

# 生活與物理

實驗手冊 第一冊

第二版

教師用書

TCL

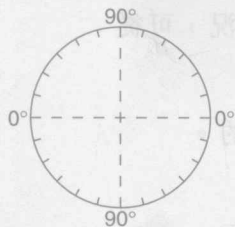
C  
.2  
361  
999  
k.td.1  
2

杜秉祺



把實驗室的窗簾半掩，但要確保空氣流通，以免學生睡意生。

教師用書的最後一頁印有全圓量角器，可影印該頁給學生使用；又或者把兩個半圓量角器拼在一起影印，影印本就是全圓量角器了（但刻度必須如下圖更改）。要保持全圓量角器持久耐用，可以把它過膠。



# 1A 反射定律

研究平面鏡產生的反射現象所遵從的定律。

## 實驗器材

- 燈箱（配有狹縫和柱面透鏡）
- 電源（0-12 V、交流／直流兩用）
- 條形平面鏡
- 全圓量角器

- 1 按圖 1A-1 裝置實驗器材，使一束光線射向平面鏡。觀察光線的反射情況，並量度光的入射角和反射角。

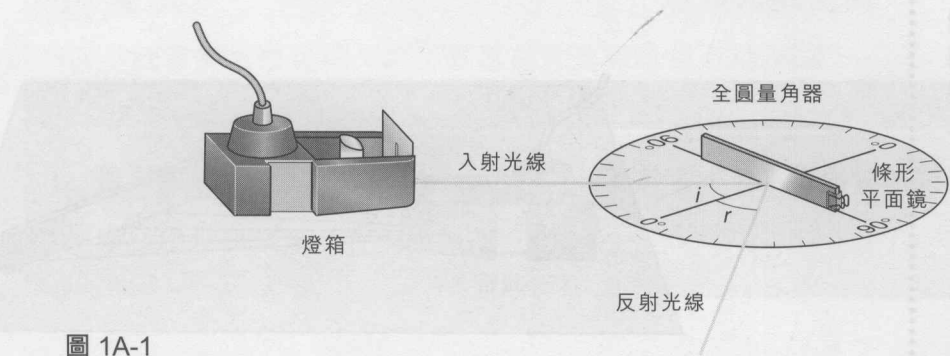


圖 1A-1

- 2 改變光線的入射角，重複進行實驗，並記錄實驗結果。

|         |  |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|--|
| 入射角 $i$ |  |  |  |  |  |  |
| 反射角 $r$ |  |  |  |  |  |  |

光的反射角與入射角有甚麼關係？

入射角等於反射角。

## 小 結

在光的反射現象中，光線的入射角和.....<sup>反射角</sup>相等。

# 1B 平面鏡的成像

確定平面鏡成像位置的方法。

## 實驗器材

燈箱（配有狹縫和柱面透鏡）

電源（0-12 V、交流／直流兩用）

條形平面鏡

讓學生從上方觀察光線，再彎下身沿着光線觀察它。從上方觀察時，反射光線好像是由一點（鏡後的像點）所發散出來。沿着光線觀察時，學生能看見燈箱的燈（物體）是「在鏡子內」，但卻不能確定像的位置。

- 1 按圖 1B-1 所示方式，使發散光線射向平面鏡。觀察光線反射的情況，可從上方觀察光線，也可彎身沿光線的方向觀察。

反射光線看來像是從鏡子.....後面（前面／後面）的一點發出的。

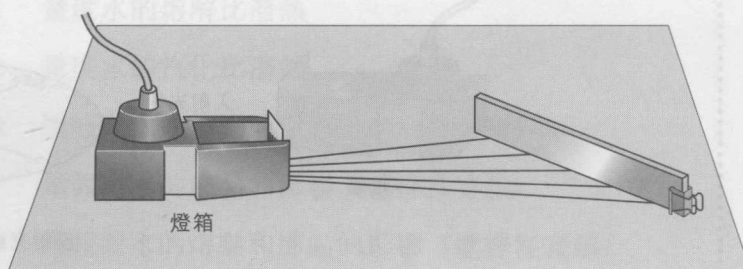


圖 1B-1

鏡子鍍銀的背面是反射面。將入射光線延長至反射面，然後繪畫出反射光線。

- 2 在圖 1B-2 中畫出各條反射光線，注意鏡子反射面的位置。

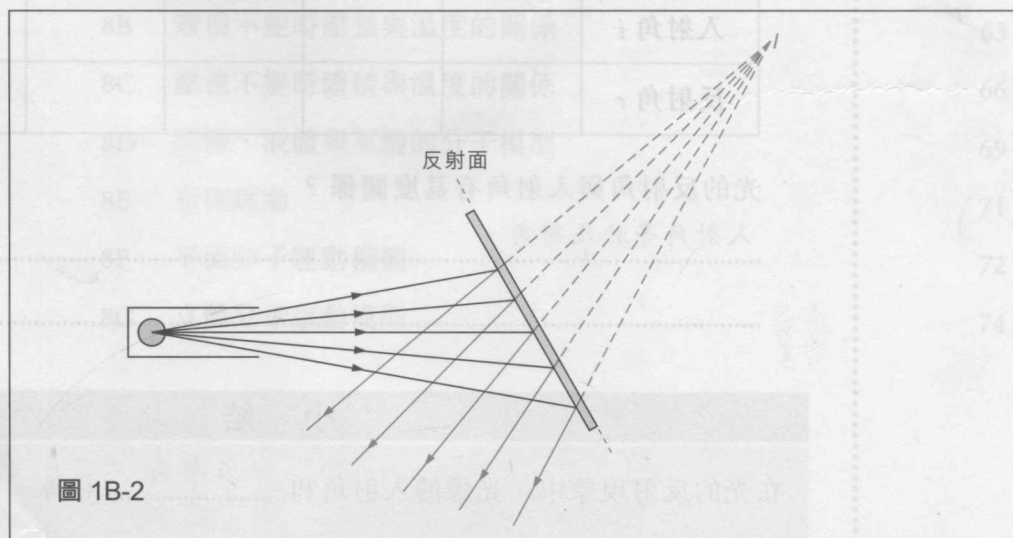


圖 1B-2

- 3 用虛線畫出光線的反方向延長線，找出這些線的交點。

這交點是燈箱中燈泡的.....<sup>像</sup> (物／像)。

- 4 畫一條直線連接物  $O$  和像  $I$ 。

直線  $OI$  與鏡面的夾角是多少？

$90^\circ$

物至鏡面的垂直距離  $u = \dots\dots\dots$  cm

像至鏡面的垂直距離  $v = \dots\dots\dots$  cm

物距  $u$  與像距  $v$  有甚麼關係？

物距  $u$  等於像距  $v$ 。

### 小 結

- 1 像與鏡的距離.....<sup>相等於</sup> (大於／相等於／小於) 物與鏡的距離。
- 2 連結物點與像點的直線與鏡面.....<sup>垂直</sup>。

- 6 標出鏡的中心點  $P$ ，這點稱為極。

用直線連接  $C$ 、 $D$  兩點，直線稱為鏡的主軸。 $CP$  的長度等於鏡的曲率半徑。

讓一束與主軸平行的光線射到凹面鏡上。反射光線將會聚於一點  $F$ ，稱為主焦點。 $FP$  的長度等於鏡的焦距。

- 9 用凸面鏡代替凹面鏡，重複 3-8 的步驟。



把實驗室的窗簾半掩。

## 2A 曲面鏡的反射

研究曲面鏡產生的反射現象及成像原理。

### 實驗器材

燈箱（配有狹縫和柱面透鏡）

電源（0-12 V、交流／直流兩用）

柱面凹鏡

柱面凸鏡

圓規

紙張

### 曲面鏡的成像

- 1 如圖 2A-1 所示裝置實驗器材，讓一組發散光線射到柱面凹鏡。觀察光線的反射情況。

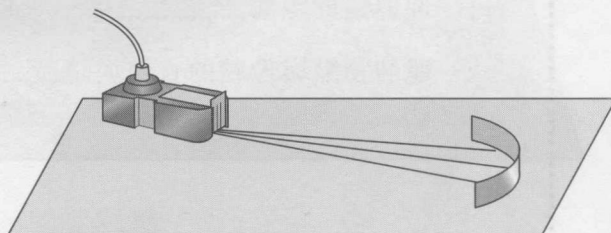


圖 2A-1

- 2 畫出圖 2A-2 中各條光線的反射光線。反射光線的交點為像點，試將它標出來。

像點位於凹面鏡的.....前方.....（前方／後方），是一個.....實像.....（實像／虛像）。

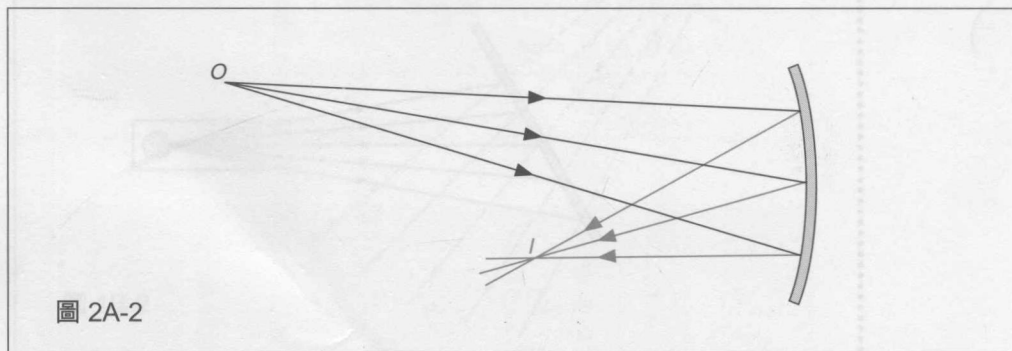


圖 2A-2

開始時，先使用發散光線進行實驗，讓學生懂得找出物（燈絲）及像（即反射光線會聚的一點或看似是發散反射光線的一點），才使用一條光線做實驗。

首先以某個角度把發散光線投射向鏡子，清楚地分開物和像。

讓學生改變物的位置，並看看這對像的位置有甚麼影響，但不用深入研究。

- 3 讓一組發散光線射到柱面凸鏡上，觀察光線的反射情況。
  - 4 畫出圖 2A-3 中各條光線的反射光線。用虛線將反射光線反方向延長，並找出虛線的交點。這交點就是像點。
- 像點位於凸面鏡的.....<sup>後方</sup>（前方／後方），是一個.....<sup>虛像</sup>（實像／虛像）。

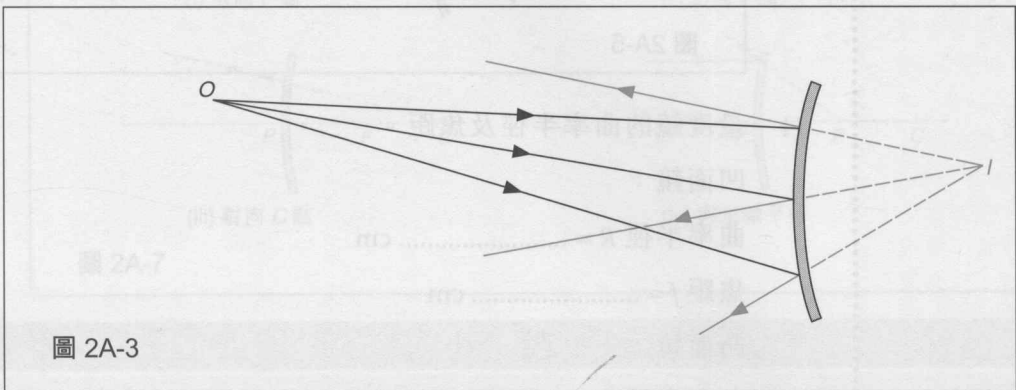
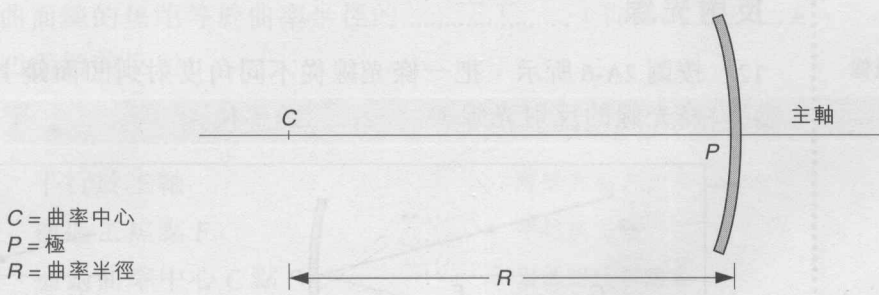


圖 2A-3

用圓規繪畫出與柱面鏡曲面吻合的曲線，以確定曲率中心。

研究曲面鏡

- 5 將凹面鏡放在紙上（圖 2A-4），並畫出鏡的反射曲面（鍍銀面）。用圓規找出該曲面的圓心，這就是鏡的曲率中心  $C$ 。



$C$  = 曲率中心  
 $P$  = 極  
 $R$  = 曲率半徑

圖 2A-4

沿着光線探索便可找到主焦點。

- 6 標出鏡的中心點  $P$ ，這點稱為極。
- 7 用直線連接  $C$ 、 $P$  兩點，這線稱為鏡的主軸。 $CP$  的長度等於鏡的曲率半徑  $R$ 。
- 8 讓一組與主軸平行的光線射到凹面鏡上。反射光線將會聚於一點  $F$ ，稱為主焦點。 $FP$  的長度等於鏡的焦距  $f$ 。
- 9 用凸面鏡代替凹面鏡，重複 5-8 的步驟。



- 10 畫出圖 2A-5 中各條光線的反射光線，標出主焦點的位置。

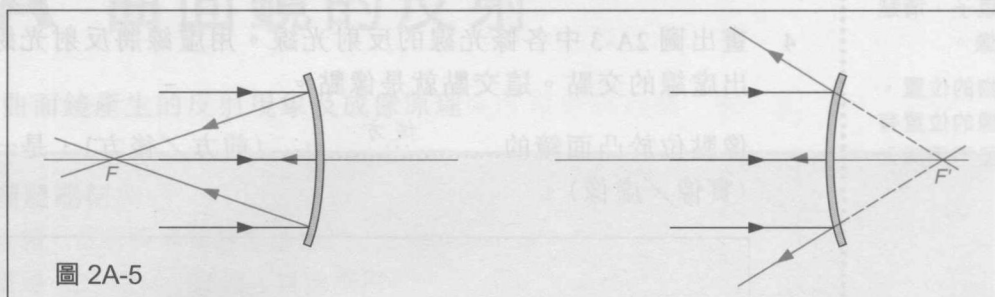


圖 2A-5

- 11 量度鏡的曲率半徑及焦距。

凹面鏡：

曲率半徑  $R = \dots\dots\dots$  cm

焦距  $f = \dots\dots\dots$  cm

凸面鏡：

曲率半徑  $R = \dots\dots\dots$  cm

焦距  $f = \dots\dots\dots$  cm

$R$  與  $f$  有甚麼關係？

$R = 2f$

## 反射光線

這些光線都是根據成像規則繪畫的。

- 12 按圖 2A-6 所示，把一條光線從不同角度射到凹面鏡上，並畫出圖 2A-6 中各條光線的反射光線。

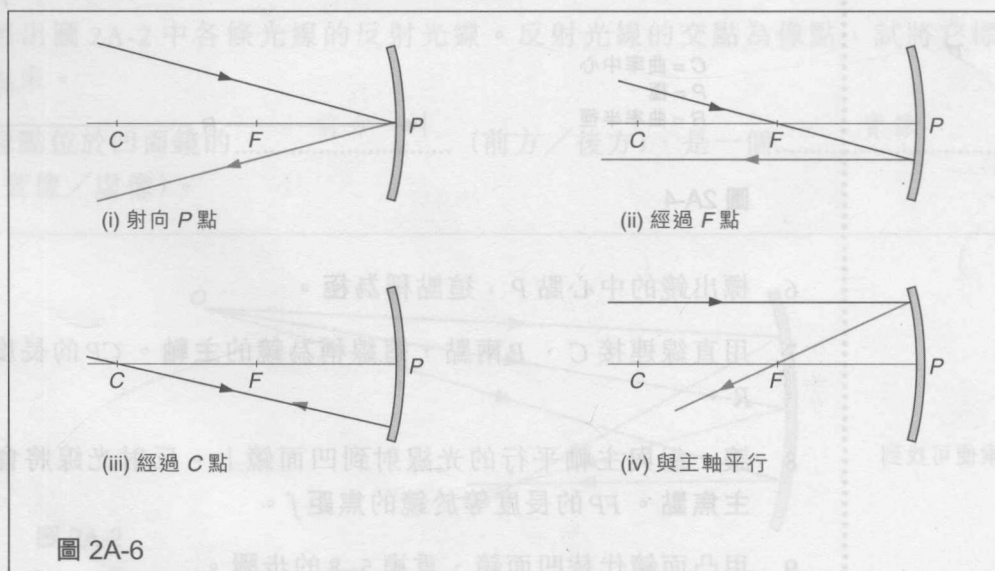
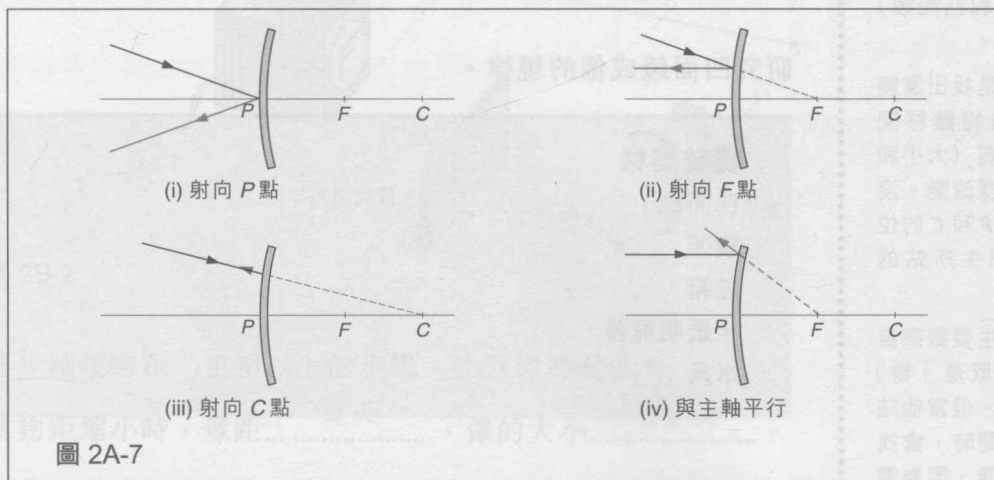


圖 2A-6

- 13 用凸面鏡代替上述的凹面鏡來重複以上實驗，並畫出圖 2A-7 中各條光線的反射光線。



### 小 結

- 1 曲面鏡所成的像是所有反射光線的.....會聚.....點，或看起來所有的光線都像是有.....從這點發散.....的。
- 2 與主軸平行的光線，
  - 經凹面鏡反射後.....會聚到.....主焦點；
  - 經凸面鏡反射後看來像是從主焦點.....發出.....的。
- 3 曲面鏡的焦距等於曲率半徑的.....一半.....，即  $f = \frac{1}{2} R$ 。
- 4 凹面鏡的反射：

| 入射光線            | 反射光線               |
|-----------------|--------------------|
| 平行於主軸           | 穿過焦點 $F$           |
| 通過主焦點 $F$       | 平行於主軸              |
| 通過曲率中心 $C$ 點    | 沿原路反射回去            |
| 射向極 $P$ 且不與主軸平行 | 反射光線與主軸的夾角和入射光線的相等 |

- 5 凸面鏡的反射：

| 入射光線            | 反射光線               |
|-----------------|--------------------|
| 平行於主軸           | 像從焦點 $F$ 發散出來      |
| 射向焦點 $F$        | 平行於主軸              |
| 射向曲率中心 $C$ 點    | 沿原路反射回去            |
| 射向極 $P$ 且不與主軸平行 | 反射光線與主軸的夾角和入射光線的相等 |



可使用孔徑較大的化妝鏡（凹面鏡）或不銹鋼鑊（凹面鏡和凸面鏡）作實驗器材。

這實驗目的是找出當鏡子慢慢地自物體移開時，像的性質（大小和定向）會怎樣改變。沒有需要按照  $F$  和  $C$  的位置來指示學生所站的位置。

實驗中，學生要觀察自己的像，他既是「物」又是觀察者。但當他站到  $F$  和  $C$  之間時，會找不到自己的像，因為當時像在他後面形成。改善方法是用其他東西作物，例如洋娃娃。把它逐漸地從一塊較大的凹面鏡移開，讓學生觀察所成的像（見光碟 1 的錄像片段 2.1）。

## 2B 研究凹面鏡的成像

研究凹面鏡成像的規律。

### 實驗器材

凹面鏡

鏡架

燈箱

半透明屏幕

米尺

### 觀察凹面鏡的成像

- 1 請一位同伴拿着凹面鏡，放在與你視平線的位置，距離眼睛 10 cm 左右（圖 2B-1）。觀察你在鏡中的像。

凹面鏡所形成的像是.....<sup>正立</sup>

（正立／倒立）和.....<sup>放大</sup>

（放大／縮小／等大）的。

- 2 請同伴慢慢向後移，逐漸離你遠去。注意鏡中的像的變化。

隨着你與凹面鏡的距離增大，像變得  
倒立而縮小了

.....。

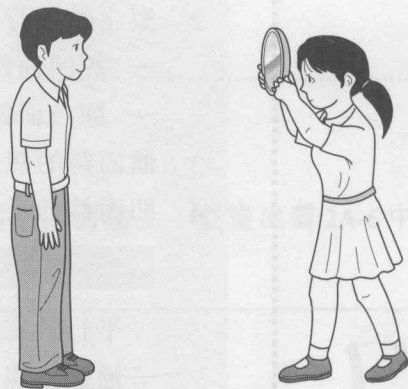


圖 2B-1

### 改變物距

- 3 按圖 2B-2 所示裝置實驗器材，以燈箱上的字母  $F$  作為物。開始時將燈箱放在距鏡較遠的地方，如 0.5 m 處，然後前後移動半透明屏幕，直至屏幕上出現字母  $F$  的清晰的像。

成像是.....<sup>倒立</sup>（正立／倒立）和.....<sup>縮小</sup>（放大／縮小／等大）  
的.....<sup>實像</sup>（實像／虛像）。

改變物距可在屏幕上形成多個放大及縮小的像。

當物體非常接近鏡子（比  $F$  點還要近）時，屏幕上不能捕捉到像，但學生仍可從鏡子看到（虛）像。

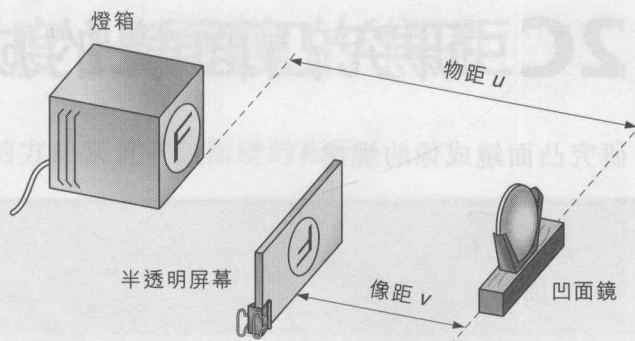


圖 2B-2

- 4 逐步減短物距，重複以上的步驟，注意像的變化。

當物距縮小時，像距.....變大.....，像的大小.....也變大.....。

當物距變得非常小時，像變成甚麼樣？（如果無法在屏幕上成像，可直接用眼睛觀看鏡子裏的像。）

屏幕上沒有成像，只可在鏡子裏看到。

- 5 如圖 2B-3 所示，利用卡紙擋住半面鏡子，注意像的變化。  
試描述像有甚麼改變？

整個像都在屏幕上呈現出來，但卻較暗淡。

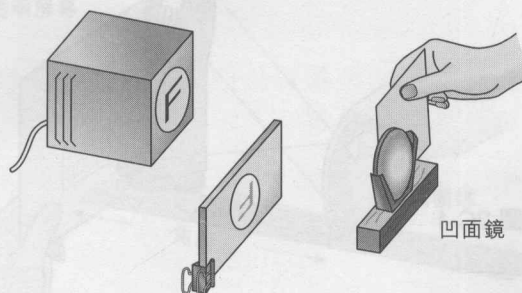


圖 2B-3

### 小 結

- 1 凹面鏡可以形成實像，也可以形成虛像，這視乎物距的大小。
- 2 實像總是.....倒立.....（正立／倒立）的，可以是放大的或縮小的。
- 3 虛像總是.....正立.....（正立／倒立）和.....放大.....（放大／縮小／等大）的。



防盜鏡（超級市場用的那款）、貨車的倒後鏡（可從汽車零件公司買到）或不銹鋼鑊都可用作大孔徑的凸面鏡。

# 2C 研究凸面鏡的成像

研究凸面鏡成像的規律。

## 實驗器材 凸面鏡

- 1 請一位同伴拿着凸面鏡，放在你視平線的位置，距離眼睛 10 cm 左右（圖 2C-1）。觀察你在鏡中的像。

凸面鏡所成的像是.....正立.....（正立／倒立）和.....縮小.....（放大／縮小／等大）的。



圖 2C-1

- 2 請同伴逐漸移開。注意鏡中的像的變化。

隨着你與凸面鏡的距離增大，像變得.....更小.....但仍保持.....正立.....。

## 小 結

凸面鏡所成的像總是.....正立.....和.....縮小了.....的。

## 2D 量度凹面鏡的焦距

學習用兩種不同的方法來量度凹面鏡的焦距。

### 實驗器材

凹面鏡  
鏡架  
燈箱  
半透明屏幕  
米尺

### 方法 1：使遠處物體在屏幕上成像

- 1 靠近窗戶，將凹面鏡朝向遠處的景物（如一幢樓宇），移動屏幕或凹面鏡直至屏幕上出現遠處景物的清晰的像（圖 2D-1）。

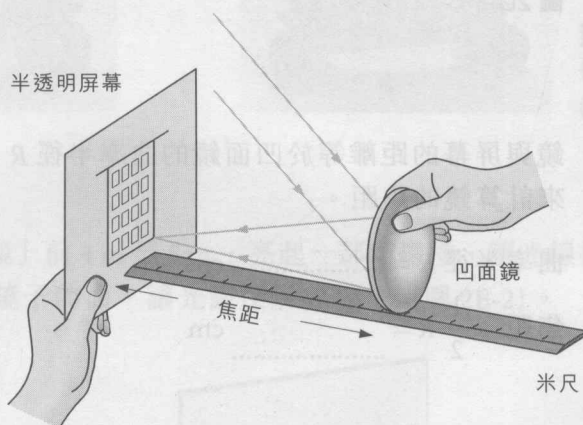


圖 2D-1

- 2 鏡與屏幕的距離可近似地作為凹面鏡的焦距  $f$ 。量度這段距離。

凹面鏡的焦距  $f = \dots\dots\dots$  cm



讓學生記錄屏幕上的像的倒置情況。

## 方法 2：將發光物放在凹面鏡的曲率中心

- 3 將半透明屏幕與燈箱並排擺放（圖 2D-2）。移動凹面鏡，直至屏幕上出現字母 F 的清晰的像。

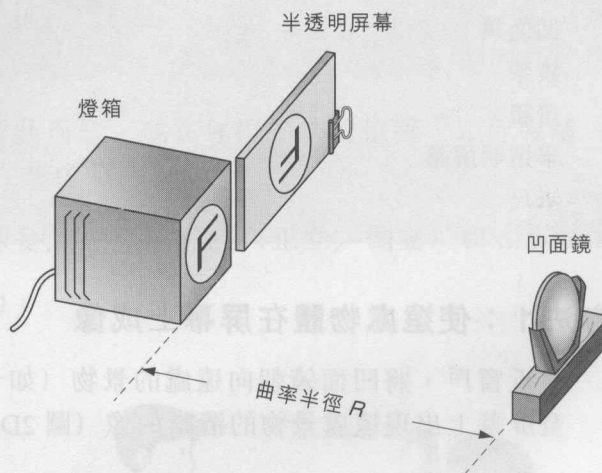


圖 2D-2

- 4 鏡與屏幕的距離等於凹面鏡的曲率半徑  $R$ 。量度這段距離，用公式  $f = \frac{1}{2}R$  來計算鏡的焦距。

曲率半徑  $R = \dots\dots\dots$  cm

焦距  $= \frac{1}{2}R = \dots\dots\dots$  cm

## 小 結

用以下兩種方法，可以量度凹面鏡的焦距：

- 1 使遠處的景物在屏幕上成像，量度從屏幕到.....鏡子.....的距離。
- 2 將屏幕放在物的旁邊並使到屏幕上出現與物等大的像。這時，物距／像距等於焦距的.....兩倍.....。

## 2E 「透光鏡」(選擇性實驗)

研究「透光鏡」和它的原理。

### 實驗器材

「透光鏡」

幻燈機

白色屏幕

黑紙 (15 cm × 15 cm) (其中一面貼有錫箔)

「透光鏡」是漢朝時代發明的 (約二千多年前)，它是一面青銅鏡，能展示一些有趣的現象。這個實驗中所用的是仿製品 (圖 2E-1)。

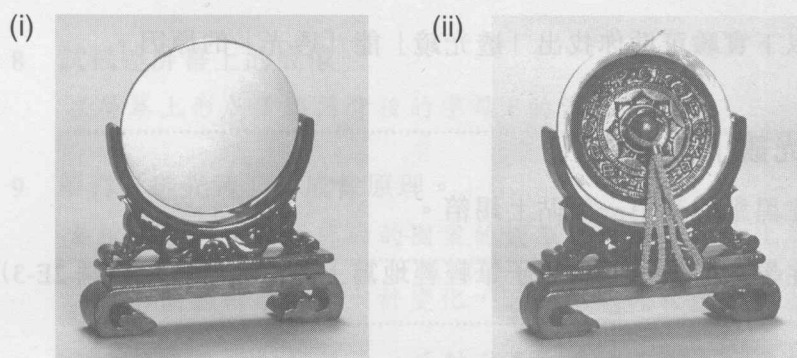


圖 2E-1  
仿製「透光鏡」的  
(i) 正面，(ii) 背面

### 「透光鏡」

- 1 在一面「透光鏡」前 4 m 至 5 m，亮起一部幻燈機，讓光線投射在鏡上。再將一道屏幕放在鏡子前面，讓光線反射成像。(圖 2E-2)。

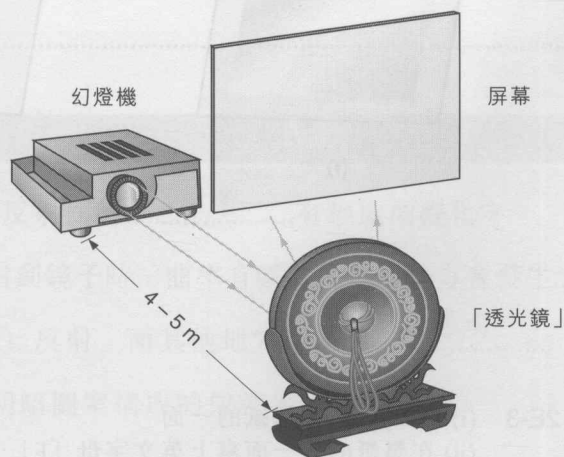


圖 2E-2

學生或會質疑為甚麼鏡子背後的圖案會投射到屏幕上去。可鼓勵他們分組討論成像的原因，讓他們仔細檢查鏡子及發表意見，但暫時不要對他們的意見作出批評。

- 2 仔細觀察屏幕上的成像。這個像是怎樣的？

像的圖案就是鏡子背面的圖案。

- 3 移動屏幕以改變它與鏡子間的距離，觀察成像是否依然出現在屏幕上。

像仍然在屏幕上出現。當屏幕與鏡子的距離越遠，像就越大，但也同樣清晰。

- 4 分組討論這個像形成的原因。

.....  
.....  
.....

許多中國古書都曾描述過「透光鏡」，但它的「透光」特性卻一直是個不解之謎。直至 1930 年代，科學家才得出一個圓滿的解釋。

以下實驗可助你找出「透光鏡」能「透光」的原因。

### 「透光鏡」的運作

- 5 在黑紙的其中一面貼上錫箔。

- 6 在黑紙的另一面用原子筆輕輕地寫上英文字母「F」（圖 2E-3）。

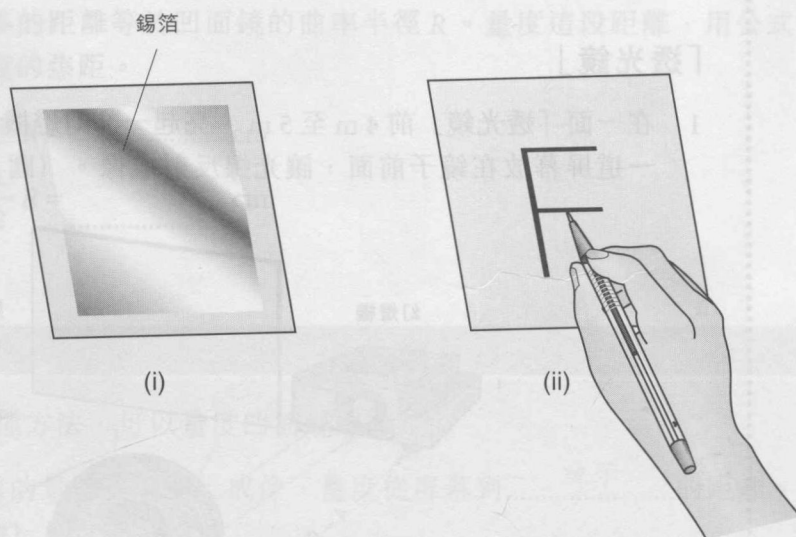


圖 2E-3 (i) 把錫箔貼在黑紙的一面  
(ii) 在黑紙的另一面寫上英文字母「F」



背後寫的字稍微改變了錫箔反射面的曲率。

- 7 把幻燈機的光線射到錫箔上。將屏幕放到錫箔前，使成像投射到屏幕上（圖 2E-4）。觀察成像。

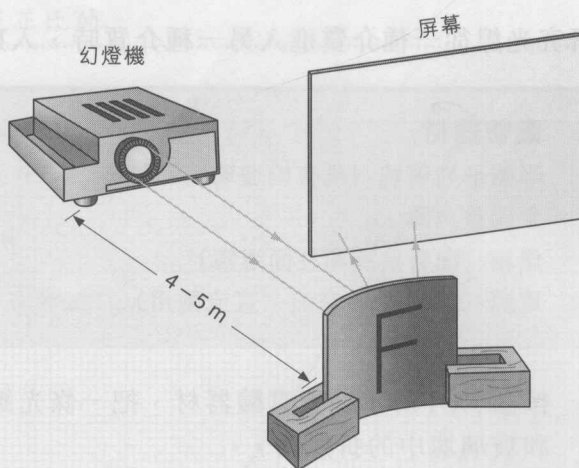
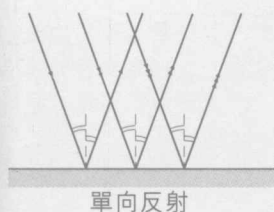
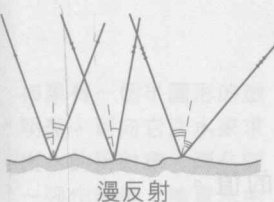


圖 2E-4

將黑紙稍微彎曲，使錫箔成為柱面凸面鏡。



單向反射



漫反射

- 8 試描述屏幕上的成像。

在屏幕上形成了錫箔背後的字母 F 的像。

- 9 解釋「透光鏡」的成像原理。

當熔化的銅倒入鏡背面的圖案的模型時，薄的地方比厚的地方冷卻得快，使反射面的曲率出現少許變化，這變化取決於鏡子背後的圖案。

當平行光線投射到鏡面，反射面產生單向反射，曲率有輕微轉變的地方卻產生漫反射。因此屏幕上出現明暗的像，也正是鏡子背面的圖案。

### 小 結

- 「透光鏡」反射面的.....<sup>曲率</sup>有輕微的變化。
- 當平行光射到鏡子時，曲率有輕微轉變的地方會發生.....<sup>漫</sup>（單向／漫）反射，而其他地方則產生.....<sup>單向</sup>（單向／漫）反射。結果，由明暗圖案構成的像就出現在屏幕上。

把實驗室的窗簾半掩。  
半圓形玻璃（有機玻璃）塊的其中一面必須打磨或塗上無光澤的白色，否則光線不能在玻璃塊的內部顯現。

教師用書的最後一頁印有全圓量角器，可影印該頁給學生使用。

這實驗旨在驗證斯涅耳定律。讓學生知道在17世紀時，斯涅耳分析了大量數據後發現這定律。斯涅耳定律所提及的關係（ $\sin i$  與  $\sin r$  成正比）並不簡單，但斯涅耳卻能從數據中領悟得到！

## 3A 折射定律

研究光線從一種介質進入另一種介質時，入射角與折射角的關係。

### 實驗器材

半圓形玻璃塊（或有機玻璃塊）

全圓量角器

燈箱（配有狹縫和柱面透鏡）

電源（0–12 V、交流／直流兩用）

- 1 按圖 3A-1 所示裝置實驗器材，把一條光線射入玻璃塊的直邊。量度入射角  $i$  和玻璃塊中的折射角  $r$ 。

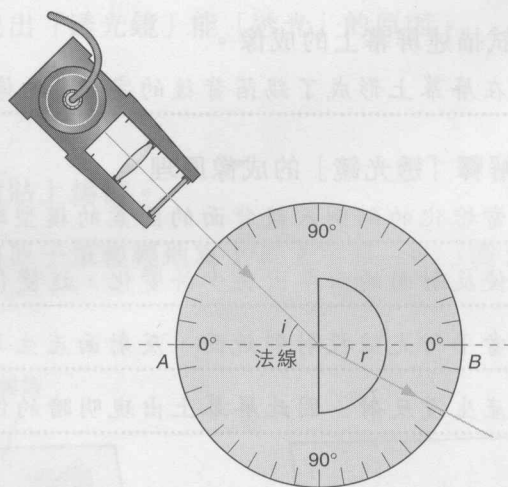


圖 3A-1

- 2 改變入射角並重複實驗。將量度結果記入下表，計算  $\sin i$  和  $\sin r$  的值。

| 入射角 $i$ | 折射角 $r$ | $\sin i$ | $\sin r$ |
|---------|---------|----------|----------|
| 0°      | 0°      | 0        | 0        |
| 15°     | 11°     | 0.259    | 0.191    |
| 30°     | 18°     | 0.500    | 0.309    |
| 45°     | 28°     | 0.707    | 0.470    |
| 60°     | 34°     | 0.866    | 0.560    |
| 75°     | 40°     | 0.966    | 0.643    |