

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 物理科

佳作

080106

亮不亮沒關係

—解開「重度近視」與「夜視」之謎

學校名稱：高雄市三民區十全國民小學

作者：	指導老師：
小六 謝尹真	呂明吉
小六 許庭嘉	黎懿瑩
小六 陳旻琪	
小六 梁庭誠	
小六 洪嘉宏	
小六 葉軒辰	

關鍵詞：重度近視、夜視、凸透鏡

亮不亮沒關係—解開「重度近視」與「夜視」之謎

摘要

媒體有超重度近視者變成夜視人的報導，我們感到新奇與不可置信，使用凸透鏡模擬近視、並用相機進行測量研究，以解開「夜視」之謎。

首先我們測量各凸透鏡的焦距，找出度數與焦距的關係。並得知相機光圈口徑越大，單位時間進光量越大，則快門時間越短，其次在「字」與背景的各顏色中，發現以白底黑「字」的亮度最大，便以此「字」卡進行以下實驗。

接著發現，凸透鏡的度數愈大，則「字」與透鏡的距離愈短，愈能看清楚字。「字」與透鏡的距離愈短，則亮度會愈大，愈能看清楚字。此外，凸透鏡的度數愈大，則看到的「字」會愈大，愈能看清楚字。

最後我們用眼睛實際來觀測，結果發現，利用度數較大的凸透鏡，真的可以在較少亮光下，清楚地看見「字」。

壹、研究動機

電視節目報導大陸有位近視超過 3000°的人，在夜晚沒有星星、月光的情況下，居然可以讀出報紙裡的每一行字。後來，陸續又發現幾位同樣也是高度近視者，他們也能在黑暗中看見常人無法看見的物體。我們對於這事件感到神奇與不可置信，難道高度近視竟能產生「夜視」的特異功能？

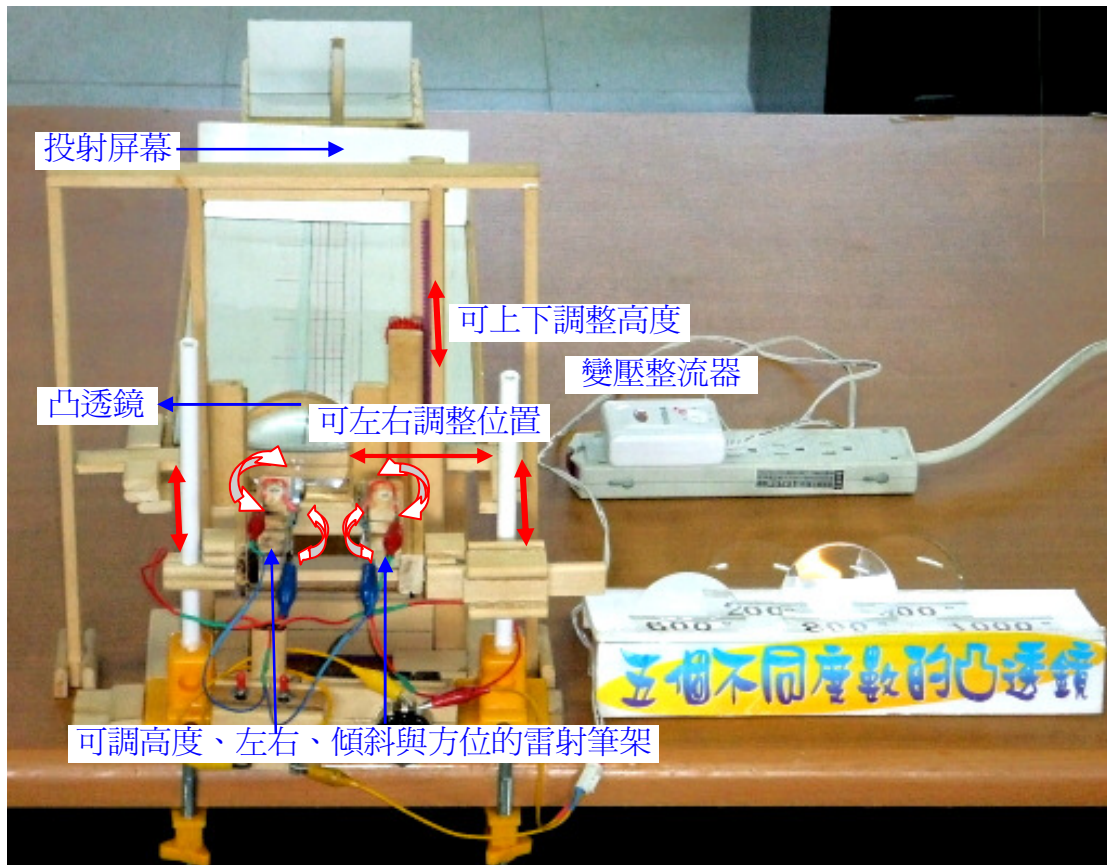
剛好我們六下南一版銜接教材第二單元「戴眼鏡為什麼可以矯正視力」有講到相關的知識，於是我們幾個有興趣的同學就去找老師一起做實驗，想利用凸透鏡來模擬近視，並利用相機的快門時間和光圈大小來探討找出夜視能力的真正原因。

貳、研究目的

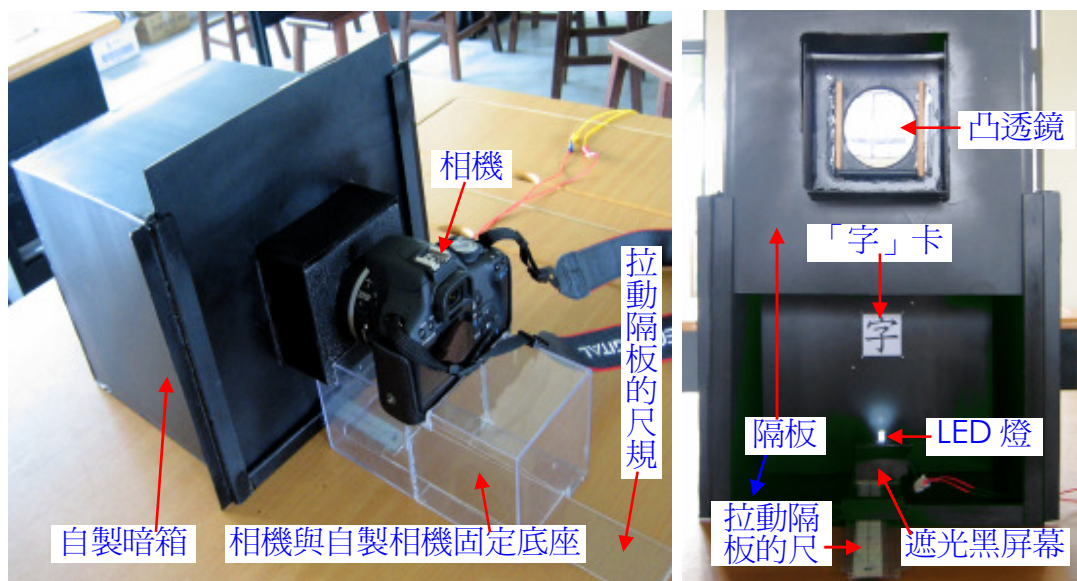
- 一、探討凸透鏡焦距與度數之間的關係
- 二、探討相機光圈與快門之間的關係
- 三、利用相機和不同度數的凸透鏡，來探討「字」與背景的顏色對亮度的影響關係
- 四、利用相機和不同度數的凸透鏡，來探討「字」的大小和亮度的關係
- 五、利用相機和不同度數的凸透鏡，來探討「字」與透鏡的距離和亮度的關係
- 六、利用相機和不同較高度數的凸透鏡組，來探討其度數和亮度的關係
- 七、驗證較高度數的凸透鏡，在低亮度下仍可以清楚看見「字」

參、研究設備與器材

自製測量透鏡焦距儀(含可調整高低、左右、傾斜與方位的雷射筆架與透鏡座，如圖一)、200、400、600、800 與 1000 度的凸透鏡、相機、LED 燈、各式不同大小與顏色的「字」卡、用來測量光圈與快門的自製暗箱(如圖二)、變壓整流器、可變電阻、三用電錶



圖一 自製測量透鏡焦距儀



圖二 用來觀測光圈與快門的儀器裝置圖

肆、研究問題、過程與方法

研究問題一：凸透鏡焦距與度數之間的關係如何？

實驗一、

過程與方法：

- (一) 將 200°的凸透鏡裝置在自製測量焦距的支架上
- (二) 分別調整兩支雷射筆，使其產生相距 0.6、1、1.5、2 和 2.5cm 的平行光，並先進行測量前的歸零校正，然後再利用投射屏幕來測量透鏡的焦距
- (三) 重複上述步驟(二)，測量五次
- (四) 依序換成 400°、600°、800°和 1000°的凸透鏡，重複上述步驟(一)~(三)做實驗

研究問題二：相機的光圈與快門之間的關係如何？

實驗二、

過程與方法：

- (一) 自製一暗箱，將 200°的凸透鏡裝置在自製暗箱上
- (二) 在暗箱隔板中央貼上邊長 3cm 的「字」卡，然後調整隔板與透鏡的距離為 30cm
- (三) 打開暗箱裡的 LED 燈，改變相機的光圈 f 值，調整相機焦距來測量此時所對應的快門時間
- (四) 依序將凸透鏡換成 400°、600°、800°和 1000°，重複上述步驟(二)~(三)做實驗

研究問題三：「字」與背景的顏色是否會影響亮度？

實驗三

過程與方法：

- (一) 將 200°的凸透鏡裝置在自製暗箱上
- (二) 依序在暗箱隔板中央貼上邊長 3cm 的白底黑「字」、黑底白、紅、黃和藍「字」、紅、黃和藍底黑「字」、紅底綠「字」、黃底紫「字」和藍底橙「字」的「字」卡(如下圖三)，然後調整隔板與透鏡的距離為 30cm
- (三) 打開暗箱裡的 LED 燈，將相機光圈 f 值固定為 5.0，調整相機焦距來測量此時所對應的快門時間
- (四) 依序將凸透鏡換成 400°、600°、800°和 1000°，重複上述步驟(二)~(三)做實驗



圖三 各種不同顏色的「字」與背景

研究問題四：「字」的大小會不會影響亮度？

實驗四、

過程與方法：

- (一) 將 200°的凸透鏡裝置在自製暗箱上
- (二) 分別在暗箱隔板中央貼上邊長 5、4、3、2 和 1cm 的白底黑「字」，然後調整隔板與透鏡的距離為 30cm

- (三) 打開暗箱裡的 LED 燈，將相機光圈 f 值固定為 5.0，調整相機焦距來測量此時所對應的快門時間
- (四) 依序將凸透鏡換成 400° 、 600° 、 800° 和 1000° ，重複上述步驟(二)~(三)做實驗

研究問題五：「字」與透鏡的距離會不會影響亮度？

實驗五、

過程與方法：

- (一) 在暗箱隔板中央貼上邊長 3cm 的白底黑「字」，並將 200° 的凸透鏡裝置在自製暗箱上
- (二) 分別調整隔板與透鏡的距離為 30、25、20、15、10 和 5cm
- (三) 打開暗箱裡的 LED 燈，將相機光圈 f 值固定為 5.0，調整相機焦距來測量此時所對應的快門時間
- (四) 依序將凸透鏡換成 400° 、 600° 、 800° 和 1000° ，重複上述步驟(二)~(三)做實驗

研究問題六：不同較高倍數的凸透鏡組，其度數和亮度的關係如何？

實驗六之一、測量不同較高倍數凸透鏡組的度數

過程與方法：

- (一) 將 1000° 凸透鏡分別與 400° 、 600° 和 800° 的凸透鏡，組合成 A、B、C 透鏡組
- (二) 將透鏡組 A 裝置在自製測量焦距的支架上
- (三) 分別調整兩支雷射筆，使其產生相距 1.5 和 2cm 的平行光，並先進行測量前的歸零校正，然後再利用投射屏幕來測量透鏡的焦距
- (四) 重複上述步驟(三)，測量五次
- (五) 利用焦距與度數的關係，來推算出各透鏡組的度數
- (六) 將透鏡組 A 依序換成透鏡組 B 和 C，重複上述步驟(二)~(五)做實驗

實驗六之二、比較不同透鏡組，其度數和亮度之間的關係與成像情形如何？

過程與方法：

- (一) 在暗箱隔板中央貼上邊長 1cm 的白底黑「字」，並將 200° 凸透鏡裝置在自製暗箱上
- (二) 調整隔板與透鏡的距離為 5cm
- (三) 打開暗箱裡的 LED 燈，將相機光圈 f 值固定為 5.0，調整相機焦距來測量此時所對應的快門時間
- (四) 將 200° 凸透鏡依序換成 1000° 凸透鏡、透鏡組 A、B 和 C，重複上述步驟(二)~(三)做實驗

研究問題七、高度數的凸透鏡在低亮度下，可以看見「字」嗎？

實驗七之一、實際用眼睛觀測

過程與方法：

- (一) 在暗箱隔板中央貼上邊長 1cm 的白底黑「字」，並將 200° 凸透鏡裝置在自製暗箱上
- (二) 打開暗箱裡的 LED 燈，利用眼睛來觀測，調整隔板與透鏡的距離，使得「字」可以清楚被看見，並記錄下最短的距離

- (三) 利用可變電阻來調整 LED 的亮度，來測量可以清楚看見「字」的最小亮度，並紀錄下此時的電阻值
- (四) 將 200°凸透鏡依序換成 400°、600°、800°、1000°凸透鏡、以及透鏡組 A、B 和 C，重複上述步驟(二)~(三)做實驗

實驗七之二、用相機來代替眼睛觀測

過程與方法：

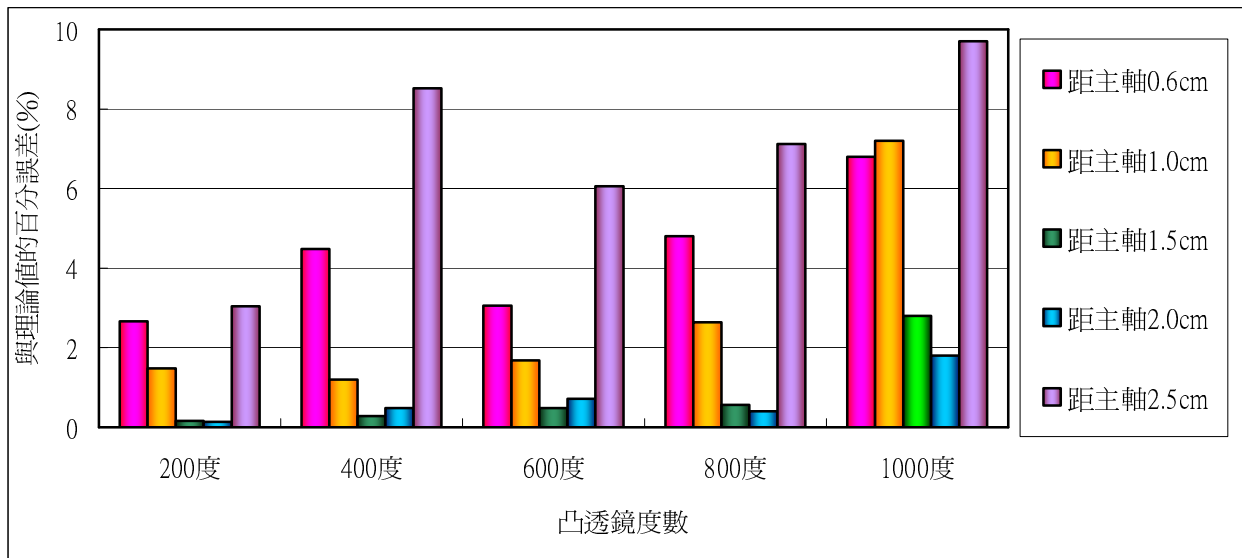
- (一) 同實驗七之一步驟(一)
- (二) 打開暗箱裡的 LED 燈，調整隔板與透鏡的最短距離，使得「字」可以清楚被看見
- (三) 利用可變電阻來調整 LED 的亮度，使得相機光圈固定為 5.0，所測得的快門時間為 6 秒，紀錄下此時的電阻值
- (四) 將 200°凸透鏡依序換成 400°、600°、800°、1000°凸透鏡、以及透鏡組 A、B 和 C，重複上述步驟(二)~(三)做實驗

伍、研究結果與討論

研究結果一：

(表一)測量不同度數凸透鏡的焦距與理論值的比較

凸透鏡度數	距主軸的距離(cm)	焦距測量值(cm)						理論值(cm)	誤差
		一	二	三	四	五	平均		
200	0.6	48.67	49.05	48.75	48.55	48.5	48.5	50	2.66%
	1	49.26	49.95	48.55	49.75	50.5	47.55		1.48%
	1.5	50.08	50.05	50	50	50.15	50.2		0.16%
	2	50.07	50.05	50.1	50.2	50	50		0.14%
	2.5	51.52	52.6	50.7	50.7	51.6	52		3.04%
400	0.6	23.79	23.35	24.2	23.5	23.4	24.5	25	4.84%
	1	24.7	24.7	24.6	24.9	24.7	24.6		1.20%
	1.5	25.07	25.2	25.1	25.1	25.05	24.9		0.28%
	2	24.88	24.6	24.7	24.9	25.3	24.9		0.48%
	2.5	22.87	23	22.6	22.75	22.9	23.1		8.52%
600	0.6	16.16	16	16.5	16	16.25	16.05	16.67	3.06%
	1	16.39	16.55	16.1	16.25	16.55	16.5		1.68%
	1.5	16.59	16.8	16.55	16.6	16.4	16.6		0.48%
	2	16.79	17	16.95	16.7	16.7	16.6		0.72%
	2.5	15.66	15.9	15.5	16.05	15.55	15.3		6.06%
800	0.6	13.1	13	13.2	13.15	13.55	12.6	12	4.80%
	1	12.83	13.3	13	12.8	12.5	12.55		2.64%
	1.5	12.57	12.55	12.65	12.6	12.55	12.5		0.56%
	2	12.45	12.55	12.55	12.5	12.5	12.15		0.40%
	2.5	11.61	11.45	11.75	11.65	11.6	11.6		7.12%
1000	0.6	10.68	10.65	10.85	10.8	10.5	10.6	10	6.80%
	1	10.72	10.75	10.6	10.95	10.5	10.8		7.20%
	1.5	10.28	10.1	10.4	10.35	10.25	10.3		2.80%
	2	10.18	10	10.25	10.25	10.25	10.15		1.80%
	2.5	9.03	9.1	9.1	9.05	9	8.9		9.70%



圖四 距主軸不同距離的平行雷射光所測出的焦距與理論值的百分誤差關係

發現：

- (一) 距主軸 1.5 和 2cm 時，所測量的焦距實驗值最接近理論值
- (二) 距主軸太近(0.6cm)或太遠(2.5cm)時，所測得的焦距實驗值誤差都較大

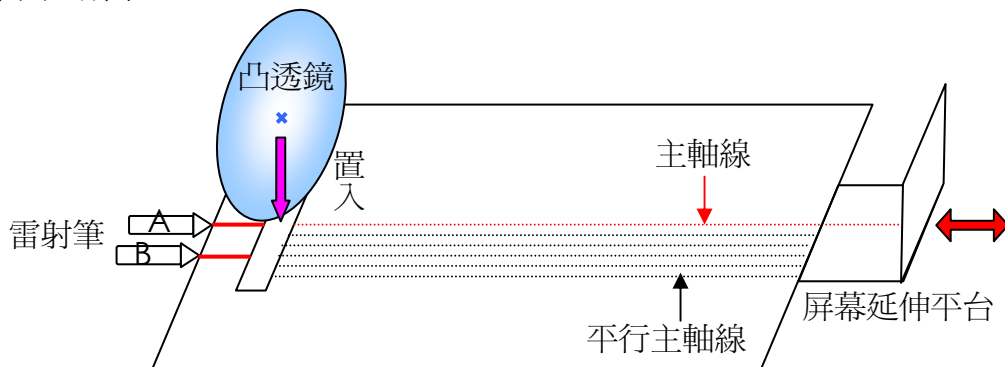
研究討論：

- (一) 經由我們找資料，得知眼鏡度數與其焦距的關係如下：

$$\text{眼鏡度數} = \frac{100}{\text{焦距}} \quad (\text{焦距單位以公尺計算})$$

- (二) 爲了增加實驗的準確性，我們特別設計了一個測量前的歸零方法，來減少實驗誤差的產生，步驟如下：

1. 先在平台上畫一條直線當作主軸線，其右邊每隔 0.5cm 畫上平行主軸的直線。如下圖五所示。

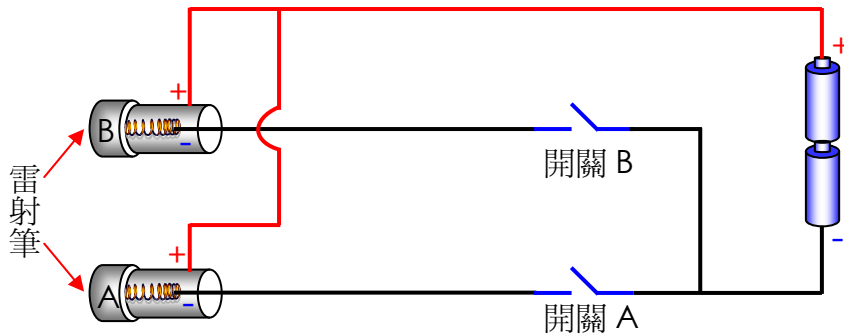


圖五 自製測量焦距的支架平台

2. 未放透鏡前，先打開雷射筆 A，使其射出光線恰好與主軸線重合。
3. 再打開雷射筆 B，使其射出光線恰好與主軸右邊的一條平行線重合，以確定雷射筆 A 和 B 發出平行光。
4. 將凸透鏡裝置於平台上，調整凸透鏡的上下、左右、傾斜角度與方位，使得雷射筆 A 的光線仍與主軸線重合，以確定其通過鏡心。完成實驗測量前的歸零校正。

5. 然後移動投射屏幕，使兩平行入射光交會成一點，其與鏡心的距離即為透鏡焦距的測量值。

(三) 爲了能分別控制兩個雷射筆，我們將雷射筆和開關設計如下



圖六 雷射筆和開關設計電路圖

(四) 移動投射屏幕來測量焦距時，此時屏幕距透鏡的距離有一小段範圍，會使兩束雷射光交會成一點，我們推測是由於雷射光束截面直徑約 0.2cm，存有辨識率，所以目測交會點不會剛好落在某一點的位置。因此，我們將測得的距離範圍取其平均值，當做實驗值的紀錄

(五) 受限於儀器裝置有長度的限制，我們另外製作了一個屏幕延伸平台，用來測量有較長焦距的透鏡

(六) 原本所使用的雷射筆口徑較粗，兩雷射光束的最短距離只能調成 1.5cm。後來，我們找到另一種雷射光，拆解外殼並取下其內部較細的雷射光裝置，最後將兩雷射光束的最短距離縮短到只有 0.6cm，如圖七



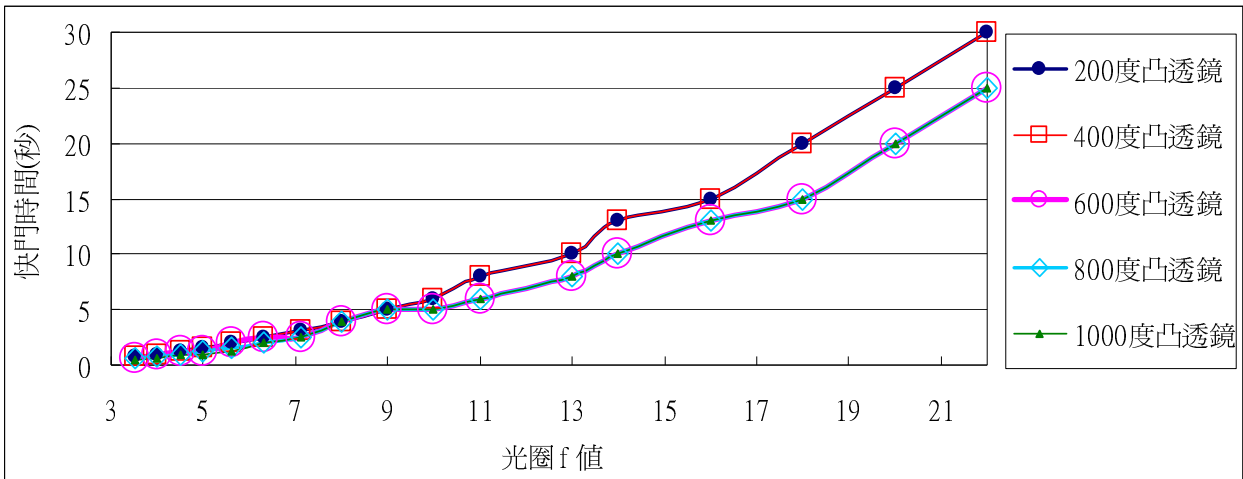
圖七 新舊兩雷射光裝置之比較

(七) 我們所使用的雷射筆電源原本是兩顆電池串聯(3V)，後來我們改用變壓整流器當做電源，所提供的電壓最少爲 3.24V(>3V)，可能是這個原因使得雷射筆常常損壞要換新，所以我們在電源和雷射筆之間串聯一可變電阻，來調整雷射筆的電壓，使得提供雷射筆的電壓不要太大，以增加雷射筆的使用壽命。

研究結果二：

(表二) 在各種不同度數的凸透鏡下，改變相機的光圈，所測得的快門時間

凸透鏡度數(度)	光圈 f 值	3.5	4	4.5	5	5.6	6.3	7.1	8	9	10	11	13	14	16	18	20	22
200	快門時間(秒)	0.8	1	1.3	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6	8	10	13	15	20	25	30
400		0.8	1	1.3	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6	8	10	13	15	20	25	30
600		0.6	1	1.3	1.3	2	2.5	2.5	4	5	5	6	8	10	13	15	20	25
800		0.6	0.8	1	1.3	1.6	2	2.5	4	5	5	6	8	10	13	15	20	25
1000		0.5	0.6	1	1	1.3	2	2.5	4	5	5	6	8	10	13	15	20	25



圖八 在各種不同度數的凸透鏡下，相機的光圈和快門的關係圖

發現：

- (一) 不論凸透鏡的度數為何，所測得的快門時間都隨著光圈 f 值的增加而有增加的趨勢
- (二) 當光圈值大於 10 以上時，利用 200°和 400°凸透鏡所測得的快門時間，比 600°、800°和 1000°凸透鏡所測得的快門時間還大些

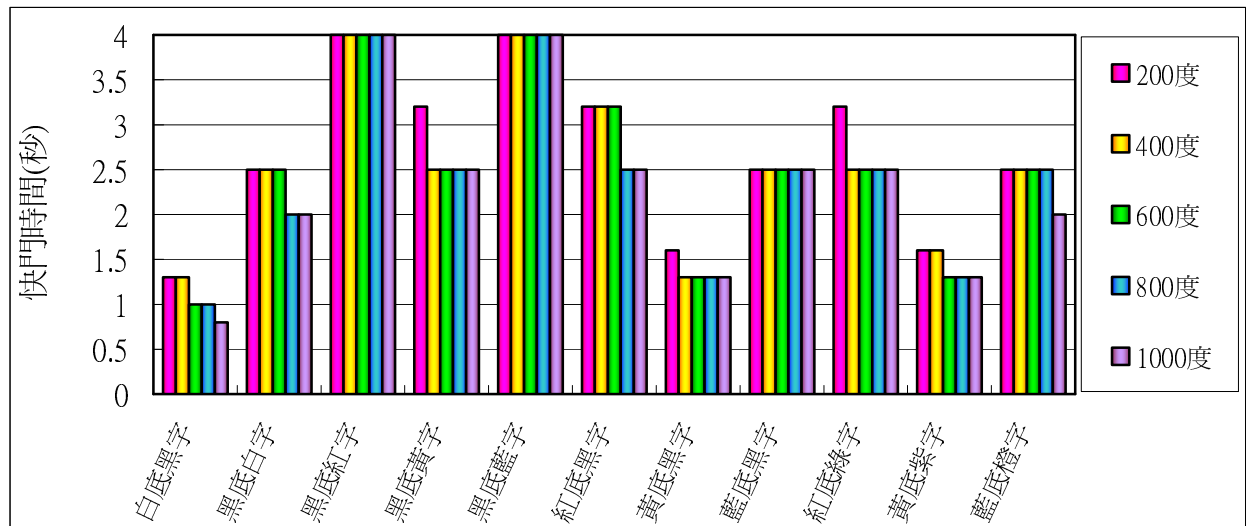
研究討論：

- (一) 光圈值越大，光圈(口徑)就越小，則單位時間的入射光量就越少。反之，若光圈值越小，光圈口徑就越大，則單位時間的入射光量就越多。
- (二) 利用相機照相時，必須要有一定的光量進入鏡頭裡，才能產生適當的影像。若是進入的光量太多，則會形成曝光的影像；若是進入的光量太少，則形成的影像就會太暗不清晰。
- (三) 在平時未照相時，相機光圈是關閉的，而快門是指照相時，光圈所打開的時間。在相同環境下照同一物體時，若光圈越大，則單位時間的入射光量就越多，光圈所打開的時間就會較短，所測得的快門時間較短。反之，若光圈越小，則單位時間的入射光量就越少，光圈所打開的時間就要較長，所測得的快門時間較長。

研究結果三：

(表三) 在各種不同度數的凸透鏡和不同顏色的「字」與背景下，所測出快門時間

凸透鏡 度數(度)	快門時間(秒)										
	白底黑字	黑底白字	黑底紅字	黑底黃字	黑底藍字	紅底黑字	黃底黑字	藍底黑字	紅底綠字	黃底紫字	藍底橙字
200	1.3	2.5	4	3.2	4	3.2	1.6	2.5	3.2	1.6	2.5
400	1.3	2.5	4	2.5	4	3.2	1.3	2.5	2.5	1.6	2.5
600	1	2.5	4	2.5	4	3.2	1.3	2.5	2.5	1.3	2.5
800	1	2	4	2.5	4	2.5	1.3	2.5	2.5	1.3	2.5
1000	0.8	2	4	2.5	4	2.5	1.3	2.5	2.5	1.3	2



圖九 在各種不同度數的凸透鏡和不同顏色的「字」與背景下，所測出快門時間的關係圖

發現：

- (一) 白色底色所測得的快門時間最短；黃色底色所測得的快門時間為第二短
- (二) 在底色都是黑色時，以白色「字」所測得的快門時間最短；黃色「字」為第二短

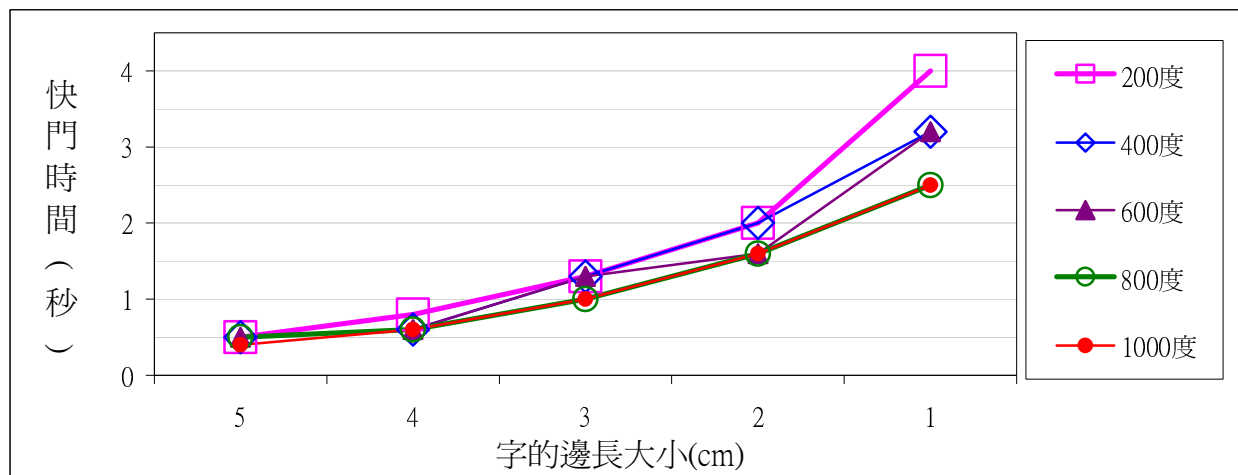
研究討論：

- (一) 當光亮度夠強時，此時利用相機來拍照，所需的快門曝光時間就會較短，否則所拍到的照片就會過度曝光。因此，快門時間愈短，則表示入射的光亮度愈強
- (二) 本來以為「字」與背景的颜色呈對比色時，比較容易被看得清楚，所以我們採用了三組對比色(紅底綠字、黃底紫字和藍底橙字)來做實驗，結果只有黃底紫字的效果較好些，另外兩組的效果不佳。
- (三) 黃底紫「字」所測得的亮度較大，並不是因為黃紫呈對比色，而是因為黃色容易反射光的特性所造成的。本實驗主要是測「字」卡反射光的亮度，其中以白色對光的反射效果最好，黃色次之。所以白色面積較多的白底黑「字」所測得的亮度最大；其次是黃色面積較多的黃底色，所測得的亮度次之。
- (四) 因白底黑「字」所測得的亮度較大，以下實驗皆以白底黑「字」來進行

研究結果四：

(表四) 在各種不同度數的凸透鏡下，改變「字」的邊長大小，所測得的快門時間

凸透鏡 度數	快門時間(秒)				
	邊長5cm 的字	邊長4cm 的字	邊長3cm 的字	邊長2cm 的字	邊長1cm 的字
200	0.5	0.8	1.3	2	4
400	0.5	0.6	1.3	2	3.2
600	0.5	0.6	1.3	1.6	3.2
800	0.5	0.6	1	1.6	2.5
1000	0.4	0.6	1	1.6	2.5



圖十 在各種不同度數的凸透鏡下，「字」的邊長大小和所測得快門時間的關係圖

發現：

- (一) 當「字」由大變小時，利用相機所測得的快門時間會增長
- (二) 當「字」越小時，隨著凸透鏡度數的增加，所測得的快門時間有減少的趨勢

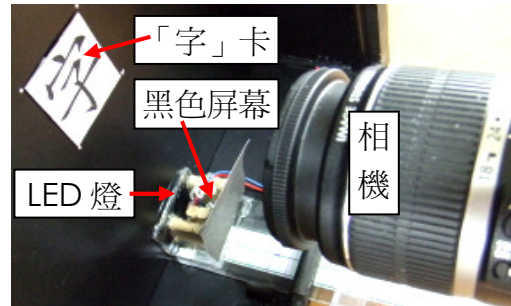
研究討論：

- (一) 當光亮較弱時，此時利用相機來拍照，所需的快門曝光時間就要較長，才能獲得足夠的光量。因此，快門時間愈長，則表示入射的光亮度愈弱
- (二) 當「字」愈小時，則反射光的面積愈小，所測得的快門時間愈長，表示光亮度愈弱
- (三) 相機的對焦範圍是否在「字」的正中央，會影響所測得的快門時間長短。因此我們安置在暗箱隔板上的各式「字」卡，必須對準鏡頭的中央位置，而且對焦時也要調整對焦框的位置，使其對準「字」的中心部位，以減少實驗測量所產生的誤差
- (四) 每一回繼續進行實驗測量之前，我們都會重新測量檢驗是否與上一回的測量結果相符，以確定測量的結果不會受到環境因素的影響。但是卻經常發生前後回測量結果不符的狀況，因此我們考慮到以下幾個方法，來加強對環境的控制變因：
 1. 對 LED 光源的方向和位置加強固定，避免在拉動隔板變換距離時，發生改變而影響實驗
 2. 一開始我們是利用薄紙列印「字」，因薄紙質軟易折無法平整，常於下方邊角翹起而擋住部分光源，使得「字」上形成陰影，無法全部被光源照到，影響到同一個實驗測量結果不穩定。後來為了解決這個問題，我們將「字」貼在平整的硬紙卡上，結果同一個實驗測量值就不再出現不穩定的情形，如下圖十一

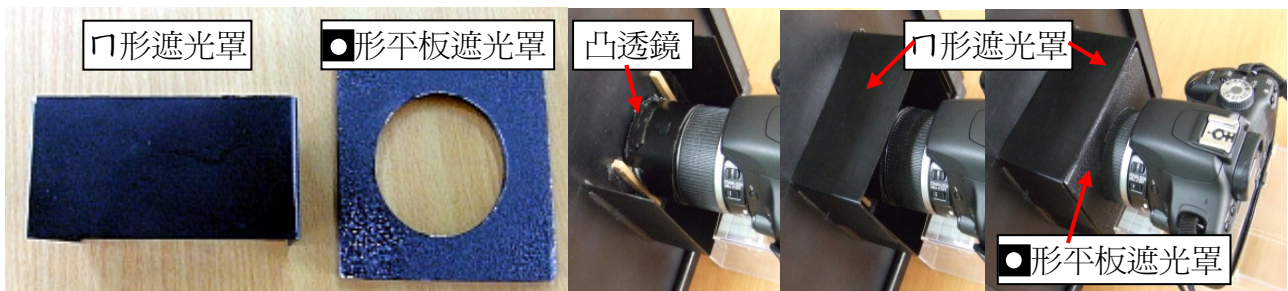
3. 我們在光源和鏡頭之間貼上一黑色屏幕，使相機接收到的純粹為「字」卡所反射的光，而不要受到 LED 光源的直接照射，如圖十二
4. 本實驗所用的相機對感光非常靈敏，環境亮度不同就可能影響到觀測得結果。於是我們特別加強相機鏡頭與暗箱連接處的遮光效果，除了增加上方 \square 型遮光罩之外，更增加了 \bullet 形平板遮光罩，以完全阻隔暗箱內外的亮光，如圖十三



圖十一 不平整的「字」與平整的「字」



圖十二 黑色屏幕介於 LED 和相機之間

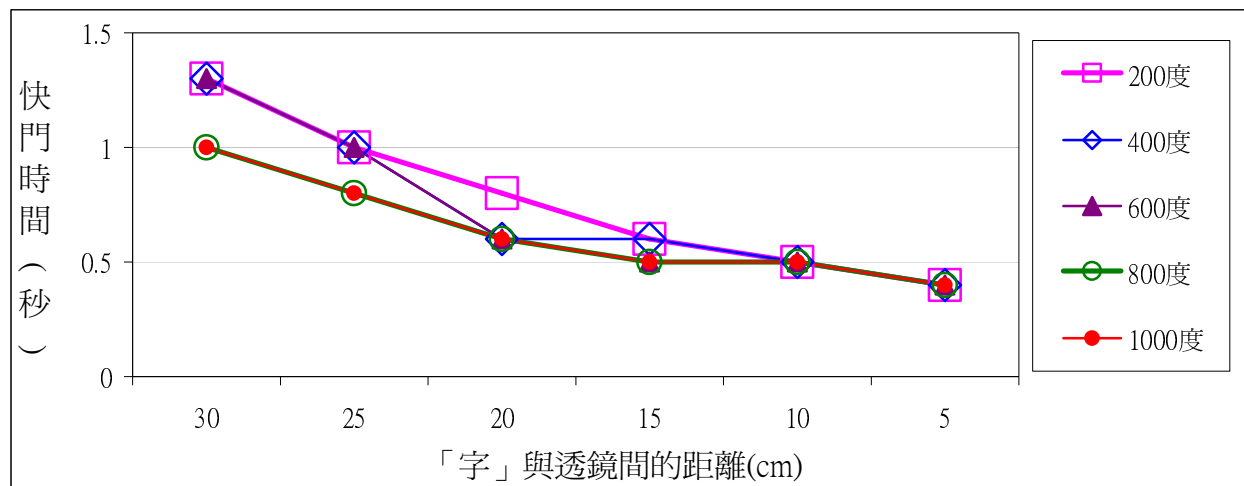


圖十三 相機鏡頭之遮光罩裝置圖

研究結果五：

(表五) 在各種不同度數的凸透鏡下，改變「字」與透鏡的距離，所測得的快門時間

凸透鏡 度數(度)	快門時間(秒)					
	字距離透鏡30cm	字距離透鏡25cm	字距離透鏡20cm	字距離透鏡15cm	字距離透鏡10cm	字距離透鏡5cm
200	1.3	1	0.8	0.6	0.5	0.4
400	1.3	1	0.6	0.6	0.5	0.4
600	1.3	1	0.6	0.5	0.5	0.4
800	1	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4
1000	1	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4



圖十四 在各種不同度數的凸透鏡下，「字」與透鏡間的距離和所測得快門時間的關係圖

發現：

- (一) 當「字」與透鏡的距離由長變短時，利用相機所測得的快門時間會縮短
- (二) 當「字」與透鏡的距離越長，隨著凸透鏡度數的增加，所測得的快門時間有縮短的趨勢

研究討論：

- (一) 根據實驗三和四的研究討論知，當光圈固定時，所測得的快門時間愈短，則表示入射的光亮度愈強
- (二) 當「字」與透鏡的距離愈近時，則所測得的光亮度就愈強
- (三) 綜合實驗三與實驗四的結果，我們認為是否能清楚看到「字」與下列幾點有關：
 1. 光亮度越強，越有可能清楚看到「字」。但是，光亮度並非能清楚看到「字」的唯一因素。例如，當「字」與透鏡的距離固定為 5cm 時，雖然不同度數的透鏡所測得的快門時間都是 0.4 秒，表示所測得的光亮度都是相同的，但是所形成的像的清晰度卻是不同的。如下頁表六所示
 2. 字與透鏡的距離必須配合透鏡的焦距，才能清楚看到「字」。當「字」與透鏡的距離固定為較短距離 5cm 時，此時 1000°凸透鏡所形成的像較清晰，而 200°凸透鏡所形成的像較沒那麼清晰。當「字」與透鏡的距離固定為較長距離 30cm 時，此時 1000°凸透鏡所形成的像較不清晰，而 200°凸透鏡所形成的像較清晰。如下頁表六所示

3. 此外,「字」愈被放大,愈能被看清楚。當「字」邊長固定為 3cm,「字」與透鏡的距離 5cm 時,1000°凸透鏡所形成像的大小約為 200°凸透鏡所形成像的 1.67 倍。如下表六所示

(表六) 「字」邊長固定為 3cm 時,不同度數的透鏡在不同距離的成像情形

凸透鏡度數	200°	400°	600°	800°	1000°
「字」與透鏡的距離 5cm					
「字」的大小	1351*1348 像素	1433*1439 像素	1507*1506 像素	1640*1636 像素	1744*1744 像素
「字」的倍數	1	1.13	1.25	1.47	1.67
「字」與透鏡的距離 30cm					
「字」的大小	407*408 像素	417*417 像素	464*465 像素	507*508 像素	580*581 像素
「字」的倍數	1	1.05	1.30	1.55	2.03

(四) 根據實驗四和五的研究結果,用 1000°凸透鏡所測得的快門時間有減少的趨勢,但並不是很明顯。根據媒體報導指出,具有夜視能力者是超過 3000°的近視患者,因此我們猜測可能是我們實驗所採用的凸透鏡度數還不夠大,所以才沒有明顯的差異。於是,我們將透鏡兩兩組合成較高度數的透鏡組,來進行下一個實驗。

研究結果六之一：

(表七) 測量透鏡組的焦距再換算成度數

凸透鏡度數 (度)	距主軸的 距離(cm)	焦距測量值(cm)						換算透鏡度 數(度)		
		一	二	三	四	五	平均			
透鏡組A 1000°和400°	1.5	7.75	7.6	7.6	7.8	7.7	7.69	7.45	1342	約1350
	2	7.25	7.25	7.25	7.15	7.15	7.21			
透鏡組B 1000°和600°	1.5	6.75	6.65	6.65	6.8	6.8	6.73	6.50	1538	約1550
	2	6.25	6.25	6.35	6.25	6.25	6.27			
透鏡組C 1000°和800°	1.5	5.85	5.95	6.05	6	6.15	6.00	5.93	1686	約1700
	2	5.85	5.85	5.95	5.75	5.9	5.86			

發現：






- (一) 透鏡組 C 的平均焦距最小,為 5.93cm;其次為透鏡組 B,平均焦距為 6.5cm;而透鏡組 A 的平均焦距為 7.45cm
- (二) 透鏡組 A、B 和 C,經由測得的焦距換算成度數的結果分別為 1350°、1550°和 1700°

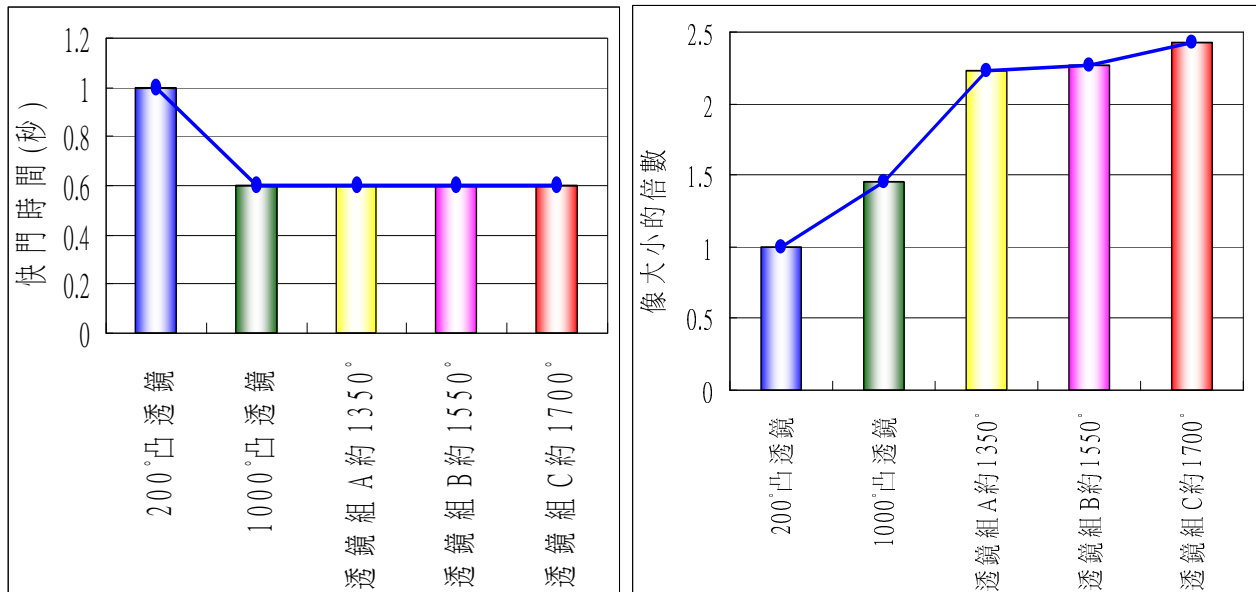
研究討論：

- (一) 根據實驗一的結果,得知距離主軸 1.5cm 和 2cm 所測得的焦距誤差較小,而距離主軸 2.5cm 和 0.6cm 所測得的焦距誤差較大。所以我們只採用距離主軸 1.5cm 和 2cm 所測得焦距的平均值,來換算出透鏡組的度數

研究結果六之二：

(表八) 「字」邊長固定為 1cm，各種透鏡組與「字」距離 5cm 時的成像情形

凸透鏡度數	200°	1000°	透鏡組 A	透鏡組 B	透鏡組 C
成像情形					
快門時間	1	0.6	0.6	0.6	0.6
像的大小	506*507 像素	608*612 像素	756*757 像素	761*766 像素	776*800 像素
像的倍數	1	1.45	2.23	2.27	2.42



圖十五 不同度數的透鏡所測得快門時間與成像大小倍數的關係

發現：

- (一) 當透鏡組的度數增加時，所測得的快門時間沒有明顯的變化
- (二) 當透鏡的度數越增加時，所形成的像會越大。透鏡組 C 1700° 所形成像的大小增加為 200° 凸透鏡的 2.42 倍

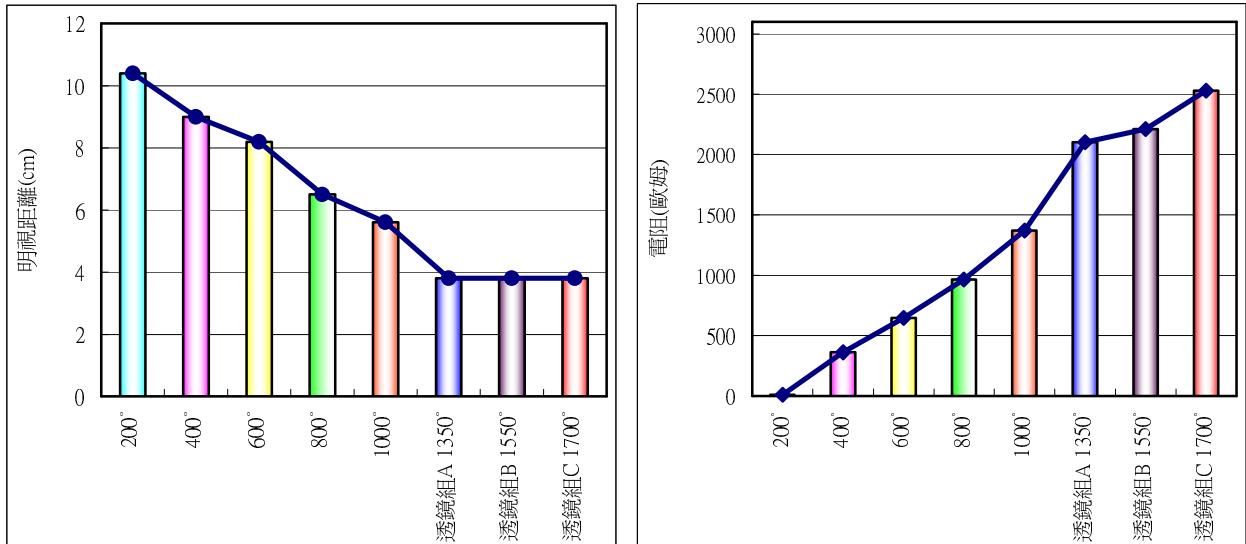
研究討論：

- (一) 當透鏡的度數增加時，所測得的快門時間沒有明顯的變化，表示光亮度並沒有隨著度數的增加而有明顯的變化。但是，像的大小有隨著度數的增加而變大
- (二) 我們利用兩兩透鏡組合的透鏡組度數最大只能達到 1700°，若是再多串接幾個凸透鏡，雖然可以增加度數，但是也增加了透鏡組的厚度，增加了測量的困難
- (三) 為了證實高度近視，在只有微弱光線的暗室裡也能清楚看到字，我們進行以下實驗

研究結果七之一：

(表八) 「字」邊長固定為 1cm 時，各式透鏡與透鏡組的明視距離和所測得的最大電阻值

凸透鏡 度數	200°	400°	600°	800°	1000°	透鏡組A 1350°	透鏡組B 1550°	透鏡組C 1700°
明視距離	10.4cm	9cm	8.2 cm	6.5cm	5.6cm	3.8cm	3.8cm	3.8cm
電阻值	11Ω	361Ω	646Ω	965Ω	1371Ω	2100Ω	2210Ω	2530Ω



圖十六 不同度數的透鏡所測得明視距離與所測得電阻值的關係

發現：

- (一) 當透鏡組的度數增加時，可以看清楚字的距離有縮短的趨勢
- (二) 當透鏡的度數增加時，可以看清楚字的最大電阻值有增加的趨勢

研究討論：

- (一) 我們將可以看清楚「字」的距離定義為明視距離
- (二) 根據透鏡成像公式 $\frac{1}{f(\text{焦距})} = \frac{1}{p(\text{物距})} + \frac{1}{q(\text{像距})}$ ，當物距(p)固定時，度數越大的透鏡，其焦距(f)越小，則像距(q)會隨之越小，明視距離也會隨之縮短。所以明視距離會隨著透鏡度數的增加而縮短。
- (三) 原本利用透鏡組 A、B 和 C，能看清楚字的最短距離可能少於 3.8cm，但是因為我們自製的暗箱，字幕與透鏡的距離最短只能到 3.8cm，所以我們只能採用 3.8cm 做實驗
- (四) 電阻愈大，則電流愈小，亮度就愈小。所以，當可以看清楚字的最大電阻值增加時，表示可以看清楚字的環境亮度減弱了
- (五) 利用眼睛來觀測是否可以清楚「字」時，觀測之前必須將眼睛閉上，然後只能開眼一秒鐘來觀測，隨即閉上眼睛。然後針對這一秒鐘的觀測，來決定是否可以看清楚「字」。因為若是開眼太久，就會影響到是否可以看清楚「字」的判斷
- (六) 本實驗用眼睛來觀測，感覺上是比較不客觀。於是，以下實驗我們利用相機來代替眼睛來進行測量

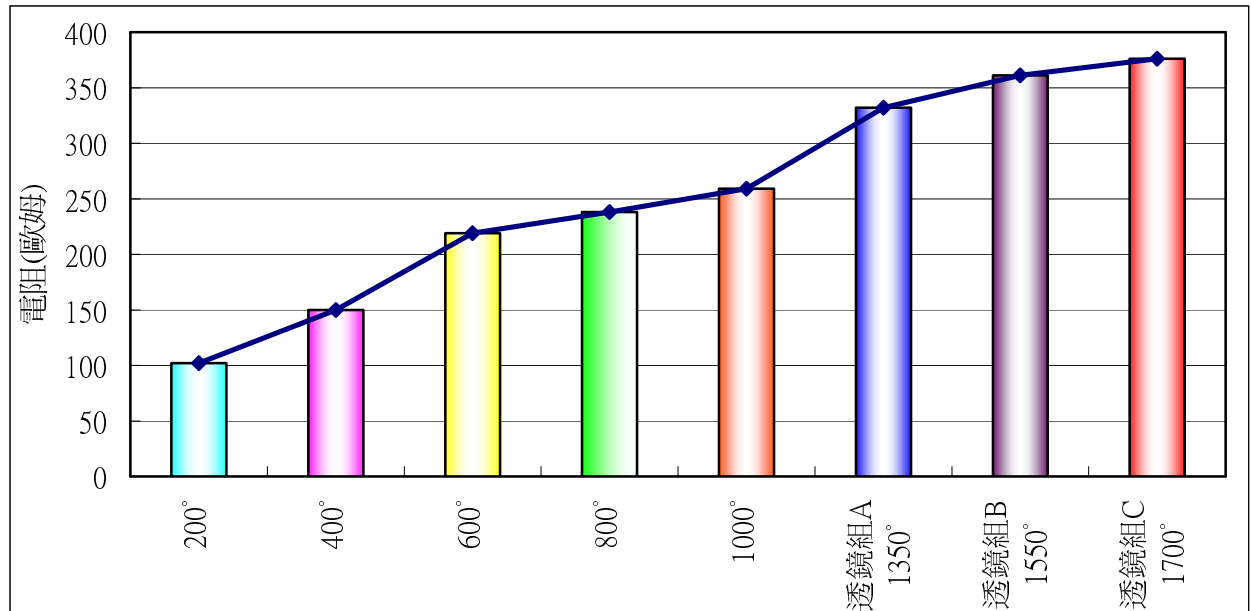


圖十七 利用眼睛直接觀測「字」

研究結果七之二：

(表九) 「字」的大小固定為 1cm，光圈值固定為 5.0，快門時間保持 6 秒

凸透鏡度數	200°	400°	600°	800°	1000°	透鏡組A 1350°	透鏡組B 1550°	透鏡組C 1700°
明視距離	10.4 cm	9cm	8.2cm	6.5cm	5.6 cm	3.8cm	3.8cm	3.8cm
電阻值	102Ω	150Ω	219 Ω	238Ω	259Ω	332Ω	361Ω	376Ω



圖十八 不同度數的透鏡所測得電阻值的關係

發現：

- (一) 當透鏡的度數越增加時，所測得的電阻值有增加的趨勢

研究討論：

- (一) 本實驗依據實驗七之一研究結果(表八)，當凸透鏡為 1000°、距離 5.6cm、光圈固定為 5.0，並串接 1371Ω 電阻時，測得快門時間為 6 秒。因此，本實驗將光圈固定為 5.0、快門時間固定為 6 秒來進行實驗，以控制每次入射至相機裡的光亮度都是相同的
- (二) 本實驗所測得的電阻值雖然和實驗七之一所測得的結果不同，但是所測得的電阻值都有隨著透鏡度數的增大而有增加的趨勢
- (三) 本實驗所測得的電阻值增加趨勢不如實驗七之一的結果來得大。原因可能有二：
 1. 「字」是否容易被看得清楚不只是決定於光的亮度，而且與「字」的辨識度有關。當「字」相同時，辨識度與「字」的大小有關。在相同亮度之下，「字」愈大，愈容易被看得清楚。
 2. 而相機只能利用光圈和快門時間來偵測或控制光的亮度，並不能像眼睛一樣可以用來測量「字」的清晰度。
- (四) 我們利用高度數的凸透鏡來模擬高度近視眼睛的水晶體，但是相機裡也有凸透鏡組，其度數我們無法得知，所以沒有把它考慮在內。
- (五) 我們上網查詢相關資料時，在中國眼科生醫網查到一篇醫學研究報告，報告指出高度近視者的瞳孔面積是一般正常人的 1.54 倍。再由我們實驗二的研究結果，光圈口徑(就像是人眼瞳孔)越大，光亮度就會越大，越能看清楚字，更加驗證了超高度近視

者，能在黑暗的環境中看到字的可能性

(<http://www.oculist.net/meeting/ShowArticle.asp?ArticleID=5716>)

陸、未來發展

由於報導指出具有夜視能力者是超過 3000° 的近視患者，而我們所採用的凸透鏡最多才 1000°，經由我們將兩透鏡組合改進之後，最多也只達約 1700°，距離 3000° 還有一段距離，或許還有一些秘密藏在其間尚未被發覺，所以未來還可以朝增加凸透鏡度數的方向繼續研究探討。

柒、研究結論

- 一、利用平行雷射光來測直徑 6cm 的凸透鏡焦距時，雷射光距離主軸 1.5cm 和 2cm 時所測得的實驗誤差較小，而距離主軸較近(0.6cm)或較遠(2.5cm)所測得的實驗誤差較大。
- 二、白色最容易反射光線，所以白色面積最多的白底黑「字」，所測得的快門時間最短，亮度最大。
- 三、「字」卡愈小，則反射光的面積愈小，所測得的快門時間愈長，光亮度愈弱。
- 四、「字」與透鏡的距離愈短，則所測得的快門時間會愈短，亮度愈大
- 五、透鏡度數愈大，所形成的像也愈大。當「字」與透鏡的距離為 5cm 時，透鏡組 C1700° 所形成像的大小約為 200° 凸透鏡的 2.42 倍。
- 六、透鏡的度數愈大，則「字」與透鏡的距離要愈短，才能清楚看到字。
- 七、綜言之：
 - (一) 度數愈大的凸透鏡，要看清楚字時，則「字」與透鏡的距離要愈短。
 - (二) 「字」與透鏡的距離愈短，則光亮度會愈大。
 - (三) 度數愈大的凸透鏡，則所形成的像也愈大。
 - (四) 所形成的像愈大以及亮度愈大，則「字」愈容易被看清楚。
- 八、綜合以上實驗結果並實際用眼睛觀測，發現利用高度數凸透鏡來模擬高度近視時，在較低亮度的環境下，就可以較清楚地看見「字」。

捌、參考資料

- 一、自然科學大百科。第 16 冊 聲、光、熱 (44~45 頁)。臺北市：綠地球國際有限公司。
- 二、老羊攝影學苑 (2004 年 1 月 2 日)。光圈的認識。2004 年 1 月 2 日，取自：
http://taiwan-photoschool.com/new_page_48.htm
- 三、走進科學-揭秘夜視人。新浪視頻。2008 年 4 月 25 日，取自：
<http://video.sina.com.cn/v/b/12643299-1302051494.html>
- 四、高源清 (民 82 年 9 月 1 日)。牛頓科學研習百科 人體篇 (69 頁)。臺北市：牛頓出版股份有限公司。
- 五、高源清 (民 82 年 9 月 1 日)。牛頓科學研習百科 物理篇 (76、78、106 頁)。臺北市：牛頓出版股份有限公司。
- 六、莊朝根 (1983 年 2 月)。自然科學實驗第 26 冊 (53 頁)。臺南市：世一文化事業股份有限公司。
- 七、莊朝根 (1983 年 2 月)。有趣的觀察與實驗第 46 冊 (30~31 頁)。臺南市：世一文化事業股份有限公司。
- 八、楊才蔚、黃友錡 (2006 年 11 月 19 日)。大陸奇人！近視 3000 度意外造就夜視能力。今日新聞網。2006 年 11 月 19 日，取自：
<http://www.nownews.com/2006/11/19/162-2017851.htm#ixzz1GclctmLQ>
- 九、維基百科-快門 (2011 年 2 月 20 日) 取自：
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BF%AB%E9%96%80>
- 十、維基百科-屈光度 (2011 年 3 月 15 日) 取自：
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B1%88%E5%85%89%E5%BA%A6>

【評語】 080106

主題新穎，實驗方式適切，自製實驗儀器富巧思，說明清楚，具應用價值。