國 立 交 通 大 學

教育研究所

碩士論文

運用數位論證模式提升學生論證與 PISA 科學能力之研究

Promote students' argumentation ability and PISA scientific competencies through the use of digital scientific argumentation

指導教授：佘曉清博士

研究生：楊文宗

中 華 民 國 一 百 零 二 年 九 月

運用數位論證模式提升學生論證與 PISA 科學能力之研究

Promote students' argumentation ability and PISA scientific competencies through the use of digital scientific argumentation

研究生：楊文宗　　Student：Wen-Tsung Yang

指導教授：佘曉清　　Advisor：Hsiao-Ching She, Ph.D

國 立 交 通 大 學

教育研究所

碩士論文

A Thesis
Submitted to Institute of Education
College of Humanities and Social Science
National Chiao Tung University
for the Degree of
Master
in
Education
September 2012
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 一百零一 年 九 月

運用數位論證模式提升學生論證與 PISA 科學能力之研究

研究生：楊文宗　　指導教授：佘曉清 博士

國立交通大學教育研究所碩士班

摘 要

本研究結合數位論證學習的網路環境，針對國中二年級自然與生活科技的理化課程內容，設計小組論證教學模式與個人論證教學模式學習形成科學議題課程，進行實驗比較，期望提升學生PISA科學能力。本研究針對之PISA科學能力包括形成科學議題、解釋科學現象與科學舉證能力。

研究實驗採用實驗研究法之準實驗設計，研究對象為常態分班的國中二年級學生四個班，其中兩個班個人論證為58人，兩個班小組論證60人。兩個組進行論證結合六個主題PISA科學能力的課程，個人論證以數位網路論證介面進行個人論證模式的PISA科學能力學習課程，小組論證以數位網路論證介面進行小組論證模式的PISA科學能力學習課程，比較兩組在理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗和理化主題相依論證能力測驗三個測驗之前測、後測的差異，同時針對兩組的學習歷程進行分析，深入了解學生PISA之科學能力成長比較。

結果顯示，不同數位論證教學模式均能提升學生科學概念的建構和PISA科學能力，但兩組在科學概念建構與科學能力上並未達顯著差異。而理化主題相依論證能力測驗上，不論哪一種數位論證教學模式均能提升學生的論證能力，兩種教學模式在學生科學論證的能力達顯著差異，個人論證教學模式較小組論證教學模式佳。在迴歸分析中發現理化主題相依二階概念後測成績對理化主題相依科學能力後測成績最具解釋力，其次是理化主題相依科學論證後測成績。

其次在數位論證學習歷程方面，顯示科學能力總分上，兩種數位論證的教學模式隨著單元的學習有顯著進步的趨勢，即兩種教學模式對於學生科學能力的學習成效相當，但兩種教學未達顯著。在科學論證總次數上，兩種數位論證教學模式在各單元學習課程中Level 1(概念正確且論證要素部分完整)與Level 2(概念

正確且論證要素是完整)的論證總次數表現上的確有差異，個人論證總次數表現比小組論證好。同時在Level 2論證次數的表現上有顯著差異也受教學模式影響。在論證歷程中論證各要素宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)，兩組在Level 2論證次數的表現上有顯著差異也受教學模式影響，即個人論證比小組論證表現佳。

本研究顯示，不同數位論證教學模式可提升中學生PISA科學能力，包括形成科學議題、解釋科學現象與科學舉證能力，同時可提升科學概念的建構與論證之能力，同時發現個人論證在論證能力上的提升不論在品質與次數上均顯著優於小組論證。

關鍵字：PISA 科學能力、科學論證、網路化學習

Promote students' argumentation ability and PISA scientific competencies through the use of digital scientific argumentation

Student：Wen-Tsung Yang Advisor：Hsiao-Ching She, Ph.D

National Chiao Tung University, Institute of Education

Abstract

This study aims to to examine the difference in effectiveness between two digital scientific argumentation programs – one with an group argumentation component and one with an self-argumentation component – on 8th students' physical science argumentation ability and PISA scientific competencies. A quasi-experimental design was used in this study. Two classes of 8th grade students received the on-line group argumentation learning program involving physical science concepts, and the other two classes of 8th grade students received the same on-line self-argumentation learning program, for six weeks. All 118 students were administered the physical science concepts test, physical science concept dependent formulating scientific issue test, and physical science dependent argumentation test before and one week after learning. In addition, both group students' on-line argumentation, formulating scientific issue process was collected. Results showed that the students of both groups made progress from pre- to post-test on their physical science concepts, physical science concept dependent formulating scientific issue test, and physical science dependent argumentation test. Only the physical science dependent argumentation test shows the significant difference between two on-line argumentation groups. The self-argumentation group significantly outperform than to the group-argumentation group on their argumentation ability. Regression results indicated that hold of physical scientific conceptions is the best predicator for students' ability of PISA scientific competencies, followed by argumentation ability. The quantity and quality of on-line physical scientific arguments that students generated in a series of argumentation questions improved across the six topics, and the self-argumentation group's students outperform than to the group-argumentation students. The qualitative results of on-line PISA scientific competencies were equally perform for both groups. This clearly demonstrates that students' argumentation ability and PISA scientific competencies were both facilitated through receiving either self or group on-line Synchronous Argumentation physical science learning program. More important, the student's argumentation ability significantly performs better while self-digital argumentation was used, regardless of the quantitative or qualitative data.

Keywords: PISA scientific competencies, scientific proof, network learning

誌謝

學習是最大的動力來源，透過學習才能讓自己不斷的成長精進，在教學生涯三十年之際重新回到學校教育研究所進修，主要是自己在教學過程中不斷問自己：「如何教才是對學生最好的教學方式？」、「這樣教學方式學生能吸收嗎？」、「這是有意義的教學嗎？」。雖然自己在教學上不斷自我創新，相同課程內容嘗試不同的教學策略，仍無法因應時代快速的變遷下學生學習型態的改變，因此鼓起勇氣再度進入學校，重回教室當起學生，這三年來在交大研究所的學習生涯，讓我的教學經驗以更有學理基礎進行整理，對各種教育哲學有更深入的體會，大大提升的我的教師專業。

完成這本碩士論文，首先要感謝我的指導教授佘曉清老師，佘老師在學術領域上不斷嘗試新的思維，結合了網際網路、現代科技不斷的求新求變，真是令人佩服。由於協助交通大學與國科會合作的推行新竹市國中生奧林匹亞趣味科學競賽，於民國八十八年開始和佘教授共同合作，期間已在新竹市推行十年有成，目前將擴及到新竹市國小生奧林匹亞趣味科學競賽，藉由在趣味中玩科學、玩科學中體會科學，讓科學向下紮根向上發展，將來學生長大後在生活領域中能不斷的應用科學的觀點看世界，能以不同的觀點面對人生的挑戰，遇到問題能主動研究進而解決問題，培養有自信、有主見的現代國民。在近十多年的共事過程，期間也參與許多課程的研發與創新，透過許多經驗教師與佘教授的腦力激盪，這些年也讓我自己精進不少。

在課程設計上，感謝劉惠如老師提供豐富教學經驗給與建議，也非常感謝交通大學教育所王嘉瑜教授在課程設計上的指導，吳俊育助理教授在量化統計研究的協助。在論文計畫口試中，感謝佘教授與邱國力助理教授的指正與建議；在最後的口試中，感謝段曉林教授與邱國力助理教授細心審閱，並提供寶貴意見，讓論文能盡善盡美。同時也要感謝在交通大學教育所的同學們，互相鼓勵、互相學習，將來在教育的領域上奉獻所長，努力培育我們的

下一代。

在施測過程中，感謝胡進忠老師、歐陽翠鳳老師、聶宛妤老師和吳春慧老師的協助，各項紙筆測驗與網路學習得以順利完成，另外也要感謝王宏全老師與黃賜宏老師在學生進行網路學習時電腦技術上的協助，才能如期完成各項網路學習課程。最後最要感謝的是聖杰、佩樺、思瑋在電腦程式設計、資料收集與事務上的協助，才能順利進行資料收集與分析。然而我學校工作的夥伴和我的家人也是幕後協助的功臣，讓我到交通大學上課時無後顧之憂，在此一併感謝。

在交通大學研究所學習時間並非三年，碩士論文的結束並非終點，而是另一個教育的起點，期望在教育的領域上貢獻所長，培育學生對科學更有興趣，讓每位學生體會「生活有如科學、科學有如生活」。

文宗　謹誌

民國一0一年九月

目錄

中文摘要……. i

英文摘要……. iii

誌　　謝……. v

目　　錄……. vii

表 目 錄……. ix

圖 目 錄……. xi

第一章　緒論……. 1

第一節　研究背景和研究動機……. . 1

第二節　研究目的 ……. 2

第三節　研究問題 ……. 4

第四節　名詞釋義 ……. 5

第五節　研究範圍與限制 ……. 6

第二章　文獻探討……. 7

第一節 PISA 科學能力 ……. . 7

第二節 科學論證……. 12

第三節 網路科學學習 ……. . 26

第四節 小結……. 30

第三章　研究方法 ……. 33

第一節　研究對象……. . 33

第二節　研究設計……. . 34

第三節　研究流程……. . 35

第四節　研究工具……. . 38

第五節　課程設計 …….46
第六節　資料收集與分析 …….47
第四章　研究結果與討論 …….51
第一節　各項測驗的分析……..51
第二節　網路學習歷程之科學能力與論證能力
分析……..56
第五章　結論與建議 …….71
第一節　結論與討論……..71
第二節　建議……..74
參考文獻
中文部分……..79
英文部分……..81
附錄
附錄一 理化主題相依概念測驗單一選擇題版本
…….89
附錄二 理化主題相依科學能力測驗 …….93
附錄三 理化主題相依論證能力測驗 …….97
附錄四 論證模式融入科學能力課程設計 …….99
附錄五 科學能力與論證品質記錄分級標準…….105
附錄六 數位網路論證學習歷程…….107

表　目　錄

表 3-3-1 個人論證與小組論證理化主題相依概念前測成績、理化主題相依科學能力前測成績、三次段考班級平均成績統計分析……36

表 4-1-1 主題相依理化二階概念測驗之敘述性統計分析與 t 檢定……51

表 4-1-2 理化主題相依二階概念測驗之共變數分析……52

表 4-1-3 主題相依科學能力測驗之敘述性統計分析與 t 檢定……53

表 4-1-4 理化主題相依科學能力測驗之共變數分析……53

表 4-1-5 理化主題相依科學論證能力測驗之敘述性統計分析與 t 檢定……54

表 4-1-6 理化主題相依科學論證能力測驗之共變數分析……55

表 4-1-7 理化概念、形成科學議題、論證相關表……55

表 4-1-8 理化主題相依科學能力後測成績逐步回歸分析摘要表……56

表 4-2-1 不同的教學模式下不同主題單元(T)PISA科學能力總分之重複量數分析……57

表 4-2-10 不同的教學模式下各單元(T)Level1與Level2之總次數之重複量數統計表……60

表 4-2-11 不同的教學模式下各單元(T)論證Level 1 次數之重複量數統計表……61

表 4-2-12 不同的教學模式下各單元(T)論證Level 2 次數之重複量數統計表……62

圖　目　錄

圖 2-1-1 PISA 科學能力 ……9

圖 2-1-2 PISA 2006 科學評量理論架構 ……9

圖 2-1-3 PISA 2006 科學能力素養(science competencies)向度 ……10

圖 2-1-4 PISA 2006 學生科學態度 (attitudes)素養向度……11

圖 2-2-1 Toulmin 的論證分析架構(Toulmin,1958：2003) ……12

圖 2-2-2 黃翎斐、張文華和林陳涌（2008）論證品質評鑑表 ……25

圖2-2-3 Yeh & She,Che & She (2010)論證品質的評鑑架構……26

圖3-1-1 教學模式與人數整理……33

圖 3-2-1 研究設計架構圖 ……34

圖 3-3-2 研究流程圖 ……37

圖 3-4-1 學習網站登入畫面 ……38

圖 3-4-2 學習網站會員登入畫面 ……39

圖 3-4-3 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路課程學習畫面……39

圖 3-4-4 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路科學資訊畫面……40

圖 3-4-5 數位論證融入 PISA 科學能力學習課程畫面 ……40

圖 3-4-6 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路形成科學議題畫面……40

圖 3-4-7 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路形成假設畫面……41

圖 3-4-8 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路操縱與應變變因畫面……41

圖 3-4-9 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路科學論證畫面……42

圖 3-4-10 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路形成結論(科學解釋)畫面…42

圖 3-4-11 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路論證問題畫面……42

圖 3-4-12 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路影片畫面……43

圖 3-4-13 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路知識補給站畫面……43

圖 3-4-14 六個單元主題相關之科學概念……44
圖 4-2-2 形成科學議題在各單元部分、正確完全正確次數平均值分布統計…58
圖 4-2-3 形成假設在各單元部分正確、完全正確次數平均值分布統計……58
圖 4-2-4 提出變因在各單元部分正確、完全正確次數平均值分布統計……59
圖 4-2-5 科學解釋在各單元部分正確、完全正確次數平均值分布統計……59
圖 4-2-13 兩種數位論證在宣稱(C)Level1 與 Level2 在各單元的次數平均值圖形……63
圖 4-2-14 兩種數位論證在依據(W)Level1 與 Level2 在各單元的次數平均值圖形……65
圖 4-2-15 兩種數位論證在支持(B)Level1 與 Level2 在各單元的次數平均值圖形……66
圖 4-2-16 兩種數位論證在反駁(R)Level1 與 Level2 在各單元的次數平均值圖形……68

第一章 緒論

本章共分五節，內容包括研究背景和動機、研究目的、研究問題與假說、名詞解釋、研究範圍與限制五個小節進行闡述。

第一節　研究背景與動機

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 經濟合作暨發展組織，自1997年起籌劃PISA (the Programme for International Student Assessment) 學生能力國際評量計劃，於2000年開始每三年舉辦一次評鑑十五歲學生在閱讀、數學及科學三方面的素養，這三種素養不僅是學校課程的核心，也是社會所需具備的重要知能。PISA 2006 是 OECD 第一次以科學為主的評量，評量強調學生之三項科學能力：形成科學議題（identify scientific issues）、解釋科學現象（explain phenomena scientifically）以及科學舉證（use scientific evidence）。我國於2006年首次加入評比，在57個參與的國家之中，台灣數學名列第一、科學第四、閱讀第十六 (PISA 2006)。PISA 2009年共有六十五國或地區參與，台灣學生整體表現數學第五、科學第十二、閱讀第廿三 (PISA, 2009)，我國學生的科學素養(Scientific literacy)表現以水準3的學生最多，水準5以上的學生比例為8.8%，略高於OECD平均(8.5%)，但與2006年14.6%相比降低6%，而學生在形成科學議題的能力方面卻是全世界第十七名，是科學能力中最弱的一環，因此要如何提升學生科學素養的能力，是科學教育研究領域上重要的課題。然而近幾年來對如何提升學生PISA科學能力研究甚少，僅少數研究顯示鷹架式的網路形成科學議題可以增進國小學生形成科學議題的能力(陳梅香, 2011)，以及直接鷹架式比問答鷹架式之形成科學議題網路課程對國中形成科學議題能力上有較佳的表現(翁曉嵐, 2011)。

建構主義發展至今，強調學生在學習過程中，扮演了主動學習，積極建構其有意義的知識。因此學生帶著原有的知識不斷學習，用問題(questions)做為某一

主題的開始，刺激學生並引導出學生的想法，使其概念改變或重建。Duscchl 與 Osborne (2002)指出近十年來教育環境仍以教師為教學中心，而非學習主體的學生為中心。現今學校中的科學仍有許多以實證主義的觀點來描述，學生常會以為「科學知識是絕對正確」、「用來驗證理論的證據沒有任何爭議性與歧異性」(Driver, Newton & Osborne, 2000)。科學知識必須經過論證(argumentation)的過程形成，科學理論是經由科學家的討論而被接受認可，然而科學理論也常會因異例(anomaly)的出現而產生危機(crisis)，藉由新的資料與訊息而促成典範(paradigm)的變遷，這就是 Kuhn 所說的「科學革命」的歷程，而這也就是論證的歷程。許多研究顯示論證有助於科學學習，可以幫助概念理解(Duschl & Osborne, 2002；Osborne, 2006)、發展科學探究能力(Driver, et al., 2000)、促進批判思考與科學思考能力的發展(Kuhn, 1992)，而網路化論證可以提昇國中學生論證能力與化學反應概念改變(Yeh & She, 2010)，數位論證學習課程能提升中學生的科學概念建構與論證品質(Chen & She, 2012)。

基於此背景下，培養學生PISA科學能力甚為重要，因此本研究以國二理化課程，發展出結合論證與PISA科學能力課程來影響學生PISA科學能力。由於科學課程的概念為學生已學過的科學概念，期望學生必須以已學過的相關科學概念為基礎，藉由論證結合PISA科學能力之學習課程，由所提供的科學資訊形成「科學議題」，再依「科學議題」提出「假設」，由「假設」提出「變因」，透過不同論證模式的網路教學法，提升學生PISA科學能力與論證能力。

第二節 研究目的

PISA 中科學主要概念包含了物理、化學、生物、科學及地球與太空科學等，受測學生被要求須解釋及預測科學現象、提供假設、使用科學證據並瞭解科學調查，科學領域擴及生命與健康科學、地球與環境科學及科技科學(PISA, 2006)。而一般學校的科學所強調的是「成就測驗」，比較著重科學概念的了解與知識的獲得，較少注意到「科學舉證」、「解釋科學現象」、「形成科學性議題」等科學能力的培養。尤其是「形成科學性議題」的能力，更因升學制度而使這項能力

更加缺乏。PISA 2006 與 PISA 2009 台灣學生在「科學素養」的表現由第四名滑落至至十二名。PISA 2006 形成科學議題的能力在全世界排名第十七名，解釋科學現象的能力在全世界排名第三名，科學舉證的能力在全世界排名第八名(OECD, 2006)。除了解釋科學現象的能力外，在另外二個科學能力的表現上，我國都落後香港、日本和韓國。PISA 2009 資料顯示學生在科學素養平均表現（mean performance in science）佔全世界的第十二名，但科學素養在水準 4、5、6 的人數卻有下滑的趨勢。

台灣九年一貫課程綱要以「培養具有科學素養的公民」為努力方向，因此訂定自然與生活科技的學習領域之目標包含(教育部，2000)：培養獨立思考、解決問題的能力、並激發開展潛能，綱要中強調探究科學的興趣與熱忱、主動學習、探究方法、與人溝通表達、獨立思考、解決問題的能力。然而在課堂中的學習仍以注重知識傳輸的單向學習，學生沒有自行探究的能力(Newton, Driver & Osborne, 1999)。建構主義認為學生是帶著已有的概念去學習，科學的學習其實是一種個人理論與模式的建構與重建(熊昭弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯，1996)，因此一個良好的活動應該幫助學生連結新舊概念與體認舊概念的不足，進而主動建構與重建。由於科技不斷的引入教育，對於教學的型態、學習者的角色、學習的方式與學習內容均產生莫大的影響。Quintana (1996)認為新科技應用在教育上會使學習模式產生重大的改變，She 的一系列研究顯示數位學習有促進學生微觀概念與科學概念的建構、推理能力的增加與概念改變(She & Fisher, 2002；She, 2008, 2010 ；Liao & She, 2009)。因此利用網路的特性結合論證來輔助學習，除了可以提升學生的論證能力與品質之外，也有助於概念的學習及批判思考的增進(蔡俊彥、楊錦潭、黃台珠，2006)、學科成績與學習動機(鄭憲聰、陳錦章，2010)，可以幫助學生克服迷思概念與可以提高學生的反駁能力及思考層次(洪瑟貞、陳錦章，2009)、概念改變與論證能力的提升(Yeh & She, 2010；Chen & She, 2012)。

因此本研究的目的是企圖藉由個人或小組論證教學的模式，運用「數位論證學習網」提升中學生 PISA 科學能力與論證能力，本研究的目的有四：

1. 探討不同數位論證教學模式對中學生科學概念建構的影響。
2. 探討不同數位論證教學模式對中學生之 PISA 科學能力的影響。
3. 探討不同數位論證教學模式對中學生論證能力的影響。
4. 探討不同數位論證教學模式之學習歷程，學生之 PISA 科學能力與論證能力的本質與品質有何差異。

第三節 研究問題

在網路學習環境下，探討小組論證模式介入形成科學議題教學法與個人論證模式介入形成科學議題教學法，在主題相依的學習活動中，對學生 PISA 科學能力在論證前後的提升進行探討。並進一步觀察學生在學習過程中，對國中理化的科學概念建構與對科學現象解釋的情形。基於本研究的目的，待答的問題如下：

1. 不同數位論證教學模式的學生對中學生科學概念的建構有何差異？
   1-1 兩組數位論證教學模式可以提升中學生在科學概念的建構。
   1-2 不同數位論證教學模式對學生理化主題相依二階概念測驗(後測)達顯著差異。
2. 不同數位論證教學模式對中學生理化主題相依科學能力的影響如何？
   2-1 兩組數位論證教學模式可以促進中學生理化主題相依科學能力。
   2-2 不同數位論證教學模式對學生理化主題相依科學能力(後測)達顯著差異。
3. 不同數位論證教學模式對中學生主題相依科學論證能力的影響如何？
   3-1 兩組數位論證教學模式能提升中學生科學論證的能力。
   3-2 不同數位論證教學模式對學生主題相依論證能力(後測)達顯著差異。

4. 不同數位論證教學模式在「數位論證學習網」學習歷程中對中學生 PISA 科學能力與論證的本質與品質有何差異？

4-1 兩組「數位論證學習網」學習歷程可以提升中學生的論證本質與品質。

4-2 兩組「數位論證學習網」學習歷程可以提升中學生科學能力品質，包括形成科學議題、假設、變因及科學解釋能力。

第四節 名詞解釋

1. PISA 科學能力

OECD (2006)定義之科學能力為運用科學知識、區別問題及提出有證據的結論以便理解自然界及幫助人類抉擇使自然界轉變的行為。PISA 2006 科學能力包括形成科學議題，解釋科學現象與科學舉證等能力。本研究進一步分形成科學議題、形成假設、提出所設計實驗的操縱變因與應變變因，運用科學舉證進行科學現象解釋與分析等能力。

2. 論證(Argumentation)

論證的主要辯護方式是列舉相關證據，並藉由推理的過程將主張與證據連接起來。Toulmin(1958)提出論證理論架構，論證的要素包括事實(Data)、宣稱(Claim)、依據(Warrant)、支持(Backing)、反駁(Rebuttal)，主張者根據事實(D)提出宣稱(C)，根據依據(W)為宣稱(C)辯護，並提出支持(B)來支持依據(W)與宣稱(C)；他人提出反駁(R)時，主張者受到挑戰後再提出新的宣稱(C)，經由來回的辯護產生一致性的結論。本研究針對下列四項論證要素進行深入研究：

(一) 宣稱(Claim) ~ 根據事實提出一些結論、宣稱。

(二) 依據(Warrant) ~ 用來連接事實與宣稱、結論的理由

(三) 支持(Backing) ~ 支持依據的基本假設，提出實驗證據或生活經驗去證明其假設是否正確加以辯護。

(四) 反駁(Rebuttal) ~ 提出反駁來指出宣稱的不正確性。

3. 數位論證學習網

建置於「科學論證數位學習研究(Research of On-Line Scientific Argumentation)」的伺服器下，根據論證理論與 PISA 科學能力為基礎，設計一系列的論證學習內容。

第五節 研究範圍與限制

1. 本研究的研究對象是新竹市某國中二年級學生，因為採用便利取樣的方式，若要將結果推論到全國國中生身上應多加考量。
2. 本研究所使用的教材內容是以康軒版、南一版、翰林版國二上學期自然與生活科技教材做主題相依的課程設計，並未依照教學進度與內容逐步實施，因此結果推論於其他單元需多加考量。
3. 本研究探討的是國中生以不同論證模式進行論證結合 PISA 科學能力之理化課程學習成效，並包含形假設、操縱變因、控制變因以及科學解釋。所以要將此教學套用至其他科學能力需再多加斟酌。

第二章 文獻探討

本研究主要探討運用不同數位網路論證模式對學生之科學論證與 PISA 科學能力研究，文獻探討共分三節，分別為 PISA 科學能力、科學論證、網路科學學習等進行探討，最後進行小結。

第一節 PISA 科學能力

一、PISA 測驗

Millar 和 Osborne (1998)定義現代科學課程為「閱讀、融合科學和技術資訊之能力」。Bybee (1997)認為科學能力有四個層次：最低的兩個層次為「名義上的科學能力」、「功能能力」、第三個層次為「概念和過程的科學能力」、最高層次為「多重領域的科學能力」。OECD/PISA 所提出的科學能力與 Bybee 所提出的第三層次較類似。OECD (1999)乃是以「證據為基礎」的陳述，此為科學能力之基礎，藉以瞭解測驗觀和理論之合理性。因此，OECD (2000)將科學能力定義為「此能力包含使用科學知識、定義問題和陳述以證據為基礎的結論，可用來理解和幫助關於自然世界的決定和透過人類活動而能創造改變」。換言之，OECD/PISA 強調科學能力的培養，講究進行科學能力培養需具有「科學證據」的素養；科學過程意指世界科學觀念的描繪和更進一步使用科學理解之成果。理解科學過程需包含確認調查問題的科學性、在科學調查中界定證據需要、描述或評量結果、溝通有效之結果、展現科學概念的理解。

新知識與技能對一個人是否能成功適應一個具有挑戰的世界是非常需要的，因此學生應具有分析與推理的能力、有效和別人溝通的能力、理解資訊並將資訊統整與評鑑的能力、自我省思的能力來面對真實世界的挑戰。國際合作發展組織(OECD)所舉辦的國際性評量計畫(PISA)主旨就是評量十五歲的學生能否使用習得知識與技能，面對真實世界的挑戰而非僅是學校課程的精熟程度，並且提供跨國際的比較以及各國教育效能的分析，並由此界定國民閱讀、數學和科學三個領域素養的內涵。由於 PISA 調查建立在終身學習的動態模式上，因此試題的設計

著重在應用及情境擬態，並不限於課程內容，受測學生須自行建構問題情境的答案。自 2000 年開始每三年一次國際評量，每次評量會詳細測試一個學科領域，大約佔全部施測時間的三分之二，其學科週期的排列如下：2000 年閱讀為主、科學和數學為輔；2003 年數學為主、閱讀和科學為輔；2006 年科學為主、閱讀和數學為輔；2009 年又回到閱讀主、科學和數學為輔；2012 年則是數學為主、閱讀和科學為輔，另加上測驗問題解決能力 (Problem Solving)。截至目前為止，PISA 已經完成四次調查；分別是以閱讀(2000 年，2009 年)，數學(2003 年)和科學(2006 年)為主軸，每一次的結果報告均能為參與國揭露以下的訊息：(A)提供各國學生教育體質的基準概況；(B)由背景變項中窺探，當次所調查的技能與人口學、社會經濟、教育變項的解釋力；(C)趨勢探究以顯示調查結果的趨勢及結果與學生層級和學校層級背景變數的關連性。

PISA自2000年第一次施辦有43個國家、2003年有41個國家、2006年有56國，到2009年有68個國家以及2012預計有67個國家，逐次增加中。我國於2006年首次加入評比，在參與的國家之中台灣學生整體表現數學名列第一、科學第四、閱讀第十六(PISA 2006)，其中形成科學議題能力第七名、解釋科學現象能力第三名、科學論證能力第八名;2009年數學第五、科學第十二、閱讀第廿三 (PISA, 2009) ，其中形成科學議題能力第十七名。我國學生的科學素養(Scientific literacy)在2009表現與2006年相比卻降低許多，尤其是形成科學議題能力的素養是科學素養中最弱的一環。

二、PISA科學能力

PISA 2006 定義科學素養(scientific literacy)為當一個人(1)面臨科學相關議題時，能夠使用科學知識(scientific knowledge)去發現問題、形成新知識、解釋現象並得到有事實根據(evidence-based)的結論；(2)能夠明瞭科學是經由人類所探究而形成的知識；(3)能夠察覺科學和技學深深的影響我們週遭物質的(material)、智力的(intellectual)以及文化的(cultural)環境。其科學素養包含科學知識、科學能力

與科學態度三個面向，而科學能力主要包含：（1）能夠提出具有證據導向的結論並說明它的原因，也就是所謂的「科學舉證」(Use scientific evidences)能力；（2）在解決日常生活困擾的過程中能夠提出研究問題，然後透過科學探究的方式進行探究，也就是確認科學議題(Identify science issues)的能力；（3）能夠充分運用所了解的科學概念和知識，對自然界發生的現象加以解釋，也就是所謂的「解釋科學現象」(Explain phenomena scientifically)的能力。如圖2-1-1所示

圖 2-1-1 PISA科學能力

依據對科學素養的內涵，PISA 2006 科學評量理論架構包括了四個面向「科學情境」、「科學能力」、「科學知識」、「科學態度」，來發展科學評量的工作(tasks)和題目(questions) (OECD, 2006)，如下圖2-1-2所示：

科學情境	促使人類	**科學能力**	知識和態度影響能力	**科學知識**
與科學和科技相關的生活情境	→	•形成科學議題 •科學地解釋現象 •科學舉證	←	能夠瞭解科學內容知識、科學本質
				科學態度
				對於科學議題的回應(興趣、科學探究的支持、責任)

圖 2-1-2 PISA 2006 科學評量理論架構(Ratcliffe & Millar, 2009)

在科學情境(context)的部分，PISA 要評量學生是否適應未來的生活，因此這部分包括了廣泛的、與科技相關的生活情境(life situations)，如：「健康」、「自然資源」、「環境」、「災害」、「科學與科技的探索」，同時這些情境又包括

「個人的」、「社會的」和「全球的」三個項目(OECD, 2006)。

在科學能力(science competency) 能力方面，PISA 2006 的科學試題注重學生三種科學能力的表現，分別是確認科學議題(identify scientific issues)能力、解釋科學現象(explain phenomena scientifically)能力以及科學舉證(use scientific evidence)能力等三個項目。這三種科學能力在科學實踐中佔很高的重要性，以及可連接到關鍵的認知能力，例如歸納/演繹推理、系統思考、關鍵決策、轉換訊息、建構並溝通討論來解釋數據資料等(OECD, 2006)。如下圖 2-1-3 所示：

形成科學議題 (identify scientific issues)	● 透過科學化研究辨識可能的議題 ● 在科學訊息當中發現研究的關鍵 ● 在科學研究當中辨識主要特徵
解釋科學現象 (explain phenomena scientifically)	● 在主題情境當中應用科學知識 ● 科學地描述或解釋現象並預測改變 ● 給予恰當的描述、解釋與預測
科學舉證 (use scientific evidence)	● 佐以科學證據建立與延伸出討論 ● 發現在結論背後的假設、證據與論述 ● 將科學應用於社會與科技的發展

圖 2-1-3 PISA 2006 科學能力素養(science competencies)向度

在科學知識(knowledge)方面，分為科學內容知識(knowledge of science)與科學本質(knowledge about science)兩個項目。「科學內容知識」又主要由物理、化學、生物學、地球、太空學(Earth and space science)與技學等領域而來。「科學本質」包含科學的探究與科學的解釋，科學的探究強調探究是獲取科學證據的手段，科學的解釋則強調科學家如何使用數據解釋大自然的現象(Bybee, et al. 2009)。其科學探究包含如何回答科學問題、實驗設計、質與量資料分析、變因的關係與測量等向度。

在科學態度(attitudes)素養方面，包含了四個項目：(1)對科學探究的支持(support for scientific enquiry)、(2)對科學學習有信心(self-belief as science learner)、

(3)對科學學習有興趣(interest in science)、(4)自覺對環境與資源有責任感(responsibility towards resources and environments)(OECD, 2006)。如圖2-1-4所示：

對科學探究的支持 (support for scientific enquiry)	● 能瞭解同時考量數個科學面向與論述的重要 ● 使用事實資訊以及合理的解釋 ● 導出結論需具備邏輯與嚴謹的過程
對科學學習的自信 (self-belief as science learner)	● 有效率的處理科學任務 ● 在解決科學問題當中克服困難 ● 展現強的科學能力
對科學學習的興趣 (interest in science)	● 對於科學或科學相關議題有好奇心 ● 透過使用多樣的資源與方法展露出汲取課外科學知識與技術的意志 ● 展露出持續對於科學資訊擷取的興趣，包含未來有意從事與科學相關的職業
自覺對環境與資源有責任感 (responsibility towards resources and environments)	● 擁有環境維護的個人責任意識 ● 能認知環境總貌乃來自於個人的行動 ● 擁有意識採取行動來維護自然資源

圖 2-1-4 PISA 2006 學生科學態度 (attitudes)素養向度

科學素養的評量，在學科部份包括物理、化學、生物及地球科學。試題類型可以分成三大類：（1）形成科學議題（Identify science issues）：要求學生從所提供的資訊之中，擬訂可以透過科學方法解決的研究問題並進行探究活動；（2）解釋科學現象（Explain phenomena scientifically）：針對日常生活中常見的現象，如石雕受酸雨侵蝕，解釋其發生的原因；（3）科學舉證（Use scientific evidences）：利用科學證據來支持本身的主張或論點。要求學生從所提供的資訊之中能形成議題，接著擬訂可以透過科學方法解決的研究問題，進一步能利用關鍵概念進行分析比較。

本研究結合論證與PISA科學能力設計出(1)提供學生形成科學性議題與探究，(2)提供學生對形成的科學性議題進行論證，(3)提供學生預設的科學性議題實驗影片，透過兩種不同論證模板的介入進行學習

第二節 科學論證

一、論證的內涵與重要性

以往的科學家都認為科學的知識是累積、是統一的，科學是講求證成、是邏輯的，科學是由觀察決定科學理論，科學名詞的意義是固定的。但是 Kuhn 認為不同的科學理論乃基於各自的理由所做出的選擇，而選擇卻不一定是基於理性的基礎，他認為科學理論是經由「革命」而來的，由常態科學(Normal science)的發展到異例(anomaly)的產生，因而出現危機造成科學革命(Scientific revolution)。科學革命發生在典範理論面對另一種選擇，以及個人科學家能夠向他人闡述新典範理論中所包含的問題與答案，而在這個科學理論知識形成的過程就是論證的歷程。Driver、Newton 與 Osborne (2000)指出：「對於科學事業的本質，現今的觀點是把論證和論證的實踐視為是科學家的核心活動」。Toulmin 於『The uses of argument』一書中提出：「論證就像是個生物體」的想法，意指論證是由多個不同的元素所組成的，就好像生物體是由多個器官組成，缺一不可 (Toulmin, 1958)。論證既然是科學家的核心活動，那麼在科學教育活動中，應當要反映出科學本質與科學素養。因此，在學校的科學教學與學習活動中，也應當提供許多機會讓學生練習論證，主要理由是論證的基本哲學理論是為「社會建構」。

Toulmin 所發展的論點模式是最常被用來分析學生論證的組成和說明組成論證的必要因素為何，並清楚劃定每個論證要素的意義，Tounlmin 認為一個完整的論證是由事實推論產生宣稱，他也明確定義出論證的各個組成因子及各因子間的關係：

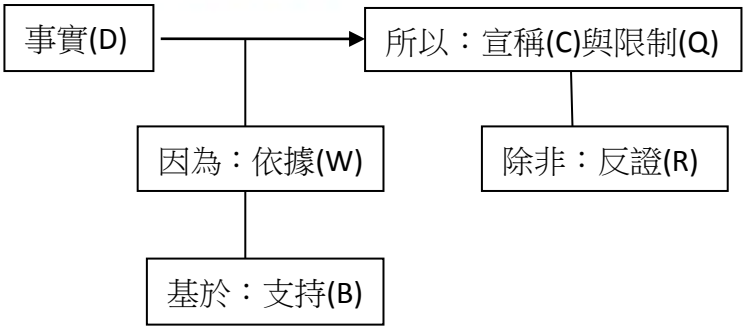


圖 2-2-1 Toulmin 的論證分析架構(Toulmin,1958：2003)

事實(Data)：描述事實與現象，可明確展現出宣稱的基礎，並支持、擁護宣稱。

宣稱(Claim)：由事實產生一些結論、宣稱，進行論證的人試圖建立其價值或說服他人接受。

依據(Warrant)：連接事實、宣稱、結論的理由，作為由事實推論至宣稱的步驟中驗證的其中一步，可能是規則、原理或是推論的依據。

支持(Backing)：提出實驗證據去證明其假設是正確的，並為其假設加以辯護，證明理由是正當的。

限制(Qualifiers)：宣稱成立的限制，指出宣稱適用在何種情況，做為限制主張之用。

反駁(Rebuttal)：提出反駁指出宣稱的不正確性，或在一些特殊的情況下，宣稱並不成立。

Osborne等人(2001)依Toulmin對論證的架構為基礎，提出進行論證需有宣稱(claim)，在宣稱的背後需有事實做為根基，而宣稱通常依證據(evidence)提出，證據至少由事實(data)和依據(warrant)兩者組成；依據可讓與宣稱相關的資料提供一批判的信念和支持，將事實到宣稱間的關聯連結。Kuhn (1991) 以三個社會議題訪問不同年齡層的受訪者，並由訪談中所呈現的論證能力加以歸納分類如下：(1)能提出具因果關係的理論(Causal theories)：受試者針對現象所提出的理論解釋，經常需擁有自己的主張和觀點，提出合乎邏輯的理論與他人討論所觀察的現象或待解釋的議題。若提出的理由屬於單一面向，並使用唯一的理由解釋所觀察的現象，這種類型稱為單一因果(Single cause)；若提出的理由來自不同的面向，並使用不同的理由解釋所觀察的現象，這種類型稱為多重因果(Multiple-cause theories)。(2)能提出可支持理論的證據(Evidence to support theories)：個體為自己的觀點和主張尋求他人認同時，通常會提出相關的證據來做為支持，而讓人接受的證據必需能正確地描述因果關係。(3)能以另有理論(Alternative theories)強化自身的理論：當面對質疑與查覺自身理論的缺失時，提出在原來的宣稱中曾經納入的考量或另

一理論解釋的可能性，在論辯過程中，會有多樣的理論同時提出，而且能解釋自身的理論以及為何選擇此理論而非另一理論的原因。(4)能產生用來反駁的論點(Counter arguments)：當自身的理論受質疑時，能產生一合理的反駁論點來為自己辯護，捍衛自己的觀點。(5)能對他人的反駁(Rebuttal)再行反駁：當他人提出反駁時，能依據對方提出的反駁再提出反駁的論點或另一理論進行論證。Osborne等人、Eduran等人 (2004)依上述Kuhn的論證能力觀點，將學生的論證能力分為五個層次：

層次一：論證內容中含有簡單的宣稱或對抗的宣稱。

層次二：論證中所提出的宣稱中含有事實、依據、支持，但沒有反駁。

層次三：論證中含有多個事實、依據、支持，並具有薄弱的反駁。

層次四：論證中具有明確的反駁。

層次五：屬於結構完整的論證，內容包括事實、依據、支持等，而且還有一個以上的反駁。

論證的活動在科學發展上佔有重要的地位，近代的科學哲學觀認為知識的建構是涉及對所觀察現象臆測的社會過程，知識的主張是植基於論證的過程，而論證的功能是建立科學家臆測與可得的證據之間的連結。因此，論證是科學知識建立的必要過程，科學知識必須被各種科學機構核對過才能成為公眾知識，而理性的論證過程是這些實踐的基礎（Newton et al., 1999）。Driver 等人便提出在科學知識建立的過程中，論證會在下列四個階段發生：(1)科學家在實驗設計或資料詮釋時，在自己的腦中進行思考論證；(2)小組進行意見交流時，會以論證說服其他成員接受自己的觀點；(3)科學家將研究結果發表在研討會或期刊上，必須透過論證來說服科學社群中的人接受；(4)當研究結果公佈成為公眾知識時，運用論證的技巧讓大眾接受新的科學知識(Driver et al., 2000)。由上述的論述可知，論證活動確實在科學知識的發展上佔有舉足輕重的地位。

由科學學習的角度來看論證，當學習了解與建構科學概念後，需要讓學生有

使用的機會，有練習發表、發問、回答的機會，透過科學論證的活動，學生也會對科學的認識論的基礎有所了解。根據建構理論的觀點，學習者主動建構的過程是很重要的，而討論與論證的活動對於發展學生對概念的理解是很適當的教學策略。因此，教育必須賦予學生對日常生活議題進行科學思考的能力，所以論證能力的培養是科學教育重要的面向之一（Newton et al., 1999）。在科學教育中具有國際性評量的PISA，其中一項是評量學生的科學素養重點能力之一，就是評量的重點是學生以科學證據來支持自己論點的能力。經濟合作暨發展組織(OECD)所主導的PISA中，將「舉證能力」納入科學素養的內涵中，表示科學論證能力的確是學生科學素養中重要的一項基本能力。Lawson認為應用論證在課室中應該能達成兩個教學的目標，其一是若給予學生充分的時間和推理技能與回饋，可使學生獲得概念或是達成概念改變；另外，論證的實行也可讓學生發展使用論證的覺知和技能 (Lawson, 2003)。論證在科學教育方面的研究，國外已有廣泛的研究，Driver等人分析相關文獻顯示，科學論證在科學的學習功效有：有助於科學概念的發展與理解、發展科學的探究能力、了解科學的認識論、能了解科學是社會常規(social practice)(Jimenez-aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000; Newton et al., 1999; Zohar & Nemet, 2002)，而國內也有些研究，黃翎斐與洪瑞萍 (2006)論證可促進學生批判思考能力的發展。黃柏鴻與林樹聲 (2007)針對學生學習論證的重要性可歸類於發展學生探究能力與提升學生高層次的思考能力。

二、論證教學

論證是一種推理的歷程，藉由觀察到的現象或事實提出具有合理的宣稱，以相關的事實或理論支持提出的宣稱，使事實與結論之間產生合理的連結。Kuhn (1991)對論證所下的定義是：「對不同主張或觀點進行辯證的過程」。Driver等人(2000)定義論證為「經由對談來檢視彼此不同的觀點，最後產生有共識的宣稱的歷程」。Driver 等人(2000)認為在論證時常會藉由「對話」來考量不同的替代觀

點或採用原來觀點時所受的限制，因此提出「對話式」的論證。這種形式的論證，可能發生在個人或發生在群體之中，因為在某些環境下個人會藉著和自己對話，對不同的觀點作考量，最後才下決定要採用哪一個觀點，這種發生在自我身上的論證，可稱為「自我論證」。然而以社會建構觀點來看，科學是經由論證的歷程對所觀察的現象做合理的解釋，所以科學學習的群體中的論證則更為明顯，抱持不同立場的個體提出自己的宣稱來彼此論證，在這個歷程的論證具有「社會建構」的面向，此類型的論證稱之為「社會論證」。論證課程有助於學生對科學概念的理解、增進學生對科學的參與、提昇學生批判推理的技巧並發展學生對科學本質的理解 (Osborne, 2006) 。Osborne、Erduran及Simon (2004)認為以論證為學習科學的重心有啟發學習知識論與概念上的協調、呈現學習者的科學思考與科學推理、提供教師做形成性的評量等功能，由此可知論證在科學的學習上是非常重要的。

學生的論證能力是可以在課程中透過教育方式而達到提升的效果(Osborne et al., 2004；Simon, Erduran, & Osborne, 2006)。國外許多學者進行相關研究，Patronis等人(1999)、Bell & Linn (2000)、Yerrick (2000)、Bloom (2001)、Zohar & Nemet (2002)、Osborne等人 (2004)分別對12歲~16歲的學生以社會性科學議題或科學理論為題材，使用不同的教學策略進行論證教學研究，發現論證教學後學生在科學本質、科學知識以及論證能力等方面都能顯著提升。國內也有相關研究發現，透過論證教學可以提升國小學生的論證技能與陳述證據與理由的能力(李佳生, 2009)。以論證式探究教學對國中生進行論證訓練後，其論證能力與品質有顯著的提升(施富吉, 2010)。以數位論證學習課程有助於提升學生的論證能力(Chen & She, 2012；Yeh & She, 2010)。然而在實際的課室中，科學教師仍以講授的方式進行教學，實驗課時也經常以食譜式進行實驗活動，引導學生做實徵性的探討，所以學生在學習科學中經常是被動的、封閉的、教師導向的。以這種方式學習，學生無法精緻化學習內容，也無法將學習內容與自己的先備知識相互同化與調適。如果學習者以互動式探究活動進行科學學習，對相同的資料比較能夠從不同的觀

點來考量，也會將不同觀點進行比較後才作出決定，過程中能夠產生較多且較為精緻的對話(Driver et al., 2000; Kuhn, Shaw, & Felton, 1997)。學生在科學對話過程中面對各種不同的主張、理由和證據時，必需運用批判能力來判斷主張的合理性，提出的理由是否能支持主張，舉證能否支持理由，證據來源是否可靠。在科學論證的過程中，學習者需運用推理、組織等思考能力，將內隱的想法精緻化且具體化，形成外顯的主張(Jiménez-aleixandre, Rodríguez & Duschl, 2000)。所以，論證教學活動的進行能培育學生主動學習、高階思考、科學推理、科學探究、論證等能力(Duschl & Osborne, 2002)。透過明確的論證活動指引，個人不斷提升「理論與證據協調」、「考慮不同的證據評估不同的觀點」的內在的思考歷程，發展學生自我的論證技能，展現能與自己進行論證；小組成員除了發展自己進行論證之外，也能透過「審查並評估支持或對立的觀點」、「產生反駁他人的論點」、「對他人反駁的論點產生抗辯」等論證活動，引導學生在對話的脈絡中共同建構論證，提升學生「個人與他人觀點協調」的論證技能，展現能與他人進行論證。然而進行論證教學時學生先備知識不足時，會限制其論證能力的表現(施富吉, 2010)。因此，論證教學前除了讓學生能夠熟悉論證各要素的涵義與論證技巧外，也必須澄清錯誤的科學概念與迷思概念。本研究透過科學情境，學生自己形成科學議題，由科學議題形成假設，由假設中提出操縱變因與應變變因，經由科學論證的活動，審視自己的假設與科學概念，再透過聚焦的論證題目，針對科學議題的核心概念不斷的以科學論證方式，澄清錯誤的科學概念與迷思概念，並提升學生形成科學議題的能力。

由於學生先備的科學知識缺乏，於課堂中無法提問或挑戰教師所聲稱的科學主張(Osborne, et al., 2001)，使得課室中的談話與學習都是由老師所主導。若要促使學生提出自己的論點、針對自己提出的論點加以說明、針對不同的論點與他人進行討論，甚至促進學生批判性思考、推理、探究等能力來發展本身的知識及信念，就必須要有良好的教學策略讓學生容易進入論證，以個人論述或以小組討

論的方式，促使學生提出不同主張以及分享個人的主張。因此，適當的教學策略及教學過程中一些注意事項是實施論證教學相當關鍵而且也是相當重要的。許多學者研究並提出不同的論證教學策略，例如：(1)Wray 和 Lewis (1997)提出論證因子寫作：提供「資料、主張、理由、反駁、理由再加強、證據」等因子，以及引導性的文字「你的想法是--、你的理由是--、支持你的理由是--、反駁你現在的想法是--」是來協助學生進行論證，並引導學生針對論證要素依序填寫。(2) Yerrick (2000)提出科學探究：由教師針對生活中的科學現象，引導學生設計實驗、依設計實驗操作的方式進行科學探究活動，探究活動後進行小組的論證，例如：發光的燈泡破裂使燈泡燒毀的原因、電池提供電器運作能量的原理、雲的組成成分等。(3) Simonneaux (2001)提出角色扮演與辯論：學生以角色扮演方式扮演情境中不同角色的立場，提出宣稱、依據與支持，例如在「巨型基因改造鮭魚養殖場之設立」的議題中，學生分別扮演「養魚場的老闆、環境保育協會的領導人、基因改造的研究員、當地的市長」等角色，學生依扮演的角色提出支持或反對的論點；或是將學生分為對立的兩方，學生依不同立場，提出自己的想法，為自己的想法辯護並提出反駁對方想法的理由。在辯論的過程中，教師的角色除了保持中立讓學生自發性的提出不同觀點之外，教師亦可提示學生遺忘或忽略的觀點，協助並引導學生進行辯論。(4) Zohar 和 Nemet (2002) 提出兩難情境：訓練學生了解論證要素與培養學生喜好論證後，利用真實生活中的兩難問題情境，讓學生對問題情境中做出抉擇，提出自己的論述後再進行小組討論或論證活動。例如：「你認為科學家是否要停止基因複製的研究？」、「從經濟、生態保育或永續環境等面向來看，你認為需不需建設核四廠？」、「你贊成沿海濕地保育還是沿海工業區開發呢？」，這些問題涉及了不同層面的衝突，讓學生以不同的面向考量，在小組中提出自己的觀點進行論證。(5) Osborne, Erduran 和 Simon (2004) 提出競爭理論：論證的主題非專屬情境，能激發學生有不同的想法，提出多種且具有競爭性的解釋，例如「動物園的設立」，一開始教師對「動物園設立」的競爭理

論提供不同的證據進行解釋，「透過認識動物園內不同的動物，讓我們對地球上的所有物種更關懷與尊重；每一種動物都有自由生存權，人類不能加以剝奪，應該將它們回歸棲息地」，學生經由討論來選擇哪些證據可支持哪一個理論。除了上述的教學策略外，學生在進行論證時需要應用許多資料，可藉由網路、書本或報章雜誌、科學新聞等蒐集間接的證據，學生也可經由實驗設計、實驗操作等方法蒐集直接的證據。教師可以協助學生把蒐集的資料進行整理，撰寫研究報告或者公開說明他們的立場，以個人或各組輪流方式發表，並針對提出不同的理論與主張進行論證。

論證的教學並非一蹴可及，首先教師對論證題材的選擇是至關重要的，題材需具有不同的問題情境與考量面向，教師需針對選擇的題材提出適合的教學策略，讓學生可以在論證活動中做充份的討論與探究。其次，在進行論證之前，學生必須具備對論證架構的各要素的了解和好論證的特徵(Zohar & Nemet, 2002)。因此，藉由教師循序漸進的指導和協助，並透過課堂中不斷的練習，精進學生的論證技巧，進行論證教學時才能駕輕就熟。此外學生形成宣稱時並沒有從多個來源數據來進行比較（Erduran, 2008）。學生時常依賴個人的觀點而不會使用手邊的數據 (Hogan & Maglienti, 2001）。學生往往會對於不同主張的證據顯現刻意忽視，或者學生常無法舉出適當的證據及提出合理的推理(Brem & Rips, 2000；Lawson, 2002)。學生不太考慮潛在可能影響結果的多個因素作用（Kuhn, 2005）。學生只憑藉個人信念來辯解（Kuhn et al., 2004）。論證教學研究專家們建議教師在進行論證教學時選用或描述情境應具備新穎及有趣的特性，課程主題能讓學生感到好奇及興趣，則學生更樂意參與論證活動(Petit & Soto, 2002)。教師應多給予學生鼓勵，給予學生足夠的時間去思考與論述，讓學生能清楚描述心中的想法，若時間過於緊迫，必定會減少學生論證的意願(Lawson, 2003)。Simon等人 (2006)在研究教師論證教學時所採用的策略時，發現於教學過程中教師和學生對話所構成的論證有所進步者，較能鼓勵學生產生有對立的論點，表示經教師協助的學生

在論證過程中比較可以產生對立論證，並加強對個人論點的反思，訓練學生發展較高層次的思考技能。所以，教師在設計教學內容或實際教學時，應將上述納入考量，針對不同的教學對象、目的或情境，選擇不同的論證教學策略，以獲得更好的教學成效。

三、論證的評鑑

學生在論證過程中科學概念、科學推理、探究能力以及論證能力等是否有進步，是極為重要的關鍵，論證的歷程與論證結構是評鑑論證品質的重要依據。Driver等人 (2000)指出，學生若在學習過程中有機會互相討論、辯論以及進行評價，將不同的觀點、證據、推理的過程等一一呈現，思考歷程才能外顯，在這個過程便提供了一個評量學生學習的機會。Toulmin (1958)提出論證的理論架構，他認為合理的論證模式應包含事實(Data-D)、宣稱(Claim-C)、依據(Warrant-W)、支持(Backing-B)、限制(Qualifiers-Q)、反駁(Rebuttal-R)等成分，而Toulmin且也非常重視論證的合理性(soundness)。Means與Voss (1996) 提出評估論證項目的合理性的兩個標準，其一是對支持證據的接受度，另一為延伸支持結論的關聯性，並提出下列評斷標準：

1.是否可以產生自己的論點。

2.論點是否有力，即是否有可以接受的依據(W)支持宣稱(C)。

3.支持理由的品質。

4.是否考慮到議題的兩面即是否考慮到反面論點。

5.是否有限制的論述。

6.產生幾個支持宣稱(C)的依據(W)。

由於評鑑論證品質的方式非常多元，Cho 與 Jonassen（2002）計較各個論述元素的品質，將學生提出各個論述元素的情形區分成0、2、4、6 四個等級。Zoher和Nemet (2002)修改了Toulmin的論證模式來評估學生書面論證品質的結構與內容，根據TAP模式明確的定義出一個完整的論述是：一個宣稱或結論及辯論

此宣稱或結論的理由。若結論包含相關的、明確的及精確的科學概念和事實，而且能由多元角度來支持結論或為結論辯論，這屬於強的論述；若結論只有單獨的科學概念和事實，而且只能由單一角度來支持結論或為結論做不相關的辯論，這屬於弱的論述。而在辯論的內容上對提出的科學知識也加以分類為：沒有考慮到科學知識、存在不正確的科學知識、尚未明確的科學知識(在得出結論前需作更多測試)以及正確的科學知識。Osborne , Erduran & Simon 等人 (2004)對課室中使用TAP的論證教學後進行定性和定量的分析，認為論證是由許多理由組成，目的是為將主張具體化，提供合理的思考去批判或捍衛自己的信念，一旦有反駁出現時，表示該論證是品質較好的論證，學生有較高層次的論證能力。因此，依照學生論證內容包含論述結構的完整程度將論證的品質分成五個等級，這五個評量層次為：

Level 1：論證由辯論組成，內容中含有簡單的宣稱(C)、對抗的宣稱(C)或宣稱(C)對宣稱(C)的論點。

Level 2：論證由辯論組成，論證內容中含有事實(D)、宣稱(C)、依據(W)、支持(B)，但沒有反駁(R)。

Level 3：論證內容中含有多個事實(D)、依據(W)、支持(B)，偶而具有薄弱的反駁(R)。

Level 4：論證有使用明確的宣稱(C)和一些可清楚識別的反駁(R)。

Level 5：屬於結構完整的論證，內容包括事實(D)、宣稱(C)、依據(W)、支持(B)等，而且不止一次使用反駁(R)來論證、展示以及延伸論點。

Jimenez-Aleixandre 認為Osborne 等人只用反駁來當成分級的依據而忽視其他的論證因子，認為在論證分析架構的第三級中雖無反駁的出現，但重視其他論證因子的出現。因此，將評鑑論證品質的分析架構分成下列五個等級：(引自Jimenez-Aleixandre et al., 2005)

Level 1：論證中只出現主張或反對的宣稱，無事實、依據或反駁。

Level 2：論證中出現有主張或反對的主張，含有事實、依據或加上支持，但無反駁出現。

Level 3：論證中無反駁出現，但至少有一事實或依據，這兩類型至少有三個以上的組成因子。

Level 4：論證中出現一個反駁，由反對的意見中出現的，可能與事實或是依據相連。

Level 5：論證中有不只一個反駁出現，亦與多個理由或事實相連

Sandoval 和 Millwood (2005) 及 Maloney 和 Simon (2006)提出論證品質的評鑑強調在於學習者論證過程中使用證據的能力。Osborne 等人 (2004)、Simon 等人 (2006)、及 Clark 和 Sampson (2005 , 2007)提出論證品質的評鑑在於學習者論證過程中評估他人論點的能力。Sampson 和 Clark (2006)提出下列五個觀點來評鑑學生論證的品質：

1、檢驗知識宣稱的本質與品質：關注學生產生宣稱的類型以及證據與宣稱之間協調的能力。

2、檢驗提出的宣稱如何被辯護：學生必須學會提供什麼樣的實徵證據可以作為論證時的理由。

3、檢驗提出的宣稱是否能解釋全部有效的證據：學生必須學習關注整個資料的模式(pattern)而不是找證據來支持個人的信念。

4、檢驗提出另有解釋產生懷疑的論點：事實或現象不會只有單一宣稱的解釋，學生必須學會如何去挑戰另有解釋的論點。

5、檢驗宣稱與證據協調中的知識論：學生必須學會如何用證據為宣稱辯護及評價證據的方法。

Sadler 與 Fowler (2006) 提出評量論證品質，依論證內容中辯解的內涵把論證分成零到四級，分別是：

1、第零級：沒有辯解。

2、第一級：沒有根據的辯解。

3、第二級：有簡單根據的辯解。

4、第三級：有精緻的辯解。

5、第四級：有精緻的辯解及反面的論點。

Mason 與 Scirica (2006) 評量學生論點的品質有三個主要的因素：第一有辯護支持的論點較簡單的主張，第二考慮只有可接受與相關辯護支持的結論，第三有許多可接受的理由之論點較為有力；也依據先前的研究(Means & Voss, 1996；Zohar & Nement, 2002) 依據理由的數量與內容給予評分，將論證分成五級分，分別是：

1、零分：沒有論點，沒有提供辯護。

2、一分：論點是正確的，但沒有相關辯護。

3、二分：有正確的論點，但沒有完全正確的理由支持。

4、三分：有正確的論點及一個正確的理由。

5、四分：有根據的論點及兩個或以上的正確理由。

Clark 與 Sampson (2007a) 的研究中更把溝通性論證的品質分成六級分，分別是：

1、第零級：沒有反對的。

2、第一級：論證有簡單且有理由(grounds)的宣稱(C)但無反駁(R)。

3、弟二級：論證有理由的宣稱(C)或反面的宣稱(C)但沒有反駁(R)。

4、第三級：論證有理由的宣稱(C)或反面的宣稱(C)但只有單一個反駁(R)來挑戰這些宣稱。

5、第四級：論證包含多個反駁(R)來挑戰理論性宣稱(C)，但這些反駁無法挑戰有理由支持的宣稱(C)。

6、第五級：論證包含多個反駁(R)且至少有一個反駁可以挑戰包含理由支持的

宣稱(C)。

Clark 等人 (2007b) 認為評量學習者在網路論證環境中互動的分析架構研究仍集中在正規的論證架構與概念的品質方面，至於對話的本質與功能之貢獻、認識觀本質的推理以及論證順序跟互動的模式等需要更進一步探討研究，才能對學習者在論證過程中進行評量。而國內科學教育學者也進行相關研究，蔡俊彥、黃台珠和楊錦潭 (2006)按照符合Toulmin (1958)論證架構的完整性做為判準，將受試者論證對話品質中具有主張(c)、證據(d)、論據(w)、支持理論(b)、反例(r)等要素分為五個層級：

第一級為c：只提出想法。

第二級為cd、cw：有想法，並能提出證據。

第三級為cdr、cwr、cwb、cdw、cdb：有想法，並能提出證據，對提出的證據能用原理或定義解釋。

第四級為cdbr、cwbr、cdwr、cdwb：有想法，並能提出證據，對提出的證據能用原理或定義解釋，更能提出支持，說明支持的原因與理由。

第五級為cdwbr：有想法，能提出證據，對提出的證據能用原理或定義解釋，還能提出支持，說明支持的原因與理由，但能提出自己想法的限制或提出反駁自己想法的論點。

黃翎斐、張文華和林陳涌 (2008)則參考Osborne 等人(2004)與Jimenez-Aleixandre et 等人(2005)兩種論證品質分析架構，以及參考Kuhn (1991)對論證能力的各個面向的研究，對學生的論證品質作更細膩的區分及判定，如下所示：

細目	評鑑論證品質的細目定義	論證品質細目的評分標準			
		0分	1分	2分	3分
理由的正確性	能提出符合科學觀點、完整正確的理由	未能提出任何理由	論證中只能提出非理由	論證中出現偽理由	論證中出現真理由

反駁的面向	能對他人提出的不同論證因子進行反駁，或能捍衛自身的觀點針對他人的反駁提出反反駁	無任何反駁出現	指出現針對單一因子的反駁	有針對多個因子的反駁出現	除有多個反駁出現外，且能進行反反駁
組成元素的完整	能提出論證中的不同元素，使得論證更加完整	只出現主張或是數據，沒有提出理由	有出現主張、數據及理由	有出現主張、數據、理由，及其他一至二個論證元素	有出現主張、數據、理由及二個以上的論證元素
論點數目的多寡	在同一論證中，能提出多個主張或是多個數據來支持同一主張	未能提出論點	能提出一個論點	能提出二個論點	能提出三個以上論點

圖 2-2-2 黃翎斐、張文華和林陳涌 (2008)論證品質評鑑表

綜合上述各種評鑑架構，不同的評鑑架構都有其重視的層面，例如：Osborne 等人 (2004)著重於反駁（rebuttal）層面；Jimenez-Aleixandre 等人 (2005)重視各種論證因子的出現。Sandoval 和 Millwood (2005) 及Maloney 和Simon (2006)強調使用證據的能力；Osborne 等人 (2004)、Simon 等人 (2006)、及Clark 和 Sampson (2005 , 2007)著重於評估他人論點的能力；蔡俊彥等人 (2006)重視是否符合Toulmin的論證架構；黃翎斐等人 (2008)考慮論證因子的各種層面。因此本研究參考上述各種論證能力的評鑑方法，將以兩個面向來評鑑論證內容，第一是分析論證內容中學習者科學概念的正確性，以了解學習者在論證活動中科學概念的學習情形與提出論點的說服力；第二是分析學習者使用論證要素的次數與敘述來了解學習者對於論證各要素認知的正確性，以進行論證品質的評鑑。而本研究採用的論證品質評鑑架構是依據 Yeh 和 She (2010), Chen 和 She (2012)所提出的論證品質分級，依論證要素中宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)等論證內容的完整性加以分級，如下表所示：

Components (組成要素)	Levels (階層)	Definition (定義)
Claim(宣稱)	Level 1	只有宣稱，宣稱組成中沒有數據或事實。
	Level 2	有數據或事實組成的宣稱。
Warrant (依據)	Level 1	提出理論或原理但沒有連接到宣稱,或沒有清楚地描述了這一理論。
	Level 2	包含理論或原理組成的宣稱。
Backing (支持)	Level 1	提出的支持沒有連接到宣稱或依據,或沒有清楚描述彼此間的關係。
	Level 2	有數據、依據或支持的宣稱
Rebuttal (反駁)	Level 1	只有薄弱的反駁以及未清楚的解釋
	Level 2	有清晰可辨識的反駁。

圖2-2-3 Yeh 和 She (2010), Chen 和 She (2012)論證品質的評鑑架構

透過數位網路論證學習歷程,學生在個人論證的自我建構或小組論證過程中的社會建構，對各論證要素的品質與次數能有所提升，進而提升學生論證的品質。

第三節 網路科學學習

一、網路學習環境

以往的學習者獲得知識的主要來源是從教導者或書本，然而近 10 年來網路的高普及率及高方便性，加上網路不受時間與空間的限制，同時也具備了即時、豐富、互動、彈性以及多樣的各種資訊，因此提供傳統教育學習環境的另一種選擇。相對的，網路科技引入教育學習環境後，教學的環境、教學的模式、教學者與學習者的角色、學習者的學習方式、學習內容以及學習評量等產生重大的變革。傳統教室中，教學者與學習者同在一個空間，有統一的學習進度，學習過程中學習者必須要遵守某些行為規範及溝通的型態，而教學者擔任敘述或傳達知識的角色；網路學習的教學者與學習者可以在不同的空間，學習者可以依個人的程度進行學習，或透過學習社群進行合作學習或整合學習，進行有效率的學習活動。學習者在開放式的環境中進行學習活動，可以增加自我的學習成效(Jonassen et al.,

2003)。因此，教育部九年一貫將資訊教育列為重要議題，希望各學習領域能使用資訊科技輔助教學，擴大學習成效，並提升學生問題解決的能力。

隨著全球資訊網(World Wild Web,WWW) 快速而且成熟的發展，越來越多的教育工作者利用網路化進行教學與學習，因為它含有大量及豐富的資訊，能讓學習者較便捷、較簡單去操作，所以有愈來愈多的學習者使用它來進行線上學習(Wilson & Lowry, 2000)。網路數位學習也因為網際網路的發達，使得網路化教學(Web-based instruction)與網路化學習(Web-based learning)成為傳遞課程的主流(易國榮，2003；廖婭妏，2005)。Carvin (1996)提到網際網路應用在教育上所扮演的角色，有如家教(Tutor)、出版社(Publishing)、論壇(Forum)以及瀏覽的領航家(Navigator)等。網路數位學習除了可以提供給學習者獨立去探索與學習某一主題的知識之外，另外還可以透過互動的方式將相關資訊互相連結，藉此擴展主題知識的範疇。林奇賢 (1998) 指出網路學習環境比傳統教學情境具有破除學習時空籬籬、多元化學習資源、互動式學習、個別化學習、建構主義學習、家長參與、教師角色轉變以及科際整合等特質。利用科技與網路的蓬勃發展，應用到教育學習上，利用開放的網路學習環境，學習者依照自己的興趣與喜歡的學習方式進行學習，透過個人化的學習模式與建立自我評量、檢視與反思的教學策略，使學習者建構出自己的認知基模。因此設置一個有彈性且符合建構主義的網路數位學習情境，已成為近年來許多科教研究者的重視。Bransford、Brown 與Cocking (1999)指出未來能支持學習的科技應該要建構在「以知識為中心」、「以學習者為中心」、「以社群為中心」、「以評量為中心」四個核心概念之上。由於網路形式的學習環境不受時、地限制的特性，學習內容的表徵方式非常多元豐富且具有多元化，網路環境中包含各種有組織含學科觀點的學習活動（以知識為中心），透過設計的情境表徵真實世界之外，同時也能表徵不易理解的微觀或巨觀世界，讓學習者進行觀察、類比、探究等一連串的學習活動，完成概念的學習，達到情境認知的目的（林奇賢，1998；林奇賢、馬榮燦、林志能，2000）；網路環境設計可提供

個人或社群為中心的學習活動（以學習者為中心），學習者以觀察、教導和練習等方式協助來達到學習目的，不同的學習者與不同介面的網路環境進行互動，促進學習者的概念理解（Collins, Brown, & Newman, 1989）；網路環境中有豐富的資訊，透過網路社群的建立與協助，學習者或同儕小組在活動過程中的貢獻和參與，以同步與非同步的形式進行合作學習活動（以社群為中心），可以即時了解學生的學習狀態與反應(Clark, Stegmann, Weinberger, Menekse, & Erkens, 2008)；網路環境除了可結合學習者個別適性的學習內容之外，也能協助學習者察覺自己的學習歷程，並進行監控，透過系統網路環境功能，學習者或教師隨時隨地得以做形成性評量和總結性評量（以評量為中心）。

二、網路科學學習

以網際網路進行科學學習，可以同步或非同步的方式進行，可以協助教師進行各種教學情境的營造，增加學生發表與互動的機會。將不同的教學策略與教學模式融入網際網路中，讓學習者利用網路中的各項輔助工具進行科學學習，除了可以提升學習者的動機之外，也有助於學習者理解微觀或抽象的科學概念。而在She 一系列運用網路化的多媒體課程內容於學生理化科學習，均顯示有助於學生微觀概念與科學概念的建構、推理能力的增加與概念改變。She 與 Fisher (2003)利用動畫軟體與網際網路設計科學概念的學習課程，研究結果顯示除了有助於學習者自行建構完整的科學概念，學習者的科學態度與師生互動關係也有提升。游文楓 (2003)以網路化問題解決教學策略對學生生物學習成效的影響，研究結果發現網路的融入有助於問題解決能力的延宕效果，對於網路的融入的確有助於學生「對生物學態度」的提升，同時也顯示網路的融入的確有助於資訊使用能力的提升。梁智平 (2004)以建構主義的學習模式融入網路化教學的特性來協助學生建構較完整的「力」的概念，研究顯示使用建構主義的網路科學學習模式，讓學生都可以學得很好，而且有良好的學習保持效果；同時也發現網路學習環境的「網路課程的結構」對學生「功課作業價值」及「對學習與成績的自我效能」兩個學

習動機向度有較大的預測力。She 與其他研究者以「網路化雙重情境學習模式(DSLM)」為基礎，結合科學推理、科學類比推理、多媒體、多重表徵等教學策略做一系列的研究探討，除了可以增進學習者自行建構完整的知識之外，並有助於學習者的概念改變，減少另有概念的產生，增進科學推理與科學探究的能力，而且能保持良好的學習效果(Liao & She, 2009；She & Liao, 2010；Lee & She, 2008)。莊明樺 (2010)以建構「視覺成像」概念的網路類比學習情境，研究顯示純粹比對類比(pure matching)與傳達屬性類比(carry over)有助於學生之類比推理能力與視覺成像概念的建構，同時也能提升學生的科學推理層級與類比推理層級。

近年來，有許多研究者利用網路科學學習的特性結合論證來輔助學習。Chen & She (2012)探討數位論證學習課程對於國中生科學概念的建構、論證能力以及科學推理能力之影響，研究顯示數位論證學習課程有助於學生概念建構、論證能力與推理能力的增進，經過一學期的數位論證學習課程後，學習者的論證本質也有所成長，同時顯示數位論證學習課程可以確實提供學生社會建構的學習環境。Yeh 與 She (2010) 以「雙重情境模式」與論證理論為研究設計的理論主軸，同時結合多媒體的網路環境，設計化學反應網路化論證學習課程，結果顯示除了可增進學生的學習成效及學習保留效果之外，也能提升學生的科學推理，論證內涵亦有所成長。顯示網路化論證學習課程可以提升學生論證品質與內涵之外，也能提升學生概念的建構、概念的改變以及推理的能力。

我國於 2006 年首次加入評比，在參與的國家之中台灣學生整體表現數學名列第一、科學第四、閱讀第十六(PISA 2006)；2009 年數學第五、科學第十二、閱讀第廿三(PISA 2009)。我國學生的科學素養(Scientific literacy)在 2009 表現與 2006 年相比卻降低許多，尤其是形成科學議題能力為全世界第十七名，是科學素養中最弱的一環。近幾年國內科學教育研究者嘗試以探討以鷹架式網路形成科學議題課程，提升學生形成科學議題能力與科學探究能力之影響(陳梅香, 2010)。

另有研究嘗試以不同層次鷹架式之形成科學性議題網路課程提升國中學生形成科學性議題能力(翁筱嵐, 2010)。但未有研究運用論證對PISA科學能力進行研究，由於數位論證在過去的研究上能有效提升學生概念改變與論證能力(Chen & She, 2012；Yeh & She, 2010)，因此我們認為論證非常有潛能，更重要是過去顯少有研究探究個人論證與小組論證是否對於學習上之概念建構、PISA 科學能力與論證能力進行探究其差異與成效。因此，本研究期望進行初探個人與小組論證是否造成不同影響。

第四節 小結

正當國內基礎教育要邁入十二年國教，然而現今的科學教學仍大多採用一般講述式的教學，教師的角色仍是科學知識的傳播者，學生在課室中大多是被動的吸收知識，無法真正體會科學家對科學知識產生的過程。因此現今中小學科學的教學應該融入建構式的教學設計，讓學生有如科學家一般去探索自然世界，由科學社群相互論證創造出科學知識的歷程。國內學者林煥祥等人 (2007)指出我國學生在科學解釋能力最強，但是在形成科學議題以及科學論證能力仍有改進的空間。NRC (1996，2000)也特別指出在科學探究活動中應該多強調科學的論證。Bloom (2001)的研究結果也發現開放與鼓勵的氣氛有利於學生論證。研究者認為教師營造合適的課室情境讓學生進行論證活動，不但有助於提升學生論證能力的表現，對學生PISA科學能力亦有所提升。設計PISA科學能力的課程，經由自己或與他人的討論來建構新的概念，學生透過科學論證的方式對科學議題進行論辯，根據已知的概念或證據來解釋科學議題。除了可以培養學生邏輯、推理以及探究的能力之外，更重要的是培育學生高層次的思考能力。在進行論證活動時學生須具備對論證架構的各要素的了解和好論證的特徵才能有好的論證，且線上論證系統較面對面的論證有更好的論證品質 (Zohar & Nemet, 2002；Jimenez-Aleixandre et al, 2000；Clark & Sampson, 2007a) 。

因此本研究利用數位論證系統來進行教學研究，希望學生如何針對科學議題提出宣稱、如何使用理論原則為宣稱進行辯護、如何提出證據或理由駁斥自己或小組成員的看法，以及如何改變自己或小組成員的觀點。學習者經過六次的形成科學議題的個人與小組論證課程學習，過程中以學生在形成科學議題的課程前後回答所形成科學問題的概念來了解學生概念建構的情形，再從論證過程對提出論證要素的次數與品質進行分析來了解學習者的論證本質是否有成長。另外設計理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗與理化主題相依論證能力測驗等三項測驗，評量學習者在個人或小組數位論證科學能力的學習課程中，科學概念、PISA 科學能力與科學論證能力是否有差異。

第三章 研究方法

研究主要針對國中自然與生活科技課程內容，以論證結合 PISA 科學能力發展數位學習內容，期望探討個人數位論證與小組數位論證對於學生之 PISA 科學能力與論證能力提升之影響。

第一節 研究對象

本研究的研究對象是新竹市某國民中學的國二學生，選取四個班共 118 位學生進行施測，該校全年級共 77 班且採常態編班，本研究係利用學校正常上課的時間進行施測。本研究學生將分成兩組，個人論證與小組論證各兩個班級，個人論證與小組論證兩組。學生均未觸及形成科學議題的探究教學，兩組同學在電腦教室利用網路進行教學，個人論證以論證模式介入進行個人論證學習，共 58 人；小組論證以論證模式介入進行小組論證學習，共 60 人，如下表所示。

	個人論證	小組論證
教學模式	個人論證模式網路學習	小組論證模式網路學習
人數	58 人	60 人

圖 3-1-1 教學模式與人數整理

本研究於一百學年度二年級下學期進行研究，因此為了確保個人論證與小組論證學生在自然生活與科技學業成績上無顯著性差異，研究者蒐集這兩組學生在一百學年度上學期自然生活與科技三次段考學業總成績、理化主題相依二階概念前測成績、理化主題相依科學能力測驗前測成績、理化主題相依論證能力測驗前測成績，進行單因子變異數分析(ANOVA)檢定的統計分析，分析結果均未達顯著性差異。

第二節 研究設計

本實驗採用準實驗設計法(quasi-experiment design)，將國中三年級四個班級的學生為樣本，分別以兩個班為個人論證(N=58)，兩個班為小組論證(N=60)，做為研究對象。四個班級的理化教師由兩位教師擔任，其中一位是新手教師，另一位是經驗教師，任課班級其中一班為個人論證，另一班為小組論證。研究的自變項是教學模式分組，依變項為理化主題相依二階概念測驗(前測、後測)、理化主題相依科學能力測驗(前測、後測)、理化主題相依論證能力測驗(前測、後測)，以及在網路化教學的歷程中學生的學習歷程紀錄。本研究的研究架構圖如圖 3-2-1 所示：

圖 3-2-1 研究設計架構圖

研究中採用的自變項與依變項的說明如下：

一、自變項：不同的教學模式，以小組論證模式介入進行網路學習、以個人論證

模式進行網路學習。四個班級依照學生在九十九學年度上學期共三次自然生活與科技段考班級平均總成績與測驗的前測為依據，將四個班級分成個人論證與小組論證，兩組人數分別為 58 位與 60 位學生。

二、依變項：本研究的依變項為「理化主題相依概念測驗」、「理化主題相依科學能力測驗」、「理化主題相依論證能力測驗」、「網路化學習歷程紀錄」。在網路化學習歷程紀錄方面，兩個教學組皆收集在教學過程中存於網路上的相關資料，分析學生科學能力、論證本質與品質的變化。

第三節 研究流程

本研究流程分為三個階段，依序為「研究準備」、「發展論證融入 PISA 科學能力學習內容」、「資料收集」、「資料分析」。

第一階段　研究準備：

研究方向與問題確定後，接著進行文獻的探討與分析，並著手設計主題單元的測驗工具，並請專家審核，確定信效度。接著重點放在以網路形成科學議題課程的設計，並與專家討論形成科學議題的教學模式，對課程設計內容加以修正。同時將國中二年級的四個班級，依學生三次段考學業總平均和測驗前測的成績分成個人論證與小組論證兩組。

第二階段　PISA 科學能力網路學習：

學習時間約為六週，六個單元分散在一學期的兩個月內完成，因為所有學習都在網路上進行，因此在教學前先將所有主題單元教學活動架構在網路學習平台上，並於教學前設計出額外主題單元~酸雨的教學活動，讓學生進行網路學習流程的練習。正式課程學習時，每個單元學習時間為一節課，共 45 分鐘，透過個人論證教學模式與小組論證教學模式兩種方式進行科學能力學習活動，過程中有兩題論證學習歷程，每題 15 分鐘，收集學生在網路上測驗結果與學習歷程的資料於下個階段使用。

第三階段　資料收集：

兩個教學組的學生於教學前(前測) 與教學後(後測)收集理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗、理化主題相依論證能力測驗等進行三項測驗的檢測，探討學生在教學前、後對主題相依科學概念與主題相依科學能力及主題相依論證能力的差異和科學能力之間的相關性。為了確保兩組學生在教學前無顯著差異，研究者在研究之前先收集兩組學生在國中二年級上學期生活與自然科技三次段考學業成績、理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗，進行單因子變異數分析(ANOVA)檢定的統計分析，分析結果如表 3-3-1，顯示兩組學生均未達顯著差異。

表 3-3-1 個人論證與小組論證理化主題相依概念前測成績、理化主題相依科學能力前測成績、三次段考班級平均成績統計分析

變異來源		*SS*	*df*	MS	*F*	*P*
科學概念成就測驗	組間	1.343	1	1.343	.032	.859
	組內	5183.367	122	42.487		
	總和	5184.710	123			
科學能力測驗	組間	9.991	1	9.991	.062	.803
	組內	19595.848	122	160.622		
	總和	19605.839	123			
三次段考平均值	組間	300.005	1	300.005	.698	.405
	組內	52421.848	122	429.687		
	總和	52721.853	123			

註 N=60　$^{*}P<0.05$, $^{**}P<0.01$,　$^{***}P<0.000$

第四階段　資料分析：

完整收集學生理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗成績與網路學習歷程記錄，開始進行分析，統整各項資料結果，進行研究報告的撰寫。研

究流程如圖 3-3-2。

階段流程	工作細項
研究準備	1. 確定研究方向與目的 2. 蒐集相關文獻進行探討與分析 3. 形成研究問題 4. 確定研究設計 5. 教學內容與測驗卷設計 6. 研究工具設計

形成科學議題教學	教學前置訓練 1. 形成科學議題的基本訓練與網路環境操作訓練 2. 建立學生帳號與密碼 3. 教學前測(理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗和理化主題相依論證能力測驗) 論證學習活動(約六週) 1. 課程學習(個人論證進行數位個人論證模式融入 PISA 科學能力學習活動，小組論證進行數位小組論證模式融入 PISA 科學能力學習活動) 2. 蒐集網路學習歷程資料 3. 教學後測(教學後一週內進行理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗，理化主題相依論證能力測驗)

資料分析	1. 研究資料彙整與分析 2. 統整分析資料形成結果進行討論 3. 撰寫研究報告

圖 3-3-2 研究流程圖

第四節 研究工具

本研究運用的工具有數位論證融入 PISA 科學能力學習網內容、理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗和理化主題相依論證能力測驗。分

別詳細說明如下：

一、 數位論證融入 PISA 科學能力學習網

數位論證融入 PISA 科學能力學習課程架構建置內容，以 Wed Server 使用 Apache Serv，其主要程式是使用 PHP 語言所撰寫，再搭配 MySQL 資料庫做為資料儲存系統。網頁內容的動畫與互動模擬道具等功能是以 Flash MX 2004 及 MAYA 程式所製造而成。網站內容建置完成後，先進行「酸雨」網路課程的教學測試，作為網路學習環境與形成科學議題簡介，並測試系統速度、穩定度、教學內容是否正常呈現，並找出相關缺失進行修正。同時針對網站的教學內容，由兩位資深的自然與生活科技教師及一位科學教育專家進行校對並給予建議，確保教學內容的完整性與正確性。數位論證融入 PISA 科學能力學習網首頁如圖 3-4-1 所示：

圖 3-4-1 學習網站登入畫面

「數位論證融入 PISA 科學能力學習網路」的功能介紹如下：

1、 申請帳號：學習者第一次登入數位論證融入 PISA 科學能力學習網站時，需登入帳號、密碼，如圖 3-4-2。帳號、密碼的建立的由研究者事先幫學生完成，登入後點選課程即可進行學習活動。

圖 3-4-2 學習網站會員登入畫面

2、 學習事件：學生登入後，即可點「學習課程」進入學習環境，開始進行一連串的學習事件。學習者依照網頁畫面所呈現的學習步驟，進行學習活動，如圖 3-4-3～ 圖 3-4-8。

圖 3-4-3 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路課程學習畫面

圖 3-4-4 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路科學資訊畫面

圖 3-4-5 數位論證融入 PISA 科學能力學習課程畫面

圖 3-4-6 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路形成科學議題畫面

圖 3-4-7 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路形成假設畫面

圖 3-4-8 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路」操縱與應變變因畫面

3、 論證模式：學習活動頁面上面部分會列出討論題目，左方部分為小組或個人討論區，呈現小組成員或個人的發言紀錄。右方部分為個人輸入區，輸入區上方是論證要素的定義，學習者必須依據定義判斷其發言類型，選擇要素種類，再選擇範本，或選擇自由輸入，系統就會出現範本，學生僅需填入空格後即可送出，送出發言後即會呈現在同組成員或個人的討論區中。論證要素範本是依據 Toulmin (1958；2003)的論證架構分類：事實(D)、宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)加以修改，在網路介面上將論證架構分類為：宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)，編製時由兩位資深的自然與生活科技教師及一位科學教育專家檢驗，如圖 3-4-9。

圖 3-4-9 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路科學論證畫面

個人論證或小組論證時間計時十五分鐘後，寫下個人經論證後的結論，如圖 3-4-10。

圖 3-4-10 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路形成結論(科學解釋)畫面

學習內容之聚焦論證問題呈現，個人論證或小組論證時間計時十五分鐘，如圖 3-4-11。

圖 3-4-11 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路論證問題畫面

個人論證或小組論證時間十五分鐘後，觀看相關影片，如圖 3-4-12。

圖 3-4-12 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路影片畫面

學習內容相關影片觀看完畢後，課程結論~知識補給站，如圖 3-4-13。

圖 3-4-13 數位論證融入 PISA 科學能力學習網路知識補給站畫面

二、 課程設計

本研究將正式課程概念架構在數位論證融入 PISA 科學能力理論上，探討經由不同的論證模式介入，國二學生在 PISA 科學能力與論證能力是否有顯著的差異。課程的主題共有六個單元，與各主題相關的科學概念如下表所示：

理化主題單元	主題相關概念
主題一： 物質的分類	1. 金屬性質概念 2. 非金屬性質概念 3. 物質的變化概念 4. 物質的性質概念

主題二： 消防滅火	1. 燃燒三要素 2. 滅火原理 3. 影響反應速率因素
主題三： 該上升還是下降？	1. 熱對流概念 2. 擴散概念 3. 影響擴散的因素 4. 密度概念
主題四： 如何使氣球脹的比較快比較大？	1. 反應速率概念 2. 化學反應 3. 碰撞學說 4. 影響反應速率的因素
主題五： 竹蟬	1. 產生聲音的條件 2. 聲波的反射 3. 樂音三要素 4. 共鳴
主題六： 到底會變還是不會變？	1. 質量守恆原理 2. 道爾吞原子學說 3. 化學反應 4. 碰撞學說

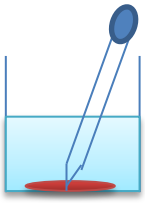
圖 3-4-14 六個單元主題相關之科學概念

(一) 理化主題相依二階概念測驗

由研究者依據課程內容編製相關認知部分測驗，進行紙筆測驗，測驗時間為四十五分鐘。題目共有六個主題，每一主題各有十題，總題數共六十題。各主題內容為二階層選擇題型式，受測者在作答每一題時，必須先選擇第一階答案的選項，後再第二階層選擇其理由的選項。範例如下：

第一階層

(　)1-1 用滴管吸取染料後深入盛有水的燒杯底部，慢慢將染料擠出一些，如右圖，觀察一段時間會發生甚麼現象？



(A)染料維持原狀　　(B)染料只會沉在燒杯底層

(C)染料會上升浮在水面上　　(D)染料會勻分布在水中

第二階層

(　)1-2 你的理由是

(A) 染料粒子和水分子屬於不同物質，所以無法混合

(B) 染料的密度比水較大，所以沉在水面下

(C) 染料的密度比水較小，所以會浮在水面

(D) 染料粒子與水分子互相碰撞，使得染料能均勻分散在水中

計分方式必須兩階層都答對才給予一分，總分為三十分。測驗編製經由兩位資深的自然與生活科技教師及一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。測驗完成後，對施測學校四個班級的前、後測，使用 SPSS12.0 版進行題目的信度檢驗，前測和後測 Cronbach‘s Alpha 值為.81、.78。

(二)理化主題相依科學能力測驗

本研究目的之一是探討經由論證模式介入，國中二年級學生形成科學議題能力是否顯著差異存在。依 PISA 2006 科學能力內涵，發展出一個主題的科學情境，並形成此情境中可進行形成科學研究的議題，並進行形成假設、變因及科學解釋等選項，內容採單一選擇題型式，每一個單元各九題，整份測驗卷(共 54 題)測驗時間約為四十五分鐘。

測驗卷的編寫過程，經由兩位資深的自然與生活科技教師及一位科學教育專家共同檢驗。題目計分方式為答對一題給予一分，因此測驗總成績為五十四分。測驗卷完成後，施測學校的四個班級進行前、後測，使用 SPSS12.0 版進行題目的信度檢驗，前測和後測的 Cronbach‘s Alpha 值為.91、.85。

(三)理化主題相依論證能力測驗

本研究目的之一是探討不同論證教學模式對國中二年級學生論證能力與品

質是否顯著差異存在。六個單元的論證題目都與學習課程內容相關但與學習程的論證題目不同，在每個單元中學生依論證的要素宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)自由發表看法。由學生參與論證的發言紀錄，對每個論證要素的品質分成兩個階層分別為 Level 1-概念正確且論證要素部分完整、Level 2-概念正確且論證要素是完整。由兩位資深的自然與生活科技教師進行分類及一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。測驗完成後，對施測學校四個班級的前、後測，使用 SPSS12.0 版進行題目的信度檢驗，前測和後測的 Cronbach‘s Alpha 值為.93、.81。

(四)學習歷程記錄

除了量化的資料之外，本研究還採取學生網路學習歷程記錄，作為質化的資料輔助量化結果，分成兩大個部分，首先是形成科學議題、形成假設、提出變因、進行科學解釋等四項質性資料，分為不正確、部分正確和完全正確三等級計分為 0、1、2。其次是論證歷程部分，包括論證各要素宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)的論證品質分兩個階層，分別為 Level 1-概念正確且論證要素部分完整、Level 2-概念正確且論證要素是完整。將學習歷程中形成科學議題、形成假設、提出變因、進行科學解釋等四項加總即為科學能力總次數，論證各要素宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)的論證次數四項加總，即為論證歷程的論證總次數，分級標準，評分者信度為 0.85，詳見附錄五。

第五節 課程設計

本研究在國中二年級下學期進行主題單元的教學活動，配合教育部課程綱要與教學細目來做課程設計，共規劃了六個主題單元教學課程，每個主題至少涵蓋兩個科學概念，設計成 PISA 科學能力的討論模式，分別為「主題一：物質分類」、「主題二：消防滅火」、「主題三：該上升還是下降呢？」、「主題四：如何使氣球

脹的比較快比較大？」、「主題五：竹蟬」、「主題六：到底會變還是不會變？」，並於正式教學前，以「酸雨」作為網路學習環境與 PISA 科學能力簡介之用，資料不予採計。

每次學生進入電腦教室學習課程，由頁面提供的科學訊息，個人論證藉由個人論證教學模式進行個人論述，小組論證藉由小組論證教學模式進行討論，個人論證與小組論證兩組在相同時間將進行下列階段：(A)科學訊息 (B)主題相依的科學概念 (C)形成科學議題 (D)由科學問題形成假設 (E)由假設中提出操縱變因與應變變因 (F)進行論證 (G)科學解釋 (H)深入主題論證 (I)主題相依實驗影片 (J)主題相依觀念澄清。(詳見附錄六)

課程由研究者與兩位資深的自然與生活科技教師及指導教授共同合作，編撰設計各項主題相依課程，課程設計完成後，由研究者進行網頁建置，教學過程則由研究者進行教學。

第六節 資料收集與分析

本研究蒐集資料測驗部分包括「理化主題相依二階概念測驗」、「理化主題相依科學能力測驗」和「理化主題相依論證能力測驗」，測驗部分的數據料主要是以使用 SPSS12.0 版套裝軟體進行統計分析。網站記錄包括形成科學問題、假設、變因、科學解釋以及論證各要素品質等紀錄。

一、測驗量化分析

(一) 理化主題相依二階成概念就測驗

以兩種數位論證教學模式的理化主題相依二階概念測驗成績(前測、後測)進行敘述性統計分析與 t 檢定。再以「教學模式」變項進行單因子共變數分析 (One-way ANCOVA)，當分析資料時以「教學模式」為自變項，共變量為「理化主題相依二階概念測驗前測成績」，依變項為「理化主題相依二階概念測驗後測成績」，比較兩種教學模式在後測的成績表現有何差異。

(二) 理化主題相依科學能力測驗

以兩種數位論證教學模式的理化主題相依科學能力測驗成績(前測、後測)進行敘述性統計分析與 t 檢定。再以「教學模式」變項進行單因子共變數分析(One-way ANCOVA)，當分析資料時以「教學模式」為自變項，共變量為「理化主題相依科學能力測驗前測成績」，依變項為「主題相依科學能力測驗後測成績」，比較兩種教學模式在後測的成績表現有何差異。

(三) 理化主題相依論證能力測驗

以兩種數位論證教學模式的理化主題相依論證能力測驗成績(前測、後測)進行敘述性統計分析與 t 檢定。再以「教學模式」變項進行單因子共變數分析(One-way ANCOVA)，當分析資料時以「教學模式」為自變項，共變量為「理化主題相依論證能力測驗前測成績」，依變項為「理化主題相依論證能力測驗後測成績」，比較兩種教學模式在後測的成績表現有何差異。

(四) 學習歷程記錄

學生網路學習歷程記錄包括形成科學議題部分與論證部分，將兩部分的質化的資料分析以輔助量化結果。除了分析比較各單元間 PISA 科學能力與論證歷程之外，針對各單元內形成科學議題、形成假設、提出變因與進行科學解釋，以及論證各要素宣稱、依據、支持與反駁，進行各單元間的比較，以了解學生在學習歷程中形成科學議題能力、解釋科學現象能力、科學舉證能力與論證能力變化的情形。

(A)科學能力學習歷程記錄：

1. 形成科學議題：運用科學問題層級評分標準，將質性資料分成錯誤、部分正確、正確即 0、1、2 轉化成量化資料，進行單因子重複量數分析(One factor Repeated Measures)分析，觀察各主題間科學問題的差異情形。

2. 形成假設：運用假設層級評分標準，將質性資料分成 0、1、2 轉化成

量化資料，進行單因子重複量數分析(One factor Repeated Measures)分析，觀察各主題間假設的差異情形。

3. 提出變因：運用變因層級評分標準，將質性資料分成 0、1、2 轉化成量化資料，進行單因子重複量數分析(One factor Repeated Measures)分析，觀察各主題間變因的差異情形。
4. 進行科學解釋：運用科學解釋層級評分標準，將質性資料分成 0、1、2 轉化成量化資料，進行單因子重複量數分析(One factor Repeated Measures)分析，觀察各主題間科學解釋的差異情形。

(B)論證歷程的論證紀錄

1. 宣稱(C)：運用宣稱層級評分標準，將質性資料分成 Level1 和 Level2 轉化成量化資料，進行單因子重複量數分析(One factor Repeated Measures)分析，觀察各主題間宣稱的差異情形。
2. 依據(W)：運用宣稱層級評分標準，將質性資料分成 Level1 和 Level2 轉化成量化資料，進行單因子重複量數分析(One factor Repeated Measures)分析，觀察各主題間依據的差異情形。
3. 支持(B)：運用宣稱層級評分標準，將質性資料分成 Level1 和 Level2 階層轉化成量化資料，進行單因子重複量數分析(One factor Repeated Measures)分析，觀察各主題間支持的差異情形。
4. 反駁(R)：運用宣稱層級評分標準，將質性資料分成 Level1 和 Level2 階層轉化成量化資料，進行單因子重複量數分析(One factor Repeated Measures)分析，觀察各主題間反駁的差異情形。

第四章　研究結果與討論

本章將分為兩部分，第一部分是網路論證學習課程測驗之成效分析，第二部分為網路論證歷程分析，逐一針對本研究之研究問題與假設進行驗證，以具體了解學生在論證課程學習的情況。

第一節 各項測驗的分析

本節主要針對兩種數位論證模式(網路小組論證、網路個人論證)之數位論證融入 PISA 科學能力學習課程對學生理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依形成科學議題能力測驗、理化主題相依論證能力測驗的成效進行比較。

一、教學前、後理化主題相依二階概念測驗成效分析

依據研究問題一「不同數位論證教學模式在科學概念的建構上有何差異？」進行敘述性統計與推論統計。

(一) 理化主題相依二階概念測驗之敘述性統計與 T 檢定

以理化主題相依二階概念測驗成績進行兩組的同質性假設檢定之 Leven 統計量為 $F(1,116)=0.090$，$p=0.765$，未違反同質性假設，表示兩組樣本並沒有顯著差異，Cronbach's Alpha 值前測. 81、後測. 78。因而針對兩種數位論證教學模式的理化主題相依二階概念測驗成績(前測、後測)進行敘述性統計分析與 t 檢定，結果如表 4-1-1。

表 4-1-1 主題相依理化二階概念測驗之敘述性統計分析與 t 檢定

	N	前測		後測		後測-前測		
		M	SD	M	SD	M	SD	t
個人論證	58	17.34	5.326	19.64	4.697	2.293	4.222	4.136(.000)
小組論證	60	17.25	5.392	20.05	4.976	2.800	4.595	4.720(.000)

由表 4-1-1 顯示不論小組數位論證教學模式與個人數位論證教學模式的後測成績明顯高於前測成績，且 t 值達統計上顯著水準，表示不論是小組或個人數位論證課程均能有效提升學生理化概念之建構，結果支持研究問題 1-1 「兩組數位論證教學模式可以提升中學生在理化概念之建構」。

(二) 理化主題相依二階概念測驗之推論統計分析

將「教學模式」變項進行單因子共變數分析(One-way ANCOVA)。以「教學模式」為自變項，共變量為「理化主題相依二階概念前測成績」，依變項為「理化主題相依二階概念後測成績」，結果如表 4-1-2。

表 4-1-2 理化主題相依二階概念測驗之共變數分析

變異來源	SS	df	MS	F
共變量(前測成績)	1077.046	1	1077.046	75.469***
組間	6.403	1	6.403	0.449
組內(誤差)	1641.201	115	14.271	
全體	2723.254	117		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

由上表得知 F(1,117)=0.449, p=.504，顯示小組數位論證模式數位論證融入 PISA 科學能力學習課程」與「個人數位論證模式數位論證融入 PISA 科學能力學習課程」兩種課程在學生的理化主題相依二階概念後測未達顯著差異，不支持研究問題 1-2 「不同數位論證教學模式對學生理化主題相依概念(後測)達顯著差異」。

二、教學前、後理化主題相依科學能力測驗成效分析

依據研究問題二「不同數位論證教學模式對中學生理化主題相依成科學能力的影響如何？」進行敘述性統計與推論統計。

(一)理化主題相依科學能力測驗之敘述性統計分析與 t 檢定

以理化主題相依科學能力測驗成績進行兩組的同質性假設檢定之 Leven 統計量為 F(1,116)=0.027，p=0.870，未違反同質性假設，表示兩組樣本並沒有顯著差異，Cronbach's Alpha 值前測. 91、後測. 85。因而針對兩種數位論證教學模式的理化主題相依科學能力概念測驗成績(前測、後測)進行敘述性統計分析與 t 檢定，結果如表 4-1-3。

表 4-1-3 理化主題相依科學能力測驗之敘述性統計分析與 t 檢定

	N	前測		後測		後測-前測		
		M	SD	M	SD	M	SD	t
個人論證	58	29.31	10.661	38.14	7.950	8.828	11.581	5.805(.000)
小組論證	60	29.42	11.057	37.10	9.012	7.653	7.758	7.671(.000)

由表 4-1-3 顯示不論小組論證教學模式與個人論證教學模式的後測成績明顯高於前測成績，且 t 值達統計上顯著水準，表示不論是小組或個人數位論證課程均能有效提升學生理化主題相依科學能力，結果支持研究問題 2-1「兩組數位論證教學模式可以促進中學生科學能力」。

(二)理化主題相依科學能力測驗之推論統計分析

將「教學模式」變項進行單因子共變數分析(One-way ANCOVA)。以「教學模式」為自變項，共變量為「理化主題相依科學能力前測成績」，依變項為「理化主題相依科學能力後測成績」，結果如表 4-1-4。

表 4-1-4 理化主題相依科學能力測驗之共變數分析

變異來源	SS	df	MS	F
共變量(前測成績)	2165.526	1	2165.526	39.981^{***}
組間	34.412	1	34.412	0.635
組內(誤差)	6228.770	115	54.163	
全體	8426.068	117		

$^{*}p<.05$, $^{**}p<.01$, $^{***}p<.001$

由上表得知 F(1,116)=0.635, *p*=.427，顯示小組數位論證融入 PISA 科學能力學習課程與個人數位論證融入 PISA 科學能力學習課程兩種課程在學生的理化主題相依科學能力後測未達顯著差異，不支持研究問題 2-2「不同論證教學模式對學生理化主題相依科學能力(後測)達顯著差異」。

三、教學前、後理化主題相依科學論證能力成效分析

依據研究問題三「不同數位論證教學模式對中學生理化主題相依科學論證能力的影響如何？」進行分析與討論，以敘述性統計與推論統計呈現其結果。

(一)理化主題相依科學論證能力測驗之敘述性統計分析與 t 檢定

以理化主題相依科學論證能力測驗成績進行兩組的同質性假設檢定之 Leven 統計量為 F(1,116)=0.060，*p*=0.808，未違反同質性假設，表示兩組樣本並沒有顯著差異，Cronbach's Alpha 值前測. 93、後測. 81。針對兩組不同數位論證教學模式的理化主題相依科學論證能力測驗成績(前測、後測)進行敘述性統計分析與 t 檢定，結果如表 4-1-5。

表 4-1-5 理化主題相依科學論證能力測驗之敘述性統計分析與 t 檢定

	N	前測		後測		後測-前測		
		M	SD	M	SD	M	SD	t
個人論證	58	20.93	14.029	37.09	17.743	16.155	10.880	11.308(.000)
小組論證	60	20.60	14.836	31.05	18.314	10.450	10.944	7.396(.000)

由表 4-1-5 顯示不論小組論證教學模式與個人論證教學模式的後測成績明顯高於前測成績，且 t 值達統計上顯著水準，表示不論是小組或個人數位論證課程均能有效提升學生理化主題相依科學論證的能力，結果支持研究問題 3-1「論證教學模式能提升中學生科學論證的能力」。

(二)理化主題相依科學論證能力測驗之推論統計分析

將「教學模式」變項進行單因子共變數分析(One-way ANCOVA)。以「教學模式」為自變項，共變量為「理化主題相依科學論證能力前測成績」，依變項為

「理化主題相依科學論證能力後測成績」，結果如表 4-1-6。

表 4-1-6 理化主題相依科學論證能力測驗之共變數分析

變異來源	SS	df	MS	F	事後比較
共變量(前測成績)	23919.805	1	23919.805	199.135***	
組間	960.448	1	960.448	7.996**	小組論證<個人論證
組內(誤差)	13813.614	115	120.118		(p=.006)
全體	38807.966	117			

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

由上表得知 F(1,116)=7.996, p=.006，顯示「個人數位論證模式數位論證融入 PISA 科學能力學習課程」在理化主題相依科學論證能力後測顯著高於「小組數位論證模式數位論證融入 PISA 科學能力學習課程」，即支持研究問題 3-2 「不同論證教學模式對學生主題相依論證能力(後測)達顯著差異」。

四、相關與迴歸分析

為了解理化主題相依二階概念、理化主題相依科學能力、理化主題相依論證能力之間是否相關，因此將理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗、理化主題相依論證能力測驗的前測與後測六組資料進行 pearson 相關(Correlation)分析，結果如表 4-1-7。

表 4-1-7 理化概念、科學能力、論證相關表

	理化概念前	科學能力前	科學論證前	科學概念後	科學能力後	科學論證後
科學能力前	.595**	--				
科學論證前	.616**	.635**	--			
理化概念後	.628**	.505**	.642**	--		
科學能力後	.464**	.507**	.502**	.540**	--	

科學論證後	.564**	.541**	.787**	.644**	.531**	--

*p=.05 , **p=.01

由表 4-1-7 可得知不同數位論證教學模式的學生在理化二階概念前測與後測、理化主題相依科學能力前測與後測、理化主題相依科學論證能力前測與後測彼此間均屬中度以上相關，因此進一步進行逐步回歸分析(Stepwise Multiple Regression)。

以理化主題相依科學能力後測成績為依變項，理化主題相依二階概念後測成績、理化主題相依科學論證後測成績為自變項，分析結果如表 4-1-8。

表 4-1-8 理化主題相依科學能力後測成績逐步回歸分析摘要表

科學能力後測	標準化係數 Beta 分配	R	R^2	t	*p*
二階概念後測	.339	.591	.349	3.444**	.001
科學論證後測	.313			3.117**	.002

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

由表 4-1-8 統計檢驗結果，顯示理化主題相依二階概念後測成績與理化主題相依科學論證後測成績的標準化係數分別為 0.339、0.313，t 分別為 3.444、3.177，*p* 分別為 0.001、0.002，即理化主題相依二階概念後測成績為最佳預測因子，其次是理化主題相依科學論證後測成績。同時顯示理化主題相依二階概念後測成績與理化主題相依科學論證後測成績可以共同解釋理化主題相依科學能力後測成績 34.9%的變異量，F(2,115)=30.802，*p*=.000，顯示回歸模型具有統計意義，表示理化主題相依二階概念測驗後測成績與理化主題相依科學論證後測成績對理化主題相依科學能力後測成績的共同解釋力為 34.9%。

第二節 網路學習歷程之科學能力與論證能力分析

本節將依據研究問題四「不同數位論證教學模式在數位論證學習網學習歷程

中學生科學能力與論證的本質與品質有何差異？」，探討透過「網路論證學習網站」紀錄學生學習歷程，從個人形成科學議題、形成假設、提出變因、進行科學解釋的正確性，以及針對論證學習課程中學生論證要素的品質。

一、不同教學模式下網路學習歷程科學能力量化分析

本小節依據研究問題4-2兩組「數位論證學習網學習歷程可以提升中學生科學能力品質，包括形成科學議題、形成假設、提出變因及進行科學解釋能力」等質性資料進行分析，而後轉化為量化資料並加以分析。

(一)學習歷程各單元PISA科學能力之分析

學生在數位論證學習形成科學議題課程中，每個單元PISA科學能力包括形成科學議題、形成假設、提出變因、進行科學解釋等四項質性資料，分為不正確、部分正確和完全正確三等級計分為0、1、2，兩位資深教師cross coder reliability=.85。將各單元形成科學議題總分以重複量數分析(Repeated Measure ANOVA)，以不同的教學模式為受試者間因子，以各單元歷程形總成科學議題總分為受試者內因子，分析學生在六個單元歷程形成科學議題能力變化的情形，其分析結果如表4-2-1所示。

表4-2-1 不同的教學模式下不同主題單元(T) PISA科學能力總分之重複量數分析

單元	個人論證			小組論證			變異來源			成對比較
							單元(1~6)	教學模式	單元*教學模式	
	N	M	SD	N	M	SD	F(*p*)	F(*p*)	F(*p*)	
								0.01 (*p*=.936)		
T1	58	3.95	1.65	60	3.52	1.61				
T2	58	4.71	1.51	60	4.23	2.11				2>1***
T3	58	4.67	1.68	60	4.70	1.91	35.18***		2.81	3>1***，
T4	58	5.17	1.74	60	5.80	1.48	(*p*=.000)		(*p*=.016)	4>1***，4>2***，4>3***，4>6*
T5	58	5.57	.86	60	5.73	.97				5>1***，5>2***，5>3***，5>6*
T6	58	5.26	1.52	60	5.43	1.59				6>1***，6>2***，6>3***

*p<.01, **p<.001, ***p<.000

由表 4-2-1 顯示以不同數位論證教學模式進行學生在六個單元 PISA 科學能力課程中 PISA 科學能力總分的重複量數值為(F=35.117，*p*=0.000)達統計上顯著水準，表示兩種數位論證的教學模式在隨著單元的學習，大致呈現進步的趨勢，結果支持研究問題 4-2「數位論證學習網學習歷程可以提升中學生 PISA 科學能力品質，包括形成科學議題、假設、變因及科學解釋能力」。而教學模式(F=0.006，*p*=0.936)未達統計上顯著水準，表示兩種教學模式對於學生 PISA 科學能力的學習成效相當。

以六個單元內形成科學議題、形成假設、提出變因、進行科學解釋等四項質性資料依完全正確、部分正確的兩個階層進行各單元次數統計，了解學生在學習歷程中形成科學議題能力的變化。

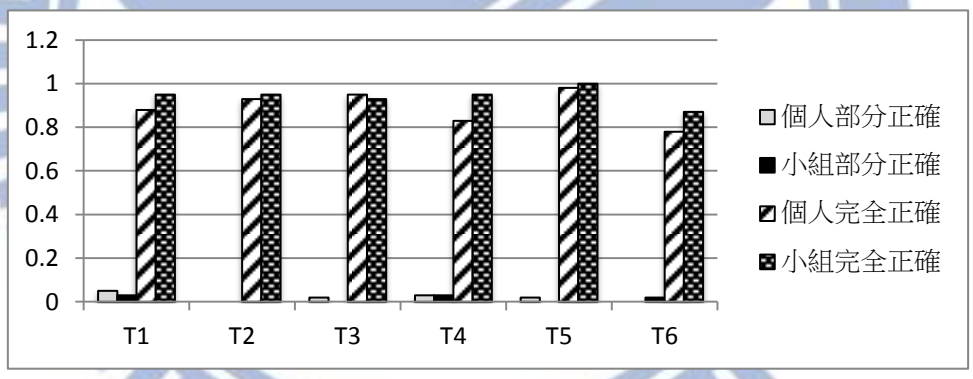


圖4-2-2 形成科學議題在各單元部分、正確完全正確次數平均值分布統計

由圖4-2-2 顯示，兩種數位論證教學模式的學生在各單元形成科學議題的表現相當，且兩者大部分都是完全正確，只有極少部分是部分正確，表示兩種數位論證教學模式的學生大部分都能由科學情境中形成科學議題。

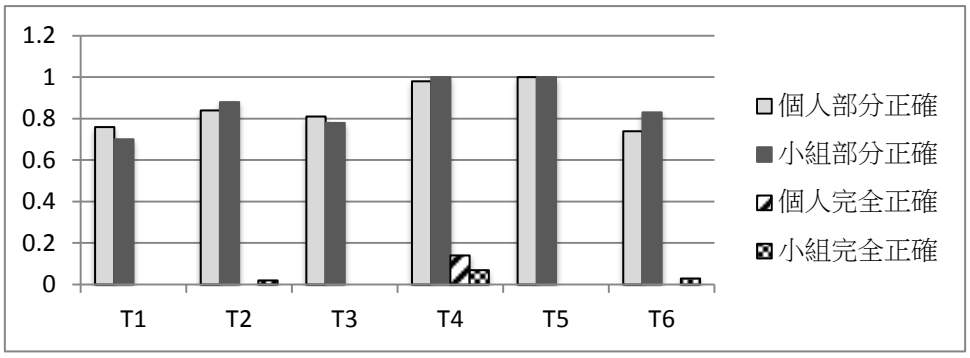


圖4-2-3 形成假設在各單元部分正確、完全正確次數平均值分布統計

由表圖4-2-3 顯示，兩種數位論證教學模式的學生在各單元形成假設的表現相當，大部分都是部分正確，只有小組論證教學模式在第四單元有較多學生是完全正確，表示兩種數位論證教學模式的學生雖能由科學議題中形成假設，但不夠完整。

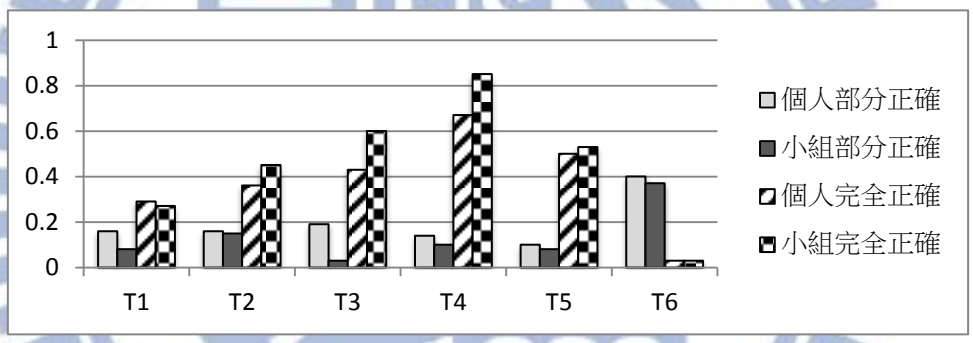


圖4-2-4 提出變因在各單元部分正確、完全正確次數平均值分布統計

由圖4-2-4 顯示，兩種數位論證教學模式的學生在各單元提出變因的表現上，完全正確的人數多於部分正確，前面四個單元的完全正確有逐漸提升的趨勢。除第六單元外，兩種數位論證教學模式的學生是完全正確的人數多於部分正確，而且在各單元中小組論證教學模式在完全正確的人數比個人論證教學模式的多，表示兩種數位論證教學模式的學生除了在第六單元外，大部分都能正確的提出變因。

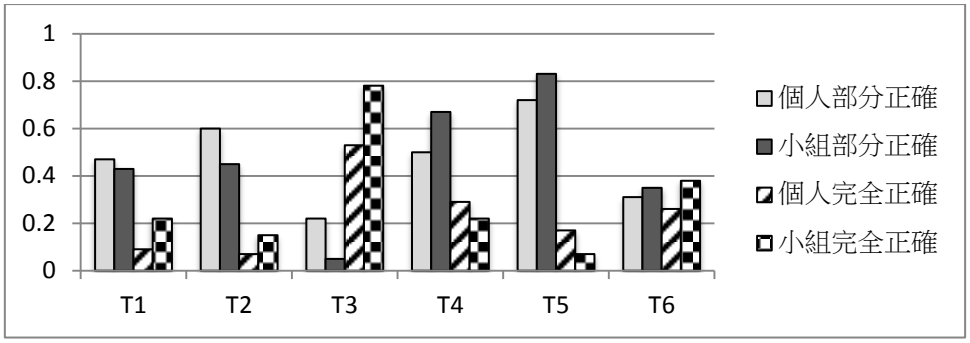


圖4-2-5 科學解釋在各單元部分正確、完全正確次數平均值分布統計

由圖4-2-5 顯示，兩種數位論證教學模式的學生在各單元科學解釋的表現上除第三單元外，部分正確的人數多於完全正確。除第三單元兩種數位論證教學模式的學生是完全正確的人數多於部分正確。而第一、二、三、六單元中小組論證教學模式在完全正確的人數比個人論證教學模式的多，表示兩種數位論證教學模式的學生在科學解釋上，除了在第三單元外完整敘述的學生較多之外，其他單元大部分學生所提出的科學解釋，以部分正確居多。

二、不同教學模式下網路學習歷程科學論證能力量化分析

本小節依據研究問題4-1兩組「數位論證學習網學習歷程可以提升中學生的論證本質與品質」，透過「網路論證學習網站」紀錄學生個人論證歷程中，針對學習課程中使用論證各要素的品質與次數進行分析。

(一)學習歷程各單元科學論證能力之分析

學生在網路論證學習形成科學議題課程中，將六個單元論證歷程依論證各要素宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)的品質分兩個階層，分別為Level 1-概念正確且論證要素部分完整、Level 2-概念正確且論證要素是完整。學生在數位論證學習形成科學議題課程中，將每個課程單元中論證各要素品質的Level 1和Level 2兩個階層總次數進行重複量數分析(Repeated Measure ANOVA)分析，以不同的教學模式為受試者間因子，以各單元歷程論證不同階層的論證總次數為受試者內因子，以了解學生在論證歷程中論證各要素品質成長情形，如表4-2-10。

表4-2-10 不同的教學模式各單元(T)Level1與Level2之總次數之重複量數統計表

單元	個人論證			小組論證			變異來源			成對比較
							單元 (1~6)	教學模式	單元*教學模式	
	N	M	SD	N	M	SD	F(*p*)	F(*p*)	F(*p*)	
								7.75** *p*=0.006		個人論證>小組論證
T1	58	3.52	2.66	60	3.08	2.43				
T2	58	3.78	2.36	60	2.78	1.78				2>3**
T3	58	3.19	2.06	60	2.12	1.842	9.08***		0.74	
T4	58	4.52	2.62	60	3.73	2.81	(*p*=.000)		(*p*=.591)	4>2***，4>3***，4>6***
T5	58	3.83	2.54	60	3.37	2.531				5>3***，5>6**
T6	58	3.4	2.43	60	2.28	1.896				

*p<.01, **p<.001, ***p<.000

由表4-2-10 顯示，以不同數位論證教學模式進行學生在六個單元形成科學議題課程中兩個階層總次數的重複量數值為(F=9.076，p=0.000)達統計上顯著水準，表示兩種數位論證教學模式在各單元學習課程中論證總次數的表現上的確有差異，教學模式(F=7.748，p=0.006)達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中論證總次數上有受到不同教學模式的影響，個人論證顯著高於小組論證，結果支持研究問題4-1「數位論證學習網學習歷程可以提升中學生的論證本質與品質」。

針對各單元(T) Level 1論證次數進行重複量數分析，以了解不同數位論證教學模式的學生在論證歷程中Level 1 的成長情形，如表4-2-11。

表4-2-11 不同的教學模式下各單元(T)論證Level 1 次數之重複量數統計表

單元	個人論證			小組論證			變異來源			成對比較
							單元 (1~6)	教學模式	單元 *教學模式	
	N	M	SD	N	M	SD	F(*p*)	F(*p*)	F(*p*)	
								3.70 *p*=0.057		
T1	58	2.09	1.75	60	2.00	1.68	13.20***		0.36	
T2	58	1.97	1.58	60	1.70	1.38	(*p*=.000)		(*p*=.876)	

T3	58	2.22	1.43	60	1.83	1.96				
T4	58	2.1	1.87	60	1.52	1.44				
T5	58	3.4	2.38	60	3.10	2.71				5>1***，5>2***，5>3***，5>4***，5>6***
T6	58	2.14	1.61	60	1.62	1.45				

*p<.01, **p<.001, ***p<.000

由表4-2-11 顯示，以不同數位論證教學模式進行學生在六個單元形成科學議題課程中Level 1 次數的重複量數值為(F=13.198，p=0.000)達統計上顯著水準，表示兩種數位論證教學模式在各單元學習課程中在Level 1 論證次數的表現上的確有差異，教學模式(F=3.703，p=0.057)未達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中在Level 1 論證次數上並未受到不同教學模式的影響。

針對各單元(T) Level 2論證次數進行重複量數分析，以了解不同數位論證教學模式的學生在論證歷程中Level 2 的成長情形，如表4-2-12。

表4-2-12 不同的教學模式下各單元(T)論證Level 2 次數之重複量數統計表

單元	個人論證			小組論證			變異來源			成對比較
							單元(1~6)	教學模式	單元*教學模式	
	N	M	SD	N	M	SD	F(p)	F(p)	F(p)	
								9.28** p=0.003		個人論證>小組論證
T1	58	2.47	2.19	60	1.97	1.677				1>2***，1>3***，1>4***，1>5***，1>6***
T2	58	1.48	1.41	60	0.85	0.82	11.47***		1.70	
T3	58	1.43	1.57	60	0.92	0.94	(p=.000)		(p=.133)	
T4	58	1.76	1.88	60	1.13	1.69				
T5	58	1.16	1.65	60	1.17	1.21				

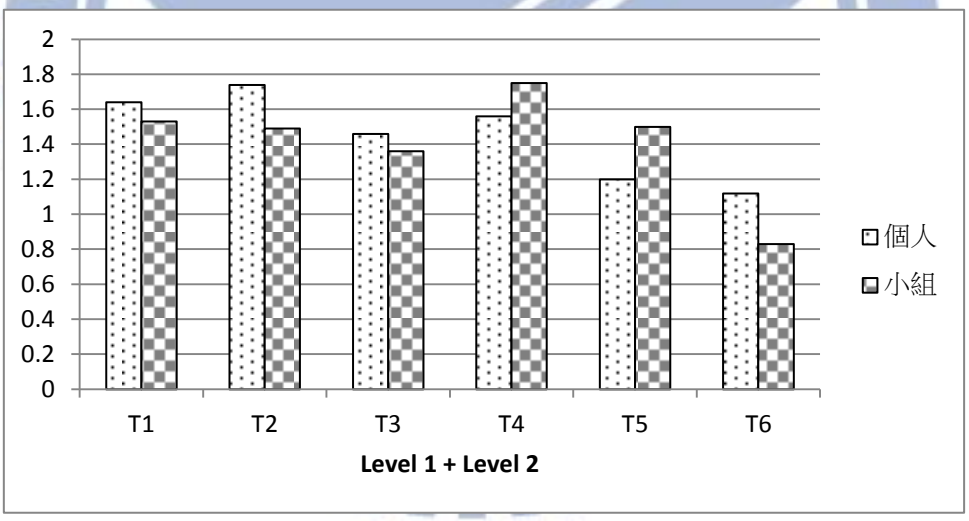
T6	58	1.78	1.78	60	0.82	1.05

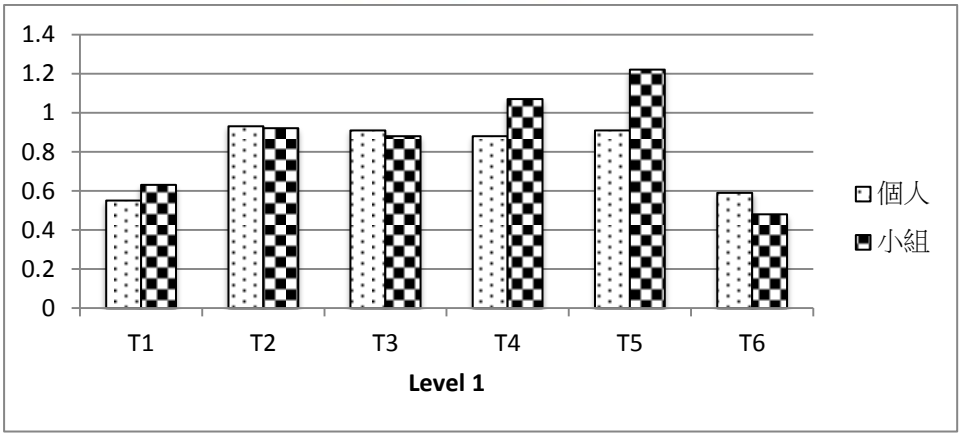
$^{*}p<.01$, $^{**}p<.001$, $^{***}p<.000$

由表4-2-12 顯示，以不同數位論證教學模式進行學生在六個單元形成科學議題課程中Level 2 次數的重複量數值為(F=11.473，p=0.000)達統計上顯著水準，表示兩種數位論證教學模式在各單元學習課程中在Level 2 論證次數的表現上的確有差異，教學模式(F=9.281，p=0.003)達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中在Level 2 論證次數上受到不同教學模式的影響。

(二)論證歷程宣稱(C)之分析

學生在論證歷程中論證要素宣稱(C)兩個階層(Level 1、2)論證次數，分別進行各單元次數平均值統計與重複量數(Repeated Measure ANOVA)分析。兩種數位論證教學模式的學生在各單元論證歷程中宣稱 Level 1 與 Level 2 次數平均值的變化情形，如圖4-2-13 所示。





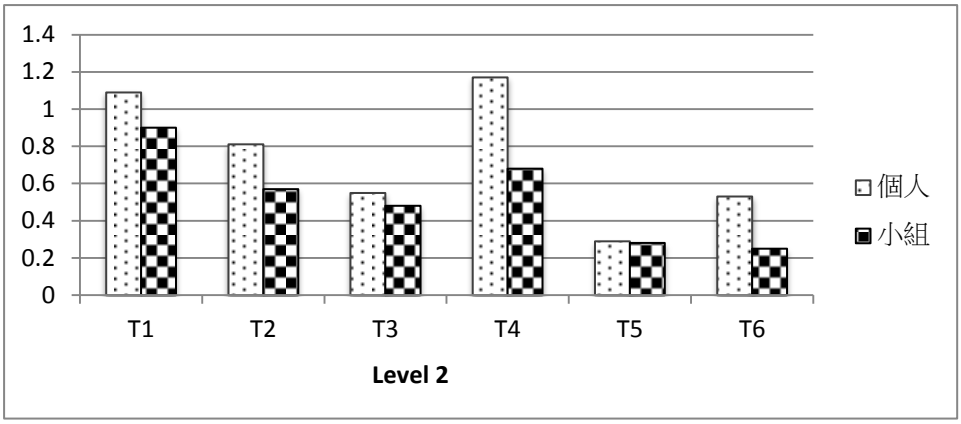


圖4-2-13 兩種數位論證在宣稱(C)Level1與Level2在各單元的次數平均值圖形

學生在各單元論證歷程中宣稱(C)的Level 1和Level 2總次數的重複量數值為(F=10.078，*p*=0.000)達統計上顯著水準，表示兩種數位論證教學模式在各單元論證歷程中宣稱(C)總次數的表現上的確有差異，教學模式(F=1.244，*p*=0.267)未達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中宣稱(C)總次數上不受到教學模式的影響。不同論證教學模式進行學生在論證歷程中宣稱(C) Level 1 論證總次數的重複量數值為(F= 7.011，*p=0.000*)，表示在各單元歷程論證中宣稱Level 1數平均值間達統計上顯著水準，教學模式(F=0.639，*p=0.426*)未達統計上顯著水準。不同論證教學模式進行學生在論證歷程中宣稱(C) Level 2 論證總次數的重複量數值為(F= 15.905，*p=0.000)*，表示在各單元論證歷程中宣稱Level 2次數平均值間達統計上顯著水準，教學模式(F=6.439，*p=0.012*)達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中宣稱(C) Level 2 次數的表現隨著單元改變而有所不同，且個人論證的學生在宣稱(C) Level 2 次數的表現上比小組論證來得好。

(三)論證歷程依據(W)之分析

學生在論證歷程中論證要素依據(W)兩個階層(Level 1、2)論證次數，分別進行各單元次數平均值統計與重複量數(Repeated Measure ANOVA)分析。兩數位論證教學模式的學生在各單元論證歷程中依據(W) Level 1 與 Level 2 次數平均值的變化情形，如圖4-2-14 所示。

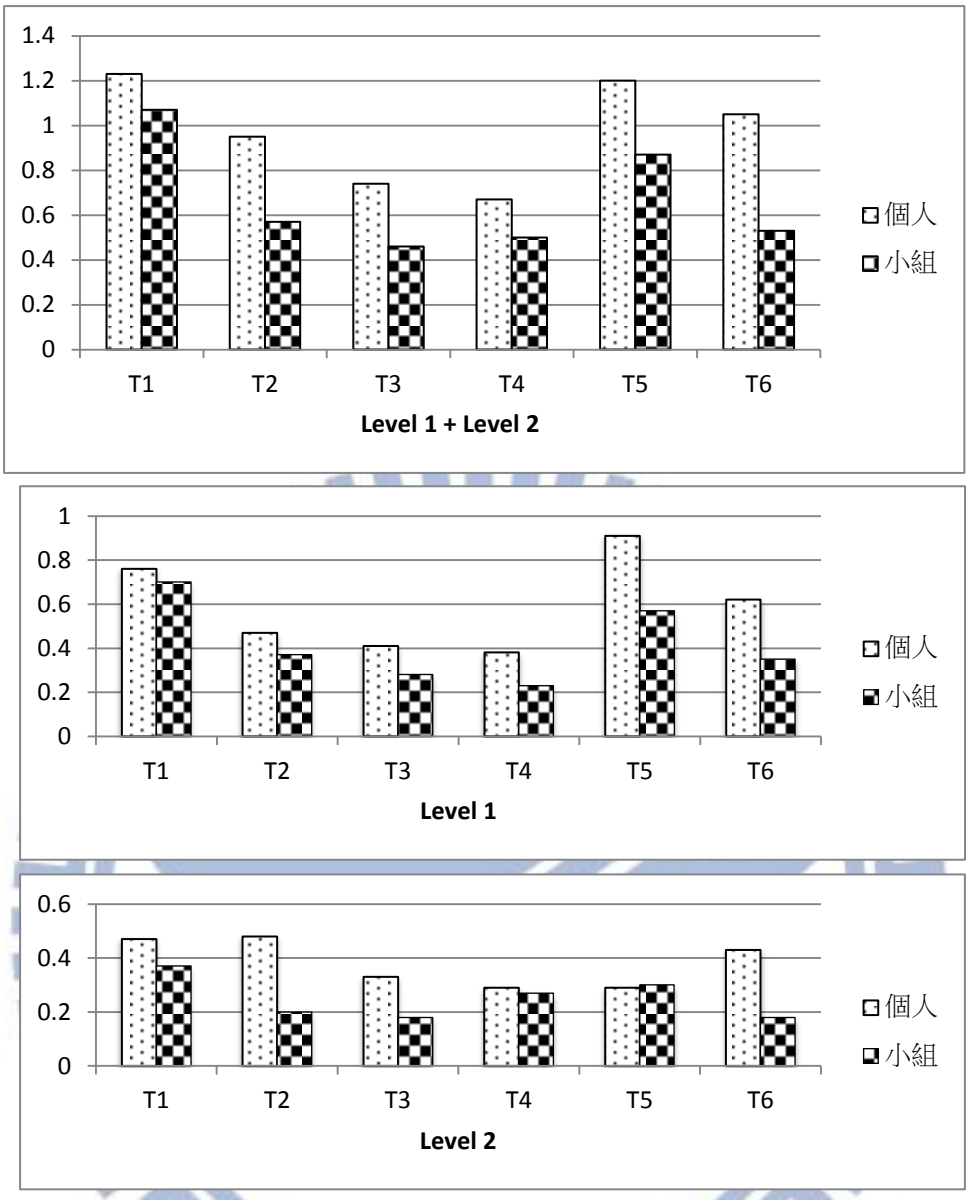


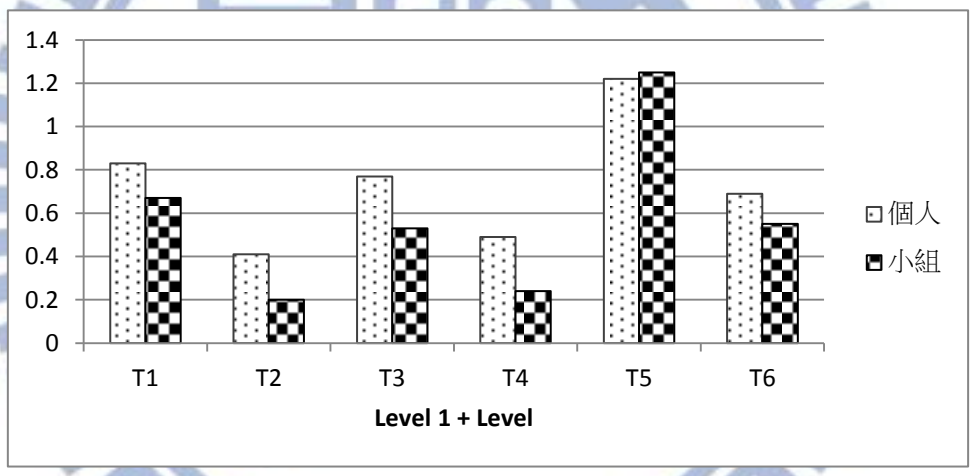
圖4-2-14 兩種數位論證在依據(W)Level1與Level2在各單元的次數平均值圖形

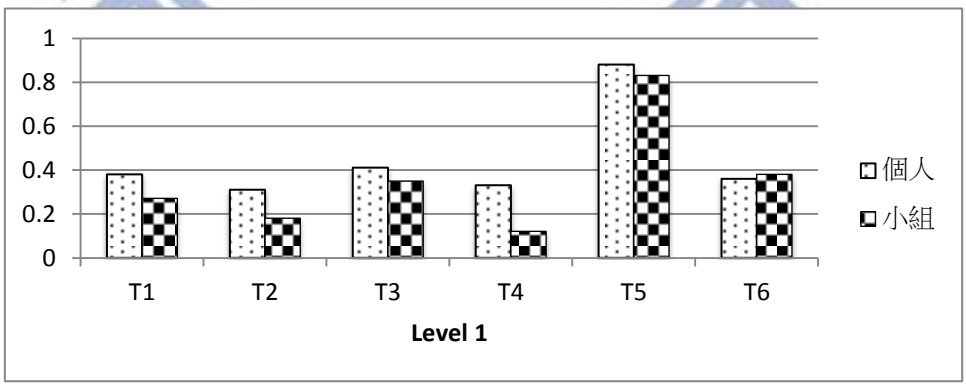
學生在各單元論證歷程中依據(W)的Level 1和Level 2總次數的重複量數值為(F=6.836，*p*=0.000)達統計上顯著水準，表示兩種數位論證教學模式在各單元論證歷程中依據(W)總次數的表現上的確有差異，教學模式(F=10.146，*p*=0.002)達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中依據(W)總次數上受到教學模式的影響，個人論證表現比小組論證好。不同論證教學模式進行學生在論證歷程中依據(W) Level 1 論證總次數的重複量數值為(F= 8.079，*p=0.000*)，表示在各單元歷程論證中依據(W) Level 1 次數平均值間達統計上顯著水準，教學模式(F=7.548，*p=0.007*)達統計上顯著水準，表示個人論證的學生在依據(W) Level 1 次數比小

組論證表現好。不同論證教學模式進行學生在論證歷程中依據(W) Level 2 論證總次數的重複量數值為(F= 1.190，*p=0.312*)，表示在各單元歷程論證中宣稱Level 2 次數平均值間未達統計上顯著水準，教學模式(F=5.210，*p=0.024*)達統計上顯著水準，表示個人論證學生在論證歷程中依據(W) Level 2 次數的表現比小組論證好。

(四)論證歷程支持(B)之分析

學生在論證歷程中論證要素支持(B)兩個階層(Level 1、2)論證總次數，分別進行各單元次數平均值統計與重複量數(Repeated Measure ANOVA)分析。兩種數位論證教學模式的學生在各單元論證歷程中支持(B) Level 1 與 Level 2 次數平均值的變化情形，如圖4-2-15 所示。





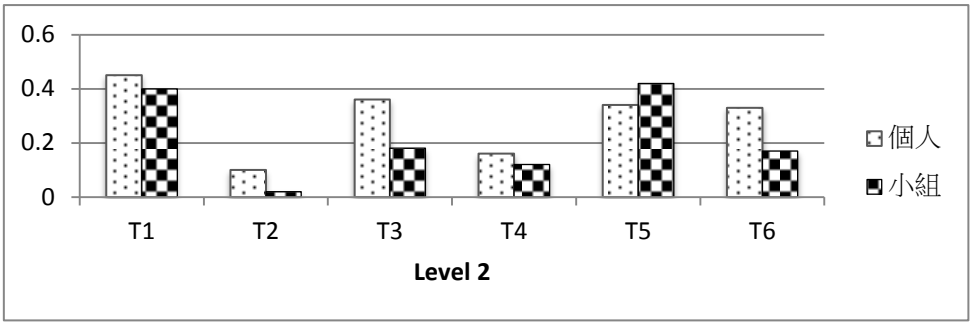


圖4-2-15 兩種數位論證在支持(B)Level1與Level2在各單元的次數平均值圖形

學生在各單元論證歷程中支持(B)的Level 1和Level 2總次數的重複量數值為(F=14.848，*p*=0.000)達統計上顯著水準，表示兩種數位論證教學模式在各單元論證歷程中支持(B)總次數的表現上的確有差異，教學模式(F=1.313，*p*=0.254)未達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中支持(B)總次數上不因教學模式而有不同。不同論證教學模式進行學生在論證歷程中支持(B) Level 1 論證總次數的重複量數值為(F= 16.645，*p=0.000*)，表示在各單元論證歷程中支持(B) Level 1 次數平均值間達統計上顯著水準，教學模式(F=2.144，*p=0.146*)未達統計上顯著水準，即學生在支持(B) Level 1 次數的表現上並不受不同論證教學模式的影響。不同論證教學模式進行學生在論證歷程中支持(B) Level 2 論證總次數的重複量數值為(F= 8.392，*p=0.000*)，表示在各單元歷程論證中宣稱Level 2 次數平均值間達統計上顯著水準，教學模式(F=2.059，*p=0.152*)未達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中支持(B) Level 2 次數的表現隨著單元有所不同，而且學生在支持(B) Level 2的表現上不因不同論證教學模式而顯著差異。

(五)論證歷程反駁(R)之分析

學生在論證歷程中論證要素反駁(R)兩個階層(Level 1、2)論證總次數，分別進行各單元次數平均值統計與重複量數(Repeated Measure ANOVA)分析。兩種數位論證教學模式的學生在各單元論證歷程中反駁(R) Level 1 與 Level 2 次數平均值的變化情形，如圖4-2-16 所示。

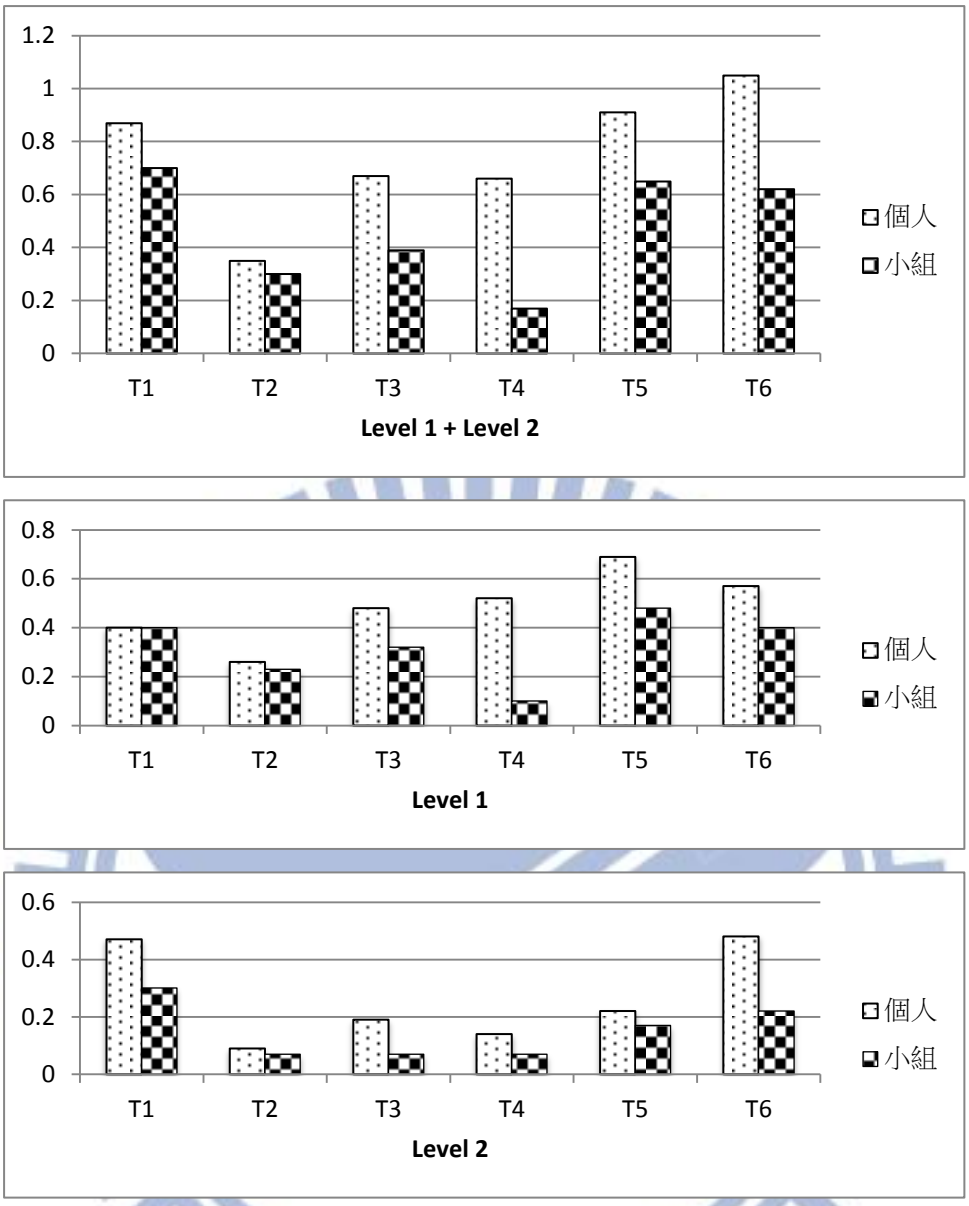


圖4-2-16 兩種數位論證在反駁(R)Level1與Level2在各單元的次數平均值圖形

學生在各單元論證歷程中反駁(R)的Level 1和Level 2總次數的重複量數值為(F=10.127，*p*=0.000)達統計上顯著水準，表示兩種數位論證教學模式在各單元論證歷程中反駁(R)總次數的表現上的確有差異，教學模式(F=10.602，*p*=0.001)達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中反駁(R)總次數上受到教學模式的影響，個人論證表現比小組論證好。不同論證教學模式進行學生在論證歷程中反駁(R) Level 1 論證總次數的重複量數值為(F= 4.658，*p=0.000*)，表示在各單元歷程論證中反駁(R) Level 1 次數平均值間達統計上顯著水準，教學模式(F=6.819，*p=0.010*)達統計上顯著水準，表示個人論證的學生在學習歷程中反駁(R) Level 1

表現比小組論證的學生好。不同論證教學模式進行學生在論證歷程中反駁(R) Level 2 論證總次數的重複量數值為(F= 10.158，*p=0.000*)，表示在各單元論證歷程中宣稱Level 2 次數平均值間達統計上顯著水準，教學模式(F=7.340，*p=0.008*)達統計上顯著水準，表示學生在論證歷程中反駁(R) Level 2 次數的表現隨著單元不同而不同，而且個人論證的學生在反駁(R) Level 2的表現上比小組論證的學生好。

三、小結

本研究透過「網路論證學習網站」紀錄學生學習歷程，從學習者在各單元的形成科學議題、形成假設、提出變因、進行科學解釋的質性資料分為不正確、部分正確和完全正確三等級計分為0、1、2。觀察學習者在學習歷程中PISA科學能力的成長與變化；從學習者在各單元的論證歷程中，對論證各要素~宣稱(C)、依據(W)、支持(B)、反駁(R)的論證品質分為Level 1-概念正確且論證要素部分完整、Level 2-概念正確且論證要素完整，觀察學習者在論證歷程中論證能力的成長與變化。由上述結果顯示，在科學能力方面，不同的數位論證教學模式的數位論證融入PISA科學能力學習課程，兩種數位論證的教學模式在隨著單元的學習，大致呈現進步的趨勢，兩種教學模式對於學生數位論證融入PISA科學能力的學習成效相當，結果與理化主題相依科學能力測驗量化分析結果一致。在形成科學議題方面，兩種數位論證教學模式的學生表現相當，且兩者大部分都是完全正確，各單元在部分正確表現上沒有顯著差異且不受教學模式影響，在完全正確表現上有顯著差異且受教學模式影響。在形成假設方面，兩種數位論證教學模式的學生的表現相當，大部分都是部分正確，只有小組論證教學模式在第四單元有較多學生是完全正確，各單元在部分正確表現上有顯著差異但不受教學模式影響，在完全正確表現上有顯著差異但不受教學模式影響。在提出變因方面，兩種數位論證教學模式的學生完全正確的人數多於部分正確，前面四個單元的完全正確有逐漸

提升的趨勢，各單元在部分正確表現上有顯著差異且受教學模式影響，在完全正確表現上有顯著差異但不受教學模式影響。在進行科學解釋方面，兩種數位論證教學模式的學生，除了在第三單元完全正確敘述的學生較多之外，其他單元大部分學生能由提出的變因進一步進行科學解釋，但多為部分正確，各單元在部分正確表現上沒有顯著差異且不受教學模式影響，在完全正確表現上有顯著差異但不受教學模式影響。

在科學論證能力方面，兩種數位論證教學模式在各單元學習課程中論證總次數的表現上的確有差異，論證次數會受到不同教學模式的影響，個人論證表現比小組論證好，結果與理化主題相依科學論證能力測驗量化分析結果一致。在各單元論證總次數的表現上有顯著差異而且受教學模式影響，個人論證表現比小組論證好，在Level 1論證次數的表現上有顯著差異但不受教學模式影響，在Level 2論證次數的表現上有顯著差異且受教學模式影響，個人論證表現比小組論證好。在宣稱(C)方面，各單元宣稱(C)總次數的表現上有顯著差異但不受教學模式影響，在Level 1論證次數的表現上有顯著差異但不受教學模式影響，在Level 2論證次數的表現上有顯著差異且受教學模式影響，個人論證表現比小組論證好；在依據(W)方面，各單元依據(W)總次數的表現上有顯著差異而且受教學模式影響，個人論證表現比小組論證好，在Level 1與Level 2論證次數的表現上有顯著差異且受教學模式影響，個人論證表現比小組論證好；在支持(B)方面，各單元支持(B)總次數的表現上有顯著差異但不受教學模式影響，在Level 1與 Level 2論證次數的表現上有顯著差異但不受教學模式影響；在反駁(R)方面，各單元反駁(R)總次數的表現上有顯著差異且受教學模式影響，個人論證表現比小組論證好，在Level 1與Level 2論證次數的表現上有顯著差異且受教學模式影響，個人論證表現比小組論證好。本研究研究結果支持研究問題4-1「兩組「數位論證學習網」學習歷程可以提升中學生的論證本質與品質」與研究問題4-2「兩組「數位論證學習網」學習歷程可以提升中學生PISA科學能力品質，包括形成科學議題、形成假設、提

出變因及進行科學解釋能力」。

第五章 結論與建議

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

第一節 結論與討論

本節整理第四節研究結果與討論的部分，依序以課程前後的三項前後測驗與數位論證學習歷程的分析進行研究結論與討論。

一、不同論證教學模式網路融入PISA科學能力學習課程之測驗成效分析

本研究進行前測、後測的項目分別是理化主題相依二階概念測驗、理化主題相依科學能力測驗、理化主題相依科學論證能力測驗，將所得各項數據分析進行討論，最後再進行三份測驗相關分析與迴歸分析以了解學生在教學前後PISA科學能力與論證能力間的關係。

(一)理化概念的建構成效

理化主題相依二階概念測驗測驗結果呈現不同數位論證教學模式均能提升學生科學概念的建構，不同教學模式在學生科學概念建構上並未達顯著差異，此結果支持研究問題1-1「兩組數位論證教學模式可以提升中學生在理化概念之建構」，不支持研究問題1-2「不同數位論證教學模式對學生理化主題相依概念(後測)達顯著差異」。表示兩種論證課程均有助於學生對科學概念的理解(Osborne, 2006)。本研究提供學生有發表、發問、回答的機會，透過個人建構或社會建構促進學生對科學概念的理解，提升學生的科學本質、科學知識以及論證能力，而且在主動建構的過程中經由討論與論證的活動，進而發展學生對概念的理解與澄清。

(二)理化主題相依PISA科學能力的提升

理化主題相依科學能力測驗結果呈現不同數位論證教學模式均能提升學生科學能力，不同教學模式在學生科學能力上並未達顯著差異，結果支持研究問題2-1「兩組數位論證教學模式可以促進中學生科學能力」，不支持研究問題2-2「不同論證教學模式對學生理化主題相依科學能力(後測)達顯著差異」。表示論證教學模式的數位論證融入 PISA 科學能力學習課程內容，可以培養學生辨識提供情境的關鍵特徵，進而形成科學議題、形成假設、提出變因，透過論證過程形成結論，進行科學解釋等能力。

針對六個單元PISA科學能力數位論證學習歷程的質性資料，以不同的論證教學模式進行分析，學生在整體PISA科學能力均能有效提升，而不同論證教學模式對學生整體PISA科學能力的提升並沒有達到統計上顯著水準，顯示數位論證學習歷程的PISA科學能力的質性資料分析與課程前後理化主題相依PISA科學能力測驗量化結果分析相同，結果支持研究問題4-2「兩組數位論證學習網學習歷程可以提升中學生PISA科學能力的品質，包括形成科學議題、假設、變因及科學解釋能力」，研究結果部分與陳梅香 (2010)以鷹架式網路形成科學議題課

程可以提升國小學生形成科學議題等能力，以及翁筱嵐 (2010)以不同層次鷹架式之形成科學性議題網路課程能提升國中學生形成科學性議題等能力互相吻合。在如何形成假設、如何提出變因、如何進行科學解釋等能力在第三單元(擴散)、第四單元(化學反應)、第五單元(聲音)等三個單元表現高於其它單元，表示學生在熱對流、化學變化與聲音的相關科學概念上較為成熟，並能應用在科學情境中；而在物質的分類、燃燒三要素、質量守恆等相關科學概念相對的表現較弱。

(三)理化主題相依科學論證能力的提升

理化主題相依論證能力測驗結果呈現不論哪一種數位論證教學模式均能提升學生的論證能力，顯示只要多提供學生論證的機會，學生論證的品質與次數均會有所提升，結果支持研究問題 3-1「兩組論證教學模式能提升中學生科學論證的能力」。研究結果支持學生的論證能力是可以在課程中透過論證方式而達到提升的效果(Osborne et al., 2004；Simon, Drduran, & Osborne, 2006)。另外，教學模式對學生科學論證的能力的確有影響，個人論證教學模式較小組論證教學模式佳，支持研究問題 3-2「不同論證教學模式對學生主題相依論證能力(後測)達顯著差異」，主要原因在於個人論證教學模式的學生必須每一個論證要素都要發言，而且每個單元不斷的自我論證完整三十分鐘的時間，然而小組論證教學模式的學生在三十分鐘的論證過程中，則一方面要提出論述，同時要針對別人的論述在進行論證，在各項論證的次數與品質的練習上相對少，因此比個人論證表現差。在學習歷程中教師沒有參與學生的論證，但是學生依然可以透過學習內容增進對論證要素的了解並增進論證的品質，透過明確的論證活動指引，個人論證不斷提升自我「理論與證據協調」、「考慮不同的證據評估不同的觀點」內在的思考歷程；小組論證除了發展自己內在思考歷程的論證之外，也能透過「審查並評估支持或對立的觀點」、「產生反駁他人的論點」、「對他人反駁的論點產生抗辯」等小組論證活動，由外在的刺激進入自我內在的思考。因此，老師提供合適的學習課程與環境，提供學生許多論證的機會是可以激發學生論證的潛能，協助學生培養

出良好的論證能力，研究結果也呼應了先前研究數位論證學習課程有助於提升學生的論證能力，同時有助於學生概念建構與推理能力的增進，學習者的論證本質也有所成長(Chen & She, 2012；Yeh & She, 2010)。以不同論證教學模式進行六個單元學習歷程後論證後，學生論證的能力均有所提升，而且個人論證教學模式在論證後測與歷程論證總分比小組論證教學模式佳。不同論證教學模式對學生各單元歷程論證確實有影響，整體上個人論證教學模式的學生在六個單元論證總分均優於小組論證教學模式的學生，但不同的教學模式對學生整體的論證能力或各論證要素的影響並不明顯，結果支持研究問題 4-1「兩組數位論證學習網學習歷程可以提升中學生的論證本質與品質」。

(四)PISA科學能力、論證和概念的關係

逐步迴歸分析(Stepwise Multiple Regression)結果顯示學生理化主題相依二階概念後測成績對理化主題相依科學能力後測成績具有較佳的預測力，其次是理化主題相依科學論證後測成績。表示學生科學科學概念建構與學生形成科學議題的能力息息相關，科學能力除了與學生的論證能力有關之外，同時也受到學生科學論證的影響；科學論證的能力除了與學生原有論證能力有關之外，也受到學生科學概念的影響，研究結果支持Osborne、Erduran及Simon (2004)認為以論證為學習科學的重心有啟發學習知識論與概念上的協調、呈現學習者的科學思考與科學推理等功能。這也呼應了教育必須賦予學生對日常生活議題進行科學思考的能力，所以論證能力的培養是科學教育重要的面向之一（Newton et al., 1999），當學習了解與建構科學概念後，需要讓學生有使用的機會，有練習發表、發問、回答的機會，透過科學論證的活動，提升學生對科學認識論的了解，甚至也可促進學生PISA科學能力的發展。

第二節 建議

本結將針對不同論證教學模式的形成科學議題課程設計，提出建議做為日後

研究與教學的參考。

一、對「PISA科學能力學習」教學與教材上的建議

(一)PISA科學能力的培養

本研究是依據PISA中形成科學能力內涵設計六個單元課程,每個單元均有五個形成科學議題的步驟:1.由科學資訊啟動與搜尋核心概念、2.形成科學議題、3.形成假設、4.提出變因、5.進行科學解釋。發現學生在各單元的科學概念與形成科學議題的能力是有相關的,因此以建構學生科學概念為基礎,再以有步驟的課程學習,以培養學生形成科學議題的能力。

(二)選取適當的學習課程

形成科學議題的課程大多屬於需要進行探究活動的內容,因此在學習課程內容的選擇上需以能進行探究活動的主題,並且學習課程內容能融入生活科學中,經由科學情境中所提供的訊息,學習者從不同的觀點或科學概念進行辨識關鍵特徵,進而形成可探究式的科學性議題,將科學知識應用在生活中形成有意義的學習。

(三)設計合適的教學模式

本研究以不同論證教學模式提升學生PISA科學能力,學生必須學習如何以文字表達所要形成的科學性議題,經由論證的方式進行個人論證或小組論證,這與學生原有的學習模式截然不同。如果能在學生的學習課程中選取適當的單元讓學生進行論證或進行探究實驗,使學生能熟悉論證技巧以及如何進行探究,培養學生文字表達與與人溝通的能力,協助學生跨越學習障礙。

(四)電腦使用與時間安排

本研究是以網路論證學習進行課程學習,學生需進入電腦教室進行學習,由於學校電腦教室使用率頻繁,學生需在四十五分鐘內學習一個單元,每位學生的程度與打字速度都不盡相同,無法在相同時間內學習一個單元課程。因此建議以網路進行教學時,需要依照學生的學習進度給予彈性時間,如此

教學才不會因為學生電腦能力與學習速度而有所影響。

(五)學生的主動學習

在網路學習環境中，學生可以控制自己的學習速度，其學習意願也會決定對學習投入的程度，因此教師需要在旁鼓勵學生提升其學習意願，同時也要適時協助學習障礙或學習困難的學生，不斷提升學生學習興趣與減少學習挫折，加深網路學習的成效。

(六)科學議題的設計

本研究在形成科學性議題課程設計是採用問題式，學生須經過思考後再以文字敘述回答，有些學生無法完整或適時的表達，在網路學習課程中本研究已提供模板減少學生的學習挫折，但是仍有部分學生在問題式的回答造成學習障礙，因此如果在問題式後能提供選項讓學生選擇，或在同一頁面上學習者能看到前面敘述的文字，不須記憶前述所敘述內容，能有較好的連貫思考，減少學習上的困難。

二、對論證教學上的建議

(一) 論證模板的設計

學生在平時很少以論證方式學習課程，對論證模板所提供的論證各要素的文字範本無法完全了解，因此在論證過程中須不斷思索回答的敘述是否符合文字範本的規範。因此如果在論證各要素的文字範本能更清楚讓學生了解各要素的差異，學生在網路論證時才能更嫻熟的使用論證技巧與他人或自己進行論證。

(二) 選擇合適的論證課程

由於本研究是以論證教學模式提升學生形成科學性議題能力，因此選擇的課程單元除了要具備可以形成科學性議題之外，尚須是可以透過論證方式來討論的，並非所有課程單元均能符合。所以經驗教師能夠與專家學者進行研究討論，選擇合適課程單元進行論證教學之外，並融入形成科學議題的型

式，如此可透過論證的教學提升學生形成科學性議題的能力。

（三）引起學生喜好論證的動機

學生一開始並不熟悉論證的意涵與技巧，而且對論證各要素的定義及規範覺得很麻煩。課程前應該多讓學生接觸論證，利用與生活相關或學生關注的社會性科學議題進行課堂論證，使學生多接觸論證，進而喜好論證，然後再進入電腦教室進行學習課程。

（四）論證問題的選擇

要引起學生喜好論證的必要條件是論證題目需要有吸引學生的關注，才能引起學生論證的動機，進而與他人或自己進行論述。本研究提出形成科學性議題的問題提供學生進行論證，如果選擇更貼切學生所關注或學生有興趣的問題，在進行網路論證時並能引起學習者熱烈討論。

（五）論證歷程的時間

小組的論證時間可以再提高，或許可以提升其論證的效果。

三、對未來研究的建議

（一）學生電腦打字輸入差異

學生使用電腦機率非常高，但是卻只習慣使用滑鼠與按鍵，在文字輸入上卻不夠嫻熟，經常無法將正確文字輸入，再者學生彼此打字速度差異很大，造成參與論證次數頻率差異很大，這種現象應予排除。

（二）加強論證的課堂訓練

傳統教室常以講述式上課方式與進行食譜式實驗較多，學生很少進行與老師或同學的論證對話，也很少進行探究式的實驗。因此教室能改變教學策略之外，教師應提供更多機會在教學過程讓同學有論證的機會以及實驗課有讓學生有探究的機會。

（三）形成科學議題的探究實驗

本研究的課程單元均是學生已學過的課程，但教師在這些單元並沒有都

進行探究實驗，造成學生在形成科學議題的學習歷程中無法進行多面向的思考，有些學生只依著教師授課內容回答，因此未來課程設計能結合學生進入實驗室進行探究實驗，再由網路論證進行論述。

(四)論證融入課堂教學

由研究發現學生的論證能力會隨著論證次數而有所提升，在課堂上教師可以提供更多機會讓學生就課程內容加以論證，經由論證過程學生主動建構其科學概念，更能產生有效的學習。

(五)PISA科學能力融入課堂教學

對如何培養學生PISA科學能力的研究甚少，如果能透過經驗教師與研究專家進行研究設計，提供教師教學策略或教案參考及應用，減少教師負擔，讓教師樂於使用並提出改進策略，對如何提升學生PISA科學能力一定有很大的助益。

參考文獻

一、中文部分

李佳生 (2009)。應用論證教學促進國小五年級學童科學論證能力之研究。嘉義縣：國立嘉義大學碩士論文。

林奇賢 (1998)。網路學習環境的設計與應用。資訊與教育雜誌，67，34-49。

林奇賢、馬榮燦、林志能（2000）。網路學習與網路學校的發展對教師專業路線的衝擊。資訊與教育，79，3-7。

易國榮 (2003)。網路化雙重情境學習模式對國小學生的真菌概念改變之研究。國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班碩士論文。國立交通大學碩博士論文全文檢索系統，GT009173508。

邱榮章 (2006)。探究教學活動對國中學生『自然與生活科技』科影響之行動研究。彰化縣：國立彰化師範大學碩士論文（未出版）。

洪瑟貞，陳錦章 (2010)。融入論證的教學策略對七年級學生光學單元學習成就與論證能力影響之研究。彰化縣：國立彰化師範大學碩士論文。

施富吉 (2010)。論證式探究教學對八年級學生浮力概念改變與論證能力影響之研究。彰化縣：國立彰化師範大學碩士論文。

梁志平 (2004)。建構主義式的網路科學學習對國中生力的概念學習之研究。國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班碩士論文。

翁筱嵐 (2010)。探討不同層次鷹架式之形成科學性議題網路課程對國中學生形成科學性議題能力之影響。國立交通大學碩士研究所碩士論文。

教育部（2000）。國民中小學課程綱要自然與生活科技學習領域。台北市：行政院教育部。

教育部 (2000)：國民中小學九年一貫課程總綱。台北： 教育部。

莊明樺 (2010)。探討純粹比對類比與傳達屬性類比網路課程對國小學生科學概念建構與類比推理能力之影響。國立交通大學碩士研究所碩士論文。

陳怡仁 (2008)。應用數位化雙重情境學習課程探討多媒體呈現形式對國中生遺傳概念建構之影響。國立交通大學碩士研究所碩士論文。

陳姿津 (2007)。『科學類比推理』網路互動學習研究－促進國中生電學概念之建構與推理能力。國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班碩士論文。

陳倩嫻 (2008)。探討數位論證學習課程對中學生科學概念建構與論證能力之影響。國立交通大學碩士研究所碩士論文。

陳梅香 (2010)。探討鷹架式網路形成科學議題課程對國小學生形成科學議題能力與科學探究能力之影響。國立交通大學碩士研究所碩士論文。

游文楓，余曉清 (2003)。網路化問題解決教學策略對學生生物學習成效的影響。第十九屆科學教育學術研討會論文發表。

黃柏鴻、林樹聲 (2007)。論證教學相關實徵性研究之回顧與省思論。科學教育，302，5-20。

黃莉郁 (2009)。探討多重表徵之呈現方式對高中學生「熱膨脹」概念改變的認知歷程與腦波變化的影響。國立交通大學碩士研究所碩士論文。

黃翎斐、胡瑞萍 (2006)。論證與科學教育的理論與實務。科學教育，292，15-28。

黃翎斐、張文華、林陳涌 (2008)。不同佈題模式對學生論證表現的影響。科學教育學刊，16，375-393。

萬祥傑 (2009)：國小高年級學童小組數位科學論證 ——熱認知的取向。花蓮縣：國立花蓮教育大學碩士論文。

葉冠慧 (2009)。應用網路化論證提昇國中學生論證能力與化學反應概念改變。國立交通大學碩士研究所碩士論文。科學教育研究與發展季刊 Research and Development in Science Education qualterly 2010，第五十六期， 53-74 頁 2010, No.56, 53-74 科學探究活動中的科學推理 吳百興* 張耀云 吳心楷

廖婭妏 (2005)。運用『科學推理』於網路互動學習—促進國中生原子概念之建構與推理。國立交通大學碩士研究所碩士論文。國立交通大學碩博士論文全文檢索系統，GT009248534。

蔡俊彥、黃台珠、楊錦潭 (2006)。國小學童網路論證能力及科學概念學習之研究。科學教育學刊， 16，171-192。

鄭憲聰，陳錦章 (2011)。融入論證導向的教學策略對國三學生力與運動單元學習成效影響之研究。彰化縣：國立彰化師範大學碩士論文。

二、英文部分

Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education, 22*(8), 797-817.

Bell, D. (2002). Making science inclusive: Providing effective learning opportunities for children with learning difficulties. *Support for Learning, 17*(4), 156-161.

Bloom, J. W. (2001). Discourse, Cognition, and Chaotic Systems: An Examination of Students' Argument About Density. *Journal of the Learning Sciences, 10*(4), 447-492.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Academy Press.

Brem, S. K., & Rips, L. J. (2000). Explanation and Evidence in Informal Argument. *Cognitive Science*, 24(4), 573-604.

Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS). *Science and Children, 25*(8), 36-37.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A.,& Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications*.

Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological science curriculum study (BSCS). *Science and Children, 25*(8), 36-37.

Chen, C. H. & She, H.C. (2012). The impact of Recurrent On-line Synchronous Scientific Argumentation on Students' Argumentation and Conceptual Change. *Educational Technology & Society, 15* (1), 197-210.

Cho, K. L., & Jonassen, D. H. (2002). The effects of argumentation scaffolds on argumentation and problem solving. *Educational Technology Research and*

Development, *50*(3), 5-22.

Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2005). *Analyzing the quality of argumentation supported by personally-seeded discussions*. Paper presented at The 2005 Conference on Computer Support for Collaborative Learning, Learning 2005, The Next 10 years!, Taipei, Taiwan.

Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2007). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education*, *29*(3), 253-277.

Clark, D. B. & Sampson, V. D. (2007a). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education*, *29*(3), 253-277.

Clark, D. B., Sampson, A. W., & Erkens, G. (2007b). Analytic frameworks for assessing dialogic argumentation in online learning environments. *Educational Psychology Review*, *19*(3), 343-374.

Clark, D. B., Stegmann, K., Weinberger, A., Menekse, M., & Erkens, G. (2008). Technology-enhanced learning environments to support students' argumentation. In S. Erduran & M. P. Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 217-243). New York: Springer.

Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Lawerence Erlbaum Associates.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287-312.

Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.

Erduran, S. (2008). Methodological foundations in the study of argumentation in

science classrooms. In S. Erduran & M. P. Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 47-69). New York: Springer.

Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists'reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*, 663-687.

Jimenez-Aleixandre, M. P., Lopez-Rodriguez, R., & Erduran, S. (2005). a*rgumentative quality and intellectual ecology: A case study in primary school.* Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, Dallas.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A.B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, *84*(6), 757-792.

Jenmann, P., & Dillenbourg, P. (2003). Elaborating new arguments through a CSCL script. In J. Andriessen, M. Baker, & D. Suthers (Eds.), *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (pp. 205-226). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Kelly G. F., Stephen Druker & Catherine Chen (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20, 849-871.

Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press.

Kuhn D. (1992). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, *77*, 319-337.

Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M. (1997). Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning. *Cognition and Instruction*, *15*(3), 287-315.

Kuhn, D., Katz, J. B., & Dean, D. (2004). Developing reason. *Thinking and Reasoning*, *10*, 197-219.

Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. London: Harvard University Press.

Lawson, A. E. (2002). Sound and Faulty Arguments Generated by Preservice Biology Teachers When Testing Hypotheses Involving Unobservable Entities. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(33), 237-252.

Lawson, A. E. (2003). The nature and development of hypotheticopredictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education, 25*(11), 1387-1408.

Lederman, N. G. (2001). The many flavors of scientific inquiry. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching National Meeting, St. Louis, MO, March 2001.

Liao, Y.W., & She, H.C. (2009). Enhancing Eight Grade Students' Scientific Conceptual Change and Scientific Reasoning through a Web-based Learning Program. *Educational Technology & Society, 12*(4), 228-240.

Maloney, J., & Simon, S. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. *International Journal of Science Education, 28*(15), 1817-1841.

Mason, L. & Scirica, F. (2006). Prediction of students' argumentation skills about controversial topic by epistemological understanding. *Learning and Instruction, 16*, 492-509.

Millar. R., & Osborne, J. (1998). Beyond 2000:*Science Education for the Future.* London: Nuffield Seminer Series Interim Report V3.

Newton, P., Driver, R.& Osborne, J.(1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education, 21*(5), 553-576.

OECD (1999).Measure student knowledge and skill:A new framework for assessment. Paris: OECD.

OECD (2009a). PISA 2009 Assessing Framework: Key Competencies in Reading,

Mathematics, and Science. OECD, Paris.

OECD (2009). PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do- Student Performance in Reading, Mathematics, and Science. OECD, Paris.

OECD (2010). PISA 2009 assessment framework - key competencies in reading, mathematics and science. Retrieved September 3, 2011, from http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf

Osborne J., Erduran S., Simon S. & Monk M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, *82*, 63-70.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 994-1020.

Osborne, J. (2006, July). The importance of argument in science education. In Science Education Center National Taiwan Normal University (Chair), International workshop of argumentation in science teaching and learning, Taipei, Taiwan.

Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: Implications for teaching. *International Journal of Science Education*, *21*(7), 745-754.

Petit, A., & Soto, E. (2002). Already Experts: Showing students how much they know about writing and reading arguments. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, *45*(8), 674-682.

Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, *23*(1), 23-55.

She, H. C. & Fisher, D. (2002). Teacher communication behavior and its association with students' cognitive and attitudinal outcomes in science in Taiwan. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(1), 63-78.

She, H. C. & Fisher, D. L. (2003). Web-base e-learning environments in Taiwan: The impact of the online science flash program on students' learning. In M. S. Khine, & D. L. Fisher (Eds.), Technology-rich learning environment: A Future

perspective (pp.343-368). Singapore: World Scientific.

She, H.C. (2004). Facilitating changes in ninth grade students' understanding of dissolution and diffusion through DSLM instruction. *Research in Science Education, 34*(4), 503-526.

She, H.C. (2005). Enhancing eighth grade students' learning of buoyancy: The interaction of teachers' instructional approach and students' learning preference styles. *International Journal of Science and Mathematics Education, 3*, 609-624.

She, H. C. (2006, July 31). Keynote speech (in English): Promoting students' Scientific reasoning ability and conceptual change through SCCR digital learning program. Paper presented at International Workshop of Argumentation in Science Teaching and Learning. Taipei, NTNU, Science Education Center.

She, H.C. & Lee, C.Q. (2008). SCCR Digital Learning System for Scientific Conceptual change and Scientific Reasoning. *Computers & Education, 51*(2), 724-742.

She, H.C., & Liao, Y.W. (2010). Bridging Scientific Reasoning and Conceptual Change through Adaptive Web-based Learning. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(1), 99-119.

Simon, S. , Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of science Education, 28*(2-3), 235-260.

Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927.

Toulmin, S. E. (1958). *The use of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Wray, R. & Lewis, M. (1997). *Extending literacy: children reading and writing non-fiction.* London: Routledge.

Yeh, K.H. & She, H.C. (2010). On-line Synchronous Scientific Argumentation

Learning: Nurturing Students' Argumentation Ability and Conceptual Change in Science Context. *Computers & Education, 55*(2), 586-602.

Yerrick, R. K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(8), 807-838.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(1), 35-62.

理化主題相依概念測驗單一選擇題版本(範例)

學生指引

這個能力測驗，主要是測驗你在單元中所學的概念。在每一題中，請選擇一個最佳的答案，填寫在答案紙上。

注意事項：請勿在測驗題本上做任何記號。

在測驗開始之前，請勿翻翻開此測驗本！

[單元一]

(　)1-1 下列哪一種固體經過敲擊後會碎裂？

(A) 紅棕色的銅棒

(B) 黃色的硫棒

(C) 銀白色的鐵棒

(D) 銀白色的鋁棒

(　)1-2 你的理由是

(A) 顏色與其他不同

(B) 它是非金屬

(C) 它容易燃燒

(D) 它的密度最小

[單元二]

(　)1-1 燃燒的火柴能點燃酒精燈的火焰是因為

(A) 火焰由火柴移到酒精燈的燈蕊

(B) 火柴燃燒放出熱量提高燈蕊周圍空氣的溫度

(C) 火焰的溫度高提高燈蕊上酒精的溫度

(D) 火柴的火焰周圍空氣流動使燈蕊得到更多的空氣

(　)1-2 你的理由是

(A) 酒精是可燃物

(B) 火柴提供熱量使酒精溫度達到燃點以上

(C) 燈蕊周圍空氣提供更多的助燃物

(D) 火柴的火焰製造空氣流動

[單元三]：

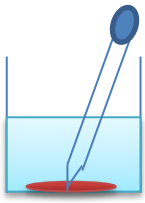
(　)1-1 用滴管吸取染料後深入盛有水的燒杯底部，慢慢將染料擠出一些， 如右圖，觀察一段時間會發生甚麼現象？

(A)染料維持原狀

(B)染料只會沉在燒杯底層

(C)染料會上升浮在水面上

(D)染料會勻分布在水中



(　)1-2 你的理由是

(A)染料粒子和水分子屬於不同物質，所以無法混合

(B)染料的密度比水較大，所以沉在水面下

(C)染料的密度比水較小，所以會浮在水面

(D)染料粒子與水分子互相碰撞，使得染料能均勻分散在水中

[單元四]

(　)1-1 玻璃瓶中含有顆粒狀的大理石，倒入稀鹽酸 50 毫升，立刻將沒吹大的氣球套上，如圖所示，請問會發生什麼現象？

(A) 氣球沒有什麼變化

(B) 氣球變扁了

(C) 氣球膨脹變大了

(D) 氣球體積忽大忽小

(　)1-2 你的理由是

(A) 反應使瓶內的水變成水蒸氣

(B) 反應使氣球材質改變而變扁

(C) 反應產生熱量使瓶內空氣膨脹，冷卻後氣球變小

(D) 反應產生氣體使瓶內壓力增加

[單元五]：

(　)1-1 下列哪一種情況會發出聲音？

燒杯	甲	乙	丙
鹽酸濃度	0.5M	1.0M	2.0M
鹽酸體積	200mL	200mL	200mL

(A) 桌上的音叉

(B) 用手撥動吉他的弦線

(C) 盛有燒杯的水放在室內時間一段，水會減少一些

(D) 在玻璃真空罩內震動的鬧鐘

(　)1-2 你的理由是

(A) 只要物體能振動就能發出聲音

(B) 只要有空氣就能聽到聲音

(C) 只要有物體流動或運動就能發出聲音

(D) 只要有物體振動與傳聲的介質就能發出聲音

[單元六]

(　)1-1 下列哪一種現象屬於化學變化？

(A) 水蒸發成水蒸氣

(B) 糖溶解在水中形成糖水

(C) 酒精在空氣中逐漸變少

(D) 銀白色的鎂帶燃燒變成白色

(　)1-2 你的理由是

(A) 狀態改變了

(B) 顆粒變小了

(C) 粒子本身的大小改變了

(D) 原子結合方式(排列方式)改變了

理化主題相依科學能力測驗(範例)

學生指引

這個能力測驗，主要是測驗你在情境中辨識概念與形成科學性議題的能力，是否能夠由科學議題形成適當的假設，並由假設能否了解實驗變因。在每一題中請選擇一個最佳的答案，填寫在答案紙上。

注意事項：請勿在測驗題本上做任何記號。

在測驗開始之前，請勿翻翻開此測驗本！

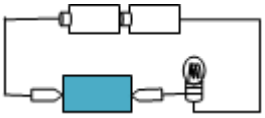
[單元一] 物質的分類

實驗室中有一些塊狀的固體，老師將這些固體做分成兩類，分別做了一些實驗，結果如下：

第一類的固體：(1)顏色幾乎都一樣，只有一種固體顏色與其他不同。

(2)質地很硬而且敲擊後又不會碎裂，用砂紙磨一磨會發亮。

(3)用電池、電線、燈泡與固體連接如右圖，燈泡都會發亮。



(4)加熱時大部分無法燃燒，但表面光澤卻消失，可以燃燒的物質放入水中並攪拌，用廣用試紙檢驗都呈藍色或藍紫色。

第二類的固體：(1)有許多不同顏色，外觀有粉末也有塊狀，塊狀的經過敲擊後發現會碎裂。

(2)粉末的都沒有光澤，塊狀的用砂紙磨一磨也沒有光澤產生。

(3)加熱後幾乎會發生改變，但產生的現象都不太相同，容易燃燒的有冒出大量煙霧，也有產生臭味。沒有燃燒的會產生有顏色的氣體。

(4)收集燃燒後產生的氣體溶於水中，用廣用試紙檢驗，發現會使廣用試紙都呈黃色或紅色。

Q1：(　)根據上述文章內容，請問下列哪些方法是將固體物質分成兩類的依據呢？

甲、導電性 乙、延展性 丙、外觀與顏色 丁、加熱情形 戊、燃燒產物的性質 己、水溶液的酸鹼性 庚、水溶液是否會導電 辛、和稀鹽酸是否有作用

(A)甲、乙、丙

(B)己、庚、辛

(C)丙、丁、戊、己

(D)甲、乙、丙、丁、戊、己

Q2：(　)由上述文章內容，如果要形成一個「科學問題」，下列哪一個是合理的？

(A)物質的外觀和物質燃燒的情形有關嗎？

(B)物質得是否會導電和物質燃燒的現象有關嗎？

(C)物質燃燒後氧化物的水溶液酸鹼性可以做為物質分類的依據嗎？

(D)物質和稀鹽酸是否有作用可以做為物質分類的依據嗎？

Q3：(　)由你形成的「科學問題」，變成可以操作的實驗假設，下列哪一個最合理？

(A)由於物質的外觀顏色不同，物質燃燒的情形也會不同

(B)導電性越好的物質，燃燒的現象就越相似

(C)燃燒後氧化物的水溶液酸鹼性相同的物質，就可以將其歸於同一類

(D)能與稀鹽酸作用的物質，就可以將其歸於同一類

Q4：(　)承 Q3 題，如果要證實實驗的假設是否正確，操縱的變因是什麼？

(A) 物質燃燒情形

(B) 物質的導電性

(C) 氧化物水溶液的酸鹼性

(D) 不同種類的物質

Q5：(　)承 Q3 題，如果要證實實驗的假設是否正確，應變的變因是什麼？

(A) 物質外觀顏色

(B) 是否與鹽酸作用

(C) 氧化物水溶液的酸鹼性

(D) 不同種類的物質

網路上查到下列六種元素的性質如下表：

	外觀	敲擊情形	導電情形	密度	熔點	加熱情形	硬度
甲(矽)	銀黑色有光澤	硬但易碎	溫度越高導電性越好	2.33g/cm^3	1414℃	不易燃燒	6.5
乙(硫)	黃色沒有光澤	易碎裂	不會導電	1.96 g/cm^3	115.2℃	熔化後起火燃燒	2
丙(碘)	紫黑色有光澤	易碎裂	不能導電	4.94 g/cm^3	113.7℃	有昇華現象	0
丁(鍺)	灰白色有光澤	硬但易碎	溫度越高導電性越好	5.32 g/cm^3	938℃	沒有變化	6
戊(鋁)	銀白色有光澤	會變扁薄狀	溫度越高導電性越差	2.7g/cm^3	660.3℃	不易燃燒	2.75
己(鎳)	銀白色有光澤	會變扁薄狀	溫度越高導電性越差	8.9 g/cm^3	1455℃	沒有變化	4.0

Q6：(　)由上述表格提供的資料，六種物質中將甲、乙、丙、丁分成一類，戊、己分成一類，你認為這種分類的「科學問題」是

(A) 物質敲擊後的情形是否可以做為物質分類的依據嗎？

(B) 物質導電的情形是否可以做為物質分類的依據嗎？

(C) 物質硬度大小是否可以做為物質分類的依據嗎？

(D) 物質加熱後的情形是否可以做為物質分類的依據嗎？

Q7：(　)承 Q6 題，由你選擇的實驗進行觀察所得到的結論為下列何者？

(A) 不同物質敲擊後碎裂的情形不同，所以敲擊情形可以做為物質分類的依據

(B) 不同物質的導電性受溫度的影響不同，所以溫度對導電性的影響可以做為物質分類的依據

(C) 不同物質的密度都不相同，所以密度可以做為物質分類的依據

(D) 不同物質的硬度都不相同，所以硬度可以做為物質分類的依據

Q8：(　)由上述表格提供的資料，六種物質中將甲、丁分成一類，乙、丙分成一類，戊、己分成一類，你認為這種分類的「科學問題」是

(A) 物質敲擊後的情形是否可以做為物質分類的依據嗎？

(B) 物質導電的情形是否可以做為物質分類的依據嗎？

(C) 物質外觀顏色是否可以做為物質分類的依據嗎？

(D) 物質加熱後的情形是否可以做為物質分類的依據嗎？

Q9：(　)承 Q8 題，由你選擇的實驗進行觀察所得到的結論為下列何者？

(A) 不同物質外觀顏色與光澤也不同，所以物質的外觀情形可以做為物質分類的依據

(B) 不同物質的導電性與導電性受溫度影響情形也不同，所以導電情形可以做為物質分類的依據

(C) 不同物質的密度也不同，所以物質密度可以做為物質分類的依據

(D) 不同物質的硬度都不一樣，所以硬度可以做為物質分類的依據

附錄三：理化主題相依論證能力測驗

理化主題相依論證能力測驗(範例)

這個測驗，主要是測驗你在科學論證的能力，論證包括五個元素：事實(Data)、宣稱(Claim)、依據(Wrrant)、支持(Backing)、反駁(Rebuttal)，本次測驗僅就宣稱、依據、支持、反駁進行測驗，其說明如下：

宣稱(Claim)：能由所根據現象或事實提出自己的主張

依據(Wrrant)：能提出原理為自己主張(宣稱)辯護

支持(Backing)：能提出過去的經驗支持自己或別人的論點(宣稱)

反駁(Rebuttal)：能提出理由指出自己原來的看法或別人的看法(原來的宣稱)不正確

範例說明

討論主題：

穿舊球鞋打球、下雨天走路或車子轉彎、採到香蕉皮等情況下都很容易滑倒，是什麼原因造成呢？

宣稱(C)：因為舊鞋底是平的沒有花紋，所以我認為穿舊鞋打球容易滑倒。

依據(W)：越粗糙的表面產生的摩擦力會越大，因為愈舊的鞋底花紋越少，表面越平滑，所以穿舊球鞋打球容易滑倒。

支持(B)：我曾經做木塊在砂紙面上拉動時所施的力較玻璃面要小的實驗，表示接觸面越平滑時摩擦力越小，我贊成穿舊鞋打球越容易滑倒的想法

反駁(R)：我不贊成舊鞋鞋底平滑容易造成滑倒想法，因為球場地上有許多細砂的小顆粒，由於細砂的滾動使摩擦力減少，才造成滑倒。

宣稱(C)：當地面有水或油時，經過時就容易滑倒。

依據(W)：因為水或油在接觸面間會產生潤滑的作用，使得摩擦力變小而容易滑倒。

支持(B)：每次走廊地面有很潮濕或有水時，走在上面感覺滑滑的，很怕滑倒，我贊成地面有或油時越容易滑倒的想法

反駁(R)：我不贊成接觸面有水容易造成滑倒想法，因為兩片玻璃之間有水時，玻璃都黏的比較緊而不容易滑動。

請在每一大題中，閱讀文章內容後請你寫出你不同的宣稱，再由宣稱寫出支持宣稱的依據、支持、反駁，將答案依序填寫在答案卷上。

[單元一] 物質的分類

如果有一種固體物質的表面，一面亮亮會反光，另一面則呈霧面狀；敲起來可以聽到清脆聲，但摔落地面卻碎裂了；接上電源通電時，能夠使燈泡發亮但又比銅棒通電時的燈泡暗許多；如果用酒精燈火焰直接加熱，發現無法熔化及燃燒，表面也沒有任何異狀。你認為這個固體物質屬於金屬類、非金屬類或在這兩者之間呢？

宣稱(C)：

依據(W)：

支持(B)：

反駁(R)：

宣稱(C)：

依據(W)：

支持(B)：

反駁(R)：

宣稱(C)：

依據(W)：

支持(B)：

反駁(R)：

附錄四：論證模式融入科學能力課程設計

[練習題] ~ 酸雨

台南市有許多古蹟，如赤崁樓、安平古堡、億載金城---等，在古蹟園內陳列了許多古老的石碑，石碑的顏色、材質與表面都有明顯的不同，有些石碑表面非常光滑，有些則是非常粗糙；字跡有些非常清楚，但有些已經看不清楚；石碑的顏色也有不同，有些是黑黑的顏色，有些則是灰白色的。由於空氣汙染越來越嚴中，汽機車越來越多，石碑長期暴露在室外而飽受雨水的侵蝕，台南市政府為了保存這些石碑，特別為這些石碑搭遮雨棚，避免這些石碑繼續被腐蝕下去。

台南市大南門城石碑

台南市集福宮旁石碑

赤崁樓內的石碑

安平古堡

(1)由上述文章，請問石碑會斑剝被侵蝕的因素有那些？

(2)由上述文章你所形成的科學問題是(------和-------有關係嗎?；-----與------對-------會產生影響嗎?)

(3)由你所形成的問題中，想一想，影響石碑毀損程度不同現象，請將你的問題作成假設

(因為------，所以--------；由於受到-----與------影響，所以------會-------)

(4)由你的假設中你操縱的變因(改變因素)是什麼?應變的變因(預測觀察)是什麼?

(5)進行實驗組小組論證與對照組個人論證

宣稱(C)：因為我觀察到/沒看到-------，所以我認為--------

依據(W)：依據---------原理/定義，得知---------，我同意/贊成------的想法

支持(B)：我曾經有/做------的經驗/實驗，得知--------，我同意/贊成------的想法

反駁(R)：我不同意/不贊成------想法，因為不符合-------的論點/原理

(6)實驗組的小組形成共識並寫下個人結論，對照組個人形成結論

(7)論證問題：石碑會受到雨水侵蝕而且侵蝕程度不同，這和空氣汙染物中哪些成分與石碑的材質有什麼關係呢？

(8)進行實驗組小組論證與對照組個人論證

宣稱(C)：因為我觀察到/沒看到-------，所以我認為--------

依據(W)：依據---------原理/定義，得知---------，我同意/贊成------的想法

支持(B)：我曾經有/做------的經驗/實驗，得知--------，我同意/贊成------的想法

反駁(R)：我不同意/不贊成------想法，因為不符合-------的論點/原理

(9)看影片

不同岩石(玄武岩、花崗岩、大理石與水、稀鹽酸作用情形)

燃燒硫與碳，將產生的氣體溶於水檢驗其酸鹼性)

(10)總結~知識補給站

環保署研究報告中，已統一雨水酸鹼值達 5.6 以下時，正式定義為「酸雨」。形成酸雨的化學污染物主要是二氧化硫，而氮氧化物也是原因之一，這些化學氣體的來源是發電廠、工廠、車輛、船隻和飛機等等。二氧化硫與氧產生反應形成三氧化硫，其過程非常複雜，若有水蒸氣存在時，二氧化硫或三氧化硫會溶在水蒸氣中，形成亞硫酸或硫酸。在高溫環境下，氧氣與氮氣容易化合，形成酸性氣體氮氧化物（NOx），這些物質被微粒表面吸收，轉變為無機性硝酸鹽或硝酸。

石碑的材質有許多種，有花崗岩、安山岩、玄武岩、砂岩、大理石---等，例如台南市赤崁樓與大南門的石碑主要是花崗岩。花崗岩、安山岩、玄武岩主要是由岩漿冷卻而形成的火成岩，質地比較堅硬而且抗侵蝕。砂岩是一種沉積岩，是由岩石碎屑搬運到海底，經過數萬年沉積而形成，這種岩石容易受雨水的侵蝕而損壞。大理岩主要是由石灰岩經過高溫高壓變質而來，古代珊瑚或貝類死亡後.其遺骸沉積在海底數萬年後形成石灰岩，石灰岩主要成分是碳酸鈣，非常容易受到酸性物質的侵蝕而損壞。

(一)金屬與非金屬的區分 ~ 物質的分類 (範例)

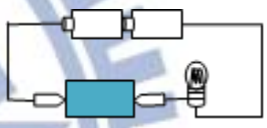
[單元一]金屬與非金屬的區分 ~ 物質的分類

實驗室中有一些塊狀的固體，老師將這些固體做分成兩類，分別做了一些實驗，結果如下：

第一類的固體：(1)顏色幾乎都一樣，只有一種固體顏色與其他不同。

(2)質地很硬而且敲擊後又不會碎裂，用砂紙磨一磨會發亮。

(3)用電池、電線、燈泡與固體連接如右圖，燈泡都會發亮。



(4)加熱時大部分無法燃燒，但表面光澤卻消失，可以燃燒的物質放入水中並攪拌，用廣用試紙檢驗都呈藍色或藍紫色。

第二類的固體：(1)有許多不同顏色，外觀有粉末也有塊狀，塊狀的經過敲擊後發現會碎裂。

(2)粉末的都沒有光澤，塊狀的用砂紙磨一磨也沒有光澤產生。

(3)加熱後幾乎會發生改變，但產生的現象都不太相同，容易燃燒的有冒出大量煙霧，也有產生臭味。沒有燃燒的會產生有顏色的氣體。

(4)收集燃燒後產生的氣體溶於水中，用廣用試紙檢驗，發現會使廣用試紙都呈黃色或紅色。

各種物質的外觀、敲擊、加熱情形

(1)由上述文章，要將塊狀物體分類會利用物質的哪些性質？

(2)由上述文章你所形成的科學問題是(------的不同可作為物質的分類嗎?；物質的-----與------性質可以做為物質的分類嗎?)

(3)由你所形成的問題中，想一想，要將固體分類，請將你的問題作成假設(因為------，所以--------；由於-----與------性質，能將-------歸於一類而將-----

歸於一類)

(4)由你的假設中你操縱的變因是什麼?應變的變因是什麼?

(5)進行實驗組小組論證與對照組個人論證

宣稱(C)：因為我觀察到/沒看到--------，所以我認為---------。

依據(W)：依據---------原理/定義，得知---------，我同意/贊成------的想法

支持(B)：我曾經有/做------的經驗/實驗，得知--------，我同意/贊成------的想法

反駁(R)：我不同意/不贊成------想法，因為不符合-------的論點/原理

(6)實驗組的小組形成共識並寫下自己的結論，對照組個人形成結論

(7)論證問題：如果有一種固體物質其性質如下：

各種固體物質影片

(A) 銀黑色有光澤 (B)質地硬但摔落地面會碎裂 (C)能夠導電但導電性比銅要差 (D)溫度越高情況下導電性越好 (E)熔點非常高(1000℃以上) (F)加熱時不容易燃燒；由上述資料要歸於哪一類的物質呢？

(8) 進行實驗組小組論證與對照組個人論證

宣稱(C)：因為我觀察到/沒看到--------，所以我認為---------。

依據(W)：依據---------原理/定義，得知---------，我同意/贊成------的想法

支持(B)：我曾經有/做------的經驗/實驗，得知--------，我同意/贊成------的想法

反駁(R)：我不同意/不贊成------想法，因為不符合-------的論點/原理

(9)看影片

不同固體外觀、敲擊、燃燒、燃燒產物水溶液檢驗情形

(10)結論

金屬物質的通性有：例如：鐵、銀、鋅、銅、鎂

(A)除了銅與金之外，表面大多是銀白色有光澤

(B)敲擊後會不易碎裂，會變成扁薄(有延展性)

(C)容易導電、導熱，溫度越高導電性越差，有雜質存在時會使其導電性降

低

(D)熔點、沸點比較高

(E)燃燒後氧化物可以溶於水的水溶液會呈鹼性

非金屬物質的通性：例如：碳、硫、磷

(A)有許多不同顏色，大部分表面沒有光澤

(B)敲擊後容易碎裂，不會變成扁薄(沒有延展性)

(C)不會導電、導熱(除以碳為成分的碳棒、石墨之外)

(D)熔點、沸點比較低

(E)燃燒後氧化物可以溶於水的水溶液會呈酸性

類金屬物質的通性： 矽、鍺、砷、銻

(A)性質介於金屬和非金屬之間，僅具有部分金屬或非金屬的性質

(B)有金屬的光澤，但是易碎不具延展性，導電和傳熱性也差

(C)導電性比非金屬稍微好一點，但隨溫度之增高而增加

(D)導電性常因含有微量的雜質而劇增

附錄五：科學能力與論證品質記錄分級標準

1.科學議題的分級標準

階層	回答紀錄	範例
Level 0	不能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題	染料為什麼會往上升呢？
Level 1	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操縱變因或應變變因的敘述	染料會上升是因為溫度的關係嗎？
Level 2	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，完整的操縱變因或應變變因的敘述	染料會上升是否是上、下兩個廣口瓶的水溫不同呢？

2.形成假設的分級標準

階層	回答紀錄	範例
Level 0	敘述前方未提到操縱變因或敘述後方未接應變變因	染料自然的擴散而往上升。
Level 1	敘述前後有操縱變因與應變變因，但未完全相互呼應	改變兩個廣口瓶的水溫，染料就會由下方往上升。
Level 2	敘述前後有操縱變因與應變變因，而且相互呼應	改變兩個廣口瓶的水溫，當上方廣口瓶水溫較下方廣口瓶水溫低，染料就會由下方往上升。

3.提出變因的分級標準

階層	回答紀錄	範例
Level 0	操縱變因與應變變因皆不完整	染料為什麼會往上升呢？
Level 1	包含一個完整的操縱變因或應變變因	兩個廣口瓶水溫不同使得染料上升。
Level 2	包含完整的操縱變因或應變變因	改變上方廣口瓶與下方廣口瓶的水溫，觀察染料是否會由下方往上升？

圖　提出變因分級標準

4.科學解釋的分級標準

階層	回答紀錄	範例
Level 0	無法做出結果的描述或解釋，或解釋的概念不正確	染料是液體所以會自動往上升。
Level 1	能做出結果的描述或解釋，解釋	兩個廣口瓶水溫不同使得染料

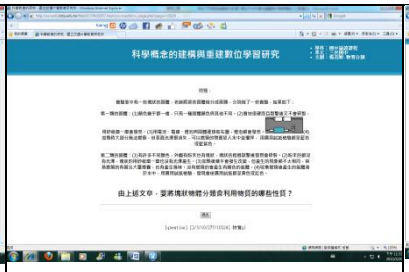
	的概念部分正確或正確，但沒有使用科學原理原則	往上方擴散。
Level 2	能做出結果的描述或解釋，解釋的概念部分正確或正確，有使用科學原理原則	由於上方廣口瓶的水溫低，下方廣口瓶的水溫高，較高溫度的水密度較小，水產生上下對流，造成染料會由下方往上升。

5.論證品質的分級標準

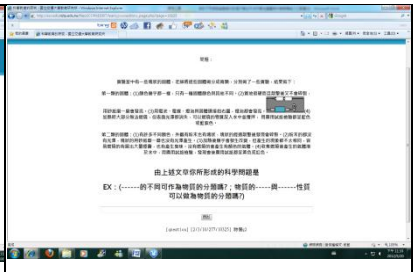
組成要素	階層	回答紀錄	範例
宣稱(C)	Level 1	只有宣稱，宣稱組成中沒有數據或事實。	鹽酸濃度越高反應速率越快。
	Level 2	有數據或事實組成的宣稱。	我看到濃度較大的鹽酸與大理石產生氣泡較快，所以我認為鹽酸濃度越高反應速率越快。
依據(W)	Level 1	提出理論或原理但沒有連接到宣稱，或沒有清楚地描述了這一理論。	大理石顆粒越小碰撞機會較高。
	Level 2	包含理論或原理組成的宣稱。	相同質量的大理石，顆粒越小總表面積越大，碰撞機會越多，所以和鹽酸的反應速率越快。
支持(B)	Level 1	提出的支持沒有連接到宣稱或依據，或沒有清楚描述彼此間的關係。	我以前有做過相類似的實驗，鎂帶放在純氧中燃燒較劇烈。
	Level 2	有數據、依據或支持的宣稱	我支持小明的想法，我做過鎂帶在空氣中與在純氧中燃燒的實驗，由於純氧比空氣中氧的濃度高，有較多的碰撞機會，所以在純氧中燃燒速率較快。
反駁(R)	Level 1	只有薄弱的反駁以及未清楚的解釋	我不同意小明的看法，因為有些反應前後的總質量不一定會相同。
	Level 2	有清晰可辨視的反駁。	我不同意小明的看法，如果反應密閉容器中進行，若反應後容器的體積膨脹，受到空氣浮力的影響，總質量會減輕的。

附錄六：數位網路論證學習歷程

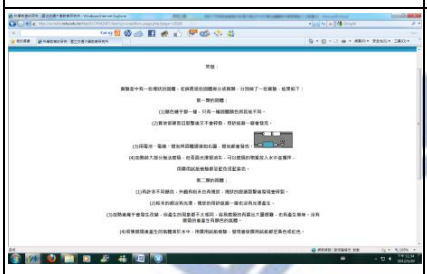
(A)科學訊息



(B)主題相依的科學概念



(C)形成科學問題



(D)由科學問題形成假設

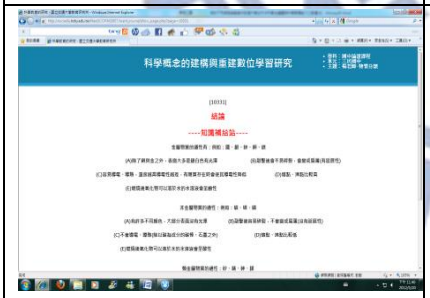
(E)假設中的操縱變因與應變變因

(F)進行論證

(G)科學解釋

(H)深入主題論證

(I)主題相依實驗影片



(J)主題相依觀念澄清