中華民國 第50屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　物理科

080119

澆花點滴

學校名稱：臺南市安南區長安國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃子瑀	李宜真
小四 高如吟	朱育穎
小四 李彥彣	

關鍵詞：虹吸現象、連通管原理、槓桿原理

作品名稱：澆花點滴

摘要

澆花能不能有省力的方法？怎麼做能讓班級的盆栽不再因漫長的假期而死亡？

我們從自動灑水器開始想，吊點滴的經歷、四下康軒自然課本的毛細現象及九龍公道杯的虹吸現象、熱水瓶的水位標示、沖水馬桶的槓桿原理、到選擇資源回收杯來製作自動澆花器具，這樣的器具能不能解決我們澆花不求人的需求呢？

壹、研究動機

自然課常要種植物，但是只要遇到星期五就是我們最煩惱的時候，到底是要把植物帶回家，星期一再帶到學校來？還是星期五拚命澆水，期待星期一這些植物還能活著？

教室走廊外的「班花」「班草」就更傷腦筋了，漫長的寒假與暑假該怎麼辦？請人幫忙？還是輪流到學校來澆花？

學長建議我們想個不求人的澆水方法！大家討論了半天也沒有結果，於是決定請老師幫我們想辦法解決這個切身之痛。老師卻鼓勵我們將討論內容做成記錄，將自然課所學的相關原理，用來進行實際的研究，也許我們自己就能夠找出一個既省力又省錢的不求人澆花方法。

貳、研究目的

一、利用虹吸作用做澆花器可行嗎？
二、以木板和螺絲做滴流調節器可行嗎？
三、設計一個自動補水裝置使水位保持恆定可行嗎？
四、設計一個可以定量出水裝置
五、設計一個可以自動紀錄出水時刻的裝置
六、為植物量身設計定時定量的澆花器

參、研究設備及器材

植物盆栽、回收寶特瓶五公升裝、800cc 寶特瓶、家庭號鮮奶瓶、塑膠量杯、500cc 燒杯、各種容量泡沫紅茶杯、彎頭吸管、木板、螺絲、螺帽，口徑 5mm 細塑膠管、水族箱濾水用口徑三分管及四分管、線鋸、曬衣架鐵線、保利龍球、彈珠、免釘黏土、電烙鐵、熱熔膠槍、熱熔膠、電鑽、園藝用塑膠包膜鐵線、金屬墊片、電線、電池座及三號電池、指針型小時鐘、計時用手錶、直尺、海綿塊、眼藥水空瓶、橡皮筋、膠帶、照相機。

肆、研究過程及結果

一、虹吸現象真的可行嗎？

（一）自然課本的說法與我們的想法：

1、四下康軒版自然課本提到澆花相關題目告訴我們：自動澆花器選擇用毛細現象，而不用虹吸作用的理由是因為一虹吸作用的水流量太大！

2、我們認為：如果能解決水流量問題，虹吸作用的觀念是否就能應用在澆花器中呢？

3、理由：在使用棉繩及抹布的毛細現象來引水澆花時，實驗結果會受到溫度及溼度影

響。這樣根本沒辦法做到定量定時的澆花。

（二）實驗：

1、以 5 公升寶特瓶當儲水桶，在底部用電烙鐵熔一個洞，口徑剛好是塑膠管的外徑，將細管插入，用熱熔膠密封，使儲水桶不會漏水。將儲水桶放在比盆栽高的地方，以塑膠管引水到盆栽。

2、流量的確太大，我們必須想辦法減慢塑膠管的引水流量。

3、嘗試作法：

（1）用長尾夾夾住細塑膠管來減少流量，但塑膠管太硬，效果不佳也無法微調。

（2）將塑膠管折彎再用橡皮筋綁住，實驗後可以減少水流量，但也很難微調出水量。

（3）使用兩片木板夾住塑膠管，兩片木板用螺絲旋緊，藉由調整螺絲的鬆緊來微調出水量。

4、當我們實驗時，儲水桶底部竟然漏水！這讓我們發現這方法無法長久使用。於是我們討論改變設計，將細塑膠管由寶特瓶瓶蓋處插入，直到瓶底，另一頭以針筒抽水，塑膠管口出水後把針筒移除，利用課本提到的虹吸原理引水。

（三）記錄：

1、細塑膠管滴流的速率要多快呢？

2、我們先將木板夾住細塑膠管，調整螺絲鬆緊控制水量，滴入量筒，測量 1 毫升的水大約幾滴？如表一

（表一）	10 毫升	20 毫升	30 毫升	平均 1 毫升
第一次滴數	95	195	298	10
第二次滴數	100	201	304	10
第三次滴數	103	204	305	10
第四次滴數	105	202	295	10

二、各種盆栽每天各需澆多少水？

（一）選擇盆栽：大小不一的花盆四盆。

（二）訪問園藝店：

1、以目前初夏的天氣來說，氣溫大約在 20-29℃，花草類植物最好是早晚各澆一次水，水必須澆透，讓盆栽底部排出水即可；金桔類只需土壤全乾再澆水，而且要看土壤保水程度來決定，約一天一次或兩天一次。

2、問過專家後，我們都恍然大悟。難怪不管是學校或家裡的金桔的葉子都快掉光了。

3、我們決定修正澆水的習慣。

（三）為了節約用水，我們將編號 1、2、3 號盆栽早晚各澆一次水，而編號 4 號的金桔則是每天早上只澆一次水。

（四）步驟與結果：

1、在前一天黃昏放學前，將盆栽澆透到底部排水孔流出水來，靜置一晚。隔天早上用量杯澆水到盆栽底部排水孔出水為止。紀錄各盆栽所需水量。

2、金桔盆栽一天只在早上澆一次水。連續三天測量早晚所需的水量（時間約是早上到校及放學後）。如表二

（表二）		編號 1	編號 2	編號 3	編號 4
第一天	早上 7：30	495	395	258	455
	下午 5：00	512	410	268	╳
第二天	早上 7：30	490	388	251	448
	下午 5：00	520	403	262	╳
第三天	早上 7：30	498	375	246	440
	下午 5：00	508	408	255	╳
平均一次（毫升）		504ml/12hr	396ml/12hr	257ml/12hr	448ml/24hr

3、理論上如果滴流速率穩定，編號 1 的盆栽 12 小時澆一次水量約為 500 毫升，換算成滴水速率為 500 毫升＝5000 滴。 12 小時＝12×60×60 秒＝43200 秒。
所以 43200 秒÷5000 滴＝8.64 秒/滴

4、以上述方式換算其他盆栽，得表三：

（表三）	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4
滴流速率(秒/滴)	8.6	10.8	16.6	19.2

三、以木板螺絲製成的滴流調節器可行嗎？

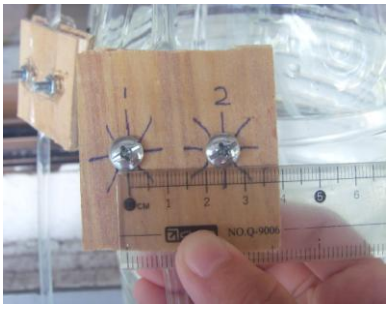
（一）製作過程：

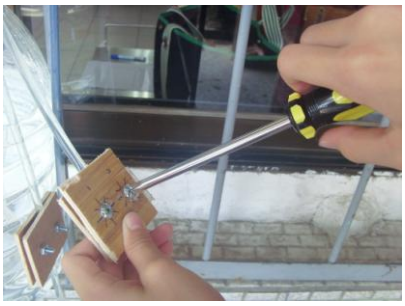
1、到特力屋購買每條 100 公分長、口徑 5 mm 的細塑膠管。

2、使用 4mm 厚的木板，以線鋸鋸成長寬大約 5cm 的大小，將兩片木板疊合。

3、接著用電鑽鑽出兩個間距為 2.5cm 的洞，細塑膠管夾在兩片木板打出的兩個洞的垂直連線上，用螺絲及螺帽旋緊。

4、螺帽用熱熔膠槍固定在木板上，目的是避免轉動螺絲時鬆動或木板跟著轉動。





5、統一將調節器夾在中間，塑膠管一頭放進儲水桶中，儲水桶置於離地面高度為 110 公分的鐵窗上，塑膠管另一頭用針筒抽水，經虹吸現象流出後，移除針筒，再調節兩邊螺絲，約等待 3 分鐘，讓水剛好能夠完全停止，再慢慢放鬆螺絲。

（二）調鬆方式：

1、我們將螺絲轉動一圈等分 8 格。

2、先轉 1 號螺絲 1 格（1／8 圈），再轉 2 號螺絲 1 格（1／8 圈），接著再轉 1 號螺絲 1 格（1／8 圈）……，以此方式輪流調整螺絲鬆緊度。紀錄轉動螺絲的圈數與水滴流的速率關係，如表四。

（表四）	滴流管 1			
1 號螺絲旋鬆（格數）	1 格	1 格	2 格	2 格
2 號螺絲旋鬆（格數）	0 格	1 格	1 格	2 格
每 1 分鐘滴數	18 滴	28 滴	48 滴	66 滴
每 2 分鐘滴數	38 滴	56 滴	95 滴	130 滴
每 3 分鐘滴數	57 滴	85 滴	145 滴	195 滴
平均滴流數（滴/分鐘）	19 滴	28 滴	48 滴	65 滴

（三）結果：

1、從實驗數據中發現：螺絲愈放鬆，出水流量愈大。我們真的可以用這個裝置來控制虹吸作用的出水量。

2、重複上述步驟測滴流管 2 號、3 號、4 號。紀錄如表五

（表五）	滴流管 2			
1 號螺絲旋鬆（格數）	1 格	1 格	2 格	2 格
2 號螺絲旋鬆（格數）	0 格	1 格	1 格	2 格
每 1 分鐘滴數	10 滴	24 滴	56 滴	98 滴
每 2 分鐘滴數	19 滴	49 滴	110 滴	197 滴
每 3 分鐘滴數	29 滴	71 滴	167 滴	295 滴
平均滴流數（滴/分鐘）	10 滴	24 滴	56 滴	98 滴
滴流管 3				
1 號螺絲旋鬆（格數）	1 格	1 格	2 格	2 格
2 號螺絲旋鬆（格數）	0 格	1 格	1 格	2 格
每 1 分鐘滴數	16 滴	30 滴	64 滴	87 滴
每 2 分鐘滴數	33 滴	62 滴	128 滴	175 滴
每 3 分鐘滴數	47 滴	92 滴	194 滴	263 滴
平均滴流數（滴/分鐘）	16 滴	31 滴	64 滴	88 滴
滴流管 4				
1 號螺絲旋鬆（格數）	1 格	1 格	2 格	2 格
2 號螺絲旋鬆（格數）	0 格	1 格	1 格	2 格
每 1 分鐘滴數	12 滴	23 滴	48 滴	125 滴
每 2 分鐘滴數	24 滴	46 滴	95 滴	251 滴
每 3 分鐘滴數	37 滴	70 滴	145 滴	376 滴
平均滴流數（滴/分鐘）	12 滴	23 滴	48 滴	125 滴

3、由表五紀錄的數據看出：

（1）不同條的滴流管，螺絲緊度與滴流量差異很大。

（2）同一條滴流管，螺絲愈鬆，滴流量愈大。

（3）若螺絲調整好，固定不動，3 分鐘內的滴流速率是穩定的。

四、若持續多日，滴流速率能穩定嗎？

（一）實驗步驟：

1、將 5 公升的儲水桶固定在鐵窗的欄杆上，儲水桶距離地面高度為（110）公分。

2、調整螺絲的鬆緊度，測量每小時出水量。

（二）、實驗紀錄：紀錄連續五天滴流管每小時的出水量。

1、第一天測量的數據。

（表五.1）第一天 累積滴流水量（毫升）	儲水桶 水位降低	滴流管 編號 1	滴流管 編號 2	滴流管 編號 3	滴流管 編號 4
1 小時（8：00—9：00）	0.5cm	44cc	35cc	21cc	19cc
2 小時（9：00—10：00）	0.9cm	80cc	66cc	38cc	35cc
3 小時（10：00—11：00）	1.2cm	106cc	93cc	52cc	47cc
4 小時（11：00—12：00）	1.4cm	125cc	115cc	62cc	55cc
5 小時（12：00—13：00）	1.6cm	142cc	132cc	71cc	58cc
6 小時（13：00—14：00）	1.7cm	154cc	145cc	76cc	59cc
7 小時（14：00—15：00）	1.8cm	163cc	152cc	79cc	59cc
8 小時（15：00—16：00）	1.8cm	168cc	156cc	81cc	59cc

2、第二天測量數據：

（1）儲水桶補水到原有高度。

（2）重新調整螺絲鬆緊度，使滴流速率恢復預定值。

（表五.2）第二天 累積滴流水量（毫升）	儲水桶 水位降低	滴流管 編號 1	滴流管 編號 2	滴流管 編號 3	滴流管 編號 4
1 小時（8：00—9：00）	0.5cm	44cc	35cc	21cc	19cc
2 小時（9：00—10：00）	0.9cm	87cc	69cc	42cc	38cc
3 小時（10：00—11：00）	1.4cm	129cc	102cc	60cc	53cc
4 小時（11：00—12：00）	1.7cm	169cc	133cc	77cc	65cc
5 小時（12：00—13：00）	2.1cm	206cc	161cc	92cc	75cc
6 小時（13：00—14：00）	2.4cm	239cc	186cc	103cc	82cc
7 小時（14：00—15：00）	2.7cm	268cc	207cc	113cc	87cc
8 小時（15：00—16：00）	2.9cm	292cc	225cc	121cc	90cc

3、第三天測量數據：

（1）補水到儲水桶直到原有高度。

（2）重新調整螺絲鬆緊度，使滴流速率恢復預定值。（發現調鬆幅度比前一天小）

（表五.3）第三天 累積滴流水量（毫升）	儲水桶 水位降低	滴流管 編號 1	滴流管 編號 2	滴流管 編號 3	滴流管 編號 4
1 小時（8：00—9：00）	0.5cm	45cc	36cc	23cc	21cc
2 小時（9：00—10：00）	1.0cm	88cc	71cc	46cc	41cc
3 小時（10：00—11：00）	1.4cm	132cc	104cc	65cc	57cc
4 小時（11：00—12：00）	1.8cm	173cc	136cc	81cc	68cc
5 小時（12：00—13：00）	2.2cm	210cc	163cc	95cc	77cc
6 小時（13：00—14：00）	2.5cm	245cc	187cc	105cc	83cc
7 小時（14：00—15：00）	2.7cm	277cc	208cc	114cc	87cc
8 小時（15：00—16：00）	2.9cm	305cc	227cc	119cc	91cc

4、第四天測量數據：

（1）儲水桶補水到原有高度。

（2）螺絲鬆緊度幾乎不用調整滴流速率即恢復預定值。

（表五.4）第四天 累積滴流水量（毫升）	儲水桶 水位降低	滴流管 編號 1	滴流管 編號 2	滴流管 編號 3	滴流管 編號 4
1 小時（8：00—9：00）	0.5cm	45cc	36cc	23cc	21cc
2 小時（9：00—10：00）	1.0cm	89cc	72cc	47cc	42cc
3 小時（10：00—11：00）	1.4cm	133cc	105cc	66cc	62cc
4 小時（11：00—12：00）	1.8cm	174cc	138cc	83cc	70cc
5 小時（12：00—13：00）	2.2cm	212cc	166cc	97cc	78cc
6 小時（13：00—14：00）	2.5cm	247cc	190cc	108cc	84cc
7 小時（14：00—15：00）	2.8cm	279cc	211cc	118cc	89cc
8 小時（15：00—16：00）	3.0cm	309cc	230cc	124cc	92cc

5、第五天測量數據：

（1）每小時紀錄數據時，順便補水到原有高度。

（2）螺絲幾乎不用調整。

（表五.5）第五天 累積滴流水量（毫升）	儲水桶 水位降低	滴流管 編號 1	滴流管 編號 2	滴流管 編號 3	滴流管 編號 4
1 小時（8：00—9：00）	0.5cm	45cc	36cc	23cc	21cc
2 小時（9：00—10：00）	0.5cm	90cc	72cc	46cc	42cc
3 小時（10：00—11：00）	0.5cm	135cc	108cc	68cc	63cc
4 小時（11：00—12：00）	0.5cm	179cc	143cc	91cc	83cc
5 小時（12：00—13：00）	0.5cm	224cc	178cc	114cc	102cc
6 小時（13：00—14：00）	0.5cm	267cc	213cc	135cc	122cc
7 小時（14：00—15：00）	0.5cm	310cc	246cc	155cc	142cc
8 小時（15：00—16：00）	0.5cm	352cc	278cc	176cc	160cc

6、綜合五天的實驗紀錄發現：剛開始調整好的出水量，時間一長，出水量會跟著降低，第一天最明顯，第二天之後也有出水量降低的情形。

（1）研判：第一天的出水量隨時間的流逝而快速減少，可能是因塑膠管剛被木板夾住，彈性還很大，所以我們將螺絲旋得較緊以便調整到適當的出水量，這樣的緊度到第二天，塑膠管彈性較鬆弛了，相較第一天的旋緊的狀態，原本的緊度就變得太緊，導致出水量在第二天大幅減少。

（2）結果：滴流調節器（木板加螺絲裝置），須經一天的適應期之後才可穩定使用。

（3）觀察：第二天以後，每小時出水量隨著時間會稍微減少，猜測會不會是儲水桶水位降低的關係？

（4）找答案：設計右圖，當儲水桶水位降低時，瓶底開孔出水的強度就減弱了，也就是說一水平噴水的距離變短了。於是我們再做一次實驗。每

小時紀錄出水量時，順便將儲水桶的水位補充到原有的水位高度。

（5）實驗中發現：滴流管的出水口要在收集的水杯水面上，如果是將管口放在杯底，等到被水淹過之後，管口在水面下，因水壓力的關係，會阻礙滴流管正常出水。這樣會導致出水量減少，甚至停止。

（三）結論：綜合以上紀錄，完成表六。

（表六） 累積滴流水量（毫升）	滴流管 編號 1	滴流管 編號 2	滴流管 編號 3	滴流管 編號 4
1 小時（8：00—9：00）	45cc	36cc	23cc	21cc
2 小時（9：00—10：00）	90cc	72cc	46cc	42cc
3 小時（10：00—11：00）	135cc	107cc	68cc	63cc
4 小時（11：00—12：00）	180cc	141cc	92cc	84cc
5 小時（12：00—13：00）	225cc	178cc	115cc	104cc
6 小時（13：00—14：00）	269cc	214cc	137cc	124cc
7 小時（14：00—15：00）	313cc	249cc	161cc	144cc
8 小時（15：00—16：00）	357cc	284cc	185cc	163cc
平均出水量（ml/hr）	45cc	36cc	23cc	20cc

1、發現只要將儲水桶的上面水位補充到原有水位的高度，也就是水面離出水管口垂直距離保持固定，大致上每小時的出水量就能保持固定。

2、經過討論，我們決定設計能夠自動補水的裝置來保持儲水桶水位固定。

五、自動補水的裝置

（一）運用馬桶水箱，每當使用完並沖水之後，水箱就會自動補水的原理設計出圖二。

圖二

圖三

（二）經測試發現：如果靠橡皮筋的彈力來頂住水的壓力，橡皮筋只要彈性疲乏後，水流會無法停止。於是再次修正改良，設計出圖三。

（三）運用槓桿原理，以浮球邊長力臂的力道去推動短力臂端往上頂，但需顧慮到裝置要能完全放入儲水桶，所以長力臂不能太長，且長力臂需有足夠的力道頂開短力臂，所以在浮球端加 5 個螺帽。

（四）如圖三：

1、將濾水器接管（4 分管和 3 分管）套在一起，再找到適當直徑的玻璃彈珠，彈珠必須剛好可以放入 4 分管內，但又可以被 3 分管頂住。

2、彈珠與 3 分管的接處無法密合會漏水，於是使用免釘黏土來止漏。

3、從馬桶的自動補水裝置中知道：可利用槓桿原理，槓桿長度須配合五公升大小的寶特瓶，所以不能太長。槓桿的材料選自曬衣架的鐵線。

4、當水位降低時，5 個螺帽＋浮球的重量會使長力臂下降，而讓短力臂向上頂開彈珠，此時水會流入儲水桶內。當儲水桶的水位上升到設定的高度，浮球上浮，彈珠堵住洞口使進水停止。

5、問題：

（1）需要多少螺帽的重量才能將彈珠頂離 3 分管，讓水流進儲水桶？

（2）需要多少螺帽才能頂開彈珠與彈珠上方的水柱重量？

6、嘗試將 4 分管加長，如右圖：從 4 分管上方倒水，測量不同數量的螺帽＋浮球的重量能頂開多少水柱高度，並在 4 分管上註記測量出的水柱高度。得表七數據。

（表七）浮球端螺帽數量（個）	能頂開彈珠的最大水柱高度（公分）
5 個螺帽（現有裝置）	33（公分）
6 個螺帽（現有裝置）	37（公分）
7 個螺帽（現有裝置）	41（公分）
8 個螺帽（現有裝置）	45（公分）
9 個螺帽（現有裝置）	50（公分）
當浮球端螺帽數量達到 10 顆螺帽時，浮球的浮力已無法使裝置上浮了，故停止實驗。	

（1）有了補水裝置，計算盆栽每天共需澆水 2700 毫公升，在裝置上層需安裝水箱，若使用家庭號鮮乳瓶作為水箱，則每桶裝水 2750 毫公升，以 3 天為一個澆水單位，需要 3 個鮮乳瓶，以連通管方式將鮮乳瓶串聯，成為一個大水箱。

（2）配合鐵窗安裝好水箱，測量水箱距離儲水桶彈珠的高度為 36 公分，根據表七的數據，在補水裝置的浮球端安裝 6 個螺帽，順利的完成補水動作。

六、不同的飲料杯、吸管彎頭離杯底高度及短邊吸管口長度，與盛裝水量有沒有關係？

（一）分析：細塑膠管不斷的滴水，會使土壤一直處在潮濕狀態，對植物根部的成長不好。

1、 運用虹吸原理設計定量水杯：自然課本中曾提到九龍公道杯，是先將滴流管的水收集到水杯裡，再完整出水澆一次花。

2、 調整水杯中吸管彎頭的長度，看看彎頭吸管的長度和水量有無關係？

3、 使用不同的資源回收飲料杯，將杯底用電烙鐵熔出一個洞，洞口徑約是彎頭吸管的口徑大小，插入吸管後，再用免釘黏土來防漏。

（二）實際測量不同的飲料杯、吸管彎頭離杯底的高度及短邊吸管口長度與能存的水量有無關係？

（三）實驗步驟：一直往飲料杯內倒水，直到彎頭吸管下端開始出水為止。記錄每次的出水量，每種飲料杯皆測 3 次。測量結果如表八。

（表八）吸管彎頭離杯底高度	短邊吸管口長度	小杯豆漿杯（ml）	中杯塑膠杯（ml）	大杯塑膠杯（ml）	特大紅茶杯（ml）
1 公分	1 公分	19	25	29	67
2 公分	1 公分	34	36	40	72
3 公分	1 公分	38	42	47	78
4 公分	1 公分	45	48	54	82
5 公分	1 公分	55	58	63	90
2 公分	2 公分	53	60	70	139
3 公分	2 公分	70	74	75	143
4 公分	2 公分	81	87	90	146
5 公分	2 公分	103	112	116	154
3 公分	3 公分	89	92	117	180
4 公分	3 公分	109	116	121	191
5 公分	3 公分	138	143	149	203
4 公分	4 公分	134	138	155	234
5 公分	4 公分	148	156	161	259
5 公分	5 公分	167	170	190	325

（四）測量結果：

1、不斷往杯子加水，當水面超過彎頭吸管高度時，水即從吸管下端流出。

2、水不斷的流出，直到水位降到吸管短邊管口處，水就不再流出了。

3、流出的水量決定於：

（1）吸管短邊的長度，也就是水位差。

（2）飲料杯內徑的大小。

（五）修正：從結果得知我們要選擇適當（依照盆栽所需的水量多寡）的飲料杯。

1、作法：

（1）測量盆栽半天（12hr）及一天（24hr）所需的水量。

（2）依照測出的各盆栽需水量選擇適當容量的飲料杯。

（3）調整彎頭吸管的短邊長度，使水杯每次流出的水量都符合盆栽的需水量。

2、注意：

（1）避免蚊蟲孳生—定量水杯每一次出水，都要盡量流光。

（2）流光杯內的水—吸管短邊管口須盡量靠近杯底，使虹吸作用能吸光杯內的水。

3、選擇：用燒杯將水倒入定量杯，用量杯測量每一次定量杯自動出水的水量。如表九。

（表九）盆栽	盆栽 1	盆栽 2	盆栽 3	盆栽 4
塑膠杯	520cc	420cc	270cc	460cc
彎頭吸管短邊長	12 公分	10 公分	7 公分	11 公分
第 1 次出水	523 毫升	412 毫升	265 毫升	450 毫升
第 2 次出水	530 毫升	419 毫升	272 毫升	458 毫升
第 3 次出水	527 毫升	425 毫升	275 毫升	468 毫升
第 4 次出水	535 毫升	421 毫升	278 毫升	475 毫升
平均一次出水	529 毫升	419 毫升	272 毫升	463 毫升

（六）發現：

1、第一次加水到吸管彎頭處時規律出水，結果是符合預期。

2、第二次再加水，定量杯的水量只到原先的一半左右，虹吸現象就出水了，結果讓我們驚訝。

3、反覆加水觀察，發現是前一次出水後，有少量的水留在長邊吸管內，詢問老師才知道：原來是吸管和水之間的附著力，讓水存在吸管內部。所以再次加水後，定量杯內水位上升，擠壓到吸管內的空氣，使得吸管長邊處的水掉落，導致虹吸作用提早發生。

七、如何解決定量杯提早出水的問題？

（一）觀察討論：定量杯出水後，彎頭吸管內如果有水柱停留，我們能將吸管內的水吸乾，定量杯就可以恢復正常出水量。

（二）解決：

1、如果將彎頭吸管的口徑加大，應該可以解決吸管和水之間的附著力的問題，但市面上使用的較大口徑的吸管並沒有彎頭的設計。

2、如果能讓吸管裡面殘留的水柱，不會因再次加水而受到壓力造成快速流動，是不是就可以解決定量杯提早出水的問題？

（1）不斷嘗試，直到有位同學在長邊吸管內塞進了一條橡皮筋，讓水能以較不順暢的方式繼續流通，竟然解決了棘手的出水問題！

八、設計自動定時定量澆花器裝置：

（一）解決各項問題後，我們調整螺絲鬆緊度，使滴流速率能在 12hr 時累積定量水杯水的水量，就可以在 12 小時出水一次。

（二）解決無法 24 小時紀錄問題：

1、整個實驗裝置是架設在學校，而我們在學校的時間只有 7：30am 到 5：00pm，無法精確得知出水時間。

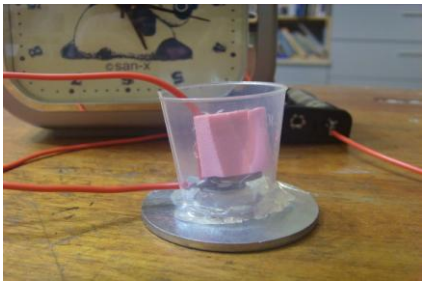
2、媽媽的定時煮飯裝置：我們選擇傳統指針型的小型鬧鐘來設計，讓定量杯出水時，會造成時鐘斷電。這樣指針就能停留在出水的時刻。

（1）作法：先將兩片金屬片與時鐘以電線串連成一個通路，當金屬片相接觸時是通路，時鐘是正常運作；當金屬片分開時，電路則是斷路，時鐘停止運轉。下方的金屬片用熱熔膠固定於量杯底部，另一片金屬片上方固定一塊海綿。如右圖

（2）完成裝置後，在原本擺盆栽的地方先放置量杯，當量杯無水時，兩片金屬片接觸電流流通，時鐘是正常運作的，當定量杯的水注入替代盆栽的量杯內時，海綿會往上浮起，使兩片金屬片分開而斷電，時鐘的指針就會停留在出水時刻。

3、原本讓兩片金屬分開而斷電的海綿，實驗後發現：

（1） 海綿與金屬片重量太輕，不容易與下方的金屬片緊密接觸。如果金屬片無法確實緊密接觸，隨時都有斷電的可能，這樣會嚴重影響實驗結果。



（2） 先將金屬片改成螺帽，卻發現海綿的浮力太小，水注入量杯時，無法往上浮起。

（3） 將海綿換成浮力較大的塑膠空瓶，配合裝置大小，選擇眼藥水空瓶與螺帽相黏，實驗後，確定此裝置確實可行。

4、有了定時裝置，即使不在學校，也能準確得知定量杯出水的時間。

（三）修正：

1、定量杯是用回收飲料杯，多日的實驗後發現：

（1） 飲料杯杯口太大未加蓋，在集水的過程中，容易有沙子、小蟲或枯葉等雜物吹

進杯中，造成出口阻塞。

（2） 杯口口徑大，將飲料杯綁在窗戶邊的花架上時，不容易平衡直立，過程中因不穩翻倒過數次。

2、經討論，我們改使用寶特瓶：

（1）瓶身較窄且瓶口可加蓋，也容易綁在花架上。

（2）將瓶蓋用電烙鐵熔出適合滴流管插入的洞口，再將滴流管插入。

3、受阻：出水有減慢的狀況。觀察許久發現：

（1）寶特瓶為密封容器，容器內的空氣佔有空間，無法排出。

（2）瓶內空氣無法排出，會阻礙滴流管進水。

4. 解決：

（1）喝養樂多時，如果只開一個洞，要很努力吸才喝得到。不過只要在洞口對面再開一個小洞，就能輕鬆的把飲料喝完。於是我們也在寶特瓶的接近瓶蓋的瓶身上方鑽一個小洞，讓瓶內空氣可以順利排出，確實解決了出水減慢的問題。

（四）滴流管配合定量寶特瓶測出水量及出水時間：

1、在 3/22 放學前，將裝置滴流管 1、2 及 3 安裝好。計時時鐘放在盛水量杯內。

2、滴流管 4 在 3/23 上午 7：30 第一次安裝計時，將定量寶特瓶內的水倒完。紀錄實驗如表十。

表十	滴流管 1		滴流管 2		滴流管 3		滴流管 4	
搭配定量寶特瓶	500 毫升		400 毫升		250 毫升		450 毫升	
第一次出水日期時間	3/23	上午 5：23	3/23	上午 5：48	3/23	上午 6：05	3/23	上午 7：30
第二次出水日期時間	3/23	下午 5：32	3/23	下午 5：26	3/23	下午 5：51	3/24	上午 7：18
第三次出水日期時間	3/24	上午 5：49	3/24	上午 5：09	3/24	上午 5：37	3/25	上午 7：00
第四次出水日期時間	3/24	下午 5：56	3/24	下午 4：46	3/24	下午 5：26	3/26	上午 7：04
第五次出水日期時間	3/25	上午 6：12	3/25	上午 4：38	3/25	上午 5：04	3/27	上午 6：45

4、實驗之後，我們從數據中得到出水時間及水量都符合我們的期望。

伍、研究結論

一、以細塑膠管用虹吸作用引水澆花是可行的，但儲水桶須放在比盆栽高的地方，才能使虹吸作用引水。

二、虹吸作用水流太大，要使用調節水流量的裝置，於是我們以木板和螺絲製成的可調節流量的控制裝置。

三、虹吸作用會隨著上方儲水桶水位降低而使出水量變慢。

四、為了使儲水桶的水位能夠保持一定，我們製作自動補水裝置，使水位能保持恆定。

五、為了能一次加水後，多天使用（三天），又受限上層補水箱是選用資源回收的家庭號鮮乳瓶，容積不夠大，於是我們用連通管原理連接多個水箱，並設計水位刻度標示。

六、基於寶特瓶各項優點，選擇寶特瓶作為虹吸原理的定量出水水杯。

（一）寶特瓶有瓶蓋：

1、可減少蒸發。

2、雜物不會掉落瓶內

3、避免滋生蚊蟲，預防登革熱。

（二）寶特瓶瓶身細長：

1、材質較堅固。

2、方便固定。

七、設計以浮力方式斷電的小時鐘裝置，方便精確測量出水時間。

陸、討論

一、以木板、螺絲所組成的滴流調節器，需經過一到三天的時間適應，讓夾住的塑膠管彈性疲乏後，才能較準確的維持滴流量。

二、儲水桶水位高度離滴流管出水口需維持一定的高度，否則調節器的流量（螺絲的鬆緊度）又需重新調整，整套設備一經設置後，最好不要移動。這是最不方便的地方。

三、加入的水必須乾淨，以免懸浮物阻塞滴流調節器，這是缺點，每次加水時必須要密切注意的事項。

柒、參考資料及其他

一、第 48，49 屆全國科展

二、康軒版國小四下自然與生活科技課本（虹吸作用、連通管原理）

三、康軒版國小六下自然與生活科技課本（槓桿原理）

四、北安路金石園藝店

【評語】080119

1.表達能力頗佳。

2.題材有實用性，控制變因探討宜再深入。

3.建議提出適用性的說明。

4.作品可考慮圖表的整理。