

第五編

光 學

目 錄

第五編	光 學	-----	
第一章	光線的進行	-----	5-3
第一節	直 進	-----	5-3
①	直進光路的觀察	-----	5-3
②	本影與半影的產生	-----	5-7
③	針孔照相機	-----	5-8
第二節	反 射	-----	5-13
①	反射光線的觀察	-----	5-13
②	平面鏡的反射(1)	-----	5-14
③	平面鏡的反射(2)	-----	5-16
第三節	折 射	-----	5-18
①	折射光線的觀察	-----	5-18
②	折射與像的上移	-----	5-18
第四節	折射率	-----	5-24
①	用大頭針求光路	-----	5-24
②	用物體於玻璃塊成像的方法	-----	5-29
③	三稜鏡的折射率	-----	5-33
第五節	全反射	-----	5-37
①	全反射的觀察	-----	5-37
②	噴水口內全反射	-----	5-39
③	臨界角的測定	-----	5-41
④	海市蜃樓	-----	5-44
第二章	鏡、透鏡	-----	5-47

第一節	平面鏡——	5-47
①	平面鏡所成的像——	5-47
②	組合鏡所成的像——	5-50
③	鏡子的轉動的反射角的變化——	5-52
④	光槓桿——	5-55
第二節	球面鏡——	5-57
①	曲率半徑與焦距——	5-58
第三節	凹面鏡——	5-59
①	實像的觀察——	5-59
②	虛像的觀察——	5-62
③	焦距的測定(1)——	5-64
④	焦距的測定(2)——	5-65
⑤	物體與像的位置及倍率——	5-67
第四節	凸面鏡——	5-69
①	像的觀察——	5-69
②	物體與像的關係——	5-70
第五節	透 鏡——	5-71
①	透鏡與光路——	5-71
②	圓筒透鏡的製作與其利用——	5-72
③	用球徑計測定透鏡的折射率——	5-76
第六節	凸透鏡——	5-78
①	實像的觀察——	5-78
②	虛像的觀察——	5-84
③	物體與像的位置關係，倍率〔定量測定〕——	5-85
第七節	凹透鏡——	5-90
①	像的觀察——	5-90
②	焦距的測定——	5-90
第三章	光學儀器——	5-93
第一節	眼睛的作用——	5-93
①	近點、遠點、盲點——	5-93
②	距離判定的方法與原理——	5-95

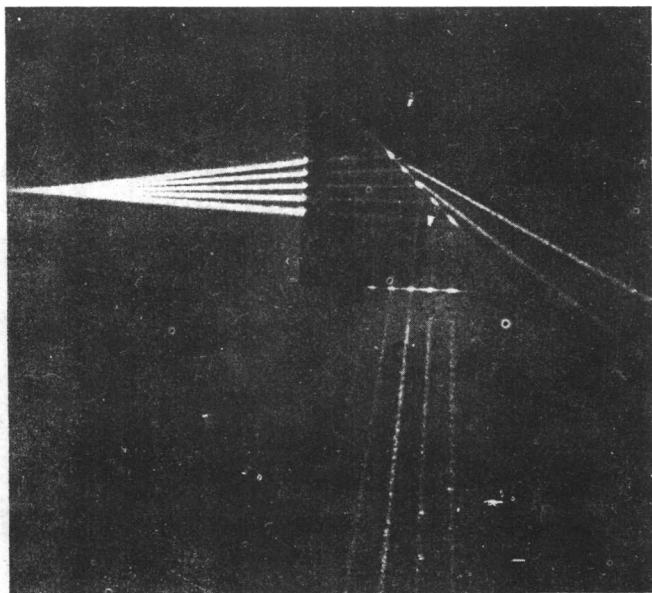
第二節	放大鏡	5-97
①	倍率的測定	5-97
第三節	顯微鏡	5-102
①	示範原理的實驗	5-102
②	顯微鏡倍率的測定與微小長度的測定	5-104
第四節	望遠鏡	5-107
①	示範原理的實驗	5-107
②	倍率的測定	5-109
第五節	像差	5-112
①	像差的觀察	5-112
第四章	亮度	5-117
第一節	光度的測定	5-117
①	用兩光源所產生的影濃度比較的方法	5-117
②	光度計的使用	5-119
第二節	照度計	5-124
①	受光面的照度與光源的關係	5-125
第五章	色散與顏色	5-127
第一節	光的色散	5-127
①	由三稜鏡的色散	5-127
②	虹	5-131
第二節	光譜	5-133
①	光譜用光源	5-133
②	光譜的投影法	5-135
第三節	光的顏色	5-141
①	三原色	5-141
②	溫度與顏色	5-144
第四節	物體的顏色	5-145
①	選擇吸收	5-145
②	照明燈照射時色紙的顏色	5-147
③	粉末的顏色	5-148
④	金屬箔的顏色	5-150

IV

第五節	紫外線	5-152
①	電離作用、螢光作用	5-152
第六節	紅外線	5-156
①	紅外線的探測	5-156
第六章	光 波	5-167
第一節	繞射與干涉	5-167
①	繞射現象的觀察	5-173
②	用狹縫的光干涉	5-181
③	用雙稜鏡的光干涉	5-181
④	牛頓圈	5-182
⑤	用繞射光柵的觀察	5-186
⑥	用繞射光柵測定波長	5-190
第二節	偏振光	5-194
①	用偏振器觀察偏振光	5-194
②	雙折射	5-199
③	光彈性	5-200
	光學實驗之沿革	5-205

第五編

光學



光線經直角三稜鏡的反射與折射

第一章 光線的進行

第一節 直 進

①直進光路的觀察

【目的】 由橫方向觀察光綫進行路徑，以了解光綫的直進，反射，折射等現象（初）（初外）（高）。

【原理】 由橫方向觀察光綫進行路徑時，普通是看不到光路的。不過，如果在光路上有散光物質時，由慢射光可看到光綫。

【準備】 幻燈，自製光束，弧光燈，平板（約30厘米×40厘米），厚紙，白紙（厚的），抽屜，香或香煙，紅墨水或螢光紅，肥皂，光學用水槽。

【方法】 1. 光束的製作

(1)光束裝置

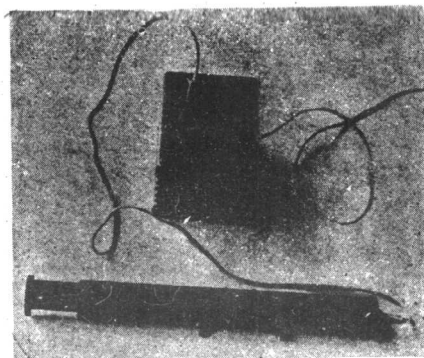
爲得平行光綫，用最合理的點光源，放於凸面鏡或凹面鏡的焦點上。

a. 幻燈

幻燈一般均供映畫用，若當做光束裝置，亦甚適宜。（照片1）。

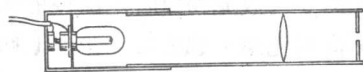
b. 自製光束

光源盡量用光綫強而爲點或綫光源。如小燈泡，自行車用發電燈泡，汽車燈泡，有聲電影用燈泡等。普通這些燈泡爲6V~8V，其電源可用蓄電池或用降壓的交流。



照片—1—

裝凸透鏡時，須注意能調節其與光源間距離，並在鏡前裝狹縫。(圖 1)



圖—1—

c. 弧光燈的利用

使用弧光燈為光源，其光束很明亮。不過操作不簡單，且不便於隨意改變光束的方向(圖 2)。

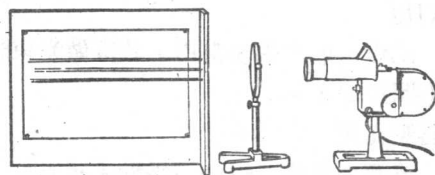
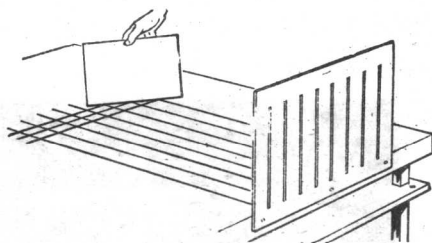


圖 2

(2) 太陽光的利用

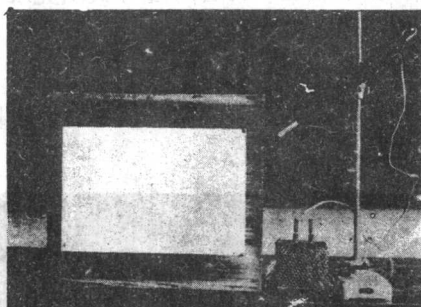
如圖 3 在平板上貼白紙，在其一端以垂直方向立一有狹縫(寬約 5 毫米)的三夾板。將平板置於與太陽光平行方向。

此法所得的光束幾為完全的平行光綫，而且光亮很強，勝於其他裝置。



不過因其光綫方向一定，如需改變其方向，則必須使用鏡子或三稜鏡，又有需隨時間改變光綫方向，雲天，雨天無法利用等等缺點。

2. 表演光綫的進路



照片 2

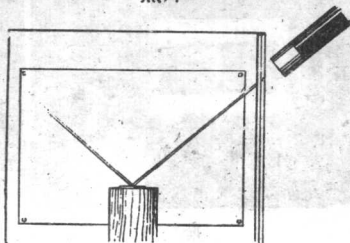
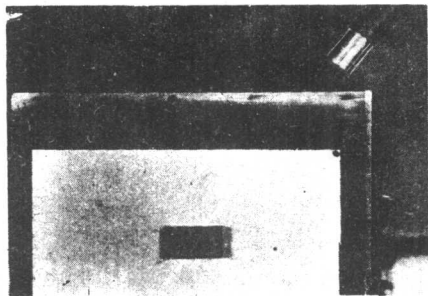


圖 4

(1)映光綫於白紙上

如果把白紙與光路平行方向置放，則由白紙表面的散射可以看光路。照片 2，3 用抽屜，以圖釘貼厚白紙，並用幻燈光束以表演光路。



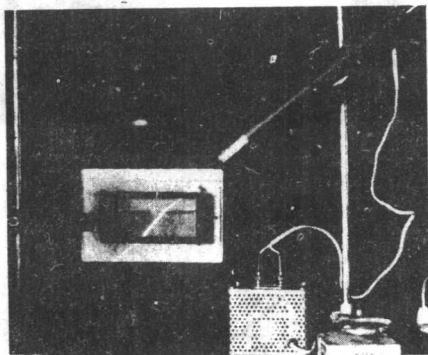
照片 3

(2)利用煙等

在空間浮煙或灰塵，使光綫通過就可以由橫側看到光路。把香數十支作束燃之，用香的煙可表演光束。爲防止煙散開，如能在玻璃箱內做實驗更佳。

(3)觀察水中的光路

a. 在水中立白色板（金屬板，塑膠板等）以(1)的方法，在板上映射光路。



照片 4

- b. 在玻璃水槽內的水中混合少量的紅墨水（或螢光紅）或混合適量的肥皂液。當光通過這些帶顏色的水中，就可以由橫方向觀察其光路。

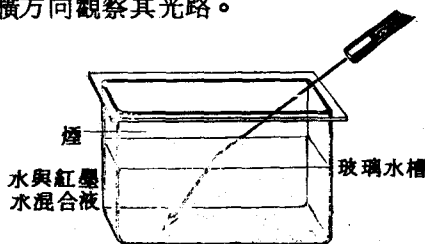


圖 5

- 【要點】 1. 把光路映射於白紙的方法最為輕便。而且效果良好。不過要注意必須用較厚的白紙。
2. 狹縫寬約以 1 毫米為適當。要映光綫於紙上時，則使用橫方向較長的狹縫，使用煙或水（紅墨水，肥皂水）做實驗時，則不要使用太厚的。
3. 使用細長狹縫時，光源則無須使用點光源，可以用有細長燈絲的燈泡，並使燈絲方向與狹縫方向平行。
4. 煙的分量或水中紅墨水等的量，不宜太多。
5. 觀察水中光路時，須注意光綫遇到水面時（折射或全反射等），水面必為靜止。
6. 以上實驗無須在暗室中做，但光路部分，宜盡量黑暗，則便於清楚觀察各種現象。

②本影與半影的產生

【目的】 觀察於進行的光路中本影，半影的產生的條件。（初）（初生）

【準備】 40~60W 的燈泡與其電鍵的裝置（如台燈），小電球（光面玻璃）與其電鍵裝置 2 個，直徑 5~8 厘米，高 20 厘米的圓筒，牙籤。

【方法】 產生本影及半影的實驗很簡單，有各種方法。今試舉一例。

1. 放下幕簾，使房間黑暗。
2. 立一圓筒，在距此圓筒約 10 ~ 20 厘米，高 10 厘米的地方裝一小電燈。開燈時觀察所產生影（此小電燈可視為點光源）

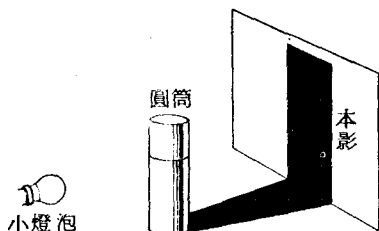


圖 1

3. 在上述電燈附近裝第二個類似的小電燈，兩電燈間約隔開 5 ~ 6 厘米，先開一電燈，然後換開另一電燈觀察每次產生的陰影情形。然後同時點兩燈。兩燈光綫皆射不到處，成為本影，而只有一燈光綫射到處成為半影。

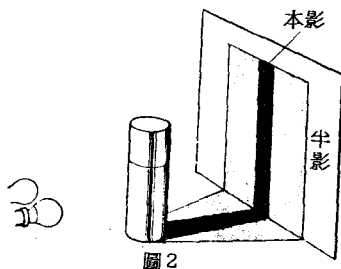


圖 2

4. 把 3. 的小電燈換為 100 W 的電燈與 3. 同樣觀察本影，半影。
 5. 立鉛筆或牙籤代替圓筒，重複做同樣實驗，可見物體比光源小時，本影則很模糊。
- 【參考】 同時觀察桌面上圓柱體之影，用圖表示就可以使學生增加了解光按直綫進行，才生本影及半影。

③ 針孔照相機

【目的】 藉通過針孔的光綫映照物體的倒立實像，了解光綫的按直綫進行。(初外)(高)(高外)

【原理】 1. 暗箱的大小：針孔照相機所得的像的鮮明度與(1)被映照體的亮度(2)針孔的口徑(3)暗箱的深度(4)受光面的狀態等有關係。本實驗為攝取四寸照片大小的暗箱。

2. 針孔的大小：不會引起繞射的針孔最小直徑 φ 為

$$\varphi = 0.95\sqrt{b\lambda} \dots\dots\dots(1)$$

式中， b 為暗箱的深度， λ 為光綫波長。

由此式，可以知道如果 λ 為一定，針孔直徑 φ 則與 $\sqrt{b}$ 成比例。用可視光綫的最大波長值 $\lambda_r = 8100 \text{ \AA}$ ，設深度 35 毫米，75 毫米或 120 毫米，則得

$$\varphi_{35} = 0.17 \text{ 毫米}, \varphi_{75} = 0.25 \text{ 毫米}, \varphi_{120} = 0.31 \text{ 毫米} \dots\dots(2)$$

選出一明亮的被映照體，做實驗結果，得針孔直徑最適當值為在 0.6 ~ 0.9 毫米附近。

3. 暗箱的深度：在四寸照片大小的暗箱照普通明亮的被映照體，如果針孔直徑為 0.6 毫米，最適當的暗箱深度（針孔與銀幕間距離）為 75 ~ 95 毫米，不會使銀幕上四角處的像看不清楚。

4. 照像的曝光時間，成像面積的大小與對照像器的設計等理論於後文攝影用針孔照像機項下再敘述。

【透視用針孔照像機】 用厚紙或三夾板等製成外箱與內箱（如圖 1），內箱能在外箱內滑動，以便改變暗箱的深度。

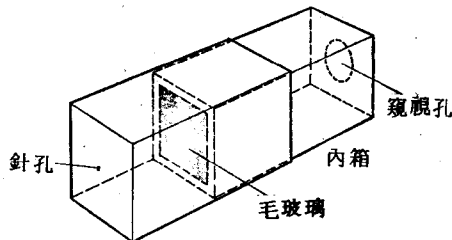


圖 1

如果加上能改變針孔大小的裝置或能測定深度裝置等更好。

【攝影用針孔照像機】 1. 針孔的大小：選定明亮的被映體，按理論得針孔直徑在 0.2 ~ 0.5 毫米範圍內，由實驗得最適當值為 0.27 ~ 0.30 毫米，此值與(2)式很近。

2. 暗箱的深度：為自製的方便作成固定深度也好。如深度為 35 毫米，75 毫米，120 毫米的三種暗箱，這相當於照像機裝焦點距離約為 35 毫米的廣角透鏡，75 毫米的標準透鏡或 120 毫米的望遠透鏡等。

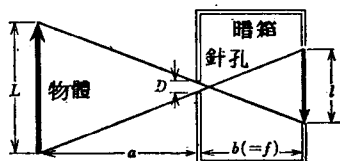


圖 2 針孔的 F 值。

3. 曝光時間：與用透鏡時同，針孔的 F 值為

$$F \text{ 值} = b/D \dots\dots\dots(3)$$

在普通情形，D 為孔之直徑，其值很小。因此針孔的 F 值甚大。按曝光時間 t 與照度成反比例，則 $t = K (F \text{ 值})^2$ 。曝光時間則如表 1。

若曝光時間有長短的誤差，可由顯像的條件變化補整，因而難於規定。按筆者的經驗，在晴天攝影而且按普通條件顯像時，曝光時間則使用表 1 曝光時間行的 1.5 倍較適當，則在同一表內最後一行的理論值為較適當的值。

4. 設計及製作：照像機與乾片框的設計與製作，要嚴格注意不可漏光。

用厚約 3 毫米的三夾板及適當的接著劑，製成不漏光的木箱及乾片框，內側塗以黑色，以防止光線的反射。

於箱前壁中央，作直徑約為 8 毫米之小洞。每次實驗時可張

貼有正確大小針孔的黑紙。

表1 針孔大小不同時曝光時間與感光材料的關係

針孔直徑 (毫米)	曝光時間 (秒)	感 光 材 料	攝影時期	推算曝光時間 (秒)
0.1	40	S 乾片	秋季日間	50
0.3	15	S 乾片(10厘米)	秋季日間	16
0.3	10	SS乾片(10厘米)	冬季日間	16
0.4	3	SSS膠片 35 mm	秋季日間	4.5

※日間則指 10 時~ 15 時

在照像機底面或側面裝螺絲帽，使之能與市面的三腳架配合使用。

5. 對像器的設計：如圖 3 先定針孔 O 對乾片所張的角，然後在暗箱側面或上面的後邊中點 O' 作記號。畫 $O'C$ 與 $O'D$ 綫以夾上述的角。如果把眼睛置於 O' 處， $\angle CO'D$ 則為像角。

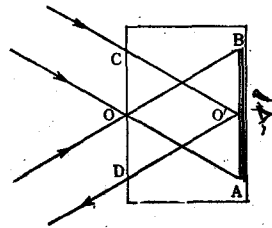


圖 3

6. 用印相紙的攝影：用印相紙攝影時，操作上必須注意下面幾點：

- (1) 使用放大用印相紙，以中間調並以薄紙為佳。
- (2) 曝光時間為乾片或膠片時的約 3 倍（表 2）
- (3) 攝影操作或顯像處理時，特別注意不要污染底片及印相紙。

於印像時，將底片與印相紙的感光面相疊，由底片側曝光。

【參考】 利用針孔照相機觀察光綫直進的性質時，則可以做下面各種實驗。

1. 針孔大小與像生如何變化。
2. 針孔數目在 2 個以上時，所產生的像如何。針孔間距離不同時，像生何種差別。

3. 針孔不在中央而在偏傍時，成像為何。

表2 放大用中間調子薄印相紙的曝光時間

針孔直徑 (毫米)	曝光時間 (分)	攝影時期
0.1	6	春天，秋天，日中*(晴朗天氣)
0.2	4	春天，秋天，日中*(晴朗天氣)
0.3	2	春天，秋天，日中*(晴朗天氣)

*10時～15時

4. 針孔形狀不為圓，而為方形或狹縫形時，成像何等。

