

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

廖姪姩、佘曉清、陳倩嫻

國立交通大學教育研究所

hcshe@mail.nctu.edu.tw

摘要

本研究目的是依據『雙重情境學習模式』為基礎，同時結合科學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與對照組傳統教學的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。研究採用實驗研究法之準實驗設計，研究對象為國中二年級學生，分別為實驗組114人，對照組110人。

結果發現實驗組不論是學業分組(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及科學推理能力上均較對照組獲得更好的學習成效及學習保留效果。

本研究建議在進行網路互動式學習之前，教師應協助學生推理訓練。在課程學習中，依照不同程度的學生設計適性的教材，開放自由的學習空間並依據學習的單元結合適當的學習模式，始能發揮網路學習最大的效能。

關鍵字：科學推理、網路互動學習、雙重情境式學習

一、研究動機與目的

國中階段的學習教材中，原子單元對學生而言是相當難理解，且原子單元對於學生未來在學習化學反應、酸和鹼、金屬與非金屬等概念上是非常重要的基礎。因為原子是微觀的，必須藉由學生熟悉的事物，利用類比或模型模擬微觀的抽象概念，促進學生發展其對原子結構的心智表徵，因而結合網路互動課程與類比進行課程設計。同時研究顯示推理可促進學生的深層思考(Pallant & Tinker, 2004)，因此在教學中若能經常引導學生去推理一些較難理解的科學問題，學生較容易養成科學的思考習慣和運用科學知識與技能以解決問題的能力，有助於在面對問題及處理問題時，能抱持好奇與積極探討、了解及設法解決的態度，我們統稱以上的各種知識、見解、能力、態度與應用為「科學與科技素養」。因此，本研究將結合推理與類比推理及雙重情境學習模式於網路互動式學習課程的設計，企圖提昇學生科學推理能力及促進科學概念的改變。研究問題如下：

- (一) 不同的教學模式(實驗組、對照組)、學業成績(高、中、低分組)與科學推理能力(具體運思期、過渡期分組)對學習者在原子單元的學習成就有何差異？
- (二) 不同的教學模式(實驗組、對照組)、學業成績(高、中、低分組)與科學推理能力(具體運思期、過渡期分組)對學習者在原子單元的主題相依推理能力有何差異？
- (三) 不同的教學模式(實驗組、對照組)、學業成績(高、中、低分組)、與科學推理能力(具體運思期、過渡期分組)對學習者在教學前、後、追蹤上所展現的科學推理能力有何

差異？

二、文獻探討

(一) 科學推理

Lawson, Adey 和Shanger (1988)曾說明學生另有概念及推理能力之間的關係，另有概念大多來自個人過去的經驗，如何才能夠否決這些另有概念，首先學生必須對科學概念產生覺醒，產生新的假設，接著要對證據和推理覺醒，了解證據如何支持科學概念並與另有概念相衝突，藉由資料收集、實驗、邏輯演繹的推理和辯論方式，對假設進行驗證。當邏輯推理能力增加時，另有概念的數目自然也就降低了。本研究採用Lawson (1978, 1987, 1992)科學推理測驗「Classroom test of scientific reasoning」作為學生科學推理能力的評量工具，測量學生一般的科學推理能力(包括解釋、假設與驗證等科學推理技巧)。

(二) 類比推理

類比的推理過程被廣為接受的解釋為：從一個資源 (source)到一個標的系統 (target system)之結構訊息 (structural information)的轉移，此知識的轉移需藉由對應 (mapping) 或比對 (matching)過程去發現兩系統間的相似與相異之相關程度(Vosniadou, 1987)。Baker和Lawson (2001)運用類比推理的教學策略能協助理論概念的建構並能成功應用於教學上。Duit (1991)綜觀要使學生的概念能利用類比轉移的必要且成功有兩條件：一為採用的類比物必需是學生所熟悉的；二為學生對於此類比領域是不會產生迷思概念的。因此學生的年紀並不是影響類比推理的主要因素，而是教師所引導的內容和方式才是決定學生概念建構或改變的成敗主因。

(三) 原子概念

在科學概念的建構上，微觀的粒子理論是化學學習的重心，且對原子和分子概念的理解與使用更是科學教學中最根本的 (Haidar & Abraham, 1991)，但是實際教學中卻發現國中生對於原子、分子及其相關的概念很難理解 (Harrison & Treagust, 1996)，且學生無法用原子與分子概念去解釋化學現象(Andersson, 1986)。基本上“原子結構”單元所包含的概念傾向抽象且牽涉許多科學名詞，加上學生生活經驗的不足，不論國內外的研究都認為該單元屬於較難學習的單元，所以學生在學習上也較易產生另有概念。Gentner 等人 (1997)提出概念改變中，類比的四個過程(強調、投射、再表徵、重建)，來說明類比有助於改變知識與理論的結構。而Baker和Lawson (2001)認為類比推理的教學策略能協助理論概念的建構並能成功應用於教學上。因此本研究將結合類比與類比推理協助國中生於原子單元的建構與概念改變。

(四) 網路科學學習

在傳統教學模式中，教師藉由板書單向將知識傳授給學生，無法達成互動式學習。因此Driver & Oldham (1986)提出別於傳統式教學的一般性建構主義教學基模可包含三階段：1.誘發階段：教師提供機會使學生能將其想法展現，並能瞭解同儕的想法。2.重新結構階段：教師運用能與學生先前想法互動的活動，鼓勵學生將其原先想法朝著學校科學(科學家)的方向思考。3.回顧階段：學生被要求反省其想法並改變思考方向。She 和 Fisher (2003)利用Flash(動畫軟體)和網路呈現理化科的學習，強調運用電腦科技輔助教學可提昇學生更深層的心智能力，並增進互動的學習過程，學生藉由自行統整與建構完整的知識，頗能符合現今教育重視之建構主義學派的主張。

(五) 雙重情境學習模式

余曉清 (She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)認為學生對於某些科學概念的難以改變是因為需針對概念本身的內涵 (複雜度與階層性)來分析概念改變的形式,而不應單以本體論的角度觀測之。若包含的屬性(如:抽象、動態、微觀…等特質)愈多和階層性愈高的概念就愈不易被改變,因此提出了「雙重情境學習模式」(Dual Situated Learning Model)。雙重(Dual)的含意之一包括當若有情境學習事件時,一方面製造學生在認知上的不協調,另一方面提供新的心智架構;之二是同時在情境學習過程中一方面要激發科學概念重整的動機,另一方面也要挑戰學生原本的科學信念,以及科學概念的本質與學生對科學的信念的雙重交互影響,所以稱為「雙重情境學習模式」。此模式證明概念改變不一定需要長時間才能達成(She, 2002, 2003, 2004a, 2004b),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。因此本研究將針對國中生難以理解的原子概念進行探究。

三、研究方法

(一) 研究對象

本研究是以國中二年級的六個班級學生為對象,學生人數共224人,分班方式為常態編班。其中參與本研究教學的兩位教師皆有10年以上教學經驗的自然與生活科技領域教師,並分別擔任實驗組與對照組的教學。學生分為兩組,包括實驗組與對照組各三個班,其中實驗組採用網路互動學習模式推理課程教材在電腦教室利用網路學習,共114人;而對照組採用傳統教學模式在教室中利用講述、討論與分組實驗等方法進行教學,共110人。

本研究採三因子混合實驗設計法。三個自變項包括自然與生活科技學業成績分組(高、中、低)、教學模式(實驗、對照)、科學推理分組(過渡、具體)等。依變項為原子單元成就測驗、原子單元主題相依推理測驗、科學推理測驗。

(二) 研究流程

本研究流程分為三階段,依序為研究準備、概念改變教學及資料分析。分述如下:

第一階段:為研究準備階段。首先確立研究目的與問題並蒐集相關文獻及測驗工具的內容設計,並以同校同年級約10個班級的施測進行信度分析,完成具有信效度的相關測驗。同時依據DSLIM 結合推理與類比推理設計互動式推理學習課程。

第二階段:概念改變教學階段,針對不同教學模式進行教學前、後、追蹤各項測驗。教學過程中,實驗組學生藉由網路進行原子單元的概念建構與改變學習;對照組則是進行傳統式教學。

第三階段:對研究期間所蒐集到的所有資料進行彙整分析與結論報告。

(三) 研究工具

1. 原子概念學習網

為了配合網路化互動推理課程與雙重情境之建構式概念改變教學,研究者建製了原子概念學習網,運用推理與類比推理設計了一系列的概念診斷問題、學習情境事件及挑戰情境事

件，以進行一系列的概念改變學習活動。

2. 原子單元成就測驗

依據課程內容編製相關的認知部分測驗題目共四十題，共有五個主題，每一主題各有8題且內容採選擇題型式。

3. 原子單元主題相依推理測驗

依據原子單元課程內容編製成五個主題的相關測驗題目，每一主題各有8題共設計了四十題原子題目，且各題內容採兩階段選擇題型式，受測者在作答每一題時，必需先選擇第一階段的選項，然後在第二階段選擇其理由的選項，兩階段都答對才給分。

4. 科學推理測驗

採用Lawson於1978年編製、且於2003年修訂完成的「Classroom Test of Scientific Reasoning」作為評量施測者的科學推理測驗。內容採選擇題型式並依據六種推理層次：守恒(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題兩階段科學推理題目，其中包括第一階段的答案選項和第二階段的理由選項。計分方式同樣採取答案、理由兩階段都答對才給予1分，總分共12分。其中0-4分達『具體運思期』(concrete)推理；而5-8分達『過渡期』(transitional)推理；9-12分達『形式運思期』(formal)推理。

上述均經四位國中理化教師與兩位科學教育專家共同檢驗，且成就測驗、主題相依推理測驗、科學推理測驗均經由施測學校約10個班級於教學前、後、追蹤施測，其三份測驗信度均達理想範圍。

四、研究結果與討論

將實驗組及對照組全體學生，依照其前兩次的自然與生活科技成績以各班平均數為基準，自全體的中位數分成高(91分以上)、中(75-90分)、低(76分以下)三組此部分。而科學推理成績變項以Lawson(2002)對分數的定義將科學推理前測分成三組，但因科學推理成績在形式運思期(formal)僅3人，因此將科學推理成績只分成具體運思期(concrete)、過渡期(transitional)兩個組別，於形式運思期的3人則併入過渡期。

(一) 教學前、後學習成就比較

將教學模式、科學推理成績、自然與生活科技學業成績等三變項進行多因子共變數分析(Three Factorial MANOVA with covariates)，以『教學模式、科學推理分組、學業成績分組』為自變項，共變量為『成就前測成績』，依變項分別為『成就後測成績』、『成就追蹤測成績』，顯示就原子單元成就後測、追蹤測而言，在不同教學模式(Wilk's $\Lambda = .92, p = .000$)、不同科學推理分組(Wilk's $\Lambda = .96, p = .029$)、不同自然與生活科技學業成績分組(Wilk's $\Lambda = .88, p = .000$)三者均達顯著性差異。但是因為教學模式、科學推理分組與學業分組間並無交互作用存在，因此進行主要效果分析。經單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)，顯示教學模式在後測($F = 39.88, p = .000$)及追蹤測($F = 45.99, p = .000$)成績上均有顯著差異。事後比較實驗組高於對照組。不同科學推理分別在後測($F = 15.99, p = .000$)及追蹤測($F = 19.64, p = .000$)成績上均有顯著差異，且過渡期高於具體運思期。不同學業分組分別在後測($F = 14.97, p = .000$)及追蹤測($F = 28.22, p = .000$)成績上均有顯著差異。事後比較在後測顯示高分組高於低分組、中分組高於低分組，而在追蹤測中顯示高分組高於中分組、高分組高於低分組且中分組高於低分組。此結果支持不同教

學模式、不同學業成績分組、不同科學推理能力分組學生與其在原子單元之學習成就(後測、追蹤測)達顯著差異。

(二) 教學前、後主題相依推理能力比較

將不同教學模式、不同科學推理成績、不同自然與生活科技學業成績等三變項進行多因子共變數分析 (Three Factorial MANOVA with covariates)。以『不同教學模式、不同科學推理成績、不同自然與生活科技學業成就』為自變項，共變量為『主題相依推理前測成績』，依變項分別為『主題相依推理後測成績』、『主題相依推理追蹤測成績』。中顯示就原子單元主題相依推理後測及追蹤測而言，在不同教學模式(Wilk' s $\Lambda=0.87$, $p=.000$)、不同科學推理分組 (Wilk' s $\Lambda=0.91$, $p=.000$)、不同自然與生活科技學業成績分組 (Wilk' s $\Lambda=0.89$, $p=.000$)三者均達顯著性差異，且教學模式分別和科學推理分組、學業成績分組兩變項的交互作用上也達顯著水準 (Wilk' s $\Lambda=0.94$, $p=.004$)且 (Wilk' s $\Lambda=.93$, $p=.006$)。因此進行單純主要效果比較(多變量分析)，分別針對在不同的教學模式下，不同科學推理分組學生之主題相依推理能力的表現。以及在不同的科學推理分組下，不同教學模式之主題相依推理能力的表現。再分別針對在不同教學模式下，不同學業分組之對原子單元主題推理能力的表現，以及在不同學業分組下，不同教學模式之原子單元主題推理能力的表現。

根據上述，不同學業成績分組、不同科學推理能力、不同學業分組與其在原子單元之主題相依推理能力(後測、追蹤測)均達顯著差異，但同時發現兩兩有交互作用。顯示教學模式分別與科學推理分組、學業成績分組與其在原子單元之主題相依推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異。

(三) 教學前、後科學推理能力比較

將教學模式、科學推理成績自然與生活科技學業成績等三變項進行多因子共變數分析(Three Factorial MANOVA with covariates)。資料分析時，以『教學模式、科學推理分組、學業分組』為自變項，共變量為『科學推理前測成績』，依變項分別為『科學推後測成績』、『科學推理追蹤測成績』。顯示就科學推理後測、追蹤測而言，在不同教學模式、科學推理分組63上未達顯著差異，但是在不同自然與生活科技學業成績分組上達顯著性差異 (Wilk' s $\Lambda=0.85$, $p=.000$)。但是因為教學模式、科學推理分組與學業分組間並無交互作用存在，因此進行主要效果分析。針對不同學業分組因子進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)顯示不同學業分組達顯著差異 (Wilk' s $\Lambda=0.85$, $p=.000$)，再經單因子單變量共變數分析 (one-factor ANCOVA)，顯示不同學業分組分別在後測 ($F=10.85$, $p=.000$)及追蹤測($F=10.25$, $p=.000$)成績上均有顯著差異，事後比較在後測顯示高分組高於低分組、中分組高於低分組且高分組高於中分組，而在追蹤測中顯示高分組高於低分組、中分組高於低分組。綜合上述分析結果，不同學業成績分組與其科學推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異。而在不同教學模式、科學推理分組學生在科學推理能力(後測、追蹤測)皆未達顯著差異。

伍、結論與建議

(一) 結論

從不同教學模式、不同科學推理分組、不同自然與生活科技學業分組三變項分別對原子單元學習成就、主題相依推理能力及科學推理能力的影響，由分析結果有以下發現：

1. 無論是網路互動式推理學習模式或是傳統教學模式下，除了實驗組中低學業呈現最高的學習立即成效外，其餘高學業學生都比中、低學業學生具有較高的學習成效與較

好的學習保留效果。自然與生活科技高學業學生都比中、低學業學生具有較好的學習保留效果以及較高的主題相依推理能力與科學推理能力。

2. 科學推理於過渡期的學生也都比具體運思期的學生得到較好的學習保留效果以及較高的立即學習成效與主題相依推理能力。

3. 不管是高(中、低)學業或是過渡(具體運思)科學分組為實驗組的學生在經過網路互動式推理學習模式後，都比接受傳統教學模式(對照組)的高(中、低)學業或是過渡(具體運思)獲得較好的學習保留效果以及較高的立即學習成效與主題相依推理能力。

綜合以上結論，包括教學模式、科學推理分組、自然與生活科技學業分組對於學生學習原子單元的學業成就與主題相依推理能力、科學推理能力具有高度正向的影響力，而學生運用網路互動式推理學習模式將比傳統教學模式更有助於提升學生對於原子單元的另有概念的改變的學習成效且可獲得更好的學習保留效果。值得注意的是：一般而言，高學業學生應該可以在任何的教學模式中都能夠達到不錯的學習成效，不過研究者卻發現創新的教學模式(網路化推理學習模式)不但能刺激且提供中、低學業學生新的學習方法而增進學習意願，研究結果也顯示對於高、中、低學業學生皆能夠使他們在學習成效與學習保留效果上都達到顯著的進步。

(二) 建議

1. 協助學生推理能力的訓練：在進行原子單元網路互動式學習之前，教師需在上課時訓練學生以推理的方式思考問題，而不直接回答學生的問題，逐漸讓學生習慣推理是較好的。

2. 開放自由的學習空間：教師們可依照不同程度的學生設計出適性的教材供自由選擇，並讓學生可自行無限次的學習，讓低學業的學生減低對學習的恐懼，進而提升其學習興趣及學習成就。

3. 與教材及學習模式結合：依據學習的單元並結合適當的學習模式於教材設計中，才能發揮網路學習最大的效能。例如本研究針對原子單元運用推理及類比推理的模式於互動式網路學習，是由於原子概念的建構是微觀、難以理解的，所以需要推理、類比推理輔助學習。

建議教學者採取多元甚至結合不同的教學策略。運用一些教學策略如類比推理時，應更重視先備知識與教材內容的連結，同時也需注意與學習單元的適用性，以減少在建構科學概念時所產生的迷思概念。

參考文獻

- Lawson, A. E. (1978). The Development and Validation of a Classroom Test of Formal Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11-24.
- Lawson, A. E. (2003). *The Neurological Basis of Learning, Development and Discovery*(pp.119-134). London: Kluwer Academic Publishers.
- 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.