

# 國中自然與生活科技教師發展 5E 探究式光學 單元教學模組之研究

林建隆 徐順益

國立彰化師範大學 物理學系

(投稿日期：民國 96 年 9 月 5 日，修訂日期：96 年 10 月 5 日，接受日期：96 年 11 月 5 日)

**摘要：**本研究採詮釋性研究，旨在探討國中自然與生活科技領域具備豐富科學教學經驗的個案教師，接受合作學習教學，嘗試改變過去講述教學，在任教學校組織研究團隊，以 5E 探究式教學採合作學習，發展光學教學模組歷程與施教所遭遇的困難，提出解決策略與施教成果。實驗對象為台灣中部地區國中常態班一班。研究工具含前、後測評量卷、5E 探究式光學單元教學模組、學生自我評量及回饋表。資料蒐集有：會議記錄、晤談、教師札記、學生自我評量及回饋表、課室觀察紀錄、錄影、錄音與學習單。資料採質性分析，進行持續觀察比較與三角校正。結果發現教師團隊發展模組歷程，可分為組織團隊、模組與評量工具發展、試教及反省修正模組、再進行課室教學及分析學習成果五階段。教學模組設計分決定教學單元、設計概念圖、擬單元教學目標、定教學策略、設計單元活動與多元評量等。並探討教師設計教學模組過程的困難與試教的困難。提出解決策略，改進情形良好。學習成果：學生能親自操作各項活動，結合資訊融入能以輕鬆的心情參與課程，充分瞭解反射與折射概念；對學習成果有顯著的幫助。

**關鍵詞：**5E 探究式教學、光學、詮釋性研究

## 壹、前言

由文獻分析可發現，國中光學單元為一較抽象且重要的核心概念，大部分國中學生很難經由教材或教師的講解就能獲得具體、完整且有意義的學習。而探究式教學策略，

是一種科學的思考方法，從學習的情境中，引起學生的學習動機、探知學生的先備知識；經由同儕互動、合作學習的方式進行觀察、討論、實驗，再提出合理的解釋或解決策略；最後將所學的概念應用到解決新情境的問題，正符合建構主義以學習者為中心的

理念。其中 Bybee & Landes(1988)所提出的 5E 探究教學模式包含參與(engagement)、探索(exploration)、解釋(explanation)、精緻化(elaboration)及評量(evaluation)五個階段。每階段皆提供教師應遵守的規則及學生應扮演的角色，較為詳細完整，教師易於施行，也能讓學生透過親身參與合作學習的互動過程中，體驗概念的轉變、建構新的概念，獲得有意義學習。因此，國中教師的角色必須由過去「課程執行者」轉變為「課程設計者」；由「知識傳授者」轉變為「知識引導者」注重學生主動學習，協助學生參與探究，才能達成教學目標，故本研究主要探討國中自然與生活科技教師，經由組織團隊，設計結合 5E 探究式教學模組，採小組合作學習，讓學生經由親手操作實驗進行探究與同儕討論的互動過程，將光的抽象概念，以較具體的方式呈現，讓學生於課程實施過程中，可以更容易建構此單元之相關概念知識，達成學習光學反射與折射單元的教學目的。藉由教學設計前的預備工作、設計過程、實施階段、修改等歷程，教師在設計與實行教學模組的歷程中，所遭遇的問題及學生學習成果，作為將來相關研究或實務教師設計教材進行教學與學生學習光學單元的參考。本研究的待答問題如下：

- 一、國中教師發展「5E 探究式光學反射與折射單元教學模組」之歷程與遭遇的困難及解決策略為何？
- 二、於課室中施行「5E 探究式光學反射與折射單元教學模組」，教師及學生所遭遇到的困難及解決策略為何？
- 三、施行「5E 探究式光學反射與折射單元教學模組」後，學生學習的成果為何？

## 貳、文獻探討

### 一、探究式教學

探究式教學法是一種科學的思考方法，從學習的情境中，教師引導學生發現問題，認清問題所在，提出可能的假設，擬定可行的解決方案，選擇最合適的方案，驗證假設並獲致結論，是一種歷程取向的教學方法，強調以學生為中心，可培養學生在九年一貫課程總綱中宣示「運用科技與資訊」、「主動探索與研究」及「獨立思考與解決問題」等基本能力。

學習環(learning cycles)三階段模式-探索、概念發展、概念應用是由 Atkin & Karplus (1962) 參照科學發展的模式與 Piaget 的認知發展理論，設計了學習環的探究式教學法。三個階段如下：(一)探索階段：教師佈置學習環境，讓學生經由討論、觀察、操作及閱讀進行探討、(二)概念發展階段：經過探索活動，學生需要基本概念以了解所觀察的現象。教師提供這些概念，幫助學生領悟新的概念、(三)概念應用階段：學生能將所得概念運用到新的情境。經由三個階段的學習，使學生發展出對科學概念的理解，認識到科學工作的歷程與科學家的心智習慣(habits of mind)，學習環的教學模式也成為探究教學的重要策略。

此外，Bybee & Landes (1988)，由小學科學課程發展，提出符合建構主義特性的學習環模式，分為五個階段依序為：參與、探索、解釋、精緻化及評量稱為 5E 學習環教學模式。每一階段皆有提供教師應遵守的規則及學生應扮演的角色，說明如表 1。雖然探究式教學模式各有不同，但本質上大致可分為：先引起動機、探知學生的先備知識；再經由小組討論、合作學習的方式進行觀

察、討論、實驗等方法，提出解釋或解決的策略；最後將所學的新概念應用到新情境中。這種學習正和建構主義以學習者為中心的理念相符。本研究所採取的 5E 探究式教學法，包含參與-探究-解釋-精緻化-評量的探討活動，乃是以學生為中心，透過課程設計及教材編輯，刻意營造一個讓學生主動探索與研究的情境，輔以分組討論及合作學習的方式進行探究活動，期望培養學生在九年一

貫課程總綱中所提及的科學過程技能、科學態度、表達溝通與分享的知能、獨立思想及解決問題的基本能力。由於 5E 教學策略所包含的步驟較為詳細和完整，能讓大部分認知發展屬於過渡期階段的國中學生，經由每個階段親身參與、體驗，建構新的概念，過程中進行合作學習，讓學生獲得長足的進步。因此本研究以 5E 教學策略來作為教學設計之理論依據。

表 1：5E 學習循環教學模式各階段的教學活動

順序	教學處理	教師的角色	學生的角色
1	參與	引起興趣。 引發好奇心。 提出問題。 引出學生的回答，藉以了解學生對概念的了解。	提出問題，如：對於此事我已經知道哪些？從這裡我可以發現到什麼？ 對所教的課題感興趣。
2	探索	鼓勵學生一起學習而不直接教導。 觀察與聆聽學生之間的互動。 提出探討的問題，引導學生探究方向。 讓學生有充分思考的時間。 扮演諮詢者的角色。	在活動範圍內自由思考。 提出新的預測、假說並加以檢驗。 嘗試其他的方式並與同學討論。 記錄觀察及想法。 暫不作判斷。
3	解釋	鼓勵學生以自己的話語解釋概念。 要求學生提出證據。 提供正式定義與解釋。 利用學生原有經驗來解釋概念。	向其他同學解釋可能的解答。 注意聆聽他人的解釋。 質疑別人的解釋。 聆聽並設法了解老師的解釋。 提及先前的活動。 解釋中應用到由觀察所做的記錄。
4	精緻化	預期學生應用正式的定義與解釋。 鼓勵學生應用與擴充概念與技術。 建議另外的解釋。 針對已知證據問學生：你已經知道什麼？為什麼你認為如此？	學生應用與擴充概念與技術。 應用先前的資訊來提問、提出解答、做決定和做實驗。 根據證據下結論。 對觀察與解釋做紀錄。 用觀察的紀錄來解釋。
5	評量	觀察學生如何應用新的概念與技術。 評估學生的知識與技術。 注意學生的了解是否有所成長。 讓學生評估其個人及團體的學習技巧。 利用開放式的問題，如：為什麼你認為…？你如何解釋…？	利用觀察、證據和先前已接受的解釋來回答。 顯現出對概念的理解。 評估學生自己的進步。 所問的問題能鼓勵學生進一步的探究。

註：引自 Bybee & Landes (1988)

## 二、光學實徵性研究

自然科學的領域中，有很多抽象的部分，學生無法經由閱讀教材與講述式的教學就瞭解其中所包含的科學概念，甚至容易產生另有概念，光學就是其中之一。國內外很多的研究者為了解決這一部份的問題，試圖找出學生在光學中的迷思概念，及運用各種不同的教學策略或輔助方式，讓學生在學習時能夠真正的瞭解光學部分所包含的概念 (Osborne, Black & Meadows, 1993; Galili & Goldberg, 1996; 黃湘武與黃寶鈿, 1992; 王晉基與郭重吉, 1992; 郭金美, 1999; 陳忠志, 2003)。綜合專家學者的研究報告發現，國內外學生在光學所具有的迷思概念，相差並不大，甚至有研究指出學生至高中階段，仍然具有與國中、小學生相同的迷思概念，下面整理中學學生在光學的迷思概念有：(一)光與視覺：有眼睛「主動視覺」之迷思概念，認為眼睛會自行發出光線來造成視覺或認為只要有光存在眼睛就能看見物體，不了解視覺與反射的關係。(二)光的反射與面鏡成像：易將反射誤認為是折射，認為是物體直接被投影上去成像於平面鏡上，將反射與鏡面成像看成是同一件事；認為要像鏡面一般的材質才會反射，缺乏漫射的觀念，且無法指出反射光「入射角等於反射角」。(三)光的折射與透鏡成像：認為是水而非光產生折射；光由空氣進入水中行進方向會偏離法線；而水中筷子斷了的原因是水會折射筷子所發出的光；透鏡成像的原理是物體的光照射透鏡，透鏡產生影像。

欲改善學生在光學單元的學習情況，其中包括電腦模擬、多媒體輔助、建構主義教學策略、探究式教學法、發展概念漫畫、概念構圖等。其中運用資訊輔助的方式，將抽象概念具體化呈現，對於學生的概念理解幫

助大，而且可以提升學生的學習興趣。而建構、概念圖、探究式教學策略，運用同儕互動學習，有助提高學習動機、增進學習成效及豐富教學內容，並可增進探究能力及學習自信心。本研究運用 5E 探究式教學策略，參考過去相關文獻中學生容易產生的迷思概念，來設計教學活動，發展教學模組。希望藉由 5E 探究教學策略，以合作學習的方式進行教學，增進學生的概念理解及探究能力，部份單元並輔以資訊融入教學，引起學生的學習動機、興趣與學習成效，藉以探討學生在光學單元的學習成果。

## 參、研究方法與步驟

### 一、研究設計與步驟

本研究以詮釋性研究，探討國中個案教師嘗試改變過去 6 年多以講述法教學的方式，在任教學校組織研究團隊，以 5E 探究式教學法兼採合作學習，發展光學單元教學模組歷程與在常態班學生實施模組教學時所遭遇到的困難，並探討學生的學習成果。

本研究於九十四年七月起開始進行研究，研究者先選定研究對象，經與個案教師充分溝通本研究的目的後，由個案教師在其任教學校組織研究團隊，計有四位教師參與，接著進行：(一)設計前的準備工作，包含確立研究主題及教學範圍的決定，並選擇適當的教學策略作教學的教學主軸。(二)編製研究工具，含研擬教學目標、撰寫 5E 探究教學模組活動設計、設計單元形成性評量卷及評量方式。過程中，研究者蒐集、分析資料，設計出適合學生學習之課程教材。(三)進行試教，於九十四年十二月起進行四週的試教過程，即選擇常態班學生一班，針對所設計之 5E 探究教學模組施行試教。並進行

文件資料的蒐集、教學活動錄影、晤談班級學生及評量工作，並持續蒐集教師團隊的對話錄音、個案教師的教學日誌與晤談。(四)個案教師進行試教結果的反省與教學模組的修正，藉由所蒐集資料的轉錄，不斷反覆閱讀、思考及分析，找出試行教學課程時，教師教學及班級學生學習所遭遇到的問題及困難，並據此擬定改進策略，修正成為正式教學的 5E 教學模組。(五)進行正式施教，於九十五年十月起配合學校課程進度，進行四週的教學過程並依據所蒐集到的資料，分析此教學模組之優缺點及學生的學習成果，最後整理分析撰寫研究報告。

研究所發展的工具包含：(一)前、後測評量試卷，藉以瞭解學生先前概念及教學模

組實施後有何差異，經內容及專家效度的考驗，後測之施測信度 KR-20 為 0.75 其雙向細目表如表 2。(二)5E 教學模組教材，含眼見為憑其教學目標及對應之能力指標如表 3，結合 5E 之活動流程含「消失的光」、「有跡可尋」、「捕風捉影」、「虛虛實實」、「面面俱到」、「神奇凹凸」、「轉向飛車」、「光會轉彎」、「水斷筷子」、「凹凸有別」、「焦點話題」、「凸透鏡成像」與「凹透鏡成像」計十四個單元。(三)學生自我評量及回饋表，由學生於每單元教學後進行自我評量及針對教學過程內容提出看法及建議。研究資料的蒐集包括：會議記錄、晤談資料、教師教學札記、學生自我評量及回饋表、教室觀察紀錄、錄影及錄音、學生學習單等。

表 2：前測與後測試卷雙向細目表

概念 \ 階層	知識	理解	應用	小計
見物原理			21	1
成像種類			18	1
反射定律			4	1
平面鏡成像	1	2	3、19	4
凹面鏡成像			20	1
凸面鏡成像		14	13	2
折射成因		7		1
折射定律		6	5	2
透鏡種類		11		1
透鏡性質			15	1
凸透鏡成像		9	8、10、16、17	5
凹透鏡成像			12	1
小計	1	6	14	21

表 3：單元 1-1 眼見為憑之教學目標及對應之能力指標

順序	單元名稱	時間	單元目標	對應之分段能力指標	
活動 1-1	眼見為憑	45	認知 瞭解我們能看到東西是因為有光。 瞭解人能看到物體是因為從物體射出光線或反射光線至人的眼睛。 1-3 能把學習到的科學知識應用於生活中	自 1-3-4-3-9 自 2-4-5-6 自 7-3-2-3	由資料顯示的相關推測其背後可能的因果關係 認識聲音、光的性質，探討波動現象及人對訊息的感受 把學習到的科學知識和技能應用於生活中
			情意 能專心聽取各組的報告。 小組成員能積極參與討論。 能與組員相互溝通共享活動的樂趣。	自 5-2-1-2-1 自 1-3-5-5-4 自 1-3-5-4-4	能由探討活動獲得發現和新的認知，培養出信心及樂趣 傾聽別人的報告，並做適當的回應 願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣
			技能 1-1 能利用手電筒、黑箱進行探究活動，正確說出黑箱內的物體為何。	自 5-2-1-2-1 自 7-1-2	能由探討活動獲得發現和新的認知，培養出信心及樂趣 學習操作各種簡單儀器

## 二、研究情境與對象

個案任教學校位於市區的中型學校，全校約有 40 班，學生人數約 1320 人，教職員約 100 人。校長辦學積極，校園充滿活力。學校行政體系多尊重教師的教學專業，並重視學生的適性發展。學校曾為教育部學習加油站專案計畫中的成員，成立教材資源中心，因此資訊設備與資源教室充足。研究教學教室包含具備單槍、廣播系統與可上網等多功能資源教室、上課教室與實驗室。教學活動的進行由個案教師擔任教學實施者。每次上課除擔任教學外，另兩位研究團隊教師負責教室錄影，將教學者的教學與學生的上課互動表現進行攝影與錄音。

個案教師張老師(匿名) T1，男性，某師

範大學物理系畢業，兼註冊組長已三年，正於教學碩士班進修，思考反應靈敏，對教學充滿信心，樂於接受教學新知，曾接受合作學習教學的研習，於中學教學經驗已七年，備課以課本加上自行編寫的講義重點整理方式，進行講述教學，任教班級成績在同年級中雖名列前茅，但總覺得學生的學習尚缺乏主動積極與多元能力的培養。故期待讓學生可以瞭解科學的本質、內涵與意義。願意嘗試自行設計以學生為中心的 5E 教學模組進行教學，讓學生親手去探索、歸納、建構知識，讓學生瞭解到底在學什麼；且以生活周遭經驗，引發學生興趣，讓學生明白其實科學與我們的生活是息息相關的。

表 4：單元 1-1 眼見為憑之活動流程

活動內容	教師活動	學生活動	探究策略	時間(分)	情境佈置	備註
活動 1-1：眼見為憑	說明整個教學活動的流程及實施方式。	瞭解活動流程與提問		6		
	1.播放「明天過後」剪輯影片片段。老師提問：「在黑暗的中會用何種方式尋找東西呢？」各組討論 3 分鐘，給兩組分享討論結果。	1.各組同學舉手搶答並將答案寫在學習單上。	參與	10	學習單、單槍投影機、筆記型電腦	資訊融入
	2.發給各組一個箱子、手電筒，請學生將光線從箱子的 A、B、C 三個洞射入，觀察光線從何處進入才能看見物體？物體是什麼？並討論為何能看到物體，光線的行進路線為何？請各組將結論寫在小白板上，並將小白板放到黑板上。	2.各組同學進行探究活動，將答案寫在小白板上，出示答案。	探究	12	紙箱、手電筒、學習單、小白板	
	3.老師待各組解釋後歸納：眼睛見物的流程為：(1)發光體(光線照射非發光體)→(反)射出光線→光線進入眼睛→視神經→大腦。	3.各組學生解釋答案，之後聆聽老師歸納講解，將結論記錄在學習單上。	解釋	6	學習單	
	4.老師提問：「媽媽在開燈的屋內，你在黑暗的屋外，請問誰透過誰可以看到對方？」請各組討論完將原因寫在小白板上，並將小白板放到黑板上。	4.小組進行討論，並將結果記錄在小白板上，出示答案。	精緻化	8	學習單、小白板	
	5.評量：「在黑暗中如果要將自己的臉出現在鏡子上，應該要照鏡子還是臉上哪裡呢？」	5.學生將自己的答案寫在學習單上。	評量	3	學習單	

個案教師所組織之研究團隊，除個案教師張老師 T1、尚有理化教師 T2、T3 及資訊教師 T4 共四位。其中 T2 教師畢業於某國立大學化學碩士，教學經驗豐富，喜歡設計實驗讓學生動手操作，教學生動活潑且具備資訊專長，擔任導師。教師 T3 為某師範大學化學系畢業，也擔任導師，教授自然與生活科技，曾任生教組長。在校園內非常活躍，擔任教師會理事長、合作社理事主席。教學

時重視學生的學習態度，常以幽默風趣的方式，讓學生能在快樂的情境中學習。教師 T4 為某國立大學理學院網路學習學程碩士，擔任資訊組長。曾多次於全國教師媒體製作比賽、網頁製作比賽中得獎。對於資訊融入教學的推廣不遺餘力，負責規劃完成三間資源教室，讓資訊融入教學的課程進行有最佳的空間、最完整的設備。

實驗教學對象為常態班，學生有 32 人，

男、女生各半，學生單純沈靜，在上課中的參與度尚佳，對於教師的要求均能遵守。學科成績表現在同年級中算普通，無特別優秀的學生，但在該班導師對學生的要求下，整個班級的運作相當井然有序，常規良好且配合度高。

### 三、資料蒐集與分析

為深入瞭解個案教師在研發 5E 探究教學模組與施行過程所遭遇的困難與解決策略，研究者與個案教師及研究團隊除試教與正式施教的教室觀察外，研究期間於每隔週之週二下午進行晤談，採半結構式晤談，主要針對教學模組設計過程如：確立主題教學單元、擬訂教學目標、如何與 5E 探究教學的結合、以學生為中心的教學設計、多元評量等、編制研究工具，深入晤談以瞭解教師發展模組的歷程與困難之處及可能採用的解決辦法，並於每節實施模組教學前後與個案教師進行非正式晤談，針對該堂課中教師教學、學生學習與探究活動的進行等深入瞭解。

在資料分析期間，並以電話與電子郵件與個案教師連絡，確認相關資料的意義，資料的收集，尚包含會議記錄、晤談、教師札記、學生自我評量及回饋表、課室觀察紀錄、錄影、錄音與學生學習單等。資料分析採質性分析，先將晤談與教室觀察資料進行轉錄，並收集個案教師、教師團隊與學生學習資料以及教室觀察記錄分析，利用這些資料進行三角校正、交叉檢核，並進行持續觀察的比較與分析，再輔以量的分析，並於分析完成後，再次共同檢核詮釋資料，以確認研究發現的結果，建立研究的效度。

## 肆、研究結果與討論

### 一、國中教師發展「5E 探究式光學反射

### 與折射單元教學模組」之歷程與遭遇的困難及解決策略為何？

張老師發展 5E 探究式光學反射與折射單元教學模組的歷程可分為：

#### (一) 決定教學模組的單元

從張老師親身的教學經驗與相關文獻分析可發現，光學中反射與折射部分為重要且抽象的物理概念，故容易造成學生學習的困難。因此，很多教學實務者分別運用了不同的方式，企圖讓學生在光學單元學習更有幫助，如：王尹玲(2006)、陳俊昌(2006)等。由於光學部分較為抽象，透過親身操作體驗幫助學生概念的學習效果較佳。所以決定以光學中的反射與折射作為此次教學的單元。

T1:.....我在光學單元教學遇到問題。而在文獻中也發現此一單元很重要且抽象，另在網路上找到好多有關光學的動畫，感覺很棒，自己也嘗試作了一些，希望利用本次研究的機會來改善光學單元的教學。

940705 會

#### (二) 確定教學模組之概念圖

確定教學單元後，依據文獻蒐集、教師教學札記、國中現行課程綱要、會議紀錄的分析結果，張老師將本教學模組所包含的概念分為成像種類、光的反射與光的折射三大部分，並設計出概念圖。然後蒐集相關資料、討論決定教學活動主題，期將概念圖所包含的概念融入於教學活動當中。在決定實施對象及教學節數後，教師團隊不斷討論、思考，最後決定單元順序及依概念圖發展由具體至抽象、簡單至複雜設計共 14 個單元活動。

T2:我覺得實像與虛像的部分也可以納進來，學生在判斷的時候很容



易搞混，而且反射、折射部分很多地方會用到實像、虛像的判斷。

T1:那我先把這部分的概念圖分成三部分，成像種類、反射與折射。

940914 師

### (三) 擬訂教學目標

本模組之教學目標的擬訂和九年一貫課程綱要之分段能力指標相呼應。每一個單元皆具體明確的呈現預期學生達到的學習目標，教師團隊亦根據單元目標撰寫單元活動及設計評量工具。

### (四) 決定教學策略

綜合專家學者(Karplus 1967；歐陽鍾仁 1988；張靜儀 1995；張清濱 2000)及教師團隊討論的意見，本教學模組採取以學生為中心之 5E 探究式教學法，因 5E 探究的五個階段分別為：參與→探究→解釋→精緻化→評量，每個階段皆提供教師應遵守的規則及學生應扮演的角色，步驟較為詳細和完整，教師易於施行，也能讓學生透過親身參與合作學習的互動過程中，透過課程設計及教材編輯，刻意營造一個讓學生主動探索與親身操作的情境，輔以合作學習的方式進行探究活動，讓學生體驗概念的轉變、建構新的概念，獲得有意義學習。文獻中曾燕玲(2005)運用 5E 探究式教學策略，發現在知識學習、態度培養與能力表現方面均有進步。同時學生也表示喜愛探究式教學的上課方式並認同此方式有益於學習。張老師最後決定以 5E 學習環的探究式教學策略做為教學模組設計、教材編輯之理論依據。

### (五) 設計單元活動

本研究教學模組活動設計中，透過 5E 教學策略的五個步驟，引導學生進行參與、探究、解釋、精緻化、評量的探究活動，讓學生經由親身體驗建構自己的概念。所設計的單元包含眼見為憑、消失的光、有跡可尋、

捕風捉影、虛虛實實、面面俱到、神奇凹凸、轉向飛車、光會轉彎、水斷筷子、凹凸有別、焦點話題、凸透鏡成像、凹透鏡成像，總計十四個單元。每個單元活動除了依 5E 探究式步驟設計外，每項活動皆親身體驗，且要求符合效果顯著、器材簡便、操作容易、環保安全等特性。如：光會轉彎單元欲讓學生瞭解雷射光線由空氣進入水中時會發生偏折現象，張老師就親身試驗要讓光線在水中能被看見，所以須在水中加入物質讓光線通過時能顯現出來，原先設計使用奶粉，但實驗結果效果並不好，之後嘗試過幾種不同的物質，如：粉筆灰、沙子、木屑、肥皂等，發現以肥皂的效果最佳。此外，亦發現線香的煙與肥皂的濃度都不宜太濃，否則會影響雷射光線的亮度，反而不容易觀察。

T1:今天拿了奶粉先做了實驗，發現效果不太好，後來又找了粉筆灰、木屑和沙子來做實驗，效果更差，回家後在洗手的時候發現肥皂水好像可以試試看，結果發現效果奇佳，而且不必用太多的肥皂，就可以清楚看見雷射光。

941109 師

### (六) 決定評量方式

評量的目的在了解學生是否能達到教學的目標，還有學生在學習方面有遇到什麼樣的困難。在教學進行中，在每個單元的評量階段進行形成性的評量，立即了解學生的概念學習情形，所有課程結束後再利用後測進行總結性概念評量。而在單元教學活動實施後，學生針對單元活動設計、活動歷程及學習困難等部分撰寫心得、建議及問題，於學習者自我評量與回饋表中，再配合學生學習單填寫情形、小組報告情況及課室觀察，利用上述多元評量的方式，了解學生在認知、態度與社會互動的學習感受。

此外，進行模組設計所遭遇的困難有：對 5E 探究教學模式不熟悉、缺乏教學模組設計的經驗、行政業務導致過於忙碌影響進度、尚未熟悉以合作學習進行教學模式。因此，透過在職進修、教材設計的研討、適時尋求研究團隊的資源與支持及長期的合作學習練習，使得困難均能獲得圓滿的解決。

## 二、於課室中施行「5E 探究式光學反射與折射單元教學模組」，教師及學生所遭遇到的困難及解決策略為何？

針對試教模組時所遭遇到的問題，提出解決策略，再進行正式教學，以下分別呈現學生與教師部分的資料分析結果：

### （一）學生部分

#### 1. 在小組討論部分：

為增進小組討論的社會互動，應兼顧學生的異質分組與同好外，並以可激發學生的好奇心及引起學習動機來設計，並給予充分的討論與發表時間。如此，才能讓學生在小組討論中充分溝通，達到社會互動的目標。例如：在教學模組剛開始進行的單元 1-1 與 1-2 的活動中，讓學生觀看影片後進行討論。發現學生缺乏相關背景知識，很難憑空想像討論出答案，並提出自己的看法與組員分享，更難經由討論習得相關概念。改進策略是利用剪輯軟體，編輯影片中與概念直接相關的片段，增加學生進行探究實驗活動時間，讓學生可以親自動手操作，並從實驗、討論的互動過程中探究出結果，習得概念。鐘幸芳(2004)也認為設計模組單元活動時，應以學生能親自體驗，動手操作的活動為主，並以生活實例為探討主題和生活經驗做聯結，可激發學生的好奇心及引起學習動機。於正式教學時改進結果發現，學生因為影片內容能夠聚焦，且增加了與日常生活相關，可親手操作實驗的探討活動，不僅印象

更為深刻，討論熱烈，而且提昇學習興趣。從學生的評量階段的形成性評量情形發現，學生已充分瞭解人能看見物體，是可見光進入眼睛的概念。

#### 2. 在學習引導部分：

活動設計除符合 5E 探究教學策略外，應以生活實例為探討主題並且和學生的生活經驗相聯結，讓學生能動手操作親身體驗，並降低問題的困難度，增加引導的條件、減少圖形的複雜性、再配合精心設計的動畫呈現，且以操作效果較為明顯的活動為主，例如：學生在某些單元無法從實驗結果，將圖形正確繪製於學習單上，因此，無法瞭解相關概念。如單元 1-3 反射定律歸納入射角等於反射角、1-4 利用反射定律繪製光線行進的路線、1-6 平行光進入凸、凹面鏡的法線繪製、1-7 物體經凸、凹面鏡的成像等。針對這些單元，發現是學習單的學習引導功能不彰所致。故針對學習單繪圖的部分加以改進，在不影響學生概念學習的情況下，增加引導的條件、減少圖形的複雜性、配合精心設計的動畫呈現，讓學生可以有所依據，並能正確無誤的紀錄於學習單中，以免學生課後複習時產生另有概念。施行過程學生從學習單的學習引導，配合 5E 探究的解釋階段蒐集或自製的動畫、簡報說明，大部分的學生均能將正確的概念圖形繪製於學習單中。而從學生在各單元評量階段的形成性評量回答情形發現，學生對於相關概念的學習是有效的。

#### 3. 探究活動設計部分：

以儀器安全簡單、容易操作且實驗結果明顯為主要訴求，並利用日常生活可取得的材料設計探究實驗活動，讓學生於課後可以輕易的利用身邊的器具進行實驗活動，降低實驗的難度、增加學生自行操作的可行性，讓學生能夠於課後長時間進行科學探究活

動，累積觀察與實作的經驗，能增進實驗操作的過程技能。設計過程發現學生進行單元 1-3 反射定律探究實驗、1-4 平面鏡成像探究實驗及 2-1 車子經不同介質探究實驗時，無法正確操作儀器進行探究，而無法得到預期的結果。針對這部分的問題，發現是探究活動設計的實驗效果不佳或學生實驗經驗不足所致。故調整改變探究實驗活動的設計，以儀器簡單、容易操作、結果明顯為主要訴求，並利用日常生活可取得的材料設計探究實驗活動，讓學生於課後可以輕易的利用身邊的器具進行實驗活動，降低實驗的難度、增加可行性，讓學生長時間進行科學探究活動，累積實作經驗，必能增進實驗操作能力。施行後發現學生可以順利的進行操作、實驗的結果明顯，學生可以根據實驗過程瞭解相關的概念。從學生學習單、形成性評量及自我評量與回饋表的填寫情形中，發現學生對於實驗的操作過程、概念的建立及學習過程的感受都有正向的結果。

## （二）教師部分：

### 1. 教室的情境佈置部分：

在設計過程，發現教學情境的佈建，會影響學生學習的注意力、興趣與成果，例如：學生位置的安排、硬軟體設施的準備、計分板增強物的運用，都會影響學習活動的順利進行。改進策略：選擇適當的教學現場，並於教學活動進行前，對於教學現場的佈置作最後的檢查、測試，不僅可以確保教學活動的順暢，並可增加學生參與學習的意願，避免與教學無關的干擾，影響學生學習的專心度及教學的進度。施行結果發現學生利用異質分組，適當安排位置，學生認為合作學習的小組討論對學習幫助最大。計分表的設計、小組競爭，讓學生認為學習過程更加有趣。教師蒐集、製作的簡報、動畫，讓學生更快速、更清楚的瞭解所學。資源教室的

字形位置安排，讓教師更容易掌握學生的學習情形、控制教學進度。以上的教學情境佈置均讓教學活動的更佳順暢，有加成的效果。

### 2. 5E 探究教學策略的引導部分：

在本研究中於參與階段利用剪輯影片片段讓學習主題聚焦，並提出與學生日常生活經驗相結合的問題，經由學生的討論發言，可以瞭解學生的相關先備知識，且能讓學生預測探究活動結果；在探究階段的活動設計，以儀器安全簡單、容易操作、結果明顯為主要訴求，利用日常生活可取得的材料，設計探究實驗活動，可以讓學生樂於親手操作，以利與相關的概念現象相聯結；在解釋階段教師利用簡報、動畫配合進行統整說明，並指出相關概念的聯結，同學可以深入的理解所探究的實驗結果與所學習概念間的關係；在精緻化階段利用概念延伸或相似的情境、反向的問題與相關不同概念間的比較，讓學生能更精緻所學習的概念；在評量階段，於每單元教學後立即進行形成性評量，檢視學生概念學習情形，找出潛藏的迷思概念，瞭解學生學習的困難所在，以利進行補救與進一步的評量。因此，依據 5E 教學策略，以參與、探究、解釋、精緻化、評量五階段所設計的探究式教學活動，可以讓學生在親自參與的探究過程中，獲得相關概念且印象深刻。讓學生的學習更加精緻，讓活動設計更加完善。

## 三、學生學習「5E 探究式光學反射與折射單元教學模組」後的學習成果為何？

本研究根據教學模組的實驗過程，針對學生所填寫的學習單、前後測評量卷、自我評量與回饋表、教學錄影帶轉錄、教室觀察記錄及學生晤談資料等資料，分析歸納學生在認知、情意、技能方面的學習情況。技能

方面，由於本教學模組探究活動設計，均運用日常生活中隨手可得之器材，進行簡易的儀器操作探究，學生經短暫訓練後就能學會操作，且能於課後繼續進行操弄探究，故在技能方面，如觀察、測量、調整器材、紀錄、上網查詢相關資料與報告等相關技能，均能達到精熟程度。故以下僅就認知及情意兩個部分進行分析說明，結果如下：

### (一) 認知部分：

由學生學習單及自我評量與回饋表的理由，填寫情形分析結果發現，學生進行探究式教學後，會檢視自己的先前概念是否與探究實驗的結果一致或發生衝突，經過小組討論、發表過程，能讓學生主動建構起正確的概念。這與文獻的研究結果相同，王敏祝(2004)的研究顯示在光學單元探究導向教學，對學生的概念理解幫助比傳統講述式教學佳；曾燕玲(2005)的研究顯示 5E學習環教學顯著增進國小學童在燃燒相關概念之學習成效。

另外，教學中運用資訊融入教學的方式，可以突顯主要操弄變相的實驗效果，因此，可以讓學生更迅速、更清楚且更有興趣的學習，對於提昇學生的學習動機與概念學習有加成的效果。

在概念學習成果方面，從本研究學習單上各單元評量階段的形成性評量填答情形，分析結果顯示，整體教學模組實施後，大多數學生能充分瞭解光學中反射與折射部分的相關概念。學生學到的概念有：見物原理、成像種類、反射定律、平面鏡、凹面鏡、凸面鏡的成像性質及原理、折射成因、折射定律、透鏡種類及性質及凸、凹透鏡的成像性質及原理。

本研究前、後測試題的題目相同，題目經雙向細目表分析，由專家審閱後施測。研究結果發現，前測的平均答對率 43.8%，而

後測的平均答對率達 75.0%，進步了 31.2%，表示大部分的學生在 5E 探究教學模組實施後，能夠瞭解光學中反射與折射部分的相關概念。

綜合上述，本研究在認知方面，學生的學習成效良好，大部分的學生在 5E 探究式教學策略引導下，結合部分資訊融入教學的方式，可以充分瞭解光學中反射與折射部分的相關概念。

### (二) 情意部分：

在情意部分，主要以學生的自我評量及回饋表的填答情形來分析，學生自我評量的專心程度滿意度、利用探究式教學將資訊融入的上課方式滿意度、以小組學習方式對於幫助知識獲得滿意度及學習課程內容上面的學習興趣滿意度四方面，平均的滿意程度均高達 75.0%以上，表示學生對於與傳統教學相異的教學活動進行方式，有相當正向的回應。顯示本研究的 5E 探究教學模組的實施，對提升學生的學習興趣有很大的助益。

在學生對於活動設計內容的學習感受方面，分析學生自我評量及回饋表的填答情形，發現可提升學生學習動機的特色有：

- 1.參與階段，用學生熟悉的電影或實際的實驗影片片段，引發學生好奇心、集中注意力，讓學生很快進入學習現場。
- 2.探究主題以日常生活經驗為主，讓學習與生活經驗做聯結，進而激起進一步探究的好奇心。
- 3.在探索階段，學生能親自體驗、動手操作、效果明顯的探究實驗，讓學生對於實驗結果印象深刻。
- 4.設計配合電影或實驗影片劇情內容的預測問題，讓學生與參與時先行預測結果，從中瞭解學生的先前概念，產生認知概念衝突，讓學生對於所學習的概念能印象更為深刻。

5. 對於較為抽象的概念，或教學時需耗費較多時間進行版書、繪圖，若改用簡報、動畫呈現或實際動手操作的方式，更能幫助學生迅速理解相關的概念。
6. 教學活動的設計依 5E 探究的五個階段循序漸進，讓學生能應用前次活動的結果，解釋下個活動的問題，如此既可瞭解學生之學習情況，且學生也較容易從具有挑戰的活動中得到成就感並增強其信心做進一步的探究活動。

此外，在學生對於 5E 探究教學模組過程的學習感受方面，分析學生自我評量及回饋表的填答情形，發現學生在上課過程中印象最深刻且幫助學習最大的部分有：

#### 1. 在小組分工探究討論方面：

探究式教學模式的探究、精緻化階段中，學生以小組學習方式進行實際操作體驗的探究活動與小組討論，對於概念學習的幫助最大。學生藉由組員間的分工合作、腦力激盪、分享溝通、發表彼此的意見及想法，除了可以幫助學生更容易理解所學的概念，還可提升學習興趣、培養學生解決問題的能力。

#### 2. 在教師配合動態簡報、動畫、操作方面：

由教師配合動態簡報、動畫、影片進行的綜合歸納結論的解釋階段，在教學過程中亦扮演重要的角色。學生進行探究活動，教師引導學生對探究的問題，提出可能的解釋、說明，最後由教師歸納學生的結論，可幫助學生達到深度的理解。配合蒐集或自製的動態簡報、動畫、影片的觀看或操作，讓學生能更快速、更清楚的瞭解所學的概念及原理，對於學生的學習有顯著加成的效果。

#### 3. 在學習單設計填寫方面：

學習單的設計包含讓學生能在教學活動過程中將實驗前後、討論前後的答案及老師歸納後的結論，紀錄在學習單上。學生不

僅可以將概念學習的過程留下記錄，還能夠幫助學生進行比較找出錯誤之處進行改進，以加深記憶，且可作為課程學習結束後的參考資料，教師亦可針對學生學習單的填寫情形，評量學生的學習情況。

綜合上述，本研究在情意方面的學生學習成效是頗為良好的，大部分的學生可以輕鬆愉快的心情參與課程，藉由實驗活動的探究、小組討論、發表、資訊融入及學習單的填寫，讓學生享受學習的過程，並從中獲得更多元的能力。

## 伍、建議

對實務教師發展教學模組的建議：

### 一、學習單設計部分建議：

學習單的設計，應讓學生可以記錄學習的過程，從個人的想法、小組結論到教師歸納說明，讓學生可以清楚瞭解自己概念建構學習的歷程，藉此找出另有概念，並建構正確的科學概念。而學習單上所提之問題、引導探究的步驟說明或使用的詞彙，應使用正確的科學名詞，必要時可用學生可理解的語言，明確指示探究的各項內容及條件及所需要提出的結論，可避免學生概要的回答或偏離討論主題，而無法深入了解其概念是否完整。另外，學習單上關於學生需自行討論、建構的概念，勿為節省教學時間，將結論先行條列於學習單上，會讓學生預想結果，影響學生探究結果與建構知識的能力。

### 二、單元活動安排部分建議：

單元活動設計安排，在參與階段利用電影片段或設計情境問題，讓學生在探究前先行預測可能的結果，如此可激發學生的好奇心及引起學習動機。接著再進行動手操作的

探究實驗活動，觀察紀錄實驗結果與現象，經小組討論後提出結論，最後由教師歸納統整說明。另為確定學生的概念是否建立，可於精緻化階段提出與概念相關的題目，請學生再次進行討論發表，希望以此探究過程提升學生概念的學習效果，並讓從過程中了解概念轉變的情形。最後再以形成性評量，檢視學生的概念學習成效或過程中所遭遇的問題。

### 三、探究活動設計部分建議：

探究活動的設計，應該以學生能親自體驗、動手操作的活動為主，用日常生活中可隨手取得的材料，進行與生活經驗相關的探究活動，可培養學生在日常生活中隨手做實驗的能力。而在光學實驗所需呈現出來的效果，必須以清晰、明確為訴求重點，若以實際物體的呈現為最佳，不要用視覺的感受作為探究的設計。此外，學生在探究活動中，使用儀器操作若無法有效的呈現結果，造成學習效果不佳的情況，建議利用互動式的模擬動畫，讓學生進行探究，既可達到效果，亦可掌控教學的時間及學生的學習狀況。最重要的是，所有的探究活動設計，必須親自操作測試，尋找最佳的實驗儀器、工具、材料，達到最好的結果呈現。

### 四、教學情境佈置部分建議：

本研究在 5E 探究實驗教學，部份採用資訊融入時，發現資源教室的位置安排，會影響學生學習的專心度並影響教學的進度。故建議要進行探究式教學或資訊融入教學，必須有特定的教室、完整的設備供教師使用，且座位的安排須讓小組學生易於相互討論、進行探究且教師也易於觀察引導。

### 五、多元評量部分建議：

本研究發現進行教學模組時，不能只利用單一的評量方式進行評量，除了紙筆測驗外，可觀察學生在學習單的填寫情形、小組分工討論發表、自我評量及回饋表的填寫、探究活動的操作情形、形成性評量等來評量學生的學習成效。評量是影響學生學習的重要因素，利用多元的評量方式，讓學生可以有多元的學習，而不只有侷限在認知概念的學習，小組的合作分工互動、實驗的操作與結果的紀錄、討論發表的能力、自我評量與修正等都是學生應該學習的基本能力。所以建議實務教師應該以多元評量的方式進行評量，除可讓教師更夠確實掌握學生的學習情形，還可以藉此作為教學改進的參考。

## 誌謝

本研究的進行、撰寫與論文發表，感謝助理賴廷維的協助與國科會專題計畫的經費支持(計畫編號 NSC 94 -2511-S-018-011)。

## 參考文獻

1. 王尹玲(2006)：網頁輔助學習對國中八年級學生光的反射單元學習成效之影響。國立高雄師範大學物理學系研究所碩士論文。
2. 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。彰化師大科學教育，73-92。
3. 王敏祝(2004)：以探究導向教學提昇國中學生學習成效之研究—以「光學」單元為例。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
4. 張清濱(2000)：探究教學法。師友 3952000.05 頁 45-49。
5. 張靜儀(1995)：自然科學探究教學法。屏

- 師科學教育，1，36-45。
6. 郭金美(1999)：建構主義教學法- 影響學童光學概念學習教學模式的研究，國立嘉義師院學報，13，157-201。
  7. 陳忠志(2003)：中學生光學迷思概念之調查與成因及改變之研究。國科會專題研究計畫成果報告(NSC 92-2522-S-242-001-D)。
  8. 陳俊昌(2006)：多媒體對中、低成就國中生補救教學之研究—以「透鏡成像」為例。國立嘉義大學科學教育研究所碩士論文。
  9. 陳姿妙(2005)：利用探究式教學提昇七年級學生科學學習成效之行動研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
  10. 曾燕玲(2005)：5E 學習環教學對國小六年級學童燃燒概念改變之研究。臺北市立教育大學科學教育研究所碩士論文。
  11. 黃湘武、黃寶鈿(1992)：學生投影概念的發展分析。國科會專題研究彙刊，2(1)，27-38。
  12. 歐陽鍾仁(1988)：科學教育概論。台北：五南。
  13. 鐘幸芳(2004)：國中教師發展「力學概念融入新式八人制拔河運動」統整教學模組之行動研究。國立彰化師範大學物理教學研究所碩士論文。
  14. Atkin, J. M. & Karplus, R. (1962). Discovery or invention? *The Science Teacher*, 29, 45-51.
  15. Bybee, R.W. & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25(8), 35-39.
  16. Galili, I. and Goldberg, F. (1996). Using a linear approximation for single-surface refraction to explain some virtual image phenomena. *American Journal of Physics*, 64(5), 256-264.
  17. Karplus, Robert & Thier, Herbert D. (1967). *A New Look at Elementary School Science, New Trends in Curriculum and Instruction Series*. California Univ., Berkeley. Science Curriculum Improvement Study.
  18. Osborne, J. F., Black, P. & Meadows, J. (1993). Young children's(7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15(1), 83-93.

## **A case study of a junior high teacher using 5E scientific inquiry fused cooperative strategies for developing a optic unit**

**Jang-Long Lin and Shun-Yi Hsu**

Department of Physics National Changhua University of Education

### **Abstact**

The purpose of this study is to investigate a case teacher who is a member of a curriculum commit at school level, and has changed his teaching strategy from lecture to cooperative mode in the conceptual and behaviors changes. The 5E scientific inquiry fused cooperative learning unit related to optics was developed by the case teacher and implemented to a junior high class in the central Taiwan area. The entire processes of progress of the case teacher was observed and analyzed enclosing unit design, curriculum material development, evaluation tests, teacher's feedback notes, students' achievement and data of the classroom observations. The difficult of the progresses and overcomes of the difficult was identified and discussed. The findings might be useful for the teacher who is interest in using 5E inquiry fused cooperative strategy for teaching science.

**Key words:** 5E scientific inquiry fused cooperative strategy, Optics, Case study.