

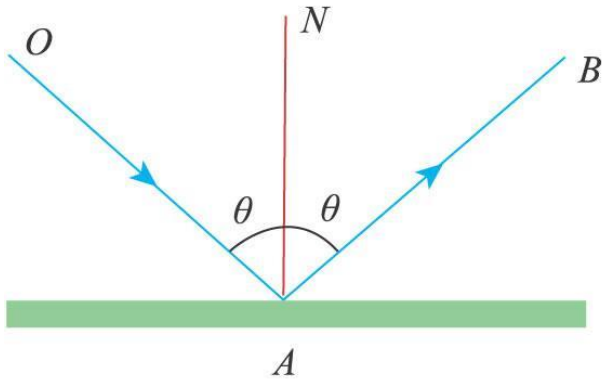
### 第三章

#### 光的反射与折射

-光的直线传播，知道光在同一种均匀介质中是沿直线传播的，光在真空中的传播速度是：

$$c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$$

-光在其他介质中也是沿直线传播的，只是其传播速度小于真空中光速。



-当光照到两种介质的交界面时，发生反射现象。

-光的反射：

光自一介質傳播至另一介質界面時，有部份或全部光線自界面返回原介質的現象。

光的反射定律：

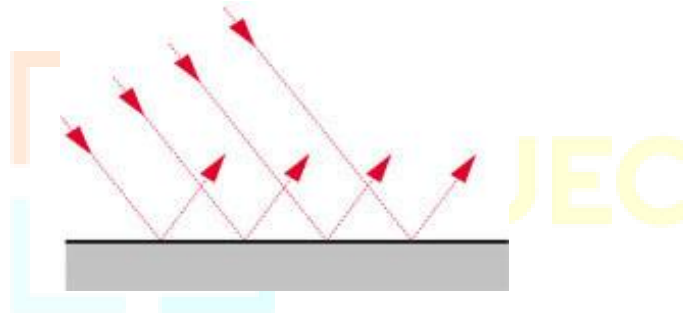
-入射光線、反射光線和法線位在同一平面上（此平面稱為入射面），入射光線和反射光線位在法線的兩側。

-入射角等於反射角。

光反射的種類：

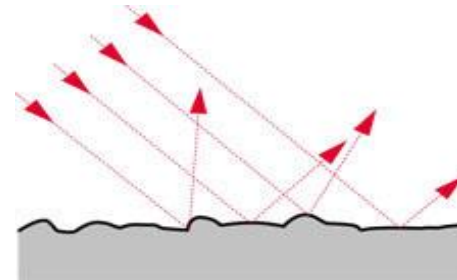
I. 單向反射：

一束平行光入射至一平滑的反射面，則反射光束也是平行光。



II. 漫射：

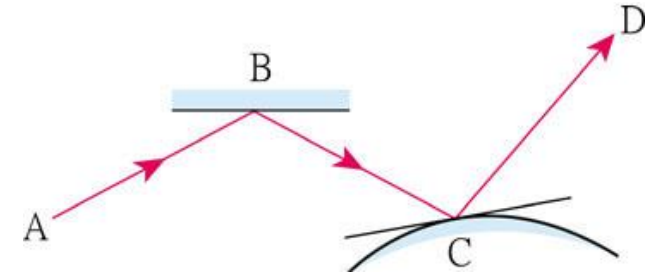
一束平行光入射至一起伏不平的粗糙反射面，結果反射線往不同的方向射出。



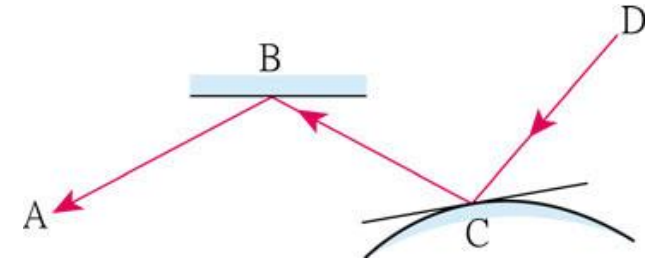
光路徑的可逆性

-它会逆着原来入射线的方向反射出去

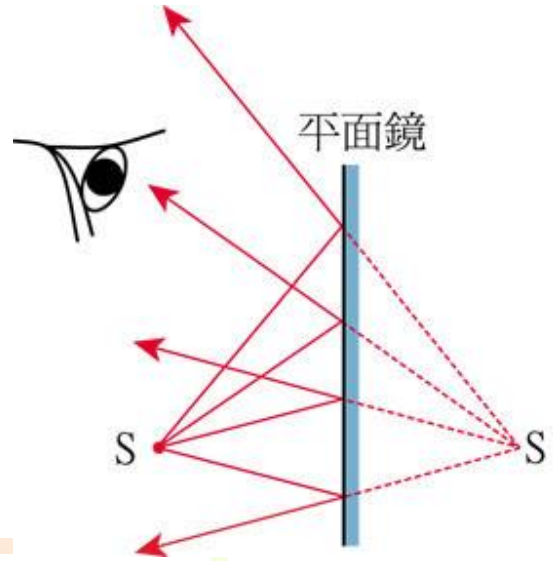
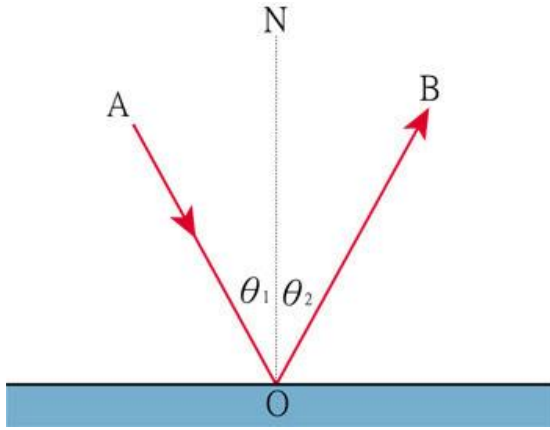
I.



II.



iii.



點光源  $S$  所發出之光線經平面鏡反射後，所有反射光看起來像是從鏡後  $S'$  發出， $S'$  稱為  $S$  的像。

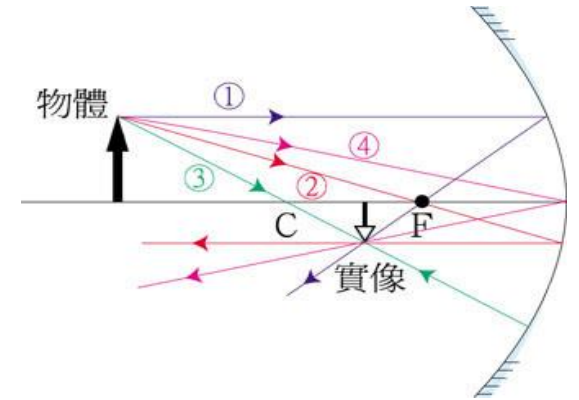
- 物體經平面鏡反射後所成的像

- i. 大小與原物體相同。
- ii. 上下不顛倒。
- iii. 左右相反。
- iv. 物距等於像距。
- v. 正立虛像。

实像和虚像

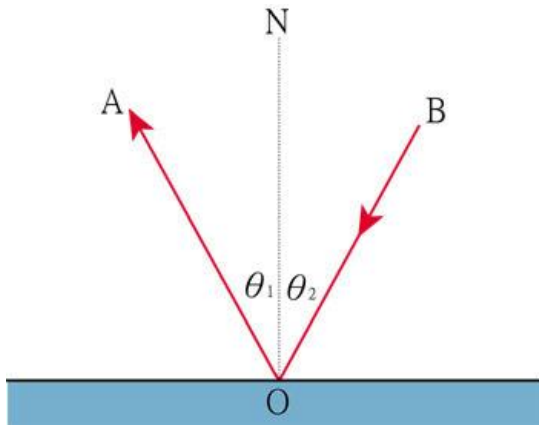
i. 像：物體發出的光線經反射或折射後會聚而成的圖形，稱為物體的像。可分成

ii. 實像：光線實際會聚而成的像。

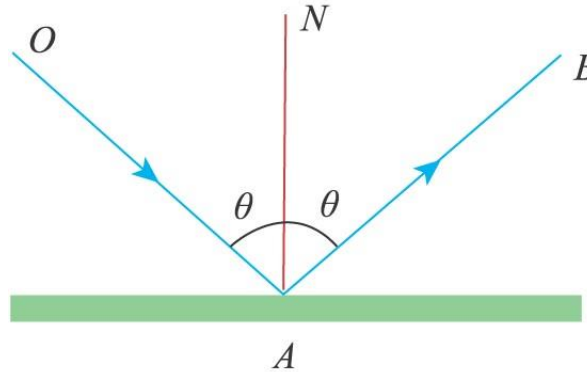
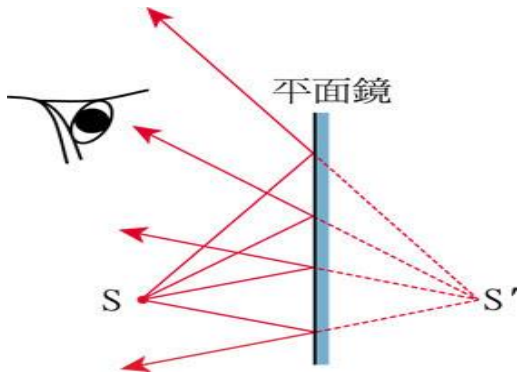


iii. 虛像：非光線實際會聚，而由其反向延伸線會聚而成的像。

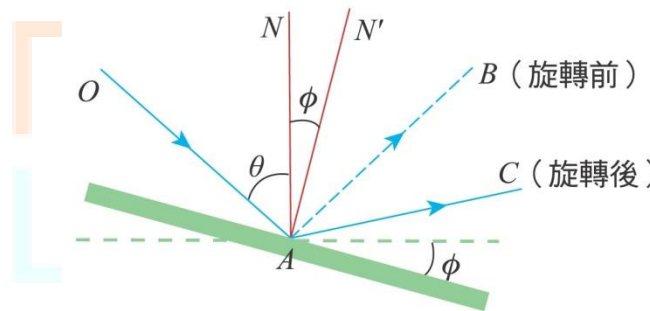
iv.



平面鏡成像



▲ 未旋轉的平面鏡



▲ 旋轉後之平面鏡

公式:  $\tan 2\theta = \frac{x}{d}$

x 是反射线(虚像)落在标尺的位置

d 是光的入射点的距离

平面鏡的应用

1. 用于指针仪器, 协助准确读数
2. 用于旋转镜式仪器中

光槓桿原理

-轉動: 若入射光線的方向不變, 當平面鏡轉動  $\psi$  角時, 則反射光線轉動  $2\psi$  角。

球面鏡

- 反射面為球面之一部分者, 稱為球面鏡。
- 若取凹面作為反射面者叫凹面鏡。
- 若取凸面作為反射面者叫凸面鏡。

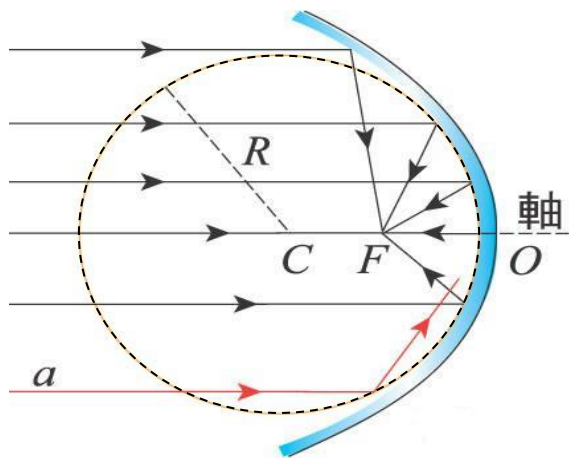
-球面鏡的名詞解釋:

- 1) 曲率中心: 鏡面的球心, 如圖中的 C 點。
- 2) 曲率半徑: 球心到鏡頂的距離, 即  $R = OC$ 。
- 3) 主軸: 連接鏡頂與球心的直線, 如圖中的直線 OC。
- 4) 焦點: 靠近主軸的平行光經凹面鏡反射後, 大致會聚於一點, 如圖中的 F 點。  
 $F = \frac{1}{2} r$
- 5) 焦距: 焦點至鏡頂的距離, 以 f 表示,  $f = OF$ 。

$\alpha = \tan \alpha = h/r$

$2\alpha = \tan 2\alpha = h/f$

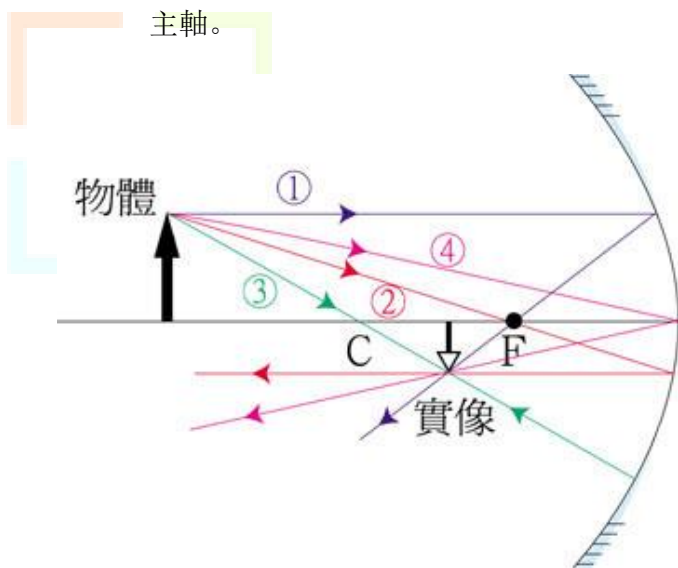
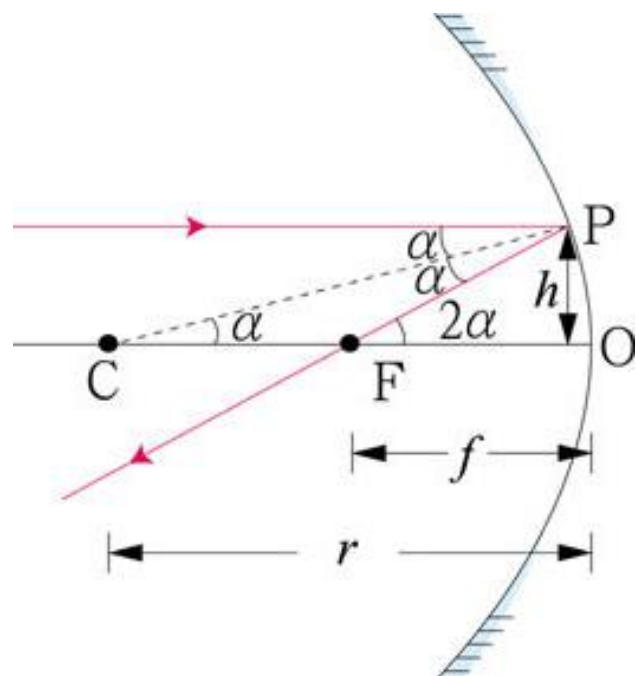
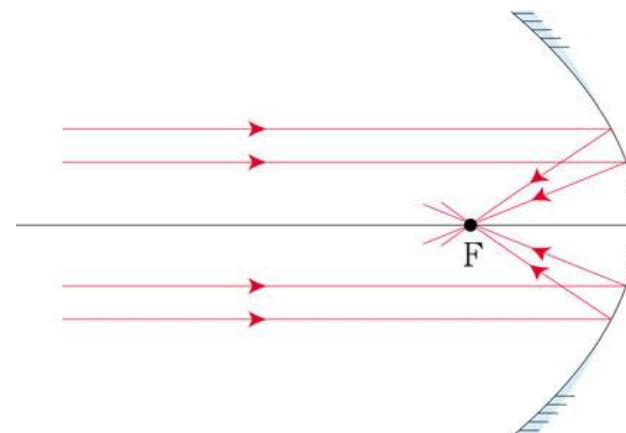
F



### 凹面鏡成像作圖法則

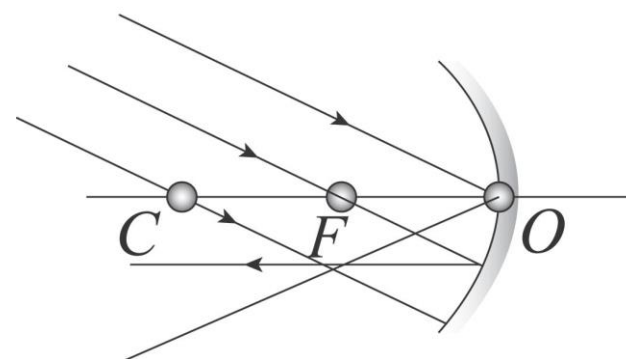
1. 平行於主軸的入射光線，其反射光線通過焦點。
2. 通過焦點的入射光線，其反射光線平行於主軸。
3. 通過球心 C 的入射光線，其反射光線循入射光線的反方向行進。
4. 入射於鏡頂 O 的光線，其反射光線對稱主軸。

- 位置：焦點上
- 大小：一點
- 性質：實像



### 凹面鏡的成像（作圖法）

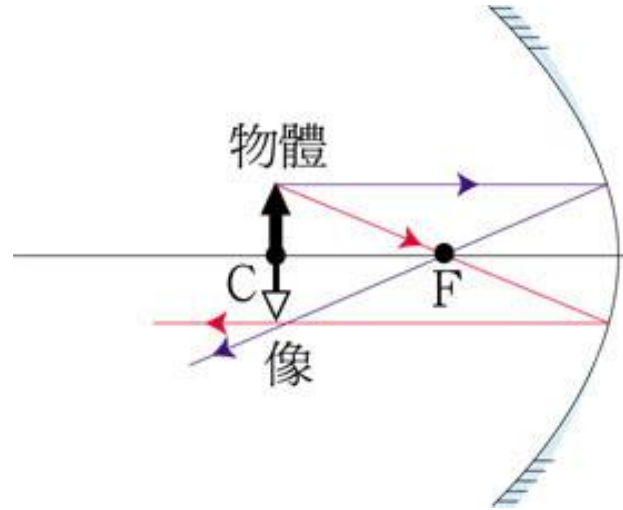
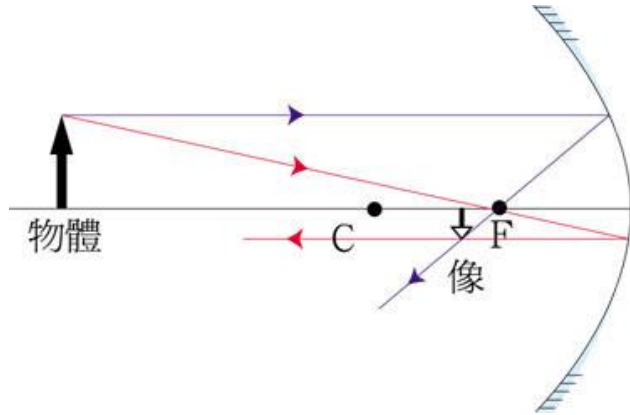
1. 物體在無窮遠處  
像：



2. 物體位於兩倍焦距（曲率中心）外  
像：

- 位置：鏡前兩倍焦距與焦距之間

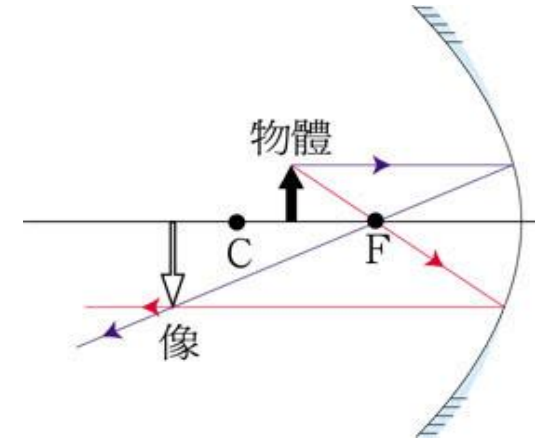
- 大小：縮小
- 性質：倒立實像，物體速度大於像的速度



#### 4. 物體位於焦距與兩倍焦距（曲率中心）之間

像：

- 位置：兩倍焦距（曲率中心）外
- 大小：放大
- 性質：倒立實像，物體速度小於像的速度



#### 5. 物體位於焦點處

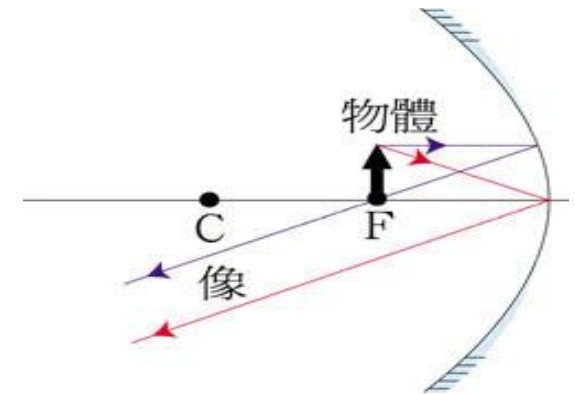
像：

- 位置：無窮遠處
- 大小：×
- 性質：×

#### 3. 物體位於兩倍焦距（曲率中心）處

像：

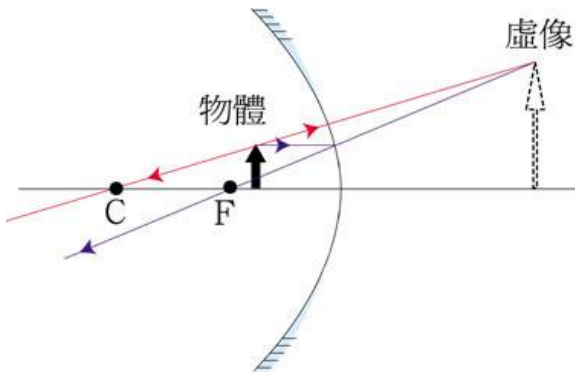
- 位置：鏡前兩倍焦距處
- 大小：與物同大小
- 性質：倒立實像



#### 6. 物體位於焦點和鏡面之間

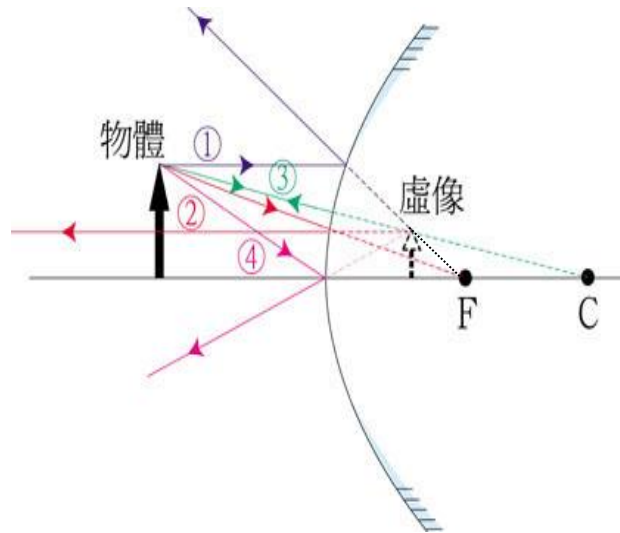
像：

- 位置：鏡後
- 大小：放大
- 性質：正立虛像，物體速度小於像的速度



凸面鏡成像作圖法則

1. 平行於主軸的入射光線，其反射光線的反向延長線通過焦點。
2. 指向焦點的入射光線，其反射光線平行於主軸。
3. 指向曲率中心 C 的入射光線，其反射光線循入射光線的反方向行進。
4. 入射於鏡頂 O 的光線，其反射光線對稱主軸。

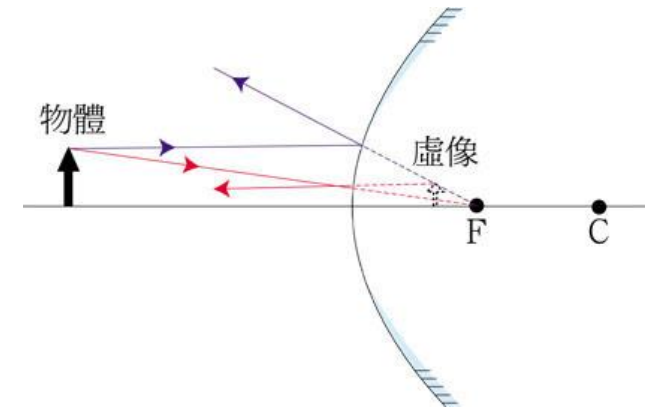


凸面鏡的成像（作圖法）

物體置於凸面鏡前

像：

- 位置：鏡後虛焦點與鏡面之間
- 大小：縮小
- 性質：正立虛像，物體速度大於像的速度



球面鏡成像性質

凹面鏡				
$\infty > p > 2f$	實像	縮小	倒立	$2f > q > f$
$p = 2f$	實像	同大	倒立	$q = 2f$
$2f > p > f$	實像	放大	倒立	$\infty > q > 2f$
$p = f$				$\pm \infty$
$p < f$	虛像	放大	正立	$0 \sim \infty$

凸面鏡				
任何位置	虛像	縮小	正立	焦點內

鏡後

鏡後

球面鏡成像公式

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

放大率為：

$$m = \frac{|v|}{|u|} = \frac{\text{像高}}{\text{物高}} = \frac{\text{像距}}{\text{物距}}$$

$m > 0$ ，表示像是正立的；

$m < 0$ ，表示像是倒立的。

$|m| > 1$ ，表示放大的像；

$|m| < 1$ ，表示縮小的像。

<b>M</b>	正立	倒立
----------	----	----

### 光的折射

-光從一種介質進入另一種不同的透明介質時，在兩介質的界面上會發生部分反射和部分折射的現象

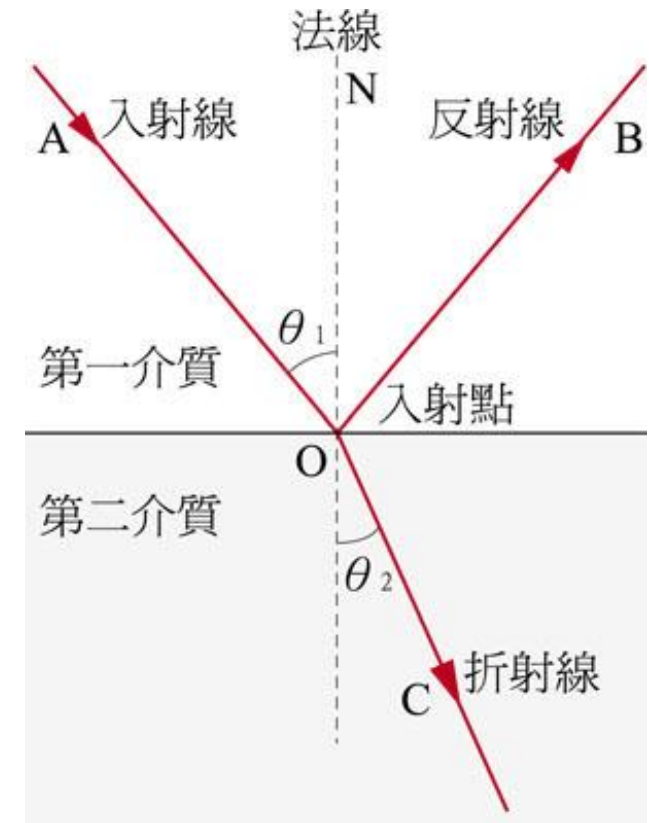
-光從一種介質進入另一種不同的介質時，因速度的改變產生行進方向發生改變的現象稱為折射現象。

### 折射定律（斯涅耳定律- Snell's Law）

-入射線、折射線和法線均在同一平面上，且入射線和折射線分別在法線的兩側。

-入射角和折射角的正弦值比值為一定值，即

物理量	正負號	
	+	-
焦距 <b>f</b>	凹面鏡	凸面鏡
物距 <b>v</b>	實物	虛物
像距 <b>u</b>	實像	虛像
物高	正立	倒立
像高	正立	倒立



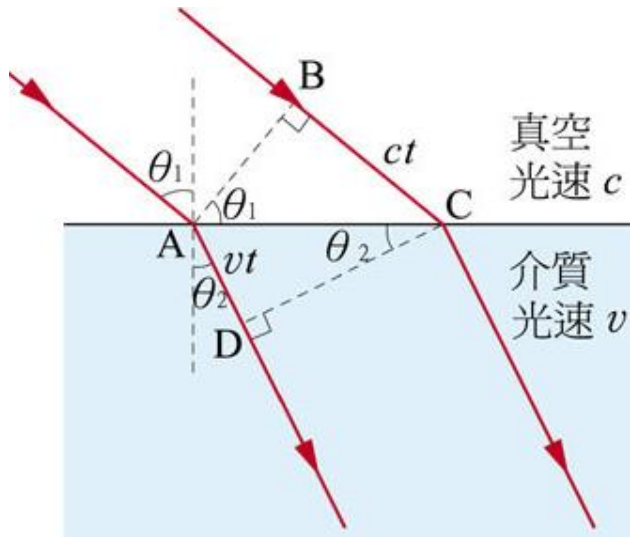
### 折射率

$$\text{常数, } n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

### 絕對折射率：

-光由真空中進入某介質時，上式中， $n = \frac{\sin i}{\sin r}$  稱為該介質的絕對折射率，簡稱折射率。

-質的折射率等於光在真空和在該物質中傳播速率或波長的比值。



$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v}$$

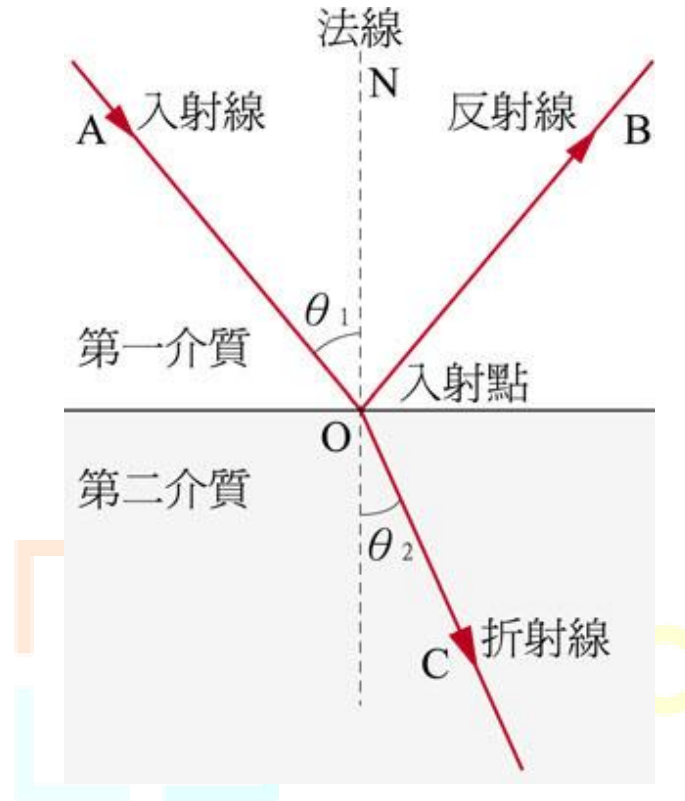
$c$  = 空气中的速率

$v$  = 光在某种介质中的速率

$n$  = 折射率

相對折射率：

光從介質 1 進入介質 2，其入射角和折射角的正弦值比值，定義為介質 2 對介質 1 的相對折射率。



$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

斯涅耳定律可改写为

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

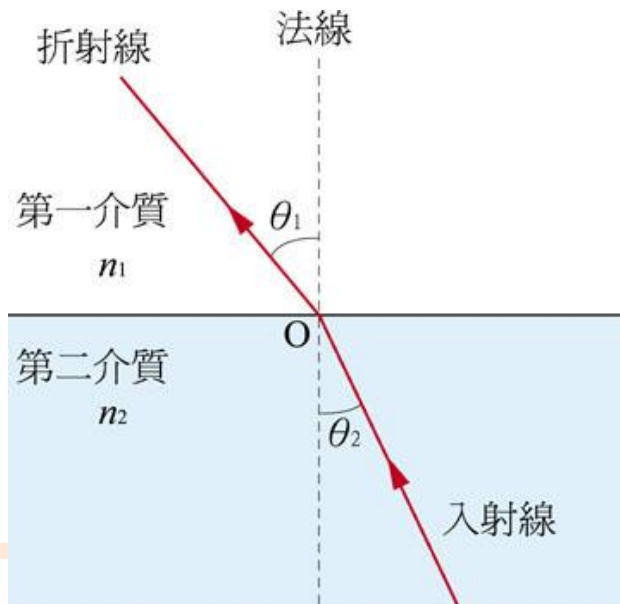
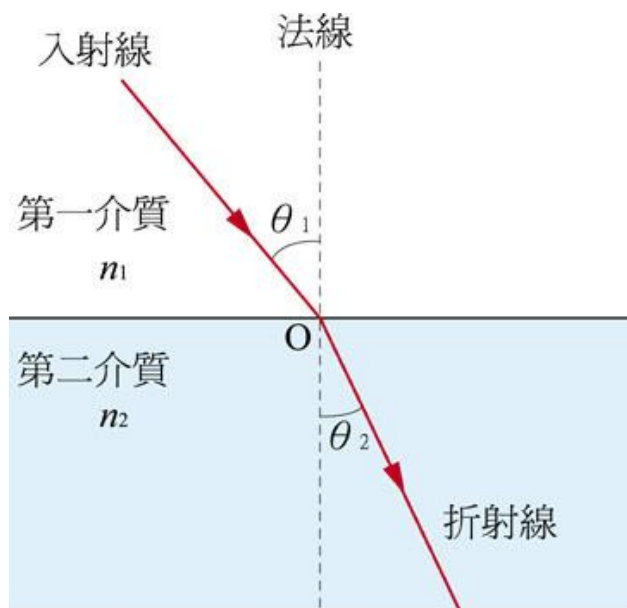
光從一介質進入另一介質時，兩介質的折射率較小者，光在該介質中的速率較大，稱為光疏介質，折射率較大的介質稱為光密介質。

介質對光的折射率

物態	介質	折射率
固體	钻石	2.42
	火石玻璃	1.74
	二硫化碳	1.63
	冕牌玻璃	1.52
	石英結晶	1.54
	冰	1.32
液體	甘油	1.47
	油酸	1.46
	熔融的石英	1.46
	酒精	1.36
	水 (20°)	1.33
氣體	空氣 (0°C)	1.00024
	二氧化碳	1.045
	氫	1.015



光的路徑具有可逆性



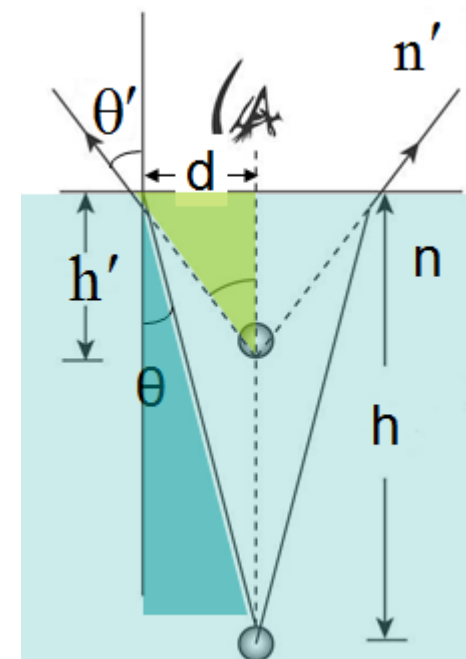
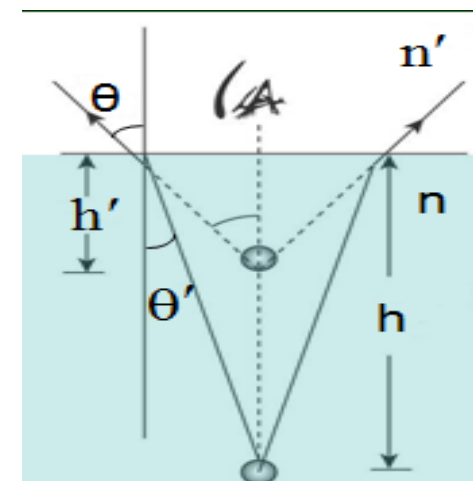
實深與視深

- 實深  $h$ : 物體的實際深度。
- 視深  $h'$ : 觀察者測到的深度。
- 眼睛在物體的正上方看物體，則實深與視深的關係：

$$\frac{h'}{n'} = \frac{h}{n}$$

$n$  = 物体所在介质的折射率

$n'$  = 观察者所在介质的折射率

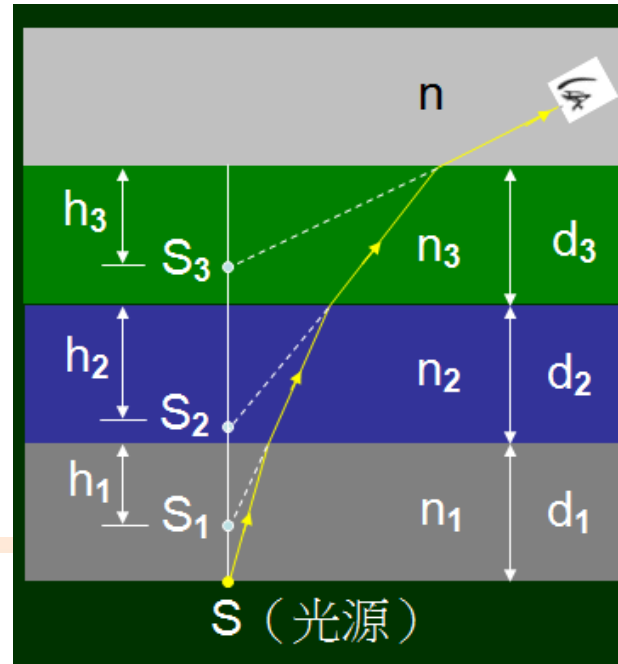


水的折射率

$$n \sin \theta = n' \sin \theta'$$

$$n = \frac{\sin\theta'}{\sin\theta} = \frac{\tan\theta'}{\tan\theta} = \frac{d/h'}{d/h} = \frac{h}{h'}$$

$$\frac{h'}{n'} = \frac{h}{n}$$



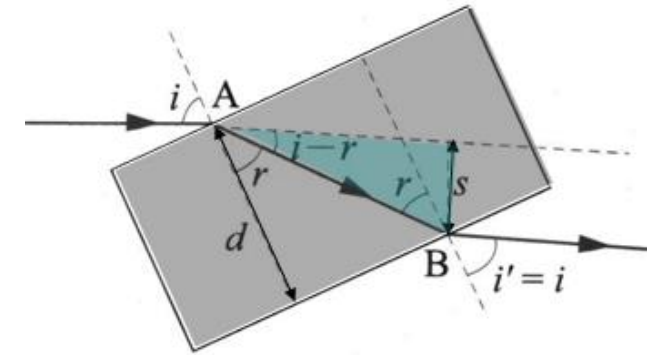
多層平行透明介質之視深

若自折射率為  $n$  之介質中觀察厚度分別為  $d_1$ 、 $d_2$ 、...，折射率分別為  $n_1$ 、 $n_2$ 、...，之最底部物體，則所見之視深  $h$  為

$$\frac{h}{n} = \frac{d_1}{n_1} = \frac{d_2}{n_2} = \frac{d_3}{n_3} \dots$$

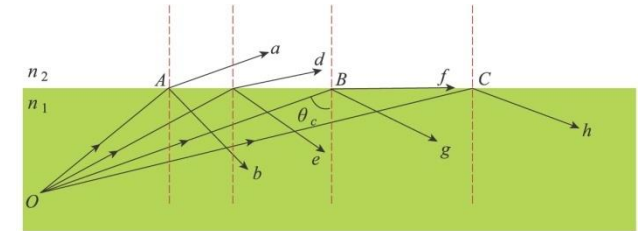
光經平行板的側位移

-光線以入射角  $i$  射入一折射率為  $n$ ，厚度為  $d$  的平行板後，射出的光線平行於入射光，且產生一側位移



$$s = \frac{d}{\cos r} \sin(i - r)$$

全反射



▲ 光由光密介質射向光疏介質

光由光密介質射向光疏介質時，其折射角恆大於入射角，故當入射角增加至某一值（臨界角）可使折射角等於  $90^\circ$ ，若入射角大於此臨界角時，則找不到任何折射角可符合折射定律，這時光線將依照反射定律全部反射回原介質。

產生全反射的條件：

- 光需由光密介質射向光疏介質。

- 入射角大於臨界角。

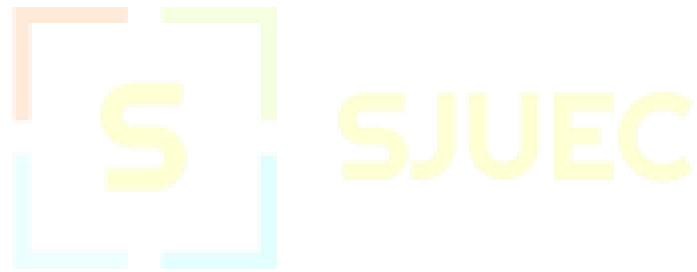
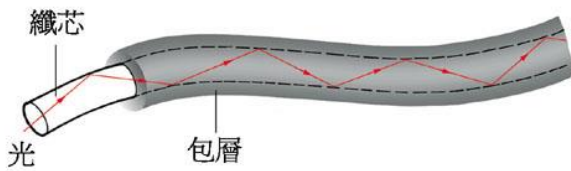
臨界角的計算：

- 臨界角：折射角等於  $90^\circ$  時的入射角。
- 若光密介質和光疏介質的折射率分別為  $n_1$  和  $n_2$  ( $n_1 > n_2$ )，則臨界角  $\theta_c$  滿足

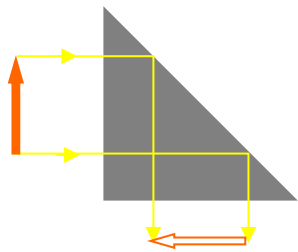
$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

全反射的應用：

i. 光纖：光纖可應用於醫療診病用的內視鏡，以及光纖通訊等。



ii. 三稜鏡：利用三稜鏡，可以改變光線路徑的方向



玻璃的臨界角  $42^\circ < 45^\circ$