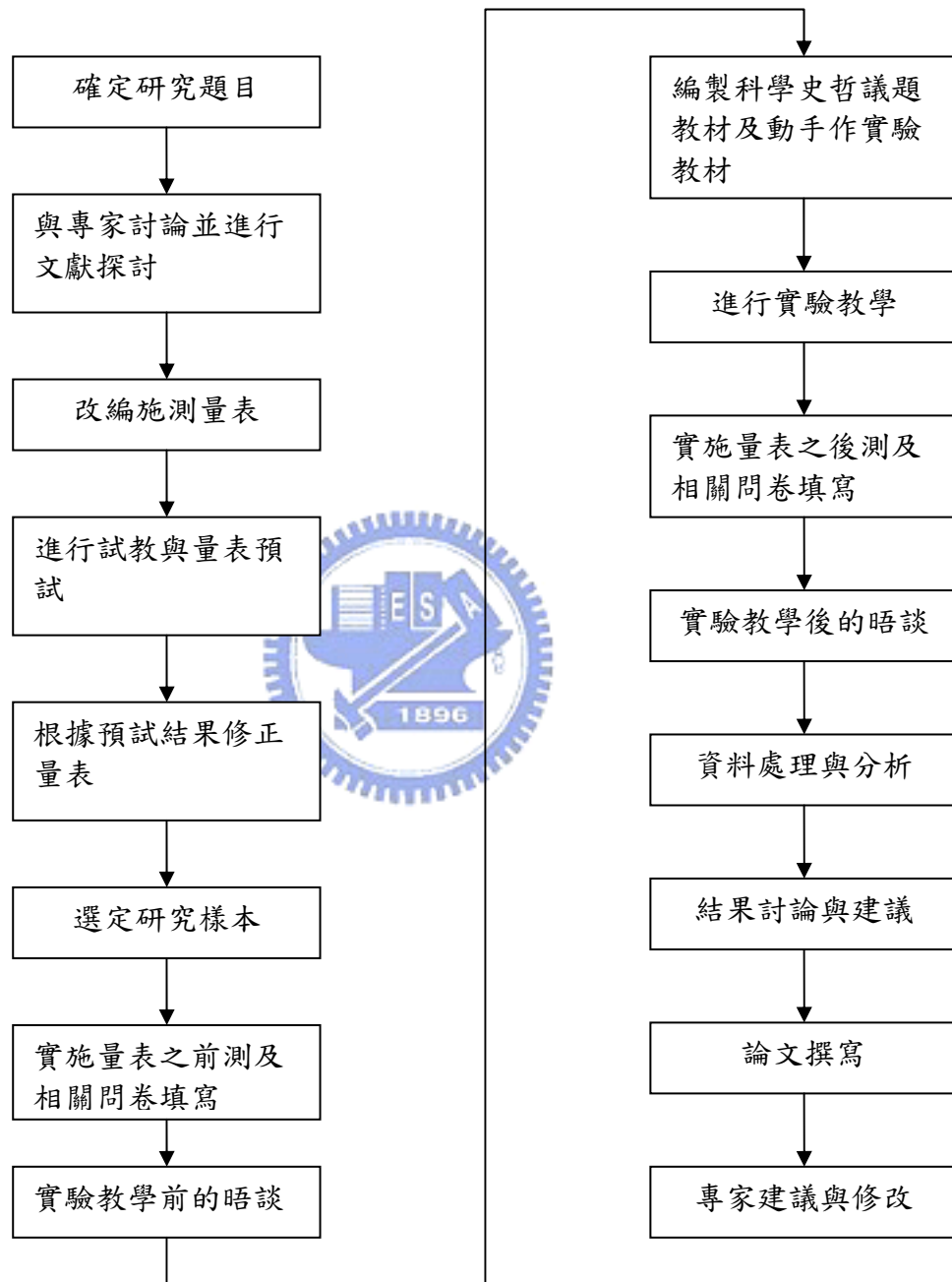


圖 3-3-1 研究流程圖

## 第四節 研究工具

本研究所使用的研究工具包括「科學史哲議題教材」、「科學知識論信念量表」、「科學觀點問卷」、「科學知識論觀點情境式問卷」等四種。

### 壹、科學史哲議題教材

實施教學實驗前，為了使科學知識信念改變教學活動所使用之教材，與學生之學習經驗相結合，不致使學生覺得太過突兀，因此在上課前研究者參考現行使用國中教科書、科學史的書籍及網路資料等，整理後依教學目標及教學經驗，編寫相關科學家的故事，部分文章編寫的體例參酌 Posner *et al.* (1982) 所主張促使概念改變發生的四個條件，以觀點對立的小篇幅文章並列，並於指定閱讀文章後，放置二至三題有關科學史哲議題之間答題，以做為閱讀重點之提示（教材內容詳見附錄一）。此部分教材為顯性的教學活動中使用。而動手作的科學實驗活動，是指在教科書編排的實驗以外，配合電學的課程內容，另行安排「電阻模型實驗」，內容為在不同高度差的彈珠臺上，測量彈珠滾落之時間，實驗活動由實驗組學生分組依次進行，以期在實驗活動中，確認測量數據、處理數據、模型推論及誤差處理等經驗，並在實驗後與研究者針對其所測得結果及推論過程進行討論，並要求學生將討論後的感想及心得以書面形式紀錄下來，使學生在更能意識到現行科學知識產生背後的可能歷程。此部分教材為隱性的教學活動中使用。

### 貳、科學知識論信念量表

本研究所使用的「科學知識論信念量表」是由 Conley 等人 (Conley, Pintrich, Vekiri, & Harrison, 2004) 在研究改變國小五年級學生的科學知識論觀點時，所使用的科學知識論信念量表改編成中文版，本量表一共有四個向度 (scale)：「科學知識的來源」

(source)、「科學知識的確定性」(certainty)、「科學知識的發展」(development)、「科學知識的驗證」(justification)，本量表採 Likert 五點式法編製，每個向度中各有五至九道題目，量表總共有二十六道題目。為避免作答者以固定方式填答，本量表有反向題，反向題在計分時需反向計分。

原英文版量表的施測對象為國小學生，而本研究的研究對象為國中八年級學生，因此研究者在量表施測前先對國中八年級學生共 173 人實施預試，根據預試結果對原量表題目進行刪除或修改後，得到本量表題目為 22 題，共分為四個向度，而整份量表的信度值 $\alpha=0.88$ ，表 10 為「科學知識論信念量表」的各向度之題目分配與其信度值。在本研究正式進行前先實施一次前測，等到所有單元教學活動結束後再實施一次後測。(量表內容詳見附錄二)

表 10 「科學知識論信念量表」各向度之題目分配與信度值

向度	題數	題號	信度值 ( $\alpha$ )
1 來源	4	<u>1</u> 、 <u>2</u> 、 <u>3</u> 、 <u>4</u>	0.72
2.確定性	4	<u>5</u> 、 <u>6</u> 、 <u>7</u> 、 <u>8</u>	0.77
3.發展	6	9、10、11、12、13、14	0.81
4.驗證	8	15、16、17、18、19、20、21、22	0.83

題號下有畫線者為反向題

### 參、科學觀點問卷

本研究所使用的「科學觀點問卷」是由 Tsai 和 Liu (2005) 所開發的問卷，經過 163 位高中生施測後，問卷的信度值為 0.67，本問卷一共有五個向度 (scale)：「科學社群協商」、「科學的創造發明本質」(Invented and Creative nature of science)、「觀察蘊含理論」(the Theory-Laden exploration)、「文化影響」(the Cultural impacts)、「科學知識的變易性和暫時性」(the Changing and Tentative feature of science knowledge)，



本問卷採 Likert 六點式法編製，每個向度中各有三至六個題目，整個問卷總共有十九道題目。為避免作答者以固定方式填答，本問卷有反向題，反向題在計分時需反向計分。

問卷原先的施測對象為高中生，而本研究的研究對象為國中八年級學生，因此研究者在問卷施測前先對國中八年級學生共 173 人實施預試，根據預試結果對原問卷題目進行修改後，得到本問卷題目為 24 題，而其整份問卷的信度值 $\alpha=0.91$ ，表 11 為「科學觀點問卷」的各向度之題目分配與其信度值。本問卷在研究正式進行前先實施一次前測，等到所有單元教學活動結束後再實施一次後測。（問卷內容詳見附錄三）

表 11 「科學觀點問卷」各向度之題目分配與信度值

向度	題數	題號	信度值 ( $\alpha$ )
1.科學的創造發明本質	5	1、2、3、4、5	0.77
2.觀察蘊含理論	5	6、7、8、9、10	0.80
3.科學知識的變易性和暫時性	5	11、12、13、14、15	0.74
4.科學社群協商	6	16、17、18、19、20、21	0.76
5.文化影響	3	22、23、24	0.66

#### 肆、科學知識論觀點情境式問卷

為了進一步了解學生的科學知識論觀點改變情形，本研究採用 Linn & Hsi (2000) 用於評量與晤談了解學生科學知識論觀點的情境式問卷，由研究者翻譯成中文版後，並經專家審閱修訂之後定稿。問卷的內容透過假設的情境，請受試者選擇可能的現象解釋，並於選擇後進一步解釋選擇的理由。整份問卷主要探討科學知識論觀點中的「科學

知識的本質 (nature of science knowledge) 」及「獲得科學知識的本質 (nature of knowing science knowledge) 」二種信念觀點。以「科學知識的本質」而言，透過科學知識發展的情境過程，由受試者所反映的理由及觀點來了解其科學知識的確定性及發展本質的看法。例如：

最近，在南極洲工作的科學家發現了一塊從火星來的隕石，有幾位科學家認為這顆隕石可以當作火星上曾一度有生命存在的證據。不過，其他科學家不同意，他們認為隕石不能當作火星上有生命的證據。

(1) 你認為為什麼這些科學家辯論？ (可複選)

- 其中一組科學家錯了，或者在他們的研究裡犯了錯誤。
- 其中一組科學家忽視了其它組科學家提出的證據或爭議。
- 每組科學家只相信他們自己的想法，因此他們按照自己方式曲解證據。
- 其中有一組一定是錯誤的而另一組則是正確的。
- 他們都正在尋找事實，但是要精確無誤的查明是很難的。
- 其他 \_\_\_\_\_

(2) 你認為這些科學家能在「火星上是否有生命」的問題上達成一致意見嗎？

(圈選一個) 能      不能

解釋你的答案：

同時在探討受試者有關「科學知識的本質 (nature of science knowledge) 」之看法，

了解受試者是偏向實證主義的觀點將科學知識視為彼此間是孤立的或是偏向建構主義

的觀點認為知識之間是有相關聯的。例如：

「我在學校所學到的科學知識簡直沒有什麼是和我在日常生活所經驗到的一樣。」對於這句話，你同意嗎？ (請打✓)

- 同意
- 不同意

舉一個例子解釋你的答案

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

在探討受試者有關獲得「獲得科學知識的本質（nature of knowing science knowledge）」之看法，可以從選擇題了解受試者在「知識的來源」的持有觀點是比較贊同由外而內，依賴外界的知識權威或是比較贊同由學習者自身的推理與觀察所發展的，例如：

1-1. 你在學校所學的知識，有多少部分是依靠你自己獨自完成的(圈選一個選項)？

全部 大部分 大約一半 一點點 完全沒有

1-2. 你在學校所學的知識，有多少部分是你從你的老師們所學到的(圈選一個選項)？

全部 大部分 大約一半 一點點 完全沒有

1-3. 你在學校所學的知識，有多少部分是你從你的同學們所學到的(圈選一個選擇)？

全部 大部分 大約一半 一點點 完全沒有

本問卷在研究正式進行前先實施一次前測，等到所有單元教學活動結束後再實施一次後測（問卷內容詳見附錄四）。



## 第五節 資料蒐集與分析

本研究所得資料為量化與質性兩種形式並呈。研究的資料來源有：科學知識論信念量表、科學觀點問卷、科學知識論觀點情境式問卷及晤談內容，目的是想瞭解學生在經過顯性及隱性的教學活動之後，對於科學知識論觀點是否有改變，以若有改變的情況下，改變的部分為何。現將各項資料的處理及分析方法分述如下：

### 壹、量化分析

#### 一、科學知識論信念量表

本量表的内容可區分為四個向度 (scale)，分別為：

(一)「科學知識的來源」(source)：了解受試者比較認同建構主義的觀點，認為科學知識是來自於自身的推理與觀察，而傾向於實證主義的科學知識論觀點是認為科學知識的獲得是由外而內，科學知識是來自於外在的權威。例如：

- 科學家們所說的，每個人都要相信。(反向題)
- 你必須要相信自然課本中對於科學所提到的相關內容。(反向題)

(二)「科學知識的確定性」(certainty)：了解受試者比較偏向建構主義的觀點，對於複雜的問題，認為可能有不止一個的正確答案，或是比較偏向實證主義的觀點認為科學問題都有一個正確的標準答案。例如：

- 科學上的所有問題都有一個正確的答案。(反向題)
- 一旦科學家們從實驗中得到一個結果，這個結果應該是唯一的解答。(反向題)

(三)「科學知識的發展」(development)：了解受試者比較偏向建構主義的觀點可能認為科學知識是會因為新的證據或資料而持續發展改變的，或是比較偏向實證主義的觀點認為科學知識是表徵自然的真理，所以是固定不變的。例如：

- 有時候科學家們會改變他們原來認為是對的想法。

- 科學課本中的想法有時候會改變。

(四)「科學知識的驗證」(justification):了解受試者比較偏向建構主義的觀點可能認為驗證概念的實驗方式並不是固定的,在各種情境脈絡下除了實驗檢證外,還可以運用各種推理方法形成可以普遍被接受的科學主張,或是比較偏向實證主義的觀點認為唯有透過科學實驗才能驗證的知識,才能歸屬於科學知識。例如:

- 做實驗是確定一個科學想法對不對的好方法。
- 對於科學的問題而言,一個好的答案通常是根據許多不同科學實驗所得到的證據而來的。

本問卷為 Likert 五點式的量表形式,先收集科學知識論信念量表前後測數據,對正向題將學生勾選「非常同意」「無意見」「不同意」「非常不同意」轉換成 5、4、3、2、1 的分數,對於反向題則將學生勾選「非常同意」「無意見」「不同意」「非常不同意」轉換成 1、2、3、4、5 的分數。得分越高表示學生越明顯的表現出以建構主義為取向的知識論觀點,得分越少表示越接近以實證主義為取向的科學知識論觀點。數據輸入 SPSS10.0 中文版進行分析,針對四個分向度的前後測得分進行 ANCOVA 考驗,觀察是否達顯著差異。

## 二、科學觀點問卷

本問卷的內容可區分為五個向度(scale),分別為:

(一)科學社群協商(the role of Social Negotiation):了解受試者比較認同科學知識是由科學社群中,經由社群協商,取得共識所得來的,或是比較贊同科學是個人獨自的探索過程,主要依賴個人的努力而獲得發展的觀點。例如:

- 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。
- 科學家間的不斷討論辯證可形成更好的科學理論。

(二) 科學的創造發明本質 (Invented and Creative nature of science) : 了解受試者比較認同科學知識是來自於發明與創造的, 或是比較贊同科學知識是被發現的。例如:

- 科學家的直覺在科學發展的過程中, 扮演一個重要的角色。
- 科學理論發展的過程中需要科學家的想像力與創造力。

(三) 觀察蘊含理論 (the Theory-Laden exploration) : 了解受試者比較認同科學家在進行科學觀察及探索時, 會受到個人的假設、價值標準及研究議程等因素的影響, 科學家在觀察時是受到內在蘊含的理論所影響, 或是比較贊同科學知識是來自於完全客觀的觀察和程序步驟。例如:

- 科學家的研究活動會受他們既有理論的影響。
- 不同理論背景的科學家會對同一種自然現象產生不同的看法。

(四) 文化影響 (the Cultural impacts) : 了解受試者比較認同科學知識發展的本質是受到文化因素的影響, 或是比較贊同科學是不受文化因素影響的, 而忽略在不同文化中獲得科學知識的方法。例如:

- 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。
- 不同文化族群的人對於科學知識的重要性會持有不同的標準。

(五) 科學知識的變易性和暫時性 (the Changing and Tentative feature of science knowledge) : 了解受試者比較認同科學知識的發展是由概念改變所造成的, 科學知識為目前的自然現象提供暫時性的解釋, 或是比較贊同科學知識是代表自然的真理, 所以是不會改變的。例如:

- 現有科學知識提供對於自然現象暫時性的解釋。
- 科學理論必須經由不斷地修正才能更合理地解釋自然現象。

本問卷採 Likert 六點問卷, 先收集科學觀點問卷前後測數據, 對正向題將學生勾選



「完全同意」「幾乎同意」「有點同意」「有點不同意」「幾乎不意見」「完全不同意」分別轉換成 6、5、4、3、2、1 的分數，因為在反向題中越是傾向同意，表示學生的科學知識論觀點越傾向實證主義觀點，所以在反向題的計分方式，反而將學生勾選「完全同意」「幾乎同意」「有點同意」「有點不同意」「幾乎不意見」「完全不同意」分別轉換成 1、2、3、4、5、6 的分數。得分越高表示學生的科學知識論觀點越接近建構主義取向的觀點。數據輸入 SPSS10.0 中文版進行分析，針對五個分向度的前後測得分進行 ANCOVA 考驗，觀察是否達顯著差異。

### 三、科學知識論觀點情境式問卷

為了探討學生在面對生活中的科學問題情境，內心所呈現何種的科學知識論觀點，本研究採用「科學知識論觀點情境式問卷」，這是半結構化問卷型式，問卷內的題型大多採二階段形式，每一題先問學生面對生活中可能遇到的科學研究及學習情境現象，學生依自己的想法在預設的幾個選項中勾選自己的想法，然後再進一步的問學生勾選這樣的選項時，背後所持的理由或想法。研究者根據「科學知識論觀點情境式問卷」的回答情形，將學生所呈現的回答分類為「偏向建構」、「混合觀點」、「偏向實證」與「不知道」等四種類型。為了使問卷的分析能更加客觀正確，於是研究者先行挑出十份具有代表性的問卷，交與另一位背景與研究者相若的自然科教師分類，並根據兩人的分類情形求得一致性係數為 0.80。

在整份科學知識論觀點情境式問卷裡，共有九個大題，但是第一大題所呈現的題意內容，反而是探討學生的學習科學經驗，施測後極有可能得到學生們認為習得科學知識的來源（the source of knowing science knowledge）而不是科學知識的來源（the source of science knowledge），而第二大題及第三大題，除了非以科學情境呈現題目外，題目的內容也可能著重於探討學生的學習信念或學習觀點，與科學知識論觀點較無直接的關係，

因此在分析問卷時，便排除第一至第三大題的結果，僅針對第四至第九大題（共計八個小題）進行分析以了解學生的科學知識論觀點。根據學生以文字闡述其選擇的理由，將學生自書的理由和想法分析歸納整理，在每一小題後，依學生所呈現的回答分類為「偏向建構」、「混合觀點」、「偏向實證」與「不知道」等四種類型，最後再比較兩組在每個小題的回答改變情形。

為了更加了解兩組學生的科學知識論觀點改變情形，根據學生在每題的回答類型予以編碼，本研究將「偏向建構」、「混合觀點」、「偏向實證」與「不知道」等四種回答類型分別編碼為 3、2、1、0。再將兩組的數據輸入 SPSS10.0 中文版進行分析，針對每一題的前後測得分進行 ANCOVA 考驗，觀察是否達顯著差異。

此外，研究者也根據兩組學生的各種回答類型，進一步分析同一份問卷裡在各小題的回答類型相同一致的題數，以釐清學生們的科學知識論觀點在呈現情況是否受到情境的引導而有所影響，或者不受題目情境的影響而能出現一致性。

## 貳、質性分析

訪談的題目是採用 Tsai (1998b) 在研究臺北地區國中八年級學生的科學知識論信念 (scientific epistemological beliefs) 所使用的訪談題目，題目的內容詳見附錄五。

訪談題目的內容可區分為探索學生的「科學知識論觀點」和「學習科學的態度及信念」兩個部分。在探索學生的「科學知識論觀點」部分有八道題目，主要是期望透過這些題目了解科學知識論觀點中的相關想法。例如這道題目裡：『如果有人問你「什麼是科學？」，你將如何回答？』，偏向建構主義觀點的回答，大致上贊同科學是人類帶著想像與創造力的心智活動，或是與我們日常生活中有密切關聯的事物。相對的，偏向實證主義觀點的回答，大致上表示科學是一種許多正確事實的累積或集合。這題的回答可以呼應前述問卷中的「科學的創造發明本質」或「科學知識的來源」等向度。

在被問及「你覺得科學知識的主要特徵是什麼呢?」或「你覺得科學知識與其他的知識有什麼不同呢?」時，偏向建構主義觀點的回答，應會反映出科學知識的暫時性與變易性的特質。相對的，偏向實證主義觀點的回答，則強調科學知識的正確性與準確性。這題的回答可以呼應前述問卷中的「科學知識的發展」或「科學知識的暫時性與變易性」等向度。

在被問及「你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法?」或「你覺得科學家們從事任何事，都會依據他們的想法嗎?他們依據什麼想法?以及如何依據其想法?」時，一般都會提到實驗活動，但是偏向建構主義觀點的回答，應會反映出科學家的想法會受到其他或之前科學家的影響，而且在實驗的過程中沒有固定的程度或方法。相對的，偏向實證主義觀點的回答，則認為必須遵循某些固定的程序或方法所獲得實驗結果才能證實科學知識。這類題目的回答可以呼應前述問卷中的「科學知識的來源」、「科學社群協商」或「科學的創造發明本質」等向度。

對於存在有許多不同的理論解釋同一自然現象，在被問及「有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的，另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的，另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料，會有不同的推論?」時，但是偏向建構主義觀點的回答，應會反映出面對複雜的問題，認為可能有不止一個的正確答案，而且科學家們採不同的理論來解釋自然現象，是因為各方並沒有明確的對錯，只是科學家們各自透過有根據的說法來解釋現象，發展相關科學理論。相對的，偏向實證主義觀點的回答在受到每個科學問題都有一個正確的標準答案之信念影響下，則認為一定有某一方的科學家錯了，或是認為有絕對正確的儀器設備後，應可獲得一個絕對正確的答案。這題的回答可以呼應前述問卷中的「科學知識的確定性」或「觀察蘊含理論」等向度。

由於過去的科學學習經驗使得部分學生已經相信科學是會改變的，但是在被問及「當科學家發展出一套理論後，這些理論會再度改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？」時，改變的理由仍然不同，偏向建構主義觀點的回答多會提到改變來自於新的理論被科學社群接受後有可能導致科學理論的改變，或是過去長期不為科學社群所接受的理論，被賦予新的解釋觀點後，有可能導致科學理論的改變。相對的，偏向實證主義觀點的回答則認為提到新證據和正確性提高後會導致科學理論改變，受限於目前的知覺經驗或是科技的限制，所以得到一個暫時的理論。一旦科技進步導致精密性和正確性提高後，應可導致科學理論的改變。這題的回答可以呼應前述問卷中的「科學知識的確定性」、「科學社群協商」或「觀察蘊含理論」等向度。

而在探索學生的「學習科學的態度及信念」部分有八道題目，主要是期望透過這些題目了解學生學習科學的態度及信念。

首先是為了了解學生的學習環境而問道：「請你描述或想像在一間教室裡，你在學習的情形。」。在此問題中，若受試者學習的學習態度是偏向建構主義，則回答中可能顯示較為自我掌控學習的活動，學習科學是與解決日常生活的問題有關的及與他人互相討論的活動等意涵，若較偏向實證主義的學習態度，則在回答中可能會著重於老師的講解。

而部分的題目是為了確認學生是否能意識到其自身的學習過程及成果，以及是否採取一些有意義的學習策略或是後設認知等認知技能，例如：「你如何確定你已經知道？例如：當你學習密度的概念時，你如何確定你已經了解密度的概念？」、「什麼是成功學習科學最重要的因素？為什麼？」、「你曾經使用學過的科學概念應用在其他地方嗎？為什麼？」除了直接確認學生如何去判定自己是否了解，若是在比較抱持建構主義觀點的



學生，在學習態度或信念的回答上應可以顯示出學生會檢視新習得的觀念是否與自身既有的觀念架構保持一致性，以及高度的後設認知監控自身習得的觀念之建構歷程，或是發生學習遷移的現象，能將新習得的概念用以解決其他領域的問題。若是在平時的解題練習上，則有可能在視部分的理論為現象提供了更好的解釋，因此有嘗試使用不同的方式解出相同的問題。相對的，比較抱持實證主義觀點的學生，在學習態度或信念的回答上應該會顯示只是依賴能否解出參考書的題目或是將相關考試分數列為是否學會的判斷指標，而其平時的學習方式有可能以機械式的練習或是停留在初階的認知策略，僅使用閱讀、記憶及重複的練習等學習技能。

另外進一步確認在面臨較為困難的學習主題是什麼，以及學生們如何運用各種學習策略與方法去加以克服，並從中再確認學生在學習時所採用的認知技能是否較為高階，因此從自身學習的角度，及老師教學的角度去探索學生的回答，例如：「什麼主題是你認為在學習科學中最難的？如何困擾你的學習？為什麼？你如何克服這個困難的？」、「你覺得一位學生的職責是什麼呢？」、「就你的看法，一位成功的科學教師應該是怎麼樣的？為什麼？」等題目的回答中，若是在比較抱持建構主義觀點學生的回答上，應可以顯示出遇到學習困難時會試著運用各種有意義的學習策略去達到與既有概念架構的一致性，而對於成功科學教師的描述可能會反映出學生期待他們的另有概念被了解，並且是教導深入而整合的概念，不僅是基本而分散的概念。相對的，若是在比較抱持實證主義觀點學生的回答上，應該會顯示出遇到學習困難時會可能試著機械式的解題練習，最後的目標可能只是放在考試中正確快速的解題。而對於成功科學教師的描述可能著重於能夠課程講解清楚，教導正確的觀念與解題方法。

最後，也透過題目去了解能夠激勵學生學習科學的動機，例如：「你認為什麼可以刺激你學習科學？」，除了瞭解學生學習科學的動機外，對於學生所感知的學習環境、

科學的學習信念或是抱持的科學知識論觀點是否會影響學生的學習科學動機。

另外在 Tsai (1998b) 的研究指出，不同學習態度與方法與不同的科學知識論觀點之間有交互作用，為進一步了解受試者在前述問卷中沒有被表達或測量出來的訊息，例如對於科學知識論觀點相關想法的改變以及與受試者的學習方法是否有任何差異，因此在實驗的前後測結束，便接著對部分受試者進行訪談。整個訪談流程是將二組學生分別根據「科學知識論信念量表」及「科學觀點問卷」前測中選出總分最高的前四名及總分最低的後四名，分為高低二群，針對各群學生進行晤談，總共有 29 位學生晤談，以期更深入的瞭解可能改變的情形及造成改變的可能原因，每位學生的晤談時間約 30 分鐘。研究者在第二次晤談時，同時參照學生第一次晤談的回答，若學生二次的回答顯示科學知識論觀點或科學學習信念有明顯差異時，研究者即追問：「你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？老師想知道是什麼造成你回答或想法改變的原因。」，主要目的在於確認透過結合顯性與隱性的教學活動後，究竟在那個部分造成了學生想法的改變，或是科學知識論觀點與科學學習信念相互作用的情形。研究者晤談過程中全程錄音，全部晤談完後由錄音帶內容，再轉成文字稿。晤談文字內談以 T 代表老師，以 AH1、AL1 分別代表實驗組科學知識論信念量表高、低分群第一位學生，BH1、BL1 分別代表對照組科學知識論信念量表高、低分群第一位學生。研究者從中選出具有代表性的幾位學生，將學生自書之原因轉錄於論文中。



## 第四章 研究結果與討論

本章將針對本研究中所收集的錄音訪談資料與「科學知識論信念量表」、「科學觀點問卷」、「科學知識論觀點情境式問卷」等參份量表所得之資料分別進行質性與量化分析。

### 第一節 實驗組與對照組在科學知識論觀點的差異分析

#### 壹、科學知識論信念量表與科學觀點問卷的量化分析

本研究中所使用的「科學知識論信念量表」，將科學知識論觀點分為「科學知識的來源」(source)、「科學知識的確定性」(certainty)、「科學知識的發展」(development)、「科學知識的驗證」(justification)等四個向度，而實驗組與對照組在四個向度的前後測成績差異情況如表 12 所示。雖然實驗組與對照組的前後測成績差異都未達統計上顯著水準，但是由表中的各向度平均值仍顯示實驗組在「科學知識的發展」、「科學知識的驗證」等向度上，相較於對照組有較大幅度的趨向建構主義觀點的改變，而且在前後測的每個向度的平均值，實驗組也皆高於對照組。另外以兩組分別以各向度的前測分數為共變量，作 ANCOVA 的分析後，其結果如表 13 所示。雖然由表中的數據顯示，兩組在科學知識論信念量表四個向度的後測分數差異均未達到統計上顯著水準，但是在「科學知識的確定性」向度之顯著性 (p 值 0.06) 已經接近統計上顯著水準，可能顯示實驗組在此一向度的觀點相較對照組有偏向建構主義的趨勢。

另外本研究中所用的「科學觀點問卷」，將科學知識論觀點區分為五個向度，分別為：(一) 科學社群協商 (the role of Social Negotiation)、(二) 科學的創造發明本質 (Invented and Creative nature of science)、(三) 觀察蘊含理論 (the Theory-Laden exploration)、(四) 文化影響 (the Cultural impacts)、(五) 科學知識的變易性和暫時性

(the Changing and Tentative feature of science knowledge) 等五個向度，而實驗組與對照組在五個向度的前後測成績差異情況如表 14所示。由表中的數據顯示，實驗組在五個向度的前後測成績差異都未達統計上顯著水準，而對照組卻在「觀察蘊含理論」此一向度的前後測成績差異達到統計上顯著水準，所呈現的數據顯示對照組在歷經一般的教學活動之後，能夠較為支持「觀察蘊含理論」的看法，但是該向度的前測平均值與後測平均值皆遠低於實驗組，而且以前測平均值為共變數，作ANCOVA分析後，結果仍未達到統計上顯著水準。另外以兩組分別以各向度的前測分數為共變量，作ANCOVA的分析後，其結果如表 15所示。雖然由表中的數據顯示，兩組在科學觀點問卷五個向度的後測分數差異均未達到統計上顯著水準，但是在「科學知識的變易性和暫時性」向度之顯著性 (p值 0.08) 已經接近統計上顯著水準，可能顯示實驗組在此一向度的觀點相較對照組有偏向建構主義的趨勢。



表 12 實驗組與對照組在「科學知識論信念量表」四個向度的前後測成績比較表

	實驗組 (31 人)			對照組 (30 人)		
	前測 (平均值, 標準差)	後測 (平均值, 標準差)	t 值	前測 (平均值, 標準差)	後測 (平均值, 標準差)	t 值
來源	3.35 (0.59)	3.52 (0.68)	-0.89(n.s.)	3.22 (0.60)	3.43 (0.81)	-1.05(n.s.)
確定性	3.67 (0.80)	3.80 (0.87)	-0.56(n.s.)	3.46 (0.69)	3.43 (0.80)	0.12(n.s.)
發展	3.76 (0.57)	4.00 (0.65)	-1.98(n.s.)	3.73 (0.46)	3.86 (0.68)	-0.91(n.s.)
驗證	3.81 (0.63)	4.06 (0.53)	-1.95(n.s.)	3.74 (0.49)	3.74 (0.86)	0.03(n.s.)

表 13 實驗組與對照組在「科學知識論信念量表」四個向度的共變量分析摘要表

向度	組別	前測平均數	前測標準差	後測平均數	後測標準差	個數	變異數分析				
							變異來源	離均差平方和	自由度	均方和	F 值
來源	實驗組	3.35	0.59	3.52	0.68	31	共變量 (前測)	2.458	1	2.458	4.696
	對照組	3.22	0.60	3.43	0.81	30	組間	0.322	1	0.322	0.615(n.s.)
	全體	3.29	0.60	3.48	0.74	61	組內 (誤差)	30.356	58	0.523	
確定性	實驗組	3.67	0.80	3.80	0.87	31	共變量 (前測)	1.224	1	1.224	1.777
	對照組	3.46	0.69	3.43	0.80	30	組間	2.460	1	2.460	3.572(n.s.)
	全體	3.57	0.75	3.62	0.85	61	組內 (誤差)	39.945	58	0.689	
發展	實驗組	3.76	0.57	4.01	0.65	31	共變量 (前測)	1.620	1	1.620	3.869
	對照組	3.73	0.46	3.86	0.68	30	組間	0.299	1	0.299	0.713(n.s.)
	全體	3.74	0.51	3.93	0.66	61	組內 (誤差)	24.281	58	0.419	
驗證	實驗組	3.81	0.63	4.06	0.53	31	共變量 (前測)	1.258	1	1.258	2.546
	對照組	3.74	0.49	3.74	0.86	30	組間	1.387	1	1.387	2.808(n.s.)

向度	組別	前測平均數	前測標準差	後測平均數	後測標準差	個數	變異數分析				
							變異來源	離均差平方和	自由度	均方和	F 值
	全體	3.77	0.56	3.90	0.72	61	組內 (誤差)	28.654	58	0.494	

表 14 實驗組與對照組在「科學觀點問卷」五個向度的前後測成績比較表

	實驗組 (31 人)			對照組 (30 人)		
	前測 平均值 (標準差)	後測 平均值 (標準差)	t 值	前測 平均值 (標準差)	後測 平均值 (標準差)	t 值
科學的創造發明 本質	4.61 (0.76)	4.78 (0.68)	-1.23	4.28 (0.56)	4.41 (0.90)	-0.91
觀察蘊含理論	4.61 (0.68)	4.80 (0.59)	-1.70	4.26 (0.60)	4.49 (0.72)	-2.29*
科學知識的變易 性和暫時性	4.60 (0.77)	4.83 (0.72)	-1.67	4.19 (0.68)	4.29 (0.84)	-0.79
科學社群協商	4.29 (0.65)	4.41 (0.59)	-0.81	4.03 (0.67)	4.23 (0.68)	-1.46
文化影響	4.72 (0.73)	4.96 (0.70)	-1.58	4.30 (0.79)	4.46 (0.88)	-0.96

\*p<0.05

表 15 實驗組與對照組在「科學觀點問卷」五個向度的共變量分析摘要表

向度	組別	前測平均數	前測標準差	後測平均數	後測標準差	個數	變異來源	離均差平方和	自由度	均方和	F 值
科學的 創造發明 本質	實驗組	4.61	0.76	4.78	0.68	31	共變量 (前測分數)	8.27	1	8.27	16.69
	對照組	4.28	0.56	4.41	0.90	30	組間	0.51	1	0.51	1.02(n.s.)
	全體	4.45	0.68	4.60	0.81	61	組內 (誤差)	28.75	58	0.50	
觀察蘊 含理論	實驗組	4.61	0.68	4.80	0.59	31	共變量 (前測分數)	8.57	1	8.57	29.11
	對照組	4.26	0.60	4.49	0.72	30	組間	0.14	1	0.14	0.49(n.s.)
	全體	4.44	0.66	4.65	0.67	61	組內 (誤差)	17.08	58	0.29	
科學知 識的變 易性和 暫時性	實驗組	4.60	0.77	4.83	0.72	31	共變量 (前測分數)	10.80	1	10.80	25.03
	對照組	4.19	0.68	4.29	0.84	30	組間	1.32	1	1.32	3.05 (n.s.)
	全體	4.40	0.75	4.56	0.82	61	組內 (誤差)	25.02	58	0.43	
科學社 群協商	實驗組	4.29	0.65	4.41	0.59	31	共變量 (前測分數)	1.74	1	1.74	4.57
	對照組	4.03	0.67	4.23	0.68	30	組間	0.17	1	0.17	0.45(n.s.)
	全體	4.16	0.67	4.32	0.64	61	組內 (誤差)	22.11	58	0.38	
文化影 響	實驗組	4.72	0.73	4.96	0.70	31	共變量 (前測分數)	5.54	1	5.54	10.10
	對照組	4.30	0.79	4.46	0.88	30	組間	1.56	1	1.56	2.84(n.s.)
	全體	4.51	0.78	4.71	0.83	61	組內 (誤差)	31.84	58	0.55	

## 貳、「科學知識論觀點情境式問卷」的量化分析

為了進一步了解兩組學生科學知識論觀點的改變情形，因此將實驗組與對照組的每位學生在科學知識論觀點情境式問卷每題的回答類型先分類為「不知道」、「實證主義觀點」、「混合觀點」及「建構主義觀點」，再比較其前後測回答類型改變情形再區分為「不改變」、「部分改變」、「大幅改變」等三大類型，而在「不改變」的項目裡，則區分為「維持偏向實證主義觀點」、「維持偏向建構主義觀點」、「維持兩者混合觀點」及「維持不知道」等四個子分類；在「部分改變」的項目裡，則依改變的方向區分出「從實證轉向混合」、「從混合轉向建構」、「從建構轉向混合」、「從實證轉向不知」、「從不知轉向實證」等五個子分類；在「大幅改變」的項目裡，則區分出「從實證躍向建構」、「從建構躍向實證」、「從不知躍向混合」、「從建構躍向不知」、「從混合躍向不知」、「從不知躍向建構」等六個子分類。這種子分類的方式主要是將學生的科學知識論觀點發展歷程視為一種會經歷「不知」、「實證」、「混合」及「建構」等階段。如果學生的科學知識論觀點改變是沒有出現過渡階段而直接由某一端跳躍至另一端觀點，則可以合理的推論其科學知識論觀點的改變程度是相對的比較大的，因此這類改變情形就成為「大幅改變」項目裡的子分類項目。而「不知道」或「沒有表達」則視為一種科學知識論觀點未能成形的階段，一旦直接改變為混合觀點或建構主義觀點，則可以合理的推論其科學知識論觀點的改變程度是相對的比較大的，因此這類改變情形也就歸類於「大幅改變」的項目裡。

實驗組與對照組在八個小題的前後測回答改變情形，如表 20和表 21所示。從不改變的部分可以發現，在第四、第五之一、第五之二、第九之二等四題裡，實驗組不改變的比例遠大於對照組，同時維持偏向建構主義觀點的比例也是實驗組大於對照組。而在第六題的改變情形，雖然實驗組不改變的比例小於對照組，同時維持偏向建構主義觀點的比例仍然是實驗組大於對照組。因此可以在大部分的題目裡顯示，若學生原先持有偏



向建構主義的科學知識論觀點，在經歷結合兩種教學活動後，學生的科學知識論觀點會獲得鞏固與強化。至於在觀點發生改變的部分，為了瞭解其改變情形，因此將學生的四種科學知識論觀點分類：「不知道」、「實證主義觀點」、「混合觀點」及「建構主義觀點」，依序編碼為 0、1、2、3。再以各題的前測編碼數字為共變量，探討組別是否影響各題後測編碼數字產生差異情形，結果如表 18和表 19所示。



表 16 兩組在情境式問卷第四題到第六題呈現的回答類型改變情況分析表

題號	4		5-1		5-2		6	
組別	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
<b>不改變</b>	<b>17(55%)</b>	<b>11(37%)</b>	<b>24(77%)</b>	<b>13(43%)</b>	<b>21(68%)</b>	<b>14(47%)</b>	<b>10(32%)</b>	<b>18(60%)</b>
維持建構	14(45%)	5(17%)	24(77%)	11(37%)	21(68%)	10(33%)	8(26%)	2(7%)
維持實證	3(10%)	5(17%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	3(10%)	0(0%)	0(0%)
維持混合	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
維持不知	0(0%)	1(3%)	0(0%)	2(7%)	0(0%)	1(3%)	2(6%)	16(53%)
<b>部分改變</b>	<b>2(6%)</b>	<b>5(17%)</b>	<b>4(13%)</b>	<b>5(17%)</b>	<b>2(6%)</b>	<b>1(3%)</b>	<b>2(6%)</b>	<b>1(3%)</b>
從實證轉向混合	0(0%)	1(3%)	1(3%)	1(3%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
從混合轉向建構	1(3%)	1(3%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
從建構轉向混合	1(3%)	1(3%)	2(6%)	4(13%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
從實證轉向不知	0(0%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(3%)	0(0%)
從不知轉向實證	0(0%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(3%)	1(3%)	1(3%)
<b>大幅改變</b>	<b>12(39%)</b>	<b>14(47%)</b>	<b>3(10%)</b>	<b>12(40%)</b>	<b>8(26%)</b>	<b>15(50%)</b>	<b>19(61%)</b>	<b>11(37%)</b>
從實證躍向建構	8(26%)	6(20%)	2(6%)	8(27%)	6(19%)	3(10%)	4(13%)	0(0%)
從建構躍向實證	4(13%)	5(17%)	1(3%)	1(3%)	2(6%)	7(23%)	1(3%)	0(0%)
從不知躍向建構	0(0%)	3(10%)	0(0%)	3(10%)	0(0%)	4(13%)	14(45%)	11(37%)
從建構躍向不知	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)
<b>總計</b>	<b>31(100%)</b>	<b>30(100%)</b>	<b>31(100%)</b>	<b>30(100%)</b>	<b>31(100%)</b>	<b>30(100%)</b>	<b>31(100%)</b>	<b>30(100%)</b>

表 17 兩組在情境式問卷第七題到第九之二題呈現的回答類型改變情況分析表

題號	7		8		9-1		9-2	
組別	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
<b>不改變</b>	<b>23(74%)</b>	<b>14(47%)</b>	<b>9(29%)</b>	<b>11(37%)</b>	<b>16(52%)</b>	<b>16(53%)</b>	<b>19(61%)</b>	<b>15(50%)</b>
維持建構	19(61%)	9(30%)	1(3%)	0(0%)	8(26%)	3(10%)	9(29%)	2(7%)
維持實證	4(13%)	3(10%)	6(19%)	5(17%)	2(6%)	1(3%)	4(13%)	1(3%)
維持混合	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
維持不知	0(0%)	2(7%)	2(6%)	6(20%)	6(19%)	12(40%)	6(19%)	12(40%)
<b>部分改變</b>	<b>0(0%)</b>	<b>6(20%)</b>	<b>9(29%)</b>	<b>9(30%)</b>	<b>3(10%)</b>	<b>7(23%)</b>	<b>2(6%)</b>	<b>8(27%)</b>
從實證轉向混合	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(3%)	0(0%)	1(3%)	0(0%)	1(3%)
從混合轉向建構	0(0%)	2(7%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
從建構轉向混合	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
從實證轉向不知	0(0%)	1(3%)	3(10%)	1(3%)	1(3%)	1(3%)	1(3%)	1(3%)
從不知轉向實證	0(0%)	2(7%)	6(19%)	6(20%)	2(6%)	5(17%)	1(3%)	6(20%)
<b>大幅改變</b>	<b>8(26%)</b>	<b>10(33%)</b>	<b>13(42%)</b>	<b>10(33%)</b>	<b>12(39%)</b>	<b>7(23%)</b>	<b>10(32%)</b>	<b>7(23%)</b>
從實證躍向建構	5(16%)	6(20%)	7(23%)	5(17%)	8(26%)	0(0%)	4(13%)	0(0%)
從建構躍向實證	2(6%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(3%)	1(3%)	1(3%)
從不知躍向建構	1(3%)	2(7%)	4(13%)	2(7%)	4(13%)	6(20%)	5(16%)	6(20%)
從不知躍向混合	0(0%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
從混合躍向不知	0(0%)	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
從建構躍向不知	0(0%)	1(3%)	2(6%)	3(10%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
<b>總計</b>	<b>31(100%)</b>	<b>30(100%)</b>	<b>31(100%)</b>	<b>30(100%)</b>	<b>31(100%)</b>	<b>30(100%)</b>	<b>31(100%)</b>	<b>30(100%)</b>

表 18 兩組在「情境式科學知識論觀點問卷」四題的共變量分析摘要表

題號	組別	前測平均數	前測標準差	後測平均數	後測標準差	個數	變異數分析				
							變異來源	離均差平方和	自由度	均方和	F 值
4	實驗組	2.26	0.96	2.52	0.85	31	共變量 (前測)	0.052	1	0.0052	0.054
	對照組	1.60	1.16	2.00	1.08	30	組間	3.44	1	3.44	3.58(n.s.)
	全體	1.93	1.11	2.26	1.00	61	組內 (誤差)	55.69	58	0.96	
5-1	實驗組	2.77	0.62	2.84	0.45	31	共變量 (前測)	0.769	1	0.769	1.67
	對照組	1.90	1.24	2.57	0.86	30	組間	0.364	1	0.364	0.79(n.s.)
	全體	2.34	1.06	2.70	0.69	61	組內 (誤差)	26.79	58	0.462	
5-2	實驗組	2.55	0.85	2.81	0.54	31	共變量 (前測)	0.042	1	0.042	0.054
	對照組	2.00	1.29	2.07	1.11	30	組間	8.12	1	8.12	10.54**
	全體	2.28	1.11	2.44	0.94	61	組內 (誤差)	44.66	58	0.77	
6	實驗組	1.13	1.36	2.58	0.99	31	共變量 (前測)	2.22	1	7.80	1.40
	對照組	0.20	0.76	1.33	1.49	30	組間	15.17	1	0.65	9.56**
	全體	0.67	1.19	1.97	1.40	61	組內 (誤差)	91.99	58	0.95	

\*\*<0.01

表 19 兩組在「情境式科學知識論觀點問卷」四題的共變量分析摘要表

題號	組別	前測平均數	前測標準差	後測平均數	後測標準差	個數	變異數分析				
							變異來源	離均差平方和	自由度	均方和	F 值
7	實驗組	2.32	1.01	2.61	0.80	31	共變量 (前測)	7.80	1	7.80	8.22
	對照組	1.53	1.20	2.13	1.22	30	組間	0.65	1	0.65	0.69(n.s.)
	全體	1.93	1.17	2.38	1.05	61	組內 (誤差)	55.02	58	0.94	
8	實驗組	0.81	0.87	1.55	1.23	31	共變量 (前測)	0.24	1	0.24	0.16
	對照組	0.80	1.00	1.20	1.16	30	組間	1.86	1	1.86	1.28(n.s.)
	全體	0.80	0.93	1.38	1.20	61	組內 (誤差)	84.24	58	1.45	
9-1	實驗組	1.13	1.20	2.06	1.31	31	共變量 (前測)	22.14	1	22.14	16.35
	對照組	0.50	1.04	1.20	1.30	30	組間	3.86	1	3.86	2.85(n.s.)
	全體	0.82	1.16	1.64	1.37	61	組內 (誤差)	78.53	58	1.354	
9-2	實驗組	1.26	1.29	1.94	1.31	31	共變量 (前測)	16.23	1	16.23	11.60
	對照組	0.40	0.93	1.13	1.25	30	組間	2.16	1	2.16	1.54(n.s.)
	全體	0.84	1.20	1.54	1.34	61	組內 (誤差)	81.11	58	1.40	

在表 18 和表 19 裡可以發現兩組的學生在第五之二題和第六題出現統計上的顯著差異，在第五之二題的回答若是被判定為偏向實證主義觀點者，主要是其回答裡反映出受試者認為科學知識是固定不變的，能表徵真實世界，而回答被判定為偏向建構主義者，是其回答裡反映了科學知識是透過科學社群共同討論辯證而來的，並透過不斷的修正才能合理的解釋自然現象，也為自然世界提供了暫時性的解釋。因此，本題可以說是對應了科學知識論觀點裡的「科學社群協商」、「科學知識的變易性與暫時性」、「科學知識的發展」與「科學知識的確定性」等幾個向度，也代表實驗組在科學知識論觀點裡的這些向度，相較於對照組明顯的朝向建構主義方向發生改變。

另外在第六題，題目提供了「面對相同的證據，科學家們仍會對相同的問題產生不同的看法」之情境，在第六題的回答若是被判定為偏向實證主義觀點者，主要是其回答裡重複引述了題目裡的兩難情況，而無法對為何面對相同的證據時科學家們仍有不同意見的背後原因，而回答被判定為偏向建構主義者，是其回答裡反映了每個科學家會因為受到即有科學理論的影響而有各別的立場與角度，因而產生不同的意見與看法。因此，本題也呼應了科學知識論觀點裡的「科學社群協商」、「科學知識的發展」與「觀察蘊含理論」等幾個向度，也代表實驗組在科學知識論觀點裡的這些向度，相較於對照組明顯的朝向建構主義方向發生改變。綜合上述兩題的回答改變情形也可以呼應兩組在「科學知識論信念量表」及「科學觀點問卷」兩份量表的施測結果裡，「科學知識的確定性」和「科學知識的變易性與暫時性」兩個向度的共變量分析，其 p 值已經逼近統計上顯著差異的現象。

另外，為了瞭解學生在問卷中所呈現的回答類型是否受到題目情境的不同而有所影響，根據學生的在總題數八題裡的答案情形，可以得出問卷回答類型一致題數統計表，



如表 20所示。

表 20 科學知識論觀點情境式問卷回答類型一致題數統計表

回答類型 一致題數	前測				後測			
	實驗組		對照組		實驗組		對照組	
	人數	比例%	人數	比例%	人數	比例%	人數	比例%
8	0	<b>0</b>	3	<b>10</b>	5	<b>16</b>	1	<b>3</b>
7	2	<b>6</b>	2	<b>7</b>	4	<b>13</b>	3	<b>10</b>
6	3	<b>10</b>	3	<b>10</b>	10	<b>32</b>	7	<b>23</b>
5	8	<b>26</b>	3	<b>10</b>	6	<b>19</b>	6	<b>20</b>
4	9	<b>29</b>	13	<b>43</b>	4	<b>13</b>	11	<b>37</b>
3	9	<b>29</b>	6	<b>20</b>	2	<b>6</b>	2	<b>7</b>
總計	31	<b>100</b>	30	<b>100</b>	31	<b>100</b>	30	<b>100</b>

在此我們將八題裡回答類型一致題數高於五題以上者視為其呈現的科學知識論觀點較不易受問題情境影響，而低於四題以下者，視為其呈現的科學知識論觀點較容易受問題情境影響，由表 20的結果顯示，在前測時，實驗組裡呈現三題一致及四題一致的比例是最多的，約各占了 29%，總計比例達 58%以上，將近占了全組人數的六成，則低於對照組少於五題一致的比例總和 63%。而八題一致者在對照組則有 10%的比例，但是四題一致與三題一致的比例總和達 63%，比例更是高於實驗組，顯示在前測時，實驗組與對照組各有 58%與 63%的學生，其回答的類型有比較明顯受到問題情境的影響。但是到後測時，實驗組約有 80%的學生，其回答類型一致的題數是在五題以上，其所呈現的回答類型較不受到問題情境的影響；相對的，對照組回答類型一致的題數是在五題以上，總計占了 57%，組間的比例差距為 23%較前測的 5%更為增加。同樣的組間比例差距情況也發生在回答類型一致的題數是在四題以下，前測時的比例差距為 5%，後測時則增加為 24%。為了進一步瞭解兩組的回答類型一致題數是否存在明顯的差異，因此根據表 20的資料，將是否多於五題一致作為回答類型一致性高低的分界，得到回答類型一致題數分類比較情形如表 21所示。

表 21 科學知識論觀點情境式問卷回答類型一致題數分類比較表

	實驗組		對照組	
	前測	後測	前測	後測
回答類型一致 五題以上人數	13 (42%)	25 (81%)	11 (37%)	17 (57%)
回答類型一致 四題以下人數	18 (58%)	6 (19%)	19 (63%)	13 (43%)

由表 21 的百分比資料可知，在後測時，在回答類型一致的題數多於五題以上之人數比例，實驗組學生（81%）較對照組的學生（57%）為多，而回答類型一致的題數少於四題以上之人數比例，實驗組學生（19%）較對照組的學生（43%）為少，顯示在後測時，實驗組的回答類型有較對照組不易受題目情境影響之現象。

整體來看，兩組在後測時回答類型一致的題數均為較前測呈現增加的趨勢，但是在前測，兩組的題數差異不明顯，到了後測，實驗組相較於對照組，回答類型一致的題數有明顯多於對照組，顯示實驗組相較於對照組，在此時的回答類型較不易受到問題情境影響。另外以各組前後測回答類型一致的題數作比較，實驗組在後測出現較前測更多的類型一致題數，而對照組於前後測的回答類型一致題數並沒顯著差異。顯示實驗組在後測相較於前測時，回答類型較不易受到問題情境影響，但對照組則無此改變現象。可以合理的推論可能是因為實驗組在經過結合顯性與隱性教學活動後，在其科學知識論觀點已經某種程度上獲得更為強韌的形塑，而較不易受到問題情境的影響。

### 叁、科學知識論觀點訪談的質性分析

另外，兩組學生在訪談的回答內容也有顯示在科學知識論觀點改變的差異。實驗組與對照組的學生，在比較前後測有改變的回答時，所呈現的改變情形主要有以下五個部分：

一、對於什麼是科學，在相關題目的回答內涵已經從在前測時認為科學是一種許多正確事實的累積或集合，到了後測時認為科學是人類帶著想像與創造力的心智活動，或是與我們日常生活中有密切關聯的事物。

T：如果有人問你「什麼是科學？」，你將如何回答？

AH2（前測）：就是要計畫，還要了解生物，大概就這樣子吧。

AH2（後測）：人給它冠上去的名字，說什麼就是什麼。（T：大家的共識就是科學？）  
嗯，其實什麼都算科學，不一定實驗室裡的才算。

T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？老師想知道是什麼造成你回答或想法改變的原因。

AH2（後測）：不知道，人會改變的，上完整個學期的課，就改變了

T：你覺得科學知識與其他的知識有什麼不同呢？

AH7（前測）：自己去查證。

AH7（後測）：科學知識的範圍比較廣。

T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？老師想知道是什麼造成你回答或想法改變的原因。

AH7（後測）：改變的原因不確定，只知與本學期自然科課程有關。

T：你覺得科學知識與其他的知識有什麼不同呢？

AL6（前測）：沒有什麼不同。

AL6（後測）：就是不同呀，但是不同之處不清楚。科學知識是人發明出來的，可是其他知識是基本就有。

T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？老師想知道是什麼造成你回答或想法改變的原因。

AL6（後測）：不知道。

但是在對照組裡，對於科學是什麼，僅有一位學生（BH7）在前後測顯示改變，並傾向建構主義式的看法。其餘的改變情形，均是將科學視為一種事實的集合，與生活較

無關係的知識。

T：如果有人問你「什麼是科學？」，你將如何回答？

BH1（前測）：科學家解釋出來的。

BH1（後測）：就是科學證實出來的。

BH5（前測）：不知道。

BH5（後測）：科學家所證實過理論稱為科學。

T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？老師想知道是什麼造成你回答或想法改變的原因。

BH5（後測）：不知道。

T：如果有人問你「什麼是科學？」，你將如何回答？

BH7（前測）：不知道。

BH7（後測）：人類所創造出來的東西。

T：你覺得科學知識與其他的知識有什麼不同呢？

BH1（前測）：自然科在生活上用得到的地方比較少。

BH1（後測）：不知道。（看過前測的回答後，自認與上次差不多）

BH7（前測）：科學知識需要求證。

BH7（後測）：科學知識在使用器材方面比較使用機械，比較與人類的的生活有關。

BL3（前測）：不知道。

BL3（後測）：比較有多人查證的事，可是有人查出來了。

二、對於科學的特徵是什麼或是科學知識與其他知識的比較，若是偏向建構主義觀點的學生，在回答上多著重於科學知識的暫時性與變易性，但是偏向實證主義觀點的學生，在回答上多側重於科學知識的正確性與精確性。在實驗組的後測裡，有改變的部分均在回答較前測多出顯示暫時性與變易性，或是對此特質持更為肯定的看法。其中有些

學生（例如 AH2、AH3、AH4 和 AH7 等四位）更能明確的指出改變他們想法的來源，是本學期自然課程裡科學史的相關教材。而在實驗組有一位學生（AL7）的回答更反映在其認知裡，科學理論主要的功能在於解釋自然世界的現象反而不在於表徵真實的物質世界。

T：你覺得科學知識的主要特徵是什麼呢？

AH2（前測）：最後一定會有真理，一定有答案，有一個正確的答案。

AH2（後測）：就是最後假如實驗是正確的，然後大家都會有共同的認知，覺得這個答案是對的，那個答案就是科學了。

T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？

AH2（後測）：嗯，為什麼會與上次不一樣，是因為看到之前科學家做理論，後來被推翻了。可能那些當時是對的，後來證明是錯的。

T：是那些科學歷史小故事？

AH2（後測）：嗯。

T：如果有人問你「什麼是科學？」，你將如何回答？

AH3（前測）：可以用理論證明的。

AH3（後測）：就是宇宙某種道理，然後科學家不太理解，試著去解釋它提出比較接近的理論，甚至未來幾年可能會推翻它。

T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？

AH3（後測）：因為有看過本學期科學歷史故事。

T：你覺得科學知識與其他的知識有什麼不同呢？

AH4（前測）：科學知識要比較花時間去討論、實驗，其他的知識像國文是人想出來的，但科學知識是大自然本身就已經存在的一個道理。

AH4（後測）：比如說國字吧，那些字就是固定這樣子寫，頂多是讀音的修改，反正改來改去就差不多是那個樣子，但是科學不一樣，科學它這個理論它發現是這樣子講，但是就有另外的科學家，當它變成一個學說後，就會發現另外一個東西，然後完全被改過。



T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？

AH4（後測）：因為課本上的小故事，游離說的理論發展過程。

T：你覺得科學知識與其他的知識有什麼不同呢？

AH5（前測）：可能會改變吧

AH5（後測）：科學知識常會有變動，可能現在是這種知識，以後可能改成其他的，又有其他的。

T：有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的，另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的，另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料，會有不同的推論？

AH7（前測）：不知道。

AH7（後測）：科學是會變的，不會跟以前一樣。

T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？

AH7（後測）：聽老師講的科學歷史。

T：你覺得當科學家發展出一套理論後，這些理論會再改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

AL1（前測）：不知道。

AL1（後測）：也許會，（改變的原因）不知道。

T：你這次的回答或想法與上次有很明顯的不同，你可以告訴老師為什麼嗎？

AL1（後測）：不知道。

T：你覺得當科學家發展出一套理論後，這些理論會再改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

AL3（前測）：不一定，會的部分，因為科學家不會想到未來的事情，沒有注意到的後來的科學家注意到了。

AL3（後測）：會，因為你不知未來的事情。

AL7（前測）：會吧，因為有些可以改變就可以改變，（改變會發生在）過程中，實驗過程。

AL7 (後測): 會吧, 因為他們的理論不一定確定, 所以其他科學家想法不同就有改變。再討論假設, 看誰的比較好, 比較能夠解釋。

三、對於科學知識的變易性和暫時性看法, 對照組則沒有類似實驗組的改變現象, 甚至在前測問卷分數屬於低分群(科學知識論觀點較偏向實證主義觀點)的學生有出現對科學理論的觀點改變為科學理論是固定不變的看法(例如 BL1 和 BL7), 這個現象可以呼應在前述對於對照組科學知識論觀點改變情形的初步推論: 在一般傳統的科學學習活動之後, 學生們會依循本身既有科學知識論看法鞏固及發展其科學知識論觀點, 致使整個學習團體內的科學知識論觀點隨著時間的演進出現更大的差異現象。其餘的學生即使被詢問到科學理論發展後會不會再改變的問題時, 出現的回答裡固然認為會改變, 但是為什麼會發生理論改變, 他們卻是認為肇因於舊的理論是錯誤的, 而現存的理論是比較正確的。整個回答過程, 仍是強調科學知識的正確性與精確性特質或強調實驗證明的過程。



T: 你覺得當科學家發展出一套理論後, 這些理論會再改變嗎? 為什麼會? (如果會的話, 會在何時發生, 如何發生) 或是為什麼不會?

BH5 (前測): 會, 因為如果判斷錯誤, 發現這個理論錯誤時改變, 會在感覺錯誤再重新假設。

BH5 (後測): 有些會, 會的部分: 就是發現裡面有些錯的呀, 就會把它推翻。不會的部分: 確定已經是對的, 就不會再更動。

T: 如果有人問你「什麼是科學?」, 你將如何回答?

BH6 (前測): 用一些方法找出問題的答案。

BH6 (後測): 需要做實驗去證明的東西。

T: 你覺得當科學家發展出一套理論後, 這些理論會再改變嗎? 為什麼會? (如果會的話, 會在何時發生, 如何發生) 或是為什麼不會?

BL1 (前測): 會, 但不知道為什麼。

BL1 (後測): 不會, 不知道 (爲什麼不會)。

T: 有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的, 另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的, 另外有些天文學家則是認爲宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。爲什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料, 會有不同的推論?

BL3 (前測): 每個人的想法都不同, 作法不同。

BL3 (後測): 就是今天他發現對的東西是對的, 後來幾年之後, 就有人發現那是錯的。搞不好是外在的因素不一樣。

T: 你覺得當科學家發展出一套理論後, 這些理論會再改變嗎? 爲什麼會? (如果會的話, 會在何時發生, 如何發生) 或是爲什麼不會?

BL7 (前測): 會, 不知道。

BL7 (後測): 不會, 因爲不知道。

T: 爲什麼這次的回答與上次不一樣呢?

BL7 (後測): 本學期上課的體驗。



四、在被問及「你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法?」或「你覺得科學家們從事任何事, 都會依據他們的想法嗎? 他們依據什麼想法? 以及如何依據其想法?」時, 一般學生都會提到實驗活動, 但是偏向建構主義觀點的回答, 還會提出源自於科學家自身的直覺或靈感, 或者反映出科學家自身的想法會受到其他同儕科學家或之前科學家的影響, 而且在實驗的過程中沒有固定的程度或方法。相對的, 偏向實證主義觀點的回答, 則認爲必須遵循某些固定的程序或方法所獲得實驗結果才能證實科學知識。在科學家的想法來源, 兩組學生的回答改變情形也出現差異, 實驗組的學生僅有一人 (AH03) 對科學家的想法來源, 從其他想法轉變認爲是來自於從大自然觀察, 其餘有改變觀點的實驗組學生, 後測時的回答反映出的相關科學知識論觀點已經偏向建構主義觀點。在對照組裡, 這類題目的回答少有改變, 多數學生的前後測回答意思維持不變或改變不明顯, 回答的內容可分爲「從生活中」(15 位佔 2 位)、「到處, 從任何地方」(15 位佔 2 位)

或「從實驗中」(15位佔2位)獲得想法及「不知道」(15位佔3位)等三種類型。其中從「從生活中」、「到處，從任何地方」或「從實驗中」獲得想法的回答是深具「透過觀察獲得想法」的意味。

T：你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法？

AH2 (前測)：應該是做實驗去證實他們的想法

AH2 (後測)：生活上。

T：你這次的回答與上次意思相同嗎？

AH2 (後測)：(上次回答)實驗是指你還沒有想法，只是隨便去做。而生活上是指突然抓住(一個想法)，突然怎麼樣。為什麼會這樣，生活上突然看到的。

T：你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法？

AH3 (前測)：不認同其他科學的想法。

AH3 (後測)：從大自然觀察。

T：你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法？

AH5 (前測)：他們從課本中獲得知識從實驗中獲得想法

AH5 (後測)：他們可能會有自己的想法或者參考其他人的想法。

T：這次的回答似乎與上次不一樣，為什麼呢？

AH5 (後測)：那個呀。

T：就是寫科學家歷史小故事的？

AH5 (後測)：對呀。

T：你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法？

AH6 (前測)：一個科學家應該有創造力以外，應該就是他們各人有各人的想法，就是從自己的想法去證實這樣。

AH6 (後測)：別人身上或是一些人事物，看到別人產生出來的。

T：這次的回答似乎與上次不一樣，為什麼呢？

AH6 (後測)：就是課本上有提到一些東西。

T：是那個部分讓你這樣想？

AH6 (後測): 就是課本介紹原理的, 就是牛頓看到蘋果掉下來, 然後就發現原理呀。

T: 可是這個學期的課本內容並沒有提到牛頓呀, 你是不是在其他的其他地方看到或聽別人講才產生這樣的想法?

AH6 (後測): 對。

T: 你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法?

AH6 (前測): 自己的觀點。

AH7 (後測): 實驗吧, 別人的意見裡面。

T: 這次的回答似乎與上次不一樣, 為什麼比上次回答多了別人的意見呢?

AH7 (後測): 就是要多聽一些(別人的)意見呀。

T: 為什麼這次多了就是要多聽一些(別人的)意見呀?

AH7 (後測): 就是學了這學期的自然課, 那些內容。

T: 你覺得當科學家發展出一套理論後, 這些理論會再改變嗎? 為什麼會?(如果會的話, 會在何時發生, 如何發生)或是為什麼不會?

AL2 (前測): 會, 因為覺得理論不行再換另外一個。自己的想法和做實驗。

AL2 (後測): 會, 實驗不是只有一個。用別的試試看或許能做出同樣一個, 不一定要同一個才能做出。

T: 這次的回答似乎與上次不一樣, 為什麼呢?

AL2 (後測): 就上了本學期自然課程。

T: 你可以指出是那個部分影響你的回答。

AL2 (後測): 不知道。

T: 你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法?

AL4 (前測): 他們慢慢觀察, 看有什麼東西, 有什麼改變。

AL4 (後測): 證據。

T: 你這次的回答與上次的似乎不一樣, 你的想法有改變嗎?

AL4 (後測): 有。

T: 為什麼你的想法有改變? 跟這個學期的自然科有關係嗎?

AL4 (後測): 沒有, 從其他的地方。

T：你覺得科學家們從事任何事，都會依據他們的想法嗎？他們依據什麼想法？以及如何依據其想法？

AL4（前測）：他們應該隨便做。

AL4（後測）：不一定。

T：那他們如何依據他們的想法去做下一步的研究呢？

AL4（後測）：就觀察。

T：依據他們的觀察會受到他們的想法影響是嗎？

AL4（後測）：對。

T：你覺得科學家們從事任何事，都會依據他們的想法嗎？他們依據什麼想法？以及如何依據其想法？

AL5（前測）：假如找到一個沒有被發現過的東西，不斷去研究，就會被發現出來。

AL5（後測）：從其他科學家身上或者是自己研究出來。

T：這次的回答似乎與上次不一樣，為什麼呢？

AL5（後測）：與一學期的自然課有關。

T：你能指出是那一個部分嗎？

AL5（後測）：不知道。

T：你覺得科學家們有什麼樣的概念或想法呢？

AL5（前測）：不斷的去發明發現世界還沒有被發現的東西。

AL5（後測）：假如他們對某種東西開始研究，就會不斷的去想像，然後會問別人或者是自己研究。

T：你這次的回答比上次多了想像一詞，為什麼呢？

AL5（後測）：因為自然科越教越深。

T：你覺得科學家們從事任何事，都會依據他們的想法嗎？他們依據什麼想法？以及如何依據其想法？

AL5（前測）：可能會聽聽別人的意見吧，再去跟自己的想法（比較）合不合，再去研究發明出來。做假設，然後再做研究，發明出來。



AL5 (後測): 不一定, 有可能會聽聽別人的想法, 用別人的方法換個方法來實驗, 說不定效果不同。

T: 如果有人問你「什麼是科學?」, 你將如何回答?

BL2 (前測): 有事實的根據

BL2 (後測): 有經過一定程序方法去證實的事實。

T: 你覺得科學家們有什麼樣的概念或想法呢?

BH7 (前測): 不知道。

BH7 (後測): 他們的想法都是想讓人類的生活更好, 而有的想法概念, 延續以前的人想法而發展出新的想法與概念。

你覺得科學家們從事任何事, 都會依據他們的想法嗎? 他們依據什麼想法? 以及如何依據其想法?

BH7 (前測): 不一定, 他們所假設的方式, 依據其假設去做實驗。

BH7 (後測): 不一定, 看事實上, 因為有些想法跟事實是不一樣的, 他們要更改他們的想法變得比較實際, 如果他們的想法是對的, 他們可能依據他們的想法去創造出新的理論。看符不符合原理常理, 如果符合, 他們就可以依據他們的想法去創造出新的東西。依據自己的靈感吧。

T: 你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法?

BL2 (前測): 從觀察自然界去獲得。

BL2 (後測): 發現。

T: 這次的回答似乎與上次不一樣, 為什麼呢?

BL2 (後測): 這次的回答與上次回答差不多。

T: 你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法?

BL4 (前測): 不知道。

BL4 (後測): 自己找答案吧。

T: 你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法?

BL7 (前測): 學習吧, 有些是自己探討的, 以前科學家說的。

BL7 (後測): 從理論, 從科學理論上獲得。

T: 這次的回答似乎與上次不一樣, 為什麼呢?

BL7 (後測): 本學期上課的體驗。

五、對於面對同一個自然現象, 卻同時並存著不同的科學理論去解釋的現象, 實驗組裡有觀點改變的學生, 多認為科學家們之所以採取不同的理論而且科學家們採不同的理論來解釋自然現象, 是因為各方並沒有明確的對錯, 只是科學家們各自透過有根據的說法來解釋現象, 發展相關科學理論。

T: 你覺得當科學家發展出一套理論後, 這些理論會再改變嗎? 為什麼會? (如果會的話, 會在何時發生, 如何發生) 或是為什麼不會?

AH1 (前測): 會, 有可能別的科學家會發現不一樣的東西, 何時發生, 不一定, 如何發生, 不知道。

AH1 (後測): 可能會也可能不會。會的部分: 因為現在的想法跟以前的想法不一樣, 認為現在比較正確就會改變。因為人的想法會隨時間而進步, 然後去改變他的想法。不會的部分: 就是因為認為他們的想法是正確的, 還沒被後來的人改變。不會的部分: 看後來有沒有依據, 如果後來有更令人信服的道理或是證據。

T: 有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的, 另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的, 另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料, 會有不同的推論?

AH4 (前測): 因為觀點不同, 每個人的出發點都不一樣, 還有想法 (也不一樣), 因為每個人都會有不一樣的想法, 看他從那一方面去想。

AH4 (後測): 每個人可能看事情的角度不一樣, 依據的東西也不一樣。

T: 有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的, 另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的, 另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料, 會有不同的推論?

AH5 (前測): 不知道。

AH5 (後測): 因為他們的觀點不同。

T: 這次的回答與上次不同, 為什麼呢?

AH5 (後測): 是因為那些科學故事。

T: 有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的, 另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的, 另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料, 會有不同的推論?

AL1 (前測): 不知道。

AL1 (後測): 因為每個人看法的不同。

T: 這次的回答與上次不同, 為什麼呢?

AL1 (後測): 學完這個學期的課程後就這樣想了。

T: 有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的, 另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的, 另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料, 會有不同的推論?

AL3 (前測): 不知道。

AL3 (後測): 想法不同。

T: 這次的回答與上次不同, 為什麼呢?

AL3 (後測): 不知道。

T: 你覺得當科學家發展出一套理論後, 這些理論會再改變嗎? 為什麼會? (如果會的話, 會在何時發生, 如何發生) 或是為什麼不會?

AL3 (前測): 不一定, 會的部分, 因為科學家不會想到未來的事情, 沒有注意到的後來的科學家注意到了。

AL3 (後測): 會, 因為你不知未來的事情。

T: 與上次回答比較, 這次的回答更肯定了會的部分?

AL3 (後測): 對。

T: 你覺得當科學家發展出一套理論後, 這些理論會再改變嗎? 為什麼會? (如果會的話, 會在何時發生, 如何發生) 或是為什麼不會?

AL5 (前測): 會, 有證據就可以推翻以前的理論, 就是不斷的研究發明, 自己去研

究假設發明才能得到新證據。

AL5 (後測): 會, 如果這一套理論會被別人更好的想法所替代了, 就會被改變了。所謂的更好, 是自己去研究然後與別的科學家所討論出來的結果。

T: 你覺得當科學家發展出一套理論後, 這些理論會再改變嗎? 為什麼會? (如果會的話, 會在何時發生, 如何發生) 或是為什麼不會?

AL6 (前測): 會, 因為理論可以改來改去, 不一定要像開始講出來的。為什麼, 不清楚。

AL6 (後測): 會, 因為他發明的東西, 有些是可以變革。發明的東西, 會變。(T: 有漏洞, 會被人家改變?) AL6 (後測): 嗯, 人家會把原本的東西發明出很奇怪的東西改變。(T: 每個人想得沒有那麼全面, 會有漏洞, 會被別人修正?) AL6 (後測): 嗯, 對。

相對的, 面對相同現象卻有不同科學理論在解釋的問題, 在 15 位對照組學生的回答裡, 僅有一位學生 (BH7) 在後測的回答改變偏向建構主義, 其餘的學生回答改變幾乎都是從「不知道」轉變成「每個人想法 (觀念) 不同」或「每個人看法不同」。研究者進一步的追問為什麼時, 學生卻無法提出更多的解釋。同時參考對照組所接觸到課程內容, 並未多加介紹科學理論在當時科學社群內的提出、發展及爭議等演變過程, 僅以目前公認的知識形式呈現。而學生在整個學習過程更甚少有機會去經歷一個科學知識在形成公認形式前的轉變過程, 此種課程上的差異, 更使得對照組學生在此問題的思考及回答上無法更為深化。

T: 有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的, 另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的, 另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料, 會有不同的推論?

BH7 (前測): 因為沒辦法做出實際的實驗, 每個人的想法不同。

BH7 (後測): 因為就算有實驗與資料, 也不能完全確定它在膨脹與收縮, 所以每個人都覺得自己好像是對的, 感覺自己沒錯, 但是你卻無法實際找到那一個真的那一

個是不正確的。

T：有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的，另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的，另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料，會有不同的推論？

BL6（前測）：不知道。

BL6（後測）：因為每個人有不同的看法。

T：這次的回答與上次不同，為什麼？

BL6（後測）：突然想到的吧。

另外，從「當科學家發展出一套理論後，這些理論會再度改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？」的訪談題目回答內容，可以反映出學生對於科學理論發生改變或修正的原因，實驗組的學生對於科學理論的改變現象，若有觀點改變會將現象的產生歸因由「異例或新的實驗結果出現」轉變為「科學社群的想法改變，導致科學理論改變」。雖然在對照組裡，大部分的學生同意科學理論會再度改變的觀點，但是為什麼科學理論會發生改變，其所持的觀點在前後測極少有改變觀點的情形出現，大部分的學生會將此現象歸因於「過去的理论是錯的」、「出現新的實驗結果」、「由於儀器設備較以往更能精密測量，提高實驗的正確性」等，而儀器設備精密度改變的理由僅出現於對照組，但類似的回答卻沒有出現在實驗組裡。

T：你覺得當科學家發展出一套理論後，這些理論會再改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

AH1（前測）：會，有可能別的科學家會發現不一樣的東西，何時發生，不一定，如何發生，不知道。

AH1（後測）：可能會也可能不會。會的部分：因為現在的想法跟以前的想法不一樣，認為現在比較正確就會改變。因為人的想法會隨時間而進步，然後去改變他的想法。



不會的部分：就是因為認為他們的想法是正確的，還沒被後來的人改變。不會的部分：看後來有沒有依據，如果後來有更令人信服的道理或是證據。

T：你覺得當科學家發展出一套理論後，這些理論會再改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

AL5（前測）：會，有證據就可以推翻以前的理論，就是不斷的研究發明，自己去研究假設發明才能得到新證據。

AL5（後測）：會，如果這一套理論會被別人更好的想法所替代了，就會被改變了。所謂的更好，是自己去研究然後與別的科學家所討論出來的結果。

T：你覺得當科學家發展出一套理論後，這些理論會再改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

AL7（前測）：會吧，因為有些可以改變就可以改變，過程中，實驗過程。

AL7（後測）：會吧，因為他們的理論不一定確定，所以其他科學家想法不同就有改變。再討論假設，看誰的比較好，比較能夠解釋。

T：你覺得當科學家發展出一套理論後，這些理論會再改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

BH1（前測）：會，因為會被以後的科學家推翻，因為以後的科學家會比較精密，以後的任何時間都有可能發生。

BH1（後測）會，科學會越來越進步，發現一些更精密的東西。

T：你覺得當科學家發展出一套理論後，這些理論會再改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

BH7（前測）：會，因為實驗的結果如果不同，他們會依據正確的結果決定，從實驗過程判斷是否正確。

BH7（後測）：可能會改變，隨著不同環境，實驗與理論可能有些會起衝突有些會不對，所以他們會找出新的理論去代替舊的不正確理論，直到正確為止。

T：你覺得當科學家發展出一套理論後，這些理論會再改變嗎？為什麼會？（如果會



的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

BL2（前測）：會，因為還有其他科學家在研究。不知道。

BL2（後測）：不一定。會的部分，因為另外有人去發現，不會的部分，因為不合理論，不知道。

T：你這次的回答意思是有部分會改變，部分不會改變，你可以舉例說明會和不會改變的部分嗎？

BL2（後測）：會的部分，不知道。不會的部分，就像虎克定律，一直沒改變。

當我們以 Posner *et al.* (1982) 所主張促使概念改變發生的四個條件為脈絡再一次回顧學生們的回答，實驗組學生對於科學理論的改變原因是由於「異例」或「新的實驗結果」轉變為「想法不同」而且輔以出現可以支持新想法的依據或證據，以 AH1 的回答為例，其回答已經不再是與已有概念不符合的異例引發理論改變。而 AL5 在後測的回答改變，也同樣的顯示「新的實驗結果」不一定導致理論的改變，而是被當時科學社群協商後所認同的結果反而有機會促使科學理論的改變。到了 AL7 的回答，更是反應在其科學知識論觀點裡，能夠解釋更多更廣的自然現象。在某種程度表示了其認知的科學理論最重要功能不是在表徵真實的世界，而是在於使人們認知適應所處的世界。更值得一提的是，在實驗組前測問卷得分屬於低分群（代號 AL）的學生，在前測時即由問卷的調查顯示其科學知識論觀點較偏向實證主義者，在後測時有如此的回答與改變，是可以更加明確的顯示其部分科學知識論觀點改變的情形。而 BH7 的後測回答，雖然也有新的理論更能解釋某些現象的隱含意思，但是新理論能取代舊理論的根本原因仍是新的是正確，而舊的是不正確。在其想法中，科學理論的改變是一種正確取代錯誤的過程，科學理論最重要的過程是表徵整個真實的世界。

由 BL2 的訪談結果顯示，在後測時已經較前測多了科學理論不會改變的觀點，其舉例的虎克定律正是來自於自然科課本，而在學習與評量的方向都著重在科學知識的影響

下，對照組學生無法由課本內容知悉一個科學理論的發展過程，往往也容易認定學習的重點應是課本所提的科學知識定律，而課本上的科學知識定律也給予學生一種現在未來都是最固定及最正確的印象，也因此對科學理論的發展與修正的歷程，難以產生較深刻的體會。

## 第二節 實驗組與對照組在學習自然科學方法的差異分析

### 壹、學習自然科學方法的質性分析

為進一步了解受試者的學習方法是否有任何差異，因此在後測結束後，對受試者進行以下有關學習方法或學習觀點訪談。兩組受訪者的回答改變情形出現了若干方面的差異。主要有以下幾項：

一、在描述或想想在一間教室裡的學習情形，雖然兩組的前後測回答都大致維持了聽講、抄寫筆記等上課活動，但是實驗組學生的學習方式改變是傾向更願意與其他人討論，以及傾向控制自己學習活動或採取實驗的方法去學習新的事物。例如 AH4 的回答裡顯示學習者在學習過程有試著將外界的知識想法構成自己內在的概念，即追求內在概念的一致性而不僅是背誦而已。AH5 的回答則是更加強課本的知識與生活的連結，同時對照組的前後測回答，大部分的學生是沒有明顯的改變，其中僅有 BH4 的回答在前測時出現的提問部分，到了後測時回答提問部分已經消失並著重在聽講與抄寫的部分。顯示若學生將科學知識視為事實與定律的集合的科學知識論觀點影響之下，學習科學的方法會較為傾向單純的對科學知識背誦與記憶，較無法出現更高層次的學習歷程與行為。

T：請你描述或想像在一間教室裡，你在學習的情形。

AH4（前測）：就聽老師講課，然後想一下老師講的一些觀念，還有一些公式。所謂的想，就看自己能不能靈活運用，還有對照一下課本，看看老師有沒有講錯之類的。

AH4（後測）：就老師講，我們聽，然後我們寫筆記。然後如果可以實驗，就寫（實驗紀錄）。試著自己去做（實驗），不要只是課本上的知識而已。

AH5（前測）：認真的上課，做筆記，聽老師講。

AH5（後測）：根據老師所教的，還有一些生活上的一些…，老師教新的東西，然後就比較知道。

AH6（前測）：應該就是每個人在討論吧，或者就是把問題想法提出來，然後大家一起討論吧。

AH6（後測）：聽老師上課，討論，做實驗。

BH4（前測）：老師在臺上講，學生在臺下聽，提出問題。

BH4（後測）：老師在講課，學生在下面寫老師發的功課那些。

二、對於學生的職責為何，有部分實驗組受訪的學生（AH4 和 AL1）在前後測的回答改變，從偏重於表現合宜的上課行轉變為將所學的知識加以思考，顯見學習科學的方法不再只是停留在記憶的階段。在對照組 BH4 學生的前後測回答差異來看，其後來的學習方法已經沒有表示提出問題，對於學習科學知識有偏重記憶的傾向。至於 BH5 學生的前後測回答差異來看，顯示出從偏重於表現合宜的上課行轉變為偏重學習績效的跡象，也就是學習到的科學知識能夠表現在考試成績上，此種想法是與希望所學的科學知識能與日常生活相結合是有差異的。

T：你覺得一位學生的職責是什麼呢？

AH4（前測）：就是把老師講的都讀好，作業都完成之類的。

AH4（後測）：就唸好書。

AL1（前測）：上課。

AL1（後測）：就把老師教的東西學好。

T：這次的回答好像與上次不同？

AL1（後測）：對。

T：你可以說出為什麼導致回答不同嗎？

AL1 (後測): 不知道。

AL6 (前測): 要做好一個學生, 不要變壞。

AL6 (後測): 就來學校讀書。

T: 這次的回答好像與上次不同?

AL6 (後測): 對, 那時好像沒有想這麼多。

T: 你可以說出為什麼導致回答不同嗎?

AL6 (後測): 不知道。

BH4 (前測): 聽老師說, 然後我們提出問題。

BH4 (後測): 把老師教的儘量學起來。

T: 這次的回答好像與上次不同?

BH4 (後測): 對。

T: 你可以說出為什麼導致回答不同嗎?

BH4 (後測): 不知道。



BH5 (前測): 努力上課吧。

BH5 (後測): 成績要好。

T: 這次的回答好像與上次不同?

BH5 (後測): 對, 因為我覺得如果只是認真上課, 如果沒有學到東西, 還是沒有用的。

T: 你可以說出為什麼導致回答不同嗎?

BH5 (後測): 不知道。

三、如何確認自己對一個概念的學習情況, 可以說明學生如何運用後設認知的認知技能去監控自己的學習狀況。一般而言, 兩組的學生大多依賴測驗或做習題來確認自己是否已經了解所學的概念。但是從實驗組學生在後測的回答, 可以看出 AH2 除了透過習題外, 更以能否清楚表達出自己的概念為判斷學習的依據。而對照組的學生則在後測

的回答裡，呈現更為依賴解出習題的狀況（如 BH4）。部分的對照組學生（如 BH7 和 BL3）雖然已經不再依據考試成績或習題練習，但是後測的回答卻是顯示能否了解科學概念細節是判斷學習的依據。

T：你如何確定你已經知道？例如：當你學習密度的概念時，你如何確定你已經了解密度的概念？

AH2（前測）：去測驗、考試

AH2（後測）：你能解釋給別人聽，而別人也聽得懂。自己解題目也解得出來，能在最快速解出來，然後對。

T：這次的回答好像與上次不同？

AH2（後測）：對，能解釋給別人聽比考試還好，因為考試有時知道但講不出來，這樣子很奇怪，能講出來不是更好嗎？

BH4（前測）：作習題、做實驗。

BH4（後測）：做題目，看算得算不算出來。

BH7（前測）：經過題目練習，如果你知道為什麼，那就是知道。

BH7（後測）：看你可不可以了解，為什麼會這樣子，重要是為什麼，如果能了解為什麼，那就 ok 了。

BL3（前測）：考試成績。

BL3（後測）：就比如看到什麼東西就會想到是什麼。

四、對於什麼是成功學習科學最重要的因素，實驗組的學生 AH4 在後測的回答顯示了自有限的實驗條件下去做探索才能成功的學習，較前測的回答只是重複著科學家已經證實的定律和公式，改變的來源可以合理推論應是受到將科學視為定律及事實的集合轉變為科學是一種探索活動以及科學知識並非絕對不變的看法影響。AH5 的回答則是由堅持不放棄的精神轉為將學得的理論透過實驗活動加強瞭解的具體描述，此項轉變是由於



課程裡的實驗活動引發的，同時觀察所有受訪者的回答後，可以發現對於訪談題目裡的「成功學習」一詞使得多數學生直接聯想到「認真學習」、「努力」、「堅持不放棄」、「專注」等想法，但是在歷經了改變科學知識論觀點的隱性教學活動，實驗組學生除了 AL2 及 AL7 之外，其餘顯示改變的回答較能夠由體驗的教學活動後提出具體的透過實驗活動而成功學習，而對照組學生除了 BH2 的後測回答反應出學習的興趣是關鍵之外，大部分的對照組學生在後測的回答仍然認為認真努力、習得更多的科學知識、精通更多科學知識的細節等，是成功學習科學最重要的關鍵。其中 BH4 的後測回答雖然表示受到寫問卷的影響，但是其回答重點仍是習得更多的科學知識才能稱為成功學習科學，可以反映出科學是事實及定理的集合之科學知識論觀點影響下，人們可以透過學習科學知識背後的原理和細節便可以成功學習科學的觀點。

T：什麼是成功學習科學最重要的因素？為什麼？

AH4（前測）：就是老師講的公式試著去運用，確定自己真的會了，因為科學是經過證實，看自己的應用能不能跟科學家證實的一樣。

AH4（後測）：就是不斷的吸收一些知識，就是做實驗的時候，看自己做出來的結果與實際上的結果有什麼差別，然後就是不斷求進步改進，把實驗做得更好，更了解更靈活應用。雖然目前憑我們要看（出）學說有什麼錯誤目前不太可能，但是我們會試著去做不同的假設，看跟理論有沒有符合，就是不斷的求進步。

AH5（前測）：鍥而不捨的精神，因為失敗還會繼續努力。

AH5（後測）：知道理論，知道很多理論，然後一些做實驗該有那些（原理）要了解呀。因為你知道這些理論，然後做實驗的時候，比較了解吧。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變，是因為你有做過實驗的關係嗎還是這學期的課程讓你的回答產生改變？

AH5（後測）：我覺得兩個都有，做過實驗的經驗及一學期以來的課程。因為如果只做一次，可能會有誤差吧。

T：所以是透過實驗，讓你獲得做實驗的技巧？

AH5（後測）：對。



AL2 (前測): 不知道。

AL2 (後測): 認真上課，有在聽，回家複習一下，大部分都會。

T: 這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AL2 (後測): 自己的經驗。

AL5 (前測): 努力不懈的精神，不放棄這個理論。

AL5 (後測): 因為你不會的時候，可以拿講義出來，上課聽講，然後自己不知道就不要亂做，有聽過的話，就可以大膽做實驗。

T: 這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AL5 (後測): 就學完一學期的自然課後。

T: 是課程的那個部分使你的想法改變？

AL5 (後測): 不知道。

AL7 (前測): 努力，因為努力過不一定會成功，沒有努力一定不會成功。

AL7 (後測): 專注，因為如果不專心，就學什麼都沒有用。

T: 這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AL7 (後測): 因為年級的轉變，想法就不同。

BH1 (前測): 能把它應用在生活上，因為會應用就是代表學好。

BH1 (後測): 就努力呀，因為一直學，才會越學越多，才代表成功。

T: 這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

BH1 (後測): 我覺得第一次的回答可能是誤會了題目，比較文不對題。

BH2 (前測): 認真，因為有認真才知道問題所在，才可以真正學習到。

BH2 (後測): 想要學的心吧，因為其實你不想要，別人再怎麼逼你也沒有用。

BH4 (前測): 不知道。

BH4 (後測): 了解裡面的道理和理念。因為科學家檢討出來的，我們再學。

T: 這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

BH4（後測）：寫問卷的印象。

BH7（前測）：實驗，因為你可以看到實驗的證明，然後去想。

BH7（後測）：知道它是「為什麼」這三個字，因為你只要知道它的原理，你就可以想出很多東西，可以舉一反三，可以知道其他東西，怎麼這樣子。

BL4（前測）：學習態度，不知道。

BL4（後測）：先把要學的全部學好，自己先把自己的課業學好。如果你想學習科學，先把自己的觀念學好。

五、對於所學的科學知識是否應用在其他地方，在實驗組受訪學生裡，量表的高分群學生（代號 AH）在前測表示有應用者（5 人）比低分群（代號 AL）裡表示有應用者（2 人）多，到了後測時，同組的高分群學生則全部（7 人）表示有應用，而同組低分群則僅剩一人。但是在對照組內，量表的高分群學生（代號 BH）在前測表示有應用者（4 人）比低分群（代號 BL）裡表示有應用者（3 人）多，到了後測時，同組的高分群學生則有六人表示有應用，而同組低分群則僅剩一人。因此無論是從組別或前後測回答來看，在受訪學生裡量表的高分群學生表示有應用在其他地方的人數均多於量表的低分群學生人數，值得注意的是在實驗組內的表示有應用在其他地方的人數無論前後測均是高分群學生遠多於量表的低分群學生（5 人對 2 人，7 人對 1 人），但是在對照組裡，人數則由相近變為量表高分群學生遠多於量表的低分群學生（4 人對 3 人，6 人對 1 人），這樣的變化顯示對照組裡量表低分群的學生對於所學的科學知識已經逐漸感覺與生活無關，同時也顯示量表的結果對於學生是否能將所學的科學知識是否應用在其他地方上這項指標上提供了一定程度的預測力。進一步了解為什麼會將科學知識應用在其他地方，AH6 和 AH7 的後測回答顯示了實驗活動能夠引發科學知識進一步的應用在其他地方，而 BH6 的後測回答則顯示在對照組內僅能顯示學生依賴自己是否能夠觸類旁通，

而無法看出一般教學活動的影響。

T：你曾經使用學過的科學概念應用在其他地方嗎？為什麼？

AH3（前測）：沒有。

AH3（後測）：有吧，游泳時，水有浮力放輕鬆會浮起來。課本上有寫。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AH3（後測）：因為想到。

AH6（前測）：有些東西用到科學原理，不知道。

AH6（後測）：有，之前有教那個實驗，小學有教虹吸現象，國中有教到電子的移動。因為學得更多了，更能掌握自然的知識，有學到密度和水那些概念，現在學到浮力後，把它加進來。

AH7（前測）：沒有，課本歸課本。

AH7（後測）：有，因為實驗看看。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AH7（後測）：多去實驗，就會比較知道如何應用，例如彈珠台實驗。

BH3（前測）：有，因為覺得可以用就用上去。

BH3（後測）：沒有。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

BH3（後測）：（經提示前測回答後，同意上次回答。）

BH4（前測）：有，應用科學的方法。

BH4（後測）：很少吧，因為日常生活中就用到。

BH6（前測）：應該沒有吧。

BH6（後測）：有，學過的就要學以致用，沒有為什麼，自然而然發生。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

BH6（後測）：就會新教一些東西，你就知道了，然後就會去應用一下。

BH7（前測）：有，因為周遭有很多東西也是依據科學來製造的。

BH7（後測）：有呀，因為其實科學原理都是與其他東西有關的，每個東西都會跟很多東西有關，因為你可能學到這個原理也跟那個東西有關，只是你沒有去注意到，所以有時候你還是會用到，然後你注意的話，你還是可以探討。

BL3（前測）：有，虹吸現象，試試看是否真的會成功。

BL3（後測）：沒有。

六、對於刺激學生學習科學的部分，在兩組內有許多學生回答實驗或實際操作，僅有極少數回答是以外在的同儕競爭或考試的壓力為學習的動力，顯見動手做實驗是能刺激大多數學生學習科學。至於在前後測回答有改變的部分，在實驗組顯示改變的人數（4人）多於對照組顯示改變的人數（1人），其餘在前後測的回答並未明顯的改變。AH1顯示以同儕競爭的壓力為學習動力，AH2在後測的回答是以好奇為學習動力，AH7到了後測是以興趣為主，AL2則是體驗到實驗的操作後，覺得可以刺激其學習科學。大致而言，實驗組的改變仍以偏向興趣為學習科學的動力。

T：你認為什麼可以刺激你學習科學？

AH1（前測）：不知道。

AH1（後測）：就是看到有些人比自己利害很多，就會覺得有點自卑感。

AH2（前測）：比較困難的想法，或是比較難的題目吧。

AH2（後測）：新的知識吧，不然就是還沒有人發現的東西你會想去發現。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AH2（後測）：好奇成分較多，想法會改變，改變來源比較懂事，長大會想得比較多一點吧。

AH7（前測）：上課不要太枯燥，要有趣。

AH7（後測）：興趣。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AH7（後測）：不知道。

AL2（前測）：不知道。

AL2（後測）：科學實驗。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？


AL2（後測）：本學期的體驗。

BL6（前測）：實驗吧。

BL6（後測）：自己的興趣。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

BL6（後測）：興趣不是這個就不會想去學，若是的話就會去學。為什麼改變？就是自己認為。



七、在受訪學生裡認為在學習科學中表示最難的主題於前後測並不一致，不過大致上而言，實驗組的學生以新近學習的主題，尤其是含有計算題型的主題，是較容易產生學習上的困擾。對照組的學生多數是以密度、莫耳、波動等主題是認為比較難以學習的主題，只有少數學生表示一些偏向記憶的主題，如化學式、透鏡成像等是比較難以學習的主題。而兩組學生表示普遍的學習困擾是不知道如何進行解題計算，為了克服這個困擾，兩組學生的處理方式產生了差異：實驗組的學生 AH2 在後測時除了多做習題練習之外，還有向老師發問，至於 AH6 則是在後測時體驗到「多認真上課，回家複習」是克服學習困難的方法，相較於前測的回答算是有想出屬於自己的克服方法，但針對不會計算的困難，後測的回答裡並沒有表達出透過大量解題練習加以克服，因此可能學習方法已著重新概念與內在概念一致性的思考。至於 AL6 的後測，在克服方法上沒有明顯的進步，反倒是其覺得困難的主題反應在新近學習主題上的現象。在對照組學生的克服學習困難方法上，BH6 在後測時已經沒有問老師而是做更多的解題練習，BH7 也是在後



測時表示類似的方法，BL8 則在後測回答增加了一次一次的計算，顯示解題練習的方法也逐漸獲得採用。最後在對照組學生 BL7 則是以強化公式與符號的記憶克服學習困難。在此，向同學或向老師發問是被視為一項重要的觀察指標，因為學習者要能發問的條件之一，即是能否意識到自己的問題所在，這也呼應了高階認知技能所強調的能否監控自己學習狀態，從前後測回答有改變的學生反應，實驗組的學生在發展高階認知技能略有進步，而對照組的學生則無法看出有發展高階認知技能的跡象。

AH2 (前測)：目前還沒有。

AH2 (後測)：密度、浮力、電學、莫耳。有時上課想聽，但聽不是很懂，所以就是寫題目，有時會對，有時候不會對。對的時候，就感覺很像會，錯的時候，連錯四五題，就覺得我到底會不會。克服方法：多寫一些題目吧，不然就問老師。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AH2 (後測)：學得越多了。

AH6 (前測)：密度的測量，因為驗證吧，不好驗證。克服方法：沒有。

AH6 (後測)：電子，算電量的問題，難在聽不太懂，不太會算。克服方法：多認真上課，回家複習。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AH6 (後測)：平常的體驗，平常的複習會比較聽得懂。

AL6 (前測)：光吧，不知道，困擾：它會阻礙我繼續學下去，如何克服？不清楚。

AL6 (後測)：電流電壓電阻，就是學不會，先不要想它，去做別的。看以後會不會突然會。

BH6 (前測)：比熱，因為很難想，問老師。

BH6 (後測)：你如何克服這個困難的？密度，難在很難算，計算方面有困擾，多練習。T：這次回答的單元與上次不同，是因為學過浮力，就覺得它比較難？

BH6 (後測)：嗯，對。



BH7 (前測): 光的行進路線, 會不知法線在那裡, 克服: 問老師。

BH7 (後測): 光的進行, 因為你不知法線要怎麼判定, 角度大小。再背一下原理定律, 然後在試著在題目找出為什麼, 然後一題一題學習, 到會為止。

BL7 (前測): 密度, 因為計算的題目會很多變化, 讓我搞不清楚, 就是再努力把公式背起來, 再做題目。

BL7 (後測): 密度, 符號搞不清楚, 多學習多背公式與符號。

BL8 (前測): 波長, 要計算波的相關問題, 不太會計算, 問同學問老師。

BL8 (後測): 密度, 困難在計算的過程, 克服的方法: 一次一次的計算或者問老師。

八、對於成功科學教師的應具備的特質或條件, 兩組學生在前測回答不外乎強調成功的科學教師要認真努力, 講解的課程內容要讓學生能夠聽得懂, 能夠正確的回答學生所問的問題等。到了後測時, 實驗組的學生 (AH2 和 AH5) 認為教師要更加發揮其幫助學生因應考試的功能, 而 AH7 的回答改變則是反應了在受到科學具有暫時性及變易性的知識論觀點影響之下, 對於科學教師的科學知識則期盼能與時俱進, 另外 AL5 的回答改變也顯示成功的科學教師應為正確科學知識的權威來源轉變為協助學生探索學習的角色, 這種回答上的改變也同時表現出其受到科學知識論觀點改變的影響: 科學知識的來源是來自於單一的權威, 一種由外而內的過程, 轉變為可以由自己去探索建構, 是一種由內而外的過程, 因此在後測的回答顯得能夠肯定學生自身的研究探索能力, 也才會對成功的科學教師有如此的期望, 而令其想法產生改變的來源更直指科學歷史及實驗活動後所帶來的影響。另外, 在對照組的回答改變裡, 則沒有出現類似的答案, 以 BH5 的回答改變是由強調科學教師所帶給學生的感覺轉變為要將課程講解得讓學生了解, BL1 的回答改變則是顯示成功的科學教師應該可以影響或有效的要求學生認真學

習，在如此的看法裡，可以反映出學生在學習活動中的角色更顯得被動。

T：就你的看法，一位成功的科學教師應該是怎麼樣的？為什麼？

AH2（前測）：努力，要會講解，做實驗要謹慎，因為他自己要再學更多知識，教導學生要有方法，做實驗要謹慎，是因為不要出差錯。

AH2（後測）：與其他科目的老師一樣，就是解釋題目，要解釋得清楚，要解釋到學生懂。如果學生不懂又不想聽，那就不要解釋了，解釋給想聽的學生就好了。因為教學生懂了，他做題目他就會算了，他就會算了然後成績就會上來，他自己也懂了，然後就比較有成就感。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AH2（後測）：這次的重點是，如何讓學生都喜歡你，感覺你很好。

AH5（前測）：很多（教學）經驗，因為會懂得比較多。

AH5（後測）：豐富的經驗，會很用心的教。因為很豐富的經驗就比較知道會考那裡，那些常考的就比較會教我們，這樣就比較容易懂吧。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，所謂的用心是指什麼？

AH5（後測）：因為老師懂得比較多就會教給同學，這樣同學就會比較懂，知道比較多。所謂的用心是指教的，學生都懂，知道這單元學生不熟的地方，就會講得更清楚，讓學生更懂。

AH7（前測）：想法要多一點，就是資料比較豐富，講得比較清楚。

AH7（後測）：多去查證一些科學知識，因為證據比較多，實驗起來比較好實驗。

T：這次的回答好像與上次多了查證，是為什麼讓你產生如此的改變？

AH7（後測）：科學都是不一定呀。

T：都是需要查證的，以免教到過時的？

AH7（後測）：嗯，對。

AL5（前測）：不會被學生問倒，因為這樣就代表他們都會。

AL5（後測）：教好學生，如果研究不出來的，說不定，對學生有些人可以研究得出來，可以給學生詳解，說不定學生有辦法。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AL5（後測）：跟這個學期的課程有關吧，科學歷史故事，及實驗。

AL7（前測）：努力認真。因為不努力就不會成功呀。

AL7（後測）：就是會自己先做實驗，再教同學。因為如果你不能確定，你教同學也不能確定。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

AL7（後測）：與上次回答意思不相同，改變的來源不知道，覺得經過一學期後，會多了解一些。比較難的學得比較好，比較簡單（指都是用背的）就是會容易忽略。

BH5（前測）：應該很斯文，因為這樣學生比較想上課。

BH5（後測）：讓每位同學都懂課程上的理論，因為如果只是在上面一直講，同學都不懂，那就不用上了呀。

T：這次的回答好像與上次有明顯的不同，是為什麼讓你產生如此的改變？

BH5（後測）：不知道。

BL1（前測）：不知道。

BL1（後測）：可以要學生認真，可以從成功的科學老師學到很多。



## 貳、小結

就科學知識論觀點改變的情況來回顧學生的訪談內容，由實驗組與對照組的改變情形，對於科學是什麼，實驗組能夠轉變認為科學是人類帶著想像與創造力的心智活動，或是與我們日常生活中有密切關聯的事物，在此呼應了科學是具有創造與想像的本質之知識論觀點，而對照組則幾乎不會產生類似的改變。而透過科學歷史故事等顯性的教學活動，使得實驗組在後測時，有改變的部分均在回答較前測多出顯示暫時性與變易性，或是對此特質持更為肯定的看法，即轉變為對科學理論持有暫時性與變易性的知識論觀點，而對照組在此項目則循既有科學知識論觀點加以深

化鞏固，強調科學知識的正確性與精確性特質。

另外，對於科學知識的獲得，從訪談的內容顯示實驗組的偏向建構主義方向的改變較對照組明顯，認為科學知識的獲得不是依循著固定的方法程序並純粹從觀察得來的，反而是透過科學家的靈感創意或之前科學理論的影響而產生，同時對照組的知識論觀點則並在後測的回答顯示傾向維持實證主義的知識論觀點。

對於面對同一個自然現象，卻同時並存著不同的科學理論去解釋的現象，學生們的回答則反應了對科學理論發展過程的了解，實驗組的學生透過科學歷史的學習了解各方科學家並沒有明確的對錯，只是科學家們各自透過有根據的說法來解釋現象，發展相關科學理論。而對照組則由於在教學過程比較沒有強調科學歷史的部分，因此絕大部分的學生的回答改變僅從「不知道」轉變成「每個人想法（觀念）不同」或「每個人看法不同」，同時無法更深入的說明解釋其答案。

對於科學理論的改變原因與時機，實驗組的學生對此顯示由「異例或新的實驗結果出現」轉變為「科學社群的想法改變，導致科學理論改變」的知識論觀點。而對照組所持的觀點在前後測極少有改變觀點的情形出現，大部分的學生會將此現象歸因於「過去的理论是錯的」、「出現新的實驗結果」、「由於儀器設備較以往更能精密測量，提高實驗的正確性」等。

由於實驗組受訪者的若干科學知識論觀點已經產生改變，因此我們也在訪談其學習自然科學方法時發現了因知識論觀點改變而致使科學學習觀點或方法也產生改變的現象。首先，在描述自己在課堂教室內的學習情況，實驗組的學生在後測的訪談表示更願意與其他人討論，以及傾向監控自己學習活動或採取實驗的方法去學習新的事物，對照組的學生則在受到將科學知識視為事實與定律的集合的科學知識論

觀點影響之下，學習科學的方法會較為傾向單純的對科學知識背誦與記憶，較無法出現更高層次的學習歷程與行為。

對於學生的職責為何，有部分實驗組受訪的學生在前後測的回答改變，從偏重於表現合宜的上課行轉變為將所學的知識加以思考，顯見學習科學的方法不再只是停留在記憶的階段。在對照組學生的前後測回答差異來看，有偏重記憶的傾向及偏重學習成績的跡象，在若干程度上也呼應了在教室內學習科學方法的改變情形。

另外，對於是否意識到並評估自己的學習一個概念的情況，兩組的學生大多依賴測驗或做習題來確認自己是否已經了解所學的概念。但是在實驗組的後測階段已經有學生除了做習題之外，並希望能夠清楚的向其他人表達描述自己所學的概念，而對照組在後測時則更加依賴解出習題的狀況或能否了解更多科學概念的細節做為評估自己的學習狀況的依據。

對於什是成功學習科學最重要的因素，有實驗組的學生受到將科學視為定律及事實的集合轉變為科學是一種探索活動以及科學知識並非絕對不變的看法影響，認為最重要的因素由重複著科學家已經證實的定律和公式轉變為在有限的實驗條件下去做探索才能成功的學習。另外由於課程裡的實驗活動的體驗，有實驗組的學生回答則是由堅持不放棄的精神轉變為將理論透過實驗活動加強瞭解的具體描述。而大部分的對照組學生在後測的回答仍然認為認真努力、習得更多的科學知識、精通更多科學知識的細節等是成功學習科學最重要的因素，這類回答可以反映出對照組的學生在抱持科學是事實及定理的集合之科學知識論觀點時，認為可以透過努力記憶知識便能成功學好科學的學習觀點。

對於所學的科學知識是否應用在其他地方，無論是從組別或前後測回答來看，



在受訪學生裡量表的高分群學生表示有應用在其他地方的人數均多於量表的低分群學生人數，值得注意的是在實驗組內的高低分兩群學生在前後測表示有應用在其他地方的人數變化不大，但是在對照組裡，高分群的人數差異不大，但低分群的學生人數則明顯的減少，顯示已經朝向科學知識與生活無關的方向發展。至於為什麼會將科學知識應用在其他地方，有實驗組的後測回答顯示了實驗活動能夠引發科學知識進一步的應用在其他地方，而在對照組的後測回答則顯示在對照組內僅能顯示學生依賴自己是否能夠觸類旁通，而無法看出一般傳統教學活動的影響。

對於刺激學生學習科學的部分，在兩組內有許多學生回答實驗或實際操作，僅有極少數回答是以外在的同儕競爭或考試的壓力為學習的動力，顯見動手做實驗是能刺激多數學生學習科學。至於在前後測回答有改變的部分，在實驗組顯示改變的人數比對照組顯示改變的人數為多。大致而言，實驗組的改變仍以偏向興趣為學習科學的動力。

以目前的國中自然科學課程的內容裡，多數受訪學生仍表示密度、莫耳、電學等主題是比較困難的，主要困難在於難以掌握相關的概念以進行解題計算。在克服困難的方法上，實驗組學生發生的改變主要在於向老師發問或是多認真上課，回家複習以掌握相關概念。而對照組學生的改變則主要在於做更多的習題練習，以及強化公式與符號的記憶克服不會計算的困難。

而科學知識論觀點裡的對科學知識來源及科學知識的暫時性及變易性觀點發生改變，也同時影響了學生對於何謂成功的科學教師有不同的看法。實驗組學生在後測的回答顯示更能夠肯定自身的研究探索能力，而期望教師由科學知識的權威來源轉變為協助學習的輔導者，同時認為科學教師應隨著科學的發展對其科學知識隨時



進行更新。對照組的學生的看法則由努力認真轉變為要將課程講解得詳細正確使學生易於了解，或是可以更有效的要求學生認真學習。

關於如何教學以影響學生如何看待科學理論為何改變的原因，在設計教學活動階段，研究者就曾考慮以下兩種方式：一是在顯性的方法裡，提供學生具有長時間縱深的科學理論改變的科學史素材；另一種是運用隱性的方法，透過實驗活動的結果，對於同樣的數據卻由實驗組內各分組學生提出解釋模型，並引導全體學生整合出一份可為普遍接受的初步結論。企圖期望實驗組的學生們在體驗整個群體心裡的歷程後，對於科學理論改變原因的觀點能發生改變。但是根據學生實驗後測得數據，與學生討論實驗過程及比較各組數據的差異和推論肉眼看不見的導線電阻模型，過程裡仍有辨識誤差過大的數據和解釋如何減小誤差等內容，並檢討實驗過程的操作問題。即便涉及了實驗測量精密度的問題，但是對於科學理論為何改變的看法，在實驗組的訪談回答仍然無人表示是因為實驗的精密度提高後所產生的。反而在對照組的訪談出現了這類的回答，此部分結果與 Tsai(1998b)在對臺北地區國中八年級學生科學知識論信念的研究結果是一致的。因此，透過科學課程裡的實驗活動的實施，學生們在過程裡對於科學是什麼的想法，確實比較能夠貼近科學實際的情況，這也可能是隱性教學活動所能影響學生科學知識論觀點的地方。

### 第三節 結果與討論

研究者根據本章第一節與第二節的結果，在本節分為科學知識論觀點與學習方法兩個部分回答本研究在第一章所提出的六個問題。

#### 壹、不同的科學學習活動對學習者的科學知識論觀點之影響

一、經過結合顯性與隱性的科學知識信念改變教學活動後，國中八年級學生（實驗組）對於科學知識論信念觀點有何差異存在？

由「科學知識論信念量表」顯示各向度的前後測成績差異都未達統計上顯著水準。但是在量表內「科學知識的發展」與「科學知識的驗證」兩個向度的 p 值分別為 0.055 與 0.06，已經逼近統計顯著水準，顯示實驗組的學生在科學知識論觀點已經有偏向認同「科學知識是會持續改變的」與「驗證概念的實驗方式並不是固定的」的趨勢。



雖然本研究中所用的「科學觀點問卷」各向度的前後測成績差異都未達統計上顯著水準，但是在「觀察蘊含理論」的向度裡 p 值為 0.099，相對於同份問卷其他向度的前後差異更為明顯。

另外，由「科學知識論觀點情境式問卷」的回答類型分析結果顯示，實驗組在第五之二題與第六題，其回答類型的改變情形出了統計上明顯的差異，由其題意與回答的內涵，反映了實驗組的科學知識論觀點在「科學社群協商」、「科學知識的變易性與暫時性」、「科學知識的發展」與「科學知識的確定性」等部分，相較對照組發生了偏向建構主義的觀點改變現象，亦即實驗組在經過結合顯性與隱性的教學活動後，部分所抱持的科學知識論觀點已經更為偏向建構主義。

同時根據實驗組在前後測回答類型上不改變的情形及維持何種回答類型的觀點再加以分析，結果顯示實驗組八題裡有五題，其回答類型為偏向建構主義且維持不改變的比例大於對照組，因此可以在大部分的題目裡顯示，若實驗組學生原先持有偏向建構主義的科學知識論觀點，在經歷結合兩種教學活動後，這些學生的既有科學知識論觀點更能獲得鞏固與強化。

另外，根據實驗組學生在「科學知識論觀點情境式問卷」的回答類型一致題數分析顯示，實驗組在後測出現較前測更多的類型一致題數，並達統計上顯著差異。顯示實驗組在後測相較於前測時，回答類型較不易受到問題情境影響。可以合理的推論可能是因為實驗組在經過結合顯性與隱性教學活動後，在其科學知識論觀點已經獲得更為強韌的形塑，而較不易受到問題情境的影響。

最後，根據訪談的結果追蹤在前後測回答有明顯改變的部分，在實驗組裡可以發現下列的改變情形：(一) 對於科學是什麼，實驗組能夠轉變認為科學是人類帶著想像與創造力的心智活動，或是與我們日常生活中有密切關聯的事物，在此呼應了科學是具有創造與想像的本質之知識論觀點。(二) 透過科學歷史故事等顯性的教學活動，使得實驗組在後測時，出現了較前測多出科學知識的顯示暫時性與變易性，或是對此特質持更為肯定的看法，即轉變為對科學知識持有暫時性與變易性的知識論觀點。(三) 對於科學知識的獲得，從訪談的內容顯示實驗組的看法明顯的偏向建構主義方向的改變，認為科學知識的獲得不是依循著固定的方法程序並純粹從觀察得來的，反而是透過科學家的靈感創意或之前科學理論的影響而產生。(四) 對於面對同一個自然現象，卻同時並存著不同的科學理論去解釋的現象，學生們的回答在前測只表示每個人的想法不同，在後測訪談則反應了對科學理論發展過程的了解，實驗組的學生透過科學歷史的學習了解各方科學家並沒有明確的對錯，只是科學家

們各自透過有根據的說法來解釋現象，發展相關科學理論。(五)對於科學理論的改變原因與時機，實驗組的學生對此顯示由「異例或新的實驗結果出現」轉變為「科學社群的想法改變，導致科學理論改變」的觀點。

二、經過一般傳統科學學習活動的前後，國中八年級學生（對照組）對於科學知識信念觀點有何差異存在？

以「科學知識論信念量表」的前後測成績比較，四個向度前後測分數差異情況都未達統計上顯著水準。另外，對照組在「科學知識的確定性」向度的後測平均值略小於前測平均值，「科學知識的驗證」向度的後測平均值等於前測平均值，而各向度的標準差有增加的趨勢，且增加的量皆大於實驗組，顯示對照組內的學生對於科學知識論觀點的歧異度有增加的趨勢，此現象也可以由訪談的結果獲得支持。

另外本研究中所用的「科學觀點問卷」，只有在「觀察蘊含理論」此一向度的前後測成績差異達到統計上顯著水準，所呈現的數據顯示對照組在歷經一般的教學活動之後，能夠較為支持「觀察蘊含理論」的看法，但此向度的在前後測的成績皆低於實驗組前後測的同一向度成績，同時此現象並未在其他問卷或訪談結果獲得類似的結果，其他的四個向度前後測成績差異則未達到統計上顯著水準。雖然對照組在五個向度的後測平均值皆較同向度的前測平均值有增加的現象，但是各向度標準差有增加的趨勢，且增加的量皆大於實驗組，顯示對照組內的學生對於科學知識論觀點的歧異度有增加的趨勢，此趨勢也可以由訪談的結果獲得支持。

另外，由「科學知識論觀點情境式問卷」的回答類型分析結果顯示，實驗組在後測出現較前測的回答類型一致題數並沒有明顯差異，顯示實驗組在前後測時，回答類型比較不易受到問題情境影響。相較於實驗組，對照組在前後測時回答類型均

為較容易受到問題情境的影響。

最後，根據訪談的結果追蹤在前後測回答有明顯改變的部分，在對照組裡可以發現下列的改變情形：(一) 對於科學知識的特徵是什麼，前測時已表達出科學知識的正確性與精確性特質，在後測回答會循原觀點更進一步的深化鞏固既有科學知識論觀點，強調科學知識的正確性與精確性特質。(二) 對於科學知識的獲得與來源，前後測變異不大，在後測的回答顯示傾向維持實證主義的知識論觀點。(三) 對於面對同一個自然現象，卻同時並存著不同的科學理論去解釋的現象，對照組絕大部分的學生的回答改變僅從「不知道」轉變成「每個人想法(觀念)不同」或「每個人看法不同」，同時也無法更深入的說明解釋其答案。(四) 對於科學理論的改變原因與時機，對照組的回答在前後測極少有顯示科學知識論觀點改變的情形出現，大部分的學生會將此現象歸因於「過去的理论是錯的」、「出現新的實驗結果」、「由於儀器設備較以往更能精密測量，提高實驗的正確性」等。

三、經過結合顯性與隱性的科學知識信念改變教學活動與一般傳統科學學習活動的前後，國中八年級學生對於科學知識信念觀點，有何差異存在？

根據「科學知識論信念量表」的前後測分數，以兩組各向度的前測分數為共變量，作 ANCOVA 的分析後，其結果顯示，兩組在科學知識論信念量表四個向度的後測分數差異均未達到統計上顯著水準，但是在「科學知識的確定性」向度之顯著性(p 值 0.06)已經接近統計上顯著水準，顯示實驗組在此一向度的觀點，相較對照組有更偏向建構主義的趨勢。

另外，根據「科學觀點問卷」的前後測分數，以兩組以各向度的前測分數為共變量，作 ANCOVA 的分析後結果顯示，兩組在科學觀點問卷五個向度的後測分數差



異均未達到統計上顯著水準，但是在「科學知識的變易性和暫時性」向度之顯著性（ $p$  值 0.08）已經接近統計上顯著水準，顯示實驗組在此一向度的觀點相較對照組有更偏向建構主義的趨勢。

另外，根據兩組學生的「科學知識論觀點情境式問卷」回答類型共變量分析，實驗組在經歷結合顯性與隱性的教學活動之後，其科學知識論觀點在「科學社群協商」、「科學知識的變易性與暫時性」、「科學知識的發展」與「科學知識的確定性」等幾個向度等向度，較對照組有更顯著的偏向建構主義的現象。

兩組在後測時回答類型一致的題數均為較前測呈現增加的趨勢，但是在前測，兩組的題數差異不明顯，到了後測，實驗組相較於對照組，回答類型一致的題數有明顯多於對照組，顯示實驗組相較於對照組，在此時的回答類型較不易受到問題情境影響。另外，實驗組在後測出現較前測更多的類型一致題數，而對照組於前後測的回答類型一致題數並沒顯著差異。顯示實驗組在後測相較於前測時，回答類型較不易受到問題情境影響，但對照組則無此改變現象。

由訪談的結果顯示，實驗組學生能在科學是什麼的問題裡，認為科學是人類帶著想像與創造力的心智活動，或是與我們日常生活中有密切關聯的事物，而對照組的回答則幾乎不會產生類似的改變。另外，對於科學知識的特徵為何，實驗組在後測時，對於科學知識的特徵多顯示具有暫時性與變易性，或是對此特質持更為肯定的看法，而對照組在此題目則更加強調科學知識的正確性與精確性特質。對於科學知識的獲得，從訪談的內容顯示實驗組認為科學知識的獲得不是依循著固定的方法程序並純粹從觀察得來的，反而是透過科學家的靈感創意或之前科學理論的影響而產生，同時對照組在後測的回答顯示科學知識的獲得是由觀察中獲得。對於面對同



一個自然現象，卻同時並存著不同的科學理論去解釋的現象，實驗組的學生透過科學歷史的學習了解各方科學家並沒有明確的對錯，只是科學家們各自透過有根據的說法來解釋現象，發展相關科學理論；而對照組則的回答改變多為「每個人想法（觀念）不同」或「每個人看法不同」，同時無法更深入的說明解釋其答案。對於科學理論的改變原因與時機，實驗組的學生對此顯示出「科學社群的想法改變，導致科學理論改變」的知識論觀點。而對照組大部分的學生會將此現象歸因於「過去的理论是錯的」、「出現新的實驗結果」、「由於儀器設備較以往更能精密測量，提高實驗的正確性」等。

## 貳、不同的科學學習活動對學習者的科學學習方法之影響


四、經過結合顯性與隱性的科學知識信念改變教學活動後，國中八年級學生（實驗組）對於科學學習方法有何差異存在？

由訪談的結果顯示，實驗組受訪者在描述自己在課堂教室內的學習情況，在後測的訪談表示更願意與其他人討論，以及傾向監控自己學習活動或採取實驗的方法去學習新的事物。對於學生的職責為何，有部分實驗組受訪的學生在前後測的回答改變，從偏重於表現合宜的上課行轉變為將所學的知識加以思考，顯見學習科學的方法不再只是停留在記憶的階段。另外，對於是否覺知並評估自己的學習一個概念的情況，兩組的學生大多依賴測驗或做習題來確認自己是否已經了解所學的概念。但是在實驗組的後測階段已經有學生除了做習題之外，並希望能夠清楚的向其他人表達描述自己所學的概念。

對於什是成功學習科學最重要的因素，有實驗組的學生受到將科學視為定律及事實的集合轉變為科學是一種探索活動以及科學知識並非絕對不變的看法影響，認

為最重要的因素由重複著科學家已經證實的定律和公式轉變為在有限的實驗條件下去做探索才能成功的學習。另外由於課程裡的實驗活動的體驗，有實驗組的學生回答則是由堅持不放棄的精神轉變為將理論透過實驗活動加強瞭解的具體描述。

對於所學的科學知識是否應用在其他地方，無論是從組別或前後測回答來看，在受訪學生裡量表的高分群學生表示有應用在其他地方的人數均多於量表的低分群學生人數。在實驗組內的高低分兩群學生在前後測表示有應用在其他地方的人數變化不大，至於為什麼會將科學知識應用在其他地方，有實驗組的後測回答顯示了實驗活動能夠引發科學知識進一步的應用在其他地方。對於刺激學生學習科學的部分，在前後測回答有改變的部分，大致而言，實驗組的改變仍以偏向興趣為學習科學的動力。



以目前的國中自然科學課程的內容裡，多數受訪學生仍表示密度、莫耳、電學等主題是比較困難的，主要困難在於難以掌握相關的概念以進行解題計算。在克服困難的方法上，實驗組學生發生的改變主要在於向老師發問或是多認真上課，回家複習以掌握相關概念。而科學知識論觀點裡的對科學知識來源及科學知識的暫時性及變易性觀點發生改變，也同時影響了學生對於何謂成功的科學教師有不同的看法。實驗組學生的後測回答顯示更能夠肯定自身的研究探索能力，而期望教師由科學知識的權威來源轉變為協助學習的輔導者，同時認為科學教師應隨著科學的發展對其科學知識隨時進行更新。

五、經過一般傳統科學學習活動的前後，國中八年級學生（對照組）對於科學學習方法有何差異存在？

首先，在描述自己在課堂教室內的學習情況，對照組的學生在受到將科學知識

視為事實與定律的集合的科學知識論觀點影響之下，學習科學的方法會較為傾向單純的對科學知識背誦與記憶，較無法出現更高層次的學習歷程與行為。

對於學生的職責為何，在對照組學生的前後測回答差異來看，有偏重記憶的傾向及偏重學習成績的跡象，在若干程度上也呼應了在教室內學習科學方法的改變情形。另外，對於是否意識到並評估自己的學習一個概念的情況，兩組的學生大多依賴測驗或做習題來確認自己是否已經了解所學的概念。但是對照組在後測回答則顯示更加依賴解出習題的狀況或能否了解更多科學概念的細節做為評估自己的學習狀況的依據。

對於什是成功學習科學最重要的因素，大部分的對照組學生在後測的回答仍然認為認真努力、習得更多的科學知識、精通更多科學知識的細節等是成功學習科學最重要的因素，這類回答可以反映出對照組的學生在抱持科學是事實及定理的集合之科學知識論觀點時，認為可以透過努力記憶知識便能成功學好科學的學習觀點。

對於所學的科學知識是否應用在其他地方，無論是從組別或前後測回答來看，在受訪學生裡量表的高分群學生表示有應用在其他地方的人數均多於量表的低分群學生人數，在對照組裡，高分群的前後測表示有應用的人數差異不大，但低分群的學生人數到了後測則明顯的減少，顯示已經朝向科學知識與生活無關的方向發展。至於為什麼會將科學知識應用在其他地方，對照組的後測回答則顯示在對照組內僅能顯示學生依賴自己是否能夠觸類旁通，而無法看出一般教學活動的影響。

對於刺激學生學習科學的部分，在兩組內有許多學生回答實驗或實際操作，僅有極少數回答是以外在的同儕競爭或考試的壓力為學習的動力，顯見動手做實驗是能刺激多數學生學習科學，這題的回答在對照組沒有明顯的變化。

對於什麼是以比較困難的學習單元，多數受訪學生仍表示密度、莫耳、電學等主題是比較困難的，主要困難在於難以掌握相關的概念以進行解題計算。在克服困難的方法上，對照組學生的改變則主要在於做更多的習題練習，以及強化公式與符號的記憶克服不會計算的困難。

學生對於何謂成功的科學教師有不同的看法，對照組的學生的看法由努力認真轉變為要將課程講解得詳細正確使學生易於了解，或是可以更有效的要求學生認真學習。

六、經過結合顯性與隱性的科學知識信念改變教學活動與一般傳統科學學習活動的前後，國中八年級學生對於科學學習方法有何差異存在？

由訪談的結果顯示，實驗組受訪者在描述自己在課堂教室內的學習情況，實驗組的學生在後測的訪談表示更願意與其他人討論，以及傾向監控自己學習活動或採取實驗的方法去學習新的事物，對照組的學生則在將科學知識視為事實與定律的集合的科學知識論觀點影響之下，學習科學的方法會較為傾向單純的對科學知識背誦與記憶，較無法出現更高層次的學習歷程與行為。

對於學生的職責為何，部分實驗組受訪的學生在前後測的回答改變，從偏重於表現合宜的上課行轉變為將所學的知識加以思考，顯見學習科學的方法不再只是停留在記憶的階段。在對照組學生的前後測回答差異來看，有偏重記憶的傾向及偏重學習成績的跡象。

另外，對於是否意識到並評估自己的學習一個概念的情況，兩組的學生大多依賴測驗或做習題來確認自己是否已經了解所學的概念。但是在實驗組的後測階段已經有學生除了做習題之外，並希望能夠清楚的向其他人表達描述自己所學的概念，

而對照組在後測時則更加依賴解出習題的狀況或能否了解更多科學概念的細節做為評估自己的學習狀況的依據。

對於什麼是成功學習科學最重要的因素，有實驗組的學生受到將科學視為定律及事實的集合轉變為科學是一種探索活動以及科學知識並非絕對不變的看法影響，認為最重要的因素由重複著科學家已經證實的定律和公式轉變為在有限的實驗條件下去做探索才能成功的學習。另外由於課程裡的實驗活動的體驗，有實驗組的學生回答則是由堅持不放棄的精神轉變為將理論透過實驗活動加強瞭解的具體描述。而大部分的對照組學生在後測的回答仍然認為認真努力、習得更多的科學知識、精通更多科學知識的細節等是成功學習科學最重要的因素，這類回答可以反映出對照組的學生在抱持科學是事實及定理的集合之科學知識論觀點時，認為可以透過努力記憶知識便能成功學好科學的學習觀點。

對於所學的科學知識是否應用在其他地方，無論是從組別或前後測回答來看，在受訪學生裡量表的高分群學生表示有應用在其他地方的人數均多於量表的低分群學生人數，值得注意的是在實驗組內的表示有應用在其他地方，高低分兩群學生在前後測的人數變化不大，但是在對照組裡，高分群的人數差異不大，但低分群的學生人數則明顯的減少，顯示已經朝向科學知識與生活無關的方向發展。至於為什麼會將科學知識應用在其他地方，有實驗組的後測回答顯示了實驗活動能夠引發科學知識進一步的應用在其他地方，而在對照組的後測回答則顯示在對照組內僅能顯示學生依賴自己是否能夠觸類旁通。

在克服較為困難單元的方法上，實驗組學生發生的改變主要在於向老師發問或是多認真上課，回家複習以掌握相關概念。而對照組學生的改變則主要在於做更多



的習題練習，以及強化公式與符號的記憶克服不會計算的困難。

對於何謂成功的科學教師有兩組不同的看法，實驗組的學生回答顯示更能夠肯定自身的研究探索能力，而期望教師由科學知識的權威來源轉變為協助學習的輔導者，同時認為科學教師應隨著科學的發展對其科學知識隨時進行更新。對照組的學生的看法則由努力認真轉變為要將課程講解得詳細正確使學生易於了解，或是可以更有效的要求學生認真學習。





## 第五章 討論與建議

本章共分為三節，首先根據第四章第三節的討論進一步彙整成本研究的結論，接著對結合顯性與隱性的教學活動在科學教育的可能應用提出看法，最後則是對日後的研究提出建議。

### 第一節 結論

本研究針對兩班分別實施結合顯性與隱性方法教學活動與傳統教學活動的國中八年級學生的科學知識論觀點進行評量。對於科學知識論觀點的評量部分，研究者在研究處理前後分別以「科學知識論信念量表」、「科學觀點問卷」、「科學知識論觀點情境式問卷」進行前後測，同時配合研究處理前後的訪談以瞭解學生在歷經顯性與隱性的教學活動後，其對於科學知識論觀點的改變情形及學習信念學習方法的改變情形。研究結果顯示，相較於一般傳統的教學法，國中八年級學生經過結合顯性與隱性的教學活動後，對於科學知識論觀點有更偏向建構主義方向發展的趨勢，尤其在「科學知識論觀點情境式問卷」的量化分析結果顯示，實驗組學生的科學知識論觀點在「科學社群協商」、「科學知識的變易性與暫時性」、「科學知識的發展」與「科學知識的確定性」等幾個向度，相較於對照組有明顯朝向建構主義方向改變。同時，若學生原有的科學知識論觀點是比較偏向建構主義者，藉由結合顯性與隱性的教學活動後，其原來的科學知識論觀點較易受到強化與鞏固，而不易發生改變，此現象也可以由訪談的結果獲得支持。訪談結果顯示，學生受到顯性教學活動的影響，對於科學是什麼，科學知識的產生與獲得，同一現象有不同的科學理論解釋，科學知識的特質等幾項問題，產生了更偏向建構主義的看法。而隱性的教學活動則更能促使學生將所學的科學知識應用於生活。

而學生在科學知識論觀點產生改變後，對於的科學學習信念或方法也產生了若干方面的影響，實驗組的學生表示更願意與其他人討論，以及傾向監控自己學習活動或採取實驗的方法去學習新的事物。而學習過程的主要重點轉變為將所學的知識加以思考，除了依賴測驗或做習題來確認意識到並評估自己的學習一個概念的情況，實驗組學生除了做習題之外，並希望能夠清楚的向其他人表達描述自己所學的概念。實驗組的學生認為成功學習科學最重要的因素認為在有限的實驗條件下去做探索才能成功的學習，課程的實驗活動能夠引發科學知識進一步的應用在其他地方，並採取向老師發問或是多認真上課，回家複習以掌握相關概念的方法，克服較為困難的單元。期望教師由科學知識的權威來源轉變為協助學習的輔導者，同時認為成功的科學教師應隨著科學的發展對其科學知識隨時進行更新。

然而本研究也發現學習者在經過一般傳統的教學活動後，對於的「科學觀點問卷」的「觀察蘊含理論」向度產生了顯著的偏向建構主義方向的改變，雖然此現象在其他問卷與訪談結果未出現類似的結果而獲得支持，而且對照組在此向度的前測值除了遠低於實驗組，同時後測值也低於實驗組，但是對照組在此向度能發生改變的原因及影響的來源是必須透過更多後續的相關研究才能進一步瞭解。

## 第二節 在科學教育上的應用

從本研究的結果可以發現結合顯性與隱性的教學活動可以促進學生的科學知識論觀點與科學學習方法朝向建構主義方向發展，相較於傳統的科學教學活動，國中八年級學生經過結合顯性與隱性的教學活動後，不論對於科學本質的認知或是自然科學的學習方法都能獲致較佳的發展成果。此項結果除了可以達到目前國內九年一貫課程的科學教育目標，另外也呼應了學者們倡議在課程中不應只是教導學生學習科學知識 (learning science)，同時也應該學習有關科學發展的脈絡 (learning about science) (Duschl, Hamilton,

& Grandy, 1990)。因此研究者認為教師可以過結合顯性與隱性的教學活動在教學現場影響學生的科學知識論觀點發展以達到上述目標的完成，同時促使學生透過教學活動發展出並更為屬於認知取向的學習方法，對於自然科學課程採取有意義的學習。

### 第三節 建議

過去的相關研究結果，多顯示使用顯性的教學方法比隱性的教學方法更能促進學生的科學知識論觀點改變，而本研究的結果顯示顯性與隱性的教學活動，各有其影響學習者的科學知識論觀點部分項目，因此研究者建議未來的教學者若是要較為全面廣泛改變學生的科學知識論觀點，則所採取的教學方法不宜偏廢顯性或隱性的教學活動，仍然可以結合顯性與隱性的方法作為相關教學活動的設計與實施。而本研究顯示，在「科學知識的發展」、「科學知識的來源」、「科學知識的創造發明本質」、「觀察蘊含理論」等向度，相對其他向度的改變程度是比較微弱的，因此研究者建議日後的教學活動設計，不論是顯性或隱性的教學活動，應該著眼於使學生歷經或介紹一個科學知識的形成與發展詳細的過程，而且在實施過程裡，教師更應適時的引導學生聚焦於促使科學知識改變或發展時，科學家們或是參與者們的心理歷程或是引用證據取捨的過程，應該更能有助於在上述的向度裡發生顯著的觀點改變。

研究者建議未來的相關研究可以在不同的學習階段（國小或高中）做為期一個學期或是更長時間的研究，以持續的收集各項實證資料，使得在經歷結合顯性與隱性的改變科學知識論觀點教學活動，進一步瞭解學習者在科學知識論觀點的各向度和學習方法裡發生什麼樣的交互作用及改變的情形，也可以進一步探討具備不同的科學知識論觀點的學習者，在學習過程裡，如何影響其後自我後設認知的能力發展，以及相關認知能力的改變階段。此外，對於已經經歷一個學期的改變科學知識論觀點教學活動之部分學生（量表高低分群），可以進一步的追蹤訪談，以研究其科學知識論觀點的發展情形。

另外，由本研究的過程顯示在一個班級內學習者既有的科學知識論觀點就有偏向建構主義與實證主義者，實施改變科學知識論觀點的教學活動後，在原先較為偏向實證主義的學生之科學知識論觀點改變情形，在事後的結果來看更是值得觀察的重點，因此，在未來的相關類似研究裡，若實施時間有限，建議可以根據偏向實證主義學生的學習特性，在教學活動設計階段宜列入考慮以獲得更為明顯的實施效果。

最後在蒐集訪談資料方面，研究者也建議在進行訪談資料時，應在前測時就題目之題意先跟受訪者再行確認，這樣可以讓學生較能減少因題意誤解而在表達看時所可能產生的誤差。



## 參考文獻

### 一、中文部分

教育部（民 92）。國民中小學九年一貫課程綱要。臺北市：教育部。

### 二、英文部分

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000) Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education, 22*, 665-701.

American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1993). *The Case for constructivist classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). An experiment is when you try it and see if it works - A study of grade-7 students understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education, 11*, 514-529.

Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I., & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology, 29*, 186-204.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher, 23*(7), 5-12.

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, England: Open University Press.

Duell, O. K., & Schommer-Aikins, M. (2001). Measures of people's beliefs about knowledge and learning. *Educational Psychology Review, 13*(4).

Duschl, R. A., Hamilton, R. J., & Grnady, R. (1990). Psychology and epistemology :



Match or mismatch when applied to science education ? *International Journal of Science Education, 12, 220-243.*

Elder, A. D. (2002). Characterizing fifth grade students epistemological beliefs in science. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Ed.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 347–364). Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.

Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction, 12, 151–183.*

Hofer, B.J. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Educational Psychology Review, 13, 353-382.*

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.*

Khishfe, R. (2008). The Development of Seventh Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching, 45(4), 470–496.*

Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching, 39(7), 551–578.*

Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching, 43(4), 395–418.*

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(4), 331-359.*

Lin, H.-S. & Chen, C.-C. (2002). Promoting pre-service chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science*

*Teaching*, 39(9), 773-792.

Linn, M. C. & Hsi, S. (2000). *Computers, Teachers, Peers: Science Learning Partners*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

National Research Council. (1996). National Science Education Standards. *Washington, D.C: National Academy Press*.

Palmquist, B. C., & Finley, F. N. (1997). Preservice teachers' views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 595–615.

Pintrich, P. R. (2002). Future challenges and directions for theory and research on personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Ed.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 389–414). Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.

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.

Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76, 559–580.

Schommer, M. (1993). Epistemological development and academic performance among secondary students. *Journal of Educational Psychology*, 85, 406–411.

Schommer-Aikins, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82, 498-504.

Schommer-Aikins, M. (2004). Explaining the epistemological belief system: Introducing the embedded systemic model and coordinated research approach. *Educational Psychologist*, 39(1), 19-29.

Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C., & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-Grade

Students' Epistemologies of Science: The Impact of School Science Experiences on Epistemological Development, *Cognition and Instruction*, 18:3, 349 – 422.

Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761–784.

Thagard, P. (1992) *Conceptual Revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Thomas, J. W., & Rohwer, W. D. Jr. (1986). Academic studying : The role of learning of strategies. *Educational Psychology*, 21(1 & 2), 19-41.

Tsai, C.-C. (1998a). Science learning and constructivism. *Curriculum and Teaching*, 13, 31-52.

Tsai, C.-C. (1998b). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eighth graders. *Science Education*, 82, 473-489.

Tsai, C.-C. (2006). Reinterpreting and reconstructing science: Teachers' view changes toward the nature of science by courses of science education. *Teaching and Teacher Education*, 22, 363–375.

Tsai, C.-C. (2007). Teachers' Scientific Epistemological Views: The Coherence with Instruction and Students' Views. *Science Education*, 91, 222-243.

Tsai, C.-C., & Liu, S.-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27, 1621-1638.

von Glasersfeld, E. (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese*, 80, 121-140.

von Glasersfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. In K. Tobin (ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*, (pp. 39-50). Hillsdale, New Jersey: LEA.

# 附錄

## 附錄一

科學史哲議題指定閱讀文章四篇

### 第一篇

深嘗知識的甜蜜——海爾蒙特與生理化學的興起

作者：張文亮 / 臺灣大學生物環境系統工程學系

布魯塞爾的戰爭

1579年1月12日，海爾蒙特（Joan Baptista van Helmont）生於比利時的首都布魯塞爾。他的父親曾擔任宮廷法律顧問，在海爾蒙特一歲時病逝，他的母親帶著他改嫁給另一個貴族。

比利時是臨海的國家，在中世紀以前大部分都是淹水的低地。十四世紀時，正是奧地利哈布斯堡神聖羅馬帝國勢力鼎盛的時期，有些奧地利人前往低地開發，海爾蒙特的家族是最初的墾荒者之一，長期以來在比利時深具影響力。所以母親改嫁後，海爾蒙特仍保留此一姓氏。

十六世紀末，奧地利哈布斯堡勢力分裂。1579年，西班牙勢力入侵比利時，比利時人起來爭取獨立。西班牙的軍隊粉碎了比利時北方布魯塞爾的抗爭，但是無法攻下南方與荷蘭的聯軍。海爾蒙特的家族也在爭取比利時獨立的陣營內，但是布魯塞爾淪陷後，西班牙軍隊對比利時人的血腥屠殺，使得比利時的古老家族與西班牙之間的敵意更難以化解。

尋找讀書的意義

海爾蒙特從小就背負著家族的政治仇恨，他在學校裡對西班牙式的教育制度充滿了敵意，他寫道：「學校裡的天文、邏輯、幾何、拉丁文等課程，我認為都很容易，但是把書念好有什麼用？最後還不是在西班牙的政權中獲得任用。既然那是我輕視的，我為什麼還要念書學習？我認為讀書一定有一個真正的目的，可惜我不知道那是什麼？」他在念中學時，經常把學校的課本燒掉，此一行徑成為許多同學的笑柄。

1594年，他進入魯汶大學藝術系，魯汶大學是比利時最好的學校，但海爾蒙特卻讀到被退學。他轉而念一所修道院學校，整天在學校的四周逛來逛去，不久又離開學校。他寫道：「苦修禁欲是人變相的驕傲，如同彩色的氣

泡，外表吸引人，內容卻空洞。」離開學校後，便四處漫遊。

### 回到校園的浪子

有一天，他無意中讀到聖伯納爾（St. Bernard, 1090-1153）的作品《活在罪中的人》（Living on the Sins of the People），海爾蒙特寫道：「我決定念醫學，因為上帝眷顧病人的知識，就在醫學院裡。」因此，他到魯汶醫學院就讀。

1599年，他自醫學院畢業，寫道：「醫學是充滿無知的地方。不同學派之間的辯論很多，解決紛爭的方法卻很少，連牙痛也不知道如何處理。」

### 求真的精神

1600年，海爾蒙特到瑞典學習醫學，他發現那裡的情況並沒有明顯的改善。1602年他轉往義大利習醫，失望依舊。他寫道：「醫學應該是醫生不帶主觀，純由病癥來做診斷，但是在醫學教育裡卻以充滿荒誕、未被證實的主觀方式在進行治療。例如，用生飲山泉水、佩戴磁鐵、用手觸摸、吃棺木內屍體長出的菇類治病，用夢幻來解釋病情，用喝動物血液來增補精力等，這些看法都是未經深思的垃圾。」

他再轉往法國，又到英國。他發現：「整個醫學瀰漫著不實的推測，而非建立在真實的證據上，建立真實的證據應符合邏輯的推測與精確的實驗。」又寫道：「疾病是一種自然的現象，應該用自然的法則，而非從神祕的角度去解釋疾病。例如，人被瘋狗咬到，感染了狂犬病，這不是瘋狗的靈進入人的裡面，而是狗的唾液將病傳染到人的身上。」

### 化學分析的真義

1605年，海爾蒙特回到比利時，他在魯汶鎮上買了間房子，當做化學實驗室。除了偶爾在魯汶大學兼課外，他日夜進行實驗。在中古世紀，化學不過是煉金術與製造塗料、玻璃的技術。海爾蒙特卻提出：「化學是探討大自然的一種途徑。並寫道：「實驗不是經驗的重複，蜜蜂有幾千年採蜜的經驗，但是沒有進步。實驗是帶著分析性的思考，只有如此才能發現隱藏在自然現象背後的知識。」

### 醫學研究是解決疾病的關鍵

1609年，海爾蒙特與蘭斯特（Margarita van Ranst）小姐結婚。蘭斯特是比利時西部大地主的女兒，是許多年輕人追求的對象，但是她卻不為所動。



反而在風聞海爾蒙特追求學問的熱忱後，親自到魯汶大學拜訪這位傳說中「拒絕開業的醫生」。

海爾蒙特向她解釋醫學界已有許多人開業，但解決疾病的關鍵，是需要長期留在實驗室的醫學研究者。開業的醫生能賺錢，留在實驗室的醫生，無法賺大錢。蘭斯特小姐決定嫁給這位思考醫學瓶頸的夢想家。她的陪嫁是四座城堡，讓海爾蒙特可以盡情地進行他的實驗研究，而無需擔心金錢的問題。他們後來有四個女兒，一個兒子。

海爾蒙特進行了許多實驗，其中有四個非常著名的實驗，是近代化學、生理學、醫學的重要根基。為此，後人稱他是「氣體化學之父」及「生理化學之父」。

### 柳樹實驗

第一個是「柳樹實驗」。他將 200 磅重的土壤烘乾，然後在土裡種下 5 磅重的柳樹種子，收集雨水灌溉。五年後柳樹長成 169 磅 3 盎司重，他再將土壤烘乾稱重，土壤重量只少了 2 盎司。因此，他認為樹木重量的增加來自雨水，而非土壤。

他的實驗非常精確，但是結論有點偏差，因為土壤損失的 2 盎司，不是他稱重的誤差，而是土壤提供植物成長所需的養分。不過，在四百年前能夠有這樣的實驗，實在不簡單，他已經證明生物的生長組成，水是最主要的成分。

這個實驗顯然經過長期、細心的進行，才能有如此精確的結果。它證明生命的生長，水是必需的要素，這個實驗開啟了後來生理學與營養學的研究。例如，法國科學家馬里歐第 (Edme Mariotte, 1620-1684) 就持續研究植物生長與水分的關係，他發現植物體內有兩種管子，一種是輸送水分，稱之為「導管」，另一種輸送營養分，稱之為「篩管」。馬里歐第因為這個發現，被稱為「植物水分生理學之父」。

### 木炭實驗

第二個著名的實驗是「木炭實驗」。海爾蒙特將 62 磅重的木炭燃燒，剩下 1 磅的灰燼，他認為：「灰燼之外，其他的部分都是氣體」。這是一個了不起的貢獻，他是歷史上第一個提出「空氣含有不同氣體，所以空氣並非純質」的人。海爾蒙特繼續燃燒不同的物質，他分辨出燃燒產生的氣體至少有十五種以上。他發現有些氣體對於人體有不利的影响，因此他建議病人搬離

氣味不佳的地方。

他也由分辨人體發出的氣味，對人體疾病作分類，他認為：「病人身體的氣味，是診斷疾病的一個線索。有些味道來自汗水，有些是身體上的傷口，有些是體內腸胃不適所發出的。身體的不同味道代表不同性質的疾病。」

海爾蒙特對於「氣體」的發現，開啟了後來氣體物理與化學的研究，人類由十七世紀至今，許多重要的科學研究成果都是以「氣體」為對象。例如，英國物理學家波義耳（Robert Boyle, 1627-1691）一生最常引用的前人研究，就是海爾蒙特的實驗報告。波義耳重複海爾蒙特的「柳樹實驗」，證明該實驗的正確性。但波義耳提出土壤減少的重量是供給植物生長的必需，因為他將柳樹種在水中，柳樹根本長不起來，可見土壤是植物生長所必需的營養分來源。

### 消化實驗

海爾蒙特第三個著名的實驗是「消化實驗」。他花很多時間研究豬胃裡的液體，發現胃酸具有消化食物的功能。他寫道：「不同的種族對不同的食物有禁忌，例如猶太人與回教徒不吃豬肉。我給豬吃不同的食物，發現經過胃酸消化後，原來食物的特性都不見了，豬長出來的肉完全沒有食物的味道，反而是豬尿會有。」海爾蒙特稱胃是生物體內的「廚房」，他由豬的胃部對不同食物的分解速率，提出食物可分為容易消化與不容易消化兩種，只有前者適合給身體衰弱的人食用。

海爾蒙特根據此原理，進而由病人尿液的味道與比重，判斷病人身體的消化代謝與身體健康的程度。他寫道：「化學不能了解生命的本質，但是化學可以了解生命的功能與現象。」

海爾蒙特用動物胃部的消化反應，來了解人體的胃部功能，提出醫療上的因應之道，成為後世醫學研究的重要里程碑，許多研究的方法都仿效海爾蒙特的這個實驗。例如，「比較生理學之父」馬爾皮齊（Marcello Malpighi, 1628-1694）利用雞的肝臟做研究，以了解人體肝的結構與功能。

### 尿道結石實驗

海爾蒙特第四個著名的實驗是「尿道結石實驗」，許多生理化學的研究都以此實驗為起始點。「臨床醫學之父」波爾哈威（Hermann Boerhaave, 1668-1738）稱這項實驗為「無可比擬的發現，是當世最佳的實驗。」。

海爾蒙特發現許多病人罹患尿道結石，當時無法解釋尿道裡怎麼會有結石現象。海爾蒙特經過長時間的觀測，發現解謎的關鍵可能在釀酒的技術裡。當時的釀酒工人都知道，為了讓發酵後酒中的混濁變得澄清，要將酒裝入桶中，推到陰涼的酒窖裡，低溫使得酒的混濁物形成「酒石」沈澱，而且不會改變酒的原先風味。海爾蒙特認為：「酒石的形成是葡萄的成分，在發酵的過程中，轉化成為另一種物質，與發酵的氣體產生化學作用所形成的。」

但是，海爾蒙特認為「酒石」與「在尿道中所結的石頭」不同，前者在高溫下會溶在水中，後者卻不溶。他假設尿道裡一定進行著類似的化學反應，是食物經過分解後，在尿道中由發酵作用轉換為尿與氣體，尿中有些成分與氣體混合後就會沈澱結石。於是海爾蒙特進行實驗，在尿液中通入氣體，果然產生顆粒沈澱。他發現所沉澱的顆粒有幾種，一種是白色的結晶，另一種結晶較小，他推斷這是不同的化學反應所導致。他的推論完全正確，有些結石是碳酸氫的沈澱，有些是磷酸氫的結晶。由實驗的發現，他建議患者在飲食上改進，少吃肉食，以免尿道結石。

### 真實的知識比蜜甘甜

海爾蒙特將他的實驗發現寫成小冊，用來教導周遭的人。這些小冊慢慢地流傳出去，引來的反對也愈來愈多，當時的醫學界無法接受「醫學的知識，竟要倚靠化學實驗」。西班牙的宗教團體也無法忍受有人「用聖經作為科學假設的依據」，政治界更反對他「為了實驗，棄絕擔任四個城堡之主的管轄責任。終日與一些窮人、病人為伍，甚至常聞他們的尿」。海爾蒙特的答覆非常簡短：「如果你們真正嘗過知識的甘甜，就會發現那真的比蜂房下滴的蜜甘甜。」

### 讓醫學脫離迷信

引起醫學界、宗教界與政治界三股勢力聯合反對的是海爾蒙特在小冊上寫道：「用磁治病是無稽之論。磁是使物體相吸的一種自然力量，人的想像力卻給它披上神奇醫病的外衣。磁力若果真是神奇，就不該受距離的影響，不應隨著距離的增加而減弱。用磁鐵治病不過是江湖郎中迷惑人的伎倆，神奇治病不過是懶人的藉口。」他這一段話批評到當時醫學界的主流勢力。

### 讓理性與信心合一

他又寫道：「當上帝造人的時候，是用祂的形像造人，人的理性是上帝所賦予的。理性並不違反信心，信心也不抵觸理性。信心彷彿是對未知之事拋出的一片網，但是真實的信心會逐漸地用理性思考未知之網內的每件事；



同理，理性彷彿是不斷使人增進知識的方法，但是不斷思考背後的動力就是信心，相信這一切的思考活動是正確的。認為理性與信心相互衝突的說法，不過是知識分子的愚民之論。」海爾蒙特又得罪了當時西班牙的宗教界。

### 逼迫的湧至

他繼續寫道：「最可怕的政治勢力，是政治與宗教掛勾。當政治人物鼓勵大眾去喝山泉治百病時，百姓要注意的不應該是泉水，而是湧流泉水的山上是放著哪一位大人物的彫像。」因此，海爾蒙特又得罪一般百姓不敢得罪的大人物了。

1623年，統治當局下令焚燒海爾蒙特的所有小冊子，並由以前與他在魯汶醫學院共事的教職員出面控告海爾蒙特的研究報告是「邪惡的小冊」，魯汶神學教職員則表示海爾蒙特的見解是「可恥的看法」。1624年，他被法院判定監禁，理由是：「化學是研究疾病治療的藝術？真是一派胡言。」

### 血淚的堅持

1627年，海爾蒙特才有機會上法庭辯解。他仍然勇敢直言：「有人用人出生的時間、天體星座的排列，去解釋人的命運。我們應要仔細地思索，什麼是時間的本質？星座的運轉只能代表時間的變化，不能代表時間的本質。星座只是天上的發光體，可以當作時間的記號，但是無法代表時間的本質，時間可以分為時、分、秒，甚至做出更小的分割，證明時間的本質是具有連續性的。星座既然不是時間，豈能代表人出生後的命運呢？」他的論點又得罪當時的世俗大眾。

結果他被判加重刑罰，且被加上腳鐐手銬，遊街四天。海爾蒙特仍然拒絕承認錯誤，因此又被加判全家長期監禁。監禁期間，他的兩個女兒生病，因為無法送外治療而死。海爾蒙特還是不屈服，真是堅守真理的硬漢。在今天的大學醫學教育中開授了許多化學課程，實在是三百多年前，海爾蒙特用血、用淚換來的代價。

由1624年到1642年監禁期間，海爾蒙特沒有再發表任何的研究報告，他人生末了的一段路，是被隱藏的，彷彿是被囚禁的，卻能安靜地將他畢生的精華寫成一本《醫學的提升》(Ortus Medicinae)。1642年，他與家人才被解除監管，1644年12月30日，海爾蒙特病逝。死後兩年，他的兒子才將《醫學的提升》出版。

時間證明海爾蒙特的堅持是正確的，化學的確為醫學研究與診治譜下正確的軌跡，為後世帶來醫學的進步，也成為千萬病人的祝福。

資料來源：《科學發展》2002年8月，356期，30~35頁

一、你認為海爾蒙特當時的科學工作在社會方面及文化因素所受到什麼影響？

二、根據海爾蒙特的柳樹實驗，他觀察到土壤重量減少了2盎司。而後來的波義耳重複海爾蒙特的「柳樹實驗」，但波義耳提出土壤減少的重量是供給植物生長的必需。你認為面對同樣的現象，為什麼海爾蒙特和波義耳會提出不同的解釋呢？

三、你認為海爾蒙特在進行科學研究時，那些實驗方法或是規則是有現成的方法可以套用的嗎？如果不是，你認為他使用的方法是如何得出來的呢？





閱讀文章一：

迷失 執著 狂熱：當代“民間科學家”是與非

2007年03月19日 來源：新華網浙江頻道

記者 汪林義

在民營經濟發達的溫州,有一位號稱“科學巨人”的“民間科學家”,他自稱“推翻”了熱力學第二定律,並懸獎 50 萬元徵求能推翻他邏輯的反例。

在當今社會上,有著一批這樣的“民間科學家”,他們對科學的狂熱和執著,常常令一些科研院所裏的專家學者自嘆不如。然而,狂熱往往又使他們迷失方向,不能自拔。

他們迷失在自己的世界裏

幾年來,溫州人在馬路上經常能看到一輛貼滿標語的小汽車,車內還不時傳出一陣“咣、咣”的鑼聲。溫州人大都知道,“科學巨人”趙興龍又在宣傳他的永動機理論了。

58 歲的趙興龍是溫州電業局的一名普通工作人員。上個世紀 90 年代後期,僅有中專學歷的他突然對熱力學第二定律產生了懷疑。傳統熱力學第二定律認為,任何熱力迴圈發動機不可能將所接受的熱量全部轉變為機械功(即不可能製造第二類永動機)。趙興龍經過幾年的研究後認為,熱力學第二定律已被其“推翻”,製造永動機是可能的。

2003 年,趙興龍拿著自己的研究成果來到中國科技大學,在該校懸賞 5 萬元求徵反例,但無人舉證。2005 年,他將獎金額度提高到 50 萬元,但迄今無人回應。由於研究成果得不到學界認可,趙興龍在溫州開始了長期的花車遊行,借此宣傳他的永動機理論。

在為數眾多的“民間科學家”中,趙興龍是比較典型的一個。所謂的“民間科學家”是指這些人:他們大都只有不高的學歷,沒有經過系統的理论培訓,卻聲稱自己解決了著名的科學難題,並不斷地將研究成果送往各個高校、科研院所,以及報刊雜誌。他們中的成員包括幹部、教師、公司職員、普通農民、工人等社會各個階層,年齡一般都在 30 歲以上。

與趙興龍相比,還有更為“高明”的“民間科學家”。2006 年,成都市一名自稱“當代哥白尼”的“民間科學家”表示,自己顛覆了一個固守幾百年的理論——牛頓萬有引力。他認為,萬有引力是一個錯誤的科學概念,自然界只有萬有斥力,萬有斥力才是支配天體運動的基本相互作用力。蘋果落地、天體行空,都是萬有斥力起作用的結果。

“民間科學家”的一些“偉大發現”還包括:證明了歌德巴赫猜想、推翻了相對論、發明瞭永動機等等。他們迷失在自己的世界裏,對自己的“偉大”發現深信不疑、樂而忘返。

閱讀文章二：

阿瑞尼士 (Svante August Arrhenius, 1859~1927) 出生於瑞典。1881 年，阿瑞尼士 進行電解質導電情形的研究時，發現食鹽水溶液與蔗糖水溶液在某些性質上有顯著差異。1884 年，他提出游離說，說明電解質在水中會分解為帶正電的正離子和帶負電的負離子，離子就是帶電的原子或原子團。由於當時的科學界認為原子是不可分割，既然不可分割，就不可能帶電，所以游離說無法被大家所接受。

1897 年，英國物理學家湯木生 (Joseph John Thomson, 1856~1940) 發現了帶負電的電子，且證實電子是原子的一部分，這時大家才了解：一個鈉原子如果失去一個電子，會形成帶一個正電荷的鈉離子；一個氯原子如果得到一個電子，會形成帶一個負電荷的氯離子。

1903 年阿瑞尼士以電解質游離說獲得諾貝爾化學獎，而湯木生則於 1906 年獲得諾貝爾物理獎。

摘自 95 年南一版國中自然與生活科技第四冊第二十九頁

問題一：

你認為在一個科學理論在提出來之後，一定會很快的被大家所接受嗎？如果不會，請問是為什麼？



問題二：

你認為一個科學理論從發表之後，再到被大家所接受，需要經過什麼過程？

### 第三篇

#### 科學的爭議

各位同學，面對地球溫度逐年上升的現象，你是否感受到了？地球暖化對於氣候、農業、生態等各方面都有深遠的影響，所以你是否想到大家應該對此現象有些認識，同時找出造成此現象的原因加以防治，避免地球暖化現象的惡化，威脅人類未來的生存與發展。現在請大家看以下兩篇相關報導，再回答以下問題。

報導一：

聯合國：找到全球暖化的兇手了！

文／辜樹仁

天下雜誌 366 期

即將過年了，但二月初的台北白天氣溫仍然飆高到攝氏二十五度左右。許多正在放寒假的學生們，乾脆穿著短袖，享受著冬天溫暖的陽光。

台北反常的高溫，恰巧反映了同一時間，全球暖化議題再次充斥各主要英文媒體的現象。原來，在二月二日，聯合國「跨政府氣候變遷小組」(Intergovernmental Panel on Climate Change)，在巴黎公布了第四次評估報告摘要，明確宣布，全球氣候變遷問題的嚴重程度「無庸置疑」(unequivocal)，罪魁禍首就是人類活動帶來的石化燃料廢氣。也就是說，這份報告給近年來全球暖化現象所引起的爭議，帶來了一槌定音的效果。

#### 全球暖化現象正在加速

聯合國「跨政府氣候變遷小組」由來自一百三十個國家、兩千五百位科學家共同組成，每六年發布一次全球氣候變遷評估報告，這次的研究顯示了全球暖化的現象正在加速。報告摘要表示，第三次評估報告估算出過去一個世紀以來，全球氣溫升高了攝氏 $0.6$ 度。但最新的氣象數據顯示，從一九九五到二〇〇六年，有十一年的平均氣溫是自一八五〇年以來最熱的。因此這次報告將升高的溫度，增加到攝氏 $0.74$ 度。到了二一〇〇年，可能會再上升三度。海平面上升的速度也在加快。一九六一到二〇〇三年，平均每年升高一.八公厘，但在一九九三至二〇〇三年，海平面每年平均升高了三.一公厘。以上這些數字雖然很小，但令人擔心的是，上升的速度正在增加。

此外，不正常的氣候也在各地出現。北美、南美與北歐地區降雨量正在逐年增加，反而原本氣候濕潤的地中海與南非地區，乾旱發生的機率大增。莫斯科度過了一個沒有下雪的聖誕節，反而一向炎熱的美國德州，出現了少見的暴風雪。

乍看之下，今年的報告內容並沒有什麼新的發現。《經濟學人》就認為，「這份報告一點也不令人感到意外。」因為，雖然有一些統計數字與前一份報告不太一樣，但基本的結論是一致的。

儘管如此，《經濟學人》也同時認為，這份報告「很重要，也沒有什麼爭議」。很重要，是因為「跨政府氣候變遷小組」是聯合國下的一個組織，所以報告內容與措詞已經得到各國政府的認可，才會公布。

毫無爭議，是因為現在大概很少有人會再質疑大家對這個議題的共識。

#### 氣候變遷不是自然現象

的確，一直到現在，仍然有人認為氣候變遷是一種自然的變化，質疑相關的研究結論。但最近幾年，氣候科學的進步與更多的數據資料，讓科學家們更有信心，並更具體的呈現氣候變遷的嚴重程度。今年聯合國這份報告的重點，就是強調問題的嚴重性，是非常明確的。且人類活動「非常有可能」(very likely)，就是造成氣候暖化的元兇。

「報告傳遞的訊息，有如宗教福音一般地強烈，」《華爾街日報》形容。聯合國環境計劃(UN Environment Program)執行主任史特奈(Achim Steiner)就對《國際先鋒論壇報》



表示，「世人將會記得二〇〇七年二月二日這一天，因為各國對氣候變遷的想法，已從辯論走向行動。討論的焦點，也將從氣候變遷是否是人類活動造成的，轉向我們到底可以做什麼。」

就在評估報告公布的第二天，由法國總統希拉克邀集四十六國召開的國際會議，就馬上呼籲全球應該共同建立一個新的國際組織，接替即將在二〇一二年到期的《京都議定書》。新任聯合國秘書長潘基文，也已將全球暖化定為任內的優先施政重點，並正在推動一場由各國領袖出席的全球氣候變遷高峰會議。

美國也一反常態

稍早，在一月下旬召開的世界經濟論壇（WEF），全球暖化也是十七個討會小組共同的議題，受關注的程度超越恐怖主義與全球貿易。

甚至反對《京都議定書》最力的美國總統布希，在一月初發表的國情咨文演說中，也支持全球暖化是人類造成的論點。

此外，包括美國鋁業（Alcoa）、奇異、杜克能源（Duke Energy）和雷曼兄弟（Lehman Brothers）在內的美國十家大企業 CEO，在一月底聯名呼籲美國總統布希，應該要儘早立法強制限制溫室氣體排放量，一反過去的反對態度。

全球共識正在形成，但就像《京都議定書》當初曠日費時的談判過程一樣，要如何解決問題，仍然懸而未決。今年春天，聯合國將接著公布人類該如何解決氣候變遷問題的報告。《經濟學人》認為，報告公布之後，就是新一輪辯論的開始。

報導二：

中國時報 2007.04.29

美專家獨排眾議 洋流循環才是暖化主因 十年內降溫

閻紀宇/綜合廿八日外電報導



如何遏阻溫室氣體引發的全球暖化，是目前人類面臨最迫切的全球性議題之一。但美國颶風預測專家威廉·葛瑞博士昨天語出驚人，斷言全球暖化的主因並非二氧化碳等溫室氣體，而是全球洋流自然循環的模式，而且地球在五到十年內可能就會開始冷卻。

葛瑞是科羅拉多州立大學大氣科學系榮譽教授，以預測大西洋颶風季節活動而享譽學界。葛瑞向來對「溫室氣體引發全球暖化」的理論不以為然，他昨天在州治丹佛對州議會的共和黨議員發表演講，再度撻伐被他視為「騙局」與「洗腦」的全球暖化理論。

葛瑞批評說，指稱人類大量排放溫室氣體導致全球暖化的研究，都是倚賴不可靠的電腦模型推算，根據相當薄弱，並沒有通盤考量影響氣候的眾多因素。

葛瑞主張洋流循環形成溫暖與冰冷海水的升降變化，才是全球暖化的真正原因，而且此一自然循環既能升溫、也能降溫，其降溫效應可能幾年內就會顯現。

對於溫室氣體是否會造成大西洋颶風增多變強，葛瑞也持否定態度。他指出過去四十年來，儘管二氧化碳濃度上升，侵襲美國本土陸地的大西洋颶風卻不增反減。至於今年六月一日開始的大西洋颶風季，葛瑞預測會出現九個颶風，其中五個威力強大，至少有一個會侵襲美國本土。

不過葛瑞儘管言之鑿鑿，但至今仍未詳細闡述他的「洋流循環導致全球暖化」理論，也沒有發表相關學術論文。

美國國家大氣研究中心氣候分析專家特倫伯斯反駁葛瑞的論點，他說數十年來全球氣溫上升的幅度，不可能解釋為單純的自然現象；而且電腦氣候模型也是目前為止，預測氣候變遷最可靠的量化工具。

問題一：目前大家都公認以反覆多次的「實驗」去驗證科學理論，是檢證科學理論是否

成立的好方法。即使如此，有些科學理論所提到內容是目前無法或不容易實驗的，例如全球的暖化現象，你認為科學家在無法對新的科學內容全面的實驗情況下，如何根據有限的證據提出暫時的結論？

問題二：根據第二篇報導，你認為威廉·葛瑞博士如果要使大家接受他的看法，他應該要再做那些努力？





## 漫步在藍色多瑙河畔的學者——歐姆與電阻定律 91/09/16

作者：張文亮 臺灣大學生物環境工程學系



電阻定律的發現者——歐姆 (Georg Simon Ohm, 1789-1854)。

### 德國的玩具城

一七八九年三月十六日，歐姆 (Georg Simon Ohm) 生於德國南部巴伐利亞的埃爾蘭根。歐姆來自一個製鎖的世家，當時歐洲的鎖匠業是世代相傳，長期下來大多有親戚關係，形成一種緊密的結合。

十七世紀時，法國發生宗教迫害，許多基督徒逃亡到信仰較為自由的巴伐利亞。這些移民中有許多鎖匠，整批移往埃爾蘭根，所以這城又稱為「基督徒的埃爾蘭根」。

鎖匠擅長手藝，後來也從事玩具製造，埃爾蘭根也成為歐洲的玩具製造城，沒想到這個製造玩具的地區，出了一位電學大師。

### 父親的期待

鎖匠家的孩子不一定喜歡製鎖，歐姆的父親根據家族的傳統，在十四歲時就去當學徒，學了十年才成為製鎖師傅，爾後又花了十年巡迴各處，為人打鎖。在製鎖之餘，他

有空就閱讀數學，不懂之處，就到海德堡城請教當地的數學教授藍道夫，他也是埃爾蘭根人。歐姆的父親後來成為埃爾蘭根最傑出的鎖匠之一，但是他沒有要求他的兒子繼承家業，而是要求孩子們去學數學。後來歐姆成了電學學者，他的弟弟馬丁·歐姆則成了柏林軍事大學的數學教授。

歐姆從小就對父親熱愛數學的緣由感到好奇，父親說：「製鎖是一門精確的技藝，但是最精確的學問是數學。」歐姆唸中學時，他的父親就帶他到海德堡去見藍道夫博士。藍道夫不僅是個數學家，也是個傑出的教育學者。歐姆後來寫道：「藍道夫教授與學生交談時，對學生有一種深切的專注，這種專注，鼓勵學生繼續說下去。」藍道夫與歐姆交談後，轉而對歐姆的父親說：「你的孩子非常特別，應該鼓勵他去念大學。」

### 教數學的熱情

一八〇五年，歐姆進入埃爾蘭根大學的哲學系，專攻數學與物理。一八〇六年，巴伐利亞對抗不斷入侵的法國拿破崙勢力，興起仇法浪潮，連帶地使埃爾蘭根的製鎖生意大受打擊。在巴伐利亞人的心中，住在埃爾蘭根的都是法國人。同年九月，歐姆付不出學費，只好休學。歐姆到學校附近的一家書店當店員，書店的老闆瓦涉非常欣賞歐姆推銷數學書籍的熱忱，認為他去當數學老師可能會更適合，就推薦他去瑞士的戈斯塔特教會學校擔任數學老師。

該校校長吉漢德是個牧師，與歐姆面談後，決定短期試用，後來吉漢德寫信給瓦涉：「當我第一次看到這位身材瘦小又略顯衰弱的年輕人，真擔心他不如你的推薦。但是，當他一上起課，從他對數學的熱愛與學生對他的反應，證明你看對了人。」歐姆在戈斯塔特教了三年半，並利用假期到法國與埃爾蘭根繼續學習數學。一八一一年年底，他以〈數學分析光線中不同顏色的區間與機制〉論文，獲得埃爾蘭根大學的博士學位。

## 被拒絕的士兵

歐姆取得博士學位時，巴伐利亞正與法國交戰，歐姆一時找不到數學教職，只好在學校兼課。一八一二年十二月，他在巴伐利亞北部的班伯格覓得一所小學校的教職。一八一三年，巴伐利亞與法國戰爭激烈，許多年輕人被徵調從軍，歐姆也被徵召，卻在報到後被刷下來，主要是他有法國的血統。歐姆失業回到埃爾蘭根，才發現這個人口不到九千人的小鎮，竟有三萬多名軍人駐紮。埃爾蘭根人移民巴伐利亞已一百五十多年了，竟然還被當作外族人看待。一八一四年，法國戰敗，拿破崙被流放厄爾巴島。

一八一五年，巴伐利亞加入德意志邦聯，並在奧地利舉行的維也納會議裡，取得法國不少的領土。一八一五年二月，拿破崙偷渡回巴黎，歐洲聯軍在滑鐵盧之役徹底殲滅拿破崙的兵力。自此，德國逐漸成為歐洲的強權。

## 數學之路不孤單

當勝利的鐘聲響遍歐洲大地時，歐姆仍然被困在埃爾蘭根，以兼數學家教維生。

一八一七年，歐姆出版第一本數學書《底線》，並將此書獻給鼓勵他從事數學的父親。這是一本冷門的書，除了圖書館採購幾本外，乏人問津。沒想到德意志邦聯的國王威廉三世(1770-1840)在逛皇家圖書館時，無意中看到此書，讀後大為讚賞。德國有如此優秀的數學家，他竟然不知道。當年秋天，國王的一道諭令使歐姆當上科隆大學數學與物理教授，並給他充分的經費聘請研究助理、採購圖書與儀器。一夕之間，歐姆的工作環境大為改善，他有更多的學術自由空間，從事他所喜愛的數學與物理研究，使他逐漸進入電磁學領域。

## 電學發展是來自一個醫生的發現

如果近代的科學史是一首交響樂，電磁學的發展無疑是交響樂的高潮之一。在西元前六〇〇年，希臘的哲學家泰利斯(Thales, 約 624-546 B.C.)就提出琥珀摩擦以後會吸引輕小的物體，後來 electricity (電)的字源就是來自琥珀的希臘文 electron。過了二千年，電的研究才被英國醫生吉爾伯特(1544-1603)再度提起。他發現除了琥珀之外，許多物質如硫磺、玻璃、鑽石、獸皮等磨擦也會生電，而且產生相吸或相斥的現象，吉爾伯特首先提出電性有負電與正電兩種，同電性相斥，異電性相吸。吉爾伯特被後世稱為「電學之父」。

法國物理學家庫倫(1736-1806)以實驗證明正、負電荷之間的作用力與電荷的量成正比，與距離的平方成反比，這又稱為「庫倫定律」，電荷的單位也稱為「庫倫」。庫倫定律與牛頓的萬有引力定律相似，不同之處在電的作用力與物質的電荷有關，與物質的質量無關。

義大利學者伏特(1745-1827)在一八〇〇年將銅片與鋅片以吸滿鹽水的毛氈相隔，他發現銅與鋅的電位差，產生了電荷移動，這是人類歷史上的第一個「電池」。電池產生的電荷量就稱為電位势能，又稱為電位、或電壓，電壓的單位也稱為「伏特」。

## 電流間的作用力

一八二〇年，丹麥物理學家奧斯特(1777-1851)發表一個震動科學界的研究成果，他發現通電的導線竟然可以影響磁針的偏轉，傳統的牛頓力學都是縱向的影響，奧斯特發現電對磁針的影響在側向，這是首度證明有側向力存在。

法國的數學家安培(1775-1836)隨之發表電流對磁針不僅有作用力，電流與電流之間也存在相互作用力。後世將奧斯特發現的電磁流效應稱為「電磁學第一定律」，安

培發現的電流相互作用力稱為「電磁學第二定律」。

### 傅立葉的啟發

安培以數學家的身分去研究電磁學現象，並以實驗去證實，給擅長數學的歐姆很大的鼓勵。安培之外，另一個影響歐姆的是法國數學家傅立葉（1768-1830）。傅立葉以數學的觀點研究熱傳導，他在一八〇七年出版《熱的數學理論》。並提出在物理中熱傳導的速率與物體兩端的溫度差成正比，後來稱為「傅立葉定律」，是熱移動最重要的理論。歐姆讀了傅立葉理論後認為，若將電位差類比為溫度差，也許電流的傳導與電位差有關。

### 歐姆定律的起源

歐姆注重實驗，他寫道：「精確的實驗，不僅是研究科學的方法，也是探索真理的見證」。他首先製作出能夠準確測定磁針偏轉的扭秤，如同奧斯特的實驗，他將磁針放在通電的導線上，由磁針的偏轉角度測得電流的大小。

歐姆為了準確測定電位變化，又製作了鈹-銅電壓計，將電壓計的兩端接於不同溫度的液體中，用液體溫度的變化測定電位。他以九種不同的金屬當導線，實驗進行了六年，才確定金屬有其電阻性，而且電阻隨導線長度的增長而增大，隨導線斷面積的增加而減少。

### 哲學與科學的歧見

歐姆發表了研究成果後，不僅沒有獲得掌聲，反而引來強烈的反對，反對的原因不是歐姆的電學實驗有問題，而是當時黑格爾（1770-1831）的哲學理論盛行。當時的德國知識分子將黑格爾的理論視為無上權威，這個權威的哲學觀將自然事物視為抽象思考的對象，而非反覆驗證的物質。根據黑格爾的哲學觀，電學的實驗根本不具達到真正認知的價值。黑格爾的「唯心論」固然重新解釋了哲學架構，但顯然無法詮釋電的行為。黑格爾的理論既然無法涵蓋電學，其奉行者就強烈地批判歐姆的電阻理論，造成歐姆極大的難處。

### 找不到正式舞台的教授

在強烈的反對中，歐姆被迫暫時離開科隆大學，前往柏林繼續研究電學。一八二六年，歐姆再以傅立葉理論計算電流在導線移動時產生的熱量，他發表論文後，所獲得的回應是科隆大學給他減薪百分之五十。他立刻向學校申覆，希望重任原職，但是學校沒有回音。

一八二七年五月，歐姆在柏林發表《通電電路的數學研究》，這是後來電學上應用最廣的「歐姆定律」的出處。同年九月，學校給他的回覆是，除非他用黑格爾理論批判自己研究結果的荒謬，否則就要解聘了。歐姆沒有想到他的電阻研究，給他帶來這麼多的阻力。他申請各大學教職的信函，全部石沉大海，只好在柏林的中等學校當數學代課老師。

當了六年的代課老師，歐姆才在紐倫堡理工學院找到大學教職，他本來以為是教授職位，到了學校才知是兼任教授。為了生活，歐姆只好接受，任職八年。他大半時間幾乎都在貧窮邊緣過生活，以致終生未娶。

電阻為金屬導線帶來光與熱，長期的磨難也為歐姆的生命帶來一種特質。這種特質表現在教育上，日後成為許多學生的福氣。

### 歐姆教育法



歐姆的教學法非常特別，他在兩小時的課程中，只上三十分鐘的課，其餘的時間，他回答學生個別提出的問題。如果學生沒有問問題，他就在教室裡走來走去，並且大聲問道：「你們了解問題嗎？你們清楚問題在哪裡嗎？你們愈能釐清問題，就愈接近問題的答案。老師最重要的責任不是給答案，而是與學生一起探究問題。」歐姆認為學生最大的問題，就是不知道自己的問題在哪裡？也不知道如何發覺有深度的問題？

為了與學生一起思考問題，歐姆上課時，開始講的速度很慢，讓學生邊聽邊想。歐姆上課的教室，學生只有椅子，沒有桌子，有時候連椅子也沒有，學生可以或坐或站地聽他講。歐姆反對教室有桌子的原因是「上課抄太多筆記，哪有時間思考？」他要求學生隨身攜帶一本小筆記簿，記錄上課摘要就可以了。每節下課，歐姆會發下厚厚一疊他自己寫的完整講義，讓學生帶回去閱讀。

歐姆是個幽默的老師，自稱是「愈老愈幽默」，他不分寒暑，終年穿一件深藍色的大衣，書教累了，就取出提神劑吸吸，再繼續講課。

歐姆是學數高手，卻反對學生將數學弄得太複雜，因為「大自然的法則是單純的」。歐姆的電阻理論不被德國的知識界所接受，但是他的教學方法深受學生好評。一八三五年，他被任命為州政府的科學教育督導，不久，並擔任埃爾蘭根大學高等數學教科書的編輯主任。

#### 電學的知音

一八四一年，是歐姆戲劇性的另一個轉折。名滿科學界的法拉第（1791-1867）也在實驗中發現金屬導線的電阻特性，並且發現十六年前歐姆已經發表類似的結果。法拉第大力地向科學界推薦這位沒沒無聞的科學家，同年，英國倫敦皇家學會把最高榮譽的獎章頒給歐姆。一八四二年，歐姆成為皇家學會的會員，從此，就有一堆獎章與榮譽會員的頭銜落在他身上。一八四五年，他被巴伐利亞科學院選為終身榮譽會員。一八四九年，他終於獲得教授的證書，擔任慕尼黑大學的物理學教授。

他鼓勵學生研讀電學，認為電學未來會成為物理的重要學門，因為「在電的測定上能測得非常精確。」他認為能夠量測得愈準確的學門，就愈有探測與發展的空間。

#### 數學與聲音的傳遞

歐姆繼續研究電阻，提出電阻的微觀理論，他認為電阻的產生是電流在傳導時與導線金屬分子的碰撞所形成，所以電阻是了解物質基本結構的一個切入點。此外，歐姆研究音樂的傳遞原理，他以數學推導提出「音樂是空氣粒子的振動，傳遞至人耳膜所產生的影響」。他也研究水的電阻性，提出「水的電阻與水中化學離子的濃度有關，離子濃度愈高，電阻愈小，但是兩者並未呈直線遞減的關係。這表示水中離子的導電性與固體不同。」他的科學研究愈來愈受到國內外的肯定，一八五二年他被選為慕尼黑大學物理學系系主任。

一八五四年七月六日，歐姆微感不適，但他仍照上課時間走進教室，講了不久，心臟病發作，倒在講台上，那的確是一個一生熱心教育者最佳的謝幕。他在晚年時寫道：「單純自然法則的發現，只向那單單尋找真理的人啟示。」

資料來源：《科學發展》2002年9月，357期，42~47頁。

一、影響歐姆當時社會文化的主要理論是什麼？當時的社會文化是如何影響到人們對於自然世界的看法和想法？

二、歐姆在進行電學的研究之前，你覺得他對電的想法是如何受到之前的科學家的研究成果所影響？你覺得他的電學實驗方法是他受到啟發，以其創意發展出來的，還是用固定舊有的方法套用在他的研究上？





附錄二 科學知識論信念量表

年級：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_班\_\_\_\_\_號 性別：

親愛的同學你好：

本問卷是用來瞭解你對科學的觀點，請先確實填寫基本資料，並仔細閱讀各部份作答說明後開始填寫。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！請用下列的指標（1，2，3，4，5，6）來代表你對以下所有陳述的意見。

題 目	你的同意程度				
	非常同意	同意	同的意程和度不差同不意多	不同意	非常不同意
1. 科學家們所說的，每個人都要相信。	5	4	3	2	1
2. 你必須要相信自然課本中對於科學所提到的相關內容。	5	4	3	2	1
3. 在上自然課時，老師所說的一切都是對的。	5	4	3	2	1
4. 在科學中，只有科學家們知道如何確定什麼是對的。	5	4	3	2	1
5. 科學上的所有問題都有一個正確的答案。	5	4	3	2	1
6. 關於科學的一切，科學家們瞭解的已經非常多了；並沒有很多是需要他們再去瞭解的。	5	4	3	2	1
7. 科學知識總是對的。	5	4	3	2	1
8. 一旦科學家們從實驗中得到一個結果，這個結果應該是唯一的解答。	5	4	3	2	1
9. 在科學中，有一些現在的科學想法跟過去科學家們所想的不一樣。	5	4	3	2	1
10. 科學課本中的想法有時候會改變。	5	4	3	2	1
11. 有一些科學上的問題甚至連科學家們都沒有辦法回答。	5	4	3	2	1
12. 科學上的想法有時候會改變。	5	4	3	2	1
13. 新的科學發現可能會改變科學家們認為是對的事物。	5	4	3	2	1
14. 有時候科學家們會改變他們原來認為是對的想法。	5	4	3	2	1
15. 如何從事科學實驗的想法通常來自於科學家們的好奇以及思考自然中事物是如何運作的。	5	4	3	2	1
16. 科學家們可能不只只有一種方式可以測試他們的想法。	5	4	3	2	1
17. 從科學實驗中想出一些新的想法來解釋自然中事物是如何運作的是科學中很重要的一個部分。	5	4	3	2	1
18. 科學中一些很好的想法可能來自於每一個人，而不是只來自科學家們而已。	5	4	3	2	1

題 目	你的同意程度				
	非常同意	同意	同的 意程 度和 不 差 不 意 多	不 同 意	非 常 不 同 意
19. 做實驗是確定一個科學想法對不對的好方法。	5	4	3	2	1
20. 對於科學的問題而言，一個好的答案通常是根據許多不同科學實驗所得到的證據而來的。	5	4	3	2	1
21. 在科學中，好的想法可以是來自於我們自己所提出的問題和自己做的實驗。	5	4	3	2	1
22. 我認為最好在開始做科學實驗前先有一個自己的想法。	5	4	3	2	1



### 科學觀點問卷

您的基本資料 性別：男 女 班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

本問卷是用來瞭解你對科學的看法。請用下列的指標（1，2，3，4，5，6）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

6 = 完全同意，5 = 幾乎同意，4 = 有點同意，3 = 有點不同意，2 = 幾乎不同意，1 = 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 6 ⑤ 4 3 2 1，代表你幾乎同意這項敘述。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 6 ~~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！

題目	您的同意程度					
	完全同意	幾乎同意	有點同意	有點不同意	幾乎不同意	完全不同意
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。	6	5	4	3	2	1
2. 科學理論發展的過程中需要科學家的想像力與創造力。	6	5	4	3	2	1
3. 創造力在科學知識發展的過程中扮演一個重要的角色。	6	5	4	3	2	1
4. 科學家可能會從個人生活經驗中得到解決科學問題的靈感與想法。	6	5	4	3	2	1
5. 科學理論的形成是經由科學家探索自然現象所研究發明的結果。	6	5	4	3	2	1

題目	您的同意程度					
	完全同意	幾乎同意	有點同意	有點不同意	幾乎不同意	完全不同意
6. 科學家的研究活動會受他們既有理論的影響。	6	5	4	3	2	1
7. 科學理論是科學家用來解釋與研究自然現象的依據。	6	5	4	3	2	1
8. 不同理論背景的科學家會對同一種自然現象產生不同的看法。	6	5	4	3	2	1
9. 科學家會選擇最適當的科學理論來解釋實驗所產生的數據及現象。	6	5	4	3	2	1
10. 科學理論的創新可能會以先前理論作為研究發展的基礎。	6	5	4	3	2	1

題目	您的同意程度					
----	--------	--	--	--	--	--

	完全同意	幾乎同意	有點同意	有點不同意	幾乎不同意	完全不同意
11. 科學知識發展的過程中經歷過概念的一再變更。	6	5	4	3	2	1
12. 現有科學知識提供對於自然現象暫時性的解釋。	6	5	4	3	2	1
13. 現在被認可的科學知識可能未來會改變或甚至被捨棄。	6	5	4	3	2	1
14. 科學家可能會藉由質疑先前的理論而發展出新的科學理論。	6	5	4	3	2	1
15. 科學理論必須經由不斷地修正才能更合理地解釋自然現象。	6	5	4	3	2	1

題目	您的同意程度					
	完全同意	幾乎同意	有點同意	有點不同意	幾乎不同意	完全不同意
16. 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。	6	5	4	3	2	1
17. 科學家們有一套共同認同的觀點與方式進行科學研究。	6	5	4	3	2	1
18. 科學知識是經由科學家們共同討論辯證出來的。	6	5	4	3	2	1
19. 有效的科學知識需經由相關領域科學家的認可。	6	5	4	3	2	1
20. 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。	6	5	4	3	2	1
21. 科學家間的不斷討論辯證可形成更好的科學理論。	6	5	4	3	2	1

題目	您的同意程度					
	完全同意	幾乎同意	有點同意	有點不同意	幾乎不同意	完全不同意
22. 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。	6	5	4	3	2	1
23. 不同文化族群的人對於科學知識的重要性會持有不同的標準。	6	5	4	3	2	1
24. 不同文化背景的科學家可能會發展出不同的科學理論。	6	5	4	3	2	1

附錄四 科學知識論情境式問卷

班級\_\_\_\_\_ 座號\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

性別： 男 女

1-1. 你在學校所學的知識，有多少部分是依靠你自己獨自完成的(圈選一個選項)？

全部 大部分 大約一半 一點點 完全沒有

1-2. 你在學校所學的知識，有多少部分是你從你的老師們所學到的(圈選一個選項)？

全部 大部分 大約一半 一點點 完全沒有

1-3. 你在學校所學的知識，有多少部分是你從你的同學們所學到的(圈選一個選擇)？

全部 大部分 大約一半 一點點 完全沒有

1-4. 舉個具體例子說明你曾經從你的同學們那邊學習的情形。

---

---

---

---

---

---

---

---



2. 「我在學校所學到的科學知識簡直沒有什麼是和我在日常生活所經驗到的一樣。」對於這句話，你同意嗎？(請打✓)

\_\_\_\_\_ 同意  
\_\_\_\_\_ 不同意

舉一個例子解釋你的答案

---

---

---

---

---

---

---

---

3. 「如果要理解一個新想法，記住事實要比努力理解複雜的教材更好。」對於這句話，你同意嗎？(請打✓)

\_\_\_\_\_ 同意  
\_\_\_\_\_ 不同意



舉一個例子解釋你的答案

---

---

---

---

---

---

4.當科學家從還沒到過外太空收集數據或進行實驗時，他們怎樣得出有關天文學的結論？

\_\_\_\_\_ 他們假設並且等待，直到他們能在外太空中進行實驗得出結論。

\_\_\_\_\_ 因為他們還沒有到過外太空，所以他們不能得出結論。

\_\_\_\_\_ 他們猜測並且把想法與其它人的想法做比較而不是得出結論

\_\_\_\_\_ 他們先假設然後再使用從地球所收集的數據而得出結論。

解釋你的選擇：

---

---

---

---

---

---

5.最近，在南極洲工作的科學家發現了一塊從火星來的隕石，有幾位科學家認為這顆隕石可以當作火星上曾一度有生命存在的證據。不過，其他科學家不同意，他們認為隕石不能當作火星上有生命的證據。



(1) 你認為為什麼這些科學家辯論？（可複選）

\_\_\_\_\_ 其中一組科學家錯了，或者在他們的研究裡犯了錯誤。

\_\_\_\_\_ 其中一組科學家忽視了其它組科學家提出的證據或爭議。

\_\_\_\_\_ 每組科學家只相信他們自己的想法，因此他們按照自己方式曲解證據。

\_\_\_\_\_ 其中有一組一定是錯誤的而另一組則是正確的。

\_\_\_\_\_ 他們都正在尋找事實，但是要精確無誤的查明是很難的。

\_\_\_\_\_ 其他 \_\_\_\_\_

(2)你認為這些科學家能在「火星上是否有生命」的問題上達成一致意見嗎？

(圈選一個) 能      不能

解釋你的答案：

---

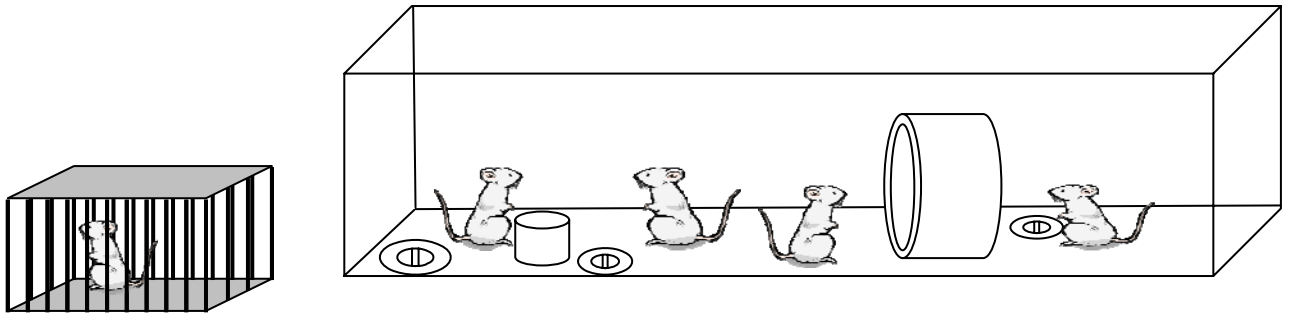
---

---

6.瘧疾在很多國家中是一個嚴重的問題，在那些國家中有一種特別的蚊子會將瘧疾從一



8. 一位加州大學柏克萊分校的研究者相信在早期的生活過程中有趣的、教育的經驗將導致大腦發育的更大。她購買一窩老鼠並且在出生時就把每隻老鼠單獨放的空的籠子裡。她另外將一窩老鼠全部一起安置在一個充滿玩具，迷宮和練習車輪的大籠子裡。



當所有老鼠成年時，她測量每隻老鼠大腦的大小。單獨成長的老鼠，以及與其他老鼠同住在一起，且在有趣環境內長大的老鼠做比較，前者的大腦比較小。

基於這個實驗，她斷定在幼稚園階段的孩子，如果待在有趣的，充滿教育經驗的幼稚園裡在長大後，與不上幼稚園的孩子相比較，將成為更聰明的成年人。

a. 你認為此結論其他科學家會接受嗎？

(圈選一個)      會      不會      無法預測

b. 為什麼會或者為什麼不會？

---

---

---

---

---

9.承上題，若有一位幼教老師不同意研究人員的結論，她說老鼠實驗不能被用來解釋進入幼稚園學習的好處。

c. 研究人員要怎樣才能使教師相信她是正確的？

---

---

---

---

---

d. 這位教師要怎樣才能使研究人員相信她是正確的？

---

---

---

---

---



## 附錄五 訪談題目內容

### 訪談題目：

#### 一、科學知識論觀點：

如果有人問你「什麼是科學？」，你將如何回答？

你覺得科學知識的主要特徵是什麼呢？

你覺得科學知識與其他的知識有什麼不同呢？

你覺得科學家們從那裡獲得他們的想法？

你覺得科學家們有什麼樣的概念或想法呢？

你覺得科學家們從事任何事，都會依據他們的想法嗎？他們依據什麼想法？以及如何依據其想法？

有些天文學家相信宇宙是正在膨脹的，另外一些天文學家則相信宇宙是正在收縮的，另外有些天文學家則是認為宇宙是處於不膨脹也不收縮的穩定狀態。為什麼所有的科學家面對同樣的實驗與資料，會有不同的推論？

當科學家發展出一套理論後，這些理論會再度改變嗎？為什麼會？（如果會的話，會在何時發生，如何發生）或是為什麼不會？

#### 二、學習信念與科學學習信念：

請你描述或想像在一間教室裡，你在學習的情形。

你覺得一位學生的職責是什麼呢？

你如何確定你已經知道？例如：當你學習密度的概念時，你如何確定你已經了解密度的概念？

什麼是成功學習科學最重要的因素？為什麼？

你曾經使用學過的科學概念應用在其他地方嗎？為什麼？

你認為什麼可以刺激你學習科學？

什麼主題是你認為在學習科學中最難的？如何困擾你的學習？為什麼？你如何克服這個困難的？

就你的看法，一位成功的科學教師應該是怎麼樣的？為什麼？