

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 物理科

040103

著了蓮葉又折影

學校名稱：新北市立安康高級中學

作者：  高一 余若萱  高一 鍾 芸  高一 陳彥霖	指導老師：  仲崇道  朱晉杰
---	-----------------------------

關鍵詞：表面張力、水透鏡、蓮葉

## 壹、 摘要

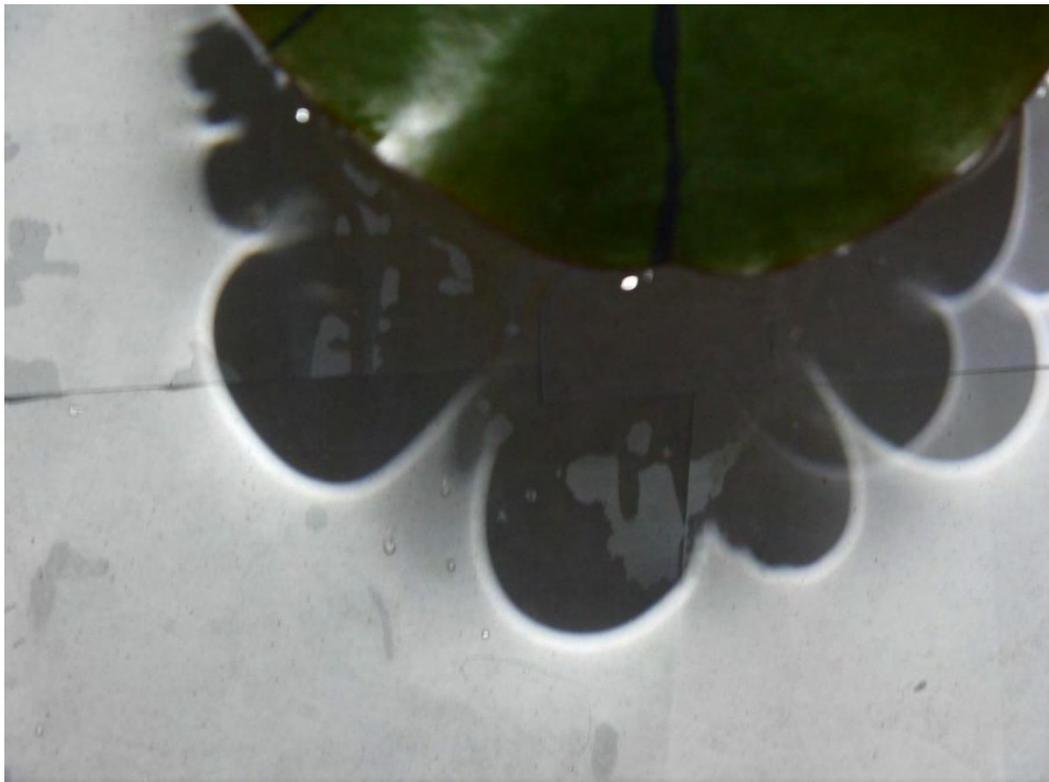
由校園水池中的蓮葉所產生的不尋常影子所啟發，促成了這次的研究與探討，我們試著以壓克力板模擬為池塘，再經過各種調整，來測量其在各種情況下會產生的變化。經過了仔細的觀察與研究，我們發現了那或許是由於蓮葉在水面上並不是完全的平面，而是有著些微的弧度，水因吸附力而被蓮葉的底面拉起，形成類似於凸透鏡的表面。而凸透鏡匯聚光的特性，會使原本該是影子的地方被照亮，而形成如花瓣一般的形狀。

於是我們實際摘了一片蓮葉，一次次的調整並拍照後，再輔以電腦軟體進行測量，反覆測出了 300 個數據，算出其平均數後做為最後判斷的依據。根據實驗數據畫出圖表，我們發現葉影變亮寬度與水深扣掉焦距的長度成正比，這就驗證了我們的理論。並且，利用電腦計算我們設計出水透鏡的操作參數。

## 貳、 研究動機

早上大約八點鐘，偶然經過校園的水池，看到浮在水面上的蓮葉。這原本只是校園中常見的一景，但就這麼巧，我們在尋常的景致中發現了不尋常的事——圓形的蓮葉，產生的影子竟然像是一朵花（圖一）！這讓我們不禁浮出一個疑問，為什麼與蓮葉形狀與影子不同？難不成是這片蓮葉暗藏玄機？我們好奇的把蓮葉拿起來，卻發現一但將蓮葉拿離水面，影子就變回了通常的圓形。那麼，是水造成這樣的奇妙現象嗎？為甚麼水面上的蓮葉形狀為圓形，但投射在水底的影子卻像是一朵花呢？這會不會跟我們剛剛自然課所學到光的繞射有關係呢？

懷著強烈的好奇心，我們拿著照片向老師提問，老師說，這不會是光的繞射造成。因為光只有在經過很小的孔隙時才会有繞射，蓮葉不可能會有這麼細小的孔隙。不過老師覺得很奇怪，為甚麼一片不起眼的蓮葉會展生這樣的神奇現象。這挑起了我們的求知慾，為甚麼會有這樣的現象呢？是光的原因，還是蓮葉的原因？其中隱含著甚麼樣的科學原理呢？如果不是蓮葉，會有這樣的現象嗎？一定要是早上八點的太陽角度嗎？還是九十度的光會更清楚？水深又會造成甚麼樣的影響呢？為了求得這些問題的解答，我們開始了一系列關於蓮葉影子的實驗。



（圖一）

### 參、 研究目的

- 一、透過壓克力容器和光源重現我們在水池裡觀察到的現象，了解水深與葉影邊緣被照亮部分的大小關係，並解釋造成此現象的物理概念。
- 二、利用簡易物理模型，計算出數據，再將之比對實驗數據，驗證是否符合理論，並製作出類似蓮葉與一般平面的浮體作為對照組，觀察是否也能產生此現象。
- 三、嘗試製作出可變焦的水透鏡。

### 肆、 研究設備器材

根據我們所觀察，是在水池中發現此現象，為方便觀察，我們採用透明的壓克力板成長方體（長寬為 30.00cm\*60.00cm）容器狀代替池塘，改變水位深度去做不同狀況時的測量。我們 30.00 公分高的壓克力容器用尺與麥克筆畫出刻度，從 1.00 公分水深開始，逐次增加水深 1.00 公分，測量水深對葉影變亮的邊緣寬度的細微變化。

光源部分，因為想要還原當初在水池看見的情況，因此我們想做出平行光。一開始老師的建議是利用凹面鏡，在焦點上放上光源，就可以藉由反射製造出平行光。但因固定光源不易，最後決定採取凸透鏡，將光源置於焦點上折射出平行光。我們利用凸透鏡與影印紙製作出聚光筒，光源部分使用汽車用的日行燈，接上變壓器之後將光源固定於凸透鏡的焦點上。也許光源不夠點狀，只能製造出準平行光，但不會影響本實驗看到的葉影。

相機部分，使用的是 Panasonic Lumix GF3，相片尺寸為 4000\*3000 畫素。

## 伍、 研究方法與流程

水面上蓮葉的影子為甚麼跟蓮葉的形狀不同呢？經過仔細的觀察並且與老師一起分析與討論後，我們發現這個造成這個現象是水的內聚力與對蓮葉的附著力拉扯，再加上光的折射所造成的。內聚力是同類的分子間互相吸引的力，附著力則是不同分子間互相吸引的力。雖然從正上方看，蓮葉像是一個圓形紙片浮在水面上，但其實蓮葉並不是平的，而是有起伏的圓形，放在水面上時，蓮葉對水的附著力會使水吸附在蓮葉上，與水的內聚力拉扯，使水面被稍微拉起，形成類似於凸透鏡的水透鏡（如圖二）。因此，當準平行光照射到這些「凸透鏡」時，光線變會匯聚而把原本該是影子的地方照亮，形成像花朵一般的蓮葉影子。

因為凸透鏡會匯聚光，所以我們可以藉由計算凸透鏡邊緣光所折射的角度來找到焦點。我們先測量蓮葉所造成的水透鏡邊緣切線與水面的夾角  $\theta$ ，接著畫與切線成九十度的法線，此時入射角為  $\alpha$ ，折射角為  $\beta$ 。而其中

$$\alpha = 90^\circ - (90^\circ - \theta) = \theta$$

則根據司乃爾定律：

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2}$$

其中  $n_1$  為介質 1 的折射率，

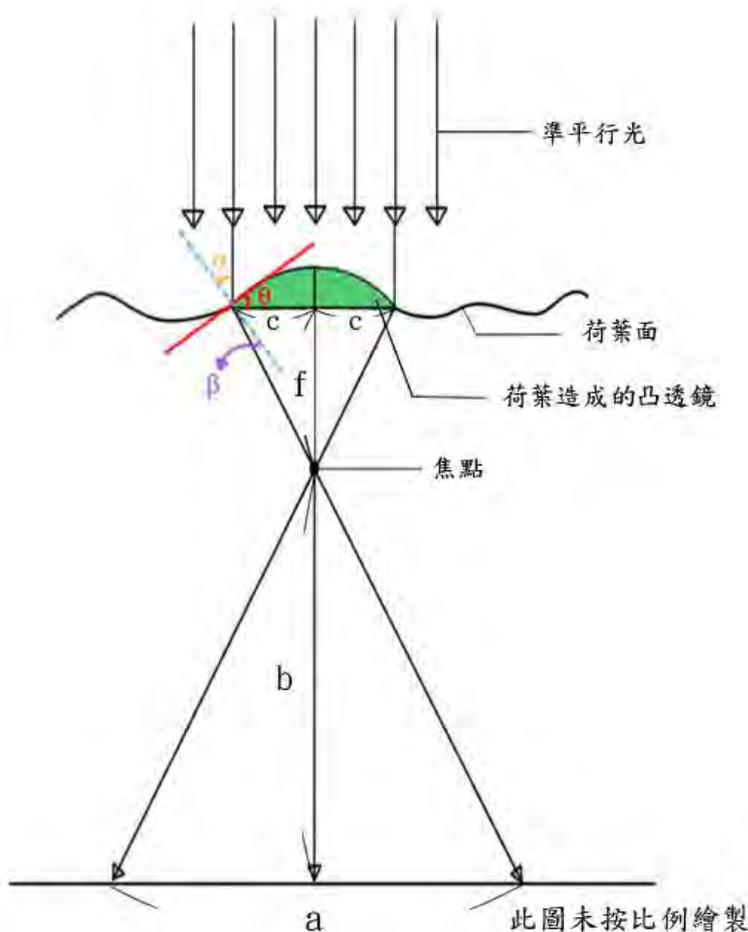
$n_2$  為介質 2 的折射率，在我們的狀況中， $n_1$  為水的折射率， $n_2$  為空氣的折射率。將之與式一帶入，算式為：

$$\frac{\sin \theta}{\sin \beta} = \frac{1.33}{1} \quad (\text{式二})$$

由式二，我們可以計算出折射角  $\beta$ ，要算出焦距  $f$  的話，就必須再運用到三角函數：

$$\frac{f}{c} = \tan(90^\circ - \theta + \beta) \quad (\text{式三})$$

其中， $c$  是可以經過測量得知的。如此一來，我們便可以算出這個蓮葉所造成的水透鏡的焦



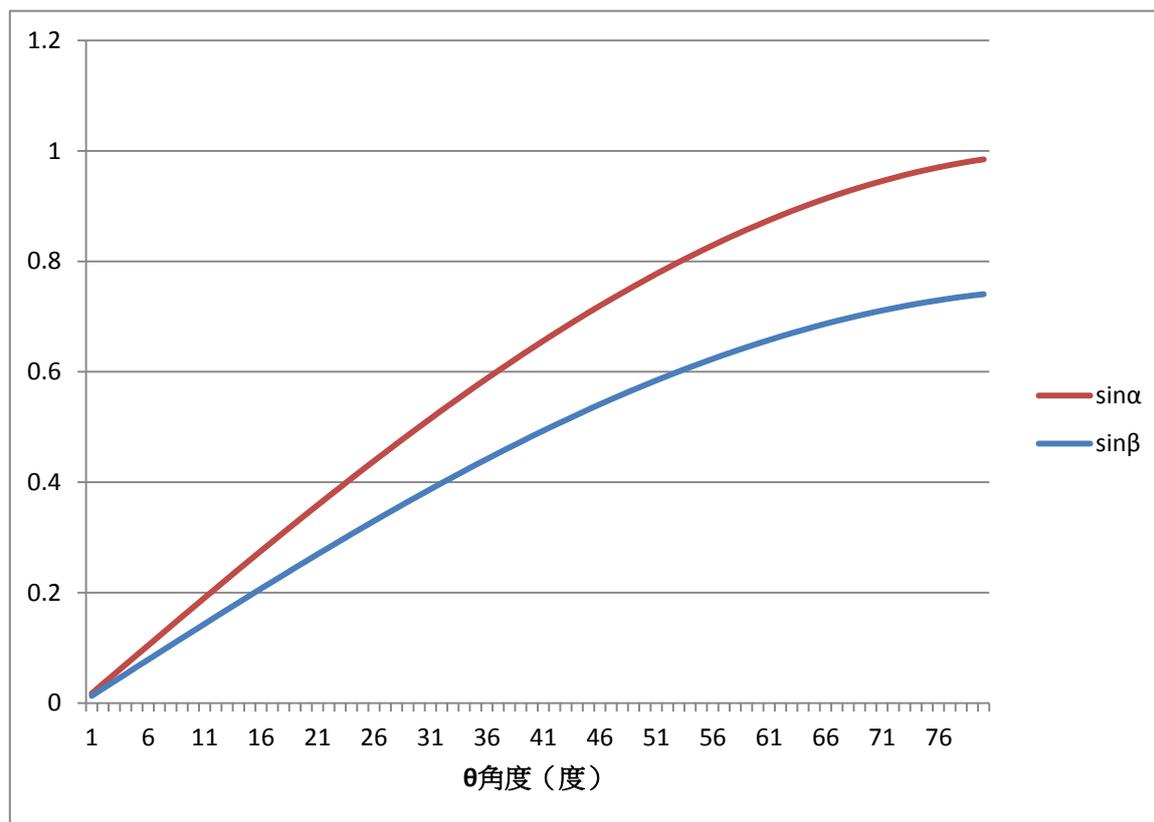
距。

(圖二)

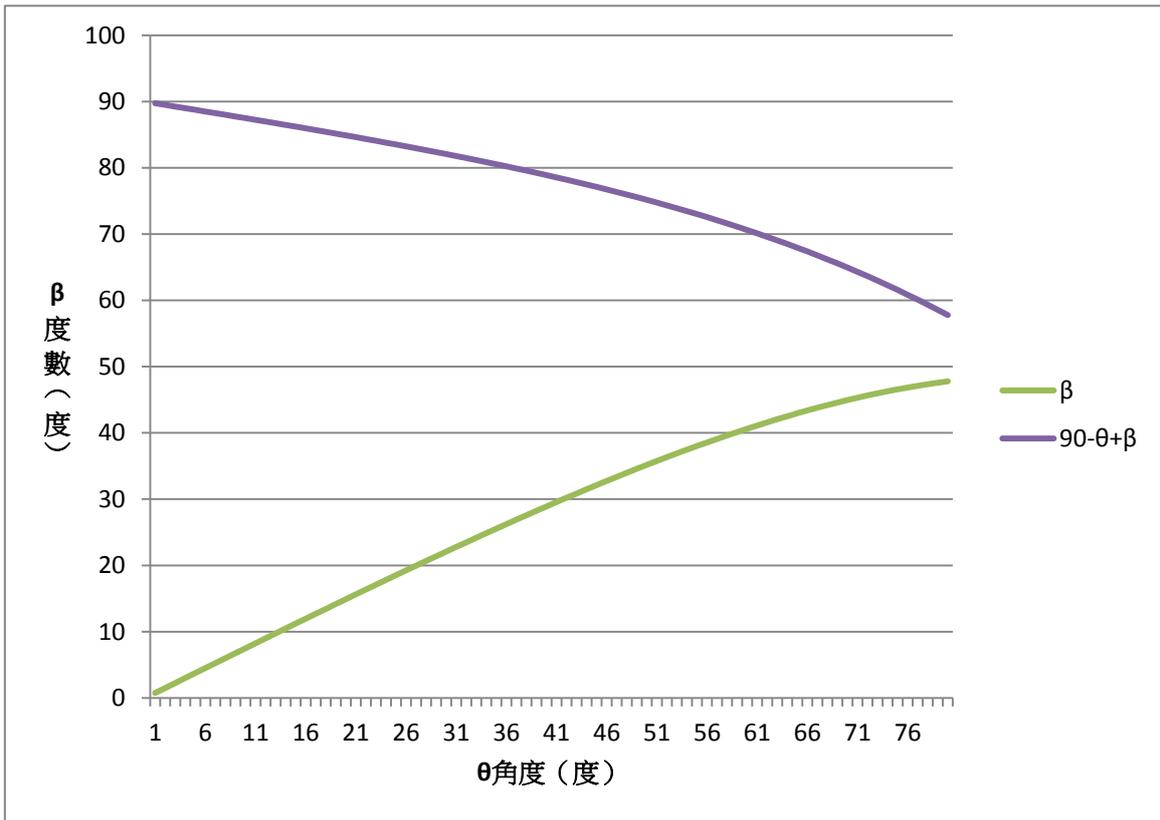
實驗部分，我們從學校的水池裡摘一片蓮葉，放在水面上觀察，選擇一段可以製造出較明顯凸透鏡的葉緣，用麥克筆框起來，以利後續的實驗。因為需測量蓮葉將水吸附後形成的凸透鏡高度，長度極小，因此我們利用表面張力，將水注入透明的長方體容器至全滿，水面就會因表面張力而突起高於容器口。接著在用相機等攝影器材對準水平面後照下來，用電腦軟體測出被拉起的水面高度後，就可以利用像素的比例計算估計出其量值。葉影的寬度部分則是利用相機將位於水底的葉影拍下後，一樣利用像素的比例估計出其值。

在陽台上有自然光干擾，因此我們利用黑色不透光的塑膠袋將實現器材罩住。我們從 1.00 公分水深開始實驗，利用燈架與相機角架固定燈光高度與拍攝角度(約為 40.0 度)，取得相片後，我們將水深逐次增加一公分，並且隨著水位調整燈光高度，使燈光高度與水面距離約為 45.00 公分。此外我們還摘了不同形狀的樹葉來做對照組，觀察葉影的形狀是否有改變。

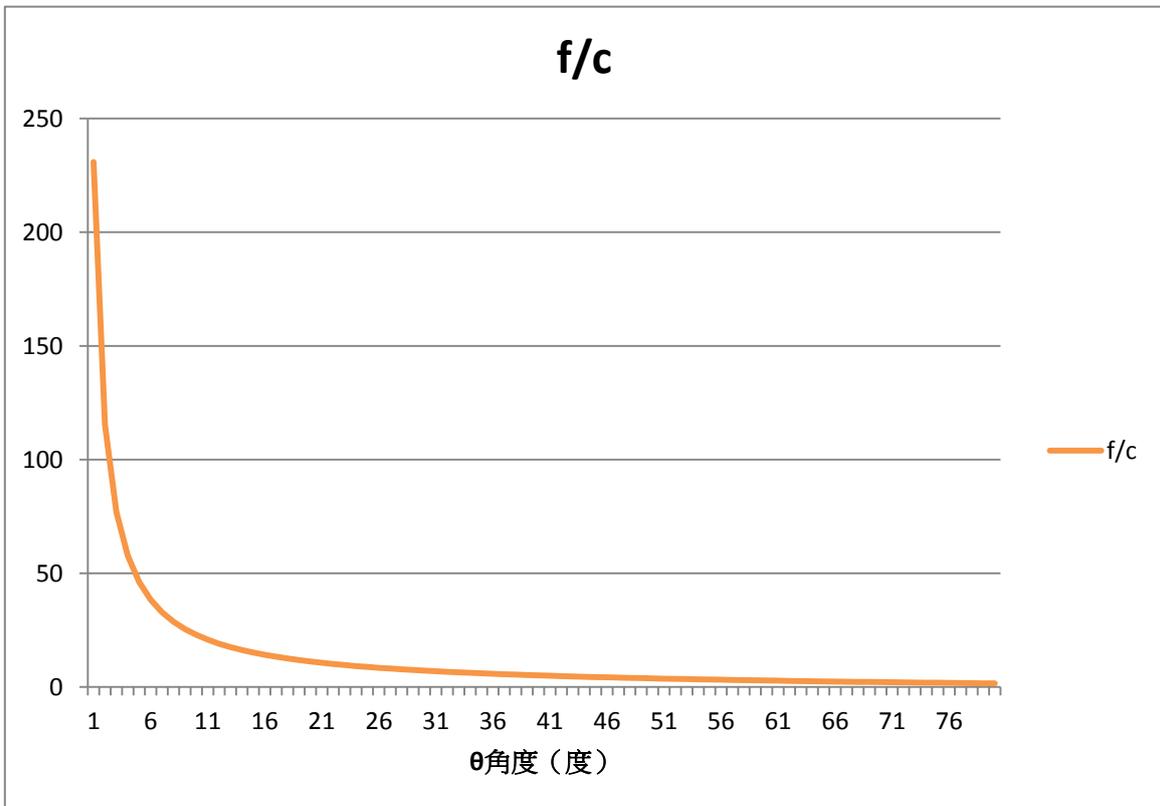
另外為了日後利用表面張力設計變焦水透鏡，我們利用電腦數值計算模擬葉面與水的接觸角，由  $1^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，並將之畫成圖表(圖三至圖五)：



(圖三)



(圖四)



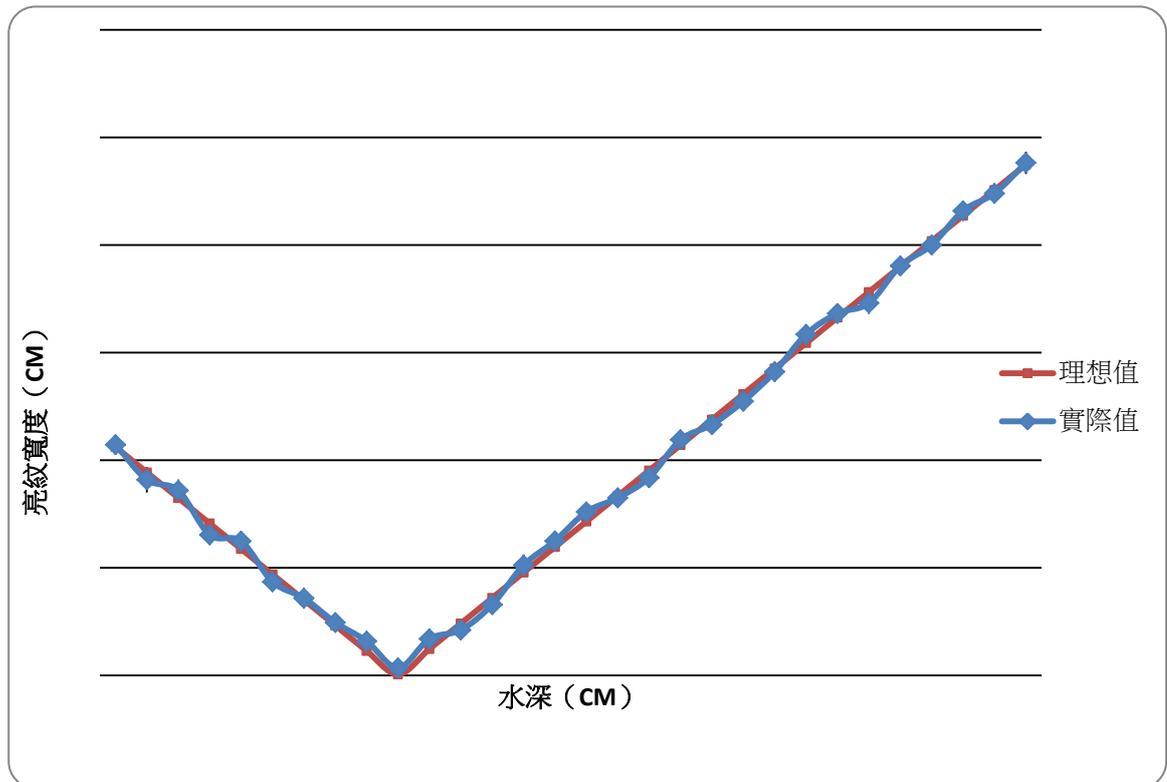
(圖五)

## 陸、 研究結果

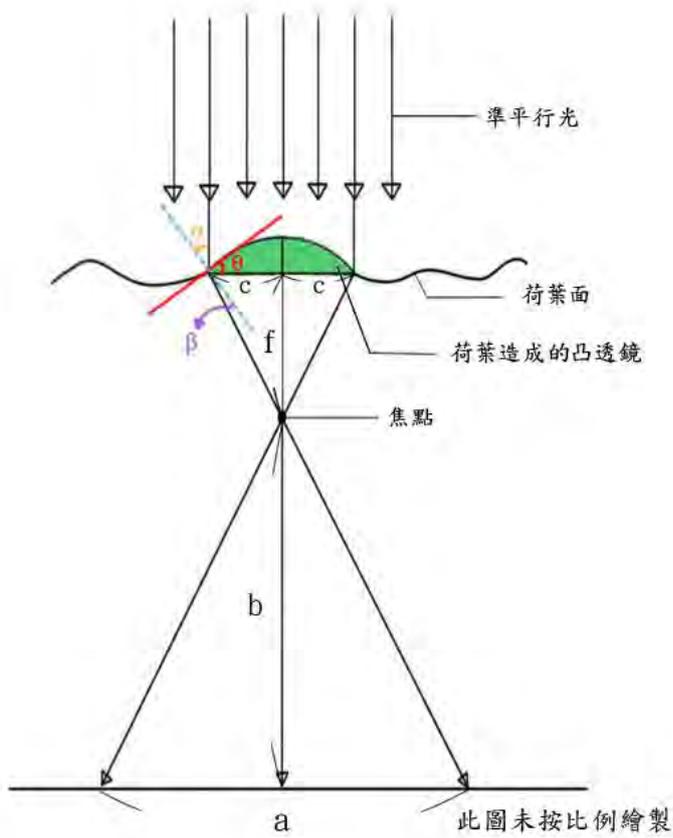
經過一連串的實驗後，我們使用 PhotoShop 中的度量工具比出各項數據。

為了證明此現象是由蓮葉在水面上形成的凸透鏡所造成，我們將蓮葉分別拿在手上與沉到水裡，照光後觀察它的影子，發現此時它的影子和它原本的形狀一樣，大小維持等比例，可用光的直進原理解釋。這也就進一步確認了我們的理論，依據折射現象是可行的。那麼，依照司乃爾定律與三角函數，我們就可以利用 Excel 算出凸透鏡邊緣的切線角度  $\theta$  與焦距對應關係。而我們觀察的這個蓮葉造成的水透鏡，切線角度大約為 26.0 度，對應到表格，就可以推算焦距約為 9.96 公分。

然後便能根據實際測量數據畫成以下圖表（圖六）作為對比：



(圖六)



(圖七)

從以上數據與圖表，我們可以看到扣掉焦距的水深與葉緣變亮部分寬度成正比，若是水深在焦距以內，則水深扣掉焦距 ( $b$ ) 與亮紋寬度 ( $a$ ) 成反比，這就符合了我們的物理模型(如圖七)。若水深超過焦距，則扣掉焦距的水深 ( $b$ )，與亮紋寬度 ( $a$ ) 成正比。而後面不穩定的數據主要是因為水深超過焦距太多，導致聚光效果不好，造成影子邊緣較模糊而導致測量上的誤差，因此我的數據呈現僅在水深為 30.0 公分處。

## 柒、 討論

利用實驗數據畫出折線圖，我們發現水深扣掉被蓮葉拉起的凸透鏡焦距與亮紋寬度成正比，符合理論預測。另外，我們將不同的葉子置於水面上，也有觀察到此現象。大部分的葉子放到水面上後，影子形狀都和原本的葉子有所差異（圖八、圖九），甚至有些較細長葉子上在水面上照光後，中間部分幾乎完全不見了（圖十）。葉子從側面仔細觀察，我們發現大部分的葉子都不是平的，所以即使不是蓮葉，只要邊緣有突起，能就將水拉起形成類凸透鏡，就會產生此現象。而有些葉子比較厚或是比較重（圖十一），沒有辦法浮在水面上製造出類凸透鏡，葉影就會和原本的葉子一樣。

再來，我們嘗試自製出類似蓮葉的浮體，看是否也會有現象。我們將光碟片剪掉一塊扇形，用將影印紙有弧度的貼在缺口上，形成類似蓮葉的邊緣突起。為了證明我們所要研究的現象是由被蓮葉拉起的凸透鏡所造成，我們將影印紙表面塗黑，使它不會透光，貼在水上的那一面則塗上一層白膠，使它不會被水浸濕，以延長它的使用壽命。

我們利用這個自製的蓮葉模型也做了實驗，從這次的實驗我們可以發現，即使不是蓮葉，甚至不是葉子，只要邊緣有突起，並且能夠拉起水面形成凸透鏡，便會產生此現象。改變了突起的高度與水透鏡邊緣切線與水平面的角度，我們所測得的邊緣變亮部分和蓮葉有所差異，並且成正比。這與我們的理論也是相符的。



（圖八）

（圖九）



（圖十）

（圖十一）

## 捌、 結論

經過推論與實驗驗證，我們可以得出以下結論：

- 一、 造成蓮葉影子與本身形狀不同的原因是蓮葉對水的吸附力將水面拉起，形成凸透鏡產生聚光效果，將影子照亮。
- 二、 即便是不同材質的物體，只要他能將水面拉起形成凸透鏡，便會產生此現象。

我們將這個現象與透鏡做聯想。現在市面上的透鏡都是以固定形狀的材質製成，也就是說，它的焦距都是固定的。如果我們可以找到一種對水吸附力足夠且軟硬度適中的透明材質，我們就能夠利用它做成能調整焦距的水透鏡。將此材質做成兩片中間稍微凹陷的圓形，在兩片圓形材質中間注入水之後封起，形成一般的透鏡。使用器材在透鏡邊緣平均向中央施力，兩片材質的曲率半徑便會改變，但因吸附力足夠，加上內外壓差，即使兩片材質中間的體積變大，水依然會充斥在其中。如此一來便能製造出能改變焦距的水透鏡。

這樣的水透鏡有甚麼好處呢？它最大的優點便是能改變焦距，拿相機來舉例，現在相機的變焦鏡頭是以複合式的鏡片組成，以達到能夠改變焦距的效果。若是換成這種能改變焦距的水透鏡，只要一組便能達到類似的效果，那麼如果採用更多的水透鏡做成複合式的鏡頭，它能改變焦距的範圍就會更大。另外，我們能在透鏡裡面的水添加一些東西，像是可以加進一些酒精防凍，使透鏡能夠在更冷的地方使用；或是直接更換裡面的液體，使這液態透鏡有更多更廣的用途。

## 玖、 參考資料及其他

一、中學物理教學資訊網。折射講義。

<http://dl.dropboxusercontent.com/u/28024335/WebOutline/chap15web.pdf>

二、高中課本選修物理上:折射現象。翰林版。

三、第 49 屆中小學科學展覽會作品。國中組物理科。正正有「磁」—磁場對水表面張力之影響。<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030104.pdf>

四、張仲青。幾何光學（二）—折射。

<http://www.100phy.info/modules/mydownloads/downloadpdf/ch13.pdf>

五、維基百科。光。

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89>

## 【評語】 040103

1. 作品探討影子折入蓮葉週邊內部的物理因源。能以水在蓮花葉下部形成類透鏡來探討原因，但缺乏蓮葉影子折入下方內部的物理原因。
2. 應再加強海報內容展現方式，以較豐富的實驗成果，來討論本議題。