

# 網路化科學推理學習對國小學生燃燒概念重建與推理能力

## 提昇之影響

研究生：李錦坤

指導教授：佘曉清博士

國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習組

### 摘 要

本研究結合雙重情境學習模式(DSLM)、科學推理(Scientific reasoning)和網路學習(Web learning)的理論，建構發展「燃燒」完整教學單元的網路化學習課程。並探討不同教學模式(結合科學推理之網路化 DSLM 和一般傳統教學模式)、不同自然與生活科技學業成就(學業成就高分組及低分組)及不同科學推理能力(具體運思前期、具體運思後期及轉變期)對燃燒概念建構與改變、科學推理能力提升的影響。

研究對象為國小六年級學生共二班 62 人，分成實驗與對照兩組以不同教學模式，六週的時間進行「燃燒」單元的教學。第一部分對單元成就測驗、主題相依測驗和科學推理測驗，分別進行三因子多變量變異數分析(3-factor MANCOVA)以比較兩組學生在概念重建及運用科學推理的差異情形。第二部分另外在教學前、教學後、教學結束六週後各選取 6 名實驗與對照組的學生進行晤談，並使用語意流程圖(flow map)進行敘述性及推論性統計分析，以比較兩組學生在教學前後的觀念狀態及解釋理由時所運用的科學推理層級的差異。第三部分就實驗組在網路互動式學習歷程，深入分析學生概念重建及推理能力進步的情形。

第一部分的研究結果顯示不同的教學模式在「燃燒單元成就測驗」、「燃燒單元主題相依推理測驗」和「科學推理測驗」均達顯著差異，實驗組在燃燒單元的學習成效以及學習保留效果均優於對照組學生。

第二部分的結果顯示實驗組學生在概念數及正確概念得分均高於對照組；在科學推理方面，和對照組所運用的主要推理類別「概述」(Generativity, G)相較，實驗組的學生在教學後能夠運用如「精緻化」(Elaboration, EL)，「判斷」(Justification, J)，甚至「解釋」(Explanation, EX)等較高層級的推理技巧類別。

第三部分的結果顯示各單元學習事件其概念建構成功的比例平均約為 50%~100%，轉變期和高學業成就的學生表現出較佳的學習保留效果，低學業和具體運思前期的學生則表現出較高的概念改變成功比例。從進步、維持、退步三個類別進行推理改變的分析、在本課程中學生的推理層級進步或維持的比例平均可達 85.6%。

關鍵字：燃燒概念 概念重建 科學推理 雙重情境教學模式

# The Effects of Web-based Scientific Reasoning on Elementary Students' Conceptual Reconstruction of Combustion and Reasoning

Student : Chin-Kuen Lee

Advisor : Hsiao-Ching She, Ph.D.

## Abstract

The design of this research was based on the theories of Dual Situated Learning Model (DSLML), scientific reasoning and web-based learning. A serial of lessons about “combustion” for elementary students was developed based on the above theories. The purpose of this study was to investigate the effects of the instructional approach (the web-based lesson incorporating with DSLML and scientific reasoning theories and the conventional), the level of academic achievement in science (high achievers and low achievers) and the stage of scientific reasoning ability (pre-concrete operational, post-concrete operational, and transitional) on the construction of concepts involving combustion and on the promoting of reasoning ability.

Sixty-two elementary students (2 classes) participated in the study. One class, the experiment group, received the web-based scientific reasoning lessons for 6 weeks, and the other class, the control group, received the traditional lessons for the same period of time. The data analyses comprised three major parts. In the first part, the differences of conceptual construction and reasoning between the experimental and control group was compared. This was achieved by the MANCOVA results of the pre- post- and retention test scores of the Combustion Cognitive Achievement Test, the Reasoning Test of Combustion, and the Scientific Reasoning Test. In the second part, the interviews conducted before, immediate and six weeks respectively after the intervention were analyzed to compare the differences of conceptual construction and reasoning between the experimental and control group. In the third part, the conceptual construction and reasoning development of the experimental group was examined with the data collected during the learning activities of the web-based lessons.

The MANCOVA results revealed the experimental group students significantly outperformed the control group students, regardless of their initial levels of academic achievement in science (high achievers, middle achievers or low achievers) or their stage of scientific reasoning ability (pre-concrete operational, post-concrete operational, transitional), in the results of the Combustion Cognitive Achievement Test, the Reasoning Test of Combustion, and the Scientific Reasoning Test. In addition, the test scores evidenced that there was a better immediate effect and also a superior retaining effect on the experimental group.

The interview transcripts were analyzed with the flow map method. The statistical analysis results revealed that the experimental group had a significantly better performance than the control group in the quantity of conceptual change and the scores of correct concepts in most questions. Moreover, the experimental group demonstrated significantly higher levels of scientific reasoning skill (Elaboration, Justification and Explanation) than the control group (Generativity).

The analysis of the data collected during the experimental group's learning process,

indicated that the average successful conceptual change rate ranged from 50% to 100%, and there was a percentage higher than 80% that the students' reasoning skill was improved or sustained after each learning event.

The above findings support that the web-based lessons incorporating with the DSLM and scientific reasoning theories are effective to enhance students' construction of scientific concepts, to facilitate conceptual change, and to promote developing reasoning skills.

Key words: Combustion, Conceptual Reconstruction, Scientific Reasoning, DSLM



## 誌 謝

經過了長久的煎熬，一個快四十歲的老研究生終於完成了整個研究。首先要感謝余曉清教授願意指導我這個外行人，兩年來在身教及言教的薰陶並且一步步從基礎開始引導我進行各項研究，讓我得以一窺科學教育研究之堂奧。再來要感謝李玉梅老師在論文及英文摘要寫作的指導和修飾，讓我得以順利的完成論文。更要感謝國立花蓮教育大學林煥祥校長、國立交通大學理學院莊祚敏副院長和國立台灣師範大學林陳涌教授對於論文的內容提供諸多寶貴的意見，讓我的論文更臻完善。

另外感謝在研究期間，台北市建安國小白麗美校長、黃祥宗主任以及吳遠山老師、張景明老師和殷乃仁老師所提供的協助，交通大學陳宗邦先生對網路課程系統的維護，以及劉思瑋小姐在論文內容校正及排版的協助。感謝文楓學長、小媛學姐、同學姪奴、姿津、曉芳和學妹怡仁，在艱困的過程中有了你們的鼓勵，讓我能夠鼓起餘勇支持到最後。

最後要感謝我的父母及妹妹丹仁在研究期間無怨無悔的支持，內人英秀在病榻時猶關心我的論文進度，患難中的夫妻真情更讓我長銘於心。願所有幫助過我的人能平安喜樂，事事順心。

李錦坤 謹誌

民國九十四年七月

# 目 錄

	頁次
中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	IV
目錄 .....	V
表目錄 .....	VII
圖目錄 .....	XI
第一章 緒論 .....	1
第一節 研究背景與目的 .....	1
第二節 研究的重要性 .....	2
第三節 研究問題與假說 .....	3
第四節 名詞釋義 .....	5
第五節 研究範圍與限制 .....	8
第二章 文獻探討 .....	9
第一節 概念改變 .....	9
第二節 科學推理 .....	14
第三節 燃燒與生鏽概念相關研究 .....	22
第四節 網路與科學學習 .....	29
第三章 研究方法 .....	34
第一節 研究對象 .....	34
第二節 研究設計 .....	35
第三節 研究流程 .....	36
第四節 研究工具 .....	37
第五節 教學設計 .....	44
第六節 資料蒐集與分析 .....	51
第四章 研究結果與討論 .....	54
第一節 網路化教學推理學習及概念改變成效分析 .....	54
第二節 燃燒與生鏽概念晤談分析 .....	67
第三節 網路課程學習歷程分析 .....	73
第五章 結論與建議 .....	125
第一節 結論與討論 .....	125
第二節 對教學上的建議 .....	128
參考文獻 .....	130
附錄一 不同教學模式之概念數、概念正確分數、推理層級 多變量變異數分析檢定結果 .....	136
附錄二 晤談之間概念連結類型 t 檢定結果摘要表 .....	143
附錄三 燃燒單元成就測驗 .....	148
附錄四 國小燃燒單元主題相依推理測驗 .....	163

附錄五	科學推理測驗 .....	176
附錄六	教學活動設計 .....	185



# 表 目 錄

	頁次
表 3.1.1 實驗組與對照組學生各項驗成績之分析結果 .....	34
表 3.2.1 實驗組及對照組中自然與生活科技學業分組科學推理分組人數表 .....	36
表 3.4.1 各項測驗信度值 .....	39
表 3.4.2 燃燒概念改變歷程測驗例題 .....	39
表 4.1.1 「不同教學模式」與「不同學業成就」單元成就測驗之敘述性統計 ..	54
表 4.1.2 「不同教學模式」與「不同科學推理能力」單元成就測驗之敘述性統計 .....	55
表 4.1.3 不同教學模式、科學推理能力分組與學業成就分組在單元成就測驗後測與追蹤測總分三因子多變量共變數分析 .....	56
表 4.1.4 不同教學模式、不同科學推理能力分組之單純主要效果摘要表 .....	57
表 4.1.5 不同學業分組、不同科學推理能力分組之單純主要效果摘要表 .....	58
表 4.1.6 不同教學模式與不同學業成就主題相依推理測驗之敘述性統計 .....	60
表 4.1.7 不同教學模式與不同科學推理能力主題相依推理測驗之敘述性統計 ..	61
表 4.1.8 不同教學模式、科學推理能力分組與學業成就分組在主題相依推理測驗後測與追蹤測總分三因子多變量共變數分析 .....	61
表 4.1.9 不同教學模式、不同科學推理能力分組之主要效果摘要表 .....	62
表 4.1.10 「不同教學模式」與「不同學業成就」科學推理測驗之敘述性統計 ..	63
表 4.1.11 「不同教學模式」與「不同科學推理」科學推理測驗之敘述性統計 ..	64
表 4.1.12 不同教學模式、學業成就分組與科學推理能力分組在科學推理測驗後測與追蹤測總分三因子多變項共變數分析 .....	65
表 4.1.13 不同教學模式、不同科學推理能力分組之單純主要效果摘要表 .....	65
表 4.2.1 實驗組和對照組教學後晤談(後測)、追蹤晤談「概念數」、「概念分數」、「推理層級」量化資料效果值(partial $\eta^2$ )彙整表 .....	69
表 4.2.2 晤談結果中各分析項目 partial $\eta^2$ 值達顯著效果之題數 .....	70
表 4.2.3 實驗組和對照組教學後晤談(後測)、追蹤晤談「概念增加量」量化資料效果值(Cohen's d)彙整表 .....	71
表 4.2.4 晤談結果中概念增加量分析各分項 Cohen's d 值達顯著之題數 .....	70
表 4.3.1.1 在主題一概念 1 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	75
表 4.3.1.2 主題一概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	75
表 4.3.1.3 在主題一概念 2 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	76
表 4.3.1.4 主題一概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	77
表 4.3.1.5 在主題一概念 3 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	78

表 4.3.1.6	主題一概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	78
表 4.3.1.7	在主題一挑戰題前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	79
表 4.3.1.8	在主題一學習事件前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	80
表 4.3.1.9	主題一推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	81
表 4.3.2.1	在主題二概念 1 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	81
表 4.3.2.2	主題二概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	82
表 4.3.2.3	在主題二概念 2 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	83
表 4.3.2.4	主題二概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	83
表 4.3.2.5	在主題二概念 3 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	84
表 4.3.2.6	主題二概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	85
表 4.3.2.7	在主題二概念 4 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	86
表 4.3.2.8	主題二概念 4 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	86
表 4.3.2.9	在主題二挑戰題前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	87
表 4.3.2.10	在主題二學習事件前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	88
表 4.3.2.11	主題二推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	89
表 4.3.3.1	在主題三概念 1 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	89
表 4.3.3.2	主題三概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	90
表 4.3.3.3	在主題三概念 2 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	91
表 4.3.3.4	主題三概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	91
表 4.3.3.5	在主題三概念 3 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	92
表 4.3.3.6	主題三概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	93
表 4.3.3.7	在主題三挑戰題前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	93
表 4.3.3.8	在主題三學習事件前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	94
表 4.3.3.9	主題三推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	95
表 4.3.4.1	在主題四概念 1 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	95
表 4.3.4.2	主題四概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	96



表 4.3.4.3 在主題四概念 2 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	97
表 4.3.4.4 主題四概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	97
表 4.3.4.5 在主題四概念 3 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	98
表 4.3.4.6 主題四概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	99
表 4.3.4.7 在主題四概念 4 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	100
表 4.3.4.8 主題四概念 4 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	100
表 4.3.4.9 在主題四概念 5 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	101
表 4.3.4.10 主題四概念 5 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	102
表 4.3.4.11 在主題四挑戰題一前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	103
表 4.3.4.12 在主題四挑戰題二前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	103
表 4.3.4.13 在主題四學習事件前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	104
表 4.3.4.14 主題四推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	104
表 4.3.5.1 在主題五概念 1 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	105
表 4.3.5.2 主題五概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	106
表 4.3.5.3 在主題五概念 2 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	106
表 4.3.5.4 主題五概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	107
表 4.3.5.5 在主題五概念 3 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	108
表 4.3.5.6 主題五概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	108
表 4.3.5.7 在主題五概念 4 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	109
表 4.3.5.8 主題五概念 4 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	110
表 4.3.5.9 在主題五概念 5 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	110
表 4.3.5.10 主題五概念 5 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	111
表 4.3.5.11 在主題五概念 6 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	111
表 4.3.5.12 主題五概念 6 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	112
表 4.3.5.13 在主題五概念 7 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	113
表 4.3.5.14 主題五概念 7 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	114
表 4.3.5.15 在主題五概念 8 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	114
表 4.3.5.16 主題五概念 8 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	115

	頁次
表 4.3.5.17 在主題五概念 9 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	116
表 4.3.5.18 主題五概念 9 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	116
表 4.3.5.19 在主題五挑戰題前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	117
表 4.3.5.20 在主題五學習事件前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表 .....	118
表 4.3.5.21 主題五推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	119
表 4.3.6.1 主題一到主題五推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表 .....	123



# 圖 目 錄

	頁次
圖 2.3.1 學生進行推理時的認知模式 .....	15
圖 3.2.1 研究架構圖 .....	35
圖 3.3.1 研究流程圖 .....	37
圖 3.4.1 開始進入主題一「燃燒的條件」學習的畫面 .....	40
圖 3.4.2 概念改變歷程測驗 .....	41
圖 3.4.3 學生答錯時的畫面 .....	41
圖 3.4.4 進行教學影片播放 .....	42
圖 3.4.5 促使學生回想影片內容的問題 .....	42
圖 3.4.6 呈現學生前、後回答內容 .....	43
圖 3.4.7 開始進行挑戰情境的影片 .....	43
圖 3.4.8 進行挑戰情境問題的提問 .....	44
圖 3.5.1 DSLM 實施流程圖 .....	50
圖 3.6.1 晤談內容的語意流程圖分析範例 .....	53
圖 4.3.1.1 事件 1-1 推理層級改變圖 .....	76
圖 4.3.1.2 事件 1-2 推理層級改變圖 .....	77
圖 4.3.1.3 事件 1-3 推理層級改變圖 .....	79
圖 4.3.2.1 事件 2-1 推理層級改變圖 .....	82
圖 4.3.2.2 事件 2-2 推理層級改變圖 .....	84
圖 4.3.2.3 事件 2-3 推理層級改變圖 .....	85
圖 4.3.2.4 事件 2-4 推理層級改變圖 .....	87
圖 4.3.3.1 事件 3-1 推理層級改變圖 .....	90
圖 4.3.3.2 事件 3-2 推理層級改變圖 .....	92
圖 4.3.3.3 事件 3-3 推理層級改變圖 .....	93
圖 4.3.4.1 事件 4-1 推理層級改變圖 .....	96
圖 4.3.4.2 事件 4-2 推理層級改變圖 .....	98
圖 4.3.4.3 事件 4-3 推理層級改變圖 .....	99
圖 4.3.4.4 事件 4-4 推理層級進步圖 .....	101
圖 4.3.4.5 事件 4-5 推理層級改變圖 .....	102
圖 4.3.5.1 事件 5-1 推理層級改變圖 .....	106
圖 4.3.5.2 事件 5-2 推理層級改變圖 .....	107
圖 4.3.5.3 事件 5-3 推理層級改變圖 .....	109
固 4.3.5.4 事件 5-4 推理層級改變圖 .....	110
固 4.3.5.5 事件 5-5 推理層級改變圖 .....	112
圖 4.3.5.6 事件 5-6 推理層級改變圖 .....	113
圖 4.3.5.7 事件 5-7 推理層級改變圖 .....	114
圖 4.3.5.8 事件 5-8 推理層級改變圖 .....	115
圖 4.3.5.9 事件 5-9 推理層級改變圖 .....	119
圖 4.3.6.1 實驗組全體學生各網路學習事件概念改變成功率 .....	120
圖 4.3.6.2 實驗組高分組和低分組學生各網路學習事件概念改變成功率 .....	121

圖 4.3.6.3 實驗組具體運思前期、後期和轉變期學生各網路學習事件概念改變  
成功率 ..... 122

圖 4.3.6.4 網路學習歷程中推理層級改變圖 ..... 124

