

# 國小中、高年級學童光迷思概念 與相關因素探究

張靜儀\* 李采襄

(投稿日期：92年9月30日，接受日期：92年12月25日)

## 摘要

本研究以高高屏地區九所學校 3-6 年級學童為對象，以經過四位學科專家審查與 Pearson 相關係數做重測信度考驗之光概念二階測驗進行研究，主要目的在瞭解國小中高年級學童之光迷思概念，並分析年級、性別、地區、對自然科、實驗、科學課外讀物的喜好度與光迷思概念是否有關連。研究顯示：一、學童於「光的行進」之迷思概念有：「光是緩慢的、無須任何幫助即可傳遞」、「光在黑暗中比白天傳得更遠」、「光在白天無法傳遞」。二、關於「影子的形成」，學童之迷思概念有：「透明物沒有影子，或為深色黑影」、「影子係由物體『反射』陽光而生」、且「黑暗中依然有影子」。三、大多數學童在「光與視覺」上，集中於眼睛「主動視覺」之迷思概念：「光照射物體，人的眼睛再看到物體。」。同時，在完全黑暗中可看到「部分或是某些特定的東西。」四、在「光與反射」上，學童對反射物質的認知停留於「規則反射」情況，並不具備「漫反射」的概念，認為：「只有表面平滑或金屬物質會反射光」，並且無法指出反射光「入射角=反射角」。五、在「光與折射」中，少數學童會將「反射」、「折射」混淆，認為是「水」而非「光」產生折射。同時對於彩虹之成因，學童往往無法聯想到「折射」。六、經由平均數 t 值考驗變異數 F 值檢定，發現六年級學童之光概念顯著優於其他年級，而學童之光概念與其地區、性別、對自然課之喜好、自然讀物之喜好有部份相關，對自然實驗之喜好則無顯著差異。

**關鍵詞：**迷思概念、光

---

\*張靜儀：大仁技術學院幼兒保育系副教授

李采襄：屏東縣立鹽埔國小教師

# The Study of Light Misconception and Related Factors about the Third to Sixth Grades Pupils

Ching-Yi Chang\*

Tsai-Whai Lee

## Abstract

The purposes of this study were to use the two-tier diagnostic test to find out the misconceptions of light in 3-6 graders students and to analysis its relation with the age, sex, area, interested in science, reading science books and interested in experiment. The samples come from Kaohsiung and Pingtung area in Taiwan. The instrument were developed through interview, open-ended question air and be corrected by 4 physicists. The results of the study showed that students had many misconception regarding the following issues: how light travels, forming of shadow, light and vision, reflection of light and refraction of light.

**Key words: misconception, light**

---

\*Ching-Yi Chang: Associate Professor, Department of Early Childhood Care & Education Chaiman, Tajen Institute of Technology.

Tsai-Whai Lee: Teacher, Pingtung Yen-Pu Elementary School.

## 壹、緒論

近二十年來，科學教育的研究趨向從認知心理學出發，採取認知心理學以及新的科學哲學觀點，探討學生在科學現象的想法及概念學習的情形。從研究者近十年來實際參與小學自然科學的現場教學發現學童對自然科學的現象、認知，往往有許多是是非非的想法。Helm 與 Novak, 1983; Guense 與 Tiberghien, 1983; Osborne 與 Freyberg, 1985 等人探討有關學生科學概念與科學家概念之間關係的實徵研究顯示：「學童的科學概念與科學家概念常是大相逕庭。」

在學校裡，學童常以「個人的想法」解釋他們日常生活及自然界所遭遇的經驗(Champagne et al., 1983; Helm & Novak, 1983)。瞭解兒童的學習本質是落實科學教育的重要條件。探究學生如何在日常生活中「架構」自己的科學世界，是一個既有趣又值得深究的問題。

許多研究顯示，科學概念的發展與科學學習有密切的關係(Champagne, Gunstone & Klopfer, 1983; Gagne, 1975; Helm & Novak, 1983; Lawson, 1988)。因此，科學教育界普遍認為：需要對於兒童長期記憶庫中，所儲存之自然界知識及運思策略加以瞭解，才可以使多年來猶如「黑盒子」般的兒童心智透明化，以利教學進行及課程安排設計，使教學更具效果。

睜開雙眼，世界繽紛燦爛的景色展現在我們的面前。天空為什麼是藍的？星星為何在夜空中閃爍？在這個世界中，我們所見、所聞的一切，幾乎都和光脫離不了關係。

然而，「光」是什麼？這個問題，對於國小學童來說可謂是既常接觸，卻又相當抽象。學童在日常生活中接觸許多光學現象，但是光卻不同於其他物質具有形體可供接觸、觀察。因此，學童很容易發展出許多個人的想法、概念。

而光學在物理學中為一重要學門、觀察為一切科學發明之始，本研究針對光的「概念」進行研究及並探討學生之「年級」、「性別」、「地區」、「對自然科的喜好」、「對實驗的喜好」、「對科學課外讀物的喜好」與「迷思概念」之關連。期能了解學童持有之

光迷思概念與那些變項相關，以做為提供課程安排、教材編撰、教學改進之依據。基於此種種理由，本研究之目的 1.探討國小中、高年級學生對於「光」有何迷思概念。2.學生之年級、地區、性別及對自然課程、實驗、科學課外讀物的之喜好，與學生光概念之關係為何？

## 貳、文獻探討

「光」是什麼？人類對於這個問題的研究已經有數千年了，藉由光學史的回顧發現：一些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。另外許多哲學家，包括蘇格拉底(Socrates, 469~399 B.C.)、柏拉圖(Plato, 427~347 B.C.)和歐幾理得(Euclid, 330~260 B.C.)等，則認為眼睛會射出如川流般的細絲，接觸到物體，因此才看得見東西。一直到牛頓(Isaac Newton, 1642~1727)的時代，大多數的哲學家 and 科學家仍認為光是由粒子組成的(引自陳可崗譯，觀念物理，2001)。

惠更司(Christian Huygens, 1629~1695)首先提出一些關於波動說證據，後來其他科學家發先更多支持波動說之證據。直到十九世紀，光的波動說才成為一般所能接受的理論。對於光的性質這個問題發展到如今，科學家都同意光有粒子性及波動性兩種性質(引自陳可崗譯，觀念物理，2001)。

由中西光學史探討得知，光學儀器的發明及使用都比定律定理的建立來得早很多。而定律的提出又往往經過很長久的時間研究，才能將所有的問題解決，而形成目前所知的定理定律。所以說，不是僅僅對於現象的觀察及應用就可以想到這些定律的(邱韻如，1998)。

光之實際存在，卻又無法具體描述的性質，使得學童因此產生許多個人的想法、概念。從 1970 年以來，受認知心理學的影響，開始重視並注意到迷思概念的研究(王麗芬，2002)。本研究收集了 1980 至 2001 之有關光概念之實徵研究，並將其依光的行進、光與視覺、影子的形成、光的折射與光的反射以表格彙整方式臚列於下：

## 一、光的行進

學生對光的行進所存的想法，和科學家普遍認知的「光是直線行進」的觀點大不相同。

表一 「光的行進」的實徵研究

研究者	研究對象	研究方法	研究結果
Piaget (1929)	5-10 歲兒童	5 個簡短的個案研究	1.直到具體操作後期(9-10 歲), 兒童還沒有光在空中傳遞的觀念。 2.11-12 歲: 光傳遞概念開始明顯 3.12-15 歲: 能用光追來解釋距離越遠光點越大, 光度越弱。
Stead & Osborne(1980)	一階: 9-16 歲學生 二階: 沒學過光學的 12 歲學生、學光學的 13 歲學生	一階: 晤談。 二階: 圖片、問答、解釋、選擇題的紙筆測驗。	1.有些學生認為光行進的距離與光行進遇到障礙物有關, 其行走距離與光源本身能量有關。 2.有些學生認為光行進距離與晝夜有關, 亦即受亮度影響。 3.不管是否上過光學課程, 大多數學童認為光在夜晚傳得較遠。 4.無法指出光是直線傳播。
Anderson & Karrquist (1983)	12-15 歲學生	晤談 教學前後測	1.光會照射, 從太陽或其他光源照射過來, 但不會動。
Anderson & Smith(1983,1986)	10-11 歲學生	前後測 含投影片之光教材	1.光是存在於空間中的一種情況。 2.光會照射, 從太陽或其他光源照射過來, 但不會動。
Fetherstonhaugh, Happs & Treagust(1987)	9-12 歲學生	先晤談 再進行 POE 方式	1.光是無法行走的。 2.光行進距離與光源本身能量有關。 3.有些學生認為光行進距離與晝夜有關, 亦即受亮度影響。
Fetherstonhaugh & Treagust(1992).	13-15 歲學生	16 個光學主題 包含選擇的半開放性測驗 晤談。	1.光是無法行走的。 2.光行進距離與光源本身能量有關。 3.有些學生認為光行進距離與晝夜有關, 亦即受亮度影響。
Saxena(1991)	9-12 歲學生	晤談	1.有些學生認為光在真空中無法行走。
王龍錫、林顯輝、張靜儀、王麗真(1992)	6-8 歲學童	前後測、晤談、含選擇及簡答的測驗題。	學生對路徑的迷思概念： 1.光走彎曲的路徑。 2.光會照射但不會動。 3.不透明體會製造影子, 光不能照射過去。 4.光很強才會照射。
王晉基、郭重吉(1992)	國中生二、三年級	前後測 選擇題	1.學生將手電筒的照射距離以光源的能量來解釋, 白天與晚上不同, 光行進的距離和太陽照射有關。
唐明(2001)	國小五年級學生	群體紙筆測試, 並對個別學生作訪問晤談。	學生會： 1.將光源當作光。 2.光不是直進的。 3.光會照射, 但光不會動。 4.光存在於光源之中(燈管)或四周, 視光為一種明亮的狀態。 5.光行進距離受強光的影響, 與晝夜有關; 行進的距離和火光能量有關。

## 二、光和視覺

國內外大多數研究均指出：多數學生習慣以「主動之視線」的觀念，來解釋如何看到。茲將「光與視覺」方面之研究結果整理如下：

表二 「光和視覺」的實徵研究

研究者	研究對象	研究方法	研究結果
Piaget(1929)	5-10 歲兒童	5 個簡短的個案	1.六歲的孩童光與視覺是分開的。 2.看是從眼睛出發。
Stead & Osborne(1980)	一階：9-16 歲學生。 二階：沒學過光學的 12 歲學生 光學的 13 歲學生	一階：晤談。 二階：紙筆測驗	1.學生對於「人能視物」普遍存在以「視覺的概念」來解釋。 2.學生認為有些東西能從人們的眼中散射出來，所以才能視物。
Anderson & Karrquist(1983)	12-15 歲學生(7-9 年級)	晤談、教學前後測	1.學生對於「人能視物」普遍存在以「視覺的概念」來解釋。 2.學生認為有些東西能從人們的眼中散射出來，所以才能視物。
Eaton, Anderson & Smith(1983)	10-11 歲學生	前後測、紀錄與錄、含選擇及簡答的測驗題。	【光與視覺】： 1.到物體，是來自於直接察覺，而非經由光線的反射。 2.習慣以「主動視線」觀念，來解釋如何看到。 3.光照亮物體，眼睛有視線就能看到物體。 【透過阻隔物視物】： 1.當你透過透明物體看時，沒有任何東西通過透明物體。*圖像可以穿越透明物體。 2.透明物體會使圖像模糊。 3.不透明物體阻擋視線。不透明物體製造影子。
Anderson & Smith(1986)	9-12 歲學生	前後測、教學錄音及紀錄	1.許多學生對於我們能看到體，是來自於直接察覺光線的照射，而非經由光線的反射而來。 2.認為人們經由視而看到物體的概念是相同的。 3.少數學生認為在完全黑暗環境中，人類亦能視物，有許多學生認為貓在完全黑暗環境中亦能視物。
Fetherstonhaugh, Happs & Treagust (1987)	9-12 歲學生	先晤談、再進行 POE 方式	1.認為人們經由視而看到物體的概念是相同的。 2.在完全黑暗環境中，人類亦能視物。 3.貓在完全黑暗環境中亦能視物。
Ramadas & Driver (1989)	9-12 歲學生	晤談	學生認為眼睛所以能視物在於： 1.光來自物體而進入眼中 2.由於光來自眼睛。
Saxena (1991)	9-12 歲學生	晤談	1.我們能看到體，是來自於直接察覺(光線的照射)。 2.物體的像跑到眼中而被看見。
古智雄(1992)	國中三年級	紙筆群測及晤談	1.«看»的本質方面有透鏡式光線模型、

王晉基 郭重吉(1992)	國中生二、三年級	臨床法進行學生凸透鏡成像迷思概念詮釋 前後測、選擇題	螢幕式光線模型、視線模型及折衷模型等。 對「眼睛看到物體」的迷思概念有三種： 1.以視覺的概念來解釋。 2.以物體本身會發光的概念來解釋。 3.以折射的概念來解釋。
王龍錫 張靜儀(1994)	9-12 歲學生	前後測、晤談、含選擇及簡答的測驗題。	1.習慣以「主動之視線」的觀念，來解釋如何看到。 2.光照亮了物體，眼睛有視線就能看到物體。 3.有關「光與視覺」之概念，並無年級上之差異。 4.有正確概念之學生不因年級增長學了更多相關的光概念而增加。 5.一般教學並無法改變學生原先所具有的迷思概念。
張川木(1999)	高年級學生	晤談、紙筆測驗	1.看物體時「光源」是必要的。 2.觀看物體是眼睛「主動視線」的主動歷程。 3.視物的聯結關係是：光源→眼睛→物體。
唐明(2001)	國小五年級學生	群體紙筆測試，並對個別學生作訪問晤談	1.光照亮物體，眼睛便能視物。 2.光照到眼睛，眼睛便能「主動」視物。

### 三、影子的形成

對於「影子的形成」、「黑暗中有無影子」，學生均能以自己的先前概念來解釋。其中或許有的與正統科學概念相符，如「光被阻隔成影」，也有些是所謂的迷思概念(王龍錫、林顯輝、張靜儀、王真麗，1992)。

茲將國內外學者對於「影子的形成」依研究方式及結果整理如下：

表三 「影子的形成」的實徵研究

研究者	研究對象	研究方法	研究結果
Piaget (1929)	5-10 歲兒童	5 個個案研究	1.約 5 歲：影子來自物體本身或外界。 2.約 6-7 歲：影子是由物體造成。 3.約 8 歲：影子由物體產生，可以預測影子方向。 4.約 9 歲：影子是被物體遮蔽而生，且可預測方向。
Feher & Rice(1987)	9-13 歲學生	先晤談、再進行 POE 方式	1.影子是經由反射或折射而成的。 2.光撞擊到物體，影子就會出現。 3.影子是物體的一部份，黑暗處也有影子。 4.影子是物體的一個映射。
Fetherstonhaugh & Treagust(1992).	13-15 歲學生	先晤談、再進行 POE 方式	1.影子是存在於空間的一種東西。
黃湘武、黃寶鈿	9-12 歲學	教學及診斷測	1.學生認為影子是光照射物體後，經由物體發出影

(1989)	生	驗工具	像於螢幕上 2.光只能照射到物體前方，因此在物體鄰近後方即產生一個陰影，此物體再投射於幕屏上而成像。 3.光源的強弱可影響投影之大小及投影遠近。
王龍錫、林顯輝、張靜儀、王麗真(1992)	6-8 歲學童	前後測、晤談、含選擇及簡答的測驗題。	學童對影子形成的迷思概念有： 1.光照到物體就有影子。 2.影子是物體的本性，只要有光就可看到。 3.影子是太陽相對的產生物，只要有太陽就會產生影子。 4.影子是物體的一個映射。 5.影子是從太陽跑出來的。
邱韻如(1998)	中學生、小學生及大學生	概念診斷、認知衝突的教學實驗及科學史的探討	1.用光線作圖方式來決定影子的大小是一般在成影概念的教學上所採用的方法。但是，對學生來說，所畫的光線並不一定具有光的直線傳播的意義。 2.對於成影概念的瞭解，必須牽涉到很多其他的概念，同時和學習者本身的能力有關。 3.如果沒有透過適當的教學，幾何光學的成影概念不會隨著年齡的成長而自然建立，影像發射式的成影概念也不會隨著年齡的成長而消失。
唐明(2001)	國小五年級學生	群體紙筆測試，並對個別學生作訪問晤談	1.光的作用形成影子的。 2.光對物體作用產生影子。 3.影子是物體的一部份。 4.影子是物體的複製，具有和物體相同的形狀甚至紋路。 5.影子的長短和燈的高低有關。 6.以阻擋光的行進推測影子的長短。

#### 四、光的折射：

光的折射，包含甚廣，折射現象在日常生活中相當容易觀察，其原理異常應用於生活中如照相機、放大鏡、顯微鏡等各項光學儀器。但是，折射原理對於國小學童仍是較為抽象的部分，學生亦因此產生許多迷思概念。

表四 「光的折射」的實徵研究

研究者	研究對象	研究方法	研究結果
Anderson & Karrquist (1983)	7-9 年級學生(12-15 歲)	晤談、開放式的題目。	1.學生對折射問題的解釋，常不能確定光進行的方向，即光由一介質通過另一介質時，不知其偏向何方。 2.在桶中置物加水後，有些學生會以反射的觀點來加以解釋說明。
Goldberg & McDermott (1983, 1986)	9-12 歲學生	光學概念改變教學研究	1.學生認為在透鏡成像中，當我們將整個透鏡移去時，亦會成像，而且此像是由於物體直接投影上去的。 2.透鏡成像中，許多學生以為將螢幕移去時，眼睛無法看到像。 3.透鏡成像中，螢幕移遠時，像會生於透鏡

陳忠志(1989)	大一學生	教學前後測	<p>上、透鏡內、透鏡與光源之間、透鏡與眼睛之間等。</p> <p>1.學生認為在透鏡成像中，當我們將整個透鏡移去時，亦會成像，而且此像是由於物體直接投影上去的。</p> <p>2.學生常以一點發出一條光線，作透鏡成像光學成像圖，堅持此種觀點的學生認為像的生成位置是多變的。</p>
Shapiro(1989)	11-12 歲學生	晤談、實驗操作、教室素描 (classroom profile)的方式	<p>學生對『鉛筆折斷現象』的解釋如下：</p> <p>1.水使它看起來像是折斷的。</p> <p>2.水彎曲了光線。</p> <p>3.杯子的形狀使它看起來是曲折的。</p> <p>4.水和杯子使它看起來更大。</p> <p>5.水和杯子扮演放大鏡。</p> <p>6.水扮演放大鏡。</p> <p>7.光線和杯子使它看起來像是折斷的。</p> <p>8.光線在作用。</p>
Fetherstonhaugh & Treagust(1992)	13-15 歲學生	16 個光學主題包含選擇的半開放性測驗	<p>1.透鏡成像中，物體整個像的形成，需要整個透鏡組。因為學生不知光是由光源向四面八方進行的。</p>
古智雄(1992)	國中三年級	紙筆群測及晤談臨床法進行學生凸透鏡成像迷思概念詮釋	<p>1.凸透鏡的基本光學性質，學生持有經線模型和探照燈模型。</p> <p>2.放大鏡的虛像：</p> <p>(1)放大鏡對光線的會聚或發散，學生持有結果模型、功能模型及調和模型。</p> <p>(2)放大鏡的語意方面，學生一般持有語意系統的成像模型和非語意系統的物體放大模型。</p> <p>(3)放大鏡成像的位置，學生持有視角特徵模型、衝突的理論作圖模型及諧調的理論作圖模型。</p>
王晉基、郭重吉(1992)	國中生二、三年級	前後測、選擇題	<p>1.學生認為水缸圓弧狀會影響魚成像的大小。</p> <p>2.水杯中的水具有放大的功能使筆變粗。</p>
黃文吟(1999)	高中生	以開放式紙筆測驗 教學過程中使用的解釋方法 由不同解釋模式組成的半開放性問卷	<p>1.學生並認為折射是不同介質間發生的現象，因此，深水淺水都是水，不會發生折射現象的想法</p>
唐明(2001)	國小五年級學生	群體紙筆測試，並對個別學生作訪問晤談	<p>學生對「光的折射」的想法：</p> <p>1.會依文字聯想的方式解釋折射。</p> <p>2.將折射與反射混淆。</p> <p>3.認為水造成折射。</p> <p>4.折射是因物體及容器形狀造成。</p> <p>光的色散：</p> <p>1.以水彩調色及彩色黏土等經驗，推論色光的混合。</p> <p>2.白光不是由色光混合而成。</p> <p>3.物體的顏色是它的本質。</p> <p>4.物體的顏色會色光混合而成另一種顏色。</p> <p>5.物體的顏色是來自它本身的色素呈現。</p>

## 五、光的反射

學童對於「光的反射」現象在生活中時常接觸及應用，但此對於光反射之相關概念，學童仍發展出許多與正統科學概念不同之個人的概念架構。

表五 「光的反射」的實徵研究

研究者	研究對象	研究方法	研究結果
Piaget(1929)	5-10 歲兒童	5 個簡短的個案	1.2-7 歲：不會用鏡子反射光線，而將鏡子當作反射影像的工具 2.7-9 歲：會用鏡子當作反射器，但不瞭解其機制 3.9-10 歲：可以將光反射想像如同球反彈一般 4.9-15 歲：明白入射線與反射線是一體的。 5.15 歲以上：才知入射角等於反射角。
Fetherstonhaugh, Happs & Treagust(1987)	9-12 歲學生	先晤談、再進行 POE 方式	1.有些學生無法說出平面鏡成像中，像所在的位置。
陳忠志(1989)	大一學生	前後測試題、光概念教學單元	1.學生以為像生於平面鏡上，認為是物體直接被投影上去的。 2.平面鏡中，成像的位置和大小，受光源所在位置而改變。
Shapiro(1989)	11-12 歲學生	晤談、實驗操作、教室素描(classroom profile)的方式	1.學生認為非光亮的表面是不會反射的，光滑的才會反射。 2.光不會穿透石板、不會反射，也不會被吸收，會停在石板表面。
Fetherstonhaugh & Treagust(1992)	13-15 歲學生	16 個光學主題包含選擇的半開放性測驗	1.學生以為平面鏡成像是像生於平面鏡上，認為是物體直接被投影上去的。 2.有些學生認為平面鏡成像，像可以生在兩個或多個地方。
陳忠志、許有亮(1998)	國中三年級學生	筆紙測驗及晤談、POE 程式教學、晤談時給予學生實物操弄，以誘導其釋出想法	學生常見的平面鏡成像的另有架構： 1.成像在眼睛視物時的延伸。 2.成像位置在物體發出光線經平面鏡鏡面反射的反射點。 3.以像和眼睛的連線來決定是否能從平面鏡中看到成像。 4.像要落在視線內，才可在平面鏡中看到成像。 5.以物體位在鏡子範圍內，來決定是否能從平面鏡中看到成像。 6.平面鏡的成像是物態在鏡面上的影子。 7.平面鏡的成像是物體在鏡面上的投影。
黃文吟(1999)	高中生	開放式紙筆測驗、教學解釋模式半開放性問卷	學生在教學前解釋面鏡成像呈現許多不同的解釋方式，包括： 1.對稱作圖的成像方式 2.成像隨鏡面作彈性變形。
唐明(2001)	國小五年級學生	群體紙筆測試，並對個別學生作訪問晤談	1.表面光滑的物體會反射。 2.有光亮有影像才叫做反射。 3.不具光漫射，不規則反射的概念。 4.不認為光是能量可以被吸收及轉換。

雖然國內、外都對不同階段之學生對光的概念從不同面向或使用不同方法有相當多的研究，但有的研究針對單一年級如 Smith & Anderson (1984)，唐明(2001)，或是雖然也針對不同年級學生，但概念內容卻侷限光概念之某一部份，如 Feher & Rice (1987, 1988, 1992) 較少有跨年段且對光概念做全面性的探討。因此本研究以前人研究之結果為基礎，針對國小三至六年級做全面性的光概念檢測，探討國小中高年段學童對光持有之迷思想法，以做為課程編撰、教師教學之參考。

## 參、研究流程與方法

本研究主要研究方法是採二階診斷測驗(Two-tier Diagnostic Test)來探討學童的光迷思概念，因此根據 Treagust(1988)所提出的十個步驟設計研究工具之理念，發展光的二階段診斷評量工具。

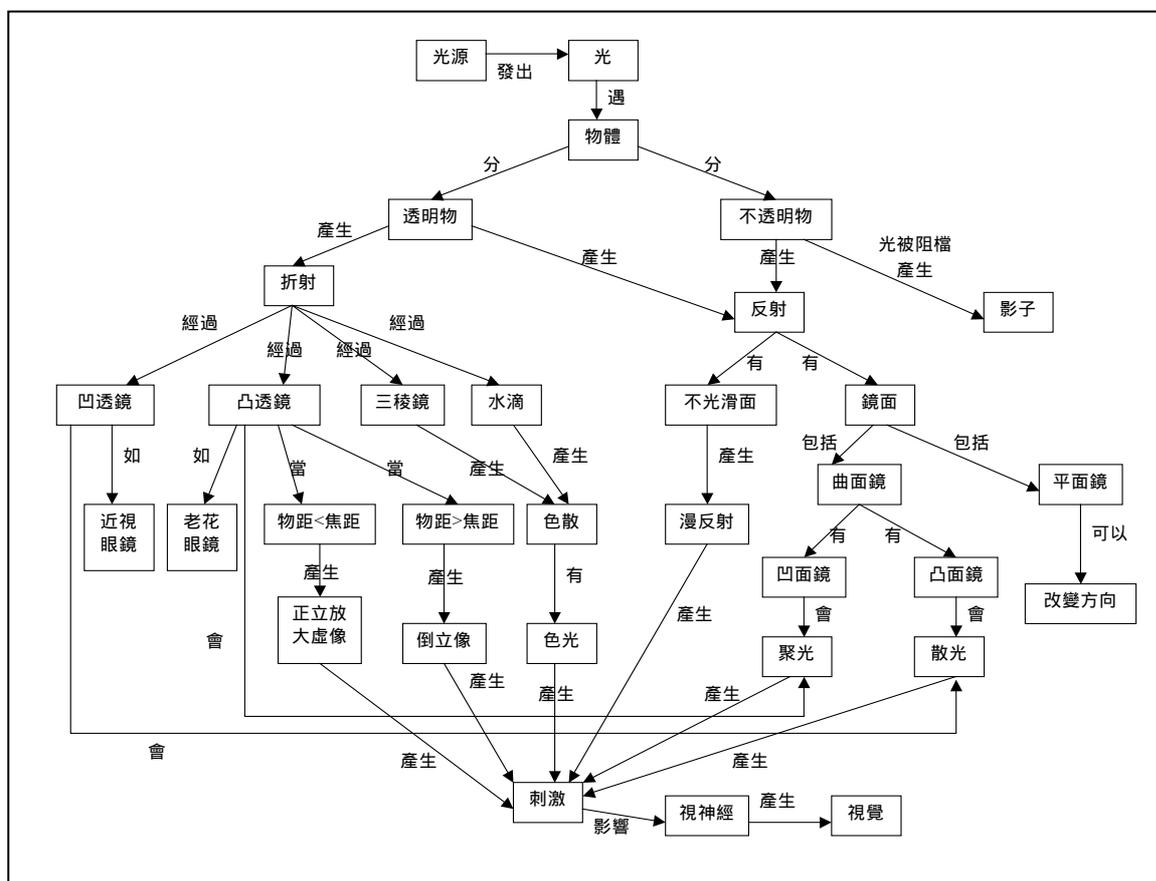
詳細的流程與方法述如后：

### 一、文獻探討

廣泛收集「光概念」相關研究，歸納整理研究結果，以釐清過去研究中相似與相異之發現，釐清研究問題，指引晤談題幹之發展，並探討二階診斷工具的相關研究，工具發展時依循的過程。

概念圖可以表達出特定知識領域的主要概念及其相關的概念(Mintzes, Wandersee, & Novak, 2001)。所以發展概念圖可以明確的界定所探討科學知識的範圍。本研究發展專家概念圖之目的有二：第一、能涵蓋小學生在國小階段中概念應有的組織，幫助研究者在進行晤談時，較清楚的發現學生在哪一個連結上出了問題，以便進一步的深入探求學生的概念；第二、可以檢視所發展出的二階段評量診斷工具所涵蓋的範圍是不是恰當、概念和概念之間的命題陳述是否恰當並且包含整個概念間的連結。

## 二、製作專家概念圖



圖一：光概念圖

## 三、光概念命題陳述

命題陳述在課程的發展上及老師的教學中佔了極為重要的角色 (Finley & Stewart, 1982)。所以為了配合課程和老師的教學，命題陳述在發展任何的診斷評量工具，也佔了相當重要的角色。

表六 光概念命題敘述——【經專家審查】

主概念	次概念	命題敘述
光的本質	光源	能產生光的物體稱為光源。
	可見光	是一種能引起視覺反應的能量。
	色光	因不同頻率而造成不同視覺反應的光。
	明暗	光的強弱造成視覺神經不同強度的反應。
光的直進	視覺	光引起視神經的反射作用。
	影子	光是直線進行的，若遇阻礙時產生反射及吸收，會在障礙物後形成相似形象的陰影。
	透明物	可讓光線部分穿透的物體。

光的反射	反射	光入射到不同物質介面時，部分光產生反射現象。 光反射時：
	反射定律	1.反射光與法線夾角等於原入射光與法線夾角(法線：與障礙物相垂直的線)。 2.入射光、反射光、法線均在同一平面。
	鏡面反射	光遇平滑表面會產生規則反射而形成與原物等距、等大小的像。(平滑表面：通過表面上任一點之法線均垂直的平面)
	漫反射	光遇不平滑表面會產生向各個不同方向之不規則反射。
光的折射	折射	光通過不同介質時，因光速產生變化而產生偏折的現象。 光折射時：
	折射定律	1.入射線、折射線及法線均在同一平面上。 2.入射角的正弦與折射角的正弦之比為一定值。
	色散	光經三稜鏡與水滴折射後在某些角度色散而看到彩虹。
光學儀器	凸面鏡	反射面向外突起，經反射後產生發散光源性質的面鏡。
	凹面鏡	反射面向內凹入，經反射後產生聚合光源性質的面鏡。
	凸透鏡	中間較厚，邊緣較薄，使光通過後會產生聚光性質的透鏡。
	凹透鏡	中間較薄，邊緣較厚，使光通過後會產生散光性質的透鏡。
光與顏色	色光：顏色	白光照射物體後，因物體性質選擇吸收的結果，最後保留下來以反射或透射呈現的光。
	色光：白光	各種色光經適當比例合成的光。
	色光：色散	白光在通過介質時經折射後會因各種色光折射角度不同而分散的現象。

#### 四、概念收集階段

本階段是儘可能的收集學童的想法，因此研究分二部份

##### 1. 概念收集晤談：

確定研究範圍後，首先針對國小四、五、六年級學童(樣本如表七)，採用半結構晤談方式，進行概念晤談，並將概念晤談之結果逐字轉成文字稿，加以分析歸類，以初步了解學生的想法編製開放性紙筆測驗。

表七 個別概念晤談階段之晤談對象

年級	三年級	四年級	五年級	六年級
人數	4人	10人	6人	9人
性別(男/女)	3/1	6/4	2/4	4/5

##### 2. 開放性紙筆測驗：

依文獻及晤談所蒐集而得學童之光概念，編製開放性紙筆測驗試題並拆成三份(避免試題過多使學童不耐回答)，請國小四、五、六年級學生共九班參與施測並分析結果。據此測驗結果再對照文獻及晤談所得，整理出二階紙筆測驗。

#### 五、完成初步的二階段評量診斷工具

初步的二階段評量診斷工具的完成包括了兩個工作。第一，為針

對開放式紙筆測驗所蒐集之學生概念，對照文獻與晤談結果進行分析整理；第二，以光概念的概念圖與命題陳述做雙向細目分析以確保內容效度。初步的二階段診斷評量工具，在它的第二階段題目中包含了一個自由填答的選項，讓學生可以做更適切的反應，蒐集更多的學生想法。

## 六、試探性測驗

立意選取三年級、四年級、五年級、六年級各一班進行試探性測驗，分析資料，目的在於確定問卷中沒有垃圾選項，在統計分析選項之分配後，發現與晤談、和開放式測驗結果相仿。在施測人員不斷鼓勵學童若無適當選項可自行寫出其想法下，仍未有新選項出現，顯示問卷中選項大致可表達學生的相關想法。根據施測人員現場之觀察與探討，修改文字敘述使學童能了解題意，增進試題之表面效度。

## 七、二階段評量診斷工具之內容效度檢驗

將修正之二階診斷工具、概念圖、命題敘述，交由四位國內物理教授審查，確定無概念上之錯誤，再修訂部份語詞使概念敘述更加完整，完成二階段評量診斷工具編製。

## 八、實施前後測檢視信度

考量迷思概念之頑固性，本研究擬以重測信度來建立工具的信度，前、後測之施測對象為屏東縣某國小四、五、六年級全體學生。進行兩次前後施測，兩次施測之間隔時間為三週。參與前後測之施生數如下：四年級 105 人、五年級 91 人、六年級 87 人。以 Pearson 相關係數做重測信度考驗，重測信度考驗未達 .05(雙尾)之顯著水準則予以刪除，定稿之二階光概念診斷測驗包含之子與題號分析如表八

表八 光概念各子題於二階測驗中所包含的題組

	光的行進	光與視覺	影子的形成	光的折射	光的反射
包含題號	2、3	1、5、6、13	11、12、14、15	8、9、10	6、4、7、8、16

## 九、正式施測

參加正式施測之學童來自高高屏各三所國小之三至六年級各一

班，總共 36 班 1299 人，樣本分佈如下：

表九 二階紙筆測驗正式施測對象：

地區	學校	年級				性別		合計				
		三年級	四年級	五年級	六年級	男	女					
高雄市	甲國小	36	33	31	37	70	67	137 人				
	乙國小	35	30	33	31	64	65	129 人				
	丙國小	37	35	32	34	71	67	138 人				
高雄縣	甲國小	36	35	32	30	55	78	133 人				
	乙國小	36	31	35	35	60	77	137 人				
	丙國小	36	35	33	35	68	71	139 人				
屏東縣	甲國小	35	35	35	35	79	61	140 人				
	乙國小	36	35	33	35	78	61	139 人				
	丙國小	35	35	32	35	85	52	137 人				
性別：男/女		169	153	149	155	154	142	158	149	630	599	
總計		322 人		304 人		296 人		307 人		1229 人		

## 十、資料處理

正式施測之資理以 SPSS 中文 10.0 進行百分比統計與單因子變異數分析。說明如下：

### (一)百分比

利用題目與選項之百分比交叉表的呈現，統計各選項的人數及百分比，以瞭解學童答題之分佈情形，以分析學童的想法。

### (二)單因子變異數分析

以學生各子題之得分為依變數。「年級」、「性別」、「地區」、「對自然科的喜好」、「對實驗的喜好」、「對科學課外讀物的喜好」為自變項分別進行單因子變異數分析，以瞭解學生對光概念之了解是否與上述各變項相關。

### (三)問卷記分方式

研究者依據學生之填答，予以計分，學生若第一階層「現象」及第二階層「原因」均對，給兩分；若僅第一階層「現象」答對，則給一分，全錯則給零分。以此計分之方式統計學生各題之得分，配合各題目所包含之光概念，歸入六個研究子題中，統計各子題下之概念得分，以及測驗總得分。

## 肆、結果分析與討論

## 一、二階紙筆測驗結果分析

本研究之二階紙筆測驗為二階層式的情境測驗，第一階層為「現象」之觀察，第二階層則為造成此現象之「理由」，以百分比方式呈現學生之填答情形。在百分比統計表中：縱軸為「現象」(第一階層)之選項，橫軸為「理由」(第二階層)之選項。各階層正確的選項以「 $\square$ 」記號加以註明，二階完全答對之人數與百分比，則以反白標記處理。

在百分統計表之底端，再以分類表的方式顯示學生填答的類別：其中(+, +)表示：「現象」以及「理由」均答對。(+, -)表示：「現象」答對，「理由」答錯。(-, +)表示：「現象」答錯，「理由」答對。(-, -)則表示：「現象」及「理由」均答錯。茲將二階測驗結果逐題分析如下：

1. ( $\square$ )如果你站在一個完全黑暗，沒有光，也沒有窗戶的房間中，請問你能看到東西嗎？  
 (1)什麼也看不到 (2)可以看到一點點 (3)可以看到某些特定的東西  
 ( $\square$ )你選了上題的答案，原因是：  
 (1)通通都沒有光就會看不見  
 (2)完全無光的環境中，仍可以約略看出東西的外形。  
 (3)雖然沒有光，但是只要適應一下，瞳孔應該就會放大，就可以看到東西。  
 (4)某些顏色的東西比較容易被看到。  
 例如：紅、橙、黃、綠、藍、黑、白  
 (5)某些種類的東西比較容易被看到  
 例如：表面光滑、金屬做的、玻璃做的、水面、鏡子

表十 二階紙筆測驗第一題--「要有光才能看見東西」概念填答結果

理由選項 現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	432 19.42%	18 0.81%	9 0.40%	232 10.43%	210 9.44%	40.68%
(2)	7 0.35%	215 9.66%	153 6.88%	277 12.45%	244 10.97%	40.5%
(3)	6 0.27%	49 2.20%	94 4.22%	146 6.56%	122 5.48%	18.73%
合計	445 20%	282 12.67%	256 11.51%	655 29.44%	576 25.89%	100%
分類統計						
	(+, +)	(+, -)	(-, +)	(-, -)		
	19.42%	21.26%	0.58%	58.74%		

本題旨在探討學生對於在「完全黑暗」的環境中視否可以視物的看法，與 Anderson與Smith(1986)、Fetherstonhaugh等人(1987, 1988, 1990)之研究結果相符。結果如下：1.僅有19.42%的學生能正確指出在完全黑暗的環境中，沒有光就看不見。2.超過半數(59.32%)的學生認為在黑暗中可以看到一點點或是某些特定的東西。

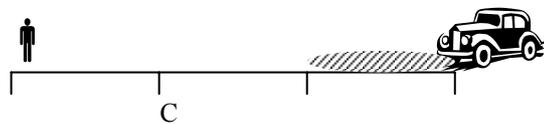
而在黑暗中究竟能看到哪些東西，學生們則看法不一，茲依學生選填之情形認為在黑暗中所能見到的顏色及材質分析如下：

表十一 學生所填答之在完全黑暗中能看見的顏色及材質結果

顏色	紅	橙	黃	綠	藍	黑	白
人數	177	114	272	94	93	87	276
%	15.9%	10.2%	24.4%	8.4%	8.4%	7.8%	24.8%
材質	表面光滑	金屬做的		玻璃做的	水面		鏡子
人數	227	212		94	89		221
%	26.9%	25.1%		11.2%	10.6%		26.2%

由表十一可知，多數學生認為在黑暗中所能見到的明度較高的顏色，如：白色(24.8%)、黃色(24.4)；或是彩度較高的顏色，如：紅色(15.9%)、橙色(10.2%)。而在黑暗中所能見到的材質上，學生則多數認為在黑暗中可以看到：表面光滑(26.9%)、鏡子(26.2%)以及金屬製品(25.1%)的物品。

2. ( )如圖，有一天晚上，在一個完全黑暗，沒任何光的黑暗空地中，有一輛車子位在 A 處，車燈的光由 A 處照射到 B 處，小明站在相隔很遠的 D 處，請問小明可不可以看到車燈的燈光？
- (1)可以 (2)不可以
- ( )你選擇上面的答案原因是：
- (1)光無法從車燈脫離。  
 (2)車燈的光可以到達 A 處。  
 (3)車燈的光可以到達 B 處。  
 (4)車燈的光可以到達 C 處。  
 (5)車燈的光可以照得比 D 處更遠。



表十二 二階紙筆測驗第二題--「光的行進」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	194 15.79%	36 2.93%	175 14.24%	115 9.36%	389 31.65%	910 74.04%
(2)	78 6.35%	21 1.71%	174 14.16%	30 2.44%	10 0.81%	314 25.55%
合計	272 22.13%	58 4.72%	350 28.48%	145 11.80%	401 32.63%	1229 100%
分類統計						
	(+, +)		(+, -)		(-, +)	
	31.65%		42.39%		24.98%	

本題主要在探討學生對於光的傳播的看法，結果發現：74.04%的學生指出在黑暗中仍可見到車燈的光。但僅有 31.65%的學生指出這是由於光可以傳播到比 D 處更遠的地方。其餘多數學生(28.48%)則認為車燈的光傳遞的範圍僅止於小明看到光暈的 B 處。

由此題之填答情形，顯示多數學生並未具備有「光之行進距離不受晝夜影響」之概念，此與 Stead 和 Osborne(1980)之研究結果：「光行進的距離與光行進遇到障礙物有關，其行走距離與光源本身能量有關」有相似之處。

3. ( )如果在白天時，這輛車子停在 A 處，車燈是開著的，小明站在相隔很遠的 D 處，請問小明可不可以看到車燈的燈光？

(1)可以 (2)不可以

( )你選擇上面的答案原因是：

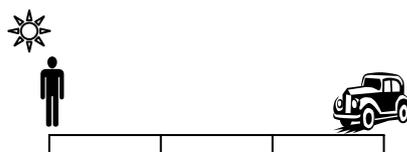
(1)白天的陽光使車燈的光無法脫離車燈。

(2)車燈的光可以到達 A 處。

(3)車燈的光可以到達 B 處。

(4)車燈的光可以到達 C 處。

(5)車燈的光可以照得比 D 處更遠。



表十三 二階紙筆測驗第三題--「光的行進」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	142 11.6%	22 1.8%	23 1.9%	23 1.9%	69 5.6%	283 23.0%
(2)	788 64.1%	82 6.7%	50 4.1%	9 0.7%	10 0.8%	944 76.8%
合計	930 75.7%	104 8.5%	74 6.0%	32 2.6%	79 6.4%	1229 100%
分類統計						
	(+, +)		(+, -)		(-, +)	
	5.6%		17.4%		0.8%	
	(-, -)		(-, -)		(-, -)	
	5.6%		17.4%		0.8%	

本題與第二題相似，同樣在探討學生對於光的傳播的看法，結果卻與第二題呈現許多差異。本題超過半數(64.1%)學生認為「光在白天無法傳遞」，共佔 75.7%。

若與第二題相互對照，則顯示出學生對於光的傳遞，在白天和夜晚有明顯的不同。在第二題學生多數認為：「光可以傳到比 D 處更遠」，在此題中，卻大多選擇「白天的陽光使燈光無法脫離車燈」。

這顯示：學生認為光「在黑暗中比白天傳得更遠」。此與 Stead 與 Osborne(1980)、Fetherstonhaugh 等人(1987, 1988, 1990)以及唐明(2001)之研究所指出之：「學生認為光行進距離與晝夜有關，亦即受亮度影響。」「不管是否上過光學課程，大多數學童認為光在夜晚傳得較遠。」之結果相符。

4. ( )你覺得什麼東西會把光反射出來？

(1)所有的東西都會 (2)只有某些的東西

( )若有光線照到下面這些東西，你覺得那些東西可以反射光？

- (1)我們能看見，是因為物體把光反射到眼睛。
- (2)表面光滑的東西才會反射，  
例如： 牆壁、 水面、 玻璃、 鏡子
- (3)某些顏色的東西才會反射，  
例如： 顏色淺(淡)的、 顏色很深色的
- (4)某些材料的東西才會反射，  
例如： 眼睛、 頭髮、 皮膚、 毛衣、 金屬物品  
、 透明玻璃、 水泥地。
- (5)其他(請寫出來)

表十四 二階紙筆測驗第四題--「光與視覺」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	68 2.5%	43 1.58%	36 1.32%	39 1.43%	1 0.04%	187 6.88%
(2)	338 12.43%	930 34.20%	594 21.85%	654 24.05%	5 0.18%	2528 92.98%
合計	406 14.93%	973 35.79%	630 23.17%	693 25.49%	6 0.22%	2719 100%
分類統計						
		(+, +) 2.5%	(+, -) 4.38%	(-, +) 12.43%	(-, -) 80.69%	

由本題的結果，可以知道：僅有2.5%的學生認為「我們能看見，是由於物體反射光的結果」。也就是只有少數學生存有「所有物質都會產生反射之概念」。顯示學生對於「反射」與「視覺」兩者無法產生連結。此與Smith, Anderson(1984)之研究所指出之：「學生並不瞭解光反射所扮演的角色。」結果不僅相符，而且絕大多數(93.12%)學生認為：「只有部分的東西會產生反射現象」。在這些學生中，而認為「表面光滑」物體會產生反射者所佔比例最高，為35.79%。此與Shapiro(1989)之研究結果：「學生認為非光亮的表面是不會反射的，光滑的才會反射」相符。

但是，學生對於何種物質會產生反射則看法不一。細究學生所認為的反射物質，可以歸納整理如下表4-3-6：

表十五 學生選取之反射物質

表面光滑	牆壁	水面	玻璃	鏡子			
人數	67	368	424	749			
%	4.2%	22.9%	26.4%	46.6%			
顏色	顏色淺(淡)的		顏色很深色的				
人數	472		162				
%	74.4%		25.6%				
材質	眼睛	頭髮	皮膚	毛衣	金屬物品	透明玻璃	水泥地
人數	72	40	14	13	530	372	20
%	6.8%	3.8%	1.3%	1.2%	50.0%	35.1%	1.9%

由上表之整理可以知道學生對於反射物質,存有如下之迷思概念:  
在表面光滑的物體中,「鏡子」(46.6%)是最多學生所認定的反射物質,其他依序是「玻璃」(26.9%)、及「水面」(22.9%)。

在顏色上,學生大半認為顏色淺的東西較易反射,佔 74.4%。

在「材質」中,則有半數(50%)的學生認為「金屬物品」會反射,而有 35.1%的學生則認為「透明玻璃」會反射。

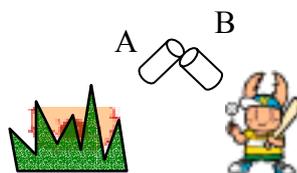
總觀學生之選答情形,學生對於反射的認知,普遍停留於「規則反射」的情形。在反射材質的認定上則傾向認為「表面光滑」、「顏色淺」,如「鏡子」、「玻璃」、「金屬」一般的物質才會反射。與第一題結果相較,可看出多數學生認為在黑暗中可以看到的東西,與本題會把光反射的東西相同,只是學生認為會反光的比例較高,顯然學生並不認為會反光與能看見之間有確切之關連。

5. ( )有一天晚上,小綠經過公園聽到草叢裡有聲音,他想看清楚草叢裡有什麼,他頭上有兩盞燈,但他發現開關只能讓其中一盞燈打開,小綠應該開那一盞才能看清楚草叢裡到底是什麼東西呢?

(1)選 A 燈 (2)選 B 燈

( )你選了上題的答案,原因是因為:

- (1)光照到草叢,草叢變亮,我們的眼睛才能去看到。
- (2)光照到草叢,草叢變亮,草叢再把光傳到我們的眼睛才看到。
- (3)光照到人,人周圍有光,眼睛才有光可以看到草叢。
- (4)光照到人,人周圍有光,草叢就會映到我們的眼睛。
- (5)其他(請寫出來)



表十六 二階紙筆測驗第五題--「光與視覺」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	840 68.3%	210 17.1%	23 1.9%	14 1.1%	6 0.5%	1095 89.1%
(2)	56 4.6%	37 3.0%	19 1.5%	13 1.1%	1 0.1%	129 10.5%
合計	897 73.0%	248 20.2%	42 3.4%	27 2.2%	7 0.6%	1229 100%
分類統計						
	(+, +)	(+, -)	(-, +)	(-, -)		
	17.1%	72.0%	3.0%	7.9%		

由表十六所整理之學生之填答情形,我們可以發現: 89.1%的學生都能指出要看到草叢要開「A 燈」,也就是光源要照射物體,而非照射人眼。但是,在開燈照亮物體後,卻僅有 17.1%的學生清楚的指出「物體將光反射進入眼睛」的概念。此與 Eaton, Anderson 與 Smith(1983)之研究結果:「看到物體,是來自於直接察覺,而非經由

光線的反射。」、以及 Anderson 與 Smith(1986)：「許多學生對於我們能看到體，是來自於直接察覺光線的照射，而非經由光線的反射而來。」之研究結果相符。

其餘的 68.3% 之學生仍認為「有亮光，眼睛才能去看」之「主動視覺」概念，顯示學生對於「光與視覺」機制是：「光照亮物體，人的眼睛才能看到物體」。這一點與 Eaton, Anderson 與 Smith(1983) 之研究結果相符合。

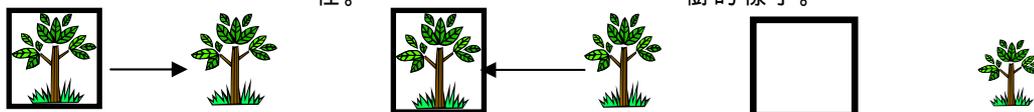
由以上之結果顯示：學生可以覺查光源在視覺現象中扮演的角色是「照射物體」，但在光照射物體後，仍傾向以主動視覺的觀點來解釋其視覺現象。

6. ( ) 小妹在一個密不透光的倉庫裡工作，她在鏡子前面放了一顆樹，請問，如果倉庫的燈沒亮，又沒有其他的光線照射，鏡子裡會不會出現一棵樹的樣子？

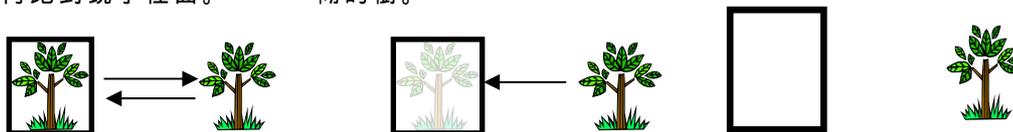
(1)會 (2)不會

( ) 請問鏡子裡的樹是怎麼出現的？

(1)鏡子會發亮，自然會去照 (2)樹的樣子自然會傳到鏡子 (3)沒有光，所以鏡子裡沒有樹。



(4)鏡子先照出去，然後樹的樣子再跑到鏡子裡面。 (5)鏡子中還是會看到一點模糊的樹。 (6)都錯，我自己畫



表十七 二階紙筆測驗第六題--「光與視覺/光的反射」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	合計
(1)	103 8.4%	200 16.3%	18 1.5%	111 9.0%	228 18.6%	6 0.5%	667 54.3%
(2)	41 3.3%	71 5.8%	315 25.6%	40 3.3%	66 5.4%	13 1.1%	559 45.5%
合計	144 11.7%	271 22.1%	333 27.1%	151 12.3%	294 23.9%	19 1.5%	1229 100%
分類統計							
	(+, +) 25.6%		(+, -) 19.9%		(-, +) 1.5%		(-, -) 53%

本題主要在確認學生對於完全黑暗的環境中視物，以及反射的概念。由學生的填答可以發現：除了 25.6% 的學生明確的知道「沒有光就看不見東西」之外，其餘 74.4% 的學生仍認為「在完全黑暗的環境中，鏡子仍可以映照出物體的影像」。這與 Anderson 與 Smith(1986)、

及 Fetherstonhaugh 等人(1987, 1988, 1990)之研究相符。

至於鏡子成像的機制，46% 學生認為：「鏡中的影像是由物體傳送」的。認為「由鏡子照射物體」的學生僅有 11.7%。

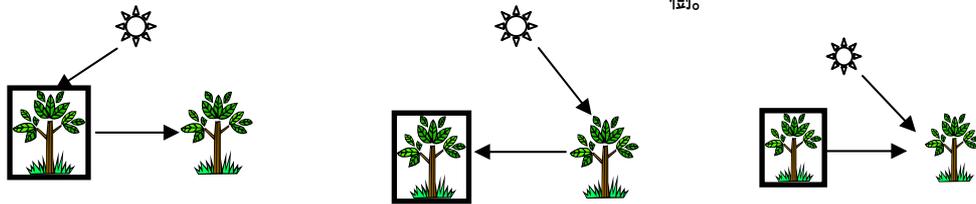
同時，也有 12.3% 的學生認為鏡中的影像是由「物體」與「鏡子」互動造成的。這一部份則與國內外學者相關的研究不大相同。

7. ( ) 小妹把密不透光的倉庫裡的燈打開，鏡子裡會不會出現一棵樹的樣子？

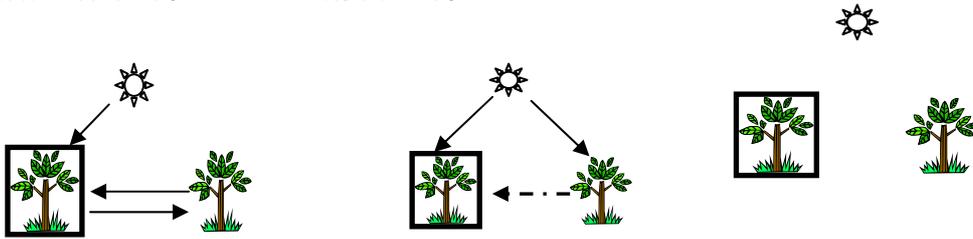
(1)會 (2)不會

( ) 請問鏡子裡的樹是怎麼出現的？

(1)光照到鏡子，鏡子再把光傳到樹 (2)光照到樹，樹再把光傳到鏡子。 (3)光照到樹，樹有光，鏡子再照到樹。



(4)光照到鏡子，鏡子再把光射到樹 (5)光照到樹和鏡子，鏡子就會把樹的樣子抓過來 (6)都錯，我自己畫的樣子抓過來。



表十八 二階紙筆測驗第七題--「光與視覺/光的反射」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	合計
(1)	299 24.3%	312 25.4%	96 7.8%	190 15.5%	168 13.7%	20 1.6%	1110 90.3%
(2)	39 3.2%	23 1.9%	11 0.9%	16 1.3%	14 1.1%		117 9.5%
合計	338 27.5%	335 27.3%	107 8.7%	206 16.8%	182 14.8%	20 1.62%	1229 100%
分類統計							
	(+, +)	(+, -)	(-, +)	(-, -)			
	25.4%	64.9%	1.9%	7.8%			

本題一方面在瞭解學生對於「鏡面反射」機制之概念，同時也可以和第六題互相對照，探究學生對於「反射」的概念。由學生之填答情形，我們可以發現：雖然 90.3% 的學生均能指出鏡中會出現樹的影像。但是，僅有 25.4% 的學生指出鏡中的影像係由於「樹反射陽光到鏡中」所致。其餘多數集中於「陽光使鏡子發亮，鏡子再照射樹」(27.5%)，以及「光照到鏡子，鏡子再把光射到樹，樹再把

**光傳到鏡子。」** (16.8%)。

這顯示多數學生對於鏡中成像的機制並不具備一般正統的科學概念，這一點和 Guense 等人(1983)之研究所指出之：「多數孩童認為像是光撞到紙張或平面鏡時，光會保留於表面上」，還有陳忠志(1997)、Fetherstonhaugh 與 Treagust(1992)、許有亮(1998)等人之研究：「學生以為像生於平面鏡上，認為是物體直接被投影上去的。」有許多相符之處。

若是將此題之結果與第六題相對照，我們可以發現一個有趣的現象：在第六題中，46%學生認為在「黑暗中鏡中的影像是由物體傳送」的。但在此題中，則較多選擇「鏡子照物」。

本研究發現學生對於「反射」存在了兩種傾向：

1. 在「黑暗中」，學生傾向於認為反射是「物體傳送影像」；
2. 在「有燈光」的環境中，學生則傾向於認為反射係由「鏡子照射」，或是「鏡、物互相傳送光」。

此部分與國內外學者之研究結果不大相同，顯示學生對於「光源」在反射中所扮演之角色，部分相似於 Guense 與 Tiberghie(1983)研究之：「孩童認為像是光撞到紙張或平面鏡時，光會保留於表面上」之結果。

8. ( )有人說下雨後放晴的天空或是瀑布旁邊很容易看到彩虹。你覺得對不對？  
 (1)對 (2)不對  
 ( )你選了上題的答案，原因是因為：  
 (1)反射作用，空氣中的水分可以反射太陽光，形成彩虹。  
 (2)折射作用，空氣中的水分可以折射太陽光，形成彩虹。  
 (3)光合作用，光和空氣中的水分產生光合作用，形成彩虹。  
 (4)空氣中的水氣對光既有反射也有折射，形成彩虹。  
 (5)其他：\_\_\_\_\_。

表十九 二階紙筆測驗第八題--「光的折射」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	452 36.8%	350 28.5%	220 17.9%	97 7.9%	9 0.7%	1141 92.8%
(2)	29 2.4%	17 1.4%	15 1.2%	15 1.2%	5 0.4%	84 6.8%
合計	481 39.1%	367 29.9%	235 19.1%	112 9.1%	14 1.1%	1229 100%
分類統計						
	(+, +)		(+, -)		(-, +)	
	7.9%		84.9%		6.0%	

在現行之國小課程中，並不特意強調彩虹是陽光在水珠中經由「兩次折射」及「一次反射」形成的。因此學生真正知道此機制的僅佔 7.9%。

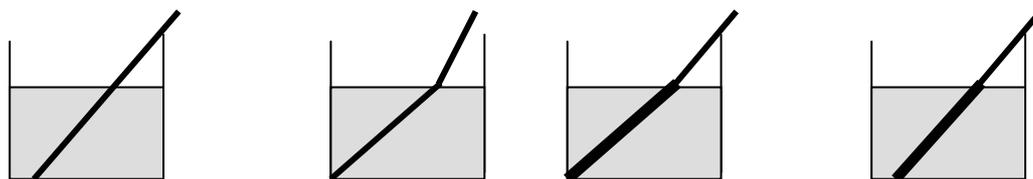
但是在小學課程中，以彩虹的形成來說明「折射現象」。所以，有 29.9% 學生認為彩虹形成係由於「折射」。

另一方面，39.1% 的學生認為彩虹是由於光「反射」而形成，顯見「折射」與「反射」不分的情形。此與唐明(2001)之研究結果：「學生會將折射與反射混淆。」之結果相符合。

有趣的是，有些學生認為彩虹是由於「光合作用」形成的，有 19.1% 學生出現這種將生物上之名詞誤用於光學概念的現象，此情形是否源自逾期對「光合作用」之誤用或曲解，甚或是其他相關之迷思，則有待進一步討論。

9. ( ) 下圖是一支筷子放入一杯裝有水的杯子裡，請問筷子看起來會是什麼樣子？

(1) 筷子看起來沒有任何變化 (2) 筷子看起來像折斷了，但是粗細不變。 (3) 筷子看起來變粗且像是折斷了。 (4) 在水中的筷子變粗了。



( ) 你選了上題的答案，原因是因為：

- (1) 水會把視線彎曲。  
 (2) 光在水中會產生折射現象，使筷子看起來像斷掉的。  
 (3) 水有放大的功能。  
 (4) 因為水會折射，所以筷子看起來是斷掉的。  
 (5) 其他：\_\_\_\_\_。

表二十 二階紙筆測驗第九題--「光的折射」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	25 2.0%	12 1.0%	18 1.5%	5 0.4%	3 0.2%	63 5.1%
(2)	92 7.5%	214 17.4%	7 0.6%	57 4.6%	2 0.2%	372 30.3%
(3)	63 5.1%	378 30.8%	53 5.1%	111 9.0%	15 1.2%	635 51.7%
(4)	22 1.8%	36 2.9%	64 5.2%	16 1.3%	5 0.4%	144 11.7%
合計	207 16.8%	643 52.3%	153 12.4%	192 15.6%	25 2.0%	1229 100%
分類統計						
(+, +) (+, -) (-, +) (-, -)						

	30.8%	20.9%	21.5%	26.8%
--	-------	-------	-------	-------

綜觀現行國小課程中，大多數版本之教材，均用「筷子折斷了」以及「放大鏡匯聚光」的現象來作為「折射」現象觀察的入門教材。因此 30.8% 的學生可以明確的指出「筷子在水中看起來斷掉、變粗」是由於「光的折射」之故。

有 67.9% 的學生可以指出「折射現象」但這其中有 15.6% 的學生認為是「水」而非「光」產生折射。同時，有 16.8% 的學生認為折射是「水彎曲視線」的結果。此一迷思概念與 Shapiro(1989)、王晉基、郭重吉(民 1992)、唐明(民 2001)等人研究中之部分結果相符。

12.4% 的學生則認為「水具放大的功能」使筷子看起來變粗、折斷。此與 Shapiro(1989)之研究結果相符。

10. 下面有許多和日常生活有關的現象，請你將：  
 和「反射現象」有關的寫「1」，和「折射現象」有關的寫「2」
- ( ) 小英站在湖邊，看到湖水中映著岸邊的風景。
  - ( ) 裝水的杯子中放入筷子，筷子看起來像是折斷了。
  - ( ) 在馬路轉彎常有一個圓形的大鏡子，可以看到轉彎處的車子。
  - ( ) 從魚缸外看水中的魚，魚會比實際上大。
  - ( ) 從游泳池往池水中看，水中的人腿變粗了。
  - ( ) 光照射到桌面，使桌面看起來亮亮的。

表二十一 二階紙筆測驗第十題--「光的反射及折射」現象區分填答結果

子題	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
未回答	14 1.1%	13 1.1%	16 1.3%	18 1.5%	15 1.2%	15 1.2%
反射	1022 83.2%	114 9.3%	914 74.4%	344 28.0%	247 20.1%	993 80.8%
折射	193 15.7%	1103 89.7%	299 24.3%	867 70.5%	967 78.7%	221 18.0%
合計	1229 100%	1229 100%	1229 100%	1229 100%	1229 100%	1229 100%

此題和上面之情境式問題不大相同，主要為第九題的再確認。確認學生對於日常現象之「反射」及「折射」情形是否會有混淆。結果指出：大多數學生能區分出折射及反射。再依照學生答案，若各小題答對的給 2 分，而答錯的給 0 分，則學生之總分可以整理如下表 4-3-13：

表二十二 二階測驗第十題--「光的反射及折射」現象區分之得分情形

得分	0分	2分	4分	6分	8分	10分	12分
人數	15	20	78	92	228	275	521
%	1.2%	1.6%	6.3%	7.5%	18.6%	22.4%	42.4%

由上表二十二可以知道,多數(42.4%)學生能正確區別日常現象中的「反射」與「折射」,僅少數學生(9.1%)的學生會出現「反射」、「折射」混淆的情形。

學生對於「反射」、「折射」混淆的情形與 Anderson 與 Karrquist(1983)之研究結果:「在桶中置物加水後,有些學生會以反射的觀點來加以解釋說明」,以及唐明(民 2001):「學生會將折射與反射混淆。」之研究結果相符。

11. ( )這是一棵樹,太陽在東邊,請問陽光照射到樹後會有什麼情形發生?

- (1)會產生影子,影子在西邊。
- (2)會產生影子,影子在東邊。
- (3)不會有任何影子產生。



( )你覺得這棵樹的影子是怎麼產生的?

- (1)因為陽光被樹阻擋所以產生影子。
- (2)樹影是因為樹的形狀映照在地上產生的。
- (3)影子是陽光反射樹所照射出來的。
- (4)其他(請寫出來)



西 東

表二十三 二階紙筆測驗第十一題--「影子的形成」概念填答結果

理由選項 現象	(1)	(2)	(3)	(4)	合計
(1)	479 39.0%	210 17.1%	408 33.2%	13 1.1%	1113 90.6%
(2)	30 2.4%	18 1.5%	31 2.5%	1 0.1%	81 6.6%
(3)	6 0.5%	15 1.2%	3 0.2%	7 0.6%	31 2.5%
合計	515 41.9%	243 19.8%	442 36.0%	21 1.7%	1229 100%
分類統計					
	(+, +) 39.0%	(+, -) 2.9%	(-, +) 51.6%	(-, -) 6.5%	

此題主要在探討學童對於「影子形成」的概念。而學生之填答結果發現:90.6%的學生可以指出影子的正確位置。但是,這其中僅有 39.0%的學生可以明確的指出「影子是由於光被阻擋而生」。此一結果與 Piaget(1929):「約 9 歲的孩童,知道影子是被物體遮蔽而生,且可預測方向。」之個案研究結果,以及邱韻如(民 1998)「對

於成影概念的瞭解，必須牽涉到很多其他的概念，同時和學習者本身的能力有關。」之研究結果有若干相似之處。

在全部學生中，36.0%的學生認為影子是「陽光反射樹影」而生，影子係「陽光將樹映照於地上」。這一點與國外學者 Feher 與 Rice(1987)：「影子是經由反射或折射而成的。」；國內學者如：黃湘武、黃寶鈿(民 80)：「學生認為影子是光照射物體後，經由物體發出影像於螢幕上」，以及王龍錫、林顯輝、張靜儀、王麗真(民 1992)：「影子是物體的一個映射。」之研究結果相符。可見學生可以知道影子的「形狀及位置」，但對於「影子是如何形成的」方面，則大多學生並不存在「光被阻擋」的概念。

12. ( ) 如果是在完全沒有光的晚上，這棵樹會不會有影子？

(1)會 (2)不會

( ) 你選了上題的答案，原因是因為：

- (1)樹的形狀仍會映射在地面。
- (2)有影子，但影子和地面都是黑黑的所以分不出來。
- (3)沒有光，樹無法反射出影子。
- (4)沒有光，被樹擋住，所以無法產生影子。
- (5)其他(請寫出來)



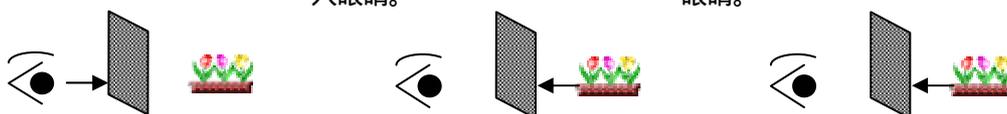
表二十四 二階紙筆測驗第十二題--「影子的形成」填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	78 6.3%	137 11.1%	16 1.3%	11 0.9%	10 0.8%	253 20.6%
(2)	57 4.6%	203 16.5%	574 46.7%	107 8.7%	12 1.0%	958 77.9%
合計	137 11.1%	343 27.9%	591 48.1%	118 9.6%	22 1.8%	1229 100%
分類統計						
	(+, +)		(+, -)		(-, +)	
	46.7%		31.2%		20.7%	

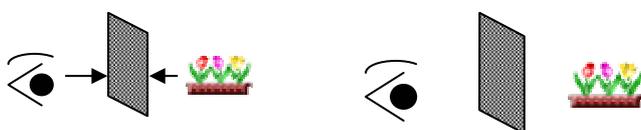
此題和第十一題相互對照，主要在瞭解學生是否具備「要有光才有影」的概念，並再一次確認學生對於「影子的形成」的概念。遊學生之填答結果，顯示：有 46.7%的學生可以明確的指出「沒有光就沒有影子」。

但是，仍有 27.9%的學生認為：「黑暗中樹依然有影子，只是因為地面也是黑的，所以無法分辨」。此與 Feher 與 Rice(1987)：「影子是物體的一部份，黑暗處也有影子。」之研究結果相符。

13. ( )如果在我們的眼睛和花中間隔了一塊木板，我們還能不能看到花？  
 (1)可以。 (2)不可以。  
 ( )下面有三個圖形，請你選出和你的想法最符合的。(如果都不符合，請你在第四圖中畫出你的想法！)  
 (1)視線被木板擋住了看不到 (2)花的**反射光**不能穿透木板進 (3)花的**影像**不能穿透木板進入花。  
 入眼睛。 入眼睛。



- (4)木板遮住光，使人的眼睛和 (5)都錯，自己畫花的光隔離。



表二十五 二階紙筆測驗第十三題--「光與視覺」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	31 2.5%	20 1.6%	9 0.7%	17 1.4%	6 0.5%	85 6.9%
(2)	765 62.2%	88 7.2%	101 8.2%	145 11.8%	23 1.9%	1144 93.1%
合計	796 64.8%	108 8.8%	110 9.0%	162 13.2%	29 2.4%	1229 100%
分類統計						
	(+, +)	(+, -)	(-, +)	(-, -)		
	7.2%	85.9%	1.6%	5.3%		

此題主要目的在瞭解學生對於「光與視覺」的概念及對於「人如何視物？」的機制。綜合學生之填答發現：有 93.1% 的學生均明確的指出「人不能看到花」。但在這其中，僅僅 17.8% 的學生具有「木板阻擋光或影像進入眼中」的概念。

學生對於透過木板視物大多數(64.8%)均持有「視線被木板阻擋」的看法，此與國外學者，諸如：Stead 與 Osborne(1980)：「學生對於『人能視物』普遍存在以『視覺的概念』來解釋。」、Eaton, Anderson 與 Smith(1983)：「看到物體，是來自於直接察覺，而非經由光線的反射。」……等，以及國內學者諸如：王龍錫、張靜儀(民1994)：「習慣以『主動之視線』的觀念，來解釋如何看到。」……等大多數之研究結果相符。

在這 17.8% 具有「木板阻擋光或影像進入眼中」的概念學生中：僅有 7.2% 的學生指出被木板所阻擋的是「花的反射光」，而其餘的

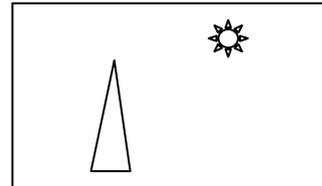
10.6%則認為是「花的影像」被木板遮住。顯見這些學生雖然不具備「主動視覺」之概念，但無法仔細區分在木板所阻擋的是花的「反射光」或是「花的影像」。

14. ( )有一盞燈，照射在一個透明的玻璃錐上，請問會不會產生影子？

(1)會 (2)不會

( )你選了上題的答案，原因是因為：

- (1)有一個深色的黑影。
- (2)有一個模糊的影子。
- (3)因為玻璃可以透光，所以不會有任何影子。
- (4)其他(請寫出來)



表二十六 二階紙筆測驗第十四題--「影子的形成」概念填答結果

理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	合計
(1)	298 24.2%	379 30.8%	100 8.1%	19 1.5%	797 64.8%
(2)	30 2.4%	34 2.8%	341 27.7%	12 1.0%	427 34.7%
合計	328 26.7%	413 33.6%	441 35.9%	31 2.5%	1229 100%
分類統計					
	(+ , +) 30.8%	(+ , -) 34.0%	(- , +) 2.8%	(- , -) 32.4%	

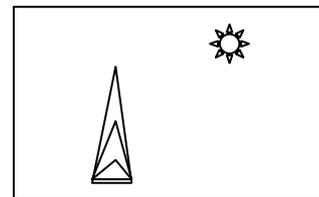
第十四題主要在瞭解學生對於「影的形成」，以及「透明物是否有影？」的概念。結果發現：在全部學生中，有 64.8%的學生能指出「透明物依然會有影子」。但是，在這些學生中，僅只有 30.8%的學生知道透明物的影子是一個模糊的淡影。有 24.2%的學生則認為透明物和不透明物影子相同，都是一個深色的黑影。同時，仍有 27.8%的學生認為由於「透明物可以透光，因此不會有影」。

15. ( )如果這個透明玻璃錐上有一些雕刻的花紋，在光線照射後，請問會不會產生影子？

(1)會 (2)不會

( )你選了上題的答案，原因是因為：

- (1)因為玻璃可以透光，所以不會有任何影子。
- (2)有一個深色黑影。
- (3)玻璃錐會有模糊的影子，但看不出任何紋路。
- (4)玻璃錐會有模糊的影子，影子上也會有紋路。
- (5)其他(請寫出來)



表二十七 二階紙筆測驗第十五題--「影子的形成」概念填答結果

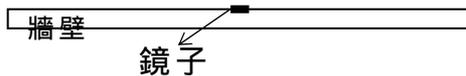
理由選項現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	合計
(1)	101 8.2%	218 17.7%	221 18.0%	360 29.3%	20 1.6%	921 74.9%

(2)	156	31	74	31	4	300
	12.7%	2.5%	6.0%	2.5%	0.3%	24.4%
合計	257	249	296	391	24	1229
	20.9%	20.3%	24.1%	31.8%	2.0%	100%
分類統計						
	(+, +)	(+, -)	(-, +)	(-, -)		
	29.3%	45.6%	2.5%	22.6%		

第十五題與第十四題相互對照，主要在進一步確認學生對於「影的形成」，以及「透明物是否有影？」的概念。由學生之填答，發現僅有 29.3% 的學生正確指出「有花紋之透明物，其影子是一個淡而模糊且有花紋的影子」。其餘認為會有影子學生認為「有深色黑影」(17.7%)及「無紋路的淡影」(18.0%)的比例相近。

透明物容許部分光線通過，而其餘被阻擋的光則形成影子，因此影子淡而模糊。然而學生於此仍存有許多迷思概念，綜合上面兩題之分析顯示：學生對於透明物的影子存有「會透光，不會有影」；或是「透明物」與「不透明物」一樣影子均為深黑暗影。

16. 有一大面牆壁掛著小小的鏡子，鏡子的正前方有一個星星，旁邊有一個三角形，接下來有一個愛心，小明坐著沒有動去看鏡子，請問小明在鏡子裏面會看到什麼東西？

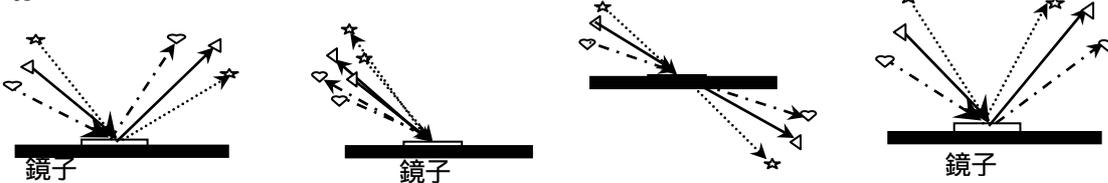


- (1)看到 (2)看到 (3)看到 (4)看到 (5)都看得到 (6)看到 (7)都看不到



( )你選了上題的答案，原因是因為：

- (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 (4)光會沿著原來的位 (5)物體成像在鏡子後 (6)光進入的角度和反  
 射，右邊的光往右邊反 置反射回去。 面。 射的角度相同。



- (7)我還有其他的想法(請寫出來或畫出來)

表二十八 二階紙筆測驗第十六題--「光的反射」概念填答結果

理由選項 現象	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	合計
(1)	60 4.9%	26 2.1%	9 0.7%	4 0.3%	2 0.2%	5 0.4%		110 9.0%
(2)	98 8.0%	27 2.2%	27 2.2%	4 0.3%	2 0.2%	55 4.5%	2 0.2%	215 17.5%
(3)	267 21.7%	83 6.8%	6 0.5%	5 0.4%	4 0.3%	8 0.7%		376 30.6%
(4)	53 4.3%	26 2.1%	14 1.1%	10 0.8%	4 0.3%	15 1.2%	1 0.1%	123 10.0%
(5)	139 11.3%	37 3.0%	50 4.1%	30 2.4%	4 0.3%	35 2.8%	1 0.1%	299 24.3%
(6)	23 1.9%	10 0.8%	6 0.5%	2 0.2%		3 0.2%	1 0.1%	45 3.7%
(7)	15 1.2%	27 2.2%	3 0.2%	1 0.1%	1 0.1%	3 0.2%	1 0.1%	51 4.1%
合計	659 53.6%	236 19.2%	115 9.4%	56 4.6%	17 1.4%	124 10.1%	6 0.5%	1229 100%

分類統計

(+ , +)	(+ , -)	(- , +)	(- , -)
4.5%	13%	5.6%	76.9%

這一題旨在探討學生對於「光的反射」的想法，瞭解學生對於「光的反射有一定之角度，反射光之『入射角 = 反射角』。」之概念。在現行之國小課程中，雖將「光之反射有一定之方向」列入教學目標，但教材內容中並不特意強調反射光之「入射角 = 反射角」的概念，因此學生填答的情形顯示出許多與正統科學概念不相符之迷思概念。

分析整理學生結果發現：只有 17.5% 的學生能正確指出看到「三角形」。在這些學生中，能同時正確指出「看到三角形；理由是入射角 = 反射角」的學生極少，僅佔 4.5%。

對於究竟在鏡中看到什麼，學生之回答情形相當分散，但以看到鏡子前的「星星」者最多，佔 30.6%。在這些學生的理由選項中，53.6% 的學生認為「只有在鏡子前的物體可以看到」。這與許有亮(民 1998)「以物體位在鏡子範圍內，來決定是否能從平面鏡中看到成像。」之研究結果相符合。

從學生的填答中，發現僅 3.7% 學生具有「入射角 = 反射角」的概念。這一點與 Piaget(1929)之個案研究結果：「9-15 歲兒童明白入射線與反射線是一體的。」、「15 歲以上才知入射角等於反射角。」

之結果相似。此一結果顯示，國小教材不提「入射角 = 反射角」之概念，因此學生普遍不了解反射機制。

## 二、年級、性別等變項與學生光概念之關係

研究為者探詢不同「年級」、「性別」、「地區」、「對自然科的喜好」、「對實驗的喜好」、「對科學課外讀物的喜好」的學生，在光概念各子題上之得分是否有差異？以單因子變異數分析與 t 值進行各組間之統計分析，統計結果彙整如下表：

表二十九 學生概念得分相關因素分析

主題	變項/人數	平均	F 檢定	顯著性	變項/人數	平均	F 檢定	T 值	顯著性
光的行進	三年級/322	1.26	1.790	0.147	男/630	1.35	5.513	0.225	0.822
	四年級/304	1.33			女/599	1.34			
	五年級/296	1.39			喜歡自然課/293	1.42			
	六年級/307	1.41			不喜歡/360	1.26			
	高雄市/404	1.31	0.496	0.609	喜歡自然讀物/174	1.42	0.739	0.897	0.370
	高雄縣/409	1.36			不喜歡/586	1.35			
	屏東縣/416	1.37			喜歡實驗/608	1.38			
					不喜歡/345	1.28			
光與視覺	三年級/322	3.38	0.092	0.439	男/630	3.39	1.85	0.922	0.356
	四年級/304	3.24			女/599	3.31			
	五年級/296	3.40			喜歡自然課/293	3.35			
	六年級/307	3.39			不喜歡/360	3.39			
	高雄市/404	3.22	3.980*	0.019	喜歡自然讀物/174	3.63	2.503	2.734**	0.006
	高雄縣/409	3.50			不喜歡/586	3.28			
	屏東縣/416	3.34			喜歡實驗/608	3.35			
					不喜歡/345	3.42			
影子的形成	三年級/322	3.76	23.287***	0.000	男/630	4.28	3.534	2.672**	0.008
	四年級/304	4.00			女/599	4.04			
	五年級/296	4.14			喜歡自然課/293	4.02			
	六年級/307	4.76			不喜歡/360	4.31			
	高雄市/404	4.15	0.182	0.833	喜歡自然讀物/174	4.48	3.594	2.526*	0.012
	高雄縣/409	4.20			不喜歡/586	4.14			
	屏東縣/416	4.13			喜歡實驗/608	4.19			
					不喜歡/345	4.22			
光的折射	三年級/322	6.42	5.217**	0.001	男/630	6.54	0.268	-1.031	0.303
	四年級/304	6.47			女/599	6.66			
	五年級/296	6.55			喜歡自然課/293	6.53			
	六年級/307	6.96			不喜歡/360	6.70			
	高雄市/404	6.69	2.976	0.051	喜歡自然讀物/174	6.53	9.190	-0.874	0.383
	高雄縣/409	6.69			不喜歡/586	6.69			
	屏東縣/416	6.41			喜歡實驗/608	6.71			
					不喜歡/345	6.51			
光的反射	三年級/322	6.65	10.136***	0.000	男/630	7.15	1.126	1.221	0.222
	四年級/304	6.93			女/599	7.00			
	五年級/296	7.24			喜歡自然課/293	6.89			
	六年級/307	7.52			不喜歡/360	7.21			
	高雄市/404	6.90	3.968*	0.019	喜歡自然讀物/174	7.20	1.970	0.023	0.981
	高雄縣/409	7.31			不喜歡/586	7.19			
	屏東縣/416	7.03			喜歡實驗/608	7.00			
					不喜歡/345	7.22			

\*表 P>.05 \*\*表 P>.01 \*\*\*P>.001

從統計結果表二十九發現：在「光的行進」和「光與視覺」上，學童不分性別、年級、地區或是否喜歡實驗，其所持有正確的概念均

無差異。在「影子的形成」、「光的折射」和「光的反射」上，則是隨年級之升高，學童有較正確的想法。而喜歡自然讀物的童則在「光與視覺」和「影子的形成」二概念上明顯優於不喜歡自然讀物者。而「影子的形成」一項則是除了地區與是否喜歡實驗外，學童對相關概念普遍有差異現象之存在。

綜合看來，不同變項之學童，其持有之正確想法並無太大差異，除顯示光迷思概念之普遍性，也反映了國小自然教材中對光學概念設計之欠缺。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

依據二階紙筆測驗之結果分析與討論，將本研究之結論臚列如下：

#### (一)光的行進

1. 光在黑暗中比白天傳得更遠：學生認為光在白天及黑夜傳遞的情形會有不同，「光的傳遞，在白天和夜晚有明顯的不同，在黑暗中比白天傳得更遠」。
2. 光在白天無法傳遞：有四分之三的學生明顯認為「光在白天無法傳遞」。

#### (二)影子的形成

國小中、高年級學生在「影子的形成」之概念可以下面二點加以歸結：

1. 「透明物」與「不透明物」之影子：64.8%的學生能指出「透明物依然會有影子」，但僅30.8%的學生知道透明物的影子是一個模糊的淡影。此一結果顯示學生並不瞭解透明物可以容許「部分」光通過的性質，同時對於「影子是由光被阻擋」而產生，亦存有迷思的情況。
2. 「影子的形成」：90.6%的學生可以指出影子的正確位置，然其中僅有39.0%的學生可以明確的指稱「影子是由於光被阻擋而生」。許多學生對於影子的形成認為是由光「反射」而生。同時，有36.0

%的學生認為影子是「陽光反射樹影」而生，影子係「陽光將樹映照於地上」。另外，有 27.9%的學生認為：「黑暗中樹依然有影子，只是因為地面也是黑的，所以無法分辨」。

### (三)光與視覺

在光與視覺方面，本研究之結果發現國小中高年級學生「光與視覺」所產生之迷思概念，與國內外之相關研究相符合之處甚多。

可以從三方面加以歸結：

1. 視覺機制：大多數學生對於視覺之概念集中於「物被人看」的方式，也就是人的眼睛「主動視物」。在人的眼睛「主動視物」這個機制中，光照射物體，人的眼睛再看到物體。學生對於「光與視覺」機制是：「光照亮物體，人的眼睛才能看到物體」。
2. 黑暗中視物：超過半數的學生認為，在完全黑暗環境中可以看到一點點或是某些特定的東西。」結果同時指出，學生認為在完全黑暗環境中能看到「明度較高」，或是「彩度較高」的顏色、「表面光滑」、「鏡子」以及「金屬製品」……等材質。
3. 視覺遭遇障礙物時：大多數學生對透過木板視物持有「視線被木板阻擋」的看法，顯示學生對於如何視物，多抱以「主動視覺」之概念。有趣的是，當阻隔物為「透明物」時，認為「眼睛可以透過透明物」產生視覺的學生較多；而當阻隔物為「不透明物時」則持有「主動視覺」概念的學生減少。

### (四)光與反射

1. 反射物質：學生對於反射物質普遍的認知停留於「規則反射」的情況，絕大多數學生認為只有部分的東西會產生反射現象。也就是「鏡子」，或「類似鏡子」之材質才可以反射光。而對於對於「漫反射」之現象，可說是一無所知。只有少數學生存有「所有物質都會產生反射之概念」。
2. 學生「入射角 = 反射角」之概念：學生對於鏡子反射光的現象存有：「只有在鏡前的物體可以看到」、「距離鏡子遠的東西看不到」之

想法。只有少數學生能指出物體反射有固定角度，但不能明確的指出反射時「入射角 = 反射角」。

3. 黑暗中之反射機制在本研究中，絕大多數(74.4%)的學生仍認為「在完全黑暗的環境中，鏡子仍可以映照出物體的影像」。同時，學生對於「反射」存在了兩種傾向：在「黑暗中」，學生認為反射是「物體傳送影像到鏡子」；但在「有燈光」的環境中，則認為反射係由「鏡子照射物體」，或是「鏡、物互相傳送光」。

### (五)光與折射

1. 折射成因：在折射的成因上，學生多半無法指出折射是由於「光經不同介質時行進速度不同，而生之偏折現象。」學生多數認為是「水」而非「光」產生折射，「水具放大的功能」，「水放大」或「彎曲」筷子。
2. 彩虹的成因：近四成學生(39.1%)學生認為彩虹及三稜鏡的色散是由於光的「反射」，而有三成學生認為是「折射」造成，也有 19.1% 學生認為彩虹是由於「光合作用」形成的。
3. 折射和反射的區分：42.4% 學生能完全區別二者；有八成以上的學生大致可區分日常現象中的「反射」與「折射」；僅少數學生(9.1%)出現「反射」、「折射」混淆的情形。

### (六)學童光概念得分相關因素分析

學童在光的行光與視覺普遍具有迷思概念，且與學童的「性別」、「年級」、「地區」、「對自然科讀物之喜好」、「實驗之喜好」無關連現象，而影子的形成則在不同背景之學童中均有差異，六年級學童對光概念之認知顯著優於三、四、五年級之學童。

## 二、建議

經由本研究所獲致之前述結論，提出以下建議：

### (一)光學教材安排之建議

自八十五年課程實施起，各科之教材脫離以往單一版本的束

縛，朝向開放、多元發展。隨著九年一貫課程的實施，教師擁有更多彈性及更大空間選擇各版本之教材。在「自然與生活科技」之能力指標與教材內容細目中，所涵蓋之光概念相關份量並不多。但根據研究結果，研究者提出建議如下：

### 1. 教材選擇上需注意「光學概念」之安排：

九年一貫課程「自然與生活科技領域」中光概念所蓋之子概念有：「光的傳播與影像」、「色光與顏色」、「光的折射」、「影像與視覺」，散見於一到六年級中。隨著各家出版商編排之理念不同，各冊課本所涵蓋之教學目標亦不盡相同。在現行制度下，教師具有極大的空間選擇適合的教科書版本。考慮概念的銜接，教師於選擇課本時，宜更加謹慎，注意光學概念架構之完整性，並適時依學生之學習需求，補充或調整教材，以補教科書之不足。

### 2. 光「折射」與「反射」教材之安排宜更嚴謹：

由於學生對「反射」與「折射」存有許多迷思概念，因此建議：

#### (1) 「反射」概念部分

在現行的教材中，對於學生「反射」概念部分，明顯集中於「規則反射」，容易造成學生的理解集中「鏡面反射」，或是相類似之「規則反射」的情境，使學生誤解為：「只有鏡面、金屬、玻璃」等會反射。同時，教材中對於反射，過度強調「反射現象」的觀察，明顯忽略「反射光」之概念，造成學生難以理解：「要有光才能看見東西」、「我們能看見，係因為物體反射光進入眼中」之視覺概念。因此建議於安排反射教材宜多考量，避免偏廢。

#### (2) 「折射」概念部分

在折射現象部分，教材中對於折射現象的觀察僅止於「三稜鏡色散」，及「筷子折斷了」，容易使學生對於折射概念侷限。因此，宜考量多納入一些生活上之折射實例。同時，在納入「彩虹」為折射之現象時，宜應多加考量。

### 3. 「影子的形成」教材宜加以延伸

在現行之課程中，對於影的形成只著重建立「要有光才有影子」之概念。同時，與「影子的形成」相關之單元大多編排在小學二年

級，到了中、高年級時就不再提起。然而，在二年級課程之單元目標也僅著重於「瞭解要有光才有影子」、「影子的位置隨光源而改變」。並未有讓學生建立「影子係因光被阻擋而生」之概念。在本研究中發現，學生雖大多能指出影的位置及形狀，但對於成影的機制仍存在許多迷思，應是導因於此。

「影子的形成」概念，與「光的行進」及「光的本質」之光概念息息相關。建議納入「透明物」之教材，幫助學生建立有關「影子係因光遇阻擋而生」之概念。

## (二)後續相關研究之建議

從文獻的探討及回顧中，無論國內外，無論研究之對象、方法，大多數對於學生之光學概念之研究均有相類似之結果，顯見對於學生光概念之瞭解已有一定成果。然而，只是瞭解兒童科學概念並不足以概觀兒童的科學世界，我們應該去追溯兒童的概念從何而來。性別、種族、文化、學習風格、語言……等因素均會影響到兒童科學概念的形成。

從本研究中發現，學生之「年級」與「性別」均造成光概念之差異，但僅僅討論「年級」及「性別」這兩項，並不足以含括所有影響學生光概念形成之因素。因此，在未來之相關研究中，探究學生光學概念之來源，以及光概念教學改變方面之研究，還有許多值得探究的空間。期望未來之研究者朝此空間發展，以期於探索來源及教學改變上發揮，對症下藥，糾正學生相關之迷思概念。

## 參考文獻

- 王晉基(1992)。利用選擇題的方式來探求國中學生對「光」的迷思概念。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文(未出版)。
- 王晉基和郭重吉(民 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(一)。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)。
- 王龍錫、張靜儀(1994)。 **國小學童光與視覺之概念發展研究(二)**。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告(NSC：83-0111-S153-001N)。
- 王麗芬(2001)。 **國小學童對「物質變化」迷思概念的分析研究**。屏東市：國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文(未出版)。
- 古智雄(1992)。 **凸透鏡成像迷思概念的詮釋系統研究**。國立台灣師範大學物理所碩士論文(未出版)。
- 邱韻如(1998) **成影概念的成長與學習**。臺北市：國立台灣師範大學物理研究所博士論文(未出版)。
- 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)。
- 張川木(1999)。 **孩童之「光與色彩概念」研究**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC：86-2511-S110-003)。
- 許有亮(1998)。 **國中平面鏡成像的另有架構與教學改進之策略研究**。高雄市：國立高學師範大學物理研究所碩士論文(未出版)。
- 陳可崗譯(2001)。 **觀念物理(Conceptual Physics-The High School Program)**。Paul G. Hewitt 著。臺北市：天下遠見出版社。
- 陳忠志(1989)。 **大一學生物理學錯誤概念之研究( )光學錯誤概念**。行政院國家科學委員會專案計畫成果報告(NSC77-0111-S017-005-D)。
- 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年中華民國物理教育學術研討會論文彙編**，頁 31 - 39。
- 陳忠志、許有亮(1998)。國中生平面鏡成像的另有架構之探討。 **物理教育**，2(1)，中華民國物理教育學會出版。
- 黃文吟(1999)。 **從高中學生解釋物理現象的表徵與評價探討其概念架構與認識取向**。彰化市：彰化師範大學科學教育研究所博士論文(未出版)。
- 黃湘武，黃寶鈿(1989)。 **我國學生科學概念與推理能力發展之相關研究 - 光的性質**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC：78-0111-S003-017D)。
- 黃湘武，黃寶鈿(80)。 **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)。
- Anderson, B., & Karrquist, C. (1983). How Swedish Pupils, Aged 12-15, Understand Light and Its Properties. *European Journal Science Education*, **5**(4), 387-402
- Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1983). *Transparencies on light : Teacher's Manual*. Michigan State University.
- Anderson, C., & Smith, E. (1986). *Children's Conceptions of Light and Color : Understanding the Role of Unseen Rays*. Office of Educational Research and Improvement, Washington, D.C. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 270318).
- Champagne, A. B., Gunstone, R. F., & Klopfer, L. E. (1983). Instruction for understanding: A case study. *The Australian Science Teachers Journal*, **27** (3), 27-32.
- Eaton, J. F, Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1983). Students' Misconceptions Interfere with Science Learning: Case Studies of Fifth-grade Students. *Elementary School Journal*, **84**, 365-379.
- 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. (1990). Misconceptions and Light: A Curriculum Approach. *Science Education*, **20**, 1050-13.
- 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. & Happs, J. (1988). Countering Fundamental Misconceptions about Light an Analysis of Specific Teaching Strategies with Years 8 Students. *Science Education*, **18**, 211-219.
- Fetherstonhaugh, T., & Tregust, D. (1992) Students' Understanding of light and its properties : teaching to engender conceptual change. *Science Education*, **76**(6), 653-672.
- Finley, F. N., & Stewart, J. (1982). Representing substantive structures. *Science Education*, **66**, 593-611.

- Gange, A. (1975). *Essential of learning for instruction. United States of America*. es, Princeton: Educational Testing Service.
- Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1983). *Not All the Wrong Answer Give Misconception: Example from Interview on Geometrical Optics*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 242553).
- Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1986). Student Difficulties in Understanding Image Formation by a Plane Mirror. *The Physics Teacher*, **4**, 720-80.
- Guense, S., & Tiberghien, W. (1983). *Investigations on Children's Conceptions in Physics: Which Method from Which Result?* (ERIC Document Reproduction Service No. ED 242553).
- Helm, H., & Novak, J. D. (1983). Overview of the seminar. In H. Helm and J. D. Novak (chairs), *Proceedings of the International Seminar on Misconception in Science and Mathematics*, 1-4. Cornell University, Ithaca, New York.
- Lawson, A. E. (1988). The acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or Tabula Rasa. *Journal of Research in Science Teaching*, **25**, 185-199.
- Mintzes, Joel J., Wandersee, James H. Novak, Joseph D. (2001) Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education*, **35**(3). 118.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science : The implication of children's science*. Auckland : Heinemann.
- Piaget, J. (1929). *The Child conception of the world*. New Yourk : Harcourt , Brace , 1929; London: Routledge and Kegan Paul, 1929. (originally published , 1926). Part I, ch 1-2, 180.
- Ramadas, J., & Driver, R. (1989) Aspects of Secondary Students Ideas About Light. *Children's Learning in Science Project*, University of Leeds.
- Saxena, A. B. (1991). The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, **13**(3), 283-289.
- 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.
- Stead, B., & Osborne, R. (1980). Exploring science student's concepts of light. *Australian Science Teachers' Journal*, **26**, 84-90.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, **10**, 159-169.