

國立政治大學教育學院教育學系

碩士論文

指導教授：洪煌堯博士

電腦支援協作知識翻新教學與提升學生科學理論  
本質理解之相關研究  
Exploring the Relationships between  
Computer-Supported Collaborative Knowledge  
Building and Students' Understanding of the Nature  
of Scientific Theories

研究生：李佩蓉

中華民國 103 年 06 月

## 謝誌

我想，除了本人、指導教授，以及認識這篇論文作者的人以外，幾乎沒有什麼人會在翻開一本僅供參考的未出版論文時，還會看「謝誌」這個東西吧！(如果會的話，謝謝你閱讀得如此仔細。也可能你只是來不及 page down，剛好停在這一頁，看到這個人謝誌開頭寫的跟其他論文不太一樣好像哪裡怪怪的，所以不小心多讀了幾行。)不過謝誌嘛，對我來說就是一個自我整理，回首研究來時路的空白畫板，所以姑且就讓我以自己的方式，重新走一次並感謝一路上遇到的所有人、事、物吧！(提醒只是為了找資料而打開這個檔案／翻開這本論文的讀者，可以盡情地跳過這個部份了，哈哈！仍然願意繼續看流水帳的朋友，感謝你們。)

在號稱美食沙漠，地處台北邊緣的貓空大學待了 6 年，從大學到研究所的經驗間，不得不說地使我個人愈來愈相信緣分和「邂逅」(encounter)這回事兒。其中最主要穿針引線的貴人，便是從大學時期就擔任我的導師（目前是印在這本論文封面上的指導教授）——洪煌堯老師。僅僅是在大一上第一次見面的導生聚中說了句「我的興趣是寫作」，洪老師便在次年政大成立「社區學習研究發展中心」時，邀請我擔任中心的公民記者，從此開啟了我的學術書寫與思考之路，也在此期間，開發出不少研究興趣／議題。（中心任務主要著重研究／關心成人教育、社區大學。可惜的是在我大學畢業進入研究所那一年，中心也因為某些原因說再見了）。任職 3 年多間，美麗的陳宥儒學姊、優秀的廖志恒學長以及活潑可愛的張宇慧學姊，在一路上都是協助並引導我一再反思的「精神導師」，非常感謝你們。

大二，洪老師提及國科會（現：科技部）為鼓勵大學生做研究，有個「大

專生專題研究計劃」補助，且洪老師願意在忙碌中抽身擔任我研究的指導老師。因此在圓圖吞棗中申請且意外通過後，我算是迷迷糊糊地踏上了研究之路。當初研究的主題，也正是這本論文的雛形。

大三，花了半年時間學習如何面對、處理資料，如何書寫出好的故事。在國科會報告繳交後，獲知通過了大專生研究創作獎初審，某種程度而言，增強了我對自己研究能力的信心（同時也因為到國科會的報告與問答，使我瞭解自己背景知識仍過於淺薄，還有太多太多東西需要學習——當然，現在也還是）。

因為在社區研究發展中心專題、報導書寫的過程中，拓展了對教育議題的廣度；自正式課程中習得的專業知能，加強了在教育知識上的深度。綜合大學期間對研究興趣的開發，大四上，我便毅然決然走上考研究所的道路，然後在他人苦讀我玩樂（這描述沒有錯，真的！）的過程中，考上了政大研究所。

研究所期間可以說是全心／全新地認識學術研究環境的二年。除了與大學截然不同，以討論、思辨為主的修課經驗外，也包括參與了系上、外大大小小的學術活動、講座。更重要的是，洪老師積極鼓勵我投稿並參與國內、外研討會。在幾次的出席國內甚至飛往美國、上海國際研討會的經驗中，都拓展了我對學術圈的認識：不僅是見識了許多優秀的學者，也使我開展並能思考不同學術研究主題的可能。從大四到碩二期間，有幾位老師對我影響特別深，包括指導我書寫關於高等教育中非典型聘僱研究的鄭同僚老師；在大學和研究所期間的課程中，都使我不斷反思教育起點與意義的馮朝霖老師（也感謝老師引領我與華德福「邂逅」。）；其他包括成為我心中多元研究典範的邱美秀老師、展現博學學者風範的詹志禹老師，以及所有在政大教育系大學與研究所期間，指導過佩蓉的所有老師，族繁不

及備載，在此一併致上謝意！

另一方面，洪老師指導的風格，也使我了解到「研究團隊」的重要性。在這裡也不免要感謝研究所兩年期間，每週碰面，相互給予建議的研究夥伴們：包括跟我同進退，一起做評分者間信度、一起度過口試的儂月；給予我統計技術上指導的奎宇學長；研究團隊夥伴慧萍學姊、倍伊學姊、永康學長、函汝等等（其他礙於篇幅，不一一列出。名字雖未出現，不代表不重要）。

再者，這本論文之所以得以付梓（雖仍屬於未出版，但至少有個精裝印刷還擺在圖書館），作者個人之所以能領到畢業證書（哈哈），也要感謝口委梁至中老師與邱國力老師。在兩次的口試中，都提出非常精確且具體的建議，佩蓉因此獲益良多，也得使這本論文能修改得更臻完美。

最後，回應到一開始提及所謂的緣分與邂逅，老實說，在我進入大學之前，教育專業從來不在我的人生規劃當中。當初進入政大教育系，只是為了選校不選系。但一路走來遇到的人、事、物，開發了我對教育的關心與對教育問題的好奇，就這麼把我或推或拉地上了研究所，甚至還可能繼續走下去，真是始料未及。家人也從一開始對我就讀教育系的否定，到現在全心支持我的未來規劃。回憶（流水帳）段落的最後，仍然必須感謝一切於家人。沒有了家人無條件的支持，使我在就學期間不必擔心經濟問題，能全心做自己想做的任何事，則也不會有今天的自己。

上述回憶過程中恐有遺漏，看到不在文中但是認識我，覺得應該在本人人生旅途中留名的，還是可以連絡我，我把你的名字手寫上去就是了。謝謝

看這位瘋癲作者囉嗦到這裡的你，可以進入正文了。



# 電腦支援協作知識翻新教學與提升學生科學理論本質 理解之相關研究

指導教授：洪煌堯 博士

研究生：李佩蓉

## 摘要

本研究旨在探討，基於知識翻新教學（knowledge building pedagogy）所建立的電腦支援協作學習環境，能否協助提昇學生對科學理論本質的理解。研究對象為 52 位修習「自然科學概論」課程的大學生。教學設計以知識翻新教學法為原則，並輔以知識論壇（Knowledge Forum）線上合作學習平台。

資料來源包括：(1) 學期前後對科學理論本質理解之開放式問卷；(2) 平台討論內容；(3) 平台活動量(包括貼文數、回文數等數據資料等)。資料分析採用質性內容分析法及量化成對 T 考驗、卡方考驗等方式。

研究結果指出：(1) 經由知識翻新教學，學生於學期後對科學理論本質理解產生顯著轉變。學生對科學理論本質的觀點，在期初較偏向邏輯實證主義：認為理論主要來自於對自然界的觀察、發現；或視理論為絕對客觀、正確的實驗結果；或認為理論主要是經由科學家個人所產生，並且是一種具有權威性且不可改變的存在。然而，在期末時，學生對理論本質的理解則轉變為比較建構取向的理解：認為理論是科學家或科學社群的發明，其結果受社會與人文因素等影響；或認為理論本身可以透過某些標準被評價，例如解釋力、適當性、邏輯流暢度等，因此理論能夠被不斷翻新修正。(2) 學生在學習平台上進行探究活動中呈現的科學概念層次隨時間經過而不斷進步。學生在後半學期能使用更明確而具體的科學訊息、證據，對議題進行討論。(3) 最後，學生對科學理論本質理解的轉變，以及其科學探究概念層次的高低，皆與其在平台活動量（如參與程度等）有正向關連。

針對上述結果，本研究提出相關討論與建議，以供現場教師或未來研究者之用。

關鍵字：科學理論本質、知識翻新教學法、電腦支援協作學習



# **Exploring the Relationships between Computer-Supported Collaborative Knowledge Building and Students' Understanding of the Nature of Scientific Theories**

## **Abstract**

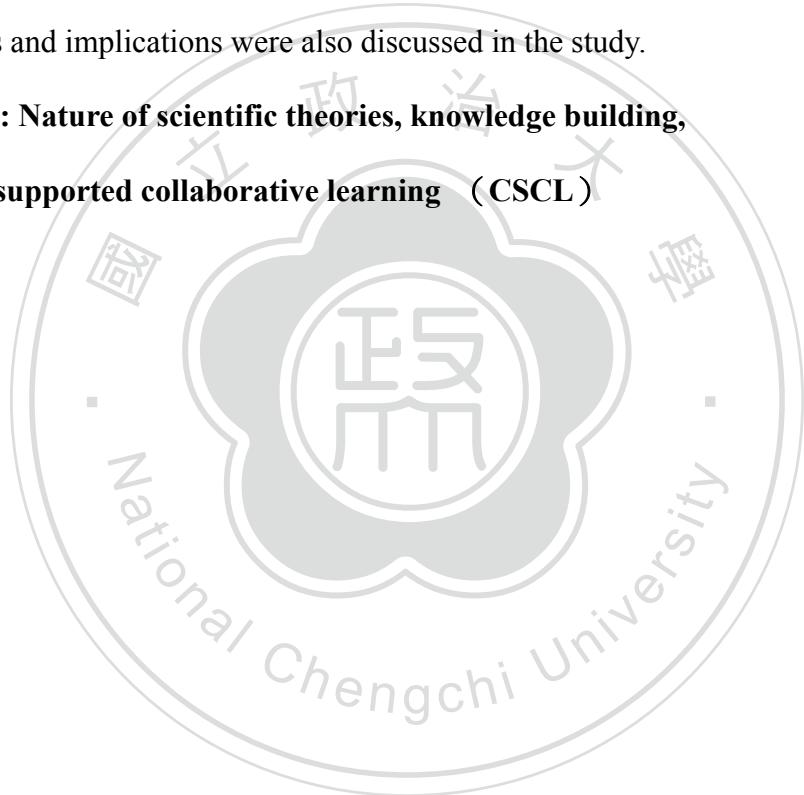
The aim of this study was to investigate whether students can develop a better understanding of the nature of scientific theories after engaging in a computer supported collaborative knowledge building environment. Participants were 52 undergraduate students who took a course about nature sciences. The instruction of this course was designed based on knowledge building pedagogy, using Knowledge Forum as a tool for students to construct their theories about scientific phenomena through online collaboration.

Data sources included: (1) a pre-post open-ended questionnaire that investigated students' understanding of the nature of scientific theories; (2) the content of an online forum in which students posted their ideas; (3) students' activities in the forum, for instance, number of students' notes contributed, or number of notes built-on to each other's notes. Data were analyzed through both qualitative and quantitative methods. From a qualitative perspective, we used content analysis to evaluate the quality of students' discussion; from a quantitative perspective, paired t-test and chi-square were used to examine students' change of views regarding the nature of scientific theories after the course.

The results showed that after a semester, students were able to develop a more constructivist-oriented view toward the nature of scientific theories. Their view shifted from a more positivist-oriented perspective to a more constructivist-oriented one. Further, the finding showed that there was significant improvement in students'

scientific inquiry as reflected in the progressively more sophisticated levels of the scientific concepts discussed online. Moreover, it was found that there was a statistically significant, positive correlation between students' enhanced understanding of the nature of scientific theory and the intensity of students' online activities. Additionally, the results also indicated that there was a significant, positive correlation between the depth of students' scientific inquiry ( as reflected in the concepts inquired and discussed online) and the extent of students' online activities. Some further suggestions and implications were also discussed in the study.

**Key words:** Nature of scientific theories, knowledge building, computer-supported collaborative learning (CSCL)



# 目錄

目錄.....	I
表目錄.....	II
圖目錄.....	III
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的與待答問題.....	3
第三節 重要名詞釋義.....	4
第四節 研究範圍與限制.....	5
第二章 文獻探討.....	7
第一節 科學本質與科學理論本質.....	7
第二節 科學本質與科學理論本質在學習上之影響.....	19
第三節 電腦支援協作學習.....	27
第四節 知識翻新教學法.....	30
第三章 研究方法.....	33
第一節 研究設計與研究架構.....	33
第二節 教學設計.....	35
第三節 研究工具.....	42
第四節 研究流程.....	43
第五節 資料分析與處理.....	45
第四章 研究結果.....	55
第一節 學生學期前後對科學理論本質理解之變化.....	55
第二節 學生於知識論壇平台活動內涵.....	63
第三節 學生理解轉變及科學探究概念層次與平台活動之關聯.....	71
第五章 討論與建議.....	78
第一節 結果討論.....	78
第二節 建議.....	82
參考文獻.....	86

## 表目錄

表 2-1 二種對科學理論本質的看法比較.....	17
表 2-2 本教學設計中傳統科學探究歷程與平台活動對照.....	26
表 3-1 現階段學生學期前後問卷編碼表.....	47
表 3-2 學生討論串內文科學概念編碼表.....	50
表 3-3 知識論壇平台活動類別編碼表.....	53
表 3-4 科學概念對應評分表.....	54
表 4-1 學生前、後測問卷填答字數.....	55
表 4-2 學生問卷編碼結果 T 考驗分數.....	56
表 4-3 議題討論數字統計表.....	65
表 4-4 學期前後學生平台回應分類次數.....	65
表 4-5 學期前後學生探究概念層次交叉表.....	66
表 4-6 知識論壇活動記錄.....	71
表 4-7 平台活動 Pearson 相關係數.....	72
表 4-8 學生前後測變化與平台活動交叉表.....	73
表 4-9 學生科學探究概念與平台活動交叉表.....	76

## 圖目錄

圖 2-1 對知識的看法：傳統與現今比較圖 .....	23
圖 2-2 科學探究歷程循環圖 .....	25
圖 3-1 研究架構圖 .....	34
圖 3-2 本教學設計（課堂活動）與知識翻新理念之比較 .....	36
圖 3-3 教學設計概念圖 .....	38
圖 3-4 知識論壇主界面範例 .....	40
圖 3-5 知識論壇貼文界面範例 .....	40
圖 3-6 知識論壇讀文界面範例 .....	41
圖 3-7 研究實施流程圖 .....	44
圖 4-1 A 組學生整學期探討之議題延續情形 .....	64



# 第一章 緒論

本章主要針對研究動機、目的與設計進行說明，共分為四節，包括研究動機、研究研究目的、關乎本研究的重要名詞釋義與可能的範圍限制。

## 第一節 研究動機

美國科學促進協會（American Association for the Advancement of Science [AAAS]）（1989）指出，因為世界性問題——例如人口增長、環境汙染、社會衝突或貧富差距等——加速，為思考這些現象，科學素養應該成為所有人都具備的素質，而科學教育則是培育科學素養的重要關鍵。近年來，科學教育者與科學教育機構開始重視學生科學素養的養成（AAAS, 1993; National Research Council [NRC], 1996），美國科學促進協會及我國九年一貫課程綱要，都將科學素養的提升，列為科學教育的目標之一。

科學素養的核心議題之一是學生對「科學本質」的理解——即根本性地探討科學是什麼，知識、理論從何而來。而這也是科學教育學者、科學教育機構與研究者的重要教育目標之一。提升對科學本質理解的優點，學者各有其看法：微觀角度而言，能增進學生學習科學的動機與學習方式，巨觀角度之下，有助於培育學生對資訊及社會議題的批判思考能力。然而，提升學生對科學本質的瞭解，雖已成為自然科學教育上的重要目標，但歷來至近年的研究多指出，許多教師仍具備不完整的科學本質觀（許政理、郭重吉, 1993; Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Gallagher, 1991）。教師具備的觀念，除與其教學行為及語言有所關聯，更可能進一步影響學生對科學本質認識的面向，甚至學生學習科學的方式，及對科學價值的看法。換言之，對科學本質不完整的認識——對科學持有「絕對客觀、實徵、不變」的觀點——常導致許多學生習慣使用記憶背誦而非理解的方式學習科學。因此，學生常常在習得大量知識後，因為不了解科學與生活以及問題解決的關聯性，不知該如何實際應用，其學習動機降低，最後甚至放棄學習。為此，如何營造一個能使學生靈活及主動學習的教學環境，並使學生在教學活動中，建構對科學本質深層、而非因記憶背誦產生的表面理解，是值得探討的主題。

在科學本質相關研究中，「科學理論」是一個時常被忽略的議題。多數研究著重於科學本質的測量，但 Chuy (2010) 等人的研究卻指出，許多學生之所以沒辦法達到對科學本質的完整理解，是因為他們不重視理論在科學本質中的角色 (Chuy et al, 2010)。此外，科學作為一種知識產生的過程 (NRC, 1996)，理論作為科學探究的產出，了解理論被產出的過程，將有助於學生認識與反思「知識」的存在與價值。為此，在科學本質中，本研究著重於理論本質之探究。

隨著資訊科技與國際化之發展，當世界被轉型為一個「知識社會」(knowledge society) (Drucker, 1968; 轉引自 Hong, Scardamalia, & Zhang, 2010)，未來社會所需要的，將不再是只具備「專業技術」的人才，「有創造力、具同理心、能觀察趨勢並為事物賦予意義」的人將成為未來社會的主流族群 (Pink, 2006)。因此過去、甚至現今仍蔚為風行的傳統講述法，在考試取向之下，強調使學生記憶背誦以達到紙筆測驗高分的教學方式，要塑造下一代成為二十一世紀具備競爭力的人才，顯然是遠遠不足的。換言之，在強調創造力、合作能力、批判思考的未來需求之下，對學習的認知將必須跳脫「學習作為獲知」(learning as acquisition)，進入「學習作為知識創造」的時代 (learning as knowledge creation) 的階段 (Hong, Scardamalia, & Zhang, 2010)。

因此，使學生有機會與能力，思考「知識」所扮演的角色與功能，從科學理論本質中探討理論是什麼、理論的建構過程與想法價值，本研究嘗試顛覆傳統紙本與教師單方面講授的方式，利用建構取向的知識翻新教學法 (knowledge building pedagogy)，使學生在課程中扮演類科學家的角色進行科學探究，對科學本質中，尤其是科學知識到理論，進行實際觀察、推理、翻新與創造。

## 第二節 研究目的與待答問題

本研究之目的在於了解，藉由電腦支援協作學習環境，及以知識翻新教學法為中心規劃的教學設計下，學生是否能在修習課程之後，對科學理論本質產生更傾建構取向的轉變。以此為研究目的，所列研究問題如下：

1. 藉知識翻新教學法與電腦支援協作學習，學生對科學理論本質理解是否更偏向建構取向？
  - (1) 學生於學期前後，對科學理論本質理解情形如何？
  - (2) 學生經由本教學設計後，於學期後對科學理論本質理解，是否產生轉變？
2. 學生於電腦支援協作學習環境中的活動內涵及科學探究中所呈現的科學概念層次如何？
  - (1) 學生在電腦支援協作學習環境中，科學探究活動情形如何？
  - (2) 學生在電腦支援協作學習環境中，科學探究活動中呈現出的科學概念層次如何？
3. 學生對科學理論本質之理解，與其科學探究中呈現的科學概念層次，和學生平台合作參與程度是否有關連？
  - (1) 學生在電腦支援協作學習環境中，活動種類如何？
  - (2) 學生對科學理論本質理解轉變程度，與學生在平台活動參與程度是否有關？
  - (3) 學生對科學探究活動中所呈現的科學概念層次高低，與其平台活動參與程度是否有關？

### 第三節 重要名詞釋義

#### 1. 科學理論本質 (nature of scientific theory)

科學理論本質，即為對科學理論基本思考如：什麼是理論、理論如何產生、理論的功能為何等議題，所具備的詮釋或看法。受到科學哲學的影響，對理論本質也可能有偏向早期邏輯實證取向，或當代建構主義取向的認識。

#### 2. 電腦支援協作學習 (computer-supported collaborative learning)

電腦支援協作學習旨在了解學生如何在電腦的協助之下共同學習。有別於單純「在教學中使用電腦」，電腦支援協作學習更強調能夠如何藉由電腦，使學習者彼此互動，達到共同成長的目的。

#### 3. 知識翻新教學 (knowledge building pedagogy)

知識翻新教學法強調社群 (community) 共構與想法翻新的重要性。以想法 (idea) 為單位，關心生活中的真實問題而非教科書內容，認為想法可以透過社群成員間的彼此對話，與社群共同支持而不斷成長。

## 第四節 研究範圍與限制

### 一、 研究範圍

#### (一) 研究對象

本研究旨在探究植基於知識翻新教學法上，學生於電腦支援協作學習環境中對科學理論本質理解的轉變情形如何。為此選擇之研究對象為臺北市某國立大學，修習「自然科學概論」此門選修課程的大學生，學生構成以教育學系為主。本門課教師受知識翻新教學法薰陶已久，教學設計理念皆以知識翻新教學法為出發點，而學生在課後將於本門課所提供的知識論壇（Knowledge Forum）上進行科學探究、理論建構活動。

#### (二) 研究內容

教師課堂教學內容以自然科學範疇為主，要求學生於平台上進行自然科學相關問題之討論，其討論內容及平台活動情形，為本研究內容之一。除此之外的研究內容也包含學生於學期初及期末回答的開放式科學理論本質問卷。

### 二、 研究限制

本研究旨在了解學生經由本教學設計後，能否達到對科學理論本質更完整的理解，研究過程求多方考量，力使結果趨近客觀，然仍未能避免人為或環境因素，相關限制將敘述如下。

#### (一) 研究樣本之限制

本研究以方便取樣之方式，選取臺北市某國立大學修習自然科學概論課程之大學生為研究樣本。在未能真正隨機取樣考量下可能產生之誤差，對本研究結果之推論與解釋，有其限制性。

#### (二) 研究方法之限制

本研究主要以量化方式分析學生於平台貼文及問卷回應內容，由於未能取得學生或教師於教室中互動紀錄或學生口述想法，所分析之結果未能解釋學生的改變與否，與平台及教室教學活動交互作用、影響程度如何。換言之，本研究必須

考量但未能回答：學生的改變是否單純由平台活動造成，而未有教師教學、教室互動因素參雜其中。



## 第二章 文獻探討

本章將回顧對科學本質及科學理論本質的相關文獻，以了解在歷史層面上，科學哲學如何影響過去與現今對科學本質的認識。此外，亦將探討科學本質與理論本質對教師及學生在教學上之影響，以揭露其重要性。再者，將針對本研究所使用的電腦支援協作學習與知識翻新教學法，進行理論背景與其特點之敘述，以利本研究延伸相關論述與實踐。

### 第一節 科學本質與科學理論本質

#### 一、科學本質的定義與演變

近年來，科學教育者與科學教育機構開始積極提倡科學教育中，對學生、或全民科學素養的培育(AAAS, 1993; NRC, 1996)。美國科學促進協會(AAAS, 1989)於其報告中書寫到具備科學素養的必要性，認為為了能對當前世界性問題——如酸雨、熱帶雨林消失或貧富不均等——進行思辯、判斷並尋思解決方法，科學素養應是所有人都該具備的能力。

Abd-El-Khalick、Bell 與 Lederman (1998) 認為，科學素養指稱一個人對科學概念、準則、理論與科學過程的理解，此外也是一個人對科學與科技、社會間關係的覺察，但一個具備科學素養的人，也必須發展出對科學本質功能性的理解。當美國科學促進學會 (AAAS) 將科學本質放在其報告書的第一章節，且我國教育部定案的九年一貫課程綱要中，也將「科學本質」列入「自然與生活科技」領域的主要目標之一，則科學本質在科學教育及科學素養培育中的重要性，可見一斑。

然而，什麼是科學本質？其定義雖因哲學家、歷史學家、社會學家或心理學家的出發點或專業而有所不同，但許多人同意，科學本質是多面向的 (Deng, Chen, Tsai, & Chai, 2011; Wen, Kuo, Tsai, & Chang, 2010)。例如，Abd-El-Khalick、Bell 與 Lederman(1998)認為，科學本質是一種對科學的認識論(epistemology)，是一種瞭解(世界)的方式(a way of knowing)，抑或是作為發展科學知識的信念與價值觀。

美國科學促進協會（AAAS, 1989）則將科學理論分為科學世界觀（scientific world view）、科學探究活動（scientific inquiry）及科學事業（scientific enterprise）三個領域。

Lederman、Abd-El-Khalick、Bell 與 Schwartz (2002) 等人則透過發展與分析科學本質看法問卷（Views of the Nature of Science Questionnaire [VNOS-B]），將科學本質分為：(1) 實徵的自然科學知識（empirical nature of scientific knowledge）、(2) 科學中的推論與理論（inference and theoretical entities in science）、(3) 科學知識本質（nature of scientific knowledge）、(4) 科學理論與定律（scientific theories vs. laws）、(5) 科學創意（creativity in science）、(6) 科學中的主體性（subjectivity in science），及(7) 社會與文化影響（social and cultural influences）等七個面向。

Lederman 於其 2007 年的文章中探究各家說法後，認為科學知識的特徵包括（1）暫時性（tentative），即可變動、更改的；（2）對自然世界的實徵性觀察，或透過科學探究歷程而來。但雖然如此，科學知識同時卻也是（3）主觀的，蘊含個人背景、偏見與內隱理論，以及（4）必然包含了人類的想像、創意與詮釋，和（5）受社會、文化背景影響。Lederman 提及，有其餘兩個重要面向包括要分清（6）觀察與推論之間的分野：前者為直接地，對現象的描述，後者恆跨於現象之上，試著解釋機制或推論模型；此外，也要（7）了解定理與理論之間的關係和功能：前者為對所觀察現象之間的描述，後者則是對所觀察現象的推論和解釋（Lederman, 2007）。

針對臺灣的研究，Tsai 和 Liu 也分析了臺灣學生對科學的認識，區分為（1）社會論證在科學中的角色（the role of social negotiation on science）、（2）科學中發明與創造性現實（the invented and creative reality of science）、（3）科學的理論蘊含探索（the theory-laden exploration of science）、（4）文化在科學上的影響（the cultural impacts on science），及（5）科學的改變與可被測試性特徵（the changing and tentative features of science）等五個項

度 (Tsai & Liu, 2005)。此外，我國九年一貫在科學本質的能力指標中，也以 18 條指標作為界定。

綜言之，科學本質並無明確的定義，或者說其定義百家爭鳴。科學本質發展深受科學哲學的影響，隨著科學哲學觀點的發展，學者的看法也可能隨之改變。以下茲簡略敘述科學哲學歷史及流派之演變。

### (一) 從實證論 (positivism) 到邏輯實證論 (logical positivism)

在西洋哲學史中，「人如何認識其外在世界？」，一直都是重要而基礎的問題。在探討此議題之下，其中亞里斯多德所持的「經驗論」(empiricism)——只有感官所感受到的經驗才是真的——深深影響 16 世紀文藝復興後歐洲哲學家的觀點，並進一步影響再後期實證論的提出。

當談到科學哲學時，大抵被公認最早的觀點，可以從邏輯實證論談起。邏輯實證論演變自「實證論」，受到上述提及的經驗論之影響，認為知識當僅限於對事實的認識。任何不可見的、形而上的東西，一律在科學之外。然而實證論者所碰到的問題之一，在於數學一直是大家公認最精確、客觀的學問之一，但強調經驗與現象的實證論方法，如何可以證實普世性的論證（如「 $1+1=2$ 」）。為此，實證論繼承者維也納學派 (Vienna circle) 透過羅素《數學原理》一書，認定數學本身只有形式，沒有內容，故也不需要實證。對數學問題的證明，來自於邏輯和符號定義的檢證。因此，知識其實可以有「邏輯」與「實證」二部分，即後來邏輯實證論名稱之由來。

邏輯實證論代表人物包括石里克 (M. Schlick)、卡爾納普 (R. Carnap) 等維也納學派學者。其主要思想為馬赫 (Ernst Mach) 的現象論 (phenomenalism)、維根斯坦 (L. Wittgenstein) 的檢證原則 (verifiability principle)，及羅素 (B. Russel) 的邏輯原子論 (logical atomism) 所影響。邏輯實證論者認為，首先科學的命題必需是有意義的，為此以檢證原則及語言模型檢證之；再者，科學命題必須要能被證明為真，邏輯實證主義者使用邏輯或直接經驗證實。因此，對邏輯實證論者

而言，不能被證實甚至命題上不能說是有意義的形上學等，都不是科學。邏輯實證論視培根（Bacon）的歸納法為唯一一種科學方法，透過證據的質、量，藉此獲得「確定的知識、真理」。

## (二) Karl Popper 的證偽論 (falsificationism)

Abimbola (1983) 認為，對邏輯實證論提出批判的 Karl Popper，其「證偽論」，是一種傳統科學哲學與新科學哲學的過渡（Abimbola, 1983; 郭重吉、許玲玲，1992）。Popper 摒棄歸納法，因為他指出，一個真的命題，也可能導出假的結論。例如「所有烏鵲都是黑的」這個命題，若以邏輯實證論者的直接觀察檢證，可以說在特定時間中，看到的第一隻烏鵲，到第  $N$  隻烏鵲都是黑的，但是，「下一隻」烏鵲並不一定會是黑的。因此歸納法有其限制性。為此，Popper 提出了演繹證偽法。對 Popper 而言，所謂的科學與科學命題，先決條件必須是「可被證偽的」 (falsifiable)：「我摒棄歸納邏輯的主要理由，正在於……它並不提供一個合適的『劃界標準』（Popper, 1986）」。（轉引自張巨青、吳寅華，1994，頁 64）

大抵而言，Popper 的演繹證偽法可以以下公式／圖表示之：

$P1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P2$

P1 代表問題 (problem)，TT 表示試探性的理論 (tentative theory)，EE 代表排除錯誤 (error elimination)，P2 則代表受檢證後產生的新問題。當面對問題，科學家會試著提出各種試探性假說，而此時的假說可以是大膽的臆測，甚至可以是形而上的思想。假說提出後，以確認理論本身是否符合邏輯 (先驗)，或透過經驗證據 (後驗) 等方式檢視並排除錯誤理論，形成另外一個試探性理論並繼續排除錯誤。如此周而復始，此動態過程對 Popper 而言，可以使理論或假說，愈來愈逼近真理。亦即，沒有一種理論是永恆的真理，所有的理論都在不斷的被挑戰的過程之中，當前一個理論無法解釋已知的現象，得以新的理論取而代之。

### (三) Thomas Kuhn 的科學歷史主義 (historism of science)

Thomas Kuhn 的科學歷史主義被認為是科學哲學發展中的一場革命。他在 1962 年出版的《科學革命的結構》 (The structure of Scientific Revolution) 一書中，呈現了典範（或稱之為派典） (paradigm) 這個重要的概念：(1) 科學發展歷史中，某一時代的科學理論與系統；(2) 一種世界觀、看問題的方法，及 (3) 科學社群 (scientific community)：「科學儘管是由個人進行的，科學知識本質上卻是集團產物 (Khun, 1981) 」。（轉引自張巨青、吳寅華，1994，頁 93）認可並遵循某一典範，在該典範觀點之下進行研究活動的一群人，即科學社群。

以典範這個概念為中心，Khun 的主張大抵可以以下式作為理解：

前科學時期→常態科學→科學革命→（短暫的非常態科學）→新的常態科學.....

前科學時期指各家說法林立且尚未有一個被大家所共同肯認的典範階段。前科學時期到常態科學時期的轉換，則透過典範的確立，相對好的典範有幾個標準 (Khun, 1962/1994)：理論的精確性、融洽性、簡明性、成效性，及廣泛性。當一個被社群所共同肯認的典範出現後，便進入常態科學時期。

常態科學時期中，科學家所進行的任何研究，目的都不在創造新的典範，而是在典範的規範下，收集支持典範的證據、拓展對典範中不明之處的了解。在實驗或檢視證據的過程當中，當結果不能解釋典範，不同於 Popper 的理論取代，在 Khun 的說法中，科學家會相信是因為個人或工具所導致的錯誤，因此並不會對典範產生威脅。然而當研究中所遇到的衝突一再出現，典範無法說明；或此典範的反常對社會造成了極大問題，則典範的轉換，意味著科學革命 (scientific revolution) 的到來。經歷短暫的非常態科學時期，典範的取代並再次確立新典範後，此一學門又邁入了常態科學時期。

Popper 與 Kuhn 觀點的相似之處，在於二者皆認同科學是一動態過程，在被否證或經歷科學革命下翻新進步。

#### （四）Paul Feyerabend 的極端多元主義方法論

從邏輯實證主義、Popper 到 Khun，對 Feyerabend 而言，都是所謂「單一方方法論」者：他們都以單一科學方法，作為唯一的科學方法，例如歸納論、演繹證否論，甚至 Khun 也認為，在常規科學時期中，科學方法是特定的（但對於不同的典範間，方法則是多元的）。此外，他們也是「理論一元論者」：一旦理論被確立，就只能保留一個理論。

Feyerabend 與上述學者持相對看法。他認為，科學必須減少其權威性，理論愈多，對科學而言才是有利的。他指出，就算是邏輯實證主義視為客觀的觀察，其實也蘊含著某種程度的理論，因此就算是對事實的陳述，也可能受到「污染」。為此，多元理論的存在，是必要的。他認為理論間並不衝突，且唯有透過不同理論間的比較，才能找出該理論的弱點，從而尋求進步。因此對 Feyerabend 而言，「怎麼都行」（anything goes），甚至所謂形而上的神話、信仰，也都可與以利用，並沒有所謂科學與非科學之分。

當科學哲學到了 Feyerabend 這裡，似乎走向了一種極端與不免混亂的主張。之後的 Lakatos、Shapere 與 Lauden 等人，則在力求證據的邏輯實證主義，與怎麼都行的多元方法論中，取得了某種平衡。

#### （五）Imre Lakatos 的科學研究綱領方法論

建立與調和 Popper 及 Khun 的主張，Lakatos 提出更加精緻的理論。首先，在 Popper 早期所謂的樸素證偽主義之上，Lakatos 更加認同後期 Popper 轉型的精緻證偽主義：即，理論被否決／取代，不再只是因為舊理論與事實經驗不符，而是因為新的理論比起舊理論，能說明、涵蓋的範圍更廣，並且這些超出舊理論的範圍，也被成功地驗證過了。因此，理論不再只有被「證偽」，「證實」也成了驗證理論的元素之一。此外，早期 Popper 的樸素證

偽論中，理論是「一次」就被否決／取代的，但在 Popper 後期及 Lakatos 的論點中，理論的取代應該是「一段歷史過程」。因為當舊理論面臨無法解釋（反常）時，理論會發展出輔助的假說或解釋，如此周而復始。換言之，也代表著當我們評價理論時，面對的不是「一個理論」，而是「一系列」的理論。

這「一系列」的理論，某種程度也反映著 Lakatos 提出的科學研究綱領方法論。在 Lakatos 的理論中，理論乃是由幾個相互關聯的部件組成的，包括：（1）硬核：理論的原理／定理／原則；（2）輔助帶：為了延伸、調整理論發展而出的輔助性假說；（3）反面啟發法：為了保護硬核，指示科學家「不應該」做什麼，避免研究什麼；（4）正面啟發法：與反面啟發法相對的，正面啟發法指示科學家可以從事那些研究，可以怎麼做，為此能發展出輔助假說以協助理論發展。

因此，對 Lakatos 而言，要評價理論，必須連同上述理論相關背景一同納入考量。而回到理論的取代／替換是一段過程的觀點之上，也代表著「判決性實驗」是不存在的。相較於 Popper 和 Khun，Lakatos 的理念更加開放、彈性。但又不至於走向 Feyerabend「怎麼都行」的相對主義路線。理論的發展不僅是動態的，而且是長時間性的過程。

#### （六）Larry Laudan 的科學進步理論

對 Lauden 而言，先前 Popper、Khun、Lakatos 等人用以評判理論優劣的標準，雖然乍看客觀，卻仍無法避免個人主觀的心理因素或先入為主的觀念。因此所謂的「確證度」、「精確性」等，每個人做出的評價都不會是全然理性的。為此，Lauden 提出另一種評價理論的方法：科學的進步來自於理論解決問題的能力。換言之，新的、更好的理論，在於能增大解決問題的能力。

在 Lauden 的科學進步理論之中，將問題區分為經驗與概念問題。在經驗問題中，又包括：已解決的問題、未解決的問題以及反常問題。科學進步的重點之一，就是要解決未解決以及反常問題。此外 Lauden 認為，有時理論無法解決問

題，並非理論之錯，而是在概念問題上的爭論，例如理論中某些基本假定的不清楚。

此外，Lauden 也提出了「研究傳統」的概念。研究傳統涉及了該研究領域內關於哪些研究能做、哪些不能做的準則。例如站在「光是一種波」此研究傳統的研究者，若同時試圖驗證「光是粒子」，則違背了光是波的研究傳統。在 Lauden 的定義中，研究傳統是一系列的理論，且可以並存。每個研究傳統各自有其信念，彼此之間的差異是可以調和的。因此，所謂科學革命，不是一個理論推翻一個理論，而是將舊理論的成分加以重新組合，提出新理論。

綜言之，對 Lauden 而言，科學的目的不在逼進真理：「如果理性在於只相信我們能夠有理由假定是真的東西，且若我們從理性的經典的、非實用的意義上，給『真理』下定義，那麼科學就（將永遠）是非理性的。」（轉引自舒煒光、邱仁宗，1991）科學的目的，在於能解決問題，愈好的理論，就代表著能更好地解決問題。換言之，Lauden 可說是實用主義的代表。

#### （七）Alfred Shapere 的關聯主義方法論

Shapere 認為，無論是存有預設主義——即科學建立在某些永恆不變、先驗並可檢驗的元素之上——的邏輯實證主義，或站在相對主義——理論沒有絕對的評判標準，對理論只能採取自評——的歷史主義，二者皆有其嚴重的片面性。對 Shapere 而言，「背景信念」，才是科學發展的基礎。所謂背景信念，指的是科學發展過程中，在科學觀察與理論推理中所根據的知識背景與信念。背景信念必須是已被證明是成功的、無人懷疑的，並且要和用以研究的領域有所關聯。建立在背景信念所進行的科學活動之上，Shapere 提出了「域」（domain）的概念。

「域」的發展來自於問題。按照問題，進行尋找與研究，並和其他相關研究／事件進行比較、推理，用以回答問題的答案，就是理論。而上述科學

活動，包括觀察的過程、推理的過程，皆不脫離背景信念。此外，隨著科學知識與技術的提升，域也是不斷在變化的。對 Shapere 而言，域的形成與轉變，也就反映著科學的發展。

#### （八）建構主義（constructivism）

建構主義並非由單一一人所提出，而是逐漸發展出來，並在近期受到重視。其重要根源之一，來自 Khun 的思想。就建構主義而言，對知識或科學理論的形成，有三大原則，包括：主動原則、適應原則與發展原則（詹志禹，1996）。

大抵而言，有別於傳統邏輯實證主義或 Popper 的思想，建構主義認為知識並非被動接受於外在，而是由個體主動認識、組織而成。個體的心理與認知功能，能夠調適、建造知識，並經由先備知識的累積，使知識成長、發展。換言之，對建構主義而言，人是知識的主體。

上述科學哲學學說之整理，大抵反映科學界或歷史上，對於科學、知識的認知與看法。從最一開始強調經驗、絕對客觀證據與確定不變真理的邏輯實證主義，到近期漸漸將知識或科學理論，認識為一個動態演變與建構的過程。整體而言，科學本質是一個科學的社會研究，包含哲學、科學史、社會學、心理學等四部分。以此四個領域對科學做研究與定義，產生了我們認為「科學是什麼」，即科學本質。而認識影響著科學本質演變的科學哲學歷史及觀點，無論是實證或建構取向，皆有助於我們進入本節第二部分，即對科學理論本質的理解。

## 二、科學理論本質的定義與分類

科學理論本質有別於科學理論，更著重於理論存在價值與其建構的探討。Lederman (1996) 認為科學的過程比結果更為重要（轉引自 Smith & Scharmann, 1999），理解科學過程，即理論的產生與其價值，在科學本質的教育當中，確實也是不可被忽視的一環。

1906 年法國物理學家迪昂認為，科學理論是由一個特定假說與許多附加假

說構成（張巨青、吳寅華，1994）。Lauden (1977/1992) 在其書中提及，若科學疑問是由問題所構成，那麼理論，就成為了解答。理論的功能在於解決科學中的歧義，使事件可理解並可預測。Suppes (1967) 則認為，科學理論是一個難以下定義的詞彙，但他仍指出科學理論具有兩個部分，缺一即不完整：其一，是抽象的邏輯推測 (abstract logical calculus)；再者，是能為一些較基本及明確的邏輯推測，提供調適用的定義 (co-ordinating definitions) 和科學性的解釋，而這些解釋是建立在實際根據的規則 (empirical interpretations)之上。上述定義較偏向於「一個科學理論應該具備哪些元素」，但關於科學理論（知識）的建構層面，仍必須回到科學哲學探討之。

Palmquist 和 Finley (1997) 發展了一份關於科學理論本質的問卷。此問卷係根據 Feyerabend (1978)、Kuhn (1970)、Lakatos (1977)、Laudan (1977) 與 Toulman (1953) 等科學哲學家的學說發展而來，區分為傳統 (traditional) 與當代 (contemporary) 模式：

表 2-1

## 二種對科學理論本質的看法比較

	傳統 (traditional)	當代 (contemporary)
科學理論	<p>1. 理論是直接根據觀察而來的。</p> <p>2. 新理論可以取代舊理論，主要是因為觀察隨著時間改進及增加。</p> <p>3. 當理論與真實現象產生矛盾，則整個理論為錯。</p> <p>4. 理論是被證明為對的假說。</p> <p>5. 舊的理論對於科學家而言是沒有用的。</p>	<p>1. 「觀察」本身即蘊含理論。</p> <p>2. 理論是科學家的發明。</p> <p>3. 當出現了一個矛盾的事實，並不代表必須放棄該理論。</p> <p>4. 理論是用於描述、解釋與預測科學現象的。</p> <p>5. 理論符合某些典範。</p> <p>6. 科學家從何開始進行研究，本身即被理論所影響。</p> <p>7. 理論經由與其他普遍被接受的理論（典範）來確認。</p> <p>8. 觀察受社會和文化因素影響。</p>
科學知識	<p>1. 科學知識直接來自於現實之中。</p> <p>2. 科學知識的增加源自於觀察的累積。</p> <p>3. 科學知識的進步來自於觀察的累積。</p> <p>4. 科學知識能否被證實，是直接被觀察所影響。</p> <p>5. 科學知識是不會改變的。</p> <p>6. 科學資料不能被科學家解釋。</p>	<p>1. 科學知識的進展是不連續的。</p> <p>2. 科學知識是暫時性的。</p> <p>3. 科學知識的創造與確認來自於科學社群的普遍接受。</p> <p>4. 科學家根據先前的知識、觀察與邏輯創造科學知識。</p> <p>5. 科學知識的暫時性與多少人致力於驗證此一知識有關。</p> <p>6. 所謂的「真相」被定義為對現象的精確描述。</p>

資料來源：修改自 “Preservice teachers' views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program” by B. C. Palmquist, & F. N. Finley, 1997, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(6), p.611-613.

就上述探討，若根據 Palmquist 和 Finley (1997) 的分類，能對科學理論本質有傳統（邏輯實證取向）與當代（建構取向）的看法，則對學生在理解科學（理論）本質與學習上，此二種取向何者較佳？此外，對科學（理論）本質的理解與否，是否對學生在學習科學甚至其他方面有所影響？相關研究將於本章第二節，進行更深入的討論與整理。



## 第二節 科學本質與科學理論本質理解在學習上之影響

### 一、科學本質與學習

科學本質為何受到科學教育界的重視？Eldridge (1981) 指出，美國科學教育的一個悲劇，在於每天都有新的發現、新的真理與新的科技發明，卻沒有給人們一個選項：「你要接受它們與否？」（轉引自Duschl, 1988）美國科學促進協會（AAAS, 1993）認為，若達到科學本質的理解，有助於人們了解科學家是藉由怎麼樣的工作模式以達到科學共識，因此能使人們對科學結果進行更多思考，而非僅是一味地全盤接受。

此外，Songer與Linn (1991) 認為，抱持著固態（static）科學信念的學生，只能在考試上表現好，卻無法發展出整合性的理解（integrated understanding）。換言之，他們無法將這些學到的東西，應用於生活經驗之外。因此，當人們增進對「科學是如何運作」的概念後，將能以其作為基礎，使用這樣的運作機制，達到對未來學習與生活中的問題解決（AAAS, 1993）。

Smith和Scharmann (1999) 於其文章中提及，增進人們對科學本質理解最重要的原因，在於這種理解，於反思並對個人決策負起責任，以及促成在地到全球的公民社會，是一個關鍵性的因素。郭重吉和許玫瑰（1992）的研究中即詳列了1960年代後，科學教育目標的轉變，認為當代的科學目標，要著重於未來公民的培育，與培育系統性思考、作決斷的技能。

另一方面，近代教育界許多研究也注意到，提升學生對科學本質的瞭解，不僅能提升學生對科學的興趣，也有助於達到對科學更深層的理解及對科學議題、訊息的判斷（李悅美，2002；Chuy, et. al, 2010; Deng, Chen, Tsai, & Chai, 2011; Songer & Linn, 1991; Tsai, 1998）。

縱然了解科學本質對人類，或對科學學習是如此重要，諸多研究卻顯示了教師與學生，在科學教育中對科學本質重要性的忽略。例如Lederman (1992)指出，教師對科學本質的理解，與其在課堂上展現的行為，及學生的學習和觀念產生是

有所關聯的。翁秀玉與段曉林（1997）的研究也整理出，不同科學觀點的理解，對科學教育的教學行為及學生會有什麼樣的影響。例如當學生認為科學知識是權威性的，當教師傾向以「講授知識」的方式來教學，學生多會以記憶背誦的方式學習；反之，當學生認為科學知識具有暫時性的特徵，則會傾向以理解的方式學習科學，也更容易地將其應用在生活中。

既然教師對科學本質的理解影響其教學行為，甚至是學生對知識的學習與應用，則教師對科學本質的理解，將是重要的出發點。然而國內外許多研究指出，多數教師對科學本質的理解仍不完整，或甚至偏向傳統觀點。他們鮮少重視科學本質，也幾乎不將對科學本質理解的教學活動，規劃進教案當中（許玫瑰、郭重吉，1993；Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Gallagher, 1991），如此一來，便易造成制式化或不成熟的教學。教師可能只著重定律、理論或觀念的傳達（Abimbola, 1983; AAAS, 1998），或甚至不會將科學這個科目當中的知識與其他領域相結合（Duschl, 1988）。當對科學的理解無法與自身經驗結合，學生更不會認為科學甚至學習本身是重要的（Songer & Linn, 1991）。

除上述提及的研究取向，針對科學本質與教師、學生間的研究，Lederman (1992) 以文獻整理之方式，將40年間針對科學本質在學習上的研究大抵歸類為四類：

- (1) 測量學生對科學本質之理解：其中多數研究結果顯示，大抵而言學生對於科學本質較具備不完整的認識。
- (2) 針對提升學生科學本質理解的課堂設計之發展、使用及評量：結果顯示，雖然不是全部，但大部分而言，相較於傳統教科書教學，使用多媒介、實驗（實作）、重視想法（idea）、批判性思考（critical thinking）或探究學習（inquiry-based learning）等方式，有助於使學生對科學本質理解的轉變。
- (3) 對教師科學本質理解之測量或提升策略之研究：Lederman 引用了 Behnke 的研究指出，許多科學教師仍將科學視為固定不變且權威的存在，且他進一步提到，教師對科學固守的觀念，將使學生對科學產生錯誤的理解（misrepresentation）。

(4) 艋清教師(對科學本質)觀念與教室實踐及學生(科學本質)觀念間之關係：其中總結到教師的觀念會影響其行為與語言，並進一步影響學生在科學上的學習。

Deng、Chen、Tsai 與 Chai (2011) 的研究對近年來的文獻進行歸納，共整理了1991年至2010年間針對學生與科學本質觀、科學認識論等共計105篇文章。根據研究文章的研究方法，區分為單一向度、多元向度及論證性來源 (argumentative sources)，有如下結論：

- (1) 學生的科學本質觀：多數針對學生科學本質觀的研究發現，學生抱持有混合式 (mixed) ——即綜合實證與建構——的科學本質觀。在論證性研究部分，學生能引用論證性來源批判性地建構與澄清科學訊息。
- (2) 科學本質觀與人口面向：單一向度研究中，只有1篇研究探討此議題。該研究結果顯示8年級的學生，比起6、7年級學生，具有更完整的科學本質觀，6、7年級間則無顯著差異。在多元向度研究中，多數研究顯示出男性比女性，在科學本質觀的某些向度上——例如創意與理論轉變——持有更建構取向的看法。少部分認為沒有顯著差異。年紀方面，16-18歲學生，比起9-12歲學生，傾向持有建構性的科學本質觀。此外，在文化方面，也有顯著差異。
- (3) 科學本質觀與主修關係：單一向度中只有1篇研究，針對不同主修例如物理、生物主修以及非物理主修間，對科學本質理解的差異，結果顯示並無顯著不同。而多元向度的研究中則顯示出，主修與非主修科學的大學生，對於科學本質不同向度間的認識，有顯著差異。
- (4) 科學本質觀與學習關係：單一向度的文獻中，多數研究結果指出對科學本質理解與學習具有正向關係，愈持建構取向的學生，偏好較建構中心的學習環境，也能夠具有較好的後設認知能力。而在多元向度研究中則指出，只有某些向度和學習有顯著關聯，例如對科學方法的觀點，能預測其問題解決策略。論證性方面的研究則顯示出，學生對科學本質觀轉變，不一定其學習策略就跟著轉變。
- (5) 課程設計的影響：單一向度中的2篇研究探索課程設計與學生對科學本質認識的影響，皆呈正向關聯。使用更加討論性質、多元或辯證活動等方式，有

助於學生建立建構取向的科學本質觀。而多元向度的 36 篇研究中，使用外顯的 (explicit) 教學方式的 17 篇研究，其中 15 篇 (88%) 有顯著轉變，而內隱 (implicit) 教學法的 19 篇中，則只有 9 篇 (47%) 有顯著轉變。論證性研究的 4 篇研究結果指出，透過使學生進入討論、探究、閱讀與反思等活動，學生在某些科學本質向度有所提升。

綜言之，科學本質的重要性不只呈現在科學學科學習上，而是更進一步地與人類自身及生活、社會議題有所關聯。然而在科學教育中，多數研究卻呈現教師大多具備不完整的科學本質理解，也不了解科學本質如何影響他們的教學甚至學生學習科學的動機及方式。但是，上述探討的文獻中也指出，當教師跳脫出傳統的課本與講述，嘗試使用多元的方式，則有可能在學習情境中，建構學生對科學本質較完整的理解。

## 二、科學理論本質與學習

目前國內外大多數研究，多針對教師或學生的科學本質理解作了解，很少有研究著墨於教師或學生，是如何了解科學理論被發明或建構。郭重吉、許玫瑰 (1992) 的報告中圖示出，經歷科學哲學的演變，現今對知識的理解，應當傾向能了解，知識是以一建構取向成形 (如圖 2-1)。

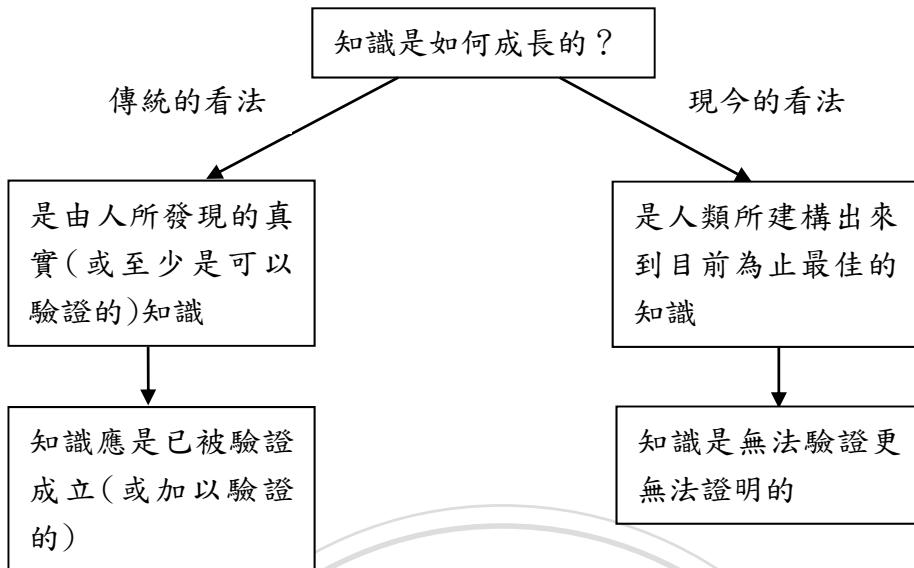


圖 2-1 對知識的看法：傳統與現今比較圖

資料來源：郭重吉、許玫瑰（1992）。從科學哲學觀點的演變探討科學教育的過去與未來。彰化師範大學學報，3，531-560。

Carey 和 Smith (1993) 的文獻中指出，經由科學知識，達到對科學本質的理解上有三個層級。第一層級對科學本質的理解，認為科學知識僅由一些事實所組成；第二層級的理解已脫離了單純對事實的認識，而瞭解科學知識是經過測試的想法；對科學知識第三層級的理解，已能瞭解科學知識是由科學理論所引導，所以就算科學知識是由大量對事實的探討所組成，科學知識仍有其不確定性。

但 Carey 等人仍指出，許多學生之所以無法達到科學本質第一層級的理解，是因為他們不重視科學理論在科學或科學探究中的角色，即知識如何產生此一議題，在科學歷程中的重要性（轉引自 Chuy, et. al, 2010）。因此科學作為一種理解的方式，科學理論的建構被視為一種知識建構的過程，重視對科學理論本質的理解，在科學教育之中確實是重要的一環。

Wen (2010) 等人特別針對臺灣高中學生對科學理論本質瞭解進行研究，結果指出超過百分之 60 的學生，認為理論來自於發現，而當理論轉變，也是因為「新的發現」。顯見在理論本質上，至少臺灣學生對理論建構的概念，理解尚不

完善。Tsai (1998) 的研究中指出，當學生對於科學知識持實證，即知識（理論）即事實時，他們會更希望教師以講述概念的方式學習，當自己犯錯時，也展現出更多的焦慮，並且更加依賴教師所扮演的角色。然而，當學生對科學知識抱持有建構的概念時，學生在學習過程中，會試著表述自己已學習到的概念，且以較好的後設認知技巧，來管控自己對想法的建構過程；再者，他們會以更適應性的方式來學習科學，並嘗試以各種不同的方式解決問題，並有較多同儕相互討論的機會。因此，透過文獻探討，本研究假定建構取向的科學理論本質，對學生的學科學習、問題解決與靈活運用知識等方面，或許有更多助益。故期許學生經由本教學設計，對科學理論本質能有更傾向建構取向的理解。

許多研究指出，在科學教育中，教師應營造一個類似於科學家探究——提出問題、假設、調查、分析、建構模型與評估(White, Shimoda & Frederiksen, 1999)——的學習情境（如圖 2-2 所示）（翁秀玉、段曉林，1997；O'Neill & Polman, 2004），而非僅是讓學生操作食譜式的實驗步驟。換言之，使學生了解科學家是以建構與問題解決的模式進行科學理論的產出，有助於使學生達到對科學理論本質較為完善的理解。

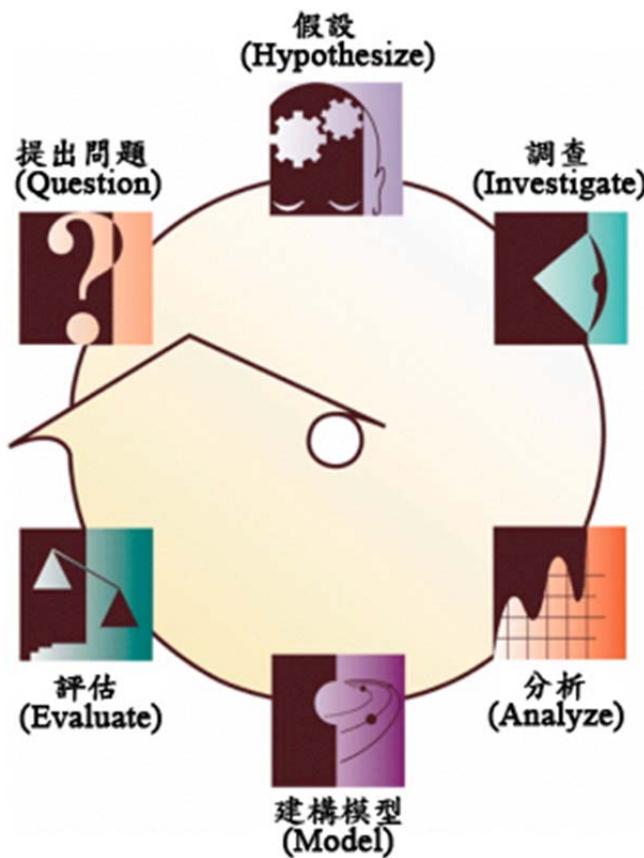


圖 2-2 科學探究歷程循環圖

資料來源：修改自 "Enabling students to construct theories of collaborative inquiry and reflective learning: Computer support for metacognitive development." by B. Y. White, T. A. Shimoda, & J. R. Frederiksen, 1999, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, 10, p.154.

為此，本研究使用電腦支援協作學習與知識翻新教學法，來營造一科學探究情境。並且此處特別言明的是，有別於傳統的科學探究：著重於問題解決的「活動」歷程，本研究所使用的知識翻新教學法，更重視學生「想法」的轉變與品質提升——在科學探究中，想法即等同於理論。換言之，知識翻新教學法與傳統科學探究雖有一定的相似之處，但更著重於「理論轉變／建構」本身之歷程。本教學設計中，藉由電腦支援協作平台知識論壇，使學生進行類科學家的問題解決與理論建構活動。傳統科學探究、知識翻新活動及其於論壇活動之比較，詳如下表。對知識翻新原則的詳細介紹，則待本章第四節。

表2-2

本教學設計中傳統科學探究歷程與平台活動對照

傳統科學探究歷程	知識翻新理念	知識論壇活動
提出問題	關心生活中的問題	我想要了解
假設	提出想法	我的理論
調查	愈來愈高層次的想法	我的理論／新資訊
分析		我的理論／我們的想法
建構模型	社群共享成長	我們的想法
評估		這理論無法解釋



### 第三節 電腦支援協作學習

#### 一、 協作學習

在英文當中，合作學習（cooperative learning）與協作學習（collaborative learning），是兩個截然不同的概念。前者泛指學生將一個學習任務切割為不同部分，成員各自處理一小部分後，再回到小組當中整合與完成整體任務；後者則更強調學生間彼此的緊密連結，因為任務進行中，小組內的每位學生，皆必須參與任務中的每個步驟或環節。換言之，學生是「一起」完成這份任務。

協作學習是一種合作型態的教學模式，旨在採取異質分組的方式，使學生在學習中彼此教導、協助，以達到共同理解與對學習的提升。協作學習模式最早出現於 1700 年代末期，由蘭開斯特（J.Lancaster）與貝爾（A.Bell）於英國施教。19 世紀早期，美國也開始推行使用（黃政傑、林佩璇，1996）。

若試著了解協作模式在學習中運作的機制及其效能，可以從幾個觀點探討之。就皮亞傑（Piaget）的社會認知衝突理論（sociocognitive conflict theory）而言，學習者自身透過他人觀點與自身觀點的衝突，能有機會調整自身信念，融合或調適出新想法。而維高斯基（Vygotsky）的社會文化論（sociocultural theory）則透過建構鷹架（scaffolding），由具備有類似認知基礎的同儕引導，更能了解相似年紀的同學可能遭遇的問題。藉由較高程度學生的協助，引導同儕達到對學習任務的熟悉或解決。另一個觀點來自「對知識的共同建構」（coconstruction of knowledge）（Webb, 2013）。建立在其他學生的想法或解釋之上，同儕彼此貢獻自己所知的一小塊訊息。透過訊息的交換、討論、澄清、修正、添加與連結，學生能以協作的方式，內化並共建出問題解決的策略。

綜言之，協作學習能逐漸成為教育中的潮流，理由有數：包括協作學習能提升學生的合作能力：在未來強調創意與團體合作導向中，使學生具備合作而非競爭意識，了解到合作的好處，尤其重要；再者，經由社會認知衝突論、社會文化理論、發展理論等學理分析後，發現協作學習有助於提升學習成效；第三，協作學習對學生學習人際互動上，亦有所助益。學生可於共同的問題解決過程中，熟

習溝通協調技能。近期著名的教育大師佐藤學，亦提出學習共同體於未來發展的可能與必要性（佐藤學，2012），其書中指出學生如何在協作學習互動中，達到對個體差異性的解決，甚至公民型態的想見。

## 二、電腦支援協作學習

當人類逐漸進入一個資訊爆炸的時代，科技與大量的訊息不僅改變了我們的生活方式，更催生了教育領域中相應的新教學環境、資源與教學法（Collins & Halverson, 2010; Khan, 1998; Sun, Lin & Yu, 2008; Trilling & Hood, 1999）。當 WWW（即 World Wide Web）進入課堂後，將改變學生學習的本質，大量的媒體與訊息，促使學生必須提升資訊收集及問題解決的能力，此外以網絡合作的方式進行學習，也將成為必要的趨勢（Hoffman, Wu, Krajcik, & Soloway, 2003）。

然而有研究認為，電腦學習有其缺點。例如 Wallace (2000) 等人的研究中指出，讓小學六年級學生使用電腦進行教學，學生們雖然容易學習新科技的操作，但當要進行資訊的搜尋，則使用的方式卻過於單純，在資訊查找上顯現出困難。Hoffman (2003) 等人的研究中也指出類似現象。當學生使用線上資源學習時，傾向於「尋找答案」而非真的「理解」它們。

但若上述情況，是在學生的「協作學習」之下，情況將可能截然不同。「電腦支援協作學習」，便是在 1990 年代時，人們認為「學生使用電腦學習時，因為軟硬體的關係，基本上是獨自學習」此一質疑之下所興起。電腦支援協作學習旨在了解學生如何在電腦的協助之下共同學習。與單純的「在教學中操作電腦」不同，電腦支援協作學習具備幾個優點，最基本的包括了不限使用者人數、不限時空地點、不一定非得要同步且以線性方式學習、能嘗試各種媒體，以及能接觸與學習使用全球性的資源等優勢（Yang, 2001）。但更深入言之，電腦支援學習環境刺激學生彼此合作，他們並不只是單純地在網路上搜尋資訊或貼訊息給他人，電腦支援協作學習的教學應用也包括學

生在線上、線下共同合作，藉由電腦輔助解決學習任務、辯論、問問題及表達彼此想法（Stahl, Koschmann, & Suthers, 2006）。

然綜觀目前教師對於網路資訊與教學的應用，多半仍侷限於教師單方面的使用。教師以搜尋網路教學資源為主，進行補救教學為其次，且電腦輔助教學多以教師主導，還無法做到讓學生為主體的主動參與、學習（溫明正，2002）。要真正達到應用網路教學的互動性、開放性，塑造一種友善空間者，除大學課程較有此可能性外，中小學仍難以跳脫傳統式教學與媒體應用方式。但是，要達到國際競爭——包括富有創造力、反思性與團隊合作能力人才的塑造——必須及早培養學生創造思考之能力。一如目前著名的芬蘭教育，即著重於讓學童自行尋找與創造知識。但此種教學方式要如何應用於臺灣的教育呢？以下探討的知識翻新教學法，或許可以達到此可能性。

#### 第四節 知識翻新教學法

Osborn 與 Freyberg (1985) 等人的研究中指出，當了解科學家想法是如何轉變後，學生對於科學的理解也將因此轉變（轉引自 Duschl, 1988）。然而，傳統的教室當中，學生的學習內容通常已被印刷在課本當中，或在教師的講述之中直接傳遞，鮮少有機會使學生模擬科學家的科學探究行為，瞭解科學家是如何進行科學活動與理論建構。為達到一種有別於傳統講述的教學方式，並有足夠空間與機會使學生成為學習的主體，本研究嘗試使用一建構與原則取向 (principle-based) 教學法 (Zhang, Hong, Scardamalia, Teo, & Morley, 2011) —「知識翻新教學法」進行教學設計。

知識翻新教學法為電腦支援協作學習的一種，此一理論係由 Carl Bereiter 和 Marlene Scardamalia ( Scardamalia & Bereiter, 2006) 提出。起源於 1980 年代當時對認知的研究，在「知識講述」 (knowledge telling) 及「知識轉化」 (knowledge transformation) 二種取向中，多數研究針對專業知識 (expertise) 的本質與知識結構進行了解。但當時的 Scardamalia 與 Bereiter，則試圖探究專業知識產生的歷程，以及人們是如何藉由問題解決提升專業知識 (Chan, 2013)。因此，當時肯認到學生要如何在專家與權威主導的教學環境中，執行個人的高層次認知歷程，且社群必須要成為知識成長的溫床，一種新型態學習環境的產生，是必須的。

為此，知識翻新教學法與傳統教學法具備相當大的不同：它並沒有一個「該怎麼做」的指導手冊，而是以 12 個原則作為教師與學生的教學中心概念。以原則導向的優點在於，教室與教師將不再被「必須要教什麼」、「怎麼教」所控制，另一方面，為了避免教師無所適從，給予原理原則作為出發點。教師因此有相當大的個人自由創想新教學方法，學生也因為沒有一個強制的、必須按部就班的道路遵循，而有更多創意發想的可能性。

知識翻新教學法有 12 個原則 (Scardamalia, 2002)，其中特別與本教學設計相關的幾個原則包括：

1. 關心生活中真實的問題，而不僅僅是教科書上的內容 (Real ideas, Authentic problems)：傳統教學當中，學生時常藉由記憶背誦學習課本的知識，如此一來，不僅容易削弱學生的學習動機，更使學生不易應用與連結所學。在本教學設計中，除了沒有既定的教科書與必學內容之外，在課堂第一週，教師即邀請學生思考、寫下十個在生活中有興趣的自然科學相關問題，並於課後帶至知識論壇進行討論與想法建構。如此一來，學生所關注的焦點將不再是課本中已呈現出「完美」解答的知識，而必須從無到有，共構出屬於自己與社群的想法。
2. 想法可以不斷進行翻新 (improvable ideas)：傳統教學中呈現出的知識，是一種「權威性」的知識，易使學生產生「課本／老師所說的是絕對正確」的想法，如此一來，對所學便僅是單純吸收，而不去反芻反思。知識翻新教學設計重要的特點在於，學生使用知識論壇進行想法翻新。藉由平台所提供的鷹架如：我想要知道、這理論不能解釋或更好的理論等，學生在思考前一個想法之後，能嘗試著對想法進行補充或翻新，藉此使學生瞭解，想法是可以不斷進步的。
3. 通過愈來愈高層次的討論，學生能逐步改進想法與提出更高層次的概念 (rise-above)：傳統教室當中的討論，常常只有一個階段，例如教師拋出一個問題，學生進行小組或班級討論後，教師進行總結，以結束一個段落或單元。然而，這樣的討論模式雖然可促發學生思考，但在討論結束後，學生的想法（成果）也戛然而止。在知識翻新教學設計中，學生的討論常不只有一個階段，以本教學設計為例，教師於課堂中會先以講述或影片拋出問題，進行小組至大班級的討論後，教師再針對班級總結出的結論，提出另外一種可能性。如此一來，討論便繼續下去，而這樣的討論，是建立在前一次所共構出的想法之上，為的是逐步提升想法的層次。
4. 學生主動參與知識創造的過程 (epistemic agency)：傳統教學當中，學生的學習常是被動的。學生在教室中所扮演的角色，大抵而言被期許是：乖乖坐在位置上，不要發問，不要打斷上課，聽或記下老師說的就好。然而本教學設計中，期許學生能經歷科學探究歷程，以試著達到學生對科學理論本質更多元的理解，

則學生必不能只單方面接收訊息，而必須試著開創可能性。為此，本教學設計使用知識論壇作為電腦協作學習環境，邀請而非強制學生於平台上進行討論。因學生所提議題五花八門，同學們可以自由選擇自己有興趣的議題進行探索與知識建構，對內在動機的提升後，學生則不再是被強迫進行吸收，而能夠成為學習的主導者。

5. 不盲目運用權威性的文獻 (constructive uses of authoritative sources)：考試取向的傳統教學中，對知識呈現出一種唯一、絕對與權威的印象。學生在考卷上的回答非對即錯，常認為針對某個議題，只有一種可能性。然而在知識翻新教學設計中，藉由不斷翻新想法，就算學生對某個問題提出網路上搜尋到的，「似乎正確」的解答，也可以藉由同儕對此想法的質疑或更進一步的討論，理解到知識不是絕對正確。因而對權威文獻的使用，能持懷疑與保留的態度使用之。

綜言之，在本教學設計中，強調以知識翻新原則進行的教學設計營造一個自由開放的討論空間。在此一討論空間中，學生先提出對生活中有興趣的問題，並於平台上對問題自由提出看法。學生運用的知識可能包括個人經驗，也可能來自於過去學習的結構性科學知識。藉由一來一往間對問題提出更具解釋力的答案，學生即進行一知識創建的過程，換言之，是一科學探究情境的模擬。期許藉由這樣的教學設計，使學生理解科學家進行科學探究之歷程，進而提升或轉變對科學理論本質的認識。

## 第三章 研究方法

本研究以知識翻新教學法為中心，以電腦輔助協作學習為教學環境，使學生實踐科學探究與理論建構之歷程。本研究欲了解，在此一設計當中，學生能否改變其對科學理論本質之認識。為更了解學生轉變的內涵，本研究混合質、量二種取向，藉由閱讀學生對問卷之回應及貼文內容，設計編碼表以分析學生在概念上的轉變情形。

本章共分五節，包括研究設計與架構，說明本研究中所使用的教學設計，敘述研究工具與研究流程，最後說明資料分析與處理方法。

### 第一節 研究設計與研究架構

#### 一、研究設計

本研究為一個案研究 (case study)。由於知識翻新教學法除十二項原則外，並未明確指出「該如何做」或「能如何做」，因此本研究設計一套課堂實踐方法，並驗證此一設計是否能使學生产生更傾建構取向的科學理論本質理解。個案研究之優點除可以自然觀察法，在不打擾研究對象之情形下進行研究外，更強調使用多種資料進行分析 (Yin, 2009)，因此可深入探討個案想法及態度的改變歷程。相較於普及施測，個案研究法更符合本研究需求，因此為本研究所採用。

本研究之對象為某國立大學修習「自然科學概論」此門課的大學部學生，共計 52 名。其中來自教育學院學生 43 名，來自文學院 1 名，來自社會科學院 4 名，而來自商學院 4 名。此外，於 52 名學生中，39 名學生為一年級，13 名學生為二年級。以此班級為本研究研究對象之原因，在於知識翻新之核心目的為知識創造，並了解產生知識產生之過程。而科學家的科學探究活動目的，亦在於「產生／創造新知識」，因此實踐於自然科學概論此門課中，可視為一重要的教學活動。本課程修課期間為 18 週。為了解學生在科學探究活動中，是否對科學理論本質有更趨建構取向的了解，本研究以「知識論壇」為研究場域，透過此一電腦支援協作學習之環境，建構學生想法交流的平台，平台上資料亦作為研究分析資料使用。此外，為更深入了解學生對科學理論本質的理解，本研究亦於學期初及

學期末，使用開放式問卷測驗之，問卷內容亦做為分析資料之一。

## 二、研究架構

根據研究目的，本研究主要在了解以知識翻新教學法為主軸，並輔以電腦支援協作學習環境，是否能使學生產生更建構取向的科學理論本質理解。為此，形成之研究架構圖如下：

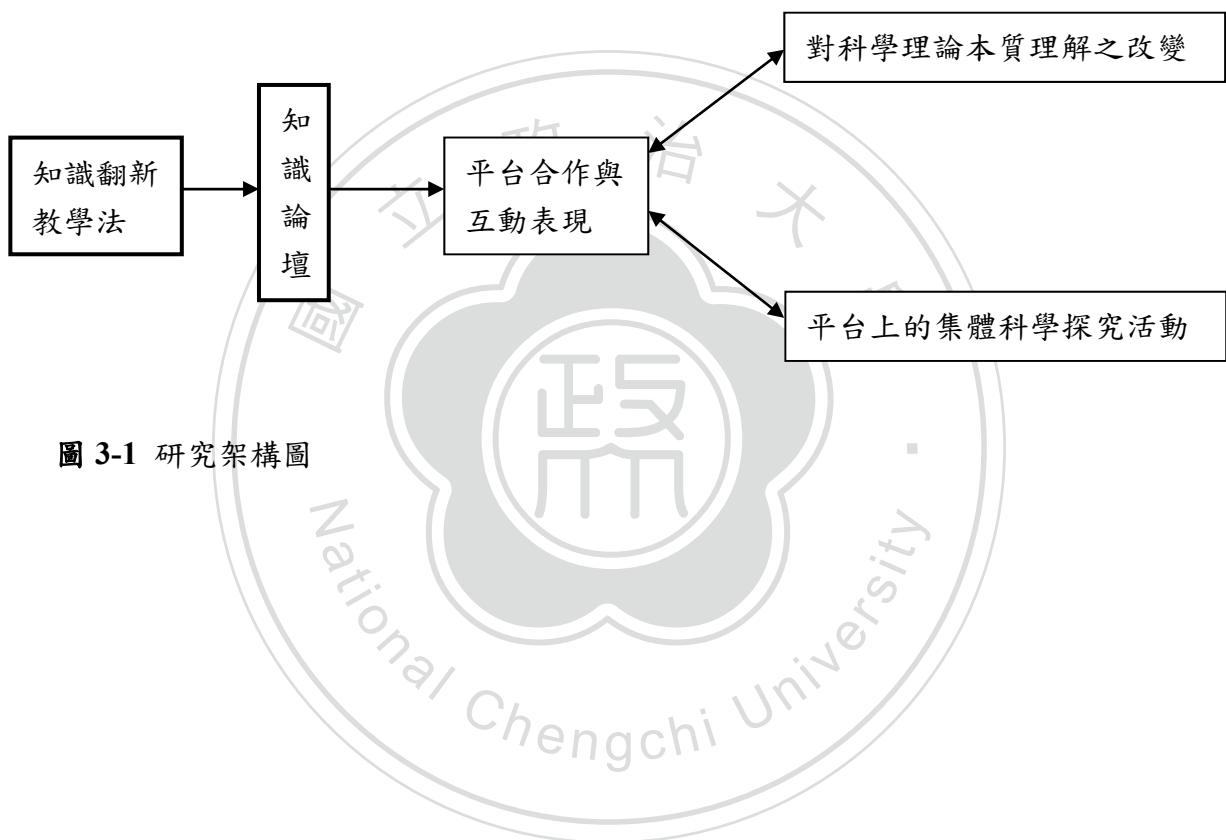


圖 3-1 研究架構圖

## 第二節 教學設計

### 一、 教學方式

#### (一) 課堂活動

在為期 18 週的課程中，共探討包括物質的世界、熱、電、聲、光、生命、地球及天文等自然科學主題。學生每週至教室中進行 2 小時共計 100 分鐘的面授課程。課堂中所使用方式包含教師以投影片為輔助，使用講述、影片播放、提問、小組討論、學生與教師間之答辯等方式，旨在使學生於基本知識建立後，能有針對理論、知識深入思考並與社群共構新想法之機會。

於本教學設計中，教師使用投影片講述的目的並不在於灌輸或使學生記憶與自然科學相關的理論，而在於「建立一個討論的議題」，或使學生有機會能對權威性訊息，進行反思與討論。投影片的內容建立在該週主題之上，以問題為主軸，佐以科學實驗影片或網路影片。以「物質的世界」此一單元為例，投影片中將提出問題包括「世界的組成為何？」、「原子模型為何？」或「如何得知原子或粒子的存在？」。相關影片則包括電漿球或網路上科學家提出關於強子對撞機引起問題等教材，引發下一步的小組討論。

學生並未固定分組，而是以每週隨機入座之方式，使學生與鄰近同學討論，每組約 3 至 5 人不等。小組討論是社群共創知識的開始，在小組中，每個人都是平等的。待學生討論過後，教師邀請學生於班級中發表對問題的想法，針對學生的回答，教師可能邀請其他同學加入討論，針對上一位學生的回答進行反對或支持。此外，教師亦可能自行針對學生回答提出深入問題，進行往來答辯。在此一過程中，主動參與的學生反映著主動對知識的追求，而教師與學生、學生與學生之間的對話、辯論，也反映著知識翻新教學法中，「知識翻新注重對話」的理念。

最後，教師再以講述的方式，簡短闡釋科學史上針對物質構成所提出的理論，並將此理論與學生稍早討論結果做比較，邀請學生補充想法。在這個過程中，不僅是學生，教師本身也經由學生的回答得到了知識，在此一過程中，社群成員都是平等且共同進步的。每一堂課至少會進行如上所述一至二個循環，旨在使學生

了解，縱然得出最終結論，想法仍是可被持續改進的。綜言之，立基於知識翻新教學法的主軸中，本研究之課堂教學設計主要使學生有充分討論、比較及翻修他人想法之實踐機會。教學步驟中，處處反映知識翻新理念，其對照可見下圖 3-2。而課程進行流程示意則如圖 3-3 所示。

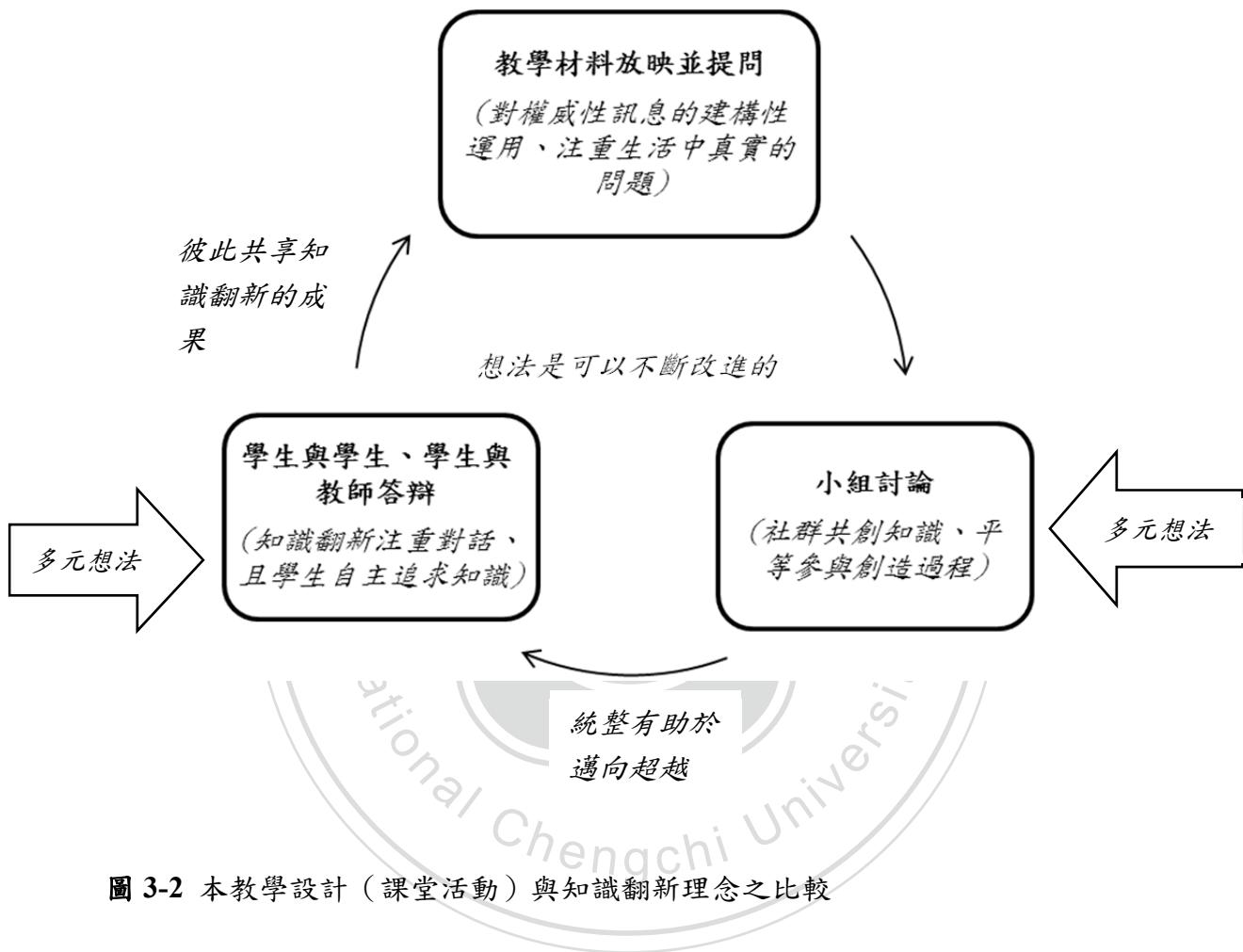


圖 3-2 本教學設計（課堂活動）與知識翻新理念之比較

## (二) 論壇活動與科學探究

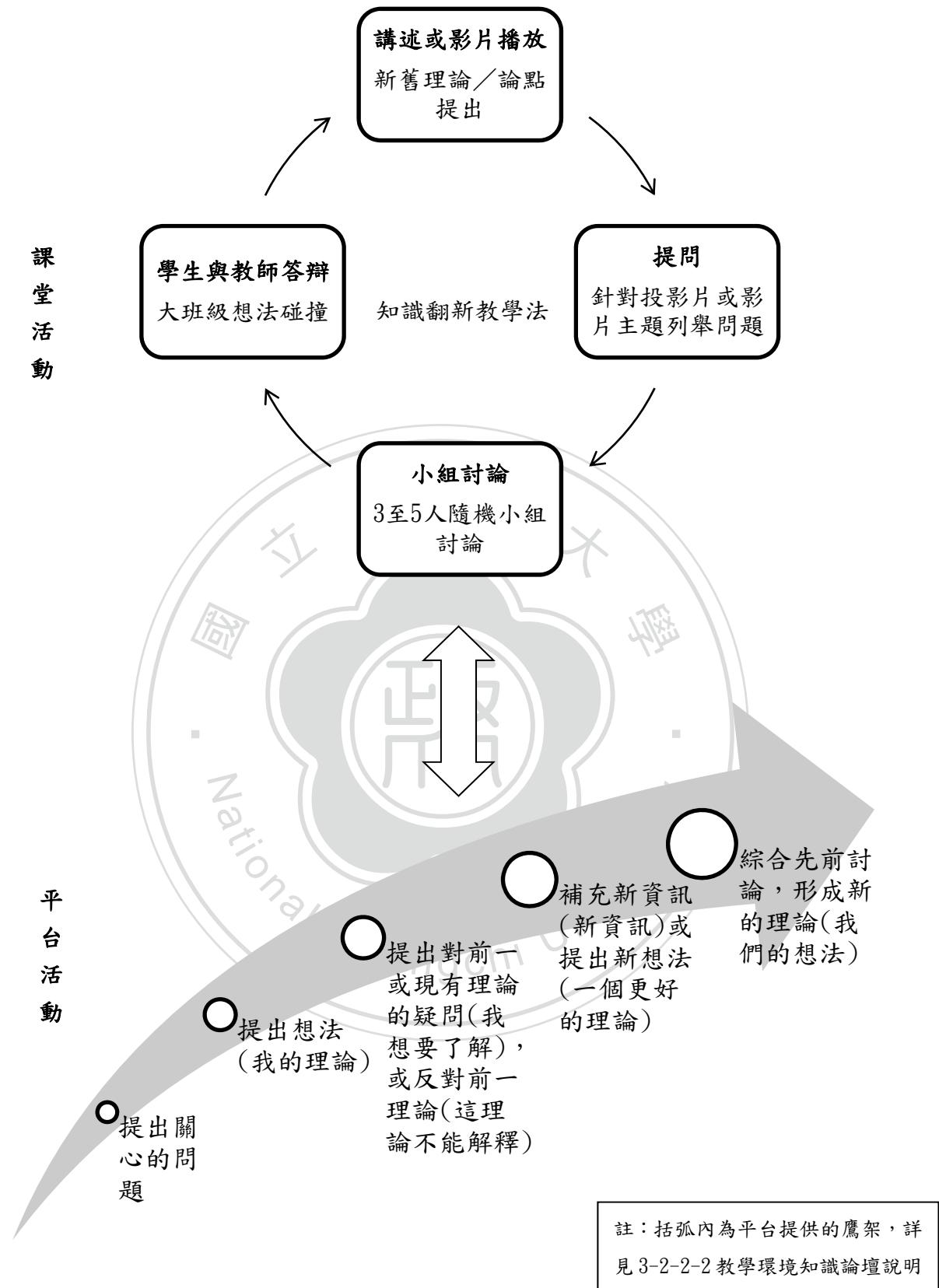
本研究所使用之「知識論壇」創立於 1983 年。發展於知識翻新教學法之下，其介面與功能，皆在促進學生持續性的社群知識創造。

學生課堂中與授課後主要的學習活動場域為知識論壇。於學期初，教師先於課堂中介紹論壇的基本功能，包括貼文、回文或鷹架使用。其次，於學期第一堂課中，教師請每位學生於課堂中寫下十個任何有興趣的，與生活相關或不相關的科學問題，例如「為什麼鮭魚會洄游」、「塑膠袋為什麼不能被分解」等，並於第

一堂課後回家，選擇一最有興趣或最好奇的問題，貼文於知識論壇平台上。接下來每週學生所要做的論壇活動，主要奠基於學生的提問中，對這些問題提出想法、進行討論、翻新，或提出新的問題等。因學生人數稍多，教師已於課堂中將學生隨機分為平台討論的 A、B 二組，每組 26 人，學生基本上於各自的討論板上討論，但亦可自由跨至其他組別貼文、回文。

平台活動與課堂活動為相輔相乘但平行之設計，概念表現如圖 3-3 所示。教學活動共持續 18 週，主要在使學生了解及體會科學探究歷程，期許學生因此對問題及現象有深入解釋與多元想法。





### (三) 指定作業（問卷）

除每週的課堂與論壇活動之外，於學期初及學期末，教師要求學生填寫一開放式問卷為指定作業，問卷內容主要在了解學生對科學理論本質的理解，問卷題目將於本章第三節研究工具中詳述。

## 二、教學環境

### (一) 面授教室

每週面授課程安排於一般教室，包括有白板、投影機、投影螢幕與音響等設備。教室座位安排為馬蹄形，每週學生得隨機自由入座，教師亦可能因課程需求調動座位。

### (二) 知識論壇

「知識論壇」是一基於知識翻新教學法所建構的討論平台。平台除基本貼文、回文以外，亦包括註解、參照、附加檔案或影片以及關鍵字、問題等功能（如圖 3-4）。在貼文功能中，根據知識翻新的想法翻新原則，提供六種鷹架輔佐想法的提出（如圖 3-5），包括（1）我的理論（my theory）：提出自己的想法；（2）我想要了解（I need to understand）：針對討論中的議題，或根據自身有興趣的議題，提出想法中不明白或尚待釐清的問題；（3）新的資訊（new information）：針對疑問或討論內容，提供／補充新的觀點或資訊；（4）這理論無法解釋（this theory cannot explain）：針對他人想法，指出其論點中存有疑惑或不明白之處；（5）更好的理論（a better theory）：根據其他證據或他人討論內容，提出比先前想法更具解釋力的觀點；以及（6）我們的想法（putting our knowledge together）：整合與分析討論議題中各種資訊與先前想法。

網路教學的好處在於學生得不受時空限制，創造有意義的教學環境，而知識論壇亦具備此一優點，學生得於任何時間、任何地點，於平台上進行科學探究活動，突破過去「學習只能在課堂上」，達到「無時無刻的學習」。



圖 3-4 知識論壇主界面範例



圖 3-5 知識論壇貼文界面範例

建立 註解 關閉

化學反應 編輯  
作者: 98102034  
最後修改: 2009, 十一月 21 (14:19:48)  
作者: 98102034

文章標題、作者與建立  
(最後修改)時間

關鍵字: 土 種子 發芽

我的理論 也許適當的環境是促發點之一，讓種子內部產生化學反應，細胞迅速分裂之類的  
鷹架使用範例 (my theory) 學生想法論述

這篇筆記採用下列筆記為基礎：

■ 教育—魏家文關心的問題 作者: 98102021 [2009, 十月 09] 本文章建立在(回應)哪一篇文章  
這篇筆記所屬視窗

■ 981-1-A組自科概論-科學探究與知識翻新 作者: huangyao [2010, 三月 02]  
■ Z\_981-1-A組自科概論-科學探究與知識翻新\_backup notes 作者: huangyao [2009, 十一月 11]

Read and modify information for this note

這篇筆記已被13人瀏覽過29次： 本文章瀏覽與修改記錄  
這篇筆記已被1人修改過1次：

More...

開啟新連結 (複製瀏覽器的【複製連結】功能)

圖 3-6 知識論壇讀文界面範例



### 第三節 研究工具

本研究之研究工具主要有二，分別來自學生於學期初、末填答的開放式問卷，及平台上之討論、活動記錄，以下茲詳細敘述之：

#### 一、開放式問卷

於學期第一週及最後一週，教師要求學生於知識論壇平台上以貼文方式，回答本研究設計的開放式問卷。問卷內容主要在了解學生對科學理論本質之理解，包括五個題目：

- 一、什麼是科學理論？
- 二、科學理論有沒有好壞之分？
- 三、科學理論怎麼來的？
- 四、科學理論是發明還是發現的？
- 五、為什麼需要科學理論？

關於「什麼是科學理論」，主要在了解學生對科學理論的定義與理解；其次，對「科學理論有無好壞」，在瞭解學生對理論價值的認知；再者，科學理論的來源欲探討學生對科學理論產生過程之想像；科學理論的發明與發現，欲更進一步探討學生對理論根源的認識；最後，為什麼需要科學理論，則在瞭解學生對科學理論功能上的想像。

本問卷之回答內容反應了學生對科學理論本質的認識，在分析學生對理論本質理解程度上，本研究根據質性研究資料處理方法發展出一套編碼表，編碼表內涵將詳述於本章第五節資料分析與處理。

#### 二、平台活動記錄

學生於知識論壇平台上任何活動記錄，都將被系統儲存下來，包括學生的閱讀記錄、貼文記錄及其內容、回文次數及其內容，使用鷹架次數或類別等，這些紀錄都將作為本研究資料的一部分，並將使用一專門分析知識論壇資料庫之研究工具 Analytic Toolkit 分析之，詳細流程將於本章第五節資料分析與處理詳述之。

#### 第四節 研究流程

本研究主要分為三大階段（如圖 3-7），於前期研究階段主要包括文獻資料的閱讀及研究主題之訂定；其次，則根據研究目的與假設，進入教學設計及實施階段；最後，根據學生自然活動呈現出的討論結果，以及學生於學期初、末填答的科學理論開放式問卷，進行資料分析處理及結果撰寫。而此三階段中，為因應研究需求與不斷確立研究假設、目的及立論，文獻探討持續用以豐富及支持研究內涵。



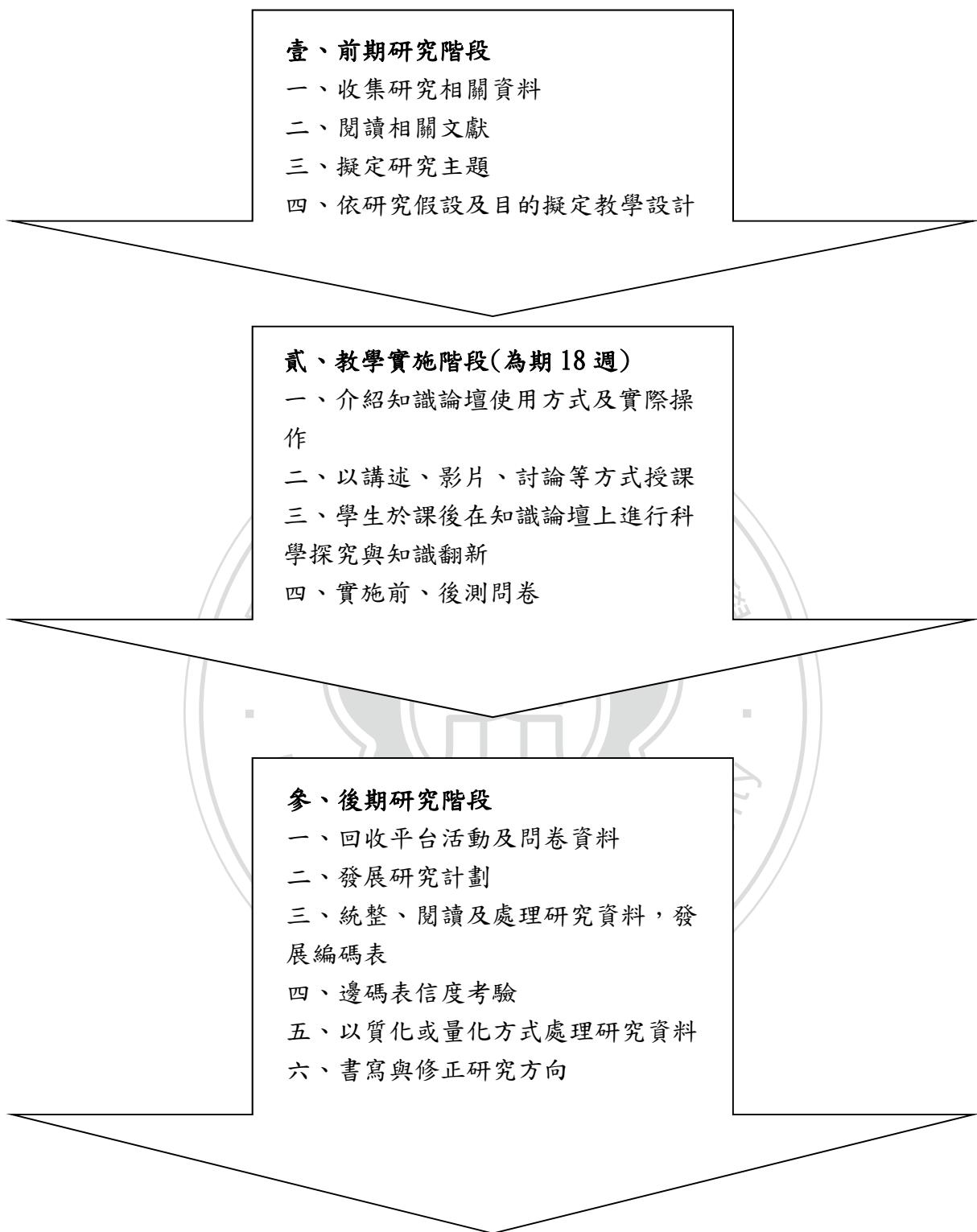


圖 3-7 研究實施流程圖

## 第五節 資料分析與處理

為理解學生對科學本質理解改變之情形，及進一步分析學生改變與教學設計之關聯，本研究同時使用質化與量化方式處理資料來源：

### 一、問卷內容分析

針對學期前後的施測問卷，本研究使用質性研究處理資料原則，將問卷結果反覆閱讀後編碼。本部份編碼隨研究時程及研究者想法之改變，歷經共計數個階段的調整。第一階段中，研究者將問卷中五題回答分別檢視閱讀，取出研究者認為學生對該題回應的核心共同點，完成「(理論是)主觀(想法) vs.客觀」、「(科學理論)有好壞 vs.無好壞」、「(科學理論是一個)主觀(的發明過程) vs.客觀」、「(科學理論是被)發明 vs.發現」，以及「(科學理論主要被用於)解釋 vs. (使社會)進步」等五組編碼，換言之，每一個問題對應一組編碼，彼此不相重疊。

然而經過文獻閱讀、研究團隊討論與研究者個人省思，研究者決定以「個人想法為一不可分割之整體」的信念處理資料。換言之，雖學生填答問卷時分別回答五個題目，但學生終究是以統一的思維脈絡填答問卷，因而研究者將五題的回答視為一個整體閱讀，並依照第一版本的編碼表重新處理之。此一階段中，經過思考與討論，研究者認為「解釋論」與「進步論」並不切合學生整體回答思維，同時與編碼上層概念，即文獻探討中所歸類出的「傳統(的理論本質)」及「當代(的理論本質)」(詳見表 2-1) 無法切合，因此將「進步論」與「解釋論」之編碼，更改為「恆久」及「暫時」，並重新思索且調整編碼內涵。在第二階段編碼中，研究者更認為二分法過於限制研究對象對科學理論本質之理解。換言之，學生對科學理論本質的理解，應當是「多元程度如何」而非「非 A 即 B」，因此在第二階段的編碼中，另一大轉變為，研究者以李克特 (Likert) 五點量表分析學生書寫內容。

隨著文獻閱讀與研究者對科學哲學中，科學理論本質之瞭解及思考轉變，研究者回頭重新檢視及閱讀學生問卷填答內容，並發展出與前二階段幾乎不同的第三階段，包含「理論獨立 vs.理論引導」、「單一方法 vs.多元方法」、「無價質好壞

vs. 有價值好壞」、「發明 vs. 發現」，及「恆久 vs. 暫時」等五種類別。後經比較與討論，發現本研究關於理論本質的編碼，與 Tsai & Liu (2005) 中的歸類相似：其原始編碼包括社會論證在科學中的角色、科學中發明與創造性現實、科學的理論蘊含探索、文化在科學上的影響，以及科學的改變與可被測試性特徵。且在 Tsai 等人的研究中，信、效度與對編碼之定義已相當清楚，遂經整理與修改，發展出現階段使用的編碼表（如表 3-1 所示），惟編碼定義，與 Tsai 等人略有不同。

本研究的編碼包括以下五類：理論蘊含、社會論證的角色、理論價值性、發明與創造性，及改變與可被測試性等五個向度。其中，由於問卷題目設計因素，根據「科學理論有無好壞」此題所發展出之編碼，並無法代入 Tsai 等人所發展的概念，因此「理論價值性」此一編碼，為本研究自行發展出之編碼。

研究者在替問卷內容進行評分上，同樣使用李克特五點評分方式處理，評分標準以「理論蘊含」為例，1 分代表該學生想法（回答）完全是理論獨立，2 分代表學生回答大部分是理論獨立，3 分代表學生回答二者兼具，4 分代表學生回答大部分是理論蘊含，5 分代表學生回答完全是理論蘊含。換言之，以具體例子說明，當理論蘊含編碼中，學生在回答中愈認為科學理論只是對經驗事實的呈現，或是經由可被不斷重複且結果一致的實驗產出，給分愈偏向 1；反之，在回答中愈多地認為科學理論奠基于先前理論，蘊含先前理論的結果，給分上愈偏近 5。

為建立本編碼表信度，研究者說明評分標準後，隨機取 30% 資料供另一位同儕進行評分。因本編碼表評分上為連續變項，故評分後以 Spearman 相關進行檢測，顯示  $r = .722$  ( $p < .001$ )，信度良好。

評分結果最終使用相依樣本 T 考驗，檢視學生學期初及學期末，對科學理論本質理解的轉換。

表 3-1

學生學期前後問卷編碼表

編碼 類別	描述	範例
理 論 獨 立	理論主要來自對客觀事實的呈現、觀察，或者實驗室中絕對客觀的歸納結果，不會被其他因素影響觀察。	自然規律是客觀存在的，科學所要做的事情就是找到這些客觀規律 (S8)。
理論 蘊含	觀察本身即受先備理論影響，因此理論本身絕非客觀。理論的出現無法排除前人文獻、研究結果或討論。學生可能提到理論可以被後續研究／理論應用、引用。	經客觀的整理，擁有充分證據之公式、理論 (S21)。 科學理論也像是一塊積木，透過不同理論的堆積、互相影響，進而激發新的理論、新的發現 (S11)。
無 社 會 論 證	理論的產生主要來自科學家個人或「科學家」此一角色。理論的產生與社會因素、其他科學家無關，不受時代影響。	科學理論是一個輔助，輔助我們去探討這個世界。地心引力發明後，很多東西都是根據地心引力的推廣加以延伸、發明，所以需要一個理論做為基礎 (S15)。 發現事物或現象以後，由科學家進行觀察解釋而形成 (S48)。
社會 論證 的角色	理論的產生受當代社會因素、技術與科學社群影響。理論的產生過程中，並非個人所完成。此外影響或產出理論的人，不只有科學家，也可能包括其他領域的學者。	我認為科學理論是經由科學家的解釋，將原先就存在的科學原理加以歸納整理 (S50)。 科學家彼此互相討論、協力合作或單獨一位科學家將針對特定議題的看法，實際實驗、操作、蒐集結果、分析歸納後提出的理論 (S43)。 曾經有聽說過很多學界的人，會聚集在一起討論新創或者是未被證實的理論 所以我覺得科學理論是多位專精於某項技藝或科目的學者們一起集思廣益所得出來最接近真理的狀況 (S15)。

(續下頁)

理論 價值 性	不	從不同的角度分析都有不同的解讀，無誰好誰壞 (S30)。
	可	理論本身不可比較，無絕對的比好壞或無法判定好壞。
	較	因為理論是憑藉著個人的主觀意識所提出來的，而每個人都可以有自己的思考方式。也許理論會被推翻，但我認為那並不代表那個理論是壞理論 (S45)。
	可	科學理論有好壞之分，好的理論通常解釋力是較強的，較不好的理論則是較不符合事實 (S5)。
發明 與創 造性	比	好的科學理論可以說是較接近實際現象的科學理論。不好的科學理論可能誤導大家對其正確的認知 (S44)。
	較	大多數的理論其實只是把既有的事實做一個合理的解釋，而不是創造一個新的事實 (S11)。
	發	因為很多現象其實原本就存在於生活中，只是人有無去發掘出來，導出一套有所根據的理論 (S35)。
	現	理論是人們成全一些現象的說法，是人們創造出這些公式或理論使現狀符合 (S26)。
發明 與創 造性	發	科學理論是一個科學家依照他自己的想法所創造的，有可能與事實相符，那表示他的邏輯十分精準；但也有可能是錯誤的，那表示他的理論有待修正，所以我比較偏向「發明」 (S31)。
	明	(續下頁)

不 可 改 變 與可 被測 試性	因為理論本身即是一種真理性 的存在，是一種權威且恆久的 代表。	因為是去發現出一個存在於宇宙間的基本 經驗事實 (S1)。
		我覺得這個世界是一個已經準備完善且精 密的一個大儀器，以一個"既定"的模式在 走 (S23)。

可 改 變	理論能夠更好，來自於下一個 理論建立在前一個理論之上， 甚至理論能夠因此而被推翻， 因此理論不具恆久性。	理論也必須經由不只一人的反覆推理翻 新，才能越顯它的正確性和客觀性 (S16)。 每個理論都有被推翻的可能，而當這個理 論解釋力越強的時候，合理性就越高 (S20)。
-------------	---	---

註：S+數字為編碼時給予學生之代號。

資料來源：修改自 "Developing a Multi-dimensional Instrument for Assessing Students' Epistemological Views toward Science" by C. C. Tsai, & S. Y. Liu, 2005, *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.

$r = .722$ ,  $p < .001$

## 二、 平台資料分析

### (一) 學生貼文內容

平台資料包括「學生貼文內容」及「平台活動記錄」二大部分。為了解學生產生變化的可能歷程，首先分析學生於論壇平台上的貼文內容。此一部分的研究方式與工具，以研究者反覆閱讀學生貼文後分析其討論模式，綜合並修改 Zhang (2007) 等人對科學概念編碼架構而成，編碼表詳如表 3-2。其中「無科學概念」及「理論建構」此二編碼，乃根據閱讀學生貼文發展而來。

隨機取 30% 資料供同儕評分，以 Spearman 相關進行評分者間信度測量後，顯示  $r = .757$  ( $p < .001$ )，信度相當良好。

表 3-2

學生討論串內文科學概念編碼表

編碼類別	描述	範例
無科學概念	學生並無對問題或討論內容做出科學概念性回應，僅發表心得或針對內容發表個人情感式支持／反對。	好像沒什麼印象呢....但這是個好方法，以後我（牛仔褲）也曬反面的吧！ (塑膠袋) 不好吃~那是細菌的心聲嗎 XD 雖然我覺得還蠻可愛的 XD
前科學概念	學生以較天真或粗淺的個人經驗對問題提出解釋、反對或提問。	所以說~其實是因為讀書讀到太累所以才 學生以較天真或粗淺的個人經驗對問題提出解釋、反對或提問，那浮出來的冰山就不會只有一角啦！冰山應該跟蓋房子一樣吧？ 底基是打在海底下的。
混合式概念	學生以個人經驗對問題提出解釋、反對或提問，其中包含些許個人主觀理解、模糊或不甚正確的結構性科學知識。	但是個人覺得是體積跟距離造成的關係，也或許可能他們（行星）會互相吸引吧（母子星球）？ 我覺得（鮭魚）是本能的記住位置及方向，就像一出生身體就存著地位導航一樣！
基礎科學概念	學生使用明確／正確的科學名詞對問題提出解釋、反對或提問，但對於所舉科學概念／名詞並無清楚解釋或舉例。	也許適當的環境是促發點之一，讓種子內部產生化學反應，細胞迅速分裂之類的。 (籃球反彈)應該與作用力與反作用力有關!!

(續下頁)

## 科學概念

學生以正確、明確與具結構性的科學名詞／觀念對問題提出解釋、反對或提問，其中包含清楚的解釋與舉例。

鳥體似乎整個都被有羽毛。實際上，會飛的鳥在頸部、背部、腹部和體側都有無羽的裸區，飛翔時有利於肌肉的收縮。不會飛的鳥，羽毛平均分布全身，無裸區。

飛魚的外形類似鱖科，但飛魚科的魚類身體大多較為粗短，而且略為側扁，同時，還具有特別延長的胸鰭，胸鰭的長度大約是超過她身體的一半或是更多。據說「飛魚」這個名稱的由來，就是因為牠們具有超過體長的胸鰭，同時還可以躍出水面，作長距離的滑翔（大約可滑翔 200~300 米遠）而得名。

學生建立在先備科學概念上，提出一種針對議題的可能性發展假說，或針對先前提到／建構出的科學概念，進行更上一層具備哲學思考概念的

雖然我們現在能看到的有 7 個（彩虹顏色）但或許現在科技還沒有辦法讓我們看到其他顏色也說不定。

## 理論建構

反駁或提問。學生的提問／想法，可能以當代技術尚無法歸類、解釋，但未來有其可能

為什麼都只有兩種性別和無性生殖兩種，真的沒有所謂第三性嗎？

性。

資料來源：修改自“Socio-cognitive dynamics of knowledge building in the work of 9- and 10-year-olds” by J. Zhang, M. Scardamalia, M. Lamon, R. Messina, & R. Reeve, 2007, *Education Tech Research Dev.* ,55, 117-145.

研究者閱讀每位學生的每篇文章之後，將除了該討論串第一篇的提問以外，餘下回應貼文內容歸進上述編碼表中，並以第 9 週為分界，區分為學期前、後二階段。先以描述性統計觀察二者間次數變化。而後，因研究者認為無科學概念、

前科學概念及混合式學概念此三種編碼類型，大多不具備較結構式／正確／明確的科學理論與資訊，後三種概念——基礎科學概念、科學概念及理論建構——中，學生會開始不同程度地帶入明確／較恰當的科學理論、知識，對議題進行有結構性地討論或辯答，甚至能進一步跨越已存的科學知識，提出一種未來可能性的發展。為更清楚了解學生討論品質的轉變，研究者將前三種概念綜合而為「低階科學概念」，將後三種概念綜合為「高階科學概念」，將高低階科學概念與學期前、後，二者結果以卡方檢定處理之。此一分析主要在了解學生在平台進行的科學探究行為及品質上，是否因時間有所改變。

## （二）平台活動紀錄

平台活動記錄一方面顯示學生於知識論壇上活動的多元性，另一方面，本研究欲了解這些活動是否與學生對科學理論本質理解之改變及其探究中呈現的科學概念層次有所關聯，因此在此部分的資料處理上，分為三大塊：

### 1. 檢視平台活動次數、比例及相關性

平台活動記錄包括學生的貼文、回文、閱讀他人貼文或使用鷹架、註解等功能，對此部分的資料使用 Analytic Toolkit（簡稱 ATK）分析之。由 ATK 輸出的資料可顯示每位學生於整個學期，或特定時間（例如前半學期或後半學期中），使用某些功能的次數及比例，以此一數據作為檢視學生於平台活動量的基礎參考。此外，本研究將上述數據以皮爾森相關（Pearson correlation）分析，以了解平台各種活動彼此間的關係。上述目的，在於了解平台活動具備的多元性及集中性如何。

### 2. 平台活動量與學生變化之關聯

依據研究目的，本研究欲探討平台上的活動與學生期末對科學理論本質理解變化之關係，換言之，平台上的活動與學生對科學理論本質理解是否可能有關連。因此研究者將平台活動量以 50% 為界，區分為高活動量及低活動量。再者，將學生問卷得分，以後測減前測之方式，取其平均數，將學生區分為高變化群學生及低變化群學生各 26 名。分析上，將平台的高低活動與學生高低變化，以卡方檢

定 (chi-squared test) 方式交叉比對之，以期了解學生變化與平台活動量之關係。

然而，因平台活動種類甚多，因此研究者依據平台活動性質，將活動內涵編碼為基礎活動、改進活動、關注活動及合作活動，編碼表呈現如表 3-3。於結果部分，將更針對四種活動與學生改變之關聯，做詳述分析討論。

表 3-3

知識論壇平台活動類別編碼表

活動類別	活動項目	編碼說明
基礎活動	貼文數量	貼文是學生於平台上最基本所進行的活動。
	閱讀文章比例、重複閱讀他人文章比率	閱讀文章比例代表學生是否關心他人提出的問題或想法；重複閱讀他人文章比率代表學生是否較高度地關心某一議題。
改進活動	修改文章次數、使用鷹架次數	修改文章次數代表學生對自己提出的文章內容是否能有所省思；使用鷹架次數代表學生是否對自己的想法能更進一步地繼續往上提升。
	文章與他人連結比率	文章與他人連結表示學生正與他人共同合作改善、探討問題；回文代表學生針對前一個人的文章內容進行回應與討論。
合作活動	回文次數	

### 3. 平台活動量與學生科學探究中所呈現的科學概念層次之關聯

最後，研究者為了解學生於平台活動情況，是否與學生進行科學探究活動中，呈現出的科學概念層次有所關聯。研究者將依表 3-4 發展出的科學概念編碼，統計每位學生所張貼的貼文，並將貼文由無科學概念，到理論建構，分別給予 1 到 6 的評分 (如表 3-6 所示)。例如，雖然同樣貼了 3 篇文章，當學生 A 張貼了 2 篇基礎科學概念和 1 篇科學概念的文章，學生 B 張貼了 1 篇無科學概念和 2 篇混合科學概念文章，學生 A 將得到較高的分數，換言之，學生 A 所呈現的科學概念層次較高。本研究之所以使用此評分方式，是認為雖張貼同樣數目的文章，但文章內涵並不相同。為了在量化上顯現貼文品質的高低，故以此加權之方式，

區分學生貼文的品質。最後，本研究將此加權後之分數，取平均數區分為高、低組，與其平台活動量做卡方分析，以了解學生在平台上之活動，與科學探究品質之關係。

表 3-4

**科學概念對應評分表**

科學概念類別	給分
無科學概念	1
前科學概念	2
混合科學概念	3
基礎科學概念	4
科學概念	5
理論建構	6

依據本節說明之資料處理方式，所分析之資料結果呈現於第四章，茲敘述與分析如下。

## 第四章 研究結果

本研究分為三大部分，第一部分分析學生於學期後，是否對科學理論本質理解具備更傾建構取向的觀點；其次，討論學生於平台之科學探究活動及品質；最後，探討學生對科學理論本質理解之轉變與其在線上參與程度是否有關，並且，和其於平台進行的科學探究品質，又是否有關。

### 第一節 學生學期前後對科學理論本質理解之變化

本研究首先探討，在經過一學期的教學與平台活動，學生是否對科學理論本質具備更傾建構取向的理解。在檢視學生變化前，首先經由分析學生的前、後測回答字數（表 4-1），可看到學生於期末的回應內容（ $M=519$ ,  $SD=296$ ），約為期初的一點五倍（ $M=295$ ,  $SD=120$ ）。顯見於期末，學生對科學理論本質想法豐富許多，在書寫中對題意能有更多理解與見解。

表 4-1

學生前、後測問卷填答字數

	前測		後測	
	平均數	標準差	平均數	標準差
貼文字數	294.73	120.16	518.56	295.86

其次，為了解學生於期初、期末，對科學理論本質的變化情形，利用第三章所述之編碼架構（詳如表 3-1），研究者替學生學期前、後回應問卷進行概念編碼，以李克特五點評分方式評分後，使用 T 考驗檢定處理之，結果如下表所示：

表 4-2

學生問卷編碼結果 T 考驗分數 (N=52)

編碼種類	前測		後測		T 值	Cohen's d
	平均數	標準差	平均數	標準差		
理論蘊含	3.21	1.47	4.35	1.08	-5.12***	-.88
社會論證的角色	2.79	1.47	4.04	1.22	-5.49***	-.93
理論價值性	3.10	1.56	3.94	1.51	-3.05*	-.55
發明與創造性	2.87	1.58	3.85	1.18	-3.58**	-.70
改變與可被測試性	3.08	1.57	4.21	1.23	-4.35***	-.80

註：問卷內容評分使用李克特 (Likert) 五點評分方式。

\*<.05, \*\*<.01, \*\*\*<.001

### 一、理論蘊含

根據以上結果，顯示在五個編碼面向上，學生於期末皆有顯著變化。首先，在理論蘊含編碼中，期初學生對理論的認識較為單純。對理論的組成，傾向於認為科學理論源自於對客觀事實的觀察：「我認為這是原本就有的現象 (S20) 」、「經由現象的觀察，整合，推理事物背後真相，進而合理推演出其架構與運作模式 (S12) 」、「科學家觀察每個現象並歸納整理相同相似處以後，慢慢發展出的經驗 (S3) 」。類似的回應反映出學生認為科學理論來自於對自然現象的觀察，而且在此背後，有一個恆久不變的世界。

此外，學生也傾向認為，理論是經過絕對客觀、正確的實驗，並無意識到背景知識或其他因素對實驗、理論產生的影響：「我覺得科學理論是科學家，在提出一個假設，並且經過多次有系統的實驗，反覆認證後，總結出一段恆能用來解釋自然界現象的理論 (S42) 」、「科學實驗所得到的結果，經過整理歸納之後所得到的理想論證 (S37) 」、「就是對一個問題提出假設，並進行實驗驗證之後，資料經過整理後歸納出的結論 (S33) 」。

於期初可以看到，許多學生對理論持有偏向邏輯實證取向的觀點：認為科學理論的產生或內涵，主要來自歸納法，而且所歸納的內容，來自自然現象或實驗室的資料。

於期末，學生可以體認到科學理論的產生可能蘊含過去的理論、發現：「經由已知的知識或經驗去判斷拼湊出一個合理的解釋 (S30) 」、「經由實驗證明與不斷思考加上討論，也或許是參考前人的觀點加以改良而提出的 (S24) 」、「科學理論是前人留下來的智慧結晶，傳承著古代到現在甚至以後的知識和心血。前人把所知道所發現的事物用科學的方法實證有一定的肯定性後記錄下來，留給後人作為參考，我們憑藉著前人的智慧向上延伸發展出更具說服力的答案，有了這些理論方便我們推論其他的事情，甚至是後代來將我們所不足的加以補全的依據 (S45) 」。學生體認到科學理論的產生，因為個人主觀認知即受先備知識（理論）影響，因此理論的產生，絕非客觀。

S23 學生明確指出，經由平台同儕探討議題的過程中，體認到想法可以累積，前面的想法，會影響之後的成果：「從科學平台的合作上面就可以很清楚的了解到科學理論是可以累積的！我們一個人提出了一個問題，然後再在大家的問題裡提出自己的看法和問題，加加總總後就得到一個結果，有時候是一個大家都意想不到的結果。所以這能說明科學理論科學家們多年來所累積下來的知識，也許是創新亦或是發現。在既有的基底下創新，研發以至於去讓人類更了解他們所存活在的地方 (S23) 」。

換言之，經過一學期後，學生可以更深入的瞭解到，理論不只是客觀對事實、現象的發現，也不只是來自於實驗室結果的歸納。理論包含了先前的理論，想法會相互影響，進而形成下一個或更好的理論。本編碼之前後測效果量為.88，顯示實驗操作效果強。

## 二、社會論證的角色

在社會論證編碼中，學生在期初較多地認為科學理論的產生，主要經由「科學家」這個角色，並且是獨立作業（在實驗室）完成：「我認為科學理論是科學家提出的想法，並按照已有的知識和認知去做推演，而得到的結果（S9）」，「科學理論是由科學家以他所觀測到甚至是猜想，而對一個現象所做的解釋（S22）」，「經由已知的知識或經驗去判斷拼湊出一個合理的解釋（S30）」。

上述範例，可以簡單看出學生認為理論產生的過程，或理論的元素，大抵來自科學家「個人」的知識、經驗、觀測：「科學家於自然環境觀察到各種現象，對於其成因不了解，進而提出一套自己的理論加以解釋，希望能夠得到一個圓滿的答案（S31）」。在這之間，學生較未能提到，在科學理論產生過程中，其他領域的學者或科學社群，以及當代社會因素及技術，對理論發展的影響。

但到了期末，學生開始能跳脫出「理論」只能由科學家產生的迷思，而進一步理解到每個人都有可能夠產生理論：「人們（不一定專家）對於一項新事物所需要共同提到時給他的稱號（S14）」。除此之外，理論的產生過程，也不再侷限於「個人」，學生能夠體認到社群的元素：「我覺得科學理論是個人或團體對好奇的事物或現象（S20）」。並且，學生能更近一步地了解到「合作」，在理論產生過程中的角色：「經過很多人不斷反覆思考、實驗、證明，再加上不斷的合作和失敗（S32）」、「科學理論我覺得是科學家與其他各領域的學者，例如人類學家、社會學家、心理學家、經濟學家等等，經過共同研發，經過溝通、國際合作等過程（S46）」。

此外，理論的產生除了社群元素外，社會因素之影響，也蘊含在學生期末的回應當中：「在每個時代都有不同的思維影響他們的思考模式（S39）」、「同一個現象在不同的時代背景下，也會有不一樣的解釋來支持它（S51）」。科學理論的產生，除了經由假設、觀察、驗證以及個人想法的拼湊外，還可

能受當代技術、科學社群、典範等影響。在期末，學生能更多地認識到這一點。本編碼之前後測效果量為.93，顯示本實驗操作具高度效果。

### 三、理論價值性

在理論價值性上，在學期初學生傾向於認為科學理論不可比較：例如理論只是單純對事物的發現，是客觀事實的呈現。既然皆是對客觀事實之呈現，便沒有比較好壞的意義：「沒有，因為科學家們只是解釋了現象（S13）」、「我覺得沒有好壞之分。因為這是針對一個現象或實驗的結果而得到的理論（S20）」。從S20學生的回答中，「實驗結果」顯然也被視為絕對客觀甚至正確的產出，因此不能以好壞判定之。這樣的觀點多少反映了邏輯實證論中，對感官觀察到的現象與實驗證據的絕對信任。

另外，學生也可能持有中立的觀點，認為每個理論都有其價值，不能比較好壞。學生也可能認為，理論本身是中性的存在，如同工具一般：「每個科學家都有不同的見解、解釋方法與剖析方向（S3）」、「每一種想法都非常珍貴，不管是什麼人做了什麼理論，都必須盡心盡力地去驗證（S10）」、「科學本身是中性的，無所謂好壞，就像刀子一樣，可以切菜，可以殺人，你不能因為刀子可以殺人就說刀子有罪，有罪的是用刀殺人的人（S8）」。但如此一來，便不免有些落入相對主義的思維，因為個人背景與認知，理論對每個人而言皆有其價值，不能由他人來評價。

然而科學史上理論之所以演進與輪替，必然有一些標準可判定之。因此到了期末，學生能開始了解到，為使科學進步，理論間因其邏輯流暢性、證據解釋力、支持力、適用性等各種因素，能多少有些標準，需要比較才得以辨別其良窳。前面提及的S20學生，到了期末，其回應有了極大的轉變，且對理論的認識，也更加豐富：「我覺得科學理論有好壞之分。因為對一件現象提出的理論，會因個人而不同。這時候就可以根據分析的邏輯、條理和程序可以分為解釋力強的好的理論或是證據力不足的壞的理論。而因為有好壞之分，才會有推翻改進的空間，而也因為這樣，人類的文明才會一直進步（S20）」。

又例如 S16 學生的回答中，不僅體認到理論比較的幾個可能標準，也同時反映了，理論可以經由他人的輔助、修正，成為更好的理論。「我認為有好有壞，因為理論的建立靠的是基礎的現象原理，再加上科學家主觀的思考邏輯能力而型成，如果今天這個科學家因為種種因素，例：宗教、實驗器材、環境、主觀想法，而產生思考邏輯的不客觀，那這樣的科學理論就不算是個好的理論，理論也必須經由不只一人的反覆推理翻新，才能越顯它的正確性和客觀性（S16）」。

在學期初，學生的回應反映出邏輯實證的觀點，認為理論因為是對於事實與實驗結果的詮釋／描述，因此是客觀而無從比較好壞的。學生也可能持有較相對主義的觀點，認為所有理論皆有其價值，沒有外在的標準能夠判定其優劣。到了期末，學生開始認識到，為了使科學或文明進步，在理論演進的過程中，或多或少有些條件，能判定理論孰優孰劣，能認知到，怎麼樣才是一個「比較好」的理論／想法。本編碼之效果量為.55，顯示本實驗操作在此編碼中仍有中度影響。

#### 四、發明與創造性

在發明與創造性編碼部分，期初學生多認為科學理論是從自然現象的觀察中所發現，換言之。科學理論本身即存在，科學家或人只是去看到並記錄它：「我覺得這個世界是一個已經準備完善且精密的一個大儀器，以一個"既定"的模式在走。我們發現的理論就好比他身上的一顆螺絲，這台儀器有幾千幾百萬個未知的螺絲在那邊，我們沒有發現他們，不過他依然在轉動（S23）」。上述例子，反映了某種決定論與機械觀，認為科學中所有的產出，都是對既存事實的發現。其他類似的回應也例如：「自然規律是客觀存在的，科學所要做的事情就是找到這些客觀規律（S8）」、「我覺得是發現，因為說是發明感覺有點太偉大了，科學是本來就存在的，只是我們去開拓他（S51）」、「我認為是發現，理論本就存在，只是經過人們探索慢慢摸出原理的形狀而以公式和定理陳述之（S26）」。上述例子，反映著學生認定：人是被動的接收宇宙所給予的訊息。

期末，學生開始認識到，理論之中人所扮演的角色，使科學理論成為一種發明：「找出真相是發現，但解釋它的理論是發明而來的；或許某個事實的確存在，但每個人對它的解釋不盡相同，必須想出一套有系統的說法來說服他人。針對同一個現象，會有不同的理論產生，都是經過科學家思考，具有創造性，所以偏向發明（S25）」、「我認為科學理論是發明的。因為發現指的比較偏向感官上的觀察，去觀察到一個本來就存在自然界中的事實，是明確肯定的。再加上如上述所言，科學家要先對週遭的東西感到興趣，進而提出理論，但其實這些現象一直存在我們的生活中，只是我們不會去察覺，是經由科學家觀察到，並且賦予其定義或名稱後，其現象就是被發明了，例如向心力，要是科學家沒有提出其科學理論，那就像是沒有向心力這個觀念（S40）」、「我覺得科學理論是屬於發明的範疇，『發現』應是我們親眼去觀察，而察覺的一個『事實』，是確實明定的，比較偏向眼睛去看、耳朵去聽等感官的感受。而科學理論雖然也是從觀察中發現某些現象，但是『發明』感覺是又多加了自己的想法與推斷，也就是把『發現』加上了假設與個人的想像，使得能更完整的去整理與歸納出結論，然而這個結論，因為部分是由自己想像與推測的，所以不代表一個不變的真理，而只是一種『觀點』，也就是未來會有被推翻的可能，就像「發明」物品，隨著時代進步，我們所使用的東西也不斷在創新品與被取代品的循環，因為前者較後者更為大眾認同，也更能樂於接納（S36）」。S36 學生帶入了最後一個編碼，即理論的改變性觀念，加以論證其認為因為理論如同被發明的物品一般，具備有能取代的特性，因此理論可以說是發明的。

在期初，學生多持科學理論來自於對既存現象的發掘之觀點，因此認為理論是「發現」的。但期末，學生開始體認到理論有被取代性，人在發現事物後，對理論其實還有更進一步的詮釋。因此經由科學家或人的揣測、假設、討論，名詞、理論是一種被創造的發明。本編碼之效果量為.70，顯示實驗操作在本編碼中，具有中到高度之影響。

## 五、改變與可被測試性

在最後一個編碼，即理論的改變與可被測試性中，學生於期初多認為理論是絕對權威性與不變的存在，是一種宇宙運行既有的「真理」：「科學家只是把所觀察到的自然現象，即早已存在的真理，歸納成一個理論 (S40)」、「是去發現出一個存在於宇宙間的基本經驗事實 (S1)」。

但在期末，學生能更加了解，因為時代的推演、科技進步，或者因有較好的理論出現，其實理論是一種並非全然正確，可能被推翻、取代的暫時性存在：「而且有一個很重要的一點，科學理論是不斷被翻新的，甚至有一些（例：燃素論）是完全被推翻，如果我們稱科學理論是發現，表示它是一個事實、一個真理，那它為什麼還會被推翻呢？！（S17）」、「因為我們都不能得知何謂真理，所以也不會有人有十足的把握自己的主張一定是對的（S49）」、「科學理論並不是絕對的正確，時代在變，人類的思維能力也會進化，造成理論會隨時代而改變，所以理論不斷的被革新（S19）」。

綜言之，學生於期初對科學理論本質的理解，偏向邏輯實證主義取向：對既存事物認知為絕對客觀與正確。並在科學理論的產生中，存有被動接受宇宙訊息，而較未認識到人在理論當中的角色。到了期末，學生開始認知了人的角色，不僅了解到理論可以藉由不只個人，而是社群來進行產出。此外，學生也能認識到，在理論的元素中，人有其主觀的先備知識。經由主觀進行的觀察、產出，使理論成為一種發明與創造。經由複雜並蘊含主觀因素所規劃的實驗，可能影響理論的慎密性。為此，理論有好有壞，也因此理論能有被取代與修正的可能性。整體而言，學生在期末對科學理論本質，具備了更多元及建構取向的瞭解。本編碼之效果量為.80，顯示本實驗操作於編碼有高度影響。

## 第二節 學生於知識論壇平台活動內涵

接著，本研究欲進一步了解學生於知識論壇平台上如何進行活動，及其活動內容與品質。因學生分組為隨機分組，不影響學生特定活動情況，故本部份研究主要抽取 A 組進行分析。

圖 4-1 為 A 組 (N=26) 整學期議題討論情況。上方數字為學期週次，每條黑色或灰色線代表一個議題的進行情況，若該週針對某議題有學生回覆或修改文章，視為該議題仍在活動中，無則空白。灰色線為該討論串中額外延伸，其主題與原議題略有不同之討論串。整學期 A 組共有 58 個議題，其中包括 11 個子議題。

每條黑色線（議題）前方文字為該議題主題，文字後方括號內三個數字分別代表「議題參與人數」，即實際參與討論、回覆或修改該討論串文章的學生人次；「議題文章數」，該討論串共有幾篇文章；「閱讀人次」，即該議題有多少人閱讀過。

以「為什麼人不能飛？」的討論串為例，此議題自第四週起被提出，四至十週間仍陸續被討論中，十一至十六週間則未再有人針對此討論串進行回覆或修改，於十七週時又有學生針對主題提出想法。本討論串共計有 13 名同學參與討論，有 19 篇文章，共有 26 位同學閱讀過這些文章。此外，此討論串其下延伸出子議題：「風阻是什麼？」及「鳥類骨骼結構如何？」。

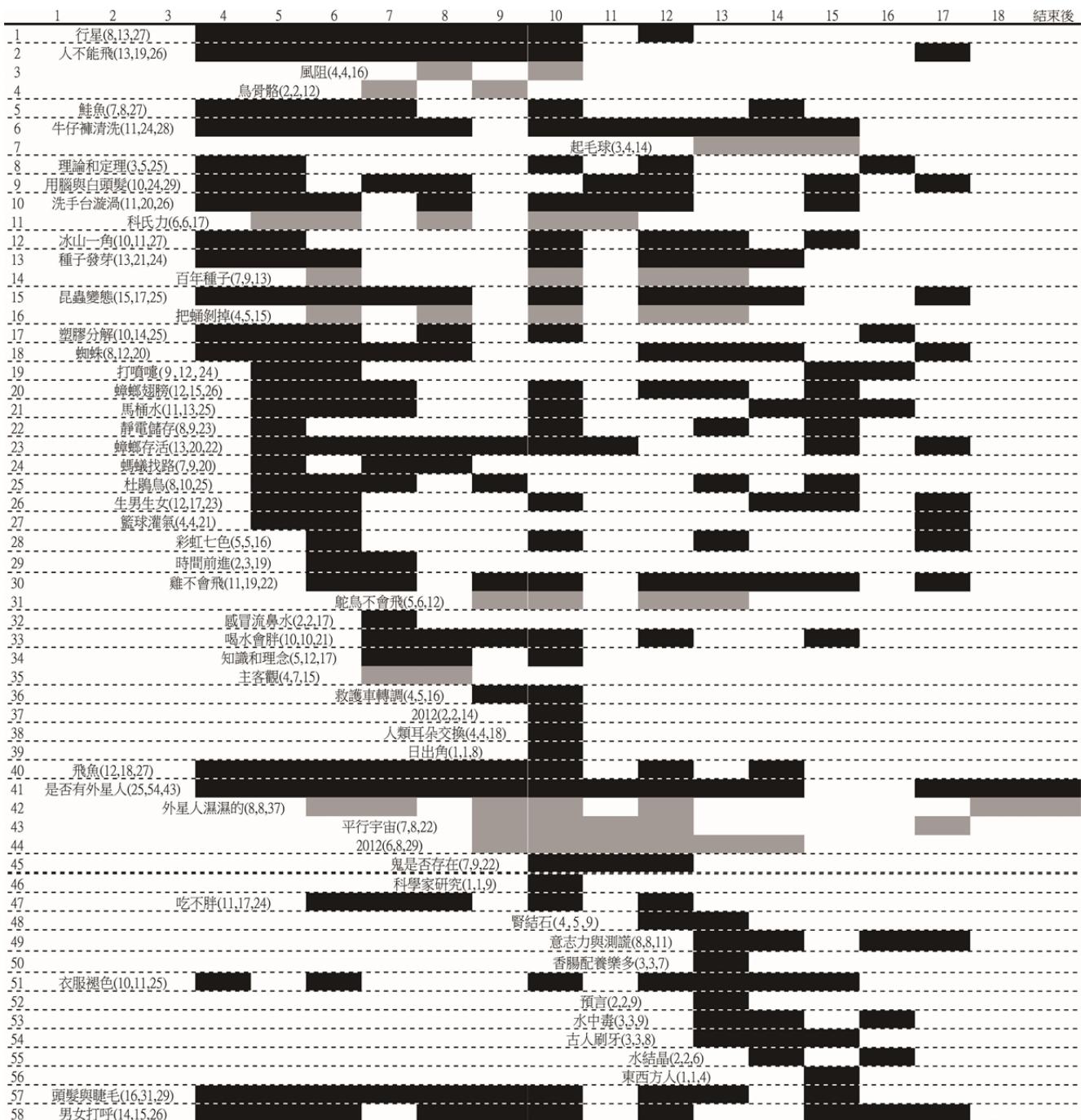


圖 4-1 A 組學生整學期探討之議題延續情形

表 4-3 為針對圖 4-1 進一步統計分析之情況。整個學期中，A 組共有 58 個議題，包括 11 個子議題。每個議題平均延續 5.26 週 ( $SD=3.31$ )，平均有 7.89 人參與 ( $SD=4.97$ )，平均包含 11.55 篇文章 ( $SD=9.7$ )，而平均閱讀人數為 20.3 人 ( $SD=7.92$ )。

表 4-3

議題討論數字統計表

	平均	標準差
議題延續週數	5.26	3.31
議題參與人次	7.89	4.97
議題文章篇數	11.55	9.7
議題閱讀人數	20.3	7.92

接著，本研究以週為單位，分析該議題的學生討論文章，將回應種類歸進上述編碼表中（詳如第三章表 3-2），以第九週為分界，區分為期中前、後二階段，二議題之綜合統計數據如下表所示：

表 4-4

學期前後學生平台回應分類次數

編碼類別	期中前	期中後
無科學概念	27	24
前科學概念	18	17
混合式概念	50	31
基礎科學概念	34	37
科學概念	37	57
理論建構	4	9

表 4-4 顯示，學生於期中前對議題的討論，多偏向「無科學概念」、「前科學概念」及「混合式學概念」之回應。此三種編碼類型大多不具備較結構式的科學理論與資訊分享，學生對議題的討論傾向使用過去個人主觀經驗及猜測，或甚至沒有任何科學概念的分享，僅回應社交語言。但於期中之後，學生在回應中，使用後三種概念——基礎科學概念、科學概念及理論建構——上的比例有所提升。後三種編碼類別中，代表學生會開始不同程度地帶入科學理論、知識，對議題進

行有結構性地討論或辯答，甚至能進一步跨越當代已存的科學知識，提出一種未來可能性的發展。

為了更清楚了解學生討論品質的轉變，茲進一步將前三種概念綜合而為「低階科學概念層次」，並將後三種概念綜合為「高階科學概念層次」，將二者結果以卡方檢定處理之。

表 4-5

學期前後學生探究概念層次交叉表

	期中前	期中後	卡方值
低階科學概念	95	72	7.50*
高階科學概念	75	103	

\* $<.05$

表 4-5 顯示期中前至期中後，學生回應方式有所轉變。期中前，學生較未能舉出具有結構性或說服力的資訊，對議題進行討論。期中後，學生則更能使用解釋力較強的理論或科學資訊，對議題進行補充、討論或反駁。以下茲以具體例子說明之。首先，例如「冰山露出比例」討論串：

「我的理論 冰山只會露出一小角於海面上可能是跟冰山的浮力有關」  
(10 月 9 日)

在此一討論串前期，學生大多以無科學概念的社交性語言或偏向個人經驗、猜測的前科學概念進行回應：

「冰山跟人一樣是會害羞不敢見人的~XD」(10 月 11 日)  
「如果冰山夠高，那浮出來的冰山就不會只有一角啦！冰山應該跟蓋房子一樣吧？底基是打在海底下的」(10 月 16 日)

針對此一討論，上述學生並無具體舉出能實質促進社群科學探究的相關概念與名詞。到了討論中期，學生開始使用混合式或基礎科學概念，探討專有名詞的定義，並對議題提出具有科學概念的想法，然對議題仍未進行多方面資訊整合：

「新資訊 我覺得他講得有道理（附上資訊參考網址）」（11月18日）學生雖然舉出了新的資訊，但並未發表個人對資訊的看法，僅單純作為資訊的提供者。

討論後期，學生則能夠將先前討論的想法進行整合、比較與整理，或甚至能對既存資訊提出反駁、或進一步延展討論的疑慮：

「新資訊 冰山多為純水結冰形成。冰的密度約為  $0.917\text{kg/m}^3$ ，而海水的密度約為  $1.025\text{kg/m}^3$ ，依照阿基米德定律我們可以知道，自由漂浮的冰山約有 90% 體積沉在海水表面下。因此看著浮在水面上的形狀並猜不出水下的形狀。」（12月7日）

「我想要知道 為什麼冰山露出的那一角是佔全部比例的百分之二十呢？」（12月10日）

學生於討論後期舉出「為什麼冰山只露出百分之二十」的疑慮，可以使學生的討論，進入下一個循環，開始探討水或冰的密度，或者其他因素，如何影響冰山露出的體積。另外一個討論串例子如「彩虹七色串」：

「為什麼彩虹有七個顏色」（10月21日）

此串回應篇數雖不多，但可以看出由較為簡略的科學訊息、知識，到較為精確、詳細的資訊之進程。

「我的理論 說彩虹是七彩其實是一個比較粗陋的講法～當然各兩顏色中間又可細分出一些顏色～而且是有紅外線與紫外線這種東西，而也的確是因為波長而看不到！！」（11月21日）

上述回應提及了「波長」此一概念，也簡單地說明了彩虹顏色分界中，可能還有一些模糊曖昧的顏色。但是於 12 月的這篇回應，相較於上述回應，提供了更詳細的波長訊息，也說明了光波的作用：

「我的理論 顏色的產生應該是因為折射跟波長的不同。至於顏色就像是光譜，是具有連續性的，所以不應該只有七種顏色。但受限於人類身體的限制，我們所能看到的波長較局限，但重點是，其實顏色是有範圍的，其範圍為 700~400 (mu)。超過 700mu 為紅外線，低於 400mu 為紫外線」（12 月 17 日）

根據上面的訊息，提及了「受限於人類身體限制」，於是 1 月的回應文章中，便提出了一種限制於目前技術尚未能發展出的未來可能性：

「雖然我們現在能看到的有 7 個，但或許現在科技還沒有辦法讓我們看到其他顏色也說不定」（1 月 6 日）

上述例子呈現出社群中前一想法，如何引導下一篇探究貼文更精緻與。下述再以一個範例如討論串「洗手台漩渦」，說明想法的改進過程：「我想要知道為什麼洗手台的水順著水管流下時會呈現漩渦狀？」（10 月 9 日）

討論初期，同學們的貼文多以聊天式或較為直觀、模糊的科學訊息分享之：

「我的理論 因為你洗手的時候在打太極 XDDDD」（10 月 9 日）  
「我的理論 我認為這應該是磁場的緣故，你在南半球還有北半球漩渦流轉的方向也會不一樣」（10 月 11 日）

雖然同學已提到了磁場的概念，但未能說明磁場如何作用，並如何使水流方向調整。而且，在下面同學的回應中，更好的理論說明了主要影響水流方向的原因或許不是磁場，可能是科氏力：

「這個問題在我幼稚園時就發現了（當時簡直看傻眼了= =）我覺得因為水槽的中心凹洞是圓狀的，當水不斷往中心匯集時（水量到達某一定程度）

因為水分子互相擠壓，為了能夠順利進入水管內而形成漩渦。我另一個想法（剛想到）可能跟科氏力有關，它使得水不會剛好平直的流進凹槽。」（10月14日）

於是新提出的訊息使原來的同學自我回應：「我的理論 既然已知南北半球水流轉向不一樣，我就該先想到科氏力……科氏力這種假想力的確有可能。我的理論 為地球本身旋轉性或者是太陽風離子產生的西風環流造成自轉（聽說康德拉普…名字有點忘了！聽說他的星雲理論是錯的）（不確定以上推測是不是真的自轉原因）。而自轉時造成科氏力，當然這是假力，所以科氏力造成（原發問同學）那個現象，這樣推理的確很合理。我當初是想到太陽風離子與自轉，造成那個現象，所以直覺是磁場，顯然連結性不夠強 科氏力說法我認同!!」（10月18日）

此同學已試著使用幾個科學概念，綜合過去學過的科學內容，針對議題進行說明。然而對於所提及的幾個科學概念，舉例仍然模糊不確定。因此下方幾個發言，便開始討論什麼是科氏力，也有同學認為使用科氏力解釋這個議題，似乎有些小題大作，進而認為地心引力可能比較容易解釋，更有其他同學認為摩擦力等也可能有關係。經過討論、辯論與更多資料的提供後，於討論後期，學生總結前述討論到的幾個觀念，認為科氏力在洗手台漩渦這個議題中，雖然可能是原因之一，但洗手台本身的形狀、出水口方向、材質等，反而更容易影響水流流向：

「（綜合前面的主要理論） 綜合整理 覺得應該不是科氏力的關係。科氏力主要的影響應該要在大尺度之下才能明顯觀察到。在那麼小的範圍，應該其他因素的影響力（EX：摩擦力）會遠遠勝過科氏力，可能跟洗手台出水口的位置及方向、流經各界面時受到的拖曳黏滯力、容器形狀特殊、不對稱或傾斜所受的不同阻力等等初始狀態有關。」（11月2日）

從上述的討論中，可以看到學生在經由提出最初步的理論（磁場），到另外一位同學提出更好的想法之後，原來的同學同意下一位同學的看法（科氏力）。但是之後卻又有更多同學反駁，以幾個反例如障礙物的影響、摩擦力等綜合因素，討論為什麼漩渦一定往水管流，又為什麼一定成漩渦狀。經過同學們的辯論以及新資訊分享後，最後逐漸形成共識：在這個議題之中，科氏力的確扮演了一個角

色，但洗手台水流呈現漩渦狀並且往水管流，在此情況中，環境（洗手台形狀、黏滯力、水管位置等），影響可能比較大一些。

上述幾個例子中的討論串長短不一，討論過程中也不一定非常順遂地達成共識，形成理論。但在提出想法、辯論、修正等過程中，正反映了科學家社群對科學議題的探究方式——探究是一種使用證據去研究自然世界，能根據問題廣泛地收集證據的方法。尤其科學探究和其他方法不同之處，在於探究中得提供許多實證證據，作為解釋自然世界的基礎（鐘建坪，2010）。當學生開始使用結構性的科學知識後，更有助於學生理解理論的性質，並在理論推翻理論的過程中，覺察理論有其多元性，及具備變動和解釋力的好壞。並且，能建立在前面的訊息之上，提供更為豐富與充滿可能性的假說。



### 第三節 學生理解轉變及科學探究概念層次與平台活動之關聯

#### 一、平台活動概覽

在了解學生前述科學理論本質及科學探究品質的改變後，本研究探討學生的轉變——不論是對科學理論本質理解或是科學探究中概念品質的提升——是否與平台活動有關。

表 4-6 為本研究中學生於知識論壇上的主要活動情形，包括貼文、閱讀他人貼文、回文、修改文章、使用鷹架語言等等。學生於平台上的活動相當多元。就整學期而言，學生每人平均貼文數為 21.8 篇 ( $SD=15.9$ )，且與他人文章的平均連結率有 77.10% ( $SD=25.5$ )，閱讀他人貼文平均數量為每人 264.4 篇 ( $SD=166.2$ )，顯示學生於平台上的活動情形相當熱絡，彼此互動良好。此外，表 4-7 亦顯示，這些活動之間彼此具有高度相關，因此學生於平台上的活動，同時具備相當的一致性。

表 4-6

知識論壇活動記錄

活動種類	平均數	標準差
貼文數量	21.8	15.9
貼文彼此連結比率	77.1%	25.5%
閱讀他人貼文數量	264.4	166.2
回文數量	19.0	14.9
修改文章次數	4.8	8.8
使用鷹架語言	16.8	17.3

表 4-7

平台活動 Pearson 相關係數

貼文數量	文章彼此連結	修改文章次數	使用鷹架次數	閱讀他人文章數量	回文數量
	文章彼此連結	修改文章次數	使用鷹架次數	閱讀他人文章數量	回文數量
貼文數量	1	0.46 <sup>**</sup>	0.37 <sup>**</sup>	0.86 <sup>**</sup>	0.69 <sup>**</sup>
文章彼此連結	-	1	0.19	0.38 <sup>**</sup>	0.46 <sup>**</sup>
修改文章次數	-	-	1	0.47 <sup>**</sup>	0.29 <sup>*</sup>
使用鷹架次數	-	-	-	1	0.69 <sup>**</sup>
閱讀他人文章數量	-	-	-	-	1
回文數量	-	-	-	-	1

\*<.05, \*\*<.001

了解學生於平台活動中的多元但一致性後，本研究接著欲進一步探究，這些平台活動是否與學生的轉變有所關聯。

## 二、學生對科學理論本質理解轉變與平台參與程度之關聯

在本章第一節，已看到了學生對科學理論本質，從偏向邏輯實證取向的觀點，轉而到期末能有更多元與建構取向的認識。究竟學生的轉變，與學生在本研究中主要使用的電腦支援協作環境——知識論壇中的活動，是否有所關聯？如果有的話，又是怎麼樣的關聯？表 4-8 即顯示了整體而言，當學生於平台活動量較高時，呈現與科學本質理解高轉變的關連性，反之。研究者接著更進一步探討不同性質的平台活動，與學生轉變之關聯性，因此將平台活動量，細分為如第三章中，表 3-3 的活動類別，分別檢視之。

表 4-8

學生前後測變化與平台活動交叉表

		基礎活動		關注活動		改進活動		合作活動		平台活動量總合	卡方值
		低基 礎活 動	高基 礎活 動	低關 注活 動	高關 注活 動	低改 進活 動	高改 進活 動	低合 作活 動	高合 作活 動	低活動量 高活動量	
理解 前後 變 化	低改 變	17	8	14	11	14	11	13	12	<b>58</b>	42
		9	18	12	15	12	15	13	14	46	<b>62</b>
* $<.05$											

由表 4-8 中的數據中可知，學生學期前後對科學理論理解的變化高低與基礎活動次數的交叉比對可以顯示，對於基礎活動次數較低，換言之，基礎活動次數較少的學生，呈現出於學期末變化也較低的傾向。相反地，基礎活動次數較多的同學，也傾向於在期末有較大的變化。

在本章第一節中，表 4-1 顯示了學生在期初到期末，問卷回應字數大幅增加，對科學理論本質，有更豐富的理解。雖然在平台活動中，學生並非直接對理論本質進行探討，而是針對有興趣的議題，進行科學探究及理論建構的活動。然而，理論本身即由一系列的想法組合而成。經由貼文的練習，學生能試著將自己的想法，在文章之中闡數出來。並且，經由閱讀他人並再次貼文，提出評論、疑慮、辯駁或統整，使自己的想法，能更有邏輯地呈現。

另一方面，因為貼文的前提，需經過閱讀他人文章並思考內容，學生可以體認到，他人的想法其實有可以改進之處，而自己有能力提出更好的想法。因此，學生可以了解到，想法是可以改進的，並且能建立在前一人的想法之上，進行想法的提升。因此，初步推論在期末的科學理論本質問卷中，因學生在貼文的歷程

中，了解自己有能力完善他人想法，並進行理論的建構，因此能使學生對科學理論本質，對理論並非恆久不變以及理論的價值，有更完整的認識。

其次，關注他人的想法也是平台的重要活動之一。關注活動包含學生閱讀的文章占平台上所有文章的比例，以及學生重複閱讀他人文章的比例。惟有經過閱讀他人文章，學生才有機會接觸其他想法，了解到解決／解釋正在探究的議題，其可能性／想法不只一種。因此學生首先可以了解到，針對一個議題，詮釋與使用的方法是多元的。一如科學界中科學家對好奇的議題，可以有不只一種出發點與實驗設計，結果也可能因此不同。因此，在科學理論本質中，能了解就算對同樣一件事／現象，各家說法有其不同，理論有其創造性。

再者，在學生前後變化與改進活動的關係中，其中對理論本質的低改變與高改變，分別呈現出與低或高改進活動的正向關連。改進活動中，所謂編修自己文章次數與鷹架使用次數，某種程度而言分別代表了，對內，學生是否願意持續檢視自己舊的想法且在個人的舊想法上有所改進；對外，學生是否能持續修正對正在探討之問題的看法。結果顯示上，願意進行較多對自身想法或議題探討並改進的同學，在期末對科學理論本質也較可能有所轉變。

對此初步推論為，學生經由不斷省視自己與他人的想法，可以了解到想法是持續不斷演進的。或許前一天學生對議題的看法為A，經過閱讀他人文章、資料搜尋、討論與反思，幾天後，學生對議題看法能有更深的理解，因此利用平台的修正自己文章功能，或另外發一篇文章，使用鷹架功能，說明自己的新想法。為此，學生對理論／想法的暫時性，可以有更深的認識。另外，學生也可以在過程中了解，想法能夠持續累積，並轉化為更好的想法。對於理論的「理論蘊含」，或許能有不同的想法。

最後，在分析學生科學理論本質變化與平台合作活動的關係上，可以看到學生期末高變化與高合作活動高關連性。愈傾向於與他人合作者，換言之合作的程度愈高者，在期末對理論本質理解轉變，也有正向關聯。

在期初學生對理論本質的回答中，呈現許多科學家在研究中個人作業的圖像。認為理論的產生，主要經由科學家個人在實驗室中的實驗或現象發現。而經過平台的合作活動，學生或許可以體認，經過社群的討論，類似腦力激盪的活動，可以使自己的想法或社群共同想法更好。因此，對理論的社會論證角色，可能可以有新的認識。

整體而言，學生在期末對科學理論本質認識的改變幅度，與教學設計中，學生於電腦支援協作學習平台的活動量有正向相關。經由平台不同的活動，學生對於科學理論本質中的不同元素，例如理論／想法是多元的、可以變動的，而自己也有此能力，能對想法的進步付出心力，為此形成更好的想法。此外，理論的形成也可能不只有個人的努力，社群的腦力激盪，能使最終產出的成果更為美好。綜言之，在平台中活動參與程度的不同，與學生在期末對科學理論本質轉變幅度大小有正向關聯 ( $X^2=4.93, p<.05$ ) 。

### 三、學生科學探究中呈現之概念層次與平台參與程度之關聯

在本章第二節中，探討了學生在平台中貼文品質的轉變。結果顯示學生在下半學期的科學探究活動中，能夠使用更高層次的科學概念進行探究。為此，本研究擬進一步討論，是否學生科學使用的概念層次高低，與其在平台活動參與程度有所關聯。

表 4-9 呈現學生科學概念層次，與其在平台中的活動量之關聯。顯示出學生於平台中的高低活動量，與其呈現出的科學概念層次有正向關聯。因此本研究亦探討，學生的不同活動，對其所使用的概念有些什樣影響。

表 4-9

學生科學探究概念與平台活動交叉表

		基礎活動		關注活動		改進活動		合作活動		平台活動量總合	卡方值	
		低基 礎活 動	高基 礎活 動	低關 注活 動	高關 注活 動	低改 進活 動	高改 進活 動	低合 作活 動	高合 作活 動	低活動量 高活動量		
學生 科學 概念	層次 次	低層 次	10	3	7	7	9	6	9	1	35	17
		高層 次	0	12	3	8	1	9	1	14	5	43
***<.001												

因貼文是在本教學設計中要求學生每週所做的最基本動作，平台上的基礎活動，便可視為學生對參與平台活動的主要展現。高基礎活動代表學生願意自主地於平台活動中付出更多，對於平台活動投入的意願與程度，也相對較高，則學生在科學探究中所使用的概念深度，可能因為自身的努力而提高。另一方面，因為貼文數目一多，則自己的文章被他人檢視並翻修的機率相對提升。學生能有更多機會，看到自己的文章與想法，是如何進步。教學相長之下，或許能間接提升自己所使用的探究概念。

其次，關注活動包含學生平台上文章的比例，以及學生重複閱讀他人文章的比例。關注活動某種程度上，代表學生對平台上成員所探討的議題，關心的廣度與深度如何。經結果顯示，對於平台上所正探討的問題較不關心的學生，在探究中所使用之概念層次上相對較低。可能的原因為，因為這些同學閱讀與關心的議題較少，也較不能看到一個議題是如何在眾人的討論中進步與改善，因此，學生可能也較無法參與議題轉變的過程，較無法完整地閱讀與體會討論串中，想法是如何轉變與提升。

再者，在改進活動中，編修自己文章次數與鷹架使用次數，反映了科學探究歷程中重要的「評估」一環。惟有不斷回頭檢視自己的想法品質，並持續改進自己的想法，才能促成更好的想法／理論。因此，當學生能花更多心力重新檢視、編修自己的文章，即反映著對自身舊想法的關切。另一方面，使用平台鷹架功能，更代表學生能在一學期當中，由單純提出理論，到能夠舉出新的資訊、評價他人想法、修正他人想法等等。在此一歷程中，提升自身想法／理論品質，也就可能反映在科學探究中所呈現的科學概念上。

最後，合作活動包含學生個人文章與他人文章連結的百分比，以及學生回覆他人文章的次數。整體而言合作活動可以視為學生參與及探索整體平台活動與議題的程度。學生藉由回文彼此討論與共同提升想法，不斷加深深度。而在平台上與他人文章連結的比率，則視為與他人合作的廣度。因此，當加深加廣對議題的參與程度，對所參與議題的了解程度也就相對提升。當對一個議題了解得愈多，或許也相對能夠有愈多的想法，促進自身在議題探討中，想法的品質。

綜言之，在平台中活動參與程度的不同，與學生科學概念層次的高低，呈正向關聯 ( $X^2=33.66$ ,  $p<.001$ )。當學生能愈多地參與平台活動，付出並接受他人的回饋，學生整體而言展現出較高層次、較深入的科學概念。

## 第五章 討論與建議

本研究以電腦支援知識翻新教學活動為中心設計，使學生在課中與課後進行想法翻新活動。結果顯示經過一學期的課程，學生對科學理論本質具備更傾向建構取向的理解，並且其於知識論壇進行的科學探究品質隨時間亦有提升。最後，本研究發現上述轉變與學生在平台的參與程度有所關聯。本章將針對研究結果進行深入討論，最後提出相關建議。

### 第一節 結果討論

#### 一、知識翻新活動可能轉化學生對科學理論本質之理解

本研究第四章第一部分結果顯示，學生經過教學設計，於學期後對科學理論本質具備更傾向當代建構取向的理解。此一部分編碼包括「理論蘊含」、「社會論證的角色」、「理論的價值」、「發明與創造性」，及「改變與可被測試性」等五個向度。

整體而言，學生於學期前對科學理論的看法，傾向「理論的產生主要根據被視為絕對客觀的實驗設計而來，或者是對既存現象的描述。因此理論沒有好壞之分，也因為是對既有現象之闡述，理論因此並不會改變」。此外，學生也較未能認識到過去理論、經驗與當代社群、社會因素等影響。但在經過以知識翻新為主軸的教學設計後，學生或許可以理解到，想法可以經由不斷討論與更高層次的探究而進步與深化，解釋力較低的想法可以被解釋力好的想法所取代。因此在期末，學生對科學理論本質的理解，能具備向建構取向的理解：理論的發現可能受社會、文化、前人研究結果所影響。理論的產生除了對現象的觀察外，也包括人的詮釋與團隊討論。好的理論／解釋力強的理論可以取代解釋力差的理論，換言之理論也並非永久不變的。學生對科學理論的認識更加彈性，不再以理論絕對與權威性的態度看待之。

本研究以知識翻新為中心進行教學設計，建立在「想法是可以不斷被改進的」(Scardamalia & Bereiter, 2006) 原則上，在課堂中持續以理論提出、

提問、小組討論、班級討論、綜合整體想法並進行下一次討論，如此循環進行；在線上平台中，亦使學生針對議題進行類似流程的討論模式。為此學生或許可以在過程中理解，結論並非「結束」，而是下一次討論的「開始」，並且了解想法是暫時性的，可以由更好的想法修正與取代。

當學生對知識與想法的認知有了轉變，對在平台中進行的科學探究，及於其中建立的理論，則能有不同的見解。學生對於知識與理論的認識不再停留於權威性的無條件相信，而能以批判與改善的角度看待之。

## 二、知識翻新活動或許有助於提升學生於科學探究中呈現的科學概念層次

本研究第二部分在了解學生於電腦支援協作環境，即知識論壇中的科學探究情形如何。經由修改 Zhang (2007) 的科學概念編碼表，以編碼處理及卡方分配後，顯示學生於前半、後半學期所使用的科學概念類別有所不同。

於期中前，學生使用較多個人心得與直觀性的回應，針對問題無結構性說明與想法；於期中後，學生可以使用更高層次的科學探究方式，除了針對問題提出具體科學概念外，亦能提出解釋與舉例，更甚者，能針對討論議題，提出未來可能性的發展假說。

在本研究的教學設計中，知識翻新教學法「通過愈來愈高層次的討論，學生能逐步改進想法與提出更高層次的概念」(Scardamalia, 2002) 經由平台鷹架設計而落實。學生經由「我的理論」提出初步想法，其他同儕可能因為對前一想法的疑慮使用「我想要了解」，期許獲得更多解釋。同時，其他同儕也可以使用「新的資訊」補充想法，甚而使用「這理論無法解釋」對前一想法提出辯駁。當認知先前想法的可改進之處，則學生可進一步提出「更好的理論」。最後，經過一段時間，可能是幾週，也可能是一學期，學生可綜合先前的討論，反思與總結此一立成，提出「我們的想法」。當然，也可能有學生針對最後的結論，再進行下一步的討論歷程。

經由上述鷹架的支持，學生可以逐步提升想法的層次。若反應在科學探究歷程的轉變，則也可能引導學生，將其想法由較為天真不成熟的直觀心得，經過同學們不斷的提問與質疑，舉出證據支持假說，漸漸轉化其想法為較成熟與具科學概念的理論，甚者，學生會建立在其先備知識上，嘗試猜測與舉出未來可能實踐的理論。

### 三、電腦支援協作知識翻新與學生上述轉變有正向關聯

本研究最後一部分探討上述學生對科學理論本質理解之轉變，及其於線上科學探究中，概念層次之品質之提升，是否與其社群討論參與程度，即，平台活動參與程度有關。為此，本研究分別以卡方分配處理學生對科學理論本質理解轉變程度、科學探究品質使用之高低，與學生平台活動量之關聯。研究發現，學生參與平台程度與其轉變程度有正向關聯，同時也與其呈現出之科學概念層次有正向關聯。

知識翻新是電腦支援協作學習的一種，知識論壇係建立在知識翻新教學法的原則上設計出來，其用意在輔助知識翻新想法進步的原理原則。特殊的鷹架設計與相關連結功能，能使學生了解想法提升的步驟。由最單純的提出想法，到使用新資訊提出相關訊息輔佐理論的補充。「這理論無法解釋」鷹架有助於學生反思他人或自己的想法，並使用「更好的想法」來提升自己的理論品質。因此，知識論壇的使用，有助於學生在與社群的互動中，經歷想法不斷被翻新，而了解科學理論的建構取向。此外，知識翻新本身與科學探究歷程的相似，或許也有助學生在形成愈來愈有說服力的想法之時，提升自己的探究品質。

此外，由知識翻新教學法中「關心生活中真實的問題，而不僅僅是教科書上的內容」(Scardamalia & Bereiter, 2006) 原則出發，學生於平台中所探討的問題，皆係生活中學生自身關心、好奇的問題。如此一來，當動力來自於本身興趣及好奇心，則學生會有足夠的內在動機，持續推動其參與平台的討論活動。而在平台社群討論活動中，當學生付出愈多，例如貼的文章愈多，則接受同儕回饋的機率愈高；讀的文章愈多，學生也愈可能反思個人可改進

之處。換言之，一來一往間，學生在自我反思與借鏡同儕間，得以回顧自身科學探究歷程，進一步提升科學探究品質，此外也能重新省思個人對理論的認識。

綜言之，藉由知識翻新教學法的想法翻新原則，學生較能在社群中持續不斷改善自身想法，以形成更有解釋力的理論。因此對於知識所抱持的態度，也就不在是一種制式與權威的存在。學生能有更多空間與機會，在一次次想法被他人與自己翻修的過程中，看到知識能夠如何進步。最後，基於上述所報告的結果，本研究並提出相關建議如下。



## 第二節 建議

有別於傳統教師中心與教材講述的課堂教學，本研究以知識翻新教學法為中心，引導學生成為學習的主體。使用電腦支援協作學習環境，讓學生進行自主學習，針對有興趣的議題，在想法交流與提升中，建構理論。經由本教學設計後，學生對科學理論本質，產生更建構取向的理解，並能逐步提升其科學探究中的想法品質。為此，針對目前國內中小學仍蔚為主流的講述式自然課、按本操課的實驗課體驗，本研究提出相關建議如下：

### 一、環境：給予學生足夠討論空間與情境，進行類科學家的探究活動

在本研究文獻探討章節，已討論到提升對科學理論本質理解，有助於建構對科學本質的完整了解。並且，提升對科學本質的理解，對學生學習科學，無論是其學習方式、態度、動機，都有正向影響。科學本質上是種問題解決的活動（勞登，1977/1992）。文獻指出，一個好的提升本質理解的方式，乃藉由營造科學探究情境，使學生實際進行問題解決與理論建構歷程。本研究則以知識翻新教學為中心，力求學生在共構的想法上，求新求精，期末顯示了學生對理論本質理解的轉換。

然而回過頭來檢視現今自然科教育情境，為求進度、考試取向，仍多以最有效率的講述法進行大部分的教室授課。雖然有實驗課，但實驗課目的並不在使學生有機會「檢驗」理論，而是傾向於照著課本中所寫的步驟、材料，「證實」課本中的內容。然而，這樣的情境，幾乎壓縮了學生自主的思考空間，學生的「可能性」與「潛能」，也因此被壓抑了。在本教學設計中，營造一個學生與教師可以平等對話，想法能夠被自由提出而不被立即批評的氛圍。學生從自己有興趣的議題出發，主動探索、學習科學知識，不僅將生活與學科結合，而使知識真正能被應用，另一方面，對於科學知識的習得，更能夠加深加廣，旁徵博引：因為任何有可能解決議題的理論／想法，都值得被檢驗。在這樣的問題解決的情境中，需要各種資源、各種相關知識的連結，同時也必然需要整合資訊收集、溝通協調、批判、統整等能力——這些能力，

都是未來社會中所不可或缺的。唯有透過學生主動實踐、探索的情境，才有促發多元的能力的可能性。

## 二、教師：授課模式的轉變，教材內容不再是真理

在幾篇重要的文獻回顧中，顯示出教師對於科學本質，仍然具備不完整的理解。對理論的認識，某一層面反映了對知識的看法，知識論中的「接受觀」(received view)即假定知識的來源乃由環境直接銘印在認知者的心靈上。這樣的觀點其實有許多誤解（詹志禹，1996）。相較於單方面的接受刺激，當代的，較偏向建構主義的哲學思想，對知識與理論持以「知識由人／理論由科學家所發明」，顯示理論也並非絕對不變的。

科學哲學史的流變中，已呈現出科學理論被建構、被推翻的可能性，而教師應該能夠認知這一點，在教學設計中，能盡量引入討論活動，使學生與學生、學生與教師間，有機會對課本內容進行探究：例如當教師在講述光學時，可以介紹光學領域中，其主要的粒子說與波動說是如何演變，在光學領域中如何取代其他學說，近期，二學說又是如何統合。更具彈性的授課方式，得不僅使學生了解現今科學理論的形成，並非一蹴可幾，更使學生了解到理論並非權威不變，它們也是在不斷的修正、演變之中成形。

此外，教師也可以藉由討論活動，或前述的科學探究活動，使學生知道自己能夠如何應用理論、如何檢視理論，對理論能持以怎麼樣的態度。當學生不再將知識視為權威，便能以更建構式、彈性、批判的角度學習、應用之（翁秀玉、段曉林，1997； O'Neill & Polman, 2004）。

## 三、同儕：促發彼此構築鷹架、學習中互助合作的角色

科學哲學家孔恩認為，科學知識是一種集團的產物。心理學家如皮亞傑、維高斯基等，其學說中亦皆闡述了同儕在學習、發展中的重要性。透過本研究的質性資料，也看到學生寫道，通過平台的合作，看到理論一再被翻修，自己對科學理論本質，產生了不同的思考。在平台討論中，本研究也看到了學生是如何經由

同儕的回應，修正自己的想法。此外，量化數據上也顯示出，參與平台合作活動愈多，與本質理解轉變與科學探究中呈現出的科學概念層次，都有正向關聯。

在傳統教室中，因為大制度導致的考試取向，同儕間大多扮演著「競爭者」的角色。然而許多研究顯示，當同儕間彼此成為合作夥伴，在學習成效上不僅有所提升，對其他能力方面：溝通、協調等，也有所助益。當同儕有機會彼此交流、互助，除了內在能力的提升，另一方面，更能使學生認識到，想法是多元的。一如 Google 和許多國際企業，採用腦力激盪作為企劃形成的重要一環，在學習中，也當使學生體會到想法能如何促發。在這樣的環節中，創造力，也將成為學生能夠收穫的果實之一。

#### 四、結語

雖教育部已經將科學本質列為自然與生活科技領域的主要學習目標之一，但不僅國內外的多數研究，還有本研究期初的調查，皆顯示學生對科學理論本質的理解仍不完整。在課程進行之前，學生對於科學理論的想法，多停留在「權威、客觀與不可變動」的實證觀點上，以至於在課程之後，才比較理解科學理論的發明、詮釋與受社會因素影響。

值得思索的是，本研究的主要研究對象是大學生，他們都走過小學至中學，至少十年以上的學習之路，在這些過程中，我們是以一種什麼樣的教學方式，在引導學生學習科學知識，以致於就算學生處在思想相對開放的大學裡，仍未必可以跳脫傳統對知識的認知模式？對於幾乎日新月異的科學理論而言，學生多已認為它是一種權威性的存在，那麼其他學科呢？面對國際競爭的時代，教育上的一個現實問題將是，如何培育出不僅僅是「會讀書」的人才，因為在資訊爆炸的時代，人腦的記憶能力，遠比不上一台電腦或計算機；人能夠做到的，則應是電腦與機器所無法取代的反思、創造與團隊協調能力，然而現今的教育，是否得以帶給學生這些能力？

教育乃成人之美，因此，若只是培育同一個模子刻出來的，只會乖乖聽課、單方面接收訊息並記憶背誦能力強的學生，並非教育之福。一個好的教學設計與觀念，應能使學生脫離單方面的知識接收，進入重視思考甚至創造知識的學習階段。此一知識翻新歷程，或許值得被嘗試與探索，藉由本研究之教學設計、研究過程與研究結果，期望供給教育現場教師，或未來將從事教職之工作人員的參考與反思。



## 參考文獻

### 中文文獻

- 孔恩 (1994)。科學革命的結構 (程樹德、傅大為、王道還、錢永祥，譯)。臺北市：遠流。(原著第一版出版於1962年)
- 丹尼爾・品克 (2006)。未來在等待的人才 (查修傑，譯)。臺北市：大塊文化。(原著第一版出版於2005年)
- 李悅美 (2002)。國民小學高年級學童科學本質觀之研究。臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 佐藤學 (2012)。學習的革命：從教室出發的改革 (黃郁倫、鍾啟泉，譯)。臺北市：天下雜誌。
- 郭重吉、許政理 (1992)。從科學哲學觀點的演變探討科學教育的過去與未來。彰化師範大學學報，3，531-560。
- 翁秀玉、段曉林 (1997)。科學本質在科學教育上的啟示與做法。科學教育月刊，201， 2-15。
- 張巨青、吳寅華 (1994)。邏輯與歷史——現代科學方法論的嬗變。臺北市：淑馨。
- 許政理、郭重吉 (1993)。我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究。科學教育， 4，183-236。
- 勞登 (1992)。科學的進步與問題 (陳衛平，譯)。臺北市：桂冠。(原著第一版出版於 1977 年)
- 黃政傑、林佩璇 (1996)。合作學習。臺北市：五南。
- 舒煒光、邱宗仁 (1991)。當代西方科學哲學述評。臺北市：水牛。
- 溫明正 (2002)。我國國民小學教學軟體應用與相關措施調查研究。國立臺北師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 詹志禹 (1996)。認識與知識：建構論 vs. 接受觀。教育研究，49，25-38。
- 鐘建坪 (2010)。引導式建模探究教學架構初探。科學教育月刊，328，2-18。

## English Reference

- 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(4), 417-436.
- Abd-El-Khalick, F., Lederman, N. G., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire (VNOS): Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Abimbola, I. O. (1983). The relevance of the —new philosophy of science for the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 83, 181-193.
- American Association for the Advancement of Science. (AAAS). (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Retrieved from <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- American Association for the Advancement of Science (1993). Benchmarks for science literacy. Retrieved from <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- Chan, C. K. (2013) Collaborative knowledge building: toward a knowledge creation perspective. *The international handbook of collaborative learning* (pp. 437-461). Abingdon: Routledge.
- Chuy, M., Scardamalia, M., Bereiter, C., Prinsen, F., Resendes, M., Messina, R., Hunsburger, W., Teplovs, C., & Chow, A. (2010). Understanding the nature of science and scientific progress: A theory-building approach. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 36(1).
- Collins, A., & Halverson, R. (2010). The Second Educational Revolution: Rethinking Education in the Age of Technology. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(1), 18-27.
- Deng, F., Chen, D. T., Tsai, C. C., & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961-999.

- Gallagher, J.J.(1991).Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*,75(1), 121-133.
- Hoffman, J. L., Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2003). The nature of middle school learners' science content understandings with the use of on-line resources. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 323-346.
- Hong, H.-Y., Scardamalia, M., & Zhang, J. (2010). Knowledge Society Network: Toward a dynamic, sustained network for building knowledge. *Canadian Journal of Learning And Technology / La Revue Canadienne De L'Apprentissage Et De La Technologie*, 36(1).
- Khan, B. H. (1998). Web-Based Instruction (WBI): An Introduction. *Educational Media International*, 35(2), 63-71.
- 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. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- National Research Council (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.
- O'Neill, D. K., & Polman, J. L. (2004). Why educate "little scientists?" Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of research in Science Teaching*, 41(3), 234-266.
- 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(6), 595-615.
- Scardamalia, M. (2002). Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge. *Liberal education in a knowledge society* (pp. 67-98). Chicago: Open Court.

- Scardamalia, M., & Bereiter (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 97-118). New York: Cambridge University Press.
- Smith, M. U., & Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science education*, 83(4), 493-509.
- 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.
- Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. (2006). Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. *Cambridge handbook of the learning sciences*, 2006.
- Sun, K. T., Lin, Y. C., & Yu, C. J. (2008). A study on learning effect among different learning styles in a Web-based lab of science for elementary school students. *Computers & Education*, 50(4), 1411-1422.
- Suppes, P. (1967). What is a scientific theory?. In Sidney Morgenbesser (Ed. ), *Philosophy of Science Today* (pp. 55-67). New York: Basic Book.
- Trilling, B., & Hood, P. (1999). Learning technology and education reform in the knowledge age or "We're wired, webbed and windowed, now what?" *Educational Technology*, 39(3), 5-18.
- Tsai, C. C. (1998). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eighth graders. *Science Education*, 82(4), 473-489.
- 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(13), 1621-1638.
- Wallace, R., Kupperman, J., Krajcik, J., & Soloway, E. (2000). Science on the Web: Students online in a sixth-grade classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 9, 75–104.
- Webb, N. M.(2013). Information processing approaches to collaborative learning. In Hmelo-Silver, C. E., Chinn, C. A., & O'Donnell, A. M. (Eds.). *The international*

- handbook of collaborative learning* (pp. 19-40). Abingdon: Routledge.
- Wen, M.- L., Kuo, P.- C., Tsai, C. - C., & Chang, C. - Y. (2010). Exploring High School Students' Views Regarding the Nature of Scientific Theory: A Study in Taiwan. *Asia-Pacific Education Researcher (De La Salle University Manila)*, 19(1), 161-177.
- White, B. Y., Shimoda, T. A., & Frederiksen, J. R.(1999). Enabling students to construct theories of collaborative inquiry and reflective learning: Computer support for metacognitive development. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, 10, 151-182.
- Yang, C. - H. (2001). The application of Internet teaching in grade 1–9 curriculum. *Taiwan Education*, 607, 2-9.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (4<sup>th</sup> ed.). London: Sage.
- Zhang, J., Hong, H. Y., Scardamalia, M., Teo, C. L., & Morley, E. A. (2011). Sustaining knowledge building as a principle-based innovation at an elementary school. *The Journal of the Learning Sciences*, 20(2), 262-307.
- Zhang, J., Scardamalia, M., Lamon, M., Messina, R., & Reeve, R. (2007). Socio-cognitive dynamics of knowledge building in the work of 9- and 10-year-olds. *Education Tech Research Dev.* ,55,117-145.