

探討科學解釋文字鷹架融合 POE 策略對概念改變與科學解釋能力影響之研究-以光學單元為例

學生：黃贊樺

指導教授：裘性天 博士

王嘉瑜 博士

國立交通大學理學院科技與數位學習組

中文摘要

本研究的目的是探討預測-觀察-解釋(Predict-Observation-Explanation, POE)教學策略結合科學解釋文字鷹架，對八年級學生在光學概念改變與科學解釋能力的影響。此光學單元包括：光的直進、針孔成像與平面鏡的反射。研究對象為台灣北部公立國中兩班八年級學生一共 57 人，資料收集工具為活動學習單與光學概念二階層測驗卷。

本研究所用的 POE 課程是根據學生在光學常見的另有概念，設計出五個在 POE 概念改變活動。活動學習單分為有、無科學解釋文字鷹架兩種版本。科學解釋文字鷹架的目的在幫助學生進行觀察時，可以注意到使用證據的重要，並強調主張、證據與相關概念間的連結，以提高學生的解釋品質。POE 活動進行時，實驗組使用融入科學解釋文字鷹架的學習單，控制組所用的學習單則反映傳統的 POE 活動設計，而兩組學習者在進行 POE 活動前已學過相關的光學課程。

研究結果發現：在概念學習成效上，無鷹架組別表現較融入科學解釋文字鷹架的組別稍好，但兩組差異未達顯著。在針孔成像主題中，未使用鷹架組別的概念學習成效顯著高於使用鷹架的組別，但學習單分析結果則顯示兩組進步人數相同；而平面鏡成像主題上，則是使用鷹架組別概念學習成效稍高，但兩組未達顯著，學習單的分析結果亦顯示概念進步人數為有鷹架組別稍多。科學解釋能力從主張、證據與支持三個要素進行評分，使用鷹架的組別在找出證據能力顯著優於無鷹架組別，但在提出主張與支持上無顯著差異，而學習單分析結果指出推理進步情形為有鷹架組別表現稍好。

本研究中的科學解釋文字鷹架對概念改變成效並無顯著影響。可能原因為 POE 活動與概念診斷測驗題目對應不夠精確，另外原因可能由於融入科學解釋文字鷹架造成學習者認知負荷過重，影響概念改變之成效。在科學解釋能力上，文字鷹架對學生提出解釋中的證據使用，幫助最大，但學生在提出連結主張與證據的支持，需要更多協助。

關鍵字：科學解釋、鷹架、POE 教學策略、概念改變



Exploring Conceptual Change and Scientific Explanation by Using POE Strategy
Combining with Scaffolds of Scientific Explanation -A Case of the Optics

Student : Tsan-Hua Huang

Advisor : Dr. Hsin-Ten Chin

Dr. Chia-Yu Wang

Degree Program of E-learning
National Chiao Tung University

Abstract

The purpose of this study is to explore the impact of conceptual change and scientific explanation skills on the eighth grade optics, by using POE (Predict– Observation -Explanation)teaching strategies combining with scaffolds of scientific explanation. Topics of the instruction includes: light propagation, reflection, and image formation with pinhole and a plane mirror, participants involved 57, 8-9 grade students from two classes of a public middle school in the northern Taiwan. Instruments for data collection includes a two-tier diagnostic test on optics and student worksheets. Five POE activities were designed based on the common alternative conception about optics. Students in the experimental group used worksheets that incorporate scaffolds of scientific explanation during the POE activities. The control group students used traditional POE worksheets. The scaffolds of scientific explanation were designed to help students to identify evidences and to emphasize the importance of connections among claim, evidence, and the underpinning scientific principles.

The results showed that: Students used traditional POE worksheets outperform students use worksheets with scaffolds of scientific explanation on scores of the diagnostic instrument. However, no differences were found between the two groups. Finding from analysis of student worksheets were consistent with findings from the diagnostic instrument. Regarding students' ability of scientific explanation, students who used the scaffolds outperformed than those used traditional POE worksheets on ability to provide appropriate evidences. But their abilities to make claim and provide supports showed no difference between the two groups, possible explanation for findings on students' outcomes of conceptual change and ability of scientific explanation, as well as implications for teaching and future research.

The scaffolds of scientific explanation in this study not reach significance difference in conceptual change. Possibly caused by POE activities corresponded not precisely enough to the diagnostic instrument. Another reason is the learners'

cognitive overload caused by the scaffolds. The scaffolds help the most in finding evidence of scientific explanation, but the students need more help in describing support to link claim and evidences.

Keywords: scientific explanation, scaffolding, POE strategy, conceptual change



誌 謝

經過充實的兩年求學生涯，在職碩士的生活終於告一段落，在這段時間中來自學業、工作及家庭三頭的壓力，讓我一度有沮喪、灰心想放棄的念頭，但如今能順利完成論文，要謝謝我周遭很多的人的幫助。

首先一定要感謝的人，是我的指導教授裘性天教授與王嘉瑜教授，感謝你們在每一次碩士論文研究中的給我適時的指導，讓我從迷惘中漸漸找到方向，你們用談諧幽默以及溫和不失嚴謹的方式，耐心指導我進行論文的寫作，讓每一次的meeting既有歡樂又充滿收穫。謝謝你們！

感謝在與我在同一組的同學：力夫與朝閔，就是有夥伴一起努力，互相勉勵，才能充滿幹勁地堅持到底。另外，感謝婷怡同學，雖然沒有跟你同一組，但只要有什麼疑問或不懂，你總是很熱心地幫我解答。

兩年中我的導師李榮耀教授與陳明璋教授，感謝你們在論文研討中對我的建議與指導，你們就像一本豐富的百科全書，從你們身上可以學到很多事情。

另外，感謝口試委員邱國力教授對論文提的建議，讓我的論文可以盡善盡美。

最後，感謝我的同事，謝謝你們寬待我在這段時間因忙於課業而在工作中的不足；謝謝我的母親，感謝你把自己身體照顧好，讓我無後顧之憂的專注於自己的課業上，並支持、鼓勵與包容我有時的壞脾氣。

目 次

1. 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的與問題.....	3
1.3 名詞解釋.....	3
1.4 研究的限制.....	4
1.5 研究價值與貢獻.....	5
2. 文獻探討.....	6
2.1 光的另有概念類型、來源與另有概念診斷方式.....	6
2.2 概念改變.....	14
2.2.1 概念改變.....	14
2.2.2 使用 POE 進行概念改變的實徵研究.....	20
2.3 科學解釋、科學解釋能力與科學解釋文字鷹架.....	23
2.3.1 科學解釋與科學解釋能力.....	23
2.3.2 科學解釋文字鷹架.....	29
3. 研究方法.....	32
3.1 研究對象.....	32
3.2 研究流程.....	33
3.3 研究設計.....	34
3.4 研究工具.....	35
3.5 資料收集與分析.....	44
4. 研究結果.....	50
4.1 光學概念的學習成效.....	50
4.1.1 光學二階層診斷測驗之概念學習成效表現.....	50
4.1.2 活動學習單中的概念改變.....	54
4.2 科學解釋能力的表現.....	57
4.2.1 不同教學模式於科學解釋能力的表現.....	57
4.2.2 不同教學模式於科學解釋能力分項要素的表現.....	58

5. 結論與建議.....	69
5.1 結論與討論.....	69
5.2 建議.....	72
參考文獻.....	74
附錄一.....	86
附錄二.....	87
附錄三.....	89
附錄四.....	97
附錄五.....	104
附錄六.....	110
附錄七.....	129



表 目 錄

表 2-1-1 各種概念診斷工具的比較	11
表 2-2-1 各家學者主張概念改變的類型	15
表 2-3-1 科學解釋為導向的研究中所遭遇的困難.....	26
表 2-3-2 TOULMIN、SAMPSON 與 MCNEILL 的比較	28
表 2-3-3 POE 教學法結合科學解釋文字鷹架	31
表 3-3-1 實驗設計架構	34
表 3-3-2 POE 活動課程的安排.....	35
表 3-4-1 POE 活動的研究設計.....	39
表 3-4-2 光學二階層診斷測驗細目分析表.....	41
表 3-4-3 題目中所含有的概念編碼	42
表 3-4-4 科學解釋文字鷹架說明	43
表 3-4-5 學習單的流程步驟	43
表 3-5-1 概念的定義與評分標準以日晷為例.....	45
表 3-5-2 科學解釋的評分架構表	46
表 3-5-3 活動一的編碼評分範例	47
表 3-5-4 活動一的編碼評分範例	48
表 3-5-5 活動一到五的原始配分	49
表 3-5-6 推理的定義與評分標準	49
表 4-1-1 光學概念二階層概念測驗之敘述性統計分析.....	50
表 4-1-2 教學模式對二階層概念診斷測驗的共變數分析.....	51
表 4-1-3 各主題二階層概念診斷測驗之敘述性統計.....	52
表 4-1-4 教學模式對各主題二階層概念診斷測驗的共變數分析.....	53
表 4-2-1 不同教學模式於科學解釋能力之表現.....	57
表 4-2-2 不同教學模式於五個活動中提出主張的能力.....	59
表 4-2-3 不同教學模式於五個活動中提出證據的能力.....	60
表 4-2-4 不同教學模式於五個活動中提出支持的能力.....	61
表 4-2-5 不同教學模式於各主題的科學解釋分項要素表現.....	63
表 4-2-6 R1 與 R2 總分的得分百分比	65

圖 目 錄

圖 2-2-1 概念改變的二分法觀點	14
圖 2-2-2 POE 教學步驟.....	19
圖 2-2-3 實驗活動範例-食用油與水的加熱(摘自 WHITE & GUNSTONE, 1992).....	19
圖 2-3-1 TOULMIN 模型簡化版	24
圖 3-2-1 研究流程圖	33
圖 3-3-1 實驗設計的變項	34
圖 4-1-1 校正後的前後測平均數	51
圖 4-1-2 針孔成像之學習單概念改變人數.....	54
圖 4-1-3 平面鏡成像之學習單概念改變人數.....	55
圖 4-2-1 不同教學模式在五個 POE 活動中的科學解釋能力得分	58
圖 4-2-2 不同教學模式在五個 POE 活動中的主張的得分	59
圖 4-2-3 不同教學模式在五個 POE 活動中的證據得分	60
圖 4-2-4 不同教學模式在五個 POE 活動中的支持	62
圖 4-2-5 不同教學模式在針孔成像的科學解釋分項要素表現.....	64
圖 4-2-6 不同教學模式在平面鏡成像的科學解釋分項要素表現.....	64
圖 4-2-7 實驗組在觀察前後的科學解釋能力.....	65
圖 4-2-8 控制組在觀察前後的科學解釋能力.....	66
圖 4-2-9 針孔成像概念推理改變的人數	67
圖 4-2-10 平面鏡成像概念推理改變的人數.....	67

1. 緒論

本研究主要是以預測-觀察-解釋(Predict-Observe-Explain, POE)教學策略進行光學單元的概念改變教學，並結合促進科學解釋的文字鷹架，來探討其對八年級學生在概念改變與科學解釋能力的影響。本章分為五小節，第一節為研究動機、第二節為研究目的與問題、第三節是名詞解釋、第四節是研究範圍與限制及第五節研究價值與貢獻。

1.1 研究動機

日常生活中常見的現象多與光有關，從我們視物、光與影的關係、鏡子的使用、甚至更進一步到許多儀器的使用，例如：照相機、眼鏡、光纖等等...，皆應用到光學原理。雖然光在生活中隨處可見，是如此生活化的經驗，但在每次國中學生經過大小考之後，卻總是充滿疑問與困難。即使是簡單的「影子形成的原因」，無論是過去還是現在，學生仍普遍有許多錯誤的想法(邱韻如, 1998; 引自陳采真, 2002)。由許多文獻可得知，學生在光學的迷思概念不一定會因年齡增長或經過教學而有所改變，可能的原因為，雖然光學的運用與發展在人類歷史上已經過了許多世紀，但光是一種不同於其他物理上的經驗，它的本質是相當抽象的。正是光有如此不易觀察且觸摸不到的特性，故學生可能產生許多與正統科學概念不同的另有概念(何嘉峻, 2003; 唐明, 2001; 黃湘武、黃寶鈿, 1991; Fetherstonhaugh & Treagust, 1992; Galili & Hazan, 2000)。

除了源自於生活經驗，相關迷思概念的可能成因是由於傳統的科學課程往往是以專家的觀點出發設計的，課程較注重介紹學科理論的完整性，而較少關注學生如何學習，以及其利用所學知識對現象提出科學解釋的能力，使得學生在科學教學後，仍無法習得正確的科學概念，或修正其原來的概念(張川木, 1999)。且 Fisher(1985)提出迷思概念具有頑固性：即此種概念一旦形成就難以透過傳統的教學方法改變，但教學的本意是在引導學生概念改變的發展，使學生能獲得正確的科學概念(王美芬、熊召弟, 2000; 郭金美, 1999)，故本研究將採取非傳統講述式教學做為改變概念的方式。

為了探測並企圖改變學生的另有概念，Gunstone 和 White (1981)發展了 POE 教學策略，這一種策略源自 Champagne、Klopfer 及 Anderson (1980)所發展的 DOE (Demonstration -Observation-Explanation)，在教學時教師首先於學生面前展示實驗，學生在觀察實驗後再提出合理的解釋。White 與 Gunstone 將此種策略中的實驗展示改良為

預測，演變成 POE (Prediction-Observation-Explanation) 預測－觀察－解釋三步驟，因他認為預測比起單純的展示，更能引起學生興趣，達到引起動機的目的。

國內、外已經有許多文獻指出 POE 教學法的確能有效改變學生的概念，以 POE 為關鍵字在期刊論文網搜尋，文獻資料就從超過四十筆，顯示此種教學法已被廣為研究。POE 強調讓學生「預測」事件，學生寫下自己對預測的主張，即是在引出他們原有的概念；而寫下的文字可提供一個檢視自己想法的平台，在觀察實驗後，若實驗得到現象與原本所預期的不同，可能會產生概念上的衝突，進一步動搖原本概念。這與 Posner、Strike、Hewson 和 Gertzog(1982) 所提出的概念改變條件第一點：「對原有概念不滿意」吻合。

除了預測以外，洪淑凌(2007) 提出 POE 中的重要關鍵，就是學生在進行預測-觀察-解釋的過程中，最後提出的解釋。在許多 POE 研究中都提到，學生多以自身的生活經驗去做解釋，而非使用科學概念或證據，或無法將觀察結果或資料與所學過的科學概念連結，進而提出解釋(McNeill, Lizotte, Krajcik, & Marx, 2006)。故在本研究中，嘗試將科學解釋文字鷹架融入 POE 教學活動，以期待能解決學生在科學解釋上遇到的困難。

科學解釋的文字鷹架在此採用的是 McNeill 等人(2006) 所提出架構，包含主張、證據與支持三個要素，這與 POE 策略的預測、觀察與解釋有一些共通之處。POE 在預測時，要求學生對事件的可能結果提出自己的預測，以引出學生原有的概念，其目的即與要求學生依據既有概念，對所觀察的現象提出主張相同。POE 之觀察品質對後續的解釋有密切之關係，學生需能從觀察中指認關鍵證據，才能達到衝突原有想法，和建立新的解釋之目的。而科學解釋亦對觀察所得到的證據相當重視，證據的品質常作為判斷科學解釋良莠的依據之一。而一個好的科學解釋還必須要能將觀察得到的證據與相關科學概念連結，來支持主張，這與 POE 教學活動的最後一步，連結其他概念、提出新的解釋來調和原有概念與觀察到的證據，作為新理論的依據，兩者之間雷同。

科學解釋的能力與科學概念的理解有很大的關係，Bell(2000) 就提出了科學解釋的建構過程能幫助學生更深入統整其科學知識。但在注重標準化答案的校園中，科學解釋在一般課堂教學過程常被忽略(Kuhn, 1993; Driver, Newton, & Osborne, 2000; 引自 McNeill et al., 2006)。可能因為練習的機會較少，一般國內的學生在科學解釋上的能力並不是很好。若教師能在教學過程對學生給予適當的指導與協助，學生的科學解釋能力才能有所提升(吳佳蓮，2006)。Davis(2003) 的研究即指出：在進行團體教學時，提供文字式的教學鷹架能對學生科學解釋能力有所幫助。

故本研究的重點將放在比較有、無科學解釋文字鷹架與 POE 教學活動結合後，對八年級學生在光學單元的概念改變、學習成效以及科學解釋能力的影響。

1.2 研究目的與問題

本研究的目的是藉由 POE 教學策略結合科學解釋文字鷹架，探討教學前、後學生的概念改變與科學解釋能力是否有進步，並以量化的紙筆二階層診斷測驗與質性的學習單分析來進行研究；所挑選的概念為八年級上學期所學過光學單元：光的直進、針孔成像、以及平面鏡的反射。

根據上述研究目的，在本研究有兩個主要待答問題：

1. 探討有、無科學解釋文字鷹架融入 POE 教學，對八年級學生光學概念學習成效的差異
 - 1-1 兩種教學模式在八年級學生光學概念成就測驗表現之差異
 - 1-2 兩種教學模式在八年級學生光學概念成就測驗概念改變人數比例之差異
2. 探討有、無科學解釋文字鷹架融入 POE 教學，對八年級學生在光學單元之科學解釋能力的影響

1.3 名詞解釋

本研究中重要的名詞界定如下：

1. 概念改變與概念改變教學：

本研究中的概念改變以認知學派的觀點出發，指個體在面對外在刺激，重新修正建構自己的基模以適應環境的一種過程。在概念改變的教學策略選擇，採用由 White 與 Gunstone(1992)所發展出來的 POE，預測-觀察-解釋作為課程設計的策略。在 POE 步驟中，當個體的預測與觀察發生不一致，會造成認知上的衝突，進而使個體產生對原有概念的不滿足，這即為概念改變的關鍵(Posner et al., 1982)。在此研究中使用兩種工具作為評量概念改變的成效，一為光學的二階層概念診斷測驗，另一個為 POE 活動學習單。

2. 科學解釋文字鷹架：

本研究中所提供的科學解釋文字鷹架是指在學習單中所提供的文字提示，要求學生寫出兩個證據以及提出做為連結主張與證據的支持，目的在協助學生克服在使用證據來推論理由的困難(McNeill et al., 2006)。因此在實驗組中的學習單設計分為三個項目：主張、兩個證據與支持；控制組則按照一般的 POE 教學設計，分成預測、觀察與理由(解釋)三部分。

3. 科學解釋和科學解釋能力：

本研究中的科學解釋分為三項要素：主張、證據與支持。此模型是 McNeill 等人 (2006) 參考 Toulmin (1958) 的論證模型簡化的結果。因為 Toulmin 論證模型中，論證的五要素的使用(主張、證據、理由、支持與反例)對研究者或哲學家有時候都有困難性 (van Eemeren et al., 1996；引自 McNeill et al., 2006)，對中學生而言就更加困難。所以 McNeill 等人將其五個要素簡化成主張(Claim)、證據(Evidence)與推理(Reasoning，或稱為支持)三個要素，成為中學生也可以使用的版本。

科學解釋能力指的是學生是否能對自然現象的發生，提出合理的原因與解釋。一個好的科學解釋必須是要能提出清楚的主張、找出適當的證據，並能將證據與主張間關係描述清楚，另外在解釋中包含的概念正確性與邏輯推理的完整性也是評量科學解釋能力的重點。

1.4 研究的限制

本節依照研究與情境的限制討論如下：

1. 研究設計的限制

(1) 教學法：

文獻中提到的概念改變教學策略眾多，而不同概念改變教學策略所依據的概念改變理論與預期的概念改變成效皆有所不同。本研究採用的概念改變教學策略為 POE，研究結果可能無法推廣到其他概念改變教學策略上。此外，由於概念本身是相當抽象且有個人獨特性(Pfundt & Duit, 1991)，因此要設計出一個適用於所有不同個體的 POE 教學活動，是件相當困難的事，故在設計 POE 現象時雖以大多數學生另有概念出發，但無法包含全部的另有概念。

(2) 研究工具：

本研究的主要研究工具分為兩部分，第一為量化的光學二階層概念診斷測驗。此份診斷測驗參考黃可欣(2006)及李采衷(2003)發展出的光學二階層診斷測題。由於兩份試題涵蓋的概念相當廣泛，研究者已將與主題無關的題目剔除，整理出一份共十一題的診斷測驗。但由於診斷測驗的工具非研究者自己發展，所以診斷工具的題項設計與 POE 活動內容的配合上有所侷限，例如在針孔成像單元中，有一題題目是「將針孔戳大後成像的變化應是如何？」而因為在教學活動中，教具需重複使用，針孔成像的模型無法讓學生操作這一項動作。另外，從二階層診斷測驗中只能得知學生是否知道科學概念的結

果與原因，而無法得知學生在 POE 活動中運用概念來解釋現象的表現是否有不同，即使學生在紙筆測驗中回答正確，也不代表他可以在生活上運用，Roth 與 McGinn (1998) 的研究就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。

另一個研究工具為 POE 活動所使用的學習單，此學習單分成有、無科學解釋文字鷹架兩種，在學習單中主要是針對學生概念是否正確、推理有無邏輯以及科學解釋的品質去做評分，但因評分項目多且須反覆檢核並製作錯誤編碼對照表，是件相當耗時耗力的工作，故在學習單評分採用偏質性並作抽樣分析，可能無法進行大規模推廣。

2. 情境的限制

(1) 樣本選取：本研究的對象是八年級的學生，研究者以方便取樣的方式，選取台灣北部的學校的五十七名八年級學生，因樣本人數有限，並不適合過度推論到全部八年級的學生。

(2) 範圍選擇：本研究所設計的 POE 活動概念改變所採用的內容範圍為八年級上學期所學過的光，其中可再細分為「光的直進」、「針孔成像」與「平面鏡成像」三個主題。研究內容的結果無法涵蓋其他光學的內容如「光的折射」及「色光」等單元。

(3) 實施限制：礙於國中課程有安排進度，所以研究實行時間只能選在寒假輔導期間進行，此時學生上課的心態與參與度可能與平時有所不同。

1.5 研究價值與貢獻

科學解釋融入 POE 策略為 POE 教學法開啟了一個新的方向，在過去的研究中，進行 POE 活動時，學生提出的科學解釋品質往往非研究者關心的重點。而科學解釋好壞是否會影響到概念改變的程度？過去比較少有研究往此方向進行。

在本研究中不只著重於 POE 教學前、後學生於光學概念的改變，並另外使用科學解釋文字鷹架幫助學生在觀察中找出證據，對觀察前後的概念改變與科學解釋之間的關係做一連結，以提高學生在科學解釋的能力。對學生已經產生的光學另有概念，能夠做一修正。

2. 文獻探討

本章分為三節，第一節將從光的另有概念開始探討，解釋何謂概念以及另有概念的定義與來源，並將文獻中提到常見的光學另有概念做歸納。第二節探討概念改變的理論與教學法，並深入探討 POE 教學策略的內容，以及為何 POE 能改變學生概念。最後一節在定義科學解釋與文字鷹架，並提出科學解釋文字鷹架為何能提升科學解釋能力。

2.1 光的另有概念類型、來源與另有概念診斷方式

這一節將從光常見的迷思概念、來源與探究另有概念的方式加以討論。

1. 概念(Concept)定義與形成

概念是有組織的資訊或知識體(Klausmeier, Ghatala, &Frayer, 1974)。Reif(1987)針對科學概念作出更嚴格的定義，認為科學概念不同於一般生活上的概念，必須具備精密性、一致性和高度通則化。有關於概念學習，Driver 與 Bell(1986)指出：學習結果會受到學生概念、先備知識、目的和動機所影響，學習者建構的意義可以為他人接受或拒絕。Glynn(1991)也提到舉凡感官、日常用語與社會環境與教學都是建構概念的來源。Driver 與 Bell 亦指出學習是內在意義的建構，是主動且持續發生，即概念為一種動態的改變。

綜合以上理論可得知，概念是一個相當抽象的名詞，根據上述各家說法，可以簡單定義概念為：個體與環境交互作用，所形成的動態、抽象且有組織的資訊或知識體；或是個體想要了解事物，經過一連串思索形成的產物。

2. 另有概念的定義與來源

(1) 另有概念定義

文獻中對迷思概念(misconception)，常有不同的稱呼方式，如原有知識(prior knowledge)、另有架構(alternative framework)、另有概念(alternative conception)等。Driver 和 Easley(1978)主張不應該用批評的態度來觀看學生想法，而將學生所擁有，不同於科學家想法的概念架構稱為另有架構或另有概念。

高紹源(1996)定義迷思概念為：「舉凡學生對某一科學概念的解釋與教材內容部分相同或不相同，亦即與科學界所定義的有所出入者，即視為迷思概念。」吳淑珍(2004)將另有概念歸類以下特性：① 是零碎不周全的；② 隨情境而變的動態發展過程；③ 針

對個人而有獨特性；④ 某些另有概念具有普適性；⑤ 穩固不易改變的。當學生學到的科學理論與個人的理論兩者發生衝突，就容易造成迷思概念的產生(熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫等譯，1996)。

綜合以上說法可知，迷思概念有別於正統科學概念，根據許多的研究可以知道，不管是哪個國家、不同性別、年齡，迷思概念是普遍存在的，且當迷思概念轉變成一種直覺與習慣的累積，在處理或詮釋生活經驗時，會比使用真正科學概念解釋來得容易。這時，此種積誤已久的概念很難被改變，有相當強的頑固性。

(2) 另有概念的來源

綜合許多研究後發現，另有概念的來源可歸納為下列四大類，分別是生活經驗、個人特質、語言和教學：

① 生活經驗：

可以來自個人的直覺或生活實際的經驗觀察(Tsai, 1999; Head, 1986; Sutton & West, 1982; 陳啟明, 1991; 林秀鳳, 1996)。當學生從先前本身經驗世界所產生的「先前概念」、將相似的概念重疊在一起就可能造成非科學的理論(蘇育任, 1990)。

另外，也可能是生活中社會文化所造成的，例如同儕文化之間的鼓勵、同儕想法的影響、在同儕之間被允許的意見(Jiang-Broadstock, 1992; 陳啟明, 1991)。

② 個人特質：

Tsai (1999)提出個體具有認知發展不成熟或與生俱來的觀念、概念發展歷程的混淆。這與Head (1986)提出學生本體論、固有的理念相似。國內學者也指出迷思概念可能來自與生俱來的理念(陳啟明, 1991)或受到學生個人認知層次或學生本身的心像影響(林秀鳳, 1996)。

③ 語言：

一些生活常見的慣用語與正確知識不同，但因為人們長期的使用之下，在學習新的科學概念會有混淆情況甚至造成衝突(Tsai, 1999)，另外類比的錯誤、隱喻的使用、字義的聯想、混淆、衝突與知識的缺乏，也是語言常見的迷思概念來源(Head, 1986; Sutton & West, 1982; Jiang-Broadstock, 1992; 林秀鳳, 1996; 陳啟明, 1991)。當學生了解名詞但不瞭解內涵時，學習科學就容易發生問題(Glynn, 1991; 蘇育任, 1990)。例如：「光波」就會讓人有光如同波浪般前進而非直線的誤解。

④ 教學：

先前的教學也是迷思概念的來源(Tsai, 1999 ; Sutton & West, 1982)。這裡的教學可以是正式的學校教學，例如來自教科書的內容及教師教學的過程(陳啟明，1991)，也可能來自兒童生活周遭的非正式學習如電視、兒童文學、科學博物館(Jiang-Broadstock, 1992)，或父母親兄姊長輩的教導或所影響(林秀鳳，1996)。

其中因教材而造成的迷思通常是因為內容的錯誤或順序、難易安排不當。而教學課程則是由於教師對學生的迷思概念缺乏察覺、學生過度依賴教學、過分強調講述法以及「只要教，就馬上會學到」的假設(Glynn, 1991)。

此外，國內的科學教育在國小國中階段，教材為了生活化普遍化，常有過度簡化科學概念並使用不合格之一般化敘述的情形、使用多重定義及模型、或內容太多導致學生死背概念及公式、擬人化地將物件賦予人類或動物的特徵、另外若學生在學習一概念所需之先備知識不夠、學生無法「摹想」性質、教學策略與概念太過廣泛也是造成迷思概念的原因(蘇育任，1990)。

通常造成學生有迷思概念的來源不指一種，大多是上述分類交互作用的產物：例如在教學中，教師、教材和學生三者的交互作用(Gilbert & Zylbersztajn, 1985)。

3. 光的另有概念的類型

本研究將主題聚焦在光的直進、影子的形成、針孔成像原理、光的反射與平面鏡成像等概念上，將另有概念分為成以下幾項：

(1) 光的直進與影子產生：

經過研究後發現，學生與少數國小教師會以波浪狀來表示光的行進路徑(Bendall & Goldberg, 1993；王龍錫、林顯輝、張靜儀、王麗真，1992)；另外，有些人認為光是一種實體，一點光只能發出一條光線，朝固定的方向傳播，而非向空間四面八方發射(張麗莉，2001；Rice & Feher, 1987；Galili, Bendall, & Goldberg, 1993；Galili & Hazan, 2000)。

學生常認為影子的形成是由光照到物體反射，或無法透過而折射形成；有些學生認為影子是因為光受到偏離或阻礙，或是由光照在物體上，物體在發出影像所形成(黃湘武、黃寶鈿，1988)；在黑暗的地方也有影子的存在(Rice & Feher, 1987；邱韻如，1998；引自黃可欣，2006)。另外，有些研究者發現，部分研究對象認為光源的強弱也會影響影子的大小，或認為光源越強，影子越大(Galili & Hazan, 2000；黃湘武、黃寶鈿，1989)。有一些較特殊的迷思概念指出學生認為影子與平面鏡成像是一樣的，影子是真實的像的複製(Galili & Hazan, 2000；Feher & Rice, 1988)。

綜合以上研究，學生在「影子形成」如此生活化的經驗就有著許多不同的想法，為了幫助學生能正確將影子形成原因與光行進性質的關係做連結，設計 POE 教學活動時將重點放在：讓學生觀察光線是否真的走直線，進而觀察與推論光源、物體與影子的位置關係。

(2) 針孔成像：

縱觀國內外研究，對國中生進行紙筆測驗及晤談後發現，學生會用反射、折射去解釋針孔成像，學生認為光通過針孔會產生擴散或是偏折甚至利用投影理由做解釋(王晉基、郭重吉，1992；Rice & Feher, 1987)。

有些學生認為光是以平行方式通過針孔，成像的形狀方向會與原物相同(Rice & Feher, 1987；Goldberg & McDermott, 1986；Galili & Hazan, 2000)，Rice 等人將之稱為整體模式。另外 Rice 等人還歸納出幾種錯誤模式：① 符合模式：以針孔大小來描繪成像；② 擠壓模式：影像成漏斗狀，因為是擠壓至小孔形成。此外，學生認為若將針孔遮半，像也會變成原本的一半(Rice & Feher, 1987；Galili & Hazan, 2000)。

針孔成像雖然原理並不複雜，但學生另有概念卻相當多。可能比起影子形成與平面鏡成像，針孔成像相對地比較陌生，故 Galili (1996) 主張在光源的教學活動中，可使用針孔成像實驗來促使學生觀察。在 POE 活動設計中，對針孔成像設計一系列有關成像性質的問題，並讓學生動手操作實驗，增加學生在觀察針孔成像上的實際經驗。

(3) 光的反射與平面鏡成像：

Driver、Guesne 與 Triberghien (1985) 指出不同年齡層的學童對光反射的概念的差別：大部分十到十一歲的學童是沒有光反射的概念，但十三到十四歲時，會具備此種概念，可能是因為經過教學所致。

許多學生認為只有光滑表面才會產生反射現象(郭金美，1999；Shapiro, 1989)。另外，Shapiro 還提出，光碰到障礙物(如石板)不會反射，也不會穿透或被吸收，而只會停留在表面。至於能夠反射光線的物質必須是特定材質，如金屬或玻璃(許有亮，1997)，曲面鏡不適用反射定律(Galili et al., 1993)。

在解釋平面鏡的成像原理時，即使是大部分的職前教師都有許多困難，教師可以提出要有光的存在，但無法正確清楚解釋出平面鏡成像原理。(Bendall, Goldberg, & Galili, 1993)。

邱韻如(1998)歸納出幾種學生常見的平面鏡成像非科學解釋模式，第一種為無解釋模式，鏡子的功能就在產生像；第二種為折射模式，學生認為光遇到鏡子發生折射進入鏡子中，使物體成像左右相反 (Fetherstonhaugh, Happs, & Treagust, 1987; 陳忠志, 1988; 王晉基、郭重吉, 1992)；第三種為複製模式，光反射把物體映在鏡子中；第四種為照射模式，光直線地把影像傳到鏡中。

至於成像的位置與大小，許多學生無法說出平面鏡成像位置，甚至認為平面鏡的像是被投影在鏡面上或是鏡子前方(Fetherstonhaugh et al., 1987 ; 陳忠志, 1997)。Fetherstonhaugh 等人提出，學生認為像的大小由物體與平面鏡距離決定，靠得越近像越大。陳忠志則指出學生會由光源位置決定平面鏡成像的大小。

除了解釋平面鏡成像時，學生容易產生位置與成像原理的混淆，根據研究學生也無法清楚的區分出虛像和實像的差異(王晉基、郭重吉, 1992 ; 許有亮, 1997)，甚至有些學生認為把鏡子遮一半，成像就變一半(邱韻如, 1998 ; Goldberg & McDermott, 1986)。

由以上可知，平面鏡成像在生活中雖然隨處可見，但要正確的解釋出成像原理，仍不是件容易的事，因此在課程內容上，以平面鏡成像的基本性質、物體和像的大小與位置做為出發點，結合反射定律，探討觀察角度與物體位置對成像的影響，作為 POE 活動概念改變的設計藍圖。

4. 另有概念的診斷方式

研究迷思概念的方法有很多：量化研究常使用封閉或開放的紙筆測驗、以及二階層診斷測驗做為工具；質性研究常採用晤談法及概念圖法等方法。

下表中將常見診斷另有概念的方式，與各方法的優、缺點整理成以下六種：

表 2-1-1 各種概念診斷工具的比較

探討迷思概念方法	方式	優點	缺點
診斷式傳統測驗題	使用紙筆測驗	客觀、方便且可以大量施測	不夠深入
二階層診斷測驗	第一階層測量科學概念的理解、第二階層再以問答題方式來探究	比傳統選擇題更能深入探測學生想法且保有原來的優點	製作一份完整的二階層診斷測驗試題相當耗時耗力
概念圖法	畫圖展現概念之測量	可描述學生在教學之前已存在的基模	對部分學生而言化概念圖是困難的任務
晤談法	以語言做媒介來探測學生內心想法	可以深入探討學習者的真正想法	教師須受過晤談訓練、耗時耗力
Vee 圖	利用集合關係圖做為推論學生觀念或想法,以空間和概念兩個項度來檢驗知識	顯示新知識與現有知識的交互關係、定位出研究問題的流程與活動段落,適合用在探究學習歷程	進度不易掌控、探究時間不足易造成後續議題不易產生、假設與實驗方式有差不易獲得預期結果
語意流程圖析法	由學習者將學習到的內容以口語敘述提出說明和解釋。錄音後,再轉成具體的流程圖的一種工具	能透過圖像表徵呈現學習者內在	因訪談問題不具引導性,重點容易失焦

(資料來源：改編自張惠博，1999)

在上述診斷工具中，選取本研究會用到的方法：紙筆測驗與二階層診斷測驗做進一步討論。

(1) 紙筆測驗

紙筆測驗是採用將測驗題印成文字的方式，受試者用筆在試卷上書寫答案，成為文字測驗(張春興，1989)。此種測驗方式比起了其他測驗方式，較為經濟且客觀，且可以大量實施。紙筆測驗的命題可以分為兩種：① 封閉式：制式的答案，如配合題、是

非題或選擇題；② 開放式：沒有固定的標準答案、格式。如申論或問答。

封閉式的缺點在無法測量到一些較特殊的學生想法，因為選擇的選項中可能無此項目，導致學生會胡亂選擇，或選擇接近的選項，且有些學生會以自己的另有概念去解釋正確的現象，造成學生可能答對但是有另有概念無法被偵測出來的現象。開放式的缺點則是：學生文字表達能力若不足，或比較懶得書寫，會導致研究的分析不易進行，評分者的評分也易以主觀的角度去評判，容易失去客觀性，導致信度跟效度一般而言低於封閉式測驗。

儘管紙筆測驗有它的缺點，但它可以大量的施測且方便研究者作分析，所以仍受到許多研究者的青睞。郭重吉(1990)認為設計良好的紙筆測驗還是可以成為評估學生科學上的概念的好方法。

(2) 二階層診斷測驗：

二階層診斷測驗，又稱為二階層評量、雙階層式測驗、二段式測驗。比起其他診斷迷思概念的工具，二階層評量具有「快速」且「直接」的特性(黃可欣, 2006)。Haslam 與 Treagust (1987)發展了二階層診斷測驗(Two tier multiple choice)，此測驗分為兩個階層，第一階層是在了解學生對概念理解情形，第二階層要求學生要選出在第一階層所回答問題的理由；若學生在第一階層答對，但第二階層卻答錯，這名學生在此觀念上就有另有概念的存在。

使用二階層診斷測驗可以大規模且快速地得知：① 正要教學的學生所持有的原有概念；② 已經學過此單元的學生有哪些最多或具代表性的另有概念。教師可利用這些資訊設計出適合的教學方式或發展出教學策略，使學生在有限的上課時間內，能做正確的概念調整以符合科學界定。在教學後，也可以針對部分學生持有的另有概念，再進行補救教學。

國外已經有很多發展二階層診斷測驗相關研究。Treagust 與 Haslam (1986)曾利用此種評量形式，探討中學生在呼吸作用、植物光合作用、共價鍵與分子結構等主題的迷思概念。Franklin(1992)也發展了有關力、光、電、熱等主題來診斷迷思概念。另外 Odom 和 Barrow(1995)也發展診斷大學生物系學生在生物的擴散作用與滲透作用的二階層測驗。國內在各領域也有許多此類評量工具的發展，如物理上主題上有光學、槓桿、力與運動；化學則有氣體、元素與化合物；生物則有演化等。此類二階層診斷工具皆經過大樣本施測，適用年紀從國小到國、高中等，皆經過多次檢驗，在診斷另有概念之能力上達到一定的信效度。

在本研究中因考慮到研究對象、欲探討之概念與題項的對應性以及題目信效度，在

量化的研究部分，將黃可欣(2006)所發展出的光學兩階段評量刪去與主題不相關的題目，並結合了李采衷(2003)在光的反射題目的其中一題，作為診斷學生概念的工具。

小結：光學因貼近生活，反而成為產生另有概念的來源，而除了來自生活經驗，另有概念也可能為個體本身、環境或教學所造成。當學生以自己的經驗去做知識建構，往往有別於正統科學的定義，且此概念一旦形成，就不容易消除或改變。故在此小節中將光學在直進與反射上進行討論，分析學生有哪一些常見的另有概念以及另有概念的來源，以此另有概念做為 POE 活動設計的參考，希望能藉由如此設計的教學，達到改變學生的原有概念。在學生的概念診斷上，考量到評分客觀性、大量且快速的優點，在此研究中主要是採用光學的二階層診斷測驗作為概念診斷前、後測的工具，並以學習單分析為輔。



2.2 概念改變

這一節主要探討何謂概念改變及概念改變條件，並深入探討本研究所使用的 POE 策略及相關研究。

2.2.1 概念改變

這一節將從概念改變的定義、困難、條件與常用的教學策略作探討。

1. 概念改變的定義

Chi、De Leeuw、Chiu 與 LaVancher (1994) 對概念改變提出操作型定義：

「一個概念本身意義是由其所屬類別所決定，所以概念所屬的類別發生改變就是概念改變」。Chi (1992) 提出本體論，將概念的屬性分為三個類別：物質、過程和心智狀態。物質指的是事件的特定條件或物體的屬性。例如：綠色的葉子；過程則是指事件的序列關係，這樣的序列關係可能含有因果也可能是機率造成的；心智狀態則比較偏向情意，例如傾向和情緒。

Thagard (1992) 概念改變的情形分為：信念修正、分支跳躍與樹轉變。信念修正為概念增加或刪除；分支跳躍為簡單增加一點新的類別相關概念，或將舊的類別或種類排除；最後的樹轉變較難，要做概念的類別階層性或根本性的改變。

Tyson、Venville、Harrison 與 Treagust (1996) 整理相關文獻，歸納不同學者對概念改變所提出看法，指出概念改變時，若新舊概念沒有衝突，只是增加新的知識到舊有概念中，而原本的結構沒有改變，則為增加；但若個體稍微調整原基模以便去接納新知識，有如 Piaget 提出的同化，又稱弱修正；最後一種則是新知識與舊概念衝突，原本的知識結構需做大幅調整，甚至整個推翻重建，則稱為調適也就是強修正。如圖 2-2-1 所示：

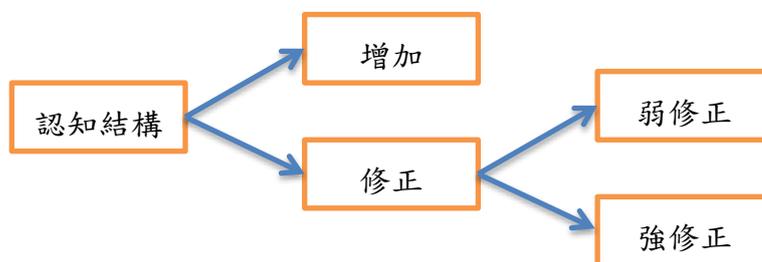


圖 2-2-1 概念改變的二分法觀點

(修改自 Tyson et al., 1996；引自陳勇昌，2008)

依照上方的二分法，將各家學者在概念改變的觀點作一對應表，如下表 2-2-1：Posner 等人 (1982) 認為當強修正產生時，才可稱為概念改變；Tyson 等人 (1996) 與其他學者則

提出不論是強修正或弱修正，皆屬於概念改變(如表 2-2-1)。

表 2-2-1 各家學者主張概念改變的類型

提出者 (年代)	增加	修正	
		弱修正	強修正
Rumelhart 和 Norman (1981)	增加(accretion)	調整(tuning)	重建(restructuring)
Carey (1985)	新概念產生，但舊理論不變	輕微的概念改變	強烈的概念改變
Kuhn (1970)			典範轉移(paradigm shift)
Vosniadou (1994)、 Vosniadou 與 Brewer (1987)	豐富(enrichment)	弱重建(weak restructuring)	根本重建(radical restructuring)
Dykstra (1991)	區別(differentiation)	層級擴張 (class extension)	再概念化 (re-conceptualization)
Chi (1992)		類別內轉換	類別間轉換
Thagard (1992)	信念修正	分支跳躍	樹轉變
Hewson (1981)		概念捕獲	概念交換
耿筱曾 (2000)	概念獲取型	概念重組型	概念替換型

結合二分法觀點，可將概念改變的特質歸納為下列幾種形式：(一) 不同種類與性質關係改變，如同類別間轉換，例如孩童從具體感官經驗轉變成抽象或功能性思考(Werner & Kaplan, 1963)。(二) 在理論上的改變，從原基模劇烈改變到基模不變可分成：舊理論消逝然後產生新概念(Gopnik & Wellman, 1994)、隨著新理論漸漸演化，慢慢地舊理論消失(Wiser & Carey, 1983)、新概念產生，但舊理論不變(Carey, 1985)。(三) 關聯的轉變：類似弱修正，在個體在不同年齡有著相同的理論，但在做連結現象時選擇的重要性發生改變。

若只將強修正視為概念改變是比較嚴苛的，根據研究也比較難達成。故本研究中所指的概念改變採用較廣義的定義，將概念的增加、以及強、弱修正都視之為改變。而本研究中的強、弱修正是依據學生在二階層概念診斷測驗的前、後測中，所發生改變的情形，若某生在前測某一題兩個階段全錯，但在後測則兩個階段全對，在本研究中稱為進步的強修正；若由部分對轉為全對或是全錯變成部分對，則為進步的弱修正。

2. 概念改變的困難

很多研究指出，要使學生概念發生改變是很困難的(Driver, 1983; Liew & Treagust, 1995; Gunstone, 1990)。Pfundt 和 Duit(1991)回顧過去文獻，發現迷思概念具有以下特質：個人的(personal)、固執的(persistent)、一致的(consistent)、強韌的(robus)、以及穩定(stable)的特質。每個個體或多或少都有這些特質，這些特質會阻礙學習的概念轉變(Osborne & Freyberg, 1985; Osborne & Wittrock, 1983; Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985；引自邱美虹，2000)。而邱美虹綜合了自己的研究與國外的研究後，提出三點學生另有概念難以改變的原因：概念是抽象的、概念是複雜的、概念是微觀的。

Chi、Bassok、Lewis、Reiman 與 Glaser (1989)指出有些較難產生改變的物理概念，如：力、熱、溫度和電學，原因為這些項目原屬於物質類，但科學上的定義卻屬於過程類別，所以學生要能跨越類別，才能得到正確的轉換。而在概念的轉變中，若是在同一類別中產生重組、修正是比較容易的；如上例中的不同類別間轉換是比較困難的。Posner 與 Strike(1985)等人認為概念難以改變的原因是因為，學生使用基模在看待新來的科學概念時，常常無法了解新概念的意涵。所以對學生而言，新概念有無法理解的、不合理的特性，學生會因此抗拒使用新的概念。另外，Sweller、Merrienboer 與 Paas (1998)提出認知負荷理論，指出學生在獲取概念建構基模的學習過程中，若有多餘或無關的訊息佔據短期記憶，會增加認知上的負荷，造成概念學習的困難。

總而言之，概念被視為具有抽象、微觀、複雜的特質，並來自個人生活經驗，所以有穩定、強韌且固執的特性；而在不同類別間的概念轉換是較困難的，這也是強修正不易發生的原因。

3. 概念改變的條件

Chi、Slotta 和 De Leeuw(1994)認為概念改變是件困難的事，並從本體論提出概念改變的步驟條件：學習本體論中，新的類別性質及類別中個別概念的意義，最後重新指定概念到正確的本體論類別中。

Posner 等人(1982)則提出概念改變模式(CCM)的四個條件：

- (1) 不滿意(dissatisfaction)：必須對原有的概念感覺到不滿意。
- (2) 可以理解的(intelligible)：學習者對所要學習的新概念必須是能了解。
- (3) 是合理的(plausible)：新的概念必須是符合真實世界常理的。
- (4) 豐富且廣泛(fruitful)：新的概念必須能解釋更多現象的，且適用不同情況。

這四種條件的觀點比較偏向於心智模式的轉變，認為概念改變是一種進步的過程，且預設的前提為「概念改變並非一種自然就會發生的過程，需要經過認知觀點上發生衝突，才能達到此目的」(楊文金，1993；引自陳沛瑩，2004)。

4. 概念改變的策略

為了幫助學生進行有意義學習，有許多的概念改變方法被提出，本研究採用 POE 教學做為概念改變策略，主要是因為 POE 可以引出學生原有概念，提供真實觀察情境進而引發概念衝突，且透過討論與澄清，對現象做出合理解釋。另外，POE 教學比起其他方法更有彈性，可以根據主題不同，進行教師示範實驗、使用多媒體播放情境影片或讓學生親自動手操作實驗。以建構主義理論來看，POE 與實驗結合，可以創造情境與產生學習者的認知衝突，且能給學習者具體學習經驗 (Gunstone & Champagne, 1990)。而不同於一般單純做實驗之處，此教學策略強調引導出學生原有概念並製造情境衝突的機會，以達到概念改變的目的(陳沛瑩，2004)。

以下將分成三點詳加討論，分別是：POE 的理論基礎、教學流程、優點與限制。

(1) POE 的理論基礎

POE 被設計為一種幫助學生建構科學知識與理解的工具(Clayton, 1993; Searle & Gunstone, 1990)，此種策略被視為能夠引發學生興趣的一種教學活動，只要教師能夠安排適當的課程內容，製造概念衝突的情境，就能有機會改變學生的概念(Liew & Tregust, 1998)。

此種教學方法源自於 Pittsburgh 大學，由 Champagn 等人(1980)，所發展出以瞭解大學一年級學生對古典力學與牛頓力學概念的理解。一開始的設計名稱為 DOE (Demonstration-Observation-Explanation) 示範-觀察-解釋。學生先進行紙筆上的測驗後，教師作實驗教學示範，讓學生觀察測驗題項中所對應的現象，再要求學生對答案提出解釋。Gunstone 與 White (1981) 將 DOE 改良為 POE (Predict-Observation -Explanation)，主要理由是先讓學生進行預測，有助於提高他們的學習動機與興趣。

比較 DOE 和 POE 的差異有以下三點：① POE 比 DOE 更著重在讓學生進行預測現象而非直接觀察教師的示範；② POE 是一種教學法而 DOE 比較偏向是一種概念診斷方

式；③ DOE 與 POE 都能發現學生的另有概念，但 POE 還能看出學生的概念歷程的改變(王淑琴，1993；陳沛瑩，2004；Gunstone & White, 1981)。

在設計上，POE 重視提供實驗示範，因為實驗能提供真實的情境，需讓學生產生具體實際的經驗。但其難度設計必須考慮到學生原有的概念，實驗的內容須符合教學的內容，實驗觀察與結果必須由學生思考討論後給予意義，才能達到修正原有概念的效果(林陳涌，1995)。中小學學生常常操作完實驗，卻沒有對其中意義進行思考，在使用 POE 策略幫助下，可引發學生的後設認知，進行反思，達到實驗的教學效果。

White 與 Gunstone(1992)也主張 POE 教學策略能提供學生更多與同儕分享想法的機會，是一種符合建構主義的教學策略(引自 Liew & Treagust, 1995)。且 POE 不但強調學習者經由觀察現象，來建構自我內在認知，同時主張分享、討論與社會互動，兼具了激進與社會建構主義兩者的教學理論。

將 POE 教學步驟與概念改變條件做連結：在預測(P)步驟中，因「預測」非「測驗」，比較不具有正確答案的標準，讓低成就學生也能勇於表達自己想法，此步驟在引出學生原有想法，並進一步提出理由(E)，這時的理由是讓學生思索為何有如此想法，此步驟可以結合小組討論，使一些表達能力較差的同學，可以透過同儕討論形成自己的理由，通過小組的討論，也可能在其中引發第一次的概念衝突。當教師確認前兩步驟完成，就可以進行實驗觀察(O)，若實驗結果與預期不符合，會引發概念上的矛盾，將進而引發第二次個體對原有概念產生不滿意的情形，將促使其主動去形成尋找新的解釋(E)，當學生要對此新的結果做出合理的解釋，透過教師指導與同儕討論，若形成的新概念能解釋現象，則此概念具有可以理解與合理的特性。即使實驗結果與預期相同，理由仍受到檢視，以確保想法符合科學定義。

整個 POE 的學習情境必須建立在真實情境中，對學生而言，實驗的結果才具有說服力，當學生能將新概念豐富而廣泛的應用到生活情境中，此概念改變才能達到穩定，而不是暫時發生的。故 POE 活動在進行時，通常為數個相關的設計，且每個 POE 活動之間的概念緊緊相扣，互相呼應。

(2) POE 的教學流程：學生要對某一現象做出預測結果，並提出預測結果的理由，接著教師進行示範實驗或讓學生動手操作，學生記錄下觀察結果，最後在對實際觀察的現象做出解釋，若與預測有衝突必須想辦法協調兩者間的概念差異(White & Gunstone, 1992)。這一種教學歷程可以讓教師知道學生原本所持有的概念，又可以激發出學生對原有概念的不滿意，而當新概念是可以理解且合理的，就能被學生接受，促使概念發生改變。

POE 的教學策略的步驟如下圖 2-2-2：



圖 2-2-2 POE 教學步驟

當學生發現預測與觀察並不符合，應該與教師同學共同討論他們的想法，一同找到最適合且多數人都能認同的解釋。以下以 POE 練習的學習單為範例格式，分成四個部分：預測-理由-觀察-解釋。先提供一個情境，並在預測的地方以封閉式的選擇題讓學生選擇可能發生的現象，而在理由、觀察及解釋則採用開放式問答。以下圖 2-2-3 為例：有一情境如下，同時加熱相同質量的油與水，到水沸騰時，請學生先預測哪一杯液體的溫度較高，除了預測結果之外，學生還要在右邊提出符合預測的理由。接下來由教師進行示範實驗或讓學生分組操作，實驗結束要記錄觀察結果，並再提出實驗結果的解釋。

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，兩杯液體質量相等。放入溫度計之後，同時加熱，直到水開始沸騰，哪一杯的液體溫度較高？

預測： 水
 食用油
 兩杯溫度一樣

理由：

觀察：

解釋：

圖 2-2-3 實驗活動範例-食用油與水的加熱(摘自 White & Gunstone, 1992)

但在使用上 POE 也有一些需要注意的限制：① 觀察到的現象要用自己的知識去推理解釋，對小學生程度而言有相當的困難性；② 主題若過於抽象，例如莫耳或原子。就無法做出立即的觀察和回饋；③ 適當的矛盾與衝突現象可以引發學生學習興趣，但若每次都無法正確預測或超出學生能力之外，學生對於學習就容易產生負面態度而會胡亂猜測而不願做實際預測(林嘉琦，2005；White & Gunstone, 1992)。故在設計 POE 活動概念改變要考慮到研究對象的年齡層，選擇適當的主題來設計適合學生程度的活動，並注意實驗的觀察對學生是否清楚，以免因觀察錯誤產生更多另有概念(林嘉琦，2005；White & Gunstone, 1992)。另外，POE 活動並非只在引起動機，藉由班級內討論獲得的

結果，以及結果的延續才是完整教學的重點(葉辰楨，2000)。

小結：概念要發生改變並不容易，概念改變為個體要主動察覺到新的刺激，且此刺激與原本的基模不符合，產生衝突與矛盾，使新資訊增加、原概念更動甚至重新建構。學生之所以固守自己原本的信念，是因為這些既有的想法來源通常為自身生活的體驗，這一種概念的累積具有不易改變的特質。即使經過教學，他們也會選擇性忽略掉那些使用他們原有想法，不能解釋的現象，教師若未能察覺並提出即時的糾正，教學活動便無法達到預期的效果(Hashweh, 1986)。故在教學上，教師須選擇能配合教材的教法、了解學生學習的困難與先備概念、製造適當的概念衝突情境、給予學生有主動學習的時間與操作實驗的機會，另外，與同儕或教師進行意見討論也是一種透過對話製造概念改變的方式。

POE 教學法已被許多的國內外的研究證明是一種有效促進概念改變的方法，因除了引出學生原有概念外，還能經由實驗或多媒體提供情境，製造概念衝突的契機，並通過紀錄可以看出學生概念發展的過程。另外，學生在提出自己的理由來解釋預測的主張時，需要對原有的知識體系加以分析歸納，此過程可以培養出學生建構科學解釋的能力，進一步淬鍊出其對科學的看法。可以說 POE 策略能為科學解釋提供一個良好的情境，而科學解釋的原則則提供 POE 教學活動中一個明確的方向。但因在 POE 活動策略中，並未對科學解釋的引導與評量方式提出一個依準，學生在提出理由時常會以自己的經驗而非觀察到或學過的理論去做解釋，故本研究採用科學解釋文字鷹架，來幫助學生提出好的科學解釋。

2.2.2 使用 POE 進行概念改變的實徵研究

POE 從 1980 發展至今已經有三十年的歷史，國內外已有學者提出了許多研究，以下僅針對幾個具有代表性的研究進行探討。

在國外的研究中，Searle 與 Gunstone(1990)將 POE 結合建構主義，針對大學生進行電學概念的行動研究，發現此教學策略能達到適度的效果，但產生持久的概念改變是很困難的過程。學生普遍認為課程有趣且有意義，但這非概念改變的要素，研究指出思考過程與概念改變的察覺(Baird & Mitchell, 1986；引自 Searle & Gunstone, 1990)才是教學成功的要素。Kearney(2004)配合資訊化教學，將 POE 與電腦多媒體結合，另外加上以社會建構論的觀點，將 10 到 11 年級的學生分為小組，進行在物理概念上的研究，並透過分組訪談、文件收集及錄影方式研究發現，學生經過教學後對物理的概念能力有所提升。另外發現，使用電腦作為觀察工具，使觀察可以更細緻、清楚，分組討論使學生

表達意見上更有自信，因小組提供一個安全舒適的討論環境。

至於國內有關於 POE 教學在概念改變上的相關研究，探討如下：邱顯博(2002)以擴散作用為主題，對 181 名國二、國三學生，經過一系列 POE 教學後發現，學生的正確概念由 4.4% 提升至 25.3%，學生有明顯的進步，但由此數字可知約四分之三學生的想法在教學後仍無法轉變為正確的科學概念。楊凱悌(2009)將數位影音融入 POE 教學，以國小高年級、脊椎動物分類為主題，進行教學活動，並使用二階層診斷測驗為前、後測診斷工具，結果發現 POE 組別在後測成績大部分是優於傳統教學組，但在毛毛蟲、穿山甲與鴨嘴獸分類卻不如傳統教學，研究者推論可能是由於 POE 活動中沒有特別提及部分概念所致；另外在教學時間上的限制，未能使部分學童產生認知衝突也是原因之一。在陳勇昌(2008)的色光研究中，也發現即使概念改變，屬於強概念改變的比例非常的少，多為增加或弱修正，此結果顯示要動搖個體原有的知識體系是很困難的。陳嘉蕙(2007)採用序列式 POE 教學策略進行科學解釋與科學融貫性的研究，以「大氣壓力與表面張力」為主題，對國三 30 名學生進行晤談。研究結果發現，學生對於活動中所提出的預測理由通常是不完整、不恰當的居多。而當學生預測與觀察結果一致，所提出新解釋與預測的理由之間並無明顯的不同，也就是學生滿足於結果而不再重新思考解釋是否完整，此一種情況顯示概念改變沒有發生。

以下針對與本研究相關之光學研究進行探討：王玉龍(2006)對 30 位國小進行 POE 教學，探討學童對色光所持有的迷思概念，利用玻璃紙產生色光與三稜鏡分光，利用 POE 活動學習單及訪談收集資料，分析學生概念改變的歷程。研究發現有 60% 的學生經過教學後，有概念改變的情形，且隨著越後面的主題，概念改變的正確率越高。而王盈琪(2005)運用 POE 教學策略，以 61 名國小三年級學生為研究對象，進行光的行進、光與視覺、光的反射與折射的教學，並以自編的前、後測，並輔以半結構晤談，對學生概念進行探討，發現學生經過 POE 教學後，大部分的迷思概念可修正成正確的概念。尤建捷(2008)以國中三年級 64 名學生，進行單組前後測的研究經過九個 POE 實驗教學後，學生對凸透鏡成像概念的改變，經過自編的二階層診斷測驗(內部一致性為 0.74)進行前、後測統計，發現經過教學，答對人數的比例有顯著改變。葉銘軒(2009)使用質性的晤談法，對國小六年級 33 名學生以影子變色推理實驗來探討學生的成影概念、推理類型和推理過程。他以 POE 理論為基礎，設計了五個推理實驗，利用半結構晤談收集資料。結果發現國小六年級學生對影子形成的預測結果正確率只有三分之一，大多數學生在經過實驗後，能接受實驗結果並與生活經驗結合作出解釋與結論。

小結：配合不同的課程主題，POE 的觀察設計多以真實的實驗或多媒體影片為主流，反應了 POE 活動必須建立在真實情境的主張。而研究結果多為 POE 對概念改變有幫助，

但效果仍非完美，教學設計上若有缺失可能會造成反效果。儘管如此，大部分研究對 POE 教學活動的研究還是多持有正面看法，態度方面，也發現大多學生都喜歡那樣的活動(邱彥文, 2001)，且 POE 教學活動也可以促進原本在科學上低成就的學生的進步(李家銘, 2001)。

根據 Palmer(1995)研究指出，POE 會失敗的關鍵因素在於學生討論的技巧不足，並建議針對高年級學生可搭配書寫文字的回答作為改善的方式來克服。此外，設計一個合適的 POE 教學活動是很困難的，尤其在一些較抽象的科學單元中(例如：電、擴散等單元)，經過 POE 觀察後的概念改變的成效仍然很有限。光學實驗觀察雖然多且實際實驗不少，但因其抽象的特性，在觀察設計上仍十分小心，且在解釋的步驟上，若沒有給國中生任何的幫助，往往無法提出具科學性的解釋。而 POE 教學法中並未提供學生如何形成科學解釋的規準，所以在本研究中將科學解釋文字鷹架放入 POE 活動學習單中，希望能給學生在學習活動的進行上有一明確方向，並提升科學解釋的能力，且幫助學生在概念上產生改變。



2.3 科學解釋、科學解釋能力與科學解釋文字鷹架

2.3.1 科學解釋與科學解釋能力

1. 科學解釋的定義與特性

科學解釋是為了瞭解原理，更進一步做出預測(Kuhn,1993; Driver, Newton, & Osborne, 2000；引自簡錦鳳，2008)。解釋起源於人對事情的困惑，並想要理解為何會發生與發生的過程(Nagel, 1961)，國內學者陸健體(1994)認為科學解釋越充分，就能讓越多人了解，因為它的存在是一種對推論的說明，敘述某一事件或對自然世界中的現象說明發生的原因。Ohlsson (1992)則從不同角色來看解釋，他認為對科學家而言，解釋扮演想要了解世界的角色；對學生則是想要了解科學現象，是連接抽象理論與真實事實的溝通橋樑。另外，Zuzovsky 與 Tamir(1999)提出解釋是理解的證明，讓我們可以理解、預測甚並進一步去控制現象。Bybee(2004)更進一步提出解釋是一種根據推理來的主張。

而解釋有一些辨別的特徵，Sandoval 與 Millwood (2005)指出解釋，會說明事件的因果、寫出的證據要能連結主張，清楚的說明限制的條件並排除另有解釋。林從一(2002)對於解釋定義在回應不瞭解所生出的問題，並認為以理性的假說來解釋、說明甚至預測現象，因此科學解釋須包含因果及合理性。King(1994)認為解釋有下列特性：(1) 除了描述出「那是什麼」、還應提到「如何發生」及「為何發生」；(2) 要用自己的語言表達；(3) 解釋是兩個想法之間的連結；(4) 要用資料讓解釋更清楚。Sutherland (2002)提出好的科學解釋的標準為：針對問題提出主張、由主張提正確證據、以推理連結主張和證據、使用精確地科學語言。

學習科學中，解釋能力是一個重要指標，因為科學解釋與問題解決、思考組織能力有關。解釋也可以促進他人可溝通，提升學生與科學活動過程與想法做緊密連結(黃毓琪，2007)。另外，解釋過程能幫助學生了解探究科學，而提出科學解釋的建構能讓學生投入科學探究過程，有如科學家般的進行溝通討論及思考(Driver, Newton, & Osborne, 2000; Sandoval, 2003; Kuhn & Reiser, 2005)。

Toulmin(1958)分析科學家的解釋和論證過程，提出一論證架構，包含下列五個要素：主張(claim)表示個人立場、資料(data)表示蒐集到的證據、理由(warrant)作為推論的依據將主張與資料連結、支持(backing)是取決一個論證有效與否的依據、反例(rebuttal)表示理論的限制。但此模型較為複雜，故國、高中生欲以此架構進行科學解釋

或論證則更加困難，因此美國由多位科教學者所組成的研究單位 IQWST (the Investigating and Questioning Our World Through Science and Technology)(McNeill et al., 2006)則以 Toulmin 的論證架構模型為基礎，簡化科學解釋為三部份：分別為主張(claim)、證據(evidence)、推理(reasoning)三項。減少複雜性並將原本模型中的理由(warrant)改為推理(reasoning)，以適合中學生使用。此三者沒有順序性，可以是同時發生的。

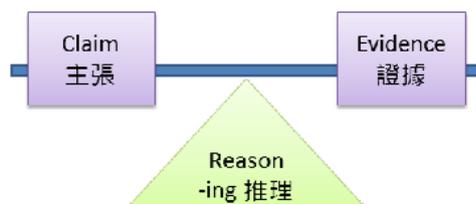


圖 2-3-1 Toulmin 模型簡化版

綜合以上各點，歸納出本研究科學解釋能力為：能對現象產生提出原因，利用證據與推理讓解釋更清楚並使用自己語言表達。總之，在做科學解釋要能清楚地提出主張、找出適當的證據，並能將證據與主張間關係描述清楚，在解釋中所包含的概念與推理的正確性也是考量因素。

2. 學生在科學解釋常遭遇到的困難

整理相關文獻發現，學生在科學解釋所遭遇的問題主要可分為下列幾項：缺乏因果關係、缺乏證據、推理缺乏邏輯與理論。

缺乏因果關係

指學生所提出的科學解釋過於簡單而不完整，以直觀而非因果關係去做解釋 (Zuzovsky & Tamir, 1999；姜滿，1993)。

缺乏證據

學生在使用證據上的能力較差，常無法使用資料或圖表去做詳細解釋，或缺乏完整機制甚至概念上發生錯誤(Sandoval, 2003; Sandoval& Reiser, 2004; Hakkarainen, 2004)。年紀小的學生常無法區別證據適當性，學生經過學習後，科學解釋能力會有所提升，但在收集、使用證據能力不足，或使用錯誤的證據而產生矛盾解釋(Kuhn, 1993; Driver et al., 1985; McNeill et al., 2006；謝州恩，2004；吳佳蓮，2006)。

學童會根據自己的假想、期望以及少數資料作描述，而非經過證明結論出缺乏意義的科學解釋(Solomon, 1986)。且先備知識會影響到學生去如何詮釋證據(Kuhn, 1993；

引自 Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996)。Zemba-Saul、Munford、Crawford、Friedrichsen 與 Land (2002)則主張由教師幫助學生找出的想法不算是證據。

推理缺乏邏輯與理論

學生所提出的科學解釋常是矛盾、缺乏科學理論，主張與證據間聯繫不足(林燕文、洪振方，2007；Driver et al., 1996)。Pallrand(1996)以評量錄音(assessment tapes)的方式呈現問題情境，要求學生預測與解釋，再添加新訊息後，要求學生修改與建構新的解釋，其研究結論為：學生的解釋為片段且零散的、他們的知識與程序在延展含義上是不完整的、學生先前所學過的知識似乎無法被應用、學生常用描述去解釋現象、在教室中所學到的概念與新情境無法連結、且概念多以片段存在(引自 Zuzovsky & Tamir, 1999)。Sadler(2004)也提出學生在提出解釋及論證時，有關主張的實證與系統描述是比較困難的。

賴韻如(2008)在使用鷹架幫助高一學生提升科學解釋能力，教學後發現，學生在提出主張的能力進步最少。然而很多研究指出學生在建構科學解釋時，最困難的地方是推理的過程(McNeill et al., 2006)，大部分學生只會呈現統計的資料與結論，但無法發展出具備邏輯性的論述來替他們的主張做支持(Krajcik, Blumenfeld, Marx, Bass, Fredricks, & Soloway, 1998；引自 McNeill et al.)。黃惠鈺(2009)發現教學以後，學生在推理部分還是會用自己的錯誤經驗去做科學解釋。且若預測與觀察吻合，即使原本的推理有漏洞，學生會自我滿足而不再提出新解釋(陳嘉蕙，2007)。Wong(1996)利用醋加上小蘇打粉會使燃燒中的蠟燭熄滅的實驗結果，讓16位非裔美國中學生觀察並解釋原因，結果發現大部分學生多使用直接觀察的資料去解釋，而非採用他們知識體系中所學過的科學概念與證據連結，故得到的解釋雖然合理但並不正確。Zuzovsky 與 Tamir(1999)經過第三次國際數學與科學調查(簡稱TIMSS)，結果發現低年級學生在建構科學解釋、以及用概念化、演繹科學原理、使用原理解決問題等能力較低弱，但隨年紀增加會有所改善。並提出學生的科學解釋傾向簡單不完整的可能原因在，沒有詳述先行條件或未提及相關規則。另外，在解釋中很少使用科學術語(scientific terms)的機會，因而提出的解釋非因果關係而是偏向描述與目的論。表2-3-1則統整了國內對於科學解釋作的相關研究結果。

對於以上困難可能原因為科學解釋相當抽象，學習者要進入形式運思期才有辦法發展出統整的解釋技能(Bass & Maddux, 1982)，雖然根據皮亞傑的認知理論，學童進入12歲以上即邁入此階段，但很多的教學現場的教師觀察中，仍有一部分國中學生仍處於

具體運思期的狀態，對這些學生而言，科學解釋便成為一個困難的任務。Hakkarainen (2004)就提出相似的說法，學生還停留在經驗物理，因此很難解釋出在物體背後的理論系統。Pallrand 提出兩個理由：一為科學知識在教授時，往往以抽象、形式的以及非脈絡方式(decontextualized form)呈現，使學生在應用到新情境會有困難。另一個為課程實施的緊湊步調(curricular breadth)不允許教師們的教學圍著在協助學生建構科學解釋上 (引自 Zuzovsky & Tamir, 1999)。

表 2-3-1 科學解釋為導向的研究中所遭遇的困難

研究者	年代	鷹架	進步最多	進步較少(困難)
謝州恩	2004	探究導向教學活動	因果關係	證據
吳佳蓮	2006	科學探究活動	推理過程	
賴韻如	2008	文字鷹架與軟體	證據推理	主張
黃惠鈺	2009	探究式教學	證據	推理
陳嘉蕙	2007	序列 POE	無明顯進步	
簡錦鳳	2008	文字鷹架	證據	提出變因

小結：前述的文獻探討結果指出，學生在進行 POE 活動中的解釋項目時，常缺乏使用觀察證據的能力，而常使用自己的生活經驗而非學過的科學理論作為理由去解釋現象。因此本研究欲使用科學解釋文字鷹架之設計融入 POE 概念改變活動，提示學生須從觀察中找出兩個證據，並需結合科學理論來說明支持證據如何支持主張，使 POE 活動中的解釋更加完整且具科學性。

3. 科學解釋能力的品質與評分

簡單來說，科學解釋能力指的是學生是否能對自然現象的發生，提出的合理原因與解釋。根據謝州恩(2004)綜合許多文獻資料，提出科學解釋能力核心為：指出因果關係、運用推理能力與使用證據(Krajcik et al., 1998; NRC, 2000; Sandoval & Reiser, 2004; Zuzovsky & Tamir, 1999; Chen, Jiang, Lin, & Wang, 2001)。其他相關能力包括解釋提出主張、運用圖表協助解釋、語文傳達解釋能力(Krajcik et al., 1998; NRC, 2000; Sandoval & Reiser, 2004; Wavering, 1989)。

Sandoval(2003)與 Sandoval 與 Millwood(2005)認為好的科學解釋除了如前面提到要有因果機制及符合觀察的證據外，能提出所謂的限制與排除另有解釋也是考量之一。在本研究中定義一個好的科學解釋必須是能夠提出清楚的主張、找出適當的證據，並能將證據與主張之間的關係描述清楚，另外解釋中所包含的概念正確性與邏輯推理的關係也是考量因素。

要如何對科學解釋能力與品質進行評分，Nussbaum、Sinatra 與 Poliquin (2008)認為學生的論證品質應從相關的兩個變項，去描述因果機制、並利用事實來支持主張、評估所有事實，尋找反例或考慮另有理論去作評量。至於評分的等級，Sandoval (2003)以天擇課程為主題，為了探討學生科學解釋的品質，發展出一套評分標準，對「環境壓力」、「個體效應」、「差異特徵」、「選擇優勢」等次概念，分作 0~3 分共四個等級。0 分：代表沒有任何資料；1 分：代表少數資料；2 分：代表關鍵資料；3 分：代表完整資料。此外 Sandoval 還將學生在科學解釋中所使用的資料類型分為五種，由簡單到精緻分別如下，概括(inclusion)：文字描述但無任何參考、線索(pointer)：能參考圖表，但只寫出「如圖所示」而沒有作出描述、描述(description)：說明圖表內容，但未作與主張之間的關連與闡述、主張(assertion)呈現資料與主張之間的連結但不夠專業、詮釋(interpretation)：能以專業角度指出圖表資料為何可以支持主張。

Sampson 與 Clark(2008)將科學論證分為三個項目：解釋、證據與推理。並提供了評估上面三項科學解釋要素品質的標準為：(1) 經驗標準：① 解釋是否與數據資料符合 ② 解釋的預測力 ③ 證據引用是否充分 ④ 所包含證據的品質。(2) 理論標準：解釋要充分、有用並與其他科學知識一致。

McNeill 等人(2006)在探討科學解釋文字鷹架褪除效果的論文中，簡化科學解釋為主張、證據、推理三部分，讓中學生能夠使用，並將科學解釋各要素的評分分為 0~2 三個等級進行。而簡錦鳳(2008)則在文字鷹架的研究中參考了 McNeill 等人，將科學解釋的評量等級分為，0 分：代表沒有任何正確資料；1 分：有少數正確但不完整資料；2 分：代表正確且完整的資料。

由以上文獻可知，科學解釋的評量因教學設計及學生程度不同，而有不同的評分項目與標準。以下將 Sampson、Clark(2008)及 McNeill 等人(2006)在主張、證據和支持的看法做一比較，作為本研究中的科學解釋評量所參考的評分標準。

表 2-3-2 Toulmin、Sampson 與 McNeill 的比較

學習單評分		
架構	Sampson & Clark(2008)	McNeill et al.(2006)
Toulmin model (1958)		
主張 (Claim)	解釋(Explanation) 回答研究問題、明確表達一個描述性關係，或者提供一個因果機制	主張 (Claim) 用一個假設或結論來回答問題
證據 (Data)	證據(Evidence) 正確的證據為數據資料與觀察得到的，有以下特徵：①隨時間而推移 ②不同組之間差異 ③變數之間關係推理 而不正確的證據為： ①推論 ②呼應假設例子 ③呼應過去的例子或解釋 ④呼應權威人物	證據(Evidence) 正確且足夠支持主張的科學根據
論證及 支持理由 (Warrant and backing)	推理(Reasoning) 適當的推理為： ① 證據如何(<i>how</i>)支持解釋 ② 證據為何(<i>why</i>)對解釋是重要的	推理(Reasoning) 連結主張與證據的辯護，並使用適當而足夠的科學原理，表現出證據如何支持主張

小結：綜合以上各種評分方式與實徵研究，可以了解到科學解釋的評分並不容易，在評分標準項目上各家的標準不一，但所有研究的評分項目中都含有資料，也就是證據的品質，另外推理也是很重要的評分項目。另外還有主張(Sampson & Clark, 2008; McNeill et al., 2006; 簡錦鳳, 2008)、因果(Nussbaum et al., 2008)以及從邏輯架構與字義結構(Sandoval, 2003)等項目去做評分。評分的標準通常將各項目分為三或四個等級，並為了克服評分主觀的問題，要先列出各等級的標準再進行評分。本研究採用的科學解釋文字鷹架是參照 Sampson、Clark(2008)與 McNeill 等人(2006)所整理歸納出：主張、證據與支持三個解釋的要素，並將分數分為 0~2 三個等級，並在評分前建立好評分架構表，將學生常犯的錯誤做編碼並分類，以提高評分者信度，讓分析結果更客觀。

2.3.2 科學解釋文字鷹架

1. 鷹架理論

維高斯基(Vygotsky)發現環境對人心理活動有所影響,他從社會觀點來解釋個體的發展,強調社會所具有的文化及符號有決定性的影響。當個體將外在他人的活動內化成自己的概念,繼而發出更高的心智模式,而個體能達到的最大發展區就稱為 ZPD(Zone of Proximal Development, 近側發展區)。ZPD 定義為:個體自己獨自解決問題所發展層次與經由成人或有能力同儕的協助所能達到程度兩者之間的距離。鷹架(Scaffolding)的概念由 Wood、Bruner 與 Ross(1976)提出,所謂鷹架就是教學時應該減少學習者自己摸索的過程,教學者應做出示範並提示學習者引導學習者進行學習(Davis & Miyake, 2004)。當教師提供一個鷹架,就可以支持學生往更高的 ZPD 攀爬。

除了成人可當鷹架以外,Stone(1998)提出了:因為大班級中學生的異質性很高,教師無法對每個學生進行輔助,故讓學生分組提供同儕鷹架或提供學習工具,如電腦或文字式的鷹架等等,不失為解決辦法。

鷹架教學的特色歸納如下:(1) 學習責任轉移:重心漸漸由教學者轉為學習者身上,學習者要能主動解決問題;(2) 教學中的對話:透過學習者與教學者的對話,或與同儕之間溝通、辯論建立起自己的認知模式;(3) 建立自我鷹架:學習者應建立主動歸納整合資訊,建立起自我的學習鷹架(Wang & Peverly, 1986; 施思勤, 2000)。

學習者在進行新科學概念的學習時,他的認知支持可以是工具、教師、專家和同儕(Hannafin, Land, & Oliver, 1999)。Brown 與 Palincsar(1989)提出情境、專業者是一個很好的鷹架支持,而文字提示也可以是一種學習上的鷹架。在環境中各種學習材料及表徵都可以視為學習上的工具,幫助學習者進行學習(Palincsar, 1998)。Mahoney、Novak 與 Gleason(2006)提出教師應提供的支持:以簡單清楚的語言說明解釋目的與架構、以生活實例示範解釋、讓學生有重寫並練習的機會。

在本研究中所採用的鷹架設計為一種以科學解釋做為導向的文字鷹架,旨在幫助學生進行學習活動時,能夠找出更多證據作為推理的依據。因為學生在科學解釋的困難常為找出分辨合適的證據並運用資料,故在鷹架上提示學生提出兩個證據,並且對其定義做闡釋,以期學生在做科學解釋上能夠將學過理論與觀察到現象和主張做連結,提高科學解釋的品質。

2. 與科學解釋文字鷹架有關的實徵研究：

探討採用融入科學解釋文字鷹架對學生科學解釋能力提升之影響的研究並不多見，以下針對融入文字鷹架對學生科學解釋能力提升之效果進行探討。

Reiser、Tabak、Sandoval、Smith、Steinmuller 與 Leone (2001) 以生物課程設計一系列探究活動，並在活動中提供文字式鷹架，例如以“*what if*” 及 “*what can you learn*” 等提問，並提示如 “*support your argument with data*” 幫助學生在形成科學解釋時，需以科學理論來支持其資料證據。研究後發現，此文字鷹架可以幫助學生在形成科學解釋的重點上聚焦。Lee 與 Songer (2004) 以及 Kuhn 與 Reiser (2005) 的研究亦有類似的發現。Lee 與 Songer 以五、六年級學生為對象，以生物多樣性為主題進行教學。其研究結果發現，在搜尋資料或證據階段若以提問方式提供引導與提示，較能找出適當證據來支持其解釋，且對科學概念有較深入了解。Kuhn 與 Reiser 的研究結果則顯示，以三個 W，分別為「答案是什麼 (what) ?」、「為什麼這答案在科學上是有意義的 (why) ?」、「你如何知道這答案是正確的 (how) ?」所設計的文字鷹架雖然能協助學生在使用證據來解釋所研究的現象上更具意義，但學生缺無法明確將證據與推論做出適當的說明。以上結果顯示，以提問的方式引導學生反思其探討現象，對學生在證據的尋找與選擇雖然有幫助，但在以所學過之科學概念作為支持，來連結主張與證據的部份可能需額外的協助。

McNeill 等人 (2006) 採用以科學解釋的三要素：(1) 主張：提出針對問題說明會發生什麼事；(2) 證據：可以觀察到的事實數據與閱讀材料，用來支持主張和；(3) 推理：將主張與證據做出合理說明，找出因果與邏輯來設計學解釋文字鷹架，以 331 名七年級學生為對象，使用文字鷹架進行八週 36 堂課的練習後，結果顯示，科學解釋能力中的主張、證據、推理三方面皆有進步，但在於區別適當和不適當的證據仍有困難。另外，研究結果發現教師在學生學習科學探究過程中扮演著很重要的角色，當教師討論解背後的科學原理，並做科學解釋的示範，對學生在建構科學解釋時，有正向的影響。簡錦鳳 (2008) 參考了 McNeill 的文字鷹架設計，並在教學中增加「分辨變因」的階段，對七年級學生一共 87 人進行 5 週的探究活動，其結果發現，學生不太了解什麼是證據，也無法使用足夠且適當的證據來連結主張。但經過課程學習後，整體的科學解釋能力是成長的，而成長最多的是找出證據能力。黃惠鈺 (2009) 採用類似的科學解釋文字鷹架設計，以口頭及文字方式提供鷹架，對國小五年級學生進行探究教學。其結果呼應簡錦鳳的研究發現，學生在經過學習後，科學解釋能力中有關：提出完整適當主張、使用切合主題的證據與提出正確完整推理上都有所進步，但推理部分還是常使用自身經驗且含有錯誤概念。

小結：學生在做科學解釋學習活動時，若有文字鷹架幫助，可提高學生找出證據的能力。然而學生在以所學過之科學概念做為支持，來連結主張與證據的部份，則可能需額外的協助。本研究採用 McNeill 等人(2006)所設計的科學解釋文字鷹架，嘗試將此鷹架與 POE 教學法結合，來設計實驗組與控制組的科學解釋架構，以探討科學解釋文字鷹架以及 POE 概念改變教學來促進學生之概念改變之成效。實驗組與控制組教學設計詳細說明如下，兩組之比較並整理如表 2-3-2：

(1) 實驗組：科學解釋鷹架結合 POE 教學策略

- ① 主張：在 POE 預測時，對問題預測結果提出說明。
- ② 證據：提出兩個與主張有關的實際數據或理論來支持主張。
- ③ 支持：運用推理將主張與證據做合理的連結。

(2) 控制組：POE 教學策略

- ① 主張：即 POE 預測時，對問題預測結果提出的說明。
- ② 理由：對自己的主張提出適當的理由加以解釋。

表 2-3-3 POE 教學法結合科學解釋文字鷹架

POE 項目	P(預測)	E(理由)	觀察(O)	E(解釋)
實驗組	提出主張	兩個證據 與支持	觀察結果	兩個證據 與支持
控制組	提出主張	理由	觀察結果	理由

3. 研究方法

本研究的主旨在藉由「預測-觀察-解釋」POE 的教學策略結合科學解釋文字鷹架，來探討教學前後學生的概念改變、推理能力與科學解釋能力是否有進步，以量化的紙本二階層診斷測驗進行概念的診斷，且輔以質性的學習單分析來蒐集資料，在針對研究問題作出整理分析。

本章共成研究對象、研究流程、研究設計、研究工具、資料收集與資料收集與分析等五節，分別詳細探討說明。

3.1 研究對象

1. 研究班級之學校背景

本研究採用便利抽樣，樣本來自台灣北部一所縣立國中，此學校位於城鄉交界處，家長背景以工、商服務業居多。全校班級數為 25 班，包含三個體育班與二十二個普通班，因此校尚屬新學校，故教室設備相當先進，每個班級都有投影機以及班級電腦的配備，且學校教師平均年紀也相當年輕。

2. 研究班級描述

研究取樣的班級為八年級的兩個班級。兩個班級人數分別為：A 班 29 人（男：20；女：9）為實驗組，與 B 班 28 人（男：15；女：13）為控制組。

A 班個性活潑愛發問，理化科的段考平均成績較 B 班差，但動手做實驗的能力好，即使成績不好的學生也對實驗有相當的興趣。而另一個班級上課較安靜聽話，段考平均成績也較好，但對動手操作實驗較顯得較為散漫。值得注意的是因為 A 班原班同學參加寒期輔導的人數只有 20 人，有 8 名學生是來自別的班級，故男女比例不平均，此 8 名學生未在上學期接受 POE 活動概念改變的訓練。

所有受試者已經在八年級上學期學過有關光的基本概念。換言之，受試者已經有此單元的先備知識。

3. 研究者分析

參與本研究的教師即為研究者，畢業於國立彰化師範大學化學系，實習完即立刻投入教育工作至今，擔任國中教師已有四年經驗，對國中理化課程有相當的熟悉度。研究者擔任教師的優點有：(1) 對教室現場有一定的熟悉度，清楚學生可能發生的狀況；(2) 在職教師在解決學生問題上有一定決心，並能接受對學生有利的教學改變；(3) 在學校

教室內可方便大量的收集到資料(Keating, Greenberg, Baldwin, & Thousand, 1998;引自簡錦鳳, 2008)。但研究者需站在較客觀的立場去做分析研究，故要避免擔任教學者多年的主觀直覺的經驗造成影響，角色轉換的心態還是需要反覆練習的。

研究教師上課方式多按照課本進度，並試著以多元化的方式進行，會以生活中實例、搭配適合多媒體、影片教具幫助學生學習，並且能讓學生有動手做實驗的機會。教師發現對國中學生而言，實驗教學在理化中相當重要，學生動手操作可以引發講述教學無法引起的學習動機，且可以建構實際經驗，但同時也發現，大部分學生在進行實驗之後，對概念的重點無法完全掌握，換言之，學生並不會因為動手做實驗而使成績明顯提高。故在實驗引導與紀錄分析上，是否加入一些文字上的引導，以幫助學生在實驗中產生概念上的進步，是研究者一直想去探討的。

3.2 研究流程

本研究的研究流程如下圖 3-2-1，並詳細說明如下：

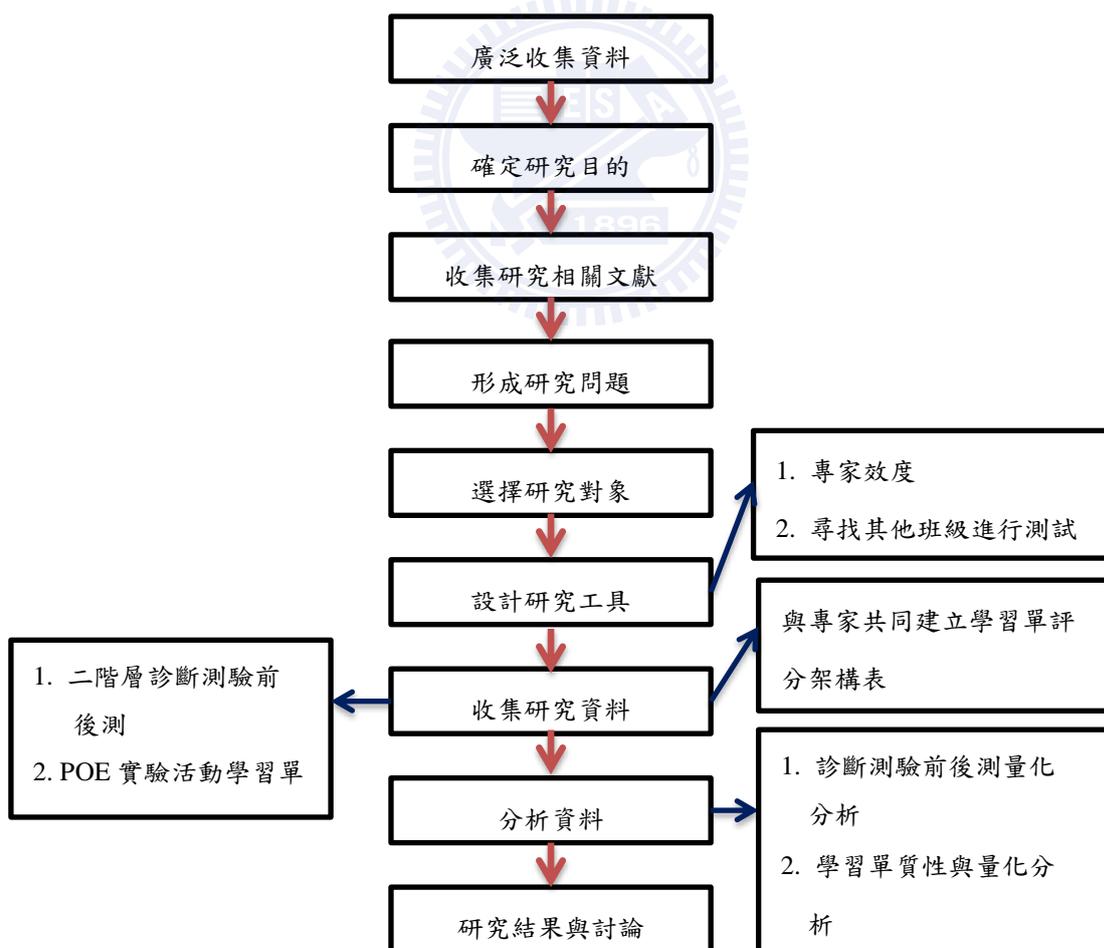


圖 3-2-1 研究流程圖

研究者先廣泛收集資料，確定研究目的後，再針對研究目的進行文獻研究形成研究問題，考量到所採用的主題為光學，八年級學生剛經過教學，有印象較深的先備知識，因此選擇此年級學生作為研究對象。研究工具中的量化測驗，使用的題目改編自其他研究者所發展的光學二階層診斷測驗，進行篩選修正，並以九年級學生共 40 人作為預試的對象，結果分析內部一致性達到可用標準。同時結合 POE 進行概念改變教學設計，學習單設計參考自相關文獻中的科學解釋文字鷹架，分成有、無鷹架兩種版本，以不同主題讓研究樣本進行兩次的練習，經過檢討後修改學習單格式，再設計與主題相關的學習單。寒假時進行資料收集，流程為先進行概念診斷測驗的前測，再實施三堂共五個學習活動以收集學習單資料，最後在同一週內進行概念診斷測驗的後測。

資料收集後，對前、後測進行量化分析，以了解學生概念改變情形；並尋找專家進行學習單評分方法的標準建立，以及對資料的錯誤類別進行編碼，作為了解學生在概念發展與科學解釋能力的參考依據，並以此依據回答研究問題。最後整理歸納資料做出討論與研究的結論，並提出相關建議。

3.3 研究設計

本研究為準實驗研究法，採用前測-後測控制組設計(pretest-posttest control group design)。根據研究目的與問題，以學生常見的光學迷思概念進行來設計 POE 概念改變活動，並選取兩個班級分為實驗組與控制組。實驗組在學習活動中給予科學解釋的文字鷹架，目的在幫助學生找出尋找證據，以提高科學解釋的品質；控制組的活動學習單則提供 POE 活動中原有的架構。在進行相同的前測之後，分別進行五個 POE 活動，最後兩個班級再進行相同的後測。對兩組的前、後測概念測驗與學習單作分析，以了解兩組間的差異。

表 3-3-1 實驗設計架構

組別	前測	變因	後測
實驗組	O ₁	X	O ₂
控制組	O ₃	C	O ₄

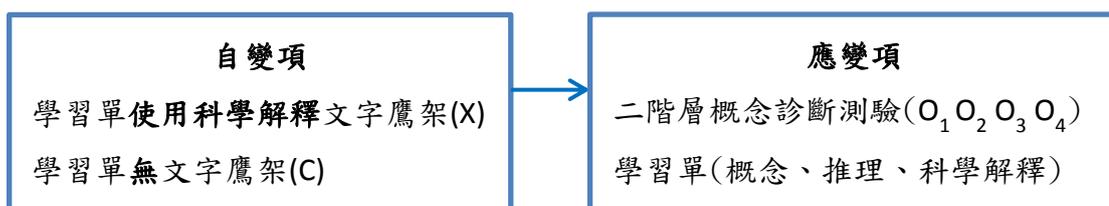


圖 3-3-1 實驗設計的變項

實驗組的 POE 學習單在融合科學解釋文字鷹架後，與控制組最大差異，在要求學生提供兩個證據，並提出支持將證據與主張連結。而控制組則使用 POE 原有架構，分為主張與理由兩部分。

在課程安排上，考慮時間的長短與活動內容的多寡，將五個活動安排在三節課內進行。國中一節課的時間為 45 分鐘，可進行約兩個 POE 的活動，但活動三的針孔成像設計的問題項目較多，故一節課中只安排一項活動。

表 3-3-2 POE 活動課程的安排

第一節	第二節	第三節
活動一、活動二	活動三	活動四、活動五

兩個班級在進行活動時都採小組討論方式，旨在達到 White 與 Gunstone(1992)所提出 POE 教學策略最特別之處，在能提供學生更多與同儕分享想法的機會，且同儕間不同的預測結果更能引發討論的興趣。故為了提高 POE 效果以及增加學生在科學解釋上的能力，在安排活動時間時，有一部份為讓學生分組討論，以期同儕之間交流分享自己的想法。

3.4 研究工具

本研究的研究問題，在探討有、無科學解釋文字鷹架結合 POE 概念改變活動，對學生的概念學習成效與其對科學解釋能力的影響。概念改變教學採用 POE 活動，而為了解學生概念改變情形，在此研究中，使用光學概念二階層診斷工具進行前、後測，以確認教學成效。學習單的使用除了在提供科學解釋文字鷹架，以期提升科學解釋能力外，也可從觀察前後的文字也可看出學生在概念上的改變情形。

故此節將從 POE 活動概念改變設計、二階層概念診斷測驗、學習單三部分做說明。

1. 教材分析與 POE 概念改變活動設計

(1) 教材分析

研究者對採用的範圍所使用課本作分析：這裡所使用的參考書為「康軒文教事業 國中自然與生活科技 第三冊(2上)」。出版日期為民國 98 年 9 月初版，修訂日期為：民國 99 年 9 月初版二刷。章節範圍內容為：4-1 光的傳播與光速 4-2 光的反射與面鏡 頁數：84-93。

國中理化介紹有關於光的部分，完整版概念圖繪製如下圖 3-4-1：

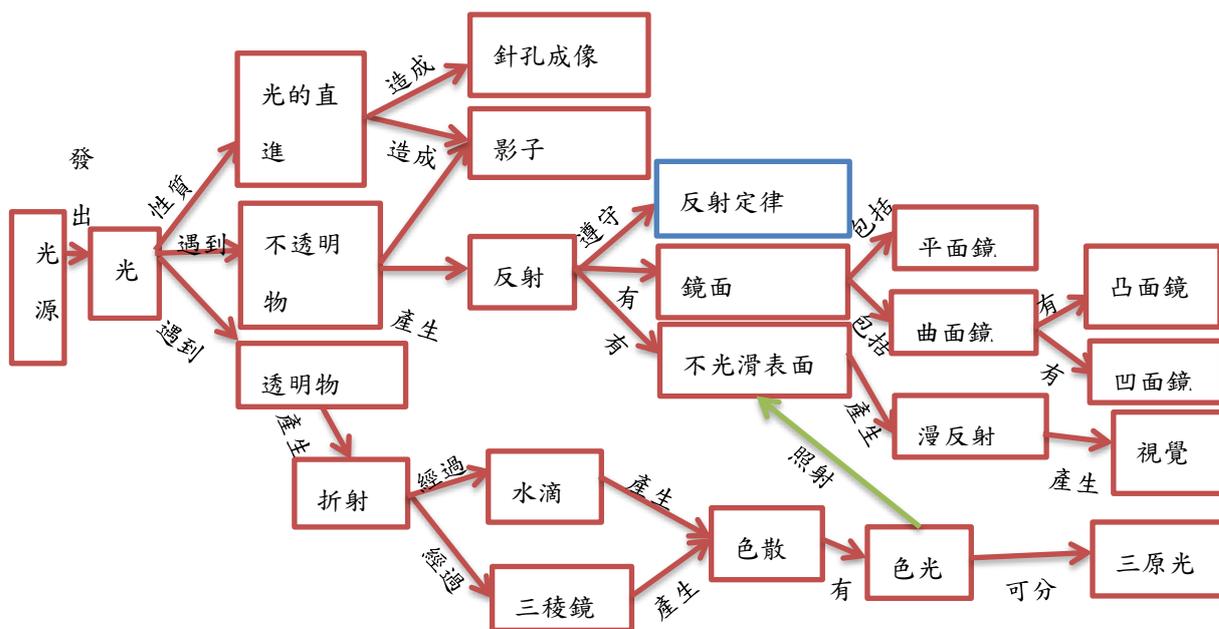


圖 3-4-1 光學概念圖

上圖是針對國中課本中會出現的重要概念所繪製的光學概念圖。但以下概念在國中教材中未提到，故未列入概念圖中：貓在全黑的環境中是不能視物、不同色光照射透明物的顏色、移動光源或觀察者對平面鏡成像的影響。

由概念圖可得知，光的單元在國中階段包含的內容相當廣泛，在本研究中，選取其中有關光的直進、影子產生、針孔成像、光的反射定律以及平面鏡成像，作為 POE 活動的設計主題，其原因在於光的直進是光的性質中的核心概念，是其它光學原理的基礎，而影子與針孔成像和光的直進有所有關連；反射定律與平面鏡成像則為相當生活化的概念，且容易觀察，故在本研究中選擇這些概念來進行設計 POE 概念改變活動。

(2) 以 POE 進行概念改變活動設計

本研究所使用的教學活動為研究者自行設計並與兩位科教專家檢討修訂而成，設計時參考相關文獻分析有關光的常見迷思概念，設計出五個 POE 教學活動。在正式進行 POE 活動之前，為了讓活動更加順利，並讓研究者對 POE 活動有更好的掌握，在上學期先進行兩次的 POE 練習活動。此兩次練習活動選取單元因配合當學期的進度，選取了熱的單元中熱的傳播以及物質世界中的鹼金屬的性質，並根據這兩次的活動結果檢討教學並改進，但因為該主題並非本研究討論重點，設計細節請參考附錄一。

POE 概念改變活動之設計，分為預測並提出理由-觀察實驗-做解釋共三個步驟。預測與提出理由的步驟，目的在引出學生原有概念，若預測結果與觀察不符合就可能引發個體對原有概念不滿意；在觀察部分，因結果實際在學生眼前發生，對學生而言具有合理性；在提出理由與解釋時，可以進行小組內討論，以同儕鷹架來提高學生對新概念的

理解；教師要做最後的歸納總結，讓學生驗證新的概念是否正確，並能將新概念帶到下一個 POE 活動中，故在本研究所設計的五個 POE 活動之間有大的相關性。

正式教學活動計分為活動一到活動五共五個單元，分別為：日晷的畫法、最大感光值(光的直進)、針孔成像、光的反射與平面鏡成像。

在活動一的問題為日晷的畫法，旨在讓學生藉由預測影子的長短、方向，來判斷並畫出時間的刻度，因學生常有影子產生是由於光的反射或折射而形成的另有概念，在設計現象時，則可藉由觀察日晷模型的成像結果，使學生能觀察到影子與光源位置相反，而連結到光有直進性的概念，了解影子的形成是由於物體擋住光，若是由於反射、折射形成，應該不會有如此觀察結果。

活動二的設計在透過綠光雷射筆與感光儀器，讓學生清楚的看到「光走直線」的現象，因在另有概念中指出，部分學生會認為光是如同波浪狀行走，而非一直線。故透過雷射筆可以很看見光的直進路線，並要求學生以挖了小孔的紙板在光行走的路徑上移動，而能讓感光儀器測得光的強度數值，讓學生對此概念更能接受並理解。

針孔成像的另有概念比例較高，部分學生認為針孔成像的結果與針孔形狀相同，或認為光是平行通過針孔，故成像的形狀與物體的原方向相同。故設計現象時，在光源選擇上使用黑紙挖空 F 字來包 LED 手電筒，產生形狀不對稱的 F 光源，藉由觀察成像形狀，來讓學生產生概念衝突；另外藉由物距與像距不同與成像大小的關係，將光可以直進延伸的概念豐富化；另外針孔大小遮半與將 LED 光源遮半對成像的影響，學生也常常分不清楚，部分學生會認為兩者結果都為像變成一半，且消失了哪一半，學生也常常有不同意見，故在 POE 概念改變活動設計將這兩個問題都放入，藉由比較觀察，使學生能察覺到針孔成像的真正原理。另外，學生常分不清虛像與實像的差別，在這裡的設計採用 p.a. 感光儀作為工具，去偵測紙屏上的光做為「實像為真實光線所形成」的證據，並呼應前面針孔成像的原理，強化新概念形成。故在活動三設計中包含針孔成像的形狀、距離、光源形狀、針孔大小與像的關係以及虛像實像等五個問題。

活動四與活動五的相關性很高，活動四的現象設計目的在強化反射定律的概念，釐清入射、反射的關係，在此使用的是金屬棒代替鏡子，以傳達不是只有鏡子才會有反射現象，並將概念延伸到下一個實驗中。活動五使用單片 CD 盒的透明壓克力片取代鏡子，

加上方格紙與模型作為平面鏡成像的觀察。雖然平面鏡成像很常見的生活現象，但學生的另有概念相當多，可能是因為其成像原理較為複雜且抽象，故在 POE 活動設計希望透過動手操作，並藉由方格紙幫助學生對模型成像的大小和距離關係能有清楚的觀察，而能觀察到成像的位置不是在鏡面上，而是在鏡後一段距離處，且像與鏡子的距離同於物體到鏡子的距離；其中從觀察者的角度去做設計，不同觀察位置是否會影響到成像的位置？藉由預測引發學生思考平面鏡成像到底是怎麼發生，並從觀察結果試著提出解釋。另外，有關在鏡子外的物體是否可以透過鏡子觀察，這個問題設計必須要藉由反射定律思考，也就是要從入射角、反射角關係去做判斷。這一連串概念間互相有關，符合概念改變模式中新概念需合理解釋相關現象，並藉由不同情境將其概念豐富化。最後的有關虛像實像的問題，設計上比較困難，設計上採用 p.a. 感光儀檢驗虛像是否為實際光線形成，來證明成像性質。

這五個實驗旨在讓學生對光的直進、針孔成像與平面鏡的反射等概念作更進一步的思考。而因在實施 POE 教學時，要選擇能夠讓學生具體清楚觀察到的現象，以免學生會因為觀察錯誤反而產生更多的迷思概念(林嘉琦, 2005; White & Gunstone, 1992)。考量到此點，故活動一、活動二與活動四的觀察部分為教師在台前進行示範實驗，因為這三個實驗觀察較容易，設計的問題也比較簡單，由教師進行示範實驗，比較能掌控實驗進度且能得知學生觀察到的結果。但在活動三與活動五則由學生分組自行進操作，理由在這兩個 POE 活動設計比較複雜，且有一些細膩觀察的部分，需要近距離做觀察，若由教師在前方做示範，可能後面學生看不清楚的問題且當主題是無法動手操作或無法觀察的，就很難達到立即回饋的效果。但學生只行操作實驗觀察，可能會有抓不到實驗重點或操作錯誤的問題，故教師在引導時要特別注意，且在學生操作時要從旁協助。另外，在 POE 教學後，應由全班經由討論共同獲得結果，並以此結果延續到教學的整體，才能 POE 的教學更完整，而非只在引起動機(葉辰楨, 2000)。詳細的實驗內容與目標介紹如下表 3-4-1：

表 3-4-1 POE 活動的研究設計

編號	實驗內容	教學目標	觀察呈現方式	具體目標
活動一	以日晷模型與手電筒，觀察光與影的變化過程	探討光與影的關係	觀看教師示範實驗(全班)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能指出光與影的位置會相反。 2. 能指出影子長短會隨著光線角度不同而不同。 3. 能提出影子的形成是因為光的直進所造成
活動二	使用感光儀、挖洞紙板及雷射筆三者排成一列，要學生觀察紙板移動方式對感光值的影響	探討光的直進	觀看教師與同學進行示範實驗(全班)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能提出因光直線傳播，所以紙板應要直線移動，得到的感光值才會最大。
活動三	以針孔模型、發出F光源形狀的LED手電筒，觀察通過針孔的成像形狀、大小，及改變針孔變小後像的變化	探討針孔成像	學生自行操作實驗(分組)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能提出針孔成像為上下顛倒左右相反，原因與光的直進有關。 2. 能指出針孔成像大小與距離關係，當物距 > 像距，得到的像會比原物小。 3. 知道針孔成像為實像並了解實像的定義為真實光線所會聚而形成的像。 4. 可以寫出當針孔變小，像變清晰與原因在進入針孔的光線變少，重疊性減小。
活動四	以在黑板上的光滑金屬棒與雷射筆，請學生觀察線入射光與反射光的關係	探討光的反射	觀看教師示範實驗(全班)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能說明光的反射遵守反射定律。即入射角=反射角，以及反射線與入射線在同一面。

活動五	以單片壓克力 CD 盒取代鏡子，並以大的方格紙和小模型，請學生觀察平面鏡的成像性質	學生自行操作實驗(分組)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能了解物距與像距相同。 2. 能指出不同觀察者觀察到的成像位置都相同。 3. 能提出物體在鏡子外仍有可能被觀察者透過反射看到。 4. 能了解平面鏡成像為虛像以及虛像的定義為非真實光線所會聚而成的像。
-----	---	--------------	---

2. 光學二階層概念診斷測驗

光學範圍相當廣泛，包括視覺產生、光的性質、光的反射、光的折射與色光。在此是根據研究主題決定單元概念，再以黃可欣(2006)及李采衷(2003)所發展出的光學二階層診斷測驗進行修改。黃可欣的國中光學概念診斷工具原有 32 題，研究者將與主題無關的題項如視覺產生、光的折射與色光刪除，使用剩下的 10 題結合李采衷在「國小中、高年級學童光迷思概念研究」研究所發展出 16 題光學評測中，與平面鏡成像有關的 1 題，形成一共 11 題的診斷測驗作為研究工具。研究者將此 11 題文字進行微幅修改，施測的前、後測題目中，主要題幹並沒有做變動，但在圖形、整體順序及選擇順序些微文字部分做部分變動，使題目更符合研究需要。並經過兩位科學教育學者及兩位物理專長的教師共同審核、修改，符合專家校度後。選取國中的九年級學生共 40 人進行預試，以 SPSS 統計分析得到 Cronbach α 為 0.567，正式施測的前測信度值在實驗組與控制組分別為 0.820 及 0.804，後測則是 0.703 及 0.858。

此研究工具的目的在了解經過 POE 教學前後，學生概念改變情形。在此 11 題診斷工具中，每一題都有兩階段，第一階層為單一選擇題，包含題幹及 2~8 個數量不等的選項；第二階是則是採用複選題的方式，請學生選出在第一階層中所選擇的理由。測驗題中可分為兩大主題：平面鏡成像與針孔成像，以下針對包含的次主題、對應概念以及學生最常見的另有概念，整理為下表 3-4-2，因在一題之中可能同時包含許多概念，且不同題之間也有重複概念，故將概念做編碼於表 3-4-3 中，方便做整理對照。

表 3-4-2 光學二階層診斷測驗細目分析表

題號	主題	對應到 POE 活動	主要概念	命題陳述相關概念	學生最常見的另有概念
1-5	針孔成像	活動一 活動三	蠟燭成像的形狀	C6, C7	不發光的東西不會發出光線，也沒有反射光線
			成像是否顛倒	C6, C9	針孔成向上像顛倒，但左右沒有相反
			虛像或實像	C5	認為針孔成像為虛像，非實際光線所形成
			成像的大小	C6, C8	針孔成像大小需視針孔焦距大小而定
			針孔變小	C6, C11	像只剩一半 像會變大
6	針孔成像	沒有實際設計	針孔變大	C6, C10	像會變小
7-11	平面鏡成像	活動四 活動五	平面鏡成像	C1, C2, C3, C4	平面鏡成像會在鏡面上，物體發出光線只有一條
			實像虛像	C4, C12	平面鏡的像為實像 虛像是因為非實際物體
			不同位置觀察者觀察同一物體的鏡像	C1, C2, C3	以反射定律，但像成呈現在鏡面上虛像直接發出光線到眼睛中
			同一觀察者，觀察不同位置物體透過平面鏡的成像	C1, C3	只有鏡子正前方的物體才能被反射
			成像位置	C1, C3	成像是在鏡面上 無論觀察者在哪，物體都會成像在鏡中，只是看不看得到而已

註：主要概念編碼請參考表 3-4-2

表 3-4-3 題目中所含有的概念編碼

概念編碼	
C1 光的反射遵守入射角=反射角	C7 非發光體也可反射光線
C2 平面鏡成像位置，物距=像距	C8 若像距 > 物距，針孔成像會比原物大
C3 平面鏡成像由物體發出或反射 無限多條再經平面鏡反射至眼睛	C9 針孔成像的形狀上下顛倒，左右相反
C4 虛像非實際光線會聚而成	C10 針孔變大像會變模糊
C5 實像是由實際光線會聚而成	C11 針孔變小像會變清晰
C6 光是直線前進	C12 能在屏幕或視網膜成像為實像

POE 概念改變活動二在概念診斷測驗中，無直接對應的題目，但光的直進為光的性質的基礎的概念，故仍做此設計。另外 Q6 中針孔成像的的題目無 POE 活動設計，理由在於針孔成像器材為兩個班級共同使用，若作將針孔戳大，會造成器材的損毀。保留此題的目的在希望學生能從針孔遮半(變小)去反推判斷此結果，作為延伸情境的題目。

3. 學習單

(1) 學習單的設計與實施

根據文獻，學生在引用資料時，使用證據上的能力較差(Sandoval, 2003; Sandoval & Reiser, 2004)，故在科學解釋文字鷹架中提示學生要去找兩個證據作為佐證。另外，為避免學生只呈現證據，而缺乏邏輯性的論述發展(Krajcik et al., 1998)，要求學生寫出支持作為證據與主張之間的連結。故本研究中實驗組所使用的學習單為參照

Toulmin(1958)、Sampson、Clark (2008)與 McNeill 等人(2006)，所整理歸納三個科學解釋需具備的要素：主張、證據與理由。不同於原本 POE 流程中提出預測與解釋，改成提出主張與理由，並在實驗組中，要求學生找出兩個證據去將支持主張，以提高學生使用證據的能力，將此架構配合五個 POE 概念改變活動主題設計出十份不一樣的學習單(請參考附錄六)。

實施方法，於每一堂 POE 概念改變教學活動之初，先將學習單發給學生，教師先進行問題解釋並針對三個解釋要素的定義舉例說明，再請學生分成小組討論按照學習單上面項目，逐一完成主張、理由等部分，此活動約進行 20 分鐘；接著給學生觀察實驗後，在紀錄觀察結果並重新去做解釋，在教學活動結束後，研究者將學習單收回並作分析。

將學習單的版本進行比較，可分為融入科學解釋文字鷹架於 POE 與單純 POE 兩種，使用科學解釋的學習單將原本提出理由部分拆為提出兩個證據以及支持。另外，在實驗觀察的前後可以分為兩部分：實驗前(Route1)與實驗後(Route2)，接下來將會簡稱 R1

與 R2。以活動一「日晷的畫法」作為範例，詳細說明兩者間的差異：

表 3-4-4 科學解釋文字鷹架說明

問題		小傑想要在地上畫出刻度作為日晷，他應該如何畫？	
學習單鷹架分類			
項目	科學解釋文字鷹架 + POE	POE	
R1	主張	主張(畫出日晷的刻度)	主張(畫出日晷的刻度)
	證據	<u>兩個證據(提供兩個證據去支持你主張所畫的圖)若不只兩個，可盡量寫出來</u>	<u>說明你的理由</u>
	支持	<u>支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的新解釋)</u>	
R2	觀察	仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下你的觀察結果	仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下你的觀察結果
	證據	<u>兩個證據(提供兩個證據去支持你主張所畫的圖)若不只兩個，可盡量寫出來</u>	<u>我提出的新解釋是</u>
	支持	<u>支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的新解釋)</u>	

註：兩者間的主要差異用底線表示

以下表 3-4-6 表示學習單使用的流程：

表 3-4-5 學習單的流程步驟

流程	預測活動(R1)	實驗觀察活動	紀錄觀察並解釋(R2)
實驗組(A 班)	主張+兩個證據+支持	教師示範或	主張+兩個證據+支持
控制組(B 班)	主張+理由	學生分組操作	主張+理由

3.5 資料收集與分析

1. 資料的收集

(1) 光學二階層概念診斷測驗前測

實施考試時間為一節課約 45 分鐘，非研究者進行監考。測驗目的在了解在有、無文字鷹架結合 POE 概念改變活動之前，學生在光學的原有概念。

(2) 進行 POE 概念改變教學

進行三堂課的 POE 概念改變教學，研究者進行教室觀察並錄影，第一堂課活動一與活動二，第二堂課進行活動三，最後一節則為活動四與活動五。教學流程的一開始，先將兩種不同版本的學習單，分別發給兩班的研究對象，學生對學習單的問題進行討論並寫下預測主張、證據與支持(控制組則是主張與理由)，觀察實驗現象後，再進行討論並寫下觀察結果與新解釋，研究者將學習單收回後，以觀察前後分成 round 1 (R1)與 round 2 (R2)，對整體的概念、推理能力以及從主張-證據-支持(或稱理由)去評分，以了解學生在經過有、無鷹架提示後，概念、推理與科學解釋能力的改變情形。

(3) 光學二階層診斷測驗後測

三節課 POE 教學完後，當天即進行光學概念診斷測驗後測，實施時間為一節課，大約 45 分鐘，非研究者進行監考，測驗目的在了解教學後的概念改變情形。

2. 資料分析

資料分析可以分為概念診斷測驗與學習單分析兩部分，量化資料部份使用統計軟體 SPSS 與 Excel 進行分析，以了解學生經過教學活動前、後的概念改變與學習成效；學習單的部份為偏質性分析，從概念、推理完整性與科學解釋品質分別進行評分，以了解兩個班級在這些項目上的差異。

2-1 光學二階層概念診斷測驗前、後測

此前後測主要目的在測量學生經過 POE 教學前後的概念學習成效。試題共有十一題，每一題都包含有兩個階段，參考黃可欣(2006)在論文中的配分方式，若兩個階段完全答對，給 1 分；若一個部份答錯或全錯，則給 0 分。所使用的分析工具為 SPSS 版本 17.0。將進行前後測的內部一致性(Cronbach's Alpha 值)確定試題的內部一致後，進行以下分析：

(1) 描述性統計分析：進行各題的分數統計，比較班級間與同一班之前後測的平均分數差異；並統計各題全對的、部分答對與全錯的人數，初步了解概念學習成效。

(2) 教學效果檢驗：為了比較有、無科學解釋文字鷹架(教學模式)的概念學習成效，以兩個班級前測總分作為共變量，班級為自變項，後測總分作為依變數，使用 SPSS 進行共變數分析，以了解兩個班級之間概念學習成效的差異是否達到顯著。

2-2 學習單

POE 活動的學習單則分析學生概念改變情形。這裡對學習單中的概念項目進行評分，作為學生在 POE 概念改變活動中概念發展情形的參考；另外可以得到有、無科學解釋文字鷹架兩組之間，在概念得分上的差異。學生的科學解釋能力從學習單中可以進行評分，將科學解釋的評分項目分成三項：主張-證據-支持，並根據 McNeill 等人(2006)所提出的評分架構表作評分，以方便了解有、無鷹架對學生的科學解釋能力的影響，此外亦針對科學解釋能力的完整性(推理能力)進行評分。

學習單評分採用抽樣的方式，抽樣方法為每班抽出 9 名學生，約佔全班 1/3 的人數，並以每一討論小組中抽一到兩名學生為原則(若同一組有內容不同之處則抽兩名)，兩個班級五個活動皆採此方式，挑選出學習單進行給分。並在評分之後，請專家審核檢驗將結果做分析比較。

(1) 概念評分

為了評分的信效度，在評分之前先對概念進行定義與列出評分等級，參考科學解釋評分表將分數為 0~2 三個等級，將此兩個項目也分作為三個等級，分別為：完全正確 (Correct)、部分不正確 (Partial-incorrect) 與不正確 (Incorrect)。將此三個等級評定標準以活動一「畫出日晷」為例，列出在下表 3-5-4：

表 3-5-1 概念的定義與評分標準以日晷為例

定義	有組織的知識或資訊體
完全正確 (Correct)	完整且正確的一個想法 1. 圖能完全畫對 2. 想法是對的
部分不正確 (Partial-incorrect)	想法有部分錯誤或圖部分畫錯
不正確 (Incorrect)	無想法或完全錯誤

(2) 科學解釋的評分架構表

評分從三個項目進行，分別為：主張、證據和支持(推理)。雖然在控制組的 POE 學習單中並無特別要求學生提出證據的項目，故研究者在學習者所提出的理由項目中找出證據進行評分。每個項目分為 0~2 分，評定方式參考了 McNeill 等人(2006)訂出了評分架構表，為了配合研究需要但略為作了一些修改，如在兩個證據部分，將兩個證據分開評分，分成 0 分、0.5 分及 1 分三個等級。最後將主張、證據與支持相加的總分視為科學解釋能力，以探討有、無科學解釋文字鷹架融入科學解釋能力之影響。

完整的科學解釋須具備以下三個項目：主張、證據與支持。其評分參考標準如下表 3-5-2：

表 3-5-2 科學解釋的評分架構表

論文中所使用的評分架構表			
分數	0	1	2
主張 (Claim)	沒有提出主張，或主張錯誤	提出正確但不完整的主張	提出正確且完整的主張
證據 (Data)	沒有提出證據，或提供不適當的證據	提供適當證據但不夠支持主張，或包含一些不適當的證據	提供適當且足夠的證據來支持主張
支持 (Reasoning)	沒有提供支持，或是支持無法連結主張	重複證據或包含科學原理不足 ①重複證據的內容做為支持 ②推論說明不完整或包含部分錯誤推理 ③僅連結主張和一個證據	提供可連結主張和證據的支持，包含足夠原且適當的原理

在評分學習單時，為了方便作檢核索引，將學生常犯的錯誤，根據各個實驗作出編碼，以活動一「畫出日晷」為例，列於表 3-5-3，其他部分請見附錄三：

表 3-5-3 活動一的編碼評分範例

實驗組		
主張(claim)		
0	1	2
0-a 沒有畫	1-a 沒時間刻度	有刻度及光線
0-b 畫錯	1-b 沒有光線	
證據(evidence) 兩個證據分開評分		
0	0.5	1
0-a 沒有提出證據	0.5-a 證據不完整。	1-a 能提出光與影子位置關係
0-b 提出不適當的證據。例如：折射	例如：只提出光是直進的 0.5-b 地球自轉或繞著太陽轉 0.5-c 完整敘述但包含不適當的證據或理論	1-b 除了光的直進外能有更完整的敘述 1-c 能想到其他更深入的內容
支持(support)		
0	1	2
0-a 沒有提供支持	1-a 只重複證據	2-a 能結合兩個證據並做正確的連結
0-b 無法連結主張與證據	1-b 推論不完整 1-c 包含重大錯誤推論 1-d 只包含一個證據	2-b 能加入正確新的發現的觀點

表 3-5-4 活動一的編碼評分範例

控制組		
主張(claim)		
0	1	2
0-a 沒有畫	1-a 沒時間刻度	有刻度及光線
0-b 畫錯	1-b 沒有光線	
0-c 沒更新畫圖或描述觀察結果	1-c 有描述實驗觀察但畫圖錯誤或沒畫	
證據(evidence) 兩個證據分開評分		
0	0.5	1
0-a 沒有提出證據	0.5-a 證據不完整。	1-a 能提出光與影子位置關係
0-b 提出不適當的證據。例如：折射	例如：只提出光是直進的	1-b 除了光的直進外能有更完整的敘述
	0.5-b 地球自轉或繞著太陽轉	1-c 能想到其他更深入的內容
	0.5-c 完整敘述但包含不適當的證據 或理論	
理由(Explanation)		
0	1	2
0-a 沒有寫	1-a 提到光的直進性但解釋不清	提到光的直進與影子與物體
0-b 解釋完全錯誤	1-b 推論不完整	
0-c 只提「光的直進」沒做更進一步解釋	1-c 包含重大錯誤推論	

POE 活動一至五的配分如表 3-4-5。因活動三與活動五含有較多小題，故五個活動要素間的配分不同，POE 活動學習單進行評分後，為了方便做比較將所有的原始分屬皆調整為主張、證據、支持皆為：4 分(調整方式請參照下表 3-5-5)。並進行各項分數描述性統計分析與獨立樣本 t 檢定，以了解兩組間的差異是否達到顯著。

表 3-5-5 活動一到五的原始配分

配分	活動一	活動二	活動三	活動四	活動五
主張	4	4	10→4	4	8→4
證據	4	4	4	4	4
支持	4	4	20→4	4	16→4

註：→表示調整分數

3. 科學解釋的完整性(推理能力)

為了評分的信效度，在評分之前先對科學解釋的完整性(推理能力)，進行定義與列出評分等級，參考科學解釋評分表將分數為 0~2 三個等級，將此兩個項目也分作為三個等級，分別為：完全正確(Correct)、部分不正確(Partial-incorrect)與不正確(Incorrect)。將此三個等級評定標準以活動一「畫出日晷」為例，列出在下表 3-5-5：

表 3-5-6 推理的定義與評分標準

定義	前後因果關係做合理推論
完全正確 (Correct)	1. 能將證據作出正確推論且因果關係明顯 2. 提出的證據與支持是符合正統科學的
部分不正確 (Partial-incorrect)	符合上面其中一項
不正確 (Incorrect)	未做出推論或 證據與支持完全無法連結

4. 研究結果

本研究的目的是在探討國中八年級學生在接受 POE 概念改變教學時，有、無融入科學解釋文字鷹架，對學習者在光學概念改變與科學解釋能力學習成果之影響。針對研究目的與待答問題，本章將分為兩節：第一節在使用二階層概念診斷測驗及 POE 活動學習單中的概念分析，作為驗證學生在 POE 概念改變活動前、後，對光學單元的概念學習成效之資料，並比較實驗組與控制組間的差異。第二節則從學生於 POE 學習單的作答分析學習者於學習過程中所展現科學解釋能力及推理能力的情形。

4.1 光學概念的學習成效

本節分成兩部分，第一部分從光學二階層概念診斷測驗，分析實驗組與控制組學生在前、後測分數的改變情形；第二部份則從 POE 概念改變活動之學習單，分析學生在觀察前(R1)、觀察後(R2)概念的改變作一比較，以回答研究問題一。

4.1.1 光學二階層診斷測驗之概念學習成效表現

1. 二階層概念診斷測驗成績之描述性統計分析

以兩組的光學概念前、後測所得到的總分，進行描述性與推論性統計。

(1) 針對不同教學模式(實驗組、控制組)的光學概念診斷測驗平均(前測、後測)進行敘述性統計分析，結果如表 4-1-1：

表 4-1-1 光學概念二階層概念測驗之敘述性統計分析

	N	前測		後測		後測-前測
		M	SD	M	SD	平均差
實驗組	22	3.36	2.59	3.68	2.36	0.32
控制組	23	3.52	2.78	4.70	3.10	1.18

上表可以得知在 POE 活動後，實驗組與控制組的後測平均成績皆高於前測平均成績，而比較兩組的前後測平均差值，控制組(1.18)較實驗組(0.32)高，顯示控制組的 POE 概念改變成效優於實驗組。進一步以光學概念二階層診斷測驗前測，進行兩組的同質性假設檢定，Levene 統計量 $F(1,43) = 2.086$ ， $p = 0.16$ 顯示未違反同質性假設，表示兩組樣

本沒有顯著差異。

(2) 二階層診斷概念測驗之推論統計分析

以不同教學模式(實驗組、控制組) 為自變項，並以「光學二階層診斷測驗後測成績」作為依變項，「光學二階層診斷測驗前測成績」作為共變項為進行單因子共變數分析(One-way ANCOVA)資料分析，呈現於下表 4-1-2：

表 4-1-2 教學模式對二階層概念診斷測驗的共變數分析

變異來源	SS	df	平均平方和	F	顯著性
共變數(前測成績)	190.28	1	190.28	58.18	
組間	8.90	1	8.90	2.72	($p=.11$)
組內(誤差)	137.36	42	3.27		
全體	336.54	44			

根據表 4-1-2， $F(1,42)=2.72$ ； $p=0.11$ ，顯示在光學概念二階層診斷測驗中，雖然控制組的前、後測進步幅度優於實驗組，但未達顯著水準。

下圖 4-1-1 顯示不同教學模式的前測與單因子共變數分析校正後的後測平均分數：

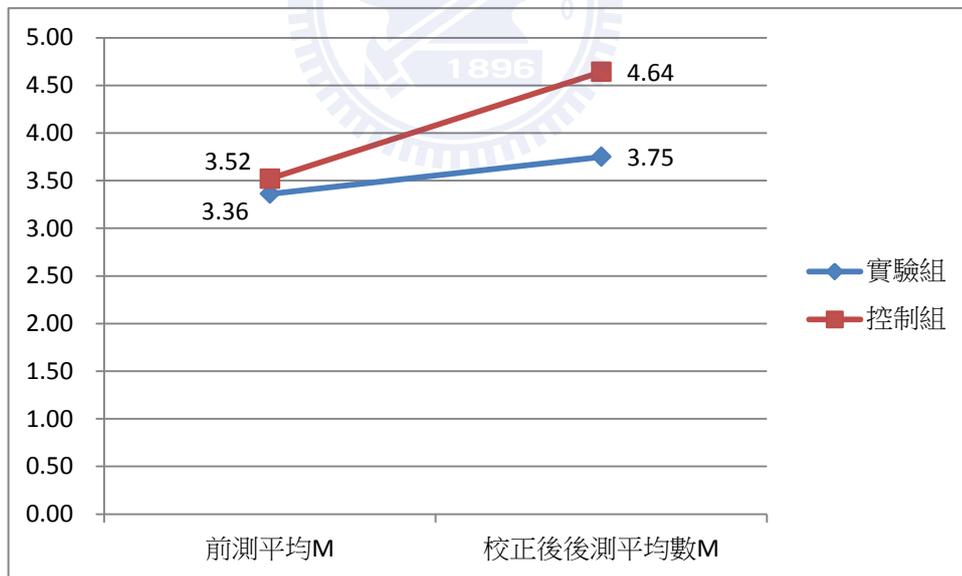


圖 4-1-1 校正後的前後測平均數

2. 依主題分析

接下來依 POE 概念改變活動的各個主題進一步分析實驗組與控制組於此兩主題的概念改變情形。依據 POE 活動單元與概念診斷測驗中的對應問題(請參考表 3-4-1)，將

二階層概念診斷測驗的 11 小題分為兩部分：第一部分為針孔成像概念(Q1~Q5)、第二部份為平面鏡成像概念(Q7~Q11)。另外，因針孔變大概念(Q6)無實際 POE 活動，故獨立做討論。描述性統計如表 4-1-3：

表 4-1-3 各主題二階層概念診斷測驗之敘述性統計

主題(題數)	N	前測		後測		後測-前測	
		M	SD	M	SD	平均差	
針孔成像(5)	實驗組	22	2.41	1.62	2.55	1.57	0.14
	控制組	23	2.17	1.64	3.09	1.53	0.92
平面鏡成像(5)	實驗組	22	0.55	0.96	0.77	0.81	0.22
	控制組	23	1.13	1.32	1.17	1.34	0.04
針孔變大(1)	實驗組	22	0.41	0.50	0.36	0.49	-0.05
	控制組	23	0.22	0.42	0.43	0.51	0.21

由表 4-1-3 顯示，實驗組與控制組在經過針孔成像 POE 活動後，後測平均成績皆高於前測平均成績。而在平面鏡成像單元，僅實驗組有進步的情形。控制組則在針孔變大的問題上出現微幅進步。

主題的前測成績進行兩組的同質性假設檢定，針孔成像和針孔變大兩主題 Levene 統計量分別為 $F(1,43)=0.06$ ； $p=0.81$ 以及 $F(1,43)=1.26$ ； $p=0.27$ ，未違反同質性假設，表示兩組樣本在此兩主題沒有顯著差異。另外，對此兩主題進行兩組的迴歸係數同質性考驗結果，分別為(前測*組別)， $F(1,41)=0.03$ ； $p=0.86>0.05$ ，以及(前測*組別)， $F(1,41)=0.02$ ； $p=0.88>0.05$ ，表示兩組迴歸線斜率沒有顯著差異，符合共變數組內迴歸係數同質性假設。

但在平面鏡成像主題上，Levene 統計量 $F(1,43)=8.33$ ； $p=0.01$ 違反了同質性假設。兩組的迴歸係數同質性考驗結果(前測*組別)， $F(1,41)=0.07$ ； $p=0.79>0.05$ ，表示兩組迴歸線斜率沒有顯著差異，符合共變數組內迴歸係數同質性假設，仍可繼續進行共變數分析。

以不同教學模式(實驗組、控制組)為自變項進行單因子共變數分析，分析時以「針孔成像概念前測成績」為共變量，依變項為「針孔成像概念後測成績」，在平面鏡成像與針孔變大的主題上則同樣以不同教學模式(實驗組、控制組)為自變項，分別以該主題的前測成績為共變項，後測成績為依變項，同樣進行單因子共變數分析。結果呈現於下表 4-1-4：

表 4-1-4 教學模式對各主題二階層概念診斷測驗的共變數分析

	變異來源	SS	df	平均平方和	F	顯著性
針孔成像	共變數(前測成績)	51.38	1	51.38	41.58	
	組間	5.46	1	5.46	4.42*	($p=.04$)
	組內(誤差)	51.90	42	1.24		
	全體	108.74	44			
平面鏡成像	共變數(前測成績)	14.69	1	14.69	16.04	
	組間	.12	1	.12	0.13	($p=.72$)
	組內(誤差)	38.48	42	.92		
	全體	53.29	44			
針孔變大	共變數(前測成績)	2.25	1	2.25	11.10	
	組間	.30	1	.30	1.46	($p=.23$)
	組內(誤差)	8.50	42	.20		
	全體	11.50	44			

* $p<.05$

根據表 4-1-4，三個主題中，僅在針孔成像上控制組的成績進步幅度 $F(1,42)=4.42$ ； $p=0.04$ ，優於實驗組且達顯著性。而在平面鏡成像以及針孔變大主題上，實驗組與控制組的平均差值雖有差異(表 4-1-3)，但差異未達顯著(表 4-1-4)，顯示不同 POE 活動對兩種教學模式出現不同效果，在第五章進行詳細討論。

小結：由二階層概念診斷測驗成績總分分析結果可以發現，經過 POE 概念改變活動後，無論是否融入科學解釋文字鷹架，兩組的概念總分均提升，而採用傳統 POE 學習單設計、未融入科學解釋鷹架的組別進步較多。但兩組的進步幅度差異未達顯著。進一步檢視有、無融入科學解釋文字鷹架的兩組，在 POE 各主題上的概念表現是否有差異。分析結果顯示，在針孔成像部分，控制組概念改變幅度優於實驗組，且達到顯著差異。在平面鏡成像概念上，使用科學解釋文字鷹架的實驗組，雖然前測成績低於控制組，但在 POE 活動後概念進步幅度高於控制組，但未達顯著。本研究並未針對針孔變大之現象設計 POE 活動，因此難以解釋兩組學生於該題目之前、後測的變化情形。

4.1.2 活動學習單中的概念改變

此部分藉由分析學生於 POE 活動學習單所展現的概念正確性進行評分，以了解學生在觀察前、後，不同教學模式的概念改變情形。概念的評分分為四種：正確-(Correct, C)、部分正確 (Partial-incorrect, P)、不正確(Incorrect, I)，以及未填寫或是寫「同前」的則以不變(N)表示。將五個學習活動收集到的學習單，每班各活動皆抽樣 9 名學生進行評分，得到學生在觀察前、後的概念改變（每個人的評分結果請參考附錄四）。

1. 概念改變人數分析

將學生在 POE 觀察前(R1)、後(R2)概念改變的情形分為三種，概念進步：等級由 I→P、I→C、P→C；概念不變即在 R1 與 R2 的等級一樣：C→C、P→P、I→I 或任一種→N；以及概念退步：C→P、C→I 或 P→I。將此三種改變情形與每個活動人數列於下表，因兩組抽樣人數都為 9 名，故在此使用人數作為單位而不另計百分比。

將此三種概念改變類型依主題做人數統計，主題一為針孔成像(POE 活動一與活動三)，主題二為平面鏡成像(POE 活動四與活動五)。POE 活動二中的「光的直進」概念，因無法與診斷測驗做比較，故在此處省略。此處的主題分法與概念診斷測驗的主題分法大約一致。不同教學模式於各主題的概念改變類別人數分析以直方圖表示，整理如圖 4-1-2 與 4-1-3：

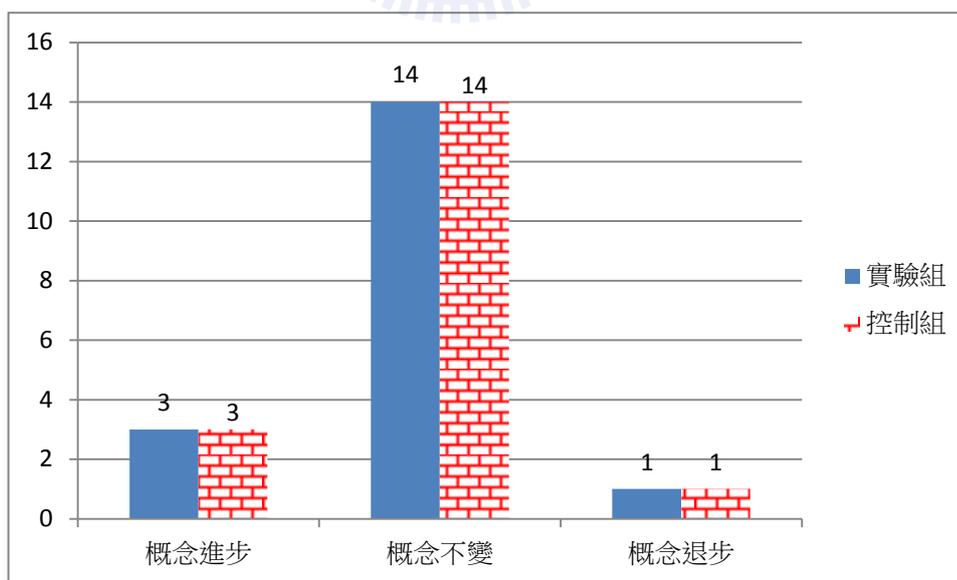


圖 4-1-2 針孔成像之學習單概念改變人數

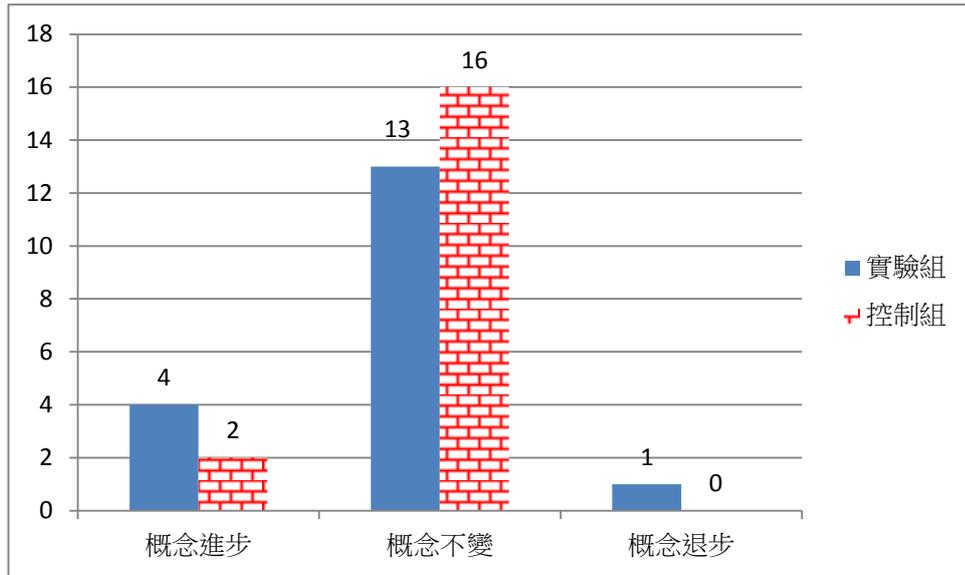


圖 4-1-3 平面鏡成像之學習單概念改變人數

由上圖可知，無論是針孔成像或平面鏡成像概念，在經過 POE 教學活動後，實驗組或控制組皆僅有少部分學生發生概念改變的情形。而融入科學解釋文字鷹架的組別於學習單中的概念表現，在 POE 觀察前後，概念進步與退步的整體情況都優於無鷹架的組別。

總結：

在二階層概念診斷測驗前、後測的整體表現中，不同教學模式經過 POE 教學後概念表現平均皆有進步，且控制組進步程度高於實驗組，但未達顯著差異。

進一步分為針孔成像以及平面鏡成像兩主題檢視不同教學模式的概念表現，在針孔成像主題上，二階層概念診斷試題分析結果顯示，採傳統 POE 活動引導的學習者在概念學習成效之進步優於使用科學解釋文字鷹架的學習者。然而學習單於同主題的分析顯示，有科學解釋學習鷹架融入的學習者，在 POE 活動中表現較傳統 POE 活動引導的學習者兩者相同，與二階層概念診斷測驗的表現不一致。

在平面鏡成像主題上，概念診斷測驗平均分數為實驗組高於控制組，但無顯著差異；然而學習單於同主題的分析顯示，有科學解釋學習鷹架融入的學習者，在 POE 活動中概念進步的人數略多於傳統 POE 活動引導的學習者。

POE 概念改變活動對部份學習者產生概念改變之成效，然而 POE 活動學習單分析結果則顯示，對大多數比例的學習者而言，在 POE 活動的觀察前、後概念改變並未發

生，顯示 POE 活動的設計於概念改變的效果上仍有待進一步提升，亦顯示二階層概念診斷測驗的題目設計與 POE 活動的內容對應需更緊密，才有可能在概念診斷測驗的前、後測看到顯著的改變。另外，不同教學模式綜合於兩主題於概念診斷測驗的分析結果，顯示針孔成像與平面鏡成像兩主題的 POE 概念改變活動，對實驗組與控制組在概念改變成效上有不同效果。是否為 POE 活動設計及科學解釋文字鷹架帶來的影響，留在第五章進行綜合討論。



4.2 科學解釋能力的表現

本節針對學習者於 POE 活動所形成之科學解釋，分為主張、證據、支持三個科學解釋要素進行編碼與評分，藉此了解不同教學模式對學習者在 POE 概念改變活動中形成科學解釋之影響。本節分為兩部分，第一部份分析不同教學模式於五個 POE 活動中的科學解釋能力表現，第二部分則針對不同教學模式於主張、證據、支持三個科學解釋要素的差異進行討論。

4.2.1 不同教學模式於科學解釋能力的表現

1. 科學解釋能力總體表現情形

依不同教學模式，計算兩組於主張、證據與支持的總分，進行描述性統計分析以及獨立樣本 t 檢定，以檢驗了解不同教學模式的科學解釋能力是否有差異。統計結果於下表 4-2-1：

表 4-2-1 不同教學模式於科學解釋能力之表現

		M	SD	df	t 值	雙尾 顯著性
1.日晷	實驗組	7.44	2.23	16	2.59*	(p=.02)
畫法	控制組	5.06	1.65			
2.光的	實驗組	5.17	1.39	16	1.81	(p=.09)
直進	控制組	3.72	1.95			
3.針孔	實驗組	4.94	1.89	16	-0.98	(p=.35)
成像	控制組	5.60	0.69			
4.光的	實驗組	6.39	1.50	16	0.82	(p=.42)
反射	控制組	5.89	1.05			
5.平面鏡	實驗組	5.75	1.47	16	-0.40	(p=.70)
成像	控制組	5.97	0.80			
總平均	實驗組	29.69	6.08	16	1.38	(p=.19)
	控制組	26.24	4.37			

* $p < .05$

由上表可以得知，在各單元活動中，日晷畫法、光的直進與光的反射活動中，實驗組的科學解釋能力平均分數高於控制組，且在日晷畫法活動中達到顯著。在針孔與平面

鏡成像活動則為控制組分數較高，但差異未達顯著。研究結果顯示，不同教學模式對科學解釋能力的影響，會因為 POE 活動的主題不同而有差異。

將兩組在各概念活動的科學解釋得分百分率平均值呈現於下圖 4-2-1：

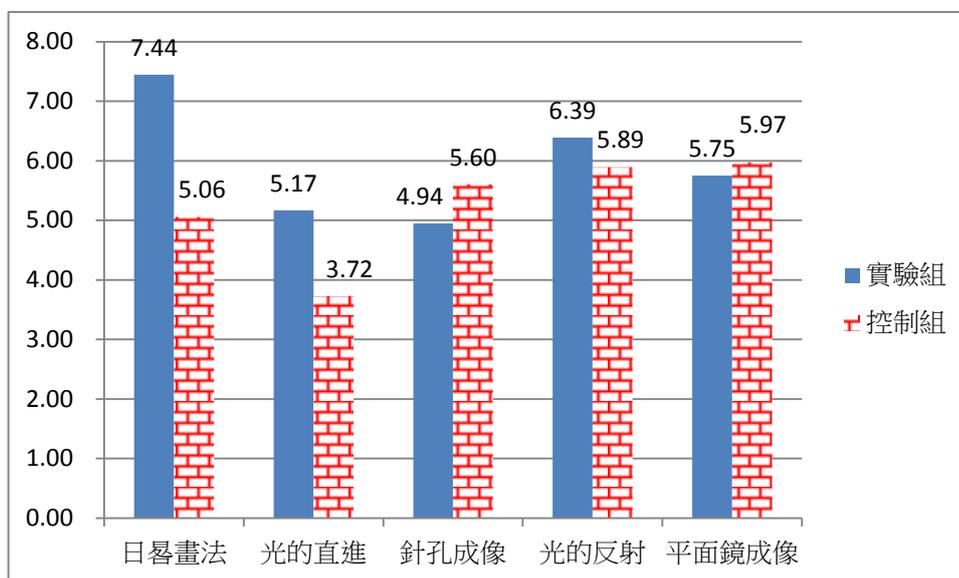


圖 4-2-1 不同教學模式在五個 POE 活動中的科學解釋能力得分

4.2.2 不同教學模式於科學解釋能力分項要素的表現

進一步分析不同教學模式於主張、證據、支持三個科學解釋要素的分項表現，進行描述性統計分析以及獨立樣本 t 檢定，以檢驗了解不同教學模式在科學解釋能力的三要素上是否有差異。此外，為比較不同教學模式由活動一到活動五的科學解釋能力變化情形，以不同教學模式於各科學解釋能力分項的得分平均值繪製直方圖如圖 4-2-3、4-2-4 和 4-2-5，進行各活動間的比較。

1. 科學解釋能力的三分項要素整體表現情形

(1) 提出主張的能力

表 4-2-2 不同教學模式於五個活動中提出主張的能力

		M	SD	df	t 值	雙尾 顯著性
1.日晷 畫法	實驗組	3.11	1.17	16	1.59	(p=.13)
	控制組	2.22	1.20			
2.光的 直進	實驗組	1.78	1.09	16	-0.39	(p=.70)
	控制組	2.00	1.32			
3.針孔 成像	實驗組	2.98	1.17	16	-1.65	(p=.13)
	控制組	3.64	0.31			
4.光的 反射	實驗組	3.56	0.88	16	-0.60	(p=.56)
	控制組	3.78	0.67			
5.平面鏡 成像	實驗組	2.94	0.77	16	-2.63*	(p=.02)
	控制組	3.72	0.44			
總平均	實驗組	14.37	2.76	16	-0.78	(p=.45)
	控制組	15.37	2.71			

* $p < .05$

表 4-2-2 顯示，控制組在提出主張的能力略高於實驗組。只有在「日晷畫法」活動中，實驗組於主張的得分高於控制組。而不同教學模式的差異在平面鏡成像活動上達顯著程度。

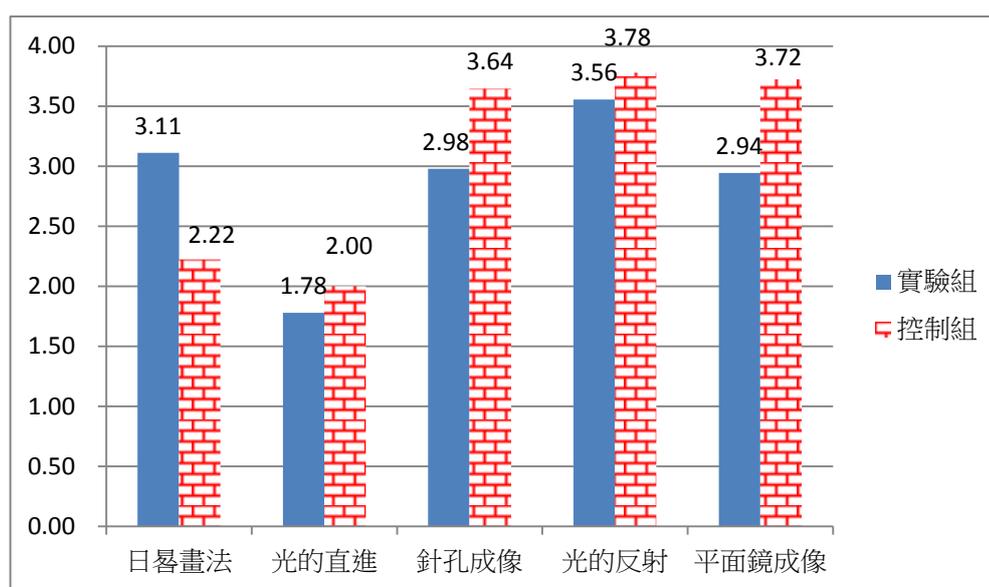


圖 4-2-2 不同教學模式在五個 POE 活動中的主張的得分

另外，根據圖 4-2-2，除了在光的直進活動外，融合科學解釋文字鷹架的教學模式

在提出主張分數皆低於傳統 POE 教學模式。

(2) 找出證據的能力

表 4-2-3 不同教學模式於五個活動中提出證據的能力

		M	SD	df	t 值	雙尾 顯著性
1.日晷	實驗組	2.67	0.75	16	4.13**	(p=.001)
畫法	控制組	1.39	0.55			
2.光的	實驗組	1.94	0.58	16	5.27***	(p=.00)
直進	控制組	0.61	0.49			
3.針孔	實驗組	1.06	0.46	16	1.14	(p=.27)
成像	控制組	0.78	0.57			
4.光的	實驗組	1.83	0.71	16	2.89*	(p=.01)
反射	控制組	1.00	0.50			
5.平面鏡	實驗組	1.44	0.77	16	1.10	(p=.29)
成像	控制組	1.06	0.73			
總平均	實驗組	8.94	2.28	16	5.00***	(p=.00)
	控制組	4.83	0.94			

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表 4-2-3 顯示，在所有的 POE 活動中實驗組在找出證據的能力上，皆優於控制組，且除了針孔成像與平面鏡成像兩個活動外，皆達到顯著差異。

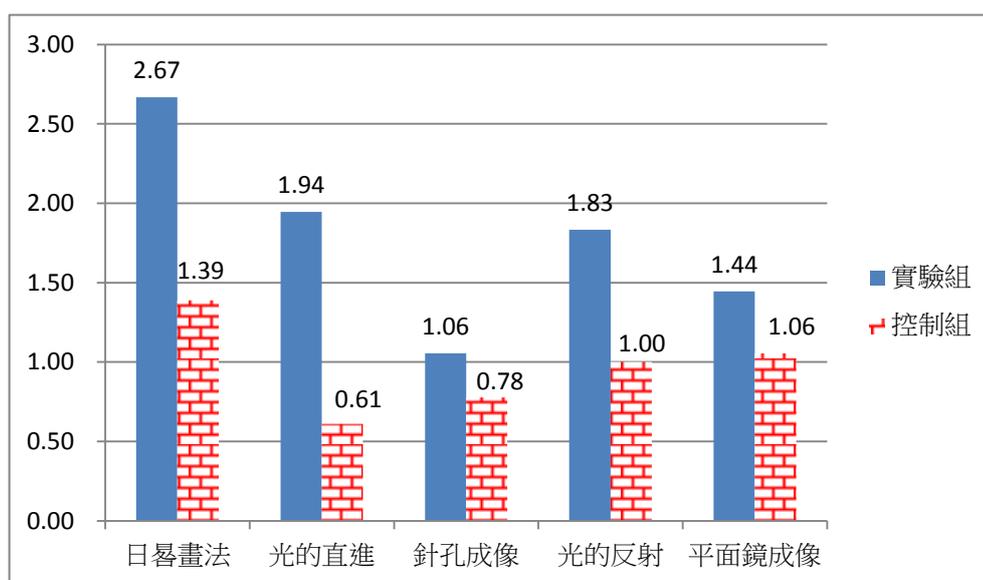


圖 4-2-3 不同教學模式在五個 POE 活動中的證據得分

圖 4-2-3 顯示，在第一個「日晷畫法」的活動，實驗組提出證據分數最高，並與控制組差異最大，而在針孔成像活動兩組之間差異最小。在活動四「光的反射」實驗組又拉開差距，到了活動五「平面鏡成像」實驗組發生退步，但控制組卻有些微上升。整體而言實驗組在提出證據能力隨著單元主題的不同而變化起伏幅度較控制組大。顯示使用科學解釋文字鷹架的學習者，其提出證據之能力會隨主題之不同而改變。

(3) 提出支持的能力

表 4-2-4 不同教學模式於五個活動中提出支持的能力

		M	SD	df	t 值	雙尾 顯著性
1.日晷 畫法	實驗組	1.67	1.22	16	0.50	(p=.62)
	控制組	1.44	0.53			
2.光的 直進	實驗組	1.44	0.73	16	0.94	(p=.36)
	控制組	1.11	0.78			
3.針孔 成像	實驗組	0.91	0.53	16	-1.14	(p=.27)
	控制組	1.18	0.46			
4.光的 反射	實驗組	1.00	0.50	16	-0.56	(p=.59)
	控制組	1.11	0.33			
5.平面鏡 成像	實驗組	1.36	0.61	16	0.63	(p=.54)
	控制組	1.19	0.51			
總平均	實驗組	6.38	2.16	16	0.37	(p=.72)
	控制組	6.04	1.80			

表 4-2-4 顯示，不同教學模式對學習者提出支持之能力的影響依活動主題不同而有消長。實驗組於日晷畫法、光的直進以及平面鏡成像活動上表現較佳，針孔成像以及光的反射則是控制組表現較好。不同教學模式對提出支持能力之影響在各活動中皆未達顯著差異。

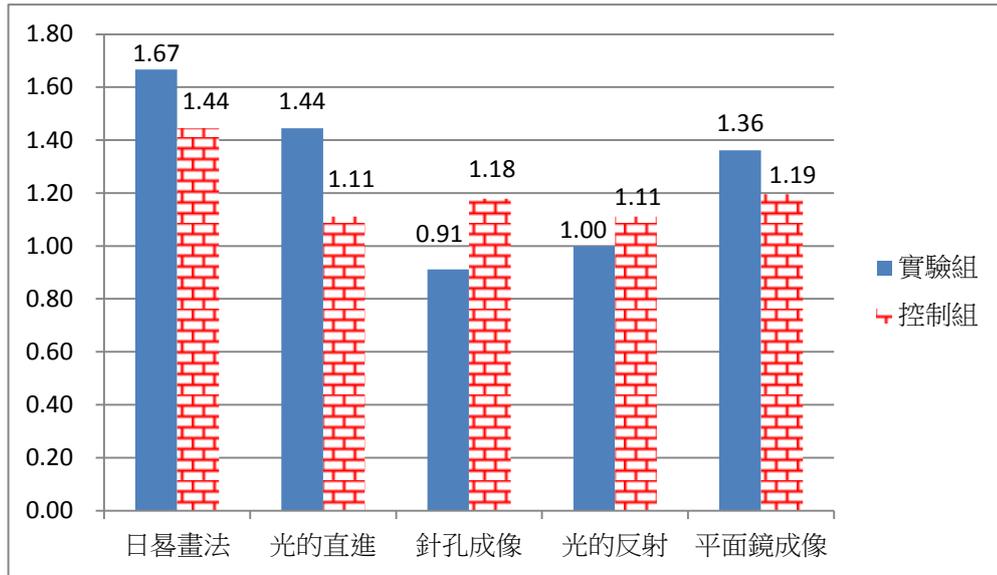


圖 4-2-4 不同教學模式在五個 POE 活動中的支持

圖 4-2-4 顯示，實驗組在提出支持之能力隨著單元主題的不同而變化起伏幅度較大，控制組則無太大改變。



2. 不同教學模式在各主題的科學解釋能力分項要素表現

進一步比較不同教學模式對學習者在針孔成像與平面鏡成像主題中提出主張、證據與支持的能力是否有所差異，此處參照 4.1.2 節，將活動一、三合併為針孔成像主題，而活動四、五合併為平面鏡成像主題。以不同教學模式於主張、證據、支持三個科學解釋要素的分項表現，進行描述性統計分析以及獨立樣本 t 檢定，以檢驗了解不同教學模式在各主題科學解釋能力的三要素上是否有差異。分析結果呈現於表 4-2-5。並以不同教學模式於各科學解釋能力分項的得分平均值繪製直方圖如圖 4-2-5 和 4-2-6，進行各活動間的比較。

表 4-2-5 不同教學模式於各主題的科學解釋分項要素表現

			M	SD	df	t 值	雙尾 顯著性
	主張	實驗組	6.09	1.09	16	0.40	(p=.70)
		控制組	5.87	1.27			
針孔成 像概念	證據	實驗組	3.72	1.12	16	3.35**	(p=.004)
		控制組	2.17	0.83			
	支持	實驗組	2.58	1.54	16	-0.8	(p=.94)
		控制組	2.62	0.87			
平面鏡 成像 概念	主張	實驗組	6.50	1.52	16	-1.79	(p=.10)
		控制組	7.50	0.71			
	證據	實驗組	3.28	1.35	16	2.46*	(p=.03)
		控制組	2.06	0.63			
	支持	實驗組	2.36	0.83	16	0.17	(p=.87)
		控制組	2.31	0.57			

* $p < .05$, ** $p < .01$

不同教學模式在針孔成像和平面鏡成像主題上，於主張、證據、支持分項的得分，實驗組在提出證據的能力上顯著高於控制組，但在提出主張與支持的能力上兩組並無顯著差異。在針孔成像概念，實驗組提出支持的能力稍微比控制組低；而在平面鏡成像的部份，在提出主張能力上控制組優於實驗組，在提出支持的能力上兩組並無顯著差異。顯示融入科學解釋文字鷹架於 POE 概念改變活動，主要的影響為協助學習者提升提出證據的能力，對於提出主張或支持的能力則無顯著的影響。

比較圖 4-2-6、圖 4-2-7 學習者在科學解釋分項要素的得分則發現，無論在針孔成像或平面鏡成像之主題上，不同教學模式的學習者在提出主張能力的表現較佳，而提出證據與支持的能力則普遍低落。顯示學生在 POE 活動中試圖提出解釋來說明現象時，在證據以及支持的部份可能需要額外的協助。

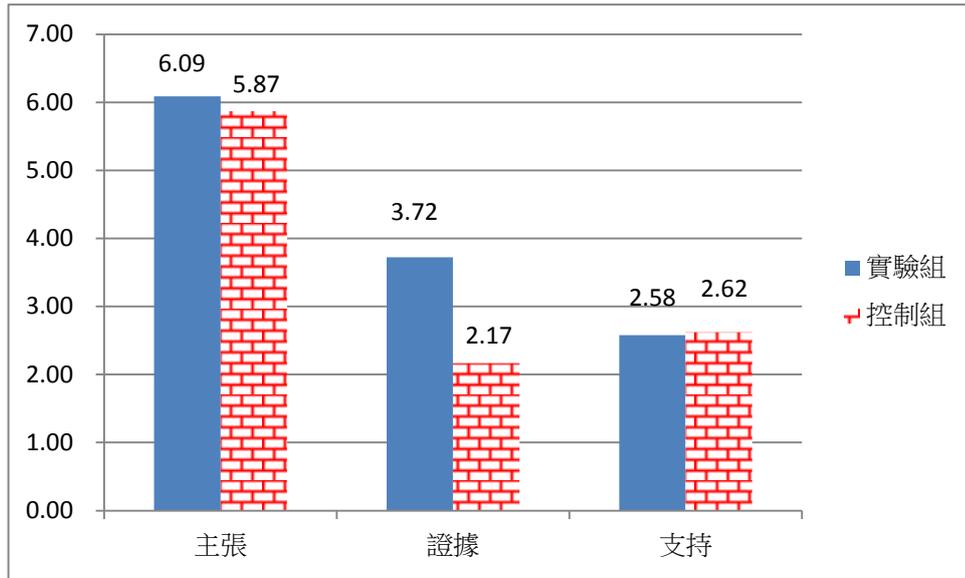


圖 4-2-5 不同教學模式在針孔成像的科學解釋分項要素表現

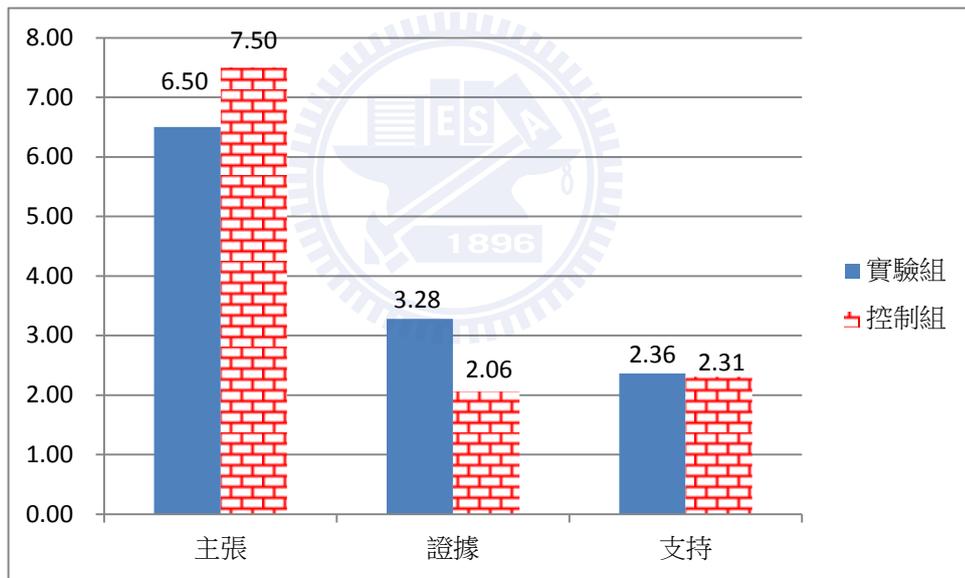


圖 4-2-6 不同教學模式在平面鏡成像的科學解釋分項要素表現

此處比較不同教學模式在 POE 觀察前(R1)、後(R2)的科學解釋能力變化(包括主張、證據、支持)情形。描述性統計分析結果呈現於表 4-2-6。不同教學模式於 R1 與 R2 的科學解釋能力得分比較則呈現如圖 4-2-7 和 4-2-8。

表 4-2-6 R1 與 R2 總分的得分百分比

		實驗組		控制組		df	t 值
		M	SD	M	SD		
總分	R1	17.46	3.43	17.93	3.74	16	-0.28
	R2	12.24	5.19	8.31	2.58	16	2.03
主張	R1	8.33	1.21	8.42	1.25	16	-0.15
	R2	6.03	2.55	6.94	1.79	16	-0.88
證據	R1	5.39	1.56	4.11	1.05	16	2.04
	R2	3.56	1.93	0.72	0.67	16	4.17**
支持	R1	3.73	1.54	5.39	2.03	16	-1.95
	R2	2.65	1.15	0.64	0.57	16	4.67***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

在進行觀察之前，控制組在進行科學解釋的整體分數比實驗組高，但在觀察之後的科學解釋無文字鷹架組別發生明顯下滑的情形。兩組在觀察之後的科學解釋能力都下降，原因在很多學生在觀察之後勾選「同前」而無提出新解釋。不同教學模式在 R1 的差異沒有達到顯著，在 R2 雖然兩組差距拉大，但科學解釋整體分數亦無顯著差異。但在解釋分項中證據與支持兩個要素上，實驗組顯著高於控制組。

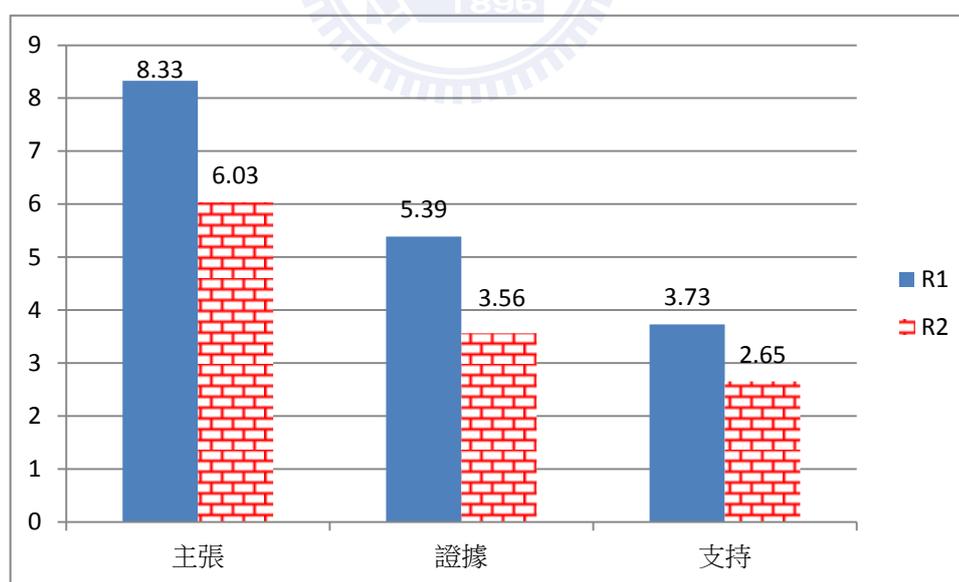


圖 4-2-7 實驗組在觀察前後的科學解釋能力

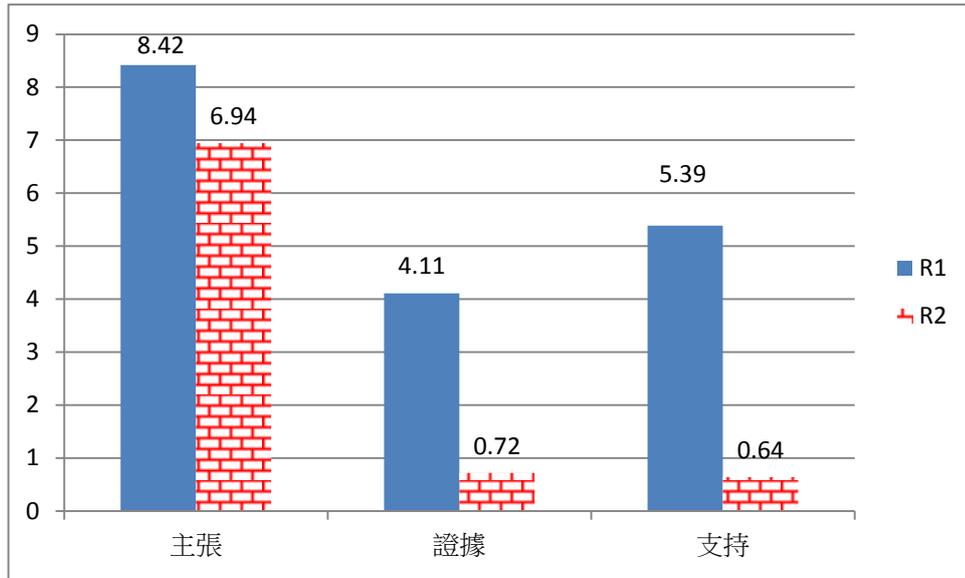


圖 4-2-8 控制組在觀察前後的科學解釋能力

由上面直方圖 4-2-7 與 4-2-8 可以看出，兩組在觀察前、後的差異。使用科學解釋文字鷹架的實驗組在觀察後重新提出解釋，在主張、證據與支持的得分比較具有一致性；而無鷹架的控制組在觀察後(R2)，只有提出主張能力的得分比有鷹架組別高，使用證據提出支持的分數都明顯偏低，顯示無鷹架幫助的學生比較關心預測是否正確而容易忽略證據與支持的使用。

3. 學生推理能力的改變

此處的推理能力主要為評量科學解釋的完整性，換句話說，就是檢視學習者是否能完整連結主張、證據與支持。為探討不同教學模式在 POE 觀察前(R1)、後(R2)，對科學解釋完整性的影響，研究者依照評分系統(見 4.1.2 節)，將推理能力分為四種：正確-(Correct)、部分正確(Partial-incorrect)、不正確(Incorrect)，以及未填寫或是寫「同前」的則以不變(N)表示。對五個學習活動的學習單，每班各活動皆抽樣 9 名學生進行編碼評分，得到學生在觀察前、後推理能力的改變(每個人的評分結果請參考附錄四)。

依照上述方法將學生的推理能力，分成三種推理改變類行：推理進步、推理不變與推理退步三種，以人數為單位，繪成直方圖，如圖 4-2-9 以及圖 4-2-10。

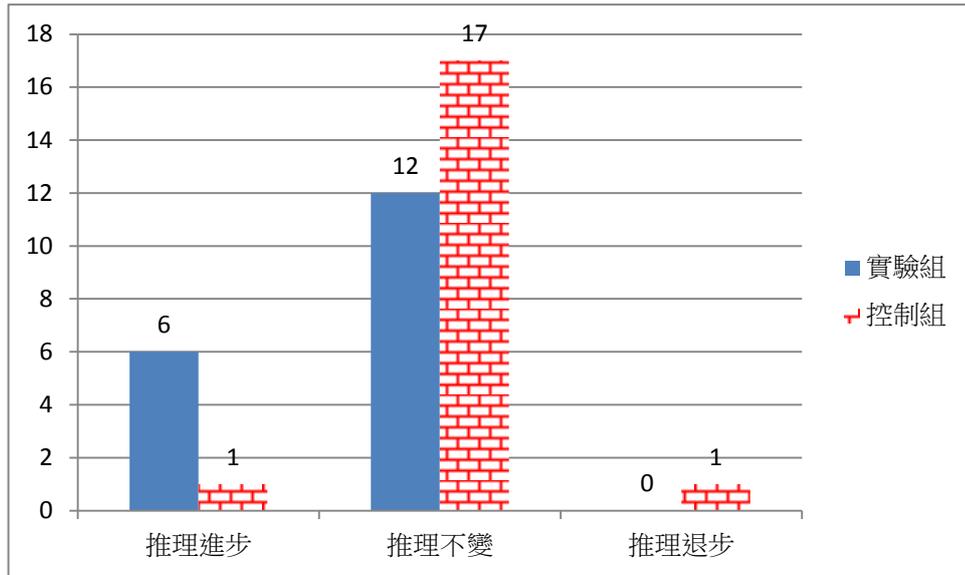


圖 4-2-9 針孔成像概念推理改變的人數

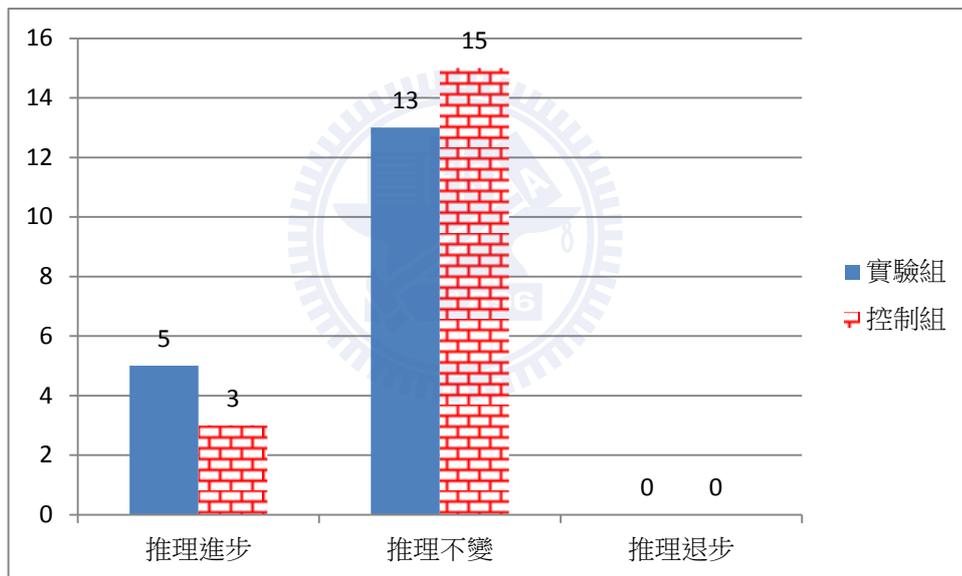


圖 4-2-10 平面鏡成像概念推理改變的人數

根據上圖資料，無論是針孔成像或平面鏡成像主題，在經過 POE 教學活動後，多數實驗組或控制組的推理(或科學解釋的完整性)沒有改變，僅有少部分學生發生推理進步的情形。而融入科學解釋文字鷹架的組別在推理進步的人數上高於僅使用傳統 POE 活動引導的組別。顯示融入科學解釋學習鷹架對於學生在 POE 活動中連結主張、證據、支持的完整性上有所助益。

總結：

科學解釋能力的整體平均分數上，融入科學解釋文字鷹架的學習者能力略高於使用傳統 POE 學習引導的學習者。在五個 POE 活動中，在日晷畫法活動中，融入科學解釋文字鷹架的學習者科學解釋能力顯著高於傳統 POE 的學習者。但在光的直進針孔成像、光的反射與平面鏡成像四個活動中，不同教學模式的差異未達顯著。

在科學解釋的分項要素表現上，融入科學解釋文字鷹架在找出證據的能力表現皆高於傳統 POE 組，且除了針孔成像與平面鏡成像活動單元外，其他活動皆達顯著差異。提出主張的能力除了在日晷的畫法活動中，實驗組高於控制組，其他的活動皆為傳統 POE 組別表現較好，且在平面鏡的成像達到顯著。而在提出支持的能力兩種教學模式間皆未達顯著差異。

以主題分析不同教學模式在科學解釋分項要素之表現，兩種教學模式的差異在找出證據的能力於針孔成像與平面鏡成像的主題皆達到顯著，使用科學解釋文字鷹架的組別高於傳統 POE 組別。而在提出主張與支持上，差異就不明顯，顯示融入科學解釋於 POE 活動，學生在進行科學解釋時，找出證據的能力幫助最大。

主張、證據與支持三要素得分於兩種教學模式中，後兩個要素得分都偏低，顯示學生在進行 POE 活動提出解釋時，在證據以及支持的部份可能需要額外的協助。比較在觀察前、後，兩種教學模式的差異，觀察前兩組在科學解釋能力上的差異不大，但在觀察後兩組的差異拉大，顯示傳統 POE 組在觀察後未再重新提出解釋，而實驗組則因有文字鷹架的出現，而較多人提出證據與支持。

另外，融入科學解釋文字鷹架教學模式的組別，其推理進步的人數較傳統 POE 組別稍多，顯示科學解釋文字鷹架的使用有助於學生在觀察後推理能力的提升，對提出科學解釋的完整性與邏輯性方面有所幫助。

5. 結論與建議

本章共分為兩節，第一節對研究結果整理並做結論，第二節對本研究的結論提供教學與研究的建議。

5.1 結論與討論

1. 有、無科學解釋文字鷹架對學生概念學習成效之影響

在整體的概念學習成效上，兩種教學模式的組別經過學習活動後，於概念診斷測驗的平均分數都有微幅進步，但前、後測差異未達顯著，顯示 POE 概念改變活動於概念學習未有顯著差異。比較不同教學模式於概念學習成效差異，未融入科學解釋文字鷹架組別進步的平均分數高於融入鷹架的組別，但差異未達顯著；這與陳勇昌(2008)研究結果雷同。另外，學習單資料分析顯示兩組於概念進步的情形無太大差異，但融入科學解釋文字鷹架的組別略好於傳統 POE 組別，這與概念診斷測驗的結果有一些不一致。例如於針孔成像主題上，使用傳統 POE 的組別在概念診斷測驗進步較多且與實驗組達顯著差異，但在學習單的概念進、退步分析上，兩組人數一致。

科學解釋文字鷹架的設計在引導學生從觀察中找出相關證據，希望藉此引發概念衝突以促進概念改變的發生，並將所觀察之現象與概念連結。但從本研究的概念前、後測與學習單的分析結果發現，使用傳統 POE 的學生在概念診斷測驗前、後測平均分數進步程度較使用科學解釋文字鷹架者為高。推測可能原因為，在 POE 概念改變的活動中，額外要求學生了解科學解釋的要素，增加學生額外的認知負荷，以致於影響概念學習的成效。科學解釋文字鷹架的設計在幫助學生找出實驗觀察中的證據，作為連結理論與現象的橋樑，此種文字鷹架根據 Sweller(1998) 認知負荷類型的分類，屬於促進學習的「增生認知負荷」。但可能在較複雜的活動設計，因在設計上未減少外在認知負荷，造成總認知負荷量大於學生的認知負荷，因此在使用科學解釋文字鷹架組別的概念後測進步較少。另外的原因可能為 Baird(1986) 等人所提的概念改變要素：學習者要在思考過程自我察覺才能使概念改變成功，若學習者認知負荷已經超重，在自我察覺的注意力可能就容易分散。因此，在平面鏡成像概念改變活動中，除了因在活動設計與測驗對應較完善外，另外可能原因在經過多次的練習，學生的認知負荷下降，進而察覺到新概念與原概念的衝突。

檢視二階層概念診斷前、後測驗與學習單之結果，兩種教學模式的組別僅有少部分學生發生些微進步，但大多學生並未發生概念改變，除了顯示概念改變的困難(Driver, 1983; Liew & Treagust, 1995; Gunstone, 1990)，其 POE 活動之設計需要進一步檢驗與修正。其他可能原因為楊凱悌(2009)所提及的 POE 活動設計缺失、未提及關鍵概念，或時間不足，會造成學生無法產生認知衝突，以致概念改變效果較差。例如本研究的針孔成像概念改變活動，在針孔成像為實像的 POE 實驗設計上，因在活動實驗中使用的手電筒的光源不夠強大，p.a.感應器無法隔著描圖紙偵測到光度，所以在活動中由 LED 手電筒改成雷射筆，可能因此導致某些學習者會認為此兩者間是不一樣的，如此就會造成學生對實驗證據的不確定性，不相信觀察到的證據(Solomon, 1995)。使用融入科學解釋文字鷹架的組別比控制組更注意在觀察中尋找證據，也因此若在活動無此對應設計或設計不良，可能會導致學生無法了解新概念的意涵，因而抗拒新的概念的使用(Posner & Strike, 1985)。而學習單的表現與概念診斷前、後測驗的結果表現不一致，可能是由於 POE 概念改變活動設計與診斷測驗題目沒有完全配合所導致，如針孔成像的設計在試題中使用的光源為蠟燭，而在 POE 活動中則是 LED 手電筒，並且是在實像偵測上又改為使用雷射筆作為光源。

2. 有、無科學解釋文字鷹架對學生科學解釋能力的差異

科學解釋能力整體平均分數顯示，使用科學解釋文字鷹架的組別得分較使用傳統 POE 架構者高，但兩組之間無顯著差異。其中在日晷畫法、光的直進與光的反射活動中，融合科學解釋文字鷹架的教學模式組別的科學解釋得分較高，且在畫出日晷的活動達顯著差異。而在針孔成像與平面鏡成像活動的科學解釋得分，則為傳統 POE 組別的得分較高。此種差異可能由於不同活動中所設計之現象包含的概念不同所造成。例如在日晷、光的直進與光的反射 POE 概念改變活動中，學生依科學解釋文字鷹架的引導，較容易從現象中找出證據，並根據證據作出解釋；而在針孔與平面鏡成像活動，由於要求學生回答的問題數量較多，且現象很難用單一證據進行解釋，有時證據亦未必能從觀察中獲得，增加提出證據的困難。加上學生可能因為先備知識的不足，造成提出證據也無法將其與解釋連結的困難。例如：針孔成像大小與距離比例的關係要用到相似形的概念，但相關數學能力要在九年級才會進行教學。而不同教學模式的科學解釋能力得分沒有顯著差異的其他原因可能是控制組雖無文字鷹架的引導，但可能透過同儕討論作為鷹架(Hannafin, Land, & Oliver, 1999; Brown, 1989)，而形成適當的科學解釋。

分析不同教學模式於科學解釋三要素之得分，顯示兩組在提升找出證據的能力上影響最大。這個影響在針孔成像與平面鏡成像活動中影響較不明顯，推測原因為這兩個活動中的子題較多，使用文字鷹架的學習者需分別提出四、五個主張與支持，並且需根據證據去做解釋，過於龐大的訊息處理造成學習者容易產生混淆或未能指出正確的證據。顯示當問題情境較複雜(問題數量過多或是學生先備知識不足以使用證據做解釋)，文字鷹架對科學解釋提升的效果就較不明顯。因為即使找出證據，學習者也不一定能夠將證據與主張做出合理的解釋。

提出主張的能力除了在平面鏡成像的單元外，兩種教學模式均無顯著差異。平面鏡成像主題上，接受傳統 POE 教學模式的學習者分數顯著優於融合鷹架的組別，其原因可能由於兩組於先備知識的差異所造成。概念診斷前測即顯示，控制組於平面鏡成像主題的平均(請參考表 4-1-3)，即高於融合文字鷹架組別($1.13 > 0.55$)，因此控制組提出主張之能力高於實驗組。而兩組在提出支持的能力表現上則各有消長，但兩組並無顯著差異。

另外，針對一些特殊的現象進行討論：在光的直進的(活動二)POE 中，兩組在提出主張的分數都偏低(請參考圖 4-2-2)，其原因可能為題目設計不清楚使學生誤會題意所致。此題的題目為「在手電筒與 p.a 感光儀之間的有一紙板，上面有一圓形小孔，紙板應如何移動才不至於降低感光值？」很多學生會提出使紙板靠近或遠離手電筒來影響感光值大小，而非提出需要直線移動紙板作為主張。

而在推理能力進步人數上，融合科學鷹架的組別較傳統 POE 組別稍多，顯示使用科學解釋文字鷹架可以協助學生連結證據和概念來進行推理；但兩組在推理不變的人數皆明顯較高，這與黃惠鈺(2009)研究發現一致，顯示學生在觀察活動後無法將觀察到的新證據與概念連結做出一完整的推理，且兩組在各活動及分主題中，提出支持的能力得分都不高，顯示學生在提出支持上的困難，呼應 McNeill 等人(2006)的研究結果：學生即使能找出適當證據，但還是無法發展出具備邏輯性的論述來替他們的主張做支持(Krajcik et al., 1998；引自 McNeill et al., 2006)。另外，學生在支持時常直接使用觀察到資料或自己過去錯誤的經驗，而無法將證據與學過科學概念做連結，以致提出的支持不正確或推論的邏輯性不足。這與 Wong(1996)、Kuhn 與 Reiser(2005)的研究所提出的情形相似。

不同教學模式於觀察前(R1)，在提出科學解釋的三要素得分上並無顯著差異；而在觀察後(R2)於找出證據與提出支持的得分上，傳統 POE 組別則顯著低於融入科學解釋文字鷹架組別，顯示在沒有文字鷹架引導下，傳統 POE 模式組別於觀察後，除了提出主張得分之外，其他兩項科學解釋要素皆發生明顯的退步。分析原因可能為大多學生經過

觀察活動後，若預測與觀察結果相同時，學生容易自我滿足而不再提出新的解釋(陳嘉蕙, 2007)。另外，分析學習單後發現，學生所提出的科學解釋多偏向簡單而不完整，這和 Zuzovsky 與 Tamir(1999)研究結果一致，且學生在觀察後往往就不再提出新的解釋，導致科學解釋得分出現下滑的情形，尤其在傳統 POE 教學模式下的證據與支持項目下降的情形較明顯，而融入科學解釋的組別雖然也出現退步情形，但整體退步的幅度較小，且於解釋的三個要素上表現比較平均。

5.2 建議

在此提出幾點做為未來教學和研究的建議：

1. 融入科學解釋文字鷹架於 POE 概念改變的設計

1-1 使用 POE 進行概念改變的教學設計

在設計 POE 活動所使用的情境與實驗器材要小心考量，若實驗不夠精確或不夠真實，學生可能會對觀察到的結果產生不信任甚至排斥新概念，因而造成概念改變上的困難。因在針孔成像為實像的觀念比較抽象，在本研究實施方法為教師使用雷射筆與 p.a. 感光儀進行示範，若能在設計上更具體或讓學生親手操作實驗，可能會達到更好的效果；另外，兩個班級在平面鏡成像概念的前、後測的平均都不高，說明即使經過教學，對學生而言平面鏡成像仍有相當大的困難，建議可以在教學設計上使用不同的器材(例如用鏡子取代單片 CD 盒)，或使現象更容易觀察，以減少學生在連結情境的困難；另外評量工具的設計與 POE 活動的對應性，在設計時也需納入考量。

1-2 科學解釋文字鷹架設計的建議

此研究的科學解釋文字鷹架設計要求學生提出兩個證據，並在支持處連結證據與概念，來幫助學生提高解釋的品質，研究結果發現若活動情境的難度增加(題目較多或學生先備知識不足)，會減少文字鷹架的影響。因此在設計文字鷹架時應於單純化(一次一題)，以降低學生的認知負荷，或在觀察時給予學生提示，協助其指出證據。另外在學生的先備知識不足時，教師可協助喚起先備知識，以協助提升學生證據使用的正確性與提出支持連結證據與主張的能力。

1-3 課程實施情境、條件的建議

(1) 時間與練習的次數：

本研究中課程進行時間只有三堂課，學生尚未完全理解科學解釋的要素，在此情況下進行概念改變教學，導致在整體表現上，使用文字鷹架的組別在概念改變進步情形不如控制組。故建議在練習的次數與時間要拉長，才能得知科學解釋文字鷹架的真正效果。

另外，在 POE 活動課程之中，時間的掌控非常重要，需給予學生充足的時間，學生才有辦法提出預測與理由。主要原因在於國中生表達能力較不足，無法將自己的想法做明確的表達。故 POE 活動的時間安排要充裕，否則可能會造成學生來不及引出原概念以致於無法產生概念衝突的情形。

(2) 採用小組發表的形式：

在本研究的 POE 活動的設計雖有分小組討論，但缺乏學生組別間的想法交流機會，除了教師歸納總結外，可以以小組為單位進行討論內容的發表，以促進學生更謹慎思考與表達的能力，並透過組間交流，增加學生產生概念轉變的機會。

1-4 教師應提供的協助

教師在 POE 活動中對學生的意見應提供適時的回饋；且在研究中發現，學生對解釋三要素的證據與支持仍不清楚，對於此三要素的說明教師應認進一步提供實例說明，並在每次活動前要先進行釐清，可能會提高學生在使用這科學解釋要素的能力。

2. 對研究的建議

有關科學解釋文字鷹架融入 POE 策略，在此提供三項建議做為未來研究的方向：

(1) 在 POE 活動與文字鷹架融合上，可以結合認知負荷理論進行教學設計，以深入了解是否在 POE 活動越複雜，使用文字鷹架會造成學生在心智能力的負擔變大，而阻礙概念的改變。

(2) 本研究是選用光學單元為例，未來若能嘗試在更多不同的科學單元上實施(例如力學、熱學等)，則可以更深入了解科學解釋文字鷹架所造成的影響是否會因情境而異。

(3) 另外，可以探討不同學習成就學習者使用科學解釋文字鷹架時，於概念改變與科學解釋能力的學習成效是否有所差異。

參考資料

中文部分

- 尤建捷 (2008)。POE 教學策略對於九年級學生學習「凸透鏡成像」概念改變之研究。未出版博士論文，國立台灣師範大學，台北市。
- 王玉龍 (2006)。以 POE 策略探究國小六年級學生之色光概念及概念改變歷程。未出版碩士論文，國立台中教育大學，台中市。
- 王盈琪 (2005)。利用 POE 教學模式探討國小三年級學童光另有概念及其概念改變之成效。未出版碩士論文，台北市立教育大學，台北市。
- 王美芬、熊召弟 (2000)。國民小學自然科教材教法。台北市：心理出版社。
- 王晉基、郭重吉 (1992)。利用選擇題的方式來探求國中學生對「光」的迷思概念之研究。科學教育，3，73-92。
- 王淑琴 (1993)。利用 DOE 晤談探究大學生電學方面的另有架構。未出版碩士論文，國立彰化師範大學，彰化市。
- 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫(譯)(1996)；科學心理學。台北：心理出版社。(S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton, 1991)
- 王龍錫、林顯輝、張靜儀、王麗真(1992)。國小學童光與視覺之概念發展研究。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告 (NSC 81-0111-S-153-01-N)，未出版。
- 何嘉峻 (2003)。國二、國三不同性別學生光學迷思概念的研究。未出版碩士論文，國立嘉義大學，嘉義市。
- 吳佳蓮 (2006)。科學探究活動中國小五年級學童科學解釋能力及認識論之研究。未出版碩士論文，國立台灣師範大學，台北市。
- 吳淑珍 (2004)。排灣族國中一年級學生呼吸作用另有概念之探究。未出版碩士論文，國立屏東師範學院，屏東。
- 李采衷 (2003)。國小中、高年級學童光迷思概念研究。未出版碩士論文，國立屏東師範學院，屏東。
- 李家銘 (2001)。應用 POE 策略在國中低成就學生補救教學之個案研究。未出版碩士論文，國立高雄師範大學，高雄市。
- 林秀鳳 (1996)。國小學童「地球運動」概念之研究。未出版碩士論文，國立屏東師範學院，屏東。

- 林從一 (2002)。維根斯坦、科學解釋和宗教。《揭諦學刊》，4，61-95。
- 林陳涌 (1995)。從經驗證據和科學理論之間的關係來探討自然科實驗教學的意義。《科學教育月刊》，184，2-15。
- 林嘉琦 (2005)。應用 POE 教學策略探討學習「溶解」單元概念改變之情形。未出版碩士論文，國立高雄師範大學，高雄市。
- 林燕文，洪振方 (2007)。話論證的探究對促進學童科學概念理解之探討。《花蓮教育大學學報》，24，139-177。
- 邱彥文 (2001)。國中理化課試行 POE 教學之個案研究。未出版碩士論文，國立彰化師範大學，彰化市。
- 邱美虹 (2000)。概念改變研究的省思與啟示。《科學教育學刊》，8(1)，31-34。
- 邱韻如 (1998)。成影概念的成長與學習。未出版博士論文，國立台灣師範大學，台北市。
- 邱顯博 (2002)。國二、國三學生的擴散作用概念與概念改變之研究。未出版碩士論文，國立台灣師範大學，台北市。
- 姜滿 (1993)。國小學童地球科學概念之理解。《台南師院學報》，26，193-219。
- 施思勤 (2000)。運用團隊創意之傳遞式鷹架教學法研究-以單晶片專題製作教學。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，台北市。
- 洪淑凌 (2007)。以 POE 策略探究國小自然科教師色光概念及概念改變歷程。未出版碩士論文，國立台中教育大學，台中市。
- 唐明 (2001)。國小五年級學童光概念及相關迷思研究。未出版碩士論文，台北市立師範學院，台北市。
- 耿筱曾 (2000)。國小學童概念學習之研究。載於國立台北師範學院 (編)《國民教育階段九年一貫課程自然與科技課程發展研究國際研討會論文集》(頁 15-16, 頁 63-67)。台北：國立台北師範學院。
- 高紹源 (1996)。閱讀高中化學教科書後對高一學生所具有之迷思概念影響之研究：勒沙特列原理。未出版碩士論文，國立高雄師範大學，高雄市。
- 康軒文教股份有限公司 (2008)。《自然與生活科技 2 上》。臺北：林英智、李清勝、黃能堂、張永達、蔡尚芳。
- 張川木 (1999)。孩童之「光與色彩」概念研究。國科會專題研究計劃成果報告，未出版。

- 張春興 (1989)。張氏心理學辭典。台北市：東華書局。
- 張惠博 (1999)。迷思概念的研究方法。「科學概念學習研究」研習會。台北市：國立台灣師範大學。
- 張麗莉 (2001)。促進高中學生成像概念的發展之個案研究。未出版碩士論文，國立高雄師範大學，高雄市。
- 許有亮 (1997)。國中平面鏡成像的另有架構與教學改進之策略研究。未出版碩士論文，國立高雄師範大學，高雄市。
- 郭金美 (1999)。建構主義教學方法-影響學童光學概念學習教學模式的研究。嘉義師院學報，13，157-201。
- 郭重吉 (1990)。學生科學知識認知結構的評值與描述。彰化師大學報，1，279-319 頁。
- 陳沛瑩 (2004)。以 POE 教學策略探究國小六年級學生「熱」迷思概念及概念改變之研究。未出版碩士論文，台北市立師範學院，台北市。
- 陳忠志 (1988)。大一學生物理學錯誤概念之研究 (光學部分)。行政院國家科學委員會研究計畫 NSC-77-0111-S017-005-D)，未出版。
- 陳忠志 (1997)。把握教改的契機—回歸以學生為中心的物理課程。1997 中華民國物理教育學術研討會論文彙編(31-39)。台北：中華民國物理教育學會。
- 陳采真 (2002)。一個教師的教學改變-國小三年級光概念單元之自我教學研究與省思。未出版碩士論文，國立屏東教育大學。
- 陳勇昌 (2008)。以 POE 策略探究國小職前科學教師色光概念及概念改變歷程。未出版碩士論文，國立臺中教育大學，臺中市。
- 陳啟明 (1991)。發展紙筆測驗以探究高一學生對直流電路的迷思概念。未出版碩士論文，國立彰化師範大學，彰化市。
- 陳嘉蕙 (2007)。國中學生之科學解釋與解釋融貫性的研究—以「大氣壓力與表面張力」為例。未出版碩士論文，台中教育大學，台中市。
- 陸健體 (1994)。關於世界的問答—科學說明。台北：淑馨出版社。
- 黃可欣 (2006)。科學概念二階段評量診斷工具之發展—以國中光學概念評測為例。未出版碩士論文，慈濟大學，花蓮市。
- 黃惠鈺 (2009)。科學解釋寫作策略融入探究教學對五年級學童科學解釋的影響。未出版碩士論文，國立嘉義大學，嘉義。
- 黃湘武、黃寶鈿 (1991)。我國學生科學概念與推理能力發展之相關研究—認知衝突對

學生面鏡成像及相關光學概念的影響。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC：80-0111-S003-017D)，未出版。

黃湘武、黃寶鈿 (1988)。我國學生科學概念與推理能力發展之相關研究:光的性質 (第一年)。國科會(NSC-77-0111-S-003-19D)，未出版。

黃湘武、黃寶鈿 (1989)。學生對投影及光性質之概念研究。中華民國第五屆科學教育學術研討會論文彙編 (233-266)。台北：中華民國科學教育學會。

黃毓琪 (2007)。IT 及 STS 探究式教學對國小學童科學解釋能力之影響。未出版碩士論文，國立屏東教育大學，屏東。

楊文金 (1993)。多重現實與電學概念理解研究。科學教育學刊，1(2)，135-160。

楊凱悌 (2009)。應用數位影音融入 POE 教學改善國小高年級學童脊椎動物分類另有概念之效益研究。科學教育學刊，17(5): 387-407。

葉辰楨 (2000)。POE 模式在國一生物科教學之運用。中華民國第十六屆科學教育學術研討會。台北市：臺灣師範大學。

葉銘軒 (2009)。利用 POE 策略設計推理實驗探討國小六年級學生的成影概念及推理過程。未出版碩士論文，國立臺中教育大學，臺中市。

賴韻如 (2008)。鷹架式探究課程對學生心智模式和科學解釋之影響：以板塊構造學說為例。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。

謝州恩 (2004)。探究情境中國小學童科學解釋能力成長之研究。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，台北市。

簡錦鳳 (2008)。文字鷹架對七年級學生科學解釋能力的影響。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。

蘇育任 (1990)。自然科教師因應九年一貫課程所需之基本能力。國教輔導，40，2-9

英文部分

- Baird, J. R., & Mitchell, I. J. (1986). *Improving the quality of teaching and learning: An Australian case study – The PEEL project*. Melbourne: Monash university printery.
- Bass, J. E., & Maddux, C. D. (1982). Scientific explanations and Piagetian operational levels. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(7), 533-541.
- Bell, P. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.
- Bendall, S., Goldberg, F., & Galili, I. (1993). Prospective elementary teachers' prior knowledge about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1169-1187.
- Brown, A. L., & Palincsar, A. S. (1989). Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition. *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*, 393-451.
- Bybee, R. W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. *Scientific inquiry and nature of science*, 1-14.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074.
- Chen, F., Jiang, H., Lin, H., & Wang, H. (2001). *A modified framework of Lain for PBL high school learners- a portfolio-directed web environment for science contests. ICCE/ICCA*.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science*, 129-160.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reiman, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13(2), 145-182.
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M. H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive science*, 18(3), 439-477.

- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction*, 4(1), 27-43.
- Clayton, W. M. (1993). *Predict-observe-explain science activities in the junior high classroom – a qualitative inquiry*. MED thesis of Saint Mary's university(Canada).
- Davis, E. A. (2003). Prompting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. *Journal of the Learning Sciences*, 91-142.
- Davis, E. A., & Miyake, N. (2004). Guest editors' introduction: explorations of scaffolding in complex classroom systems. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 265-272.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?*. Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. *Children's ideas in science*, 193-201.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science* (Buckingham, Open University Press).
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.
- Dykstra, D. (1991). Studying conceptual change: Constructing new understandings. Proceedings of an international workshop: *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, 40-58.
- Feher, E., & Rice, K. (1988). Shadows and anti images: Children's conceptions of light and vision. II. *Science education*, 72(5), 637-649.
- Fetherstonhaugh, A. R., Happs, J., & Treagust, D. F. (1987). Student misconceptions about light: A comparative study of prevalent views found in western Australia, France, New Zealand, Sweden and the United States. *Science Education*, 17, 139-148.
- Fetherstonhaugh, T., & Treagust, D. F. (1992). Students' understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change. *Science education*, 76(6), 653-672.

- Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 53-62.
- Franklin, B. J. (1992). *The development, validation, and application of a two-tier diagnostic instrument to detect misconceptions in the areas of force, heat, light and electricity*. Thesis (PH.D.), The Louisiana State University and Agricultural and Mechanical Col., 53(12), 4186.
- Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-867.
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88.
- Galili, I., Bendall, S., & Goldberg, F. (1993). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 271-301.
- Gilbert, J., & Zylbersztajn, A. (1985). A conceptual framework for science education: the case study of force and movement. *International Journal of Science Education*, 7, 107-120.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. *The psychology of learning science*, 219-240.
- Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher*, 24(8), 472-480.
- Gopnik, A. & Wellman, H. M. (1994). *The theory in L. A. Hirschfeld and S. A. Gelman (Eds.), mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge: Cambridge University Press, 257-293.
- Gunstone, R. F. (1990). Children's science': A decade of developments in constructivist views of science teaching and learning. *The Australian Science Teachers Journal*, 36(4), 9-19.
- Gunstone, R. F. (1998). Some long-term effects of uniformed conceptual change. Paper presented at the *American Educational Association*, New Orleans.
- Gunstone, R. F., & Champagne, A. B. (1990). Promoting conceptual change in the laboratory. *The student laboratory and the science curriculum*, 159-182.
- Gunstone, R. F., & White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science education*, 65(3), 291-299.

- Hakkarainen, K. (2004). Pursuit of explanation within a computer supported classroom. *International Journal of Science Education*, 26(8), 979-996.
- Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (1999). Open learning environments: Foundations, methods, and models. *Instructional design theories and models*, 2, 115-140.
- Hashweh, M. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 8, 229-249.
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203-211.
- Head, J. (1986). Research into "alternative frameworks": Promise and problems. *Research in Science and Technological Education*, 4(2), 203-211.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396.
- Jiang-Broadstock, M. (1992). Elementary students' alternative concepts about earth systems phenomena in Taiwan, Republic of China. *Unpublished doctoral dissertation, Ohio State University, Ohio.*
- Kearney, M. (2004). Classroom use of multimedia-supported Predict-Observe -Explain tasks in a social constructivist learning environment. *Research in Science Education*, 34(4), 427-453.
- Keating, J., Greenberg, R. D., Baldwin, M., & Thousand, J. (1998). A collaborative action research model for teacher preparation programs. *Journal of Teacher Education*, 49(5), 381-390.
- King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American educational research journal*, 31(2), 338.
- Klausmeier, H. J., Ghatala, E. S., & Frayer, D. A. (1974). *Conceptual learning and development: A cognitive view*: Academic Press New York.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 313-350.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77, 319-337.
- Kuhn, L., & Reiser, B. (2005). Students constructing and defending evidence-based scientific

explanations. Paper presented at the annual meeting of the *National Association for Research in Science Teaching*, Dallas, Texas.

Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.

Lee, H., & Songer, N. (2004). *Longitudinal knowledge development: Scaffolds for Inquiry*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.

Liew, C. W., & Treagust, D. F. (1995). A Predict-Observe-Explain Teaching Sequence for Learning about Students. *Australian Science Teachers Journal*, 41(1), 68-71.

Liew, C. W., & Treagust, D. F. (1998). *The effectiveness of Predict-Observe-Explain tasks in diagnosing students's understanding of science and in identifying their levels of achievement*. (ERIC Documents Reproduction Service No. ED420715).

Mahoney, J., Novak, A., & Gleason, C. (2006). Connecting the experiments with the concepts: How to help students develop written explanations for meaningful learning. Paper presented at the annual meeting of the *National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, California.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153.

Nagel, E. (1961). *The structure of science: Problems in the logic of science education*. New York, NY: Harcourt, Brace, & World, Inc

National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.

Nussbaum, E. M., Sinatra, G., & Poliquin, A. (2008). Role of epistemic beliefs and scientific argumentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 30(15), 1977-1999.

Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 45-61.

Ohlsson, S. (1992). The cognitive skill of theory articulation: A neglected aspect of science education? *Science & Education*, 1(2), 181-192.

Osborne, R. J. and Freyberg, P. (1985) *Learning in science: The implications of children's*

science. Auckland, NZ: Heinemann.

- Osborne, R. J. and Wittrock. M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education* 67,489-508.
- Palincsar, A. S. (1998). Keeping the metaphor of scaffolding fresh- A response to C. Addison Stone's the metaphor of scaffolding. *Journal of Learning Disabilities*, 31(4), 370.
- Pallrand, G. J. (1996). The relationship of assessment to knowledge development in science education. *Journal article by George J. Pallrand; Phi Delta Kappan*, 78.
- Palmer, D. (1995). The POE in the primary school: An evaluation. *Research in Science Education*, 25(3), 323-332.
- Pfundt, H. & Duit, R.(1991). *Bibliography: Students' alternative framework and science education*. (3rd ed.). Kiel, West Germany: IPN
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Posner, G. J. & Strike, K. A. (1985). A Conceptual change view of learning and understanding. in L. H. T. West & A.L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press, INC., pp.211-232.
- Reif, F. (1987). Interpretation of scientific or mathematical concepts: Cognitive issues and instructional implications. *Cognitive science*, 11(4), 395-416.
- Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress*, 263-305.
- Rice, K., & Feher, E. (1987). Pinholes and images: children's conceptions of light and vision. I. *Science education*, 71(4), 629-639.
- Roth, W. M., & McGinn, M. K. (1998). Inscriptions: Toward a theory of representing as social practice. *Review of educational research*, 68(1), 35.
- Rumelhart, D. E., & Norman, D. A. (1981). Analogical processes in learning. *Cognitive skills and their acquisition*, 335-360.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessing dialogic argumentation in online

- environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 293-321.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science education*, 88(3), 345-372.
- Searle, P., & Gunstone, R. F. (1990). Conceptual change and physics instruction: A longitudinal study. Paper presented at the annual meeting of the American education research association. Boston, MA, April 16-20,1990. (ERIC Document Reproduction Service No. ED320767).
- Shapiro, B. L. (1989). What children bring to light: Giving high status to learners' views and actions in science. *Science education*, 73(6), 711-733.
- Solomon, J. (1986). Children's explanations. *Oxford Review of Education*, 41-51.
- Solomon, J. (1995). Higher level understanding of the nature of science. *The Nature of Science*. 76(276), 15-22.
- Stone, C. (1998). The metaphor of scaffolding. *Journal of Learning Disabilities*, 31(4), 344.
- Sutherland, L. (2002). Developing problem solving expertise: the impact of instruction in a question analysis strategy. *Learning and instruction*, 12(2), 155-187.
- Sutton, C., & West, L. (1982). *Investigating children's existing ideas about science*. A research seminar. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 230 424).
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251-296.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Treagust, D., & Haslam, F. (1986). *Evaluating secondary students's misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier diagnostic instrument*. (ERIC Document Reproduction Service NO ED 283713, 1986).
- Tsai, C. C. (1999). Overcoming junior high school students' misconceptions about microscopic views of phase change: A study of an analogy activity. *Journal of Science*

Education and Technology, 8(1), 83-91.

- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81(4), 387-404.
- van Eemeren, F. H., Grootendorst, R., Henkemans, F. S., Blair, J. A., Johnson, R. H., Krabbe, E. C. W., Plantin, C., Walton, D. N., Willard, C. A., Woods, J., & Zarefsky, D. (1996). *Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change[special issue]. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Wang, M. C., & Peverly, S. T. (1986). The self-instructive process in classroom learning contexts. *Contemporary Educational Psychology*, 11(4), 370-404.
- Wavering, M. J. (1989). Logical reasoning necessary to make line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(5), 373-379.
- Werner, H. & Kaplan, B. (1963). *Symbol formation: An organismic-developmental approach to language and the expression of thought*. New York: Wiley.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). Prediction-observation-explanation. In R. White & R. Gunstone (Eds.), *Probing understanding*, 44-64. London: The Falmer Press.
- Wiser, M., & Carey, S. (1983). When heat and temperature were one. *Mental models*, 267-297.
- Wong, E. D. (1996). Students' scientific explanations and the contexts in which they occur. *The Elementary School Journal*, 495-509.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100.
- Zemal-Saul, C., Munford, D., Crawford, B., Friedrichsen, P., & Land, S. (2002). Scaffolding preservice science teachers' evidence-based arguments during an investigation of natural selection. *Research in Science Education*, 32(4), 437-463.
- Zuzovsky, R., & Tamir, P. (1999). Growth patterns in students' ability to supply scientific explanations: Findings from the third international mathematics and science study in Israel. *International Journal of Science Education*, 21(10), 1101-1121.

附錄

附錄一 POE 練習活動的設計與使用器材

讓學生能更快融入教學活動，在八年級上學期時在有先進行主題是「以不同物質的熱傳播」「鹼金屬遇到水的變化」，兩節課的 POE 活動練習。

編號	主題	目的	觀察呈現方式	實施流程
練習一	熱的傳播	探討銅、鐵、玻璃和木頭四種物質熱傳導的速度	觀看多媒體影片 (全班)	先給學生觀看實驗架設照片→請學生預測放在不同材質的棒子上的火材棒的掉落速度→播放實驗影片→請學生觀察完後再寫下觀察與解釋
練習二	鹼金屬與水的反應	探討金屬鉀遇到水的變化是屬物理還是化學變化	觀看教師示範實驗(全班)	為真實情境的實驗：先讓學生觀看鉀的外觀→學生預測實驗結果並寫出理由→老師進行示範實驗→請學生觀察完後再寫下觀察與解釋

編號	主題	實驗器材
練習一	熱的傳播	熱傳導裝置的照片與 NHK 的短片
練習二	鹼金屬遇到水的反應	鉀、燒杯、美工刀、酚酞溶液
活動一	日晷的畫法	日晷模型、手電筒
活動二	最大感光值	感光儀、手電筒、筆記型電腦、挖一個圓孔的紙板
活動三	針孔成像	針孔成像裝置、Led 手電筒
活動四	光的反射	雷射筆、光滑金屬棒、表示射線的圖紙
活動五	平面鏡成像	CD 盒、方格紙、玩具模型

附錄二 前後測答題人數分析

各題作答表現的人數統計

Q1	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	17	1	4	17	4	1
B 班	16	4	3	20	3	0

Q2	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	12	1	9	15	3	4
B 班	13	3	7	20	3	0

Q3	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	14	2	6	9	3	10
B 班	10	4	9	12	5	6

Q4	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	7	9	5	9	6	7
B 班	9	11	3	12	6	5

Q5	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	3	5	14	6	4	12
B 班	2	4	17	7	8	8

Q6	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	9	3	10	8	6	8
B 班	5	4	14	10	7	6

Q7	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	5	0	17	4	0	18
B 班	8	0	15	2	1	20

Q8	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	0	12	10	3	16	3
B 班	5	11	7	6	10	7

Q9	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	2	11	9	1	11	10
B 班	2	11	10	5	8	10

Q10	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	4	3	15	7	6	9
B 班	9	6	8	10	5	8

Q11	前測(人數)			後測(人數)		
	全對	部分對	全錯	全對	部分對	全錯
A 班	1	15	6	2	16	4
B 班	2	17	4	4	12	7

註：A 班為實驗組，B 班為對照組

附錄三 五個活動的評分架構表

(一) 活動一的評分架構表：

實驗組		
主張(claim)		
0	1	2
0-a 沒有畫	1-a 沒時間刻度	有刻度及光線
0-b 畫錯	1-b 沒有光線	
證據(evidence) 兩個證據分開評分		
0	0.5	1
0-a 沒有提出證據	0.5-a 證據不完整。	1-a 能提出光與影子位置關係
0-b 提出不適當的證據。例如：折射	例如：只提出光是直進的 0.5-b 地球自轉或繞著太陽轉 0.5-c 完整敘述但包含不適當的證據 或理論	1-b 除了光的直進外能有更完整的敘述 1-c 能想到其他更深入的內容
支持(support)		
0	1	2
0-a 沒有提供支持	1-a 只重複證據	2-a 能結合兩個證據並做正確的連結
0-b 無法連結主張與證據	1-b 推論不完整 1-c 包含重大錯誤推論 1-d 只包含一個證據	2-b 能加入正確新的發現的觀點
對照組		
主張(claim)		
0	1	2
0-a 沒有畫	1-a 沒時間刻度	有刻度及光線
0-b 畫錯	1-b 沒有光線	
0-c 沒更新畫圖或描述觀察結果	1-c 有描述實驗觀察但畫圖錯誤或沒畫	
理由(reason)		
0	1	2
0-a 沒有寫	1-a 提到光的直進性但解釋不清	提到光的直進與影子與物體
0-b 解釋完全錯誤	1-b 推論不完整	
0-c 只提「光的直進」沒做更進一步解釋	1-c 包含重大錯誤推論	

(二) 活動二的評分架構表：

實驗組		
主張(claim)		
0	1	2
0-a 沒有提	1-a 只提了移動(水平或垂直)	紙板要直線移動
0-b 提供錯誤	1-b 紙板靠近感應器感光值高	
	1-c 紙板靠近手電筒的感光值高	
	1-d 有畫出移動路徑但缺少文字說明	
證據(evidence) 兩個證據分開評分		
0	0.5	1
0-a 沒有提出證據	0.5-a 包含了不正確的概念	1-a 光有直進性
0-b 提出不適當的證據	(光是平行)	1-b 光遇到不透明物體
(光不會反射/光是無限多條往外/光不需介質/光往外照射)	0.5-b 沒解釋清楚(提出紙板位置跟感光值的關係)	無法穿過
支持(support)		
0	1	2
0-a 沒有提供支持	1-a 只重複證據	2-a 能結合兩個證據並做正確的連結
0-b 無法連結主張與證據	1-b 推論不完整	2-b 能加入正確新的發現的觀點
	1-c 包含重大錯誤推論	
	1-d 只包含一個證據	
對照組		
主張(claim)		
0	1	2
0-a 沒有提	1-a 只提了移動(水平或垂直)	紙板要直線移動
0-b 提供錯誤(慢慢移動)	1-b 紙板靠近感應器感光值高	或角度不能改變
	1-c 紙板靠近手電筒的感光值高	
	1-d 有畫出移動路徑但缺少文字說明	

理由(reason)		
0	1	2
0-a 沒有寫	1-a 只提到直線移動沒有解釋原因	理由充分
0-b 解釋完全錯誤	1-b 重要概念沒有提到(光的直進)	
	1-c 含有不必要的概念或錯誤理解	

(三) 活動三的評分架構表：

因為在活動三的問題共有五個小題，所以將每題的主張訂為一分。

實驗組		
主張(claim)		
item	0	1
(1)	0-a 沒寫	
	0-b 上下左右皆沒顛倒	上下左右顛倒
	0-c 上下顛倒，但左右沒相反	
	0-d 左右相反，但上下沒顛倒	
(2)	0-a 沒寫	
	0-b 像比原物小	像比原物大
	0-c 像與原物相同	
(3)	0-a 沒寫	1-a 變一半
	0-b 縮小	1-b 變「」
	0-c 畫成“工”	1-c 畫成“ ”
	0-d 沒差別	1-d 畫成“—”
		1-e “└”
(4)	0-a 沒寫	
	0-b 像變成原本一半	像變清晰
	0-c 像變模糊	
(5)	0-a 沒寫	
	0-b 偵測不到	偵測得到

證據(evidence) 兩個證據分開評分		
0	0.5	1
0-a 沒有提出證據	0.5-a 證據不完整	1-a 證據完整解釋充分
0-b 提出不適當的證 (手電筒的光不等於雷 射筆/針孔被光照過去 描圖紙會將 F 倒過來/ 針孔小照過去光源會 變大)	0.5-b 證據不完整 (只提光有直進性) 0.5-c 證據不完整 (針孔成像是上下顛倒左右 相反) (像是實際光線所形成)	(光有直進性與針孔成 像與推論)

支持(support)		
0	1	2
0-a 沒有提供支持	1-a 只重複證據	2-a 能針對問題且結合 證據回答
0-b 只重複了主張	1-b 推論不完整	2-b 能加入正確新的發 現的觀點
0-c 推論想法完全 錯誤	1-c 包含重大錯誤推論	
0-d 同前面或寫出 是自己的想法		

對照組

主張(claim)		
item	0	1
	0-a 沒寫	
(1)	0-b 上下左右皆沒顛倒	上下左右顛倒
	0-c 上下顛倒，但左右沒相反	
	0-d 左右相反，但上下沒顛倒	
	0-a 沒寫	
(2)	0-b 像比原物小	像比原物大
	0-c 像與原物相同	
	0-a 沒寫	1-a 變一半
	0-b 縮小	1-b 變「J」
(3)	0-c I	1-c 畫成“ ”
	0-d 沒差別	1-d 畫成“—”
		1-e “└”
	0-a 沒寫	
(4)	0-b 像變成原本一半	像變清晰
	0-c 像變模糊	
	0-d 勾選兩個答案	

(5)	0-a 沒寫	偵測得到	
	0-b 偵測不到		
理由(reason)			
	0	1	2
0-a	沒有提出理由	1-a 理由敘述不完整	2-a 能提出充分的說明
0-b	提出的理由完全錯誤 (像透過孔放大/物距介於 2f~f 之間所以像會變大)	1-b 包含重大錯誤	
0-c	重複主張或觀察		
0-d	同上或同前		

(四) 活動四的評分架構表：

實驗組			
主張(claim)			
	0	2	
0-a	沒勾選	選 B	
0-b	勾錯		
證據(evidence) 兩個證據分開評分			
	0	0.5	1
0-a	沒有提出證據	0.5-a 提供較不相關的理由 (例：光有直進性 or 法線與平面鏡垂直)	1-a 反射定律內容(入射角=反射角)
0-b	提出證據完全錯誤 (例：平面鏡不能折射)	0.5-b 證據含有部分錯誤 (例：平面鏡不能透光)	
0-c	過於簡短		
0-d	證據重複		
支持(support)			
	0	1	2
0-a	沒有提供支持	1-a 只重複證據	2-a 能結合兩個證據並做正確的連結
0-b	無法連結主張與證據	1-b 推論不完整 1-c 包含錯誤推論 1-d 只包含一個證據	2-b 能加入正確新的發現的觀點

對照組		
主張(claim)		
0	2	
0-a 沒勾選	選 B	
0-b 勾錯		
理由(reason)		
0	1	2
0-a 沒有提供支持	1-a 只提出反射定律	2-a 推論完整
0-b 提出錯誤或不相關理由	1-b 推論不完整	
0-c 同上	1-c 包含部分錯誤推論	



(五) 活動五的評分架構表：

因為在活動五的問題共有四個小題，所以將每題的主張訂為一分

實驗組		
主張(claim)		
item	0	1
(1) 0-a 沒寫		後退大小不變
0-b 變小，後退		
0-a 沒選		像的位置不改變
(2) 0-b 像往右移		
0-c 像往左移		
0-a 沒選		B 點
0-b A 點		
(3) 0-c 皆看得見		
0-d 皆看不見		
0-a 沒選		不行
(4) 0-b 可以		

證據(evidence) 兩個證據分開評分		
0	0.5	1
0-a 沒有提出證據	0.5-a 非直間證據，且缺乏進一步說明。EX:只寫”入射角=反射角”	1-a 能提直接說明的證據，且能進一步說明(例如：像無法呈現在屏上故為虛像)
0-b 提出證據完全錯誤	0.5-b 含有部分錯誤或非相關因素 EX:模型遠離 CD 盒，看到的像會變小	1-b 兩個 0.5 分證據

支持(support)		
0	1	2
0-a 沒有提供支持	1-a 只重複證據	2-a 能針對問題且結合證據回答
0-b 只重複了主張	1-b 推論不完整	2-b 能加入正確新的發現的觀點
0-c 推論想法完全錯誤 (CD 片=鏡子/物體不會發出光線為虛像)	1-c 包含重大錯誤推論或敘述不清 (物動像動，物不動像不動...非觀察查者移動來看像是否移動)	2-c 推論說明完整
0-d 同前面或寫出是自己的想法		

對照組

主張(claim)		
item	0	1
(1)	0-a 沒寫	後退大小不變
	0-b 變小，後退	
(2)	0-a 沒選	像的位置不改變
	0-b 像往右移	
	0-c 像往左移	
(3)	0-a 沒選	B 點
	0-b A 點	
	0-c 皆看得見	
	0-d 皆看不見	
(4)	0-a 沒選	不行
	0-b 可以	

理由(reason)		
0	1	2
0-a 沒有提出理由	1-a 理由敘述不完整	2-a 能提出充分的說明
0-b 提出的理由完全錯誤或誤會題意	1-b 包含重大錯誤	2-b 能提出證據說明 (EX:虛像無法呈現在屏上)
0-c 重複主張或觀察		
0-d 同上或同前		
0-e 理由與主張矛盾		



附錄四 學習單概念推理評分結果

(一) 活動一

A 班

概念									
學生	S9	S10	S15	S17	S19	S21	S23	S26	S29
R1	P	P	C	C	P	C	C	C	C
R2	C	P	C	C	C	C	C	C	C
推理									
R1	I	I	P	C	I	C	C	I	I
R2	P	I	C	C	P	C	C	P	C

B 班

概念									
學生	S1	S2	S8	S10	S17	S19	S23	S24	S25
R1	I	C	C	C	C	C	C	C	C
R2	P	C	C	C	C	C	C	C	C
推理									
R1	I	C	I	C	I	P	P	I	P
R2	I	C	I	C	P	P	P	I	P

(二) 活動二

A 班

概念									
學生	S9	S10	S15	S17	S21	S22	S23	S26	S29
R1	C	C	P	C	P	P	P	C	C
R2	C	C	P	C	P	P	P	C	C
推理									
R1	P	P	P	C	P	C	P	P	P
R2	P	P	P	C	P	P	P	P	P

B 班

概念									
學生	S1	S2	S8	S10	S17	S19	S23	S24	S25
R1	I	C	C	C	C	P	C	P	C
R2	I	C	C	C	C	C	C	C	P
推理									
R1	I	C	P	C	C	C	C	P	C
R2	I	C	P	C	C	C	C	P	C

(三) 活動三

A 班

概念									
學生	S4	S7	S9	S10	S11	S15	S23	S25	S27
R1	C	I	C	P	P	C	C	C	P
R2	P	N	N	P	C	C	C	C	P

推理									
R1	P	I	P	I	I	C	C	C	P
R2	N	N	N	C	N	N	N	N	N

B 班

概念									
學生	S1	S3	S4	S10	S17	S19	S22	S24	S25
R1	I	P	C	C	C	P	P	C	P
R2	P	P	C	C	P	P	P	C	C

推理									
R1	I	P	P	C	C	C	C	I	C
R2	N	N	N	N	N	N	I	N	C

(四) 活動四

A 班

概念									
學生	S2	S3	S10	S15	S16	S17	S21	S22	S29
R1	C	C	C	C	C	C	C	C	C
R2	N	N	C	C	C	C	C	C	C

推理									
R1	P	C	I	C	P	C	C	C	I
R2	N	N	P	N	C	N	N	C	N

B 班

概念									
學生	S4	S7	S8	S16	S17	S18	S20	S25	S27
R1	C	C	C	C	C	C	C	C	C
R2	N	C	C	C	C	C	C	C	C

推理									
R1	P	P	P	C	C	N	P	P	P
R2	N	P	N	N	N	P	N	N	N

(五) 活動五

A 班

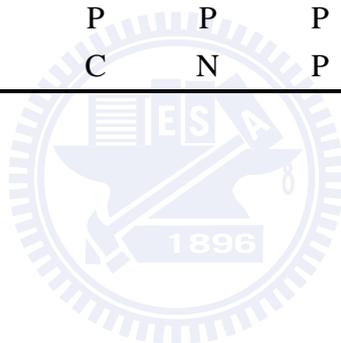
概念									
學生	S2	S3	S10	S15	S16	S17	S21	S22	S29
R1	C	C	P	C	P	P	C	P	C
R2	N	N	C	C	C	C	P	C	N

推理									
學生	S2	S3	S10	S15	S16	S17	S21	S22	S29
R1	P	C	P	P	I	P	P	I	P
R2	N	N	P	P	P	C	N	P	N

B 班

概念									
學生	S4	S7	S8	S16	S17	S18	S20	S25	S27
R1	C	C	P	P	C	P	C	C	C
R2	C	C	C	C	C	P	C	C	C

推理									
學生	S4	S7	S8	S16	S17	S18	S20	S25	S27
R1	I	C	P	P	P	P	P	P	P
R2	N	N	C	C	N	P	N	N	N



概念與推理改變的人數比例

活動一					
A 班					
mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未	C→C	6		3	
改	I→I	0	7/9	1	4/9
變	P→P	1		0	
概念 改變	I→P	0		3	
	I→C	0	2/9	1	5/9
	P→C	2		1	
B 班					
mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未	C→C	8		2	
改	I→I	0	8/9	3	8/9
變	P→P	0		3	
概念 改變	I→P	1		1	
	I→C	0	1/9	0	1/9
	P→C	0		0	

活動二					
A 班					
mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未	C→C	5		1	
改	I→I	0	9/9	7	8/9
變	P→P	4		0	
概念 改變	I→P	0		0	
	I→C	0	0/9	0	0/9
	P→C	0		0	
退步	C→P	0	0/9	1	1/9

B 班					
mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未 改 變	C→C	5		6	
	I→I	1	6/9	1	9/9
	P→P	0		2	
概念 改變	I→P	0		0	
	I→C	0	2/9	0	0/9
	P→C	2		0	
退步	C→P	1	1/9	0	0/9

活動三

A 班					
mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未 改 變	C→C	3		0	
	I→I	0	7/9	0	8/9
	P→P	2		0	
	Any→N	2		8	
概念 改變	I→P	0		0	
	I→C	0	1/9	1	1/9
	P→C	1		0	
退步	C→P	1	1/9	0	0/9

B 班

mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未 改 變	C→C	3		1	
	I→I	0	6/9	0	9/9
	P→P	3		0	
	Any→N	0		7	
概念 改變	I→P	1		0	
	I→C	0	2/9	0	0/9
	P→C	1		0	
退步	C→P	0	1/9	0	
	C→I	1		1	1/9

活動四

A 班

mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未 改 變	C→C	7		1	
	I→I	0	9/9	0	7/9
	P→P	0		0	
	Any→N	2		6	
概念 改變	I→P	0		1	
	I→C	0	0/9	0	2/9
	P→C	0		1	
退步	C→P	0	0/9	0	0/9

B 班

mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未 改 變	C→C	8		0	
	I→I	0	9/9	0	8/9
	P→P	0		1	
	Any→N	1		7	
概念 改變	I→P	0		0	
	I→C	0	0/9	0	1/9
	P→C	0		0	
	N→P	0		1	
退步	C→P	0	0/9	0	0/9
	C→I	0		0	

活動五

A 班

mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未 改 變	C→C	1		0	
	I→I	0	4/9	0	6/9
	P→P	0		2	
	Any→N	3		4	
概念 改變	I→P	0		2	
	I→C	0	4/9	0	3/9
	P→C	4		1	
退步	C→P	1	1/9	0	0/9

B 班

mode	改變	概念(人數)	比例	推理(人數)	比例
未 改 變	C→C	6		0	
	I→I	0	7/9	0	7/9
	P→P	1		1	
	Any→N	0		6	
概念 改變	I→P	0		0	
	I→C	0	2/9	0	2/9
	P→C	2		2	
	N→P	0		0	
退步	C→P	0	0/9	0	0/9
	C→I	0		0	

附錄五 學習單科學解釋評分結果

(一) 活動一

A 班

		主張							
學生	S9	S10	S15	S17	S19	S21	S23	S26	S29
R1	1-b	2	2	2	1-a	2	2	2	2
R2	0-a	2	2	2	2	0-a	0-a	2	2
		證據							
R1	0.5-a	0.5-a	1-a	1-c	0.5-b	1-b	0.5-b	0.5-a	0.5-a
	1-a	0-b	0.5-b	1-b	0.5-a	1-a	1-a	0.5-c	0.5-c
R2	1-a	0.5-a							
	0-a	0-b	1-a						
		支持							
R1	0-b	0-b	0-b	2	0-b	1-b,d	0-b	1-a	1-a
R2	1-d	0-b	1-d	2*	1-d	1-d	1-d	1-d	2-b

註：主張、證據、支持滿分皆為兩分，但在證據因有兩個，故每個各一分；

B 班

		主張							
學生	S1	S2	S8	S10	S17	S19	S23	S24	S25
R1	0-b	2	1	2	2	2	2	2	1
R2	1-c	1-c	0-c	0-c	2	2	0-c	0-c	0-c
		理由							
R1	0-c	2	1-b	2	1-a	1-b	2	1-a	2
R2	1-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a
		證據							
R1	0.5-a	1-a	0.5-a	1-a	0.5-a	1-a	1-b	1-b	1-b
		1-b		1-b					
R2	1-a	0-a	0-a	0-c*	1-a	1-a	0-a	0-a	0-a

註：主張、證據、支持滿分皆為兩分；「*」為與先前理由相同

(二) 活動二

A 班

主張									
學生	S9	S10	S15	S17	S21	S22	S23	S26	S29
R1	2	1-d	1-b	2	0-a	1-b	1-b	2	2
R2	0-a	1-d	1-c	2	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a
證據									
R1	1-a	0.5-a	1-b	1-b	1-a	0.5-b	0-b	1-a	1-a
	0-b	0-b	1-a	1-a	0-b	1-a	0.5-b	0-b	0-b
R2	0-a	1-a	1-a	0-a	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a
	0-a	0-b	0-b	0-a	0-b	0-b	0-b	0-b	0-b
支持									
R1	0-b	1-a	1-a	2	1-d	1-b	1-d	0-b	0-b
R2	0-a	1-a	0-a	0-a	1-d	1-d	1-d	1-d	1-d

B 班

主張									
學生	S1	S2	S8	S10	S17	S19	S23	S24	S25
R1	0-b	1-a	2	1-a	2	1-a	2	0-a	2
R2	0-a	2	0-a	1-a	2	2	0-a	0-a	0-a
理由									
R1	0-a	2	0-b	2	1-a	1-b	2	1-a	1-c
R2	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a
證據									
R1	0-a	1-a	1-a	0.5-b	1-a	0-a	1-a	1-a	0-a
R2	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a

(三) 活動三

A 班

主張									
學生	S4	S7	S9	S10	S11	S15	S23	S25	S27
R1	(1) 1	(1) 0-b	(1) 1	(1) 0-c	(1) 0-c	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1
	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 0
	(3) 1-b	(3) 0-b	(3) 1-c	(3) 1-c	(3) 1-a	(3) 1-b	(3) 1-b	(3) 1-a	(3) 1-b
	(4) 1	(4) 0-b	(4) 1	(4) 0-c	(4) 0-b	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 0-b
	(5) 1	(5) 0-b	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1

	(1) 1	(1) 0-a	(1) 0-a	(1) 0-c	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1
	(2) 1	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 0-b
R2	(3) 1-b	(3) 0-a	(3) 1-b	(3) 1-d	(3) 1-b	(3) 1-b	(3) 1-b	(3) 1-a	(3) 1-b
	(4) 1	(4) 0-a	(4) 0-a	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 0-b
	(5) 0-a	(5) 0-a	(5) 0-a	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1

證據

R1	0.5-b	0-b	0.5-a	0-b	0-a	1-a	0.5-a	0.5-a	0.5-a
	0.5-a	0.5-a	0.5-b	0-b	0-b	1-a	1-a	0.5-a	0.5-a
R2	0-a	0-a	0-a	0.5-a	0.5-a	0-a	0-a	0-a	0-a
	0-a	0-a	0-b	0.5-c	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a

支持

						(1) 1-a	(1) 1-b(缺 左右 相反)		
R1	(1) 2-a	(1) 0-c	(1) 1-a	(1) 0-c	(1) 0-b	(2) 2-a	(2) 2-a	(1) 2-a	(1) 1-a
	(2) 0-c	(2) 1-a	(2) 1-b	(2) 0-c	(2) 0-c	(3) 2-a	(3) 2-a	(2) 1-b	(2) 0-c
	(3) 0-b	(3) 1-c	(3) 1-a	(3) 1-b	(3) 1-b	(4)2-a(部 分放在 證據中)	(2) 2-a	(3) 0-c	(3) 1-b
	(4) 1-b	(4) 0-c	(4) 1-b	(4) 0-c	(4) 0-c	(5) 1-a	(3) 1-b	(4) 1-b	(4) 0-c
	(5) 1-b	(5) 0-c	(4) 2-a	(5) 1-b	(5) 0-d				
R2	(1) 0-a	(1) 0-a	(1) 0-a	(1) 2-a	(1) 0-b	(1) 0-a	(1) 0-a	(1) 0-a	(1) 0-a
	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 1-b	(2) 0-d	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 0-a
	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 1-a	(3) 0-d	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 0-a
	(4) 0-a	(4) 0-a	(4) 0-a	(4) 1-b	(4) 0-b	(4) 0-a	(4) 0-a	(4) 0-a	(4) 0-a
	(5) 0-a	(5) 0-a	(5) 0-a	(5) 2-a	(5) 0-d	(5) 0-a	(5) 1-b	(5) 0-a	(5) 0-a

B 班

主張

學生	S1	S3	S4	S10	S17	S19	S22	S24	S25
	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1
	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1
R1	(3) 1-b	(3) 1-a	(3) 1-c	(3) 1-c	(3) 1-c	(3) 1-c	(3) 0-c	(3) 1-b	(3) 0-d
	(4) 0-b	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1
	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1
	(1) 1	(1) 0-c	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1
	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1
R2	(3) 1-b	(3) 1-a	(3) 1-e	(3) 1-c	(3) 1-c	(3) 1-a	(3) 1-b	(3) 1-b	(3) 1-b
	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 0-d	(4) 1	(4) 0-a	(4) 0-b	(4) 1	(4) 1
	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 0-a	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1	(5) 1

理由									
R1	(1) 1-a	(1) 1-b	(1) 1-b	(1) 1-a	(1) 1-a	(1) 1-a	(1) 1-b	(1) 1-a	(1) 1-a
	(2) 0-b	(2) 0-b	(2) 2-a	(2) 2-a	(2) 2-a	(2) 0-c	(2) 2-a	(2) 0-b	(2) 1-a
	(3) 0-b	(3) 1-a	(3) 2-a	(3) 1-a	(3) 1-b				
	(4) 0-b	(4) 2-a	(4) 1-a	(4) 2-a	(4) 2-a	(4) 1-a	(4) 1-a	(4) 0-b	(4) 2-a
	(5) 1-a	(5) 1-a	(5) 0-a	(5) 1-a	(5) 0-a	(5) 1-a	(5) 1-a	(5) 1-a	(5) 1-a
R2	(1) 0-a	(1) 0-d	(1) 0-a	(1) 0-d					
	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 1-a	(2) 0-a	(2) 0-d	(2) 0-a	(2) 0-d
	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 0-b	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 0-c	(3) 0-a	(3) 2-a
	(4) 0-a	(4) 0-c	(4) 0-a	(4) 0-d					
	(5) 0-a	(5) 1-a	(5) 0-a	(5) 0-d					

證據									
R1	0.5-a			0.5-a					
	0.5-b	0-a	0.5-b	0.5-b	0.5-b	0.5-b	0.5-b	0.5-a	0.5-b
R2				1-a					
	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a	0-a

(四) 活動四

A 班

主張									
學生	S2	S3	S10	S15	S16	S17	S21	S22	S29
R1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
R2	0-a	0-a	2	2	2	2	2	2	2

證據									
R1	1-a	0.5-a	0.5-a	1-a	0.5-a	1-a	1-a	1-a	1-a
	0.5-a	1-a	0-b	1-a	0-b	0.5-a	0-d	0.5-a	0-c
R2	0-a	0-a	1-a	0-a	1-a	0-a	0-a	1-a	0-a
	0-a	0-a	1-a	0-a	1-a	0-a	0-a	0.5-a	0-a

支持									
R1	1-a	1-b	1-c	1-a	1-c	1-c	1-d	1-b	0-b
R2	0-a	0-a	0-b	0-a	1-a	0-a	0-a	0-a	0-a

B 班

主張									
學生	S4	S7	S8	S16	S17	S18	S20	S25	S27
R1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
R2	0-a	2	2	2	2	2	2	2	2

理由									
R1	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a	0-a	1-a	1-a	1-a
R2	0-a	1-a	0-a	0-a	0-a	1-a	0-a	0-c	0-a

證據									
R1	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a	0-a	1-a	1-a	1-a
R2	0-a	1-a	0-a	0-a	0-a	0-c	0-a	0-a	0-a

(五) 活動五

A 班

主張									
學生	S2	S3	S10	S15	S16	S17	S21	S22	S29
R1	(1) 1	(1) 1	(1) 0-b	(1) 1	(1) 1	(1) 0-b	(1) 1	(1) 0-b	(1) 1
	(2) 1	(2) 1	(2) 0-b	(2) 1	(2) 0-b	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1
	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 0-d	(3) 1	(3) 1	(3) 1
	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1
R2	(1) 0-a	(1) 0-a	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 0-a	(1) 1	(1) 0-a
	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 0-a
	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 0-a
	(4) 0-a	(4) 0-a	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 0-a

證據									
R1	0.5-a	0.5-a	0.5-b	0-b	0-b	0.5-a	0.5-a	0.5-a	0.5-a
	0.5-a	0.5-a	1-a	0-b	0-b	0.5-a	0-b	0.5-a	0.5-a
R2	0-a	0-a	1-a	0.5-a	1-a	0.5-a	0-a	0.5-a	0-a
	0-a	0-a	0.5-a	0.5-a	0.5-a	0.5-a	0-a	0.5-a	0-a

支持									
R1	(1) 1-a	(1) 2-a	(1) 0-c	(1) 1-b	(1) 0-c	(1) 1-c	(1) 2-a	(1) 0-d	(1) 0-c
	(2) 1-c	(2) 1-b	(2) 0-c	(2) 1-a	(2) 0-c	(2) 1-c	(2) 0-c	(2) 0-c	(2) 1-b
	(3) 1-a	(3) 1-b	(3) 0-c	(3) 1-b	(3) 0-d	(3) 1-c	(3) 1-b	(3) 1-b	(3) 1-b
	(4) 1-a	(4) 2-a	(4) 0-c	(4) 2-a	(4) 0-d	(4) 2-c	(4) 1-b	(4) 0-c	(4) 1-b
R2	(1) 0-a	(1) 0-a	(1) 1-b	(1) 1-b	(1) 2-a	(1) 2-a	(1) 0-a	(1) 2-a	(1) 0-a
	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 1-b	(2) 0-a	(2) 1-b	(2) 1-a	(2) 0-a	(2) 1-b	(2) 0-a
	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 1-b	(3) 1-b	(3) 1-b	(3) 1-a	(3) 0-a	(3) 1-b	(3) 0-a
	(4) 0-a	(4) 0-a	(4) 1-b	(4) 0-a	(4) 0-c	(4) 2-c	(4) 0-a	(4) 1-b	(4) 0-a

B 班

主張									
學生	S4	S7	S8	S16	S17	S18	S20	S25	S27
R1	(1) 1	(1) 1	(1) 0-b	(1) 0-b	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1
	(2) 1	(2) 1	(2) 0-c	(2) 1	(2) 1	(2) 0-c	(2) 1	(2) 1	(2) 1
	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1
	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1
R2	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 1	(1) 0-a	(1) 1	(1) 1	(1) 1
	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1	(2) 1
	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1	(3) 1
	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1	(4) 1
理由									
R1	(1) 0-b	(1) 1-a	(1) 1-b	(1) 1-b	(1) 2-a	(1) 1-a	(1) 1-a	(1) 2-a	(1) 1-a
	(2) 0-e	(2) 1-a	(2) 0-b	(2) 1-a	(2) 2-a	(2) 0-d	(2) 2-a	(2) 0-c	(2) 1-a
	(3) 1-a	(3) 1-a	(3) 2-a	(3) 2-a	(3) 1-a				
	(4) 0-b	(4) 1-a	(4) 1-a	(4) 1-b	(4) 1-a	(4) 1-a	(4) 1-a	(4) 1-a	(4) 0-b
R2	(1) 0-a	(1) 0-a	(1) 1-a	(1) 1-a	(1) 0-a	(1) 1-a	(1) 0-a	(1) 0-d	(1) 0-a
	(2) 0-a	(2) 0-a	(2) 1-a	(2) 0-d	(2) 0-a	(2) 0-d	(2) 0-a	(2) 0-d	(2) 0-a
	(3) 0-a	(3) 0-a	(3) 0-d	(3) 0-d	(3) 0-a	(3) 1-a	(3) 0-a	(3) 0-d	(3) 0-a
	(4) 0-a	(4) 0-a	(4) 2-b	(4) 0-d	(4) 0-a	(4) 1-a	(4) 0-a	(4) 0-d	(4) 0-a
證據									
R1	0.5-a	0.5-b	1-b 0.5-b	0.5-a	1-a	1-a	0.5-a	1-a	0.5-a
R2	0-a	0-a	1-a	0.5-a	0-a	1-a	0-a	0-a	0-b

以上評分結果總結如下

	活動一	活動二	活動三	活動四	活動五	總分
主張						
A 班	28	16	67	32	53	196
B 班	20	18	82	34	67	221
證據						
A 班	24	17.5	9.5	16.5	13	80.5
B 班	12.5	5.5	7	9	9.5	43.5
支持						
A 班	15	13	41	9	49	127
B 班	13	10	53	10	43	129

附錄六 學習單設計

活動一(有科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：_____

◎ 範例：請寫出下列科學問題的解釋：釘子和鋤手是為相同或不同物質構成？

♣ 主張(寫下一句話)是否釘子和鋤手是為相同或不同物質構成：

→釘子和鋤手它們是相同物質構成

♣ 兩個證據(提供兩個證據去支持你的主張)：

◆ 證據一：釘子和鋤手摸起來都很堅硬、冰涼

◆ 證據二：釘子和鋤手外觀顏色都是銀白色

♣ 理由(寫出你的理由且要與證據有關連)：

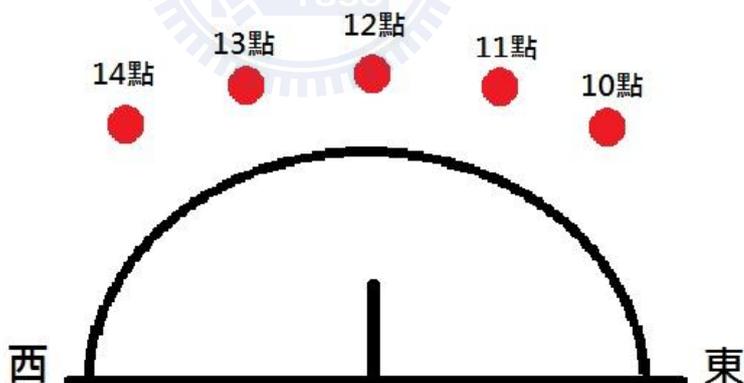
→釘子和鋤手是相同物質構成的，因為大部分金屬都是銀白色的且堅硬冰涼，又因為鐵 最常被使用於工具的金屬，故推測兩者的組成皆為鐵

實驗一：小傑想要在地上畫出刻度作為日晷，他應該如何畫？

◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法

◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由

♣ 主張(畫出日晷的刻度)：



♣ 兩個證據(提供兩個證據去支持你主張所畫的圖)若不只兩個，可盡量寫出來：

◆ 證據一：

◆ 證據二：

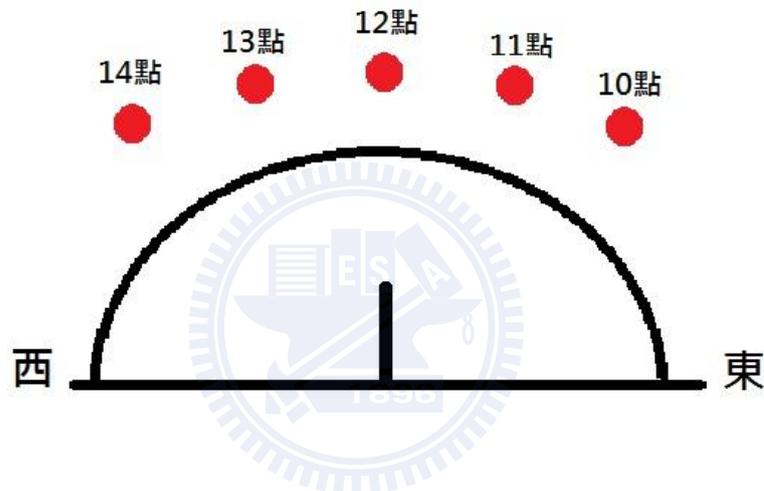
♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的新解釋)：

☆ 根據你所寫下的預測和理由，評估並在右側圈選你的信心程度：

- | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------|
| 1. 我對於預測 結果 的正確性 | 完全沒信心 | 非常有信心 |
| | 1 2 3 4 5 | |
| 2. 我對於預測 理由 的正確性 | 完全沒信心 | 非常有信心 |
| | 1 2 3 4 5 | |

◎ 觀察：仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下你的觀察結果。

♣ 觀察結果：(觀察包含：視聽嗅味觸，請盡量寫詳細一點)



◎ 解釋：仔細比較你的預測以及所觀察到的實際結果。兩者是否一致？

◎ 若不一致，與你的組員討論並試著修改你的理由，對所觀察到的現象重新提出解釋。

- 是，觀察結果和先前的預測一致
- 否，我提出的新解釋是：可加原本沒有的想法加進去

♣ 兩個證據(提供兩個證據去支持你主張所畫的圖)若不只兩個，可盡量寫出來：

◆ 證據一：

◆ 證據二：

♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的新解釋)：

- | | | |
|------------------|-----------------------|------|
| 3. 現在我對「日晷的刻度畫法」 | 完全不了解 | 清楚了解 |
| | 1 2 3 4 5 | |

活動一(無科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：_____

◎ 範例：請寫出下列科學問題的解釋：釘子和鋏手是為相同或不同物質構成？

♣ 主張(寫下一句話)是否釘子和鋏手是為相同或不同物質構成：

→釘子和鋏手它們是相同物質構成

♣ 理由(寫出你的理由)：

→釘子和鋏手是相同物質構成的，因為大部分金屬都是銀白色的且堅硬冰涼，又因為鐵 最常被使用於工具的金屬，故推測兩者的組成皆為鐵

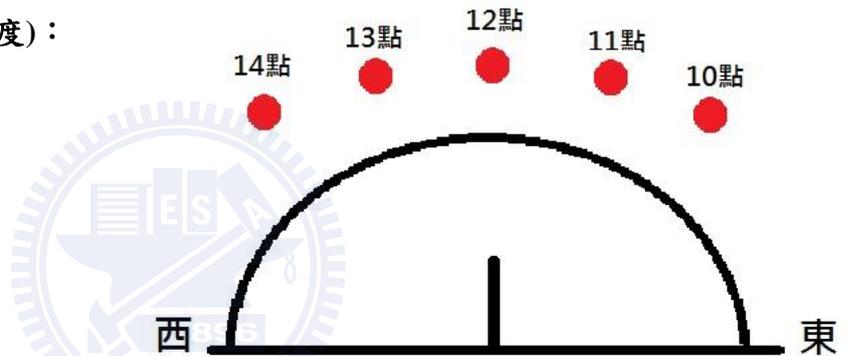
實驗一：小傑想要在地上畫出刻度作為日晷，他應該如何畫？

◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法

◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由

♣ 主張(畫出日晷的刻度)：

♣ 說明你的理由：



☆ 根據你所寫下的預測和理由，評估並在右側圈選你的信心程度：

1. 我對於預測結果的正確性	完全沒信心					非常有信心
	1	2	3	4	5	
2. 我對於預測理由的正確性	完全沒信心					非常有信心
	1	2	3	4	5	

◎ 觀察：仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下你的觀察結果。

♣ 觀察結果：(觀察包含：視聽嗅味觸，請盡量寫詳細一點)

- ◎ 解釋：仔細比較你的預測以及所觀察到的實際結果。兩者是否一致？
- ◎ 若不一致，與你的組員討論並試著修改你的理由，對所觀察到的現象重新提出解釋。
 - 是，觀察結果和先前的預測一致
 - 否，我提出的新解釋是：可加原本沒有的想法加進去
 - ♣ 我提出的新解釋是：

3. 現在我對「日晷的刻度畫法」

完全不了解

清楚了解

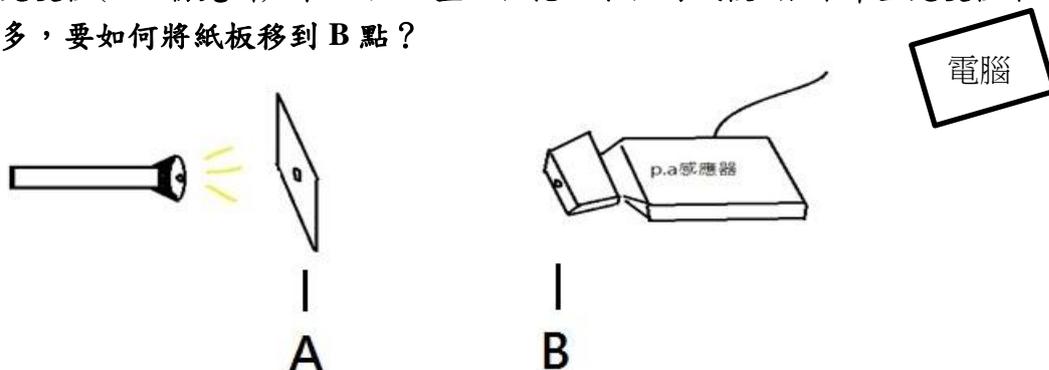
1 2 3 4 5



活動二 (有科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：_____

實驗二：在光感偵測器(p.a.)另一端放置一個手電筒，把手電筒打開在電腦上可以偵測到一光度值(lux 勒克斯)，在 A 點放置一個挖一小孔的紙板，若不希望光度值下降太多，要如何將紙板移到 B 點？



- ◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法
- ◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由

♣ 主張(紙板移動的方式)：

♣ 兩個證據(提供兩個證據去支持你主張)若不只兩個，可盡量寫出來：

◆ 證據一：

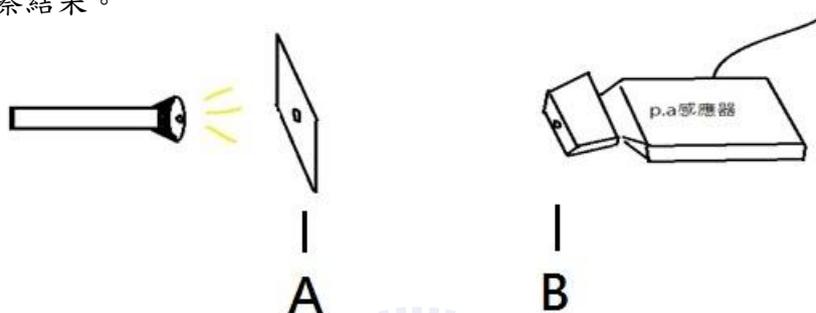
◆ 證據二：

♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的新解釋)：

☆ 根據你所寫下的預測和理由，評估並在右側圈選你的信心程度：

- | | | | | | | |
|-------------------------|-------|---|---|---|---|-------|
| 1. 我對於預測 結果 的正確性 | 完全沒信心 | | | | | 非常有信心 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 2. 我對於預測 理由 的正確性 | 完全沒信心 | | | | | 非常有信心 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |

◎ 觀察：仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下你的觀察結果。



♣ 觀察結果：(觀察包含：視聽嗅味觸，請盡量寫詳細一點)

◎ 解釋：仔細比較你的預測以及所觀察到的實際結果。兩者是否一致？

◎ 若不一致，與你的組員討論並試著修改你的理由，對所觀察到的現象重新提出解釋。

- 是，觀察結果和先前的預測一致
- 否，我提出的新解釋是：可加原本沒有的想法加進去

♣ 兩個證據(提供兩個證據去支持你主張所畫的圖)若不只兩個，可盡量寫出來：

◆ 證據一：

◆ 證據二：

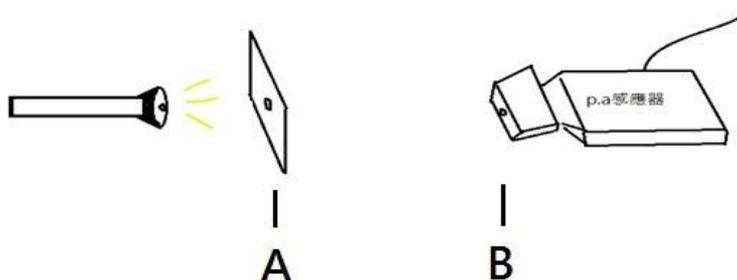
♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的新解釋)：

- | | | | | | | |
|-----------------|-------|---|---|---|---|------|
| 3. 現在我對「光前進的方式」 | 完全不了解 | | | | | 清楚了解 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |

活動二 (無科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：_____

實驗二：在光感偵測器(p.a.)另一端放置一個手電筒，把手電筒打開在電腦上可以偵測到一光度值(lux 勒克斯)，在 A 點放置一個挖一小孔的紙板，若不希望光度值下降太多，要如何將紙板移到 B 點？



- ◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法
- ◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由
 - ♣ 主張(紙板移動的方式)：

♣ 說明你的理由：



☆ 根據你所寫下的預測和理由，評估並在右側圈選你的信心程度：

- | | | | | | | |
|----------------|-------|---|---|---|---|-------|
| 1. 我對於預測結果的正確性 | 完全沒信心 | | | | | 非常有信心 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 2. 我對於預測理由的正確性 | 完全沒信心 | | | | | 非常有信心 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |

◎ 觀察：仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下你的觀察結果。

♣ 觀察結果：(觀察包含：視聽嗅味觸，請盡量寫詳細一點)

◎ 解釋：仔細比較你的預測以及所觀察到的實際結果。兩者是否一致？

◎ 若不一致，與你的組員討論並試著修改你的理由，對所觀察到的現象重新提出解釋。

是，觀察結果和先前的預測一致

否，我提出的新解釋是：可加原本沒有的想法加進去

♣ 我提出的新解釋是：

3. 現在我對「光前進的方式」

完全不了解

清楚了解

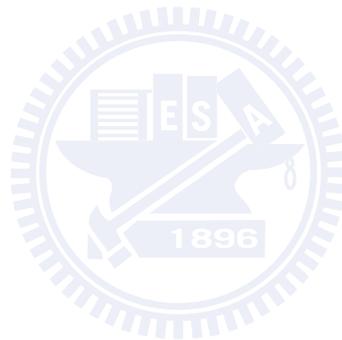
1

2

3

4

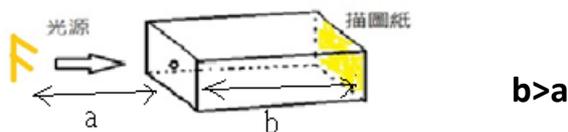
5



活動三 (有科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：_____

實驗三：面紙盒的左側有一小孔，若在面紙盒左側放置一個呈現 F 形狀的光源(如圖)光源到針孔的距離為 a，針孔到描圖紙(屏幕)的距離為 b。



- (1) 在描圖紙(屏幕)上呈現的像形狀會是如何?(請畫出來)
 - (2) 在描圖紙(屏幕)上呈現的像會比原本大還是小?
 - (3) 若遮住光源上半部，則屏幕上的像將會變成什麼樣子?
 - (4) 若遮住針孔(針孔變小)，則屏幕上的像將會變成什麼樣子?
 - (5) 若用雷射光源照射針孔，在屏上是否可用感光儀偵測到光?
- ◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法
- ◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由

♣ 主張(按照上面的題號，逐一描述)：

(1)	
(2)	<input type="checkbox"/> 像比光源大 <input type="checkbox"/> 像比光源小 <input type="checkbox"/> 與原光源相同 <input type="checkbox"/> 其他：_____
(3)	
(4)	<input type="checkbox"/> 像變原本一半 <input type="checkbox"/> 像變模糊 <input type="checkbox"/> 像變清晰 <input type="checkbox"/> 其他：_____
(5)	<input type="checkbox"/> 是，可偵測得到 <input type="checkbox"/> 否，偵測不到

♣ 兩個證據(分別提供兩個證據去支持你主張)若不只兩個，可盡量寫出來：

- ◆ 證據一：
- ◆ 證據二：

♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的解釋)：

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	

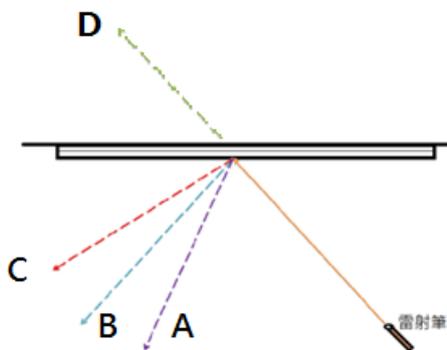
☆ 根據你所寫下的預測和理由，評估並在右側圈選你的信心程度：

- | | | | |
|-------------------------|-----------------------|--|-------|
| 1. 我對於預測 <u>結果</u> 的正確性 | 完全沒信心 | | 非常有信心 |
| | 1 2 3 4 5 | | |
| 2. 我對於預測 <u>理由</u> 的正確性 | 完全沒信心 | | 非常有信心 |

活動四 (有科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：_____

實驗四：平面鏡前有一雷射筆(如圖)，雷射光以一定的角度照到平面鏡上，請問光線照到面鏡後會走哪一條路徑？



◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法

◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由

♣ 主張：

A B C D 以上皆非

♣ 兩個證據(分別提供兩個證據去支持你主張)若不只兩個，可盡量寫出來：

◆ 證據一：

◆ 證據二：

♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的解釋)：

☆ 根據你所寫下的預測和理由，評估並在右側圈選你的信心程度：

1. 我對於預測結果的正確性	完全沒信心					非常有信心
	1	2	3	4	5	
2. 我對於預測理由的正確性	完全沒信心					非常有信心
	1	2	3	4	5	

◎ 觀察：仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下

你的觀察結果。

♣ 觀察結果：(請盡量寫詳細一點)

A B C D 以上皆非

◎ 解釋：仔細比較你的預測以及所觀察到的實際結果。兩者是否一致？

◎ 若不一致，與你的組員討論並試著修改你的理由，對所觀察到的現象重新提出解釋。

是，觀察結果和先前的預測一致

否，我提出的新解釋是：可加原本沒有的想法加進去

♣ 兩個證據(分別提供兩個證據去支持你主張)若不只兩個，可盡量寫出來：

◆ 證據一：

◆ 證據二：

♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的新解釋)：

3. 現在我對「平面鏡的反射路徑」

完全不了解

清楚了解

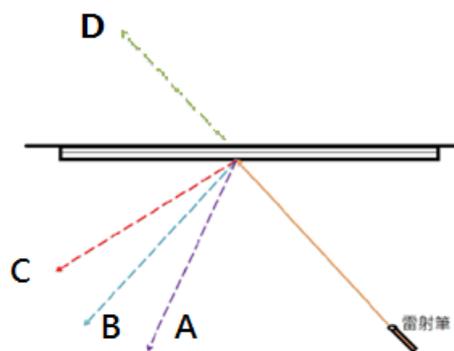
1 2 3 4 5

活動四 (無科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：

實驗四：平面鏡前有一雷射筆(如圖)，雷射光以一定的角度照到平面鏡上，請問光線照到面鏡後會

走哪一條路徑？



◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法

◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由

♣ 主張：

A B C D 以上皆非

♣ 理由：(請寫出上面所選擇的主張的理由)

☆ 根據你所寫下的預測和理由，評估並在右側圈選你的信心程度：

- | | | | | | | |
|----------------|-------|---|---|---|---|-------|
| 1. 我對於預測結果的正確性 | 完全沒信心 | | | | | 非常有信心 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 2. 我對於預測理由的正確性 | 完全沒信心 | | | | | 非常有信心 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |

◎ 觀察：仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下你的觀察結果。

♣ 觀察結果：(觀察包含：視聽嗅味觸，請盡量寫詳細一點)

A B C D 以上皆非

◎ 解釋：仔細比較你的預測以及所觀察到的實際結果。兩者是否一致？

◎ 若不一致，與你的組員討論並試著修改你的理由，對所觀察到的現象重新提出解釋。

是，觀察結果和先前的預測一致

否，我提出的新解釋是：可加原本沒有的想法加進去

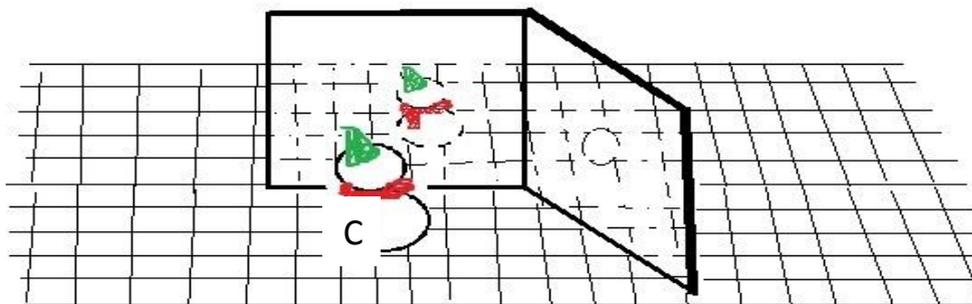
♣ 我提出的新解釋是：

- | | | | | | | |
|-------------------|-------|---|---|---|---|------|
| 3. 現在我對「平面鏡的反射路徑」 | 完全不了解 | | | | | 清楚了解 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |

活動五 (有科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：_____

實驗五：將一半透明的 CD 盒直立起來，放在一方格紙中央，在 CD 盒前擺放一小模型，在 CD 盒另一頭會有一個模型的影子(如圖)



A B

- (1) 當模型距離 CD 盒後退三格，像有什麼變化？(請寫出 變大/變小/後退/前進)
 - (2) 當觀察者位置由 A 點往 B 點移動，像的位置是否會不同？
 - (3) 若將模型往左邊移動至 C 點，觀察者要在 A 點還是 B 點才看得到像？
 - (4) 模型形成的像是否能用感光儀偵測到？
- ◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法
- ◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由

♣ 主張：(按照上面提號逐一回答)

(1)	
(2)	<input type="checkbox"/> 像的位置不改變 <input type="checkbox"/> 像會向右邊移動 <input type="checkbox"/> 像會向左邊移動 <input type="checkbox"/> 其他：_____
(3)	<input type="checkbox"/> A 點 <input type="checkbox"/> B 點 <input type="checkbox"/> 皆看得見 <input type="checkbox"/> 皆看不見
(4)	<input type="checkbox"/> 可以 <input type="checkbox"/> 不行

♣ 兩個證據(提供兩個證據去支持你主張)若不只兩個，可盡量寫出來：

◆ 證據一：

◆ 證據二：

♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的解釋)：

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	

☆ 根據你所寫下的預測和理由，評估並在右側圈選你的信心程度：

1. 我對於預測結果的正確性 完全沒信心 非常有信心

1 2 3 4 5

2. 我對於預測理由的正確性 完全沒信心 非常有信心
1 2 3 4 5

◎ 觀察：仔細觀察實驗或影片中的現象，與你的組員討論後，儘可能詳細且明確寫下你的觀察結果。

♣ 觀察結果：(觀察包含：視聽嗅味觸，請盡量寫詳細一點)

(1)	
(2)	<input type="checkbox"/> 像的位置不改變 <input type="checkbox"/> 像會向右邊移動 <input type="checkbox"/> 像會向左邊移動 <input type="checkbox"/> 其他：_____
(3)	<input type="checkbox"/> 兩點都看得見 <input type="checkbox"/> 兩點都看不見 <input type="checkbox"/> 只有_____點可以看見
(4)	<input type="checkbox"/> 可以 <input type="checkbox"/> 不行

◎ 解釋：仔細比較你的預測以及所觀察到的實際結果。兩者是否一致?

◎ 若不一致，與你的組員討論並試著修改你的理由，對所觀察到的現象重新提出解釋。

- 是，觀察結果和先前的預測一致
- 否，我提出的新解釋是：可加原本沒有的想法加進去

♣ 兩個證據(提供兩個證據去支持你主張所畫的圖)若不只兩個，可盡量寫出來：

- ◆ 證據一：
- ◆ 證據二：

♣ 支持(寫一個句子來說明你所提出的證據如何支持你的新解釋)

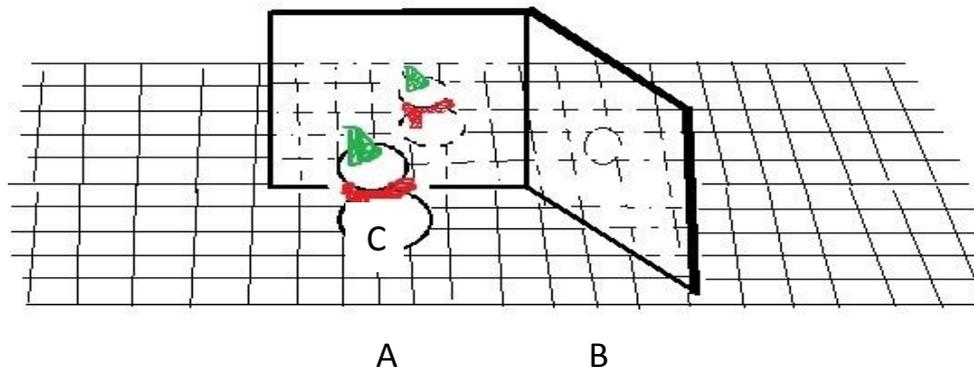
(1)	
(2)	
(3)	
(4)	

3. 現在我對「面鏡成像」性質 完全不了解 清楚了解
1 2 3 4 5

活動五 (無科學解釋文字鷹架)

我的紀錄表 我的姓名：_____ 討論者：_____

實驗五：將一半透明的 CD 盒直立起來，放在一方格紙中央，在 CD 盒前擺放一小模型，在 CD 盒另一頭會有一個模型的影子(如圖)



- (1) 當模型距離 CD 盒後退三格，像有什麼變化？(請寫出 變大/變小/後退/前進)
- (2) 當觀察者位置由 A 點往 B 點移動，是否像的位置會不同？
- (3) 若將模型往左邊移動至 C 點，觀察者要在 A 點還是 B 點才看得到像？
- (4) 模型形成的像是否能用感光儀偵測到？

◎ 先進行預測，有答案後再與組員進行討論，小組內可以有不同答案，盡量提出自己的看法

◎ 討論後再下方寫下你最認同的答案和理由

♠ 主張：(按照上面提號逐一回答)

(1)	
(2)	<input type="checkbox"/> 像的位置不改變 <input type="checkbox"/> 像會向右邊移動 <input type="checkbox"/> 像會向左邊移動 <input type="checkbox"/> 其他：_____
(3)	<input type="checkbox"/> A 點 <input type="checkbox"/> B 點 <input type="checkbox"/> 皆看得見 <input type="checkbox"/> 皆看不見
(4)	<input type="checkbox"/> 可以 <input type="checkbox"/> 不行

♠ 理由：

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	

附錄七 光學二階段診斷測驗(後測)

國中光學教材之國中學生光學概念的二階段評量診斷工具(後)

就讀學校：_____

年級：_____ 班級：_____ 性別：_____ 姓名：_____

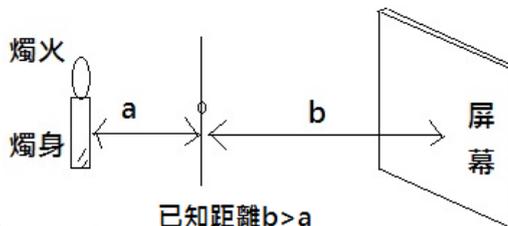
這份試卷的每一小題都分為兩部份。請在第一部份選項前的 中勾選適合的答案；在第二部份選項前的 中勾選適合的理由，若勾選「其他」這個選項，也請敘述你的理由。

※若你認為理由不只一個，也可以複選。

第一題、如圖，有一針孔成像裝置示意圖，其上有一縫衣針扎出的「小孔」(為極小的圓孔)，則屏幕上其所成的像為何？(蠟燭

左右不對稱)

- (A) 小亮圓
- (B) 燭火
- (C) 整個蠟燭



※理由是：(可複選)

- (1) 因為光穿過小圓孔，投影在屏幕上。
- (2) 只有燭火才會發出光線，燭身並不會有光線發出，所以像只有燭火。
- (3) 燭火會發出光線、燭身會反射光線，所以像為燭火及燭身。
- (4) 其他 _____

第二題、承第一題，其所成的像為何？

- (A) 正立、左右相反的像
- (B) 正立、左右沒有相反的像
- (C) 上下顛倒、左右相反的像
- (D) 上下顛倒、左右沒有相反的像

※理由是：(可複選)

- (1) 光是直線前進的，因此物體左方發出的光線，經過針孔之後，就會傳到右方，同理，物體右方發出的光線，經針孔會傳到左方。所以是正立，但左右相反的像。
- (2) 因為光穿過小圓孔，投影在屏幕上，形成小亮圓，所以為正立且左右沒有相反的像。
- (3) 光是直線前進的，因此物體上方發出的光線，經過針孔之後，就會傳到下方，同理，物體下方發出的光線，經針孔會傳到上方、物體左方發出的光線傳到右方、物體右方發出的光線傳到左方。所以是上下顛倒、左右相反。
- (4) 光是直線前進的，因此物體上方發出的光線，經過針孔之後，就會傳到下方，

同理，物體下方發出的光線，經針孔會傳到上方。所以是上下顛倒，但左右沒有相反的像。

(5) 其他 _____

第三題、承第一題，其所成的像為虛像或實像？

(A) 虛像

(B) 實像

※ 理由是：(可複選)

(1) 它不是實際光線會聚而成的像，故稱虛像。

(2) 它沒有對人類產生視覺作用，故稱虛像。

(3) 因為不是實際物體，所以為虛像。

(4) 虛像是一種幻覺。

(5) 形成虛像時，並沒有光線進入眼睛中。

(6) 形成虛像時，有光線進入眼睛中，且在視網膜形成實像。

(7) 虛像能投影在屏幕上而被看到。

(8) 實像能投影在屏幕上而被看到。

(9) 實際光線會聚而成的像，稱為實像。

(10) 其他 _____

第四題、承第一題，成像的大小與蠟燭大小相比為何？

(A) 比蠟燭大

(B) 比蠟燭小

(C) 與蠟燭等大

(D) 不一定

※ 理由是：(可複選)

(1) 必須視小孔的焦距大小而定。

(2) 只有燭火會成像，燭身不成像，所以所成的像會比蠟燭小。

(3) 成像為小亮圓，像的大小和小孔大小相近。

(4) 孔比較小，所以像會比蠟燭小。

(5) 因為 $b > a$ ，即小孔和屏幕的距離大於蠟燭和小孔的距離。

(6) 其他

第五題、承第一題，若將小孔遮住上半部，屏幕上的所成的像，將會變成怎樣？

(A) 像只剩一半

(B) 無法成像

(C) 為完整像，但像變小

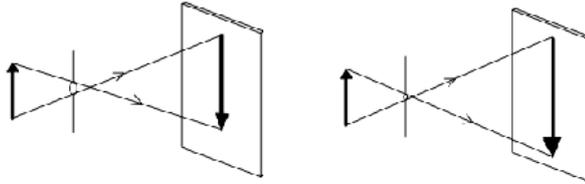
(D) 為完整像，但像變大

(E) 為完整像，但像變模糊

- (F) 為完整像，且像變更清晰
- (G) 亮的半圓

※ 理由是：(可複選)

- (1) 小孔被遮住一半，有一半的光線傳不過去，所以像只剩一半。
- (2) 孔太小了，光無法傳過去。
- (3) 像是從蠟燭經過小孔傳至屏幕，因為孔變小了，所以傳過去的像變小。
- (4) 孔變小了，所以像變大了，以圖示意：



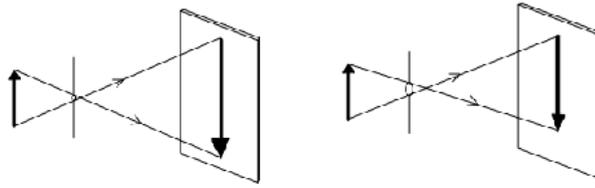
- (5) 蠟燭每個部位皆有光線穿過小孔而成像，但因為孔變小，穿過小孔的光變少了，所以像變模糊。
- (6) 因為光穿過小半圓孔，投影在屏幕上。
- (7) 蠟燭每個部位皆有光線穿過小孔而成像，又因為孔變小，蠟燭一點的光線穿過小孔後，只會落在屏幕上某一點，所以像變清晰。
- (8) 其他 _____

第六題、承第一題，若將孔徑戳的較大些，則在屏幕上所成的像，將會如何變化？

- (A) 像變大
- (B) 變模糊，甚至形成孔洞形狀的亮區
- (C) 不變
- (D) 像變清晰
- (E) 像變小
- (F) 由小亮圓變成較大的亮圓

※ 理由是：(可複選)

- (1) 像是從蠟燭經過小孔傳至屏幕，因為小孔的孔徑變大，所以蠟燭傳過去的像變大。
- (2) 孔洞面積過大時（可視為許多密集小孔洞），物體的光經過孔洞，在屏幕上形成孔洞形狀的亮區，那是小孔洞各別「針孔成像」疊加的結果。
- (3) 成像情形和孔洞大小是無關的，只和彼此間的距離有關，因為並沒有改變彼此間的距離，所以成像不變。
- (4) 因為小孔的孔徑變大，穿過孔洞的光變多了，所以像更清晰。
- (5) 小孔的孔徑變大，所以像變小，以圖示意：

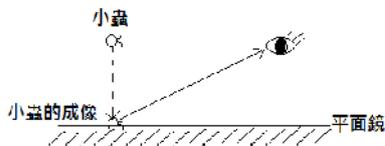


□ (6) 因為小孔的孔徑變大，穿過孔洞的光變多了，所以投影在屏幕上的像由小亮圓變成較大的亮圓。

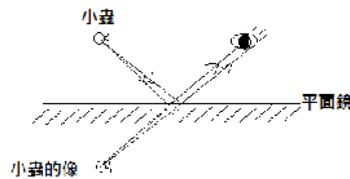
□ (7) 其他 _____

第七題、如下圖，有一隻小蟲和一面鏡子，請畫出眼睛所看到小蟲成像的位置？

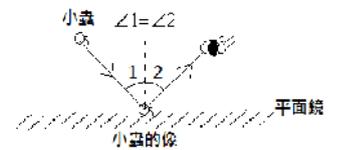
□ (A)



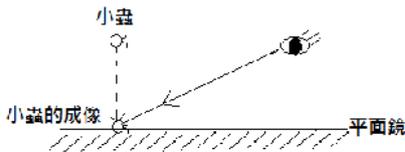
□ (B)



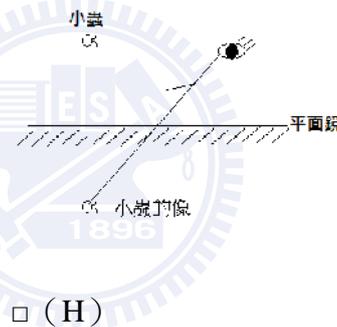
□ (C)



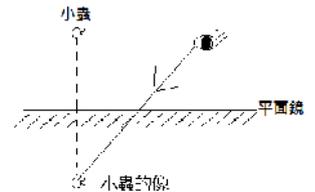
□ (D)



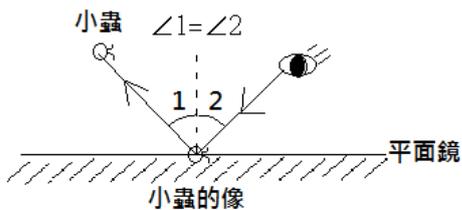
□ (E)



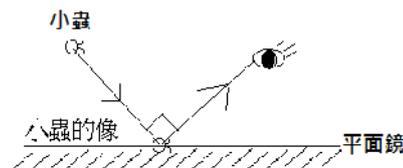
□ (F)



□ (G)



□ (H)



※ 理由是：(可複選)

- (1) 小蟲投影在鏡面成像，所成的像發出光線至眼睛而看見成像，如選項 (A)。
- (2) 小蟲身上一點的無限多條光線射向鏡面，光線會遵守反射定律射向眼睛，將這些反射光線延長會交於鏡中同一點，該位置就是小蟲的成像位置，如選項 (B)。
- (3) 小蟲的光線射向鏡面時，光線會遵守反射定律射向眼睛，所以小蟲的成像會在鏡面上、且位於小蟲和眼睛之間，如選項 (C)。
- (4) 小蟲投影在鏡面成像，眼睛發出視線看到，如選項 (D)。
- (5) 小蟲投影在鏡中成像，所成的像發出光線至眼睛而看見成像，如選項 (E)。

- (6) 小蟲投影在鏡中成像，眼睛發出視線看到，如選項 (F)。
- (7) 眼睛發出的視線射到鏡面會發生反射至小蟲身上，所以小蟲的成像會在鏡面，如選項 (G)。
- (8) 小蟲的光線射向鏡面時會反射至眼睛中，入射線和反射線的夾角必為 90 度，所
以小蟲成像會在鏡面，如選項 (H)。
- (9) 其他 _____

第八題、承上題，平面鏡所成的小蟲的像為實像或虛像？

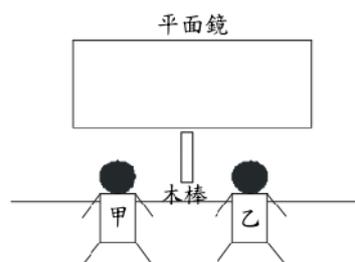
- (A) 虛像
- (B) 實像

※ 理由是：(可複選)

- (1) 因為不是實際物體，所以為虛像。
- (2) 它不是實際光線會聚而成的像，故稱虛像。
- (3) 它沒有對人類產生視覺作用，故稱虛像。
- (4) 形成虛像時，並沒有光線進入眼睛中。
- (5) 虛像是一種幻覺。
- (6) 虛像能投影在屏幕上而被看到。
- (7) 形成虛像時，有光線進入眼睛中，且在視網膜形成實像。
- (8) 實際光線會聚而成的像，稱為實像。
- (9) 實像能投影在屏幕上而被看到。
- (10) 其他 _____

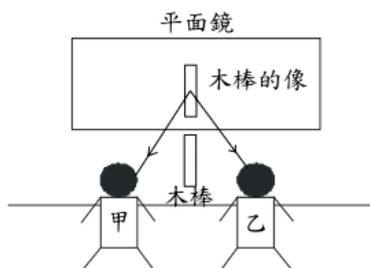
第九題、如圖，甲乙兩人所見鏡子木棒的像，是否為同一位置呢？

- (A) 相同
- (B) 不同

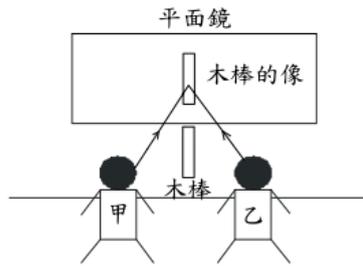


※ 理由是：(可複選)

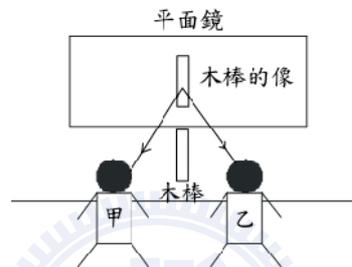
(1) 木棒投影在鏡面，成像的光線射至甲和乙眼中，所以甲乙所見木棒的像是同一位置，如圖：



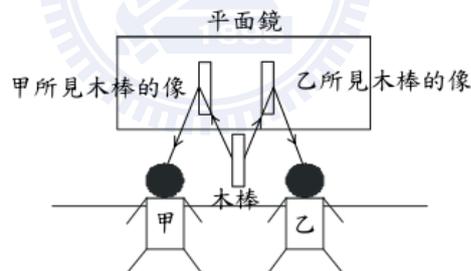
□ (2) 木棒投影在鏡面，甲和乙發出視線看到木棒的像，所以甲乙所見木棒的像是同一位置，如圖：



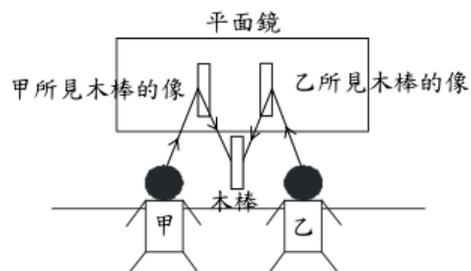
□ (3) 木棒投影在鏡中，成像的光線射至甲和乙眼中，所以甲乙所見木棒的像是同一位置，如圖：



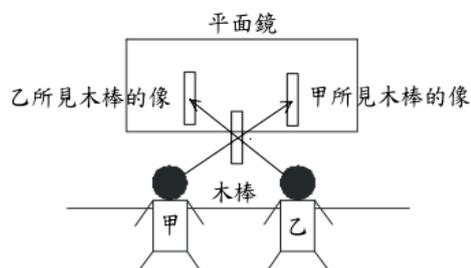
□ (4) 木棒的光經平面鏡反射至甲的眼睛中，成像在鏡面；木棒的光經平面鏡反射至乙的眼睛中，成像在鏡面。所以甲乙所見木棒的像不同位置，如圖：



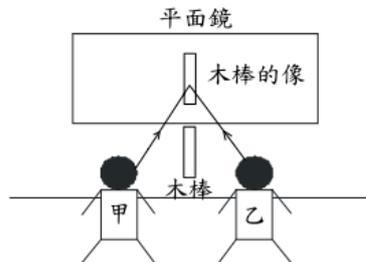
□ (5) 甲發出的視線經平面鏡反射至木棒，成像在鏡面；乙發出的視線經平面鏡反射至木棒，成像在鏡面。所以甲乙所見木棒的像不同位置，如圖：



□ (6) 甲乙所見木棒的像，如圖：



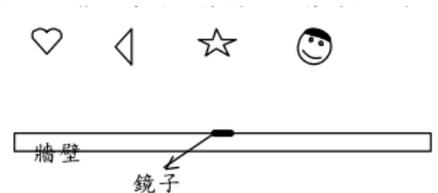
□(7) 木棒投影在鏡中，甲和乙發出視線看到木棒的像，所以甲乙所見木棒的像是同一位置，如圖：



□(8) 木棒同一點的無限多條光線經平面鏡反射至甲、乙眼中，將這些反射光線延長，會交於鏡中同一點，所以甲乙所見木棒的像是同一位置。

□(9) 其他 _____

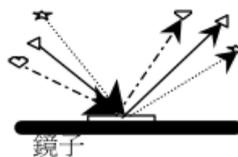
第十題、有一面牆壁掛著小小的鏡子，在鏡子正前方有一有一個星星，旁邊有一個三角形，接下來有一個愛心，小明坐著沒動去看鏡子，請問小明在鏡子裡面會看到什麼？



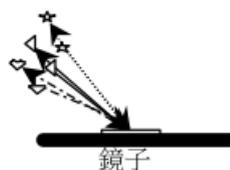
- (A) 看到 ♡
- (B) 看到 ◁
- (C) 看到 ☆
- (D) 看到 ◁☆
- (E) 都看得到 ♡◁☆
- (F) 都看不到

※ 理由是：(可複選)

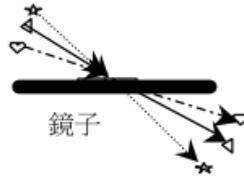
- (1) 只有鏡子前面的物體才會被鏡子反射。
- (2) 離鏡子遠的物體不會被鏡子反射。
- (3) 左邊的光往左邊反射，右邊的光往右邊反射。



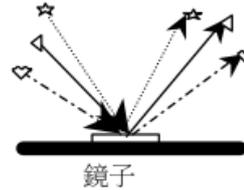
- (4) 光會沿著原來位置反射回去。



- (5) 物體成像在鏡子後面。



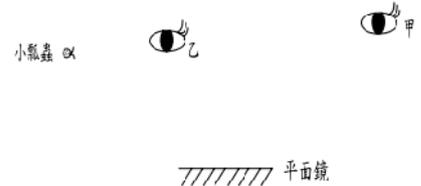
- (6) 光進入的角度和反射的角度相同。



- (7) 其他 _____

第十一題、如圖，有一隻小瓢蟲和一面鏡子，平面鏡不大，位於甲位置的眼睛和乙位置的眼睛， 哪一個位置可以見到小瓢蟲的成像？

- (A) 甲乙位置皆看的到
 (B) 甲乙位置皆看不到
 (C) 甲位置看的到，乙位置看不到



※ 理由是：(可複選)

- (1) 物體只要在鏡子前，人都一定可以藉由鏡子看到物體。
 (2) 因為平面鏡太小了，小瓢蟲無法投影在鏡面上成像，所以甲乙位置皆看不到。
 (3) 因為平面鏡太小了，小瓢蟲無法投影在鏡中成像，所以甲乙位置皆看不到。
 (4) 平面鏡成像，物距等於像距，所以無論甲乙位置在哪，小瓢蟲的像一定會在鏡中，只是甲位置看的到，乙位置看不到。
 (5) 小瓢蟲身上一點的無限多條光線射向鏡面，光線會遵守反射定律射向甲位置的眼睛，將這些反射光線延長會交於鏡中同一點，該位置就是小瓢蟲的成像位置，所以甲位置看的到；但是反射光線無法射向乙位置的眼睛，所以對乙位置的眼睛而言，小瓢蟲沒有在鏡中成像。
 (6) 甲發出的視線可經平面鏡反射，射向小瓢蟲，小瓢蟲的成像會在鏡面，所以甲位置看的到；但乙發出的視線無法經平面鏡反射，射向小瓢蟲，所以乙位置看不到。
 (7) 小瓢蟲的光線經平面鏡反射進入甲位置的眼睛，可成像在鏡面，所以甲位置的眼睛看的到像；但小瓢蟲的光線無法經平面鏡反射射向乙位置的眼睛，因此無法成像在鏡面，所以乙位置的眼睛看不到像。
 (8) 其他 _____