

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國小組

生活與應用科學科

科別：生活與應用科學

組別：國小組

作品名稱：讓水均衡一下：定時定量自動灑水器

關鍵詞：滴水引泉、魔術杯虹吸彎管、定時定量灑水器

編號：080803

學校名稱：

台北縣永和市永和國民小學

作者姓名：

沈宜君、薛惠云、曹銓、陳威仁、謝承翰、何承勸

指導老師：

莊惠年、陳文菁



摘要

我們首先從滴水引泉中了解什麼是虹吸現象，探討虹吸現象的操縱、變因；從實驗中觀察水管設置的高低、水流的時間、壓力等各項變因對虹吸現象影響。以及“不可貪心的魔術杯”的實驗中，探討倒入杯中的水，如何流出和影響的變因，發現流出水量與彎管在液面下的深度有關，因此可以控制每次流出的水量。我們經由腦力激盪式的討論，又發現它的應用價值，於是我們藉由滴管孔徑大小控制時間間隔，不可貪心魔術杯的彎管控制流量，利用保特瓶設計出第一代的簡易定時定量澆水器。再由實驗記錄和學習單所獲得的經驗，經討論後又設計了更省水、更便利的自動澆水器；結合馬桶、定時開關和抽水馬達等設備，完成第二代的每日定時定量自動澆水器，可應用於定時定量自動捕給冷卻用水或澆花用水，可以簡易完成一週定時定量澆水的工作，若有多餘的水，仍可循環再度使用；特別在種子發芽、小樹苗的培育階段、或冷卻車胎或機械車床等之補給用水。讓澆水工作也能自動化的均衡一下，讓幼苗吸收最適當的水分，長得更健康。

壹、研究動機

有一天，我們從國語日報科學教室讀了一篇有關九年一貫課程綱要「自然與生活科技」學習領域，利用虹吸現象抽水原理，設計“不可貪心的魔術杯”，裝置簡單；杯中的飲料滿過吸管就全部流光了，教我們不可貪心，也非常有趣！於是和老師討論，利用所學過四年級下學期自然課第五單元 - 無孔不入的水，瞭解虹吸現象、水壓力和空氣壓力。我們蒐集其他書籍的相關資料，試著利用其中流量的控制、時間的控制，考慮設計適當的定時定量自動灑水設備，一再的討論改進，利用日常生活中常見的東西，完成第一代灑水器，進而發展出第二代的定時定量自動澆水器。除了增進對這些現象的了解，並利用科學實驗，希望設計出可以應用在生活上的用具。

貳、研究目的

- 一、觀察虹吸現象，探討影響虹吸現象的變因。
- 二、藉由滴水引泉實驗了解壓力的傳遞。
- 三、從生活中“不可貪心的魔術杯”的製作，瞭解虹吸現象有趣的應用。
- 四、學習應用原理、設計並應用於生活；藉由科學討論並加以逐步改進，完成真實可應用的作品 - 定時定量灑水器及第二代精準自動澆水器。
- 五、學習資料蒐集、實驗、討論並加以整理後，培養科學文章或報告方式表達的能力。

參、研究設備及器材

- 一、保特瓶或玻璃瓶、紙杯或塑膠杯。
- 二、透明水管、吸管。
- 三、刀子、粘土、速乾膠、尺。
- 四、馬桶水箱（內附浮球沖水裝置）、水箱、塑膠 PVC 管。
- 五、計時器、電控出水開關、定時開關、抽水馬達、濾網。

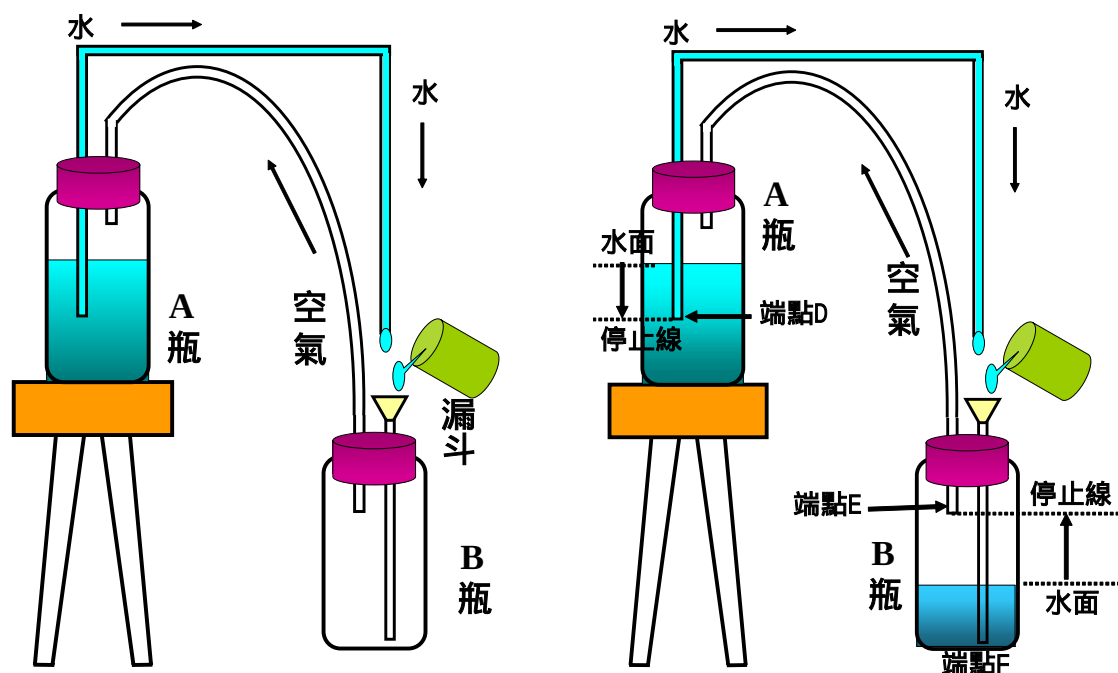
肆、研究過程及結果

一、利用虹吸原理所製作的「滴水引泉」

經由課本虹吸現象、水壓力和空氣壓力的瞭解，以及壓力傳遞現象，我們進行滴水引泉實驗，希望利用空氣壓縮、水位差和虹吸現象，探討其變因和引泉的現象。

(一) 作法：

由漏斗倒入少許的水，壓縮 B 瓶空氣，經由塑膠管至高處的 A 瓶後，在將 A 瓶中的水壓送回 B 瓶，即啟動虹吸抽水現象並可不斷循環，將 A 瓶中的水引至 B 瓶中【如圖一】。



圖一、滴水引泉裝置及現象說明圖

(二) 想一想：

1. 改變 A 與 B 瓶的水面差，觀察有什麼影響。
2. 一開始 B 瓶的水面和端點 F 它們的變化會有什麼影響。

(三) 觀察結果：

1. 在漏斗中倒入少許的水，水進入管中後就會壓縮 B 瓶中的空氣，始空氣壓入 A 瓶中，而 A 瓶中的水再被空氣推出水管，流到 B 瓶中，不斷的循環，將 A 瓶中的水引至 B 瓶中。
2. B 瓶水面位置再 A 瓶水面下時，且水面愈低，水流的愈快【如圖二】。

A、B 瓶水位 高度差	一階 (19 公分)	二階 (2x19 公分)	三階 (3x19 公分)
引泉時間	2 分 20 秒	1 分 13 秒	58 秒



圖二、B 瓶與 A 瓶液面差不同，引泉流速也不相同；如圖位差三階比二階流得更快。

(四) 討論：

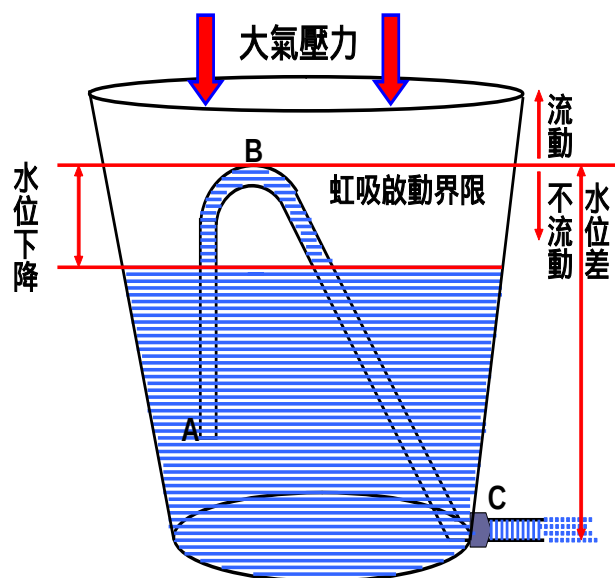
1. 一開始的 B 瓶如果是空的，滴水引泉會順利開始，如果存在殘餘水面高於管口端(點 F)滴水引泉會因為空氣一開始就被壓縮在漏斗管內，水不易流下，不易啟動引泉裝置。
2. 影響引泉流速的快慢，主要是 B 瓶與 A 瓶液面差的高低。
3. 流出或引泉的總水量由 A 瓶的端點 D 控制。

二、利用虹吸現象抽水 - 製作不可貪心的魔術杯

九年一貫課程綱要「自然與生活科技」學習領域，老師曾教導我們製作不可貪心的魔術杯；我們喝飲料時，總希望飲料倒得越多越好，最好是滿滿的一杯才能喝個過癮。而魔術杯中的飲料只能倒八分滿，如果超過可是會流光的喔！那怕多一點點也不行。希望我們不要貪心，學會只拿剛剛好的道理。

(一) 作法：

1. 在紙杯側面靠近杯底處，以原子筆尖戳一小洞，大小以剛好能塞入可彎吸管為準。
2. 取一支可彎吸管，在可彎處對折。一邊長度為紙杯約八分滿時的高度，另一邊的長度要短一公分。
3. 取另一支可彎吸管，在可彎處兩邊各留下約 1.5 公分。
4. 以原子筆尖塞入長的可彎吸管六、四公分段的末端，把吸管口撐大，讓另一支可彎吸管能緊緊的套入，避免在連接處漏水。
5. 把短的可彎吸管從紙杯內的洞口穿出，再把步驟 4 撐大的吸管口，套在短的可彎吸管在杯內的那端。
6. 檢查一下，如果吸管和紙杯接縫處會漏水，再以黏土把漏水處填補好，不可貪心的魔術杯就完成了【如圖三】。



圖三、不可貪心的魔術杯說明圖

(二) 想一想：

1. 調整長可吸管兩端的長度，觀察杯內水量與流量的情形。
2. 調整長可彎吸管可彎處於杯內的高度，觀察高度與流水的情形。
3. 改變可彎吸管和紙杯連接處的高度。

(三) 觀察結果：

1. 在杯內到水，只要超過八分滿，也就是可彎吸管的頂端，水就會流出來，直到水位低於杯內吸管口才會停下來。但只要水不超過八分滿 彎管頂端，就不會流出來，B 點即是啟動虹吸抽水現象的界面。
2. 當虹吸抽水現象啟動，C 點出水由快 遠 逐漸變慢 近；水位低於 A 則停止。
3. 當 C 連接在杯底，AB 即控制可流出之水量，A 越低或 B 越高，流出水量越多。A 越接近杯底，越可將杯內的水接近流光，但仍會剩下一點水。
4. BC 越高，一開始流出的水越快，即 C 點出水越遠。
5. C 若高於 A 點，則水位下降至 C 點即不流動。

(四) 討論：

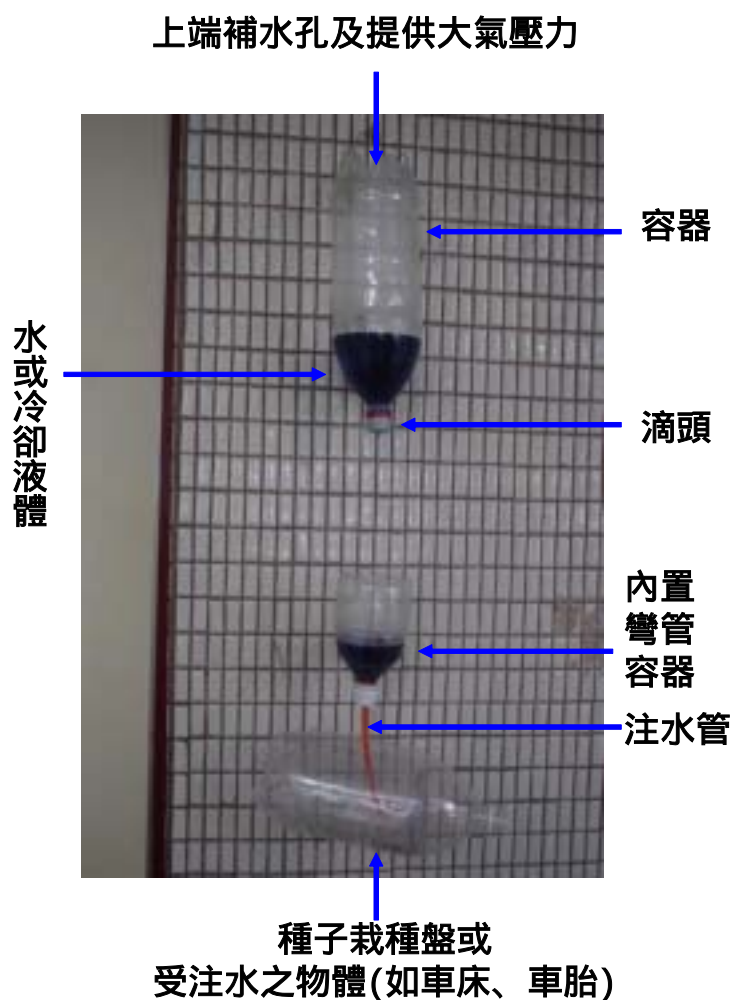
1. 虹吸現象在日常生活中，如魚缸換水、油箱抽油等均可見其應用其原理，輕輕鬆鬆便可完成工作。
2. 本實驗說明虹吸抽水現象，水位達到 B 點即啟動，讓 C 點流出水；注水速度的快慢，將可控制出水的時間和開關，此裝置可應用定時出水的開和關。
3. 彎管中 AB 高度的容量，即可控制每次啟動後的出水量，也是一種很好定量的控制裝置。

三、第一代簡易定時定量灑水器

由虹吸抽水現象以及不可貪心的魔術杯的討論，應用注水速率的快慢，彎管的定量和啟動裝置，我們利用保特瓶、針頭和吸管等，設計了第一代簡易定時定量灑水器，希望能實際使用於自動定時定量補給冷卻用水或種子發芽及幼苗的給水控制。

(一) 作法：

1. 將保特瓶倒掛，下端瓶口置入注射針頭或細管 或鑽孔。
2. 保特瓶的水經細管或細孔，流入如不可貪心的魔術杯的容器。
3. 魔術杯內水溢過彎管開始啟動注水，流入種子栽種盤或機械物體。
4. 裝置如圖四。



圖四、第一代簡易定時定量灑水器

(二) 想一想：

1. 灑水時最重要的是多久灑一次？即如何控制注水間隔？
2. 每次灑多少水？如何控制水量？
3. 討論其實際應用情形及優缺點。

(三) 觀察結果：

將第一個倒掛保特瓶每 50 毫升標示一刻度，分別以不同孔徑往備有彎管容器注水，觀察並記錄其澆水時間及澆（注）水水量。

即注水孔徑：控制澆水間隔。

彎管高度或長度：控制澆水水量；可如同不可貪心魔術杯事先測量每次大約出水量，因虹吸抽水啟動，仍持續注水，而虹吸抽水停止，容器也保存彎管底端下面部分的水量，故實際澆水量應以第二次以後保特瓶水位下降與前一次水位差，才是每次確實的出水量。

1. 保特瓶之出水孔徑約 3 毫米，容器內彎管約 5 公分高

啟動虹吸抽水次數	灑水時間間隔	澆水時間	水位下降量 (毫升)
第一次	20 分	16 秒	150
第二次	13 分	16 秒	125
第三次	13 分	17 秒	100
第四次	14 分	16 秒	125
第五次	13 分	16 秒	125

(1) 因虹吸彎管容器底部第一次灑水後，會殘餘部分的水，因此自第二次起計算。

(2) 澆水間隔約 13~14 分/每次；澆水時間約 16~17 秒/每次；澆水量約 100~125 毫升/每次。

(3) 澆（注）水間隔短，可應用於車床等機械定時定量自動灑出冷卻用水。

☞ 若用於澆水間隔太短，改以針頭於瓶蓋鑽孔，重覆以上實驗並記錄如下

2. 保特瓶出水孔以針鑽二小孔，容器內彎管約 5 公分高

啟動虹吸抽水次數	灑水時間間隔	澆水時間	水位下降量 (毫升)
第一次	2 時 30 分	17 秒	150
第二次	1 時 30 分	16 秒	100
第三次	1 時 43 分	15 秒	100
第四次	1 時 28 分	17 秒	125
第五次	1 時 51 分	17 秒	100

(1) 因虹吸彎管容器底部第一次灑水後，會殘餘部分的水，因此自第二次起計算。

(2) 澆水間隔約 1 時 38 分/每次；澆水時間約 15~17 秒/每次；澆水量約 100~125 毫升/每次。

(3) 澆（注）水間隔達小時，可應用於行駛車量自動定時定量灑出冷卻輪胎用水，或其他機械冷卻用水。

3. 保特瓶出水孔以針鑽一小孔，容器內彎管約 5 公分高

啟動虹吸抽水次數	灑水時間間隔	澆水時間	水位下降量 (毫升)
第一次	4 時 10 分	15 秒	150
第二次	2 時 45 分	14 秒	100
第三次	阻塞 (孔徑過小，亦受雜質和灰塵阻塞)		

- (1) 澆水間隔可達 2 時 45 分/每次；澆水時間約 14~15 秒/每次；澆水量約 100 毫升/每次。
- (2) 澆（注）水間隔達小時，可應用自動定時定量灑出寵物補給飲水、行駛車量冷卻輪胎用水，或其他機械冷卻用水等等。
- (3) 為延長啟動澆（注）水時間間隔，孔徑約為針孔大小，但容易阻塞。

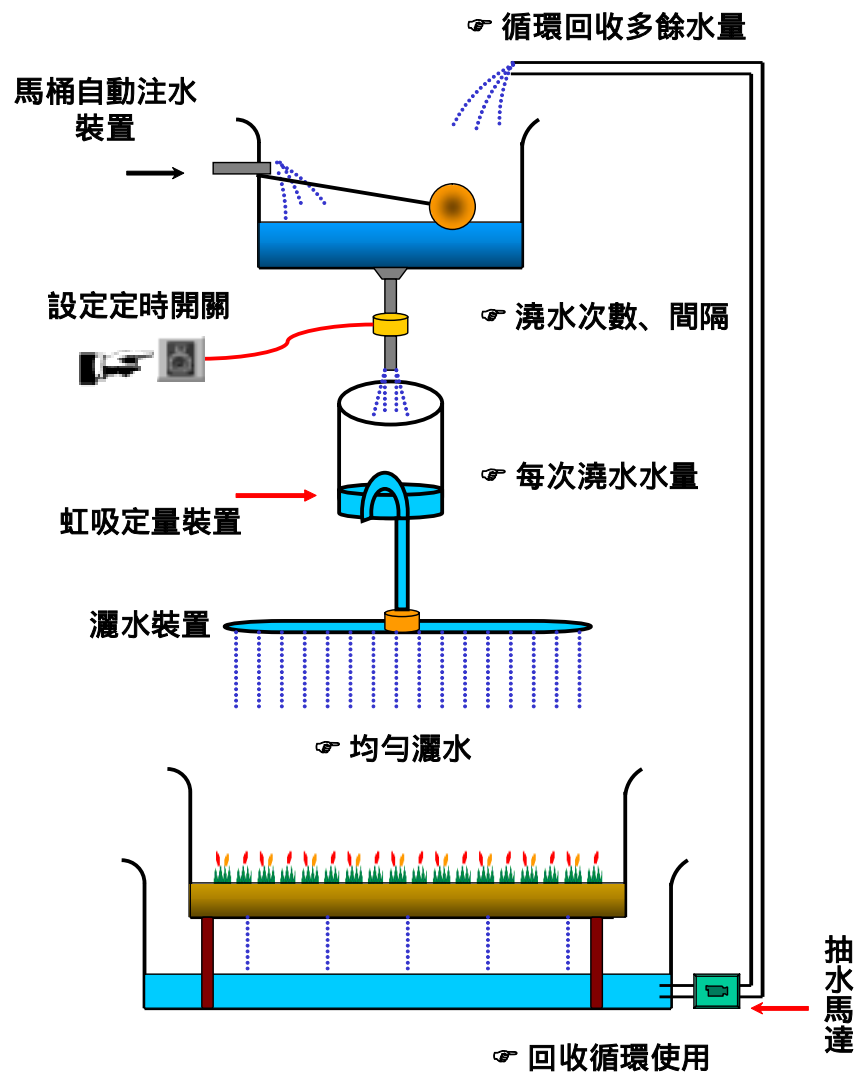
(四) 討論：

優點 1. 本裝置很簡便，材料可由日常生活中廢物利用。
2. 確實可達定時定量出水之控制。
3. 依照實際不同的灑水時間間隔，可應用於不同用途；如間隔數十分鐘，可用於車床等機械冷卻灑水或冷卻液體，間隔數小時可應用於養鳥定時定量補給用水或行駛車量冷卻輪胎用水。

缺點 1. 若考慮用於植物種子或幼苗實際澆水間隔需更大，可考慮加上自動定時開關，延長澆（灑）水間隔時間，可避免孔徑太小，造成阻塞問題。
2. 多餘的水可考慮回收循環使用。
3. 澆水端可增加細小出水孔或旋轉方式，更可以均勻灑水。
4. 此規模較小，應用較為有限；虹吸彎管容器加大，可延長灑水間隔和增加每次給水量，便可用於幼苗培育上。

四、第二代定時定量的自動灑水器

依據第一代簡易定時定量灑水器的優缺點分析討論，除了灑水間隔短可應用於其他方面，我們希望也能設計出自動又可循環的澆水器，藉由我們的構思，老師也提供了現有自動控制設備；結合馬桶、定時控制開關、虹吸作用 U 型彎管、灑水裝置和馬達等，完成下列示意裝置【如圖五】，具有均勻地分次定時定量澆水功能，又可自動補水，回收循環多餘用水，特別在種子發芽或幼苗培育階段，既便利又可植物幼苗獲得最適當的水分。



圖五、第二代定時定量自動灑水器示意圖

☞ 說明

基於第一代灑水器可應用於不同用途，我們改良後延長灑水間隔，便可應用於植物幼苗灑水的工作上。如圖由上而下，最上端馬桶浮球可控制自動補水，定時開關可一次設定一週內控制澆水次數與間隔，虹吸彎管可簡便控制每次澆水水量，灑水裝置均勻灑水，馬達回收多餘水分循環使用【如圖六】。



圖六、第二代第二代定時定量自動灑水器試驗情形

伍、討論

1. 滴水引泉實驗中，在開始啟動時，B 瓶中最好不要有水，否則到入漏斗中的水會堵在漏斗中，甚至無法啟動裝置。瓶內沒有水，較容易啟動引泉裝置。
2. 實驗過程將紅墨水滴入水中，更有助於觀察管中水流或空氣壓縮等的情形。
3. 虹吸彎管的杯內水位還沒有到達長可彎吸管的彎處時，水就不會流出來，但是水面如果超過長可彎管的彎處時水就會不斷的流出來，直到出水口的那條線就會停止。
4. 因製作過程中會使用黏土，為了衛生及安全起見，不可用魔術杯裝飲料飲用。
5. 第一代灑水器時間間隔太短，用於植物灑水，易造成水流的太快而可能澆水次數頻繁，而易導致植物種子或幼苗死亡；但可作為其他用途，如養鳥用水、行駛車量輪胎冷卻、或車床運轉冷卻之用。

陸、結論

1. 滴水引泉利用滴入漏斗中的水來壓縮空氣，經由塑膠管壓縮到裝了水的瓶子(B 瓶)中，使瓶中的水經由塑膠管再推出來，並流入空瓶(B 瓶)中；如此啟動虹吸裝置並不斷的循環，可直到裝水的瓶子(A 瓶)中的水全部流到空瓶子(B 瓶)中。
2. 不可貪心的魔術杯內的水位還沒有到達長可彎吸管的彎處時，水就不會流出來，但是水面如果超過長可彎管的彎處時水就會不斷的流出來，直到水位下降至杯內吸管端口就會停止。
3. 滴水引泉兩瓶的水面高度差，以及不可貪心的魔術杯彎管頂端與出水端的高度差都是影響流速快慢的主要原因；隨著高度差減少，流速變慢。
4. 不可貪心的魔術杯中，當出水端點 C 連接在杯底，AB 即為可流出之水量，A 越低或 B 越高，流出水量越多。A 越接近杯底，越可將杯內的水接近流光，但仍會剩下一點水。
5. 由虹吸抽水現象以及不可貪心的魔術杯的討論，應用注水速率的快慢，彎管的定量和啟動裝置，並利用簡易器材如保特瓶、針頭和吸管等，保特瓶注水孔徑可控制澆水間隔，而虹吸作用的彎管高度或長度則可控制澆水水量，完成第一代簡易定時定量灑水器，可確實作定時定量的給水控制。

注水孔徑	灑水間隔	灑水量	用 途
3 毫米	13~14 分鐘	100~125 毫升 (可由虹吸彎管任意調整)	車床等機械定時定量自動灑出冷卻用水。
2 個針孔	1 時 38 分		1. 寵物補給飲水。 2. 高速行駛車量冷卻輪胎用水。 3. 其他大型機械冷卻用水。
1 個針孔 (易受雜質阻塞)	2 時 45 分		1. 寵物補給飲水。 2. 高速行駛車量冷卻輪胎用水。 3. 其他大型機械冷卻用水。

6. 第二代定時定量自動灑水器，結合馬桶裝置與自動定時開關，規模也較大，可應用於苗圃或校園溫室得澆水。可一次設定一週內時間，具有每天均勻地分次定時定量澆水，自動補水，回收循環多餘用水等功能，非常方便。
7. 未來若能將灑水管設計可旋轉，則可仿降雨更廣佈的澆水，達到真正均勻給水的作用。
8. 自動定時定量澆水器，可廣泛應用於其他定時定量給水之用；未來稍作改良，或直接可用於寵物飲水，車床機械冷卻，高速行駛車胎冷卻，溶劑和溶質的自動混合等實際用途。

柒、參考資料

- 一、國語日報科學教室：九年一貫課程綱要「自然與生活科技」學習領域 - 利用虹吸現象抽水，中華民國九十一年。
- 二、國小六下自然教學指引：第四單元水資源與水污染，牛頓開發教科書公司，第 98-121 頁，中華民國九十一年。
- 三、國小四下自然：第五單元 - 無孔不入的水，康軒文教事業，第 59-63 頁，中華民國九十年。
- 四、瓶瓶罐罐的實驗：大氣壓力與虹吸現象、噴水瓶，國立台灣科學教育館，第 71-76 頁，中華民國八十八年。
- 五、郭騰元審訂，科學遊戲系列 4：水的科學遊戲 - 29 不停的虹吸管，牛頓開發教科書公司，第 41 頁，中華民國八十九年。
- 六、自然與生活科技 4 上：主題二好玩的力 - 活動四虹吸現象與連通管，光復書局出版，第 54-59 頁，中華民國九十一年。
- 七、中華民國第四十二屆台北縣中小學科學展覽作品說明書：讓水爬樓層 - 循環式無電雙噴泉，中華民國九十一年。

捌、研究實景照片

☞ 研究討論



☞ 虹吸現象與滴水引泉實驗



☞ 壓力遊戲 - 水火箭



☞ 不可貪心的魔術杯製作與測試



☞ 第一代定時定量灑水器製作與測試





☞ 第二代定時定量灑水器製作與測試



評語

本作品具科學觀察精神，以簡易的材料製作，但結果完整且具實用性，現場講解示範清楚明確，但在作品的創意性上可再強化，使作品更完善。