嘉義縣國民中小學
科學展覽會作品說明書

屆　　別：65

科　　別：物理

組　　別：國小組

作品名稱：放大鏡聚焦能力

關 鍵 詞：聚焦　凸透鏡

編　　號：A127

摘要

我們以白色影印紙製作遮光紙片，來研究凸透鏡的面積、形狀，以及不同的部位，在相同條件下的聚焦情形，觀察這些因素對聚焦能力的影響程度，我們發現凸透鏡的形狀及部位都會影響聚焦，但是其程度遠不如改變面積所造成的差異。最後，我們還測試凸透鏡和地面的距離長短對聚焦能力的影響程度，發現凸透鏡與地面的距離越接近焦距時，聚焦能力越好。

壹、研究動機

五年級的自然課有上到放大鏡可以聚集陽光產生熱，所以我們想研究不同的情況下紙張燃燒的結果有什麼不同。

貳、研究目的

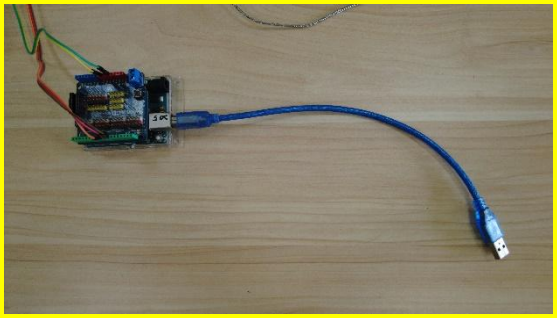
一、研究改變凸透鏡的大小，對聚焦能力的影響。

二、研究在凸透鏡不同部位的聚焦能力。

三、研究改變凸透鏡的形狀，對聚焦能力的影響。

參、研究設備及器材

凸透鏡(焦距＝39cm，直徑＝7.4cm)、Arduino、MAX6675 溫度感測器（測量溫度範圍 0℃～1300℃）、筆記型電腦、白色 A4 紙

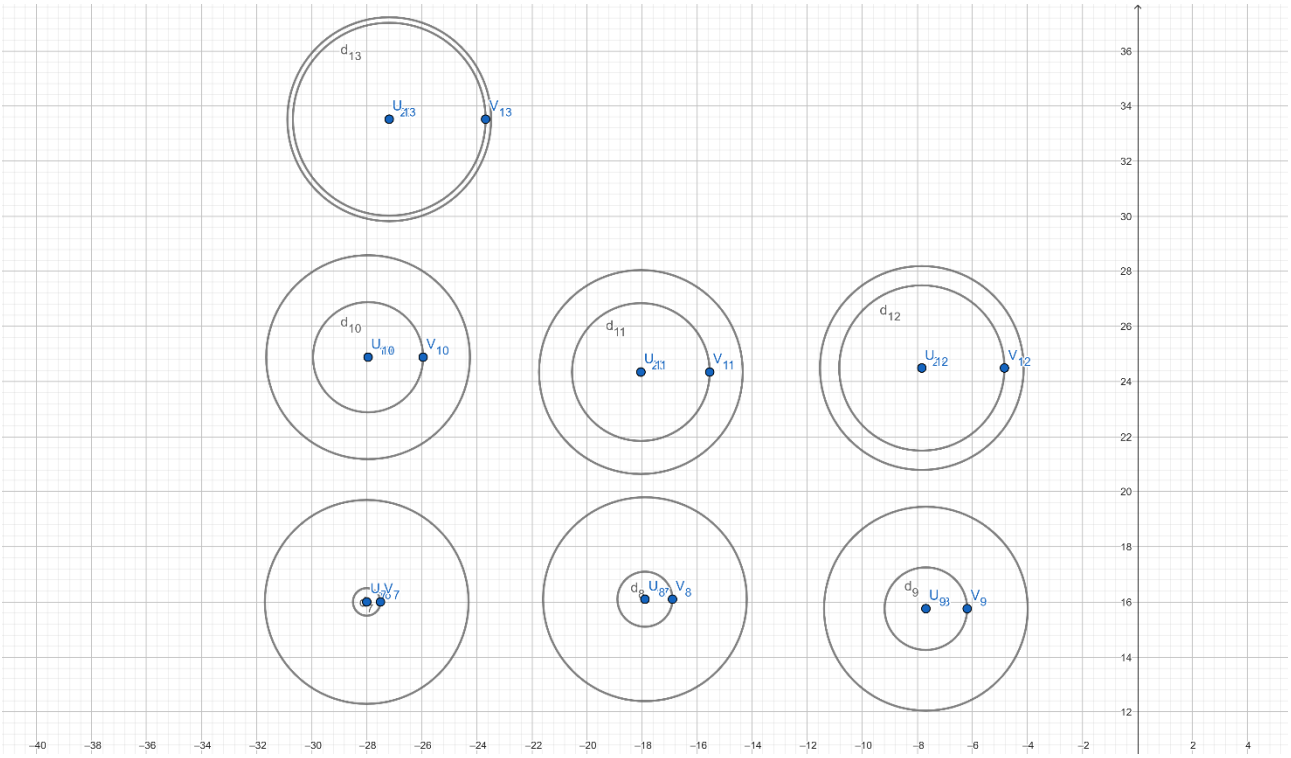
凸透鏡	MAC6675 溫度感測器
	
Arduino Uno 主機	

肆、研究過程或方法

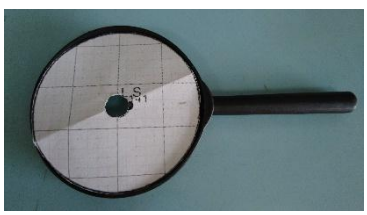
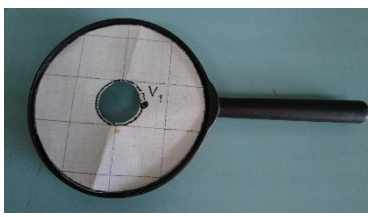
一、研究改變凸透鏡的大小，對聚焦能力的影響。

(一) 為了要減少誤差，所以我們到「GeoGebra」的網站來畫出我們要的圖再印下來然後剪出我們要的。

1. 圖中外圈是直徑 7.4 公分的圓（與凸透鏡大小相同）
2. 再畫出 7 個半徑分別是 1 公分、2 公分、3 公分、4 公分、5 公分、6 公分、7 公分的小圓
3. 接著把每一個小圓跟大圓的圓心重疊
4. 然後印出來再沿著小圓的圓心剪出開孔就可以了



(二) 再將剪好的遮光紙片裝進凸透鏡(如下表)。

		
1-1 直徑 1 公分	1-2 直徑 2 公分	1-3 直徑 3 公分

1-4 直徑 4 公分	1-5 直徑 5 公分	1-6 直徑 6 公分

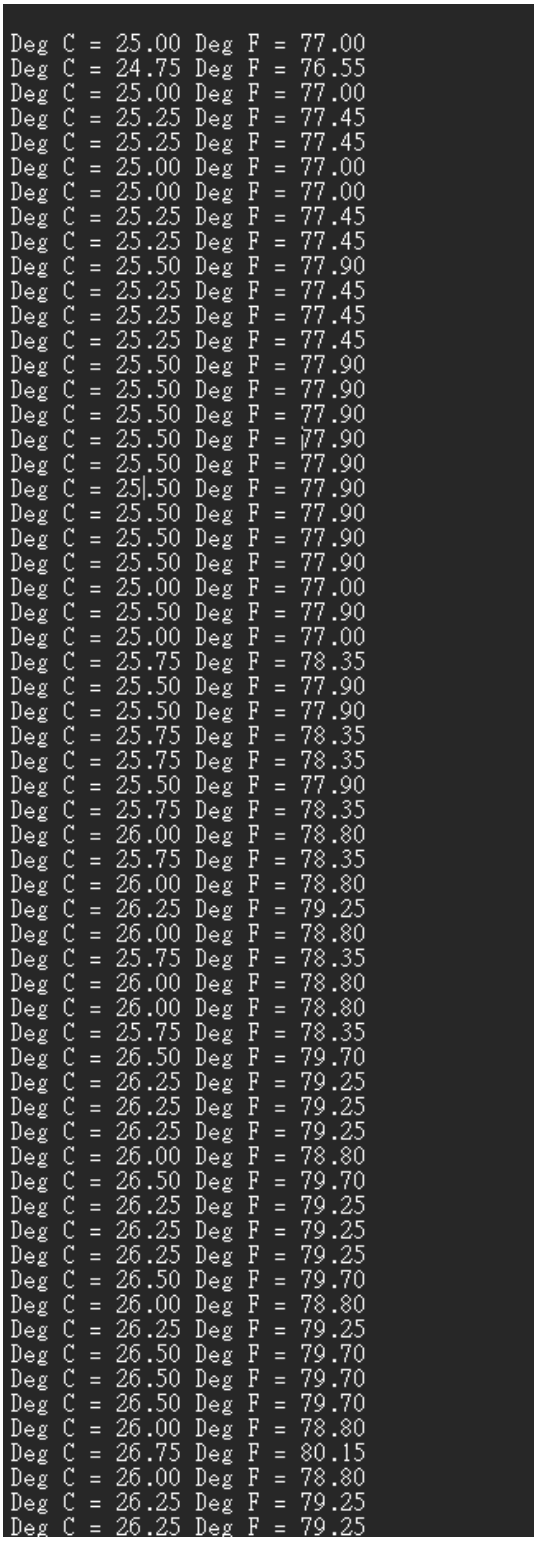
(三) 實驗地點：我們所有的實驗都在同一個地點操作(如下圖)，以減少因為不同的地板材質所造成的誤差。

進行實驗的地點

（教室的磨石子地板）

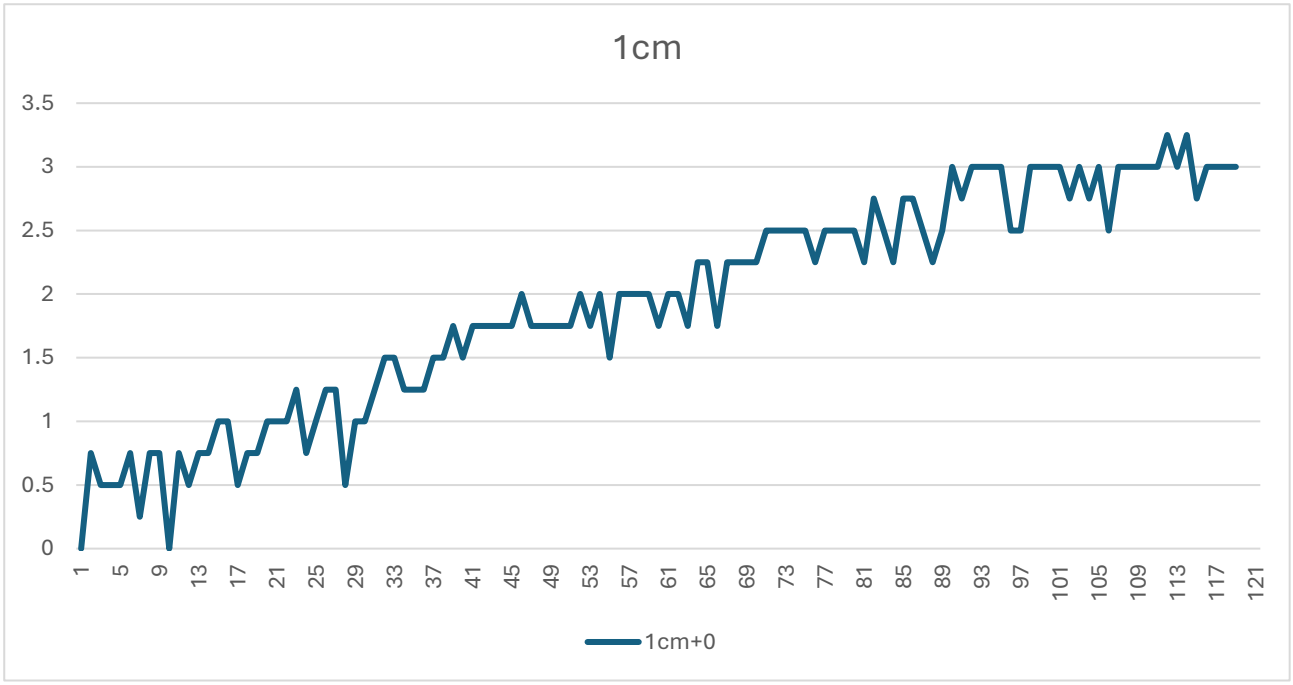
(四) 時間、溫度：我們選在下午 1：00～1：25 的午休時間

(五) 每次的測量時間是 120 秒，每隔 1 秒就紀錄一次，如下圖，開孔 1cm 的原始記錄。



(六) 再將每 1 秒測量的溫度跟 0 秒的初始溫度相減得到上升溫度。

(七) 將這 120 筆的資料利用 EXCEL 製作成折線圖

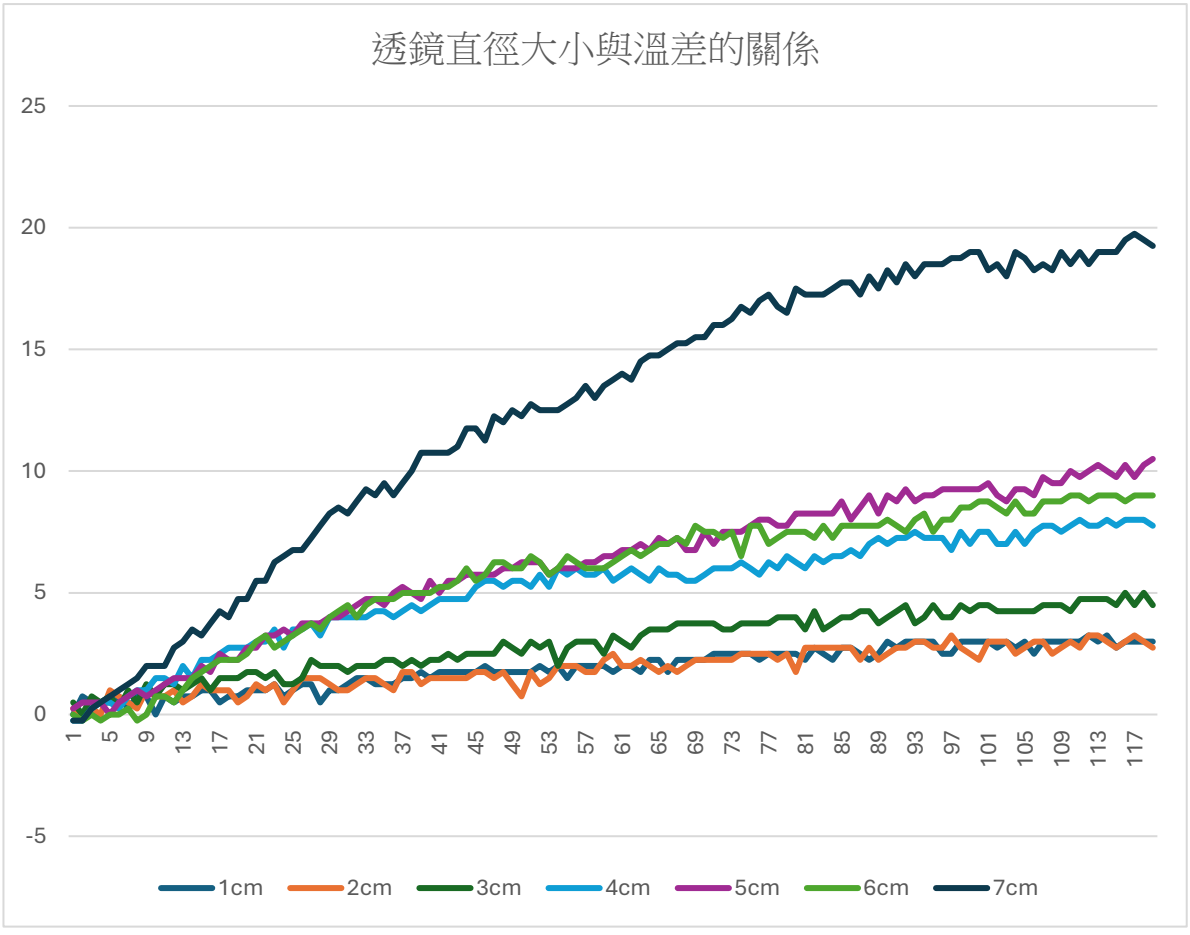


(八) 結果：節錄

	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
1 秒	0	0.25	0.5	-0.25	0.25	0	0.25
2 秒	0.75	0	0	-0.25	0.5	-0.25	0.5
3 秒	0.5	0.25	0.75	0.25	0.5	0	0.5
4 秒	0.5	0	0.5	0.5	0.5	-0.25	0.5
5 秒	0.5	1	0.75	0.5	0	0	0
6 秒	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0	0.5
7 秒	0.25	0.5	1	0.75	0.75	0.25	0.75
8 秒	0.75	0.25	0.5	1	1	-0.25	1
9 秒	0.75	1	1.25	1	0.75	0	0.75
10 秒	0	0.75	0.75	1.5	1	0.75	1
11 秒	0.75	0.75	1.25	1.5	1.25	0.75	1.25
12 秒	0.5	1	1.25	1.25	1.5	0.5	1.5
13 秒	0.75	0.5	1	2	1.5	1	1.5
14 秒	0.75	0.75	1.25	1.5	1.5	1.5	1.5
15 秒	1	1.25	1.5	2.25	2	1.75	2
16 秒	1	1	1	2.25	1.75	2	1.75
17 秒	0.5	1	1.5	2.5	2.5	2.25	2.5
18 秒	0.75	1	1.5	2.75	2.25	2.25	2.25
19 秒	0.75	0.5	1.5	2.75	2.25	2.25	2.25
20 秒	1	0.75	1.75	2.75	2.75	2.5	2.75
21 秒	1	1.25	1.75	3	2.75	3	2.75
22 秒	1	1	1.5	3	3.25	3.25	3.25
23 秒	1.25	1.25	1.75	3.5	3.25	2.75	3.25
24 秒	0.75	0.5	1.25	2.75	3.5	3	3.5
25 秒	1	1	1.25	3.5	3.25	3.25	3.25
26 秒	1.25	1.5	1.5	3.5	3.75	3.5	3.75
27 秒	1.25	1.5	2.25	3.75	3.75	3.75	3.75
28 秒	0.5	1.5	2	3.25	3.75	3.5	3.75
29 秒	1	1.25	2	4	4	4	4
30 秒	1	1	2	4	4	4.25	4
31 秒	1.25	1	1.75	4	4.25	4.5	4.25
32 秒	1.5	1.25	2	4	4.5	4	4.5
33 秒	1.5	1.5	2	4	4.75	4.5	4.75
： ：	： ：	： ：	： ：	： ：	： ：	： ：	： ：

114 秒	3	3.25	4.75	7.75	10.25	9	10.25
115 秒	3.25	3	4.75	8	10	9	10
116 秒	2.75	2.75	4.5	7.75	9.75	9	9.75
117 秒	3	3	5	8	10.25	8.75	10.25
118 秒	3	3.25	4.5	8	9.75	9	9.75
119 秒	3	3	5	8	10.25	9	10.25
120 秒	3	2.75	4.5	7.75	10.5	9	10.5

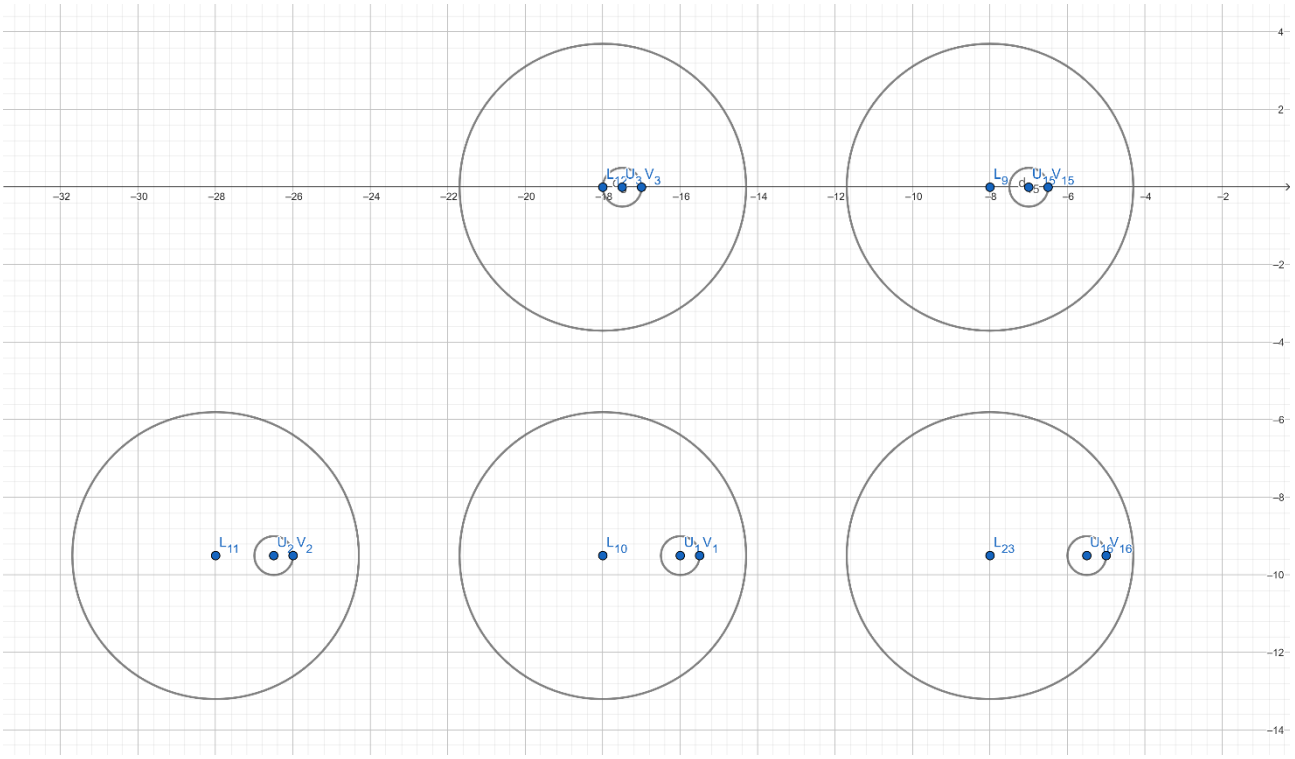
綜合比較：我們把上面各項實驗整理之後，得到以下的資料



實驗結果：在相同時間內，凸透鏡的面積越大，則溫度上升越快。

二、研究在凸透鏡不同部位的聚焦能力。

(一) 我們先在 GeoGebra 網站上畫出在大圓上不同位置的小圓，再列印下來剪成數個直徑 7.4 公分的圓形紙片（與凸透鏡大小相同）。



(二) 我們在圖畫紙上剪一個直徑 1cm 的圓，而這個小圓的圓心位置是偏離大圓圖畫紙圓心的 0.5cm、1cm、1.5cm、2cm、2.5cm。

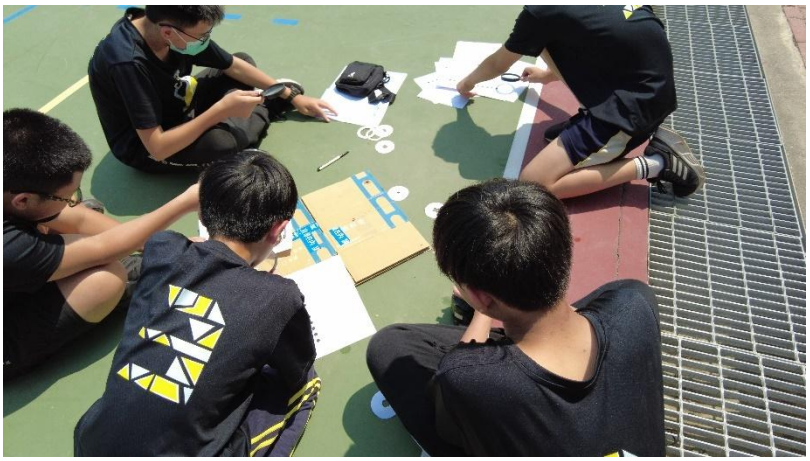
2-1 偏離 0.5 公分	2-2 偏離 1 公分	2-3 偏離 1.5 公分

2-4 偏離 2 公分	2-5 偏離 2.5 公分

(三)　實驗地點：教室的磨石子地板。

(四)　時間、溫度：我們選在中午 12 點半～1 點半的午休時間。

(五)　每次的測量時間是 120 秒，每隔 10 秒就紀錄一次。



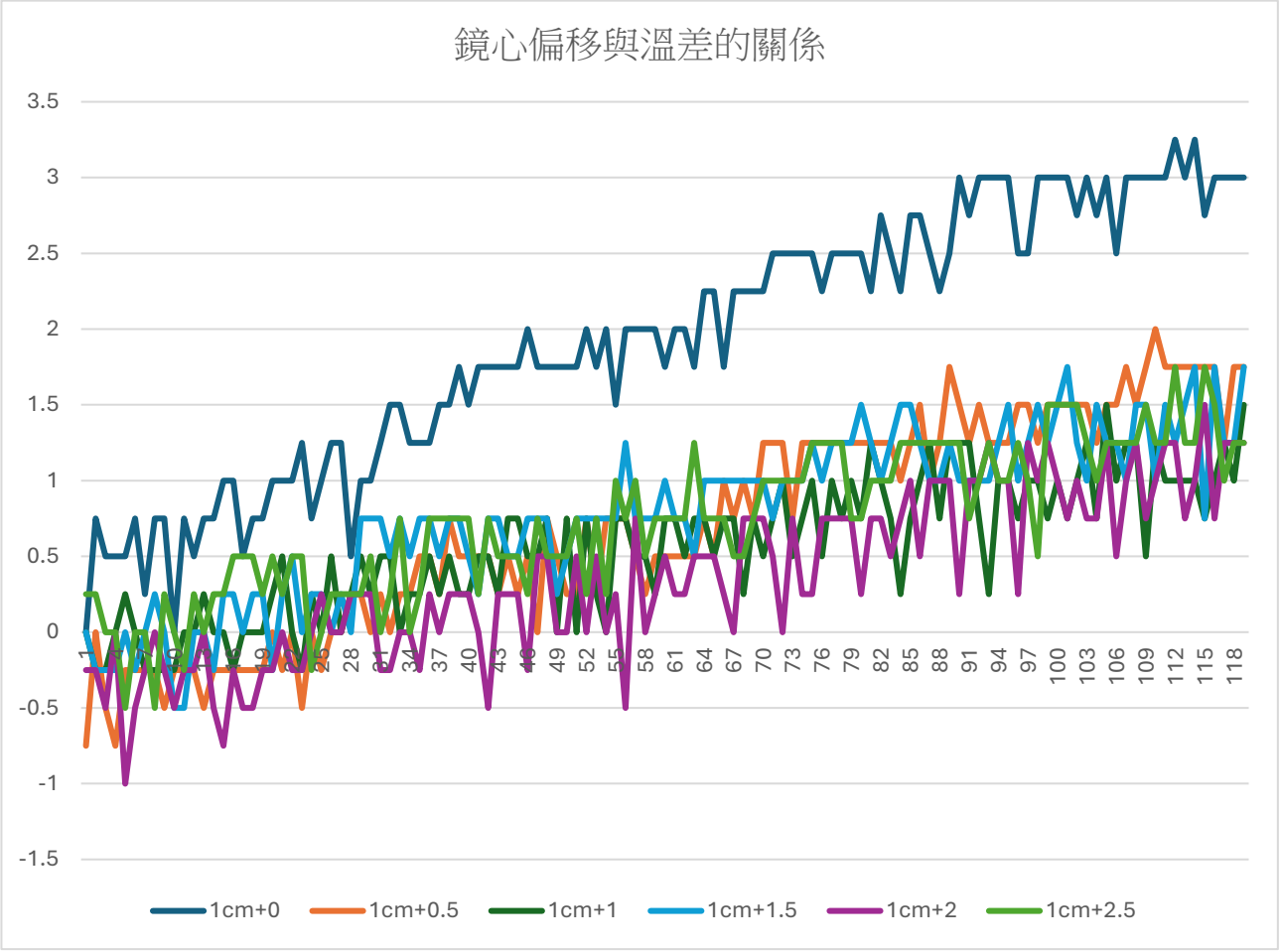
實驗情形

(六) 結果：

	1cm+0	1cm+0.5	1cm+1	1cm+1.5	1cm+2	1cm+2.5
1 秒	0	-0.75	0	0	-0.25	0.25
2 秒	0.75	0	-0.25	-0.25	-0.25	0.25
3 秒	0.5	-0.5	-0.25	-0.25	-0.5	0
4 秒	0.5	-0.75	0	-0.25	0	0
5 秒	0.5	-0.25	0.25	0	-1	-0.5
6 秒	0.75	-0.25	0	-0.25	-0.5	0
7 秒	0.25	-0.25	-0.25	0	-0.25	0
8 秒	0.75	-0.25	-0.25	0.25	0	-0.5
9 秒	0.75	-0.5	-0.25	0	-0.25	0.25
10 秒	0	-0.25	-0.25	-0.5	-0.5	0
11 秒	0.75	-0.25	0	-0.5	-0.25	-0.25
12 秒	0.5	-0.25	0	0	-0.25	0.25
13 秒	0.75	-0.5	0.25	0	0	0
14 秒	0.75	-0.25	0	-0.25	-0.5	0.25
15 秒	1	-0.25	0	0.25	-0.75	0.25
16 秒	1	-0.25	-0.25	0.25	-0.25	0.5
17 秒	0.5	-0.25	0	0	-0.5	0.5
18 秒	0.75	-0.25	0	0.25	-0.5	0.5
19 秒	0.75	-0.25	0	0.25	-0.25	0.25
20 秒	1	0	0.25	-0.25	-0.25	0.5
21 秒	1	-0.25	0.5	0.25	0	0.25
22 秒	1	0	0	0.5	-0.25	0.5
23 秒	1.25	-0.5	-0.25	0	-0.25	0.5
24 秒	0.75	0	0.25	0.25	0	-0.25
25 秒	1	-0.25	0	0.25	0.25	0
26 秒	1.25	0	0.5	0	0	0.25
27 秒	1.25	0	0	0.25	0	0.25
28 秒	0.5	0.25	0.25	0	0.25	0.25
29 秒	1	0.25	0.5	0.75	0.25	0.25
30 秒	1	0	0.25	0.75	0.25	0.5
31 秒	1.25	0.25	0.5	0.75	-0.25	0
32 秒	1.5	0	0.5	0.5	-0.25	0.25
33 秒	1.5	0.25	0	0.75	0	0.75
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

114 秒	3	1.75	1	1.5	0.75	1.25
115 秒	3.25	1.75	1	1.75	1	1.25
116 秒	2.75	1.75	0.75	0.75	1.5	1.75
117 秒	3	1.75	1	1.75	0.75	1.5
118 秒	3	1.25	1.25	1.25	1.25	1
119 秒	3	1.75	1	1.25	1.25	1.25
120 秒	3	1.75	1.5	1.75	1.25	1.25

綜合比較：我們把上面各項實驗整理之後，得到以下的資料

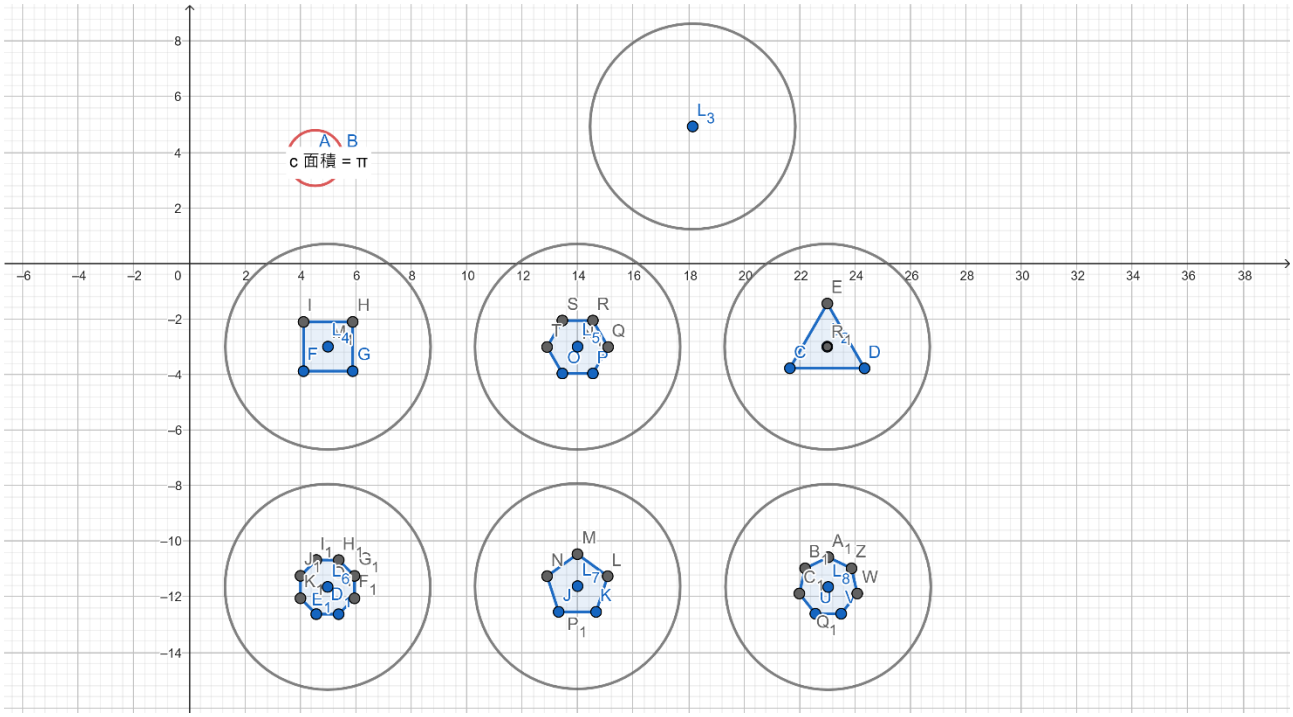


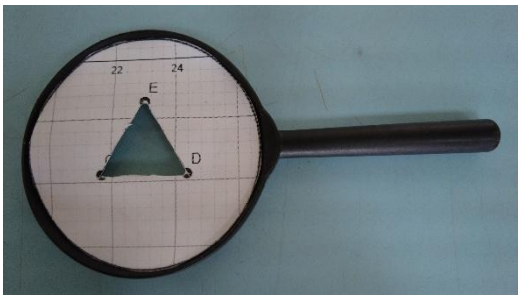
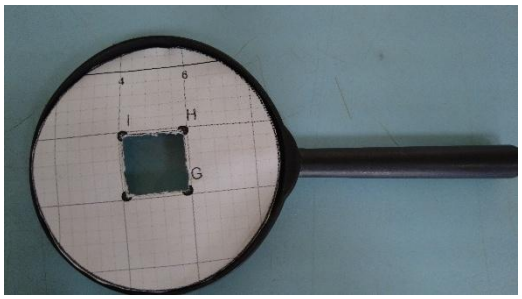
實驗結果：由於凸透鏡面積只有 0.785 平方公分，實驗時溫度上升慢，所以實驗結果非常接近。但仍可看出凸透鏡的開孔越靠近鏡心，聚焦能力越好的趨勢。

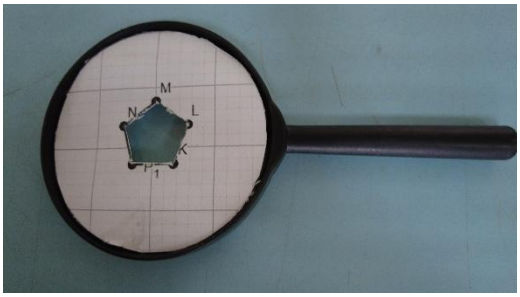
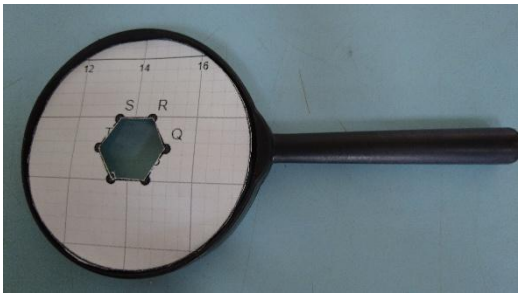
三、研究改變凸透鏡的形狀，對聚焦能力的影響。

(一) 為了要剪出面積相同但是形狀不同的開孔，所以我們到「GeoGebra」的網站來畫出我們要的圖再印下來然後剪出我們要的。

1. 圖中的 L3 是直徑 7.4 公分的圓（與凸透鏡大小相同）
2. 再畫出一個半徑是 1 公分的圓
3. 接著畫各種不同的正多邊形，面積大約等於π
4. 把 L3 的大圓的圓心跟正多邊形中心點疊起來
5. 然後印出來再沿著正多邊形的邊剪出開孔就可以了



		
編號	3-1 正三角形	3-2 正四邊形

		
編號	3-3 正五邊形	3-4 正六邊形

(二) 實驗地點：教室的磨石子地板。

(三) 時間、溫度：我們選在中午 12 點半～1 點半的午休時間。

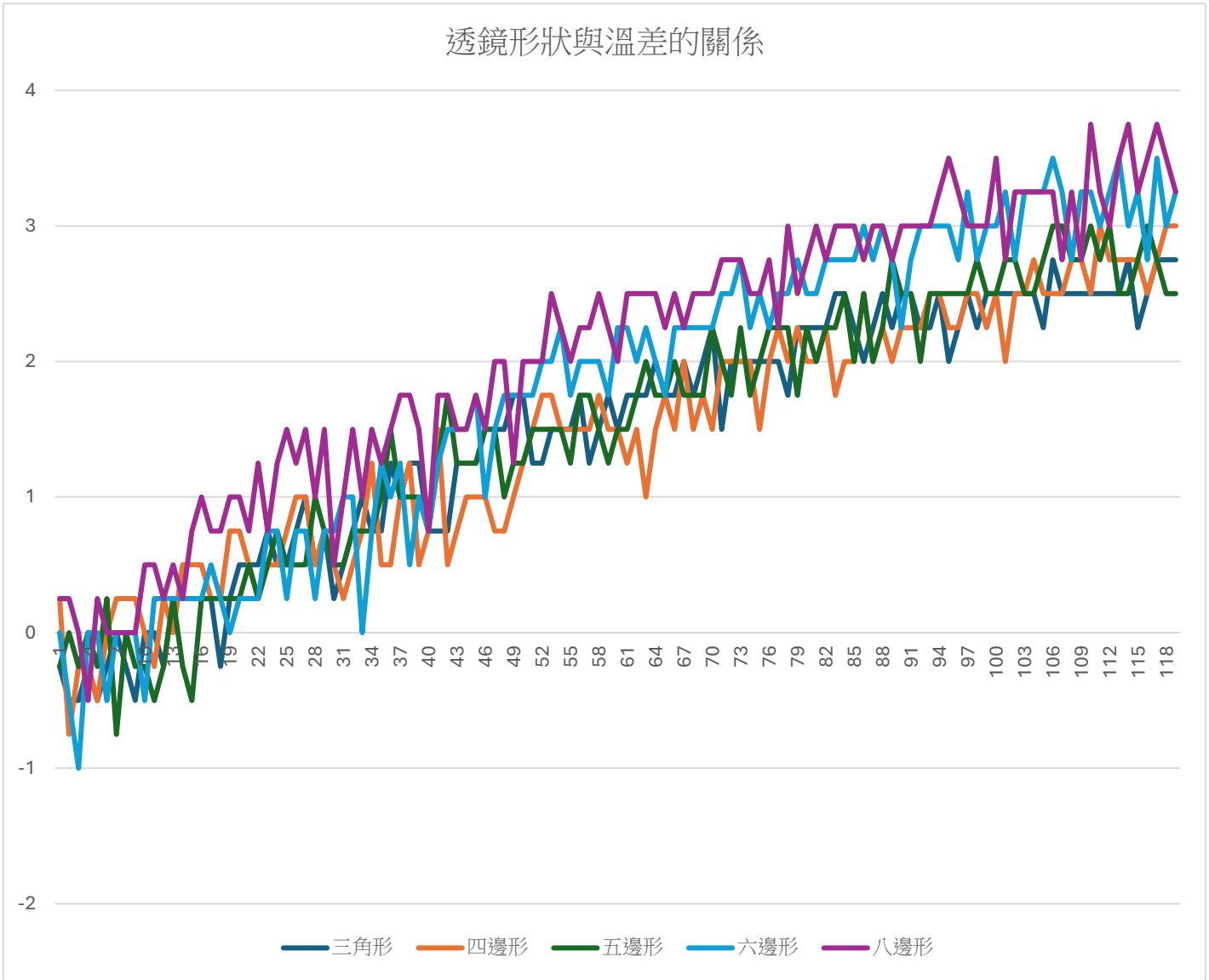
(四) 每次的測量時間是 120 秒，每隔 10 秒就紀錄一次。。

(五) 結果：不加入圓形開孔的原因是不同日期做實驗

	三角形	四邊形	五邊形	六邊形	八邊形
1 秒	-0.25	0.25	-0.25	0	0.25
2 秒	-0.5	-0.75	0	-0.5	0.25
3 秒	-0.5	-0.25	-0.25	-1	0
4 秒	-0.25	-0.25	0	0	-0.5
5 秒	-0.5	-0.5	-0.25	0	0.25
6 秒	-0.25	0	0.25	-0.5	0
7 秒	0	0.25	-0.75	0	0
8 秒	-0.25	0.25	0	0	0
9 秒	-0.5	0.25	-0.25	0	0
10 秒	0	0	-0.25	-0.5	0.5
11 秒	0	-0.25	-0.5	0.25	0.5
12 秒	-0.25	0.25	-0.25	0.25	0.25
13 秒	0.25	0	0.25	0.25	0.5
14 秒	0.25	0.5	-0.25	0.25	0.25
15 秒	0.25	0.5	-0.5	0.25	0.75
16 秒	0.25	0.5	0.25	0.25	1
17 秒	0.25	0.25	0.25	0.5	0.75
18 秒	-0.25	0.25	0.25	0.25	0.75
19 秒	0.25	0.75	0.25	0	1
20 秒	0.5	0.75	0.25	0.25	1
21 秒	0.5	0.5	0.5	0.25	0.75
22 秒	0.5	0.25	0.25	0.25	1.25
23 秒	0.75	0.5	0.5	0.75	0.75
24 秒	0.5	0.5	0.75	0.75	1.25
25 秒	0.5	0.75	0.5	0.25	1.5
26 秒	0.75	1	0.5	0.75	1.25
27 秒	1	1	0.5	0.75	1.5
28 秒	0.5	0.5	1	0.25	1
29 秒	0.75	0.75	0.75	0.75	1.5
30 秒	0.25	0.5	0.5	0.75	0.5
31 秒	0.5	0.25	0.5	1	1
32 秒	0.75	0.5	0.75	1	1.5
33 秒	1	0.75	0.75	0	1
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:

114 秒	2.5	2.75	2.5	3.5	3.5
115 秒	2.75	2.75	2.5	3	3.75
116 秒	2.25	2.75	2.75	3.25	3.25
117 秒	2.5	2.5	3	2.75	3.5
118 秒	2.75	2.75	2.75	3.5	3.75
119 秒	2.75	3	2.5	3	3.5
120 秒	2.75	3	2.5	3.25	3.25
	-24	2.5	2.75	3.75	3.75

綜合比較：我們把上面各項實驗整理之後，得到以下的資料



實驗結果：不同形狀的凸透鏡，邊數越多時溫度上升越快。

伍、討論

一、從實驗一的結果可以發現，當凸透鏡面積越大時，溫度上升越快，因為在同樣的測量時間內，凸透鏡面積越大透過的光線越多，溫度計吸收的能量也越多。

二、由實驗一的結果，製作下表並分析凸透鏡面積與溫度的關係。

	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
(第 120 秒減第 1 秒的溫差)除以直徑	1.625	1.5	2.0625	1.8	1.541667	1.5

(一) 上表為溫度變化與直徑的關係，將相同直徑 2cm 的凸透鏡在第 120 秒時的溫度，減去在第 1 秒的溫度，再除以直徑 2cm，即可得此表第二列的比值

(二) 從此表中發現，除了 4cm、5cm 誤差比較大，其餘上升的溫度與直徑的比值接近 1.6。

三、由實驗一的結果，製作另一個表並分析凸透鏡面積與溫度的關係。

	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
除以直徑 1cm 的溫差再除以直徑	0.65	0.6	0.825	0.72	0.616667	0.6

(一) 上表為「不同直徑的放大鏡溫度變化與直徑 1cm 放大鏡溫度變化的倍數」與直徑的關係，將直徑 2cm 的凸透鏡在第 120 秒時的溫度，除以直徑 1cm 的凸透鏡在第 120 秒時的溫度，再除以直徑 2cm，即可得此表第二列的比值

(二) 從此表中發現，除了 4cm、5cm 誤差比較大，其餘上升的溫度與直徑的比值接近 0.6。

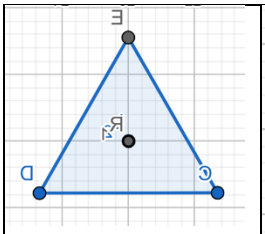
四、由實驗二的結果，製作下表並分析凸透鏡不同部位的聚焦情形

	1cm+0.5	1cm+1	1cm+1.5	1cm+2	1cm+2.5
第 120 秒時開孔在中心的溫度差減偏離中心開孔的溫度差	1.25	1.5	1.25	1.75	1.75

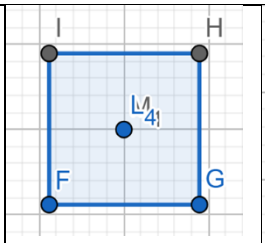
(一) 上表為凸透鏡不同部位開孔與開孔在中心溫度變化的關係表，以開孔在鏡心的凸透鏡為基準，計算各透鏡與此透鏡的溫度差。

五、由上表發現，溫度差再相減會接近一個數字，而這也表示越接近中心，聚熱效果越好。

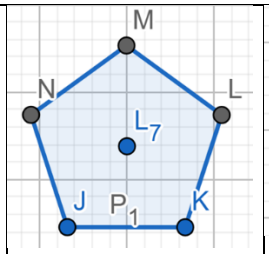
六、由實驗三發現，當凸透鏡越近似圓形時，溫度上升越快。各種形狀雖然面積相等，但把它們畫在方格紙上(如下表)，用不同顏色代表不同形狀，再將它們對準圓心重疊，在由半徑延伸的直線上，可以發現正三角形包含離圓心最遠的格子，接著依序是正四邊形、正五邊形、正六邊形、圓形。這些格子的差別，代表不同形狀的凸透鏡包含不同的部位，所以造成聚焦能力的差異。



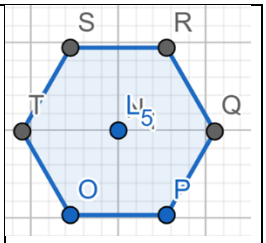
正三角形



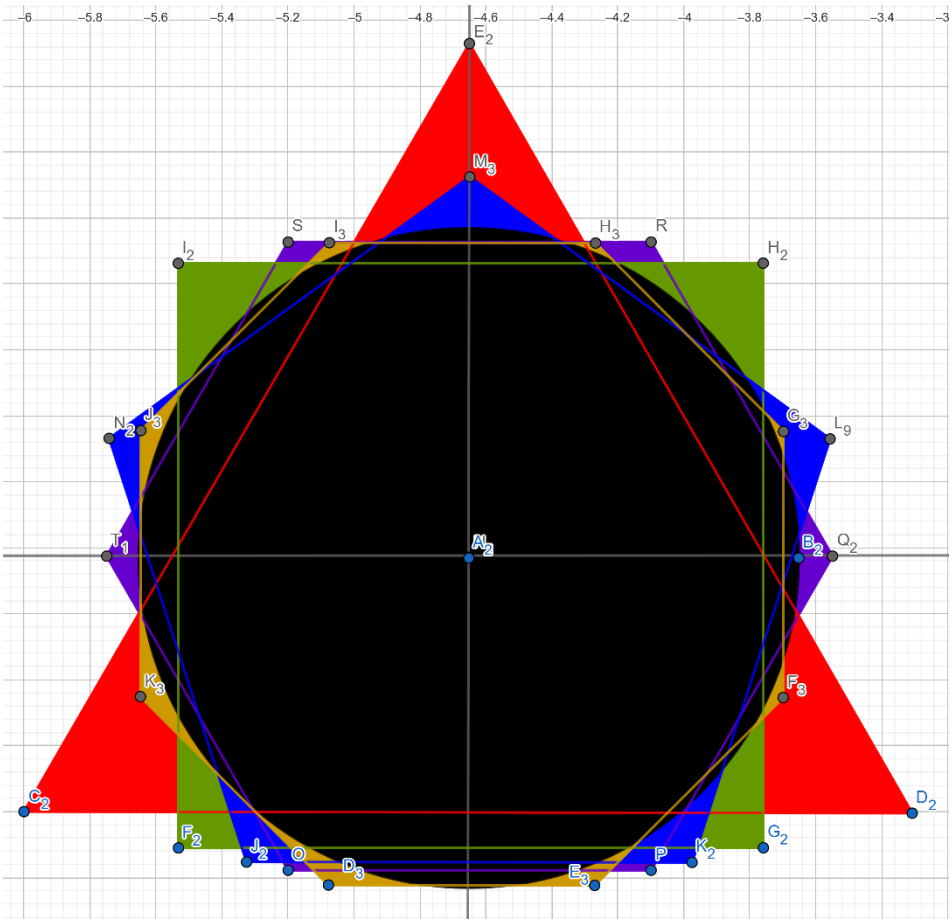
正四邊形



正五邊形



正六邊形



陸、結論

一、凸透鏡的面積影響溫度計吸收能量的多寡，但兩者並不是正比例關係，隨著增加的面積，有不同的影響。

二、凸透鏡的鏡心越偏移整個凸透鏡的中心，聚熱效果越差。

三、改變凸透鏡的形狀，會影響凸透鏡的聚焦能力，因為凸透鏡不同部位的聚焦能力不一樣，越靠近圓心聚焦效果越好，反之則越差。所以在改造凸透鏡形狀時，若同時要兼顧凸透鏡的聚焦能力，則接近圓形的形狀是比較好的選擇。

柒、參考資料及其他

一、GeoGebra 幾何(2024 年 12 月 09 日)。https://www.geogebra.org/geometry。

二、吳萬來、鄭伊茹(2023)。太陽的祕密(頁 30-38)。翰林版國小自然科學 5 上第五冊。