

國立交通大學教育研究所

碩士論文

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



指導教授：余曉清 博士  
研 究 生：廖 姪 奴

中 華 民 國 九 十 四 年 七 月

# 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

## 摘要

本研究目的是依據『雙重情境學習模式』為基礎，同時結合推理與類比推理的學習模式設計出原子單元互動式網路學習課程。探討實驗組學生在經由此網路課程學習後與傳統教學組學生在科學推理能力、原子單元主題相依推理測驗、原子單元成就測驗之差異。同時針對實驗組學生進行訪談並結合網路學習事件分析，以深入瞭解學生原子概念的建構與改變情形。

研究採用實驗研究法之準實驗設計，研究對象為六班國中二年級學生，分別為三班實驗組 114 人，三班對照組 110 人。其中實驗組與對照組分別運用網路化推理模式與傳統教學模式進行為期一個月的概念改變教學，比較兩組學生在原子單元成就測驗、原子單元相依推理測驗、科學推理測驗、原子結構心智表徵的差異。並分別針對實驗組學生在網路互動式學習歷程與訪談之概念改變與推理層級進行分析。

結果發現相較於對照組，實驗組經過網路化推理模式後，不論是學業分組(高、中、低)的學生，或是科學推理分組(過渡期、具體運思期)的學生，分別在原子單元學習成就、原子單元相依推理能力皆能獲得更好的學習成效及學習保留效果。在科學推理能力方面，學生在教學後經過一段時間後也能獲得頗佳的學習保留力。而學生在建構原子結構心智表徵上，實驗組學生在後測、追蹤測能呈現『太陽系型』的人數比例遠優於對照組。

針對實驗組在網路互動式學習歷程上，研究者將學習事件的理由部分分成閉鎖及開放式兩種。前者就學生的概念改變歷程分析結果顯示，學生在大部分學習事件的平均成功率由 50%到 90%。而後者從學生的概念推理層級結果顯示，學生在各學習事件上平均有高於 90%學生在學習事件前後是屬於進步與維持推理層級的。

針對實驗組在訪談分析上，結果顯示學生在原子單元訪談問題後測、追蹤測的概念數沒有明顯增加。而所有問題的正確概念分數在後測均大於前測且達顯著性。其次在概念推理類型上，在愈前面問題顯著差異落在推理層次較低較多，愈到後面的問題則顯著差異落在推理層次較高的較多。最後多數學生在概念改變量上皆呈現增加，表示實驗組學生在教學後，甚至經過一段時間後都能成功達到概念改變。

關鍵字：科學推理、原子、雙重情境式學習、心智表徵、網路互動學習

# Research of “Scientific Reasoning ” with Web-based Interactive Learning : Promoting Middle School Students’ Conceptual Construction and Reasoning Regarding Atoms

## Abstract

Web-based interactive lessons of the atom unit were developed for this study. The design of the lessons was based on the Dual Situated Learning Model (DSLML) and the reasoning as well as analogical reasoning learning approaches. The purpose of this study was to investigate the impact of web-based interactive lessons on students’ conceptual construction and reconstruction as well as their scientific reasoning ability.

This study adopted a quasi-experimental design. Six eighth grade classes were recruited, 3 classes (a total of 114 students) served as the experimental group, the remaining 3 classes (a total of 110 students) served as the control group. The experimental group received the web-based interactive lessons of the atom unit for a month, and the control group received the same content in a conventional instructional context for the same period of time. Their learning outcomes being compared included the cognitive achievement test and the reasoning test of the atom , the scientific reasoning test, and the mental representation of an atom. In addition, the experimental group students’ conceptual change and their levels of scientific reasoning were analyzed from the data collected in the process of the web-based interactive learning as well as in the pre-, post- and retention interviews.

The results showed that the students of the experimental group outperformed their control group counterparts in many aspects. Regardless of their initial levels of academic achievement in science (high achievers, middle achievers or low achievers), or their scientific reasoning stages (transitional or concrete), the scores of the cognitive achievement test and the reasoning test of the atom unit showed there was a better immediate effect and also a superior retaining effect on the experimental group students. In terms of the scientific reasoning ability, the retention test scores showed the experimental group students’ scientific reasoning ability sustained for a longer period of time. With regard to the mental representation of an atom, the results of the posttest and the retention test showed the percentages of students who held a “solar system” representation of an atom were much higher in the experimental group than that in the control group.

The design of the learning events in the web-based interactive lessons included the formats of closed and open-ended. The analysis of the former indicated that the average successful conceptual change rate ranged from 50% to 90% for most of the events. The analysis of the later showed there was an average percentage higher than 90% that the students' reasoning level was improved or sustained after the learning event.

The analysis results of the interview transcripts revealed that there was no apparent increase of the number of concepts in the post- and retention interviews. Moreover, for each question the mean score of correct concepts was statistically significantly higher in the post-interview than that in the pre-interview. With regard to the level of scientific reasoning, the level apparently increased along with the sequence of the interview questions. Furthermore, most students had an increase in the amount of conceptual change. This finding revealed that after taking the interactive web-based lessons of atom unit, the students were able to have a successful conceptual change immediately or after a period of time.



Keywords: Scientific reasoning, Atom, DSLM, Mental representation, Web-based interactive learning

## 誌 謝

能夠完成這本碩士論文要感謝的人真的很多，最感激的是我的指導老師余曉清教授辛苦的引領我從論文的開始到完成，不斷的給予我支持和指導，才能完成今日的研究結果。其次，我要感謝李玉梅博士從研究設計到論文完稿，持續且辛勞的給我許多建議和指導。更感謝花蓮師院林煥祥校長及蔡今中教授對本論文給予的所有寶貴的意見及指教，使本論文更加的完善。

此外，在研究設計與教材製作及論文後製上，還要感謝楊文宗老師、張秀澂老師、姿津、宗邦、思瑋的熱心參與才能順利完成。而在研究所生涯的兩年中，感謝穎洵學長的指導與鼓勵，及一起共同學習、隨時為我打氣、最親愛的姿津、怡如、舒婷、宜貞、慧文、怡君、澄方。還有我的戰友錦坤和曉芳，我的好友美芳、千惠、牟萍、阿倫、月萍、盟君、珮其、靜如、子喬、欣怡、語慧、倩瑤、素華、宏光等給我精神上的支持與鼓勵。

最後，感謝我的家人爸、媽、凡捷、嫻芳、阿姨、姨丈、煥昇、欣怡、婉如、麗如的默默支持，讓我能無後顧之憂的完成本論文，在此僅以此論文獻給我在研究所進修其間曾經鼓勵、幫助我的所有人，願大家幸福平安快樂。



# 目 錄

	頁數
中文摘要 .....	i
英文摘要 .....	ii
誌謝 .....	iv
目錄 .....	v
表目錄 .....	vii
圖目錄 .....	x
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.....	3
第四節 名詞釋義.....	4
第五節 研究範圍與限制.....	6
第二章 文獻探討.....	7
第一節 概念建構與改變.....	7
第二節 雙重情境學習模式與科學推理.....	13
第三節 類比推理.....	21
第四節 原子概念.....	26
第五節 網路科學學習.....	28
第三章 研究方法.....	32
第一節 研究對象.....	32
第二節 研究設計.....	33
第三節 研究流程.....	34
第四節 研究工具設計.....	35
第五節 教學設計.....	43
第六節 資料蒐集與分析.....	48
第四章 研究結果與討論.....	51

第一節	網路化推理學習概念改變教學分析.....	51
第二節	原子概念訪談分析.....	70
第三節	網路互動式學習歷程分析.....	93
<b>第五章</b>	<b>結論與建議.....</b>	<b>117</b>
第一節	結論與討論.....	117
第二節	建議.....	120
參考文獻.....		123
附錄.....		134
附錄一	原子單元網路化推理課程教案設計.....	134
附錄二	原子單元成就測驗.....	141
附錄三	原子單元主題相依測驗.....	144
附錄四	科學推理測驗.....	155
附錄五	訪談問題 .....	162
附錄六	原子單元語意流程圖.....	163



# 表 目 錄

	頁數
表 2-1-1 實證主義與建構主義比較表(從知識本質).....	7
表 2-1-2 實證主義與建構主義比較表(從教學環境).....	8
表 2-1-3 Chi 從本體樹的角度探討概念改變彙整表.....	10
表 2-2-1 Keys 以實際範例探討 11 項科學技能與合作式討論和寫作之比較表.....	16
表 2-2-2 從學童知識論推理觀點架構探討不同面向之關聯表.....	19
表 3-1-1 教學模式與人數整理表.....	32
表 3-1-2 實驗組與對照組學生自然與生活科技學業成績差異檢定摘要表.....	32
表 3-4-1 原子概念改變歷程範例表.....	41
表 3-5-1 學生學習原子單元所應具備的心智架構彙整表.....	43
表 3-5-2 學生學習原子單元常見的迷思概念一覽表.....	45
表 3-5-3 學生學習原子單元所缺乏的心智架構彙整表.....	45
表 3-5-4 原子單元情境學習事件一覽表.....	46
表 3-5-5 原子單元類比推理問題設計範例.....	47
表 4-1-1 原子單元成就測驗之敘述性統計表(教學模式與學業成績分組).....	52
表 4-1-2 原子單元成就測驗之敘述性統計表(教學模式與科學推理分組).....	52
表 4-1-3 教學模式、科學推理能力分組、學業成就分組變項對學習成就 之三因子多變量共變數分析(MANCOVA).....	53
表 4-1-4 教學模式、科學推理分組、學業成績分組變項對學習成就之調整平均數.....	53
表 4-1-5 教學模式、科學推理分組、學業成績分組之主要效果摘要表.....	54
表 4-1-6 原子單元主題相依推理能力測驗成績之敘述性統計表 (教學模式與學業成績分組).....	55
表 4-1-7 原子單元主題相依推理能力測驗之敘述性統計表 (教學模式與科學推理分組).....	56
表 4-1-8 教學模式、科學推理能力分組、學業成就分組變項對單元 主題相依推理能力之三因子多變量共變數分析(MANCOVA).....	56
表 4-1-9 教學模式、科學推理分組、學業成績分組變項對單元主題相依推理能力 之調整平均數.....	57
表 4-1-10 教學模式、科學推理能力分組對原子單元主題相依推理能力之 單純主要效果摘要表.....	57
表 4-1-11 不同教學模式、不同學業分組對原子單元主題相依推理能力之 單純主要效果摘要表.....	59
表 4-1-12 科學推理能力測驗之敘述性統計表(教學模式與學業成就分組).....	61
表 4-1-13 科學推理能力測驗之敘述性統計表(教學模式與科學推理分組).....	61
表 4-1-14 教學模式、科學推理分組、成績分組變項對科學推理能力之 三因子多變量共變數分析(MANCOVA).....	62
表 4-1-15 教學模式、科學推理分組、學業成績分組變項對科學推理能力 之調整平均數.....	62
表 4-1-16 不同學業分組之主要效果摘要表.....	63
表 4-1-17 實驗組與對照組原子結構心智表徵之描述性統計表.....	65
表 4-2-1 物質的分類(一)：純物質與混合物的分類之敘述性統計表.....	71



表 4-2-2	物質的分類(一)：純物質與混合物概念改變量之敘述性統計表	71
表 4-2-3	原子單元訪談問題 1 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	72
表 4-2-4	物質的分類(二)：化合物與元素的分類之敘述性統計表	72
表 4-2-5	物質的分類(二)：化合物與元素概念改變量之敘述性統計表	73
表 4-2-6	原子單元訪談問題 2 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	73
表 4-2-7	原子的形狀和結構之敘述性統計表	74
表 4-2-8	原子的形狀和結構概念改變量之敘述性統計表	74
表 4-2-9	原子單元訪談問題 3-1 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	75
表 4-2-10	電子的運動情形之敘述性統計表	76
表 4-2-11	電子的運動情形概念改變量之敘述性統計表	76
表 4-2-12	原子單元訪談問題 3-2 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	77
表 4-2-13	電子在原子的分佈情形之敘述性統計表	77
表 4-2-14	電子在原子的分佈情形概念改變量之敘述性統計表	78
表 4-2-15	原子單元訪談問題 3-3 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	78
表 4-2-16	金原子和鐵原子的構成之敘述性統計表	79
表 4-2-17	金原子和鐵原子的構成概念改變量之敘述性統計表	79
表 4-2-18	原子單元訪談問題 3-4 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	80
表 4-2-19	原子的分割與粒子的異同之敘述性統計表	80
表 4-2-20	原子的分割與粒子的異同概念改變量之敘述性統計表	81
表 4-2-21	原子單元訪談問題 3-5 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	81
表 4-2-22	惰性氣體的安定性之敘述性統計表	82
表 4-2-23	惰性氣體的安定性概念改變量之敘述性統計表	82
表 4-2-24	原子單元訪談問題 4-1 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	83
表 4-2-25	鈉、鉀與惰性氣體安定性的比較之敘述性統計表	83
表 4-2-26	鈉、鉀與惰性氣體安定性的比較概念改變量之敘述性統計表	84
表 4-2-27	原子單元訪談問題 4-2 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	84
表 4-2-28	氯、溴蒸氣與鈉的反應性之敘述性統計表	85
表 4-2-29	氯、溴蒸氣與鈉的反應性概念改變量之敘述性統計表	85
表 4-2-30	原子單元訪談問題 4-3 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	86
表 4-2-31	氫原子與氫分子的安定性之敘述性統計表	87
表 4-2-32	氫原子與氫分子的安定性概念改變量之敘述性統計表	87
表 4-2-33	原子單元訪談問題 5 教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之 主要效果摘要表	88

表 4-2-34	原子單元訪談問題教學前、後、追蹤訪談重複量數分析之結果彙整表.....	90
表 4-3-1	主題一 學習事件前後百分比統計摘要表.....	95
表 4-3-2	主題一 科學推理分組與『物質的分類』之事件前後百分比統計摘要表.....	95
表 4-3-3	主題一 學業成績分組與『物質的分類』之事件前後百分比統計摘要表.....	95
表 4-3-4	主題一 事件 1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	96
表 4-3-5	主題一 事件 2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	97
表 4-3-6	主題二 學習事件前後百分比統計摘要表.....	99
表 4-3-7	主題二 科學推理分組與『元素與原子』之事件前後百分比統計摘要表.....	99
表 4-3-8	主題二 學業成績分組與『元素與原子』之事件前後百分比統計摘要表.....	99
表 4-3-9	主題二 事件 1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	100
表 4-3-10	主題二 事件 2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	101
表 4-3-11	主題二 事件 4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	101
表 4-3-12	主題三 學習事件前後百分比統計摘要表.....	104
表 4-3-13	主題三 科學推理分組與『原子與其組成粒子』之事件前後 百分比統計摘要表.....	104
表 4-3-14	主題三 學業成績分組與『原子與其組成粒子』之事件前後 百分比統計摘要表.....	104
表 4-3-15	主題三 事件 2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	105
表 4-3-16	主題三 事件 3 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	106
表 4-3-17	主題三 事件 4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	106
表 4-3-18	主題四 學習事件前後百分比統計摘要表.....	108
表 4-3-19	主題四 科學推理分組與『原子內電子排列與元素活性』之事件前後 百分比統計摘要表.....	108
表 4-3-20	主題四 學業成績分組與『原子內電子排列與元素活性』之事件前後 百分比統計摘要表.....	108
表 4-3-21	主題四 事件 1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	109
表 4-3-22	主題四 事件 2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	110
表 4-3-23	主題五 學習事件前後百分比統計摘要表.....	112
表 4-3-24	主題五 科學推理分組與『原子與化學反應』之事件前後 百分比統計摘要表.....	112
表 4-3-25	主題五 學業成績分組與『原子與化學反應』之事件前後 百分比統計摘要表.....	112
表 4-3-26	主題五 事件 1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	113
表 4-3-27	主題五 事件 2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	114
表 4-3-28	主題五 事件 3 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	114
表 4-3-29	主題五 事件 4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	115
表 4-3-30	原子網學習事件前後概念推理層級改變量敘述性摘要表.....	116

# 圖目錄

	頁數
圖 2-2-1 雙重情境學習模式圖.....	15
圖 3-2-1 研究架構圖.....	33
圖 3-3-1 研究流程圖.....	34
圖 3-4-1 學習網站登入畫面圖.....	35
圖 3-4-2 個人學習狀況畫面(一).....	36
圖 3-4-3 個人學習狀況畫面(二).....	36
圖 3-4-4 留言版討論與分享畫面.....	37
圖 3-4-5 學習事件~概念診斷畫面.....	37
圖 3-4-6 學習事件~學習情境(圖片)畫面.....	38
圖 3-4-7 學習事件~學習情境(連續動畫)畫面.....	38
圖 3-4-8 學習事件~學習情境(互動式動畫)畫面.....	39
圖 3-4-9 學習事件~學習情境(實驗影片)畫面.....	39
圖 3-4-10 學習事件~學習情境(概念解說)畫面.....	40
圖 3-4-11 修改資料畫面.....	40
圖 3-4-12 申請帳號畫面(管理者介面).....	41
圖 3-6-1 語意流程圖(flow map).....	50
圖 4-2-1 描述統計-前測.....	89
圖 4-2-2 描述統計-後測.....	89
圖 4-2-3 描述統計-追蹤測.....	89
圖 4-2-4 概念改變量(前-後).....	92
圖 4-2-5 概念改變量(後-追).....	92
圖 4-3-1 概念推理層級改變量.....	116