

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 物理科

080115

哈利波特的隱形斗篷-鏡像匿蹤的隱形探討

學校名稱：新北市私立及人國民小學

作者： 小六 劉尚築 小六 林禾軒 小六 曹初毓	指導老師： 張政義 黃湘羽
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：鏡像匿蹤、隱形

## 摘要

我們從小說及電影中認識隱形斗篷，並對於隱形斗篷的存在感到驚奇。因此想探討它隱形的原理，並嘗試自製簡易的隱形裝置。我們初步以（1）文獻探討法（2）調查法（3）實驗法（控制面鏡及透鏡之不同種類、大小、位置、光束射入的角度等變因）（4）暗箱法進行研究，探討隱形原理，達到研究目的，擴展研究成果，讓更多人喜歡研究科學。

## 壹、研究動機

在哈利波特小說跟電影中，我們對隱形斗篷的概念產生了極大的好奇。隱形斗篷除了運用高科技材料塗抹在物體表面來達到隱形的效果之外，我們發想利用生活中容易取得的各類鏡面以及光柵，透過物理的光學方法來製造出隱形衣的效果。

我們經由文獻探究了解如果想要人們看不見穿隱身衣的人，就必須阻止光在一個物體表面發生反射、折射，使人無法看到這個物體。進一步來說，任何物質都有各自的反射、折射率，如果可以把斗篷裡面的反射、折射率與斗篷外面的反射、折射率加以調整，並達到光線持平的狀態，光線就會因此無法在斗篷表面發生反射、折射，繞過或呈現斗篷後方影像。如此一來，斗篷覆蓋下的任何物體都能輕而易舉地躲避人們的視線。因此，我們想以這種路徑探討隱形原理，達到研究目的，擴展研究成果，讓更多人喜歡研究科學。

## 貳、研究目的與問題

研究目的	研究問題
1. 探討隱形斗篷的原理與光的關係。	1. 光束與視覺之間的關係為何？ 2. 怎麼樣才能稱得上隱形，光學原理是如何？
2. 探討光束在平面鏡、玻璃片、凸凹透鏡、三稜鏡、光柵片中的變化及對隱形的影響。	3. 光束在反射及折射時，對隱形的影響如何？ 4. 光束在平面鏡、玻璃片、凹透鏡、凸透鏡、三稜鏡、光柵片對隱形的影響怎樣？ 5. 光束在不同角度及夾角，產生隱形效果及其影響怎樣？
3. 探討不同角度及夾角之鏡像，產生隱形效果及其變化。	
4. 設計隱形裝置與研究在生活上的應用可能性。	6. 試以三面平面鏡設計出隱形裝置，探討其廣泛應用的可能性？ 7. 再以四面平面鏡設計出隱形裝置，探討其廣泛應用的可能性為何？ 8. 模擬製作簡易光柵片，研究不同形狀、不同尺

- 寸對於隱形效果的影響如何？
9. 利用簡易光柵板對不同形狀線條的圖形進行探討，對於隱形效果的影響如何？

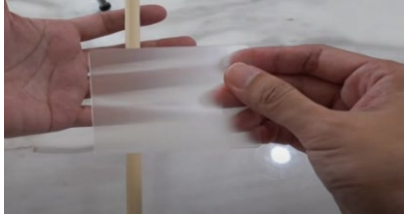


## 參、研究設備及器材

- 一、研究設備：1. LUMIX 照相機。2. 研究紀錄-電腦、隨身碟、列印機。3. 自製光學實驗箱。
- 二、實驗器材：1. 紅外光雷射筆。2. 不同材質反射物質、各式鏡片、透鏡、3. 四種色光手電筒。
- 三、製作模型：黑色 PP 板、透明箱、線香、打火機、奇異筆、尺、鉛筆、筆記本、壓克力板、克力條、透明片、塑膠黏著劑。

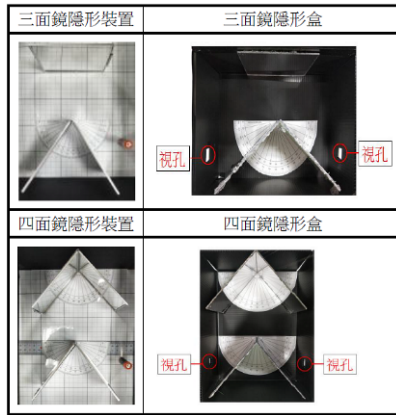
## 肆、研究方法與過程

### 一、研究方法

我們以（1）文獻探討法（2）調查法（3）實驗法（控制面鏡及透鏡之不同種類、數量、大小、擺設位置、光束射入的角度等變因）（4）暗箱法進行研究，各種研究方法說明如下：

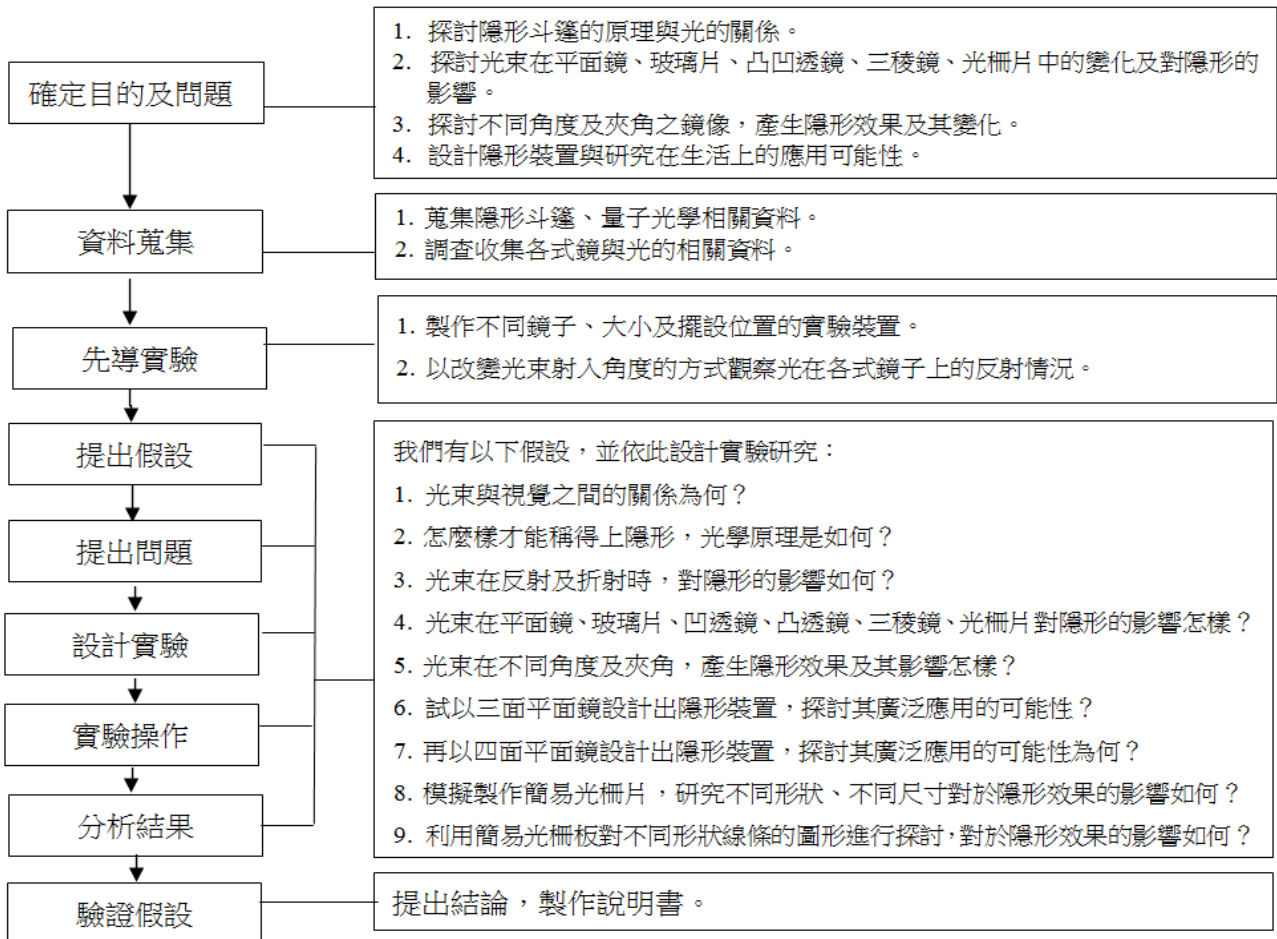
研究 方法	說 明
<p>文獻探討法</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用午休、課餘時間收集隱形斗篷的相關資料。</li> <li>2. 利用網路探討隱形的原理。</li> <li>3. 固定每周一、二、四、五的午休時間，共同討論。</li> </ol>
<p>調查法</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 調查收集各式圖卡、鏡子與光的相關資料。</li> <li>2. 比較平面鏡、玻璃、凹凸透鏡、三稜鏡的不同做為設計實驗依據。</li> </ol>
<p>實驗法</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 製作光的觀察箱，加入煙流，以各式鏡依實驗設計進行實驗研究。</li> <li>2. 控制以下變因進行各種實驗，包含：不同材質反光物品、不同鏡質、不同位置、不同角度、不同色光。</li> </ol>

## 暗箱法



1. 利用三面鏡、四面鏡鏡像隱形原理，加上以黑色紙板做出暗箱，黏貼量角器、放置鏡片及電池(觀察物)，在暗箱側邊開一條縫並裝上遮光簾及觀察視孔，製作隱形裝置一(有三面鏡隱形盒、四面鏡隱形盒)。
2. 我們利用實驗數據結果，固定鏡片的角度為 $50^\circ$ ，依隱形裝置一延伸製作各式小型隱形觀察盒。

## 二、研究架構與流程





### 三、文獻探討

#### (一) 隱形的原理

物理學家認為如果阻止光在一個物體表面發生反射，人眼就無法看到這個物體（維基百科，2020）。例如，把木棍插入一杯水中，從杯子外面看到的木棍呈彎曲狀。物理學家沙拉伊夫認為「隱形斗篷」的「法寶」是一種微型金屬針，能夠改變物質折射率，用長短不一的金屬針以不同角度安裝在斗篷表面，使斗篷看上去像個呈圓錐體的發梳。這些金屬針可以把斗篷裡面的反射率從0增至1，與斗篷外面的反射率基本持平。光線因此無法在斗篷表面發生反射，只能繞過斗篷。如此一來，斗篷覆蓋下的任何物體都能輕而易舉地躲避人們的視線。

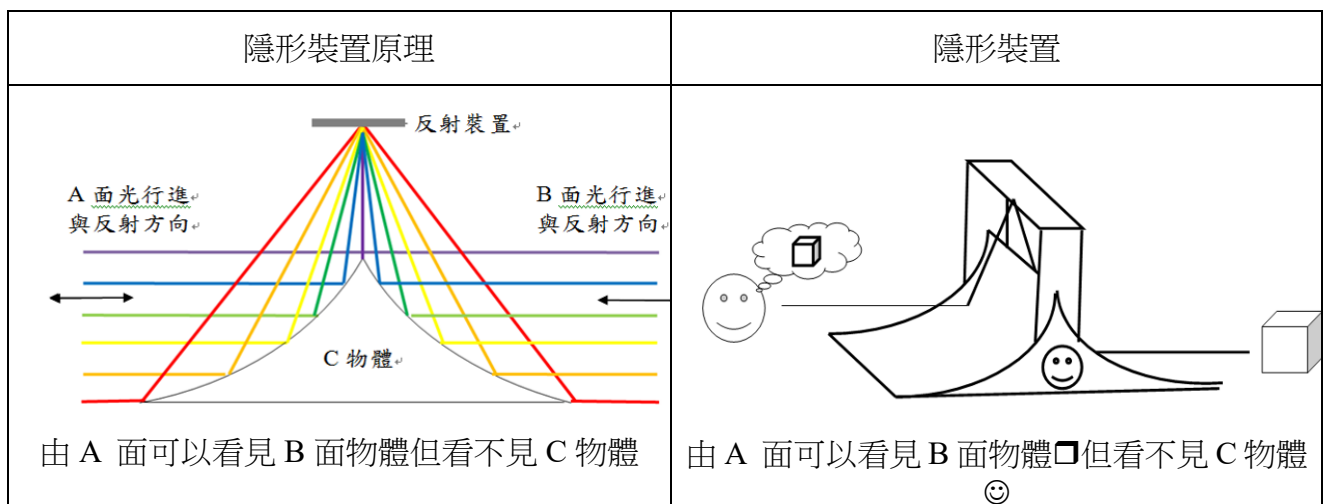
#### (二) 隱形衣的發展

1.英國、美國：2006年英國、美國科學家開發出全球首件二維「隱身衣」。兩國科學家利用光學原理，成功地「隱身」了一個銅圓柱體。這一發現被刊登在了《科學》雜誌上。

2.日本：2004年日本在衣服塗上回射性物質，並裝配攝影機。攝影機拍攝下衣服後面的場景，然後顯示在衣服前面的放映機上，再將影像投射到特殊衣料上，這樣就實現了「隱身」。

3.俄羅斯：2006年2月，俄羅斯聲稱發明一種能使靜止的物體隱形的特殊「隱身衣」；物體只要覆蓋上一種由黃金膠體粒子製造的「特殊外衣」，就能夠起到隱形的效果。

(三) 我們的研究是想用鏡像反射原理，平視夾角相同的二組鏡片時，讓視野經雙重反射到物體後方景物，以光行進方向改變為隱形理論基礎，透過不同鏡面組合及從不同視角、距離、比例等方法，來達到使參考目標物後方所呈現的像，與原物為1:1比例且為正立，進而出現真正隱形效果。我們構想原理圖如下：



#### 四、研究過程

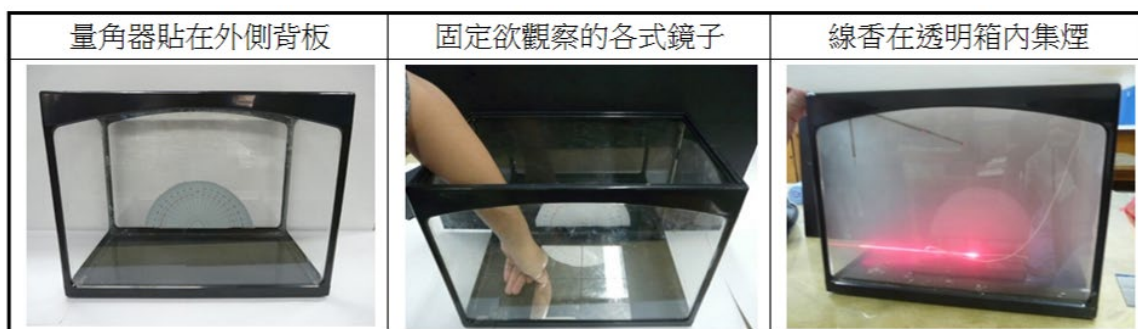
##### (一) 探討隱形斗篷的原理與光的關係

【實驗一】製作實驗觀察箱（水族箱32.5cm×21.5cm×26.5cm），探討光的變化。

方法：

1. 將量角器底部與箱底平行貼在箱外側背板，於90度的位置固定各式鏡片，觀察測試。
2. 用線香在透明箱內集煙，以紅光雷射筆做為光束，觀察光在光箱中的變化，操作如下：

表1-1、製作實驗觀察箱



結果：

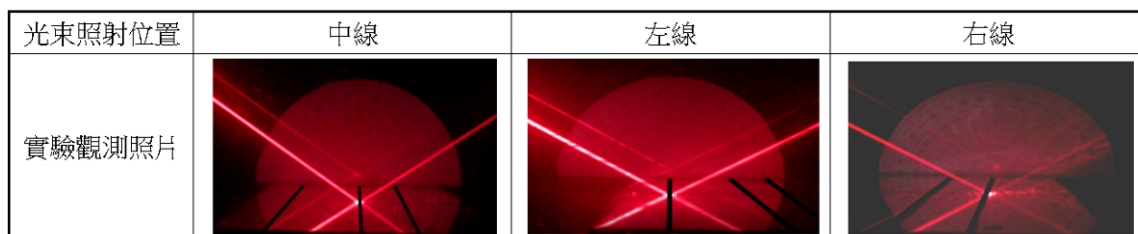
1. 我們發現未加入煙流時，無法看清光束的路徑及反射後的結果。
2. 加入煙流後(如上圖)，可以看到明顯的光束。

【實驗二】以攝影法驗證光的反射定律：入射角=反射角(以30度為例)

方法：

1. 先在平面鏡上分別畫上中線、左線及右線。
2. 以紅色光束分別照射中線、左線及右線，觀察反射情形，結果如下：

表2-1、驗證光的反射定律



結果：

1. 我們發現當光束照在中、左、右線時，都會以相同的角度反射出去（入射角=反射角）。

**【實驗三】**以攝影法分析光束在各式鏡片中的行進方向

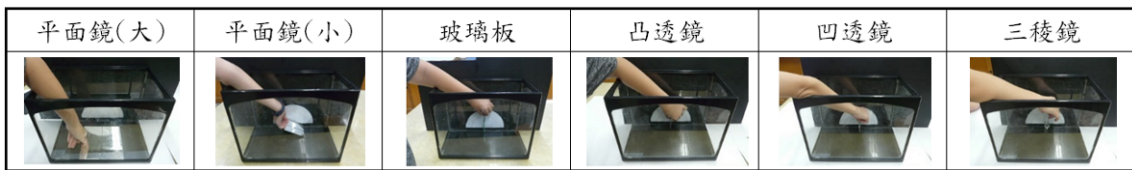
方法：

1.觀察光束行進方向並記錄光束反射的次數，分析比較。

2.我們分別將平面鏡(大-15cm×15cm0.3cm，小-8cm×5.5cm0.3cm)、玻璃板

(10cm×10cm×0.3cm)、凹透鏡(直徑5cm、厚0.5cm)、凸透鏡(直徑6、厚0.6)、三稜鏡(三角形邊長2.5cm、柱高1cm)，以紅色光束照射各式鏡，且分別以每10度的間隔來進行測試比較(10度、20度、30度…90度，及特殊角度45度)，操作如下：

表3-1置換各式鏡子探討光的行進方向



**(二) 探討光束在平面鏡、玻璃片、凸凹透鏡、三稜鏡、光柵片中的變化及對隱形的影響**

**【實驗四】**探討鏡面的大小與反射線之間的關聯

方法：

1.我們製作鏡面反射裝置，以紅外光在光箱中探討鏡面的大小與反射線之間的關聯。

2.我們以紅色光束照射各式鏡，且分別以每10度的間隔來進行測試比較(10度、20度、30度…90度，及特殊角度45度)，操作說明如下：

表4-1、平面鏡反射(大；15cm×15cm×0.3cm)

夾角(°)	10	20	30	40	45
反射次數(次)	7	6	6	5	5
觀測照片					
夾角(°)	50	60	70	80	90
反射次數(次)	5	2	2	2	1
觀測照片					

表4-2、平面鏡反射(小；10cm×8cm0.3cm)

夾角(°)	10	20	30	40	45
反射次數(次)	4	4	4	4	4
觀測照片					
夾角(°)	50	60	70	80	90
反射次數(次)	4	3	2	2	1
觀測照片					

表4-3、鏡面的大小與反射線的關係

夾角(°)	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90
平面鏡(大)	7	6	6	5	5	5	2	2	2	1
平面鏡(小)	4	4	4	4	4	4	3	2	2	1

平面鏡大小與光束反射之關係圖

反射次數(次)

— 平面鏡(大) — 平面鏡(小)

結果：

1.我們發現鏡片大小，會影響光反射的次數。鏡片如果越小，反射範圍越小，能觀察到的反射線就會比較少且可能因反射線之間距離近而不易觀察。

2.無論鏡片大小如何，夾角越小，反射次數越多；夾角越大，反射次數越少。

**【實驗五】以角度法探討不同透鏡的折射路徑**

方法：

1.我們取不同材質透鏡，探討光束在光箱中不同透鏡的折射路徑。

2.我們以紅色光束照射各式鏡，且分別以每10度的間隔來進行測試比較(10度、20度、30度…90度，及特殊角度45度)，操作說明如下：

表5-1、玻璃片					表5-2、凹透鏡						
角度(°)	10	20	30	40	角度(°)	10	20	30	40		
實驗觀測圖					實驗觀測圖						
角度(°)	45	50	60	70	角度(°)	45	50	60	70		
實驗觀測圖					實驗觀測圖						
角度(°)	80	90	水平		角度(°)	80	90	水平			
實驗觀測圖					實驗觀測圖						
表5-3、凸透鏡					表5-4、三稜鏡(倒放)						
角度(°)	10	20	30	40	角度(°)	10	20	30	40	45	
實驗觀測圖					實驗觀測圖						
角度(°)	45	50	60	70	角度(°)	50	60	70	80	90	
實驗觀測圖					實驗觀測圖						
角度(°)	80	90	水平		實驗觀測圖						
實驗觀測圖											
表5-5、三稜鏡(光束直射柱狀側邊)					表5-6、三稜鏡(光束直射柱狀平面)						
角度(°)	10	20	30	40	45	角度(°)	10	20	30	40	45
實驗觀測圖						實驗觀測圖					
角度(°)	50	60	70	80	90	角度(°)	50	60	70	80	90
實驗觀測圖						實驗觀測圖					

結果：

1.我們發現玻璃片不具有反射效果。

2.我們發現凸透鏡、凹透鏡會讓光束折射。

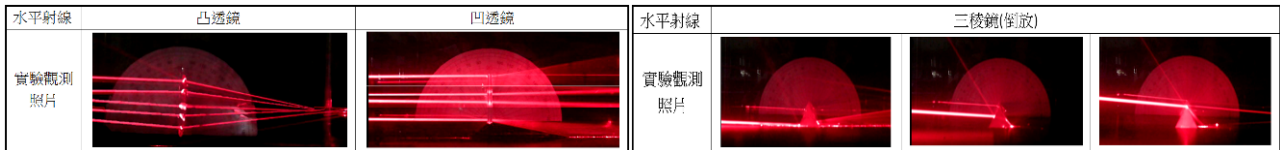
3.我們發現光束從不同的角度照射三稜鏡，會有不同的折射線。

**【實驗六】以十字觀察法探討不同透鏡的折射路徑**

方法：

- 1.我們取凸凹透鏡、三稜鏡，在光箱中探討光束行進路徑。
- 2.我們以紅色光束照射凹凸透鏡、三稜鏡，且分別取鏡鏡的中心點之鉛直線、水平線操作，並以錄影方式將光束路徑紀錄下來。
- 3.操作時以（1）由上而下、由下而上（2）由左而右、由右而左，垂直、水平方向形成十字操作，說明如下：

表6-1、不同透鏡的折射路徑



結果：

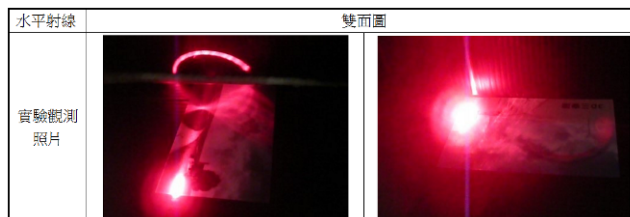
- 1.我們發現用水平光束分別照射凹透鏡產生射線發散，凸透鏡產生射線聚焦。
- 2.我們發現由上個研究的三個不同角度照射，倒放三稜鏡會產生發散的折射線。

**【實驗七】以角度法探討光束在雙面圖卡中的現象**

方法：

- 1.我們取蒐集到的二式雙面圖卡、四種眼鏡，在光箱中探討量子光束行進路徑。
- 2.我們每隔10度來進行測試比較(10度、20度…90度，及特殊角度45度)，操作說明如下：

表7-1、雙面圖卡及光柵板的表面構造



結果：

- 1.我們發現雙面圖卡表面有紋路，用光束照射後，其中一邊照射出圓弧狀的光線。
- 2.我們覺得圓弧狀的光線類似凸透鏡的形狀，推測雙面圖卡的表面應該是由許多非常細的凸透鏡組成，影響光束的行進路線，我們稱為光變現象。
- 3.眼鏡材質也會影響光束的行進路線，也有光變現象。



(三) 探討不同角度及夾角之鏡像，產生隱形效果及其變化。

【實驗八】不同夾角對平面鏡反射鏡像的面積觀察

方法：

1.我們想研究鏡像反射與色光的關係，因此分別用白、紅、綠、藍光進行實驗操作，並以夾角30、45、60、90°來觀測鏡像反射的面積大小並加以分析比較。

2.我們以(1)方格板(2)量角器(3)鏡片(長11.5 cm × 寬8 cm)(4)白、紅、綠、藍光手電筒(光源)做出觀察台(如表8-1)，進行實驗觀察。

3.我們以30°、45°、60°、90°控制鏡片與方格板的夾角角度，分別進行實驗觀察鏡像的面積，並記錄光線反射梯形的上底、下底、高再算出面積，加以比較。

表8-1、實驗裝置圖片及說明

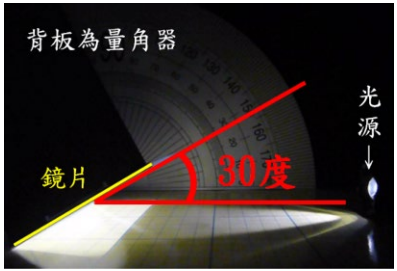
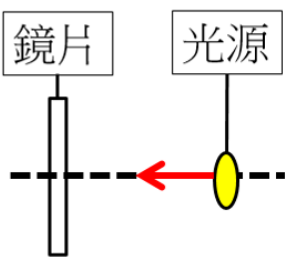
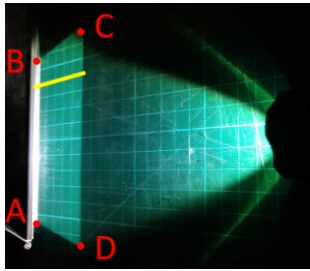
實驗裝置側視圖	光源鏡片關係圖	實驗裝置上視圖
 <p>背板為量角器 鏡片 30度 光源</p>	 <p>鏡片 光源</p>	 <p>A, B, C, D</p>
<p>說明：</p> <p>1.實驗裝置側視圖：鏡片下方放置方格板以便計算鏡像反射的面積，背板放上量角器以供觀測角度，光源距離鏡子20 cm，鏡片與方格板夾角分別為30°、45°、60°、90°。</p> <p>2.光源鏡片關係圖：光源照射的位置為鏡片的十字中心點，虛線為光源延長線，鏡片垂直光源。</p> <p>3.實驗裝置上視圖：<math>\overline{AB}</math>為梯形的上底(鏡子的長邊)、<math>\overline{CD}</math>為光線反射的梯形下底，黃線為梯形的高。</p>		

表8-2、實驗操作結果表

夾角	30°				45°				60°				90°			
	白	紅	綠	藍	白	紅	綠	藍	白	紅	綠	藍	白	紅	綠	藍
$\overline{AB}$ (cm)	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	X	X	X	X
$\overline{CD}$ (cm)	12	12	12	12	14.5	14.5	14.5	14.5	16	16	16	16	X	X	X	X
高(cm)	5	5	5	5	7	7	7	7	11	11	11	11	X	X	X	X
面積 (cm <sup>2</sup> )	58.8	58.8	58.8	58.8	91	91	91	91	151.3	151.3	151.3	151.3	X	X	X	X

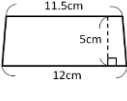
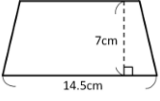
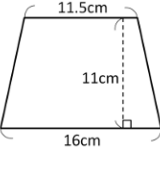
表8-3、實驗操作結果圖

觀測結果 色光		夾角			
		30°	45°	60°	90°
白	側視				
	上視				
紅	側視				
	上視				
綠	側視				
	上視				
藍	側視				
	上視				

結果：

- 1.我們發現光源距離鏡片20公分，能看到較清楚的反射形狀並能計算格子數量。
- 2.光源照射鏡片會反射出梯形；同一角度，不同色光照射下反射出的梯形面積都相同。
- 3.90度時，四種色光都反射到無限遠的地方，無法計算反射面積。
- 4.隱形效果和顏色無關，和角度有關。

表8-4、實驗結果分析表

夾角(°)	30	45	60	90	夾角與色光面積折線圖
面積 (cm <sup>2</sup> )	 58.75	 91	 151.25	無面積 (因反射到無限遠的距離，無法計算面積。)	

【實驗九】鏡像數量、夾角與隱形的關係

方法：

1.我們想探究兩面鏡片反射的鏡像數量是否因夾角的改變而有隱形變化，因此以鏡片夾角觀察法來觀察鏡像與夾角的關係。

2.我們以（1）量角器（2）鏡片(長10cm × 寬8cm)（3）電池(觀察物)做出觀察台（如表9-1）進行實驗觀察。

3.分別從下表中的 A、B、C 位置來觀察並計算鏡像數量，鏡片夾角以10度為單位，從10°~180°進行觀察，記錄並加以比較，操作說明如下：

表9-1、實驗裝置圖片及說明

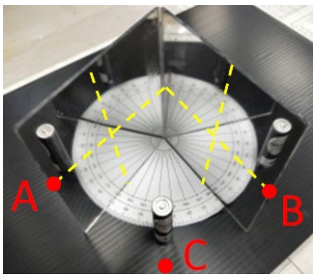
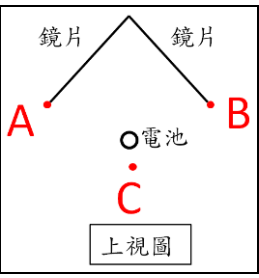
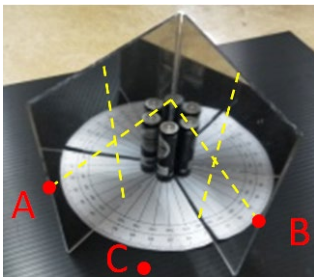
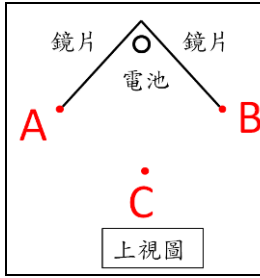
鏡片夾角觀察法	
方法一(物體在量角器邊緣)	方法二(物體在量角器中心)
 	 
<p>說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>將量角器固定於塑膠平板上，以膠帶固定兩面鏡片(長10cm × 寬8cm)，立在量角器的上方以便控制角度，電池為觀察物，置於量角器邊緣，圖中十字虛線是 A、B 點觀察的基準線。</li> <li>圖中 A 點為左邊觀測位置，B 點為右邊觀測位置，C 點為兩面鏡片中央的觀測位置。</li> </ol>	<p>說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>將量角器固定於塑膠平板上，以膠帶固定兩面鏡片(長10cm × 寬 8cm)，立在量角器的上方以便控制角度，電池為觀察物，置於量角器中心，圖中十字虛線是 A、B 點觀察的基準線。</li> <li>圖中 A 點為左邊觀測位置，B 點為右邊觀測位置，C 點為兩面鏡片中央的觀測位置。</li> </ol>



表9-2、使用方法一之實驗操作結果

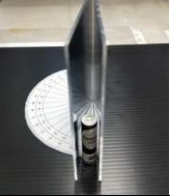
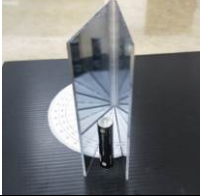



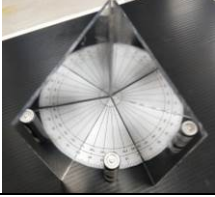
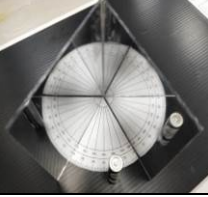
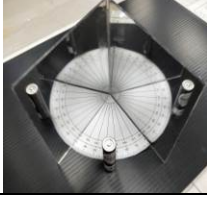
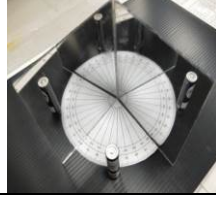
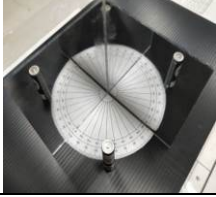
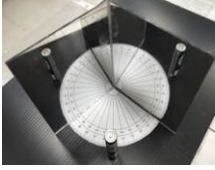

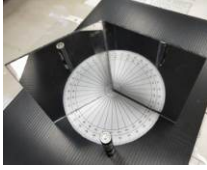
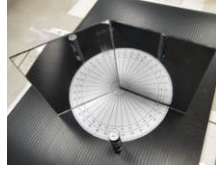
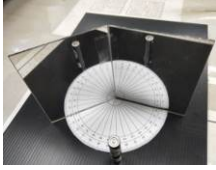
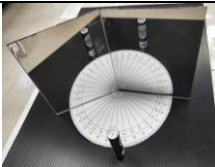
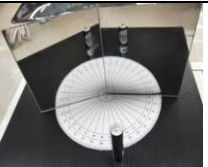
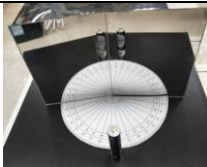
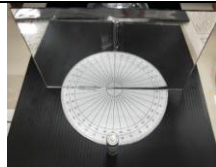
鏡像數量 觀察點	夾角	10°	20°	30°	40°	45°
A		17.5	8.5	5.5	4	3.5
B		17.5	8.5	5.5	4	3.5
C		0	0	0	0	0
觀測照片						
鏡像數量 觀察點	夾角	50°	60°	70°	80°	90°
A		3.5	2.5	2.5	2	1.5
B		3.5	2.5	2.5	2	1.5
C		0	0	0	0	0
觀測照片						
鏡像數量 觀察點	夾角	100°	110°	120°	130°	140°
A		1	1	1	1	1
B		1	1	1	1	1
C		0	0	0	0	0
觀測照片						
鏡像數量 觀察點	夾角	150°	160°	170°	180°	
A		1	1	1	0	
B		1	1	1	0	
C		0	0	0	1	
觀測照片						

表9-3、使用方法二之實驗操作結果

鏡像數量 夾角 觀察點	45°	50°	60°	70°	80°
A	3	3	2	2	2
B	3	3	2	2	2
C	1	0	1	0	0
觀測照片					
鏡像數量 夾角 觀察點	90°	100°	110°	120°	130°
A	1	1	1	1	1
B	1	1	1	1	1
C	1	0	0	0	0
觀測照片					
鏡像數量 夾角 觀察點	140°	150°	160°	170°	180°
A	1	1	1	0.5	0
B	1	1	1	0.5	0
C	0	0	0	0	1
觀測照片					

表9-4、使用方法一之實驗操作結果

夾角(°)	10	20	30	40	45
鏡像	●	●	●	●	●
夾角(°)	50	60	70	80	90
鏡像	●	●	●	●	●
夾角(°)	100	110	120	130	140
鏡像	●	●	●	●	●
夾角(°)	150	160	170	180	
鏡像	●	●	●	●	

鏡像數量與夾角關係圖

◎備註：「●」代表完整鏡像，「●」代表不完整鏡像

表9-5、使用方法二之實驗操作結果

夾角(°)	45	50	60	70	80	鏡像數量與夾角關係圖
鏡像	●	●	●	●	◐	
夾角(°)	90	100	110	120	130	
鏡像	●	●	●	●	●	
夾角(°)	140	150	160	170	180	
鏡像	●	◐	◐	◐	●	

◎備註：「●」代表完整鏡像，「◐」代表不完整鏡像

結果：

1.方法一(物體在量角器邊緣)發現實驗後得到的結果是40、80、90、100、110、120、130、140、150、160、170、180度都有完整鏡像；10、20、30、45、50、60、70度有完整鏡像，也有不完整鏡像(如表9-4)。

2.數據結果若與成像公式所計算的結果相比較，會發現：可以整除的角度，都有完整的鏡像；反之，不能整除的角度會有完整及不完整的鏡像出現；若是成像公式計算結果小於1，在計算上是非整數，但以肉眼觀察到的鏡像數量都以1為實驗結果。

3.從結果可以得出角度越小，兩面鏡片能反射的鏡像數量越多；反之，角度越大，兩面鏡片能反射的鏡像數量越少。

4.方法二(物體在量角器中心)，因觀察物的體積影響到鏡片的夾角，因此從夾角45度開始觀察並記錄。發現實驗後得到的結果是10、20、30、40、45、50、60、70、90、100、110、120、130、140、180度都有完整鏡像。80、150、160、170度有完整鏡像，也有不完整鏡像(如表9-5)。

5.從結果可以得出角度越小，兩面鏡片能反射的鏡像數量越多；反之，角度越大，兩面鏡片能反射的鏡像數量越少。

6.無論夾角如何，無法產生隱形現象及效果。

#### (四) 設計隱形裝置與研究在生活上的應用可能性

##### 【實驗十】以暗箱法設計隱形裝置一

方法一：

1.我們設計做出三面平面鏡的隱形裝置，觀察鏡像、角度間的變化關係。光線經由 C、B、

A 鏡反射，得以讓觀察者從 A 鏡看到電池，從（表10-2）方向進行觀察。

2.研製隱形裝置一，器材分別有：(1) A、B、C 鏡(三個面鏡均長11.5 cm ×寬 8 cm)；(2) 量角器；(3) 觀察物(3號電池)；(4) 觀察箱(35cm×25cm×10cm)，控制 A、C 鏡移動角度。

3.我們先控制 A、C 鏡夾角，每次 A、C 鏡同時移動 $5^{\circ}$ ，固定好角度後，操作 B 鏡從1 cm 開始移動，每次移動以1 cm 為單位。

4.我們以 (1) A、C 鏡與 B 鏡之間的距離 (2) A、C 鏡角度的調整，觀察鏡像變化並記錄比較，操作說明如下：

表10-1、隱形裝置圖一(三面鏡)及說明

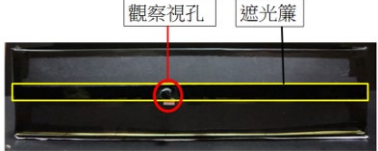
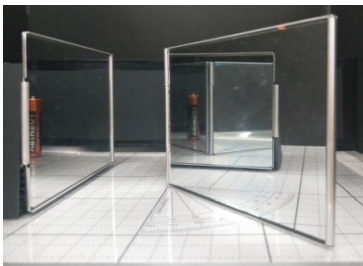
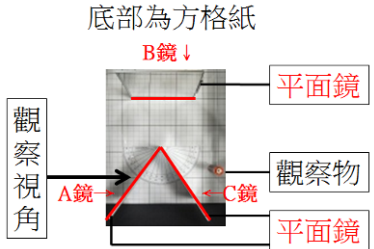
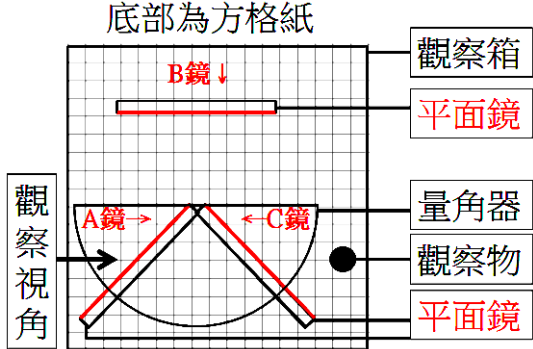
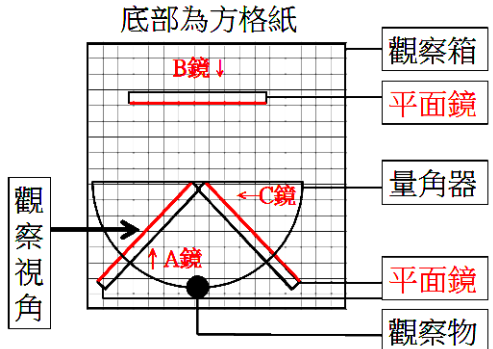
裝置外部側視圖	裝置內部側視圖	裝置上視圖
		
裝置結構圖甲		裝置結構圖乙
		
<p>實驗裝置說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.裝置外部裝上觀察視孔，並貼上黑布用以遮住其他物品以防干擾觀察結果。裝置內部底層放置方格紙以便計算 A、C 鏡與 B 鏡之間的距離，平面鏡標示紅線為鏡片的位置，黃色半圓為量角器，以利 A、C 鏡調整角度。</li> <li>2.在裝置結構圖甲中，光線照射在觀察物上，並透過 C、B、A 鏡將觀察物鏡像反射到觀察者眼中，由此得知此裝置可以透過 A 鏡看到觀察物的鏡像。因此，裝置結構圖乙我們將觀察物移至 A、C 鏡之間，將觀察物放入此裝置後，裝置中的 A 鏡因光線反射可以看到 C 鏡照射的畫面，所以可以讓觀察物隱形。</li> </ol>		



表10-2、三面鏡實驗裝置光線路徑比較

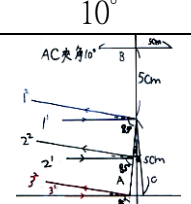
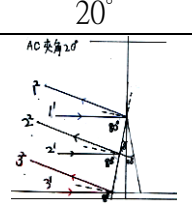
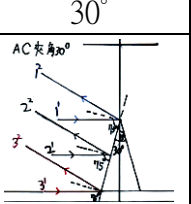
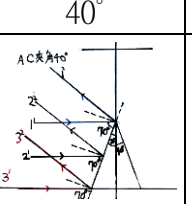
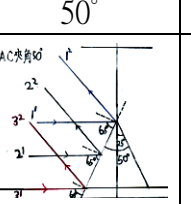
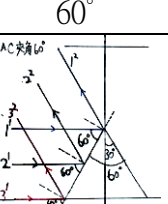
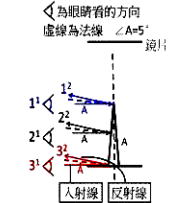
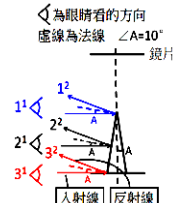
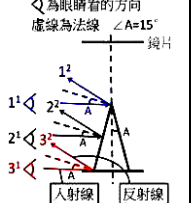
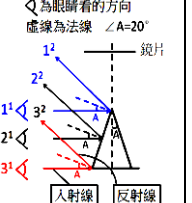

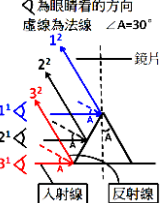
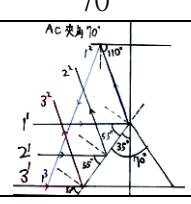
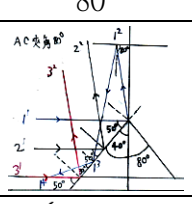
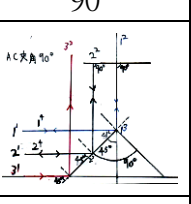
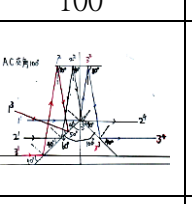
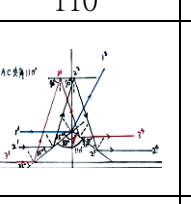
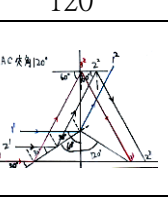
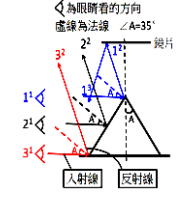
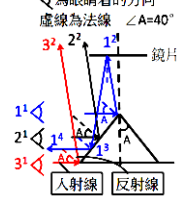
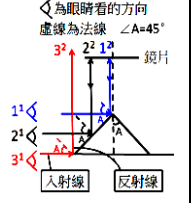

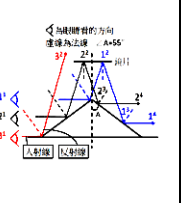

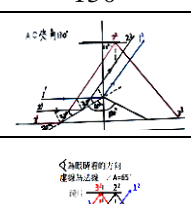
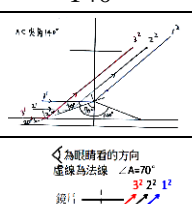
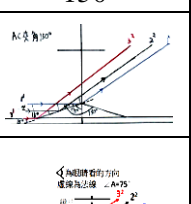
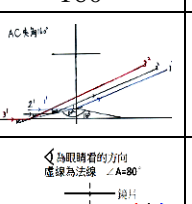
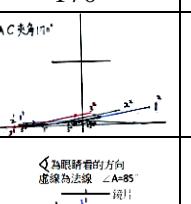
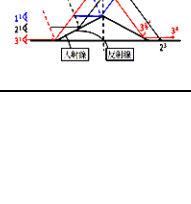
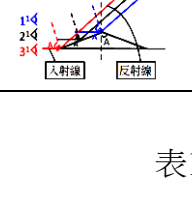
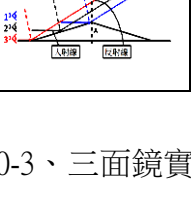
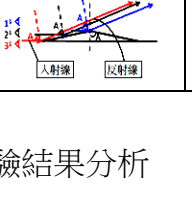
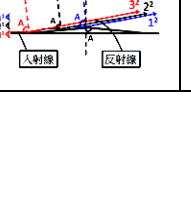
夾角	10°	20°	30°	40°	50°	60°
模擬光線路徑圖						
	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=5^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=10^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=15^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=20^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=25^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=30^\circ</math></p> 
夾角	70°	80°	90°	100°	110°	120°
模擬光線路徑圖						
	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=35^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=40^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=45^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=50^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=55^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=60^\circ</math></p> 
夾角	130°	140°	150°	160°	170°	
模擬光線路徑圖						
	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=65^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=70^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=75^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=80^\circ</math></p> 	<p>◁為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=85^\circ</math></p> 	

表10-3、三面鏡實驗結果分析


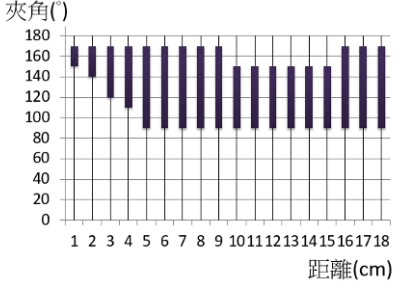
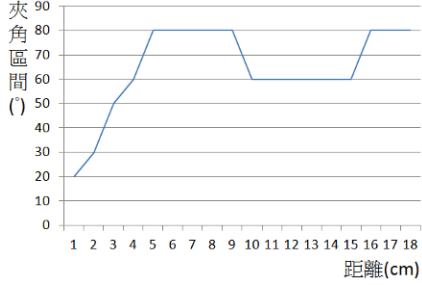
A、C 鏡與 B 鏡間的距離(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
夾角(°)	150~170	140~170	120~170	110~170	90~170	90~170	90~170	90~170	90~170
A、C 鏡與 B 鏡間的距離(cm)	10	11	12	13	14	15	16	17	18
夾角(°)	90~150	90~150	90~150	90~150	90~150	90~150	90~170	90~170	90~170

結果：

- 1.我們從實驗數據發現 A、C 鏡的夾角，角度小於90°無法從 A 鏡看到觀察物的鏡像。


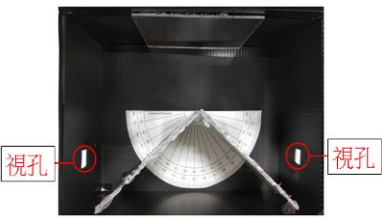

2.我們發現 A、C 鏡與 B 鏡間的距離超過 5 公分後，而且 A、C 鏡的夾角範圍在 $90^{\circ}$ ~ $150^{\circ}$ 之間，就能從 A 鏡看到觀察物的鏡像，關係如下。

表10-4、三面鏡實驗結果分析圖表

視孔畫面	A、C 鏡和 B 鏡間距離與夾角關係	A、C 和 B 鏡間距離與夾角區間關係
		

3.我們延伸做出觀察盒，固定角度為 $100^{\circ}$ 且 A、C 鏡和 B 鏡間的距離為 5 cm，發現能從 A 鏡看到觀察物的相反鏡像。

表10-5、三面鏡實驗觀察盒

觀察盒外觀	觀察盒內部圖	觀察操作方法
		

方法二：

1.我們設計做出四面平面鏡的隱形裝置，觀察鏡像、角度間的變化關係。光線經由 G、F、E、D 鏡反射，得以讓觀察者從 D 鏡看到觀察物。

2.研製隱形裝置一，器材分別有：(1) D、E、F、G 鏡(長 11.5 cm × 寬 8 cm)；(2) 量角器甲、乙；(3) 觀察物(3號電池)；(4) 觀察箱(35 cm×25 cm×10 cm)，控制 D、G 鏡夾角與 E、F 鏡夾角。

3.我們控制  $\angle$  從 13 cm 開始，每次固定好距離後，才控制 D、G 鏡夾角與 E、F 鏡夾角且須相等，夾角為 $10^{\circ}$ ~ $180^{\circ}$ ，每次調整以 $10^{\circ}$ 為單位。

4.我們以 (1) D、G 鏡與 E、F 鏡之間的距離 (2) D、G 鏡夾角與 E、F 鏡夾角的調整，觀察鏡像變化並記錄比較，操作說明如下：

表10-6、隱形裝置一(四面鏡)圖及說明

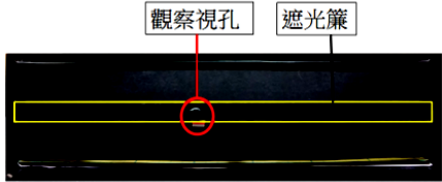

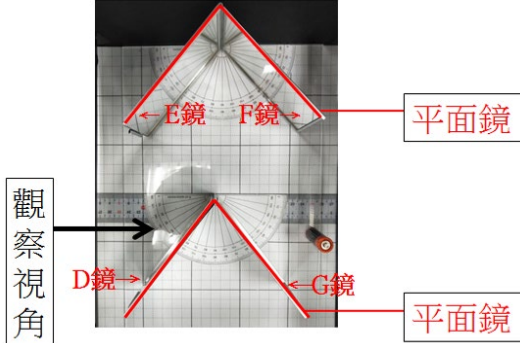
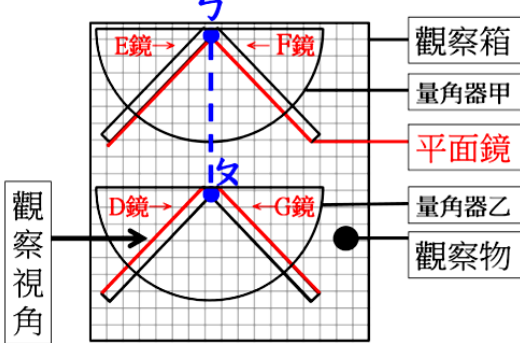
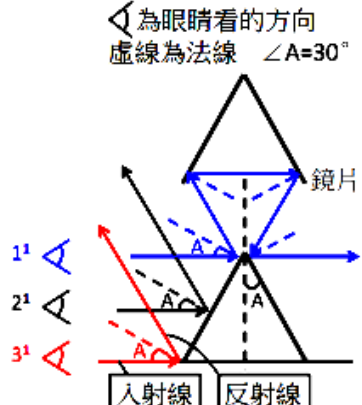
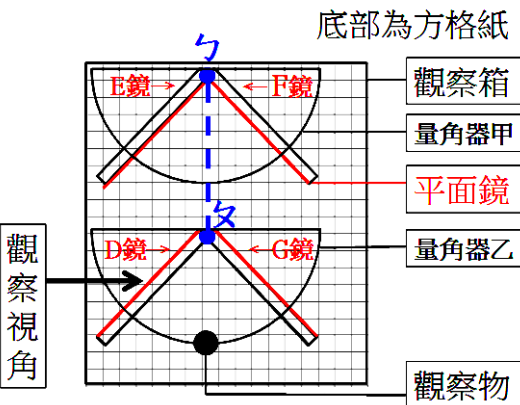
<p>裝置外部側視圖</p>	<p>裝置內部側視圖</p>
 <p>觀察視孔 遮光簾</p>	
<p>裝置上視圖</p>	<p>裝置結構圖甲</p>
 <p>觀察視角 E鏡 F鏡 D鏡 G鏡 平面鏡 底部為方格紙</p>	 <p>觀察箱 量角器甲 平面鏡 量角器乙 觀察物 觀察視角 底部為方格紙</p>
<p>模擬光線路徑圖</p>	<p>裝置結構圖乙</p>
 <p>為眼睛看的方向 虛線為法線 <math>\angle A=30^\circ</math> 鏡片 1' A 2' A 3' A 入射線 反射線</p>	 <p>底部為方格紙 觀察箱 量角器甲 平面鏡 量角器乙 觀察物 觀察視角</p>
<p>實驗裝置說明：</p> <p>1.裝置外部裝上觀察視孔，並貼上黑布用以遮住其他物品以防干擾觀察結果。裝置內部底層放置方格紙方便計算 D、G 鏡與 E、F 鏡之間的距離，平面鏡標示紅線為鏡片的位置，半圓為量角器，以 D、G 鏡與 E、F 鏡調整角度，透明尺為移動量角器乙之裝置。</p> <p>2.在裝置結構圖甲中，光線照射在觀察物上，並透過 D、G 鏡與 E、F 鏡將觀察物鏡像反射到觀察者眼中，由此得知此裝置可以透過 D 鏡看到觀察物的鏡像。因此，裝置結構圖乙我們將觀察物移至 D、G 鏡之間，將觀察物放入此裝置後，裝置中的 D 鏡因光線反射可以看到 G 鏡照射的畫面，所以可以讓觀察物隱形。</p>	

表10-7、隱形裝置一(四面鏡)光線路徑圖

夾角 (°)	30	40	45	50	60	70
光線路徑圖						

表10-8、 $\overline{D,G}$ 與夾角的實驗結果表(四面鏡)

$\overline{D,G}$ (cm)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
夾角 (°)	50~130	56~118	62~116	62~150	80~160	96~156	104~150	104~140	94~168	98~164	100~112

表10-9、實驗結果表(四面鏡)

點 $\overline{D}$ 到點 $\overline{G}$ 的 格數(個)	距離(cm)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		夾角(°)										
25	5.5	28.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	19	29	28	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0
35	20.5	38	21	23	34	0	0	0	0	0	0	0
40	23	31	31	27	44.5	0	0	0	0	0	0	0
45	23.5	25	28	28	0	0	0	0	62	47	51	
50	50	6	28.5	15	0	80	23	74	68	69	76	
55	34	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	9.5	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

結果：

1.我們從表10-8發現 D、G 鏡與 E、F 鏡的夾角，角度小於 $50^\circ$  或是角度大於 $160^\circ$ 都無法從 D 鏡看到觀察物的鏡像。 $\overline{D,G}$ 大於23 cm 時夾角區間大幅度減少，因此我們覺得 $\overline{D,G}$ 的距離在13~22 cm 是產生隱形的最佳距離。

2.我們能從 D 鏡看到觀察物的鏡像，發現在 $\overline{D,G}$ 區間為16 cm 時，D、G 鏡與 E、F 鏡的



夾角區間範圍可以達到88°，也發現在 $\varphi$ 區間為23 cm時，D、G鏡與E、F鏡的夾角區間會是最小的範圍12°。

3.我們可以從折線圖看到13 cm~22 cm 是能觀察到鏡像的區域，當 $\varphi$ 區間大於23 cm，D、G鏡與E、F鏡的夾角區間會越小。

4.我們進一步做實驗在能觀察到鏡像的區域放上黑白方格紙，欲計算反射的面積大小，從表10-9的實驗結果發現13cm~17cm 之間的最大值沒有在相近的夾角呈現，18cm~22cm 之間的最大值幾乎是固定在夾角50°，從平面鏡反射的面積圖表中可以看到明顯的高峰群。

5.因此，我們利用發現原理延伸製作觀察盒，發現能用來做為隱形裝置，分析如下：

表10-10、四面鏡實驗結果分析圖表

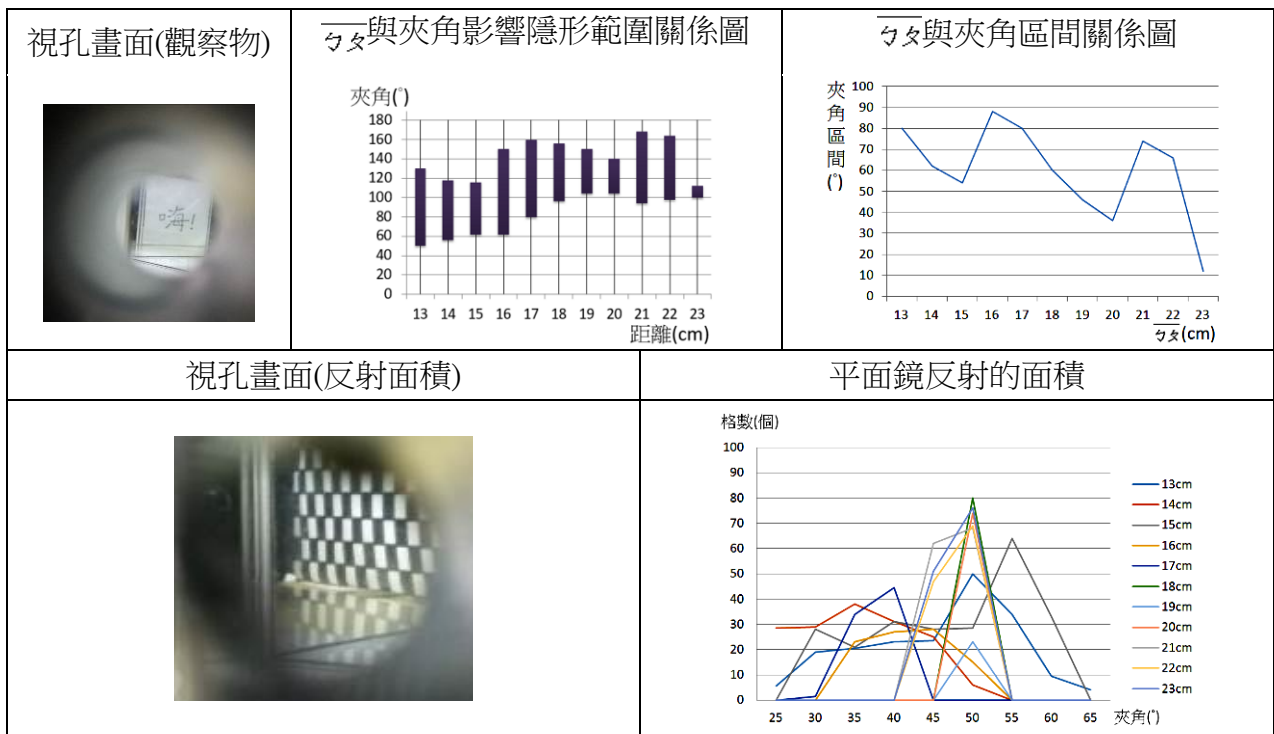
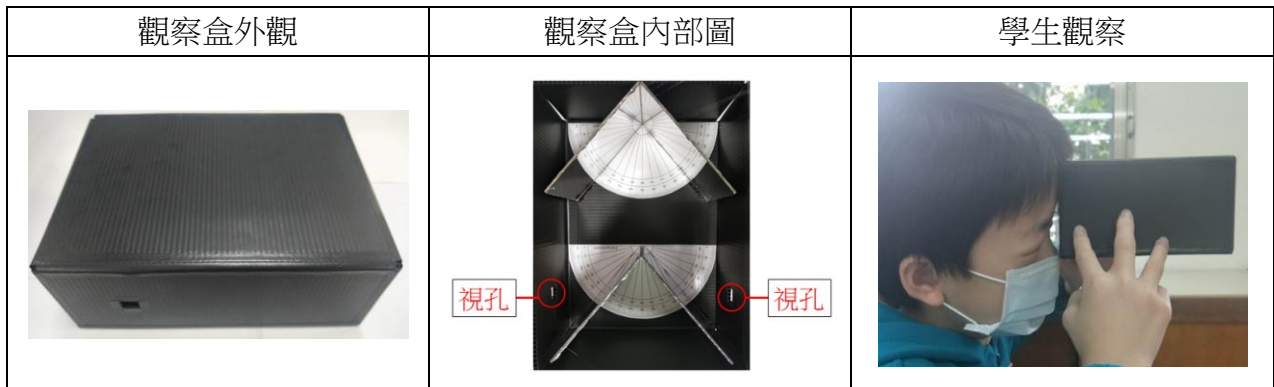


表10-11、四面鏡實驗觀察盒



【實驗十一】探討光柵板產生的隱形現象

方法：

1.市售光柵板的圖形透過紅光照射發現是由半圓形的透明材質製成，因此我們找到透明壓克力條自己製作簡易光柵板，透過三種圖形、三種尺寸的規格來研究。

2.目標物(長8 cm×寬8 cm)，圖形有四種(如表12-1)，每個圖形長、寬為2 cm；光柵板(長8cm×寬5 cm)的規格有9種(如表12-2)，用圓柱體、長方體、三角柱的壓克力透明條製作出簡易光柵板，尺寸分別是：

(1) 圓柱體簡易光柵板 A：有 A-1(直徑0.4cm)、A-2 (直徑0.3cm)、A-3 (直徑0.2cm)。

(2) 長方體簡易光柵板 B：有 B-1(邊長0.4cm)、B-2 (邊長0.3cm)、B-3 (邊長0.2cm)。

(3) 三角柱簡易光柵板 C：有 C-1 (底0.8cm\*高0.4cm/2)、C-2 (底0.5cm\*高0.3cm/2)、C-3 (底0.4cm\*高0.2cm/2)。

表11-1、目標物圖形

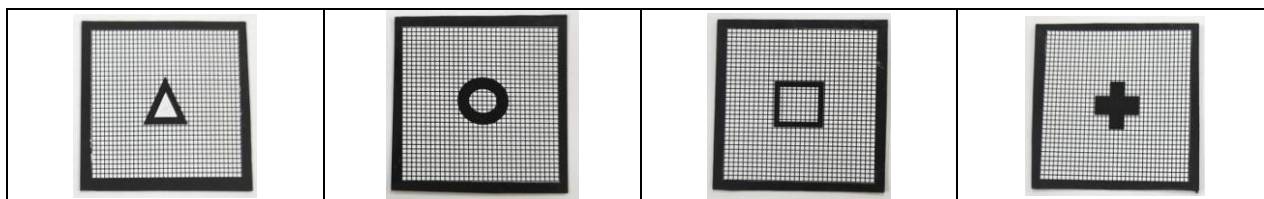


表11-2、自製光柵板樣式

圓形		正方形		三角形	
直徑 0.4cm		邊長 0.4cm		底0.8cm 高0.4cm	
直徑 0.3cm		邊長 0.3cm		底0.5cm 高0.3cm	
直徑 0.2cm		邊長 0.2cm		底0.4cm 高0.2cm	

3.研製隱形裝置二，器材分別有：(1) 各式自製光柵板(共9片)；(2) 目標觀察物(共4片)

(3) 30 cm 透明尺；(4) 觀察箱(35cm×25cm×10cm)。

4.我們由0 cm 開始觀察記錄並比較各式簡易光柵片的實驗結果，操作說明如下：

表11-3、隱形裝置二

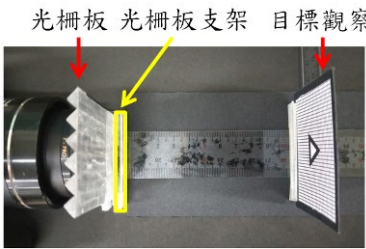
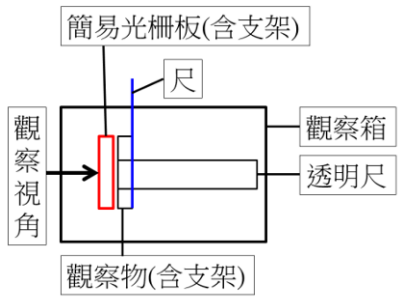
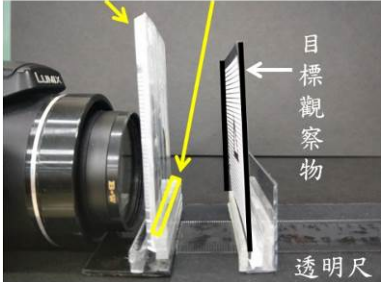
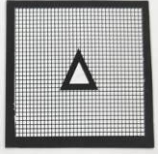

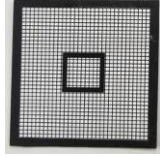
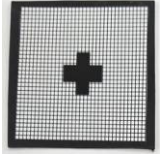


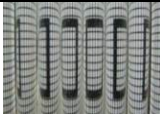


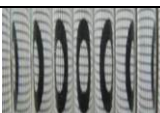
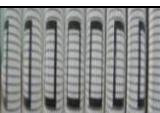
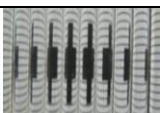


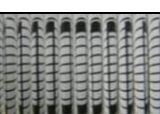

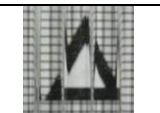

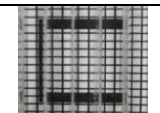
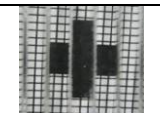
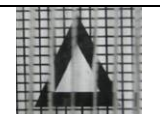


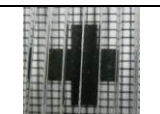
<p>上視圖</p>  <p>光柵板 光柵板支架 目標觀察物</p>	<p>簡易光柵板裝置圖</p>  <p>簡易光柵板(含支架) 尺 觀察箱 透明尺 觀察視角 觀察物(含支架)</p>	<p>側視圖</p>  <p>光柵板 光柵板支架 目標觀察物 透明尺</p>
<p>說明：相機鏡頭貼近光柵板中心點，自製光柵板以直式擺放，分別製作光柵板、觀察物的支架，光柵板支架為支持光柵板立在觀察箱內，觀察物支架加裝透明尺以便移動控制自製光柵板與目標物間的距離，觀察箱底板放置透明尺，以便計算光柵板與觀察物的距離。</p>		

表11-4、實驗結果表

	觀察物形狀				
觀測結果					
光柵片圖型					
A-1					
觀察物與光柵板的距離	9	19	18	11	
A-2					
觀察物與光柵板的距離	7	17	14	9	
A-3					
觀察物與光柵板的距離	5	4.5	7	8	
B-1					
觀察物與光柵板的距離	X	X	X	X	
B-2					



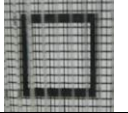
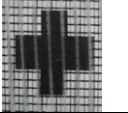




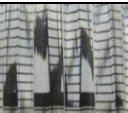



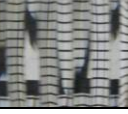


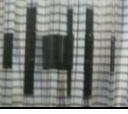
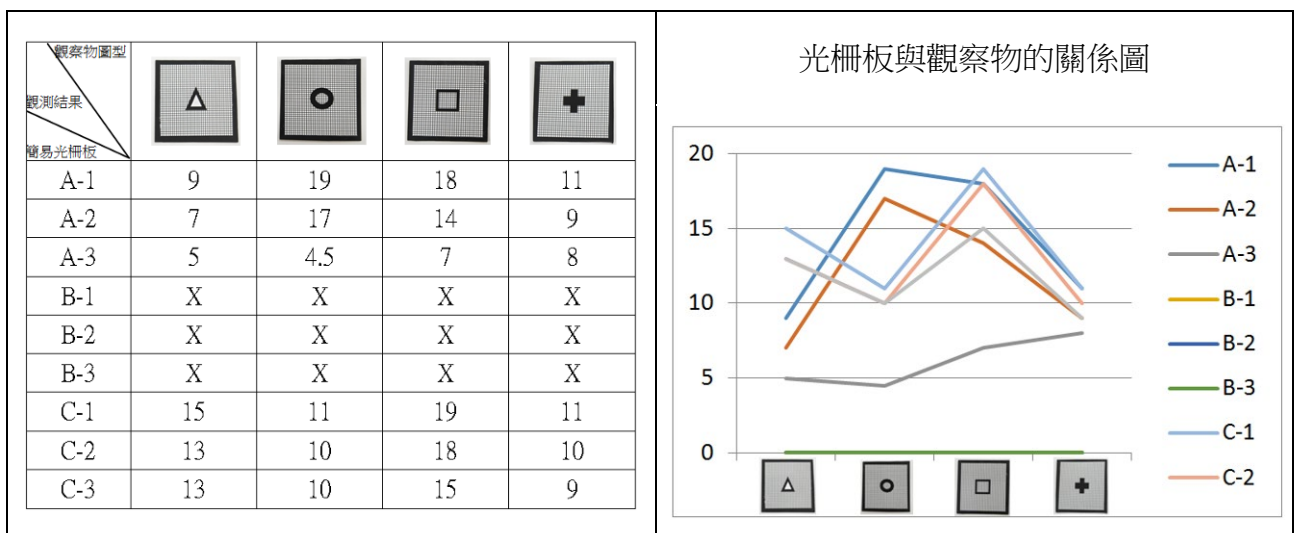
觀察物與光柵板的距離	X	X	X	X
B-3				
觀察物與光柵板的距離	X	X	X	X
C-1				
觀察物與光柵板的距離	15	11	19	11
C-2				
觀察物與光柵板的距離	13	10	18	10
C-3				
觀察物與光柵板的距離	13	10	15	9

表11-5、實驗結果統計圖表



結果：

1.我們發現在觀察簡易光柵板 B 時，因每一條壓克力靠在一起幾乎沒有縫隙可以讓光進行折射，因此透過簡易光柵板 B 觀察，無法看到觀察物在眼前消失。

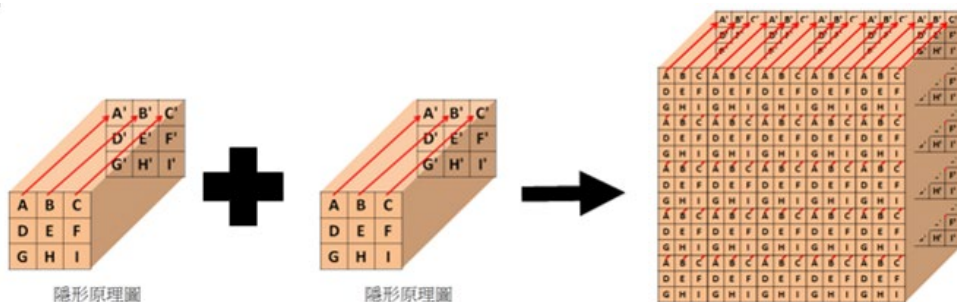
2.我們發現在簡易光柵板 A、C 中，簡易光柵板 A-3及 C-3能在觀察物與光柵板的距離比較小的情況下，可以透過光柵板看到觀察物漸漸消失。

3.我們發現 A-3板能用最短的距離讓肉眼觀察到觀察物隱形，因此可以知道透明條的尺寸越小且間隙越小時，光穿過光柵板折射將觀察物放大的尺寸會越大，因此光柵板與觀察物可以在較短的距離讓觀察物從眼前消失，產生隱性效果。



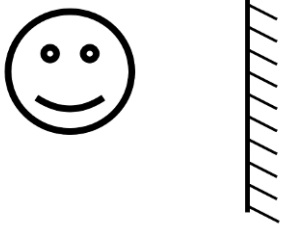
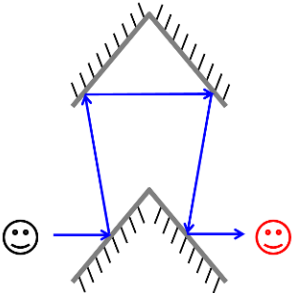

## 伍、討論

- 一、本研究在「鏡像角度觀察器」觀察時，我們發現物體隱形可以透過反射或折射的方式，我們利用這兩種方式，設計出「平面鏡的隱形裝置」、「自製光柵隱形板」。
- 二、「隱形裝置」的原理可能是光線反射的應用，我們分別用三面鏡片及四面鏡片組合成隱形裝置，不過想要看到物品隱形的現象，必須在乾淨無雜物干擾的環境下才能確認觀察的結果是可做為參考數據，經由這項發現所以我們採用黑色紙板及塑膠板來製作，以「平面鏡反射」原理，設計出「隱形裝置箱一」，且延伸做出小型觀察盒，以較小的鏡片做出較輕且具有同樣效果的隱形裝置，這很有趣。
- 三、「隱形裝置」的原理也可能是光線折射的應用，從網路上的影片得知光柵片可以將物體隱形，因此我們找到相似的材料，將透明壓克力條組合做出簡易光柵板，不過要看到這種現象，同樣必須在乾淨無雜物干擾的環境下才能確認觀察的結果是可採用的，因此我們也採用黑色紙板來設計「隱形裝置箱二」，製作過程也很有趣。且我們也有延伸做出小型觀察盒，試著將物品隱形。
- 四、「隱形裝置」要探討的地方很多，每個細節都是重點，所以每一個實驗都是我們很重要的依據；而在製作隱形裝置一時，每次操作實驗都需要細心研究，因為只要稍微移動裝置就會讓鏡片移位，而導致實驗結果受影響，在這一方面可以再做改進和研究。而在製作隱形裝置二時，每次操作實驗都需要專心注視實驗的結果，因為每個人視覺上看到的結果不同，因此將每個人觀察到的數據結果一一討論，統整出一致性的結論，並討論為何會有不同的結果，而這一方面可以再做改進和研究。
- 五、我們期望能將「隱形裝置一」延伸做出的小型觀察盒縮小並且量化，說明：我們如果能將觀察盒縮小成1 cm×1 cm×1 cm，以盒子為一個單位，試拼成九宮格的形式(如右圖)，可以透過 A 看到 A'、從 B 看到 B'、從 C 看到 C' 以次類推從 I 看到 I'，若是能用隱形原理做出隱形裝置。然而若是能將此裝置多量化，並加以組合在一起(如下圖)，再將此裝置縮到更小成為可製成衣服的材質，如此一來也許就能做出真正的隱形斗篷。

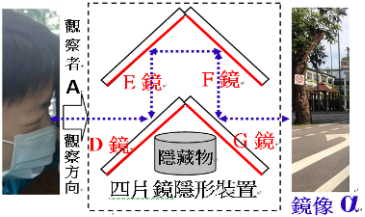
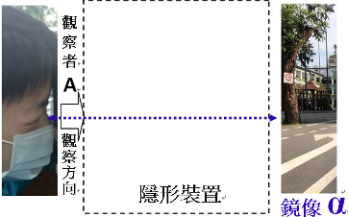
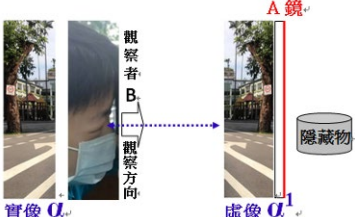


六、我們試著找出更小的鏡片嘗試將「隱型裝置一」其中的四片平面鏡裝置縮小，做出了 9cm×9cm×4.5cm、7cm×7cm×3.5cm、5cm×5cm×2cm，發現越小的裝置可能因視孔配合鏡子的尺寸也縮小，因此透過視孔看到的鏡像看起來較不清楚。我們也嘗試將「隱型裝置二」縮小，製作出6cm×6cm×9cm，發現裝置縮小以肉眼觀察仍可以看到後方的視物逐漸被放大到幾乎看不清為何物。

七、我們認為目前隱形裝置基本上，在技術並不是一種「不能被觀測到」的技術，而是透過降低物體的信號或其他特徵，使其難以被發現、識別、追蹤的原理技術，其中包括了雷達隱形、紅外線隱形、雷射、聲納、其他方法的隱形，各種隱形技巧的隱形原理、方法各有不同；如信號發射源、目標物、信號接收體之間，材料的運用、信號頻率的高低變化之間，都會使隱形的變化產生不一樣效果；而我們的研究即是運用「鏡像雙重反射」產生隱形的效果，增加隱形原理與技術在運用上的多種變化。

		
<p>從平面鏡只能看到自己的鏡像</p>	<p>透過我們設計的隱形裝置可以看到對面的物品</p>	<p>從平面鏡只能看到自己的鏡像</p>

八、我們進一步分析本研究在有無隱形裝置匿蹤上的特徵，如下：

圖1：有隱型裝置		圖2：無隱型裝置	
<p>觀察者 A 透過隱型裝置觀察到實像 <math>\alpha</math> 示意圖</p>	<p>觀察者 A 觀察到實像 <math>\alpha</math> 猶如隱型裝置不存在示意圖</p>	<p>觀察者 A 透過 A 平面鏡觀察到虛像 <math>\alpha^1</math> 示意圖</p>	
			
<p>圖1、圖2方式都可以讓物體隱藏起來，但匿蹤情形及原理不同，分析如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>圖1隱藏物位置在隱形裝置中，因「鏡像反射匿蹤」無法發現；圖2隱藏物在平面鏡後面，因「平面鏡阻隔」無法發現。</li> <li>圖1觀察者 A 利用隱型裝置觀察到鏡像 <math>\alpha</math>；圖2因單片平面鏡反射觀察與實像「左右相反」鏡像 <math>\alpha^1</math>。</li> </ol>			

## 陸、結論

一、隱形斗篷的原理與光的反射、折射有關。

首先我們探討「隱形」是什麼樣的概念或狀態，在收集資料的過程中，知道光線照射在物體上，再反射到我們的眼睛裡，那麼我們只要嘗試讓光線不要在物體上產生反射，也許就能讓物體隱形。所以我們先蒐集各式鏡片欲研究不同鏡片與光之間的關係是如何。

二、不同材質、形狀、大小、組合的平面鏡、玻璃片、凹透鏡、凸透鏡、三稜鏡、光柵片對隱形的效果會有影響。

(一) 在【實驗四】中，我們發現平面鏡的鏡片大小，會影響光反射的次數。鏡片如果越小，反射範圍越小，能觀察到的反射線就會比較少且可能因反射線之間距離近而不易觀察。且無論鏡片大小如何，夾角越小，反射次數越多；夾角越大，反射次數越少。

(二) 在【實驗五】及【實驗六】中，我們嘗試其他鏡片，發現玻璃片不具有反射效果；凸透鏡、凹透鏡會讓光束折射；光束從不同的角度照射三稜鏡，會有不同的折射線，還看到光線散射的現象。我們嘗試用水平光束分別照射凹透鏡、凸透鏡，結果凹透鏡產生射線發散，凸透鏡產生射線聚焦。而且從三個不同角度照射三稜鏡，會看到發散的折射線。

(三) 上網查詢資料時發現雙面圖卡似乎可以和隱形產生連結，因此我們在【實驗七】中，將光束照射在雙面圖卡上，發現雙面圖卡表面有紋路，而這凹凸不平的紋路是圓弧狀的透明材料，有類似凸透鏡的作用，推測雙面圖卡的表面應該是由許多非常細小的凸透鏡組成，光束照射在雙面圖卡時會影響光束的行進路線，所以可以看到不同的圖案，有不同的隱形效果。

三、不同角度及夾角的鏡片，影響產生鏡像隱形效果。

我們先研究色光不同是否會影響隱形效果，結果是不同色光照射下反射出的梯形面積都是相同的，所以顏色不影響鏡片的反射面積。從兩片平面鏡觀察物體反射的個數，我們發現角度越小，兩面鏡片能反射的鏡像數量越多；反之，角度越大，兩面鏡片能反射的鏡像數量越少，這種現象影響隱形效果。

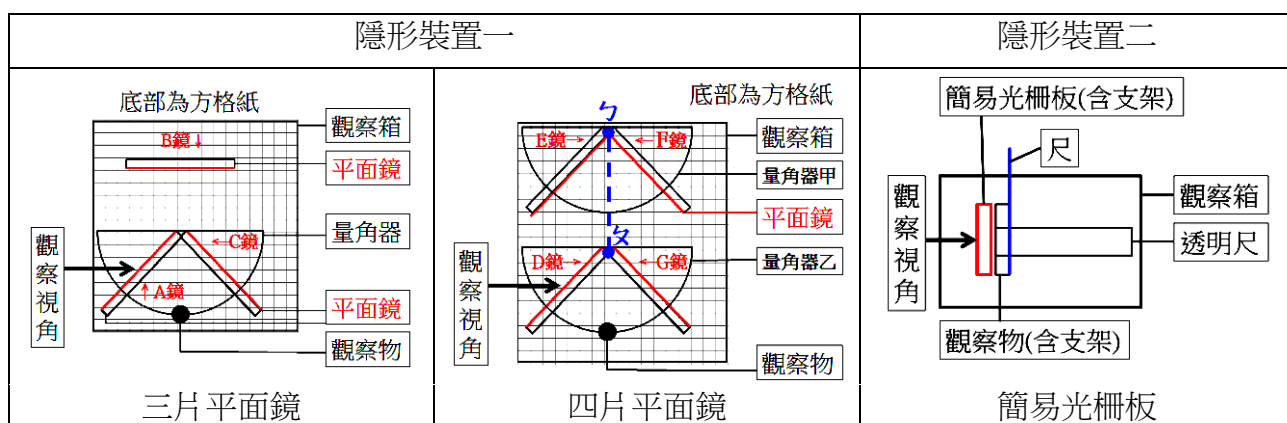
四、我們能自製隱形裝置在生活上加以應用。

(一) 在【實驗十】的方法一中，在隱形裝置一中，我們利用的是光的反射原理。先用三片鏡片來進行實驗，從鏡子之間的距離以及夾角作為變因分別進行研究，結果發現固定夾角為

100°且 A、C 鏡和 B 鏡間的距離為5 cm，能從 A 鏡看到觀察物左右相反的鏡像。因為這項實驗得出左右相反的鏡像，所以我們覺得若是再加入一片鏡片，多反射一次就可以讓鏡像不會呈現左右相反的鏡像，我們以這種原理做出各式隱形裝置。

(二) 因此在【實驗十】的方法二中，我們利用相同的暗箱來進行實驗，發現結果正如我們所想不會左右相反，我們便更進一步研究鏡片可以反射的面積在不同距離及夾角的條件下，是否能得出一致性的結果，最後得到結論13cm~17cm 之間的最大值沒有固定在相同的夾角，但18cm~22cm 之間的最大值幾乎是固定在夾角50°，從平面鏡反射的面積圖表中可以看到明顯的高峰群。因此，我們利用此論點延伸製作觀察盒，發現能用來做為隱形裝置。

(三) 在【實驗十一】中，我們研製出隱形裝置二，利用的是光的折射原理。我們發現在觀察簡易光柵板 B(底面積為方形)時，因每一條壓克力靠在一起幾乎沒有縫隙可以讓光進行折射，因此無法看到觀察物在眼前消失。但在簡易光柵板 A(底面積為圓形)、C(底面積為三角形)中，簡易光柵板 A-3及 C-3(二者皆為最小規格)能在觀察物與光柵板的距離比較小的情況下，可以透過光柵板看到觀察物漸漸消失。其中簡易光柵板 A-3板能用最短的距離(5cm)讓觀察物隱形，簡易光柵板 A-3的形狀與凸透鏡最相似，可以物體放大。因此可以知道透明條的尺寸越小且間隙越小時，光穿過光柵板折射將觀察物放大的尺寸會越大，那麼光柵板與觀察物可以在較短的距離讓觀察物從眼前消失。





## 柒、參考資料

1.隱形能力（2020）。隱形能力。【on line】取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9A%B1%E5%BD%A2%E8%83%BD%E5%8A%9B.2020/08/1>。

2.維基百科 光的反射定律 【on line】取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E7%9A%84%E5%8F%8D%E5%B0%84%E5%AE%9A%E5%BE%8B>。

3.維基百科 反射(物理學) 【on line】取自：

[https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%8D%E5%B0%84\\_\(%E7%89%A9%E7%90%86%E5%AD%A6\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%8D%E5%B0%84_(%E7%89%A9%E7%90%86%E5%AD%A6))

4.反射 〈Reflection〉【on line】取自：<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=19786>。

5.維基百科 折射【on line】取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8A%98%E5%B0%84>。

6.維基百科 透鏡【on line】取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%80%8F%E9%95%9C>

## 【評語】 080115

本作品利用多面平面鏡反射，類似於雙潛望鏡並聯，光線可以繞過兩組潛望鏡之間的物體，因此仍能看到物體後的影像，此現象侷限在有限的觀察角度範圍內，嚴格說不是真正的隱形。大部分篇幅仍集中在一般性的反射現象說明。

## 作品簡報

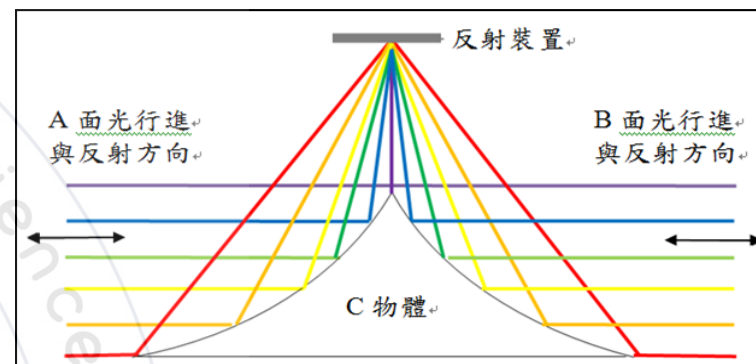
# 哈利波特的隱形斗篷 -鏡像匿蹤的隱形探討

國小組

物理科

# 摘要

我們從小說及電影中認識隱形斗篷，並對於隱形斗篷的存在感到驚奇。因此想探討它隱形的原理，並嘗試自製簡易的隱形裝置。我們初步以 (1) 文獻探討法 (2) 調查法 (3) 實驗法 (控制面鏡及透鏡之不同種類、大小、位置、光束射入的角度等變因) (4) 暗箱法進行研究，探討隱形原理，達到研究目的，擴展研究成果，讓更多人喜歡研究科學。



隱形裝置原理  
(由A面可以看見B面物體但看不見C物體)

## 研究架構

確定目的  
及問題

先導  
實驗

提出  
問題

實驗  
操作

驗證  
假設

蒐集  
資料

提出  
假設

設計  
實驗

分析  
結果

研究動機

研究目的及問題

研究方法與過程

討論

結論

我們經由文獻探究了解如果想要人們看不見穿隱身衣的人，就必須阻止光在一個物體表面發生反射、折射，使人無法看到這個物體。如果可以把斗篷裡面的反射、折射率與斗篷外面的反射、折射率加以調整，光線就會因此無法在斗篷表面發生反射、折射，繞過或呈現斗篷後方影像。如此一來，斗篷覆蓋下的任何物體都能輕而易舉地躲避人們的視線。

研究動機

研究目的及問題

研究方法與過程

討論

結論

探討隱形斗篷的原理與光的關係。

探討光束在平面鏡、玻璃片、凸凹透鏡、三稜鏡、光柵片中的變化及對隱形的影響。

探討不同角度及夾角之鏡像，產生隱形效果及其變化。

設計隱形裝置與研究在生活上的應用可能性。





研究動機

研究目的及問題

研究方法與過程

討論

結論



蒐集並探討文獻比較分析 (文獻探討法) ↑

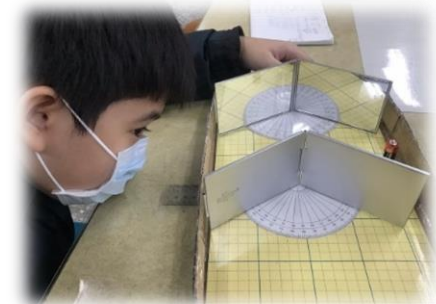
文獻  
探討法



蒐集各式鏡片(調查法) ↑



物像大小實驗法 ↑



鏡像反射實驗法 ↑



光線反射實驗法 ↑

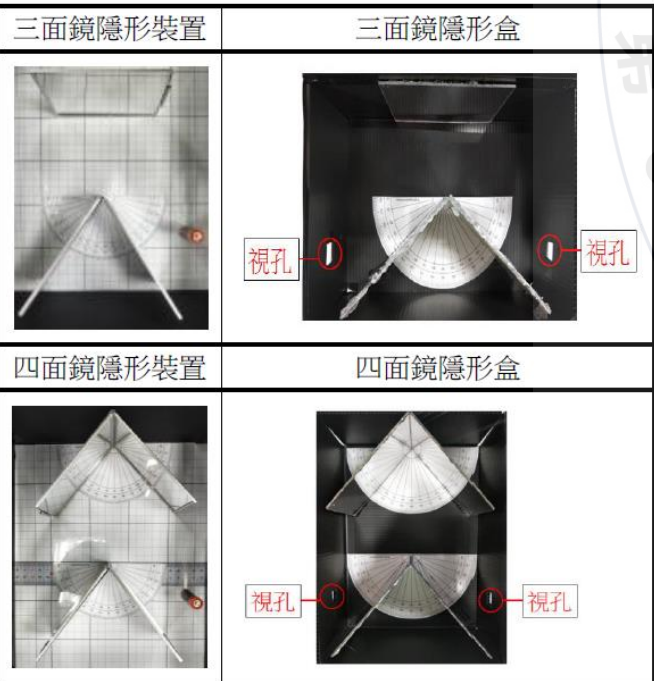
暗箱法

研究  
方法

調查法

實驗法

← 自製暗箱  
進行面鏡反  
射觀察操作



# 研究過程：

## (一) 探討隱形斗篷的原理與光的關係

實驗一、驗證光的反射定律

實驗結果：入射角=反射角



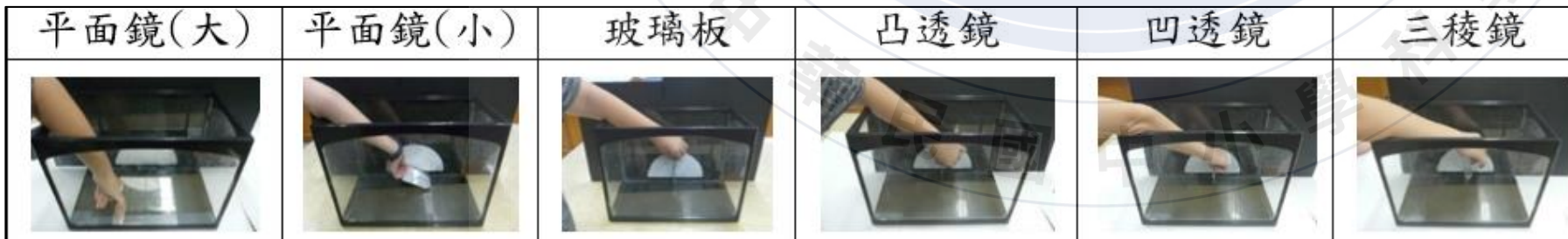
驗證光的反射定律

實驗二、分析光束在各式鏡片中的行進方向  
(平面鏡、玻璃片、凸凹透鏡、三稜鏡)

實驗過程：

實驗結果：

平面鏡	會反射
玻璃片	不會反射、折射
凸凹透鏡、三稜鏡	會折射





# 研究過程：

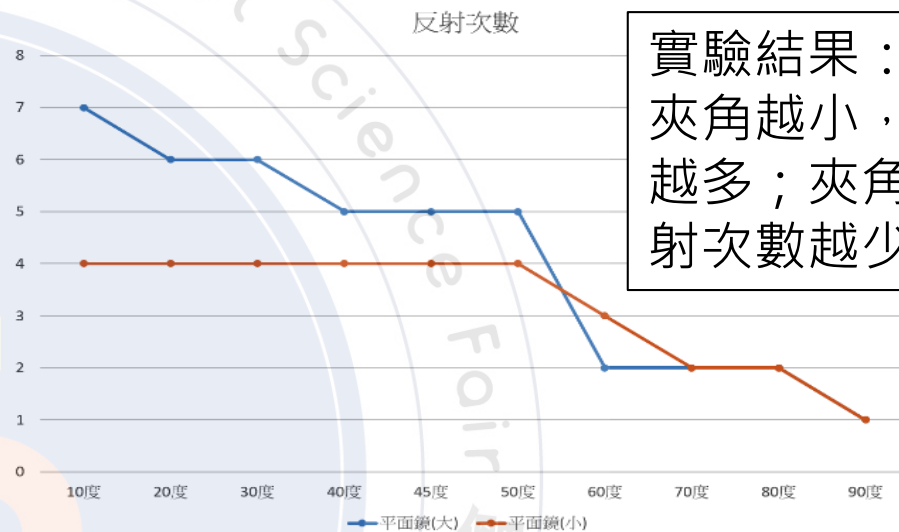
## (二) 探討光束在平面鏡、玻璃片、凸凹透鏡、三稜鏡、光柵片中的變化及對隱形的影響

實驗三、探討鏡面的大小與反射線之間的關聯

實驗四、以角度法探討不同透鏡的折射路徑

實驗五、探討不同透鏡的折射路徑

實驗六、探討光束在雙面圖卡中的現象



實驗結果：  
夾角越小，反射次數越多；夾角越大，反射次數越少。

表3、鏡面大小與反射次數關係圖

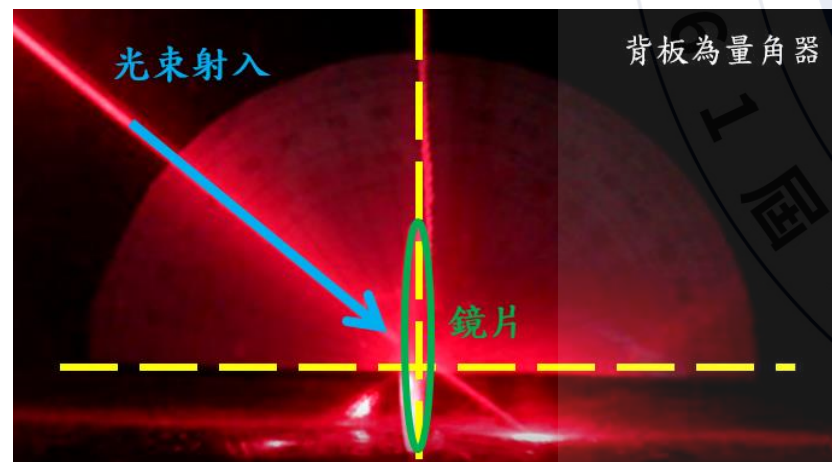


表4、各式鏡片與反射路徑的裝置圖

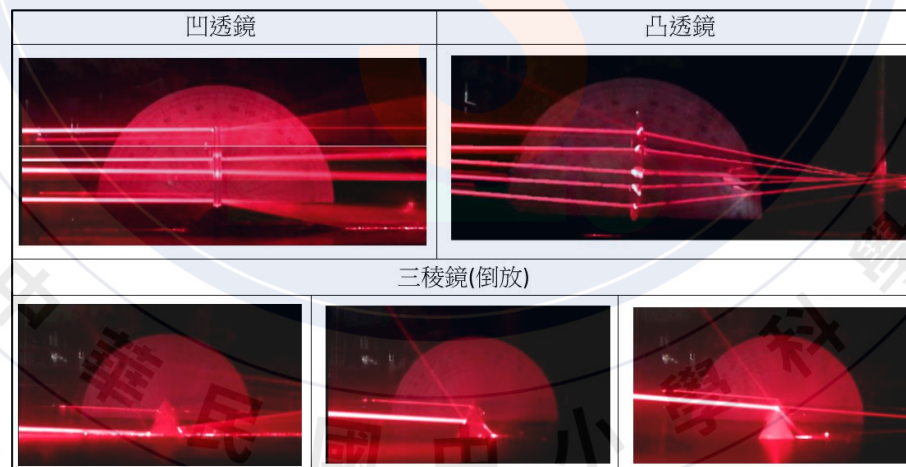


表5、凹凸透鏡、三稜鏡與反射路徑圖

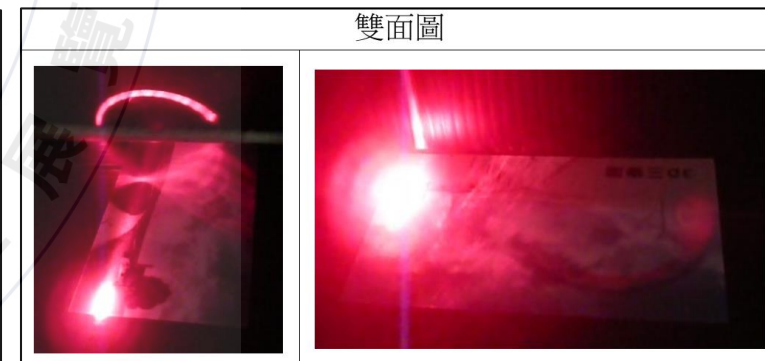
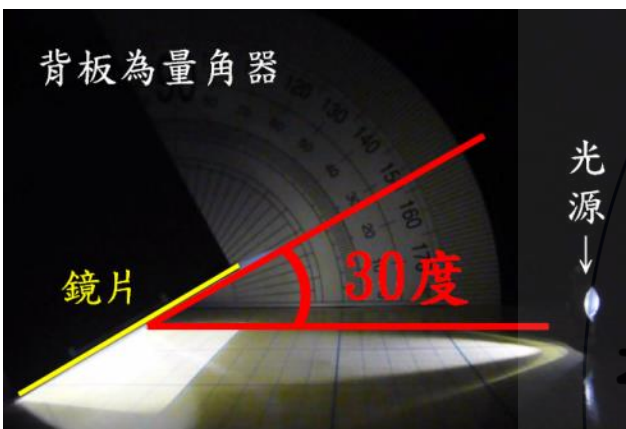


表6、光束照射雙面圖的結果

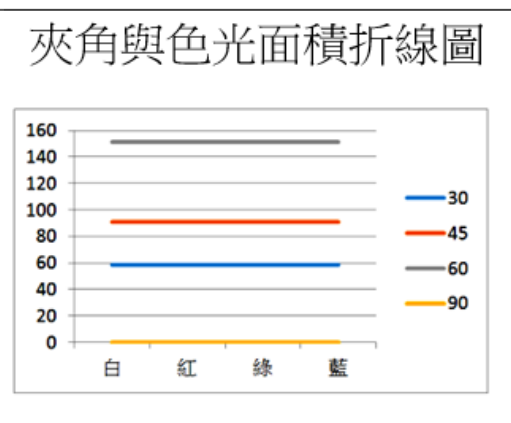
# 研究過程：

## (三) 探討不同角度及夾角之鏡像，產生隱形效果及其變化

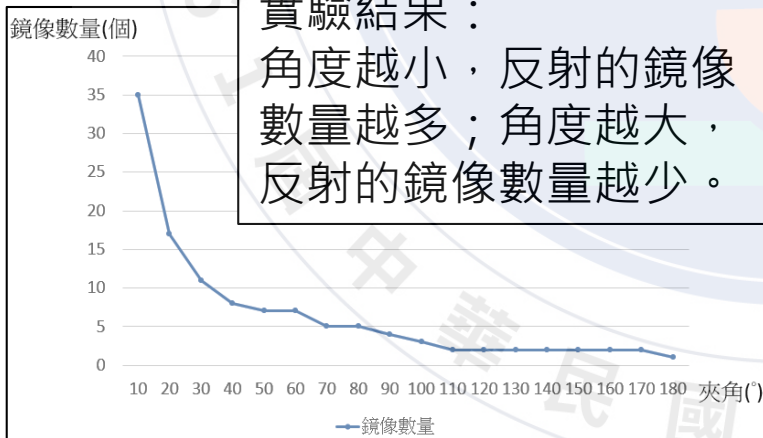
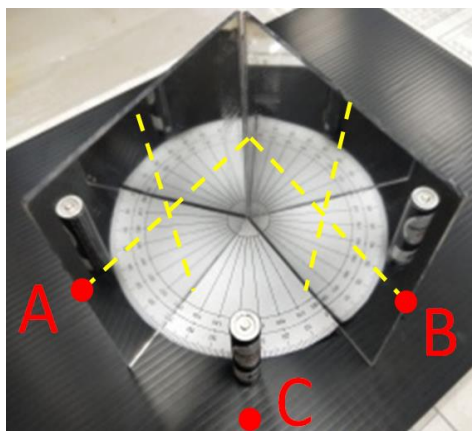
### 實驗七、不同夾角對平面鏡反射鏡像的面積觀察



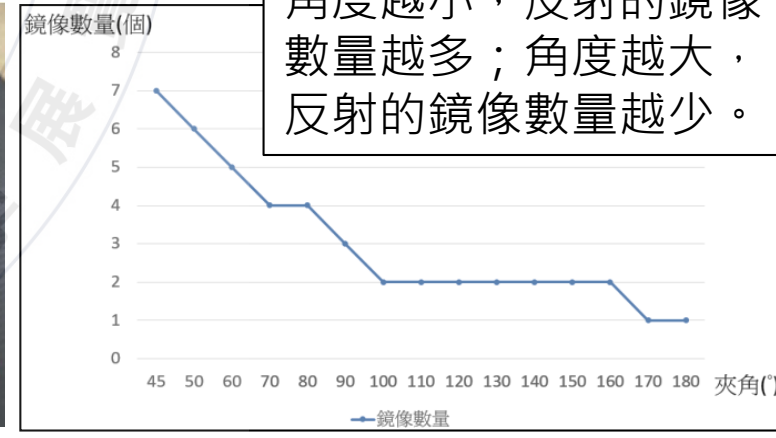
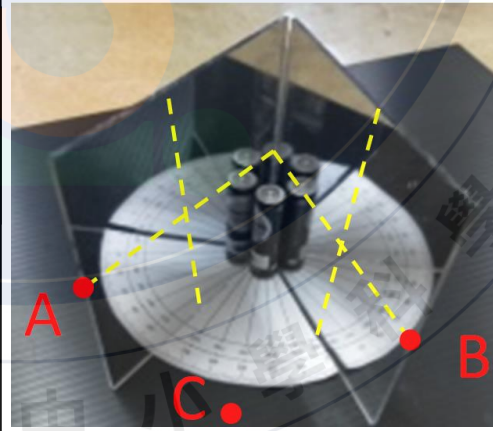
夾角(°)	30	45	60	90
面積 (cm <sup>2</sup> )	 58.75	 91	 151.25	無面積 (因反射到無限遠的距離，無法計算面積。)



### 實驗八、鏡像數量、夾角與隱形的關係



實驗結果：  
角度越小，反射的鏡像數量越多；角度越大，反射的鏡像數量越少。



實驗結果：  
角度越小，反射的鏡像數量越多；角度越大，反射的鏡像數量越少。

方法一  
(觀察物在量角器外圍)

鏡像數量與夾角關係圖

方法二  
(觀察物在量角器中心)

鏡像數量與夾角關係圖

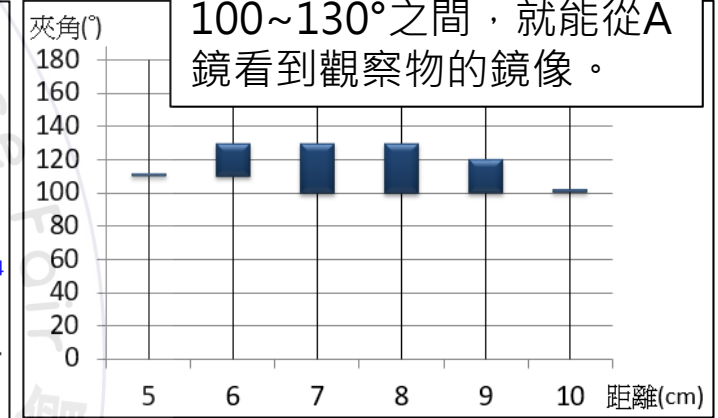


# 研究過程：

## (四) 設計隱形裝置與研究在生活上的應用可能性

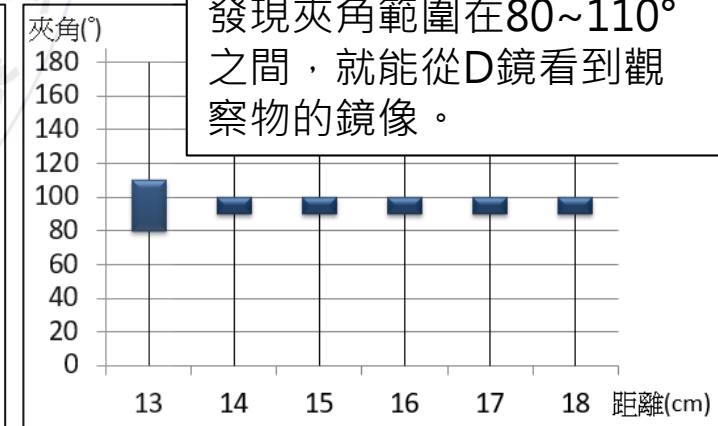
### 暗箱法 → 設計隱形裝置一

實驗結果：  
A、C鏡的夾角範圍在  
100~130°之間，就能從A  
鏡看到觀察物的鏡像。



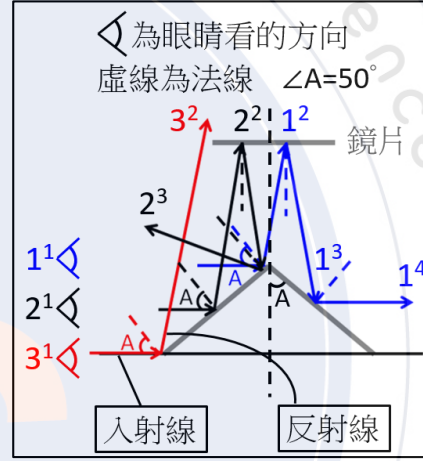
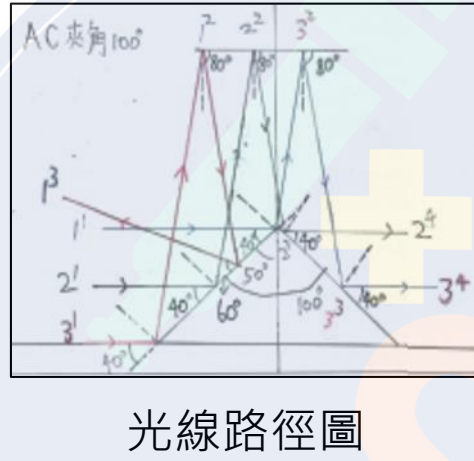
A、C和B鏡間距離與夾角關係

實驗結果：  
發現夾角範圍在80~110°  
之間，就能從D鏡看到觀  
察物的鏡像。

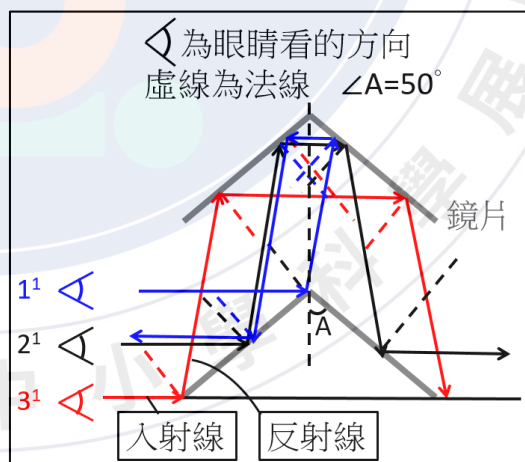
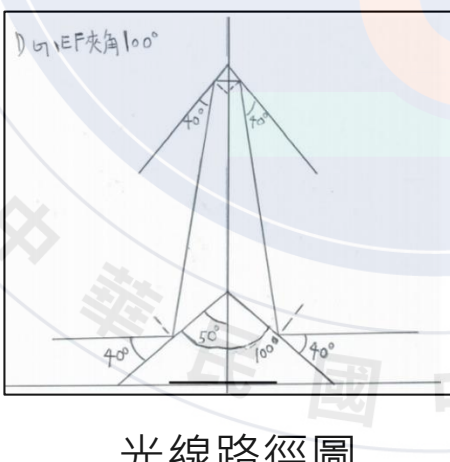


D、E/F與夾角區間關係

<p>一代裝置</p> <p>底部為方格紙</p>	<p>觀察結果</p>
---------------------------	-------------



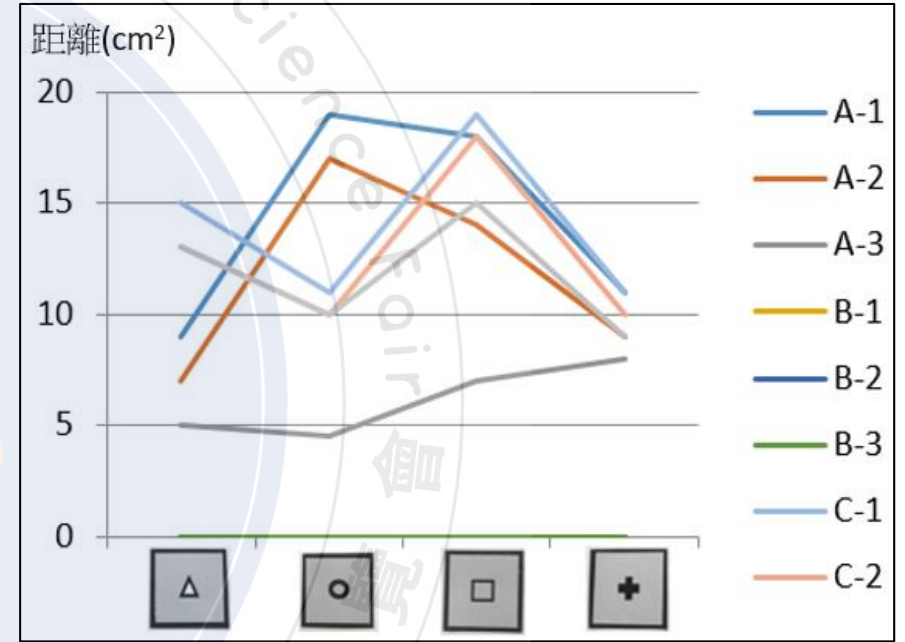
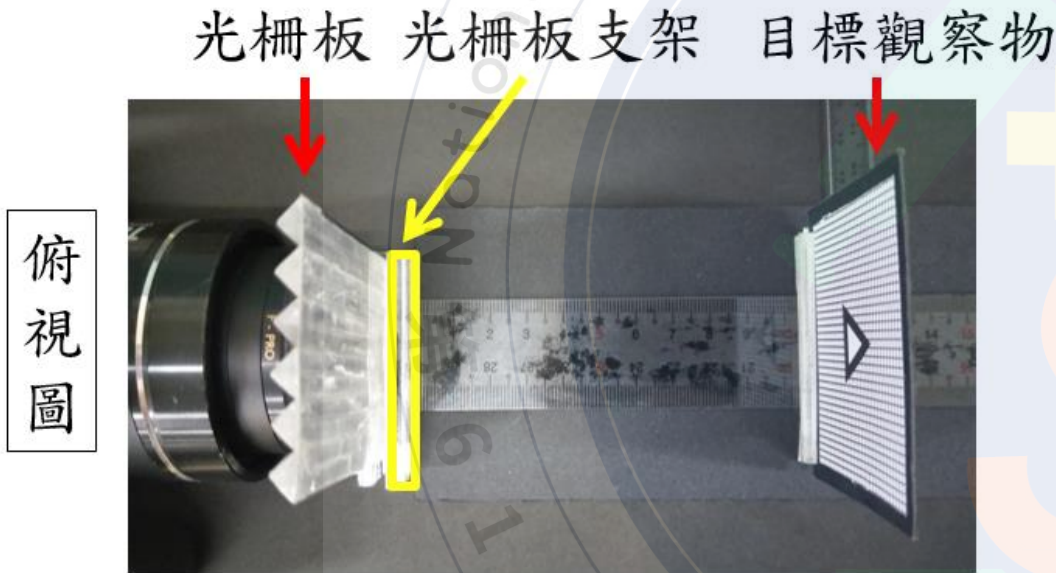
<p>二代裝置</p> <p>底部為方格紙</p>	<p>觀察結果</p>
---------------------------	-------------



# 研究過程：

## (四) 設計隱形裝置與研究在生活上的應用可能性

### 暗箱法 → 設計隱形裝置二



光柵板與觀察物的關係圖

利用不同形狀的透明膠條做成光柵板 →

圓形		正方形		三角形	
直徑 0.4cm		邊長 0.4cm		底 0.8cm、高 0.4cm	
直徑 0.3cm		邊長 0.3cm		底 0.5cm、高 0.3cm	
直徑 0.2cm		邊長 0.2cm		底 0.4cm、高 0.2cm	



研究動機

研究目的及問題

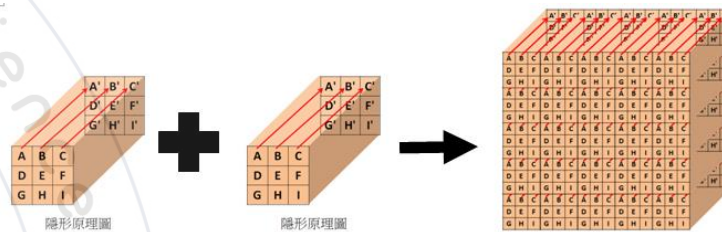
研究方法與過程

討論

結論

我們發現物體隱形可以透過反射或折射的方式，我們利用這兩種方式，設計出「平面鏡的隱形裝置」、「自製光柵隱形板」。

我們的研究即是運用「鏡像多重反射」產生隱形的效果，增加隱形原理與技術在運用上的多種變化。



隱形裝置一製成小型觀察盒，若將觀察盒縮小成1 cm×1 cm×1 cm，以盒子為一個單位量化，組合成九宮格。(如上圖)

從平面鏡只能看到自己的鏡像	透過我們設計的隱形裝置可以看到對面的物品	從平面鏡只能看到自己的鏡像

鏡像多重反射原理

圖1：有隱形裝置		圖2：無隱形裝置	
觀察者 A 透過隱形裝置觀察到實像 α 示意圖	觀察者 A 觀察到實像 α 猶如隱形裝置不存在示意圖	觀察者 A 透過 A 平面鏡觀察到虛像 α <sup>1</sup> 示意圖	



## 研究動機

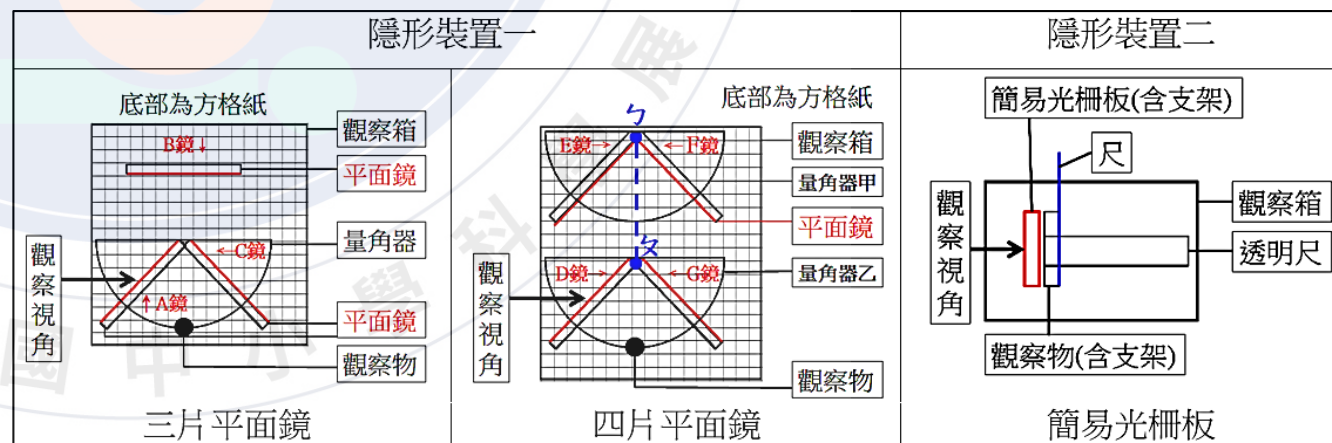
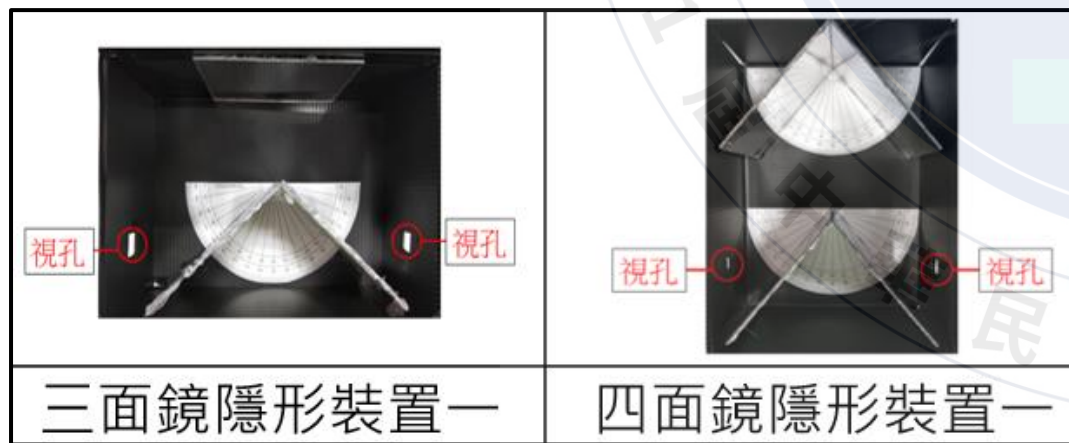
## 研究目的及問題

## 研究方法與過程

## 討論

## 結論

1. 我們發現角度越小，兩面鏡片能反射的鏡像數量越多；反之，角度越大，兩面鏡片能反射的鏡像數量越少，這種現象影響隱形效果。
2. 我們利用光的反射原理。在隱形裝置一中，先用三片鏡片來進行實驗，結果從A鏡看到觀察物左右相反的鏡像。我們決定再加入一片鏡片做成四片平面鏡的隱形裝置，多反射一次就可以讓鏡像不會呈現左右相反的鏡像，達到研究目的。
3. 我們發現簡易光柵板A-3板能用最短的距離(5cm)讓觀察物隱形，因此可以知道透明條的尺寸越小且間係越小時，光穿過光柵板折射將觀察物放大的尺寸會越大，那麼光柵板與觀察物可以在較短的距離讓觀察物從眼前消失，亦可達到研究目的。



## 參考資料

- 隱形能力（2020）。隱形能力。【on line】取自：  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9A%B1%E5%BD%A2%E8%83%BD%E5%8A%9B.2020/08/1>.
- 反射〈Reflection〉【on line】取自：  
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=19786>。
- 維基百科 光的反射定律【on line】取自：  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E7%9A%84%E5%8F%8D%E5%B0%84%E5%AE%9A%E5%BE%8B>。