

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

團隊合作獎

080121

黃河之水天上來-免電力自動補水

學校名稱：臺南市仁德區大甲國民小學

作者： 小四 田語潔 小四 王李仁翔 小四 宋博恩 小四 宋侷展	指導老師： 廖仲文
--	--------------

關鍵詞：免電力、虹吸原理、補水換水系統

摘要

最近經常停電，老師常常宣導因應地球暖化要節能減碳，因此我們搜尋資料並嘗試設計不需要電力的魚缸供水系統。歷經第一代簡易供水系統的研發，第二代運用希羅噴泉的探究提供水源，到第三代運用**虹吸原理**設計除了供水之外還能幫魚缸替換原本的舊水達到活化魚缸水的功效，已經可以取代原本需要馬達抽換水的功能。本研究還使用廢棄或可回收的物品來完成主要供水設備，除了創意十足外，可行性非常高，運用**大自然的力量**當作能源，可以減緩地球資源耗盡枯竭的時程。希望資源可以永續發展，也為我們生活的地球盡一份小小孩的心力。

壹、前言

一、研究動機

四年級上學期的自然課程**水中生物**單元裡，用魚缸養了許多魚與水草，養魚很有趣，可是魚缸水會蒸發，用久了水也會變得非常混濁，需要經常補充水源或是更換魚缸水以及打氣，以便讓水中的動植物能有乾淨的環境生活。

近年來地球暖化日趨嚴重，台灣又經常停電或跳電，如今年 **303 全台大停電**影響了 549 萬住戶，部分用戶停電時間長達 12 小時以上，也造成國內的半導體、石化、鋼鐵、光電等產業嚴重受創，估計損失上百億元以上，因此若能研究出免電力的換水裝置，就可以避免電力中斷問題，節能省碳。

二、研究目的

- (一)、研製無電力自動補水系統。
- (二)、探索並運用希羅噴泉系統的奧秘。
- (三)、運用虹吸原理、設計自製魚缸自動換水裝置。

貳、研究設備及器材

- 一、回收寶特瓶、熱熔膠、焊槍、三秒膠、AB 膠。
- 二、回收吸管、風管、剪刀、美工刀、游標卡尺。
- 三、量水杯、計時器、大頭針、黏土。
- 四、魚缸、木板、開關、相機、手機、水流控制開關。

參、研究過程或方法

【研究一】研製自動偵測水位補水系統

一、方法與學理探討

從水族用品店與網路商品得知，利用一個封閉的寶特瓶，在上面開兩個洞，兩個洞分別位於高低不同的地點，分別接上吸管，其中一根的管口(圖一管 A)接到要補水的高度，當水位低於此高度時，寶特瓶中的水便可以順利的流出來。

參照上述辦法，我們設計出圖一的第一代簡易補水裝置：一個密閉的寶特瓶，用焊槍鑽出兩個洞，再黏接兩條吸管。

將 A、B 兩吸管管口浸入魚缸中，當水位低於 A 管時，此時水會從寶特瓶中流下補充，直到水位高過 A 管口，此時外部空氣無法由 A 管口進入，藉由大氣壓力的力量擋住寶特瓶的水流下，一旦水位低於 A 管口，空氣便進入了寶特瓶中了，破壞了平衡，水又可以流到下面的魚缸中補充，如此周而復始，直到寶特瓶沒水為止。



圖一、第一代自動補水裝置設計圖

二、製作紀錄

取一個回收的牛奶瓶，去掉包裝紙，為了讓裝水方便，我們將牛奶瓶直立，瓶口朝上，如此比較好做裝水的操作，接著用尺量一下牛奶瓶的高度，並做上高度標記，每一公分標一格，接著為了讓所有瓶中的水都能排出，所以經過大家的討論，決定將出水口設在牛奶瓶的最底部(如圖二黃色吸管處)。



圖二、第一代自動補水裝置成品圖

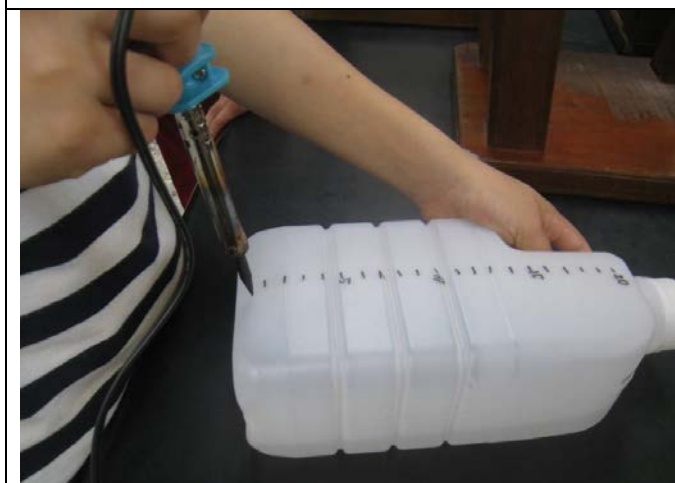
(一) 第一代自動補水裝置製作過程



圖三、選擇可以彎曲的吸管



圖四、先用針先鑽個小洞



圖五、用焊槍趁熱鑽小洞



圖六、用熱溶膠封住吸管，避免漏水

使用時，只要將寶特瓶架高，兩根吸管同時放入魚缸水中，管 A、管 B 距離水面不能一樣高，當魚缸水蒸發，距離水面較遠的管 A 脫離水面，讓空氣可以進入，管 B 就會自動排水下來，直到水面沒過管 A 的管口才停止。

(二) 探討進氣口位置對出水時間的影響

為了讓寶特瓶能供水時間能夠更久，因為水流下來除了補充水源之外，還能提供魚缸池水打氣的功能，所以我們希望能找到最理想的進氣孔位置(圖一的管 A 連接牛奶瓶的位置)。因此我們用相同的材料做了幾個不同高度排氣孔的裝置，來比較不同高度排氣孔對出水時間的影響，所以有研究二的實驗。

【研究二】比較不同高度排氣孔對出水時間的影響

一、實驗步驟：取 4 個相同款式的牛奶瓶(容量 1858cc)，分別在高度 5cm、10cm、15cm、20cm 處鑽孔，當作進氣孔。假設地下水缸完全無水時，測量牛奶瓶連續出水能夠持續多久時間才能將整罐的水完全流光。



圖七、進氣孔 5cm 裝置



圖八、進氣孔 10cm 裝置



圖九、進氣孔 15cm 裝置



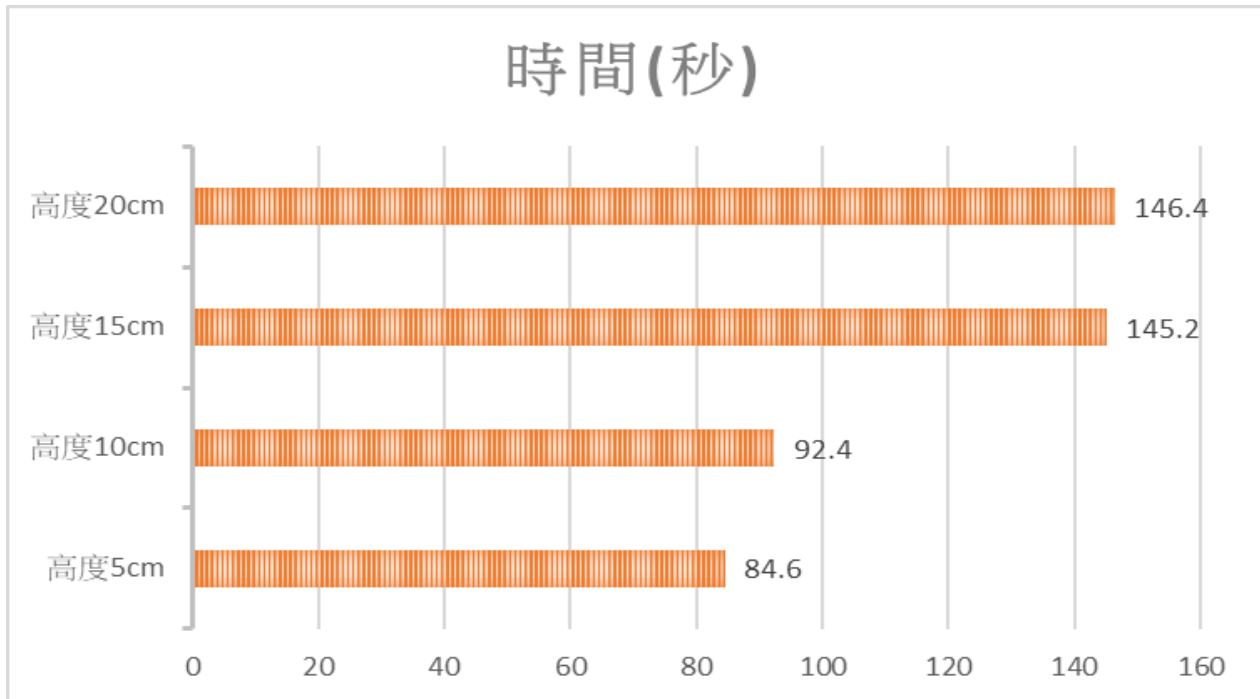
圖十、進氣孔 20cm 裝置

二、實驗紀錄

牛奶瓶外部標籤 1858cc，經實際測量，裝滿水可以裝到 2100cc 的水量，我們取 **2000cc** 的水為控制變因之一，針對四種不同進氣孔高度來做實驗，實驗結果數據如表一所示。

表一、測試不同氣孔高度裝置從注滿水到完全排放所需時間（單位：秒鐘）

次數 進氣孔	一	二	三	四	五	平均
高度 5cm	85	83	85	84	86	84.6
高度 10cm	90	92	92	93	95	92.4
高度 15cm	144	145	146	146	145	145.2
高度 20cm	148	145	144	146	149	146.4



圖十一、不同進氣孔高度裝置的排水時間比較圖

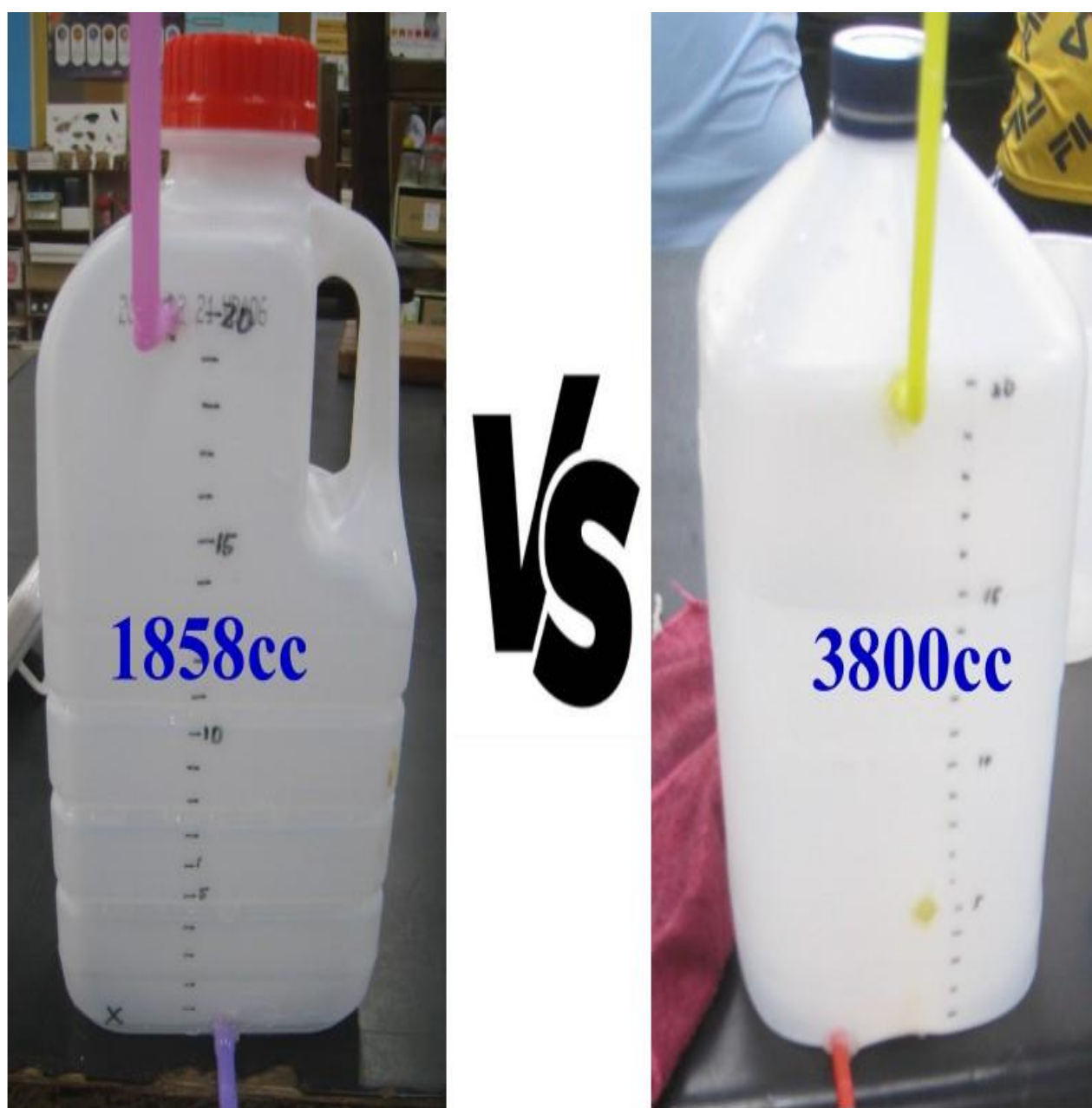
三、發現與討論

- (一) 由圖十一的比較圖中發現，進氣孔的高度越高，牛奶瓶水流完的時間有增加的趨勢。
- (二) 由實驗過程中得知，當進氣孔高度越低，則孔洞浸在水中的時間愈久，且在實驗剛開始時，孔洞愈在下方處，因為所處位置有水，也容易有水會隨著流下來，由於我們使用的牛奶瓶塑膠本身有點彈性，導致剛開始時，兩個吸管都會同時流出水來。位置較高的孔洞因為所處位置沒有水，只有空氣，因此從一開始就沒有水的損耗，因此水能流的比較久些。
- (三) 從實驗數據得知，進氣孔設在牛奶瓶上方，較為理想，可以提供較長的給水時間，由於我們希望這個裝置除了能補充水源之外，還要能藉由水落到魚缸中引入空氣，增加魚缸水的溶氧量，讓水中生物呼吸，因此時間持續越久越理想。

四、**小結**：進氣孔的位置對於排水時間的長短是有影響的，**進氣孔位置較高比較好**，也比較不會產生誤差。

【研究三】比較不同大小容器對出水時間的影響

一、**步驟**：取 1 個高度與研究一實驗中的牛奶瓶(容量 1858cc)相同高度的牛奶瓶，容量為 3800cc，在高度 20cm 處鑽孔，當作進氣孔。然後與容量 1858cc 牛奶瓶，進氣孔高度同為 20cm 的裝置做一比較實驗。測量排完水所需的時間(應變變因)。

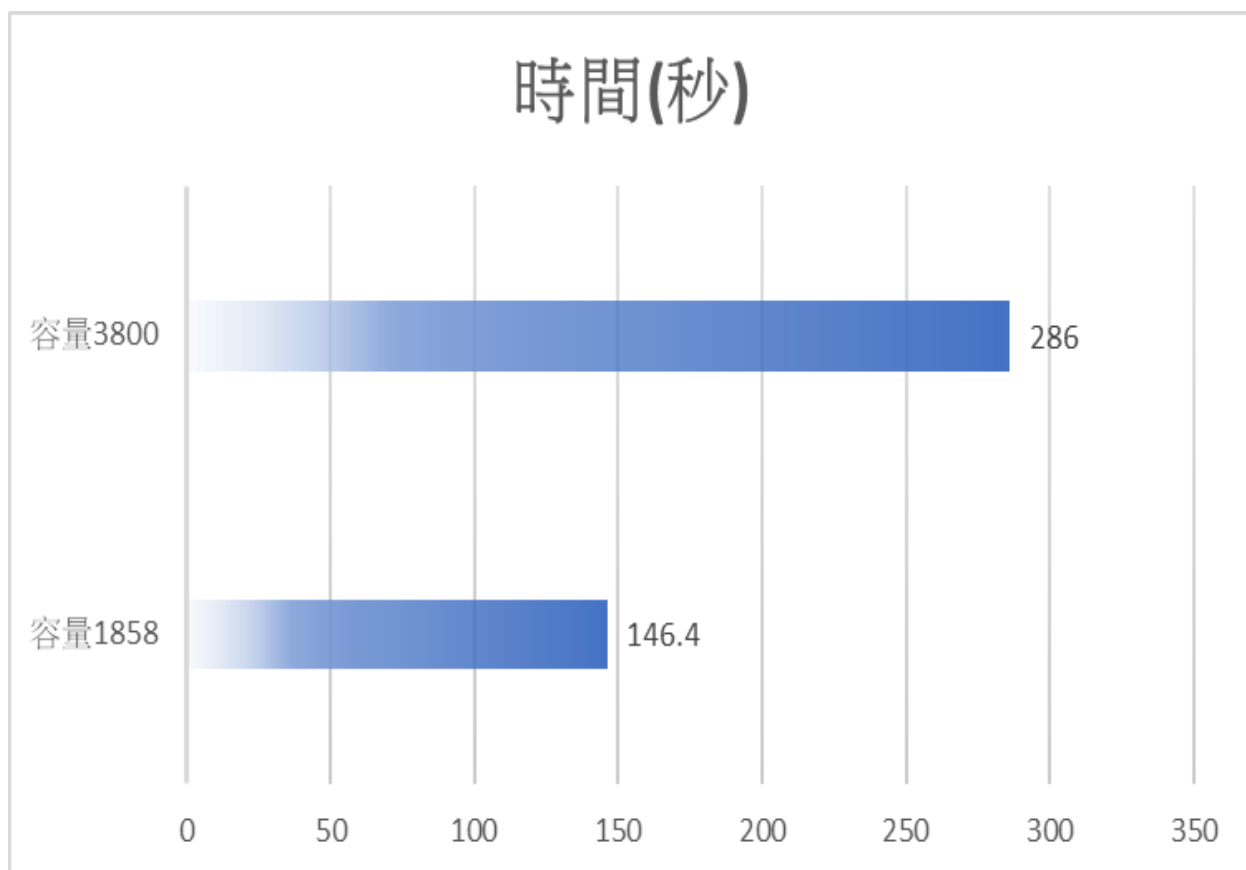


圖十二、比較不同容量裝置對出水時間的影響實驗圖

二、實驗紀錄

表二、測試不同容量裝置在氣孔高度 20cm 水完全排放所需時間（單位：秒鐘）

次數 寶特瓶	一	二	三	四	五	平均
容量 1858	148	145	144	146	149	146.4
容量 3800	285	288	286	284	287	286



圖十三、比較不同大小容器對出水時間的影響關係圖

三、發現與討論

(一) 由圖十三的比較圖中發現，牛奶瓶容量越大，牛奶瓶水流完的時間也同時增加，

$$3800 \div 1858 = 2.045$$

$$286 \div 146.4 = 1.953 \text{ 。}$$

(二) 由上述推算，在進氣孔與出水孔都相同的情形之下，牛奶瓶的容量愈大。出水的時間也會隨之增加，而且呈現正比關係。

四、小結：若要能夠延長裝置補水時間，直接加大牛奶瓶裝置，是個很好的選擇。若無法找到更大的牛奶瓶，將幾個牛奶瓶串接起來(運用連通管原理)，也能達到增加排水的時間。

【研究四】比較不同大小吸管管徑對出水時間的影響

一、步驟：改變圖一中 B 吸管的管徑大小，測量相同牛奶瓶(容量 1858cc)，相同進氣孔高度 20cm 的牛奶瓶裝置，吸管管徑分別為 6mm、4mm、0.7mm (第三個裝置是用黏土塞住吸管，再用大頭針刺穿一個洞，讓水能流出來，大頭針用游標卡尺量到直徑是 0.7mm)，共三個裝置做一比較。測量排完水所需的時間。

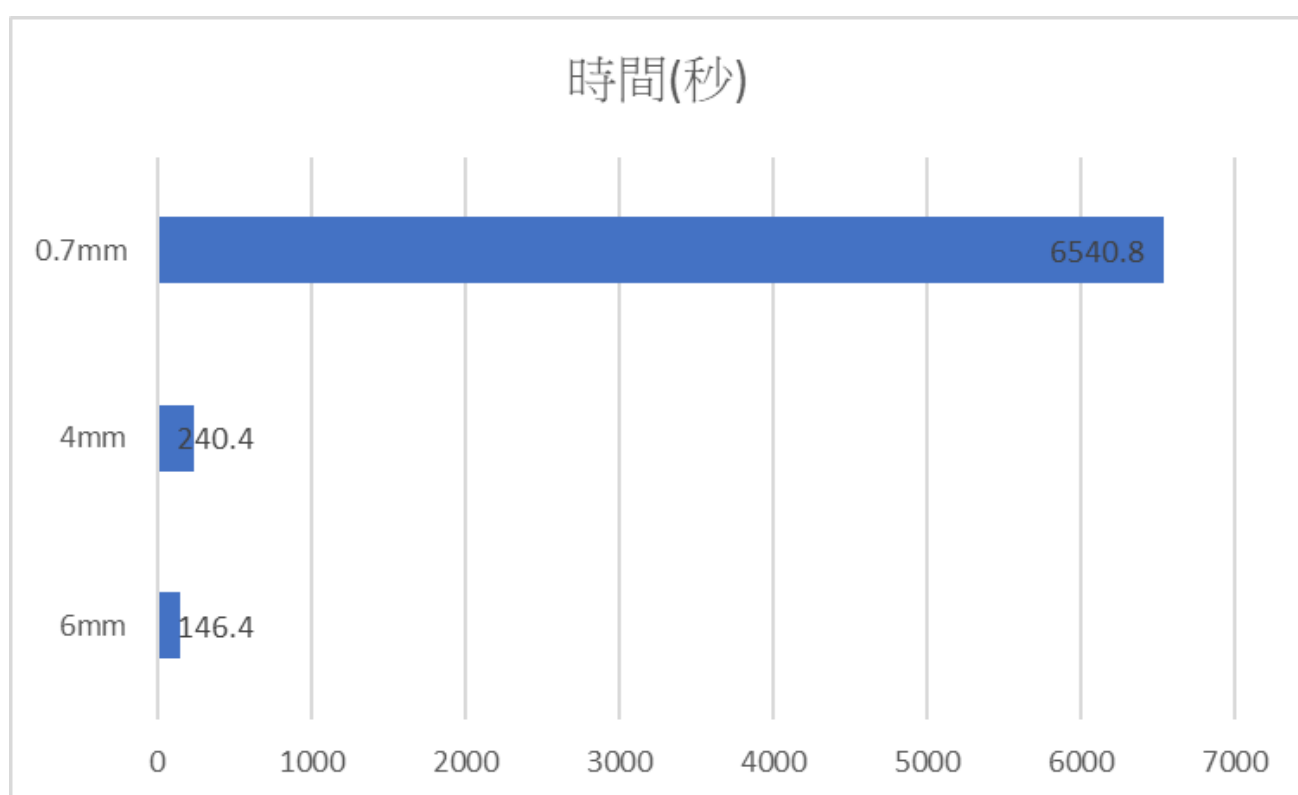


圖十四、不同大小出水口管徑對出水時間的影響實驗裝置圖

二、實驗紀錄

表三、測試不同吸管管徑裝置在氣孔高度 20cm 水完全排放所需時間（單位：秒鐘）

次數 吸管管徑	一	二	三	四	五	平均
6mm	148	145	144	146	149	146.4
4mm	237	241	236	245	243	240.4
0.7mm	6506	6560	6584	6510	6544	6540.8



圖十五、比較不同大小容器對出水時間的影響關係圖

三、發現與討論

- (一) 由圖十五的比較圖中發現，出水口管徑越細，牛奶瓶水流完的時間也跟著增加。
- (二) 市售的吸管管壁很薄，容易破損漏水，操作時動作要輕微，不可以用力過當，若

能找到管壁較厚的管子，應該較為耐用，所以可以嘗試使用水族常用的風管，來增加裝置使用壽命。

四、小結：出水口越小，補水裝置就可以運作更久的時間。

五、第一代自動補水器總結：

第一代的優點是製作簡單，只要提供夠大的裝水容器，出水口徑越細，則可以提供補水的時間就愈長，實際應用到魚缸中，由於水蒸發的速度很慢，所以第一代裝置 2 公升的水就可以使用數天(大約一週，視當時的溫度高低而定)之久。

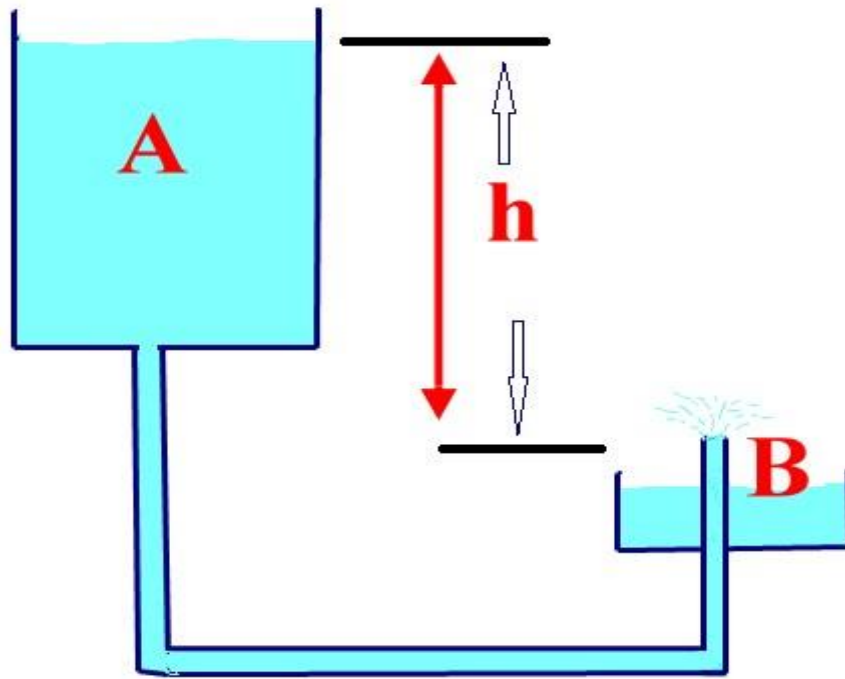
第一代的缺點是只能提供補充水源，對於缸中只有養些水生植物或是不須要打氣換水的魚類如孔雀魚、鬥魚等還行，若是要飼養**氧氣需求量較高**的魚種，就得另外想想辦法了。

自然課程中老師有提到關於**希羅噴泉**的資訊，想要應用此原理套用到魚缸水的**換水、補水與打氣補充水中氧氣**等功能，因此有底下的研究。

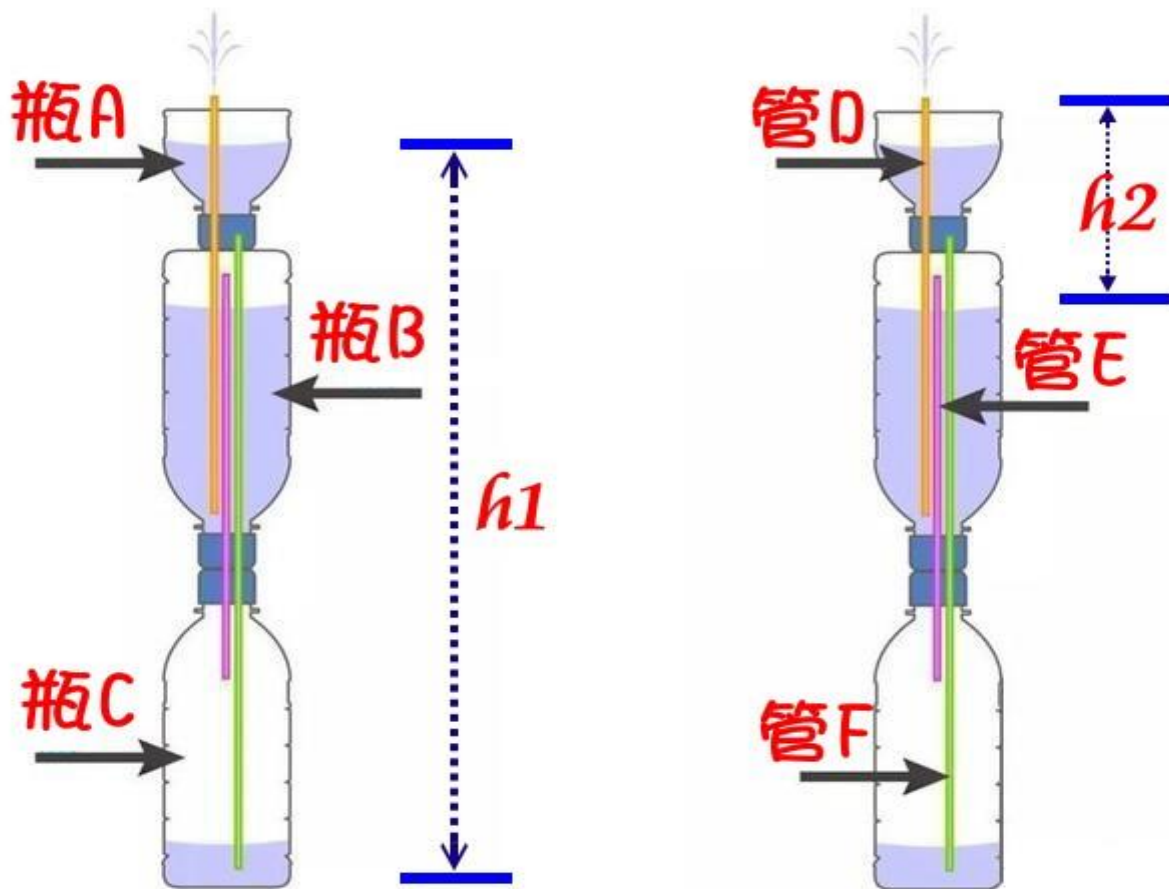
【研究五】第二代自動補水裝置—探討希羅噴泉運用到魚缸補水兼換水的可行性

一、文獻學理探討：

- (一) 希羅（公元 10 年—70 年），是古希臘的一位著名的數學家、科學家和發明家。希羅有很多發明，比方希倫蒸汽機、風力機械裝置、注射器等。最有趣的是一種自動售貨機，只要向裡面投入硬幣，這台機器就會自動流出一定分量的“聖水”，很像現在的自動咖啡機喔。
- (二) 普通一般的噴泉是利用自然課本上提到的**連通管原理**，藉由**重力位能差**所產生的力量，造成水往上噴流到空中的現象，原理如圖十六所示。水源 A 的水位必須高於噴泉 B 的水位，否則噴泉現象即會停止。**h 高度差就是重力位能差，位能差越大，可以讓水噴得越高。**
- (三) 希羅噴泉的基本結構如圖十七所示，構造較為複雜共有 A、B、C 三個組件，其中較特別的是給水源 **B 瓶**可以低於 **A 瓶**的噴水口。



圖十六、普通噴泉原理圖



圖十七、希羅噴泉原理圖

二、實驗記錄：

我們根據上述原理，使用了三個寶特瓶與三根吸管，製作出**第 1 型的希羅噴泉**(圖十八)，若是將瓶 A 當作是魚缸養水生動植物，就可以同時擁有換水與補充清潔水源的功能，而且免電力，相當環保好用。(註：瓶 B 的水會先經過養水的過程，除去氯)

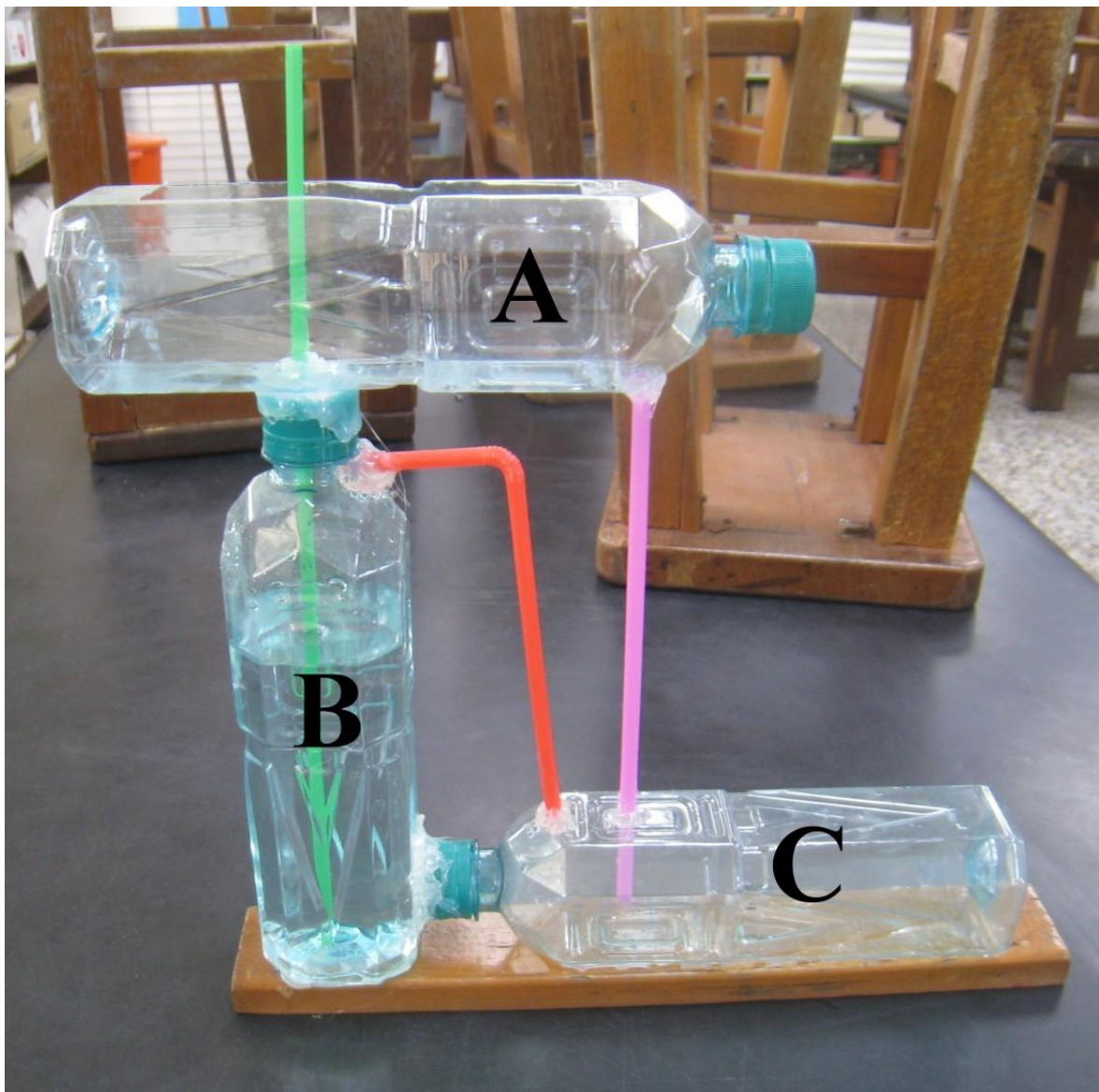


圖十八、第 1 型希羅噴泉實作成品圖

三、發現與討論

(一) 由壓力的差異來說明本裝置動作原理；瓶 A 與瓶 C 的壓力差為 $h_1 \times d$ （高度 乘 水的密度），瓶 B 與瓶 A 的壓力差為 $h_2 \times d$ ，由於 $h_1 \cdot d > h_2 \cdot d$ ，藉由**重力作用**水會從瓶 A 流到瓶 C，而瓶 C 的空氣被壓縮後，再壓迫瓶 B 的水透過吸管往瓶 A 流動，而形成噴泉。這也是為什麼瓶 C 的垂直長度越長， **h_1 越大**，或是 **h_2 越小**，**噴泉就會越高**的原因。整個過程完全符合**能量守恆原理**。

(二) **第 1 型希羅噴泉**缺點是瓶 A 空間太小，只能養幾隻小型生物，而且整個裝置下面重心不穩，容易傾倒，因此我們嘗試做出**第 2 型希羅噴泉**，擴大瓶 A 的空間，如圖十九所示，將瓶 C 橫放，且在底部加上木板，增加**穩定度**。



圖十九、第 2 型希羅噴泉實作成品圖

(三) 先將瓶 B 裝滿水(水高 20cm)，瓶 B 充滿空氣，經實驗測試發現**第 2 型希羅噴泉**缺點是瓶 B 的水還沒流盡，瓶 A 水流即停止(經多次測量平均，瓶 B 還剩高度 7.2 公分的水高，見表四)，經實際測試與觀察將實驗結果整理於表四。我們在寶特瓶底部加上木板，增加穩定度，由於**第 2 型希羅噴泉**仍有沒充分利用到瓶 B 的缺點，我們便著手設計**第 3 型希羅噴泉**。

表四、測量**第 2 型希羅噴泉**完全停止排水時，所需時間與**瓶 B**、**瓶 C** 剩餘水位高度表

次數 項目	一	二	三	四	五	平均
瓶 B 水位高度(cm)	7.2	7.3	7.1	7.2	7.4	7.2
瓶 C 水位高度(cm)	4.8	4.8	4.9	4.7	4.8	4.8
時間(秒)	140	142	142	141	140	141

(四) **第 3 型希羅噴泉**改成將瓶 B 橫放，除了可以將整體裝置重心降低之外，此法也可以讓 h_1 與 h_2 的高度差減少，瓶 A 的水流出速度變慢，因此可以**增加供水的時間**，另外一個優點是**管 D 變短**，瓶 B 的出水變得很順，**瓶 B 的水幾乎完全流完**，可以說是比較好的希羅噴泉設計。**第 3 型希羅噴泉**的成品詳見圖二十。



圖二十、第 3 型希羅噴泉實作成品圖

(五)將以上 3 型希羅噴泉做一表格比較，流動停止時間均是測試 5 次的平均值。(見表五)

由表五推論出，降低 h_1 高度，將供水瓶 B 橫放，水平方向體積較大，整體裝置越扁平，效果越好，如第 3 型希羅噴泉，可以明顯延長供水時間。

表五、測量所設計的三種希羅噴泉完全停止排水所需時間與最初的 h_1 、 h_2 值

項目 希羅噴泉	h_1 (公分)	h_2 (公分)	時間(秒)
第 1 型	36.5	11	34
第 2 型	28	11	141
第 3 型	20	11	217

四、小結論：

以上三種類型的希羅噴泉，都能做到自動更換水源與製造類似打氣的功能。而其中**第3型的希羅噴泉具有穩定與持續供應水資源以及可以運作較長時間的優點。**

五、第二代自動補水器檢討與推論

上述三種希羅噴泉，都需要在養魚缸中打洞，若是遇到玻璃材質的魚缸，恐怕不容易在玻璃上鑽洞，而且鑽洞後，容易有漏水的問題，是否可以**不用在魚缸中鑽洞**，又能達到自動更換缸水的功能呢?於是我們進行**第三代自動補水器**的研發設計。

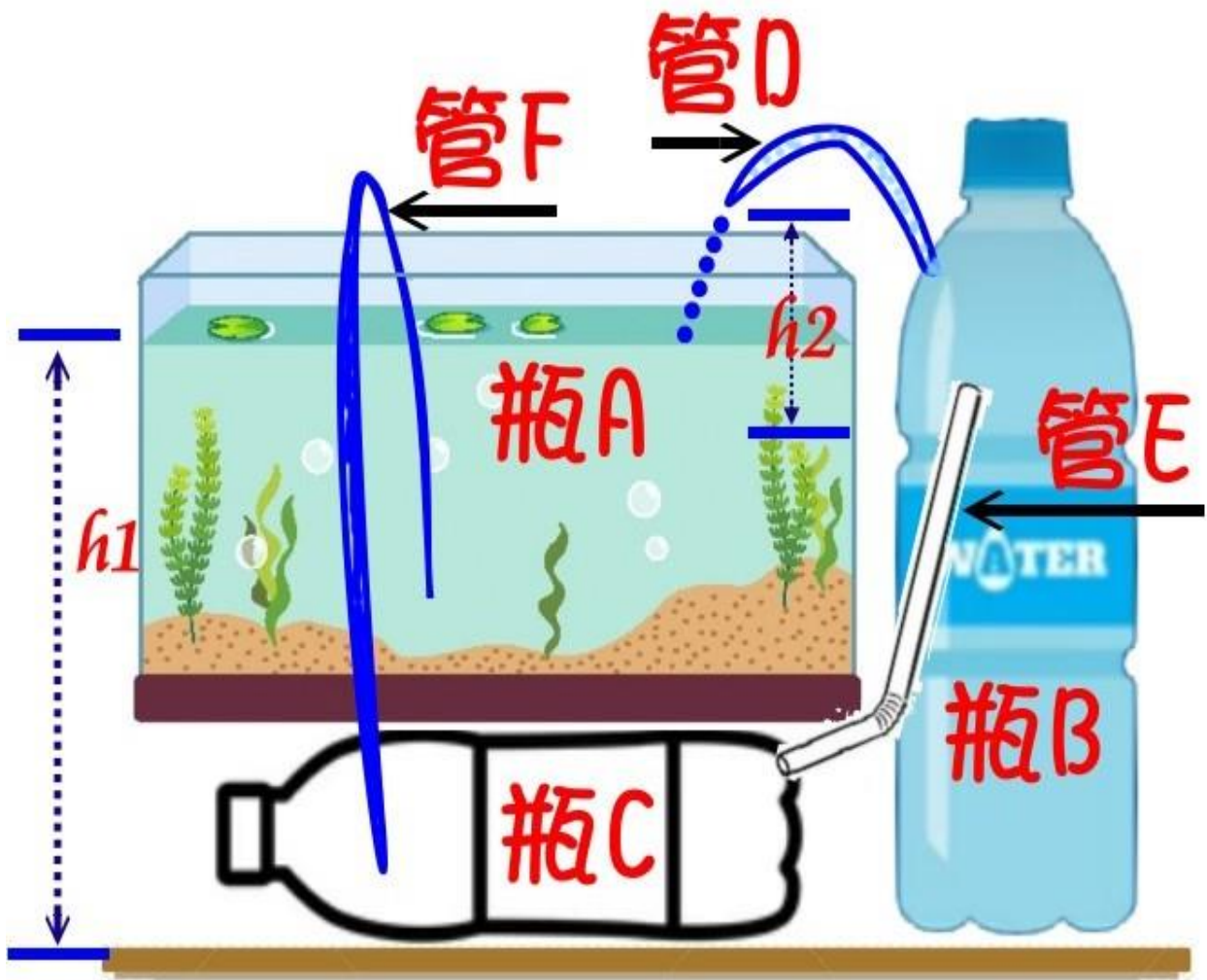
【研究六】第三代自動補水裝置研發—可以同時幫魚缸自動換水與補水

一、設計發想：

魚缸 A 可以飼養水中的各種生物，瓶 B 必須先裝滿水源，瓶 C 則是裡面先將水完全排除，僅剩下空氣的空氣瓶。

運作原理：管 F 先裝滿水，利用虹吸原理抽走魚缸 A 內的水，加壓於空氣瓶 C，將瓶 C 的空氣透過管 E 擠到瓶 B，再由管 D 排水至魚缸 A。動力來源也是來自重力位能差， h_1-h_2 的值越大，則管 D 排出的水流會越強。(如圖二十一所示)

設計圖中，仍然保有 A、B、C 三個空間，用魚缸取代瓶 A，不須打洞，因為可以用虹吸管(管 F)取代，將管 F 先裝滿水，放入魚缸 A 中，再用夾子固定在魚缸上面，魚缸中的水便會因虹吸原理流入瓶 C 中，從而啟動自動換水功能，下圖二十一就是我們所設計的第三代自動補水器基礎版的設計圖雛形。



圖二十一：第三代自動補水器基礎版設計圖

二、實作紀錄：

我們的實驗結果證明這是可行的，乾淨水流源源不絕從吸管 D 降落，利用水流的衝擊，也幫魚缸水補充新鮮氧氣，而魚缸下面的汙水則可藉由虹吸原理排放至瓶 C。完全不用電力喔！第三代自動補水器基礎版成品圖見圖二十二。



圖二十二、第三代自動補水基礎版成品圖

三、發現與討論：

- (一) 瓶 B 的水還沒流盡，整個裝置就因 h_2 逐漸增大，壓力差越來越小，終於停止運作 (根據實作紀錄瓶 B 水高度在 9.1 公分處停止運作)，這時又需將瓶 B 補滿水，才可以再次運行，經測量，瓶 B 加滿水一次只持續供水 **22 分鐘** 左右。(參考表六的實驗數據)
- (二) 思考是否能修改裝置，讓補水器可以運作更久呢?從**第二代**的研究中得到靈感，於是我們嘗試將瓶 B 橫放，並且墊高，由於容器橫向的體積變大，讓 h_2 增加的速率變慢，管 D 長度變小，於是完成**第三代自動補水進階版**的設計，實際作品如圖二十三所示，經過實測，真的可以把瓶 B 的水幾乎完全排光，只剩一些殘存在瓶底凹下去的地方，補水器運作時間也能延長，持續到 **73 分鐘**。(參考表六的實驗數據)

表六、第三代自動補水基礎版與進階版出水時間測量比較表(單位：分鐘)

實驗次數 項目	一	二	三	四	五	平均
基礎版出水時間	7.2	7.3	7.1	7.2	7.4	22
進階版出水時間	4.8	4.8	4.9	4.7	4.8	73

註：瓶 B 裝 2000cc 水量。



圖二十三、第三代自動補水進階版成品圖

(三) 根據**第一代補水器**的研究，若把吸管 D 的管徑縮小，應該也能將補水的時間延長。於是我們參考先前實驗心得，將管 D 放入黏土，再用 0.7mm 的大頭針穿洞，實驗結果的確能延長整個裝置供水運作的時間，時間可以大幅延長至 **2 小時 57 分 2 秒**。

(四) 討論如果把瓶 B 多**串聯**幾個寶特瓶，運用連通管原理，讓總供水量增多，則可以運作更久的時間，當然相對的瓶 C 的空氣瓶部分也要同步串聯更多空氣瓶(目前底部是串聯 3 個 850cc 的寶特瓶)增加儲存容量。

四、小結論：

免電力自動補水換水系統裝置的確是可以成功運作的，對於臨時的停電，短時間自動供水，非常的方便，若是要更長時間自動供水，可能得準備更多或更大容量的寶特瓶，也需要較大的空間來擺放這些裝置。(依 2000cc 運作 73 分鐘計算，一小時約需準備 **1645cc** 的水，每秒約滴下 0.5cc 水)

另外像瓶 B 會有殘存一些水的問題，因為瓶子本身是為圓弧狀的，所以少數水會累積在凹槽處，我們討論也可以加裝棉線至這些凹槽處，然後延伸至出水口，如此也能將剩下的水慢慢排出。

若在出水口加裝**水量調整開關**，就可以任意控制出水量大小或是停止供水，也能**主動調整裝置的出水時間**，這些都可供後續有類似需求的朋友參考。

肆、研究結果

一、研究一：研製自動偵測水位補水系統。

(一) 使用回收的寶特瓶，或用過的汽水瓶，或任何可以密閉的塑膠瓶等，再加上兩根吸管，就可以做出幫魚缸或是水耕植物系統自動補水的裝置，利用大氣壓力當作出水的開關，省錢又省力，方便又好用。

- (二) 本裝置優點有節能省碳、免插電，可修剪或加長吸管任意改變不同水位高度的需求，特別適合懶人，或是短期出差商務人士、或是到外地旅遊時機使用。
- (三) 巧妙利用吸管兩端壓差原理，可輕鬆操作和補水，尤其適合中小魚缸使用。
- (四) 可以同時使用多個這種補水器，達到延長使用的時間的功效。

二、研究二：比較不同高度排氣孔對出水時間的影響。

- (一) 在相同水量的情形之下，我們發現，進氣孔越高，補水器的運作可以稍微延長一些。
- (二) 進氣孔在最上方，沒有水進入，就不會在剛開始時，讓兩吸管同時落下水來，普通塑膠瓶因便宜，材質軟，剛性弱，若是使用較硬材質的瓶身，或許可以避免兩支吸管同時出水的情況。

三、研究三：比較不同大小容器對出水時間的影響

- (一) 容器越大，在相同吸管大小情形下，可供水的时间也越大，成正比。
- (二) 越多個補水器同時使用，也可以提供更長的供水時程。

四、研究四：比較不同大小吸管管徑對出水時間的影響

- (一) 出水吸管管徑越細，相同水量下可以供水更長時間。
- (二) 運用黏土與大頭針可以製造小出水孔，取代不易取得的細吸管，善用身旁容易取得的物件，解決遇到的難題很有成就感。

五、研究五：第二代自動補水裝置—探討希羅噴泉運用到魚缸補水的可行性。

- (一) 希羅噴泉的水源高度可以比噴水口還低，設計非常巧妙，和普通噴泉的設計原理大異其趣。
- (二) 我們研究並製作了三種不同類型的希羅噴泉，都能順利運作。
- (三) 我們所製作的第三型希羅噴泉，供水時間最久，瓶蓋可以自由旋開，不管是裝水還是移除水均很方便操作，整個裝置也很穩固，最上方是可以養些水生動植物的。
- (四) 我們所製作的第二型希羅噴泉，當它停止運作時，供水瓶瓶 B 裡面仍然有約 7.5 公分高的水。第一和第三型，供水瓶瓶 B 的水幾乎可以用光才停止運作。

六、研究六：第三代自動補水裝置研發—可以同時自動換水與補水

- (一) 參照希羅噴泉原理，不須打洞、不靠電力，也能幫魚缸自動換水與補水。
- (二) **第三代自動補水基礎型** 仍然有供水瓶瓶 B 的水用不完就停止運作的情況，很高興我們能想出**進階型**的設計，不斷的研發、創新改進，更符合實際的需求。
- (三) 本裝置一次使用一個即可(第一代補水器可以同時多個使用)，若想要提升供水時間，可以串接更多的供水瓶(瓶 B)與串接共多的空氣瓶(瓶 C)。
- (四) 本裝置運用到我們剛剛學到的虹吸現象原理、連通管原理，若再加條棉繩使用**毛细原理**可以把瓶 B 殘存的水全部運送到魚缸中，剛好把課本所教，學以致用。

七、**綜合歸納與分析**：本研究充分發揮創客精神，節能環保愛地球、三代的各個產品均能應用於日常生活中，無論是養魚、種菜、澆花、校園生態池的維護，將來再結合汙水處理淨化這塊領域，必定能運用到更多地方，同時也幫助因經常缺電而叫苦的無助同胞另一個免電力的解決問題方案。

伍、討論

一、如何增長補水器的供水時間？

第一代簡易補水裝置只要先計算該寶特瓶可以使用的時間，然後將所需要的時間除以一瓶所需時間，可以得到所需的瓶數，然後同時使用，就可以達到所需要供水的時間。

第三代自動補水進階版裝置可以串聯多個供水瓶，以及串聯相對應容量的空氣瓶瓶數，就能達到延長使用的時間。

二、寶特瓶的材質使用挑選建議討論。

含碳飲料的寶特瓶，因為要能裝上加壓的器水，所以瓶壁一般較為厚重，比較不會變形，建議製作時，可以找瓶身較為厚重的，效果較佳。

陸、結論

- 一、第一代的自動補水裝置，可以長時間使用，飼養的魚種以不需大量氧氣如孔雀魚、蓋斑鬥魚或是只飼養水生植物等為主。
- 二、要讓裝置能持續更久，可以從加大保特瓶容量、縮小出水管徑、提高進氣孔位置等方面著手。
- 三、第二代的希羅噴泉補水裝置，以第 3 型的裝置能提供水族較長時間的使用。
- 四、第三代自動補水裝置，可以利用簡易的虹吸原理，將實際飼養的魚缸換取汙水，並且補充乾淨水源，若要長時間使用，可以同時串聯多個供水寶特瓶與串聯多個空氣瓶。
- 五、未來展望：人工更換空氣瓶與供水瓶的部分，未來可以使用**電子偵測**方式，搭配**太陽能發電等綠能**，提供抽水馬達電力，當供水瓶的水用盡時，自動偵測並且啟動抽水設備將水從空氣瓶 C 抽回供水瓶 B，則整個系統又可以繼續運作，可免去人工操作的成本。

柒、參考文獻資料

- 一、希羅噴泉，NTCU-科學遊戲實驗室。
- 二、古希臘科學家真會玩！只用塑料瓶和吸管，就能做個酷炫的自動噴泉。
- 三、【兒童玩具圖書館】今天玩什麼 STEAM 篇 希羅噴泉。
- 四、物理教育學刊 2019, 第 20 卷第 2 期, 71-81 。
- 五、希羅噴泉 [國立臺灣師範大學中等教育階段自然領域教學研究中心](#)。

六、『森林有塊田』自動澆水花盆(免澆水)。4 寸正方形，蝦皮購物網站。

七、[新北市綠色能源產業資訊網](#)。

八、[動手玩科學網站](#)。

九、滴水不漏~節能環保自動澆花器 - [臺灣網路科教館](#)。

十、[經濟部能源局](#)，[再生能源資訊網](#)。

【評語】 080121

本作品藉由虹吸原理，串聯不同瓶子的組合情況下達成無須馬達仍可供水的目的。若加強定量的分析及探討與水流速度相關的變量等，探究與其他前人實驗不同的設計與結果，來引發更多創意。

作品簡報

黃河之水天上來— 免電力自動補水

組別：國小組

科別：物理科

研究動機：

四年級上學期的自然課程水中生物單元裡，用魚缸養了許多魚與水草，需要經常補充水源或是更換魚缸水以及打氣。

近年台灣經常停電或跳電，如今年303全台大停電影響了549萬住戶，造成國內的半導體、石化、鋼鐵、光電等產業嚴重受創，估計損失上百億元以上，因此若能研究出免電力的換水裝置，就可以避免電力中斷問題，節能省碳。

研究目的：

- 一、研製無電力自動補水系統。
- 二、探索並運用希羅噴泉系統的奧秘。
- 三、運用虹吸原理、設計自製魚缸自動換水裝置。

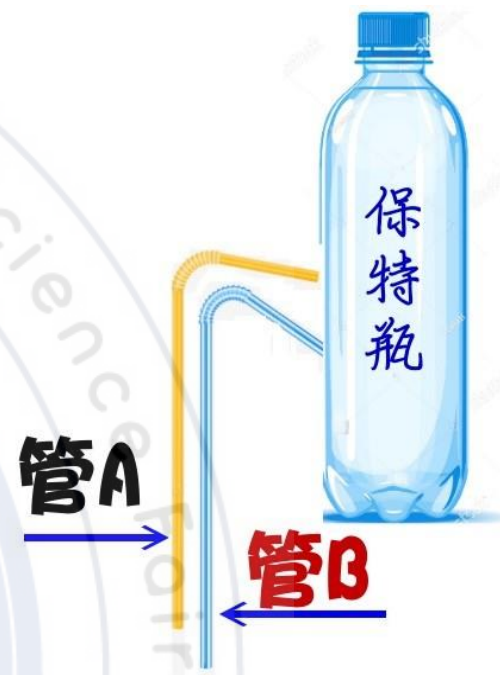


303全台大停電

研究方法

【研究一】 研製自動偵測水位補水系統

第一代簡易補水裝置：一個密閉的寶特瓶，用焊槍鑽出兩個洞，再黏接兩條吸**管**。將A、B兩吸**管**管口浸入魚缸中，當水位低於A管時，此時水會從寶特瓶中流下補充，直到水位高過A管口，此時外部空氣無法由A管口進入，藉由**大氣壓力的力量**擋住寶特瓶的水流下，一旦水位低於A管口，空氣便進入了寶特瓶中了，破壞了平衡，水又可以流到下面的魚缸中補充。

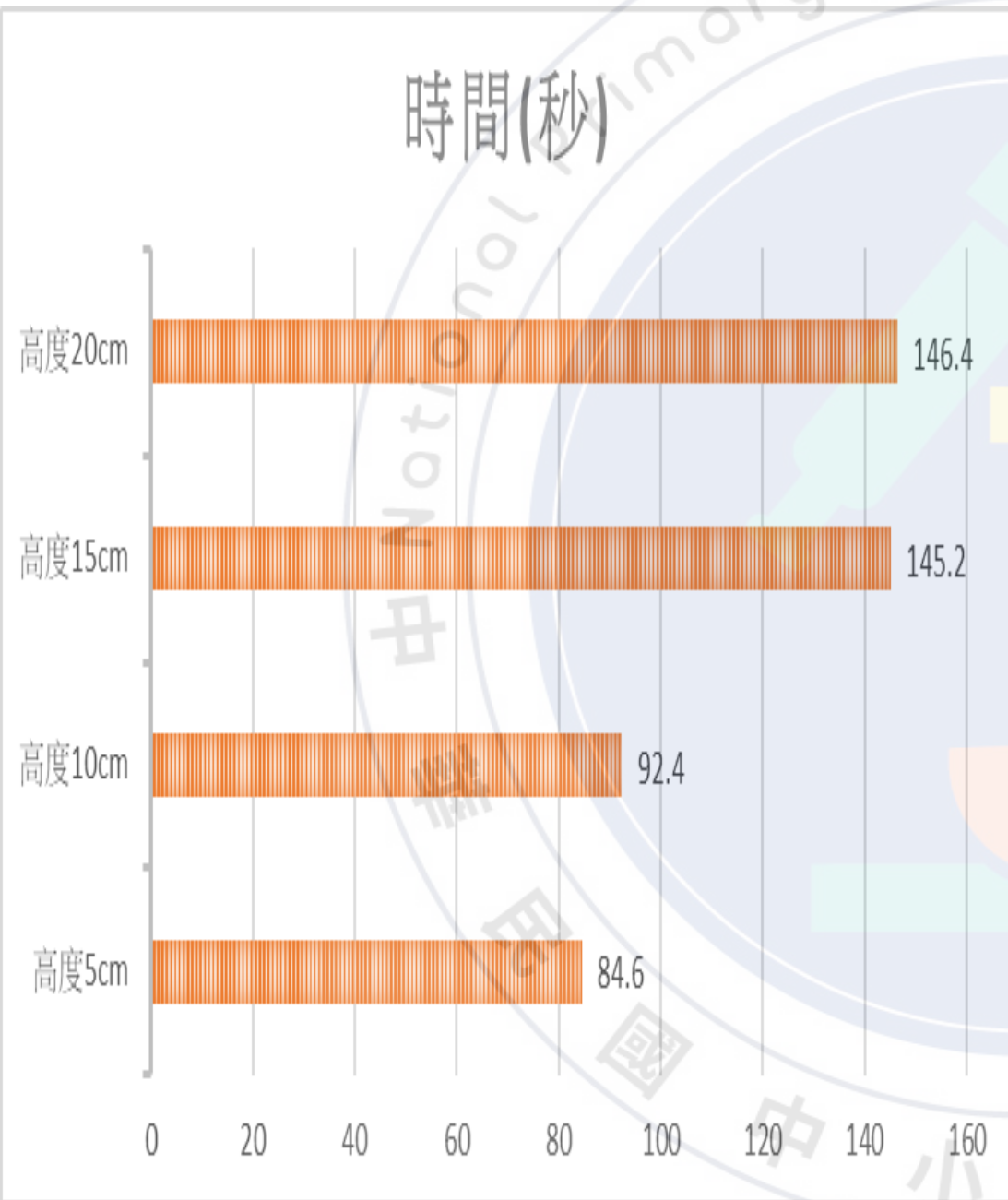


【研究二】比較不同高度排氣孔對出水時間的影響

一、實驗步驟：取4個相同款式的牛奶瓶(容量1858cc)，分別在高度5cm、10cm、15cm、20cm處鑽孔，當作進氣孔。假設底下水缸完全無水時，測量牛奶瓶連續出水能夠持續多久時間才能將整罐的水完全流光。



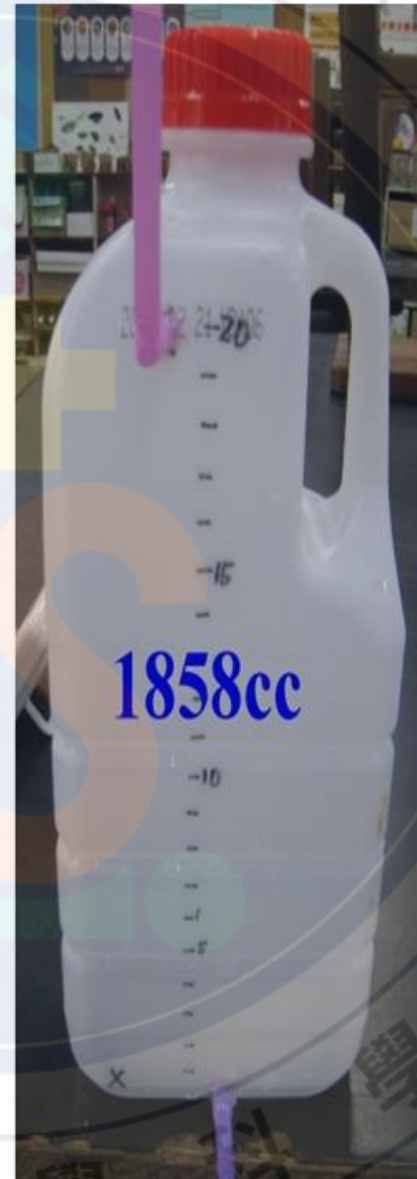
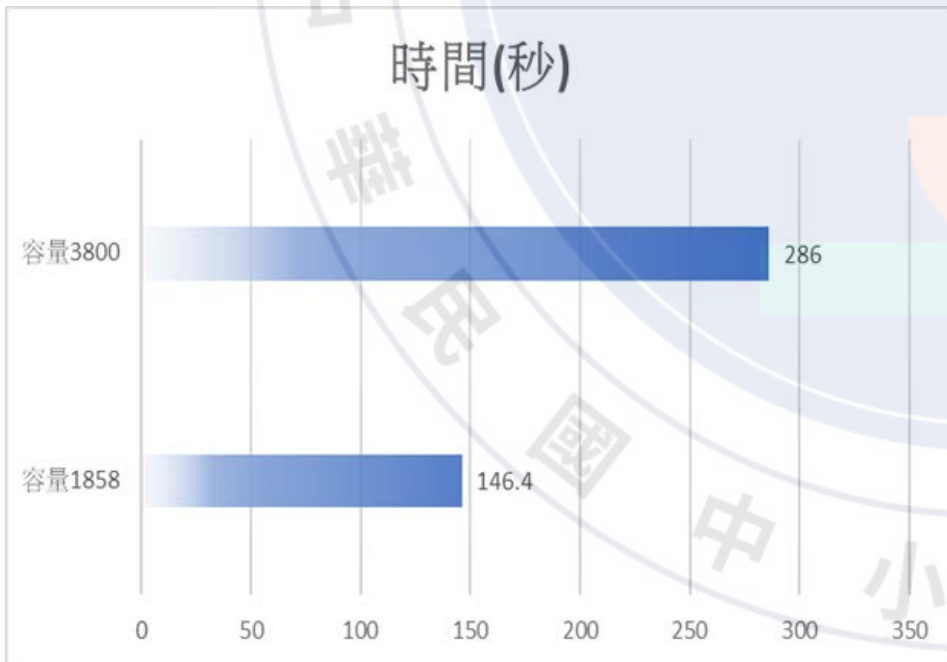
研究二結果與解釋



1. 進氣孔的**高度越高**，牛奶瓶水流完的**時間有增加的趨勢**。
2. 當進氣孔高度越低，因為所處位置有水，容易有水會隨著流下來，由於我們使用的牛奶瓶塑膠本身有點彈性，導致剛開始時，兩個吸管都會同時流出水來。進而造成誤差。
3. 從實驗數據得知，**進氣孔設在牛奶瓶上方，較為理想**，可以提供較長的給水時間，由於我們希望這個裝置除了能補充水源之外，還要能藉由水落到魚缸中引入空氣，增加魚缸水的溶氧量，讓水中生物呼吸，因此時間持續越久越理想。

【研究三】比較不同大小容器對出水時間的影響

一、步驟：取兩相同高度的牛奶瓶(容量為**操作變因**分別為**1858cc**與**3800cc**)，在**高度20cm**處鑽孔，當作進氣孔。進行排水測試。測量排完水所需的時間(**應變變因**)。



VS

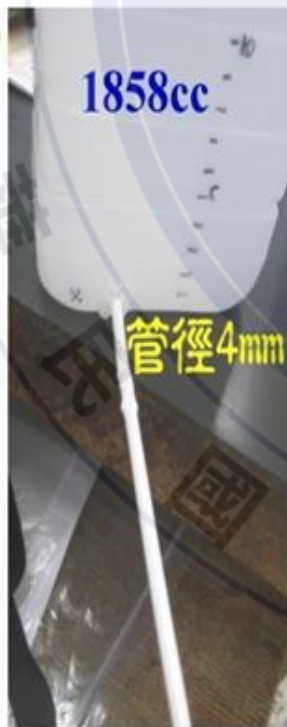


【研究四】比較不同大小吸管管徑對出水時間的影響

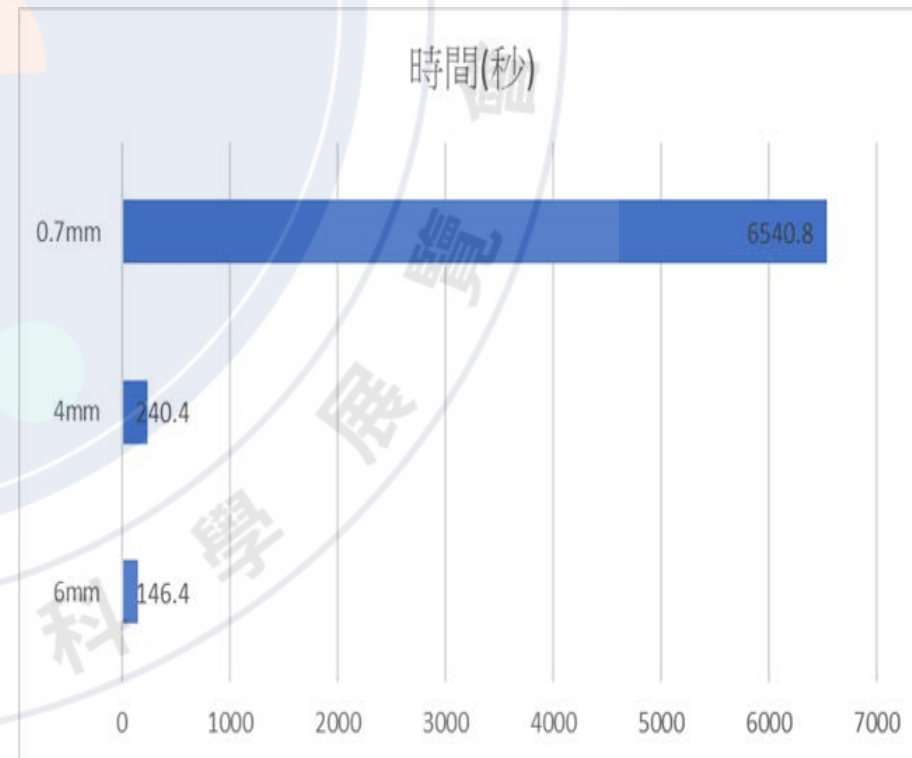
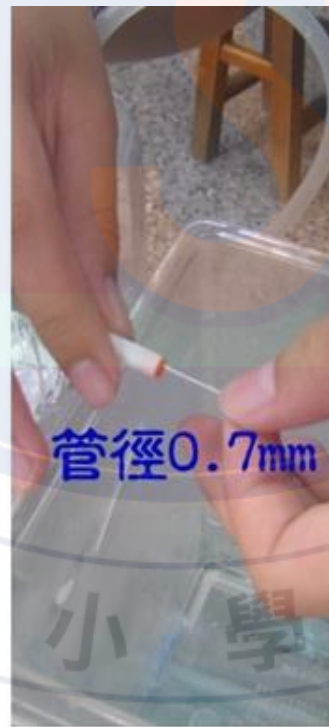
一、步驟：改變圖一中B吸管的管徑大小，測量相同牛奶瓶(容量1858cc)，相同進氣孔高度20cm的牛奶瓶裝置，吸管管徑分別為6mm、4mm、0.7mm (第三個裝置是用黏土塞住吸管，再用大頭針刺穿一個洞，讓水能流出來，大頭針用游標卡尺量到直徑是0.7mm)，共三個裝置做一比較。測量排完水所需的時間。



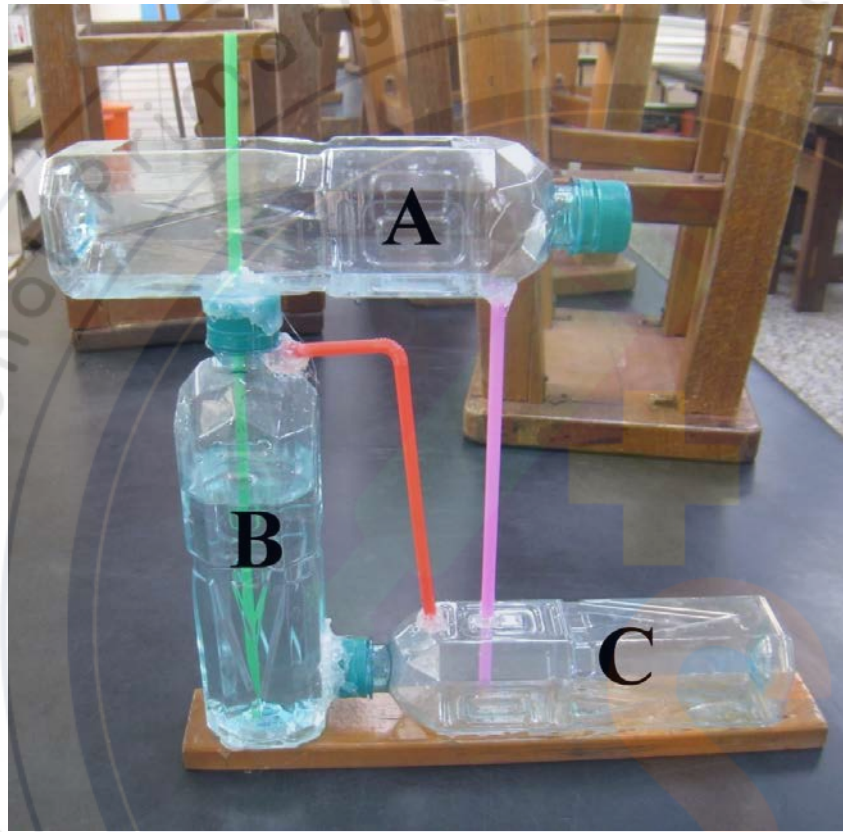
VS



VS

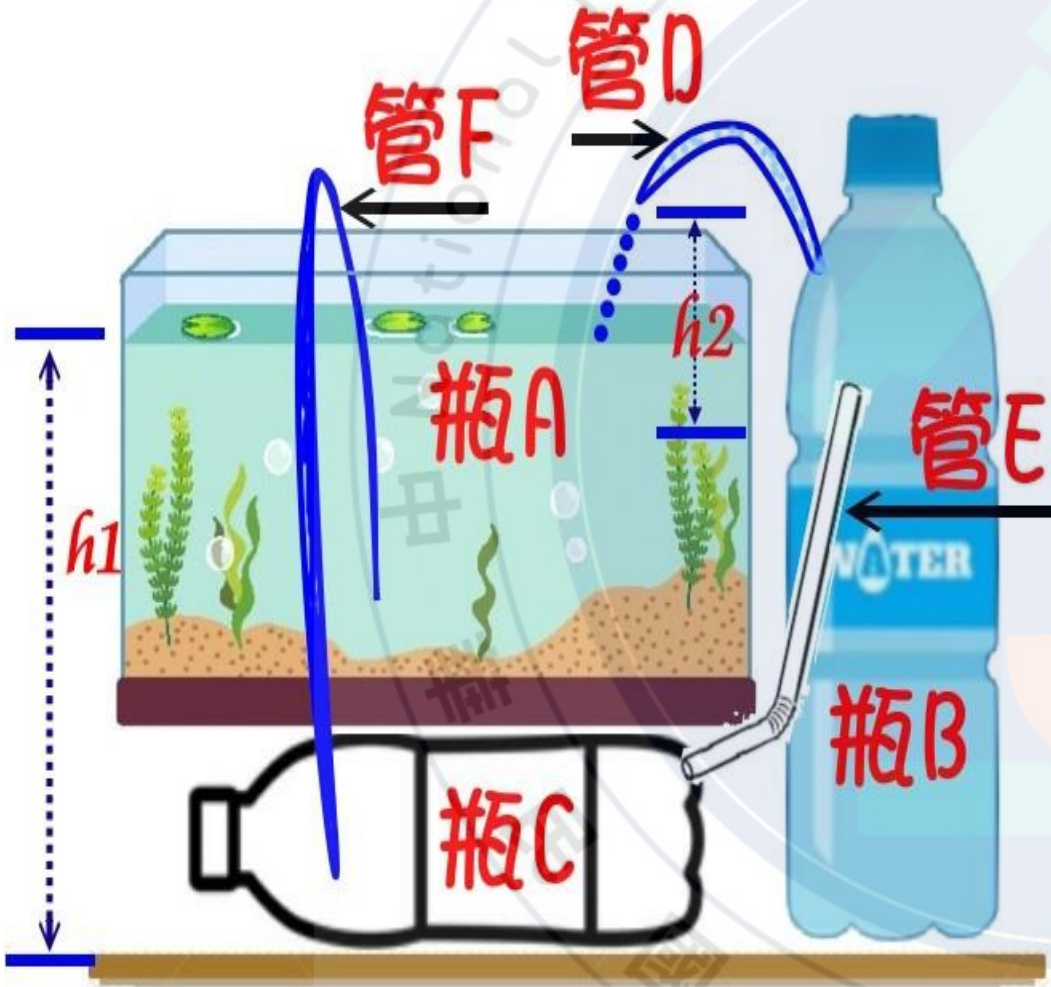


第二代自動補水裝置成品比較



項目	h1(公分)	h2(公分)	時間(秒)
希羅噴泉			
第1型	36.5	11	34
第2型	28	11	141
第3型	20	11	217

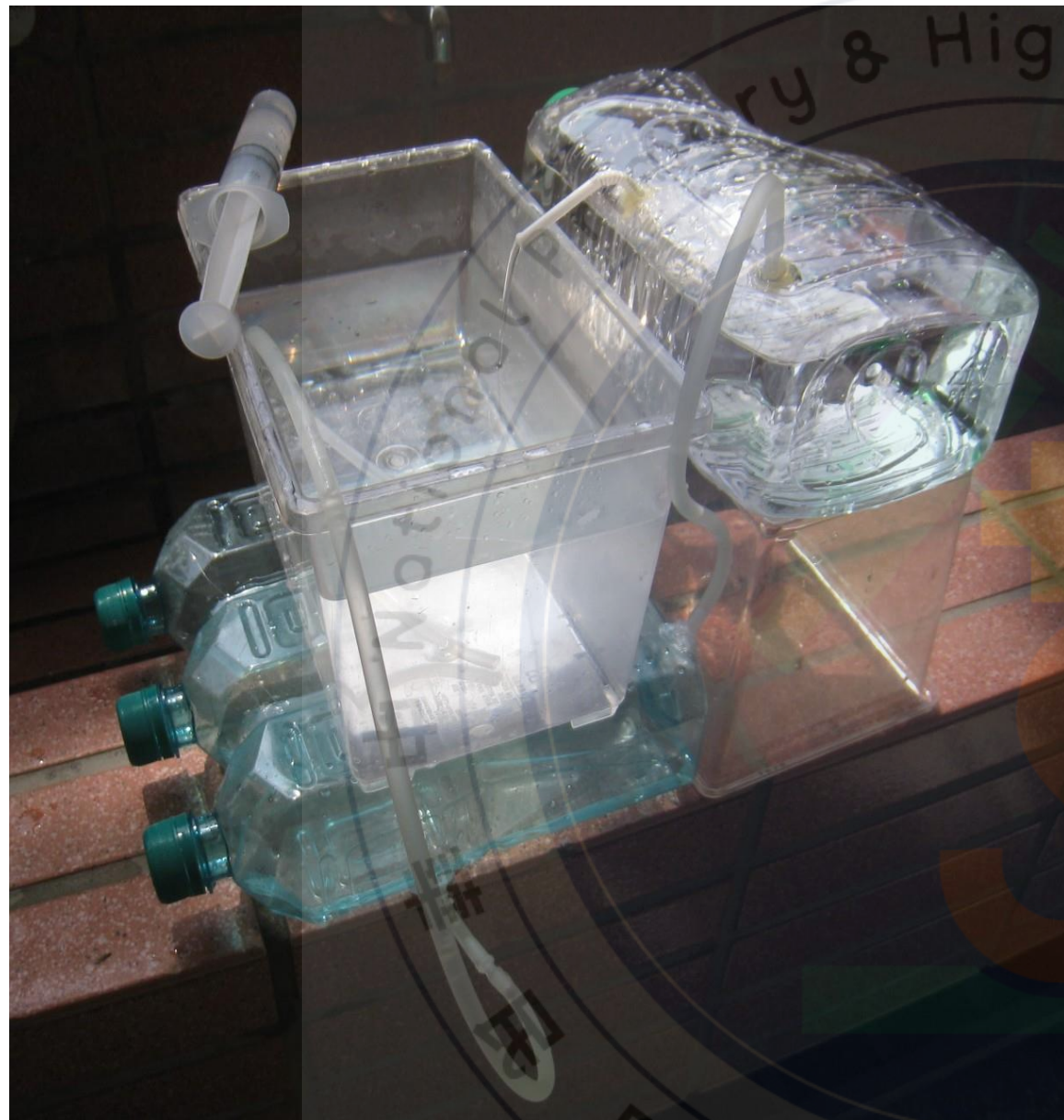
【研究六】 第三代自動補水裝置研發 — 可以同時幫魚缸自動換水與補水



第三代自動補水器基礎版設計圖



第三代自動補水器基礎版成品圖



第三代自動補水器進階版成品圖

實驗次數 項目	一	二	三	四	五	平均
第三代基礎版出水時間	7.2	7.3	7.1	7.2	7.4	22
第三代進階版出水時間	4.8	4.8	4.9	4.7	4.8	73

研究六結果與解釋

1. 將管D放入黏土，再用0.7mm的大頭針穿洞，實驗結果的確能延長整個裝置供水運作的時間，時間可以大幅延長至2小時57分2秒。
2. 把瓶B多串聯幾個寶特瓶，運用連通管原理，讓總供水量增多，則可以運作更久的時間，當然相對的瓶C的空氣瓶部分也要同步串聯更多空氣瓶(目前底部是串聯3個850cc的寶特瓶)增加儲存容量。
3. 依2000cc運作73分鐘計算，一小時約需準備1645cc的水，每秒約滴下0.5cc水
4. 在出水口加裝水量調整開關，就可以任意控制出水量大小或是停止供水，也能主動調整裝置的出水時間

結論與未來展望

- 一、第一代的自動補水裝置，可以長時間使用，飼養的魚種以不需大量氧氣如孔雀魚、蓋斑鬥魚或是只飼養水生植物等為主。
- 二、要讓裝置能持續更久，可以從加大保特瓶容量、縮小出水管徑、提高進氣孔位置等方面著手。
- 三、第二代的希羅噴泉補水裝置，以第3型的裝置能供水較長時間的使用。
- 四、第三代自動補水裝置，利用簡易的虹吸原理，將實際飼養的魚缸抽換汗水，同時補充乾淨水源，若要長時間使用，可以同時串聯多個供水寶特瓶與串聯多個空氣瓶。
- 五、我們成功研發出免電力自動抽換水的裝置，運用大自然力量，環保節能，製作容易，幾乎零成本，能運用於養殖漁業、種菜、澆花、校園生態池等，可為國家節省大量電力，不怕缺電、電價調漲。
- 六、未來展望：人工更換空氣瓶與供水瓶的部分，未來可以使用電子偵測方式，搭配太陽能發電等綠能，提供抽水馬達電力，當供水瓶的水用盡時，自動偵測並且啟動抽水設備將水從空氣瓶C抽回供水瓶B，則整個系統又可以繼續運作，可免去人工操作的成本。