

第五章 結論與建議

本章旨在討論研究成果，並建議未來研究方向。全章共分四節，第一節針對研究結果依各研究問題做歸納的陳述，第二節將進一步討論與本研究相關的文獻與各項議題，第三節根據研究結論，提出教學與研究上的建議及未來的研究方向。

第一節 結論

本研究目的在探討兩班八年級的學生進行「透鏡成像」單元實驗時，不同的實驗環境對學習成效的影響。一組在電腦教室使用電腦模擬光學桌，另一組在理化專用實驗室使用光學透鏡組。比較其學習成效、概念內容的成效差異，進而探討兩種實驗環境對不同學習成就學生的影響。以下是研究問題與分析結果之回應情形。

一、研究問題一：

在透鏡成像實驗中，使用電腦模擬實驗與動手操作實驗之學習成效是否有差異？

電腦組與操作組經不同環境的實驗之後，在後測選擇題有明顯進步（電腦組： $t(34) = -5.661$ ， $p = .000 < .05$ ；操作組： $t(34) = -4.619$ ， $p = .000 < .05$ ）。後測題目還加入非選擇題，兩組的總分間沒有顯著差異（ $t(68) = -.273$ ， $p = .786 > .05$ ），顯示透鏡成像實驗，使用電腦模擬實驗與動手操作實驗，整體而言對於學生概念理解皆有成效且效果相當，表示在透鏡成像實驗中這兩種不同實驗環境對學生皆可達學習效益。

二、研究問題二：

在透鏡成像實驗中，電腦模擬實驗組與動手操作實驗組對特定概念內容的學

習成效是否有差異？

以下分別討論電腦組表現較佳的概念與操作組表現較佳的概念：

（一）電腦組表現較佳的概念

1. 「像與物的動態相對位置」：

「物體接近凸透鏡時成像會逐漸遠離透鏡」概念電腦組表現優於操作組且達顯著差異，可能是因為電腦模擬能夠呈現像與物的大小關係且上下顛倒，對於像與物的運動方向也可以立即顯現，而操作組雖也能看見像與物的大小關係和上下顛倒，但較難觀察像的運動方向。且在「凹透鏡之像與物的動態位置」也是電腦組表現較操作組佳，因為電腦模擬在觀察凹透鏡像與物的動態相對位置與使用凸透鏡一樣方便且明顯，但對操作組而言虛像不容易觀察，學生不會判讀虛像的位置，甚至是分辨虛像的位置是在鏡前、鏡面上或鏡後都是有困難的。因為學生會憑著生活中的經驗誤以為像的位置在平面鏡鏡面上（邱韻如，1998）。因此在觀察凸透鏡成像時大多學生會以為看見的像在凸透鏡鏡面上。

2. 「由實際光線所成的像為實像」：

電腦組在使用電腦模擬光學桌時可看見「模擬光線」，而操作組在操作實驗時看不見光線，所以電腦組對於「由實際光線所成的像為實像」的概念較優於操作組。

3. 「凸透鏡部分被遮蔽仍可成完整的像」：

電腦組於「凸透鏡部分被遮蔽仍可成完整的像」有顯著成效，而操作組易產生一迷思概念「成像大小與凸透鏡的面積有關」。

（二）操作組表現較佳的概念

1. 「凹透鏡的成像類型」：

兩組在「透鏡成像歸納」的表現相當，而操作組在實驗中可以凹透鏡鏡片直接觀察其他物體，所以操作組對於「凹透鏡的成像類型」較為熟悉。

2. 「倒立縮小的像為實像」與「實像與物異側」：

操作組因為實像的觀察較虛像觀察容易，故對於實像的性質如「倒立縮小的

像為實像」與「實像與物異側」等概念較優於電腦組，但也可能產生迷思概念，如「眼睛只能看見實像不能看見虛像」與「凸透鏡成像原則等同於實像的成像原則」。

3. 「像與物圖形的對稱關係」：

操作組的學生在「物體在凸透鏡焦點外，像與原物相比為上下顛倒、左右相反」的概念上較電腦組佳，因為操作組所使用的物體是鏤空的「L」字，觀察成像時除了可以看見像與物上下顛倒之外，還能看見左右相反的特性。而電腦組所使用的電腦模擬光學桌上的物體是一個左右對稱的箭頭，故所呈現的像只能看出與物上下顛倒，無法看出左右相反，此為電腦模擬的一項缺點。此外電腦組的模擬軟體未能模擬出物與像在 Y 軸與 Z 軸的關係，所以在「物體在凸透鏡焦點外，像與原物相比為上下顛倒、左右相反，但在對稱軸上方向不變」的概念上也較操作組差。

4. 「照相機的功能」：

操作組在照相機功能的概念表現較電腦組佳可能是因為操作組實際接觸到照相機，電腦組只有觀看電腦模擬的照相機。故操作組對於照相機的原理理解與功能較電腦組的表現較好，如「底片的成像性質」、「變焦功能」、「將照相機的功能應用在眼睛構造上」、甚至可應用在「放映機的像距」。

三、研究問題三：

在透鏡成像實驗中，不同學習成就學生與兩種環境進行實驗（電腦組與操作組）之間是否有交互作用？

兩組的高分組與中分組在後測有明顯進步，而低分組的後測進步未達顯著差異。顯示對於中分組與高分組而言電腦組與操作組的學習皆有明顯成效，就低分組而言，不論是電腦組或操作組皆沒有顯著成效。而兩組的中低分組進步分數相同，而只有高分組是電腦組的進步分數較操作組高，研究發現兩組之高分組皆主動積極且懂得操作實驗，則電腦組高分組的表現較操作組佳的可能因素為下列七

項：

1. 電腦組每組人數較操作組少所以每人操作實驗的機會較多，且因空間較小互動品質較佳。
2. 因為電腦模擬的成像與物體同時出現，若學生熟悉電腦介面就不需要花時間在尋找成像上。
3. 電腦模擬能調整的變因較多。
4. 電腦組的成像性質較操作組容易描述，成像性質能立即呈現在眼前。
5. 電腦模擬與教師在實驗課前教學生畫的「成像圖」相似，還可以動態呈現，有如連續播放幾個成像圖。此外也與概念測驗中出現的成像圖相似。
6. 因為電腦模擬會將抽象的概念具體化，故電腦模擬能夠幫助抽象的概念。
7. 電腦組高成就學生大多會將實驗結果與理論做比較。

第二節 討論

此節主要將本研究結果與其他文獻做分析比較，共有三個討論的面向。實驗教學與電腦模擬的學習成效；實驗教學與電腦模擬的成效差異；兩種實驗環境對不同成就學生的影響。

一、實驗教學與電腦模擬的學習成效

實驗教學的目標為「從活動中培養科學過程技能」，因為科學包括高度抽象及複雜的主題，學生在操作事物時能更瞭解科學，實驗教學除了可提供學生進行知識建構的機會，更能給學生具體的學習經驗，使科學的理論和概念與實際觀察所得發生連結。

然而，本研究中的操作組在概念測驗中有顯著進步，顯示實驗教學對於透鏡成像概念學習是有幫助的，此研究結果與相關研究符合(Dentici et al., 1984; Cross & Pitekethly, 1998; Ebenezer & Gaskell, 1995; Johsua & Dupin, 1987; Rogan, 1988; Saxena, 1992; Driel et al., 1988)。操作組的學生藉由光學透鏡組提升具體可觀察

的概念，如操作組能使用凹透鏡觀察其他物體，能發現與平時使用的近視眼鏡相同，所以對於凹透鏡的成像類型的概念有較多的成長。也因實際操作傳統單眼照相機，所以能提升照相機功能與原理的概念。且能看見打在紙屏上的「實像」，所以實像的性質的概念成長明顯。此外，操作組所使用的光源，即手電筒上有「L」字樣，能看見像與物體在上下顛倒、左右相反的關係，而電腦模擬無法呈現左右相反的關係。可見實驗教學的實際之經驗增進了技能的發展，有廣泛的類化效應。此外，本研究中的電腦組在概念測驗中也有顯著進步，顯示電腦模擬對於透鏡成像概念學習是有幫助的，此研究結果與相關研究符合（Gutwill et al., 1999；Zietsman & Hewson, 1986；White, 1984；Hameed et al., 1993；吳昌家，2002；李秀貞，2002；林傳傑，2003；邱俊宏，2004；高德義，2003；曾靖華，2003；黃竹坤，2001；林合彥，2003）。此外在半結構晤談、各題目分析中發現，本研究使用的電腦模擬有助於提升抽象概念，因為電腦模擬具有互動性，學生可自行輸入參數，並將抽象概念視覺化，如電腦模擬將「光線」呈現出來，讓學生了解遮蔽凸透鏡時為何成像為何會變弱，而能消除迷思概念「成像大小與凸透鏡的面積有關」。且不論是凸透鏡或凹透鏡，成像與原物體的動態相對位置可以及時呈現，且方便觀察，將靜態表徵動態畫。可以幫助學生將抽象事物視覺化，連結具體與抽象理論，並發展問題解決的概念模式。

二、實驗教學與電腦模擬的成效差異

本研究的研究結果顯示，電腦模擬實驗與動手操作實驗兩組的整體學習成效沒有差異。但許多文獻發現電腦模擬實驗組較控制組明顯有效，可能有下列幾個原因造成本研究與文獻結果的不同：

1. 電腦模擬在教學上的用途不同：

許多文獻是將電腦模擬融入自然科教學，此時電腦模擬是應用於教學作為輔助教材，而非實驗工具。如黃志清（2001）主要探討利用網際網路中相關電腦模擬動畫以輔助國中理化實驗教學之施行成效。實驗組與控制組皆進行傳統實驗，但實驗組在實驗之後實施由教師使用模擬動畫教學對實驗作統整，而控制組進行

實驗討論。電腦模擬動畫可將概念或原理以較具體方式呈現，故對於實驗相關概念的學習成效有顯著成效。而本研究是以電腦模擬作為實驗工具，和動手操作實驗作比較。

2. 對照組的教學條件不同：

有些研究主要探討虛擬實驗對學習成效的影響，但沒有以傳統實驗組來對照。如羅慶璋（2003）探討虛擬實驗的學習環境對實驗學習成效的影響，使用 Tamir（1989）「給問題、給方法、不給答案」和「給問題、不給方法、不給答案」兩種不同類別的模擬實驗學習環境。吳盟仁（2001）僅針對虛擬實驗室評估對學生學習的影響，沒有進行傳統實驗來對照。先建構網路虛擬化學實驗——『認識酸鹼指示劑』和『酸鹼中和』。經測試修正後，再進行實驗及問卷調查，研究結果顯示該虛擬化學實驗已具可用性。

3. 實驗組與對照組的提示條件不同：

有些文獻認為電腦模擬實驗較傳統實驗有效，但是兩者提供的協助不同。林合彥（2003）探討在教學支援下的網路化電腦模擬學習與傳統實驗室的活動在學習成效上的差異。實驗內容與本研究相同為「透鏡成像實驗」，且使用軟體為經修改後的 Physlets 電腦模擬光學桌。實驗對象分為四組，分別是學習單配合實驗室學習組、自訂假設配合電腦模擬學習組、選單組合假設配合電腦模擬學習組、依循步驟配合電腦模擬學習組。前三組皆使用電腦模擬，在操作介面上有不同程度的文字提示，並有選項供使用者選擇變因，而傳統實驗即對照組卻沒有提供任何提示。黃志清（2001）在進行研究時兩組先進行相同的傳統實驗，實驗結束前 15 分鐘兩組的課程內容才不同，實驗組實施模擬動畫教學，由教師示範並歸納實驗結果，而對照組實施分組討論，沒有教師的協助，故兩組的學習條件不同。而本研究的實驗課程教材內容相同，即給兩組的學習條件是相同的。

4. 測驗工具不同：

本研究所使用的測驗工具是為了檢測光學概念成效所設計的題目。有些文獻的後測題目為完成透鏡成像結果的實驗表格（林合彥，2003）。檢驗學生是否能

整理出剛才 45 分鐘的透鏡成像實驗結果，但若控制組因沒有獲得任何提示而未了解如何進行實驗，或是實驗完成速度較慢都會影響測驗結果。且學生在作答時可能因理解透鏡成像性質的概念，也可能是保留剛才實驗結果的記憶。黃志清（2001）的學習成就測驗內容也是為實驗結果的描述，為開放性問題，測驗時間 20 分鐘，與本研究的施測工具明顯不同。

5. 使用電腦模擬學習的時間不同：

本研究共進行七堂課，其中電腦組和操作組課程內容不同共三堂課，因為實驗課的時間不能太長免得學生失去耐心，但也因兩組差異只有 135 分鐘，概念內容的差異可能較難表現出來。如 Wu 等人（2001）使用 eChem 軟體進行研究高達六週，能利用質性分析得到較多的證據與較可靠的結論。而林合彥（2003）進行實驗的實驗各組皆為 45 分鐘，為了解實驗學習成效在實驗結束後馬上進行後測，施測時間 15 分鐘。黃志清（2001）實施模擬動畫教學的時間只有 15 分鐘，之後馬上進行後測，施測時間 20 分鐘。實施模擬動畫教學時間較短如果能馬上進行後測，且測驗內容與模擬動畫教學關聯性強，測驗出來的結果就能看出電腦模擬學習是否較有效。

6. 本實驗任務難度高：

有些虛擬實驗室讓學生觀察成像性質，記錄實驗結果只需要定性的描述，不需要定量的描述（羅慶璋，2003；林合彥，2003），本實驗除了要求學生進行定性的描述（如虛像或實像）還需要定量的描述（如物長、像長），故實驗困難度較高。本實驗需要學生自行設計實驗操作變因——設定物距，控制變因——凸透鏡和物體位置保持不動，且電腦組或操作組難度相當。

7. 本研究之概念測驗內容難度高：

徐正和（2001）以模擬動畫作為高中物理科課後輔助學習之個案研究分析，共八位學生，結果顯示電腦動畫輔助教材雖能夠提升學生學習的興趣，但對於現行物理測驗未有明顯之成績提升效果。該研究者解釋可能為現今升學考試命題方式多為計算題型而非觀念題型導致。但從本研究結果來看，研究者認為可能是學

生的概念未與測驗內容連結，因為題目有時隱藏的概念內容不易被學生察覺，學生不知道如何連結已學會的概念，且物理解題需要將所有概念融會貫通，所以有時教師需要教學生如何看懂題目，應連結哪一個概念，教導其解題的方法。

黃雅鈴（2004）曾提到資訊融入教學並非直接把科技放在教室裡就能達到效果，如何「融入」才是影響學生概念發展的關鍵。各種能幫助概念改變的教學策略都應該秉持著這樣的信念，了解「如何使用」該教學策略比發現該教學策略「很好用」來的重要。所以本研究的精神在於發展能夠幫助學生概念成長的「實驗教學」策略與「電腦模擬」策略，故兩組的學習成效沒有差異，但從特定概念內容中可發現兩組的差異，顯示這兩種策略都有助益也有其限制。

三、兩種實驗環境對不同成就學生的影響

本研究結果顯示兩組的高成就學生與中成就學生皆有顯著進步，而低成就學生成效有限。不論分組方式（同質分組與異質分組），或是不同組別（電腦組或操作組），低成就的學生都難引起學習興趣而影響學習成效。而高成就組在電腦組的表現較操作組佳，顯示高成就的學生在此電腦模擬學習更為顯著。大部分研究旨在比較使用資訊融入教學與傳統板書講述教學的差異，部分研究指出資訊融入教學對於高成就學生影響較大（高德義，民 92；Chang, 2001；Chang, 2003；王月秋，民 92）；也有研究指出對於低成就學生有很大的效益（黃瑞龍，民 91；李秀貞，民 91）；王月秋（2003）認為透過使用電腦模擬學習後，不同成就的學生概念成長的能力不相同，低成就學生進步的是認知概念，高成就學生在應用概念方面有較多的進步。黃雅鈴（2005）比較兩種電腦模擬的使用方式使用發現中成就以自控方式學習的效益較大，低成就學生以教師引導方式學習的效益較大，高成就學生兩種方式的成效差異不大。

將文獻與本研究做比較，本研究的實驗難度較高，如果教師能多給提示與協助應能幫助低成就學生學習，並提升其學習效益。對中成就學生而言，兩組的學習成效同樣顯著，因為電腦組可提升抽象概念，而操作組可提升具體概念。高成

就學生在電腦組表現較操作組佳，是因為電腦模擬軟體能夠操縱的變因較動手操作實驗多，且在實驗對話中發現電腦組高成就學生會將實驗結果與理論做比較，故學習成效較明顯。Wu 等人（2001）的研究中也發現高成就的學生在互動討論中會涉及視覺和表徵方面的概念較多，故可加深他們對表徵的理解。

第三節 建議與未來研究方向

一、透鏡成像實驗單元的建議

本研究所進行的「透鏡成像」單元整體而言難度偏高，學生需要先學會設定物距，且要記錄很多種類的實驗結果，如像距、像的位置大小、實像或虛像等性質。應從平時自然科實驗就要有這方面的練習，多進行定量的實驗，並要求學生定性的描述。並鼓勵學生多進行小組討論，共同解決實驗問題並在實驗過程中有概念的交流。

本研究的電腦組沒有 YZ 軸方向上的表示。建議軟體設計者可以增加畫面顯示為三度空間，能夠讓學生了解物體與像三度空間的對稱關係。此外電腦模擬光學桌在使用滑鼠上較難控制，因為要同時控制 x 與 y 的大小，如果將此軟體改為輸入參數，這樣學生只需要不需要花時間控制滑鼠，只需要設定物距就可以看見成像。

二、實驗教學上的啟示

實驗對概念學習有限，不論是電腦組或操作組對概念的影響都有其限制，且本研究結果顯示兩組對於概念內容的成效有所差異。所以在此透鏡成像單元也可以考慮將電腦模擬融入教材，如黃志清（2001）將電腦模擬作實驗統整，可以嚐試使用電腦模擬提示學生如何設計並自行進行實驗。如果能以電腦模擬教導學生設定物距，並教學生讀座標並懂得區分物體位置和物距，確定學生物距設定正確之後再進行動手操作實驗，兩種工具相輔相成，使概念成長發揮最大效益。

從本實驗結果顯示雖然兩組成效沒有差異，但是對於概念內容卻有不同，故可提供給教師們作參考，在進行實驗教學前可以先作考量，本次的實驗應該使用哪一種實驗環境才能達成學習目標。

三、研究上的建議

本研究只選定一個實驗且實驗時間只有三小時，若能夠針對兩組學生進行長時間的研究如一個學年即兩個學期，操作組每一個單元實驗皆在實驗室進行而電腦組每一次都在電腦教室進行，並利用質性分析觀察兩組的差異。

四、未來研究方向

根據本研究的設計與結果，做出本研究未來應該修正的問題與繼續探究的面向如下：

- 一、 本研究的樣本數只有 70 人，擴大樣本數之後是否會發現本研究尚未發現的現象？
- 二、 本研究中兩組的低成就學生成效皆不如預期，是否能夠運用其他教學策略或是給予其他的提示來改善低成就學生的學習成效？
- 三、 本研究的單元為「透鏡成像單元」，若是改變實驗單元是否會得到不同的研究結果？期待能歸納出適合使用動手操作實驗的單元類型與適合電腦模擬實驗的單元類型。