

國 立 交 通 大 學 教 育 研 究 所
碩 士 論 文

探討科學本質融入科學史之研究：
社會建構取向教學之成效

A Study of Nature of Science Embedded Scientific History Learning: The effectiveness of using social constructivism approach

指導教授：余曉清 博士
研 究 生：王千祈

中 華 民 國 一 百 零 一 年 七 月

探討科學本質融入科學史之研究：
社會建構取向教學之成效

A Study of Nature of Science Embedded Scientific History Learning:
The effectiveness of using social constructivism approach

研究 生：王千祈
指導 教授：余曉清 教授

Student : Chien-Chi Wang
Advisor : Hsiao-Ching She, Ph.D.

國立交通大學
教育研究所
碩士論文

A Thesis
Submitted to Department of Institute of Education
College of Humanities and Social Sciences
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Education

July 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零一年七月

探討科學本質融入科學史之研究： 社會建構取向教學之成效

研究生：王千祈

教授：余曉清 博士

國立交通大學教育研究所碩士班

中文摘要

本研究探討採用社會建構取向之科學本質融入科學史課程與自然與生活科技學業成就，研究採準實驗設計，研究對象為國中八年級學生四個班，其中實驗組兩班 67 人，對照組兩班 67 人，實驗組採取小組討論、對照組未採取小組討論，二組均上 10 堂科學本質融入科學史課程，進而探討對實驗和對照學生科學概念建構與科學本質之差異。

研究結果顯示實驗組和對照組在科學概念成就測驗、科學本質觀量表與單元主題相依科學本質觀測驗經過科學本質融入科學史教學後，從前測到後測表現均有顯著進步，顯示科學本質融入科學史教學課程能有效提昇學生科學概念、科學本質觀和科學概念相依科學本質觀之立即表現。而經過推論統計顯示實驗組在科學概念成就測驗學習保留效果顯著優於對照組，高學業成就學生學習保留效果顯著優於低學業成就學生。在科學本質觀比較上，顯示教學模式未達顯著差異，而學業成就分組達顯著差異，即高分組在追蹤表現優於低分組。在單元主題相依科學本質上，顯示教學模式，學業分組達顯著差異，且二者有交互作用，即在追蹤測上對照組中的高分組優於低分組，低分組中實驗組優於對照組。迴歸分析顯示科學概念前測與科學本質觀前測對單元主題相依科學本質觀之後測與追蹤測表現之解釋力達到顯著水準。在學習單質性分析結果，單元二到四科學本質顯示教學模式未達顯著差異，學業分組達顯著差異，在單元四的持久性，單元二、三的暫時性及單元三、四的驗證性高分組顯著優於低分組；科學本質向度顯示，對照組在暫時性向度之單元二顯著優於單元一；實驗組在暫時性向度之單元二、三、四顯著優於單元一。

關鍵字：社會建構、科學本質、科學史

A Study of Nature of Science Embedded Scientific History Learning: the effectiveness of using social constructivism approach

Student: Chien-Chi Wang

Advisor: Hsiao-Ching She, Ph.D.

Department of Institute of Education College of Humanities and Social Sciences
National Chiao Tung University

Abstract

This study explored the impact of nature of science embedded scientific history learning with/without group discussion on 8th grade students' scientific concept construction and view of NOS. A two-factors quasi-experimental design (instructional approaches and academic achievement level) was used in this study. There were 4 classes of students involved in the study, two classes of students (67 students, experimental group) employed group discussion and the other two classes of students (67 students, control group) who did not employ group discussion. The same content were covered in two groups and they all received 10 class periods of NOS embedded scientific history learning.

Results show that experiment group and control group all made significantly progression on their scientific concepts test, NOS scale and content dependent NOS from pre- to post-test. Experimental group significantly outperformed than control group in their retention-score of scientific concept test. For both groups, high achievers significantly outperformed than low achievers in their retention-score of scientific concepts test. For students' perspective of NOS indicated only the academic achievement level had reached significant difference level and high achievers had better retaining effect than low achievers. For the content dependent NOS, it shows that instructional approach, academic achievement approach, and interaction between two factors all reached statistically significant difference level. In summary, high achievers performed better than low achievers in control group, and low achievers performed better with group-discussion instruction in experiment group than without group-discussion in control group. For qualitative findings, it shows that instructional approach had no effects on the unit progression, however; academic achievement level do have impact on unit progression from unit 2 to unit 4. In addition, high achiever had better performance than low achiever in unit 2 of NOS scale of tentativeness, unit 3 of NOS scales of tentativeness and certification, and unit 4 of NOS scales of durability and certification. In conclusion, the control group's NOS scale of tentativeness increased significantly from unit 1 to unit 2; and the experiment group's NOS scale of tentativeness increased significantly from unit 1 to unit 2, 3, and 4.

Key words: social constructivism; Nature of Science (NOS); history of science

誌 謝

經過了五年長久的煎熬，一個蠟燭兩頭燒的在職研究生終於完成了整個研究。首先要感謝余曉清老師願意擔任我的指導教授，長久以來用心而嚴謹指導我這個外行人，一步步從基礎開始引導我進行各項研究，讓我一探科學研究之堂奧。也十分感謝國立彰化師範大學段曉林教授、國立臺灣師範大學張文華教授擔任口試委員，對於論文的內容提供諸多寶貴的意見，使我的論文更臻完善。

感謝張秀濬、楊文宗兩位資深教師在教材、測驗工具編纂時所提供的建議，讓能夠順利完成研究實驗的前置準備。再來要感謝在研究期間新竹縣二重國中劉春蘭主任及葉舜媚老師所提供的協助，以及交通大學劉思瑋小姐在統計方法的指導。感謝同學文己、莉郁、珮菁、孟玲、淑娟和學弟明樺、錫裕，在艱困的過程中有了你們的鼓勵與陪伴，讓能夠堅持到最後。

最後要感謝我的父母，在撰寫論文期間的關懷與包容，隨時關心我的論文進度，激勵我完成研究。願所有幫助過我的人，平安喜樂，事事如意。

王千祈 謹誌

民國一百零一年七月

目 錄

	頁次
中文摘要	i
Abstract	ii
目 錄	iv
表 目 錄	v
圖 目 錄	vi
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的	1
第三節 研究問題	1
第四節 名詞譯義	2
第五節 研究範圍與限制	3
第二章 文獻探討	5
第一節 科學史	5
第二節 科學本質	6
第三節 社會建構	9
第三章 研究方法	11
第一節 研究對象	11
第二節 研究設計	11
第三節 研究流程	12
第四節 研究工具設計	13
第五節 教學設計	15
第六節 資料蒐集與分析	16
第四章 研究結果與討論	18
第一節 社會建構之科學本質融入科學史課程教學之量化成效分析	18
第二節 迴歸分析	26
第三節 社會建構之科學本質融入科學史課程教學之質性成效分析	27
第五章 結論與建議	33
第一節 結論與討論	33
第二節 建議	36
參考文獻	38
附 錄	42
附錄一：單元成就測驗內容細目表	42
附錄二：單元成就測驗	43
附錄三：科學本質觀量表	44
附錄四：科學本質觀因子成份分析	45
附錄六：科學故事文本	46
附錄七：單元主題相依科學本質學習單	48
附錄八：單元主題相依科學本質學習單編碼對照表	52

表 目 錄

	頁次
表 1 教學模式與人數整理表	11
表 2 單元主題相依科學本質觀測驗信度分析	15
表 3 不同教學模式與不同學業成就分組在單元成就測驗之敘述性統計分析表	18
表 4 不同教學模式與不同學業成就分組在單元成就測驗後測驗與追蹤測總分 二因子多變量共變數分析	19
表 5 不同教學模式與不同學業成就分組在單元成就測驗之主要效果摘要表	19
表 6 不同教學模式與不同學業成就分組對科學本質觀之敘述性統計分析表	21
表 7 不同教學模式與不同學業分組在科學本質觀量表後測驗與追蹤測總分二 因子多變量共變數分析	21
表 8 不同教學模式與不同學業分組在科學本質觀量表之主要效果摘要表	22
表 9 單元主題相依科學本質觀測驗之敘述性統計分析表	23
表 10 不同教學模式與學業分組在單元主題相依科學本質觀測驗後測驗與追蹤 測總分二因子多變量共變數分析	24
表 11 不同教學模式與學業分組在單元主題相依科學本質觀測驗之主要效果摘 要表	24
表 12 單元主題相依科學本觀逐步迴歸分析摘要表	26
表 13 不同教學模式與不同學業分組在科學本質二因子多變量分析	27
表 14 不同教學模式與學業分組在科學本質觀之主要效果摘要表	28
表 15 不同教學模式與不同學業分組在科學本質觀之主要效果摘要表	29
表 16 對照組學生在學業分組下持久性、暫時性和驗證性科學本質觀之單因子 重複量數變異數分析	30
表 17 實驗組學生在學業分組下持久性、暫時性和驗證性科學本質觀之單因子 重複量數變異數分析	31
表 18 研究結果彙整表	33

圖 目 錄

	頁次
圖 1 研究架構圖	12
圖 2 研究流程圖	13



第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

美國科學促進會 (American Association for the Advancement of Science, 簡稱 AAAS, 1989) 在 Project 2061: Science for all American 一書中指出，科學教育以培養具有科學素養的公民為目標。教育部依據行政院核定之「教育改革行動方案」，於民國八十二年頒布修正國民中小學課程標準提出科學學習，在於提昇國民的「科學素養」。研究指出「對科學本質有充分理解」為科學素養的重要表徵 (丁嘉琦, 1999; Collette & Chiappetta, 1989; National Science Teachers Association, 1982)，因此，提昇學生對科學本質的認識為增進科學素養重要的一環。

運用科學史於科學學習課程，有助於學生科學知識的建構與科學本質內涵的理解 (巫俊明, 2002; Irwin, 2000; Schecker, 1992; Souque, 1987; Wandersee & Roach, 1998)。雖然科學史課程有諸多的好處，但當前國內中學自然科教材之中，科學史的比例偏低，並沒有良好的、現成的科學史教材可以提供給教師使用 (Hodson, 1986)，所以研究者設計科學本質融入科學史課程，期望能提昇學生的科學知識與科學本質觀。

小組討論工作為科學史有效教學策略之一 (鄭子善, 2000)，巫俊明 (1997) 的研究指出，學生僅單純地閱讀或聆聽教師提供科學故事文本的內容，卻沒有「問題討論」進行引導，學生將很難「看見」故事背後豐富的科學本質內涵。因此，本研究希望探討社會建構取向之科學本質融入科學史的課程教學，對於中學生在物質組成、原子結構、色光、燃燒四個主題之科學知識、科學本質觀和主題相依科學本質觀的影響。

第二節 研究目的

本研究以發展科學本質融入科學史學習內容為主要目的，期望探討『社會建構取向』與『非社會建構取向（傳統講述取向）』對學生物質組成、原子結構、色光、燃燒概念建構與科學本質觀之演進的成效。

第三節 研究問題

基於前述研究動機與目的，本研究探討的問題有：

一、不同的教學模式（社會建構取向之科學本質融入科學史教學、非社會建構取向之科學本質融入科學史教學）、學業成就（高分組、低分組），對學習者在物質組成、原

子結構、色光、燃燒概念學習成就有何差異？

1-1 不同教學模式學生，在科學概念學習成就（後測、追蹤測）達顯著差異。

1-2 不同自然學業成就分組學生，在科學概念學習成就（後測、追蹤測）達顯著差異。

二、不同的教學模式（社會建構取向之科學本質融入科學史教學、非社會建構取向之科學本質融入科學史教學）、學業成就（高分組、低分組），對學習者在科學本質觀（驗證性、持久性、暫時性）有何差異？

2-1 不同教學模式學生，在科學本質觀變化（後測、追蹤測）達顯著差異。

2-2 不同自然學業成就分組學生，在科學本質觀變化（後測、追蹤測）達顯著差異。

三、不同的教學模式（社會建構取向之科學本質融入科學史教學、非社會建構取向之科學本質融入科學史教學）、學業成就（高分組、低分組），對學習者在單元主題相依科學本質觀（驗證性、持久性、暫時性）有何差異？

3-1 不同教學模式學生，在單元主題相依科學本質觀變化（後測、追蹤測）達顯著差異。

3-2 不同自然學業成就分組學生，在單元主題相依科學本質觀變化（後測、追蹤測）達顯著差異。

四、不同的教學模式（社會建構取向之科學本質融入科學史教學、非社會建構取向之科學本質融入科學史教學）、學業成就（高分組、低分組），對學習者在單元學習單上的主題相依科學本質觀有何差異？

4-1 不同教學模式學生，在單元學習單上的主題相依科學本質觀（驗證性、持久性、暫時性）演進有何差異？

4-2 不同自然學業成就分組學生，在單元學習單上的主題相依科學本質觀（驗證性、持久性、暫時性）演進有何差異？

第四節 名詞譯義

一、社會建構：

教室中的學生透過言語與同儕、教師的討論、磋商、和解互動的歷程來建構概念，獲得知識 (Slolmon, 1987)，一切知識係透過語言使用與意義生成兩種社會性的共識歷程所構成(Gergen, 1995; Geelan, 1997)，因此，學習者所處之「外在社會情境脈」(社會互動、文化、語言)都會影響學習的成效 (Cobern, 1993)。

二、科學史(history of science)：

運用互動式歷史小故事(interactive historical vignettes)融入科學教學，可促進學生

對科學與科技領域的了解，明白專有名詞的由來，以及了解科學本質的複雜性 (Wandersee & Roach, 1998)。使用歷史個案研究(historical case study)融入科學教學的策略，呈現科學家如何取得證據與解釋的過程，讓學生瞭解科學知識形成的歷程，傳達科學本質的內涵(Irwin, 2000)。本研究兼採歷史小故事與歷史個案研究並陳來融入設計教材，協助學生認識科學本質。

三、科學本質(Nature of Science，簡稱 NOS)：

AAAS (1989) 將科學本質細分成十五個概念，其中包括「科學知識是可改變的」、「科學知識不容易被推翻」、「科學家們嘗試著驗證理論並盡量避免錯誤」。

NAEP (1989) 將科學本質細分為十五個概念，其中包括「科學知識具有暫時性」、「科學知識具有實驗性」。郭博嵐 (2005) 將九年一貫課程綱要內科學本質的部分歸納為十一項科學本質關鍵概念，包括「科學知識具有可驗證性」、「科學知識具有持久性」、「科學知識具有暫時性」。由於科學本質的概念眾多，本研究針對科學本質的暫時性、持久性、驗證性三個關鍵概念進行深入研究。

四、驗證性：

由於大自然現象具有重複出現的規則，因此科學家們能夠透過相同的實驗設計得到同樣的結果，所以科學理論是否成立可以依靠觀察或實驗的方法來驗證確認，科學知識需經過科學社群的驗證挑戰，否則並不會被過於重視 (教育部，2008；郭博嵐，2005；AAAS,1989；NAEP,1989)。

五、持久性：

理論上科學構想都是暫時且可預期會改變的，但是大部分重要的科學構想是經過許多實驗被科學社群所確認，這些構想在未來不太會產生很大的改變，也不容易被推翻 (教育部，2008；郭博嵐，2005；AAAS,1989)。

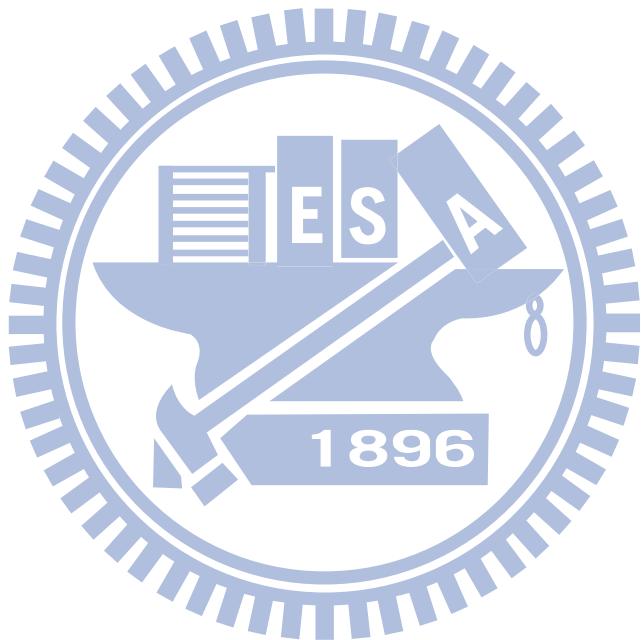
六、暫時性：

科學知識是可改變的，科學知識並非恒久不變的真理，既有的科學知識不具有永久的權威地位，現在被科學社群所認同的理論未來可能會改變，更好的理論可能會出現。這是一個動態的持續過程，並非靜態的累積。(教育部，2008；郭博嵐，2005；AAAS,1989；NAEP,1989)

第五節 研究範圍與限制

本研究的對象為新竹縣某國中八年級學生，教學模式分社會建構取向之科學本質融

入科學史組、非社會建構取向之科學本質融入科學史組各二個班，所以不具有全國國中生的代表性，且教材以九十九學年度康軒版的國中自然與生活科技內容為主。研究結果若要推論到其他群體或教材領域時，需審慎衡其適合度。



第二章 文獻探討

第一節 科學史

科學史融入自然科學課程的優點獲得國內外學者的肯定，McDonald (1989) 的研究發現學生對於「看見」與「顏色」的概念發展與光學發展科學史相似。洪振方（1998）發現科學史融入科學課程，可使教材活潑化，學生樂於學習，以及讓學生瞭解現有的科學知識理論是如何產生的、各個科學概念之間的關連性等優點。巫俊明（2002）提出以歷史取向的形式來呈現科學，可以幫助學生瞭解科學理論是如何誕生、發展與改變，有助於學生瞭解科學知識的暫時性。Schecker (1992) 認為科學史可以幫助學生反思自己的觀念，並進一步提供建構新概念的學習方法。Souque (1987) 認為科學史個案研究 (historical case study) 幫助學生瞭解科學家在建構科學理論時，在特定的時空背景、概念架構中所選擇的研究方法與辯證的歷程，避免學生只是一昧地接受科學理論。同樣地，Irwin(2000)發現使用歷史個案研究融入科學教學，呈現科學家如何取得證據與解釋的過程，有助於學生科學知識的建構與科學本質內涵的理解。Wandersee 與 Roach(1998) 發現運用互動式歷史小故事 (interactive historical vignettes) 融入科學教學，可促進學生對科學與科技領域的了解，明白專有名詞的由來，並了解科學本質的複雜性。基於上述眾多優點，我國九年一貫自然與生活科技領域課程綱要也將「科學發展的過程」納入教材內容要項，期望教師透過「介紹中國及西方科學家（例如李時珍、孟德爾等）的研究活動」、「在適當的教材上，介紹科學發現的過程以了解科學中實驗與理論間的關係」（教育部，2008：66），促進學生之科學學習。

雖然科學史融入科學課程的好處眾多，但仍有理論與實務上的問題，科學教師的科學史素養均不足，常導致零散與片斷或「邏輯式」科學發展過程的科學史，並不一定對學生有益處 (Brush, 1989; Klein, 1972; Steiner, 1976)。目前的自然科學教材之中，並沒有良好的、現成的科學史教材可以提供給教師使用 (Hodson, 1986)，導致科學教師使用科學史融入教學的比例偏低。讓學生自由選讀科學故事文本，又沒有安排相關引導活動，可能會導致學生對科學史內容興趣缺缺，僅注重科學理論而忽視教科書中的科學史內容 (Leite, 2002)，甚至在完全沒有教師引導的狀況下，學生有可能建構出與教學預期不同的另有概念 (Tao, 2002)。

鄭子善 (2000) 五種科學史的教學策略包括「小組討論工作 (small group discussion work)」，利用問題以啟發學生思考，經由小組彼此的腦力激盪更能澄清學童的種種觀

念。巫俊明（1997）的研究結果發現，學生僅單純地閱讀或聆聽教師提供科學故事文本的內容，卻沒有透過學習活動（如問題討論）進行引導，學生將很難「看見」故事背後豐富的科學本質內涵。為克服課本中科學史內容的不足與加入引導活動，所以，本研究針對八年級學生發展「色光」、「物質組成」、「原子結構」、「燃燒」四個科學故事文本做為學習教材，並且在設計學習單增強學生對文本之中的科學本質的印象，實驗組再加上小組討論與發表，以社會建構的方式來幫助學生思考教材中之科學概念與科學本質內涵。

第二節 科學本質

一、科學本質的內涵

國內學者翁秀玉與段曉林（1997）綜合整理了文獻，對科學本質提出了看法包括「科學知識的形成需有證據支持，且具有可複製性」、「科學知識並非真理、可以修改甚至被推翻」。王美芬與熊召弟（1995）認為科學是產生知識的一個過程，而且必需始於觀察，再予以合理的解釋，並且加以驗證，使之趨近於完美，而科學的工作包括形成假說及驗證。郭博嵐和劉聖忠（2005）分析國內外文獻中科學本質的內涵，歸納出「科學知識不是真理」、「科學知識具有可驗證性」、「科學知識具有持久性」、「科學知識具有累積性」等 16 項關鍵概念。

國外學者 Kimball（1967）在其發展的科學本質觀量表中提到「科學是動態的持續過程，以過程導向為中心，而不是靜態的累積資訊」、「科學具有暫時性和不確定性，沒有科學知識能完全證實，這一事實是科學的指導原則」。Showalter(1974)認為科學知識的特徵具有：暫時性、公開性、重複性、可能性、人類的、歷史的、經驗的。Rubba 與 Anderson（1978）發展科學知識本質量表，其中包括了「科學知識不斷進展，具有暫時性」、「科學知識禁得起經驗考驗，具可測試性」。Lederman(1987)提出「科學知識不是真理，能夠修改，甚至被推翻」、「科學知識由各種領域的科學共同構成」、「科學是可被測試驗證的」。

AAAS（1989）在「Project 2061:Science for all Americans」一書中，提到科學知識是可改變的，現有的科學知識不具有永久的權威地位，但科學知識並不容易被推翻，從事科學探究活動時講究證據，科學家們會嘗試著驗證理論以避免錯誤，而且科學事業是由許多不同科學領域的集合。1989 年美國國家教育發展評鑑小組(National Assessment of Education Progress，簡稱 NAEP)指出科學知識具有暫時性、公開性、實驗性、可複製性、歷史性（累積性）。我國教育部（2008）在國民中小學九年一貫課程綱要自然與生

活科技學習領域裡，共分為八大項分段能力指標，其中第三大項為科學與技術本質，其中提到「能由科學性的探究活動中，了解科學知識是經過考驗的」、「察覺以新觀點看舊資料或以新資料檢視舊理論時，常可發現出新問題」、「知道可用驗證或試驗的方法來查核想法」、「知道有些事件（如飛碟）因採證困難，無法做科學性實驗」、「察覺只要實驗的情況相同，產生的結果會很相近」、「察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異」、「體會科學是經由探究、驗證獲得的知識」、「認識作精確信實的紀錄、開放的心胸、與可重做實驗來證實等，是維持科學知識可信賴性的基礎」。

雖然學者們對於科學本質的看法不完全相同，但上述文獻均一致指出許多科學現象會重複出現，因此可以透過相同的觀察或實驗得到同樣的結果，由於可見「科學知識具有可驗證的特性」(AAAS, 1989; Lederman, 1987; NAEP, 1989; Rubba & Anderson, 1978; Showalter, 1974)。新的科學觀點提出必需經過公開發表，面對科學社群的質疑與挑戰，其觀點才能被接受，而形成普世接受科學知識理論，是以普世接受的「科學知識不容易被推翻，具有持久特性」(郭博嵐與劉聖忠, 2005; AAAS, 1989)。但新觀點與現有科學知識理論相比，當新觀點能解釋科學現象比較圓滿時，現有的科學知識理論可能被修改或捨棄，由此可見「科學知識並不是真理，具有暫時特性」(AAAS, 1989; Kimball, 1967; Lederman, 1987; NAEP, 1989; Rubba & Anderson, 1978; Showalter, 1974)。科學知識並非科學家所專屬，它是由不同領域的人所共同創造，歷經世世代代人類的修正，是人類持續努力累積的結果，由此可見「科學知識具有歷史累積的特性」(郭博嵐與劉聖忠，2005；AAAS, 1989；Lederman, 1987；NAEP, 1989；Showalter, 1974)。根據筆教在國民中學十二年的教學經驗，發現國中學生普遍存在「課本上的科學知識就是真理，不會改變，也不需要證明」的不合宜科學本質觀念，因此，本研究設計的教學內容，特別針對科學知識具有暫時性、科學知識具有持久性、科學知識具有驗證性三個關鍵概念進行追蹤深入研究。

二、科學本質與教學

科學史在科學教育中具有多重的角色與功能，廣為學者所肯定(Kauffman, 1991)。到目前為止，研究科學本質的教學策略可概分為內隱和外顯兩種途徑(Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998)，內隱途徑一般採用科學過程技能的教學、科學探究的活動、科學內容課程工作、從做中學科學、或其它的教學策略來促進對科學本質的瞭解，所要學習的科學本質概念的意涵隱喻 (implicit) 在課程活動之中，教師並沒有特別介紹或討論，

學生由課程教學氛圍中自行感受發覺出科學本質的意涵；外顯途徑則是以科學史、哲或者與科學本質的各種方面一致的教學活動來增進對科學本質的認識（Akerson, *et al.*, 2000），課程中教師需明示（explicit）特定科學本質概念的意涵，即在教學設計著重於特定的科學本質概念，將其當作教學目標（劉聖忠，2007；Clough, 2006），以求學生都能充分瞭解所學科學本質的意涵。所以內隱與外顯途徑最大的差異就在教師是否「明示」學生所要學習的科學本質概念。

不論採用內隱或外顯途徑做為科學本質的教學策略，對於提升學生科學本質皆有幫助。內隱途徑教學策如Lederman(1986)觀察發現，當教師採探究式教學時，師生互動頻繁，班級氣氛愉悅，也較能改變學生對科學本質的概念。而Forawi(1996)也發現探究式教學法是比傳統式教學法更容易提升學生學習科學本質之成效。外顯途徑教學策略如Solomon、Duveen、Scott與McCarthy (1992)發現將科學史融入教學中，能夠有效增進學生對科學本質的瞭解，而且科學史教學讓學生把焦點放在採納某一理論的理由，不再只是單純地接受理論，因此，使用科學史的教學策略讓學生產生較為持久的學習。

Garrison 與 Lawwill(1993)認為利用科學史，可以讓學生了解科學理論的暫時性與不確定性。Dawkins與Vitale (1999)發現利用歷史個案融入教學的模式來教導中學生的科學本質概念，對學生認識科學本質有幫助，同時也提升了老師對科學本質主要概念的認識。Lederman (1992)認為科學史教學是增進學生對科學本質認識的有效策略。林兆聖（2003）發展「原子發現科學史」教材，發現融入科學史的教學更能降低不同先備知識學生在科學本質觀之間的差異，而且有助於學生了解科學本質中部分特定的向度。

Lederman和Lederman (2004)也主張有效的科學本質教學方法是在進行科學教學中，以明示的教學方法介紹科學本質的意涵，並將科學本質當作教學目標，加上反思來協助學生將學習活動與科學本質學教目標進行適切地連結。

但部分學者卻發現內隱途徑的教學策略，對學生瞭解科學本質並沒有很顯著的成效，如Lieu(1997)發現運用科學-科技-社會（STS）建構式情境的教學策略，對學生瞭解科學本質提昇並沒有很顯著的成效。Khishfe與Abd-El-Khalick (2002) 實驗研究發現採用外顯途徑（學生參與探究式活動後反思討論科學本質的成分），對科學本質卻有了更清楚的認識，而採用內隱途徑（僅進行探究式活動），對科學本質的觀點並沒有改變；這樣的結果與Abd-El-Khalick和Lederman (2000) 改變教師科學本質的研究結果相符。

綜合上述國內外的研究發現，增進學生對科學本質的認識還是以外顯的途徑較有效，而且，外顯途徑的教學策略，以融入科學史的教學方式為主。周建和（2003）認為

科學故事融入教學時，在課堂上講述一段精彩的科學家生平或科技發展的小故事，讓學生在不知不覺中學到了重要科學概念，並看到這個科學概念完整的發展歷程。邱明富與高慧蓮（2004, 2006）研究科學史融入科學教學，結果顯示科學史融入教學能夠提升學生對科學本質的理解並增進科學學習的興趣。因此，本研究採用外顯途徑教學策略，不論實驗組或對照組，均介紹「何謂科學本質？」與科學知識具有「驗證性」、「持久性」及「驗證性」的特質，教學中則將科學本質融入科學故事之中，介紹科學理論發展的歷程，並以學習單要求學生找出科學故事文本中符合科學本質的述敘來加深印象。

第三節 社會建構

蘇俄的學者 Vygotsky(1962)認為社會互動、語言和文化對個體學習具有的影響，認為學習者在社會互動、詮釋和理解之下建構知識，知識的產生不能脫離社會環境，包含學習者主動知識建構過程與社會互動形式、過程。其後，有許多建構主義者認同 Vygotsky 的觀點，特別強調個體外在的情境脈絡對於學習的影響 (Coborn, 1993; Solomon, 1987)，演化為社會建構主義 (social constructivism)的派別。

強調學習個體的發展受到社會情境與文化脈絡影響，且將人類語言視為社會互動的工具之一，認為知識應透過個體與環境互動，進而建構出知識整體。社會建構主義認為個人建構知識是建立於與社會文化環境互動建構的。知識的建構是建立在團體之中，透過經驗的分享、討論、信念與價值的溝通、磋商，而產生衝突的解決或建立一致性而形成。個體建構的知識，雖然相當主觀，但也不是任意建構的，它需要與別人不停的溝通和修正。因此，知識的獲得是代表個體與當時社會環境互動與溝通後的一種共識作用 (von Glaserfeld, 1995)，知識的建構是一種社會產品，而非個體對實體的瞭解。Vygotsky (1986) 也提出智力的發展最主要的動力是文化，而其機制在於社會互動，而語言發展是文化傳承的一種方式，必須與文化同步成長，其理論是社會與歷史取向，因此，高階心智成長是屬於社會文化與歷史的，更可看出學習過程中，彼此互動的重要性。

社會建構主義的學習觀點認為，學習者應實地參與實作社群，從而學習該社群的想法與行為，當學習者由社群的邊緣逐漸進入核心，他就會變得更主動，而且更投入社群的文化中，進而承擔起社群中的專家角色，其中來自教師群、同儕教師持續的長期支持，更是鼓舞教師願意投入行動研究發展課程的重要因素(王夕堯、江武雄和郭重吉, 1995)。

社會的建構主義認為在個人的知識建構時，不應忽略了社會因素的重要性。共識的社會效果與他人的贊同都修正個人持有的科學概念 (Geelan, 1997; Solomon, 1987)。以

葛耿（K. Gergen）為代表的社會的構成論者（social constructionist），認為知識既不起於或留存於個人，也不存在於自然世界，而在於社會之內。一切知識係透過語言使用與意義生成兩種社會性的共識歷程而構成的（Gergen, 1995; Geelan, 1997）。

因此，本研究試圖在實驗組中加入社會建構的元素，即讓學生進行小組討論科學本質，進而探討是否採用社會建構學習，對於學生科學概念建構、科學本質觀的認識有何影響。



第三章 研究方法

本研究探討是否採用社會建構取向教學之科學本質融入科學史課程對於八年級國中生物質組成、原子結構、色光、燃燒單元的概念建構與科學本質觀的影響。資料蒐集包括單元成就測驗、科學本質觀量表、單元相依本質測驗和單元學習單。

第一節 研究對象

以新竹縣某國中八年級為研究對象，研究採準實驗設計，以便利抽樣方式，將四個班級學生成分兩組，其中實驗組兩班（1個管樂班+1個普通班）進行社會建構之科學本質融入科學史課程學習，共67人；另兩個班（1個管樂班+1個普通班）為對照組，採非社會建構之科學本質融入科學史課程學習，共67人。

進行實驗處理，實驗組，以2個班，共分成12組，每組約5~6人進行課間討論、發表，67人來進行；控制組，以2個班，67人來進行。如表1。

表1 教學模式與人數整理表

教學模式 學業成就	實驗組		總人數
	社會建構之科學本質融入科學史	非社會建構科學本質融入科學史	
高分組	34	34	68
低分組	33	33	66
總人數	67	67	

教學之前，概略依據學生八年級上學期第一次段考理化科成績進行分組，其中教學模式之對照組平均分數76.40分，標準差16.53，實驗組平均分數75.43分，標準差19.41，並針對段考之學業成績進行t考驗， $t=3.12$ ， $p=.756$ ，未達顯著水準。另外，學業成就高分組（2個管樂班）平均分數為88.26分，標準差9.42，而低分組（2個普通班）平均分數63.20，標準差15.64。

第二節 研究設計

本研究採用準實驗設計法(Quasi-experimental design)，以國中八年級四個班級的學生為樣本，分別為兩個班社會建構之科學本質融入科學史課程學習的實驗組($N=67$)、另兩個班為非社會建構之科學本質融入科學史課程學習的對照組($N=67$)。本研究的自變項為教學模式（社會建構之科學本質融入科學史課程、非社會建構之科學本質融入科

學史課程)。依變項為單元成就測驗、科學本質觀量表、單元主題相依科學本質觀測驗、學習單。研究架構如圖 1。

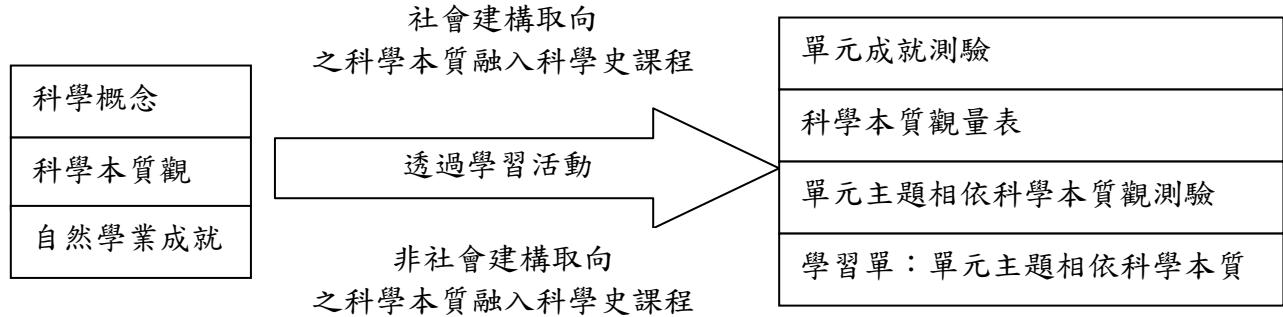


圖 1 研究架構圖

一、自變項：本研究的自變項為「自然與生活科技學業成就分組」與「教學模式」，自然與生活科技學習成就分組依據學生八年級上學期第一次段考理化科成績分成「高分組」、「低分組」，教學模式分成「實驗組」採用社會建構取向科學本質融入科學史課程，而「對照組」採用非社會建構取向（傳統講述式）之科學本質融入科學史課程。

二、依變項：本研究的依變項為學生的「單元成就測驗」、「科學本質觀量表」、「單元主題相依科學本質觀測驗」、「學習單」。

第三節 研究流程

研究分為三個階段，依序為研究準備、概念建構教學及資料分析。分述如下：

第一階段：首先確立研究目的與問題，蒐集相關文獻及測驗工具的內容設計，並請專家審核與進行施測，以分析信度與修正測驗內容，來確定相關測驗的信效度。

本階段首要重點在科學本質融入科學史學習教材內容設計，並與專家討論社會建構如何實踐於課程教材中，以進行教材內容修正，包括簡報、科學故事、討論學習單。

第二階段：概念建構教學階段，針對不同教學模式進行教學前、後、追蹤測驗。教學過程中，實驗組學生經由社會建構之科學本質融入科學史課程進行物質組成、原子結構、色光、燃燒的概念建構；對照組則是進行相同單元內容的非社會

建構之科學本質融入科學史課程教學。

第三階段：對研究期間所蒐集到的所有資料進行彙整分析與結論報告。

研究流程如圖 2。



圖 2 研究流程圖

第四節 研究工具設計

本研究運用的研究工具有科學本質觀量表、單元成就測驗、單元主題相依科學本質、學習單。

一、單元成就測驗

單元成就測驗題目共四十題（詳見附錄二），包含物質組成、原子結構、色光、燃

燒有四個主題，每一主題各有 10 個題目，且內容採選擇題型式，計分方式以答對 1 題給 1 分，總分共 40 分。測驗編製時經由三位國中自然與生活科技領域教師、三位科學教育博班生和一位科學教育專家共同發展，以求其內容效度。測驗內容之科學概念細目如附錄一，測驗編製完成後，經由施測學校四個班級於教學前、後施測、追蹤施測，加以檢驗其題目信度。

在整份測驗的信度分析上，施測人數為 134 人，採用 SPSS 12.0 版，進行信度的計算，信度 Cronbach's α 值為 0.82。

二、科學本質觀量表

研究問題二為探討經由不同的教學模式，學習者在科學本質觀是否達顯著差異。量表由三位國中自然與生活科技領域教師、三位科學教育博班生和一位科學教育專家共同發展，以求其專家效度，題目包括第 1~6 題為科學知識具有驗證性、第 7~12 題為科學知識具有持久性、第 13~19 題為科學知識具有暫時性，總共 19 題的五點量表（詳見附錄三），根據題目敘述擇一選回答“非常不同意”、“不同意”、“沒意見”、“同意”、“非常同意”者，分別得 1、2、3、4、5 分。量表編製完成後，經由施測學校四個班級於教學前、後、追蹤施測，加以檢驗其題目信度。

量表施測人數為 134 人，在整份量表採用 SPSS 12.0 版分析，針對量表的各個題目，利用因子分析確認科學本質觀概念成份，萃取成份在 0.3 以上的因子三個（驗證性、持久性、暫時性），科學本質觀因子分析如附錄四。在量表的信度分析上，驗證性的信度 Cronbach's α 值為 0.76、持久性的信度 Cronbach's α 值為 0.63、暫時性的信度 Cronbach's α 值為 0.81，整份量表的信度 Cronbach's α 值為 0.84。

三、單元主題相依科學本質觀測驗

研究問題三為探討經由不同的教學方法，對國二學生單元主題相依科學本質是否有顯著差異存在。依據課程內容，與三位國中自然與生活科技領域教師、三位科學教育博班生和一位科學教育專家共同發展，以求其專家效度，依色光、物質組成、原子結構、燃燒四個主題，各編製相關測驗題目 6 題，6 題之中包括科知識具有暫時性 2 題、具有持久性 2 題、具有驗證性 2 題，總共 24 題題目（詳見附錄五），且內容採兩階段選擇題型式，受測者在作答每一題時必需先選擇第一階段的答案選項，然後於第二階段選擇理由。計分方式必需兩階段都答對才給予 1 分，每一單元配分為 3 分，四個單元總分共 12

分。測驗編製完成後，經由施測學校四個班級於教學前、後施、追蹤施測，加以檢驗其題目信度。

在整份測驗的信度分析上，施測人數為 134 人，採用 SPSS 12.0 版，進行信度的計算。前測信度 Cronbach's α 值為 0.78，後測信度 Cronbach's α 值為 0.83，追蹤測信度 Cronbach's α 值為 0.89，各向度信度如下表 2。

表 2 單元主題相依科學本質觀測驗信度分析

	前測	後測	追蹤測
驗證性(3,6,9,12)	.66	.62	.84
持久性(2,5,8,11)	.74	.77	.86
暫時性(1,4,7,10)	.62	.74	.80
全部概念(1~12)	.78	.83	.89

四、科學本質融入科學史文本

為促使學生能夠深入思考科學故事中，有那些情節符合科學本質特性，每一單元主題教學時，提供科學故事文本（詳如附錄六），教學完後要求每位學生填寫學習單（詳如附錄七），摘要出故事中符合科學知識具有「暫時性」、「持久性」、「驗證性」的敘述，以刺激學生對科學故事的批判思考。

第五節 教學設計

本研究在國中八年級上學期進行教學研究，搭配九十九學年度康軒版自然與生活科技 3-5 色光與顏色、1-1 認識物質、5-3 原子的世界、1-3 空氣、6-1 質量守恒單元，針對色光、物質組成、原子結構、燃燒四個主題設計科學本質融入科學史的教學活動設計，並區分有、無實施社會建構兩種教學模式，進行一節科學本質介紹教學，四個主題各進行兩節課課程教學，教學時，前測、後測、追蹤測各一節課，總共 12 節課。

實驗組在每個科學主題故事教學之後，加入社會建構元素，保留約 20 分鐘進行小組討論科學故事文本內容之科學本質，並發表各組的結論與全班同學分享，再填寫測驗量表及學習單；而對照組在教學完後則自行參閱科學故事文本，直接填寫測驗量表及學習單，以上實驗處理即為實驗組（社會建構教學）和對照組（非社會建構教學）之差異。

第六節 資料蒐集與分析

本研究在研究期間蒐集的資料，包括「單元成就測驗」、「科學本質觀量表」、「單元主題相依科學本質觀測驗」、「學習單」。當測驗結束後，隨即進行資料的整理與分析，有關多種測驗的數據資料分析主要以 SPSS 12.0 套裝軟體進行統計分析。

一、單元成就測驗：

以單元成就測驗前測成績為共變項，進行二因子多變項共變數分析（two-factor MANCOVA），以比較不同教學模式（社會建構之科學本質融入科學史課程、非社會建構之科學本質融入科學史課程）與不同自然與生活科技學業成就分組（高分組、低分組）在後測與追蹤測有何差異。

二、科學本質觀量表：

以科學本質觀量表前測成績為共變項，進行二因子多變項共變數分析（two-factor MANCOVA），以比較不同教學模式、不同自然與生活科技學業成就在後測與追蹤測有何差異。

三、單元主題相依科學本質觀測驗：

以單元主題相依科學本質觀測驗前測成績為共變項，進行二因子多變項共變數分析（two-factor MANCOVA），以比較不同教學模式、不同自然與生活科技學業成就在後測與追蹤測有何差異。

四、逐步迴歸分析（Stepwise Multiple Regression）

以單元成就測驗前測、科學本質觀量表前測為自變項，單元主題相依科學本質觀測驗之後測與追蹤測為依變項，進行逐步迴歸分析，以了解單元成就測驗、科學本質觀量表之前測成績，是否具有預測單元主題相依科學本質觀測驗後測與追蹤測表現之能力。

五、學習單：

學習單是開放式問卷，為回答研究問題四，針對學生在學習活動之後，學習單之答案與科學本質中持久性、暫時性、驗證性內涵相符狀況，轉化成量化分數（如附錄八），得 2 分代表回答與科學本質內涵高度相符，0 分代表回答與科學本質無關或錯誤之概

念，每題給予 2 分、1.5 分、1 分、0 分，以代表學生對科學本質的理解程度。

為提高學習單轉化為量化分數之信度，邀請具有 20 年國中理化科教學資歷之現職教師進行交叉複評，選取各班座號 2 號、3 號兩位同學之學習單複評，共計複評 32 張學習單 (4 班×4 單元主題×2 人)，而且每一個題目均有兩個答案，其中持久性 64 個回答中僅有 8 個給分不同，相似度達 87.50%；暫時性 64 個回答中僅有 3 個給分不同，相似度達 95.31%；驗證性 64 個回答中僅有 8 個給分不同，相似度達 87.50%，整體評分相似度達 90.10%。

將學習單編碼轉化為量化分數，再進行二因子多變項分析 (two-factor MANOVA)，以比較不同教學模式、不同自然與生活科技學業成就學生科學本質觀的變化；依前面結果，量化之分數再進行單因子重複量數變異數分析 (one-factor repeated measures ANOVA)，以比較持久性、暫時性、驗證性三個向度的科學本質觀受不同教學模式、不同自然與生活科技學業成就之影響狀況。



第四章 研究結果與討論

本章分為兩個部份，第一部份是社會建構之科學本質融入科學史與非社會建構之科學本質融入科學史之兩種不同教學模式的學習成效分析，第二部分是分析學生學習單，以探討學生對科學本質的理解。

第一節 社會建構之科學本質融入科學史課程教學之量化成效分析

一、教學前後單元成就測驗之成效分析：

此部分乃為回答研究問題一：「不同的教學模式、學業成就，對學習者在物質組成、原子結構、色光、燃燒概念學習成就有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果。

(一) 單元成就測驗之敘述性統計分析

將實驗組與對照組的單元成就測驗成績（前測、後測、追蹤測），依照自然學業成就分組（高分組、低分組），將敘述性統計整理如表3。

表 3 不同教學模式與不同學業成就分組在單元成就測驗之敘述性統計分析表

	人數	前測		後測		追蹤測		後測-前測		追蹤測-前測		
		N	mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t值	平均差	t值
對照組	低分組	33	13.85	2.75	17.30	6.82	12.45	3.85	3.45	3.16** (.003)	-1.40	-2.05* (.049)
	高分組	34	17.41	3.39	22.29	6.17	25.88	5.12	4.88	6.41*** (.000)	8.47	11.76*** (.000)
	全體	67	15.66	3.55	19.84	6.92	19.27	8.13	4.18	6.30*** (.000)	3.61	4.62*** (.000)
實驗組	低分組	33	15.12	4.39	17.70	7.01	16.48	6.84	2.58	2.63* (.013)	1.36	1.33 (.192)
	高分組	34	18.12	5.32	20.97	5.86	26.29	5.63	2.85	4.10*** (.000)	8.17	11.86*** (.000)
	全體	67	16.64	5.08	19.36	6.61	21.46	7.93	2.72	4.57*** (.000)	4.82	6.53*** (.000)

註1： * $p<0.1$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

從學業成就分組的角度來看，對照組（非社會建構組）低學業成就和高學業成就學生，在前測到後測、前測到追蹤測成績的T值均達顯著水準；實驗組（社會建構組）低學業成就學生，在前測到後測成績的T值達顯著水準，而高學業成就學生，在前測到後測、前測到追蹤測成績的T值均達顯著水準。

由此結果可以得知，對照組以非社會建構之科學本質融入科學史課程後，低學業成就和高學業成就的學生均能對科學的概念獲得立即有效的學習，但科學概念的建構與改變效果在高學業成就的學生能夠持續維持，低學業成就的學生隨著時間流逝，而顯著下

降；實驗組在社會建構之科學本質融入科學史課程後，低學業成就和高學業成就的學生均能對科學的概念獲得立即有效的學習，但高學業成就的學生學習效果能夠持續維持，低學業成就的學生學習效果無法持續。

(二) 單元成就測驗之推論統計分析

將教學模式、學業成就分組二變項與單元成就測驗進行二因子多變量共變數分析(two-factor MANCOVA)，以「教學模式、學業成就分組」為自變項，控制變項為「單元成就測驗前測成績」，結果呈現於表 4。

表 4 不同教學模式與不同學業成就分組在單元成就測驗後測驗與追蹤測總分二因子多變量共變數分析

變異來源	Wilks' Λ	df1	df2	F	Sig	淨相關 η^2
前測	0.58	2	128	46.42***	.000	.420
教學模式	0.92	2	128	5.61**	.005	.081
學業成就分組	0.48	2	128	69.76***	.000	.522
教學模式*學業成就分組	0.97	2	128	2.16	.120	.033

註 1：df1 為假設自由度，df2 為誤差自由度

註 2： ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

由表 4 中顯示科學概念單元成就後測和追蹤測，在不同教學模式達顯著水準(Wilks' $\Lambda = 0.92$, $p = 0.005$)，在不同學業成就分組上也達顯著水準(Wilks' $\Lambda = 0.48$, $p = 0.000$)。

由於自變項各因子(教學模式、學業成就分組)之間交互作用未達顯著(Wilks' $\Lambda = 0.97$, $p = 0.120$)，因此針對不同教學模式、不同學業成就分組進行主要效果分析，再依其顯著性與否分別進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)，結果呈現於表 5。

表 5 不同教學模式與不同學業成就分組在單元成就測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilks' Λ	單變量		事後比較
		後測 F 值	追蹤測 F 值	
教學模式	0.92**(.005)	2.44(.121)	3.50*(.064)	後測：無顯著差異 追蹤：實驗組 > 對照組
學業成就分組	0.48***(.000)	1.07(.303)	118.22***(.000)	後測：無顯著差異 追蹤：高分組 > 低分組

註 1： * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

由表 5 中進行事後比較結果顯示，不同教學模式後測未達顯著水準($F=2.44$,

$p=0.121$ ），追蹤測達顯著水準 ($F=3.50, p=0.064$)，事後檢定顯示實驗組（社會建構組）高於對照組（非社會建構組），由此可見，經過課堂上的討論、發表（社會建構取向之科學本質融入科學史教學），有助於科學概念之保留。不同學業成就分組後測未達顯著水準 ($F=1.07, p=0.303$)，追蹤測達顯著水準 ($F=118.22, p=0.00$)，事後檢定顯示高分組高於低分組，由此可知，高學業成就學生學習保留成效，比低學業成就學生來得佳。

（三）小結

從敘述性統計分析中可以發現，不論實驗組或對照組，在學業成就高分組的物質組成、原子結構、色光、燃燒單元成就後測和追蹤測成績上，均能達到顯著的進步。而學業成就低分組在後測成績上，也達到顯著的進步，但在追蹤測成績上卻未見學習成效。

在推論性統計分析中顯示，自變項「教學模式因子」對依變項「單元成就測驗」的影響達顯著性，在事後檢定部分，後測成績未達顯著水準，到追蹤測成績則實驗組高於對照組，這表示社會建構教學對單元主題成就學習的影響，在於已經學到的概念能有較好的學習保留效果。另外，自變項「自然學業成就分組」對依變項「單元成就測驗」的影響達顯著性，在事後檢定部分，後測成績未達顯著水準，到追蹤測成績則高分組高於低分組，這表示高學業成就的學生在單元成就學習成效，往往較低學業成就的學生有較好的學習保留效果。

問題一的假設 1-1「不同教學模式學生，在科學概念學習成就（後測、追蹤測）成績達顯著差異」，統計分析結果顯示並未完全與假設相符，學生在科學概念學習成就追蹤測成績達顯著差異，但後測成績未達顯著差異；假設 1-2「不同自然學業成就分組學生，在科學概念學習成就（後測、追蹤測）成績達顯著差異」，統計分析結果顯示也並未完全與假設相符，學生在科學概念學習成就追蹤測成績達顯著差異，但後測成績未達顯著差異。

二、科學本質觀量表之成效分析

此部分乃為回答研究問題二：「不同的教學模式與不同學業成就的對學習者在科學本質觀有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果。

（一）科學本質觀量表之敘述性統計分析

將實驗組與對照組的單元成就測驗成績（前測、後測、追蹤測），依照自然學業成

就分組（高分組、低分組），將敘述性統計整理如表6：

表 6 不同教學模式與不同學業成就分組對科學本質觀之敘述性統計分析表

	人數	前測		後測		追蹤測		後測-前測		追蹤測-前測		
		N	mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t值	平均差	t值
對照組	低分組	33	65.67	7.59	69.52	12.46	65.21	8.58	3.85	1.71 [*] (.097)	-0.46	-0.24 (.812)
	高分組	34	65.44	8.26	70.88	7.56	69.35	6.41	5.54	3.20 ^{**} (.003)	3.91	2.75 [*] (.010)
	全體	67	65.55	7.88	70.21	10.21	67.31	7.78	4.66	3.33 ^{**} (.001)	1.76	1.47 (.147)
實驗組	低分組	33	67.18	5.66	71.39	7.95	67.09	11.48	4.21	3.00 ^{**} (.005)	-0.09	-0.04 (.966)
	高分組	34	69.29	6.76	71.32	10.30	71.94	7.09	2.03	1.29 (.206)	2.65	2.08 [*] (.045)
	全體	67	68.25	6.29	71.36	9.15	69.55	9.75	3.11	2.94 ^{**} (.005)	1.30	1.05 (.296)

註1： * $p<0.1$, ** $p<0.01$

從自然學業成就分組的角度來看，對照組（非社會建構組）低學業成就和高學業成就學生，在前測到後測成績的T值達顯著水準，前測到追蹤測成績的T值僅高學業成就學生達顯著水準；實驗組（社會建構組）在前測到後測成績的T值僅低學業成就學生，達顯著水準，而前測到追蹤測成績的T值僅高學業成就學生達顯著水準。由此結果可以得知，對照組在非社會建構之科學本質融入科學史課程後，低學業成就和高學業成就的學生在科學本質觀有所提升，但科學本質觀改變效果在高學業成就的學生能夠持續維持。實驗組在社會建構之科學本質融入科學史課程後，低學業成就的學生，在科學本質觀有所提升，但高學業成就的學生則沒有明顯的變化。

（二）科學本質觀量表之推論統計分析

將教學模式、學業成就分組二變項與科學本質觀量表測驗進行二因子多變量共變數分析（two-factor MANCOVA），以「教學模式、學業成就分組」為自變項，控制變項為「科學本質觀量表測驗前測成績」，結果呈現於表7。

表 7 不同教學模式與不同學業分組在科學本質觀量表後測驗與追蹤測總分二因子多變量共變數分析

變異來源	Wilks' Λ	df1	df2	F	Sig	淨相關 η^2
前測	0.89	2	128	7.63 ^{**}	.001	.017
教學模式	0.99	2	128	0.58	.561	.009
學業分組	0.93	2	128	4.62*	.012	.067
教學模式*學業分組	1.00	2	128	0.32	.725	.005

註 1：df1 為假設自由度，df2 為誤差自由度

註 2： * $p<0.1$, ** $p<0.01$

由表 7 顯示中示科學本質觀量表後測和追蹤測，在不同教學模式未達顯著水準 (Wilks' $\Lambda=0.99$, $p=0.561$)，在不同學業成就分組上則達顯著水準 (Wilks' $\Lambda=0.93$, $p=0.012$)。

由於自變項各因子（教學模式、學業成就分組）之間交互作用未達顯著 (Wilks' $\Lambda=1.00$, $p=0.725$)，因此針對不同學業成就分組進行主要效果分析，再依其顯著性與否分別進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)，結果呈現於表 8。

表 8 不同教學模式與不同學業分組在科學本質觀量表之主要效果摘要表

變異來源	多變量		單變量		事後比較
	Wilks' Λ	後測 F 值	追蹤測 F 值		
學業分組	0.93*(.012)	0.03(.875)	8.50**(.004)		後測：無顯著差異 追蹤：高分組 > 低分組

註 1： * $p<0.1$, ** $p<0.01$

由表 8 中進行事後比較結果顯示，不同學業成就分組後測未達顯著水準 ($F=0.03$, $p=0.875$)，不同學業成就分組追蹤測達顯著水準 ($F=8.50$, $p=0.004$)，事後檢定顯示高分組高於低分組。

(三) 小結

從敘述性統計分析中可以發現，對照組在非社會建構之科學本質融入科學史課程後，學生的科學本質觀均有所提升，但高學業成就的學生科學本質觀改變效果能夠持續維持；實驗組在社會建構之科學本質融入科學史課程後，低學業成就的學生，科學本質觀有所提升，但高學業成就的學生則沒有明顯的變化。

經 MANCOVA 分析顯示，教學前後「教學模式」對科學本質觀的影響並未達顯著；「學業分組」對科學本質觀的影響，在後測結果沒有顯著差異，但六週後的追蹤測則顯示高分組優於低分組。

問題二的假設 2-1「不同教學模式學生，在科學本質觀變化（後測、追蹤測）達顯著差異」，統計分析結果顯示與假設不相符，學生的科學本質觀在後測、追蹤測成績未達顯著差異；假設 2-2「不同自然學業成就分組學生，在科學本質觀變化（後測、追蹤測）達顯著差異」，統計分析結果顯示並未完全與假設相符，學生的科學本質觀後測成績未達顯著差異，但追蹤測成績達顯著，高分組優於低分組。

三、單元主題相依科學本質觀測驗之成效分析

此部分乃為回答研究問題三：「不同的教學模式、學業成就，對學習者在單元主題相依科學本質觀有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果。

(一) 單元主題相依科學本質觀測驗之敘述性統計分析

將實驗組與對照組的單元成就測驗成績（前測、後測、追蹤測），依照自然學業成就分組（高分組、低分組），將敘述性統計整理如表9。

表9 單元主題相依科學本質觀測驗之敘述性統計分析表

	人數	前測		後測		追蹤測		後測-前測		追蹤測-前測		
		N	mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t值	平均差	t值
對照組	低分組	33	2.27	1.97	3.58	3.29	0.48	0.71	1.31	2.81 ** (.008)	-1.79	-5.11 *** (.000)
	高分組	34	5.26	2.87	5.65	3.39	6.88	3.06	0.39	0.98 (.333)	1.62	3.12 ** (.004)
	全體	67	3.79	2.88	4.63	3.48	3.73	3.91	0.84	2.74 ** (.008)	-0.06	-1.59 (.874)
實驗組	低分組	33	2.97	2.31	4.27	3.46	4.06	3.45	1.30	2.85 ** (.008)	1.14	1.90 * (.067)
	高分組	34	6.12	3.01	6.94	2.77	6.97	3.03	0.82	2.11 * (.043)	0.85	1.82 * (.078)
	全體	67	4.57	3.10	5.63	3.38	5.54	3.53	1.07	3.54 ** (.001)	0.05	2.64 * (.010)

註1：^{*} $p<0.1$, ^{**} $p<0.01$, ^{***} $p<0.001$

從學業成就分組的角度來看，對照組（非社會建構組）低學業成就學生，在前測到後測、前測到追蹤測成績的T值均達顯著水準，而高學業成就學生僅在前測到追蹤測成績的T值均達顯著水準；實驗組（社會建構組）不論高、低學業成就學生，在前測到後測、前測到追蹤測成績的T值均達顯著水準。

由此結果可以得知對照組在非社會建構之科學本質融入科學史課程後，低學業成就學生的物質組成、原子結構、色光、燃燒四個單元主題相依科學本質觀獲得提升，但六週之後單元主題相依科學本質觀反而退步了；高學業成就的學生，剛教完學時單元主題相依科學本質並無顯著的改變，經過一段時間後，才見成效；實驗組在社會建構之科學本質融入科學史課程後，不論低學業成就或高學業成就的學生，單元主題相依科學本質觀均有所提升，而且六週之後改變仍然存在。

(二) 單元主題相依科學本測驗之推論統計分析

將教學模式、學業成就分組二變項與單元主題相依科學本測驗進行二因子多變量共變數分析（two-factor MANCOVA），以「教學模式、學業成就分組」為自變項，控制變項為「單元主題相依科學本質觀測驗前測成績」，依變項分別為「單元主題相依科學本

測驗後測成績」和「單元主題相依科學本質觀測驗追蹤測成績」，結果呈現於表 10。

表 10 不同教學模式與學業分組在單元主題相依科學本質觀測驗後測驗與追蹤測總分二因子多變量共變數分析

變異來源	Wilks' Λ	df1	df2	F	Sig	淨相關 η^2
前測	.55	2	128	51.55***	.000	.446
教學模式	.92	2	128	5.73**	.004	.082
學業分組	.72	2	128	24.99***	.000	.281
教學模式*學業分組	.85	2	128	11.72***	.000	.155

註 1：df1 為假設自由度，df2 為誤差自由度

註 2： ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

由表 10 中顯示單元主題相依科學本質後測和追蹤測成績，在不同教學模式達顯著 ($\text{Wilks}' \Lambda=0.92, p=0.004$)，在不同學業成就分組也達顯著 ($\text{Wilks}' \Lambda=0.72, p=0.000$)。在交互作用分析部分，教學模式與學業成就分組之間交互作用達顯著水準 ($\text{Wilks}' \Lambda=0.85, p=0.000$)，所以針對「不同教學模式與不同學業成就分組」對單元主題相依科學本質的影響，進行單純主要效果分析。分析資料時先依學業成就分組（低成就、高成就）分組，分別進行「教學模式因子」的單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)。接著資料再依教學模式（非社會建構、社會建構）分組，分別進行「學業成就分組因子」的單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)，所得結果如表 11。

1896

表 11 不同教學模式與學業分組在單元主題相依科學本質觀測驗之主要效果摘要表

變異來源	N	Wilks' Λ	單變量					
			Mean	SD	F	Sig	η^2	事後比較
不同學業成就分組								
對照組	67	$.42^{***}_{(.000)}$	後測	4.63	3.48	0.87	.355	.013 無明顯差異
			追蹤測	3.73	3.91	80.26***	.000	.556 高分組 > 低分組
實驗組	67	$.97_{(.400)}$	後測	5.63	3.38	0.17	.685	.003 無顯著差異
			追蹤測	5.54	3.54	1.66	.202	.025
不同教學模式分組								
低分組	66	$.60^{***}_{(.000)}$	後測	3.92	3.37	.00	.979	.000 無明顯差異
			追蹤測	2.27	3.06	31.27***	.000	.332 實驗組 > 對照組
高分組	68	$.96_{(.264)}$	後測	6.29	3.14	1.49	.227	.022 無明顯差異
			追蹤測	6.93	3.02	0.37	.545	.006

註 1： ** $p<0.001$

表 11 顯示非社會建構組在「不同學業成就分組」(高分組、低分組) 對單元主題相

依科學本質觀測驗成績的單純主要效果達顯著水準 ($\text{Wilks}' \Lambda=0.42, p=0.000$)；社會建構組則未達顯著水準 ($\text{Wilks}' \Lambda=0.97, p=0.400$)，再對非社會建構組進行單因子單變量共變數分析 (one-factor ANCOVA)，並進行事後檢定，結果為非社會建構組後測的成績在不同學業成就分組間差異未達顯著水準 ($F=0.87, p=0.355$)，追蹤測的成績在不同學業成就分組間差異達顯著水準 ($F=80.26, p=0.26$)，事後檢定的結果為高學業成就組高於低學業成就組。社會建構組後測和追蹤測的成績均未達顯著水準。

另外，低學業成就組在「不同教學模式分組」(非社會建構、社會建構) 對單元主題相依科學本質觀測驗成績的單純主要效果達顯著水準 ($\text{Wilks}' \Lambda=0.60, p=0.000$)；高學業成就組則未達顯著水準 ($\text{Wilks}' \Lambda=0.96, p=0.264$)，再對低學業成就組進行單因子共變數分析 (one-factor ANCOVA)，並進行事後檢定，結果為低學業成就組後測的成績在不同教學模式分組間差異未達顯著水準 ($F=0.00, p=0.979$)，追蹤測的成績在不同教學模式分組間差異達顯著水準 ($F=31.27, p=0.000$)，事後檢定的結果為社會建構組高於非社會建構組。高學業成就組後測和追蹤測的成績均未達顯著水準。

(三) 小結

從敘述性統計分析中可以發現，對照組於實施課程教學後，低學業成就的學生的單元主題相依科學本質觀獲得提升，但六週之後單元主題相依科學本質觀反而退步了；高學業成就的學生，剛教完學時單元主題相依科學本質並無顯著的改變，經過一段時間後，才見成效；實驗組在課程教學後，所有學生的單元主題相依科學本質觀均有所提升，而且教學成效在六週之後依然存在。

經 MANCOVA 分析顯示，非社會建構組在「不同學業成就分組」對單元主題相依科學本質觀測驗成績的單純主要效果達顯著水準，進行事後比較結果追蹤測高學業成就組高於低學業成就組；社會建構組則未達顯著水準。低學業成就組在「不同教學模式分組」對單元主題相依科學本質觀測驗成績的單純主要效果達顯著水準，進行事後比較結果追蹤測社會建構組高於非社會建構組；高學業成就組則未達顯著水準。

問題三的假設 3-1「不同教學模式學生，在單元主題相依科學本質觀變化（後測、追蹤測）達顯著差異」，統計分析結果顯示並未完全與假設相符，對高學業成就同學單元主題相依科學本質觀影響未達顯著水準，對低學業成就同學後測結果無顯著差異，但六週之後追蹤測結果則社會建構組高於非社會建構組。假設 3-2「不同自然學業成就分組學生，在單元主題相依科學本質觀變化（後測、追蹤測）達顯著差異」，統計分析結

果顯示並未完全與假設相符，對採用社會建構教學組學生單元主題相依科學本質觀影響未達顯著差異，但六週之後追蹤測結果則高分組優於低分組。

第二節 回歸分析

為得知各測驗間之預測能力，因此進一步進行逐步迴歸分析（Stepwise Multiple Regression），分析時以單元主題相依科學本質觀之後測、追蹤測為依變項，單元成就測驗、科學本質觀量表之前測為自變項（預測變項），分析結果如表 12。

表 12 單元主題相依科學本質觀逐步迴歸分析摘要表

	未標準化係數		標準化係數 (β 分配)	R	R^2	t	p
	B 之估計值	標準誤					
單元主題相依科學本質觀後測				.317	.101		
單元成就測驗前測	.183	.065	.233**			2.799**	.006
科學本質觀量表前測	.092	.040	.192*			2.301*	.023
單元主題相依科學本質觀追蹤測				.320	.103		
單元成就測驗前測	.217	.072	.249**			2.993**	.003
科學本質觀量表前測	.093	.044	.177*			2.121*	.036

註 1： * $p<0.1$, ** $p<0.01$

表 12 顯示，單元成就測驗前測與科學本質觀量表前測對單元主題相依科學本質觀後測之預測力達到顯著水準 ($\beta=0.233$, $t=2.799$, $p=0.006$; $\beta=0.192$, $t=2.301$, $p=0.023$)，單元成就測驗前測為第一個被選入的自變項，具有最佳解釋力，而科學本質觀量表前測為第二個被選入的自變項，其解釋力次之。 R^2 為 0.101 ($F=7.34$, $p=0.001$ ，達顯著水準) 顯示，單元成就測驗前測與科學本質觀量表前測，兩者共可解釋單元主題相依科學本質觀後測的 10.1% 的變異量。

單元成就測驗前測與科學本質觀量表前測對單元主題相依科學本質觀追蹤測之預測力達到顯著水準 ($\beta=0.249$, $t=2.993$, $p=0.003$; $\beta=0.177$, $t=2.121$, $p=0.036$)，單元成就測驗前測為第一個被選入的自變項，具有最佳解釋力，而科學本質觀量表前測為第二個被選入的自變項，其解釋力次之。 R^2 為 0.103 ($F=7.50$, $p=0.001$ ，達顯著水準) 顯示，單元成就測驗前測與科學本質觀量表前測，兩者共可解釋單元主題相依科學本質觀追蹤測的 10.3% 的變異量。

第三節 社會建構之科學本質融入科學史課程教學之質性成效分析

為回答研究問題四：「不同的教學模式、學業成就，對學習者在單元學習單上的主題相依科學本質觀有何差異？」將學習單之答案轉化成量化分數後，統計分析結果如後。

一、學習單之「單元科學本質」成效分析：

針對每一個教學單元科學本質的整體表現（同時包含持久性、暫時性、驗證性）差異加以比較。將教學模式、學業成就分組二變項與科學本質學習單轉化之量化分數進行二因子多變量分析 (two-factor MANOVA)，以「教學模式」、「學業成就分組」為自變項，色光的故事、物質的組成、原子的故事、燃燒的故事四個教學單元分析結果呈現於表 13。

表 13 不同教學模式與不同學業分組在科學本質二因子多變量分析

變異來源		Wilks' Λ	df1	df2	F	Sig	淨相關 η^2
單元一： 色光的故事	教學模式	1.00	3	126	0.21	.890	.005
	學業分組	0.99	3	126	0.29	.834	.007
	教學模式*學業分組	0.91	3	126	4.22**	.007	.091
單元二： 物質的組成	教學模式	0.96	3	124	1.63	.186	.038
	學業分組	0.85	3	124	7.09***	.000	.146
	教學模式*學業分組	0.95	3	124	2.11	.102	.049
單元三： 原子的故事	教學模式	0.97	3	128	1.39	.248	.032
	學業分組	0.90	3	128	4.66**	.004	.098
	教學模式*學業分組	0.97	3	128	1.13	.341	.026
單元四： 燃燒的故事	教學模式	0.96	3	126	1.83	.145	.042
	學業分組	0.89	3	126	5.18**	.002	.110
	教學模式*學業分組	0.98	3	126	0.98	.405	.023

註 1：df1 為假設自由度，df2 為誤差自由度

註 2： ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

由表 13 顯示科學本質觀在單元一色光的故事中，不同教學模式未達顯著水準 ($Wilks' \Lambda=1.00$, $p=0.890$)，不同學業成就分組上亦未達顯著水準 ($Wilks' \Lambda=0.99$, $p=0.834$)。在交互作用分析部分，單元一的自變項各因子（教學模式、學業成就分組）之間交互作用達顯著 ($Wilks' \Lambda=0.91$, $p=0.007$)，所以針對「不同教學模式與不同學業成就分組」對科學本質觀的影響，進行單純主要效果分析，分析資料時先依學業成就分

組（低成就、高成就）分組，分別進行「教學模式因子」的單因子多變量分析（one-factor MANOVA）。接著資料再依教學模式（非社會建構、社會建構）分組，分別進行「學業成就分組因子」的單因子多變量分析（one-factor MANOVA），所得結果如表 14。在單元二物質組成，不同學業成就分組上達顯著水準（Wilks' $\Lambda=0.85$, $p=0.000$ ）；在單元三原子的故事，不同學業成就分組上達顯著水準（Wilks' $\Lambda=0.90$, $p=0.004$ ）；在單元四燃燒的故事，不同學業成就分組上達顯著水準（Wilks' $\Lambda=0.89$, $p=0.002$ ），因此針對不同學業成就分組進行主要效果分析，再依其顯著性與否分別進行單因子多變量分析（one-factor MANOVA），結果呈現於表 15。

表 14 不同教學模式與學業分組在科學本質觀之主要效果摘要表

變異來源	N	Wilks' Λ	多變量		單變量			
					Mean	SD	F	Sig
學業成就分組	對照組 65	0.90*(.095)	持久性	2.21	1.22	5.25*	.025	.077 高分組>低分組
			暫時性	1.44	0.95	2.20	.143	.034 無明顯差異
			驗證性	1.36	1.32	2.75	.102	.042 無明顯差異
	實驗組 67	0.90*(.089)	持久性	2.33	1.20	4.04*	.049	.058 低分組>高分組
			暫時性	1.52	0.91	.041	.840	.001 無顯著差異
			驗證性	1.34	1.14	3.84*	.054	.056 低分組>高分組
教學模式分組	低分組 64	0.89*(.080)	持久性	2.25	1.29	6.09*	.016	.089 實驗組>對照組
			暫時性	1.41	0.81	2.04	.158	.032 無明顯差異
			驗證性	1.35	1.15	3.49*	.067	.053 實驗組>對照組
	高分組 68	0.92(.158)	持久性	2.29	1.14	3.20*	.078	.046 對照組>實驗組
			暫時性	1.55	1.02	0.17	.681	.003 無明顯差異
			驗證性	1.35	1.31	3.05*	.086	.044 對照組>實驗組

註 1：* $p<0.1$

在色光的故事單元中，由表 14 中進行事後比較結果顯示，不論對照組（非社會建構）或實驗組（社會建構）在「不同學業成就分組」（高分組、低分組）的科學本質觀表現均達顯著水準（對照組 Wilks' $\Lambda=0.90$, $p=0.095$ ；實驗組 Wilks' $\Lambda=0.90$, $p=0.089$ ），事後檢定結果顯示，對照組中持久性的表現達顯著水準（ $F=5.25$, $p=0.025$ ），高分組優於低分組。實驗組中持久性的表現達顯著水準（ $F=4.04$, $p=0.049$ ），低分組優於高分組；驗證性也達顯著水準（ $F=3.84$, $p=0.054$ ），低分組優於高分組。

另外，低學業成就組在「不同教學模式組」（非社會建構、社會建構）的科學本質觀表現達顯著水準（Wilks' $\Lambda=0.89$, $p=0.080$ ），事後檢定結果顯示，低分組中持久性的表現達顯著水準（ $F=6.09$, $p=0.016$ ），實驗組優於對照組；驗證性的表現達顯著水準

($F=3.49, p=0.067$)。高學業成就組在「不同教學模式組」的科學本質觀表現未達顯著水準 (Wilks' $\Lambda=0.92, p=0.158$)，事後檢定結果顯示，高分組中的持久性達顯著水準 (Wilks' $\Lambda=3.20, p=0.078$)，對照組優於實驗對照組；驗證性也達顯著水準 (Wilks' $\Lambda=3.05, p=0.086$)，對照組優於實驗對照組。

表 15 不同教學模式與不同學業分組在科學本質觀之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilks' Λ	單變量			事後比較
		持久性 F 值	暫時性 F 值	驗證性 F 值	
單元二 學業分組	0.85*** _(.000)	1.03 _(.312)	21.03*** _(.000)	0.43 _(.512)	持久性：無顯著差異
					暫時性：高分組 > 低分組
					驗證性：無顯著差異
單元三 學業分組	0.90** _(.004)	1.10 _(.297)	13.93*** _(.000)	5.00* _(.027)	持久性：無顯著差異
					暫時性：高分組 > 低分組
					驗證性：高分組 > 低分組
單元四 學業分組	0.89** _(.002)	15.43*** _(.000)	0.53 _(.466)	2.85* _(.094)	持久性：高分組 > 低分組
					暫時性：無顯著差異
					驗證性：高分組 > 低分組

註 1： * $p<0.1$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

由表 15 中進行事後比較結果顯示，單元二物質的組成中暫時性科學本質觀表現達顯著水準 ($F=21.03, p=0.000$)，事後檢定顯示高分組表現優於低分組；單元三原子的故事中暫時性、驗證性科學本質觀表現達顯著水準 ($F=13.93, p=0.000; F=5.00, p=0.027$)，兩者事後檢定顯示高分組表現優於低分組；單元四燃燒的故事中持久性、驗證性科學本質觀表現達顯著水準 ($F=15.43, p=0.000; F=2.85, p=0.094$)，兩者事後檢定顯示高分組表現優於低分組。

二、學習單之「科學本質向度」成效分析：

由於表 15 顯示學業成就分組為影響科學本質觀的重要因素，因此以學業成就為因子，針對每一個科學本質觀的向度（持久性、暫時性、驗證性）在不同單元的表現加以比較。以學業成就分組為自變項，不同學習單元持久性、暫時性、驗證性三個科學本質向度轉化之量化分數，進行單因子重複量數變異數分析 (one-factor repeated measures ANOVA)，如表 16、17。

表 16 對照組學生在學業分組下持久性、暫時性和驗證性科學本質觀之單因子重複量數變異數分析

	N	Wilks' Λ	Mean	SD	F	事後比較
持久性		1.65 _(.188)				
學業分組					6.91 [*] _(.011)	
低分組	30		1.89	0.14		
高分組	34		2.39	0.13		高分組 > 低分組
教學單元分組					1.61 _(.188)	
單元一：色光的故事	64		2.24	1.20		
單元二：物質的組成	64		2.27	1.06		
單元三：原子的故事	64		2.13	1.14		
單元四：燃燒的故事	64		1.97	1.06		
暫時性		2.55 [*] _(.064)				
學業分組					15.13 ^{***} _(.000)	
低分組	30		1.36	0.10		
高分組	34		1.89	0.10		高分組 > 低分組
教學單元分組					2.42 [*] _(.067)	
單元一：色光的故事	64		1.43	0.95		
單元二：物質的組成	64		1.82	0.83		單元二 > 單元一
單元三：原子的故事	64		1.69	0.88		
單元四：燃燒的故事	64		1.64	1.00		
驗證性		2.45 [*] _(.072)				
學業分組					7.72 ^{**} _(.007)	
低分組	30		0.90	0.14		
高分組	34		1.43	0.13		高分組 > 低分組
教學單元分組					2.46 [*] _(.064)	
單元一：色光的故事	64		1.37	1.33		單元一 > 單元三
單元二：物質的組成	64		1.27	1.14		單元二 > 單元三
單元三：原子的故事	64		0.92	1.08		
單元四：燃燒的故事	64		1.18	1.07		

註 1：^{*} $p<0.1$ ，^{**} $p<0.01$ ，^{***} $p<0.001$

由表 16 顯示，對照組學生在學業分組下，持久性科學本質觀的多變量檢定未達顯著 ($\text{Wilks' } \Lambda=1.65$, $p=0.188$)，其中學業成就分組影響達顯著性 ($F=6.91$, $p=0.011$)，事後比較高分組優於低分組；但教學單元影響未達顯著性 ($F=1.61$, $p=0.188$)。而在暫時性科學本質觀的多變量檢定達顯著性 ($\text{Wilks' } \Lambda=2.55$, $p=0.064$)，學業成就分組影響達顯著性 ($F=15.13$, $p=0.000$)，事後比較高分組優於低分組；且教學單元影響達顯著性 ($F=2.42$, $p=0.067$)，事後比較單元二優於單元一。驗證性科學本質觀的多變量檢定達顯著 ($\text{Wilks' } \Lambda=2.45$, $p=0.072$)，受學業成就分組影響達顯著性 ($F=7.72$, $p=0.007$)，

事後比較高分組優於低分組；同時教學單元也達顯著性 ($F=2.46$, $p=0.064$)，事後比較單元一、二優於單元三。

表 17 實驗組學生在學業分組下持久性、暫時性和驗證性科學本質觀之單因子重複量數變異數分析

	N	Wilks' Λ	Mean	SD	F	事後比較
持久性		1.91 _(.138)				
學業分組					0.01 _(.942)	
低分組	31		2.35	0.14		
高分組	33		2.34	0.13		
教學單元分組					1.54 _(.205)	
單元一：色光的故事	64		2.37	1.19		
單元二：物質的組成	64		2.53	1.02		
單元三：原子的故事	64		2.23	1.10		
單元四：燃燒的故事	64		2.24	1.09		
暫時性		2.05 _(.117)				
學業分組					1.64 _(.205)	
低分組	31		1.67	0.12		
高分組	33		1.88	0.12		
教學單元分組					2.96 [*] _(.034)	
單元一：色光的故事	64		1.48	0.93		單元二 > 單元一
單元二：物質的組成	64		1.85	0.91		單元三 > 單元一
單元三：原子的故事	64		1.77	0.91		單元四 > 單元一
單元四：燃燒的故事	64		1.75	0.97		
驗證性		1.71 _(.174)				
學業分組					1.93 _(.126)	
低分組	31		1.49	0.14		
高分組	33		1.44	0.13		
教學單元分組					1.55 _(.204)	
單元一：色光的故事	64		1.33	1.13		
單元二：物質的組成	64		1.65	1.33		
單元三：原子的故事	64		1.31	1.40		
單元四：燃燒的故事	64		1.58	1.07		

註 1：^{*} $p<0.1$

由表 17 顯示，實驗組學生在學業分組下，持久性科學本質觀的多變量檢定未達顯著 ($Wilks' \Lambda=1.91$, $p=0.138$)；而學業成就分組未達顯著性 ($F=0.01$, $p=0.942$)，且教學單元也未達顯著性 ($F=1.54$, $p=0.205$)。暫時性科學本質觀的多變量檢定未達顯著 ($Wilks' \Lambda=2.05$, $p=0.117$)，而學業成就分組未達顯著性 ($F=1.64$, $p=0.205$)，但教學單元達顯著性 ($F=2.96$, $p=0.034$)，事後比較單元二、三、四優於單元一。驗證性科學

本質觀的多變量檢定未達顯著性 ($\text{Wilks' } \Lambda=1.71$, $p=0.174$)，而學業成就分組影響未達顯著 ($F=1.93$, $p=0.126$)，且教學單元影響未達顯著 ($F=1.55$, $p=0.204$)。

三、小結

從學習單之單元科學本質反應發現，在色光、物質組成、原子結構、燃燒四個單元的教學設計中，單元一色光中顯示教學模式和學業分組有交互作用對科學本質觀的影響達顯著水準，進行單因子多變量分析 (one-factor MANOVA) 分析顯示在不同學業成就分組下，對照組與實驗組的科學本質觀表現均達顯著水準，事後比較顯示，對照組中持久性科學本質觀，高分組優於低分組；暫時性與驗證性則無顯著差異。實驗組中持久性、驗證性科學本質觀，低分組優於高分組；暫時性則無顯著差異。在不同教學模式分組下，高分組的科學本質觀表現未達顯著水準；低分組的科學本質觀表現達顯著水準，事後比較顯示，持久性、驗證性科學本質觀，實驗組優於對照組，暫時性則無顯著差異。單元二至單元四中僅「學業成就」對科學本質觀的影響達顯著水準，事後比較顯示，單元二物質組成中暫時性科學本質觀高分組表現優於低分組，單元三原子結構中暫時性、驗證性科學本質觀高分組表現優於低分組，單元四燃燒中持久性、驗證性科學本質觀高分組表現優於低分組。

從學習單之科學本質向度反應發現，對照組學生在學業分組下，暫時性、驗證性三個向度的科學本質觀均達顯著水準，且高分組優於低分組，其中暫時性科學本質觀則單元二顯著優於單元一，驗證性科學本質觀則單元一、二顯著優於單元三。實驗組學生在學業分組下，持久性、暫時性、驗證性三個向度的科學本質觀均未達顯著性，其中暫時性科學本質觀顯示單元二、三、四顯著優於單元一。

第五章 結論與建議

本章共分為兩節，第一節主要就本研究之結果進行整理彙整以做出結論，第二節就本研究結論做出對教學上的建議。

第一節 結論與討論

本節整理第四章研究結果與討論的部分，以所使用的研究工具依序說明，就社會建構之科學本質融入科學史課程於教學前後物質組成、原子結構、色光、燃燒單元的科學概念建構與科學本質觀的影響，整理結論如表 18。

表 18 研究結果彙整表

學習成效		教學模式	學業分組
科學概念	立即表現	○	○
	學習保留	實驗組 > 對照組	高分組 > 低分組
NOS	立即表現	○	○
	學習保留	×	高分組 > 低分組
概念相依 NOS	立即表現	○	○
	學習保留	對照組 高分組 > 低分組 實驗組 ×	低分組 實驗組 > 對照組 高分組 ×
單元	單元四	持久性 高分組 > 低分組	
	單元二、三	暫時性 高分組 > 低分組	
	單元三、四	驗證性 高分組 > 低分組	
學習單		對照組 高分組 > 低分組	
		實驗組 ×	
向度		對照組 暫時性 單元二 > 單元一	
		驗證性 單元一、二 > 單元三	
		實驗組 暫時性 單元二、三、四 > 單元一	

註 1：○表進步達顯著水準，×表未達顯著水準，>表優於

註 2：「單元成就測驗測驗前測」與「科學本質觀量表前測」兩者，對預測單元主題相依科學本質觀測驗之後測、追蹤測結果達到顯著水準

一、社會建構之科學本質融入科學史課程教學之量化成效分析

(一) 教學前後單元學習成就測驗分析

科學概念成就測驗在科學本質融入科學史教學後，從前測到後測表現均有顯著進步，顯示科學本質融入科學史課程能有效提昇學生科學概念建構之立即表現。

不論採用社會建構或非社會建構科學本質融入科學史課程教學模式，學生科學知識從前測到後測均有進步，但經過六週之後再追蹤學生的學習狀況，卻發現社會建構組的學生表現優於非社會建構組。由此可知透過課堂上同儕的討論、發表，所建構的科學知識能夠持續保留，達到有效學習，證明了科學概念的建構，採用社會建構教學明顯優於非社會建構教學，此一結果與 Solomon (1987) 主張教室中的學生透過言語與同儕、教師的討論、磋商、和解互動的歷程來建構概念、獲得知識的觀點相同。

不論學生學業成就高低，剛教完時學生科學知識均有進步，但經過六週之後再追蹤學生的學習狀況，卻發現高學業成就組能維持學習成效，低學業成就組則無法保留學習成效。觀察發現低學業成就學生僅在課堂上學習，高學業成就學生，除了課堂上學習較專注外，課後往往還會複習功課，所以高學業成就學生科學概念學習保留效果表現優於低學業成就學生。

(二) 教學前後科學本質觀分析

經過科學本質融入科學史教學後，學生的科學本質觀從前測到後測表現均有顯著進步，顯示科學本質融入科學史課程能有效提昇學生科學本質觀之立即表現。

教學模式對學生科學本質觀的影響未達顯著水準部分，推測可能是因為兩種教學模式都運用了「科學本質融入科學史課程」，對學生科學本質提升都有幫助，結果與 Scheckler (1992) 提出「科學史可以幫助學生反思自己的觀念，並進一步提供建構新概念的學習方法」相同，而社會建構教學時，雖然每一則科學故事有 15 分鐘左右的課堂上討論、發表，但可能因為互動分享時間太短，不足以改變學生根深蒂固的科學本質觀，因此才會看不出兩種教學模式的差異。這一點與巫俊明 (1997) 的研究結果「學生僅單純地閱讀或聆聽教師提供科學故事文本的內容，卻沒有透過學習活動(如問題討論)進行引導，學生將很難看見故事背後豐富的科學本質內涵」相似，都強調教師必需利用時間，引導問題討論，方能協助學生理解科學本質。

進一步比較實驗教學對高、低學業成就學生科學本質觀的影響發現，剛實施完教學時兩者差異未達顯著，但六週後追蹤測驗高學業成就學生顯著優於低學業成就學生。造成此一差異的理由可能是高學業成就學生上課主動積極參與，學習效果較能維持，所以經過一段時間之後，高學業成就學生科學本質觀表現優於低學業成就學生。

(三) 教學前後單元主題相依科學本質觀分析

單元主題相依科學概念測驗在科學本質融入科學史課程教學後，從前測到後測表現均有顯著進步，顯示科學本質融入科學史課程能有效提昇學生單元主題相依科學本質觀之立即表現。

「教學模式」、「學業成就」、「教學模式與學業成就」三個變因對單元主題相依科學本質觀的影響都達到顯著水準，進一步觀察「教學模式與學業成就」兩者交互作用對單元主題相依科學本質觀的影響發現：

在不同學業成就分組下，採用社會建構教學的實驗組後測與追蹤測均無顯著差異，採用非社會建構的對照組，後測無顯著差異，追蹤測驗時高學業成就學生表現優於低學業成就學生。由此可知，採用社會建構教學，不論學生學業成就高低，均能提升學生的單元主題相依科學本質觀；採用非社會建構教學，對高學業成就學生也能提升單元主題相依科學本質觀，但對低學業成就學生的單元主題相依科學本質觀改變就“只有暫時的效果”，相較之下，社會建構教學對低學業成就學生的單元主題相依科學本質觀學習較佳。

在不同教學模式分組下，高學業成就同學後測與追蹤測均無顯著差異，低學業成就同學後測無顯著差異，追蹤測驗時實驗組表現優於對照組。由此可知，高學業成就學生，不論採用何種教學模式，均提升了學生的單元主題相依科學本質觀；低學業成就學生，採用社會建構教學在單元主題相依科學本質觀的學習成效有較佳的保留效果，相較之下，教師對於低學業成就學生更需要注重教學方法的選擇。透過課堂上的社會建構學習，以達到科學本質觀的學習結果與 Gergen (1995) 和 Geelan (1997) 的觀點「一切知識係透過語言使用與意義生成兩種社會性的共識歷程所構成」相同。

二、單元成就測驗與科學本質觀量表、單元主題相依科學本質觀測驗迴歸分析

透過逐步迴歸分析發現「單元成就測驗測驗前測」與「科學本質觀量表前測」兩者，對預測單元主題相依科學本質觀測驗之後測（解釋力達到 10.1%）、追蹤測（解釋力達到 10.3%）結果達到顯著水準，而單元成就測驗測驗前測具有最佳解釋力，科學本質觀量表前測解釋力次之。由此可知，學生的科學概念、科學本質觀對科學概念相依科學本質觀具有解釋力，可以利用科學概念和科學本質觀來預測科學概念相依科學本質觀後測與追蹤測之表現。

三、社會建構之科學本質融入科學史課程教學之質性成效分析

分析學生科學本質觀學習單顯示，唯有第一個教學單元色光是「教學模式與學業分組」交互作用對科學本質觀的影響達顯著水準，但進一步檢視學習單，可能因為第一次填寫科學本質學習單，前一堂課又剛介紹完科學本質，因此，有不少高學業成就學生的回答都是「何謂持久性、暫時性、驗證性？」，而不是「從科學故事敘述中，舉出科學家的理論或想法符合持久性、暫時性、驗證性特質描述」，所以把第一個單元當作練習，也許更符合實際狀況。四個教學單元中，後三個教學單元的結果一致，學業成就分組影響學生科學本質觀達到顯著，事後比較呈現出高學業成就學生的持久性、暫時性、驗證性科學本質觀分別在不同單元中領先低學業成就同學，結果支持「科學本質觀量表」、「單元主題相依科學本質觀」，都是高學業成就學生科學本質觀表現優於低學業成就學生。

從學習單之科學本質向度反應發現，對照組學生在學業分組下，暫時性、驗證性兩個向度的科學本質觀達顯著水準，且高分組優於低分組；實驗組學生在學業分組下，持久性、暫時性、驗證性三個向度的科學本質觀均未達顯著性。顯示採用實驗組的小組討論、分享，對所有學生的暫時性、驗證性科學本質觀都能獲得良好的學習效果，而對照組僅對高學業成就學生有良好的科學本質學習效果，相較之下，社會建構教學法對多數學生（高、低學業就學生）科學本質觀學習有較佳的學習效果。對照組中暫時性科學本質觀達顯著水準，單元二顯著優於單元一；實驗組中暫時性科學本質觀達顯著水準，單元二、三、四顯著優於單元一。由此可知，不論實驗組或對照組，暫時性科學本質觀均有明顯的進步，與巫俊明（2002）提出「以歷史取向的形式來呈現科學，可以幫助學生瞭解科學理論是如何誕生、發展與改變，有助於學生瞭解科學知識的暫時性」相同，科學本質融入科學史課程有助於提升學生學生的暫時性科學本質。

第二節 建議

本節針對社會建構取向之科學本質融入科學史課程設計，提出下列建議，期盼能提供教學者與後續研究者參考。應用社會建構教學，透過課堂上的討論、發表，對所有學生科學概念的建構有良好的學習效果，尤其是高學業成就學生運用此法能將習得的概念保留內化。科學本質觀的改變不容易，想要徹底改變學生根深柢固的科學本質觀，透過個人與教室環境互動，進行社會建構確實是一個有效的方法，但教師必需讓學生在課堂上有充分的時間互相分享、溝通，方能彰顯社會建構的功效。學生對「科學本質觀融入科學史」的教材反應熱烈，與邱明富與高慧蓮（2004, 2006）的研究科學史融入科學教

學結果相同，都顯示科學史融入教學能夠提昇學生對科學本質的理解並增進科學學習的興趣，教師可多採用一些科學本質觀融入科學史教材來提升學生的學習意願。



參考文獻

- 丁嘉琦（1999）。花蓮縣國小教師科學本質觀點之研究。國立花蓮師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，花蓮。
- 王美芬、熊召弟（1995）。國民小學自然科教材教法。台北市：心理。
- 王夕堯、江武雄和郭重吉（1995）：中學數理教師在職進修課程設計之行動研究。第一屆數理教學及師資培育學術研討會。
- 巫俊明（1997）。科學史事例對學生科學本質的了解、科學態度、及物理學科成績之影響，載於中華民國第十三屆科學教育學術研討會—會議手冊及短篇論文彙編（頁559-565）。臺北市：國立臺灣師範大學。
- 巫俊明（2002）。運用科學史增進學生對於科學本質的了解。國教世紀，199，61-68。
- 林兆聖（2003）。以原子發現科學史融入教學對學生科學本質觀影響之研究。國立高雄師範大學碩士論文，未出版，高雄市。
- 周建和（2003）。動手做科學大師—幫伽利略設計真空力實驗。載於呂維理主編，2003物理教學及示範研討會論文集。高雄：海軍官校。
- 邱明富、高慧蓮(2004)。科學史融入教學以提昇國小學童科學本質觀之研究。國立台北師範學院學報，17，183-214。
- 邱明富、高慧蓮(2006)。科學史融入教學對國小學童科學本質觀影響之探究。科學教育學刊，14，163-187。
- 洪振方（1998）。科學教學的另類選擇：融入科學史的教學，屏師科學教育，7，2-10。
- 郭博嵐（2005）。國小在職教師對九年一貫科學本質能力指標了解之詮釋性研究。國立花蓮師範學院國民教育研究所論文，未出版，花蓮。
- 鄭子善（2000）。科學故事課程設計之行動研究—以燃燒現象發展史為例。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮。
- 劉聖忠(2007)。國小科學本質能力指標之詮釋。第 1973 期「科學探究暨科學本質能力指標教學」研習資料。台北縣：國家教育研究院籌備處。
- 教育部（2008）。國民中小學九年一貫課程綱要—自然與生活科技學習領域。台北市：教育部。
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses

- on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 295-317.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- Brush, S. G. (1989). History of science and science education. *Interchange*, 20(2), 60-70.
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15, 463-494.
- Cobern, W. W. (1993). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. In K. Tobin(ed.), *The practice of constructivism in science education*, (pp. 39-50). Hillsdale, NJ: LEA.
- Collette, A. T. & Chiappetta, E. L.(1989). Science instruction in the middle and Secondary school. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Company.
- Dawkins, K. R., & Vitale, M. R. (1999, April). *Using historical cases to change teachers' understandings and practices related to the nature of science*. Paper presented to the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.
- Forawi, S. S. (1996). The effects of the interaction of teachers' understanding of the nature of science, instructional strategy, and textbook on students' understanding of the nature of science [CD-ROM]. Abstract from: ProQuest: Dissertation Abstracts Item: 9621877.
- Garrison, J. W., & Lawwill, R. S. (1993). Democratic science teaching: A role for the history of science. *Interchange*, 24(1 & 2), 29-39.
- Geelan, D. R. (1997). Epistemological anarchy and the many forms of constructivism. *Science & Education*, 6, 15-28.
- Gergen, K. J. (1995). Social construction and the educational process. *Constructivism in Education*, (pp. 17-39). Hillsdale, NJ: LEA.
- Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84, 5-26.
- Kauffman, G. B.(1991). History in the chemistry curriculum. In M. R. Matthews (ed.). *History, Philosophy, and Science teaching: Selected Readings* (pp.185-200). New York: Teachers College Press.

- 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.
- Kimball, M. E. (1967). Understanding the Nature of Science: A Comparison of Scientists and Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 5(2), 110-120.
- Klein, M. (1972). Use and abuse of historical teaching in teaching physics. In S. Brush & A. King (Eds.). *History in the teaching of physics* (p. 13). Hanover, NH: University Press of New England.
- Lederman, N. G. (1986). Students' and teachers' understanding of the nature of science: A reassessment. *School Science and Mathematics*, 86(2), 91-99.
- 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.
- Lederman, N. G. (1995). Translation and transformation of teacher's understanding of the nature of science into classroom practice. (ERIC Document Reproduction Service No. ED382474)
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2004). Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher*, 71(9), 36 – 39.
- Lederman, N. G., & Zeidler, D. L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior? *Science Education*, 70(5), 721-734.
- Leite, L. (2002). History of science in science education: Development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, 11, 333-359.
- Lieu, S. C.(1997). *Teacher understanding of the nature of science and its impact on student learning about the nature of science in STS / Constructivist classrooms*. Unpublished doctoral dissertation, University of Iowa.
- McDonald, D. (1989). Teaching science for understanding: Implications of spontaneous concepts and the history of science. ERIC: ED314251.
- National Assessment of Education Progress (NAEP). (1989). National Assessment Science Objectives-1990 assessment.
- National Science Teachers Association (1982). Science-Technology-Society: Science education for the 1980'. Washington, D. C.: Author.
- Rubba, P. A. & Andersen, H. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), 449-458.

- Schecker, H. P. (1992). The paradigmatic change in mechanics: Implication of historical processes for physics education, *Science & Education*, 1(1), 71-76.
- Showalter, V. (1974). What is unified science education? Program objectives and scientific literacy. *Prism II*, 2, 1-6.
- Solomon, R. J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- Solomon, J., Duveen, J., Scott, L., & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421.
- Souque, J. P. (1987). Science education and textbook science. *Canadian Journal of Education*, 12(1), 74-86.
- Steiner, R. (1976). Humanizing chemistry through its history. *School Science and Mathematics*, 76(1), 33-40.
- Tao, P. K. (2002). A study of students' focal awareness when studying science stories designed for fostering understanding of the nature of science. *Research in Science Education*, 32(1), 97-120.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. E. Hanfmann & G. Vaker (Trans). Cambridge, Mass: MIT Press.
- Vygotsky, L. S. (1986) *Thought and Language*. Translation newly revised & edited by Alex Kozulin. Cambridge, Mass: The MIT Press.
- von Glaserfeld, E. (1995). A Constructivist Approach to Teaching. *Constructivism in Education*, pp. 3-15.
- Wandersee, J. W., & Roach, L. M. (1998). Interactive historical vignettes. In J.J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding: A human constructivist view* (pp. 218-306). San Diego, CA : Academic Press.

附 錄

附錄一：單元成就測驗內容細目表

單元成就測驗內容細目表

科學概念	題目									
主題一：色光	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1、透鏡折射光線概念	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
2、色散概念	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>							
3、色光混合概念						<input type="radio"/>				
主題二：物質組成	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1、物質由微粒組成概念	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
2、原子學說		<input type="radio"/>								
主題三：原子結構	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1、組成原子的粒子特性	<input type="radio"/>									
2、原子模型				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
主題四：燃燒	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1、燃素說	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>						
2、氧化說	189		<input type="radio"/>							
3、質量守恒定律								<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

附錄二：單元成就測驗

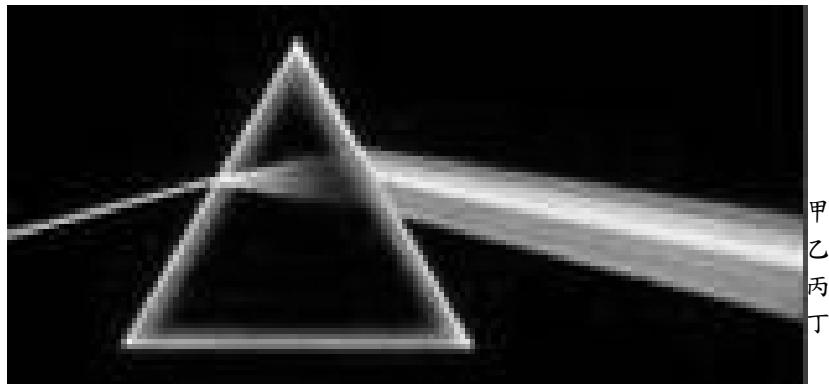
單元成就測驗《範例》

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

主題一：色光

2、由於不同顏色的光在三稜鏡中折射的角度也不同，白光通過三稜鏡會被折射形成紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫七彩色光，此即色散。請問下圖何者為紫色之折射光？

- (A)甲
- (B)乙
- (C)丙
- (D)丁



主題二：物質的組成

11、下列哲學家的推論，何者最接近現今的科學理論？

- (A)安那扎戈拉斯把物質一直切半分割，這種切半的過程可以永無止境，推論物質的組成成分無限小。
- (B)莊周認為短木棍，每天分割一半，就算是經過億萬年也分割不完，推論組成木材的成分就是無限小的木材。
- (C)泰勒斯由大海孕育一切，推論一切物質由水組成。
- (D)留基伯把物質一直切半分割，分割過程進行到最後，會有一個極限，這個極限就是原子，推論物質都是由不可再分割的原子所組成。

主題三：原子結構

21、下列關於科學家對原子結構的貢獻，何者最晚被發現？

- (A)湯姆生發現電子
- (B)拉塞福推斷質子的存在
- (C)查兒克發現中子
- (D)波爾提出原子說

主題四：燃燒

31、關於史塔爾的燃素說理論，下列敘述何者正確？

- (A)所有可燃的物體都含有燃素。
- (B)在燃燒過程中，物體吸收空氣中的燃素。
- (C)金屬生鏽時，則吸收空氣中的燃素，重量變重。
- (D)空氣中的燃素較多物質容易燃燒，空氣中的燃素較少物質不容易燃燒。

附錄三：科學本質觀量表

科學本質觀量表

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！答案沒有對或錯，請圈選題目右側指標（1,2,3,4,5）來代表你對以下陳述的意見。謝謝！

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____ 性別：_____

題 目	你的同意程度				
	非常 不 同 意	不 同 意	沒 意 見	同 意	非 常 同 意
1、做實驗是確定一個科學想法對不對的好方法。	1	2	3	4	5
2、科學強調可以重覆做同樣的科學實驗以確定實驗的結果是一致且正確的。	1	2	3	4	5
3、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。	1	2	3	4	5
4、當現有的科學理論無法解釋「實驗數據與資料」或「新發現的科學事實」，科學理論可能會被推翻。	1	2	3	4	5
5、科學傾向於可試驗性，但有些科學現象無法在短時間內進行科學實驗並得到結果（如，動物的演化）。	1	2	3	4	5
6、科學的發展需要靠許多不同科學領域的整合與累積發現才能有所突破。	1	2	3	4	5
7、當現有的科學理論與實驗數據相違背時，眼見為憑，應選擇相信實驗數據。	1	2	3	4	5
8、當代科學家所認可的科學知識，不容易被推翻。	1	2	3	4	5
9、當新的科學想法產生並挑戰現存的科學知識時，科學家往往選擇相信現有科學知識，拒絕接受新的科學想法。	1	2	3	4	5
10、大部分重要的科學理論是經過許多實驗及觀察的確認，這些理論在未來不會產生太大的改變。	1	2	3	4	5
11、科學的理論歷經許多科學家的重複驗證而存在，因此是有恆常性的。	1	2	3	4	5
12、隨著實驗數據與資料的增多，科學理論會更精確與完整，並不是被否定。	1	2	3	4	5
13、今天所知的科學問題之答案，有可能十年後會有不同。	1	2	3	4	5
14、在科學中，有一些「現在的科學想法」跟「過去科學家的想法」是不一樣。	1	2	3	4	5
15、理化課本中的科學知識有的會隨時間的改變而被修正或改變。	1	2	3	4	5
16、懷疑現有的科學理論是科學不斷進展的原動力。	1	2	3	4	5
17、科學的知識與理論會隨著科技的進步而更新。	1	2	3	4	5
18、科學研究當面臨革命性的改變，舊的理論會被新的理論修改或取代。	1	2	3	4	5
19、因為科學的進步並非一蹴可及，而是逐漸累積許多過去已存在的理論過程，進而形成現今的科學。	1	2	3	4	5

附錄四：科學本質觀因子成份分析

題目	科學本質觀概念成份		
	驗證性	持久性	暫時性
1、做 <u>實驗</u> 是確定一個科學想法對不對的好方法。	.65		
2、科學強調可以 <u>重覆</u> 做同樣的科學 <u>實驗</u> 以確定 <u>實驗</u> 的結果是一致且正確的。	.60		
3、對於科學的問題而言，一個好的答案通常是 <u>根據許多不同科學實驗</u> 所得到的證據而來的。	.71		
4、當現有的科學理論 <u>無法解釋「實驗數據與資料」或「新發現的科學事實」</u> ，科學理論可能會被推翻。	.43		
5、科學傾向於可試驗性，但有些科學現象無法在短時間內進行科學實驗並得到結果(如，動物的演化)。	.66		
6、科學的發展需要靠許多不同科學領域的整合與累積發現才能有所突破。	.70		
7、當現有的科學理論與 <u>實驗數據</u> 相違背時，眼見為憑，應選擇相信 <u>實驗數據</u> 。	.62		
8、當代科學家所認可的科學知識，不容易被推翻。	.62		
9、當新的科學想法產生並挑戰現存的科學知識時，科學家往往選擇相信現有科學知識，拒絕接受新的科學想法。	.55		
10、大部分重要的科學理論是經過許多 <u>實驗及觀察</u> 的確認，這些理論在未來不會產生太大的改變。	.70		
11、科學的理論歷經許多科學家的重複驗證而存在，因此是有恆常性的。	.52		
12、隨著 <u>實驗數據與資料</u> 的增多，科學理論會更精確與完整，並不是被否定。	.45		
13、今天所知的科學問題之答案，有可能十年後會有不同。	.54		
14、在科學中，有一些「現在的科學想法」跟「過去科學家的想法」是不一樣。	.38		
15、理化課本中的科學知識有的會隨時間的改變而被修正或改變。	.47		
16、懷疑現有的科學理論是科學不斷進展的原動力。	.75		
17、科學的知識與理論會隨著科技的進步而更新。	.68		
18、科學研究當面臨革命性的改變，舊的理論會被新的理論修改或取代。	.47		
19、因為科學的進步並非一蹴可及，而是逐漸累積許多過去已存在的理論過程，進而形成現今的科學。	.73		

所有成份皆在 0.3 以上。

色光的故事《範例》

太陽光（白光）是否為單一顏色、不能夠再分解的光呢？這個問題從古希臘的科學家就一直爭論到現代，直到現在，大家對光的性質都沒有完整的瞭解，下面是幾位科學家對色光看法。

亞里斯多德（西元前 384-322）認為黑色光和白色光可以組合成各種顏色的光，而且顏色是物質的基本性質之一。

然而笛卡爾（1596-1650）觀察太陽光穿過古老教堂門窗上的彩色玻璃時，之所以會變得五顏六色，就好像是白色的衣服放入不同染料的溶液裡被染上了顏色一般。因此，從亞里斯多德到笛卡爾，將近兩千年期間都認為白光是單一顏色的光，是純潔的、均勻的。

牛頓(1642-1727)27 歲那年，擔任英國劍橋大學教授，在劍橋郡每年舉行一次的史橋祭的慶典，他在夜市看到有賣玩具三稜鏡，一口氣就買了三個，開始研究色散現象。

在《光學》一書中描述了他最初做的光學實驗的過程：「把我的房間弄暗，在我的窗板上開一個小孔，以便適量的太陽光射入室內，就在入口處安置我的稜鏡，光通過稜鏡折射達到對面的牆上。」牛頓發現牆上有『長方形的彩色的光帶』，他意識到這些色彩（紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫）就是組成白色太陽光的原始光色。

牛頓又構思了另一個重要的實驗：「我用兩塊木板，兩個三稜鏡，進行白光折射。」第一塊稜鏡將白光色散成紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫七色彩，控制其中一種顏色的光線（如紅光）經二塊木板上的小孔，到達第二塊稜鏡，再把紅光折射到牆上。牛頓發現白色的光線通過窗板上的小孔，通過第一個稜鏡時被分解成不同顏色的光線，接著，讓這束彩色光線通過第二塊稜鏡，第二塊稜鏡沒有再次把光線分解成更多的顏色。而且在第一塊稜鏡上被折射得最厲害的藍光，在第二塊稜鏡上也受到最大的折射，紅光在這兩塊稜鏡上都被折射得最少。這說明白光本身是由折射程度不同的各種彩色光所組成的非均勻的混合體。

緊接著，牛頓又做了另一個實驗，後來他稱這個實驗為『關鍵實驗』(experimentum crucis)，用一塊大的透鏡把經過稜鏡折射後的光整個光譜收集起來。牛頓發現它們會重新聚成白光。這樣，牛頓就通過實驗完成了一個完整的科學認識過程，即把白光分解為不可再分解的單色光，又從這些單色光組成白光。

牛頓的結論對當時盛行的權威觀點都是個猛烈的衝擊，在接來的四年中，《哲學會報》每個月都刊登人們對光學的不休爭論，共有 10 篇文章犀利地批判了牛頓的觀點，而牛頓則一共發表了 11 篇文章捍衛自己的立場。英國皇家學會的實驗負責人虎克（1635-1703）宣稱早就完成了和牛頓完全一樣的實驗，而且重複了上百次。他認為牛頓的論點不過是個“假設”，他會很樂意看到牛頓先生的“關鍵實驗”能令他改變觀點，但遺憾的是，牛頓並沒有做到這一點。虎克堅持認為白光原本是純潔無色的，在經過稜鏡才被附加上顏色的，就像管風琴或者小提琴的震動給空氣附加上聲音一樣。也有人認為牆上被拉長的圖像可以被解釋成是光線來自於太陽表面的不同部分的緣故；混合不同顏色的光線結果也不是白色光，而是一團模糊的暗色。

上述的言論激怒了牛頓，尤其是“假設”這個詞，牛頓認為虎克拒絕接受“關鍵實驗”是毫無理由的，為此牛頓寫了一封長信給奧登伯格，信中描述牛頓還考慮到水泡和氣泡的現象，和稜鏡一樣能產生七彩顏色。為了駁斥虎克的觀點，他建議用顯微鏡觀察；他還用更加準確的語言來區分單色光和複合的白色光。牛頓在信中寫到，有很多種混

合、配製顏色的方法，可以生成白色或者灰色。如「這和給陀螺上色是同樣的道理，給陀螺塗上一條一條的不同顏色，陀螺轉起來時，就會呈現出一種很模糊、看上去很髒的顏色。」牛頓所寫的一切，都是為了表達他的一個觀點，光學是一門數學科學，是嚴格而精確的，光學研究依靠自然法則和數學證明。

對牛頓最具攻擊力的是荷蘭數學家、天文學家克里斯琴·惠更斯，他寫信給奧登伯格質疑牛頓的“假設”，他的行為引起了牛頓的憤怒，更令牛頓惱怒的是，一些他沒發現的細小錯誤被惠更斯抓住了。惠更斯指出，不必將所有的顏色都混在一起也能生成白色。兩種顏色的光混在一起，也能呈現出白色，比如說藍色和黃色。

在牛頓加入皇家學會 15 個月後，牛頓宣布他希望退出，不僅僅是從這個組織，而且不再和任何人進行學術交流。奧登伯格請求牛頓重新考慮他做出的決定，建議免除牛頓的會費，並向牛頓保證皇家學會尊敬、愛戴他。一些會員對他的批評可能是“不適當的”，但是這些批評都是溫和的。牛頓又給奧登伯格寫了一封回信，表示說：「我已經不把你所說的不適宜言論放在心上了，請你不要見怪。」但是…從此有兩年多的時間，奧登伯格沒有收到牛頓的一點消息。

現在的科學家們都以紅、綠、藍為光的三原色，混合之後即可組成白光，加入各種光的亮度愈明亮，合成光線愈接近白光。而且，色料三原色為青、洋紅、黃，混合之後變成黑色，加入各種顏色顏料愈多，合成顏色愈深，愈接近黑色。混光與混色，兩者混合的原理不相同。



附錄七：單元主題相依科學本質學習單

學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

一、從色光的故事中，請舉出兩個科學理論或想法符合“持久性”的描述。

1、

2、

二、從色光的故事中，請舉出兩個科學理論或想法符合“暫時性”的描述。

1、

2、

三、從色光的故事中，請舉出兩個科學理論或想法符合“驗證性”的描述。

1、

2、

學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

一、從物質組成的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“持久性”特質描述。

1、

2、

二、從物質組成的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“暫時性”特質的描述。

1、

2、

三、從物質組成的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家的科學理論或想法符合“驗證性”特質的描述。

1、

2、

學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

一、從原子模型的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“持久性”特質描述。

1、

2、

二、從原子模型的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“暫時性”特質的描述。

1、

2、

三、從原子模型的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家的科學理論或想法符合“驗證性”特質的描述。

1、

2、

學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

一、從燃燒的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“持久性”特質描述。

1、

2、

二、從燃燒的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“暫時性”特質的描述。

1、

2、

三、從燃燒的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家的科學理論或想法符合“驗證性”特質的描述。

1、

2、

附錄八：單元主題相依科學本質學習單編碼對照表

單元一 色光的故事

Q1：從色光的故事中，請舉出兩個科學理論或想法符合“持久性”的描述。

分數

評分內容

1. 任何人提出的一個理論，是很難去推翻的，像笛卡爾提出「光是被汙染的」，此想法延續了二千多年才被推翻，從惠更斯到現在的科學家，都以2種或3種顏色的生組成白光
2. 笛卡爾的理論持續了2000多年才被牛頓推翻
3. 將近兩千年期間都認為白光是單一顏色的光
4. 從剛開始亞里斯多德認為黑色光和白色光可以組成各種顏色的光，…一直到惠更斯指出，不必將所有顏色混在一起，也能成白色
5. 牛頓「單色光組成白光」的理論沒有被推翻
6. 牛頓的理論雖然有被修改，但並沒有被推翻
7. 牛頓的理論至今仍有人認同
8. 炯炯有神，現在還有人認同（課堂上補充之眼睛射出光線的迷思概念，至今仍存）
-
1. 亞里斯多德「黑、白可混成所有顏色」（黑色光和白色光可以組合成各種顏色的光）
2. 紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫是組成白色太陽光的原始光色（牛頓彩色光是組成白色太陽光的原始色光）（牛頓「白光是七色光組成」）（白光由彩色光所組成）（七彩的顏色光可以成為白色光）
3. 牛頓說明白光本身是由折射程度不同的各彩色光所組成的非均勻的混合體（白光可分解成色光）
4. 加入各種色光的亮度愈明亮，愈接近白光
5. 惠更斯認為兩種對比顏色的光即可組成白色光（不必將所有的顏色光都混在一起，也能產生白色光）（紅、綠、藍也可組成為白色光）（R、G、B可組成白光）
6. 色料三原色為青、洋紅、黃，混合成黑色
7. 笛卡爾認為白光是單一顏色的光，是純潔的、均勻的
-
1. 僅寫出科學家的姓名，未提到科學理論，如牛頓的七彩色光理論（亞里斯多德的理論）
1. 2. 未具體提到科學理論，如牛頓的想法沒有被推翻（牛頓的理論沒被虎克推翻）（牛頓的理論一直被拒絕）
-
1. 僅知何謂持久性，如科學知識不容易被推翻（新的科學想法常被推拒絕）（至今的科學家還同意上述科學家的理論）
2. 較接近累積性，如任何想法都可能是為後來的證實做一個延伸，一個構想，像牛頓及惠更斯
0. 3. 較接近驗證性，如牛頓的關鍵實驗，透過棱鏡折射後的整個光譜收集起來（水泡和氣泡可以反射成七彩顏色的光）（牛頓三稜鏡實驗）（牛頓色盤實驗）（牛頓的關鍵實驗）（牛頓光的色散）（牛頓說白光通過三稜鏡，射出七彩光）（給陀螺塗一條一不同的顏色，陀螺轉起來，會出現很鮮的顏色）（牛頓發現牆上有長方形的彩色光帶）（觀察太陽光穿過古老教堂門窗上的彩色玻璃時，之所以會變得五顏六色）

- 4.回答與持久性無關，光的色散
- 5.過度簡化導致錯誤概念，如紅、橙、黃、綠、藍光組成白色光
- 6.空白

Q2：從色光的故事中，請舉出兩個科學理論或想法符合“暫時性”的描述。

分數

評分內容

- 1.牛頓認為要七種顏色光才能組合成白色光，而惠更斯則指出，只要兩種顏色（如黃色和藍色）就可組合成白色光
- 2.惠更斯說明不必將所有顏色加在一起也能生成白色，抓到了牛頓實驗的小錯誤
- 3.牛頓認為將所有的顏色混在一起，不是黑色，是一種麟麟的顏色，沒有多久，惠更斯指出，不一定要將所有顏色混在一起也能成白色
- 4.從亞里斯多德到笛卡爾的時間都認為白光是單一顏色的光，後來牛頓用實驗去推翻它，因此知道科學知識是可以改變的
- 2
5.像牛頓、惠更斯的理論，不一定全是正確的，“暫時”被人們所接受，但還是有機會修改的可能
- 6.說不定到後來，理論會重新的顛覆人們的想像，沒有一定正確的理論
- 7.牛頓的「關鍵實驗」的理論被惠更斯推翻了
- 8.牛頓的泡泡理論被被惠更斯推翻了
- 9.曾經有段時間都認為白光是均勻、純潔的

1.5

- 1.牛頓的七彩色盤被推翻
- 2.惠更斯推翻了牛頓的一些實驗（牛頓之理論被惠更斯推翻）（牛頓推翻虎克的理論）（牛頓推翻笛卡爾的理論）
- 3.牛頓的理論不一定對

1

- 1.牛頓的理論只是暫時的
僅提出被推翻的理論：
- 2.太陽光會被彩色玻璃染色（虎克認為白光是純潔光，只是稜鏡把它附加顏色）
- 3.亞里斯多德認為黑色光和白色光可以組合成各種顏色的光（白光是單一顏色的光）（光是純潔的、均勻的）
- 4.白色光必需由彩色紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫七彩色光所組成（牛頓的色盤）
- 5.不同顏色的光來自於太陽不同表面

0

- 1.僅知何謂暫時性，如科學知識是可改變（科學知識具有暫時性）（盡管科學的知識是經久性的，但它有暫時性的特性）（不斷進展性，科學知識是暫時的，因為其不斷進展）
- 2.較接近持久性，如將近兩千年期間都認為白光是單一顏色的光，是純潔的、均勻的（笛卡爾將近二千年認為白光是單一顏色的光）（科學家們都以紅、綠、藍為光的三原色，混合之後即可組成白光）（兩種顏色的光混在一起也呈現白色）（單色光組成白光）（白光本身是由折射程度不同的各種彩色光所組成）
- 3.較接近驗證性，如牛頓認為水泡、氣泡的現象，和稜鏡一樣能產生七彩顏色（混合不同顏色光線，結果也不是白光，而是一團模糊的暗色）（白光分解為不可再分解的單色光，又從這些單色光組成白光）
- 4.較接近科學知識必須經常面對質疑，如虎克罵牛頓的理論是假設（虎克反嗆牛頓）

- 的關鍵實驗)(牛頓的理論被惠更斯提出疑問)(牛頓所提出的理論，不被當時的人接受)(亞里斯多德的說法遭到後人質疑)(牛頓的說法受到很多人批評)
5. 同時期之競爭理論，並沒有共識，如虎克說白光本是純潔無色，駁斥了牛頓的觀點
 6. 錯誤描述，如惠更斯推翻了部分虎克理論(虎克推翻了牛頓的理論)(惠更斯發現紅、藍、綠可組成白光)(單一顏色的光是純潔的、均勻的)(光是單一顏色的光)
 7. 空白

Q3：從色光的故事中，請舉出兩個科學理論或想法符合“驗證性”的描述。

分數

評分內容

1. 牛頓把白光透過三稜鏡分成七彩，再透過三稜鏡變回白光 (牛頓以一個稜鏡分解白光，再用第二個稜鏡收集色光)
 2. 牛頓三稜鏡色散出七種顏色 (太陽光射入室內，光通過稜鏡折射出七彩的光) (牛頓用三鏡證明白光是由七色光組成) (牛頓用三稜鏡證明紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫光可組成白光) (用稜鏡、木板驗證出自光本身是由折射程度不同各色所組成的非均勻混合體)
 3. 牛頓創造牛頓色盤來驗證七色光能組成白光 (牛頓用色盤證明光的組成)
 - 2 4. 惠更斯重覆牛頓的實驗並找出錯誤 (惠更斯：陀螺兩種顏色的光混在一起，也能呈現出白色)
 5. 牛頓以三稜鏡來證明他的理論 (牛頓以泡泡來證明自己的想法) (牛頓提出水泡和氣泡能產生七彩顏色)
 6. 笛卡爾觀察太陽光穿過古老教堂門窗上的彩色玻璃時，之所以會變得五顏六色，認為白光是單一顏色的光，是純潔的、均勻的。
 7. 水泡和氣泡的現象，和稜鏡一樣能產生七彩色光
-
1. 牛頓給陀螺上色來驗證他的觀點(把陀螺塗上不同的顏色，快速轉動會出一種
麟麟的顏色)
 2. 光透過稜鏡折射到對面牆上
 3. 用2塊木板，2個三稜鏡，進行白光折射
 - 1.5 4. 在窗板上開一個小洞，陽光照入室內，就在入口處安置稜鏡，光透過稜鏡折射
到對面牆上
 5. 牛頓用三稜鏡驗證光的色彩(牛頓用稜鏡提出色散)
 6. 惠更斯以實驗批評牛頓

僅提到觀察或實驗：

1. 笛卡爾觀察彩色玻璃(笛卡爾看到光照入教堂的彩色玻璃會產生五顏六色)(牛頓觀察色彩繽紛的氣泡)
2. 惠更斯實驗驗證牛頓的理論
- 1 3. 牛頓三稜鏡實驗(牛頓用三稜鏡做色光的實驗)(牛頓的稜鏡「關鍵實驗」)(牛頓的色盤實驗)(混合不同顏色光線，結果也不是白光，而是一團模糊的暗色)(光的色散) (給陀螺塗上一條一條的不同顏色)
4. 科學家與實驗引用配對錯誤，如亞里斯多德用黑色和白色可以組成不同顏色的光

1. 僅知何謂驗證性，如科學是可測試的(證據對科學而言是重要的)(科學家會試著驗證和盡量避免錯誤)(科學知識具有可驗證性)
2. 僅提到某科學理論，如說明白光本身是折射程度不同的各種色光所組成(紅、綠、藍為光的三原色)(彩色光是組成白太陽光的原始色)(兩種顏色的光混在一起，也能呈現白色)(加入各種色光的亮度愈明亮，合成光線愈接近白光)(色料三原色為青、洋紅、黃，混合之後變成黑色)
3. 僅提到實驗結論，如把白色光分解為不可再分解的單色光，又從這些單色光組成白色(惠更斯色光的組合)
4. 錯誤引用：用顯微鏡看光(虎克用顯微鏡看光)【牛頓建議用顯微來看光以解決爭議】，虎克重複了上百次實驗才提出理論(虎克實驗牛頓之理論)【虎克宣稱早就完成了牛頓的關鍵實驗】，惠更斯相信白光可以成為七彩【藍與黃光即可組成白光】
- 0 5. 較接近科學知識必須經常面對質疑，如牛頓的關鍵實驗被許多科學家質疑(惠更斯反駁牛頓，質疑牛頓的“假設”)
6. 較接近暫時性，如惠更斯修正了牛頓理論的錯誤
7. 過度簡化：色光實驗(關鍵實驗)(水泡、氣泡現象觀察)(牛頓色盤)(白光的純潔)(牛頓色光)
8. 空白



單元二 物質組成的故事

Q1：從物質組成的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“持久性”特質描述。

分數

評分內容

- | | |
|-----|--|
| 1. | 經兩千多年，直到中世紀許多學者依然相信「物質由地、水、火、風這四種特元素組合而成」(<u>安那札戈拉斯</u> 到 <u>亞里士多德</u> 都相信地、水、火、風組成物質)(<u>柏拉圖</u> 和 <u>亞里士多德</u> 提出的看法，歷經了兩千多年，許多學者仍都相信這個理論) |
| 2. | 西元前五百年~西元前四百年，中西方的科學家都認為，一個物體可以無限切割(<u>莊周</u> 的木頭切割實驗，經過了一千多年，現代也都認同) |
| 2 | 3. 從 <u>留基伯</u> 到 <u>道爾吞</u> ，所提出的原子說一直延續下去，不會產生太大的改變(<u>留基伯</u> 提出原子到現在也沒被推翻)
4. <u>道爾吞</u> 指出了定量原子，一直延用至今
5. <u>安匹都可勒</u> 、 <u>亞里士多德</u> 的理論直到 2000 多年後才被推翻
6. <u>安那札戈拉斯</u> 、 <u>莊周</u> 的理論約經過 200 多年才被推翻 |
| 1.5 | 1. <u>道爾吞</u> 指出相同元素原子的性質、質量相同
2. 原子是構成世上萬物最微小、堅硬、不可侵入、不可分割的粒子
3. 物質分割至極限時，這叫原子
4. <u>道爾吞</u> 提出化合物由不同元素的原子以簡單數目比例結合
5. 原子在所有化學變化中均保有自己獨特的特質
6. <u>安那札戈拉斯</u> 認為東西可以永無止境地切半(切幾億年都切不完)
7. 把物體一分為二，它變得更小，但仍然是同一種物體
8. 氣體由微粒組成 |
| 1 | 1. 僅寫出科學家姓名，如 <u>安匹都可勒</u> 的學說，我們相信了 2000 年(<u>安匹都可勒</u> 的看法)(<u>道爾吞</u> 的想法)(<u>德莫克</u> 的想法)
2. <u>波義耳</u> 發現氣體的微粒之間空隙極大的理論
3. 未說明因典範遷移困難造成，如 <u>留基伯</u> 的理論初時不被認同
4. 無法計算持續了 500 年，如 <u>安那札戈拉斯</u> 提出東西切半的過程可以永無止境，持續了 500 年 |
| 0 | 1. 僅知何謂持久性，如不容易被推翻(可以持續一段時間)
2. 較接近驗證性，如 <u>波義耳</u> 發現氣體的微粒之間空隙極大，其體積才可能因壓縮而變小(<u>安那札戈拉斯</u> 物體無限分割實驗)(<u>莊周</u> 切木實驗)
3. 較接近暫時性，如從莊子的說法被 <u>泰勒斯</u> 推翻(<u>道爾吞</u> 也將希臘思辨的原子論改成了定量的化學原子)(<u>柏拉圖</u> 和 <u>亞里士多德</u> 綜合了 <u>安匹都可勒</u> 的說法(物質都是由地水火風四元素組成)和自己對物和宇宙如何構成的看法)(首先是由地、水、火、風組成，後來變成地、水、火、風、熱、乾、冰、濕組成)(<u>道爾吞</u> 的實驗持續到現在)(<u>波義耳</u> 的實驗持續到現在)
4. 氢原子量 1，測得水由 1 份 H 和 8 份 O 化合
5. 這八種元素可以持續很久
6. 太陽光是否為單一顏色，不能夠再分解了嗎？【前一單元主題】
7. <u>牛頓</u> 提出地球引力【概念雖對，但非本教學單元主題】
8. 空白 |

Q2：從物質組成的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“暫時性”特質的描述。

分數	評分內容
	<ol style="list-style-type: none">1. <u>波義耳</u>重新確立了原子不可分割的質點學說，否決了<u>安那扎戈拉斯</u>、<u>亞里斯多德</u>的物質由地、水、風、火組成2. <u>道耳吞</u>將希臘思辨的原子論改成定量的化學原子論3. <u>留基伯</u>提出與「一個物體可無限次切割」不同的看法，切割到最後一定有極限，這個極限就是原子(<u>留基伯</u>提出與<u>亞里斯多德</u>不一樣的看法)
2	<ol style="list-style-type: none">4. <u>安匹都可勒</u>、<u>亞里士多德</u>的理論被<u>波義耳</u>否決5. <u>安那扎戈拉斯</u>到<u>留基伯</u>，物質可無限分割變成分割過程進行到最後，必有一個極限6. <u>泰勒斯</u>到<u>亞里斯多德</u>，水是組成質的基礎變成地、水、風、火組成物質7. 從<u>安那扎戈拉斯</u>到<u>道耳吞</u>的理論是一直在改變，沒有一定完全正確的
1.5	<ol style="list-style-type: none">1. <u>安那扎戈拉斯</u>、<u>莊周</u>的結論被後人推翻(<u>安那扎戈拉斯</u>看法被推翻)(<u>莊子</u>無限分割學說被推翻)(<u>莊周</u>看法被推翻)2. <u>留基伯</u>的原子被修正3. <u>亞里士多德</u>到<u>波義耳</u>的理論4. <u>泰勒斯</u>到<u>亞里士多德</u>的理論5. <u>波義爾</u>否定了<u>亞里士多德</u>的看法
1	<ol style="list-style-type: none">1. 僅提出被推翻的理論，如(原本認為天地萬物是由四種元素組成)(原本認為東西可以一直切)(<u>泰勒斯</u>提倡水是一切物質的組成)(<u>安匹都可勒</u>提出物質都是由地、水、火、風四種元素所組成的觀念)(<u>安那扎戈拉斯</u>認為東西可以永無止境地切半)(原子是世界萬物最堅硬、微小、不可切割的物質)(<u>莊周</u>認為一個物體可以做無限次數的切割)2. 原本4種元素只是暫時的(本頭切割的理論只是暫時的)3. <u>安那扎戈拉斯</u>的結論(<u>莊周</u>的說法)
0	<ol style="list-style-type: none">1. 僅知何謂暫時性，如現有的理論只是暫時的，理論會改變(科學知識是可以改變的)(新的科學想法時常拒絕)(科知識並非很容易就可推翻)2. 較接近驗證性，如<u>安那扎戈拉斯</u>物體無限分割實驗(<u>莊周</u>切木實驗)3. 回答與暫時性無關，如一些數學推理解說(DNA的形狀)4. 空白

Q3：從物質組成的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家的科學理論或想法符合“驗證性”特質的描述。

分數	評分內容
	<ol style="list-style-type: none">1. <u>道爾吞</u>經過實驗測量，提出不同元素的原子以簡單數目比例合而成，將原子論改造成定量化的原子論
2	<ol style="list-style-type: none">2. 許多人都知道，肉眼看得到的物體都可以一分為二3. <u>波義耳</u>實驗後發現，微粒之間空隙極大，其體積才能被壓縮，因此他贊同<u>留基伯</u>的原子學說(<u>波義耳</u>壓縮氣體，證明微粒子之間有極大空隙) (<u>波義耳</u>做實驗)

證明微粒之間有間隙)(波義耳對氣體由微粒所組成做了一個實驗驗證)(波義耳以氣體壓縮的實驗驗證自己的理論)(波義耳發現體積可以因壓縮而變小，確立了原子說)

4. 安那扎拉斯把一種東西一直切半分割，提出切半過程無永止境(安那扎拉斯，東西切半分割，這種切半的過程可以無永止境)(他把一東西一直切半分割，他想像的結論：這種切半的過程可以永無止境)
5. 莊周用歸納法論證一個物體可做無限次數的分割(莊周以「木頭切無數次還是木頭」理論驗證自己的理論)
6. 波義爾驗證留基伯原子不可分割的質點學說
7. 道爾吞最大的貢獻就是將原子數據化，發現了不同原子的簡單比例，驗證了他的想法
8. 實驗測量得知水是1份氫和8份氧氣化合，發現氫和氧有許多種定比方式

-
- 1.5
1. 波義耳壓縮空隙的實驗(波義耳做實驗說明原子)(氣體的微粒之間空隙極大，其體積可能因為壓縮而變小)
 2. 道爾吞做實驗說明原子性質
 3. 安那扎戈拉斯無限切割的實驗(安那扎戈拉斯切黃金來驗證)
 4. 莊子切木頭來驗證

僅提到實驗，如

1. 用顯微鏡看物體，是否由原子組成
2. 短木每天切一半，一億年後還是存在(莊周切木頭)
3. 安那扎戈拉斯切黃金(切金子，切到不能再切)
4. 氣體可壓縮(用瓶子來壓空氣)

-
- 1
1. 僅知何謂驗證性，如理論是可以證明的(證據對科學很重要)(科學知識具有可驗證性)
 2. 僅提到結果，無驗證歷程：(物質由原子組成，原子為不可分割)(波義耳確立原子不可切割的質點的學說)(化合物則由不同元素原子以簡單數目比例結合而成)(發現氣體的微粒之間空隙極大)(原子在變化中不會產生新原子，也不會消失)(道爾吞同意，提出不同元素性質不同)(物質可無限次切割)(正確化合方式為2個氫原子和1個氧原子化合，氧的原子量16)
 3. 未提到驗證：(波義耳讚同留基伯的原子學說)(留基伯的看法，分割過程進行到最後，必然有個極限)(德莫克認為，原子是構成世上萬物最微小、堅硬、不可侵入、不可分割的粒子)
 4. 較接近暫時性重新確立原子不可分割的質點學說，否決了安那扎戈拉斯和亞里斯多德的學說(道爾吞將希臘思辨的原子論改成定量的化學原子論)
 5. 前一單元主題，兩種顏色的光混在一起，也能呈現出自白光(加入各種顏色的顏料，顏色趨近於黑色)
 6. 道爾吞用數字驗證
 7. 科學家也無法證明它的存在
 8. 實驗做一做就能發現新理論
 9. 空白
-

單元三 原子的故事

Q1：從原子模型的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“持久性”特質描述。

分數

評分內容

- | | |
|-----|---|
| 2 | <ol style="list-style-type: none">1. 夸克是從十九世紀到現在分割最小的物質2. 波爾的“洋蔥理論”一直至今都認為是如此3. 到現在我們認為原子核心中的質子帶正電，外圍的電子帶負電，且兩者的帶電量相當4. <u>道爾吞</u>的原子說，經約 100 年才有新發現5. 原子由電子、質子、中子所組成的想法，到現在科學家們仍接受 |
| 1.5 | <ol style="list-style-type: none">1. <u>查兒克</u>的說法今日也被接受2. 原子不可再被分割3. 電子像葡萄乾布丁一樣，分佈在原子中4. <u>道爾吞</u>提出的原子說5. <u>查兒克</u>提出原子由電子、質子、中子組成6. 相同原子的性質、質量相同；不同原子的性質、質量也不相同7. 電子的軌道以原子核為中心的球面上旋轉，像洋聰頭，一層層剝開8. 現在認為原子核內有不帶電的粒子（中子）9. <u>蓋爾曼</u>發現質子、中子分解立種夸克，電子分解為輕子（夸克無法再切割）10. 電子只存在某些固定半徑軌道上11. <u>波爾</u>發現電子所在軌道不能夠逐漸縮小旋轉半徑12. 核心中的質子帶正電，外圍的電子帶負電 |
| 1 | <ol style="list-style-type: none">1. 原子說2. 無法找到更大能量的物質分割夸克3. 原子結構的發展 |
| 0 | <ol style="list-style-type: none">1. 僅知何謂持久性，如不容易被推翻(可以持續一段時間)2. 較接近驗證性：(<u>查兒克</u>以粒子撞原子核，產生不帶電的中性粒子，稱中子)(<u>拉塞福</u>觀察到大部分 α 粒子仍以相同方向射穿金箔，只有少數改變)3. 較接近暫時性：(以前的人認為原子是最小粒子，不可再被分割)(<u>波爾</u>修改了<u>湯姆生</u>的想法，加入自己的想法)(<u>道爾吞</u>的原子論被後人推翻)(<u>查兒克</u>提出想法被推翻)(<u>波爾</u>想出想法非永久)(科學家綜合了<u>拉塞福</u>和<u>波爾</u>的想法)4. 較接近權威：(<u>拉塞福</u>在原子結構上因具權威，在當時應多被認同)5. 【前一單元、問句】物體能無限切割(任何物體是否都可無限切割？)(最小物質是什麼？)6. 回答與持久性無關：科學精神永遠不滅7. 錯誤科學概念：原子為一個帶正電均勻球狀體8. 空白 |

Q2：從原子模型的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“暫時性”特質的描述。

分數

評分內容

1. 湯姆生否決了道爾吞原子為物質內部最小的粒子(道爾吞的原子說被湯姆生推翻)(道爾吞原子說，因原子中還有更小的粒子)
 2. 由原子結構的發展，可知科學不是一成不變的
 3. 道爾吞認為原子是一個實心球體，湯姆生則猜測原子像葡萄乾布丁一樣
 4. 道爾吞的原子內部論述，被後人提出的想法給打破
 5. 拉塞福認為原子核極遠處有一層電子，波耳則認為電子位於不同層次的軌道上
 6. 從道爾吞到查兌克，關於原子的想法與直改變
 - 2 7. 蓋爾曼又再發現更小的物質—夸克
 8. 電子的位置不斷被修正
 9. 原子的模型不斷被修正(原子結構一直在改變，還有更小的夸克、輕子等)
 10. 湯姆生的葡萄乾原子論被拉塞福修正(湯姆生的原子學說被拉塞福推翻)
 11. 拉塞福的原子論被波耳修正(波耳加強拉塞福的原子模型)
 12. 科學家綜合了拉塞福和波爾兩人的想法，稱為行星模型，電子就像太陽系中的行星一樣
-
- 1.5
1. 湯姆生的理論被拉塞福修正（湯姆生被拉塞福推翻）（拉塞福加強湯姆生的說法）
 2. 拉塞福的理論被波爾修正
 3. 夸克還有可能再分裂成更小的粒子
 4. 道爾吞得到暫時的認同（拉塞福得到暫時的認同）

僅提出被推翻的理論：

- 1
1. 道爾吞提出原子說（道爾吞認為原子為物質內部最小的粒子）（道爾吞認為原子不可再分割）
 2. 原子如桃子核
 3. 電子軌道像洋蔥頭
 4. 湯姆生猜測原子像葡萄乾布丁，電子為葡萄乾，認為電子均勻分布（湯姆生發現原子內電子存在）（湯姆生認為原子為一個帶正電的均勻球狀體）（認為原子為一個帶正電均勻球體，帶負電的電子則被均勻埋入其中）
 5. 拉塞福猜測原子內部有帶正電的核心，質量大，體積卻小（拉塞福認為原子質量全部集中原子核）（相同的原子其性質和質量相同）
 6. 原子為實心球體
 7. 夸克不可再分解（夸克是目前最小的粒子）
-

- 0
1. 較接近權威：在原子結構具有權威的拉塞福，對學生提出這樣的原子模型嗤之以鼻
 2. 較接近持久性：可以持續一段時間
 3. 較接近驗證性：湯姆生在實驗中發現東西且有幫助（拉塞福有發現新物具有幫助）
 4. 錯誤科學概念：（蓋爾曼：原子核可以再分割成更小的粒子）（可以暫時不被推翻）
 5. 回答與暫時性無關：少數會改變方向
-

6. 原子核心中的質子帶正電
7. 湯姆生以葡萄乾麵包舉例(波爾以洋蔥舉例)
8. 空白

Q3：從原子模型的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家的科學理論或想法符合“驗證性”特質的描述。

分數

- 2
1. 查兌克以粒子撞原子核，產生一種質量與質子幾乎相同的粒子—中子(查兌克以粒子撞原子核，因而發現了中子和質子)(查兌克用 α 粒子撞出中子)
 2. 道爾吞定量實驗，驗證出原子為物質內部最小的粒子
 3. 拉塞福用 α 粒子射向金箔，發現了原子核(α 粒子射向薄金箔，只有少數會改變方向，猜測原子內部有一個帶正電的核心)(拉塞福做實驗知道原子核的存在)(用 α 粒子射向金箔，觀察 α 粒子的行進方向，進而推測原子組成)
 4. 波爾透過對氫原子吸收或放射光譜線的觀察，對電子在軌道上的行徑有所發現(波爾透過對氫原子吸收或放射光譜線的觀察，他發現電子所在軌道不能夠逐漸縮小旋轉半徑)

- 1.5
1. 蓋爾曼用更大能量產生夸克
 2. 陰極射線管發現原子帶電

僅提到實驗：

- 1
1. 拉塞福進行 α 粒子射向薄金箔的實驗，結果大部分 α 粒子仍然以相同的方向射穿金箔，只有少數會改變(湯姆生的學生拉塞福和他的同伴進行 α 粒子射向薄金箔的實驗)(α 粒子實驗)
 2. 查兌克以粒子撞原子核
 3. 波爾對氫原子吸收或放射光譜線的觀察
 4. 「原子說」是經過許多實驗來驗證的
 5. 「電子」是經由許多實驗所驗證出來的

- 0
1. 僅知何謂驗證性：有實驗證明的
 2. 較接近暫時性：後來的科學家綜合來拉塞福和波爾兩人的想法，稱為行星模型
 3. 猜測非驗證：(拉塞福猜測原子內部有一個帶正電的核心)(湯姆生猜測原子應像葡萄乾布丁一樣)
 4. 僅提到結果，無驗證歷程：(電子的軌道是在以原子核為中心的球上旋轉)(原子內部有一個帶正電的核心)(湯姆生發現電子) (原子內部有更小的粒子—電子)(電子平均分布在質量均勻的原子內，如同麵包中的葡萄乾)(外圍的電子數量多於核心質子時，原子帶負電，反之為正電)(原子質量集中原子核)(質子、中子的質量幾乎占所有原子的質量) (原子核心中的質子帶正電，外圍的電子帶負電)(波爾認為電子位於不同層次的特定圓周軌道上，如同洋蔥層次)(電子所在軌道不能縮小旋轉半徑，只存在某些半徑軌道上)(查兌克發現原子核內有不帶電的粒子—中子)(道爾吞認為所有物質皆由不可被分割的原子所組成，他認為原子是一個實心的球體)(道爾吞證明有原子)(蓋爾曼發現質子、中子由六種不同夸克所組成，而電子也可再分割出輕子)(原子碎片夸克)(舉例如九大行星)(行

星模型)

5. 粒子加速器
 6. 科學家與實驗配對錯誤：湯姆生用 α 粒子證明原子內有原子核
 7. 空白
-



單元四 燃燒的故事

Q1：從燃燒的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“持久性”特質描述。

分數

評分內容

1. 1703 年，史塔爾提出的燃素說，直到拉瓦節推翻(燃素說持續了段很長的時間)(從 1703 年到 1750 年間，各國科學家都贊成「燃素說」)(燃素說經過多年才被推翻)(燃素說持續了很久)
2. 拉瓦節的質量守恒定律，至今還在使用(拉瓦節的理論持續到現在)
-
1. 拉瓦節認為空氣有五分之一是氧
2. 水不是一種純物質，而是兩種氣體的化合物
3. 呼吸作用實質上是緩慢氧化過程
4. 拉瓦節的質量守恒定律：質量在加熱前後不改變
5. 容易燃燒的物質含有較多的燃素
- 1.5 6. 金屬燃燒反應中帶有負質量
7. 生鏽是氧化現象
8. 氧為最適宜呼吸的空氣
9. 史塔爾的燃素說
10. 燃素的理論是可以持久的(質量守恒定律是可以持久的)
-
1. 貝歇爾的說法到普利斯特利
2. 普利斯特利的理論(貝歇爾的理論)
- 1 3. 燃素說
4. 在燃燒的過程中，物體中的燃素會散失到空氣中
5. 在密閉空間中，加熱前後總質量不會改變
-
- 0 1. 僅知何謂持久性：不容易被別人推翻(經過很久才發現，可持續一段時間)
2. 較接近驗證性：(普利斯特利發現脫燃素空氣)(證明燃燒及金屬生鏽都是物質與氧的結果)(紅色礦灰加熱發現氣體不溶於水，能使蠟燭更劇烈的燃燒)(鑽石與木頭燃燒產生相同的產物—二氧化碳)
3. 較接近暫時性：(拉瓦節)推翻了燃素說，又發現了質量守恒定律，因此有人尊他為近代化學之父)(普利斯特利到舍勒)
4. 其餘部分的空氣則稱為硝
5. 氧化
6. 史塔爾把油土命名為燃素
7. 空白

Q2：從燃燒的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家所提出的科學理論或想法符合“暫時性”特質的描述。

分數

評分內容

1. 拉瓦節把史塔爾、普利斯特利等支持的燃素說推翻 (史塔爾的燃素說被推翻)
(燃素說被拉瓦節推翻)(氧氣出現推翻了燃素說)

2. 拉瓦節證明了燃燒及金屬生鏽都是物質與氧化合結果，因此推翻了燃素說

3. 金屬加熱時，沒有燃素從金屬中逃出，反而從空氣中吸收某種物質

4. 拉瓦節推翻前人認為水是不可分離，水是一種純粹物質的觀念

5. 不相信史塔爾的燃素說的支持者，提出金屬燃燒之後質量沒有減少，卻會增加了

1. 燃素說被推翻

2. 史塔爾理念被改變(史塔爾修正貝歇爾的學說)

1.5 3. 法國科學家拉瓦節對燃素說提出質疑

4. 燃素的理論是暫時的(質量守恒定律是暫時的)

1. 金屬燃燒之後，質量沒有減少，卻增加

2. 不吸引燃素的濁空氣和吸引燃素的火空氣

3. 史塔爾提出燃素說(燃素說的提出—所有物質含燃素，燃燒釋放燃素)

4. 普利斯特利推測燃素空氣必定缺乏燃素

5. 金屬生鏽也會放出燃素

6. 油土、石土、汞土是固體物質的三種成分

1 7. 普利斯特利相信燃燒就是損失燃素(燃燒過程中物質損失了油土)

8. 燃素說

9. 拉瓦節質量守恒定律

10. 氧氣約佔空氣的五分之一

11. 灰燼中沒有燃素

12. 普利斯特利的理論(貝歇爾的理論)

1. 僅知何謂暫時性：理論可能被推翻

2. 較接近持久性：認為金屬燒反應中燃素帶有負質量，人們雖然對燃素說存有質疑，但大部仍然相信燃素說是對的

3. 較接近驗證性：金屬燃燒之後，質量沒有減少，卻增加了

0 4. 與暫時性無關：(拉瓦節命名的氣體“硝”，現在改為氮氣)(貝歇爾的油土被改為燃素)(舍勒火空氣)(濁空氣)(脫燃素空氣)

5. 拉瓦節對燃素提出了質疑

6. 空白

Q3：從燃燒的故事敘述中，請舉出兩段話來說明，科學家的科學理論或想法符合“驗證性”特質的描述。

分數

評分內容

1. 鑽石與木頭燃燒產生「相同」的產物—二氧化碳

2. 金屬燃燒（或生鏽）後，若在密閉空間中，質量不改變

2 3. 舍勒實驗發現空氣中包含有兩性質完全不同的成份(舍勒實驗發現不吸引燃素的濁空氣和吸引燃素的火空氣)

4. 拉瓦節認為金屬加熱時，非但沒有燃素從金屬中逃出，反而從空氣中吸收了某物質，而變成比金屬重的金屬灰

5. 拉瓦節把錫放在密閉玻璃容器中加熱，結果一部分錫雖變成金屬灰，總質量卻沒有改變(拉瓦節經過精密的實驗和測量，提出“質量守恒定律”)(拉瓦節之錫在密閉玻璃容器中加熱，提出質量守恒定律)
6. 物質在密閉容器中加熱，總質量在加熱前後不會改變，印證「質量守恒定律」
7. 做了硫和磷的實驗後，他發現物質燃燒時沒有失去質量，反而的加了質量了
8. 卡文迪許重做燃燒實驗，證明生成的是水
9. 拉瓦節一連串的實驗終於證實空氣是由氧和氮所組成，也證明了燃燒及金屬生鏽都是物質與氧化合的結果

-
1. 密閉容器中加熱，結果總質量卻沒有變(將錫在密閉玻璃容器中加熱實驗，而打開加熱後錫會變重)
 2. 1774年，普利斯特利將紅色礦灰加熱，發現這種氣體可使老鼠壽命增長(紅色礦灰加熱，收集產生氣體，使蠟燭燃燒更劇烈)
 - 1.5 3. 拉瓦節重做了普利斯特利的實驗，認為空氣中含有最適宜呼吸的空氣
 4. 拉瓦節用排水集氣法收集氧
 5. 燒氫得到水
 6. 木材燃燒後變輕、鐵生鏽後變重

-
1. 未清楚說明什麼樣的實驗：(拉瓦節實驗證明了空氣是由氧及氮組成)(拉瓦節經實驗發現鑽石由碳組成)(拉瓦節用實驗提出了質量守恒定律)(普利斯特利做實驗發現脫燃素空氣)(拉瓦節驗證燃素說)
 2. 僅提到實驗：(拉瓦節用凸透鏡以陽光點燃鑽石)(拉瓦節重做了普利斯特利的實驗)(拉瓦節之錫密閉玻璃容器加熱實驗)(密閉空間中加熱實驗)(普利斯特利做了一個將紅色礦灰加熱，收集產生氣的實驗)(拉瓦節的天秤實驗)(測量燃燒前和燃燒後的質量)(拉瓦節的排水集氣法)(氫在空氣中燃燒，可形成小露珠)(普利斯特利的實驗)(金屬生鏽後變重，木材燃燒後變輕)(拉瓦節研究氧氣的裝置)(拉瓦節重複做了好幾次實驗)(卡文迪許重做了燃燒實驗)

-
1. 僅知何謂驗證性：有實驗來證實
 2. 較接近暫時性：用氧化學說取代燃素的學說
 3. 僅提到結果，無驗證歷程：(拉瓦節認為燃素沒有從金屬逃走，反而從空氣中收集了某物質)(拉瓦節認為質量的增加是由於大量空氣被固定下來)(當時普利斯特利認為，燃燒是分解作用，燃燒過程中損失「油土」)(拉瓦節空氣由氧及氮組成，燃燒及金屬生鏽都是氧化現象)(水不是一種純粹的物質，而是兩種氣體的化合物)(空氣有2種不同的成分，濁空氣、火空氣)
 - 0 4. 未提到驗證：(在燃燒過程中，物體中的燃素會散失到空氣中)(呼吸作用實質上是緩慢的氧化過程，會釋放出熱量及二氧化碳)(拉瓦節提出能與物質進行燃燒的空氣占空氣的五分之一)
 5. 錯誤概念：拉瓦節驗證了燃燒後，質量不沒有減少，反而增加(僅金屬增加)
 6. 貝歇爾的實驗(文本中未提到貝歇爾進行任何的實驗)
 7. 最適合呼吸的氣體
 8. 有理由可解釋
 9. 空白