

光學實驗之多元裝置、試作

國小教師組物理第二名

台北市指南國民小學

作 者：溫怡梅 謝子房

指導老師：陳金溪

時代日新又新，科學教育的推動，有效的造就人才，促進科學的研究與發展，是今日教育的重點之一，孩童們的好奇，激發無比的求知慾，對於這世界的各種問題，已經不是問“為什麼”而已。他還要問“若是改變某一種情況，又會變怎樣呢？”“最好能證明給我們看我們才相信呀！”面對這一連串的發問，再檢視一下光學實驗模型奇缺的情況下，要順利的進行教學，使各個問題明朗化、具體化。唯有設計多元性的思考結構（thought-constructions）或稱模型，藉這些模型的操作實驗，使有助於概念的說明，各種現象的解釋，更重要的是教師以身作則的研究精神與求知不捨的態度，除了教學相長的效益外，也是一種成功的潛移默化的教育功能。

一、研究動機：

除了天生目不明的人之外，誰都生活在光明的世界裏，知道太陽是最大光源，但是還有許多細節，如光的速度、波動、折射、反射……等問題，影響著我們的日常生活，在國小階段關於光的前進、波動、反射、折射的探討，就是要用“模型”把這些不易具體觀察到的現象，能在很小的空間內，利用最短的時間，把它呈現在受教者眼前，以滿足他們的好奇心與求知慾。

二、研究內容：

1. 長箱式針孔與透鏡兩用照相機

(1) 構造：

a. 大小兩個長立方箱（ $30\text{ cm} \times 12\text{ cm} \times 11\text{ cm}$ ）和（ $29\text{ cm} \times 11\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ ）大的上方挖空，小的套在大箱內，使可前後拉動。

b. 小箱上方自針孔 10 cm 處挖口插置底片用。

c. 置底片之插口前裝一片毛玻璃，小箱前後透空。

- d. 大箱前面挖一直徑 1 cm 的圓孔。
- e. 大箱前端右側釘一可轉動的圓盤，圓盤上有四個不同設計（一為直徑 0.5 mm 鈿孔，一為直徑 1 mm 鈿孔，一為直徑 0.5 mm 雙鈿孔，一為焦距 15 cm 的透鏡）。

(2) 特點：

- a. 普通針孔照相機為正立方體型，本長箱式之針孔照相機，於毛玻璃後仍為暗箱，可當暗室，便於觀察。
- b. 圓盤上各種大小，數目不同的針孔及透鏡，用圓盤轉動式操作方便，稍為改變操作方法，即可實驗透鏡照相原理，又可與針孔照相作比較。

(3) 操作方法：

- a. 轉動圓盤，對準針孔，取好鏡頭。
- b. 插入底片，數夠曝光時間，將底片取出。
- c. 調整毛玻璃之距離再試。
- d. 更換針孔及透鏡繼續試驗，以觀察像的明顯度各有不同。

(4) 實驗結果：

- a. 針孔照相機的成像，均為倒立像——由於光的直線傳播。
- b. 針孔大小，使像的明顯度各有不同，直徑 0.5 mm 鈿孔的像較暗，直徑 1 mm 鈿孔的像較亮，但不清楚，雙孔的像為兩重疊倒立像。
- c. 針孔照相沒有焦點，透鏡有焦點，對準焦點時，像很清楚。
- d. 針孔的大小與毛玻璃的距離最理想的配合如下表：

針孔至毛玻璃的距離	5 cm	7.5 cm	13.5 cm	20 cm
針孔的直徑	0.3 mm	0.4 mm	0.45 mm	0.5 mm

- e. 透鏡照相機所聚集的光束大，光量多，使照相軟片的感光充分，畫面明亮清楚。

2 光的反射觀察裝置

(1)構造：

- a.在小型 L 板之後面架定 3 V 的電源裝置。
- b.前面直立板固定一半圓再度板，垂直線即為法線 O。
- c.法線之左邊以每隔 10° 之距離穿一小孔，挿進由後面電源接設的小電筒。
- d.右上角設一半透明弧形壓克力小板。
- e.法線的下端台板上，固定一小圓反射鏡即成。

(2)特點：

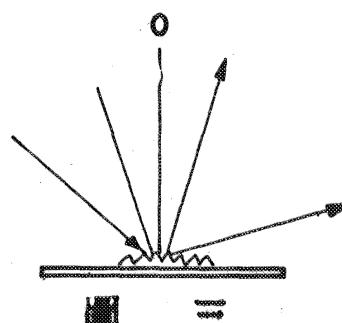
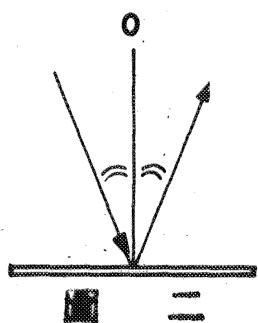
- a.在法線的右上角有半透明弧形壓克力固定板，可觀察到光的反射，不必在暗室或暗箱內做實驗。
- b.實驗地點和時間，不受任何限制。

(3)操作方法：

- a.光源對準平面板的平面鏡。
- b.在弧形板上觀察正確入射角的光點。

(4)實驗結果：

- a.反射角與入射角相同（如圖二）。
- b.如果平面鏡改成不平面的錫箔紙，則在弧形板上可看到一片散光，叫漫射（如圖三）。



3. 光的折射、全反射實驗裝置

(1)構造：

- a.取一長度 42 公分，寬 16 公分的厚台板，在其後右端設一支柱，柱上套兩個各附有橫棒而可移動的套筒，在各橫棒裝可移動的小鏡。
- b.在台板的左右兩邊，用 L 型金屬片夾住一個 $15 cm \times 13 cm \times 30 cm$ 的前、右面為透明壓克力的長方水槽，水槽蓋上

挖 $10\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的長方口，做為光束投入口。

c. 用直徑 6.5 cm ，長 21 cm 的塑膠筒及直徑 7 cm ，長 16 cm 的金屬筒做導光器。

d. 內筒前端裝 $6\text{ cm} \times 9\text{ cm}$ 的可轉動反射鏡於鏡架上，外筒固定於可動三角架上即成。

(2) 特點：

a. 因為有導光器，只要有太陽光時，即可把太陽光束導到室內任何地方實驗。

b. 可實驗折射及全反射。

(3) 操作方法：

a. 導光器置於室外，將太陽光導入室內。

b. 水槽內裝七、八分水，水中滲數滴牛奶，蓋好。

c. 吹入煙霧即可觀察光束進入水面後之折射現象，並可概算出折射角

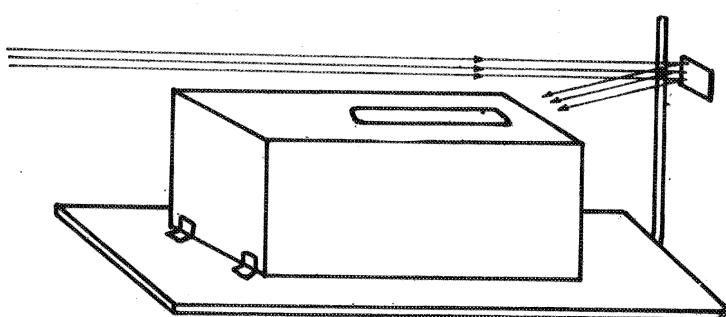
。(如圖
四)

d. 再進一步

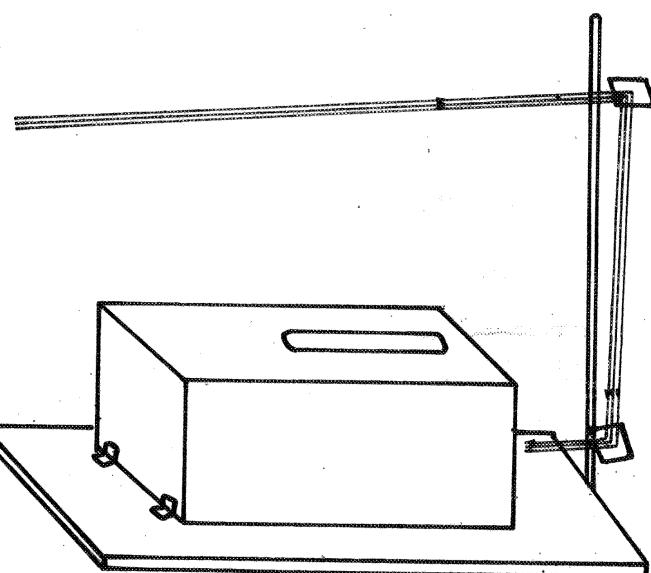
把上面的
平面鏡調
整角度。

把光導到
下面的平
面鏡。(如
圖五)

e. 調整下面
平面鏡的
角度，使
光束從水
槽側面導
入水中之



圖四



圖五

入射角爲 57° 後，即可觀察全反射的現象。

(4) 實驗結果：

a. 各種介質有不同的折射角。

b. 光在水中的入射角大於或等於 57° 時，即有全反射現象。

I 彩虹觀察實驗裝置：

(1) 構造：

a. 取一片厚板 ($30\text{ cm} \times 25\text{ cm} \times 0.8\text{ cm}$) 從下面向上 6 公分之中間處挖一直徑 4 cm 的圓孔。

b. 將板下端固定 4 cm 的角架，使其垂立，垂在板上面裝一遮光板，在孔的下面設一支 13 cm 長的四角鐵材軌道。

c. 將 50 cc. 的圓底小燒瓶，挾住在 \square 型小鐵架上，用具有四角孔的圓銅塊，套入軌道，使小燒瓶能在軌道上移動，調整位置。

d. 板的背面孔口，用 L 型鐵腳固定導光器即成。

(2) 特點：

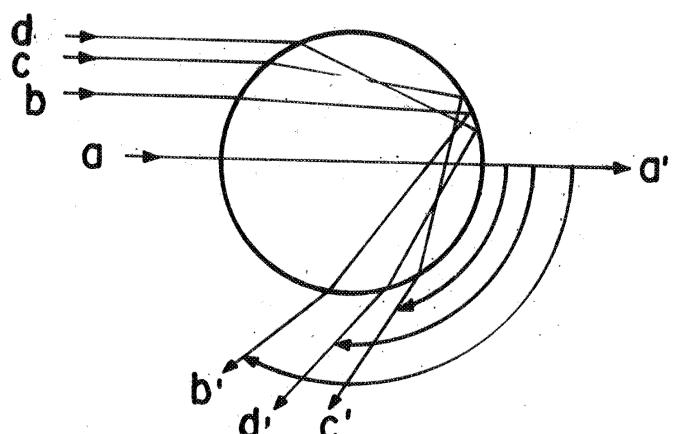
a. 彩虹可在小板子上經實驗現出，可滿足學生好奇心。

b. 板上現出的彩虹與實際彩虹相像，易得親切感。

(3) 操作方法：

a. 將裝置之導光器轉動調整，使光線（太陽光）從反射鏡導入。

b. 導入之光經過器筒，垂立板孔，而至小燒瓶時，光線即由模擬小水滴的燒瓶內折射、反射，折射一次內反射，二次折射，而生色散成彩虹（圖六）。



(4) 實驗結果：

a. 玻璃球代表水

圖 六

滴，分光結果產生彩虹。

5. 透鏡、棱鏡、焦點、分光觀察裝置：

(1) 構造：

- a. 製一厚 0.6 cm 的開口木箱 ($30\text{ cm} \times 18\text{ cm} \times 18\text{ cm}$) 將開口的一面裝設 0.1 cm 厚度的透明玻璃做為前面觀察窗。
- b. 在左邊側面板之中心位置，開一長條溝 ($6\text{ cm} \times 1\text{ cm}$) 做為導光口。
- c. 上面板離緣邊 6 cm 處，開一長條溝 ($5\text{ cm} \times 1\text{ cm}$) 做為透鏡回轉盤的扳轉口，在上面板偏口邊挖一直徑為 2 公分的圓孔，做為吹煙口。
- d. 右上邊側面板，即由左邊側面板之導光口對直的中間開一長條窗 ($8\text{ cm} \times 3\text{ cm}$)。
- e. 做各種配件，裝設於各部分——導光口處之內側固定一 0.5 mm 厚度的金屬片製成的長 8 cm ，寬 2 cm 的 U 型緣樺，另外製兩片可以插進 U 型緣樺的可動遮板。一片穿十一個等距離的 $\frac{3}{16}\text{''}$ 孔。另一片穿十一個由 $\frac{1}{4}\text{''}$ 至 $\frac{1}{32}\text{''}$ 之依次漸小的孔。做為實驗所需的導光孔板。
- f. 透鏡回轉盤的轉動口處，用一片挖有所需的凹透鏡，凸透鏡， 60° 棱鏡， 90° 棱鏡適合的四個孔，另一孔為空溝 ($8\text{ cm} \times 2\text{ cm}$) 的圓板，將各種鏡固定於板後，再將圓板之每一鏡片能正確對準於導光口，而上面緣邊的一小部分能伸出轉動口的位置，用 L 型鐵片固定於箱後面板上。
- g. 將箱內側塗刷不反光的黑色塗料，以利觀察。
- h. 吹煙口：取一個適用的橡皮塞穿一小孔插進一支 $5 \sim 6\text{ cm}$ 長的小玻璃管後，將橡皮塞塞進口內。
- i. 側面（後面）小觀察窗：用一片稍大的毛玻璃固定於窗口。
- j. 光束裝置：用 0.4 mm 金屬板製成長方體光源箱在兩側及上面各裝四個遮光散熱窗，前面裝直徑 58 mm 長 5 cm 的圓筒，在拋體型彎曲處中心位置挖一個 33 mm 的孔，裝定燈頭，

裝上 100 W 水銀燈。

- k. 用焦距 6 cm 的凸透鏡，鏡筒長 8 cm 套進其圓筒內能隨時調整距離，使光線成平行光的光束裝置。
- l. 將觀察裝置的旁邊設一開關，從燈頭的電線引配於台板底面，串聯接於開關，再接於插頭電線而完成全部裝置。

(2) 特點：

- a. 轉動圓盤即可做多種實驗。
- b. 暗箱後面的毛玻璃可看到光點。
- c. 光束、焦點都可觀察清楚。
- d. 圓盤前可看到平行光，圓盤後可看到各種現象。
- e. 本裝置利用電熱光源，如果換上導光裝置，可導入太陽光，做更明顯的折射實驗。
- f. 在實驗上能以直接導入光束做一系統的折射現象觀察，確能使學生更加難忘的印象。
- g. 用等距離導光孔的平行光束，使折射現象更加明顯。用由大而漸小的光束，側面小觀察窗可觀察到光的直進現象——光點由小而大，增加觀察的明示。

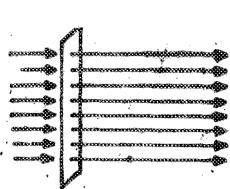
(3) 實驗方法：

- a. 光的行進：先將等距離的導光板插進導光口，將平行光束器開後，調整前面鏡筒使光線平行進入導光口，然後用手轉動圓板至空溝與導光孔板一致時，將烟少許由吹煙口吹入觀察裝置箱，即可在前面觀察光的直進現象，在左側面觀察窗觀察到與導光口的導光孔板同距離同大小的光點，確定光是直線行進無疑。
- b. 60° (等角) 三稜鏡的折射現象：將圓板上 60° 稜鏡轉動至導光孔板前，即能觀察光束由 60° 稜鏡界面進入稜鏡後的折射，由稜鏡進出空氣的再折射，以及因而被色散的連續光譜，波長大的紅光偏角小而折射率大，波長小的紫色偏角大而折射率小的不同折射率，可知太陽光或電熱光都含有不同波長的光。

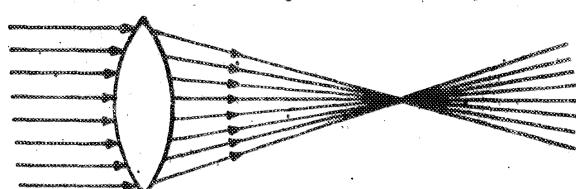
- c. 90° (直角)三稜鏡的折射現象：再轉動圓板使 90° 三稜鏡至光束前時即觀察光束由鏡之鏡界面垂直進入不折射，在鏡內 45° 的內面時，由於玻璃的境界角小於 45° ，因而反射沿著 90° 進行至出鏡面時，還是垂直的鏡界面而發生不折射的全反射現象。
- d. 凸透鏡的聚光現象：若將圓板上之凸透鏡轉移到導光孔板時，將可觀察凸透鏡的折射作用時光線交會的實焦點，由實驗得知，凸透鏡為各種型體的稜鏡之無限分割之組合，而終使成為兩面均為圓滑之柱面，而使平行光線能焦聚於一處。
- e. 凹透鏡的發散現象：續將圓板上之凹透鏡轉移於導光孔板後，可觀察凹透鏡的折射作用使光線發散之散光現象，也可實驗推知散光的延長線的交會點而得知虛焦點的所在處。
- f. 光由凸透鏡交會後直進現象觀察：再將導光口之等距離導光孔板取下，換上由大漸小的導光孔板轉動圓板把凸透鏡轉到光束前，就得在右側面小觀察口觀察與導光板相反的光影，即能了解光線在焦點聚會後，一點都不亂，依序直進的自然現象。

(4) 實驗結果：

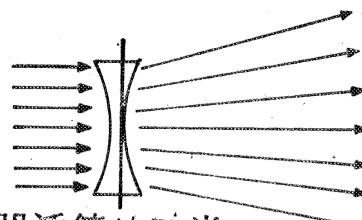
- 光是直進的，所以稱光線。（如圖七）
- 凸透鏡使光線聚於一點稱焦點，鏡至焦點的距離稱焦距。（如圖八）
- 凹透鏡使光線發散，有虛焦點（如圖九）
- 60° 稜鏡有折射現象。（如圖十）
- 90° 稜鏡不折射，但發生全反射現象。（如圖十一）



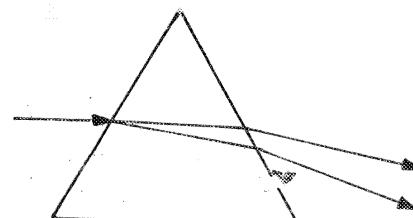
平行光
圖七



凸透鏡的聚光
圖八



凹透鏡的散光
圖九



60° 棱鏡的折射
圖十

三、研究心得：

本研究除彩虹的觀察裝置外，其餘多具多元性，可做各種不同的比較實驗。為了達到多元裝置的目的，設計時考慮圓板的轉動，經實驗結果，效果很好。

導光器及光束裝置是本研究的重點之一，因為“什麼是光”的最好的解答，就是從模型的實驗尋得的答案，最實際也最正確。

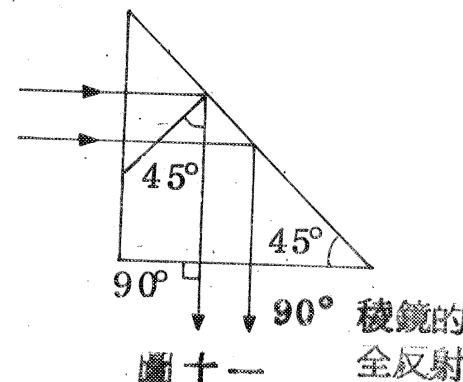
科學本具有互相啟發作用的，經歷一段構思時期與同道交換意見，得到不少參考資料，確定以光學的幾項基本現象作為探究的主題後，深切體認；基本的科學態度與科學方法的重要性。“好奇”是最大的資本，契而不捨的探討精神是利器。

力求實用價值是本研究最後目的，本研究針對六年級下學期自然課程中之光學實驗，作較周詳且清晰的設計，使成一套完備的教具。

現代有許多商業上的新發明，都是利用光學的許多現象而設計發明的。為了無窮盡的新發明應著根於下一代聰穎的兒童，一些基本的現象，必須設計一套簡單而清晰實用的實驗儀器，使兒童能充分了解之外，最主要的還是要引發其興趣，使能有豐富的聯想與嘗試創新的精神。

附：參考書目：“什麼是光”（潘家寅譯）

評語：以少量的經費製作有效的教學器材。



圖十一 極鏡的全反射