# 嘉義市第37屆中小學科學展覽會

# 作品說明書

科別：物理科

組別：國中組

作品名稱：水中鑽戒

- 探討不同條件下對水鐘形狀的影響

關鍵詞：水鐘、表面張力、慣性

編號：

# 摘要

清洗高腳杯時，發現水出現奇特的形狀，決定研究水鐘的變化。探討的變因包含擋水片的大小與形狀、水管粗細、出水量大小、出水口高度及不同表面張力的液體。發現當改變擋水片大小時，並不是愈大或愈小的擋水片，就會出現愈大的水鐘，以 **3cm** 的圓形擋水片的水鐘最大。改變水管粗細時，則是內直徑 **1.01 cm** 的水管，水鐘最大。當出水量愈大，造成的水鐘愈大，形狀也愈矮胖；出水量太大，則出現水傘形狀。當出水口高度愈小，愈容易出現水鐘形狀，愈遠，則容易出現水傘形狀；而出水口高度愈大，則水鐘形狀愈矮胖也愈大。不同形狀的擋水片，則會在出水口高度愈大，出現水花瓣；出水口高度愈小，都出現水花瓣。洗碗精溶液比水的表面張力小，水鐘形狀則較瘦長。

# 壹、研究動機

有一天，正在清洗晚上所使用過的餐具，正當清洗到高腳杯，發現當水柱落在高腳杯底部時，出現很奇特的形狀，這個現象讓我非常疑惑，於是決定翻書找尋相關資料，但並沒有得到滿意的答案。後來我在科學網站(NTCU)上看到水鐘與水幕的小實驗，這個實驗所產生的現象與我在清洗高腳杯時的現象很類似。科學網站上還分成封閉性水鐘和開發性水鐘，讓我感到非常驚豔。和兩位對此實驗也感興趣的同學及老師討論後，決定進行研究，我們想要改變壓克力板大小，以及改變壓克力板形狀、水量大小、高度、水溶液類型……等。設計好實驗後決定開始著手研究此主題。

# 貳、研究目的

一、組裝實驗器材

二、探討不同大小的擋水片對水鐘形狀的影響

三、探討不同出水量對水鐘形狀的影響

四、探討不同出水口高度差對水鐘形狀的影響

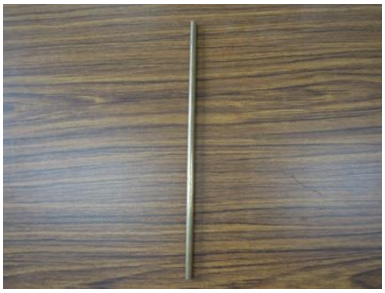
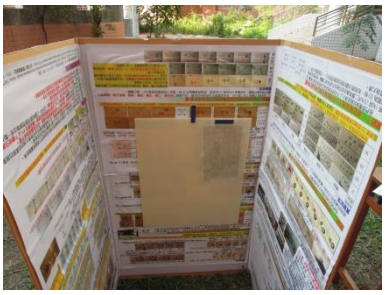
五、探討不同水管粗細對水鐘形狀的影響

六、探討不同形狀的擋水片對水鐘形狀的影響

七、探討三角形擋水片在不同出水口高度對水鐘形狀的影響

八、探討不同表面張力下，水鐘形狀的變化

# 參、研究設備及器材

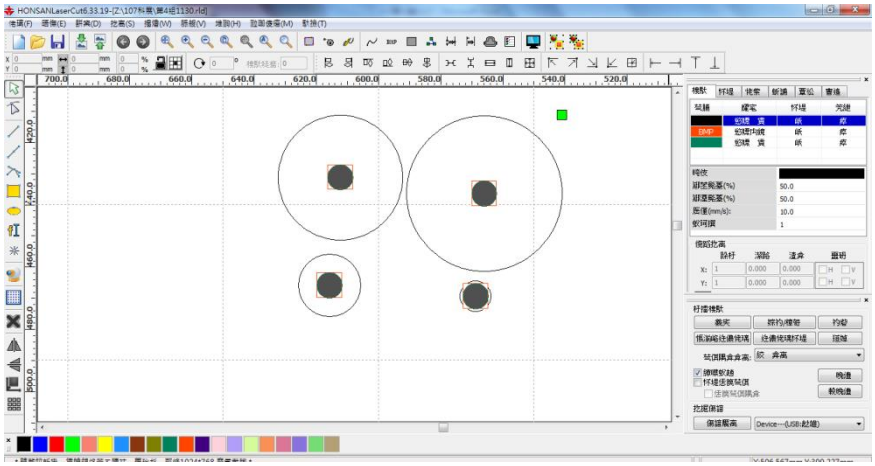
| | | |
|---|---|---|
| 壓克力板 |  銅棒 | 木板 |
| 水平儀 | 塑膠水管 | 塑膠水管 |
|  海報看板 | 雷射切割機 | 燒杯 |
| 熱熔膠槍 | 洗碗精 | 水盆 |

# 參、研究過程、結果與討論

## 一、準備實驗：組裝實驗器材

我們決定要探討為何會形成水鐘的現象，討論後，利用水龍頭為出水源，但一開始的水會亂噴，而且不容易改變出水口與擋水片的距離，因此加上水管延伸，並在出水管綁上重物，使其能鉛錘向下，形成穩定的水源。擋水片的部分，我們利用雷射切割機，裁切出所需要的擋水片形狀，並利用銅管連接在下方，再把銅管嵌入木塊中，即形成實驗裝置。實驗過程中，因為容易受到風的干擾，所以利用以前的海報看板當成擋風板，避免此問題。

1. 利用雷射切割機，設計出實驗所需的擋水片，並擋水片的下方雕割出符合銅棒粗細的圓形凹槽(如圖一所示)。



圖一　利用雷切程式設計擋水片

2. 利用電鑽在木塊上挖洞，將銅棒敲入木塊中。
3. 用熱溶膠黏少許在擋水片下方的圓形凹槽，並將銅棒崁入，即完成實驗主體。

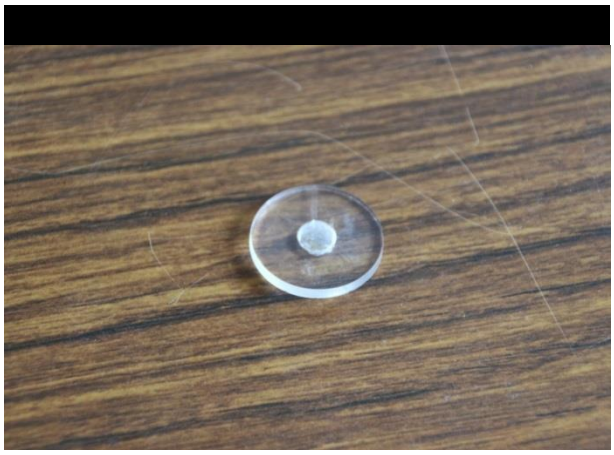


圖 二　圓形擋水片

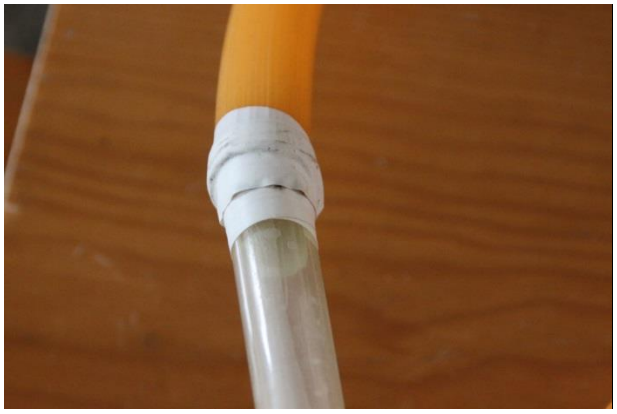
圖三　實驗主體

4. 水龍頭處利用水管連接，再接上口徑較小的水管。

5. 在出水口端綁上銅棒三根，利用電器膠帶黏上，以增加重量。

6. 把兩根木棍放置成十字型，並用膠帶黏上。

7. 把水管黏在木棒棍 。

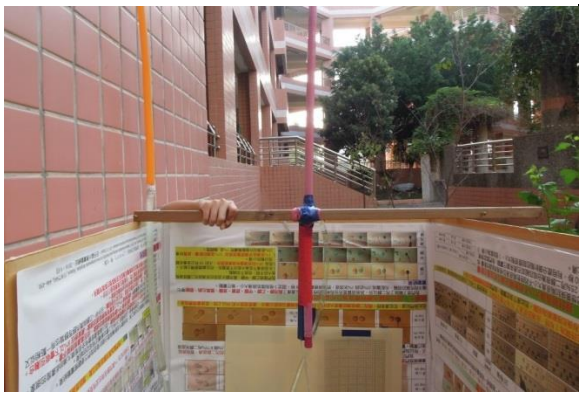


**圖四　大小水管連接**

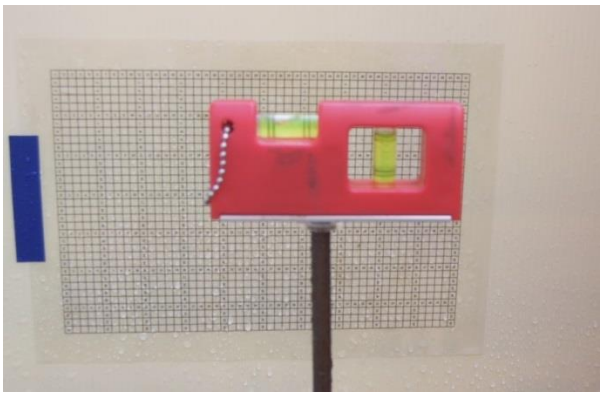
**圖五　十字形木棍**

8. 最後將實驗主體放在桌上，利用水平儀確認擋水片為水平。

9. 將綁有水管的十字木棒放在海報看板上方。



**圖六　圓形擋水片**



**圖七　實驗主體**

**圖 八　實驗裝置完成圖**

## 二、 實驗一：探討不同大小的擋水片對水鐘形狀的影響

### (一) 實驗過程

1. 將實驗裝置擺放好，擋水片選擇圓形造型，直徑為 1 公分，並利用水平儀確定擋水片為水平面。
2. 將水龍頭轉到固定刻度，
3. 把出水口的水流到燒杯內，計時 3 秒，並利用量筒量測水量，紀錄於表一。
4. 固定出水口的高度到擋水片的距離為 10 公分。
5. 用相機錄下實驗的水鐘形狀。
6. 重複步驟 1~5，改變擋水片的直徑為 2 公分、3 公分、4 公分、5 公分。

圖 九　量測出水量

圖十　水龍頭轉角判斷

### (二) 結果與討論

為了數據準確，我們將錄影下固定條件的水鐘，在不同時間點，共截圖 3 次，再利用學校的大電視放大圖像，利用直尺量下所需的長度，因為長度大小會隨電腦畫面放大縮小而改變，但是，實驗中的銅棒的直徑都固定是 0.8 公分，因此最後我們在依比率算出所需長度的真正大小。

為了想知道水鐘形狀的變化，因此討論後決定量測水鐘中心到頂點的距離 L1，水鐘中心到底部的距離 L2，水鐘兩側寬度的距離 L3，以及作為矯正的銅棒直徑 L4，在不同時間點，總共測量 3 次，因為資料量龐大，因此將此數據紀錄於附件一。

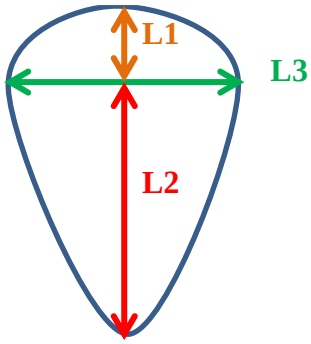



圖 十一　量測長度示意圖

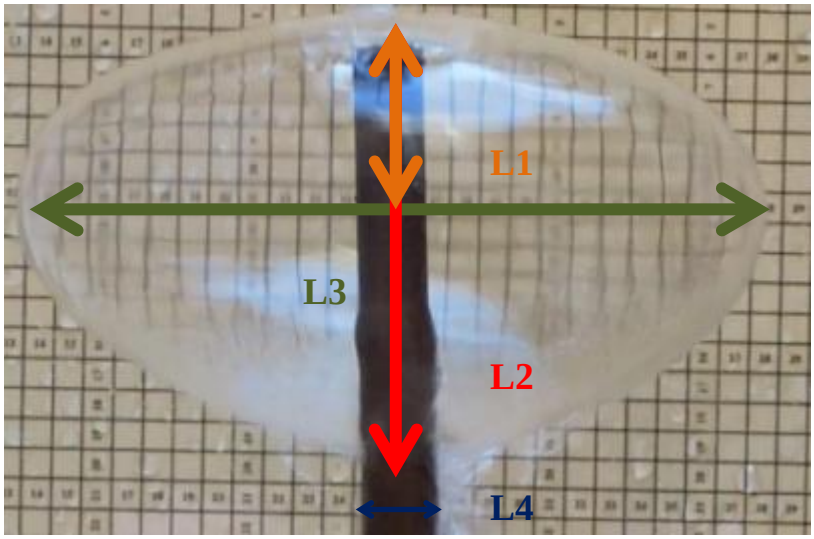
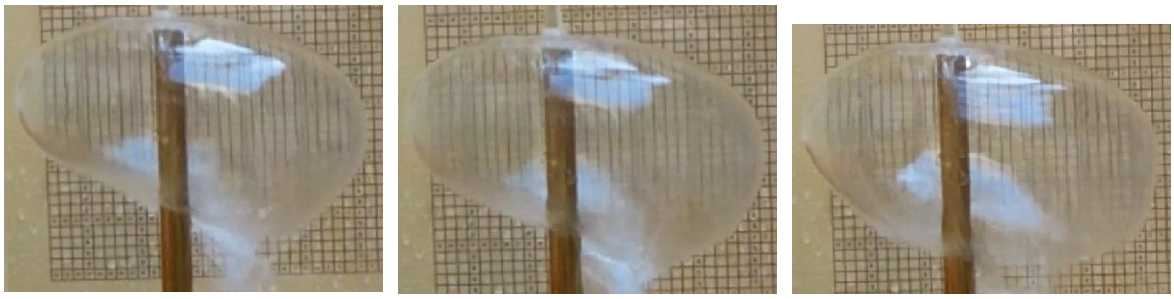



圖 十二　量測的長度示意圖

圖十三　擋水片直徑 1 公分的 3 次水鐘截圖

圖十四　擋水片直徑 2 公分的 3 次水鐘截圖



圖十五　擋水片直徑 3 公分的 3 次水鐘截圖

**圖十六　擋水片直徑 4 公分的 3 次水鐘截圖**

**圖十七　擋水片直徑 5 公分的水鐘截圖**

測量的數據 L1~L4 並非真實長度(是攝影機拍出的大小)，因此**利用銅棒的真實長度進行矯正**，**將 L1/L4*0.8 可得到水鐘中心到上頂點的實際距離 L5**、**將 L2/L4*0.8 可得到水鐘中心到下頂點的實際距離 L6**、**將 L3/L4*0.8 可得到水鐘兩側的實際距離 L7**、**將 L5+L6 可得到水鐘上下的實際距離 L8**，**並將 L7/(L5+L6)可得到水鐘的長寬比值 R1**、並**將 L5/L6 可得到水鐘上下長度比值 R2**，記錄此數據於表一。

表一　不同大小的擋水片下，所測量及分析的數據

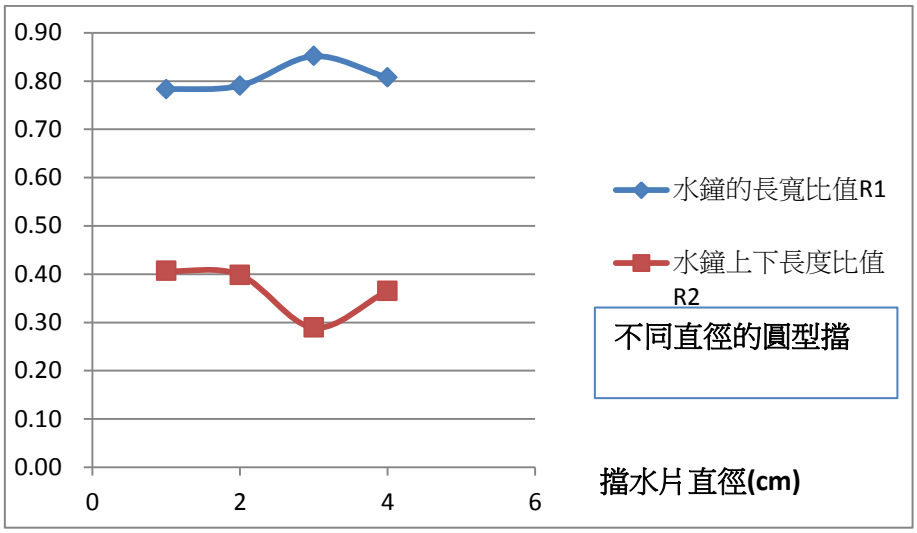
| 擋水片直徑 (cm) | 水鐘中心到上頂點的實際距離 L5(cm) | 水鐘中心到下頂點的實際距離 L6(cm) | 水鐘兩側的實際距離 L7(cm) | 水鐘上下的實際距離 L8(cm) | 水鐘的長寬比值 R1 | 水鐘上下長度比值 R2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 2.00 | 4.92 | 8.84 | 6.92 | 0.78 | 0.41 |
| **2** | 1.98 | 4.96 | 8.78 | 6.94 | 0.79 | 0.40 |
| **3** | 2.12 | 7.32 | 11.08 | 9.43 | 0.85 | 0.29 |
| **4** | 2.01 | 5.51 | 9.31 | 7.52 | 0.81 | 0.37 |
| **5** | × | × | × | ╳ | × | × |

**當擋水片直徑由 1cm 到 4cm 時，都能成功形成水鐘**，但是**擋水片的直徑為 5cm 時，只見到如傘的形狀，下半部無法成功閉合**。

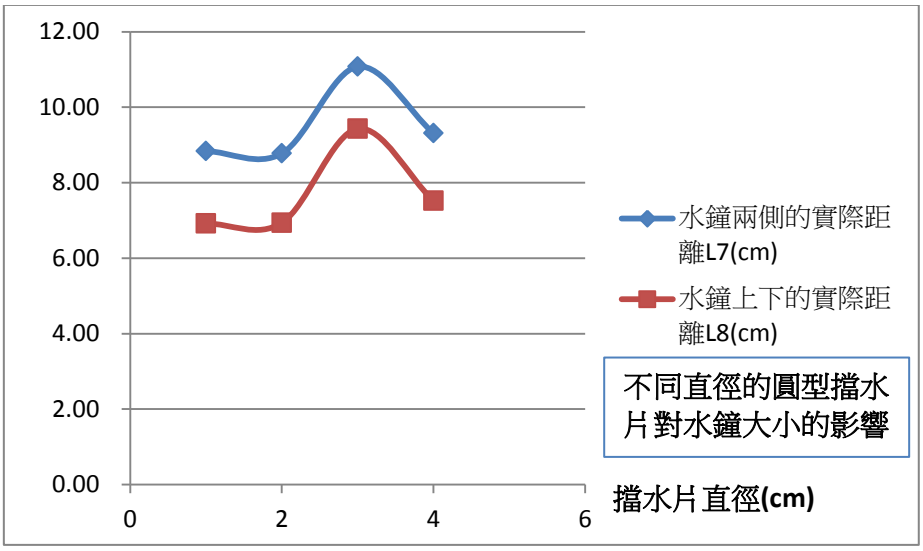
由表一可發現，所形成的水鐘，**不管擋水片的大小如何變化，水鐘中心到上頂點的實際距離(L5)的變化差距不大**；但是**中心到下頂點的實際距離(L6)的變化就比較明顯**，水鐘兩側的實際距離(L7)的變化也明顯，都是在擋水片的直徑為 3cm 時，水鐘形狀變得較寬，下方也被拉得較長。

我們將表利用 excel 畫出擋水片直徑與 R1 及 R2 的散布圖，由圖可以發現**在擋水片直徑為 3cm 時**，R1 數值最大，也就是**水鐘的外型最瘦長**；而 R2 數值最小，也就是**水鐘的形狀上短下長**。所以**推測，擋水片必須在一定範圍的大小下，才容易形成水鐘**。

而在不同大小的擋水片時，發現**擋水片為 3cm 時，所形成的水鐘**與其他大小的擋水片比較，**體積最大(最寬、最長)**，為了在之後的討論得到最明顯的水鐘大小及形狀，因此，在接下來的實驗，我們都利用擋水片為 3cm 來進行實驗。

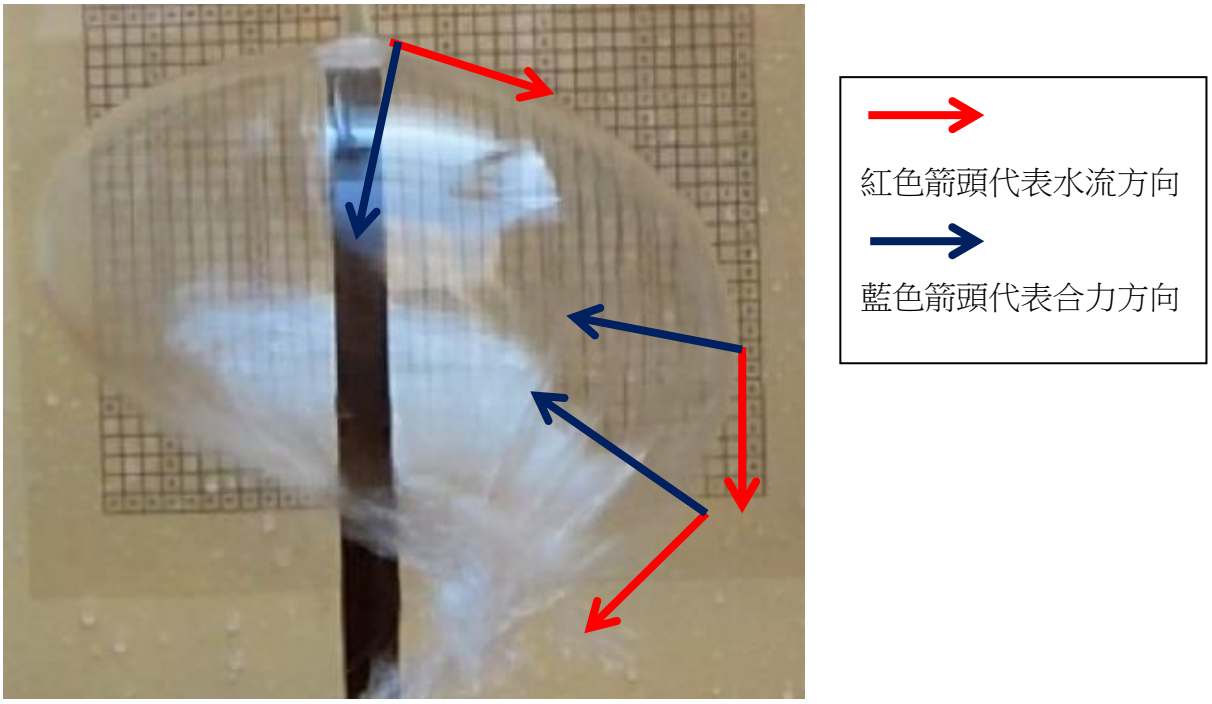



圖十八 不同直徑的圓型擋水片對水鐘形狀的影響




圖十九 不同直徑的圓型擋水片對水鐘大小的影響

會形成水鐘的原因可能是因為水的表面張力所導致的。我們與老師討論後，**推測**，當**水由出水口落下後，到了擋水片上，因為此時水仍有流速，由擋水片開始向外流出，此時水有一個向外的速度(紅色箭頭所示)**，但是此時，仍**有力(藍色箭頭)作用在水分子上，包含重力、空氣阻力、浮力及表面張力等**(其中重力方向橫指向下)，**若表面張力足夠強，就能將水分子拉在一起而閉合，形成水鐘**。




**圖二十 水分子的速度與合力的關係圖**

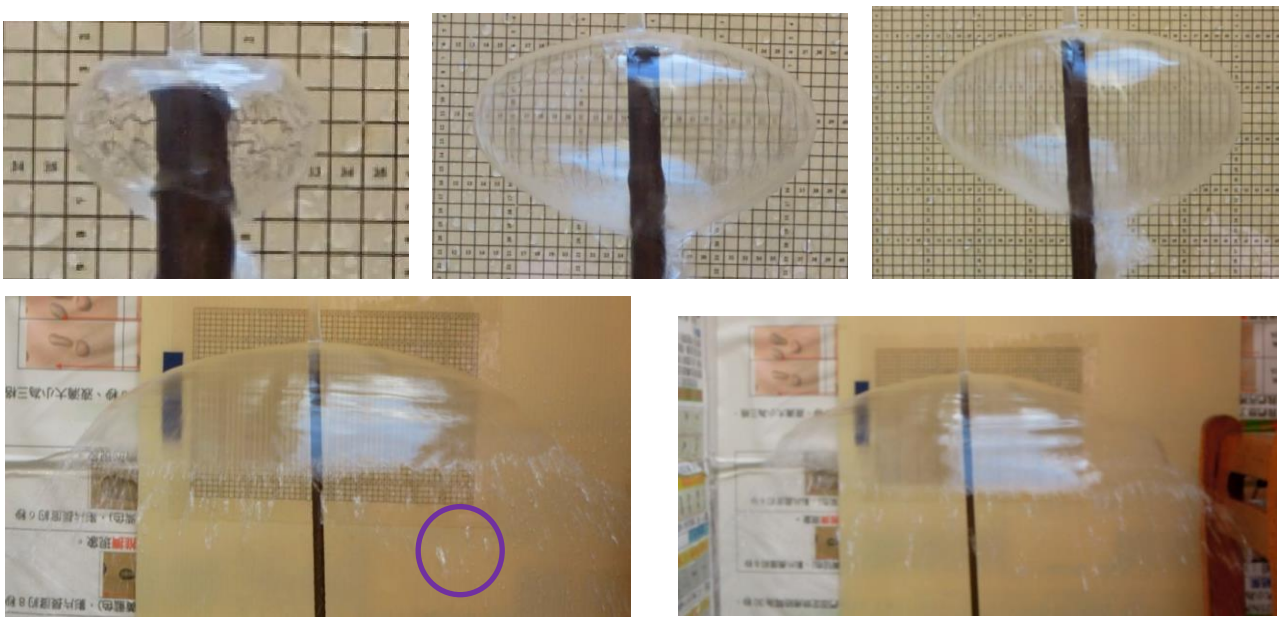
## 三、 實驗二：探討不同出水量對水鐘形狀的影響

### (一) 實驗過程

1. 將實驗裝置擺放好，擋水片選擇圓形造型，直徑為 3 公分，並利用水平儀確定擋水片為水平面。
2. 將水龍頭轉到角度 1。
3. 把出水口的水流到燒杯內，計時 3 秒，並利用量筒量測水量，紀錄於表。
4. 調整出水口的高度到擋水片的距離為 10 cm。
5. 用相機錄下實驗的水鐘形狀。
6. 重複步驟 1~5，但調整水龍頭到角度 2。
7. 重複步驟 1~5，但調整水龍頭到角度 3。
8. 重複步驟 1~5，但調整水龍頭到角度 4。
9. 重複步驟 1~5，但調整水龍頭到角度 5。

### (二) 結果與討論

將同樣條件下，不同時間點的水鐘，截圖 3 次，將 L1、L2、L3 及 L4 紀錄於附件二。將資料轉換為真實距離 L5~L8，並算出 R1 及 R2。

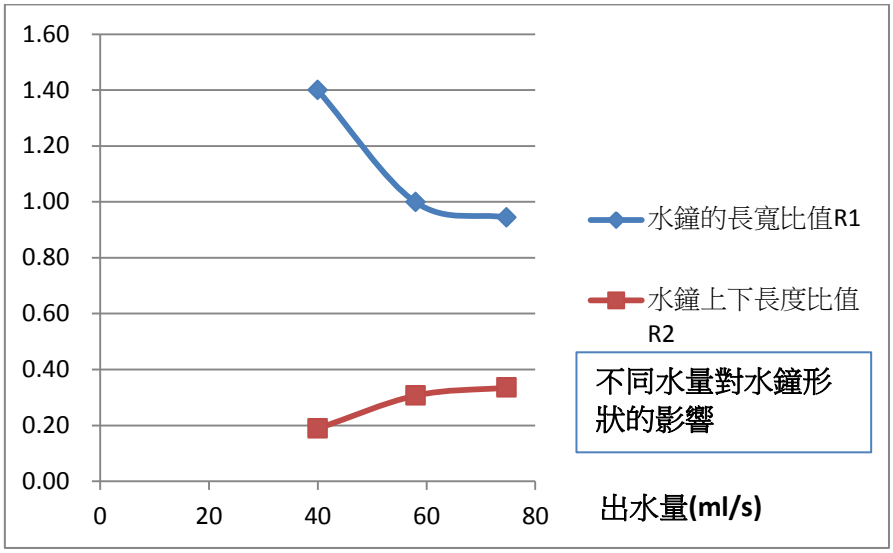


**圖二十一 不同水龍頭角度時的水鐘截圖(左上到右下為角度 1~5)(紫色圈圈為出現小水滴處)**

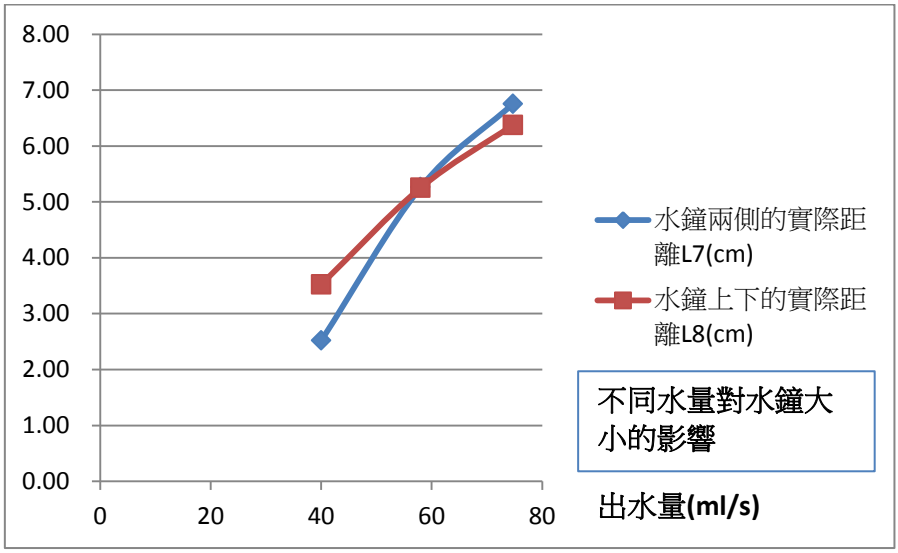
**(出水量由左上到右下，分別為 40.0、58.0、74.7、93.9 及 111.3 ml/s)**

表二　不同出水流量，所測量及分析的數據

| 控制變因： 水管直徑 =0.62　(cm)、出水口高度 =10　(cm)、擋水片直徑 = 3 (cm) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 出水流量 (ml/s) | 水鐘中心到上頂點的實際距離 L5(cm) | 水鐘中心到下頂點的實際距離 L6(cm) | 水鐘兩側的實際距離 L7(cm) | 水鐘上下的實際距離 L8(cm) | 水鐘的長寬比值 R1 | 水鐘上下長度比值 R2 |
| 40.0 | 0.56 | 2.96 | 2.52 | 3.52 | 1.40 | 0.19 |
| 58.0 | 1.23 | 4.02 | 5.26 | 5.25 | 1.00 | 0.31 |
| 74.7 | 1.60 | 4.78 | 6.75 | 6.38 | 0.94 | 0.34 |




圖二十二 不同水流量對水鐘形狀的影響




圖二十三 不同水流量對水鐘大小的影響

根據表格二及圖二十一所示，發現**水流量為 40.0 ml/s 到 74.7ml/s 時，都能成功形成水鐘**，**推測，此時的流速下，水的表面張力能有能力將水聚合形成水鐘**。但是**當水流量到了 93.7ml/s 以上時，因為流速太快，無法閉合，而形成傘的形狀**。

**水流量為 40.0 ml/s 到 74.7ml/s 時**，由圖二十二及二十三可發現，所形成的**水鐘明顯變大**(變寬也變長)，**水鐘形狀也更矮胖**。推測原因是流出擋水片時的水流快，但此時**水的表面張力能足夠將其閉合**；但**水流量在 93.7ml/s 後，雖然形狀變得更寬，但下半部就無發閉合了**。

觀察水的透光程度(可藉由觀察水鐘或水傘後方物體的扭曲程度判斷)，在**水流量為 40.0 ml/s，可以發現似乎水中所含的水層較厚**，隨著**水流量增加**，所形成的水鐘因為變更大，**水層似乎也變薄了**。觀察**水流量 93.7ml/s 所形成的傘狀，發現傘的下半處，因為水量開始分配不足，導致出現小水滴的情況，因此推斷，就算表面張力足夠，是否也會因為水量不足，而無法出現閉合的情況呢？**

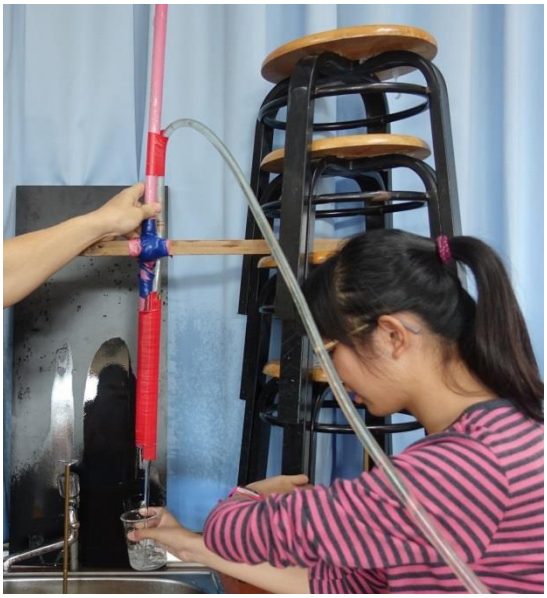
## 四、 實驗三：探討不同出水口高度對水鐘形狀的影響

在實驗二(探討不同出水量對水鐘形狀的影響)中，我們探討了不同出水龍頭的角度造成的水量變化。但是，水龍頭的水流量改變，是否同時改變了水壓及水的流速。因此，決定調整實驗裝置，來控制水壓大小，藉此更精確討論此一現象。

### (一) 實驗裝置調整

1. 將出水口的水管綁在十字型木棍上。
2. 將實驗主體放置在水槽內，藉由放置在高低不同的木板來調整與出水口的距離。
3. 水管連接到教室外放置於桌上的水盆內。
4. 利用水龍頭加水到水盆內，以維持水盆內的水位一定。

圖二十四 教室內為實驗主體擺放位置



圖二十五 測量出水量

圖二十六 藉由固定出水口高度控制水壓

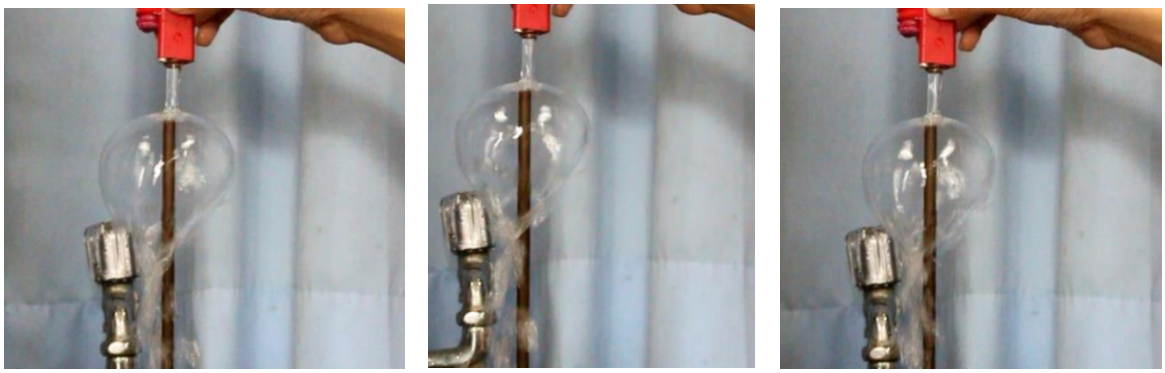
圖二十七 利用虹吸現象將水注入水管中

**(二) 實驗過程**

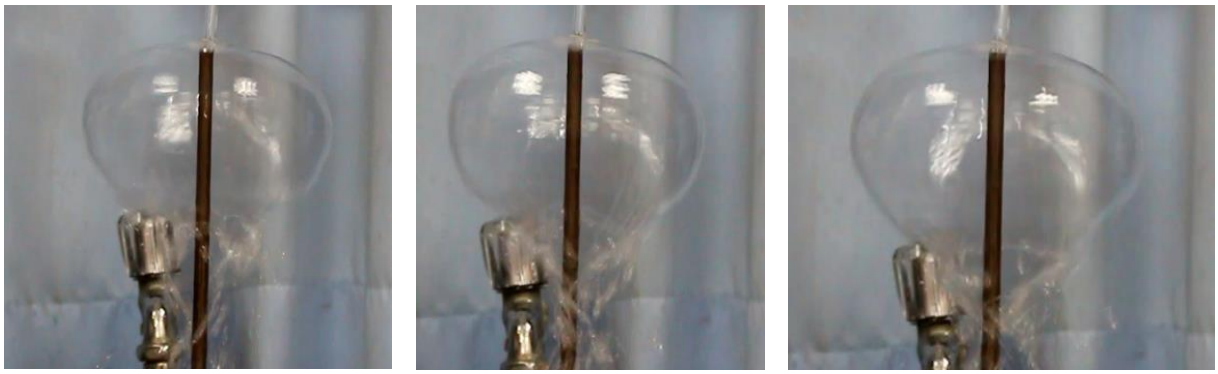
1. 將實驗裝置擺放好，擋水片選擇圓形造型，直徑為 3 公分，並利用水平儀確定擋水片為水平面。
2. 將水注入水盆中，並維持水位一定。
3. 利用虹吸現象將水盆內的水注入水管內。
4. 等待出水口有穩定的水流流出後。(過程中維持水盆內的水位一定)
5. 調整實驗主體到出水口的高度，利用直尺量出距離，紀錄為 H1。
6. 用相機錄下實驗的水鐘形狀。
7. 重複步驟 1~6，改變出水口的高度到擋水片的距離，分別記錄為 H2~H6。

**(三) 結果與討論**

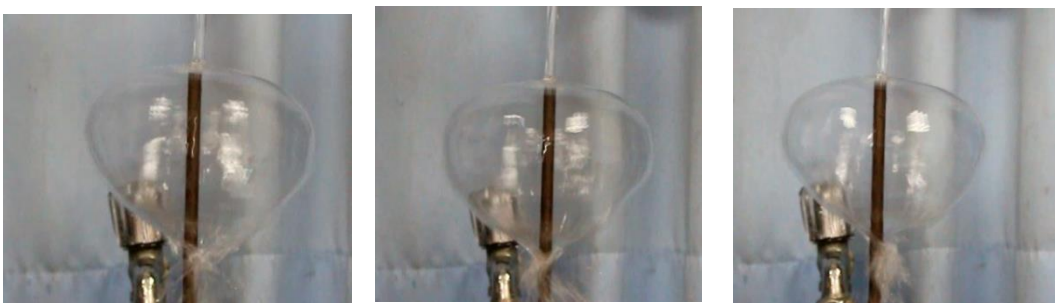
將同樣條件下，不同時間點的水鐘，共截圖 3 次，將 L1、L2、L3 及 L4 紀錄於附件二。將資料轉換為真實距離 L5~L8，並算出 R1 及 R2。



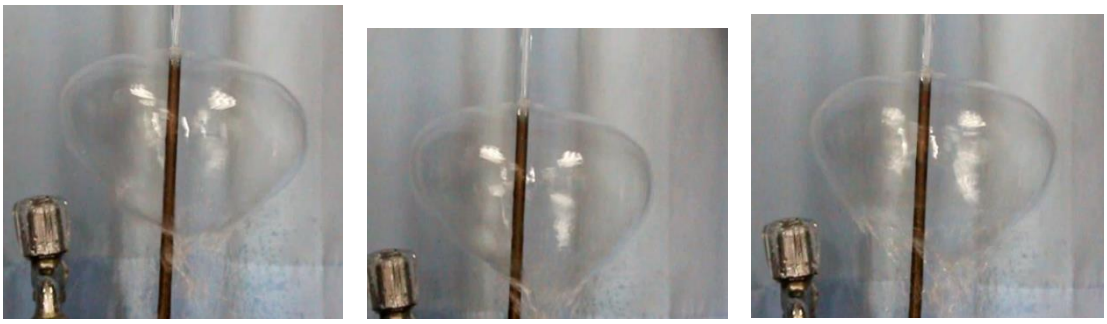
**圖二十八 出水口高度為 3.3 公分的水鐘截圖**



**圖二十九 出水口高度為 10.0 公分的水鐘截圖**



圖三十 出水口高度為 **12.5** 公分的水鐘截圖



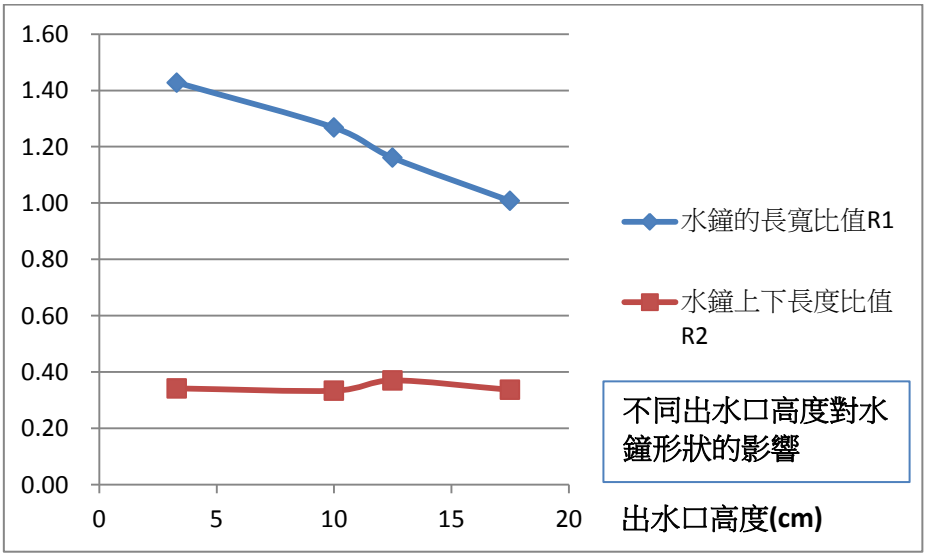
圖三十一 出水口高度為 **17.5** 公分的水鐘截圖

圖三十二 出水口高度為 **22.5** 公分的水鐘截圖

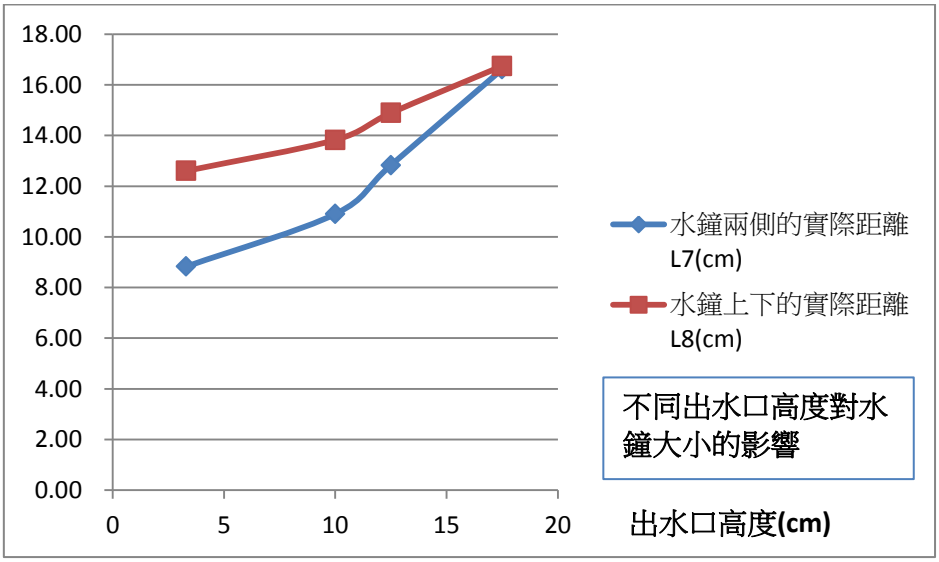
圖三十三 出水口高度為 **38.7** 公分的水鐘截圖

表三　不同出水口高度下，所測量及分析的數據

| 出水口高度 H(cm) | 水鐘中心到上頂點的實際距離 L5(cm) | 水鐘中心到下頂點的實際距離 L6(cm) | 水鐘兩側的實際距離 L7(cm) | 水鐘上下的實際距離 L8(cm) | 水鐘的長寬比值 R1 | 水鐘上下長度比值 R2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.3 | 3.21 | 9.39 | 8.83 | 12.60 | 1.43 | 0.34 |
| 10.0 | 3.46 | 10.36 | 10.90 | 13.82 | 1.27 | 0.33 |
| 12.5 | 4.03 | 10.86 | 12.83 | 14.89 | 1.16 | 0.37 |
| 17.5 | 4.22 | 12.52 | 16.61 | 16.74 | 1.01 | 0.34 |




圖三十四　不同出水口高度對水鐘形狀的影響




圖三十五　不同出水口高度對水鐘大小的影響

根據表格三及圖三十四~三十五所示，發現**隨著出水口的高度愈高(3.3~17.5cm)，所形成的水鐘變的愈來愈矮胖**(R1 變小)，但是**上下比率並沒有明顯改變**(R2 差異不大)，而**水鐘的大小也會變大**(L7 及 L8 變大)。

**但是當出水口的高度愈高(超過 22.5 cm 後)，所形成的形狀為水傘狀，但水傘的寬度一樣會隨出水口的高度變高而變大，推測是由於高度愈高，水的流速愈快而導致如此**。

到底不同高度會造成什麼影響？我們觀察到接近出水口的水流與遠離出水口的水流看起來似乎不太相同，查了資料，發現上方水流是屬於層流，是因為流速慢，流體分層流動，互不混合；若高度差愈大，下方水流的流速增加到很大時，流線不再清楚可辨，稱為紊流。

**當高度口高度愈小，水流流速慢，合力足夠將水閉合成水鐘的樣貌，但是一旦出現紊流，代表水流流速太快，此時，出現水傘的機率就變高了。**

## 五、 實驗四：探討不同水管粗細對水鐘形狀的影響

### (一) 實驗過程

1. 將實驗裝置擺放好，並維持水盆內水位一定，固定出水口高度 10cm。
2. 等待出水口有穩定的水流流出。
3. 用相機錄下實驗的水鐘形狀。
4. 重複步驟 1~4，改變出水口的水管直徑，測量水管內直徑。
5. 總共探討四種不同粗細的水管。

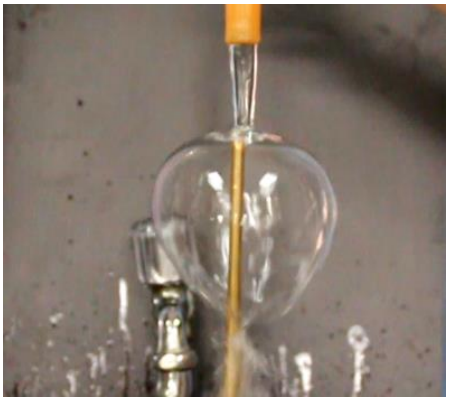
### (二) 結果與討論

表四　不同水管粗細下，所測量及分析的數據

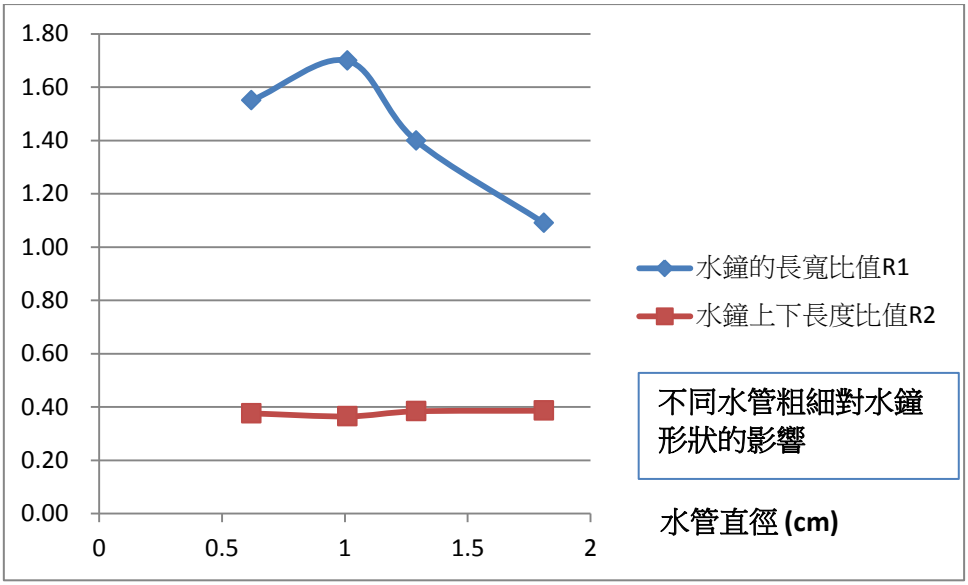
| 水管內直徑(cm) | 水鐘中心到上頂點的實際距離 L5(cm) | 水鐘中心到下頂點的實際距離 L6(cm) | 水鐘兩側的實際距離 L7(cm) | 水鐘上下的實際距離 L8(cm) | 水鐘的長寬比值 R1 | 水鐘上下長度比值 R2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **0.62** | 5.31 | 14.11 | 12.52 | 19.41 | 1.55 | 0.38 |
| **1.01** | 5.95 | 16.31 | 13.10 | 22.25 | 1.70 | 0.36 |
| **1.29** | 4.20 | 10.95 | 10.83 | 15.15 | 1.40 | 0.38 |
| **1.81** | 2.96 | 7.66 | 9.73 | 10.61 | 1.09 | 0.39 |

根據圖三十六~三十七所示，發現在**水管直徑為 1.01cm 時**，**出現的水鐘形狀最瘦長**，而且是三種水管中**體積最大**，這個現象和實驗一(探討不同大小的擋水片對水鐘形狀的影響 )的結果蠻類似的，因此我們**推測，想要形成愈大的水鐘，出水口水管口徑(即水流截面積)與擋水片要互相配合，並非愈大的水管或愈大的擋水片就能出現愈大的水鐘**。

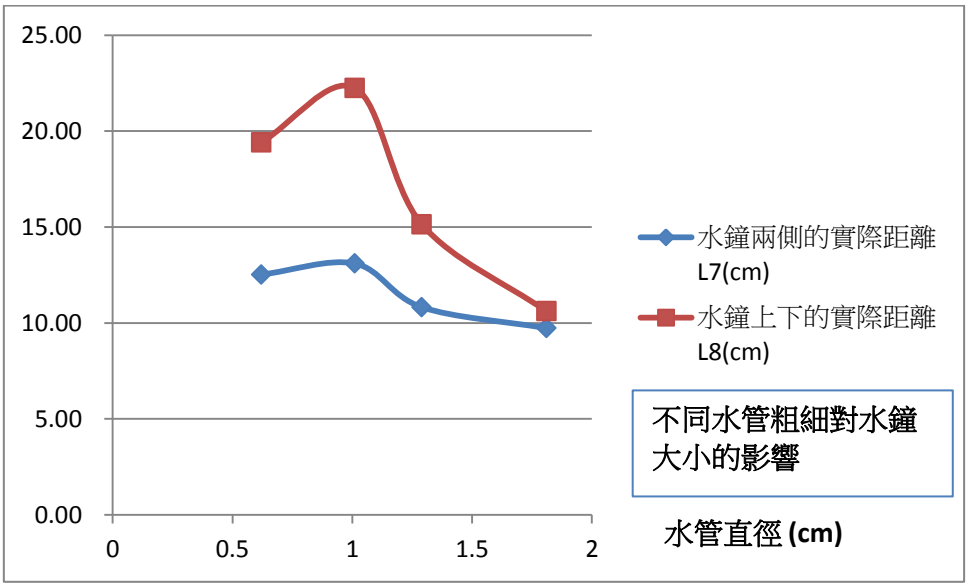
**圖三十六 不同水管粗細時的水鐘截圖 1(左圖水管內直徑 0.62 cm、左圖水管內直徑 1.01 cm)**



圖三十七 不同水管粗細時的水鐘截圖 2(左圖水管內直徑 **1.29 cm**、左圖水管內直徑 **1.81 cm)**




圖三十八 不同水管粗細對水鐘大小的影響

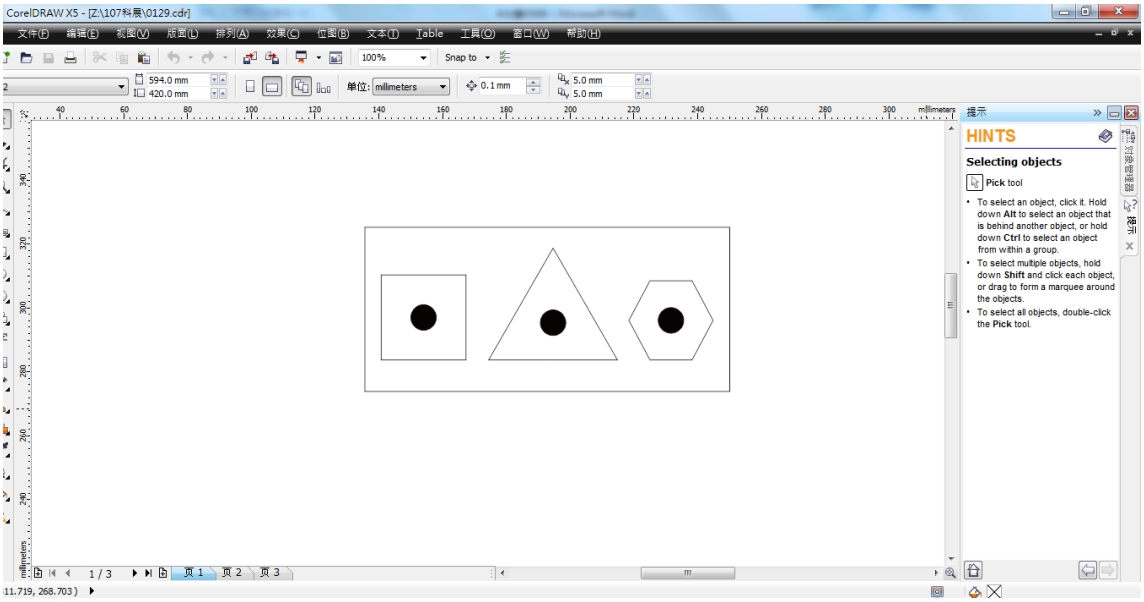



圖三十九 不同水管粗細對水鐘大小的影響

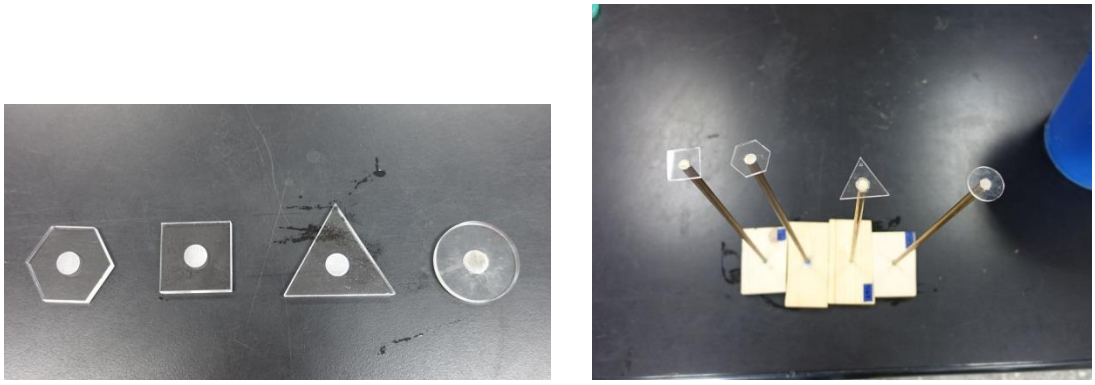
## 實驗五：探討不同形狀的擋水片對水鐘形狀的影響

### (一) 實驗過程

1. 計算出直徑 3cm 圓形擋水片的面積，分別計算出固定面積下的三角形、正方形及六邊形的邊長。
2. 利用 CorelDRAW 繪製圖案後，利用雷射切割機製作出如圖四十的不同形狀擋水片。
3. 將不同形狀的擋水片裝在銅棒上，並釘入木塊中。
4. 將三角形擋水片擺放好，並維持水盆內水位一定，固定出水口高度 10cm。
5. 等待出水口有穩定的水流流出。
6. 用相機錄下實驗的水鐘形狀。
7. 重複步驟 4~6，分別改變擋水片為正方形及六邊形。

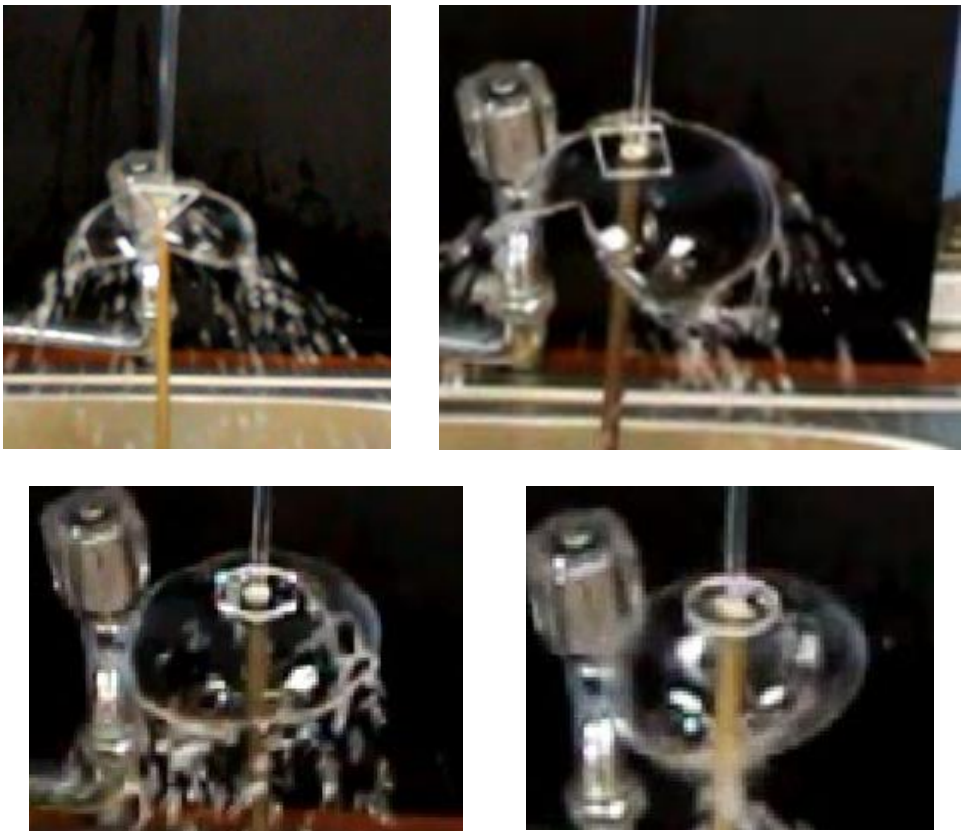



圖四十　利用 CorelDRAW 設計不同形狀的擋水片



圖四十一 不同形狀的擋水片及實驗裝置

**(二) 結果與討論**



**圖四十二 出水口高度 10cm 下，不同形狀擋水片所造成的水鐘形狀**
**(左上：三角形) (右上：正方形) (左下：六邊形) (右下：圓形)**

由圖可以發現，**當出水口高度都固定為 10cm 時，三角形的擋水片會出現類似花瓣的圖形(共三片)**；而**正方形有部分出現花瓣形狀**，有**部分**卻仍是呈現**水鐘閉合狀**；**六邊形**的外型則像是水鐘狀，**圓形擋水片仍然維持圓型**。這個現象讓我們覺得很有趣，想知道正方形及六邊形有沒有機會出現花瓣狀，因此我們**調整了不同出水口高度**，結果**都成功出現水花瓣圖案**，如圖四十三所示。

**圖四十三 不同形狀擋水片在適當出水口高度下，都出現水花瓣形狀**

## 六、 實驗六：探討三角形擋水片在不同出水口高度對水鐘形狀的影響

接續實驗五，想探討在什麼情況下會出現水花形狀，因此我們決定利用三角形擋水片來進行實驗，調整不同出水口高度來進行分析

### (一) 實驗過程

1. 將三角形擋水片擺放好，並維持水盆內水位一定
2. 測量出水口高度，紀錄為 h1。
3. 等待出水口有穩定的水流流出後。
4. 用相機錄下實驗的水鐘形狀。
5. 重複步驟 1~4，分別更改出水口高度，並紀錄為 h2~h3。

### (二) 結果與討論

**圖四十四　三角形擋水片在不同高度時的形狀變化**

**(左上圖 h1=1cm)(右上圖 h2=20.5cm)(下圖 h3=38.5cm)**

當出水口距離夠近(1cm)時，觀察到水鐘的水層較厚(代表水量足夠) ，三角形擋水片也能出現水鐘形狀，此時表面張力仍足夠將水拉成水鐘狀。但是當出水口高度變高，水碰到擋水片時流速快，應該出現水傘形狀，但又因為擋水片形狀關係，導致三角形三個頂點的水量不足，所以最終出現水花瓣狀。

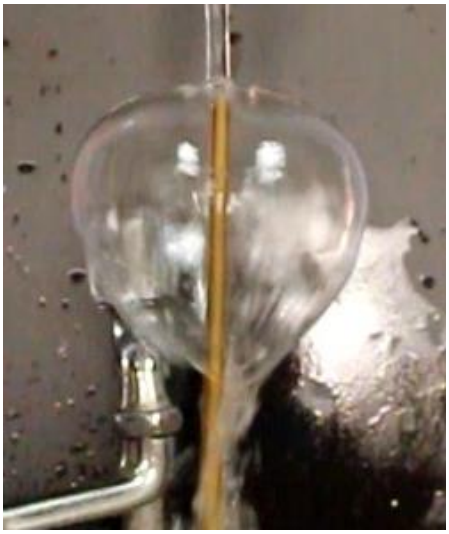
## 七、 實驗七：探討不同表面張力下，水鐘形狀的變化

### (一) 實驗過程

1. 將實驗裝置擺放好，並維持水盆內水位一定，固定出水口高度。
2. 等待出水口有穩定的水流流出。
3. 用相機錄下實驗的水鐘形狀。
4. 將定量洗碗精倒入燒杯中，再倒在水桶內，調整濃度相同，共泡製 5 桶洗碗精水溶液。
5. 重複步驟 1~3，但改變水盆內的液體為洗碗精水溶液。

圖四十五　泡製固定濃度的洗碗精水溶液

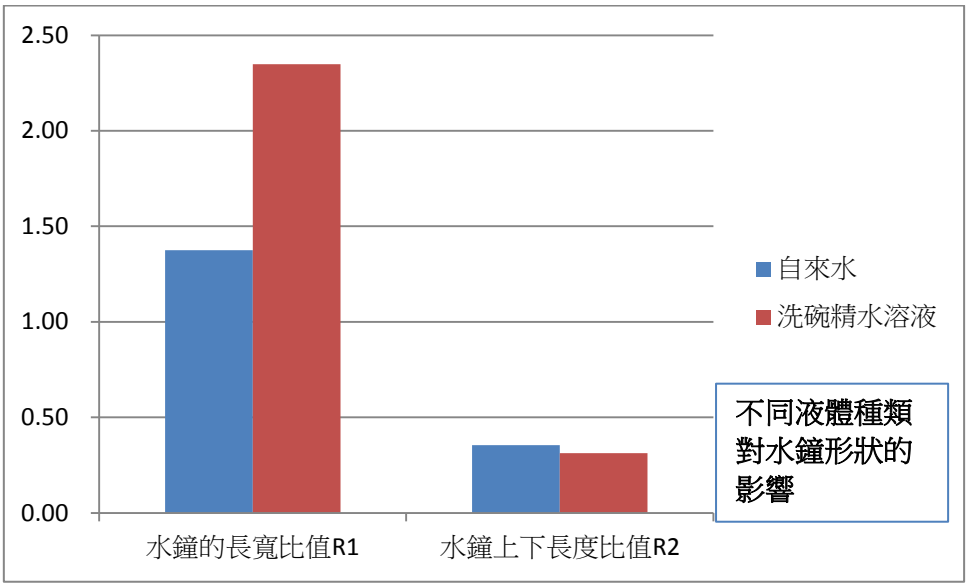
### (二) 結果與討論



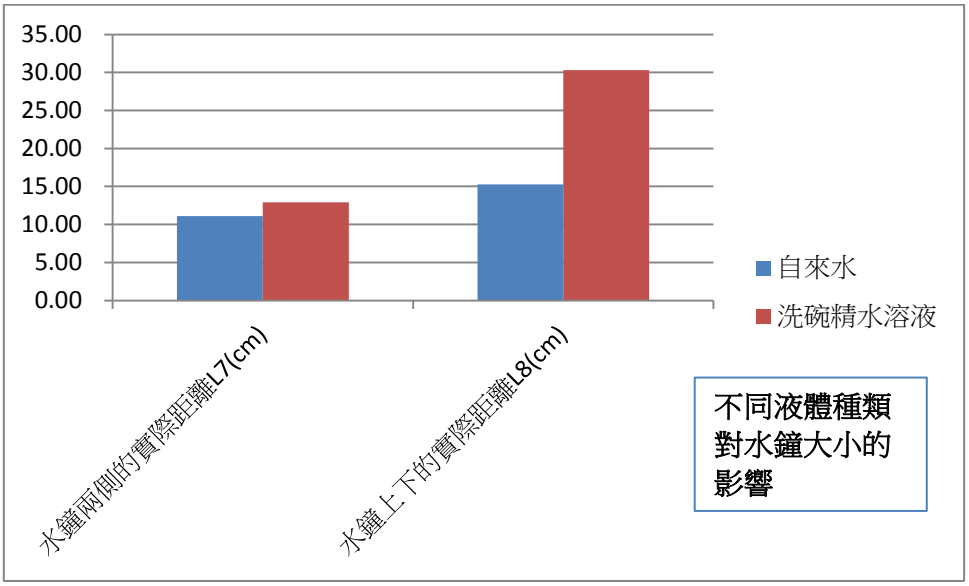
圖四十六　自來水(左)與洗碗精水溶液(右)所產生的水鐘形狀

表五　不同種類的液體，所測量及分析的數據

| 控制變因： 水管直徑 =0.62 (cm)、擋水片直徑 = 3 (cm) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 液體種類 | 水鐘中心到上頂點的實際距離 L5(cm) | 水鐘中心到下頂點的實際距離 L6(cm) | 水鐘兩側的實際距離 L7(cm) | 水鐘上下的實際距離 L8(cm) | 水鐘的長寬比值 R1 | 水鐘上下長度比值 R2 |
| 自來水 | 4.00 | 11.28 | 11.11 | 15.28 | 1.38 | 0.35 |
| 洗碗精水溶液 | 7.22 | 23.10 | 12.91 | 30.32 | 2.35 | 0.31 |

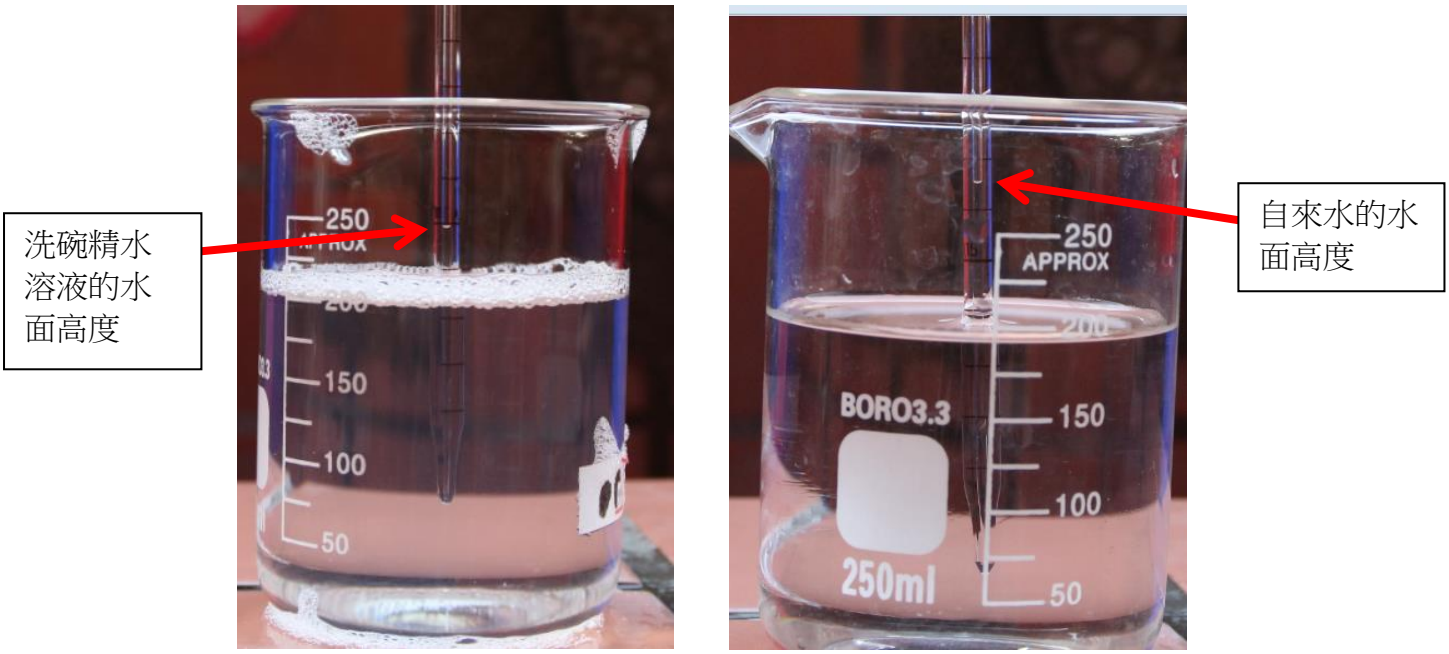



圖四十七 不同液體種類對水鐘形狀的影響



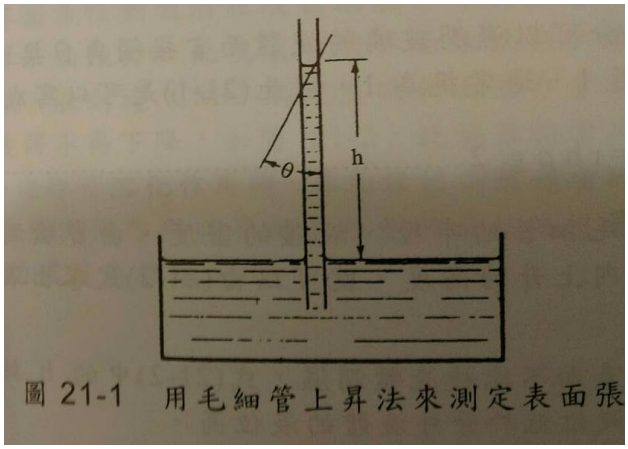

圖四十八 不同液體種類對水鐘大小的影響

由圖四十六～四十八可以發現，<u>洗碗精水溶液的水鐘形狀明顯瘦長，水鐘的長寬比 **R1** 也明顯洗碗精水溶液比自來水大許多，但上下長度比值 **R2** 仍無明顯差距</u>；而兩種液體的<u>水鐘寬度差不多</u>，但上下長度差異就很大了。根據<u>理論水與肥皂水的表面張力分別是 **0.073** 與 **0.025 N/m(20** 度 **C**，水表面張力較大**)**</u>。 推測可能是<u>洗碗精水溶液的表面張力較小，要形成水鐘的形狀需花費更多時間才能將水分子拉回圓形</u>，而又受到重力將水分子往下拉，因此才會造成細長狀的水中形狀。




**圖四十九 不同液體種類對毛細現象的影響**

我們想知道水與表面張力的差異，也<u>利用毛細現象來觀察</u>，將細玻璃管分別插入兩種液體中，的確看到<u>水面上升高度不同，自來水面的水位會比洗碗精水溶液高</u>，也證明兩種液體的表面張力的確有差異，才會造成水鐘形狀的差異性。




$$\gamma = \frac{\rho g h r_1}{2\cos\theta}$$

註：若已知液體的密度 $\rho$ 與毛細管半徑 r1，測量毛細管高度 h，則可得到液體的表面張力 $\gamma$

# 伍、結論

一、由實驗一可知，不同大小的圓形擋水片會出現形狀及大小不同的水鐘。

二、由實驗二可知，出水流量愈大，會造成水鐘形狀愈矮胖(長寬比值愈小)；當出水量過大，會造成水鐘無法閉合，形成水傘；出水量愈大，水鐘也愈大。

三、由實驗三可知，出水口高度愈高，造成流速愈快，水鐘形狀愈矮胖(長寬比值愈小)；出水口高度愈高，，水鐘也愈大。

四、由實驗四可知，粗細不同的水管會出現形狀及大小不同的水鐘。

五、由實驗五可知，不同形狀的擋水片，都有機會造成水花瓣狀圖形。

六、由實驗六可知，三角形擋水片，在出水口距離近的情況，會形成水鐘；出水口距離遠，則形成水花瓣。

七、由實驗七可知，洗碗精溶液的表面張力較自來水小，所形成的水鐘較瘦長(長寬比值愈大)。

# 陸、參考文獻


一.郭重吉等編著(民國 107 年)，自然與生活科技二上 2-2 水溶液，南一出版。

二.郭重吉等編著(民國 107 年)，自然與生活科技二下第六章力與壓力，南一出版。

三.水鐘與水幕 國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系科學遊戲實驗室，2018/10/26 取自 http://scigame.ntcu.edu.tw/water/water-034.html

四.亂流 維基百科 2018/12/28 取自 https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B9%8D%E6%B5%81

五.卓靜哲等(1996)，物理化學，第九章界面化學，三民出版社。