

## 第參章 研究方法

本章分為五節，第一節說明研究對象，第二節介紹研究設計，第三節說明研究工具，第四節為資料收集，第五節為資料分析。

### 第一節 研究對象

本研究的研究對象為立意取樣，樣本來自於台北縣非都會區某國中一班九年級的班級，男生 20 人、女生 14 人，共 34 名學生，受試者在八年級已學過「光的傳播」、「光的反射」、「光的折射」、「透鏡的成像」、「色散與顏色」等課程。該校學生為常態編班，受測學生大都活潑好動、與教師互動良好，該班教師對班級掌控佳，但很少在自然科的教學從事實驗活動，長期以來，學生傾向記憶式的背誦學習，較少有機會應用所學概念到實際情境中。

### 第二節 研究設計

本研究為準實驗研究法，採用單組前後測設計（One-Group Pretest-Posttest Design）。基於研究目的與問題，根據學生凸透鏡成像迷思概念及 POE 教學策略來設計教學，選取一班學生接受前測、教學、後測。前、後測使用「凸透鏡成像概念測驗卷」以了解學生教學前後概念改變情形；在教學中使用 POE 學習單以了解學生在 POE 教學過程中概念改變情形。研究設計如下頁圖 3-1 所示：



圖 3-1 研究設計

如圖 3-1 所示，學生接受前測兩個禮拜後，教師進行九個實驗的教學，教學完成後即實施後測。

### 第三節 研究工具

本研究所使用的研究工具為測驗卷及學習教材；測驗卷為「凸透鏡成像概念測驗」；學習教材包含 POE 教學設計與 POE 學習單；分別說明如下：

#### 一、凸透鏡成像概念測驗卷

凸透鏡成像概念測驗主要的目的在於了解 POE 教學前、後，學生概念改變的情形，作為前、後測的評量工具。測驗卷的發展及內容說明如下：

##### (一) 發展過程

根據文獻及教師訪談彙整出學生凸透鏡成像迷思概念，依據迷思概念設計測驗題目，初稿完成後請三位九年級學生閱讀，使題目能達到文句流暢、國中生能理解的內容，並請一位科教專家及兩位理化教師審查

改正，為本研究之專家效度。之後選取一班九年級學生進行試測，稍做修正完成正式凸透鏡成像概念測驗。

為了檢驗測驗工具的信度，選取台北縣非都會區某國中九年級三個班共 95 名已學過光學的學生進行試測，信度 (Cronbach  $\alpha$ ) 為  $\alpha = .75$ ，正式施測時信度為  $\alpha = .74$ 。

## (二) 測驗卷內容

測驗卷總共有十一題，每題一分，題目分為兩大類，第一類為基本概念題 (A1~A6)，第二類為迷思概念類型題 (B1~B5)，詳細內容請見附錄一。雙向細目表如表 3-1 所示。

表 3-1 「凸透鏡成像概念測驗卷」雙向細目表

題目類別	主要概念	知識	理解	應用
基本 概念 題	凸透鏡的外觀為中間部分較邊緣部分厚	A1		
	中間部分較邊緣部分厚的透鏡能聚光			A2
	凸透鏡成像是光折射的原理		A3	A4
	實像形成是因凸透鏡的聚光性質			A5
	光向四面八方傳播		A6	
	迷 思 概 念 類 型 題			
				B2
光向四面八方傳播				B3
				B4
				B5

將基本概念題與迷思概念類型題分別說明如下：

## 1. 基本概念題

基本概念題主要測驗學生對於凸透鏡成像基本概念的了解程度，其內容除了 A6 參考自何嘉峻（2003）以外，均為研究者自編，共六題單選題。基本概念題主要測驗透鏡的散光、聚光性質、凸透鏡折射成像的原理、光向四面八方傳播等概念。

## 2. 迷思概念類型題

迷思概念類型題為兩階段試題，學生必須「答案」及「理由」均正確才給分，其目的為了解學生在不同題目情境下，所表現出的凸透鏡成像迷思概念類型，內容依所彙整的凸透鏡成像迷思概念類型來設計題目選項，如下頁表 3-2 所示，將凸透鏡成像迷思概念分為六種主要類型，第一類型有兩個次類型；第二類型有一個次類型；第三類型有兩個次類型；第四類型有一個次類型；第五類型有一個次類型；第六類型有一個次類型，總共八個次類型。除了將這些迷思概念類型設計為題目選項之外，再加入一開放選項，形成半封閉式試題，用以收集學生各種凸透鏡成像迷思概念。在學生作答後，會依照他們在「答案」及「理由」所填的選項，將其歸類於某一凸透鏡成像迷思概念類型。

表 3-2 凸透鏡成像迷思概念類型

---

1.第一類型：自蠟燭發出無數條平行凸透鏡光軸的光線

---

**1-1**

當平行光遇到凸透鏡上的不透明物而無法通過時，在不透明物後方的屏幕則無法完整成像，也就是說，當透鏡被遮蔽只剩一半時，成像只有一半。

**1-2**

當平行光遇到凸透鏡上的不透明物而無法通過時，在不透明物後方屏幕的成像會較暗，也就是說，當透鏡被遮蔽上半部時，仍會有完整成像，只是像的上半部較暗，下半部亮度跟原來一樣。

---

2.第二類型：自蠟燭發出無數條通過凸透鏡鏡心的光線

---

**2-1**

凸透鏡的成像原理與針孔成像類似。當凸透鏡鏡心有不透明物遮蔽時，從蠟燭所發出的光線均無法通過，即無法成像，當遮蔽凸透鏡鏡心以外的區域時，對成像則完全沒有影響。

---

3.第三類型：像的形成是源於有限條光線所會聚而成

---

**3-1**

當作圖法兩條以上的光線被擋住無法通過透鏡時，則無法描繪出成像，即表示無法成像。

**3-2**

當作圖法通過鏡心的那一條光線被擋住無法通過透鏡時，即表示無法成像。

---

4.第四類型：透光面積決定成像大小

---

**4-1**

當凸透鏡沒有被遮蔽時，則形成完整大小不變的像，若凸透鏡被遮住一半，仍會形成完整的像，但因透光區域變為原來的一半，像會縮小為原來的二分之一大小。

---

5.第五類型：透鏡透光區的數目決定成像數目

---

**5-1**

當凸透鏡因中間部分被遮蔽而形成兩個以上的透光區，則每一透光區可成為一獨立透鏡，各自形成完整成像。

---

6.第六類型：忽略凸透鏡被遮蔽時，成像亮度的變化。

---

**6-1**

當凸透鏡被不透明物遮蔽時，能了解成像大小不變的原因，而忽略成像亮度的改變，認為亮度不變。

---

學生在迷思概念類型題各題的題目情境下可能會表現出的迷思概念類型如表 3-3 所示：

表 3-3 迷思概念類型題各題所測之迷思概念類型

編號	認知內容	迷思概念類型								
		*	1-1	1-2	2-1	3-1	3-2	4-1	5-1	6-1
B1	若用不透光的紙將透鏡的上半部遮住，在屏幕上的像會變的如何？	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	✓
B2	若用不透光的紙將透鏡的下半部遮住，在屏幕上的像會變的如何？	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	✓
B3	承上題，若減少不透光紙的面積，在屏幕上的像會變的如何？	✓	✓	—	✓	✓	—	✓	—	✓
B4	若用不透光的紙將凸透鏡的上、下半部遮住，在屏幕上的像會變的如何？	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	✓
B5	若用不透光的紙將凸透鏡的中間部分遮住，在屏幕上的像會變的如何？	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

註：\*為正確概念，「✓」為該題有測該概念類型，「—」為該題未測該概念類型。

如表 3-3 所示，以題目 B1 為例，在 B1 的題目情境下，若學生未了解光向四面八方傳播的概念，可能會表現出迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、3-1、4-1、6-1 等迷思概念。

## 二、學習教材

### (一) POE 教學設計

本研究的教學活動由研究者自編，參考相關文獻以及依據學生凸透鏡成像迷思概念與 POE 教學策略設計而成。之後選取一班九年級學生進行試教（測驗卷試測的三個班級中選取一班），根據試教所發現的問題加以修正，確定教學活動。教學活動包含九個實驗（1-1、1-2、1-3、2-1、2-2、3-1、3-2、4-1、4-2），每個實驗均由老師示範。九個實驗中，2-1、2-2 為一系列的實驗，3-1、3-2、4-1、4-2 為一系列的實驗，每個實驗從解釋活動到下一個實驗的預測活動開始間隔大約 5-10 分鐘。

實驗 1-1、1-2 教學目標為學生能了解透鏡的聚光、散光性質；實驗 1-3 教學目標為學生能了解實像形成是因凸透鏡的聚光性質；實驗 2-1、2-2 教學目標為學生能了解光向四面八方傳播。上述五個實驗安排的目的為讓學生經由凸透鏡成像基本概念的學習之後，能有助於其在成像實驗 3-1、3-2、4-1、4-2 凸透鏡被不透光紙遮蔽不同區域的情境中，表現出正確的科學概念。在實驗 1-3~4-2 的設計上有別於國中課本蠟燭、透鏡、屏幕透鏡成像實驗的配置，以燈泡取代蠟燭，避免蠟燭亮度太弱、成像不明顯、易受天候影響、需在暗室等容易影響實驗結果的因素。研究指出實驗的設計要能明顯的觀察出結果，才能達到學習的成效，否則易導致學生只學得片段的知識而容易忘記（林嘉綺，2005；郭金美，1996）。

### (二) 實驗內容

各實驗內容、教學目標、具體目標如下頁表 3-4 所示，詳細內容請見附錄二：

表 3-4 各實驗內容、教學目標及具體目標

實驗 編號	實驗內容	教學目標	具體目標
1-1	以雷射光平行射入三種不同的稜鏡組合，觀察雷射光通過時的偏折情形。	能了解透鏡性質。	1. 能指出中間部分比邊緣部分厚的稜鏡組合能會聚光線。 2. 能指出中間部分比邊緣部分薄的稜鏡組合能發散光線。
1-2	以雷射光平行射入三種不同的透鏡（雙凹、平凸、雙凸、平凸透鏡），觀察雷射光通過時的偏折情形。	能了解透鏡性質。	1. 能指出中間部分比邊緣部分厚的透鏡能會聚光線。 2. 能指出中間部分比邊緣部分薄的透鏡能發散光線。
1-3	燈泡的光經凸透鏡折射在屏幕上形成倒立實像後，移去凸透鏡，只留下燈泡及屏幕在原位置，觀察透鏡移去前後成像的變化。	能了解透鏡性質。	1. 能寫出實像形成是因凸透鏡的聚光性質。
2-1	燈泡的光經凸透鏡折射在屏幕上形成倒立實像後，將燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定，三者保持一直線，以燈泡為圓心，用畫圓的方式在一平面上移動，觀察燈泡在屏幕上是否會成像。	能了解光向四面八方傳播。	1. 能寫出物體所發出的光線向四面八方傳播。

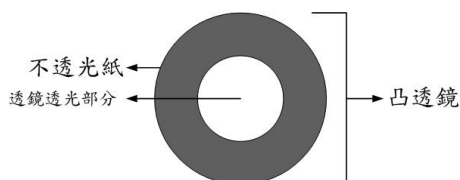


表 3-4 各實驗內容、教學目標及具體目標（續上頁）

實驗 編號	實驗內容	教學目標	具體目標
2-2	燈泡的光經凸透鏡折射在屏幕上形成倒立實像後，將燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定，三者保持一直線，以燈泡為圓心，在立體空間移動，觀察燈泡在屏幕上是否會成像。	能了解光向 四面八方傳 播。	1. 能寫出物體所發出的光 線向四面八方傳播。
3-1	燈泡的光經凸透鏡折射在屏幕上形成倒立實像後，以大小約透鏡二分之一的不透光紙將凸透鏡的上半部遮住，觀察遮住前後，屏幕上成像的變化。	能了解光向 四面八方傳 播。	1. 能寫出物體所發出的光 線向四面八方傳播。 2. 能寫出物體所發出的光 線部分被擋住了，所以 像的亮度變暗。 3. 能指出成像的大小並不 受透鏡透光面積大小的 影響。
3-2	燈泡的光經凸透鏡折射在屏幕上形成倒立實像後，以大小約透鏡二分之一的不透光紙將凸透鏡的下半部遮住，觀察遮住前後，屏幕上成像的變化。	能了解光向 四面八方傳 播。	1. 能寫出物體所發出的光 線向四面八方傳播。 2. 能寫出物體所發出的光 線部分被擋住了，所以 像的亮度變暗。 3. 能指出成像的大小並不 受透鏡透光面積大小的 影響。

表 3-4 各實驗內容、教學目標及具體目標（續上頁）

實驗 編號	實驗內容	教學目標	具體目標
4-1	燈泡的光經凸透鏡折射在屏幕上形成倒立實像後，用大小約透鏡的四分之一、形狀為圓形的不透光紙將凸透鏡的鏡心部分遮住，觀察遮住前後，屏幕上成像的變化。	能了解光向四面八方傳播。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能寫出物體所發出的光線向四面八方傳播。</li> <li>2. 能寫出物體所發出的光線部分被擋住了，所以像的亮度變暗。</li> <li>3. 能指出成像的大小並不受透鏡透光面積大小的影響。</li> <li>4. 能指出凸透鏡折射成像時，透鏡上所有的地方都跟透鏡鏡心一樣重要。</li> </ol>
4-2	燈泡的光經凸透鏡折射在屏幕上形成倒立實像後，用中間為中空圓形的不透光紙，將透鏡的周圍遮住，如下圖所示，使得透光部分的面積約為透鏡的四分之一，觀察遮住前後，屏幕上成像的變化。	能了解光向四面八方傳播。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能寫出物體所發出的光線向四面八方傳播。</li> <li>2. 能寫出物體所發出的光線部分被擋住了，所以像的亮度變暗。</li> <li>3. 能指出成像的大小並不受透鏡透光面積大小的影響。</li> <li>4. 能指出凸透鏡折射成像時，透鏡上所有的地方都跟透鏡鏡心一樣重要。</li> </ol>



### (三) 教材教法

本研究的教材為研究者自編之學習單，九個實驗均配合學習單進行教學，除了實驗 1-1 外，每個實驗學習單內容皆包含預測、觀察、解釋活動三個部分。實驗 1-1 的學習單並未使用 POE 教學策略的原因在於若學生在預測活動時，是預測他們經驗較為缺乏的主題，他們很可能會胡亂猜測，因此 POE 在設計實驗之初必須考量學生的既有概念，讓學生有足夠的理論基礎可以加以運用並具備預測出正確實驗結果的能力

(Bruce, 2000)。實驗 1-1 的目的為讓學生藉由觀察不同稜鏡組合的外表特徵及雷射光通過不同稜鏡組合時的路徑，歸納出中間部分比邊緣部分厚的稜鏡組合能會聚光線、中間部分比邊緣部分薄的稜鏡組合能發散光線的概念，並將此概念應用到實驗 1-2 的預測活動而不是胡亂猜測。

實驗 1-1 學習單在經過試教後作了部分的修改，原有的學習單如圖 3-2 所示：

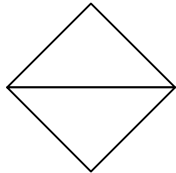
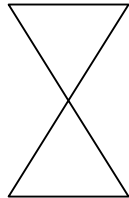
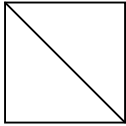



三 稜 鏡			
特 徵			

圖 3-2 實驗 1-1 學習單 (試教)

如圖 3-2 所示，原有的學習單為三稜鏡的三種組合，但在試教後經過晤談發現由於國中課本的圖常將三稜鏡組合成  與  兩種形狀，用來解釋凸透鏡聚光、凹透鏡散光的概念，但學生卻誤解為必須是三稜鏡的組合才能有聚光或散光效果。

另外，在前測基本概念題 A2 也發現此種現象，有 23.5% 的學生認為  形狀的冰塊能聚光，因而將學習單修改如圖 3-3。

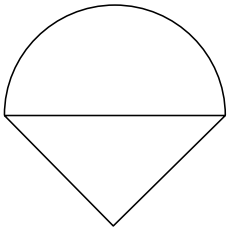
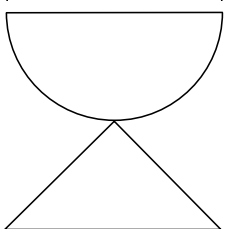
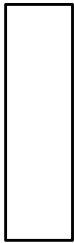
稜鏡			
特徵			

圖 3-3 實驗 1-1 學習單（正式教學）

如圖 3-3 所示，三種稜鏡組合是由半圓形、三角形、長方形不同形狀的稜鏡所組合而成，其目的為讓學生能藉由觀察稜鏡組合外觀的特徵，在雷射光通過之後，能歸納出中間部分比邊緣部分厚的稜鏡組合能會聚光線，中間部分比邊緣部分薄的稜鏡組合能發散光線，而不受是否為三稜鏡的影響。

實驗 1-2~4-2 的學習單內容均依據 POE 教學策略設計，包含預測、觀察、解釋三個活動，教師依據此順序進行教學，以實驗 3-1 的教學為例說明如下（圖 3-4）：

<p><b>【實驗 3-1】</b></p> <p>器材：雙凸透鏡、屏幕、燈泡、不透光紙</p> <p><b>&lt;預測活動&gt;</b></p> <p>* 在桌上，由左到右依序放置點亮的燈泡、凸透鏡、屏幕，然後調整凸透鏡、屏幕到適當距離，使得在屏幕上可以清楚的看到燈泡的倒立實像。</p> <p>(1) 若用大小約透鏡二分之一的不透光紙將凸透鏡的上半部遮住，請問在屏幕上的像會變的如何？</p> <p>(2) 你的理由為何？</p> <p><b>&lt;觀察活動&gt;</b></p> <p>* 請寫下做完實驗後，你觀察到的結果：</p> <p><b>&lt;解釋活動&gt;</b></p> <p>* 你發現實驗結果與你所預測的結果是否符合，請在下面勾選你的答案。</p> <p><input type="checkbox"/> 符合    <input type="checkbox"/> 不符合</p> <p>* 你認為符合或不符合的理由是什麼？請寫在下面。</p>
--

圖 3-4 實驗 3-1 學習單

圖 3-4 為實驗 3-1 學習單，教師依據 POE 教學策略進行教學，教學

步驟如下：

#### 1.預測活動：

在預測活動中，教師會佈置好學習單所描述的情境：在桌上，由左到右依序放置點亮的燈泡、凸透鏡、屏幕，然後調整凸透鏡、屏幕到適當距離，使得在屏幕上可以清楚看到燈泡的倒立實像。之後關掉燈泡，教師示範問題情境：將大小約透鏡二分之一的不透光紙遮住凸透鏡的上半部，示範完畢確定學生了解後，請學生在學習單上回答預測活動的問題，寫上答案及理由。

#### 2.觀察活動：

學生寫完預測活動的問題後，教師示範觀察活動的實驗並請學生紀錄觀察到的結果。

#### 3.解釋：

觀察後有些學生會發現其預測與觀察所看到的結果不符合，這其中可能就會產生認知衝突，學生需在解釋活動寫下調適的過程，教師在過程中扮演引導的角色，鼓勵學生思考各種的可能性並加以解釋。

#### （四）學習單分析規準

正式教學後，為了分析學生在 POE 教學過程中概念改變的情形，將學生在 POE 學習單預測、解釋活動的作答內容分類成不同類型，分類規準由研究者初步訂定後，再由三位科學教育專家進行審核，經修正完成，如下頁表 3-5~表 3-8，詳細內容請見附錄四。研究者與兩位國中理化教師依據此規準將每位學生在學習單所寫的內容進行分析，求得評分者信度為.91。

表 3-5 實驗 1-2 學習單預測、解釋活動分析之規準

類型代碼	說明	判準
	<b>正確類型（一）</b>	
11	正確運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質。	*說明中包含透鏡外觀的描述並正確對應到散光、聚光性質。
	<b>正確類型（二）</b>	
12	以判斷此透鏡為何種透鏡來說明其散光、聚光性質。	*說明中指出此種透鏡為何種透鏡並正確對應到散光、聚光性質。
19	<b>其它正確答案</b>	*說明內容無法歸類於上述類型的正確答案。
	<b>錯誤類型（一）</b>	
71	運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質，但卻對應錯誤。	*說明中包含透鏡外觀的描述卻錯誤對應散光、聚光性質。
	<b>錯誤類型（二）</b>	
72	對雙凸透鏡、雙凹透鏡的外觀及散光、聚光性質對應正確，但在平凸透鏡的外觀及散光、聚光性質對應錯誤。	*在圖 a、圖 c 說明中包含透鏡外觀的描述並正確對應到散光、聚光性質，而在圖 b、圖 d 的說明中包含透鏡外觀的描述卻錯誤對應散光、聚光性質。
	<b>錯誤類型（三）</b>	
73	對雙凸透鏡、雙凹透鏡的外觀及散光、聚光性質對應正確，但在平凸透鏡提到有一邊是平的，所以雷射光會直線射出。	*在圖 a、圖 c 說明中包含透鏡外觀的描述並正確對應到散光、聚光性質，而在圖 b、圖 d 的說明中包含光會直接穿過；或透鏡有一邊是平的，所以雷射光會直線射出。
	<b>錯誤類型（四）</b>	
74	運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質，卻對應錯誤且有些部分以「反射」來解釋原因。	*說明內容部分包含透鏡外觀的描述卻錯誤對應散光、聚光性質，以及部分用反射回答。
	<b>未提供解釋</b>	
75	只寫出觀察到的現象，未進一步解釋原因。	*說明中只描述觀察到的現象，而未歸納出共通的原則。
79	<b>其它錯誤答案</b>	*說明內容無法歸類於上述類型的錯誤答案。
99	<b>未答</b>	

表 3-6 實驗 1-3 學習單預測、解釋活動分析之規準

類型代碼	說明	判準
21	<b>正確類型（一）</b> 以凸透鏡聚光的性質來解釋實像形成的原因。	*說明中提到像無法形成是因為移去凸透鏡則無法聚光即屬之。
11	<b>正確類型（二）</b> 僅確認有無凸透鏡為影響成像的因素，但未說明原理。	*說明中提到要有凸透鏡才能成像，或若要成像則燈泡、凸透鏡、屏幕缺一不可等描述，但未說明凸透鏡的聚光性質。
19	<b>其它正確答案</b>	*說明內容無法歸類於上述類型的正確答案。
71	<b>錯誤類型（一）</b> 說明中提到無凸透鏡時，成像為正立實像。	*說明中提到正立實像即屬之。
72	<b>錯誤類型（二）</b> 說明中提到無凸透鏡時，成像會變的模糊不清。	*說明中提到像變模糊或像變的不清楚即屬之。
73	<b>錯誤類型（三）</b> 說明中提到因為無凸透鏡反射，所以不會成像。	*說明中只要包含反射即屬之。
79	<b>其它錯誤答案</b>	*說明內容無法歸類於上述類型的錯誤答案。
99	<b>未答</b>	



表 3-7 實驗 2-1、2-2 學習單預測、解釋活動分析之規準

類型代碼	說明	判準
21	<b>正確類型（一）</b> 以光向四面八方傳播的概念來解釋。	*說明中提到光向四面八方傳播或類似用語，例如散射、散開等。 *說明內容包含光向四面八方傳播的概念即屬之。
11	<b>正確類型（二）</b> 僅以光是直線傳播來解釋原因，且未能更進一步指出光向四面八方傳播。	*說明中回答會成像，但僅以光是直線傳播來解釋原因，且未能更進一步指出光向四面八方傳播。
12	<b>正確類型（三）</b> 僅以凸透鏡透光成像來解釋原因，且未能更進一步指出光向四面八方傳播。	*說明中回答會成像，但僅以凸透鏡透光成像來解釋原因，且未能更進一步指出光向四面八方傳播。
19	<b>其它正確答案</b>	*說明內容無法歸類於上述類型的正確答案。
71	<b>錯誤類型</b> 忽略光向四面八方傳播的概念，以光為直線傳播來解釋因而回答錯誤。	*說明中回答不會成像，且忽略光向四面八方傳播的觀念，以光為直線前進或其他類似的說法來解釋原因。
79	<b>其它錯誤答案</b>	*說明內容無法歸類於上述類型的錯誤答案。
99	<b>未答</b>	

表 3-8 實驗 3-1~4-2 學習單預測、解釋活動分析之規準

類型代碼	說明	判準
21	<b>正確類型（一）</b> 正確解釋像大小不變及像變暗的原因。	* 說明內容必須解釋像大小不變及像變暗的原因。因為光向四面八方傳播，遮住部分透鏡，光還是可以通過透鏡的其它部分，所以仍會成像，只是通過的光線減少，所以變暗。
11	<b>正確類型（二）</b> 僅正確解釋像變暗的原因。	* 說明中僅解釋因為部分的光被擋住了，因此像變暗，而未說明像大小不變的原因。
12	<b>正確類型（三）</b> 僅正確解釋會成像的原因。	* 說明中僅解釋因為有光通過凸透鏡，因此依然可會聚形成像，而未說明像變暗的原因。
19	<b>其它正確答案</b>	* 說明內容無法歸類於上述類型的正確答案。
71	<b>錯誤類型（一）</b> 當平行光遇到凸透鏡上的不透明物而無法通過時，在不透明物後方的屏幕則無法完整成像。	* 說明中提到像不完整是因為部分的光或部分透鏡被擋住即屬之。
72	<b>錯誤類型（二）</b> 當平行光遇到凸透鏡上的不透明物而無法通過時，在不透明物後方屏幕的成像會較暗。	* 說明中提到像部分變暗是因為部分的光或部分透鏡被擋住即屬之。

表 3-8 實驗 3-1~4-2 學習單預測、解釋活動分析之規準 (續上頁)

類型 代碼	說明	判準
73	<b>錯誤類型 (三)</b> 凸透鏡的成像原理與針孔成像類似，以凸透鏡鏡心遮住與否來決定是否成像。	* 說明中以凸透鏡鏡心遮住與否來決定是否成像即屬之。
74	<b>錯誤類型 (四)</b> 用透光面積來決定成像大小，當凸透鏡沒有被遮蔽時，則形成完整大小不變的像，若凸透鏡部分區域被遮住，仍會形成完整的像，但像會縮小。	* 說明中有提到像變小即屬之。
75	<b>未提供解釋</b> 只寫出觀察到的現象，未進一步解釋原因。	* 說明中只描述觀察到的現象，而未解釋原因。
79	<b>其它錯誤答案</b>	* 說明內容無法歸類於上述類型的錯誤答案。
99	<b>未答</b>	

## 第四節 資料收集

研究期間蒐集的資料包括下列幾項：

### 一、凸透鏡成像概念前測

民國九十六年八月二日，進行「凸透鏡成像測驗」前測，所有學生均接受施測，由研究者監考，測驗時間為四十分鐘。測驗目的在於了解 POE 教學前學生對於凸透鏡成像的迷思概念。

### 二、教學情況

民國九十六年八月中進行 POE 教學，與前測相距約兩週，研究者除了教室觀察外，將上課實況錄影，藉以了解學生的表現、師生的互動情形及教學方法的省思。

### 三、POE 學習單

學生在教學進行時，會在每個實驗學習單上寫下預測的理由、描述實驗觀察的結果、調適預測與觀察結果間的認知衝突，從這些資料了解學生在 POE 教學中，概念改變的情形。

### 四、凸透鏡成像概念後測

在教學後即進行「凸透鏡成像測驗」後測，所有學生均接受施測，由研究者監考，測驗時間為四十分鐘。測驗目的在於了解學生在教學前後概念改變情形及學習成效。

## 第五節 資料分析

### 一、描述性統計

- (一) 統計學生在「凸透鏡成像概念測驗」前、後測各題各選項選答的人數及百分比，以便分析學生在 POE 教學前後，概念分佈情形。
- (二) 統計學生在各實驗（1-2~4-2）預測與解釋兩活動中各作答類型的人數及百分比，以便分析學生在觀察活動前後，概念分佈情形。
- (三) 統計學生在「凸透鏡成像概念測驗」前、後測中基本概念題得分的平均及標準差。
- (四) 統計學生在「凸透鏡成像概念測驗」前、後測中迷思概念類型題得分的平均及標準差。

### 二、教學效果之檢驗

- (一) 統計學生在「凸透鏡成像概念測驗」前、後測得分的平均及標準差。以 SPSS 進行 t 考驗，檢視教學的成效。
- (二) 統計學生在「凸透鏡成像概念測驗」前、後測中迷思概念類型題各題作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考驗 (McNemar)，檢視教學的成效。
- (三) 統計以雷射光平行射入三種不同透鏡（實驗 1-2），學生在預測與解釋作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考驗 (McNemar)，檢視教學的成效。
- (四) 統計燈泡經凸透鏡於屏幕上成像後，移去凸透鏡觀察屏幕上像的變化（實驗 1-3），學生在預測與解釋作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考驗 (McNemar)，檢視教學的成效。
- (五) 統計燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定且三者保持一直線，以燈泡為圓心用畫圓的方式在一平面上移動（實驗 2-1），學生在預測與解釋作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考

驗 (McNemar)，檢視教學的成效。

- (六) 統計燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定且三者保持一直線，以燈泡為圓心在立體空間移動 (實驗 2-2)，學生在預測與解釋作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考驗 (McNemar)，檢視教學的成效。
- (七) 統計燈泡經凸透鏡在屏幕上成像後，以大小約透鏡二分之一的不透光紙將凸透鏡的上半部遮住 (實驗 3-1)，學生在預測與解釋作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考驗 (McNemar)，檢視教學的成效。
- (八) 統計燈泡經凸透鏡在屏幕上成像後，以大小約透鏡二分之一的不透光紙將凸透鏡的下半部遮住 (實驗 3-2)，學生在預測與解釋作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考驗 (McNemar)，檢視教學的成效。
- (九) 統計燈泡經凸透鏡在屏幕上成像後，以大小約透鏡四分之一的不透光紙將凸透鏡的鏡心部分遮住 (實驗 4-1)，學生在預測與解釋作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考驗 (McNemar)，檢視教學的成效。
- (十) 統計燈泡經凸透鏡在屏幕上成像後，以大小約透鏡四分之三的不透光紙將凸透鏡的周圍遮住 (實驗 4-2)，學生在預測與解釋作答正確、錯誤的人數及百分比。以 SPSS 進行卡方考驗 (McNemar)，檢視教學的成效。

### 三、教室觀察之結果

將教室觀察的筆記、錄影做整理，作為詮釋實驗結果之輔助佐證。