

國立臺灣師範大學理學院科學教育研究所

碩士論文

Graduate Institute of Science Education

College of Science

National Taiwan Normal University

Master's Thesis

科學史及社會性科學議題融入基礎化學課程對學生科學本質理解的影響

The effect of integrating history of science and socio-scientific issues into fundamental chemistry instruction on students' understanding of nature of science

簡佑庭

Jian, You-Ting

指導教授：劉湘瑤 博士

Advisor : Liu, Shiang-Yao, Ph.D.

中華民國 110 年 8 月

August 2021

謝辭

時光飛逝，在師大的學業即將結束，內心不免有些傷感，但求學過程中也與許多人相遇，獲取了許多珍貴的經驗與快樂的回憶。

感謝指導教授劉湘瑤老師這些年的教導，面對腸枯思竭的我還是很有耐心地告訴我研究的方向、幫我找資源、給予幫助……其實當初會知曉科教所也是因為在大三時修了老師的課才有緣在此學習。

感謝擔任口委的林樹聲老師，在論文初稿上補充了很多備註，幫助我做最後的修改；感謝林陳涌老師在口試上的鞭策，犀利言語讓我永生難忘；感謝撰寫論文時願意幫忙完成問卷的專家們，沒有您們的見解我的論文是無法完成的。

感謝碩班認識的好友意雯，報告的好搭檔，人生的前輩，看到你勇往直前朝目標衝刺的樣子也讓我不得不努力向前！

感謝碩班相遇的同學與學長姊，在一同共事與報告的過程中看到大家對研究的堅持與熱忱，讓我學到很多。

感謝實習時認識的瑜瑛老師，在我沮喪時給予安慰；感謝一起共度難關的同事陳曦與孟軒及一同成長的學生們；感謝代課時認識的浩銘，在我論文迷茫時聽我吐苦水。

感謝父母支持我完成論文大業，感謝夜貓子的弟弟在我熬夜趕論文的時候逼我不准睡，感謝哥哥分享讀碩班的經驗。

感謝一路走來相遇的人們，你們的指導與砥礪、鼓勵與支持成就今日的我，在此分享畢業的快樂給大家。

摘要

本研究旨在探討教學者在高一基礎化學（一）課程中融入科學史及社會性科學議題後對學生科學本質理解的影響。配合課本單元順序先進行八週的科學史教學融入，採講述式教學，內容以課本提及的為主再進行額外補充；接著進行為期四週的社會性科學議題融入課程，以時事「無核家園」為題探討太陽能取代核能的可能性，以修正式學習環教學，搭配小組討論、角色扮演、辯論和發表。研究對象為新北市某公立高中一年級學生，共三個班，有效樣本共 97 位。研究工具使用 VOSTS9 問卷，依序在學期初、科學史教學介入後及社會性科學議題教學介入後進行三次施測，並以 McNemar 卡方分析處理數據；社會性科學議題教學介入後會另請學生填寫關於主觀性、經驗性及暫時性的學習單，依其內容評定科學本質理解之觀點。研究結果顯示高中生的科學本質在「科學知識的特性」項目多數持有理性觀點，「假說、理論與定律」項目持有理性觀點的人數最少。科學史教學後，學生在「科學方法」與「發明假設」這兩項科學本質理解有顯著提升。社會性科學議題教學後，學生在「領域間的調和性」及「分類系統」這兩項科學本質理解有顯著下降；「主觀性」及「經驗性」僅不到三成的人具有理性觀點。研究最後對科學史及社會性科學議題融入教學和評量方法提出建議與改善，期許對未來科學本質理解提升的相關研究有所貢獻。



關鍵詞：科學本質、科學史教學、社會性科學議題教學、VOSTS9 問卷

Abstract

The purpose of this study is to integrate history of science (HOS) and socio-scientific issues (SSI) into fundamental chemistry course for affecting students' understandings of nature of science (NOS). The HOS course lasted for eight weeks first, then SSI for 4 weeks. The HOS content is based on textbooks taught in didactic manner with supplementary instruction. SSI topic “non-nuclear homes” about replacing nuclear power with solar energy is taught by referring to the revised learning cycle, in accordance with group discussion, role playing, debating, and presentation. Participants included 97 tenth-grade students in New Taipei City. The part 9 of “Views on Science-Technology-Society” (VOSTS9) questionnaire was used to examine students’ NOS understanding before and after both instruction interventions. Data from valid sample were analyzed with McNemar Chi-square test. After SSI instruction, students were also asked to answer an open-ended questionnaire containing assessment about the subjective, empirical, and tentative nature of science. Results showed that most of senior high school students hold informed views on “characteristics of knowledge”, but naive on “hypotheses, theories and laws”. Students’ views on “scientific method” and “invention of hypotheses” improved significantly after HOS instruction, but significantly became worse on “coherence of concepts across disciplines” and “classification schemes” after SSI instruction. It is also found from answers to open-ended questionnaire that less than 30% of students held informed views on the subjective and empirical nature of science. Finally, this study proposes the way of HOS and SSI integrated into regular science instruction, which is intended to contribute to future research on improving the understanding of NOS.

Keywords: history of science, socio-scientific issues, nature of science, VOSTS9

目次

謝辭.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目次.....	iv
表次.....	vi
圖次.....	viii
第壹章 緒論.....	1
第一節 研究動機與背景.....	1
第二節 研究目的與問題.....	2
第三節 名詞釋義.....	3
一、科學本質(nature of science , NOS).....	3
二、科學本質的理解程度.....	3
三、社會性科學議題(socio-scientific issues , SSI).....	3
四、科學－科技－社會觀點(Views on Science-Technology-Society , VOSTS)評量工具.....	4
第貳章 文獻探討.....	5
第一節 科學本質在課綱中的演變.....	5
第二節 科學本質的教學策略.....	12
一、HOS 融入教學策略與案例.....	12
二、SSI 融入教學策略與案例.....	14
第三節 科學本質的評量.....	17
第參章 研究方法.....	23
第一節 研究設計.....	23
第二節 研究對象.....	23
第三節 資料收集與分析.....	25
一、研究工具.....	25
二、資料收集與分析.....	26
第四節 教學設計.....	27
一、HOS 教學介入.....	27
二、SSI 教學介入.....	30
第肆章 研究結果與討論.....	32
第一節 問卷總體評量結果.....	32
一、科學實作.....	32
二、科學知識的特性.....	33
三、假說、理論與定律.....	33
四、科學方法.....	33

五、領域間的調和性.....	36
第二節 教學前學生在 VOSTS9 問卷的觀點.....	37
一、科學實作.....	37
二、科學知識的特性.....	40
三、假說、理論與定律.....	43
四、科學方法.....	49
五、領域間的調和性.....	54
第三節 HOS 與 SSI 教學後對學生 VOSTS9 問卷作答影響.....	56
一、HOS 教學前後對學生在科學本質理解的影響.....	56
二、SSI 教學前後對學生在科學本質理解的影響.....	65
第四節 SSI 教學後學生的主觀性、經驗性與暫時性觀點.....	73
一、評分規準與各等級人數.....	73
二、學生學習單作答與 VOSTS9 問卷選答比較.....	75
第五節 教學介入前後學生在 VOSTS9 問卷的觀點等級.....	80
第伍章 結論與建議.....	81
第一節 研究結論.....	81
一、HOS 教學對學生在 VOSTS9 問卷的影響.....	81
二、SSI 教學對學生在 VOSTS9 問卷的影響與學習單的觀點等級.....	81
第二節 後續研究與建議.....	83
一、HOS 教學建議與改善.....	83
二、SSI 教學建議與改善.....	83
三、評量的建議與改善.....	84
參考文獻.....	86
一、中文文獻.....	86
二、英文文獻.....	88
附錄一 SSI 融入教學教案.....	92
附錄二 學生在 VOSTS9 測驗中各選項人數 (N=97).....	98
附錄三 學生在 VOSTS9 測驗中各等級人數 (N=97).....	99
附錄四 HOS 教學前後學生在 VOSTS9 問卷上的等級變化人數 (N=97).....	100
附錄五 SSI 教學前後學生在 VOSTS9 問卷上的等級變化人數 (N=97).....	101
附錄六 中譯 VOSTS9 各選項之觀點評定結果.....	102

表次

表 1 科學本質的能力指標所涵蓋的面向.....	9
表 2 科學本質的學習表現所涵蓋的面向.....	10
表 3 HOS 融入教學的 NOS 研究案例.....	13
表 4 SSI 融入教學的 NOS 研究案例.....	15
表 5 Khishfe 和 N. G. Lederman (2006)的問卷面向	18
表 6 SSI 融入教學簡要教案.....	31
表 7 九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域各版本能源相關內容.....	31
表 8 學生在科學實作面向各選項人數.....	32
表 9 學生在科學知識的特性面向各選項人數.....	33
表 10 學生在假說、理論與定律面向各選項人數.....	34
表 11 學生在科學方法面向各選項人數.....	35
表 12 學生在領域間的調和性向各選項人數.....	36
表 13 VOSTS9 問卷分類.....	37
表 14 教學前學生在 VOSTS9 題目 90111 各選項的人數 (N=97)	38
表 15 教學前學生在 VOSTS9 題目 90211 各選項的人數 (N=97)	39
表 16 教學前學生在 VOSTS9 題目 90311 各選項的人數 (N=97)	39
表 17 教學前學生在 VOSTS9 題目 90411 各選項的人數 (N=97)	41
表 18 教學前學生在 VOSTS9 題目 90711 各選項的人數 (N=97)	42
表 19 教學前學生在 VOSTS9 題目 90721 各選項的人數 (N=97)	42
表 20 教學前學生在 VOSTS9 題目 90511 各選項的人數 (N=97)	44
表 21 教學前學生在 VOSTS9 題目 90521 各選項的人數 (N=97)	45
表 22 教學前學生在 VOSTS9 題目 90531 各選項的人數 (N=97)	46
表 23 教學前學生在 VOSTS9 題目 90541 各選項的人數 (N=97)	46
表 24 教學前學生在 VOSTS9 題目 91011 各選項的人數 (N=97)	48
表 25 教學前學生在 VOSTS9 題目 91012 各選項的人數 (N=97)	48
表 26 教學前學生在 VOSTS9 題目 91013 各選項的人數 (N=97)	49
表 27 教學前學生在 VOSTS9 題目 90611 各選項的人數 (N=97)	50
表 28 教學前學生在 VOSTS9 題目 90621 各選項的人數 (N=97)	51
表 29 教學前學生在 VOSTS9 題目 90641 各選項的人數 (N=97)	52
表 30 教學前學生在 VOSTS9 題目 90651 各選項的人數 (N=97)	53
表 31 教學前學生在 VOSTS9 題目 90811 各選項的人數 (N=97)	53
表 32 教學前學生在 VOSTS9 題目 91111 各選項的人數 (N=97)	55
表 33 前測與中測觀點等級上升人數.....	57
表 34 前測與中測的 McNemar 卡方分析	58
表 35 中測與後測觀點等級上升人數.....	65
表 36 中測與後測的 McNemar 卡方分析	66

表 37 問題一的評分規準與範例.....	74
表 38 問題二的評分規準與範例.....	74
表 39 學生在學習單與 91111 後測選項的觀點人數.....	77
表 40 學生在學習單與 90411 後測選項的觀點人數.....	79
表 41 三次測驗各面向理性觀點平均百分比.....	80
表 42 預期 HOS 介入會影響的科學本質理解與 VOSTS9 問卷作答.....	81
表 43 預期 SSI 介入會影響的科學本質理解與 VOSTS9 問卷作答.....	82



圖次

圖 1 研究流程.....	24
圖 2 原子說解釋給呂薩克的實驗結果.....	28
圖 3 分子概念解釋給呂薩克的實驗結果.....	28



第壹章 緒論

本研究欲探討高一學生經過科學史與社會性科學議題融入基礎化學(一)課程後，是否在科學本質理解的觀點上有差異。本章共有三節，第一節先說明研究者進行此研究的動機，第二節表明研究目的，第三節介紹研究中常見的名詞及定義。

第一節 研究動機與背景

科學本質的知識能夠幫助學生的科學學習（許國忠，王靜如，2003），於九年一貫課程綱要（教育部，2008）就有納入國中小課程，但在自然與生活科技領域的分段能力指標中與科技本質混為一類，統稱為「科學與技術本質」，內容傾向實證論的科學本質（包含感官觀察、動手做實驗），且僅提到科學的創造性、暫時性與社會協商的角色，缺少理論負載與文化對科學的影響（姚宗翰，2010；謝州恩、劉湘瑤，2013）。

指導高中課程的課程綱要，俗稱九九課綱的「普通高級中學課程綱要（教育部，2009）」僅在資訊科技概論與生活科技兩門學科中有提到資訊科學本質與科技本質，基礎化學科目中完全沒有提到科學本質，較常提及的是探究與實作所需要的能力。

十二年國教課程架構將科技領域獨立，此時「自然科學領綱」於學習表現中提到的科學本質項目也增加了，從小學提到創造力與想像力、科學家們是由不同的方式探索世界；到國中需要知道科學方法與社會認同的標準有關、科學知識在不同的時空背景下會有不同的解釋；到高中進而了解科學與社會、文化、政治、經濟有密切的關係，科學與科技對環境與倫理道德又有什麼影響等（教育部，2018）。

研究者在高中教授化學，好奇自己原先的教學是否有效提升學生的科學本質，故進行此研究。由於高中生於高二分組後可能無法再接觸自然科學的學科，故研究者選擇在高一必修的基礎化學（一）課程中營造科學本質融入的教學氛圍。若學生能知道科學知識形成的過程與科學家們想法的衝突，便能更深入瞭解科學的探究過程和科學方法，並釐清概念間的關係，故研究者配合課本第一、二章中原有科學史進行額外的補充；而課綱提及的「永續性」課題與課本第四章「化學與能源」及時事「無核家園」有相關，故使用社會性科學議題融入的教學方法（許國忠，王靜如，2003），進而探討所設計的教學是否對學生在科學本質的理解有幫助。

第二節 研究目的與問題

108 自然科領綱強調科學本質，許多文獻指出教師在教授課程時融入科學史及社會性科學議題可以提升科學本質 (Abd-El-Khalick & N. G. Lederman, 2000; Khishfe, 2012a, 2013; 林陳涌、鄭榮輝、張永達，2009)。於是本研究希望在基礎化學（一）課程中進行兩次教學介入，觀察是否能提升學生對科學本質的理解。

第一次教學介入為科學史融入，依據課本第一章「物質的組成」會向學生補充原子說到分子說的轉變；第二章「原子結構與元素週期表」則是敘述原子模型的演進，密立坎油滴實驗能向學生講述學術倫理，門得列夫排列週期表則能告訴學生科學家的創造性。

第二次教學介入是在第四章「化學與能源」融入社會性科學議題，以時事「無核家園」激發學生興趣，詢問學生是否同意學校增設太陽能板（種電）。教完課內及太陽能相關知識後，以「是否以太陽能取代核能」讓學生進行角色扮演、蒐集支持自己論點的資料、小組討論、辯論，最後發表能源政策。學生經歷這些學習歷程後，讓他們再次決定是否贊成學校「種電」。

兩次的教學介入都圍繞著科學本質，基於上述目的，本研究將探討以下的問題：

- 一、科學史教學介入後，學生對科學本質的理解觀點等級是否有改變？
- 二、社會性科學議題介入後，學生對科學本質的理解觀點等級是否有改變？
- 三、社會性科學議題介入後，學生在主觀性、經驗性與暫時性的理解為何？

第三節 名詞釋義

一、科學本質(nature of science, NOS)

科學本質的定義會隨著時代變動，本研究參考 N. G. Lederman (2007)、Tsai 與 Liu (2005)提出的科學本質面向，將之分為五類進行研究：

(一)科學實作：觀察是用感官描述自然現象；推理是超越感官的層級，用來解釋複雜的現象（例如天氣模型和演化）。

(二)科學知識的特性：

1. 科學知識是暫時性的：科學不是絕對的，當有新的證據出現或是對舊的證據有新的詮釋時都可能產生新的理論。
2. 科學知識是主觀或理論負載的 (theory-laden)：先備知識和經驗會影響科學家的調查（例如選擇觀察什麼，什麼不觀察）、理解與詮釋。
3. 科學涉及想像力與創造力：像是原子、黑洞的模型並非是現實的複製品；科學家發明了解釋。

(三)假說、理論與定律：理論和定律是不同的知識類型，兩者間不能互相轉換。定律是描述觀察到的現象之間的關係（例如定溫時，氣體壓力與體積的關係）；理論則是被用來解釋觀察的現象。

(四)科學方法：科學探究活動的步驟不只一種，但使用的方法在科學界是有共識的。

(五)領域間的調和性：科學知識是由科學家們研究討論建立的，並非只是一人的成就，或是由少數人發展出來的。

二、科學本質的理解程度

本研究的評量會將學生對科學本質的理解分類，參考 Khishfe (2013)將學生對科學本質的理解觀點由低到高分為三個層次：(1)質樸觀點 (naïve view)：科學本質理解的觀點與當代的科學教育不一致；(2)混合觀點 (intermediary view)：科學本質理解的觀點是零散的，有時會互相矛盾；(3)理性觀點 (informed view)：科學本質理解的觀點與當代的科哲專家、科學家、科學教育者一致。

三、社會性科學議題(socio-scientific issues, SSI)

1982年NSTA (National Science Teachers Association)推廣科學－科技－社會 (science-technology-society, 簡稱STS)教育，其內容為強調科學科技對社會的影響，但諸如像核武和全球暖化這類議題與學生的日常生活不那麼相關，較難引起學生的興趣。STS教學會談到議題爭議的內容與道德層面上的兩難，SSI教學更重視社會科學的內涵，強調了倫理、道德、情感與公民責任，能讓學生思考在做決定時會如何影響社會。SSI的特點為爭議的內容是沒有正確答案的，且會

有複數個立場而使人陷入兩難的局面。

教授SSI時有四個重要的項目可以當成課堂上的切入點：科學本質 (nature of science issues)、對話本位 (discourse issues)、文化本位 (cultural issues)與個案本位 (case-based issues)。這四個項目可以建構學生的個人認知與道德發展，進而培養科學素養 (Sadler, 2004; Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005)。

四、科學－科技－社會觀點(Views on Science-Technology-Society, VOSTS)評量工具

VOSTS 評量工具是由 Aikenhead、Ryan 與 Fleming (1989)研發 (Aikenhead & Ryan, 1992)。本研究使用 VOSTS 問卷中與科學本質有關的第九主題（簡稱 VOSTS9）進行評量，中文版是由黃淑雅（2006）翻譯。

VOSTS9 共有十一個子題，每個子題有一至五個題目不等，每題皆為單選題，選項個數為四到十個。題目的編號皆為五碼，第一碼代表的是主題；二三兩碼代表的是子題題號；第四碼表示本題是該子題的第幾題；第五碼表示有在題目中更改例子或關鍵字。例如：91013 的「9」代表的是「主題九：科學知識的本質」；「10」代表的是「子題十：科學知識的認識論地位」；第四碼的「1」代表的是「子題十的第一題」；末位的「3」代表的是「第一題的第三種例子」，以 91011、91012、91013 這三題為例，題目敘述基本上是相同的，惟有更改部分的關鍵字，91011 的關鍵字為「定律」，91012 更換成「假設」，91013 為「定理」。

VOSTS9 問卷共有 22 題，由於該問卷設計的主旨是測驗學生對科學的觀點為何，因此沒有正確的答案，研究者為了研究需要，請專家進行評分，相關內容請見第三章第三節研究工具。

第貳章 文獻探討

本章分為三節，第一節介紹美國與台灣課綱中的科學本質，第二節為科學本質的教學策略，主要聚焦在 HOS 與 SSI 上，第三節描述科學本質的評量方式，包含量表及開放式問卷。

第一節 科學本質在課綱中的演變

隨著時間演變，科學本質的定義不盡相同。1950 年代以前主要為邏輯實證主義的觀點，認為「科學知識」是以客觀觀察獲得的絕對真理，因此不易改變且具有累積性。任何領域的「科學方法」皆需遵守下列步驟：收集觀察到的事實，分析和歸類，建立假設後再驗證。而科學家在「科學事業」中扮演著價值中立、挖掘自然界真理的研究者角色。

1950 年代後則以建構主義觀點為主，認為「科學知識」是以現有理論來建構，可能被推翻或修正，在演變的過程中不斷趨近於真實，因此科學知識具有暫時的特性。由於觀察者的先備知識、信念與背景不同，因此在從事觀察活動時是理論負載 (theory-laden) 的，不存在絕對客觀，「科學方法」也因此而非只有一種，故共同價值需由各領域的科學社群決定，科學家們在「科學事業」中更像是創造者，發明出科學知識 (翁秀玉、段曉林，1997)。

美國科學促進協會 (American Association for the Advancement of Science, AAAS) 於 1985 年提出一項幫助提高美國人科學、數學和技術素養的長期計畫「Project 2061」，期許在下次看到哈雷彗星之際，科學教育已有不同的面貌。AAAS 於 1989 出版「全民的科學 (Science for All Americans)」將科學本質分成三類：科學世界觀、科學探究活動與科學事業。

1. 科學世界觀：科學家們會分享他們對自己工作的看法與信念。

- (1) 世界是可以理解的：科學家們相信透過運用智慧和操作儀器來擴展感官 (例：使用顯微鏡)，可以發現自然界慣有的模式。科學也假設宇宙是一個巨大的單一系統，基本規則在各處皆相同，從研究部份的宇宙得到的知識也可以應用在別處——像是解釋自由落體的重力 (萬有引力) 也可以用來解釋月球繞地球公轉。
- (2) 科學構想是會改變的：科學是產生知識的過程，包括仔細觀察現象和發明理論來解釋這些現象。新的觀察會挑戰主流理論，也可能發展出適用範圍較廣的理論，因此科學家們認為沒有絕對的真理，但可以越趨近精確地描述世界的運行。
- (3) 科學知識是持久的：大部分的科學知識是持久的，通常是修正構想使其更加精確而非完全推翻。例如愛因斯坦在創造相對論時並未否定牛頓的運動定律，而是表明古典力學是在限制條件下的應用。
- (4) 無法用科學回答所有的問題：有些事物無法用科學方法檢驗，例如信念與超自然現象。

2. 科學探究活動：科學探究沒有固定的步驟，但科學界中有某些共識。
 - (1) 科學需要證據：不是每種探究活動科學家都能以改變變因來獲得證據（例如：行星觀察、生物研究），此時需要在不同自然條件下觀察，推測影響的因素為何，而研究的結果將會被他人檢視。
 - (2) 科學是邏輯與想像的融合：科學家發明假設或理論來想像世界如何運轉，並將證據和假設聯結進行邏輯推理。無法用證據檢驗的假設在科學上並不實用；而邏輯的使用和證據的檢查是必要的，但單有邏輯是不足以促進科學的發展。
 - (3) 科學的解釋力與預測力：科學家收集數據尋找相關性，以具邏輯的方式解釋現象，例如大陸漂移學說顯示與地震、火山、各大洲形狀、各地所含的化石有關。理論應該具有預測力，能夠預測那些尚未發現的相關證據。
 - (4) 避免偏見：科學家的國籍、性別、種族、年齡、政治信念等可能會使他們強調某種證據或解釋。
 - (5) 科學不是威權主義：有名聲的科學家無權替其他人決定什麼是正確的，與主流思想相異的新想法在短時間內可能會遭到批評，但長期下來這些新想法若能解釋更多現象，終將取代舊理論的地位。
3. 科學事業：科學作為一個企業具有個體層面、社會層面和制度層面。
 - (1) 科學是複雜的社會活動：會反映當代社會觀點與價值觀，研究的方向會受到文化和資金影響；也存在於不同的環境，像是醫院、大學或政府；科學資訊傳播（如期刊發表）能使科學家得到批評，並與世界同步，縮短發現到應用的時間。
 - (2) 科學會在不同的學科與機構下進行：科學可以被視為所有不同科學領域的集合，大學、工業界和政府也是發展科學結構中的一部分，資助機構通過支持的研究來影響科學的方向。
 - (3) 科學受倫理道德的規範：科學倫理涉及實驗可能造成的傷害與應用研究結果可能產生的有害影響，像是核武與生化戰，被科學家認為是個人道德問題而非職業道德問題。
 - (4) 科學家以公民與專家的身分參與公共事務：科學家可以幫助人民了解事件的原因（例：自然災害），並預估政策可能的影響（例：耕作對生態的影響）。但公眾爭論的問題通常難以提供明確的答案，因為有些問題過於複雜，或者其價值不在科學範圍之內。科學家也可能因為自己的相關利益受到威脅而產生偏見。

AAAS在1993年於「科學素養的里程碑(Benchmarks for Science Literacy)」增改部分學習內容並給予教師建議，以下以9-12年級為例，列出與前述不同之處與教學意見：

1. 科學世界觀：
 - (1) 以往認為研究宇宙獲得的知識可應用在別處，但事實上實驗室所做

的研究與在自然環境中觀察到的可能不同。

- (2) 證據對科學方法的價值為具有給予科學家改善「提供可信解釋」和「準確預測」的能力。
- (3) 多數學生普遍接受科學的真理，難以理解科學知識是會被修改的，但教師不用強調科學總是在變化，因為知識主體本身是穩定的，以緩慢的速度修正和擴展。
- (4) 教師可以呈現歷史事件或當代科學發展讓學生了解理論與實踐的限制、不同領域的科學在知識上的差異。

2. 科學探究活動：

- (1) 以往認為科學方法不同，但科學家在證據、邏輯和論證上有共識，科學領域的進步取決於智力、努力、想像力與機會。現在認為科學方法不同，但科學家在使用實徵證據及邏輯論證是有共識的。
- (2) 為了避免觀察有偏見，科學研究會使用不知道預期結果的觀察員。
- (3) 以往學校的實驗會是已經知道答案的，老師或實驗手冊決定要使用什麼儀器、收集什麼數據，且課堂上沒有時間為了修正而重複實驗，結果也未呈現給他人進行批評。教師可以引進一些學生研究以減少食譜式實驗，讓學生個人或小組在畢業前至少設計一項探究活動，花費的時間未必會比在實驗室中的多。
- (4) 高中階段處理抽象與假設案例的能力會提高，可以著手科學的預測力，在進行生物、氣象和社會系統的預測時，學會使用統計數據、概率和模型。

3. 科學事業：

- (1) 因為科學是人類活動，所以社會價值觀會影響科學的價值觀。
- (2) 讓學生接觸科學事業的四個方面：社會結構、學科與學會鑑定、倫理道德以及科學家在公共事務扮演的角色，使學生理解新聞中討論的科學議題。
- (3) 讓學生學習科學概念與歷史，會發現數學、科學與發明在文化與歷史扮演著重要角色。
- (4) 課程在可能的情況下提供小規模的實驗或實地研究，將有助於提高科學素養，幫助學生了解科學中存在不同的職業可能性

McComas 與 Olson (1998)認為科學本質是由科學的哲學、歷史、社會學與心理學四種領域結合，他們以此觀點分析八份不同的科學課綱（包含美國、澳洲、加拿大、英國、紐西蘭）後列出 14 項特徵 (McComas, Clough, & Almazroa, 1998)：

1. 科學知識是持久的，但也有暫時性的特徵
2. 科學知識有很重的比例是從觀察、實驗證據、合理論證及懷疑的態度得來的，但也不全然如此
3. 從事科學活動並非只有一種方法

4. 科學試著解釋自然現象
5. 定律和學說在科學中扮演著不同的角色，因此學生應該注意即使有再多的證據也不能使學說變成定律
6. 不論是哪種文化背景的人都能為科學做出貢獻
7. 新的知識必須清楚地公開
8. 科學家需要準確且持續地記錄，其他科學家需重複實驗並檢驗可複製性
9. 觀察是理論負載的 (theory-laden)
10. 科學家是有創造力的
11. 科學史顯示出科學進化性與革命性的特徵
12. 科學是社會與文化傳統的一部分
13. 科學與科技互相影響
14. 科學的想法會受社會和歷史環境影響

1996 年美國 NRC (National Research Council)發表「國家科學教育標準 (National Science Education Standards, NSES)」將科學內容的標準分成八類，第八項即為歷史與科學本質，以 9—12 年級為例，學生需發展的理解有科學是人類努力的成果（個體或團體持續對科學事業有貢獻，科學家需有學術倫理、科學家的觀察會受社會、文化、個人信仰影響）、科學知識的本質（科學家透過經驗證據、邏輯論證和懷疑的態度對自然世界做出最有可能的解釋，新的證據會使科學知識發生改變）和歷史觀點（不同文化對科學科技知識都有貢獻、某些進展持續的影響科學與社會，例如牛頓力學、相對論等）。「K-12 科學教育框架 (NRC, 2012)」以科學與科技實作 (practices)、跨學科概念 (crosscutting concepts)和各學科核心構念 (core ideas)探討教學實踐。「下個世代的科學標準 (The Next Generation Science Standards, NGSS)」(NRC, 2013)以前兩個方面提供高中生需理解的科學本質，實作包含(1)科學方法是多樣的，(2)科學知識基於經驗證據，(3)新證據的出現可以修正科學知識(4)科學模型、定律、機制和理論解釋自然現象；跨學科概念包含(1)科學是人們認知的方式，(2)科學知識假設大自然具有規律且一致，(3)科學是人類努力的成果，(4)科學能解決有關自然界和物質界出現的問題。

台灣的國中生於「九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域」(教育部，2008)習得的科學本質內容如表1，在國小階段多為以感官觀察自然現象，國中階段傾向科學知識的概念與結構的介紹；而「普通高級中學必修科目課程綱要 (教育部，2009)」在自然科目中並沒有提到科學本質，僅在資訊科技概論和生活科技中有「資訊科學本質」與「科技的本質」。在四個科學科目中，物理提到期望培養學生的核心能力有歸納演繹、執行實驗、定性定量分析；化學則是論證批判、發現及解決問題，概念的理解與應用，數據圖表的轉化與解讀；生物希望培養科學過程技能，發展批判思考、溝通、論證與解決問題等能力，以及了解生物科學的應用及與環境之間的相互關係；地科包含察覺人類活動對地球環境的影響、運用的基本觀測技術等。高中自然科的核心能力傾向熟悉專業知

識與實驗技巧並應用於生活中、培養探究與實作的能力及理性的批判性思考。

表 1 科學本質的能力指標所涵蓋的面向

科學本質的能力指標	
3-1-0-1	能依照自己所觀察到的現象說出來。
3-1-0-2	相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現。
3-2-0-1	知道可用驗證或試驗的方法來查核想法。
3-2-0-2	察覺只要實驗的情況相同，產生的結果會很相近。
3-2-0-3	相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的。
3-3-0-1	能由科學性的探究活動中，瞭解科學知識是經過考驗的。
3-3-0-2	知道有些事件（如飛碟）因採證困難，無法做科學性實驗。
3-3-0-3	發現運用科學知識來作推論，可推測一些事並獲得證實。
3-3-0-4	察覺在「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。
3-3-0-5	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。
3-4-0-1	體會「科學」是經由探究、驗證獲得的知識。
3-4-0-2	能判別什麼是觀察的現象，什麼是科學理論。
3-4-0-3	察覺有些理論彼此之間邏輯上不相關連，甚至相互矛盾，表示尚不完備。好的理論應是有邏輯的、協調一致、且經過考驗的知識體系。
3-4-0-4	察覺科學的產生過程雖然嚴謹，但是卻可能因為新的現象被發現或新的觀察角度改變而有不同的詮釋。
3-4-0-5	察覺依據科學理論做推測，常可獲得證實。
3-4-0-6	相信宇宙的演變，有一共同的運作規律。
3-4-0-7	察覺科學探究的活動並不一定要遵循固定的程序，但其中通常包括蒐集相關證據、邏輯推論及運用想像來構思假說和解釋數據。
3-4-0-8	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。

十二年國教實施後，自然科學領域與科技領域分開，為培養學生科學素養，其中一項學習重點即為「協助學生了解科學知識產生方式，養成應用科學思考與探究習慣的科學的態度與本質」。自然科學領域的課程綱要（教育部，2018）將學習表現分為三個項目：科學認知、探究能力、科學的態度與科學本質，科學的態度與本質中再分出三個子項（代號第一碼）：培養科學探究的興趣（代號ai）、養成應用科學思考與探究的習慣（代號ah）、認識科學本質（代號an），由此發現科學本質為獨立的項目，在新綱中獲得重視。新綱中的編號由羅馬數字（代號第二碼）代表不同年級II、III、IV、Vc、Va分別代表中

年級、高年級、國中、高中必修、高中選修，每個學習階段的科學本質皆有三項（代號第三碼為流水號）。

表 2 科學本質的學習表現所涵蓋的面向

	科學本質的學習表現	面向
an-II-1	體會科學的探索都是由問題開始。	—
an-II-2	察覺科學家們是利用不同的方式探索自然與物質世界的形式與規律。	e.
an-II-3	發覺創造和想像是科學的重要元素。	c.
an-III-1	透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	h.
an-III-2	發覺許多科學的主張與結論，會隨著新證據的出現而改變。	d.
an-III-3	體認不同性別、族群等文化背景的人，都可成為科學家。	g.
an-IV-1	察覺到科學的觀察、測量和方法是否具有正當性，是受到社會共同建構的標準所規範。	f.
an-IV-2	分辨科學知識的確定性和持久性，會因科學研究的時空背景不同而有所變化。	d.
an-IV-3	體察到不同性別、背景、族群科學家們具有堅毅、嚴謹和講求邏輯的特質，也具有好奇心、求知慾和想像力。	g.
an-Vc-1	了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。	f.
an-Vc-2	了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。	f.
an-Vc-3	體認科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。	—
an-Va-1	了解從事科學工作者具有一些共同的特質，例如：邏輯思考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。	f.
an-Va-2	察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。	a.
an-Va-3	了解科學知識發展的歷史是與社會、文化、政治、經濟緊密相關。	g.

註：科學本質八個面向包含a.區分觀察與推理，b.區分理論與定律，c.科學的創造性，d.科學知識是暫時性的，e.探究過程是理論負擔的，f.社會協調性，g.文化影響面，h.區分科學過程、科學探究與科學本質

研究者參考N. G. Lederman (2007)提出科學本質的七個面向和Tsai與Liu (2005)提出的五個面向，扣除相似的面向後將學習表現進行分類，表2列出108課綱的科學本質和涉及的面向。由「an-III-2」和「an-IV-2」可以發現有列出科學知識有暫時性和持久性的調和觀點；由「an-III-3」和「an-IV-3」發現不同文化背景的人當科學家都有共同的特質；由「an-II-2」、「an-IV-1」、「an-Vc-1」、「an-Vc-2」和「an-Va-2」會發現雖然探究的方式不只一種，但不論是什麼科學方法都需要獲得科學社群的認同，研究的結果也需要經過其他科學家的檢驗，也就是說從事科學研究不只是單人的活動，而是在共同規範下的一個環境中進行。此次的課綱並沒有強調理論與定律的差別，但有多了倫理道德的面向（an-Vc-3）：科學本身並無好壞，而是取決於人類如何使用。

本研究預期在 HOS 教學時闡述的知識發展過程與科學家爭論，能使學生瞭解科學探究的方法多元，科學家們對證據的詮釋會形成不同論點，對應到學習表現「an-Vc-1」；在 SSI 教學透過能源議題的討論，讓學生瞭解不同立場的想法及太陽能板存在對環境的利弊，能對應到學習表現「an-Vc-3」。



第二節 科學本質的教學策略

在教室中提升學生科學本質的方法包含四種：(1)由於學生難以覺察學科內容與科學本質的關係，故教師需主動連結教材與科學本質；(2)在教材中融入科學史有助於學生理解科學理論的形成、推翻與取代；(3)探究式的教學環境優於食譜式的實驗步驟，學生在活動中會學習到科學化的思考與技能；(4)教師須提升科學本質的教學能力與信念（翁秀玉、段曉林，1997）。

N. G. Lederman (1999)指出文獻中三種常見的科學本質的教學策略：隱喻教學 (implicit)、歷史教學 (historical)、明示教學 (explicit)。隱喻教學是指學生在自己動手做科學的探究過程中，會領悟出科學本質；歷史教學則是指在課堂中加入科學史，有助於學生理解科學知識的形成；明示法適合用於探究活動與科學本質教學，讓學生透過明確的反思方式來提升科學本質的理解。許多文獻認為明示教學較為有效 (Khishfe, 2013, 2014; Khishfe, Alshaya, BouJaoude, Mansour, & Alrudiyan, 2017; Paraskevopoulou & Koliopoulos, 2011)。

一、HOS 融入教學策略與案例

Matthews (1994)建議科學史融入課程的方式有兩種，一為附加式：以課本的科學概念為主軸，將科學史穿插在課程中，故科學史和教材內容是分離的兩個部分；二是整合式，與前者相反，是以科學史為主軸，教材為輔，會在講述科學史時補充概念知識。由於科學史精緻化科學知識形成的歷程且能展現當代的社會背景與科技，故科學史融入教學能使學生對科學概念和方法有更深入的了解，學習科學本質與探究過程，也較能吸引學生興趣（林淑嫻、劉聖忠、黃茂在、陳素芬、張文華，2008）。

科學史融入教學的方法有歷史個案研究、互動式歷史小故事 (interactive historical vignettes, IHVs)、角色扮演、探訪科學古蹟或博物館、重複科學史上重要的實驗、科學史寫作……等，其中較常以互動式歷史小故事和歷史個案研究來傳達科學本質，這兩個能使學生理解科學知識形成的過程、科學家如何爭辯出結果。互動式歷史小故事常設計出雙方對立引發衝突，引導學生產生問題和解釋以增進概念理解，但若搭配角色扮演在班級呈現，則教學者需要注意由於是少數人閱讀劇本進行演出，表演者可能為了凸顯某些特徵而使得觀眾對科學家產生刻板印象；歷史個案研究不像 IHVs 有生動劇情，是針對科學家如何取得與詮釋證據這件事說明前因後果，教學時要注意在關鍵處以 6W (What, Why, Where, Who, When, How)對學生進行提問引導思考，並搭配其他教學策略引發學生興趣。但不論使用哪一種方法，較有效的教學策略仍是教學者配合教學目標並以明示手法指出欲理解的科學本質概念（林淑嫻等人，2008；洪振方，1998；陳淑媛、洪振方，1997）。

表 3 HOS 融入教學的 NOS 研究案例

研究者	研究對象	HOS 內容	評量
Paraskevopoulou & Koliopoulos (2011)	希臘高中 二年級	Millikan 與 Ehrenhaft 爭論	Khishfe & N. G. Lederman (2006)發展的問卷
Kahraman & Karatas (2015)	土耳其小學 六年級	四則科學故事 (McComas, 2005)：關於飛行科學、螞蟻與蟲、地理大發現時代、煉金術到化學	1.教師日誌 2.半結構訪談
Fouad, Masters & Akerson (2015)	美國小學 二三四年級	賈比爾 (Jābir ibn Hayyān)的實驗操作與儀器、阿基米德的浮力原理……等	VNOS-D (J. S. Lederman & Khishfe, 2002)
邱明富與高慧蓮 (2006)	台灣小學 四年級	力、光合作用、地球的形狀與運行	1.國小科學本質問卷 2.科學本質晤談工具：點頭雞、情境圖 (邱明富、高慧蓮, 2004)
林陳涌等人 (2009)	台灣高中 二年級	教材「在碗豆尋找雙螺旋」	1.UNOS 量表 (林陳涌, 1996) 2.對科學態度量表 Lin (1994)
陳琮輝 (2013)	台灣國中 八年級	100 篇科學史短文 (關於科學的發軔、哲學、天文、數學、化學、物理、博物學、科技技術)	UNOS 量表 (林陳涌, 1996)
邱奕華與劉湘瑤 (2014)	台灣高一	光電效應	1.科學認識觀問卷 (Liang & Tsai, 2010) 2.VNOS-C (N. G. Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002; Liu & N. G. Lederman, 2007)

表 3 列出一些科學史融入教學的實徵研究，部分研究顯示以明示教學法教授科學本質與科學內容，即使科學本質評量的問題與授課內容較無關，還是能顯著改善學生的科學本質理解；但若教材中沒有特別提到的項目，學生對該項的科學本質理解就沒有變化；年紀小的學生在紙筆評量上的表達不完全需以上課對話紀錄或是訪談來補足，以釐清學生想法 (邱明富、高慧蓮，2004；Fouad et al., 2015; Paraskevopoulou & Koliopoulos, 2011)。

除了在課堂中融入科學史能提高學生對科學本質的理解，學生經過長時間的科學史閱讀或寫作也能提升，但是科學史融入教學未必能使學生的學習表現獲得改善 (林陳涌等人，2009；邱奕華、劉湘瑤，2014；陳琮輝，2013)。

Tolvanen、Jansson、Vesterinen 與 Aksela (2014)由四個網路資源分析 24 個和化學科學史有關的教案，歸納出教案有兩種類型：科學故事 (narratives)和歷史實驗 (historical experiments)，前者能讓學生了解科學家的立場和衝突，後者能讓學生了解科學家是如何將實驗數據發展成知識。化學科學史教學教案中有幾個科學本質是較少以明示法教學，例如社會互動和社會組織結構；很少提到的內容則包括理論與定律差別、創造力、儀器設備等。因此建議教學時需注意：(1)要描述出科學是需要多人合作與創造力的；(2)科學史的衝突能增加討論科學本質的效果 (像是科學發現過程、科學知識的改變、模型的發展)；(3)描述科學過程時要選擇適合討論的內容 (例如科學知識的改變)；(4)在認識論上 (例如概念改變) 的討論時，老師應該把焦點從科學家生平轉移到科學發展的過程。

本研究在 HOS 教學時會突顯原子說演變成分子說的衝突，讓學生釐清科學知識發展的過程；描述散射實驗的證據如何支持論點，讓學生瞭解模型演變的原因。

二、SSI 融入教學策略與案例

STS (Science-Technology-Society)教育連結了科學、科技與社會，讓學生關注社會議題，主動討論與找出解決問題的方法 (靳知勤，2008)，社會性科學議題 (socio-scientific issues, SSI)則是 STS 的重建與進化，涉及了科學與科技的社會含意，也與學生個人哲學觀和信念有關 (Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005)。SSI 教學是以學生在日常生活中會遇到的議題，透過學生主動參與資料的蒐集並與同儕討論協調，培養理性批判能力、進行自我反思，發展出做決策的素養 (Zeidler, Walker, Ackett, & Simmons, 2002；教育部，2018；靳知勤，2014)。SSI 存在爭議的原因是由於不同團體的立場不盡相同，若皆以自身的價值觀及利益提出見解與解決方案，會使得人民在做決策上陷入兩難。SSI 具備開放式與跨學科等特色，在教學中能提供學生討論的空間，也能用來訓練論證、批判力與公民素養 (Sadler, 2004)。

議題中心模式的教學策略特質如下 (劉美慧，1998)：經歷衝突的情境、深度學習、高層次思考、科際整合、開放式的環境、轉型課程；教學的活動可以

有辯論、角色扮演、風險評估和分析、個案調查等（林樹聲，2004a）；教學方面可由五個層面下手：自我了解、研究和反思、做決定、負責採取行動、整合（Waks, 1992）。學生的角色變成了知識的建構者，他們的決定會改變社會；而教師在課程設計時是創造者，在教學期間是引導者、激勵者、刺激思考者，在學生遇到問題時又變成澄清者，最後進行課程回顧與改良時，又成為反思者及學習者（林樹聲，2006）。

林樹聲（2004b）針對 SSI 教學設計的修正式學習環分為「探索、概念引介、釐清爭議、概念應用」四部份。「探索」是以學生為中心，引起學習動機，使用先備知識回答教師的提問；「概念引介」為教授與議題有關的知識技能，並和先備知識與經驗做連結；「釐清爭議」是修正式學習環較原學習環多增加的階段，目的是在學生蒐集相關資料後能夠藉由討論、提問、角色扮演而理解不同立場的看法；「概念應用」階段可以讓學生練習做決定、將所學的內容應用至不同情境，進行學習遷移，教學者可以針對同類型的議題詢問學生爭議之處（靳知勤、吳靜宜，2017）。

表 4 列出一些 SSI 融入的教學案例，部分研究指出融入 SSI 教學後學習成效顯著優於傳統教學（邱瑞宇，2020），融入 SSI 教學的研究有時不只評量科學本質或科學認識觀的變化，通常還會與做決策、非形式推理、論證有關。

Khishfe (2012a, 2013, 2015) 的研究指出真實的 SSI 和科學數據能促進學生在科學本質的理解，用明示法教授科學本質可以產生學習遷移，不論是相似或不相似的議題，學生的科學本質都有改善；但在學科方面，較難在不同科學內容時發生學習遷移（Abd -El-Khalick, 2001）。教學者可以提供多個情境連貫學習內容，多次讓學生暴露在科學本質的環境下能加強學生的長期保留。

本研究以時事「無核家園」引起學生動機，在太陽能板議題上搭配角色扮演及辯論活動，使學生釐清爭議所在，並設身處地思考不同立場的論點使得做決策更加完善。

表 4 SSI 融入教學的 NOS 研究案例

研究者	研究對象	SSI 內容	研究方法與結果
Khishfe (2012a)	美國九年級	複製動物、基改食物	1.明示法教 NOS，分為實驗組與對照組。 2.研究發現兩組 NOS 理解無差異，做決策有差異；創造力這項科學本質兩組差異較小，可能是教學活動較少提及，或是說本次 SSI 內容和經驗性、暫時性、主觀性和做決策較有關。

（續下頁）

Khishfe (2013)	黎巴嫩 十年級	基因工程	1.明示法教 NOS，分為實驗組與對照組，實驗組有角色扮演、反思討論等活動。 2.實驗組在兩種問卷（相似議題「基改」和不相似議題「氟化水」）的 NOS 皆有改善，對照組則否。
Khishfe (2014)	美國 七年級	水的利用與安全	1.實驗組有兩組，第一組以明示法教授論證與 NOS，第二組只以明示法教授 NOS。 2.研究顯示第一組在 NOS 和論證皆有改善，第二組 NOS 也有提升且和第一組差不多。
Khishfe (2015)	中東 十年級	遺傳工程	1.分組進行角色扮演，模仿科學家提出過程和優缺點，教學者以明示法討論經驗性、主觀性和暫時性。 2. NOS 理解在後測有改善，且有三分之一的學生在後續的延宕測驗中仍保留改善後的觀點。
劉湘瑤、 李麗菁、 蔡今中 (2007)	台灣 大學 一年級	全球暖化、高山纜車	1.學生閱讀SSI文本，檢測學生是依據何種訊息做決定和論證。 2.研究發現偏好從制度、管理、成本效益等觀點論述的學生，及具有批判性思考傾向者，在NOS的暫時性得分較高。
吳玫緬 (2008)	台灣 八年級	基因改造食品、焚化爐建立	1.發放含有議題正反立場的文本給學生閱讀，但文本中的正反立場順序是隨機的，學生依自身情況可能與文本立場先一致或先相反。 2.研究結果顯示不論文本順序，維持原立場的人佔總人數的 3/4。與文本立場先一致的學生較易發生立場改變。「基改食品」中推理總數和推理種類和部分 NOS 呈現正相關、「基改食品反駁論證」與「社會性協商」有正相關。
邱瑞宇 (2020)	台灣 環工系大學生	生活污水排放對海洋環境的影響	1.SSI 融入環境微生物學的創新教學，為期一學期 2.研究顯示學習成效顯著優於傳統教學，社會科學議題推理能力中，「理解」及「創新」分數較高，「評估」分數較低，表示以科學數據專業推理及論述衝突性環境議題的科學本質素養能力仍要加強。此外，學生在環境態度量表（包含環境認知與科學本質素養）上的得分明顯提升。

第三節 科學本質的評量

科學本質的問卷有分開放式與量表式，開放式的好處是學生能自由表達想法，但是內容會屈就於文字表達能力，尤其是年紀越小的學生越難描述清楚 (Fouad et al., 2015)，因此會在測驗後進行半結構式訪談，但訪談較耗時，約需要 30~45 分鐘，且年紀越大的通常講得越多 (N. G. Lederman, 2006; Zeidler et al., 2002)。

開放式問卷如 N. G. Lederman 等人(2002)發展的「科學本質觀點問卷」(Views of Nature of Science，簡稱 VNOS)，經過兩次的修改發展為 C 版 (form C) (Abd-El-Khalick, Bell, & N. G. Lederman, 1998; N. G. Lederman & O'Malley, 1990)，共十題。通常拿來檢驗國高中以上的科學本質理解，另 VNOS-D 和 VNOS-E 較適合檢測文義表達尚不完全的小學生，後續搭配半結構式訪談 (J. S. Lederman, 2006; J. S. Lederman & Khishfe, 2002; J. S. Lederman & Ko, 2004)。

VNOS-C 包含十個問題，有「什麼是科學？」、「什麼是實驗？」這類完全開放式描述自己觀點的題型；也有「發展科學知識需要實驗嗎？請舉例解釋為什麼。」、「科學家發展理論後，理論可能會改變嗎？請舉例支持你的論點。」、「科學家從事科學探究時是否需要想像力？如果需要，是在哪個研究階段？請舉例。」、「理論與定律的差別，請舉例說明。」、「科學受社會、政治、哲學觀及文化影響，你認同哪個說法？請舉例說明。」這類先二選一作答，再用例子捍衛自己立場或是輔助說明的題型；或者是先給予一個情境或圖片再問科學本質的問題：「恐龍滅絕的原因有兩種說法，一種是隕石撞擊，另一種是火山噴發。為什麼科學家們使用相同的數據卻有不同的見解？」、「(看原子模型的圖片) 科學家有多肯定原子的結構？他們是如何知道的？」、「同種物種可以交配且生出具生殖能力的後代，科學家對於『種』的特質有多肯定？是以什麼證據來決定的？」

Khishfe 和 N. G. Lederman (2006)挑選並修改 VNOS 問卷中的四題，增加第五題形成問卷，第 1、4 題為一般的 (generic)題目，第 2、3、5 題有嵌入內容 (content-embedded)，問卷後會搭配半結構訪談，讓學生解釋、精緻化他們的答案，依暫時性、經驗性、主觀性、創造力與想像力、區分觀察與推理這五個面向進行評量，依論點分為理性觀點 (informed)、過渡性觀點 (transitional)和質樸觀點 (naïve)。以下為問卷內容，表 5 為問卷所涵蓋的科學本質面向。

1. 科學家製造科學知識 (事實、理論、定律)，你認為知識會改變嗎？請解釋。
2. (原子模型圖片)
 - (a)你認為科學家真的知道原子的結構嗎，為什麼？
 - (b)科學家如何決定原子結構？
3. 恐龍在百萬年前是存在的。
 - (a)科學家怎麼知道恐龍存在過？

- (b)科學家用什麼證據來描述恐龍的長相？
- (c)你認為科學家真的知道恐龍的長相嗎，為什麼？
- (d)科學家們認同恐龍於六千五百萬年前絕種，有一派認為是隕石導致，另一派認為是火山爆發造成的。為什麼科學家看了相通的數據資料卻有不同的解釋？
4. 科學家試著以探究和實驗發現答案，你認為科學家是需要創造力和想像力的嗎？請解釋。若同意，請問是在探究的哪個步驟使用（計畫、實驗、觀察、分析數據、詮釋、結論）？
5. 關於溫室效應，一部分的科學家認為是人類使用化石燃料；另一派認為是人類的影響微不足道，天氣的改變是自然發生。
- (a)為什麼科學家看了相通的數據資料卻有不同的解釋？
- (b)有辦法決定哪派科學家是正確的嗎？請解釋。

表 5 Khishfe 和 N. G. Lederman (2006)的問卷面向

面向	內涵 (Abd-El-Khalick et al., 1998)	題號
暫時性	改變來自新證據或是新詮釋。	1.2.3.5
經驗性	來自於對自然世界的觀察。	1.2.3
主觀性	詮釋和結論會受到科學家背景、經驗、價值觀和偏見影響。	3.5
創造力與想像力	科學家發明解釋。	2.3.4
區分觀察與推理	科學知識源自於觀察與推理，觀察結果需和記錄的數據一致，推理是指對數據的詮釋，可能有所不同。	2.

Khishfe (2012a)之後的研究在第五題補加上兩個小題，模仿第三題的題型多增加了經驗性和創造力與想像力兩個面向：(1)科學家如何知道溫室效應正在發生？(2)你認為科學家真的知道有溫室效應嗎，為什麼？

Khishfe (2012a, 2012b)將嵌入內容加長轉換成SSI的文章，文章內容會有議題簡介和兩個不同立場的敘述，以黃金米為例，問卷題目如下：

- (a)你認為黃金米是可以被製造販售的嗎？
- (b)解釋並證明你的決定。
- (c)你可以解釋為什麼科學家看了相同數據卻有不同結論嗎？
- (d)你認為黃金米的知識在未來可能改變嗎？請解釋。
- (e)身為一個科學家，你認為你會改變你的決定嗎？
- (f)你還需要關於這項議題的什麼資訊，才會讓你堅持或改變自己的立場？

這些問題涵蓋了主觀性(題目 c)、經驗性(題目 d、e、f)、暫時性(題目 d 和 e)、想像力與創造力(題目 c)，少了「區分觀察與推理」的面向，增加了「社會與文化面」(題目 a 和 b)。

Khishfe (2014, 2017)之後還增加不同的議題，包含氟化水、溫室效應、燃燒化石燃料、複製人等，並在問卷題目(b)之後插入兩題，形成共八題的問卷。插入的問題為「有別人不同意你的決定，你覺得他會拿出什麼證據支持自己（或反對你）？」和「你會怎麼反駁？」，這一系列的研究將原本測量科學本質的問卷，轉化成適合檢視 SSI 教學及論證教學的科學本質問卷。

開放式問卷的好處是可以收集到受試者真正的想法，屬於質性資料，但量表式的問卷在施測上比較方便，而且不受限施測者的表達能力，以下介紹六種有中文版的量表。

林陳涌（1996）發展「了解科學本質量表」（Understanding of the Nature of Science Scale, UNOS），內含 72 題與科學本質有關的題目，分成三大部分「科學方法的本質」、「科學知識的本質」、「科學事業的本質」，各佔 24 題。總量表及三個部分(N=1670)的信度 (Cronbach α)分別為 0.90、0.74、0.79、0.77，所有的題目正反向陳述各占一半，受測者以「很同意」、「有點同意」、「稍不同意」及「很不同意」進行量表勾選。

Laugksch 和 Spargo (1996)編制的「基本科學素養問卷」(Test of Basic Scientific Literacy, TBSL)，中文版由靳知勤（2002）翻譯。該問卷有 110 個是非題，KR-20 信度為 0.97 (N=895)。問卷內容包含科學本質（22 題，0.86）、科學內容（72 題，0.96）、科學與科技對社會 (STS)的影響（16 題，0.88）；科學內容包含物質科學（0.83）、生命科學（0.91）、地球與太空科學（0.68）、與健康相關的科學（0.89）等。問卷中除了「地球與太空科學」的 KR-20 信度低於 0.7，其他部分都高於 0.8。

Rubba 和 Andersen (1978)發展的「科學知識本質量表」(Nature of Scientific Knowledge Scale, NSKS)，戰克勝（2008）將之翻譯成中文版 (CNSKS)。問卷共有 48 個選是非題，正反敘述各佔一半，包含六個向度：

- 1.無關道德性：科學知識本身無好壞之分，取決於人類如何使用。
- 2.創造性：科學探究的過程是需要創造力與想像力。
- 3.發展性：科學知識會因為有新的證據而改變。
- 4.簡潔性：科學知識傾向用少量的概念解釋最多的觀測結果。
- 5.可驗性：科學知識是可以被大眾反覆檢驗。
- 6.統整性：各個學科對現象的解釋使之形成一個完整個知識體系。

英文版的信度(Cronbach α)分別為 0.76、0.80、0.74、0.70、0.77、0.74，中文版(N=93)為 0.78、0.85、0.62、0.52、0.62、0.77（戰克勝，2006）。

Tsai 和 Liu (2005)發展的「科學知識觀量表」包含五個向度：

1. 科學知識的暫時性：科學知識會因為新證據的發現或是對資料有新的詮釋而改變。
2. 科學的創造性：人類用想像力解釋自然現象。
3. 探究過程是理論負擔的(theory-landen)：觀察會受到科學家的先備知識、價值觀、研究方向影響。

4. 社會協調性：科學知識不是單人或少數人的成就，而是經過多人研究、協商討論而形成的。
5. 文化影響面：科學會受到政治、經濟、文化、宗教等影響，而這些面向也會受科學影響。

每個向度都包含七題，共計 35 題，以「幾乎完全同意（5 分）」、「大致而言同意（4 分）」、「同意與不同意程度幾乎相同（3 分）」、「大致而言不同意（2 分）」、「幾乎完全不同意（1 分）」為選項的李克特五點量表，分數越高越接近建構主義觀點，反之為實證主義觀點；但題目有分正向題與反向題，正向是以建構主義觀點描述，故完全同意為 5 分；反向題以實證主義觀點描述，完全同意只能得 1 分，也就是需要以反向計分。刪去因素負荷量小於 0.4 的題目後剩 19 題，Cronbach α 為 0.67 (N=613)。

以上四個量表的施測對象以高中生為主，以下兩種則為小學生。由 Conley、Pintrich、Vekiri 和 Harrison (2004)研發的「科學認識觀問卷」(Scientific epistemological beliefs, SEB)將問卷分為來源（科學知識是否出自於權威）、確定性（科學知識一定有正確答案）、發展（科學知識會改變）、驗證（科學實驗的角色）四個部分，共 26 題，也是以李克特五點量表計分，其中來源與確定性為反向題（越同意越傾向實證主義，分數越低）；發展與驗證為正向題（越同意越傾向建構主義，分數越高）。由於原施測的目的是檢視小學生的科學認識觀是否會隨著時間改變，因此每個部分都有兩個 Cronbach α 值，其值介於 0.65~0.82 之間(N=187)。Liang 與 Tsai (2010)施測於大學生，檢驗出此問卷信度介於 0.69~0.82(N=407)；邱奕華與劉湘瑤（2014）施測於高中生，檢驗出此問卷信度大於 0.7(N=166)。

邱明富和高慧蓮（2004）編製「國小科學本質問卷」，共有 30 題，以四點式李克特量表進行測驗，分為三個面向：科學知識的本質、科學探究的本質、科學事業的本質，每個面向都有五個細目，每個細目正反向敘述題型各一題。問卷 Cronbach α 值為 0.70 (N=197)。

上述文獻多為量表問卷的評量工具，這類問卷雖然讓學生作答方便、數據分析快速，但較難釐清學生的想法：例如在李克特量表中填寫非常不同意，是哪裡不同意呢？為什麼程度是「非常不同意」而不是「稍不同意」？問句中的哪個詞彙讓學生會極度同意或反彈、怎麼描述會讓學生覺得比較貼切？若需要深入了解依舊需要進行面談，那會與開放式問卷一樣費時。因此研究者希望使用一種問卷，能在一週只有兩堂的高中化學課中不需要進行訪談卻又能知曉學生在科學本質的想法為何，因此採用具有多項選擇的 VOSTS 問卷。

「科學—科技—社會觀點量表」(Views on Science-Technology-Society, VOSTS) 是 Aikenhead 等人(1989)耗時六年發展出的 114 題單選題問卷，用來檢測學生在 STS（科學—科技—社會）主題上的觀點。選項內容是由加拿大 11、12 年級的高中生在開放式問卷上作答、進行晤談後修改編製而成的，Aikenhead (1988)會有這樣的發想是因為發現由學者措辭寫出的問題常與學生閱

讀理解上是有差異的——以李克特量表而言會產生八成的歧義、半結構式訪談只有 5%，選擇題約為兩成——故設計出耗時較少、歧異度較低的選擇題問卷。由於選項是由學生的科學本質觀點來的，因此每題的選項個數不固定，該問卷的目的是反應學生的觀點與認知信念，故選答上沒有對錯之分，較不注重計分。

問卷的發展有五個步驟：起初是請學生閱讀一段有爭議的 STS 文章，選擇同意描述、不同意或是無法決定，並在答案卷上說明他的抉擇或應證。第二步驟是分析第一步驟得到的共同論點、理由或是信念，並盡量保留學生淺白的措辭不做更改，這是發展問卷中最困難且花最多心力之處，完成這部分就開發出第一版的問卷 (form mc.1)。收集約 50~70 個段落就會使得分類出現理論飽和 (theoretical saturation)，為了得到回應的多樣性，需要招募更多的受試者。研究人員會討論這些選項，進行部分的修改確保措辭精確並達到共識，再將選項排列順序傾向從極端到反向意思的極端，將問卷製成像傳統問卷形式的版本二 (form mc.2)。第三步驟是得到版本二問卷的回饋，因此進行半結構式的訪談（每題約十人），會先確定學生的反應與步驟一相同，才會讓他們閱讀更多選項的版本二問卷並訪問，訪問內容可能是說明自己的解釋或澄清想法；或是詢問相似選項的理解為何，探討相似選項之間是否存在差異；又或者是閱讀上有困難，措辭是否需要更改，精緻化後形成第三版問卷 (form mc.3)。第四步驟是請學生口頭上說明每個選項的差異（每人約十題），確保學生能區分每個選項，使問卷能有更佳的精確度，製成第四版問卷 (form mc.4)。最後一步進行大量施測，召集五千位來自不同區域的加拿大的 16、17 歲的學生，每人約作答 12~18 個題目，刪掉極少數人選擇的選項以免問卷內容過多（但會保留相反的陳述以保持立場平衡），形成問卷第五版 (form mc.5)。

VOSTS 問卷共有四個部分九個主題，各主題下還有二至十一個子題不等。四個部分為「第一部分：定義（主題一）」、「第二部分：科學的外部社會學（主題二~主題五）」、「第三部分：科學的內部社會學（主題六~八）」、「第四部份：認識論（主題九）」，第一部份的內容與科學、科技還有研發的定義有關，以及區分科學與科技；第二部分主要為社會與科學的交互關係，包含政府決策、軍事武力、經濟福祉、學校教育、科學家與技術人員的責任（例如：吹哨者）、思想貢獻等，其中主題三保留待未來發展；第三部分與科學家與社群的特質有關，包含價值觀、性別、意識形態、科學家間的交流與競爭；第四部分則是科學知識的本質。

本研究採用黃淑雅（2006）翻譯的 VOSTS 問卷「主題九：科學知識的本質」進行施測，共有十一個子題，包含：觀察的理論負擔（1 題），模型的本質（1 題），科學家分類與大自然的關係（1 題），暫時性（1 題），假設、理論與定律的定義和角色（4 題），科學方法（5 題），精確性（2 題），邏輯推理（1 題），自然與超自然（1 題），發明或發現設、理論與定律（3 題），不同領域科學家的調和性（2 題）。主題九共有 22 題，每個題目都是單選題，選項為四至

十個。

Botton 與 Brown (1998)對 29 位英國的高中職前科學教師施測 VOSTS1 和 VOSTS9 問卷，相隔一個月後再填寫一次以測量重測信度，計算兩次測驗中每題選擇相同選項的人數百分比，再將同部份的值平均作為重測信度 (VOSTS1=0.52; VOSTS9=0.61)，由於某些題目的部份選項類似，將類似選項重新合併後重測信度提升 (VOSTS1=0.68; VOSTS9=0.72)，其中 10211、90511、91121 三題題目未顯著，故建議刪去。

黃淑雅 (2006) 的研究則是測量國小在職的自然科老師作答 VOSTS1 和 VOSTS9 的重測信度與觀察教師在這兩個部分的觀點。重測信度研究的有效樣本共 36 位，測得重測信度 (VOSTS1=0.67; VOSTS9=0.61)，合併類似的選項後重測信度提升 (VOSTS1=0.82; VOSTS9=0.70)，其中 10211、90631、91121 三題題目穩定性較差，建議刪除。該研究顯示(1)VOSTS1 和 VOSTS9 問卷具有一定的穩定性；(2)多數教師對於科學的定義傾向知識與過程；認同科學具有暫時性及不確定性，較不清楚假說、學說（理論）、定律的意涵與探究的方法。

本研究欲將學生的科學本質理解進行評量，以便改善課程上明示教學的方向是符合當代的科學本質觀，但問卷原先的目的並非評量，故希望能制定評分規準。

Rubba、Bradford 和 Harkness (1996)抽出 VOSTS 問卷中的 16 題進行施測，並依學生對科學本質理解的觀點由高到低簡單分成三類進行計分：真實觀點（3 分）、有價值的觀點（2 分）、質樸觀點（1 分），分類方式是以三位專家進行判定。但 Vazquez-Alonso 和 Manassero-Mas (1999)批判此種統計方式會使得三個質樸觀點的得分就相當於一個真實觀點的分數，將會使得判讀統計結果上會造成錯誤，因此另外提出三種計分方法的改善：(1)質樸觀點（0 分），真實觀點的分數約是有價值觀點的三至四倍；(2)考慮每一題的選項個數，再進行分數的調整；(3)將每一個選項都製成九點式的李克特量表。

本研究為了使用 VOSTS9 問卷進行高中生的施測與評分，因此需先請專家訂定 VOSTS9 中各選項科學本質觀點的等級，將各個選項分為理性觀點 (informed)、混合觀點 (mixed)與質樸觀點 (naïve)，本研究與文獻不同之處是不以分數當作數據分析的來源，而是觀察教學介入前後學生在觀點等級上的轉變，此部分將在第參章第三節研究工具進行說明。

第參章 研究方法

本研究是在高一基礎化學（一）課程中進行 HOS 與 SSI 的教學介入，觀察學生在 VOSTS9 問卷上科學本質理解的差異與學習單上對科學家主觀性的想法。本章共四節，第一節為研究設計，第二節介紹研究對象，第三節介紹研究工具並說明數據收集與分析，第四節為教學設計。

第一節 研究設計

研究架構依教材課程（課本）、教學介入（HOS 與 SSI）與評量（VOSTS9 問卷）三個項目來說明，研究流程圖如圖 1。

研究採單組時間序列設計，在整學期的課程進行前先進行第一次施測（前測），了解學生在教學前於 VOSTS9 問卷上的觀點。

第一階段為 HOS 融入教學，取第一、二章的部分內容進行三段科學史的教學，分別是「道耳頓原子說～亞佛加厥分子說」、「湯姆森原子模型～拉塞福原子模型」和「門得列夫排列週期表」，課程結束後會進行第二次 VOSTS9 問卷填寫（中測），檢視學生在 HOS 教學後的觀點變化。

第二階段為 SSI 融入教學，在第四章教學時補充太陽能電池的原理與運用，讓學生蒐集資料並以角色扮演的的方式辯論「是否支持以太陽能取代核能發電」，課程結束後會進行第三次 VOSTS9 問卷填寫（後測）及學習單，檢視學生在 SSI 教學後的觀點變化與主觀性。

本課程的目的是在基礎化學（一）課程融入 HOS 及 SSI，以達到提升學生科學本質的理解。

第二節 研究對象

本研究的教學者即為研究者，研究對象則為新北市立某完全中學高中部的高一學生，會考分數落點區間約在 20～25，高中部一個年級有六個班，本次研究選取有上基礎化學的三個班級，分別為 39 人（男生 10 人，女生 29 人）、40 人（男生 20 人，女生 20 人）、42 人（男生 22 人，女生 20 人），共計 121 人，剔除不願意參與研究與填答不完整者，有效問卷 97 人。由於人力限制，本研究僅採用此校，故研究結果不宜過度推廣其他地域學校、年級。

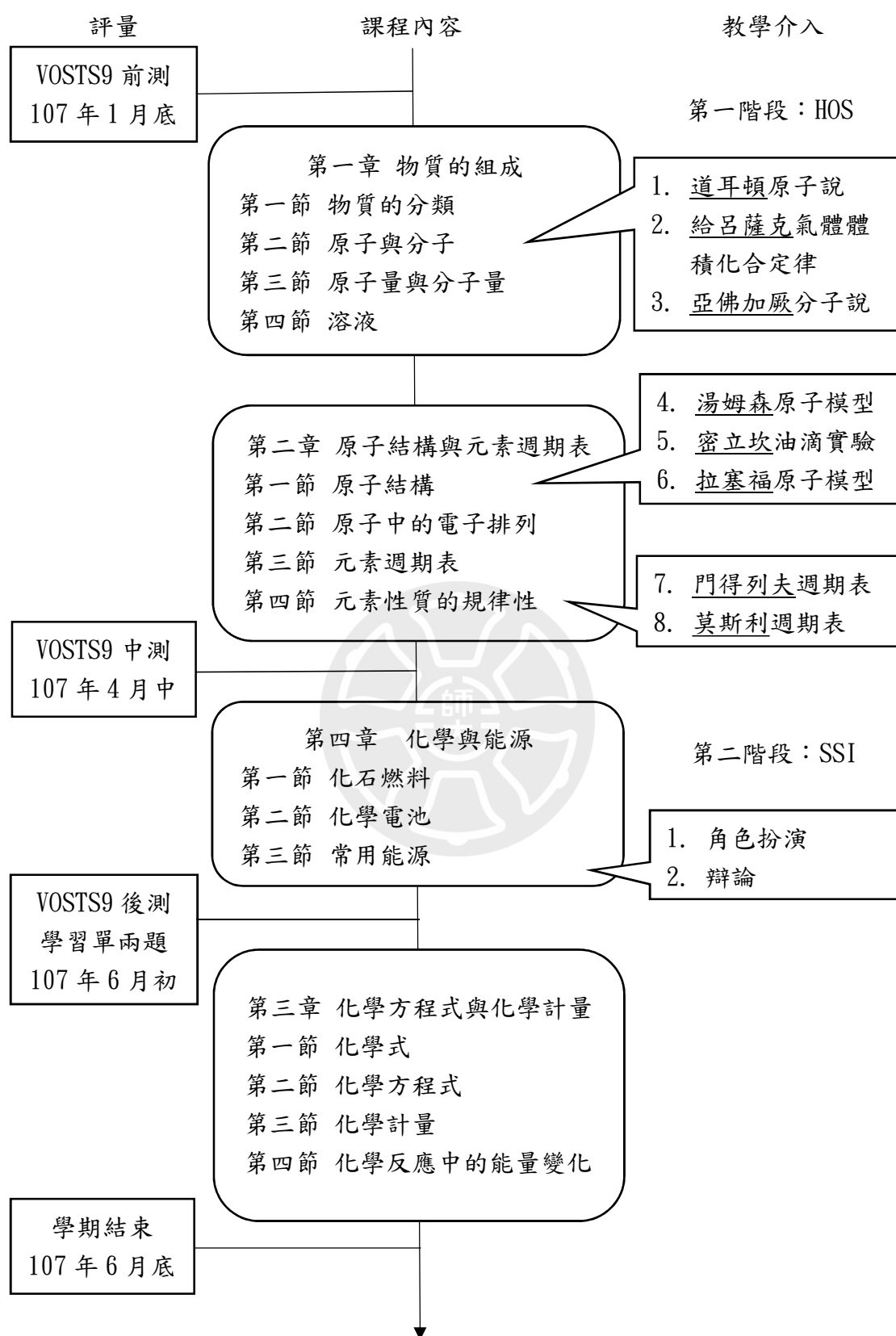


圖 1 研究流程

第三節 資料收集與分析

本節會先介紹施測所用的兩種研究工具(中文版 VOSTS9 問卷及學習單)，再說明數據收集、如何統計及分析。

一、研究工具

(一) 中文版 VOST9 問卷

本研究使用 VOSTS (Views on Science-Technology-Society) 問卷 (Aikenhead & Ryan, 1992) 中與科學本質有關的主題九進行施測，中文版是使用黃淑雅 (2006) 翻譯的版本，原研究是測量國小在職的自然科老師(N=36)作答之重測信度與觀點，合併相似選項後重測信度為 0.7。

中譯版與英文版的差異是：(一) 問卷中提及「加拿大」的詞彙改成「台灣」；(二) 由於研究是希望瞭解受試者的觀點，故刪去英文版中「我不瞭解」、「針對這個主題我不太瞭解，所以無法選擇」、「上述選項與我的觀點皆不符合」這三個選項，另考慮本研究施測對象對名詞的熟悉度(表面效度)，將原中譯版問卷中的「技學(technology)」改成「科技」。

VOSTS 的主題九共有 22 題，每題皆為單選題，選項為四至十個不等，由於各選項內容是 Aikenhead 等人 (1992) 將加拿大高中生在開放式問卷上回答的科學觀點與想法進行晤談與修改後編製而成，故沒有正確的答案。本研究採用該問卷的原因是選項多元且不需額外的文字表達，能在緊湊的課程中不需加入訪談卻又能理解學生科學本質觀點。

由於該問卷沒有一個評分的系統，因此研究者以電子郵件請七位相關領域的專家(3 位科學教育研究所教授、1 位科普傳播系教授、1 位數理研究所教授、1 位學習資訊專業學院教授，1 位在中小學任教並從事科學本質研究的科教博士)針對每一題的選項進行分析，判別每個選項在科學本質觀點上是屬於理性觀點 (informed view)、混合觀點 (mixed view) 或是質樸觀點 (naïve view)，未達 5 位以上 (71%) 共識的題目會與指導教授進行二次討論，再判斷選項等級。

由於專家在題目 90631 判斷選項 F 和選項 G 為理性觀點與質樸觀點的人數相同 (3 人)，對此題目陳述的判斷意見分歧，故在後續分析時刪去不討論；題目 90921 的全部選項皆未達共識，其中選項 E 判斷為理性觀點與混合觀點的人數皆為 3 人，故不列入計分；黃淑雅 (2006) 在 VOSTS9 重測信度的研究中，題目 90631 與 91121 兩題未達顯著。由於上述原因，本研究刪去 90631、90921 與 91121 三題，只採計剩餘的 19 題進行研究分析。

將 VOSTS9 的 19 題依五個向度分類，包含「科學實作」三題(90111、90211、90311)、「科學知識的特性」三題(90411、90711、90721)、「假說、理論與定律」七題(90511、90521、90531、90541、91011、91012、91013)、「科學方法」五題(90611、90621、90641、90651、90811)、「領域間的調和性」一題(91111)。

(二) 學習單

由於 VOSTS9 問卷在主觀性、經驗性及暫時性的題目較少，故參考 Khishfe (2013, 2017)研究中的開放式問題，探討學生在參與角色扮演與辯論後對科學家主觀性（第一題）、經驗性及暫時性（第二題）的看法。

個人學習單的問題如下：

1. 科學家中有的人贊成使用太陽能板作為綠能發展，有人則否。你覺得是什麼因素使他們在看同樣的數據資料後，卻有不同的立場？
2. 你覺得日後科學家們有可能改變自己的立場嗎？為什麼？

二、資料收集與分析

為了分析教學介入後學生的觀點等級變化，會在教學介入前進行第一次 VOSTS9 施測（前測），以瞭解學生原本持有的科學本質理解觀點；並統計每題理性觀點的人數百分比，比較學生在科學本質五個面向的理解程度。

HOS 教學介入後會實施第二次 VOSTS9 測驗（中測），資料分析的內容有四項：(1)將每一題選項的人數與前測做比較，從各選項人數變化分析學生理解觀點在 HOS 教學介入後的改變；(2)統計每題理性觀點的人數百分比與前測做比較，以判斷理解等級在 HOS 教學介入後的變化；(3)以觀點等級的兩端（理性觀點、質樸觀點）人數，即「前測與中測皆為理性觀點的人數」、「前測為理性觀點，中測為質樸觀點的人數」、「前測為質樸觀點，中測為理性觀點的人數」、「前測與中測皆為質樸觀點的人數」進行 McNemar 卡方分析，以檢測 HOS 教學介入是否對學生在科學本質理解的觀點等級有影響；(4)統計五個面向理性觀點人數的平均百分比與前測做比較，以判斷整體在 HOS 教學介入後的觀點等級變化。

SSI 教學介入後會進行第三次 VOSTS9 測驗（後測），資料分析的內容與前述類似：(1)將每一題選項的人數與中測做比較，從各選項人數變化分析學生理解觀點在 SSI 教學介入後的改變；(2)統計每題理性觀點的人數百分比與中測做比較，以判斷理解等級在 SSI 教學介入後的變化；(3)以觀點等級的兩端（理性觀點、質樸觀點）人數，即「中測與後測皆為理性觀點的人數」、「中測為理性觀點，後測為質樸觀點的人數」、「中測為質樸觀點，後測為理性觀點的人數」、「中測與後測皆為質樸觀點的人數」進行 McNemar 卡方分析，以檢測 SSI 教學介入是否對學生在科學本質理解的觀點等級有影響；(4)統計五個面向理性觀點人數的平均百分比與中測做比較，以判斷整體在 SSI 教學介入後的觀點等級變化。

SSI 教學介入後除了實施後測外還會填寫學習單，研究者制訂評分規準後評量學生在主觀性、經驗性及暫時性的觀點等級。

第四節 教學設計

本節描述 HOS 和 SSI 教學介入的課程設計及預期學生會提升的科學本質理解。

一、HOS 教學介入

科學史教學是以南一版基礎化學（一）課本搭配 PPT 補充進行明示的講述式教學。前三個是以科學史為主進行的整合式教學，第四段則是以科學概念為主進行附加式教學。以下會節錄課本的敘述並說明教學者強調的科學本質。

（一）第一章第二節「道耳頓原子說→給呂薩克氣體體積化合定律→亞佛加厥分子說」

扣除科學知識的敘述，以下是課本提到原子說演變成分子說的描述：「道耳頓為了解釋質量守恆定律、定比定律及倍比定律，提出了原子說。……道耳頓根據許多科學家的實驗結果提出了原子說，並不是憑空臆測。1808 年……給呂薩克提出的氣體化合體積定律是根據實驗觀察的結果，科學界並不瞭解其中的意義。直到 1811 年亞佛加厥為了解釋此一定律而提出分子的概念。……有了分子的概念後，亞佛加厥提出了著名的亞佛加厥假說……亞佛加厥雖然無法直接證明其假說正確，但後代科學家肯定其說法不但正確且重要，便稱此假說為亞佛加厥定律」，從上述的內容會發現課本提及：(1)科學家(道耳頓)為了解釋定律提出學說，(2)學說和定律是由科學家針對實驗結果進行的解釋，(3)假說得到其他科學家的肯定能成為定律。

課本沒有強調給呂薩克的實驗結果為何有原子說不能解釋之處，教學時會注重科學史發展時的連貫性與對實驗結果詮釋的矛盾，以下是修改後的科學史（參考 LIS 情境科學教材：<https://lis.org.tw/>）：

『1803 年道耳頓提出原子說，成功解釋質量守恆、定比定律與倍比定律，但與 1808 年給呂薩克做的實驗結果卻有出入。給呂薩克由實驗發現氣體在同溫同壓進行化學反應時其體積會呈簡單整數比，因此他將自己的實驗結果與原子說結合，提出假說「同溫同壓下，同體積的氣體所含的原子數相同」。以氫氣和氯氣反應產生氯化氫為例：一單位體積的氫氣和一單位體積的氯氣，化合出兩單位體積的氯化氫，若以道耳頓的原子說解釋卻會違反學說中「原子是組成物質的最小單位」而出現半個原子（如圖 2）。

道耳頓認為給呂薩克的實驗數據可能不正確，畢竟在同溫同壓的條件下精準測量出氣體體積是有難度的，因此他不接受給呂薩克的實驗發現。這個問題直到 1811 年亞佛加厥提出假說才得以解釋。當時亞佛加厥在《物理雜誌》發表道：「我提供一個簡單的假設可以同時解釋給呂薩克的實驗級串聯道耳頓的原子說，我的假設是：在同溫同壓時，同體積的氣體含有相同的『分子數』」，也就是說氫氣與氯氣是以分子的形式存在（如圖 3）。

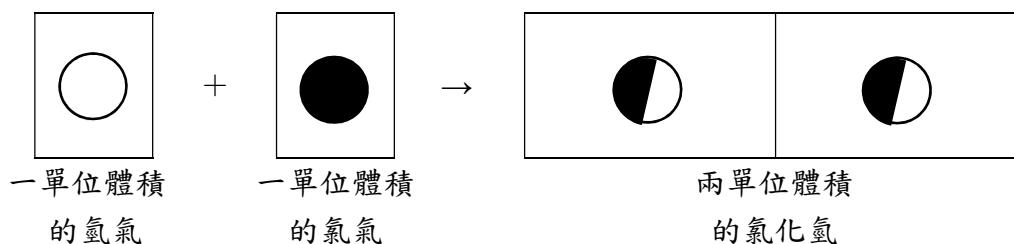


圖 2 原子說解釋給呂薩克的實驗結果

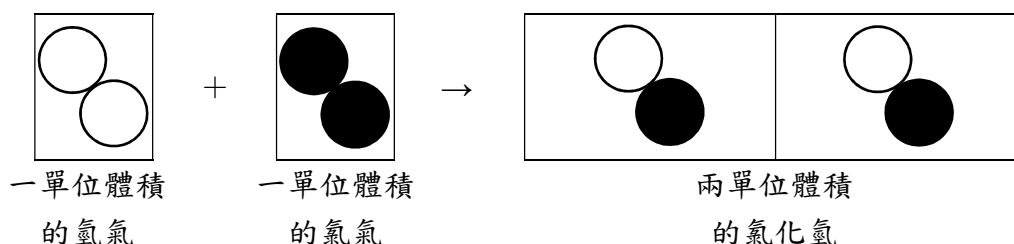


圖 3 分子概念解釋給呂薩克的實驗結果

但當時亞佛加厥的名氣不大，他的假說鮮少人認同，因此科學家們對化合物的詮釋有各自的想法，這也導致撰寫的化學式皆不相同，直到亞佛加厥去世後四年，坎尼札洛在 1860 年的卡爾斯魯厄化學會議上發下說明此概念的小冊《化學哲學教程提要》，才結束化學式紛亂不一的時代。』

科學家對物質存在的形式從原子改變成分子，是一種典範轉移 (paradigm shift)，預期教學後學生能理解科學知識的暫時性；道耳頓質疑給呂薩克實驗數據的準確性和亞佛加厥的理論經過五十年後才被眾人認可，預期學生能理解科學的權威性。

(二) 第二章第一節「湯姆森的陰極射線實驗→密立坎油滴實驗」

節錄課本：「依據陰極射線可在電場及磁場中產生偏轉的特性……測量出電子的電荷與質量的比值……湯姆森藉著改變產生陰極射線的陰極材質，發現所產生之陰極射線（即電子）的荷質比均為相同數值，這結果說明了電子存在於所有物質中。而後，密立坎於 1909 年也針對電子的研究設計了著名的油滴實驗，結果測得每一個電子所帶的電量為 1.602×10^{-19} 庫倫。」

以上內容多在描述科學家進行實驗時因為改變了不同的變因而有不同的實驗結果，教學時會把課本在節末補充的油滴實驗裝置移到前面介紹，並說明密立坎的實驗過程。以下是科學史大綱：

『湯姆森由陰極射線實驗發現電子後，由射線在在磁場中的偏折現象測定出電子的荷質比。此時只需要再得到電子的質量或是電量，就可以求出另一者的數值，密立坎便是以油滴實驗得到電子的電量，進而推得其質量。

實驗方法為在裝有正負電極板的腔室中噴入霧狀油滴，再用 X 射線將空氣游離出電子，油滴吸附電子後會帶負電，將與腔室下方的負極電極板產生向上

的排斥力，當此向上靜電力與向下的重力達力平衡時，即可推算出油滴的電量，此電量將為一個電子電量的整數倍。

密立坎由此實驗推測出電子的電量數值為 1.592×10^{-19} 庫倫，與現今科技測量的 1.602×10^{-19} 庫倫之誤差小於百分之一。而他的另一項成就便是改良油滴實驗，原實驗是湯姆森以雲霧進行，但雲霧經過X射線的照射容易蒸發，因此密立坎將實驗改良成油滴。

不過後人卻發現密立坎在這些榮耀的光環下，做了些不符合科學精神的事：其一是油滴實驗的數據，根據艾倫·富蘭克林在密立坎的筆記中發現，140個實驗數據他只取了其中的58個進行發表（少於總數據的一半），因而有了造假的嫌疑；二是密立坎改良實驗之說，其實是由研究生弗列契(Harvey Fletcher)的提案，且他也參與了研究，但密立坎從未說明這件事(Paraskevopoulou & Koliopoulos, 2011)。

本段科學史預期學生了解經驗正確性 (empirical adequacy)，即實驗數據要充足且合理，密立坎在研究中蓄意挑選實驗數據、美化實驗結果的變造（或稱竄改，falsification）行為，並不符合這項價值觀；隱埋學生的貢獻並占為己有的行為，則違反了學術倫理（科技部，2020）。

（三）第二章第一節「湯姆森的原子西瓜模型→拉塞福原子模型」

本段課文描述較為詳細，且實驗儀器的示意圖及模型的圖片皆有在課本中出現，因此沒有多做改變，以下是科學史大意：

『湯姆森發現電子後建立了正負電荷會均勻分布於原子內的西瓜模型，他的學生拉塞福為了證明老師的假設，設計出 α 粒子散射實驗：以帶正電的 α 粒子束射向極薄的金箔，並預期 α 粒子會穿過金箔撞擊在螢光幕上。實驗結果顯示大部分的 α 粒子會符合假設；但少部分會發生偏折；極少數會完全反彈。由此拉塞福提出核型原子模型：原子核佔大部分的質量並帶有與 α 粒子相同的電性，電子則會進行繞核運動，且原子核體積遠小於電子運動的範圍。』

本段科學史預期學生理解科學知識的暫時性——雖然科學知識不容易改變，但科學家用不同儀器及實驗方法找出新的證據後，再從實驗證據提出不同的假設與模型，便可能有新的詮釋。

（四）第二章第三節「門得列夫排列週期表」

課文中有詳述門得列夫如何排列週期表及預測未知元素，因此上課時並未多做科學史上的改動，只有口頭上提及不只一位科學家在排列週期表，但門得列夫的研究結果較為完善且具有預測的功能，因此流傳後世。

課文未描寫是什麼原因使得現在使用的週期表改為莫斯利的版本，節錄自課文：「……莫斯利提出元素若依原子序大小排列，其性質更能顯示出週期性的變化，因此，現今的週期表是依據原子序排列的。」故教學時會補充門得列夫週期表的缺失。

以下是科學史大意：

『門得列夫研究當時已知的 63 種元素，他將化學性質相似的元素歸納成同一組，發現元素的性質隨原子量的增大呈現週期性的變化。門得列夫發現自己排列的週期表中元素磷與銻之間存在者砷，依照推測的原子量關係，元素鋁和銻之間、元素矽和錫之間應該存在者尚未發現的元素，因此他在 1869 年發表的週期表中留下空位，預測未知元素的性質，而鎵與鍺兩元素如同他的推測在日後被發現。

但門得列夫排列的週期表有一些問題：起初他是以化學性質相似為同一族才發現週期性與原子量有關，但元素碲的原子量大於碘，若依照原子量大小排列，碲將與鹵素（17 族）為同一行，可其化學性質卻與鹵素不同，因此當時門得列夫懷疑碲的原子量有測定上的錯誤。

直到 1913 年莫斯利分析一些元素產生的 X 射線，發現原子序愈大之元素，所產生的 X 射線頻率愈大，所以原子序的大小成為現在週期表排列的順序。』

本段科學史預期學生理解科學知識的創造力，門得列夫花費二十多年排列週期表，除了經過長時間的心血投入與不懈的努力，也需要一些想像力，大膽假設週期表上的未知元素是存在的，如同凱庫勒作夢時夢到一條蛇咬住自己的尾巴，靈光一閃推敲出苯的結構為環狀。

二、SSI 教學介入

配合課本第四章「化學與能源」並參考林樹聲（2004b）修正式學習環進行 SSI 融入教學，此模式有四個階段「探索、概念引介、釐清爭議、概念應用」，設計八堂課程（表 6），詳細教案見附錄一。

第一階段為「探索」：研究者根據各版本自然與生活科技課本得知學生在國中有先學過較淺顯的能源相關知識（見表 7），教學者配合時事說明政府推動的能源政策，引發學生興趣，並詢問學生是否贊成學校加裝太陽能板，請學生說明原因並記錄。

第二階段為「概念引介」：教學者幫助學生擁有討論議題的背景與相關知識，因此配合課本內容教授火力發電、核能發電、太陽能發電及其他再生能源的應用原理及優缺點，並提及各種發電在台灣所佔的比例。

第三階段為「釐清爭議」：教學者以「無核家園」政策為題，表示若在台灣提議以太陽能取代核能時不同角色會有不同的立場，例如支持的正方有推行政策的政府、認同綠能的科學家與環保人士；不贊同的反方有質疑配套措施的議員、認為會破壞環境生態及發電效率不佳科學家與環保人士。同角色的學生形成一組，總共六組，學生需蒐集支持該角色立場的證據。教學者會提示從太陽能板的原料、製成汙染、轉換效率、使用年限、價錢、建置條件、他國使用情況等方向蒐集資料，資料來源建議以論文、公聽會、政府網站等有公信力為主，雜誌及新聞媒體則需求證後再使用。

第四階段為「概念應用」：將不同角色的學生以抽籤的方式形成新的組別進行辯論活動，最後再以小組為單位決定台灣的能源政策。活動結束後，會再次詢問學生是否贊成學校加裝太陽能板，請學生說明原因並記錄。

本階段 SSI 介入教學預期學生理解科學知識具有主觀性，蒐集證據支持自己的論點或是在辯論中被其他證據說服能夠使學生理解科學本質的經驗性，以及經由議題瞭解科學事業與社會及制度息息相關。

表 6 SSI 融入教學簡要教案

階段	功能	教學內容
探索	引起學生動機，用先備知識回答對議題的想法	第一節：簡介台灣各種能源發電比例，詢問學生是否同意學校裝設太陽能板。
概念引介	教師教授議題相關知識	第二節～第五節：介紹火力、核能及再生能源的原料、發電原理及優缺點。
釐清爭議	使學生了解議題中不同角色的立場	第六節：角色扮演活動，蒐集支持角色立場的資料並分享。
概念應用	學生做決定	第七節：辯論活動，與不同立場的角色進行對話，以證據支持自己的主張、聆聽他人想法並提出質疑。 第八節：各小組發表對台灣能源發展的方向並說明原因。再次詢問學生是否同意學校裝設太陽能板。

表 7 九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域各版本能源相關內容

版本	年級與章節	共同內容
南一	九下 第五章 能源科技 5-1 認識能源科技 5-2 常用能源 5-3 再生能源	(1) 初級能源與次級能源 (2) 再生能源（水力、風力、太陽能、生質能、地熱、海洋能） (3) 非再生能源（化石燃料、核能）
康軒	九上 第三章 功與能 3-5 能源 九下 第五章 科技你我他 5-1 能源萬事通	(4) 發電方式（火力、核能、水力、風力、太陽能、生質能、地熱）
翰林	九上 第三章 能量——由功到熱 3-3 位能、能量守恆定律與能源 九下 第五章 能源與動力科技 5-1 能源的演進與種類 5-2 日常生活的發電方式	(5) 台灣各種主要發電所佔的比例

第肆章 研究結果與討論

本部份共五節，第一節統計 VOSTS9 三次施測中持有各種觀點的人數百分比，第二節討論教學介入前學生在 VOSTS9 問卷的觀點；第三節為 HOS 與 SSI 教學後對學生在 VOSTS9 問卷作答的影響；第四節為分析 SSI 教學後學生在主觀性、暫時性與經驗性的觀點；第五節分析總體在 VOSTS9 問卷的作答改變。

第一節 問卷總體評量結果

將教學介入前、HOS 教學介入後及 SSI 教學介入後施測 VOSTS9 問卷之結果（前測、中測及後測）依五個面向分類，統計 97 位學生在不同選項上的人數。

一、科學實作

統計各題在前測、中測、後測理性觀點人數百分比，題目 90111 分別為 87%、86%、82%；題目 90211 為 56%、52%、57%；題目 90311 為 85%、86%、73%。

表 8 學生在科學實作面向各選項人數

題號	觀點等級	選項	人數		
			前測	中測	後測
90111	理性	A	35	28	32
		B	51	55	48
	質樸	C	4	12	9
		D	5	1	5
		E	2	1	3
90211	理性	E	17	25	34
		F	29	17	16
		G	8	8	5
	混合	D	25	33	25
	質樸	A	2	4	3
		B	2	2	6
		C	14	8	8
90311	理性	C	35	51	34
		E	27	18	24
		F	20	14	13
	混合	D	11	10	10
	質樸	A	2	0	3
		B	2	4	13

二、科學知識的特性

統計各題在前測、中測、後測理性觀點人數百分比，題目 90411 分別為 97%、97%、94%；題目 90711 為 80%、76%、78%；題目 90721 為 95%、97%、93%。

表 9 學生在科學知識的特性面向各選項人數

題號	觀點等級	選項	人數		
			前測	中測	後測
90411	理性	A	43	61	46
		B	51	33	45
	質樸	C	2	2	4
		D	1	1	2
90711	理性	A	59	64	54
		B	19	10	22
	混合	C	13	11	11
		D	5	6	7
	質樸	E	1	6	3
90721	理性	A	30	32	40
		B	62	62	50
	質樸	C	2	2	6
		D	3	1	1

三、假說、理論與定律

統計各題在前測、中測、後測理性觀點人數百分比，題目 90511 分別為 11%、10%、10%；題目 90521 沒有理性觀點的選項，改以混合觀點人數百分比統計，分別為 85%、86%、76%；題目 90531 為 63%、58%、56%；題目 90541 為 19%、31%、29%；題目 91011 為 14%、20%、9%；題目 91012 為 27%、44%、32%；題目 91013 為 39%、37%、26%。

四、科學方法

統計各題在前測、中測、後測理性觀點人數百分比，題目 90611 分別為 35%、55%、40%；題目 90621 為 89%、89%、84%；題目 90641 為 31%、32%、37%；題目 90651 為 91%、96%、90%；題目 90811 為 89%、89%、86%。

表 10 學生在假說、理論與定律面向各選項人數

題號	觀點等級	選項	人數		
			前測	中測	後測
90511	理性	D	3	4	5
		E	11	10	10
	質樸	A	43	50	35
		B	32	24	35
		C	8	9	12
90521	混合	D	57	53	55
		E	25	29	19
		F	0	1	0
	質樸	A	3	4	4
		B	1	2	7
		C	11	8	12
90531	理性	D	5	12	15
		E	31	30	24
		F	25	14	15
	混合	B	11	5	12
		C	3	4	11
	質樸	A	22	32	20
90541	理性	C	18	30	28
	混合	B	47	28	33
		D	14	22	15
		E	4	2	4
	質樸	A	10	12	14
		F	4	3	3
91011	理性	E	14	19	9
	混合	D	24	10	15
	質樸	A	34	27	31
		B	15	26	21
		C	10	15	21

(續下頁)

91012	理性	E	14	26	26
		F	12	17	5
	混合 質樸	D	16	13	19
		A	26	20	19
		B	13	9	13
		C	16	12	15
91013	理性	E	28	28	24
		F	10	8	1
	混合	C	5	9	10
		D	19	14	25
	質樸	A	25	17	22
		B	10	21	15

表 11 學生在科學方法面向各選項人數

題號	觀點等級	選項	人數		
			前測	中測	後測
90611	理性	G	20	24	14
		H	9	21	21
		I	1	2	2
		J	4	6	2
	質樸	A	3	3	7
		B	6	1	7
		C	1	0	2
		D	18	9	17
		E	15	9	11
		F	20	22	14
90621	理性	C	36	33	42
		D	8	8	11
		E	42	45	28
	質樸	A	9	11	13
		B	2	0	3

(續下頁)

90641	理性 混合	A	30	31	36
		B	17	21	12
		C	4	1	7
		D	27	32	20
	質樸	E	3	1	6
		F	4	5	11
		G	12	6	5
90651	理性	C	17	19	19
		D	55	63	55
		E	16	11	13
	混合	B	4	0	7
	質樸	A	5	4	3
90811	理性	B	35	28	39
		C	51	58	44
	質樸	A	4	4	5
		D	5	5	7
		E	2	2	2

五、領域間的調和性

題目 90111 在前測、中測、後測理性觀點人數百分比分別為 77%、71%、56%。

表 12 學生在領域間的調和性向各選項人數

題號	觀點等級	選項	人數		
			前測	中測	後測
91111	理性	A	56	47	35
		B	19	22	19
	質樸	C	1	3	9
		D	10	6	18
		E	11	19	16

第二節 教學前學生在 VOSTS9 問卷的觀點

為了檢視教學介入對學生各題作答的變化，因此安排前測以瞭解高中生在科學本質理解上的觀點。本節統計了學生在前測時填寫 VOSTS9 問卷的選項個數，分析教學介入前學生在科學本質理解上的觀點，研究者將問卷題目分成五種類型依序討論（表 13）。

表 13 VOSTS9 問卷分類

類型	題號
1.科學實作	90111、90211、90311
2.科學知識的特性	90411、90711、90721
3.假說、理論與定律	90511、90521、90531、90541、91011、91012、91013
4.科學方法	90611、90621、90641、90651、90811
5.領域間的調和性	91111

一、科學實作

科學實作包含活動（例如：觀察、實驗、分類等）、收集和分析數據、建模、預測解釋等，這些科學認識觀的部分被動態的社會認知過程以表徵、推理、論述和社會認證的方式突顯 (Erduran & Dagher, 2014)。

本類型的題目包含 90111、90211、90311 共三題。

（一）教學前學生在 VOSTS9 題目 90111 的觀點

題目 90111 探討學生在科學觀察上的觀點，結果見表 14。教學前有 86 人（89%）同意科學家會因為相信的理論不同，而有不同的觀察結果（選項 A 和 B），也就是同意觀察是理論負載的 (N. G. Lederman, 2007)。其中對科學家有不同觀察方式的原因，有過半的學生認為是思考方式不同（53%，選項 B）；次多的學生認為是實驗方式不同（36%，選項 A）。

只有少數學生（7%，選項 D 和 E）不認同科學家相信的理論與觀察有相關性，其中較多數認為精確的觀察正是導向科學進步的原因（選項 D，5%），極少數則是傾向眼見為憑，觀察到的事實本來就不受理論的影響（選項 E，2%）。

而介於兩者之間的想法的學生有 4 人（選項 C，4%），認為不論科學家相信什麼理論，只要能力足夠就能將觀察導向相似的結果。

教學介入前，近九成的高中生對理論與觀察這項科學本質持有理性的觀點，僅一成持有質樸觀點。

表 14 教學前學生在 VOSTS9 題目 90111 各選項的人數 (N=97)

90111.如果科學家們相信的理論不同，這些科學家們所做的科學觀察，通常也會有所不同。 基本上，你的看法是：	觀點等級	人數
(A) 同意，因為科學家們會用不同的方式進行實驗，而且會注意到不同的事項。	理性	35
(B) 同意，因為科學家會用不同的方式思考，而這會改變他們的觀察。	理性	51
(C) 即使科學家們相信不同的理論，科學觀察也不會有太大的差異。如果這些科學家確實具有能力的話，那麼他們的觀察將會很相似。	質樸	4
(D) 不同意，因為觀察要儘可能精確。這是科學之所以能夠進步的原因。	質樸	5
(E) 不同意，觀察正是我們所見的，而且也僅止於此；它們就是事實。	質樸	2

(二) 教學前學生在 VOSTS9 題目 90211 的觀點

題目 90211 是探討學生在科學模型上的想法，結果見表 15。有 54 人 (56%，選項 E、F、G) 不認為科學模型是真實世界的複製品，其中最多人 (30%，選項 F) 認為模型和理論類似，會隨著時間和知識而改變，也就是認為模型也有暫時性；次多人認為模型具有輔助學習和解釋的用途，因此是有限度的模擬真實世界 (18%，選項 E)；最少人認為因為觀察者無法真的看到所謂的真實，模型只是有根據地猜測真實世界的事物，具有人類創造性的想法 (8%，選項 G)。

只有不到兩成的人認為模型就是真實世界的複製品 (19%，選項 A、B、C)，其中最多人認為模型對生活是真實的，能呈現或教導真實世界的事物 (14%，選項 C)；極少數認為科學具有權威性，只要科學家說是真的就是真的 (2%，選項 A)；同樣極少人認為已經有證據指出模型就是真實世界的複製品 (2%，選項 B)。介於上述兩者之間的想法是模型是接近真實世界的複製品，終究是依觀察與研究而得到的，佔所有選項比例中的第二高 (26%，選項 D)。

教學介入前，過半的學生在科學模型這項科學本質持有理性觀點，四分之一持有混合觀點，兩成的人持有質樸觀點。

表 15 教學前學生在 VOSTS9 題目 90211 各選項的人數 (N=97)

90211.許多實驗室裡所使用的科學模型（如：熱、神經元，DNA，或原子等模型），都是真實世界的複製品。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人 數
科學模型 <u>是</u> 真實世界的複製品：		
(A) 因為科學家說它們是真的，所以它們一定是真的。	質樸	2
(B) 因為許多科學證據已經證明它們是真的。	質樸	2
(C) 因為它們對生活而言是真實的。它們的目的是把真實世界呈現給我們，或是教導我們有關真實世界的一些事物。	質樸	14
(D) 科學模型只是接近真實世界的複製品，因為它們是根據科學的觀察和研究得到的。	混合	25
科學模型 <u>不是</u> 真實世界的複製品：		
(E) 因為它們只是有助於學習和解釋而已，有其限度。	理性	17
(F) 因為它們就像理論一樣，會隨著時間和我們的知識狀態而改變。	理性	29
(G) 因為我們無法看到真實的事物，所以這些模型必定只是構想、或是有根據的猜測而已。	理性	8

表 16 教學前學生在 VOSTS9 題目 90311 各選項的人數 (N=97)

90311.當科學家針對某些事物進行分類時（如：依所屬的種將植物分類、依週期表將元素分類、依來源將能量分類、依大小將恆星分類），科學家是根據大自然的真實情況予以分類，任何其他的分類方法都將是錯誤的。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人 數
(A) 科學分類與自然的真實情況相吻合，因為科學家已透過多年的研究證實它們。	質樸	2
(B) 因為科學分類與大自然的真實情況是一致的，科學家進行分類時，都是根據觀察到的特質進行的。	質樸	2
(C) 科學家以最簡單且最具邏輯性的方法將大自然分類，但分類的方法並不必然是唯一的。	理性	35
(D) 雖然將大自然分類的方法有很多種，但採用一個共同的分類系統，可使科學家在研究時避免產生混淆。	混合	11
(E) 將大自然分類的方法可能不只一種，因為科學很可能會改變，新的發現可能導致不同的分類方法。	理性	27
(F) 沒有人知道大自然的真實情況。科學家根據他們的知覺或理論來分類大自然。科學從未定於一，而大自然又是如此的多樣。因此，科學家可以使用不只一種的分類系統，但它們都是正確的。	理性	20

（三）教學前學生在 VOSTS9 題目 90311 的觀點

題目 90311 是探討分類的本質，結果見表 16。大多數人認為大自然的分類方法不只一種（96%，選項 C、D、E、F），有六成的學生認為分類具有人類發明的特性（選項 D、E、F）（黃淑雅，2006）。其中最多人認為科學家是以簡單且具邏輯的方式分類（36%，選項 C）；次多人認為新的發現會有新的分類方法，符合暫時性的想法（28%，選項 E）；20 人認為無人知曉真實的世界，因此科學家的分類系統都沒錯（21%，選項 F）；最少人認為雖然分類方法有很多種，但採用共同的系統在研究時才不會混淆（11%，選項 D）。

只有少數人認為分類系統會與真實的大自然一致（4%，選項 A 和 B），原因有科學家已證實其真實性（2%，選項 A）及分類本是由觀察所生因此與大自然吻合（2%，選項 B）。

教學介入前，超過八成的學生在分類系統的科學本質概念持有理性觀點；一成的學生持有混合觀點，少數為質樸觀點。

（四）小結

近九成的高中生認為觀察為理論負載的（90111），過半的學生認為是因為科學家的思考不同（53%，理性觀點），次多認為是實驗方法不同（36%，理性觀點）。超過九成的學生同意大自然的分類方法不只一種，也就是人類會以想像力與創造性對大自然進行分類（90311）。認為科學家會以最簡約且具邏輯的方式分類（36%，理性觀點）與認為分類也會因為新知識的發現而具有暫時性（28%，理性觀點）的比例相近；次多人覺得無人清楚真實的大自然情況，故分類具有多樣性（21%，理性觀點），僅一成的學生認為為了各領域的協調性，應有同一套分類系統（11%，混合觀點）。

過半的高中生認為模型不是真實世界的複製品（90211），且想法多元：最多人認為模型如同理論也有暫時性（30%，理性觀點），認為模型近似真實世界（26%，混合觀點）的比例和前者相近；次多的人認為模型的功用是輔助學習與解釋，故不是真實世界的複製品（18%，理性觀點），模型是真實世界的複製品並具有教學的功用（14%，質樸觀點）的比例也與前者相近。

比較題目 90211（科學模型）與題目 90311（分類系統），兩者皆有三成的學生以暫時性作為原因；學生在分類系統上比較容易接受人類的創造性（90211(G)，8%；90311(D)(E)(F)，60%）。學生在分類系統上比在科學模型上有更多人持有理性觀點，這與 Ryan 與 Aikenhead (1992)提及的結果類似。

二、科學知識的特性

科學知識由經驗證據建構，科學家對自然界的解釋會不斷修正而逐漸精確，或推翻現有理論——即知識具有暫時性的特質 (AAAS, 1989, 1993; NRC, 2013)。本類型的題目包含 90411、90711、90721 共三題。

（一）教學前學生在 VOSTS9 題目 90411 的觀點

題目 90411 的內容與科學知識的暫時性有關，結果見表 17。幾乎所有學生都同意知識會發生改變（97%，選項 A 和 B）。最多人認為是因為新發現導致舊知識需重新詮釋，也就是舊知識發生變化，變成不同的事實（53%，選項 B），此為建構主義的觀點；次多人則認為由新技術會發現舊知識完全錯誤（44%，選項 A），此為否證主義的觀點。

僅有 3 人（3%，選項 C 和 D）不認為知識會改變，具有過度理性主義的觀點 (Erduran & Dagher, 2014)。其中有 2 人認為舊知識沒有改變，是他們的詮釋或應用改變，但只要進行正確的實驗，就能得到正確的事實，這個想法否定了理論負擔（選項 C）。只有 1 人認為知識具有累積性，因此新的知識會加在舊知識上（選項 D）。

教學介入前，幾乎所有學生都在知識暫時性上具有理性的觀點，持有建構主義觀點的人數與持有否證主義觀點的人數差不多 (Ryan & Aikenhead, 1992)。

表 17 教學前學生在 VOSTS9 題目 90411 各選項的人數 (N=97)

90411.即使科學探究的方法正確無誤，科學家從探究中所發現的知識，在未來仍有可能改變。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人 數
科學知識會改變：		
(A) 因為舊科學家的理論或發現被新科學家所推翻。科學家藉著使用新的技術或改良的儀器，藉著發現以前所忽略的新因素，或藉著察覺原先「正確」的探究中的錯誤來做這件事。	理性	43
(B) 因為有新的發現，舊的知識會被重新詮釋。科學事實可以被改變。	理性	51
(C) 科學知識看起來好像會改變，因為舊事實的詮釋或應用可能改變。但只要正確的進行實驗就可以產生不會改變的事實。	質樸	2
(D) 科學知識看起來好像會改變，因為新知識被加在舊知識之上；但舊知識並未改變。	質樸	1

（二）教學前學生在 VOSTS9 題目 90711 的觀點

題目 90711 探討知識的精確性與不確定性，結果見表 18。幾乎全部的學生都同意預測是無法肯定的（選項 A、B、C、D），六成的人認為研究總會有預料之外的事發生（61%，選項 A）；兩成的人認為因科學知識有暫時性，故預測會隨著知識改變而變（選項 B）；約一成的人認為預測只是一種猜測而非事實（13%，選項 C）；極少數認為資訊不可能全部收集，故預測本來就不一定準確（5%，選項 D）。僅一人認為擁有全部的資訊就能做出準確的預測（選項 E）。

教學介入前，有八成的人持有理性觀點，19%的學生為混合觀點。

表 18 教學前學生在 VOSTS9 題目 90711 各選項的人數 (N=97)

90711.即使依據精確的知識做預測，科學家及工程師也只能告訴我們 <u>可能</u> 會發生什麼事。他們無法肯定地告訴我們一定會發生什麼事。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人數
預測永遠 <u>無法</u> 肯定：		
(A) 因為總會有錯誤和無法預見的事件發生，使結果受到影響。沒有人能肯定地預測未來。	理性	59
(B) 因為精確的知識會因新的發現而改變，因此所做的預測總是有可能改變的。	理性	19
(C) 因為預測並非事實的描述。它只是受過訓練的猜測。	混合	13
(D) 因科學家 <u>不可能</u> 擁有全部的事實。總會遺漏一些資料。	混合	5
(E) 視情況而定。只要擁有精確的知識和充足的資訊，就可以有肯定的預測。	質樸	1

表 19 教學前學生在 VOSTS9 題目 90721 各選項的人數 (N=97)

90721.即使當人們在科學及工程學中，精確地使用數學，他們只能預測 <u>可能</u> 會發生什麼事。他們無法得到百分之百確定的結論。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人數
預測永遠 <u>無法</u> 百分之百確定：		
(A) 因為總是有人為及測量的誤差存在。	理性	30
(B) 因為總是會有未知或無法預見的事件影響結果。	理性	62
(C) 用數學所做的預測 <u>通常</u> 是百分之百確定的，因為它們依據的是試驗過的結果。	質樸	2
(D) 用數學所做的預測 <u>總是</u> 百分之百確定的，因為數學本身是確定的。	質樸	3

(三) 教學前學生在 VOSTS9 題目 90721 的觀點

題目 90721 討論知識的精確性與不確定性，著重在運用數學上對預測的影響，結果見表 19。有九成五的學生擁合理性觀點，認為預測無法肯定（選項 A 和 B）。和題目 90711 相似，有六成的人認為研究總會有預料之外的事發生（64%，選項 B）；三成歸咎在測量誤差上（31%，選項 A）。

認為運用數學做的預測全然正確（3%，選項 D）及因為是以結果來推導出數學公式，故用數學做的預測通常是準確的（2%，選項 C），這兩種質樸的想法佔少數。

（四）小結

九成以上的學生認同科學知識的暫時性（90411），持理性觀點。認為舊知識被推翻的否證主義觀點（44%）及舊知識會被重新詮釋的建構主義觀點（53%）二者的比例相近。

九成左右的學生都同意科學知識的不確定性，即使是精確使用數學（90721）或知識（90711），都只能預測，無法百分之百肯定結論。有六成的學生認為總會有無法預見的事情發生，三成的學生認為有測量誤差，兩成的學生有知識暫時性的想法因而預測會改變。

大多數學生在知識的暫時性及精確性與不確定性上持理性觀點。

三、假說、理論與定律

科學家發明假設或理論來想像世界如何運行，並將證據和假設聯結進行邏輯推理。假說、理論與定律是不同的構想：理論的功能是解釋自然現象，定律是描述被觀察的現象之間的關係，假說則是可以引導實驗設計(AAAS, 1989, 1993; N. G. Lederman, 2007)。本類型的題目包含 90511、90521、90531、90541、91011、91012、91013 共七題。

（一）教學前學生在 VOSTS9 題目 90511 的觀點

題目 90511 討論假說、理論、定律三者間是否有升級關係，結果見表 20。有 83 人（86%）認同三者間有階層關係（選項 A、B、C），其中 75%認為證明次數的多寡會影響升等（選項 A 和 B），最多人（44%，選項 A）認為除了證明次數外，該理論還需要長時間存在，就是定律；次多人（33%，選項 B）認為需有證據支持，且看起來是正確的就是定律。少數人（8%，選項 C）認為科學構想的發展邏輯本是如此。

14%的學生不認為理論與定律是相同的構想，因此無階層關係（選項 D 和 E），其中 11 人認為有證據支持，假說可以發展成理論或定律（選項 E）；3 人認為理論不可能被證實，但定律可以（選項 D）。

教學介入前，八成以上的學生不瞭解假說、理論及定律之扮演角色及功能，他們似乎對於「在理論發展成能解釋定律之前就有許多科學定律存在」的事實一無所知 (Ryan & Aikenhead, 1992)。

表 20 教學前學生在 VOSTS9 題目 90511 各選項的人數 (N=97)

90511.科學構想是從 假說 發展成 理論 （或 學說 ），而最後，如果它們夠好的話，將會成為科學 定律 。 基本上，你的看法是：	觀點等級	人數
假說能發展成理論，而理論則能發展成定律。		
(A) 因為假說能藉由實驗獲得驗證。如果它被 證明 是正確的，它就會變成理論。在理論被不同的人多次 證明 後，同時存在很長一段時間，它就變成定律。	質樸	43
(B) 因為假說能藉由實驗獲得驗證。如果有 證據支持 ，它就是理論。當理論已被多次驗證後，同時看起來 本質上是正確的 ，它就足以變成定律。	質樸	32
(C) 因為那是科學構想發展的一個邏輯方式。	質樸	8
(D) 理論不能發展成定律，因為他們兩者是不同類型的構想。理論是以科學構想為依據，這種構想不一定是百分之百確定的，所以理論是 不可能 被證實。可是，定律只能根據事實，而且是百分之百可靠。	理性	3
(E) 理論不能發展成定律，因為他們兩者是不同類型的構想。定律 描述 事物的一般性。理論則是 解釋 這些定律。然而，若有證據支援，假說有可能變成理論（解釋）或定律（描述）。	理性	11

（二）教學前學生在 VOSTS9 題目 90521 的觀點

題目 90521 是關於假說的真實性，結果見表 21。15 位學生認為假說必定是真實的（選項 A、B、C），其中最多人認為真實的假說是探究的必要步驟

（11%，選項 C）；少數人認為錯誤的假說會導致錯誤的理論或定律，導致科學的遲滯（選項 A，3%）；最少人認為錯誤的假說會引發社會問題（1%，選項 B）。

有過半的人認為視情況而定，真實的假設可以使科學進步，錯誤的假設則可以獲取經驗（59%，選項 D）；四分之一的人認為不論假說的對錯，要提出假設才能夠進行研究（26%，選項 E）；無人認為科學家不會提出假設（0%，選項 F）。

教學介入前，有八成以上（86%）的學生在假說的真實性持有混合觀點，僅不到一成五的學生為質樸觀點。

（三）教學前學生在 VOSTS9 題目 90531 的觀點

題目 90531 是討論學生對於構想精確性的觀點，結果見表 22。有六成的人認為科學家沒有假設其精確的性質（選項 D、E、F），其中最多人認為是因為大自然本身並非完美精確（32%，選項 E）；次多人認為對精確的定義不同因而不能假定構想都是精確的（26%，選項 F）；少數人認為科學家不覺得構想會和

大自然一樣精確（5%，選項 D）。

近四成的人認為科學家會假定構想是精確的（選項 A、B、C），其中有 23%認為構想與大自然一樣精確（選項 A）；14%認為構想的精確與大自然無關，其中有 11 人歸咎於構想的本質，3 人認為是科學家努力的成果。

教學介入前，近一半的學生不理解構想精確性的科學本質概念（14%混合觀點，23%質樸觀點）。

表 21 教學前學生在 VOSTS9 題目 90521 各選項的人數 (N=97)

90521.當發展新的理論或定律時，科學家必須對自然現象提出一些假說（如：物質是由原子所組成）。為了讓科學能適當地發展，這些假說 必定是真實的 。 基本上，你的看法是：	觀點等級	人數
為了使科學能夠發展，假說 必定 是真實的：		
(A) 因為正確的理論或定律需要有正確的假說。否則科學家將浪費大量的時間和精力於使用錯誤的理論或定律。	質樸	3
(B) 否則，社會將產生嚴重的問題，諸如不適當的科技和危險的化學物質。	質樸	1
(C) 因為科學家在證實他們的假設為真之後，才會繼續進行他們的下一步探究。	質樸	11
(D) 視情況而定。有時候科學需要真實的假設才能進步。但有時候歷史卻顯示，有些偉大的發現是來自 否定 某一個理論，同時從其錯誤的假設中獲得學習。	混合	57
(E) 那無關緊要。科學家 必須 提出假設，不論它是對或錯，以開始進行一項計畫。歷史顯示，有些偉大的發現是來自 否定 某一個理論，同時從其錯誤的假設中獲得學習。	混合	25
(F) 科學家 不會 提出假設。他們會針對某一構想進行探究，以驗證其是否正確。他們不會假設它是正確的。	混合	0

（四）教學前學生在 VOSTS9 題目 90541 的觀點

題目 90541 探討的是理論的簡潔性，結果見表 23。近八成的學生認為理論的簡潔或繁複視情況而定（選項 B、C、D），其中最多人認為與欲以理論解釋的深度有關（48%，選項 B）；次多認為與理論本質有關（19%，選項 C）；較少人認為運用繁複理論時只要能轉譯成簡潔的即可（14%，選項 D）；有 10%認為好的理論都是簡潔的（選項 A）。

不到一成的學生認為好的理論是複雜的（8%，選項 E 和 F），其中一半的學生認為是理論的本質（選項 E）；一半認為理論與世界的複雜度有關（選項 F）。

教學介入前，超過八成的學生對理論的簡潔性持有模糊的概念（67%混合

觀點，14%質樸觀點)，僅 19%擁有可能性觀點。

表 22 教學前學生在 VOSTS9 題目 90531 各選項的人數 (N=97)

90531.在回應愛因斯坦的方程式： $E=mc^2$ 時，科學家說道：「如此美麗、精確的方程式必定是對大自然的真實描述。」這段引述顯示科學家 假定 他們的方程式或構想應該符合大自然的精確特性。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人數
科學家 假定 他們的構想應該是精確的：		
(A) 以 符合真實的大自然 。科學家知道，如果以正確的方式觀察，大自然是美麗或精確的。	質樸	22
(B) 因為科學構想本來就應該是簡潔、一致且具邏輯性的，與大自然的精確特性 無關 。	混合	11
(C) 科學構想之所以精確是由於科學家長久辛勤工作的結果；但這種特性與大自然的精確特性 無關 。	混合	3
科學家 並未 假定他們的構想一定是精確的：		
(D) 儘管科學家可能覺得大自然是美麗而精確的。	理性	5
(E) 因為科學家知道大自然中的所有事物並非全然都是美麗而精確的。	理性	31
(F) 因為科學家知道每個人對於精確的定義不同。	理性	25

表 23 教學前學生在 VOSTS9 題目 90541 各選項的人數 (N=97)

90541.好的科學理論能把觀察到的現象解釋得很好。但好的科學理論寧可是簡潔的，而不願是繁複的。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人數
(A) 好的理論是簡潔的。最好的科學用語最好是簡單、簡短且直接的。	質樸	10
(B) 這取決於你想要做 多深入 的解釋而定。一個好的理論，可以用簡潔的方式，也可以用複雜的方式來解釋事物。	混合	47
(C) 視 理論 本身而定。有些好的理論是簡潔的，有些則是複雜的。	理性	18
(D) 好的理論可以是複雜的，但使用前，必須要能夠將其 轉譯 成簡潔的語言。	混合	14
(E) 理論通常是 複雜的 。如果與許多細節有關，很多事物就不能被簡化。	混合	4
(F) 多數好的理論是 複雜的 。假如世界是較簡單的，那麼理論也會較簡潔。	質樸	4

（五）教學前學生在 VOSTS9 題目 91011 的觀點

題目 91011、91012 與 91013 探討定律、假設與理論在本體論及認識論的地位。這三題以礦工「發現」黃金的行為作為本體論的隱喻；以藝術家「發明」雕塑品的行為作為認識論的隱喻 (Ryan & Aikenhead, 1992)。

題目 91012 與 91013 除了討論的科學知識不同，分別為假說與定理外，選項內容完全相同；而 91011 討論的對象為定律，選項相似於前述二者，不同之處在對「發明」科學知識的看法（選項 E）。

題目 91011 結果見表 24，有六成贊同科學家發現了定律（選項 A、B、C），持有質樸觀點，其中最多人同意定律本來就存在於大自然中（35%，選項 A）；次多人認為定律是由實驗得到（15%，選項 B）；較少人同意科學家發現了定律本身且發明了尋找定律的方法（10%，選項 C）。四分之一的學生為混合觀點，認為定律可能會被科學家發現，也可能被發明（選項 D）。僅 14% 的學生認同科學家發明了定律，對大自然的運作作出描述（選項 E），他們持有理性觀點。

（六）教學前學生在 VOSTS9 題目 91012 的觀點

題目 91012 結果見表 25。選項 B 至選項 F 人數分佈平均，超過一半的學生認為科學家發現了假設（選項 A、B、C），最多人同意假設本來就存在於大自然中（27%，選項 A）；而假設是由實驗得到（13%，選項 B）與科學家發現了假設並且發明了尋找假設的方法（16%，選項 C）兩種想法的比例差不多。

約四分之一的學生持有理性觀點，認同科學家發明了假設（選項 E 和 F），其中一半認為是科學家們的詮釋（14%，選項 E），另一半認為是科學家的創造性（12%，選項 F）。17% 的學生為混合觀點，認為假設可能會被科學家發現，也可能被發明（選項 D）。

（七）教學前學生在 VOSTS9 題目 91013 的觀點

題目 91013 結果見表 26，有四成認為科學家發現了理論（選項 A、B、C），其中最多人認同意理論本來就存在於大自然中（26%，選項 A）；次多認為理論是由實驗得到（10%，選項 B）；極少數人認為科學家發現了理論並且發明了尋找理論的方法（5%，選項 C）。

約四成的學生持有理性觀點，認同科學家發明了理論（選項 E 和 F），多數認為是科學家們的詮釋（29%，選項 E），少數認為是科學家的創造性（10%，選項 F）。兩成的學生認為理論可能會被科學家發現，也可能被發明（選項 D）。

教學介入前，學生在此科學本質概念擁有理性觀點（39%）與質樸觀點（36%）的人數差不多，混合觀點的人數略少（25%）。

表 24 教學前學生在 VOSTS9 題目 91011 各選項的人數 (N=97)

91011.假設一個金礦的礦工「發現」了黃金，而一個藝術家「發明」了一個雕塑品。依此而言，有些人認為科學家「發現」了科學 <u>定律</u> 。有些人則認為科學家「發明」了科學 <u>定律</u> 。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人數
科學家「發現」科學定律：		
(A) 因為定律就存在於大自然中，而科學家要做的只去發現它而已。	質樸	34
(B) 因為定律的依據是實驗所得的 <u>事實</u> 。	質樸	15
(C) 但是科學家發明了尋找那些定律的 <u>方法</u> 。	質樸	10
(D) 有些科學家可能偶然間意外地碰見一個定律，因此發現了它。但是其他科學家可能從已知的事實中發明了定律。	混合	24
(E) 科學家 <u>發明</u> 了定律，因為科學家會詮釋他們所發現的實驗事實。大自然是如何運作的並不是科學家發明的，但是他們的確發明了描述大自然是如何運作的定律。	理性	14

表 25 教學前學生在 VOSTS9 題目 91012 各選項的人數 (N=97)

91012.假設一個金礦的礦工「發現」了黃金，而一個藝術家「發明」了一個雕塑品。依此而言，有些人認為科學家「發現」了科學 <u>假設</u> ，有些人則認為科學家「發明」了科學 <u>假設</u> 。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人數
科學家「發現」了科學假設：		
(A) 因為這些構想一直都在那裡，等著被發現。	質樸	26
(B) 因為假設的依據是實驗所得的 <u>事實</u> 。	質樸	13
(C) 但是科學家發明了尋找那些假設的 <u>方法</u> 。	質樸	16
(D) 有些科學家可能偶然間遇見一個假設，因此發現了它。但是其他科學家可能從已知的事實中發明了假設。	混合	16
科學家「發明」科學假設：		
(E) 因為假設是科學家對於他們已發現的實驗 <u>事實</u> 的一個詮釋。	理性	14
(F) 因為發明（假設）來自心智——我們創造了它們。	理性	12

表 26 教學前學生在 VOSTS9 題目 91013 各選項的人數 (N=97)

91013.假設一個金礦的礦工「發現」了黃金，而一個藝術家「發明」了一個雕塑品。依此而言，有些人認為科學家「發現」了科學 <u>理論</u> （或 <u>學說</u> ）。有些人則認為科學家「發明」了科學 <u>理論</u> （或 <u>學說</u> ）。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人數
科學家「發現」科學理論： (A) 因為這些構想一直都在那裡，等著被發現。 (B) 因為理論的依據是實驗所得的事實。 (C) 但是科學家發明了尋找那些理論的方法。 (D) 有些科學家可能偶然間遇見一個理論，因此發現了它。但是其他科學家可能從已知的事實中發明了理論。	質樸 質樸 混合 混合	25 10 5 19
科學家「發明」科學理論： (E) 因為理論是科學家對於他們已發現的實驗 <u>事實</u> 的一個詮釋。 (F) 因為發明(理論)來自心智——我們創造了它們。	理性 理性	28 10

(八) 小結

超過一半的學生同意科學家「發現」了定律（60%，91011）與假設（57%，91012），但只有四成的學生認為科學家「發現」了理論（91013），但相同的是，多數人都持有「這些構想存在於自然界，只是等著被科學家發現」的質樸想法。「構想會被發現也會被發明」的混合觀點約為兩成上下。而持有理性觀點，認為構想是被科學家發明的學生，在「理論」中最多（39%）；其次是假設（27%）；定律最少（15%）。由於在定律、假設與理論的這三題的比例不同，代表學生認為科學家是用不同的方法產生出這三種構想。

八成的學生同意假說、理論、定律三者間有升級的關係（90511，質樸觀點），且假說未必是真實的（90521，混合觀點）；六成的學生認同大自然並非精確，故科學家並沒有假定他們的構想是精確的（90531，理性觀點）；近一半學生認為好的理論可以簡約也可以繁雜，以欲探討的深度來決定（90541，混合觀點），兩成的學生認為繁雜度是依理論的本質而定（90541 理性觀點）。

學生對假說、理論與定律的本質與關係不清晰，多認為三者是被科學家「發現」的且具有階層關係，理論的簡約或是依想闡述的深度而定；但多數人能認同構想並非真實且精確的。

四、科學方法

科學家會連結假設與證據進行邏輯論證，進行科學探究活動蒐集證據雖未有制式的步驟，但使用的方法在科學界中是有共識的（AAAS, 1989, 1993）。本

類型的題目包含 90611、90621、90641、90651、90811 共五題。

(一) 教學前學生在 VOSTS9 題目 90611 的觀點

題目 90611 與科學方法的定義有關，結果見表 27。由於選項數目較多，作答結果較分散。最多學生認為科學方法就是提理論再實驗驗證（20%，選項 F）及依「提假設、收資料、下結論」的步驟進行研究（20%，選項 G）。次多的人認為科學方法要講求效率（19%，選項 D）；少一些人認為科學方法具有驗證真偽的有效性（15%，選項 E）。

教學介入前，六成五以上的學生不瞭解科學方法的定義，持有質樸觀點。

(二) 教學前學生在 VOSTS9 題目 90621 的觀點

題目 90621 探討是否遵循科學方法即為好的科學家，結果見表 28。近半數的學生認同需有明確的科學方法（選項 A、B、C），其中最多人認同除了科學方法也需要創意（37%，選項 C）；少數人認為科學家會遵循科學方法（9%，選項 A）；極少人根據自身經驗，認為學校提過的科學方法對研究都很有幫助（2%，選項 B）。

過半的學生不認為好的科學家都需要遵循科學方法（選項 D 和 E），其中大多數的認為遵循科學方法與得到科學發現是無關的（43%，選項 E），少數認為科學家為了達到目的，會竭盡所能使用任何方法（8%，選項 D）。

教學介入前，有近九成有理性觀點，其中一半的人都認為科學家需要有創造性（選項 C 和 D），但只有少數人認為科學家在研究上會秉持著務實性（選項 D）。

表 27 教學前學生在 VOSTS9 題目 90611 各選項的人數 (N=97)

90611.科學家從事探究時，據說他們會遵循科學方法。基本上你對「科學方法」的定義為何？	觀點等級	人數
(A)實驗的步驟或技巧；通常是由科學家將它記載在書或期刊上。	質樸	3
(B)小心地記錄你的結果。	質樸	6
(C)小心地控制實驗的變因，不要留下詮釋的空間。	質樸	1
(D)有效率地獲得事實、理論，或假說。	質樸	18
(E)試驗再試驗，用有效的方法證明某事物是真或假的。	質樸	15
(F)提出一個理論，然後設計實驗來證明它。	質樸	20
(G)質問、提出假設、收集資料與下結論。	理性	20
(H)一種具邏輯性、廣泛被接受的問題解決方法。	理性	9
(I)引導科學家們工作的一種態度。	理性	1
(J)考量科學家的實際作法，其實沒有所謂的科學方法。	理性	4

表 28 教學前學生在 VOSTS9 題目 90621 各選項的人數 (N=97)

90621.能一步步遵循科學方法的就是最好的科學家。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人 數
(A)科學方法確保有效、清晰、具邏輯性與正確的結果。因此，大多數的科學家會一步步遵循科學的方法。	質樸	9
(B)根據我們在學校所學，科學方法對大多數的科學家應該都運作得很好。	質樸	2
(C)雖然科學方法在許多場合中很有用，但它無法保證一定會獲得結果。因此，好的科學家 <u>也會</u> 使用創見及創意。	理性	36
(D)好的科學家會使用任何方法以獲得好結果（包括發揮想像力及創造力）。	理性	8
(E)許多科學的發現是意外得到的，並非堅守科學方法而來的。	理性	42

（三）教學前學生在 VOSTS9 題目 90641 的觀點

題目 90641 是討論期刊論文與實際研究的邏輯性，結果見表 29。有近一半的學生認為撰寫論文須比做研究講究邏輯（選項 A、B、C），近四成認為不一定（選項 D 和 G），僅 7 人認為實際研究具邏輯性，故撰寫的文章具有邏輯性（選項 E 和 F）。

在認為寫論文須比做研究講究邏輯的學生中，大部份認為是為了閱讀通順（選項 A 和 B），其中 30 人認為研究不一定有邏輯性（選項 A）；17 人認為假設具有主觀性（選項 B）。較少人認為科學家為了藏私，不願公開研究的方法，只願告知研究的成果（4%，選項 C）。認為寫論文不一定需要邏輯的學生中，有 27 人認為是視科學發現的性質而定，12 人認為是以研究方法的性質而定。認為實際研究具邏輯性，故撰寫的文章具有邏輯性的學生中，有一半認同若研究不具邏輯性就沒有意義（3%，選項 E）。

教學介入前，僅三成學生對期刊論文與實際研究的邏輯性持合理性觀點，近半數的學生對此概念模糊不清（49%，混合觀點），兩成的想法不符合當代觀點。

（四）教學前學生在 VOSTS9 題目 90651 的觀點

題目 90651 討論科學家犯錯後對科學發展影響的想法，結果見表 30。有九成的學生認同錯誤是無法避免的（選項 C、D、E），過半學生認為錯誤可能減緩科學發展也可能會有新的發現（57%，選項 D）；在科學家互相督促以達共識（18%，選項 C）與錯誤使科學有所發展（16%，選項 E）這兩個想法有相近的人數。

近一成的學生認為錯誤會減緩科學發展（選項 A 和 B），其中一半認為錯誤需立即修正來補救錯誤（5%，選項 A）；另一半認為提高儀器的精準度即能減少錯誤（4%，選項 B）。

教學介入前，九成的學生在科學家的錯誤這項科學本質觀點上持有理性觀點，最多人同意錯誤本身對科學發展有好處也有壞處（57%，選項 D）。

表 29 教學前學生在 VOSTS9 題目 90641 各選項的人數 (N=97)

90641.科學家會將他們的研究成果發表在科學期刊上。當科學家為期刊撰寫論文時，他們會用非常具有邏輯性的方式來組織他們的報告。然而，事實上科學家進行研究的方式並非那麼具有邏輯。 基本上，你的看法是：	觀點等級	人數
撰寫論文比實際做研究時更講究邏輯：		
(A) 因為科學家在思考與研究時不一定遵循既定的計畫。所以，如果你閱讀他們實際的思考和步驟的順序時，很容易產生困惑。因此，科學家會以合乎邏輯的方式撰寫論文，以便其他的科學家能夠瞭解他們的結果。	理性	30
(B) 因為科學假設來自個人的觀點或猜測，所以它不具邏輯。因此科學家會以合乎邏輯的方式撰寫論文，以便其他的科學家能夠瞭解他們的結果。	混合	17
(C) 科學家通常不願意洩露他們的「祕訣」，但他們希望告訴全世界他們的研究結果。所以科學家會以合乎邏輯的方式撰寫論文，但不會透露實際上是如何進行的。	混合	4
(D) 視情況而定。有時候科學發現純屬偶然。但有時候發現是在合乎邏輯、有條理的方式下產生的，就像論文的撰寫方式。論文是以合乎邏輯的方式撰寫，以說明實際研究是如何進行的：	混合	27
(E) 因為科學家是以合乎邏輯的方式進行研究；否則，它對科學或科技是沒有助益的。	質樸	3
(F) 因為科學家是以合乎邏輯的方式進行研究，所以他們能夠比較容易地以合乎邏輯的方式來撰寫發表的報告。	質樸 質樸	4
(G) 論文不一定需要以合乎邏輯的方式來撰寫。論文撰寫的是研究進行的方式。它可能複雜難懂，也可能直接明瞭。		12

（五）教學前學生在 VOSTS9 題目 90811 的觀點

題目 90811 探討的內容為邏輯推理中的相關性與因果性，結果見表 31。近九成的學生認為石綿與肺癌有相關性（89%，選項 B 和 C），持有理性觀點：過半的學生石綿可能間接與肺炎有關（53%，選項 C）；三成半的學生認為需要更多研究才能肯定（36%，選項 B）。

極少數人認為石綿與肺炎為因果關係（4%，選項 A）；少數人認為兩者無因果關係：因為並非所有石綿工人都得肺炎（5%，選項 D）、有肺炎的人不全

都在有石綿的地方工作（2%，選項 E）。

表 30 教學前學生在 VOSTS9 題目 90651 各選項的人數 (N=97)

90651.科學家在他们的工作中不應該犯錯，因為這些錯誤會減緩科學的進展。 基本上，你的看法是：	觀點等級	人數
(A) 錯誤會減緩科學的進展。資訊的誤導可能導致錯誤的結論。如果科學家不立即改正他們的錯誤結果，科學將不會有所進展。	質樸	5
(B) 錯誤會減緩科學的進展。藉著改進精確度，新的技術及設備會使錯誤降低，如此科學將會更快速地進展。 錯誤是 <u>無法</u> 避免的：	混合	4
(C) 所以科學家藉著檢驗彼此的結果以降低錯誤，直到達成共識為止。	理性	17
(D) 有些錯誤可能減緩科學的進展，但有些錯誤可能導致新的發現或突破。如果科學家能從他們的錯誤中學習，並改正錯誤，科學將會有所進展。	理性	55
(E) 錯誤經常有助於科學的進展。科學是藉著偵測和導正過去的錯誤而有所進展的。	理性	16

表 31 教學前學生在 VOSTS9 題目 90811 各選項的人數 (N=97)

90811.假如科學家發現從事與石棉相關工作的人，罹患肺癌的機率是一般人的兩倍，這必定意謂石棉會導致肺癌。 基本上，你的看法是：	觀點等級	人數
(A) 這項事實很明顯地證實石棉會導致肺癌。如果石棉工人有比較高的機會罹患肺癌，那麼石棉就是導致肺癌的因素。 這項事實並 <u>不</u> 一定意謂石棉會導致肺癌：	質樸	4
(B) 因為我們需要做 <u>更多的研究</u> ，以查出究竟是石棉或是其他物質導致肺癌。	理性	35
(C) 因為石棉可能 <u>結合</u> 其他事物一起作用，或者可能 <u>間接</u> 產生作用(如：減弱你對其他可能引發肺癌事物的抵抗力)。	理性	51
(D) 因為如果石棉真的會導致肺癌，那麼 <u>所有</u> 的石棉工人都已經得到肺癌了。	質樸	5
(E) 石棉 <u>不可能</u> 是導致肺癌的原因，因為很多不與石棉一起工作的人也得到肺癌。	質樸	2

（六）小結

學生在科學方法的定義想法較多元（90611），其中有四種想法的占大多數：(1)質問、提出假設、收集資料與下結論（20%，理性觀點）；(2)提出理論並用實驗證明（20%，質樸觀點）；(3)講求效率來獲得理論或假說（19%，質樸觀點）；(4)以有效的方法證明真假（15%，質樸觀點）。由於學校通常會教有明確步驟且較簡化的科學方法 (Erduran & Dagher, 2014)，這導致多數學生不清楚科學方法的定義。近九成的學生認為科學家的研究是無法避免犯錯的（90651）；科學發現也不是堅守科學方法而得到的（90621）——需要科學家的創造力與想像力（44%，理性觀點）及務實性（8%，理性觀點）。

九成的學生能區分邏輯推理中相關性與因果性的不同（90811），但不代表學生有足夠的能力對生活中的社會性科學議題進行論證，因為使用科學本質進行論證是需要額外的教導與訓練(J. S. Lederman & Khishfe, 2002)。八成的學生認為科學家需運用邏輯撰寫論文（90641），最多人認同科學研究不一定遵循計畫，但為了閱讀方便故需要以講究邏輯的方式撰寫論文（31%，理性觀點）；次多認為科學家是依科學發現的情況撰寫論文，而科學發現不一定會合乎邏輯（28%，混合觀點）。

五、領域間的調和性

科學知識是主觀性的，因為觀察會受到科學家的理論信奉、先備知識、經驗、社群、職業領域等影響；而科學的發展也會因文化、社會結構、政治、資金、宗教等社會價值觀不同而改變 (N. G. Lederman, 2007; AAAS, 1989)。本類型的題目僅包含 91111 一題。

題目 91111 討論不同領域的科學家是否難以互相理解，結果見表 32。超過七成的學生持有理性觀點，認同互相理解是有難度的（選項 A 和 B）。過半認為科學家的經驗性會影響溝通（58%，選項 A）；兩成認為溝通使用的專業術語不同成為互相理解的障礙（選項 B）。

少數學生為質樸觀點，認為不同領域的科學家互相瞭解是容易的（選項 C、D、E），其原因有一半認為事實不會因不同領域而有所改變（10%，選項 E）；近一半認為科學家可能在做自己的研究時已經涉及過多種不同的領域（11%，選項 D）；僅 1 人的想法與選項 B 相反，認為解決專業術語不同對科學家而言是件簡單的事。

表 32 教學前學生在 VOSTS9 題目 91111 各選項的人數 (N=97)

91111.不同領域的科學家會從截然不同的觀點看待相同的事情 (如： H^+ 讓化學家想到酸，讓物理學家想到質子)。這 使得不同領域的科學家難以互相瞭解彼此的研究。 基本上，你的看法是：	觀點 等級	人 數
不同領域的科學家難以互相瞭解：		
(A) 因為科學的構想與科學家的 觀點 或科學家以往的經驗有關。	理性	56
(B) 因為科學家必須努力去瞭解其他和自己有重疊之領域的語 言。	理性	19
不同領域的科學家要互相瞭解是相當容易的：		
(C) 因為科學家是聰明的，所以他們能夠找到學習另一個領域的 語言及觀點的方法。	質樸	1
(D) 因為他們很可能已經同時研究過各式各樣的領域。	質樸	10
(E) 因為科學的構想在不同領域之間會互相重疊。事實就是事 實，無論科學領域為何。	質樸	11



第三節 HOS 與 SSI 教學後對學生 VOSTS9 問卷作答影響

將學生在前測、中測與後測的選答選項轉換成三等級：理性觀點、混合觀點、質樸觀點，並統計各題各等級的人數（附錄三）。為了瞭解學生在經過 HOS 教學和 SSI 教學後在科學本質理解上的影響，將以 McNemar 卡方分析前測與中測、中測與後測的特定等級的人數變化。

本節分為兩部份，第一部份分析 HOS 教學前後，第二部份分析 SSI 教學前後。

一、HOS 教學前後對學生在科學本質理解的影響

本部份分析前測與中測學生在 VOSTS9 問卷作答上的差異，分為觀點等級上升、下降及不變，等級不變者再分為維持在理性、混合或質樸觀點（附錄四），表 33 整理了前中測學生觀點等級上升的人數。將「維持質樸觀點」、「維持理性觀點」、「質樸觀點轉變為理性觀點」、「理性觀點轉變為質樸觀點」四組的人數進行 McNemar 卡方分析，結果見表 34。

（一）科學實作

1.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90111 的觀點

題目 90111 探討學生在科學觀察上的觀點。認為「科學家會因為相信的理論不同，而有不同的觀察結果（選項 A 和 B，理性觀點）」的人數與前測相近，皆超過八成五；其中認為「具有能力的科學家即使相信不同的理論，觀察結果也會很相似（選項 C，質樸觀點）」增加 8 人，可能是因為課本的撰寫是以主流歷史為準，因此少數學生會認為科學家的觀察殊途同歸。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。中測理性觀點人數從 86 人降至 83 人，質樸觀點由 11 人升至 14 人，與前測的等級分布相近，有八成以上的學生為理性觀點，等級不變者幾乎維持在理性觀點，作答上具有天花板效應。

2.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90211 的觀點

題目 90211 探討學生在科學模型上的想法。中測時部分選項有些許變動，其中變化量較多的有三個：選擇「模型是接近真實世界的複製品，因為是根據觀察和研究得到的（選項 D，混合觀點）」增加 8 人，「模型不是真實世界的複製品，只是助於學習和解釋（選項 E，理性觀點）」增加 8 人，「模型不是真實世界的複製品，因為會隨著知識狀態而改變（選項 F，理性觀點）」減少 12 人。由於 HOS 課程舉了拉塞福原子核模型這一個例子，該模型符合是由觀察與研究得到的，故部份學生傾向選項 D；若學生帶入自身的學習經驗，認為模型是為了學習原子結構而存在的，則傾向選項 E。HOS 教學雖然有提過拉塞福的原子核模型，但原子本身並非肉眼能實際觀察的事物，因此課堂上未有提到模

型與真實世界的連結。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。中測理性觀點人數從 54 人降至 50 人，混合觀點從 25 人升至 33 人，質樸觀點從 18 降至 14 人，學生雖然在選答上有些微的變動，但觀點等級的比例與前測相近，混合觀點人數較前測多 8 人，理性與質樸觀點人數皆略降，等級不變者有六成五左右維持在理性觀點。

表 33 前測與中測觀點等級上升人數

類型	VOSTS9 題號	觀點等級 上升總人 數	觀點等級 上升百分 比	從質樸觀 點轉變到 混合觀點 的人數	從質樸觀 點轉變到 理性觀點 的人數	從混合觀 點轉變到 理性觀點 的人數
科學實 作	90111	9	9%	—	9	—
	90211	24	25%	7	6	11
	90311	12	12%	0	4	8
科學知 識的特 性	90411	3	3%	—	3	—
	90711	7	7%	0	0	7
	90721	4	4%	—	4	—
假說、 理論與 定律	90511	8	8%	2	5	1
	90521	12	12%	12	—	—
	90531	18	19%	3	10	5
	90541	32	33%	7	4	21
	91011	16	16%	3	8	5
	91012	37	38%	6	26	5
	91013	27	28%	7	7	13
科學方 法	90611	34	35%	—	34	—
	90621	8	8%	—	8	—
	90641	28	29%	9	4	15
	90651	9	9%	0	5	4
	90811	11	11%	—	11	—
領域間 的調和 性	91111	12	12%	—	12	—

表 34 前測與中測的 McNemar 卡方分析

類型	VOSTS9 題號	前中測皆 質樸觀點 的人數	前中測皆 理性觀點 的人數	從質樸觀 點轉變到 理性觀點 的人數	從理性觀 點轉變到 質樸觀點 的人數	p 值
科學實作	90111	2	74	9	12	0.662
	90211	5	33	6	4	0.752
	90311	0	71	4	4	1.000
科學知識 的特性	90411	0	91	3	3	1.000
	90711	1	67	0	3	0.248
	90721	1	90	4	2	0.683
假說、理 論與定律	90511	76	4	5	6	1.000
	90521 [※]	3	71	12	11	1.000
	90531	9	41	10	14	0.540
	90541	3	5	4	4	1.000
	91011	48	6	8	7	1.000
	91012	23	12	26	10	0.012*
	91013	21	16	7	11	0.480
科學方法	90611	29	19	34	15	0.010*
	90621	3	78	8	8	1.000
	90641	6	12	4	2	0.683
	90651	0	84	5	4	1.000
	90811	0	75	11	11	1.000
領域間的 調和性	91111	10	57	12	18	0.361

※題目 90521 無理性觀點的選項，因此以混合觀點代替理性觀點進行統計

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

3.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90311 的觀點

題目 90311 是探討分類的本質，中測時部分選項人數有些許變動，其中變化量較多的是認為「分類不只一種」，以「暫時性（選項 E，理性觀點）」解釋的人數減少 9 人，以「科學家以簡單具邏輯的分類方式（選項 C，理性觀點）」增加 16 人。HOS 教學雖然有提及不只一位科學家進行週期表的分類，但沒有多描述這部分的科學史（例如：德尚寇斯特的螺旋圖、紐蘭茲的八音律），仍著重在門得列夫以原子量排列週期表時，在碘與碲上的順序不符合現今同族性質需相同的排列方法，可能導致學生認為分類就是需要符合邏輯。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。與前測相同有超過八成以上的學生為理性觀

點，一成為混合觀點，4人為質樸觀點，而等級不變的73位學生中有71位維持在理性觀點，作答上有天花板效應。

（二）科學知識的特性

1.HOS教學後學生在VOSTS9題目90411的觀點

題目90411的內容與科學知識的暫時性有關，中測時選擇以「舊知識被推翻（選項A，理性觀點）」來解釋的人數增加18人，選擇「舊知識被重新詮釋（選項B，理性觀點）」的人數減少18人，原因是HOS教學時在知識暫時性只提了道耳頓原子說被推翻這一例子，沒有其他以「舊知識重新詮釋」為例的科學史進行教學，故學生傾向選項A。

以McNemar卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是HOS教學後學生的選答在本題沒有差異。中測與前測相同，有超過九成以上的學生為理性觀點，等級不變者全部維持在理性觀點，作答上有天花板效應。

2.HOS教學後學生在VOSTS9題目90711的觀點

題目90711探討知識的精確性與不確定性。中測時各選項人數皆有變動，在認為預測無法肯定的理性觀點中，以「總會有錯誤和意外發生（選項A）」作為解釋的人數變多5人，以「知識會改變，預測也是（選項B）」解釋的人數減少9人。但認為「不一定，只要有充足資訊就有肯定預測（選項E，質樸觀點）」人數變多5人。HOS教學中提過湯姆森預測的原子模型之電子如西瓜籽散佈在原子中，但此概念被拉塞福以實驗證明是錯的，這可能使學生的填答傾向選項A；而密立坎的油滴實驗預測電子電量與現今儀器測量的數值誤差極小，這段科學史可能使學生傾向選項E。

以前測與中測進行McNemar分析未達顯著，也就是HOS教學後學生的選答在本題沒有差異。理性觀點的學生在中測高達七成五，不到兩成為混合觀點，且等級不變者八成五以上為理性觀點，故有天花板效應。

3.HOS教學後學生在VOSTS9題目90721的觀點

題目90721討論知識的精確性與不確定性，內容著重在運用數學上對預測的影響。HOS教學雖然提過密立坎油滴實驗由數據計算出電子電量，但未強調精確使用數學這個概念，因此選項上無太大變化。

以前測與中測進行McNemar分析未達顯著，也就是HOS教學後學生的選答在本題沒有差異。中測時各選項比例與前測類似，理性觀點的學生在中測高達九成五，等級不變者幾乎全部為理性觀點，有天花板效應。

（三）假說、理論與定律

1.HOS教學後學生在VOSTS9題目90511的觀點

題目90511討論假說、理論、定律三者間是否有階層關係。中測時選項人

數皆有些許變動，其中變化量較多的是認同三者有升級關係的學生中，選擇「假說證明後變理論，理論被不同人多次證明後就會變成定律（選項 A，質樸觀點）」的人數增加 7 人，選擇「假說有證據支持就是理論，理論驗證多次且本質是正確的就變成定律（選項 B，質樸觀點）」的人數減少 7 人。推測會產生上述變化可能是因為課本描述「亞佛加厥雖然無法直接證明其假說正確，但後代科學家肯定其說法不但正確且重要，便稱此假說為亞佛加厥定律」而認為假說能夠變成定律。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。HOS 教學階沒有處理這三種構想間的定義與關係，雖然選項有變動，但學生的觀點等級與前測相近：八成以上的學生持有質樸觀點，一成的學生為質樸觀點，不到五人為混合觀點。等級不變者中有九成維持在質樸觀點，填答上具有地板效應。

2.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90521 的觀點

題目 90521 是探討假說的真實性，中測的填答情形與前測比例類似。八成五的學生為混合觀點，等級不變的學生九成都維持在混合觀點。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。

3.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90531 的觀點

題目 90531 的內容是關於「科學家是否有假定他們的構想是符合大自然的精確性」，中測時選項人數皆有些許變動，其中變化量較多的是認為「科學家的構想會符合大自然的精確性（選項 A，質樸觀點）」的人數增加 10 人，認為「科學家的構想是簡潔有邏輯的，與大自然的精確性無關（選項 B，混合觀點）」的人數減少 6 人。在認為科學家並未假定構想是精確的學生中，以「儘管大自然美麗且精確（選項 D，理性觀點）」人數增加 7 人，「科學家知道人人對於精確的定義不同（選項 F，理性觀點）」人數減少 7 人。從選項來看，選項 A 與選項 D 的人數都變多，也就是說這些學生都認同大自然是精確的，其中認同科學家的構想是精確的學生佔多數。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。中測的理性觀點人數從 61 人降至 56 人，混合觀點從 14 人降至 9 人，質樸觀點從 22 人降至 12 人。整體而言中測的理性觀點與混合觀點的人數減少，質樸觀點人數增加一成。而等級不變者八成維持在理性觀點，無人維持在混合觀點。HOS 教學中提過的原子說演變象徵著科學家追求精確，學生是否因此認為所學的科學家構想都是為了符合大自然的精確與美麗性質值得進一步研究。

4.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90541 的觀點

題目 90541 探討的是理論的簡潔性，中測時選項人數皆有些許變動，其中變化量較多的是認為「理論本身有簡潔的也有複雜的（選項 C，理性觀點）」人數增加 12 人，認為「好的理論是複雜的，使用時轉譯成簡潔的（選項 D，混合觀點）」的人數增加 8 人，「複雜度取決於想要解釋的深度（選項 B，混合觀點）」人數減少 19 人。HOS 教學並未明確處理理論的簡潔性，但學生在學習道耳頓原子說與亞佛加厥的分子說時，會認為原子說內容較冗長，分子說較簡潔，這會使學生傾向選項 C；在解題上時常截取原子說部分內容使用，這也可能導致學生認為使用理論時需要轉換成較簡單的語言。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。中測的混合觀點人數從 65 人下降至 52 人，理性觀點人數從 18 人增加至 30 人，質樸觀點人數與前測相近為 15 人，等級不變者有六成五以上維持在混合觀點。

5.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 91011 的觀點

題目 91011 探討定律在本體論及認識論的地位。中測時人數變化較多的選項是認為「科學家發現定律，因為定律是實驗所得的事實（選項 B，質樸觀點）」的人數增加 11 人，而「有些科學家發現定律，有些發明了定律（選項 D，混合觀點）」的人數減少 14 人。在化學課堂上有提過拉瓦節由燃燒反應提出了質量守恆定律；普魯斯特經測定化合物中的元素質量得到定比定律；且這些概念的練習題都以實驗為例，故可能使學生會傾向選項 B。

HOS 教學中並未明確處理這項科學本質，多數選項的人數都有變動，中測時混合觀點的人數從 24 人降至 10 人，理性觀點從 14 人升至 19 人，質樸觀點從 59 人增至 68 人，相較前測，混合觀點的人數比理性觀點還少，等級不變者有八成維持在理性觀點。表示此項科學本質內容若未經過適當的教學引導，易落入質樸觀點。以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。

6.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 91012 的觀點

題目 91012 探討假設在本體論及認識論的地位。中測時各選項人數皆有些許變動，其中認為「科學家發明假設，因為是他們對實驗事實的詮釋（選項 E，理性觀點）」增加 12 人，在 HOS 教學中有提過亞佛加厥在雜誌上提出分子的假設來解釋給呂薩克的實驗結果，以處理道耳頓原子說無法解釋的部分，這可能使得學生在中測時傾向 E 選項。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數達顯著，也就是 HOS 教學前後學生的觀點等級有差異。在中測持有理性觀點的人數從 26 人上升至 43 人，質樸觀點的人數從 55 人下降至 41 人，使得中測兩者比例相近，約各佔四成。學生在本題的概念具有不穩定性，共計有 37 位學生等級上升，22 人等級下

降，等級不變的 33 位學生中有 23 人（60%）維持在質樸觀點。

7.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 91013 的觀點

題目 91012 探討理論在本體論及認識論的地位。中測時認為「理論一直在那裡，等者被科學家發現（選項 A，質樸觀點）」的人數減少 10 人，認為「科學家發現理論，因為理論是實驗所得的事實（選項 B，質樸觀點）」的人數增加 11 人，HOS 教學中提過原子說是道耳頓歸納質量守恆定律、定比定律與倍比定律得出的想法，而這三個定律恰巧又是由實驗所得，故部分學生傾向選項 B。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。中測時雖然選項 A 和 B 人數有變動，但兩者皆為質樸觀點，因此總體上各等級的人數分佈與前測相似，理性與質樸觀點皆約佔四成，兩成為質樸觀點。

（四）科學方法

1.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90611 的觀點

題目 90611 的內容是關於學生對「科學方法定義」的想法，中測時認為科學方法是「小心紀錄結果（選項 B）」、「有效率獲得事實（選項 D）」、「有效證明事實真偽（選項 E）」等質樸觀點的人數下降，理性觀點的選項皆上升，其中認為科學方法是「具邏輯且被廣泛接受的解決方法（選項 H，理性觀點）」的人數上升最多，從 9 人變成 21 人。理性觀點從 34 人提升至 53 人，質樸觀點從 63 人降至 44 人，其中共有 34 人等級提升，15 人等級下降。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數達顯著，也就是 HOS 教學前後學生的觀點等級有差異。HOS 教學提到的實驗有：(1)拉塞福以 α 粒子撞擊氮原子核得到質子，其實驗方法為「需操作實驗、需測量參數」；(2)門得列夫預測鎂元素的性質，其實驗方法為「不需操作實驗、需測量參數」（Erduran & Dagher, 2014），學生能從這些例子中學到並非所有的實驗都有涉及檢驗假設，也並非所有的描述性研究都不需要作操作實驗（Brandon, 1994），也就是說科學方法不盡相同。中測的理性觀點超過一半，比起前測多了兩成，等級不變的 48 人中有 29 人（60%）為質樸觀點。

2.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90621 的觀點

題目 90621 探討是否遵循科學方法即為好的科學家。HOS 教學中並無相關內容，因此中測各選項的人數與前測相近。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。近九成的學生都是理性觀點，且等級不變者有九成以上維持在理性觀點，具有天花板效應。

3.HOS 學後學生在 VOSTS9 題目 90641 的觀點

題目 90641 是討論期刊論文與實際研究的邏輯性。中測時學生的選項略有變化，但整體等級上與前測類似。理性觀點人數 31 人，混合觀點 54 人，質樸觀點 12 人。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。本題在 HOS 教學上未提到相關的內容，混合觀點人數為五成五，等級不變者有五成以上維持在混合觀點。

4.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90651 的觀點

題目 90651 探討科學家犯錯後對科學發展影響。在中測時認為「科學家犯錯無法避免，錯誤會減緩科學的發展，也可能導致新的發現（選項 D，理性觀點）」的人數上升 8 人，推測是在 HOS 教學中有提到道耳頓原子說的錯誤直到五十年後亞佛加厥分子說的興盛，才終止同個化合物化學式卻不能統一的問題，使部份學生傾向選項 D。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。中測理性觀點的學生為九成五，且等級不變者幾乎皆為理性觀點，故有天花板效應。

5.HOS 教學後學生在 VOSTS9 題目 90811 的觀點

題目 90811 探討的內容為邏輯推理中的相關性與因果性，以石綿與罹患肺癌機率為例。中測時認為石綿不一定會導致肺癌的兩個理性選項中，認為「需要更多研究（選項 B）」的人數減少 7 人，認為「石綿可能與其他物質作用，或產生間接影響（選項 C）」的人數增加 7 人。推測是因為在課程中有提到化學反應會產生新物質，所以有少數人選項改變，與科學史無關。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。中測與前測結果相同，理性觀點的學生高達八成五，等級不變者九成五為理性觀點，故有天花板效應。

（五）領域間的調和性

題目 91111 討論不同領域的科學家是否難以互相理解。中測時多數選項的人數有些許變動，認為不同領域的科學家難以互相瞭解，以「科學的構想與科學家的觀點或經驗有關（選項 A，理性觀點）」來解釋的人數減少 9 人；認為不同領域的科學家容易互相瞭解，以「科學的構想在不同領域之間會互相重疊，事實是不變的（選項 E，質樸觀點）」來解釋的人數增加 8 人。HOS 教學中，原子的結構、模型和發展史與上學期學生學過的基礎物理章節內容有重疊，這可能使部分學生傾向選項 E。

以 McNemar 卡方分析前測與中測的等級人數未達顯著，也就是 HOS 教學後學生的選答在本題沒有差異。中測時理性觀點的人數從 75 人降至 69 人，質

樸觀點從 22 人至 28 人，理性觀點人數占了七成仍較質樸多，共計 12 人等級上升，18 人等級下降，等級不變者有八成五維持在理性觀點，具有天花板效應。



二、SSI 教學前後對學生在科學本質理解的影響

本部份分析中測與後測學生在 VOSTS9 問卷作答上的差異，分為觀點等級上升、下降及不變，等級不變者再分為維持在理性、混合或質樸觀點（附錄五），表 35 整理了中後測學生觀點等級上升的人數。將「維持質樸觀點」、「維持理性觀點」、「質樸觀點轉變為理性觀點」、「理性觀點轉變為質樸觀點」四組的人數進行 McNemar 卡方分析，結果見表 36。

表 35 中測與後測觀點等級上升人數

類型	VOSTS9 題號	觀點等級 上升總人 數	觀點等級 上升百分 比	從質樸觀 點轉變到 混合觀點 的人數	從質樸觀 點轉變到 理性觀點 的人數	從混合觀 點轉變到 理性觀點 的人數
科學實 作	90111	9	9%	—	9	—
	90211	25	26%	2	9	14
	90311	9	9%	0	3	6
科學知 識的特 性	90411	3	3%	—	3	—
	90711	18	19%	2	3	13
	90721	3	3%	—	3	—
假說、 理論與 定律	90511	9	9%	2	5	2
	90521	8	8%	8	—	—
	90531	25	26%	13	8	4
	90541	25	26%	6	2	17
	91011	16	16%	10	6	0
	91012	19	20%	6	11	2
	91013	23	24%	10	10	3
科學方 法	90611	13	13%	—	13	—
	90621	8	8%	—	8	—
	90641	26	27%	4	2	20
	90651	3	3%	2	1	0
	90811	7	7%	—	7	—
領域間 的調和 性	91111	9	9%	—	9	—

表 36 中測與後測的 McNemar 卡方分析

類型	VOSTS9 題號	中後測皆 質樸觀點 的人數	中後測皆 理性觀點 的人數	從質樸觀 點轉變到 理性觀點 的人數	從理性觀 點轉變到 質樸觀點 的人數	p 值
科學實作	90111	5	71	9	12	0.663
	90211	3	32	9	9	1.000
	90311	1	62	3	14	0.015*
科學知識 的特性	90411	0	88	3	6	0.505
	90711	1	60	3	1	0.617
	90721	0	87	3	7	0.343
假說、理 論與定律	90511	76	3	5	6	1.000
	90521 [※]	6	66	8	17	0.110
	90531	11	42	8	7	1.000
	90541	7	9	2	5	0.450
	91011	52	3	6	14	0.118
	91012	24	18	11	18	0.265
	91013	18	12	10	12	0.831
科學方法	90611	31	26	13	27	0.040*
	90621	3	73	8	13	0.383
	90641	6	14	2	4	0.683
	90651	1	86	1	2	1.000
	90811	4	76	7	10	0.628
領域間的 調和性	91111	19	45	9	24	0.015*

※題目 90521 無理性觀點的選項，因以混合觀點代替理性觀點進行統計

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

(一) 科學實作

1.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90111 的觀點

題目 90111 探討學生在科學觀察上的觀點。後測各選項比例與前測類似，推測是沒有再受到相關的刺激，因此回到初始狀態。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。後測仍有八成以上的學生為理性觀點，等級不變者幾乎維持在理性觀點，作答上具有天花板效應。

2.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90211 的觀點

題目 90211 探討學生在科學模型上的想法。後測時多數選項的人數有些許

變動，選擇「模型是接近真實世界的複製品，因為是根據觀察和研究得到的（選項 D，混合觀點）」減少至與前測的人數相同，從 33 人變為 25 人。推測是因為 SSI 教學沒有相關的刺激，學生又回到初狀態。「模型不是真實世界的複製品，只是助於學習和解釋（選項 E，理性觀點）」從前測起持續增加，後測從 25 人增加至 34 人。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。後測各等級比例與前測相近，持有理性觀點的學生有五成，等級不變者有六成五左右維持在理性觀點。

3.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90311 的觀點

題目 90311 是探討分類的本質，由於 SSI 無相關教學，後測時多數選項的人數與前測相近，表示學生又回到初狀態。僅有「分類與真實情況一致，是根據觀察的特質進行的（選項 B，質樸觀點）」從 4 人增至 13 人，增加原因值得進一步研究。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數達顯著，也就是 SSI 教學前後學生的觀點等級有差異。後測有七成為理性觀點，較中測少一成，質樸觀點共 16 人也超過混合觀點的 10 人。學生在分類的概念具有不穩定性，後測共 9 人等級上升；22 人等級下降，等級下降中有六成是從理性觀點變為質樸觀點；等級不變的 66 人中有九成維持在理性觀點。

（二）科學知識的特性

1.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90411 的觀點

題目 90411 的內容與科學知識的暫時性有關，後測時因為沒有相關的教學刺激，學生的填答狀況回到與前測相似：以「舊知識被推翻（選項 A，理性觀點）」來解釋的人數從 61 人降至 46 人；選擇「舊知識被重新詮釋（選項 B，理性觀點）」的人數從 33 人回升至 45 人。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。由於選項 A 和 B 皆為理性觀點，後測理性觀點的人數與前兩次測驗一樣都超過九成，等級不變者全部維持在理性觀點，有天花板效應。

2.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90711 的觀點

題目 90711 探討知識的精確性與不確定性，後測時各選項人數皆有變動，在認為預測無法肯定的理性觀點中，以「總會有錯誤和意外發生（選項 A）」作為解釋的人數從 64 人減少至 54 人，以「知識會改變，預測也是（選項 B）」解釋的人數從 10 人上升至 22 人，兩選項的比例與前測類似，推測是沒有相關的刺激所以回到初始狀態，SSI 教學部分也未提及相關概念。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。理性觀點的人數同前中測高達七成五，且等級不變者的 64 人中有九成以上維持在理性觀點，故有天花板效應。

3.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90721 的觀點

題目 90721 討論知識的精確性與不確定性，著重在運用數學上對預測的影響，後測時認為預測不能百分之百確定的兩個理性觀點選項的人數有變化：「有意外發生影響結果（選項 B）」從 62 人減少至 50 人，「人危及測量誤差的存在（選項 A）」從 32 人增至 40 人；認為「數學做的預測通常準確，因為是試驗過的結果」質樸觀點人數從 2 人增至 4 人（選項 C）。SSI 教學時以太陽能板使用為例，學生在辯論蒐集的資料中常有太陽能板的理想狀態與實際落差，例如「太陽能板的電能轉換效率高但若有灰塵就會降低發電功率」，因此會傾向以測量誤差解釋（選項 A）；若是和「太陽能板製成經過多次測試改良，預計減少多少汙染物」有關的資料會傾向選項 D。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。理性觀點的人數在後測仍高達九成，等級不變的 87 位學生全部維持在理性觀點，故有天花板效應。

（三）假說、理論與定律

1.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90511 的觀點

題目 90511 討論假說、理論、定律三者間是否有階層關係，在認同三者有升級關係的學生中，選擇「假說證明後變理論，理論被不同人多次證明後就會變成定律（選項 A，質樸觀點）」的人數從 50 人降至 35 人，選擇「假說有證據支持就是理論，理論驗證多次且本質是正確的就變成定律（選項 B，質樸觀點）」的人數從 24 人增加至 35 人，兩選項的人數與前測類似，推測是 SSI 教學未有相關刺激，故又回歸原狀態。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。同前測與中測，後測八成以上的學生持有質樸觀點，等級不變的 81 人中有九成以上維持在質樸觀點，填答上具有地板效應。

2.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90521 的觀點

題目 90521 是探討假說的真實性，後測時認為「科學家必須提出假設，無論其真偽，才能進行研究（選項 E，混合觀點）」的學生人數從 29 人減少至 19 人，而認為「為了使科學能夠發展，假說必定是真實的（選項 A、B、C）」的質樸觀點的人數從 14 人增加至 23 人。SSI 教學上未提過此項科學本質，選項人數變化原因值得進一步研究。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。後測學生有七成五為混合觀點，較前測與中測少

一成，等級不變的學生九成都維持在混合觀點。

3.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90531 的觀點

題目 90531 的內容是關於「科學家是否有假定他們的構想是符合大自然的精確性」，後測時認為「科學家的構想會符合大自然的精確性（選項 A，質樸觀點）」從 32 人降至 20 人；「科學家的構想是簡潔有邏輯的，與大自然的精確性無關（選項 B，混合觀點）」從 5 人升至 12 人，這兩選項的人數與前測相似。

「儘管大自然美麗且精確（選項 D，理性觀點）」和「科學家知道人人對於精確的定義不同（選項 F，理性觀點）」人數維持在中測的情況。其中認為「科學家構想精確是因為辛勤工作的結果，與大自然的精確性無關（選項 C，混合觀點）」人數從 5 人增至 12 人，而「科學家未假定構想是精確的，因為知道大自然也非全然美麗精確（選項 E，理性觀點）」人數從 30 人減少至 24 人。

在混合觀點中，選項 B 的人數回歸至與前測時相同，推測是沒有再受到相關概念的刺激，又回到初始狀態，而選項 C 的人數從中測到後測上升，推測是因為學生在 SSI 教學時進行角色扮演辯論，蒐集的資料與數據都是講求精確的（例如太陽能發電的功率、轉換效率、使用期限等），導致學生認為精確即是科學家長期研究的結果。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。後測理性觀點人數與中測相近，混合觀點的人數增加 14 人，超過質樸觀點的 20 人。共計 25 人等級上升，16 人等級下降，等級不變者有七成五維持在理性觀點。

4.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90541 的觀點

題目 90541 探討的是理論的簡潔性，後測時，認為「理論本身有簡潔的也有複雜的（選項 C，理性觀點）」維持在中測的清況；其餘選項人數與前測類似，推測是 SSI 教學時沒有相關的刺激，學生對本題的概念回到初始的狀態。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。雖然選項有些許變動，但中測與後測的等級觀點人數相近，有五成為混合觀點，三成理性觀點，兩成質樸觀點。後測的等級不變者有六成五以上維持在混合觀點。

5.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 91011 的觀點

題目 91011 探討定律在本體論及認識論的地位。SSI 教學中未明確處理這項科學本質，後測的選項人數大部分與前測類似，其中認為「科學家發明定律（選項 E，理性觀點）」的人數比中測減少 10 人，認為「科學家發現定律，但發明尋找定律的方法（選項 C）」從前測起緩慢上升。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。後測七成五的學生都是質樸觀點，與中測不同的

是，混合觀點人數為 15 人比質樸觀點的 9 人多。等級不變者中有九成維持在質樸觀點，故有地板效應。

6.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 91012 的觀點

題目 91012 探討假設在本體論及認識論的地位。後測時各選項皆有變動，其中認為「科學家發明假設，因為發明來自心智，是創造（選項 F，理性觀點）」的人數從 17 人減少至 5 人，認為「科學家發明假設，因為是他們對實驗事實的詮釋（選項 E，理性觀點）」人數則維持與中測相同。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。SSI 教學沒有明確處理假設的內容，後測的理性觀點人數減少至 31 人，質樸觀點的人數上升至 47 人，等級人數分佈與前測相近，推測是受到 SSI 干擾或是刺激減少，又回到原狀態。共 19 人等級上升，30 人等級下降，等級不變的 48 人中一半維持在質樸觀點。

7.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 91013 的觀點

題目 91013 探討理論在本體論及認識論的地位。後測時認為「有些科學家發現了理論，有些發明了理論（選項 D，混合觀點）」從 14 人增加至 25 人，這使得後測理性觀點的人數較混合觀點少，SSI 教學中未有提到理論的相關性質，為何有差異值得更進一步的研究。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。與中測不同，後測的理性觀點人數降低，混合觀點人數上升，使得混合觀點的人數有 35 人超過了理性觀點的 25 人。共 23 人等級上升，31 人等級下降，等級不變的 43 人中，三等級的人數比例相近。

（四）科學方法

1.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90611 的觀點

題目 90611 的內容是關於學生對「科學方法定義」的想法，後測時認為科學方法是「小心紀錄結果（選項 B）」、「有效率獲得事實（選項 D）」、「有效證明事實真偽（選項 E）」等質樸觀點的人數回升至與前測相似，「具邏輯且被廣泛接受的解決方法（選項 H，理性觀點）」的人數維持與中測相同。理性觀點的人數與前測相似，不到四成。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題有差異。推測可能是該科學本質的刺激減少(Khishfe, 2015)，或是在後測時可能受到了 SSI 的干擾——由於 SSI 鮮少有圍繞著科學方法，複雜的議題將干擾學生對科學方法的判斷——因而回到原狀態。共計 13 人等級上升，27 人等級下降，等級不變的 57 人中，維持在理性觀點與質樸觀點的人數約各佔一半。

2.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90621 的觀點

題目 90621 探討是否遵循科學方法即為好的科學家。後測時，認為「科學家的發現是意外得到的，並非堅守科學方法而來的（選項 E，理性觀點）」的人數從 45 人降至 28 人，認為「科學方法很有用，但不保證會獲得結果，因此好的科學家也會使用創意（選項 C，理性觀點）」人數從 33 人上升至 42 人，原因可能是 SSI 教學時學生在搜尋太陽能板相關的資料中多是明確描述製作時所需要的原料及步驟，鮮少有提到這項製作是由意外得到的。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。後測同中測有超過八成的學生都是理性觀點，且等級不變的 76 人中有九成以上維持在理性觀點，具有天花板效應。

3.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90641 的觀點

題目 90641 是討論期刊論文與實際研究的邏輯性。後測時多數選項的人數皆有些微變動，在認同撰寫論文比研究更講究邏輯的選項中，「假設不具邏輯，為了讓別人瞭解結果才以具邏輯的方法書寫（選項 B）」和「視情況而定，因科學發現是偶然的也可能是合乎邏輯（選項 D）」兩種混合觀點的人數下降，從 53 人減少至 32 人，其餘選項的人數增加。SSI 教學上未提到相關的內容，選項人數變化的原因值得進一步研究。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。後測與中測不同，由於混合觀點人數下降，質樸觀點的人數上升，使得理性觀點與混合觀點約各佔四成，質樸觀點佔兩成。共計 26 人等級上升，從混合觀點上升至理性觀點的人數最多，有 20 人；29 人等級下降，以理性觀點降至混合觀點的人數最多，有 13 人；42 人等級不變，有五成以上維持在混合觀點。

4.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90651 的觀點

題目 90651 探討科學家犯錯後對科學發展影響。後測時認為「錯誤減緩科學的發展，新的技術及設備會使進展加快（選項 B，混合觀點）」的人數較中測多 7 人，可能是 SSI 教學時，學生為了辯論蒐集太陽能板相關資料時，常有太陽能板發電效率提升、製成汙染改善等字眼，使部分學生認為新技術能促使科技及科學盡善盡美。「科學家犯錯無法避免，錯誤會減緩科學的發展，也可能導致新的發現（選項 D，理性觀點）」的人數從 63 人降至 55 人，回到與前測相同。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。由於理性觀點的學生超過九成，且等級不變者的 87 人幾乎皆為理性觀點，故有天花板效應。

5.SSI 教學後學生在 VOSTS9 題目 90811 的觀點

題目 90811 探討的內容為邏輯推理中的相關性與因果性，以石棉與罹患肺癌機率為例。SSI 教學中未提及此項概念，學生未受到相關的刺激，作答選項人數回到與前測相同。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數未達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題沒有差異。由於理性觀點的學生高達八成五，等級不變者九成五為理性觀點，故有天花板效應。

(五) 領域間的調和性

題目 91111 討論不同領域的科學家是否難以互相理解。後測時以「科學的構想與科學家的觀點或經驗有關（選項 A，理性觀點）」來解釋的人數再減少 12 人達 35 人；認為不同領域的科學家容易互相瞭解，以「科學家已經同時研究過各種領域（選項 D，質樸觀點）」來解釋的人數從 6 人增加至 18 人。SSI 教學中未明確處理這項科學本質，學生可能是在蒐集資料時認為太陽能板資訊是由一位研究者撰寫，那麼這一人就已經同時涉獵複數個領域，因此與其他領域的研究者溝通是容易的；或是學生在辯論時與同立場的人閱讀相似的資料，就認為自己所扮演的「角色」已經同時研究各式各樣的領域。

以 McNemar 卡方分析中測與後測的等級人數達顯著，也就是 SSI 教學後學生的選答在本題有差異。後測時理性觀點的人數與質樸觀點相近，約占了五成五成，共計 9 人等級上升，24 人等級下降，等級不變的 64 人中有七成維持在理性觀點。

第四節 SSI 教學後學生的主觀性、經驗性與暫時性觀點

在 SSI 教學中，學生以角色扮演討論「種電」的優缺點，以不同立場進行辯論後，填寫一份關於科學本質之主觀性、經驗性與暫時性的學習單。問題一是關於科學家看了相同的資料為什麼會有不同的立場（主觀性）；問題二則是什麼因素會使得科學家改變立場（暫時性與經驗性）。

第一部份是研究者參考 Khishfe 等人 (2017) 的評分規準，分析學生的想法屬於理性觀點、混合觀點或是質樸觀點，並統計人數；第二部分是將學生的回答與後測 VOSTS9 問卷上的選答做比較。

一、評分規準與各等級人數

問題一主要是想了解學生們認為科學家的見解與立場會受到什麼事物的影響，根據回答將觀點分成三種等級。學生的回答內容若是針對「科學家」本身，則歸類成理性觀點，例如：科學家由於個人經驗、職業背景與科學社群而做出不同的詮釋，或是科學家本人重視的面向不同，因此有不同的見解；若答案帶有「學生個人」對太陽能板的想法或科學具有「權威性」則歸類成質樸觀點；若答案是介於上述二者之間，則是歸類成混合觀點，例如：針對「議題」本身的優缺點進行分析，表示科學家看重的面向不同，才選擇特定立場。

本題共有 29 人為理性觀點，41 人為混合觀點，27 人為質樸觀點。在質樸觀點中，只有 1 人的回答提及科學具有權威性的觀點。

問題二是想了解學生是否認為科學家會改變自己的立場，若會改變，改變的原因又是什麼，根據回答將學生的觀點分成三種等級。學生回答的內容若是提到科學家對資料的詮釋改變而轉換立場，或是描述科學家被說服的原因，或者假設太陽能板在未來的優點與缺點是否改變而導致科學家立場的轉變，將歸類成理性觀點；若回答是只提到單方的立場改變（只有正方變反方或只有反方會變正方）、或雙方立場皆不會改變者，或科學具有權威性，則歸類成質樸觀點；介於上述二者之間將歸類成混合觀點，例如：寄託在未來的科技發展，將有新的證據與新的問題等待科學家的挑戰；或者代入個人想法（例：我也會改變立場……）。

本題共有 23 人為理性觀點，44 人為混合觀點，30 人為質樸觀點。在混合觀點中有 25 人提到未來的科技發展可能會解決現今發電技術的問題，不論是火力、核能，抑或是太陽能板發電。在質樸觀點中有 28 人認為只有單方的立場會改變，其中有 25 人認為反方會變正方，僅有 3 人認為正方會變反方；1 人認為科學家不會改變自身立場；1 人的回答提及科學具有權威性的觀點。

表 37 問題一的評分規準與範例

• 問題一：科學家中有些人贊成使用太陽能板作為綠能發展，有些人則否。你覺得是什麼因素使他們在看同樣的太陽能板相關資料後，卻有不同的立場？

等級	評分規準	學生作答範例
理性觀點	科學家以經驗選擇立場	- 每個人的經歷和職位不同，價值觀念，接近的環境帶來很大的影響，對於資料的理解自然有不同的看法、見解(S11) - 每個人對資料都會有自己主觀的解釋，像太陽能會影響到那些人或環境，自己是否在意(S51)
混合觀點	- 介於理性觀點與質樸觀點 - 分析議題的優缺點	- 因為一件事本來就會有正面或反面的不同看法，有些人可能以長遠的目標來看，有人則以目前的狀況來探討(S52) - 有些認為太陽能板不會造成污染則支持，有些則是覺得他發電功率或製造時會有污染則不支持(S07)
質樸觀點	- 發表個人對太陽能板的想法 - 科學權威性	- 我覺得正方的人看的範圍較小，所以依目前的情況最好的利用就是太陽能板，而顧到的是大眾利益.....(S43) - 因為老師說要正反方.....(S95)

表 38 問題二的評分規準與範例

• 問題二：你覺得日後科學家們有可能改變自己的立場嗎？為什麼？

等級	評分規準	學生作答範例
理性觀點	- 科學家被說服 - 對同份資料有不同的詮釋	- 實驗的結果不利於自己的立場，被另一方說服，發現的證據反而支持對方，當下的社會不適合他的立場(S11) - 因為例證總在創造，而可能會被說服而改變立場(S96)
混合觀點	- 介於理性觀點與質樸觀點 - 寄託未來的科技發展	- 隨者科技的進步，或許自己著落的角度產生了變數，轉而想法改變(S26) - 找到更多的資料會有不一樣的想法(S14)
質樸觀點	- 一方以上的立場不變 - 科學權威性	- 日後如果科技更進步而減少蓋太陽能板的汙染，反方就很有可能變正方(S77) - 除非老師說可以.....(S95)

二、學生學習單作答與 VOSTS9 問卷選答比較

(一) 主觀性：問題一與後測題目 91111 之比較

VOSTS9 問卷中的題目 91111 是在處理不同領域的科學家是否可以互相了解，認為科學家難以理解的理性觀點中（選項 A 和 B），選項 A「因為科學的構想與科學家的觀點或科學家以往的經驗有關」是以科學家的主觀性來解釋。因此本部份欲研究學生對科學家主觀性的回答與題目 91111 的後測選項是否相關。

問題一為理性觀點的學生中，有些學生的回答並未以太陽能板為例，而是單單以科學家看相同資料為何會有不同立場來說明：

看自己的利益在哪邊就支持哪邊。(S49, 91111 後測 D)

理解不同，每個人都有自己的思考邏輯。(S81, 91111 後測 C)

價值觀、對事情的看法皆不同，促使他們在看同一資料著重的點不同。
(S63, 91111 後測 A)

有些學生在回答後，會以太陽能板為例，舉出科學家所注重的方面，例如發電效率或是環境汙染：

科學家在評估該使用何種發電方式時所站的立場就不同，希望發電效率高一點的就會使用核能，希望乾淨一點的就會使用太陽能。(S27, 91111 後測 B)

切入的觀點有所不同，例：一個是為了減少溫室氣體而以太陽能代替火力，一個是為了追求更高效能發電。(S35, 91111 後測 B)

有一位學生認為科學家會為家鄉發聲，若能源發展對自己所在的社群有危害，便會為家園發聲：

可能平時的生活環境不同，使科學家們看到不同面向的東西。像是居於外島的科學家們，深刻體會到核廢料對於自己所愛的家人們帶來多大的危害，如此一來他們便會排斥核能支持綠能；但若是居住在核廢料很遠，並未實際明白其危害的人，便會支持核能，因為他們明白製造綠能的也會產生污染。(S36, 91111 後測 E)

問題一為混合觀點的學生中有部分學生是因為描述不清楚，沒有詳細表達科學家會因為生活背景、經驗、職場、利益等原因才會有不同立場：

比較利益。(S29, 91111 後測 E)

他們用不同角度看同一項議題。(S56, 91111 後測 D)

思考方向不同或是故意站在反方，挑起爭端。(S96, 91111 後測 D)

有些學生將重點放在太陽能板的優缺點，而非科學家選擇立場的原因：

贊成：可能有些人覺得有更好的製造材料代替現在會造成污染的材料。反對：他們覺得其實多少都會造成污染，而且目前也沒有比較好的解決污染的方法。(S04, 91111 後測 E)

因為是不同角度切入，正方認為太陽相較核能、火力發電等能源是更環保的，不會有太多環境污染問題，也不會能源耗盡。反方的觀點著重在生產，製造太陽能板過程。(S59, 91111 後測 A)

問題一為質樸觀點的學生中，部分學生是對能源的使用表示自己的立場：

成本問題，污染問題，太陽能板的開發還不夠完全，仍需改良。(S41, 91111 後測 A)

太陽能是再生能源，產能的污染少，且可再利用，但其實製造太陽能板過程產生太多污染，且不當處理。(S46, 91111 後測 A)

部分學生只闡述與能源有關的名詞，並未表示科學家會有不同立場的原因：

環保，效能，金額。(S48, 91111 後測 D)

經費，面積，廢料。(S60, 91111 後測 C)

不論問題一的作答等級為何，在 91111 後測的觀點上可能為理性觀點（選項 A 和 B）也可能為質樸觀點（選項 C、D、E）。將學生回答的等級與後測題目 91111 等級的人數製成表 34，不論何種觀點等級，在 91111 後測上選 A 的學生都是最多的。問題一為混合觀點的學生在 91111 的後測為理性觀點的比例較

其他兩者低，由於部分學生寫學習單的文字偏少，描述會有詞不達意的情況，作答也很容易聚焦在太陽能板的應用上，因此在混合觀點的人數上較多，約占四成。能清楚闡述科學家主觀性的理性觀點人數不到三成，比題目 91111 後測的理性觀點（56%）還少。

表 39 學生在學習單與 91111 後測選項的觀點人數

題 號	觀點 等級	VOSTS9 後測題目 91111 選答							總人數
		A	B	C	D	E	理性	質樸	
題	理性觀點	12	5	4	3	5	17(59%)	12(41%)	29
目	混合觀點	11	8	3	10	9	19(46%)	22(54%)	41
一	質樸觀點	12	6	2	5	2	18(67%)	9(33%)	27
各選項總人數		35	19	9	18	16	54(56%)	43(44%)	97

（二）暫時性與經驗性：問題二與後測題目 90411 之比較

VOSTS9 問卷中沒有關於經驗性的題目，因此只能分析暫時性的題目 90411，該題理性觀點包含舊的知識可能被推翻或是有新發現而被重新詮釋（選項 A 和 B）。因此本部份欲研究學生對科學家暫時性的回答與題目 90411 的後測選項是否相關。

問題二的持有理性觀點學生中，部分認為科學家改變立場的原因是被證據說服、或是與他人討論後改變想法：

也許改天換個立場或發現自己研究的利>弊，就會改變自己的立場。
（S17，90411 後測 A）

經過多方討論，科學家可能被他人說服，想法因而改變，而改變自己的立場。（S25，90411 後測 B）

因為例證總在創造，而可能會被說服而改變立場。（S96，90411 後測 A）

問題二為混合觀點的學生中，多數以未來科技發展的不確定性來解釋科學家改變的原因：

科技在進步，可能會發現其他零污染的能源，又或是未來改善了太陽能板的缺點。（S12，90411 後測後測 A）

在科技不斷革新的年代所得的危害或者利益程度會更加精確，依據最大利益，兩方皆有可能改變立場。（S19，90411 後測 B）

也許今日不可行之方案，日後變得輕而易舉，故可改變立場，反之亦然。
(S22, 90411 後測 A)

部分學生認為技術改變未有進展，會使科學家放棄所支持的能源，而非改變立場：

未來可能會更有技術，可改變原來的缺點，抑或是無法改善而放棄。
(S88, 90411 後測 C)

支持者如果在推行上遇到瓶頸可能就打消了。反對者也許發現汙染嚴重性後會改變想法。(S70, 90411 後測 B)

有一位學生帶入自身想法，以自己會改變立場來推論科學家也會改變立場：

因為我也有改變立場。(S29, 90411 後測 B)

問題二為質樸觀點的學生中，多數學生以未來科技發展導致單方的立場改變，包含科學家立場會改變成支持太陽能或是支持其他能源。

因為科技進步的關係，未來可以使用高產能又無污染的核融合發電。
(S27, 91111 後測 A)

可能會研發出零汙染的太陽能板。(S30, 90411 後測 B)

日後技術進步可以解決很多問題，支持的人會更多。(S37, 90411 後測 A)

如果改善了太陽能板的汙染、成本……等問題，並在將太陽能板的改善至很完善，更有效率的發電，就可能使科學家改變立場。(S41, 90411 後測 A)

有一位學生認為科學家是不會改變立場的：

因為科學家都是經過深思熟慮才決定或分析立場。(S69, 90411 後測 B)

不論問題二的作答等級為何，在 90411 後測的觀點上為理性觀點（選項 A 和 B）都高達九成（見表 40），因為具有天花板效應，故無法判斷兩者之間的

關係。而 VOSTS9 問卷中無經驗性相關題型，若從學生的開放式答案中判斷是否對該科學本質抱有理性觀點，又會因為紙筆表達不完全而使多數學生被評判為混合觀點。

表 40 學生在學習單與 90411 後測選項的觀點人數

題 號	觀點 等級	VOSTS9 後測題目 90411 選答						總人數
		A	B	C	D	理性	質樸	
題 目	理性觀點	9	12	1	1	21(91%)	2(9%)	23
	混合觀點	23	17	3	1	40(91%)	4(9%)	44
二	質樸觀點	14	16	0	0	30(100%)	0(0%)	30
各選項總人數		46	45	4	2	91(94%)	6(6%)	97



第五節 教學介入前後學生在 VOSTS9 問卷的觀點等級

將前測、中測、後測的 VOSTS9 問卷施測結果依五個面向進行理性觀點人數的平均百分比分析，結果見表 41。

教學介入前學生在「科學知識的特性」面向多數持有理性觀點，「假說、理論與定律」面向則最少。HOS 教學介入後，學生在「假說、理論與定律」和「科學方法」的平均觀點等級有提升，前者增長率較多；其餘面向皆略為下降，以「領域間的調和性」下降率最高。SSI 教學介入後所有面向皆下降，以「領域間的調和性」下降率最多，「假說、理論與定律」次之，但後者的平均值在後測與前測差異不大，也有可能是學生未受到相關科學本質的刺激而回到初始狀態。

分析學期初到學期末學生在理性觀點的平均人數變化，也就是觀察前測與後測的平均值，除了「科學方法」維持原狀外其餘面向都下降，其中以「領域間的調和性」下降率最高，「科學知識的特性」下降率最少。

不論是哪種介入，「科學知識的特性」持有理性觀點的理性人數都是最多的，而「假說、理論與定律」最少。

表 41 三次測驗各面向理性觀點平均百分比

面向	前測平均百分比	中測平均百分比	後測平均百分比
科學實作	76%	74%	71%
科學知識的特性	91%	90%	88%
假說、理論與定律	37%	41%	34%
科學方法	67%	72%	67%
領域間的調和性	77%	71%	56%

第五章 結論與建議

本部份共兩節，第一節為 HOS 及 SSI 教學後對學生在 VOSTS9 問卷影響及學生主觀性之結論；第二節為對融入 HOS 及 SSI 教學及使用 VOSTS9 問卷後續研究的建議。

第一節 研究結論

一、HOS 教學對學生在 VOSTS9 問卷的影響

原先預期四個科學史介入教學分別會影響學生對科學本質理解及 VOSTS9 問卷作答題號如表 42：

表 42 預期 HOS 介入會影響的科學本質理解與 VOSTS9 問卷作答

HOS 介入	科學本質	評量
<u>道耳頓</u> 原子說→ <u>給呂薩克</u> 氣體體積化合定律→ <u>亞佛加厥</u> 分子說	科學知識的暫時性	題目 90411
<u>湯姆森</u> 的陰極射線實驗→ <u>密立坎</u> 油滴實驗	科學權威	無
<u>湯姆森</u> 的原子西瓜模型→ <u>拉塞福</u> 原子模型	經驗正確性	無
<u>門得列夫</u> 排列週期表	科學知識的暫時性	題目 90411
	創造性及分類系統	題目 90311

原先預期學生在題目 90311 與 90411 的科學本質理解會提升，但是學生這兩題的作答在前測與中測幾乎都具有理性觀點（97%），由於天花板效應因此沒有發生太大的改變。

研究者轉而分析達成顯著提升的題目：(1)題目90611顯示學生在「科學方法」的理解有觀點的提升，研究者認為此發現可能不是因為單一則科學史的影響，而是科學史教學本身具有讓學生理解科學家怎麼做實驗的功用 (Matthews, 1994)，由於教學者並沒有以明示教學法教授這項科學本質，學生可能是在學習多個科學史後理解科學方法的多樣性。(2)題目91012顯示學生在「科學家發明了假設」的理解有觀點提升，研究者觀察中測前的教學，只有在亞佛加厥的科學史有提及假設，因此研究者認為學生對發明與發現的想法可能是覺得有一個科學家率先「發現」，那其他科學家應該也會跟進找到相同的東西；但亞佛加厥的假設是提出五十年後才被應證，可能會讓學生覺得他人無法「發現」同樣的事物，因而覺得亞佛加厥是「發明」了假設。

二、SSI 教學對學生在 VOSTS9 問卷的影響與學習單的觀點等級

原先預期修正式學習環進行 SSI 教學會影響學生在 VOSTS9 問卷作答及學習單上的觀點等級如表 43。研究者認為學生在角色扮演時會發現科學家就算擁有同樣的資料也不一定都會贊成或反對太陽能取代核能，因此預期主觀性這項

科學本質的理解會提升；而在蒐集支持自己立場的證據或進行辯論活動時被對方說服與經驗性有關，故在學習單的問題二需具有較高等級的觀點。由於教學者是以參與活動預期學生會領悟出科學本質，採用的是隱喻教學策略。

表 43 預期 SSI 介入會影響的科學本質理解與 VOSTS9 問卷作答

SSI 介入	科學本質	評量
角色扮演	主觀性	問卷題目 91111 學習單問題一
辯論活動	經驗性與暫時性	學習單問題二

研究結果顯示達顯著差異的題目：(1)題目 91111（主觀性）的觀點等級下降，研究者認為由於太陽能板是需要多種專業才能製成的科技產品，故學生傾向認為科學家已經同時理解數個領域的相關知識，故不能以此議題來解釋科學家之間難以互相溝通。(2)題目 90311（分類系統）的觀點等級下降，但 SSI 介入教學過程中並沒有分類相關的科學本質，可能是 HOS 教學的影響減弱與 SSI 干擾使得此項科學本質達顯著。

學習單問題一（主觀性）和問題二（暫時性與經驗性）雖然不到三成的人為理性觀點，但若討論議題不限制在太陽能發電，教學者多舉幾個 SSI 例子並明確指出主觀性之處，使學生進行科學本質理解的轉移 (Khishfe, 2014)，在問題一中持有混合觀點的學生可能較不會針對太陽能板的優缺點回答，而轉向科學家本身；問題二中混合觀點的學生認為科學家改變立場多是因為科技發展，質樸觀點中的多數學生也認同反方會轉為正方，換句話說大部分學生都能認同暫時性，若教學者未以明示法指出經驗性，學生在表達上難以同時兼具此項科學本質 (Khishfe, 2013, 2014; Khishfe et al., 2017; Paraskevopoulou & Koliopoulos, 2011)。

第二節 後續研究與建議

一、HOS 教學建議與改善

研究者針對 HOS 教學介入後的中測等級觀點有人數提升卻未達顯著變化的科學本質項目及前測持有理性觀點人數最少的「假說、理論與定律」面向提出教學上建議以改善高中生在科學本質上的理解。

講述道耳頓原子說時可以額外強調「道耳頓為了解釋質量守恆定律、定比定律及倍比定律因而提出原子說」，由於是先有定律才有原子說，故兩者之間並沒有升級的概念，或者教學者直接補充學說（理論）與定律的定義：學說（理論）是對自然世界的一套解釋，定律則是對觀察現象之間關係的描述 (NRC, 2013)。以明示教學法教此項科學本質，預期能在題目 90511 的觀點能獲得提升。

講述原子說與分子說時可明示理論的簡繁與好壞無關，例如原子說雖然現在多數內容被推翻，但是「化學反應時原子會重新排列，組成另一種物質，但是原子的質量不會改變，而且原子不會消失，也不會產生新原子」這項描述並沒有錯誤，故理論長短是視需解釋的現象而定。若在此科學史多添加這項科學本質，預期能在題目 90541 的觀點等級能夠提升。

講述原子模型的科學史較難以改善題目 90211 的觀點等級，由於拉塞福的原子模型恰巧是由實驗得來，容易讓學生誤會模型都是真實世界的複製品，為了解釋這項科學本質，建議在第二章講述原子殼層的模型時補充電子並非作圓周運動，而是以電子雲（軌域）繪製而成，如同球棍模型是為了看原子鍵結的狀況而製作。

本次教學介入共有四個科學史，由於學生多次處於科學史環境，即使教學者並未明示，學生仍習得「科學方法」面向的科學本質，學生長期暴露在科學史的環境中與自發習得科學本質的關係有待後續研究。

HOS 教學後學生在「科學方法」及「假說、理論與定律」兩個面向上持有理性觀點的平均人數有增加，但其餘面向都減少，尤其以「領域間的調和性」下降最多。由於教學是限制在化學科目內，並未有涉及跨領域科學家的內容，造成的原因有待後續研究。

由於上述建議是以特定班級之前測進行分析，若欲使用至不同年級及科目，建議先以 VOSTS9 問卷施測分析，再依理性觀點人數較少的面向進行課綱內科學史教學與補充。

二、SSI 教學建議與改善

研究者預期 SSI 教學會有時間壓力（劉美慧，1998），因此在期中考前將角色扮演的討論與蒐集支持己方立場的資料壓縮在一節課（50 鐘），若有無法達成的小組會指示當回家作業，並預告段考後的第一堂課需要用資料進行辯論。

辯論是全班（約有六～七組）同時進行，由於教學者無法同步觀看各組，故要求學生紙筆記錄答辯狀況，辯論後若有時間則以組為單位討論台灣能源的政策，若時間不足一樣當回家作業；緊接著下一堂課就是發表各組做的決策。

由於課程編排匆促，教學者沒有檢視學生蒐集的資料，在辯論活動期間才發現不少學生是照稿唸，針對專有名詞的提問不清不楚，對方一反駁馬上就認輸；收回答辯記錄的學習單多數只記錄名詞而非問句，因此無法理解是在什麼情況下採用何種證據說明；學生決策的內容天馬行空，並沒有以現實狀況進行評估。

針對以上情況的建議為提早告知學生需查詢的資料（例如剛教完太陽能的發電原理，即要求學生收集太陽能板的原料與製程；一教完火力發電的汙染問題即要求學生收集太陽能發電的優缺點），並在後續正課抽選學生發表自己找到的資料，要求以自己的話表達，教學者需提問並協助精緻化（林樹聲，2007），以避免唸稿及面對不瞭解的專有名詞卻不聞不問的狀況。

建議加入訪談以彌補學習單表示不完全的疏漏，並限縮最後做決策的範圍，例如僅能選擇以「太陽能取代核能」或「不用太陽能取代核能，也就是維持核能」這兩種情況，不能以其他再生能源取代核能否則會模糊焦點（靳知勤、吳靜宜，2017）。

由於辯論比討論的難度還高，若在沒有裁判（非正反方的第三方）評判哪組獲勝的情況下，可能只會變成正反方的爭吵或是因不理解議題而停止辯論，且建議不要同時多組進行，很容易發生終止辯論的狀況（謝憶芳，2011）。故在時間不足的情況下建議以角色扮演討論彼此的立場即可，同立場的夥伴互相發言補充，教學者將立場言論抄寫在黑板上，若學生遇到問題教學者也能適時引導澄清，學習效果較有效，相對參與度會比辯論差一些（林樹聲，2006）。

SSI 教學後學生在 VOSTS9 問卷上所有面向上持有理性觀點的平均人數皆減少，教學上除了「領域間的調和性」面向外並未有相關內容，是什麼原因造成的有待後續研究。

三、評量的建議與改善

VOSTS9 問卷由於有多個選項，學生在閱讀上易有負擔，施測也較耗時（黃淑雅，2006），但好處是學生可以不用費盡心思描述想法。該問卷可以輔助教學者在教學前理解學生科學本質的觀點，以便增加 HOS 教學中科學本質的融入。

但 VOSTS9 問卷中的科學本質與科學社群及 SSI 相關的內容幾乎沒有，較不適合以此施測 SSI 融入教學的觀點變化，因此建議搭配 UNOS 量表（林陳涌，1996）中的科學事業本質部分，或 CNSKS 量表（戰克勝，2008）無關道德向度的題型，又或者 TBSL 量表（靳知勤，2002）中科學與科技對社會的影響之題目，上述三種評量方式皆為李克特量表，方便且實用。

由於研究的目的是檢視研究者的教學是否能提升學生科學本質的理解，原先課程設計是在同一個學期內融入了 HOS 與 SSI 教學，但容易造成 HOS 教學介入的記憶滯留，建議未來研究可採 HOS 和 SSI 教學順序不同的準實驗研究設計，以檢驗兩者對學生觀點的效應大小是否有不同。

本研究的使用 VOSTS9 問卷於檢驗教學效果前，先以電子郵件邀請專家針對選項進行三等級的評分，但專家對問卷內容若有疑問，無法立即與研究者或其他專家對話討論，僅能被動地回覆個人對題目的看法；後續研究可以以大慧法(Delphi survey)進行更深入的分析，讓專家與專家間進行溝通，使得評分系統更為完善。



參考文獻

一、中文文獻

- 吳玫緬 (2008)。科學知識觀與學生在社會科學性議題論證之相關性(未出版碩士論文)。國立交通大學。
- 林淑榜、劉聖忠、黃茂在、陳素芬、張文華 (2008)。運用科學史傳達科學本質之教學實務探討—以簡單機械單元為例。科學教育月刊，315，2-18。
- 林陳涌 (1996)。「了解科學本質量表」之發展與效化。科學教育月刊，4(1)，31-58。
- 林陳涌、鄭榮輝、張永達 (2009)。融入科學史教學對高中學生的科學本質觀、對科學的態度以及學習成就的影響。科學教育學刊，17(2)，93-109。
- 林樹聲 (2004a)。通識素養的培育與爭議性科學議題的教學。南華通識教育研究(2)，25-37。
- 林樹聲 (2004b)。應用學習環策略進行科技引起的社會爭議議題之教學研究。行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告(計畫編號：NSC92-2511-S-415-003)。
- 林樹聲 (2006)。從爭議性科技議題的教學設計和實踐中詮釋科學教師的角色—個案研究。科學教育學刊，14(3)，237-255。
- 林樹聲 (2007)。國小資深科學教師的專業改變：以基因改造食品議題之教學為例。科學教育學刊，15(3)，241-264。
- 邱明富、高慧蓮 (2004)。科學史融入教學以提升國小學童科學本質觀之研究。國立台北師範學院學報，17(1)，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(2)，163-187。
- 邱奕華、劉湘瑤 (2014)。科學史教學對學生科學認識觀與概念學習的影響——不同教學順序的比較。科學教育學刊，22(3)，307-330。
- 邱瑞宇 (2020)。社會科學議題導入教學對大學生學習成效之影響。人文社會科學研究：教育類，14(3)，59-83。
- 姚宗翰 (2010)。國中生物科教師科學本質觀、教學信念與教學實踐之個案研究(未出版碩士論文)。國立台灣師範大學。
- 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。
- 科技部 (2020)。科技部學術倫理案件處理及審議要點(科部誠字第 1090009201A 號 令)。
- 翁秀玉、段曉林 (1997)。科學本質在科學教育上的啟示與作法。科學教育月刊，201，2-16。
- 教育部 (2008)。97 年度國民中小學九年一貫課程綱要。
- 教育部 (2009)。普通高級中學課程綱要。

- 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校自然科學領域。
- 許國忠、王靜如 (2003)。科學本質教學初探。科學教育研究與發展季刊，33，15-29。
- 陳淑媛、洪振方 (1998)。科學史融入基礎理化教學之行動研究。物理教育學刊，2(1)，15-44。
- 陳琮輝 (2013)。以科學史歷程短文教材設計之家庭聯絡本對八年級學生科學本質的影響(未出版碩士論文)。國立台灣師範大學。
- 黃淑雅 (2006)。透過中文版 VOSTS1 與 VOSTS9 之工具了解國小自然與生活科技領域教師科學本質觀之研究(未出版之碩士論文)。國立新竹教育大學。
- 靳知勤 (2002)。效化「基本科學素養」問卷。科學教育學刊，10(3)，287-308。
- 靳知勤 (2008)。臺灣 STS 教育領域學位論文之發展回顧與評析。科學教育學刊，16(4)，351-373。
- 靳知勤 (2014)。臺灣所需優先解決的科學教育問題—科學教育與科學學者之觀點。教育學報，42(1)，53-76。
- 靳知勤、吳靜宜 (2017)。國小學生對社會性科學議題學習環境之知覺：個人學習動機、小組合作能力與教室環境知覺。教育學報，45(1)，71-97。
- 劉美慧 (1998)。議題中心教學法的理論與實際。花蓮師院學報(8)，173-199。
- 劉湘瑤、李麗菁、蔡今中 (2007)。科學認識觀與社會性科學議題抉擇判斷之相關性探討。科學教育學刊，15(3)，335-356。
- 戰克勝 (2006)。互動式科學小故事對高中學生科學本質觀之影響。屏東教大科學教育，24，3-20。
- 戰克勝 (2008)。「互動式歷史小故事」在大學通識科學教育之應用研究。科學教育學刊，16(2)，125-146。
- 謝州恩、劉湘瑤 (2013)。省思九年一貫自然與生活科技課程綱要中的科學本質內涵。科學教育研究與發展季刊，66，53-76。
- 謝憶芳 (2011)。社會性科學議題教學與科學素養之探討—以太陽能電池為主題(未出版碩士論文)。

二、英文文獻

- Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary science courses: abandoning scientism, but... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215-233.
- 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. (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.
- Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 607-627.
- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument : "Views on Science-Technology-Society"(VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Aikenhead, G. S., Ryan, A. G., & Fleming, R. W. (1989). Views on science-technology-society (form CDN.mc.5). *Saskatoon, Canada, S7N 0W0: Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan.*
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans.*
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*: New York: Oxford University Press.
- Botton, C., & Brown, C. (1998). The reliability of some VOSTS items when used with preservice secondary science teachers in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 53-71
- Brandon, R. N. (1994). Theory and experiment in evolutionary biology. *Synthese*, 99, 59-73.
- Conley, A. M. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I., & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29(2), 186-204.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (Eds.). (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories*: Springer Netherlands.
- Fouad, K., Masters, H., & Akerson, V. L. (2015). Using history of science to teach nature of science to elementary students. *Science & Education*, 24, 1103-1140.
- Kahraman, F., & Karatas, F. Ö. (2015). Story telling: research and action to improve 6th grade students' views about certain aspects of nature of science. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 16(1).

- Khishfe, R. (2012a). Nature of science and decision making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67-100.
- Khishfe, R. (2012b). Transfer of nature of science understandings into similar contexts: promises and possibilities of an explicit reflective approach. *International Journal of Science Education*, 35(17), 1-26.
- Khishfe, R. (2013). Transfer of nature of science understandings into similar contexts promises and possibilities of an explicit reflective approach. *International Journal of Science Education*, 35(17), 2928-2953.
- Khishfe, R. (2014). Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of socioscientific issues an effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36(6), 974-1016.
- Khishfe, R. (2015). A look into students retention of acquired nature of science understandings. *International Journal of Science Education*, 37(10), 1639-1667.
- Khishfe, R., Alshaya, F. S., BouJaoude, S., Mansour, N., & Alrudiyan, K. I. (2017). Students understandings of nature of science and their arguments in the context of four socio scientific issues. *International Journal of Science Education*, 39(3), 299-334.
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Laugksch, R. C., & Spargo, P. E. (1996). Construction of a paper-and-pencil Test of Basic Scientific Literacy based on selected literacy goals recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Understanding of Science*, 5(4), 331-359.
- Lederman, J. S. (2006). Development of a valid and reliable protocol for the assessment of early childhood students' conceptions of nature of science and scientific inquiry. *Saarmste Executive*, 446.
- Lederman, J. S., & Khishfe, R. (2002). *Views of the nature of science, Form D*. *Unpublished manuscript*. Illinois Institute of technology, Chicago.
- Lederman, J. S., & Ko, E. K. (2004). *Views of nature of science, Form E. Unpublished paper*. Illinois Institute of Technology, Chicago.
- Lederman, N. G. (1999). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education*, 3(2), 1-12.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879). Routledge.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of

- learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lederman, N. G., & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: development, use, and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225-239.
- Liang, J. C., & Tsai, C. C. (2010). Relational analysis of college science-major students' epistemological beliefs toward science and conceptions of learning science. *International Journal of Science Education*, 32(17), 2273-2289.
- Lin, C.-Y. (1994). *Perspectives of science teaching, understanding of the nature of science, and attitudes toward science among preservice elementary teachers in Taiwan*. Unpublished doctoral dissertation. The University of Iowa.
- Liu, S. Y., & Lederman, N. G. (2007). Exploring prospective teachers' worldviews and conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1281-1307.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- McComas, W. F. (2005). *Seeking NOS standards: what content consensus exists in popular books on the nature of science*. Paper presented at the 138 Annual conference of the National Association of Research in Science Teaching, Dallas, TX.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). *The role and character of the nature of science in science education*: Kluwer Academic Publisher.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The role and character of the nature of science in science education: rationales and strategies*. Springer, Dordrecht.
- National Research Council. (1966). *National science education standards*.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 Science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- National Research Council. (2013). *Next generation science standards*: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press.
- Paraskevopoulou, E., & Koliopoulos, D. (2011). Teaching the nature of science through the Millikan-Ehrenhaft dispute. *Science & Education*, 20(10), 943-960.
- Rubba, P. A., & Andersen, H. O. (1978). Development of an instrument to assess secondary students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), 449-458.
- Rubba, P. A., Bradford, C. S., & Harkness, W. F. (1996). A new scoring procedure for

- the Views on Science Technology Society instrument. *International Journal of Science Education*, 18(4), 387-400.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Tolvanen, S., Jansson, J., Vesterinen, V.-M., & Aksela, M. (2014). How to use historical approach to teach nature of science in chemistry education? *Science & Education*, 23(8), 1605-1636.
- Tsai, C.-C. (2007). Teachers' scientific epistemological views: the coherence with instruction and students' views. *Science Education*, 91(2), 222-243.
- Tsai, C. C., & Liu, S. Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.
- Vazquez-Alonso, A., & Manassero-Mas, M.-A. (1999). Response and scoring models for the 'Views on Science-Technology-Society' instrument. *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247.
- Waks, L. J. (1992). The responsibility spiral a curriculum framework for STS education. *Theory Into Practice*, 31(1), 13-19.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond sts a research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.

附錄一 SSI 融入教學教案

科目		化學	年級	高一
章節		第四章 化學與能源	授課時間	八節(400 分鐘)
教學方式		ppt 講述、提問、討論、影片觀賞、角色扮演、辯論、小組發表		
對應 108 課 綱 學 習 表 現	項目	子項	內容	
	探究能力-思考智能(t)	批判思辨(c)	tc-Vc-1能比較與判斷自己及他人對於科學資料的解釋在方法及程序上的合理性，並能提出問題或批判。	
	探究能力-問題解決(p)	觀察與定題(o)	po-Vc-1能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。	
	科學的態度與本質(a)	培養科學探究的興趣(i)	ai-Vc-2透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai-Vc-3體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。	
		養成應用科學思考與探究的習慣(h)	ah-Vc-2對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。	
認識科學本質(n)		an-Vc-3 體認科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。		
對應 108 課 綱 學 習 內 容	主題	次主題	內容	
	物質的反應、平衡與製造(J)	氧化與還原反應(Jc)	CJc-Vc-1氧化還原的廣義定義為：物質失去電子稱為氧化反應；得到電子稱為還原反應。 CJc-Vc-2氧化劑與還原劑的定義及常見氧化劑與還原劑。 CJc-Vc-3 生活中常見的鋰電池、鉛蓄電池和燃料電池。	
	科學、科技、社會與人文(M)	科學、技術與社會的互動關係(Ma)	CMa-Vc-1 化學製造流程對日常生活、社會、經濟、環境與生態的影響。	
		科學在生活中的應用(Mc)	CMc-Vc-3石油分餾後可得到多種重要的產物，並有其不同的用途。	
資源與永續發展(N)	永續發展與資源的利用(Na)	CNa-Vc-1 永續發展在於滿足當代人之需求，又不危及下一代之發展。		
	能源的開發與利用(Nc)	CNc-Vc-1 新興能源與替代能源在台灣的發展現況。		
學習目標	1.能分辨化石燃料的種類及其應用 2.能知道煤的乾餾及其產物應用 3.能知曉石油分餾及其產物應用 4.能了解汽油的分類及辛烷值的意義 5.能明白氧化還原定義 6.能知道化學電池原理及構造 7.認識常見電池 8.能區分再生與非再生能源			

	9.了解不同型式的能量間可以轉換 10.認識常用能源 11.能蒐集太陽能發電與核能發電的優缺點 12.能發表自己的論點並提出支持的證據 13.聆聽他人發表並提出質疑或支持的原因 14.理解不同人對相同的資料可能會有不同的詮釋 15.了解永續的定義																								
影片來源	影片剪輯成 3~5 分鐘使用 <table><tr><td>影片 1</td><td>影片 2</td><td>影片 3</td><td>影片 4</td><td colspan="2">影片 5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>影片 5</td><td>影片 6</td><td>影片 7</td><td>影片 8</td><td>影片 9</td><td>影片 10</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	影片 1	影片 2	影片 3	影片 4	影片 5								影片 5	影片 6	影片 7	影片 8	影片 9	影片 10						
影片 1	影片 2	影片 3	影片 4	影片 5																					
																									
影片 5	影片 6	影片 7	影片 8	影片 9	影片 10																				
																									



章節	教學內容	備註
第一節 化石燃料 (兩堂課)	1. 請學生寫下「是否贊成學校『種電』?」的想法。※1 2. 化石燃料定義：埋在地底的動植物遺骸歷經數年變成可燃燒的能源)，聚焦在煤、石油、天然氣三種。 3. 煤 (1)成分：主要為碳，少量氫、氧、氮、硫 (2)依含碳量多寡分為：泥煤、褐煤、煙煤、無煙煤 (3)乾餾：將煤隔絕空氣加熱，得到煤氣、煤渣、煤焦 (4)補充煤焦的應用： A. 還原鐵礦：$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}$ B. 製造水煤氣：$\text{C} + \text{H}_2\text{O} (\text{水蒸氣}) \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ C. 電石原料：$3\text{C} + \text{CaO} \rightarrow \text{CO} + \text{CaC}_2$ (電石) $\text{CaC}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ 觀賞應用電石的影片：【影片 1：電石燈】、 【影片 2：金山蹦火仔】※2 4. 石油 (1)成分：主要為烷類 (2)石油的分餾：依沸點不同分餾出不同碳數的烴類。 (3)石油氣(碳數 1~4)：甲烷、乙烷為天然氣的主要成分；丙烷、丁烷經加壓液化又稱液化石油氣，為桶裝瓦斯和打火機的主要成分，烷類本身無味，為了易於發現瓦斯外漏，會人工添加硫醇類臭味劑。 (4)汽油(碳數 5~12)：汽油在汽缸內燃燒不平穩的情況稱為震爆，會損害引擎。「辛烷值」為汽油抗震爆的標準，訂定正庚烷為 0，異辛烷為 100，所謂的九五汽油是指震爆程度如同辛烷值 95。以往會添加四乙基鉛提高辛烷值，但四乙基鉛燃燒時會造成了空氣汙染，故改加入醇或是甲基三級丁基醚，即所謂的無鉛汽油。 觀賞影片【影片 3：汽車引擎運作原理】 (5)石油除了當運輸工具的燃料外，也可以製成蠟燭、瀝青、塑膠等物品。 5. 天然氣 (1)成分：主要為甲烷，其次乙烷 (2)天然氣可以當成汽車燃料、也可以從中合成乙烯，再製成塑膠、溶劑等物品。 (3)頁岩氣：從頁岩層中開採出的天然氣，近年已佔美國的天然氣供應的 30%。 (4)補充「可燃冰」：深海底部的甲烷水包物。 觀賞影片【影片 4：可燃冰的介紹】 6. 熱值：一克純物質燃燒所提供的熱量。	※1.以時事「政府補助太陽能板建置費」為題，詢問學生是否同意在學校加裝太陽能版。 ※2.礬石(電石)加水會產生可燃的乙炔氣體，「蹦火仔」這種捕魚方式是在黑夜中以點燃乙炔氣體造成的火光，將魚群嚇出水面。 課堂上會以「蹦火仔」此種誘捕青鱗仔的方法，讓學生分享感想，讓學生反思經濟發展與保育的兩難。

章節	教學內容	備註
第二節 化學電池 (兩堂課)	1. 氧化還原 (1)定義：氧化反應在狹義的定義上是指與氧化合，廣義的定義則是為失去電子，本身當還原劑；還原則是失氧反應（得電子），本身當氧化劑 (2)特性：氧化與還原同時發生，同時結束；氧化劑所獲得電子數等於還原劑失去之電子數 (3)活性大的金屬易氧化（易失電子） (4)常見的氧化還原反應：燃燒、電池充放電、電解 2. 鋅銅電池 (1)構造： A.電極：鋅的活性較大，容易發生氧化反應（易失電子），稱為陽極（負極）；銅則為陰極（正極） B.鹽橋：裝有易解離鹽類溶液的 U 型管，功能為溝通電路，維持溶液電中性。 C.電解液：提供離子。 (2)反應式 陰極半反應式：$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ 陽極半反應式：$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 全反應式：$\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ 3. 常見電池 (1)分類：依可充電與否分為二次電池（蓄電池）或是一次電池（原電池）；不斷供應光能或燃料就可連續使用的電池稱為連續式電池。 (2)一次電池：乾電池、鹼性乾電池、一次鋰電池、 (3)二次電池：鉛蓄電池、鎳鎘電池、鋰離子電池 (4)連續式電池：太陽能電池、燃料電池（氫燃料電池、甲醇燃料電池）。 4. 介紹以上電池的正負極、電解質、運作原理和特性（電壓、優缺點、在生活中的運用）。 觀賞影片【影片 5：太陽能板原理】※	※補充太陽能板運作原理：太陽能電池的單元是由矽經過切割及半導體加工製成的，當光照射到半導體上時，N 型半導體會產生電子；P 型半導體會產生電洞，接通兩極後即可產生電流。 影片中會介紹太陽能板原料、不同種類之太陽能板的轉換效率，提供提示以便日後學生蒐集太陽能發電之優缺點。

章節	教學內容	備註
第三節 常用能源 (兩堂課)	1. 非再生能源：蘊藏量有限，開採利用後會逐漸枯竭的能源，例如化石燃料、核能。 2. 再生能源：來源不虞匱乏，短時間內可不斷獲得的能源，例如水力、風力、太陽能、海洋能、地熱、生質能。 3. 火力發電：臺灣最主要的發電方式為火力發電（70%）。運作原理為燃燒化石燃料（包含煤、石油和天然氣），以產生的熱能加熱鍋爐管內的水成為水蒸氣，蒸氣再推動汽渦輪機使之轉為電能。主要污染為燃燒化石燃料所排放出的二氧化碳、硫的氧化物及氮氧化物，會造成溫室效應、酸雨、光煙霧等問題。 觀賞影片【影片 6：火力發電基本原理】 4. 核能發電：臺灣次要發電方式為核能發電（20%）。運作原理為運用核分裂產生的熱能，將水加熱變成蒸氣，在以蒸氣帶動蒸汽機，最後使發電機運轉進而發電。相較火力發電沒有空氣污染的問題；但是核能發電的核廢料具輻射性，反應爐使用的冷卻水會造成熱污染。 5. 核反應分為核分裂和核融合，兩者反應前後皆產生新物質且物質總質量變小，故核反應不遵守質量守恆定律；而是遵守質子數守恆、質量數守恆和質能守恆。 6. 核分裂 (1)反應式：${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1n$ (2)原理：以慢中子撞擊鈾-235，會分裂出 2~3 個中子，這些中子被減速為慢中子後會繼續撞擊其他的鈾-235，此一連串的核反應稱為鏈鎖反應。若要控制鏈鎖反應，可以將鎢控制棒推入爐心以吸收中子，或是灌入含有硼的水。 (3)應用：核能發電廠、原子彈 觀賞影片【影片 7：核能發電廠】 7. 核融合 (1)反應式：${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1n$ (2)原理：將較輕的原子核融合一起，形成質量較大的核，並放出巨大的能量，因為需要較高的成本進行反應，故尚無法商業化。 (3)應用：太陽、氫彈。 觀賞影片【影片 8：核融合】 8. 質能互換：核反應時，質量虧損會轉變為能量，<u>愛因斯坦</u>提出質能互換的公式：$E = mc^2$。 9. 補充再生能源：觀賞影片【影片 9：生質能】、 【影片 10：太陽能板應用】 10. 分組活動※	※以「是否贊成以太陽能取代核能」進行六種角色分組。 贊成（正方）：政府、科學家、環保人士。 反對（反方）：市議員、科學家、環保人士。 相同角色的學生進行討論己方論點，蒐集支持自己角色的資料。 同立場的角色互相分享，為辯論做準備。

課堂活動	教學活動內容	學生學習單記錄要點
辯論活動 (兩堂課)	1.辯論分組：六種角色各抽出一人組成一個國家，使得一組內會有辯論正方三人，反方三人。 2.介紹辯論規則與技巧、各辯次責任分配。 3.各組討論辯次、辯論內容。 4.各組同時進行辯論活動^{※1}，每個辯次有兩分鐘的發表時間，最後推派一位同學為己方作結辯。 5.介紹地球高峰會推動的永續目標，說明永續發展是指「滿足當代的需要，同時不損及後代子孫滿足其本身需要的發展」。 6.發下「國家未來的能源發展政策」的學習單，請學生以小組為單位（一個小組為一個國家）填寫整組辯論後的共識，下堂課發表。 7.各組發表自己國家的能源政策，並讓其他同學提出質疑或想法。	※1.學生要記錄對方反駁的論點與自己說服他人的說詞。 ※2.結束活動後請學生再次寫下「是否贊成學校『種電』？」的想法。



附錄二 學生在 VOSTS9 測驗中各選項人數 (N=97)

三次測驗各選項人數(前測/中測/後測)										
題號	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
90111	35/28/32	51/55/48	4/12/9	5/1/5	2/1/3	—	—	—	—	—
90211	2/4/3	2/2/6	14/8/8	25/33/25	17/25/34	29/17/16	8/8/5	—	—	—
90311	2/0/3	2/4/13	35/51/34	11/10/10	27/18/24	20/14/13	—	—	—	—
90411	43/61/46	51/33/45	2/2/4	1/1/2	—	—	—	—	—	—
90511	43/50/35	32/24/35	8/9/12	3/4/5	11/10/10	—	—	—	—	—
90521	3/4/4	1/2/7	11/8/12	57/53/55	25/29/19	0/1/0	—	—	—	—
90531	22/32/20	11/5/12	3/4/11	5/12/15	31/30/24	25/14/15	—	—	—	—
90541	10/12/14	47/28/33	18/30/28	14/22/15	4/2/4	4/3/3	—	—	—	—
90611	3/3/7	6/1/7	1/0/2	18/9/17	15/9/11	20/22/14	20/24/14	9/21/21	1/2/2	4/6/2
90621	9/11/13	2/0/3	36/33/42	8/8/11	42/45/28	—	—	—	—	—
90641	30/31/36	17/21/12	4/1/7	27/32/20	3/1/6	4/5/11	12/6/5	—	—	—
90651	5/4/3	4/0/7	17/19/19	55/63/55	16/11/13	—	—	—	—	—
90711	59/64/54	19/10/22	13/11/11	5/6/7	1/6/3	—	—	—	—	—
90721	30/32/40	62/62/50	2/2/6	3/1/1	—	—	—	—	—	—
90811	4/4/5	35/28/39	51/58/44	5/5/7	2/2/2	—	—	—	—	—
91011	34/27/31	15/26/21	10/15/21	24/10/15	14/19/9	—	—	—	—	—
91012	26/20/19	13/9/13	16/12/15	16/13/19	14/26/26	12/17/5	—	—	—	—
91013	25/17/22	10/21/15	5/9/10	19/14/25	28/28/24	10/8/1	—	—	—	—
91111	56/47/35	19/22/19	1/3/9	10/6/18	11/19/16	—	—	—	—	—

附錄三 學生在 VOSTS9 測驗中各等級人數 (N=97)

題號	等級	前測	中測	後測
90111	理性觀點	86	83	80
	質樸觀點	11	14	17
90211	理性觀點	54	50	55
	混合觀點	25	33	25
	質樸觀點	18	14	17
90311	理性觀點	82	83	71
	混合觀點	11	10	10
	質樸觀點	4	4	16
90411	理性觀點	94	94	91
	質樸觀點	3	3	6
90511	理性觀點	11	10	10
	混合觀點	3	4	5
	質樸觀點	83	83	82
90521	混合觀點	82	83	74
	質樸觀點	15	14	23
90531	理性觀點	61	56	54
	混合觀點	14	9	23
	質樸觀點	22	32	20
90541	理性觀點	18	30	28
	混合觀點	65	52	52
	質樸觀點	14	15	17
90611	理性觀點	34	53	39
	質樸觀點	63	44	58
90621	理性觀點	86	86	81
	質樸觀點	11	11	16
90641	理性觀點	30	31	36
	混合觀點	48	54	39
	質樸觀點	19	12	22
90651	理性觀點	88	93	87
	混合觀點	4	0	7
	質樸觀點	5	4	3
90711	理性觀點	78	74	76
	混合觀點	18	17	18
	質樸觀點	1	6	3
90721	理性觀點	92	94	90
	質樸觀點	5	3	7
90811	理性觀點	86	86	83
	質樸觀點	11	11	14
91011	理性觀點	14	19	9
	混合觀點	24	10	15
	質樸觀點	59	68	73
91012	理性觀點	26	43	31
	混合觀點	16	13	19
	質樸觀點	55	41	47
91013	理性觀點	38	36	25
	混合觀點	24	23	35
	質樸觀點	35	38	37
91111	理性觀點	75	69	54
	質樸觀點	22	28	43

附錄四 HOS 教學前後學生在 VOSTS9 問卷上的等級變化人數 (N=97)

題號	上升			下降			不變		
	NM	NI	MI	IM	IN	MN	II	MM	NN
90111		9			12			76	
	—	9	—	—	12	—	74	—	2
90211		24			26			47	
	7	6	11	17	4	5	33	9	5
90311		12			11			74	
	0	4	8	7	4	0	71	3	0
90411		3			3			91	
	—	3	—	—	3	—	91	—	0
90511		8			8			81	
	2	5	1	1	6	1	4	1	76
90521		12			11			74	
	12	—	—	—	—	11	—	71	3
90531		18			29			50	
	3	10	5	6	14	9	41	0	9
90541		32			21			44	
	7	4	21	9	4	8	5	36	3
90611		34			15			48	
	—	34	—	—	15	—	19	—	29
90621		8			8			81	
	—	8	—	—	8	—	78	—	3
90641		28			22			47	
	9	4	15	16	2	4	12	29	6
90651		9			4			84	
	0	5	4	0	4	0	84	0	0
90711		7			13			77	
	0	0	7	8	3	2	67	9	1
90721		4			2			91	
	—	4	—	—	2	—	90	—	1
90811		11			11			75	
	—	11	—	—	11	—	75	—	0
91011		16			21			60	
	3	8	5	1	7	13	6	6	48
91012		37			22			38	
	6	26	5	4	10	8	12	3	23
91013		27			28			42	
	7	7	13	11	11	6	16	5	21
91111		12			18			67	
	—	12	—	—	18	—	57	—	10

NM：質樸觀點轉為混合觀點，NI：質樸觀點轉為理性觀點，
MI：混合觀點轉為理性觀點，IM：理性觀點轉為混合觀點，
IN：理性觀點轉為質樸觀點，MN：混合觀點轉為質樸觀點，
II：維持理性觀點，MM：維持混合觀點，NN：維持質樸觀點

附錄五 SSI 教學前後學生在 VOSTS9 問卷上的等級變化人數 (N=97)

題號	上升			下降			不變		
	NM	NI	MI	IM	IN	MN	II	MM	NN
90111		9			12			76	
	—	9	—	—	12	—	71	—	5
90211		25			23			49	
	2	9	14	9	9	5	32	14	3
90311		9			22			66	
	0	3	6	7	14	1	62	3	1
90411		3			6			88	
	—	3	—	—	6	—	88	—	0
90511		9			7			81	
	2	5	2	1	6	0	3	2	76
90521		8			17			72	
	8	—	—	—	—	17	—	66	6
90531		25			16			56	
	13	8	4	7	7	2	42	3	11
90541		25			26			46	
	6	2	17	16	5	5	9	30	7
90611		13			27			57	
	—	13	—	—	27	—	26	—	31
90621		8			13			76	
	—	8	—	—	13	—	73	—	3
90641		26			29			42	
	4	2	20	13	4	12	14	22	6
90651		3			7			87	
	2	1	0	5	2	0	86	0	1
90711		18			15			64	
	2	3	13	13	1	1	60	3	1
90721		3			7			87	
	—	3	—	—	7	—	87	—	0
90811		7			10			80	
	—	7	—	—	10	—	76	—	4
91011		16			23			58	
	10	6	0	2	14	7	3	3	52
91012		19			30			48	
	6	11	2	7	18	5	18	6	24
91013		23			31			43	
	10	10	3	12	12	7	12	13	18
91111		9			24			64	
	—	9	—	—	24	—	45	—	19

NM：質樸觀點轉為混合觀點，NI：質樸觀點轉為理性觀點，
MI：混合觀點轉為理性觀點，IM：理性觀點轉為混合觀點，
IN：理性觀點轉為質樸觀點，MN：混合觀點轉為質樸觀點，
II：維持理性觀點，MM：維持混合觀點，NN：維持質樸觀點

附錄六 中譯 VOSTS9 各選項之觀點評定結果

90111.如果科學家們相信的理論不同，這些科學家們所做的科學觀察，通常也會有所不同。 基本上，你的看法是：	理性 I	混合 M	質樸 N
(A)同意，因為科學家們會用不同的方式 進行實驗 ，而且會注意到不同的事項。	☒	☐	☐
(B)同意，因為科學家會用不同的方式 思考 ，而這會 改變他們的觀察 。	☒	☐	☐
(C)即使科學家們相信不同的理論，科學觀察 也不會有太大的差異 。如果這些科學家 確實具有能力 的話，那麼他們的觀察將會很相似。	☐	☐	☒
(D)不同意，因為觀察要儘可能精確。這是科學之所以能夠進步的原因。	☐	☐	☒
(E)不同意，觀察正是我們所見的，而且也僅止於此；它們就是事實。	☐	☐	☒

90211.許多實驗室裡所使用的科學模型（如：熱、神經元，DNA，或原子等模型），都是真實世界的複製品。 基本上，你的看法是：	理性 I	混合 M	質樸 N
科學模型 是 真實世界的複製品：			
(A)因為科學家說它們是真的，所以它們一定是真的。	☐	☐	☒
(B)因為許多科學證據已經證明它們是真的。	☐	☐	☒
(C)因為它們對生活而言是真實的。它們的目的是把真實世界呈現給我們，或是教導我們有關真實世界的一些事物。	☐	☐	☒
(D)科學模型只是接近真實世界的複製品，因為它們是根據科學的觀察和研究得到的。	☐	☒	☐
科學模型 不是 真實世界的複製品：			
(E)因為它們只是有助於學習和解釋而已，有其限度。	☒	☐	☐
(F)因為它們就像理論一樣，會隨著時間和我們的知識狀態而改變。	☒	☐	☐
(G)因為我們無法看到真實的事物，所以這些模型必定只是構想、或是有根據的猜測而已。	☒	☐	☐

90311.當科學家針對某些事物進行分類時（如：依所屬的種將植物分類、依週期表將元素分類、依來源將能量分類、依大小將恆星分類），科學家是根據 大自然的真實情況 予以分類，任何其他的分類方法都將是錯誤的。 基本上，你的看法是：	理性 I	混合 M	質樸 N
(A)科學分類與自然的真實情況相吻合，因為科學家已透過多年的研究證實它們。	☐	☐	☒
(B)因為科學分類與大自然的真實情況是一致的，科學家進行分類時，都是根據觀察到的特質進行的。	☐	☐	☒
(C)科學家以最簡單且最具邏輯性的方法將大自然分類，但分類的方法並不必然是唯一的。	☒	☐	☐
(D)雖然將大自然分類的方法有很多種，但採用一個共同的分類系統，可使科學家在研究時避免產生混淆。	☐	☒	☐
(E)將大自然分類的方法可能不只一種，因為科學很可能會改變，新的發現可能導致不同的分類方法。	☒	☐	☐
(F)沒有人知道大自然的真實情況。科學家根據他們的知覺或理論來分類大自然。科學從未定於一，而大自然又是如此的多樣。因此，科學家可以使用不只一種的分類系統，但它們都是正確的。	☒	☐	☐

90411.即使科學探究的方法正確無誤，科學家從探究中所發現的知識，在未來仍有可能改變。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
科學知識會改變： (A)因為舊科學家的理論或發現被新科學家所 推翻 。科學家藉著使用新的技術或改良的儀器，藉著發現以前所忽略的新因素，或藉著察覺原先「正確」的探究中的錯誤來做這件事。	☒	☐	☐
(B)因為有新的發現，舊的知識會被 重新詮釋 。科學事實可以被改變。	☒	☐	☐
(C)科學知識看起來好像會改變，因為舊事實的 詮釋 或應用可能改變。但只要正確的進行實驗就可以產生不會改變的事實。	☐	☐	☒
(D)科學知識看起來好像會改變，因為新知識被 加在 舊知識之上；但舊知識並未改變。	☐	☐	☒

90511.科學構想是從假說發展成 理論 （或學說），而最後，如果它們夠好的話，將會成為科學 定律 。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
假說能發展成理論，而理論則能發展成定律。			
(A)因為假說能藉由實驗獲得驗證。如果它被 證明 是正確的，它就會變成理論。在理論被不同的人多次 證明 後，同時存在很長一段時間，它就變成定律。	☐	☐	☒
(B)因為假說能藉由實驗獲得驗證。如果有 證據支持 ，它就是理論。當理論已被多次驗證後，同時看起來 本質上是正確的 ，它就足以變成定律。	☐	☐	☒
(C)因為那是科學構想發展的一個邏輯方式。	☐	☐	☒
(D)理論不能發展成定律，因為他們兩者是不同的類型的構想。理論是以科學構想為依據，這種構想不一定是百分之百確定的，所以理論是 不可能 被證實。可是，定律只能根據事實，而且是百分之百可靠。	☒	☐	☐
(E)理論不能發展成定律，因為他們兩者是不同的類型的構想。定律 描述 事物的一般性。理論則是 解釋 這些定律。然而，若有證據支援，假說有可能變成理論（解釋）或定律（描述）。	☒	☐	☐

90521.當發展新的理論或定律時，科學家必須對自然現象提出一些假說（如：物質是由原子所組成）。為了讓科學能適當地發展，這些假說 必定是真實的 。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
為了使科學能夠發展，假說 必定 是真實的：			
(A)因為正確的理論或定律需要有正確的假說。否則科學家將浪費大量的時間和精力於使用錯誤的理論或定律。	☐	☐	☒
(B)否則，社會將產生嚴重的問題，諸如不適當的科技和危險的化學物質。	☐	☐	☒
(C)因為科學家在證實他們的假設為真之後，才會繼續進行他們的下一步探究。	☐	☐	☒
(D)視情況而定。有時候科學需要真實的假設才能進步。但有時候歷史卻顯示，有些偉大的發現是來自 否定 某一個理論，同時從其錯誤的假設中獲得學習。	☐	☒	☐
(E)那無關緊要。科學家 必須 提出假設，不論它是對或錯，以開始進行一項計畫。歷史顯示，有些偉大的發現是來自 否定 某一個理論，同時從其錯誤的假設中獲得學習。	☐	☒	☐
(F)科學家 不會 提出假設。他們會針對某一構想進行探究，以驗證其是否正確。他們不會假設它是正確的。	☐	☒	☐

90531.在回應愛因斯坦的方程式： $E=mc^2$ 時，科學家說道：「如此美麗、精確的方程式必定是對大自然的真實描述。」這段引述顯示科學家 假定 他們的方程式或構想應該符合大自然的精確特性。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
科學家 假定 他們的構想應該是精確的：			
(A)以 符合真實的大自然 。科學家知道，如果以正確的方式觀察，大自然是美麗或精確的。	☐	☐	☒
(B)因為科學構想本來就應該是簡潔、一致且具邏輯性的，與大自然的精確特性 無關 。	☐	☒	☐
(C)科學構想之所以精確是由於科學家長久辛勤工作的結果；但這種特性與大自然的精確特性 無關 。	☐	☒	☐
科學家 並未 假定他們的構想一定是精確的：			
(D)儘管科學家可能覺得大自然是美麗而精確的。	☒	☐	☐
(E)因為科學家知道大自然中的所有事物並非全然都是美麗而精確的。	☒	☐	☐
(F)因為科學家知道每個人對於精確的定義不同。	☒	☐	☐

90541.好的科學理論能把觀察到的現象解釋得很好。但好的科學理論寧可是 簡潔 的，而不願是 繁複 的。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
(A)好的理論是簡潔的。最好的科學 用語 最好是簡單、簡短且直接的。	☐	☐	☒
(B)這取決於你想要做 多深入 的解釋而定。一個好的理論，可以用簡潔的方式，也可以用複雜的方式來解釋事物。	☐	☒	☐
(C)視 理論 本身而定。有些好的理論是簡潔的，有些則是複雜的。	☒	☐	☐
(D)好的理論可以是複雜的，但使用前，必須要能夠將其 轉譯 成簡潔的語言。	☐	☒	☐
(E)理論通常是 複雜 的。如果與許多細節有關，很多事物就不能被簡化。	☐	☒	☐
(F)多數好的理論是 複雜 的。假如世界是較簡單的，那麼理論也會較簡潔。	☐	☐	☒

90611.科學家從事探究時，據說他們會遵循科學方法。基本上你對「科學方法」的定義為何？	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
(A)實驗的步驟或技巧；通常是由科學家將它記載在書或期刊上。	☐	☐	☒
(B)小心地記錄你的結果。	☐	☐	☒
(C)小心地控制實驗的變因，不要留下詮釋的空間。	☐	☐	☒
(D)有效率地獲得事實、理論，或假說。	☐	☐	☒
(E)試驗再試驗，用有效的方法證明某事物是真或假的。	☐	☐	☒
(F)提出一個理論，然後設計實驗來證明它。	☐	☐	☒
(G)質問、提出假設、收集資料與下結論。	☒	☐	☐
(H)一種具邏輯性、廣泛被接受的問題解決方法。	☒	☐	☐
(I)引導科學家們工作的一種態度。	☒	☐	☐
(J)考量科學家的實際作法，其實沒有所謂的科學方法。	☒	☐	☐

90621.能一步步遵循科學方法的就是最好的科學家。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
(A)科學方法確保有效、清晰、具邏輯性與正確的結果。因此，大多數的科學家會一步步遵循科學的方法。	☐	☐	☒
(B)根據我們在學校所學，科學方法對大多數的科學家應該都運作得很好。	☐	☐	☒
(C)雖然科學方法在許多場合中很有用，但它無法保證一定會獲得結果。因此，好的科學家 <u>也會使用</u> 創見及創意。	☒	☐	☐
(D)好的科學家會使用任何方法以獲得好結果（包括發揮想像力及創造力）。	☒	☐	☐
(E)許多科學的發現是意外得到的，並非堅守科學方法而來的。	☒	☐	☐

90641.科學家會將他們的研究成果發表在科學期刊上。當科學家為期刊撰寫論文時，他們會用非常具有邏輯性的方式來組織他們的報告。然而，事實上科學家 <u>進行</u> 研究的方式並非那麼具有邏輯。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
撰寫論文比實際做研究時更講究邏輯：			
(A)因為科學家在思考與研究時不一定遵循既定的計畫。所以，如果你閱讀他們實際的思考和步驟的順序時，很容易產生困惑。因此，科學家會以合乎邏輯的方式撰寫論文，以便其他的科學家能夠瞭解他們的結果。	☒	☐	☐
(B)因為科學假設來自個人的觀點或猜測，所以它不具邏輯。因此科學家會以合乎邏輯的方式撰寫論文，以便其他的科學家能夠瞭解他們的結果。	☐	☒	☐
(C)科學家通常不願意洩露他們的「祕訣」，但他們希望告訴全世界他們的研究結果。所以科學家會以合乎邏輯的方式撰寫論文，但不會透露實際上是如何進行的。	☐	☒	☐
(D)視情況而定。有時候科學發現純屬偶然。但有時候發現是在合乎邏輯、有條理的方式下產生的，就像論文的撰寫方式。	☐	☒	☐
論文是以合乎邏輯的方式撰寫，以說明實際研究是如何進行的：			
(E)因為科學家是以合乎邏輯的方式進行研究；否則，它對科學或科技是沒有 <u>助益</u> 的。	☐	☐	☒
(F)因為科學家是以合乎邏輯的方式進行研究，所以他們能夠比較容易地以合乎邏輯的方式來撰寫發表的報告。	☐	☐	☒
(G)論文不一定需要以合乎邏輯的方式來撰寫。論文撰寫的是研究進行的方式。它可能複雜難懂，也可能直接明瞭。	☐	☐	☒

90651.科學家在工作不應該犯錯，因為這些錯誤會減緩科學的進展。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
(A)錯誤會減緩科學的進展。資訊的誤導可能導致錯誤的結論。如果科學家不立即改正他們的錯誤結果，科學將不會有所進展。	☐	☐	☒
(B)錯誤會減緩科學的進展。藉著改進精確度，新的技術及設備會使錯誤降低，如此科學將會更快速地進展。	☐	☒	☐
錯誤是無法避免的：			
(C)所以科學家藉著檢驗彼此的結果以降低錯誤，直到達成共識為止。	☒	☐	☐
(D)有些錯誤可能減緩科學的進展，但有些錯誤可能導致新的發現或突破。如果科學家能從他們的錯誤中學習，並改正錯誤，科學將會有所進展。	☒	☐	☐
(E)錯誤經常有助於科學的進展。科學是藉著偵測和導正過去的錯誤而有所進展的。	☒	☐	☐

90711.即使依據精確的知識做預測，科學家及工程師也只能告訴我們 <u>可能</u> 會發生什麼事。他們無法肯定地告訴我們一定會發生什麼事。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
預測永遠無法肯定：			
(A)因為總會有錯誤和無法預見的事件發生，使結果受到影響。沒有人能肯定地預測未來。	☒	☐	☐
(B)因為精確的知識會因新的發現而改變，因此所做的預測總是有可能改變的。	☒	☐	☐
(C)因為預測並非事實的描述。它只是受過訓練的猜測。	☐	☒	☐
(D)因科學家不可能擁有全部的事實。總會遺漏一些資料。	☐	☒	☐
(E)視情況而定。只要擁有精確的知識和充足的資訊，就可以有肯定的預測。	☐	☐	☒

90721.即使當人們在科學及工程學中，精確地使用數學，他們只能預測 <u>可能</u> 會發生什麼事。他們無法得到百分之百確定的結論。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
預測永遠無法百分之百確定：			
(A)因為總是有人為及測量的誤差存在。	☒	☐	☐
(B)因為總是會有未知或無法預見的事件影響結果。	☒	☐	☐
(C)用數學所做的預測通常是百分之百確定的，因為它們依據的是試驗過的結果。	☐	☐	☒
(D)用數學所做的預測總是百分之百確定的，因為數學本身是確定的。	☐	☐	☒

90811.假如科學家發現從事與石棉相關工作的人，罹患肺癌的機率是一般人的兩倍，這必定意謂石棉會導致肺癌。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
(A)這項事實很明顯地證實石棉會導致肺癌。如果石棉工人有比較高的機會罹患肺癌，那麼石棉就是導致肺癌的因素。	☐	☐	☒
這項事實並不一定意謂石棉會導致肺癌：			
(B)因為我們需要做更多的研究，以查出究竟是石棉或是其他物質導致肺癌。	☒	☐	☐
(C)因為石棉可能結合其他事物一起作用，或者可能間接產生作用(如：減弱你對其他可能引發肺癌事物的抵抗力)。	☒	☐	☐
(D)因為如果石棉真的會導致肺癌，那麼所有的石棉工人都已經得到肺癌了。	☐	☐	☒
(E)石棉不可能是導致肺癌的原因，因為很多不與石棉一起工作的人也得到肺癌。	☐	☐	☒

91011.假設一個金礦的礦工「發現」了黃金，而一個藝術家「發明」了一個雕塑品。依此而言，有些人認為科學家「發現」了科學 <u>定律</u> 。有些人則認為科學家「發明」了科學 <u>定律</u> 。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
科學家「發現」科學定律：			
(A)因為定律就存在於大自然中，而科學家要做的只去發現它而已。	☐	☐	☒
(B)因為定律的依據是實驗所得的 <u>事實</u> 。	☐	☐	☒
(C)但是科學家發明了尋找那些定律的 <u>方法</u> 。	☐	☐	☒
(D)有些科學家可能偶然間意外地碰見一個定律，因此發現了它。但是其他科學家可能從已知的事實中發明了定律。	☐	☒	☐
(E)科學家發明了定律，因為科學家會詮釋他們所發現的實驗事實。大自然是如何運作的並不是科學家發明的，但是他們的確發明了描述大自然是如何運作的定律。	☒	☐	☐

91012.假設一個金礦的礦工「發現」了黃金，而一個藝術家「發明」了一個雕塑品。依此而言，有些人認為科學家「發現」了科學 <u>假設</u> ，有些人則認為科學家「發明」了科學 <u>假設</u> 。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
科學家「發現」了科學假設：			
(A)因為這些構想一直都在那裡，等著被發現。	☐	☐	☒
(B)因為假設的依據是實驗所得的 <u>事實</u> 。	☐	☐	☒
(C)但是科學家發明了尋找那些假設的 <u>方法</u> 。	☐	☐	☒
(D)有些科學家可能偶然間遇見一個假設，因此發現了它。但是其他科學家可能從已知的事實中發明了假設。	☐	☒	☐
科學家「發明」科學假設：			
(E)因為假設是科學家對於他們已發現的實驗 <u>事實</u> 的一個詮釋。	☒	☐	☐
(F)因為發明（假設）來自心智——我們創造了它們。	☒	☐	☐

91013.假設一個金礦的礦工「發現」了黃金，而一個藝術家「發明」了一個雕塑品。依此而言，有些人認為科學家「發現」了科學 <u>理論</u> （或 <u>學說</u> ）。有些人則認為科學家「發明」了科學 <u>理論</u> （或 <u>學說</u> ）。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
科學家「發現」科學理論： (A)因為這些構想一直都在那裡，等著被發現。 (B)因為理論的依據是實驗所得的事實。 (C)但是科學家發明了尋找那些理論的方法。 (D)有些科學家可能偶然間遇見一個理論，因此發現了它。但是其他科學家可能從已知的事實中發明了理論。	☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☒ ☒	☒ ☒ ☐ ☐
科學家「發明」科學理論： (E)因為理論是科學家對於他們已發現的實驗 事實 的一個詮釋。 (F)因為發明（理論）來自心智——我們創造了它們。	 	 	
91111.不同領域的科學家會從截然不同的觀點看待相同的事情（如： H^+ 讓化學家想到酸，讓物理學家想到質子）。這使得不同領域的科學家難以互相瞭解彼此的研究。 基本上，你的看法是：	理 性 I	混 合 M	質 樸 N
不同領域的科學家 難 以互相瞭解： (A)因為科學的構想與科學家的 觀點 或科學家以往的經驗有關。 (B)因為科學家必須努力去瞭解其他和自己有重疊之領域的語言。 不同領域的科學家要互相瞭解是相當 容易 的： (C)因為科學家是聰明的，所以他們能夠找到學習另一個領域的語言及觀點的方法。 (D)因為他們很可能已經同時研究過各式各樣的領域。 (E)因為科學的構想在不同領域之間會互相重疊。事實就是事實，無論科學領域為何。	 <		