

Study on Junior High Students' Alternative Framework of Plane Mirror Image

Chung-Chih Chen, Yu-Liang Hsu

Graduate School of Physics, National Kaohsiung Normal University

(投稿日期：87年1月30日 接受刊登日期：87年3月17日)

ABSTRACT

This research aims at probing into the alternative framework of the junior high 3rd-graders on plane mirror image.

It was conducted through written test and interview surveys on samples of 117 3rd-graders at a junior high school in Kaohsiung City. The test result was first analyzed and categorized students from each category was selected for further interview. During the interview, the students were given real objects for manipulation in order to elucidate their concepts.

From the analysis of results of written test and interview, we come up with the following conclusion:

1. Student's alternative frameworks about plane mirror:

- (1) The image of the plane mirror is on the line of sight.
- (2) The image is at the surface of the plane mirror where the incident light hits the mirror.
- (3) The students connect the line between image and eyes to determine whether the image from the plane mirror can be caught sight of.
- (4) The students use the angle of sight as the criterion to determine if an image can be seen or not.
- (5) The students confuse the image with the shadow.
- (6) The students rely on only one line in determining the position of the image.

2. The physics teacher plays an important role in the students' concept learning.

3. The students don't understand the mechanism how the image is formed.

Keywords: misconception, alternative framework, plane mirror, image, secondary education .

陳忠志、許有亮

國中生平面鏡成像的另有架構之探討

陳忠志、許有亮

國立高雄師範大學物理研究所

(投稿日期：87年1月30日 接受刊登日期：87年3月17日)

摘要

本研究旨在探討國中三年級學生對平面鏡成像的另有架構，以瞭解學生平面鏡成像的想法。

本研究採筆紙測驗及晤談兩種方式進行，筆紙測驗樣本，採自高雄市某國中三年級學生 117 位，就學生紙筆測驗結果進行分析歸類，再就各種可能架構選取具代表性 12 位學生進行晤談，晤談時給予學生實物操弄，以誘導其釋出想法。我們分析了學生紙筆測驗、晤談結果、及理化教師教學，獲得以下研究結果：

一、學生對平面鏡成像的另有架構

- (1) 平面鏡成像在眼睛視線的延伸。
- (2) 成像位置在物體發出光線經平面鏡鏡面反射時的反射點上。
- (3) 以像和眼睛的連線來決定能否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) 平面鏡的成像是物體在鏡面上的影子。
- (6) 學生普遍以一條光線作圖來決定成像位置。

二、理化教師對學生的概念學習深具影響力。

三、在本研究中的學生普遍缺乏平面鏡成像機制。

關鍵詞：迷思概念、另有架構、平面鏡、像、中等教育

一、緒論

(一)研究動機與背景

Treagust 、Duit & Fraser (1995) 曾指出，學生能夠說出平面鏡成像位置，但是要如何看到像卻有困難；而根據研究者的教學經驗，國中學生對平面鏡成像的學習感到非常困難。多數學生對平面鏡成像單元，學習方式常是背誦事實，並不瞭解平面鏡成像原理。Novak(1988)亦曾指出，大多數的認知心理學者對學生的學習都認同下列四點：一.概念的獲得很早就發生了；二.錯誤概念很早就獲得且不易修正；三.原有知識會影響新知識的學習；四.處理知識的容量是有限的。據此而言，教師若不瞭解學生具有哪些原有知識，則無法瞭解學生學習的困難，更無法給予適當的指導，為幫助學生達到有效的學習。基

於上述理由，激發了研究者的研究動機。

(二)研究目的

本研究的主要目的為：探討國中三年級學生對平面鏡成像的另有架構，以瞭解學生平面鏡成像的想法。

(三)研究範圍與限制

由於受到人力、時間及其他因素的影響，本研究的範圍與限制如下：

- 1、因本研究課程單元為國中三年級所實施之課程，且因研究者個人時間及行政考量所依，僅以高雄市某國中三年級的學生為樣本。
- 2、本研究中「平面鏡成像」之概念，以國中現行理化教材所提及的有關概念為範圍。

二、文獻探討

綜合整理近十多年來中、外研究者對國中生平面鏡成像另有架構的相關研究，作為本研究探討國中生對平面鏡成像另有架構的重要參考。平面鏡成像原理與眼睛看到物的原理息息相關，因此以下針對此二方面另有架構之相關研究加以探討：

(一)眼睛看到物體的另有架構：

- 1、以「視線」的概念來解釋：

有些學生認為有些東西能從眼睛中散射出來所以能視物(Karrqvist and Anderson,1983、Stead and Osborne,1980、Guense et al.,1983)。這種想法和認為人看到物體是經由眼睛注視物體的想法相同。所以學生對於「人能視物」，普遍以「視線的概念」來解釋（王晉基和郭重吉,1992、Fetherstonhaugh et al.,1987 與 Anderson and Smith,1986）。

- 2、以「視覺」的概念來解釋：

有些學生認為眼睛看到物體是來自光線照射物體再由眼睛察覺，而非經由光線的反射而來(Saxena,1991、Anderson and Smith,1986、Eation, Anderson, and Smith,1983 與 Slinger, Anderson, and Smith,1983)。國內國中生二、三年級對眼睛看到物體，也有以視覺的概念來解釋（王晉基和郭重吉,1992）。

- 3、以「物體發光」的概念來解釋：

有些學生認為眼睛看到物體是因光來自物體 (Romands and Driver,1989)；也有學生認為物體本身會發光，所以眼睛能視物（王晉基和郭重吉,1992）。

- 4、以「眼睛會發光」的概念來解釋：

有些學生認為因光來自眼睛，所以眼睛能視物 (Romands and

Driver, 1989)。

總括而言，上述的這幾類學生不知眼睛看到物體是經由光線的反射而來，而常以「視線、視覺、物體本身會發光、眼睛會發光」等觀點來說明人能視物。

(二)平面鏡成像的另有架構：

1、以一點能發出一條光線，做光學成像圖：

學生常以一點能發出一條光線，做光學成像圖(陳忠志, 1988、Rice and Fetherstonhaugh, 1987 與 Fetherstonhaugh, 1986)。

2、視線的延伸：

許多學生指出平面鏡成像是因眼睛視物時，視線的延伸所形成的(陳忠志, 1988、黃湘武, 1988 與 Goldberg and McDermott, 1983)。

3、以「投影」來解釋：

多數學生認為「像」是光撞到紙張或平面鏡時，光會保留在表面上(Guense and Tiberghien, 1983);有些學生也以物體本身投影的觀點來說明面鏡成像(王晉基和郭重吉, 1992);也有學生認為平面鏡的成像是物體直接投影上去的(陳忠志, 1988、Fetherstonhaugh et al, 1987 與 Goldberg and McDermott, 1983)。

4、以「折射」來解釋：

國內某些學生以為光遇到平面鏡時會發生折射(光會發生偏折)，以此說明平面鏡成像(王晉基和郭重吉, 1992)。

5、以「錯覺」來解釋：

研究發現相當多的學生對於眼睛所見成像位置抱持懷疑的態度，認為這是一種錯覺，實際的成像應該是在鏡面上或鏡前，當要求學生解釋成像原因或過程時即常會顯示此種想法，或改變原來成像在鏡後的想法(黃湘武, 1988)。

6、成像位置受光源所在的位置而改變：

有些學生認為平面鏡成像，像可以產生在兩個或多個地方(陳忠志 1988)；也有學生認為平面鏡成像位置受光源所在的位置而改變(Fetherstonhaugh et al., 1990 與 Goldberg and McDermott, 1983)。

總括而言，上述的這幾類學生不知「平面鏡成像來自於物體發出無限多條的光線，經平面鏡反射而進入眼睛裡，該光線的反方向延伸交會點，即為平面鏡成像的位置，只有一處且在鏡後」，而學生卻以「一點能發出一條光線，做光學成像圖」、「視線、投影、折射、錯覺」、「成像位置受光源所在的位置而改變」等觀點來解釋平面鏡成像。

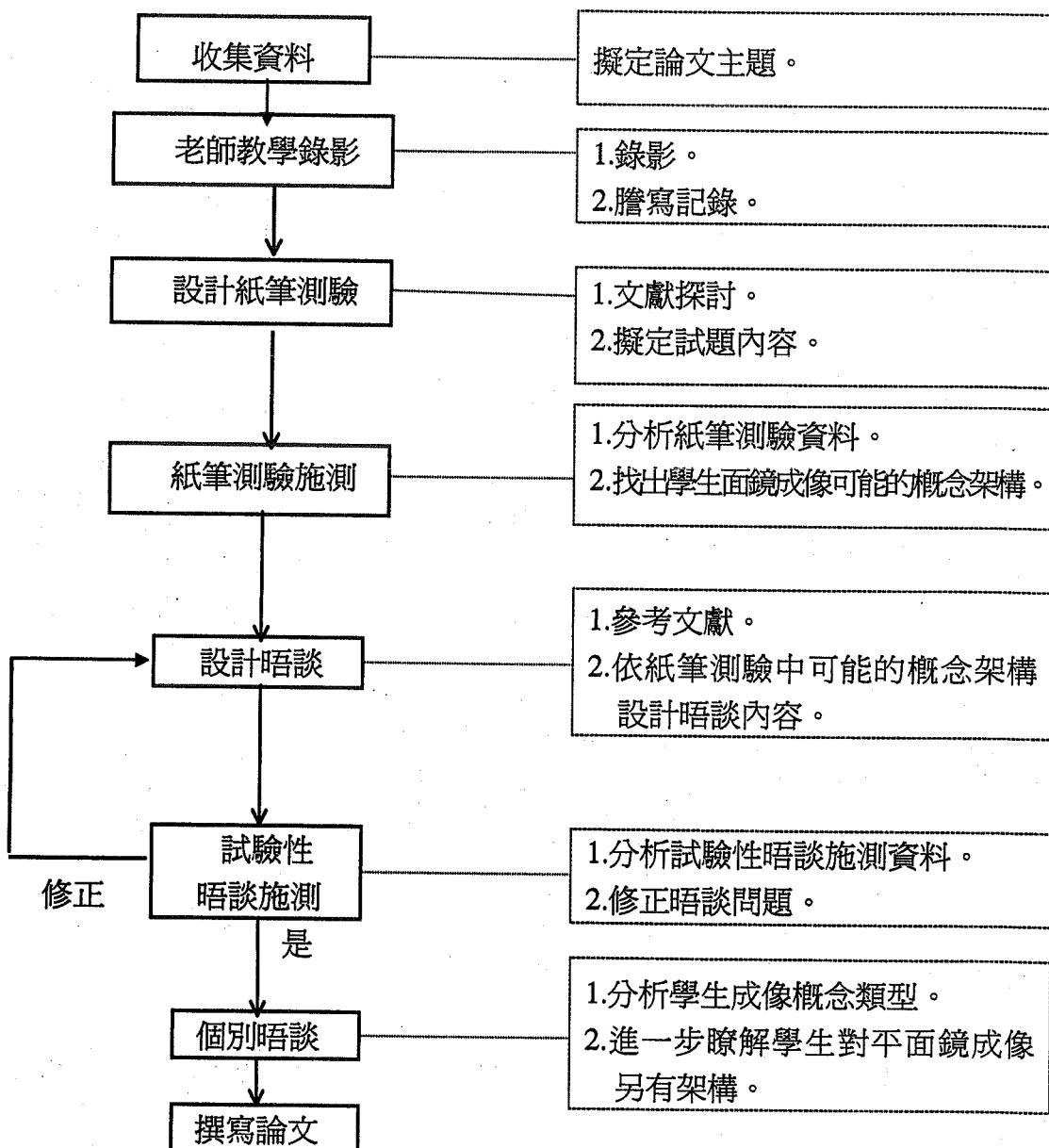
三、方法與步驟

國中生平面鏡成像的另有架構之探討

本研究採用的方法是偏重質的研究調查法。其步驟為二：先以紙筆測驗對較大的樣本施測，找出學生在平面鏡成像問題上一些可能的共通想法；然後再從其中挑出一些具代表性想法的學生，做進一步深入的個別晤談。

研究流程如圖一。以下分別敘述此兩階段研究的研究樣本、研究工具、研究程序及資料分析。

圖一 研究流程



(一)研究樣本

本研究樣本取自高雄市某國中三年級學生有效人數 117 位。

(二)研究工具

在本研究工具有兩種，一為紙筆測驗；一為個別晤談。因此以下分別就紙

筆測驗及個別晤談工具加以說明。

1、紙筆測驗：

- (1)本階段研究所使用的紙筆測驗試題，是依據課本平面鏡成像概念圖所涉及的概念，引用自陳忠志(1988)紙筆測驗工具之一。
- (2)紙筆測驗試題共有兩題(如附錄一)，兩題試題大抵相同，不同的是鉛筆放置的位置，第一題旨在瞭解學生對平面鏡成像位置的想法，第二題旨在驗證學生對平面鏡成像的想法是否有一致性。

2、個別晤談：

Gilbert, Watts & Osborne (1985) 指出晤談旨在澄清學生在紙筆測驗所做回答的疑點之外，再以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)。前者旨在從學生科學的整體架構中探索學生的世界觀；後者的目的係在於引出學生所用某字眼的真實意義。因此，本研究使用的晤談工具，係採實物進行晤談，歷經三次試驗性晤談後，再進行正式晤談。詳述如下：

- (1)晤談中所採用的實物，係為一蓋上布的平面鏡直立於桌上，旨在引導學生進入情境中回答問題。
- (2)歷經三次試驗性晤談(共六位學生)，每次試驗性晤談後分析其內容並予以增刪和修訂。最後發展出個別晤談工具。
- (3)晤談取樣的學生，係由紙筆測驗中分析出學生可能具有的概念架構。每一種架構各選取一到二位紙筆測驗不清楚而有待澄清者。

(三)研究程序

在本研究中所採用的方法係以晤談為主，但為達研究之目的以及考慮效率，因此摒棄試驗性研究中隨意選取樣本的方式。而於個別晤談前對較多的樣本實施紙筆測驗，旨在發掘更多對平面鏡成像不同類型想法的學生，進行深入晤談，以避免同種類型學生的重複研究。本研究程序分為：1、老師教學錄影。2、紙筆測驗的施測過程。3、試驗性晤談研究。4、個別晤談的施測過程。以下分別加以說明：

1、老師教學錄影：

研究者首先取得學校的同意後，並確定教學錄影時間，在錄影後謄寫記錄。

2、紙筆測驗的施測過程：

研究者先取得學校同意，並安排所需要的測試人數，由研究者親自實施紙筆測驗（測驗時間 20 分鐘）。

3、試驗性晤談研究：

研究者先與導師聯絡確定日期，並安排預測試人數，觀察學生在試驗性晤談中回答的情形，並留意時間是否太長而不能專心，該問那些關鍵問題，及實物情境呈現次序的安排是否恰當等等。綜合整理試驗性晤談的研究

國中生平面鏡成像的另有架構之探討

究結果做為正式晤談參考。

4、個別晤談施測過程：

晤談過程實際上分為兩個步驟，步驟一是「疑點澄清」以完成「事件晤談」，目的是為了解學生的概念架構；步驟二則是「事例晤談」，旨在引出學生於詮釋現象時所用字眼的真實意義。

(四)資料分析

本研究的資料分析方法，分別就紙筆測驗結果的分析與個別晤談結果的分析，加以說明：

1、紙筆測驗結果的分析：

紙筆測驗卷收回後，先逐題分析學生的作圖，並予以分類，再根據研究者於試驗研究所得的經驗，就類似的回答分析其詮釋方式，從而判斷其中可能隱含的概念架構。針對每一可能的概念架構，找出一、二位典型的學生之後，對他們的試卷再逐一進行分析。對於學生回答的意思不明白，不夠詳盡，或前後似乎有些不一致的情形，或其他諸如不同詞彙是否代表同樣意義等疑點，研究者均於試卷上標出以備晤談之用。

2、個別晤談結果的分析：

本研究之晤談包含了「事例晤談」和「事件晤談」的雙重性質，因此晤談所得資料的分析亦具有雙重的目的：確定學生在詮釋「平面鏡成像」時所用字眼的真實意義或待澄清的問題；以及了解學生在詮釋上述現象時所表現的概念架構。

「事例晤談」結果的分析，係參照 Gilbert, Watts, & Osborne (1985)，將晤談結果所得資料的分析分為兩部分：

(1)晤談的謄寫：將錄影帶內容有系統地謄寫成文字形式。

(2)謄稿的分析：此分析的工作又分為五類，即「個人的、任務的、情境的、概念的、架構的」。

①個人的：指一切與被晤談者有關的談話，包括打招呼、引言、開始和結束訪問的習慣用語。

②任務的：牽涉到要做什麼，錄影帶的機密性、調查的性質等。

③情境的：指直接和談話有關的實物情境。

④概念的：指和被晤談者本身概念有關的談話。

⑤架構的：實物情境之外，被晤談者欲具體表達其想法的談話。

「事件晤談」資料的分析包括下列步驟：

(1)將錄影帶內容有系統地謄寫成文字形式。

(2)對重要的談話進行分析、討論，配合「事例晤談」結果的分析以確定學生平面鏡成像的概念。

(3)整理出學生平面鏡成像的概念。

其中概念分析先針對事例晤談中所用字彙語義的分析，以了解這些字彙在學

生的詮釋中代表何種意義，研究者確定學生的想法後，將結果分析併入事件晤談結果的分析中，以確定學生的概念架構。

四、結果與討論

(一)紙筆測驗結果的分析

先逐題（紙筆測驗試題請參考附錄）分析，列出學生對平面鏡成像的作圖類型，再找出學生可能的共通想法。而將人數較少的（兩人以內）或想法零星無法予以歸併的想法列在其他中。百分率（%）是指該項想法的人數除以總人數。本研究總紙筆測驗有效總人數共 117 人。學生決定平面鏡成像位置的想法百分率分佈表。（如表一）

表一
學生決定平面鏡成像位置的想法百分率分佈表

類型	第一題作圖	第二題作圖	人數	百分率 (%) (N=117)
第一種			20	17.1%
第二種			16	13.7%
第三種			11	9.4%
第四種			7	6.0%

第五種		6	5.1%
第六種		6	5.1%
第七種		5	4.3%
其他		46	39.3%

(二)個別晤談結果的分析

根據學生對平面鏡，成像的位置、觀察位置不同，所見像的位置、決定成像位置的想法、看到像的想法，本研究中的學生對平面鏡成像概念類型，彙整如表二。

(三)學生平面鏡成像另有架構的分析

從學生的「紙筆測驗結果的分析」以及「個別晤談結果的分析」，可找出學生對平面鏡成像的另有架構如下：

- 1、平面鏡成像在眼睛視線的延伸(請參考表二中的第一與第五種類型)。
陳忠志(1988)、黃湘武 (1988) 與 Goldberg and McDermott(1983) 亦指出平面鏡成像是因眼睛視物時，視線的延伸所形成的。
- 2、成像位置在物體發出光線經平面鏡反射的反射點上(請參考表二中的第二種類型)。王晉基和郭重吉 (1992) 指出有些學生以物體本身投影的觀點來說明面鏡成像;陳忠志 (1988)、Fetherstonhaugh et al (1987) 與 Goldberg and McDermott (1983) 也曾指出學生認為平面鏡的成像 是物體直接投影上去的。
- 3、以像和眼睛的連線來決定能否從平面鏡中看到成像 (請參考表二中的

表二
學生對平面鏡成像概念類型

類型	像的位置	觀察位置不同，所見像的位置	決定成像位置的想法	看到像的想法	百分率 (N=117)
第一種類型	鏡面上	不同	眼睛視物時的延伸與鏡面的交會點。	眼睛視物時的延伸要與平面鏡相交才可在鏡中看像。	17.1% (20)
第二種類型	鏡面上	不同	物體發出光線經鏡面反射到眼睛之反射點處。	光線自物體發出須經鏡面反射進入眼睛。	13.7% (16)
第三種類型	鏡後	相同	成像位置落在鏡後物到鏡面距離=像到鏡面距離的地方。	眼睛與像之連線要與平面鏡相交。	9.4% (11)
第四種類型	鏡後	相同	物體發出光線經鏡面反射到眼睛，其反射線的延伸，鏡後物到鏡面距離=像到鏡面距離的地方。	光線自物體發出須經鏡面反射進入眼睛。	6.0% (7)
第五種類型	鏡後	不同	眼睛視物時的延伸且在鏡後物到鏡面距離=像到鏡面距離的地方。	眼睛視物時的延伸要與平面鏡相交。	5.1% (6)
第六種類型	鏡後	相同	鏡後物到鏡面距離=像到鏡面距離的地方。	像要落在視線內。	5.1% (6)
第七種類型	鏡面上	相同	平面鏡上的影子。	只要物在鏡前	4.3% (5)
類型不明					39.3% (46)

第三種類型）。此想法與以往平面鏡成像的相關研究有所不同，此想法究其因，來自理化教師教學的影響。

4、像要落在視線內，才可在平面鏡中看到成像（請參考表二中的第六種類型）。此想法與以往平面鏡成像的相關研究有所不同，此想法究其因，來自補習班理化教師教學的影響。

國中生平面鏡成像的另有架構之探討

- 5、平面鏡的成像是物體在鏡面上的影子，此想法與以往平面鏡成像的相關研究有所不同，從晤談中學生認為「影像」（學生誤把成像說成影像）就是「影子」。
- 6、學生普遍以一條光線作圖來決定平面鏡成像位置（請參考表一中的學生七種平面鏡光學成像圖）。陳忠志(1988)、Rice and Feherstonhaugh (1987)與 Feherstonhaugh(1986)也曾指出學生常以一點能發出一條光線，做光學成像圖。

五、結論與建議

(一)結論

本研究的結論如下：

1、學生對平面鏡成像的另有架構

- (1)平面鏡成像在眼睛視線的延伸。
- (2)平面鏡成像位置，在物體發出光線經平面鏡反射時的反射點上。（請參考表二中的第二種類型）
- (3)以像和眼睛的連線來決定能否從平面鏡中看到成像。（請參考表二中的第三種類型）
- (4)像要落在視線內，才能在平面鏡中看到成像。（請參考表二中的第六種類型）
- (5)平面鏡的成像是物體在鏡面上的影子。（請參考表二中的第七種類型）
- (6)學生普遍以一條光線作圖來決定成像位置。（請參考表一中的學生七種平面鏡光學成像圖）

2、理化教師對學生的概念學習深具影響力。

請參考結論中的學生對平面鏡成像另有架構的第三點與第四點。究其因來自理化教師教學上的特殊解題法。所以理化教師對學生的概念學習深具影響力。忽略了物理概念的解題方法，易導致學生另有架構的產生。

3、在本研究中的學生普遍缺乏平面鏡成像機制

請參考結論中的學生對平面鏡成像另有架構的第六點。儘管理化教師曾實施平面鏡成像的教學，但在本研究中所取樣的學生仍普遍缺乏平面鏡成像機制。故有效的教學設計顯得極其重要。

(二)建議

普遍而言，學生會描述因死背學習所帶來的挫敗，而且他們非常生氣以死背的方法學習。然而，在學校的教學，學生也承認很多課堂的測驗，需要多一點的死記課本或參考書。因此，如何讓學生愉快且有效的學習就更顯得重要與急迫。根據本研究過程以及結論，提出以下建議：

1、給教學者的建議：

- (1) 教學前教師多留意自己以及學生是否存有另有架構。
- (2) 教學時應注重物理概念，可利用學生的相異事例（discrepant events）引發學生另有架構的衝突，進而打破學生的另有架構，以利概念的建立。
- (3) 教學後應兼顧定量及定性的評量，以利老師瞭解學生概念的轉變，並做教學後的自省。

表二
學生對平面鏡成像概念類型

類型	像的位置	觀察位置不同，所見像的位置	決定成像位置的想法	看到像的想法	百分率 (N=117)
第一種類型	鏡面上	不同	眼睛視物時的延伸與鏡面的交會點。	眼睛視物時的延伸要與平面鏡相交才可在鏡中看像。	17.1% (20)
第二種類型	鏡面上	不同	物體發出光線經鏡面反射到眼睛之反射點處。	光線自物體發出須經鏡面反射進入眼睛。	13.7% (16)
第三種類型	鏡後	相同	成像位置落在鏡後物到鏡面距離=像到鏡面距離的地方。	眼睛與像之連線要與平面鏡相交。	9.4% (11)
第四種類型	鏡後	相同	物體發出光線經鏡面反射到眼睛，其反射線的延伸，鏡後物到鏡面距離=像到鏡面距離的地方。	光線自物體發出須經鏡面反射進入眼睛。	6.0% (7)
第五種類型	鏡後	不同	眼睛視物時的延伸且在鏡後物到鏡面距離=像到鏡面距離的地方。	眼睛視物時的延伸要與平面鏡相交。	5.1% (6)
第六種類型	鏡後	相同	鏡後物到鏡面距離=像到鏡面距離的地方。	像要落在視線內。	5.1% (6)
第七種類型	鏡面上	相同	平面鏡上的影子。	只要物在鏡前	4.3% (5)
類型不明					39.3% (46)

2、給研究者的建議：

對於打破學生另有架構後，再提供學生重新建構概念的教學設計，可做

國中生平面鏡成像的另有架構之探討

進一步的探討。

六、附錄

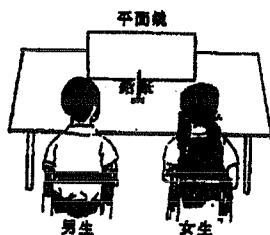
紙筆測驗試題共兩題，限於篇幅以縮小呈現(每題原為 A4 大小)。

學校：_____ 班級：____年____班 姓名：_____

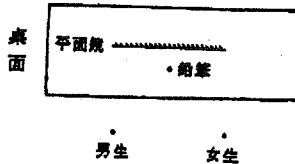
一、如圖，一平面鏡垂直立於桌面上，一枚船筆垂直立於鏡前。男、女兩生坐在桌前往鏡裏觀察船筆的像。

1.下列敘述何者正確？

- A 男女兩生所看到的像都在同一位置上。
- B 男生看到的像位於女生看到的像的右邊。
- C 男生看到的像位於女生看到的像的左邊。



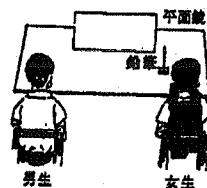
2.請在下圖中，分別畫出男、女生所看到的像的位置，並加說明。



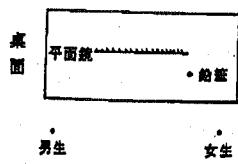
二、接上題，如將船筆向右移動，使船筆位於下圖中的位置。

1.那個人可看到船筆的像？

- A 只有男生可以看到
- B 只有女生可以看到
- C 男、女兩生皆可看到
- D 男、女兩生都看不到



2.如果有人可看到船筆的像，請在下圖中，畫出它的位置，並加說明。



七、參考文獻

1. 王晉基、郭重吉，〈利用選擇題的方式來探求國中學生對「光」的迷思概念之研究〉。《彰師科學教育》，73-92 頁，1992 年。
2. 陳忠志，〈大一學生幾何光學概念架構之探討〉。《中國大學院校普通物理及實驗教學改進研討會論文集》，1988 年。
3. 黃湘武，〈我國學生科學概念與推理發展之相關研究：光的性質（總報告）〉。《國科會研究報告 NSC-77-011-S003-019D》，1988 年。
4. David F. Treagust ,Reinders Duit & Barry J.Fraser Improving teaching and learning in science and mathematics,44-53,1995.
5. Eaton, Anderson, & Smith. Students' Misconceptions Interfere with leaning : Case studies of fifth-grade student. ERIC:ED 228 094,1983.

6. Fetherstonhaugh, T., & Tieagust, D. Students' understanding of light and its properties : Teaching to engender conceptual change. Science and Mathematics Education Centre Curtin University of Technology Perth Australia.(unpublished document) ,1990.
7. Fetherstonhaugh, T.,& Happs, J. Countering fundamental misconceptions about light an analysis of specific teaching strategies with years students. Research in Science Education, 18, 211-219,1987.
8. Guense, Sere,& Tiberghien. Investigations on children's conceptions in physics: Which method from which result? ERIC:ED 242 553,1983.
9. Gilbert, J. R., & watts, D. M. Misconceptions and Alternative conceptions: changing perspectives in Science Education. Studies in Science Education, 10, 61-98,1983.
10. Goldberg,& McDermott. Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. The Physics Teacher, 472-480 , 1986.
11. Goldberg,& McDermott. Not all the wrong answer give misconceptions : Examples from interview on geometrical optics. ERIC: ED 242 553,1983.
12. Karrqvist, Universitet, & Anderson. How swedish pupils: Age 12-15 understand light and its properties. European Journal Science Education, 5(4), 387-402,1983.
13. Novak, D. Learning science and the science of learn' studies in science education, 15, 77-101,1988.
14. Rice & Fetherstonhaugh. Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision. Science Education, 71(4), 629-639,1987.
15. Saxena, A. B. The understanding of the properties of light by students in India. International Journal of Science Education, 13(3), 283-289,1991.
16. Slinger, Anderson, & Smith. Studying Light in the fifth grade: A case study of text-based science teaching. ERIC : ED 233 884,1983.
17. Stead,B.F.,& Osborne,R.J. Exploring science students' concepts of light. Australian Science Teachers Journal, 26(3), 84-90,1980.