

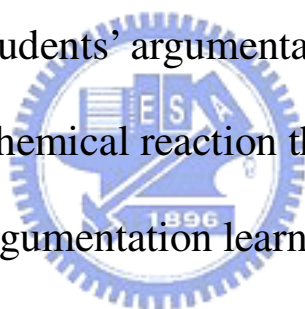
國立交通大學教育研究所

碩士論文

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

Fostering 8th grade students' argumentation ability and conceptual
change involving chemical reaction through the use of Web-based
argumentation learning content



研究生：葉冠慧

指導教授：余曉清 教授

中華民國九十八年一月

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
Fostering 8th grade students' argumentation ability and conceptual
change involving chemical reaction through the use of Web-based
argumentation learning content

研究生：葉冠慧

Student : Kuan-Hue Yeh

指導教授：余曉清 教授

Advisor : Hsiao-Ching She, Ph. D.



A Thesis

Submitted to Institute of Education

National Chiao Tung University

For the Degree of

Master

in

Education

January, 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年一月

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

摘要

本研究是以「雙重情境模式」與論證理論為研究設計的理论主軸，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。研究目的探討實驗組學生(網路化論證學習組)在經由此網路化論證學習課程後與對照組學生(網路化學習組)在化學反應成就、化學反應概念改變二階層、化學反應主題相依論證能力測驗和科學推理測驗之差異。同時針對實驗組學生進行網路論證內容的質性資料分析，以進一步了解學生在網路化論證學習課程實施後化學反應概念的改變情況與論證能力。

研究採用實驗研究法之準實驗設計，研究設計為四班國中二年級學生，分別為二班實驗組 71 人，二班對照組 69 人。實驗組運用網路教學模式與小組論證學習，對照組運用網路教學模式學習，進行為期二週的化學反應概念改變教學，以比較二組學生在化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層測驗、化學反應論證主題相依能力測驗和科學推理測驗的差異。並針對實驗組學生在網路化論證學習課程中的論證內容進行論證質性分析。

結果顯示實驗組學生經過網路化論證學習課程後，在化學反應成就、化學反應概念改變二階層和化學反應主題相依論證能力皆較對照組達到更好的學習成效及學習保留效果，科學推理也能達到頗佳的學習成效。逐步迴歸分析發現成就後測對化學反應概念改變二階層後測具有最佳的預測力，其次是論證後測與科學推理後測。在追蹤測方面，成就追蹤測對化學反應概念改變二階層追蹤測具有最佳的預測力，其次是科學推理追蹤測。

分析實驗組學生在網路化論證學習歷程，結果呈現大多數學生在論證學習課程前後個人概念與論證概念正確性有顯著成長。分析參與論證課程次數、論證要素分類正確性與論證要素完整性均有顯著的改變，形成上升再約略增減的起伏情形，顯示學生的論證內涵有所成長。再分析論證各要素，除反駁要素均有顯著的改變，由於概念差異性影響呈現上升再約略增減的起伏。論證內容的質性資料也顯示學生能針對主題概念進行論證，並逐漸成長。不論是質或量的研究結果均顯示網路化論證學習課程可以促進學生概念改變與增進論證能力的提昇。

關鍵字:網路化論證、論證能力、概念改變

Fostering 8th grade students' argumentation ability and conceptual change involving chemical reaction through the use of Web-based argumentation learning content

Student : Kuan-Hue Yeh

Advisor : Hsiao-Ching She, Ph. D

Institute of Education

National Chiao Tung University

Abstract

The purpose of this study is to foster students' argumentation ability and conceptual change through the use of Web-based argumentation learning content. The design of Web-based argumentation learning content was based on the Dual Situated Learning Model (DSLML) and argumentation theory. In addition, it also compares the effectiveness between the Web-based argumentation learning content and Web-based learning content on students' argumentation ability, conceptual change, and scientific reasoning. .

The quasi-experimental design was used in this study. There are four classes of 8th grade students from a middle school involved in this study. Students were randomly assigned into experimental group (71 students) and control group (69 students). The experimental group received web-based argumentation learning lessons of chemical reaction for two weeks, and the control group received the same web-based content without argumentation. All students received pre-, post-, and retention-achievement test, concept change two-tier test and content-dependent argumentation ability test, and scientific reasoning test. In addition, the qualitative data of the experimental group students' web-based argumentation process also were collected.

The results showed that the students of the experimental group significantly outperformed than the control group, regardless of the achievement test, the concept change two-tier test and content-dependent argumentation ability test. Experimental group's students' web-based argumentation process results showed that students' scientific conceptions made progress from pre- to post-web questions. In addition, students' argumentation ability also increased, regardless of the amount of arguments students generated and completeness of five components of argumentation across lesson units. The students' use of argumentation components all significantly increased across lesson units, except rebuttal. It demonstrates students' argumentation ability and conceptual change were promoted through the use of web-based argumentation learning content.

Keyword: web-based argumentation 、 argumentation ability 、 concept change

誌 謝

細數研究所的日子，忙碌地在工作與研究所之間穿梭奔波著。不知多少次是在趕車中急忙地到學校修課、再急忙地趕車回到工作崗位處理班級事務與教學工作，忙碌與奔波中考驗著自己，不知道自己是否有能力、有體力處理學業與工作。自己猶如蠟燭兩頭燒，必須兩邊兼顧也必須兩邊努力撐著。體力畢竟有限，身體不定時的不配合、出狀況，甚至抗議到生病、住院，身體的不舒服與不方便讓我體認到健康的重要，也對人生有了新的體認。因為工作與生病，讓我總是猶豫著是不是要放棄學業，是不是有辦法面臨種種的考驗。回首來時路，跌跌撞撞與忙碌、摸索與茫然，也因為如此，更珍惜現在所擁有的一切，更感謝上天的眷顧。

能夠完成碩士論文，要感謝鼓勵我、支持我、給我力量的師長、家人朋友們。最先感謝的是我的指導教授 佘曉清教授在研究上給予我的支持和指導，在我生病時對我的鼓勵，才能在最後完成研究結果。感謝口試委員林煥祥校長及張文華教授對本論文的指導與建議，使論文更加完整周延。

在研究設計、教材製作與論文研究上，感謝楊文宗老師、張秀澂老師給予的建議和指導，以及邦儀、思瑋、佩樺、倩嫻的熱心協助與溫暖支援才能順利完成。在研究所的日子中，感謝教育所師長的教導與提供一個溫暖的學習環境，感謝一起共同學習、一起打拼的戰友怡仁、玫緬、金城，好友世環、玉亨、素妃、秀珍、尹文，我的同事祥永、秋香、佳琳、芳雲、恣臻、淑芬等給我精神上的鼓勵與協助，讓我在失意難過時倍感溫馨。

我尤其要感謝我的爸媽、先生、婆婆、乾媽及家人全力地支持與鼓勵，特別是我的先生在忙碌工作之際，還要照顧生病的我，陪著我度過生病與情緒低潮期。謝謝你們對我的體諒與支持，因為有你們，我才能走過這些日子的考驗。

謝謝曾經鼓勵我、幫助我的所有人，願大家幸福平安！

葉冠慧 謹誌
民國 98 年 1 月

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	viii
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	3
第三節 研究問題與假說	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 論證的重要、理論與研究	7
第二節 概念改變理論	14
第三節 化學反應概念	21
第四節 網路學習	24
第五節 網路化論證	27
第三章 研究方法	30
第一節 研究對象	30
第二節 研究設計與流程	31
一、研究設計	31
二、研究流程	32
第三節 研究工具	33
一、科學論證數位學習研究網	33
二、化學反應成就測驗	36
三、化學反應概念改變二階層測驗	37
四、化學反應主題相依論證能力測驗	37
五、科學推理測驗	37
六、論證內涵	38
第四節 教學設計	38
第五節 資料蒐集與分析	45
一、測驗資料分析	45
二、網路化論證學習歷程分析	46
第四章 研究結果與討論	49
第一節 網路化論證學習課程測驗之成效分析	49

一、化學反應成就測驗學習成就比較.....	49
二、化學反應概念改變二階層測驗之比較.....	50
三、化學反應主題相依論證能力測驗之比較.....	52
四、科學推理測驗之比較.....	53
五、實驗組相關分析.....	55
六、小結.....	58
第二節 網路化論證學習歷程分析.....	58
一、網路化論證學習課程學習前後的概念學習.....	58
二、論證內容之概念正確性.....	61
三、論證過程中論證內涵的改變.....	63
四、網路化論證學習質性資料分析.....	71
五、小結.....	78
第五章 結論與建議.....	79
第一節 結論與討論.....	79
一、網路化論證學習課程測驗之成效分析.....	79
二、網路化論證學習歷程.....	81
三、小結.....	82
第二節 建議.....	83
一、對於論證教學的建議.....	83
二、對於研究的建議.....	84
參考文獻.....	86
中文部份.....	86
英文部分.....	87
附錄.....	94
附錄一 論證要素範本.....	94
附錄二 化學反應成就測驗.....	95
附錄三 化學反應概念改變二階層測驗.....	99
附錄四 化學反應主題相依論證能力測驗.....	108
附錄五 科學推理測驗.....	120
附錄六 網路化論證學習課程活動設計(實驗組).....	127
附錄七 網路化學習課程活動設計(對照組).....	135

表目錄

表 2-1-1	評估論證品質之分析架構	12
表 2-2-1	Thagard 概念改變的階層	15
表 2-5-1	AcademicTalk 句子開端	27
表 3-1-1	教學模式與人數整理表	30
表 3-1-2	實驗組與對照組學生自然與生活科技學業成績之差異	30
表 3-5-1	學生學習化學反應單元應具備的概念彙整表	38
表 3-5-2	學生學習化學反應單元所具有的迷思概念一覽表	39
表 3-5-3	學生學習化學反應單元所缺乏的心智架構彙整表	40
表 3-5-4	化學反應單元情境學習事件表	41
表 3-5-5	化學反應單元問題設計範例	41
表 4-1-1	化學反應成就測驗之敘述性統計分析	49
表 4-1-2	教學模式對化學反應成就測驗後測與追蹤測單因子多變量共變數分析	50
表 4-1-3	教學模式對化學反應成就測驗之主要效果摘要表	50
表 4-1-4	化學反應概念改變二階層測驗之敘述性統計分析	51
表 4-1-5	教學模式對化學反應概念改變二階層後測與追蹤測單因子多變量共變數分析	51
表 4-1-6	教學模式對化學反應概念改變二階層測驗之主要效果摘要表	52
表 4-1-7	化學反應主題相依論證能力之敘述性統計分析	52
表 4-1-8	教學模式對化學反應主題相依論證後測與追蹤測單因子多變量共變數分析	53
表 4-1-9	教學模式對化學反應主題相依論證能力測驗之主要效果摘要表	53
表 4-1-10	科學推理測驗之敘述性統計分析	54
表 4-1-11	教學模式對科學推理測驗後測與追蹤測單因子多變量共變數分析	54
表 4-1-12	教學模式對科學推理測驗之主要效果摘要表	55
表 4-1-13	實驗組化學反應成就、化學反應概念改變二階層、化學反應主題相依論證能力與科學推理相關表	55
表 4-1-14	化學反應概念改變二階層後測逐步迴歸分析摘要表	56
表 4-1-15	化學反應概念改變二階層追蹤測逐步迴歸分析摘要表	57
表 4-2-1	個人問題概念正確性之敘述性統計與 T 值	59
表 4-2-2	個人問題概念正確性改變統計	60
表 4-2-3	個人問題概念改變人數與比率	60
表 4-2-4	論證內容概念正確性次數改變情形	61
表 4-2-5	論證內容概念正確性之重複量數分析	62
表 4-2-6	參與論證次數重複量數分析	63
表 4-2-7	使用論證模板之重複量數分析	64
表 4-2-8	使用論證模板次數與比率	64
表 4-2-9	論證要素分類正確次數重複量數分析	65

表 4-2-10	論證要素分類正確次數與比率.....	66
表 4-2-11	論證要素完整性次數重覆量數分析.....	66
表 4-2-12	論證要素完整性次數與比率.....	66
表 4-2-13	未使用論證模板之重覆量數分析.....	67
表 4-2-14	未使用論證模板次數與比率.....	67
表 4-2-15	論證要素－事實(D)之重覆量數分析.....	69
表 4-2-16	論證要素－宣稱(C)之重覆量數分析.....	69
表 4-2-17	論證要素－依據(W)之重覆量數分析.....	70
表 4-2-18	論證要素－支持(B)之重覆量數分析.....	70
表 4-2-19	論證要素－反駁(R)之重覆量數分析.....	71



圖目錄

圖 2-1-1	Toulmin 的論證模式.....	8
圖 2-1-2	Lawson 的假設-預測性(hypothetico-predictive)論證	11
圖 2-1-3	Osborne, Erduran 和 Simon 的論證品質研究.....	12
圖 2-2-1	雙重情境學習模式的機制(She, 2004).....	19
圖 2-5-1	AcademicTalk 介面 (McAlister 等人, 2004)	27
圖 3-2-1	研究架構圖.....	31
圖 3-3-1	研究流程	32
圖 3-4-1	學習網站登入畫面	33
圖 3-4-2	論證結構分類頁面	34
圖 3-4-3	論證關鍵字句頁面	34
圖 3-4-4	論證結構句與空白處頁面	34
圖 3-4-5	論證編輯區.....	35
圖 3-4-6	教學影片播放頁面	35
圖 3-4-7	概念問題頁面.....	35
圖 3-4-8	概念解說頁面.....	36
圖 3-4-9	動畫解說頁面.....	36
圖 3-5-1	挑戰情境事件.....	42
圖 3-5-2	挑戰情境事件解答.....	43
圖 3-5-3	實驗影片	43
圖 3-5-4	論證前問題頁面.....	44
圖 3-5-5	教學動畫解說頁面.....	44
圖 4-2-2	參與論證次數成長圖	63

第一章 緒論

本章共分成五節，內容將就研究背景和研究動機、研究目的、研究問題與假說、名詞釋義、研究範圍與限制等方向加以闡述。

第一節 研究背景和研究動機

在這資訊快速變遷、科技日新月異的時代，面對全球化及知識經濟的來臨，世界各國無不竭盡所能培育具有科學素養(science literacy)的學生，以提升國家競爭力。著名的美國 2061 計畫提及科學不只是以培養那些欲成為科學家的人為目的，科學是給所有的學生具有科學素養，因此，在 2061 計畫中期待透過課程的改革培養具有科學素養的學生，具有科學系統化思考的能力並能以科學知識和思考方式解決面對自我和社會的生活。因應趨勢，教育部(2003)在九年一貫課程綱要提出，國民教育階段的課程設計應以學生為主體，以生活經驗為重心，培養現代國民所需的基本能力，其中包括「獨立思考與解決問題能力：養成獨立思考及反省的能力與習慣，有系統地研判問題，並能有效解決問題和衝突。」、「表達、溝通與分享能力：有效利用各種符號(例如語言、文字、聲音、動作、圖像或藝術等)和工具(例如各種媒體、科技等)，表達個人的思想或觀念、情感，善於傾聽與他人溝通，並能與他人分享不同的見解或資訊。」因此，新時代科學教育的目標在於如何培養具備良好的科學素養、能思考反省的學生。

伏特在 1801 年發表他"伏特電池"理論的時說：「在表演之前請允許我先向七八年來一直在和我激烈爭論的賈法尼教授致以崇高的敬意。很不幸的是他在三年前就離開了人世，今天不能和我們共享發現的歡樂，雖然我們觀點不同，但沒有他的啟發和駁難，也不會有我今天的發現.....」。在科學的發展史中，科學家藉由彼此間的爭辯、質疑與反駁形成反覆的思辯，釐清諸多科學概念以解決科學問題或爭端，例如著名的日動說或地動說爭辯。至今，諸如政策法規制定、公司決策會議或法庭雙方提證辯護，都顯示論證扮演著重要的角色。

論證可被視為是兩個或兩個以上持有相反觀點的人之間的對話，每個人為自己的觀點提供辯護，並試圖藉由反證去駁斥他人的觀點，Kuhn (1993)將此種論證稱為「對話的論證」(dialogic argument)。論證是理性的解決問題和爭論(Siegel, 1995)，是一種知識獲得的方式 (Meiland, 1989)與一種監控自我認知歷程的策略(Kuhn, 2001)。在論證歷程中，個人必須設想任何理論上及經驗上的可能性，進行大腦內記憶、資訊與知識整合的認知活動，同時藉由正反向思考的過程省思自己主張的周延性，並和他人的觀點作比

較，進而提出更有力的證據來支持自己的觀點，透過理性論證的過程，將有助於個人認知能力、知識探究能力和論證能力的提升。因此，對話與論證是科學知識建構的動力 (Kuhn,1993)，論證可促進科學社群的反思，同時藉由論證過程，將可能激發出新想法與新視野，有助於促使科學進步。

科學是一個社會建構知識的過程，包含推測、修辭和辯論 (Taylor, 1996)，而科學學習的目標不止是科學知識與科學概念的記憶，更強調批判性思考能力與問題解決能力的養成。Russell (1983)科學教育以「對證據的需求」與「理性的論證」，提供學生在智能上的獨立。如果學生在論證的過程都能依據其理論來對現象或事實進行理論的論證，藉此檢視原有知識的對錯，比要求學生去強記理論或原理原則是更加有意義的。經由對現象各種解釋間的論證，學生才能學到如何在彼此競爭的科學主張中做決策 (Monk & Osborne, 1997)。科學可以觀察為根據，基於觀察而對事實作出宣稱，並從觀察推論產生結論。因此，透過論證的過程將科學家的推測與證據建立連結以產生宣稱。科學社群的論證活動對於建立知識宣稱是重要的，科學家從互相競爭的知識宣稱作出判斷，以決定是否接受。論證過程需要學生練習使用自己的想法對”他們”的問題產生”他們自己”的答案，透過提出和回答科學問題，學生在科學社群中變成主動的參與者，而非被動的觀察者。在參與活動中需要學生對於知識宣稱提出主張依據，使得學生更加了解科學本身的知識論基礎 (Newton, Driver, & Osborne, 1999)。

科技的進步，使得網際網路快速普及，藉由電腦網路的快速發展與硬體頻寬的提升，使得網路學習成為一種新的學習方法和創新的教學方式 (林奇賢，1999；王千偉，2000)。網際網路即時、不受限於教室實體空間、與便於雙向互動的特性，使學習者能藉由互動軟體的通訊功能進行線上學習與溝通，以表達、辯護自己的觀點。因此，本研究將結合科學概念、論證理論和網際網路的特點，建置網路化論證學習課程，藉由網路即時溝通、同步紀錄的優點，突破在教室中論證教學的限制，以發揮論證教學的價值，提升學生論證品質能力、科學概念的建構並促進學生概念改變。

第二節 研究目的

有關論證的研究在社會科學方面，多以生活相關議題為論證主題，討論公共政策可行性與相關意見；科學教育方面，在不同單元主題情境下應用論證理論分析學生在教室中的對話或分析學生的報告 (Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Kelly & Takao, 2002)。廖姪奴(2005)運用雙重情境學習模式，結合推理與類比的學習模式設計網路化互動學習課程，結果顯示學生經過網路化個人推理學習模式後，獲得良好的學習成效及學習保留效果。應用網路環境結合個人推理可以促進學生推理能力增加和概念改變；而論證是小組成員一起社會建構、進行推理的過程，Newton 等人 (1999)認為學生進行論證能促進更清楚的概念理解，論證有助於概念的澄清(Lawson, 2003)、促進學生推理能力的發展及支持學生發展科學思考(Chinn & Anderson, 1998; Kuhn, 1992)。因此，本研究改變廖姪奴網路化個人推理學習模式的研究，發展網路化小組論證學習，運用雙重情境學習模式結合論證理論設計網路化論證學習課程，探討是否能促進學生推理能力、概念改變以及論證能力。

在國中理化課程中，化學反應單元是化學領域的重要知識，但是學生對於微觀的化學粒子反應感到迷惘，多以記憶或背誦方式學習，不甚理解真正的概念內容而對化學反應存有很多迷思概念。因此，本研究以化學反應單元為主題，探討在網路的論證環境中結合雙重情境模式的理論基礎去設計課程，是否可以促進學生論證能力、科學概念改變和推理能力。

基於上述目的，本研究將結合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學習環境，設計化學反應單元的網路互動式小組論證學習課程，企圖藉由小組論證的學習模式，加強對科學原理的了解；同時運用多媒體動畫、影片、音效和圖片等教材呈現化學反應的微觀現象，以引起學生注意與刺激學生思考，期望提升學生的論證能力與推理能力，並促進學生科學概念的改變。

第三節 研究問題與假說

基於上述研究目的，本研究針對以下問題作探討：

一、不同的教學模式（實驗組：網路化論證學習組、對照組：網路化學習組）對學生在化學反應的學習成就有何差異？

1-1 不同教學模式對學生在化學反應的學習成就(後測、追蹤測)達顯著差異。

二、不同的教學模式（實驗組：網路化論證學習組、對照組：網路化學習組）對學生在化學反應的概念改變有何差異？

2-1 不同教學模式對學生在化學反應的概念改變二階層(後測、追蹤測)達顯著差異。

三、不同的教學模式（實驗組：網路化論證學習組、對照組：網路化學習組）對學生的化學反應主題相依論證能力有何差異？

3-1 不同教學模式對學生在化學反應的主題相依論證能力(後測、追蹤測)達顯著差異。

四、不同的教學模式（實驗組：網路化論證學習組、對照組：網路化學習組）對學生在科學推理能力有何差異？

4-1 不同教學模式對學生在科學推理(後測、追蹤測)達顯著差異。

五、實驗組學生在化學反應概念改變是否成長？

5-1 網路化論證學習課程中可促進學生網路概念改變。

六、實驗組學生在化學反應論證學習課程中科學概念成長與論證的內涵有何差異？

6-1 學生在網路化論證學習課程中科學概念成長達顯著差異。

6-2 學生在網路化論證學習課程中論證內涵達顯著差異。

第四節 名詞釋義

- 1.論證 (argumentation)：主張者根據資料提出一項宣稱，依據原理連結宣稱與資料來為自己的宣稱辯護，並回溯相關事證為依據辯護；對方會提出反證駁斥主張者宣稱，主張者受到挑戰後再提出新的宣稱，經由來回辯護，最後提出一致性結論。論證組成要素如下：
 - (1) 事實 (Data)：描述事實與現象。
 - (2) 宣稱 (Claim)：由事實產生一些結論、宣稱。完整的宣稱包含觀察事實和產生結論。
 - (3) 依據 (Warrant)：提出理由、原理或定律去為宣稱辯護。完整的依據包含原理定律和為宣稱所作的辯護說明。
 - (4) 支持 (Backing)：提出實驗或實例去證明其理由、原理是正確的，並加以辯護。完整的支持包含實驗、經驗和說明。
 - (5) 反駁 (Rebuttal)：提出反證來指出宣稱的不正確性。完整的反駁包含否定和理由。
- 2.概念改變:廣義的概念改變包含了概念建構與重建 (Conceptual construction & reconstruction)，學習者的概念架構會隨著自身的心智發展或周圍環境的刺激等因素而產生改變，可能是概念的從無到有、概念的部份修正或概念的擴充、甚至整個概念的轉移與重建都可稱之。
- 3.科學推理 (Scientific reasoning)：推理方法可分為『演繹推理』(Deductive reasoning)和『歸納推理』(Inductive reasoning)。而 Lawson 自 1978 年提出學生應具備的形式推理(formal reasoning)能力包括守恆推理、比例推理、機率推理、相關性推理、控制變因、假設演繹等。
- 4.網路論證：以網路電子平台為工具，於網路中進行論證。
- 5.化學反應 (chemical reaction) 概念:根據九十五學年度，翰林版第四冊教材內容中所敘述的化學反應。本研究探討化學反應的本質改變概念，包括物質的變化、物理變化、化學變化、粒子觀點和化學反應式。
- 6.化學反應 (chemical reaction) 概念:根據九十五學年度，翰林版第四冊教材內容中所敘述的化學反應。本研究探討化學反應的本質改變概念，包括物質的變化、物理變化、化學變化、粒子觀點和化學反應式。
- 7.另有概念(alternative concept)：是指學習者詮釋自然現象時，自己所具有的獨特概念，有別於當代科學社群所公認的科學概念架構。這些另有概念往往不易改變，並會影響學習者進一步的學習，值得教育者重視。

- 8.科學原理 (scientific principle)：本研究所指科學原理是科學家建立的定律、假說、原則等。
9. 科學論證數位學習研究網:附屬於「科學論證數位學習研究」網站之下，網站內容的設計依據國中二年級翰林版自然與生活科技之「化學反應概念」內容，結合論證理論進行教材設計的網站內容。

第五節 研究範圍與限制

本研究的對象為桃園縣某國中二年級學生，2個班為實驗組，2個班為對照組。在人力有限的條件下，樣本受區域性及取樣大小的限制，不具有全國國二學生的代表性。教材範圍以95學年度翰林版國中自然與生活科技領域內容為主，探討學生論證的情形也僅限於在「化學反應」單元。故本研究的結果是否可以推論至其他地區或教材課程須審慎討論與評估適合度。



第二章 文獻探討

本章共分五節，將依序針對論證的重要、理論與研究、概念改變理論、化學反應概念、網路學習、網路化論證等五個議題進行分析探討。

第一節 論證的重要、理論與研究

一、論證重要性

論證是理性的，論證者必須對論證的主題具有正確的理解及相關知識，然後從自身經驗與知識及配合現有的資料去思考、立定自己的立場。Van Eemeren (1985)認為論證是社會、智力、語言的活動，為一個主張辯護或反駁以獲取聽眾支持。Binkley (1995)認為論證是建構推算、決策、算清(reckoning)的過程。Kuhn (1992)主張學習者應將思考視為是一場場的論證(thinking as argument)，論證應包括敘述和辨識理論、能夠呈現另有理論、能呈現反面論證並能夠提供反駁(Kuhn, 1993)。

科學不只是去發現自然界蘊含的真理或發明新科技，科學是社會建構知識的過程以探究自然界的思考方式。科學家使用科學方法建立科學的知識體系，科學知識必須經常面對科學社群的質疑、驗證、發現錯誤之處，再加以修改，證實其合理而接受它，也可能完全否定而推翻，因此，科學知識的建立就是科學家論證的產物，科學家和科學社群從事論證維持科學的品質，顯示論證在科學上具有重要的價值。物理發展史上著名的「巨人之爭」是愛因斯坦與波耳在量子力學詮釋上的辯論。愛因斯坦反對以波耳(Bohr)為首的哥本哈根學派所主張的量子力學詮釋法則，引發兩造持續近 30 年的科學論戰。以海森堡、波耳等人為主提出「測不準定理」認為在量子力學中，對一切事件所能說的只是某件事以什麼機率出現，而且這幾個機率是取決於機率波的波函數。愛因斯坦不相信上帝會擲骰子，他設計了許多「思想實驗」，試圖找出量子力學體系中邏輯的矛盾。雖然，愛因斯坦反對微觀粒子的機率觀點被後來的研究所推翻，但是這場世紀大辯論中兩人鏗而不捨的的求證論戰過程不僅引領量子力學的進步，更反映出辯論在形成科學理論的重要性。

科學理論的確立必須倚賴證據與解釋的相互配合，兩者缺一不可。科學家必須思考提出的理論是否得以成立同時必須顧及其他可能推翻自己主張的理由，並針對這些理由予以各個擊破，才有可能穩固一個理論的合理性與說服力。科學的重要活動就是依照證據作推測的評估；科學家之間的論證即是決定何種推測能對特定現象

呈現最具說服力的解釋。

因此，讓學生從事論證，提供了一種優於傳統教室中固執、不批判和無疑問的教學方式，論證教學具有使科學教育成為批判思考教育的潛力(Osborne, 2004)。學生進行論證能促進更清楚的概念理解，提供推測、論證和挑戰的機會。在對話時，學生清楚表達理由以支持特定的概念並試圖澄清他們的觀點，其他人會挑戰、表達懷疑和呈現另有觀點，在這樣的競爭之下，就會產生清楚地概念理解(Newton, Driver, & Osborne, 1999)。

二、論證理論與相關研究

在科學學習上，我們希望了解學生如何對自然現象或實驗事實提出宣稱、如何使用理論原則為宣稱或知識主張進行辯護、如何提出證據或理由駁斥他人的看法以及如何改變他人可能不正確的觀點。因此，學生的對話討論內容若只有提出理由和證據是不夠的，它必須能夠藉由駁斥他人的觀點來推論思考自己宣稱的合理性，透過反駁、重新思考、整合、提出新論點等的交叉互動歷程達到理性論證的縝密性。

1. Toulmin 的論證模式

Toulmin (1958)將論證定義為一種具有辯解性的主張，提出一個分析科學論證的TAP (Toulmin's Argument Pattern)理論架構。他的論證架構包含六個論證元素，以及論證元素之間的關係。論證元素詳述如下：(如圖 2-1-1)

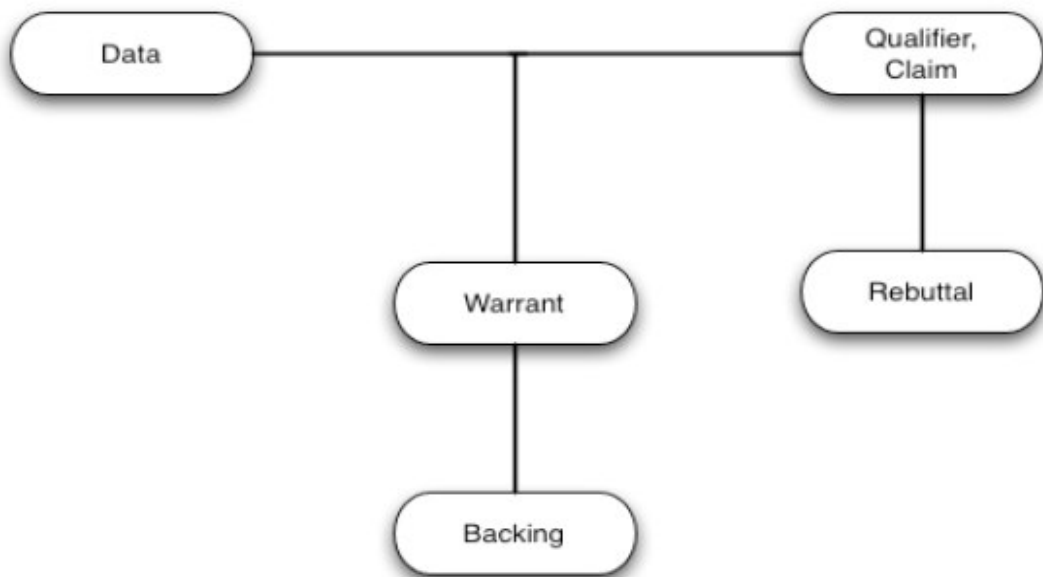


圖 2-1-1 Toulmin 的論證模式

- (1) 事實 (Data)：參與論證過程，陳述一些事實去支持其宣稱。
- (2) 宣稱 (Claim)：產生一些結論、宣稱。
- (3) 依據 (Warrant)：提出一些理由、原理、規則去辯護事實和知識宣稱間的關係性。
- (4) 支持 (Backing)：提出一些基本的假設進而為一些特殊保證、依據 (warrants) 辯護。
- (5) 證據 (Qualifier)：指出在某種情況下其知識宣稱是真實的，即提出知識宣稱的限制性。
- (6) 反駁(Rebuttal)：指出在某些情況下宣稱是不正確的。

論證過程是根據資料(Data)對一個主題或看法產生主張或宣稱(Claim)，依據(Warrant)相關原理為自己的主張辯護、強調資料和主張的關係，同時提出相關事證支持(Backing)為依據辯護，並根據問題的特性和所提供的資料，界定證據(Qualifiers)；亦即在什麼特別的條件下，結論會成立。對方可能提出反證(Rebuttal)反駁原先主張者的宣稱，主張者受到挑戰後再根據被質疑、反駁的觀點，重新假設自己的想法，產生新的主張，透過一次次來回辯護、反証、修正的過程，修正自己的主張，最後提出符合真實情境的主張。

2. Jimenez-Aleixandre, Rodriguez & Duschl 的遺傳學論證研究

Jimenez 等人 (2000)研究中學生在遺傳學課程的論證操作(argumentative operations)。他們應用 Toulmin 的論證架構-事實(Data)、宣稱(Claim)、依據(Warrant)、支持(Backing)、反證(Rebuttal)和證據(Qualifier)作為分析學生如何使用事實、依據等要素的論證工具；同時應用知識論方法(epistemic operations)諸如類比的使用、一致性、分類或因果關係來分析學生在為自己的想法辯護或挑戰他人意見時所使用的推理類型。Jimenez 的研究顯示學生論證對話中以宣稱為主，依據或辯護的頻率較少；其研究方式有助於深入了解如何設計課程、進行教學，以及如何評估推理能力以促進學生科學推理的自我檢視並在作科學中有意義地參與科學對話或論證。

3. Zohar & Nemet 的基因主題論證研究

Zohar 和 Nemet (2002)修改 Toulmin 論證架構並參考 Means 和 Voss (1996)，研究國中學生在人類基因兩難議題方面(囊細胞纖維症、染色體異常疾病)的論證技術與知識成長。Zohar 和 Nemet 並未從 Toulmin 的論證要素-事實、宣稱、依據和支持等角度研究，而是從二次討論議題中學生寫作論證內的辯解理由數目、論證結構與教室對話中學生作結論的詳盡與否來評估學生論證品質的好壞，他們認為缺少理由或不具正當性的回答都不能算是論證，因此在資料分析上不予計分。好的論證須具備

正確性、可靠性科學概念和多項令人信服的理由以支持結論，同時亦能提出另有論證和反駁。另有論證是指和吾人原意見相矛盾之論點，反駁意指對吾人意見提出反對論點。研究結果顯示大約 90% 學生成功形成簡單論證，將論證教學與基因兩難議題整合能增強學生生物知識和論證的表現，學生論證品質獲得提升，同時學生能將基因背景所學的推理能力應用至日常生活中解決問題。

4. Kelly & Takao 論證的知識論層次

Kelly 和 Takao (2002) 提出一套論證的知識層次模式，以分析大學生寫作論證 (written argument) 的優劣，並評量學生在學期報告中對證據的使用情形。他們將知識層次分成六個階層，由低階至高階分別為「資料的描述」、「特徵的辨識」、「結構關係的描述」、「資料所含的理論解釋」、「適用於議題的一般理論解釋」和「具有普適性的理論解釋或定義」，以評估學生論點的知識論水準，以及學生如何將這些論點連結形成有說服力的論證。研究架構中前三個低水準類別屬於證據性解釋，後三個高水準類別屬於理論性解釋，可見論證水準階層越高在論證時所使用的理論成份越多，反之，階層越低則證據觀察成分較多。Kelly 和 Takao 提供了論證新的分析技術，論點分類的知識論層次方法有助於判斷學生為結論辯護時所使用的論點類型與論證品質。



5. Lawson 的假設-預測性(hypothetico-predictive)論證研究

Lawson (2003) 進行以假設-預測性(hypothetico-predictive)推理的論證研究，他認為論證的產生除了提出暫時性的正確解釋外還應包括在特定情況下對解釋的檢驗、對證據的分析(如圖 2-1-2)。Lawson 的論證研究不同於 Toulmin 的論證要素，他從 Toulmin 的論證要素-宣稱(Claim)、證據(Evidence)或事實(Data)、依據(Warrant)和支持(Backing)出發，認為結合 Toulmin 觀點與現代觀點的科學論證包含宣稱和證據，可能也包含了依據和支持的組成要素，因此他進一步修改論證組成要素的意義，提出假設-預測性模式。他認為建構假設的過程起於可引起問題的觀察，產生二個或更多個另有解釋(alternative explanation)，宣稱可視為暫時性的另有解釋，因此必須產生特定預測和收集證據以檢驗解釋的正確性。檢驗前假定假設(hypothesis)是正確的，之後必須想像結合假設的檢驗應該會產生多個觀察結果(prediction)。進行檢驗後，觀察的結果就會形成證據而和預測做比較，根據證據和預測的符合與否獲得對假設支持程度的結論。在達成結論或正確解釋之後，必須再一次從事論證以說服他人結論的真實性，亦即建構論證支持某項解釋而反對其他解釋。

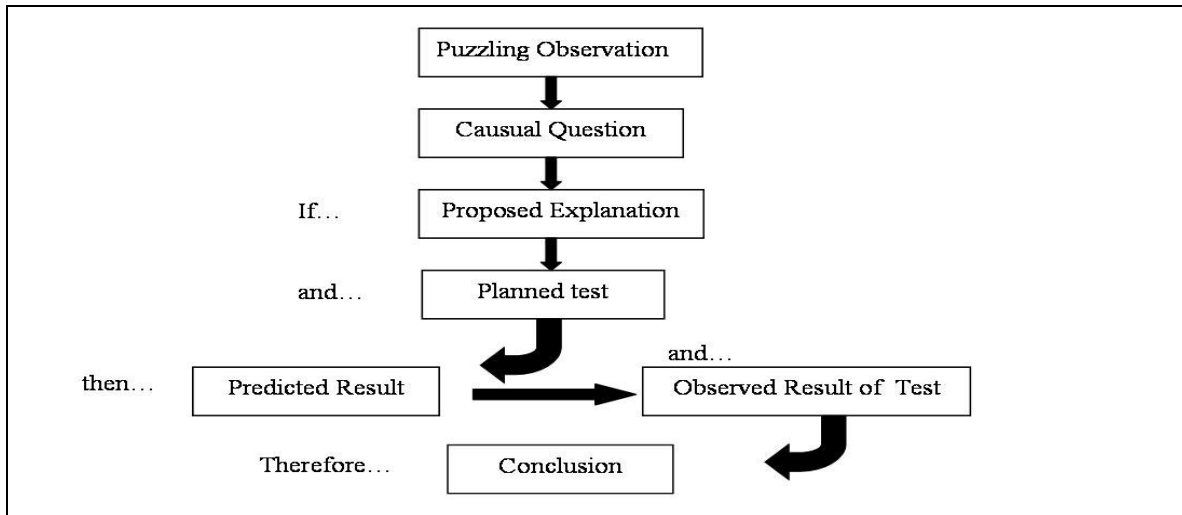


圖 2-1-2 Lawson 的假設-預測性(hypothetico-predictive)論證

相較於 Toulmin 以依賴事實、依據和支持而為宣稱作正確性辯護的論證，Lawson 的假設-預測性(hypothetico-predictive)論證研究是以多個解釋的假設-預測性為基礎，不只對假設進行檢驗同時也討論幾種另有觀點。因此，Lawson 的模式從推論的正確性與否出發，強調對假設的解釋進行檢驗評估、預測與檢驗結果是否符合以及結論是否具有說服力等方面，來評估科學論證的品質。

5. Osborne, Erduran 和 Simon 的論證品質研究

Osborne 等人(Osborne, Erduran & Simon, 2004; Erduran, Simon, & Osborne, 2004) 在 1999~2001 進行增進論證品質計畫的研究，應用 Toulmin 論證模式(Toulmin's argument pattern, TAP)於第一階段發展材料與教學策略，追蹤教師在課堂實施 TAP 之不同特性以支持、評估教師在教室中論證教學的發展；第二階段發展評估論證品質的分析架構-將學生討論的內容依論證要素進行編碼與分析。為了使 Toulmin 論證模式能適用於他們的研究環境，Osborne 等人採用事實(Data)、宣稱(Claim)、依據(Warrant)、支持(Backing)和反駁(Rebuttal)等論證要素(如圖 2-1-3)，並將宣稱、理由(Ground)和反駁歸為一級要素(first-order elements)，而屬於理由(Ground)的事實、依據、支持歸為二級要素(second-order elements)，因為它們都是為宣稱提供有力的支持。此外，Osborne 等人將學生對話分成四類：教師談話(teacher talk)、只含有宣稱的學生語句(student claim)、包含理由的學生宣稱(student claim with grounds)和無關論證(non-argument)，以評估學生對話的特性與論證發展。研究結果發現，包含理由的學生宣稱與只含有宣稱的學生語句比例增加，同時學生在社會科學議題中的論證表現顯著優於在科學議題方面。

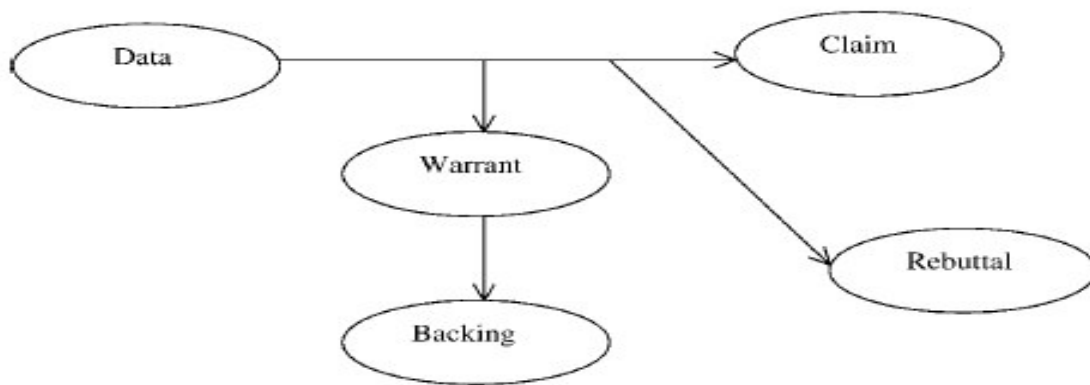


圖 2-1-3 Osborne, Erduran 和 Simon 的論證品質研究

在論證品質評估方面，Osborne 等人強調反證在論證中的重要性。因為不含有反證的對話，表示學生信念並未受到質疑，僅是被反面宣稱(counter-claim)反對，不是對原先宣稱提出挑戰。具有反駁的宣稱才能破壞別人的信念，學習者不只要為自己的宣稱辯護、證明，更進一步要能夠以證據反駁別人的主張，因此，有反駁的論證是屬於高品質的論證。依據反駁的重要性，Osborne 的分析架構將學生對話分為五個論證層級(如表 2-1-1)評估學生在論證的品質、學生如何使用屬於理由的事實、依據和支持為他們的宣稱辯護以及學生如何挑戰他人的想法。研究發現，學生論證的品質都確實提升。

表 2-1-1 評估論證品質之分析架構

Level1	只提出簡單宣稱、反面主張
Level2	提出宣稱外，並能使用事實、依據或回溯任何一項，但未使用反駁
Level3	能使用事實、依據或支持任何一項以提出宣稱或反面主張
Level4	能清楚使用一項反駁的宣稱
Level5	使用一個以上的反駁的宣稱

Osborne 等人更延伸 TAP 在科學對話資料分析中的應用性，採用 TAP 探究師生間整個班級討論和學生間的小組討論來作為教室教學與學習的量化和質化指示。他們採用追蹤 TAPs 在整個班級討論的分配，亦即根據師生和學生間對話依論證元素分析後，將二個、三個、四個和五個結合的論證要素稱為群集，例如“Claim–Data–Warrant”稱為群集 3，群集數目越多，代表論證越複雜。

Toulmin 認為建立論證的過程主要是使用證據、依據和回溯而使他人相信主張的正當性。因此，論證的強度是基於這些元素的存在與否，亦即強論證較弱論證包含

較多的論證要素。Toulmin 的模組為各領域與學科提供了分析論證的架構，例如 Yerrick (2000)使用 TAP 與開放式探究教學進行一學年的研究計劃發現低成就學生思考和對知識處理有所改變，以及學生對知識宣稱的暫時性、對證據的使用和對科學權威的觀點符合科學論證的本質。儘管如此，但 Toulmin 的論證架構是有限制的：雖然它可以用來評估論證的結構，它卻無從判斷元素間的關係、未詳述如何判斷正確性，因此要區別資料、依據和支持常常是困難的、領域與學科的不同對於資料或依據的判別可能有所不同。Toulmin 的論證架構是一個去情境化的結構，在不同情境下，相同的敘述可能有不同的結果，故 Driver 等人 (2000)認為分析時並須考慮情境因素，再者，對話中並非有次序的發展論點，有時需跨越大量的本文內容參考才能確認論證的特徵。

科學家在建立一套理論時，會根據所觀察的資料數據統整、歸納出一致性，而提出主張或結論「因為…，所以我認為…」。為了使主張或結論具有理論基礎，科學家會運用已有的理論原則說明資料和結論的關係性，亦即「根據……原理，」為自己的主張辯護。此外，提出具體的實例增加理論依據的說服力，以爭取社群的認同；但同時必須應付其他科學家反對的主張或提出反證的挑戰亦即「我不同意…的觀點，因為不符合…原理」。最後，當科學理論達到科學社群一致性的共識或認同，一個完備的理論因而奠定其科學地位。

因此，透過論證的學習，學生可以隨著過去科學家的腳步，由各種競爭的理論間，了解辯論在形成科學理論的重要性(Driver, 2000)。透過論證，可以清晰的瞭解學生產生論述的過程，增強學生對科學本質的認識，並且引出學生在概念上的錯誤連結，作為教學實務上改進的方向。由於各領域、學科背景的不同，TAP 的使用有其限制性。因此先前的研究者多以 Toulmin 的論證架構為基礎，依研究目的修改 TAP 而發展合適的分析工具以評估論證模式。Osborne 等人 (2004)研究目的在於評估學生論證品質，並依據學生提出的反證本質與反證是否成立以評估論證品質的精緻；有反証的論證，意謂學生不只可以證明他們的主張還能以證據反駁別人；同時他們發展了 TAP 的可能性，將論證元素作量化和質化的追蹤與分析。本研究希望了解學生如何對科學概念與實驗提出宣稱、如何使用理論原則為宣稱或知識主張進行辯護、如何提出證據或理由駁斥小組成員的看法以及如何改變小組成員可能不正確的觀點以提升論證品質。因此，依據本研究目的與研究背景將參考 Osborne 等人的論證架構與分析工具，編製評估學生論證內涵的方法，以研究學生論證內容的事實、宣稱、依據、支持和反駁等論證元素與分析學生論證內容之概念正確性。

第二節 概念改變理論

許多研究發現，學生在進入教室學習之前，對於生活中各種科學概念，常常已經有一套自己的先有概念(preconception)或詮釋方式(Anderson & Smith, 1987; Stepan, Beiswenger & Dyché, 1986)，而這種先有概念往往不同於當代科學社群認同之科學概念。許多科學的迷思概念是很難被改變的(Pfundt & Duit, 1991)，因為學生會受到直覺生活經驗的影響、學生無法察覺微觀世界中無形的分子、科學概念過於抽象學生難以理解(Osborne & Freyberg, 1985; Gabel, Samnel & Hunn, 1987; Brown, 1993)。科學的學習可視為一種概念的改變(Gil-Perez & Carrascosa, 1990)，而科學概念涵蓋範圍廣且深，教學上要讓學生詳盡理解原理定律本屬不易，若學生在學習時堅持保有這些與科學理論相衝突的概念，則會增加教學上的困難。因此，許多學者一直致力於研究學生概念為何不易發生改變、如何使學生的概念發生改變、如何使學生有效學習等等，以下就認知心理學派與科學教育學派，進行概念改變的探討。

(一) 認知心理學派

1. Chi 之本體論的概念改變理論

過去二十年間，認知心理學派的學者研究概念改變，強調概念知識如何重組的過程。許多研究針對概念改變的內涵曾提出理論解釋：某些類型的概念改變較其他概念是困難的(Chi, Slotta & deLeeuw, 1994; Carey, 1985, 1986; Thagard, 1992; Vosniadou & Brewer, 1987)。認知學派學者對概念改變的認知過程有不同的解釋，其中以 Chi、Thagard 將概念改變從微弱的修正到本質重建的理論觀點最具代表性。

Chi(1992)從本體論的角度探討概念改變。Chi 將實體(entity)分成三個類別，包括物質(matter)、過程(process)與心智狀態(mental state) (Chi, 1992; Chi, Slotta & de Leeuw, 1994)。「物質」指的是有特定屬性的東西，如紅色的太陽、有生命的東西；「過程」是的是是一件事情發生的序列或因果關係，它可能只是個機率問題，卻可以反映出自己特定的屬性；「心智狀態」指的是情緒或傾向等情意部分。Chi 將概念改變分為兩大類：分為「本體類別內的概念改變」和「跨越本體類別間的概念改變」，來探討概念改變的意涵：

「本體類別內的概念改變」是指概念改變發生於同一本體樹內概念上下移轉之改變，亦即同一類別的概念中，概念的歸屬發生改變，概念並未跨越不同本體的本體樹，這種改變如同「信念的修正」，屬於概念結構的局部變化，不需要經過本體認知結構上的重大改變。

「跨越本體類別間的概念改變」是指科學概念從一概念本體樹遷徙到另一個概念的本體樹。根據 Chi 對實體的分類，每個樹狀圖的類別本體屬性不同，物質、過程、心智狀態在本質上是相互獨立的，因此三者之間的轉換屬於根本的概念改變(radical conceptual)，亦即概念必須從原來所歸屬的類別轉移至另一個類別的改變，如同新知識的獲得或發展。此外，Chi 認為不同類別樹間的概念具有所謂不可共量性，根據 Chi 的不相容理論認為學生不了解科學概念，不是因為這些概念是複雜的、抽象的、或是動態的，而是學生原有的想法與待學的基模屬於不同類別，彼此間具有不相容性，因此要學生放棄原有的想法、觀點或進行同化，是一項非常困難的工作。

因此，就 Chi 的本體論而言，若既有的知識與欲學的知識相容，它們擁有共同的屬性時，概念改變就容易發生；反之，既有的知識與欲學知識彼此間缺少共同的屬性，就不易發生概念改變。在某些科學學習領域中，學習者必須跨越本體類別的概念改變才能獲得正確的科學知識，這種過程在學習上是較為困難的。就教學立場觀之，類別內的概念改變是比較容易達成的，然而，若能在合適的教學引導下，協助學生成功的將概念由原來所歸屬的類別轉變到另一個新的類別，這樣的根本概念改變，對學生在未來的學習上將有更大的助益。

2. 概念革命-概念改變的階層關係與理論關係

Thagard (1992)將概念改變分成九個階層，他認為概念改變包含了「部分關係性」(part-relations)和「種類關係性」(kind-relations)兩種類型的改變，「部分關係性」是指在概念樹階層裡較為下位的關係；而「種類的關係性」是指在概念樹階層裡較為上位的關係，從階層上可以看出哪些改變比較重要，概念改變的階層如表 2-2-1：

表 2-2-1 Thagard 概念改變的階層 (引自劉俊庚，2002)

階層	特質
1. 增加新例子(instance)	所增加的例子與概念，是瑣碎的。
2. 增加弱原則(weak rule)	強原則和弱原則的區別在於實用性；強或弱取決於能用原則去解釋或解決問題的重要性
3. 增加強原則(strong rule)	
4. 增加新的部分關係 (part-relation)	『分解』(decomposition)，原概念因新的發現而在分割，改變概念的階層性。
5. 增加新的種類關係	『合併』(coalescence)—利用上階層關係，結合分屬兩種

(kind-relation)	不同概念樹的概念；『區辨』(differentiation)—區別不同的科學概念。
6. 增加新概念(concept)	為了解釋理論所產生的新概念，有助於科學知識的發展。
7. 瓦解部分種類的階層 (kind-hierarchy)	與『區辨』相反，瓦解或放棄先前的概念。
8. 藉由分枝跳躍重組階層 性(branch jumping)	將某一概念，從一個概念樹的樹狀分枝，跳躍移到另一個概念樹的分枝上。
9. 樹的轉變 (tree switching)	重新分類，並改變分類的意義，此部分為影響整體概念樹階層性組織關係原則中，最重要的一個部分

Thagard 從「樹的轉變」(tree switching)和分枝跳躍(branch jumping)的觀點探討概念改變的不同形式與程度。『分枝跳躍』意謂將某一概念樹的樹狀分枝概念，移動到另一個概念樹的樹狀分枝下；『樹的轉變』是將原來已經具有階層性的樹狀組織，改變其分類的意義並根據新的分類意義重新建構其樹狀概念組織。

Thagard 將知識的改變分為信念修正與概念改變。『信念修正』包括增加或減少信念，而『概念改變』除具有增加、減少的基本特質外，還包含重組概念及重新定義階層的本質。Thagard 指出在科學知識的發展中較常見的是信念的修正、概念的增加或減少和簡單的概念重組，其中簡單的概念重組是指區辨、合併與分解，是屬於概念內的延伸與重組，與分枝跳躍不同。分枝跳躍指的是概念的『修正』，亦即涉及轉移一個概念從一樹的分枝到另一分枝上；而『重新定義階層』則是樹的轉變，是做類別或部份階層性根本的改變，影響階層性組織關係，分枝跳躍和樹的轉變在科學知識中較為罕見。因此，概念的增加或減少是比較容易進行的，而將原有的類別關係或從屬關係重新組織，如概念的分枝跳躍及樹遷移則是很困難的。

(二)科學教育學派

科學教育學派學者關注於協助學生對科學概念的理解及探討引發概念改變的理論和策略(Brown, 1993 ; Clement, 1991,1993; Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Steinberg & Clement, 1997)。在概念改變的領域中，科學教育學派學者著重描述知識的獲得和重建，他們從多樣的科學現象的理解中，組織新知識的架構，並採用認知心理學派和 Piaget 理論觀點，解釋學生如何從科學現象中獲得知識。

1. Posner 等人的概念改變理論

Posner, Strike, Hewson 和 Gertzog 等人 (1982)從認知學習的觀點角度出發，認為

學習不僅是單純增加新的片斷訊息，而應涉及新知識和舊知識之間的互動。他們採取皮亞傑的觀點，解釋學習者若只是將新知識納入原有的知識架構中，原有概念體系並未發生重大改變，稱之為同化(assimilation)；若學習者現有的概念無法納入新知識，學習者必須取代原有概念或重新組織他們的想法，這種根本的概念改變，稱之為調適(accommodation)。

Posner 等人提出概念改變模式(conceptual change model, CCM)，以解釋學生學習科學概念的概念改變情形，研究中指出概念改變的四個條件：

- (1) 學習者必須對現有的概念感到不滿意(dissatisfaction)

個體必須對現有概念不滿意，現有概念無法解決所面對的問題。

- (2) 新概念必須是可以理解的(intelligible)

個體必須能理解新概念的內容，以探究新概念的意義。

- (3) 新概念必須是合理的(plausible)

個體覺得新概念是可接受的且是合理的，能解決原有概念無法解決的問題。

- (4) 新概念具有豐富性(fruitful)

新概念具有豐富性，能加以擴展或應用到其他領域。

因此，Posner 等人強調學習者對現有概念不滿意的重要性，才能促使其接受其他新的知識概念來取代或重組舊概念，產生概念改變。此外，Strike 和 Posner 等人(1985)更提出概念生態圈(conceptual ecology)的觀點。概念生態圈是指個體在呈現某個概念時，隱藏在概念背後的概念架構，它的運作猶如自然界維持生態平衡的模式，將影響個體對新的中心概念的選擇及決定調適的方向，概念生態圈特色如下：

- (1) 異例(anomalies):原有概念受到衝擊，個體會尋找新的概念取代。
- (2) 類比和隱喻(analogies and metaphors):類比和隱喻使新概念易於理解。
- (3) 範例和象徵(Exemplars and images):典型例子、經驗、影像、物體和過程等都會影響個體的思維。
- (4) 過去經驗(past experience):和過去經驗有衝突的概念不容易被接受。
- (5) 認識論的標準(epistemological commitments):對於概念的本質個體有自己的判斷標準，會影響概念判斷的合理性。
- (6) 形而上的信仰和概念(metaphysical beliefs and concepts):形上學的信仰和概念會形成許多不需要理由的假設，而影響個體的思考方向。
- (7) 其他知識(other knowledge):新的想法必須和其他領域知識競爭，最有用的新概念

會被個體所接受。

概念生態代表情感與社會因素是影響學習者概念改變模型的另一因素，強調學習者概念的學習不只是認知單一方面，同時亦會受到週遭因素所影響。學習者原本存在的概念，或是概念生態，都將會影響對新概念的選取與放。因此，學習者在面對新的概念時，學習者的概念生態將影響他決定是否要接受或拒絕新概念，而此新概念必須與原有的概念生態發生連結，才有可能發生概念改變。

2. Hewson & Hewson 的概念交換與概念捕獲

Hewson 和 Hewson (1983)認為當學生察覺到新概念比原有概念容易理解且合理時，可將這些新概念變成爭議的問題，之後由於對原有概念不滿意以致減少原有概念的存在性，並拓展新概念的豐富性、增進新概念的存在性。若新概念超越原有概念的價值，即達成調適的作用。當概念改變發生時，調適會多於同化，而學生的概念生態會影響其對新概念的選擇。Hewson 和 Hewson 將大規模，屬於比較困難的概念改變，稱為「概念交換」；學習中僅有小部分概念被要求修正，屬於比較簡單的概念改變，稱為「概念捕獲」。

Hewson 和 Hewson 參考 Posner 等人 (1982)的概念改變理論，考慮學生的先備知識，設計概念改變的教學，以協助學生在質量、體積和密度學習上的概念改變；Driver 和 Oldham (1986)亦根據學生的先備知識發展出五階段教學模式，以定向、引導、想法重組的澄清、溝通和衝突、以及應用和反省五項策略促使學生概念改變；She (2004)研究顯示雙重情境學習模式(DSLM)可有效的促進國中生對於難以改變的概念如熱傳播(heat transfer)單元概念改變成功。

3. 雙重情境學習模式 (Dual-Situated Learning Model, DSLM)

余曉清 (She, 2002, 2003, 2004)認為概念改變的分析方式不應單以本體論角度思考，因此她捨棄單以本體論作為概念分析的方式，結合認知心理學派與科學教育學派理論，針對概念本身的屬性與階段性的觀點來分析概念改變，進而提出「雙重情境學習模式」(Dual Situated Learning Model, DSLM)。雙重情境學習模式一方面讓學生已經存在的概念產生不協調，同時提供新的心智架構，讓學生建構新的科學概念；另一方面，在情境學習過程中激發學生概念重新建構的動機，更進一步挑戰學生原有的科學信念、科學概念的本質與學生對科學信念的轉變。圖 2-2-1 為 She (2002, 2003, 2004)所提倡的雙重情境學習模式的機制。

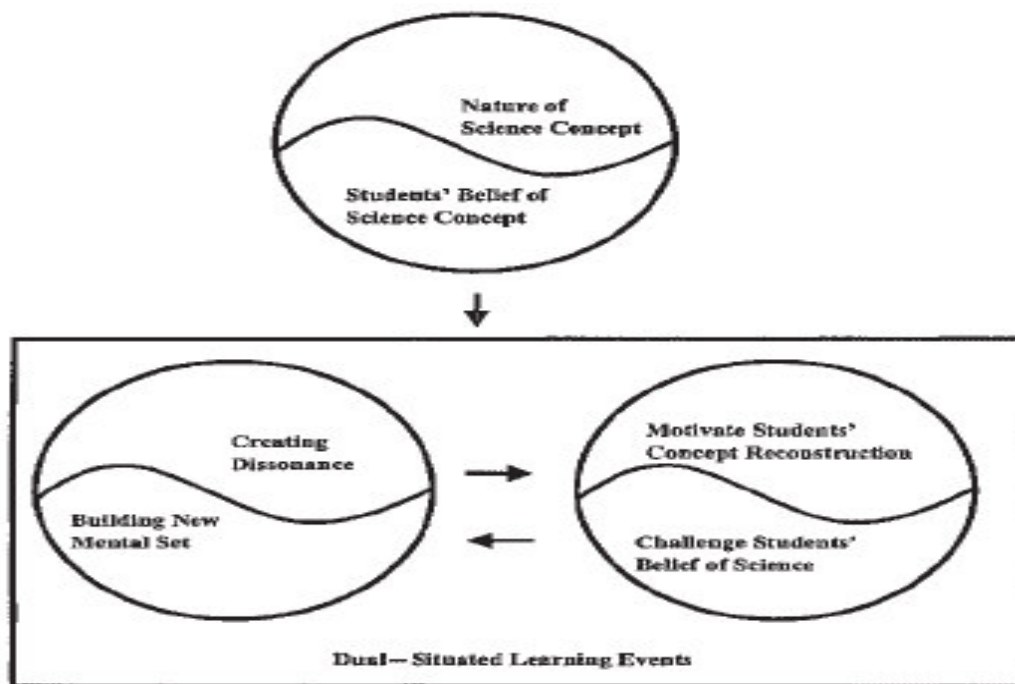


圖 2-2-1 雙重情境學習模式的機制(She, 2004)

DSLM 的進行分成六階段，簡述如下：

階段一：分析科學概念的本質與屬性，並提供建構此科學概念所需的心智架構有關資訊。

階段二：探究關於此科學概念的常見另有概念。此階段需偵測學生對此概念的理解並了解學生在概念上所存有的另有概念。

階段三：分析學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構。

階段四：設計雙重情境學習事件。此階段運用的原理是先設計一連串雙重情境事件，讓學生的另有概念無法解決問題，產生不協調、不滿足的認知狀態。接著找出學生可能提出的想法解答，並設計讓學生能親自體驗、操作、思考驗證其答案正確性的學習情境，試著將學生所缺少的心智架構導入，逐漸讓學生建構較接近科學概念的概念輪廓。

階段五：進行雙重情境學習模式的教學。每一情境事件皆針對學生常見的另有概念設計，從問題開始，待學生作答後再藉由設計好的學習事件，讓學生能親自觀察、體驗、操作、思考而驗證其答案的正確性，導入學生所缺少的心智架構，讓學生能建構更接近科學概念的架構。學習事件後會要求學生再一次回答學習事件開始的導引問題，讓學生重新評估比較自己原有的和在事件中所學的概念架構，達成深層的概念重建。

階段六：挑戰情境學習事件。此階段在於檢驗學生是否將教學過程中所獲得的心智架構應用在新的科學概念。

雙重情境學習模式(DSLM)的概念改變教學設計必須先對科學概念的本質與學生的迷思概念進行分析，而概念改變的過程須挑戰學生科學概念本體論和知識論信念(ontological and epistemological beliefs)，以理解學生缺乏哪些心智結構而無法建立完整的科學概念；雙重情境的學習活動必須使學生產生不和諧(dissonance)並提供學生新的的心智架構(new mental set)，而新的的心智架構必須符合 Posner 和 Strike (1982)所謂-合理的、容易理解的和豐富的特色。因此，在學習活動的設計上，必須呈現具體的實物、實驗或模型，以引起學生的興趣；同時，在產生不和諧的過程中，引發學生的學習動機與挑戰學生科學概念的信念，以促使學生重新建構科學概念。如此，概念改變才有可能達成。

She 針對國中生普遍感到較複雜、困難的科學概念，運用雙重情境學習模式進行研究，達 70%~95% 的學生可以概念改變成功，重新建構科學界所認同的科學概念，如浮力(She, 2002)、熱膨脹(She, 2003)、熱傳播(She, 2004)和原子(She, 2005b)等。這些研究結果證明當概念的階層愈高則包含愈多的相關基礎概念，達成此種概念的建構或概念改變的困難度愈高。因此必須考量概念的階層性與學生所欠缺的心智架構數目以決定需要設計多少雙重情境學習事件，方能協助學生建構或重建科學概念。雙重情境教學模式突破了許多研究者(Vosniadou & Brewer, 1994)所認為概念改變需要漸進、緩慢且長時間才能達成的想法，亦即概念改變不一定需要長時間才能達成。上述研究證明運用雙重情境學習模式於不同階層的理化概念均可達成 75%~95% 的概念轉移，所以雙重情境學習模式對於改變不同階層的理化迷思概念有明顯的成效。本研究將運用雙重情境模式針對化學反應概念，進行化學反應概念內容、屬性分析，設計網路化雙重情境學習模式化學反應單元的教學活動。

第三節 化學反應概念

探討學生的科學概念一直是科學教育學者相當關注的議題。化學反應單元包含巨觀自然現象、微觀模型理論和數學符號表徵三種領域間的轉換，學生非常有可能在學習時發生困難(Brosnan & Reynolds, 2001)。由於學生無法看到發生在原子和分子之間的微觀過程，而化學反應又是屬於微觀的動力學，只能以巨觀的方式觀察，因此學生無法以粒子表徵的方式來解釋或思考物理和化學變化，容易產生另有概念。

一、物質粒子觀點

在科學概念的學習上，微觀的粒子觀點是化學學習的重心。在國中課程粒子觀點主要用於解釋物質的三態變化，物質的固體、液體和氣體狀態的差異主要在於粒子排列方式的不同，在固體狀態粒子排列最為緊密，液體狀態次之，氣體狀態粒子排列最為分散。許多研究顯示學生對粒子理論概念感到相當地困惑(Gabel, 1993; Johnson, 1998; Novick & Nussbaum, 1978)。Novick 和 Nussbaum (1978)有關學生對於物質粒子性質的研究認為學生存有氣體粒子重量很小，所以分布在容器上方的另有概念。學生不了解氣體可以完全地分佈在容器內是由於粒子運動使得粒子間距離變大所造成。Novick 和 Nussbaum 亦發現在教過物質的粒子模型後，學生依然不了解粒子微觀世界，仍無法了解物質是由原子、分子等微小粒子組成的概念。學生認為物質是連續的，兩個粒子之間存在有更多的粒子；卻又對於這個連續的物質有時又可以被分割成更小的粒子，但又不是組成物質的最基本單位而感到疑惑。許多學生無法區別物質性質和組成物質的單一原子性質的差異(Andersson, 1986; Ben-Evi, Eylon & Siberstein, 1986)，他們認為單一原子的性質和所組成的物質的性質是相同的。Garnettc 和 Hackling (1995)發現學生會將粒子擬人化，並將巨觀性質視為粒子特性，例如粒子會受熱膨脹、遇冷收縮。依據國外學者的研究顯示學生在建構「粒子觀點」時，可能產生的另有概念綜合如下：

- (1)單一原子的性質和所組成的物質的性質是相同的(Andersson, 1986; Ben-Evi, Eylon & Siberstein, 1986)。
- (2)粒子之間的空間有”空氣”、”氧氣和氮氣”、”灰塵”、”其他粒子” 存在 (Griffiths & Preston, 1992; Novick & Nussbaum, 1978, 1981)。
- (3)粒子是靜態的(Novick & Nussbaum, 1981)。
- (4)粒子是物質，但具有巨觀的性質(Johnson, 1998)。
- (5)加熱或冷卻，使物質體積膨脹或收縮是由於粒子本身膨脹或收縮所致(Lin, et al.,

- 2000；Novick & Nussbaum, 1981)。
- (6)忽略粒子之間有吸引力或凝聚力(Johnson, 1998)。
 - (7)不同的狀態下，分子的重量、形狀、大小不同(Griffiths & Preston, 1992)。
 - (8)同狀態下分子形狀、大小可能不同(Griffiths & Preston, 1992)。
 - (9)容器形狀會影響分子的形狀，壓力也可能會影響分子的形狀(Griffiths & Preston, 1992)。
 - (10)物質的狀態就是分子本身的狀態(Lee, et al., 1993)。
 - (11)在三種狀態之間的粒子相對空間圖形裡低估了氣體的相對空間(Johnson, 1998)。
 - (12)氣體粒子會受到大氣壓力而沉積在容器底部(Lin, et al, 2000)。
 - (13)氣體粒子因重量極小分布在容器上方(Novick & Nussbaum, 1978)。

二、物理變化與化學變化

區分各種變化現象間的差異是學習理化的基本課題，但學生對自然現象之解釋有很大的差異。在科學上，物理變化和化學變化的不同，主要在於物質發生化學變化時本質發生改變，有新物質的產生；但許多反應發生時常伴隨著顏色、體積、溫度或狀態上的改變，使得學生不易直接由巨觀觀察中得知物質組成是否改變。Osborne 和 Cosgrove (1983)發現學生只有表面上知道熔化、蒸發和凝結等科學名詞，並未真正了解其中的科學涵義。Stavridou 和 Solomonidou (1989)認為學生在做物理或化學變化區分時通常會將物理變化認為是可逆的，而化學變化則是不可逆的；也有學生認為物理變化是單一物質的改變，而化學變化是二個物質以上的反應或二個物質的混合結果(Stavridou & Solomonidou, 1989; Johnson, 2000)。黃寶鈿、陳世雄 (1993)探討國內國中生對物質變化的錯誤概念，將學生在物質變化的想法歸納為三種錯誤思考類型：(1)錯誤的物質概念：認為樟腦丸成份內含有水，所以加熱後會產生水蒸氣、(2)不正確或不適當的物質變化概念：認為蠟燭燃燒生成水是空氣中氫氣與氧氣化合，和蠟燭沒有關係；(3)物理變化與化學變化混淆：將酒精在試管中加熱蒸發的現象當成燃燒現象。

物質生鏽和燃燒現象是生活中學生熟悉的變化，也是最常被舉例說明的化學變化代表。研究發現，學生對鐵生鏽、物質燃燒仍存有另有概念：Hesse 和 Anderson (1992)以紙筆測驗和深入訪談探究學生對鐵生鏽、銅片加熱、木屑燃燒等反應的研究，發現學生會以外觀或狀態去解釋生鏽現象，生鏽現象是鐵狀態改變的類型之一；學生對於視覺觀察不到的物質，無法理解它所扮演的角色。此外，有些學生雖然能夠正

確回答鐵生鏽的條件需要鐵和氧的作用，但他們卻認為水中的氧和鐵互相反應形成氧化鐵，而且會有氫氣產生。De Vos 和 Verdonk (1987)則發現學生認為鏽分子是由一個鐵粒子和一個氧粒子所形成的；也有部份學生認為：鏽分子是包圍在鐵原子周圍外的冠狀物質。

關於燃燒現象，Meheut 等人 (1985)對學童進行有關蠟燭和酒精燃燒現象的晤談，結果顯示學生對於燃燒存有另有概念：燃燒是蠟燭熔化、酒精蒸發的現象變化，所以燃燒前後的物質是相同的；燃燒會產生灰、煙等新物質，所以燃燒前後的物質是不同的。同樣地，Boujaoude (1991)對八年級學生進行研究，結果發現學生對於燃燒的概念是片斷、不一致的、異於科學的知識，學生的另有概念為：

- (1)蠟燭燃燒是熔化後再凝固的物理變化，重量沒有改變。
- (2)蠟燭燃燒後重量減少，是因為燭蕊變短。
- (3)蠟燭燃燒後重量減少，是因為蠟蒸發。
- (4)蠟燭、酒精和氧氣不會主動參與燃燒。
- (5)燃燒過程不會發生化學變化。
- (6)蒸發和燃燒是同義詞。
- (7)物質變化和化學變化是同義詞。

很多學生都知道燃燒會有產物形成，但是他們對於燃燒後的產物並不清楚。一般對於燃燒現象的另有概念，認為燃燒是一種破壞的過程、火焰是破壞過程中的主要物、氧氣在物質燃燒中所扮演的角色是「助燃」，而非「反應物」(Ross, 1991)。

學生對於化學變化的理論主要受限於視覺觀察所限制，即使學過相關理論，可能只知科學名詞卻不了解名詞背後真正的涵意。在謝志仁 (1992)研究中發現，國三學生雖然已學習原子和分子的粒子理論，但多數的學生仍然無法使用該理論來解釋化學變化，他以紙筆測驗和深入晤談探究國中學生對化學變化概念的另有架構，發現學生認為物質只有在某種特定的化學反應才能產生，例如：水的產生只能透過氫氣和氧氣的反應，並使用『置換』、『消失』的解釋架構解釋化學反應的現象。Andersson (1990) 綜合、歸納學生對物質變化的解釋，將學生的答案分成五個類別：(1)就是如此，沒有概念或解釋。(2)位移改變，例如學生認為鐵鏽是空氣中所含的物質經由某種途徑而附著於鐵釘的表面。(3)狀態改變，物質種類和性質沒有變化，只有某個部分改變。(4)性質轉變，例如鋼絲絨燃燒後變黑是因為鋼絲絨轉變成碳。(5)化學變化，例如銅和氧產生反應產生氧化銅。

三、化學反應式

化學反應是原子重新排列組合，原子數量、種類和質量均不會改變。化學反應式是表示實際發生的化學反應，因此學生對於化學反應的想法，會影響他們對於化學反應式的書寫。

Ben-Zvi 等人 (1982, 1987) 針對國三學生於化學反應中的結構方面和互動本質的研究，發現他們對於化學反應持有加成而非互動模式的另有概念。他們認為化學反應為將反應加成在一起而形成產物，而無法想像是一連串的斷裂和形成的過程。在化學反應式概念上，Yarroch (1985) 訪談高中學生探討他們對於化學反應式的了解-他們如何平衡化學反應式以及平衡化學反應式所運用的概念。這些學生雖然學過化學反應式單元，可以平衡化學反應式係數，但他們認為化學反應式中的箭號 (\rightarrow) 與數學等號 ($=$) 意義相同，大部份學生不了解反應式中的係數與元素符號的右下角數字所代表的意義，認為「 $3H_2$ 」是結合 6 個氫原子在一起的分子，在學生所畫化學反應式 $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ 的圖形中，把 $2NH_3$ 畫成 $NNHHHHHH$ 相結合的分子，學生只表達出原子總數，而缺少原子鍵結的概念。蔡宗程 (2004) 探究學生學習化學反應式，也同樣發現，學生雖然可以用數學的方法正確地均衡化學反應式，但並不代表他們真正瞭解係數和元素下標數字在化學反應式上所代表的意義。

在教學上，教師應了解學生存有哪些另有概念，探究造成學生另有概念的原因為何，使用適當且有效的教學策略對症下藥，提升學生對此概念的理解性。因此，本研究針對學生化學反應的另有概念設計相關教學內容引導，透過學生論證、證據辯護與駁斥交互澄清彼此間的觀念，以增加學生對化學反應的了解，進行有意義的思考。

第四節 網路學習

透過現代資訊科技在教育上的運用，教與學的觀念已由教師單向的知識灌輸，轉成師生、同儕、與學習環境間雙向或多向互動的知識建構(楊昭儀和徐新逸, 1997)。學習的空間與時間也由傳統的教室即時聽講模式，擴展到教室外環境融合與多重即時非即時的整合性學習型態(梁朝雲, 1997)。網際網路的興起讓教學能經由一台台電腦透過網路連結學生間的學習活動，藉由網路傳播對話語言的過程來強化學生之間

的互動、精鍊學生的學習。因此，網路學習使得知識的截取活動更加頻繁、知識累積變得非常迅速，透過網路學習將使整個教育生態產生鉅大的變化。

一、網路教學與學習環境

溫嘉榮等人 (溫嘉榮、吳明隆, 1999)認為網路教學(Web-Based Instruction, WBI)是被視為以 Web 為媒介(medium)、傳遞教學給遠端學習者的一種革新方法。Khan (1998)認為 WBI 是一種以超媒體為主的教學方案規劃，利用全球資訊網(World Wide Web, WWW)的屬性及資源，以創造一個有意義的學習環境，目的在於能培養個體自動學習習慣及支持其持續的學習活動。

網路學習環境不應僅是在傳輸學習資源，讓學習者在任何時間或地點去閱讀，它更應能彌補傳統學校課堂教學情境之不足(林奇賢, 1998)。Slavin (1990)提到網路學習環境的優點包括 1.學生可以依照自己的方式及興趣學習；2.透過自我評估、檢視及反省的策略，建立自我學習模式，並建構知識體系。而 Anderson 等人 (1997)也提到 WWW 是一種開放的學習環境，重視個體自我控制、擴散式思考模式、多元觀點與獨立思考，因此網路能促進個別化學習、自我評估，以及知識的再建構。學習者在網路的學習環境中，透過自我評估、檢視、反省等後設認知(metacognition)策略，學習相關的知識概念，建立自我學習模式以建構自己的知識體系。She (2005a)與 She 和 Fisher (2003)透過網路多媒體的電腦動畫與後設認知策略結合，針對學生難以理解的浮力概念進行研究，結果發現此學習模式確實有助於提昇學生科學概念的認知學習成效。

網路學習環境內容的動態化、簡易化、豐富化、活潑化、人性化與即時化等特性是吸引學習者參與學習活動的主要因素。因此，透過網路學習環境多媒體功能提供豐富的教學資源，加強學生獨立思考及強化問題的解決能力，促使學習者主動進行學習，方能輔助傳統教學之不足。

二、網路教學與學習課程

傳統的教學方式，大多為老師上課講述學生聽講，或者老師提問學生回答，學生問問題老師回覆等，較少有同儕互動的機會，除非於課堂上開放小組討論。由於網路教學是彌補傳統教學之不足而起，故在教學方式、師生互動和討論方式均與傳統教學有所區別。網路教學以不同的方式將資料存取，透過網際網路讓學習無遠弗屆，系統自動的將討論過程詳細轉載，讓學習者有重複學習或多些時間思考反省的機會。目前現行網路技術應用在教學上的模式可以分為下列兩種(邱貴發, 1998)：

1. 同步網路教學(synchronous teaching)，即教師透過網路工具，例如視訊會議、文字工具或白板等來進行授課，這樣的方式僅能打破空間的隔閡，適合作為輔助學習；
2. 非同步網路教學(asynchronous teaching)，即學生們的學習活動可能不是在同一個時間內發生，教學者將所要呈現的教學情境事件先置於伺服器上，理論上使用者可以於任何時間與任何地方，透過網路到指定的電腦上讀到、看到或聽到事先設計好的教學情境，這樣的方式可以打破時空隔閡，且給予學習者彈性較大，學習的時間是操控在學習者的手上，是目前比較可行的方式。

由於全球資訊網具備了不受時間、空間限制、可立即互相溝通以及符合學習者主動建構理念，加上軟硬體技術日趨成熟，線上資料不但可以隨時更新，也可以在網路上以多種不同的型式呈現多元的網路學習課程。利用電腦多媒體呈現的畫面必能帶給學生更多的感官刺激與震撼，提高學習動機(陳明溥，1991；蔡東鍾，1997)。Berge 等人認為成功的網路學習課程，並非只是將一些文件上傳或電子上的超連結而已，而是在課程內容中設計符合互動性、電子媒體不同型態的影音資訊，包括視訊、動畫、音效、音樂、音訊、相片、圖畫、以及超連結或非超連結的網頁，以高品質的設計增進學生的使用、動機和互動性，讓學習者在網路學習的課程中，成為真實情境問題設計的解決者，並對自己的學習負責(Berge, Collins & Dougherty, 2000)。利用電腦多媒體呈現的畫面更能帶給學生更多的感官刺激與震撼，提高學習動機(陳明溥，1991；蔡東鍾，1997)。

She 以雙重情境學習模式(DSLM)為基礎結合科學推理(scientific reasoning)發展科學概念建構與重建的數位學習計畫(Scientific Concept Construction and Reconstruction, SCCR)(She, 2005, 2006)。SCCR 運用 DSLM 和科學推理發展網路科學學習課程以促進學生知識建構和科學推理。研究結果顯示 SCCR 數位學習內容不僅促進學生概念改變，同時並提升學生科學推理能力(She & Lee, 2008; She & Liao, 2007; She, 2005a, 2006)。

第五節 網路化論證

網路輔助合作論證(Computer-Supported Collaborative Argumentation, CSCA)是結合論證理論、運用論證結構所設計的線上討論空間，提供學習機會鼓勵學生對話和建構性探索知識，促進論證的了解 (Veerman et al., 1999)。McAlister 等人 (2004)為了促進學生論證與合作性的知識發展，設計能引導學生對話的線上同步同儕討論教育工具-AcademicTalk(圖 2-5-1)，包含一個間接的介面以連結線上教育活動的工具，及設計過的用戶端內容來提供支援論證情境的文字。

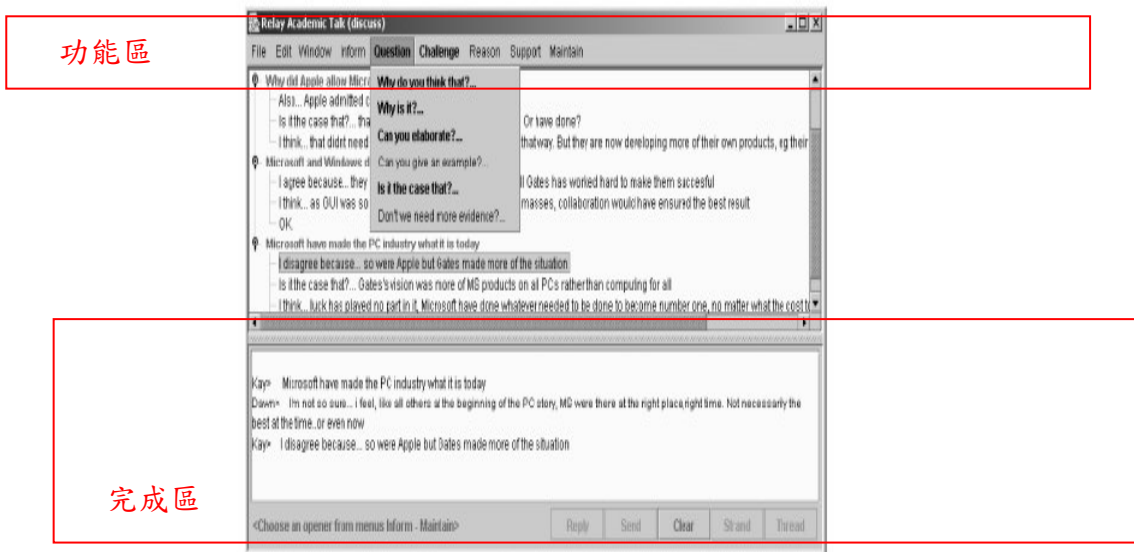


圖 2-5-1 AcademicTalk 介面 (McAlister 等人, 2004)

AcademicTalk 結構化的對話設計內容讓學生選擇問題的句子開端(表 2-5-1)，並用自己的字完成完整的訊息；同步化的線上討論使學生能看到之前討論的訊息且回覆它們，提供立即的回饋。McAlister 等人發現相較於簡單非結構的介面，AcademicTalk 涵蓋了質疑、辯護和闡述的功能，英國空中大學在使用結構化的 AcademicTalk 過程，學習者論證的過程更條理分明、多樣化、加深與加廣。

表 2-5-1 AcademicTalk 句子開端

傳達	詢問	挑戰
----	----	----

我想....	為什麼你認為.....?	我不同意因為.....
讓我來解釋....	為什麼.....?	我不確定.....
讓我來闡述....	你可以闡述.....嗎?	反面論點是.....
因為....	你可以舉例.....嗎?	另外的看法是....
例如....	是像.....例子嗎?	有.....證據嗎?
我的證據.....	我們需要更多的.....證據，不是嗎?	證據.....是如何的可信呢?
理由	支持	主張
因此....	我同意因為....	是的
假如....則是確實的	我認為你的觀點....	不對
你的假設是.....嗎?	那是對的	謝謝
結論是...	好主意	抱歉....
		請你....

Hirsch 等人 (2004)設計了 Argumentative Learning Experience (ALEX)系統，以促進研究 16-18 歲學生的論證深度與空間，ALEX 只要十五分鐘的訓練就可以駕輕就熟。ALEX 是由選擇區、編輯區、回饋區和完成區所組成，具有視覺表徵、結構化對話和設計好的論證樣式的特色。視覺知識表徵在視覺上呈現論證架構間的關係。自動化的論證視覺表徵提供學生機制產生個人化回饋，可能減少學習者認知負荷並協助訊息交換。使用 ALEX 的學生藉由選擇和完成部分句子來產生辯證，結構化對話結構可讓學生在選擇和完成句子時重新整理、分類自己的想法，有利於批判思考，並易於明白同組成員的論述重點。結構化對話有助於提升電腦輔助合作學習，能協助學生掌握主題方向，聚焦於討論主題促進反省思考的互動，減少不相關的討論。相較之下，未結構化的對話(自由討論)論證在分析技術上有一些困難存在。使用者的語言模式、文字上錯誤、文法語態錯誤以及時間與思考的邏輯順序倒置可能導致學生的討論上只使用某些論證結構、錯誤理解或系統無法辨識而使得論證類型難以分析。

有鑑於上述問題，本研究的論證介面設計了模版選擇系統，模板設計以論證理論為基礎提供學生適當的線上論證策略和辯論方法的鷹架，依照論證結構設計以分類摺疊列表式的句子樣版呈現，提供論證內部分句子的設定，意圖希望學生能藉由參考列表上的句子模板組織論證架構並確認他們使用的策略。

由參考文獻可知，學生進行論證能促進更清楚的概念理解，提供推測、論證和挑戰的機會。論證有助於概念澄清與促進學生推理能力的發展(Lawson, 2003；Chinn & Anderson, 1998；Newton, et al., 1999)。運用雙重情境學習模式於不同階層的理化概念可達成 75%~95%的概念轉移，對於概念改變有明顯的成效(She, 2005b, 2004, 2003, 2002)。網路具備了不受時間、空間限制、可立即互相溝通的特性，多媒體多元化的網路學習課程，提供豐富的教學資源可提高學生學習動機，輔助傳統教學之不足。因此，本研究希望針對國中化學反應概念，運用雙重情境學習模式分析與設計化學反應概念網路學習課程，在學習課程中結合論證理論，設計小組論證活動，藉由小組論證的學習模式，加強對科學原理的探討、了解；同時運用多媒體教材呈現化學反應概念與微觀現象，引起學生注意以刺激學生思考，促使學生進一步在網路論證環境中提出論點、澄清或反駁，期望提昇學生論證能力與推理能力的發展，並促進學生科學概念的改變。



第三章 研究方法

本章將就「研究對象」、「研究設計與流程」、「研究工具」、「教學設計」及「資料蒐集與分析」等五節分別說明。

第一節 研究對象

本研究是以桃園縣某公立國中二年級 4 個班級學生為對象，學生人數共 140 人，分班方式為常態編班。參與本研究的教學教師 1 人，為多年教學經驗之自然與生活科技領域教師。

本研究將學生分成實驗組與對照組兩組各 2 個班級。實驗組採用網路教學模式與小組論證學習進行網路化論證學習課程，共 71 人；對照組則為網路化學習課程，共 69 人，課程進行七節課，每節課 45 分鐘。實驗組與對照組學生原來慣用之學習方式為傳統講述式教學模式，由教師在教室中進行講述式教學，掌控學習活動，因此不曾使用過論證學習模式。在進行本研究測驗前，實驗組與對照組學生接受三節相同活動的教室中小組論證的前置訓練，以使學生對於論證有初步的認識。詳見表 3-1-1。

表 3-1-1 教學模式與人數整理表

	實驗組	對照組
教學模式	網路化論證學習模式	網路化學習模式
人數	71 人	69 人

為確知實驗組與對照組學生在自然與生活科技學業成績上無顯著差異，研究者將兩組學生在二年級上學期三次段考平均成績進行 t 考驗的統計分析，分析結果如表 3-1-2，顯示兩組學生在自然與生活科技學業成績上無顯著性差異。

表 3-1-2 實驗組與對照組學生自然與生活科技學業成績之差異

項目	實驗組		對照組		平均差異 (實一對)	t 值
	平均值	標準差	平均值	標準差		
前測成績	79.44	16.54	77.89	17.33	1.55	0.54

註：N=140

第二節 研究設計與流程

一、研究設計

本實驗採用準實驗設計法，以國中二年級的各兩個班級為實驗組(N=71)和對照組(N=69)作為研究對象。本研究探討不同教學模式下，學生在化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層測驗、化學反應主題相依論證能力測驗和科學推理測驗上的差異。研究的自變項為教學模式，依變項為「化學反應成就測驗」、「化學反應概念改變二階層測驗」、「化學反應主題相依論證能力測驗」和「科學推理測驗」。此外，針對實驗組學生在論證內涵及網路概念改變成長進行分析，研究架構如圖 3-2-1。



圖 3-2-1 研究架構圖

一、自變項

自變項為教學模式，實驗組採用網路化論證學習課程，而對照組則是採用網路化學習課程。

二、依變項

本研究依變項為學生在「化學反應成就測驗」、「化學反應概念改變二階層測驗」、「化學反應主題相依論證能力測驗」及「科學推理測驗」。

三、質性資料的分析

網路論證方面，針對實驗組學生在網路化論證學習課程論證內容的內涵進行分析，以了解學生在網路化論證學習課程中的論證內涵。

二、研究流程

本研究流程規劃成三個階段，依序為「研究準備」、「論證與概念改變教學」以及「資料分析」，主要工作如下：

第一階段：研究準備。確立「研究目的與問題」與蒐集相關文獻、教材設計與測驗工具編寫等。教材設計依據論證要素架構，呈現有系統的論證介面、文字、聲音、圖片、影片與動畫的網路課程學習。

第二階段：論證與概念改變教學。針對不同教學模式實施教學前後各項測驗以及追蹤測驗。教學過程，實驗組學生於電腦教室進行網路化論證學習課程；對照組學生於電腦教室進行網路化學習課程。

第三階段：資料分析。本階段主要將研究期間所蒐集到的所有資料進行彙整分析與結論報告。

研究流程如圖 3-3-1

圖 3-3-1 研究流程



第三節 研究工具

本研究工具有科學論證數位學習研究網、化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層測驗、化學反應主題相依論證能力測驗、科學推理測驗。

一、科學論證數位學習研究網

為配合網路化論證學習，科學論證數位學習研究網架設於「科學論證數位學習研究(Research of On-Line Scientific Argumentation)」的伺服器下，Web Server 是使用 Apache Serv，主要程式是使用 PHP 語言撰寫，以 MySQL 資料庫作為資料儲存系統。網頁內容的動畫及互動模擬道具等功能是以 Flash MX 2004 及 MAYA 程式所製作而成的。此學習網以論證理論(包含事實、宣稱、依據、支持和反證)為基礎，參考 Hirsch、Saedi、Cornillon 和 Litosseliti (2004)的「論證學習體驗(Argumentative Learning Experience，ALEX)」所建置，設計主題單元問題以建製論證的結構化環境。學生在進入化學反應學習活動時，於學校電腦教室透過網際網路連線至本學習網，進行論證的學習活動。

本研究設定學生須按照主題單元順序依序學習，學習活動共分為四個主題單元，依序為：主題一:物質的變化、主題二:物理變化、主題三:化學變化、主題四:化學反應式。研究者利用網站管理功能將學生採異質性分組，每組約 5-6 人，共 6-7 組，每位學生一台電腦，以利進入論證介面時有效率論證，不至因人數過多而意見繁雜、不知所云。

科學論證數位學習研究網各項功能簡介如下:

- 1.學習網站首頁:學生進入科學論證數位學習研究網站，輸入個人帳號、密碼，以登入課程資料庫系統，而後點選課程學習化學反應單元進入學習。學習網站登入畫面如圖 3-4-1。



圖 3-4-1 學習網站登入畫面

3.論證介面:結合論證理論、運用論證結構所設計的結構化對話空間，學生在討論介面中需要依照系統設計的論證結構分類提示或關鍵字句，選擇類型(事實、宣稱、依據、支持和反駁)並完成部分句子來產生論證(詳見附錄一)。系統會自動呈現該論證結構的句子與需要輸入的空白處，之後需要學生在空白處鍵入自己的看法或評論句子編號，編輯區即會自動呈現學生陳述的論證句子。如圖 3-4-2、3-4-3、3-4-4、3-4-5。

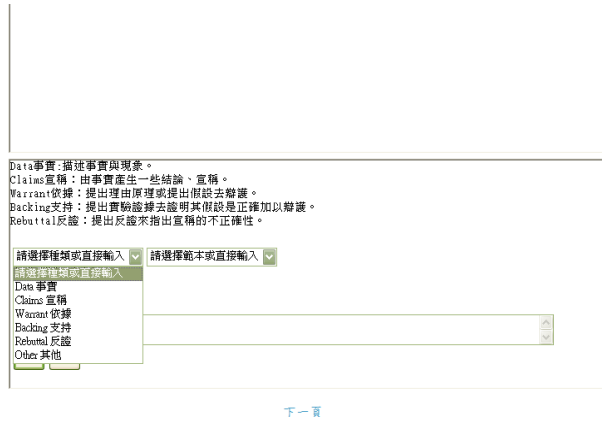


圖 3-4-2 論證結構分類頁面

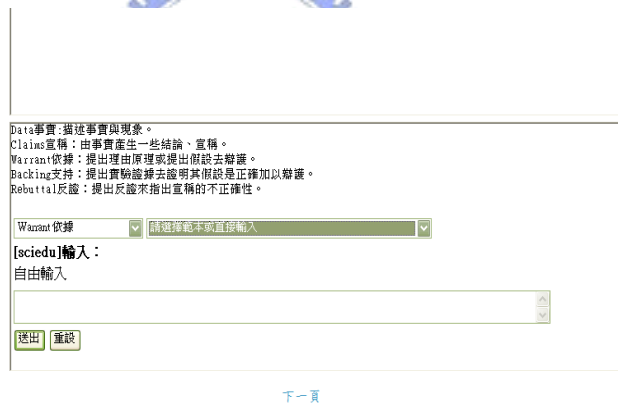


圖 3-4-3 論證關鍵字句頁面

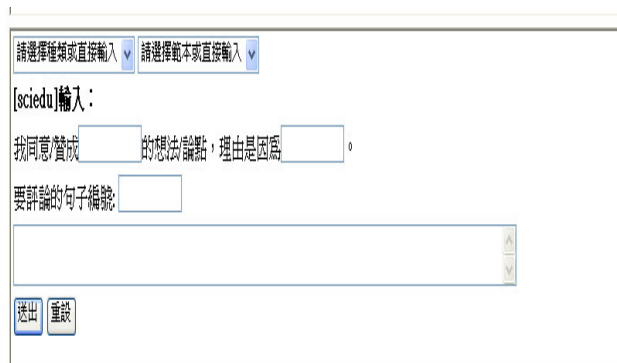


圖 3-4-4 論證結構句與空白處頁面

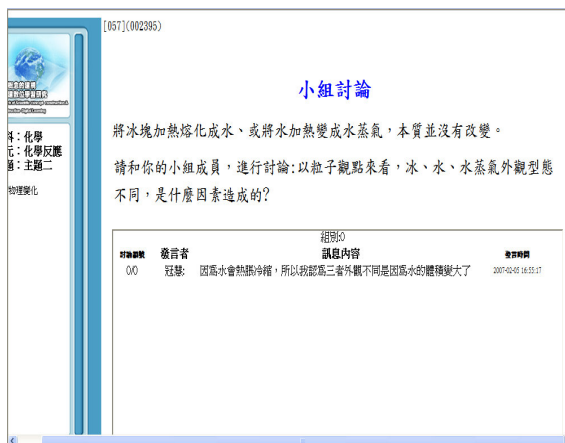


圖 3-4-5 論證編輯區

4.學習課程:學生開始進行課程學習，以和教學內容相關的影片(如圖 3-4-6)或設計的概念問題(如圖 3-4-7)進行論證學習的前後測，要求學生依問題回答並選擇相關支持的理由。同時藉著觀念澄清，以文字、圖片、概念解說與動畫微觀呈現學習重點與概念澄清，執行任務畫面如圖 3-4-6、3-4-7、3-4-8、3-4-9。



圖 3-4-6 教學影片播放頁面

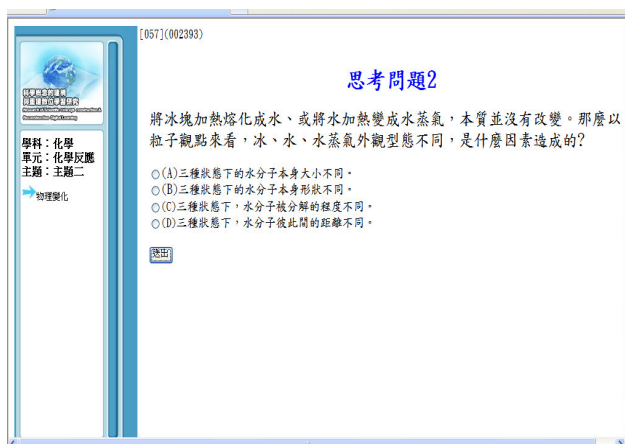


圖 3-4-7 概念問題頁面

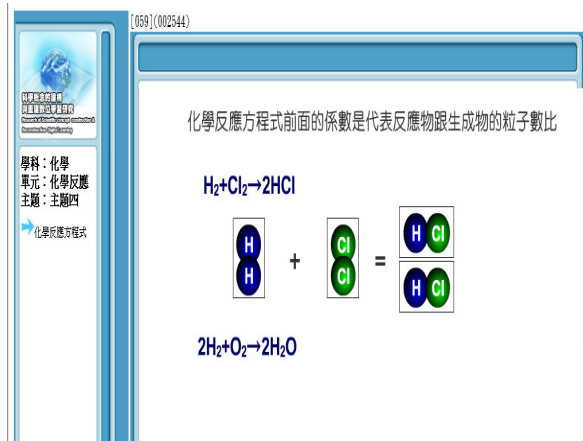


圖 3-4-8 概念解說頁面

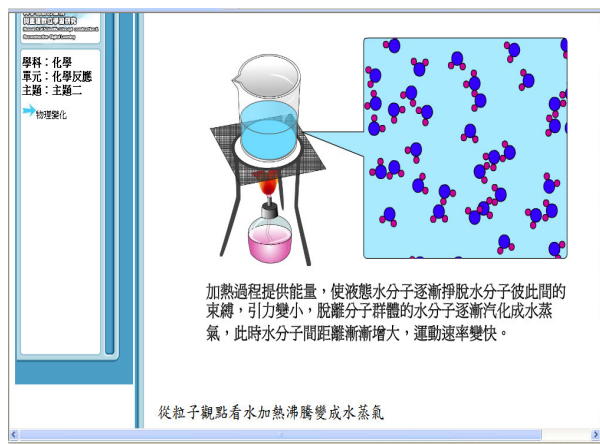


圖 3-4-9 動畫解說頁面

5.學習回饋：學生回答問題後，對或錯會給予獎勵或鼓勵的回饋。此動畫和聲音的設計，可以讓學生在完成每個題目之後，可獲得立即的回饋，目的在於提高學生的學習興趣。

二、化學反應成就測驗

研究者依據課程內容編寫化學反應成就測驗之紙本測驗，測驗時間為四十五分鐘。內容包含四個主題，每一主題各有 8 題，共 32 題。題目型式採單一選擇題，計分方式為答對一題則給予一分，用以檢核學生在「化學反應」單元的學習成效。編寫試題時，由二位自然與生活科技領域教師及一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。且經由施測學校四個班級於教學前、後、追蹤施測，其整體試卷的前、後、追蹤信度 alpha 值分別為 0.74、0.79、0.84，由此可知此份測驗度達理想範圍（詳見附錄二）。

三、化學反應概念改變二階層測驗

為了診斷學生是否具備正確並完整的化學反應相關推理概念，研究者依據化學反應概念內容編製四個主題的相關測驗題目，每一主題各有 8 題，共 40 題，各題內容採兩階段選擇題型式，以檢核學生概念改變的成效。學生在每一題作答時，必須先選擇第一階段的選項，之後在第二階段選擇其理由的選項，計分方式需兩階段均答對才給予一分。測驗編製時經由二位國中自然與生活科技領域教師與一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。且經由施測學校四個班級於教學前、後、追蹤施測，其整體試卷的前、後、追蹤信度 alpha 值分別為 0.81、0.90、0.92，由此可知此份測驗度達理想範圍（詳見附錄三）。

四、化學反應主題相依論證能力測驗

為了診斷學生是否了解論證意義，研究者依據化學反應概念內容與論證主張、理由、支持論點和反駁並舉反證元素編製五個主題的相關測驗題目，每一主題各有五題共設計二十五題題目，各題內容採兩階段選擇題型式。學生在每一題作答時，必須先選擇第一階段的選項，之後在第二階段選擇其理由的選項，計分方式需兩階段均答對才給一分。測驗編製時經由二位國中自然與生活科技領域教師與一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。且經由施測學校四個班級於教學前、後、追蹤施測，其整體試卷的前、後、追蹤信度 alpha 值分別為 0.88、0.91、0.93，由此可知此份測驗度達理想範圍（詳見附錄四）。

五、科學推理測驗

研究者採用 Anton E. Lawson 於 1978 年編製、且於 2003 修訂完成的「Classroom test of scientific reasoning」作為施測者評量科學推理的測驗，內容為選擇題型式並依據六種推理層次：守恆(conservation)概念、比例思考(proportional thinking)、辨識與變數控制(identification and control of variables)、機率思考(probabilistic thinking)、相關性思考(correlative thinking)、假設演繹(hypothetic-deductive)等共設計成 12 題二階段科學推理題目，包括第一階段答案選項和第二階段理由選項。測驗計分方式需答案、理由兩階段都答對才給予 1 分，總分共 12 分。且經由施測學校四個班級於教學前、後、追蹤施測，其整體試卷的前、後、追蹤信度 alpha 值分別為 0.65、0.74、0.73，由此可知此份測驗度達理想範圍（詳見附錄五）。

六、論證內涵

研究者參考 Osborne 論證架構(Erduran, et al.,2004; Osborne, et al., 2004; Toulmin, 1958)與科教專家編製論證編碼工具。將學生討論的內容依參與論證課程的次數和論證各要素、論證要素分類正確性和論證要素完整性的論證內涵予以編碼整理，以分析了解學生在化學反應四個主題中論證內涵的表現。

第四節 教學設計

本研究的教學設計由三位多年教學經驗的自然與生活科技領域教師與一位科學教育專家共同討論、分析現有課程概念而設計四個主題單元以設計完整的化學反應概念。

一、化學反應概念學習活動

「化學反應」單元的教學活動採用余曉清(She, 2002, 2003, 2004)發展出的雙重情境學習模式(Dual situated learning model, DSLM)分析化學反應概念內容、架構，設計一連串網路化雙重情境學習模式化學反應單元的教學活動。依階段流程敘述如下：

(一)階段一：『分析科學概念屬性』，分析現有的課程概念，將化學反應概念所需擁有的心智架構分成 4 個主題，如表 3-5-1。

表 3-5-1 學生學習化學反應單元應具備的概念彙整表

主題一 物質的變化
1. 物理變化:三態變化、熱脹冷縮 2. 化學變化:生鏽、燃燒
主題二 物理變化
1. 物理變化的粒子觀點 2. 水分子的三態變化
主題三 化學變化

<ol style="list-style-type: none"> 1. 化學變化的粒子觀點 2. 道耳吞原子說對化學反應的解釋 3. 電解水實驗的組成改變 4. 質量守恆定律
主題四 化學反應式
<ol style="list-style-type: none"> 1. 粒子模型之化學反應表示法 2. 簡單之化學反應式平衡

(二)階段二：『找出屬於此科學概念常見的另有概念』，根據研究者與資深教師的教學經驗及國內、外文獻研究分析，找出學生學習化學反應單元容易持有的迷思概念，如表 3-5-2。

表 3-5-2 學生學習化學反應單元所具有的迷思概念一覽表

主題一 物質的變化
<ol style="list-style-type: none"> 1. 物質受熱，會改變物質的性質。 2. 物質顏色、體積或外觀和之前不一樣就是本質改變。
主題二 物理變化
<ol style="list-style-type: none"> 1. 不同的狀態下，分子的重量、形狀、大小不同(Griffiths & Preston, 1992)。 2. 同狀態下的分子形狀、大小也可能不同(Griffiths & Preston, 1992)。 3. 容器形狀會影響分子的形狀和壓力亦可能影響分子的形狀物理變化的粒子觀點。 4. 加熱或冷卻，物質體積膨脹或收縮是由於粒子本身膨脹或收縮 (Lin, et al., 2000 ; Novick & Nussbaum, 1981)。
主題三 化學變化
<ol style="list-style-type: none"> 1. 化學變化產生新物質是原子分裂所產生。 2. 化學變化可以產生新原子，新原子的大小、形狀、重量和原先原子不同。 3. 化學變化後反應物會消失，產生新的產物。 4. 化學變化後反應物會消失，產生新的產物，變化前後質量一定改變。 5. 大理石和稀鹽酸在密閉系統中反應後，質量變小是由於大理石被分解。
主題四 化學反應式

- 1.化學反應式的平衡係數並非與反應物和生成物中的原子個數相關(Ben-Evi,et al.,1987)。
- 2.化學反應式中的箭號(→)與數學等號(=)意義相同(Yarroch, 1985)。
- 3.反應式中的平衡係數在箭號前後總和相同。

(三)階段三：『分析學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構』，比較化學反應概念內容與學生的另有概念，我們可以發現學生缺乏的心智架構，如表 3-5-3。

表 3-5-3 學生學習化學反應單元所缺乏的心智架構彙整表

主題一 物質的變化
<ol style="list-style-type: none"> 1. 物理變化僅涉及體積大小、狀態改變。 2. 化學變化後產物的性質和反應物完全不同，表示本質發生改變。
主題二 物理變化
<ol style="list-style-type: none"> 1. 水的三態變化是由於在不同溫度下，水分子間的束縛力改變，使得水分子間的距離不同。 2. 水分子在三態變化過程中，水分子本身體積、大小、重量相同。
主題三 化學變化
<ol style="list-style-type: none"> 1.反應物的組成原子重新排列組合成新物質。 2.化學反應前後原子不會增加、減少，也不會破裂或消滅 3.化學反應前後原子種類、大小不變。 4.化學反應前後分子種類改變。 5.化學反應前後反應物總質量和生成物總質量相等。
主題四 化學反應式
<ol style="list-style-type: none"> 1.化學反應式表示實際發生的化學反應。 2.實際參與反應的反應物分子數比表示化學反應式的平衡係數比。

(四)階段四：設計網路化雙重情境學習事件：依據學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構，研究者所設計的一連串情境主題事件依序如表 3-5-4：

表 3-5-4 化學反應單元情境學習事件表

主題一 物質的變化
1. 以影片呈現數個實驗的變化情形:碘晶體昇華、酒精揮發、大理石加稀鹽酸、小鐵刀置於硫酸銅溶液、碘化鉀溶液加硝酸鉛溶液。
主題二 物理變化
1. 以動畫呈現冰塊融化、水加熱沸騰的粒子觀點。
主題三 化學變化
1. 以影片呈現水電解時產生氫氣和氧氣並檢驗二者性質的不同。 2. 以動畫呈現水電解時水分子分解產生氫分子和氧分子的粒子觀點。 3. 以實驗呈現小蘇打和稀鹽酸反應前後質量變化情形(密閉狀態)。 4. 以實驗呈現小蘇打和稀鹽酸反應前後質量變化情形(開放狀態)。 5. 以動畫呈現小蘇打和稀鹽酸反應前後質量變化情形。
主題四 化學反應式
1. 以影片呈現水電解時產生氫氣和氧氣之氣體體積比與分子數關係。 2. 以動畫粒子解說化學反應係數意義。

(五)階段五：『進行網路化雙重情境學習模式的教學』，研究者以問題引導、實物影片、模擬實驗、概念探究等活動事件交替進行，此階段中，每一情境主題事件多以問題引導（依據學生常見的迷思所設計）如表 3-5-5 的範例：

表 3-5-5 化學反應單元問題設計範例

2-1 將冰塊加熱融化成水、或將水加熱變成水蒸氣，本質並沒有改變。那麼以粒子觀點來看，冰、水、水蒸氣外觀型態不同，是什麼因素造成的？

- (A)三種狀態下的水分子本身大小不同。
- (B)三種狀態下的水分子本身形狀不同。
- (C)三種狀態下，水分子被分解的程度不同。
- (D)三種狀態下，水分子彼此間的距離不同。

你的答案是：_____

2-2 你的想法和下列哪一個選項最接近？

-
- (A)加熱後水分子分解成更多的氫原子和氧原子。
- (B)加熱後水分子本身膨脹變大。
- (C)加熱後水分子和其他水分子間堆積的緊密程度改變。
- (D)加熱後水分子和其他水分子結合成更大的分子結構。
-

研究者藉由請學生點選實驗影片觀察(如: 小鐵刀置於硫酸銅溶液)提出引導問題引起學生注意, 讓學生先對問題進行思考, 再經由小組論證之觀察現象、依據原理和同儕間反駁、修正, 引起學生的概念探究與推理, 合作建構出較接近科學觀點的概念。為了解學生在論證過程中的概念改變, 在學習過程中相同的思考問題, 在論證前後提問學生答案與選擇最接近想法。之後, 經由設計的圖片、Flash 動畫與觀念澄清等概念探究學習, 讓學生建構完整的概念學習。

(六)階段六:挑戰情境學習事件:完成所有情境事件教學後,便進入挑戰情境學習事件,目的是讓學生挑戰相關情境,以檢測學生的概念是否真的改變並可應用在其他情境之下。這些挑戰問題設計於每一主題的主要概念教學後,設計的主要目的是讓學生藉由挑戰相關情境,進一步檢測學生的概念是否真的經由此學習情境而改變,並於學生完成挑戰題之後,給予正確的解答,如圖 3-5-1 與 3-5-2。

[059](002546)

類題1

3分子氫氣和1分子氮氣在高溫可反應生成2分子氨氣

請將上列粒子模型改寫成化學反應方程式

輸出

圖 3-5-1 挑戰情境事件

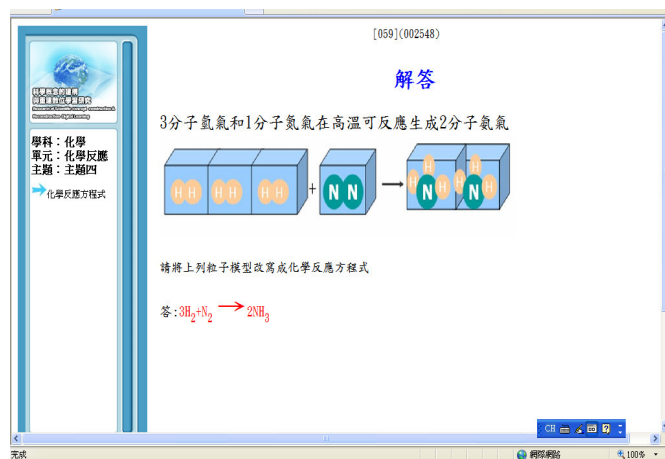


圖 3-5-2 挑戰情境事件解答

二、論證學習

每個主題的教學共分為二部分，每個部分含有五個階段，第一階段是論證前問題，第二階段是論證，第三階段是論證後問題，第四階段是教學時間，第五階段是教學後測驗，說明如下。

第一階段:論證前問題。利用「科學論證數位學習網」在每一個主要論證題目前先呈現實驗影音影片並給予學生個人的概念問題，引起學生思考並作答，如圖 3-5-3 及 3-5-4。個人概念問題為二階段問題，學生必須二階段皆答對，才給予一分。

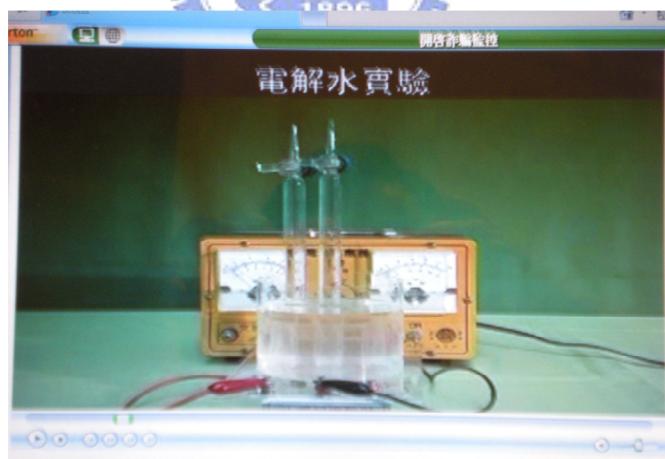


圖 3-5-3 實驗影片

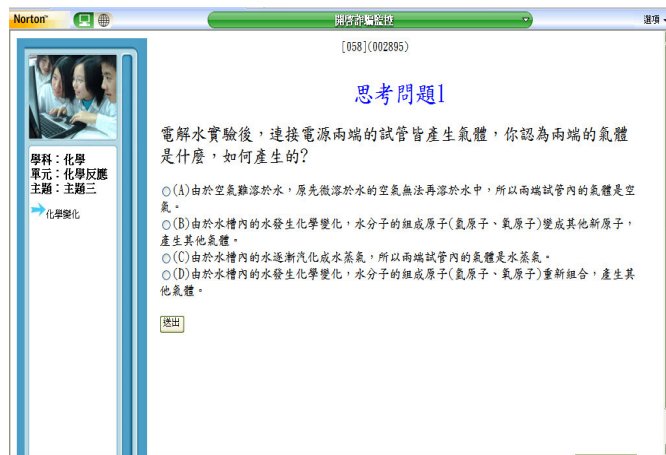


圖 3-5-4 論證前問題頁面

第二階段:論證階段，約 10 分鐘。學生根據概念問題進入論證介面，選擇論證模板，學生必須根據實驗影片的觀察為出發點，提出論點，和組員進行論證。論證中學生可重複點選影片播放。

第三階段:論證後問題，再次呈現與論證前同一題，二階段問答，以了解學生參與論證後概念是否改變，學生作答後系統給予回饋，以讓學生明白自己的作答情況。

第四階段:教學時間，以文字、圖片或動畫中之粒子觀點進行學習解說。如圖 3-5-5。



圖 3-5-5 教學動畫解說頁面

第五階段:教學後測驗。檢測學生的概念是否在學習後獲得改變而可應用在其他情境之下，並於學生完成挑戰題之後，給予正確的解答。

第五節 資料蒐集與分析

本研究期間所蒐集的資料，包括「化學反應成就測驗」、「化學反應概念改變二階層測驗」、「化學反應主題相依論證能力測驗」、「科學推理測驗」；網站記錄部份包含數位論證記錄、個人問題回答記錄。多項測驗資料的數據分析主要以 SPSS 12.0 套裝軟體進行統計分析。同時，針對網路化論證學習歷程是由研究者逐一分析受試者的答案與論證內容，再彙整進行統計分析。

一、測驗資料分析

(一) 化學反應成就測驗

將「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。資料分析以「教學模式」為自變項，「化學反應成就前測成績」為共變項，「化學反應成就後測成績」、「化學反應成就追蹤測成績」為依變項，比較教學模式(實驗組-網路化論證學習組、對照組-網路化學習組)在後測與追蹤測的成績有何差異。

(二) 化學反應概念改變二階層測驗

將「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。資料分析以「教學模式」為自變項，「化學反應概念改變二階層前測成績」為共變項，「化學反應概念改變二階層後測成績」、「化學反應概念改變二階層追蹤測成績」為依變項，比較教學模式(實驗組-網路化論證學習組、對照組-網路化學習組)在後測與追蹤測的成績上有何差異。

(三) 化學反應主題相依論證能力測驗

將「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。資料分析以「教學模式」為自變項，「化學反應主題相依論證前測成績」為共變項，「化學反應主題相依論證後測成績」、「化學反應主題相依論證追蹤測成績」為依變項，比較教學模式(實驗組-網路化論證學習組、對照組-網路化學習組)在後測與追蹤測的成績上有何差異。

(四) 科學推理測驗

將「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。資料分析以「教學模式」為自變項，「科學推理前測成績」為共變項，「科學推理後測成績」、「科學推理追蹤測成績」為依變項，比較教學模式(實驗組-網路化論證學習組、對照組-網路化學習組)在後測與追蹤測的成績上有何差異。

二、網路化論證學習歷程分析

(一) 網路化論證學習課程學習前後的概念學習

針對問題的概念分成「正確—C(Correct)」與「不正確—IC(Incorrect)」，以T檢定比較學生前後的概念改變，再統計概念正確(C)和不正確(IC)升降的情形。針對個人概念改變情形，分析個人概念「進步」、「維持」或「退步」。定義由不正確(IC)到正確(C)，以為「進步」。而正確(C)到正確(C)或不正確(IC)到不正確(IC)，前後不變則為「維持」。由正確(C)到不正確(IC)為「退步」。信度alpha值為0.75達理想範圍。

(二) 論證之概念正確性

針對論證內容加以分析，把每一句討論的概念分成「正確—C(Correct)」、「部分正確—PC(Partial Correct)」與「不正確—IC(Incorrect)」，主要從概念正確性與完整性來判斷，並評估與問題相關性、邏輯性合理性做出最後的評斷。如：在主題三 3-1：「電解水實驗後，連接電源兩端的試管皆產生氣體，你認為兩端的氣體是什麼，如何產生的？」，若提出「水電解後分解了水分子產生氫氣」但未明確指出兩端氣體是什麼(氫氣、氧氣)，因此判為部分正確(PC)；若能清楚描述兩者間的關係則為正確(C)，如：「由 H₂O 進行電解是將水分子 H₂O 的組成原子-氫、氧原子分離，產生的氣體是 H₂ 和 O₂，正極是氧氣 負極是氫氣」；「我看到水減少，所以我認為水產生氣體散掉了」則為不正確(IC)。若有學生在同一句陳述多個概念，如：「我看到電解水後產生氣體，所以我認為是將水分子 H₂O 的組成原子-氫、氧原子分離，產生了 H₂ 和 O₂，正極是氧氣，負極是氫氣，這是根據質量守恆定律」，則分開計算：「我看到電解水後產生氣體，所以我認為是將水分子 H₂O 的組成原子-氫、氧原子分離，產生了 H₂ 和 O₂，正極是氧氣，負極是氫氣」為正確(C)；「根據質量守恆定律」為不正確(IC)，總計二個概念。分析後再統計正確(C)、部分正確(PC)和不正確(IC)概念的增減情形。評分者信度為 0.91 達理想範圍。

(三) 論證過程中論證內涵的改變

1. 參與論證的次數

以學生平均在每次論證參與的次數進行重複量數分析(Repeated Measures ANOVA)，以了解在數位論證學習課程中主題一到主題四參與論證的次數是否有成長。

2. 論證要素分類正確性、論證要素完整性

分析時是由研究者將學生發言的句子內容先判斷論證要素分類正確性，若分類不正確者，再將其重新分類，學生與研究者分類相同則為分類正確為 C (Correct)，不同則為不正確 IC (Incorrect)。再根據新的分類判斷其論證是否完整，完整為 CP(Complete)，不完整為 ICP(Incomplete)。依據標準如下：

(1) 事實(Data-D)

當學生直接描述事實與現象的資料或數據為事實(D)。若直接且清楚描述觀察的結果則為完整(CP)，如：「我看到大理石加稀鹽酸後產生氣體」。若描述不甚確實，如：「我看到它反應後產生氣體」，則為不完整(ICP)。

(2) 宣稱(Claim -C)

根據事實提出一些結論、宣稱為宣稱(C)。若從所觀察到的現象或事實提出宣稱則為完整(CP)，如：「因為我看到大理石加稀鹽酸後產生氣體，所以我認為大理石和稀鹽酸的本質都改變了。」。若直觀地提出宣稱而沒有事實根據則為不完整(ICP)，如：「我認為它是化學變化」。

(3) 依據(Warrant -W)

用來連接事實與宣稱、結論的理由為依據(W)。與宣稱(C)的區分在於宣稱(C)根據為觀察的現象或數據，而依據(W)的根據為理論、原理性的概念。完整(CP)的依據(W)需提出理論為宣稱(C)辯護並需回應已有的宣稱(C)，如：「依據道耳吞原子說的特性/原理定義，得知化學反應原子重新組合產生新分子，反應後原子數量不變，我同意/贊成 XXX 的想法」。若無法提出完整的理論解釋宣稱(C)只是回應已有的宣稱(C)則為不完整(ICP)，如：「原子重組，原子不減，我同意 XXX 的說法」。

(4) 支持(Backing -B)

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則為支持(B)。提出相關經驗來支持已有宣稱則為完整(CP)，如：「我曾經做過雙氧水製氧的實驗，得知化學反應後反應物本質改變，且會產生新物質，所以我支持 XXX 的想法/論點。」。若僅提出相關經驗但未說明其支持的宣稱，或未連結經驗與宣稱間的關係則為不完整(ICP)，如：「我曾經有做過雙氧水的實驗，會產生氧氣，所以我支持 XXX 的想法。」

(5) 反駁(Rebuttal -R)

提出反駁來指出宣稱的不正確性則為反駁(R)，此部分不論反駁的概念是否正確，只要提出理由反駁他人概念則為反駁(R)，如：「我不同意/贊成 XXX 的想法/論點，因為不符合化學反應本質改變的原理/論點。」為完整(CP)。若僅反駁他人，而未提出明確的理由指出其錯誤之處則為不完整(ICP)，如：「我不同意 XXX 的說法，因為不符合化學反應的原理。」。

分析主題一到主題四平均每個論證內容的論證要素分類正確性與論證要素完整性的次數與比率後進行重複量數分析(Repeated Measures ANOVA)，以了解其在網路化論證學習課程中論證內涵是否成長。論證要素分類正確性評分者信度為 0.96，論證要素完整性評分者信度為 0.89 均達理想範圍。

3.使用論證各要素次數

平均學生在每次論證中運用論證各要素的頻率，分別就事實(D)、宣稱(C)、依據(W)、支持(B)與反駁(R)進行重複量數分析(Repeated Measures ANOVA)，以了解在網路化論證學習課程中主題一到主題四使用各要素的次數是否有成長，即論證內涵是否成長。論證要素分類評分者信度為 0.92 達理想範圍。

(四) 網路論證質性資料分析

選擇一組在網路化論證學習課程中成長較明顯的論證內容，以具體了解學生在網路化論證學習課程中的論證情形。以論證內容概念正確性具體了解概念改變情形，再以參與論證次數、使用論證各要素次數、論證要素分類正確性以及論證要素完整性，比較該組論證內涵與實驗組整體比較之情況。



第四章 研究結果與討論

本章將分三部份，第一節是網路化論證學習測驗之成效分析，第二部分為網路化論證學習歷程分析，逐一針對研究問題與假設進行驗證，第三部份是質性資料分析以具體了解學生論證學習情況為目的。

第一節 網路化論證學習課程測驗之成效分析

本節將針對網路化論證學習組(實驗組)與網路化學習組(對照組)在化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層測驗、科學推理測驗與化學反應主題相依論證能力測驗在不同教學模式下表現的差異，以及四項測驗間的相關性進行討論。

一、化學反應成就測驗學習成就比較

此部分是為回答研究問題一：「不同的教學模式(實驗組—網路化論證學習組、對照組—網路化學習組)對學生在化學反應的學習成就有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果。

(一) 化學反應成就測驗之敘述性統計分析

首先針對教學模式(實驗組、對照組)的化學反應成就測驗成績(前測、後測、追蹤測)進行敘述性統計分析，結果如表 4-1-1。

表 4-1-1 化學反應成就測驗之敘述性統計分析

	N	前測		後測		追蹤測		平均差 (後-前)	平均差 (追-前)
		M	SD	M	SD	M	SD		
實驗組	71	16.42	4.95	22.48	4.55	23.59	5.02	6.06	7.17
對照組	69	15.62	5.36	19.52	5.34	19.20	6.36	3.90	3.58

由表 4-1-1 顯示實驗組與對照組於後測、追蹤測成績上明顯高於前測成績，且前後測平均差呈現實驗組(6.06)比對照組(3.90)學生高。而由前測到追蹤測的平均差亦顯示，實驗組成績優於對照組，因此由表 4-1-1 顯示實驗組教學成效優於對照組。

(二) 教學模式對化學反應成就測驗之推論統計分析

將「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。資料分析以「教學模式」為自變項，「化學反應成就前測成績」為共變項，「化學反應

成就後測成績」、「化學反應成就追蹤測成績」為依變項，呈現於表 4-1-2。

表 4-1-2 教學模式對化學反應成就測驗後測與追蹤測單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F檢定
共變量(成就前測)	.53	2	136	60.20***
教學模式	.84	2	136	13.22***

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, df1:假設自由度, df2:誤差自由度

由表 4-1-2 中顯示就化學反應成就後測、追蹤測而言，在不同教學模式(Wilk's $\Lambda = .84, p = .000$)達顯著性差異。因此，進一步進行主要效果分析，所得的數據資料整理如表 4-1-3。

針對教學模式進行單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)，顯示教學模式在後測($F = 14.86, p = .000$)及追蹤測($F = 26.06, p = .000$)成績上均有顯著差異。事後比較顯示實驗組高於對照組，即「網路化論證學習課程」的概念學習效果較「網路化學習課程」佳，結果支持研究假設 1-1「不同教學模式對學生在化學反應的學習成就(後測、追蹤測)達顯著差異」。

表 4-1-3 教學模式對化學反應成就測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量	單變量		事後比較
	Wilk's Λ	後測	追蹤測	
教學模式	.84***	14.86***	26.06***	後測：實驗組>對照組 追蹤：實驗組>對照組

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

二、化學反應概念改變二階層測驗之比較

此部分乃回答研究問題二：「不同的教學模式(實驗組:網路化論證學習組、對照組:網路化學習組)對學生在化學反應的概念改變有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果。

(一) 化學反應概念改變二階層測驗之敘述性統計分析

針對教學模式(實驗組、對照組)的化學反應概念改變二階層測驗成績(前測、後測、追蹤測)進行敘述性統計分析，結果如表 4-1-4。

表 4-1-4 化學反應概念改變二階層測驗之敘述性統計分析

	N	前測		後測		追蹤測		平均差 (後-前)	平均差 (追-前)
		M	SD	M	SD	M	SD		
實驗組	71	13.66	5.37	20.79	6.03	20.97	6.51	7.13	7.31
對照組	69	11.91	5.67	15.30	7.51	14.87	8.38	3.39	2.96

由表 4-1-4 顯示實驗組與對照組於後測成績上明顯高於前測成績，且前後測平均差呈現實驗組(7.13)比對照組(3.39)學生高，而由前測的平均差亦顯示，實驗組成績優於對照組，因此由表 4-1-4 顯示實驗組教學成效優於對照組。

(二) 教學模式對化學反應概念改變二階層測驗之推論統計分析

將「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。資料分析以「教學模式」為自變項，「化學反應概念改變二階層前測成績」為共變項，「化學反應概念改變二階層後測成績」、「化學反應概念改變二階層追蹤測成績」為依變項，呈現於表 4-1-5。

表 4-1-5 教學模式對化學反應概念改變二階層後測與追蹤測單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F檢定
共變量(主題前測)	.28	2	136	175.13***
教學模式	.78	2	136	19.66***

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, df1: 假設自由度, df2: 誤差自由度

由表 4-1-5 中顯示就化學反應概念改變二階層後測及追蹤測而言，在不同教學模式(Wilk's $\Lambda = .78, p = .000$)達顯著性差異。因此，進一步進行主要效果分析，所得的數據資料整理如表 4-1-6。

表 4-1-6 教學模式對化學反應概念改變二階層測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量	單變量		事後比較
	Wilk's Λ	後測	追蹤測	
教學模式	.78***	32.91***	28.51***	後測：實驗組>對照組 追蹤：實驗組>對照組

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

針對教學模式進行單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)，顯示教學模式在後測($F=32.91$, $p=.000$)及追蹤測($F=28.51$, $p=.000$)成績上均有顯著差異，事後比較顯示實驗組高於對照組，即「網路化論證學習課程」的概念改變效果較「網路化學習課程」佳，結果支持研究假設 2-1「不同教學模式對學生在化學反應的概念改變二階層（後測、追蹤測）達顯著差異」。

三、化學反應主題相依論證能力測驗之比較

(一) 化學反應主題相依論證能力測驗之敘述性統計分析

此部分針對研究問題三：「不同的教學模式(實驗組—網路化論證學習組、對照組—網路化學習組)對學生在化學反應主題相依論證能力有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果如表 4-1-7。

表 4-1-7 化學反應主題相依論證能力之敘述性統計分析

	N	前測		後測		追蹤測		平均差 (後-前)	平均差 (追-前)
		M	SD	M	SD	M	SD		
實驗組	71	15.15	5.83	19.34	5.43	18.83	6.23	4.19	3.68
對照組	69	13.20	6.52	16.26	7.46	14.28	7.38	3.06	1.08

由表 4-1-7 顯示實驗組與對照組於後測成績上明顯高於前測成績，且前後測平均差呈現實驗組(4.19)比對照組(3.06)學生高，而由前測的平均差亦顯示，實驗組成績優於對照組，因此由表 4-1-7 顯示實驗組教學成效優於對照組。實驗組和對照組由於在施測前在課堂上皆有前置訓練三堂課，對論證內容已有基本的認識與操作，因此實驗組與對照組在論證主題相依前測成績的平均分數接近也具有一定的程度。

(二) 教學模式對化學反應主題相依論證能力測驗之推論統計分析

將「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。資料分析以「教學模式」為自變項，「論證主題相依前測成績」為共變項，「論證主題相依後測成績」、「論證主題相依追蹤測成績」為依變項，呈現於表 4-1-8。

表 4-1-8 教學模式對化學反應主題相依論證後測與追蹤測單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F檢定
共變量(論證前測)	.32	2	136	148.01***
教學模式	.90	2	136	7.70**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, df1: 假設自由度, df2: 誤差自由度

由表 4-1-8 中顯示就化學反應主題相依論證能力之後測及追蹤測而言，在不同教學模式(Wilk's $\Lambda = .90$, $p = .001$)達顯著性差異。因此，進一步進行主要效果分析，所得的數據資料整理如表 4-1-9。

針對教學模式進行單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)，顯示教學模式在後測($F = 4.47$, $p = .036$)及追蹤測($F = 15.34$, $p = .000$)成績上均有顯著差異，事後比較顯示實驗組高於對照組，即「網路化論證學習課程」論證概念學習效果較「網路化學習課程」佳，結果支持研究假設 3-1「不同教學模式對學生在化學反應主題相依論證能力(後測、追蹤測)達顯著差異」。

表 4-1-9 教學模式對化學反應主題相依論證能力測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量	單變量		事後比較
	Wilk's Λ	後測	追蹤測	
教學模式	.90**	4.47*	15.34***	後測：實驗組 > 對照組 追蹤：實驗組 > 對照組

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

四、科學推理測驗之比較

此部分乃回答研究問題四：「不同的教學模式(實驗組:網路化論證學習組、對照組:網路化學習組)對學生在科學推理能力有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果。

(一) 科學推理測驗之敘述性統計分析

針對教學模式(實驗組、對照組)的科學推理測驗成績(前測、後測、追蹤測)進行敘述性統計分析，結果如表 4-1-10。

表 4-1-10 科學推理測驗之敘述性統計分析

	N	前測		後測		追蹤測		平均差 (後-前)	平均差 (追-前)
		M	SD	M	SD	M	SD		
實驗組	71	3.54	2.00	4.82	2.60	4.66	2.51	1.28	1.12
對照組	69	2.61	2.05	3.41	2.22	3.43	2.33	0.80	0.82

由表 4-1-10 顯示實驗組與對照組於後測成績上明顯高於前測成績，且前後測平均差呈現實驗組(1.28)比對照組(0.80)學生高，而由前測追蹤測的平均差亦顯示，實驗組成績優於對照組，因此由表 4-1-10 顯示實驗組教學成效優於對照組。

(二) 教學模式對科學推理測驗之推論統計分析

將「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。資料分析以「教學模式」為自變項，「科學推理前測成績」為共變項，「科學推理後測成績」、「科學推理追蹤測成績」為依變項，呈現於表 4-1-11。

表 4-1-11 教學模式對科學推理測驗後測與追蹤測單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F檢定
共變量(科學前測)	.48	2	136	74.25***
教學模式	.96	2	136	2.55

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, df1: 假設自由度, df2: 誤差自由度

由表 4-1-11 中顯示就科學推理後測及追蹤測而言，在不同教學模式(Wilk's $\Lambda = .96$, $p = .082$)未達顯著性差異，顯示「網路化論證學習課程」在科學推理的概念學習效果未顯示出較「網路教學學習課程」佳，結果未能支持研究假設 4-1「不同教學模式對學生在科學推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異」。

然而，對教學模式進行單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)，表 4-1-12 顯示教學模式在後測($F = 4.52$, $p = .035$)達顯著差異，事後比較實驗組高於對照組，顯示「網路化論證學習課程」在科學推理能力後測階段較「網路化學習課程」佳，而在科學推理保留力上方面未達顯著差異。

表 4-1-12 教學模式對科學推理測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量	單變量		事後比較
	Wilk's Λ	後測	追蹤測	
教學模式	.96	4.52*	2.53	後測：實驗組>對照組

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

五、實驗組相關分析

為了解化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層、化學反應主題相依論證能力和科學推理能力間是否有相關，因此針對實驗組進行化學反應成就、化學反應概念改變二階層測驗、化學反應主題相依論證能力測驗與科學推理能力的前測、後測與追蹤測十二組資料的相關(Correlation)分析。結果如表 4-1-13。

表 4-1-13 實驗組化學反應成就、化學反應概念改變二階層、化學反應主題相依論證能力與科學推理相關表

	成就前	概念前	論證前	推理前	成就後	概念後	論證後	推理後	成就追	概念追	論證追	推理追
成就前	--											
概念前	.59**	--										
論證前	.36**	.51**	--									
推理前	.35**	.43**	.45**	--								
成就後	.64**	.58**	.34**	.42**	--							
概念後	.64**	.78**	.48**	.48**	.78**	--						
論證後	.36**	.41**	.67**	.26*	.50**	.56**	--					
推理後	.51**	.45**	.38**	.62**	.47**	.53**	.20	--				
成就追	.60**	.71**	.46**	.39**	.73**	.72**	.42**	.50**	--			
概念追	.59**	.79**	.58**	.54**	.69**	.84**	.43**	.56**	.71**	--		
論證追	.21	.38**	.66**	.31*	.33**	.41**	.70**	.24	.33**	.44**	--	
推理追	.45**	.56**	.61**	.74**	.51**	.56**	.35**	.63**	.47**	.64**	.43**	--

由表 4-1-13 可得知化學反應概念改變二階層後測分別與化學反應成就後測、化學反應主題相依論證後測、科學推理後測進行相關分析，結果顯示相關係數分別為 0.78、0.56、0.53，其中化學反應概念改變二階層後測與化學反應成就後測為高度相關，化學反應概念改變二階層後測與化學反應主題相依論證後測、科學推理後測皆為中度相關。因此，進一步進行逐步迴歸分析(Stepwise Multiple Regression)。分析時以化學反應概念改變二階層後測為依變數，化學反應成就後測、化學反應主題相依論證後測和科學推理後測為自變數，分析結果如表 4-1-14。

表 4-1-14 化學反應概念改變二階層後測逐步迴歸分析摘要表

化學反應 概念改變二階層後測	標準化係數 (Beta 分配)	t	p
化學反應成就後測	.55	6.33 ^{***}	.000
化學反應主題相依論證後測	.24	3.04 ^{**}	.003
科學推理後測	.23	2.90 ^{**}	.005
R	.83		
R ²	.68		

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

根據表 4-1-14，化學反應成就後測預測化學反應概念改變二階層後測的標準化係數為 0.55, $t=6.33$, $p=.000$ 達顯著，表示化學反應成就後測越高，化學反應概念改變二階層後測越高。化學反應主題相依論證後測預測化學反應概念改變二階層後測的標準化係數為 .24, $t=3.04$, $p=.003$ 達顯著，表示化學反應主題相依論證後測越高，化學反應概念改變二階層後測越高。科學推理後測預測化學反應概念改變二階層後測的標準化係數為 .23, $t=2.90$, $p=.005$ 達顯著，表示科學推理後測越高，化學反應概念改變二階層後測越高。整體 $R^2=0.68$ ，表示化學反應成就後測、化學反應主題相依論證後測和科學推理後測三個變項可以解釋化學反應概念改變二階層後測 68% 的變異量。由上述的迴歸分析可以發現，化學反應成就後測、化學反應主題相依論證後測與科學推理後測三個變項均與化學反應概念改變二階層後測有相關，化學反應成就後測對化學反應概念改變二階層後測具有最佳的預測力 ($\beta=0.55$)，而後依序分別是化學反應主題相依論證後測 ($\beta=0.24$)、科學推理後測 ($\beta=0.23$)。顯示化學反應概念改變二階層與化學反應成就概念、化學反應主題相依論證能力和科學推理能力息息相關，有成就概念、論證能力和科學推理能力的支持方能促進概念改變。

在追蹤測方面，由表 4-1-15 可得知化學反應概念改變二階層追蹤測分別與化學反應成就追蹤測、化學反應主題相依論證追蹤測、科學推理追蹤測進行相關分析，結果顯示相關係數分別為 0.71、0.44、0.64，其中化學反應概念改變二階層追蹤測與化學反應成就追蹤測為高度相關，化學反應概念改變二階層追蹤測與化學反應主題

相依論證追蹤測、科學推理追蹤測皆為中度相關。由此，進一步進行逐步迴歸分析 (Stepwise Multiple Regression)。分析時以化學反應概念改變二階層追蹤測為依變數，化學反應成就追蹤測、化學反應主題相依論證追蹤測和科學推理追蹤測為自變數，分析結果如表 4-1-15。

表 4-1-15 化學反應概念改變二階層追蹤測逐步迴歸分析摘要表

化學反應 概念改變二階層追蹤測	標準化係數 (Beta 分配)	t	p
化學反應成就追蹤測	.53	6.28 ^{***}	.000
科學推理追蹤測	.39	4.67 ^{***}	.000
R	.79		
R ²	.63		

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

根據表 4-1-15，化學反應成就追蹤測預測化學反應概念改變二階層追蹤測的標準化係數為 0.53, $t=6.28$, $p=.000$ 達顯著，表示化學反應成就追蹤測越高，化學反應概念改變二階層追蹤測越高。科學推理追蹤測預測化學反應概念改變二階層追蹤測的標準化係數為 0.39, $t=4.67$, $p=.000$ 達顯著，表示科學推理追蹤測越高，化學反應概念改變二階層追蹤測越高。整體 $R^2=0.63$ ，表示化學反應成就追蹤測和科學推理追蹤測可有效解釋化學反應概念改變二階層追蹤測 63% 的變異量。而化學反應主題相依論證能力追蹤測成績的解釋力未達顯著，因此在逐步分析中此變項遭剔除。由上述的迴歸分析可以發現，化學反應成就追蹤測與科學推理追蹤測二個變項可有效解釋化學反應概念改變二階層追蹤測，化學反應成就追蹤測對化學反應概念改變二階層追蹤測具有最佳的預測力 ($\beta=0.53$)，其次是科學推理追蹤測 ($\beta=0.39$)。顯示化學反應概念改變的學習保留力與成就概念學習保留力和科學推理學習保留力息息相關，成就概念和科學推理能力能促進化學反應概念改變的學習保留力。至於化學反應主題相依論證能力方面，根據表 4-1-14 化學反應主題相依論證後測對化學反應概念改變二階層後測的解釋達顯著，而在表 4-1-15 化學反應主題相依論證能力追蹤測對化學反應概念改變二階層追蹤測的解釋未達顯著，反映出學生在化學反應主題相依論證能力追蹤測階段已對論證能力有充足理解並將論證提升內化為自己已具備之概念，論證於此時不只是一種學習工具，更轉化為學習上的內在能力，學生已能自然地運用此內在論證能力於概念上，達到概念改變。

六、小結

從化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層測驗和化學反應主題相依論證能力測驗進行單因子共變數分析，研究結果顯示不論是化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層測驗和化學反應主題相依論證能力測驗均顯示實驗組比對照組佳，即「網路化論證學習課程」的學習效果、概念改變和論證能力成長均較「網路化學習課程」好，結果支持研究假設 1-1、2-1、3-1「不同的教學模式對學生在化學反應的學習成就、化學反應概念改變和化學反應主題相依論證能力(後測、追蹤測)均達顯著差異」。從科學推理測驗統計結果顯示實驗組於後測顯著高於對照組，即「網路化論證學習課程」在科學推理能力後測階段較「網路化學習課程」佳，但在追蹤測未達顯著，即「網路化論證學習課程」科學推理能力保留效果未明顯高於「網路化學習課程」，因此結果未能支持研究假設 4-1「不同教學模式學生的科學推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異」。

從四份能力測驗的相關分析中，得知化學反應成就後測、化學反應主題相依論證後測與科學推理後測均與化學反應概念改變二階層後測有相關，再進行逐步迴歸分析發現化學反應成就後測對化學反應概念改變二階層後測具有最佳的預測力，其次是化學反應主題相依論證後測與科學推理後測。而在追蹤測方面，化學反應成就追蹤測與科學推理後測均與化學反應概念改變二階層追蹤測有相關，進行逐步迴歸分析發現化學反應成就追蹤測對化學反應概念改變二階層追蹤測具有最佳的預測力，其次是科學推理追蹤測。



第二節 網路化論證學習歷程分析

本節將探討透過「網路化論證學習網站」紀錄的學生學習歷程，從個人問題概念正確性、論證內容概念正確性、論證內涵以及質性資料進行分析，在論證內涵包含參與論證的次數、論證要素分類正確性、論證要素完整性以及各要素在論證課程中使用的頻率。

一、網路化論證學習課程學習前後的概念學習

為了解學生在「網路化論證學習課程」學習前後概念，本研究在課程(論證)的前後請學生回答概念問題，流程為：課程前二階段問題、論證、課程後二階段問題，首先針對問題的概念分成「正確—C(Correct)」與「不正確—IC(Incorrect)」，比較學生前後概念的改變，由於題目為二階段問題，因此學生必須二階段問題皆答對，方才計分為正確。表 4-2-1 呈現四個主題共七個概念問題的敘述性統計與 T 值。

表 4-2-1 個人問題概念正確性之敘述性統計與 T 值

	前		後		平均差	T	Sig
	M	SD	M	SD			
Q1-1							
C	.23	.42	.59	.50	.36	5.22***	.000
IC	.77	.42	.41	.50	-.36	-5.22***	.000
Q1-2							
C	.28	.45	.72	.45	.44	7.37***	.000
IC	.72	.45	.28	.45	-.44	-7.37***	.000
Q2-2							
C	.80	.40	.83	.38	.03	.58	.567
IC	.20	.40	.17	.38	-.03	-.58	.567
Q2-3							
C	.65	.48	.80	.40	.15	2.49***	.015
IC	.35	.48	.20	.40	-.15	-2.49***	.015
Q3-1							
C	.27	.45	.41	.50	.14	2.19*	.032
IC	.73	.45	.59	.50	-.14	-2.19*	.032
Q4-1							
C	.27	.45	.46	.50	.19	3.02**	.004
IC	.73	.45	.54	.50	-.19	-3.02**	.004
Q4-2							
C	.73	.45	.86	.35	.13	2.12*	.038
IC	.27	.45	.14	.35	-.13	-2.12*	.038

根據表 4-2-1，得知學生在四個主題中七個概念問題的個人問題概念正確性（學習後-學習前）的平均值均進步，其中六題達顯著。由表 4-2-2 可知，學生的概念正確性 86% 達顯著性，表示經由網路化論證學習課程可以增加學生擁有的正確概念。如：問題 3-1「電解水實驗後，連接電源兩端的試管皆產生氣體，你認為兩端的氣體是什麼，如何產生的？」學生(代號 22635)課程前作答：「由於空氣難溶於水，原先微溶於水的空氣無法再溶於水中，所以兩端試管內的氣體是空氣。」第二階段作答：「部分空氣原溶於水，通電後水溫變高使得空氣溶解度變小而逐漸冒出。」為不正確(IC)概念，課程後作答：「由於水槽內的水發生化學變化，水分子的組成原子(氫原子、氧原子)重新組合，產生其他氣體。」第二階段作答：「通電提供能量使得水分子分解，水分子內的原子分離，原子重新排列組合產生氣體。」為正確(C)概念。由此可知本「網路化論證學習課程」有助於學習者概念學習。整體概念正確性改變情形如表 4-2-2。

表 4-2-2 個人問題概念正確性改變統計

	正確(C)				不正確(IC)			
	增加		減少		增加		減少	
	題數	比率	題數	比率	題數	比率	題數	比率
平均值變化	7	100%	0	0%	0	0%	7	100%
平均值變化達顯著性	6	86%	0	0%	0	0%	6	86%

針對個人概念學習情形，定義由不正確(IC)概念到正確(C)概念為「進步」。而正確(C)概念到正確(C)概念，或不正確(IC)概念到不正確(IC)概念，前後不變則為「維持」。由正確(C)概念到不正確(IC)概念為退步。在七個問題中統計學習者個人概念學習人數與比率如表 4-2-3 與圖 4-2-1。

表 4-2-3 個人問題概念改變人數與比率

	正確概念						錯誤概念					
	IC-C		C-C		總計		IC-IC		C-IC		總計	
	人數	比率	人數	比率	人數	比率	人數	比率	人數	比率	人數	比率
1-1	30	42%	12	17%	42	59%	25	35%	4	6%	29	41%
1-2	31	44%	20	28%	51	72%	20	28%	0	0%	20	28%
2-2	7	10%	52	73%	59	83%	8	11%	4	6%	12	17%
2-3	16	23%	41	58%	57	81%	9	13%	5	7%	14	20%
3-1	16	23%	13	18%	29	41%	36	51%	6	8%	42	59%
4-1	19	27%	14	20%	33	47%	33	46%	5	7%	38	53%
4-2	14	20%	47	66%	61	86%	5	7%	5	7%	10	14%
平均	19	27%	28	40%	47	67%	19	27%	4	6%	23	33%

(註:C:正確、IC:不正確；IC-C:(前測)不正確-(後測)正確)

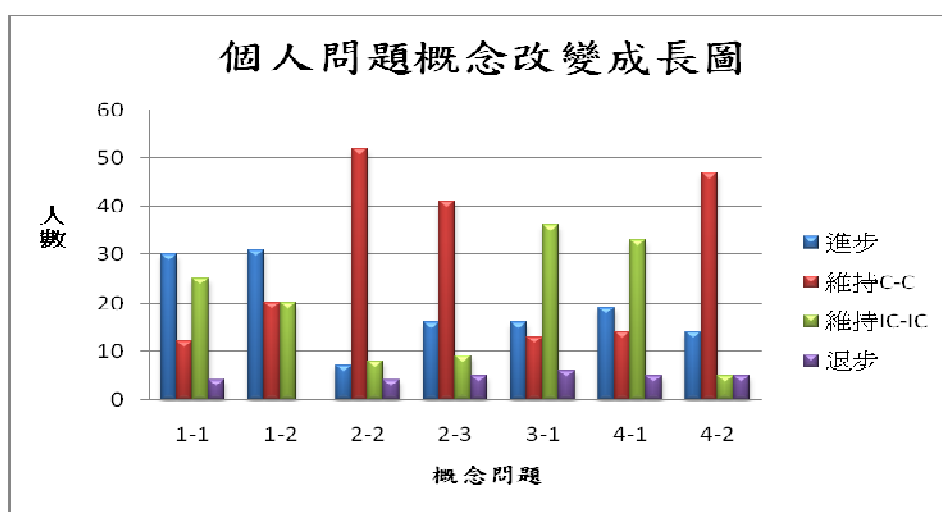


圖4-2-1 個人問題概念改變成長圖

如上所示，學生概念學習多為「進步」與「維持」，由表4-2-3 得知教學後持有正確概念的有67%，平均有27%「進步」，40%「維持正確到正確(C-C)」，而「退步」百分比僅有6%。上述結果顯示，學生概念正確性從1-1到4-2呈現上升、下降再急遽上升的起伏情形，由於主題一為物質變化-物理變化與化學變化之意義與分類，主題二物理變化-進入水的三態粒子觀點，學生從主題一本質變化與否到主題二所熟悉之水的變化之概念，概念能有效地成長；從主題三進入化學反應粒子觀點，由於化學反應機制較物理變化複雜，學生一開始對於化學反應中粒子運作機制不了解，因此主題三正確概念比率較低，但透過一連串網路情境學習與論證過程，學生概念逐漸成長，持有正確概念比率急遽增加。結果支持研究假設5-1「網路化論證學習課程可促進學生網路概念改變」。

二、論證內容之概念正確性

為了解學生在論證課程中的討論概念是否有成長以回答研究問題六：「實驗組學生在化學反應論證學習課程中科學概念成長有何差異？」，將分析學生論證內容的概念正確性。此部分與上一部分「個人問題概念性」區別在於可以更深入實際了解學生在論證中的學習情形。分析時把每一句討論的概念分成「正確—C(Correct)」、「部分正確—PC(Partial Correct)」與「不正確—IC(Incorrect)」，主要從概念正確性與完整性來判斷，並評估與問題相關性、邏輯性合理性做出最後的評斷。如：在主題三 3-1：「電解水實驗後，連接電源兩端的試管皆產生氣體，你認為兩端的氣體是什麼，如何產生的？」，若提出「水電解後分解了水分子產生氫氣」但未明確指出兩端氣體是什麼(氫氣、氧氣)，判為部分正確(PC)；若能清楚描述兩者間的關係則為正確(C)，如：「由 H₂O 進行電解是將水分子 H₂O 的組成原子-氫、氧原子分離，產生的氣體是 H₂ 和 O₂，正極是氧氣，負極是氫氣」；「我看到水減少，所以我認為水產生氣體散掉了」則為不正確(IC)。四個主題的概念正確性次數改變情形呈現於表 4-2-4。整體論證概念正確性之重複量數與比率情形整理如表 4-2-5。

表 4-2-4 論證內容概念正確性次數改變情形

	正確 C			部分正確 PC			不正確 IC		
	M	SD	比率	M	SD	比率	M	SD	比率
主題一	.22	.25	25%	.42	.34	50%	.21	.19	25%
主題二	.96	.83	44%	.80	.71	38%	.39	.54	18%
主題三	.76	.83	32%	1.04	.92	43%	.58	.63	24%
主題四	1.21	1.29	64%	.44	.61	23%	.25	.43	13%
平均	0.79	.80	41%	.68	.65	39%	.36	.45	20%

表 4-2-5 論證內容概念正確性之重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
概念正確性			37.17***	
主題一	.22	.25	($p=.000$)	
主題二	.96	.83		2>1***
主題三	.76	.83		3>1***
主題四	1.21	1.29		4>1*** 4>2* 4>3**

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

在表 4-2-4 可看到論證內容概念正確性的次數，由主題一的0.22次進步到主題二的0.96次呈現大幅成長，到主題三的0.76次及主題四的1.21次顯示出論證概念正確性次數有成長與約略增減的趨勢。事後比較顯示，主題二、主題三明顯高於主題一，主題四明顯高於主題一、主題二和主題三，表示主題一到主題二及主題三到主題四為概念正確成長的關鍵，學生由主題一到主題二概念正確性明顯提高。從論證內容概念正確性平均次數與比率分析，概念正確性之所以呈現增減的起伏以及比率不高的情形主要是受到學生對於論證問題所涵蓋概念的相關性度及論證完整性的影響。在概念相關性方面，以主題二2-1為例，題目為冰、水、水蒸氣外觀型態不同，是什麼因素造成的？(概念為水分子間距離不同所造成)。學生提出：「因為我沒看到新物質產生，所以我認為他們的原子組成不變。」上述論點顯示學生具有相關的粒子概念但對於概念相關性的掌握度不高，所以未完全切合問題之概念，因此在概念正確性上判斷為部分正確(PC)。而在論證完整性方面，學生在主題三的論證要素完整性比率(表4-2-8)低，部分學生提出的論點不完整、片段，因而影響了概念正確(C)的次數與比率。例如：主題三3-1電解水實驗後，連接電源兩端的試管皆產生氣體，你認為兩端的氣體是什麼，如何產生的？學生提出：「氣體是因為電而分解出來的」、「電解把原子分離」和「原子分離再重組產生氫氣、氧氣」。根據以上三句論點，由於學生提出的論點不完整，片段性地一步步提出論點，在概念正確性的判斷上分別為部分正確(PC)、部分正確(PC)與概念正確(C)，因此會造成概念正確(C)的次數低，同時又稀釋了概念正確(C)而使得概念正確的比率下降。

在主題四，學生對於問題相關性的掌握增強，對於化學反應機制變化更加了解，因此學生所提出的論點皆較先前其他主題更能切合問題之概念，在概念正確(C)的平均次數和比率因此提高。

由表 4-2-4 可知，學生概念正確(C)的平均比率為 41%，部分正確(PC)的概念平均比率為 39%，不正確(IC)的概念平均比率為 20%，表示論證課程可以減少不正確(IC)的概念，不正確概念的比率由主題一的 25%下降到主題二的 18%、主題三的 24%約略上升再大幅下降到主題四的 13%逐漸下降。綜合上述，論證課程具有協助學生擁有正確概念的功能，同時，從學生論證內容的過程可以清楚發現學生的迷思概念為何，更能深入了解學生概念學習的歷程，發現學生的概念是如何從自己想法出發、透過與同儕間的交互論證、思考、經過矛盾與修正而確定自己新的想法、進一步持

有正確的概念。因此，若學生對論證語言的使用能更熟練、提出的論點更完整、周延，透過論證之激盪思考，學生概念正確次數與比率將更提高。

三、論證過程中論證內涵的改變

(1) 參與論證次數

為回答研究問題六：「實驗組學生在化學反應論證學習課程中論證的內涵有何差異？」，分別以學生在主題一到主題四中平均每次參與論證的次數以及論證各要素—事實(D)、宣稱(C)、依據(W)、支持(B)與反駁(R)所提出的頻率進行重複量數分析(Repeated Measures ANOVA)。平均每次論證參與的次數分析結果呈現於表4-2-6與圖4-2-2。

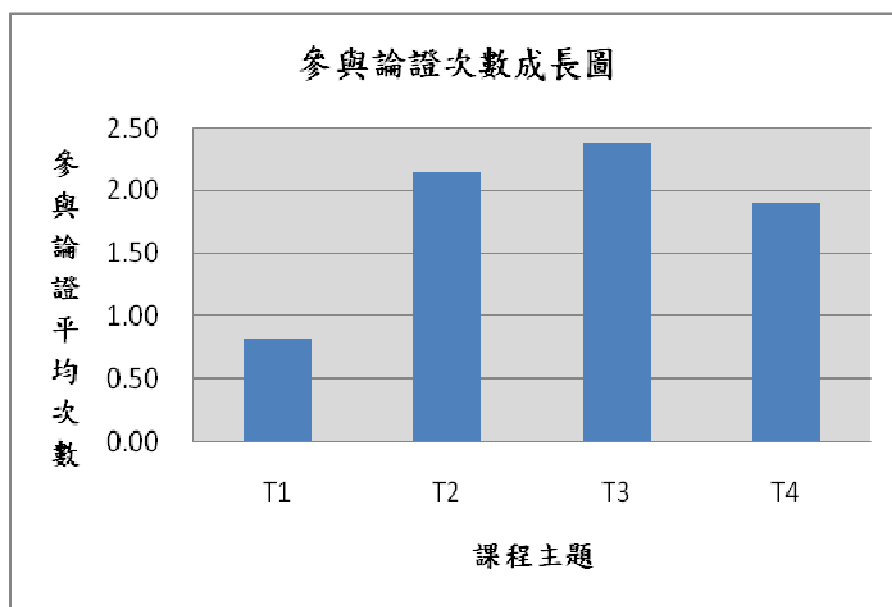


圖 4-2-2 參與論證次數成長圖

表 4-2-6 參與論證次數重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
參與論證			34.60 ^{***}	
主題一	.82	.57	($p=.000$)	
主題二	2.14	1.52		2>1 ^{***}
主題三	2.38	1.75		3>1 ^{***} 3>4 ^{**}
主題四	1.90	1.73		4>1 ^{***}

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

根據表 4-2-6 參與論證次數之重複量數值為 $F(3,210)=34.60, p=.000$ ，顯示參與論證次數由主題一到主題三的平均次數有顯著成長，由事後比較顯示學生在主題二、主題三與主題四參與論證次數明顯地多於主題一，主題三參與論證次數明顯地多於主題四。從主題一到主題三的論證課程，學生在前三次論證的參與次數有成長，大致上課程進行越多次，學生參與論證的次數越多。到主題四參與論證次數稍微下降的原因，推測和主題四所涵蓋的概念有關。由於主題四之概念較受侷限(從粒子觀點而言，可以看出化學反應的哪些關係?或改變?化學反應式能表達哪些訊息或原理? 概念重點:化學反應前後原子種類不變、原子數目不變、分子種類改變、分子數目可能改變、化學反應式中的係數比為參與反應的分子數比等)，學生提出不同論點反駁的機會較少，因此造成學生到主題四的參與論證次數稍微下降。整體而言，課程進行到越後面的主題，學生參與論證的次數逐漸增加，顯示學生的論證內涵有成長。

(2) 使用論證模板

為進一步了解學生在網路化論證學習課程使用論證模板的次數，將學生在各主題論證課程中使用論證模板的次數進行重複量數分析(Repeated Measures ANOVA)如表 4-2-7。

表 4-2-7 使用論證模板之重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
使用模板			14.66 ^{***}	
主題一	.68	.51	($p=.000$)	
主題二	1.63	1.63		2>1 ^{***} 2>4 ^{**}
主題三	1.41	1.58		3>1 ^{***}
主題四	1.90	1.73		4>1 ^{**}

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

根據表 4-2-7，使用論證模板次數之重複量數值為 $F(3,210)=14.66, p=.000$ ，顯示使用論證模板的次數在主題二、主題三和主題四的平均次數顯著高於主題一。由於學生使用論證模板的平均次數和參與論證的平均次數有關，亦即學生參與論證的次數越多，是否會造成使用論證模板次數增加，因此須進一步了解學生使用論證模板的比率如表 4-2-8。

表 4-2-8 使用論證模板次數與比率

	主題一	主題二	主題三	主題四
M	.68	1.63	1.41	1.15
使用率	83%	76%	59%	61%

由表 4-2-8，顯示學生在使用論證模板次數的比率逐漸下降。根據表 4-2-7 與表 4-2-8 綜合結果分析，從主題一到主題四由於學生參與論證的次數增加造成使用模板的次數也隨之增加。但使用論證模板次數比率逐漸下降，推測學生在剛進入論證環境時由於不熟悉論證環境為何，會依照論證環境的說明指示選擇論證模板後提出論點，隨著課程的進行，學生逐漸認識論證環境，認為在使用模板或不使用模板的情況下均可發表自己的論點。因此進行到後面主題時，學生參與論證的平均次數增加，使用課程中所提供論證模板的次數也呈現增加又略下降的起伏情形，但使用論證模板次數的比率逐漸下降，顯示學生在熟悉論證環境後若未強力要求，學生傾向於未使用課程中所提供的論證模板而直接提出論點以與同儕進行論證。

(3) 論證要素分類正確

為了解學生對各個論證要素的學習情況，將討論學生使用論證各要素—事實(D)、宣稱(C)、依據(W)、支持(B)與反駁(R)的情形。由於學生自行選擇的論證要素有時和自己的論證內容不吻合，其中大部分原因是學生慣用宣稱的C1模板，即「我認為……」。因此分析時是由研究者根據學生每一句論證內容與論證題目的關係來判斷學生在論證要素分類的正確性，若學生自行分類不正確者，則研究者將其重新分類，再進行後續分析。首先就論證要素分類正確次數進行重複量數分析，結果呈現於表 4-2-9。

表 4-2-9 論證要素分類正確次數重複量數分析

	M	SD	事後比較
分類正確		14.46 ^{***}	
主題一	.59	.46	
主題二	1.36	1.41	2>1 ^{***} 2>4 ^{***}
主題三	1.21	1.43	3>1 ^{***} 3>4 ^{**}
主題四	.81	1.31	

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

由表 4-2-9 之論證要素分類正確次數重複量數值為 $F(3,210)=14.46$ ， $p=.000$ ，顯示論證要素分類正確次數的平均次數在主題二、主題三和主題四高於主題一，事後比較顯示主題二、主題三顯著高於主題一。論證要素分類正確性在主題四平均次數變少，主題四的平均次數低於主題二和主題三的平均次數，乃因學生在主題四中參與論證的平均次數減少及學生使用論證模板的次數減少所致，學生必須使用模板方能對論證要素作分類，若學生未使用模板則無法對論證要素分類。表 4-2-10 呈現各主題平均論證要素分類正確次數與比率。

表 4-2-10 論證要素分類正確次數與比率

	主題一	主題二	主題三	主題四
M	0.59	1.36	1.21	0.81
使用論證模板下之 論證要素分類正確率	86%	84%	86%	70%

根據表 4-2-10，學生論證要素分類正確的次數從主題一的0.59次到主題二大幅成長為1.37次呈現顯著的成長，到主題三的1.20次、主題四的0.81次略有增減。再由論證要素分類正確性比率來看，主題一到主題三學生在使用論證模板下之論證要素分類正確率皆達84%以上，主題一高達86%乃因在施測前學生已接受過數堂論證課程訓練，對於論證各要素的不同有一定的了解，因此在主題一中雖然參與論證次數的平均次數最少，但在使用論證模板下之論證要素分類正確率高達86%。從論證要素分類正確性比率發現符合之前的推論：學生在剛進入論證環境時由於不熟悉論證環境為何，會依照施測前接受的論證課程訓練及論證環境的說明指示選擇論證模板後提出論點，隨著課程的進行，學生逐漸認識論證環境，認為在使用模板、任選一模板或不使用模板的情況下均可發表自己的論點。因此，學生在主題四使用模板次數減少或在使用模板下提出論點都只選擇慣用的事實D1和宣稱C1模板即直接提出論點以致學生使用論證模板次數(表4-2-8)、論證要素分類正確率下降的情況。

(4) 論證要素完整性

研究者將學生論證重新分類後以新的分類標準判斷學生論證內容的完整性，以了解學生的論證品質情況。因此，就論證要素完整性次數進行重複量數分析，結果呈現於表4-2-11。

表 4-2-11 論證要素完整性次數重覆量數分析

	M	SD	F	事後比較
論證完整			16.01 ^{***}	
主題一	.17	.27	(<i>p</i> =.000)	
主題二	.90	1.04		2>1 ^{***} 2>3 [*]
主題三	.63	.97		3>1 ^{***}
主題四	.80	1.27		4>1 ^{***}

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

表 4-2-12 論證要素完整性次數與比率

	主題一	主題二	主題三	主題四
M	0.17	0.90	0.63	0.80
完整率	19%	42%	27%	42%

由表 4-2-11 之論證要素完整性次數重複量數值為 $F(3,210)=16.01, p=.000$ ，顯示論證要素完整性次數從主題一到主題二大幅成長，到主題三略為減少、主題四呈現再次增加的起伏情形。事後比較顯示主題二、主題三和主題四的平均次數明顯高於主題一，主題二的平均次數明顯高於主題三。由表 4-2-12，呈現論證要素完整性次數和比率相似的起伏情形，學生在主題一中論證要素完整性的比率僅 19% 顯示在主題一中雖然學生使用論證模板與分類正確的比率高，但由於一開始對論證語言使用的不熟練與依據原理的提出上尚無法契合概念關聯度，所以在陳述事實、提出宣稱、根據理論、提出支持與反駁宣稱的論證內容上不夠完整。例如：在影片-加熱紫黑色碘晶體產生紫色氣體中，完整陳述為：「我看到碘晶體加熱後產生氣體」，學生大多陳述：「我看到它有紫色氣體」。

論證要素完整性的次數，由主題一的 0.17 次進步到主題二的 0.90 次呈現大幅成長，顯示從主題一到主題二為論證完整性成長的關鍵，論證要素完整性的比率也從 19% 明顯進步到 42%，顯示從主題一到主題二有明顯的成長，此因學生實際參與論證後對於論證語言的使用較為熟練，所提出的論點較主題一趨於完整，例如完整的宣稱(Claim)須包含觀察事實(Data)和產生結論，如：「我看到冰加熱後融化成水所以我認為是分子間的距離改變」，而非只是「我認為它是分子距離變大」只含有結論的不完整論點。同理，完整的反駁須包含否定和理由，如「我不同意/贊成 XXX 的想法/論點，因為不符合化學反應產生新物質的原理/論點，碘晶體加熱後產生氣體是昇華，沒有新物質產生。」，而不完整的論點為反駁理由不明確，如「我不同意/贊成 XXX 的想法/論點，因為不符合生成新物質的原理/論點」。在主題三論證要素完整次數與比率均下降，而在主題四的論證要素完整性次數與比率呈現上升的起伏情形，推論是學生未使用論證模板所致，如表 4-2-13。

(5) 未使用論證模板

表 4-2-13 未使用論證模板之重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
未使用模板			14.26***	
主題一	.14	.23	($p=.000$)	
主題二	.51	.85		2>1***
主題三	.97	1.41		3>1***3>2**
主題四	.75	.92		4>1***

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

表 4-2-14 未使用論證模板次數與比率

	主題一	主題二	主題三	主題四
M	0.14	0.51	0.96	0.75
未選率	17%	24%	41%	39%

由表 4-2-13 未使用論證模板次數之重複量數值為 $F(3,210)=14.26, p=.000$ ，顯示學生未使用論證模板的情形顯著，從主題一到主題三未使用論證模板的平均次數與比率逐漸增加。事後比較顯示，主題二、主題三和主題四未使用論證模板的平均次數明顯高於主題一，主題三未使用論證模板的情形顯著高於主題一和主題二。由表 4-2-12 與表 4-2-14 綜合分析，學生論證要素完整性次數與比率到主題三下降，在主題四再提高，乃因學生未使用論證模板的次數與比率增高所致。在主題三，學生未使用論證模板的情形顯著增高，造成學生論點傾向於片斷、不完整或直接表達論點，例如：在影片-電解水實驗後，連接電源兩端的試管皆產生氣體，你認為兩端的氣體是什麼，如何產生的？學生提出：產生氫氣；而非提出：因為我看到水被電解後產生氣體，所以我認為兩極氣體是氫氣和氧氣。在主題四中，學生在未使用論證模板次數與比率增加的情形下，論證要素完整性次數與比率呈現略微提高，推論是課程主題概念與學生對論證語言更熟練所致。主題四概念著重化學反應粒子模型圖與化學反應式所表達的化學反應粒子關係，學生在使用論證模板且論證要素分類正確情形下，對於為宣稱作辯護所提出的理論學說較為完整且與概念關聯度更契合。例如，學生陳述：依據道耳吞的原子說的特性/原理定義，得知化學反應只是原子排列方式不同~所以原子數目不會改變，我同意/贊成我的想法。因此，學生在主題四的論證要素分類正確比率為 42%，論證要素完整性的比率為 42%，顯示學生到主題四正確使用論證模板的特性後，更能提出完整的論證。

相較於主題四，主題二中學生雖然使用論證模板與論證要素分類正確的比率較高，卻在論證要素完整性的比率形成和主題四相同的比率。原因在於學生在主題二使用正確論證模板後，對於陳述事實(D)和提出宣稱(C)的論證語言較為完整，例如：因為我看到水的型態不一樣所以我認為他的分子距離有改變；但在提出依據(W)和支持(B)的論證語言較不正確完整，因而較無法以正確完整的原理定律為宣稱作辯護，與問題相關性低而造成概念正確(C)的比率較低。主題二的概念是冰、水、水蒸氣外觀型態不一樣，是什麼因素造成的？學生提出：依據水的三態特性/原理定義，得知冰會融化水會變成水蒸氣，我同意/贊成...的想法。因此，主題二中學生提出依據和支持尚不正確完整，而到主題四學生在提出依據和支持上成長許多，能提出正確完整的依據為宣稱作辯護。

(6) 論證要素

(A) 事實(Data, D)

研究者將學生論證依論證內容重新分析並重新分類，在分析論證要素完整性後，即進行論證各要素的運用之成長分析。首先就事實(D)主題一到四的出現次數進行重複量數分析，呈現於表 4-2-15。

表 4-2-15 論證要素－事實(D)之重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
事實(D)			21.82 ^{***}	
主題一	.14	.13	($p=.000$)	
主題二	.52	.54		2>1 ^{***} 2>4 ^{**}
主題三	.60	.61		3>1 ^{***} 3>4 ^{**}
主題四	.35	.50		4>1 ^{***}

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

由表 4-2-15 之事實(D)重複量數值為 $F(3,210)=21.82$, $p=.000$, 顯示事實(D)由主題一到主題三的平均次數有顯著成長, 且由事後比較顯示主題二、主題三陳述事實(D)明顯地多於主題一與主題四。提出事實(D)的平均值逐漸增加, 顯示學生經過論證訓練後逐漸能從觀察事實來提出論點, 進一步形成概念。主題四提出事實(D)的頻率降低, 可能由於主題四與其他主題概念屬性不同, 主題四較強調原理定律著重化學反應粒子關係變化, 學生多以提出宣稱(C)與依據(W)辯護為主, 因此到主題四學生提出事實(D)的頻率減少。課程的設計上若強調學生從事實觀察為起點進行論證, 可增加清楚易懂的實驗或資料引起學生注意, 提高學生對事實的觀察陳述。

(B) 宣稱(Claim, C)

由表 4-2-16 之宣稱(C)重複量數值 $F(3,210)=20.85$, $p=.000$, 顯示學生在宣稱(C)的平均次數由主題一至主題四有顯著改變, 事後比較顯示主題二、主題三和主題四學生使用宣稱(C)的平均次數明顯高於主題一。其中主題四使用宣稱(C)平均次數略為減少, 可能由於概念較為侷限且偏向理論定律而使得學生提出不同看法的宣稱略為減少。在宣稱部分, 學生多能在事實觀察後產生相關的宣稱, 且宣稱次數為各論證要素中最高, 例如主題二 2-1: 「因為我看到加熱後水的本質未改變所以我認為外觀不一樣是因為粒子間的距離不同」或「因為我看到水因為加熱而改變型態所以我認為水分子是因為加熱後而拉大了分子和分子之間的距離也改變了水分子和水分子之間的束縛力」。因此, 課程進行中鼓勵學生觀察、思考, 透過觀察和思考的激盪, 學生產生不同方向的思維, 將能提出更多的宣稱與論證挑戰。

表 4-2-16 論證要素－宣稱(C)之重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
宣稱(C)			20.85 ^{***}	
主題一	.42	.31	($p=.000$)	
主題二	.99	.80		2>1 ^{***}
主題三	1.22	1.07		3>1 ^{***}
主題四	1.00	1.04		4>1 ^{***}

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

(C) 依據(Warrant, W)

由表 4-2-17 依據(W)之重複量數值 $F(3,210)=8.21, p=.000$, 顯示學生在依據(W)的平均次數由主題一至主題四有顯著成長, 事後比較顯示主題二後學生使用依據(W)的平均次數明顯高於主題一, 學生使用依據的平均次數呈現微幅的上升。主題四的概念內容偏向運用理論定律來表達化學反應的粒子關係, 因此, 學生在主題四已較能利用完整的理論(道爾吞原子學說、質量守恆定律)提出與概念關聯度更契合的依據(W)來為自己或同學的宣稱辯護。

表 4-2-17 論證要素—依據(W)之重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
依據(W)			8.21 ^{***}	
主題一	.13	.14	($p=.000$)	
主題二	.35	.50		2>1 ^{***}
主題三	.37	.63		3>1 ^{**}
主題四	.47	.74		4>1 ^{***}

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

(D) 支持(Backing, B)

由表 4-2-18 支持(B)之重複量數值 $F(3,210)=8.02, p=.000$, 顯示學生在支持(B)的平均次數由主題一至主題四有顯著變化, 事後比較顯示在主題二學生使用支持(B)的平均次數明顯多於主題一。但在主題三、主題四部分, 支持(B)出現的頻率較少, 此乃因在生活中或過去科學課程中學生較少有與化學反應粒子觀點相關概念連結的經驗, 因此學生不易找到生活中相關的經驗或學過的實驗線向來為依據作支持辯護。但在主題二中, 水的三態變化是生活中常見的現象, 學生在國小及國二上學期理化課程對於水已有基本的認識, 而其它物質諸如乾冰昇華、酒精揮發等改變在生活上亦常發生, 因此學生在主題二有較多的生活經驗列舉以產生較多的支持(B)。

表 4-2-18 論證要素—支持(B)之重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
支持(B)			8.02 ^{***}	
主題一	.08	.10	($p=.000$)	
主題二	.22	.35		2>1 ^{**} 2>3 ^{***} 2>4 ^{***}
主題三	.04	.13		
主題四	.04	.24		

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

(E) 反駁(Rebuttal, R)

由表 4-2-19 反駁(R)之重複量數值 $F(3,210)=1.78, p=.158$, 顯示學生在反駁(R) 的平均次數由主題一至主題四未顯著變化。由主題一到主題三反駁的平均次數呈現微幅上升, 表示學生逐漸能使用反駁糾正他人錯誤之處或使用反駁對他人想法提出懷疑。例如在主題三電解水後兩端試管產生氣體的實驗影片, 學生 A(代號 22619): 負極會使水減少, 水蒸發了; 學生 B(代號 22620): 我不確定 A 的想法/論點, 因為如果在電解水條件/情況下, 則水是被分解而不是蒸發。在主題四反駁頻率的減少, 乃由於學生在主題四參與論證次數較少及學生更能提出正確完整的依據有關。由於學生較能使用正確完整的理論定律來為宣稱辯護, 概念正確率較高, 因此, 學生提出反駁糾正他人錯誤或對他人看法提出反對、疑問的頻率變少。此部分相較於其它論證要素, 反駁(R)的成長較為穩定, 較不受課程主題不同而影響。

表 4-2-19 論證要素—反駁(R)之重複量數分析

	M	SD	F	事後比較
反駁(R)			1.78	
主題一	.05	.12	($p=.158$)	
主題二	.07	.18		
主題三	.16	.48		$3>1^* 3>4^*$
主題四	.05	.23		

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

由以上資料顯示學生在網路化論證學習課程中參與論證的平均次數以及使用論證各要素的頻率從主題一到主題四呈現上升再約略增減的情形。參與論證的平均次數與使用論證各要素的頻率在後面主題的降低是由於概念差異性。因此, 整體而言, 隨著課程的進行, 學生在網路化論證學習課程中的論證本質與論證品質皆有成長。

四、網路化論證學習質性資料分析

為更具體了解學生在網路化論證學習課程中的學習情況, 選擇一組為範例, 在課程中各取主題 1-1、2-1、4-1 次之討論呈現如下, 希望由實際論證反映前述量化資料的結果的真實情況, 為匿名之而改以代碼呈現。呈現方式「NoX」為討論句的編碼; A 到 F 為學生代碼; 討論句後括弧內的代碼分別代表「論證要素」、「論證要素分類正確性」、「論證要素完整性」與「概念正確性」。如: 「No1(C): 我看到加熱紫色碘晶體產生紫色氣體 (D-C-CP-C)。」表示為該論證的第一句, 為 C 學生發言, 討論內容為事實(D), 論證要素分類為正確(C), 論證要素完整性為完整(CP), 概念正確性為正確(C)。若學生未對論證作分類, 則在論證要素分類正確證性部分以 X 表示。

主題 1-1: 找一找 分一分，從下列變化中，請你依『變化後，本質是否發生改變』加以分類：

- A. 加熱紫黑色碘晶體產生紫色氣體
- B. 酒精浸濕色紙，一段時間後色紙變乾了
- C. 對澄清石灰水溶液吹氣至溶液成混濁
- D. 大理石加稀鹽酸後冒出氣泡，使氣球膨脹
- E. 小鐵刀放入硫酸銅溶液後，小鐵刀變成紅色
- F. 硝酸鉛溶液加入碘化鉀溶液後，溶液呈黃色

No1(C): 我看到石灰水變白。(D-C-ICP-C)

No2(E): 我看到加熱的紫黑色碘晶體產生紫色氣體。(D-C-CP-C)

No3(D): 我看到鐵片變紅。(D-C-ICP-C)

No4(B): 我看到石灰水慢慢的變白。(D-C-ICP-C)

No5(E): 因為我看到石灰水變得混濁所以我認為吹入的氣體是二氧化碳。(C-C-ICP-PC)

No6(B): 我看到碘晶體慢慢變成了蒸氣。(D-C-ICP-C)

No7(A): 因為我看到實驗 A 沒變色所以我認為沒變化。(C-C-ICP-PC)

No8(C): 因為我看到大理石加稀鹽酸會使氣球變大所以我認為大理石和稀鹽酸能產生氣體。
(C-C-CP-C)

No9(B): 我看到硝酸鉛和碘化鉀的溶液混合變成了黃色溶液。(D-C-CP-C)

No10(E): 因為我看到小鐵刀變成紅色所以我認為硫酸銅溶液改變小鐵刀表面的本質。
(C-C-ICP-C)

No11(A): 如果在觀察是否變成氣體條件/情況下，我同意/贊成實驗 A 有變化的想法。
(W-C-ICP-IC)

No12(D): 因為我看到紙乾了所以我認為化學變化後沒有產生新物質。(C-C-ICP-IC)

No13(B): 因為我看到石灰水變白色所以我認為石灰水的本質改變。(C-C-ICP-PC)

No14(D): 因為我看到黑色碘晶體產生紫色氣體所以我認為是因為化學變化。(C-C-ICP-IC)

No15(A): 因為我沒看到實驗 A 有變色，所以我認為本質沒有改變。(C-C-ICP-PC)

No16(E): 依據化學變化的特性/原理定義，得知石灰水和大理石反應後得到二氧化碳氣體和沉澱的碳酸鈣，我同意贊成 C 的想法。(W-C-ICP-IC)

No17(C): 因為我看到將色紙放到酒精一段時間後就乾所以我認為酒精發酵很快。(C-C-CP-IC)

No18(B): 依據氫氧化鈣的特性/原理定義，得知石灰水加入二氧化碳會產生碳酸鈣，我同意/贊成 E 的想法。(W-C-ICP-C)

No19(B): 我曾經有酒精滴到手上的經驗，得知酒精會慢慢的蒸發，所以我支持我的想法/論點。
(B-C-ICP-PC)

No20(E): 我曾經有用線香加入石灰水的經驗，得知石灰水碰到二氧化碳會混濁，所以我支持 C 的想法/論點。(B-C-ICP-PC)

No21(E): 依據三態變化的特性/原理定義，得知紫黑色碘晶體加熱沸騰後成了碘晶氣，我同意/贊成 B 的想法。(W-C-ICP-IC)

No22(A): 我曾經做過酒精的實驗，證明酒精蒸發的快，所以我支持 B 的想法/論點。(B-C-ICP-PC)

No23(E): 我曾經有用水加熱沸騰的經驗，得知水到達沸騰溫度會成為氣體，所以我支持 B 的想

法/論點。(B-C-ICP-PC)

No24(B):我知道小鐵刀放入硫酸銅溶液會起化學變化所以小刀會變色。(C-IC-ICP-PC)

從主題 1-1 的論證內容顯示，此組在主題 1-1 時，發表了事實(D) 6 次、宣稱(C) 10 次、依據(W) 4 次、支持(B) 4 次並沒有反駁(R)，共 24 次。由於主題 1-1 題目涵蓋六個小子題，因此在平均分數的計算方式是為每小題各項論證要素之平均次數。此組共五位組員，平均每個人發表了事實(D) 0.2 次大於整體平均 0.14 次(表 4-2-15)、宣稱(C) 0.33 次小於整體平均值 0.42 次(表 4-2-16)、依據(W) 0.13 次等於整體平均 0.13 次(表 4-2-17)、支持(B) 0.13 次大於整體平均 0.08 次(表 4-2-18)以及反駁(R) 0 次小於整體平均 0.05 次(表 4-2-19)，參與論證發言平均 0.80 次小於整體平均 0.82 次(表 4-2-6)。在論證要素分類正確性部分，分類正確(C)有 23 次，每小題平均 3.83 次，平均每個人分類正確 0.77 次，分類正確比率佔 96%，較整體平均 86% (表 4-2-10)高出許多。論證要素完整性部分，完整(CP)的有 4 次，每小題平均 0.66 次，平均每個人論證完整性 0.13 次，論證完整性比率佔 17%，小於整體平均 19% (表 4-2-12)。概念正確性的部份，顯示概念正確(C) 9 次，每小題平均 1.5 次，部分正確概念(PC) 9 次，每小題平均 1.5 次，不正確的概念(IC) 6 次，每小題平均 1.0，而此組每個學生在概念正確(C)上平均 0.30 次高於整體平均 0.22 次(表 4-2-4)，部分正確(PC)平均 0.30 次低於整體平均 0.43 次，不正確(IC)平均 0.20 較整體平均 0.21 低。在論證要素完整性的判斷上，由於學生剛進入論證環境操作對於論證語言的不熟練，在陳述上不夠完整，如 No13(B):因為我看到石灰水變白色所以我認為石灰水的本質改變 (C-C-ICP-PC)；完整陳述:因為我看到石灰水吹氣後逐漸變成白色所以我認為石灰水和吹出的氣體發生反應產生新物質造成本質改變。同時，由於學生陳述的不夠完整，在概念正確性的判斷上，以上句為例，雖然學生提出本質改變的看法，但可能只是從變色的觀點來判斷，因此判斷為部分正確(PC)。實際上，從學生的論證中，可以確定學生持有正確的概念只是在論證上不夠完整而造成概念正確(C)次數與比率的降低，例如從 No18(B):依據氫氧化鈣的特性/原理定義，得知石灰水加入二氧化碳會產生碳酸鈣，我同意/贊成 E 的想法 (W-C-ICP-C)；從上述可知，學生真正了解石灰水與二氧化碳反應的化學變化與更清楚能指出產物為何。

由以上論證內容顯示學生在論證的過程中可以真正討論到概念，說出觀察的結果，如 No4(B):我看到石灰水慢慢的變白。提出由觀察中所獲得的宣稱，如 No5(E):因為我看到石灰水變得混濁，所以我認為吹入的氣體是二氧化碳。並進一步為宣稱提出相關原理辯護，如 No18(B):依據氫氧化鈣的特性/原理定義，得知石灰水加入二氧化碳會產生碳酸鈣，我同意/贊成 E 的想法。學生亦能提出過去做過的實驗經驗，以支持自己或同學的論點，如 No20(E):我曾經有用線香加入石灰水的經驗，得知石灰水碰到二氧化碳會混濁，所以我支持 C 的想法/論點。顯示學生雖未曾接受過網路論證的訓練，但具有潛力可以參與論證，觀察同一現象提出不同的論點、辯護與支持。由於本研究網路化論證學習課程提供學生知識學習與建構環境，可促使學生針對課程概念進行深入的論證與概念學習。

主題 2-1：將冰塊加熱熔化成水、或將水加熱成水蒸氣，本質並沒有改變。請和你的小組成員進行討論：以粒子觀點來看，冰、水、水蒸氣外觀形態不同，是什麼原因造成的？

- No1(E)：我看到冰塊加熱慢慢的變成液態水。(D-C-CP-C)
- No2(E)：我看到液態水沸騰蒸發遇冷凝結成水蒸氣。(D-C-CP-PC)
- No3(C)：我看到水蒸發成水蒸氣。(D-C-CP-C)
- No4(D)：因為我看到物體三態的變化通常都為物理反應所以我認為不牽涉分子結構的改變。
(C-C-CP-C)
- No5(E)：因為我看到因為加熱而改變型態所以我認為水分子是因為加熱後而拉大了分子和分子之間的距離也改變了水分子和水分子之間的束縛力。(C-C-CP-C)
- No6(B)：我知道冰水水蒸氣都是由水組成的所以是屬於物理變化。(D-C-CP-C)
- No7(A)：因為我看到水變冰塊所以我認為水中的分子距離較小。(C-C-CP-IC)
- No8(A)：因為我看到水、冰、水蒸氣所以我認為都是物理變化。(D-C-ICP-PC)
- No9(E)：依據水三態變化的特性/原理定義，得知水的外觀只是分子之間的距離改變，內部並沒有改變，我同意/贊成 D 的想法。(W-C-CP-C)
- No10(B)：我知道水的三態都是由水組成的只是分子的距離不同。(C-IC-CP-C)
- No11(D)：依據水的特性/原理定義，得知分子間因得到能量，距離拉開，改變排列的方式，我同意 /贊成大家的想法。(W-C-CP-C)
- No12(A)：依據水的特性/原理定義，得知分子間因得到能量 距離拉開 改變排列的方式，我同意/贊成大家的想法。(W-X-CP-C)
- No13(E)：我曾經有水三態變化的經驗，得知水的三態變化只是分子與分子的緊密程度，所以我支持 D 的想法/論點。(B-C-CP-PC)
- No14(C)：因為我沒看到新的物質產生，所以我認為水的三態變化是由距離而改變的。
(C-C-CP-PC)
- No15(B)：我知道水不管是冰還是水蒸氣它一樣都是由水組成的。(D-C-CP-C)
- No16(E)：因為我看到水遇熱改變型態所以我認為溫度也會改變水分子緊密程度因素。
(C-C-CP-PC)
- No17(E)：因為我看到水遇熱改變型態所以我認為密度與質量也會因溫度而發生改變，如水的密度 1/g 質量為 1g，冰的密度大約 0.95/g 質量為 1g。(C-C-CP-IC)

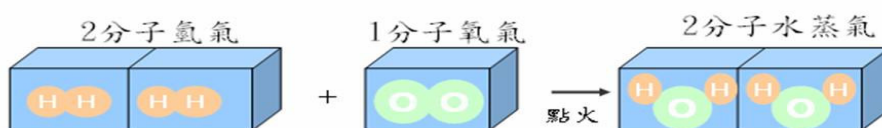
主題 2-1 的論證內容顯示此組學生發表了事實(D) 6 次，平均每個人發表了事實(D)1.20 次高於整體平均 0.52 次(表 4-2-15)。宣稱(C) 7 次，平均 1.40 次高於整體平均值 0.99 次(表 4-2-16)。依據(W) 3 次，平均 0.60 次大於整體平均 0.35 次(表 4-2-17)。支持(B)1 次，平均 0.20 次小於整體平均 0.22 次(表 4-2-18)，反駁(R) 0 次，平均 0 次小於整體平均 0.07 次(表 4-2-19)。而相較於主題 1-1，則顯示此組不論在事實(D) (主題 1-1：主題 2-1=0.20:1.20)、宣稱(C) (主題 1-1：主題 2-1=0.33:1.40)、依據(W) (主題 1-1：主題 2-1=0.13:0.60)和支持(B) (主題 1-1：主題 2-1=0.13:0.20)均有成長。此組學生參與論證發言共 17 次，每人平均 3.4 次高於整體平均 2.14 次(表 4-2-6)。在論證要素分類正確性部分，學生使用分類 16 次，其中分類正確(C)的有 14 次，佔 88%較整

體平均 84% 大(表 4-2-10)。論證要素完整性部分，完整性(CP)的有 16 次，佔 94% 較整體平均 42 % (表 4-2-12) 高。論證要素完整性(CP)的比率較主題一完整(CP)(19%) 增加。由此顯示，該組學生在論證要素分類正確性與論證要素完整性方面提升許多，表示論證的品質已有成長。概念正確性部份，顯示正確(C) 11 次，部分正確概念(PC) 4 次，不正確(IC) 的概念 2 次，正確(C) 平均 2.2 次較整體平均 0.95 次高，部分正確(PC) 平均 0.8 次等於整體平均 0.80 次，不正確(IC) 平均 0.40 次與整體平均 0.39 次接近。在論證內容中，學生可以進行概念的討論，從觀察事實形成宣稱再連結理論依據，如: No4(D): 因為我看到物體三態的變化通常都為物理反應所以我認為不牽涉分子結構的改變。之後，同組學生進一步提出更明確的宣稱，如: No5(E): 因為我看到因為加熱而改變型態所以我認為水分子是因為加熱後而拉大了分子和分子之間的距離也改變了水分子和水分子之間的束縛力。學生進一步解釋原因，如 No11(D): 依據水的特性/原理定義，得知分子間因得到能量，距離拉開，改變排列的方式，我同意 / 贊成大家的想法。這些論證內容顯示該組學生透過網路化論證學習提出的論點更加完整，同時對概念的掌握與題目之間的關聯度更加切合，再一次顯示網路化論證學習課程可促使學生針對課程概念進行深入的論證與概念學習。

主題 4-1: 在 100°C 相同條件下，氫氣和氧氣混合點火，可以產生水蒸氣

實驗結果發現: 氫氣(H₂): 氧氣(O₂): 水蒸氣(H₂O) 的分子數比為 2:1:2

代表 2 分子氫氣 + 1 分子氧氣 → 2 分子水蒸氣



請和你的小組成員進行討論: 依據上圖粒子模型圖、道耳吞的原子說或化學變化的粒子觀點，可以看出化學反應的哪些關係? 或改變?

No1(B): 我看到產生的氣體是氫氣和氧氣。(D-C-CP-IC)

No2(A): 我知道比是 2:1。(D-X-ICP-IC)

No3(E): 我看到 2 分子氫氣 + 1 分子氧氣 (點火) → 2 分子水蒸氣。(D-C-CP-C)

No4(D): 我看到化學反應後原子量相等。(D-C-CP-IC)

No5(B): 我不同意/贊成 A 的想法/論點，因為不符合氧氣比是 1，氫氣的比是 2 要說清楚的原理/論點。(R-C-CP-C)

No6(A): 我知道比是 2:1:2。(D-X-ICP-PC)

No7(E): 因為我看到 2 分子氫氣 + 1 分子氧氣 (點火) → 2 分子水蒸氣。所以我認為混合後原子與之前未混合的數目相等。(C-C-CP-PC)

No8(B): 我不同意/贊成 A 的想法/論點，因為不符合氧氣比是 1，氫氣的比是 2 要說清楚的原理/論點。(R-C-CP-C)

- No9(D)：化學反應不會使原子消失或產生新的原子。(W-IC-ICP-C)
- No10(E)：依據化學變化的特性/原理定義，得知化學反應不會使原子消失或產生新的原子，我同意/贊成 D 的想法。(W-C-CP-C)
- No11(B)：我不同意/贊成 A 的想法/論點，因為不符合不能直接說 2:1:2，要說分子數氫氣、氧氣和水分子的比是 2:1:2 的原理/論點。(R-C-CP-C)
- No12(C)：因為我看到兩個氫分子加上一個氧分子會變成水蒸氣所以我認為兩個相加會變成新的物質。(C-C-CP-PC)
- No13(D)：化學反應改變了原子組成。(C-IC-ICP-IC)
- No14(E)：我曾經有氧氣和鐵混合的實驗經驗，得知化學反應改變了原子組成，所以我支持 D 的想法/論點。(B-C-ICP-IC)
- (A)：為什麼要點火？
- No15(D)：才有熱量啊。(C-IC-ICP-PC)
- No16(B)：不點火不會有能量。(C-IC-ICP-PC)
- No17(E)：如果在火焰再增加能量條件/情況下，我同意/贊成謝宗修的想法。(W-C-CP-PC)
- No18(D)：原子數目沒有改變。(C-IC-ICP-C)
- No19(D)：分子種類發生改變。(C-IC-ICP-C)
- No20(C)：所以這是化學變化。(C-X-ICP-PC)
- No21(E)：依據化學變化的特性/原理定義，得知分子數目會和未反應情況的數目一樣，我同意/贊成 D 的想法。(W-C-CP-IC)
- No22(E)：依據化學變化的特性/原理定義，得知原子數目會和未反應情況的數目一樣，我同意/贊成 D 的想法。(W-C-CP-C)
- No23(D)：能量使原子重組 所以分子種類改變，但是原子沒有消失。(C-IC-ICP-C)
- No24(B)：對，點火就是化學變化。(C-IC-ICP-PC)
- (A)：為什麼 2 加 1 等於 2？
- No25(D)：因為原子重組，兩個 H 配上一個 O 變成水蒸氣所以 2:1:2。(C-IC-ICP-PC)
- No26(E)：回答 A 的問題，因為上面的圖片重組後，原子量不變所以 2 : 1 : 2。(C-X-ICP-IC)

主題 4-1 的論證內容顯示此組學生發表了事實(D) 5 次，平均每個人發表了事實(D)1 次高於整體平均 0.35 次(表 4-2-15)。宣稱(C) 12 次，平均 2.4 次高於整體平均 1.00 次(表 4-2-16)，相較於主題 1-1 平均 0.33 次、2-1 的和 1.40 次，有明顯增加。依據(W)5 次，平均 1 次高於整體平均 0.47 次(表 4-2-17)。支持(B) 1 次，平均 0.2 次大於整體平均 0.04 次(表 4-2-18)。反駁(R) 3 次，平均 0.6 次高於整體平均 0.05 次(表 4-2-19)，相較於主題 1-1、2-1 都沒有反駁次數，主題 4-1 明顯增加。參與論證發言共 26 次，平均每人 5.2 次比整體平均 1.90 次(表 4-2-6)提升更多，相較於主題 1-1、2-1 每人平均次數 0.8、3.4 次，論證發言明顯增加。其中尤以反駁(R)表現增加，顯示學生能進一步針對論點，指出論點中的不正確處提出駁斥。在論證要素分類正確性部分，學生使用分類 22 次，其中分類正確(C)的有 14 次，佔 64 %較整體平均 70 %低。論證要素完整性部分，完整(CP)的有 11 次，佔 42 %較整體平均 43 %(表 4-2-12)

低。論證要素分類正確的次數約主題 1-1 的 3.6 倍，但論證要素分類的正確率相較於主題 1-1、2-1 卻有下降的趨勢，與前述量化資料結果相符。論證要素完整性(CP)的比率較主題 2-1 大幅降低，與量化統計資料相呼應。而之所以造成不完整(ICP)宣稱的次數高居不下是因學生後來多直接提出宣稱而未就從觀察的事實(D)來進行陳述或是直接提出理論理由而未就理論原理的內容清楚陳述以為宣稱辯護。因此，該組學生的論證品質-論證要素分類正確性比率與論證要素完整性比率雖然降低，乃因論證次數增加的緣故，因而稀釋掉論證要素分類正確性(C)與論證要素完整性(CP)的比率，實際上論證要素分類正確(C)與論證要素完整(CP)的次數是提高的。從此組學生之論證要素分類正確性(C)與整體來看，主題 1-1 較整體平均高 0.18 次，主題 2-1 較整體平均高 1.43 次，主題 4-1 較整體平均高 2.00 次，顯示此組成長趨勢較整體明顯。概念正確性的部份，顯示正確(C) 10 次，部分正確(PC) 9 次，不正確(IC)的概念 7 次，正確(C)平均 2 次較整體平均 1.21 次高，部分正確(PC)平均 1.8 次較整體平均 0.44 次高，不正確(IC)平均 1.4 次，較整體平均 0.25 高。論證內容顯示學生們更能針對問題提出與問題相關的論證，並能從現象事實的敘述提出宣稱連接理論概念並輔以實驗支持，如:No13(E)：我曾經有氧氣和鐵混合的經驗，得知化學反應改變了原子組成，所以我支持 D 的想法/論點。雖然該生所提出的概念不正確，但卻表現出論證支持的意義。學生也會在論證過程中從語言表達方面去糾正同學表達句子的不正確，如 No6(A)：我知道比是 2:1:2；而 No11(B)：我不同意/贊成 A 的想法/論點，因為不符合不能直接說 2:1:2，要說分子數氫氣、氧氣和水分子的比是 2:1:2 的原理/論點。此外，學生能從「點火」、「能量」觀點出發解釋化學反應發生的機制，如:No23(D)：能量使原子重組 所以分子種類改變，但是原子沒有消失。顯示學生的概念學習趨於更加完整的觀點。

此組由主題 1-1 每個學生參與論證的平均次數較整體低 0.02 次，到主題 2-1 每個學生參與論證的平均次數較整體高 1.26 次，到主題 4-1 時較整體高出 3.30 次，顯示此組參與論證的成長趨勢較整體更明顯。在論證各要素方面，此組在主題 1-1 中，每個學生發表事實(D)的平均次數較整體高 0.06 次，到主題 2-1 每個人發表事實的平均次數較整體高 0.68 次，到主題 4-1 時較整體高 0.65 次。在宣稱(C)部分，此組在主題 1-1 中，每個學生發表宣稱的平均次數較整體低 0.09 次，到主題 2-1 每個人發表宣稱的平均次數較整體高 0.41 次，到主題 4-1 時較整體高 1.40 次。在依據(W)部分，此組在主題 1-1 中，每個學生發表依據的平均次數等於整體，到主題 2-1 每個人發表依據的平均次數較整體高 0.25 次，到主題 4-1 時較整體高 0.53 次。在支持(B)部分，此組在主題 1-1 中，每個學生發表支持的平均次數較整體高 0.05 次，到主題 2-1 每個人發表支持的平均次數較整體低 0.02 次，到主題 4-1 時較整體高 0.16 次。在反駁(R)部分，此組在主題 1-1 中，每個學生發表反駁的平均次數較整體低 0.05 次，到主題 2-1 每個人發表反駁的平均次數較整體低 0.07 次，到主題 4-1 時較整體高 0.55 次。在論證要素分類正確性部分，此組在主題 1-1 時，每個學生分類正確的平均次數較整體高 0.18 次，主題 2-1 每個學生分類正確的平均次數較整體高 1.43 次，到主題 4-1 較整體高 1.58 次。論證要素完整性部分，此組在主題 1-1 時，每個學生論證要素完

整的平均次數較整體低 0.04 次，主題 2-1 每個學生論證要素完整的平均次數較整體高 2.30 次，到主題 4-1 較整體高 1.40 次。從概念正確性(C)來看，主題 1-1 較整體平均高 0.08 次，主題 2-1 較整體平均高 1.25 次，主題 4-1 較整體平均高 0.80 次。在部分正確概念(PC)，主題 1-1 較整體平均低 0.13 次，主題 2-1 與整體平均相同，主題 4-1 較整體平均高 1.36 次。由上述數據顯示此組學生在論證內涵與概念學習成長均較整體成長更多更明顯。

由於量化資料為整體 71 人的平均表現，單一組別資料的呈現無法全面反映支持整體數據，但卻可由此探知論證課程中的發展趨勢。綜合上述資料可以反映：學生參與論證的次數越來越多，各論證要素除反駁要素外頻率大致上也逐漸增高，由於概念屬性的關係而略有增減的變化。反駁要素由主題一到主題三逐漸成長，在主題四由於學生概念正確次數與比率高，因此學生在反駁、疑問的表現上較低。整體而言，基本上可看出由主題一到主題四學生論證成長的趨勢。

五、小結

論證概念正確性與個人問題概念正確性可得知學生在教學前後概念的學習與改變情形，學生透過「網路化論證學習課程」的學習概念有顯著的成長，支持研究假設 6-1：「學生在網路化論證學習課程中科學概念成長達顯著差異」。以學生參與論證的次數與各論證要素進行重複量數分析，顯示學生參與論證的次數隨課程的進行顯著的增加，各論證要素的頻率也逐漸增高，由於概念屬性的關係而略有增減的變化。在論證要素分類正確性方面，論證要素分類正確次數呈現上升再約略下降的起伏情形，而前三主題的比率可高達 84% 以上，顯示學生一開始即能使用模板作正確分類。論證要素完整性的次數與比率呈現上升再約略下降的起伏情形，是由於學生使用論證模板次數下降與使用模板的比率降低所導致。分析此一結果，學生若能正確使用論證模板，可以促使學生提出更完整的論證與表達更正確的概念。因此，在網路化論證學習課程中參與論證的次數、論證要素或整體皆有顯著成長，結果支持研究假設 6-2：「學生在網路化論證學習課程中論證內涵達顯著差異」。

第五章 結論與建議

第一節 結論與討論

本章共分為二節，第一節主要依據第四章的資料分析結果進行彙整以做出結論，第二節就本研究結論作出為後續相關研究提出教學與研究上的建議。

一、網路化論證學習課程測驗之成效分析

本節整理第四章研究結果與討論的部分，依序以化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層測驗、化學反應主題相依論證能力測驗科學推理測驗，所得到之各項數據分析進行討論。最後再進行四份測驗的相關分析與迴歸分析以了解化學反應成就、概念改變、主題相依論證能力與推理能力間的關係。

(一) 課程前後化學反應成就測驗

以化學反應成就測驗進行統計分析，研究結果顯示實驗組在後測、追蹤測皆優於對照組且達顯著性，且由前後測或前追測平均差顯示實驗組都比對照組高，即「網路化論證學習課程」的概念學習成效與學習保留效果較「網路化學習課程」佳，顯示網路化論證學習課程在概念學習上的成效佳。運用雙重情境模式與推理結合的網路化課程顯示有助於學生推理、概念改變與概念建構成功(She & Lee, 2008; Liao & She, in press)，因此支持本研究中網路化論證學習課程組的學生以結合雙重情境學習模式為基礎的網路化論證學習達成概念改變，相較於網路化學習課程有更好的學習成效與學習保留效果。

(二) 課程前後化學反應概念改變二階層測驗

以化學反應概念改變二階層測驗進行統計分析，研究結果顯示實驗組在後測、追蹤測優於對照組且達顯著性，且由前後測或前追測平均差顯示實驗組都比對照組高，即「網路化論證學習課程」的概念改變效果與保留效果較「網路化學習課程」佳，顯示網路化論證的學習課程在概念改變上成效佳。化學反應概念改變二階層代表兩個向度的學習，結合了單元相關的概念與推理能力的學習，實驗組學生在化學反應概念改變二階層測驗的成績顯著優於對照組學生，表示網路化論證學習課程可以兼顧科學概念與推理的學習。陳倩嫻、佘曉清 (2008)研究中顯示數位論證學習課程能促使學生主動建構知識，進而經由澄清、協商的歷程改變自己的概念，支持本

研究網路化論證學習課程提供學生概念陳述、澄清、論辯和修正的機會，促使學生必須經過大腦思考、觀念整理、觀念修正、提出理由支持或反對的一連串推理歷程去改變自己的概念，因此相較於網路化學習課程可以達到概念改變的成效。

(三) 課程前後化學反應主題相依論證能力測驗

以化學反應主題相依論證能力測驗為依據進行分析，研究結果顯示實驗組在後測、追蹤測學習成效優於對照組且達顯著性，且由前後測或前追測平均差顯示實驗組都比對照組高，即「網路化論證學習課程」的化學反應主題相依論證能力成長較「網路化學習課程」佳，顯示實驗組學生在網路化論證學習課程中經過對論證的實際操作與論證訓練更能區別論證各要素的不同，對於論證要素的定義亦更加清楚。結果支持陳倩嫻、佘曉清(2008)研究，在數位論證學習課程中學生論證能力獲得成長與 Osborne 等人 (2004)和 Simon 等人 (2006)論證的能力是可以由訓練與教育的方式達到提升的效果。

(四) 課程前後科學推理測驗

以科學推理測驗為依據進行分析，研究結果顯示實驗組在後測顯著高於對照組；而在追蹤測方面，實驗組雖高於對照組，但未達顯著。由於在課程上，並無直接立即給予學生答案，而是要求學生在論證活動中從實驗影片或問題觀察進行思考而提出論點以與同學辯護、反駁，並產生澄清、推論的結果，因此可以增進學生科學推理能力。實驗組在追蹤測未顯著高於對照組，反映科學推理學習保留效果持續有限，推因網路化論證課程時間實施節數有限所致，雖然課程的安排實施能使實驗組在後測表現顯著差異，研究結果與 She & Lee (2008)研究一致。在 She & Lee (2008)研究中，實驗組在科學推理能力追蹤測未顯著優於對照組，但實驗組在前、後測T考驗中達顯著進步，表示科學推理能力需要較長時間的課程實施方能提升更多。在論證課程結束後學生回歸教室上課，在教室傳統課程中教師以講述式教學，學生減少了主動思考與同儕論證的機會。Lawson (2000)等人認為只要給予持續的刺激，科學推理能力將會隨著心智發展而不斷增進，對於學生學習理論性的概念將有很大的幫助。因此，教學中長期訓練學生發現問題與主動思考，避免直接給予學生正確答案或限制學生的思考架構，並設計適當的學習課程或活動來引導學生思考推理，方能使學生更有效地學習概念並提昇科學推理能力與學習保留效果。

(四) 相關

從化學反應成就測驗、化學反應概念改變二階層測驗、化學反應主題相依論證能力測驗與科學推理測驗的相關分析中發現化學反應成就後測、化學反應主題相依

論證能力後測與科學推理後測均與化學反應概念改變二階層後測有相關。因此進行逐步迴歸分析，分析結果顯示化學反應成就後測對化學反應概念改變二階層後測具有最佳的預測力，其次為化學反應主題相依論證能力後測和科學推理後測。在追蹤測方面，化學反應成就追蹤測、化學反應主題相依論證能力追蹤測與科學推理追蹤測均與化學反應概念改變二階層追蹤測有相關。進一步進行逐步迴歸分析，分析結果顯示化學反應成就追蹤測對化學反應概念改變二階層追蹤測具有最佳的預測力，其次為科學推理追蹤測。化學反應主題相依論證能力追蹤測成績對化學反應概念改變二階層追蹤測的解釋力則未達顯著，所以在逐步分析中剔除此變項。此結果反映出化學反應成就概念、科學推理能力與化學反應概念改變有很大的關係，顯示成就概念、科學推理能力能促進學生概念改變。從逐步迴歸分析論證能力和化學反應概念改變二階層的關係，化學反應主題相依論證能力後測對化學反應概念改變二階層後測具有預測力，化學反應主題相依論證能力追蹤測對化學反應概念改變二階層追蹤測則未達顯著，由於論證能力可視為協助概念學習的工具，具備良好的論證能力可促進學生概念改變，因此在後測上論證能力對概念改變具有預測力。在追蹤測階段，學生對論證已有充足的理解，並能將論證從學習工具提昇內化為自己已具有的概念，因而學生能自然而然於無形中運用論證於概念的學習上，將化學反應概念與論證能力整合而增強了概念和論證的表現，將論證能力轉化為學生學習概念的方式。論證是群體進行推理的過程，透過思考、推理的歷程以強化或修正自己的概念；本研究顯示學生在網路化論證學習課程中經由概念陳述、澄清、論辯和修正的機會不僅能達到概念改變，同時發現學生在論證過程中所運用之論證學習工具能自然內化為真正具備之能力，大大提昇論證能力。

二、網路化論證學習歷程

(一) 課程前後的概念改變

以 T 檢定比較網路課程前、後個人概念問題的正確性，結果呈現網路課程後之概念成績優於課程前，即學生在網路課程後概念學習較課程前更完整。其中多數學生的概念為進步與維持，維持的部份多為正確(C)到正確(C)，顯示學生可經由「網路化論證學習課程」達到概念改變。此乃因學生可經由網路化課程與同儕論證的學習過程主動思考而確認自己的概念，進而提升概念的正確性。She & Lee (2008)研究、Lee & She (in press)研究中顯示結合推理、概念改變與概念建構的網路化課程能有效的促進學生概念改變成功，達到有效地學習效果。支持本研究網路化論證課程以理論模式為基礎、設計化學反應論證推理課程提供學生有效學習因此能達到概念改變。

(二) 論證之概念正確性

以重複量數分析學生在論證中概念正確性的變化情形，結果顯示學生在論證中概念正確平均次數與比率增加，顯示學生經由「網路化論證學習課程」可以學習正

確的概念並有顯著的成長。研究結果支持陳倩嫻、余曉清 (2008)研究中顯示學生可以經由論證過程主動建構概念提升概念的正確性、Newton 等人 (1999)論證能促進更清楚的概念理解以及 Lawson (2003)論證有助於概念的澄清。

(三) 論證內涵

分析論證要素分類正確性與論證要素的完整性次數與比率，顯示從主題一到主題四論證要素分類正確性與論證要素完整性的次數有顯著的改變。論證要素分類正確性的次數、論證要素完整性的次數與比率呈現上升再約略增減的變化，論證要素分類正確性的比率從主題一到主題三分類正確率皆達 84% 以上，在主題四則因學生在使用模板下未正確分類，提出論點只是選擇慣用的事實 D1 和宣稱 C1 模板即直接提出以致論證要素分類正確率呈現下降的情況。使用論證模板與論證要素分類正確方面同時亦影響了論證要素完整性的表現，使論證要素完整性的次數與比率呈現上升再約略增減的起伏情形。本研究結果顯示，學生未正確使用論證模板功能影響論證要素分類性與論證完整性的表現。如同 Hirsch (2004) 研究所述，學生若能正確使用課程提供的論證模板進行論證，論證模板設計的關鍵開端有助於促進學生大腦有條理地思考而產生結構性對話，協助學生掌握概念主題、聚焦於問題，而產生完整性論證，將更能提高學生論證的品質。

分析學生參與論證的次數，顯示從主題一到主題四過程中學生參與論證的次數有顯著的改變，呈現上升再約略增減的變化。受到概念差異性的影響參與論證的次數在主題四約略減少，整體而言，從主題一到主題四的課程中學生參與論證有所提升。進一步依論證各要素-事實(D)、宣稱(C)、依據(W)、支持(B)與反駁(R)一一進行統計分析，結果顯示從主題一到主題四的課程中學生使用論證要素事實(D)、宣稱(C)、依據(W)和支持(B)有顯著的改變，由於概念差異性與某一論證要素次數若偏多則其他論證要素約略減少的影響，論證各要素呈現上升再約略減少的起伏情形。宣稱(C)要素在論證各要素出現的次數最多，支持 Jimenez (2000) 的研究顯示學生論證對話中以宣稱為主，依據或辯護的頻率較少之結果。而反駁(R)要素在課程進行中雖未明顯改變，但學生反駁(R)次數亦呈現逐漸上升的傾向。

參與論證次數與論證各要素的結果反映出學生具有論證的潛能只是缺少時間與機會發揮，因此提供學生長時間適當的學習課程與論證推理環境可以協助學生科學論證的內涵成長更多。

三、小結

綜合以上研究結果顯示，學生經由本研究所採用的網路化論證學習課程可以促進學生學習正確的概念，減少不正確的概念，使學生的概念學習成效與學習保留效果都達到顯著的進步。同時，經由網路化論證學習課程可以培養學生參與論證的論證內涵，進而達到提升學生論證能力的目的。從本研究中發現，學生具有論證的潛

能，在教學上經由適當的引導與長時間提供論證的機會可以提升學生論證能力。此外，更可鼓勵平時怯於課堂上發言的學生，能藉由論證環境敢於觀察、提出論點，並進一步和同儕討論解決問題。但一般在傳統教室中學生很少受到誘發與鼓勵去說出自己的想法、去擁有同意或反駁自己與他人意見的機會與權力，因此學生論證的潛能在一般傳統教室中無從發揮甚至受到抑制，學生論證的回饋與重要性因而被忽視。網路化論證學習環境是以論證為基礎，從各主題的教學重點出發，引導學生透過教學網路、影片進行學習思考，經由論證環境的營造，從論證內容了解學生的概念如何經過學生彼此間錯誤、修正、改變的歷程而學習到正確的概念，因此可以達成概念改變，提升論證能力與品質。

第二節 建議

本節將針對網路化論證學習課程的課程設計，提出建議作為日後的參考。

一、對於論證教學的建議

(一)加強要求學生使用論證模板

從研究中發現，學生在後面主題使用論證模板的次數逐漸減少，學生多未選擇論證模板而直接發言，導致論點片段、瑣碎、多不完整。由於使用論證模板可引導學生在提出論點時先思考自己的論點架構，選擇合適的論證要素模板，將自己的論點經過大腦整理後套進模板，方能提出完整的論點，無形中使得自己的論點更加完整。因此，教師應強力要求學生在論證環境中使用論證模板以求學生論證更加完整周密。

(二)設計適合的論證模板

論證模板可以協助學生整理自己的想法，產生結構化論點，但有時會造成學生不知如何選擇適合的論證模板發言，學生的話受到關鍵字限制而套不進模板或是以不順暢的語句套進模板中；或造成學生在受限情況下，流於套用單一版本發言，如我認為……。因此，模板的設計應針對課程內容設計多元化且具體可用的論證模板，研究者可與團隊同伴在施測前先進行論證發言測試，以確定論證模板的適用度以使學生能夠在設計完善的論證模板中進行更完整的論證。

(三)設計適合的課程學習內容

論證學習活動著重學生概念學習與培養學生論證能力，因此在概念主題的設計上，應先了解概念的屬性、涵蓋內容與學生的迷思概念為何，再設計適合的論證學習題目，以避免學生論證時抓不到概念重點而言之無物。教材的設計必須能吸引學

生的注意，教學內容的設計與實驗影片的拍攝必須清楚清晰，務求學生能了解網頁或影片內容。

(四) 教師專業與團隊合作

論證學習課程全程的學習是由學生主動學習，教師從旁扮演鼓勵學生發言與協助學生遇到問題時輔助引導的角色。因此，教師除了對於概念內容的熟悉外，更須了解論證的意義、論證各要素的區別與各要素的意涵，以在學生論證時遇到問題，如對論證要素有疑惑或對討論方向與題意不合時教師更能適時引導與詳細解釋。

本研究的教材內容設計是由三位國中自然與生活科技領域教師與兩位科學教育專家共同討論設計，網路設備方面如網路論證環境的設置、程式的編寫、影片的拍攝上傳、動畫的製作都需要電腦專業人士的協助。雖然比較耗時與需要人力，但網路能打破時間與空間的限制，學習人數不受限制並能同步記錄學習者的學習狀況。因此，教師若能進行團隊合作互相分工，共創共享教學資源，將能使學習效果更佳。

(五) 網路順暢度與資訊設備

由於網路論證進行時，學生在電腦教室同時使用電腦網路，使用多媒體影音學習，此時網路流量大容易造成電腦當機或網路連線速度慢，會影響學生在論證時的學習時間。因此，應事前測試掌控多人同時上線時網路流量的順暢度與資訊影音設備。



二、對於研究的建議

(一) 加強論證前置訓練

本研究在研究前實施三節課的論證前置訓練，以科學小實驗為題目讓學生分組實驗，以熟練論證的過程及了解論證要素的各個意涵。學生初接觸論證，存有很多疑惑與不懂，需要多次實際演練操作方能對論證要素意涵有更深入了解。建議以生活化的題材為題目，一步步指導學生進入論證，讓學生實際在課堂中操作，從不同的角度切入提出觀點。如此，在多次演練與教師從旁解說指導下，學生進入電腦教室進行課程將更能熟悉論證的運作，區別論證要素的不同與意義。

(二) 控制學生論證時間與注意學生打字速度差別

學生進到論證環境中，有時候會發言和題目完全沒關係的語詞，必須予以禁止。為使論證學習活動順利進行，應控制給予學生適當的論證時間，以避免學生因討論時間很久，不知做什麼或時間太短尚未進入關鍵討論而結束討論了。此外，大多數學生由於常接觸電腦，資訊程度佳，打字速度頗快速，但仍有一些學生不常接觸電腦，打字速度很慢，以致跟不上同組同學的論證進度，影響該生論證的發言次數與學習進度。

(三) 使用匿名性

本研究為學生以非匿名方式進行討論，可能使得部分學生會因組員先前成績表現佳的刻板印象，而認為成績好的組員之觀點是對的，給予贊成或支持，即使有不同看法也不敢反駁；或造成成績佳的學生無形中主導論證進行的方向，如此，對於論證過程與概念的學習可能有影響。因此，可以試著讓學生使用匿名方式進行論證，讓學生在更開放的論證環境中發言，觀察影響性為何。

(四) 未來可研究總結性論證

本研究中於教學結束後未能進行學生完整學習後之總結性論證。透過總結性論證可以了解學生在整個教學活動中學習到哪些概念、概念是否釐清、教學活動中所傳達的現象與各個理論定律、例子之間是否能連結清楚，以進一步協助學生澄清、統整概念。總結性論證的題目設計必須簡單扼要地涵蓋所有單元內容，並能於日後進行延宕論證，以研究觀察學生使用論證要素的傾向變化及概念學習保留力與精緻性如何。

(五) 未來可研究不同意見間的群組論證

本研究對於論證後的內容並無再加以討論，而是使用已經設計好的教材進行總結。若能配合學生論證情況或結論，進一步將相同意見的組別合併，與不同意見的組別進行交互論證，讓學生自己發現或指出同儕概念不正確的地方，可能看到學生不同層次的論證能力，並促使概念能經過更多反駁式的挑戰後而更完整。

參考文獻

中文部份

- 王千倬 (2000)。全球資訊網在教育上的應用。《電腦與教學》, 269-283。台北: 正中書局。
- 邱貴發 (1998)。網路世界中的學習。《教育研究資訊》, 6(1), 20-27。
- 林奇賢 (1999)。網路學習環境的設計與應用。《資訊與教育》, 67, 34-49。
- 陳明溥 (1991)。CAI 之發展趨勢—多媒體電腦輔助教學。《資訊教育叢書(五)電腦輔助教學(二)》, 117-127。
- 陳倩嫻、余曉清 (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。發表於中華民國第二十四屆科學教育學術研討會。
- 梁志平、余曉清(2004)。網路化建構主義式科學學習對學生力的概念建構之影響。中華民國第二十屆科學教育研討會論文發表。
- 梁朝雲 (1997)。以全球資訊網為基礎的遠距學習環境。《教學科技與媒體》, 34, 28-41。
- 教育部 (2003)。九年一貫課程綱要。取自 2007 年 5 月 1 日九年一貫課程與教學網。網址：<http://teach.eje.edu.tw/9CC/brief/brief4.php>
- 黃寶鈿、陳世雄 (1993)。從重量守恆推理能力探究學生對物質變化的錯誤概念。《師大學報》, 38, 175-201。
- 溫嘉榮、吳明隆 (1999)。新時代資訊教育的理論與實務應用。台北: 松崗圖書公司。
- 楊昭儀、徐新逸 (1997)。建構網路學習社群的教學設計模式。《視聽教育》, 39 卷, 3 期, 15-27。
- 廖媯媯 (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。國立交通大學教育研究所, 碩士論文。未出版。
- 劉俊庚 (2002)。迷思概念與概念改變教學策略之文獻分析—以概念構圖和後設分析模式探討其意涵與影響。國立臺灣師範大學科學教育研究所, 碩士論文。未出版。
- 謝志仁 (1992)。國中學生化學變化相關概念另有架構之探究。國立彰化師範大學科學教育研究所, 碩士論文。未出版。

蔡宗程 (2004)。數學符號知識及運算概念與學生學習化學反應式之研究。國立臺灣師範大學科學教育研究所，碩士論文。未出版。

蔡東鐘 (1997)。多媒體在科技素養教育上之應用。《教育科技與媒體》，22，39-45。

英文部分

Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reaction. *Science Education*, 70(5), 549-563.

Anderson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformation (age12- 16), *Studies in Science Education*, 18, 53-85.

Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H.A. (1997). Situative versus cognitive perspectives: Form versus substance. *Educational Researcher*, 26(1), 18-21.

Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1987). Teaching science. In V. Richardson-Koehler (Ed). *The educator's handbook: A research perspective*. New York:Longman.

Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Siberstein. J. (1982). Students vs. Chemistry: A study of student conceptions of structure and process. Unpublished manuscript, Weizmann Institute of Science, Department of Science Education, Rehovot, Israel.

Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Siberstein. J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63(1), 64-66.

Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Siberstein. J. (1987). Students' visualization of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, 117-120.

Berge, Z.L., Collins, M., & Dougherty, K. (2000). Design guidelines for web-based course, In Abbey, B.(Ed.), *Instructional and cognitive impacts of Web-based education*, 32-40. Hershey: Idea Group Publishing.

Binkley, R. W. (1995). Argumentation, education and reasoning. *Informal Logic*, 17(2),

127-143.

- Boujaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understanding about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689–704.
- Brown, D. E. (1993). Refocus core intuitions: a concretizing role for analogy in conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1273-1290.
- Brosnan, T., & Reynolds, Y. (2001). Student's explanations of chemical phenomena: macro and micro differences. *Research in Science & Technological Education*, 19(1), 69-78.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA:MIT Press.
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 1, 1123-1130.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Gere(Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* ,129-160. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chinn, C. A., & Anderson, R. C. (1998). The structure of discussions that promote reasoning. *Teachers College Record*, 100, 315Y368.
- Clement, J. (1991). Nonformal reasoning in science: The use of analogies, extreme cases, and physical intuition. In J. Voss, D. Perkins, & J. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Clement, J. (1993). Using bridge analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1241-1257.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- De Vos, W., & Verdonk. A. H. (1987). A new road to reactions, part 4. The substance and its molecules. *Journal of Chemical Education*, 64,692-694.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.

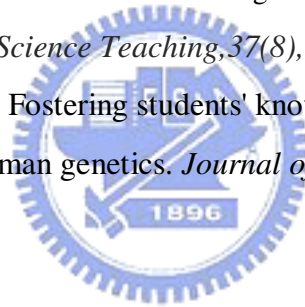
- Gabel, D. (1993). Use of particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70, 193-194.
- Gabel, D., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.
- Garnett, P. J., & Hackling, (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- Gil-Perez, D., & Carrascosa, J. (1990). What to do about science "misconceptions". *Science Education*, 74(5), 531-540.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992), Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731-743.
- Hesse, J., & Anderson, C. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 277-299.
- Hirsch, L., Saeedi, M., Cornillon, J., & Litosseliti, L. (2004). A structured dialogue tool for argumentative learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 72-80.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
- Johnson, P. (2000). Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22(7), 719-737.
- Jimenez-Aleixandre, M., Rodrigues, M., & Duschl, R. A. (2000). 'Doing the lesson' or 'doing science': Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314-342.
- Khan, B.H. (1998). Web-based instruction(WBI): An introduction. *Educational Media International*, 35(2), 63-71.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-178.
- Kuhn, D. (1993). Science argument: Implications for teaching and learning scientific thinking.

- Science Education*, 77(3), 319–337.
- Kuhn, D. (2001). How do people know? *Psychological Science*, 12, 1-8.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
- Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. & Falconer, K.A (2000). What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 996-1018.
- Lawson, A. E. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1387-1408.
- Lee, O., Eichinger, D., Anderson C., Berkheimer, G., & Blakeslee., T. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- Lin, H-S., Cheng, H-J., & Lawrenz, F. (2000). The assessment of students and teachers' understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.
- McAlister, S., Ravenscroft, A., & Scanlon, E. (2004). Combining interaction and context design to support collaborative argumentation using a tool for synchronous CMC. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 194-204.
- Means, L. M., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14(2), 139-178.
- Meheut, M., Saltiel, E., & Tiberghien. (1985). Pupils' (11-12 years old) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
- Meiland, J. (1989). Argument as inquiry and argument as persuasion. *Argumentation*, 3, 189–196.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, 62(3), 273-281.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.

- 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.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, R., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science*. Auckland, NZ: Heinemann.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pfundt, F., & Duit, R. (1991). Bibliography: Students' alternative frameworks and science education. (3rd ed.). Keil, West Germany:IPN.
- Ross, K. (1991). Burning: a constructive not a destructive process. *School Science Review*, 72(251), 39-44
- Russell, T. L. (1983). Analyzing arguments in science classroom discourse: Can teachers' questions distort scientific authority? *Journal of Research in Science Teaching*, 20(1), 27-45.
- She, H. C. (2002). Concepts of a higher hierarchical level require more dual situated learning events for conceptual change: a study of air pressure and buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24(9), 981-996.
- She, H. C. (2003). DSLM instructional approach to conceptual change involving thermal expansion. *Research in Science and Technological Education*, 21(1), 43-54.
- She, H. C., & Fisher, D. (2003). Web-base E-learning Environment in Taiwan: The impact of the online science flash program on students' learning. In Khine, M. S., & Fisher, D. (Eds.), *Technology-rich learning environment: A future perspective*. Singapore: World Scientific.
- She, H. C. (2004). Fostering radical conceptual change through dual-situated learning model. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 142-164.
- She, H. C. (2005a). The effects of the web-based science learning program on different

- learning styles students' perceptions and cognitive learning outcome. *Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching 2005 World Conference, Dallas, Texas.*
- She, H. C. (2005b). The Use of DSLM and scientific reasoning to the design of web learning program to foster students' learning of atoms. *Paper presented at the Gold Standards of Quality Research in Science Literacy Conference, Victoria, British Columbia, Canada.*
- She, H.C., & Liao, Y.W. (2007). Fostering Scientific Conceptual Change and Scientific Reasoning through a Web Learning Program. *Paper presented at the 2006 National Association for Research in Science Teaching Conference, New Orleans, USA.*
- She, H.C., & Lee, C.Q. (2008). SCCR digital learning system for scientific conceptual change and scientific reasoning. *Computers & Education, 51, 724–742.*
- Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation. *Informal Logic, 17(2), 159–176.*
- 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.*
- Slavin, R. E. (1990). Synthesis of research on cooperative learning. *Educational leadership, 48(2), 71-82.*
- Stavridou, H., & Solomonidou, C. (1989). Physical phenomena-chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education, 11(1), 83-92.*
- Steinberg, M., & Clement, J. (1997). Constructive model evolution in the study of electric circuits. In R. Abrams (Ed.), *Proceeding of the Fourth International Seminar on Misconceptions Research*. Santa Cruz, CA: Meaningful Learning Research Group.
- Stepans, J. I., Beiswenger, R. E., & Dyche, S. (1986). *Misconceptions die hard. Science Teacher, 63-69.*
- Strike, K. A., & Posner, G. J., (1985). A conceptual change view of learning and understanding. *Cognitive structure and conceptual change*, Orlando, FL: Academic Press.
- Taylor, C. (1996). *Defining science*. Madison, WI: University of Wisconsin Press.

- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Van Eemeren, F. H. (1985). A world of difference: The rich state of argumentation theory. *Informal Logic*, 17(2), 144-158.
- Veerman A.L., Andriessen J.E.B. & Kanselaar G. (1999). Computer-supported collaborative argumentation for learning communities. CSCL'99 Workshop. Go'teborg, Sweden.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- Yarroch, W. L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449-459.
- Yerrick, R. (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.



附錄

附錄一 論證要素範本

事實 Data:

- 1.我看到.....。
- 2.我知道.....。
- 3.自由輸入。

宣稱 Claims :

- 1.、因為我看到.....所以我認為.....
- 2.、因為我沒看到.....，所以我認為.....
- 3.自由輸入。

依據 Warrant :

- 1.、依據.....的特性/原理定義，得知.....，我同意/贊成.....的想法。
- 2.、如果在.....條件/情況下，我同意/贊成.....的想法。
- 3.自由輸入。

支持 Backing :

- 1.、我曾經有.....的經驗，得知.....，所以我支持.....的想法/論點。
- 2.、我曾經做過.....實驗，證明.....，所以我支持.....的想法/論點。
- 3.自由輸入。

反駁 Rebuttal :

- 1.、我不同意/贊成.....的想法/論點，因為不符合.....的原理/論點。
- 2.、我不確定.....的想法/論點，因為如果在.....條件/情況下，則.....。
- 3.、我不同意/贊成.....的想法/論點，我會嘗試去做.....實驗來證明.....。
- 4.自由輸入。

其他 Others:

- 1.自由輸入。

附錄二 化學反應成就測驗

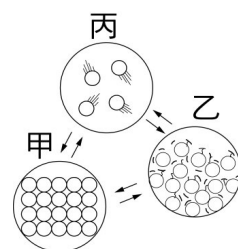
主題一:物質的變化

- ()下列變化中，加熱碘晶體、碘化鉀溶液加硝酸鉛溶液、擦在手上的酒精乾掉了、手中的巧克力軟化、鐵刀放入硫酸銅溶液、大理石和稀鹽酸，對澄清石灰水溶液吹氣；以上本質發生改變者有幾種？(A)4種 (B)5種 (C)6種 (D)7種。
- ()下列變化中，何者本質沒有發生改變？(A)飯燒焦 (B)煎荷包蛋 (C)燒仙草在室溫下凝固 (D)樹葉在秋天變枯黃。
- ()粗鹽精製的過程包括:溶解、過濾、結晶。這些過程中何者是物理變化?(A)溶解 (B)過濾 (C)結晶 (D)三者皆是 (E)三者皆不是。
- ()物質發生化學變化時必定會觀察到何種現象?(A)發光 (B)狀態發生改變 (C)溫度發生改變 (D)有新物質生成。
- ()下列何者是化學變化?(A) 打開汽水冒氣泡 (B)鹽酸滴到大理石地板冒氣泡 (C)食鹽加入汽水後冒氣泡 (D)乾冰加入汽水中冒氣泡。
- ()臺灣尚青的啤酒是由小麥及啤酒花釀成，開瓶後一段時間沒有飲用將會酸化，試問釀酒及酸化的過程屬於何種變化？ (A)皆物理變化 (B)皆化學變化 (C)釀酒為物理變化，酸化為化學變化 (D)釀酒為化學變化，酸化為物理變化。
- ()小軒喜歡到便利商店買冰棒及爆米花回家邊看電視邊吃，冰棒熔化後，糖水流到手上，他覺得可惜而用舌頭舔糖水，想著吃到肚子才能消化成養分，所以不可以浪費，關於這段敘述下列何者錯誤？ (A)冰棒熔化是物理變化 (B)製作爆米花的過程是化學變化 (C)冰棒在肚子裡消化是物理變化 (D)爆米花在肚子裡消化是化學變化。
- ()多啦A夢、大雄、胖虎和靜香一起去看演唱會，對於舞台上利用乾冰所製造的煙霧效果覺得很有趣，關於這個變化敘述，誰的說法正確？(A)多啦A夢:這個變化是利用固體的冰塊變成氣體的二氧化碳逸散，由於冰塊和二氧化碳組成不同，所以是化學變化 (B) 這個過程是利用固體的二氧化碳直接昇華成氣體的二氧化碳，狀態改變，所以是物理變化 (C)我們所看到的煙霧是固體的冰塊直接昇華成氣體的水蒸氣逸散，冰塊和水蒸氣組成相同，所以是物理變化。(D)大雄:我們所看到的煙霧是空氣中的水蒸氣遇冷凝結而成水，水蒸氣和水組成相同，所以是物理變化。

主題二：物理變化(從粒子觀點看水的三態)

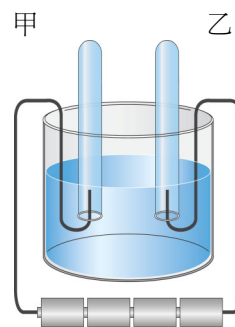
- ()有關水的三態變化過程，下列何者正確？ (A)變化過程質量不變，為物理變化 (B)變化過程組成成分不變，是物理變化 (C)變化過程體積改變，是化學變化 (D)變化過程狀態改變，是化學變化。
- ()臺北的冬天常下毛毛雨，晒在陽台的衣物雖然過了兩天，摸起來仍感覺溼溼的，有的家庭主婦會用乾衣機來烘乾衣服，請問乾衣機為何要以高溫的方式烘乾衣物？(A)使衣服上的水沸騰而汽化 (B)高溫會加速水蒸發的速率 (C)讓衣服摸起

- 來更柔軟 (D)減少髒東西附著在衣服上。
- 3.() 10g 的冰其中含有約 3.3×10^{23} 個水分子，將這 10g 的冰放在電熱板上加熱，想一想，當這塊冰融化成水，再變成水蒸氣，整個過程的比較，何者正確？(A)分子組成相同 (B)固態時分子可在容器內移動，但受到其他分子間的束縛 (C)在水蒸氣狀態時，分子體積最小，質量最小，故容易散失到空氣中 (D) 0°C 冰塊融化過程，變成水的部份溫度上升，冰塊部份溫度不變。
- 4.() 物質三態中，有關分子的運動速率由快至慢排序何者正確？(A)固體 > 液體 > 氣體 (B)液體 > 氣體 > 固體 (C)氣體 > 液體 > 固體 (D)氣體 = 液體 = 固體。
- 5.() 有關水受熱沸騰逐漸變成水蒸氣的過程，何者正確？(A)水分子受熱膨脹變大 (B)部分水分子受熱能量增加，掙脫水分子彼此間的束縛 (C)部分水轉變成氫氣、氧氣的混合氣體 (D)水分子本身的形狀受熱逐漸變形。
- 6.() 附圖為某物質三態變化時的粒子示意圖，下列敘述何者錯誤？(A)在狀態甲時，有固定的體積及固定的形狀 (B)狀態乙時可在容器內自由移動但仍受到分子間束縛力的影響 (C)由狀態甲轉變成狀態丙過程，分子被分解，體積變小 (D)由狀態乙轉變成狀態丙過程，分子運動速率逐漸變大。
- 7.() 將白糖加入水中，充分攪拌後使糖溶解。有關這個過程，何者正確？(A)白糖和水作用會先分解成小的分子，攪拌後小分子繼續分解成更小的原子，是物理變化 (B)溶解過程中，白糖分子和水分子結合在一起形成更大的分子結構，是化學變化 (C)白糖和水分子的原子全部重新組合，產生新物質，是化學變化 (D)糖溶於水形成糖分子，糖分子間距離變大，並均勻分布在水分子中，糖分子的性質和組成沒有改變，是物理變化。
- 8.() 物質發生物理變化前後相比較，物質分子發生什麼改變？(A)物質分子被破壞分解成更小、單獨存在的原子 (B)物質分子未被破壞，組成沒有改變，僅分子間距離改變 (C)原有物質分子消失，之後產生新分子 (D)物質分子本身隨溫度膨脹或縮小。



主題三:化學變化(從粒子觀點看電解水)

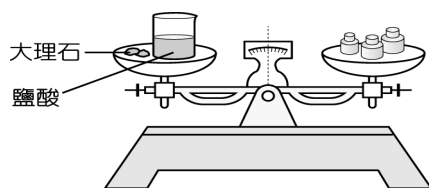
- 1.() 如圖，水通電後甲、乙二試管逐漸冒氣泡，你認為冒出的氣泡和水是否相同？(A)組成相同、狀態不同 (B)組成相同、狀態相同 (C)組成完全不同 (D)由水電解而來，具有水的部份性質。
- 2.() 電解水實驗，二極產生氣體，你認為氣體是如何產生的？(A)部分水分子經電解後直接轉變成氣體的分子 (B)組成水分子的原子彼此間重新組合產生氣體 (C)通電後，部分水分子的原子分裂，分裂的原子重新組合產生氣體 (D)通電產生新原子，新原子組合成氣體。
- 3.() 電解水的化學變化過程中，你認為下列何者在變化前後沒有改變？(A)分子種類 (B)分子性質 (C)原子種類 (D)反應物與生成物的組成成分。



4. () 有關物質發生化學變化的敘述，何者正確？
 (A) 化學變化中，反應物分子分解成一個個單獨存在的原子，且化學變化後原子種類不變 (B) 化學變化中，可經由加熱或通電等方法消滅原子，所以化學變化後原子種類改變 (C) 化學變化中，反應物組成的原子重新排列形成新物質，但化學變化後原子種類不變 (D) 化學變化中，會創造新的原子，因此化學變化後原子種類改變。
5. () 根據「質量守恆律」，下列敘述何者正確？ (A) 化學反應若產生氣體，則不遵守質量守恆律 (B) 化學反應進行中，若產生熱反應，則不遵守質量守恆定律 (C) 質量守恆定律在一般的化學反應中皆能成立 (D) 化學反應在密閉容器內進行，才能遵守質量守恆定律。
6. () 在密閉環境下，若將10公克的A和5公克的B可完全反應產生12公克的C時，生成物D的質量為多少公克？ (A) 3公克 (B) 5公克 (C) 10公克 (D) 資料不足無法判斷。
7. () 附圖中，試管中碳酸鈉溶液共重 a 克，橡皮塞連同錐型瓶中的氯化鈣溶液共重 b 克，整套裝置總重量 w 克，則下列敘述何者正確？ (A) 兩種溶液混合後，將產生黃色沉澱 (B) 反應後，因有沉澱生成，故稱總重量大於 w 克 (C) 反應後稱重，可發現 $a+b=w$ (D) 當化學變化產生沉澱時，就不再遵守質量守恆定律。

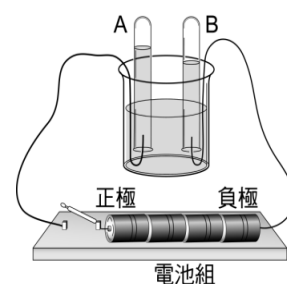


8. () 將大理石和裝有鹽酸的燒杯一起放在天平上測其質量，如圖所示。然後把大理石放入燒杯中，一段時間後再以同一天平測其質量，有關此實驗結果之預測，下列敘述何者正確？ (A) 大理石和鹽酸不發生反應，故質量不變 (B) 大理石和鹽酸發生反應，但質量與反應前一樣 (C) 大理石和鹽酸發生反應，但質量比反應前小 (D) 大理石和鹽酸發生反應，但質量比反應前大。

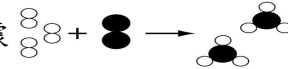


主題四:化學反應式

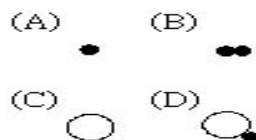
1. () 如圖，水槽與試管原先裝滿水，通電一段時間後A、B二試管皆產生氣體而造成水面下降，請問電解水後所產生的氫氣和氧氣的分子個數比為何？ (A) 1:1 (B) 1:2 (C) 2:1 (D) 1:3。



- 2.()有關道耳吞原子說對化學反應的解釋，下列何者正確?(A)化學反應過程，分子重新排列產生新物質，反應前後分子數目不變 (B)化學反應過程，原子重新排列產生新物質，反應前後原子數目不變 (C)化學反應過程，產生新原子，新原子特性和原有的原子特性不同 (D)化學反應過程，原有的原子消失後產生新原子。
- 3.()將氫氣(H₂) 12mL 與氮氣(N₂) 4mL 在相同溫度、壓力條件下作用，可產生 8mL 的氨氣(NH₃)，則氫氣、氮氣、氨氣的分子個數比為何？ (A)1:1:1 (B) 1:1:2 (C) 3:1:2 (D) 3:1:4。

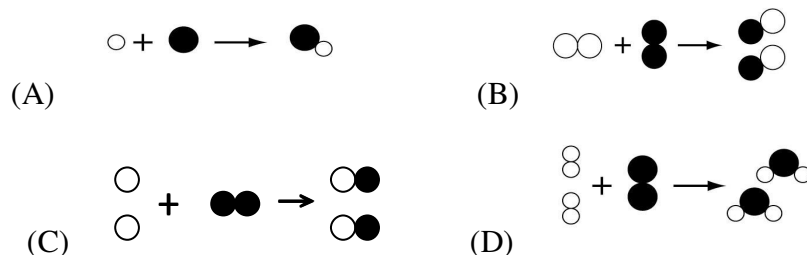
- 4.()若以○代表氫原子，●代表氮原子，根據  粒子模型圖，何者是正確而完整的化學反應式？ (A) H₂ + N₂ → NH₃ (B) 3 N₂ + H₂ → 2N₃H (C) 3H₂ + N₂ → 2NH₃ (D) 6H + 2N → N₂H₆。

- 5.()已知在某溫度與壓力狀態下，2分子的氣體甲與1分子的氣體乙反應後生成2分子的氣體丙，粒子模型表示如圖：



上圖粒子模型每一方框內應含下列何種粒子？

- 6.()若空氣中氮氣和氧氣在高溫下反應產生一氧化氮，化學反應式如下：N₂ + O₂ → 2NO；若反應物中有 60 個氧原子，則生成物中會包含多少個氧原子？ (A) 0 (B) 30 (C) 60 (D) 120。
- 7.()大雄根據鎂帶在氧氣中燃燒的粒子模型，寫出正確的化學反應式 2Mg + O₂ → 2MgO，你認為他是根據哪一個粒子模型圖寫出化學反應式？



- 8.()有關化學反應式的敘述，下列何者正確？ (A)從化學反應式可以知道反應何時完成 (B)由「→」和「=」意義相同 (C)化學反應式左、右兩邊的原子數目必須相等 (D)化學反應式中係數表示各物質參與反應所需的質量。

附錄三 化學反應概念改變二階層測驗

主題一:物質的變化

- 1-1()請你選出下列哪一選項的物質均產生改變？(A)玉米變爆米花、銅球受熱體積變大 (B)柳橙汁加水稀釋後變淡黃色、綠葉枯黃 (C)鐵生鏽、蘋果切開後果肉變黃 (D)雞蛋受熱凝固、水凝固成冰。
- 1-2()你的理由是(A)因為它們的顏色改變了 (B)因為它們的體積改變 (C)因為它們的狀態都改變了 (D)因為它們的組成成分改變了。
- 2-1()將大理石(碳酸鈣， CaCO_3)磨成細小粉末，這些粉末的性質是否改變？(A)改變 (B)沒有改變 (C)部份改變 (D)無法判斷
- 2-2()你的理由是(A)因為磨成粉末，會破壞原子(B)因為組成粒子太小，很難從外觀上觀察得知 (C)因為磨成粉末不會影響大理石質量 (D)因為顆粒變小不會影響物質的組成。
- 3-1()請你選出下列何者為物理變化？(A)米變成飯 (B)紙張燃燒 (C)使用熱包搓摩取暖(D)蠟燭受熱變成蠟油。
- 3-2()你的理由是(A)因為變化過程產生熱量使溫度上升 (B)因為變化過程物質組成成分沒有改變 (C)因為變化過程產生新物質 (D)因為變化過程發光。
- 4-1()加熱碘晶體會產生紫色氣體，你認為這是什麼變化？(A)物理變化 (B)化學變化 (C)先發生物理變化後發生化學變化
- 4-2()你的理由是(A)碘晶體先受熱熔化成液態碘，液態碘再與空氣中的氧氣反應產生新物質，紫色氣體就是新物質 (B)碘晶體由固體昇華成碘蒸氣，紫色氣體的組成和碘晶體相同 (C)碘晶體受熱分解產生紫色氣體，紫色氣體的組成成分和碘晶體不同 (D)碘晶體燃燒，亦即加熱後碘晶體直接和氧氣反應產生新物質-紫色氣體。
- 5-1()將碘化鉀溶液加入裝有硝酸鉛溶液的試管後，可觀察到溶液呈黃色及試管底部有沉澱，你認為這是什麼變化？(A)物理變化 (B)化學變化 (C)二者均有。
- 5-2()你的理由是(A)底部沉澱是由於加入過量的碘化鉀，溶液達飽和狀態，沉澱物僅是無法溶解的碘化鉀 (B)化學變化必定會產生氣體，此實驗並無產生任何氣體，故非化學變化 (C)碘化鉀溶液和硝酸鉛溶液發生反應，產生新物質而沉澱在試管底部 (D)碘化鉀溶液加入硝酸鉛溶液後顏色改變，符合化學變化的特徵。

- 6-1()將酒精燈甲點火進行燃燒反應，酒精燈乙打開蓋子置於空氣中。經過一段時間之後，兩酒精燈中酒精的高度都明顯下降，則甲、乙兩酒精燈中的酒精主要各發生了何種變化？(A)兩者皆為化學變化 (B)兩者皆為物理變化 (C)甲發生物理變化，乙發生化學變化 (D)甲發生化學變化，乙發生物理變化。
- 6-2()你的理由(A)甲酒精因為變成熱而減少了，乙酒精接觸氧氣而和氧氣發生反應 (B)甲酒精和氧氣發生反應產生二氧化碳和水蒸氣逸散，乙酒精因為揮發成酒精蒸氣而減少了 (C)二個酒精均揮發成酒精蒸氣而減少了 (D)二個酒精均因為和空氣中氧氣作用產生二氧化碳而逸散至空氣中。
- 7-1()車子在高速公路行駛壓到突出物發生輪胎爆胎、小明燃放鞭炮爆炸，這二者所發生的變化是否相同？(A)相同、都是物理變化 (B)相同、都是化學變化 (C)不相同、輪胎爆胎是物理變化，鞭炮爆炸是化學變化 (D)不相同，輪胎爆胎是化學變化，鞭炮爆炸是物理變化。
- 7-2()你的理由是(A)輪胎爆胎和鞭炮爆炸僅形態發生改變，組成成分沒有改變 (B)輪胎爆胎僅是輪胎形狀改變，鞭炮爆炸會產生新物質 (C)輪胎爆胎和鞭炮爆炸時皆會和氧氣發生反應產生新物質 (D)輪胎爆胎是由於輪胎變質，組成成分改變；鞭炮爆炸僅是鞭炮形狀改變。
- 8-1()杰倫到陽明山小油坑遊玩，聞到嗆鼻的氣味並看到噴氣孔周圍有黃色物質，後來發覺自己脖子上戴的銀質項鍊變黑了，你認為造成項鍊變黑的原因是？(A)濺出的溫泉水腐蝕項鍊外表 (B)陽明山空氣品質不佳，煙霧瀰漫 (C)金屬在高溫狀態容易生鏽 (D)陽明山附近的某些物質改變了項鍊本質。
- 8-2()你的理由是(A)灰塵覆蓋使得項鍊呈黑色 (B)陽明山溫泉區含有碳酸鹽，碳酸是酸性，有腐蝕性(C)與噴出的氣體產生反應，因此項鍊的組成發生改變而呈黑色 (D)溫度太高使得項鍊氧化而呈黑色。

主題二：物理變化(從粒子觀點看水的三態)

- 1-1()一大氣壓下，影響水的三態變化最主要的因素為下列何者？(A)密度 (B)體積(C)質量(D)加熱溫度。
- 1-2()你的理由是(A)水在4°C時密度最大等於1g/cm³ (B)水具有熱脹冷縮的性質 (C)汽化時，水質量逐漸減輕 (D)加熱後，水分子獲得能量逐漸掙脫彼此間束縛力。
- 2-1()清晨早起，濃霧密佈，待太陽出現後，濃霧逐漸消失，在這過程發生了什麼變

- 化？ (A)水分子體積發生改變 (B)水分子被陽光分解了 (C)水分子的組成被太陽改變了 (D)水分子間的距離改變。
- 2-2()你的理由是(A)水分子分解產生成氫氣和氧氣散失於空氣中 (B)水分子掙脫彼此間束縛力，分子間距離變大 (C)水分子會隨著溫度膨脹或縮小 (D)水分子內的氫原子和氧原子變成其他種類的原子，不是H₂O了。
- 3-1()以粒子觀點來看，冰、水、水蒸氣外觀不同，是由於(A)組成的分子形狀不同 (B)組成的分子大小不同 (C)組成分子間排列的緊密程度不同 (D)組成的分子不同。
- 3-2()你的理由是(A)水分子本身在不同情況會有不同的形狀，容器的形狀或壓力可能會影響分子本身的形狀 (B)有吸收熱量的水分子體積較大 (C)冰、水、水蒸氣各是由不同的原子組成的物質 (D)此三種物質是由相同的分子所組成，僅分子間距離不同。
- 4-1()就分子的距離而言，水的三態中，分子間的距離依大小順序排列為何？ (A)固態>液態>氣態
(B)氣態>液態>固態 (C)液態 >氣態>固態 (D)固態=液態=氣態
- 4-2()你的理由是(A)氣態時水分子受熱膨脹；固態時水分子冷縮 (B)三種狀態是由相同的水分子所組成，因此水分子間的束縛力與分子間距離皆相同 (C)固態時水分子彼此間的束縛力最大，分子間距離最小；氣態時水分子彼此間束縛力最小，分子間距離最大 (D)水結成冰時體積變大，分子間距離變大；水變成水蒸氣時，表面分子急劇翻滾碰撞分子間距離變小。
- 5-1()1大氣壓下，某液體物質加熱到 80°C，內部出現急劇氣化現象，繼續加熱，溫度保持一定，有關這現象的敘述何者正確？(A)該物質分子受熱逐漸氣化成空氣 (B)該物質的分子與分子之間逐漸結合成更大的粒子 (C)物質分子本身受熱變大 (D)該物質受熱後分子間的距離逐漸變大。
- 5-2()你的理由是(A)任何物質內都含有空氣，加熱至高溫時空氣被趕出 (B)分子受熱後組合成一個更大的分子結構 (C)該物質分子獲得能量大，足以掙脫彼此間束縛，此時分子的運動速率越來越快 (D)物質都具有熱脹冷縮性質，加熱後粒子本身會膨脹使得體積膨脹。
- 6-1()以粒子觀點來說明物質三態之間的變化，下列敘述何者正確？(A)物質三態變化是由於分子本身會受到溫度影響，以固態、液態或氣態的形式出現 (B)物質由固態形成液態、至氣態過程中，分子質量逐漸變小 (C)物質由液態變成氣態過

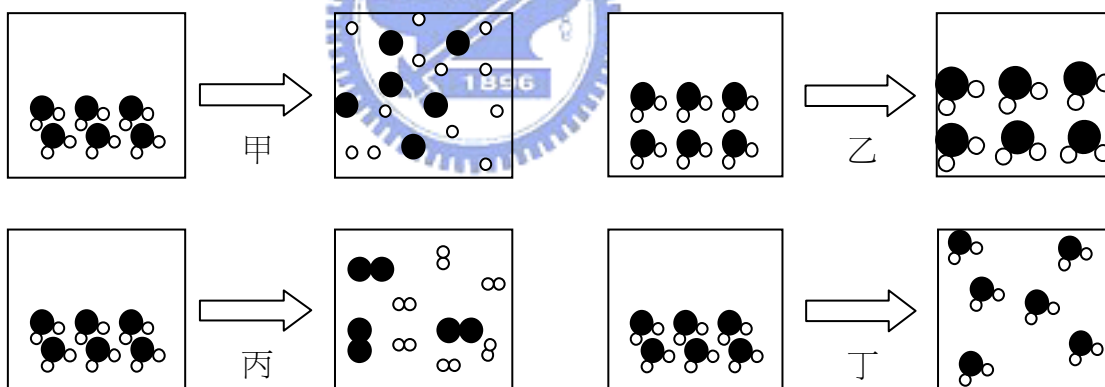
程，分子逐漸排列緊密 (D)由固態形成液態至氣態過程中，分子逐漸能自由移動。

6-2()你的理由是(A)物質三態的變化-如熔化、凝固，是由於組成分子本身發生熔化或凝固現象 (B)固態時分子質量最大，無法移動；氣態時分子質量最小，最容易逸散至空氣中；液態居於二者之間 (C)汽化時分子急據碰撞使得彼此間距離更近 (D)固態時分子束縛力最大，氣態時分子束縛力最小，液態居於二者之間。

7-1()將葡萄糖倒入水中充分攪拌，在這過程，下列敘述何者正確？(A)葡萄糖分子分解成更小的原子，屬於化學變化 (B)葡萄糖溶於水，顆粒變小，屬於物理變化 (C)葡萄糖分子和水分子結合成新物質，屬於物理變化。(D)葡萄糖分子和水分子反應，分子分解並重新組合，屬於化學變化。

7-2()你的理由是(A)葡萄糖分子的組成原子和水分子的組成原子全部重新組合成新物質 (B)葡萄糖分子和水分子結合成更大的分子結構—新分子的性質兼具葡萄糖和水之部分特性 (C)葡萄糖分子被水破壞分解成更小的碳原子、氫原子和氧原子，原子散佈於水分子中 (D)葡萄糖溶於水，形成葡萄糖分子，分子間距離變大，並均勻分布於水分子中。

8-1()下列圖示何者可表示水沸騰變成水蒸氣時的粒子模型圖？

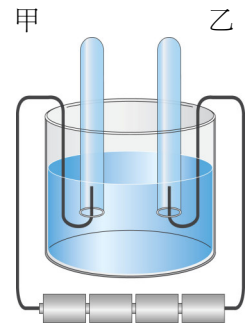


(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

8-2()你的理由是(A)狀態變化過程，原有分子分解，原子沒有重新組合 (B)狀態變化過程，原有分子沒有分解也沒有產生新分子，分子間距離大(C)狀態變化過程，原有分子體積大小會熱脹冷縮 (D)變化過程，原有分子分解，原子重新組合成新分子。

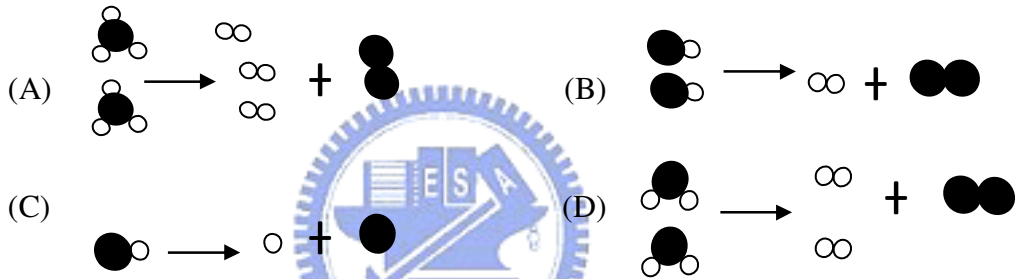
主題三:化學變化(從粒子觀點看電解水)

- 1-1()小明、大雄、靜香在理化課操作電解水實驗，提出自己的看法，你認為誰的說法可能是正確的？(A)小明:二極產生的氣體和水的性質相同 (B)大雄:二極產生的氣泡是來自於空氣的成分(C)靜香:二極的氣體是部分水分子被電解，使得水分子內的原子重組所產生 (D)三人皆對。



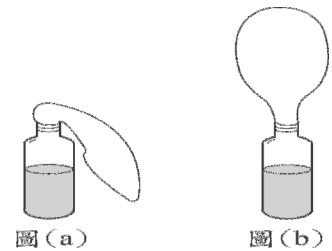
- 1-2()你的理由是(A)水分子的原子消失，通電產生新原子，新原子重組成氣體 (B)水吸收能量，掙脫彼此間束縛力形成水蒸氣 (C)空氣中的氫氣、氧氣難溶於水，通電後水溫變高，氣體溶解度變小逐漸冒出氣泡 (D)二個水分子內的氫原子和氧原子分離，原子重新組成氫氣和氧氣。

- 2-1()下列何者為水電解的微觀圖？



- 2-2()你的理由是(A)水分子是由1個氫原子和1個氧原子組成，通電後1個水分子會產生1個氫原子和1個氧原子 (B)水分子是由1個氫原子和1個氧原子組成，通電後2個水分子會產生1個氫分子和1個氧分子 (C)水分子是由2個氫原子和1個氧原子組成，通電後2個水分子會產生2個氫分子和1個氧分子 (D)水分子是由3個氫原子和1個氧原子組成，通電後2個水分子會產生3個氫分子和1個氧分子。

- 3-1()老師將少許大理石塊放入玻璃瓶中，之後加入鹽酸水溶液於瓶內，立即將氣球的開口端套住瓶口，再用橡皮筋栓緊。不久同學們都看到氣球膨脹起來了(如圖)。有關這實驗，下列敘述何者正確？



- (A)空氣進入氣球使氣球膨脹 (B)反應使瓶內的水變成水蒸氣 (C)大理石和鹽酸生成的氣體使瓶內的壓力增加 (D)反應產生的熱量使瓶內的空氣膨脹。

- 3-2()你的理由是(A)瓶內空氣及溶在鹽酸內的空氣，被趕入氣球中 (B)組成大理石的粒子和組成稀鹽酸的粒子反應產生二氧化碳 (C)鹽酸是強酸，會釋出許多熱量

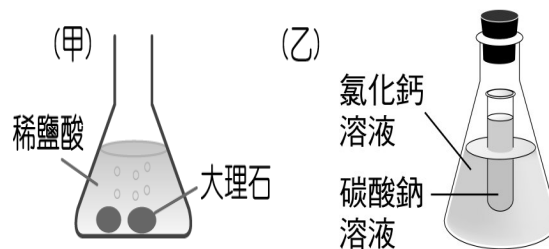
使得空氣受熱膨脹 (D)鹽酸是強酸，其水溶液具有高熱量使水可以吸收熱量而蒸發。

- 4-1()小鐵刀放入藍色硫酸銅溶液一段時間後，小鐵刀呈紅色，下列敘述何者正確？
(A)鐵刀仍然是鐵刀，沒有任何變化 (B)鐵刀被硫酸侵蝕後裸露所導致 (C)鐵刀表面呈紅色是一種新的成分 (D)此溶液可檢驗鐵刀生鏽後的酸鹼性質。
- 4-2()你的理由是(A)硫酸具有強腐蝕性，可腐蝕金屬表面 (B)鐵刀在溶液中呈鹼性，故呈紅色 (C)鐵刀和硫酸銅的銅原子置換，析出銅 (D)鐵刀的狀態並無改變，組成成分不變。

- 5-1()化學變化中，什麼粒子重新排列？(A)質子(B)電子(C)分子(D)原子
- 5-2()你的理由是

- (A)電子位於原子的最外層，容易受到其它原子的吸引而轉移。
(B)因為分子是具有物質特性的最小粒子。
(C)因為質子位於原子的中心，決定了化學性質。
(D)物質是由原子所組成，化學變化時各物質的原子會重新組合形成新的物質。

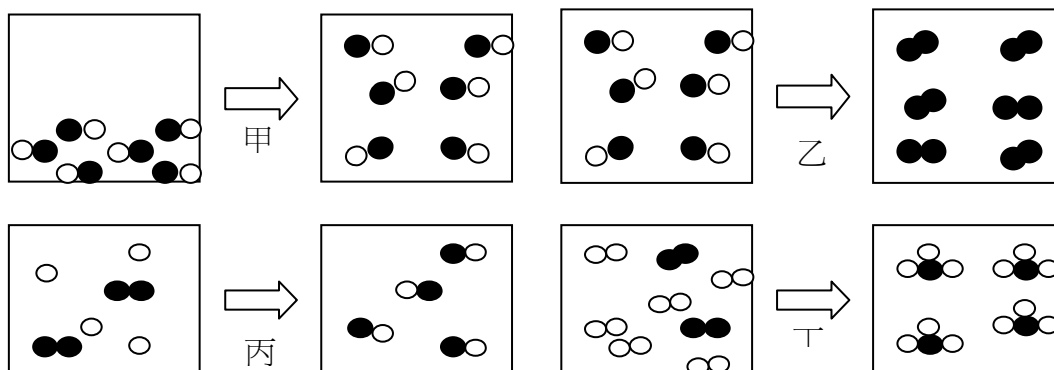
- 6-1()如圖所示，甲、乙實驗反應一段時間後，質量如何變化？ (A)甲、乙質量均不變 (B) 甲變輕、乙不變 (C)甲、乙均變輕 (D)甲、乙均變重 。



- 6-2()你的理由是(A)化學反應若有氣體產生，則不遵守質量守恆定律 (B)甲實驗產生氣體逸失到空氣中，而乙實驗不涉及氣體逸散 (C)任何化學反應皆遵守質量守恆定律 (D)二實驗皆反應後有新物質產生，故重量增加。
- 7-1()以粒子觀點說明化學變化，下列敘述何者正確？(A)化學變化產生新物質是由於反應物的某些原子消失產生 (B)化學變化產生新物質是由於反應物分子排列方式改變所產生 (C)化學變化產生新物質是由於每一個原有的原子分裂，產生新原子 (D)化學變化產生新物質是由於原子重新排列組合所產生。

- 7-2()你的理由是(A)反應物分子重新排列組合結合成更大的分子結構，新分子兼具反應物部分性質 (B)化學變化後反應物的原子消失產生新原子，新原子性質和原來的原子完全不同(C)原子重新排列組合形成新分子，反應前後原子數目、種類不變 (D)原子互相碰撞，使得原子分裂，原子結構發生改變形成新原子。

- 8-1()下列圖示何者可表示化學變化的粒子模型圖？

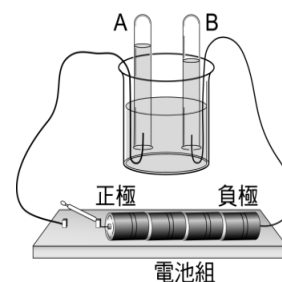


- (A)甲 (B)乙 (C)丙、丁(D)甲、乙、丙、丁

- 8-2()你的理由是(A)化學變化過程，僅分子間距離會發生改變 (B)化學變化過程，原有分子的原子重組而產生新分子 (C)化學變化過程，部分原子消失產生新原子 (D)化學變化過程，粒子數目沒有改變。

主題四:化學反應式

- 1-1()電解水的裝置如圖，A、B兩試管分別收集正極、負極產生的氣體。根據此實驗，下列敘述何者正確？(A) A試管收集到氫氣，B試管收集到氧氣 (B) A、B試管內氣體分子數比為1:1 (C) A、B試管內氣體分子數比為1:2 (D)A、B試管內氣體質量比為1:2。



- 1-2()你的理由是(A)火柴靠近 A 試管氣體可聽到爆鳴聲，B 試管氣體可使點燃的線香燃燒更旺盛 (B)根據亞佛加厥假說，同溫、同壓下，同體積的氣體含有相同數目的分子，體積越大所含分子數越多 (C)氫氣和氧氣都是由 2 個原子組合而成的分子 (D)氣體質量越大，所佔據的空間越大。

- 2-1()將氯氣(Cl_2) 5mL 與氫氣(H_2) 5mL 在相同溫度、壓力條件下作用，可產生 10mL 的氯化氫氣體，則氯氣、氫氣、氯化氫的分子個數比為何？ (A)1:1:1 (B)1:1:2 (C)1:1:4 (D)資料不足無法判斷。

- 2-2()你的理由是(A)凡是氣體都含有相同數目的分子 (B)同溫同壓下原子數目必須相

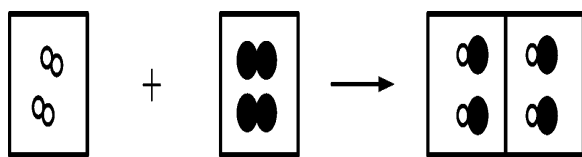
等 (C)相同反應條件下體積比等於分子數比 (D)須得知物質的分子式才能了解分子特性。

3-1()有關氫在空氣中燃燒生成水蒸氣的化學反應式，下列何者正確？

(A)為 $H+O\rightarrow H_2O$ (B) $H_2+O_2\rightarrow 2H_2O$ (C) $2H_2+O_2\rightarrow 2H_2O$ (D) $H_2+O_2\rightarrow H_2O$

3-2()你的理由是(A)反應物為單原子氣體，因此以元素符號表示原子，再加上+、 \rightarrow 符號表示即可 (B)1個氫分子和1個氧分子反應會產生2個水分子，化學反應前後分子數目必相等 (C)氫：氧：水蒸氣反應的分子數比為2：1：2 (D)化學反應式只須寫出反應物和生成物的化學式書寫即可。

4-1()右圖中○表示A原子、●表示B原子，則此反應的化學反應式應寫為

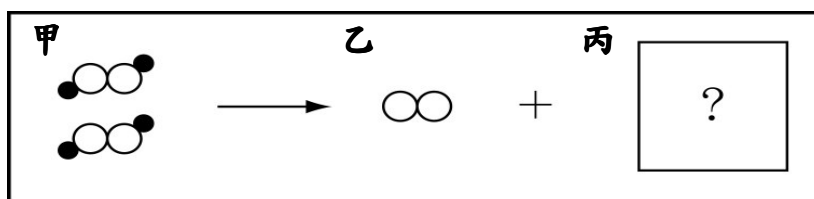


(A) $4A+4B\rightarrow 4AB$ (B) $2A_2+2B_2\rightarrow 4AB$
 (C) $1A_2+1B_2\rightarrow 2AB$ (D) $A_4+B_4\rightarrow 4AB$

4-2()你的理由是

(A)A、B是元素，相同元素的原子結合與不結合沒有差別，一律以 $4\square$ 表示
 (B)相同四個原子不論如何結合一律以 \square_4 表示
 (C)所有的分子都是由兩個相同原子結合而成，其分子數目分別為2、2、4
 (D)反應物與生成物的分子數比為1:1:2

5-1()甲物質加熱產生乙和丙，反應的分子數比為甲：乙：丙=2：1：2 反應粒子模型如圖所示，則可以推測丙應為下列何者？



(A) (B) (C) (D)

5-2()你的理由是(A)化合物經由化學方法分解成組成元素 (B)化學反應後原子數目必須相等 (C)化學反應後原子以一定的比例和方式重新組合，成新的分子 (D)反應前後分子數目必須相等。

- 6-1()金屬鈉燃燒的化學反應式為 $4\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O}$ ；若參與反應的氧原子有 16 個，則反應後有多少個氧原子？(A)0 (B)8 (C)16 (D)32
- 6-2()你的理由是(A)二個氧原子會組合成一個氧分子 (B)氧和氧化鈉的粒子個數比為 2:1。(C)化學反應前後原子數目不變 (D)氧原子參與化學反應後消失了。
- 7-1()定溫定壓下，A 氣體和 B 氣體反應後產生 AB 氣體，平衡後化學反應式為 $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightarrow 2\text{AB}$ ，由此化學反應式可了解何種關係？(A)反應式中的係數表示反應時各物質的質量關係 (B)各物質的分子數比 1:1:2 (C)各物質的組成原子數比為 2:2:3 (D)反應前後原子數目改變。
- 7-2()你的理由是
(A)箭頭左邊有 2 個 A 原子和 2 個 B 原子，箭頭右邊有 2 個 AB 原子，箭頭二邊數目不同
(B)由 $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightarrow 2\text{AB}$ ，可知反應物各是由 2 個 A 原子、2 個 B 原子組成，產物是由 2 個 A 原子加 1 個 B 原子組成
(C) 1 個 A_2 分子和 1 個 B_2 分子反應可產生 2 分子的 AB 分子，係數比=分子數比
(D) 1 公克 A_2 分子和 1 公克 B_2 分子反應可產生 2 公克的 AB 分子，符合質量守恆定律。
- 8-1()若有一反應，甲為 A 原子組成的金屬，乙為 B 原子組成的雙原子分子氣體，將甲和乙反應後產生 A_2B_3 ，則下列何者為其正確化學式？
(A) $\text{A} + \text{B}_2 \rightarrow \text{A}_2\text{B}_3$ (B) $4\text{A} + 3\text{B}_2 \rightarrow 2\text{A}_2\text{B}_3$ (C) $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightarrow 2\text{A}_2\text{B}_3$ (D) $4\text{A} + 3\text{B}_2 \rightarrow 7\text{A}_2\text{B}_3$ 。
- 8-2()你的理由是
(A)化學反應式各物質前的係數都是 1，1 可以不寫出來。
(B)反應物是由 2 個相同原子結合而成，化學式為 O_2 ；同時，反應前後分子數目相同
(C)加上係數平衡，才能使箭頭左右兩邊原子數目相等，亦即反應前後原子數目不變。
(D)加上係數平衡，為了使箭頭左右兩邊的數字總和相等，符合數學中加法運算原則

附錄四 化學反應主題相依論證能力測驗

這個能力測驗，主要是測驗你在科學的論證能力，

論證包含五個元素: Data(事實)、Claims(宣稱)、Warrant(依據)、Backing(支持)、Rebuttal(反駁)。請先參考下列範例:

範例:雪屋中會冷嗎?

甲:愛斯基摩人住在雪屋中。

乙:雪屋可以阻隔屋外的冷空氣，所以在雪屋內比較不冷(感覺不冷)。

丙:因為雪的密度約為 $0.1\sim 0.5\text{ g/cm}^3$ ，表示雪的結構內含有大量的空氣，而空氣是熱的不良導體，所以雪屋可以防止熱的對流、傳導，因此雪屋內比較不冷。

丁:鬆軟的棉被保暖效果較佳，因為棉被中含有大量的空氣，阻隔熱的傳導、對流。

戊:屋內會比較冷，因為屋內四周仍為冰雪，當冰雪融化時，會吸收四周的熱量，所以人在裡面會覺得很冷。

1-1)你認為誰的看法屬於 Data (事實)? 甲

(A)你認為是 Data(事實)的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的看法 (D)能提出過去學過的內容支持自己的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

1-2)你認為誰的看法屬於 Claim(宣稱)? 乙

(B)你認為是 Claim(宣稱)的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的看法 (D)能提出過去學過的內容支持自己的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

1-3)為誰的看法屬於 Warrant (依據)? 丙

(C)你認為是 Warrant (依據)的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理為自己的主張辯護 (D)能提出過去學過的實驗證明自己的論點正確 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

1-4)你認為誰的看法屬於 Backing (支持)? 丁

(D)你認為是 Backing(支持)的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理以支持別人的看法 (D)能提出過去學過的實驗支持別人的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

1-5)你認為誰的看法屬於 Rebuttal (反駁)? 戊

(E)你認為是 Rebuttal(反駁)的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的實驗提出自己的主張 (C)能提出理由為自己的主張辯護 (D)能提出過去學過的實驗證明自己的論點正確 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

以下有五個大題，請你依照五位學生間的論證內容，於第一階段判斷哪位學生的敘述是屬於論證元素：事實、宣稱、依據、回溯、反證的哪一元素。於第二階段，選出你認為符合第一階段答案的理由。

一、甲同學將 10.0 克樟腦丸放置在衣櫃中，每天記錄樟腦丸的變化。第一天，樟腦丸 10.0 克；第二天，樟腦丸 9.6 克，第三天，樟腦丸 9.2 克；第四天，樟腦丸 8.8 克；第五天，樟腦丸 8.4 克；第六天，樟腦丸 8.0 克。甲到學校，將他的紀錄和同學討論。

丁：樟腦丸第一天 10.0 克、第二天 9.6 克、第三天 9.2 克……每天減少 0.4 克。

乙：每天都減少 0.4 克，所以我認為依這數字減少下去，25 天後樟腦丸會不見了。

丙：想一想，樟腦丸為什麼變少？它跑到哪裡去了？

甲：還沒紀錄樟腦丸的變化前，我以為一段時間後樟腦丸會吸收水分變重。

戊：可是，樟腦丸的功用是防蟲、防蛀和防霉，以保護衣服、被子等生活用品不受蟲子侵害。它並非像乾燥劑一樣會吸收水分。

1-1)你認為誰的看法屬於 Data (事實)?_____

()你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的看法 (D)能提出過去學過的內容支持自己的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

甲：我看到紀錄表上樟腦丸這五天來質量越來越小，所以我認為減少的樟腦丸變成氣體。

戊：第一天 10 克，第六天變成 8 克，樟腦丸質量減少了。

乙：根據物質受熱後容易分解的特性，我認為樟腦丸吸收空氣中的熱量後分解才變少。

丙：生物課我們曾經學過細菌會分泌酵素分解物質，樟腦丸可能在衣櫥內，被細菌、螞蟻、微生物或蟑螂這一類生物分解才變少。

丁：我不同意丙的看法，因為樟腦丸是用來驅除衣櫥內的蟲，不會被這些生物分解。

1-2)你認為誰的看法屬於 Claim(宣稱)?_____

()你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的看法 (D)能提出過去學過的內容支持自己的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

戊：因為樟腦丸減少了 2 克，我認為那 2 克樟腦丸吸收熱量而蒸發成氣體了。

丁：樟腦丸變小顆不是丙所說的被分解，而是像戊所說的吸收熱量汽化後逸散在空氣中。

乙：我也曾經有在衣櫥中放入樟腦丸的經驗，一段時間後衣服有樟腦丸味道。可見減少的樟腦丸變成氣體了。

甲：我不同意“蒸發”這個狀態名詞，蒸發是指水變成水蒸氣，不適合用來敘述樟腦丸的變化。

丙：根據物質三態變化，蒸發是液體變成氣體的狀態用詞，樟腦丸是固體不是液體，我贊成甲的看法，不能用“蒸發”敘述樟腦丸的變化。

1-3) 你認為誰的看法屬於 Backing (支持) _____

- () 你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理以支持別人的看法 (D)能提出過去學過的實驗支持別人的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

丁：樟腦丸內的水分蒸發成水蒸氣，是屬於汽化的方式。

戊：我們曾經做過冰塊融化實驗，冰塊吸收熱量融化成液態的水、水再吸收熱量蒸發成氣體，所以是”蒸發”啊!

甲：我確實聞到衣櫥內有很重的樟腦丸味道，並沒有看到液態的樟腦丸，所以我認為樟腦丸是直接由固體昇華成氣體才對。

丙：依據水蒸氣的特質，水蒸氣是無色無臭無味的氣體，但是衣櫥內有很濃的刺鼻性氣味，味道和固體樟腦丸很像，因此我認為減少的樟腦丸不是變成水蒸氣。

乙：我不完全同意你們的論點，我會試著做實驗來證明樟腦丸的變化是變成水蒸氣還是其他氣體。

1-4)你認為誰的看法屬於 Warrant (依據)? _____

- () 你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理為自己的主張辯護 (D)能提出過去學過的實驗證明自己的論點正確 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

● 乙將樟腦丸放入密閉試管中加熱，加熱後樟腦丸消失不見。密閉冷卻一段時間後，乙用藍色氯化亞鈷試紙接觸試管內壁。

乙：實驗後我認為樟腦丸變成氣體，該氣體不是水蒸氣。

戊：藍色氯化亞鈷試紙可以檢驗水分是否存在，但是它沒有變色，表示沒有水蒸氣凝結成水，也就是樟腦丸不是變成水蒸氣。

丁：我認為樟腦丸可能吸收熱量後變成二氧化碳。因為樟腦丸內含有碳原子，會和空氣中氧氣作用產生二氧化碳。

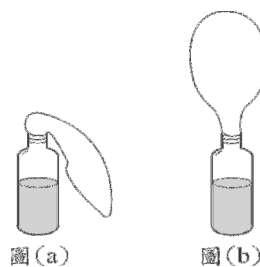
丙：我不贊成丁的看法。因為二氧化碳也是無色無臭無味的氣體，不符合衣櫥內很濃刺鼻性的氣味。所以我也認為減少的樟腦丸不是變成別的氣體，而是固體樟腦丸直接昇華成樟腦丸蒸氣了。

甲：和我們曾經做過的乾冰昇華實驗一樣，乾冰會昇華變成二氧化碳氣體，所以樟腦丸會昇華成樟腦丸蒸氣，這現象也是物理變化。

1-5)你認為誰的看法屬於 Rebuttal (反駁)? _____

- () 你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的實驗提出自己的主張 (C)能提出理由為自己的主張辯護 (D)能提出過去學過的實驗證明自己的論點正確 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

二、實驗課，幾位同學同組實驗。甲同學將少許大理石塊放入玻璃瓶中，之後加入鹽酸水溶液於瓶內，立即將氣球的開口端套住瓶口，再用橡皮筋栓緊。不久同學們都看到氣球膨脹起來(如圖)也觸摸瓶子。有關這個過程，幾位學生提出了各自的看法並討論：



甲：瓶子摸起來燙燙的，溫度很高。

乙：因為瓶子燙燙的，我認為這實驗反應時放出熱量，屬於放熱反應。

丁：如同使用暖暖包一樣。天冷時我們曾買過暖暖包，將暖暖包放在二手之間搓，暖暖包漸漸變燙，放出熱量使我們覺得溫暖。

丙：依據吸熱、放熱原則判斷，物質吸收熱量是吸熱反應，而物質放出熱量是放熱反應，所以我認為物質吸收周圍熱量後，物質的溫度一定變高；物質如果放出熱量，周圍的溫度會變高，而物質的溫度一定變低。

戊：我不同意丙的說法。物質吸收熱量溫度不一定變高。 0°C 冰塊吸收熱量融化成水的過程中，冰塊溫度還是 0°C ，溫度並沒有變高。

2-1)你認為誰的看法屬於 Data (事實)?

()你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的看法 (D)能提出過去學過的內容支持自己的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

乙：我認為是因為大理石塊和鹽酸反應產生氣體，因此造成氣球膨脹。

甲：氣球膨脹了表示有氣體進入氣球。

丙：我認為反應產生了氫氣。鹽酸是氯化氫氣體的水溶液，根據化學式氯化氫(HCl)是由氫原子組成，這氣體應該是 H_2 。

丁：我不同意丙的想法，我倒認為這個實驗產生二氧化碳，是二氧化碳進入氣球的。

戊：我們曾經將鎂帶放入稀鹽酸中產生了氫氣，所以這氣體可能是氫氣。

2-2)你認為誰的看法屬於 Claim (宣稱)?

()你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的實驗提出自己的主張 (C)能提出理由為自己的主張辯護 (D)能提出過去學過的實驗支持別人的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

甲：我看到瓶子只有裝一半，所以我認為是瓶子內部份空氣受熱膨脹進入氣球，氣球才膨脹的。

戊：大多數物質都有熱脹冷縮的性質。

乙：產生的氣體可能是二氧化碳或是水蒸氣。我們學過二氧化碳和水蒸氣都是無色無臭無味的氣體；而我看不到氣體進入氣球，所以我認為反應後產生的氣體可能是二氧化碳或水蒸氣。

丙：根據化學變化定義，反應後會產生新物質。這個實驗反應後產生的氣體就是新物質，所以我認為這是化學變化。

丁：我不贊成甲和戊的看法。根據道耳吞原子說的內容—化學反應時原子會重新排列產生新物質，因此，鹽酸和大理石的組成原子會重新排列產生氣體。大理石化學式 CaCO_3 ，和鹽酸反應會產生 CO_2 ， CO_2 是由大理石的組成成分而來的。

2-3)你認為誰的看法屬於 Warrant (依據)?_____

()你的理由(A)能從所看到的實驗提出自己的主張 (B)能提出原理支持自己的主張 (C)能提出過去學過的原理支持自己的看法 (D)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

2-4) 你認為誰的看法屬於 Rebuttal (反駁)?_____

()你的理由(A)能從所看到的實驗提出自己的主張 (B)能提出理由為自己的主張辯護 (C)能提出過去學過的原理支持自己的看法 (D)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

甲：但是瓶子摸起來燙燙的，我認為這實驗放出的熱量足夠讓瓶內空氣受熱膨脹或可能是熱量衝入氣球了！

丙：我不同意甲的看法，因為如果只考慮吸熱、放熱和溫度上升或下降的話，所有會產生氣體的實驗可能都是空氣熱脹冷縮。另一方面，熱量不是物質，不會佔據空間，所以熱量不會使氣球膨脹。

乙：我想到了，我們曾經做過利用澄清石灰水檢驗二氧化碳氣體的方法，假設大理石和稀鹽酸反應後的氣體是二氧化碳，我們就可以用這個方法檢驗出來。

戊：對，將二氧化碳通入澄清石灰水會使它呈白色渾濁。

丁：我認為一定是產生二氧化碳。依據道耳吞原子說解釋化學反應，大理石 CaCO_3 含有碳原子、氧原子所以和鹽酸(HCl)反應後，碳原子、氧原子重新組合成 CO_2 ，其他原子也重新組合成其他新物質。二氧化碳進入氣球中，使得氣球膨脹。我們來進行實驗以驗證理論的正確性吧!!

2-5)你認為誰的看法屬於 Backing (支持)?_____

()你的理由(A)能從所看到的現象提出自己的主張 (B)能提出原理為自己的主張辯護 (C)能提出過去學過的實驗驗證自己的假設 (D)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

三、老師將一根鐵釘放入盛水的試管中，請同學注意觀察。第一天，鐵釘呈銀白色光亮。第二天，部分鐵釘色澤稍暗淡、部分仍銀白色。第三天，鐵釘表面色澤黯淡的部位出現一點點銹斑。第四天，鐵釘表面上出現的銹斑變多。第五天，鐵釘的銹斑範圍更大。

甲、乙、丙、丁、戊五位同學觀察鐵釘數天來的變化後，一起討論。

甲：鐵釘生銹了，鐵釘是金屬，所以我認為金屬都會生銹。

乙：鐵釘上的銹斑越來越多，和第一天光亮的外觀差很多。

丙：金屬都會生銹嗎？有沒有不會生銹的金屬呢？

丁：我不同意甲的看法，我認為不是所有的金屬都會生銹。例如黃金不會生銹，它的表面沒有如同鐵釘一樣的銹斑，放置再久依然保有金色光澤。

戊：理化課老師曾經讓我們觀察過金屬鈉，鈉的新切面是明亮的銀白色，放置一段時間後，新切面馬上變色，老師說那是鈉生銹了，所以我認為有的金屬會生銹，有的不會。

3-1)你認為誰的看法屬於 Data (事實)?_____

()你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的看法 (D)能提出過去學過的內容支持自己的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

甲：鐵釘有浸泡到水的地方，銹斑很多。

戊：我看到鐵釘浸在水裡的部分才有生銹，所以我認為銹斑是鐵釘被水侵蝕後裸露出現。

丙：依據物理變化定義，物質組成成分沒有改變，沒有新物質產生，就是物理變化。這個實驗鐵釘沒有消失減少也沒有產生氣體，我認為鐵釘仍然是鐵釘，只是鐵原子以不同型式表現出來而已。

乙：我不同意甲和丙的看法。因為不符合化學變化定義，化學變化後會產生新物質，我們看到的銹斑就是新物質，是鐵和其他物質，如水、氧氣或其他空氣成份反應而來的。

丁：我們曾經學過空氣的組成氣體性質知道氧氣是活潑的氣體，所以氧氣會參與反應產生新物質-銹斑。我支持乙的看法，我也認為銹斑是鐵和其他物質-氧氣反應產生的。

3-2) 你認為誰的看法屬於 Warrant (依據)?_____

()你的理由(A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出定律為自己的主張辯護 (D)能提出曾學過的原理支持別人的看法 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

丙：因為鐵釘一直在盛水的試管中，沒有任何劇烈變化。我認為鐵釘上的銹和鐵是一樣的，重量不會改變。

甲：鐵釘生鏽過程沒有看到任何氣體產生，不會有氣體散失到空氣中，而且鐵釘也沒有變小，我支持丙的看法。

戊：我認為生銹前後一樣重。根據質量守恆定律：反應前後總質量會相等，所以鐵釘生銹前後一樣重。

丁：我不同意乙的看法，化學反應會產生新物質，新物質會增加質量。

乙：上學期我們曾經燃燒過鎂帶，鎂帶燃燒後形成白色產物，質量比燃燒前重。燃燒時氧氣參與反應，使產物比燃燒前重，原理應該和鐵釘生銹一樣，我支持丁的看法。

3-3) 你認為誰的看法屬於 Claim (宣稱)?_____

()你的理由(A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提

出原理為自己的主張辯護 (D)能提出曾學過的原理支持別人的看法 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

戊：對了，理化課我曾經做過碳酸鈉溶液和氯化鈣溶液加在一起的實驗，反應前後質量確實相等。所以我認為鐵釘生鏽前後質量也會相等，符合質量守恆定律。

乙：在二種溶液加在一起沒有涉及到氣體進出的情況下，反應前後質量會相等，我同意戊的看法。

甲：我認為鐵鏽會剝落，剝落後鐵釘會變輕。

丁：我依然認為鐵釘生鏽後會比生鏽前重。根據化學反應原理，產生的新物質如果是氣體，氣體若散失到空氣中，反應後總質量會小於反應前質量。反之，若氣體參與反應必須要考慮加上參與反應的氣體質量，反應後總質量會比反應前的質量重，就像鐵釘生鏽。

丙：我不贊成丁的看法，因為如果必須是沒有涉及氣體進出的話，那質量守恆定律就不適用到所有反應了!!

3-4)你認為誰的看法屬於 Backing (支持) _____

()你的理由(A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理為自己的主張辯護 (D)能提出過去學過實驗支持自己的看法 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

丙：我認為鐵釘變輕。既然根據化學變化定義會產生新物質，我認為鐵發生化學變化之後被分解才變成鐵鏽這個新物質，既然鐵是被分解，質量就會減輕了!!

甲：水侵蝕鐵釘分解了鐵，使鐵釘的最外層剝落而鐵釘的質量減輕，我的看法和丙看法一致。

戊：我看到浸泡在水中的鐵釘才有生鏽。我認為鐵鏽是鐵原子和水分子內的氫原子和氧原子反應而來的，因為原子極小所以不影響重量。

丁：我不贊成甲和丙的論點，你們都說法都不對，因為不符合質量守恆定律真正的意義。由於空氣中的氧氣參與反應，鐵釘生鏽後質量會變重。鐵鏽的產生是由於鐵和空氣中的氧氣產生反應，因此鐵鏽會比鐵重。

乙：我懂了，同樣地，以我們上學期然鎂帶燃燒實驗為例，白色產物是氧化鎂，氧化鎂質量比燃燒前的鎂帶重是因為包含了氧氣重，如果把氧化鎂質量減去之前的鎂帶質量，就可以知道空氣中有多少克的氧氣參與鎂帶燃燒了，我支持丁的看法喔。

3-5)你認為誰的看法屬於 Rebuttal (反駁)? _____

()你的理由(A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理為自己的主張辯護 (D)能提出過去學過的實驗支持別人的看法 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

四、老師將紅棕色銅片置於酒精燈中加熱，加熱後銅片表面呈現黑色，老師用刀片刮除後，又會出現紅棕色的銅。有關這個過程，幾位學生提出了各自的看法：

丁：銅片由紅色變黑色，刮掉黑色後又可看到紅棕色的銅。

丙：我看到銅片只有發生顏色改變，沒有其他現象產生，所以我認為銅片在酒精燈上沒有燃燒。

戊：我們學過燃燒會發出光和熱，例如線香、蠟燭、紙張燃燒都可以察覺燃燒過程產生光和熱，可是銅片放在酒精燈上卻沒有發光，我支持丙的看法，銅片沒有燃燒。

甲：我認為物質只要放在火燄中或和火焰接觸，就是開始燃燒了。線香、紙張都是點火之後開始燃燒。

乙：我不同意甲的看法，我認為不是所有物質放在火燄中都會燃燒起來。我倒認為物質燃燒之後如果有產生灰燼，才能稱作燃燒。

4-1)你認為誰的看法屬於 Data(事實)?_____

()你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的看法 (D)能提出過去學過的內容支持自己的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

戊：紅棕色銅片和酒精燈火接觸的地方變黑色了。

丙：我看到銅片在火燄上加熱，所以我認為銅片表面變黑是被火焰燻黑的。

甲：木炭、蠟燭和線香在火燄上加熱會產生二氧化碳氣體，所以我認為火燄會使銅片產生二氧化碳。

乙：我不同意甲的看法，木炭、線香加熱後有煙霧出現，可是銅片加熱後沒有煙霧，代表沒有二氧化碳出現。

丁：我們曾經學過鐵刀放入硫酸銅溶液後鐵刀變成紅色，紅色物質是新物質，所以銅片加熱後的黑色部份也是新物質。

4-2)你認為誰的看法屬於 Claim(宣稱)?_____

()你的理由(A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的實驗提出自己的主張 (C)能提出原理為自己的主張辯護 (D)能提出過去學過的實驗支持自己的看法 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

丙：銅片表面變黑是被火燻黑，也就是酒精燈點火燃燒不完全，有碳粒附著在銅片上，所以刮掉碳粒就可再看到原來的銅片。

戊：我們曾經將鎂帶置於酒精燈上加熱，加熱後形成白色脆弱灰燼，表示鎂帶本質改變了。可是銅片加熱後只是表面呈黑色，沒有灰燼，用刀片刮除黑色部份後，又可看到紅色的銅，可見銅片本質沒有改變。

乙：根據化學變化定義：變化後會產生新物質。所以我認為銅片加熱後表面上的黑色就是新物質。

甲：我不同意丙和戊的看法，我認為銅片加熱後產生了二氧化碳，由於二氧化碳是氣體，所以逸散到空氣中。

丁：銅片加熱除了產生黑色物質外，也產生水蒸氣，但不是產生二氧化碳。我認為燃燒過程中會產生熱，熱先轉變成水蒸氣，然後再凝結成水並非產生二氧化碳。

4-3)你認為誰的看法屬於 Warrant (依據)?_____

()你的理由(A)能從所看到的實驗提出自己的主張 (B)能提出原理支持自己的主張
(C)能提出過去學過的實驗支持自己的看法 (D)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

乙：根據物質的定義：物質佔有空間、具有質量。熱不符合物質定義，熱不是物質，不具有質量和體積，它是能量，並不會轉變成水蒸氣或其他物質，所以熱不會變成水蒸氣。

丙：我認為不是所有物質燃燒都會產生二氧化碳。我們曾經做過硫粉置於純氧中燃燒的實驗，硫粉點火燃燒後產生的是刺鼻性二氧化硫氣體，也不是產生二氧化碳。

甲：我認為火焰會使銅絲絨變成碳，碳再和氧氣產生二氧化碳。

戊：我不同意甲的看法，銅片不會和氧氣產生二氧化碳。依據化學反應原理—原子是不會無中生有，也不會變成其他原子。木炭是由碳原子組成，燃燒後會產生二氧化碳。銅片不是由碳原子組成，銅原子也不會憑空轉變成碳原子。

丁：因此，不論銅片是否有產生二氧化碳或水蒸氣，可以確定的是銅片上的黑色部分是新物質，表示銅片的組成改變了。刀片把表面的新物質刮除，又可看到未發生反應的紅色銅片。

4-4)你認為誰的看法屬於 Backing (支持)?_____

()你的理由(A)能從所看到的實驗提出自己的主張 (B)能提出原理為別人的主張辯護
(C)能提出過去學過的實驗支持自己的看法 (D)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

甲：我認為銅片加熱後表面呈黑色時，和加熱前銅片相比，質量變小了。

乙：我們曾做過的木炭、硫粉實驗，木炭、硫粉加熱燃燒後都變輕了，所以銅片加熱後也會變輕，我贊成甲的看法。

戊：依據道耳吞的原子說，化學反應時原子會重新排列產生新物質。因此，銅和空氣中的氧氣作用產生了黑色新物質-氧化銅。

丁：我不同意甲和乙的論點，你們只是推測並不符合化學反應原理。銅片加熱是銅片的銅原子和氧氣的氧原子作用後重新排列形成氧化銅分子。由於氧氣具有質量，氧氣和銅片反應，產生的氧化銅質量等於參與反應的氧氣質量+銅片質量，所以呈黑色時候的質量比加熱前質量大。

丙：我懂了，木炭、硫粉和銅片，三者在空中加熱都和氧氣作用各產生二氧化碳、二氧化硫和氧化鐵，但二氧化碳和二氧化硫是氣體會逸散到空氣中，所以木炭和硫粉加熱燃燒後變輕了，而氧化銅不會逸散，是固體。

4-5)你認為誰的看法屬於 Rebuttal (反駁)?_____

()你的理由(A)能從所看到的實驗提出自己的主張 (B)能提出原理為別人的主張辯護

(C)能提出過去學過的實驗支持自己的看法 (D)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

五、五位同學觀看氫氣燃燒的實驗影片：將 10mL 氫氣和 5mL 氧氣裝入一密閉容器中，點火使氫氣燃燒的同時出現淡藍色火焰與爆鳴聲。點火後產生氣體的體積為 10mL。容器冷卻一段時間後，容器表面出現液滴。將藍色氯化亞鈷試紙接觸容器液滴，試紙呈紅色。

看完影片後，四位同學聚在一起討論化學反應與化學反應式之間的關係，以了解化學反應式代表的意義。

戊：我看到氫氣燃燒時出現淡藍色火焰，並聽到一聲爆鳴聲。

乙：因為氫氣和氧氣混合點火時出現淡藍色火焰爆鳴聲，我認為氫氣具有可燃性。

甲：依據燃燒三要素原則-要有助燃物、可燃物並達到必要溫度，助燃物是氧氣，點火可以提供必要之溫度，而氫氣就是可燃物，所以氫氣具有可燃性。

丙：氫氣具有可燃性，有危險嗎？

丁：我認為氫氣是有危險性的。我曾經聽過美國發生熱氣球爆炸事件，就是因為熱氣球中裝入氫氣，氫氣燃燒導致熱氣球爆炸。

5-1)你認為誰的看法屬於 Data (事實)?_____

()你的理由 (A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到的現象提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的看法 (D)能提出過去學過的內容支持自己的論點 (E)能提出理由指出別人的看法是不正確的。

丙：氯化亞鈷試紙和液滴接觸後馬上變紅色了。

甲：我看到影片中氯化亞鈷試紙變紅色了，所以我認為氫氣和氧氣反應產生水蒸氣，水蒸氣凝結成水滴，使氯化亞鈷試紙變色。

乙：依據化學變化定義：變化後會產生新物質，所以我認為氫氣燃燒的實驗是化學變化，氫氣燃燒後所產生的新物質是水蒸氣。

戊：藍色氯化亞鈷試紙可以檢驗水分的存在。我們曾經做過藍墨水蒸餾實驗，藍墨水經過加熱、蒸發、冷凝後產生液滴，為確定液滴是否為水，就是使用藍色氯化亞鈷試紙檢驗。

丁：化學變化定義也告訴我們，化學變化後新物質的組成發生改變，所以水蒸氣的組成原子和氫氣、氧氣的原子完全不同。

5-2)你認為誰的看法屬於 Claim (宣稱)?_____


()你的理由(A)能觀察現象、陳述事實 (B)能從所看到實驗影片提出自己的主張 (C)能提出原理支持自己的主張 (D)能提出過去學過的實驗結果支持別人的看法 (E)能提出原則指出別人的看法是不正確的。

丁：氫氣和氧氣反應後不見了，我認為氫氣和氧氣的原子分裂形成水蒸氣。

乙：氫原子在自然界是不穩定的，容易造成原子分裂。

丙：根據道耳吞原子說對化學反應的解釋：化學反應時各物質的原子重新排列，組成新的分子。我認為水蒸氣是氫氣和氧氣的原子重組所產生的。

戊：我不同意丁和乙的看法，化學反應時原子不會分裂，否則會造成能量很大的核反應。

甲：我們曾經學過氫氣和氧氣都是由二個原子形成的分子 ，反應時氫氣的二個原子和氧氣的二個原子互相分離再重新組合，形成水蒸氣，並非氫原子或氧原子所分裂組成，我支持丁的看法。

5-3)你認為誰的看法屬於 Warrant (依據)? _____

()你的理由(A)能從所看到的實驗提出自己的主張 (B)能提出原理支持自己的主張
(C)能提出過去學過的實驗結果支持別人的看法 (D)能提出原則指出別人的看法是不正確的。

乙：影片中是氫氣加氧氣形成水蒸氣，依照中文名稱書寫化學反應式，我認為化學反應式是 $H_2+O_2\rightarrow H_2O$ 。

戊：依據化學反應式書寫原則，化學反應式是用來表達真正的實驗結果，不能憑空杜撰。此外，箭頭號左邊是反應物，右邊是生成物，箭頭是反應方向。

丁：我們曾經學過木炭點火燃燒後會產生二氧化碳氣體，化學反應式寫法是 $C+O_2\rightarrow CO_2$ ，所以乙將氫氣和氧氣燃燒的化學反應式寫作 $H_2+O_2\rightarrow H_2O$ 是正確的。

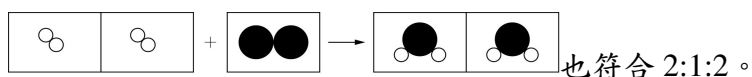
甲：我不同意乙的方程式寫法，根據化學反應理論：化學反應是原子重新排列，所以反應前後原子數目要相等。你現在這樣寫法，箭頭左邊 2 個氧原子，箭頭右邊只有一個氧原子，是不合理的。

5-4)你認為誰的看法屬於 Backing (支持) _____

()你的理由(A)能從所看到的影片提出自己的主張 (B)能提出原則支持自己的主張
(C)能提出過去學過的化學反應式支持別人的看法 (D)能提出原則指出別人的看法是不正確的。

乙：我看到影片中 10mL 氫氣和 5mL 氧氣混合點火後產生 10mL 的水蒸氣，所以我認為氫氣：氧氣：水蒸氣反應時的體積比是 2：1：2。

甲：根據亞佛加厥假說，氣體反應時的體積比表示分子數目比，所以氫氣：氧氣：水蒸氣反應時的分子數比是 2：1：2。我認為這個實驗的粒子模型如圖所示



丙：由這個粒子模型圖，我認為化學反應式寫成 $2H_2+O_2\rightarrow 2H_2O$ ，箭頭左邊有四個氫原子=右邊四個氫原子，箭頭左邊有 2 個氧原子=右邊 2 個氧原子，符合原子不減原則。

丁：我們學過的化學反應，氫氣和氯氣反應產生氯化氫，反應式 $H_2+Cl_2\rightarrow 2HCl$ ，所以反應前後分子數目也會相等。

戊：不，我不贊成丁的說法，根據化學反應理論：化學反應是原子重新排列，不是分子重新排列，2分子的氫氣和1分子的氧氣反應生成2分子的水蒸氣，反應前共有3分子的氣體參與反應，反應後產生2分子氣體。所以反應前後分子數目不一定相等。

5-5)你認為誰的看法屬於 Rebuttal (反駁)?_____

()你的理由(A)能從所看到的圖形資料提出自己的主張 (B)能提出原則支持自己的主張 (C)能提出過去學過的化學反應式支持別人的看法 (D)能提出原則指出別人的看法是不正確的。



附錄五 科學推理測驗

科學推理測驗

單一選擇題版本

學生的指引

這個能力測驗，主要是測驗你在科學或數學方面的推理能力，判斷你是否能進行情境的分析，並做出預測或解決問題。在每一題中，選一個最佳的答案，並在答案紙作答。如果你不是很瞭解每一個題目所問的問題，請詢問測驗指導者，測驗指導者會給你清楚的說明。

1-1. 假設給你兩個相同形狀、重量與大小的黏土球。其中一個球將它壓平成薄煎餅形狀，下列哪一個情況是對的？

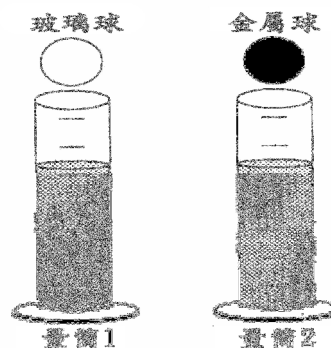
- (1) 薄餅形的黏土重量比另一個球狀黏土的重量還重。
- (2) 兩個黏土不管形狀如何，它們的重量還是相同。
- (3) 球狀黏土的重量比薄煎餅狀的黏土重量還要重。

1-2. 你所根據的理由是：

- (1) 因為薄煎餅狀的黏土面積比較大。
- (2) 因為同一點往下壓，壓的越平，其重量就會越大。
- (3) 因為當物體弄成薄餅狀時，會失去一些重量。
- (4) 因為黏土沒有增加或減少。
- (5) 因為當物體被弄成平版狀的時候，重量會增加。

2-1. 在右圖中有兩個量筒注滿了相同高度的水，兩個量筒的形狀與大小皆相同。在右圖中，有兩個小球，一個是玻璃製的，另一個是鐵製的。兩個球體形狀相同，但是鐵球的重量比玻璃球還要重。把玻璃球放入量筒1後，發現玻璃球沈到量筒的底部，然後發現量筒的水位上升到刻度6的位置。假如我們將鐵球放入量筒2後，請問水面會上升到哪個刻度？

- (1) 與量筒1的水位高度相同(刻度都是6)。
- (2) 比量筒1的水位還要高(比刻度6還要高)。

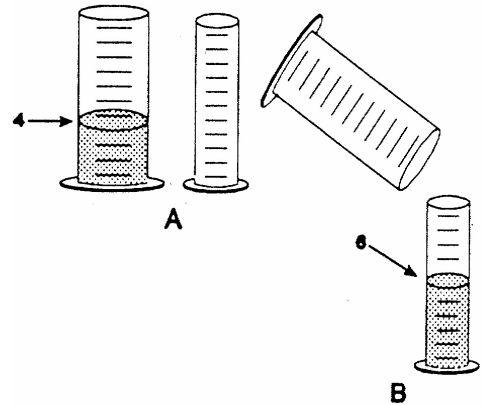


(3) 比量筒 1 的水位還要低(比刻度 6 還要低)。

2-2. 你所根據的理由是：

- (1) 因為鐵球沈到量筒底部的速度較快。
- (2) 因為兩個球狀物是不同的材質所製成的。
- (3) 因為鐵球的重量比玻璃球的重量還要重。
- (4) 因為玻璃球所造成的壓力比較小。
- (5) 兩個球的體積相同。

3-1. 右圖有兩個量筒，一個口徑比較寬，一個口徑比較窄。兩個量筒具有相同的刻度。在寬口徑的量筒中倒入水，讓水位上升到刻度 4 的位置(圖 A)。然後將寬口徑量筒中的水，倒入窄口徑的量筒，發現水位上升到刻度 6 的位置。假設兩個量筒都是空的，然後將水加入寬口徑的量筒中，直到水位上升到刻度 6 的位置。那麼如果將這些水倒入窄口徑的量筒中，請問水位的高度是多少？



- (1) 大約刻度 8 的位置。
- (2) 大約刻度 9 的位置。
- (3) 大約刻度 10 的位置。
- (4) 大約刻度 12 的位置。
- (5) 以上皆非。



3-2. 你所根據的理由是：

- (1) 給的相關資訊不足，因此無法判斷答案。
- (2) 因為之前寬口徑量筒的水倒入窄口徑的量筒中，水位上升 2 個刻度，因此後來的刻度也應該上升 2 個刻度。
- (3) 因為寬口徑量筒上升 2 個刻度，對於窄口徑的量筒而言，會上升 3 個刻度。
- (4) 因為第二個窄口徑的量筒更窄了。
- (5) 我們必須實際地將寬口徑量筒的水倒入窄口徑的量筒中，並加以觀察，才可以做出正確的結論。

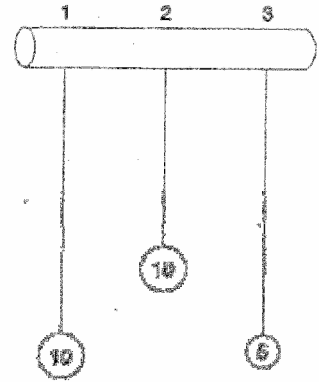
4-1. 現在如果將水倒入窄口徑量筒中(在題目 5 中的描述相同)，使水位上升到刻度 11 的位置。那麼如果將這些水倒入空的寬口徑量筒中，請你預測水位會上升到哪一個刻度？

- (1) 大約刻度 7.5 的位置。
- (2) 大約刻度 9 的位置。
- (3) 大約刻度 8 的位置。
- (4) 大約刻度 7 又 $\frac{1}{3}$ 的位置。
- (5) 以上皆非。

4-2. 你所根據的理由是：

- (1) 寬口徑量筒與窄口徑量筒水位上升的比例應該會相同。
- (2) 我們必須實際地進行操作與觀察，才能得到正確答案。
- (3) 提供的資料不足，使我們無法決定正確答案是哪一個。
- (4) 因為上一題水位差 2 個刻度，所以這一題的狀況中，也應該差 2 個刻度。
- (5) 窄口徑量筒水位上升 3 個刻度，倒入寬口徑量筒時，將窄口徑量筒刻度減去 2 就是寬口徑量筒水位的高度。

5-1. 在右圖中，木棍上繫著三條線。在每條線的末端都繫著金屬重物，線條 1 與線條 3 的長度相同，線條 2 短一點。線條 1 與 2 末端繫著重量為 10 單位的重物，線條 3 末端繫著重量為 5 單位的重物。繩子（包括末端的重物）可以前後擺動，而且擺動的時間是可以被測量的。假設你想要找出長度與擺動時間的關係，哪些線可以让你找出這個關係？

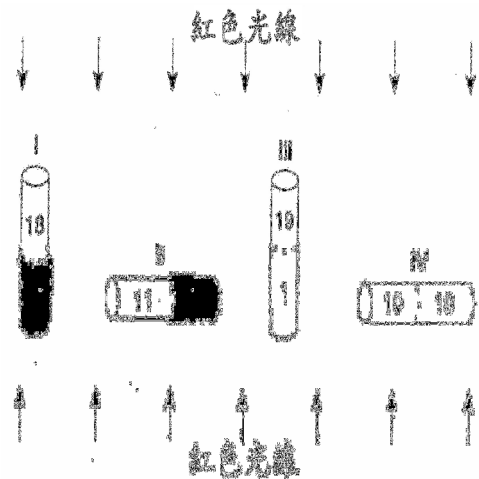


- (1) 只有 1 條線就夠了。
- (2) 三條線都可以
- (3) 線條 2 與 3
- (4) 線條 1 與 3
- (5) 線條 1 與 2

5-2. 你所根據的理由是：

- (1) 你必須使用最長的線條。
- (2) 你必須要比較末端繫著 5 單位重量與 10 單位重量的線條。
- (3) 只有長度上的不同。
- (4) 必須去嘗試所有可能的比較。
- (5) 重量的不同。

6-1. 四個玻璃管中，都放入 20 隻果蠅，且每個玻璃管的兩端都是封住的。玻璃管 1 與玻璃管 2 有某部分被黑色的紙包起來，玻璃管 3 與 4 則沒有被黑色紙包住。這些玻璃管放置的方式如圖所示，然後把這些玻璃管放置在紅色光線下五分鐘。下圖顯示了沒有被黑色紙包住的果蠅數目。



這個實驗顯示出果蠅的反應是？（這些反應是指果蠅靠近或遠離）

- (1) 對紅色光線有反應，但對重力沒反應。
- (2) 對重力有反應，但對紅色光線沒反應。
- (3) 對重力與紅色光線都有反應。
- (4) 對重力與紅色光線都沒反應。

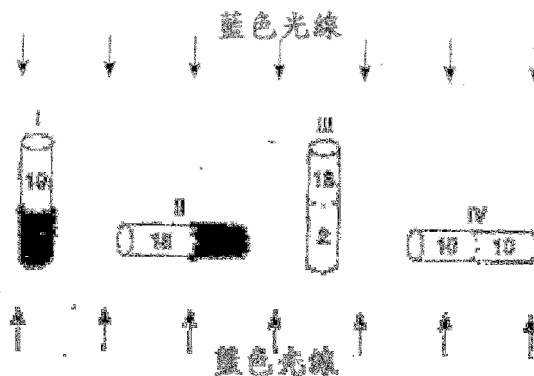
6-2. 你所根據的理由是：

- (1) 大多數的果蠅分佈在玻璃管 3 的頂端，但卻平均散佈在玻璃管 2 中。
- (2) 在玻璃管 1 與玻璃管 3 中，大多數的果蠅都不在管子底部。
- (3) 果蠅需要光線才看的見，而且果蠅飛行必須反抗重力。
- (4) 大部分的果蠅都分佈在管子的頂端，以及被照亮的管子端。
- (5) 每一個玻璃管的兩端均有一些果蠅的分佈。

6-3. 在第二個實驗中，使用不同品種的蒼蠅跟藍色的光線。而實驗的結果表示於下列圖示中：

這些資料顯示出這些果蠅的反應是？
(這裡的反應是指果蠅靠近或遠離)

- (1) 對藍色光現有反應，但對重力沒有反應。
- (2) 對重力有反應，但對藍色光線沒反應。
- (3) 對重力與藍色光線都有反應。
- (4) 對重力與藍色光線都沒反應。



6-4. 你所根據的理由是：

- (1) 每一個玻璃管的兩端均有一些果蠅的分佈。
- (2) 果蠅需要光線才看的見，而且果蠅飛行必須反抗重力。
- (3) 因為果蠅平均分佈在玻璃管 4 中，但是玻璃管 3 中的果蠅大多分佈在頂端。
- (4) 大多數的果蠅分佈在玻璃管 2 的亮端，但沒有分佈玻璃管 1 與 3 的底端。
- (5) 大多數的果蠅在玻璃管 1 的頂端，以及在玻璃管 2 的亮端。

7-1. 六個正方形的木塊被放進布袋中，並均勻的混合。這六塊木塊大小與形狀都相同，但是有三塊木塊是黃色，其他三塊是紅色。假設某人伸手進入布袋中（沒往內看），並拿出一塊木塊。拿到紅色的機率有多少？

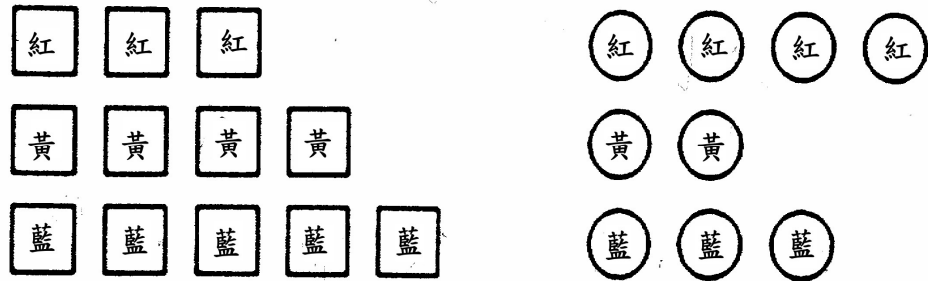
- (1) 1/6 的機率
- (2) 1/3 的機率
- (3) 1/2 的機率
- (4) 100% 的機率。
- (5) 無法決定



7-2. 你所根據的理由是：

- (1) 因為六塊木塊中，有三個是紅色的。
- (2) 沒有辦法說明那一塊木塊會被拿出來。
- (3) 六塊木塊中，只有一塊紅色的會被拿出來。
- (4) 六塊木塊中，形狀與大小都相同。
- (5) 三塊紅色的木板中，只有一個會被拿出來。

8-1. 布袋中，放入方形的木塊，其中紅色3個、黃色4個以及藍色5個，另外再放入圓形木塊，其中紅色4個、黃色2個以及藍色3個。所有的木塊都被放入布袋中，並均勻的混合（不可以觀看，也不可以用手感覺形狀）。然後從布袋中拿出一個木塊。



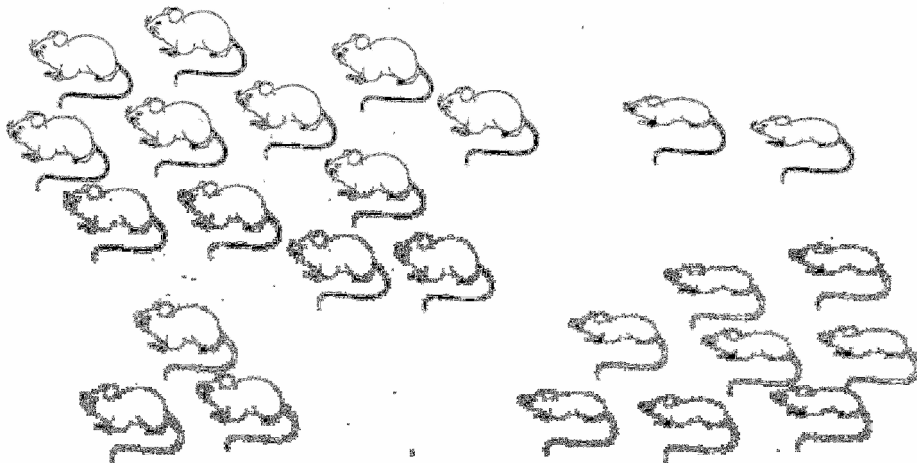
請問拿到紅色圓木塊或藍色圓木塊的機率為多少？

- (1) 資料不足，無法決定。 (2) $1/3$ 的機率。
 (3) $1/21$ 的機率。 (4) $15/21$ 的機率。 (5) $1/2$ 的機率。

8-2. 你所根據的理由是：

- (1) 兩個形狀中，有一種是圓的。
 (2) 21 個木塊中，有 15 個藍色與紅色的。
 (3) 沒有辦法知道拿出來的木塊會是哪一種。
 (4) 21 個木塊中，只有一個會被拿出來。
 (5) 3 個中木塊中，就有一個會是紅色的圓木塊或藍色的圓木塊。

9-1. 布朗農夫在他的農田中發現老鼠，而且這些老鼠有瘦有肥，它們的尾巴的顏色有黑色也有白色。因為這樣的觀察，讓布朗農夫想要知道老鼠的體型與老鼠尾巴的顏色是否有相關連。所以他捕捉了農田某部分土地的所有老鼠，並且觀察它們。下圖中的老鼠就是他抓到的：



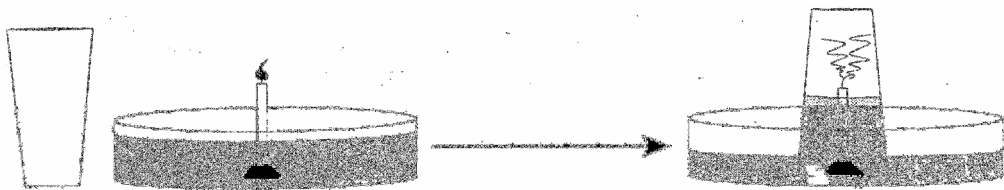
你認為老鼠的體型與老鼠尾巴的顏色是否有某些關連？

(1) 似乎有某些關連。(2) 沒有關連。(3) 無法進行合理的推理。

9-2. 你所根據的理由是：

- (1) 因為每一種類型的老鼠都有抓到一些。
- (2) 在老鼠尺寸與老鼠尾巴顏色可能有基因上的關連。
- (3) 這裡所抓到的老鼠數量不足，無法進行判斷。
- (4) 大多數肥胖的老鼠，它們的尾巴都是黑色，而且大多數瘦的老鼠都有白色尾巴。
- (5) 當老鼠越來越肥胖，它們的尾巴也會越來越黑。

10-1. 下圖中，左圖裡有玻璃杯，以及點燃的生日蠟燭，而生日蠟燭被小塊的黏土固定在水盤底端。右圖中，將玻璃杯蓋住燃燒且放在水盤中的蠟燭。此時，蠟燭會快速的熄滅，玻璃杯的水位也會上升。



這個觀察的結果引發出一個有趣的問題：為什麼玻璃杯中的水位會上升呢？可能的解釋是：燃燒的過程中，蠟燭與氧氣燃燒後，產生二氧化碳，因為氧氣無法快速溶解在水中，但二氧化碳可以，因此燃燒產生的二氧化碳快速的溶解在水中，導致玻璃杯內的壓力變小，玻璃杯內的水位因此而上升。

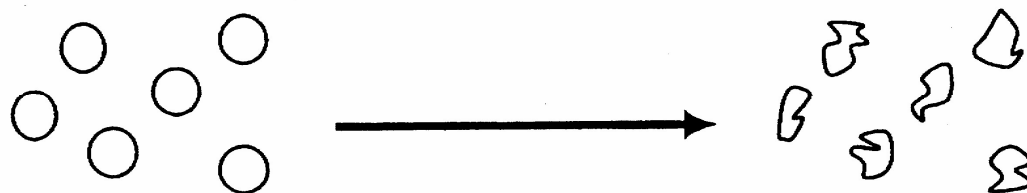
假設提供你上述的所有的實驗器材與材料，並額外供給你一些火柴與乾冰，你要怎樣驗證上述敘述之可能性？

- (1) 讓水中充滿了二氧化碳，並重做上面的實驗，注意水位上升的高度。
- (2) 水位的上升是因為氧氣被消耗了，所以精確的重做實驗來證明水位的上升是因為氧氣的消耗。
- (3) 設計一個對照組，變更蠟燭的數目，然後看看實驗結果是否有何不同。
- (4) 水位上升的可能原因是因為吸力，所以製作一個通管，並在通管的頂端放一個氣球，並將燃燒的蠟燭放置於此裝置內。
- (5) 重做實驗，並確定控制住所有的依變項，然後再進行水位上升的測量。

10-2. 哪一個實驗的結果（第 10-1 題中所提到的）將會顯示出你的解釋可能是錯的？

- (1) 水位上升的高度與之前的實驗相同。
- (2) 水位上升的高度比之前的實驗低。
- (3) 氣球膨脹了。
- (4) 氣球收縮了。

- 11-1. 一個學生將一滴血液放在顯微鏡下觀察，所看到的結果如下圖所示，紅血球在顯微鏡下看起來像是一個圓球。但是在一滴血中滴入幾滴鹽水後，學生經由顯微鏡觀察後發現，紅血球的形狀似乎變小了。



血液中紅血球的形狀

加了鹽水後的紅血球

這個觀察結果引起了一個很有趣的問題：為什麼紅血球的形狀會變小？

這裡有兩個可能的解釋：第一個解釋，鹽離子（鈉離子與氯離子）推擠細胞膜，因此讓細胞變小了。第二個解釋，水分子受到鹽離子的吸引，因此細胞內的水分子就被吸引出來，因此血球的尺寸就變小了。

為了驗證這些解釋，這學生使用配置好的鹽水（有很正確的重量百分濃度），以及一些裝有水的塑膠袋，並且假裝塑膠袋就像血球的細胞膜。此實驗中所使用的塑膠袋水球，事先經過精確的重量測量，然後放入鹽水中十分鐘，再拿出來測量水袋的重量。

下列哪一個敘述可以證明第一個解釋是錯誤的？

- (1) 水袋的重量減少。
- (2) 水袋的重量相同。
- (3) 水袋變小了。

11-2. 下列哪一個敘述可以證明第二個解釋是錯誤的？

- (1) 水袋的重量減少。
- (2) 水袋的重量相同。
- (3) 水袋變小了。

附錄六 網路化論證學習課程活動設計(實驗組)

課程 流程		課程內容
主題一： 物質的 變化	事件 1	<p>一、論證前問題(概念前測)</p> <p>★點選影片</p> <p>A. 加熱紫黑色碘晶體產生紫色氣體</p> <p>B. 酒精浸濕色紙，一段時間後色紙變乾了</p> <p>C. 對澄清石灰水溶液吹氣至溶液成混濁</p> <p>D. 大理石加稀鹽酸後冒出氣泡，使氣球膨脹</p> <p>E. 小鐵刀放入硫酸銅溶液後，小鐵刀變成紅色</p> <p>F. 硝酸鉛溶液加入碘化鉀溶液後，溶液呈黃色</p> <p>(請在下列欄位填入 A、B、C、D、E、F)</p> <p>變化後，本質未發生改變的有：_____</p> <p>變化後，本質發生改變的有：_____</p> <p>二、小組論證</p> <p>三、論證後問題(概念後測)</p> <p>★題目如論證前問題(概念前測)</p> <p>四、概念探究(文字、圖片教學)</p>
	事件 2	<p>一、論證前問題(概念前測)</p> <p>★下列 A-F 的變化中，哪些是物理變化?哪些是化學變化?</p> <p>(A)煙火爆炸</p> <p>(B)溫度計內的水銀熱脹冷縮</p> <p>(C)綠色植物行光合作用</p> <p>(D)硫粉點火燃燒</p> <p>(E)輪胎爆胎</p> <p>(F)酒精燈內的酒精點火燃燒後變少</p> <p>(G)酒精燈內的酒精靜置一段時間後變少</p> <p>二、小組論證</p> <p>三、論證後問題(概念後測)</p> <p>★題目如論證前問題(概念前測)</p>
		<p>◎冰融化成水、水加熱成水蒸氣影片</p> <p>一、引導問題</p> <p>★將冰塊加熱融化、或將水加熱變成水蒸氣，在這變化的過程中，物質的本質是否發生改變?</p> <p>(A)完全改變</p> <p>(B)部分改變</p> <p>(C)沒有改變</p>

<p>主題二： 物理變化</p>	<p>事件 1</p>	<p>★你的想法與下列哪一個選項最接近？</p> <p>(A)加熱會改變物質的組成。</p> <p>(B)必須視加熱程度才能得知改變情況。</p> <p>(C)加熱後物質內的組成仍相同。</p> <p>二、生活中水的變化影片</p> <p>三、教學時間</p> <p>※水的三態變化微觀現象</p> <p>四、論證前問題(概念前測)</p> <p>★將冰塊加熱融化成水、或將水加熱變成水蒸氣，本質並沒有改變。那麼以粒子觀點來看，冰、水、水蒸氣外觀型態不同，是什麼因素造成的？</p> <p>(A)三種狀態下的水分子本身大小不同。</p> <p>(B)三種狀態下的水分子本身形狀不同。</p> <p>(C)三種狀態下，水分子被分解的程度不同。</p> <p>(D)三種狀態下，水分子彼此間的距離不同。</p> <p>★你的想法和下列哪一個選項最接近？</p> <p>(A)加熱後水分子分解成更多的氫原子和氧原子。</p> <p>(B)加熱後水分子本身體積膨脹變大。</p> <p>(C)加熱後部分水分子掙脫和其他水分子間的束縛。</p> <p>(D)加熱後水分子和其他水分子結合成更大的分子結構。</p> <p>五、小組論證</p> <p>六、論證後問題(概念後測)</p> <p>★題目如論證前問題(概念前測)</p> <p>七、概念探究(文字、圖片教學)</p> <p>★冰融化成水、水加熱成水蒸氣粒子動畫</p>
	<p>事件 2</p>	<p>一、論證前問題(概念前測)</p> <p>★將葡萄糖加入水中配製成糖水，這個過程是屬於什麼變化？</p> <p>(A)葡萄糖分子分解成更小的原子，屬於化學變化</p> <p>(B)葡萄糖溶於水，顆粒變小，屬於物理變化</p> <p>(C)葡萄糖分子和水分子結合成新物質，屬於物理變化</p> <p>(D)葡萄糖分子和水分子反應，分子分解並重新組合，屬於化學變化</p> <p>★你的想法和下列哪一個選項最接近？</p> <p>(A)葡萄糖分子的組成原子和水分子的組成原子全部重新組合成新物質。</p> <p>(B)葡萄糖分子和水分子結合成更大的分子結構—新分子的性質兼具葡萄糖和水之部分特性。</p>

		<p>(C)葡萄糖分子被水破壞分解成更小的碳原子、氫原子和氧原子，原子散佈於水分子中。</p> <p>(D)葡萄糖溶於水，形成葡萄糖分子，分子間距離變大，並均勻分布於水分子中。</p> <p>二、小組論證</p> <p>三、論證後問題(概念後測)</p> <p>★題目如教學前問題(概念前測)</p> <p>四、概念探究(文字、圖片教學)</p> <p>五、進階問題</p> <p>★物質發生物理變化前後相比較，物質分子和組成原子有何改變?</p> <p>(A)只有分子之間的距離改變，原有的分子沒有被分解。</p> <p>(B)原有的分子被分解成一個個單獨存在的原子。</p> <p>(C)由於組成原子膨脹變大，使得物質分子也隨之膨脹變大。</p> <p>(D)由於組成原子轉變成新的原子，使得物質分子變成新的分子。</p>
<p>主題三： 化學變化</p> <p>(從粒子 觀點看 電解水)</p>	<p>事件 1</p>	<p>一、論證前問題(概念前測)</p> <p>◎電解水影片</p> <p>★電解水實驗後，連接電源兩端的試管皆產生氣體，你認為兩端的氣體是什麼，如何產生的?</p> <p>(A)由於空氣難溶於水，原先微溶於水的空氣無法再溶於水中，所以兩端試管內的氣體是空氣。</p> <p>(B)由於水槽內的水發生化學變化，水分子的組成原子(氫原子、氧原子)變成其他新原子，產生其他氣體。</p> <p>(C)由於水槽內的水逐漸汽化成水蒸氣，所以兩端試管內的氣體是水蒸氣。</p> <p>(D)由於水槽內的水發生化學變化，水分子的組成原子(氫原子、氧原子)重新組合，產生其他氣體。</p> <p>★你的想法和下列哪一個選項最接近?</p> <p>(A)通電作用破壞水分子內的原子，使得氫原子、氧原子分裂，產生氣體。</p> <p>(B)通電提供能量，讓部分水分子吸收能量，逐漸掙脫群體形成水蒸氣。</p> <p>(C)通電提供能量使得水分子分解，水分子內的原子分離，原子重新排列組合產生氣體。</p> <p>(D)部分空氣原溶於水，通電後水溫變高使得空氣溶解度變小而逐漸冒出。</p> <p>(E)通電後產生新種類的原子，新原子彼此組合產生氣體。</p> <p>二、小組論證</p> <p>三、論證後問題(概念後測)</p>

★題目如論證前問題(概念前測)

四、概念探究(文字、圖片教學)

★電解水產生氫氣、氧氣及檢驗影片

★電解水產生氫氣、氧氣動畫粒子觀點

五、進階問題 1

★銀灰色小鐵刀(Fe)放入硫酸銅(CuSO_4)溶液一段時間後，小鐵刀呈紅色，原因為何？

小鐵刀放入硫酸銅溶液影片

(A)小鐵刀仍然是鐵刀。沒有任何變化。

(B)小鐵刀被硫酸侵蝕後內部裸露，呈現紅色。

(C)小鐵刀表面呈紅色是紅色新物質產生。

(D)此溶液可檢驗小鐵刀生鏽後的酸鹼性質。

★你的想法和下列哪一個選項最接近？

(A)硫酸具有強腐蝕性，可腐蝕金屬表面，所以小鐵刀被腐蝕，形成紅色。

(B)小鐵刀內的鐵原子和硫酸銅的銅原子置換，產生紅色的銅。

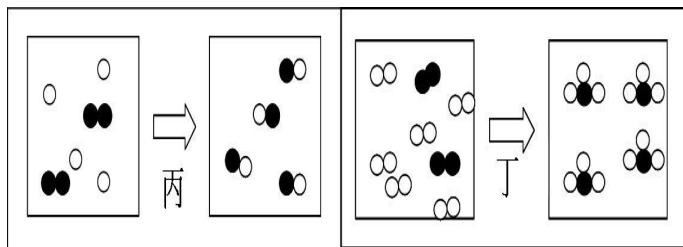
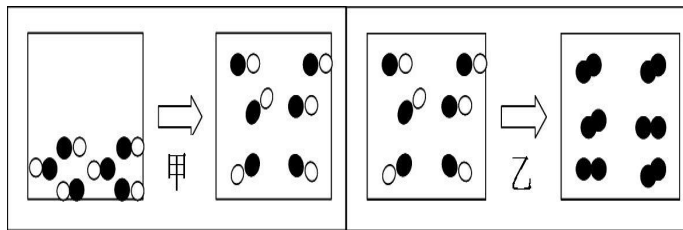
(C)硫酸銅溶液可檢驗酸鹼性，小鐵刀在溶液中呈鹼性，所以呈紅色。

(D)小鐵刀的狀態沒有改變，組成成分不變，仍然是鐵原子組成。

六、概念探究(圖片、文字)

七、進階問題 2

★下列圖示何者可表示化學變化的粒子模型圖？



(A)甲(B)乙(C)丙、丁(D)甲、乙、丙、丁

八、觀念澄清

	事件 2	<p>一、論證前問題(概念前測)</p> <p>★碳酸鈉溶液加氯化鈣溶液反應後，質量相等影片</p> <p>★小蘇打溶液加入稀鹽酸溶液反應後，質量不相等影片</p> <p>★小蘇打溶液加入稀鹽酸溶液反應後，反應前後質量不相等，但碳酸鈉和氯化鈣溶液反應前後，質量卻相等，為什麼？</p> <p>(A)化學反應若有氣體產生，則不遵守質量守恆定律。</p> <p>(B)小蘇打溶液和稀鹽酸溶液反應後產生氣體逸失到空氣中；而氯化鈣溶液和碳酸鈉溶液反應不涉及氣體逸散。</p> <p>(C)任何化學反應皆遵守質量守恆定律，反應前後質量不同是實驗過程有誤差。</p> <p>(D)化學反應在密閉容器內進行，才能遵守質量守恆定律。</p> <p>二、小組論證</p> <p>三、論證後問題(概念後測)</p> <p>★題目如論證前問題(概念前測)</p> <p>四、概念探究(文字、圖片教學)</p> <p>★密閉環境下，小蘇打溶液加入稀鹽酸溶液反應後，反應前後質量相等之影片</p> <p>五、進階問題</p> <p>在密閉容器下，若 A 和 B 反應後產生 C 和 D，將 12 公克的 A 和 6 公克的 B 完全反應後，產生 10 公克的 C 時，則生成物 D 的質量應為多少公克？</p> <p>(A)6 公克</p> <p>(B)8 公克</p> <p>(C)10 公克</p> <p>(D)28 公克</p>
主題四： 化學反應式	事件 1	<p>※體積與分子數的關係</p> <p>觀念引導</p> <p>★電解水實驗-電解水結果:左邊試管產生 5mL 氧氣，右邊試管產生 10mL 氫氣</p> <p>【氣體體積比】氧氣:氫氣=1:2</p> <p>亞佛加厥假說</p> <p>★類題 1</p> <p>電解水一段時間後，由實驗結果發現氫氣的體積 6mL 與氧氣的體積 3mL，請問氫氣與氧氣中的分子個數比是多少？</p> <p>(A)1:1</p> <p>(B)1:2</p> <p>(C)2:1</p> <p>(D)3:1</p>

★類題 2

在 100°C 相同條件下，將 20mL 氫氣(H₂)與 10mL 氧氣(O₂)混合點火可以產生 20mL 水蒸氣(H₂O)，請問在整個反應中氫氣、氧氣、水蒸氣彼此間的分子個數比是多少？

(A)1:1:1

(B)2:1:2

(C)2:2:3

(D)2:1:3

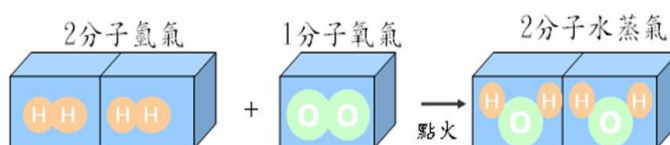
※如何利用粒子模型表示化學反應

一、論證前問題(概念前測)

★氫氣燃燒:在 100°C 相同條件下，氫氣和氧氣混合點火可以產生水蒸氣

氫氣(H₂):氧氣(O₂):水蒸氣(H₂O)的分子數比為 2:1:2

代表 2 分子氫氣+1 分子氧氣→2 分子水蒸氣



數一數:

左邊的氣體分子共有多少個?

右邊的氣體分子共有多少個?

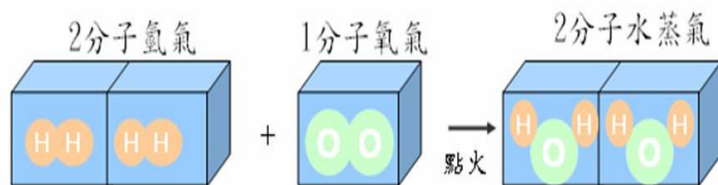
箭頭左邊的分子數和右邊的分子數關係?(相等或不相等)

★在 100°C 相同條件下，氫氣和氧氣混合點火，可以產生水蒸氣

實驗結果發現:氫氣(H₂):氧氣(O₂):水蒸氣(H₂O)的分子數比為

2:1:2

代表 2 分子氫氣+1 分子氧氣→2 分子水蒸氣



數一數:

箭頭左邊的氫原子個數多少個:

箭頭左邊的氧原子個數多少個:

箭頭右邊的氫原子個數多少個:

箭頭右邊的氧原子個數多少個:

箭頭左邊和右邊的氫原子個數有何關係?(相等或不相等)

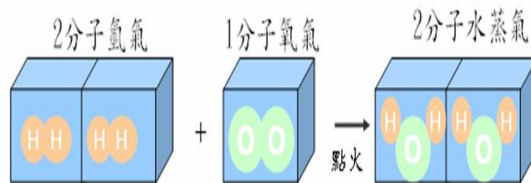
箭頭左邊和右邊的氧原子個數有何關係?(相等或不相等)

二、小組論證

在 100°C 相同條件下，氫氣和氧氣混合點火，可以產生水蒸氣
實驗結果發現：

氫氣(H₂):氧氣(O₂):水蒸氣(H₂O)的分子數比為 2:1:2

代表 2 分子氫氣+1 分子氧氣→2 分子水蒸氣



請和你的小組成員進行討論:依據上圖粒子模型圖、道耳吞的原子說或化學變化的粒子觀點，可以看出化學反應的哪些關係?

三、論證後問題(概念後測)

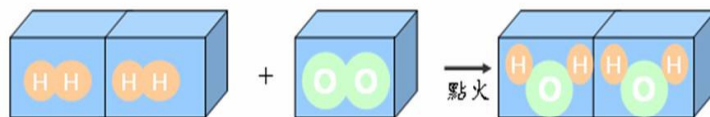
★題目如論證前問題(概念前測)

四、概念探究(文字、圖片教學)

※如何寫化學反應式

一、觀念引導

★2 公升的氫氣和 1 公升的氧氣混合，經點火後讓兩者完全反應，可產生 2 公升的水蒸氣，請將下列的粒子模型改寫成化學反應式



事件 2

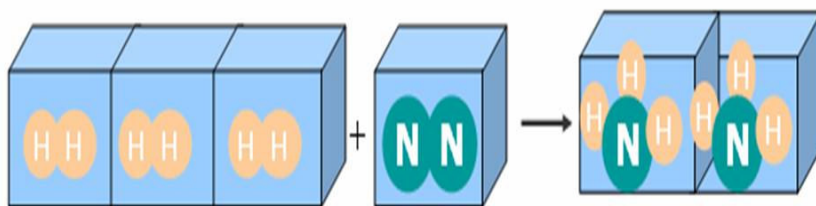
你的答案是: _____

二、概念探究(文字、圖片教學)

★化學反應式動畫粒子說明

★類題 1

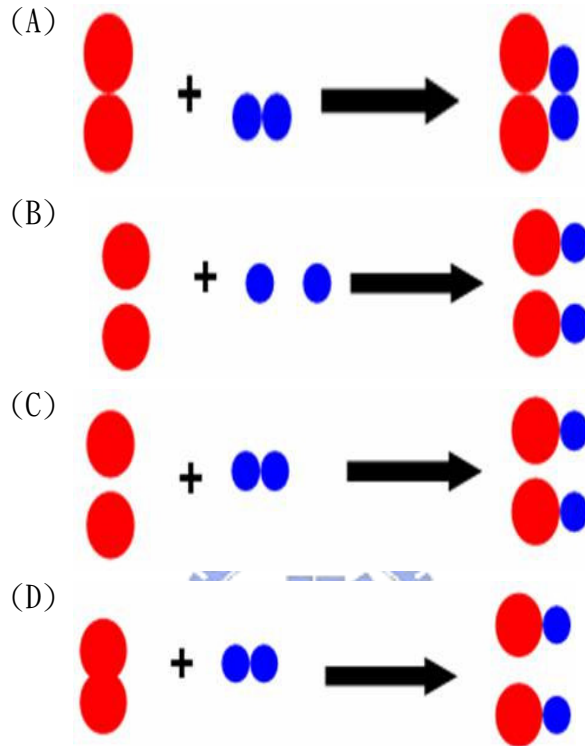
3 分子氫氣和 1 分子氮氣在高溫可反應生成 2 分子氨氣



請將上列粒子模型改寫成化學反應式_____

★類題 2

若 ● 代表鎂原子(Mg)，● 代表氧原子(O)，則鎂帶和氧氣燃燒生成氧化鎂(MgO)的反應，為下列哪一個圖？



★你的理由和下列哪一個選項最接近？

- (A) 1 個鎂原子加上 1 個氧原子形成 1 個氧化鎂分子。
- (B) 1 個鎂原子加上 1 個氧分子形成 1 個氧化鎂分子。
- (C) 2 個鎂原子加上 1 個氧原子形成 2 個氧化鎂分子。
- (D) 2 個鎂原子加上 1 個氧分子形成 2 個氧化鎂分子。

二、小組論證

(1) 氫氣燃燒化學反應式 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

(2) 氫氣和氮氣高溫反應之化學反應式 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$

(3) 鎂帶燃燒化學反應式 $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$

請和你的小組成員討論：從以上化學反應式，能夠得知化學反應式可以表達哪些訊息或原理？

三、教學後問題(概念後測)

附錄七 網路化學學習課程活動設計(對照組)

課程 流程		課程內容
主題一： 物質的 變化	事件 1	一、概念問題 ★點選影片 A. 加熱紫黑色碘晶體產生紫色氣體 B. 酒精浸濕色紙，一段時間後色紙變乾了 C. 對澄清石灰水溶液吹氣至溶液成混濁 D. 大理石加稀鹽酸後冒出氣泡，使氣球膨脹 E. 小鐵刀放入硫酸銅溶液後，小鐵刀變成紅色 F. 硝酸鉛溶液加入碘化鉀溶液後，溶液呈黃色 (請在下列欄位填入 A、B、C、D、E、F) 變化後，本質未發生改變的有：_____。 變化後，本質發生改變的有：_____。 二、概念探究(文字、圖片教學)
	事件 2	一、概念問題 ★下列 A-F 的變化中，哪些是物理變化?哪些是化學變化? (A)煙火爆炸 (B)溫度計內的水銀熱脹冷縮 (C)綠色植物行光合作用 (D)硫粉點火燃燒 (E)輪胎爆胎 (F)酒精燈內的酒精點火燃燒後變少 (G)酒精燈內的酒精靜置一段時間後變少 二、概念探究(文字、圖片教學)
		◎冰融化成水、水加熱成水蒸氣影片 一、引導問題 ★將冰塊加熱融化、或將水加熱變成水蒸氣，在這變化的過程中，物質的本質是否發生改變? (A)完全改變 (B)部分改變 (C)沒有改變 ★你的想法與下列哪一個選項最接近? (A)加熱會改變物質的組成。 (B)必須視加熱程度才能得知改變情況。 (C)加熱後物質內的組成仍相同。 二、生活中水的變化影片

<p>主題二： 物理變化</p>	<p>事件 1</p> <p>三、教學時間</p> <p>※水的三態變化微觀現象</p> <p>四、概念問題</p> <p>★將冰塊加熱融化成水、或將水加熱變成水蒸氣，本質並沒有改變。那麼以粒子觀點來看，冰、水、水蒸氣外觀型態不同，是什麼因素造成的？</p> <p>(A)三種狀態下的水分子本身大小不同。 (B)三種狀態下的水分子本身形狀不同。 (C)三種狀態下，水分子被分解的程度不同。 (D)三種狀態下，水分子彼此間的距離不同。</p> <p>★你的想法和下列哪一個選項最接近？</p> <p>(A)加熱後水分子分解成更多的氫原子和氧原子。 (B)加熱後水分子本身體積膨脹變大。 (C)加熱後部分水分子掙脫和其他水分子間的束縛。 (D)加熱後水分子和其他水分子結合成更大的分子結構。</p> <p>五、概念探究(文字、圖片教學)</p> <p>★冰融化成水、水加熱成水蒸氣粒子動畫</p>
	<p>事件 2</p> <p>一、概念問題</p> <p>★將葡萄糖加入水中配製成糖水，這個過程是屬於什麼變化？</p> <p>(A)葡萄糖分子分解成更小的原子，屬於化學變化 (B)葡萄糖溶於水，顆粒變小，屬於物理變化 (C)葡萄糖分子和水分子結合成新物質，屬於物理變化 (D)葡萄糖分子和水分子反應，分子分解並重新組合，屬於化學變化</p> <p>★你的想法和下列哪一個選項最接近？</p> <p>(A)葡萄糖分子的組成原子和水分子的組成原子全部重新組合成新物質。 (B)葡萄糖分子和水分子結合成更大的分子結構—新分子的性質兼具葡萄糖和水之部分特性。 (C)葡萄糖分子被水破壞分解成更小的碳原子、氫原子和氧原子，原子散佈於水分子中。 (D)葡萄糖溶於水，形成葡萄糖分子，分子間距離變大，並均勻分布於水分子中。</p> <p>二、概念探究(文字、圖片教學)</p> <p>三、進階問題</p> <p>★物質發生物理變化前後相比較，物質分子和組成原子有何改變？</p> <p>(A)只有分子之間的距離改變，原有的分子沒有被分解。</p>

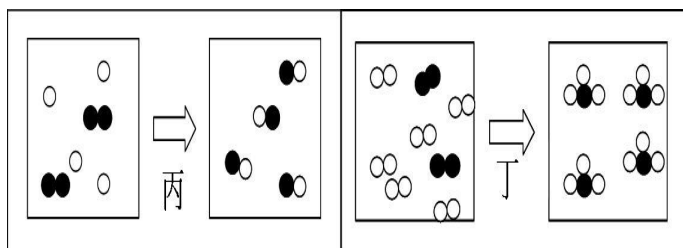
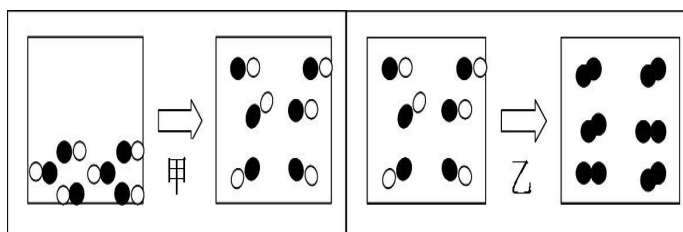
	<p>(B)原有的分子被分解成一個個單獨存在的原子。</p> <p>(C)由於組成原子膨脹變大，使得物質分子也隨之膨脹變大。</p> <p>(D)由於組成原子轉變成新的原子，使得物質分子變成新的分子。</p>
<p>主題三： 化學變化</p> <p>(從粒子 觀點看 電解水)</p>	<p>事件 1</p> <p>一、概念問題</p> <p>◎電解水影片</p> <p>★電解水實驗後，連接電源兩端的試管皆產生氣體，你認為兩端的氣體是什麼，如何產生的？</p> <p>(A)由於空氣難溶於水，原先微溶於水的空氣無法再溶於水中，所以兩端試管內的氣體是空氣。</p> <p>(B)由於水槽內的水發生化學變化，水分子的組成原子(氫原子、氧原子)變成其他新原子，產生其他氣體。</p> <p>(C)由於水槽內的水逐漸汽化成水蒸氣，所以兩端試管內的氣體是水蒸氣。</p> <p>(D)由於水槽內的水發生化學變化，水分子的組成原子(氫原子、氧原子)重新組合，產生其他氣體。</p> <p>★你的想法和下列哪一個選項最接近？</p> <p>(A)通電作用破壞水分子內的原子，使得氫原子、氧原子分裂，產生氣體。</p> <p>(B)通電提供能量，讓部分水分子吸收能量，逐漸掙脫群體形成水蒸氣。</p> <p>(C)通電提供能量使得水分子分解，水分子內的原子分離，原子重新排列組合產生氣體。</p> <p>(D)部分空氣原溶於水，通電後水溫變高使得空氣溶解度變小而逐漸冒出。</p> <p>(E)通電後產生新種類的原子，新原子彼此組合產生氣體。</p> <p>二、概念探究(文字、圖片教學)</p> <p>★電解水產生氫氣、氧氣及檢驗影片</p> <p>★電解水產生氫氣、氧氣動畫粒子觀點</p> <p>三、進階問題 1</p> <p>★銀灰色小鐵刀(Fe)放入硫酸銅(CuSO_4)溶液一段時間後，小鐵刀呈紅色，原因為何？</p> <p>小鐵刀放入硫酸銅溶液影片</p> <p>(A)小鐵刀仍然是鐵刀。沒有任何變化。</p> <p>(B)小鐵刀被硫酸侵蝕後內部裸露，呈現紅色。</p> <p>(C)小鐵刀表面呈紅色是紅色新物質產生。</p> <p>(D)此溶液可檢驗小鐵刀生鏽後的酸鹼性質。</p> <p>★你的想法和下列哪一個選項最接近？</p> <p>(A)硫酸具有強腐蝕性，可腐蝕金屬表面，所以小鐵刀被腐蝕，形</p>

成紅色。
 (B)小鐵刀內的鐵原子和硫酸銅的銅原子置換，產生紅色的銅。
 (C) 硫酸銅溶液可檢驗酸鹼性，小鐵刀在溶液中呈鹼性，所以呈紅色。
 (D)小鐵刀的狀態沒有改變，組成成分不變，仍然是鐵原子組成。

四、概念探究(圖片、文字)

五、進階問題 2

★下列圖示何者可表示化學變化的粒子模型圖？



(A)甲(B)乙(C)丙、丁(D)甲、乙、丙、丁

六、觀念澄清

一、概念問題

★碳酸鈉溶液加氯化鈣溶液反應後，質量相等影片

★小蘇打溶液加入稀鹽酸溶液反應後，質量不相等影片

★小蘇打溶液加入稀鹽酸溶液反應後，反應前後質量不相等，但碳酸鈉和氯化鈣溶液反應前後，質量卻相等，為什麼？

事件 2

(A)化學反應若有氣體產生，則不遵守質量守恆定律。

(B)小蘇打溶液和稀鹽酸溶液反應後產生氣體逸失到空氣中；而氯化鈣溶液和碳酸鈉溶液反應不涉及氣體逸散。

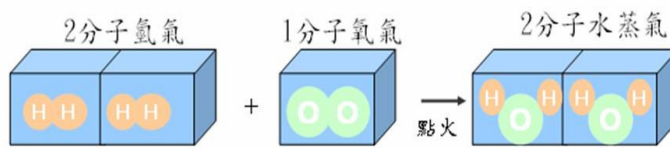
(C)任何化學反應皆遵守質量守恆定律，反應前後質量不同是實驗過程有誤差。

(D)化學反應在密閉容器內進行，才能遵守質量守恆定律。

二、概念探究(文字、圖片教學)

★密閉環境下，小蘇打溶液加入稀鹽酸溶液反應後，反應前後質量相等之影片

	<p>三、進階問題</p> <p>在密閉容器下，若 A 和 B 反應後產生 C 和 D，將 12 公克的 A 和 6 公克的 B 完全反應後，產生 10 公克的 C 時，則生成物 D 的質量應為多少公克？</p> <p>(A)6 公克 (B)8 公克 (C)10 公克 (D)28 公克</p>
<p>主題四： 化學反 應式</p>	<p>事件 1</p> <p>※體積與分子數的關係</p> <p>觀念引導</p> <p>★電解水實驗-電解水結果:左邊試管產生 5mL 氧氣，右邊試管產生 10mL 氫氣</p> <p>【氣體體積比】氧氣:氫氣=1:2</p> <p>亞佛加厥假說</p> <p>★類題 1</p> <p>電解水一段時間後，由實驗結果發現氫氣的體積 6mL 與氧氣的體積 3mL，請問氫氣與氧氣中的分子個數比是多少？</p> <p>(A)1:1 (B)1:2 (C)2:1 (D)3:1</p> <p>★類題 2</p> <p>在 100°C 相同條件下，將 20mL 氫氣(H₂)與 10mL 氧氣(O₂)混合點火可以產生 20mL 水蒸氣(H₂O)，請問在整個反應中氫氣、氧氣、水蒸氣彼此間的分子個數比是多少？</p> <p>(A)1:1:1 (B)2:1:2 (C)2:2:3 (D)2:1:3</p> <p>※如何利用粒子模型表示化學反應</p> <p>一、概念問題</p> <p>★氫氣燃燒:在 100°C 相同條件下，氫氣和氧氣混合點火可以產生水蒸氣</p> <p>氫氣(H₂):氧氣(O₂):水蒸氣(H₂O)的分子數比為 2:1:2</p> <p>代表 2 分子氫氣+1 分子氧氣→2 分子水蒸氣</p>



數一數：

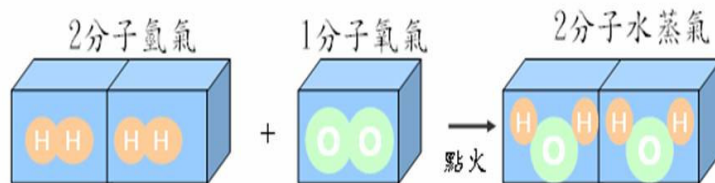
左邊的氣體分子共有多少個？

右邊的氣體分子共有多少個？

箭頭左邊的分子數和右邊的分子數關係？(相等或不相等)

★在 100°C 相同條件下，氫氣和氧氣混合點火，可以產生水蒸氣
實驗結果發現：氫氣(H₂):氧氣(O₂):水蒸氣(H₂O)的分子數比為
2:1:2

代表 2 分子氫氣+1 分子氧氣→2 分子水蒸氣



數一數：

箭頭左邊的氫原子個數多少個：

箭頭左邊的氧原子個數多少個：

箭頭右邊的氫原子個數多少個：

箭頭右邊的氧原子個數多少個：

箭頭左邊和右邊的氫原子個數有何關係？(相等或不相等)

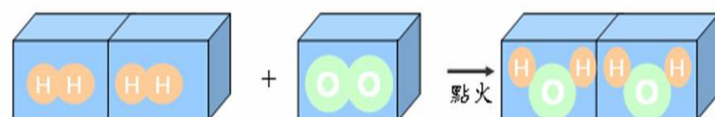
箭頭左邊和右邊的氧原子個數有何關係？(相等或不相等)

二、概念探究(文字、圖片教學)

※如何寫化學反應式

一、觀念引導

★2 公升的氫氣和 1 公升的氧氣混合，經點火後讓兩者完全反應，
可產生 2 公升的水蒸氣，請將下列的粒子模型改寫成化學反應式



事件 2

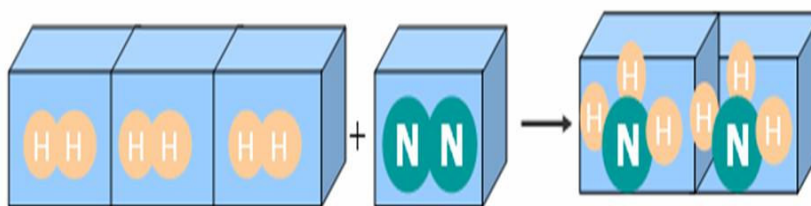
你的答案是：_____

二、概念探究(文字、圖片教學)

★化學反應式動畫粒子說明

★類題 1

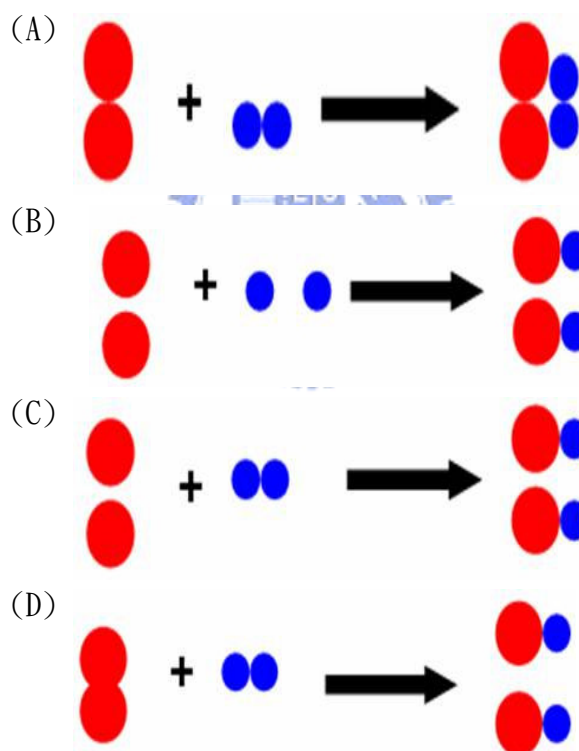
3 分子氫氣和 1 分子氮氣在高溫可反應生成 2 分子氨氣



請將上列粒子模型改寫成化學反應式

★類題 2

若 ● 代表鎂原子(Mg)，● 代表氧原子(O)，則鎂帶和氧氣燃燒生成氧化鎂(MgO)的反應，為下列哪一個圖？



★你的理由和下列哪一個選項最接近？

- (A) 1 個鎂原子加上 1 個氧原子形成 1 個氧化鎂分子。
- (B) 1 個鎂原子加上 1 個氧分子形成 1 個氧化鎂分子。
- (C) 2 個鎂原子加上 1 個氧原子形成 2 個氧化鎂分子。
- (D) 2 個鎂原子加上 1 個氧分子形成 2 個氧化鎂分子。