
改進國中理化課程教學

—以「光的折射」單元為例

楊明獻

苗栗縣立大湖國民中學

壹、前言

現今的教育環境不斷地再改變，從升學制度、課程內容、甚至教師的教學方式都必須因應時代的進步而有所調整，教師已經不能再以傳統的教學方式教育新一代的學子，陳美玉（1997）指出一個因應多元社會的專業教師，應是能靈活轉換教學策略並對學習者的學習條件掌握得宜者。Coker and White（1993）指出，今日的教師應致力於營造適合學習的環境與方式，使學習者能有興趣的主動參與學習過程，並進而解決課程問題。筆者在傳統的教學之中，常會感受到學生是被動的接受教師所傳遞的知識，學生對學習的意願不高，師生之間的互動不足，學生只知背誦課本內容，缺乏思考的能力，以致使班上有越來越多學習成就低落的學生，尤其是理化科目的學習難度較高，常成為學生在學習上頭痛的科目。若要改變這樣的教學現況，就必須從教師的教學方式的創新與課程的改進著手。本文的目的在於以國中理化課程為例，透過課程設計的改進及教學方式的改變（如：合作學習法、電腦輔助教學等），使學生的學習成效有所提昇。

貳、合作學習與實驗教學之探討

從曹永松(2000)及李佳玲(1994)的研究指出透過合作學習的分組討論，可使低學習成就學生學習意願提高。許多研究中顯示，合作學習又可發展出數種方法：(一)小組成就區分法 (Student's Team Achievement Division)，(二)遊戲競賽法 (Team Game Tournament)，(三)拼圖法 (Jigsaw)，(四)小組協助教學法 (Team Accelerated Instruction)，(五)團體探究法 (Group Investigation)等，其中遊戲競賽法及團體探究法，最常被應用在科學教育上，尤其是理化科的教學特別重視從實驗中探索科學的意涵並發現科學的原理與原則，故一般學校的實驗教學都是以分組方式來進行教學，然而實驗教學又可區分為：(一)講述式，(二)探究式，(三)發現式，(四)問題中心式 (Domin, 1999)。理化課本上的實驗內容大部份都屬於講述式實驗，實驗的結果、步驟皆是教師或課本上給予的，活動本身並不重視實驗結果的解釋及學生的思考能力，對學習理化的概念並無太大的幫助(熊召弟、王美芬，1995)，現今的教學會比較鼓勵使用探究式或是發現式的實驗教學設計，其目的皆是誘導學生

歸納出實驗的原理原則，並對潛藏的原理發展出基本的了解。唐國詩(1996)、候政宏(1996)及張菊秀(1997)的研究指出探究式實驗教學較講述式實驗教學更能引起學生對自然科的學習動機及提升學習的成效，故改變理化實驗設計有助於教師幫助學生了解理化課程的內容。

此外，對於理化教材內容中抽象的原理描述，因近年來電腦資訊發展快速之故，許多的理化教師及研究單位發展出電腦輔助教學軟體或者電腦動畫，以彌補教師無法透過講述法清楚描述的概念或者學生不易觀察的實驗現象。所謂電腦輔助教學是指針對教師在教學上的需求，設計一套讓學生使用電腦針對某特定主題進行學習的軟體課程。曾振富(2000)的研究指出合作學習可融入於電腦輔助教學之中，其意義在於學生透過電腦網路的參與，使學習不單只是個人，可透過同步與非同步的方式與同儕討論，使學習更加多元化及得到完整的概念。根據上述理論，筆者認為應檢視理化教材內容的設計與安排，找出各教學單元適合的教學方式，並整理出一套教學模式，作為教師在教學上的參考。

參、研究方法

本文的目的在於探討理化教材內容的改進設計及教學方式的改變，對於理化教學中學生學習感受及學習成效的影響，並透過行動研究的模式來改進教學。筆者利用行動研究法於一常態編班的國二學生，先將全班學生做異質性分組，以利往

後欲進行的各種教學法。再將國中理化教材內容中欲實施教學的內容設計成學習單或工作單，學習單的內容會依照不同的教學方式進行設計，以利學生配合不同的教學法進行學習。本研究期間會進行錄音、學生晤談、收集學生的學習單及問卷，而筆者填寫反省心得，並藉由所收集的資料，刺激筆者反省以進行下一步的教學動作，以瞭解學生的學習感受及成效，達到教學的目標。筆者根據行動研究的「計畫、行動、觀察、反省、修正」等五大步驟不斷地循環，以改進教材設計及教學方法，並在教學過程中不斷地收集及分析資料，以作為下一步修正行動的參考，本研究所收集的資料包括：上課實況記錄、學生訪談記錄、教師上課心得記錄、學生學習單及工作單、學生問卷等，在收集資料的同時，並運用三角校正法校正事例的確實性(黃瑞琴，1997)，最後將這些資料加以編碼，並進行歸納分析及解釋資料所呈現的意義，以協助筆者修正教學策略，最後根據資料作出歸納分析。

肆、理化教材的類比學習

筆者認為提昇學生對於理化科的學習成效，必須先從教材內容本身的改進設計著手。因九年一貫實施之故，教科書的市場開放，教科書出版社間的競爭激烈，教科書的選擇性雖然增加，但各版本著墨的內容不一，也增加老師選書的難度。理化教科書最大問題在於對科學原理或現象的說明太過簡略，通常一個章節只用 2~3

頁就帶過，重要的觀念或公式通常用一段文字描述，加上學生本身的先備知識薄弱，顯然這些內容很難引起學生的共鳴，筆者認為應將教材內容做出修正改進或將片段的知識做有效的連結，筆者以「光的折射」原理一例進行教學，說明如下：

在課本中，「光的折射」原理描述如下：當光束由空氣中斜向射到水中時，光束進到水中後，行進方向會發生偏折，這種現象稱為「折射」。…這是由於光在不同介質行進速度不同的緣故。…當光由空氣進入水中時，折射线會偏向法線，即折射角小於入射角；反之…。(翰林版，課本另附光的折射路徑圖一張)

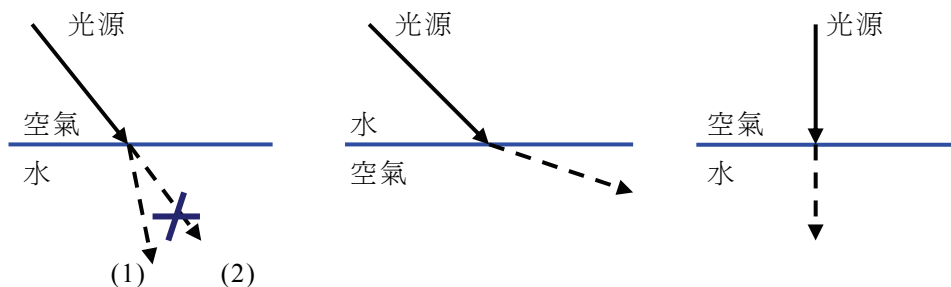
學生閱讀以上的文字敘述及課本的光線路徑圖後，所了解的內容極為有限，程度較佳的學生或許會把以上的文字當成「定律」，把它背起來，至於能不能了解以上文字的科學涵義又另當別論，鮮少

有學生會去問 Why？久而久之，理化科便是一門考試科目，便不會啟發學生的興趣去思考科學的內涵；程度差的學生的狀況就更糟糕了，連翻開書本的意願都沒有，這樣的現象，不能全然歸罪於學生不知上進，教師有責任把教材的內容轉換成「學生的語言」，或以「類比」的方式將科學的原理轉換成與學生生活相關性較高的現象。舉上述「光的折射」原理為例：筆者將「光線」當成「四驅車」所走的路線，介質「水」與「空氣」將其類比為「碎石地」與「水泥地」，當車子由水泥路(摩擦小、速度快)斜向進入碎石路(摩擦大、速度慢)時，由於右前輪先接觸到碎石路，致使速度變慢，然而左前輪仍在水泥路維持較快的速度，故整個車子會較原先路徑向右偏轉，這與光由空氣射入水中的概念相同(如學習單圖(a)所示)，學生不須背誦就能了解折射的原理，更能建立學生的觀念，以了解折射發生的原因與「介質」有很大關聯性。

◎定義：光由一介質進入另一介質時，光的進行方向會發生改變的現象。

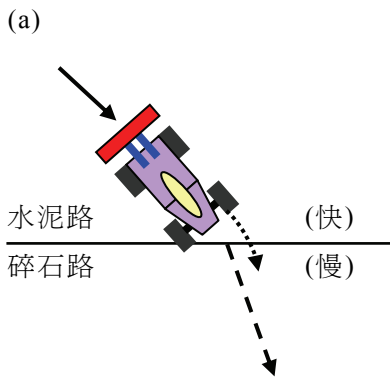
◎原因：因為光在不同介質中，速度不同，以致方向改變。

光的傳播速度：真空>空氣>液體>固體。

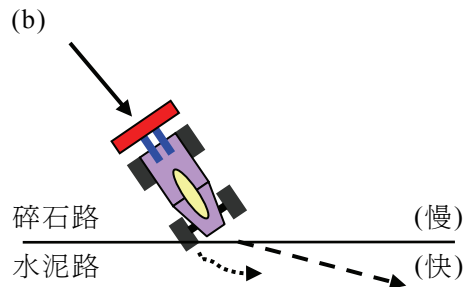


註：光以不同的角度射入都會發生偏折，除了垂直射入不發生折射。

◎解釋：以車子的行徑說明光的偏折。



行至邊界時，左輪變快，右輪慢，
所以車子略偏右轉。



行至邊界時，右輪快，左輪變慢，
所以車子略偏左轉。

→同理，光的偏折亦受介質所影響。

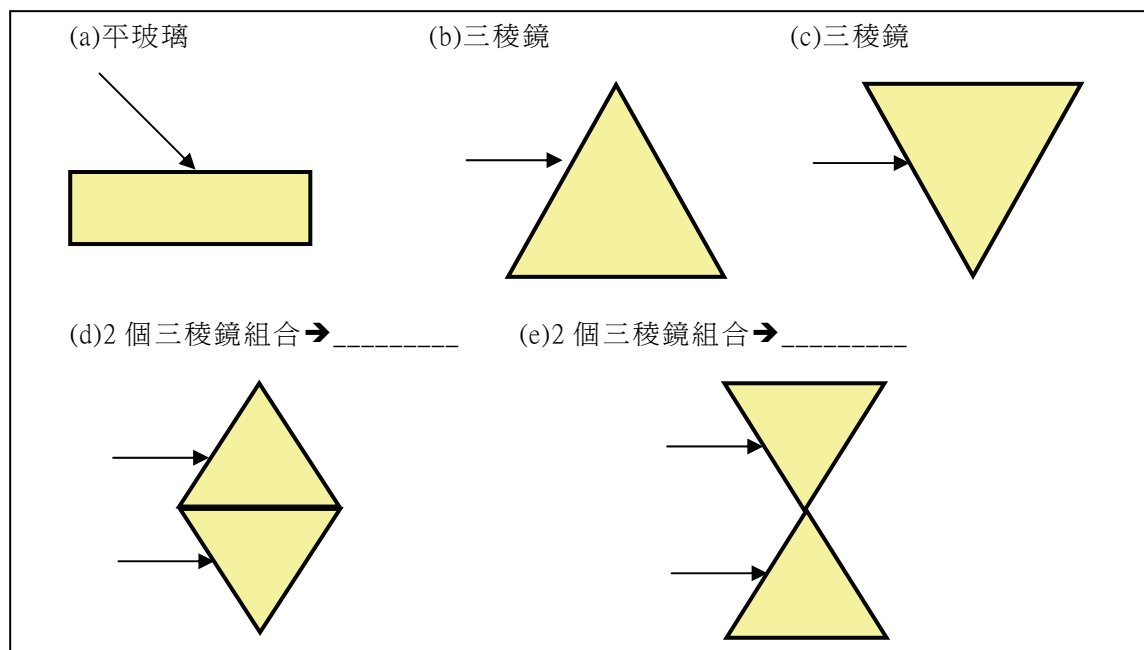
此外，學生在學習「透鏡折射」也會出現學習不聯貫的現象。在課本中，介紹完「光的折射原理」之後，緊接著介紹光在凹凸透鏡中的行進方式，課本描述如下：

若以數條直線光束照射凸透鏡，光線將向內會合、聚斂；照射凹透鏡，光線將向外擴張、散開。這就是凸透鏡與凹透鏡的主要特性，因此，也可稱凸透鏡為會聚透鏡，凹透鏡為發散透鏡。(翰林版)

筆者發現，上述的文字敘述旨在說明光在凸透鏡中，會產生會聚的效果，光在凹透鏡中則會產生發散的作用，並沒有說明光線會聚及發散的原因，以及之前所學的「折射原理」跟此章節有何關連性，在

此並沒有做出相關性的連結，這便是教科書讓學生看不懂或者學生學習無法連貫的問題所在，筆者認為只要將「光的折射原理」及「透鏡折射」章節之間加入一些內容，即可達成學習連結的目的。

例如：在介紹完「光的折射原理」之後，可舉幾個例子(平玻璃、三稜鏡)讓學生畫出折射路徑，一來加強「折射原理」的概念，二來準備為下個章節作出連結。俟學生畫完平玻璃、三稜鏡的折射路徑圖(a)~(c)後，引導學生將二個三稜鏡圖形作出組合(d)~(e)，試著畫畫出會出現甚麼結果，結果呈現(d)圖光線會會聚，而(e)圖光線會散開，藉此告訴學生凹凸透鏡的折射特性。



筆者將上述的教材內容改進並進行試教後發現，學生對於「光線變四驅車」的例子印象深刻，超過半數以上的學生表示能夠了解光的折射原理，在經過些許修正後再次進行教學，學生皆能正確地回答光線偏折的方向，也有部份學生認為不需要背誦「折射定律」就能夠清楚地應付任何題目。至於「透鏡折射」的教學範例，也獲得大多數學生的認同，學生認為透過自己動手畫圖，可以增加記憶，更可清楚知道「折射定律」與「透鏡」單元的關連性。經筆者訪談的學生認為死背課本的文字敘述，雖然一時可記起來，但久而久之便會忘記，如果能夠以理解的方式記憶，可以記得比較清楚。

以上二個例子，僅為筆者在教學過程中，發現理化教材內容設計可以更貼進學生的思考邏輯的案例，筆者認為現今國中

的理化教材內容設計仍有許多可以被改善的空間，值得在教育現場的教師集思廣益，設計出符合學生需求的理化教材。

伍、理化教學方式的改變

一、合作學習法的應用

從各研究顯示，合作學習有助於提升學生的學習成效，故筆者選定「光的透鏡成像」等單元進行教學，試圖了解該單元是否適合以合作學習的教學方法進行教學改進。在進行教學之前，筆者先檢視理化課本的「光的透鏡成像」單元是否適合直接教學，結果發現該單元僅以一個實驗單元帶過所有的概念，倘若教師再忽略不做實驗，學生光看課本恐怕會一無所獲，故筆者認為應先著手重新設計該單元，再以分組學習的方式進行教學。

首先，筆者將「光的透鏡成像」單元分為二階段進行，第一階段主要讓學生粗略了解透鏡的性質，以「透鏡觀察」的實驗，讓學生先具備基本概念，第二階段才進行「透鏡成像實驗」，讓學生更進一步深入探討透鏡在不同距離所呈現的成像結果，其流程設計如下：

- (一) 先將學生進行異質性分組，分成 6 組，每組 6 人。
- (二) 每組發凸透鏡、凹透鏡各一支、皮尺二卷及寫上「P」字的 A4 紙一張。

(三) 請學生一人拿透鏡、一人拿 A4 紙、一人觀察成像、一人量距離，並記錄在工作單上。

(四) 請學生互相討論並完成工作單上的內容，等各小組完成後，教師會從各組中抽一名學生，描述該組觀察到甚麼現象(圖一)。

(五) 等學生都能了解凸透鏡與凹透鏡的成像基本概念之後，再進行下一階段的「透鏡成像」實驗。



圖一、「透鏡觀察」的實驗裝置圖

表一、凸透鏡觀察工作單

原本的「字」形	看到的「字」形	字與透鏡距離	成像性質(圈選)	
			放大	縮小
P		15 cm	放大	縮小
			正立	倒立
P		45 cm	放大	縮小
			正立	倒立
P		80 cm	放大	縮小
			正立	倒立

表二、凹透鏡觀察工作單

原本的「字」形	看到的「字」形	字與透鏡距離	成像性質(圈選)	
P		15 cm	放大	縮小
			正立	倒立
P		45 cm	放大	縮小
			正立	倒立
P		80 cm	放大	縮小
			正立	倒立

第二階段的透鏡成像實驗即為改編自課本的實驗單元，由於課本中的透鏡成像實驗使用蠟燭做為成像物，常會發生的問題包括：(一)蠟燭越燒越短，(二)成像不穩定，(三)物與像的大小關係難以比較，(四)無法看出成像左右相反等，故筆者參考相關書籍及出版社所提供的教具加以改良，提出第二階段的透鏡成像的改良實驗，以作為本研究的合作學習教學之用，實驗流程設計如下：

- (一) 先將學生進行異質性分組，分成 6 組，每組 6 人。
- (二) 每組發凸透鏡、凹透鏡各一支、皮尺二卷、珍珠板、A4 紙、LED 紅藍綠三色光源組。
- (三) 請學生將二組皮尺黏在實驗桌上，將凸透鏡放在刻度 0 的位置上，將 A4 紙黏珍珠板上作為紙屏置於凸透鏡右側，以利成像投影；將 LED 紅藍綠三色光源組黏在面紙盒或保特瓶上作為光源，並置於凸透鏡左側，打開電源開關，可利用可變電阻來調整三色光的強度，以進行實驗(圖二，見封底)。

(四) 將 LED 紅藍綠三色光源組放在離透鏡不同距離上，並在透鏡的另一端以紙屏觀察成像，看在何處可得到最清楚的像，並記錄紙屏與透鏡距離及成像性質(像的變大或縮小，可從原來三色 LED 燈的距離及三色成像亮點間的距離比較來判定)(圖三，見封底)。

(五) 順便可要求學生觀察三色光混合的顏色，並記錄之(配合下一單元「光與顏色」)(圖四，見封底)。

(六) 請學生互相討論並完成工作單上的內容，等各小組完成後，教師會從各組中抽一名學生，描述該組觀察到甚麼現象。

研究的結果顯示，在第一階段的「透鏡觀察」的教學之中，出現的狀況有：(1)無法觀察到凸透鏡的成像，(2)學生觀察到的結果與事實不符(譬如：應觀察到縮小的像，結果只看到相等的像)，(3)程度較差的學生不願意動手進行觀察，(4)工作單只有小組中的特定學生在填寫，其餘同學則只是照抄。筆者的解決策略：(1)將工作單的內容簡化，縮短工作單上「字與透鏡距

表三、凸透鏡成像工作單

透鏡：凸透鏡 焦距： <u>27</u> cm						
物 距		像 距		成像性質(圈選)		
2F 外	70 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像
2F	54 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像
2F~F 間	40 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像
F 上	27 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像
F 內	13 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像

表四、凹透鏡成像工作單

透鏡：凹透鏡 焦距： <u>27</u> cm						
物 距		像 距		成像性質(圈選)		
2F 外	70 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像
2F	54 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像
2F~F 間	40 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像
F 上	27 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像
F 內	13 cm		_____cm	放大	倒立	實像
				縮小	正立	虛像

離」大小，並調整學生的觀察方式，讓學生易於觀察到結果，經更改工作單後，學生的觀察結果有明顯改進。(2)對於程度較差的學生，筆者要求組長務必教導同組的同學進行實驗觀察，教師於各組完成後，會請各組程度較差的同學示範一次實驗的過程讓教師評斷是否完成學習，若成效最差的組別將重新進行一次學習，成效最好的組別將予以獎勵。經各組進行實驗的結果顯示，絕大多數的同學都能夠互相協助進行學習，部份組別亦能提出不同的觀點與教師討論，教師對於學習成效較佳的組別，給予更多的問題讓學生能深入思考，並要求同學上網找尋資料再與同學討論。教師對於學習成效較差的組別，則給予個別的指導，以了解學生的困難點及針對學生做概念的澄清。

從第二階段「透鏡成像」的教學研究結果顯示，學生對原本教科書上的「透鏡成像」單元有以下的學習困難：(1)不知道作此實驗的目的為何，(2)看不懂該單元的文字敘述及實驗步驟，(3)不知如何回答課本單元中的待答問題，(4)透鏡成像的觀察不易，可能觀察到錯誤的現象。筆者的解決策略：(1)將課本單元的實驗步驟及待答問題表格化，設計成簡單的工作單，學生只要依工作單進行學習，即可領會課本該單元所有闡述的現象及概念，(2)將實驗裝置進行改良，以 LED 三色燈取代蠟燭，以減少觀察上的誤差，(3)將物距標準化，事先在學生的工作單上標上適當且可被觀察到的物距，學生依設定的數據進行實驗觀

察。(4)對於程度較差的學生，教師要求各組實驗過程中，程度差的學生必須親自完整操作一次實驗流程，並由教師評斷是否完成學習，若成效最差的組別將重新進行一次學習，成效最好的組別將予以獎勵。

經過二階段的學習之後，筆者發現學生對該章節的概念建構已具備一定的雛型。在學習成就較高的學生方面，大多已掌握 90%的學習內涵及進度，並能夠提供中等程度學生一定程度的諮詢協助；對於中等程度的學生，經過此次的教學已能學習到半數以上的教材內容，再加上小組組員間的討論與合作學習，經筆者訪談結果得知，大部份中等程度的學生都能了解小組間討論的內容並能參與討論，著實大幅提昇學生的學習內涵，至於低學習成就的學生方面，經過此次的教學並無法確實得知該群學生是否能跟上全班的進度，學習成效也停留在一知半解，值得討論的是該群學生已從漠不關己的學習態度，轉換成願意配合小組學習，這與小組間的競爭壓力與獎勵制度有關，筆者在實驗中多次詢問該群學生的學習進度，發現學生能從小組合作學習的過程中多少學習到一些基本知識，這對低學習成就的學生算是向前邁進了一步。

二、電腦輔助教學的應用

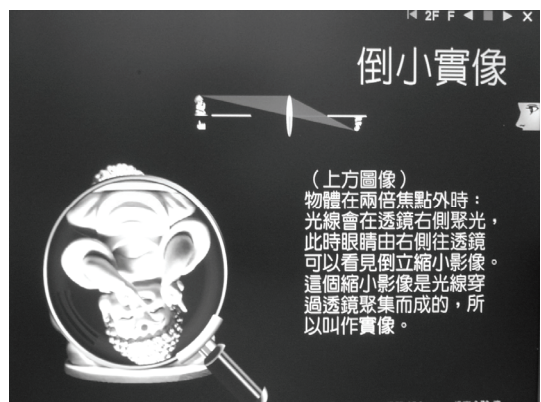
在前述的合作學習法中，選定「光的透鏡成像」等單元進行教學，以了解該單元是否適合以合作學習的教學方法進行教學改進。然而在進行教學的過程中，筆者

發現有部份的學生對於此教學方法會產生一些困境：(1)面對實驗會不知所措，需要教師在旁協助及逐一步驟進行教學，(2)學生面對挫折後，便不願意重新再作一次實驗，(3)學生雖能觀察到透鏡的成像，但對於光線經過透鏡折射的原理與光路徑不太了解，甚至有部份的學生無法將「光的折射」與「透鏡成像」二章節作相關性的連結。有鑑於此，筆者認為使用電腦輔助教學(電腦動畫)可解決這樣的難題，原因為：(1)即使沒有明確的實驗步驟，學生也可依電腦指示自由操作電腦動畫，(2)電腦動畫沒有實驗失敗或觀察不到結果的問題，學生可一再的重覆操作電腦動畫，直到完全了解教學內涵為止，(3)電腦動畫可精確地描繪出光線的路徑與折射的原理，協助教師對抽象物體的描述及節省教師板書的時間。故筆者認為在完成合作學習的實驗教學之後，可加入電腦輔助教學，以探討「透鏡成像」的光折射原理並加深學生先前的學習印象。

筆者設計使用三組電腦動畫進行教學，這三組有關「光的折射」的電腦動畫來源，來自涂維聖老師、王建忍老師的網站所提供，可供一般老師於教學上之用。筆者為了讓學生的學習更有效率，先將電腦動畫軟體置於主機之中，以供學生下載；並將學生進行分組，以利於學生間互相討論，學生一邊動手操作電腦，一邊填

寫學習單，最後教師再回收學習單以觀察學生的學習成效。

首先，教師先撥放王建忍老師所提供的第一組動畫，該動畫以凸透鏡的移動來觀察成像(圖五)。此動畫的內容與筆者合作學習的第一階段實驗相仿，只是動畫更能清楚的呈現所有的結果，不受實驗地點因素影響，學生也可藉此驗證之前所做的實驗是否正確，一來增加原有的印象，二來糾正錯誤的概念(特別是實驗中不易看到的 F 與 2F 上的成像性質，也可藉此觀察到)。



圖五、凸透鏡成像動畫(王建忍老師)

再者，教師必須透過電腦動畫解釋「透鏡成像」的成因及光線路徑。在各版本的教科書之中，並沒有特別解釋「透鏡成像」的成因，康軒版課本僅提到：成像與原物體比較，有正立也有倒立，有放大也有縮小，所以透鏡在生活上的應用很多…(並用三個圖片呈現透鏡成像)。

翰林版課本則提到透鏡成像可由物

體發出任意多條光線，其中有三條特殊的光線…，不過這部份僅放在補充資料之中。

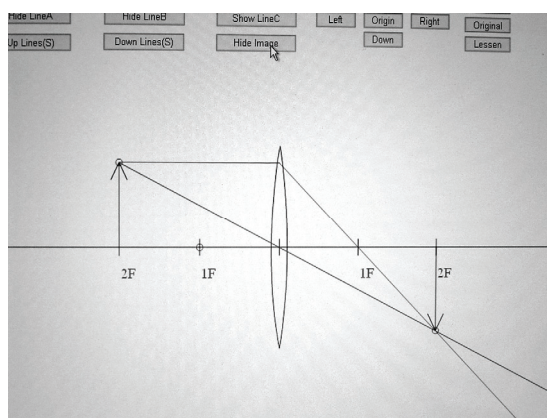
在南一版的課本中則提到：對凸透鏡而言，若物體與透鏡的距離大於焦距，則在透鏡的另一側，可以形成放大、相等或縮小的倒立實像；若物體與透鏡的距離小於焦距，則在透鏡的另一側，可以形成放大的正立虛像。對凹透鏡而言，無論物體位於何處，…，僅能得到縮小正立虛像。

課本中僅把成像結果作出整理，並無描述光線路徑與成因，因此教師必須在教材之外補充相關內容，筆者於網路上下載二組凸、凹透鏡的成像光線路徑動畫，並依動畫內容設計教學流程：

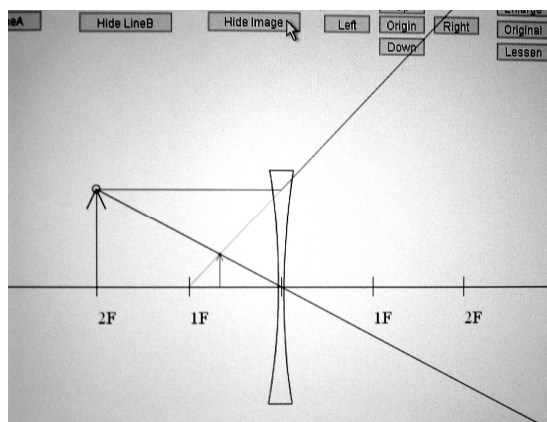
- (一) 教師事先準備電腦動畫軟體置於每台電腦桌面上，學生也依照分組情況就定位，教師並將學習單發給每位同學。
- (二) 教師先講述說明：物體發出的光線經過透鏡時會產生二次的折射(光由空氣→玻璃，再由玻璃→空氣)，經過不同的透鏡，折射的結果不同，且通過透鏡的光線有無限多條。為了方便起見，我們只要學會 2~3 條光線路徑就可以準確預測成像的落點與性質。
- (三) 教師先舉一例，以動畫教學生如何畫出三條光線及成像，讓學生比較所畫出的成像結果與前述實驗觀察的結果是否吻合，並與同學討論。

(四) 教師依此流程教導學生如何繪出凸、凹透鏡的成像光線路徑後，請學生自由練習操作動畫，並完成學習單(圖六、七、八)。

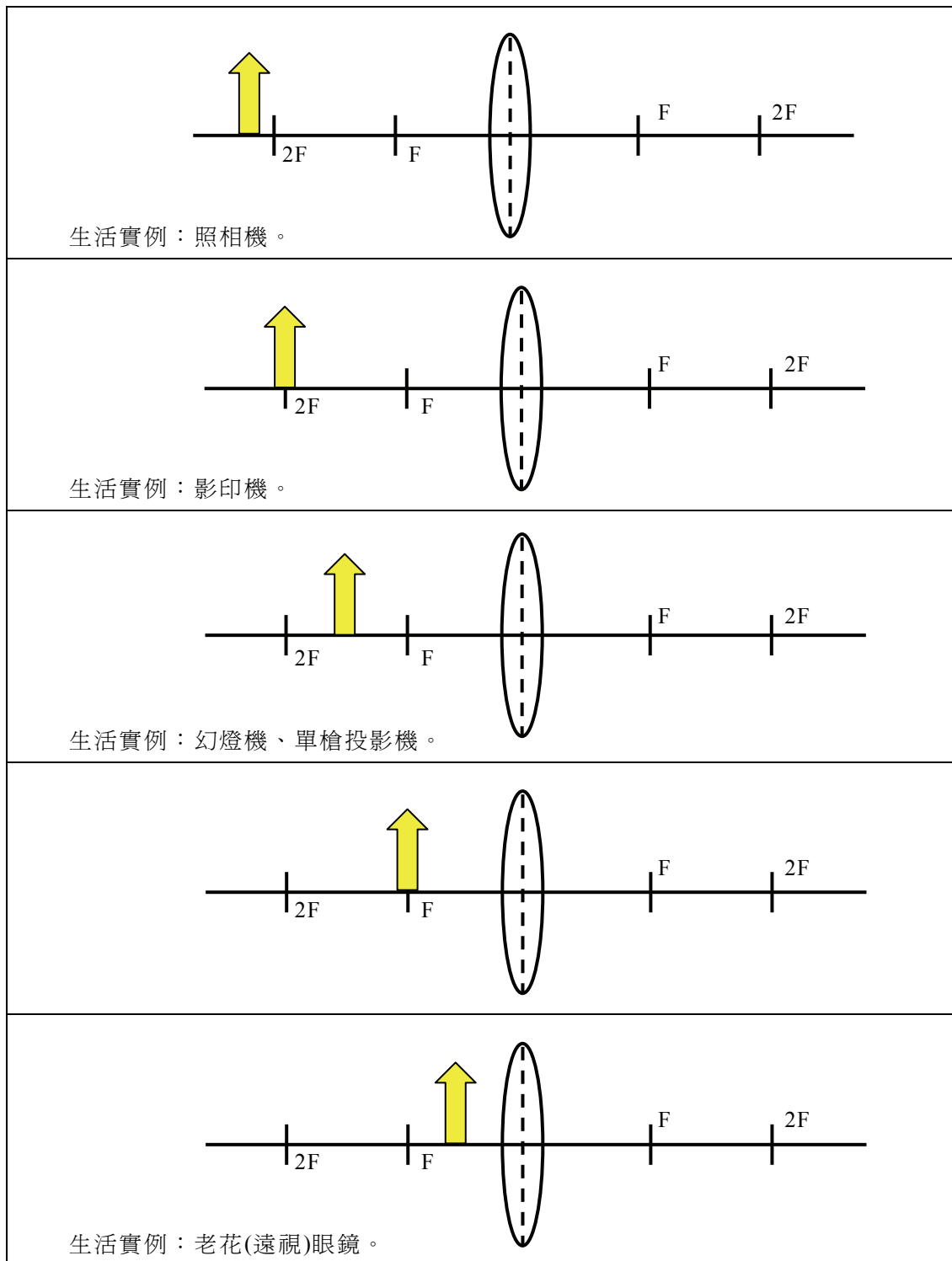
(五) 教師觀察學生的學習情況，並給予適當協助及導正錯誤的觀念。



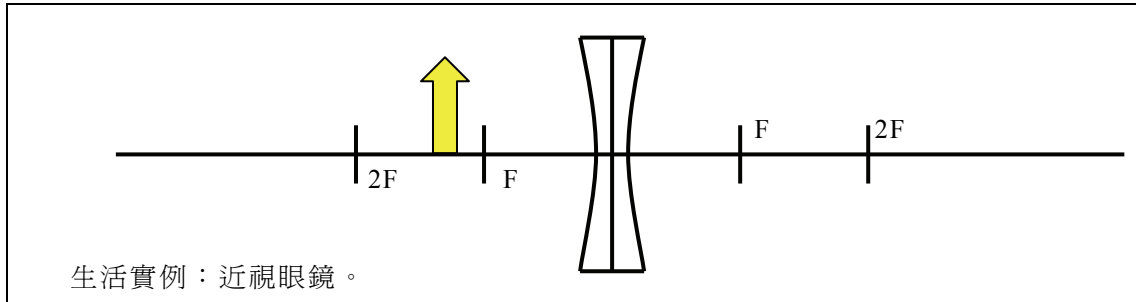
圖六、凸透鏡成像光線路徑動畫



圖七、凹透鏡成像光線路徑動畫



圖八、凸、凹透鏡的成像學習單



圖八、凸、凹透鏡的成像學習單（續）

在完成此階段的學習後，可從學生所填寫的學習單內容觀察學生的學習盲點及錯答原因，教師分析成因後並於下一階段的電腦教學中加強導正學生的概念。最後一階段的電腦教學則是使用涂維聖老師所發展的教學動畫組—光的折射與透鏡成像，該動畫分成「折射原理」、「透鏡介紹」、「透鏡成像」及「實力考驗」等幾部份，筆者僅使用該動畫中的「透鏡成像」及「實力考驗」部份進行教學。在前面階段中學生已完成「透鏡成像的光線路徑」的學習單，並對透鏡成像有一定瞭解，本階段則使用以蠟燭為發光物以探討成像性質的動畫，讓學生複習之前上課的內容，最後再請學生進入「實力考驗」的動畫單元中，以測驗學生最終的學習成果(圖九，見封底)。

筆者在完成教學後，進行訪談與資料分析的結果，可得到以下幾點：

(一) 學生對於第一組王建忍老師所提供的動畫，感到相當有興趣，而且與之前做過的實驗結果相吻合，學生不會感到陌生，加上該動畫的操作

簡單，進行教學所花的時間不多(約 10 分鐘)，故實行起來並無太多困難。

(二) 第二組動畫—「透鏡成像」的成因及光線路徑，在教學上花的時間較久(約 40 分鐘)，是因為教師必須先作一番講解後，學生還必須依動畫操作的結果畫在學習單上，教學時間的掌握是重要的因素。據訪談學生的結果顯示，很多學生不曉得為何要畫出三條線，對線條代表的意義仍一知半解，筆者認為應在教師在講解時加強說明，唯有確實把「光線 成像」的概念說清楚，學生填寫這部份的學習單才有意義。

(三) 從學生所繪的學習單中得知，學生照著電腦畫出成像圖，雖可減少教師板書的困擾，但學生所呈現的結果卻很粗糙，常出現的問題包括：

- (1). 成像的位置不對，
- (2). 像的大小不對，
- (3). 實像、虛像搞不清楚，
- (4). 線條沒能準確地通過焦點及鏡心等。

這些問題必須在教師課前講解時加強說明並提醒學生易犯的錯誤處，再經過第二次教學後，學生繪圖的情況已獲得改善，學生也能了解此次動畫教學與先前實驗教學的關連性。

- (四) 最後一組動畫教學的主要目的，在於教導學生利用互動式軟體進行測驗，以考核學生的學習成效。據訪談學生結果顯示，學生認為「實力考驗」的動畫單元趣味性十足，也可了解自己的學習情況，很多學生不斷地重覆測驗，一心想拿到滿分，無形之中也協助學生進行複習，可謂一舉數得。
- (五) 低學習成就的學生對於動畫教學的反應良好，比先前進行的合作學習實驗教學態度更為積極，探究原因發現，學生對於電腦的熟悉度遠高於實驗課程，而且低學習成就的學生在實驗教學中礙於同組學生的眼光，而未有明顯的行為表現（可能怕犯錯引來恥笑），還須教師一旁協助監督，但在動畫教學中，面對的是無言的電腦反倒能輕鬆操作，也能跟上教師要求的進度，只不過遇到問題仍然羞於求助同組同學，學習單的表現也差強人意，但已較先前實驗的結果進步許多，若能將低學習成就的學生與要好的同學安排在一起，應可改善學生自我封閉的問題。

陸、結論與建議

經教學後的結果顯示，欲提升國中理化科的學習成效，必須先從教師教學方式的創新與理化教材內容的改進著手。筆者先進行內容分析，以「光的折射」單元為例，將現有的教科書中對「光的折射」的闡述方式，加以研究改進，以四驅車行進類比光線行進方式說明折射定律，以雙三稜鏡組合說明光在凹、凸透鏡中的行進原因，再進行合作學習實驗教學及電腦輔助教學等。研究結果發現：

- (一) 在理化教材的改進方面，教科書內容過於精簡省略，文字敘述複雜，不利於學生閱讀及學習，筆者使用類比法及圖形說明等方式，介紹折射定律，使學生不用死背定律也能判斷光的折射方向，經試教結果，學生反應良好。由此可知，教師在教學現場配合學生程度進行教材內容的改良是有其必要性，特別是「光學」、「熱量」、「力學」等章節屬於較抽象的單元，加上此類的單元皆安排在二年級上學期，學生剛接觸理化課程，恐怕會對這些單元產生學習上的恐懼，若該單元經由教師的重新編寫安排，便可貼近學生的學習需求，提昇學習成效。
- (二) 在教學方式的改進方面，本研究採用的合作學習實驗教學，進行教學後發現，大部份的學生都能因教學方式的改變而學習態度趨於積極正

向。在學習行為上，高學習成就的學生願意協助中等程度學生及低學習成就的學生進行學習，而中等程度學生也因合作學習之故學習效果有顯著提升，但低學習成就的學生的表現則無明顯的起色，不過其學習行為已能融入小組的討論與運作之中，若經長時間的實行與觀察，相信低學習成就的學生應有長足進步的空間。

(三) 在電腦輔助教學方面，該教學方法能使學生對於較抽象的單元獲得較完整的體認，也解決無法透過實驗教學觀察抽象現象的問題。低學習成就的學生對於動畫教學的反應良好，比先前進行的合作學習實驗教學學習態度較為積極，也能跟上教師的教學進度，原因可能是學生對電腦的使用較為熟悉及電腦的聲光刺激度較高有關。若應用電腦輔助教學法在理化教學中則有助於加強學生的學習印象，但此法仍受限於各校的電腦設備不足、網路上可被應用的電腦動畫不多、教師使用電腦軟體的能力不足等問題。

(四) 在進行研究的過程中，不論是合作學習或者是電腦輔助教學，課程進行的時間較一般傳統教學時間還長，對教師所形成的課程進度壓力是相當嚴重的問題。以「光的折射與透鏡成像」單元為例，傳統教學所使用時間約 3 節課(含實驗)，本

研究的教學法則須使用 5.5 節(講述法 1 節，合作學習實驗教學 1.5 節，電腦輔助教學 1.5 節，討論與檢討 1.5 節)，約為傳統教學所使用時間的二倍，倘若學校無法使用彈性課程來增加理化科的教學時間，教師欲使用合作學習法或電腦輔助教學，恐怕只是徒增困擾，筆者建議可將此教學設計應用於補救教學或課後輔導，或者僅於每章節挑選一、二個較難講述的單元進行合作學習及電腦輔助教學，如此才能配合教學進度，亦可達到提昇教學品質的目的。

筆者建議教師必須不斷地自我進修與提升教學專業能力，進而著手改進課科書的課程單元，並將改進的課程落實於教學現場，同時，教師也應嘗試使用多元的教學方法(如：合作學習、電腦輔助教學等)，應用於不同的理化教學單元上，以增進學生的學習意願與成效。在學校方面，建議校方提出獎勵辦法，鼓勵學校教師能進行教材研究與改進，並於段考下午進行各科的教學觀摩，以增進教師的專業能力。在課程的安排方面，建議學校利用彈性課程增加自然科的教學時數，使教師不會因課程壓力而放棄教學改進，如此方能順利推動各項教學方法的應用。

柒、參考文獻

吳清山、林天祐(1999)。協同教學。教

- 育資料與研究，26，83。
- 李佳玲(1994)。國中理化試行合作學習之行動研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 侯政宏(1996)。探究式教學法與講述式教學法在國中地球科學「太陽視運動」單元中學生學習成效之比較。國立臺灣師範大學地球科學研究所碩士論文。
- 唐國詩(1996)。探究式教學法與講述式教學法在國中地球科學「星象」單元中學生學習成效之比較。國立臺灣師範大學地球科學研究所碩士論文。
- 張惠博(1993)。邁向科學探究的實驗教學。教師天地，62，12-19。
- 張菊秀(1997)。「探究式教學法」與「講述式教學法」在國中地球科學「氣象」單元中學生學習成效之比較。國立臺灣師範大學地球科學研究所碩士論文。
- 曹永松(2000)。國中理化合作學習之行動研究。國立高雄師範大學教育學系碩士論文。
- 許榮富、趙金祁(1987)。科學實驗教學目標之確認及客觀性評量分析研究。國科會報告 NSC77-0111-S003-23。
- 陳美玉(1997)。超越疏離的師生關係—做一個有能力了解學生的專業教師。教學輔導季刊，3，35-47。
- 曾振富(2000)。利用網路科技輔助國小自然科「教」與「學」之研究：以台北市中正河濱公園自然生態為例。國立台北師範學院課程與教學研究所碩士論文。
- 黃志清(2001)。應用模擬動畫輔助國中理化實驗教學之研究。國立高雄師範大學物理系碩士論文。
- 黃政傑、林佩璇(1996)。合作學習。台北：五南出版社。
- 黃瑞琴(1997)。質的教育研究方法。台北：心理出版社。
- 熊召弟、王美芬(1995)。國民小學自然科教材教法。台北：心理出版社。
- 歐用生(1994)。做一個有反省能力的教師。研習資訊，11(5)，1-6。
- 歐用生(1999)。行動研究與教育革新。國立台東師範院校 1999 行動研究國際研討會論文集。1-17。
- Coker, D.R. & White, J.(1993). Selecting and applying learning Theory to classroom teaching strategie. Education, 114(1), 77-80.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. Journal of Chemical Education, 76(4), 543-547.
- White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. International Journal of Science Education, 18(7), 761-774.