

## 第肆章 研究結果與討論

本章分為三節，第一節敘述學生凸透鏡成像概念前、後測之結果。第二節檢驗 POE 教學對於學生在凸透鏡成像測驗之成效。第三節分析學生在 POE 教學過程中的概念改變情形。

### 第一節 學生凸透鏡成像的迷思概念

將學生在基本概念題及迷思概念類型題之前、後測各題答題表現分別說明如下：

#### 一、基本概念題

##### (一) 中間部分較邊緣部分厚的透鏡為凸透鏡 (A1)

學生在前、後測的作答情形如表 4-1：

表 4-1 前後測 A1 作答結果

題目 編號	認知內容	學生回答	N (%)	
			前測	後測
A1 中間部分較邊緣部分厚的透鏡稱為什麼？		凹透鏡	1 (2.9)	2 (5.9)
		*凸透鏡	26 (76.4)	29 (85.3)
		三稜鏡	3 (8.8)	1 (2.9)
		平面鏡	4 (11.8)	2 (5.9)

註：\*為正確答案

本題的目的為測驗學生能否經由透鏡外觀的描述來分辨凸透鏡與凹透鏡，結果如表 4-1 所示，在前測有 76.4% 的學生作答正確，認為中間部分較邊緣部分厚的透鏡為凸透鏡。有 11.8% 學生無法正確分辨透鏡與面



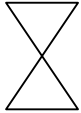

鏡，認為中間部分較邊緣部分厚的透鏡為平面鏡，造成此種結果有可能是因為學生容易混淆反射和折射（李采衷，2003；唐明，2001；陳均伊、張惠博、郭重吉，2004；Andersson & Karrqvist，1983），且有些學生會利用光的反射解釋凸透鏡成像原理（陳均伊、張惠博、郭重吉，2004），因而將凸透鏡與平面鏡混淆。另外有 8.8% 的學生認為中間部分較邊緣部分厚的透鏡為三稜鏡。

教學後如表 4-1 所示，在後測作答正確的學生增加（76.4% 變成 85.3%）。認為中間部分較邊緣部分厚的透鏡為平面鏡的學生減少（11.8% 變成 5.9%）；認為中間部分較邊緣部分厚的透鏡為三稜鏡的學生也減少了（8.8% 變成 2.9%）。

## （二）凸透鏡的聚光性質（A2）





學生在前、後測的作答情形如表 4-2：


表 4-2 前後測 A2 作答結果

題目 編號	認知內容	學生回答	前測	後測
			N (%)	
A2 在野外採取「用冰點火」的求生技巧時，可將冰塊作成下列何種形狀來聚集太陽光，才能達到點火的目的？			0 (0)	0 (0)
			1 (2.9)	1 (2.9)
			8 (23.5)	3 (8.8)
		* 	25 (73.5)	30 (88.2)

註：\* 為正確答案

本題的目的為測驗學生能否了解中間部分較邊緣部分厚的透鏡能聚光，結果如表 4-2 所示，在前測作答正確的學生佔 73.5%，認為中間部分較邊緣部分厚的月亮形狀冰塊可用來聚集太陽光。本題作答正確的比例與 A1 相近（A1：76.4%；A2：73.5%），且大多答對 A1 的學生 A2 也答對，顯示能分辨凹、凸透鏡外觀的學生，通常也能了解凸透鏡聚光、凹透鏡散光的性質。

迷思概念部分有 23.5% 的學生認為  形狀的冰塊能聚光，會造成此種迷思概念有可能是因為國中課本常將三稜鏡組合成  與  兩種形狀來解釋凸透鏡聚光、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，而無法了解只要是中間部分較邊緣部分厚的透鏡即為凸透鏡，能聚光；中間部分較邊緣部分薄的透鏡即為凹透鏡，能散光。另外有 2.9% 的學生認為  形狀的冰塊能聚光，也可能是上述原因造成的。

教學後如表 4-2 所示，在後測大多數的學生皆能正確作答（73.5% 變成 88.2%）。僅少數學生（8.8%）仍認為  形狀的冰塊能聚光。

### （三）凸透鏡成像是光折射的原理（A3）

學生在前、後測的作答情形如下頁表 4-3：

表 4-3 前後測 A3 作答結果

題目 編號	認知內容	學生回答	前測	後測
			N (%)	
A3 透鏡成像是利用光線的何種性質？		直線傳播	3 (8.8)	3 (8.8)
		反射	2 (5.9)	1 (2.9)
		* 折射	28 (82.4)	29 (85.3)
		色散	1 (2.9)	1 (2.9)

註：\* 為正確答案

本題的目的為測驗學生能否了解透鏡成像是利用光的折射性質，結果如表 4-3 所示，在前測作答正確的學生佔 82.4%，認為透鏡成像是利用光的折射性質。

迷思概念部分有 8.8% 學生認為透鏡成像是利用光的直線傳播性質，經晤談後發現持此種迷思概念的學生認為做成像實驗時，不管透鏡、蠟燭及屏幕如何移動，三者都是排成一直線，而課本的圖也是這樣呈現，因而認為透鏡成像是利用光的直線傳播性質。有 5.9% 的學生認為透鏡成像是利用光的反射性質，此與陳均伊、張惠博、郭重吉（2004）的發現一致，少數學生會利用光的反射解釋凸透鏡成像原理。

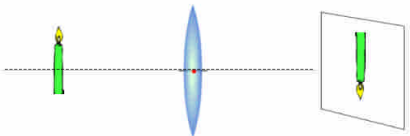
教學後如表 4-3 所示，在後測作答正確的學生佔 85.3%，仍有 8.8% 的學生認為透鏡成像是利用光的直線傳播性質，前測有此迷思概念的 3 位學生在後測時皆作答正確，而在後測作答錯誤的 3 位學生前測時皆作答正確，造成此情形的原因可能是在 POE 教學時，燈泡、凸透鏡、屏幕必須保持一直線才能清楚看到成像，使得原本持有正確概念的學生反而

產生迷思概念。

#### (四) 凸透鏡成像是光折射的原理 (A4)

學生在前、後測的作答情形如表 4-4：

表 4-4 前後測 A4 作答結果

題目 編號	認知內容	學生回答	前測	後測
			N%	
A4 在桌上放置點燃的蠟燭、凸透鏡、屏幕，調整適當距離，就可以在屏幕上看到蠟燭的影像。請問：屏幕上的影像是如何形成的？		蠟燭所發出的光經透鏡產生反射，在屏幕上成像。	3 (8.8)	1 (2.9)
		* 蠟燭所發出的光經透鏡產生折射，在屏幕上成像。	20 (58.8)	26 (76.5)
		蠟燭所發出的光照在透鏡上時，透鏡會產生影像，然後投射在屏幕上。	6 (17.6)	5 (14.7)
		蠟燭所發出的光平行穿過透鏡，在屏幕上成像。	1 (2.9)	2 (5.9)
		蠟燭所發出的光都會通過凸透鏡鏡心，在屏幕上成像。	4 (11.8)	0 (0)
其它		0 (0)	0 (0)	

註：\*為正確答案

本題的目的為測驗學生能否了解透鏡成像是利用光的折射性質，結果如表 4-4 所示，在前測作答正確的學生佔 58.8%，認為蠟燭所發出的光

經透鏡產生折射，在屏幕上成像。本題雖與 A3 測驗相同概念，但答對率較低，其原因可能是 A3 選項較為簡短、易於判斷，而 A4 選項描述蠟燭的成像過程，若學生對凸透鏡成像原理未完全了解，很可能就會表現出迷思概念。

迷思概念部分有 17.6% 的學生認為蠟燭所發出的光照在透鏡上時，透鏡會產生影像，然後投射在屏幕上，此與何嘉峻 (2003)、蕭倍如 (2005) 的發現一致。有 11.8% 的學生認為蠟燭所發出的光都會通過凸透鏡鏡心，在屏幕上成像，此與古智雄 (1991)、竇一龍 (2002)、William (1994) 等人的發現相同，持有此種迷思概念的學生認為凸透鏡成像原理與針孔成像類似，物體發出的光要能經由凸透鏡折射成像，透鏡鏡心佔有比其它部分更重要的地位。

另外有 8.8% 的學生認為蠟燭所發出的光經透鏡產生反射，在屏幕上成像，此與陳均伊等人 (2004) 的發現一致。

教學後如表 4-4 所示，在後測作答正確的學生明顯增加 (58.8% 變成 76.5%)。認為蠟燭所發出的光都會通過凸透鏡鏡心，在屏幕上成像的學生有所減少 (11.8% 變成 0%)，但仍有 14.7% 的學生認為蠟燭所發出的光照在透鏡上時，透鏡會產生影像，然後投射在屏幕上，顯示在教學後，這仍為不可忽視的想法。

#### (五) 實像形成是因凸透鏡的聚光性質 (A5)

學生在前、後測的作答情形如下頁表 4-5：

表 4-5 前後測 A5 作答結果

題目 編號	認知內容	學生回答	前測	後測
			N (%)	
A5 蠟燭在屏幕上形成清楚的倒立實像，如果移去凸透鏡，只留下蠟燭及屏幕在原位置，請問在屏幕上的像會變的如何？		*無法成像	20 (58.8)	31 (91.2)
		模糊一些的完整倒立實像	6 (17.6)	1 (2.9)
		模糊一些的完整正立像	8 (23.5)	2 (5.9)
		其它	0 (0)	0 (0)

註：\*為正確答案

本題的目的為測驗學生能否了解實像形成是利用凸透鏡的聚光性質，結果如表 4-5 所示，在前測作答正確的學生佔 58.8%，認為移去凸透鏡後就無法成像。

迷思概念部分有 23.5% 的學生認為移去凸透鏡後，像會變成模糊一些的完整正立像；有 17.6% 的學生認為移去凸透鏡後，像會變成模糊一些的完整倒立實像。會造成上述兩種迷思概念可能是因為學生將光線投射與投影的概念應用到凸透鏡成像，認為實像即是發光體將光直接灑在屏幕上，所以將透鏡移去時，在只有光與屏幕的情境下，屏幕上也會有光源的實像（陳忠志，1989；許榮富、洪振方，1993；張麗莉，2001；黃湘武、黃寶鈿，1989；Fetherstonhaugh et al., 1987；Goldberg & McDermott, 1986；Galili & Hazan, 2000）。

此外，認為移去凸透鏡後，像會變成模糊一些的完整正立像的學生，S21 在實驗 1-3 預測活動學習單中寫到：

「因為沒有凸透鏡折射，像會直接照在屏幕，所以在屏幕上會變成正立實像」

S21 認為移去凸透鏡後仍會成像，而凸透鏡的用途在於將像變成倒立實像。

教學後如表 4-5 所示，在後測作答正確的學生明顯增加（58.8%變成 91.2%），僅有 8.8%的學生還有迷思概念。

#### （六）光向四面八方傳播（A6）

學生在前、後測的作答情形如表 4-6：

表 4-6 前後測 A6 作答結果

題目 編號	認知內容	學生回答	前測	後測
			N (%)	
A6 在室內放置電燈，在電燈的左、右邊各有一物體，打開電燈後，請你選出電燈所發出的光線，其行進的正確路徑為下列何項？		燈泡上有無數個光點，每個點所發出的光只會照射到所看到的物體上。	1 (2.9)	1 (2.9)
		燈泡上有無數個光點，每個點僅能發出一條光，以一直線射出。	7 (20.6)	1 (2.9)
		*燈泡上有無數個光點，每個點所發出的光向四面八方射出。	26 (76.5)	32 (94.1)
		其它	0 (0)	0 (0)

註：\*為正確答案



本題的目的為測驗學生能否了解光向四面八方傳播的概念，結果如表 4-6 所示，在前測作答正確的學生佔 76.5%，認為燈泡上有無數個光點，每個點所發出的光向四面八方射出。

迷思概念部分有 20.6% 的學生認為燈泡上有無數個光點，每個點僅能發出一條光，以一直線射出，此與何嘉峻 (2003)、Bendall 等人 (1993) 的發現相同。

教學後如表 4-6 所示，在後測作答正確的學生明顯增加 (76.5% 變成 94.1%)，僅有極少的學生 (5.8%) 還有迷思概念。

## 二、迷思概念類型題

B1~B5 的目的為測驗學生能否應用「光向四面八方傳播」概念於凸透鏡成像的情境：當蠟燭、凸透鏡、屏幕調整到適當距離，使得蠟燭在屏幕上形成清楚的倒立實像 (圖 4-1)，之後以不透光紙遮蔽凸透鏡的不同區域，像會如何改變。依照學生在迷思概念類型題各題「答案」及「理由」所填的選項，將其歸類於某一迷思概念類型，學生在各題的表現分為八種迷思概念類型 (1-1、1-2、2-1、3-1、3-2、4-1、5-1、6-1)。

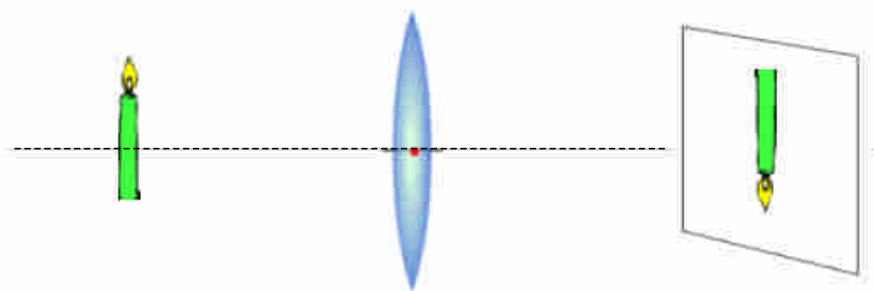


圖 4-1 蠟燭成像示意圖

學生在前後測 B1~B5 各題所表現出的迷思概念類型其分佈情形說明如下：

(二) 迷思概念類型題 (B1、B2)

B1 題目為：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？(圖 4-2)

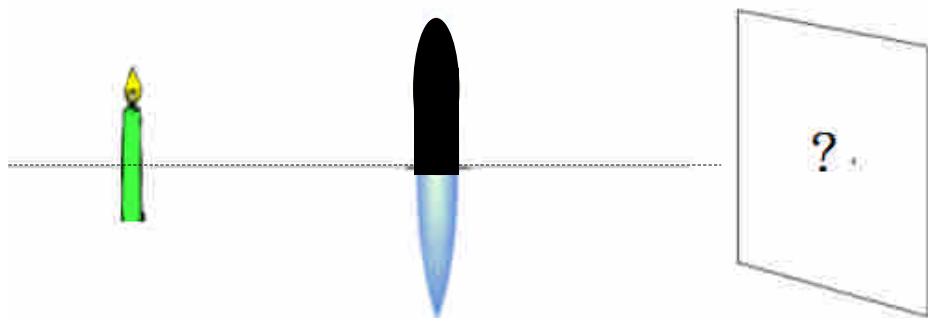


圖 4-2 B1 示意圖

B2 題目為：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？(圖 4-3)

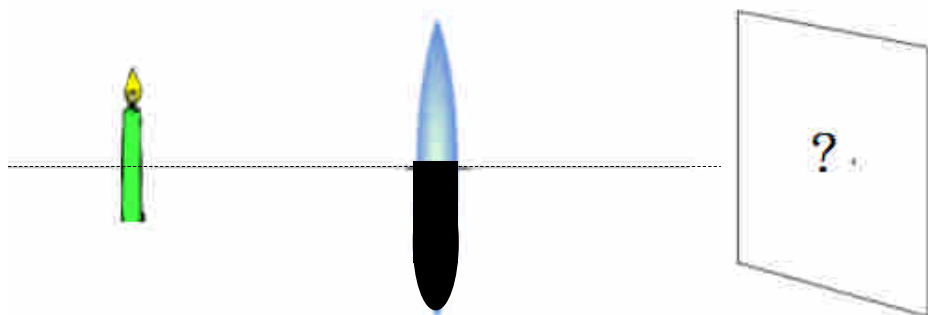


圖 4-3 B2 示意圖

學生在前後測 B1、B2 所表現出的迷思概念類型其分佈情形如下頁表 4-7：

表 4-7 學生在前後測 B1、B2 之迷思概念類型分佈情形

		迷思概念類型								
		*	1-1	1-2	2-1	3-1	3-2	4-1	5-1	6-1
B1 前測	N	8	8	5	6	1	—	6	—	0
	%	23.5	23.5	14.7	17.6	2.9	—	17.6	—	0
B1 後測	N	27	0	5	0	0	—	0	—	0
	%	79.4	0	14.7	0	0	—	0	—	0
B2 前測	N	10	8	5	6	0	—	4	—	1
	%	29.4	23.5	14.7	17.6	0	—	11.8	—	2.9
B2 後測	N	27	0	3	0	0	—	4	—	0
	%	79.4	0	8.8	0	0	—	11.8	—	0

註：「\*」為正確概念，「—」為此題未測該迷思概念類型。各迷思概念類型說明如下：

1. 迷思概念類型 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。
2. 迷思概念類型 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。
3. 迷思概念類型 2-1：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似。
4. 迷思概念類型 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。
5. 迷思概念類型 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。
6. 迷思概念類型 4-1：透光面積決定成像大小，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。
7. 迷思概念類型 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。
8. 迷思概念類型 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。

如表 4-7 所示，在前測 B1 與 B2 作答正確的學生各佔 23.5%、29.4%，認為就算通過凸透鏡的光線減少了，但蠟燭上的每個點仍能發出四

面八方的光線，所以會形成亮度較暗的完整倒立實像。

迷思概念部分，學生在 B1、B2 主要迷思概念類型分別為 1-1 (B1：23.5%；B2：23.5%)：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 (B1：14.7%；B2：14.7%)：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；2-1 (B1：17.6%；B2：17.6%)：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似，因為凸透鏡鏡心被擋住了，所以無法成像；4-1 (B1：17.6%；B2：11.8%)：透光面積決定成像大小，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。根據上述可發現學生在 B1 與 B2 迷思概念類型的分佈比例上頗為類似，其原因可能是兩題題目情境相似，只是一題用不透光紙遮住透鏡上半部，一題遮住下半部，學生在選答上具有一致性，此與竇一龍 (2002) 的發現一致。

教學後如表 4-7 所示，在後測 B1、B2 作答正確的學生明顯增加：B1 答對率從 23.5% 變成 79.4%；B2 答對率從 29.4% 變成 79.4%。迷思概念部分，B1 仍有 14.7% 學生為迷思概念類型 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；B2 有 11.8% 學生為迷思概念類型 4-1：透光面積決定成像大小，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。

### (三) 迷思概念類型題 (B3)

B3 題目為：承 B2，若減少不透光紙的面積，在屏幕上的像會變的如何？(圖 4-4)

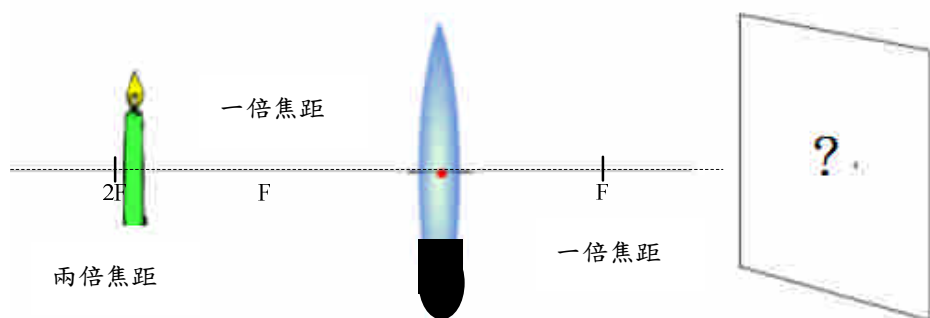


圖 4-4 B3 示意圖

學生在前後測 B3 所表現出的迷思概念類型其分佈情形如下頁表 4-8 所示，在前測 B3 作答正確的學生佔 17.6%，認為就算通過凸透鏡的光線減少了，但蠟燭上的每個點仍能發出四面八方的光線，所以會形成亮度較暗的完整倒立實像。

迷思概念部分，學生在 B3 主要的迷思概念類型為 4-1 (35.3%)：像的大小跟透光區域大小有關，將凸透鏡的一小部分遮住，像會縮小為原倒立實像的四分之三大小。另外有 20.6% 的學生迷思概念類型為 2-1：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似，凸透鏡鏡心沒有被擋住，所以會生成一完整的倒立實像，亮度也跟原來一樣；有 11.8% 的學生迷思概念類型為 1-1：就算凸透鏡下半部被擋住了，但並未擋到蠟燭上每一點所發出的平行光，仍會形成完整的倒立實像。

表 4-8 學生在前後測 B3 之迷思概念類型分佈情形

		迷思概念類型								
		*	1-1	1-2	2-1	3-1	3-2	4-1	5-1	6-1
B3 前測	N	6	4		7	2		12		3
	%	17.6	11.8	—	20.6	5.9	—	35.3	—	8.8
B3 後測	N	20	3		3	2		3		3
	%	58.8	8.8	—	8.8	5.9	—	8.8	—	8.8

註：「\*」為正確概念，「—」為該題未測該概念類型。各迷思概念類型說明如下：

1. 迷思概念類型 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。
2. 迷思概念類型 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。
3. 迷思概念類型 2-1：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似。
4. 迷思概念類型 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。
5. 迷思概念類型 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。
6. 迷思概念類型 4-1：透光面積決定成像大小，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。
7. 迷思概念類型 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。
8. 迷思概念類型 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。

B3 設計上有別於其它迷思概念類型題，在題目示意圖刻意加上一倍焦距及兩倍焦距（圖 4-4），其目的為檢視此種呈現方式是否會影響學生的作答，使其在表現上趨於迷思概念類型 3-1：因為光線作圖法的三條光

線未被擋住，所以仍可求其交點，形成完整倒立實像，亮度與原來一樣。結果有別於過去的研究發現（古智雄，1991；吳正勳，2002；張麗莉，2001；竇一龍，2002；Galili & Hazan, 2000），僅有少數學生（8.8%）為迷思概念類型 3-1，其原因可能是光線作圖法在現行的自然與生活科技課本中僅列為補充資料，教師在教學上較少強調，因而學生比較不會過度記憶，減少由光線作圖法所導致的迷思概念。

教學後如表 4-8 所示，在後測 B3 作答正確的學生明顯增加，答對率從 17.6% 變成 58.8%，除了作答正確的學生之外，其他則平均分佈於各迷思概念類型，但均未超過 8.8%。教學後 B3 答對率並不高（58.8%），顯示學生對於此種類型的題目較難做出正確的判斷。

#### （四）迷思概念類型題（B4）

B4 題目為：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？（圖 4-5）

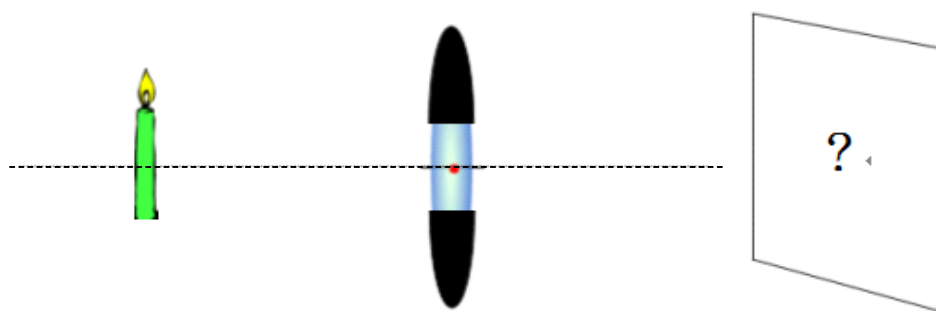


圖 4-5 B4 示意圖

學生在前後測 B4 所表現出的迷思概念類型其分佈情形如表 4-9：

表 4-9 學生在前後測 B4 之迷思概念類型分佈情形

		迷思概念類型								
		*	1-1	1-2	2-1	3-1	3-2	4-1	5-1	6-1
B4 前測	N	6	2	4	8	2	—	11	—	1
	%	17.6	5.9	11.8	23.5	5.9	—	32.4	—	2.9
B4 後測	N	22	0	3	0	0	—	8	—	1
	%	64.7	0	8.8	0	0	—	23.5	—	2.9

註：「\*」為正確概念，「—」為該題未測該概念類型。各迷思概念類型說明如下：

1. 迷思概念類型 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。
2. 迷思概念類型 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。
3. 迷思概念類型 2-1：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似。
4. 迷思概念類型 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。
5. 迷思概念類型 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。
6. 迷思概念類型 4-1：透光面積決定成像大小，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。
7. 迷思概念類型 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。
8. 迷思概念類型 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。

如表 4-9 所示，在前測作答正確的學生佔 17.6%，認為就算通過凸透鏡的光線減少了，但蠟燭上的每個點仍能發出四面八方的光線，所以會形成亮度較暗的完整倒立實像。



迷思概念部分，學生在 B4 主要的迷思概念類型為 4-1 (32.4%)：像的大小跟透光區域大小有關，遮住凸透鏡上、下半部，留下中間部分，像會縮小為原倒立實像的四分之一大小；有 23.5% 的學生為迷思概念類型 2-1：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似，由於凸透鏡鏡心沒有被擋住，所以會生成一完整的倒立實像，亮度也跟原來一樣；有 11.8% 的學生為迷思概念類型 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，遮住凸透鏡上、下半部，留下中間部分，則會形成上下暗、中間亮的完整倒立實像。

教學後如表 4-9 所示，在後測 B4 作答正確的學生明顯增加，答對率從 17.6% 變成 64.7%。迷思概念部分有 23.5% 學生為迷思概念類型 4-1：像的大小跟透光區域大小有關，遮住凸透鏡上、下半部，留下中間部分，像會縮小為原倒立實像的四分之一大小。經晤談學生發現造成此迷思概念在 B4 前測 (32.4%)、後測 (23.5%) 比例皆高的原因可能是 B4 在五題的迷思概念類型題中，其凸透鏡被不透光紙遮蔽的區域最大、透光區最小，學生容易受遮蔽區域最大所影響，而表現出像會縮小的迷思概念。

#### (四) 迷思概念類型題 (B5)

B5 題目為：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？(圖 4-6)

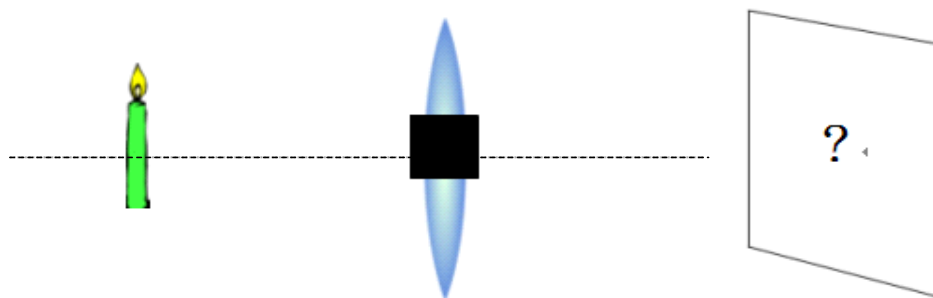


圖 4-6 B5 示意圖

學生在前後測 B5 所表現出的迷思概念類型其分佈情形如表 4-10：

表 4-10 學生在前後測 B5 之迷思概念類型分佈情形

		迷思概念類型								
		*	1-1	1-2	2-1	3-1	3-2	4-1	5-1	6-1
B5 前測	N	1	3	3	16	2	3	1	5	0
	%	2.9	8.8	8.8	47.1	5.9	8.8	2.9	14.7	0
B5 後測	N	25	1	2	3	2	0	1	0	0
	%	73.5	2.9	5.9	8.8	5.9	0	2.9	0	0

註：「\*」為正確概念，「—」為該題未測該概念類型。各迷思概念類型說明如下：

1. 迷思概念類型 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。
2. 迷思概念類型 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。
3. 迷思概念類型 2-1：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似。
4. 迷思概念類型 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。
5. 迷思概念類型 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。
6. 迷思概念類型 4-1：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。
7. 迷思概念類型 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。
8. 迷思概念類型 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。

如表 4-10 所示，在前測 B5 作答正確的學生僅佔 2.9%，大部分學生為迷思概念類型 2-1（47.1%）：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似，由

於凸透鏡鏡心被擋住了，所以無法成像。造成答對率低以及迷思概念類型 2-1 佔較高比例的原因可能是原本在 B1~B5 各題的表現上，迷思概念類型 2-1 的學生就較多，所佔比例分別為 B1 (17.6%)、B2 (17.6%)、B3 (20.6%)、B4 (23.5%)，加上 B5 在題目內容提及用不透光紙將凸透鏡的中間部分遮住，圖中 (圖 4-6) 也明顯呈現凸透鏡鏡心及鏡心附近被遮蔽，因而造成此種答題狀況。

另外，有 14.7% 的學生迷思概念類型為 5-1，認為凸透鏡因中間部分被遮蔽而形成兩個透光區，則每一透光區可成為一獨立透鏡，各自形成完整成像。


教學後如表 4-10 所示，在後測 B5 作答正確的學生明顯增加，答對率從 2.9% 變成 73.4%，除了作答正確的學生之外，其他則平均分佈於各迷思概念類型，但均未超過 8.8%。

從學生在前後測迷思概念類型題的答題狀況可發現雖然五題均測驗相同的概念，但學生在不同的題目情境下，有不同的概念表現，答對率也不一致，在前後測各題答對率分別為 B1 (23.5% ; 79.4%)、B2 (29.4% ; 79.4%)、B3 (17.6% ; 58.8%)、B4 (17.6% ; 64.7%)、B5 (2.9% ; 73.5%)，此現象與張川木 (1995)、黃文吟 (1999) 的發現一致，學生的迷思概念常具有變異性，同樣的概念，因所處的問題情境不同，會有不同的解釋。McGinn 與 Roth (1998) 指出學生在回答結構相似但形式不同的問題時，其所持的概念可能會有不一致的情況產生，測驗的命題設計應運用不同的情境，診斷同一概念，藉此探究學生的迷思概念是否呈現一致的情形。

### 三、小結

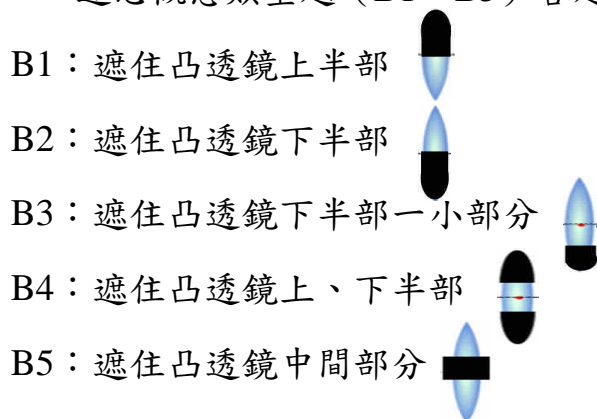
綜上所述，可得知學生在進行 POE 教學前對於凸透鏡成像已存有各種相關的迷思概念，將學生在前測的基本概念題與迷思概念類型題常見的迷思概念分別說明如下：

#### (一) 基本概念題

1. 在凸透鏡的外觀為中間部分較邊緣部分厚的概念上，學生常混淆透鏡與面鏡（11.8%）。
2. 在中間部分較邊緣部分厚的透鏡能聚光的概念上，學生常認為三稜鏡的組合（) 才能有聚光或散光效果（23.5%）。
3. 在凸透鏡成像是光折射的原理之概念上，學生常持有下列兩種迷思概念：
  - (1) 蠟燭所發出的光照在透鏡上時，透鏡會產生影像，然後投射在屏幕上（17.6%）。
  - (2) 蠟燭所發出的光都會通過凸透鏡鏡心，在屏幕上成像（11.8%）。
4. 在實像形成是因凸透鏡的聚光性質之概念上，學生常持有下列兩種迷思概念：
  - (1) 移去凸透鏡後，像會變成模糊一些的完整正立像（23.5%）。
  - (2) 移去凸透鏡後，像會變成模糊一些的完整倒立實像（17.6%）。
5. 在光向四面八方傳播的概念上，學生常認為燈泡上有無數個光點，每個點僅能發出一條光，以一直線射出（20.6%）。

## (二) 迷思概念類型題

迷思概念類型題 (B1~B5) 各題題目情境為以下所示：



學生在前測迷思概念類型題各題情境下常會表現出的迷思概念類型如下：

1. 迷思概念類型 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。在各情境下持有此迷思概念的學生分別為 B1：23.5%；B2：23.5%；B3：11.8%；B4：5.9%；B5：8.8%。
2. 迷思概念類型 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。在各情境下持有此迷思概念的學生分別為 B1：14.7%；B2：14.7%；B4：11.8%；B5：8.8%。

3. 迷思概念類型 2-1：凸透鏡的成像原理與針孔成像類似。在各情境下持有此迷思概念的學生分別為 B1：17.6%；B2：17.6%；B3：20.6%；B4：23.5%；B5：47.1%。
  
4. 迷思概念類型 4-1：透光面積決定成像大小，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。在各情境下持有此迷思概念的學生分別為 B1：17.6%；B2：11.8%；B3：35.3%；B4：32.4%；B5：2.9%。

## 第二節 POE 教學之成效

本節說明 POE 教學對於學生在凸透鏡成像概念前、後測之教學效果。

學生在前後測得分之表現如表 4-11：

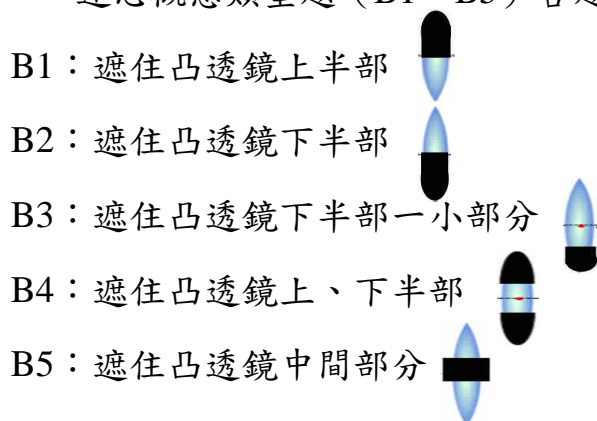
表 4-11 學生前後測得分之比較

類別	變項	人數	平均數	標準差	P 值
整體得分	前測	34	5.18	2.21	.000*
	後測	34	8.71	2.17	
基本概念題	前測	34	4.21	1.45	—
	後測	34	5.18	0.97	
迷思概念類型題	前測	34	0.97	1.45	—
	後測	34	3.53	1.58	

註：\* $P < .05$ 。「—」表示未做 t 考驗。

由表 4-11 可得知 POE 教學後，學生在凸透鏡成像概念測驗得分有明顯進步，達到顯著改變 ( $P < .05$ )，顯示 POE 教學對於凸透鏡成像的基本概念，以及解決學生凸透鏡成像迷思概念均有明顯成效。此外，學生在迷思概念類型題得分有大幅的進步，從 0.97 進步到 3.53。

迷思概念類型題 (B1~B5) 各題題目情境為以下所示：



將學生在前、後測迷思概念類型題各題作答正確、錯誤的人數進行卡方考驗 (McNemar)，得到結果如表 4-12~4-16：

表 4-12 學生在前後測 B1 中作答正確、錯誤的變化情形

		B1 後測			
			正確	錯誤	總和
B1 前 測	正確	N	8	0	8
		%	23.5	0	23.5
	錯誤	N	19	7	26
		%	55.9	20.6	76.5
	總和	N	27	7	34
		%	79.4	20.6	100
P-value			.000*		

註：\*P<.05



表 4-13 學生在前後測 B2 中作答正確、錯誤的變化情形

		B2 後測			
		正確	錯誤	總和	
B2 前 測	正確	N	9	1	10
		%	26.5	2.9	29.4
	錯誤	N	18	6	24
		%	52.9	17.6	70.6
	總和	N	27	7	34
		%	79.4	20.6	100
P-value		.000*			

註：\*P<.05

表 4-14 學生在前後測 B3 中作答正確、錯誤的變化情形

		B3 後測			
		正確	錯誤	總和	
B3 前 測	正確	N	6	0	6
		%	17.6	0	17.6
	錯誤	N	14	14	28
		%	41.2	41.2	82.4
	總和	N	20	14	34
		%	58.8	41.2	100
P-value		.000*			

註：\*P<.05

表 4-15 學生在前後測 B4 中作答正確、錯誤的變化情形

		B4 後測			
		正確	錯誤	總和	
B4 前 測	正確	N	6	0	6
		%	17.6	0	17.6
	錯誤	N	16	12	28
		%	47.1	35.3	82.4
	總和	N	22	12	34
		%	64.7	35.3	100
P-value		.000*			

註：\*P&lt;.05

表 4-16 學生在前後測 B5 中作答正確、錯誤的變化情形

		B5 後測			
		正確	錯誤	總和	
B5 前 測	正確	N	1	0	1
		%	2.9	0	2.9
	錯誤	N	24	9	33
		%	70.6	26.5	97.1
	總和	N	25	9	34
		%	73.5	26.5	100
P-value		.000*			

註：\*P&lt;.05

由表 4-12~4-16 可得知教學後在迷思概念題各題作答正確的學生明顯增加，達到顯著改變 ( $P < .05$ )，大部分的學生皆能應用「光向四面八方傳播」的概念於解決凸透鏡被不透明物遮蔽時的成像問題，不過值得注意的是在教學後 B3 的正確率仍只有 58.8%，顯示少數學生在 POE 教學後不容易將所學概念應用在此情境。

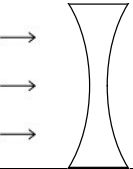
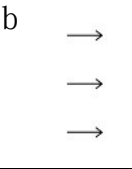
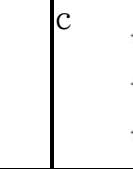
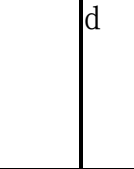
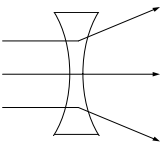
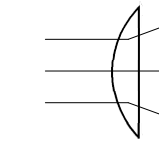
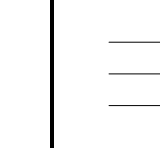
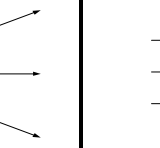
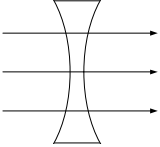
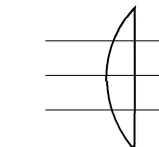
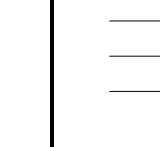
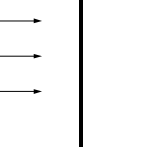
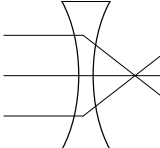
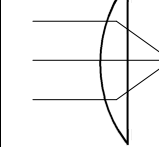
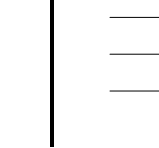
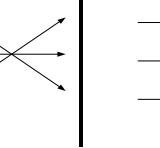
### 第三節 學生在 POE 教學中的概念改變歷程

本節根據各實驗學習單的分類規準，分析學生在每個實驗的預測、解釋活動的作答內容。

#### 一、實驗 1-2 概念改變歷程

本實驗依據 POE 教學策略，分為預測、觀察、解釋三個活動，實驗內容是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。

##### （一）實驗 1-2 預測活動

<b>&lt; 預測活動 &gt;</b> * 請你預測當雷射光分別通過下面四種透鏡時的路徑，勾選出你的答案後，請在「理由」欄中寫下你選這個答案的理由。				
透 鏡	a 	b 	c 	d 
請 在 四 個 選 項 中 勾 選 出 你 的	<input type="checkbox"/> a1 	<input type="checkbox"/> b1 	<input type="checkbox"/> c1 	<input type="checkbox"/> d1 
	<input type="checkbox"/> a2 	<input type="checkbox"/> b2 	<input type="checkbox"/> c2 	<input type="checkbox"/> d2 
	<input type="checkbox"/> a3 	<input type="checkbox"/> b3 	<input type="checkbox"/> c3 	<input type="checkbox"/> d3 

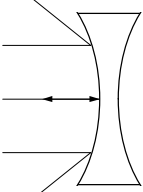
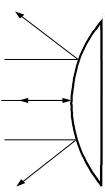
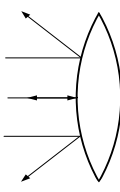
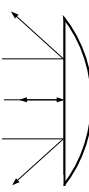



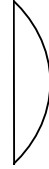
答案	<input type="checkbox"/> a4 	<input type="checkbox"/> b4 	<input type="checkbox"/> c4 	<input type="checkbox"/> d4 
	<input type="checkbox"/> 其它 	<input type="checkbox"/> 其它 	<input type="checkbox"/> 其它 	<input type="checkbox"/> 其它 
理由				

圖 4-7 實驗 1-2 學習單 (預測活動)

圖 4-7 為預測活動學習單，學生在預測活動必須勾選出答案，並寫出支持的理由。將學生在預測活動作答內容分為七種類型，其分佈情形如表 4-17：

表 4-17 學生在實驗 1-2 預測活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
<b>正確類型 (一)</b>	
正確運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質。	5 (14.7)
<b>正確類型 (二)</b>	8 (23.5)
以判斷此透鏡為何種透鏡來說明其散光、聚光性質。	3 (8.8)

表 4-17 學生在實驗 1-2 預測活動作答類型的分佈情形 (續上頁)

類型	N (%)	
<b>錯誤類型 (一)</b>		
運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質， 但卻對應錯誤。	5 (14.7)	
<b>錯誤類型 (二)</b>		
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。	11 (32.4)	
<b>錯誤類型 (三)</b>		
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。	5 (14.7)	26 (76.5)
<b>錯誤類型 (四)</b>		
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。	4 (11.8)	
<b>未提供解釋</b>		
只寫出觀察的現象，未進一步解釋原因。	0 (0)	
<b>其它</b>		
	1 (2.9)	

如表 4-17 所示，在預測活動時，正確類型的學生佔 23.5% (正確類型一與正確類型二之和)，他們能正確運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質或是判斷此透鏡為何種透鏡來說明其散光、聚光性質。以 S03 為例 (正確類型一)，如下頁圖 4-8：

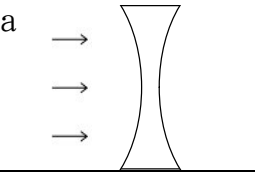
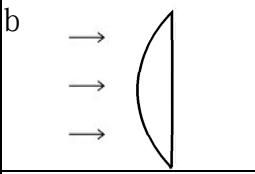
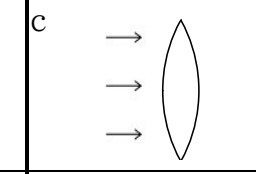
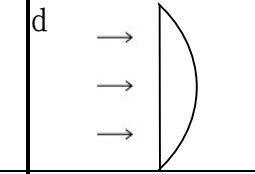

透 鏡	a 	b 	c 	d 
理 由	因為它中間比較細，所以光會散開。	因為他中間比較寬像  一樣，所以光會聚集。	因為中間比較寬，所以光會聚集。	因為中間比較寬，所以光會聚集。

圖 4-8 S03 實驗 1-2 學習單 (預測活動)

S03 在實驗 1-2 學習單的預測活動中，四個答案均勻選正確且在四個理由欄中能正確根據透鏡外觀來判斷散光、聚光性質。

另外，在迷思概念部分高達 76.5% 的學生有迷思概念 (錯誤類型一、二、三、四、五及其它之和)，此與黃文吟 (1999) 研究相似，多數學生在解釋有關透鏡折射等相關問題時，頗感困難。Anderson 與 Karrquist (1983) 的研究也發現學生對折射問題的解釋，常不能確定光進行的方向，也就是當光由一介質通過另一介質時，不知其偏向何方。在錯誤類型中，有 14.7% 的學生為錯誤類型 (一)；32.4% 的學生為錯誤類型 (二)；14.7% 的學生為錯誤類型 (三)；11.8% 的學生為錯誤類型 (四)。

錯誤類型 (一) 的學生，以 S11 回答為例 (圖 4-9)：

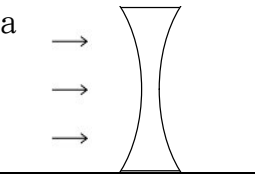
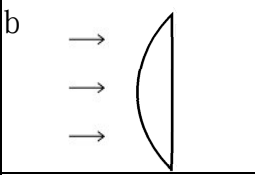
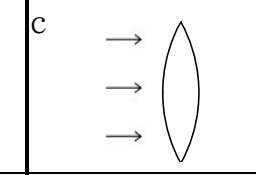
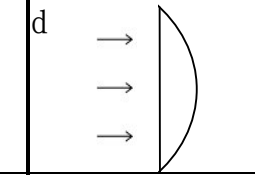
透 鏡	a 	b 	c 	d 
理 由	因為鏡面向內，所以光線會集中。	因為鏡面一凹一凸，凸的在前面所以會散開。	因為兩面都是凸的，所以光線會散開。	因為鏡面一凹一凸，凹的在前面所以會集中。

圖 4-9 S11 實驗 1-2 學習單 (預測活動)

S11 運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質，但判斷的依據有別於科學概念，由自身發展出一套準則因而無法將透鏡對應到正確的性質。

錯誤類型（二）與錯誤類型（三）的學生為正確概念與錯誤概念並存，他們大都能在雙凹（圖 a）、雙凸（圖 c）透鏡理由說明中包含透鏡外觀的描述並正確對應到散光、聚光性質，而在平凸透鏡（圖 b、圖 d）的理由說明中包含透鏡外觀的描述卻錯誤對應散光、聚光性質。錯誤類型（二）的學生以 S16 為例（圖 4-10）：

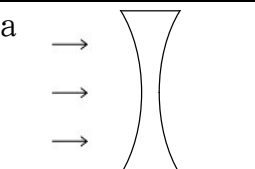
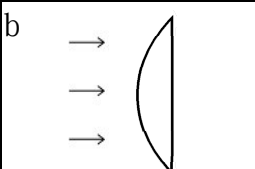
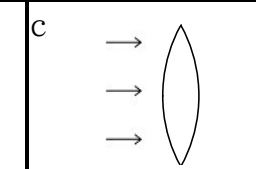
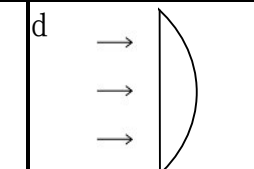
透鏡	a 	b 	c 	d 
理由	因為上下兩邊較凸，中間較凹，所以會散光。	因為光由較平的面出來，所以會散光。	因為上下兩邊較尖，中間較寬，所以會聚光。	因為光由較圓面出，所以聚光。

圖 4-10 S16 實驗 1-2 學習單（預測活動）

S16 對雙凸透鏡、雙凹透鏡的外觀及散光、聚光性質對應正確，但不了解平凸透鏡的聚光性質。

錯誤類型（三）與錯誤類型（二）不同的是錯誤類型（三）的學生在平凸透鏡（圖 b、圖 d）受到實驗 1-1 雷射光平行通過長方形稜鏡的影響，認為透鏡只要有一邊是平的，光就會平行通過，以 S04 回答為例（圖 4-11）：

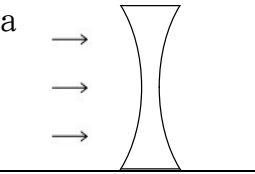
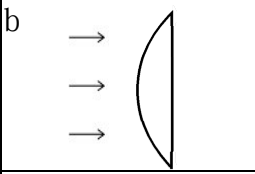
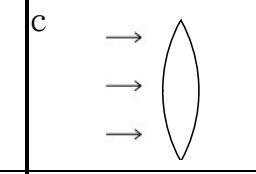
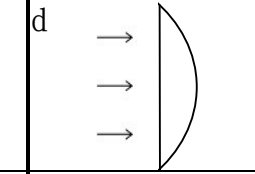
透 鏡	a 	b 	c 	d 
理 由	由實驗 1-1 得知中間內凹光線會擴散。	由四方鏡實驗看出光會平行通過平面物體。	由實驗 1-1 得知中間形狀凸出光線會會聚。	由四方鏡實驗看出光會平行通過平面物體。

圖 4-11 S04 實驗 1-2 學習單 (預測活動)

S04 應用實驗 1-1 所觀察到的現象來回答，在圖 a、圖 c 均能勾選正確答案並說明正確，而在圖 b、圖 d 卻誤用實驗 1-1 雷射光平行通過長方形稜鏡的觀察來說明。

從錯誤類型 (二) 與錯誤類型 (三) 學生的回答可以發現到大部分學生能在圖 a、圖 c 以透鏡特徵中間厚旁邊薄、中間薄旁邊厚來解釋聚光、散光，但在圖 b、圖 d 卻很少用此概念來回答，造成此結果的原因可能是圖 a、圖 c 是學生較為常見的雙凹、雙凸透鏡，而圖 b、圖 d 的平凸透鏡則較為少見，加上學生未經實際實驗，因此就算實驗 1-2 的概念在國中課本內容已有提及，但學生仍不易理解。

錯誤類型 (四) 的學生具有兩種以上的錯誤概念，以 S06 為例 (圖 4-12)：

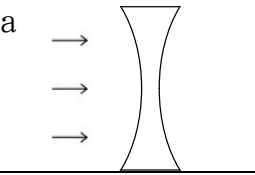
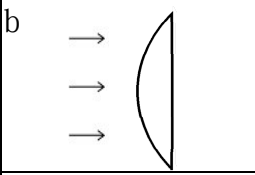
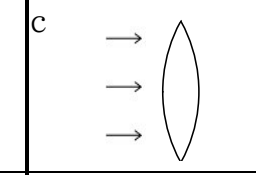
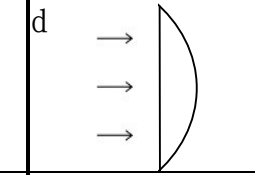
透 鏡	a 	b 	c 	d 
理 由	中間較瘦，光往內折射。	中間較高，光往外折射。	圖形對稱，光會直線前進。	中間比外面高，光會反射。

圖 4-12 S06 實驗 1-2 學習單 (預測活動)



S06 在理由中部分包含透鏡外觀的描述卻錯誤對應散光、聚光性質，以及部分用反射來回答此種折射問題，此跟 Anderson 與 Karrquist (1983) 的研究發現類似，不論學生是否學習過光學，均難以區分光的反射與折射，常會以反射解釋光的折射現象。

## (二) 實驗 1-2 解釋活動

在預測活動完成後即進行觀察活動，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。將學生在解釋活動作答內容分為七種類型，其分佈情形如表 4-18：

表 4-18 學生在實驗 1-2 解釋活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
<b>正確類型 (一)</b> 正確運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質。	17 (50.0)
<b>正確類型 (二)</b> 以判斷此透鏡為何種透鏡來說明其散光、聚光性質。	23 (67.6)
<b>錯誤類型 (一)</b> 運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質，但卻對應錯誤。	0 (0)
<b>錯誤類型 (二)</b> 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。	11 (32.4)
	0 (0)

表 4-18 學生在實驗 1-2 解釋活動作答類型的分佈情形 (續上頁)

類型	N (%)
<b>錯誤類型 (三)</b>	
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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (四)</b>	
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。	0 (0)
<b>未提供解釋</b>	
只寫出觀察到的現象，未進一步解釋原因。	11 (32.4)
<b>其它</b>	
	0 (0)

如表 4-18 所示，經過觀察後，在解釋活動為正確類型（正確類型一與正確類型二之和）的學生有 67.6%。值得注意的是在迷思概念部分，經過觀察後有 32.4% 的學生為未提供解釋，他們無法完整解釋自己的想法，以 S10 回答為例（表 4-19）：

表 4-19 S10 實驗 1-2 學習單 (解釋活動)

學習單題目	學生作答內容
解你發現實驗結果與你所預測的 釋結果是否符合？你認為符合或 活不符合的理由是什麼？請寫在 動下面。	不符合。沒想到不論是左邊凸還是 右邊凸，左邊平還是右邊平，發射 出去都會聚焦。

S10 認為觀察結果與自己的預測不符合，但又無法解釋觀念為何，僅能寫出觀察到的現象。此類型的學生雖在預測與觀察活動間產生認知衝突，但在短時間內仍無法適當的調適，此與林嘉琦(2005)、邱彥文(2001)研究結果類似，有些學生經過觀察後，若觀察結果與預測不符合時，往

往僅以觀察到的現象來解釋，無法作較為深入的說明。

### (三) 小結

學生在實驗 1-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形如圖 4-13，卡方考驗結果如表 4-20：

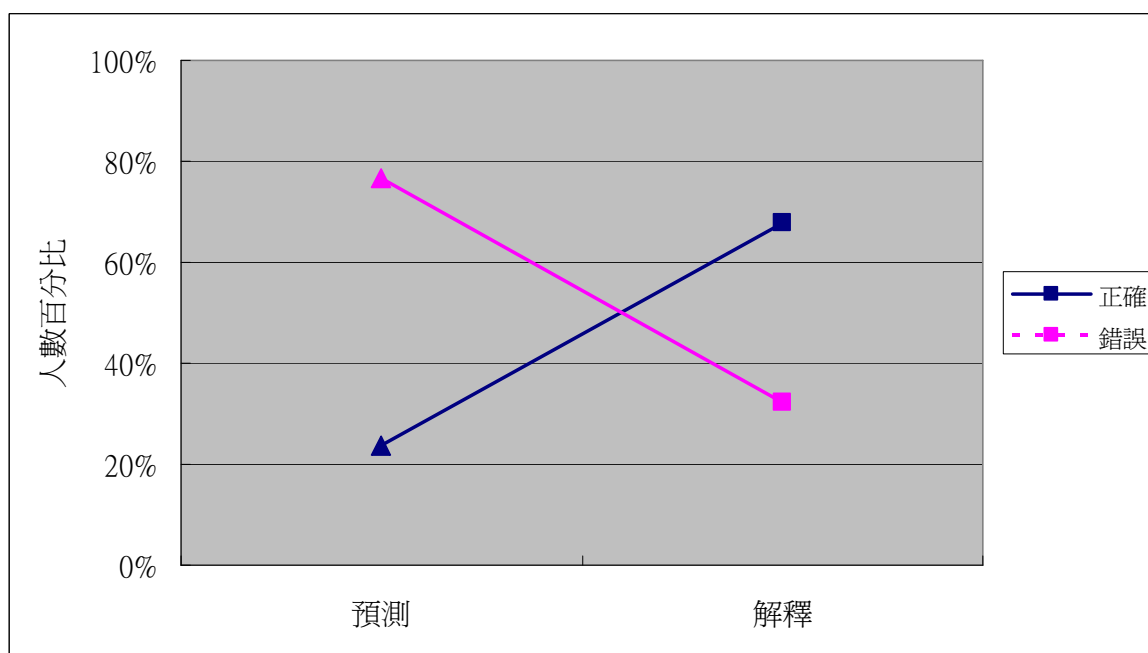


圖 4-13 學生在實驗 1-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

註：三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

表 4-20 學生在 1-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

		1-2 解釋活動			
1-2		正確	錯誤	總和	
預測 活動	正確	N	8	0	8
		%	23.5	0	23.5
	錯誤	N	14	12	26
		%	41.2	35.3	76.5
總和	N	22	12	34	
	%	64.7	35.3	100	
P-value		.000*			

註：\*P<.05

如圖 4-13 所示，經過觀察後，在解釋活動作答正確（正確類型一與正確類型二之和）的學生明顯增加，從 23.5%（預測活動）變成 67.6%（解釋活動），達到顯著改變（ $P < .05$ ），有迷思概念的學生從 76.5%（預測活動）減為 32.4%（解釋活動），其中需要注意的是未提供解釋的學生明顯增加（下圖 4-14），從 0%（預測活動）變為 32.4%（解釋活動），很多在預測活動為錯誤類型（錯誤類型一、二、三、四）的學生，在觀察活動發現實驗結果與自己的預測不符合，但又無法解釋觀念為何，僅能寫出觀察到的現象（錯誤類型五），這種情形在預測活動為錯誤類型（二）的學生最為明顯，從下頁表 4-21 可發現在預測活動為錯誤類型（二）的學生有 11 位，觀察後有 3 位變為正確類型，其餘的皆變為未提供解釋。

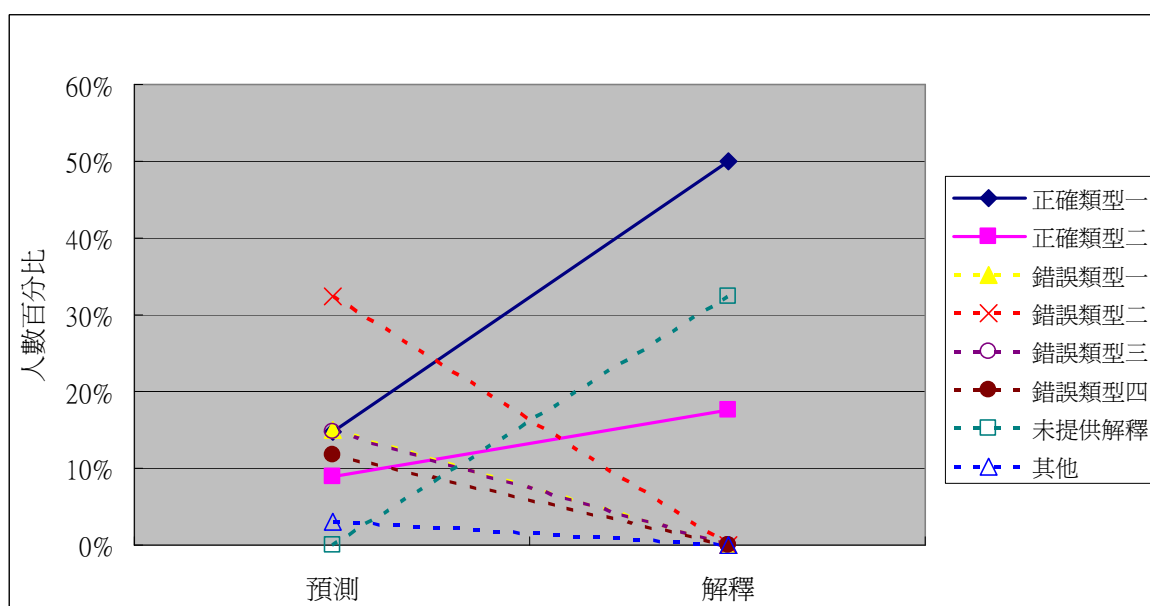


圖 4-14 學生在實驗 1-2 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

表 4-21 學生在 1-2 預測活動各作答類型到解釋活動的變化情形

		1-2 解釋活動								
		正確 類型 (一)	正確 類型 (二)	錯誤 類型 (一)	錯誤 類型 (二)	錯誤 類型 (三)	錯誤 類型 (四)	未提 供解 釋	其它	總和
1-2 預 測 活 動	正確 類型 (一)	N 5	0	0	0	0	0	0	0	5
		% 14.7	0	0	0	0	0	0	0	14.7
	正確 類型 (二)	N 0	3	0	0	0	0	0	0	3
		% 0	8.8	0	0	0	0	0	0	8.8
	錯誤 類型 (一)	N 4	1	1	0	0	0	0	0	5
		% 11.8	2.9	2.9	0	0	0	0	0	14.7
	錯誤 類型 (二)	N 2	1	0	0	0	0	0	8	11
		% 5.9	2.9	0	0	0	0	0	23.5	32.4
	錯誤 類型 (三)	N 4	0	0	0	0	0	0	1	5
		% 11.8	0	0	0	0	0	0	2.9	14.7
	錯誤 類型 (四)	N 2	1	0	0	0	0	0	1	4
		% 5.9	2.9	0	0	0	0	0	2.9	11.8
其它	N 0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	% 0	0	0	0	0	0	0	2.9	2.9	
總和	N 17	6	0	0	0	0	0	11	0	34
	% 50.0	17.6	0	0	0	0	0	32.4	0	100

註：各概念類型說明如下：

1. 正確類型 (一)：正確運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質。
2. 正確類型 (二)：以判斷此透鏡為何種透鏡來說明其散光、聚光性質。
3. 錯誤類型 (一)：運用透鏡外觀來判斷其散光、聚光性質，但卻對應錯誤。
4. 錯誤類型 (二)：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。

- 5.錯誤類型(三):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。
- 6.錯誤類型(四):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。
- 7.未提供解釋:只寫出觀察的現象,未進一步解釋原因。

如表 4-21 所示,值得注意的是在預測活動為錯誤類型(三)的學生,經過觀察後,五位有四位變為正確類型(一),其原因可能是錯誤類型(三)的學生原本在預測活動的表現就能運用實驗 1-1 所觀察到的現象來說明實驗 1-2 的預測活動,只是誤解實驗 1-1 雷射光平行通過長方形稜鏡的現象,認為透鏡只要有一邊是平的,光就會平行通過,透過觀察後,能較快的調適預測與觀察活動間的認知衝突,提出適當解釋,以 S34 為例(圖 4-15):

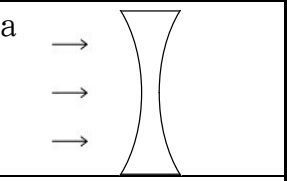
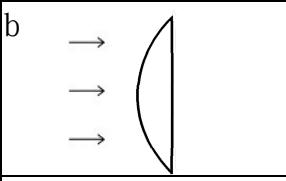
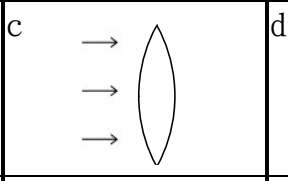
<b>&lt;預測活動&gt;</b>			
* 請你預測當雷射光分別通過下面四種透鏡時的路徑,勾選出你的答案後,請在「理由」欄中寫下你選這個答案的理由。			
透 鏡			
理 由	因為中間薄旁邊厚,光會發散。	因為一邊是平的,使光線直線射出。	因為中間厚旁邊薄,光會聚集。
<b>&lt;解釋活動&gt;</b>			
* 你發現實驗結果與你所預測的結果是否符合,請在下面勾選你的答案。			
<input type="checkbox"/> 符合 <input checked="" type="checkbox"/> 不符合			
* 你認為符合或不符合的理由是什麼?請寫在下面。			
圖 b 跟圖 d, 都是因為中間薄, 旁邊厚, 所以光會會聚, 我之前以為只要其中一邊平就會像 <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text"/> 圖形一樣, 光是平行的過去。			

圖 4-15 S34 實驗 1-2 學習單 (預測、解釋活動)

S34 在實驗 1-2 預測活動為錯誤類型（三）：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。經過觀察後，發現預測與觀察的結果不同而形成認知衝突，之後很快修正對於實驗 1-1 所產生的誤解，調適出適當的解釋（正確類型一）。

## 二、實驗 1-3 概念改變歷程

本實驗依據 POE 教學策略，分為預測、觀察、解釋三個活動，實驗內容為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。

### （一）實驗 1-3 預測活動

#### 【實驗 1-3】

器材：雙凸透鏡、屏幕、燈泡

#### <預測活動>

\*在桌上，由左到右依序放置點亮的燈泡、凸透鏡、屏幕，然後調整凸透鏡與屏幕到適當距離，使得在屏幕上可以清楚的看到燈泡的倒立實像。

(1) 若移去凸透鏡，只留下燈泡及屏幕在原位置，請問在屏幕上的像會變的如何？

(2) 你的理由為何？

圖 4-16 實驗 1-3 學習單（預測活動）

圖 4-16 為預測活動學習單，學生在預測活動必須寫出預測的答案，並說明支持的理由。將學生在預測活動作答內容分為五種類型，其分佈情形如表 4-22：

表 4-22 學生在實驗 1-3 預測活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
<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。	16 (47.1)
<hr/>	
<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。	9 (26.4)
<hr/>	
<b>錯誤類型 (一)</b>	
說明中提到無凸透鏡時，成像為正立實像。	5 (14.7)
<hr/>	
<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。	2 (5.9)
<hr/>	
<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。	1 (2.9)
<hr/>	
<b>其它</b>	1 (2.9)
<hr/>	

如表 4-22 所示，在預測活動時，正確類型的學生有 73.5% (正確類型一與正確類型二之和)，正確類型 (一) 的學生以 S09 為例，他在預測活動寫到：

「因為要有凸透鏡聚光才能成像，所以移去凸透鏡則在屏幕上就看不到像。」

S09 在理由中能以凸透鏡的聚光性質來解釋無法成像的原因。



正確類型（一）與正確類型（二）的學生均能正確回答移去凸透鏡後無法成像，但正確類型（二）的學生在理由說明中不同於正確類型（一），他們僅確認有無凸透鏡為影響成像的因素，但未說明原理。以 S27 為例，他在預測活動寫到：

「因為沒有凸透鏡，所以倒立實像無法呈現。」

S27 在理由中寫到要有凸透鏡才能成像但未進一步說明凸透鏡的聚光性質。

在迷思概念部分，有 14.7% 的學生為錯誤類型（一），以 S21 為例，他在預測活動寫到：

「因為沒有凸透鏡折射，像會直接照在屏幕，所以在屏幕上會變成正立實像。」

S21 認為移去凸透鏡後仍會成像，而凸透鏡的用途在於將像變成倒立實像。此與邱韻如（1998）的發現類似，有些學生認為針孔、面鏡或透鏡的功能就是將影像倒過來（邱韻如，1998；Feher & Rice, 1988）。張麗莉（2001）指出有些學生雖了解凸透鏡的性質可將光線折射，但他們認為折射的意義似乎就是會呈現倒立的像。

此外，為了檢視實驗 1-1、1-2 的教學是否對學生在實驗 1-3 預測活動的表現有所影響，將學生在實驗 1-3 預測活動作答類型的分佈情形與前測 A5 相比較，整理如下頁表 4-23：

表 4-23 實驗 1-3 預測活動與前測 A5 作答結果之比較

A5 題目內容	學生回答	1-3 預測活動 前測 A5	
		N (%)	
蠟燭在屏幕上形成清楚的倒立實像，如果移去凸透鏡，只留下蠟燭及屏幕在原位置，請問在屏幕上的像會變的如何？	*無法成像(正確類型一與正確類型二之和)	25 (73.5)	20 (58.8)
	模糊一些的完整倒立實像(錯誤類型二)	2 (5.9)	6 (17.6)
	模糊一些的完整正立像(錯誤類型一)	5 (14.7)	8 (23.5)
	其它	2 (5.9)	0 (0)

註：\*為正確答案

如表 4-23 所示，與前測 A5 相較，在實驗 1-3 預測活動作答正確的學生有所增加（前測 A5：58.8%；1-3 預測活動：73.5%），具有迷思概念的學生減少了，顯示實驗 1-1、1-2 的教學對於學生在實驗 1-3 預測活動的表現有正面的幫助。

## （二）實驗 1-3 解釋活動

在預測活動完成後即進行觀察活動，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。將學生在解釋活動作答內容分為五種類型，其分佈情形如下頁表 4-24：

表 4-24 學生在實驗 1-3 解釋活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
<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。	24 (70.6)
<hr/>	
<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。	8 (23.5)
<hr/>	
<b>錯誤類型 (一)</b>	
說明中提到無凸透鏡時，成像為正立實像。	0 (0)
<hr/>	
<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。	0 (0)
<hr/>	
<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。	1 (2.9)
<hr/>	
<b>其它</b>	1 (2.9)
<hr/>	

如表 4-24 所示，經過觀察後，在解釋活動為正確類型（正確類型一與正確類型二之和）的學生有 94.1%，僅有 5.9% 的學生仍具有迷思概念。

## (二) 小結

學生在實驗 1-3 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形如圖 4-17，卡方考驗結果如表 4-25 所示：

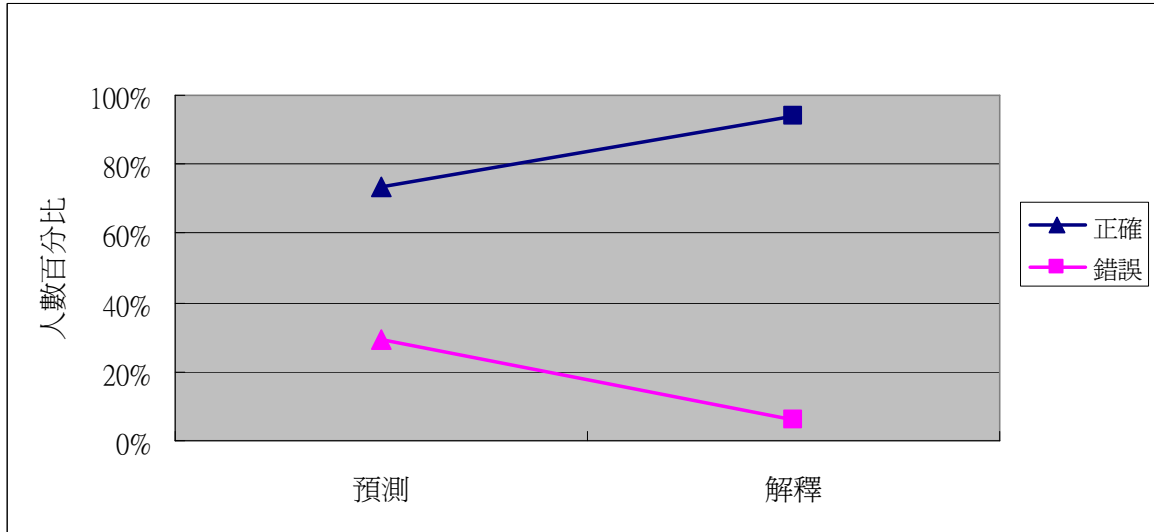


圖 4-17 學生在實驗 1-3 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

註：三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

表 4-25 學生在 1-3 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

		1-3 解釋活動			
1-3		正確	錯誤	總和	
預測 活 動	正確	N	25	0	25
		%	73.5	0	73.5
	錯誤	N	7	2	9
		%	20.6	5.9	26.5
	總和	N	32	2	34
		%	94.1	5.9	100
P-value		.016*			

註：\* $P < .05$

如圖 4-17 所示，經過觀察後，在解釋活動作答正確（正確類型一與正確類型二之和）的學生有所增加，從 73.5%（預測活動）變成 94.1%（解釋活動），達到顯著改變（ $P < .05$ ），僅有 5.9% 的學生仍具有迷思概

念。而在各類型分佈變化上，正確類型（一）的學生增加，錯誤類型一、二、三皆減少（圖 4-18）

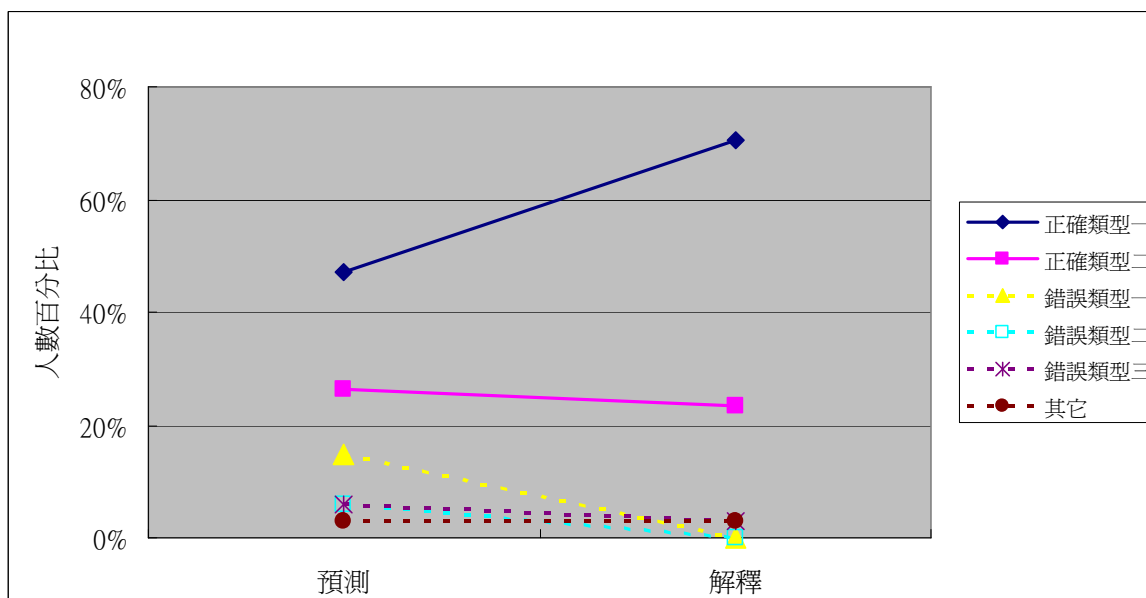


圖 4-18 學生在實驗 1-3 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

另外從表 4-26 發現學生從預測到解釋活動，其概念改變是循序漸進的，在預測活動 9 位作答錯誤的學生中（錯誤類型一、二、三及其它之和），有 5 位觀察後變為正確類型（二），僅有 2 位直接變為正確類型（一）；在預測活動 9 位正確類型（二）的學生中，有 6 位觀察後使其解釋更加完整變為正確類型（一），其餘 3 位不變。

表 4-26 學生在 1-3 預測活動各作答類型到解釋活動的變化情形

		1-3 解釋活動						
		正確 類型 (一)	正確 類型 (二)	錯誤 類型 (一)	錯誤 類型 (二)	錯誤 類型 (三)	其它	總和
1-3 預 測 活 動	正確 類型 (一)	N 16 % 47.1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	16 47.1
	正確 類型 (二)	N 6 % 17.6	3 8.8	0 0	0 0	0 0	0 0	9 26.5
	錯誤 類型 (一)	N 1 % 2.9	3 8.8	0 0	0 0	0 0	1 2.9	5 14.7
	錯誤 類型 (二)	N 1 % 2.9	1 2.9	0 0	0 0	0 0	0 0	2 5.9
	錯誤 類型 (三)	N 0 % 0	0 0	0 0	0 0	1 2.9	0 0	1 2.9
	其它	N 0 % 0	1 2.9	0 0	0 0	0 0	0 0	1 2.9
	總和	N 24 % 70.6	8 23.5	0 0	0 0	1 2.9	1 2.9	34 100

註：各概念類型說明如下：

1. 正確類型（一）：以凸透鏡聚光的性質來解釋實像形成的原因。
2. 正確類型（二）：僅確認有無凸透鏡為影響成像的因素，但未說明原理。
3. 錯誤類型（一）：說明中提到無凸透鏡時，成像為正立實像。
4. 錯誤類型（二）：說明中提到無凸透鏡時，成像會變的模糊不清。
5. 錯誤類型（三）：說明中提到因為無凸透鏡反射，所以不會成像。

上述情形以 S01 為例(表 4-27), S01 在預測活動時為正確類型(二), 到解釋活動使其作答更加完整變為正確類型(一)。

表 4-27 S01 實驗 1-3 學習單 (預測、解釋活動)

學習單題目	學生作答內容
預 若移去凸透鏡，只留下燈泡及屏 測 幕在原位置，請問在屏幕上 活 的像會變的如何？你的理由為 動 何？	不會出現像，因凸透鏡拿走了。
解 你發現實驗結果與你所預測的 釋 結果是否符合？你認為符合或 活 不符合的理由是什麼？請寫在 動 下面。	符合。不會出現像，因凸透鏡拿走 無法聚光成像。

### 三、實驗 2-1、2-2 概念改變歷程

#### (一) 實驗 2-1 預測活動

實驗 2-1 依據 POE 教學策略，分為預測、觀察、解釋三個活動，實驗內容為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，用畫圓的方式在平面上移動凸透鏡與屏幕到其它位置，觀察凸透鏡與屏幕到平面其它位置時，燈泡在屏幕上是否會成像。

### 【實驗 2-1】

器材：雙凸透鏡、屏幕、燈泡、透鏡成像光具台

#### <預測活動>

\*在桌上，由左到右依序放置點亮的燈泡、凸透鏡、屏幕，然後調整凸透鏡與屏幕到適當距離，使得在屏幕上可以清楚的看到燈泡的倒立實像。

(1) 若將燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定，三者保持一直線，以燈泡為圓心，用畫圓的方式在平面上移動凸透鏡與屏幕到其它位置，此時，你認為燈泡在屏幕上會成像嗎？

(2) 你的理由為何？

圖 4-19 實驗 2-1 學習單 (預測活動)

圖 4-19 為預測活動學習單，學生在預測活動必須寫出預測的答案，並說明支持的理由。將學生在預測活動作答內容分為四種類型，其分佈情形如表 4-28：

表 4-28 學生在實驗 2-1 預測活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)	
<b>正確類型 (一)</b> 以光向四面八方傳播的概念來解釋。	18 (52.9)	
<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。	12 (35.3)	34 (100)
<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。	4 (11.8)	
<b>錯誤類型</b> 以光為直線傳播來解釋而回答錯誤。	0 (0)	0 (0)
<b>其它</b>	0 (0)	



如表 4-28 所示，在預測活動時，所有的學生均為正確類型（正確類型一、二、三），正確類型（一）的學生佔 52.9%，以 S01 為例，他在預測活動寫到：

「因為光會往四面八方，所以以燈泡為圓心，用畫圓的方式在平面上移動凸透鏡與屏幕到其它位置在屏幕上還是會成像。」

S01 以光向四面八方傳播來說明移動凸透鏡與屏幕到其他位置時，仍會成像的原因。

正確類型（二）的學生佔 35.3%，以 S04 為例，他在預測活動寫到：

「因為光是直線前進，所以以燈泡為圓心，用畫圓的方式在平面上移動凸透鏡與屏幕到其它位置在屏幕上還是會成像。」

S04 的答案雖然正確，但他在理由說明中僅提到光是直線傳播，未能更進一步延伸到此題的核心概念：光向四面八方傳播。

正確類型（三）的學生佔 11.8%，以 S24 為例，他在預測活動寫到：

「因為光通過透鏡而成像，所以以燈泡為圓心，用畫圓的方式在平面上移動凸透鏡與屏幕到其它位置在屏幕上還是會成像。」

S24 的答案雖然正確，但他在理由說明中僅提到光通過凸透鏡而成像，未能更進一步延伸到此題的核心概念：光向四面八方傳播。

## （二）實驗 2-1 解釋活動

在預測活動完成後即進行觀察活動，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。將學生在解釋活動作答內容分為四種類型，

其分佈情形如表 4-29：

表 4-29 學生在實驗 2-1 解釋活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)	
<b>正確類型 (一)</b> 以光向四面八方傳播的概念來解釋。	22 (64.7)	
<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。	10 (29.4)	34 (100)
<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。	2 (5.9)	
<b>錯誤類型</b> 以光為直線傳播來解釋而回答錯誤。	0 (0)	0 (0)
<b>其它</b>	0 (0)	

如表 4-29 所示，經過觀察後，在解釋活動為正確類型 (一) 的學生有 64.7%；正確類型 (二) 的學生有 29.4%；正確類型 (三) 的學生有 5.9%。

### (三) 小結

學生在實驗 2-1 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形如圖 4-20 所示：

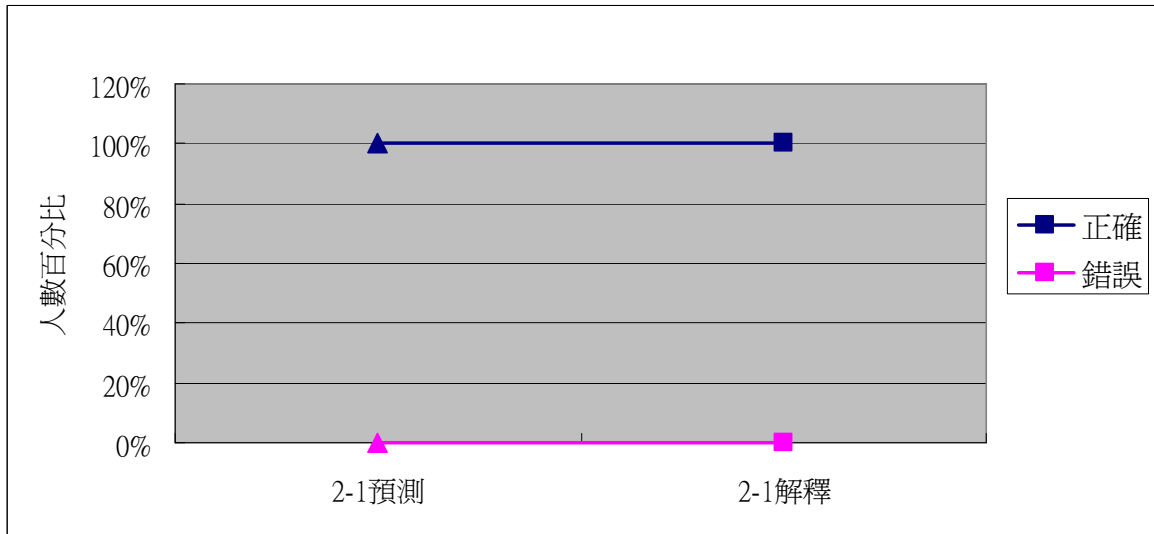


圖 4-20 學生在實驗 2-1 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

註：三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

如圖 4-20 所示，所有的學生在預測、解釋活動均作答正確，而觀察活動後，有些在預測活動為正確類型（二）與正確類型（三）的學生會使其解釋更為完整變為正確類型（一），如圖 4-21。

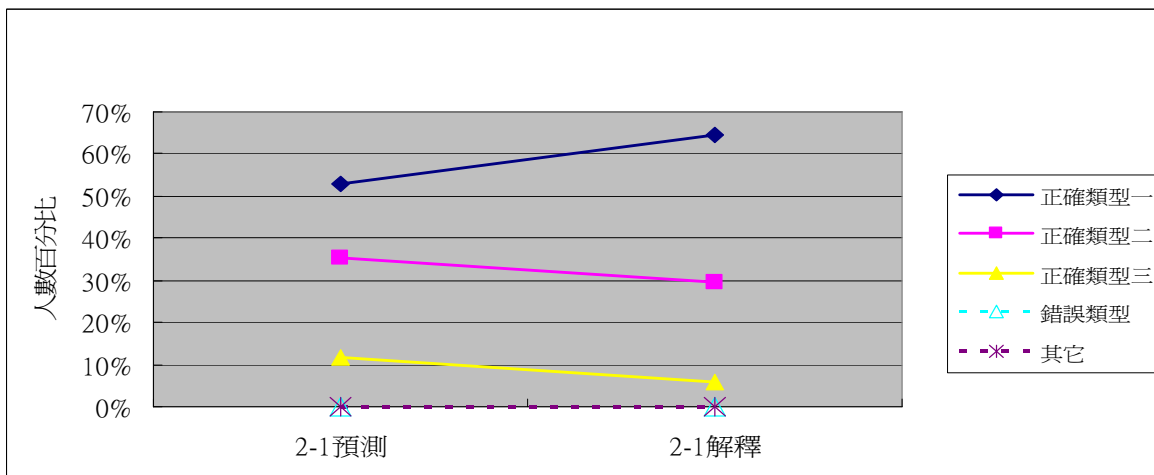


圖 4-21 學生在實驗 2-1 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

上述情形以下頁表 4-30 學生的改變為例，在預測活動 12 位正確類型（二）的學生中有 2 位在解釋活動變為正確類型（一）；在預測活動 4

位正確類型（三）的學生中有 2 位在解釋活動變為正確類型（一）。

表 4-30 學生在 2-1 預測活動各作答類型到解釋活動的變化情形

		2-1 解釋活動				
		正確類型(一)	正確類型(二)	正確類型(三)	總和	
2-1 預 測 活 動	正確 類型 (一)	N	18	0	0	18
		%	52.9	0	0	52.9
	正確 類型 (二)	N	2	10	0	12
		%	5.9	29.4	0	35.3
	正確 類型 (三)	N	2	0	2	4
		%	5.9	0	5.9	11.8
	總和	N	22	10	2	34
		%	64.7	29.4	5.9	100

註：各概念類型說明如下：

1. 正確類型（一）：以光向四面八方傳播的概念來解釋。
2. 正確類型（二）：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。
3. 正確類型（三）：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。

#### （四）實驗 2-2 預測活動

實驗 2-2 依據 POE 教學策略，分為預測、觀察、解釋三個活動，實驗內容是燈泡的光經凸透鏡折射在屏幕上形成倒立實像後，以燈泡為圓心，如立體球體般移動凸透鏡與屏幕到三度空間的其它位置，觀察移動凸透鏡與屏幕到三度空間的位置其它時，燈泡在屏幕上是否會成像。

### 【實驗 2-2】

器材：雙凸透鏡、屏幕、燈泡、透鏡成像光具台

#### <預測活動>

\*在桌上，由左到右依序放置點亮的燈泡、凸透鏡、屏幕，然後調整凸透鏡與屏幕到適當距離，使得在屏幕上可以清楚的看到燈泡的倒立實像。

(1) 若將燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定，三者保持一直線，以燈泡為圓心，如立體球體般移動凸透鏡與屏幕到三度空間的其它位置，此時，你認為燈泡在屏幕上會成像嗎？

(2) 你的理由為何？

圖 4-22 實驗 2-2 學習單 (預測活動)

圖 4-22 為預測活動學習單，學生在預測活動必須寫出預測的答案，並說明支持的理由。將學生在預測活動作答內容分為四種類型，其分佈情形如表 4-31：

表 4-31 學生在實驗 2-2 預測活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
<b>正確類型 (一)</b> 以光向四面八方傳播的概念來解釋。	23 (67.6)
<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。	5 (14.7)
<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。	1 (2.9)

表 4-31 學生在實驗 2-2 預測活動作答類型的分佈情形 (續上頁)

類型	N (%)	
<b>錯誤類型</b>		
以光為直線傳播來解釋而回答錯誤。	4 (11.8)	5 (14.8)
<b>其它</b>	1 (2.9)	

如表 4-31 所示，在預測活動時，85.2%的學生為正確類型（正確類型一、二、三之和），正確類型（一）的學生有 67.6%，而在迷思概念部分，錯誤類型的學生有 11.8%，他們忽略光向四面八方傳播的觀念，以光為直線前進來解釋而回答錯誤，以 S27 為例（錯誤類型），他在預測活動寫到：

「因為光直線傳播，所以以燈泡為圓心，如立體球體般移動凸透鏡與屏幕到三度空間的其它位置，光折射不到凸透鏡，像呈現不到屏幕上。」

#### （五）實驗 2-2 解釋活動

在預測活動完成後即進行觀察活動，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。將學生在解釋活動作答內容分為四種類型，其分佈情形如下頁表 4-32：

表 4-32 學生在實驗 2-2 解釋活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)	
<b>正確類型 (一)</b> 以光向四面八方傳播的概念來解釋。	26 (76.5)	
<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。	4 (11.8)	32 (94.1)
<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。	2 (5.9)	
<b>錯誤類型</b> 以光為直線傳播來解釋而回答錯誤。	1 (2.9)	2 (5.9)
<b>其它</b>	1 (2.9)	

如表 4-32 所示，經過觀察後，在解釋活動為正確類型（正確類型一、二、三之和）的學生有 94.1%，僅少數學生還有迷思概念。

#### （六）小結

學生在實驗 2-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形如圖 4-23，卡方考驗結果如表 4-32 所示：

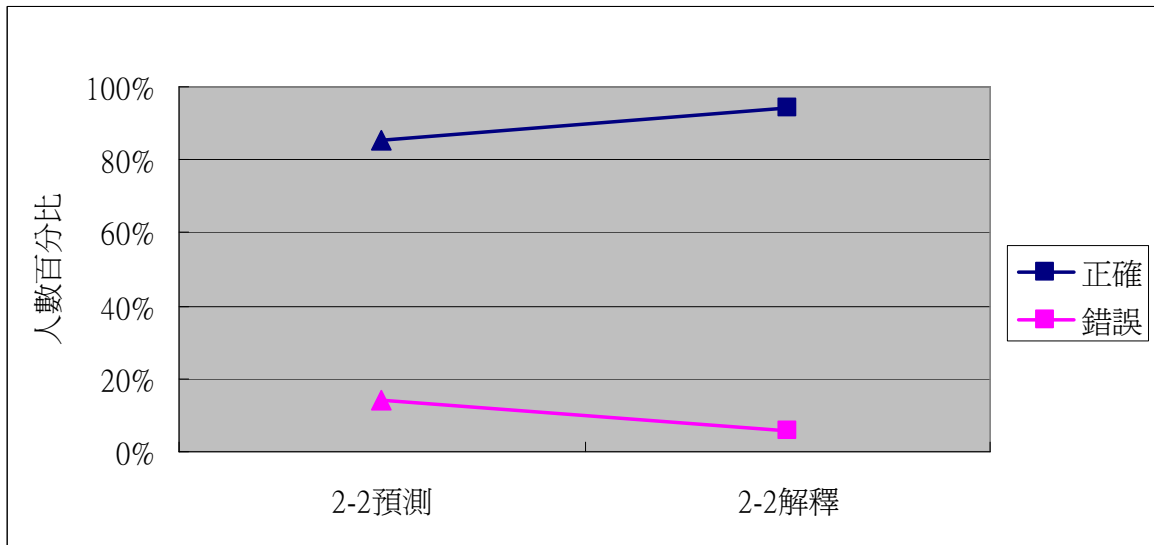


圖 4-23 學生在實驗 2-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

註：三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

表 4-33 學生在 2-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

		2-2 解釋活動			
2-2		正確	錯誤	總和	
預測 活動	正確	N	29	0	29
		%	85.3	0	85.3
	錯誤	N	3	2	5
		%	8.8	5.9	14.7
	總和	N	32	2	34
		%	94.1	5.9	100
P-value		.250			

註：\*P<.05

如表 4-33 所示，經過觀察後，在解釋活動作答正確的學生有所增加，從 85.2%（預測活動）變成 94.2%（預測活動），有迷思概念的學生從 14.7%（預測活動）減少為 5.9%（解釋活動）。



綜合學生在實驗 2-1、2-2 預測與解釋活動作答正確、錯誤的變化情形來看，如圖 4-24 所示，所有學生在實驗 2-1 預測、解釋活動均作答正確，而在 2-2 預測活動作答正確的比例下降為 85.2%，在 2-2 解釋活動增加為 94.2%。

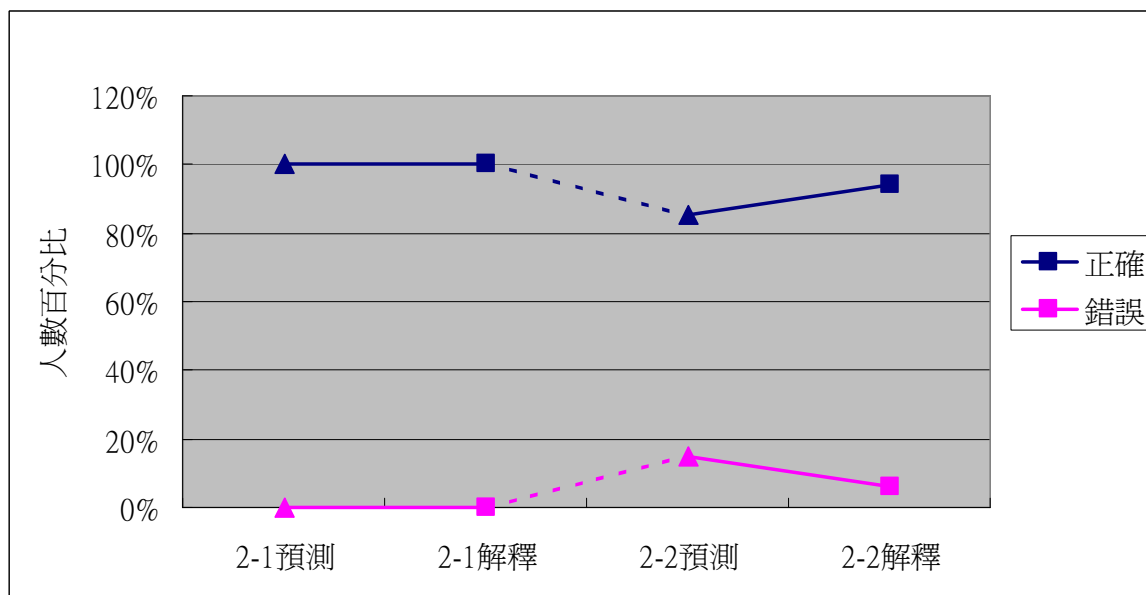


圖 4-24 學生在實驗 2-1、2-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形  
 註：圖中虛線表示在 2-1 解釋與 2-2 預測兩活動間沒有觀察活動。三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

上述轉變以 S02 為例（表 4-34），S02 在 2-1 預測、解釋活動均為正確類型（一），在 2-2 預測活動變為錯誤類型，到 2-2 解釋活動調適預測與觀察結果間的衝突提出適當的解釋（正確類型一）。

表 4-34 S02 實驗 2-1、2-2 學習單 (預測、解釋活動)

學習單題目	學生作答內容
<p>2-1 若將燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定，三者保持一直線，預以燈泡為圓心，用畫圓的方式測在平面上移動凸透鏡與屏幕活到其它位置，此時，你認為燈泡在屏幕上會成像嗎？你的理由為何？</p>	<p>會。因為光會向四面八方發射並進去凸透鏡，使燈泡在屏幕上成像。</p>
<p>2-1 你發現實驗結果與你所預測的結果是否符合？你認為符合或不符合的理由是什麼？請寫在活下面。</p>	<p>符合。因為光會向四面八方發射並進去凸透鏡，使燈泡在屏幕上成像。</p>
<p>2-2 若將燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定，三者保持一直線，以燈泡為圓心，如立體球體般移動凸透鏡與屏幕到三度空間的其它位置，此時，你認為燈泡在屏幕上會成像嗎？你的理由為何？</p>	<p>不會。因為光是直線進行，當凸透鏡、屏幕抬高時，光沒有通過凸透鏡，所以不會在屏幕上成像。</p>
<p>2-2 你發現實驗結果與你所預測的結果是否符合？你認為符合或不符合的理由是什麼？請寫在活下面。</p>	<p>不符合。因為光會向四面八方發射並進去凸透鏡，不管有沒有抬高，都會成像。</p>

學生在實驗 2-1、2-2 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形如圖

4-25：

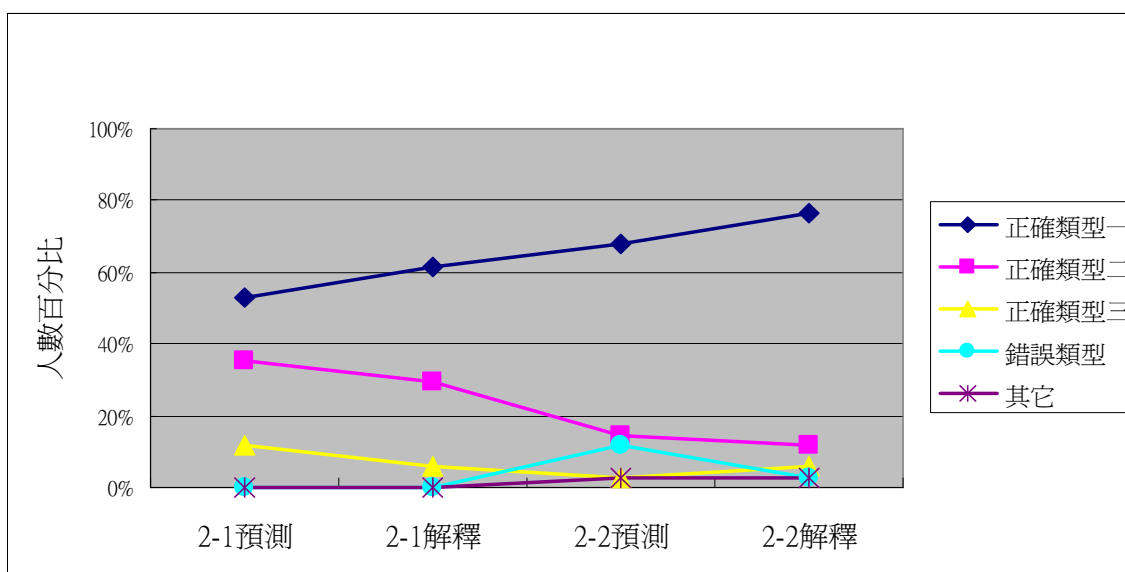


圖 4-25 學生在實驗 2-1、2-2 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

如圖 4-25 所示，從實驗 2-1 預測、解釋活動到實驗 2-2 預測、解釋活動，正確類型（一）的比例逐漸增加，比例為：52.9%（2-1 預測活動）→64.7%（2-1 解釋活動）→67.6%（2-2 預測活動）→76.5%（2-2 解釋活動），顯示經過一連串相同概念的活動之後，學生漸漸能正確完整的寫出符合科學概念的想法。

另外，在圖 4-25 可得知錯誤類型的學生在實驗 2-2 預測活動的比例最高（11.8%），從下頁表 4-35 發現在實驗 2-2 預測活動為錯誤類型的學生（4 位），原本在實驗 2-1 解釋活動時，其作答內容均為正確類型（一）。

表 4-35 學生在 2-1 解釋活動各作答類型到 2-2 預測活動的變化情形

		2-2 預測活動					
		正確類型 (一)	正確類型 (二)	正確類型 (三)	錯誤類型	其它	總和
2-1 解 釋 活 動	正確 類型 (一)	N 16	1	0	4	1	22
		% 47.1	2.9	0	11.8	2.9	64.7
	正確 類型 (二)	N 5	4	1	0	0	10
		% 14.7	11.8	2.9	0	0	29.4
	正確 類型 (三)	N 2	0	0	0	0	2
		% 5.9	0	0	0	0	5.9
總和		N 23	5	1	4	1	34
		% 67.6	14.7	2.9	11.8	2.9	100

註：各概念類型說明如下：

1. 正確類型（一）：以光向四面八方傳播的概念來解釋。
2. 正確類型（二）：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。
3. 正確類型（三）：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。
4. 錯誤類型：以光為直線傳播來解釋而回答錯誤。

上述情形以 S06 為例（表 4-36）：

表 4-36 S06 實驗 2-1、2-2 學習單

學習單題目	學生作答內容
<p>2-1 若將燈泡、凸透鏡、屏幕間的距離固定，三者保持一直線，預測在平面上移動凸透鏡與屏幕到其它位置，此時，你認為燈泡在屏幕上會成像嗎？你的理由為何？</p>	<p>會。因為光是向四面八方射出來。</p>

表 4-36 S06 實驗 2-1、2-2 學習單 (續上頁)

學習單題目	學生作答內容
2-1 你發現實驗結果與你所預測的 解 結果是否符合？你認為符合或 釋 不符合的理由是什麼？請寫在 活 下面。 動	符合。因為光是向四面八方射出來。
2-2 預 若將燈泡、凸透鏡、屏幕間的距 測 離固定，三者保持一直線，以燈 活 泡為圓心，如立體球體般移動凸 動 透鏡與屏幕到三度空間的其它 位置，此時，你認為燈泡在屏幕 上會成像嗎？你的理由為何？	不會。因為光是直線前進的。

S06 在實驗 2-1 預測、解釋活動皆為正確類型 (一)，而在實驗 2-2 預測活動變為錯誤類型。顯示學生雖在實驗 2-1 解釋活動能以光向四面八方傳播來解釋觀察到的現象，但若情境稍作改變 (一為平面，一為三度空間)，他們很可能就會表現出迷思概念，也代表測驗學生對於某一概念是否了解時，不能僅以單一情境來判斷。

### 三、實驗 3-1、3-2、4-1、4-2 概念改變歷程

#### (一) 實驗 3-1 預測活動

實驗 3-1 依據 POE 教學策略，分為預測、觀察、解釋三個活動，實驗內容為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。

**【實驗 3-1】**

器材：雙凸透鏡、屏幕、燈泡、不透光紙

**<預測活動>**

\*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。

(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？

(2) 你的理由為何？

圖 4-26 實驗 3-1 學習單 (預測活動)

圖 4-26 為預測活動學習單，學生在預測活動必須寫出預測的答案，並說明支持的理由。將學生在預測活動作答內容分為八種類型，其分佈情形如表 4-37：

表 4-37 學生在實驗 3-1 預測活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
<b>正確類型 (一)</b>	
正確解釋像大小不變及像變暗的原因	5 (14.7)
<b>正確類型 (二)</b>	
僅正確解釋像變暗的原因	5 (14.7) 16 (47)
<b>正確類型 (三)</b>	
僅正確解釋會成像的原因	6 (17.6)

表 4-37 學生在實驗 3-1 預測活動作答類型的分佈情形 (續上頁)

類型	N (%)
<b>錯誤類型 (一): 同於迷思概念類型 1-1</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。	5 (14.7)
<b>錯誤類型 (二): 同於迷思概念類型 1-2</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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (三): 同於迷思概念類型 2-1</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。	4 (11.8)
	18 (53)
<b>錯誤類型 (四): 同於迷思概念類型 4-1</b>	
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。	8 (23.5)
<b>未提供解釋</b>	
只寫出觀察到的現象，未進一步解釋原因。	1 (2.9)
<b>其它</b>	0 (0)

註：迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、4-1 為表 3-2 所陳述之凸透鏡成像迷思概念類型 (見頁 35)

如表 4-37 所示，在預測活動時，有 47% (正確類型一、二、三之和) 的學生為正確類型，其中正確類型 (一) 的學生佔 14.7%，以 S09 為例，他在預測活動寫到：

「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，像大小不變，亮度降低。因為透鏡並未被完全遮住，所以仍會有像，但因通過透鏡的光線減半所以亮度降低。」

S09 答案正確且在理由中完整說明會成像及像變暗的原因。

正確類型（二）的學生佔 14.7%，以 S04 為例，他在預測活動寫到：

「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，像會變暗。因為上半部遮住，只剩 1/2 光亮度。」

S04 雖然答案正確，但在理由中僅正確說明像變暗的原因，未說明會成像的原因。

正確類型（三）的學生佔 17.6%，以 S01 為例，他在預測活動寫到：

「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，像不改變，但亮度降低。因凸透鏡會聚光，所以下半部的光仍會聚在一起，仍有倒立實像。」

S01 答案雖然正確，但在理由中僅正確說明仍有成像的原因，未說明亮度降低的原因。

另外，學生在預測活動表現出很多不同的迷思概念，有 14.7% 的學生為錯誤類型（一）；11.8% 的學生為錯誤類型（三）；23.5% 的學生為錯誤類型（四）；2.9% 的學生為未提供解釋。

錯誤類型（一）的學生同於迷思概念類型 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。以 S21 為例，他在預測活動寫到：

「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，成像的上方會看不見成像，剩下半部。因為拿來遮的物體會產生影子，影子會蓋掉成像。」



S21 受到凸透鏡上半部被遮蔽的影響，認為像只剩下半部。

錯誤類型（三）的學生同於迷思概念類型 2-1：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。以 S27 為例，他在預測活動寫到：

「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，像呈現不出來。因為光透不過去凸透鏡的中心點。」

錯誤類型（四）的學生同於迷思概念類型 4-1：透光面積決定成像大小，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。以 S10 為例，他在預測活動寫到：

「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，像會變成原本的二分之一大小，且變暗。因為遮住上半部，光線還是可通過透鏡，只是通過的光線會減少，所以會變暗，且像會變小。」

S10 受到凸透鏡被遮住一半的影響，認為像會變成原本的二分之一大小。

從上述錯誤類型的描述可以發現經過實驗 1-1~2-2 的教學後，學生在面對凸透鏡上半部被遮蔽時的成像問題仍有許多迷思概念，為了檢視實驗 1-1~2-2 的教學是否對學生在實驗 3-1 預測活動的表現有所影響，將學生在實驗 3-1 預測活動作答類型的分佈情形與前測 B1 相比較，整理如下頁表 4-38：

表 4-38 實驗 3-1 預測活動與前測 B1 作答結果之比較

B1 題目內容	迷思概念類型	3-1 預測活動	前測 B1
		N (%)	
蠟燭在屏幕上形成清楚的倒立實像，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？	* (正確類型一、正確類型二及正確類型三之和)	16 (47)	8 (23.5)
	1-1 (錯誤類型一)	5 (14.7)	8 (23.5)
	1-2 (錯誤類型二)	0 (0)	5 (14.7)
	2-1 (錯誤類型三)	4 (11.8)	6 (17.6)
	4-1 (錯誤類型四)	8 (23.5)	6 (17.6)
	其它	1 (2.9)	1 (2.9)

註：\* 為正確概念

如表 4-38 所示，學生在實驗 3-1 預測活動與前測 B1 在作答類型分佈上有所差異，與前測 B1 相較，在實驗 3-1 預測活動作答正確的學生明顯增加，迷思概念部分除了迷思概念類型 4-1 (錯誤類型四) 以外，比例均減少，顯示實驗 1-1~2-2 的教學對於學生在實驗 3-1 預測活動的表現有正面的幫助，且由於每個實驗所涵蓋概念是相關聯的，先前實驗觀察的結果會對學生的既有概念造成影響，也會影響後面實驗的預測和理由。此外，Mayer 與 Wittrock (1996) 也指出個體先前的知識經驗，會影響其在新情境中的學習及問題解決能力。

## (二) 實驗 3-1 解釋活動

在預測活動完成後即進行觀察活動，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。將學生在解釋活動作答內容分為八種類型，其分佈情形如表 4-39：

表 4-39 學生在實驗 3-1 解釋活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)	
<b>正確類型 (一)</b> 正確解釋像大小不變及像變暗的原因	5 (14.7)	
<b>正確類型 (二)</b> 僅正確解釋像變暗的原因	7 (20.6)	24 (70.6)
<b>正確類型 (三)</b> 僅正確解釋會成像的原因	12 (35.3)	
<b>錯誤類型 (一): 同於迷思概念類型 1-1</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。	0 (0)	
<b>錯誤類型 (二): 同於迷思概念類型 1-2</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。	0 (0)	
<b>錯誤類型 (三): 同於迷思概念類型 2-1</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。	3 (8.8)	10 (29.4)
<b>錯誤類型 (四): 同於迷思概念類型 4-1</b> 透光面積決定成像大小，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。	3 (8.8)	
<b>未提供解釋</b> 只寫出觀察到的現象，未進一步解釋原因。	4 (11.8)	
<b>其它</b>	0 (0)	

註：迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、4-1 為表 3-2 所陳述之凸透鏡成像迷思概念類型（見頁 35）

如表 4-39 所示，經過觀察後，在解釋活動為正確類型（正確類型一、

二、三之和)的學生有 70.6%。而在迷思概念部分仍有 8.8%的學生為錯誤類型(三):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;8.8%的學生為錯誤類型(四):透光面積決定成像大小,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;11.8%的學生為未提供解釋:只寫出觀察到的現象,未進一步解釋原因。由上述顯示學生雖在實驗 3-1 解釋活動前已經過一連串的實驗,但面對凸透鏡被不透光紙遮蔽時的成像問題仍存有一定的困難,此發現與竇一龍(2002)、田芬華(1996)的研究結果類似,學生雖已學過光學課程,即使是高中生、甚至連職前老師在此類問題都存有許多迷思概念。

### (三) 小結

學生在實驗 3-1 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形如圖 4-27,卡方考驗結果如表 4-39 所示:

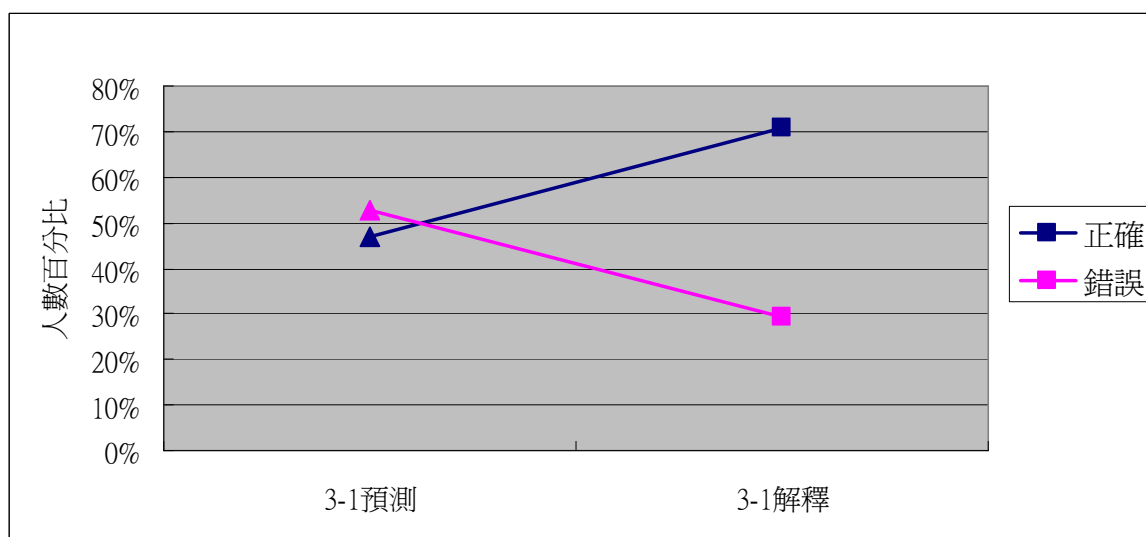


圖 4-27 學生在實驗 3-1 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

註:三角形表示預測活動,正方形表示解釋活動。

表 4-40 學生在 3-1 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

		3-1 解釋活動			
3-1			正確	錯誤	總和
預測 活 動	正確	N	16	0	16
		%	47.1	0	47.1
	錯誤	N	8	10	18
		%	23.5	29.4	52.9
	總和	N	24	10	34
		%	70.6	29.4	100
P-value			.008*		

註：\*P<.05

如表 4-40 所示，經過觀察後，在解釋活動為作答正確（正確類型一、二、三之和）的學生有明顯增加，從 47.1%（預測活動）變成 70.6%（解釋活動），達到顯著改變（ $P < .05$ ）。如圖 4-28 所示，正確類型（一）的比例與預測活動時相同，顯示經過觀察後，雖然正確類型（一）的學生沒有增加，但大部分原本為作答錯誤的學生（錯誤類型一、二、三、四及未提供解釋），在解釋活動時已進步為正確類型（二）或正確類型（三），此種轉變以 S11 為例（下頁表 4-41），S11 在預測活動時為錯誤類型（一），經過觀察後，在解釋活動能正確解釋會成像的原因，但未解釋像變暗的原因，為正確類型（三）

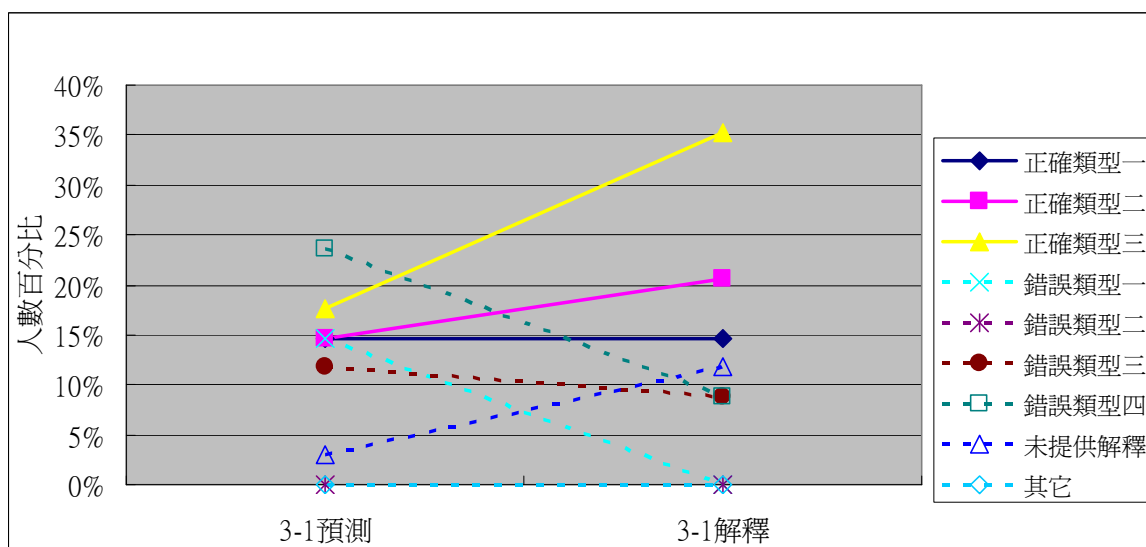


圖 4-28 學生在實驗 3-1 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

表 4-41 S11 實驗 3-1 學習單

學習單題目	學生作答內容
3-1 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？你的理由為何？	只能看到下半部。因為光是直線前進的，因此遮住凸透鏡的上半部，當然只能看得到下半部。
3-1 你發現實驗結果與你所預測的結果是否符合？你認為符合或不符合的理由是什麼？請寫在下面。	不符合。把上半部遮住，光還是可以通過凸透鏡下半部成像，當然像大小不會改變。

#### (四) 實驗 3-2 預測活動

實驗 3-2 依據 POE 教學策略，分為預測、觀察、解釋三個活動，實驗內容為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。

##### 【實驗 3-2】

器材：雙凸透鏡、屏幕、燈泡、不透光紙

##### <預測活動>

\*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。

(1) 若用大小約透鏡二分之一的不透光紙將凸透鏡的下半部遮住，請問在屏幕上的像會變的如何？

(2) 你的理由為何？

圖 4-29 實驗 3-2 學習單 (預測活動)

圖 4-29 為預測活動學習單，學生在預測活動必須寫出預測的答案，並說明支持的理由。將學生在預測活動作答內容分為八種類型，其分佈情形如表 4-42：

表 4-42 學生在實驗 3-2 預測活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
<b>正確類型 (一)</b> 正確解釋像大小不變及像變暗的原因	7 (20.6)
<b>正確類型 (二)</b> 僅正確解釋像變暗的原因	7 (20.6) 25 (73.6)
<b>正確類型 (三)</b> 僅正確解釋會成像的原因	11 (32.4)
<b>錯誤類型 (一): 同於迷思概念類型 1-1</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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (二): 同於迷思概念類型 1-2</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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (三): 同於迷思概念類型 2-1</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。	2 (5.9) 9 (26.4)
<b>錯誤類型 (四): 同於迷思概念類型 4-1</b> 透光面積決定成像大小，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。	6 (17.6)
<b>未提供解釋</b> 只寫出觀察到的現象，未進一步解釋原因。	1 (2.9)
<b>其它</b>	0 (0)

註：迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、4-1 為表 3-2 所陳述之凸透鏡成像迷思概念類型（見頁 35）。

如表 4-42 所示，實驗 3-2 預測活動為正確類型（正確類型一、二、三之和）的學生有 73.6%，值得注意的是錯誤類型（四）的學生有 17.6%，原本在 3-1 解釋活動此類型的學生有 8.8%，從下表 4-42 得知在 3-1



解釋活動 5 位正確類型（一）的學生中有 1 位在 3-2 預測活動變成錯誤類型（四）；在 3-1 解釋活動 3 位錯誤類型（三）的學生中有 1 位在 3-2 預測活動變成錯誤類型（四）；在 3-1 解釋活動 3 位錯誤類型（四）的學生在 3-2 預測活動仍為錯誤類型（四）；在 3-1 解釋活動 4 位未提供解釋的學生中有 1 位在 3-2 預測活動變成錯誤類型（四）。

表 4-43 學生在 3-1 解釋活動各作答類型到 3-2 預測活動的變化情形

		3-2 預測活動								總和
		正確 類型 (一)	正確 類型 (二)	正確 類型 (三)	錯誤 類型 (一)	錯誤 類型 (二)	錯誤 類型 (三)	錯誤 類型 (四)	未提 供解 釋	
3-1 解 釋 活 動	正確 類型 (一)	N 4	0	0	0	0	0	1	0	5
		% 11.8	0	0	0	0	0	2.9	0	14.7
	正確 類型 (二)	N 2	5	0	0	0	0	0	0	7
		% 5.9	14.7	0	0	0	0	0	0	20.6
	正確 類型 (三)	N 1	0	11	0	0	0	0	0	12
		% 2.9	0	32.4	0	0	0	0	0	35.3
	錯誤 類型 (一)	N 0	0	0	0	0	0	0	0	0
		% 0	0	0	0	0	0	0	0	0
	錯誤 類型 (二)	N 0	0	0	0	0	0	0	0	0
		% 0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4-43 學生在 3-1 解釋活動各作答類型到 3-2 預測活動的變化情形（續上頁）

		3-2 預測活動								
		正確 類型 (一)	正確 類型 (二)	正確 類型 (三)	錯誤 類型 (一)	錯誤 類型 (二)	錯誤 類型 (三)	錯誤 類型 (四)	未提 供解 釋	總和
3-1 解 釋 活 動	錯誤 類型 (三)	N 0	0	0	0	0	2	1	0	3
	%	0	0	0	0	0	5.9	2.9	0	8.8
活 動	錯誤 類型 (四)	N 0	0	0	0	0	0	3	0	3
	%	0	0	0	0	0	0	8.8	0	8.8
未提 供解 釋	N 0	2	0	0	0	0	0	1	1	4
	%	0	5.9	0	0	0	0	2.9	2.9	11.8
總和	N 7	7	11	0	0	2	6	1	34	
	%	20.6	20.6	32.4	0	0	5.9	17.6	2.9	100

綜合 3-1 預測活動、3-1 解釋活動及 3-2 預測活動發現有些學生在實驗 3-1 觀察活動後雖發生認知衝突，但仍未調適出適當的解釋，在面對實驗 3-2 類似的情境時，仍應用最初的迷思概念來回答，以 S10 為例（下表 4-44），S10 在實驗 3-1 預測活動時為錯誤類型（四），經過觀察後，在解釋活動轉變為錯誤類型（三）。之後在實驗 3-2 預測活動又變回錯誤類型（四），此種現象顯示若學生尚未找到足以取代既有概念的新概念時，其既有概念是難以改變的。陳均伊、張惠博、郭重吉（2004）指出學生在學習的過程中，當面臨新的情境時，會運用既有的概念進行詮釋，若其詮釋與科學概念不符，他們可能會拒絕接受科學概念，並堅持自己既有的概念。

表 4-44 S10 實驗 3-1、3-2 學習單

學習單題目	學生作答內容
<p>3-1 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？你的理由為何？</p> <p>動</p>	<p>像會變成原本的二分之一，且變暗。因為遮住上半部，光線還是可通過透鏡，只是通過的光線會減少，所以會變暗，且像會變小。</p>
<p>3-1 你發現實驗結果與你所預測的結果是否符合？你認為符合或釋不符合的理由是什麼？請寫在活下面。</p> <p>動</p>	<p>不符合。可能是因為通過凸透鏡的光線減少，而導致像變暗，可能是鏡心沒被遮住，所以會成像。</p>
<p>3-2 若用大小約透鏡二分之一的不透光紙將凸透鏡的下半部遮住，請問在屏幕上的像會變的如何？你的理由為何？</p> <p>動</p>	<p>像會變成原本的二分之一，且變暗。因為遮住下半部，光線還是可以經過透鏡，只是通過的光線會減少，所以會變暗，且像會變小。</p>

此外，為了檢視實驗 1-1~3-1 的教學是否對學生在實驗 3-2 預測活動的表現有所影響，將學生在實驗 3-2 預測活動作答類型的分佈情形與前測 B2 相比較，整理如下頁表 4-45：

表 4-45 實驗 3-2 預測活動與前測 B2 作答結果之比較

B2 題目內容	迷思概念類型	3-1 預測活動	前測 B2
		N (%)	
蠟燭在屏幕上形成清楚的倒立實像，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？	* (正確類型一、正確類型二及正確類型三之和。)	25 (73.6)	10 (29.4)
	1-1 (錯誤類型一)	0 (0)	8 (23.5)
	1-2 (錯誤類型二)	0 (0)	5 (14.7)
	2-1 (錯誤類型三)	2 (5.9)	6 (17.6)
	4-1 (錯誤類型四)	6 (17.6)	4 (11.8)
	其它	1 (2.9)	1 (2.9)

註：\* 為正確概念

如表 4-45 所示，與前測 B2 相較，在實驗 3-2 預測活動作答正確的學生明顯增加，迷思概念部分除了迷思概念類型 4-1 (錯誤類型四) 之外，比例均減少，顯示實驗 1-1~3-1 的教學對於學生在實驗 3-2 預測活動的表現有正面的幫助。

#### (五) 實驗 3-2 解釋活動

在預測活動完成後即進行觀察活動，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。將學生在解釋活動作答內容分為八種類型，其分佈情形如表 4-46：

表 4-46 學生在實驗 3-2 解釋活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)	
<b>正確類型 (一)</b> 正確解釋像大小不變及像變暗的原因	8 (23.5)	
<b>正確類型 (二)</b> 僅正確解釋像變暗的原因	8 (23.5)	26 (76.4)
<b>正確類型 (三)</b> 僅正確解釋會成像的原因	10 (29.4)	
<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。	0 (0)	
<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。	0 (0)	
<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。	2 (5.9)	8 (23.6)
<b>錯誤類型 (四)</b> 透光面積決定成像大小，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。	4 (11.8)	
<b>未提供解釋</b> 只寫出觀察到的現象，未進一步解釋原因。	2 (5.9)	
<b>其它</b>	0 (0)	

註：迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、4-1 為表 3-2 所陳述之凸透鏡成像迷思概念類型（見頁 35）。

如表 4-46 所示，經過觀察後，在解釋活動為正確類型（正確類型一、二、三之和）的學生有 76.4%，仍有 11.8% 的學生為錯誤類型（四）；5.9

%的學生為錯誤類型（三）；5.9%的學生為未提供解釋。

（六）小結

學生在實驗 3-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形如圖

4-30，卡方考驗結果如表 4-47 所示：

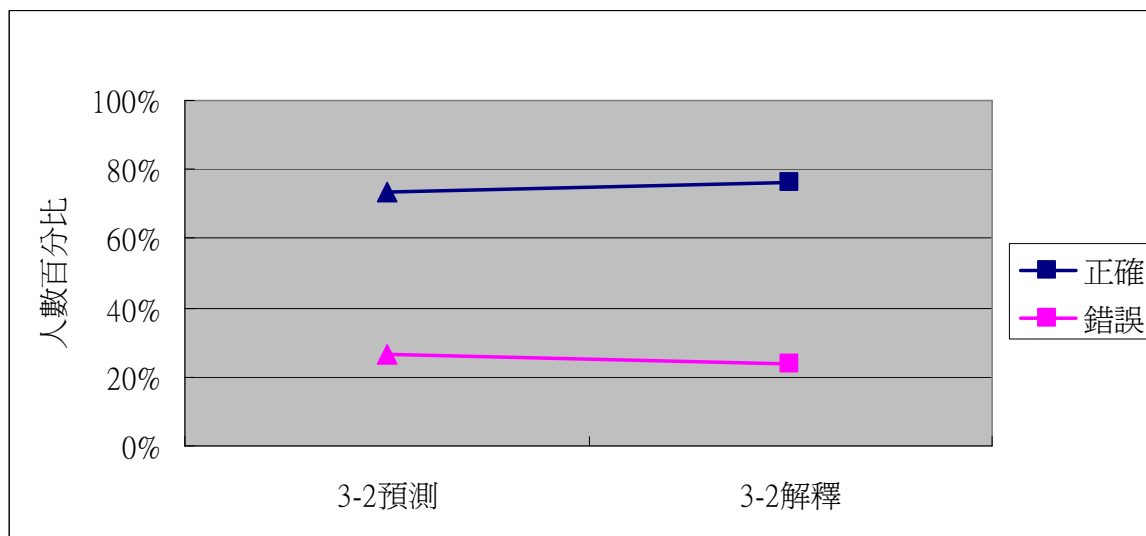


圖 4-30 學生在實驗 3-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

註：三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

表 4-47 學生在 3-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

		3-2 解釋活動			
3-2		正確	錯誤	總和	
預測 活 動	正確	N	25	0	25
		%	73.5	0	73.5
	錯誤	N	1	8	9
		%	2.9	23.5	26.5
	總和	N	26	8	34
		%	76.5	23.5	100
P-value		1.000			

註：\*P<.05

如圖 4-30 所示，在觀察活動後，學生作答正確、錯誤的變化情形不大，作答正確的學生從 73.6%（預測活動）變成 76.4%（解釋活動），各作答類型的學生變化也不大（圖 4-31）。

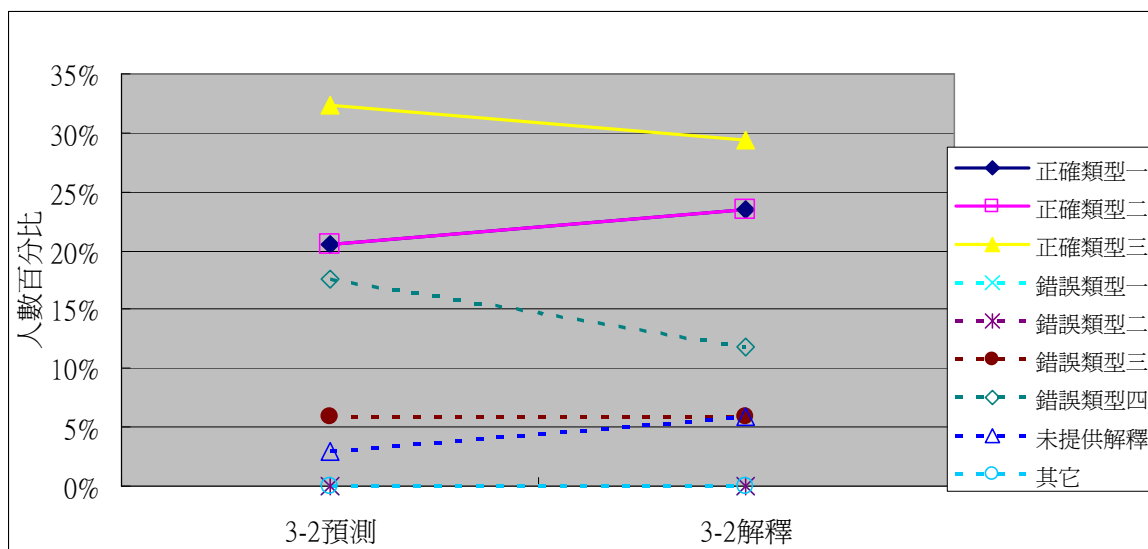


圖 4-31 學生在實驗 3-2 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

### (七) 實驗 4-1 預測活動

實驗 4-1 依據 POE 教學策略，分為預測、觀察、解釋三個活動，實驗內容為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。

**【實驗 4-1】**

**<預測活動>**

\*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。

(1) 若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，請問在屏幕上的像會變的如何？

(2) 支持你預測的理由為何？

圖 4-32 實驗 4-1 學習單 (預測活動)

圖 4-32 為預測活動學習單，學生在預測活動必須寫出預測的答案，並說明支持的理由。將學生在預測活動作答內容分為八種類型，其分佈情形如下表 4-48：

表 4-48 學生在實驗 4-1 預測活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)	
<b>正確類型 (一)</b>		
正確解釋像大小不變及像變暗的原因	2 (5.9)	
<b>正確類型 (二)</b>		
僅正確解釋像變暗的原因	4 (11.8)	7 (20.6)
<b>正確類型 (三)</b>		
僅正確解釋會成像的原因	1 (2.9)	



表 4-48 學生在實驗 4-1 預測活動作答類型的分佈情形 (續上頁)

類型	N (%)
<b>錯誤類型 (一): 同於迷思概念類型 1-1</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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (二): 同於迷思概念類型 1-2</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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (三): 同於迷思概念類型 2-1</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。	27 (79.4) 27 (79.4)
<b>錯誤類型 (四): 同於迷思概念類型 4-1</b> 透光面積決定成像大小, 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。	0 (0)
<b>未提供解釋</b> 只寫出觀察到的現象, 未進一步解釋原因。	0 (0)
<b>其它</b>	0 (0)

註：迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、4-1 為表 3-2 所陳述之凸透鏡成像迷思概念類型 (見頁 35)。

如表 4-48 所示, 實驗 4-1 預測活動為正確類型 (正確類型一、二、三之和) 的學生有 20.6%, 其中僅有 5.9% 的學生為正確類型 (一), 以 S01 為例, 他在預測活動寫到:

「若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, 屏幕上的像會變暗。因為光仍能通過凸透鏡聚光, 所以像仍會成形, 只是部分光線被擋住, 光線減弱了。」

S01 答案正確且在理由中完整說明會成像及像變暗的原因。

特別的是，在實驗 4-1 的情境下，高達 79.4% 的學生為錯誤類型 (三)：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。以 S13 為例 (表 4-49)：

表 4-49 S13 實驗 3-2、4-1 學習單

學習單題目	學生作答內容
3-2 若用大小約透鏡二分之一的不透光紙將凸透鏡的下半部遮住，請問在屏幕上的像會變的如何？你的理由為何？ 動	變暗。因為只是部分光被遮住，光仍可折射成像，因光較少而變暗。
3-2 你發現實驗結果與你所預測的結果是否符合？你認為符合或不符合的理由是什麼？請寫在下面。 動	符合。因為只是部分光被遮住，光仍可折射成像，因光較少而變暗。
4-1 若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，請問在屏幕上的像會變的如何？你的理由為何？ 動	不會成像。因為鏡心很重要，被遮住就不能成像，其它通過的光線會散開，所以無法成像。

S13 在實驗 3-2 的預測、解釋活動均能正確說明會成像及像變暗的原因 (正確類型一)，但在實驗 4-1 的預測活動卻為錯誤類型 (三)。可見學生難以將在實驗 3-1、3-2 所學到的概念用來預測實驗 4-1 凸透鏡鏡心部分被遮住的情境，也代表若學生若沒有完全了解光向四面八方傳播的概念，很容易在實驗 4-1 情境下的表現為錯誤類型 (三)。此外，在前測 B5 同樣是凸透鏡鏡心部分被遮住的情境，其正確率僅為 2.9%，而有 47.1

%的學生為迷思概念類型 2-1（錯誤類型三），顯示無論在實驗或是紙筆測驗的情境，學生皆很容易受鏡心被遮蔽的影響，而無法應用正確的概念來解決問題。

#### （八）實驗 4-1 解釋活動

在預測活動完成後即進行觀察活動，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。將學生在解釋活動作答內容分為八種類型，其分佈情形如表 4-50：

表 4-50 學生在實驗 4-1 解釋活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
<b>正確類型（一）</b> 正確解釋像大小不變及像變暗的原因	8 (23.5)
<b>正確類型（二）</b> 僅正確解釋像變暗的原因	7 (20.6)    24 (70.6)
<b>正確類型（三）</b> 僅正確解釋會成像的原因	9 (26.5)

表 4-50 學生在實驗 4-1 解釋活動作答類型的分佈情形 (續上頁)

類型	N (%)
<b>錯誤類型 (一): 同於迷思概念類型 1-1</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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (二): 同於迷思概念類型 1-2</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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (三): 同於迷思概念類型 2-1</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。	5 (14.7)
<b>錯誤類型 (四): 同於迷思概念類型 4-1</b> 透光面積決定成像大小, 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。	0 (0)
<b>未提供解釋</b> 只寫出觀察到的現象, 未進一步解釋原因。	5 (14.7)
<b>其它</b>	0 (0)

註：迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、4-1 為表 3-2 所陳述之凸透鏡成像迷思概念類型 (見頁 35)。

如表 4-50 所示, 經過觀察後, 在解釋活動為正確類型 (正確類型一、二、三之和) 的學生有 70.6%。而在迷思概念部分, 仍有 14.7% 的學生為錯誤類型 (三); 14.7% 的學生為未提供解釋。未提供解釋以 S14 為例 (表 4-51):

表 4-51 S14 實驗 4-1 學習單

學習單題目	學生作答內容
<p>預 若用大小約透鏡的四分之一、形狀 測 為圓形的不透光紙將凸透鏡的鏡 活 心部分遮住，請問在屏幕上的像會 動 變的如何？你的理由為何？</p>	<p>無法成像。因凸透鏡被遮住鏡心。</p>
<p>解 你發現實驗結果與你所預測的結 釋 果是否符合？你認為符合或不符 活 合的理由是什麼？請寫在下面。 動</p>	<p>不符合。因為遮蔽後還可以成像。</p>

S14 在實驗 4-1 預測活動為錯誤類型（三），經過觀察後，發現實驗結果與自己所預測不符合，但在解釋上無法解釋觀念為何，僅能寫出觀察到的現象，可能是因為觀察到的結果與既有概念差距太大，短時間內無法調適出適當的解釋。

#### （九）小結

學生在實驗 4-1 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形如圖 4-33，卡方考驗結果如表 4-52 所示：

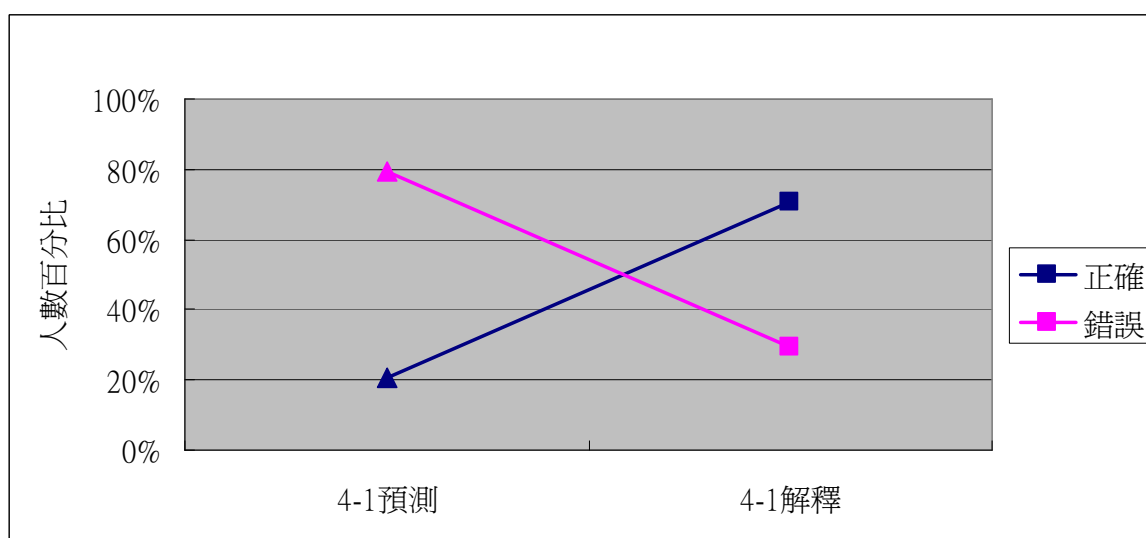


圖 4-33 學生在實驗 4-1 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

註：三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

表 4-52 學生在 4-1 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

		4-1 解釋活動			
4-1			正確	錯誤	總和
預 測	正確	N	7	0	7
		%	20.6	0	20.6
活 動	錯誤	N	17	10	27
		%	50.0	29.4	79.4
總和		N	24	10	34
		%	70.6	29.4	100
P-value				.000*	

註：\* $P < .05$

如表 4-52 所示，經過觀察後，在解釋活動作答正確（正確類型一、二、三之和）的學生明顯增加，從 20.6%（預測活動）變成 70.6%（解釋活動），達到顯著改變（ $P < .05$ ），而錯誤類型（三）的學生明顯減少（圖 4-34）。以 S28 為例（表 4-53）：

表 4-53 S28 實驗 4-1 學習單

學習單題目	學生作答內容
<p>預 若用大小約透鏡的四分之一、形狀</p> <p>測 為圓形的不透光紙將凸透鏡的鏡</p> <p>活 心部分遮住，請問在屏幕上的像會</p> <p>動 變的如何？你的理由為何？</p>	<p>不會成像。因為鏡心被遮住了，光</p> <p>無法通過。</p>
<p>解 你發現實驗結果與你所預測的結</p> <p>釋 果是否符合？你認為符合或不符</p> <p>活 合的理由是什麼？請寫在下面。</p> <p>動</p>	<p>不符合。因為光向四面八方傳播，</p> <p>遮住一部份透鏡，光還是可以通過</p> <p>其它部分，所以會成像，有些光被</p> <p>擋住了，所以像變暗。</p>

S28 在實驗 4-1 的預測活動為錯誤類型（三），經過觀察後，發現預

測與觀察的結果不同而形成認知衝突，之後調適這其間的差異而提出適當的解釋（正確類型一）。

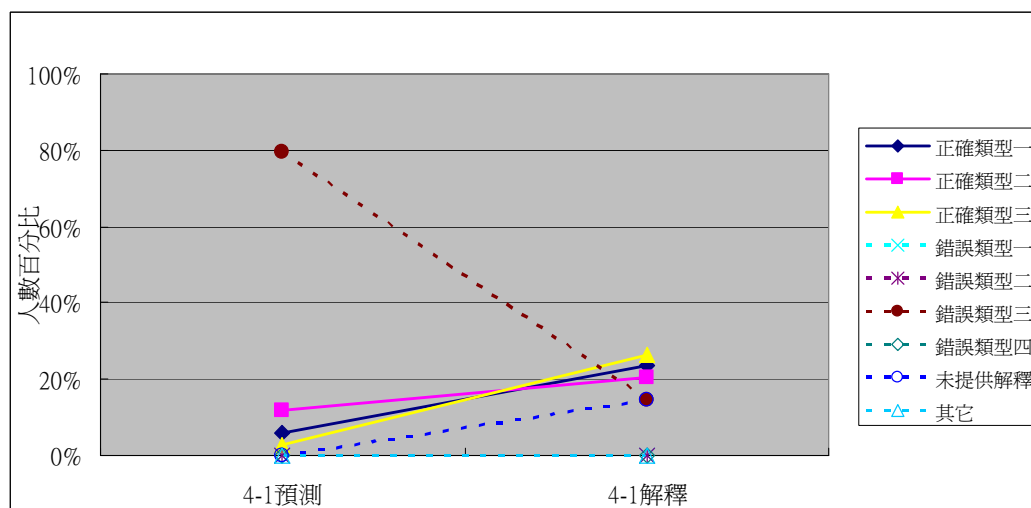


圖 4-34 學生在實驗 4-1 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

#### (十) 實驗 4-2 預測活動

實驗 4-2 依據 POE 教學策略，分為預測、觀察、解釋三個活動，實驗內容為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，觀察遮住前後，屏幕上成像的變化。

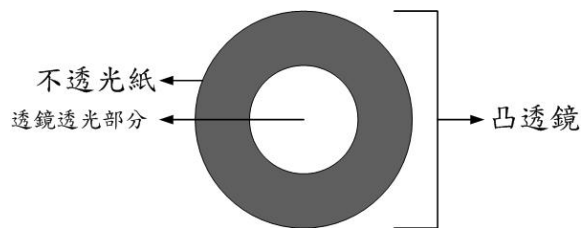
【實驗 4-2】

器材：雙凸透鏡、屏幕、燈泡、不透光紙

〈預測活動〉

\*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。

(1) 若用中間為中空圓形的不透光紙，將透鏡的周圍遮住，如右下圖所示，使得透光部分的面積約為透鏡的四分之一，請問在屏幕上的像會變的如何？



(2) 支持你預測的理由為何？

圖 4-35 實驗 4-2 學習單 (預測活動)

圖 4-35 為預測活動學習單，學生在預測活動必須寫出預測的答案，並說明支持的理由。將學生在預測活動作答內容分為八種類型，其分佈情形如表 4-54：

表 4-54 學生在實驗 4-2 預測活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)
正確類型 (一) 正確解釋像大小不變及像變暗的原因	20 (58.8)
正確類型 (二) 僅正確解釋像變暗的原因	5 (14.7) 28 (82.3)
正確類型 (三) 僅正確解釋會成像的原因	3 (8.8)



表 4-54 學生在實驗 4-2 預測活動作答類型的分佈情形 (續上頁)

類型	N (%)
<b>錯誤類型 (一): 同於迷思概念類型 1-1</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。	0 (0)
<b>錯誤類型 (二): 同於迷思概念類型 1-2</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。	1 (2.9)
<b>錯誤類型 (三): 同於迷思概念類型 2-1</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。	1 (2.9)
<b>錯誤類型 (四): 同於迷思概念類型 4-1</b>	
透光面積決定成像大小, 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。	3 (8.8)
<b>未提供解釋</b>	
只寫出觀察到的現象, 未進一步解釋原因。	1 (2.9)
<b>其它</b>	0 (0)

註：迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、4-1 為表 3-2 所陳述之凸透鏡成像迷思概念類型 (見頁 35)。

如表 4-54, 實驗 4-2 預測活動為正確類型 (正確類型一、二、三之和) 的學生有 82.3%, 其中正確類型 (一) 有 58.8%, 以 S07 為例 (表 4-55), 他在實驗 4-1 的預測活動為錯誤類型 (三), 經過觀察後, 在解釋活動變為正確類型 (三), 而後在實驗 4-2 預測活動使其解釋更加完整, 正確說明會成像及像變暗的原因 (正確類型一)。

表 4-55 S07 實驗 4-1、4-2 學習單

學習單題目	學生作答內容
4-1 若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，請問在屏幕上的像會變的如何？你的理由為何？ 動	不會有像。因鏡心被遮住所以不會聚光，不會有影像。
4-1 你發現實驗結果與你所預測的結果是否符合？你認為符合或不符合的理由是什麼？請寫在下面。 活 動	不符合。因為遮住鏡心，光還是可以從其它部分通過，所以可以成像。
4-2 若用中間為中空圓形的不透光紙，將透鏡的周圍遮住，使得透光部分的面積約為透鏡的四分之一，請問在屏幕上的像會變的如何？你的理由為何？ 動	像變暗。因為遮住鏡心，光還是可以從其它部分通過，所以可以成像，只是通過的光變少了，所以像變暗。

在迷思概念部分，有 2.9% 的學生為錯誤類型（二）；2.9% 的學生為錯誤類型（三）；8.8% 的學生為錯誤類型（四）；2.9% 的學生為未提供解釋。

#### （十一）實驗 4-2 解釋活動

在預測活動完成後即進行觀察活動，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。將學生在解釋活動作答內容分為八種類型，其分佈情形如表 4-56：

表 4-56 學生在實驗 4-2 解釋活動作答類型的分佈情形

類型	N (%)	
<b>正確類型 (一)</b> 正確解釋像大小不變及像變暗的原因	20 (58.8)	
<b>正確類型 (二)</b> 僅正確解釋像變暗的原因	5 (14.7)	30 (88.2)
<b>正確類型 (三)</b> 僅正確解釋會成像的原因	5 (14.7)	
<b>錯誤類型 (一): 同於迷思概念類型 1-1</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。	0 (0)	
<b>錯誤類型 (二): 同於迷思概念類型 1-2</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。	1 (2.9)	
<b>錯誤類型 (三): 同於迷思概念類型 2-1</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。	1 (2.9)	4 (11.8)
<b>錯誤類型 (四): 同於迷思概念類型 4-1</b> 透光面積決定成像大小, 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。	1 (2.9)	
<b>未提供解釋</b> 只寫出觀察到的現象, 未進一步解釋原因。	1 (2.9)	
<b>其它</b>	0 (0)	

註：迷思概念類型 1-1、1-2、2-1、4-1 為表 3-2 所陳述之凸透鏡成像迷思概念類型（見頁 35）。

經過觀察後，在解釋活動為正確類型（正確類型一、二、三之和）的學生有 88.2%，各比例變化不大，少數（11.8%）學生仍有迷思概念。

(十二) 小結

學生在實驗 4-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形如圖 4-36，卡方考驗結果如表 4-57 所示：

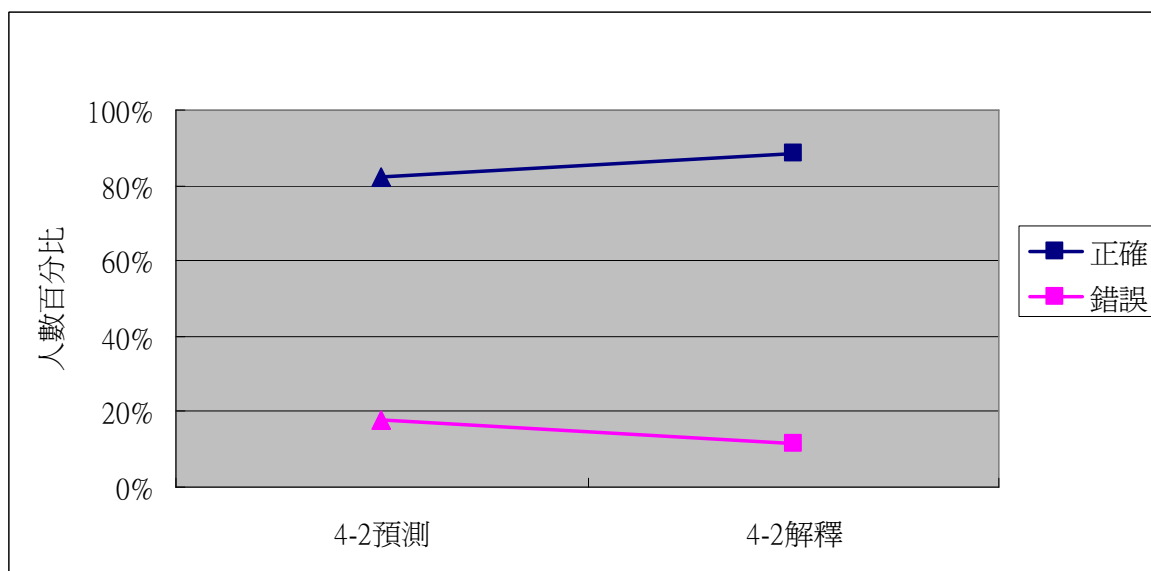


圖 4-36 學生在實驗 4-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

註：三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

表 4-57 學生在 4-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形

		4-2 解釋活動			
4-2		正確	錯誤	總和	
預測 活 動	正確	N	28	0	28
		%	82.4	0	82.4
	錯誤	N	2	4	6
		%	5.9	11.8	17.6
	總和	N	30	4	34
		%	88.2	11.8	100
P-value		.500			

註：\*P<.05

如表 4-57 所示，經過觀察後，在解釋活動作答正確（正確類型一、二、三之和）的學生略微增加，從 82.3%（預測活動）變成 88.2%（解釋活動），各作答類型變化不大，少數（11.8%）學生仍有迷思概念（圖 4-37）。

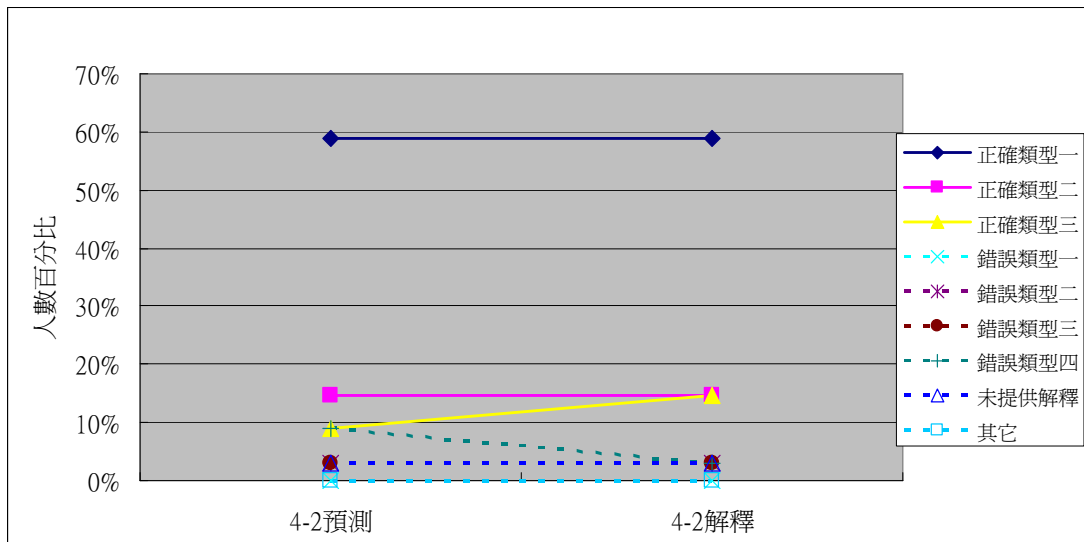


圖 4-37 學生在實驗 4-2 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

綜合學生從實驗 3-1 預測活動到實驗 4-2 解釋活動作答正確、錯誤的變化情形如圖 4-38：

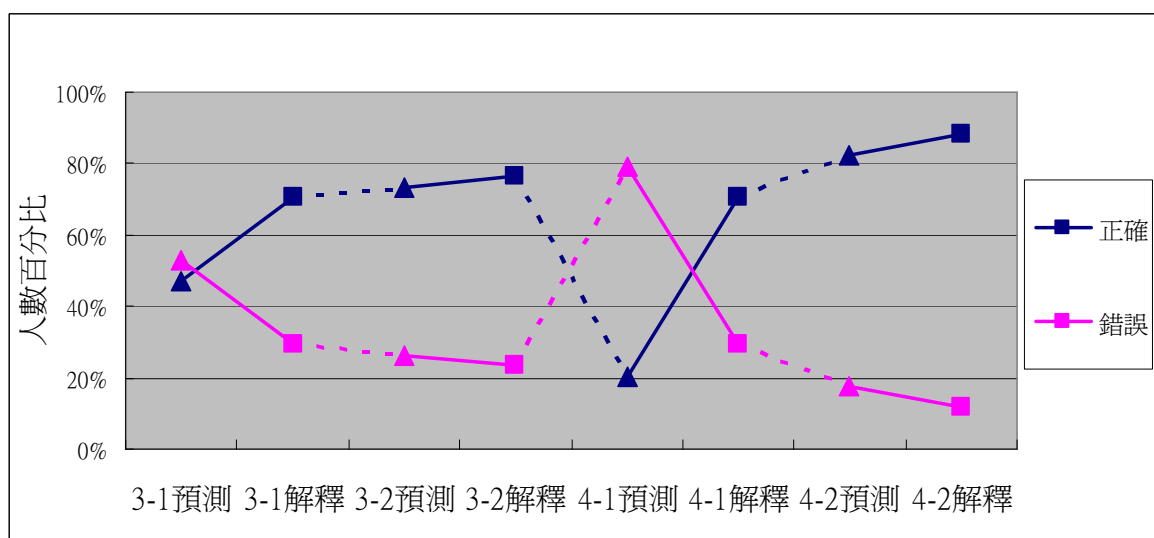


圖 4-38 學生在實驗 3-1~4-2 預測與解釋活動中作答正確、錯誤的變化情形  
註：圖中虛線表示兩活動間沒有觀察活動。三角形表示預測活動，正方形表示解釋活動。

如圖 4-38 所示，學生作答正確的比例從 3-1 預測、解釋活動到 3-2 預測、解釋活動呈現增加的趨勢（47%→70.6%→73.6%→76.4%），且在 3-1 預測活動到 3-1 解釋活動達到顯著增加（ $P < .05$ ），但在 4-1 預測活動作答正確的比例大幅降低，到 4-1 解釋活動才回升。造成此情形可能是因為學生在實驗 4-1 的情境下很容易受鏡心被遮蔽影響，而無法應用在實驗 3-1、3-2 所學的概念來解決問題，使得錯誤類型（三）的比例明顯增加，如下圖 4-39，錯誤類型（三）的比例，從 5.9%（3-2 解釋活動）變為 79.4%（4-1 預測活動）。

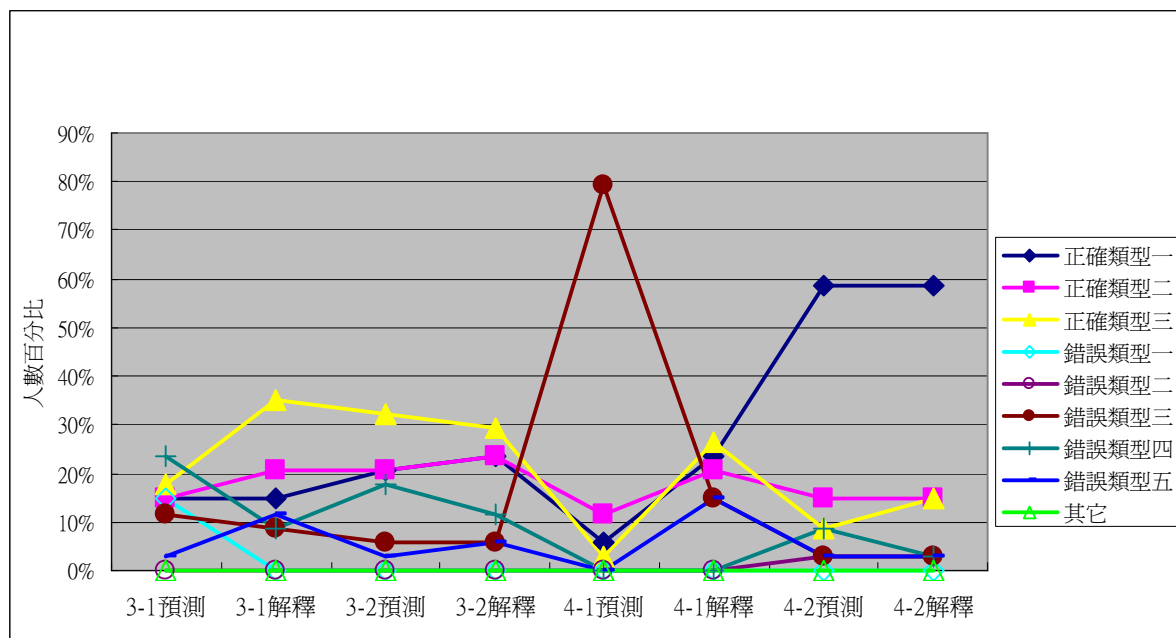


圖 4-39 學生在實驗 3-1~4-2 預測與解釋活動中各類型分佈的變化情形

從表 4-58（頁 147）可看出各類型的學生在 4-1 預測活動均趨於轉變為錯誤類型（三），在 3-2 解釋活動 8 位正確類型（一）的學生中有 6 位在 4-1 預測活動變成錯誤類型（三）；在 3-2 解釋活動 8 位正確類型（二）的學生中有 7 位在 4-1 預測活動變成錯誤類型（三）；在 3-2 解釋活動 10 位正確類型（三）的學生中有 6 位在 4-1 預測活動變成錯誤類型（三）；在 3-2 解釋活動 4 位錯誤類型（四）的學生全都在 4-1 預測活動變成錯誤

類型（三）；在 3-2 解釋活動 2 位未提供解釋的學生全都在 4-1 預測活動變成錯誤類型（三）。

不過在 4-1 觀察活動後，錯誤類型（三）的學生漸漸轉變成正確類型（正確類型一、二、三），作答正確學生增加，從 20.6%（4-1 預測活動）、70.6%（4-1 解釋活動）、82.3%（4-2 預測活動）進步到 88.2%（4-2 解釋活動），且在 4-1 預測活動到 4-1 解釋活動達到顯著改變（ $P < .05$ ）。

綜合以上所述，作答正確的學生在 3-1 預測活動到 3-1 解釋活動達到顯著增加（ $P < .05$ ），而在 3-2 提供類似情境後進步幅度不大，接著在 4-1 凸透鏡鏡心被遮蔽的情境下，作答正確的學生大幅降低，但 4-1 觀察活動後，正確率顯著增加（ $P < .05$ ），進而在 4-2 解釋活動達到 88.2%，比 3-2 解釋活動更高（76.4%），由此顯示若學生對某一現象到達一定的理解程度後（3-1 解釋活動），提供相似情境對他們的進步影響不大（3-2），但若提供他們較難預期的情境（4-1），雖在當下無法正確理解，但經過觀察產生認知衝突後，漸漸能調適預測與觀察間的差異，且能歸納先前所觀察到的現象，將正確概念應用在之後的情境。此種情形與 Judd（1908）所提出的共原則論相似，學習者在舊經驗中必須學到並了解原則，才能對新的學習產生遷移作用（引自張春興、林清山，1995）。

另外從圖 4-38 發現從 3-1 解釋活動（70.6%）到 3-2 預測活動（73.5%），以及從 4-1 解釋活動（70.6%）到 4-2 預測活動（82.4%），在解釋與預測兩活動間並沒有觀察活動的情況下（時間間隔大約十分鐘），學生作答正確的比例仍有增加，其原因可能是有些學生在 3-1 解釋活動與 4-1 解釋活動當下無法有效調適預測與觀察間的認知衝突，而過了一段時

間後，他們才漸漸思考出正確的概念，而將其應用在下一個實驗的預測活動。

表 4-58 學生在 3-2 解釋活動各作答類型到 4-1 預測活動的變化情形

		4-1 預測活動								
		正確 類型 (一)	正確 類型 (二)	正確 類型 (三)	錯誤 類型 (一)	錯誤 類型 (二)	錯誤 類型 (三)	錯誤 類型 (四)	未提 供解 釋	總和
3-2 解 釋 活 動	正確 類型 (一)	N 0	1	1	0	0	6	0	0	8
		% 0	2.9	2.9	0	0	17.6	0	0	23.5
	正確 類型 (二)	N 0	1	0	0	0	7	0	0	8
		% 0	2.9	0	0	0	20.6	0	0	23.5
	正確 類型 (三)	N 2	2	0	0	0	6	0	0	10
		% 5.9	5.9	0	0	0	17.6	0	0	29.4
	錯誤 類型 (一)	N 0	0	0	0	0	0	0	0	0
		% 0	0	0	0	0	0	0	0	0
	錯誤 類型 (二)	N 0	0	0	0	0	0	0	0	0
		% 0	0	0	0	0	0	0	0	0
	錯誤 類型 (三)	N 0	0	0	0	0	2	0	0	2
		% 0	0	0	0	0	5.9	0	0	5.9
	錯誤 類型 (四)	N 0	0	0	0	0	4	0	0	4
		% 0	0	0	0	0	11.8	0	0	11.8
	未提 供解 釋	N 0	0	0	0	0	2	0	0	2
		% 0	0	0	0	0	5.9	0	0	5.9
總和	N 2	4	1	0	0	27	0	0	34	
	% 5.9	11.8	2.9	0	0	79.4	0	0	100	



註：各概念類型說明如下：

- 1.正確類型（一）：正確解釋像大小不變及像變暗的原因。
- 2.正確類型（二）：僅正確解釋像變暗的原因。
- 3.正確類型（三）：僅正確解釋會成像的原因。
- 4.錯誤類型（一）：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。
- 5.錯誤類型（二）：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。
- 6.錯誤類型（三）：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。
- 7.錯誤類型（四）：透光面積決定成像大小，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。
- 8.未提供解釋：只寫出觀察到的現象，未進一步解釋原因。

