

中華民國 第 49 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

080817

馬桶水箱裡的秘密

學校名稱：臺北市大安區私立復興國民小學

作者：	指導老師：
小五 梅佳龍	張慎
小五 梅珍鳳	盧世晟

關鍵詞：虹吸管、浮力、馬桶水箱

題目：馬桶水箱裡的秘密

摘要：

馬桶漏水是日常生活上的小問題，漏水量看起來並不大，但日積月累下來總量也十分可觀，經過一些實驗與分析後，我們發覺看得見的漏水其實並不嚴重，看不見的「不可停止的無感漏水」，才是真正的問題，一座馬桶一年內可漏掉63000公升的水，而使用人卻完全沒感覺，其中的關鍵－水箱「止水器」因功能上的限制，難有改善的空間，所以我們運用「虹吸管原理」，設計出了一種新型的馬桶水箱，它以「虹吸式落水器」取代傳統的水箱「止水器」，並利用浮球來控制水面的高低以啟動「虹吸作用」，構造簡單可靠，希望能解決惱人的馬桶漏水問題。

壹、研究動機：

我的父母是從事幼教業，家中開設安親班與幼稚園，因為工作上的需要，廁所內共設有12座馬桶，比一般的家庭多很多，因此馬桶漏水的問題也比一般人容易發生，在去年有一次放3天連假，在第3天晚上我到幼稚園影印資料，猛然發現有2座馬桶在漏水，以時間來推斷應該已經漏了3天了，而幼稚園又裝有加壓馬達，所以馬達也跟著轉了3天，想到這段時間內浪費的水與電，實在讓人心痛不已。

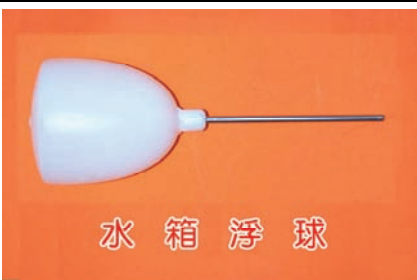
其實馬桶漏水是日常生活上常遇到的問題，但是大家似乎對這個問題並沒有十分重視，尤其是住在1樓以上的住戶，所用的水都是用馬達將水打到頂樓公共水塔再送達各住戶，馬桶漏水浪費的當然不止是水而已，在倡導節能減碳的今日，如何改善馬桶漏水的問題應有研究的必要。

貳、研究目的：

- 一、馬桶水箱漏水原因的研究與分類
- 二、分析馬桶水箱漏水所造成的影響
- 三、解決馬桶水箱漏水方法的研究



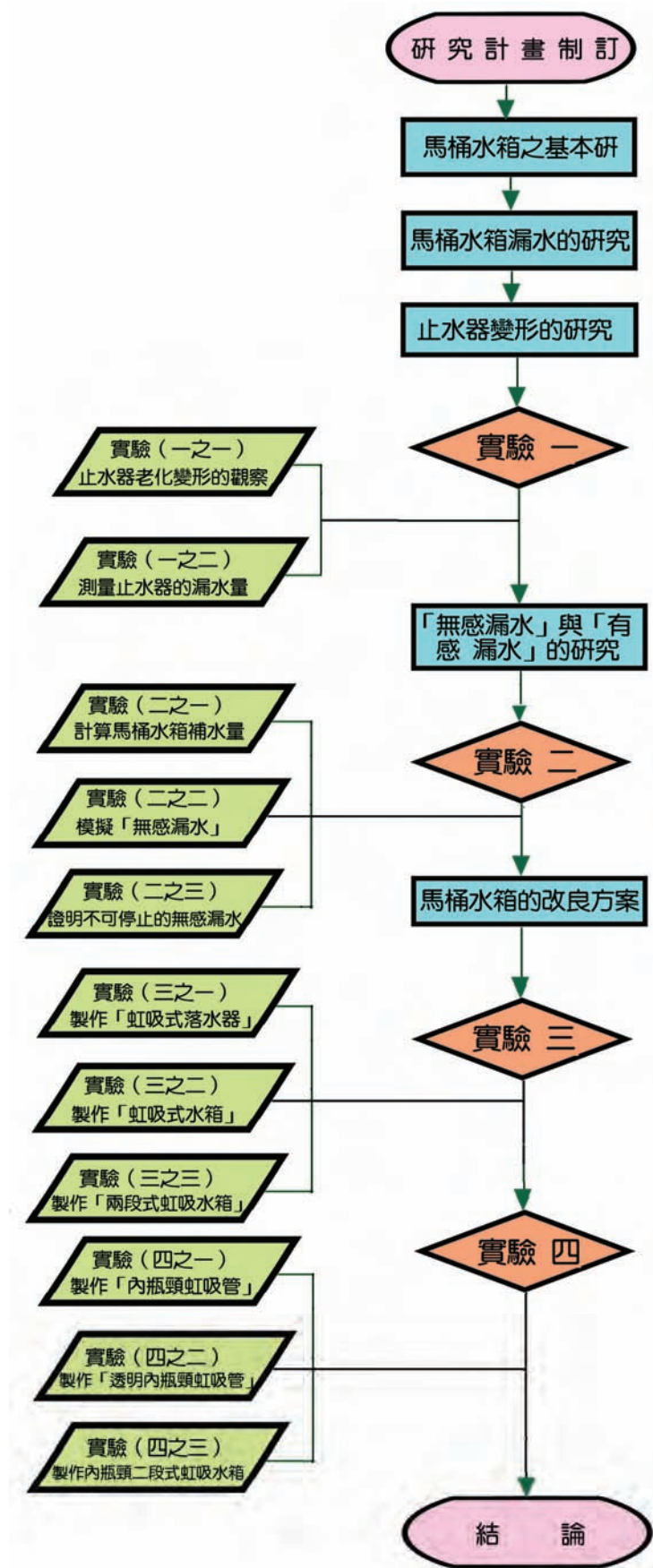
参、研究的設備與器材：

水 箱 套 件		
		
水 箱 浮 球	水 箱 拉 桿	止 水 器
		
水 箱 進 水 器	水 箱 落 水 管	高 水 箱 落 水 器

虹 吸 落 水 器 材 料		
		
三 通 管	硬 質 水 管	轉 接 管
		
L 型 彎 管	水 塔 聯 接 環	水 管 膠

其 它		
		
量 杯	塑 膠 箱	電 鑽 與 圓 形 切 割 器

肆、研究的過程：



伍、 研究的方法與結果：

一、馬桶水箱之基本研究

(一) 外型圖

我們參考「○○屋」內湖店衛浴用品區現場展示資料，得知馬桶依外型的不同可分為下列形式

分離型

馬桶主體與水箱分離
採用彎管連結沖水



噴射型

馬桶主體與水箱直接
套接連結沖水



單體型

馬桶主體與水箱一體
成型



高水箱型

蹲式馬桶與水箱分離
置於牆上高處並以彎
管連結沖水



(二) 內部構造圖

除了「高水箱」之外，其他各型水箱內的構造都相同，圖示如下



分離、噴射及單體型



高水箱型

(三) 水箱內部構造探討

1、分離、噴射及單體型的原理如下：

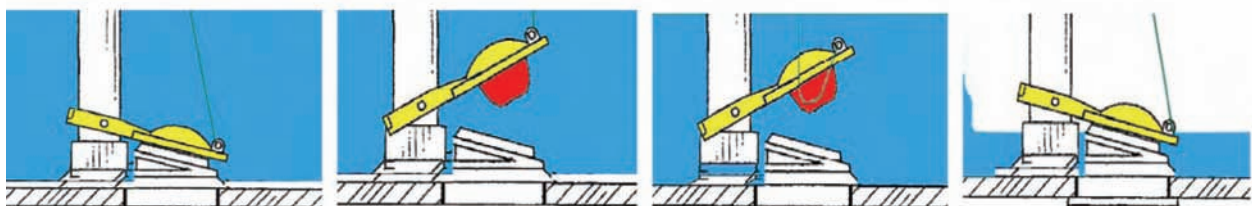
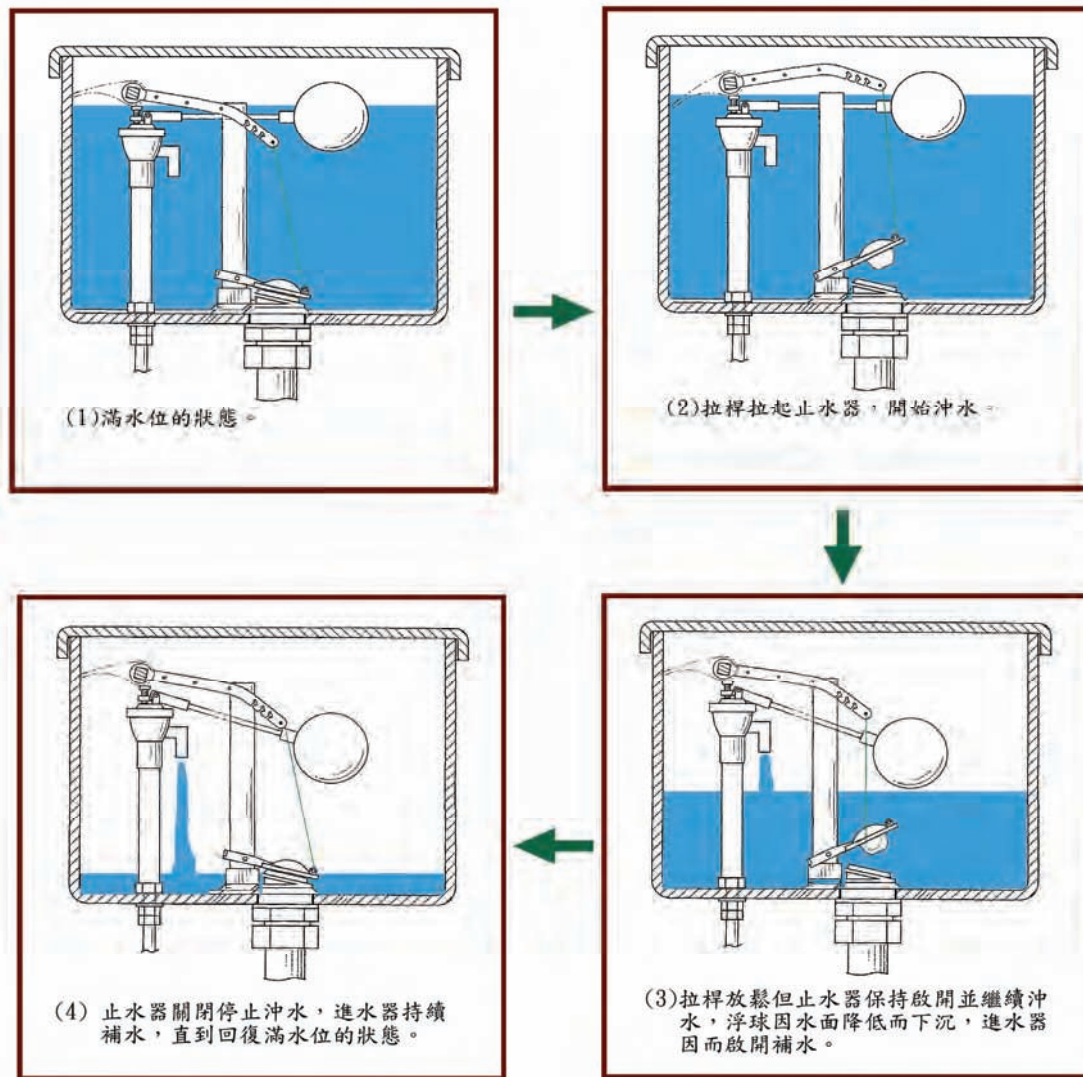


圖 (1)

圖 (2)

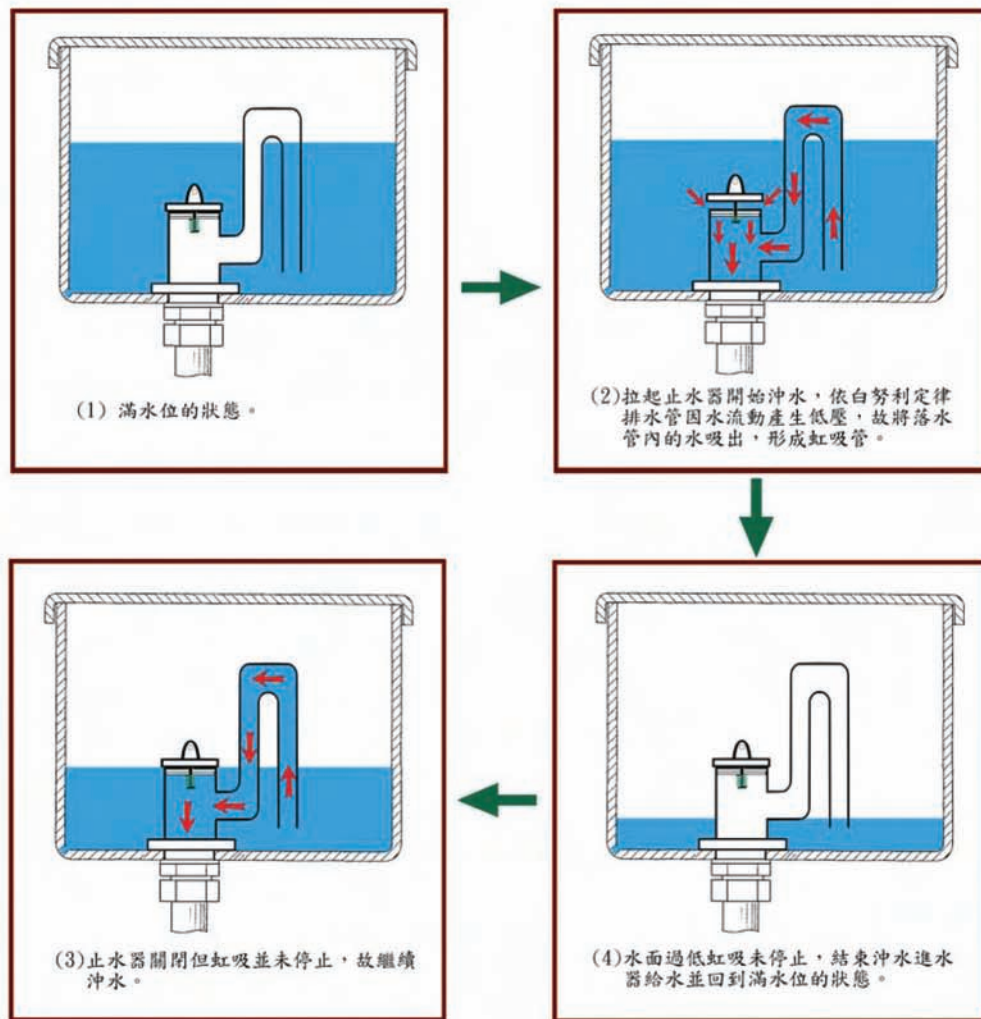
圖 (3)

圖 (4)

- (1) 在滿水位的狀態時，止水器只有黃色部分在水中，這時產生的浮力等於黃色部分體積的水重，小於止水器的總重，所以止水器靜止不動。如圖 (1)
- (2) 拉桿拉起止水器時，止水器全部在水中，這時產生的浮力等於黃色部分加紅色部分體積的水重，大於止水器的總重，所以止水器懸浮於水中。如圖 (2)
- (3) 拉桿放鬆但止水器繼續懸浮於水中，所以保持繼續沖水。如圖 (3)
- (4) 止水器離開水中喪失浮力掉落蓋住排水口，結束沖水並回到滿水位的狀態。如圖 (4)

2、高水箱型的工作原理：

因高水箱型的浮球、補水器與分離、噴射及單體型作用相同，為使圖面較簡潔，故省略不畫。



我們請教有經驗的水電師傅並利用「奇摩網站」搜尋馬桶水箱漏水的相關知識，知道了水箱漏水可分為下列類型

- (1)、水箱體有裂縫或與水管連接處漏水
- (2)、水箱內零件鬆動相對位置改變，造成止水器無法關閉停止沖水。
- (3)、止水器橡膠老化變形，無法形成足夠的水密性。



水箱體有裂縫、水管連接處漏水與水箱內零件鬆動等問題由外觀即可看出來，並且形成的原因很單純，故本文不予討論。

二、實驗一：止水器變形的實驗

說明：新的止水器具有足夠的水密性不會漏水，但隨著使用時間增加，橡膠逐漸老化變形，無法形成足夠的密合性因而漏水，老化變形的漸變過程與使用時間成正比。

實驗（一之一）：

（一）實驗目的：「止水器」老化變形與時間關聯性的觀察。

（二）實驗方法：

- 1、購買水箱套件組，製作水箱模型。
- 2、購買「止水器」新品一批，先觀察外表有無變形，然後裝於水箱模型中，將水倒入測試密合性，水面高度應完全覆蓋「止水器」並觀察有沒有漏水。
- 3、徵求願意提供協助的人，用買來的「止水器」新品免費更換他們家使用中]的「止水器」並詢問已使用的時間。
- 4、將換得的舊「止水器」先觀察外表有無變形，然後裝於水箱模型中將水倒入測試水密性，水面高度應完全覆蓋「止水器」並觀察有沒有漏水。
- 5、分析實驗數據。

水箱模型中的進水器、浮球與密合性測試無關，為方便「止水器」更換，故於本實驗中暫時拆除，另外安親班與幼稚園的 12 座馬桶，因為已於 1 年前同時更換「止水器」，所以只取 1 個為代表。



(三) 實驗結果：

× 代表沒有 ○ 代表有

新 品												
實 驗 序 號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
外表有無變形	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
有 無 漏 水	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×

新 品												
實 驗 序 號	13	14	15	16	17	18	19	20	----	----	----	----
外表有無變形	×	×	×	×	×	×	×	×	----	----	----	----
有 無 漏 水	×	×	×	×	×	×	×	×	----	----	----	----

舊 品												
實 驗 序 號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
使用的時間	1年	3年	4年	5年	5年	6年	7年	7年	8年	8年	9年	11年
外表有無變形	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○
有 無 漏 水	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○	○	○

(四) 實驗結果分析：

新品測試中「實驗序號11」竟然會漏水，我們將該「止水器」拆下檢查，確認無異狀後裝回去再測試，結果就不漏水了，所以我們認為第一次漏水的原因是「止水器」安裝不當。基於上述的經驗，舊品測試中會漏水的「止水器」我們都拆下再裝回去測試一次，結果都還是會漏水，因此我們認為由外表不能判斷「止水器」是否會漏水，「止水器」的老化變形與使用時間有關，使用的時間超過7年以上的「止水器」就有漏水的可能。

實驗（一之二）：

(一) 實驗目的：測量「止水器」老化變形的漏水量。

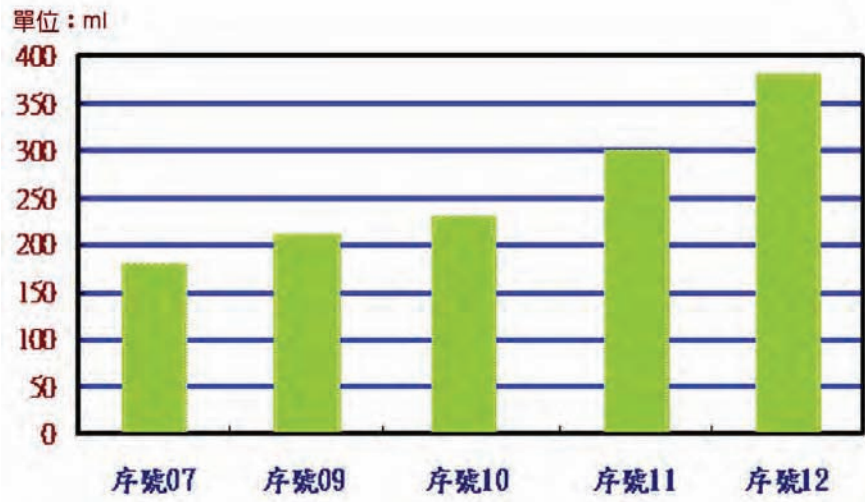
(二) 實驗方法：

- 1、將實驗（1-1）已證明會漏水的「止水器」依序裝在水箱模型中。
- 2、將量杯置於水箱模型排水口下方將水倒入，水面高度應覆蓋「止水器」。
- 3、以計時器計時20秒後將量杯移開。
- 4、觀察並記錄量杯內的水量。



(三) 實驗結果：

實 驗 序 號	07	09	10	11	12
使用的時間	7 年	8 年	8 年	9 年	11 年
漏 水 量	180ml	210ml	235ml	300ml	380ml



(四) 實驗結果分析：

依本實驗的結論我們認為「止水器」老化變形的漸變過程確實與使用時間成正比。

三、 實驗 二 ：「無感漏水」與「有感漏水」的研究

說明：： 當水箱開始沖水，浮球因水面降低而下沉，進水器即開始補水，如果補水量大於「止水器」的漏水量，那麼水面依然會上升，水面上升到一定高度時，會產生足夠的水壓，將「止水器」變形的部分壓為平整，漏水便會停止，水箱還是會保持正常運作，使用者不會察覺「止水器」有漏水，這種現象我們命名為「無感漏水」，如果補水量小於「止水器」的漏水量，那麼水面不會上升，使用者可察覺「止水器」有漏水，故我們命名為「有感漏水」。

實驗（二之一）：

(一) 實驗目的：計算馬桶水箱進水器單位時間補水量

(二) 實驗方法：

- 1、將真實的馬桶水箱上蓋打開，用手握住浮球並按下拉桿開始沖水。
- 2、等到止水器關閉停止沖水後將水位標記，放開浮球補水並開始計時。
- 3、等到浮球上升至不再補水時停止計時以計算一次補水需要的時間。
- 4、再次握住浮球並用杯子將水箱內的水舀出倒入量桶內直到水位降至標記處，觀察量桶內的刻度以得知一次補水的總量。
- 5、將補水總量除以補水需要的時間即可得知單位時間補水量。



計算一次補水需要的時間



將水箱內的水舀出



補水的總量



計算單位時間補水量

(三) 實驗結果：

序號	取樣地點	補水時間	補水總量	每秒補水量
1	台北市信義區 1 樓	85 秒	4900 ml	57 ml
2	台北市信義區 5 樓	95 秒	5800 ml	61 ml
3	南投縣國姓鄉 1 樓	90 秒	4800 ml	53 ml

(四) 實驗結果分析：

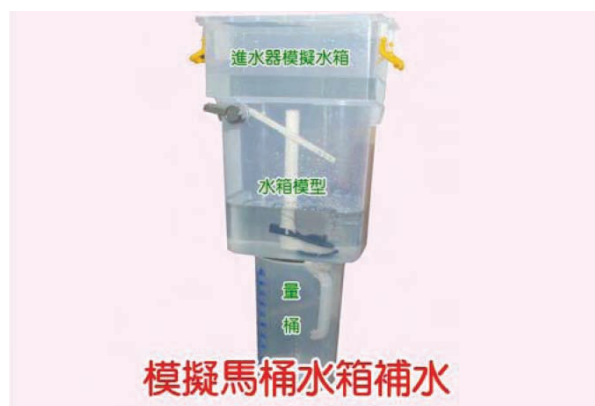
我們分 3 個地點取樣，結果分別為 57ml、61ml、53ml，我們以最小值 **53 ml** 為準。

實驗（二之二）：

(一) 實驗目的：模擬「無感漏水」。

(二) 實驗方法：

- 1、準備一塑膠水箱並將底部鑽洞，洞的大小足以讓水箱內的水以每秒近似於 53 ml 的速度流出，製成「進水器模擬水箱」以模擬進水器補水。
- 2、將實驗（1-1）中已證明會漏水的「止水器」依序裝在「水箱模型」中。
- 3、將量桶置於「水箱模型」排水口下方，再將「進水器模擬水箱」放置於「水箱模型」上方。
- 4、將水倒入「進水器模擬水箱」，模擬馬桶水箱補水。
- 5、觀察漏水停止時「水箱模型」的水面高度並記錄量桶中漏水的數量。



(三) 實驗結果：

實 驗 序 號	07	09	10	11	12
使 用 的 時 間	7 年	8 年	8 年	9 年	11 年
漏水停止時水面高度	2.5 cm	2.5 cm	3.5 cm	無	無
總 漏 水 量	30 ml	40 ml	55 ml	持續漏水	持續漏水

(四) 實驗結果分析：

- 1、漏水停止時水面高度是指「止水器」的最高點到水面的距離，實驗序號11、12這兩組樣品，我們一直補水到水面高到「落水器」的溢水口依然持續漏水，故我們認為這可能是一種「不可停止的無感漏水」，與實驗序號07、09、10這3組「可停止的無感漏水」是兩種不同的現象。
- 2、在觀察漏水現象時，我們發覺單位時間漏水量會隨水面高度上升遞減，這證明足夠的水壓會將「止水器」變形的部分壓為平整，漏水便會停止，但是如果「止水器」變形太嚴重，因限於水箱高度無法產生足夠的水壓，所以就可能產生了「不可停止的無感漏水」。
- 3、真實的馬桶水箱，當水面高度上升至浮球桿呈水平狀時，補水便會停止，這時的水面為高度的上限，我們將它命名為「補水終端高度」，在下個實驗，將會把進水器與浮球裝回「水箱模型」中，以模擬真實的馬桶水箱。
- 4、「可停止的無感漏水」因漏水量較為有限，故我們不再討論。

實驗（二之三）：

（一）實驗目的：證明「不可停止的無感漏水」並測量「補水終端高度」的單位時間漏水量。

（二）實驗方法：

- 1、水箱套件組的進水器與浮球裝回「水箱模型」中。
- 2、將實驗序號 **11**、**12** 這兩組「止水器」分別裝入「水箱模型」中。
- 3、將「進水器模擬水箱」放置於水箱模型」上方並將水倒入「進水器模擬水箱」，模擬馬桶水箱補水。
- 4、當水面高度上升到浮球桿呈水平狀態時便停止補水。
- 5、用量杯承接漏水 30 秒並記錄總漏水量。
- 6、倒空量杯的水，重複方法（5）共 3 次並將結果加總計算平均值。

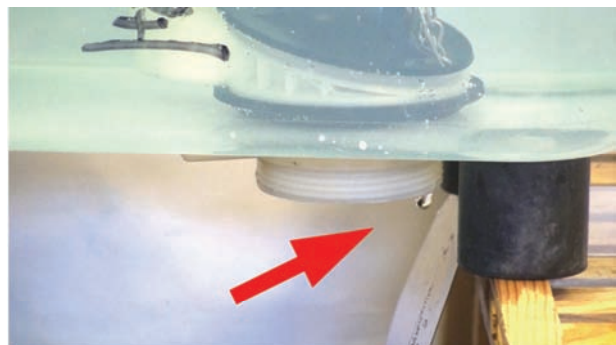
（三）實驗結果：

實 驗 序 號	11	12
使 用 的 時 間	9 年	11 年
第一次 30 秒總漏水量	40ml	65 ml
第二次 30 秒總漏水量	45 ml	70 ml
第三次 30 秒總漏水量	45 ml	65 ml
30 秒 平 均 漏 水 量	43 ml	67 ml
秒 平 均 漏 水 量	1.4 ml	2.2 ml

（四）實驗結果分析：兩個「止水器」3 次的 30 秒總漏水量都沒有遞增或遞減的現象，這證明「不可停止的無感漏水」確實存在



無感漏水實驗



不可停止無感漏水

四、實驗三：馬桶水箱的改良方案的研究

- 說明：
- 1、由以上的實驗，我們知道馬桶水箱的「止水器」其實問題很多，即使是全新品也會因安裝不當產生「無感漏水」，如果能做出沒有「止水器」的馬桶水箱，「無感漏水」的問題便能徹底解決。
 - 2、我們觀察分離、噴射及單體型與高水箱型水箱的差異，發覺分離、噴射及單體型水箱為防止「補水器」故障無法停止補水，所以「落水器」的旁邊有一隻「溢水管」，當無法停止補水時，水會從「溢水管」溢出至「落水器」中排掉，但是高水箱型卻沒有「溢水管」，難道高水箱型的「補水器」永遠不會故障嗎？



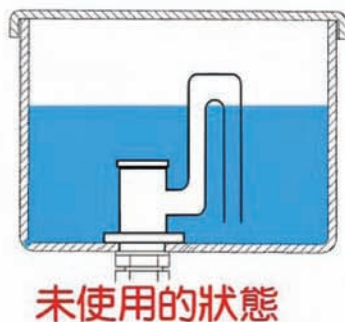
分離、噴射及單體型



高水箱型

我們請教水電師傅這個問題，得知如果高水箱型的「補水器」故障無法停止補水，水面高度一旦超過「落水管」，「落水管」就會產生虹吸作用將水吸到「落水器」中排掉，所以根本不需要「溢水管」。

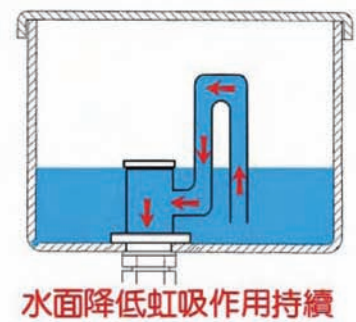
- 3、在「高水箱型的工作原理」中，我們知道正常情況下「落水管」的虹吸作用的啟動是要靠「落水器」沖水產生低壓，將虹吸管出水端內的水吸出，但是依照水電師傅的說法，其實不必靠「落水器」沖水產生低壓，只要水面高於虹吸管的頂點，虹吸作用也是會發生，作用的原理如下圖：



未使用的狀態



水面高於虹吸管的頂點虹吸作用發生



水面降低虹吸作用持續

這樣沒有「止水器」的馬桶水箱，「無感漏水」的問題便能徹底解決，為了與傳統馬水箱有所區別，我們命名為「虹吸式落水器」。

實驗（三之一）：

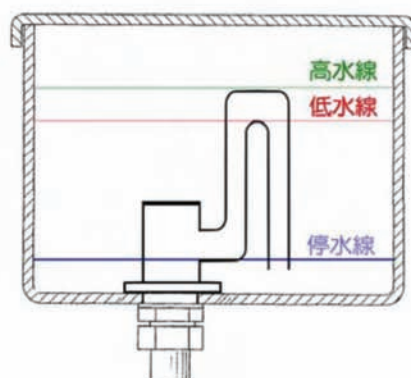
（一）實驗目的：製作「虹吸式落水器」並證明它的功效

（二）實驗方法：

- 1、購買材料製作「虹吸式落水器」，材料請參考「研究設備與器材」。
- 2、將「虹吸式落水器」成品安裝於水桶中。
- 3、將水倒入，水面高度應超過虹吸管的頂點。
- 4、觀察水面高度與虹吸作用的關聯性。



（三）實驗結果：



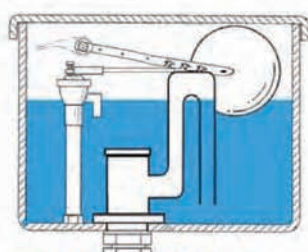
- 1、水面高度若超過「高水線」，虹吸作用確實會發生，水面會降至「停水線」為止。
- 2、水面高度若超過「低水線」但未到達「高水線」，會有水自「虹吸式落水器」中漏出，但是虹吸作用不會發生。

（四）實驗結果分析：

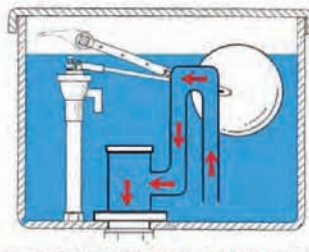
在實驗（3）中使用「虹吸式落水器」的馬桶水箱我們稱為「虹吸式水箱」，我們得知「虹吸式水箱」於未使用的狀態時水面高度應低於「低水線」以避免漏水，「虹吸式水箱」於沖水的狀態時水面高度應高於「高水線」以啟動虹吸作用。如果能正確的控制水面高度，「虹吸式水箱」就能有效運作，該如何控制水面的高度呢？下面的故事給了我們答案：



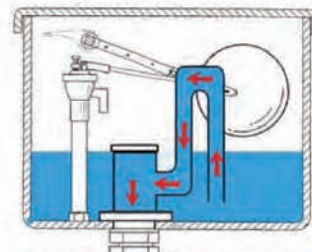
依據阿基米德原理：「若有一樣的體積置於水中，所溢出來的水會一樣多」，烏鴉石頭丟入水瓶中，瓶口就溢出等體積的水，所以我們做了以下的設計：



未使用的狀態



拉桿拉動浮球下沉使水面上升



水面降低虹吸作用持續

「烏鴉喝水」的故事中，水瓶是「肚大頸小」的外型，所以水面會在瓶頸處快速上升，這種現象我們稱為「瓶頸效應」，因此我們必須縮小「低水線」以上的水箱體積，這樣「虹吸作用」會更容易啟動。

實驗（三之二）：

（一）實驗目的：製作「虹吸式水箱」並證明它的功效

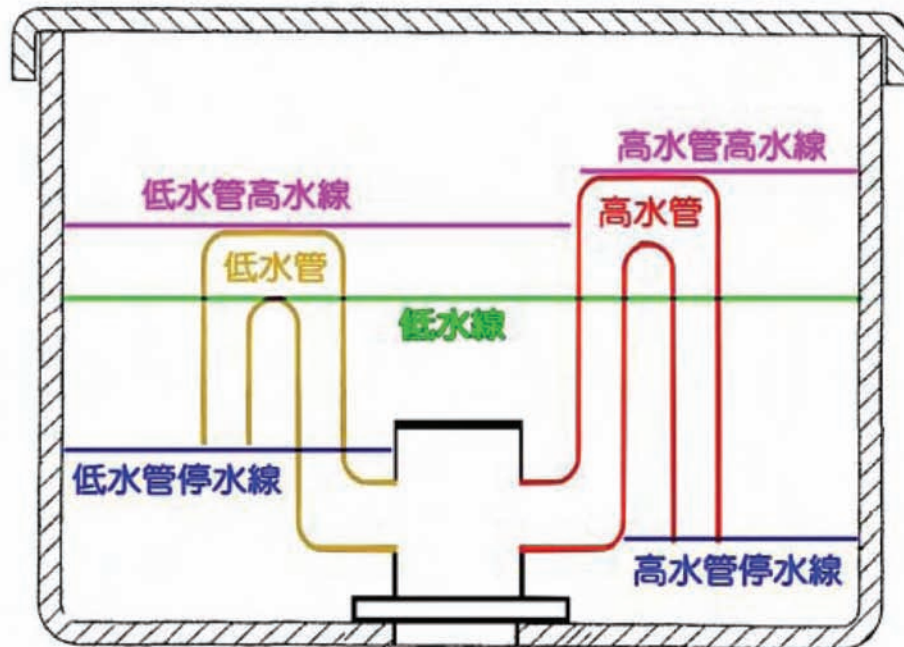
（二）實驗方法：

- 1、購買材料製作「虹吸式水箱」，材料請參考「研究設備與器材」。
- 2、將拉桿與浮球用鐵絲綁住。
- 3、將「PU 泡棉條」黏貼在高於「低水線」的水箱內壁以形成「瓶頸效應」。
- 4、將水倒入「虹吸式水箱」，水面高度應貼齊「低水線」。
- 5、扳動拉桿使浮球下降，觀察「虹吸作用」是否啟動。



（三）實驗結果：「虹吸作用」如預期啟動，「虹吸式水箱」確實可行。

(四) 實驗結果分析：目前新型馬桶水箱爲了達成省水的目的，紛紛走向兩段式沖水的設計，第一段大約沖出4公升的水，第二段大約沖出6公升的水，爲了使「虹吸式水箱」也能具有這樣的功能，我們做了以下的修正：



1. 未開始使用時，水面停留在**低水線**。
2. 水面上升至**低水管高水線**時，**低水管**發生虹吸作用，水面降至**低水管停水線**時，虹吸作用結束。
3. 水面上升至**高水管高水線**時，**高、低水管**同時發生虹吸作用，水面降至**高水管停水線**時，虹吸作用結束。

上圖(2.)「高水管」不會發生虹吸作用，只會漏出少許的水，「低水管」沖出的水等於「低水管停水線」到「低水管高水線」之間的水量，只要修正「低水管」的高度使沖水量等於4公升，那麼這項動作便相當於新型省水馬桶水箱的第一段沖水，上圖(3.)則修正「高水管」的高度使沖水量等於6公升，那麼這項動作便相當於新型省水馬桶水箱的第二段沖水，【所以只要壓下浮球來控制水面的高低，就可以控制「高、低水管」虹吸作用的啟動】，我們將這種水箱命名爲「兩段式虹吸水箱」。

新型省水馬桶兩段式沖水，雖然可改變沖水量，但是「單位時間沖水量」確無法改變，在上圖(3.)中，初期因「高、低水管」同時啟動，「單位時間沖水量」是上圖(2.)的2倍，這會使沖出的水較強，這種特性更能符合馬桶使用上的需求，因爲根據經驗馬桶第二段沖水，一開始往往需要更強的水才容易沖乾淨。

實驗（三之三）：

（一）實驗目的：製作「兩段式虹吸水箱」並證明它的功效

（二）實驗方法：

- 1、購買材料製作「兩段式虹吸水箱」，材料參考「研究設備與器材」。
- 2、用量桶裝水倒入水箱中，每到入 1 公升即在水箱外側做標記。
- 3、依據水箱外側做標記裁切硬水管製作「兩段式虹吸水箱」，「高水管」長度對齊 6 公升沖水量的水箱外側標記，「低水管」對齊 4 公升的水箱外側標記。
- 4、將拉桿與浮球用螺絲釘栓住。
- 5、將「虹吸式落水器」，「高水管」漆成紅色，「低水管」漆成黃色以利觀察。
- 6、裁切透明水管兩端以矽膠封口，黏貼在高於「低水線」的水箱內壁，以形成「瓶頸效應」。
- 7、將水染成綠色並倒入「虹吸式水箱」，水面高度應貼齊「低水線」。
- 8、扳動拉桿使浮球下降，觀察「虹吸作用」是否啟動。



- （三）實驗結果：1. 第一段「虹吸作用」如預期啟動，第二段「虹吸作用」無法啟動。
2. 如果壓下浮球時再倒入 700ml 的水，則第二段「虹吸作用」便可啟動。
- （四）實驗結果分析：本實驗證明如果水面能上升至足夠的高度，則「兩段式虹吸水箱」確實可行，只是目前我們的模型還需要再想辦法提升水面的高度。

五、實驗（四）：「內瓶頸效應」的研究與應用

- 說明：1、由實驗（三之三），我們知道還需要提升水面的高度，但是「低水線」以上的水箱體積已無法再縮小，我們必須另外想辦法來提升水面的高度。
- 2、在數學課裡，我們曾學過將一定體積的水到入形狀相同的容器，底面積越小則水面高度越高，依此原理如果我們將「虹吸管」的入水管換成較大管徑的水管，當水流入較小管徑的出水管，「虹吸作用」啟動的水面高度便可較順利降低。
- 3、這種大管接小管的原理其實跟「瓶頸效應」是一樣的，但是因為它發生在水管的內部，所以我們將它命名為「內瓶頸效應」，使用「內瓶頸效應」的「虹吸管」我們稱為「內瓶頸虹吸管」。
- 4、我們將浮球壓入裝水的量桶中，觀察水面上升得知浮球的體積為 1250ml，為求實驗結果的精確，故以下實驗我們將以倒水代替浮球，到入 600 ml 的水即近似於壓入半顆浮球。
- 5、為了將「內瓶頸效應」量化以便分析，我們將大管管徑除以小管管徑，所得的商我們稱為「管徑比」。



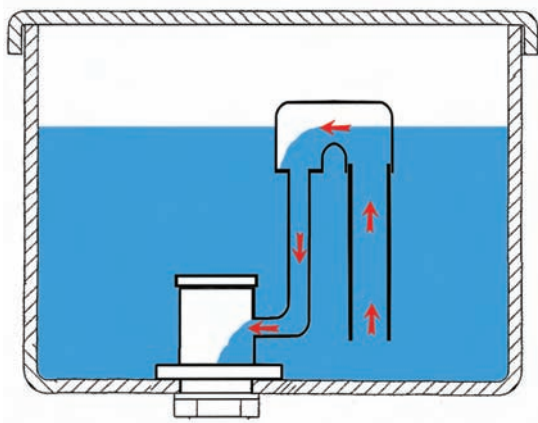
水箱體積已無法再縮小



討論「內瓶頸效應」



討論「內瓶頸效應」



內瓶頸效應原理



因彎管的內徑等於大水管的外徑，所以「管徑比」大管管徑以彎管的內徑為準。

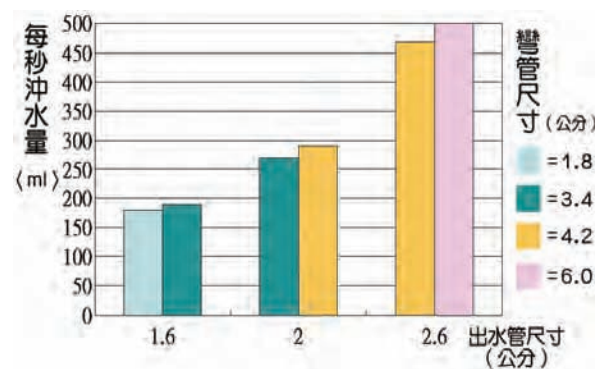
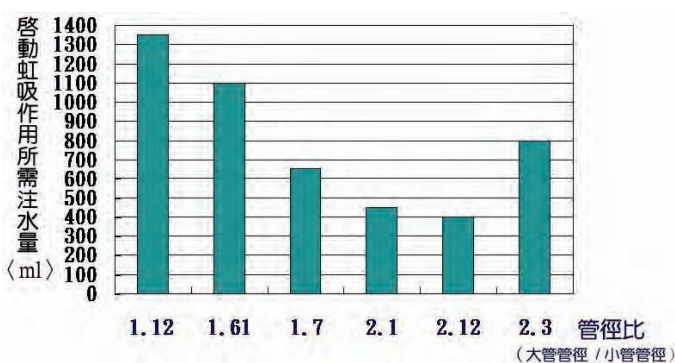
實驗（四之一）：

- （一）實驗目的：製作「內瓶頸虹吸管」並證明並分析它的功效。
- （二）實驗方法：
 - 1、購買材料製作「內瓶頸虹吸管」，材料參考「研究設備與器材」。
 - 2、製作單管「虹吸式落水器」並將「內瓶頸虹吸管」依序裝入測試。
 - 3、將量桶置於水箱下並以馬錶計時，以計算單位時間沖水量。
 - 4、將水到入水箱中觀察「虹吸作用」是否啟動。



（二）實驗結果：

實驗序號	彎管尺寸 (公分)	出水管尺寸 (公分)	管徑比 (大管管徑÷小管管徑)	啟動虹吸作用 所需注水量	每秒沖水量
1	1.8	1.6	1.12	1350 ml	180ml
2	3.4	1.6	2.12	400ml	190ml
3	3.4	2.0	1.70	650ml	270ml
4	4.2	2.0	2.10	450ml	290ml
5	4.2	2.6	1.61	1100ml	470ml
6	6.0	2.6	2.30	800ml	500ml



（四）實驗結果分析：

- 1、因市售彎管管徑種類有限，我們僅能就買得到的尺寸來實驗，管徑大於 2.6 公分的水管，管徑為 3.2 公分，已無法安裝在落水器上，故本實驗出水管管徑上限為 2.6 公分。
- 2、以**實驗序號** (1, 2)、(3, 4)、(5, 6) 來看，出水管管徑不變，彎管管徑越大「**管徑比**」會也變大，但**虹吸啟動注水量**則隨之減少，**每秒沖水量**會微幅增加。
- 3、以**實驗序號** (2, 3)、(4, 5) 來看，彎管管徑不變，出水管管徑越大「**管徑比**」會變小，**虹吸啟動注水量**則隨之增加，但**每秒沖水量**會大幅增加。
- 4、以整體數據來看，出水管管徑變大，「**內瓶頸效應**」會降低，但**單位時間沖水量**會大幅增加。
- 5、傳統馬桶水箱每秒沖水量大約是 **700ml**，如果要製造「**一段式虹吸水箱**」，那麼可使用 2 隻**實驗序號 4** 的「**內瓶頸虹吸管**」，併列於水箱中，如果要製造「**二段式虹吸水箱**」，那麼可使用**實驗序號 4** 與 **6** 的「**內瓶頸虹吸管**」各 1 隻併列，利用不同的**虹吸啟動**條件來達成二段式沖水的目的。

實驗（四之二）：

- （一）實驗目的：製作「透明內瓶頸虹吸管」並觀察它的工作原理。
- （二）實驗方法：1、購買材料製作「透明內瓶頸虹吸管」。
- 2、將「透明內瓶頸虹吸管」裝入單管「虹吸式落水器」水箱中。
- 3、倒入染成藍色的水至「低水線」。
- 4、將浮球壓入水中模擬水箱沖水並觀察結果。
- （三）實驗結果：



虹吸作用啟動



彎管近拍

（四）實驗結果分析：

- 1、當浮球壓入水中，水會由入水管經彎管至出水管，如果出水管尚未充滿水之前將浮球拉出水面，入水管與彎管內的水會退回至水箱中，虹吸作用便會停止，如果等出水管充滿水之後再拉出浮球，那麼虹吸作用便會一直持續到結束。
- 2、出水管管徑越大，則充滿水需要的時間越長，所以「二段式虹吸水箱」可利用浮球停在水中時間的長短來控制虹吸作用的啟動。
- 3、以前我們一直以爲虹吸作用啟動時，虹吸管內不能有空氣，因爲空氣會阻斷水流，但是由「彎管近拍」中，我們發現虹吸作用啟動時，彎管內空氣大約占管徑的 50%，並且一直持續到結束，而彎管內的水也因入水管的吸力產生明顯的渦流，這個奇特的現象讓我們十分驚訝，不過它與這次的研究主題並無直接的關係，我們將另外找機會再研究。

實驗（四之三）：

（一）實驗目的：製作「內瓶頸二段式虹吸水箱」，並證明它的可行性。

（二）實驗方法：

- 1、依實驗（四之一）的結果分析，製作實驗序號 4 與 6 的「內瓶頸虹吸管」各 1 隻，並將它們改裝成「透明內瓶頸虹吸管」，實驗序號 4 用噴漆塗成黃色，實驗序號 6 塗成紅色以便識別。
- 2、將「二段式虹吸水箱」所有的配件裝入水箱中。
- 3、依實驗（四之二）的結果分析，用浮球停在水中時間的長短來控制虹吸作用的啟動。



實驗序號4塗成黃色



實驗序號6塗成紅色



內瓶頸二段式虹吸水箱



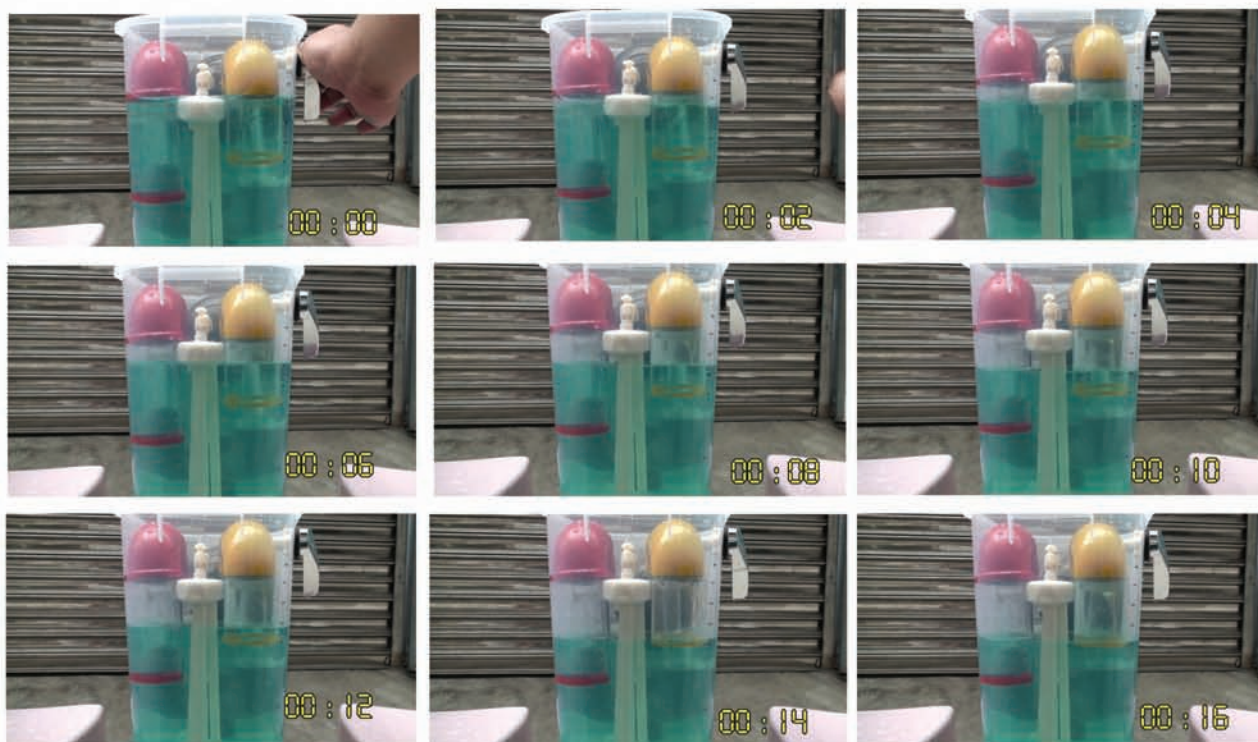
內瓶頸二段式虹吸水箱

（三）實驗結果：「內瓶頸二段式虹吸水箱」確實可行性。

第一段沖水連續圖

按下浮球後立刻放手

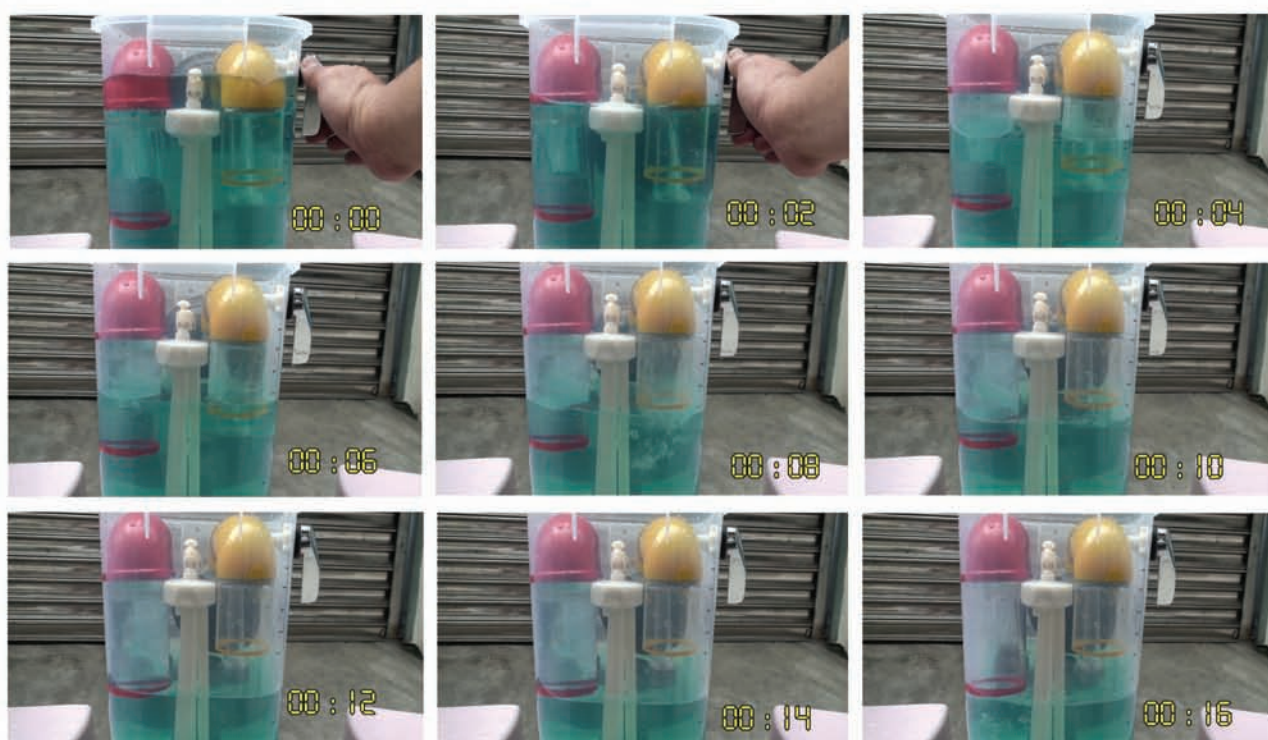
歷時約15秒，每秒沖水量約300ml



第二段沖水連續圖

按下浮球2秒後放手

歷時約11秒，每秒沖水量約670ml



陸、結 論：

- 一、實驗（一）中我們證明了馬桶的「止水器」老化變形的漸變過程與使用時間成正比。
- 二、實驗（二）中我們證明了「不可停止的無感漏水」的存在，馬桶的「止水器」使用超 9 年以上，不論它的功能或外觀如何都應該更換。
- 三、在實驗（三）中，我們製作的「兩段式虹吸水箱」，雖然證明了兩段式沖水的可行性，但水面高度不足以至於第二段沖水不易啟動。
- 四、到了實驗（四），我們運用「內瓶頸效應」解決了實驗（三）中水面高度不足的問題，並利用「內瓶虹吸管」的特性取代「高、低管」的設計，另外也改變了浮球控制的方式，使「虹吸式水箱」更好用也更可行。

柒、心得與感想：

每秒 2 ml 的「不可停止的無感漏水」看起來似乎很少，但是累計 1 年便有 63000 公升，如果馬桶水箱裝設在 2 樓以上，浪費的還包括將水抽到頂樓水塔的電能，在倡導「節能減碳」的今天，這是不容忽視的問題，在這次研究中，我們限於知識與能力有限，在研究上可能不盡完美，不過我們希望能拋磚引玉，引起先進前輩們對這個議題的重視，將「節能減碳」落實到日常生活的小處與深處，創造乾淨與環保的明天。

捌、參考資料：

- 一、「奇摩網站」知識搜尋，關鍵字：「馬桶水箱漏水」。
- 二、翰林 國小版 自然與生活科技第四冊 水的奇妙現象 3-3 虹吸現象
- 三、網站：<http://www.hcg.com.tw/>
- 四、網站：<http://www.cbk.tw/ec99/shop1311/default.asp>
- 五、「○○屋」內湖店衛浴用品區現場展示資料。

【評語】 080817

本作品探討馬桶漏水與虹吸作用省水的原理，並製作了各種馬桶止水器的模型。模型非常複雜，需要大人協助，另外稍缺乏科學的研究精神，比較重視製作工藝。