

## 第貳章 文獻探討

本章分為三節：第一節為光學概念的相關研究，第二節為凸透鏡成像概念的相關研究，第三節說明 POE 的理論基礎及相關研究。

### 第一節 光學概念的相關研究

光學迷思概念研究在國內外已有相當多的成果，研究面向包含光的本質（王龍錫、林顯輝、張靜儀及王麗真，1992；Guense, 1985；Osborne, Black, Meadows & Smith, 1993；Galili & Hazan, 2000）、光的傳播（唐明，2001；蕭倍如，2004；Bendall et al., 1993；Saxena, 1991）、光與視覺（王龍錫、張靜儀，1994；Langly, Ronen & Eylon, 1997；Selley, 1996）、光的反射（李采襄，2003；陳均伊等人，2004；Shapiro, 1989；Galili & Hazan, 2000）、光的折射（王晉基、郭重吉，1992；唐明，2001；Andersson & Karrqvist, 1983；Rosa, Mayer, Patrizi & Vincentini, 1984）、像的形成（陳忠志，1989；許榮富、洪振方，1993；張麗莉，2001；Fetherstonhaugh、Happs & Treagust, 1987；Fetherstonhaugh et al., 1987；Goldberg & McDermott, 1986；Galili & Hazan, 2000）等。研究指出迷思概念不僅普遍存在於學生之中，並會影響到學生日後的學習（Fetherstonhaugh et al., 1987）。本節敘述學生在光的傳播、光的反射、光的折射、像的形成常見迷思概念。

## 一、光的傳播

研究發現大部分的中學生能了解光的行徑方向為直線，但卻只有少數學生可以正確解釋（張麗莉，2001；Feher & Rice, 1987；Saxena, 1991）。有些學生認為光只會往某一方向傳播，而不是四面八方傳播（張麗莉，2001；Feher & Rice, 1987；Galili et al., 1993），例如學生會認為燈泡上有無數個光點，但每個點所發出的光只會照射到所看到的物體，不會照射到其它地方（Bendall et al., 1993）。也因為這些迷思概念導致他們很難正確分析複雜的透鏡成像，更無法解決凸透鏡被不透明物遮蔽時的成像問題（張麗莉，2001；Feher & Rice, 1987）。

## 二、光的反射與折射

學生容易混淆反射和折射（李采襄，2003；唐明，2001；陳均伊等人，2004；Andersson & Karrqvist, 1983），有些學生會利用光的反射解釋凸透鏡成像原理（陳均伊等人，2004）。研究發現有21%的中學生認為折射與反射現象是相互獨立發生（Palacios et al., 1989），而會造成此迷思概念主要是兩者在傳統物理教學過程中常是以相互獨立的方式來呈現，其目的原是為了使學生更容易吸收，但卻導致學生面對光遇到透鏡的問題時，僅能個別以光被反射、光被折射或光被吸收單一的觀點來說明，無法綜合各點加以解釋（Palacios et al., 1989；Singh & Butler, 1990）。

研究指出當光由一介質通過另一介質時，學生常常會不知光會偏向何方（唐明，2001；Andersson & Karrqvist, 1983）。有些學生會依文字聯想的方式解釋折射而無法了解是因介質不同所產生的現象（唐明，2001）。

Palacios 等人 (1989) 研究發現由於受到國小利用透鏡聚集太陽光使物體燃燒的實驗影響，少數學生會認為透鏡會增加光的能量而不會去分辨透鏡為凸透鏡還是凹透鏡。

### 三、像的形成

研究指出學生能利用畫圖方式來描述光的路徑，但有些學生認為一條線即可形成一個像 (古智雄, 1992; 陳忠志, 1989; Galili et al., 1993) 以及將整個透鏡移去時也會成像，此像是物體直接投影上去的 (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)。研究發現學生會有上述迷思概念可能是將光線視為空間中的實體，並且分佈在整個空間當中 (Rosa, 1984)，因而在像的形成過程中利用整體思考的方式：在說明像的形成時，以物體的複製來解釋 (Bendall et al., 1993; Feher, 1990; Galili et al., 1993; Galili & Hazan, 2000; Feher & Rice, 1987)，如圖 2-1 所示，學生認為此完整的影像會從燈泡透過透鏡 (Galili et al., 1993)，或是以具有物體的特徵來描述 (Feher & Rice, 1988)，例如像佔有空間且能夠運動。

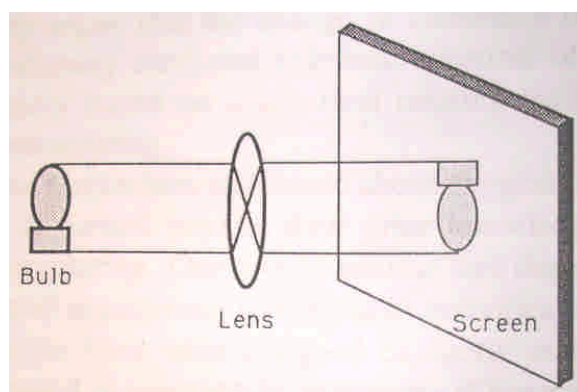


圖2-1 凸透鏡的整體成像 (Galili et al., 1993, p272)

綜上所述，學生在光的傳播、光的反射與折射及像的形成有許多迷思概念，這些迷思概念會使得學生在面對凸透鏡被不透明物遮蔽時的成像問題存有一定的困難（王晉基、郭重吉，1992；何嘉峻，2003；許榮富、洪振方，1993；陳忠志，1989；Fetherstonhaugh & Tregust, 1992；Goldberg & McDermott, 1986；Galili & Hazan, 2000）。Saxena（1991）指出學生無法對於光學提出正確解釋主要原因為：1.不了解基本光學概念；2.很少有機會去應用這些概念以及解釋他們的推論；3.在物理課程缺乏應用的內容。Goldberg & McDermott（1986）研究發現就算是大學生剛學完光學概念，仍無法將所學應用到真實情境中。

## 第二節 凸透鏡成像概念的相關研究

本節分析相關文獻，將學生在面對「凸透鏡被不透明物遮蔽時的成像問題」所表現出的迷思概念整理為以下類型：

### 一、自蠟燭發出無數條平行凸透鏡光軸的光線

持此種迷思概念的學生認為蠟燭由無數個點所構成，蠟燭上的每一個點僅發出一條平行於凸透鏡光軸的光線，因此可以發出無數條平行光軸的光線（古智雄，1991；郭金美，1985；竇一龍，2002；Feher & Rice, 1987；William, 1994），如圖2-1所示：

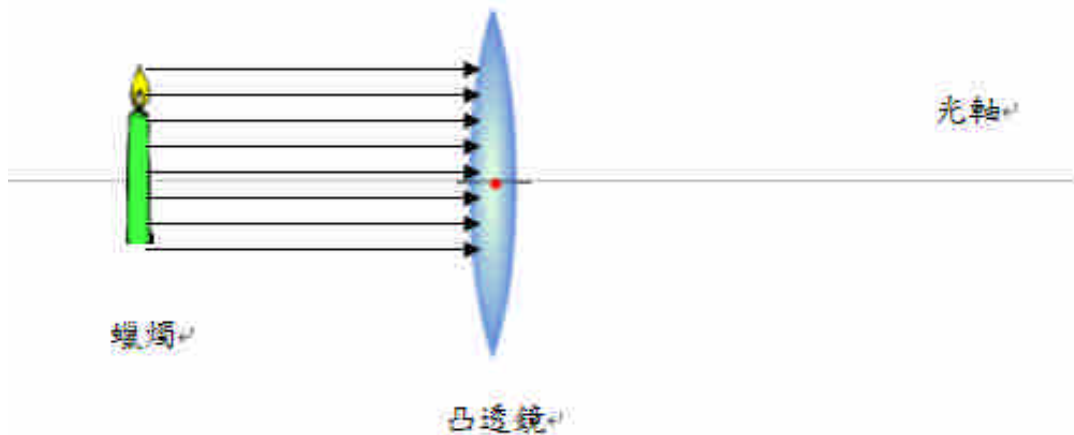


圖2-2 自蠟燭發出無數條平行光軸的光線

在上述的迷思概念架構下，學生對於凸透鏡成像可能導致的錯誤推論為：

- (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，也就是說，當透鏡被遮蔽上半部時，成像只剩下半部（王晉基、郭重吉，1992；古智雄，1992；田芬華，1996；吳正勳，2002；何嘉峻，2003；陳忠志，1989；邱建

宏, 2006; 張麗莉, 2001; 竇一龍, 2002; Fetherstonhaugh et al, 1987; Goldberg & McDermott, 1986; Feher & Rice, 1987; William, 1994)

(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，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（田芬華, 1996; 何嘉峻, 2003）。

研究發現持有上述迷思概念的學生佔大多數，他們認為透鏡成像中，透鏡必須完全沒有被遮蔽才能形成完整的像（何嘉峻, 2003; Fetherstonhaugh & Treagust, 1992; Galili & Hazan, 2000）。

## 二、自蠟燭發出無數條通過凸透鏡鏡心的光線

持此種迷思概念的學生認為蠟燭由無數個點所構成，自蠟燭上的每一個點只發出一條通過鏡心的光線，因此可以發出無數條通過鏡心的光線（古智雄, 1991; 竇一龍, 2002; Galili & Hazan, 2000; William, 1994），如圖2-2所示。

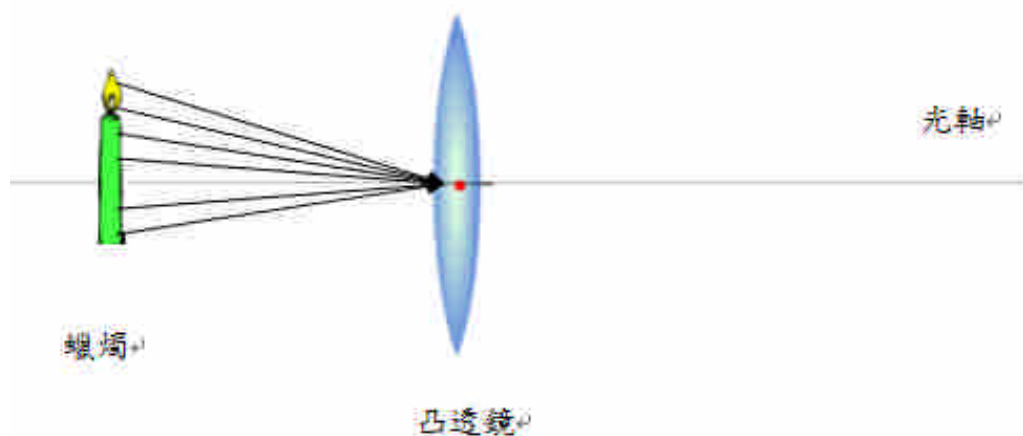


圖 2-3 自蠟燭發出無數條通過鏡心的光線

在上述的迷思概念架構下，學生對於凸透鏡成像可能導致的錯誤推論為：

(一) 當凸透鏡鏡心被不透明物遮蔽時

1. 凸透鏡的成像原理與針孔成像類似，鏡心被遮蔽則自蠟燭所發出的光線均無法通過，即無法成像（古智雄，1991；邱建宏，2006；陳忠志、林明良，2002；竇一龍，2002；Galili & Hazan, 2000；William, 1994）。
2. 自蠟燭所發出的光線通過凸透鏡的鏡心遠多於通過四周，鏡心被遮蔽即無法成像（竇一龍，2002）。
3. 自蠟燭所發出的光線通過凸透鏡的鏡心遠多於通過四周，鏡心被遮蔽仍有完整的成像，只是亮度減少（竇一龍，2002）。

(二) 當凸透鏡鏡心以外區域被不透明物遮蔽時

1. 凸透鏡的成像原理與針孔成像類似，鏡心以外區域被遮蔽對成像完全沒有影響、像的亮度不變（古智雄，1991；邱建宏，2006；陳忠志、林明良，2002；竇一龍，2002；Galili & Hazan, 2000；William, 1994）。
2. 自蠟燭所發出的光線通過凸透鏡的鏡心遠多於通過四周，鏡心以外區域被遮蔽仍有完整的成像，只是亮度減少（竇一龍，2002）。
3. 自蠟燭所發出的光線通過凸透鏡的鏡心遠多於通過四周，鏡心以外區域被遮蔽對成像完全沒有影響、像的亮度不變（竇一龍，2002）。

### 三、像的形成是源於有限條光線所會聚而成

古智雄（1991）指出很多學生習慣用國中所學的光線作圖法來處理凸透鏡被不透明物遮蔽時的成像問題，僅用主要的三條光線來判斷成像結果。另外研究也發現在教學中強調作圖的結果，會使學生建立凸透鏡實像就只由這三條光線會聚而形成的迷思（許榮富、洪振方，1993；陳忠志，1988；Goldberg & McDermott, 1987；Grayson, 1995）。在這樣的迷思概念架構下，學生對於凸透鏡成像可能導致的錯誤推論為：

- （一）運用光線作圖法決定成像結果。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（古智雄，1991；吳正勳，2002；張麗莉，2001；竇一龍，2002；Galili & Hazan, 2000；William, 1994）。
- （二）運用光線作圖決定成像結果，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（竇一龍，2002；Goldberg & McDermott, 1986）。

Galili與Hazan（2000）的研究中指出由於教師或教科書中的講解常以光線作圖法來解題，因此雖然經過教學，高中學生以「平移成像」及「倒轉成像」來解釋凸透鏡成像的比率還是相當高，平移成像是指物體隨著光線整個平移至透鏡前，穿過透鏡後才整個翻轉。倒轉成像指物體在透鏡之前先隨著光線整個反轉，穿過透鏡後，繼續維持倒立的形狀。所以教師在教授成像作圖時，必須跟學生強調實際上物體所發出的所有光線，經過透鏡均會被折射，即折射的光線不僅僅只有此三條光線，任何



由物體上同一點所發出的光線經透鏡折射後，都會射向像的對應點。此外，Grayson（1995）也建議教師在教學時可多畫幾條光線，讓學生真正體會光線和成像之間的關係。

#### 四、透光面積決定成像大小

持這種迷思概念的學生認為若凸透鏡沒有被遮蔽，則形成完整的像、像的大小不變，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（吳正勳，2002；張麗莉，2001；陽季吟，2006；竇一龍，2002）。

#### 五、透鏡透光區的數目決定成像數目

持這種迷思概念的學生認為若凸透鏡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。如下圖 2-4，也就是當凸透鏡中間被遮蔽時，會形成兩個獨立的透光區，而成像就會變成兩個（吳正勳，2002；張麗莉，2001；陳忠志、林明良，2002）。

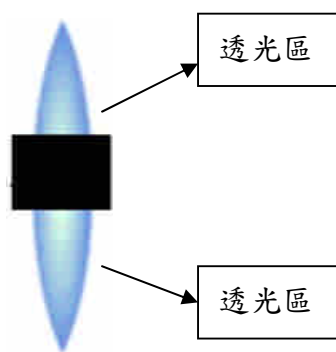


圖 2-4 凸透鏡中間被遮蔽形成兩個獨立的透光區

除了上述五種凸透鏡成像迷思概念類型外，學生在思考凸透鏡被不透明物遮蔽的成像問題時，少數學生只著重成像大小的變化及是否會成像，而忽略成像亮度的改變，認為亮度不變。王晉基、郭重吉（1992）研究發現有些國中學生認為透鏡成像中，當其遮住一半透鏡時，會生成與原來大小相同且亮度相同的像。

張麗莉（2001）將學生對於成像的迷思概念歸因於學生缺乏在知覺上的具體經驗與動手實際操作的實驗，導致學生在學習光學時大都以想像的方式學習，而形成迷思概念。且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（張川木，1995；黃文吟，1999）。若沒有讓學生有實際動手操作的體驗，就算他們已學過視覺、光的傳播、光的反射、光的折射等概念，要要求他們能正確的解釋凸透鏡成像還是存有一定的困難。

### 第三節 POE 理論基礎及相關研究

#### 一、POE 與建構主義

建構主義 (constructivism) 結合科學哲學與當代知識社會學對知識本質、來源以及知識產生與獲得的解釋，並融合認知心理學派對學習理論的主張，提出有別於傳統實證論者對「知識」的解釋。對於知識、學習、課程、教學造成重大的影響，逐漸形成影響深遠的教學典範 (郭重吉, 1992; Driver & Oldham, 1986)。建構主義的觀點認為學習者進行科學概念學習時，會依據先前的知識與經驗對於所觀察到的事物進行詮釋，而相關意義的建構，乃是經由個別學習者對其既存想法進行加成或修飾作用而獲致 (Dirver, 1983)。

在建構教學中，著重學生主動積極的探究過程，重視學生的經驗及既有概念，強調有意義的學習，教師應提供適合學生的教材，佈置適當的問題情境，製造學習者在認知上的衝突，發展學生反思及培養解決問題的能力。建構式理念下的教學方法特徵為教師對於每一個教學主題有周詳的教學計畫，包括評估學生的既有概念、設法引起學生的學習動機、針對學生的既有概念以及預期的學習成果安排適切的教學活動、最後評估學生的概念改變情形 (Carr, Baker, Bell, Biddulph, Jones, Kirkwood, Person & Symington, 1994)。而許多學者根據建構主義提出各種教學策略來促進學習，例如概念圖 (Novak & Gowin, 1984)、學習環 (Lawson, 1988)、類比教學 (Glynn, 1991)、POE 教學策略 (White & Gunstone, 1992) 等。研究結果也顯示這些教學策略可以有效促進學習者的有意義的學習 (邱彥文, 2000; 黃鴻達, 2002; 蔡聰輝, 2001; Kinchin, 2000; Marinopoulos

& Stavridou, 2002)。

在建構主義為基礎的教學策略中，POE為被設計用來當作幫助學生建構科學知識與理解的一種教學工具（Clayton, 1993；Searle & Gunstone, 1990）。POE除了可引發學生興趣，也考量學習者的既有概念去安排適切的教學活動，甚至製造他們的概念衝突以開啟概念改變的契機（Bullock, 1999；Liew & Treagust, 1998）。

另一方面，POE常用於實驗活動的教學，在建構主義的精神下，實驗教學提供知識建構的機會，它可創造情境，製造學習者的認知衝突，給予學習者具體的學習經驗，讓其體會到既有概念的限制性（Gunstone & Champagne, 1990）。林陳涌（1995）認為實驗教學欲達到良好的成效必須在教學設計上考量到學習者既有概念，且實驗活動必須和所欲教授內容互相配合，以及實驗結果應透過學生的協商討論來詮釋並賦予意義，幫助其修正既有概念，如此才能顯現出實驗教學的成效。White與Gunstone（1992）指出為達到實驗教學的成效，POE教學策略為科學教室中用來演示的一個強有力的方法。POE教學策略在實驗的過程中會詢問學生如果作這樣的操作，會有什麼結果，使學生能在實驗之餘，亦進行更高層次的思考並能清楚了解自己概念認知情形之缺點，而現今的實驗活動常流於僅以有趣、好玩的實驗來吸引學生，引發其學習動機，卻未認真思考學生在這過程中能學到什麼、學生的既有概念為何。POE教學策略設計的理念是以傳統實驗教學為基礎，更進一步的去導引出學生既有的概念，製造認知衝突的情境，達到概念改變的目的（陳沛瑩，2003）。

## 二、POE 與概念改變

許多的研究顯示要讓學生發生概念改變是非常困難的（Driver, 1983；Liew & Treagust, 1995；Gunstone, 1990）。概念改變很難發生的原因包含學童或成人的科學概念具有個人的（personal）、固執的（persistent）、強韌的（robust）、一致的（consistent）和穩定的（stable）特質，這些特質阻礙學生學習過程中概念的轉變（Pfundt & Duit, 1991）。此外，Hashweh（1986）也提到造成學生之所以相當固守既有概念的原因包括此概念來自與生活周遭事物的親身經歷，由於經常使用，具有自發、不容易改變的特性；學生會有偏見，傾向於只注意此概念可以適用的情況，而忽略其他不適用的情況，所以若教師未注意學生個別的概念，學校的評量忽略了對學生想法的了解，即使學生的想法有誤，也不見得能夠即時予以糾正。

Posner、Strike、Hewson及Gertzog（1982）主張學生要將他們所持有的既有概念改變為科學社群所公認的知識時，必須具備以下四種條件：

- （一）必須對既有的概念感到不滿意（dissatisfaction）：此即當學習者面對新知識時，既有的概念可同化（assimilation）新知識時，他們是不會進行調適的，但如果遭遇到一些既有概念無法解釋的現象時，學習者就會意識到只有同化是不足的。
- （二）新概念必須是可以被學習者理解的（intelligible）：對於學習者來說，新概念通常是反直覺、或是難以理解的，所以很難形成概念改變（Strike & Posner, 1985）。學習者必須了解新概念是如何被組織，學者也強調可用類比（analogy）與暗喻（metaphor）等方式來促進概念改變。

(三) 新概念必須是合理的 (plausible)：新概念必須與其他知識和經驗調和，能解決既有概念所產生的問題。

(四) 新概念必須能解釋更多現象的 (fruitful)：新概念不僅要能解決現有的問題，而且也能被推廣及擴充，開發新的探究領域。

楊文金 (1993) 認為Posner等人對於四種條件的描述方式傾向於心智模式的觀點，這樣的解釋方式隱含了兩種預設，一為概念改變應為一種進步以及在某種程度上，概念改變並非一種自然發生的過程，因為往往必須經由認知衝突的形成才可達到概念改變的目的。而很多研究也發現認知衝突對概念改變有積極正面的效果 (Kwon, 1997; Niaz, 1995; Druyan, 1997; Lee, 1998)。

陳沛瑩 (2003) 指出POE教學策略可以符合上述四種條件，當學習者所預測的結果與觀察到的現象不一致時，學習者會發現自己既有概念不足以解釋目前的矛盾現象，因此願意改變既有概念去學習新的概念。此外，對於學習者來說，由於新的概念可以正確的解釋實驗的結果，因此新的概念是具有合理性的。Gunstone與Mitchell (1998) 提出POE教學策略可用於探索學習者對於某一主題的最初概念，且能在主題教學中發展其概念，並在概念教學後，藉著鼓勵學習者進一步將所學概念運用於實際的狀況中以增進其對該主題概念的了解，新概念對學習者來說，具有豐富性的特質，能解釋更多現象。

### 三、POE 的意義與緣起

POE為一種教學策略，藉由三步驟：預測（Prediction）、觀察（Observation）、解釋（Explanation）來探究學生概念了解情形。學生一開始要先預測某件實驗的結果，並且對他們的預測提出理由，接著描述所看到的現象，最後學生必須設法協調介於預測與觀察結果之間的衝突（White & Gunstone, 1992）。

POE源自於Pittsburgh大學，由Champagne、Klopfer及Anderson所發展出來，目的用來探討大一新生學習古典力學時，其有別於正統牛頓力學的想法，當初所設計的工具名為DOE（Demonstration, Observation, and Explanation）晤談策略，其過程是先對學生進行紙筆測驗，接著教師示範實驗讓學生觀察，觀察後學生回答測驗裡的問題並針對回答提出說明（Champagne, Klofer & Anderson, 1980）。而後White與Gunstone（1981）認為學生在晤談過程中，預測的部分才是老師應專注的重點，對於學生來說，預測比起老師直接講述更能引起學習興趣，所以重新設計並改良DOE晤談策略，將其應用為改進教學的方法，設計成POE教學策略。DOE與POE有以下幾點的差異：1. DOE主要著重在教師示範與學生解釋上，而POE強調學生預測的部分；2. DOE是一種晤談方法，而POE是一種教學策略；3. DOE適用於探究學生的另有概念，POE可找出學生的另有概念並檢視學生概念改變的歷程（王淑琴，1993；陳沛瑩，2003；White & Gunstone, 1981）。

#### 四、POE 的目的

White與Gunstone（1992）指出教育的重要目的之一在於學生能運用所學到的概念詮釋事件與問題，在課堂中提問是一種常見的策略，其目的就是要檢視學生概念了解的程度，而POE教學策略則是另一種對概念了解程度的測量。教師在提問時，常常在問題之中就有答案的暗示，或是學生未經思考便以課文中的概念來回答，這時候學生僅是重複的解釋現象，並沒有應用到思考，要真正了解學生的理解狀況，應是評量學生是否能應用概念於簡單可觀察的物理現象中（Goldberg & McDermott, 1987）。黃文吟（1999）研究發現學生看似能利用抽象型式符號解決紙筆測驗的問題，但卻無法確實掌握物理量的意涵，並與真實情境結合。例如在教學中學生已熟悉光的折射現象，甚至會解決折射相關的種種計算問題，然而，在實際情境利用水深淺的不同在水波槽製造折射現象，學生卻不能分辨出這也是一種折射現象。McGinn與Roth（1998）研究指出有些學生在紙筆測驗能運用科學概念解決問題，但在實驗情境下，仍以其另有概念為主要判準。因此跟問問題相比，「預測」更能貼切地讓學生運用知識去推理出一個解釋，也更能夠評估知識在真實情境的應用情形（邱彥文，2000）。

在POE中，學習者必須決定他在預測及解釋活動所抱持的理由，這是POE教學策略的重要關鍵，學生經常基於日常生活經驗與信念來做預測，而這些零星、片斷、不完全，甚至相互矛盾的知識經由POE教學策略而真實的呈現出來，其有助於教學者了解學習者如何利用這些信念來解釋他們所處世界中的真實事件（葉辰楨，2000）。



Bruce (2000) 指出從幼稚園階段到大學畢業生，POE教學策略都可以成功地進行，它可幫助我們去思考下列面向：

- (一) 因為在POE過程中，寫字、討論都需要時間，所以它促使學習者放慢腳步去反省自己正在做什麼？想什麼？
- (二) 寫下預測這個動作提升學習者參與的感受，這讓大部分的學習者對真實事件更感到興趣，尤其是當自己的預測與多數同儕不一致時。
- (三) POE提供教學一個很好的開場白，為將來的互動開啟對話之門。
- (四) 相關活動可提供學生作為進一步探究的基礎。
- (五) 可以呈現學生活動的歷程記錄，做進一步研究、改進寫作能力或做為非形式評量的基礎。

## 五、POE 的實施

POE的實施過程包含以下三步驟 (White & Gunstone, 1992)：

- (一) 預測 (Prediction)：POE教學策略要開始進行之前，要讓學生了解他們接下來要作預測，允許詢問相關的問題，要讓他們在預測活動之前了解狀況，活動開始後，呈現實際的問題情境，請學生提出他們的預測及所持的理由，預測的過程可採取一組選項或開放式的口語回答方式。進行預測有兩個目的：1.每個學習者需決定他們運用何種知識來回答這個問題；2.由於讓學習者處於持續的思考與書寫狀態，可使他們不至於在之後的觀察活動錯失對事件的觀察。要求學習者預測並說明理由是POE實施的關鍵，如此才能

了解學習者既有的概念。葉辰楨（2000）指出由於作「預測」較少受到「什麼是正確答案？」的想法影響，學習成就低落以及個性較為內向不善於表達的學生較能在教師與同儕鼓勵下發言，且在此策略下，學生有較高的投入程度，因而將此運用於實驗活動以及教學單元中時，可增進合作學習之教學成效及作為實驗教學的改進。

（二）觀察（Observation）：活動進行之後，請學生紀錄或描述個人所觀察到的現象，根據經驗顯示，就算是同一活動，不同學生看見的現象也會有所差異，所以為了防止因聽取他人的說法而改變自己看到的現象，應要求學生立即記錄所觀察到的現象。

（三）解釋（Explanation）：當學生預測與觀察到的現象不一致時，此步驟就是需要他們協調這之間的差異，對於學生而言這是相當困難，具有挑戰性的，此時教師應扮演指引的角色，鼓勵他們思考各種的可能性並加以解釋，在這樣的過程中學生所提出的解釋可呈現出他們對於科學概念的理解狀況。

下頁圖2-5為POE的範例：

問題情境：在加熱板上放置兩個燒杯，一個盛水、另一個盛食用油，兩杯等量，放入溫度計後，同時加熱，直到水開始沸騰為止。此時哪一個燒杯溫度較高？

預測：水  
食用油  
溫度一樣

理由：

觀察：

解釋：

圖 2-5 食用油與水加熱實驗活動範例（摘自 White & Gunstone, 1992, p47-48）

圖2-5的問題情境是放置等量的水和食用油的燒杯在一塊已經開啟的加熱板上，兩個燒杯中各有一支可測量0-200°C的溫度計，教師要求學生預測當水開始沸騰時，油跟水的溫度何者較高？在預測時有些學生根據油還沒有沸騰推論油的溫度較低，有些學生根據兩個燒杯加熱一樣久的時間推論兩者溫度相同，之後進行觀察，學生會觀察到油的溫度比水高，接著在解釋時，有些學生會應用他們已學過的熱與溫度間的差異以及物質在熱能吸收與保留上的差異來解釋，有些學生則仍無法調適預測與觀察結果間的衝突（White & Gunstone, 1992）。

實施 POE 必須注意到下列事項：

- （一）實施 POE 時，必需注意實驗結果最好為學生能具體、清楚觀察到的，以免學生因觀察錯誤而產生迷思概念（林嘉琦，2005；White & Gunstone, 1992）。

- (二) 如果讓學生預測他們經驗較為缺乏的主題時，他們很可能會胡亂猜測，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的實驗結果的能力，若實驗結果經常非學生所能預期，很容易使得學生產生負面的態度，此時他們就會開始去猜不是他們所預期的結果，因為他們會認為這是老師故意設計，拒絕作實際的預測（林嘉琦，2005；Bruce, 2000；White & Gunstone, 1992）。
- (三) 在活動設計時應以學生的觀點出發，選擇與學生相關的情境，而不是以科學家的觀點（Liew & Treagust, 1998）。
- (四) 若運用POE作為整體教學的一環，在教學設計上更應考量由全班最後討論獲得的結果來延伸後續的教學，或於單元教學活動之末段進行相關概念的整合，才不致於使得POE活動僅流於引起動機之使用（葉辰楨，2000）。

## 六、POE的相關研究

研究指出POE教學策略很合用於物理教學中（Searle & Gunstone, 1990；Palmer, 1995；Liew & Treagust, 1998）。使用POE教學策略可以協助教師了解學生既有的概念，提升學習成效（Fekete, 1997；Bullock, 1999；Russell, 1999；李家銘，2001；吳穎油、蔡今中，2005；邱彥文，2000；張宗義，2003；葉辰楨，2000）

王玉龍（2006）運用POE教學策略探究30位國小六年級學生對於色光的迷思概念及概念改變歷程，研究發現學生對色光概念存在著多樣且不一致的想法，有60%學童在POE活動之後，出現概念改變的情形。王

盈琪（2007）以國小三年級學生為對象，利用POE教學策略探究在光的行進、光與視覺、光的反射以及光的折射所持有之迷思概念及其教學前後概念改變之情形，研究發現接受POE教學策略後，學生在光的行進、光與視覺、光的反射以及光的折射四方面的概念表現上皆有明顯之進步，大部分在教學前具有迷思概念的學生，經POE教學後，可修正轉變至正確的科學概念。

