

國小四年級學生光的專題本位 科學學習之研究

賴慶三*、郭榮得**

摘 要

本研究之目的，在探討國小四年級學生在「奇妙的光」的單元，實施專題本位科學學習之學習表現。本研究為瞭解接受專題本位科學學習是否影響學生的學習表現，採用準實驗研究法，選取兩個四年級班級，一班為實驗組（實施專題本位科學學習），另一班為控制組（進行傳統學習），針對二組學生的學習成就的表現、學習態度表現、及專題作品的表現等進行分析比較。研究工具包括國小光的學習成就測驗（信度為 $KR_{21}=.83$ ）、光的學習態度量表（信度為 $Cronbach \alpha=.91$ ）。

研究的主要結果，包括(1)「光的學習成就測驗」的表現，實驗組優於控制組，達 $p<.01$ 的顯著水準，顯示實施專題本位科學學習有助於學生的學習成就表現；(2)「光的學習態度量表」的表現，實驗組優於控制組，達 $p<.05$ 的顯著水準，顯示參與專題本位科學學習能增進學生在光的學習態度表現；(3)實驗組學生專題作品的表現，能充分展現「光的反射」、「光的折射」的科學原理於專題作品中，顯示參與專題本位科學學習能增進學生在光的學習。

關鍵字：自然與生活科技、科學教學、專題本位科學學習

* 國立臺北師院自然科學教育研究所教授

** 臺北縣文德國民小學老師

國小四年級學生光的專題本位 科學學習之研究

賴慶三、郭榮得

壹、緒論

國小自然與生活科技課程強調培養學生的科學理解，而非純粹的知識記憶，教學重點著重提昇學生的科學素養，培養學生獨立思考與解決問題的能力。因應自然與生活科技課程的實施，教師應特別重視如何去激發學生的學習興趣，如何引導學生主動探索的學習意願，進而在科學探究過程中，培養學生主動求知，積極策劃、執行、檢討、與發表自己的學習成果作品，藉由學習歷程活動去建構自己的知識與學習能力。專題本位科學學習（project-based science learning 簡稱為PBSL），正好符合此一創新學習的潮流，所以受到格外的重視，因為它能滿足學習者的學習需求和能力，增進學習者的概念理解與解決問題能力（Barak & Dori, 2005; Frank & Barzilai, 2004; Soloman, 2003）。

人類對光的探究已有很長的歷史，Brickhouse（1994）指出，一般科學家和科學教育研究者共同認為光學概念是人類求知過程中，不可忽略的一環。然而Hewitt指出，經由人類對光的探究歷程回顧發現，古希臘學者認為光是由一些細微的粒子所組成，這些粒子能進入眼中，產生視覺；直到十七世紀牛頓（Newton）時代，大多數的哲學家 and 科學家仍認為光是由粒子組成的；惠更司（Huygens）首先提出光的波動說的證據，後來其他科學家發現更多支持波動說之證據；到了十九世紀，光的波動說才成為一般所能接受的理論；對於光的性質，今天科學家都同意光同時具有粒子性及波動性（陳可崗譯，2001）。其次，科學教育研究發現，國小學生對光的學習，存有一些迷思概念，包括「光的本質、光和影子、光和視覺、光和顏色、光的反射折射、光的運動、眼睛和視覺、光的直線前進等」迷思概念類型（張靜儀，2001；郭金美，1996；1999；2002）。學生對光的迷思概念，

常影響學生對光學概念的學習，所以如何修正或改變學生對光的迷思概念，一直是科學教育研究與發展所努力的重點。因此，國小教師如何透過適當的教學方式與策略，把有關光學的基本概念，透過實作或專題本位的方式來提供學生學習，協助學生建立正確的光的概念，是值得進一步加以深入探究的。

基於專題本位科學學習在以往的實施經驗與成效，本研究擬將其運用在國小學生在「奇妙的光」單元之學習，以探討專題本位科學學習是否對學生在「奇妙的光」單元之學習產生相同的成效，並進一步瞭解其是否能促進學生對「奇妙的光」的理解。因此，本研究之主要目的，在探討國小四年級學生在「奇妙的光」的單元，接受專題本位科學學習（PBSL）與否，是否會影響學生之學習表現。根據上述研究目的，本研究探討下列問題：

一、實驗組（接受專題本位科學學習）國小四年級學生在光的學習成就的表現是否優於控制組？

二、實驗組（接受專題本位科學學習）國小四年級學生在光的學習態度的表現是否優於控制組？

三、探討實驗組（接受專題本位科學學習）國小四年級學生在光的專題作品的表現為何？

貳、文獻探討

一、專題本位科學學習的理念

專題本位科學學習（PBSL）的觀念，源自克柏屈（Kilpatrick）的專題教學方法（Project method），強調讓學生採取一連串的行動，去解決各種問題（Wolk, 1994）。Morgan（1983）指出專題學習是具體運用建構主義理念與合作學習情境的教學與學習方式。Katz & Chard（1989）進一步說明，所謂專題是對一個值得學習的主題作深入的探究，探究的方式可由個人、小組、或全班一起進行，其重點在引導兒童對某一個主題有更多主動性、創造性的學習，而不是針對老師提出的問題給予期待的標準答案。Katz（1994）更提醒，專題本位應著重學生主動思考、提出問題、從事調查探究、及解決問題的歷程，而不只是以查閱圖書館資料為滿足。Blumenfeld, Soloway, Marx, Krajcik, Guzdial, & Palincsar（1991）進一步

闡述，專題本位應促使學生合作學習、發展後設認知策略、運用科技作為認知學習工具、增進學習動機等，讓學生進行深入的探究，並完成專題作業，並藉由整體學習歷程而建構知識，及培養分析、統整、評估等解決問題的能力。

所以，專題本位科學學習的歷程中，師生共同營造一個良性互動與合作的學習環境，學生在老師的指導下，從探究過程中學習發現問題、分析問題、解決問題，藉著處理問題的過程，自行針對專題蒐集資訊、思考解決之道，這樣的歷程，不僅促進對專題知識的深入探討，並可培養運用科學方法的技能，更能激發問題解決與科學創造思考的能力。學習者透過既有的知識、概念、原理，發展創作專題作品，在開放、互動、與關懷的學習情境中，彼此合作，實際動手做，不僅建構知識，更能充分發揮創造力，養成良好人際互動，增進彼此情誼。

因此，專題本位科學學習的特色可以歸納為，在教學上提供學生追求本身興趣、發覺問題，並針對問題思考解決的策略，使學生去發展和實踐科學探究，並經由探究歷程獲得體驗的學習，同時厚植學生解決問題的能力（賴慶三，2002）。所以專題本位科學學習，值得進一步探討與推廣實施。

二、專題本位科學學習的理論基礎

（一）建構主義（constructivism）

自十九世紀迄二十世紀主流的實徵主義（positivism）主張採用自然科學的歸納法，對人類的認知提出評價性的規範與準則，強調唯有透過自然科學實驗式的研究方法，所獲得的知識才是確切的知識，也才符合「科學主義」（scientism）與「客觀主義」（objectivism）準則與規範。

此種思潮僅將知識論的重心置於認知內容與驗證方法，忽略了學習是學習者極為複雜的心靈活動（許素，2002）。因此，建構主義興起，提出將知識論的重心置於認知的主體一人，是一種「人本」的知識論思想（朱則剛，1996）。建構主義論者強調，教師無法單純的將知識灌輸給學生，學生必須自己去主動建構。亦即學習是教師提供學生機會去發現或應用知識，安排讓學生發現知識結構的情境。並引導學生運用策略來獲得知識。學習者從接收新知開始，即以自己的一套學習方式來學習，從舊有經驗、價值判斷、嘗試透過思考、批判、適應、類化、融合……等方式，來架構自己的知識。

建構主義流派眾多，所提出的學習之的主張（林生傳，1998；楊佩芬，1999）如下：(1)知識是一種建構，不是獨立於學習者而存在的。是由學習者在建構過程

中產生意義的。所以知識也沒有絕對不變的道理，不同的學習者，及不同的建構歷程，都可能產生不同的知識。(2)以學習者為中心。因為學習者本身具有建構知識的潛能與需求，所以學習是以學習者為中心去建構知識。(3)認知活動不是發現已存在的知識，或是接受現成的知識與記憶知識，而是建構知識的作用或過程。(4)所有的知識是建立在原有的知識基礎上。經由原先的知識與經驗的事物相結合，產生新的連結概念，而逐漸建立起新的知識。(5)建構是主動的過程。以學習者為主體主動去操弄，去意義化與概念化，以統整所有經驗的事物。(6)學習者對整個學習活動是關心的，並能分擔學習責任。在自主性的學習下，主動從事學習活動。(7)認知是學習者內在主體與外在環境交互作用的過程。學習者內在成為一個自我調適的系統，以求得內在心理世界的平衡，能對經驗的世界產生一套屬於自己的解釋，而不是去發現外在的世界。(8)認知的目的是求得學習者內外心理世界的平衡，使學習者能適應生活環境而生存。(9)認知是持續不斷的過程，不是一蹴可幾，更不是立即可以實現的過程。(10)認知不是單向的由教師或教材來傳輸，在整個學習中應包括師生、同儕間及同學與社會間的互動。如討論、磋商、省思與批判的過程。

根據上述，建構主義可歸納成三個基本原理：(1)知識是認知個體主動的建構，不是被動的接受或吸收。(2)認知功能在適應，用來組織經驗的世界，不是用來發現本體的現實。(3)知識是個人與別人經由磋商與和解的社會建構。

因此，建構主義的教學策略應含下列幾點：(1)引發問題，進行問題解決活動。(2)激發思考，產生新預測、新數據，獲得新概念。(3)引導學生經由實驗探究，主動提出看法並解釋現象。(4)鼓勵表達形成假設的思路歷程。(5)利用小組互動討論，學習尊重不同意見，分享知識成果。

從 PBSL 的實施步驟中，自預備、規劃、實作到分享作品的階段，教師如同催化劑，啟動及加速學生概念改變與知識重建，可說充分反映出建構主義的精神。

(二) 合作學習理論

合作學習是指在一個有計畫、有系統且經教學研究社群討論，將學生依程度不同採異質性分組，給予不同或相同的學習任務，透過教師提供學習指導，並促使教師間、師生間、學生間共同合作，以達成預期目標的教學與學習方法。學習夥伴藉由共同的目標，透過彼此互動與溝通，培養愛與支持的學習環境，以增進人際關係、分享成功。根據黃政傑、林珮璇（1996）認為合作學習需要注意下列特質，方能真正達到合作學習的效果：(1)小組結構方面：依學生學習能力、性別、

背景…等，採用異質小組（heterogeneous group）。(2)小組互動方式：(a)採面對面互動（face to face interaction），成員圍坐在一起，利用語言、動作及其他溝通媒介充分溝通、互動。(b)彼此信任，互相接納支持，良好溝通表達，共同設法解決問題。(c)團體歷程（group processing），共同檢討小組運作歷程，以求不斷的進步和成長。(3)小組成員角色：每個成員皆負有應盡的責任，個人與小組成敗與共。

至於合作學習的類型，曾振富（2001）綜合黃政傑、林珮璇等學者研究，歸納為以下幾個主要方式，如下面表一：

表一 合作學習類型

類 型	運 作 方 式	強 調 重 點
共 同 學 習	全部成員共讀一份學習材料，共同接受測驗，施測成績即為該組成員成績	共同研讀、團體成果分享
團 隊 學 習	小組成員在共同學習後，個別接受測驗，成績總和形成該組成績，亦為成員成績	共同研讀、個別努力成果分享
團 體 探 究	將教學單元分成數項主題，每組負責一項主題，成員共同準備研討，並向他組報告該主題內容，成績評定則視報告品質及團體表現而定	分工合作、團體成果分享、學生內在學習動機
拼圖式學習	分配各組相同學習材料，各小組成員分別請教不同專家熟悉學習內容，再將所學帶到小組內教給其他小組成員	分工合作、個別及團體成果分享
配對式學習	將學習者分成數對，每對學習者輪流扮演回憶者及聽課者角色，共同促進教材的組織與保存	與認知心理結合、分工合作

PBSL 採取小組合作學習方式，彈性運用不同合作學習類型，讓學生在充滿「愛」與「接納」的學習氣氛中，在「無壓力」及「相互尊重」的狀態下，充分發表自己的意見、觀念和想法，同時傾聽及思考他人觀點，進而統整成為新的思想。

三、專題本位科學學習的教學策略與實作評量

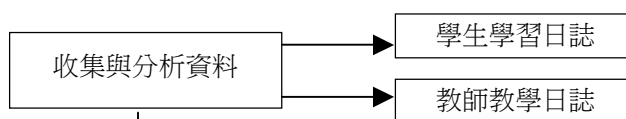
（一）專題本位科學學習的教學策略

長久以來，傳統教學強調學生學業成就之表現，偏重於知識層次的學習，教學方法偏重於教師單向傳輸，更以學科知識的表現，衡量學生智慧之高低，直到

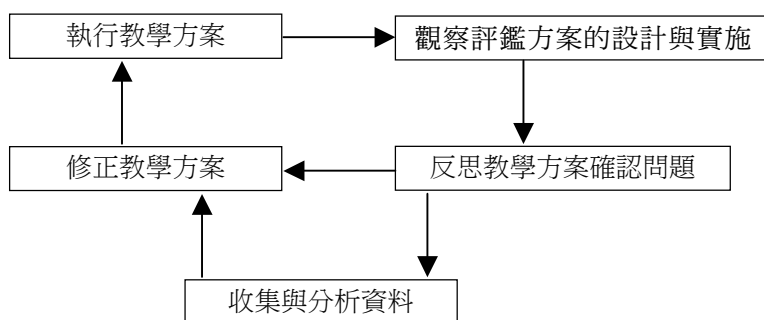
Gardner 在其「智力結構」一書中提出，人類具有多元智慧，各具有不同的強勢智慧，擅用及引導開展學生多元智慧，為教師之職責。因此教學策略，勢必要做適當調整。美國於 1996 提出國家科學教育標準 National Science Education Standards (National Research Council, 1996)，其目的在希望學生從小培養對科學之興趣，並強調問題解決技能、探究、概念與環境整合，且評量多方考量並結合學生問題解決、過程技能、教學模式與環境。而 PBSL 教學正符合上述標準。

賴慶三、高汶旭（2004）歸納前人的研究指出，專題本位科學學習包含四個步驟，包括：(1)預備階段：學生提出引導問題，(2)規劃階段：計畫一個專題，(3)實作階段：完成專題作業，(4)評鑑與回饋階段：專題作業評鑑與分享。整體而言，其實施程序與步驟，如下：

(1)專題本位科學學習的教學設計與發展



(2)專題本位科學學習的教學修正循環



其次，有關專題本位科學學習的教學策略，Musthafa（1997）也提出一個完整的教學模式，該模式包含七個階段，構成一個教學循環歷程，其階段特徵如下：

1. 早期計劃階段：教師應告訴學生有關課程的事項，並讓學生有選擇主題的機會，提供學生對所將學習的事物，有高度自主和決定的權利。
2. 建立共同知識庫階段：教師安排一些情境，使全班學生有共同的學習經驗，來作為師生討論的起點。師生並可進一步討論，產生想要探討的問題。
3. 豐富主題知識階段：教師鼓勵學生（個人或小組）開始思考、表徵他們的

知識，互相討論正在進行的主題，並有機會獲得回饋和支持。教師並應詳細查核學生的學習狀態，事實提供諮詢協助，以確保學生具備最理想的學習過程。

4.呈現成果階段：經由上述探究與實踐過程，學生（個人或小組）便能公開發表他們的成果。藉此機會學生彼此鑑賞努力成果。

5.經驗分享階段：完成探究與公開發表後，學生能利用口語分享他們的學習經驗，並與同學彼此交換意見。此一分享經驗與歷程，可促使學生自我評量，並能促進學生口語發表的過程更有條理。

6.豐富與強化共同知識庫階段：透過經驗分享，創造一個對話的經驗，經由對話讓學生理解與建構意義，同時學生也有可能遭遇駁斥辯論。此一經驗與歷程，將使學生重新檢驗他們的理解、假設、推測，並可能修改他們的想法。學生借比較與評鑑等反思經驗，將能強化他們新獲得的知識。

7.評量共同的學習與計劃未來階段：藉讓學生寫下學習的經驗的反思歷程，來增進學生的學習。此一活動歷程，一方面強化與精緻學生所發展的知識，另一方面可作為教師將來計劃教學的基礎。

此外，Krajcik, Czerniak, & Berger (1999) 也針對專題本位科學學習提出九個步驟流程：(1)讓學生初步觀察或閱讀與專題有關的資料，(2)提出問題與重新定義問題，(3)提出假設，(4)進行預測，(5)找尋或蒐集資料，(6)計劃與設計研究，(7)瞭解資料中的知識，(8)與他人分享上述知識，(9)進行新一回合的研究。

Marx, Blumenfeld, Krajcik, & Soloway (1997) 將專題本位科學學習和傳統教學之教學策略與強調重點做一比較（引自王靖璇，2000），如下面表二：

表二 專題本位科學學習和傳統教學之教學策略比較

教學特色	強 調 重 點	
	傳 統 教 學 與 學 習	專 題 本 位 科 學 學 習
課程重點	1.內容的適用範圍 2.事實的知識 3.學習「積木式」瑣碎的技巧	1.了解的深度 2.概念與原理的了解 3.發展複雜的問題解決技巧
教學活動的範圍與持續性	1.隨著固定的環境 2.是片段或單元所組成的過程 3.狹隘、學科本位	1.隨著學生們的興趣 2.由複雜的問題與議題組合而成大的單元 3.寬廣、跨學科的
教師的角色	1.演講者和教學的主導者 2.專家	1.供應資源者和學習活動的參與者 2.顧問與同儕

評量的焦點	1.作品 2.測驗成績、與其他學生比較 3.知識的再次呈現	1.過程與作品 2.實作成品、一定的表現標準和隨時間學得的程度 3.了解的表現
教材	1.課文、講課和介紹 2.教師發展練習紙和活動	1.指導或最初的來源：蒐集的資料、晤談、記錄和其他 2.數據與教材由學生們發展
科技的運用	1.輔助、週邊 2.教師管理 3.幫助教師的授課	1.中心、統整 2.學生管理 3.幫助學生報告增強學生的能力
教室情境	1.學生單獨學習 2.學生與他人競爭 3.學生由教師的教學獲得知識	1.小組學習 2.學生與他人一起合作 3.學生主動建構、提供和綜合知識
學生的角色	1.接受教學 2.事實的記憶者與重複者 3.學生接受與完成簡要的工作 4.聽講、有禮貌的、有問才答	1.完成自己主導的學習活動 2.發現、統整和呈現想法者 3.學生訂定自己的工作，並且花費大量的時間獨立作業 4.溝通、表現對自己的影響創作與負責
短期目標	1.知識的真相、名詞和內容 2.熟練單一技巧	1.了解並能運用複雜的想法與過程 2.熟練統整性技巧
長遠目標	1.知識的寬廣度 2.擁有標準成就測驗中的知識並在其中有良好的表現	1.知識的深度 2.擁有投入持續、自發與終身學習的傾向和技巧

綜合言之，在專題本位科學學習的教學過程中，師生共同營造一個良性互動與合作的學習環境，學生在老師的指導下，從學習過程中學習發現問題、分析問題、解決問題，藉著處理問題的過程，自行針對專題蒐集資訊、思考解決之道，這樣的模式，不僅對專題知識作深入廣泛探討，培養運用科學方法的技能，更能激發問題解決與科學創造思考的能力。

(二) 專題本位科學學習的實作評量

教學是師生互動的歷程，而評量則是蒐集學生學習行為與成果，再根據教學目標分析、研究與評斷學生學習表現之一系列工作(簡茂發, 1999)。Gardner(1993)提出多元智力理論(theory of multiple intelligence)，認為人類至少擁有八種智能，包括語言、數理邏輯、空間、身體動作、音樂、人際、內省、自然觀察等，因此，實施評量亦應以多元化方式進行。Share, & Rogers (1997) 和 Solomon (2003) 均歸納指出持續評量與定期反省之專題導向學習特性，另外 Marx et al. (1997) 認

為，專題本位的教學與學習的評量焦點，強調對實作作品及過程之評量。以下綜合學者看法，分別探討實作評量與學習歷程檔案評量。

1.實作評量（performance assessment）

Airasian（1991）認為實作評量是指教師觀察學生執行一項作業，並對作業表現特徵進行評定的歷程。李虎雄、張敏雪（1998）、陳文典（2000）指出，實作評量是指學生在教師設計的教學與學習情境中，實際參與實驗操作、觀察，以分組或個別學習方式，進行問題解決，並就學生學習歷程中的表現，加以客觀評量的一種評量方式，其內含著重於問題解決能力的展現與精熟程度。

在實作評量的特徵方面，Airasian（1991）就學生在事先安排的學習情境中表現的過程技能，歸納特徵如下：(1)接受評量時，學生表現出原有的過程與技能能力。(2)評分者事先指明評量向度與重點行為。(3)學生表現出的行為可讓評分者直接觀察。(4)評分者依據事先訂定的評分標準來評定學生表現。另外，盧雪梅（1998）歸納實作評量特徵有：(1)製作或執行需要高層次思考或問題解決技能的事或物。(2)評量作業與教學活動及生活情境配合，且具意義與挑戰性。(3)歷程與作品為評量之重點。(4)評量層面與給分標準，需事先編訂。

2.學習歷程檔案評量（portfolio assessment）

學習歷程檔案評量，又稱檔案評量、卷宗評量。是指在學習歷程中，有目的收集學生學習表現的多元資料或訊息，內容包括學生的各項考試、作業、筆記、作品等，有系統的放入個人學習歷程檔案資料夾中，並加入學生自評、同儕互評、家長評定與老師評語等，以展現個人學習的歷程及意義（李坤崇，1999；Slater, Ryan, & Samson, 1997）。有關學習歷程檔案評量的特質，李坤崇（1999）、張美玉（2000）指出，學習歷程檔案評量具有下列的特質：(1)目標化：根據教學目標，請學生持續收集可展現學習成效的資料。(2)歷程化：學習歷程檔案評量強調思考與成長歷程的改變，通常呈現整個學習歷程的實作作業。(3)組織化：有系統的、有計畫的收集作品，整理成檔案，非以量多為考量。(4)多元化：資料型式、評量人員、作品展現方式，皆採多元化。(5)個別化：學習歷程檔案評量強調學生自主性，尊重個別差異。(6)內省化：鼓勵學生自我反省與自評，使學生深入了解學習內涵，進而主動學習。(7)整合性：學習歷程檔案評量著重與教學結合，評量本身就是教學活動的一環。

綜合實作評量與學習歷程檔案評量發現，兩者皆著重學生之學習歷程表現與作品成果，同時需與教學活動配合，且於實施前若讓學生了解評量面向與標準，則學生表現出可觀察、可評量之行為或成品，而從評量過程中，學生學習系統化

資訊整理技能，頗適於本研究之實施，所以，本研究即以專題探究歷程及專題作品為評量重點。

四、專題本位科學學習的相關研究

（一）國外相關研究

有關國外實施專題本位科學學習的文獻甚多，其教學目的旨在提供學生一個思索問題、做出預測、調查研究及驗證想法的機會，同時藉此激勵學生創造思考、主動學習，從實作中獲得知識與科學過程技能。值得注意的是，專題本位科學學習所應用的學科非常廣泛，以下謹列舉數項研究的成果：(1)Barak & Dori（2005）的研究發現，實施專題本位教學能夠增進學習者對化學概念與原理的理解。(2)Frank & Barzilai（2004）的研究指出，進行專題本位教學可提昇學習者的學習成效。(3)Glover（1993）的研究發現，實施專題本位教學能夠成功地提升學生自制力與學業成就。(4)Green（1998）的研究發現，參與專題本位學習，能夠幫助學習者通過普通教育發展（GED）的測驗，提升學習動機、學業成就及成功的人際互動技巧。(5)Yamzon（1999）的研究發現，學生在專題本位教學中，能獲得較佳的理解與學習成效。(6)Yarnall & Kafai（1996）的研究指出，專題本位教學可以增強學生學習動機。

（二）國內相關研究

國內有關專題本位科學學習的研究日益蓬勃，並且有很大的發展空間；以研究領域方面而論，專題本位的教學與學習已廣泛的被應用，其中包含：網路設計教學（朱韻婷，2002；吳金一，2001；林怡伶，2003；洪儀玲，2002；陳杉吉，2002；黃明信，2002；黃國鴻，1999；楊司維，2003；詹雅婷，2001；趙金婷，1998；鐘婉莉，2003）、行動研究（何善明，2003；吳紀蓉，2003；周鳳文，2002）、物理（李姿嬋，2003）、地球科學（江火明，1998；陳建宏，1999）、科學展覽（賴慶三、高汶旭，2004）、科學創意玩具（洪金洲，2003）、生態觀察教學研究（張仁全，2003；許素，2002）等等，都得到學生正面肯定的評價。

五、國小光的概念與相關研究

九年一貫自然與生活科技領域的課程綱要中，將物理光學統合在「聲音、光與波動」的次主題，再納入「改變與平衡」的主題，最後統整在「自然界的作用」的課題中，期望學生所學到的知識和技能是統整的而非分散零碎的知識。就低、

中、高學習年段而言，分別有(1)光的傳播與影像、色光與顏色，(2)光的折射現象，(3)影像與視覺，需要進行學習。

九年一貫自然與生活科技領域中，有關光的主題之各版本教科書的相關單元，包括如下面表三。

表三 九年一貫自然與生活科技的光的主題各版本有關光學的單元

單元目標	版本	學期	單元	單元名稱
1. 察覺竿影會隨太陽位置變動而變動。 2. 影子和光源是相關的。	牛頓	二上	一	太陽和影子
	南一	一下	六	今天天氣好嗎？
		二上	三	陽光下的影子
	康軒	一下	五	幫天氣寫日記
二上		三	光和影子	
1. 有光才能看到東西。 2. 體會陽光提供光與熱量。 3. 察覺光有直線前進的特性。 4. 察覺光的反射有一定的方向。 5. 利用光的反射，把光投射到其他的地方。	牛頓	二上	四	鏡子遊戲
	南一	二下	二	光的遊戲
	康軒	二上	六	鏡子遊戲
1. 覺知光線的反射有一定的方向 2. 察覺光線經過不同的物質會產生折射。 3. 察覺光經過水或玻璃會產生色散（彩虹）。 4. 培養兒童細心觀察和探究的精神。	牛頓	三上	一	光的探索
	翰林	三上	五	光的行進
	翰林	三上	五	光的折射
	南一	四上	三	池水的深淺看得準嗎？
	康軒	四下	三	奇妙的光
1. 利用三稜鏡可使白光折射，產生虹色光。 2. 察覺不同色光下，物體顏色的變化。 3. 各種色光聚集在一起會變成白光。 4. 白光經過折射，呈現色散的彩虹光譜。	牛頓	五上	一	光和顏色
	南一	五下	三	戴眼鏡為什麼可以矯正視力？
1. 覺知光直線前進的性質。 2. 利用凸、凹鏡透來認識光線的折射。	翰林	六上	二	光的世界

國內以國小學生為研究對象的光學研究，包括(1)國科會專題研究：吳慶軍（1999）、林宏一（1999）、張靜儀（2000；2001；2002；2003）、郭金美（1996；1999；2000a；2000b；2001；2002）、陳義勳（2000）、盧玉玲（2000；2001）等；(2)碩士論文：李采襄（2003）、唐明（2002）、廖經宏（2002）、蕭家慧（2002）。由上述研究內容歸納，研究方法包含運用準實驗研究、一對一面談、學習歷程檔

案、紙筆測驗、問卷施測等多項研究方法。研究主題則包含學生在學習光學的概念學習、迷思概念、教師教學歷程省思、教學模組活動設計等內容。有關國小學生光學相關的迷思概念，包括(1)張靜儀(2001)歸納出：光的本質、光和影子、光和視覺、光和顏色、光的反射折射等，(2)郭金美(2002)歸納出：光的運動、眼睛和視覺、光的直線前進、光的反射、光的折射等。上述研究說明，學生對光的迷思概念，會影響學生對光學概念的學習，如何協助學生修正或改變對光的迷思概念，是科學教育界共同關注與研究的重點，所以上述的研究內容與成果將作為本研究設計之重要參考。

參、研究方法

本研究為瞭解接受專題本位科學學習與否，是否會影響學生的學習表現，採用準實驗研究法，來探究國小四年級學生在光的學習表現。本研究專題本位科學學習的實施歷程，包含四個步驟，包括：(1)預備階段：學生提出引導問題，(2)規劃階段：計畫一個「光」的專題，(3)實作階段：完成「光」的專題作業，(4)評鑑與回饋階段：「光」的專題作業評鑑與分享。

研究對象為兩個四年級班級(北部都會區 100 班以上的大型小學)，一班為實驗組(34 人)實施專題本位科學學習，另一班為控制組(34 人)進行傳統學習。控制變項：(1)實驗控制：教學單元、教學時數，(2)統計控制：學習成就測驗前測、光的學習態度前測。實驗變項：教學模式(實驗組：實施專題本位科學學習，控制組：進行傳統學習)。依變項：光的學習成就、光的學習態度。

研究工具包括(1)光的學習成就測驗：為自編的成就測驗，預試題目 40 題，經項目分析與信效度考驗後，修正為 30 題，鑑別度為.24 以上，難度為.30~.91，信度 KR_{21} 為.83，試題之雙向細目表如下面表四；(2)光的學習態度量表：參考 Germann(1988)的「對科學的態度量表」(Attitude toward Science in School Assessment, 簡稱 ATSSA)，和賴慶三、高汶旭(2004)的「對學習自然科學的態度量表」，由研究者進行編製而成，包含三個分量表(對學習光學活動的動機、對學習光學活動的態度、對光學探究活動的態度)，三個分量表分別為 6、7、7 題，合計共 20 題(題目內容如下面表五)，全量表的信度係數 Cronbach α 為.91，三個分量表的信度係數 Cronbach α 分別為.76、.84、.82。量表之效度考驗，則經四位師院科學教育專家進行之。

表四 光的學習成就測驗的題目與認知層次之雙向細目表

教學內容	認知目標				
	知 識	理 解	應 用	分析、綜合、評鑑	合 計
光的直線前進	6	2	1	3	4(3.3%)
光的反射	4,10	9	5	7	5(16.6%)
光的折射	8,15	12,13	20	30	6(20%)
光的色射與彩虹	14,24	11,18,21	16	19	7(23.3%)
生活中的色光	17	27	22	23	4(13.3%)
色光混合	26	25	28	29	4(13.3%)
合 計	9(30%)	9(30%)	6(20%)	6(20%)	30(100%)

註：各分格內的數字代表題號，共計 30 題。

表五 光的學習態度量表的各分量表之內容摘要表

分量表名稱	題 目 內 容
對學習光學活動的動機	1.我覺得光學活動很好玩。 2.（反向題）參與光學活動使我覺得不舒服。 4.在上光學活動之前，我會先上網去找尋有關光學的資料。 5.如果不能繼續參加光學活動，我會覺得好像失去一次學習的機會。 6.我覺得參與光學活動，可以得到新的知識和新的看法。 7.參與光學活動可以學習到創新的製作方法，來做出有特色的作品。
對學習光學活動的態度	3.對於有關光學活動課的作業，我不需要別人催促就會自動做完。 8.（反向題）上光學活動課，我時常覺得腦袋空空無法思考。 9.一想到今天有光學活動課，我的心情就會覺得愉快。 10.上光學活動課能幫助我了解光在生活中的重要性。 12.進行光學活動課時，我會想辦法把它學會。 13.我會主動向自然老師提出一些和光學活動有關的問題。 14.在學習光學活動課，我會積極的參與和專注的投入。
對光學探究活動的態度	11.我會把光學活動所學到的內容，應用在日常生活上。 15.（反向題）對光學活動中所遇到的問題，我寧可相信別人的說法，自己不去探討。 16.探究光學活動遇到不清楚的地方，我會請教老師或與同學討論。 17.上了光學活動以後，我會比以前更仔細的觀察光學的現象。 18.我會記住幾個重要的名詞，來提醒光學活動的重點。 19.雖然上完了光學活動，我仍然會繼續研究光學相關的主題。 20.為了確定真的了解光學的內容，我會出問題來考自己。

註：量表共計 20 題，為 5 分量表，得分最大最小值為（100, 20）。

肆、研究結果與討論

一、研究結果

本研究為瞭解接受專題本位科學學習是否影響學生的學習表現，首先，就國小四年級學生光的學習成就進行分析，以不同的教學方式（實驗組接受專題本位科學學習，控制組進行傳統學習）為自變項，「光的學習成就測驗」後測得分為依變項，「光的學習成就測驗」前測分數為共變項，進行獨立樣本單因子共變數分析，研究所得結果如下面表六和表七。

表六 兩組學生「光的學習成就測驗」前、後測分數摘要表

組別	人數	前測		後測		調整平均數
		平均數	標準差	平均數	標準差	
實驗組	34	21.38	3.26	26.53	3.40	26.63
控制組	34	21.71	3.70	24.44	4.04	24.36

表七 兩組學生「光的學習成就測驗」後測分數之共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值
共變量（前測）	230.306	1	230.306	21.74***
組間（實控）	86.768	1	86.768	8.19**
組內（誤差項）	688.547	65	10.593	

** $p < .01$ *** $p < .001$

從表七結果得知，排除「光的學習成就測驗」前測分數（共變量）的影響後，實驗效果顯著， $F=8.19$ ，達 $p < .01$ 的顯著水準。顯示實驗組學生專題本位科學學習的成效，顯著優於控制組的傳統學習。經進一步分析學生在「光的學習成就測驗」各題組的表現，發現實驗組優於控制組的題組，包括「光的反射」、「光的折射」、「生活中的色光」等三項，均達顯著性的差異。但在「光的直線前進」、「色散與彩虹」、「色光混合」等三項，實驗組分數雖高於控制組，但並未達到顯著性的差異。

本研究為瞭解接受專題本位科學學習是否影響學生的其他學習表現，所以進一步分析國小四年級學生光的學習態度表現，以不同的教學方式（實驗組接受專題本位科學學習，控制組進行傳統學習）為自變項，「光的學習態度量表」後測得分為依變項，「光的學習態度量表」前測分數為共變項，進行獨立樣本單因子共變數分析，其結果如下面表八和表九。

表八 兩組學生「光的學習態度量表」前、後測分數摘要表

光的學習態度量表	組別	人數	前 測		後 測		調整平均數
			平均數	標準差	平均數	標準差	
全量表	實驗組	34	86.62	12.8	91.00	9.35	90.70
	控制組	34	85.03	7.96	85.82	7.98	86.13
分量表一 對學習光學活動的動機	實驗組	34	26.29	4.04	27.94	2.94	27.89
	控制組	34	25.85	2.72	26.21	2.59	26.26
分量表二 對學習光學活動的態度	實驗組	34	29.91	4.91	31.68	3.82	31.69
	控制組	34	29.97	2.97	29.97	3.11	29.96
分量表三 對光學探究活動的態度	實驗組	34	30.41	4.52	31.38	3.86	31.14
	控制組	34	29.35	3.66	29.65	3.52	29.89

表九 兩組學生「光的學習態度量表」後測分數之共變數分析摘要表

光的學習態度量表	變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值
全量表	共變量（前測）	1095.295	1	1095.295	18.322***
	組間（實控）	352.919	1	352.919	5.904*
	組內（誤差）	3885.646	65	59.779	
分量表一 對學習光學活動的動機	共變量（前測）	45.900	1	45.900	6.464*
	組間（實控）	44.895	1	44.895	6.323*
	組內（誤差）	461.541	65	7.101	
分量表二 對學習光學活動的態度	共變量（前測）	114.772	1	114.772	10.881**
	組間（實控）	50.583	1	50.583	4.795*
	組內（誤差）	685.639	65	10.548	
分量表三 對光學探究活動的態度	共變量（前測）	235.706	1	235.706	23.001***
	組間（實控）	26.062	1	26.062	2.543
	組內（誤差）	666.088	65	10.248	

* $p < .05$ *** $p < .001$

從表九得知，排除「光的學習態度量表」前測分數（共變量）的影響後，實驗效果顯著， $F=5.904$ ，達 $p<.05$ 的顯著水準。顯示實驗組（接受專題本位科學學習）學生的學習態度表現，顯著優於控制組的傳統學習。經進一步分析學生在「光的學習態度量表」各分量表的表現，發現實驗組優於控制組的分量表，包括「對學習光學活動的動機」、「對學習光學活動的態度」等二個分量表，均達 $p<.05$ 的顯著水準。但在「對光學探究活動的態度」分量表，實驗組分數雖高於控制組，但並未達到顯著性的差異。

此外，實驗組學生在經過專題本位科學學習後，透過實際動手設計，均完成光學作品包括萬花筒和潛望鏡。然後藉由光學專題作品發表與成果海報展示，進行專題作品特色之說明，藉以相互觀摩優秀作品，提供學生鑑賞評鑑與回饋的機會。實驗組學生光學專題作品之評量，係由五位資深自然科教師（教學年資都達 10 年以上），評量各組學生的光學專題作品、成果海報展示與現場問答等表現，並依評量表所載內容評分，以評定學生在專題探究歷程與專題作品的表現。從教師的評分記錄結果發現，教師對學生的專題作品均給予高度的肯定，並對學生在設計與製作過程，能充分展現出所學習有關「光的反射」、「光的折射」的科學原理於專題作品中，表示嘉勉。

二、結果討論

根據上述結果發現，實驗組學生在接受專題本位科學學習後獲得良好的表現，經檢討其可能原因，包括如下：

（一）實驗組學生在本研究接受專題本位科學學習，而專題本位科學學習是以建構理論為基礎，並符合杜威（Dewey）所倡導的「由做中學」的理念，讓學生從「實作」之中來建構光的概念，產生有意義的主動學習，並將所學的知識應用在真實的生活中來解決問題，所以印象深刻，因而表現出較佳的學習成效。

（二）實驗組學生（接受專題本位科學學習）在本研究經施以異質性的小組合作學習，在教學過程中，教師適時的引導、提供和營造動手做的學習情境，並鼓勵學生多與同儕合作、互助、對話、溝通討論，透過多元化的學習歷程，因而促成實驗組的學習有較佳的學習表現。

（三）兩組學生在光的學習態度表現上所呈現的差異，其可能的原因為實驗組（接受專題本位科學學習）學生，在教師所營造的同儕合作學習、討論、師生

互動的情境中學習，且透過實際動手設計、完成光學作品（萬花筒、潛望鏡）的活動內容，使學童們能主動參與學習，進行科學概念知識的思考與應用，這比傳統式的教學更富有活潑、人性化、彈性，因而提昇了學童的光學學習態度。此結果與李姿嬋（2000）、洪金洲（2002）、許素（2002）、賴慶三、高汶旭（2004）的研究相同。

伍、結論與建議

一、結論

（一）實驗組學生（接受專題本位科學學習）的學習成就表現優於控制組（進行傳統式學習），並且達到顯著的差異，顯示實施專題本位科學學習有助於提昇學生的學習成就表現。進一步分析實驗組學生在「光學習成就測驗」的各題組的表現，發現實驗組優於控制組的題組，包括「光的反射」、「光的折射」、「生活中的色光」等三項題組，均達顯著性的差異。但在「光的直線前進」、「色散與彩虹」、「色光混合」等三項題組，實驗組分數雖高於控制組，但並未達到顯著差異。

（二）兩組學生在「光學習態度量表」的表現，實驗組（接受專題本位科學學習）學生的學習態度表現，顯然優於控制組（進行傳統式學習），並且達到顯著差異，顯示參與專題本位科學學習能增進學生在光的學習態度表現。進一步分析實驗組學生在「光學習態度量表」的三個分量表的表現，發現實驗組優於控制組的分量表，包括「對學習光學活動的動機」、「對學習光學活動的態度」等分量表，均達到顯著性的差異。但在「對光學探究活動的態度」分量表的表現，實驗組分數雖高於控制組，但未達到顯著差異。

二、建議

研究者根據文獻分析及實徵研究發現，提出下列建議：

（一）對學校行政單位的建議：

1. 自然專科教室的設立是必要的，以利專題本位科學學習的推展。本研究的教學，受限於學校自然專科教室的不足，兩組都是在一般教室進行，然而如果有自然專科教室進行施教，一方面學生們可免於搬動桌椅，可以做更長時間仔細的

觀察、紀錄、與設計製作，同時對教師而言也有更充裕的時間來施教，其結果相信會使專題本位科學學習的教學成效更為顯著。

2.建立社區家長資源庫，以增加社區人力參與學校教育的機會。在實施專題本位科學學習期間，常需要社區家長的參與和協助，此時如果能有社區家長資源庫可供參考，必然可使專題本位科學學習的效能有更大的揮灑空間。社區家長資源庫之建立，則有賴於學校行政單位和全體教師平時共同蒐集與建立。

（二）對教學者的建議：

1.專題本位科學學習宜以教學團隊或協同教學方式來實行。畢竟專題本位科學學習，不僅是學生合作學習，教師們也要有教學團隊的合作與支援，這樣不僅可以讓自然與生活科技課程教得好，又不會讓教師教得太辛勞。

2.慎選課程單元，以適合專題本位科學學習的實施。從這次的辦理經驗發現，每一學期選定一個單元實施專題本位科學學習最為合適，原因是如果每個單元都以專題本位科學學習的形式來進行，教學時間必然不足，且對教師教學負荷過重，可能影響教學成效。若只選定一個單元實施，則不會造成教學負擔，同時也能促進教師的成長和學習改變。

3.對於製作專題作品的材料而言，以簡易且容易取得的材料為佳。以本研究的專題作品為例，製作潛望鏡、三稜鏡的材料必須到玻璃鏡片行購買，幸好學校附近就有玻璃行，可就近取得，所以能如期完成專題作品，故器材取得容易是較能達成教學目標之保證。

致 謝

本研究為行政院國家科學委員會與教育部合作的目標導向研究計畫「國小『自然與生活科技』專題本位課程與教學之研究（NSC-91-2511-S-152-008-X3）」的一部分，感謝參與本研究的國小教師與學生們的參與和協助，也謝謝行政院國家科學委員會與教育部在經費上的支助，使本研究得以順利完成。

參考文獻

- 王靖璇（2000）。**專題導向科學學習之教學研究：以國中學生學習「彩虹」為例**。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 朱則剛（1996）。建構主義對教學設計的意義。**教學科技與媒體**，26，3-12。
- 朱韻婷（2002）。**應用網路專題導向式學習於國小課程統整之行動研究**。淡江大學教育科技學系碩士論文，未出版，臺北市。
- 江火明（1998）。**使用網際網路提升中學地球科學教育整合計畫—子計畫三：大氣科學**。行政院國家科學委員會（編號：NSC87-2511-S008-004-ICL），未出版。
- 何善明（2003）。**專題學習在國小自然科實施之行動研究**。國立臺南師範學院教師在職進修自然碩士學位班碩士論文，未出版，臺南市。
- 吳金一（2001）。**網路專題學習環境中不同學習成就能力分組對學習動機影響之研究**。國立臺南師範學院資訊教育研究所碩士論文，未出版，臺南市。
- 吳紀蓉（2003）。**偏遠小學專題式學習之行動研究—以蝴蝶養殖為例**。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮市。
- 吳慶軍（1999）。**國小學童光學概念之概念改變歷程與教學策略研究**。臺北：行政院國家科學委員會。
- 李坤崇（1999）。**多元化評量**。臺北：心理。
- 李虎雄、張敏雪（1998）。由學力評量觀點談實作評量之特性。**測驗與輔導**，150，3104-3108。
- 李采襄（2003）。**國中小、高年級學童光迷思概念研究**。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東市。
- 李姿嬋（2000）。**以專題為基礎的教學與學習對國小六年級學生自然科學習成就與班級氣氛影響之實驗研究**。國立屏東師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，屏東市。
- 周鳳文（2002）。**以專題導向的教學來提昇國小學童基本能力的行動研究**。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東市。
- 林生傳（1998）。建構主義的教學評析。**課程與教學季刊**，1(3)，1-14。
- 林宏一（1999）。**國小學童光學概念改變課室教學之研究（I）**。行政院國家科學委員會（編號：NSC88-2511-S-024-002），未出版。
- 林怡伶（2003）。**國小實施資訊科技融入「以專題為基礎之教學與學」：以高年級自然科為例**。國立屏東師範學院教育科技研究所碩士論文，未出版，屏東市。
- 洪金洲（2003）。**專題本位的教學與學習對國小五年級學生科學創造力之影響**。國立臺北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 洪儀玲（2002）。**網路合作式專題學習對學業低成就學生之影響**。國立臺南師範學院教師在職進修資訊碩士學位班碩士論文，未出版，臺南市。

- 唐明 (2001)。國小五年級學童光概念及相關迷思概念之研究。臺北市：臺北市立師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 張仁全 (2003)。強調親師合作之專題學習—以國小「探索昆蟲世界」之主題為例。國立臺南師範學院教師在職進修自然碩士學位班碩士論文，未出版，臺南市。
- 張美玉 (2000)。歷程檔案評量的理念與實施。科學教育月刊，231，58-63。
- 張靜儀 (2000)。國小學童物理科學迷思概念研究 (I) —子計畫三：光部份與聲音部份 (I)。行政院國家科學委員會 (編號：NSC89-2511-S-153-015)，未出版。
- 張靜儀 (2001)。科學概念學習研究 (II) —物理科—子計畫五：國小學童物理科學迷思概念研究—光部份、聲音部分 (II)。行政院國家科學委員會 (編號：NSC90-2511-S-153-017)，未出版。
- 張靜儀 (2002)。科學概念學習研究 (III) —物理科—子計畫二：國小學童物理科學迷思概念研究—光部份、聲音部份 (III) (1/2)。行政院國家科學委員會 (編號：NSC91-2522-S-153-002)，未出版。
- 張靜儀 (2003)。科學概念學習研究 (IV) —物理科—子計畫二：國小學童物理科學迷思概念研究—光部份、聲音部份 (IV) (2/2)。行政院國家科學委員會 (編號：NSC92-2522-S-153-022)，未出版。
- 許素 (2002)。專題導向教學在國小六年級自然科實施之行動研究。臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 郭金美 (1996)。學童光學概念改變教學之研究。國立嘉義師院學報，10，407-453。
- 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研究。國立嘉義師院學報，13，157-202。
- 郭金美 (2000a)。國小學童自然科概念改變之教學研究 (II) —子計畫四：光學教學模組 (1/2)。行政院國家科學委員會 (編號：NSC89-2511-S-023-003)，未出版。
- 郭金美 (2000b)。國小學童自然科概念改變之教學研究 (III) —子計畫四：光學教學模組 (2/2)。行政院國家科學委員會 (編號：NSC89-2511-S-415-006)，未出版。
- 郭金美 (2001)。國小學童自然科概念改變機制之研究 (1/2) —子計畫三：光學概念 (1/2)。行政院國家科學委員會 (編號：NSC90-2511-S-415-002)，未出版。
- 郭金美 (2002)。國小學童自然科概念改變機制之研究 (2/2) —子計畫三：光學概念 (2/2)。行政院國家科學委員會 (編號：NSC91-2511-S-415-001)，未出版。
- 陳文典 (2000)。實作評量的理念與實施。科學教育月刊，231，64-66。
- 陳可崗譯 (2001)。觀念物理。P. G. Hewitt 著。臺北：天下遠見。
- 陳杉吉 (2002)。國小學童在網際網路專題導向式學習環境中行為歷程之研究。國立臺南師範學院教師在職進修資訊碩士學位班碩士論文，未出版，臺南市。
- 陳建宏 (1999)。專題導向的高中基礎地球科學教學之行動研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。

- 陳義勳（2000）。國小高年級學生在自然科學中光學以建構主義學習之研究。**臺北市立師範學院學報**，30，381-396。
- 曾振富（2001）。利用網路科技輔助國小自然科「教」與「學」之研究：以臺北市中正河濱公園自然生態為例。國立臺北師範學院課程與教學研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 黃明信（2002）。國小網路專題式教學模式之設計。淡江大學教育科技學系碩士論文，未出版，臺北縣。
- 黃政傑、林珮璇（1996）。合作學習。臺北：五南。
- 黃國鴻（1999）。以專題製作為主的電腦化學習環境之比較研究。國立彰化師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，彰化市。
- 楊司維（2003）。資訊融入以專題為基礎之教學與學習對批判思考能力與意向影響之研究－以國小六年級自然科教學為例。國立屏東師範學院教育科技研究所碩士論文，未出版，屏東市。
- 楊佩芬（1999）。從建構主義理論學習理論探討超媒體在教學上的應用。**資訊與網路教學應用**，42-63。臺北：臺北市政府教育局。
- 詹雅婷（2001）。網路化專題導向學習於教育學程之實施與評鑑。淡江大學教育科技學系碩士論文，未出版，臺北縣。
- 廖經宏（2002）。建構取向教學模式對國小學童光學相關概念之影響。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮市。
- 趙金婷（1998）。專題導向式電腦輔助學習策略在國小自然科教學上的應用。國立政治大學教育學系博士論文，未出版，臺北市。
- 盧玉玲（2000）。國民小學九十年代「自然與科技」新課程單元模組發展研究－國民小學九十年代「自然與科技」新課程單元模組發展研究（Ⅰ）－子計畫二：光（Ⅰ）。行政院國家科學委員會（編號：NSC89-2511-S-152-009），未出版。
- 盧玉玲（2001）。國民小學九十年代「自然與科技」新課程單元模組發展研究（Ⅱ）－子計畫二：光（Ⅱ）。行政院國家科學委員會（編號：NSC89-2511-S-152-027），未出版。
- 盧雪梅（1998）。實作評量的應許和挑戰。論文發表於臺北市立師範學院教育論壇。臺北市立師範學院國民教育研究所。
- 蕭家慧（2002）。利用概念構圖的動態評量方式探究國小五年級學童在光和顏色的概念學習。國立臺北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 賴慶三（2002）。國小自然與生活科技專題本位教學之探討。**國民教育**，43(1)，59-64。
- 賴慶三、高汶旭（2004）。國小專題本位科學展覽活動教學之研究。**臺北市立師範學院學報**，35(2)，259-286。
- 簡茂發（1999）。多元化評量之理念與方法。**教師天地**，99，11-17。

- 鐘婉莉 (2003)。網路專題式學習小組互動歷程之研究。國立臺灣大學農業推廣學研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- Airasian, P. (1991). *Classroom assessment*. New York: McGraw-Hill.
- Barak, M., & Dori, Y. J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117-139.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3), 369-398.
- Brickhouse, N. W. (1994). Children's observations, ideas, and development of classroom theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 639-656
- Frank, M., & Barzilai, A. (2004). Integrating alternative assessment in a project-based learning course for pre-service science and technology teachers. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 29(1), 41-62.
- Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences: The theory in practice*. New York: Basic Books.
- Germann, P. J. (1988). Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 689-703.
- Glover, T. (1993). *The teaching of educational psychology through project-based learning*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 367703)
- Green, A. M. (1998). *Project-based learning: Moving students through the GED with meaningful learning*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 422466)
- Katz, L. G. (1994). *The project approach*. ERIC Digest.(ED368509)
- Katz, L. G., & Chard, S. C. (1989). *Engaging children's minds*. Norwood, NJ: Ablex.
- Krajcik, J., Czerniak, C., & Berger, C. (1999). *Teaching children science: a project-based approach*. Boston: McGraw-Hill.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (1997). Enacting project-based science. *The Elementary School Journal*, 97(4), 341-358.
- Morgan, A. (1983). Theoretical aspects of project-based in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 14(1), 66-78.
- Musthafa, B. (1997). *Literacy activities in a fifth-grade informal, project-based literature program: A qualitative case study of instructional supports and children's learning engagement*. (Doctoral dissertation, University of Ohio, 1997 No.301054)
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

- Share, E., & Rogers, L. (1997). Get real! Project-based learning, practical advice for getting maximum learning out of class projects. *Learning*, 25(4), 61-63.
- Slater, T. F., Ryan, J. M., & Samson, S. L. (1997). Impact and dynamics of portfolio assessment and traditional assessment in a college physics course. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 255-271.
- Solomon, G. (2003). Project-based learning: A primer. *Technology & Learning*, 23(6), 20-26.
- Wolk, S. (1994). Project-based learning: Pursuits with a purpose. *Educational Leadership*, 52(3), 42-45.
- Yamzon, A. (1999). *An examination of the relationship between student choice in project-based learning and achievement*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 430940)
- Yarnall, L., & Kafai, Y. (1996). *Issues in project-based science activities : Children's constructions of ocean software games*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 395819)

The Study of the Learning Effect of the Primary School Students by Project-Based Science Learning on Optics

Ching-San Lai^{*}、Jung-Te Kuo^{**}

ABSTRACT

The purpose of this study was trying to find out the effectiveness of the primary school 4th graders by project-based science learning (PBSL) on optics. In order to compare the learning outcomes between experimental groups and control groups, this study employed a quasi-experimental design. Two classes of 4th graders were selected to implement quasi-experimental study. The instruments used in the study were the study of optics achievement test ($KR_{21}=0.83$), the attitudes scale of optics study (Cronbach $\alpha=0.91$).

The major findings of this study were as follows: (1) The learning outcome of PBSL on the study of optics achievement test was significantly better than that of control group, (2) The results of experimental group were performed significantly better than those of the control group on the attitudes scale of optics study, and (3) For experimental group students' project works, the students could fully unfold to be related to study "the reflection of light" and "the refraction of light" in the scientific principle of the project works.

Key Word: science and technology, science instruction, Project-Based Science Learning (PBSL)

* Professor, Graduate School of Science Education, National Taipei Teachers College

** Teacher, Taipei County Wen Der Primary School

