

第參章 研究方法

本章旨在說明本研究的設計與研究流程，共分四節，分別為研究流程、研究對象、研究課程設計、資料收集與分析，在以下各章節分別詳細說明之。

第一節 研究流程

欲了解不同的實驗環境是否影響學生的概念學習，針對國中自然與生活科技「透鏡成像」的學習單元，探討兩個不同實驗環境對學生概念成效的影響。一組使用電腦模擬光學桌（以下簡稱電腦組），另一組使用光學透鏡組（以下簡稱操作組）。電腦組利用 Physlets 軟體讓學生在電腦教室進行模擬實驗，操作組則是使用光學透鏡組在理化專用實驗室進行實驗，控制兩個班級的學習時間和內容，再經由多方蒐集資料，包括概念前後測、教室錄音、教室錄影、教室日誌、實驗記錄學習單、半結構晤談、問卷等，分析資料以期探討學生的概念學習情形，比較兩組之學習成效、概念學習過程的差異，進而探討兩種實驗設備對於學生學習此單元的影響。研究流程如下：

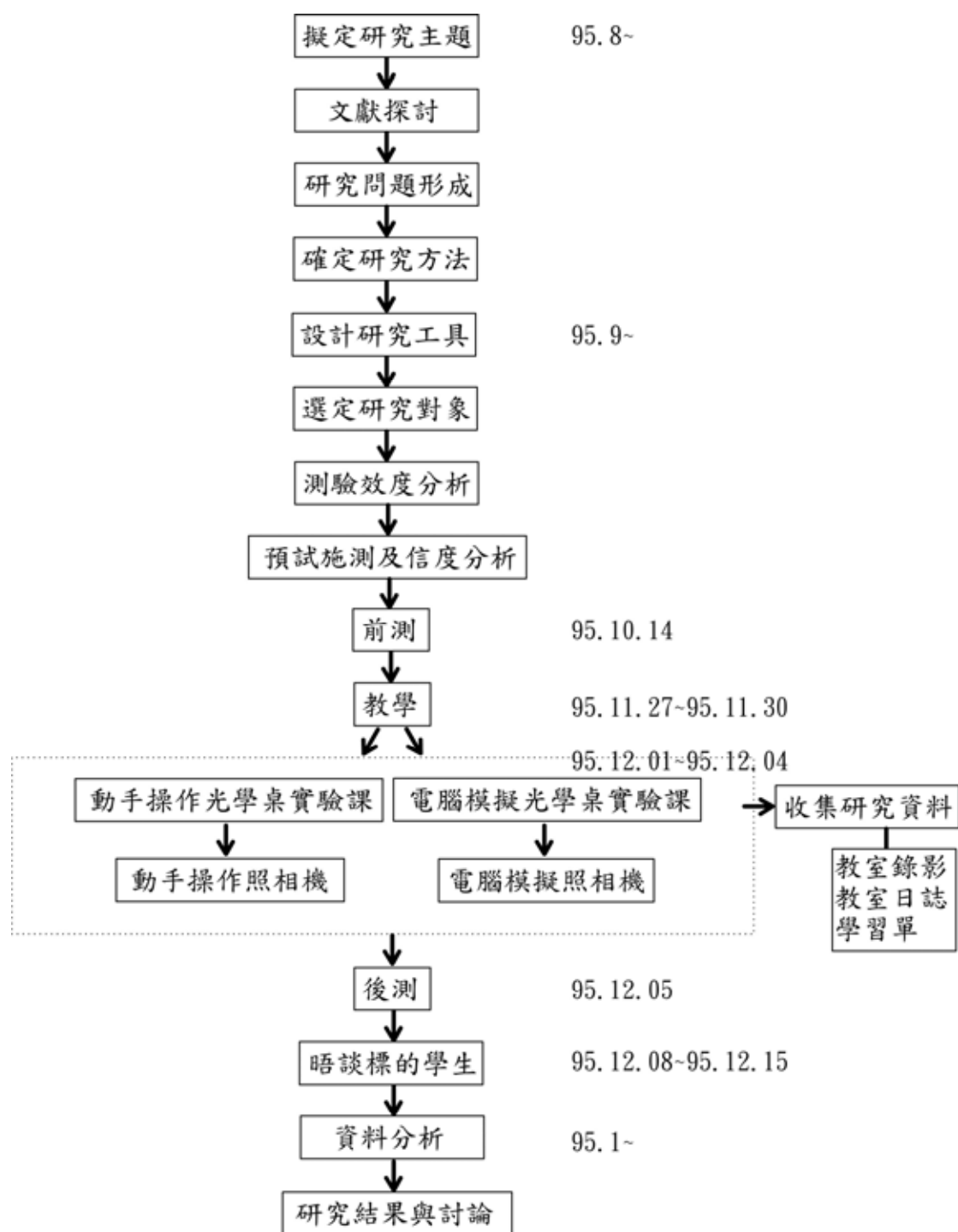


圖 3-1-1 研究流程圖

第二節 研究對象

研究對象為台北市某一國中八年級學生兩班共 70 人。該校為中型學校，全校共有 41 班普通班，3 班特殊教育班。硬體與軟體設備新穎充足。該校為常態編班，故選擇研究的兩個班級之組成成員相近，且從七年級開始就有相同的數學

教師，八年級之後研究者即為兩班共同的理化教師，故對於每個學生的學習態度與成就有一定的了解。理化老師平時也會帶學生進實驗室實驗，有時會使用電腦媒體在視聽教室上課，兩個班級進行實驗教學與使用媒體上課的機會一樣多。兩個班級隨機設定為電腦組與操作組。電腦組原本班級人數為 38 人，但該班有 3 人為資源班的學生，這些特殊學生部份時間在普通班與一般學生一起上課，部份時間到資源教室接受資源教師的指導。所以此三名學生不列入本次研究樣本。故電腦組共 35 人，男生 16 人，女生 19 人。操作組原本班級人數為 37 人，含資源班學生 1 名，且有一位學生雖然智商不低，不被鑑定為資源班學生，但因隔代教養，語言與數學程度停留在小學，主要照顧者為年老的祖母，沒有能力管教他，所以經常無故缺席。這名學生學習背景因與其他同學差異大，也不列為研究樣本。故操作組共 35 人，男生 16 人，女生 19 人。從八年級第一次定期考試理化科分數來看，電腦組平均分數 60.36 分，標準差 25.64，操作組平均分數 68.14 分，標準差 21.01，使用獨立樣本 T 檢定來看 ($t(68) = -1.390$, $p = .169 > .05$) 兩組未達顯著差異。兩班進行實驗前的前測成績，電腦組平均分數為 8.20 分，標準差 1.87，操作組平均分數為 8.91 分，標準差 2.84。使用獨立樣本 T 檢定來看 ($t(68) = -1.247$, $p = .217 > .05$) 兩組未達顯著差異。故挑選這兩個班級作為研究對象。

為了進行科學實驗需要分組，電腦組需使用個人電腦來操作實驗，但電腦桌前的空間有限，只能放兩張電腦椅且滑鼠一次只能由一人操作，故每組人數不能太多，本次研究設定一組 2 人，全班人數 38 人，所以共分 19 組。操作組為配合電腦組組員人數少的原則，但又受限於實驗儀器的數量與實驗桌的個數，故設定一組 3 人，全班人數 37 人，共分 12 組，其中有一組為 4 人，那一組含有資源班學生，故可視為那組也是 3 人一組。如此一來，兩組的小組人數都很少，可以提高學生參與實驗的機會。

每一個班級根據第一次理化段考成績分為高中低三組，全班前 27% 為高成就組（以下簡稱高），後 27% 為低成就組（以下簡稱低）。故一個班有高 10 人，

中 16 人，低 10 人。因為若使用同質性分組，可能在組員全是低成就組當中無人了解實驗如何進行，且因兩個班級的總組數不同，故本研究有些組別為同質分組，有些則為異質分組。電腦組共有 19 組，其中 2 組高高、6 組高中、8 組中低（其中一組含有 1 名資源班學生）、1 組中中、2 組低低（其中 1 組皆為資源班學生）（如表 3-2-1）；操作組共有 12 組，其中 3 組高高中、3 組中中低、3 組高低低、1 組高中中、1 組中中中、1 組中中低。為了深入觀察學生進行實驗時的狀況，但礙於設備不足，每個班找高中低各 3 名共 9 名學生為標的學生，他們來自不同類型的組別，座位也經過安排。因為操作組每組 3 人，故觀察 3 組，因電腦組每組 2 人，為觀察 9 位同學，共側錄 6 組的小組活動。圖 3-2-1 為電腦組座位表，圖 3-2-2 為操作組座位表。

表3-2-1 電腦組與操作組組員分配表

電腦組				操作組			
組別類型	組數	選取標的 組數	標的學生 人數	組別類型	組數	選取標的 組	標的學生 人數
高高	2	1	1	高高中	3	1	3
高中	6	2	4	中中低	3	1	3
中低	8	2	2	高低低	3	1	3
中中	1			中中高	1		
低低	2	1	2	中中中	1		
				中中低	1		
總計	19	6	9	總計	12	3	9

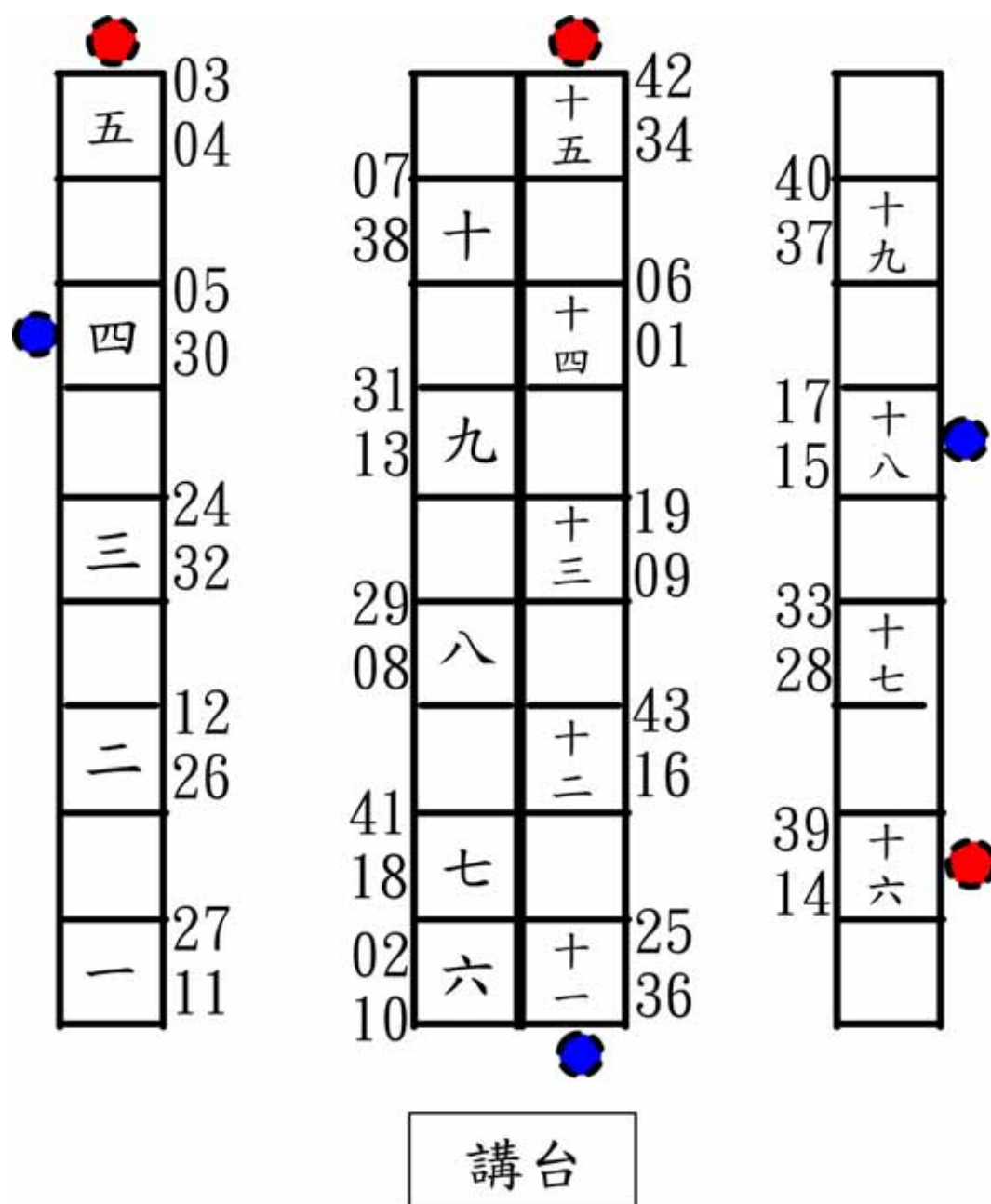


圖 3-2-1 電腦組座位表

一、二、三表示組別

01、02、03 表示學生座號

 表示有側錄的焦點組

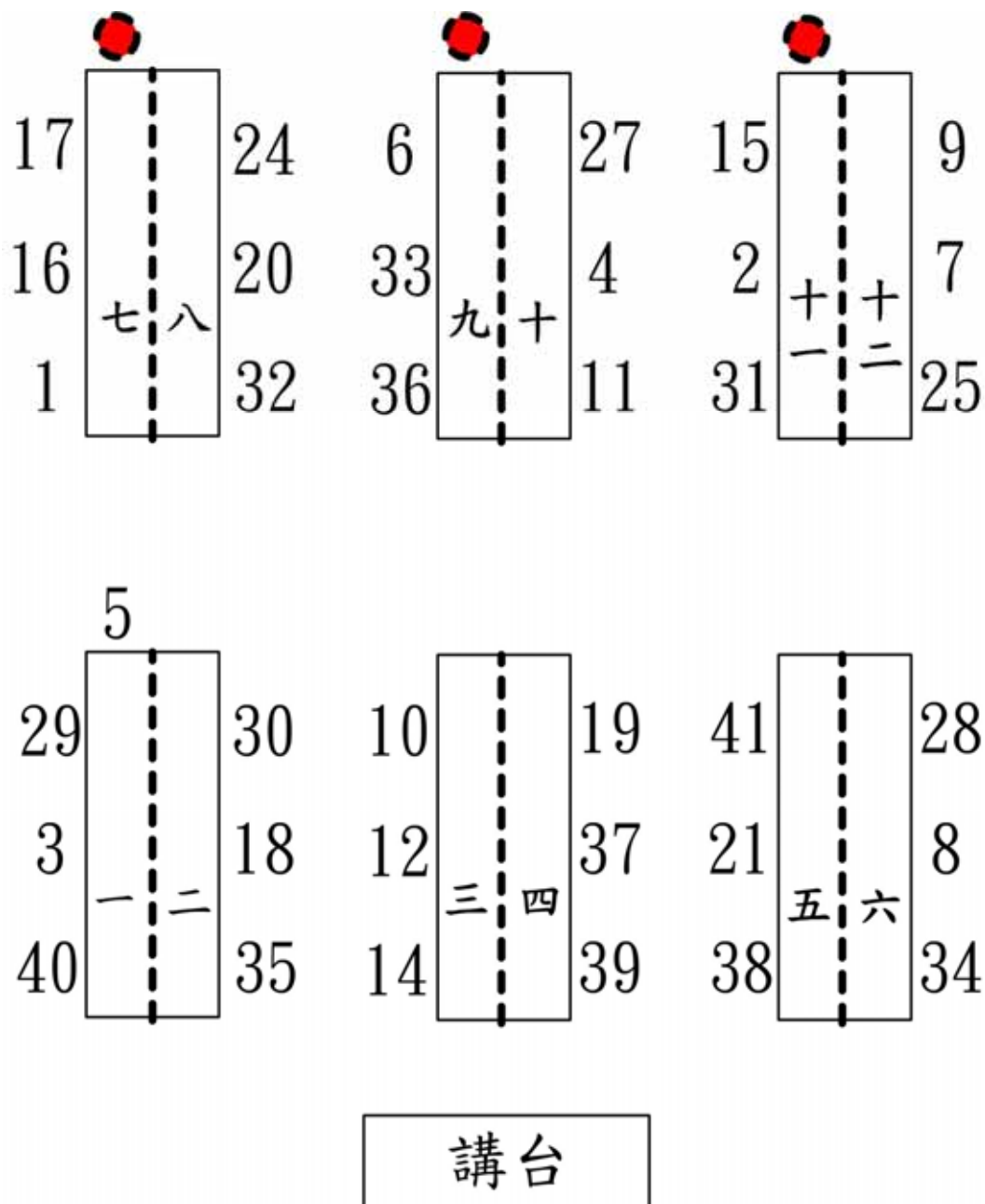


圖 3-2-1 操作組座位表

一、二、三表示組別

01、02、03 表示學生座號

 表示攝影機位置，分別側錄七、九、十一組

第三節 研究課程設計

為了解電腦模擬實驗與動手操作實驗對概念學習的影響，故本研究內容挑選國中生容易具有迷思概念的單元——「光的折射」，其中選定實驗為「透鏡成像實驗」。研究者配合實驗目標、並兼顧實驗教室的光學桌與 Physlets 軟體光學桌的特性設計實驗內容並製作相同的實驗紀錄學習單，以引導並掌握學習狀況，並依照兩組器材的限制，實驗內容與實驗紀錄學習單的內容稍作調整，電腦組學習單詳見附錄 B，操作組學習單詳見附錄 C。

為了能讓學生有基本的透鏡成像概念，設計了一系列課程。課程概念包括光的折射、透鏡成像。教學過程有概念講述教學、多媒體動畫播放、活動、繪圖演練、實驗。課程共計七堂課，第一堂課利用實例與動畫模擬介紹光的折射原理，第二堂課從光的折射路徑圖應用至日常生活中的光折射現象，第三堂課認識透鏡與性質，第四堂課介紹透鏡成像原則並發給學生方格紙，引導學生畫凸透鏡與凹透鏡成像性質，第一堂課至第四堂課兩個班級的授課內容是相同的。第四堂課之後進行成像作圖測驗，以了解學生對於成像作圖的熟悉度。因為實驗需要讓學生熟悉器材，所以一堂課時間不夠，故第五堂課與第六堂課連續進行讓實驗課為 90 分鐘。第五堂課之後，兩個班級在不同的教室進行實驗，實驗內容也為因應教室與器材需要而不同。第五、六堂課進行「透鏡成像實驗」。電腦組使用的教室為電腦教室，提供學生上網使用 Physlets 光學桌模擬實驗（圖 3-3-1）。操作組所使用的教室為理化專用實驗室，實驗儀器為每小組一組光學透鏡組器材，如圖 3-3-5 與圖 3-3-6。第七堂課的主題為「認識照相機」。電腦組使用的是線上觀看的是蘇文義老師與鄭茹芬老師共同製作的照相機原理動畫（以下簡稱蘇鄭照相機）與 Physlets 軟體，操作組是操作傳統單眼照相機。詳細教案如附錄 E，表 3-3-1 為課程設計規劃簡案，並將教學內容與概念學習目標相對應，其中概念 10 為「光在凸透鏡中的反射現象」為較高層次的應用概念，在課程中未提及此概念。以下分別說明兩組不同實驗環境的第五至七節課。

表3-3-1課程設計規劃簡案

節數	課程	教學內容	概念學習目標
前測			
一	光的折射原理	折射的現象與成因，含實體教具演示、活動與動畫播放	概念 5
二	光的折射現象	介紹光的折射路徑圖	概念 8
三	認識透鏡	認識凸透鏡與凹透鏡的性質	概念 5、8
四	透鏡成像原則	畫凸透鏡與凹透鏡成像性質	概念 1、4
五、六	透鏡成像實驗	電腦組：電腦模擬光學桌 操作組：實驗室透鏡成像組	概念 2、3、5、 7、8
成像作圖測驗			
七	認識照相機	電腦組： 蘇鄭照相機、探索照相機單元、 鏡頭展示單元 操作組： 簡易照相機模型、傳統單眼相機	概念 6、9
後測			

一、電腦組實驗課

電腦組第五、六堂課是進行「透鏡成像」單元的實驗，電腦組使用的電腦模擬是 Physlet Physics 中「光學桌」。光學桌是一個可控制變因的面板，可使用的裝置與實驗室的設備相近。

如圖 3-3-1 所示，只要點選按鈕並移動滑鼠就可以操作該器材，且有座標表示該點位置。表 3-3-2 為每個按鈕的意義與功能。

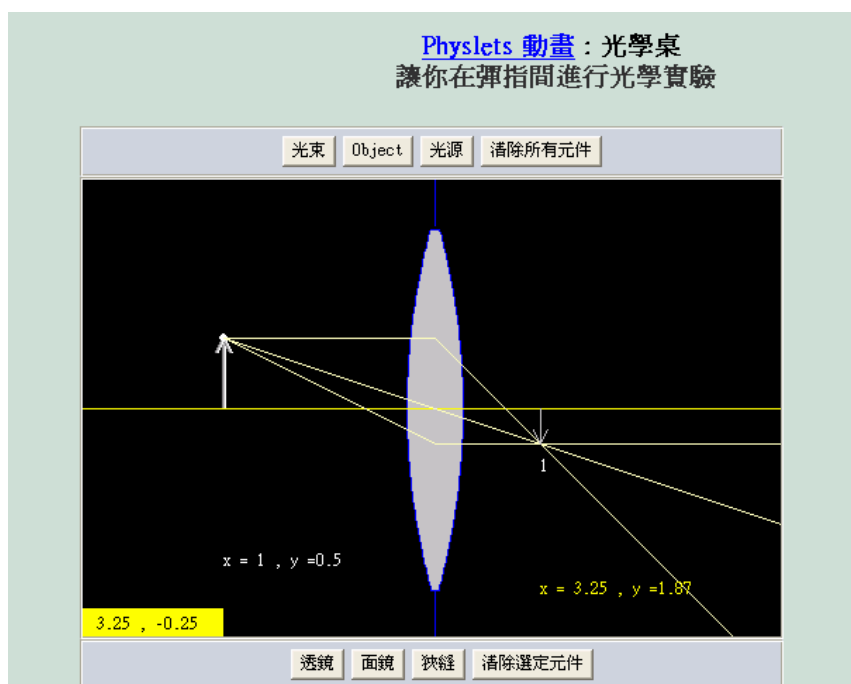


圖 3-3-1 電腦模擬光學桌成像圖形

表3-3-2 電腦模擬介面按鈕功能

按鈕名稱	功能
光束	可增加平行的光束線，拖動白色光點可以改變光束位置與方向。
Object（物件）	以一長直線模擬，可以改變位置與高度。
光源	可以改變位置與光線散開角度。
清除所有元件	可清除所有元件。
透鏡	可以改變透鏡位置與焦距，焦距正值為凸透鏡，焦距負值即為凹透鏡。
面鏡	可以改變面鏡位置與焦距（焦距可正可負）。
狹縫	增加狹縫可以改變位置與寬度。
清除選定元件	先點選欲清除元件後再按此按鈕，可清除目前選定元件。

進行電腦模擬實驗時給學生實驗紀錄學習單，學生可以先選取透鏡（如凸透鏡），並將透鏡置於固定位置，點透鏡會顯示鏡心的座標，再點選光源的類型，如平行光，或發光的物體，物體的大小與位置可調整，面板上會顯示物體與像的座標，以圖 3-3-1 為例，物體下方座標表示為 $x=1, y=0.5$ ，表示此時物體大小為 0.5 且置於 $x=1$ 處。像的座標表示 $x=3.25, y=1.87$ ，表示像的位置在 $x=3.25$ 處，

大小為應將 y 值扣掉 1.62，即 0.25，這是面板上的缺失， y 軸的原點應該在主軸上，像卻以面板最上方為原點，所以相差 1.62，此缺失已向站長表示。為了不要誤導學生辨認位置，建議學生將滑鼠點至像的頂點，在面板左下角會顯示滑鼠位置，即 $(3.25, -0.25)$ ，表示像大小為 0.25 且置於 $x=3.25$ 處。 y 座標負值表示頂點在主軸下方，此為像倒立的像。以此類推，完成凸透鏡所有實驗。此外使用狹縫可以讓學生觀察，當凸透鏡前方有障礙物時成像結果的變化。凹透鏡只要改變凸透鏡的焦距為負值即可。

第七堂課主題為「認識照相機」，介紹照相機原理與認識「鏡頭」、「光圈」、「快門」等的功能，與了解「對焦」、「變焦」的原理。電腦組仍在電腦教室上課，一開始檢討上次實驗結果並作透鏡成像的歸納。本堂課所使用的是軟體蘇鄭照相機）與 Physlets 中的探索照相機與鏡頭展示。蘇鄭照相機（如圖 3-3-2）可藉由動畫的撥放，讓學生看到單眼照相機的內部構造與光線路徑圖，讓學生觀察鏡頭、光圈、快門等功能。此外，本網站上還有其他動畫提供學生自由瀏覽，分別為「凸透鏡的成像世界」、「凸透鏡成像模擬」、「眼睛」、「折射式望鏡」、「複合式顯微鏡」。Physlets 中的探索照相機單元（如圖 3-3-3），可調整凸透鏡的位置，讓成像恰好在屏幕（Film）上，這個動作就是拍照時所使用的技巧——「對焦」。另外，鏡頭展示單元（如圖 3-3-4），除了可以操作「對焦」作用，還模擬使用單眼相機時改變鏡頭的成像改變，面板上有三種鏡頭可以選擇，即普通鏡頭、攝影鏡頭、廣角鏡頭，固定物體大小與位置，使用三種鏡頭來看成像結果的不同，此操作為「Zoom in」、「Zoom out」功能，也是「變焦」作用。這兩個動畫由教師示範與講解。

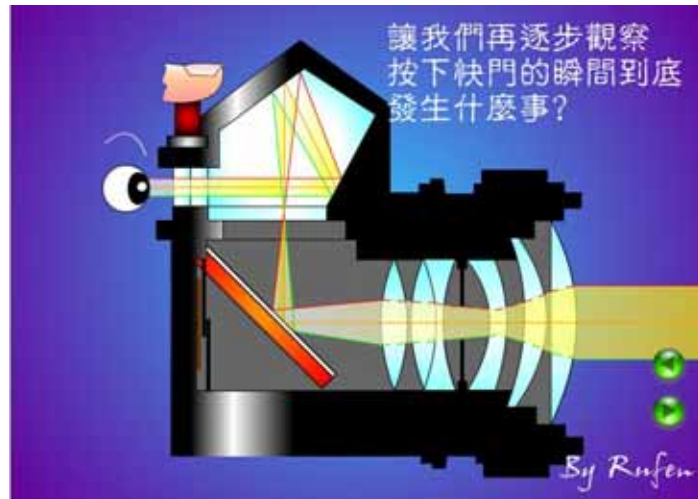


圖 3-3-2 蘇鄭照相機動畫

來源網址 <http://163.21.28.7/naturenature/flash/rufen/index.htm>

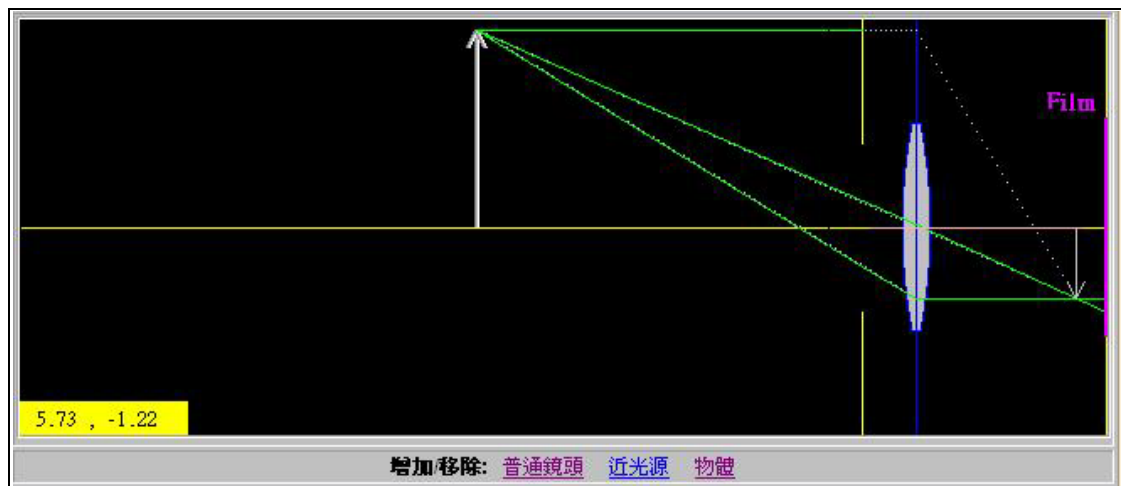


圖 3-3-3 Physlets 探索照相機成像圖

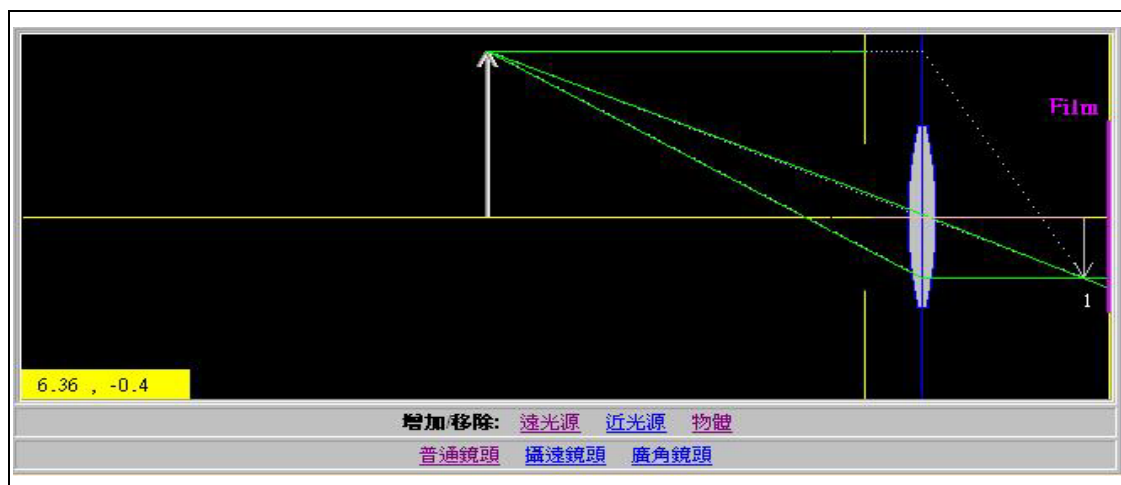


圖 3-3-4 Physlets 鏡頭展示成像圖

二、操作組實驗課

操作組使用實驗室光學透鏡組做實驗，並在理化專用實驗室進行實驗，實驗器材有光學桌(上有標示刻度)，如圖 3-3-6、以及已標示焦距的凸透鏡與凹透鏡、手電筒、屏幕等(如圖 3-3-5)。光源若使用蠟燭則燭火會搖動不穩定，物長與像長難測量，故使用手電筒作為光源，並在鋁箔紙上割出鏤空的「L」字樣，L 長邊 2 公分，短邊 1 公分，如此一來每組的物體長度皆相同，且可以讓學生觀察像與物體之間上下與左右的關係。

第七堂課主題為「認識照相機」，介紹照相機原理與認識「鏡頭」、「光圈」、「快門」等的功能，與了解「對焦」、「變焦」的原理。操作組在原理化實驗室進行，一開始檢討上次實驗結果並作透鏡成像的歸納。操作組使用的器材為傳統單眼相機，由於傳統單眼相機只有 5 台，故兩組使用一台，另外兩組使用仁林出版社製作的簡易照相機模型(如圖 3-3-7)，待其他五組每位同學皆操作過傳統單眼相機之後，再將所有的單眼相機給這兩組使用，故全班每一個人使用傳統單眼相機的時間大致相同。操作傳統單眼相機可以直接調整光圈的大小，了解光圈的功能即調整光量；藉由快門時間的控制可以看出快門的功能就是控制底片曝光的時間；能夠一邊調整對焦、變焦、光圈一邊看成像的變化，藉以了解「對焦」、「變焦」、「光圈」等功能；可藉由使用簡易照相機模型，了解照相機的鏡頭為凸透鏡，讓學生可以從看見暗室看見清楚、彩色且倒立的成像。



圖 3-3-5 操作組實驗器材



圖 3-3-6 操作組光學透鏡組



圖 3-3-7 簡易照相機模型

第四節 資料的收集與分析

本研究採集多方的資料，主要以質性資料來解釋量化資料的所發現的結果，以期透過分析與探討，能找出數據之間的關聯性。

一、資料收集類別

（一）概念測驗：

分析文獻，根據迷思概念及教學目標設計，進行效度及信度檢定後，完成前、後測試卷。用於前後測。前測為 31 題選擇題，用來檢驗學生的透鏡成像概念，請二位高中物理教師，三位國中理化教師審核評鑑並修改這些題目。最後再由學過此概念的 84 名九年級學生施測，庫奇信度為 0.82。有 6 題難度小於 0.3，但有初步認為可能為學生這部分的概念較弱，想了解接下來這兩班進行的實驗，使否對於這些概念有幫助，所以沒有刪除任何題目。

後測的題目除了上述 31 題選擇題之外，還增加了 3 題填充題、1 題配合題與 2 題問答題。配合題是讓學生從照相機功能及閱讀測驗推論眼睛的功能。問答題第一題為圖片題，可了解學生如何解釋眼睛所見的「像」。問答題第二題為影片題，影片為實際動手操作光學桌的實驗，讓學生推測實驗中所看見的「像」的成因，並說明提出此推論的理由。藉由非選擇題可以了解學生更高層次的概念。表 3-4-1 為概念內容與對應題號表。a1~a31 為選擇題，為透鏡成像的概念測驗，前後測的測驗內容相同；後測增非選擇題，其中 b1~b4 為填充題為有關照相機特性的題組；c1~c3 為配合題，讓學生對應眼睛構造與照相機構造的功能；d1、d2 為問答題之圖片題，此圖片是潘冠錡老師繪製，利用單槍將圖片（如圖 3-4-1）投影至教室前方螢幕，看圖時間約 5 分鐘，回答問答題第一題。讓學生判斷圖片上的成像為實像或虛像，並要學生寫下判斷的理由；e1、e2 為問答題之影片題，也將影片播放至螢幕上，共播放兩次，並定格在最後畫面（如圖 3-4-2）約 3 分鐘。影片內容還有口述介紹如下：「這是凸透鏡成像的實驗，物體是 L 的形狀，

所成的像為實像所以打在紙屏上，呈現上下顛倒左右相反的像，我們發現從與物體同側的方向看過去可以看見兩個像一為正立，另一個為倒立的像你認為形成這兩個像的成因是什麼呢？」



圖 3-4-1 問答題圖片題之參考圖片



圖 3-4-2 擷取問答題影片題之影片的最後畫面

表3-4-1 概念內容與對應題號表

概念內容	對應題號
概念 1.像與物的靜態相對位置	
1-1 物體在凸透鏡之兩倍焦距外，成像在異側焦點與兩倍焦距間	a5
1-2 物體在凹透鏡之兩倍焦距外，成像在同側焦點	a6
概念 2.像與物的動態相對位置	
2-1 凸透鏡成像，物體愈靠近焦點成像愈大	a14, a16,a22
2-2 凸透鏡成像，像的移動方向與物體移動方向相同	a15, a17
2-3 凹透鏡成像，物體愈靠近透鏡成像愈大	a12
2-4 凹透鏡成像，像的移動方向與物體移動方向相同	a13
概念 3.像與物圖形的對稱關係	
3-1 物體在凸透鏡焦點外，像與原物相比為上下顛倒、左右相反	a1
3-2 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	a3
概念 4.透鏡成像結果的歸納	
4-1 凸透鏡的成像性質	a2, a8, a23
4-2 凹透鏡的成像性質	a9, a19
4-3 由成像結果判斷此透鏡的種類	a11
概念 5.實像與虛像的成像觀察	
5-1 觀察凹透鏡所成的虛像應從與物異側的一方朝鏡內看	a4
5-2 尋找實像必須另用紙屏找到最亮最小的成像	a20
5-3 判斷實像或虛像的方法	d1, d2
概念 6.照相機的特性	
6-1 照相機的鏡頭組應為凸透鏡	a24
6-2 底片上的像為縮小倒立實像	a25
6-3 物體應在照相機鏡頭的兩倍焦距外	a26
6-4 「對焦」作用即為調整鏡頭與底片的距離以符合像距使成像清晰	a27
6-5 調整「光圈」大小可改變進入鏡頭的光量	b1
6-6 在光量少的環境中應調整「快門」大小來增加曝光時間	b2
6-7 「變焦」作用即為改變焦距的大小	b3
6-8 「Zoom in」功能為將焦距調大可將物體放大	b4
6-9 照相機與眼睛構造功能的對應	c1, c2, c3

概念 7.由像的性質推測物體的位置

- 7-1 放映機的成像為放大實像，可推測物體應在焦點與兩倍焦距間 a7
- 7-2 從凸透鏡觀察到放大正立的像，表示物體放在凸透鏡焦點內 a10
- 7-3 從凸透鏡觀察到縮小倒立的像，表示物體放在凸透鏡兩倍焦距外 a18, a26
- 7-4 從凸透鏡觀察到放大正立的像，表示成像在與物同側，眼睛可從 a21
與物異側觀察

概念 8.成像為無限多條光線之交會點

- 8-1 將凸透鏡部分遮蔽，不影響成像的大小，亮度減弱 a28, a29

概念 9.改變凸透鏡的焦距後成像性質的變化

- 9-1 使用「變焦」功能將焦距調大可將物體放大 b4
- 9-2 若物距不變，若凸透鏡焦距愈大，所成的「虛像」愈小 a30
- 9-3 若物距不變，若凸透鏡焦距愈大，所成的「虛像」愈靠近凸透鏡 a31

概念 10.光在凸透鏡中的反射現象

- 10-1 凸透鏡鏡前所成的倒立縮小的實像為光在凸透鏡中反射，相當 e1
於凹面鏡的成像結果
- 10-2 凸透鏡鏡後所成的正立縮小的虛像為光在凸透鏡中反射，相當 e2
於凸面鏡的成像結果

(二) 教室錄音：

以一台錄音筆記錄兩組第一至四堂課的教室活動，共計 8 堂課。記錄教室活動與師生互動、生生互動的過程。確實掌握兩組在實驗前的教學內容相近，如教學設計、教材內容、教學時間配置等，記錄如附錄 E—透鏡成像教學計畫。

(三) 教室錄影：

操作組以數位攝影機拍攝焦點組共 3 組，一組 3 人，記錄教室活動與組員問答互動，每班錄影 3 堂課，共 6 堂課。電腦組在電腦教室使用電腦模擬軟體時，以側錄軟體 Camtasia（如圖 3-4-3）以及麥克風紀錄其使用電腦的過程與對話，觀察焦點組共 6 組，一組 2 人。之後將錄影內容分段轉譯後分析。



圖 3-4-3 側錄軟體操作介面

(四) 教室日誌：

有一名研究協助者於第五至七堂課之實驗課及時記錄當天課堂的活動大要與科技使用、各組學生學習情形，協助影帶分析。

(五) 實驗記錄學習單：

了解各小組進行實驗的完成程度、實驗數據讀取的正确率與問題與討論的答題結果。在第五、六堂的實驗課中發給每一個小組一份實驗記錄學習單，讓小組做實驗時記錄實驗結果並回答問題與討論，因為電腦組與操作組的實驗環境不同，所以為了配合實驗儀器兩組的學習單略有不同，電腦組的學習單如附錄 B，操作組的學習單如附錄 C。實驗課結束前再發下另一張學習單為「成像歸納記錄單」，電腦組與操作組的版本相同，如附錄 D。兩份學習單實驗課結束時收回。

(六) 半結構晤談：

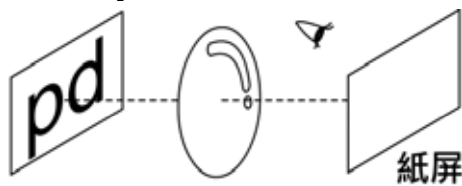
針對概念測驗中挑選三題，一為兩班後測達顯著差異的題目—a1，了解兩組在此概念上的差異。以及兩組後測分數皆退步的題目—a21、a27，欲深入了解這兩題對學生而言為何較為困難。晤談對象為每組的焦點學生，各 9 人共 18 人。學生先作答再請學生解釋選答的理由，每一題有幾個主要的問題，再經學生的答

案繼續提問，引導學生說出現存的概念。最後再問學生認此單元為最困難的部分為何。每人的晤談時間約為 15 至 20 分鐘。以下為四題晤談的題目：

【a1 題題目】

如圖，雷射光自左而右呈現英文字母 pd，放在凸透鏡前兩倍焦距外，則眼睛觀察到紙屏所成的像為

- (A) pd
- (B) bq
- (C) bp
- (D) qb



【a21 題題目】

外公使用放大鏡看書上的字，所看到的字正立且較書上的字大。你認為外公所看到的這個字（即成像位置）應於

- (A) 放大鏡鏡面上
- (B) 放大鏡與眼睛之間
- (C) 書本之後
- (D) 皆有可能

【a27 題題目】

照相機「對焦」的作用為

- (A) 改變鏡頭的焦距讓成像清晰
- (B) 調整光圈大小使光量適量
- (C) 調整鏡頭與底片的距離以符合像距
- (D) 調整平面鏡角度使光線恰好至眼睛

【第四題題目】

對你而言「透鏡成像」單元的難易程度如何？哪一個部分最困難？

(七) 問卷：

為了解對兩組學生在「概念測驗試題」、「透鏡成像單元」、「透鏡成像實驗」

的難度感受，在後測時以選擇題方式填在答案卡上，共 3 題，依難易程度分為非常簡單、簡單、普通、困難、非常困難。

將上述七種資料類型將其收集方式與目的整理於表 3-4-2。

表3-4-2 資料的收集方式與目的

資料類型	範圍/收集方式	目的
概念測驗前後測	兩班全部學生共 70 位 前測於第一次段考後上課 前施測；後測於完成課程 後一星期內施測	了解實驗前後概念成就學習情形
教室錄音	每班第一至四堂課 每一堂課收集 1 次	記錄兩組在實驗前的教學內容
教室錄影	電腦組 6 組、操作組 3 組 每班錄影 3 堂實驗課	記錄小組的實驗過程，以了解實驗 與概念學習之間的關係
教室日誌	每班錄影 3 堂實驗課 每 1 堂課收集 1 次	記錄兩組實驗記事，協助影帶分析
實驗記錄學習單	電腦組共 18 個小組、 操作組共 12 個小組， 實驗課完每組繳交 2 份	了解各小組進行實驗的完成程 度、實驗數據讀取的正確率與問題 與討論的答題結果。
半結構晤談	每班 9 名標的學生， 後測結束後兩星期內完成 晤談	針對三個答對率低的概念測驗題 目，了解標的學生的概念理解內 容。並了解對學生而言此單元較困 難的部分。
問卷	兩班全部學生共 70 位 與後測同時實施	了解透鏡成像單元對學生的困難 程度。

二、資料分析

(一) 概念測驗：

以 spss10.0 英文視窗版進行下列統計分析：

1. 統計全體學生在概念前測分數，以獨立樣本 T 檢定兩班在先備知識上的差異。

2. 統計全體學生在概念測驗，並以成對樣本 T 檢定比較兩組學生組內前後測成就的差異。
3. 比較兩組學生之前測、後測總分、各題型分數，以獨立樣本 T 檢定兩班的差異。
4. 以各題的答對率呈現學生概念學習的變化，統計全體學生在概念測驗每一個題目的答題率和次數分布。並以成對樣本 T 檢定比較兩組學生組內前後測每一題答對率的差異。
5. 比較兩組學生每一個題目的答對率，以獨立樣本 T 檢定兩班的差異。
6. 問答題評分標準經專家效度檢定後評分，表 3-4-3 是由為一位科教所教授、一位高中物理教師與一位國中理化教師共同審定後實施。並將學生的答案經由編碼後做概念質性分析，並統計各類型答題比率。除了問答題之外其他題目每題 1 分，問答題的分數依照答題情形配分如表 3-4-3，故有些題目的分數大於 1 分。所以在計算答對率時，問答題會再除以該題之最高分作為答對率。故 d1 題除以 1，d2 題除以 8，e1 題除以 2，e2 題除以 2。
7. 將兩班學生各分成高、中、低三種學習成就類型，分析不同學習成就學生與兩種環境進行實驗（電腦組與操作組）之間的交互作用，利用二因子變異數分析。
8. 將題目分為 10 種概念，統計全體學生在 10 種概念的平均答對率。比較兩組學生 10 種概念的平均答對率，以獨立樣本 T 檢定兩班的差異。

表3-4-3 問答題評分編碼表

d2 題得 2 分的答題類型

d2 題編碼	定義	舉例
d-2-1	實際光線所成像的像為實像	C04：實像，因為有實際光線聚於成像的地方。
d-2-2	實像才能在紙屏上成像	E36：實像，因為實像會出現在紙屏上需像不會。
d-2-3	物體位置焦點外皆為實像	E16：實像，因為此物體置於兩倍焦距外。
d-2-4	倒立縮小的像為實像	E07：實像，因為像是倒立縮小的。
d-2-5	實像與物異側	E12：實像，因為與物不同側。

d2 題得 1 分的答題類型

d2 題編碼	定義	舉例
d-1-1	光線通過但敘述不夠清楚	E13：實像，因為有實際的光線通過。
d-1-2	實像才能打在紙屏上，但未說出紙屏	C11：實像，因為真實光線打在上面。
d-1-3	有 d-2-4 觀念但折射與反射分不清楚	C24：實像，因為物體是實像所以反射後是倒立。

d2 題得 0 分的答題類型

d2 題編碼	定義	舉例
d-0-1-1	回答虛像且沒有理由	
d-0-1-2	回答虛像且理由錯誤	C39：虛像，因為光線的相交沒有到眼睛。
d-0-1-3	回答虛像，理由卻是實像的性質（d-2-4）	C18：虛像，因為像縮小了。因為是倒立的。
d-0-2-1	回答實像但未寫理由或答案無意義	E24：實像，因為有焦點。
d-0-2-2	回答實像但理由錯誤：虛像不可能在鏡後看到	E27：實像，因為虛像不可能在鏡後看到。
d-0-2-3	回答實像但理由錯誤：只有實像肉眼才看得到	E17：實像，因為肉眼可以直接看到。
d-0-2-4	回答實像但理由錯誤：凸透鏡所成的必是實像	C30：實像，因為放大鏡形成的一定是實像。
d-0-2-5	回答實像但理由錯誤：凸透鏡成像原則	E34：實像，光通過鏡心有成像。 C12：實像，因為它是真的有光透過透鏡。

e 題得 2 分的答題類型

e 題編碼	定義	舉例
e-2-1	光線遇到凸透鏡有部分會反射，此為反射所成的像。	C25：為凸透鏡反射「L」的光，如同凸面鏡一樣。要證實是反射現象，可拿紙屏遮後面，將看不到正立縮小像。
e-2-2	雖不正確但有設計實驗驗證推測	E32：從放大鏡看到的像是紙屏上所成的像反射。擋住紙屏，看放大鏡內的像有沒有消失。

e 題得 1 分的答題類型

e 題編碼	定義	舉例
e-1-1	光反射	C05：光的反射所成的像。
e-1-2	光在鏡前就返回眼睛	E17：可能是光還沒有穿透過去，我們就已經看到了。

e 題得 0 分的答題類型

e 題編碼	定義	舉例
e-0-1	未回答或答案無意義	C32：是光射出去的像。

(二) 教室錄音與教室日誌：

教室錄音記錄兩組第一至四堂課的教室活動，教室日誌記錄第五至七堂課之實驗課活動。將這兩項資料轉為文字資料，掌握兩組每一堂課的概況。

(三) 教室錄影：

先將錄影的資料轉為文字資料，再依照組別整理資料作分析。觀察小組成員高中低成就的學生的操作方法正確性、小組互動討論的內容、對話內容的類型。

(四) 實驗記錄學習單：

批改並記錄學習填答狀況，再將學習單分六部分，實驗一凸透鏡成像性質之表格（簡稱「實驗一表格」）；實驗一凸透鏡問題與討論（簡稱「實驗一討論」）；實驗一凹透鏡成像性質之表格（簡稱「實驗二表格」）；實驗一凹透鏡問題與討論（簡稱「實驗二討論」）；成像結論表格（簡稱「結論表格」）；成像結論之問題與討論（簡稱「結論討論」）。計算各部分之完成率即回答題數除以總題數，和答對率即答對題數除以總題數。比較兩組學生之完成率與答對率，以獨立樣本 T 檢定兩班的差異。

(五) 半結構晤談：

針對三個答對率低的概念測驗題目，了解標的學生的概念理解內容。並了解對學生而言此單元較困難的部分。先將 18 位標的學生的晤談錄影資料轉為文字資料，再按照題目順序將資料作編碼處理。以下為晤談主要問題題目，表 3-4-4 為半結構晤談編碼。

1. 第 a1 題：

根據你的判斷，這一題答案為何？

為什麼？

你判斷這題需要作圖嗎？

2. 第 a21 題：

根據你的判斷，這一題答案為何？

為什麼？

你判斷這題需要作圖嗎？

請使用桌上的放大鏡，根據題意，觀察考卷上的字，是否更改你原來的答案？

3. 第 a27 題：

根據你的判斷，這一題答案為何？

為什麼？

對焦的定義為何？

請使用桌上有傳統單眼相機，觀察成像，請你判斷哪一個圈是對焦？

是否改變你原來的答案？

4. 對你而言「透鏡成像」單元的難易程度如何？哪一個部分最困難？

表3-4-4 半結構晤談編碼

a1 題編碼	定義	舉例
a1-1	上下顛倒，且左右相反	C03：選 B。 T：為什麼？ C03：選 B。因為他會上下左右相反，是藉由畫圖發現像會上下顛倒，左右有相反。
a1-2	上下顛倒，但左右沒有相反	C04：因為在兩倍焦距外的物體，在紙屏上的成像會是倒立的。 T：左右有相反嗎？ C04：左右沒有相反。
a1-3	上下沒有顛倒，但左右相反	E06：因為我記得是左右相反。 T：上下有沒有相反？ E06：沒有。
a21 題編碼	定義	舉例
a21-C1	像與物有正確的相對位置觀念	E16：因為虛像，然後與物體同側，虛像會放大，所以像在物體這一邊。
a21-C2	眼見不為憑，以理論為主	C04：因為還是覺得 C 比較有可能，應該眼睛看到不一定是正確的，理論才是對的。
a21-E2	眼睛與理論不符，相信看見的	E01：我在考慮是否在鏡面上。因為如果在書本之後不太可能。 E01：因為我畫出來的是 C，看到的是 A。 可是如果是在書本後面紙就會擋住阿。 T：是否遇到過類似的矛盾，如平面鏡。 E01：那應該是 A 吧，因為做的時候就算是虛像的話，對我們而言都是在鏡面上。 T：看起來和實際上會不一樣嗎？ E01：不一定。 E01：平面鏡看起來鏡面上，那實際上是在....（想一段時間）A 吧~因為如果...恩...不知道。 畫圖感覺好像貼在鏡面上，成像也在鏡面上。
a21-C3	眼睛看到的和成像位置不一定相同，可能是實驗造成的誤差，題目問成像位置，應以畫圖的結果為主	E16：所以我認為我看到的和我畫的都是正確的，因為像又折射到我的眼睛。 E16：答案不換，因為他問看到所以我選 A。 T：題目是問成像位置。 E16：那我選 C

p	能畫出正確的成像圖	
W1-A	使用放大鏡後認為像在鏡面上	C02：使用放大鏡會影響答案，我會選 A。因為字在鏡面上，用眼睛看，所以應該是 A
a27	題編碼 定義	舉例
a27-1	改變焦距可改變成像清晰度 (目的正確，原理錯誤)	C30：因為要拍照所以要讓對焦，因為對焦才可以比較清晰。
a27-2	對焦可讓成像清晰 (目的正確)	C14：選 A，因為成像清晰。
a27-3	變焦為改變鏡頭焦距 (原理正確)	C25：我記得改變鏡頭的焦距是變焦。
a27-4	對焦是改變底片位置 (原理正確)	C04：C 的話變成說，把底片的位置變了，所以 C 才是對焦。
a27-5	對焦就是改變焦距 (原理錯誤)	T：所以你認為對焦有改變鏡頭的焦距？ E17：有。
c1-1	第一圈可使成像清晰	E06：最前面那一個，看起來愈來愈清楚。
第四題	編碼 定義	舉例
di01	透鏡成像單元很困難	C03：都很難，從頭到尾都聽不懂。
di021	畫圖部分很困難	C03：畫圖聽不懂，但是會跟著畫。
di022	畫圖部分不難	E17：畫圖不會難。
di031	實驗困難	E36：實驗最困難，不知道在做什麼，從頭到尾每個人都半知半懂。
di032	實驗不難	E17：實驗難度 ok。
di041	照相機困難	E02：照相機是最困難的，因為不會操作。時間太少，沒有學會。
di051	題目困難	C48：考試很難，因為題目意思看不懂。
di051-a1	題目困難如 a1	E06：類似第一題 (a1) 這類的題目比較難，因為搞不清楚他的方向。
di051-a21	題目困難如 a21	E33：題目難，應用題都不會，如第二題 (a21)。
di051-a27	題目困難如 a27	T：哪一部分困難？ C14：做題目。 T：哪一類型？ C14：第三題 (a27)

di06	實驗結果與成像結果不符合	E01：就是感覺說，做出來的實驗有時候跟畫出來的圖不一樣，不知道哪一個是真的。
------	--------------	---

(六) 問卷：

將問卷結果依選項計分，非常簡單選項為 5 分，簡單為 4 分，普通為 3 分，困難 2 分，非常困難 1 分，再分別算出兩組之平均得分。

將本研究之研究問題與資料分析方法整理於下表 3-4-5：

表3-4-5 研究問題與資料分析方法

研究問題	資料分析
1. 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？	概念測驗前後測
2. 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？	概念測驗前後測、 實驗記錄學習單、 教室錄影、問卷 半結構晤談
3. 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？	概念測驗前後測、 實驗記錄學習單、 教室錄影、問卷