科學教育學刊
2004, 第十二卷第三期, 311-340

Chinese Journal of Science Education
2004, 12(3), 311-340

光反射與折射的另有概念診斷工具之發展與研究

陳均伊[1]　張惠博[2]　郭重吉[3]
[1]國立彰化師範大學科學教育研究所
[2]國立彰化師範大學物理學系
[3]國立台東大學自然教育學系

（投稿日期：民國 92 年 4 月 25 日，修訂日期：92 年 7 月 16 日，接受日期：93 年 1 月 30 日）

摘要：本研究旨在藉由發展光學「反射與折射概念學習」問卷，診斷國中學生對於光的反射與折射現象之另有概念，共涵蓋平面鏡成像與反射定律以及凸透鏡成像與折射定律等核心概念，診斷工具經專家審查修訂後，計有 11 道題目，並對 80 位國中學生施測後，再依學生作答所呈現的另有概念，從中選取 15 位學生進行晤談，並從平面鏡成像的大小、平面鏡成像的位置以及凸透鏡的成像性質等三個面向，探討國中學生對光的反射與折射現象普遍持有的另有概念。本研究亦發現影響學生形成另有概念的可能因素，包括：（一）國小階段的課程並未以提供學生完整與系統的概念爲主要目標；（二）日常生活的局部體驗；（三）字義、語詞的誤解與混淆；（四）不當的連結與推理，以既有的、不完全的概念解釋未知的現象。本研究結果將有助於教師瞭解國中學生對光的反射與折射之另有概念，並據以設計與規劃有助於發生概念改變的教學策略，俾協助學生達到有意義的學習。

關鍵詞：另有概念、光的反射、光的折射。

壹、前言

行爲學派認爲，學習是學習者以嘗試錯誤的方式，對外界刺激予以反應，當所產生的反應能正確地與刺激符應時，便形成新的概念而完成學習。然而，許多關於認知心理學與科學學習的研究發現，學習不再如行爲主義所述，單純僅是刺激與反應間的連結，不能忽略學習的過程及其間的影響因素。甚且，支持建構論者認爲在學習的過程中，學習者會運用已有的認知架構去理解各刺激之間的關係，進而改變自己的認知架構，學習者在學習的過程中是主動參與的建構者（郭重吉, 1995; Mintzes, Wandersee, & Novak, 2000; Novak, 1988）。因此，學生在進入學校學習科學概念前，會透過與環境的互動而建構個人的概念，惟，這些概念通常與公認的科學概念有所差異，亦會

影響科學概念的學習（Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994; Palmer, 2001; Shepardson & Moje, 1994; Settlage, 1995; Shepardson, 1999; Tan, Goh, Chia, & Treagust, 2002），本研究將這些學生的概念稱爲另有概念（alternative conception），亦可稱爲先前概念（preconception）（Thijs, 1992）、質樸概念（naïve conception）（Feher & Rice, 1992）或兒童科學（children's science）（Gilbert, Osborne, & Fensham, 1982）。Driver, Guesne 與 Tiberghien（1985）亦曾指出傳統的課程與教學，較少考慮學生的另有概念，以致學生難以達到有意義的學習。

學生在進入科學課室學習之前，通常會運用其另有概念解釋自然現象，所以，教師應瞭解學生的另有概念，並營造能促使學生發生概念改變的教學環境，俾學生能產生概念改變的學習，進而建構與科學概念相符的知識。復因，有關光的現象是日常生活經常接觸的，亦是科學概念研究者長期關注的問題，且已獲得許多的發現與結果（Anderson & Kärrqvist, 1983; Brickhouse, 1994; Fetherstonhaugh, Happs, & Treagust, 1987; Feher & Rice, 1987, 1988; Galili & Lavrik, 1998; Osborne & Black, 1993; Stead & Osborne, 1980; Saxena, 1991; Watts, 1985）。惟，利用不同的命題敘述與內容，採用多元的概念診斷方式，以學生日常生活經驗爲出發點，並針對不同背景的學生，進行學生另有概念的研究，俾找出學生所持有的概念。因此，本研究旨在發展一份能眞確診斷學生光學（光的反射與折射概念）另有概念的問卷，並探討這些另有概念的類型與成因，以提供科學教師作爲教學的參考。

貳、文獻探討

Driver 與 Bell（1986）認爲建構主義的學習強調動態和連續的過程，學習者基於其另有概念，從環境中獲得資訊並主動建構其個人的解釋和意義，甚且，學習者會透過在身體上和心理上的反映，主動建構知識（Piaget, 1969），亦會透過與社會文化的相互影響進行建構（Vygotsky, 1978）。正因爲如此，當學生在面對科學的題材或概念時，則有可能會衍生與科學家不同的想法，即稱爲另有概念，以下將分述有關另有概念的議題。

一、另有概念的可能來源

Vosniadou 與 Brewer（1987）曾指出學習即爲學習者與環境交互作用的結果，亦即，學習者透過自身的感官經驗，探索周遭的自然現象，並建構個人的認知架構。然而，學習者依據經驗所形成的概念，通常與科學概念不符。據此，Shepardson 和 Moje（1994）綜合多位學者的研究提出以下的觀點：

（一）學生會帶著對科學現象的另有概念，進入科學課室中。

（二）學生對於科學現象的解釋，能建構各式不同的另有概念或理解。

（三）學生的另有概念，難以被教學所改變。

事實上，學生常由物理世界中獲得訊息，利用直觀的知識建立個人的另有概念，並形成學習的基礎。Garnett, Garnett 與 Hackling（1995）指出另有概念的形成，可能起因於學生運用個人的觀點來解釋日常生活經驗。Fisher（1985）、Galili 與 Lavrik（1998）、Lewis 與 Linn（1994）以及 Stavridou 與 Solomonidou（1998）亦曾針對學生的另有概念，探究其成因並歸納另有概念的可能來源如下：

（一）日常生活的經驗與觀察：學生在接受正式的教學之前，透過對事物的操作與觀察，可能形成另有概念。這些另有概念的產生雖可預期，科學教師卻難以防止學生建構此類的另有概念，惟，在教學

前，深入瞭解學生從日常生活中易獲得的另有概念，並設計能促進學生發生概念改變的教學活動，將可能減少學生的另有概念。

（二）類比造成的混淆：在科學教學中，經常使用類比來解釋抽象的概念及無法直接觀測的現象，並藉此將新概念的學習與學生現存的知識作連結。惟，類比在教學上的使用通常是有限制的，教師在教學時須闡明並強調類比的適用範圍，避免學生誤解而產生另有概念。

（三）生活用語或隱喻的使用：來自於隱喻的另有概念是不易避免的，在日常生活用語中，諸如：光線的「線」，易使學生聯想到一條一條筆直、纖細的物體，以致認爲光即是以此種形式前進或傳播。

（四）同儕與社會文化：知識建構的歷程除了會受到個人經驗與感受等的影響，尚與人際的協商互動及社會文化有關，當學生在與他人互動的過程中，若其另有概念受到肯定，則易加強學生抱持另有概念的信心，甚且，民俗的傳說與神話也容易導致學生產生另有概念。

二、另有概念的類型

學生在學習的過程中，透過與環境的互動，建立對於物理世界的了解。當學生面臨新的情境時，會運用另有概念進行解釋或預測，若其解釋或預測能被證實，則學生會更加堅信另有概念。但，如果其解釋或預測與科學概念不符，學生可能會拒絕接受科學概念，並堅持自己的另有概念；或者，學生會修正原有的另有概念，使其預測和解釋能與科學概念一致，進而達到有意義的學習。

以心智模型的觀點爲例，Vosniadou（1991）將其區分爲三種模式：現象模式、同化模式與科學模式。現象模式是學生對於自然現象直觀的想法，以及對日常生活經驗的理解；同化模式則是學生一方面保有對自然現象的直觀想法，另一方面亦認同科學家的觀點，亦即，學生同時擁有這兩方面的概念，進而發展出能和諧共存的模式，即使彼此互相衝突，亦不影響此模式的存在。科學模式則是科學家所建立的模式。Thagard（1996）亦曾據此指出學生在心智發展上，可能出現兩種模式：

（一）學生知識的成長與科學知識發展的歷程相似：學生在進入課室學習之前，會以其質樸的理論建構對自然現象的詮釋，當其習得更多相關的科學知識後，學生會體認到新的理論架構能更廣泛地被應用，因而放棄原有的質樸理論，並接納與科學概念一致的觀點。

（二）學生會同時擁有科學知識與質樸概念：學生在學習科學概念後，通常不會因爲習得新的科學知識，而拋棄原有的概念架構。多數學生心智發展的模式，常傾向於同時接受科學概念與另有概念，並在不同的情境中擇一展現，或兩者混合使用。除非教學時，學生的認知受到強烈的衝擊，方能促使其主動摒棄另有概念。

學生在進入科學課室學習之前，常持有一些想法或概念，實質上，這些想法或概念，通常與科學概念不符，亦會造成理解的困難。然而，這並不意謂學生的另有概念會抑制其學習的發展，反倒是應將另有概念視爲學生理解新概念的基礎，甚且，教師可藉由瞭解學生的另有概念，預測可能的學習問題與困難，並營造合適的教學環境，使學生能產生認知衝突，進而修正概念架構，使其對概念的理解更加精緻與系統化。

學生的心智並非一個空的容器或一塊白板，會帶著許多關於自然現象的另有概念，這

些另有概念通常與科學概念相互矛盾。Mintzes 等人（2000）指出，學生的另有概念多數都是因個人經驗所產生的，包括學生對於自然現象和事物的直觀想法。當學生在建構知識時，其所有持的另有概念會與新的概念進行交互作用，產生一連串難以預測的學習結果。因此，瞭解學生的另有概念，即成爲概念研究者所關注的議題。

三、光學的另有概念之實徵研究

Anderson 與 Kärrqvist（1983）曾使用開放式問卷針對六至九年級（六年級 124 位、七年級 205 位、八年級 136 位、九年級 166 位）的學生進行施測，以瞭解學生的光學另有概念，其中，八和九年級的學生已學習過光學，六和七年級的學生則尚未接觸相關的課程。問卷設計以日常生活現象爲主，並要求學生解釋現象產生的原因，共有四道試題：（一）光的傳播；（二）視覺的產生；（三）光的折射現象；（四）光經濾光器後顏色的變化。研究發現不論學生是否學習過光學，皆難以區分光的反射與折射，多以反射定律解釋光的折射現象；或認爲物體能使光彎曲，即產生折射的現象，與光傳播的介質無關等。

王晉基與郭重吉（1992）利用選擇題的方式，探究國中學生對於光的另有概念，問卷經預試後，進行試題鑑別度與信度之分析，據以修改試題內容，並發展成診斷學生光學另有概念的封閉式紙筆測驗。正式施測對象爲 537 位國中二、三年級的學生，並從中選取 96 位學生，在施測四週後進行重複施測，藉以深入瞭解學生對光學所擁有的另有概念。再依據施測結果，將學生分爲高分組和低分組，並比較學生光學另有概念的異同。研究發現，學生對光學的另有概念可分爲六種類型：（一）光行走的距離；（二）形成影子的概念；（三）光與針孔成像相關的概念；（四）光的反射定律；（五）光的折射定律；（六）眼睛與視覺的相關概念。研究亦建議教學時，教師應重視學生的先前知識，並配合學生的另有概念，設計合適的教學策略，以引導學生發生概念改變，並能摒棄先前的另有概念，進而建構與科學概念相符的知識。

爲能眞確診斷學生的另有概念，Viennot（1979）指出，當學生面對撰寫任務時能反思與探索自己的想法，因此，透過學生在課室中所撰寫的文件內容，亦可瞭解學生的另有概念。Mintzes, Wandersee 與 Novak（2001）提及診斷學生對概念的理解，並沒有單一最有效的方式，各種方式皆有其優異之處，除使用紙筆問卷外，尙包含晤談、觀察、檢視文件等多種方式。在光學的實徵研究中，Goldberg 與 McDermott（1986）曾針對 172 位大學生在學習幾何光學單元之前、後，採用實物演示的方式進行個別晤談，並將晤談的內容加以整理、修改，編製成問卷；問卷施測時，研究者向全體受試者演示問卷的內容。研究發現，學生對於平面鏡成像普遍認爲成像的位置是在平面鏡上、像是由眼睛視線之延長線所形成，以及像是物體在平面鏡上的投影等另有概念。

Osborne 與 Black（1993）使用開放式問卷，探討學生學習光學的概念發展情形，研究對象包含 64 位 7 至 11 歲的學生，研究步驟包含：（一）藉由討論與進行實驗活動，引出學生的另有概念；（二）從活動中，發展一套有系統的方式，並針對所蒐集的質性資料進行分析，俾探索學生的另有概念；（三）設計教學活動，包含實物的探索與討論；（四）探討教學對於學生的光學概念，所造成的發展與改變。研究發現，高年級（平均年齡分布在 9 到 11 歲之間）學生的概念架構相較於低年級（7 到 9 歲的學生），有較多複雜以及系統化的連結。學生普遍擁有的另有概念則包括：只要有

光照射到物體，眼睛就能看見物體，與光的反射無關；眼睛和物體之間，以及物體和光源之間存在某種物質，當這些物質宛如穿線般的將前述的眼睛、物體與光源連結，即可形成視覺等。

在 Galili 和 Hazan（2000）的研究中，利用開放式問卷探究學生對光學的另有概念，受試者包含 64 位尚未學習光學的學生、102 位已修過幾何光學課程的學生以及一些職前教師。問卷試題有 13 題，含括的概念可分爲五大類：（一）光和眼睛在視覺上所扮演的角色；（二）光的一般特性，例如光的行進方式、光源的光如何發散以及光通過針孔時，會伴隨哪些現象的產生；（三）影子的成因；（四）光在反射與折射時，成像的原因和機制，以及相對於觀察者和屏幕，成像的位置爲何；（五）光的顏色。研究發現，學生普遍認爲光只要照亮物體，即可看見物體，與光的反射無關；平面鏡成像，是物體直接投影在鏡面處，以及凸透鏡成像時，光先會聚於凸透鏡上一點，再發散成像等另有概念。

陳忠志和許有亮（1998）探討 117 位國中三年級學生對平面鏡成像的另有架構，以瞭解學生對於平面鏡成像的想法。資料蒐集方法包括紙筆測驗和晤談兩種，紙筆測驗的試題內容是依據國中理化課本中，與平面鏡成像相關的內容，繪製成平面鏡成像概念圖，再依此設計紙筆測驗內容，共有兩道題目，第一題是將物體放平面鏡的正前方，旨在瞭解學生對平面鏡成像位置的觀點；第二題則將物體置於平面鏡的右前方，以驗證學生對平面鏡成像的概念是否呈現一致性。另，亦針對其中的 12 位學生進行晤談，藉以澄清學生於紙筆測驗中的回答，並運用一系列的實物或圖片進行事件晤談（interview-about-events）與事例晤談（interview-about-instances）。研究發現學生對於平面鏡成像，普遍持有的另有概念有：平面鏡的成像是由眼睛視線之延長線所形成；平面鏡的成像，是物體直接投影到鏡面上；以及學生普遍難以明確表達平面鏡成像時，像的成因與成像的位置等。

四、另有概念診斷工具的發展

Galili 與 Hazan（2000）的研究指出，爲提高資料蒐集的效度，問卷內容的呈現方式需採開放式的作答形式，以瞭解學生的多元想法。因此，概念診斷問卷的設計需包含生活化的情境、輔助文字敘述的圖片、符合學生熟悉的用語、以及提供學生自由闡述其理由的空間與機會。此外，關於問卷命題的描述，McGinn 與 Roth（1998）指出，學生在回答結構相似但形式不同的問題時，其所持的概念可能會有不一致的情況產生。據此，問卷命題的設計應運用不同的情境，診斷同一概念，藉以探究學生的另有概念是否呈現一致性的情形。

除了可利用問卷診斷學生的另有概念外，Fellows（1994）指出，爲瞭解學生的思考過程與另有概念，可分析學生撰寫的解釋與文件資料，McGinn 與 Roth（1998）的研究亦曾指出，部分學生在紙筆測驗中，能採用科學概念進行解釋，惟在動手操作的情境下，仍以其另有概念爲主要判準。然而，爲診斷學生的另有概念，常見的紙筆測驗方式有：開放式、封閉式、選擇題的方式與二段式測驗問卷等（Galili & Lavrik, 1998; Saxena, 1991; Stead & Osborne, 1980），這些評測方法容或各有其特色，卻亦有其限制，內容分述如下：

（一）問卷內容的命題陳述宛如試卷：一般封閉式問卷或開放式問卷，命題敘述常過於刻板、僵化，有如考試題目，易造成學生心理上的恐懼，擔心自己的作答並非標準答案，難以完整表達出學生內心眞正的想法，以致對於另

有概念的診斷成效大打折扣。Griffard 和 Wandersee（2001a）即曾指出學生對問卷的看法會影響其作答的情緒與反應，通常概念診斷問卷與學科內容有關，學生易將問卷視爲試卷而產生焦慮與不安的情緒，因而影響作答的表現。有些問卷甚至直接採用教科書或參考書內的習題，導致問卷僅能評量學生記憶、背誦概念的能力，難以眞確診斷學生的另有概念。

（二）學生用猜測的方式作答：封閉式問卷及選擇題式問卷皆已有可供選擇的項目，至於何以會選擇該選項，並無提供學生解釋或說明理由的空間。亦即，倘學生僅填選答案而沒有理會或思考問卷中的試題內容，則難以單純由學生所填選的答案，判斷其是否確實爲學生的另有概念。Griffard 和 Wandersee（2001a）的研究中指出，在二階段測驗問卷中，學生可由第二階段中理由選項的敘述，依照邏輯推理，猜選出第一階段的答案。因此，問卷所診斷出的另有概念並非是學生所抱持的眞實想法，而是經由推理或直覺判斷後，篩選、猜測而得的理由，故診斷結果可能高估或低估學生對概念的理解程度。

（三）學生不易理解問卷命題的意涵：多數問卷內容的描述常使用特定的專有名詞，在敘述上過於學術，學生閱讀時易對命題的陳述產生困惑。王晉基與郭重吉（1992）曾提及，另有概念的診斷問卷，在設計上應注意試題的用字、措辭，以符合學生熟悉、易懂的用語。在 Wandersee（1988）的研究中曾指出圖像等視覺化的描述，能提昇學生閱讀時的理解能力，因此，問卷內容的設計亦可加入與試題情境相關的圖片或照片，作爲文字閱讀的輔助。亦即，學生應確實理解問卷的命題內容，始能依其概念架構作答，達到另有概念診斷的目的。

（四）學生觀點的差異性：Tamir（1989）的研究指出，二階段測驗問卷內容會因學生的看法不同，將第二階段中正確的理由視爲第一階段中選項的重複敘述，並認爲累述不是最合宜的理由而選擇其他的答案。此外，亦有一些二階段測驗問卷，其第二階段選項內容的設計，是將正確理由分段敘述，並作爲不同的選項，雖此類選項無法提供完整的解釋，但其描述與科學概念並無不符，易造成部份學生認爲此類選項亦屬於正確的敘述，以致學生只是在許多正確理由之間任意擇一答案，導致診斷工具未能眞確探究學生的另有概念。

（五）缺乏學生欲選擇的答案：封閉式問卷、選擇題式問卷和二階段測驗問卷，在設計的過程中，雖事先會與學生晤談及回顧相關文獻，並設計多樣化的選項，使問卷中的題目能包含數個理由供學生選答。然而，在知識建構的過程中，並非所有的學生皆持有類似的看法，有時，題目內容所提供的理由，難以符合學生的觀點（Griffard & Wandersee, 2001b; Tamir, 1989），學生可能在無從選擇之下任意選填答案。

另外，Griffard 與 Wandersee（1999）亦曾指出二階段式測驗僅能確認另有概念的類型，難以深入理解概念間的錯誤連結與另有概念的成因，對於教學恐無實質的助益。因此，爲瞭解學生的另有概念及成因，除利用問卷進行診斷外，尚須輔以晤談、課室觀察，蒐集學生在上課時所填寫的學習單、報告的投影片和學習的歷程檔案等，俾更能深入瞭解學生的另有概念。

叁、研究設計與步驟

一、研究對象

本研究的個案學校是台灣中部地區的兩所國中，一爲大型學校，另一所則是位於市郊的中型國中。參與本研究的三位個案教師皆參加國科會專題計畫，授課班級爲 A 校一年級的甲、乙班，B 校則爲二年級的丙班，學生的學業成就均呈現常態分布，且皆未學過國中理化課程中的光學單元。研究進行期間爲九十年九月至九十一年三月，甲班有 20 位、乙班有 34 位、丙班有 26 位學生填寫本研究所發展的「反射與折射概念學習」問卷（附錄一）。施測後，針對問卷收集的資料進行開放編碼，並依據學生的另有概念，從中選取具代表性的 15 位學生（甲班 6 位、乙班 4 位、丙班 5 位）進行晤談，俾深入瞭解學生持有的另有概念。

二、研究工具

爲能結合學生的日常生活經驗，且以故事貫串情節，期能眞確的診斷學生的光學另有概念，本研究自行發展概念診斷問卷，除了參考有關光學概念方面的實徵性研究，並參酌資深理化教師的教學經驗，針對幾何光學中較基礎且重要的概念，以及生活經驗中普遍易見的光學現象，選擇以光的反射與折射概念爲主軸，編寫成「反射與折射概念學習」問卷。同時，爲能收集學生眞確的想法，問卷內容的呈現方式採取開放的作答方式，以便於瞭解學生擁有的多元化想法。「反射與折射概念學習」問卷的題目包含兩部分：（一）提供與命題陳述相關的可能現象，使學生可依據其理由，選擇合適的選項；（二）請學生闡述理由，以探索學生的另有概念。

「反射與折射概念學習」問卷是以平面鏡成像與反射定律，以及凸透鏡成像與折射定律等爲核心概念，其中，又可細分爲平面鏡成像的大小及位置、凸透鏡成像的大小及位置、入射角與反射角以及入射角與折射角等次概念。本研究爲能眞確診斷學生的另有概念，並深入探究學生在不同情境下所持的另有概念是否呈現一致性的表現，因此，將上述的次概念類別分散於 11 道題目之中，於不同的題目內（表 1）重複診斷這些次概念，設計要旨即以相同的概念，擬運用不同的光學現象，並在多樣化的情境，診斷學生對於相同概念所持有的解釋架構是否呈現一致性？此外，並運用簡單、符合學生熟悉的用語，配合圖片說明，提昇學生作答的興趣與動機，以及增加問卷內容的可讀性，俾較能有效的診斷諸學生的想法。

本問卷內容效度之建立，除依據有關的單元選擇合適的概念之外（表 1），並請五位物理及科教學者針對「反射與折射概念學習」問卷的命題內容，以及命題敘述與光學概念陳述間的關聯進行審查，審查意見與修改建議如下：（一）試題採取劇情化的設計，雖讓學生有身歷其境的感受，但須注意問題核心的表達，避免淡化所欲診斷的概念；（二）有關平面鏡成像的命題，可於平面鏡前放置方格紙，使學生能利用定量的描述來指認成像的位置；（三）命題敘述中，關於觀察者、放大鏡與物體三者間順序的關係，需清楚、確切的描述，避免學生混淆；（四）語意的表達力求明確，過於抽象易造成學生的認知超載。問卷修改後，再經個案教師審視與討論，即用來診斷學生的另有概念。

三、資料收集與分析

在「反射與折射概念學習」問卷施測後，針對學生填寫的內容進行初步分析，檢視學生作答的理由，並進行開放編碼，將學生的另有概念加以分類，整理出學生持有的另有概念類型，並作爲晤談的依據。晤談係根據學生的問卷作答進行澄清或說明，在晤談過程中，研究

表1：問卷試題的光學概念分布表

		題序										
概念類別	次概念類別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
平面鏡成像	像的大小	*		*						*		
	像的位置		*		*					*		
凸透鏡成像	像的大小						*		*			*
	像的位置					*		*				
反射定律	入射角與反射角	*	*	*	*					*		
折射定律	入射角與折射角					*	*	*	*		*	*

者依據與學生晤談的情境及互動概況，探索學生的另有概念，此外，亦鼓勵學生以繪圖的方式說明其對於光學現象的解釋，並探究學生另有概念的成因。

本研究爲更加深入探究學生的另有概念與形成因素，資料收集的方式除了問卷施測與晤談外，並收集學生撰寫的學習單、口頭報告的內容與製作的投影片，以及研究者的課室觀察筆記等文件資料，希冀透過多元資料的收集，系統與深入的確認學生的另有概念，並探討影響學生產生另有概念的可能因素。

肆、結果

本研究透過「反射與折射概念學習」問卷的診斷，並輔以晤談、課室觀察與文件資料，深入探究學生對於光的反射與折射之另有概念類型，以及另有概念的成因。主要發現如下：

一、國中一、二年級學生對光學概念的了解，並無明顯差異

分析學生作答情形及課室表現，發現一和二年級學生的另有概念類型及百分比的分布並無明顯的差異，主要原因爲兩個年級的學生皆未曾修習國中理化的光學單元，所以學生的光學另有概念不致因年級的不同而有顯著差異，此與 Anderson 等人（1983）的研究結果相符，其研究是探討六至九年級學生的另有概念，研究發現六和七年級的學生因未曾學過光學，所以學生的另有概念類型相似，然而，與已學過光學的八和九年級相比，則有顯著的不同。

二、國中學生對於平面鏡與凸透鏡的理解與熟悉度有明顯的差別

依據學生在問卷試題第二部份中闡述的理由，以及晤談時的澄清與說明，將學生的另有概念加以分類。當學生在說明平面鏡成像的大小與位置時，大多利用不同的成像方式進行解釋，顯現其無法確切瞭解及應用反射定律來解釋平面鏡成像的性質。然而，對於凸透鏡成像，不論問卷試題的內容是探討成像的大小或位置，學生則皆以光線的行進方式解釋成像性質，不再像討論平面鏡成像時，將成像的大小與位置分開討論。探究學生在這兩者間的不同表現，可能的原因爲學生較常接觸平面鏡的成像，使其對於平面鏡成像與反射定律較易於建構出自認爲較有系統且完整的想法，雖然這些想法大多與科學概念不符。關於凸透鏡成像，因涉及的概念較複雜，且學生普遍缺乏相關的知識，大多僅能利用簡單的線條恣意描繪光線行進的路徑，用以決定成像的大小與位置。

據此，本研究從平面鏡成像的大小、平面

表2：各類型另有概念在問卷試題中所佔的百分比

面向	另有概念類型 % (人數)	問卷題號 一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一
平面鏡成像的大小	I			40								
				(32)								
	II	10		17.5						25		
		(8)		(14)						(20)		
	III			13.8								
				(11)								
	IV	8.8		8.8								
		(7)		(7)								
	正確	68.8		11.3						27.5		
		(55)		(9)						(22)		
平面鏡成像的位置	I		20		15					21.3		
			(16)		(12)					(17)		
	II				60							
					(48)							
	正確		57.5		22.5					32.5		
			(46)		(18)					(26)		
凸透鏡的成像性質	I						18.8		18.8			18.8
							(15)		(15)			(15)
	II						11.3		11.3			11.3
							(9)		(9)			(9)
	III					47.5	36.3	43.8	47.5			
						(38)	(29)	(35)	(38)			
	IV							5				21.3
								(4)				(17)
	正確					40	20	20	18.8		6.3	37.5
						(32)	(16)	(16)	(15)		(5)	(30)
其他		3.8	10	1.3	1.3	3.8	5	12.5	2.5	15	18.8	3.8
		(3)	(8)	(1)	(1)	(3)	(4)	(10)	(2)	(12)	(15)	(3)
沒有作答		8.8	12.5	7.5	1.3	8.8	8.8	18.8	1.3	22.5	75	7.5
		(7)	(10)	(6)	(1)	(7)	(7)	(15)	(1)	(18)	(60)	(6)
總和		100	100	100	100	100	100	100	100	143.8	100	100
		(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(115)	(80)	(80)

學生人數：80 位

表3：學生持有的平面鏡成像概念（第九題）之百分比

學生持有的平面鏡成像概念之百分比 %（人數）		成像大小		
		正確概念	已歸類的另有概念	無法或沒有歸類的另有概念
成像位置	正確概念	7.5（6）	15（12）	10（8）
	已歸類的另有概念	12.5（10）	8.8（7）	0
	無法或沒有歸類的另有概念	7.5（6）	1.3（1）	其他類型：15（12） 沒有作答：22.5（18）

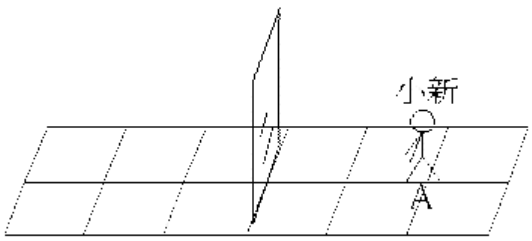
學生人數：80 位

鏡成像的位置與凸透鏡的成像性質等三個面向，探討學生的另有概念類型及可能的成因，各類型另有概念在問卷試題中所佔的百分比如表 2。其中，第九題因同時包含了平面鏡成像的大小與位置兩種概念，是屬於較爲複雜的題型，多數學生僅能正確回答二者之一的成像性質，僅有 6 位（7.5%）學生能同時指出正確的成像大小與位置（表 3）。表 3 中，有少部分的另有概念因爲學生的表達不完整，或持有相同想法的學生人數甚少，以致無法或沒有歸類。此外，第十題學生作答的比率偏低，可能是因爲試題內容較艱澀，且未能以透鏡成像的現象來呈現，僅要求學生藉由其對於折射定律的了解，指出光線進入水中折射後的行進方向，所以學生在問卷中的作答意願不高，晤談時亦多以「不知道」回答。

以下將針對平面鏡成像大小、平面鏡成像位置與凸透鏡的成像性質等三個面向，說明較具代表性的另有概念，並探討學生形成另有概念的可能因素：

一、平面鏡成像大小的另有概念：問卷中的第一、三和九題的命題敘述，皆與平面鏡成像大小的概念有關，其中，第一和三題的命題情境，皆與照鏡子有關，惟，物體位置並不相同。第九題鋪陳的情境，則是將水面類比爲平面鏡，要求學生比較物體大小與水面反射成像的大小之關係，並闡述水面成像的機制。以「反射與折射概念學習」問卷的第一題爲例，試題內容爲：

在星期天的下午，小新一家人決定要出去吃晚飯，小新很高興地跑進房間去換衣服。在房間裡的牆壁上，掛著一面平面鏡，小新站在 A 位置照鏡子時，此時，平面鏡所成的像，和本身的身高相比，是如何？（圖形中 "//"表示鏡面）



整理學生對平面鏡成像大小的解釋，其所持的另有概念類型爲：

（一）用視角的觀點解釋平面鏡成像的大小：學生以日常生活的經驗爲基礎，認爲站在遠處看一物體時，所看到的物體感覺比較小，如果較靠近物體時，則所見之物體會覺得比較大。所以，學生對平面鏡成像所持的另有概念爲：當物體接近平面鏡，平面鏡的成像會較大，且平面鏡所能照到的景物範圍便會因此減少（圖 1）；若物體離平面鏡較遠，平面鏡所成的像會較小，平面鏡所能照到的景物範圍就會比較廣（圖 2）。

在問卷的第三題，有 32 位（40 %）學生

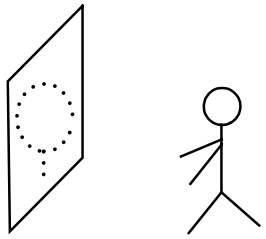


圖 1：物體接近平面鏡時，鏡中的景物範圍小



圖 2：物體遠離平面鏡時，鏡中的景物範圍廣

將此視角的概念類推至平面鏡成像的情境中，認爲平面鏡成像的大小與物體位置有關；當物體距離平面鏡較遠時，即與看遠處的物體一般，平面鏡的成像會縮小，反之亦然。

維庭：越後退看，看到的像就會愈小，越近看就會越大，就像劍湖山的摩天輪一樣，遠遠看蠻小的，近看就蠻大的，平面鏡成像的原理也是一樣。（晤談-y10116）

在課室上課時，教師曾以一項平面鏡成像活動，學生藉由移動娃娃的位置，觀察平面鏡成像的大小與位置。以下的對話是同組同學在活動過程中之討論。

克彬：把小熊放後面一點啦！這樣成像就會變小。

振雄：為什麼？

克彬：跟我們平常看東西一樣，從遠的地方看，看到的東西就會變小，平面鏡成像也是這樣。

振雄：喔！我知道了，所以，如果我把小熊移到前面，就會變大。（課室觀察-y3020191）

顯然，日常生活的體驗是影響學生持有另有概念的主要因素之一。學生根據其從遠處與近處觀看物體的經驗，應用於平面鏡成像，認爲物體離平面鏡越遠，所成的像會越小，這與王晉基與郭重吉（1992）及 Goldberg 與 McDermott（1986）的研究頗爲相似。

（二）利用影子的概念解釋平面鏡成像的大小：在問卷的第一題有 8 位（10 %）、第三題有 14 位（17.5 %）、及第九題有 20 位（25 %）學生認爲平面鏡之所以能成像，其機制與影子形成的原理相同，學生將鏡子類比成光源，認爲觀察者離平面鏡越遠，就如同離光源越遠，形成的影子會越大一般，平面鏡成像的大小就會越大。

彥仁：影子和光有關係，光線越遠，影子就會越大，越近就會越小，照鏡子的時候也是一樣的道理，人離鏡子越遠，像就會越大。

……

研究者：平面鏡的成像是在什麼地方？

彥仁：當然是在鏡子的那個地方啊！就跟影子一樣，會在（鏡子）表面。（晤談-y10131）

偉義：人距離鏡子比較近的時候，和影子一樣，呈現的影像會比較小，（人距離鏡子）比較遠的時候，就跟人離光線比較遠一樣，影子會變大，所以鏡子的影像也會變大。

……

研究者：平面鏡的成像在哪裡？

偉義：在鏡子上面。

研究者：為什麼會在鏡子上面？

偉義：因為光照下來，影子是在地面上，所以照鏡子，像就會在鏡面上囉！（晤談-y20127）

此項另有概念的發現與過去相關文獻有所不同，過去研究的情境是提供學生光源的位置，學生能由光源位置的遠近將影子的概念聯

想到平面鏡的成像，認爲二者是相同的道理。然而，在本研究的問卷中，所設計的情境並未涉及光源的位置，惟，學生在判斷平面鏡成像大小時，仍將平面鏡視爲光源，甚且，利用影子的觀點來解釋平面鏡成像的大小，且認爲成像的位置是在平面鏡上。據此，可發現影響另有概念的成因爲：學生常會以其原有的概念爲基礎，對未知的現象進行推論，並將原有概念與新情境中的事件連結，因尚缺乏辨識與應用概念的能力，以致形成另有概念。

（三）平面鏡成像的大小與平面鏡的「特定距離」有關：在問卷的第三題，有 11 位學生（13.8 %）提出平面鏡成像的大小，須視所使用的平面鏡而定。這些學生認爲每一個平面鏡都有一「特定距離」，只要物體與平面鏡間的距離等於此「特定距離」，平面鏡成像的大小必與物體相等。若物體與平面鏡間的距離小於此「特定距離」，則平面鏡所成的像會變大；若物體與平面鏡間的距離大於這個「特定距離」，所成的像便會縮小。其中，學生對於「特定距離」的定義又可分爲兩類：「特定距離」的大小是固定的，或「特定距離」是不固定的。在這 11 位學生中，有 6 位（7.5 %）學生認爲這個「特定距離」是固定的，只要是平面鏡，不論鏡的大小與形狀爲何，皆不會影響此一「特定距離」。

哲明：照鏡子的時候，會有一個固定距離，大約30公分左右，如果站的比30公分遠，像會變小。站的比 30 公分近的話，像就會變大，如果正好是30公分，（成像）就會（和物體）一樣大（圖 3）。

個案教師：固定距離是指什麼？為什麼是 30 公分？

哲明：就是照鏡子的時候，會有一個距離剛好可以讓像和物體一樣大，我覺得那個距離大概有 30 公分吧！（口頭報告-y2013191）

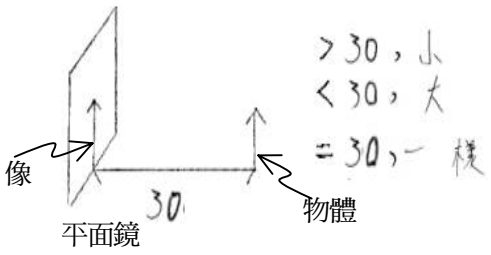


圖 3：學生解釋平面鏡成像的大小之投影片說明：被晤談的學生認爲：物體至平面鏡的距離若大於 30 公分，則成像比物體小；若小於 30 公分，成像會比物體大；如果距離恰等於 30 公分，則成像的大小與物體一樣。

維漢：照鏡子的時候，站在這個地方（指著問卷上的圖，離鏡前一段距離的地方），成像就會一樣大，如果往前面移動，像就會變大，往後退的話，像就會變的比較小。

研究者：為什麼要站在這個地方，成像才會一樣大？

維漢：每面鏡子都一樣啊！只要站在離鏡子 40 到 50 公分左右的地方，成像都會一樣大。（晤談-y30151）

另外的 5 位（6.3 %）學生則認爲此「特定距離」並沒有一定的大小，每面鏡子都不一樣，是屬於平面鏡本身的特性，就如同人的個性一般，即使是外觀一模一樣的雙胞胎，個性亦會有所差異。也就是說，即使是二面大小與形狀一致的平面鏡，其「特定距離」亦不同。

峰志：在照鏡子的時候，會有一個特定的距離，如果是站在這個距離上的話，鏡子的成像就會一樣大，站的越遠成像越小，越近的話，成像就會越大。

研究者：這個特定的距離是什麼？

峰志：沒有固定，每一面鏡子都沒有固定，這就是鏡子自己的特性啊！（晤談-y10119）

（四）平面鏡具有放大的功能：在問卷的第一題與第三題中，各有 7 位（8.8 %）學生

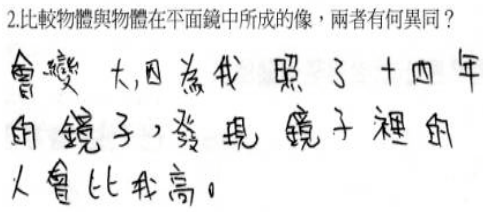


圖 4：學生對平面鏡成像大小的觀察紀錄

提及，當他們照鏡子時，所看到的像都會變的比較大，因此，學生推論平面鏡具有放大物體的功能，平面鏡成像的大小一定會比物體大。學生在問卷中提及：

我們照鏡子的時候，影像都會放大，鏡子透過反射會使人變高，也就是鏡子可以把人放大。（問卷-y30213）

在面鏡成像單元的學習單中，亦有學生指出當其在照鏡子時，所見的像比物體大，因此判斷平面鏡具有放大功能，能將物體放大（圖 4）。實際上，平面鏡並不會將物體的像放大，學生會認爲平面鏡的成像比物體大，可能來自於其對日常生活經驗的誤解，亦即，由生活體驗所形成的印象常與科學概念不符，此乃學生另有概念的成因之一。

綜合而言，學生對平面鏡成像的大小沒有穩定、一致的看法，學生所持有的另有概念會因情境的變化而有差異，此與 Shepardson 和 Moje（1994）的研究發現相符。問卷第一題的內容是將物體置於平面鏡前一固定位置，請學生判斷平面鏡成像的大小，研究發現 55 位（68.8 %）學生的想法與科學概念相符，認爲平面鏡成像的大小與物體相同。然而，當第三題的情境將物體向後挪動，置於離平面鏡較遠處，則僅剩 9 位（11.3 %）學生能正確表示成像大小與物體位置無關。第九題，則將平面鏡改爲靜止水面，亦僅有 22 位（27.5 %）學生認爲成像大小與物體相同。此外，學生對平面鏡成像大小的另有概念大多來自於日常生活經驗，或將成像大小的變化歸因於平面鏡的內部構造，認爲平面鏡可自行將成像放大或縮小，甚少有學生能以反射定律或應用反射定律解釋平面鏡成像。

二、平面鏡成像位置的另有概念：在問卷中，第二、四與九題的命題概念爲平面鏡成像位置，其中，第二和四題的內容與照鏡子的生活經驗有關，第九題的情境則以水面替代平面鏡，學生須判斷光線經水面反射後的成像位置。科學社群公認的平面鏡成像概念爲：物體反射的光線經平面鏡反射之後，行進至眼睛並將光視爲直線前進。所以，當我們觀察平面鏡成像時，會發現像在平面鏡的後方，其大小與物體相等，且像與平面鏡的距離，恰與物體到平面鏡間的距離相等。然而，學生對平面鏡成像的位置，普遍抱持與科學概念不一致的觀點，主要的另有概念類型有：

（一）採用物體投射的觀點，認爲平面鏡的成像位於鏡面：有些學生認爲光照射物體，會將影像投射在鏡面上，並認爲光源須位於物體後方。然而，本問卷命題未曾提及光線來源，但學生仍依日常生活經驗，直觀認爲光線一定要來自物體後方，並朝平面鏡的方向照射，如此，物體方能將影像投射到平面鏡上，否則平面鏡即無法成像。

文玲：光線從這裡來（手指物體的後方），一定要從這裡喔，其他地方不行。然後光線會先碰到物體，再把整個影像投射到鏡子裡面（手指圖中的虛線箭號）（圖 5）。（口頭報告-y1103090）

友柏：照鏡子的時候，光從這邊照過來（人的後方），像就會跑到鏡子這邊，…除了被人擋住的光以外，都會照在鏡子上，所以在鏡子上就會投射出一個像來（圖 6）。

研究者：光一定從這邊（人的後方）照過來嗎？

友柏：嗯！平常照鏡子不是都這樣嗎？（晤談-y30104）

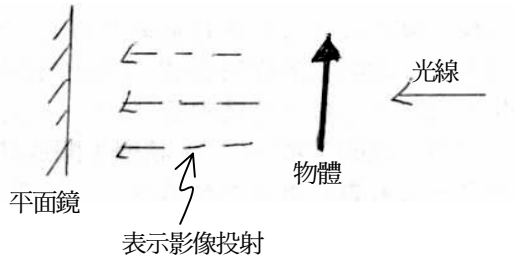


圖 5：學生利用投射的觀點解釋平面鏡成像之投影片

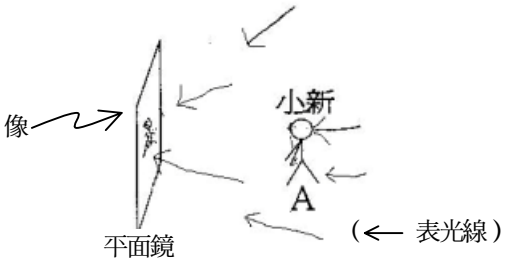


圖 6：學生利用投射的觀點所繪之平面鏡成像圖

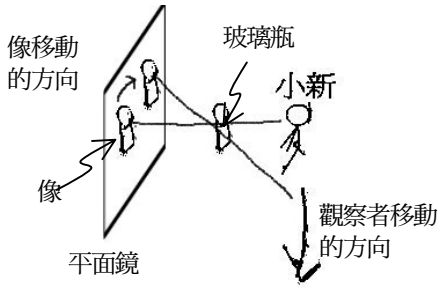


圖 7：學生利用視線延長線的觀點所繪之圖

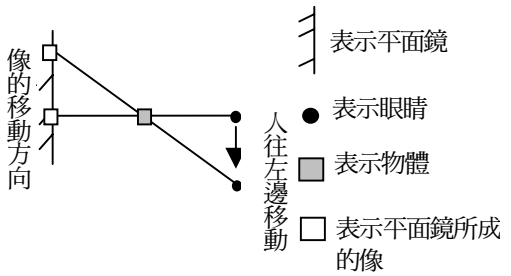


圖 8：依學生的解釋重新繪製圖 7

分析結果顯示，第二題有 16 位（20％）學生、第四題有 12 位（15％）學生及第九題有 17 位（21.3 ％）學生認爲平面鏡成像是光的投射所造成，光在抵達平面鏡後，即將影像呈現於鏡的表面，毋須透過光的反射，亦即，學生持有「光線應從物體後方照射過來，方可看到成像」的概念。在黃湘武與黃寶鈿（1989）、王晉基與郭重吉（1992）、陳忠志與許有亮（1998）、Goldberg 與 McDermott（1986）、Fetherstonhaugh 等人（1987）及 Galili 與 Hazan（2000）的研究中，皆曾指出學生會利用投射的觀點解釋平面鏡成像，惟，未提及光線來源會影響成像的另有概念。本研究亦發現，學生會將投射的觀點與平面鏡成像的機制產生不當的連結，此爲形成另有概念的可能成因。

（二）平面鏡的成像位置取決於觀察者與物體間相對位置：陳忠志與許有亮（1998）、張麗莉（2001）、Goldberg 與 McDermott（1986）及 Fetherstonhaugh 等人（1987）指出，學生認爲平面鏡的成像是由眼睛視線之延長線所形成，在本研究中亦有類似的發現。問卷中的第四題，有 48 位（60 ％）學生持有此一另有概念。依成像位置的不同，可再分爲：成像在平面鏡的鏡面上及在平面鏡後兩類。前者有 27 位（33.8 ％）學生持有此觀點，以觀察者的眼睛與物體間的連線爲依據，將此連線延長至與鏡面相交處，即爲平面鏡成像的位置，並誤認爲當觀察者左右移動時，平面鏡的成像亦會隨之移動，亦即，若觀察者向右邊移動，則平面鏡的成像即往左邊移動。事實上，成像的位置與觀察者的位置無關。

俊叡：人走動的時候，像也會跟著移動。

研究者：為什麼會跟著移動？

俊叡：如果鏡子前面有一個玻璃瓶，人本來站在中間，玻璃瓶的成像就會在鏡子的中間；人往左邊走，像就會跑到這邊來，會跑到鏡子的右邊這裡（圖 7、圖 8）。

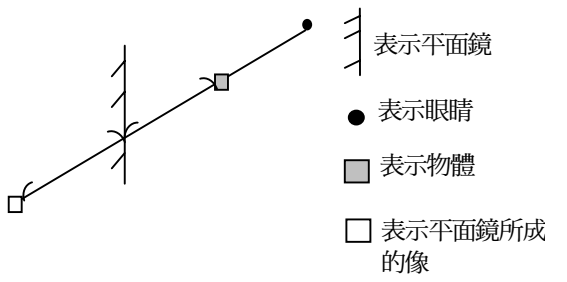


圖 9：依據晤談內容詮釋學生的觀點

研究者：為什麼像會這樣移動？

俊叡：這就是反射。(晤談-y20101)

另一類型則有 21 位 (26.2 %) 學生，皆能提及「虛像」一詞，但對虛像的概念並不瞭解，他們認爲觀察者的眼睛與物體之連線會延伸至鏡的後方，與物體到平面鏡等距離處，即爲平面鏡成像的位置，亦即，在此連線上，物體到平面鏡的距離與像到平面鏡之距離相等。

偉義：物體在右邊，所以會從鏡子照射到左邊。

研究者：是怎麼照射的？

偉義：從眼睛這邊開始，和物體連起來，連起來的這條線會一直跑到鏡子的後面，所以在鏡子的後面，和前面這一段距離一樣的地方，就會有一個像，因為平面鏡成像是虛像，所以像可以跑到鏡子的後面（圖 9）。

研究者：你所指的虛像是什麼？

偉義：我不知道，只是以前國小老師有提過，我知道虛像會這樣，可是不知道為什麼。(晤談-y201271)

在問卷中，與平面鏡成像位置相關的題目有第二、四與九題。問卷第二題是將物體置於平面鏡前，請學生指出平面鏡成像的位置，此題有 46 位 (57.5 %) 學生能正確指出平面鏡成像的位置，認爲成像到平面鏡的距離等於物體到平面鏡的距離。與第二題相較，第四、九題的內容則較複雜。第四題，學生除須知道平面鏡的成像位置外，尚須理解光經平面鏡反射後的行進路線，方能正確回答。第九題則未涉及平面鏡，是將靜止水面類比爲平面鏡，請學生指出靜止水面成像的位置，希冀藉由不同的情境瞭解學生對於光反射的理解程度。因試題情境的變化較大，第四與九題的答對率明顯較第二題降低許多，分別僅有 18 位 (22.5 %) 與 26 位 (32.5 %) 學生能正確作答。在 Greca 與 Moreira (2000) 的研究中亦有類似的發現，當試題內容愈複雜、涵蓋愈多相關概念時，學生通常缺乏統整與融會貫通的能力，較難與已知的知識作連結。此外，學生在解釋平面鏡成像位置時，多採用投射的觀點或延長視線的方式決定平面鏡成像的位置，甚少提及「反射」一詞，更遑論運用反射定律來解釋平面鏡成像。

三、凸透鏡成像性質的另有概念：問卷第十題的內容與光折射有最直接的相關，旨在探究學生對折射定律的理解程度，並作爲分析學生對凸透鏡成像概念的基礎。問卷的第五、六、七、八和十一題，皆是凸透鏡成像的概念，要求學生指出凸透鏡成像的大小與位置，並闡述理由。其中，除第十一題是透過圓形魚缸觀察金魚的大小，以探究學生能否與凸透鏡成像作連結外，其餘的命題情境皆與利用放大鏡觀察物體有關，第五題是觀察近物，第六與七題爲觀察遠物，而第八題則是由遠至近，緩慢移動放大鏡，觀察成像大小的變化。以問卷的第六題爲例，試題內容爲：

小新看到爸爸在使用放大鏡覺得很好玩，就向爸爸借過來玩，小新伸直手臂拿著放大鏡，透過放大鏡看窗外遠方的大樓，他感覺放大鏡所成的像大小如何？

此題旨在探究學生是否瞭解放大鏡即爲凸透鏡，以及利用放大鏡觀察遠物時，其成像大小會比實物小的概念。本研究發現學生對凸透鏡成像，普遍持有與科學知識不符的另有概念，主要的類型可分爲：

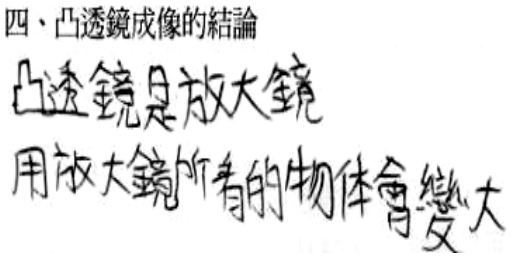
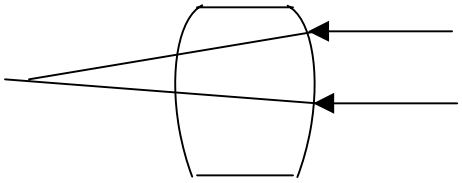


圖 10：學生對凸透鏡成像大小的解釋



凸透鏡

圖 11：研究者依據學生的想法所繪之凸透鏡成像圖

（一）受放大鏡語意的影響，認爲凸透鏡一定會將成像放大：分析晤談與學生撰寫的文件資料發現，第六、八與十一題中，學生普遍能瞭解放大鏡是由凸透鏡製作而成，有 15 位（18.8 %）學生受到放大鏡語意的影響，認爲放大鏡僅能將成像放大，亦即，凸透鏡的成像必定比物體大，且不可能有成像比物體小的情況發生。在透鏡成像的活動中，學生曾在學習單上寫著：

瑄瑄：用凸透鏡看，像會放大。

研究者：為什麼用凸透鏡看，像就會放大？

瑄瑄：因為放大鏡是用凸透鏡做的啊！放大鏡就是會把東西放大，才會叫做放大鏡。（晤談- y20210）

在許榮富與洪振方(1993)的研究中指出，學生對於放大鏡的「放大」之語意，會產生「物體放大」的心智模型。因此，學生在判斷凸透鏡成像的大小時，會受放大鏡語意的影響，認爲成像必定比實物大。實際上，當放大鏡距離眼睛一個手臂的距離，觀看遠處大樓所見的成像是倒立縮小的實像。所以，學生持有「凸透鏡成像大小必定大於物體」的另有概念，部分是源自於學生對於語意的誤解與混淆。

（二）凸透鏡具有會聚光線的效果，能使成像的大小縮小：有些學生擁有凸透鏡能會聚光線的概念，以平行光線經過凸透鏡後會聚於焦點的概念爲基礎，推論只要是凸透鏡的成像，必會聚於一點，當光線經過凸透鏡後，不論物距大小爲何，其成像皆會因光線會聚的關係而縮小。

俊叡：國小的時候，老師有讓我們用放大鏡去燒紙，紙就會燃燒，老師說光經過放大鏡會集中成一點，...看大樓的時候也是一樣，（光）就這樣集中過來，像就會變小（圖 11）。（晤談-y20101）

在問卷的第六、八與十一題中，有 9 位(11.3 %）學生擁有前述另有概念，研究者與學生晤談後發現，學生有此想法主要是因爲在國小的課程中，曾利用凸透鏡會聚太陽光，將樹葉或紙片燃燒的經驗。在此過程中，學生能明確地觀察到太陽光經凸透鏡會聚於焦點時產生的亮點。此時，課程若無安排其他的教學活動，讓學生觀察凸透鏡的不同成像方式與性質，學生則易將所學的內容視爲凸透鏡成像的唯一方式，認爲凸透鏡的成像必定會聚於一點，且成像大小亦會隨之縮小。此外，研究者進行教室觀察時，從學生動手操作的活動中，發現有些學生對於凸透鏡成像亦持有類似的另有概念類型。爲深入探究學生的觀點，研究者利用課餘時間與學生進行非正式晤談，發現學生持有「因凸透鏡能聚光，故將成像縮小」的另有概念。

學生在製作望遠鏡的活動中，僅嘗試用不同焦距的凸透鏡進行排列組合，未曾使用凹透鏡。經非正式的晤談後，發現學生認為凸透鏡會聚光，能將遠方的物體聚集，形成縮小的像，而凹透鏡則會使光發散，並將成像放大。（課室觀察-y2020591）

（三）凸透鏡成像時，光先會聚，後再發散

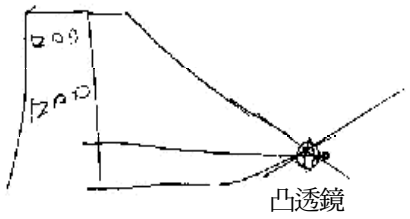


圖 12：學生所繪之凸透鏡成像圖

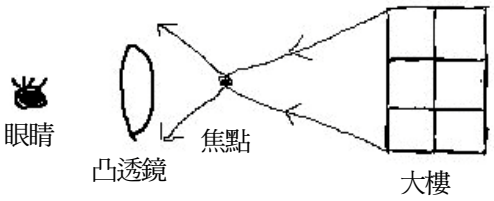


圖 13：學生所繪之凸透鏡成像圖

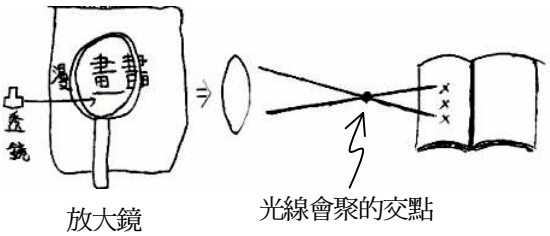


圖 14：學生針對凸透鏡成像大小與方式所繪的圖

成像：Galili 與 Hazan（2000）的研究指出，學生對凸透鏡成像的另有概念是：光線先會聚於凸透鏡上任意一點，然後再發散成像。在本研究中，學生亦持類似的另有概念，但依據學生的作答與晤談內容，又可將另有概念依光線會聚位置的不同再加以細分，分別是光線會聚於：

1. 凸透鏡上任意一點：在問卷第五、六、七和八題中，皆恰有 13 位（16.3 %）學生認爲光會先聚集在凸透鏡上任一點，然後再發散成像。

峰志：光線從大樓過來，會先聚集在凸透鏡上，然後再散開來（圖 12）。（問卷-y10119）

2. 凸透鏡的焦點：第五和八題有 15 位（18.8 %）、第六題有 10 位（12.5 %）及第七題有 12 位（15 %）學生認爲光線經過凸透鏡後，必定會聚於一點，且須會聚於凸透鏡的焦點上。

品姿：光從這邊（大樓）跑過來，先聚在焦點的地方，接下來會發散，就會看到像了（圖 13）。

研究者：為什麼光會先聚在焦點，然後再發散？

品姿：國小老師說的啊！他說凸透鏡可以把光線會聚成一點。

……

品姿：像和原來的（大樓）一樣大。

研究者：為什麼像會一樣大呢？

品姿：因為大樓本來就是那麼大！（晤談-y10215）

3. 凸透鏡與物體連線上的任意一點：在第五、七與八題有 10 位學生（12.5 %）及第六題有 6 位學生（7.5 %），則認爲光線是會聚於凸透鏡與物體連線上的任一點，再發散成像。

文強：用凸透鏡看，字會放大，所以「漫畫書」中間的「畫」看起來就會比較大（圖 14）。

研究者：為什麼會放大呢？

文強：光線從書那邊過來，然後集中在這裡（手指圖上光線會聚的交點），經過這裡之後，再分散開來，就會有一個比較大的像。

研究者：為什麼光會先集中在這一點？

文強：以前小學的老師提過，我記得是他說凸透鏡可以讓光線會聚成一個點，隨便一點都可以啦！只要在凸透鏡和字中間就好了。（晤談-y30150）

持有此類型另有概念的學生，對凸透鏡的成像皆擁有相同的想法，認爲光經凸透鏡後，先會聚於一點後，再發散成像。其中，部分學生指出是國小教師告知其凸透鏡能將光線會聚於一點，並認爲此概念適用於所有凸透鏡成像

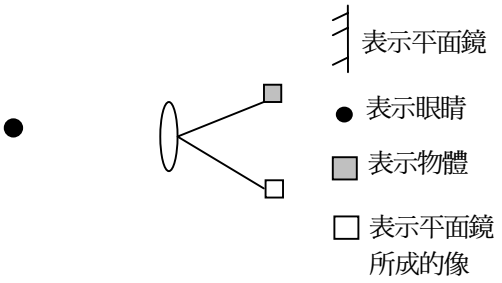


圖 15：研究者依據與學生晤談的內容所繪成之圖形



圖 16：學生在問卷上對平面鏡成像的解釋

的情況。事實上，倘物體位於凸透鏡的焦距外，凸透鏡能聚光線於一點的概念並無錯誤，然而，當物體位於凸透鏡的焦距內，凸透鏡雖能會聚光線，卻無法使光線會聚成一點；若將物體置於凸透鏡的焦點上，則光線完全無法會聚。因此，若課程僅提供學生單一的、片段的科學概念，則可能成爲學生形成另有概念的原因，學生在不知尚有其他成像方式的情形下，易將所知的、僅有的概念視爲唯一的解釋。在凸透鏡成像大小方面，本研究發現學生並沒有一致的觀點，即使學生持有相同的另有概念，其對於成像大小的觀點仍包含放大、縮小與維持不變等，惟，學生皆難以明確指出影響凸透鏡成像大小的原因。

（四）利用光的反射概念解釋凸透鏡成像原理：學生對於光的反射與折射概念，常有混淆的情況產生，有 4 位（5 %）學生在第七題及 17 位（21.3 %）學生在第十一題中，認爲凸透鏡的成像是由光的反射造成，當光線由物體表面反射至凸透鏡時，僅會於凸透鏡處發生反射，且成像與物體在凸透鏡的同一側。

研究者：為什麼你認為用凸透鏡看東西，看到的像會變大？

建發：因為光線會反射。

研究者：光線是怎麼反射的？

建發：光線到凸透鏡這邊，在鏡面這裡反射過來，我們眼睛在這邊，就可以看到像了（一邊說，一邊用手筆劃，如圖 15）。（晤談-y10124）

於本研究中，不論是問卷、文件資料或晤談等，皆可見學生對光的反射與折射概念產生混淆不清的情況，甚且，有學生提及平面鏡成像是因光線碰觸鏡面後產生折射現象，致使光線改變方向（圖 16）。在王晉基與郭重吉 (1992)、田芬華(1996)及 Anderson 與 Kärrqvist（1983）等，亦曾發現學生常將光的反射與折射概念混爲一談。

在問卷中，第五、六、七、八和十一題皆與凸透鏡的成像機制有關，其中，第五題是利用放大鏡觀察近物，第十一題是以圓形魚缸取代凸透鏡，並請學生指出凸透鏡成像的位置。這兩題的情境在學生的生活經驗中較爲常見，所以學生的答對率明顯偏高，第五題有 32 位（40 %）學生及第十一題有 30 位（37.5 %）學生能正確指出凸透鏡成像的位置。其餘三題則是利用放大鏡看遠處的物體，或移動放大鏡的位置，在第六和七題有 16 位（20 %）及第八題有 15 位（18.8 %）學生能確切指出凸透鏡成像的性質，答對率明顯低於第五和十一題，主要原因爲學生缺乏此方面的生活經驗，亦少有這方面的資訊。此外，與平面鏡成像的概念相似，學生在面對凸透鏡成像問題時，皆難以運用折射定律進行解釋，多以直觀的方式或利用簡單的線條，勾勒出凸透鏡成像的機制，此一情形，亦能與第十題的結果相呼應。第十題，

主要是探究學生對折射定律的理解程度，問卷結果顯示多數學生皆無勾選答案與提出解釋，顯然，學生對於折射定律的理解不足，亦難以從中分析另有概念，甚且，僅有 5 位（6.3 %）學生能選擇正確選項，但無法提出正確的解釋或說明光的折射原理，可見多數學生對於光折射的理解僅止於觀察所得的成像，對於光折射的機制與光行進方式，尚存在許多另有概念。

伍、結論與討論

學生面對自然現象時，常會依據個人的概念架構進行預測與解釋，Novak（1988）指出，學生從經驗中建構的概念通常與科學概念不符，且不易經由教學而產生改變。本研究探究學生對光學的另有概念，發現學生對光的反射與平面鏡成像普遍持有的另有概念包括：利用視角的觀點、影子形成的概念與物體投射的觀點等來解釋平面鏡的成像，並認爲平面鏡的成像是位於鏡面處，或成像的位置會隨觀察者位置的不同而改變，與 Fleer（1996）、Croucher, Bertamini 和 Hecht（2002）、Goldberg 和 McDermott(1986)及 Galili, Goldberg 和 Bendall（1991）等人的研究發現相似。其中，有關利用影子形成與物體投射觀點來解釋平面鏡成像的另有概念，本研究則有進一步的發現：本研究發展的題目雖未提及光源位置，但學生在解釋平面鏡成像時，仍將光源位置納入考量，並認爲平面鏡即是光源，利用物體在光源照射下可生成影子的觀點，說明平面鏡成像。亦有學生認爲平面鏡成像時，必定有來自物體後方的光線，將物體的影像投影至平面鏡上。因此，不論診斷工具的題目是否提及光源，學生皆有可能會將光源位置視爲影響平面鏡成像的因素之一。此外，學生常將「影」和「像」生成的原因混淆在一起，值得在教學過程中，設法予以釐清。

此外，本研究亦發現學生認爲平面鏡成像的大小與物體至平面鏡的距離有關，且平面鏡有一「特定距離」，若物體與平面鏡的距離大於此「特定距離」，則成像的大小會小於物體，反之亦然。惟，物體到平面鏡的距離與「特定距離」相等時，成像的大小才會與物體相等。甚且，學生將此「特定距離」視爲平面鏡的特性，認爲平面鏡皆擁有此「特定距離」，但對「特定距離」的量值則有不同的觀點，部分學生認爲此「特定距離」的值會因平面鏡的不同而有差異，即使是兩面外觀相同的平面鏡，「特定距離」亦未必相等。另外，則有些學生認爲「特定距離」是固定不變的。由此可知，學生對於平面鏡成像大小的概念，已發展成一有組織且相當縝密的另有概念架構，且易與日常的觀察經驗相連結，以致，學生更加難以摒棄這樣的想法。不論如何，學生何以有特定距離的想法，值得繼續研究。

有關光折射的另有概念，Galili（1996）; Galili 與 Hazan（2000）以及 Goldberg, Bendall 與 Galili（1991）等人的研究發現，學生對於凸透鏡成像普遍持有：光線經過凸透鏡後，必須先會聚於凸透鏡上一點，然後再發散成像，或將反射與折射的概念相互混淆，並會受語意影響，認爲放大鏡的成像大小必定比物體大等另有概念，在本研究中皆有類似的發現。其中，本研究發現學生在解釋凸透鏡成像時，除認爲光線會在凸透鏡上會聚成一點再發散成像外，學生尚有兩種類似的另有概念：光線會聚於凸透鏡的焦點上以及物體與凸透鏡連線上的任意一點，然後再發散成像。雖然學生認知的光線會聚位置不同，但皆難以清楚說明爲何光線需會聚於某位置時，方能成像的原因。此外，本研究亦有一些與文獻不同的發現，例如：學生會受國小階段學習經驗的影響，認爲凸透鏡是會聚透鏡，能會聚光線並將成像縮小。所以，學生在建構知識的過程中，多會以先前經驗爲

基礎，並加以推論與延伸，進而發展新的概念，然而，當學生的日常生活經驗有限或做不適宜推論時，另有概念即油然而生。

光的折射與反射概念對學生而言，是相當抽象且不易學習的，學生通常難以瞭解光的反射與折射機制，且無法對成像的概念提出明確的解釋。本研究的結果顯示，學生不論是否知道「反射」/「折射」一詞，皆無法正確解釋或說明光的反射/折射原理，多數學生是採用光的反射或折射現象進行解釋。以平面鏡的反射爲例，學生僅能提出平面鏡的成像大小與物體的大小相同、成像與物體左右相反、以及像至平面鏡的距離等於物體到平面鏡的距離等有關的平面鏡反射現象，作爲光的反射概念之解釋。甚且，也有部分學生引用不適宜的現象加以解釋，如採用投射的觀點說明光的反射概念等。據此，大致可將學生對於光的反射/折射概念之理解程度，分爲三種情形：

一、知道「反射」/「折射」一詞，且能應用合宜的現象來解釋或說明反射/折射概念，但仍無法說出反射或折射的意涵。

二、知道「反射」/「折射」一詞，卻無法對反射/折射概念提出進一步的解釋或說明，僅止於名詞的使用，抑或，應用不當的現象來解釋或說明反射/折射概念。

三、不知道「反射」/「折射」一詞，亦無法對反射/折射概念提出進一步的解釋或說明，甚且，應用不合宜的現象來解釋或說明反射/折射概念。

在學生另有概念的成因方面，本研究歸納出下列的可能因素：

一、國小階段的科學課程並未以提供學生完整與系統的概念爲主要目標：多數國小階段的科學課程因考慮學生認知層次的發展，認爲國小學生多屬於Piaget認知發展階段中的具體運思期，所以，國小科學課程通常僅呈現簡單、具體的科學概念，對於有理論基礎的科學理論和定律，較少提出說明或解釋。然而，倘科學課程僅提供單一情況或單一條件下的概念，且未向學生說明科學概念尚存在著其他情況的適用性，則學生可能會因爲缺乏對於概念的完整認識，將其在國小階段學習的科學內容視爲科學概念的全貌，甚至形成根深蒂固的另有概念。以凸透鏡成像爲例，當課程內容僅提及平行光經過凸透鏡後，必會聚於凸透鏡的焦點時，學生通常較少有機會針對此概念作進一步的探討，以瞭解不同形式的光線經過凸透鏡後的行進路徑，則易將所學的內容視爲唯一可能發生的情況，以致產生另有概念。在Stavridou 與 Solomonidou（1998）及Summers（1983）的研究中，亦曾指出教科書是造成學生產生另有概念的可能因素。甚且，國小學生包括一至六年級，學生資質也常存在著差異。因此，國小的教學固然須考量內容的合適度之外，亦應提供學生自行探索的學習方法，以因應不同學生的需求。

二、日常生活的局部體驗：學生透過與生活環境的互動，形成個人的經驗，並以此作爲知識建構的基礎，然而，學生通常僅對常見的現象有較深刻的印象與體認，甚且，易於將局部的體驗類推到整體，認爲所有的情況皆會相同。例如：學生曾有使用放大鏡將物體放大的經驗，即將此局部的體驗加以延伸，認爲放大鏡的成像必定大於物體。Garnett 等人（1995）及 Lewis

與 Linn（1994）皆曾指出，學生的另有概念可能源自於對日常生活經驗的理解，與本研究的發現極爲類似。此外，有時學生對其日常生活現象並未仔細、深入的觀察，僅經由個人的觀感與想像，即對現象賦予意義，例如：學生認爲平面鏡能將物體放大，當回憶個人生活體驗時，即受個人印象所影響，主觀的認爲現象應與潛藏的想法相符，學生會認爲照鏡子所看到的像大於物體，即爲一例。

三、字義、語詞的誤解與混淆：學生通常會運用自己內在的語言解釋科學現象，如光線行進至平面鏡時，會發生反射的現象，然而，在學生眼中，卻認爲光線遇平面鏡後會折返回來，並將此現象視爲光的折射，因而誤解折射定律的意涵。此外，光的反射與折射僅有一字之差，學生易將兩者混淆使用，且難以明確區分反射與折射概念間的差異。同時，亦會受到語意的影響，以致應用字面的意義來詮釋科學現象。事實上，文化和語言的因素常使得學生易於採用直覺的判斷與字面的意義，詮釋科學現象或理解科學概念。

四、不當的連結與推理，用既有的概念解釋未知的現象：建構主義者認爲在學習的過程中，學生原有的知識扮演極重要的角色，學生在面對未知的現象時，會以其原有概念爲基礎，建構新的概念。例如：學生解釋平面鏡成像時，會應用影子形成的概念，進行不當的推理，或將平面鏡視爲光源，並將平面鏡成像與影子的形成相對應，以致產生另有概念。Galili 與 Hazan（2000）及 Watson, Prieto 與 Dillon（1997）皆曾指出學生會應用邏輯推論，來解釋不同的現象，促而產生與科學概念不一致的另有概念。

在 Head（1986）的研究中，主張直覺亦屬於學生形成另有概念的因素，認爲此乃學生由經驗中建構的個人主觀觀點。在本研究中，由問卷與晤談的資料，亦不難發現學生在解釋光學現象時，經常給予「不知道」或「直覺」等的答覆，但經課室觀察後，即可察覺學生並非眞的無法理解光的反射與折射概念。多數學生進行實務活動時，在操弄實物的過程中，皆能展現出與科學概念相符的知能，惟，學生常缺乏耐性，不願認眞思考，並以合適的話語表達自己的想法，喜以「不知道」或「直覺」作爲搪塞的理由，避免自己須進一步解釋或說明。因此，本研究並不將天生的直覺視爲學生另有概念的成因之一。

教師在教學前，需先瞭解學生的另有概念類型與成因，俾能營造使學生產生概念衝突的教學環境，促使學生對原有的概念感到不合適，並修正其概念架構，以符合科學社群的概念。因此，本研究的發現可提供教師瞭解國中學生普遍持有的光的反射與折射之另有概念類型，並能針對這些另有概念，設計有助於學生學習的教學策略，以引導學生發生概念改變，進而建構與科學概念一致的概念架構。

基於本研究的研究過程與發現，提出以下的建議：

一、Tessmer, Wilson 和 Driscoll（1990）認爲教學應與學生的先前概念作連結，並注重概念的推理與應用；Shepardson（1999）提出教學時應注重學生的另有概念，利用異例引發學生認知上的衝突，將有助於概念的建構。所以，本研究的結果將能提供教師作爲教材設計的參考，以協助學生進行更有效的學習。

二、教師可利用本研究發展的問卷，對學生進行另有概念的診斷，其結果除可探究學生的另有概念與瞭解學生的學習位階之外，尚可評估學生的學習成效，及供教師與學生作爲教與學的反思之用。然而，因問卷第十題，能正確作答的學生人數明顯偏低，且僅包含一個概念，未來欲使用本問卷作進一步的研究時，可考慮刪除。

三、後續的研究宜針對國內、外已發展的概念診斷工具進行比較，並分析各診斷工具的特色與適用性。此外，亦可比較國內、外學生的另有概念之異同，並探究可能原因。特別是，應由認識論、本體論或動機的觀點來探討對於學生概念形成的影響。

四、有關光的反射與折射概念的後續研究問題，可依據本研究所發現的另有概念類型爲基礎，設計有助於學生概念改變的教學策略，分析學生概念改變的歷程，並探討能促使學生發生概念改變的因素。

致　　謝

本研究的進行與撰寫蒙行政院國家科學委員會專題計畫經費支助（NSC 91-2522-S-018-002），二所參與研究的國中、教師及學生，亦一併致謝。

參考文獻

1. 王晉基和郭重吉（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。
2. 田芬華（1996）：師院非數理系學生看的本質暨凸透鏡成像概念之研究。**台南師院學生學刊**, **17**, 156-174。
3. 張麗莉（2001）：**促進高中學生成像概念的發展之個案研究**。高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
4. 郭重吉（1995）：建構主義與數理教學。**建構與教學**, 1。
5. 陳忠志和許有亮（1998）：國中生平面鏡成像的另有概念之探討。**物理教育**, **2**(1), 2-14。
6. 黃湘武和黃寶鈿（1989）：**學生平面鏡成像及其相關光學概念之研究**。國科會專題研究計畫。台北：國立台北師範大學。
7. 許榮富和洪振方（1993）：凸透鏡成像理解的心智表徵及潛在特質分析。**科學教育學刊**, **1**(1), 77-100。
8. Anderson, B., & Kärrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, *5*(4), 387-402.
9. Brickhouse, N. W. (1994). Children's observation, ideas, and the development of classroom theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(6), 639-656.
10. Croucher, C. J., Bertamini, M., & Hecht, H. (2002). Naïve optics: Understanding the geometry of mirror reflections. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, *28*(3), 546-562.
11. Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher, 23*(7), 5-12.
12. Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, *67*(240), 443-456.
13. Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University.

14. Feher, E., & Rice, K. (1987). Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision.(Ⅰ). *Science Education*, *71*(4), 629-639.
15. Feher, E., & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: Children's conceptions of light and vision.(Ⅱ). *Science Education*, *72*(5), 637-649.
16. Feher, E., & Rice, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(5), 505-520.
17. Fellows, N. J. (1994). A window into thinking: Using student writing to understand conceptual change in science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(9), 985-1001.
18. Fetherstonhaugh, T., Happs, J., & Treagust, D. (1987). Student misconceptions about light: A comparative study of prevalent views found in western Australia, France, New Zealand, Sweden and the United States. *Research in Science Education*, *17*, 139-148.
19. Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, *22*(1), 53-62.
20. Fleer, M. (1996). Early learning about light: Mapping preschool children's thinking about light before, during and after involvement in a two weeks teaching program. *International Journal of Science Education*, *18*(7), 819-836.
21. Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, *18*(7), 847-867.
22. Galili, I., Goldberg, F. M., & Bendall, S. (1991). Some reflections on plane mirrors and images. *Physics Teacher*, *29*(7), 471-477.
23. Galili, I. & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: Interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, *22*(1), 57-88.
24. Galili, I. & Lavrik, V. (1998). Flux concept in learning about light: A critique of present situation. *Science Education*, *82*(5), 591-613.
25. Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
26. Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequence for teaching. *Science Education*, *66*(4), 623-633.
27. Goldberg, F. M., Bendall, S., & Galili, I. (1991). Lenses, pinholes, screens and the eye. *Physics Teache*, *29*(4), 221-224.
28. Goldberg, F. M. & McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher*, *24*(11), 472-480.
29. Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modeling. *International Journal of Science Education*, *20*(1), 1-11.
30. Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (1999). *Exposing gaps in college biochemistry understanding using new cognitive probes.* Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.
31. Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001a). *A qualitative look at a quantitative approach to alternative conceptions research: The two-tier instrument*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, Louis, MO.
32. Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001b). The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose. *International Journal of Science Education*, *23*(10), 1039-1052.

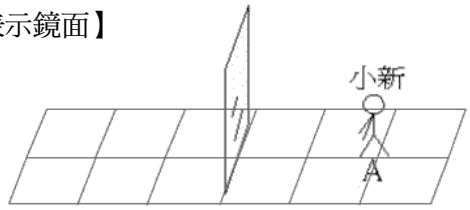
33. Head, J. (1986). Research into 'alternative frameworks': Promise and problems. *Research in Science and Technological Education*, *4*(2), 203-211.
34. Lewis, E. L., & Linn, M. C. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(6), 657-677.
35. McGinn, M. K., & Roth, W. (1998). Assessing students' understanding about levers: Better test instruments are not enough. *International Journal of Science Education*, *20*(7), 813-832.
36. Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2000). *Teaching science for understanding: A human constructivist view*. San Diego, CA: Academic.
37. Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education*, *35*(3), 118-124.
38. Novak, D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, *15*(1), 77-101.
39. Osborne, J. F., & Black, P. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, *15*(1), 83-93.
40. Palmer, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, *23*(7), 691-706.
41. Piaget, J. (1969). *The psychology of the child*. New York: Basic Books.
42. Saxena, A. B. (1991). The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, *13*(3), 283-289.
43. Settlage, J. (1995). Children's conception of light in the context of a technology-based curriculum. *Science Education*, *79*(5), 535-553.
44. Shepardson, D. P. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, *21*(1), 77-94.
45. Shepardson, D. P., & Moje, E. B. (1994). The nature of fourth graders' understandings of electric circuits. *Science Education*, *78*(5), 489-514.
46. Stead, B. F., & Osborne, R. J. (1980). Exploring science students' concepts of light. *Australian Science Teachers Journal*, *26*(3), 84-90.
47. Stavridou, H., & Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *International Journal of Science Education*, *20*(2), 205-221.
48. Summers, M. K. (1983). Teaching heat: An analysis of misconceptions. *School Science Review*, *64*(229), 670-676.
49. Tamir, P. (1989). Some issues related to the use of justifications to multiple-choice answers. *Journal of Biological Education*, *23*(4), 285-292.
50. Tan, K. C. D., Goh, N. K., Chia, L. S., & Treagust, D. F. (2002). Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(4), 283-301.
51. Tessmer, M., Wilson, B., & Driscoll, M. (1990). A new model of concept teaching and learning. *Educational Technology, Research and Development*, *38*(1), 45-53.
52. Thagard, P. (1996). *Mind: Introduction to cognitive science*. Cambridge, MA: MIT.

53. Thijs, G. D. (1992). Evaluation of an introductory course on "force" considering students' preconceptions. *Science Education*, *76*(2), 155-174.
54. Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, *1*(2), 205-221.
55. Vosniadou, S. (1991). Conceptual development in astronomy. In S. Glynn, R. Yeany, & B. Brotton (Eds), *The psychology of learning science* (pp.149-177). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
56. Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Education Research*, *57*(1), 51-67.
57. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University.
58. Wandersee, J. H. (1988). Ways students read texts. *Journal of Research in Science Teaching*, *25*(1), 69-84.
59. Watson, J. R., Prieto, T., & Dillon, J. S. (1997). Consistency of students' explanations about combustion. *Science Education*, *81*(4), 425-443.
60. Watts, M. D. (1985). Student conceptions of light: A case study. *Physics Education*, *20*(1), 183-187.

附錄一

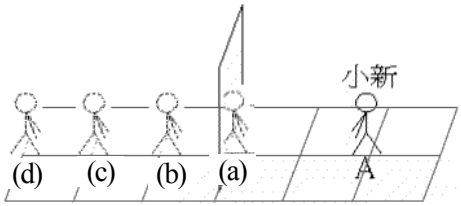
選擇你認爲正確的答案，作答方式如 ＿✓＿（若無合適選項，請於空白處寫下你的答案），並說明你作答的理由，爲了清楚表達你的想法，若有需要並請繪圖與說明你的看法。

1. 在星期天的下午，小新他們一家人決定要出去吃晚飯，小新很高興地跑進房間去換衣服。在房間裡的牆壁上，掛著一面平面鏡，小新站在 A 位置照鏡子時，他感覺平面鏡所成的像，和本身的身高相比，是如何？【圖形中 ”/ / ”表示鏡面】



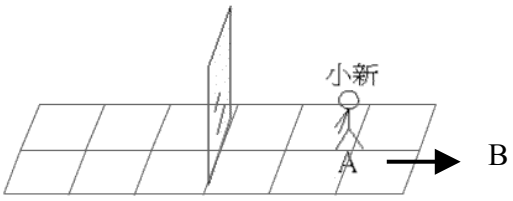
＿＿（a）平面鏡所成的像比較高。
＿＿（b）小新本人比較高。
＿＿（c）平面鏡所成的像和和小新一樣高。
請說明你作答的理由：

2. 接著小新又想了一想，他感覺平面鏡所成的像會在哪裡？



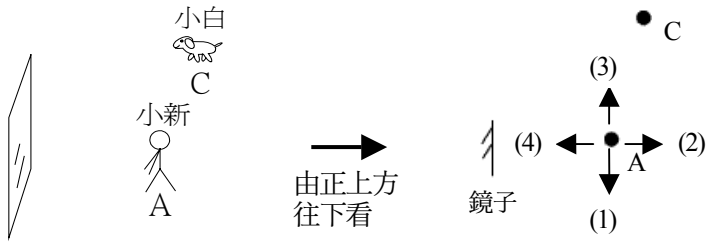
＿＿（a）和鏡子的位置一樣。
＿＿（b）比小新到鏡子間的距離近。
＿＿（c）和小新到鏡子間的距離一樣。
＿＿（d）比小新到鏡子間的距離遠。
請說明你作答的理由：

3. 如果小新往後退，從 A 退到 B 位置的地方，此時（即在 B 位置），他感覺平面鏡所成的像，和站在原來 A 位置時平面鏡所成的像，會有什麼不一樣嗎？



＿＿（a）小新站在 A 位置時，平面鏡所成的像比較大。
＿＿（b）小新站在 B 位置時，平面鏡所成的像比較大。
＿＿（c）不管小新站在 A 或 B 位置，平面鏡所成的像都一樣大。
說明你作答的理由：

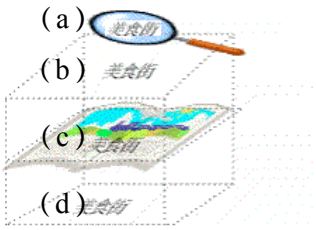
4. 當小白（狗）從客廳跑進小新的房間裡面，站在 C 位置的地方，小新要往哪些方向移動，才能在鏡子裡面看到小白嗎？（如果需要，可以複選）



____（a）往（1）的方向移動。
____（b）往（2）的方向移動。
____（c）往（3）的方向移動。
____（d）往（4）的方向移動。
____（e）不需要移動。
請說明你作答的理由：

5. 小新換好衣服之後，到了客廳，全家人正在討論要去哪裡吃飯，爸爸拿著放大鏡靠近雜誌，看上面介紹的美食街，他感覺放大鏡所成的像在哪裡？

爸爸感覺放大鏡所成的像：
____（a）和放大鏡的位置一樣。
____（b）在放大鏡和雜誌之間。
____（c）和雜誌的位置一樣。
____（d）比雜誌的位置遠。
請說明你作答的理由：



6. 小新看到爸爸在使用放大鏡覺得很好玩，就向爸爸借過來玩，小新伸直手臂拿著放大鏡，透過放大鏡看窗外遠方的大樓，他感覺放大鏡所成的像大小如何？

小新感覺放大鏡所成的像：
____（a）變大了。
____（b）變小了。
____（c）大小沒有改變。
請說明你作答的理由：

7. 小新伸直手臂拿著放大鏡，透過放大鏡看窗外遠方的大樓，他感覺放大鏡所成的像在哪裡？





小新感覺放大鏡所成的像：
____（a）在原來的大樓和小新之間。
____（b）和原來的大樓位置一樣。
____（c）比原來的大樓位置遠。
請說明你作答的理由：

8. 然後，小新再用放大鏡看桌上的漫畫書，將放大鏡從書的上方慢慢地往自己眼睛的方向移動，在這個過程中，小新感覺放大鏡所成的像大小有什麼變化嗎？

小新感覺放大鏡所成的像會：

____（a）變大。
____（b）變小。
____（c）先變大再變小。
____（d）先變小再變大。
____（e）不會改變。

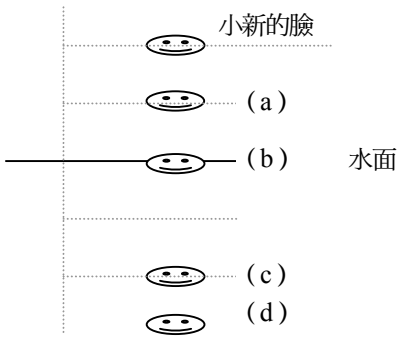
請說明你作答的理由：

9. 最後，小新的爸爸決定要到夜市吃晚飯。到了夜市他們發現前面聚集了一堆人，全家人都很好奇這些人到底在做什麼，這時候小新的媽媽就發揮她平時購物的功力，帶著全家人擠到最前面，原來是在撈金魚。小新盯著裝金魚池子，發現可以看到自己，小新感覺水面所成的像在什麼位置呢？且其大小是否有改變？

小新感覺水面所成的像：

____（a）在水面的上方，且像的大小有改變。
____（b）在水面的地方，且像的大小不變。
____（c）在水面的下方，像和水面的距離和臉到水面的距離一樣，且像的大小不變。
____（d）在水面的下方，像和水面的距離比臉到水面的距離長，且像的大小有改變。

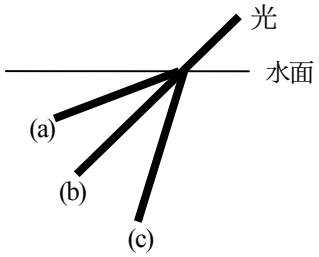
請說明你作答了理由：



10. 小新看著池子裡的魚游來游去，發現池子上方的雷射燈有一道光照到水裡，此時，小新由池子的側面觀看，他看到水裡面的光線是下列何者？

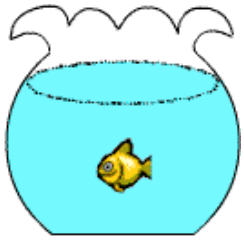
____（a）光線向上偏折。
____（b）光線沒有偏折，與原來的路徑相同。
____（c）光線向下偏折。

請說明你作答的理由：



11. 小新試了好多次，每次都撈不到金魚。最後是靠爸爸的幫忙，才好不容易撈到了一條，小新就很開心地提著金魚去吃飯。回到家裡之後，小新把魚放進魚缸裡，從魚釭的側面看魚在裡面游動，這個時候小新所看到的像，在大小上會不會有什麼不同？

小新所看到的像會：



____（a）變得比較大隻。
____（b）變得比較小隻。
____（c）並沒有改變。

請說明你作答的理由：

＊作完了這些題目之後，你的感想是什麼？請扼要敘述並謝謝你的耐心作答。

The Development of A Diagnostic Instrument to Investigate Students' Alternative Conceptions of Reflection and Refraction of Light

Jun-Yi Chen[1], Huey-Por Chang[2] and Chorng-Jee Guo[3]

[1]Graduate Institute of Science Education, [2]Department of Physics,
National Changhua University of Education
[3]Department of Natural Science Education,
National Taitung University College of Education

Abstract

The purpose of this study was to develop an instrument to diagnose junior high school students' alternative conceptions of reflection and refraction of light. Eleven test items were categorized into four core concepts: image formed by a plane mirror, image formed by a convex lens, law of reflection, and law of refraction. This instrument was administered to eighty students (seventh and eighth graders) from two schools. After systematically analyzing the data gathered from the students' answers to the diagnostic survey, the researchers interviewed fifteen students selected according to the types of their alternative conceptions. It was found that students' alternative conceptions of reflection and refraction of light could be divided into three aspects: the size of image formed by a plane mirror, the location of image by a plane mirror, and the image formed by a convex lens. In addition, four possible factors associated with these students' alternative conceptions were found: (a) the inability of the primary level science curriculum to provide students with a systematic introduction to these concepts; (b) the misinterpretation of daily experience; (c) linguistic problems, such as misunderstanding of words or phrases; and (d) inappropriate connection and inference to a new context. The result of this study can assist science teachers to understand students' alternative conceptions of reflection and refraction of light. Science teachers can further select appropriate teaching strategies to cope with students' conceptions and help students to construct scientific conceptions.

Key words: Alternative Conceptions, Reflection, Refraction.