

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

第三名

080828

”瓶”水相”澆”的漏刻與九龍杯

學校名稱：苗栗縣竹南鎮照南國民小學

作者：	指導老師：
小六 蔡子彤	黃雅君
小六 陳尹研	陳佳莉
小六 趙翊喬	
小六 陳柏佑	
小六 蔡承誼	

關鍵詞：漏刻、九龍杯

摘要

在家中種植物可以綠化環境，令人賞心悅目。但照顧起來卻有些麻煩，有時忘了或出外旅遊無法澆水，而使植物變得奄奄一息的。為了解決這個問題，我們嘗試利用回收資源做為材料，設計出環保實用的自動澆水器，讓家裡種的植物可以一直綠意盎然。

我們主要是利用自製的漏刻與九龍杯，來控制澆水的水量與時間，並從中探討漏刻及九龍杯的現象與原理。在實驗中，觀察漏刻出水孔的孔徑粗細、數量多寡等變因對水流流速的影響，觀察九龍杯杯身大小、管口位置等變因對水流流量的影響。最後，利用毛細現象將澆水後流入集水盤中的廢水導引到其他花盆中，提供其他植株生長之用，充分利用水資源。

壹、研究動機

暑假我們全家去大陸旅遊，回家後卻發現媽媽種的花都枯萎了。跟班上同學聊到這件事時，發現大家都有過類似的經驗，深覺如果有機器人能定時幫種的植物澆水，該有多好！就在大家七嘴八舌討論時，有同學提到：「我們不是學過一種古代的計時工具-水鐘嗎？或許可以利用它來控制澆水的時間呀！」所以我們和老師討論後，決定嘗試利用水鐘來製作一個定時定量的灑水器。

我們在**四年級下學期**的時候，在**自然與生活科技領域「時間」單元**中，曾學過漏刻可以用來計時，我們覺得或許可利用漏刻計時的原理來控制澆水時間，於是我們馬上動手操作。結果卻發現水杯中的水雖會不斷地流出來，可是並不能達成定時定量的效果，讓我們感到失望。但後來我們在書中偶然看到“九龍杯”這樣的魔術水杯後，就嘗試將水鐘與九龍杯組合，於是我們便開始動手操作實驗，從中學習與研究。

貳、研究目的

- 一、探討漏刻的出水口孔徑大小、數量及出水口與水面垂直距離對注水速率的影響。
- 二、探討九龍杯杯身大小與管口位置高低對水的流量的影響。
- 三、觀察毛細現象，並探討花盆底部加裝之輔助物質的材質、長度對於吸水效果的影響。
- 四、學習應用原理、設計並應用於實驗：藉由科學實驗與討論進行逐步改良，完成可實際應用於生活中的定時定量自動灑水器。

參、研究設備及器材

回收的飲料杯、不同粗細的透明塑膠管、可彎式吸管、黏土、速乾膠、尺、圓規、剪刀、量筒、廢棄寶特瓶、標籤貼紙、濾網、圖釘、紅色墨水、水、植物、繩子、碼錶與計時器、照相機與記錄本。

肆、研究過程或方法

一、探討漏刻的出水口孔徑大小、數量及出水口與水面垂直距離對注水速率的影響。

(一) 實驗一 出水口孔徑大小對注水速率的影響

★控制變因：水杯形狀大小、水杯中的水量、出水口數量與位置、時間

★操縱變因：出水口孔徑大小

★應變變因：注水速率

1. 在 4 個形狀大小相同的紙杯底部以正中央為圓心，分別以圓規刀割出直徑長 1 毫米、2 毫米、3 毫米、4 毫米的圓形出水口。
2. 懸掛並固定 4 個紙杯後，於下方分別放置形狀大小相同的一個量筒。
3. 將 20 毫升的紅色墨水倒入 2000 毫升純水中後，分別取出 300 毫升的紅色溶液，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，同時倒入上述的 4 個紙杯中。
4. 待其滴水 1 分鐘後，同時移開紙杯，並記錄當時量筒中的水量。
5. 重複實驗十次，計算水流流速平均值。



以紙杯的中心點為圓心，標示出直徑長度後，以圓規刀割出所需大小的出水口。

(二) 實驗二 出水口數量多寡對注水速率的影響

★控制變因：水杯形狀大小、水杯中的水量、出水口孔徑大小、時間

★操縱變因：出水口數量

★應變變因：注水速率

1. 分別以同一個圖釘，在 4 個形狀大小皆相同的紙杯底部刺出 1 個、2 個、3 個、4 個的圓形出水口。

- 懸掛並固定 4 個紙杯後，於下方分別放置形狀大小相同的一個量筒。
- 將 20 毫升的紅色墨水倒入 2000 毫升純水中後，分別取出 300 毫升的紅色溶液，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，同時倒入上述的 4 個紙杯中。



- 待其滴水 1 分鐘後，同時移開紙杯，並記錄當時量筒中的水量。
- 重複實驗十次，計算水流流速平均值。

(三) 實驗三 出水口與水面之垂直距離對注水速率的影響

★控制變因：水瓶形狀大小、出水口孔徑大小與數量、時間

★操縱變因：出水口與水面之垂直距離

★應變變因：注水速率

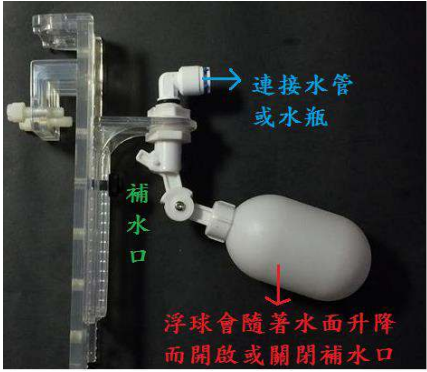
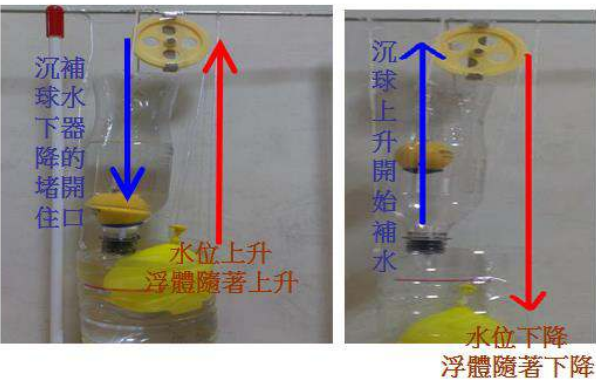
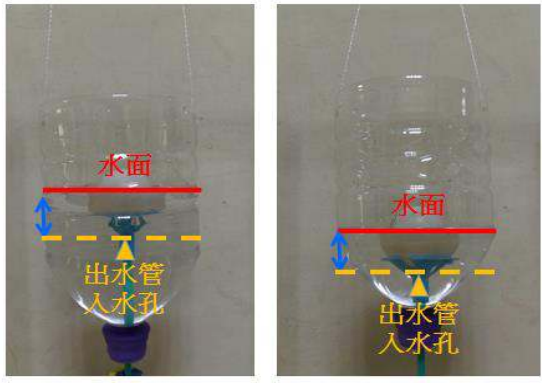
- 將一個寶特瓶自瓶底 1 公分處水平切開後，分別在距離瓶口 20 公分、15 公分、10 公分、5 公分處以藍色奇異筆畫上標示線。
- 在瓶蓋上以圖釘戳出一個圓形出水口。
- 將 20 毫升的紅色墨水倒入 2000 毫升純水中後，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，同時倒入上述的寶特瓶中。
- 待其水面下降至 20 公分、15 公分、10 公分、5 公分處之標示線時，分別以量筒承接漏下之水滴，滴水 1 分鐘後移開量筒，並記錄當時量筒中的水量。
- 重複實驗十次，計算水流流速平均值。

(四) 實驗四 進行漏刻改良，並進行每個漏刻的注水速率穩定性檢測

★改良原因：漏刻出水口和水面間的垂直距離越遠，水壓越大，注水速率也愈快。因此，隨著漏刻中的水面下降，注水速率也會隨著改變，無法達成定時定量穩定注水的效果。

★改良方法：固定出水口與水面間的垂直距離，使水壓保持恆定，以達成定時定量穩定注水的效果

★每個漏刻裝置說明：

無加裝任何裝置	市售補水器
	
自製補水器 (材料：定滑輪、尼龍繩、氣球、乒乓球、 吸管、矽膠、橡皮塞)	自製距離固定支架 (材料：氣球固定器、氣球、乒乓球、黏土)
	

★控制變因：水瓶形狀大小、出水口孔徑大小與數量、水量、初始水面高度、
時間

★操縱變因：漏刻裝置

★應變變因：注水速率

1. 先挑選 4 個形狀大小皆相同的寶特瓶，再在瓶蓋上方用同一個圖釘戳出一個圓形出水口。
2. 分別在其中 3 個寶特瓶上加裝市售補水器、自製補水器及自製距離固定支架，最後一個寶特瓶則不加裝任何裝置。
3. 懸掛並固定 4 個寶特瓶後，於下方分別放置形狀大小相同的一個量筒。
4. 將 50 毫升的紅色墨水倒入 5000 毫升純水中後，分別取出 1000 毫升的紅色溶液，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，同時倒入

上述的 4 個寶特瓶中。

5. 每隔 4 分鐘測量一次流出水量，總共測量四次，每次以量筒承接漏下之水滴，並同時以藍色奇異筆畫出水位標示線，滴水 1 分鐘後移開量筒，並記錄當時量筒中的水量。
6. 重複實驗十次，計算水流流速平均值

二、探討九龍杯中水管的管徑大小及管口位置的高低對水的流量的影響。

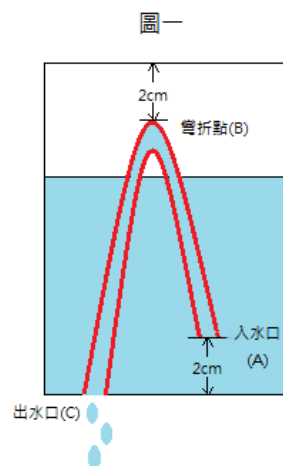
(一) 實驗一 杯身大小對水流流量的影響

★控制變因：水管管徑大小與長度、水管彎折點位置、水管出水口與入水口位置

★操縱變因：水杯大小

★應變變因：水流流量

1. 將 4 條管徑大小相同的水管剪成相同的長度。
2. 分別在 4 個容量大小不相同的透明塑膠杯底部戳一個小洞(C)，如【圖一】，大小以剛好能塞入上述 4 條水管為準。並檢查水管與塑膠杯接縫處是否會漏水，如會漏水再以黏土及快乾膠將漏水處填補好。
3. 分別在 4 個透明塑膠杯距離杯頂與底部 2 公分處，以鐵絲及膠帶固定水管彎折點(B)與入水口(A)的位置，如【圖一】。
4. 懸掛並固定 4 個塑膠杯後，於下方分別放置形狀大小相同的一個量筒。
5. 將 20 毫升的紅色墨水倒入 2000 毫升純水中後，分別取出 300 毫升的紅色溶液，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，同時慢慢倒入上述塑膠杯中，待有水流出時即停止倒水，並同時用麥克筆在塑膠杯上標示出開始排水的水位高度。
6. 等其停止排水後，用麥克筆在塑膠杯上標示出停止排水的水位高度，並記錄量筒內的水量。
7. 重複實驗十次，計算水流流量平均值。

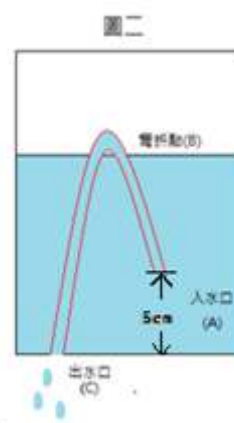


(二) 實驗二 水管彎折點高度位置對水流流量的影響

★控制變因：水杯的形狀大小、水管孔徑大小與長度、水管入水口與出水口位置

★操縱變因：水管彎折點的高度位置

★應變變因：水流流量



1. 將 4 條管徑大小相同的水管剪成相同的長度。
2. 分別在 4 個容量大小相同的透明塑膠杯底部戳一個小洞(C)，如【圖二】，大小以剛好能塞入上述 4 條，並檢查水管與塑膠杯接縫處是否會漏水，如果會漏水再以黏土及快乾膠將漏水處填補好。
3. 分別在 4 個塑膠杯距離杯頂 2 公分、3 公分、4 公分及 5 公分處，以鐵絲及膠帶固定水管彎折點(B)的高度，如【圖二】。
4. 在 4 個透明塑膠杯距離底部 5 公分處，以鐵絲及膠帶固定水管入水口(A)的位置，如【圖二】。
5. 懸掛並固定 4 個塑膠杯後，於下方分別放置形狀大小相同的一個量筒。
6. 將 20 毫升的紅色墨水倒入 2000 毫升純水中後，分別取出 300 毫升的紅色溶液，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，同時慢慢倒入上述塑膠杯中，待有水流出時即停止倒水，並同時用麥克筆在塑膠杯上標示出開始排水的水位高度。
7. 等其停止排水後，用麥克筆在塑膠杯上標示出停止排水的水位高度，並記錄量筒內的水量。
8. 重複實驗十次，計算水流流量平均值。

(三) 實驗三 水管出水口高度位置對水流流量的影響

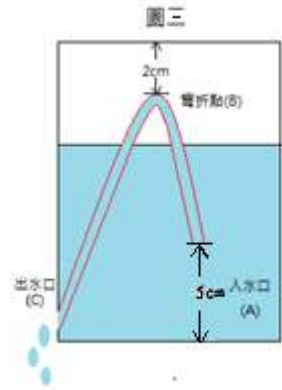
★控制變因：水杯的形狀大小、水管孔徑大小與長度、水管入水口與彎折點位置

★操縱變因：水管出水口高度位置

★應變變因：水流流量

1. 將 4 條管徑大小相同的水管剪成相同的長度。
2. 分別在 4 個容量大小相同的透明塑膠杯側面距離底部 2 公分、4 公分、6 公

分、8 公分左右的地方(C)，戳一個小洞，如【圖三】，大小以剛好能塞入上述 4 條水管為準。檢查水管與塑膠杯接縫處是否會漏水，如會漏水再以黏土及快乾膠將漏水處補好。



3. 分別在 4 個透明塑膠杯距離頂端 2 公分處及距離底部 5 公分處，以鐵絲及膠帶固定水管彎折點(B)及入水口(A)的位置，如【圖三】。
4. 懸掛並固定 4 個塑膠杯後，於下方分別放置形狀大小相同的一個量筒。
5. 將 20 毫升的紅色墨水倒入 2000 毫升純水中後，分別取出 300 毫升的紅色溶液，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，同時慢慢倒入上述塑膠杯中，待有水流出時即停止倒水，並同時用麥克筆在塑膠杯上標示出開始排水的水位高度。
6. 等其停止排水後，用麥克筆在塑膠杯上標示出停止排水的水位高度，並記錄量筒內的水量。
7. 重複實驗十次，計算水流流量平均值。

三、觀察毛細現象，並探討花盆底部加裝之輔助物質的材質、長度對於吸水效果的影響。

(一) 實驗一花盆底部開口數量對吸水量的影響

★控制變因：花盆大小與培養土含量、開口孔徑大小、集水盤大小與水量、時間

★操縱變因：花盆底部開口數量

★應變變因：吸水水量多寡

1. 分別在 3 個形狀大小相同的塑膠杯杯底挖出一個、二個、三個的圓形開口，圓形開口大小以直徑 0.6 公分為準。
2. 將培養土裝入上述 3 個塑膠杯中，並調整塑膠杯中的培養土含量，使 3 杯塑膠花盆的總重量皆為 250 公克。
3. 在 3 個形狀大小相同的集水盤中，皆倒入 100 毫升的水。
4. 同時將 3 個塑膠花盆放置於集水盤上後，每 10 分鐘測量塑膠花盆的重量一次，測量時間為 0 分、10 分、20 分、30 分及一天，共測重 5 次。

(二) 實驗二 花盆底部加裝不同材質之輔助物質對吸水量的影響

★控制變因：輔助物質的長度、浸水部分的長度、懸掛的高度位置、

花盆大小與含砂量、集水盤大小與水量、時間

★操縱變因：輔助物質的材質

★應變變因：吸水水量多寡

1. 蒐集實驗所需的材料：自來水筆筆芯、童軍繩、麻繩、紙藤，並將各種材料剪成 7 公分長。
2. 在形狀大小相同的 4 個塑膠杯底部挖出一個直徑 0.6 公分的圓形開口後，將上述實驗材料之一端塞入塑膠杯底部之圓形開口內，將留在杯內的物質控制在 1 公分長，並以速乾膠固定之。
3. 將培養土裝入上述 4 個塑膠杯中，並調整塑膠杯中的培養土含量，使 4 杯塑膠花盆的總重量皆為 250 公克。
4. 懸掛塑膠杯後於下方分別放置相同形狀與大小的 1 個量筒，每個量筒內皆裝入 100 毫升的水。
5. 同時將 4 個塑膠杯底部加裝的輔助物質，垂直浸入量筒中，並控制輔助物質浸入水中的長度皆為 1 公分。
6. 將 4 個塑膠花盆底部加裝的輔助物質浸入水中後，每 10 分鐘測量塑膠花盆重量一次，測量時間為 0 分、10 分、20 分、30 分及一天，共測量 5 次。

(三) 實驗三花盆底部加裝不同長度的自來水筆筆芯對吸水量的影響

★控制變因：自來水筆筆芯的材質與粗細、浸水部分的面積大小、懸掛的高度、

花盆大小與含砂量、集水盤大小與水量、時間

★操縱變因：自來水筆筆芯的長度

★應變變因：吸水水量多寡

1. 將 3 條材質與粗細大小相同的自來水筆筆芯，分別剪成 7 公分、9.5 公分和 12 公分的長度。



將聚酯纖維棒之一端塞入塑膠杯中，使塞入部分長度為 1cm(圖中紅色部分)。

2. 在形狀大小相同的 3 個塑膠杯底部挖出一個直徑 0.6 公分的圓形開口後，將不同長度的自來水筆筆芯之一端塞入塑膠杯底部之圓形開口內，將留在杯內的長條控制在 1 公分長，並以速乾膠固定之。
3. 將培養土裝入上述 3 個塑膠杯中，並調整塑膠杯中的培養土含量，使 3 杯塑膠花盆的總重量皆為 250 公克。
4. 懸掛上述之塑膠杯，並於下方分別放置相同形狀與大小的 1 個量筒，每個量筒內皆裝入 100 毫升的水。
5. 同時將 3 個塑膠杯底部加裝的自來水筆筆芯，垂直浸入量筒中，並控制聚酯纖維棒浸入水中的長度皆為 1 公分。
6. 將 3 個塑膠花盆底部加裝的自來水筆筆芯浸入水中後，每 10 分鐘測量塑膠花盆重量一次，測量時間為 0 分、10 分、20 分、30 分及一天，共測量 5 次。

四、學習應用原理、設計並應用於生活：藉由科學實驗與討論進行逐步改良，完成可實際應用於生活中的定時定量自動灑水器。

※實際應用：

(一) 實驗一 檢驗實際應用是否達成定時定量澆水的效果

1. 將一個漏刻與一個九龍杯組裝好後，於下方放置於下方放置一個量筒。
2. 將 10 毫升的紅色墨水倒入 1000 毫升純水中攪拌均勻後，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，倒入漏刻中。
3. 測量每次排水的間隔時間與流出水量，總共測量三次。
4. 重複實驗十次，計算平均間隔時間與平均流量。

※發現問題：澆水器澆水間隔時間不穩定，澆水的水量也不穩定，觀察發現這是因為在第一次澆水後，九龍杯內會有水量殘留，水管入水口處的水面高過九龍杯的水面，而影響澆水的穩定性，會發生提早或延遲澆水的現象。

(二) 實驗二 進行九龍杯改良，探討虹吸管孔徑大小對排水穩定性的影響

★控制變因：漏刻裝置、漏刻容量大小、漏刻出水口孔徑大小與數量、

九龍杯出入水口與彎折點位置、水管長度與材質等

★操縱變因：水管孔徑大小

★應變變因：排水穩定性

1. 挑選 4 條材質相同，但管徑大小不同的水管。
2. 將上述 4 條水管剪裁成相同的長度。
3. 分別在 4 個容量大小相同的透明塑膠杯底部戳一個小洞(C)，大小以剛好能塞入上述 4 條水管為準。
4. 在 4 個透明塑膠杯距離頂端 2 公分與距離底部 5 公分處，以鐵絲及膠帶固定水管彎折點(B)與入水口(A)的位置。
5. 檢查水管與塑膠杯接縫處是否會漏水，如果會漏水再以黏土及快乾膠將漏水處填補好。
6. 在 4 個相同之漏刻下方，懸掛並固定上述 4 個塑膠杯。
7. 將 50 毫升的紅色墨水倒入 5000 毫升純水中後，分別取出 1000 毫升的紅色溶液，再利用濾網過濾紅色溶液(去除雜質，避免雜質堵塞出水孔)，倒入漏刻中。
8. 待九龍杯出水口開始排水時，同時用麥克筆在塑膠杯上標示出開始排水的水位高度。
9. 觀察每次開始排水的水位高度變化，並紀錄提早及準確排水的次數，連續觀察與紀錄 30 次。

伍、研究結果與討論

一、探討漏刻的出水口孔徑大小、數量及出水口與水面垂直距離對注水速率的影響。

(一)實驗一漏刻的出水口孔徑大小對注水速率的影響

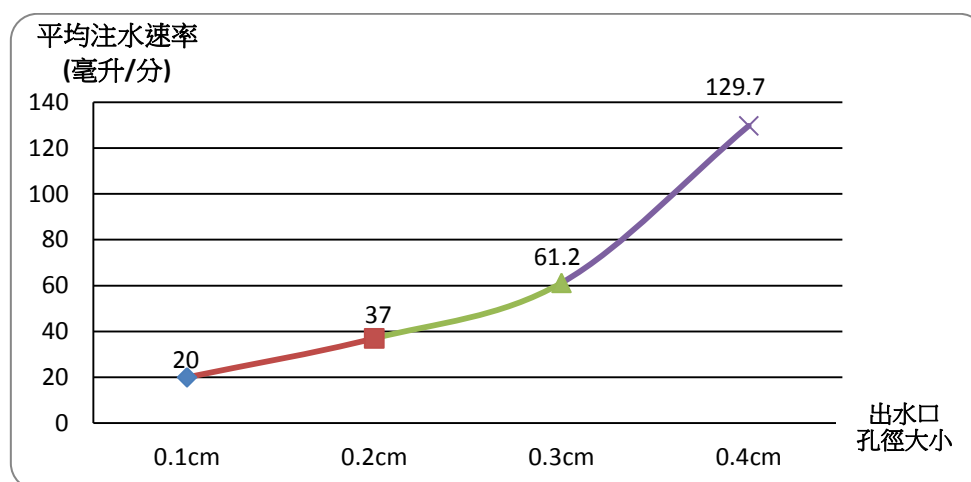
1. 【表 1-1】出水口孔徑大小不同之漏刻每分鐘流出水量一覽表

孔徑大小 項目	0.1cm	0.2cm	0.3cm	0.4cm
1	22	38	97	121
2	22	37	96	132
3	20	46	71	131
4	21	42	60	130
5	20	36	64	132
6	18	32	63	122
7	20	36	60	128
8	18	30	58	120
9	19	37	56	120
10	20	38	62	125
10 次實驗 數據平均	20.0 毫升/分	37.2 毫升/分	68.7 毫升/分	126.1 毫升/分
8 次實驗數 據平均	20.0 毫升/分	37.0 毫升/分	61.8 毫升/分	127.6 毫升/分
平均 注水速率	20.0 毫升/分	37.0 毫升/分	61.2 毫升/分	129.7 毫升/分

註 1：8 次實驗數據平均之計算，先去除掉與 10 次實驗數據平均差距最大的 2 次實驗數據後，保留誤差較小的 8 次實驗結果之平均值。

註 2：平均注水速率則是再去除掉與 8 次實驗結果差距最大的 2 次實驗數據後，最後保留誤差較小的 6 次實驗結果之平均值。

2. 【圖 1-1】出水口孔徑大小不同之漏刻平均注水速率折線圖



3. 由【表 1-1】及【圖 1-1】，我們可以得知出水口的孔徑愈大，漏刻的注水速率會愈快。

(二)實驗二漏刻的出水口數量多寡對注水速率的影響

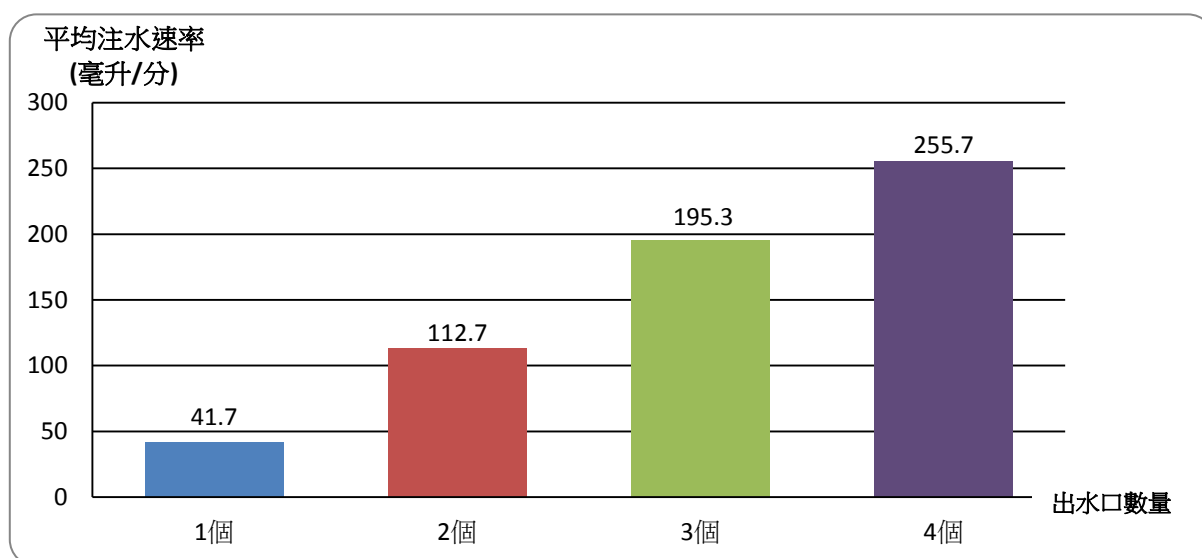
1. 【表 1-2】出水口數量不同之漏刻每分鐘流出水量一覽表

項目 \ 出水口數	1 個	2 個	3 個	4 個
1	40	120	216	250
2	46	122	218	264
3	46	118	200	270
4	44	118	200	260
5	40	108	196	250
6	48	112	204	270
7	40	108	188	250
8	36	104	184	260
9	42	112	184	240
10	44	100	176	234
10 次實驗數據平均	42.6 毫升/分	112.2 毫升/分	196.6 毫升/分	254.8 毫升/分
8 次實驗數據平均	42.8 毫升/分	112.5 毫升/分	196.5 毫升/分	255.5 毫升/分
平均注水速率	41.7 毫升/分	112.7 毫升/分	195.3 毫升/分	255.7 毫升/分

註 1：8 次實驗數據平均之計算，先去除掉與 10 次實驗數據平均差距最大的 2 次實驗數據後，保留誤差較小的 8 次實驗結果之平均值。

註 2：平均注水速率則是再去除掉與 8 次實驗結果差距最大的 2 次實驗數據後，最後保留誤差較小的 6 次實驗結果之平均值。

2. 【圖 1-2】出水口數量不同之漏刻平均注水速率長條圖



3. 由【表 1-2】及【圖 1-2】，我們可以得知出水口的數量愈多，漏刻的注水速率也會愈快。

(三)實驗三 漏刻的出水口與水面間垂直距離對注水速率的影響

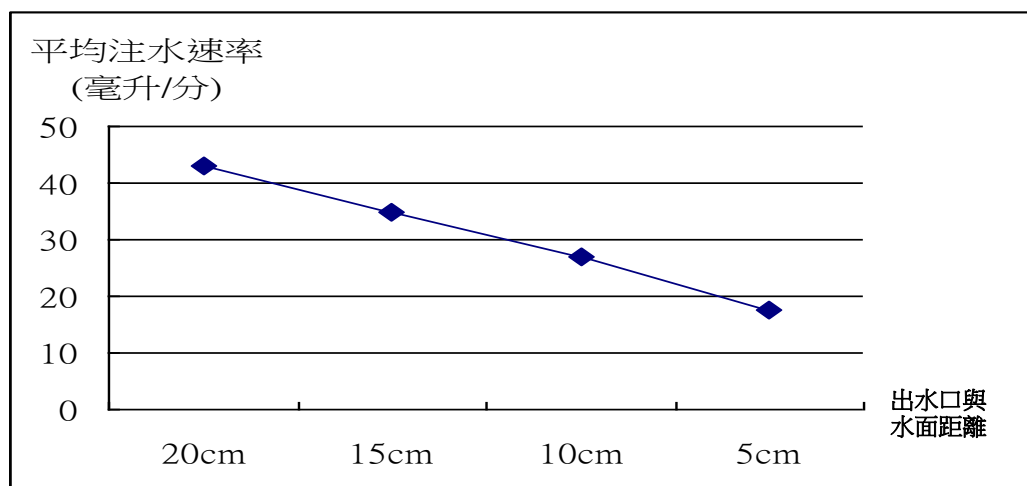
1. 【表 1-3】出水口與水面間垂直距離不同時每分鐘流出水量一覽表

出水口與水面 垂直距離 項目	20cm	15cm	10cm	5cm
1	42	34	26	18
2	43	35	25	19
3	44	35	27	17
4	44	36	27	18
5	42	33	27	19
6	43	35	28	17
7	44	36	28	17
8	42	34	26	18
9	41	35	27	19
10	44	35	28	16
10 次實驗數據平均	42.9 毫升/分	34.8 毫升/分	26.9 毫升/分	17.8 毫升/分
8 次實驗數據平均	43.0 毫升/分	34.9 毫升/分	27.0 毫升/分	17.9 毫升/分
平均注水速率	43.0 毫升/分	34.8 毫升/分	27.0 毫升/分	17.5 毫升/分

註 1：8 次實驗數據平均之計算，先去除掉與 10 次實驗數據平均差距最大的 2 次實驗數據後，保留誤差較小的 8 次實驗結果之平均值。

註 2：平均注水速率則是再去除掉與 8 次實驗結果差距最大的 2 次實驗數據後，最後保留誤差較小的 6 次實驗結果之平均值。

2. 【圖 1-3】出水口與水面間垂直距離不同時的平均注水速率折線圖



3. 由【表 1-3】及【圖 1-3】，我們可以得知出水口和水面間的垂直距離越遠，漏刻的注水速率愈快；反之，距離越近，注水速率愈慢。而在實驗過程中，我們經由觀察發現：「隨著水面下降，出水口流出的水柱會逐漸變細。」

我們查詢相關資料後發現，這是因為靜止液體的壓力(P)的大小的計算公式如下所示：

$$P = \rho g d$$

ρ 是液體的密度、 g 是重力加速度、 d 出水口和水面之垂直距離，所以「壓力(P)」與「出水口和水面之垂直距離(d)」成正比。因此出水口和水面間的垂直距離越近，水壓越小，出水力量越弱，出水口流出的水柱較細，注水速率也愈慢；反之，距離越遠，水壓越大，注水速率也愈快。

(四) 實驗四 進行漏刻改良，並進行每個漏刻的注水速率穩定性檢測

1. 【表 1-4-1】原始漏刻測量數據

	第一次測量	第二次測量	第三次測量	第四次測量
1	35	28	21	14
2	36	29	21	13
3	36	28	22	14
4	35	28	20	15
5	34	27	21	14
6	35	29	22	14
7	35	28	22	15
8	34	29	22	13
9	36	27	20	14
10	36	28	21	14
10 次平均	35.1 毫升/分	28.6 毫升/分	21.2 毫升/分	14.0 毫升/分
8 次平均	35.4 毫升/分	28.6 毫升/分	21.5 毫升/分	14.0 毫升/分
平均注水速率	35.5 毫升/分	28.8 毫升/分	21.5 毫升/分	14.0 毫升/分

2. 【表 1-4-2】加裝市售補水器測量數據

	第一次測量	第二次測量	第三次測量	第四次測量
1	37	32	32	32
2	36	33	33	31
3	35	33	33	32
4	36	32	33	33
5	36	32	32	33
6	36	32	34	32
7	37	33	35	31
8	34	33	33	33
9	34	34	31	32
10	35	35	33	32
10 次平均	35.6 毫升/分	32.9 毫升/分	32.9 毫升/分	32.3 毫升/分
8 次平均	35.6 毫升/分	32.5 毫升/分	32.9 毫升/分	32.4 毫升/分
平均注水速率	35.7 毫升/分	32.5 毫升/分	32.8 毫升/分	32.2 毫升/分

3. 【表 1-4-3】加裝自製補水器測量數據

	第一次測量	第二次測量	第三次測量	第四次測量
1	35	32	35	32
2	37	31	33	32
3	36	30	35	31
4	36	32	36	32
5	37	32	36	31
6	36	32	35	33
7	37	33	37	30
8	36	31	36	32
9	35	32	36	32
10	36	32	36	33
10 次平均	35.9 毫升/分	31.7 毫升/分	35.5 毫升/分	31.8 毫升/分
8 次平均	35.6 毫升/分	31.8 毫升/分	35.6 毫升/分	31.9 毫升/分
平均注水速率	35.8 毫升/分	32.0 毫升/分	35.8 毫升/分	31.8 毫升/分

4. 【表 1-4-4】加裝自製固定距離支架測量數據

	第一次測量	第二次測量	第三次測量	第四次測量
1	34	35	35	35
2	36	34	35	36
3	36	36	36	34
4	35	36	36	34
5	34	35	36	35
6	36	34	34	36
7	36	36	36	36
8	36	36	33	36
9	35	36	36	35
10	35	35	35	36
10 次平均	35.3 毫升/分	35.3 毫升/分	35.2 毫升/分	35.3 毫升/分
8 次平均	35.6 毫升/分	35.6 毫升/分	35.6 毫升/分	35.6 毫升/分
平均注水速率	35.8 毫升/分	35.8 毫升/分	35.8 毫升/分	35.8 毫升/分

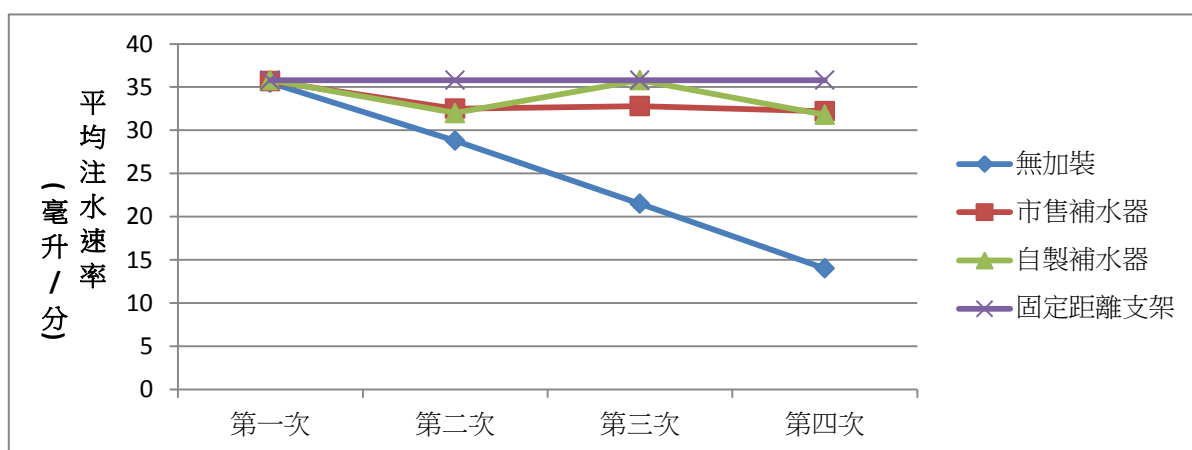
5. 【表 1-4】每代漏刻測量所得之平均注水速率一覽表

	第一次測量 平均注水速率	第二次測量 平均滴水速率	第三次測量 平均滴水速率	第四次測量 平均滴水速率
無加裝任何裝置	35.5 毫升/分	28.8 毫升/分	21.5 毫升/分	14.0 毫升/分
加裝市售補水器	35.7 毫升/分	32.5 毫升/分	32.8 毫升/分	32.2 毫升/分
加裝自製補水器	35.8 毫升/分	32.0 毫升/分	35.8 毫升/分	31.8 毫升/分
加裝固定距離支架	35.8 毫升/分	35.8 毫升/分	35.8 毫升/分	35.8 毫升/分

註 1：每次測量時間為 1 分鐘，兩次測量之間隔時間為 4 分鐘。

註 2：每次測量平均注水速率是依據【表 1-4-1】到【表 1-4-4】的資料彙整所得。

6. 【圖 1-4】每代漏刻測量所得之平均水量折線圖



3. 由【表 1-4】及【圖 1-4】，我們可以得知加裝自製固定距離支架的漏刻穩定性最佳，加裝市售補水器的漏刻次之，而無加裝任何裝置的漏刻穩定性最差。而觀察紀錄之水位標示線，我們也發現到以下幾點：

- (1) 無加裝任何裝置的漏刻水面高度會逐漸下降，注水速率也逐漸變慢。
- (2) 加裝市售補水器的漏刻之水位標示線，第一次測量所畫出的位置最高，之後三次測量所畫的水位標示線皆在相同位置。可能是因為一開始倒入的水面高度超過浮球位置，無法啟動補水機制來控制水位，一段時間後，水位逐漸下降至適當高度後，才有辦法穩定水面高度，因此加裝市售補水器的漏刻一開始的注水速率較快，一段時間後才趨於穩定。
- (3) 觀察加裝自製補水器的漏刻之水位標示線，發現漏刻中的水面高度上下起伏則因補水機制不穩定，而使得注水速率也隨之變化。
- (4) 加裝自製固定距離支架的漏刻，雖然水面高度會逐漸下降，但出水管入水孔與水面間的垂直距離不會改變，因此注水速率能保持穩定。

二、探討九龍杯杯身大小及管口位置高低對水流流量的影響。

(一)實驗一杯身大小對水流流量的影響

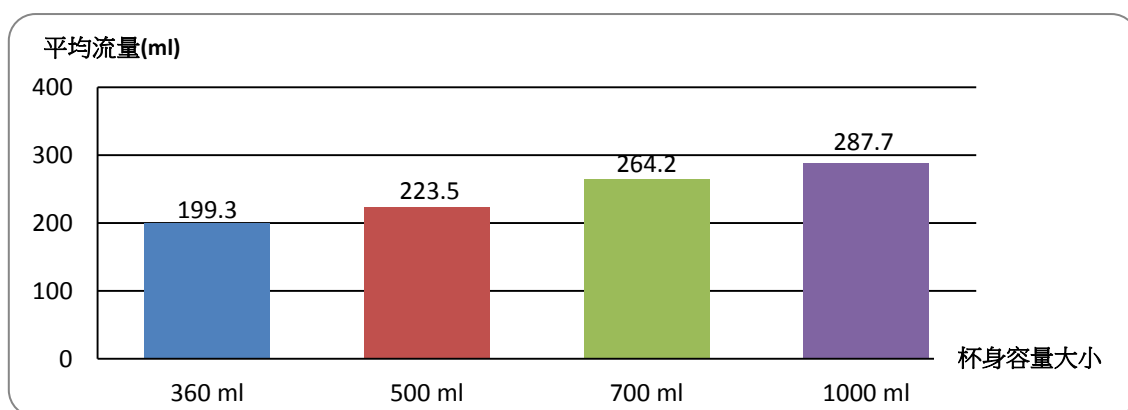
1. 【表 2-1】杯身大小不同之九龍杯流出水量一覽表

杯身容量 項目	360 ml	500 ml	700 ml	1000 ml
1	205	226	264	290
2	202	220	265	284
3	199	223	260	288
4	200	224	265	289
5	198	225	263	287
6	200	225	264	288
7	203	224	264	288
8	199	223	266	289
9	198	222	259	285
10	200	221	261	286
10 次實驗 數據平均	200.4 毫升	223.3 毫升	263.1 毫升	287.4 毫升
8 次實驗 數據平均	199.5 毫升	223.4 毫升	264.0 毫升	287.5 毫升
平均流量	199.3 毫升	223.5 毫升	264.2 毫升	287.7 毫升

註 1：8 次實驗數據平均之計算，先去除掉與 10 次實驗數據平均差距最大的 2 次實驗數據後，保留誤差較小的 8 次實驗結果之平均值。

註 2：平均流量則是再去除掉與 8 次實驗結果差距最大的 2 次實驗數據後，最後保留誤差較小的 6 次實驗結果之平均值。

2. 【圖 2-1】杯身大小不同之九龍杯平均流出水量長條圖



3. 由【表 2-1】及【圖 2-1】，我們可以得知九龍杯的杯身容量越大，所流出的水量越多；相反地，杯身容量越小，所流出的水量越少。同時，我們在實驗中可以觀察到：每一個九龍杯開始排水時的水位與水管彎折點高度位置相同，而停止排水時得水位則剛好與水管入水口高度位置相同。

(二)實驗二水管彎折點的位置高度對水流流量的影響

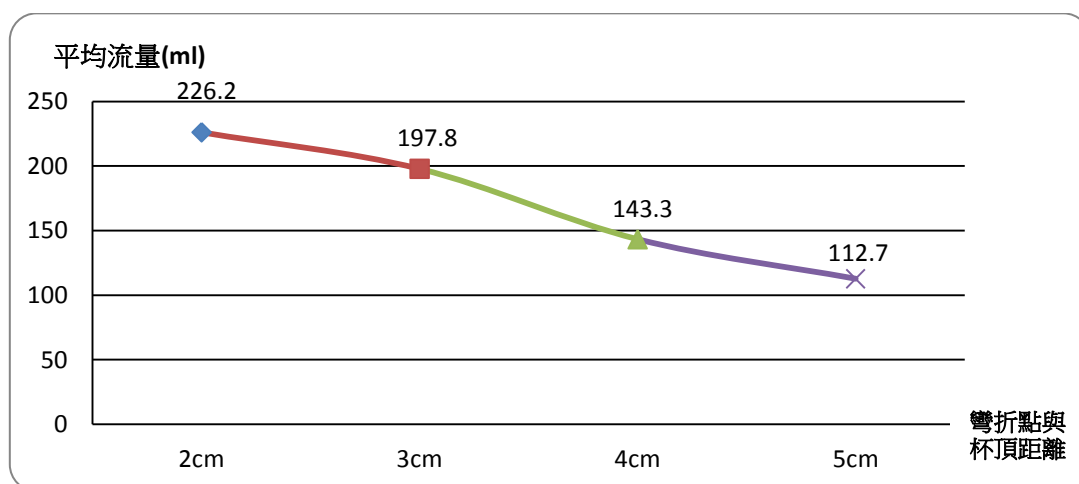
1. 【表 2-2】彎折點位置不同之九龍杯流出水量一覽表

項目 \ 彎折點與杯頂距離	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
1	225	196	143	112
2	225	198	146	113
3	227	196	148	112
4	226	193	138	111
5	224	200	144	114
6	226	201	140	112
7	228	195	142	112
8	224	197	142	113
9	230	200	145	115
10	228	200	144	116
10 次實驗數據平均	226.3 毫升	197.6 毫升	143.2 毫升	113.0 毫升
8 次實驗數據平均	226.1 毫升	197.8 毫升	143.3 毫升	112.9 毫升
平均流量	226.2 毫升	197.8 毫升	143.3 毫升	112.3 毫升

註 1：8 次實驗數據平均之計算，先去除掉與 10 次實驗數據平均差距最大的 2 次實驗數據後，保留誤差較小的 8 次實驗結果之平均值。

註 2：平均流量則是再去除掉與 8 次實驗結果差距最大的 2 次實驗數據後，最後保留誤差較小的 6 次實驗結果之平均值。

2. 【圖 2-2】彎折點位置不同之九龍杯平均流出水量折線圖



3. 由【表 2-2】及【圖 2-2】，我們可以得知水管彎折點位置與杯頂距離越近，所流出的水量越多；相反地，彎折點位置與杯頂距離越遠，所流出的水量越少。同時，我們在實驗中可以觀察到：每一個九龍杯所流出的水量恰好是杯內水管入水口與彎折點位置間的容量，因此水管入水口與彎折點的高度差距愈大，則水的流量愈多，反之水的流量愈少。

(三)實驗三 實驗四水管的出水口位置高度對水流流量的影響

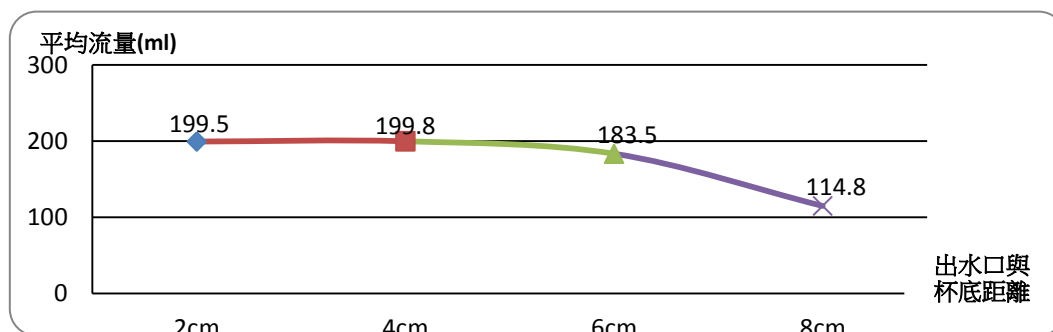
1. 【表 2-3】出水口位置不同之九龍杯流出水量一覽表

項目 \ 出水口與杯底距離	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm
1	200	201	182	119
2	201	197	185	120
3	199	199	180	116
4	193	198	185	114
5	200	200	188	110
6	202	200	180	113
7	198	199	182	115
8	198	201	185	116
9	200	202	185	114
10	200	200	182	114
10 次實驗數據平均	199.1 毫升	199.7 毫升	183.4 毫升	115.1 毫升
8 次實驗數據平均	199.5 毫升	199.8 毫升	183.3 毫升	115.1 毫升
平均流量	199.5 毫升	199.8 毫升	183.5 毫升	114.8 毫升

註 1：8 次實驗數據平均之計算，先去除掉與 10 次實驗數據平均差距最大的 2 次實驗數據後，保留誤差較小的 8 次實驗結果之平均值。

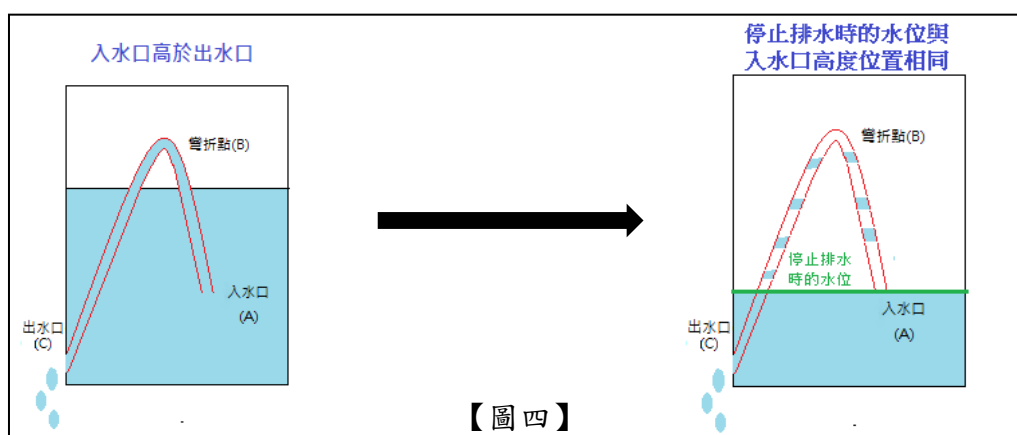
註 2：平均流量則是再去除掉與 8 次實驗結果差距最大的 2 次實驗數據後，最後保留誤差較小的 6 次實驗結果之平均值。

2. 【圖 2-3】出水口位置不同之九龍杯平均流出水量折線圖

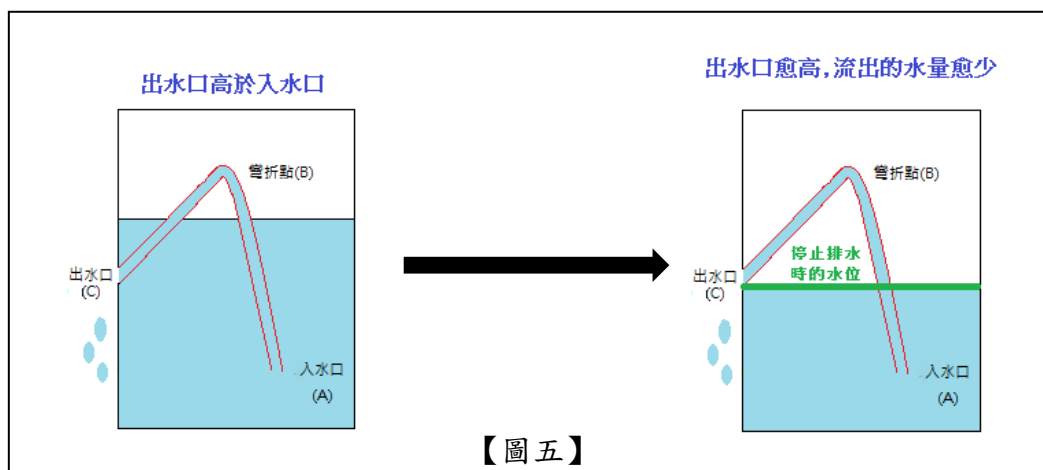


3. 由【表 2-3】及【圖 2-3】，我們可以得知以下兩點

- (1)當入水口高度位置高於出水口位置，或剛好和出水口高度位置相同時，水的流量差異不大。而且觀察發現停止排水時的水位剛好與入水口位置相同，而且此時水管管壁內的水斷成一節一節的，如【圖四】。



(2)由【表 2-4】及【圖 2-4】，我們可以得知當出水口的高度位置比入水口位置高時，出水口位置愈低，則水的流量愈多，反之出水口的位置愈高，則水的流量愈少。而且觀察發現停止排水時的水位剛好與出水口位置相同，而且此時水管管壁內是充滿水的，如【圖五】。



三、觀察毛細現象，並探討花盆底部加裝之輔助物質的材質、長度對於吸水效果的影響。

(一) 實驗一 花盆底部開口數量對吸水量的影響

1. 【表 3-1-1】底部開口數量不同之花盆每隔 10 分鐘測量重量之結果一覽表

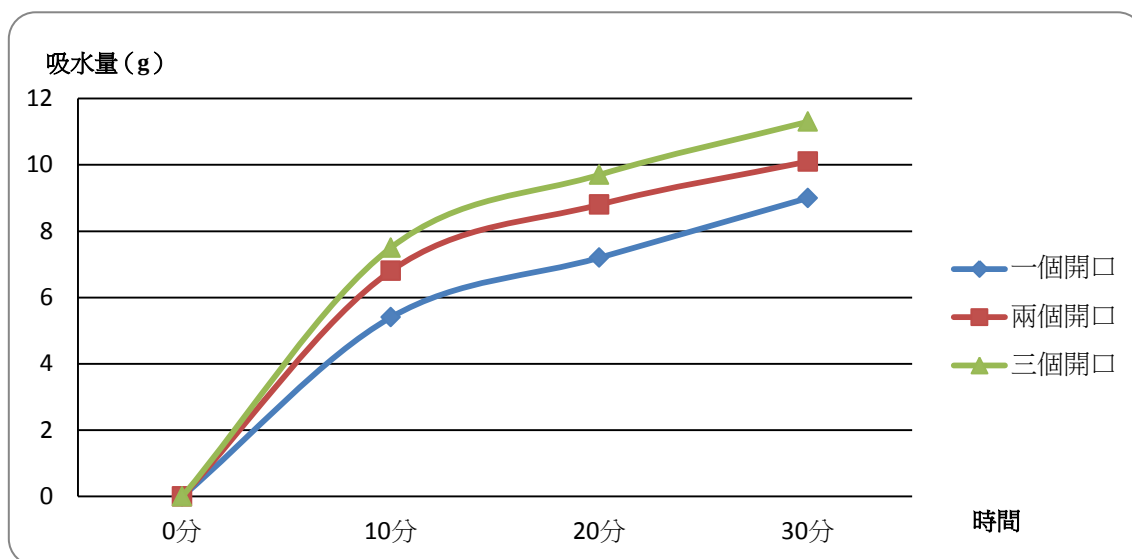
開口數量 時間	1 個	2 個	3 個
0 分	250.0 g	250.0 g	250.0 g
10 分	255.4 g	256.8 g	257.5 g
20 分	257.2 g	258.8 g	259.7 g
30 分	259.0 g	260.1 g	261.3 g
一天	272.6 g	272.8 g	273.1 g

2. 【表 3-1-2】底部開口數量不同之花盆吸水量一覽表

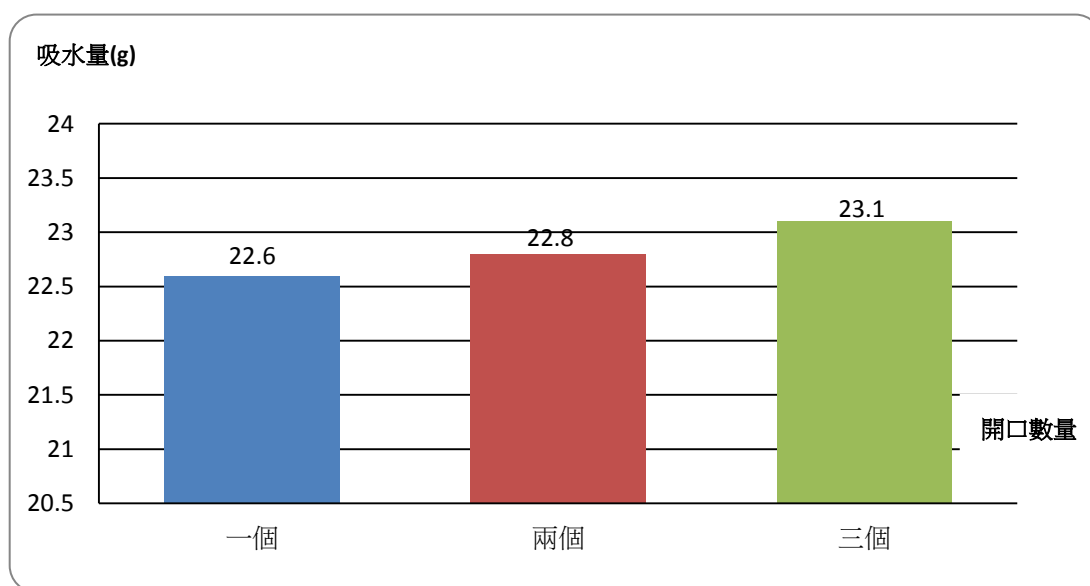
開口數量 時間	1 個	2 個	3 個
0 分	0.0 g	0.0 g	0.0 g
10 分	5.4 g	6.8 g	7.5 g
20 分	7.2 g	8.8 g	9.7 g
30 分	9.0 g	10.1 g	11.3 g
一天	22.6 g	22.8 g	23.1 g

註：吸水量＝該時刻測得之花盆重量－原花盆重量（250g）

3. 【圖 3-1-1】底部開口數量不同之花盆吸水量折線圖



4. 【圖 3-1-2】底部開口數量不同之花盆一天吸水量長條圖



5. 由【圖 3-1-1】，我們發現底部開口數量越多的花盆，前 30 分鐘的吸水量越多，表示其吸水速度較快；但由【圖 3-1-2】，卻發現一天後，3 個花盆的吸水總量並無明顯之差異，推測可能是因為 3 個花盆中的培養土含水量皆已達飽和，儘管開口數量較多的花盆吸水速度較快，但也較快達到飽和值，故無法再吸入更多的水。

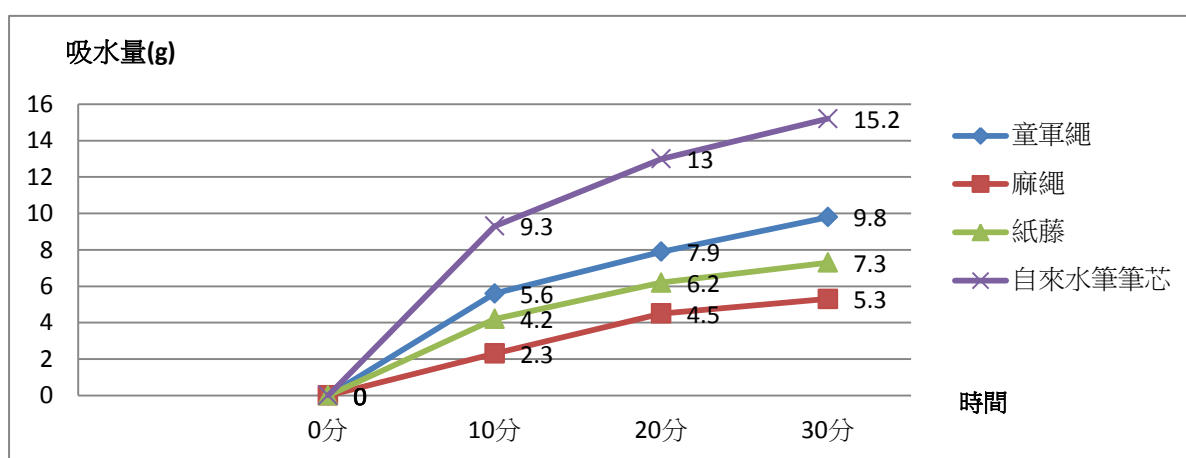
(二) 實驗二 不同材質的輔助物質對於吸水效果的影響

1. 【表 3-2】不同材質的輔助物質吸水量一覽表

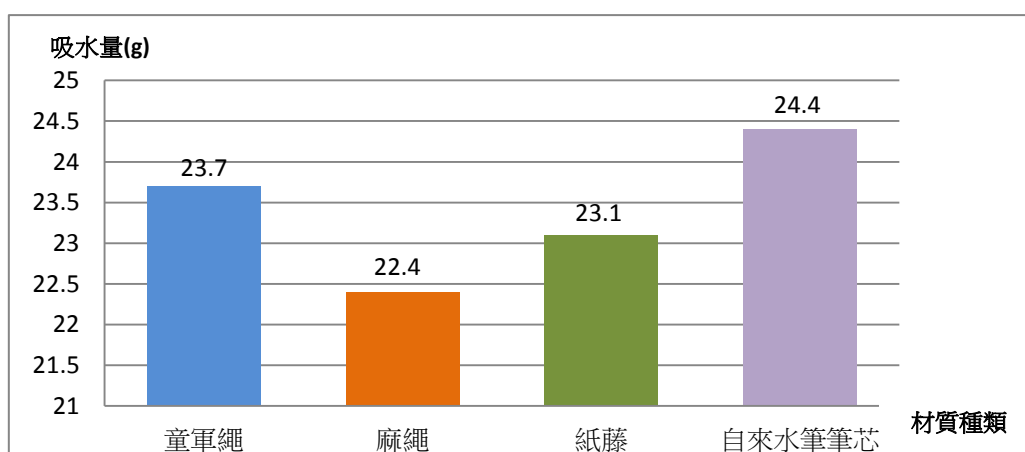
材質 時間	童軍繩	麻繩	紙藤	自來水筆筆芯
0 分	0.0 g	0.0 g	0.0 g	0.0 g
10 分	5.6 g	2.3 g	4.2 g	9.3 g
20 分	7.9 g	4.5 g	6.2 g	13.0 g
30 分	9.8 g	5.3 g	7.3 g	15.2 g
一天	23.7 g	22.4 g	23.1 g	24.4 g

註：吸水量＝該時刻測得之花盆重量－原花盆重量（250g）

2. 【圖 3-2-1】不同材質的輔助物質吸水量折線圖



3. 【圖 3-2-2】不同材質的輔助物質一天吸水量長條圖



4. 由【圖 3-2-1】和【圖 3-2-2】，我們發現在相同時間內，聚酯纖維棒的吸水效果最好，而棉繩次之，而麻繩與紙繩的吸水效果較不佳。而在實驗過程中，我們觀察到紙繩吸水後，紙繩會變軟，時間一長就容易斷裂，所以紙繩的吸水效果雖較麻繩佳，卻有其缺點，難以實際應用於回收澆水後多餘的水量。

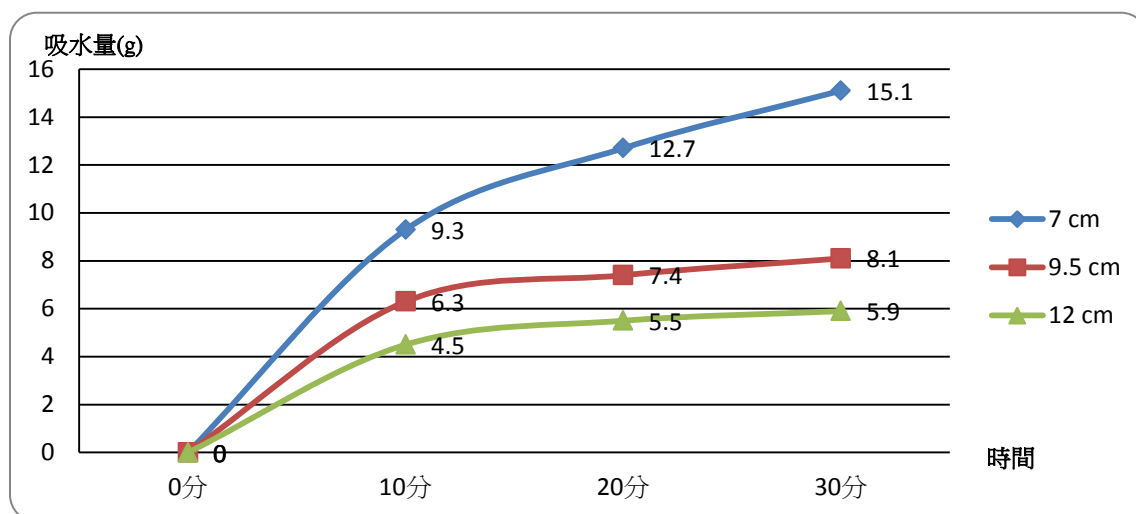
(三) 實驗三 花盆底部加裝不同長度的自來水筆筆芯對吸水量的影響

1. 【表 3-3】不同長度的自來水筆筆芯吸水量一覽表

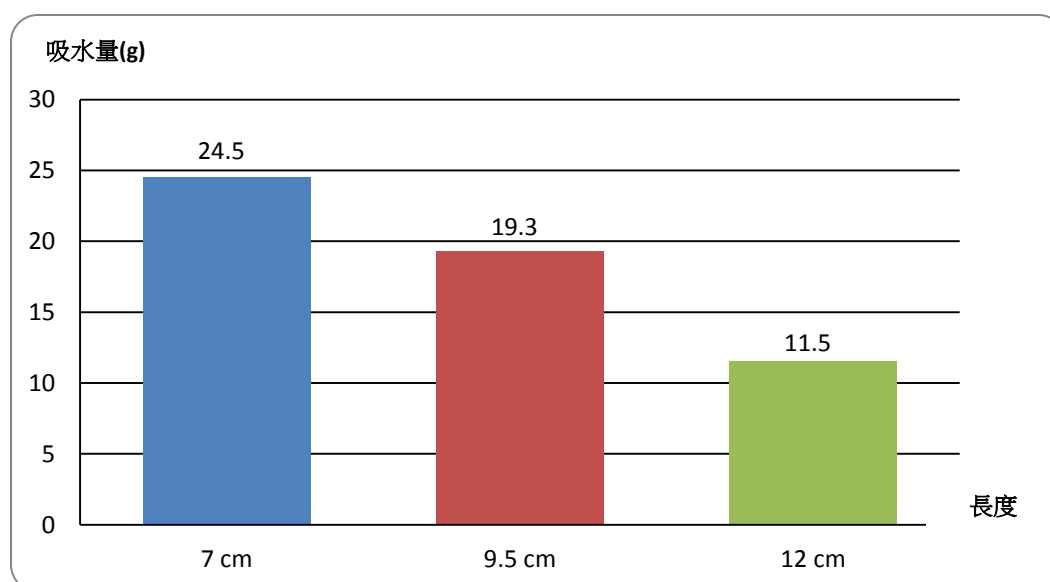
長度 時間	7 cm	9.5 cm	12 cm
0 分	0.0 g	0.0 g	0.0 g
10 分	9.3 g	6.3 g	4.5 g
20 分	12.7 g	7.4 g	5.5 g
30 分	15.1 g	8.1 g	5.9 g
一天	24.5 g	19.3 g	11.5 g

註：吸水量＝該時刻測得之花盆重量－原花盆重量（250g）

2. 【圖 3-3-1】不同長度的自來水筆筆芯吸水量折線圖



3. 【圖 3-3-2】不同長度的自來水筆筆芯一天吸水量長條圖



4. 由【圖 3-3-1】和【圖 3-3-2】，我們發現在相同時間內，聚酯纖維棒的長度越短，吸水效果越好。

四、學習應用原理、設計並應用於生活：

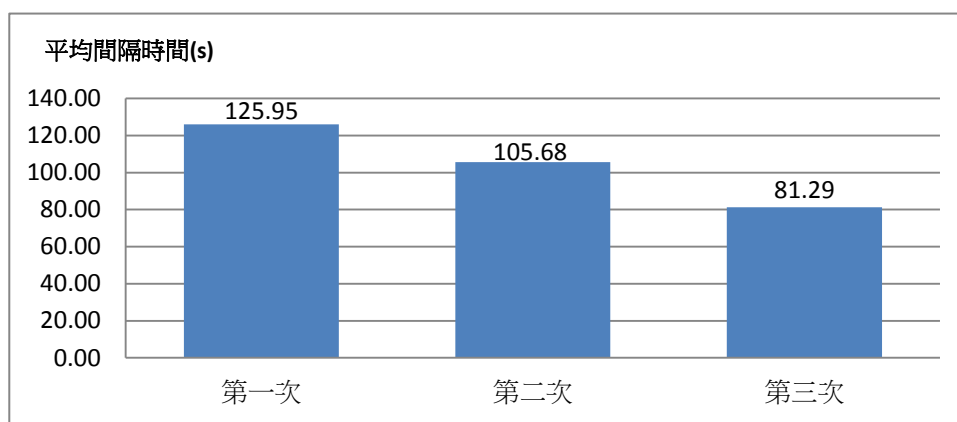
(一) 實驗一 檢驗實際應用是否達成定時定量澆水的效果藉由科學實驗與討論進行

逐步改良，完成可實際應用於生活中的定時定量自動灑水器。

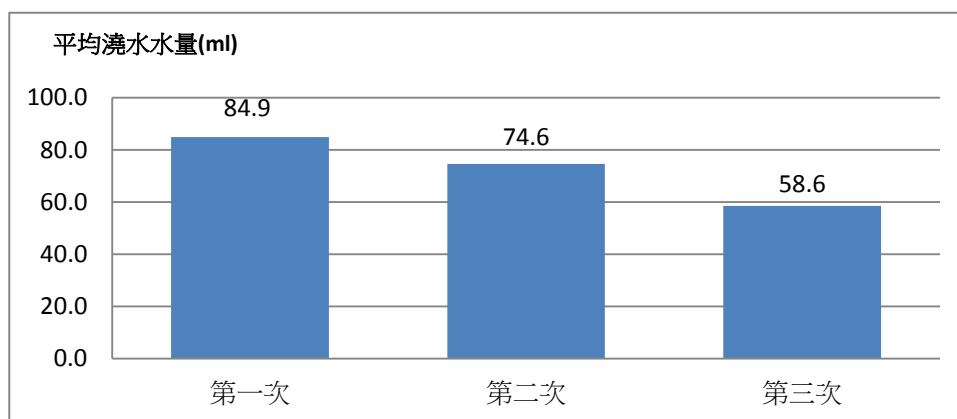
1. 【表 4-1】澆水器每次澆水間隔時間與澆水水量一覽表

	第一次		第二次		第三次	
	間隔時間 (秒)	澆水水量 (毫升)	間隔時間 (秒)	澆水水量 (毫升)	間隔時間 (秒)	澆水水量 (毫升)
1	125.56	83	120.32	82	70.62	50
2	125.60	85	90.57	71	30.13	21
3	125.73	85	125.26	86	90.47	73
4	126.48	86	80.77	60	41.26	29
5	126.83	84	124.93	85	50.35	38
6	126.26	85	112.70	77	125.67	84
7	125.43	86	76.54	54	126.32	82
8	125.33	84	124.82	84	86.79	64
9	126.09	85	103.22	74	90.44	70
10	126.14	86	97.63	73	100.85	75
10 次實驗 數據平均	125.95	84.9	105.68	74.6	81.29	58.6

2. 【圖 4-1-1】澆水器每次澆水間隔時間長條圖



3. 【圖 4-1-2】澆水器每次澆水水量長條圖



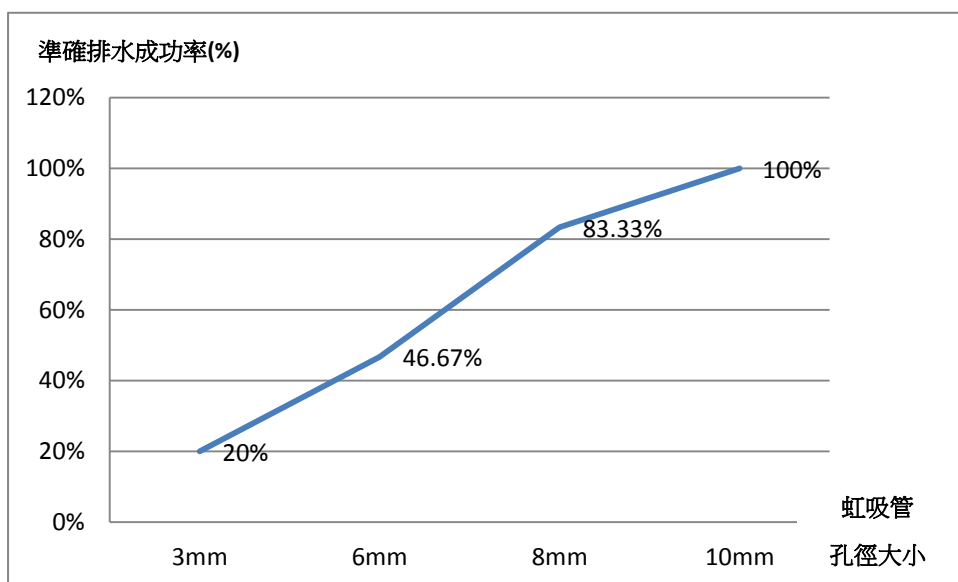
4. 由【表 4-1】、【圖 4-1-1】及【圖 4-1-2】，我們發現澆水器澆水時間間隔並不穩定，澆水的水量也不穩定，觀察發現這是因為在第一次澆水後，九龍杯內會有水量殘留而影響下一次的澆水，甚至水面高度尚未超過彎折點卻開始澆水。查詢資料後發現，這是因為水會因附著力而附著於水管管壁，使水管內的水面呈凹狀，水管內的水面會高過九龍杯的水面，而水管內因附著力而殘留的水量愈多，愈容易發生提早澆水的現象。

(二) 實驗二 進行九龍杯改良，探討虹吸管孔徑大小對排水穩定性的影響

1. 【表 2-5】不同孔徑大小的虹吸管排水情形一覽表

出水情形 \ 孔徑大小	3mm	6mm	8mm	10mm
水位低於彎折點 提早排水次數	24	16	5	0
水位等於彎折點 準確排水次數	6	14	25	30
準確排水成功率	20%	46.67%	83.33%	100%

2. 【圖 2-5】不同孔徑大小的虹吸管出水成功率長條圖



3. 由【表 2-5】和【圖 2-5】，我們發現虹吸管的孔徑越大，則準確出水成功率越高，孔徑越小，準確率越低。九龍杯中的虹吸管孔徑越大，自製澆水器的排水穩定性愈高，不容易有提早排水之情形發生。

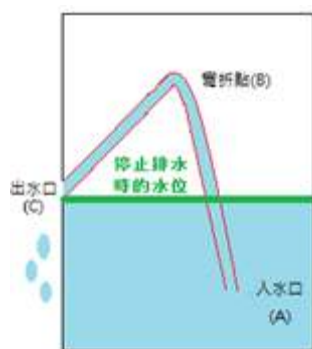
陸、結論

一、探討漏刻的出水口孔徑大小、數量及出水口與水面垂直距離對注水速率的影響。

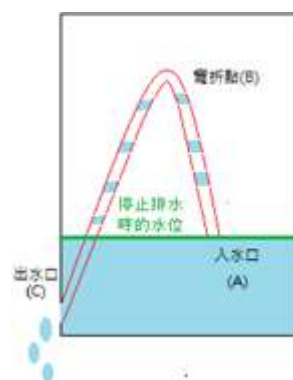
- (一) 水鐘的出水管管徑大小與數量皆會影響水流的流速，所以我們可以藉由控制水管管徑大小或數量，來控制蓄水的時間。如：需要間隔一小時澆 2 公升的水，則可以使用出水孔孔徑大小為 0.2 公分的紙杯(參照【表 1-1】)可得知，其平均流速約為 37.0ml/min，則其 1 小時後可以流出
 $37.0(\text{ml/min}) \times 60 \div 1000 = 2.22$ 公升的水。)
- (二) 因為「靜止液體的壓力(P)」與「出水口和水面間之垂直距離(d)」成正比，所以漏刻出水口和水面間的垂直距離越遠，水壓越大，出水力量越強，注水速率也愈快。因此，隨著水面下降，注水速率也會隨著改變，無法達到定時定量穩定注水的效果。
- (三) 經由討論，我們藉由固定出水口與水面間的垂直距離，而製作出各個漏刻並檢測其注水速率穩定性後，我們發現以加裝自製固定距離支架的漏刻穩定性最高，加裝市售補水器的漏刻次之。當下雨時，加裝市售或自製補水器的漏刻會因雨水滴入，水量變多，使出水口與水面距離變遠，注水速率也隨之變快；而加裝自製固定距離支架的漏刻，當雨水滴入時，乒乓球受浮力影響會隨著水面上升，但出水口與水面距離卻固定不變，注水速率仍能保持穩定。此外，自製固定距離支架僅使用廢棄之氣球、氣球固定器、乒乓球及黏土製作而成，製作材料容易取得且環保，組裝方式簡易，相較於需花錢購買的市售補水器及組裝不易的自製補水器具備更多優點。

二、探討九龍杯杯身大小與管口位置高低對水流流量的影響。

- (一) 九龍杯中的水位還沒有到達水管的彎折點時，水就不會流出來，但是水面如果超過水管的彎折點(B)時，水就會不斷地流出來，直至水位下降至杯內吸管兩端管口入水口(A)及出水口(C)較高處就會停止。若入水口較出水口低，則會下降至 C 點的位置即不再下降，如【圖六】；反之，若入水口較出水口高，則會下降至 A 點的位置即不再下降，如【圖七】。



【圖六】



【圖七】

- (二) 九龍杯所流出的水量主要受「入水口」、「彎折點」、「入水口」與「出水口」三處高度位置的影響。而我們蒐集資料後發現，這是由於入水口與出水口在水中的深度不同而兩點的水壓也會有所不同。雖然外在的大氣壓力是一樣的，但要再加上水壓的影響，所以入水口與出水口兩處的壓力會有大小之別，於是水會由壓力大的一端流向壓力小的一端。因此，當出水口的高度位置比入水口位置高時，出水口位置愈低，則水的流量愈多，而停止排水時的水位剛好與出水口位置相同。

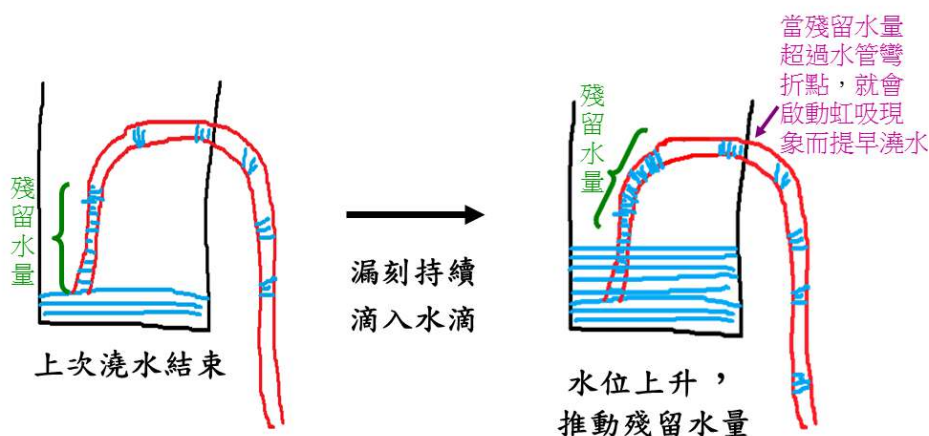
三、觀察毛細現象，並探討花盆底部加裝之輔助物質的材質、長度對於吸水效果的影響。

- (一) 花盆底部的開口數量越多，吸水速度越快，但達到培養土含水量飽和值後，就不會再增加吸水量，而不論開口數量多寡，置入等量的培養土之花盆，在一天內吸水量都會達到達和。
- (二) 而在底部加裝不同材質的輔助物質吸水效果是有差異的，自來水筆筆芯的吸水效果最好，童軍繩次之，紙藤為第三，麻繩最差。而紙藤的吸水效果雖優於麻繩，卻因吸水後會變軟，難以實際應用於回收澆水後多餘的水量。此外，童軍繩的吸水效果雖不是最好的，但卻較自來水筆筆芯便宜，如果實際上要大量使用，可以考慮以童軍繩代替自來水筆筆芯。因時間與經費不足，無法蒐集更多樣的材料來進行研究，希望未來能再探討更多樣性的材料，找出吸水效果更佳，實用性也高的好材料。

- (三) 而在花盆底部加裝之自來水筆筆芯長度越短，吸水效果也越好；而自來水筆筆芯長度越長，吸水能力也會大幅減弱，以 12cm 的自來水筆筆芯製作吸水花盆，實用價值較低。此外礙於時間不足，來不及探討「其他材質輔助物質的長度，是否也會影響吸水效果？」期盼之後能再繼續研究，甚至再針對輔助物質的粗細、浸水部分面積大小等變項進行探討。

四、學習應用原理、設計並應用於實驗：藉由科學實驗與討論進行逐步改良，完成可實際應用於生活中的定時定量自動灑水器。

- (一) 在實際檢測澆水器的定時定量效果後，我們發現澆水器澆水時間間隔並不穩定，澆水的水量也不穩定，觀察發現這是因為在第一次澆水後，九龍杯內會有水量殘留而影響下一次的澆水，甚至水面高度尚未超過彎折點卻開始澆水。查詢資料後發現，這是因為殘留的水珠會因附著力而附著於水管管壁，產生毛細現象，使水珠沿著管壁爬升，此時管內的水面呈凹狀，水管內的水面會高過九龍杯的水面。當殘留水量超過水管彎折點，不論九龍杯內的水面高度是否到達彎折點，都會啟動虹吸現象而提早澆水，如【圖八】。



【圖八】

- (二) 九龍杯內的虹吸管的孔徑越大，則九龍杯的排水穩定性愈高，不容易有提早排水之情形發生，因此將虹吸管孔徑變大可以解決之前實驗所發現的問題。而查詢資料後發現，這是因為虹吸管的孔徑變大，管壁內殘留的水珠之重量也會變重，且水珠的內聚力大於附著力，水珠無法附著於水管管壁而滑落；

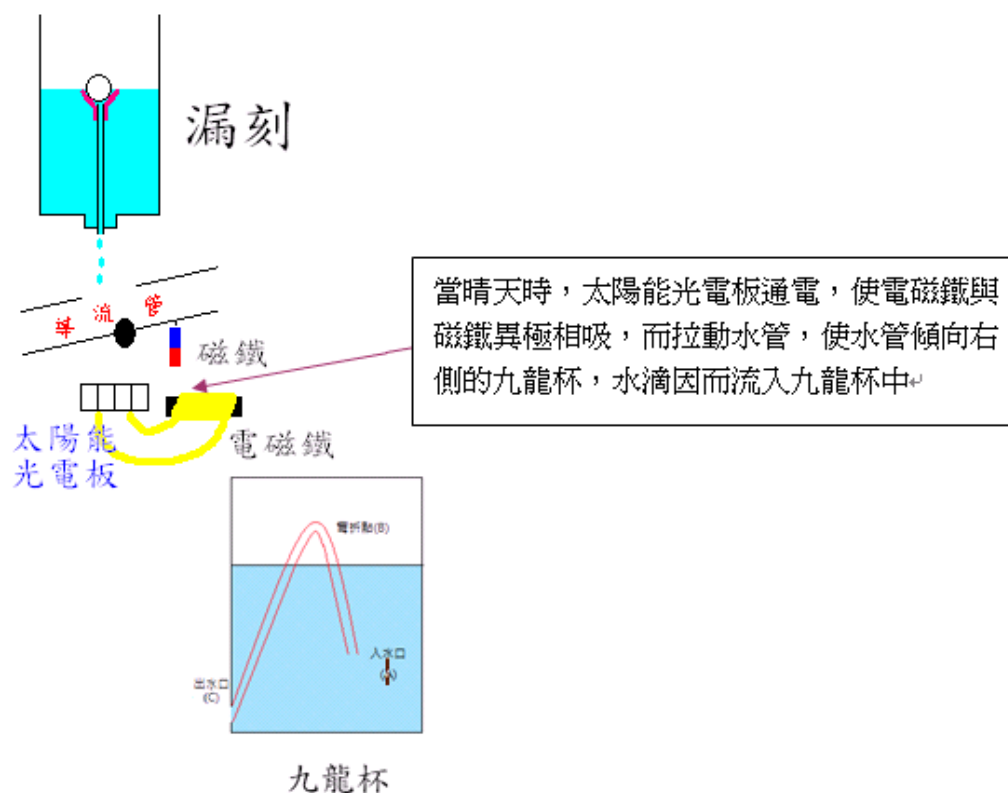
相反地，虹吸管的孔徑越小，管壁內殘留的水珠之重量較輕，且水珠的內聚力小於附著力，更容易發生毛細現象，而引發提早排水的情形。

(三) 在查詢資料的過程中，我們發現全國科展第 49 屆作品-“滴水不漏~節能環保自動澆花器”中，九龍杯並沒有發生提早排水的現象；但全國科展第 50 屆作品-“澆水點滴”中，九龍杯則和我們相同有發生提早排水的現象，而文中提出其解決問題的方法為「在可彎吸管之長邊處塞進了一條橡皮筋，讓水能以較不順暢的方式繼續流通，解決了棘手的出水問題！」之後，我們曾仿製其解決方法製作九龍杯，連續觀察其排水情形 30 次，並紀錄提早及準確排水的次數，卻只有 14 次準確排水，並沒有百分之百解決提早排水的問題。經由討論後，我們推測可能有以下兩點原因，使我們無法獲得與其他科展作品相同之實驗結果：

1. 我們實驗所使用的儀器與物品，與其他科展作品有所不同，而水分子對不同材質吸管、橡皮筋的附著力也會有所不同，而影響實驗結果。
2. 其他科展作品重複實驗的次數較少，第 49 屆科展作品僅重複實驗 3 次，而第 50 屆則重複實驗 5 次，而實驗取得之數據資料越少，相對地，實驗誤差也會越大，實驗結果也較不準確。

(四) 由水鐘原理的探討及九龍杯的實驗研究，我們得知可以應用注水速率的快慢來控制澆水的時間，應用九龍杯中水管彎曲高度來控制澆水的水量，並藉以啟動澆水的機制，而完成了簡易的定時定量自動灑水器。這個裝置的組合十分簡便，材料容易取得，也可以利用生活中的廢棄物品回收再利用，如：寶特瓶等。經由這樣的簡易裝置可以達到定時定量出水的控制，而且可以依照自己實際的需要，如有的植物可能需要一天澆一次水，而有的可能需要三天才澆一次水，調整灑水的間隔時間與水量。若考慮用植物種子或幼苗的澆水使用上，澆水間隔的時間可能需要更長，可以將自製九龍杯的容器加大，以延長灑水間隔和增加每次的供給水量。

五、未來的研究方向：希望能再將自製澆水器與太陽能電磁鐵做結合，當陽光普照時，太陽能電磁鐵通電後，啟動澆水器開關；反之，雨天時，因沒有陽光的照射，太陽能電磁鐵無法通電，則無法啟動澆水器開關，以避免雨天仍持續澆水的情況發生。



柒、參考資料及其他

1. 國民小學自然與生活科技領域教師手冊第四冊台北市康軒文教事業。
2. 國立台灣科學教育館（1999）。大氣壓力與虹吸現象、噴水瓶瓶瓶罐罐的實驗，71-76。
3. 黃明輝(2012)。水瓶側孔的壓力與射程的迷思。物理教育學刊，13(1)，33-40。
4. 郭騰元(2000)水的科學遊戲-不停的虹吸管科學遊戲系列。
5. 全國科展第 49 屆作品「滴水不漏~節能環保自動澆花器」。
6. 全國科展第 50 屆作品「澆水點滴」。

【評語】 080828

本作品利用自動漏刻與九龍杯，來控制澆水的水量與時間，探討出水孔孔徑、數量對水流流速的影響，並利用毛細現象將澆水後流入集水盤中的廢水導引到其他花盆。本作品雖為過去已有之研究，但團隊能找出原系統可改進之處，努力研發改進並探討實驗數據之相關性作出合理的解釋。