

# 煙霧箱中雷射光行進的探討

## 高小組物理科第二名

台北縣興南國民小學

作者：吳建微、蔡昌儒、童信傑、麥翠洛

指導教師：張政義、陳中雲

### 一、研究動機

我們常接觸到光，但對自然課本中所說光學的各種現象不太瞭解，希望透過雷射光的特性，提供老師做教學參考，以便有助於大家學習。

### 二、研究目的

- (一) 自製煙霧箱，觀察雷射光的性質。
- (二) 探討雷射光的各種變化，作為光學教學的參考。

### 三、研究設備

雷射光筆、木板、香、鏡子、馬達、水彩、各種溶液、凸凹透鏡、玻璃、紙板、相機。

### 四、研究過程和結果

(一) 雷射光的可見距離怎樣？特性如何？

[研究一] 方法：

- 1. 我們以自然教室為基點，用雷射光筆在①75號教室②93號教室③55號教室④大樓水塔工⑤大樓水塔II牆上測試。
- 2. 實測和目測距離比較〔夜間〕。

結果：

- 1. 雷射光筆的可見距離高達約五百公尺以上。
- 2. 距離愈遠，光點（紅色）變得愈大。

(二) 雷射光在煙霧箱中怎樣前進？

[研究二] 方法：

- 1.蒐集五種大小形狀不同的燈泡和雷射光筆比較。
- 2.分①有煙②無煙測試〈線香〉。
- 3.並以1號燈泡用有罩、無罩測試。

結果：

- 1.無煙的時候，各種燈泡都能看見亮光，但雷射光束不明顯。
- 2.有煙的時候，只有雷射光看得見光束。
- 3.一號燈泡有罩、無罩的時候，都看不見光束。

〔研究三〕方法：

- 1.用四種不同的玻璃透明容器做實驗。
- 2.將測光器放入煙霧箱中，再將線香點燃，放入煙霧箱中。
- 3.看測光器的測光度數，並把結果記錄下來。
- 4.看時間跟度數來推算那個線香濃度最好。

結果：

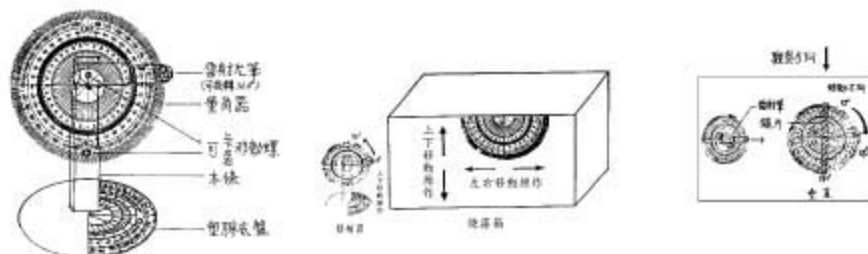
- 1.各種容器只要有煙霧，就可以看見光束。
- 2.第一容器用5枝香燃90秒時（3.1 OLUX）最好用。
- 3.煙霧太濃只能看見一半的光束，煙霧適中最清楚。

〔研究四〕方法：

- 1.我們用量角器、木條、雷射筆、圓形塑膠板做成發射器。
- 2.改變發射器的角度，由 $0^{\circ}$ ～ $90^{\circ}$ ，在甲箱中作測試。
- 3.比較發射出的角度和觀察角度不同。

結果：

發射角和觀測角相同。



（三）雷射光在煙霧箱中怎樣反射？

〔研究五〕方法：

- 1.我們做反射觀察台。
- 2.在甲煙霧中，做一面鏡的反射觀察。

3.我們分：①固定鏡片，轉動發射器作觀察（每 $10^{\circ}$ 轉動一次）。

②固定發射器，轉動鏡片作觀察（每 $10^{\circ}$ 轉動一次）。

結果：

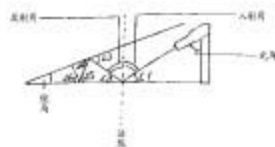
- 1.雷射光束入射角等於反射角。
- 2.雷射筆的角度等於夾角的角度。
- 3.鏡子轉動的角度，夾角度數會增加為二倍。

〔研究六〕方法：

- 1.用研究五的方法，觀察兩面鏡的反射情況。
- 2.我們分水平，垂直觀察。

結果：

- 1.光角越大，光束越接近二個鏡片的夾角；光角越小，愈遠離。
- 2.光角小於 $90^{\circ}$ ：
  - ①鏡角相同，光角越大，反射角度大，反射次數越多。
  - ②鏡角越小，反射次數越多；鏡角越大，反射次數越少。
- 3.光角等於 $90^{\circ}$ ：
  - ①鏡角小於 $90^{\circ}$ ，鏡角角度越大，光束反射數越少。
  - ②鏡角等於 $90^{\circ}$ ，光束成一直線。
  - ③鏡角大於 $90^{\circ}$ ，光束只反射一次。
- 4.光角大於 $90^{\circ}$ ，情形和小於 $90^{\circ}$ 相同。（只是角度計算方法不同）。
- 5.我們發現光束照出去和反射回來，會有重疊的現象。
- 6.雷射筆和鏡片的距離無關。
- 7.我們的定義：



光角：雷射筆和固定架間的夾角。

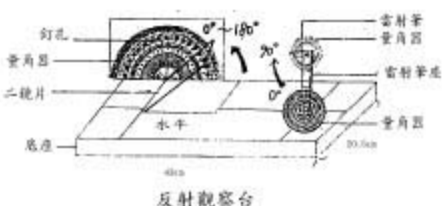
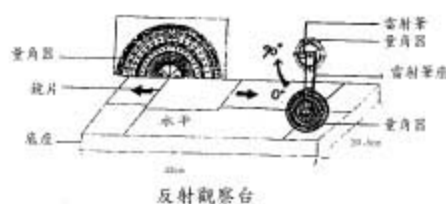
鏡角：二鏡片間的夾角。

入射角：入射光束和法線間的夾角。

反射角：反射光束和法線間的夾角。

法線：和水平鏡片相互垂直的假想垂直線。

8.二片鏡不論水平或垂直觀察，都會不斷連續反射，形成光網。光線與光線間相互連動，非常奧妙。



9.光網間的連動和結果1、2、3、4、5相同，中間會形成幾何形狀。

〔研究七〕方法：

1.準備：①凸鏡②凹鏡③立體鏡（三角形鏡片三片組成）④多邊形鏡（三角形、四邊形、五邊形、六邊形）。

2.我們用直徑16公分，長0.3公分的圓形膠筒做煙霧箱，把①、②放進去觀察，把③、④放進甲煙霧箱觀察。

3.①、②由中心點向外分甲、乙、丙三點觀察。

結果：

1.凸鏡：光束由甲～丙照射，形成的反射角度越來越大。

2.凹鏡：不論怎麼照射，入射光束和反射光束都會互相平行。

3.三面鏡、四面鏡、五面鏡：和一面鏡的反射情形相同。

（四）雷射光在煙霧箱中怎樣折射？

〔研究八〕方法：

1.我們準備①～⑤組鏡，在甲箱中觀察。

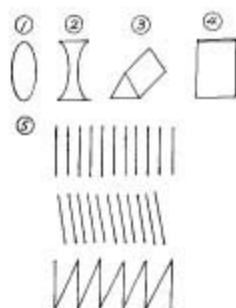
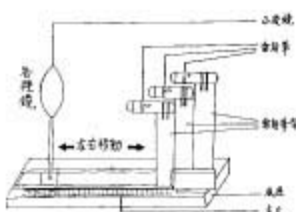
①凸透鏡（三面）。

②凹透鏡。

③三稜鏡。

④玻璃（四種花色）。

⑤透明膠片組。



2.①、②改變距離觀察，③、④固定位置觀察，⑤改變組合角度觀察。

3.改變各種光角觀察（ $0 \sim 90^\circ$ ）。

4.測試方法：用三枝雷射筆。

結果：

1.凸透鏡：會聚光。

2.凹透鏡：會散光。

3.三稜鏡：清楚看見三道光的折射、反射。

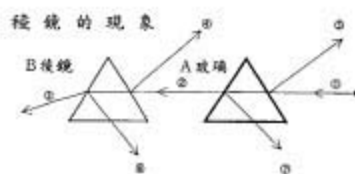
4.①花形：光角度數越大，折射散開的光也越多。

②毛玻璃：和花形玻璃現象相同。

③馬賽克：光角度數越小，折射散開的光越多；光角度數越大，折射散開的光越少。（3號玻璃的 $90^\circ$ ，光較集中，有清楚的折射現象）。

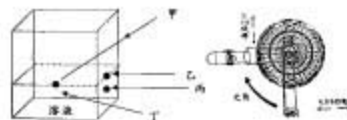
④十字：和1號、2號現象相同。

5.塑膠片組會呈現不同折射、反射，形成多道光線光網變化。



〔研究九〕方法：

1. 我們紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫、黑、白，調成不同的水溶液（500c.c.），用雷射筆照射，觀察的方法和研究五相同。

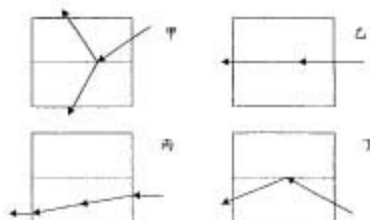


2. 光束由甲、乙、丙、丁四個方向測試。

結果：

1. 紅色溶液看見的光束最清楚，黑、白色並不清楚。

2. 甲、乙、丙、丁的情形如圖：



〔研究十〕方法：

1. 我們用鹽、糖、酒精、水，調成各種不同的水溶液，用研究九的甲方法測試。

結果：

1. 都會偏折，角度越大，偏折越大。

2. 偏折最大的是紅色溶液，光角 $80^\circ$ 偏折 $30^\circ$ 。

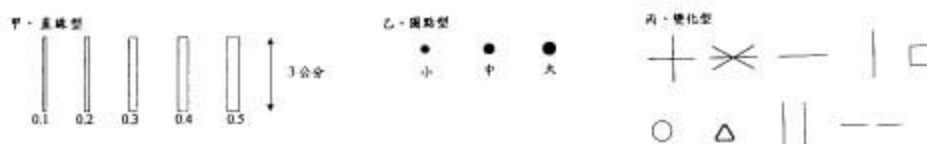
溶液	水（紅）						
光角	$30^\circ$	$40^\circ$	$45^\circ$	$50^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$	$80^\circ$
偏角 折度	$10^\circ$	$15^\circ$	$15^\circ$	$15^\circ$	$15^\circ$	$25^\circ$	$30^\circ$

偏角 折度 光角	水	鹽水	酒精	糖水
$30^\circ$	$10^\circ$	$5^\circ$	$10^\circ$	$10^\circ$
$45^\circ$	$15^\circ$	$5^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$
$60^\circ$	$15^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$20^\circ$

（五）雷射光在煙霧箱中怎樣繞射？

〔研究十一〕方法：

1. 我們用卡紙切出各種圖型孔：



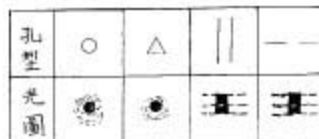
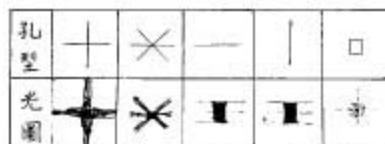
2. 在甲煙霧箱中，光角 $90^\circ$ 測試。

結果：

1. 各種孔形中間都會出現一個光點，縫形孔會出現方形光點，方孔、圓孔、三角孔中間會有圓形光點。

2. 縫形孔會出現條紋狀。

3. 孔形會出現點狀，但方孔四周共有四條光線。



（六）雷射光在煙霧箱中會放射嗎？

〔研究十二〕方法：

1.將彈珠、錢幣用木條架起來，放入煙霧箱中，用雷射光筆照射，觀察有何現象產生。

甲、彈珠分①透明、直徑1cm。

②白色、直徑1cm。

乙、錢幣分①1元、直徑2cm。

②5元、直徑2.5cm。

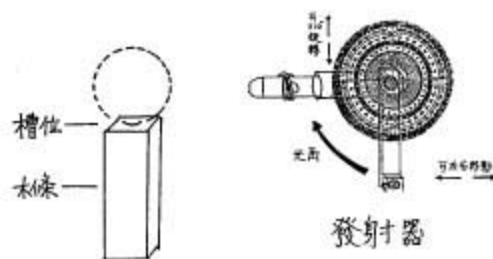
③10元、直徑3.5cm。

2.在煙霧箱中，光角 $90^\circ$  測試。

結果：

1.我們發現在甲中會有放射情形。（我們認為稱散射較恰當）。

2.乙組則出現光暈。



## 五、討論

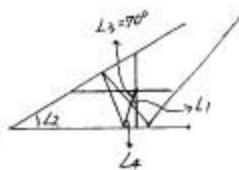
在研究中，我們發現光束在二面鏡的反射次數可以計算，並藉以了解光反射的變化，非常有價值。

(1)反射次數：

①光角小於 $90^\circ$  ( $1^\circ \sim 89^\circ$ )。

算法： $[179^\circ - (90^\circ - L_1)] \div L_2 + 1 = \text{反射次數}$ 。

證明：用 $179^\circ$  減是因為 $180^\circ$  會和其中一面鏡平行，所以算的次數是多餘的。



$[179^\circ - (90^\circ - L_1)] = 70^\circ \sim 179^\circ$ ，用 $70^\circ \sim 179^\circ$  之間的角度 $\div L_2 =$ 第二次之後的反射次數（因為每反射一次就會增加 $L_2$ 的度數）要加（是因為之前已經把 $L_4$ 減掉，所以現在要加回來）。

②光角等於 $90^\circ$ 。

算法： $[179^\circ - (L_1 - 90^\circ)] \div L_2 = \text{反射次數}$ 。

$90^\circ$  時： $[179^\circ - (L_1 - 90^\circ)] \div L_2 = 179^\circ \div L_2$ 。

證明： $90^\circ$  時因為表①的 $L_3$ 成為 $0^\circ$ ，所以每一次的反射都是增加 $L_2$ 的度數（ $0^\circ$  開始增加）所以除以 $L_2$ 。



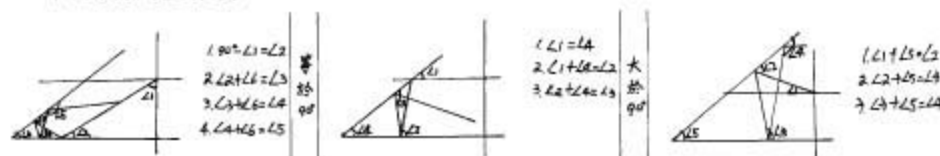
③光角大於 $90^\circ$  ( $91^\circ \sim 179^\circ$ )。

算法： $[179^\circ - (L_1 - 90^\circ)] \div L_3 = \text{反射次數}$ 。

證明： $[179^\circ - (L_1 - 90^\circ)] = \text{光筆上仰幾度}$ ，而除以 $L_3$ （銳角）=反射

次數，因為仰幾角加上 $L_3=L_4$ （第一次反射），所以不用加上1（先前減掉的角度）。

(2)反射角度推算：



(3)光的重疊：

算法： $L_2 + L_3$ （ $L_3$ 可以加數次，但要一次以上）如果 $=90^\circ$ 就可以重疊（去和回來的光重疊）。

證明：這樣算是因為 $L_2=L_4$ （第一次的反射），而 $L_5$ （第二次的反射） $=L_4 + L_3$ ，如果是 $90^\circ$ 定會和其中一面垂直，因此會繼續重疊反射回來，而 $90^\circ$ 時因圖① $L_2$ 變成 $0^\circ$ 又和底面鏡平行，所以 $L_2$ （第一次反射） $\neq L_1$ ， $L_2$ 因同位角關係，所以 $L_3$ ，因 $L_2=L_3$ ，所以 $90^\circ$ 要用 $0^\circ + L_3$ 。



(4)照度：即是光照面每單位面積的光束，用勒克斯LUX為單位。

(5)雷射光距離越遠，光點越大。

(6)繞射實驗中，照射錢幣，從後面產生出來的現象，可以看見錢幣影子正中間，有一點清楚的光點（用相機照下過程，從相片中，又可發現，中間有條光束）這種用肉眼不易發現，這種奧妙現象，真令我們驚訝！

(7)在課程中，關於物質與能的部分，對於光與色彩的探討，利用雷射光束中光的行進來觀察，我們是很好的學習工具，可以更了解以前所學的知識，可建立光的概念和幫助教學，很有意義。

## 六、結論

- 雷射筆發出的光，形成三種觀察測試的光束，提供有助於學習光行進的條件。
- 我們發現：
  - (1)反射部份：①光束入射角度會等於光束反射角度。
  - ②當一面鏡轉動一定的角度，會形成二倍關係。

③二面鏡加上光角的變化，形成不同反射現象。

(2)折射部份：①凸透鏡集中光線在乙方形成焦點。

②凹透鏡分散光線在甲方形成焦點。

③如果凸凹透鏡組合，原理不變。

④光射進三稜鏡會有三道光，出現折射和反射。

⑤光進入透明物體，會有折射和反射。

(3)繞射部份：①光進入細縫，後面會出現橫狀的干涉條紋。

②放射部份其實是散射。

### 3.我們的應用：

我們利用光和鏡子原理，做成儀器把科學生活化。



## 七、參考資料

- 一、光學原理，徐氏基金會，85年8月版。
- 二、自然課本（1~12冊），國立編譯館，87年1月1日再版。
- 三、兒童百科全書，台灣省政府教育廳，87年1月1日再版。
- 四、中華民國中小學科學展覽作品優勝專輯（24~38屆）。
- 五、在光學世界裡，凡異出版社，87年7月初版。

## 評語

一、本作品為以半導體雷射光之直線行進探討在各種介質中之折射，以及各種介面之反射，並提出光學上原理之解釋。

二、上述幾何光學現象雖為大學光學之一般性常識，但對於國小學生而言，則頗屬不易；由對談中，學生對於繞射問題尚有些初淺之知識，屬為難能。

三、作者能以日常之平面玻璃，膠合成各式稜鏡及萬花鏡筒，具有就地取材



，活用頭腦之特點。

四、所作實驗、數據、分析頗詳盡而有系統，比之大學生之實驗結果分析並無遜色，其實驗訓練頗佳。

五、實驗之示範頗為生動，能引起觀眾之興趣，對於繞射現象觀測細微。

