

彰化縣 108 年第 59 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學(二)(環保與民生)

組 別：國中組

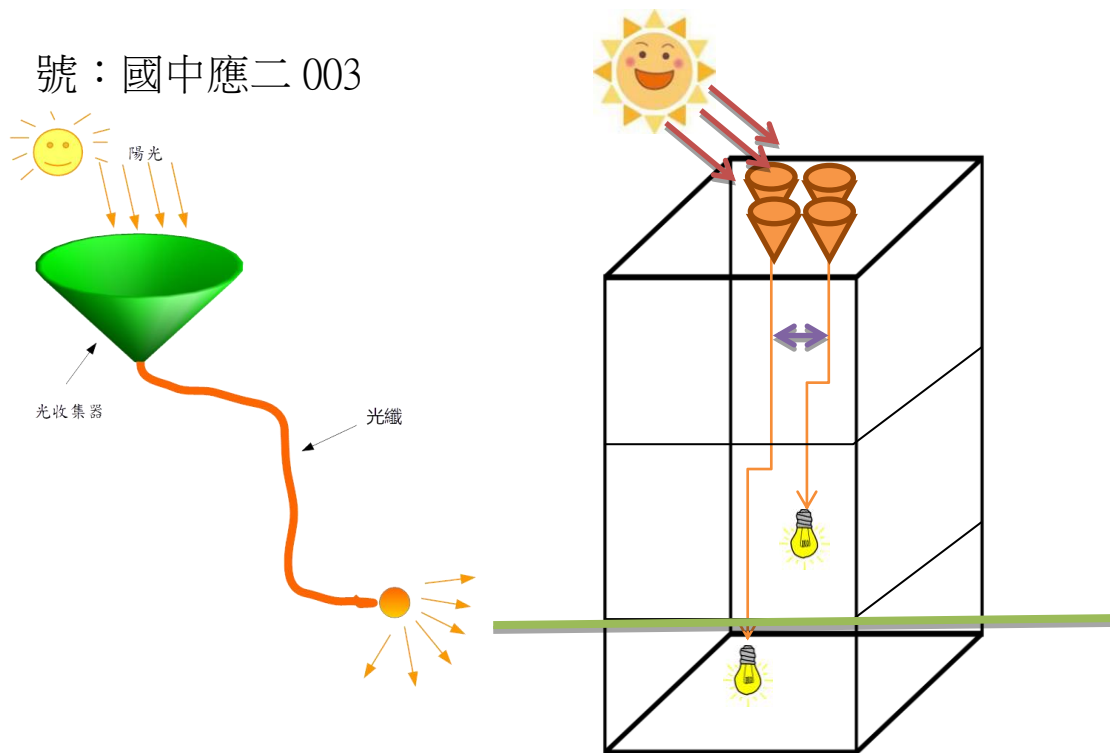
作品名稱：

引『陽』入室

—將陽光導入室內之研究

關 鍵 詞：光纖、環保、陽光收集器

編 號：國中應二 003



目錄

摘要	P.1
壹、研究動機	P.1
貳、研究目的	P.2
參、研究設備及器材	P.3
肆、研究過程或方法	P.8
一、匯整相關文獻	P.8
二、探討陽光收集器鏡片與鏡片間的最佳角度	P.10
三、製作第一代陽光收集器	P.14
四、利用禿透鏡特性輔助陽光進入光纖	P.16
五、第一代陽光收集器測試	P.18
六、另尋材料代替鏡片	P.19
七、製作第二代陽光收集器	P.20
八、第二代陽光收集器測試	P.23
八、製作架子	P.24
伍、研究結果	P.25
陸、討論	P.26
柒、結論	P.29
捌、參考資料及其他	P.30

摘要

現在全球暖化日益嚴重，受到許多人的矚目。本組此次的實驗是利用雷射筆的光線模擬太陽光，利用量角器找出鏡片之間的最佳角度，此角度要使陽光順利反射出去；順利讓雷射光反射後，便開始尋找製作陽光收集器的材料，一開始的想法是「鏡子」但經過實驗後發現效果並不好，於是秉持科學家的精神，找了替代方案「塑料鏡面貼紙」效能果然提高許多。接著設計並製作在陽光收集器下方放置的「凸透鏡裝置」，使光線聚集更容易收集至做為引導至室內的光纖中，並在收集器下面製作了穩固的架子，以確保它的效能。這個裝置能將陽光引導到昏暗的地下室或走廊，就可不須使用電燈達到節能減碳的效果。

壹、研究動機

從小時候起，老師就告訴本組什麼是『全球暖化』，為什麼會有暖化的現象等等。那時年紀還幼小的本組並不是很明白為何老師要提起暖化、重視暖化，也不清楚暖化究竟意味著什麼，而且也沒意識到它的重要性。現今，科學家研究出的數據證明以及大篇幅的資訊報導，紀錄逐年地球的平均溫度逐漸提高、海平面上升使較小的島嶼默默接受被海水吞噬的痛苦.....的地球危機，讓本組更加的去體會到全球暖化所帶來的危害給人類和地球帶來一些災害。如今地球面臨著全球暖化的危機，主要原因還是歸根於人類大量的開發、使用能源，排放二氧化碳及破壞臭氧層之故。

因此本組決定研究使用最天然的太陽能來當此次的研究主題。在地下室、昏暗的走廊...等，這些就算是太陽照耀著的白天也得開燈的地方，消耗的電力的是多麼龐大，因此決定利用太陽光來代替電燈在日常生活中扮演的角色，如此便可節省白天電能的使用量，以達到節能減碳的效果。在早上有太陽的光芒可照亮大地，但如果是在室內，陽光會被建築物遮蔽，無法照明至室內供使用，所以在一些古蹟中也有「天井」的構造，使陽光進入到室內就可不再使用蠟燭來照明，蠟燭熄了還要添但太陽不需要，「天井」真是一個既環保又方便發明啊！所以本組也想要做一個像天井一樣方便又節能的設計！



圖1 古代天井

古代人因家境清寒，不去購買及使用蠟燭，便使陽光由天井進入到室內代替蠟燭的重要位置



圖2 現代天井

現代人因不想使用電燈來照明，便使陽光由天井進入到室內代替電燈的重要位置

貳、 研究目的

- 一、 研究收集光線和聚集光線
- 二、 光傳到室內
- 三、 設計並尋找製作陽光收集器的素材
 - (一)尋找反光效能佳的材料
 - (二)製作成本低
 - (三)尋找容易取得的材料
 - (四)尋找的材料必須可簡易裁切組合
- 四、 設計陽光進入光纖的裝置

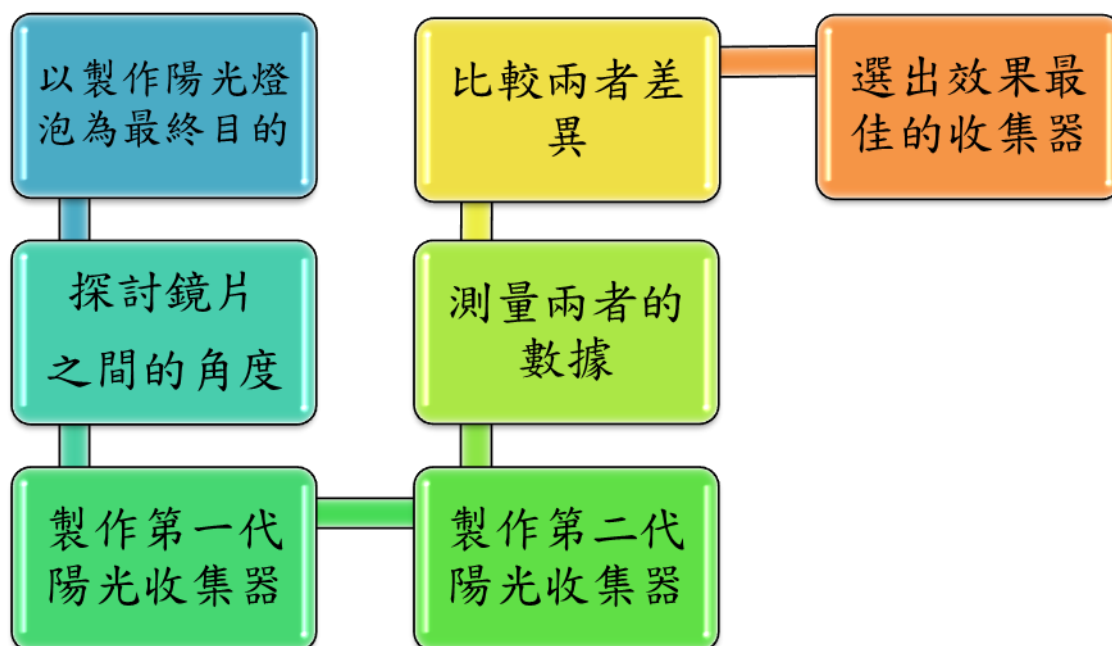


圖3 實驗研究流程圖

參、 研究設備及器材

以下是本組製作的材料，大多數的東西都是由生活周遭取得，有些則是老師的教具、實驗室用具。

材料及設備	來源及用途
	<p>來源:市面上購買</p> <p>用途:在探討最佳角度時，用來模擬太陽光的反射路徑</p>
圖 4 雷射筆	



來源:市面上購買

用途:可重複使用於固定物件，實驗鏡面與鏡面之間的角度時用來固定鏡片

圖 5 環保黏土

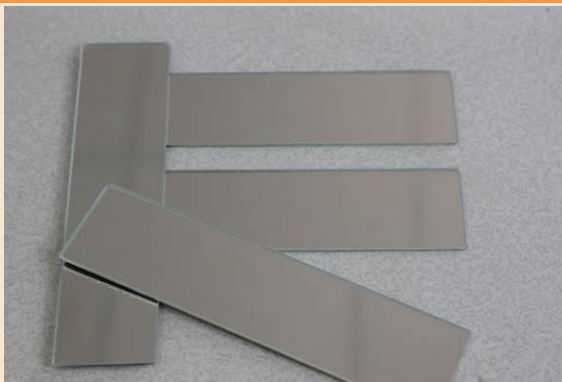
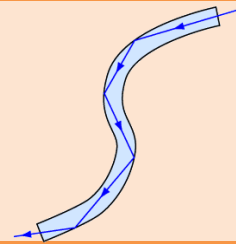


來源:老師提供

用途:是本組找出最好引光進室內的器材，損耗的能量小，還可以彎曲，連接到本組想要的地方

圖 6 光纖

光在光纖內行進方向的路徑示意圖

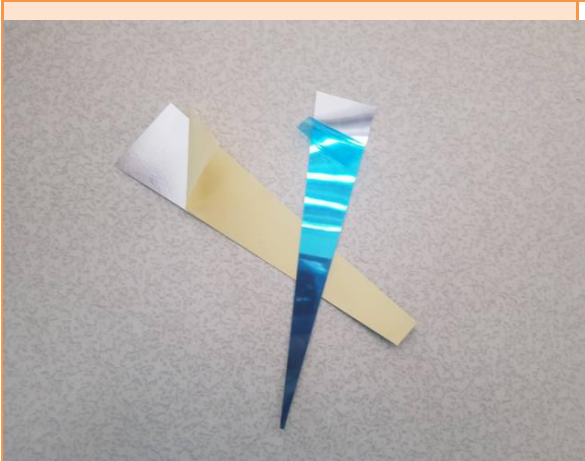


來源:市面上購買

用途:觀察光的反射路徑、鏡片最佳夾角大小，求出鏡面與鏡面之間的角度時用的鏡片

圖 7 鏡片

備註:鏡片為第一代陽光收集器材料



來源:市面上購買

用途:為第二代陽光收集器材料。正面有薄膜，可保護鏡面不被刮傷，也容易撕下；背後有膠，可直接黏貼當雙面膠使用，非常方便且不需浪費雙面膠

圖 8 塑料鏡面玻璃

備註:為第二代陽光收集器材料



來源:老師提供

用途:測量收集到多少光，在測試陽光收集器是否有收集到光時，就是藉由數據來辨別收集器是否有用

圖 9 照度計



來源:老師提供

用途:使光線匯聚成一點(焦點)，將光纖放置在那一點上，便能收集到所有光

圖 10 凸透鏡



來源:廢物利用

用途:當做簡易的陽光收集器支架來放置陽光收集器避免收集器倒下，就可不用一直去外頭調整。架子下方可放凸透鏡並連接光纖

圖 11 塑膠椅子



來源:市面上購買

用途:製作陽光收集器底座。因為覺得用椅子當支架不甚美觀，且有搖晃的風險，故重新做了一個新的架子



圖 12 木材



來源:老師提供

用途:以利鋸斷木材，用來切割木材做出專門的架子時用到

圖 13 鋸子



來源:老師提供

用途:將木頭與木頭固定，做出陽光收集器的架子
並將釘子牢牢地嵌入木頭中

圖 14 電鑽



來源:老師提供

用途:將木頭與木頭固定，做出陽光收集器的架子
並固定它，使木頭不易移位，架子更牢固

圖 15 釘子

肆、研究過程或方法

一、彙整相關文獻

(一) 入射角等於反射角

當光射到一個介面時，其入射光線與反射光線成相同角度。光入射到不同介質的界面上會發生折射。而反射時會同時出現「反射線跟入射線和法線在同一平面內」、「反射線和入射線分居法線兩側，並且與界面法線的夾角相等」、「反射角等於入射角」。(諸國楨、朱喜福、郭宏智，2001;科學漫畫)

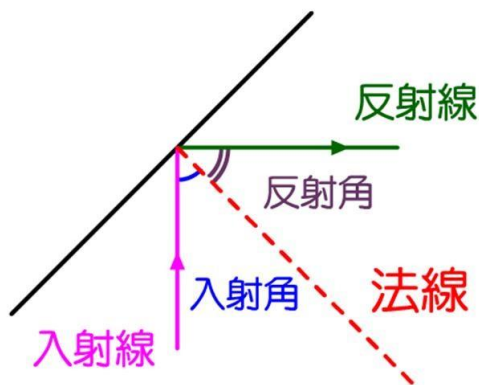


圖16光線反射路徑

(二) 全反射

簡單的光纖是由光密介質作中心，光疏介質作外層組成的導管，介質的原料通常是玻璃或膠。用光束照射光纖的一端，它便會在光纖中傳播，當遇到中心和外層的介面時，它會發生全內反射，折返中心部份。雖然光以直線進行，但即使光纖彎曲，光線也會繼續沿光纖的方向傳播。光纖的應用範圍很廣，除了作通訊用途外，還可以用來製造內窺鏡等醫療器材、光纖感應器或光纖裝飾等。

全內反射(全反射)是一種光學現象。當光線經過兩個不同折射率的介質時，部份的光線會於介質的界面被折射，其餘的則被反射。但是，當入射角比臨界角大時(光線遠離法線)，光線會停止進入另一介面，反之會全部向內面反射。這只會發生在當光線從光密介質(較

高折射率的介質) 進入到光疏介質(較低折射率的介質), 入射角大於臨界角時。因為沒有折射(折射光線消失)而都是反射, 稱之為全內反射。例如當光線從玻璃進入空氣時會發生, 但當光線從空氣進入玻璃則不會。最常見的從水面中往上看水面的景象就是全反射的結果。



圖17 全反射實例圖 翻攝自「生活裡的科學」〈2011〉光的反射

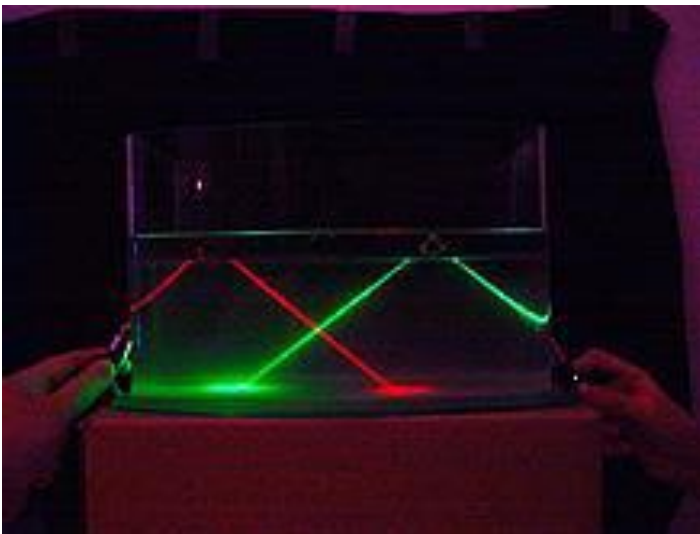


圖 18 全反射實例圖

二、 探討陽光收集器鏡片與鏡片間的最佳角度

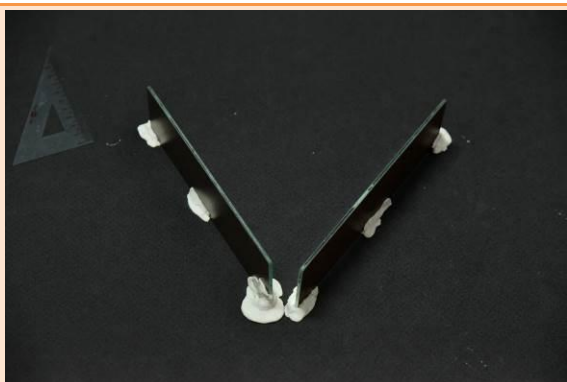


圖19-1

用黏土組合並固定兩片鏡片，觀察光線反射路徑的實驗

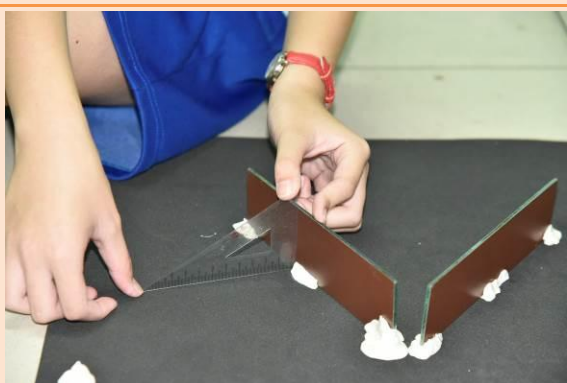


圖19-2

用三角板確認左側的鏡片都與地面互相垂直減少光線向外散失的失誤

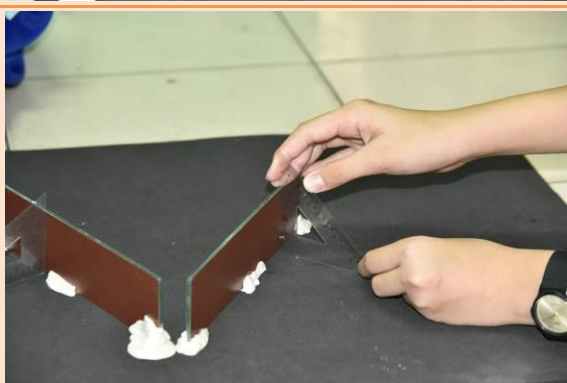


圖19-3

用三角板確認右側鏡片與地面互相垂直減少光線向外散失的失誤

圖19 測量最佳的角度，才有辦法做收集器來收集最多的陽光

利用環保黏土架設鏡片，用三角板確定鏡片與地面相互垂直，這麼做是為了測試鏡片與鏡片最佳角度夾角，以利將光線收集起來。

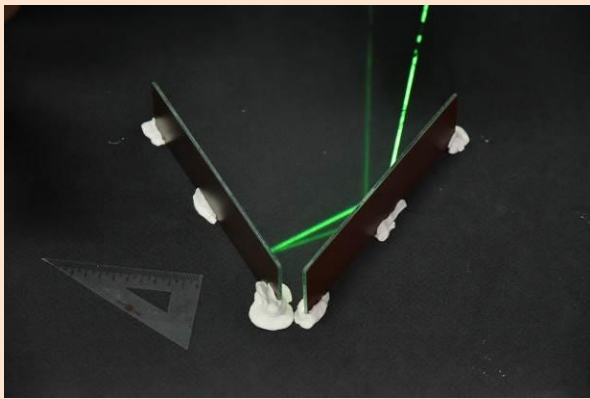


圖20-1

兩面鏡片較大的**大角度**，光線**反射回去**，無法從鏡面的底部出去

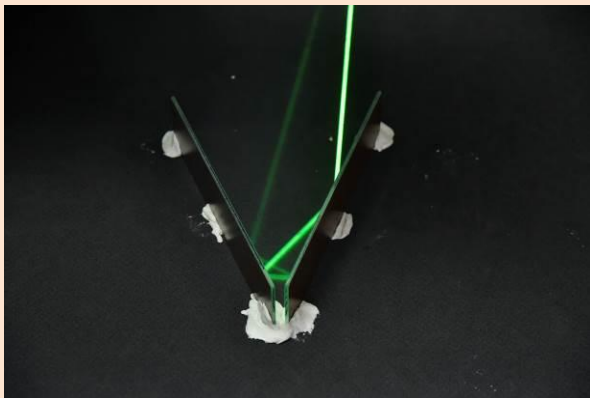


圖20-2

兩面鏡片適中的**中角度**光線**反射回去**，無法從鏡面的底部出去

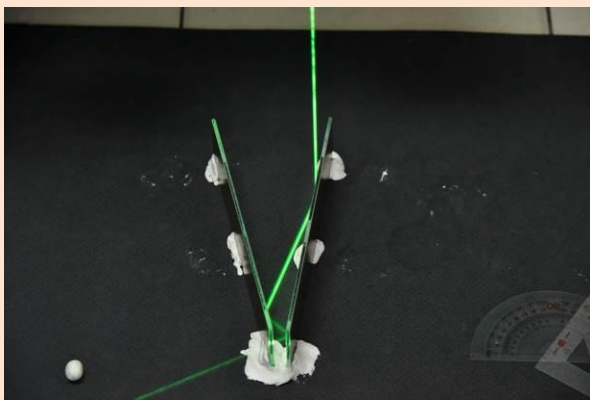


圖20-3

兩面鏡片小的**小角度**光線成功的從底部**反射出去**

圖20 模擬光行進路線

準備完成後就先從**大角度**開始實驗，接著是**中角度**，最後則是**小角度**。雷射筆是用來模擬陽光直射時，光的行進路線是否能夠反射至出口。圖 20-1 和圖 20-2 大角度及中角度光線皆反射回去，如圖 22；只有圖 20-3 成功反射出去。由此可知。只有小角度才可以使光反射出去。

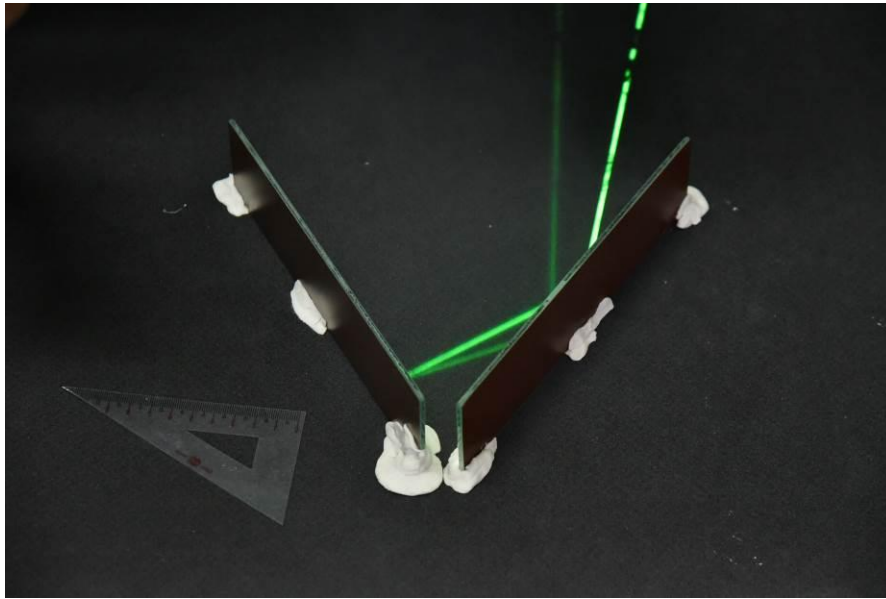


圖 21 大角度的反射路徑實際圖

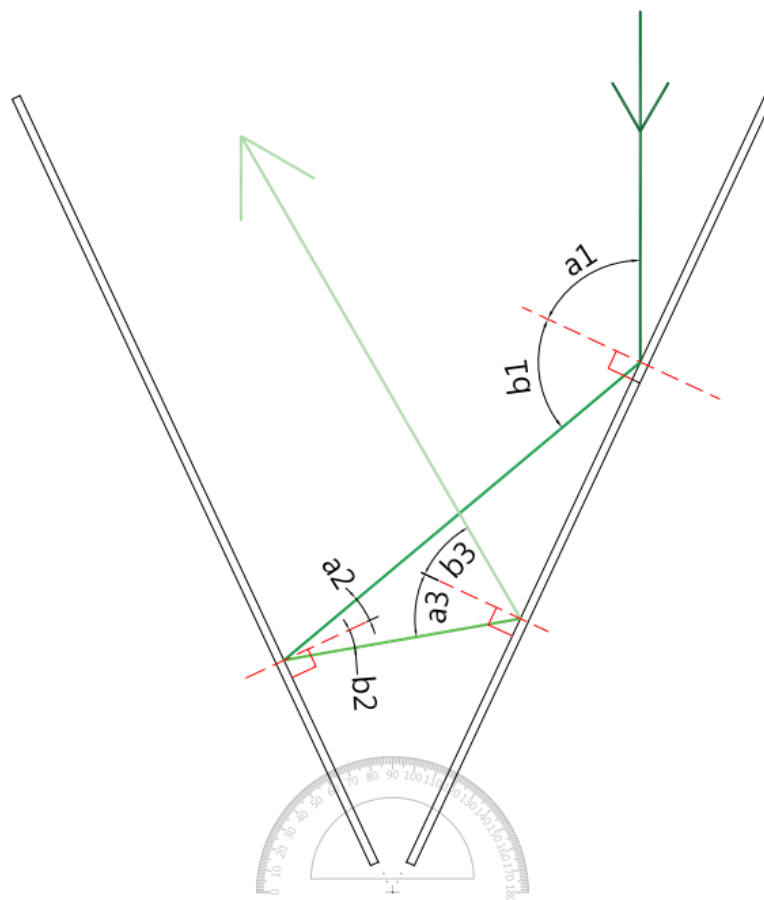


圖 22 大角度的反射路徑示意圖



圖 23-1

光從右側進入夾角的小角度，來證實不論哪邊來的光線皆能反射出去



圖 23-2

光從左側進入夾角的小角度，來證實不論哪邊來的光線皆能反射出去



圖 23-3

利用三角板來測量出使光線反射出去的最佳角度為 20 度，做出陽光收集器

圖 23 模擬光線在鏡片中行徑路線，並證明只有小角度

才能使光成功反射出去，符合陽光收集器的需要

測量鏡片夾角可以得之20度可以順利的將光反射到出口，因此為最佳角度，由此數據可以知道製作陽光收集器的角度最好為20度，比較容易收集更多陽光。但其實在20度以下的角度都還是可以來進行實驗的，但礙於實驗的成本還有進行研究的時間，最後決定利用20度來進行之後一連串的實驗。

三、 製作第一代陽光收集器



圖 24-1

裁出多個頂角為 20 度的直角三角形(由圖 16-3 得來的 20 度)大小和鏡片相同



圖 24-2

直角三角形拼成一個扇形，做為陽光收集器的模型

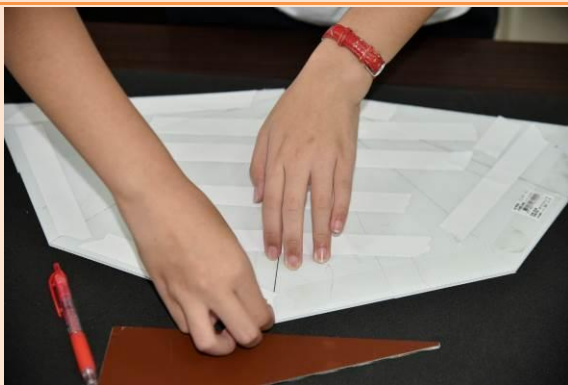


圖 24-3

用雙面膠將鏡片黏貼在陽光收集器的模型上，做出陽光收集器



圖 24-4

將鏡片黏貼在陽光收集器的模型



圖 24-5

將一整片模型貼上鏡面後，將其組裝起來



圖 24-6

陽光收集器完成品，因分三組製作最後將三個收集器黏在一起

圖 24 陽光收集器製作過程及步驟

先裁切出頂角二十度的等腰三角形八個拼成扇形，以作為第一代陽光收集器的雛型。用雙面膠將反射光的媒介—鏡片，貼到模型上。最後，將模型組裝起來，變成兩個「口」字型的樣子，就完成陽光收集器了

四、 利用凸透鏡特性輔助陽光鏡入光纖

(一)觀察並測量凸透鏡的焦距



圖 25-1

觀察並調整適當凸透鏡的焦距，因測量時是下午，陽光斜射，所以把凸透鏡放斜的，使陽光與凸透鏡垂直



圖 25-2

觀察並調整適當的凸透鏡焦距



圖 25-3

以直尺難以使用，因此另想辦法，最後使用圓規測量
焦距為 4 公分

圖 25 觀察並調整適當觀察並以圓規測量焦距

(三)將凸透鏡固定在架子上



圖 26-1

光纖和杯子組合起來的上視圖



圖 26-2

光纖和杯子合起來的側視圖，光纖與杯口的距離是 4 公分(圖 25-3 得來)



圖 26-3

光纖和杯子組合起來並放上架子的完整圖

圖 26 凸透鏡連接光纖並固定在裝置上

五、 第一代陽光收集器測試



圖 27-1 陽光直接照射：
24500LUX 〈對照組〉



圖 27-2 使用陽光收集器後：
19900LUX 〈實驗組〉

圖 27 利用照度計測量，比較是否有使用陽光收集器收集到的光度多寡

這次的實驗發現不用陽光收集器，直接使陽光照射照度計所測得的數據會比用陽光收集器的效果更好，證明用鏡子來當作材料效果不佳，還有反效果，實在出乎意料之外，但秉持著科學家的精神，所以本組決定另找材料代替鏡片！

六、 另尋材料代替鏡片

正當大家絞盡腦汁遲遲想不出適合陽光收集器的材料時，就日常的聊天中，發現到有一種東西叫「**塑料鏡片貼紙**」不但**價格便宜**、**容易切割**，而且**反射效果一點也不輸鏡片**！於是決定透過網路購買並著手製作。

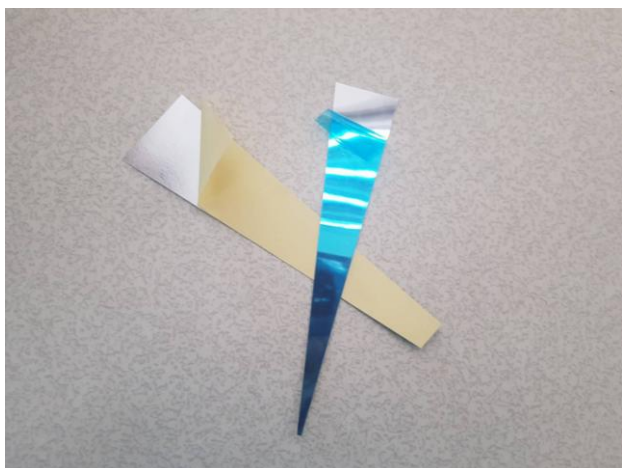
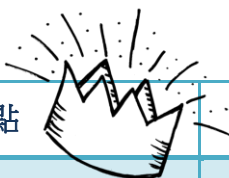


圖 28-1 鏡面塑料貼紙



圖 28-2 鏡面塑料貼紙

圖 28 鏡面塑料貼紙上面有一層膜，使用時再撕下來，因此不必害怕是因為刮傷而導致反射效果不佳。背後有膠，所以可以不使用雙面膠，更快速的黏貼。



塑料鏡面貼紙 優點	塑料鏡面貼紙 缺點
<ul style="list-style-type: none"> 1. 材質輕 2. 價格便宜 3. 容易切割 4. 反射效果佳 5. 材料容易取得 6. 背後有膠，不必使用雙面膠 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 容易折損
<p>表 1 鏡面塑料貼紙的優點多於缺點</p>	

七、 製作第二代陽光收集器



圖 29-1

裁切厚紙板讓塑料鏡片貼紙能夠固定，
不會太薄而變形



圖 29-2

將塑料鏡片貼紙黏貼到厚紙板上固定



圖 29-3

將塑料鏡片貼紙黏貼到厚紙板上



圖 29-4

進行組裝第二代陽光收集器的模型

圖 29 第二代陽光收集器製做的步驟與第一代雷同

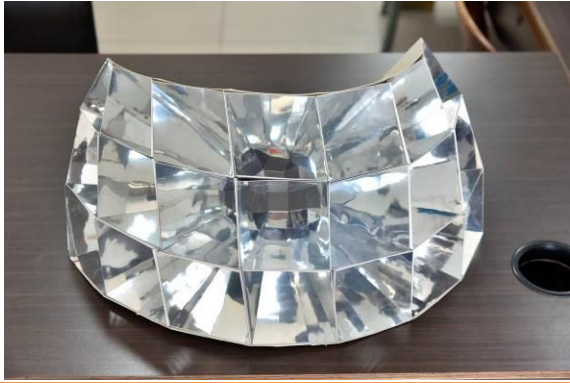


圖 30-3

第二代陽光收集器上視圖

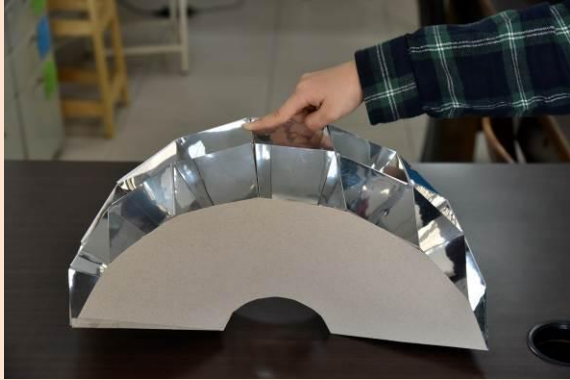


圖 30-2

第二代陽光收集器正視圖

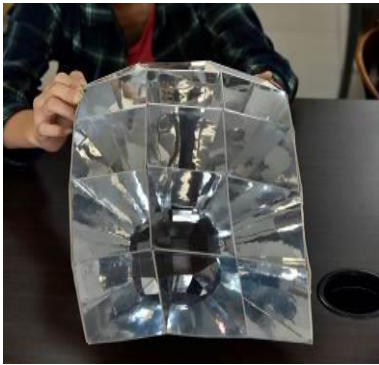


圖 30-3

第二代陽光收集器側視圖



圖 30-4

左圖為第二代陽光收集器組裝到底座上，並經由凸透鏡到光纖的完成圖。

圖 30 第二代陽光收集器完成圖



圖 31-1 第二代陽光收集器整體的側視圖



圖 31-2 第二代陽光收集器整體的正視圖



圖 31-3 第二代陽光收集器整體的上視圖

圖 31 第二代陽光收集器整體裝置完成圖

八、 第二代陽光收集器測試



圖 32-1 陽光直接照射：
56400 Lux 〈對照組〉



圖 32-2 使用陽光收集器後：
198900 Lux 〈實驗組〉

圖 32 利用照度計測量，比較是否有使用陽光收集器收集到的光度多寡

從數據可以很明顯的看到，是否有使用陽光收集器收集到的陽光**增加了3.5倍多!!**表示這個收集器發揮了極大得功效，也表示「塑料鏡面貼紙」對陽光收集器來說是一個很好的材料。



圖 33-1 陽光直接照射光纖：
只有**微量**光線滲出〈對照組〉



圖 33-2 使用陽光收集器後：
光線有顯著**增加**〈實驗組〉

圖 33 是否有第二代陽光收集器的比較

這張兩張圖是陽光收集器經由光纖傳送光到室內的圖片，更明顯的看到是否有陽光收集器所收集到的陽光收集量**差異是很大**

九、 製作架子

因為覺得使用椅子當架子實在不美觀，還有晃動的風險，可能會影響到陽光收集的效果，因此本組決定做一個專屬的架子來放置陽光收集器。

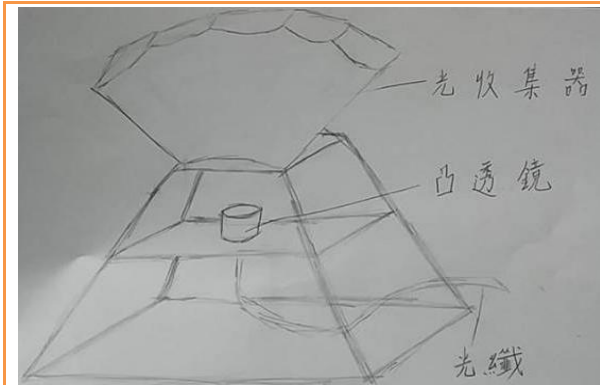


圖 34-1

討論並繪出支架的草圖



圖 34-2

利用鉛筆與捲尺畫出鋸子的切割處



圖 34-4

由本組親自去裁切，而老師從旁輔佐因使用鋸子去切割木頭，本組都是初次體驗，為了避免受傷和有效的切割，便由老師指導如何去切割



圖 34-5

組裝四隻腳，利用釘子固定裁切好的木頭，並由老師指導



圖 34-7

圖為將陽光收集器組裝起來後的情形，完成後很有成就感!

圖 34 製作放置陽光收集器的架子

伍、 研究結果

一、 鏡片與鏡片間的角度

經過測試發現，小角度才能使光順利的反射出去，但光出去的量相對較少，因為光出去的縫隙小；相對的大角度無法像小角度一樣順利的將光線反射出去。光出去的孔洞必須剛好，經由測試鏡片角度 20 度是可以反射陽光至光纖中並傳導進入室內，故使用剛剛好的 20 度來做收集器既可以收集到陽光又有足夠的亮度進入光纖中。

二、 適合陽光收集器的素材

一開始使用的鏡片不易裁切，因而效果不佳，且價格不便宜還不易取得，取得後還要請師傅切割，實在不適合做陽光收集器的材料；後來找到的塑膠鏡面貼紙相對更好，十分容易切割，取得方便，價格合理，重量輕，而且反射效能不輸鏡片，裝到陽光收集器上效能比鏡片要好很多，是很好的陽光收集器素材。

三、 陽光收集器經由凸透鏡進入光纖的裝置

本組將寶特瓶與膠帶的內圈結合，製作出可以伸縮的裝置，這麼做是為了能隨時調整凸透鏡的焦距，以節省時間。下方再與光纖連接，使其有聚集光線的效果。

四、 陽光收集器整體構造

最後成品的主體是由專門製作的架子為支架，上面放陽光收集器(第二代)，連接到

固定在架子上的凸透鏡，將陽光聚集在一點，反射進入光纖，最後再由光纖的另一端(也就是室內)出現陽光使室內發亮，(從原本的 56400LUX 到 198900LUX 增加了約 3.5 倍)，本實驗也就成功的將陽光引進室內。

陸、 討論

一、 對研究問題的新發現

(一)研究如何收集光線和聚集光線

發現角度愈小，光投射進收集器後，較易反射回去，但光線出去、進來的洞口也會變的較小，使用20度，既可以收集到光而且洞口也不會太小，做出來的陽光收集器也相對較理想。

(二)光如何傳到室內

將光傳至室內素材要符合:

1.能量消耗少

2.能彎曲

本組也想過可以利用潛望鏡的原理，不過它還需要測量角度，因此光纖更適合，光纖還能埋進柱子裡，避免佔用空間，但是缺點是光的進入口和出入口太小，於是本實驗在光的入口加裝凸透鏡，使光變成一點這樣方便收集。



圖 35 潛望鏡

(三)設計並尋找陽光收集器的素材

本組期望陽光收集器材料有的特色:

- 1.反光效能佳
- 2.製作成本低
- 3.材料容易取
- 4.可簡易裁切組合

剛好的是，本組在網路上看到的塑料鏡面貼紙符合這些特色甚至更好，像是：

- 1.正面有薄膜，防止刮傷
- 2.背面有膠，可直接黏貼
- 3.材質重量比鏡子輕
- 4.比鏡子更容易裁切、折疊

二、 器材的進化史

實驗項目	改進項目
陽光收集器	一開始大家都同意使用鏡片來製作，製作後來測量光的強度，發現和本組想的不太一樣。後來在網路上看到鏡面貼紙，就猜想應該會有更好的效果，而且材質容易裁切，可以讓製作過程更順利，因此重新製做了一個用鏡面貼紙當素材的收集器，完成後，證實質地較輕巧且光收集效果更佳，鏡面貼紙比起鏡子當材料的收集器有更好的成效。
架子	在完成實驗後，因為本組有想到，如果原先的架子(椅子)搖晃的話可能會影響到陽光收集器收集陽光的效果，因此本組又請師長協助，製作了一個專門的架子來放置它。

表 2 進化史

三、 研究困難與勇於突破

(一)時間常會無法互相配合

因為本組都利用星期六下午的時段來進行研究，故偶有請假缺席之情況發生，所以研究小組會利用通訊軟體或是電子信件來增加討論機會。

(二)鏡子收集器失敗

一開始用鏡子製作陽光收集器，因鏡子容易破碎組裝不易，而且無法自己切割，所以實驗變因太大無法自己掌控，導致實驗失敗，收集到的陽光不增反減，使組員們十分失落。



圖 27-1 陽光直接照射：
24500LUX 〈對照組〉



圖 27-2 使用陽光收集器後：
19900LUX 〈實驗組〉

圖 27 比較是否有使用第一代陽光收集器光度多寡

(三)無法傳達全部的陽光

陽光收集器收集到的陽光固然很多，但為了聚集所有光線，所以本組又加裝了凸透鏡。經由測試，利用圓規測量出焦距，使光聚集為一點，再將光纖放置在焦點上便能收集到所有陽光。為了能隨時細微的調整焦距，本組還特別設計了裝置，使凸透鏡能上下移動微調適當距離。

柒、 結論

一、 收集器的最佳角度

一開始使用鏡片無法順利的收集陽光，因陽光無法像水一樣從高處往低處流，所以研究出最佳的角度才可以順利的將陽光 收集至光纖中。經過研究發現，鏡面與鏡面的**角度愈小**，收集到的**陽光較不易反射回去**，但光線要反射出去的**出口也相對較小**，故使用可以收集到，且洞口也不會太小的 **20 度**來做出理想陽光收集器。

二、 另尋其他材料代替鏡片

當時認為使用鏡片作為陽光收集器的主要材料是再好不過的，但是萬萬沒想到**鏡片**的缺點是**難以切割**，使它每一片都不盡相同，所以**改使用塑膠鏡面貼紙**。

三、 未來展望

本實驗發現這裝置是能夠有效地使室內發亮，前面的數據顯示有無光收集器的差距，有收集器比沒有收集器的**光度多了 3.5 倍之多**。



圖 32-1 陽光直接照射：
56400 Lux 〈對照組〉



圖 32-2 使用陽光收集器後：
198900 Lux 〈實驗組〉

圖 32 從數據可以很明顯的看到，陽光收集器收集到的陽光比陽光直接照射 增加了 3.5 倍多!!表示這個收集器發揮了極大的功效!

本組認為此裝置有辦法**代替太陽能板**，它(太陽能板)必須要有效的**運作七年**才能夠**回本**，若中途損壞便虧本。相較之下「陽光收集器」的裝置**成本低且損毀也易修復**。希望未來能將這裝置**運用於生活中**，像是**學校**，因學校有種特性：**早上開燈，而晚上則較少開**，完全符合收集器的特性。故裝上這種裝置能夠為國家省下一筆數字龐大的電費支出。

捌、 參考資料及其他

小牛頓。光和聲音(4)。牛頓出版股份有限公司。

生活裡的科學(2013)。光的反射: <https://www.youtube.com/watch?v=zgR0ZsInjjw>

自然與生活科技(國中二上課本)。第四章: 光、影像與顏色。翰林出版事業股份有限公司。

低碳生活部落格。借天光來照明。 http://lowestc.blogspot.tw/2007/04/blog-post_30.html

宏翔科技有限公司。光纖的演進。 <http://www.atsun.com.tw/fiber.htm>

科學漫畫。為什麼鏡子能反射影像、雷射是什麼、光纖的秘密。時信出版(香港)有限公司/方盛發行。

維基百科自由的百科全書。光導纖維。

<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%85%89%E5%B0%8E%E7%BA%96%E7%B6%AD#.E5.85.A8.E5.8F.8D.E5.B0.84>

諸國楨、朱喜福、郭宏智(2001)。水與流體飽和孔隙介質界面上非鏡面反射聲場的實驗研究。**地球物理學報**，44(1)，83-92。

劉源昌、賴永進、謝育展(2015)。TIR 透鏡應用於汽車晝行燈的配光設計。**中州學報**，(29)，51-65。