

網路化科學學習對國小學生 燃燒概念改變與推理能力提升之影響

李錦坤、余曉清、張格瑜

國立交通大學教育研究所

K883111k@yahoo.com.tw

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、不同自然與生活科技學業成就及不同科學推理能力對燃燒概念改變、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。

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。同時顯示結合推理之網路化雙重情境學習模式能有效的減少學生的另有概念，使學生建構正確的科學概念，並提升學生的主題相依推理能力。

關鍵詞：科學推理 燃燒概念 雙重情境教學模式

一、研究動機與目的

自 Posner 等人(1982)提出要產生概念改變的必要條件後，掀起了概念改變研究的風潮，科學教育的主流從迷思概念、另有架構的鑑別及診斷，逐漸轉變為探討實務上進行概念改變的教學策略。余曉清 (She, 2002, 2003, 2004a, 2004b) 以科學概念的本質為基礎，針對概念本身內涵的複雜性及階層性和學生對於科學概念的信念，發展出「雙重情境學習模式(Dual situated learning model, DSLM)」的教學策略，並已實際應用於班級教學環境，獲致明顯的教學成效，於是本研究即採用 DSLM 的教學模式為基礎，來設計概念改變的學習課程。

在國小的自然科學課程中，「燃燒」單元是氧化還原反應概念的基礎課程，對於化學概念的學習佔有重要的地位。然而由於在一般教室情境的大班教學過程中，不易呈現化學變化微觀及抽象的特質，使得學生在此單元概念的理解上有相當的困難，更成為未來進階化學概念學習的障礙，於是本研究選取了此單元做為網路化推理學習課程的主題。

國內教育風潮自推行教育改革以來，建構主義成為主流並促使在課程活動設計上，力求改變過去傳統以教師為中心的缺點，成為以學生為中心的設計。而網路化的學習環境，一方面因應資訊科技的快速成長，另一方面正符合建構主義的精神，讓學生主動學習建構知識，網路課程的研究及開發已成為未來教育的趨勢之一。本研究結合 DSLM、

科學推理理論以及網路化學習環境來設計學習課程，期許能有效的進行燃燒概念的重建及另有概念的改變，並提昇學生的科學推理能力。

因此本研究的目的如下：

1. 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」單元的網路化學習課程。
2. 探討不同教學模式(網路化 DSLM 和傳統一般教學模式)、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、轉變期)對「燃燒」概念建構與改變、科學推理能力提升的影響。
3. 分析不同教學模式的學生在「燃燒」單元學習前後所具有的概念狀況及運用的推理層級，來探討兩組學生在概念建構與改變、科學推理能力表現的差異情形。

二、文獻探討

(一) 概念改變

余曉清(She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)所發展的雙重情境學習模式(Dual situated learning model, DSLM)，使得概念改變的理論，有了實際且有效的教學模式。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)。此模式的最大特色是概念改變教學設計必須建立在理化概念本質與學生理化迷思概念之本體架構的分析之上，而此概念改變的過程必須挑戰學生的科學知識之本體觀信念(ontological beliefs)，以理解學生究竟缺乏哪些心智結構因而無法建立完整的概念。其次，本模式另一個重點是所設計的雙重情境學習活動必須兼具產生不和諧(dissonance)以及提供新的心智結構(new mental set)的功能，而該架構正如 Posner 和 Strike (1982)所建議的，對於學習者是合理、易理解、有利、有效的，同時學習活動的設計必須要使學生親眼見到具體的實物或模型等促使概念的重新建構得以產生。當產生不和諧的過程中，則同時引發學生的學習動機、興趣、好奇心與挑戰學生科學概念的信念，概念改變才有可能達成。

(二) 科學推理

Glynn 等人(1996)曾以認知模式將學生在推理科學現象時的心智過程，做出詳細的描述。學生在工作記憶區對外界的科學現象進行推理時，會引用存放在長期記憶區中的科學事實、原則與技能。Kuhn(1993)認為個人進行科學推理思考的過程恰似一場理性的辯論，無需像一般對話式的辯論般強烈表達自己的主張，只要依個人原有的信念，從已知的正、反證據中進行判斷性思考，得到最後結論或做出判斷。皮亞傑認為若要進行科學的推理過程，需要先要有一定的邏輯能力才能完成。因此過去在教學實務上多半認為，小學階段的兒童屬於具體運思期，故鮮少進行較抽象的科學推理教學。Driver 和 Easley(1978)、Carey(1985)、McCloskey(1988)等人認為兒童建構科學理論的方法其實和科學家十分類似。Driver(1995)以知識論的觀點，從學生如何進行科學探索活動(science

enquiry)、學生如何看待科學理論的本質和狀態,以及學生「使用理論所作的解釋」和「對證據的描述」之間的關係,來分析學生進行科學推理活動的表徵。一般的科學推理能力測驗則採用了 Lawson(1978, 1987, 2002)科學推理測驗(Classroom Test of Scientific Reasoning),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)。但是影響學生推理能力的因素中,可以歸納出:1.年齡:Piaget 認為學生在不同的時期(如具體運思期或形式運思期等),推理能力亦不相同;2.科學本質:不同假設性的概念形式時,會呈現出多樣的心智基模能力(Lawson, 1992);3.學習背景(Faulkner, et al., 2002);4.教學中的引導(Vosniadou & Brewer, 1992);5.學生的知識觀點(Hogan, 2000a);6.根據不同類型的概念,使用不同的推理能力(Tytler & Peterson, 2004)。

(三) 網路與科學學習

Shafer 等人(2002)指出網路學習可以促進學生自我學習,並且擁有較好的學習策略以獲得較佳的學習成效;She 和 Fisher (2003)在網路多媒體動畫科學學習課程研究中,顯示不同學習風格與年級的學生在認知學習與情意學習上均有顯著的成效。Leung (2003)指出網路具有許多優良的學習特性如打破時空限制、具有高彈性的課程設計等,也因為這許多特性才促成學生在學習上有較佳的成效。由此可見網路學習與傳統教學模式相較起來,具有較高的學習成效,是值得嘗試的教學模式,也是未來教育發展的趨勢。Jonassen (1996)以 mindtools 說明教學科技有三層次的應用,分別是「學電腦知識(learning about computer)」、「從電腦學知識(learning from computer)」、「用電腦學知識(learning with computer)」,Jonassen (1997)更強調,應該將電腦視為心智工具(Mindtools)或是認知工具(Cognitive tools),使學習者以有意義的方式進行思考以及增進批判性思考(Critical thinking),協助學習者建構自己的知識,以達到更高層次的學習,電腦及網路已成為促進學生學習的認知及後設認知的重要工具之一。

三、研究方法

(一) 研究對象

本研究是以台北市某國民小學六年級未學過「燃燒」單元概念的兩個班級學生為對象,學生人數共 62 人,學生家庭社經背景為富裕到小康,分班方式為常態編班。參與教學實驗的教師 2 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一個班級,實驗組採用網路化雙重情境學習模式在電腦教室進行網路課程學習,並於自然實驗室進行實驗操作,共 31 人;對照組採用傳統教學模式在自然實驗室中以講述、討論、分組實驗等方式進行教學,對照組班級人數 32 人,全程參與本研究共 31 人。

(二) 研究流程

研究歷程分為三個階段,依序為研究準備階段、概念建構及改變教學階段及資料分析階段。

1、研究準備階段:研究問題確立後,進行學生原有概念及相關理論資料的蒐集,找尋選取具信效度之相關測驗重新編寫或加以修改以適合本研究之主題與對象,再依雙重情境學習模式進行前三階段的分析。依雙重情境學習模式設計學習事件,拍攝剪輯教

學所需多媒體影音資料，綜合兩者完成網路學習課程系統的建置。

2、概念改變重建教學階段：接著在教學前針對學生於課程內容了解程度(單元成就測驗)、相關概念理解程度(主題相依推理測驗)和科學推理能力(科學推理測驗)實施前測。實驗組學生進行網路化雙重情境概念改變學習，對照組學生進行傳統教學模式的學習。

3、資料分析階段：將研究期間所蒐集到的資料進行分析，完成結論報告。

(三) 研究工具

本研究所使用的工具有「燃燒單元成就測驗」、「燃燒概念相依推理測驗」、「科學推理測驗」、「燃燒概念改變歷程測驗」、「結合科學推理的網路化雙重情境學習網」等。

1、燃燒單元成就測驗

由研究者依據課程綱要及教材內容編寫成就測驗共九十六題，用以檢核學生在「燃燒」單元的學習成效，題目型式採單一選擇題。

2、科學推理測驗

Lawson(1978, 1988, 1992; Lawson, Alkhoury, Benford, Clark, & Falconer, 2000)所設計的科學推理測驗，內容系統層級分明且實施簡便，適合中、小學生大量施測。本測驗是根據 Lawson(1978)所發展，2000 年修訂的科學推理測驗，翻譯重新編寫修訂成「科學推理測驗國小版」。測驗題型採兩階層式選擇題，第一層依題意回答可能的現象或觀察結果，第二層回答推理的依據。

3、燃燒主題相依推理測驗

此測驗是為偵測學生對於「燃燒」概念的推理能力所設計，題目型式為二階層式選擇題，共 41 個題組第一層題目的出題範圍為學生可觀察到的自然現象或科學事實的真偽，第二層題目則為以上一層題目進行科學推理後所得到的理由或證據，兩層題目均答對才算得分。

4、燃燒概念改變歷程測驗

為了診斷學生是否具備正確的「燃燒」單元相關概念，研究者依網路課程之學習事件設計了十二題「燃燒」概念改變歷程測驗題目。學習者在進行每一個概念學習之前，必須先作答選擇第一層的選項，然後在第二層填寫出選擇的理由和想法。

四、研究結果與討論

在單元學習成就測驗的分析中可以發現，實驗組中各分組的學生其燃燒單元概念的學習狀況均優於對照組學生，在主題相依推理測驗的分析中亦得到類似的結果。這表示實驗組的學生在雙重情境學習模式的環境下，科學概念的建構與改變以及科學推理能力的學習均優於在一般傳統教學模式下學習的對照組學生，而得到優異的成效。由

MANCOVA 分析中可發現實驗組各學習分組及推理分組的學生均能得到有效的學習發展，相對之下對照組在一般傳統教學模式之下，各分組之間的表現差異不大，造成程度好或推理能力強的學生無法有效的發揮其天賦，得到應有的學習發展。在科學推理測驗的分析中，未能得到類似的結果，可能是由於 Lawson 的推理主要針對 deductive Reasoning，而本研究所設計的 Reasoning 包涵 inductive 和 deductive Reasoning，因此雖然實驗組比對照組高分，且均有進步，只是未達顯著性。以晤談的方式，分析並比較實驗組和對照組在「燃燒」單元的概念學習以及推理層級的改變情形，以 MANCOVA 分析概念數和概念正確分數和推理層級，並以 partial η^2 值做為實際顯著效果大小的指標，結果顯示出實驗組在概念數、概念分數以及高階推理層級的表现均優於對照組。在概念連結的分析方面，使用 t 檢定進行的分析統計，並以 Cohen's d 值做為顯著效果大小的指標，結果顯示實驗組的概念不論「全對」和「進步」類別中均優於對照組。由晤談的分析方式得到的結果為，在經過網路化科學推理學習的課程後，實驗組不論在概念的建構、學習保留的效果和推理層級的提昇，均明顯優於以一般傳統教學模式進行學習的對照組。以上分析結果證明不同的教學模式對學生的概念重建以及推理能力的提昇的確有顯著的影響。易國榮和余曉清(2004)指出，在網路化的 DSLM 的班級教學模式下可以有 80%~90% 的概念改變成功率。梁志平、余曉清(2004)的研究中亦顯示良好設計的網路化課程在大班教學中能有效的促成概念改變，低學業組有顯著進步，以及高學業組的學習成就優於低學業組的結果也和本研究相同。

五、結論

(一)教學前後「燃燒」單元學習成就分析

「燃燒」單元學習成就測驗的結果分析中，顯示實驗組中不同的自然與生活科技學業分組(高分組、低分組)及科學推理分組(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)的學生其後測及追蹤測成績均優於前測成績；而對照組中不同的自然與生活科技學業分組及科學推理分組學生其前測和後測成績的 t 檢定均未達顯著水準，除轉變期學生外其餘各組學生其前測和追蹤測成績的 t 檢定已達顯著水準。以 MANCOVA 分析不同教學模式、不同科學推理分組、不同自然與生活科技學業分組三變項對燃燒單元學習成就的影響，結果顯示融入科學推理教學的網路化雙重情境學習模式之下學習的學生中，轉變期和具體運思後期的學生其單元學習成就的成績，在後測及追蹤測均高於具體運思前期學生的成績，但是在對照組中三個推理分組學生的成績之間就沒有達到顯著差異水準。這表示一般傳統教學模式下，推理能力較高的學生並沒有發揮其學習潛能，達到應有的學習成效。另外在不同的教學模式比較中，實驗組中具體運思後期和轉變期的學生其成績均高於對照組，而具體運思前期學生的成績則無顯著差異，這可能是因為具體運思前期的學生其進步幅度較小，相對於較大的組內標準差，因而比較成績時無法達到應有的顯著水準。

(二)教學前後主題相依推理測驗分析

「燃燒」單元主題相依推理測驗的結果分析中，顯示實驗組中不同的自然與生活科技學業分組(高分組、低分組)及科學推理分組(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)的學生其後測及追蹤測成績均優於前測成績；而對照組中不同的自然與生活科技學業分組及科學推理分組學生其前測和後測、前測和追蹤測成績的 t 檢定均未達顯著水準。以 MANCOVA 分析不同教學模式、不同科學推理分組、不同自然與生活科技學業分組三變

項對燃燒單元主題相依推理能力的影響，結果顯示在不同的教學模式之下，實驗組學生其主題相依推理測驗後測及追蹤測的成績均高於對照組學生；在不同的科學推理分組下，後測時各組成績無顯著差異，追蹤測時具體運思後期與轉變期學生成績均高於具體運思前期學生。主題相依推理代表「單元主題相關概念」以及「科學推理能力」兩個向度的學習，上述結果顯示在融合科學推理教學的網路化雙重情境學習模式下的學生，其主題相依推理能力(亦即單元主題概念學習，以及科學推理學習)均優於一般傳統教學模式的學生，並且有較好的學習保留效果。科學推理能力較高的學生，在經過燃燒主題課程的學習後，其推理能力也有較好的發展和較大的學習保留效果。

(三) 教學前後科學推理測驗分析

在科學推理測驗的結果分析中，顯示實驗組和對照組中高學業成就學生的成績在前測和後測間的t檢定均未達顯著差異，兩組學生在前測和追蹤測成績之差異才達到顯著水準；而實驗組低學業成就學生的成績，在前測和後測的t檢定達到顯著，對照組低學業成就學生則未達顯著水準，兩組低學業成就學生在前測到追蹤測的t檢定均未達到顯著水準。以MANCOVA分析不同的教學模式、不同科學推理分組和不同自然與生活科技學業分組對科學推理能力的影響，結果顯示僅實驗組轉變期學生在後測成績高於對照組轉改期學生，其餘各組差異均不顯著，可能的原因是因為科學推理測驗原為鑑別自具體運思期至後形式運思期的受試者其科學推理能力，國小學生多半僅達具體運思期，因此成績多壓縮在0~2分之間，相對於組內標準差很大，因此不易顯現出各因子應有的影響力。

綜合以上研究結果顯示，本研究所採用結合推理之網路化雙重情境學習模式能有效的減少學生的另有概念，使學生建構正確的科學概念，並提升學生的主題相依推理能力。

參考文獻

中文

郭國成 (2002)。國小學童燃燒概念另有概念之研究。屏東師範學院碩士論文 (未出版)。

郭重吉 (1992)。從建構主義的觀點探討中、小學數理教學的改進。科學發展月刊，20 (5)，548-570。

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學術研討會論文發表。

游文楓、余曉清 (in press)。網路化問題解決教學策略對學生生物學習成效的影響。科學教育學刊。

英文

- Anderson, O. R., & Demetrius, O. J. (1993). A flow-map method of representing cognitive structure based on respondents' narrative using science content. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 953-969.
- 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.
- 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. (2004a). Fostering radical conceptual change through dual-situated learning model. *Journal of research in science teaching*, 41(2), 142-164.
- She, H.C.& Fisher, D. (2003). Web-based 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 environments: A future perspective*, p343-368. Singapore: World Scientific.