

國中網路虛擬物理實驗室

Network-Based Virtual Physics Experiments for Junior High School Students

羅慶璋 張國恩 宋曜廷
國立台灣師範大學資訊教育學系

E-mail: tea040@mail.fljh.kh.edu.tw kchang@ice.ntnu.edu.tw

摘要

本研究之目的在於探討虛擬實驗的學習環境對實驗學習成效的影響，以單元成就測驗做為前後測的工具，探討兩種不同虛擬實驗學習方法所達成的學習成效差異和進步幅度差異。實驗過程並測驗學生的科學能力，同時測量學習者的學習型態，目的在找尋虛擬實驗學習方式和學習型態之間的關係，最終施以系統態度問卷調查。研究樣本為四班國中二年級學生，共一百二十八人，以準實驗研究方式將學生分成兩組實驗組，並根據實驗步驟之提供與否，給予兩種經過設計與控制的實驗學習方式，資料分析採二因子混合設計共變數分析及獨立樣本二因子共變數分析。

實驗所得發現：

1. 兩組學生在單元中，實驗步驟的給予與否對單元學習成效有顯著的影響，給予實驗步驟組之成績，均明顯優於自行設計實驗步驟的設計實驗步驟組。

2. 就進步幅度而言，在單元中呈現給予實驗步驟組的進步幅度顯著大於設計實驗步驟組。給予步驟組的學生在單元中進步幅度均顯著，而設計實驗步驟組的同學均無顯著進步。

3. 就實驗組別和學習型態的交互作用而言，在單元中均呈現交互作用不顯著的現象，而實驗組間的成績出現顯著的情形，即不論是哪一種學習型態的學生，均是給予實驗步驟組的學習成效優於設計實驗步驟組的同學。

4. 兩個實驗組的學生均對虛擬實驗室的學習方式，給予正面的評價，而給予步驟組的同學又比設計步驟組的同學給了系統更高度的評價。

關鍵詞：虛擬實驗、實驗學習、模擬、學習型態。

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of learning in two kinds of network-based virtual Physics experiment on junior high school students' performance and attitudes toward virtual experiments. The achievements of students before and after each experiment unit were analyzed by test-sheets, learning sheets and questionnaires. Additional tools include science process skill tests and

Felder's index of learning styles. Comparison was made on two groups of students. The sample of the study was 128 8th-grade students of 4 classes in junior high school. The methods of data analyzing were two ways mixed-design mancova and independent two-way mancova. The result of the analysis reveals that,

1. The first group scored significantly higher than the second group.

2. The first group progressed significantly more than the second group. In the first group, the scores of the post-test were significantly higher than the scores of the pre-test in three units. It means that the first group progressed significantly.

3. There was no significant interaction between groups and learning styles. For all learning styles, the first group scored significantly higher than the second group.

4. On the analysis of attitude toward virtual experiments, students in both groups show positive acceptance and students in the first group show more.

Keywords: virtual experiment, simulation, learning styles.

壹、研究動機和目的

自然科學之實驗相關課程中親手操作乃建構科學知識重要的管道之一，Gredler(1997)認為教師需提供學生親自動手操作的教學設計，安排造成認知衝突的學習機會，以達成使學生重建認知結構及主動建構知識的目的。有鑑於傳統的自然科學實驗教學中，習慣上使用分組教學方式的合作學習，學生實作實驗時，因器材設備不足，使得學生無法親自動手操作實驗，再加上時間不夠充裕，操作過程中無法仔細觀察、分析及充分討論等因素，導致學生實驗學習效果不易掌握，也使得教師帶學生進實驗室的意願低落，實驗教學效果不彰(黃寶鈿和劉靄雯，1993)。

美國國家科學教育標準(National Science Education Standards)中提及使用模擬的原因，提到模擬應選取適當的科學內容，設計適用的教材，以便在教學中能提升學生的興趣、增進理解以及強化學習經驗，並透過資訊科技來達到學生的學習需求。

在物理學中存有許多抽象概念，傳統方式的真實實驗室學習容易使學生產生挫折而減低興趣，本研究欲藉由網路化模擬學習環境，讓學生嘗試虛擬實驗學習，一方面利用模擬本身預先設計好觀念正確的實驗過程，幫助學生用視覺化的方式來增進理解，另一方面突破傳統真實實驗本身無法人人親自動手作實驗的限制，用虛擬實驗輔助學習軟體來補真實實驗課程不足，提升學生的實驗學習動機。

Roblyer、Castine 和 King(1988)認為模擬輔助學習的效果比其他教學方法有效，且模擬較適用於高年級的學生。有鑑於模擬運用於年紀較長的學生（高中以上）較為普遍，於國中教學方面者數量仍不多。本研究針對國中物理科的實驗教材為內容，針對存有抽象科學概念之單元，以電腦化的網路虛擬實驗室來製作一系列模擬軟體，採取模擬真實實驗室的方式，利用科學概念學習的方式，將實驗教材中的實驗操作重點以線上模擬的方式呈現，達成藉電腦化模擬實驗學習平台輔助國中學生實驗學習的目的。

本研究以 Tamir (1989) 科學實驗活動層次分類表之第一層次「給問題、給方法、不給答案」，類似一般國中自然科學真實實驗室學習方式：明確提供實驗問題和實驗步驟，學生操弄後再提出對實驗問題之解答，及第二層次「給問題、不給方法、不給答案」；根據實驗問題，和實驗環境及表格相關資料，自行設計實驗步驟的抽離實驗步驟而使學生自行設計實驗步驟的學習方式。

另外，不同學習型態的學生所適用的虛擬實驗室環境，亦是本研究的另一個重點，學習型態可以視為「個人在學習過程的偏好」。本研究以 Felder 的學習型態理論作為分類學生學習型態之依據，研究假設有二：若學生屬於循序型，習慣上依循實驗步驟作實驗，使其在已給予明確實驗步驟的虛擬實驗學習環境下學習，學習效果應會較佳；若學生屬於抽象型，習慣作抽象思考，使其在需要自行設計步驟的抽象學習環境下學習，學習效果也應較佳，而驗證這兩個實驗假設，亦為本研究的主要動機之一。

本研究的目的是有五：

一、發展含有教學策略，可應用於國中物理實驗概念學習之模擬學習環境。

二、探討學生在使用虛擬物理實驗的模擬輔助學習時，經過不同學習歷程後單元學習成效的差異。

三、探討學生在使用虛擬物理實驗的模擬輔助學習時，經過不同學習歷程後進步幅度的差異。

四、探討不同學習型態之學生在兩種虛擬實驗學習環境下的學習成效差異。

五、探討使用模擬輔助教學軟體來輔助實驗學習時，學生對於不同虛擬實驗室環境的接受程度。

貳、文獻探討

一、實驗教學困難

造成教師帶學生進實驗室的意願低落或是使得實驗教學效果不彰的原因大概有下列幾項(黃寶鈿和劉靄雯，1993；許榮富和趙金祁，1987)：

- (一) 教師本身對教材或器材不熟悉
- (二) 設備不足
- (三) 時間不足：一堂課 45 分鐘太短或是趕課
- (四) 人數太多，不易掌控
- (五) 學生配合度差，實驗室秩序難掌控
- (六) 硬體設備不足，專人管理支援不夠
- (七) 教材實驗設計不良
- (八) 教師本身對實驗教學的意願不高

二、實驗教學的模式

實驗教學模式為了要獲取已知或未知的實驗結果，可以根據實驗步驟的給予與否、活動方式是演繹產生或歸納，以及實驗步驟是老師給予或學生產生而成為四種教學模式 (Domin, 1999)，如表 1

表 1 實驗教學的四種模式 (Domin, 1999)

型式	特色		
	實驗結果	活動方式	實驗步驟
講述式	已知的	演繹的	老師給予
探究式	未知的	歸納的	學生產生
發現式	已知的	歸納的	老師給予
問題中心	已知的	演繹的	學生產生

Tamir (1989) 也強調實驗課程最主要的功能並不是展示結果，而是以科學學習過程為核心。將實驗活動層次分類整理為分類表如表 2(Tamir, 1989)所示。

表 2 科學實驗活動層分類表 (Tamir, 1989)

層次水準	問題	方法步驟	答案
零	給	給	給
一	給	給	開放
二	給	開放	開放
三	開放	開放	開放

本研究意在將資訊科技融入自然學科中的實驗教學，嘗試用模擬方式的虛擬實驗來提升學生的興趣、增進學生的智能以及強化學習經驗，作為學前預習或課後複習的工具。教學前使學生先操弄模擬，作為教學前預習準備，若將模擬的操弄，則有複習課程的作用。

改良實驗學習之方法主要是設計更有趣或生活化的實驗來引起學生的興趣(范麗玉, 1998；陳素真, 1994；White, 引自陳義勳譯, 1993；祁明輝, 1998)或是提供教學策略(林秀蓁, 1994；蔡珮穎和張文華, 1998；林陳涌, 1995)，本研究採用主要作法如下：

- (一) 依照不同實驗、能力、設備去安排不同實驗的課程
- (二) 發問式教學策略
- (三) 講解步驟或示範實驗

三、學習型態

傳統的教育較為重視教師如何教學的部分，近年來由於建構主義的興起，愈來愈重視學生如何學習的部份。教學成效是否顯著，關鍵在於教師的教學型態(Teaching styles)與學生的學習型態(Learning styles)是否能夠相互配合。

Felder(2004)學習型態主要有四種分類，簡要介紹如下：

1. 主動型和內省型 (Active and Reflective)：主動型的學生從主動的處理某些事務後，才可以瞭解得較好；而內省型的學習者，總是抱持先想好後再做的想法。

2. 感官型和抽象型 (Sensing and Intuitive)：感官型的學生偏好學習事實；抽象型的學生較喜歡發現可行性和關係。感官型的學生偏好動手做（如做實驗），對處理工作的細節有耐心；抽象型的學生對於抽象事物和數學的公式較易掌握而學習得較佳。

3. 視覺型和口語型 (Visual and Verbal)：視覺型的學生對於所看見的照片、圖表、流程圖、影片或親自示範，較為記憶深刻；口語型的學生對於書寫的或講出來的語言文字，理解程度叫視覺型的同學深。

4. 循序型和全盤行 (Sequential and Global)：循序型的同學按照邏輯性、一步一步有次序的步驟來學習，全盤型的同學則以跳躍式的方式在學習，。

四、模擬學習

電腦模擬是一程式，而此程式內含著一種系統（自然、人工的器材或設備）的型式或過程的型式（de Jong, & van Joolingen, 1998），針對真實或想像世界中，用程式來模仿動態環境或物件系統（Akpan & Andre, 2000）。

然而並非所有的文獻均認為模擬具有正向的學習效果，模擬融入互動教室和單純使用傳統紙筆互動的學習方式作比較，學習成效並沒有明顯差異（Carlson and Andre, 1992；de Jone et al., 1992；Rivers and Vockell 1987）。其主要原因乃在於不當的教學支援、缺乏充足的模擬設計以及不適合的學習技巧。De Jong 和 van Joolingen（1998）將學習者在使用模擬支援科學性的發現式學習時，遭遇學習困難之原因區分為四點：

- (1) 產生和調整假設之困難，
- (2) 缺乏妥善設計的實驗，
- (3) 對解釋資料產生困難，
- (4) 相對於發現式學習規則出現了問題。

既然模擬學習有上述困難，解決困難的方法則可於模擬學習過程中使用歸納式的教學方式，如科學上探究式學習、發現式學習及問題導向學習等，可將歸納式教學引導方式融入於模擬學習之中，協助學生在科學實驗探究的過程中，一併培養科學過

程技能能力。本研究之給予實驗步驟學習環境，即利用發現式學習的特性，另一個自行設計實驗步驟的學習環境，則以問題導向學習為設計原則。

五、電腦化虛擬實驗室

在物理學中存有許多抽象概念，學生極容易產生相當數量的迷思概念，導致正確的實驗物理概念不易建立。而虛擬實驗室即使用模擬將實驗情境虛擬化，使學生能主動學習，增加對於抽象的自然觀念之瞭解。張秀激（2002）也建議教師在引導學生學習時，必須慎重選擇適當的教學資源與教學方法，盡量讓學生親自動手做，以提高學習動機和興趣，但遇到抽象觀念，或需要電腦模擬實驗時，可以融入合適的電腦教學媒體，達到「高品質教學過程」，使科學教育走向優質教育的新境界。

兒童科學教育尤其要重視觀察和實驗（White, 1993），因此網路虛擬實驗室教材的選擇與設計主要包含下列幾項：

- 一、抽象難以具體描述的概念或單元。
- 二、日常生活情境中接觸不多、學生較難理解或學生較沒興趣的單元或概念。
- 三、具危險性或不易取得，不適合讓學生親自操作演練的概念或單元。
- 四、容易發揮網路多媒體電腦特性的概念或單元。

參、研究方法與步驟

一、實驗設計

本研究在探討一、兩種模擬實驗環境對不同學習型態學生的學習成效，二、不同組別學生在單元的進步幅度分析，故採準實驗設計，說明如下：

（一）兩種模擬實驗環境對不同學習型態學生的學習成效

實驗設計方法為獨立樣本二因子共變數分析，自變項有二，分別為為不同學習型態和不同模擬環境的虛擬實驗學習組別，學習型態包括第一類別（感官型和抽象型）及第二類別（循序型和全盤型），每次只針對其中一類別加以處理；模擬環境分為給予實驗步驟組（實驗組一）和設計實驗步驟組（實驗組二）兩種，依變項為學習成效，為排除學生原有知識與科學過程能力高低對學習成效的影響，因此以單元前測與科學過程能力為共變量，以控制其對學習成效所造成之影響。

（二）不同組別學生在單元的進步幅度分析

實驗設計方法為二因子混合設計共變數分析，以不同模擬環境的虛擬實驗學習組別作為受試者間因子，模擬環境分為給予實驗步驟組和設計實驗步驟組兩種，以單元前後測作為受試內因子，為排除學生科學過程能力高低對進步幅度的影響，因此以科學過程能力測驗之分數為共變項，以控制其對進步幅度所造成之影響。

二、研究對象

本研究選取台灣南部地區高雄市某市立國民中學的國二學生四個班級實驗為研究對象，研究對象因學校採非常態分班，研究時選取一班學科能力較佳者與另一班學科能力較差者共兩班學生為給予實驗步驟組，另一班學科能力較佳者與另一班學科能力較差者共兩班學生為設計實驗步驟組，各班人數與有效受測學生人數，如表 3。對於待學習的虛擬實驗室教材單元的學習狀況加以分析的結果，學生在使用虛擬實驗室來做學習時，尚未接觸過「單擺週期的測量」一單元。

表 3 研究樣本人數統計表

組別	人數 (佳, 差)	有效樣本 (佳, 差)	有效樣本 (男, 女)
給予組	66(36, 30)	64(36, 28)	64(36, 28)
設計組	67(36, 31)	63(36, 28)	63(36, 28)
合計	133(78, 61)	127(72, 56)	127(72, 56)

三、實驗工具

模擬環境分為給予實驗步驟組（圖 1）和設計實驗步驟組（圖 2）兩種。



圖 1 給予步驟實驗學習環境



圖 2 給予步驟實驗學習環境

實驗必須工具尚包含單元成就前後測、科學過程能力測驗、學習型態量表，其中學習型態量表採用 Felder 學習型態量表 (1991)，組成共有四十四題單選題，Zywno (2003) 特別對此一量表的信度效

度加以考驗，包括重測信度、因素結構、內部信度、全部項目相關性及內部量尺相關性。而其中也論及量表的效度，結論支持此一量表為測量學生學習型態的一份良好的心理測驗工具。

肆、研究結果和討論

以組別和學習型態為自變項，以「單擺週期的測量」單元前測及科學過程能力測驗之分數為共變項，以「單擺週期的測量」單元後測分數為依變項，經二因子共變數分析，結果如表 4 所示。在排除共變量的影響之後，實驗組別達到顯著差異， $F(1, 122)=15.986$ ， $p=.000$ 。學習型態（感官/抽象）間未達顯著水準， $F(1, 122)=3.635$ ， $p=.059$ 。實驗組別和學習型態二因子交互作用未達顯著水準， $F(1, 122)=2.932$ ， $p=.089$ 。因此，無論是感官型或抽象型學生均在明確提供實驗步驟的模擬實驗環境有較高的學習成效。

表 4 實驗組間與學習型態（感官型/抽象型）在「單擺週期的測量單元」後測的共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
共變量一	21.188	1	21.188	8.609**	.004
共變量二	64.900	1	64.900	26.370**	.000
實驗組別	39.344	1	39.344	15.986**	.000
學習型態	8.947	1	8.947	3.635	.059
交互作用	7.217	1	7.217	2.932	.089
誤差項	300.254	122	2.461		

** $p<.01$ * $p<.05$ 共變量一：單擺前測；共變量二：科學過程能力；學習型態：感官/抽象

以組別和學習型態為自變項，以「單擺週期的測量」單元前測及科學過程能力測驗之分數為共變項，以「單擺週期的測量」單元後測分數為依變項，經二因子共變數分析，結果如表 5 所示。在排除共變量的影響之後，實驗組別達到顯著差異， $F(1, 122)=11.027$ ， $p=.001$ 。學習型態（循序型/全盤型）間未達顯著水準， $F(1, 122)=.118$ ， $p=.732$ 。實驗組別和學習型態二因子交互作用未達顯著水準， $F(1, 122)=.034$ ， $p=.855$ 。因此，無論是循序型或全盤型學生均在明確提供實驗步驟的模擬實驗環境有較高的學習成效。

表 5 實驗組間與學習型態（循序型/全盤型）在「單擺週期的測量」單元後測的共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
共變量一	14.703	1	14.703	5.716*	.018
共變量二	75.027	1	75.027	29.167**	.000
實驗組別	28.365	1	28.365	11.027**	.001
學習型態	.304	1	.304	.118	.732
交互作用	8.64E-02	1	8.64E-02	.034	.855
誤差項	313.819	122	2.572		

**p<.01 *p<.05 共變量一:單擺前測;共變量二:科學過程能力;學習型態:循序/全盤

以科學過程能力測驗之分數為共變項，以實驗組別作為受試者間因子，「單擺週期的測量」單元前後測作為受試者內因子，進行二因子混合設計共變數分析，結果如表6所示，組別的效果達顯著， $F(1,125)=7.24, p=.008$ ；前後測效果亦達顯著， $F(1,126)=4.70, p=.032$ ；組別和前後測二因子交互作用達顯著水準臨界值， $F(1,126)=3.66, p=.058$ 。表示明確實驗步驟組及設計實驗步驟組的同學之不同實驗學習方式和成就單元前後測在「單擺週期的測量」一單元中有接近顯著之交互作用存在。

表6 組別與前後測在「單擺週期的測量」單元的二因子共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p	
共變量	232.94	1	232.94	70.25**	.000	
受試者間						
組別 (A)	SSa	24.02	1	24.02	7.24**	.008
誤差項	SSs/a	414.46	125	3.32		
受試者內						
前後測	SSb	10.16	1	10.16	4.70*	.032
(B)						
交互作用	SSab	7.91	1	7.91	3.66	.058
(AxB)						
誤差項	SSbs/a	272.43	126	2.16		

*p<.05 **p<.01

單純主要效果分析如表7，發現實驗組間的前測分數沒有顯著差異， $F(1,250)=.65, p=.429$ ；但在後測有顯著差異， $F(1,250)=11.41, p=.001$ 。明確實驗步驟組學生的調整後後測分數 (adj. M = 4.74) 顯著高於設計實驗步驟組的學生調整後後測分數 (adj. M = 3.74)。就前後測的分數而言，前後測在明確實驗步驟組有顯著差異， $F(1,126)=8.33, p=.005$ ；在設計實驗步驟組則沒有顯著差異， $F(1,126)=.03, p=.857$ ，由表5-26可知明確實驗步驟組的後測分數 (adj. M = 4.74) 顯著優於前測分數 (adj. M = 3.96)。

表7 組別與前後測在「單擺週期的測量」單元的單純主要效果分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
實驗組別 (A)					
在前測 (b1)	1.79	1	1.79	.65	.429
在後測 (b2)	31.27	1	31.27	11.41**	.001
誤差	685.10	250	2.74		
前後測 (B)					
在給予步驟組 (a1)	18.00	1	18.00	8.33**	.005
在設計步驟組 (a1)	.07	1	.07	.03	.857
誤差	272.43	126	2.16		

*p<.05 **p<.01

伍、結論與建議

本研究提出如下結論：

一、學習成效

給予實驗步驟組之形成假設及設計實驗的科學能力明顯低於設計實驗步驟組，經過兩種不同模擬實驗環境的學習後，在「單擺週期的測量」單元中均出現相同結果，即給予實驗步驟組的學習成效顯著優於設計實驗步驟組。

二、學生進步幅度

(一) 給予實驗步驟組的虛擬實驗學習法學生成績之進步幅度，明顯優於設計實驗步驟組。

(二) 給予實驗步驟組在單元中有顯著之進步。

三、不同學習型態之學生之學習成效情形

在三個單元中，不論是感官型或是抽象型的學習型態，或者是循序型和全盤型的學習型態的學生，均是給予實驗步驟組的同學之學習成效顯著優於設計實驗步驟組的同學。

四、系統使用態度及意見

給予實驗步驟組在「系統界面接受度」、「設計實驗步驟的接受度」、「整體學習環境接受度」、「學習成效」項目的滿意程度高於設計實驗步驟組，僅在「實驗問題理解度」一項目的結果出現設計實驗步驟組的平均百分比高於給予實驗步驟組的同學。

針對上述的研究結果與結論，研究者據以提出下列建議：

一、對國中教師物理教學的建議

(一) 由研究結果發現，給予實驗步驟組的學習成效明顯優於設計實驗步驟組，故建議國中物理教師在使用線上模擬教學時，若考慮時間的因素、又想有較好的學習成效時，宜由教師於課前先設計詳細之實驗步驟供學生自學使用。

(二) 在實驗學習的第二種方式中，學生需要針對實驗問題思考，學習探究解決問題的真正方法，設計實驗步驟的用途在確認實驗目的及辨識問題後按照實驗數據表格之要求來設計實驗步驟以解決實驗問題，但若實際要運用在教學中時，建議教師宜做更進一步的教學設計，譬如融入其它的教學理論：發現式學習、科學探究學習、問題導向學習、鷹架輔助學習等，或以合作學習的方式加以改良。

(三) 由研究結果顯示學生學習態度的分析中，兩個實驗組的同學超過半數抱持著正面的態度。比較困擾的是學生使用時間不足，因此在教學應用上如何讓學生熟悉系統環境，視單元延長學習的時間可以改善學生操作不熟悉的現象，也是研究者給教學者的一些建議。

(四) 根據研究者實驗過程觀察及學習單的內容分析，學生對實驗步驟的仰賴度極高，學生在自行設計實驗步驟時均出現了極大的困難，導致設計實驗步驟組成效不佳的結果，故建議教師若要設計類似設計實驗步驟組的學習環境，應該再多做一些引導的動作，勿讓學生自行學習，以免成效不佳。

(五) 由研究結果顯示，學習型態和實驗組間並沒有很直接的關係，故建議教師可以於課前瞭解學

生的學習型態，但建議可參考使用而不宜做過度的倚賴與解釋。

二、對虛擬實驗室學習系統融入自然實驗課程設計者的建議

(一)建議設計模擬動畫的教學設計或程式設計相關人員，宜依序將正確的操作步驟直接提示在動畫模擬中，使學生從做中學的過程中有明確的規則可以依循，並因此獲取最佳的學習成效。

(二)設計實驗步驟組所使用的自行設計實驗步驟的系統，設計實驗步驟組的同學有多數認為可以幫助他們更深入瞭解實驗問題，但經過本實驗的結果卻顯示成效不如給予實驗步驟組，表示設計步驟導向的學習環境存在一些問題，也說明自行設計實驗步驟的作法對學生來說並不單純。原因可以從許榮富(1986)所提出的科學過程即能中設計實驗的組織因子模式來說明，故建議對此一部分做深入的探討並融入學習系統中而加以改良。

三、對未來研究者的建議

本研究之研究樣本是由研究者所任教的學校二年級中，選取兩班學生為給予實驗步驟組，另外兩班為設計實驗步驟組，各班學生的素質仍有差異，因此本研究的結果並未推論到其他班級或其他學校。未來可選擇不同地區的學校學生做為研究樣本，或不同年級，正常的常態班級，以了解「國中虛擬物理實驗室」實驗教學模組實施之實際情形。本研究之研究範圍以九年一貫教材中自然與生活科技課程之物理部分一單擺週期的測量單元為主，並未推論到其他教學科目及單元，未來研究可以針對不同的主題單元做深入的探討。

本研究之教學並未納入正規學校自然課程中，而是每個星期使用一節電腦課額外上課，學生甚至出現說「為何電腦課要做自然科的學習」、「剝奪他們上電腦課的權力」等負面意見，因此上課效果與學習成效僅供參考，無法推論到納入正規學校自然課程的狀況。未來研究可以將「國中物理虛擬實驗室」實驗教學模組實際與學校正規自然課程結合，以了解此模組在實際教學上對於學生的學習成效與動機的影響。

本研究針對特定的研究對象進行準實驗設計，將一些變因加以控制、操弄，使研究結果更具推論性，但未提及學生的在單元的迷失概念，建議未來研究可使用虛擬實驗室的學習方式，針對學生的迷思概念進行質化的研究以了解學虛擬實驗室融入自然科實驗教學對於學生迷思概念的影響。另外亦建議後續的研究者能針對虛擬實驗室和真實實驗教學的結合做行動研究或其他質性研究，探討教師如何使用虛擬實驗室於真實實驗教學過程中，找尋此一類型之虛擬實驗室和教師實際教學互相搭配的最佳模式。

參考文獻

- [1] 范麗玉(1998)。國中物理建構式教學策略之行動研究。高雄師範大學物理學系碩士論文。
[2] 黃寶鈿和劉靄雯(1993)。化學師資基本能力

及條件之初步研究。師大學報，38，203-222。

[3] 許榮富(1986)。科學過程技能組織因子模式及影響因素。國科會報告NSC75-0111-S003-13。

[4] 許榮富、趙金祁(1987)。科學實驗教學目標之確認之客觀性評量分析研究。國科會報告NSC76-0111-S003-24。

[5] Akpan, J. P., & Andre, T., (2000). Using a computer simulation before dissection to help student learn anatomy. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 19(3), 297-313.

[6] Carlsen, D., & Andre, T. (1992). Use of a microcomputer simulation and conceptual change text to overcome student preconceptions about electric circuits. *Journal of Computer-based Instruction*, 19, 105-109.

[7] De Jong, T., & Njoo, M. (1992). Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved. In E. De Corte & M. C. Linn & H. Mandl & L. Verschaffel (Eds.), *Computer-Based Learning Environments and Problem Solving* (pp. 411-427). Berlin: Springer.

[8] De Jong, T. & Van Joolingen W. R. (1998). Scientific Discovery Learning With Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*. 68 (2), 179-201.

[9] Domin, D. S.(1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.

[10] Felder, R.M. and Soloman, B.A. *Index of Learning Styles*, Retrieved April 20, 2004, from the World Wide Web:

<http://www.ncsu.edu/felder-public/ILSpage.html>

[11] Gredler, M.E.(1997). *Learning and instruction theory into practice (3rd ed.)*. New Jersey:Prentice-Hall,Inc.

[12] Rivers, R.H., & Vockell, E. (1987). Computer simulations to stimulate scientific problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 403-415.

[13] Roblyer, M. D., Castine, W. H. & King, F. J. (1988). Assessing the impact of computer-based instruction: A review of recent research. *Computers in the Schools*, 5(3/4), 1-149.

[14] Tamir, P.(1989). Training teacher to teach effectively in the Laboratory. *Science Education*, 73(1), 59-69.

[15] White, B. Y. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and instruction*, 10(1), 1-100.

[16] Zywno M.S.(2003). A contribution to validation of score meaning for Felder-Soloman's index of learning styles. *Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*.