

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

080510

「捕捉天狗」之超大針孔成像

學校名稱：臺北市大安區幸安國民小學

作者： 小六 樓 錚 小六 林家任	指導老師： 葉筱甄 劉金朝
-------------------------	---------------------

關鍵詞：針孔成像、太陽、凹透鏡

摘要

在觀看 2009 年 6 分半鐘的日蝕後，引發我們想製作簡單的針孔成像設備，來觀察太陽的動機。由實驗得知，針孔與發光源越遠，成像越小(反之越大)；針孔與屏幕遠近，和成像大小有正比關係；且針孔越小，影像越清晰。最後經由測試得知，以描圖紙做為屏幕對攝影的效果最為合適。

實驗中，以 1 至 4m 的成像距離，觀察太陽，發現每加 1 m 長度，成像直徑增加 1 cm，成像在直徑 4 cm 時，太陽成像可分出三個層次，與疑似日珥的影像。

最後改良的雙凹透鏡觀測器，將鏡筒長度縮為 3 m，成像直徑則由 4 增至 10.5 cm，此次實驗結果雖僅能觀測太陽的三個層次，及疑似日珥構造(亦可能是雲影響)。但期望未來能測試更多屏幕材質與透鏡組合，以縮短長度與增加成像解析度。

壹、研究動機

在五年級上學期自然課本「太陽」單元(翰林版)，有學到太陽的觀測，但老師教我們不能使用肉眼直接觀察，只能利用影子得知太陽的方位。在當時老師講解有關太陽的神話故事、太陽組成...種種太陽的科學知識，以及太陽對生活在地球生物和人類的重要性。而我們感到最重要的結論是，在很久很久的未來，地球仍無法擺脫它的掌握！

之後，我們五年級下學期時，學校一直在朝會向我們宣導 2009 年 7 月 22 日的日偏蝕，希望我們能在當天準時觀察。終於 2009 年 7 月 22 日，六分半鐘的日偏蝕上演，當天現場老師與解說人員，一直提醒我們，直接用肉眼觀測會受傷。此時看到一堆人指著地上，樹葉所造成的縫隙影中，竟然有小小的日蝕倒映，這現象引起我們的注意，經查閱網路資料與詢問師長後得知，原來是經由針孔成像的原理產生。

因此我們想要利用此種原理，改善僅能看到小小且不清楚的成像，期望能發展出更細微且便宜，又能不輸專業望遠鏡觀察太陽的方法，來當做這次科展的題目。



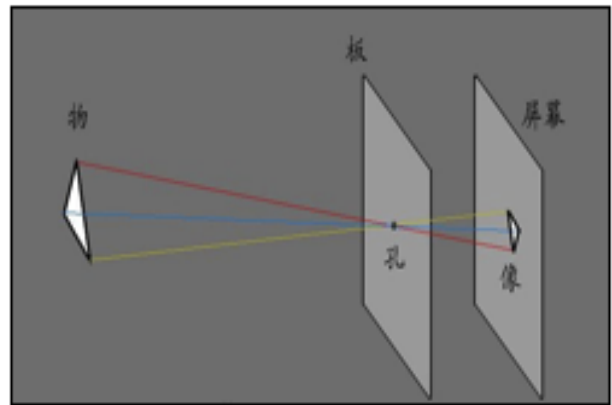
貳、研究目的

利用針孔成像的原理，做一台簡單、便宜的裝置，可以放大太陽倒影，增加解析度，且方便觀察。

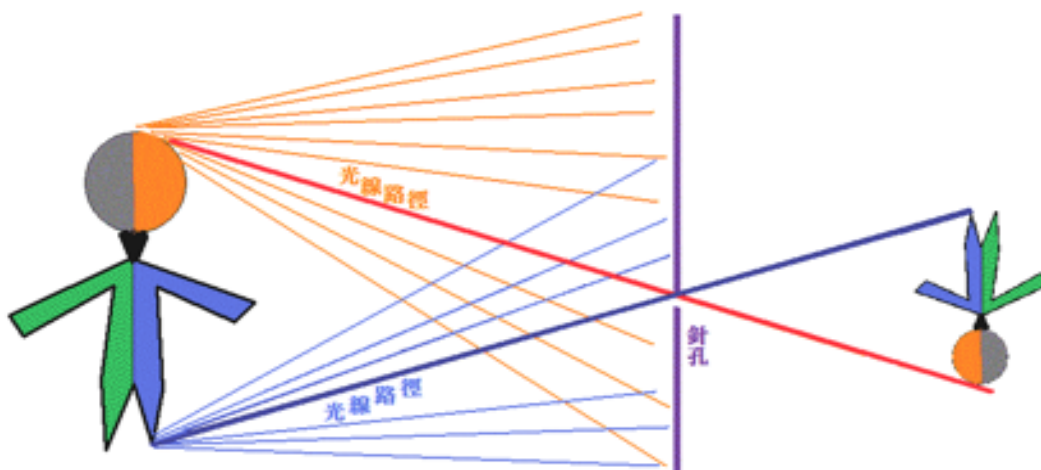
參、應用原理

一、針孔成像

針孔成像是一種很簡單的成像方法，從有記錄的文獻證實，是由中國首先發現。早在二千三百年以前的戰國時期，著名學者墨子所著的墨經上就有「景倒，在午有端」的記載，已經使用幾何光學的原理，解釋了此一光學現象。而西方國家則直到十五世紀，才有文獻記錄。



針孔成像的原理是光線從物體上的每一點發出，沿著直線方向往前傳送，穿過暗箱小孔匯聚於屏幕上，構成與物體上下顛倒，左右相反的影像。針孔成像是未必對焦點的，因為無論遠近都能結成較為清晰的影像。



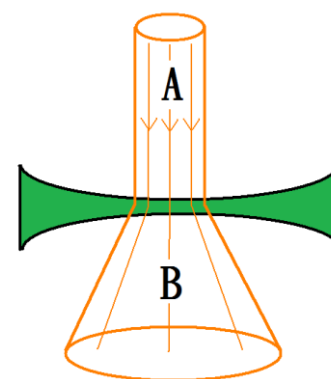
在網路上，看到有人做過許多應用針孔成像所製做的相機，可以拍出美麗且清晰的照片，因此給了我們靈感，想要應用針孔成像的原理，再加上數位相機，可以拍出更清晰的太陽照片！

照片取自 針孔之神(無名小站)：<http://www.wretch.cc/blog/pipemore7>



二、凹透鏡成像原理

當光線經過凹透鏡時，光線會散射，所以從圖中 A 點看，影像是縮小的；但是如果在圖中的 B 點放一屏幕，成像是放大的。因此，我們以這個原理，將凹透鏡放置在針孔的後方，或許可以用較短的鏡筒，觀測較大的成像。



三、濾鏡

在此報告製作到尾聲時，有朋友介紹我們一個 NASA 太空衛星，每天拍攝太陽的網站(<http://stereo-ssc.nascom.nasa.gov>)，網站裡面發現太陽的照片，會經由紅、綠、藍、黃的濾鏡觀察太陽，而得到不同的觀測結果。因此我們利用容易取得的玻璃紙，裝在針孔的上方，來模仿不同的濾鏡，期望可以觀測到不同的太陽。

肆、研究設備及器材

廣角鏡、鏡子、凸面鏡、凹透鏡、薄木板、鐵釘、鐵槌、黑布、雙面膠、攝影機、相機、鐵條、描圖紙、尺、鋸子、鑽洞機、延長線、電腦、塑膠板、鋁片、各式水管、厚紙板、紙筒、玻璃紙。

伍、研究方法與結果

【實驗一】影響成像大小的因素

一、實驗目的：

觀察手電筒、成像與針孔之間距離變化，對影像大小的影響。並觀察針孔大小對成像的影響。



二、實驗方法：

(一) 控制變因 → 固定手電筒與針孔距離。

操作變因 → 改變成像與針孔距離。

記錄事項 → 記錄各不同操作變因下，對成像大小的影響。



(二) 控制變因 → 固定成像與針孔距離。

操作變因 → 改變手電筒與針孔距離。

記錄事項 → 記錄各不同操作變因下，對成像大小的影響。

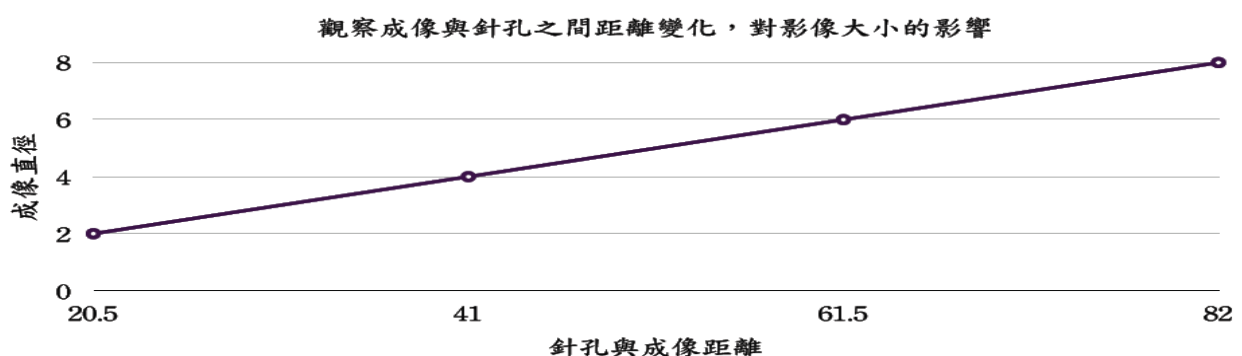
(三) 控制變因 → 光源、針孔與成像距離不變。

操作變因 → 改變針孔的大小。

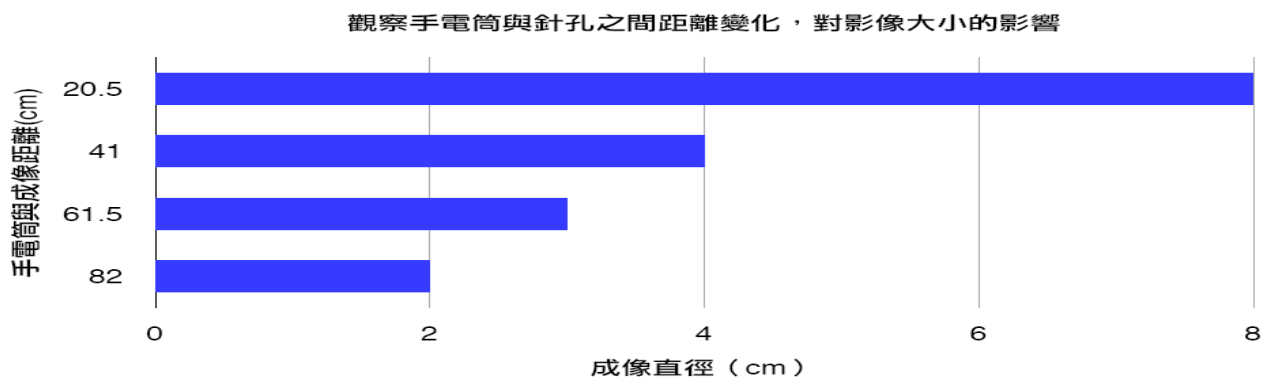
記錄事項 → 以相機記錄成像的清晰度。

三、實驗結果：

(一)由圖表中可知，固定光源距離，成像與針孔距離越遠，成像的直徑越大；反之，距離越近，成像的直徑就越小。



(二)由圖表中可知固定成像距離，針孔與光源距離越遠，成像的直徑越小；反之，距離越近，成像的直徑就越大。



(三)由下可知，五個實驗組中，針孔大小，並不會影響成像的大小。但是當針孔越大時，影像越模糊；反之，影像越清晰。

針孔直徑 (cm)	0.2	0.4	0.6	0.8	1
影像照片					

【實驗二】適合屏幕的紙質

一、實驗目的：

測試各種紙張的成像效果。



二、實驗方法：

控制變因 → 固定 12 燈 led 手電筒、針孔與成像的距離。

操作變因 → 以各種不同的紙張，做為針孔成像的屏幕。

記錄事項 → 測試何種紙質適合用來做為觀測成像的屏幕。

三、實驗結果：

由下表格中得知，光面紙成像效果很好，但拍攝時反光嚴重，所以無法使用。Double A 成像清晰，但僅能單面拍攝。整體而言以描圖紙效果最好。

紙張種類	豬柱紙	Double A	投影片	描圖紙	光面紙	白色塑膠板
影像	無	清晰	無	清晰	不明顯	清晰
光線	直接穿透	亮	直接穿透	亮	反光嚴重	亮
可用度	無法使用	從單面攝影	無法使用	可雙面攝影	無法使用	從單面攝影

【實驗三】觀測太陽

一、實驗目的：

利用傳統針孔成像，觀測太陽。

二、實驗方法：

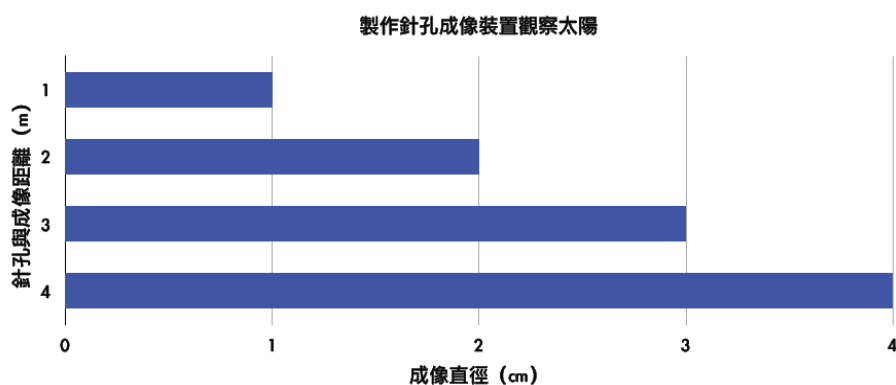
控制變因 → 相機型號 PENTAX M30、台北天空少雲、假設太陽與針孔距離為無限遠。

操作變因 → 改變針孔至屏幕的距離(1~4 m)。

記錄事項 → 觀察太陽成像大小，並以相機將成像拍下。

三、實驗結果：

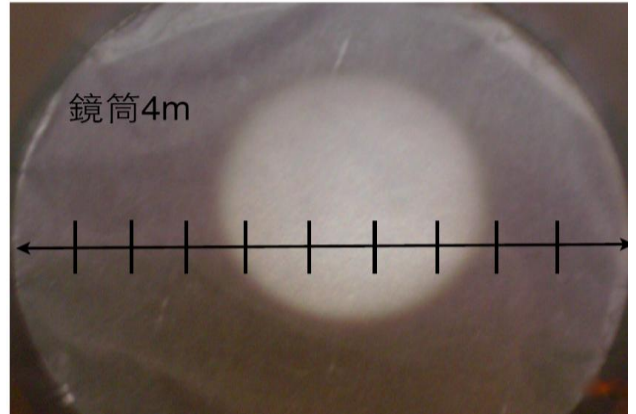
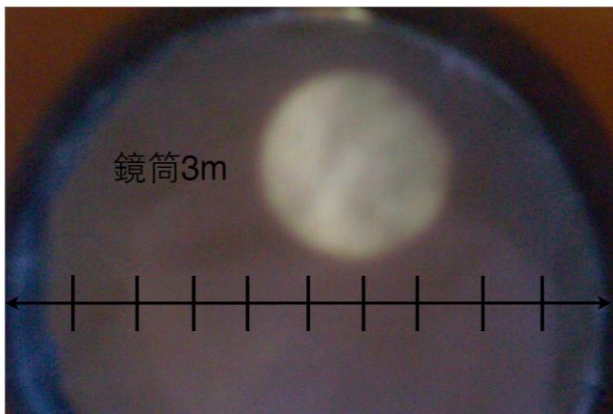
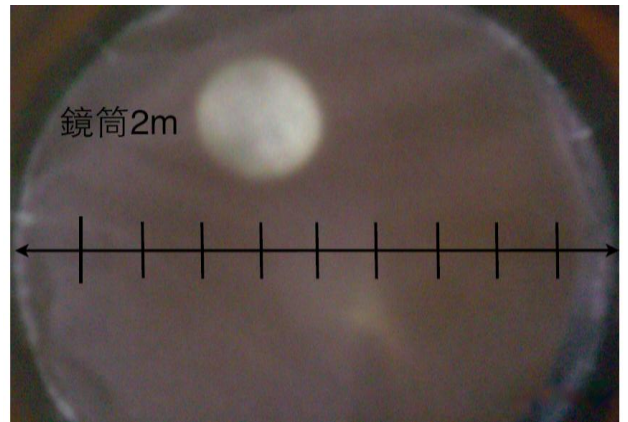
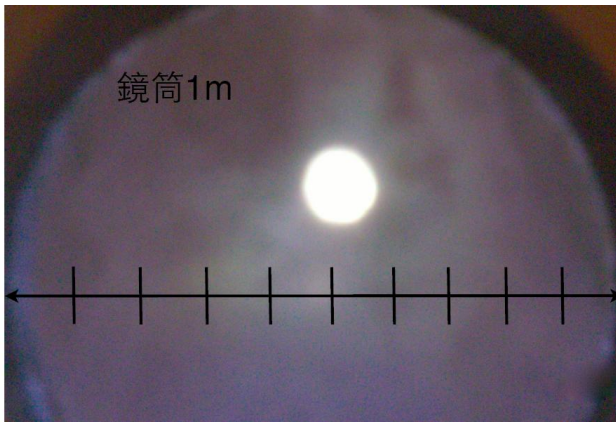
由表格中可得知，針孔和屏幕的距離每增加 1 m，成像的大小相對的就會增加 1 cm。



下面四張圖為各狀況下所拍攝的照片：

圖中屏幕實際直徑為 10 cm，比例尺中，每間格代表為 1 cm。

因此可得知，當針孔與屏幕距離，每增加 1 m，則太陽成像增加 1 cm。



【實驗四】測量雙凹透鏡之放大效果

一、實驗目的：

測試雙凹透鏡，能將成像放大的效果，用以推測觀察太陽時所需的屏幕大小。

二、實驗方法：

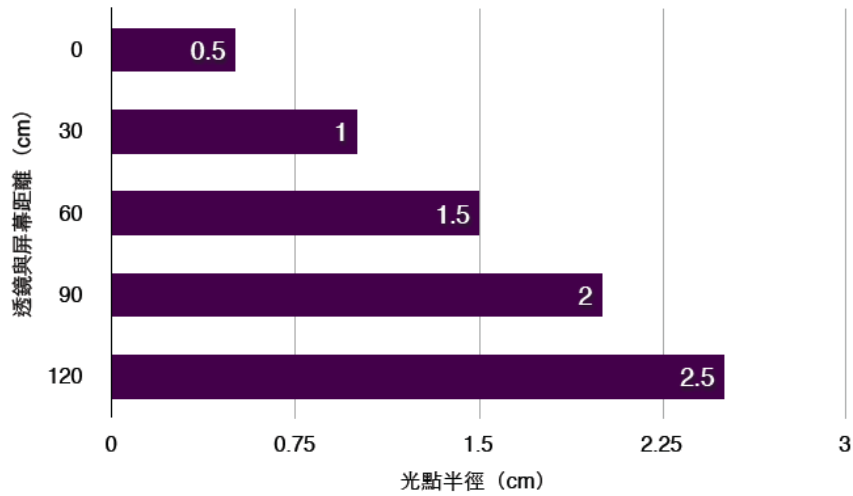
控制變因 → 固定雷射光筆與凹透鏡距離。假設雷射光筆的光線路徑與凹透鏡呈現垂直(模擬從無限遠處來的太陽光線路徑，皆垂直於凹透鏡)。

操作變因 → 改變凹透鏡與屏幕之距離。

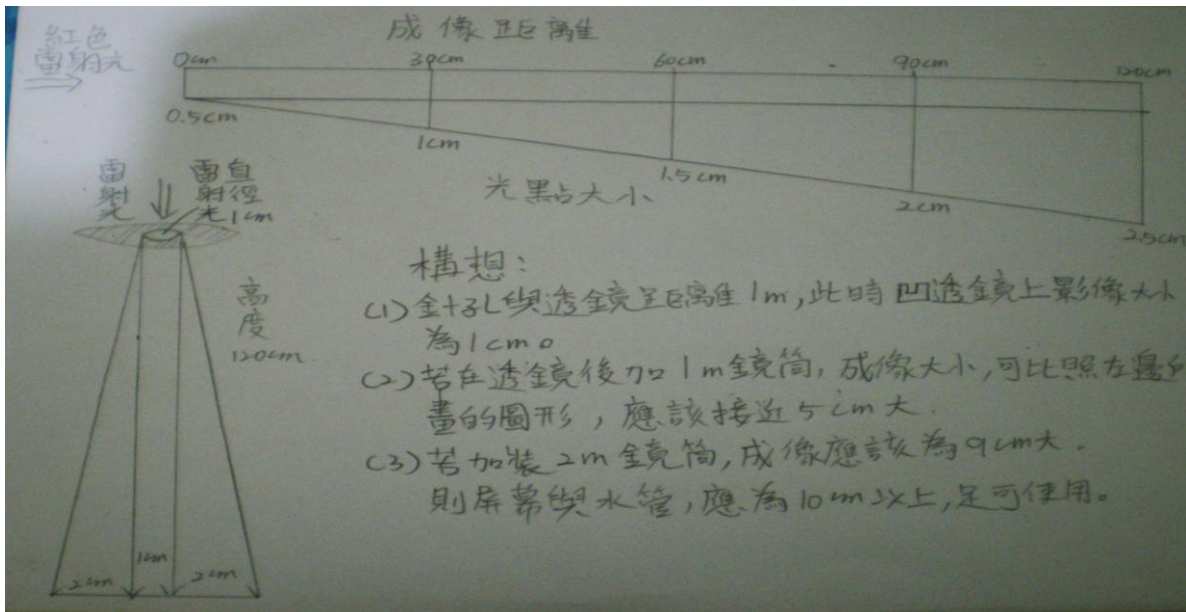
記錄事項 → 測量光點大小變化與操作變因之關係。

三、實驗結果：

由下表可知，光點直徑隨著雙凹透鏡與成像的距離變大而增加



如下圖中可知，我們將數據，畫出來後，發現其呈現一固定的放大比例，當距離每增加 120 cm 時，成像的直徑理論上會增加 4cm。我們利用此結果，推估只要在透鏡後方加裝兩公尺長的鏡筒，便可使影像達到 9cm 大小。我便藉由此結果設計之後管子與屏幕的大小。



【實驗五】測試改良後的針孔成像設備

一、實驗目的：

以雙凹透鏡改良針孔成像設備(裝置圖如右)。

二、實驗方法：

控制變因 → 針孔到雙凹透鏡之距離(1 m)，台中天空無雲。

操作變因 → 屏幕距雙凹透鏡之距離(1~2 m)。

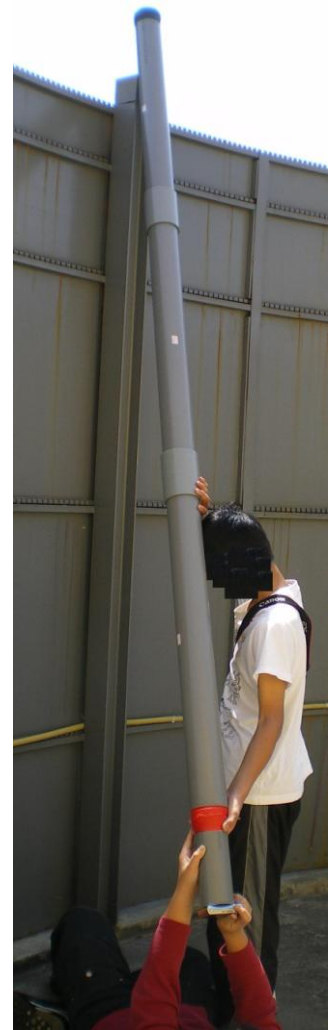
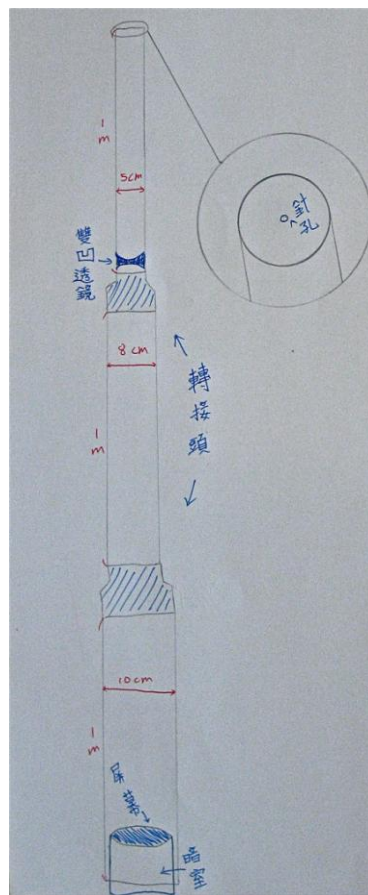
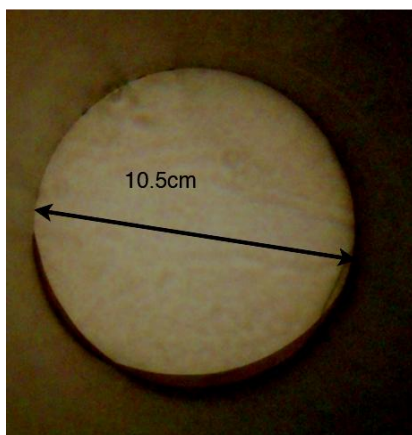
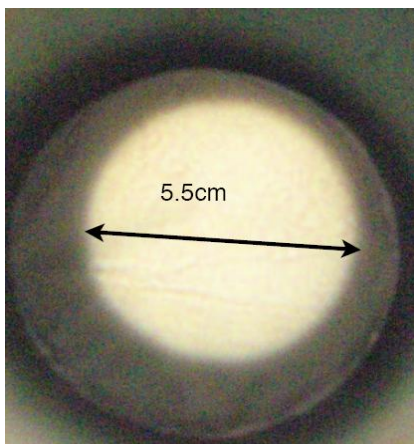
記錄事項 → 成像大小與操作變因之關係，並用相機記錄。

三、實驗結果：

(一)如下左圖，當屏幕距雙凹透鏡之距離為 1 m 時，成像為 5.5 cm(設備總長為 2m)。

(二)如下右圖，當屏幕距雙凹透鏡之距離為 2 m 時，成像為 10.5 cm(設備總長為 3 m)，

此時照片中成像直徑，比預估值還要大上 1 cm，因此已佔據整個屏幕。



【實驗六】與專業相機和天文望遠鏡的比較

一、實驗目的：

與專業相機所拍攝之效果比較，其解析度之差異。

二、實驗方法：

控制變因 → 拍攝操作變因 2、3、4 之相機型號 PENTAX M30，台北天空無雲。

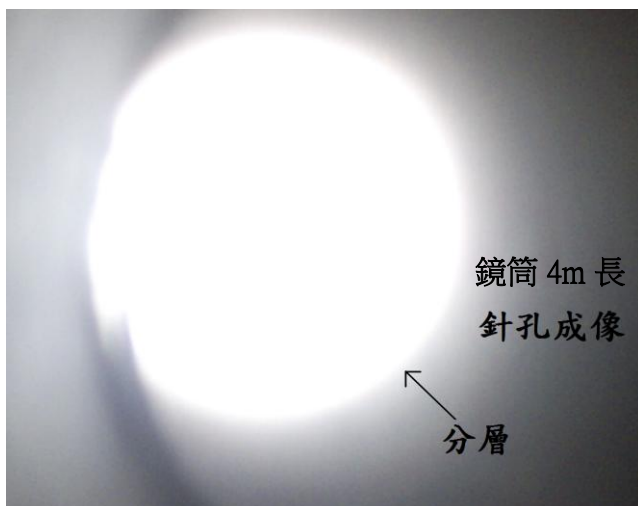
操作變因 → 4 種不同觀測設備

1. 專業相機(Canon EOS 450D)，鏡頭(EFS 55-250mm)，減光鏡(Kenko ND8)
2. 天文望遠鏡(APOLLO SK909 AZ3)
3. 實驗三中，鏡筒 4 m 長之針孔成像裝置
4. 實驗五中，鏡筒 2 m 長，裝有雙凹透鏡之針孔成像裝置。

記錄事項 → 將上面四者，在同一天正午拍攝太陽影像，並觀察影像解析度之差別。

三、實驗結果

可由下面的四張圖中可得知(兩張圖在隔頁)，經由 4 m 長之針孔成像設備所獲得的影像，其影像邊線的分層，比一般的專業相機與天文望遠鏡明顯許多。



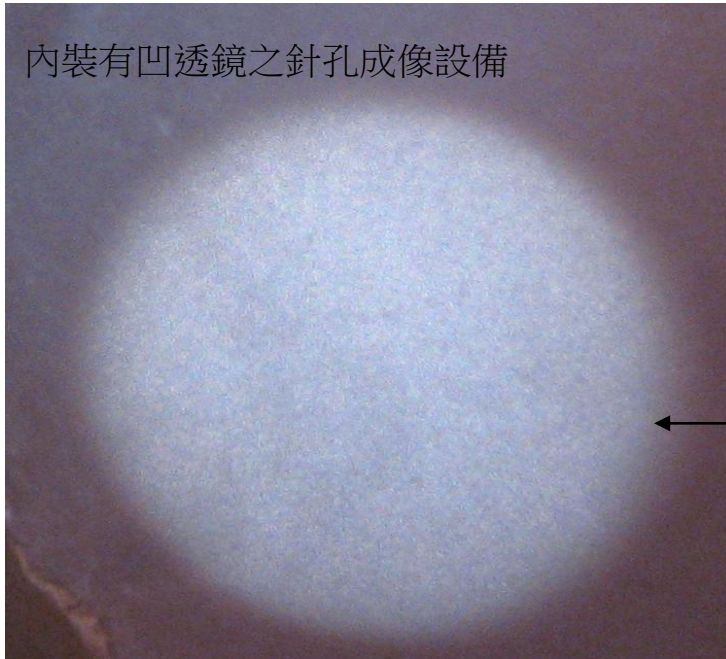
天文望遠鏡



分層



內裝有凹透鏡之針孔成像設備



不明顯的分層

【實驗七】經由玻璃紙濾光後觀察太陽

一、實驗目的：

利用玻璃紙濾光的效果，模仿 NASA 網站中的照片，觀察是否可以觀察到不同的構造。

二、實驗方法：


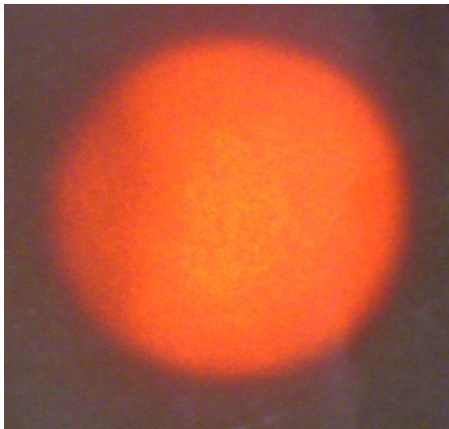
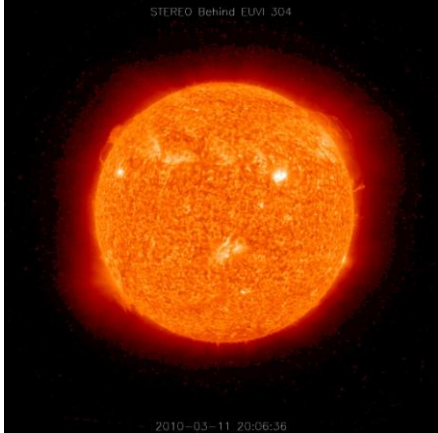
控制變因 → 相機型號 PENTAX M30、4 m 長針孔成像設備、台南天空少雲。

操作變因 → 4 種紅、藍、黃、綠的玻璃紙。

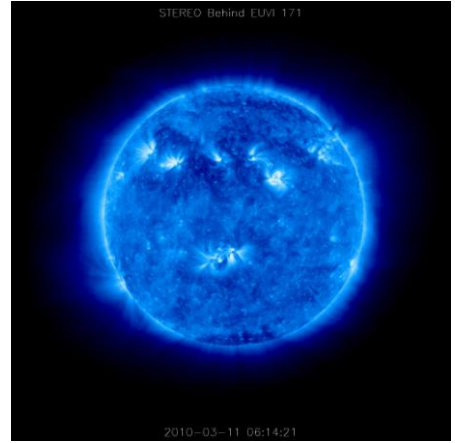
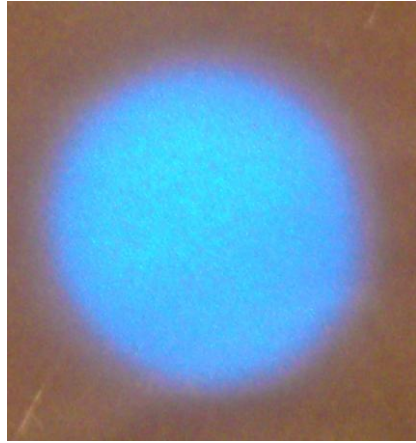
記錄事項 → 將玻璃紙黏在針孔外部，直接過濾太陽光，拍攝照片後互相比較。

三、實驗結果

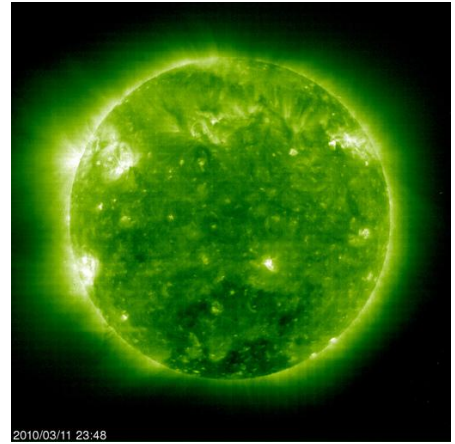
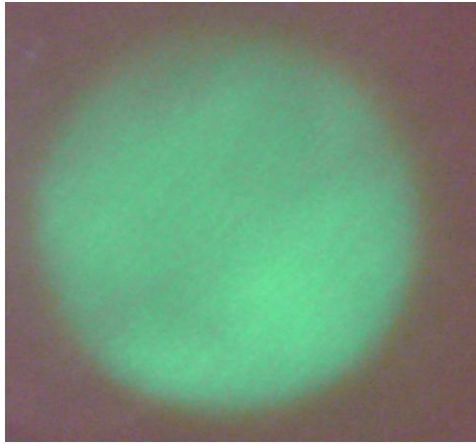
由下面(接續下頁)圖中結果可知，雖無法與 NASA 網站照片之解析度相比，但經由藍色玻璃紙濾光後，可較為明顯見到分層，而在紅色玻璃紙濾光後，可見外層呈現較紅，內層較亮。綠色玻璃紙之分層較不明顯。最特別的是黃色玻璃紙濾光後，外圍光圈呈現不規則變化。

濾光顏色	玻璃紙	NASA 網站
無		
紅		

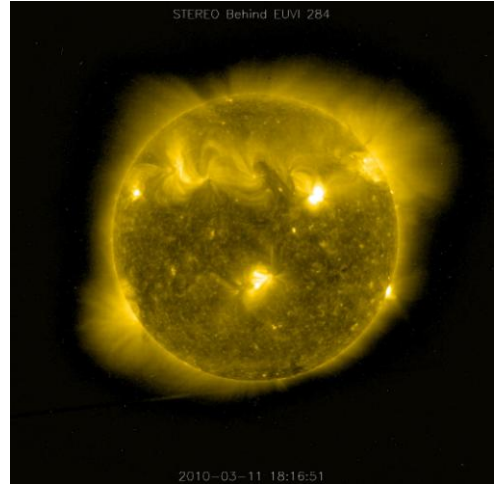
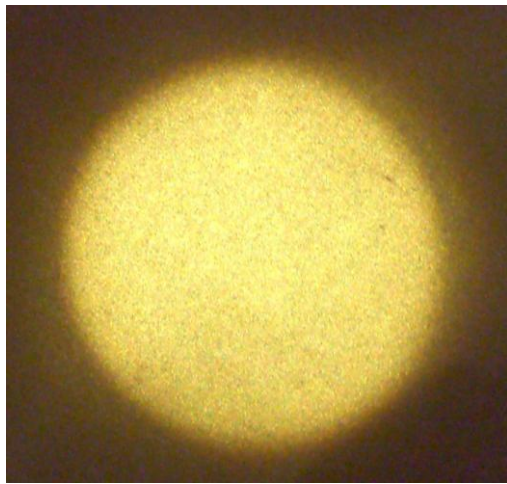
藍



綠



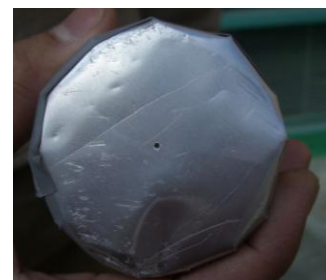
黃



陸、結果整理與討論

一、實驗一：探討影響針孔成像的因素

在查閱相關原理時，由於我們看不懂針孔成像的計算公式，因此只好以實驗來證明所查到的資料是否正確。從實驗一中可知，物體或成像跟針孔的距離，的確會影響到成像的大小。雖然針孔的大小，並未出現在公式的計算中，但我們猜測其一定會影響到成像，而結果也與預期的一樣，的確會影響成像的模糊與清楚。

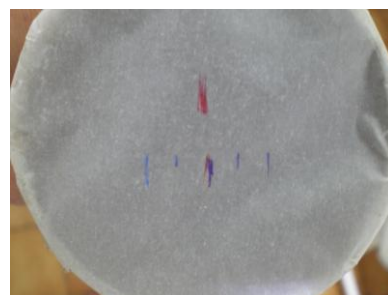


二、針孔製作方法

雖然知道實驗一的結果，但還是不知道如何做針孔才會更好，因此在查詢相關資料後，我們從網路(針孔之神)上看到針孔的製作方法，知道針孔材質要薄且小，才能得到較清晰的成像，因此我們借了小電鑽，並以超薄鋁片(0.2mm)為材質製作。

三、在實驗三中遇到的困難

(一)此實驗中所利用的紙筒，是家中有人存放工程設計圖時，所剩下的。一開始覺得很堅固，但在多次實驗後，發現紙筒開始軟化，鏡筒慢慢的呈現彎曲，因此之後才又購買塑膠水管製作鏡筒。



(二)在實驗過程中，眼睛難免會對到太陽，但帶上墨鏡又會太暗，看不清楚成像，因此在觀察時，我們只能以帽子或是衣服，盡量遮擋住，不要讓眼睛直接對到太陽。

(三)由於在戶外觀測太陽時，我們無法很明確測量成像的直徑大小。因此，利用在成像的描圖紙上畫了簡易的線條(如右圖)，來充當距離格線，以便觀測太陽。但在結果上的照片，我們又以尺平均去分配十等份，等於屏幕的直徑去測量，與用前述方法測量結果是相同的。

(四)在實驗中我們發現，如果一個人觀測，一個人扶觀測器，那扶的人手會酸，因此我們利用剩餘的紙筒製作了觀測腳架，但最後也因多次使用，慢慢的軟化而壞掉。因此之後的實驗，就借了鋁製的樓梯，做為腳架。

(五)在實驗過程中，常對不到太陽，經過多次的經驗發現，將觀測器放在地板上，慢慢

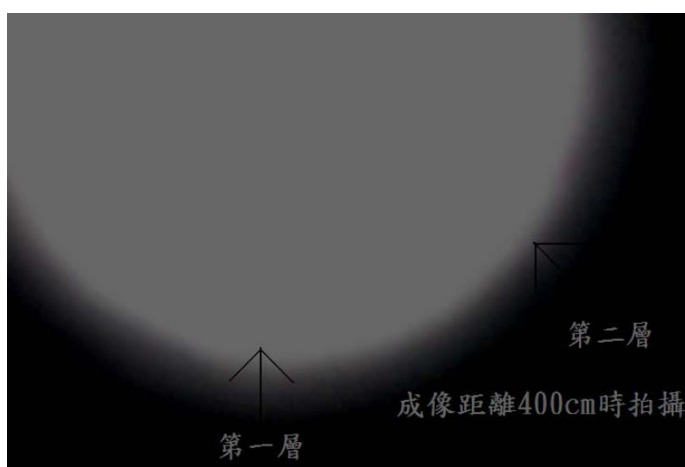
抬起，若整個裝置與太陽成一直線，則影子會形成一個圓。

(六)我們曾經嘗試 5~6 公尺長的鏡筒，期望可以得到更大的影像，但實在是不太容易使太陽剛好在屏幕中成像，經過數次的嘗試，我們放棄增加長度的想法，而改以利用其它方式加大成像。

四、在電腦中分析實驗三所拍攝的照片

在實驗三中，我們拍到越來越大的太陽成像，在屏幕距針孔約 1 m 時，成像直徑約 1 cm，已經可以大約看出分成兩層(如下左圖)。

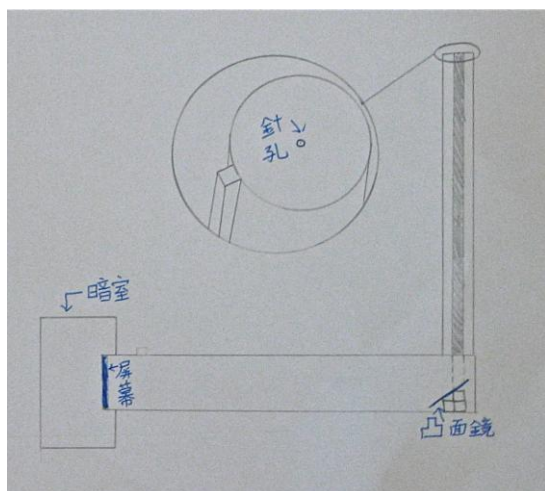
在後來，我們仔細觀察放大後的每一張圖，發現在 4 m 時，拍到 4 cm 直徑的太陽成像，可以明確看出分成 3 層。在對照相關資料後，猜測應該為太陽本體、光球層與色光層，但後來請教地球科學的老師後，老師說色光層的光波，人類眼睛應該無法直接看到。因此之後我們又去找了大量相關資料，但到目前為止仍不敢確定該層實際為何種構造。



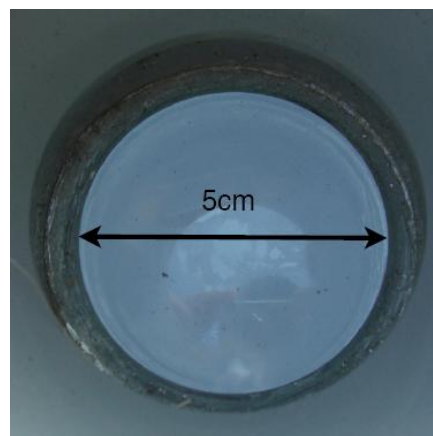
五、開始尋找方法縮小設備長度(實驗四、五)

當我們發現距離針孔越遠的成像，直徑越大時，一度想要製作一隻長達 10 公尺的長管子，但在嘗試接到 5~6 公尺時，已經幾乎無法使鏡筒正對到太陽，因此也就更難使成像投射在屏幕上。且裝置實在太龐大，也沒有地方可以架設。因此，我們想利用各種不同的透鏡或面鏡，來放大成像，並縮小裝置體積。

如下設計圖中，我們利用凸面鏡直接放大，或是用平面鏡反射，增加成像距離，但是製作出的兩個實驗器具，並沒有很大的突破。



最後我們利用凹透鏡會將光線散射的原理，直接把凹透鏡裝在裝置上，且將原本利用紙筒製作的設備，改成用厚水管，結果發現成像的放大效果良好，而且用水管的製作，比紙筒更方便取得且堅固。(右圖為設備中凹透鏡的照片)

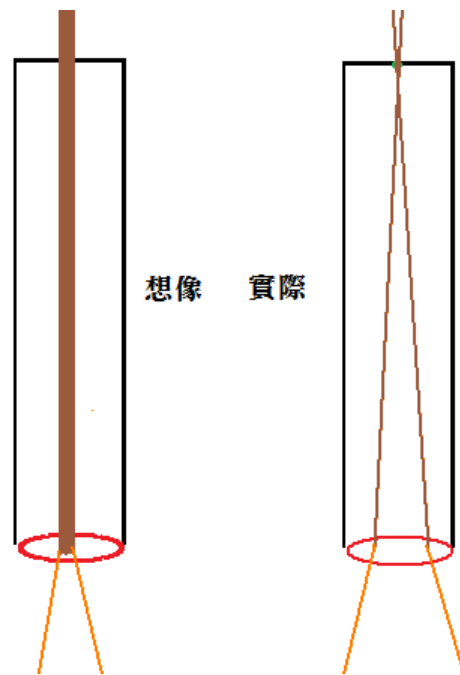


六、實驗五中，凹透鏡與解析度的問題

經由改良過(裝有凹透鏡)的觀察設備，雖然可有效的把太陽成像放大，且也可看到太陽分層的基本要求，但由於此雙凹透鏡是我們從一般文具店購得，因此解析力不如預期可觀測到更多的資訊，期望未來能有借到解析力更好的凹透鏡，讓這個觀察設備更加完善。

實驗四中所預測凹透鏡的放大效果，與實驗五中所實際測量的太陽成像大小，結果並不相符(預測 9cm，實際為 10.5cm)。經由與老師討論後，才發現(如下圖)，原來我們忽略了最基本的事情，從針孔到透鏡之間，光線已有呈現斜射進入針孔，而我們設計的實驗四中，是模擬紅光雷射垂直進入凹透鏡，因此光線幾乎是呈直線進入凹透鏡，放大效果當然比實際的差一些。





七、實驗六中，比較專業相機與天文望遠鏡的結果

在此實驗中，可發現只需利用一般的針孔成像，來觀察太陽，其實就已經不亞於一台數萬的專業相機與動輒數千的天文望遠鏡，且其清晰度有過之而無不及。但缺點是，需要極長的鏡筒才有辦法觀測到如此清晰，且雖然我們已經找到有效放大影像的替



代物，但要達到想要的解析度仍有一定的困難需要克服，期望在不久的未來，我們能發現簡單的放大模式，幫助對天文有興趣的人們。

八、實驗七中，玻璃紙之濾光效果

本來這篇報告到實驗六後，已經開始在做最後的整理，但在看到朋友所介紹的 NASA 網站照片後，又引起我們另一個好奇心，因此又多做了這一個實驗。


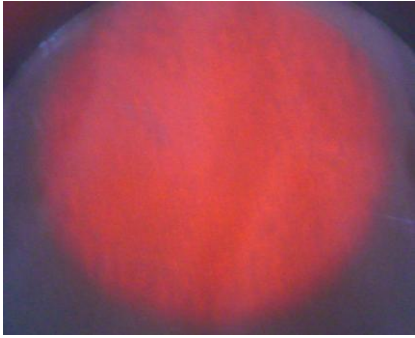
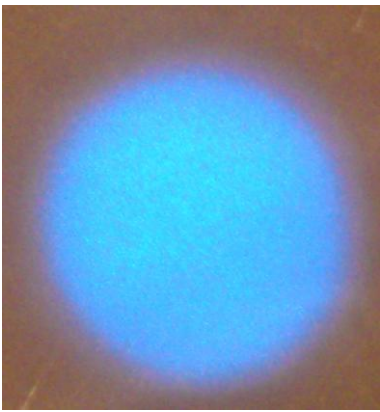
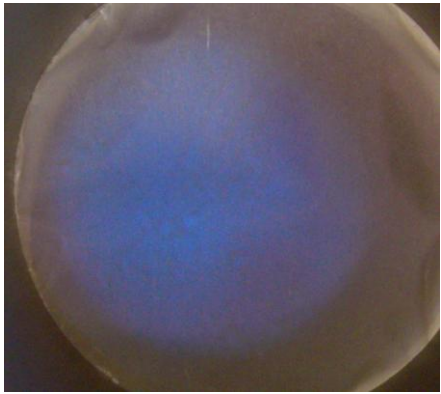
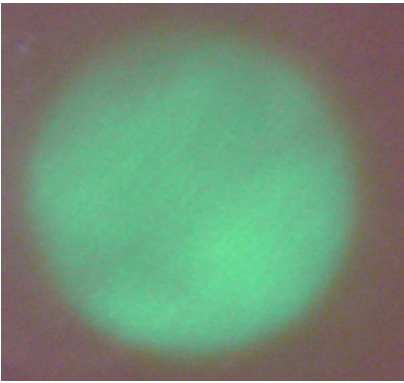
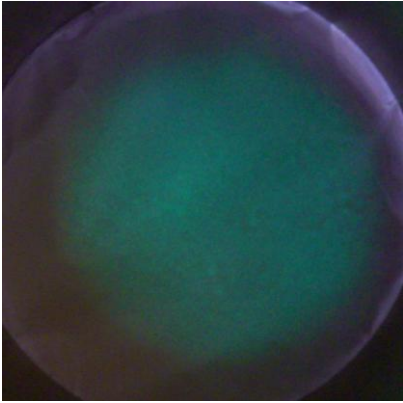
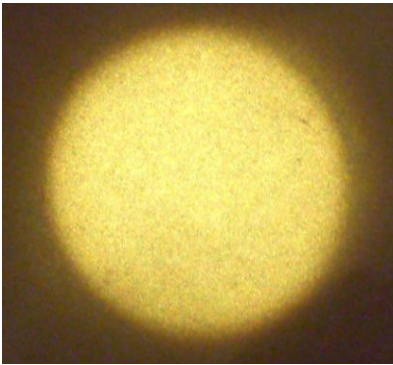
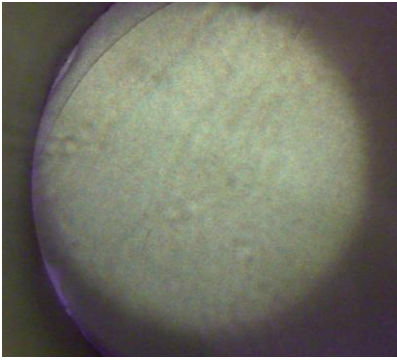
在討論過程中我們猜測其照片是利用不同濾鏡所看到的效果。因此想要模仿其做法，但對我們而言，能取得的材料，僅能從文具店購得玻璃紙。因此最後我們在針孔外，使用四種不同顏色的玻璃紙(紅、藍、綠、黃)，先行濾光後，再將其影像照下，希望能得到不一樣的太陽影像。

但經多次實驗後，發現玻璃紙的效果不好，在相片的分析中，雖能看不同濾光下，出現不同狀況的分層，但仍無法有效且清楚的呈現，希望未來能突破濾光材料的限制，找到更好的觀測方法。

實驗中我們也利用了直接的針孔成像，與改良放大效過的設備觀察，但可明顯從照片(下頁)中看到，經由裝凹透鏡放大效果後的照片，跟之前實驗五中的結果有同樣的問題，解析度差，且多一層玻璃紙後，效果更是不明顯。

九、此篇報告的貢獻

此次科展的結果可發現，一般民眾要觀測太陽，並不用特別購買昂貴的天文器材，經由幾根水管的組合，一張厚紙板與描圖紙，簡單的動手操做，約十分鐘，1至2百元的器材費用，便能清楚的觀看到比專業天文望遠鏡，更精緻的太陽影像，期望這個研究，能帶給你我生活更多的驚奇與快樂。

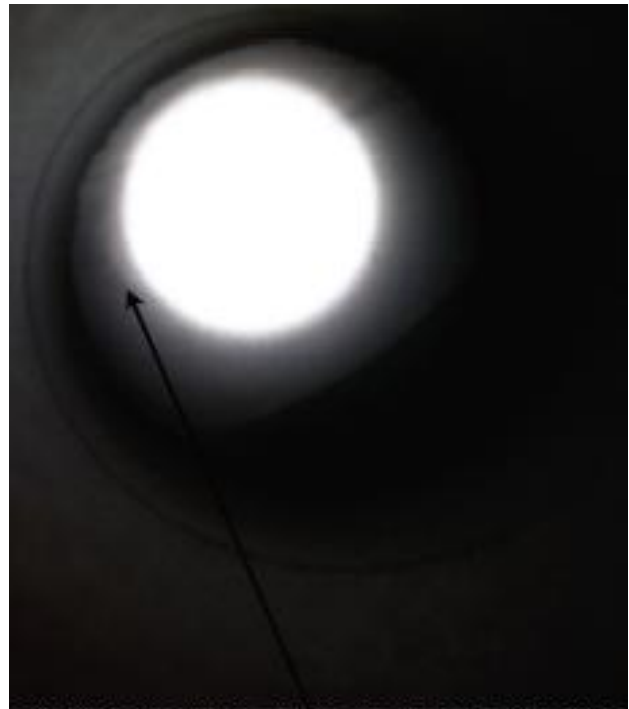
濾光顏色 (玻璃紙)	4m 針孔成像	2m 長裝有凹透鏡之針孔成像
紅		
藍		
綠		
黃		

柒、結論與未來展望

我們的設備用來觀察太陽，雖然成像的解析度無法比擬大型天文望遠鏡，但已經比普通動輒上千元的簡易天文望遠鏡還要清晰許多；且經由放大的效果後，不僅可確保眼睛不受傷害，更能有效的分別出影像中的數個層次。若將圖片放大後，仔細觀察，甚至可發覺如下圖中，疑似日珥的影像。

最重要的是，最後以水管與雙凹透鏡製作的設備成本不超過新台幣三百元，而其圖片便能有效的放大，甚至未經過凹透鏡放大的成像，已經比專業攝影機有更好的效果。

因此希望在未來可以在屏幕的材質，放大成像的設計、以及各種不同的濾光片上有重大突破，或許有可能可以觀察到日珥或太陽黑子等在太陽表面上的結構。



疑似日珥的物體

捌、參考資料

參考書籍：

張振陽等 100 多位學術專家(2005)。光與影像。載於新視野學習百科第 47 冊，光的世界(28-29 頁)。臺中市：暢談文化。

休伊特(2001)載於觀念物理－光學&聲音。透鏡(145-164)臺北市：天下遠見。

參考網頁：

維基百科，自由的百科。2010 年 1 月 20 日，取自：

<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/針孔成像>

YAHOO！奇摩知識庫。2010 年 1 月 20 日，取自：

<http://tw.search.yahoo.com/search/kp?p=針孔成像&fr2=sb-top&fr=yfp>

Google 網站。2010 年 1 月 20 日，取自：

http://www.google.com/search?source=ig&hl=zh-TW&rlz=1G1GGLQ_ZHTWTW341&q=針孔成像原理&meta=lr%3D&aq=0&oq=針孔成像

針孔之神-無名小站。2010 年 1 月 20 日，取自：

<http://www.wretch.cc/blog/pipemore7>

NASA 網站。2010 年 3 月 11 日，取自：

<http://stereo-ssc.nascom.nasa.gov/browse/2010/03/11/index.shtml>

玖、謝辭

雖然在進行科展的過程中有許多困難，譬如台北天氣一直不穩定、天空總是有許多的雲、陽光的光線太弱、透鏡的清潔問題……等，期間更為了追求實驗的準確性，曾拜託父母向學校請假，並分別兩次在一天內驅車往反台中與台南，才有機會取得較完整且漂亮的照片。另外，也謝謝老師陪伴我們做實驗，以及主任的天文望遠鏡支援。再次感謝我們的父母和學校的老師與主任，這麼支持此次的科展報告。

【評語】 080510

嘗試以簡易經濟的方式製作觀測太陽的工具，精神可嘉，但儀器製作以及各項觀測結果仍然還有努力的空間。