

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

第三名

040807

魔鏡

學校名稱：國立華南高級商業職業學校

作者： 高二 李秉謙 高二 李明燦	指導老師： 鄭安宗 張嘉玲
-------------------------	---------------------

關鍵詞：平面聚光鏡、矽油、太陽熱能

# 魔鏡

## 摘要

此研究是以自製陣列鏡片所組的平面聚光鏡來提高太陽光的能量，並研究熱輻射物質微粒懸浮在膠體溶液下，透光率與吸熱程度之關係，並以各種金屬、非金屬及氧化金屬微粒在膠體溶液下呈懸浮狀態下，對於太陽光輻射熱的導(吸)熱效能比較，尋找最適合的吸熱材以提升對太陽熱能吸收的效能。

本研究所使用吸熱材的溶劑是矽油，因矽油處於高溫時的狀態較穩定。並且矽油通常都使用於保溫的器材上，所以矽油的保溫效果比其他材料良好。故我們採用矽油為我們研究的基本溶劑。

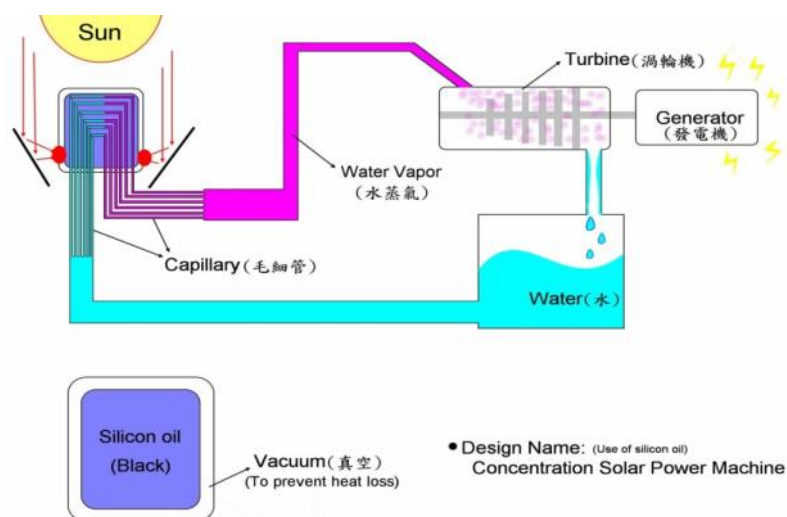
## 壹、 研究動機

最近幾年來綠能科技不斷的創新和進步，然而在眾多的綠能科技中又以取之不盡的太陽光熱能為主要的發展方向(例如：拋物線體式太陽能發電、追日式太陽能版發電廠...等)。

在太陽的光熱能應用上，目前大多以太陽光電能來作為綠能科技研究及發展(例如：單晶、多晶太陽能板，敏化染料太陽能板...等)，但在效率上卻不盡理想。只要有效的將太陽光集中，就能有效的產生可再利用的熱能(例如：太陽熱水器、太陽熱泵暖氣、太陽爐發電廠...等)，雖然效率高，但因設備的體積及架設等問題而無法普及。

目前太陽能聚光裝置都是以如何提昇太陽光的能量密度為研究方向，聚光能量密度越高就代表溫度越高，但在追求提昇能量密度的過程中，並未將吸收器的材質與所能承受的溫度作同步考量，因為成功的太陽能聚光裝置在聚光能量密度上，很輕易的就能破千度以上，甚至可達太陽表面溫度，但目前地球上又有多少物質可承受如此高的溫度呢？

經過我們的討論後，我們想設計一種新思維的「通用型太陽能聚光集熱裝置」。以陣列鏡片所組的平面聚光鏡取代傳統碟型弧面聚光鏡，因為碟型弧面聚光鏡是以熱點加熱的方式來運作，對吸收器可能會造成損壞，且加熱區位於碟型弧面的中心位置，所以吸收器也須架設在碟型弧面的中心位置，這會因吸收器的遮光使得聚光鏡的有效聚光面積相對的減少，因而限制了吸收器的體積，進階的也限制了相關的應用及開發，但如果採用陣列鏡片所組的平面聚光鏡來提昇太陽光能量密度的話，其加熱是以區域面積的方式來進行加熱，不會有單點過熱的問題，且溫度及加熱區的位置可依需求來設計，這樣可大大的增加相關的應用及開發。















## 貳、 研究目的

依照我們的研究方向，我們首先要找出受熱體的材質和透光率對熱能吸收的影響。

- (一) 自製陣列鏡片所組成的平面聚光鏡
- (二) 研究熱幅射物質透光率與吸熱程度之關係
- (三) 何種金屬、非金屬或氧化金屬微粒對於幅射熱的吸熱效能最好
- (四) 整合所有實驗設備製作出「通用型太陽能聚光集熱裝置」

## 參、 研究設備與器材

			
電子式溫度計	電子秤量器	計時器	500w 鹵素燈
			
三氧化二鐵	500mL 矽油	鋅粉	500mL 正己烷
			
石墨粉	鋁粉(Al)	模擬太陽光加熱設備	數據 Sensor 整合器
			
透光率測量器	自製攪拌器	電動線鋸	石墨片導熱器
			
桌上型車床	桌上型銑床	太陽護目鏡	攻牙器

## 肆、研究過程與方法

### 一、太陽能熱能發電之原理



圖 4-1-1 太陽熱能史特靈引擎發電器

太陽能為一種低密度的能源，即使在中午最強的日照條件下，地表附近的太陽輻射能量也大約只有  $1000\text{watt}/\text{m}^2$ ，利用聚光裝置可以將能量集中，有效地提高溫度。聚光比越高，加熱溫度就越高。

太陽熱能發電是利用太陽能來加熱工作流體，再利用工作流體推動熱機來發電。由熱力學第二定律可以知道，熱機的發電效率與工作流體溫度有關，簡言之，溫度差愈高，熱機的發電效率越好。因此要達到高效率發電，必須將工作流體加熱到高溫，此時就需要聚光(集光)裝置。聚光裝置是利用透鏡或反射鏡等光學元件，將大面積的太陽能集中到一個小面積上，以提高光的能量密度。

### 二、陣列鏡片

所謂的陣列鏡片就是利用許許多多的鏡面，利用光的反射原理，共同來進行發散光、聚光...等等功能，如前面所提的平面反射聚光裝置，就是利用陣列鏡片來進行聚光，提高太陽光的能量。但為了使每一個陣列鏡片都能準確的將光反射到所設計的位置，所以必需很精準的控制到每個鏡片的方向及角度，難度很高，不易製作。

### 三、矽油(Silicon Oil)

矽油(Silicone Oil)又稱聚二甲基矽氧烷(PDMS)，是一種具有光學透明的高分子有機矽化合物。一般為無色、無味、無毒、不易揮發的液體。因此，矽油可以有各種不同的黏滯係數，從  $0.65\text{ mm}^2/\text{s}$  到數百萬，再加上擁有良好的耐寒及耐熱性、電氣絕緣性、潤滑性、疏水性、壓縮特性、低表面張力、非黏附性等眾多優異特性，所以被廣泛應用在各個業界。

#### ● 矽油的基本資料：

1. 化學式： $(\text{C}_2\text{H}_6\text{OSi})_n$
2. 密度： $1070\text{g}/\text{cm}^3$
3. 熱傳導性(保溫效果良好)
4. 無毒、無味和生理惰性(穩定性高)
5. 透光性良好、生物相容性佳

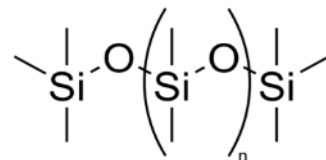


圖 4-3-1

#### 四、 黑體

黑體對輻射熱可完全吸收，既不反射也不穿透，故其表面為黑色。自然界中無完美之黑體，一般均用如下方式表示黑體模型：取不透明的中空物體，將其表面挖一個極小的洞，讓輻射從小洞中入射到物體的表面裡，讓輻射在其中歷經多次吸收與反射，最後完全為物體所吸收，而不對外放出；故物體內之空心部份可視為黑體。

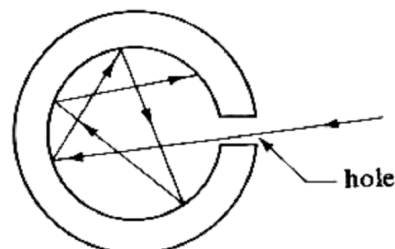


圖 4-4-1 黑體輻射示意圖

#### 五、 溫室

溫室效應的原理則是利用不同溫度的光線具有不同的波長，來自太陽光的光線即為具有短波長的電磁波，它能夠輕易的穿過玻璃或透明塑膠，另外，氣體或地球表面，吸收太陽的光熱之後也會釋放出能量，不過確是以長波輻射的形式，無法穿過玻璃或透明塑膠。

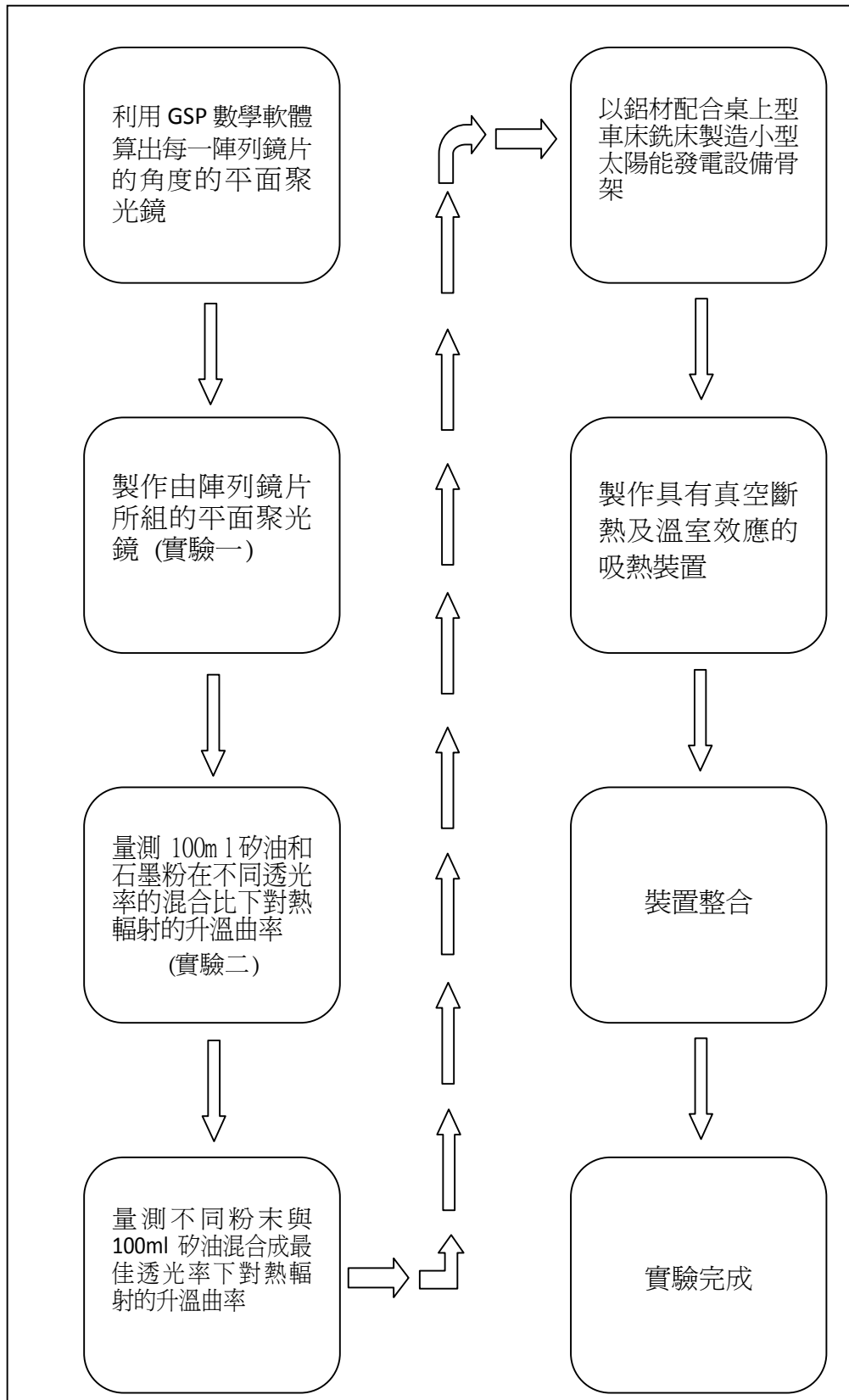
#### 六、 熱傳導

熱傳導是物質的導熱性能，將能量從高處傳到低處。熱傳導係數在熱力學、機械工程與化學工程中，熱傳導係數是用來計算熱傳導的，主要是對流的熱傳導或流體與固體之間相態變換的熱傳導，其定義為在單位溫差下，單位時間通過單位面積單位距離的熱量，稱為該物質之熱傳導係數。

材質	導熱係數 W/mK
石墨、鑽石	1000-2200
銀	406
銅	385
金	314
鋁	205
鐵	79.5
鋼	50.2
鉛	34.7

表 4-6-1 熱傳導係數 K 值

七、 實驗步驟與流程





## 八、繪製陣列式平面聚光鏡之設計圖

在繪製過程中，爲了求得精準的角度和高度，我們利用數學運算軟體(GSP)作爲繪製設計圖的工具。於是利用此軟體完成各陣列鏡片在不同的方位和圓周所需對應加熱區的角度，而角度精準度在小數點兩位數，以目前的量角器無法量得這麼小的角度值，於是再利用GSP數學軟體求得各陣列鏡片的高度，並利用改良過的游標卡尺做成的裁切刀在做高精準度的鏡面角度支撐架，且誤差值可縮小到0.05mm，才得以完成陣列鏡片所組的平面聚光鏡製作。

平面聚光鏡設計圖之內容，利用GSP數學軟體將焦點設定於40公分處向下12公分，此動作可以避免受熱工作物遮光的問題。

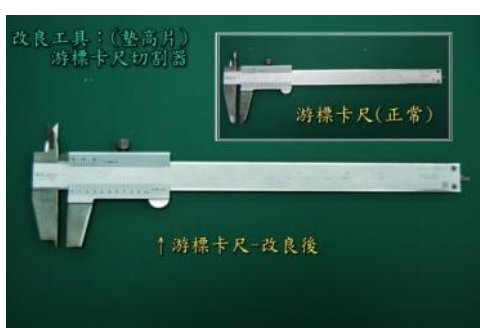


圖 4-8-1 游標卡尺與改良後比較

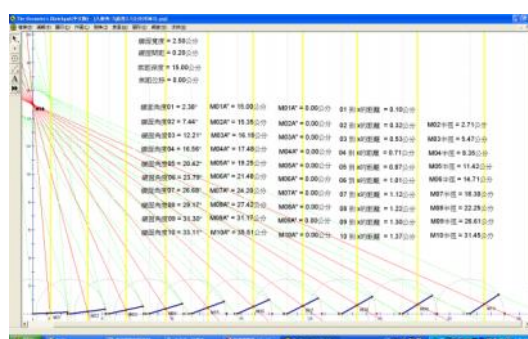


圖 4-8-2 GSP 數學軟體

## 九、量測各熱幅射物質透光率對吸熱程度之前置作業

### (一) 自製自動攪拌器

1. 利用轉動器加上轉速控制器來製作攪拌器，並可加以控制轉速。
2. 自製攪拌螺旋器，上方銅片是將液體往下帶動，下方銅片則是將液體往上帶動，以增加物質快速散佈均勻的效率。
3. 利用三叉夾和固定架將待攪拌物和自製攪拌器固定住。



(圖 4-9-1 自製攪拌器-成品)

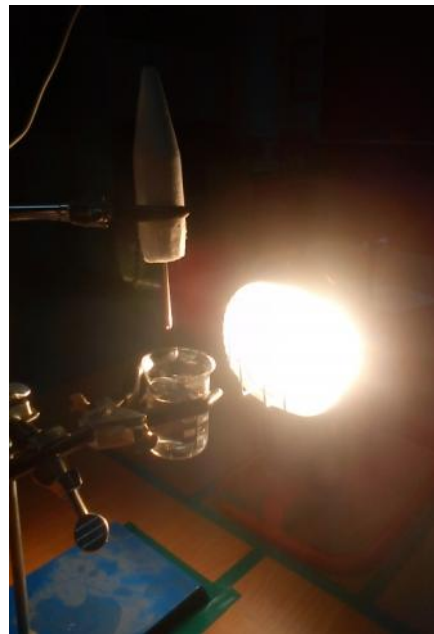
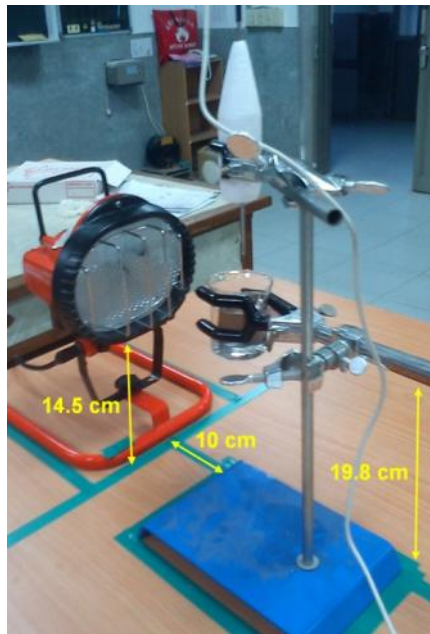


(圖 4-9-2 自製攪拌器-使用中)

## (二) 模擬太陽光能加熱設備

為了使實驗數據更加準確，就必須避免每日天氣的不同。所以利用利用 500w 的鹵素燈當夏日時的太陽光，以免受到氣候的影響而導致實驗數據產生誤差。

1. 固定架放置於距離鹵素燈 10 公分處。
2. 鹵素燈與水平桌面保持 14.5 公分高。
3. 將放置燒杯的三叉夾固定與水平桌面保持 19.8 公分高。
4. 環境溫度設定於 17℃。(利用冷氣空調控制環境溫度)



(圖 5-3 模擬太陽光能加熱設備) (圖 5-4 太陽光能加熱設備-使用中)

## (三) 實驗變因之控制

1. 將待測物倒入 100mL 量杯再利用秤量器固定各待測物的質量，其質量約為 88.7g。
2. 實驗前，將待測物置於自動攪拌器下攪拌約 5 分鐘。
3. 實驗前，將加熱物固定於模擬太陽光能設備之 19.8 公分處，距離鹵素燈 10 公分，並且鹵素燈高度與桌面保持於 14.5 公分。
4. 實驗過程中，利用冷氣空調將溫度控制於 17 ℃，以利減少環境變因。
5. 將各待測物加熱時間固定於 30 分鐘。
6. 實驗結束後，從數據中觀察各物質對輻射熱吸收之程度。

## 伍、 研究過程與結果

### 一、 實驗一：自製陣列鏡片所組成的平面聚光鏡

#### (一)各陣列鏡片之墊高片

利用改良後游標卡尺裁切壓克力條，而可求得每個陣列鏡片精準的墊高高度，並利用快乾黏於鏡片的背面。

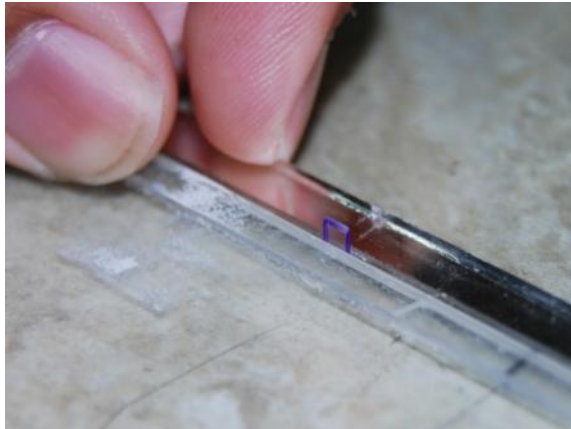


圖 5-1-1

#### 1. 第一步驟：固定墊高小架子

我們爲了求取準確的數據，科展老師幫我們簡單的設計一個可以使小架子垂直於桌面的工具。

(如圖所示，兩長條物體即可固定)

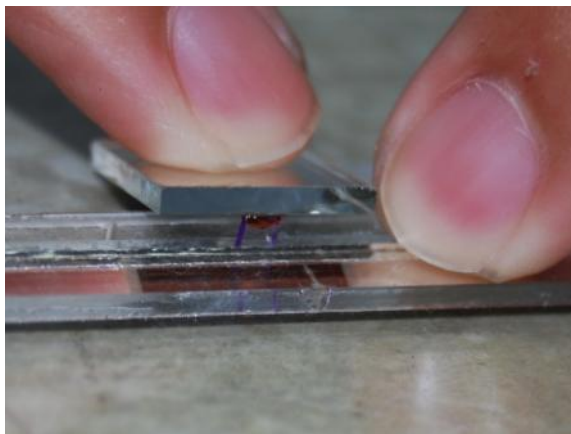


圖 5-1-2

#### 2. 第二步驟：黏貼反射鏡

我們將玻璃上端中央處用液狀快乾點一滴，再利用垂直於桌面的小架子上端處，將反射鏡固定上去。

(如圖所示，反射鏡黏貼於小架子上)

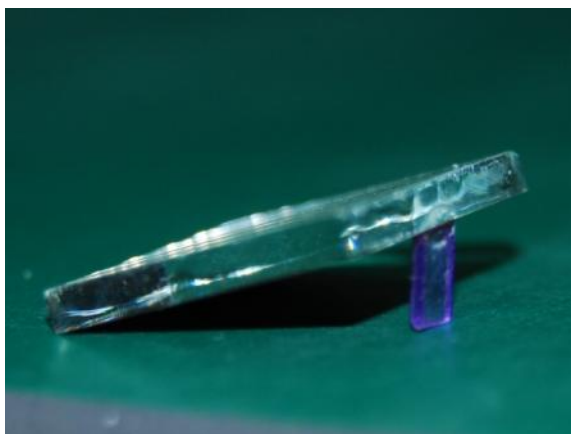


圖 5-1-3

#### 3. 第三步驟：完成墊高角度

我們等待 5~8 分鐘後，小架子和反射鏡之間的快乾就會完全固定。接下來就固定到我們指定的壓克力版就完成囉！

(如圖所示，墊高後成品)

## (二)利用陣列鏡片製作平面聚光鏡

爲了精準求得每個陣列鏡片的所屬位置，利用每個陣列鏡片的距離差和長鐵尺製作出可求得精準位置的輔助器，並也可用來解決黏貼陣列鏡片時所造成的不穩。

粗略將每個陣列鏡片黏至於平面聚光鏡上後，爲了使整體設備更加牢固，我們嘗試了許多膠水(例：快乾、塑鋼漿、保麗龍膠..等)，最後發現塑鋼漿能穩固將鏡片黏貼於聚光鏡上。並且受熱後不易膨脹，固然解決了因膨脹破壞設備的問題。



圖 5-1-4 墊高片與塑鋼漿



圖 5-1-4 塑鋼漿穩固鏡片

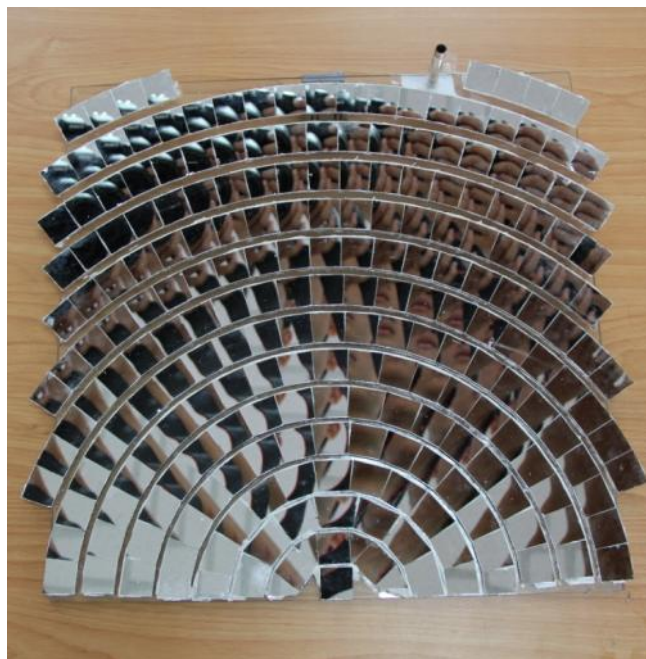


圖 5-1-4 平面聚光鏡-成品



二、 實驗二：研究熱輻射物質透光率與吸熱程度之關係

利用石墨粉為主要懸浮物質，矽油為膠體懸浮溶劑。並加以測量出每個透光率對輻射熱的吸熱程度，再依照數據判別出位於何種透光率下可以達到最大的吸熱效能。

(一)實驗結果

資料 \ 透光率	0%T	10%T	20%T	30%T	40%T	50%T	60%T
起始溫度	21.1℃	21.1℃	21.1℃	21.1℃	21.1℃	21.1℃	21.1℃
最終溫度	81.5℃	84.2℃	84.7℃	86.1℃	86.4℃	87.9℃	87.5℃
溫差	60.4℃	63.1℃	63.6℃	65℃	65.3℃	66.8℃	66.4℃
資料 \ 透光率	70%T	80%T	90%T	100%T	110%T	X	
起始溫度	21.1℃	21.1℃	21.1℃	21.1℃	21.1℃		
最終溫度	90.3℃	90.5℃	89.0℃	89.6℃	70.3℃		
溫差	69.2℃	69.4℃	67.9℃	68.5℃	49.2℃		

表 5-2-1 各種透光率的吸熱溫度比較

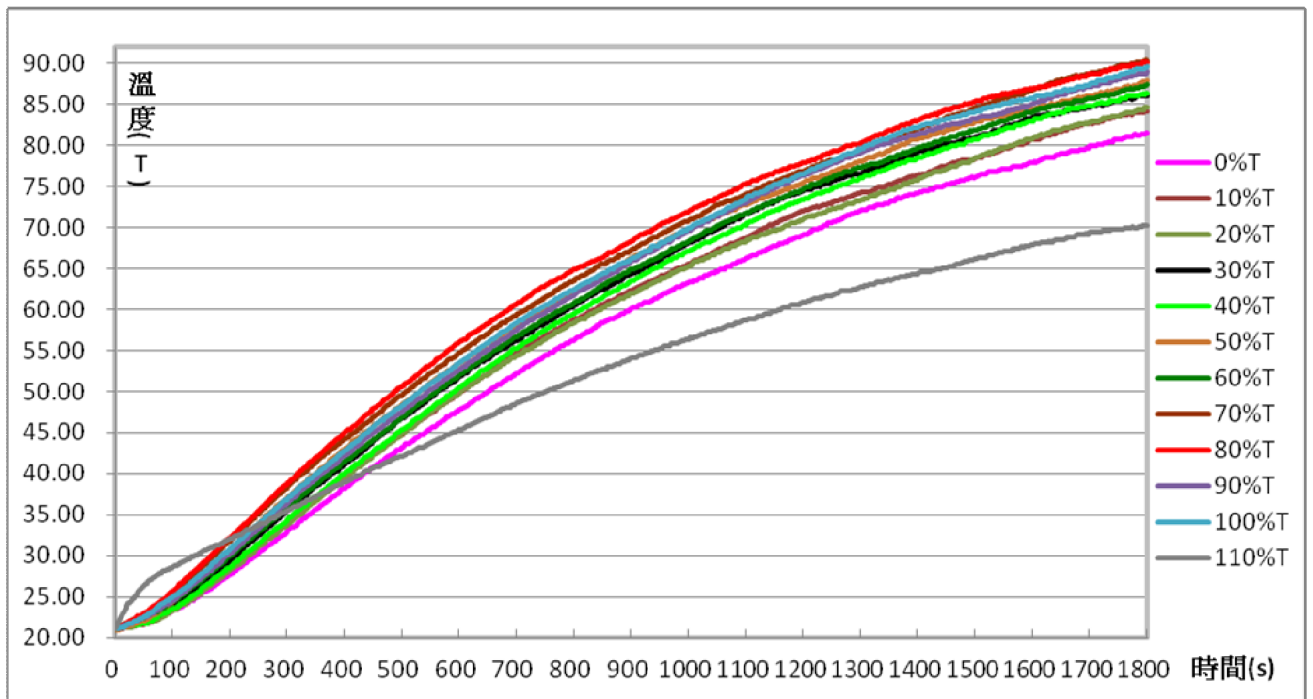


圖 5-2-1 各種透光率與溫度關係-折線圖

(二)分析

1. 由表 5-2-1 可看出 80%T 的升溫曲率(吸熱程度)最大，
2. 矽油可使粉狀顆粒懸浮於其中。因為這樣透光率越低者其粉狀顆粒密度越高，熱輻射的能量只有在受光處表面，而較後面的顆粒因為受光深度不夠，無法完全將熱輻射吸收。

三、 實驗三：何種金屬、非金屬或氧化金屬微粒對於幅射熱的吸熱效能最好  
 依據實驗二的研究結果，於測量前將各待測物的透光率調至  
 80%T，以增加待測物對熱輻射吸收程度的最佳效能。

(一)實驗分組

爲了比較液體和固體對熱輻射的吸收程度，液體方面取用散熱膏的成分，而固體方面參照目前市面上表面黑化的方式進行測量。

第一組(液體)：石墨粉、氧化鎂、氧化鐵、鋅粉、鋁粉

第二組(固體)：石墨片、石墨片(含散熱鱗片)、石墨粉

(二)實驗結果

1. 第一組(液體)

物 資 料	石墨粉	氧化鎂	氧化鐵	鋅粉	鋁粉
起始溫度	21.7℃	21.7℃	21.7℃	21.7℃	21.7℃
最終溫度	90.8℃	69.0℃	77.0℃	86.2℃	83.8℃
溫差	69.1℃	47.3℃	55.3℃	64.5℃	62.1℃

表 5-3-1 各透光率 80%T 物質的吸熱溫度比較

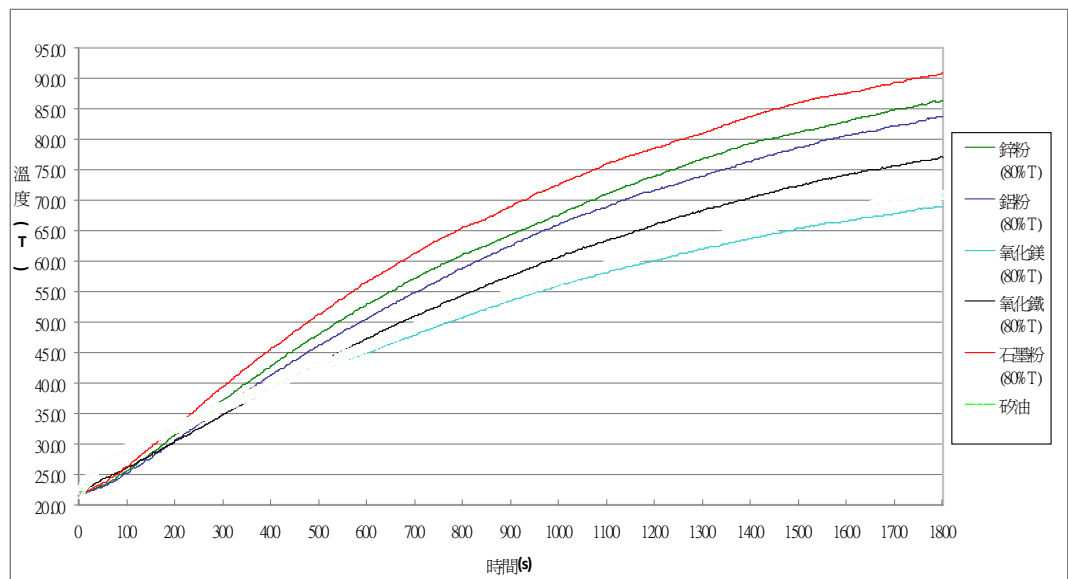


圖 5-3-1 各透光率 80%T 物質與溫度關係-折線圖

## 2. 第二組(固體)

物 質 資 料	石墨粉 (透光率 80%T)	石墨片	石墨片 (散熱鰭片)
起始溫度	21.7℃	21.7℃	21.7℃
最終溫度	90.8℃	75.0℃	77.5℃
溫差	69.1℃	53.3℃	55.8℃

表 5-3-2 石墨粉、石墨片、石墨片加散熱鰭片的吸熱溫度比較

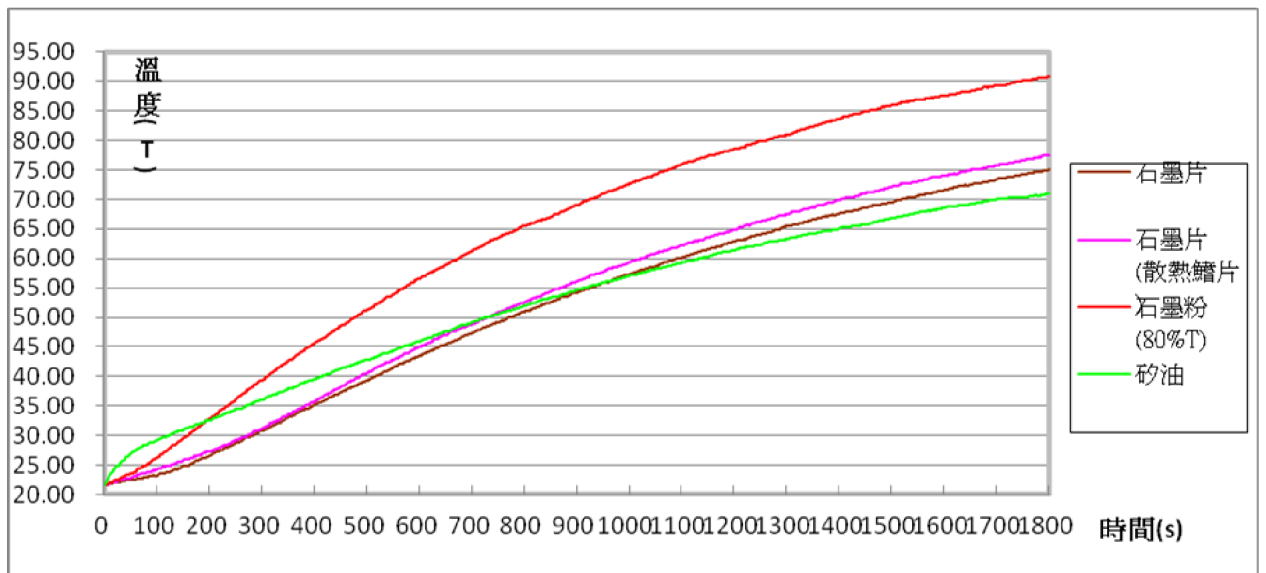


圖 5-3-2 石墨粉、石墨片、石墨片加散熱鰭片與溫度關係-折線圖

### (三)分析

1. 由表 5-3 可以看出石墨粉對熱輻射的吸收效果最良好，而氧化鎂的吸熱效果最差。(氧化鎂為白色粉末)
2. 由此實驗可以證明出石墨粉有良好的導熱性，而將其加入矽油後也使加熱中的矽油有良好的熱對流。
3. 石墨片和石墨片(散熱鰭片)的溫度差距約為 2.5℃，我們認為有加鋁散熱鰭片的石墨片導熱度較高，因為散熱鰭片會將置於前方吸熱的石墨的熱能導熱到液體冷面處，加速熱能傳遞的效果。所以才會有此實驗數據和結果。
4. 目前外界在熱輻射吸收材研究階採用表面塗黑來吸收熱輻射，就如同本實驗的石墨片及石墨片(散熱鰭片)，由實驗數據得，這並不是一個最佳的吸收熱輻射吸收材。
5. 由此實驗，求得各透光率 80%T 的物質其吸熱效能，80%T 石墨粉的吸熱效能最為良好。

#### 四、 實驗四：整合所有實驗設備製作出「通用型太陽能聚光集熱裝置」 (一)整合裝置

該項實驗製作對於我們學生來講真是一大挑戰，因為我們從沒上過機械相關課程，更不用說車床及銑床的操作，但還好學校有買了該項加工機具供我們參加科展的學生使用，且有老師會操作，所以就這樣的邊做邊學的情況下完成了太陽能集光設備的骨架。

由於我們要製作的是以陣列鏡片所組的平面聚光鏡，而該類型的集光設備是採用三維聚光，所以需要一雙軸機構來追日，有點難度，所以我們採用鋁材來加工，雖然是邊做邊學，但還是被我們完成了，且除了螺絲及軸承無法製作外，全部都是我們親手完成。



圖 5-4-1 集光設備骨架零件



圖 5-4-2 集光設備骨架

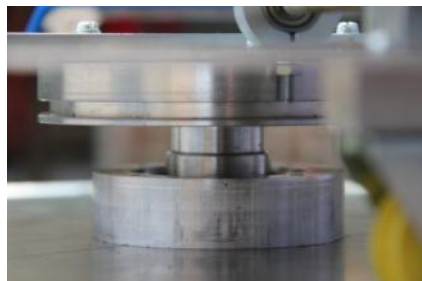


圖 5-4-3 集光設備迴旋裝置

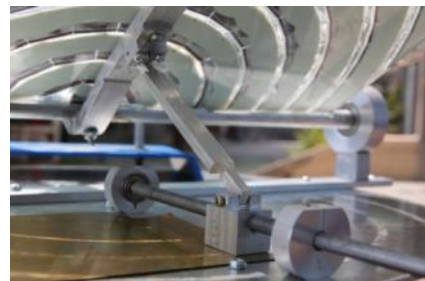


圖 5-4-4 集光設備螺桿裝置



圖 5-4-5 角度補償裝置



圖 5-4-6 滾輪



## (二) 製作具有真空保溫和溫室效應的吸熱裝置

在前的各項實驗中，我們找到了如何更有效的將太陽熱輻射吸收，但吸收了熱輻射的熱能後，為了保存溫度且不散失，那就要運用物理課所學的相關知識來熱傳原理中的熱傳導、熱對流、熱輻射之移除，調有這樣才能將吸收熱後的工作流體做溫度保存。

所以我們以不銹鋼碗製作了一個真空的的保溫裝置，並利用圓底燒瓶讓該裝置同時有對熱輻射有吸收能力，且對吸收後的熱輻射產生溫室效應。



圖 5-4-7 真空斷熱及溫室效應的吸熱裝置



圖 5-4-8 熱發電晶片模組



圖 5-4-9 上蓋-正面圖



圖 5-4-10 上蓋-背面圖



圖 5-4-11 料理模組



圖 5-4-12 矽油加熱膨脹回收杯

## (三) 「通用型太陽能聚光集熱裝置」整合

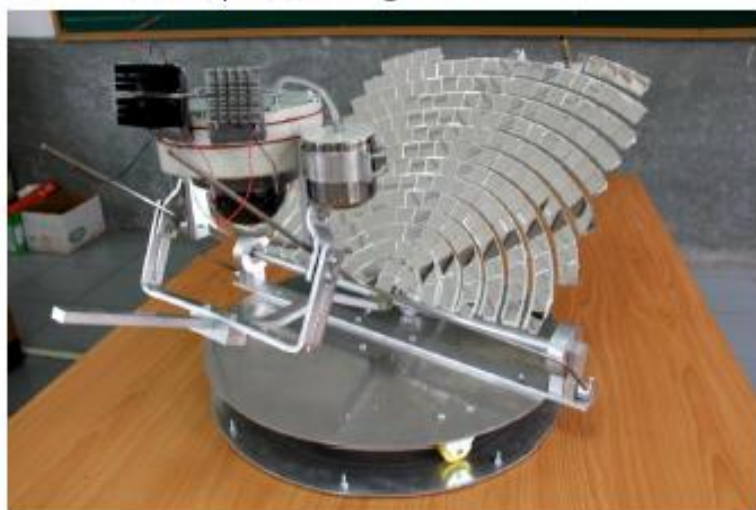


圖 5-4-13 通用型太陽能聚光集熱裝置

溫度 (°C)	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃	90℃	100℃	110℃
電壓 (V)	1.2	4.8	6.9	9.6	11.4	13.2	15.3	16.8	18.3
電流 (A)	0.04	0.26	0.4	0.45	0.54	0.58	0.62	0.66	0.72
溫度 (°C)	120℃	130℃	140℃	150℃	160℃	170℃	180℃	190℃	200℃
電壓 (V)	20.1	21.6	22.8	24	25.5	26.7	27.9	28.8	30
電流 (A)	0.74	0.78	0.82	0.84	0.9	0.92	0.94	0.94	0.94

表 5-4-1 三顆發電晶片串聯電壓和電流



圖 5-4-14 結合料理模組-使用中

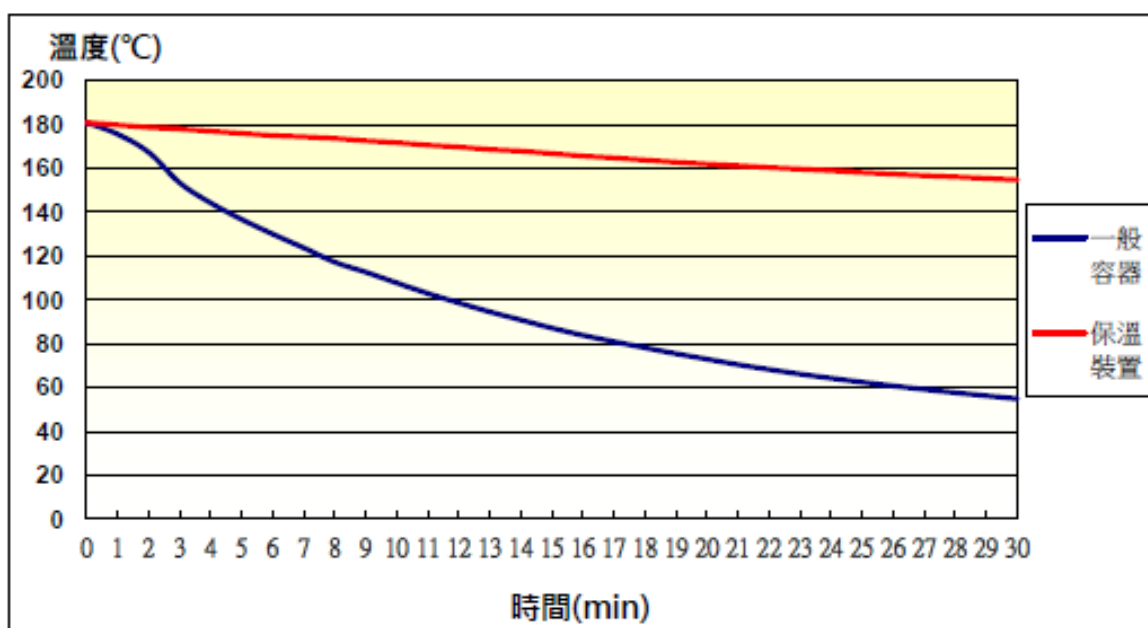


圖 5-4-15 吸熱裝置-有無保溫設備之比較

## 陸、 討論

- 一、 本裝置因是採用流體加熱，以及能有效的將熱保存，並以模組方式來設計，可輕易搭配現行的熱運作機構，如：史特林引擎、熱發電晶片、蒸汽引擎，甚至可以來做食品料理。
- 二、 在本次平面聚光鏡的製作過程，各單元鏡面的排列，幸有 GSP 數學軟體的協助，才得以在順利進行，而所遇到的問題都是光學的問題，這些都是我們沒有能力解決的，但只要有好的工具的協助，一切困難都可以迎刃而解。
- 三、 本作品是一個縮小版的通用型太陽能聚光集熱裝置，且在實驗過程中所得的成果效率超乎預期，例如：能輕易將木材引燃，將吸熱流體迅速的加熱到所設定的溫度...等。將來如能依實際的熱運作機構來設計，更能發揮該裝置的特點。
- 四、 本次研究成功的解決了小型聚光裝置在聚光時，因吸收器須架設在碟型弧面的中心位置，而造成遮光使得聚光鏡的有效聚光面積相對的減少的問題，因為如果能將吸收器避開遮光區，這代表相關的熱運作機構的體積可以不在像以往一樣受到限制。
- 五、 本裝置可依需求來設計吸收區的面積及溫度，雖然熱運作機構是利用熱來運作，但不是越熱越好，並須考慮到不同的運作機構對熱的承受極限，例如史特林引擎會因熱度太高而造成冷卻部的溫度上升，溫差減少、運作功率下降。
- 六、 本作品是由平面反射聚光裝置(集中塔式 central tower)改良而成，為三維聚光裝置，所以在追日控制難度較高，如能有效搭配追日系統，則能大大的提升該裝置的效率。

## 柒、 結論

本實驗我們是以小型的通用型太陽能聚光集熱裝置為研究目標，並有效的解決光遮避、熱輻射吸收及熱保存的問題，讓太陽能的利用因該裝置的研發有更多的思維及選項。近來由於環保意識的抬頭，減少依賴石化能源勢在必行，太陽熱能具有低污染、高效率的特點值得再度被重視，期本實驗結果能提供太陽能聚光集熱裝置一嶄新研究方向。

## 捌、參考資料

- [1] 姜志忠、洪連輝(民 97)黑體輻射 (Blackbody-radiation)。民 101 年 2 月 20 日，取自：彰師大高瞻自然科學教學資源平台
- [2] 姜志忠、洪連輝(民 98)熱輻射〈Thermal Radiation〉與熱的交換。民 101 年 2 月 20 日，取自：彰師大高瞻自然科學教學資源平台
- [3] 江志宏(無日期)。熱傳導專區。民 101 年 3 月 10 日，取自：  
[http://www.kson.com.tw/chinese/study\\_25.htm](http://www.kson.com.tw/chinese/study_25.htm)
- [4] 偉昌碳素有限公司(無日期)。石墨製品的用途。民 101 年 3 月 8 日，取自：  
<http://hiad.myweb.hinet.net>
- [5] 莊榮瀚(民 97)。太陽追蹤器之設計與測試 Design and Test of the Solar Tracker。國立中央大學能源工程研究所碩士論文，未出版，
- [6] 康有評、徐力行、陳鴻誠、駱文傑(民 98)。新能源(38-51 頁)。臺北縣中和市：新文京開發。
- [7] 曾玉泉(民 95)。極速引擎的魅力-史特林引擎的介紹、製作與教學活動設計。國立台灣師範大學工業科技教育研究生。
- [8] 小林義行、賴光哲、松尾政弘、平尾尚武(民 95)。模型熱空氣引擎圖面集。世茂出版有限公司。臺北。

## 【評語】 040807

本作品設計並製作一個組合 132 片平面玻璃的平面聚光鏡，並研究高效能的輻射熱吸熱材質以組裝結合吸熱裝置及熱發電的「通用型太陽能聚光集熱裝置」。透過科學觀察及實驗程序，本裝置已達成相當良好的集熱及吸熱效能，具備實用潛力。