

4

光、影像與顏色

4-1 光的傳播

4-2 光的反射與面鏡成像

4-3 光的折射

4-4 透鏡成像

4-5 色散與顏色

光讓我們能夠看見事物，但我們卻很難形容光的樣子。歷史上有位科學家，經過無數次實驗後，才成功研究出許多光的性質。阿翰想要知道究竟是誰發現了光的祕密，因此老師給了阿翰一張藏寶圖及三句解謎關鍵：

**「當世界被染紅之時，撲克牌隱藏的祕密，
將映照出光的真相」**

請幫助阿翰找出是誰發現了光的真相吧！

探究提問

你知道解謎中運用了什麼原理呢？在生活中還有哪些類似的應用嗎？



使用玻璃紙
來玩玩看





Gran canal



Newton



Going merrry

Pikini Atoll

4-1 光的傳播

科學 tell me why

在電影院看電影時，如果有人站起來走動，有時布幕上會出現黑色的剪影，為什麼會有這種現象呢？

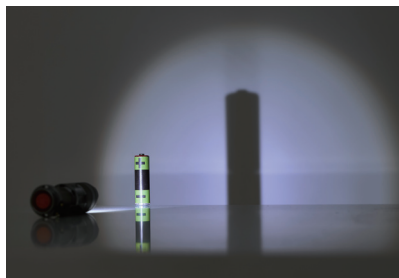


圖4-1 手電筒的光照亮周圍物體

黑暗中打開手電筒，才能看見物體，同時會看見牆面上有物體的影子（圖4-1）。太陽、通電的燈泡和燭火等能發光的物體，稱為**發光體**或**光源**。當光源發出的光線進入眼睛會使我們產生視覺，但為什麼會有影子？接下來，我們將透過探討活動了解光的性質。



探討活動

4-1針孔成像

1. 用針在一個不透明紙杯底部戳一小洞，再用描圖紙蓋住杯口後黏貼固定。

描圖紙



針孔成像活動裝置圖

2. 準備三種顏色的LED光源，將針孔處朝向光源對準，觀察描圖紙上的影像。



三色LED

3. 試一試，以下操作會讓影像發生什麼變化：

- (1) 調整針孔與光源的距離
- (2) 在底部多戳兩個小洞
- (3) 將底部的洞加大

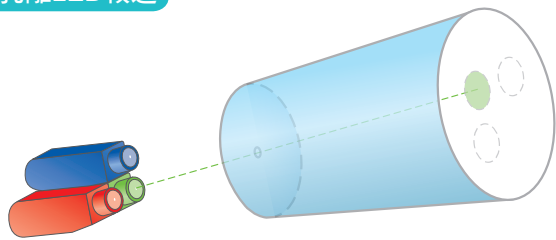
想一想

從描圖紙上觀察到的影像和原來的光源有什麼關係？

1 光的直進性

- 探討活動4-1中，描圖紙上為什麼會呈現這樣的影像？
如果我們用直尺，分別畫出圖4-2中各LED燈連接小孔，延伸至描圖紙的直線，並在圖裡塗上對應的顏色。作圖結果
- 5 是否可以說明探討活動中觀察到的現象（圖4-2）？

針孔離LED較近



針孔離LED較遠

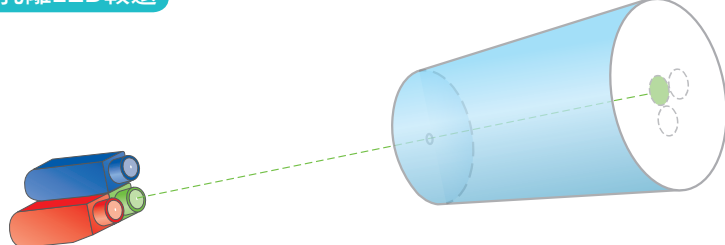


  圖4-2 針孔成像示意圖

- 光在真空中或均勻介質中會以直線前進（圖4-3），不會偏折或轉彎，稱為**光的直進性**。光源的每一點都可向四面八方發出光線，但只有極少的光線可通過小孔，圖4-2中，畫出的直線會交錯，形成如觀察一樣上下顛倒、左右
- 10 相反的像，由此可驗證光沿直線前進。而描圖紙上的像，是由光源發出的真實光線所構成，稱為**實像**。

- 當針孔與光源的距離變大，產生的像會變小；
當同時有多個針孔，會產生多個LED燈的影像；而當針孔面積變大，相當於多個針孔
- 15 成的像交錯重疊，成像會變亮，但影像形狀卻會變得較模糊。

探究提問

若針孔成像裝置用的紙杯長度較長，是改變了哪一項因素？如果要跟短的紙杯比較成像結果，應注意哪一因素的控制？試依據光的直進性作圖說明比較結果。

隨堂筆記

根據針孔成像活動的觀察：在紙屏上形成的是哪種像？

像與物的方位呈現何種關係？

觀察結果可以驗證光的何種性質？

 圖4-3 樹林中的光束，呈直線射向地面

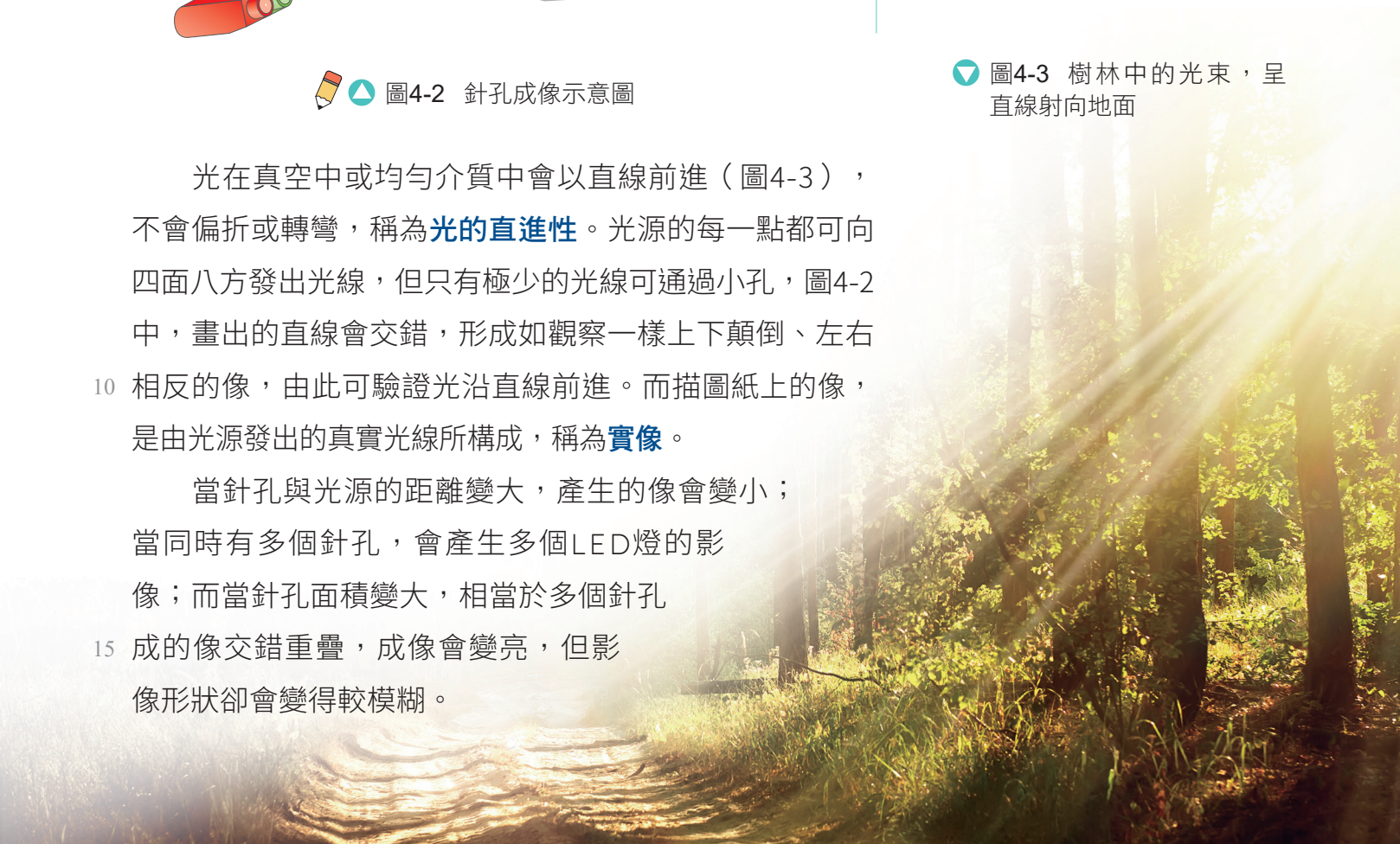




圖4-4 日晷的晷針影子可以指出時間

相關課程，請見 p194

根據光的直進性，當光線照射到不透明的物體時，會被物體擋住，因此在後方形成影子。古代的計時工具日晷（圖4-4），就是應用這個原理設計製作的。

例題 4-1 光的直進性

在暗室中點蠟燭玩手影遊戲，如圖所示，如果希望牆上的影子更大，可以怎麼做？



2 光的傳播速率

- 5 如果看見閃電後一段時間才聽見雷聲，可知道打雷的地點距離很遠，也可知道光在空氣中的傳播速率比聲音快很多。由表4-1可看出在不同種類的介質中，光的傳播速率也不同。另外，與聲音不同的是，光可以在沒有介質的真空中傳播，這也是波以耳可以看見真空玻璃罩中的鈴鐺
- 10 在震動，卻聽不見鈴聲的原因。

表4-1 光在不同介質中的傳播速率

介質	無（真空）	空氣	水	玻璃
光速 （公尺 / 秒）	3×10^8	約 3×10^8	2.25×10^8	2×10^8
以c表示	c	約為c	$\div \frac{3}{4} c$	$\div \frac{2}{3} c$

註：真空中的光速以c表示

例題 4-2 光的傳播速率

高速公路上開車的速限是110km/h（約0.03km/s），是很快的速率。而地球到太陽的距離有1億5千萬公里（即 $1.5 \times 10^8 \text{km}$ ），若分別以0.03km/s的速率及光速，從地球行進到太陽，則所需的時間各會是多少呢？

(A)車速行進： 5×10^9 秒，光速行進：0.5秒

(B)車速行進： 5×10^9 秒，光速行進：500秒

(C)車速行進： 5×10^{10} 秒，光速行進：0.5秒

(D)車速行進： 5×10^{10} 秒，光速行進：500秒

4-2 光的反射與面鏡成像

科學 tell me why

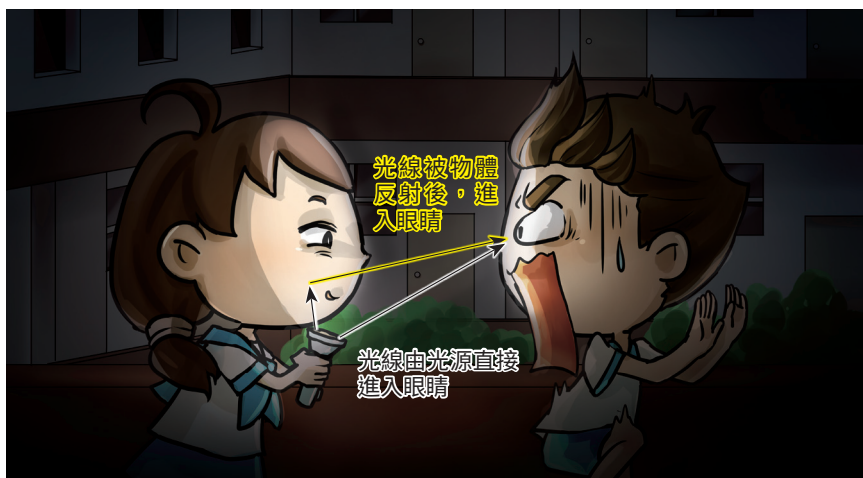
在鞋店試穿鞋子時，透過試鞋鏡可以很容易看到鞋子側面的樣子，一般試衣鏡無法達到此效果，請問試鞋鏡有什麼不同？為何能造成這種效果呢？



陽光照射到平滑玻璃表面會反射亮光（圖4-5）；其實光照在物體表面，都會發生反射，若反射的光進入眼睛，我們就能看見物體（圖4-6）。光的反射有沒有規律呢？我們可利用表面平滑、易於反光的平面鏡來觀察。



▲ 圖4-5 光的反射現象



▲ 圖4-6 眼睛看見物體的光線行進示意圖（→表示光的前進方向）

4-1



光線反射的定律

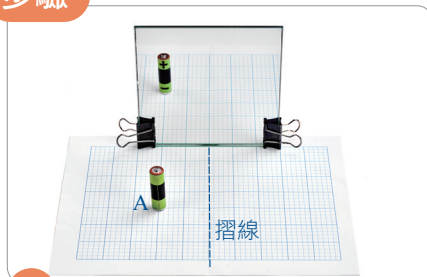
| 器材 |

- ① 方形無框平面鏡1面
- ② 量角器1個
- ③ 直尺1把
- ④ 不透明紙2張
- ⑤ 電池2個
- ⑥ A4方格紙1張

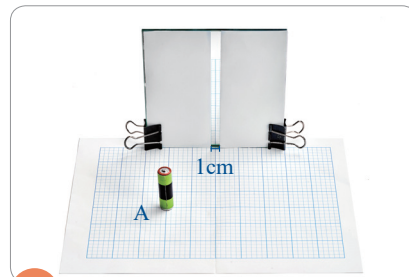
目的

光線被物體表面反射時，是否具有規律？

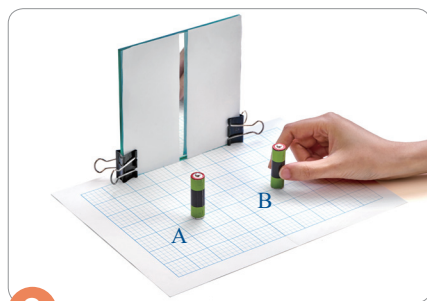
步驟



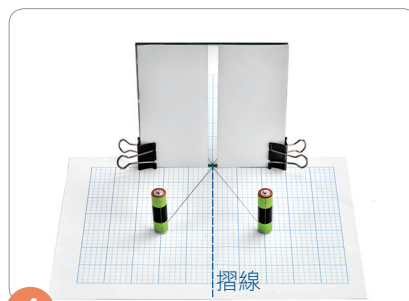
- ① 將A4方格紙對摺，平面鏡垂直摺線置中放置，鏡前放置一電池A，以單眼貼近桌緣，移動眼睛位置觀察鏡中成像。



- ② 用兩張不透明紙貼在平面鏡上，做成約1公分寬的狹縫鏡面，且摺線通過狹縫中央。觀察鏡前電池A的鏡中成像與步驟①的異同。



- ③ 找到可從狹縫鏡面中看見電池成像A的位置時，取另一個電池B，放在能夠完全遮住電池A在鏡中像的位置。



- ④ 畫出兩電池與摺線在鏡面相交點的連線，觀察兩夾角的关系。

- ⑤ 移動電池到不同位置，重複步驟②～④。

問題與討論

1. 根據步驟①及步驟②，以不透明紙將鏡面遮到只剩下一條狹縫的原因為何？
2. 步驟③中，電池B能夠完全遮住電池A在鏡中的像，代表何種意義呢？
3. 步驟④所畫出兩電池與摺線在鏡面相交點的連線，這兩條直線分別代表什麼？
4. 根據電池在不同位置的觀察結果，光線反射有什麼規律？

探究提問

如果以雷射光束貼著紙面斜向入射平面鏡的狹縫處，應該會看到怎樣的情形呢？

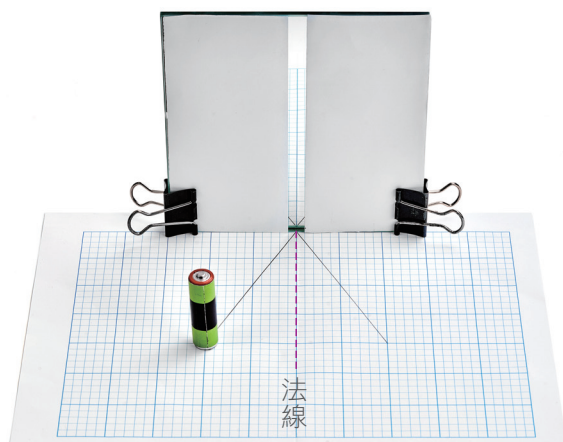


相關實驗重點，請見 p123

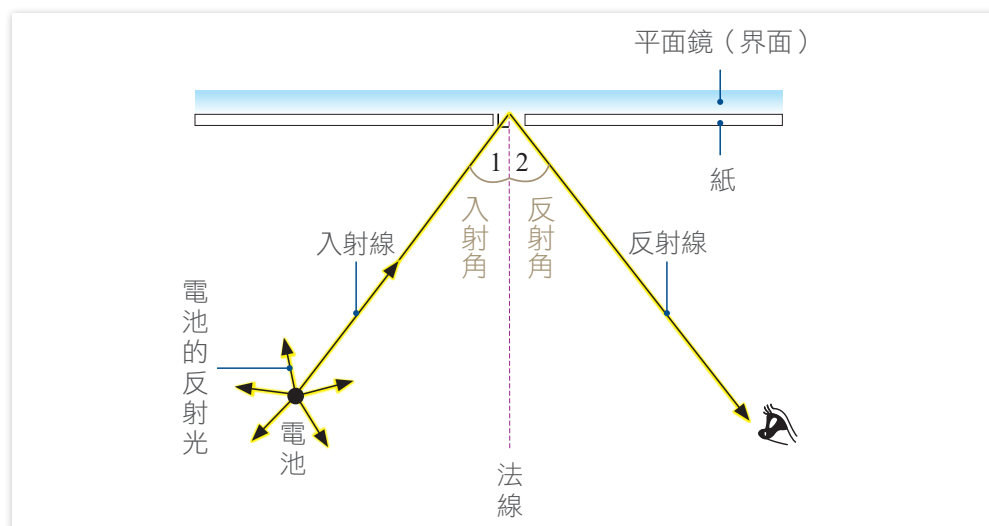
在實驗4-1中，眼睛必須位在特定角度，才能看見電池的像，表示電池所反射周圍的光線中，有一部分經由鏡面再反射進入眼睛，且反射光有特定前進方向（圖4-7）。

1 光的反射

- 5 我們將兩介質的交界稱為**界面**，由光線射入界面的點，作一垂直界面的直線，稱為該入射點的**法線**。用帶有箭頭的線段表示光線前進的路徑及方向，入射界面的光線及反射的光線分別稱為**入射線**及**反射線**，入射線及反射線與法線的夾角分別稱為**入射角**及**反射角**。而實驗4-1中，眼睛只有位在反射角等於入射角（ $\angle 2 = \angle 1$ ）的直線上，才能看到電池的成像（圖4-8）。



▲ 圖4-7 眼睛位在連線的延伸線上，才能看見電池的像



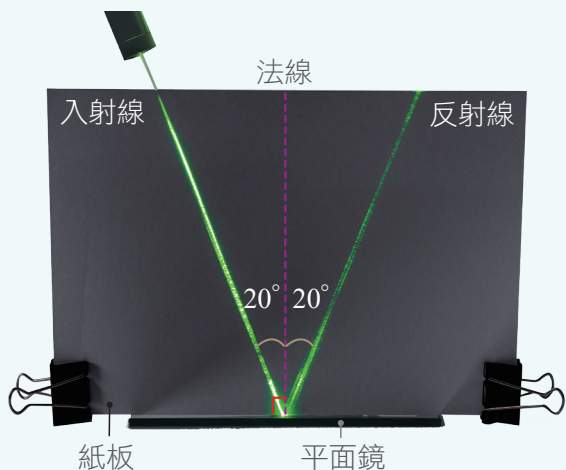
▲ 圖4-8 光的反射示意圖

反射定律

操作

1

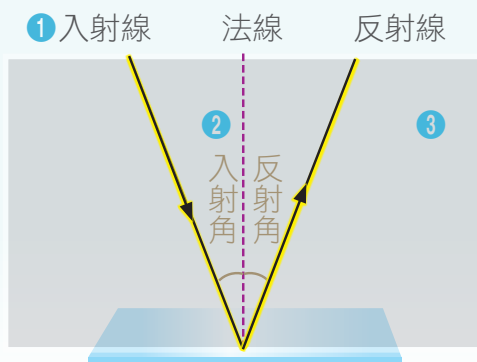
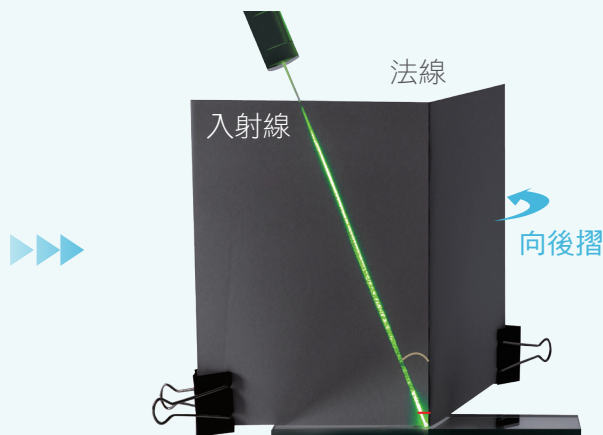
使用雷射光束貼著紙板左側入射桌上的平面鏡，可以在同一平面紙板右側看見反射光束。



操作

2

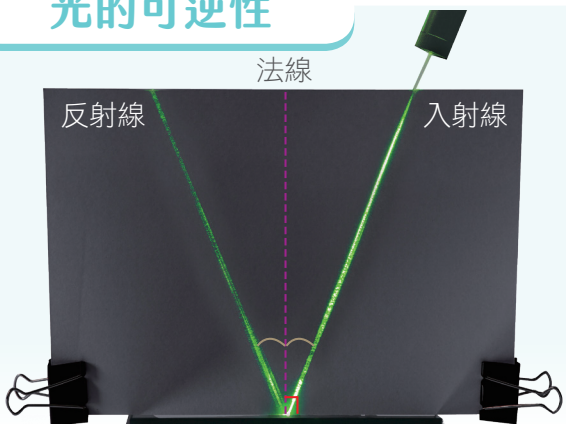
紙板沿法線向後摺，讓左右兩邊的紙板不在同一平面上，右側紙板就看不到反射光。



根據實驗4-1的結果，以及上述的現象，可以歸納出光的**反射定律**：

- ① 入射線、反射線分別在法線兩側。
- ② 入射角等於反射角。
- ③ 入射線、反射線和法線位在同一平面上。

光的可逆性



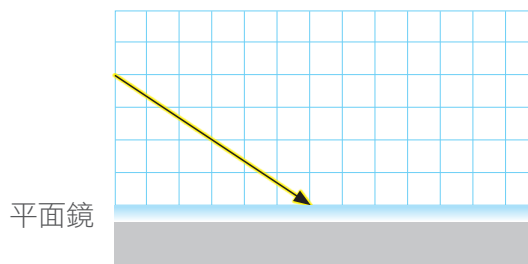
如果將雷射光以相同角度改從右側入射平面鏡，由反射定律可知光會沿原左側入射光的路徑反向射出，這種現象稱為**光的可逆性**。

學習Check

- ☐ 我可以正確畫出入射線、法線和反射線
- ☐ 我可以說明入射角與反射角的關係

例題 4-3 反射定律

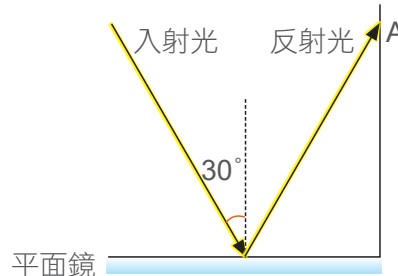
雷射光以右圖的情形入射平面鏡，請在圖中畫出法線及反射光，並標明入射角與反射角。



例題 4-4 光的可逆性

一雷射光入射平面鏡，反射後照到牆上的A點，入射角為 30° ，如圖所示。若用另一雷射光，從A點沿著反射光路徑入射平面鏡，則下列敘述何者正確？

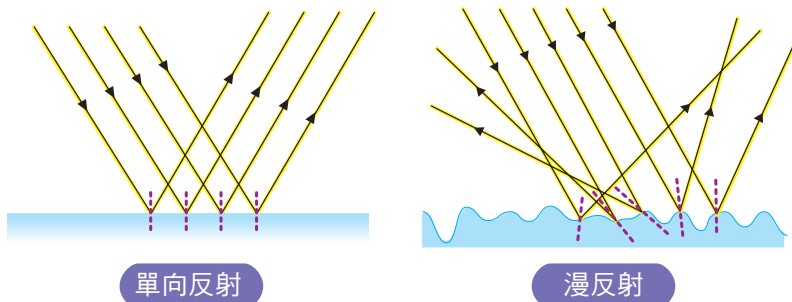
- (A) 入射角為 60° (B) 入射角為 120°
 (C) 反射角為 30° (D) 反射角為 60°



延伸補充

漫反射

陽光照到鏡子平滑的表面時，眼睛迎著反射光方向會看到刺眼的光亮；陽光若是照在課本平滑的紙面上，眼睛怎麼調整都可以看到圖文但不刺眼。這是什麼原因呢？



根據圖中可知平行光束經鏡面反射仍是平行光，人眼若位在反射光束路徑上就會看見刺眼光亮；課本紙面表面看似平滑，但用放大鏡仔細觀察就會看到其表面是凹凸不平的，造成反射後不是平行光，稱為漫反射，使眼睛從不同角度都可見圖文。

2 面鏡成像

生活中有許多表面光滑的物體，因具有良好的反射效果而能成像，如整理儀容的平面鏡（圖4-9）、超商常見的凸面鏡、遊樂園的哈哈鏡（圖4-10）等。面鏡為何能成像？所成的像有什麼性質？試著藉由觀察透明的平滑塑膠板成像來了解鏡裡的像。



▲ 圖4-9 物體發出或反射的光經平面鏡反射成像



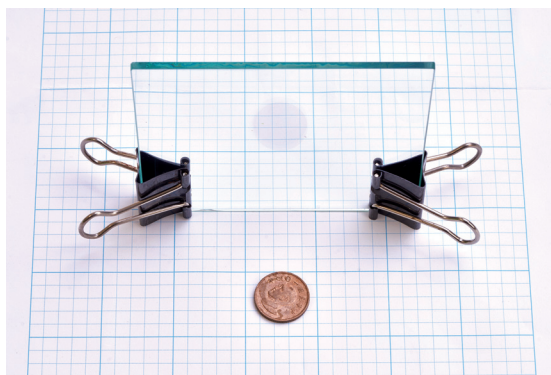
▲ 圖4-10 哈哈鏡會呈現出扭曲的像



探討活動

4-2 虛擬平面鏡

1. 將透明塑膠板兩側夾上長尾夾作為支架，直立放在方格紙上，並在塑膠板一側放置一枚硬幣（如圖），透過塑膠板觀察另一側的紙，是否看見硬幣的成像？硬幣與像的圖樣方位有何關係？
2. 直接觀察塑膠板另一側的紙上是否有像？
3. 用另一枚相同硬幣放在成像處，移動眼睛觀察，是否可使硬幣與像完全重疊？用直尺分別測量兩硬幣與塑膠板間的距離。
4. 改變硬幣和塑膠板的距離，重複步驟 3，你發現什麼？



想一想

1. 透過塑膠板觀察硬幣成像時，若改變眼睛位置，所見成像位置及大小是否改變？
2. 若將硬幣往側邊移動至超出塑膠板邊緣，是否還能從塑膠板中看見硬幣的像？

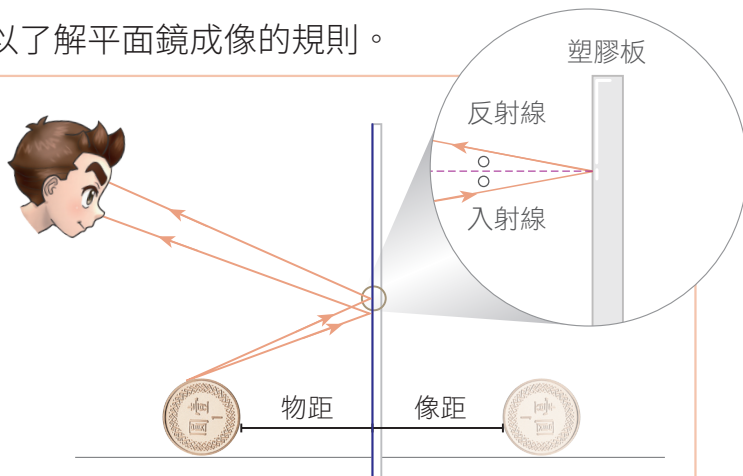
平面鏡

依照探討活動4-2觀察到硬幣的像，可以了解平面鏡成像的規則。

1

來自硬幣的光線，經塑膠板反射後進入眼睛，看起來像塑膠板後有硬幣。

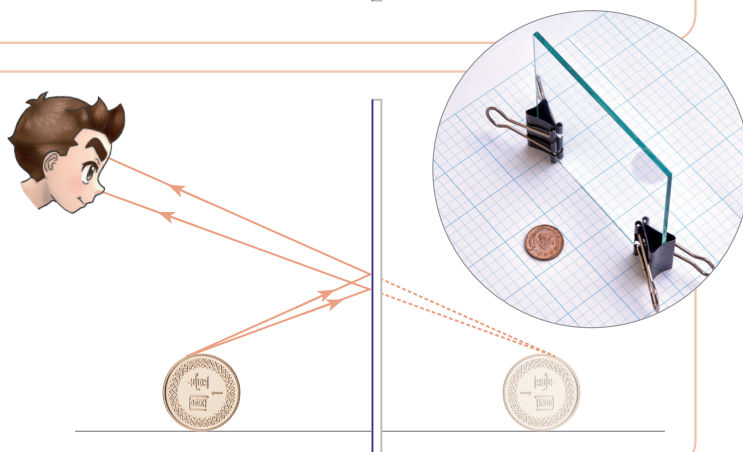
硬幣的像與硬幣本身大小相同，但圖樣以鏡面為中心呈現對稱。且不論硬幣位置為何，硬幣和塑膠板的距離（物距）和像與塑膠板的距離（像距）都相等。



2

塑膠板後硬幣的像，位在反射光線向後延伸的交點處。

直接觀察另一側的紙上並沒有硬幣的像，表示並不是由真實光線在紙上成像，故稱為虛像。



隨堂筆記

請試著填寫或勾選在平面鏡成像中物與像的關係：

大小：物_____像（填＞、＝、＜）、

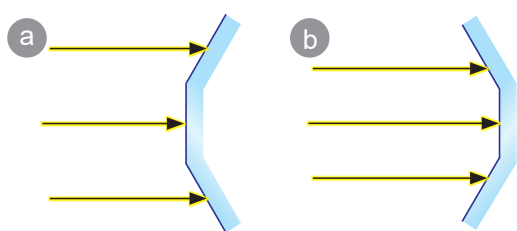
方向：以鏡面為中心呈_____。

物距_____像距（填＞、＝、＜）

☐會 ☐不會 在鏡後白紙上成像，表示其為☐虛像 ☐實像。

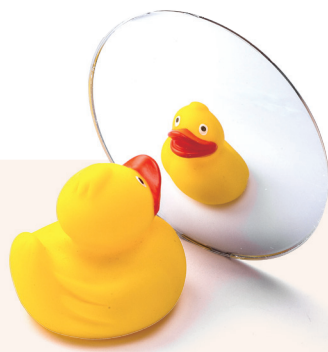
探究提問

若以平行光照射右圖的兩種面鏡組合，哪種面鏡組合會使光線會聚？試依反射定律畫出法線、反射線並說明。

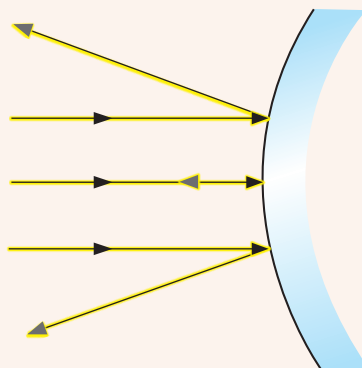


凸面鏡

若是物體在凸面鏡前，會成怎樣的像呢？觀察圖4-11，可以看出凸面鏡所成的像為正立縮小。依反射定律，平行光照到凸面鏡反射後會發散（圖4-12），而根據光的可逆性，四周景物的光可經凸面鏡反射進入眼睛，故常用來增廣視野，例如：公車後照鏡、商店角落和道路轉彎處的反射鏡（圖4-13）。



▲ 圖4-11 物體在凸面鏡前形成正立縮小虛像



▲ 圖4-12 凸面鏡會使光線發散



▲ 圖4-13 利用凸面鏡可看到較廣的視野

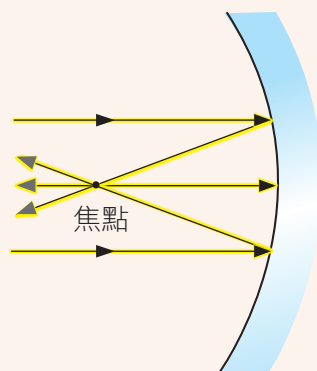
凹面鏡

若是物體在凹面鏡前，又會成怎樣的像呢？觀察圖4-14，則會發現物體在凹面鏡前近處，所成的像為正立放大。

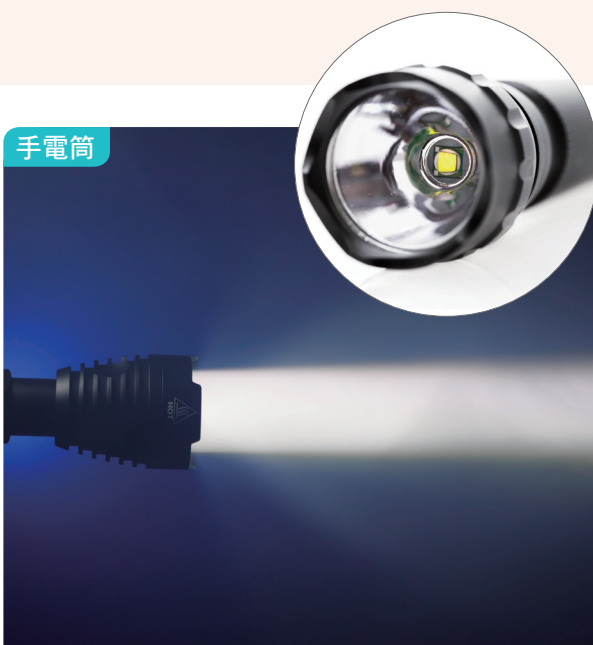
- 5 依反射定律，平行光照到凹面鏡反射後會聚集於一點，稱為**焦點**（圖4-15）。而根據光的可逆性，將光源放在凹面鏡焦點的手電筒，反射後會形成平行光束而照得更遠；檢視儀容的化妝鏡也是利用凹面鏡來達到放大效果（圖4-16）。
- 10



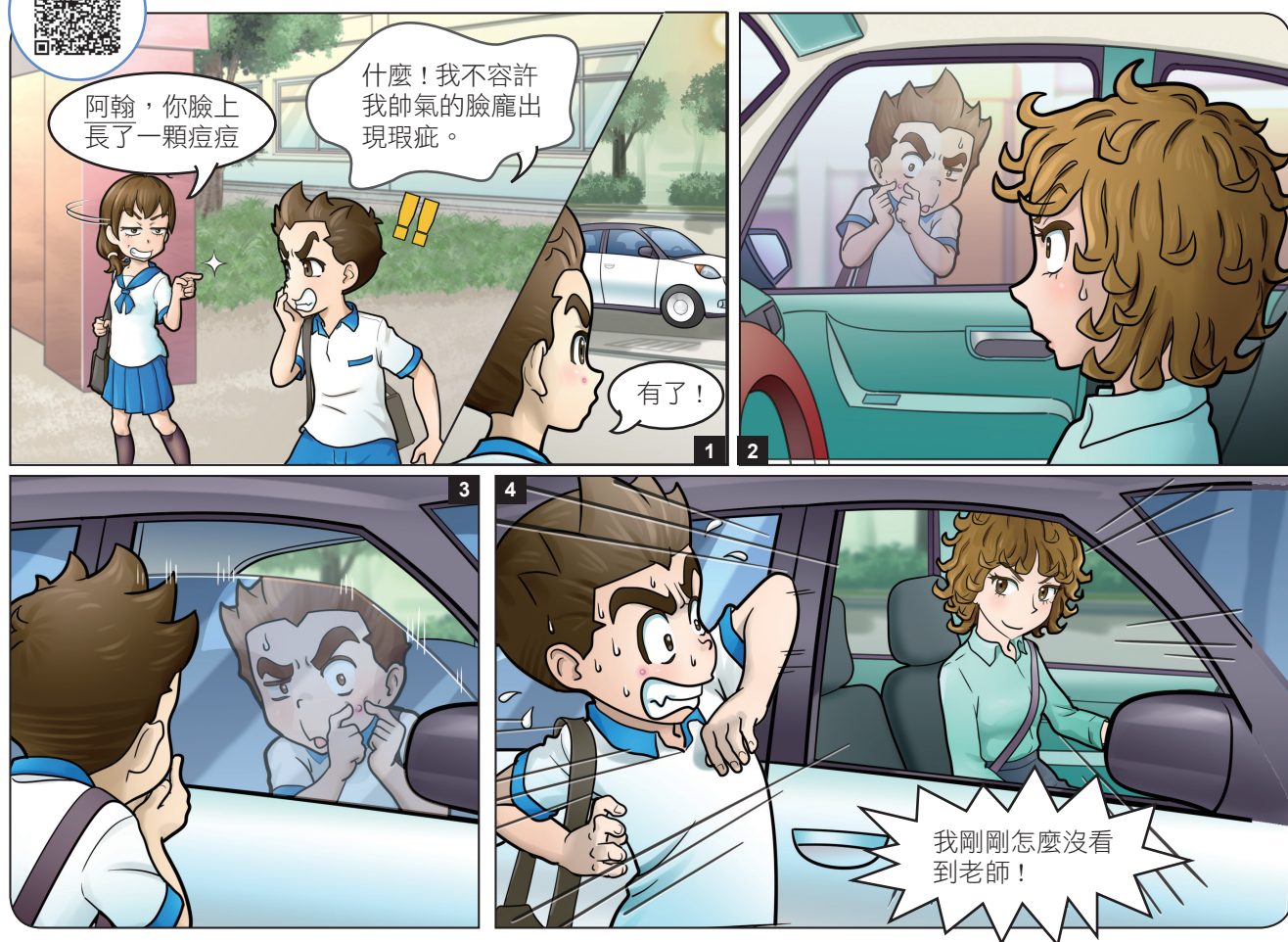
▲ 圖4-14 物體在凹面鏡的近處前形成正立放大虛像



▲ 圖4-15 凹面鏡會使光線會聚



▲ 圖4-16 利用凹面鏡可會聚光線及放大成像



- ① 阿翰看車窗像一面鏡子，看不到老師在裡面，老師卻看得到阿翰在外面擠痘痘，請問是什麼原因呢？要是此情況發生在晚上，還會發生一樣尷尬的事情嗎？
- ② 電影中審問犯人時，警察房間看得到犯人，但犯人看不見警察房間，也是運用同樣的原理。請問兩個房間光線如何安排才能使效果最佳？

例題 4-5 面鏡成像

兩平面鏡與F字型燈具的位置如右圖所示，試在圖中畫出燈具分別對兩平面鏡，所成像的正確位置與字型。
如果將燈具向左移動3公分，兩面平面鏡中的像會如何移動？



4-3 光的折射

科學 tell me why

在空水桶中裝水，隨著水位上升，會發現桶底的高度看起來也逐漸上升，這是什麼原因造成的呢？



在游泳池邊看池底似乎不深，實際下水就會發現並非如此，這是什麼原因呢？讓我們透過探討活動來了解。



探討活動

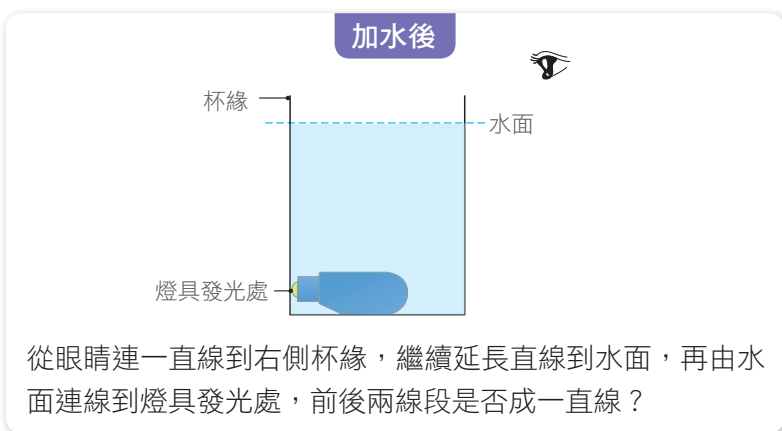
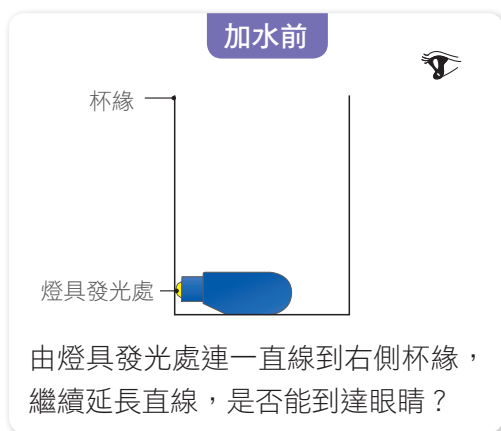
4-3水把杯底變淺了？

1. 以保鮮膜完整包覆小燈具，再利用膠帶或黏土固定於不透光的杯子底部。
2. 由杯口處往杯底看燈具，然後逐漸向下移動視線，直到無法看見燈具為止。
3. 保持原姿勢固定眼睛的位置，慢慢的在杯中加水，會看到什麼現象呢？



想一想

1. 若加水後恰看到燈具邊緣，畫出加水前後光線的行進路線。



在探討活動4-3中，在杯中加水可以看見原本看不到的燈具，根據光線作圖可知，從燈具發出的光線，由水中進入空氣中時，前進方向發生了偏折，使得光線能傳入我們的眼睛，同時我們看起來會覺得燈具的位置變淺了。游泳池的水看起來的深度（視深）比實際的深度（實深）淺，也是相同的原理（圖4-17）。

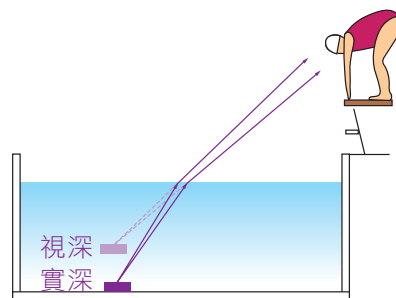


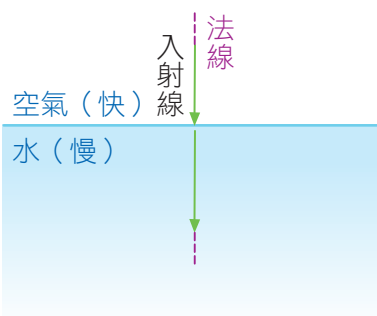
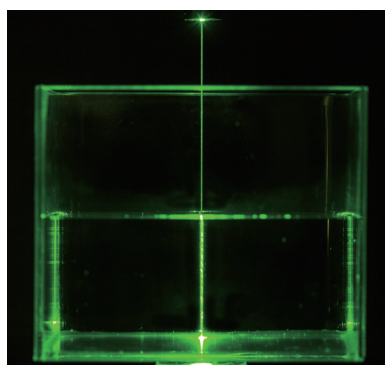
圖4-17 光線偏折造成游泳池水的視深小於實深

1 折射現象

折射是指光進入不同介質時，前進方向在交界處發生偏折的現象。我們可透過觀察雷射光進入不同介質的偏折情況，來進一步了解。

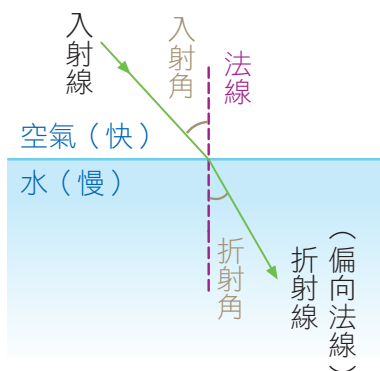
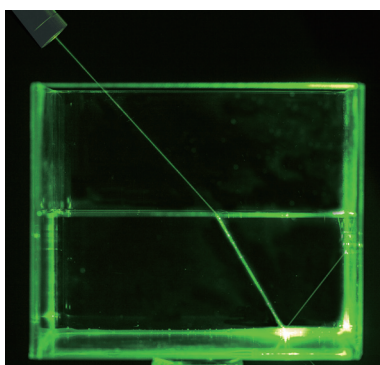
將折射狀況作圖表示，進入另一介質後偏折的光稱為**折射線**，入射線與折射線會位於法線的兩側，折射線與法線的夾角稱為**折射角**。

A. 光由空氣垂直入射水中



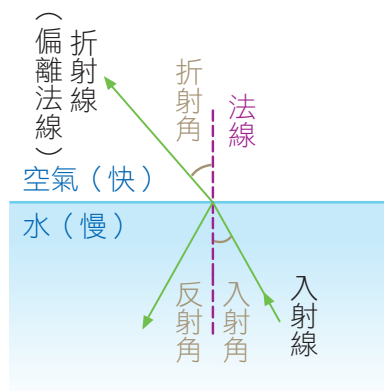
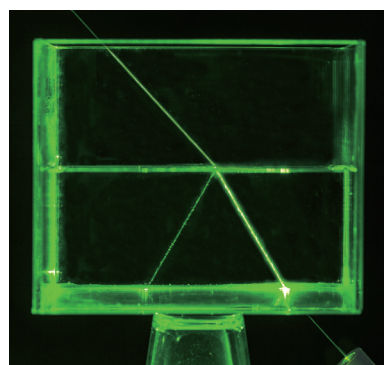
當光線垂直入射不同介質時，不會發生偏折，但光速會改變。

B. 光由空氣斜向入射水中



光由光速快的介質入射光速慢的介質時，前進方向偏向法線，折射角會比入射角小。

C. 光由水中斜向入射空氣



反之，由光速慢的介質入射光速快的介質，前進方向會偏離法線，折射角會比入射角大。

比較B、C會發現光線由空氣入射至水中，與由水入射至空氣中的路徑相同但方向相反，可知光線折射時也具有可逆性。

隨堂筆記

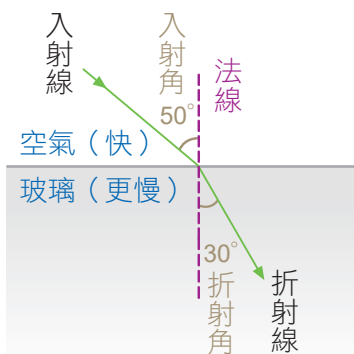
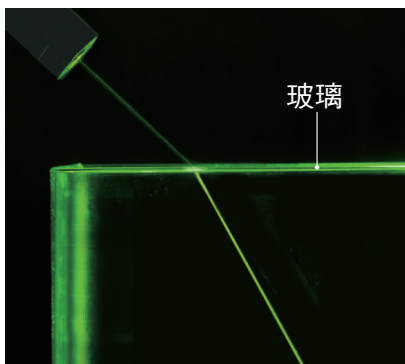
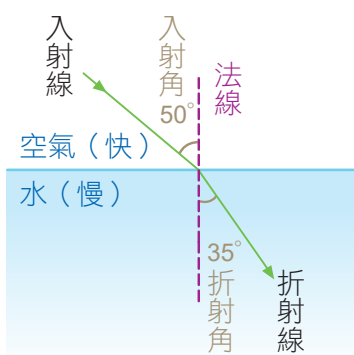
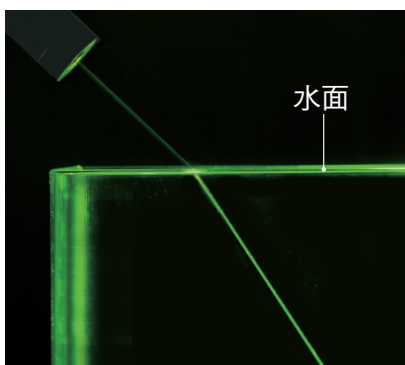
試整理光的折射現象。

入射方向 性質	由空氣中入射水中 (光速____→光速____)	由水中入射空氣中 (光速____→光速____)
傳播速率變化	變____	變____
前進方向	偏____法線	偏____法線
折射角大小	比入射角____	比入射角____

學習Check

- ☐ 我可以了解光的折射現象
- ☐ 我可以了解光具有可逆性

D. 光由空氣中斜向入射水與玻璃中



將光由空氣中以相同入射角入射水中與玻璃中的偏折差異可以看出，光由一介質斜向入射光速愈慢的介質，路徑愈偏向法線，折射角愈小，因此可以用光偏折的角度，來判斷光在不同介質中傳播速率的快慢。

4-4 透鏡成像

科學 tell me why

透過裝水的杯子，看到物體是左右相反的，這是怎麼一回事呢？如果杯子沒裝水有這樣的效果嗎？若改變物體和杯子的距離，看到的情況會不同嗎？



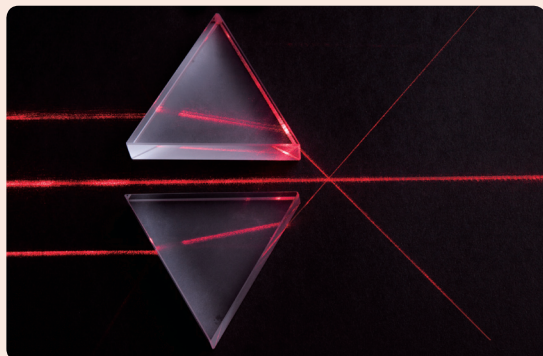
1 透鏡的折射現象

光在空氣和玻璃中傳播速率不同，光線會在兩者的交界發生折射。若平行雷射光通過三稜鏡組合，會如何偏折？若通過表面呈圓弧狀的透鏡，又會如何偏折？

凸透鏡

會聚透鏡

平行雷射光通過厚端組合的三稜鏡，會使得光線會聚。



• 外形 | 中央處較厚，邊緣較薄



雙凸透鏡



平凸透鏡

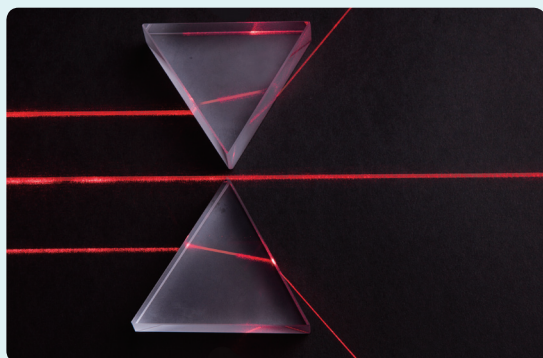


凹凸透鏡

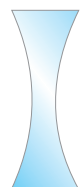
凹透鏡

發散透鏡

平行雷射光通過尖端組合的三稜鏡，會使得光線發散。



• 外形 | 中央處較薄，邊緣較厚



雙凹透鏡



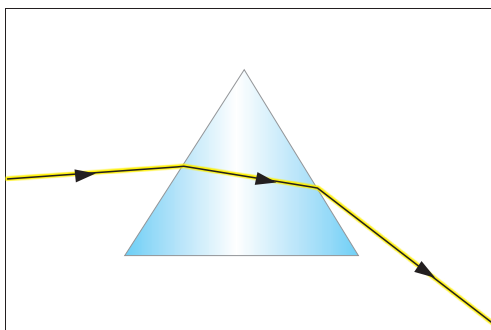
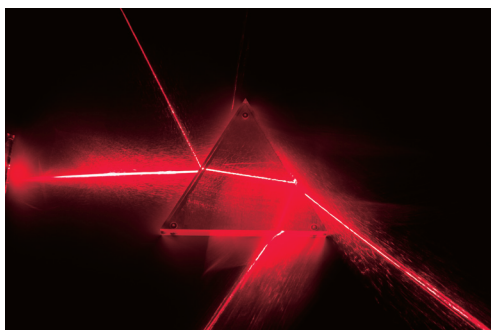
平凹透鏡



凸凹透鏡

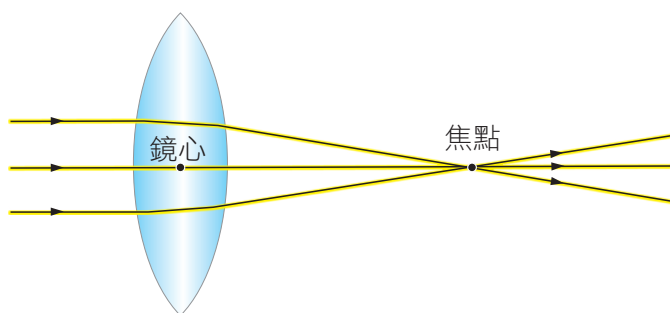
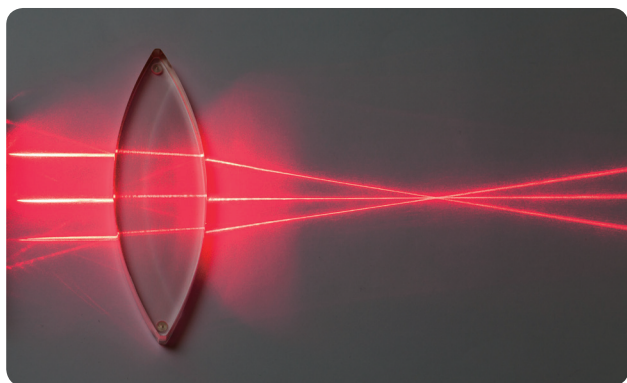
探究提問

為何光線經過三稜鏡會如此偏折？試著在右圖畫出法線並說明。



● 折射情形 | 會聚光線

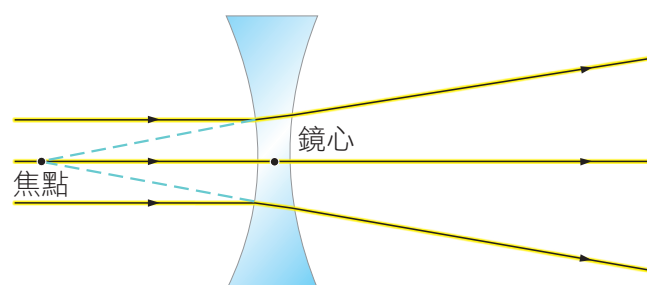
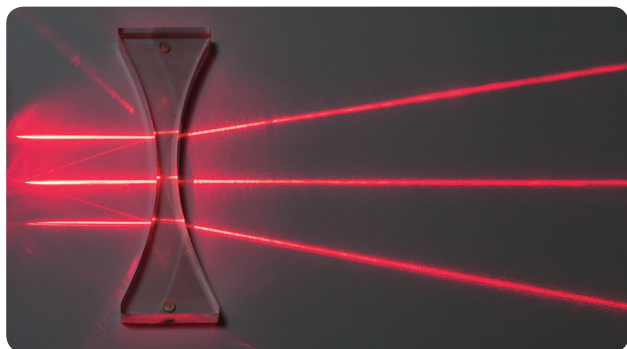
平行雷射光經凸透鏡折射，在鏡後會聚於一點，此點即為焦點。



※鏡心：透鏡的中心

● 折射情形 | 發散光線

平行雷射光經凹透鏡折射，折射後各光線往反方向的延長線仍會在凹透鏡前相交於一點，此點亦為焦點。



2 透鏡成像觀察

透鏡能會聚或發散光線，那麼經由透鏡看物體會有什麼不同？有什麼因素會影響物體經透鏡成像的效果呢？

實驗 experiment

4-2



凸透鏡的成像觀察

器材

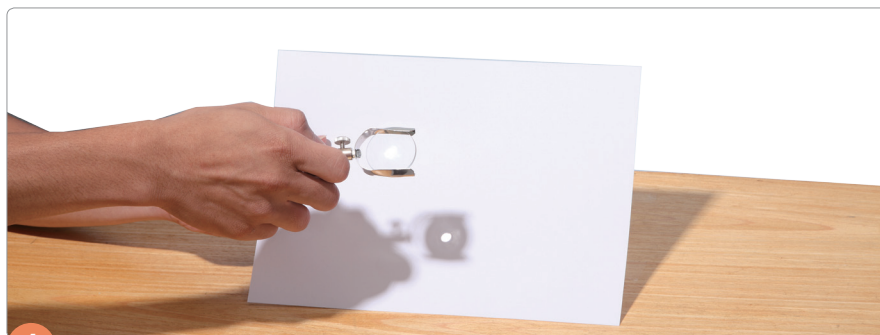
- 1 直尺1把
- 2 三色LED燈具1組
(排成L狀)
- 3 白紙1張
- 4 凸透鏡1支
- 5 光學儀器架1組
- 6 白色屏幕1個



目的

了解凸透鏡的成像性質。

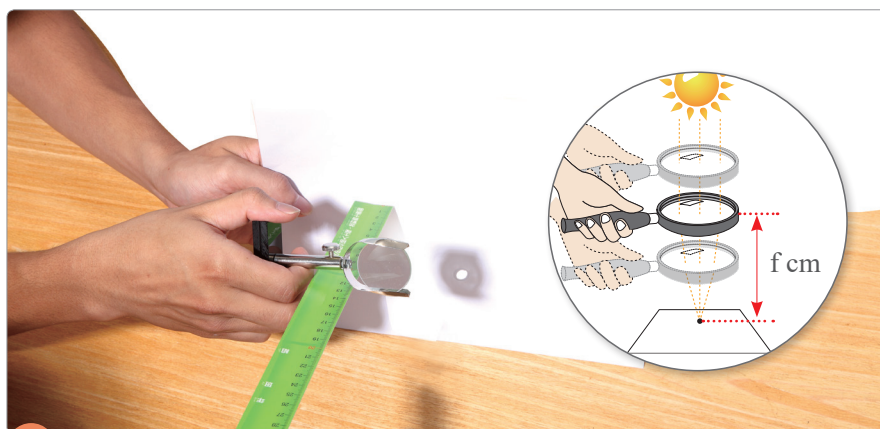
步驟



1

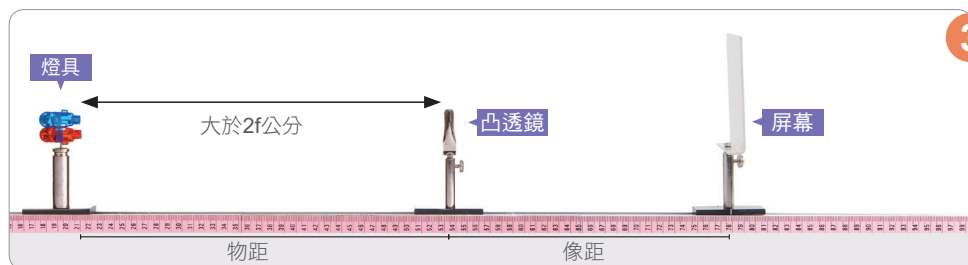
將凸透鏡與白紙平行放置，並同時對準太陽光來的方向，調整白紙與透鏡距離至陽光會聚成最小、最亮的一點。

⚠ 請勿久視亮點，避免造成眼睛傷害。



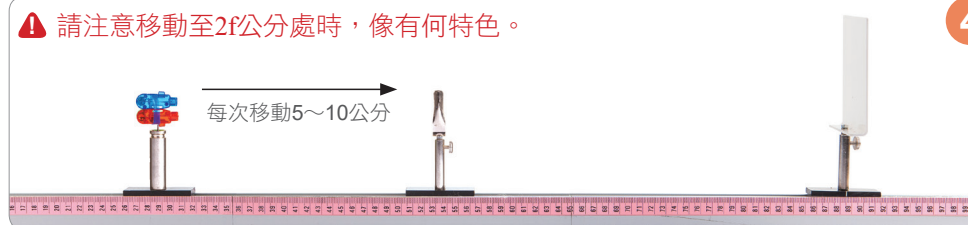
2

利用直尺，測量透鏡中心到亮點的垂直距離為 f 公分。

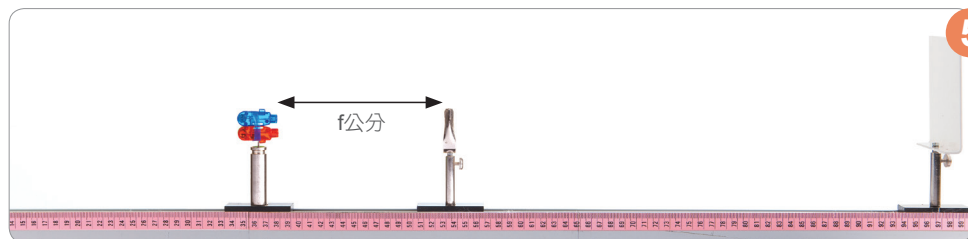


- 3 將凸透鏡固定於燈具和屏幕中間，發光的燈具移至距離透鏡超過 $2f$ 公分處，移動屏幕至出現最清晰的像，記錄此時的物距、像距及成像情形。

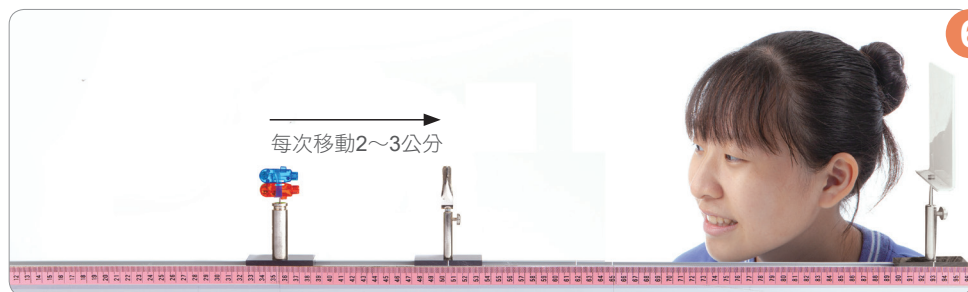
⚠ 請注意移動至 $2f$ 公分處時，像有何特色。



- 4 將燈具逐漸靠近透鏡，每次移動 $5\sim 10$ 公分，並且跟著移動一次屏幕，找出成像最清晰的位置並記錄性質。



- 5 將燈具移動靠近至距離透鏡 f 公分的位置，移動屏幕尋找是否可出現最清晰成像的位置，若找不到燈具像，用眼睛直接透過凸透鏡觀察燈具，記錄看到的情形。



- 6 將燈具從距離透鏡 f 公分處繼續靠近透鏡，每次移動 $2\sim 3$ 公分，尋找屏幕是否可出現最清晰成像的位置，若找不到像，用眼睛直接透過凸透鏡觀察燈具，記錄像的情形。

問題與討論

- 步驟2中所測得的 f 公分，此距離代表什麼意義？
- 步驟4中，可以呈現在屏幕的像有什麼共通的性質？當燈具逐漸靠近透鏡，成像及像距有何變化？
- 步驟6中，直接用肉眼透過透鏡觀察燈具時，所見到的像有什麼共通的性質？當燈具逐漸靠近透鏡時，成像有何變化？

探究提問

使窗外景物經凸透鏡成像在白紙上，當看到清晰成像時，透鏡與白紙的距離是否接近焦距？



相關實驗重點，請見 p123

凸透鏡的成像與作圖

太陽距離地球相當遙遠，當近似平行光的太陽光入射凸透鏡時，會聚出最亮的位置即為焦點，而焦點與鏡心的距離便稱為**焦距**。在實驗4-2中，LED燈具由遠處逐漸移近透鏡，成像的位置及性質也會跟著改變。

實驗裝置

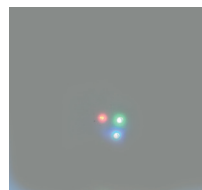


5 光源在2倍焦距外

燈具愈靠近透鏡，成像愈大

物距： $2f$ 外

燈具距離凸透鏡超過兩倍焦距時，屏幕上成縮小的倒立實像，位置在焦距到兩倍焦距間。



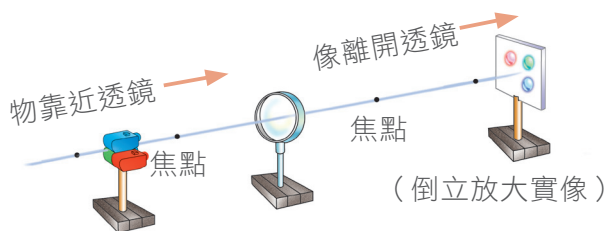
10 光源在2倍焦距～焦距

燈具愈靠近透鏡，成像愈大

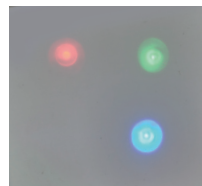
物距： $2f$

燈具距離凸透鏡恰好兩倍焦距時，屏幕上成等大的倒立實像，位置也恰好在兩倍焦距上。

15 燈具距離凸透鏡在兩倍焦距到焦距間時，屏幕上成放大的倒立實像，位置在兩倍焦距外。



物距： $f \sim 2f$

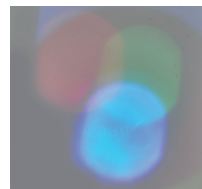
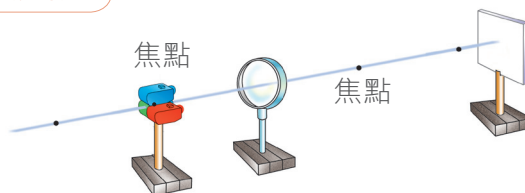


光源在焦點上

無法成像

物距： f

20 燈具位於凸透鏡的焦點時，屏幕上無法成像，眼睛透過凸透鏡也無法看到像。

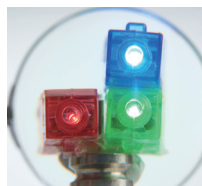
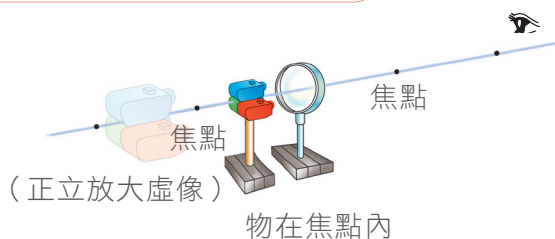


光源在焦距內

燈具愈靠近透鏡，成像愈小

透過透鏡觀察

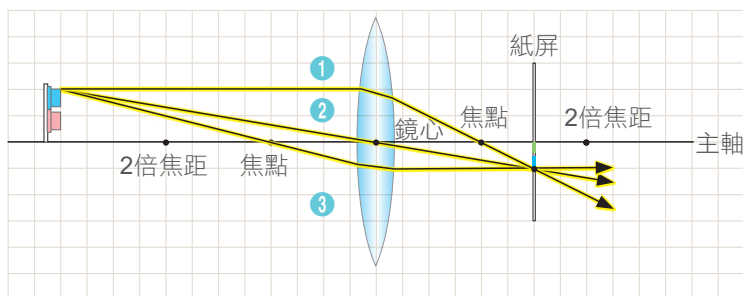
25 燈具位於凸透鏡的焦點內時，屏幕上無法成像，眼睛透過凸透鏡另一側觀察，可看到放大正立的像。這種看得見卻無法在屏幕上成現的像，即為虛像。



凸透鏡為何有這些不同的成像情況？燈具會向四周發出無數條的光線，我們可透過其中數條經凸透鏡偏折的光線作圖，來了解凸透鏡成像原理。

凸透鏡的成像作圖 | 物在2倍焦距外

燈具發出並經透鏡折射的光線中，有三條特別的光線：



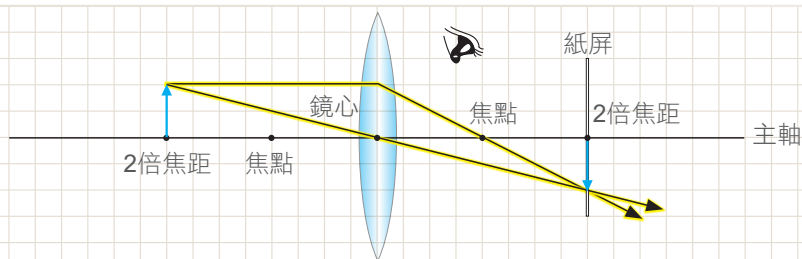
- ① 平行主軸的光偏折後，會通過另一側的焦點。
- ② 射向鏡心的光，前進方向不變。
- ③ 射向同側焦點的光，偏折後會平行主軸。

例題 4-6 凸透鏡成像

請仿造下面圖a的簡易作圖法，以↑代替燈具，完成b、c的特殊光線作圖，並依據結果勾選物體在不同位置的成像性質。

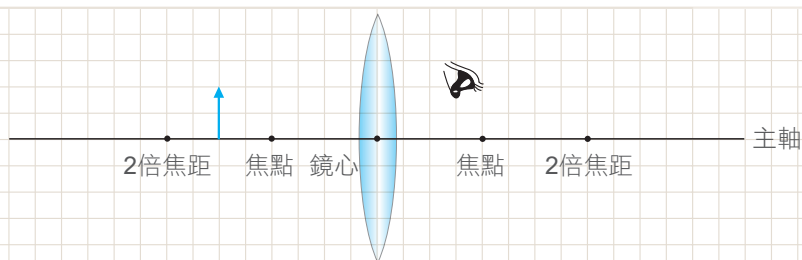
a. 物在2倍焦距上

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 相等



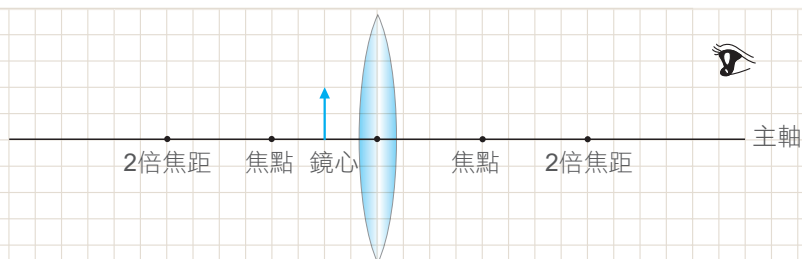
b. 物在1至2倍焦距之間

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小



c. 物在焦點與透鏡之間

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小



常見的放大鏡就是凸透鏡的應用，要看到較大的正立像，應如何調整物體與透鏡的距離？如果用放大鏡看遠處景物，又會看到怎樣的像呢？

根據實驗4-2結果，當物體與凸透鏡距離小於焦距，
5 透過透鏡可看到正立像，且物體愈靠近焦點成像愈大；當物體與凸透鏡距離大於焦距，透過凸透鏡會看到倒立像，且物體愈遠離焦點成像愈小（圖4-18）。



▲ 圖4-18 透過凸透鏡看物體

凹透鏡的成像與作圖

若將實驗4-2的透鏡改為凹透鏡時，觀察結果會是如
10 何呢？

實際操作會發現，不論燈具位於凹透鏡前何處，都無法在屏幕上看見清晰的像，表示凹透鏡無法形成實像；但用眼睛觀察，則可看見正立縮小的像（圖4-19），且物體愈遠離凹透鏡成像愈小。近視眼鏡是生活中常見的凹透
15 鏡應用，透過眼鏡鏡片看物體，同樣會看到縮小正立的像（圖4-20）。

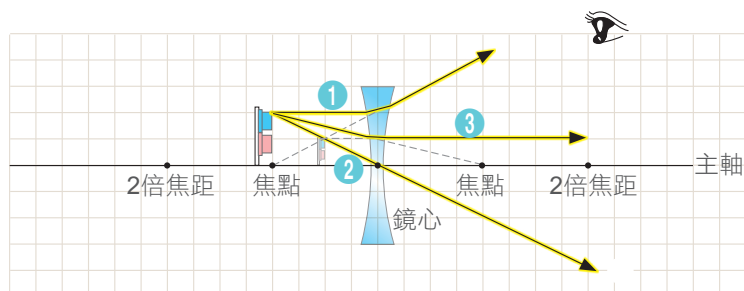
▼ 圖4-19 透過凹透鏡，可以看見燈具縮小正立的像



▲ 圖4-20 透過近視眼鏡看物體

凹透鏡的成像作圖 | 物在焦點上

原理與凸透鏡相似，在折射的光線中，有三條特別的光線：



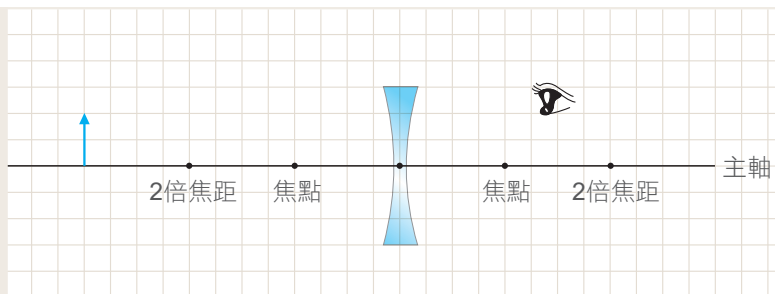
- ① 平行主軸的光偏折後，往後延伸會通過與物同側的焦點。
- ② 射向鏡心的光，前進方向不變。
- ③ 射向另一側焦點的光，偏折後會平行主軸。

例題 4-7 凹透鏡成像

請依凹透鏡的成像作圖說明完成下列作圖，並依據作圖結果勾選物體在不同位置的成像性質。

a. 物離鏡遠

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小

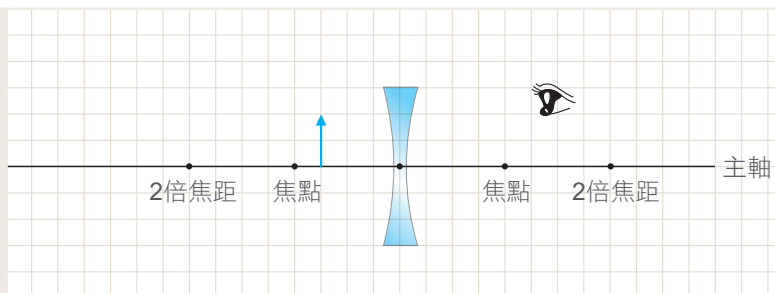


透過透鏡觀察



b. 物離鏡近

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小



透過透鏡觀察



隨堂筆記

由實驗4-2及凹透鏡的成像原理，試著完成以下透鏡成像性質簡表。

種類	燈具位置	成像位置	實像／虛像	正立／倒立	放大／縮小
凸透鏡	無窮遠處	鏡後焦點上	實像	倒立	一點
	2倍焦距外	鏡後1至2倍焦距間	實像		縮小
	2倍焦點上				
	1至2倍焦距間				
	焦點上	無窮遠處			
	焦點內				
凹透鏡	任何位置				

3 生活中的透鏡

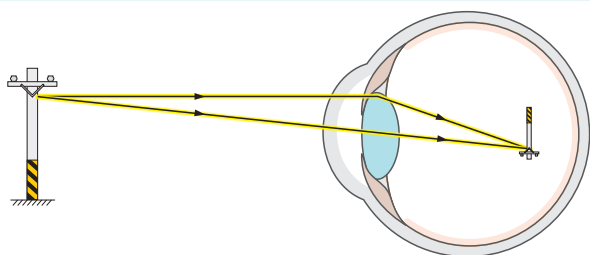
眼鏡是生活中常見的透鏡應用，視力正常的人眼睛有很好的調節能力，不論遠處或近處物體發出的光線，都可以經由水晶體調節後，在視網膜上清楚成像。但近視、遠視或老花的人，就要靠透鏡來幫忙調節了。

近視

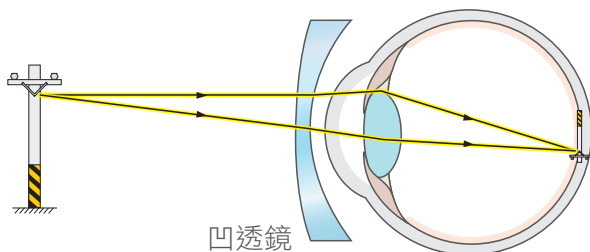
凹透鏡矯正

近視的人看遠方物體，光線會成像在視網膜之前而看不清楚物體，需配戴凹透鏡矯正視力。

· 矯正前



· 矯正後

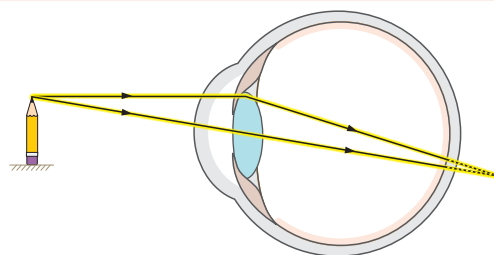


遠視

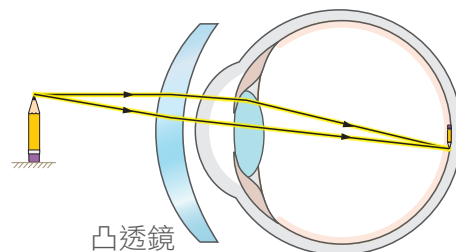
凸透鏡矯正

遠視或老花的人看近處物體，光線會成像在視網膜之後，也會看不清楚物體，需配戴凸透鏡矯正。

· 矯正前



· 矯正後



隨堂筆記

試整理近視、遠視的差異。

	近視	遠視
成像位置	視網膜_____	視網膜_____
透鏡矯正	_____透鏡	_____透鏡

眼鏡問世後，一位荷蘭的眼鏡匠無意間透過兩片透鏡看遠處景物，發現物體變大了，因而造出望遠鏡。伽利略（Galileo Galilei，1564～1642）改進之後用來觀察天象，擴大了人們的視野。

隨後發明的複式顯微鏡，則讓科學家看見了細胞。鏡筒兩端的物鏡和目鏡都是凸透鏡，我們藉此可以看見與標本上下顛倒、左右相反的放大虛像（圖4-21），放大倍率則是物鏡和目鏡的倍率相乘。

- 5 還有捕捉影像的照相機，是運用功能相當於凸透鏡的透鏡組當鏡頭，只要調整鏡頭焦距，就可以讓光線經透鏡折射後，剛好落在感光元件上形成清晰的倒立縮小實像（圖4-22）。

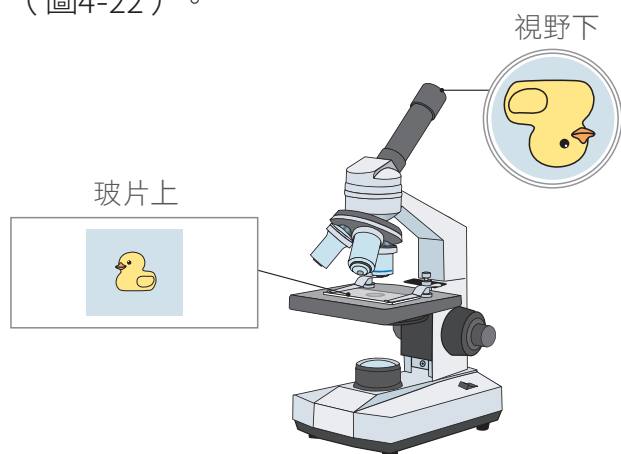


圖4-21 顯微鏡的成像示意圖

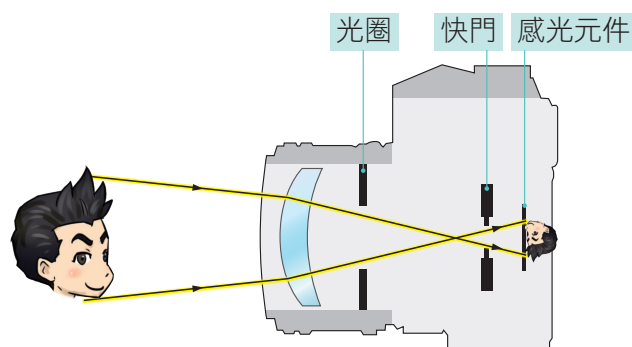


圖4-22 照相機成像示意圖

例題 4-8 透鏡的性質

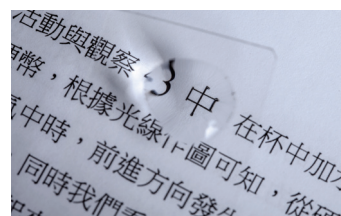
小松、小柏、小常、小青一起進行小實驗，他們以滴管將一滴水滴在透明玻璃片上，再移動玻璃片使水滴對準課本上的字，發現字被放大了，於是做了以下的推論。哪些推論是正確的？

小松：眼睛所看到放大的字是虛像。

小柏：小水滴相當於一個小凹透鏡。

小常：小水滴有使光線會聚的效果。

小青：將白紙放在小水滴的上方，會在紙上看到字的投影。



探究提問

「投影機透過單一鏡頭，可以將靜態的圖樣或動態的影像投影到布幕上。」根據對投影機的說明，可以判斷投影機鏡頭應為何種透鏡？布幕上所成的是哪一種像？

色散與顏色

科學 tell me why

有時在雨後放晴的天空中看見彩虹，有時在陽光下的水霧中也會看見彩虹，彩虹是怎麼形成的呢？



陽光照向鏡面或玻璃的位置及角度剛好時，會在附近的牆面或地上看見各種顏色，這現象是怎麼產生的？

1 色散現象

- 5 使雷射光通過三稜鏡，會看到光線偏折的情況（圖4-23a），如果使陽光通過三稜鏡，則會分散出不同顏色的光線（圖4-23b）。

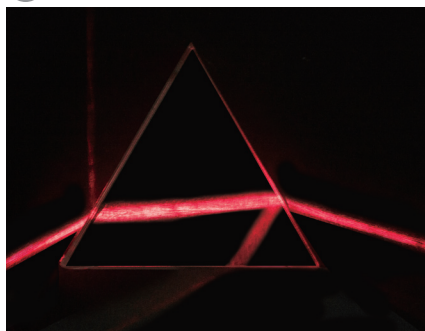
探究提問

陽光透過三稜鏡後發生色散，這表示不同顏色的光在三稜鏡中的傳播速率是否相同？



圖4-24 牛頓進行陽光的色散實驗

a 紅色雷射光通過三稜鏡



b 陽光通過三稜鏡

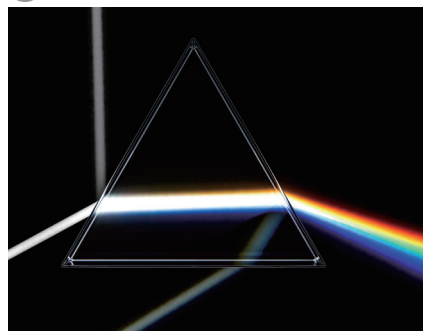


圖4-23 紅色雷射光與陽光通過三稜鏡的差異

- 西元1666年牛頓（Isaac Newton，1643～1727）讓太陽光通過三稜鏡，發現會分解成七彩的色光（圖4-24），他再用第二個三稜鏡將七彩色光混合後，看起來便是白光。由此可知，陽光並不是單一的白色光線，而是由七彩色光混合而成。這種光線經物體折射後分散成各種色光的現象，稱為**色散**。

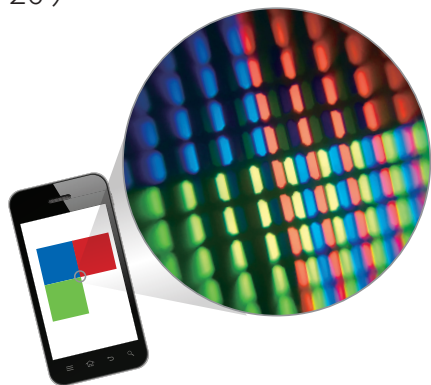


相關課程，請見 p192

科學家研究後發現，只要用紅、綠、藍三種色光依不同的亮度比例組合，便可以產生各種顏色的光（圖4-25），因此將紅、綠、藍三種色光稱為**光的三原色**。電視和手機螢幕，便是利用了這個原理，以產生三原色的發光裝置混合出彩色畫面（圖4-26）。



▲ 圖4-25 真實色光的混合情形



▲ 圖4-26 三原色原理的應用

學習Check

- ☐ 我可以了解陽光經過三稜鏡會分散成各種色光
- ☐ 我可以了解物體的顏色是光反射的結果（P119）

2 顏色的成因

陽光穿透不同顏色的玻璃，呈現出各種顏色（圖4-27）；陽光照到不同物體表面，也會呈現出各種顏色。我們看到的顏色，是由進入眼睛的光引起視覺感受，試著用不同的色光照射不同色紙進行觀察研究，了解光線與所見物體顏色間的關係。



▲ 圖4-27 陽光穿透彩色玻璃後，在地上形成各種顏色

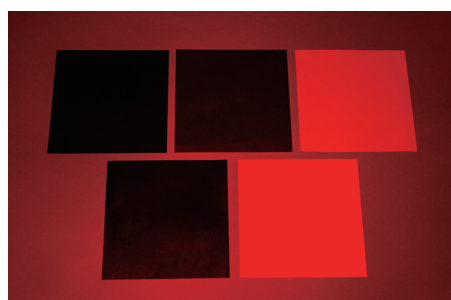
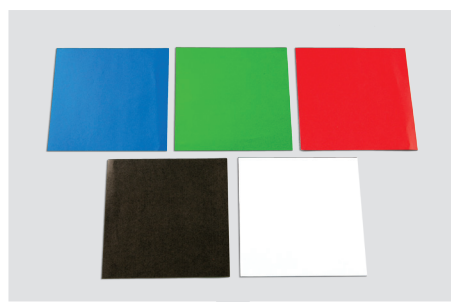


探討活動

4-4光與顏色

1. 將白色光源分別放在紅、綠、藍三種不同顏色的玻璃紙後面，觀察所看到的色光。
2. 取紅、藍、綠、黑、白色紙各一張放在暗箱中，用紅、藍、綠三種不同色光分別照進暗箱，觀察各色紙呈現的顏色並記錄在下表。

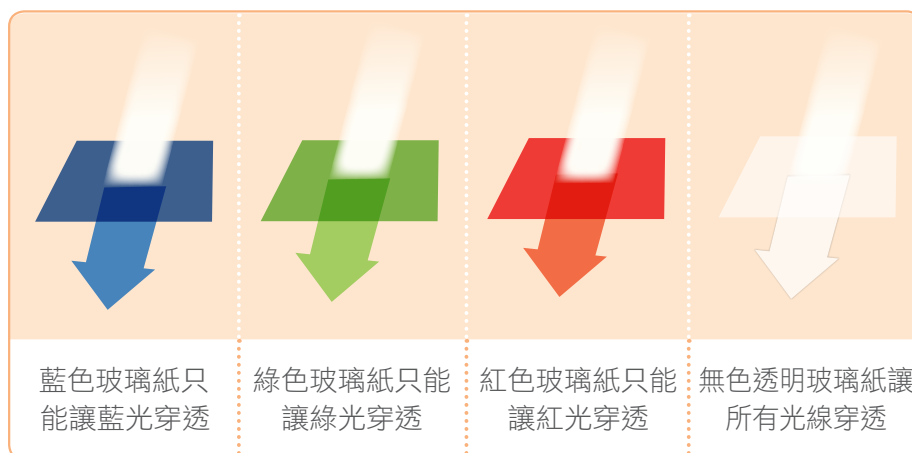
色紙 光源	紅	藍	綠	黑	白
白光					
紅光					
藍光					
綠光					



透明物體的顏色

探討活動4-4中，白光通過玻璃紙後，會呈現與玻璃紙相同顏色的色光，表示玻璃紙只讓與自己同色的色光穿透，其他色光被吸收。由此可知，透明物體的顏色由透射光的顏色

5 決定（圖4-28）。



▲ 圖4-28 在白色光線照射下，各種玻璃紙的呈色示意圖

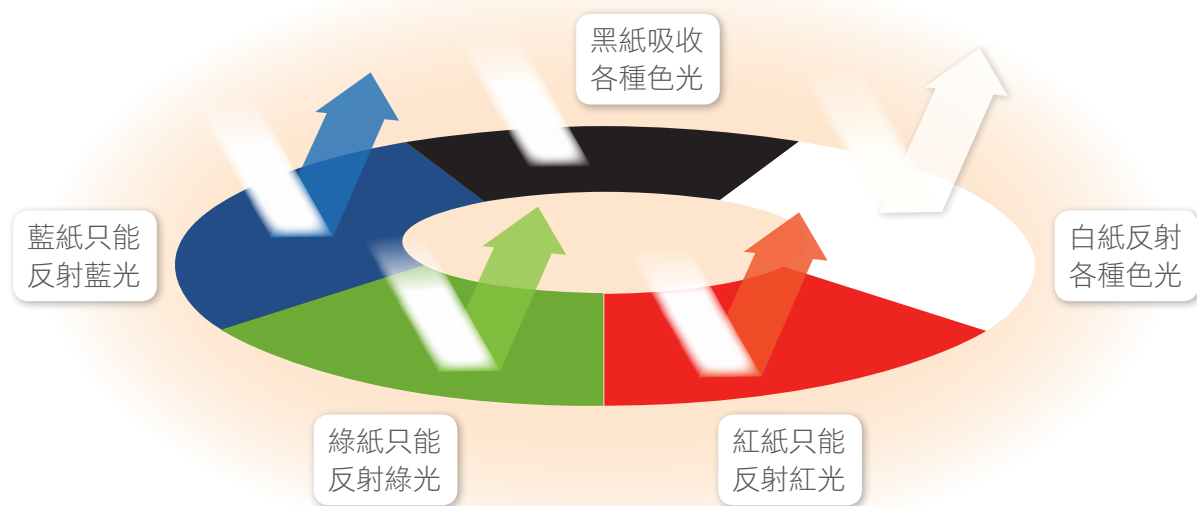
不透明物體的顏色

紅紙在白光及紅光照射下呈紅色，在其他色光照射下都呈黑色，表示紅紙只反射紅光，吸收了其他色光。相同道理可以推知，綠色色紙只會反射綠光，藍色色紙只會反射藍光。白紙在各種色光的照射下都呈現色光的顏色，表示會反射各種色光；黑紙在各種色光下都呈現黑色，表示會吸收各種色光（圖4-29），也就是不透明物體的顏色，與物體表面吸收與反射光的特性有關。

大部分物體可以反射不只一種色光，也因此形成了色彩繽紛的世界。如舞台燈光或光雕秀，便是利用不同顏色光束的投影，讓物體產生繽紛的色彩，強化觀眾的視覺感受（圖4-30）。



▲ 圖4-30 光雕是一種投影技術，可將特定的顏色或圖案投影在藝術裝置或建築物等物體上。



▲ 圖4-29 在白色光線照射下，各種色紙的呈色示意圖

例題 4-9 光與顏色

下面哪一國的國旗在紅光照射下，雖然顏色變了，但圖案的形狀仍然一樣？

(A)希臘



(B)英國



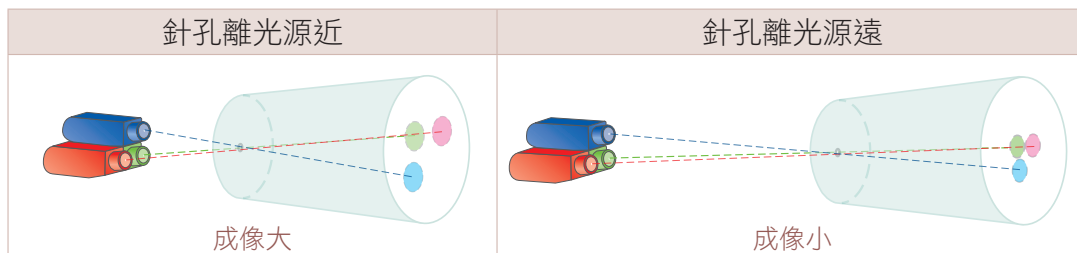
(C)加拿大



光的傳播

| 光的直進性 | 光在真空或均勻介質中會以直線前進

1. 針孔成像：上下顛倒、左右相反實像

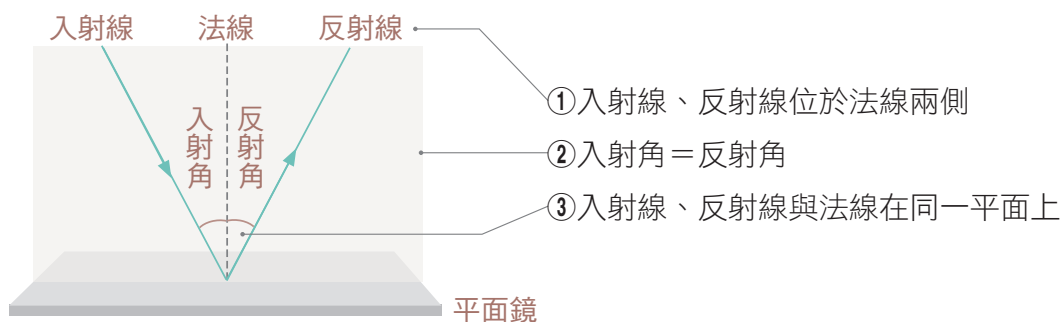


2. 陰影：光照射至不透明物體產生陰影

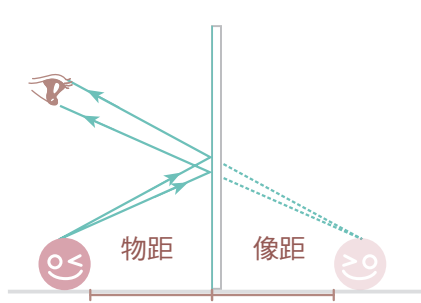
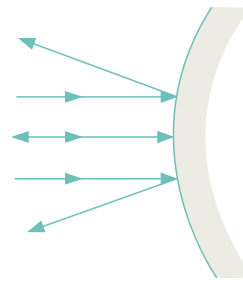
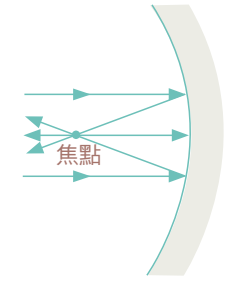
| 光的傳播 | 沒有介質也能傳播，傳播速率：真空 > 空氣 > 水 > 玻璃

光的反射

| 反射定律 |

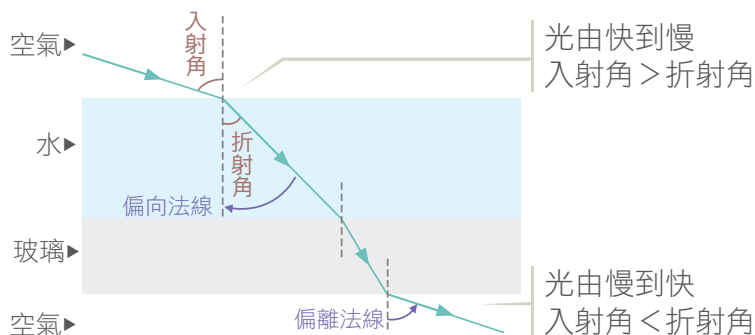


| 面鏡成像 |

平面鏡	凸面鏡	凹面鏡
大小相等、呈現對稱、虛像	平行光照射後發散	平行光照射後會聚一點
 物距 像距	 應用：擴大視野 後照鏡、道路反射鏡	 焦點 應用：會聚光線 化妝鏡、手電筒

光的折射

| 折射 | 光進入不同物質時，前進方向發生偏折



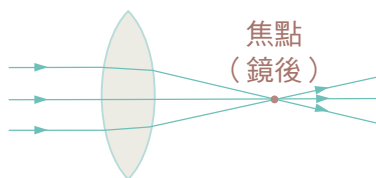
光偏折角度可判斷
介質傳播光的速率

$$v_{\text{空氣}} > v_{\text{水}} > v_{\text{玻璃}}$$

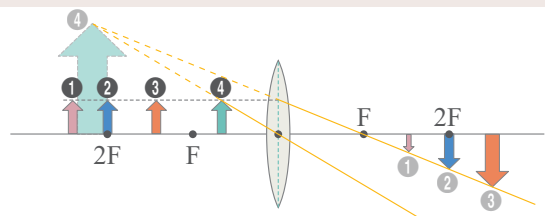
透鏡的折射

凸透鏡 | 中央厚

光線：會聚



透鏡成像

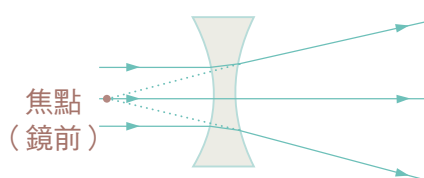


應用

矯正遠視、顯微鏡、照相機

凹透鏡 | 中央薄

光線：發散



物體位置	正/倒立	大小	虛/實
2倍焦距外	正立	縮小	虛像
1~2倍焦距間			
焦點至透鏡間			

矯正近視

顏色

| 色散 | 陽光經三稜鏡折射後分散各種色光的現象

| 光的三原色 | 紅、綠、藍色光



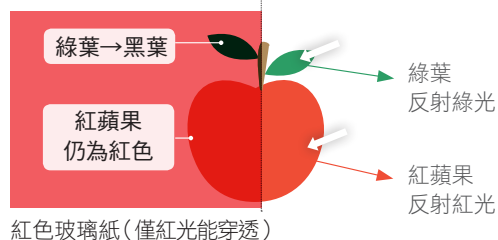
| 顏色的成因 |

1. 透明物體：

由穿透的色光決定

2. 不透明物體：

由反射光決定



實驗一點靈

第三章

探討活動3-1 彈簧波的運動情形

1. 彈簧上下擺動時，振動方向與前進方向相互垂直，會形成高低起伏的波型，也就是橫波。
2. 彈簧左右拉動時，振動方向與前進方向相互平行，會形成疏密相間的波型，也就是縱波。
3. 無論以何種方式進行擺動，套上的髮圈僅會於原處來回擺動，由此可知介質不會隨著波動前進。

探討活動3-2 聲音是如何產生的

1. 彈撥橡皮筋，使其快速振動時會發出聲音。
2. 音叉發出聲音時，金屬部分會振動。
3. 用手緊握音叉的金屬部分，感受到振動停止的同時，聲音也一起停止。
4. 敲擊後的音叉放入水中，水面會因為音叉振動而產生噴濺。

探討活動3-3 聲音比一比

1. 以木頭湯匙敲打試管的力量愈大，試管發出的聲響愈大。
2. 試管的水位愈高，吹氣發出聲音的音調愈高。

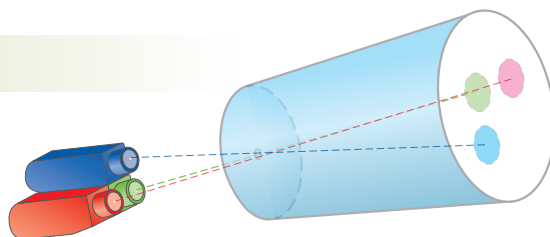
探討活動3-4 生活中的聲音

1. 聽起來愉悅的聲音，分貝數大都低於70分貝；聽起來不舒服的聲音，分貝數大都高於70分貝。
2. 聽起來愉悅的聲音，波形大都具有規律性；聽起來不舒服的聲音，波形大都不具規律性。

第四章

探討活動4-1 針孔成像

1. 針孔成像實驗在屏幕上會呈現上下顛倒，左右相反的實像。
2. 針孔成像實驗可驗證光的直進性。



每次段考可用此
頁複習實驗喔！

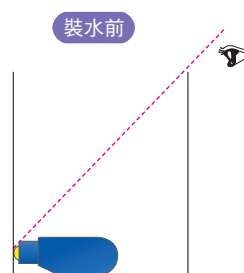


實驗4-1 光線反射的定律

1. 使用量角器測量後可發現，兩電池和法線與鏡面的交點連線，與法線的夾角相等，可驗證光在反射時，入射角等於反射角。

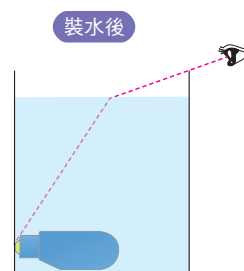
探討活動4-2 虛擬平面鏡

1. 平面鏡成像時，像與物的大小相等，呈現對稱，且物距與像距相等。
2. 平面鏡無法在紙屏上成像，因此為虛像。
3. 不論站在何處觀察，成像位置與大小均不改變。



探討活動4-3 水把杯底變淺了？

1. 光具有直進性，因此裝水後能看見燈具，必定是光在途中有偏折。而實驗的操作變因為有無加水，因此必定是水造成光線偏折。
2. 光線由燈具發出後進入人眼，並非由人眼出發，但因光具有可逆性，因此可以反向推測及作圖。



實驗4-2 凸透鏡的成像觀察

1. 遠處傳來的光線，如陽光，可以視為平行光，因此能用來測量凸透鏡的焦距。
2. 當物於焦距外時，其光線可以經由凸透鏡在另一側會聚產生倒立實像。
3. 當物於焦點上時，其光線經過凸透鏡會成為平行光，因此無法在紙屏上成實像，亦無法透過凸透鏡看見虛像。
4. 當物於焦距內時，其光線無法於凸透鏡的另一側會聚成實像，但可以在物體同側產生正立虛像。

探討活動4-4 光與顏色

1. 白色光源發出的光線經過有色玻璃紙後，會呈現玻璃紙的顏色，代表其他色光被玻璃紙吸收了。
2. 使用色光照射色紙，只有白色與該色色紙呈現色光的顏色，其餘皆呈現黑色，代表色紙只會反射其顏色的色光。

第二次照明革命——藍光LED

LED的中文名稱是發光二極體，是一種發光元件。西元2014年諾貝爾物理獎，由日本學者赤崎勇（Isamu Akasaki）、天野浩（Hiroshi Amano）、中村修二（Shuji Nakamura）三位共同獲獎，他們是藍光LED發展進程中舉足輕重的科學家

現代生活中常可見LED的應用，包括街邊的路燈、五光十色的電子廣告看板和智慧型手機等。但尤其重要的是LED改寫了照明科技，相較於會把能源轉為熱能的傳統白熾燈泡及日光燈，LED直接將電能轉為光能，能源效率更高，而且體積小、壽命長、更環保。

LED是由材料的性質決定通電時發出什麼顏色的光。早在西元1907年，科學家已成功利用半導體材料製造光源，但直到西元1962年，才首次製造出亮度足夠作為照明用途的紅光LED，之後透過調配製造材料，發展出常見的綠光LED、黃光LED、橙光LED等。

由於我們大多喜歡用白光照明，較少用紅光作為光源，所以早期的LED多用於指示燈。根據光學原理，白光可以用紅、藍、綠三色光組成，

▲交通號誌燈是LED常見的用途之一

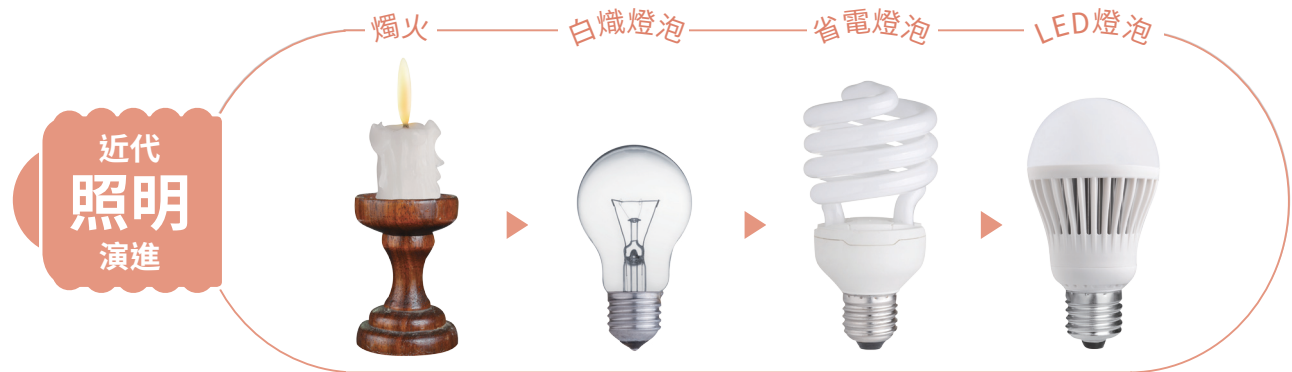


▲西元2014年諾貝爾物理學獎得主赤崎勇（左）、天野浩（中）與中村修二（右）

所以科學家接著致力於研發藍光LED，但能發出足夠亮度的藍光LED，材料製作難度非常高，直到1990年代，終於生產出有商業應用價值的藍光LED。明亮節能的白光照明由此誕生，還可以利用紅、綠與藍三種顏色的LED自由調配各種顏色的光。

藍光LED的發展，引發「照明技術的重大轉型」，因而得到諾貝爾獎的肯定。對於缺乏電力的開發中國家，LED低耗電的特性更是一大福音。但當時許多科學家多次嘗試研發藍光LED均徒勞無功而放棄。得獎者之一的赤崎勇在記者會上表示，當時常有人對他說，藍光LED不會在20世紀開花結果，「不過我從沒這樣認為，我只是從事想做的事。」





請同學們依上述內容，回答下列問題：

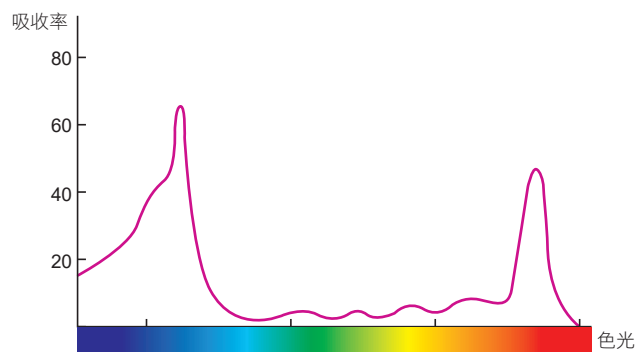
() 1. 下列何者是三位發明藍光LED的科學家獲獎的原因？

- (A) 可以和紅、綠光LED混成白光
- (B) 可以和紅、綠光LED混成各色光
- (C) 只有藍光LED具有低耗能的特性
- (D) 藍光LED的發展引發照明技術重大轉型

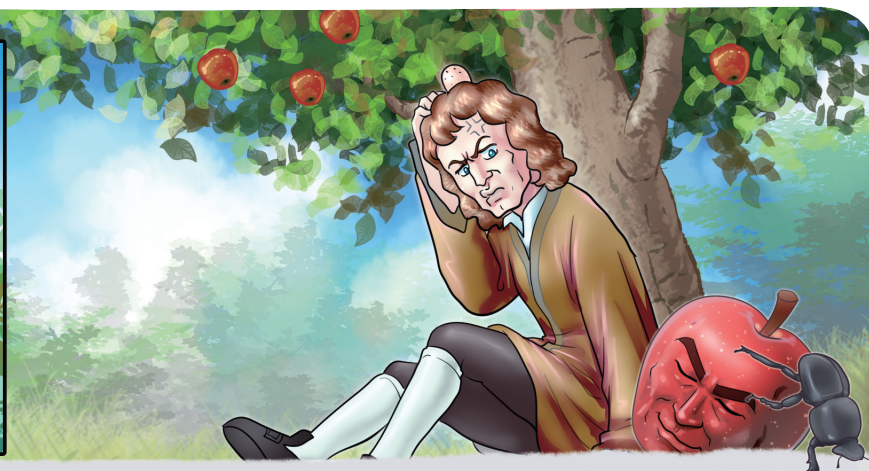
() 2. 根據本文，下列關於LED的敘述，何者正確？

- (A) 最早研發出來的是藍光LED
- (B) LED是直接將電能轉為光能
- (C) LED與日光燈的能源效率相當
- (D) LED發光的顏色是由通電的電壓決定

() 3. 植物需要吸收光才能行光合作用，溫室栽培的照明補光系統是根據作物的需求進行人工補光，以促進植物的光合作用。右圖為某光合色素對不同色光的吸收率，根據圖形判斷藍光LED的發明對於溫室栽培是否有影響？



- (A) 沒有影響，色光的吸收率不影響植物生長
- (B) 沒有影響，白色燈泡和藍色LED的效果相同
- (C) 有影響，某光合色素吸收藍色與紅色的光過多，對植物有害
- (D) 有影響，某光合色素對於藍色與紅色的光吸收率較高，更符合植物需求



關於

西元1643~1727

出生：英國 林肯夏郡

經歷：

① 1703年~1727年 英國皇家學會主席。

② 1705年成為第一個因學術成就受封為英國爵士的科學家。

成就：

① 發明「微積分法」

② 《自然哲學的數學原理》提出牛頓三大運動定律

③ 出版《光學：光的折射、反射、繞射和顏色》建立在光學領域的研究地位的主席，並一直擔任這個職務到他去世為止。



牛頓——在 林肯夏郡

1664年

不要以為瘟疫可以打敗我！——發憤圖強

讚 留言 分享



牛頓——覺得懷疑

1665年

真的是稜鏡的作用使單色白光產生出有顏色的光來嗎？



虎克 你現在是在質疑我的意思？

讚 · 回覆 · 1672年

讚 留言 分享

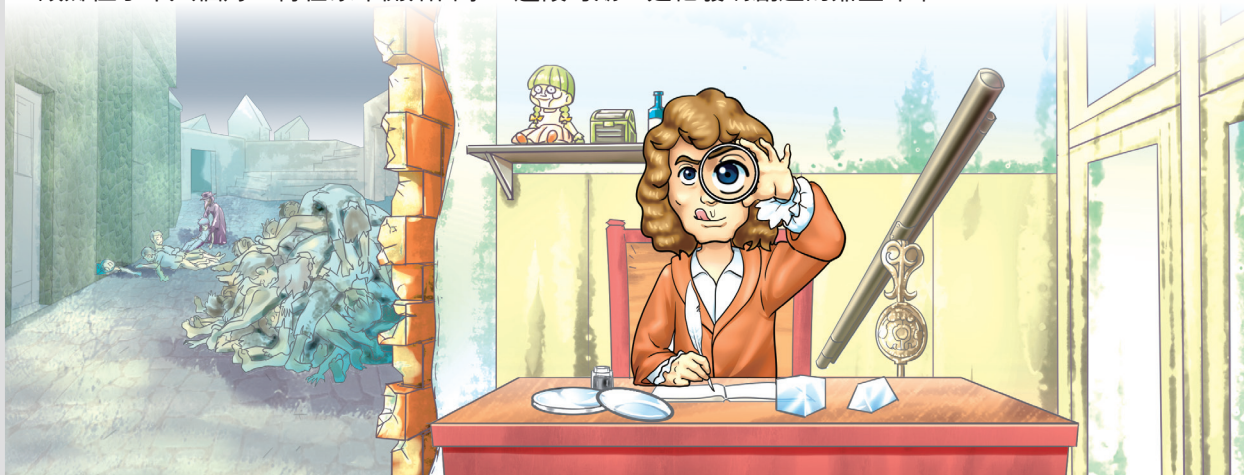


牛頓——覺得謙虛

1680年

如果我比笛卡兒等人看得遠些，那是因為我站在巨人的肩而上而已。

西元1664年，牛頓取得劍橋大學學士學位，熱愛研究的他，卻因為爆發瘟疫暫時離開學校，回到故鄉住了十八個月，待在家中開始自學，這段時期，是他發明創造的鼎盛年華。



牛頓將房間改造成暗室，並利用三稜鏡研究光

我一定要找出彩虹色光的祕密！



居然變回白光！

我……我的眼睛，不行……我得快去記錄下來！

白光經過折射後，可知由多種色光組成，此現象稱之為「色散」。

By Newton

由於發現色偏是源自於光線經折射產生色散現象所導致，他便著手開始改製折射式望遠鏡。

這顏色怎麼……

成功自製出高倍率又小型的反射式望遠鏡，有效避免折射望遠鏡產生的色差，使當時的天文觀測有了更大的進展。

牛頓也將他的研究成果出版成《光學：光的折射、反射、繞射和顏色》一書，建立他在光學領域上的研究地位。但長期的研究，也造成他的視力受損。

你連我是誰都看不清楚了嗎？再這樣下去，誰來發現萬有引力的存在呢？

