

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

佳作

082902

神乎其鏡~水晶寶寶手機顯微鏡探究

學校名稱：高雄美國學校

作者： 小六 賴家禾 小六 徐睿承 小六 陳禹鉸 小六 杜佳妍 小六 龔書琪	指導老師： 林洸漢
---	------------------

關鍵詞：手機顯微鏡、水晶寶寶、透鏡

摘要

手機已成為現代人不可或缺的科技產品之一，本研究主旨在讓所有中小學的師生能夠在不必要進入實驗室的情況下，隨手擁有屬於自己的顯微鏡落實科學教育。從凸透鏡的光學原理開始逐步深入探討，拆卸雷射筆、自行燒製玻璃透鏡，最後使用聚丙烯酸鈉（水晶寶寶）圓珠做為鏡頭，並且深入研究水晶寶寶的含水量、耐壓程度與透光度，然而利用手機顯微鏡拍攝時最大的困擾是手部震動，為解決此問題我們搭配自製觀測台，通過不斷的測試、改進和調整，研發出了電子液壓式觀測台。此外我們還利用偏光片的折射原理，自製了與傳統不同的光圈調節裝置，最終我們結合了3D列印和雷射切割技術，成功研發出構造簡單、價格便宜、攜帶方便且易於操作的手機顯微鏡組。

壹、前言

一、研究動機

記得四年級自然課時，老師帶我們做了放大鏡聚焦陽光的實驗，我們覺得好神奇，一片小小的凸透鏡竟然有這樣的功能。好多時候看到特別的東西就很想觀察內部的細節，但傳統顯微鏡體積大，且不易攜帶，觀察後若想拍攝存檔還必須連結電腦，同學們家中也幾乎不會有，只能到實驗室使用。有一次調皮的我偶然將雷射筆拆開想了解裡面的結構，竟然意外地發現內部有一個非常小的透鏡，貼近一看竟然比放大鏡還要厲害，於是開始有了想自製手機顯微鏡的想法。

二、研究目的

- (一) 雷射鏡頭與放大倍率探究。
- (二) 自製顯微鏡鏡頭的適用性探究。
- (三) 聚丙烯酸鈉鏡頭適用性探究。
- (四) 自製觀測台的可行性探究。
- (五) 光線對拍攝畫面的影響探究。

「註」：本作品說明書圖片照片圖1、圖2來自網路(蝦皮購物)，其它皆為自行拍攝。

三、文獻探討

(一)常見顯微鏡介紹

傳統的顯微鏡大致上分為二種，複式顯微鏡、解剖顯微鏡，一般來說顯微鏡有兩個鏡頭，觀察物體的叫物鏡；眼睛觀看的叫目鏡。



表 1、複式顯微鏡功能介紹。

區分 種類	視野		細胞		光線調節		鏡頭長度		調節輪
	範圍	亮度	大小	數目	反光鏡	光圈	目鏡	物鏡	
低倍鏡	寬廣	亮	小	多	平面鏡	小	長	短	先粗再細
高倍鏡	窄小	暗	大	少	凹面鏡	大	短	長	細調節輪

表 2、複式顯微鏡與解剖顯微鏡的比較:

	物像與實物的關係	呈像	光源	物像感覺	觀察方式
複式顯微鏡	上下、左右皆相反	虛像	反光鏡、 光圈	平面	雙眼張開， 一眼觀察， 一眼畫圖
解剖顯微鏡	與實物方向相同	正像	本身燈泡	立體	雙眼觀看

(二)凸透鏡成像實際操作

實驗說明：

1. 根據教科書與光學原理的凸透鏡成像，我們希望實際了解與驗證。(圖 2、圖 3)
2. 將三道光源射向凸透鏡，並且觀察光線在穿透凸透鏡後的變化情形。

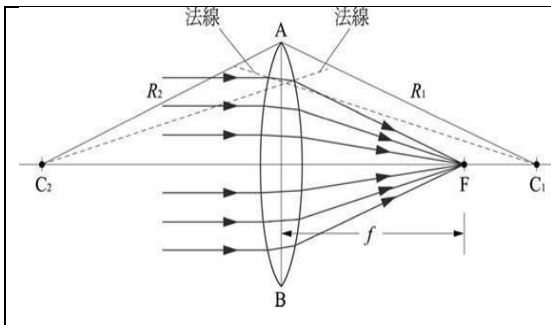


圖 3 光線進入示意圖

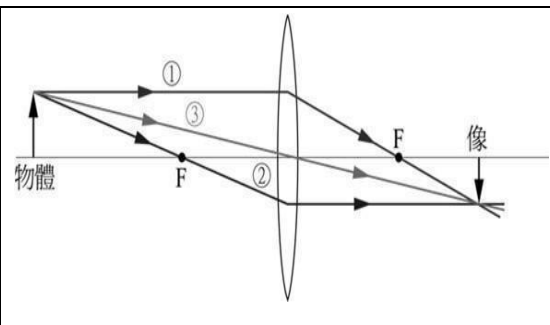


圖 4 光線進入示意圖



圖 5 凸透鏡厚度 23.5 mm



圖 6 寬度 89.6 .mm

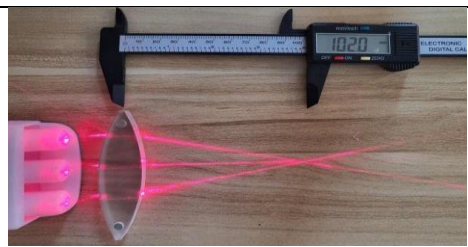


圖 7 光線路徑

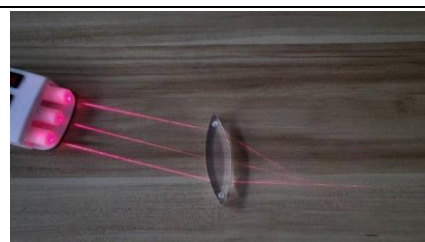


圖 8 光線路徑

表 3、凸透鏡的成像

物的位置	像的位置	成像性質
無窮遠處	F 上	一點、倒立實像
2F 外	F~2F	縮小、倒立實像
2F 上	2F 上	相等、倒立實像
F~2F	2F 外	放大、倒立實像
F 上	無窮遠處	
F 內		放大、正立虛像

(三)歷屆科展作品分析

表 4、歷屆文獻探討

參賽名稱	屆數	組別	作品名稱	得獎	關鍵技術
全國科展	61	化學科	晶「彩萬分—探討結晶在自製偏光顯微鏡下的形態	無	偏光片的折射現象
全國科展	56	生物科	自製影像立體化的光切片手機顯微鏡	第二名	HiLo 顯微鏡的設計發想
全國科展	47	理化科	大珠小珠落玉盤：圓珠顯微鏡的製作與研究	第三名	燒製玻璃圓珠透鏡的技巧

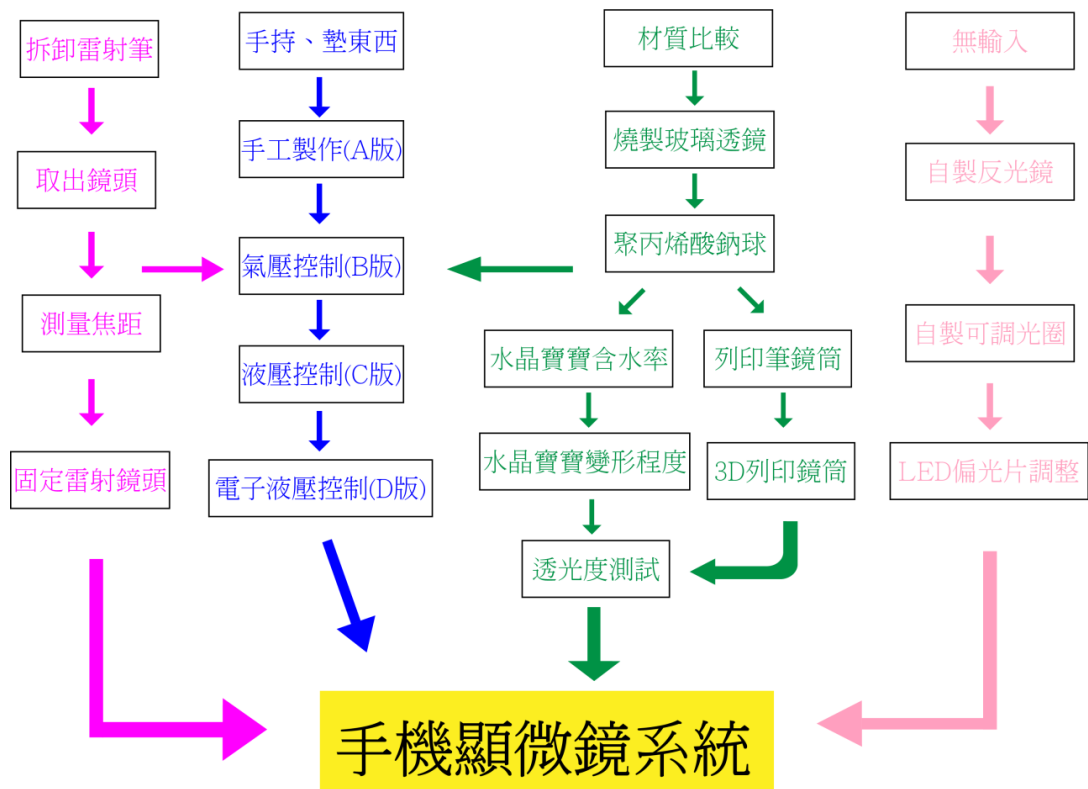
貳、研究設備及器材

材料類：木板、壓克力板、黏土、注射筒、塑膠軟管、三通、螺絲釘、螺帽、墊片、瞬間膠、壓克力膠、電池、來推動支撐桿、玩具手電筒、齒輪、聚丙烯酸鈉球(水晶寶寶)、玻璃管。

設備類：雷射筆、手電筒、尖嘴鉗、剪刀、壓克力刀、電鑽、螺絲起子、鑷子、酒精燈、數位相機、複式顯微鏡、解剖顯微鏡、列印筆、雷射切割機、3D 列印機。

參、研究過程與方法

一、研究流程架構



(圖 9)

二、雷射鏡頭與放大倍率探究

(一) 拆卸雷射筆和鏡頭放大觀察

實驗說明：

1. 雷射筆內有一個微型鏡頭，用於聚焦光線並且已幾乎接近平行光的方式射出，在此我們稱此透鏡為「雷射鏡頭」。
2. 拆卸雷射筆：使用一字螺絲起子及尖嘴鉗拆卸雷射筆並用鑷子小心地取下裡面的雷射鏡頭。
3. 觀察鏡頭的放大效果：將雷射鏡頭靠近白紙，逐漸拉遠，觀察紙上的字如何放大。
4. 觀察凸透鏡的焦點變化：利用凸透鏡聚焦光線，找尋光線集中於一點的位置，並觀察焦點的變化情形。

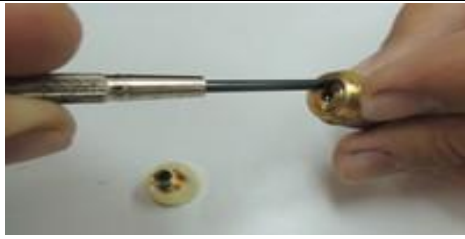


圖 10 從雷射筆上取下鏡頭



圖 11 雷射筆的零件



圖 12 用鏡頭放大的字



圖 13 用鏡頭變顛倒的字

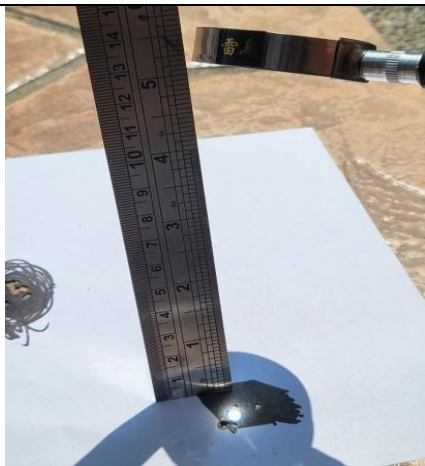


圖 14 一般放大鏡聚焦陽光

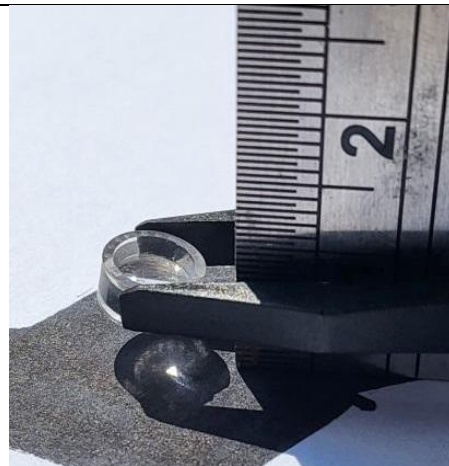


圖 15 雷射筆鏡頭聚焦陽光

表 5、雷射鏡頭觀察記錄

雷射鏡頭距離	觀察紙上的字	鏡頭對準陽光
貼近	字體放大，正立影像	光點先縮小後擴大
遠離	字體縮小，影像上下顛倒，左右相反	光點擴大到無光點

實驗結果與討論：

1. 雷射鏡頭觀察紙上的字，鏡頭貼近時，字體放大，呈現正立影像方向不變；鏡頭遠離時，字體縮小，呈現上下顛倒，左右相反，判斷雷射鏡頭是一個凸透鏡。
2. 用一般放大鏡對準陽光，產生的焦點能將紙上的黑點點燃；但雷射鏡頭雖然也會形成焦點，但卻無法點燃，判斷是因為鏡面不夠大的原因。


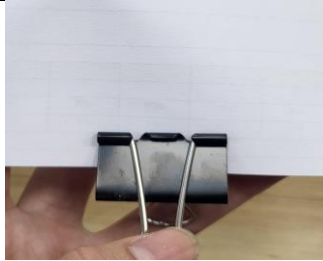


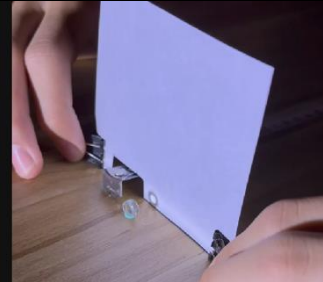

(二)測量雷射鏡頭焦距

實驗說明：

1. 我們將手電筒與雷射鏡頭排成一線，並利用長尾夾固定白紙至於雷射鏡頭後方作為屏幕。
2. 將手電筒光線照向鏡頭，慢慢地移動白紙屏幕(由遠而近)，會發現白紙屏上的光線會越來越集中，最後形成一個清晰的光點，此光點我們稱為焦點。

實驗步驟：

1. 準備測量基準：使用捲尺作為測量基準。
2. 固定雷射鏡頭：用黏土將雷射鏡頭固定在捲尺旁。
3. 排列設備：將手電筒與雷射鏡頭排成一線，並用長尾夾將白紙固定在雷射鏡頭後方，作為屏幕。
4. 觀察焦點並測量焦距：打開手電筒，讓光線照向雷射鏡頭。慢慢移動白紙屏幕，由遠至近，觀察光線在白紙上越來越集中，直到形成一個清晰的光點。測量從雷射鏡頭到這個清晰光點的距離，即為透鏡的焦距。

		
圖 16 材料	圖 17 使用長尾夾來夾紙	圖 18 測量焦距
		
圖 19 暗室測量	圖 20 逐漸形成焦點	圖 21 形成焦點

實驗結果：

1. 雷射鏡頭會在 8 mm 產生焦點；焦距為 8 mm。
2. 可以利用放大倍率公式進行計算。

(三)雷射筆鏡頭結合手機

實驗說明：

1. 手機相機的拍攝功能：手機拍照功能可控制拍攝近景或遠景，拉近時相機鏡頭倍率增加，拉遠時相機鏡頭倍率減少。
2. 黏合方法的考量：我們希望將雷射鏡頭與手機結合，製作手機顯微鏡，但使用膠帶或雙面膠固定不方便，易擋住鏡頭且產生殘膠。使用瞬間膠或其他強力黏著劑，不僅損害手機，還難以拆卸鏡頭。
3. 選擇黏合材料：我們最終選用書局賣的海報貼黏土，因海報貼黏土方便取得，操作簡單，黏合牢固且美觀。

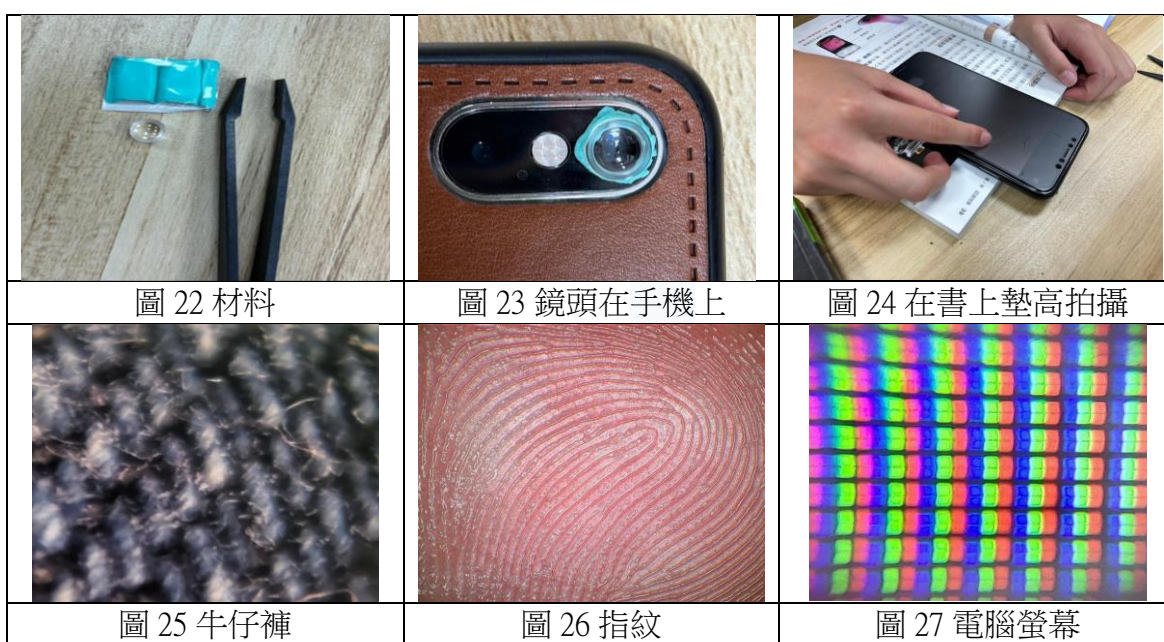


表 6、雷射鏡頭不同固定方式比較

固定方式	拍攝效果	裝卸速度	備註
膠帶	差	慢	有殘膠
雙面膠	差	慢	有殘膠
黏土	佳	慢	適合長時間使用

(四) 實測雷射筆鏡頭的放大倍率

放大倍率公式：

$$m = -\frac{250 \text{ mm}}{f} \quad (\text{公式一})$$

$$m = m1 \times m2 \quad (\text{公式二})$$

1. 雷射筆放大倍率的計算

(1)根據放大鏡光學理論，人類看的清楚的最短距離為 250 mm，此時眼睛可以在鬆弛狀態看清楚，若透鏡焦距很小時，放大倍率如公式一，250 mm 為人類最短明視距離，負號「-」表示虛像。

(2)在測量焦距的研究中，我們測得雷射鏡頭的焦距 f 為(8 mm)

(3)計算後得知: $m = 31.25$ 倍；放大 31.25 倍。

2. 手機相機鏡頭放大倍率的計算

一般手機的照相鏡頭有 5~10 倍的放大功能。但我們希望將拍照畫面上傳電腦進行觀測，若放大倍率過高則會超出螢幕範圍，經過討論我們決定將手機相機鏡頭倍率調整至 $m_2 = 4$ 倍。

3. 自製手機顯微鏡放大倍率的計算

(1)物鏡 m_1 為雷射筆鏡頭，依前述第一步驟，放大倍率計算 $m_1 = 31.25$ 倍。

(2)目鏡 m_2 為手機相機鏡頭，依前述第二步驟，放大倍率為 $m_2 = 4$ 倍

(3)套入公式二，自製手機顯微鏡放大倍率為 $31.25 \times 4 = 125$ 倍。

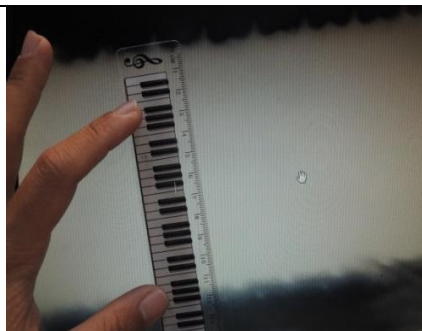
(五)在螢幕上實際測量

實驗步驟：

1. 拍攝影像：使用手機顯微鏡對每個刻度為 1 毫米的直尺進行拍照。
2. 影像傳輸：拍照後將影像傳輸至電腦。
3. 測量放大倍率：使用尺測量直尺在影像中的寬度，並將其與實際直尺的寬度比較，觀察影像的放大倍率。
4. 觀察紀錄：觀察並記錄放大倍率的變化。



(圖 28)每個刻度為 1 mm



(圖 29)拍照後 1mm 變為 116 mm

表 7、實際放大倍率與計算結果比較		
測量方式	實際測量	計算結果
放大倍率	116 倍	125 倍
誤差值	0.93 %	

實驗結果：

1. 雷射鏡頭非常小焦聚很近，經過測試會在 0.8 cm 處形成焦點。
2. 經過計算雷射筆鏡頭放大倍率約為 31.25 倍，結合手機 10 倍相機後可放大 300 倍以上誤差值 0.93 %，效果不錯。
3. 利用黏土固定雷射鏡頭是個不錯的方式，可惜雷射鏡頭造價較高很難大量推廣，我們希望尋找其他方式。

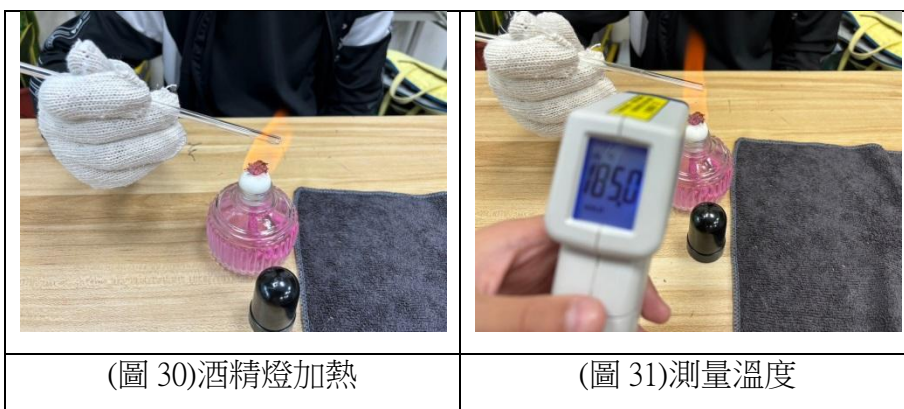
二、自製顯微鏡鏡頭的適用性探究

實驗說明：

1. 由前面實驗我們知道，使用雷射筆聚焦鏡片很適合用來作為顯微鏡鏡頭，但若大量推廣使用，不僅花費成本較高，同時還可能浪費許多材料。
2. 我們希望能自製顯微鏡頭，或找到便宜又適合的材料製作。

(一) 自製玻璃圓珠透鏡(酒精燈加熱)

製作過程：



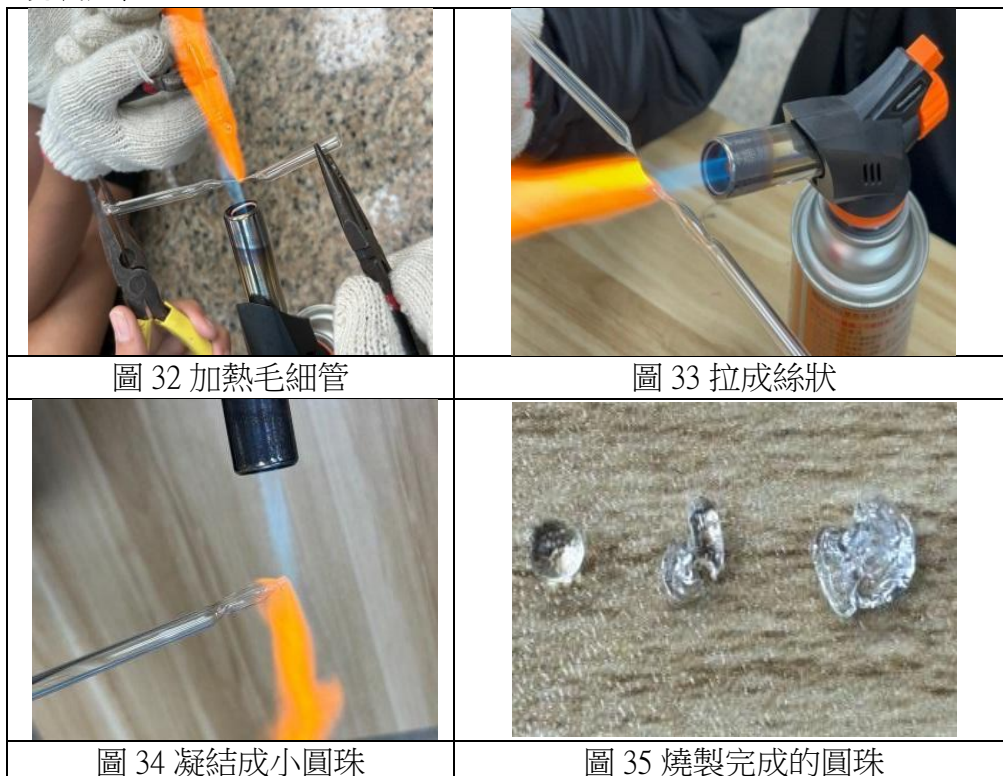
實驗結果：

1. 實驗失敗：即使將毛細管加熱，卻沒有觀察到明顯的變化。即使等了 10 分鐘，玻璃棒既沒有融化，也沒有出現軟化現象。
2. 酒精燈的熱點溫度：酒精燈燃燒時的熱點溫度大約在 400 °C 至 500 °C 之間。
3. 溫度不足的問題：酒精燈可能無法提供足夠的高溫，因此毛細管無法被軟化或融化，需要提高溫度。
4. 玻璃的特性：關於玻璃融化的特性，根據網上資料顯示：由於其分子結構的特殊性，玻璃沒有明確的熔點，只有軟化點。隨著溫度的上升至 600 °C，它會從輕微軟化到 700 °C 的懸垂軟化，800 °C 左右會像軟的麥芽糖一樣融合，直至形成像水一樣的流動狀態。不同溫度下的物理特性也會帶來不同的表現工法（資料來源：傳玻者 TRANBO ART - 勝利基金會）。

(二) 噴燈燒製

1. 由上個實驗我們知道酒精燈加熱玻璃毛細管溫度不足，本次實驗我們改採噴燈進行加熱提高溫度。
2. 瓦斯噴燈溫度最高可達攝氏 1300 °C

燒製過程：



實驗結果：

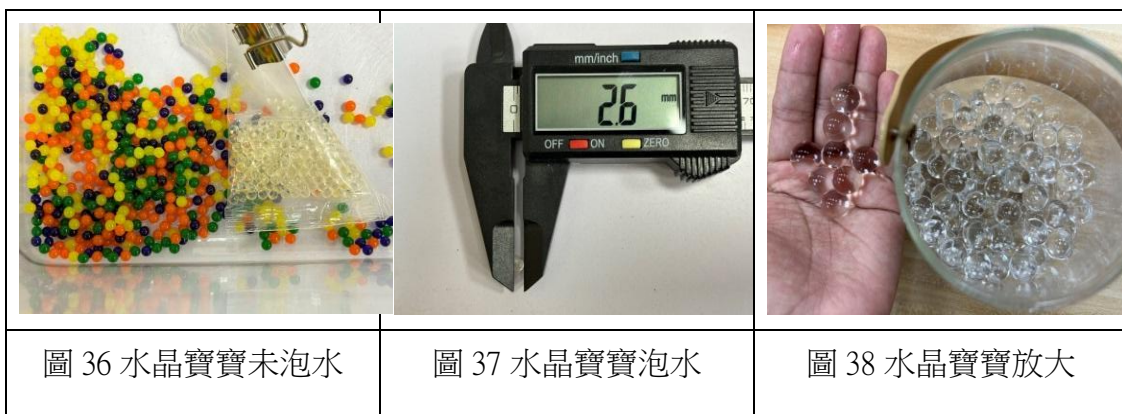
1. 製作圓珠的挑戰：儘管使用噴燈能成功將玻璃毛細管燒製成玻璃小球，但這些小球都沒有非常規則的形狀，與正圓相差甚遠。
2. 圓珠的品質問題：燒製出的圓珠中存在燒焦的雜質，還會出現皺褶，因此不適合用作顯微鏡的圓珠。
3. 製作的效率問題：儘管自行燒製玻璃圓珠作為顯微鏡鏡頭是可行的，但相當耗時費力，且無法大量推廣。
4. 尋找替代方案：需要尋找替代方案來製造顯微鏡鏡頭以解決目前的問題。

三、聚丙烯酸鈉鏡頭適用性探究

(一)聚丙烯酸鈉(水晶寶寶)鏡頭

實驗說明：

1. 聚丙烯酸鈉的介紹：聚丙烯酸鈉，英文為 sodium polyacrylate，又稱丙烯鈉鹽聚合物或超級吸水劑，可以吸收質量比 200 到 300 倍的水分，其分子式為： $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{COONa})-$ 的反覆聚合物(來源：維基百科)。
2. 水晶寶寶的應用：聚丙烯酸鈉泡水後俗稱「水晶寶寶」，我們將沿用此稱號為後續實驗統稱，並計劃利用水晶寶寶吸水後形成的球體，來作為顯微鏡鏡頭。
3. 價格考量：在大量推廣時，價格是一個重要的問題。水晶寶寶取得容易，數量也多，且價格比其他方式便宜許多，因此是一個很不錯的選擇。



(二)水晶寶寶測量焦距

實驗說明：

1. 準備不同球徑的水晶寶寶：我們將泡好水的聚丙烯酸鈉球放置於鹽水中，鹽水的比重為 1.026，相當於海水。放置一段時間後，聚丙烯酸鈉球會因滲透壓的影響開始變小，從而產生各種不同直徑的水晶寶寶。
2. 不同球徑的焦距和放大倍率：我們觀察不同球徑的水晶寶寶的所形成的焦距和放大倍率。



圖 39 泡鹽水、不同大小



圖 40 測量焦距

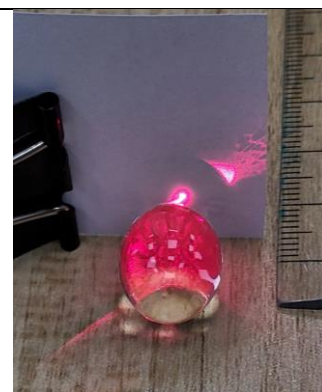
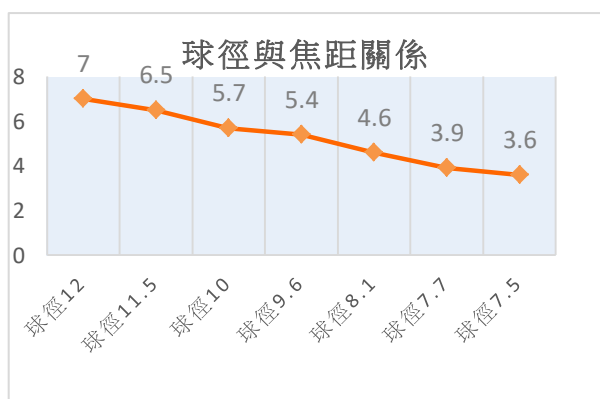


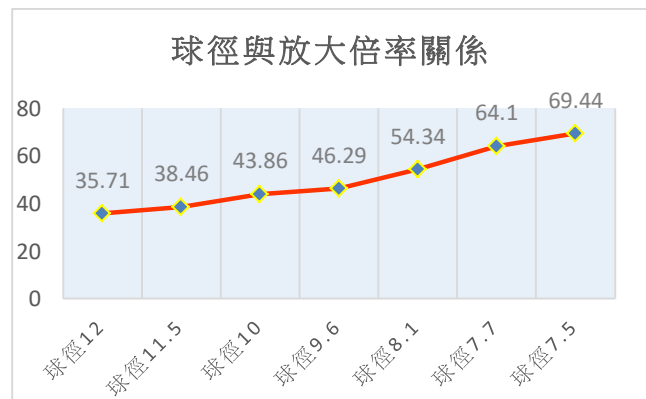
圖 41 形成焦點

表 8、不同球徑與焦距的關係

球徑(mm)	12 mm	11.5 mm	10 mm	9.6 mm	8.1 mm	7.7 mm	7.5 mm
焦距(mm)	7	6.5	5.7	5.4	4.6	3.9	3.6
放大倍率(倍)	35.71	38.46	43.86	46.29	54.34	64.1	69.44



(圖 42)球徑大小與焦距(負相關)



(圖 43)球徑大小與放大倍率(正相關)

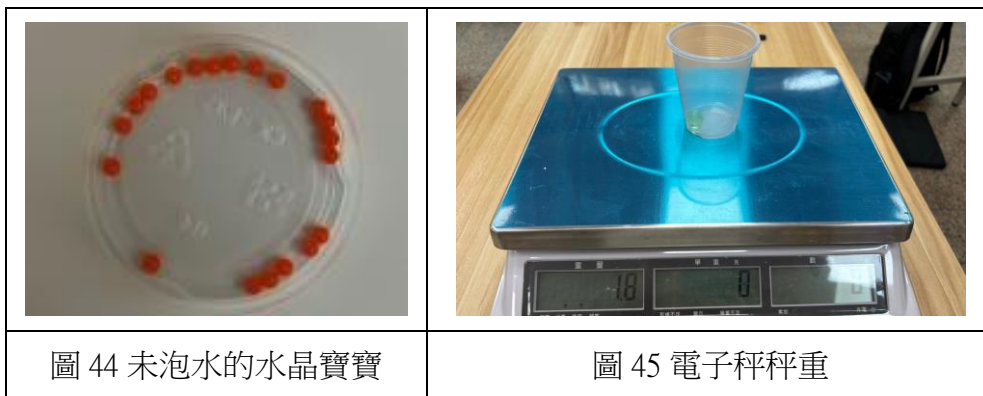
實驗結果：

1. 球徑與焦距的關係：球徑愈大，焦距愈長；球徑愈小，焦距愈短，兩者呈現正相關。
2. 球徑與放大倍率的關係：球徑愈大，放大倍率愈小；球徑愈小，放大倍率愈大，兩者呈現負相關。
3. 水晶寶寶的特性：水晶寶寶泡水後變得濕滑、有彈性，且用力一捏就會碎，因此必須找到固定的方法。

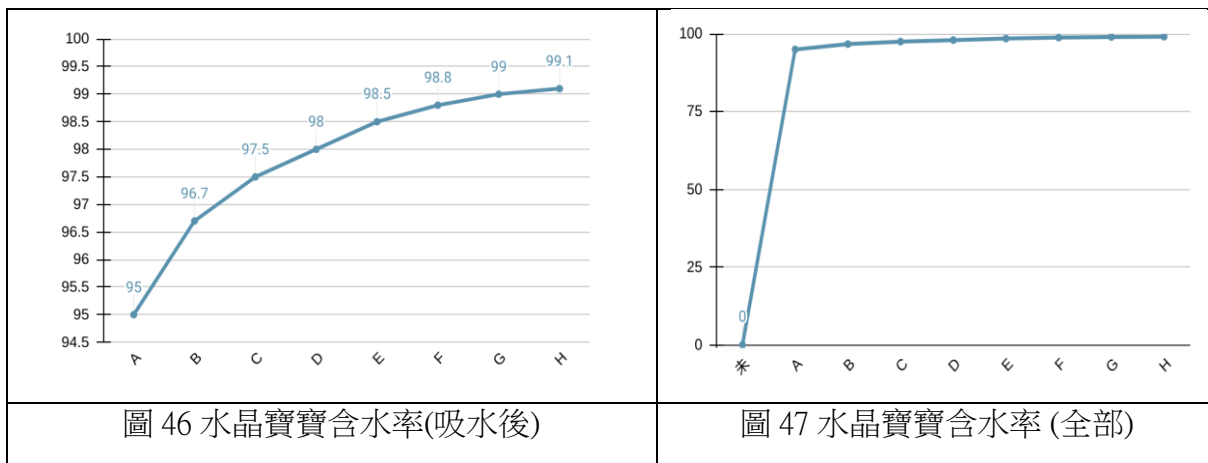
(五)水晶寶寶含水率

實驗說明：

1. 為了瞭解水晶寶寶大小與吸水量的關係，我們準備了不同大小的水晶寶寶進行實驗。
2. 利用電子秤測量未泡水的水晶寶寶原始重量與吸水後不同大小的重量。
3. 未泡水的水晶寶寶初始重量很難測定，我們放入 20 顆測重再求平均。
4. 利用算式 (吸水後質量 - 原始質量) ÷ 吸水後質量，算出水晶寶寶的含水量。



編號	原	A	B	C	D	E	F	G	H
直徑 mm	3	8.8	9.4	10.5	12.5	13.5	14.5	16	17
質量	0.02	0.4	0.6	0.8	1	1.4	1.8	2.2	2.4
含水率	0	95 %	96.7%	97.5 %	98 %	98.5 %	98.8 %	99 %	99.1%



實驗結果：

1. 水晶寶寶直徑越大，含水率越高。
2. 水晶寶寶吸水量確實能達到本身質量的百倍以上。

(六) 水晶寶寶變形程度

實驗說明：

1. 裝配實驗設備：取下注射筒推桿上的黑色橡膠塞降低摩擦力，並在推桿上方放置一個寶特瓶。
2. 進行耐壓實驗：利用注射筒抽水注入寶特瓶內(1 ml = 1 g)，直到水晶寶寶破裂為止，同時觀察注射器上的刻度，記錄原本的水晶寶寶變形情況。
3. 重量測量：將實驗後的寶特瓶放在電子秤上測量重量。



圖 48 注水入寶特瓶內

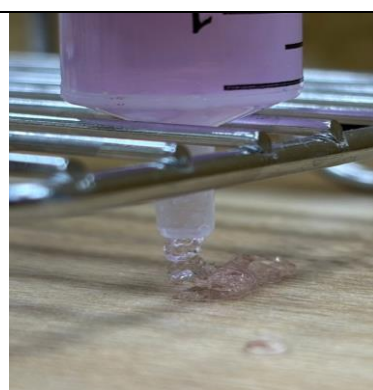


圖 49 水晶寶寶破掉



圖 50 計算耐壓程度

表 10、受壓程度記錄						
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
受壓(g)	354	338	438	389	323	368.4

實驗結果：

1. 水晶寶寶非常輕巧且具有彈性，若不慎掉落地面也不至於破損。
2. 每顆水晶寶寶都大約可以承受 368 克的垂直壓力。

(七)水晶寶寶透光度測試

實驗說明：

1. 為了瞭解水晶寶寶與玻璃圓珠的透光性差異，我們在沒有光學儀器的輔助下自行設計了透光度實驗。
2. 準備半透明描圖紙 100 張，10 張一疊釘起來一共 10 疊。
3. 將手電筒前方套上一截 PVC 管，並裝入不同顏色的水晶寶寶與玻璃圓珠。
4. 再暗室進行操作，不透光黑紙包覆 PVC 管使實驗更加精確。
5. 觀察記錄光線穿透描圖紙的層數並記錄。



圖 51 不同顏色水晶寶寶與玻璃珠



圖 52 描圖紙(100 層)



圖 53 PVC 管套入手電筒

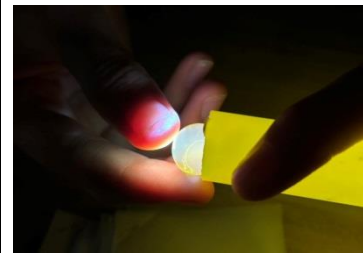


圖 54 裝入水晶寶寶



圖 55 包裹黑紙



圖 56 穿透描圖紙



圖 57 光線逐漸變淡

表 11、透光度成效紀錄

	無	透明	藍	綠	紅	橘	黃	紫	彈珠 (透明)	彈珠 (綠)
層數(張)	88	78	54	53	54	55	57	60	59	49
穿透率 (%)	100	88.6	61.3	60.2	61.3	62.5	64.7	68.1	67	55.6

實驗後發現與討論：

1. 光線在穿透圓珠時無法 100%的通過，會因為折射與透明度的關係使穿透率降低。
2. 描圖紙層數越多精準度也會越高，也可尋找其它透光材質。
3. 任何顏色的水晶寶寶光線穿透率皆超過 60%。
4. 透明水晶寶寶的穿透率 88.6%遠高於透明玻璃珠的 67%。

(八)列印筆固定器

設計說明：

1. 我們想到可以利用平常在玩的列印筆，按照水晶寶寶的形狀堆疊出可固定住水晶寶寶的鏡筒。
2. 我們設計的鏡筒中間為空心，前後各有一個開口。
3. 將乾燥的水晶寶寶至於鏡筒內一同泡水，等待膨脹後水晶寶寶便能與鏡筒結合不會掉出來。



圖 58 製作固定器



圖 59 水晶寶寶固定器成品







圖 60 固定在手機上

測試結果：

1. 利用列印筆製作的固定器，既能牢牢的固定水晶寶寶鏡頭，又方便與手機進行結合。
2. 使用列印筆製作的固定器容易有誤差產生，在外觀上與密合度上仍有很大的改進空間。
3. 顯微鏡屬於較精密的儀器，需要改採其他方式製作。

(九)改良 3D 列印鏡筒

1. 由前次製作水晶寶寶固定器過程中，我們知道此方式確實可行是不錯的方法，但列印筆製作的固定器不夠精良。
2. 本次改良我們使用 TinkerCad 線上 3D 軟體進行繪圖，並利用創課教室內的 3D 列印機列印新版鏡筒。

			
圖 61 3D 列印圖 (合併)	圖 62 3D 列印圖 (正面在上)	圖 63 3D 列印鏡筒 實體	圖 64 實際觀測

測試後發現與討論：

1. 3D 列印的水晶寶寶鏡筒不僅硬度夠耐用度高，準確性與密合程度也很棒，外觀上也不會有手工製作不平均的情況產生。
2. 3D 列印機經調整參數後，平均印製一組鏡筒僅花不到 1 個鐘頭就能完成。

三、自製觀測台的可行性探究

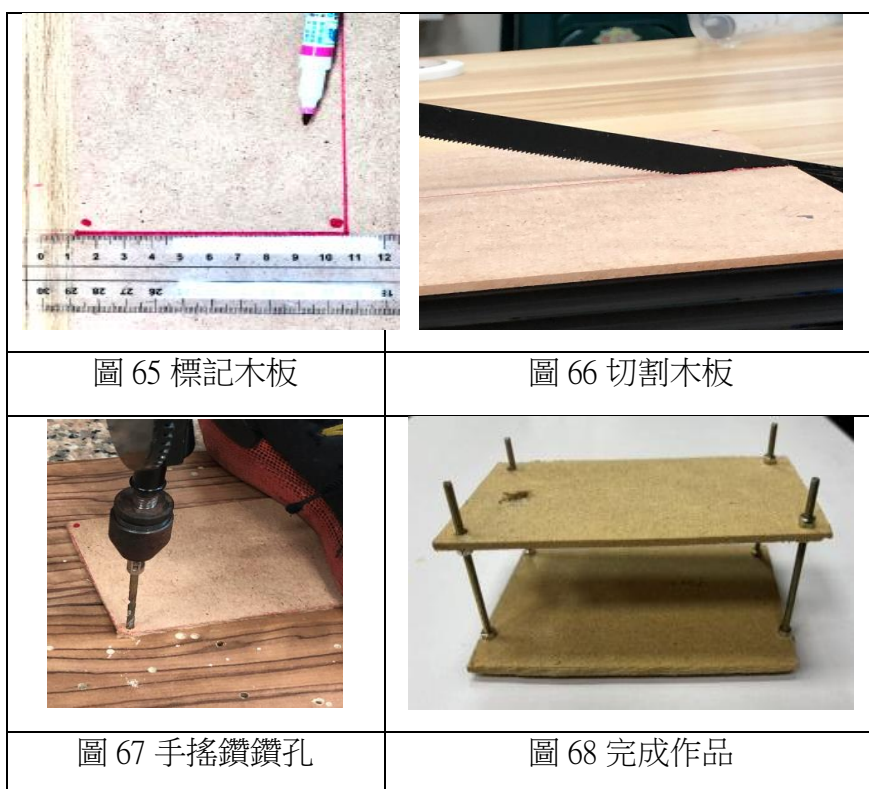
設計說明：

1. 雖然有了自製的 3D 列印水晶寶寶鏡筒，已經能很好的發揮手機顯微鏡的功能，但常因為手震的問題，使我們在捕捉畫面上仍然會有拍攝模糊的情形。
2. 雖然利用書將手機顯微鏡墊高至焦距處拍攝，能夠克服手持手機顯微鏡所造成的晃動，但由於每本書的厚薄度不一，再加上不可能隨身攜帶，所以並不是個好的辦法。

(一)A 版：可調觀測台(螺帽調節)

製作過程與方法：

1. 我們利用手邊的木板進行製作。
2. 首先測量手機或平板尺寸並在木板上標上記號，再利用線鋸切割。
3. 在底座與上座愈裝螺絲的地方做記號，並利用手搖鑽進行鑽孔。
4. 鎖上螺絲、螺帽及墊片作為顯微鏡架的支撐桿完成手機顯微鏡支架。
5. 旋轉螺帽調整支架高度，並放上自製手機顯微鏡測試。
6. 製作過程如下圖。



實驗結果：

1. 自製 A 版可調觀測台使用上非常穩定，能有效的解決手震與晃動問題。
2. 自製 A 版可調觀測台不僅可以微調鏡筒焦距，連物鏡架也可以調整，達到目鏡、物鏡雙微調的功能。
3. 雖然旋轉螺帽能調整鏡架與手機顯微鏡的配合功能，但調整時必須微調鏡架上所有的螺帽，才能使手機處於平整狀態，使用起來仍然不方便。

(二) B 版：氣壓式調節觀測台

設計說明：

1. 為了解決(A 版)觀測台不易微調的情形，我們將螺絲做的支撐桿替換成注射筒(25 ml)；另一端控制注入與排出空氣的注射筒我們稱為「推動管」，當壓力管注入空氣時支撐桿上升；空氣減少時支撐桿下降。
2. 注射筒因為容易取得，價格也便宜，非常適合進行後續研究，我們收集市售常見不同大小的注射筒(大 25 ml；中 10 ml；小 5 ml)。
3. 木板不易切割製作，本次實驗僅為測試注射筒的適用性，與觀測台材質無關，所以改採珍珠版方便進行製作。

製作過程與方法：

1. 測量手機大小在珍珠板做記號裁切製作簡易觀測台。
2. 在底座與上座中間用熱熔膠固定注射筒作為支撐桿。
3. 支撐桿利裝上塑膠軟管與推動管連接。
4. 加壓微調支撐桿，調整至適當的焦距。
5. 觀察記錄拍照、攝影情形。



實驗結果：

1. 單一支注射筒支撐桿使用上不穩定容易搖晃，且承載重量時，裡面的空氣會有逆流的現象發生，導致支撐桿下降。
2. 不同尺寸的注射筒在相連推動時也會需要不同的力量；上升速度與高度也各不相同，是因為流量與管徑的關係。
3. 珍珠板材質不適和作為觀測台的材料，既不堅固也不美觀，單一注射筒支撐也不穩固需調整改進。

(三)C 版：壓克力測觀台

設計說明：

1. 材質：將原來的珍珠版改為壓克力板製作，增加強度與美觀。壓克力板利用線

鋸切割底座與上座。

2. 支撐桿：將原來單一支注射筒支撐桿改為三支，增加穩定性與防止空氣逆流的情形。使用水族用品常見的三通管作為「控制閥門」，注入空氣時「控制閥門」便能將空氣平均分配至三支支撐桿。
3. 氣壓推動：使用不同注射筒(大 25 ml；中 10 ml；小 5 ml)分別與控制閥門連接。觀察推動時的現象與感覺。



實驗結果：

1. 注入空氣至支撐桿微調過程中，支撐桿並不會在第一時間上升；直到注入一定的量之後支撐桿才会有上升的反應，可能因空氣較容易被壓縮的關係。
2. 使用注射筒作為支撐桿與推動管微調變得非常快速且方便是很適合的方法，但空氣壓縮的問題仍需改善。

方式	墊書	A 版：螺帽調節觀測台	B 版：氣動式觀測台
比較結果			
使用方便性	不便	不便	方便
行動攜帶性	不便	方便	方便
微調實用性	慢	慢	快
※效果最佳			※

(四)液壓管作為升降觀測台的適用性

實驗說明：

1. 我們針對注射筒中的流體進行實驗，將不同大小的注射筒(大 25 ml；中 10 ml；小 5 ml)注入了空氣與純水進行交叉比對實驗。
2. 在注射筒拉桿上鑽孔，方便砝碼掛上。
3. 經注射筒固定於桌面，吊掛砝碼直到注射筒刻度移動(g 為單位)。
4. 實驗測量三次，四捨五入求平均值。
5. 觀察記錄變化情形。



圖 74 注射筒拉柄穿孔

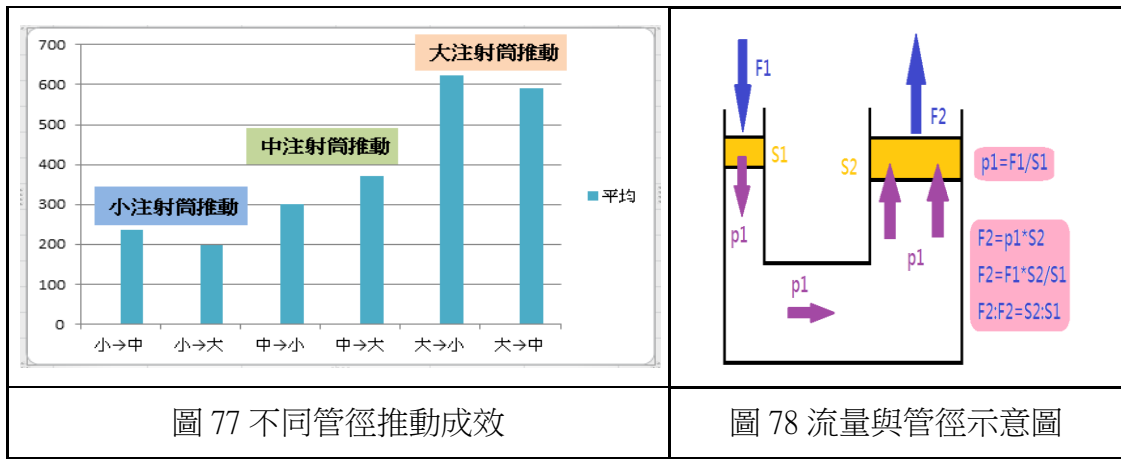


圖 75 將水染色方便實驗



圖 76 掛重測試

表 13、注射筒液壓測試 (單位：公克)						
注射筒 次數	小→中	小→大	中→小	中→大	大→小	大→中
第一次	235	197	303	380	626	584
第二次	241	195	306	364	634	589
第三次	236	201	298	371	611	597
平均	237	198	302	372	624	590



實驗結果：

1. 根據流量與管徑的理論，當摩擦力 = 0，在密閉管徑內流體壓力皆相等，小管推力 ÷ 小管截面積 = 大管推力 ÷ 大管截面積。流體壓力為(P)；小管、大管推力為 (F1、F2)；小管、大管截面積為 (S1、S2)。
 2. 流量與管徑公式：
- $$\frac{F1}{S1} = \frac{F2}{S2} \rightarrow F2 = F1 \times \frac{S2}{S1} \rightarrow F1 = F2 \times \frac{S1}{S2} \quad (\text{公式三})$$
3. 空氣容易被壓縮，導致注射筒推動後沒有反應或瞬間上升，水很容易取得，推動時符合流量與管徑原理，我們選用水做為支撐桿及推動管的流體。
 4. 小口徑注射筒推動大口徑注射筒較省力；上升速度緩慢(省力費時)。
 5. 大口徑注射筒推動小口徑注射筒較費力；上升速度較快(費力省時)。

四、光線對拍攝畫面的影響探究

設計說明：

我們使用手機顯微鏡對物體進行觀察拍照時，時常會發現畫面黯淡有拍不清楚的問題產生，經過討論後我們覺得應該是光源不足的關係，我們試了以下幾種方式來來克服光源不足的問題。

(一)自製反光鏡

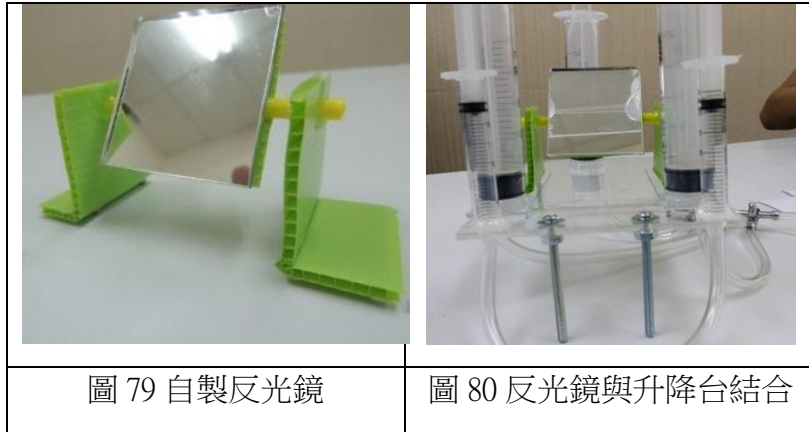
原理說明：

我們利用玻璃鏡面能反射光線的原理，當光線不足時可調整反光鏡面對準光源增加觀察的亮度。

製作方法：

1. 挑選並裁剪適當大小的玻璃鏡面與空心板。

2. 將氣球棍固定在與鏡面相同大小的空心板上。
3. 另外在兩塊空心板上挖洞使氣球棍穿過。
4. 將反光鏡置於觀測台適當位置。
5. 調整鏡面方向使光源可以反射通過。



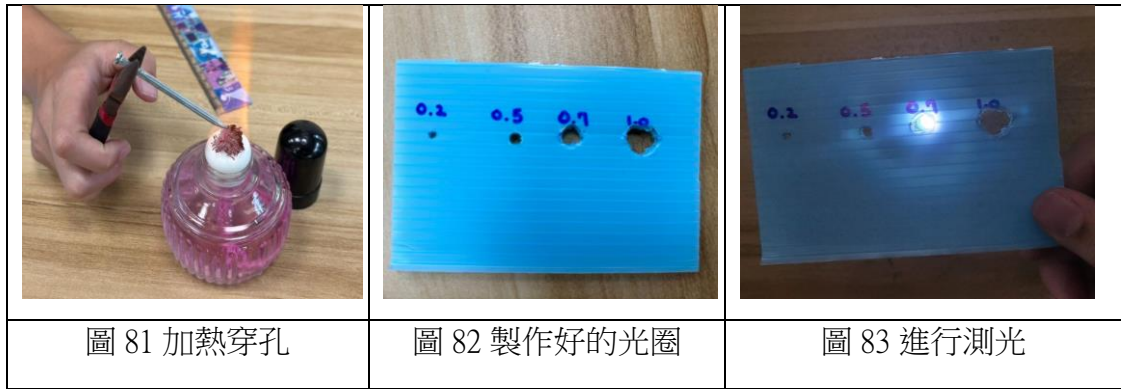
測試結果：

1. 反光鏡對準陽光在烈日下光線太強，畫面曝光度太高；在陰雨天，畫面曝光度太低。
2. 在室內一般日光燈管的亮度可能不足，雖有改善光線不足的問題但便利性有待加強。

(二) 自製可調式光圈

實驗說明與步驟：

1. 將迴紋針、鐵釘利用酒精燈加熱。
2. 我們在空心板上打了一排不同孔徑的洞作為光圈，當只需少量光線，光圈調至小孔；需要較多光線，光圈調至大孔。在空心板上鑽入四個不同大小的孔洞(直徑分別為 0.2 cm、0.5 cm、0.7 cm、1.0 cm)。
3. 利用玩具 LED 手電筒作為光源。
4. 微調光圈，調整至最適當的孔徑。
5. 觀察實驗並記錄結果。



測試結果：

1. 加裝可調式光圈的確可以控制光源強弱，使影像更加清晰。
2. 除非要鑽許多不同孔徑的大小的孔洞，否則微調時選擇空間不大。
3. 在對準及選用孔徑大小時不太方便；我們希望尋求其它調整更快速有效的方式。

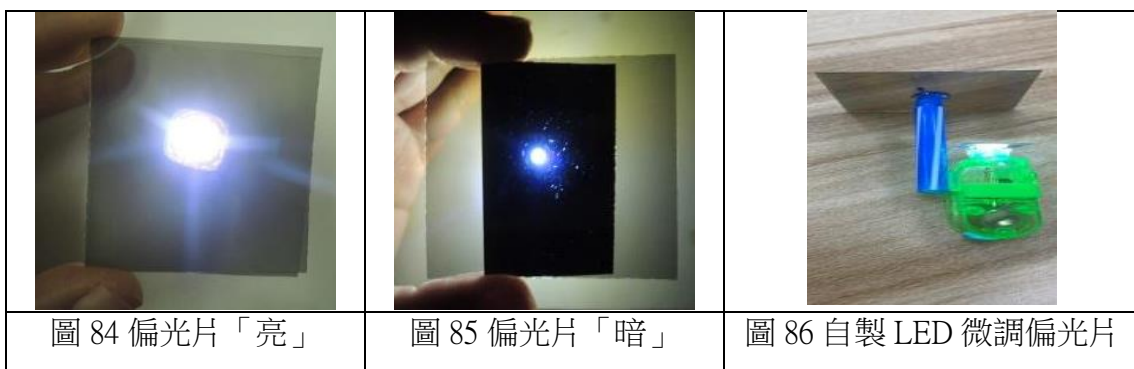
(三)加裝 LED 微調偏光片

實驗說明：

1. 偏光片能夠阻止某些方向的光進入，而讓其他方向的光進來。如果將兩片偏光片放在一起使方向互相垂直光就無法通過，就像黑色一樣。
2. 將二片偏光片重疊然後慢慢旋轉，會發現偏光片的顏色會逐漸變深；從可透光轉為不透光，利用此原理便能製作可調式光圈。

實驗步驟：

1. 利用玩具 LED 手電筒作為光源，在觀測台上適當的位置固定。
2. 剪下一小片偏光片黏貼在 LED 手電筒的燈泡前。
3. 剪一截氣球棍，並將大片偏光片固定在氣球棍中央。
4. 將吸管固定在 LED 燈側邊(吸管與氣球棍能緊密套接)。
5. 調整光圈，調整至最適當的亮度。
6. 觀察實驗並記錄結果。



實驗結果：

1. 加裝微調偏光片，能夠快速、有效的控制光線照射的強弱，使手機顯微鏡在拍照的影像更為清晰。
2. 加裝微調偏光片是實驗中方便性及拍攝效果最好的方式；我們選用此方式進行後去的拍照實驗。

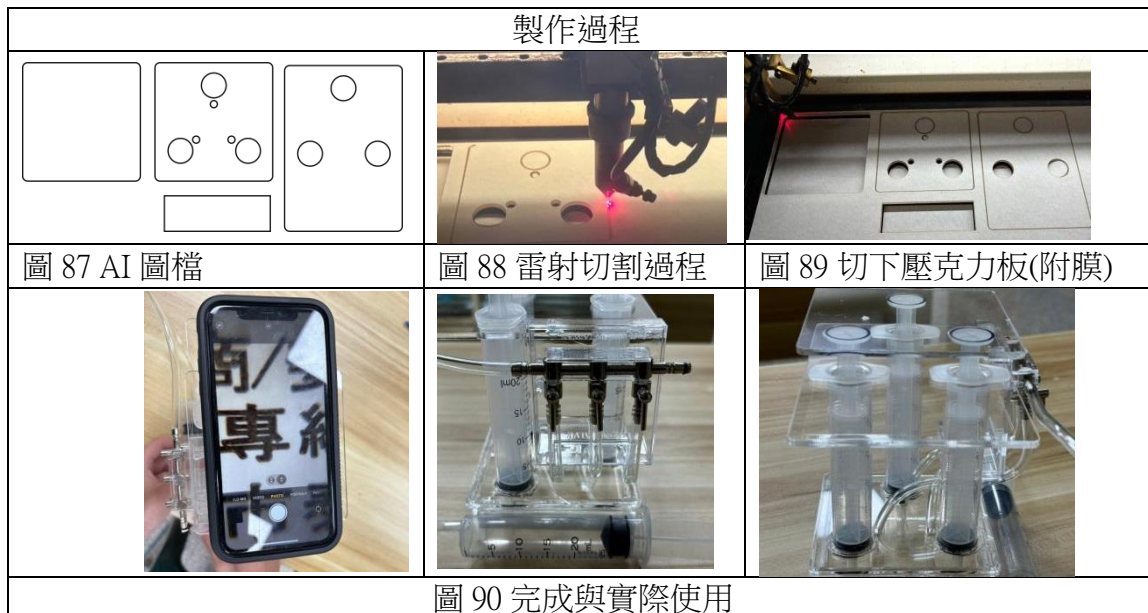
肆、研究結果

一、觀測台再次改良：

(一)D 版壓克力觀測台

設計說明：



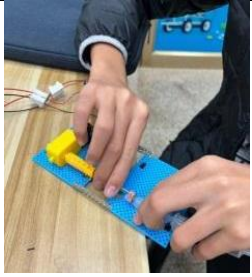

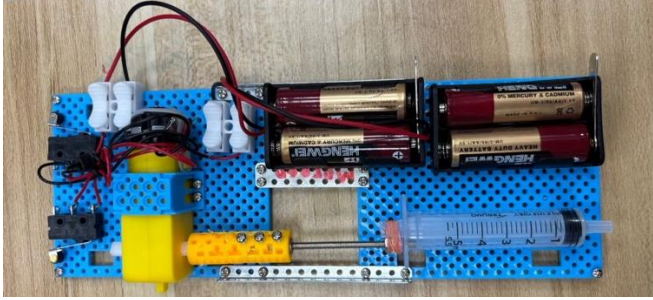
1. 有了先前製作顯微鏡觀測台的經驗後，我們著手設計更穩定與美觀的觀測台。
2. 為了能穩定功能與品質，此次設計我們利用我們利用電腦軟體 adobe illustrator 繪製液壓電子顯微鏡觀測台的設計圖。
3. 將設計圖上傳後，利用學校的雷射切割機，將圖檔在壓克力板上進行切割處理。
4. 將切下的零件與注射筒及三通閥進行組裝。



(二)電子液壓推桿

設計說明：

我們希望將觀測台推動管改為電動推進，使微調上能更好，利用螺絲與螺帽的螺紋作為傳動桿，正旋轉向前；反旋轉向後。

			
圖 91 鑽孔	圖 92 推動軸心	圖 93 與馬達連接	圖 94 焊接開關
			
圖 95 電子液壓完成			

二、各版本觀測台比較




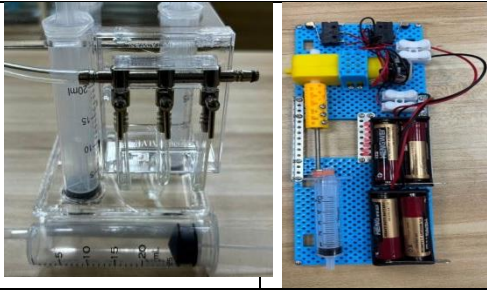
表 16、觀測台比較		
版本	照片	優缺點
A 版	 圖 97 螺帽調節	微調慢且不方便，四個角落的螺帽都必須調整。
B 版	 圖 98 氣壓式調節	微調速度比 A 版快的多，但空氣會被壓縮升降台容易急上升，單一支撐桿非常不穩且材質不適合。
C 版		調整速度穩定，不會急升急降。 液壓推動效果優於氣壓。 三支撐桿穩定性極佳。

	圖 99 液壓管升降	
D 版		集合前面版本各項優點。 採用雷射切割精度高、外觀佳。 結合電子液壓推動管。
	圖 100 電子液壓	

三、鏡頭比較

我們主要針對鏡頭的製作難易程度、耗費的時間、造價與大量推廣的可行性進行比較。

雷射筆透鏡	需拆卸雷射筆、價格偏高、不易推廣。
自製玻璃圓珠透鏡	製作麻煩、圓珠不易燒製、耗費大量時間、品質不良、無法大量推廣。
聚丙烯酸鈉透鏡	泡水就能完成、透光度佳、非常便宜、放大倍率高、適合推廣。

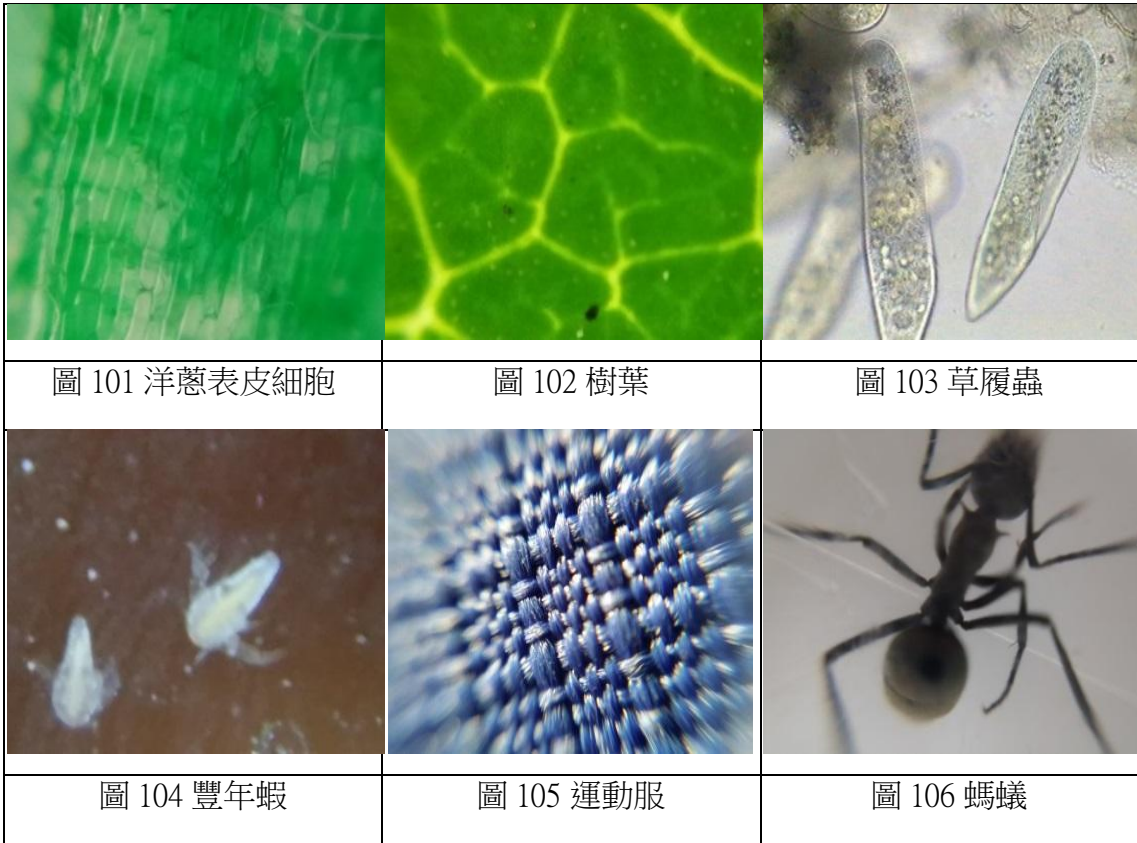
四、不同輸入光源比較

方式比較	無加裝	反光鏡	可調光圈	微調偏光片
光線來源	陽光、室內電燈	陽光、室內電燈	LED 燈	LED 燈
微調方便性	無法微調	普通	普通	方便
拍攝畫面	差	普通	佳	佳
效果				※

(效果最佳※)

五、自製手機顯微鏡組拍攝的實用與便利性

手機顯微鏡、升降觀測台、微調偏光片、電子液壓系統的組合在此我們統稱「手機顯微鏡組」，我們利用手機顯微鏡組隊物體進行拍照實驗。



伍、結論

- 一、雷射鏡頭焦距為 8mm，利用黏土固定雷射鏡頭，適合長時間使用。
- 二、根據放大鏡光學理論計算出雷射鏡頭放大倍率為 31.25 倍；結合手機相機放大 4 倍，使手機顯微鏡放大 125 倍；實際測量結果手機顯微鏡放大 116 倍，僅有 0.93 % 的誤差。
- 三、手持手機顯微鏡時拍攝時常因晃動造成影像模糊，改為固定式拍攝能克服手震的問題，穩定拍攝畫面。
- 四、在微調的過程中，壓力閥注入空氣至支撐桿，支撐桿並不會在第一時間上升，是因為空氣容易被壓縮的關係。
- 五、水晶寶寶作為圓珠鏡頭是最適合的，使用常見園藝用水晶寶寶最少都能放大 35 倍以上，在結合手機相機 10 X，放大倍率能超過 300 倍。
- 六、水晶寶寶球徑與焦距呈正相關；球徑與放大倍率呈負相關。
- 七、水晶寶寶直徑越大含水率越高，且吸水量確實能達到本身質量的百倍以上。

- 八、水晶寶寶非常輕巧且具有彈性，若不慎掉落地面也不至於破損，每顆水晶寶寶大約可以承受 368 克的垂直壓力。
- 九、任何顏色的水晶寶寶光線穿透率皆超過 60%，透明水晶寶寶有最高的穿透率 88.6% 遠高於透明玻璃珠的 67%。
- 十、3D 列印鏡筒與水晶寶寶鏡頭結合效果很好，堅固耐用且方便。
- 十一、加裝微調偏光片能有效控制光源進入的強弱，是很好的方法。
- 十二、升降台利用雷射切割製作效果佳又美觀製作也快速也適合推廣。
- 十三、手機顯微鏡的造價便宜，攜帶方便，可以輕鬆捕捉難得畫面。

陸、檢討與未來展望

- 一、注射筒的密合度無法與工程用液壓管相比，有時候會有外漏的情形，若有其他容易取得價格不高的材料，可能效果會更好。
- 二、每支手機的解析度及拍攝倍率皆不相同，拍攝時並非所有手機顯微鏡效果一樣，手機的拍照功能會直接影響顯微鏡放大倍率。
- 三、手機顯微鏡組應該推廣到全台中學，相信對同學在生物課方面會有很大的幫助。

柒、參考資料及其他

一、中文書籍：

1. 金鐘文（2014）。愛上科學的顯微鏡小百科。三采出版社。
2. 蕭如珀（2007）。透鏡的大師。物理雙月刊(廿九卷二期)。
3. Miki Kuwajima（2011）。透鏡。瑞昇出版社。

二、網路資源：

1. NTCU-科學遊戲實驗室。
<http://scigame.ntcu.edu.tw/index.html>
2. 47 科展大珠小珠落玉盤－圓珠顯微鏡的製作與研究。
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/high/031601.pdf>

【評語】 082902

1. 研究主題強調讓小學生可以由日常生活獲取材料，應用光學原理，最終將「水晶寶寶」作為材料製成顯微鏡的鏡頭。此實驗通過結合手機相機功能與低成本的水晶寶寶鏡頭，設計出一款便攜、易用且成本低廉的手機顯微鏡。實驗過程具有科學探究精神，增強了科學教育的趣味性和實用性。
2. 建議可將實驗流程精緻化，如實驗材料的均一性和耐久性、提升3D 列印自製鏡筒的精度和質量控制，並建立標準化流程以利後續的科學教育推廣應用、如何控制光源的穩定性和減少手部晃動的影響、實驗的次數與數據的收集是否具有再現性與準確性等。

作品簡報



神乎其鏡~

水晶寶寶手機顯微鏡探究

六、光線對拍攝畫面的影響探究

設計說明：

我們使用手機顯微鏡對物體進行觀察拍照時，時常會發現畫面黯淡有拍不清楚的問題產生，經過討論後我們覺得應該是光源不足的關係，我們試了以下幾種方式來克服光源不足的問題。

(一) 自製反光鏡

原理說明：

我們利用玻璃鏡面能反射光線的原理，當光線不足時可調整反光鏡面對準光源增加觀察的亮度。

製作方法：

1. 挑選並裁剪適當大小的玻璃鏡面與空心板。
2. 將氣球棍固定在與鏡面相同大小的空心板上。
3. 另外在兩塊空心板上挖洞使氣球棍穿過。
4. 將反光鏡置於觀測台適當位置。
5. 調整鏡面方向使光源可以反射通過。

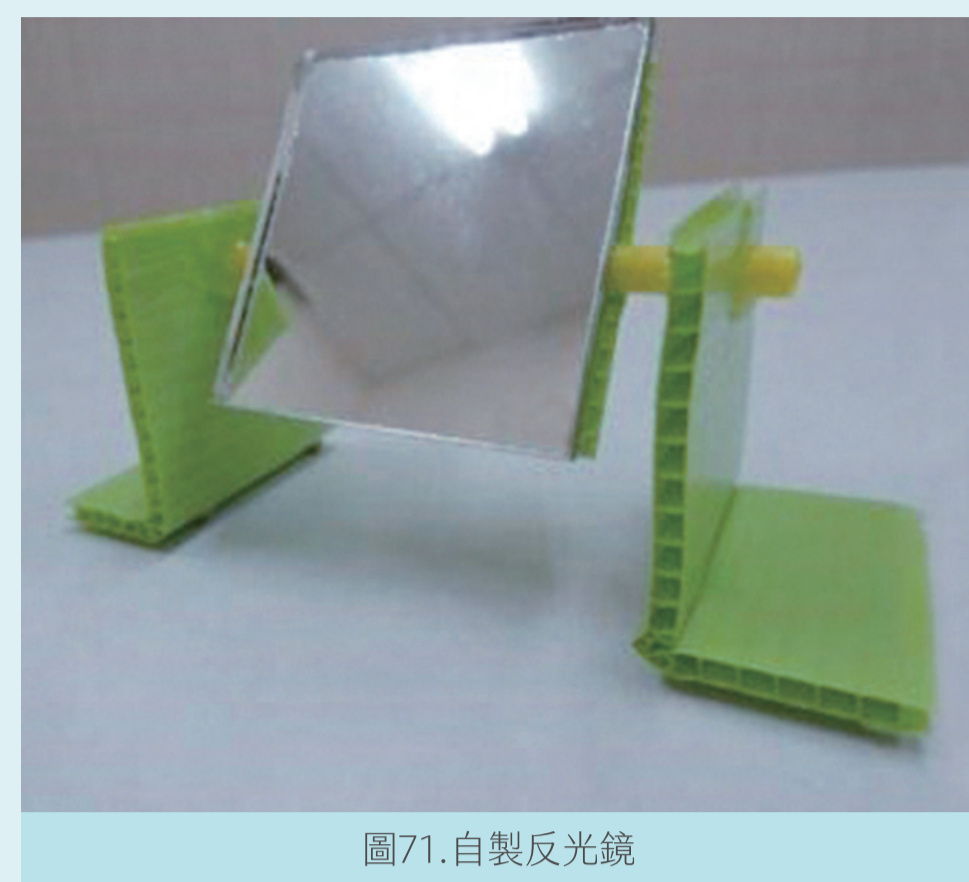


圖71.自製反光鏡



圖72. 反光鏡與升降台結合

測試結果

1. 反光鏡對準陽光在烈日下光線太強，畫面曝光度太高；在陰雨天，畫面曝光度太低。
2. 在室內一般日光燈管的亮度可能不足，雖有改善光線不足的問題但便利性有待加強。

(二) 自製可調式光圈

實驗說明與步驟：

1. 將迴紋針、鐵釘利用酒精燈加熱。
2. 我們在空心板上打了一排不同孔徑的洞作為光圈，當只需少量光線，光圈調至小孔；需要較多光線，光圈調至大孔。在空心板上鑽入四個不同大小的孔洞(直徑分別為0.2cm、0.5cm、0.7cm、1.0cm)。
3. 利用玩具LED手電筒作為光源。
4. 微調光圈，調整至最適當的孔徑。
5. 觀察實驗並記錄結果。



圖73.加熱穿孔



圖74. 製作好的光圈



圖75.進行測光

測試結果

1. 加裝可調式光圈的確可以控制光源強弱，使影像更加清晰。
2. 除非要鑽許多不同孔徑的大小的孔洞，否則微調時選擇空間不大。
3. 在對準及選用孔徑大小時不太方便；我們希望尋求其它調整更快速有效的方式。

(三) 加裝LED微調偏光片

實驗說明：

1. 偏光片能夠阻止某些方向的光進入，而讓其他方向的光進來。如果將二片偏光片放在一起使方向互相垂直光就無法通過，就像黑色一樣。
2. 將二片偏光片重疊然後慢慢旋轉，會發現偏光片的顏色會逐漸變深；從可透光轉為不透光，利用此原理便能製作可調式光圈。

實驗步驟：

1. 利用玩具LED手電筒作為光源，在觀測台上適當的位置固定。
2. 剪下一小片偏光片黏貼在LED手電筒的燈泡前。
3. 剪一截氣球棍，並將大片偏光片固定在氣球棍中央。
4. 將吸管固定在LED燈側邊(吸管與氣球棍能緊密套接)。
5. 調整光圈，調整至最適當的亮度。
6. 觀察實驗並記錄結果。



圖76.偏光片「亮」

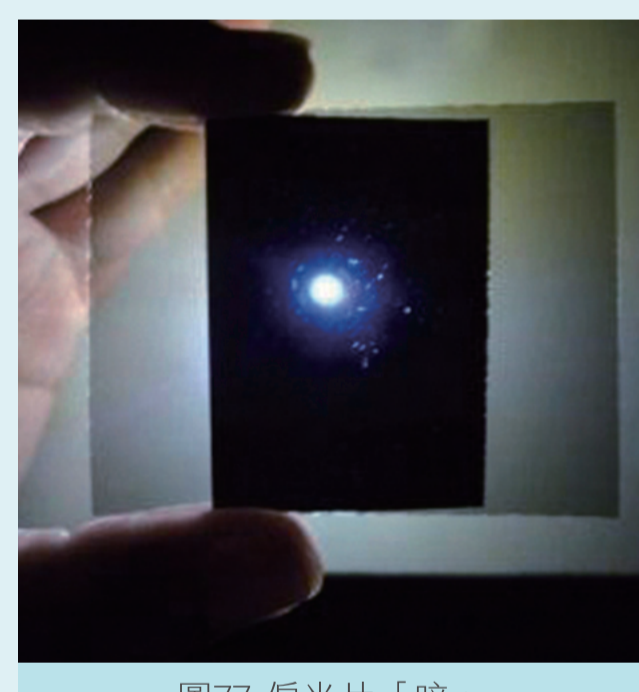


圖77.偏光片「暗」



圖78.自製LED微調偏光片

實驗結果

1. 加裝微調偏光片，能夠快速、有效的控制光線照射的強弱，使手機顯微鏡在拍照的影像更為清晰。
2. 加裝微調偏光片是實驗中方便性及拍攝效果最好的方式；我們選用此方式進行後去的拍照實驗。

研究結果

一、觀測台再次改良：

(一) D版壓克力觀測台

設計說明：

1. 有了先前製作顯微鏡觀測台的經驗後，我們著手設計更穩定與美觀的觀測台。
2. 為了能穩定功能與品質，此次設計我們利用我們利用電腦軟體Adobe illustrator繪製液壓電子顯微鏡觀測台的设计圖。
3. 將設計圖上傳後，利用學校的雷射切割機，將圖檔在壓克力板上進行切割處理。
4. 將切下的零件與注射筒及三通閥進行組裝。

製作過程：

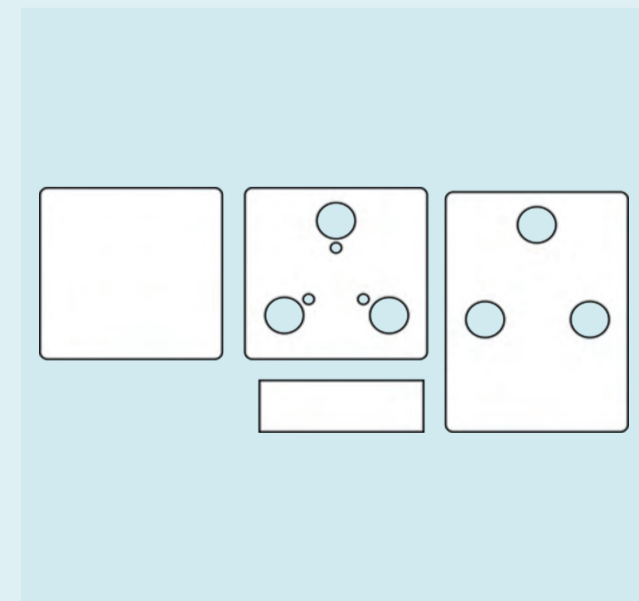


圖79.AI圖檔

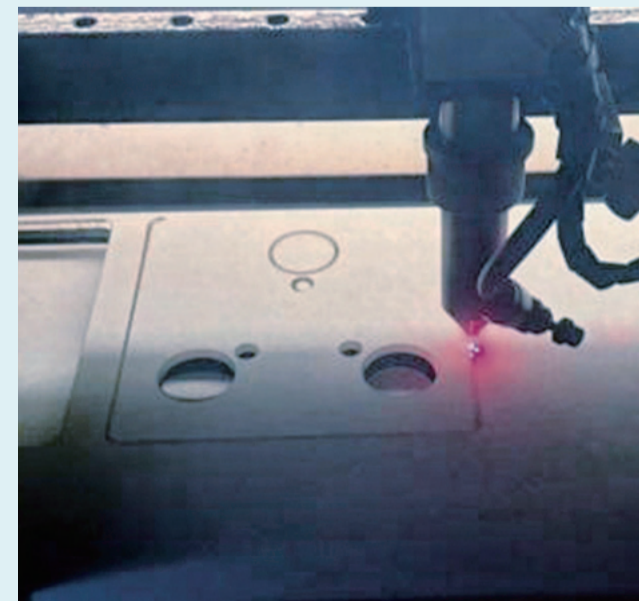


圖80.雷射切割過程

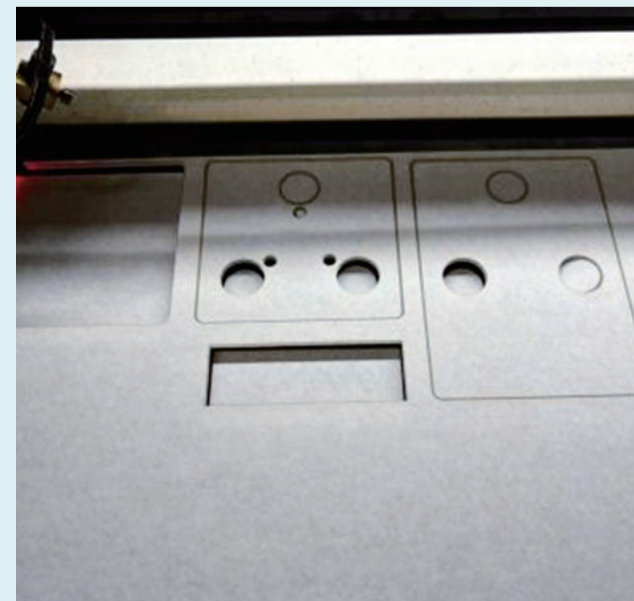
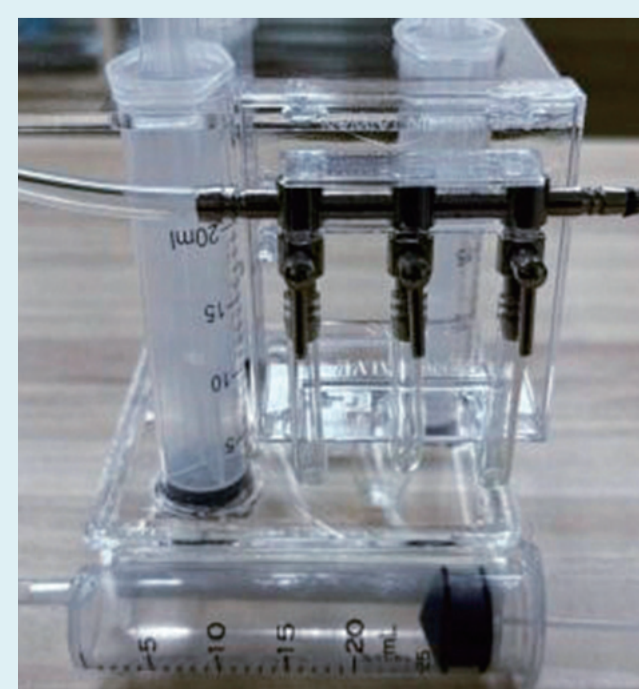


圖81.切下壓克力板(附膜)



圖82.完成與實際使用



(二) 電子液壓推桿

設計說明：

我們希望將觀測台推動管改為電動推進，使微調上能更好，利用螺絲與螺帽的螺紋作為傳動桿，正旋轉向前；反旋轉向後。

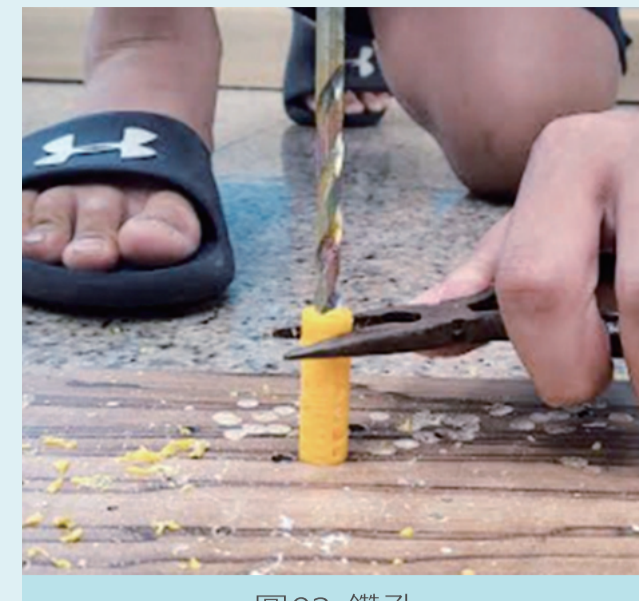


圖83.鑽孔

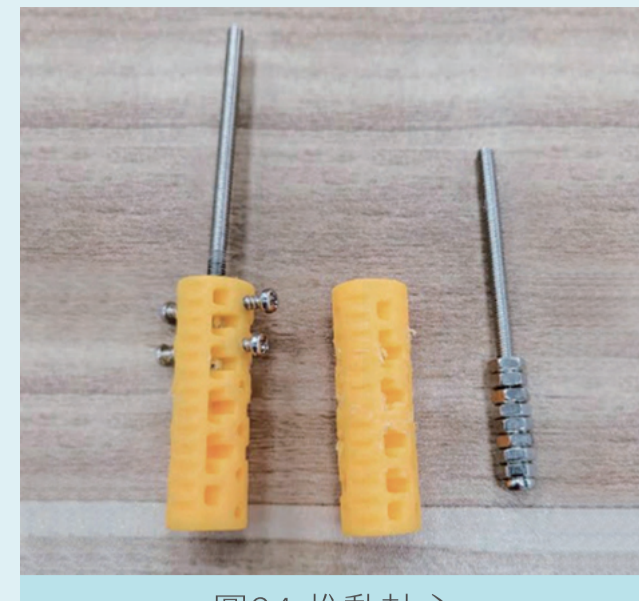


圖84.推動軸心



圖85.與馬達連接



圖86.焊接開關

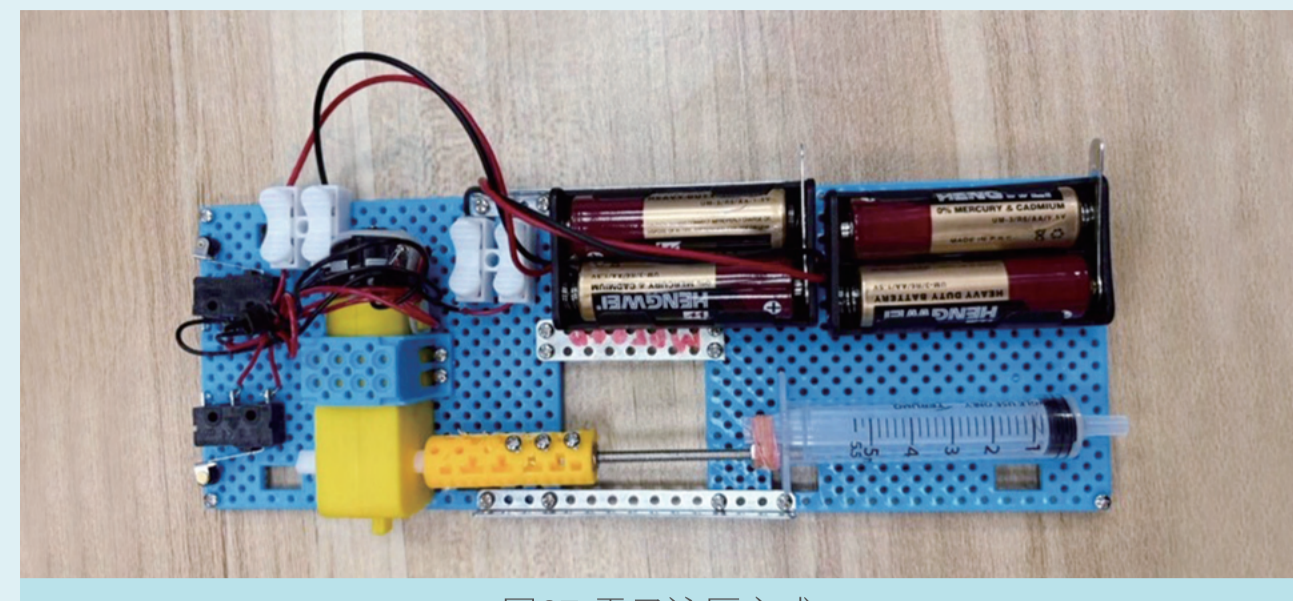


圖87.電子液壓完成

二、各版本觀測台比較：

表10、觀測台比較		
版本	照片	優缺點
A版	 圖88.螺帽調節	微調慢且不方便，四個角落的螺帽都必須調整。
B版	 圖89.氣壓式調節	微調速度比A版快的多，但空氣會被壓縮升降台容易急上升，單一支撐桿非常不穩且材質不適和。
C版	 圖90.液壓管升降	調整速度穩定，不會急升急降。液壓推動效果優於氣壓。三支撐桿穩定性極佳。
D版	 圖91.電子液壓	集合前面版本各項優點。採用雷射切割精度高、外觀佳。結合電子液壓推動管。

三、鏡頭比較：

我們主要針對鏡頭的製作難易程度、耗費的時間、造價與大量推廣的可行性進行比較。

表11、自製鏡頭比較	
雷射筆透鏡	需拆卸雷射筆、價格偏高、不易推廣。
自製玻璃圓珠透鏡	製作麻煩、圓珠不易燒製、耗費大量時間、品質不良、無法大量推廣。
聚丙稀酸鈉透	泡水就能完成、透光度佳、非常便宜、放大倍率高、適合推廣。

四、不同輸入光源比較：

表12、不同光源輸入比較					
比較	方式	無加裝	反光鏡	可調光圈	微調偏光片
光線來源		陽光、室內電燈	陽光、室內電燈	LED燈	LED燈
微調方便性		無法微調	普通	普通	方便
拍攝畫面		差	普通	佳	佳
※效果最佳					※

五、自製手機顯微鏡組拍攝的實用與便利性：

手機顯微鏡、升降觀測台、微調偏光片、電子液壓系統的組合在此我們統稱「手機顯微鏡組」，我們利用手機顯微鏡組對物體進行拍照實驗。

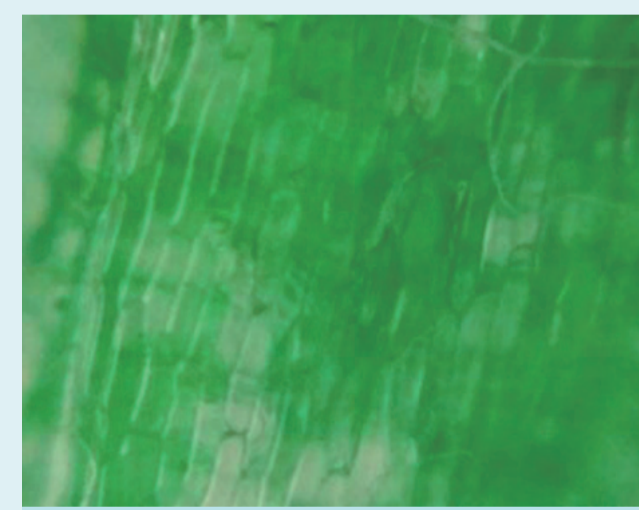


圖92.洋葱表皮細胞

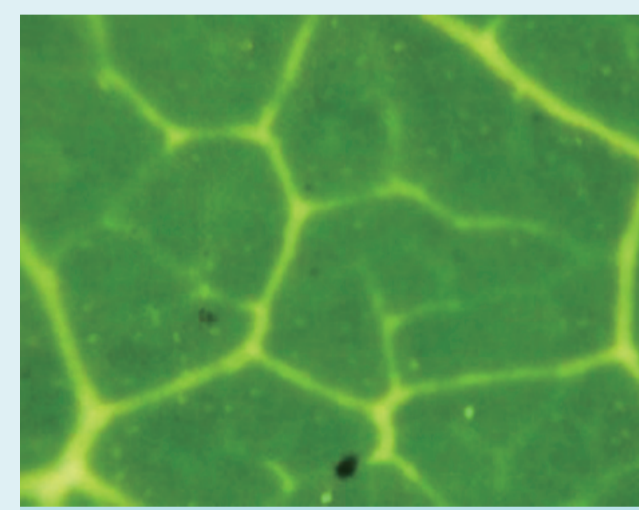


圖93.樹葉

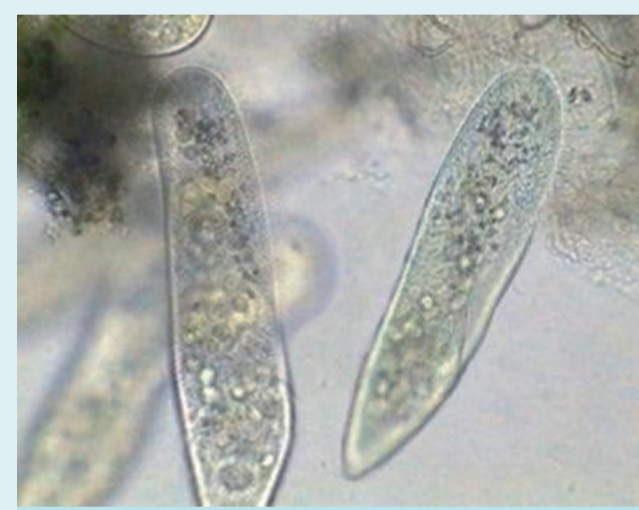


圖94.草履蟲



圖95.豐年蝦

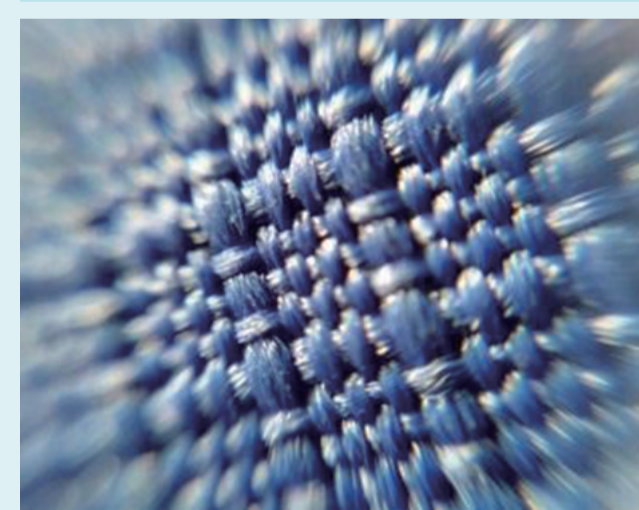


圖96.運動服



圖97.螞蟻

結論

- 一、雷射鏡頭焦距為8mm，利用黏土固定雷射鏡頭，適合長時間使用。
- 二、根據放大鏡光學理論計算出雷射鏡頭放大倍率為31.25倍；結合手機相機放大4倍，使手機顯微鏡放大125倍；實際測量結果手機顯微鏡放大116倍，僅有0.93%的誤差。
- 三、手持手機顯微鏡時拍攝時常因晃動造成影像模糊，改為固定式拍攝能克服手震的問題，穩定拍攝畫面。
- 四、在微調的過程中，壓力閥注入空氣至支撐桿，支撐桿並不會在第一時間上升，是因為空氣容易被壓縮的關係。
- 五、水晶寶實作為圓珠鏡頭是最適合的，使用常見園藝用水晶寶實最少都能放大35倍以上，在結合手機相機10X，放大倍率能超過300倍。
- 六、水晶寶實球徑與焦距呈正相關；球徑與放大倍率呈負相關。
- 七、水晶寶實直徑越大含水量越高，且吸水量確實能達到本身質量的百倍以上。
- 八、水晶寶實非常輕巧且具有彈性，若不慎掉落地面也不至於破損，每顆水晶寶實大約可以承受368克的垂直壓力。
- 九、任何顏色的水晶寶實光線穿透率皆超過60%，透明水晶寶實有最高的穿透率88.6%遠高於透明玻璃珠的67%。
- 十、3D列印鏡筒與水晶寶實鏡頭結合效果很好，堅固耐用且方便。
- 十一、加裝微調偏光片能有效控制光源進入的強弱，是很好的方法。
- 十二、升降台利用雷射切割製作效果佳又美觀製作也快速也適合推廣。
- 十三、手機顯微鏡的造價便宜，攜帶方便，可以輕鬆捕捉難得畫面。