

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第一名

082920

「落水頭-弱水頭」-探討落水頭排水效果之研究

學校名稱：高雄市小港區港和國民小學

作者： 小六 簡辰羽 小六 李秉易 小六 蘇筱凌 小六 黃郁紋	指導老師： 顏志昌 潘淑芬
---	---------------------

關鍵詞：落水頭、排水

得獎感言

我的科學夢

它就像一把鑰匙,開啟我的科學大門;它也像一位神奇的魔法師,讓原本無聊的自然變得更加有趣;它更像一位好老師,教導我許許多多的知識。沒錯!它就是讓我又愛又恨的一科展。

從小我就對科學方面蠻有興趣再加上學校老師自然課時都會讓我們動手做很多實驗,例如解剖魚或是發明保冷裝置等... ,更是啟發我對科學的興趣,讓我立志想當科學家,當知道我有機會參與科展時,我非常的高興!因為參加科展不但能學習到許多知識,也可以朝自己的夢想跨出一小步,加上我非常崇拜指導老師,所以我很期待參與科展。

實驗的過程中常要利用課後及假日時間到學校做實驗,雖然有時會因為實驗做錯而灰心,有時也會與同伴因意見不同而有爭吵,訓練口頭報告時,我常因為達不到自己的期望,因此感到挫折,常對自己生氣,還好有老師及父母的開導支持讓我重拾信心,勇敢面對挑戰,雖然有許多甘苦的回憶,但我還是非常高興能參與這次的科展;而我們的研究,也讓我重新對落水頭有了更深的了解與認知,為了解決市售落水頭的缺失,我們甚至自己研發出新式的凸面落水頭,還得到了國家『專利』認可。比賽過程中,評審都給予我們高度的肯定,這一切都要感謝主任、老師的指導。感謝老師們讓我了解到科學研究的精神與價值,除了增進學識之外,更重要的團隊合作和學習態度。讓我們為校爭光、為高雄市爭光,也為自己留下紀錄。

最後,我們會繼續將專利推廣商品化,雖然商品化的路很長,但我們會積極的尋找管道,讓好產品發酵,以減少大眾淹水之苦,而我們也會努力邁向科學人之路。



全體成員一起清理學校頂樓落水頭，這才發現，原來學校頂樓風景好美



學校實驗模型全景



獲得專利的新式凸面落水頭

摘要：

由於暑假期間，幾次的淹水造成學校很大的困擾，於是激發我們想要透過實驗探究影響落水頭排水效果的因素 – 「落水頭」其中幾項結論包括：第一、降雨量、落葉量都會影響落水頭的排水效果，而且落葉當中又以小葉子阻塞效果更明顯；第二、透過自製落水頭變因的探討，提出新式落水頭的模式(迎水面圓柱型、間隙大小 0.8 公分、底面半徑 6.5 公分)；第三、透過凸面的設計，成功改良新式落水頭落葉浮貼的缺點；第四、經由戶外模擬實驗確認新式凸面落水頭優異的排水效能。最後，希望經由以上的研究，讓學校能減低淹水之苦，甚至有機會推廣到其他有使用落水頭的場域。

壹、研究動機:

發生於 2016 年暑假期間的莫蘭蒂颱風不但對台灣有極大的影響，對於在南部的高雄更是損失慘重。學校多處因為下大雨而造成淹水，我們則因為跟爸媽當義工，所以一起來整理校園、清理頂樓。發現，許多落水頭都積水未退，而且周圍夾雜落葉、泥砂...等雜物。當下，我們產生了許多疑惑，在頂樓設置落水頭的原因是什麼？落水頭為什麼要設計低於樓板面呢？如果落葉、雜物是造成排水阻塞的原因，有沒有辦法可以克服呢？種種的疑惑，深深吸引我們想要探討它。剛好學校有進行科展，所以就跟老師提出這個解決自己學校的問題。老師找到了五金達人-洪先生，讓我們與專家對話，初步瞭解什麼是落水頭，於是就這樣，我們展開了後續的研究，希望能透過實驗設計，找出最佳的落水頭型式，改善排水阻塞的問題。

本參展作品與教學單元之相關性有：

- 一、國小自然課本六年級下學期第一單元 簡單機械
- 二、國小自然課本五年級下學期第四單元 力與運動

貳、研究目的:

- 一、調查學校教職員工及學生對落水頭的認知
- 二、了解一般安置落水頭的作用
 - (一)比較無葉狀態地板落水頭與高腳落水頭的排水效果如何
 - (二)比較有葉狀態地板落水頭與高腳落水頭的排水效果如何
 - (三)比較市場上各式高腳落水頭的排水效果如何
- 三、探討影響高腳落水頭排水效果的變因
 - (一)不同的落葉型態對高腳落水頭的排水效果影響
 - (二)不同的落葉量對高腳落水頭的排水效果影響
 - (三)不同的降雨量對高腳落水頭的排水效果影響
- 四、提出如何改良高腳落水頭的做法
 - (一)不同的迎水面形狀對高腳落水頭的排水效果影響
 - (二)不同的間隙大小對高腳落水頭的排水效果影響
 - (三)不同的底面半徑對高腳落水頭的排水效果影響
 - (四)提出防止落葉浮貼落水頭的做法
- 五、分析新式凸面落水頭的效能
 - (一)不同的阻塞物對新式凸面落水頭的排水效果影響
 - (二)戶外模擬實驗探討新式凸面落水頭的排水效果
- 六、培養從事科學研究的精神與態度

參、研究設備與器材:

軟體設備：GOM Player 影像剪輯軟體。

硬體設備：壓克力水槽(長 90cm×寬 60cm×高 45cm)、抽水馬達、水箱、相機 3 台、游標尺、長尺、各式落水頭、電鑽、圓規、PVC 塑膠管、美工刀、腳架、束帶、剪刀、壓克力板、塑膠水管、線鋸、碼錶、壓克力管、教室後走廊、五樓屋頂。



肆、研究過程與方法:

◎研究一：調查學校教職員工及學生對落水頭的認知

想法：我們希望透過訪談及問卷設計，了解大家對落水頭的認知。

實驗(一)：設計問卷調查教職員工生對落水頭的認知

結果：本問卷實施對象為本校國小高年級各班學生以及全校教職員，共發出190份問卷，回收後統計有效問卷168份，再以168份有效問卷進行統計分析如下：

▲問題一▼你有曾經看過學校或是家裡、還是其他地方，因為落水頭阻塞導致淹水？

★有看過84% ★沒看過16%

▲問題二▼你認為落水頭容易被阻塞而導致淹水？

人員 \ 項度	非常容易	容易	中	不容易	非常不容易
教職員生	19 14%	59 44%	46 34%	9 7%	1 1%

發現：1.問卷當中高達84%的人都看過落水頭阻塞，而其中看過落水頭阻塞的人，只有8%的人認為落水頭是屬於不容易被阻塞的。

2.表示落水頭阻塞是不分地方的，而造成淹水的問題是需要被立即解決的。

▲問題三▼你認為落水頭阻塞導致淹水的主因？

人員 \ 項度	樹葉	頭髮	油漆塊	雜草/吸管/塑膠袋
教職員生	116 38%	67 22%	61 20%	61 20%

發現：1.問卷當中樹葉比例最高達38%，此項訊息將作為後續模擬實驗依據。

實驗(二)：訪談總務主任對落水頭的認知

▲學校曾經淹水的情況分析▼

總務主任表示，近幾年每逢暑假期間，高雄就會遭逢豪大雨的侵襲，學校會經常出現淹水的地方包括屋頂、活動中心頂樓、迎風面教室、圖書室...等空間，而每一個地方淹水的原因也不盡相同；其中，屋頂以及活動中心頂樓積水皆是因為雜物阻塞落水頭，導致降雨疏散不及，有時候甚至會流至下一樓層，而教室淹水也通常是相同的原因。



教室落水頭因落葉/油漆塊阻塞

▲學校因應作法▼

總務主任表示，在氣象局發布豪大雨或颱風的時候，會先行至頂樓清潔落水頭，落水頭如果一段時間沒清理，很容易造成排水不順暢，班級也會請導師盡量先清潔落水頭的雜物，但有時候事先清潔了，仍還是抵擋不了強風吹來的即時落葉、油漆塊剝落、塑膠袋...等雜物，所以每次高雄下豪大雨，總務處人員總是處於警戒狀態。

實驗(三)：實際踏查學校頂樓落水頭

發現：1. 紀錄頂樓落水頭的尺寸(高 6cm、直徑 7.2cm)，做為後續實驗的依據。

2. 落水頭周圍的確有許多落葉堆積、植物幼苗生長以及雜物。

3. 收集頂樓的落葉，經分兩類為大葉子與小葉子，大葉子葉片長度 10-20 公分，小葉子葉片長度 1.5~5 公分，以此範圍收集大葉子 100 片、小葉子 500 片作為後續實驗用途。



踏查學校頂樓的落水頭現況

◎研究二：了解一般安置落水頭的作用

想法：根據問卷的資料，我們發現不管是教職員工或是學生都曾看過落水孔阻塞，而在這些看過的比列當中，又有 58%的人認為落水孔是容易造成阻塞的，而阻塞的原因以樹葉為主，於是我們產生疑問，到底落水頭對排水有沒有幫助呢？

▲**排水模型製作**▼我們與老師共同討論如何設計實驗的情境，主要試驗設施如圖所示。

(一) 實驗水槽：長90cm、寬60cm、高45cm 之水槽。水槽內分為兩個區域，落葉區、落水頭排水區。水流經過T型管流出後，進入落水頭排水區離開。

(二)馬 達：其功能為透過皮帶帶動旋轉葉片以驅動水流，最大轉速可達800rpm，功率可達11KW，並可利用變速箱轉換高速檔及低速檔，以改變旋轉葉片的轉速。

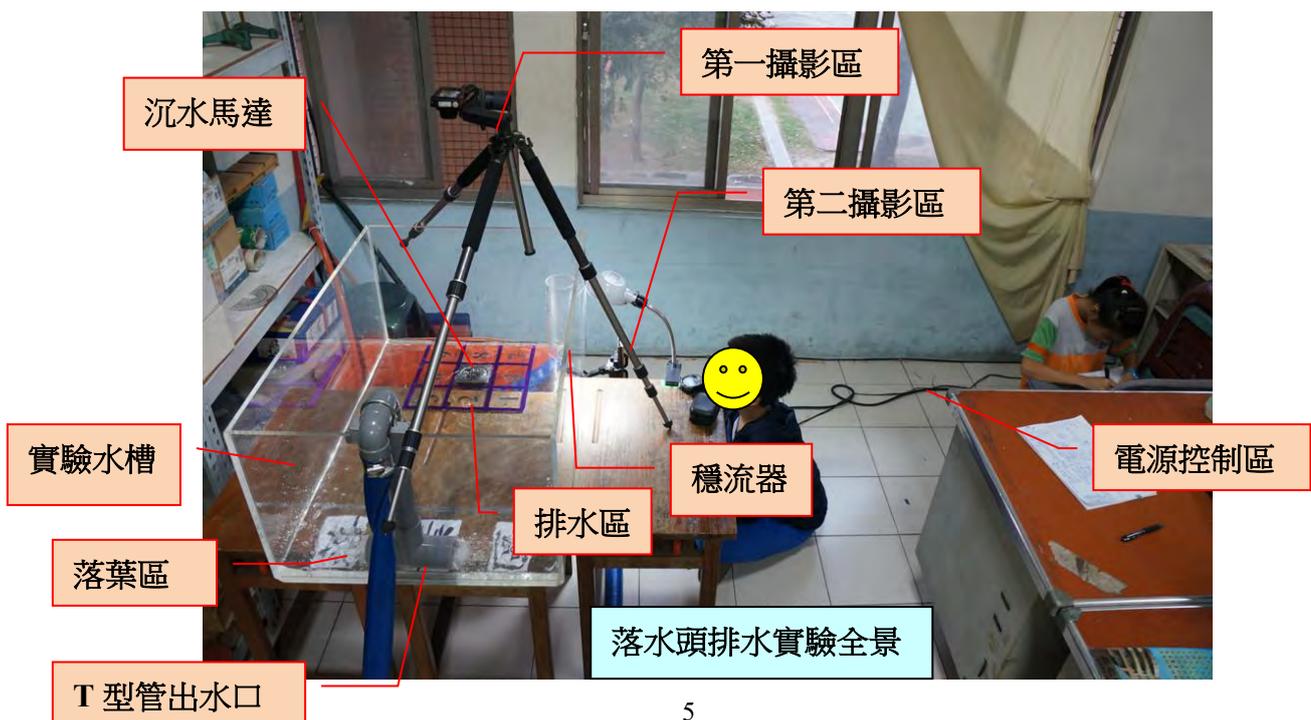
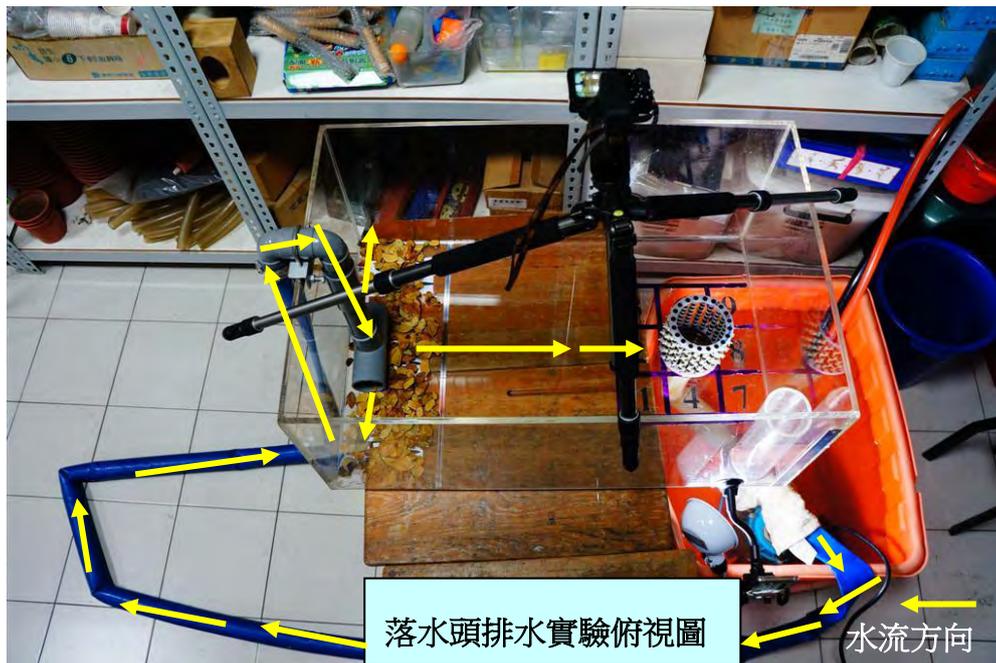
(三) 控 制 箱：可調整馬達轉速，模擬不同降雨強度。

(四)穩流器：將透明的壓克力管，底部切開一個進水的缺角，當T型管出水時，水進入壓克力管內會相對穩定，得以從第二攝影區記錄水位高度的變化。

(五)排水區：量測學校落水孔徑後，製作1：1的尺寸來進行實驗測試。

(六)抽水管：本實驗的落水頭循環系統，以軟管的結構做成一個循環系統，以便可以隨時收納節省空間的利用。但為確保軟管的擺設路徑不會去影響到水流，所以在地面黏上標記，讓軟管擺設在相同位置上。

(七)T型管出水口：透過T字型的分流管，增加水流的穩定度。

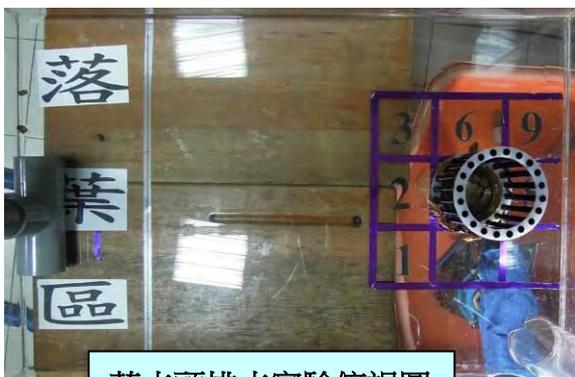


▲實驗條件規劃▼

- (一)落水孔模型：經測量學校落水孔直徑為4.5cm，製作1：1的尺寸來進行實驗測試，上方可放置實驗用落水頭。
- (二)試驗出水量穩定：先將排水球閥關閉，再利用馬達的操作閥固定轉速(角度15度)，待1分鐘出水後關閉電源，記錄水高，連續測量10次後，馬達的出水量4.2公分佔80%，4.1公分佔20%，馬達轉速穩定。

項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
水高(公分)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.2	4.2	4.18

- (三)模擬降雨：啟動抽水馬達，經由循環系統進入水槽內模擬降雨。
- (四)自製落水頭模型：依照落水孔的直徑，作為壓克力板切割成圓環的內徑，在兩片圓環上依照不同的間距，分別對稱打孔，以插入PVC塑膠管，客製化不同的落水頭。
- (五)排水時間：馬達啟動開始計時，待1分鐘後關閉電源，當排水高度降至固定水位線上，則計時停止。
- (六)排水效果：針對落水頭的排水效果，我們觀察的指標包括，排水時間、排葉量、水位高度、排水速度。
- (七)排水速度：【1分鐘後關閉馬達的水位高度×60(水箱寬度)×90(水箱長度)】÷關閉電源後排水高度降至固定水位線的時間。
- (八)排葉量：計時停止後，從排水球閥後端排出來的葉片數量。
- (九)阻塞物：根據問卷及實際踏查，我們以葉子為阻塞物，並收集學校長度 10~20 公分的大葉子 100 片、1.5~5 公分以內的小葉子 500 片進行實驗，由於屋頂也容易觀察到沙子，但沙子體積太小並非短時間內能造成排水阻塞，所以不列入實驗討論。



落水頭排水實驗俯視圖



自製各式落水頭

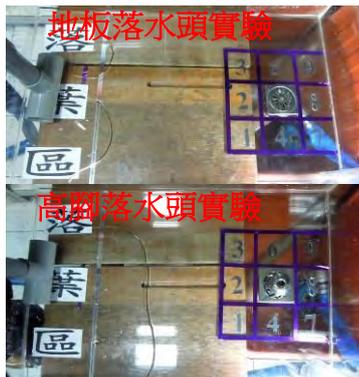
實驗(一)：比較無葉狀態地板落水頭與高腳落水頭的排水效果如何

方法：1.將馬達的操作閥轉動固定角度為 15 度。

2.把地板落水頭放置落水孔上。

3.啟動電源，計時區開始計時，1 分鐘後關閉電源並從第二攝影區紀錄最高的水位，待排水高度降至水位線，計時停止，紀錄排水時間。

4.重複上述 1~3 的實驗步驟紀錄 5 次數據平均後，更換高腳落水頭進行實驗。



結果：

排水效果表

項次 \ 組別	對照組(無落水頭)	實驗組(地板)	實驗組(高腳)
時間(秒)	81.6	105.6	90.6
高度(公分)	1.94	2.34	2.14
速度(cm^3/s)	485	277.1	377.6

發現：1.依據排水速度比較，對照組 > 實驗組_高腳 > 實驗_地板。

2.依據水位高度比較，對照組(1.94 公分) < 實驗組_高腳(2.14 公分) < 實驗_地板(2.34 公分)，無落水頭水面高是最低的，表示排水較不受到阻塞。

推論：1.根據實驗的結果，落水孔外加不管是地板落水頭或是高腳落水頭，都會造成水進入落水孔的阻礙，導致排水時間延長、水位高度增加。

2.排水的整體表現，對照組 > 實驗組_高腳 > 實驗組_地板。

實驗(二)：比較有葉狀態地板落水頭與高腳落水頭的排水效果如何

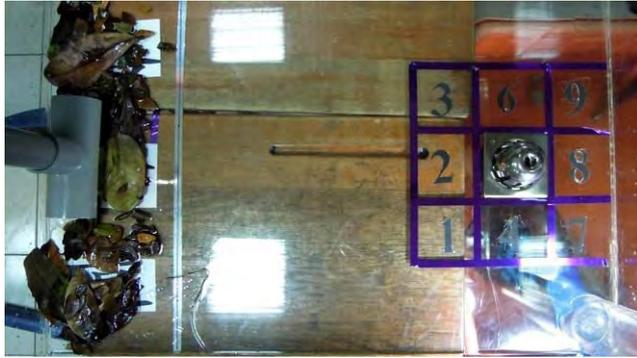
方法：1.將馬達的操作閥轉動固定角度為 15 度。

2.把地板落水頭放置落水孔上。

3.落葉區放置長度 10~20 公分的大葉子 10 片、1.5~5 公分以內的小葉子 300 片。

4.將排水球閥末端綁上濾網，待計時停止，計算在濾網內的葉片數量。

5.重複上述實驗(一)步驟 3 紀錄 5 次數據平均後，更換高腳落水頭進行實驗。



結果：

排水效果表

項次 \ 組別	對照組(無落水頭)	實驗組(地板)	實驗組(高腳)
時間(秒)	83	189.4	128.2
高度(公分)	1.92	3.06	2.5
排葉量(片)	169.6	4	3
速度(cm^3/s)	450.8	127.7	197.9

發現：1.依據排水速度比較，對照組 > 實驗組_高腳 > 實驗_地板。

2.依據水位高度比較，對照組 < 實驗組_高腳 < 實驗_地板，對照組水面高度是最低的，表示排水較不受到阻塞。

3.排葉量比較，對照組 > 實驗組_地板 > 實驗_高腳，對照組排出非常多的落葉。

推論：1.對照組雖然排水表現優於實驗組，但是排葉量高達 169.6 片，是實驗組的 40 幾倍以上，容易造成落水孔內管線阻塞，長期來說非常不利於排水。

2.只要有放置落水頭，皆能有效的阻擋落葉掉入落水孔中。

3.當有葉子混雜在排水的時候，葉子的阻塞現象，使高腳落水頭的排水表現會更優於地板落水頭。

4.當環境有落葉出現的時候，我們發現不管是哪一種落水頭，都會導致排水時間延長、水位高度增高，所以我們認為落葉的確是造成落水頭阻塞的原因之一。

▲專家訪談-五金達人洪先生▲

Q1：請問洪先生，為什麼高腳落水頭排水表現會優於平面落水頭呢？

A1：因為平面落水頭，當水進入縫隙內並無明顯的分流，要形成螺旋狀水流不易，相對的，形成空氣柱也較弱，而高腳落水頭，屬於柵欄式的方式將排水分流，形成向內流入的螺旋瀑布，落水頭下方的空氣會迅速地竄入上方，形成空氣柱，所以高腳落水頭排水表現會比平面落水頭好。



Q2：影響落水頭排水的因素可能有什麼呢？

A2：降雨量的多少、是否有阻塞物都會影響排水。

推想：根據專家的說明，降雨量以及阻塞物，將在後續影響落水頭排水實驗中探討。



實驗(三)：比較市場上常見高腳落水頭的排水效果如何

方法：1.我們到百貨行調查市售的落水頭規格。

2.取樣 4 種不同的落水頭(分別標號 2.3.4.5)與前述實驗(二)中的高腳落水頭(標號 1)進行排水效果比較。

3.將馬達的操作閥轉動固定角度為 15 度。

4.把坊間落水頭放置落水孔上，取 1.5~5 公分以內的小葉子 100 片。

5.重複上述研究二、實驗(二)的方法 3~5 進行準備工作，並紀錄 5 次數據。



結果：

▲落水頭規格比較表▼

落水頭	1 號	2 號	3 號	4 號	5 號
項目					
間隙(公分)	0.8	0.5	1.1	0.7	0.8
高度(公分)	6	3.6	6.4	6.8	7.8

★2 號飛碟造型的落水頭，間隙最小、高度最矮、排水面向內傾斜。

▲排水效果表▼

組別	1 號	2 號	3 號	4 號	5 號
項次					
時間(秒)	128.2	192.4	136.8	140.6	183.4
高度(公分)	2.5	2.88	2.34	2.54	2.6
排葉量(片)	3	9.4	3.8	3	3.6
速度(cm ³ /s)	197.9	117.5	164.5	170.2	113.8

發現：1.依據排水速度比較，1 號 > 4 號 > 3 號 > 2 號 > 5 號，而 1 號、3 號、4 號落水頭的排水速度快；2 號、5 號落水頭屬於緩慢的。

2.依據水位高度比較，3 號 < 1 號 < 4 號 < 5 號 < 2 號，而 1 號、3 號、4 號、5 號落水頭的水位高度差異不大；2 號落水頭水位高度高，表示排水受到阻塞。

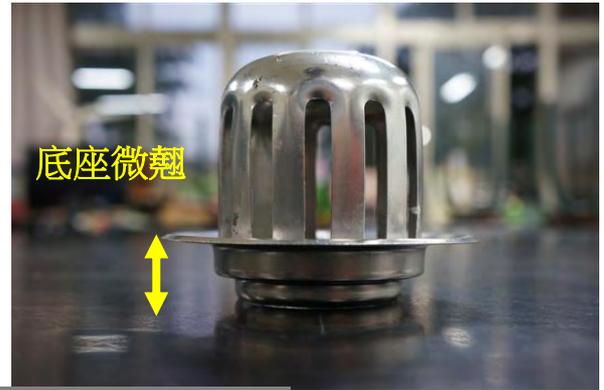
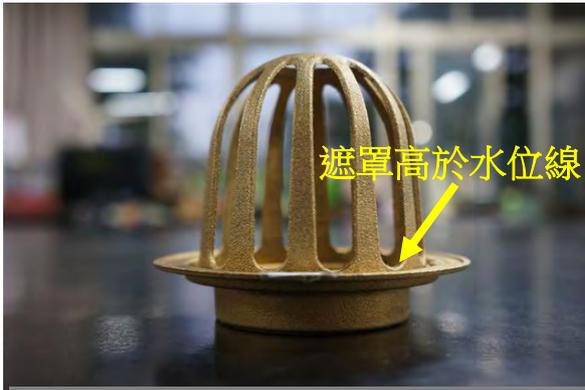
3.依據排葉量比較，2 號 > 3 號 > 5 號 > 4 號、1 號，最多的 2 號落水頭排出僅約 9.4 片的落葉，表示 1 到 5 號落水頭都具有有效阻擋落葉的功能。

推論：1.根據實驗結果，2 號落水頭高度只有 3.6 公分而且排水面向內傾斜，落葉容易全面性阻塞，再加上排水間隙最小(0.5 公分)，造成不利排水，水位高度達 2.88 公分，所以排水效果最差。

2.5 號水位高度 2.6 公分，但排水時間卻高達 183.4 秒，原來是此落水頭為了設計防砂子的功能，所以底座向上微翹，高於水位線，才會造成排水時間延長。

3.3 號水位高度呈現最低 2.34 公分，推測是排水間隙最大造成(1.1 公分)，但排水時間卻非最快，原因在落水頭遮罩處，略高於水位線，造成排水時間延長。

4.坊間的高腳落水頭，1 號、3 號、4 號排水效果都不錯，1 號表現較好。



◎研究三：探討影響高腳落水頭排水效果的變因

想法：從研究一、研究二當中，我們推測降雨量、阻塞物都可能會影響落水頭排水效果，於是我們列入變因開始進行實驗。

實驗(一)：不同落葉形態對高腳落水頭的排水效果影響

方法：1.由於大葉子比例增多，故將馬達的操作閥固定角度調整為 30 度，提高模擬降雨量作為後續實驗的基礎。

2.把 1 號落水頭放置落水孔上。

3.落葉區依照不同的比例放置大葉子：小葉子=100 片：20 片。

4.調整落葉比例(5：1、4：2、3：3、2：4、1：5)，進行 5 次排水測量並記錄。



大葉子：小葉子=100 片：20 片



大葉子比例高較無服貼狀態



小葉子比例高會有服貼狀態

結果：

排水效果表

組別(大：小) 項次	(A)5：1	(B)4：2	(C)3：3	(D)2：4	(E)1：5
時間(秒)	105.6	114	117.8	119.4	124.4
高度(公分)	4.76	5.5	5.86	5.92	5.94
排葉量(片)	5.6	6.4	19.2	21.6	24.6
速度(cm^3/s)	563.7	550	547.5	538.2	498.1

發現：1.依據排水速度比較， $A > B > C > D > E$ ，表示大葉子比例越高，排水速度越快，對阻塞落水頭並不會造成嚴重的影響。

2.依據水位高度比較， $E > D > C > B > A$ ，小葉子比例越高，對落水頭會造成嚴重的阻塞，導致排水速度減慢，水面上升。

3.依據排葉量比較， $E > D > C > B > A$ ，當小葉子比例越高，葉子就越有機會進入落水孔內，排葉量相對就會增加。

推論：1.根據實驗結果，落葉會阻塞落水頭的主因應該是小葉子，因為小葉子容易發生服貼在落水頭上阻擋排水進入，而大葉子體積大，不容易發生服貼的情形。

實驗(二)：不同落葉量對高腳落水頭的排水效果影響

方法：1.將馬達的操作閥轉動固定角度為 30 度。

2.把 1 號落水頭放置落水孔上。

3.在落葉區放置小葉子，分別為(100 片、200 片、300 片、400 片、500 片)。

4.調整小葉子落葉量，進行 5 次排水數據測量。



300 片小葉子阻塞落水頭



500 片小葉子阻塞落水頭



計算 500 片小葉子排葉量



結果：

排水效果表

組別 項次	(A)100	(B)200	(C)300	(D)400	(E)500
時間(秒)	121.6	150.6	172	183.4	189.2
高度(公分)	6.06	6.54	7	7.38	7.62
排葉量(片)	21.2	44.4	52.2	56.8	59.6
速度(cm^3/s)	531.2	389.8	337.5	322.9	318.5

發現：1.依據排水速度比較， $A > B > C > D > E$ ，表示隨著落葉比例越高，排水速度越慢，對落水頭會造成嚴重的阻塞影響。

2.依據水位高度比較， $E > D > C > B > A$ ，隨著落葉比例越高，水位也會跟著上升，表示落水頭受到阻塞，導致排水速度減慢。

3.依據排葉量比較， $E > D > C > B > A$ ，落葉比例越高，葉子就越有機會進入落水孔內，排葉量相對增加。

推論：1.落葉量 C(300 片)、D(400 片)、E(500 片)不管是排水速度、最高水位或是排葉量都非常接近，我們推測當落葉量達到 300 片時，是足以包覆 1 號落水頭阻礙排水的臨界值；所以，當落葉量增至 400 片、500 片於阻礙排水效果有限。

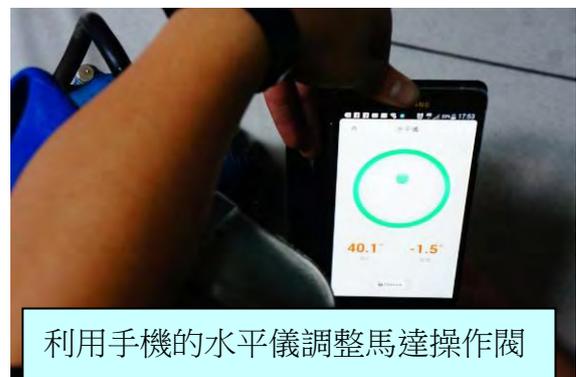
2.由於 100 片葉子會對落水頭排水效果造成影響，所以後續實驗以此數量計算。

實驗(三)：不同降雨量對高腳落水頭的排水效果影響

方法：1.把 1 號落水頭放置落水孔上。

2.由於小葉子是造成阻塞的原因，所以我們在落葉區放置小葉子 100 片。

3.調整操作閥角度，進行 5 次排水數據測量。



結果：

排水效果表

組別 項次	15 度	30 度	60 度	90 度
時間(秒)	100.6	121.6	143.6	188.2
高度(公分)	2.5	6.06	8.78	14.1
排葉量(片)	3.8	21.2	36.2	47.2
速度(cm ³ /s)	332.5	531.2	567.1	593.9

發現：1.依據排水速度比較，90 度 > 60 度 > 30 度 > 15 度，表示操作閥開越大降雨量越多，排水速度越快。

2.依據水位高度比較，90 度 > 60 度 > 30 度 > 15 度，當落水頭排水無法及時宣洩，會造成水面上升，所以操作閥開越大降雨量越多，水面上升越高。

3.依據排葉量比較，90 度 > 60 度 > 30 度 > 15 度，當操作閥開越大瞬間降雨量也越多，表示水的流速增快，相對容易擠壓葉子掉入落水孔內。

4.落葉最後集中落水頭周圍，都是以服貼的方式阻礙排水。

推論：1.根據實驗結果，雖然 1 號落水頭的排水效果是最好的，但是，當降雨強度增加，超過落水頭的排水速度，水位就會不斷升高，若再加上更多落葉、雜物阻塞落水頭，則更容易造成積水，甚至淹水。

◎研究四：提出如何改良高腳落水頭的做法

實驗(一)：不同迎水面形狀對高腳落水頭的排水效果影響

想法：由於我們無法改變現有廠商的落水頭，為了可以調整落水頭的各項變因，於是，我們開始思考，如何製作客製化的落水頭，包括：不同迎水面、不同底面半徑、不同間隙大小，而馬達操作閥以固定角度 30 度進行討論，所以，不同的落水頭高度則不在討論的範圍內，我們都以水高沒有超過落水頭來進行後續的探討。

★子實驗 a：詢問專家並自製落水頭的模型

方法：1.我們再次向五金達人洪大哥請教並討論如何客製化落水頭。

2.考慮落水頭的重量必須能夠承受水流衝擊而不會被沖走，所以我們以壓克力板為落水頭的上、下底面材質，底面的內徑 6.5 公分為落水孔外環的直徑，可以讓自製落水頭套在落水孔上，另外，再以 PVC 塑膠管為落水頭的阻水面，阻水面的寬度、間隙大小以 1 號落水頭為標準，阻水面寬度=1.1 公分、間隙大小=0.8 公分。

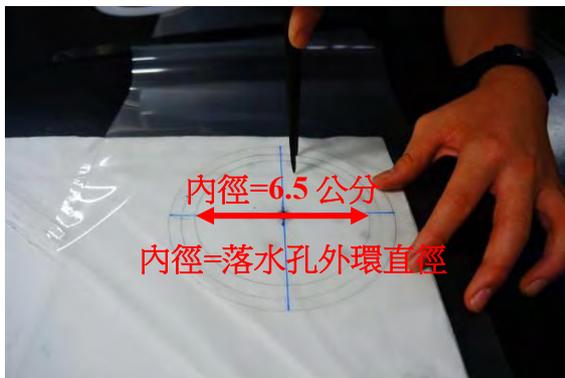
結果：



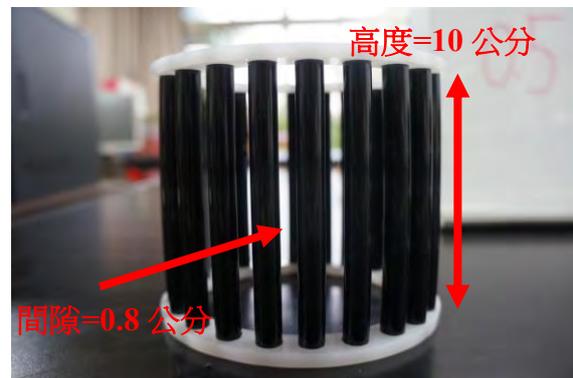
學習如何切割壓克力板



學習如何使用電鑽



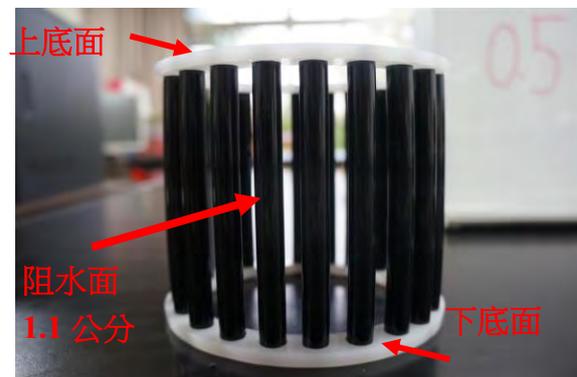
在壓克力板上畫出要切割的模型



自製落水頭側面圖



自製落水頭空照圖



自製落水頭完成圖

★子實驗 b：不同迎水面形狀對高腳落水頭的排水效果影響

方法：1.將馬達的操作閥轉動固定角度為 30 度。

2.把自製落水頭放置落水孔上。

3.在落葉區隨機放置長度 1.5~5 公分以下的小葉子 100 片。

4.利用紙盤的可塑性及防水性，切割成長條狀，改變迎水面進行 5 次排水數據測量。



製作不同落水頭的迎水面



平面型迎水面



三角型迎水面



平面型迎水面落水頭實驗

結果：

排水效果表

項次 \ 組別	(A)平面型	(B)三角型	(C)圓柱型
時間(秒)	106.8	105.6	87.6
高度(公分)	4.1	4.08	3.76
排葉量(片)	24.2	39.8	56.2
速度(cm ³ /s)	473.1	483.2	735.7

發現：1.依據排水速度快慢比較， $C > B > A$ ，表示迎水面圓柱型效果最好，而三角型雖然優於平面型，但兩方效果其實很接近，都屬於排水效果不好。

2.依據水位高度比較， $A > B > C$ ，圓柱型的排水速度比較快，所以水面最低，而三角型與平面型排水速度較不好，所以水面較高。

3.依據排葉量比較， $C > B > A$ ，平面型具有最佳阻擋落葉進入落水孔的效果，反觀，圓柱型落葉則容易進入落水孔內。

★子實驗 C：不同迎水面形狀對水流跑動方式的影響

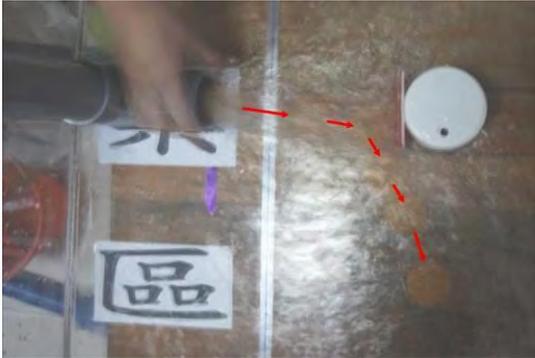
想法：為了確認水流經過不同迎水面的跑動方式，我們將迎水面放大並配合乒乓球的流動，來進行觀察。

方法：1.將馬達的操作閥轉動固定角度為 30 度。

2.不同的迎水面，分別為平面型、三角型、圓柱型放在出水口後方 15 公分位置。

3.在出水口放一顆乒乓球，紀錄它的跑動方式。

結果：

項目	跑動方式	分析
平面型		乒乓球遇到平面型後，跑動角度最大，向兩側岔開。
三角型		乒乓球遇到三角型後，跑動角度次之，向三角型後方斜面岔開。
圓柱型		乒乓球遇到圓柱型後，跑動角度最小，沿著黏貼弧線後方流動。

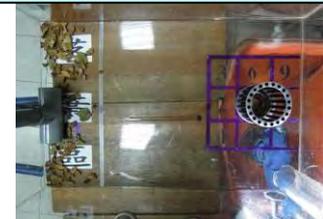
- 推論：**
- 以疊圖的方式觀察，圓柱型因為迎水面為弧線，乒乓球會沿著弧線向後跑動，表示水流會沿著柱體弧面黏貼跑動，較沒受到阻礙；所以，排水速度比較快；相對的，落葉也因此容易進入落水孔中。
 - 雖然圓柱型排葉量最高，但是排水速度卻是最快的，依據優良的落水頭標準，我們仍以圓柱型作為後續實驗的依據，而如何減少排葉量的問題則留在下一階段討論。

實驗(二)：不同間隙大小對高腳落水頭的排水效果影響

- 方法：
- 1.將馬達的操作閥轉動固定角度為 30 度。
 - 2.把自製落水頭放置落水孔上。
 - 3.在落葉區隨機放置長度 1.5~5 公分以下的小葉子 100 片。
 - 4.改變阻水面的間隙進行 5 次排水數據測量。



間隙大小 0.5 公分實驗



結果：

排水效果表

項次 \ 組別	(A)0.5 公分	(B)0.8 公分	(C)1.1 公分	(D)1.4 公分	(E)1.7 公分
時間(秒)	122.2	87.6	87.2	86.8	87.4
高度(公分)	4.44	3.76	3.6	3.6	3.68
排葉量(片)	22.6	56.2	58.4	61.4	69.6
速度(cm ³ /s)	385.5	735.7	718.6	725.4	725.3

發現：1.依據排水速度比較， $B > D > E > C > A$ ，但是 B、C、D、E 的排水速度差異不大，但都優於 A，屬於排水效果好的。

2.依據水位高度比較， $A > B > E > C > D$ ，間隙 A(0.5 公分)的排水速度最慢，所以水面上升高度最高，而其他 B、C、D、E，水面高度差異不大。

3.依據排葉量比較， $E > D > C > B > A$ ，間隙 A(0.5 公分)具有阻擋落葉進入落水孔的效果，隨著間隙加大，排葉量也跟著增加。

推論：1.隨著間隙縮小，排葉量有遞減的趨勢，而減至間隙 B(0.8 公分)，是兼顧排葉量少且速度可以維持最快的極限；雖然間隙 A(0.5 公分)有最好的阻擋落葉效果，但排水速度卻慢很多；所以，我們以 0.8 公分作為後續自製落水頭的依據。

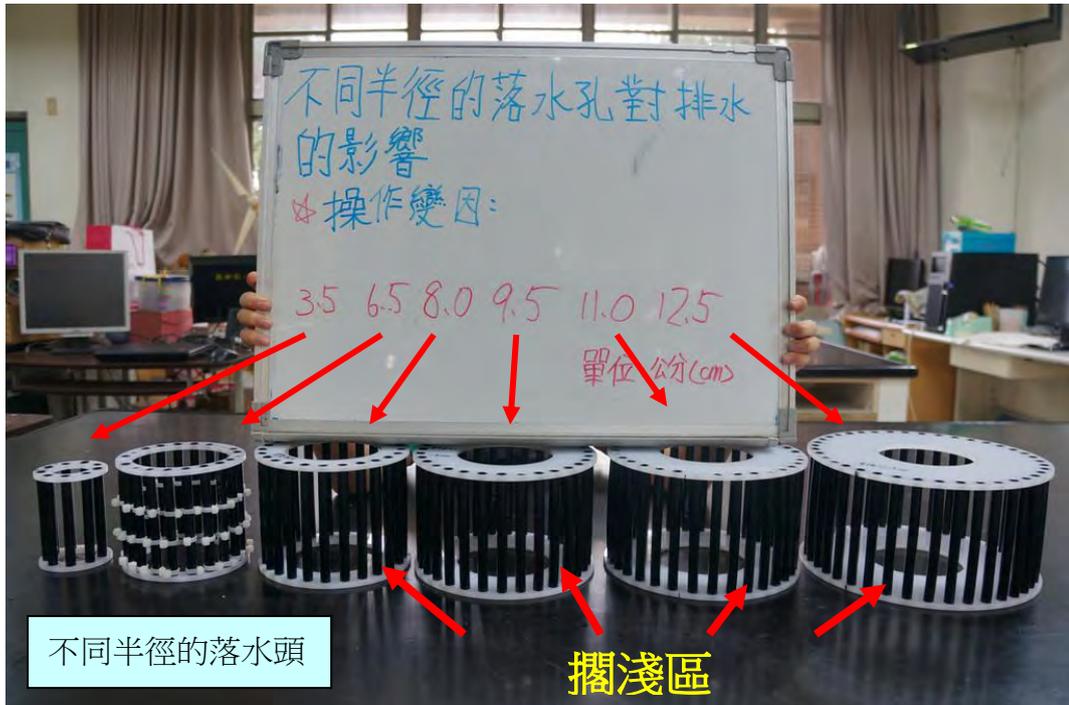
實驗(三)：不同底面半徑對高腳落水頭的排水效果影響

方法：1.將馬達的操作閥轉動固定角度為 30 度。

2.把自製落水頭放置落水孔上。

3.在落葉區隨機放置長度 1.5~5 公分以下的小葉子 100 片。

4.改變落水頭底面半徑進行 5 次排水數據測量。



結果：

排水效果表

項次 \ 組別	(A) 3.5 公分	(B) 6.5 公分	(C) 8 公分	(D) 9.5 公分	(E) 11 公分	(F) 12.5 公分
時間(秒)	137.2	87.6	86.4	83	82.2	77.8
高度(公分)	7.32	3.76	3.62	3.36	3.3	2.8
排葉量(片)	63.8	56.2	23.6	24	24.8	19
速度(cm ³ /s)	512	735.7	740.5	788.9	802.7	849.4

備註：3.5 公分為可放入落水孔內環直徑長度、6.5 公分為可放入落水孔外環直徑長度

發現：1.依據排水速度比較， $F > E > D > C > B > A$ ，隨著底面半徑加大，排水速度有增快的趨勢。

2.依據水位高度比較， $A > B > C > D > E > F$ ，隨著底面半徑加大，排水速度增快，相對的，最高水位也呈現遞減的趨勢。

3.依據排葉量比較， $A > B > E > D > C > F$ ，我們觀察 A、B 組排葉量會達到平均 55~65 片、而 C、D、E、F 組則排葉量都保持在平均 19~25 片。

推論：1.雖然隨著底面半徑加大，排水速度 B、C、D、E、F 呈現加快的趨勢，但因為 D、E、F 的體積太大，不符合經濟效應，所以不採用，而剩下的 B、C 排水速度相當、故選用體積較小的 B 落水頭底面半徑(6.5 公分)，作為後續自製落水頭的依據。

2. C、D、E、F 組排葉量較少的原因，底座的圓盤有多餘的空間(我們命名擱淺區)可以阻礙葉子直接掉入落水孔。

實驗(四)：提出防止落葉浮貼落水頭的做法

想法：綜合上述的結論，最佳的新式落水頭組合為迎水面圓柱型、圓柱間間隙大小 0.8 公分、底面半徑 6.5 公分是可以達到排水速度 $735.7\text{cm}^3/\text{s}$ 遠優於 1 號落水頭 $531.2\text{cm}^3/\text{s}$ ，但是，在排葉量的表現則 1 號落水頭以 21.2 片遠勝於新式落水頭 56.2 片，所以，我們接下來將探討如何降低新式落水頭的排葉量。

★子實驗 a：研發可以降低新式落水頭排葉量的裝置

想法：由於落葉容易浮貼在落水頭周圍造成排水阻塞，於是，我們與老師討論，如果在圓柱型上加上不規則的凸面，是否可以阻止落葉浮貼，並製造排水空間，阻擋落葉直接進入落水孔。

方法：1.在新式落水頭的圓柱上繫上束帶，只留下束帶扣並以交錯不規則的方式排列。
2.將加了束帶的新式落水頭放在落水孔上。
3.落葉區隨機放置長度 1.5~5 公分以下的小葉子 100 片，進行 5 次排水數據測量。



新式落水頭



加凸面的新式落水頭



結果：

新式凸面落水頭阻擋落葉浮貼

排水效果表

項次	組別	對照組 新式落水頭	實驗組 新式凸面落水頭
時間(秒)		87.6 秒	85.8 秒
高度(公分)		3.76 公分	3.7 公分
排葉量(片)		56.2 片	9.4 片
速度(cm ³ /s)		735.7cm ³ /s	774.4cm ³ /s

- 發現：**
- 1.依據排水速度比較，實驗組>對照組，表示加了凸面後，落葉浮貼現象減少，排水沒有受到阻礙，排水速度增快。
 - 2.依據水位高度比較，對照組>實驗組，由於加了凸面，排水速度增快，實驗組最高水位也呈現降低的現象。
 - 3.依據排葉量比較，對照組>實驗組，表示不規則凸面的落水頭能有效阻擋落葉進入落水孔，排葉量從平均 56.2 片降至 9.4 片。
 - 4.由於凸面造成落葉無法浮貼在阻水面上，所以，當水退去的時候，落葉部分就會散開在落水頭周圍，更方便於清理落水頭。

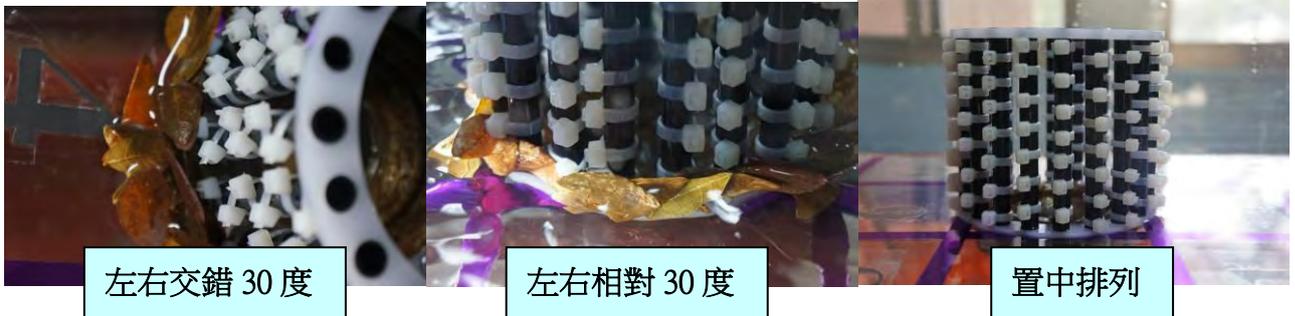
推論： 1.新式凸面落水頭果然有效阻擋落葉進入落水孔，而且還成功的製造阻水面與落葉間的縫隙，讓落葉無法浮貼在阻水面上，加快排水的速度。

★子實驗 b：不同凸面排列方式對新式凸面落水頭的排水效果影響

方法：1.在新式落水頭的圓柱上繫上束帶，留下束帶扣並以不同的方式排列。

2.分別將不同排列方式的新式凸面落水頭放置落水孔上。

3.在落葉區放置小葉子 100 片，進行 5 次排水數據測量。



結果：

排水效果表

項次 \ 組別	(A) 左右交錯 30 度	(B) 左右相對 30 度	(C) 置中排列	(D) 順時針 30 度
時間(秒)	85.8	96	92	90
高度(公分)	3.7	4	3.86	3.77
排葉量(片)	9.4	13.2	11.9	10.6
速度(cm ³ /s)	774.4	750.3	759.5	766.5

發現：1.依據排水速度、排葉量、高度比較，組別 A 都優於 B、C、D，表示凸面排列方式以左右交錯 30 度為最佳方式。

★子實驗 c：不同凸面長度對新式凸面落水頭的排水效果影響

方法：1.在新式落水頭的圓柱上繫上束帶並以交錯 30 度的方式排列。

2.將綁好的束帶分別用剪刀留下不同的凸面長度。(2.5 公分、2 公分、1.5 公分、1 公分、0.5 公分)

3.將加了不同凸面長度的新式落水頭放在落水孔上。

4.在落葉區放置小葉子 100 片，進行 5 次排水數據測量。



結果：

排水效果表

項次 \ 組別	(A)0.5cm	(B)1cm	(C)1.5cm	(D)2cm	(E)2.5cm
時間(秒)	85.8	86	87	86.3	85.7
高度(公分)	3.7	3.71	3.85	3.77	3.67
排葉量(片)	9.4	9.4	9.9	10.6	10.3
速度(cm ³ /s)	774.4	770.3	770	774	771.1

發現：依據排水速度、排葉量、高度比較，組別 A、B、C、D、E，並無明顯差異。

推論：不同的凸面長度並不會影響新式凸面落水頭的排水效果。

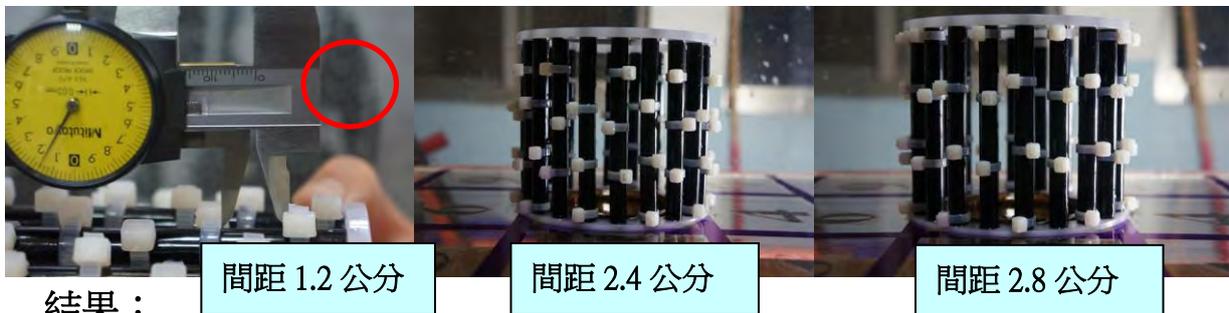
★子實驗 d：不同凸面間距對新式凸面落水頭的排水效果影響

方法：1.在新式落水頭的圓柱上繫上束帶並以交錯 30 度的方式排列。

2.將綁好的束帶留下凸面長度 0.5 公分。

3.調整新式凸面落水頭的凸面間距(1.2 公分、1.6 公分、2 公分、2.4 公分、2.8 公分、3.2 公分)並放在落水孔上。

4.在落葉區放置小葉子 100 片，進行 5 次排水數據測量。



結果：

排水效果表

項次 \ 組別	(A)1.2cm	(B)1.6cm	(C)2.0cm	(D)2.4cm	(E)2.8cm
時間(秒)	85.8	85.8	86.4	86.9	87.1
高度(公分)	3.7	3.69	3.71	3.73	3.76
排葉量(片)	9.4	9.1	18.1	22.3	27.7
速度(cm ³ /s)	774.4	772.3	758.9	748.8	749.2

發現：1.依據排水速度、排葉量、高度比較，組別 A、B 優於 C、D、E；但 A 的排水速度略優於 B，所以我們以選用組別 A 做為凸面的間距。

★子實驗 e：加上凸面設計對 1 號落水頭的排水影響

想法：根據上述子實驗的結果，如果單純將凸面設計放在 1 號落水頭上，是否能有優良的表現。

- 方法：**
- 1.在 1 號落水頭上繫上束帶，只留下束帶扣並以交錯的方式排列。
 - 2.將加了束帶的 1 號落水頭放在落水孔上。
 - 3.在落葉區放置小葉子為 500 片，進行 5 次排水數據測量。



結果：

排水效果表

項次 \ 組別	實驗組 凸面 1 號落水頭	對照組 1 號落水頭	對照組 新式凸面落水頭
時間(秒)	152	189.7	126.2
高度(公分)	6.86	7.62	5.34
排葉量(片)	23.6	59.6	19.6
速度(cm ³ /s)	402.7	318.5	435.6

發現：1.排水速度比較，新式凸面落水頭>凸面 1 號落水頭>1 號落水頭。

2.排葉量比較，新式凸面落水頭<凸面 1 號落水頭<1 號落水頭。

推論：1.將凸面設計加於 1 號落水頭上，也能避免葉子浮貼現象，加強排水速度、降低排葉量；但其效能表現沒有比新式凸面落水頭優異。

◎研究五：分析新式凸面落水頭的效能

實驗(一)：不同的阻塞物對新式凸面落水頭的排水效果影響

想法：我們想確認，不同的阻塞物對於新式凸面落水頭的排水效果會不會造成影響，我們以問卷中比例為 20%的吸管、雜草、塑膠袋列入實驗項目，而另外 22%(頭髮)、20%(油漆塊)不列入實驗，經訪談確認，大家認為頭髮易發生在平面落水頭；油漆塊在實驗過程中易碎難量化。

方法：1.將不同的雜物放置在水槽內，進行新式凸面及 1 號落水頭的排水實驗。

2.落葉區放置不同的雜物，分別為小面積【葉子(500 片)、吸管(500 支)】、大面積【雜草(50 株)、塑膠袋(50 個)】、混合型【(葉子 250+吸管 250+雜草 25+塑膠袋 25)】。

3.進行排水測量並記錄 5 次數據。



屋頂清理雜草

雜草乾燥/分類

(A)500 片葉子

(B)500 根吸管

(C)50 個塑膠袋

(D)混合型

結果：

排水效果表

項次	新式凸面落水頭					新式凸面落水頭(無葉)	1 號落水頭 500 片
	(A) 500 葉子	(B) 500 吸管	(C) 50 雜草	(D) 50 塑膠袋	(E) 混合型		
時間(秒)	126.2	80	81	82	88	78	189.7
高度(公分)	5.34	3.4	3.5	3.5	3.7	3.5	7.62
排葉量(片)	19.6	1	0	0	5	0	59.6
速度(cm^3/s)	435.6	918	900	859.1	713.6	1050	318.5

發現：1.當落葉 500 片時，排水速度新式凸面落水頭 A > 1 號落水頭，**表示新式凸面落水頭在落葉量高時，依舊表現優異。**

2.依據排葉量比較，**新式凸面落水頭 A 平均為 19.6 片，而 1 號落水頭高達 59.6 片，表示當落葉量高時，新式凸面落水頭阻擋落葉的效果表現優異。**

3.比較 A、B、C、D 與新式凸面落水頭(無葉)的排水速度，**我們發現阻塞物葉子(A)會影響新式凸面落水頭排水速度；而吸管(B)、雜草(C)、塑膠袋(D)並不會嚴重的影響。**

4.比較 A、E 的排水速度，當阻塞物為 500 片葉子(A)對新式凸面落水頭的影響 > 混合型(E)【(葉子 250+吸管 250+雜草 25+塑膠袋 25)】。

推論：1.**新式凸面落水頭不論在落葉量多寡的情況下，都能表現優異的排水效能及減低排葉量。**

2.吸管雖然體積小，但由於無法彎曲浮貼於排水面上，所以影響排水有限；而雜草、塑膠袋屬於大面積阻塞物，容易互相堆疊反而製造排水空間。

實驗(二)：戶外模擬實驗探討新式凸面落水頭的排水效果

想法：由於新式凸面落水頭在室內實驗排水表現優異，我們想進一步確認將落水頭實際放到戶外中，是否能有同樣優異的表現。

▀**戶外排水模型製作**▀主要試驗設施如圖所示。

(一)實驗區域：我們選定一間教室的後走廊進行實測，面積為 104607cm^2 。走廊內分為兩個區域，落葉區、落水頭排水區。水流經過T型管流出後，進入落水頭排水區離開。

(二)馬 達：控制閥固定角度為30度。

(三)抽水管：本實驗的落水頭為開放系統，以軟管的結構配合學校排水孔做成一個開放系統。但為確保軟管的擺設路徑不會去影響到水流，所以在地面黏上標記，讓軟管擺設在相同位置上。

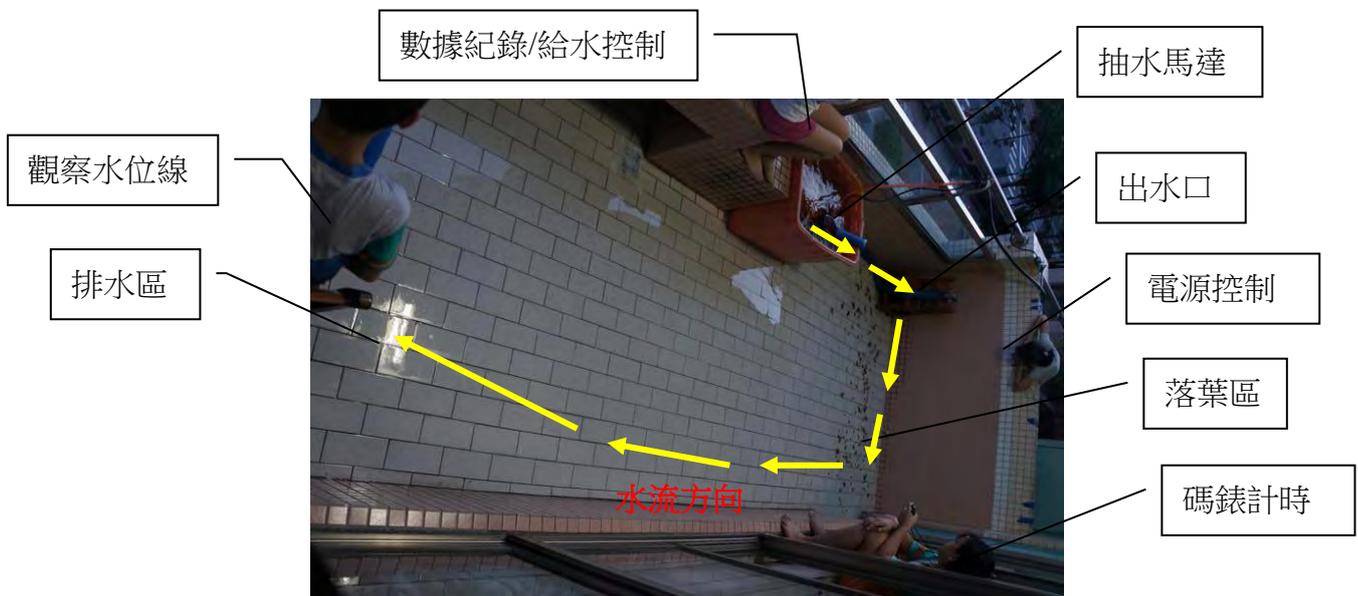
(四)阻塞物：根據上述實驗(一)的結論，我們以1.5~5公分以下的小葉子作為阻塞物。



丈量走廊面積

排水孔整理

安置馬達與電源



方法：1.將馬達的操作閥轉動固定角度為 30 度。

2.把新式凸面落水頭放置落水孔上。

3.啟動電源，計時區開始計時，2 分鐘後關閉電源並紀錄最高的水位，待排水高度降至水位線，計時停止，紀錄排水時間，排水速度為【2分鐘後關閉馬達的水位高度x地板面積104607cm³】÷關閉電源後排水高度降至固定水位線的時間。

4.重複上述 1~3 的實驗步驟紀錄 5 次數據平均後，更換 1 號落水頭進行實驗。



結果：

新式凸面實驗

1號落水頭實驗

加濾網計算排葉量

排水效果表

組別 項次	A 新式凸面落水頭(500片)	B 1號落水頭(500片)	C 1號落水頭(無葉)
時間(秒)	393.7	554	367
高度(公分)	2.3	2.5	2.2
排葉量(片)	2	11	0
速度(cm ³ /s)	879.1	602.6	931.7

- 發現：**1.當落葉達 500 片時，新式凸面落水頭的排水速度 $879.1 \text{ cm}^3/\text{s}$ 遠優於 1 號落水頭 $602.6 \text{ cm}^3/\text{s}$ ，而且與 1 號落水頭(無葉) $931.7 \text{ cm}^3/\text{s}$ 差異不大，**表示新式凸面落水頭在戶外實測時，其排水效果依舊表現優異。**
- 2.依據排葉量比較，**新式凸面落水頭平均為 2 片，而 1 號落水頭高達 11 片，表示新式凸面落水頭阻擋落葉的效果表現優異。**

伍、討論：

- 一、因為一開始的出水口為單一水管，水流強勁，造成水槽內水面波動幅度大，無法明確看出水位變化，經過與老師討論後，我們採用兩種方式：第一、將單一出水口改為 T 型管出水口，讓水分流，降低水壓。第二、在水槽內放入透明的壓克力管柱，管柱的下方切一斜角入水口，讓水在壓克力管柱內平緩上升，相對於管外，水面波動幅度穩定，即為『穩流器』之設計。
- 三、在測量排葉量時，初期我們是以手撈網的方式計算排葉數量，後來排葉量增多，落葉在出水閥外隨意流動，造成計算上的困擾。於是，我們將洗碗槽中的濾網設置在出水閥的後方，每當排葉結束，我們只要脫下濾網，就可以計算排葉的數量。
- 四、為了能夠製作改變變因的落水頭，我們與老師思考該如何自製落水頭。從材料的選用，包括：底面的重量不能太輕怕被水流沖走；要能防水，還要可以適合我們製作。最後，專家建議我們採用壓克力板，才能符合上述的特性；其次，阻水面的選擇，我們以方便取得且可以改變迎水面的 PVC 塑膠圓管作為我們的材料，在圓柱型外可包覆珍珠板或紙板來改變迎水面。
- 五、在排水的過程，落葉會以浮貼阻水面的方式包覆，影響落水頭的排水效果，所以如何解決落葉浮貼的問題以及減少排葉量，是我們必須去克服的困境。於是，我們討論出，在落水頭上加上不規則的突出物會有三個優勢：第一、讓落水頭不再是平面，這樣集中的落葉也不會浮貼；第二、不規則的凸面增加落葉不能進入間隙的機率；第三、當落葉沒有浮貼阻水面，就會形成縫隙，有助於排水。

陸、結論：

一、根據研究一，問卷與訪談的結果，發現大家認為落水頭是造成淹水的重要原因之一，不管是學校或家裡都需要去克服。

二、根據研究二的實驗結果：

(一)、落水孔外加不管是地板落水頭或是高腳落水頭，都會造成水進入落水孔的阻礙，導致排水時間延長、水位高度增加；排水的整體表現，對照組 > 高腳落水頭 > 地板落水頭。

(二)、當有葉子混雜在排水的時候，高腳落水頭的排水效果會更優於地板落水頭，而無落水頭排葉量高達 169.6 片，容易造成落水孔內管線阻塞。

(三)、坊間的高腳落水頭，形狀設計大致相似，排水效果差異性不大，1號落水頭排水效果最好，2號飛碟造型落水頭，排水速度差且非常容易讓落葉包覆在阻水面。

三、綜合研究三的實驗結果：

(一)、不同落葉型態：當小葉子比例高，排水速度會減慢。所以，阻塞落水頭的主因是小葉子，因為小葉子容易服貼在落水頭上阻擋排水進入；而大葉子體積大，不容易發生服貼的情形，相對於阻礙排水有限。

(二)、不同落葉量：落葉量越多，排水時間遞增、排葉量變多，阻塞效果越明顯而落葉量達到300片時，是足以包覆1號落水頭阻礙排水的臨界值，所以，定期清理落葉是非常重要的一環，否則很容易達到阻塞的量。

(三)、不同降雨量：隨著降雨強度增加，超過落水頭的排水速度，水位就會直線升高。若再加上更多落葉、雜物阻塞落水頭，則容易造成積水，甚至淹水。

四、綜合研究四的實驗結果：

(一)、不同迎水面：因為圓柱型為弧線，水流會沿著柱體弧面黏貼跑動，排水速度優於三角型、平面型；相對的，圓柱型的落葉也因此容易進入落水孔中。

(二)、不同間隙大小：隨著間隙縮小，排葉量有遞減的趨勢；我們最後以間隙B(0.8公分)作為後續自製落水頭的依據，因為間隙B(0.8公分)是排葉量少且速度可以維持最快的極限。

(三)、不同底面半徑：底面半徑加大，排水速度呈現加快的趨勢。但因為

D、E、F 的體積太大，不符合經濟效應，而剩下 B、C 排水速度相當、故選用體積較小的 B 落水頭底面半徑 6.5 公分，作為後續自製落水頭的依據。

(四)、加了 凸面(左右交錯30度、間距1.2公分、長度0.5公分)的新式落水頭改善落葉進入落水孔的現象，而且還製造阻水面與落葉間的縫隙，讓落葉無法浮貼阻水面上，加快排水速度，也便於清潔。

(五)、將凸面設計加於1號落水頭，發現可以立即加快排水速度、降低排葉量，但排水效能沒有新式凸面落水頭表現優異。

五、綜合研究五的實驗結果：

(一)、不同的阻塞物測試結果發現，**葉子對阻礙排水最有影響力，其他吸管、雜草、塑膠袋影響不大**；而且當落葉量高達500片時，新式凸面落水頭表現依然優異。

(二)、經由**戶外模擬實驗中，不管是排水速度及排葉量，新式凸面落水頭效能優於1號落水頭。**

六、建議未來研究方向：

(一)、在研究落水頭的過程中，其實還有很多有趣的題目可以加深加廣的探討，例如：落水頭水流的研究？如何將落水頭結合淹水水高的警示…等。都是我們在操作過程中發現很多有趣，且未來可以再進行的研究方向。

柒、參考資料:

一、中文部份

(一)「新型浴室專用防毛髮阻塞之排水孔蓋」-第四十七屆高職組機械科最佳鄉土教材獎

(一) 陳建泰(2003)連續落水頭雙環入滲試驗之理論推導及應用。成功大學碩士論文。

二、網路資源

(一) 經濟部智慧財產<https://www.tipo.gov.tw/mp.asp?mp=1>

~自動清洗落水頭之結構 銀牌獎 新型第 M317445號

【評語】 082920

1. 對解決淹水問題，有系統的設計實驗，透過自製落水頭變因的探討及模擬試驗，提出新式凸面落水頭的設計，改良落水頭排水功能，具實用性與創意。
2. 探討變因完整，研究態度嚴謹。

壹、摘要

由於暑假期間，幾次的淹水造成學校很大的困擾，於是激發我們想要透過實驗探究影響落水頭排水效果的因素－「落水頭」其中幾項結論包括：第一、降雨量、落葉量都會影響落水頭的排水效果，而且落葉當中又以小葉子阻塞效果更明顯；第二、透過自製落水頭變因的探討，提出新式落水頭的模式(迎水面圓柱型、間隙大小0.8公分、底面半徑6.5公分)；第三、透過凸面的設計，成功改良新式落水頭落葉浮貼的缺點；第四、經由戶外模擬實驗確認新式凸面落水頭優異的排水效能。最後，希望經由以上的研究，讓學校能減低淹水之苦，甚至有機會推廣到其他有使用落水頭的場域。

貳、研究動機

發生於2016年暑假期間的莫蘭蒂颱風不但對台灣有極大的影響，對於在南部的高雄更是損失慘重。學校多處淹水。我們發現，許多落水頭都積水未退，而且周圍夾雜落葉、泥砂...等雜物。當下，我們產生許多疑慮，想要探討它。經過與專家的對話，讓我們對落水頭有初步的了解，並展開後續的研究，希望能找出最佳落水頭形式，改善排水阻塞問題。

參、研究目的

- 一、調查學校教職員工及學生對落水頭的認知
- 二、了解一般安置落水頭的作用
 - (一)比較無葉狀態地板落水頭與高腳落水頭的排水效果如何。
 - (二)比較有葉狀態地板落水頭與高腳落水頭的排水效果如何。
 - (三)比較市場上各式高腳落水頭的排水效果如何
- 三、探討影響高腳落水頭排水效果的變因
 - (一)不同的落葉型態對高腳落水頭的排水效果影響
 - (二)不同的落葉量對高腳落水頭的排水效果影響
 - (三)不同的降雨量對高腳落水頭的排水效果影響
- 四、提出如何改良高腳落水頭的做法
 - (一)不同的迎水面形狀對高腳落水頭的排水效果影響
 - (二)不同的間隙大小對高腳落水頭的排水效果影響
 - (三)不同的底面半徑對高腳落水頭的排水效果影響
 - (四)提出防止落葉浮貼落水頭的做法
- 五、分析新式凸面落水頭的效能
 - (一)不同的阻塞物對新式凸面落水頭的排水效果影響
 - (二)戶外模擬實驗探討新式凸面落水頭的排水效果

肆、落水頭排水原理

高腳落水頭採柵欄式的方式排水，讓迎水面形成向內流入的瀑流，周圍水流向中心沉降聚集，最後在落水孔中心產生水Flow上升的力量，帶動下方的空氣迅速竄入上方，與水面大氣貫穿形成空氣柱。



伍、研究設備及器材

軟體設備：GOM Player影像剪輯軟體。
硬體設備：壓克力水槽(長90cm×寬60cm×高45cm)、抽水馬達、水箱、相機3台、游標尺、長尺、各式落水頭、電鑽、圓規、PVC塑膠管、美工刀、腳架、束帶、剪刀、壓克力板、塑膠水管、線鋸、碼錶、檯燈、濾網、計算機、教室後走廊、學校頂樓。

陸、研究過程或方法

◎研究一：調查學校教職員工及學生對落水頭的認知

想法：我們希望透過訪談及問卷設計，了解大家對落水頭的認知。

實驗(一)：設計問卷調查教職員生對落水頭的認知

發現：

- 1.問卷當中**高達84%的人都看過落水頭阻塞**，而其中看過落水頭阻塞的人，只有8%的人認為落水頭是屬於不容易被阻塞的。

實驗(二)：訪談總務主任對落水頭的認知

▲學校曾經淹水的情況分析▼

學校會經常出現淹水的地方包括屋頂、活動中心頂樓、迎風面教室、圖書室...等空間，而每一個地方淹水的原因也不盡相同；其中，屋頂以及活動中心頂樓積水皆是因為雜物阻塞落水頭，導致降雨疏散不及，有時候甚至會流至下一樓層，而教室淹水也通常是相同的原因。

實驗(三)：實際踏查學校頂樓落水頭

發現：

- 1.紀錄頂樓落水頭的尺寸(高6cm、直徑7.2cm)，做為後續實驗的依據。
- 2.收集頂樓的落葉，經分兩類為大葉子與小葉子，大葉子葉片長度10-20公分，小葉子葉片長度1.5~5公分。



頂樓落水頭調查



教室落水頭阻塞

◎研究二：了解一般安置落水頭的作用

第一攝影

沉水馬達

第二攝影

穩流器

排水區

實驗水槽

落葉區

T型管出水口

落水頭實驗全景



實驗(一)：比較無葉狀態地板落水頭與高腳落水頭的排水效果如何

發現：排水的整體表現，對照組_無 > 實驗組_高腳 > 實驗組_地板。

推想：**落水孔外加不管是地板落水頭或是高腳落水頭，都會造成水進入落水孔的阻礙**，導致排水時間延長、水位高度增加。

實驗(二)：比較有葉狀態地板落水頭與高腳落水頭的排水效果如何

發現：1.依據排水速度比較，對照組_無 > 實驗組_高腳 > 實驗_地板。

2.依據排葉量比較，對照組_無 > 實驗組_地板 > 實驗_高腳。

推想：1.無落水頭管線容易阻塞，不利於排水。

2.只要能放置落水頭都能阻擋落葉。

3.**當有葉子的時候，高腳落水頭排水表現優於地板落水頭。**

4.當環境有落葉出現的時候，會導致排水時間延長、水位高度增高，所以我們認為落葉會造成落水頭阻塞。

實驗(三)：比較市場上常見高腳落水頭的排水效果如何

結果：

落水頭	1號	2號	3號	4號	5號
項目					
間隙	0.8	0.5	1.1	0.7	0.8
高度	6	3.6	6.4	6.8	7.8
排葉量	3片	9.4片	3.8片	3片	3.6片
速度	197.9cm ³ /s	117.5cm ³ /s	164.5cm ³ /s	170.2cm ³ /s	113.8cm ³ /s

★2號飛碟造型的落水頭，間隙最小、高度最矮、排水面向內傾斜。

發現：

- 1.坊間的高腳落水頭，1號、3號、4號排水效果都不錯，1號表現最好。
- 2.落水頭2號水位最高，排水效果最差。

專家訪談-五金達人洪先生

柵欄式的方式將排水分流，形成向內流入的螺旋瀑布，落水頭下方的空氣會迅速地竄入上方，形成空氣柱。



調查坊間落水頭



遮罩高於水位線



底部微翹擋砂

推想：

- 1.根據實驗結果，2號落水頭排水面向內傾斜，排水間隙最小(0.5公分)，排水效果最差。
- 2.由於3號落水頭遮罩處，略高於水位線，造成排水時間延長。
- 3.由於5號落水頭底座微翹，高於水位線，造成排水時間延長。

◎研究三：探討影響高腳落水頭排水效果的變因

實驗(一)：不同落葉形態對高腳落水頭的排水效果影響

結果：

項次	5:1(A)	4:2(B)	3:3(C)	2:4(D)	1:5(E)
時間	105.6 秒	114 秒	117.8 秒	119.4 秒	124.4 秒
高度	4.76 公分	5.5 公分	5.86 公分	5.92 公分	5.94 公分
排葉量	5.6 片	6.4 片	19.2 片	21.6 片	24.6 片
速度	563.7cm ³ /s	550cm ³ /s	547.5cm ³ /s	538.2cm ³ /s	498.1cm ³ /s

實驗(二)：不同落葉量對高腳落水頭的排水效果影響

結果：

落葉量	100(A)	200(B)	300(C)	400(D)	500(E)
時間	121.6 秒	150.6 秒	172 秒	183.4 秒	189.2 秒
高度	6.06 公分	6.54 公分	7 公分	7.38 公分	7.62 公分
排葉量	21.2 片	44.4 片	52.2 片	56.8 片	59.6 片
速度	531.2cm ³ /s	389.8cm ³ /s	337.5cm ³ /s	322.9cm ³ /s	318.5cm ³ /s

發現：
1.排水速度比較，A > B > C > D > E，表示隨著落葉比例越高，排水速度越慢，對落水頭會造成嚴重的阻塞影響。
2.排葉量比較，落葉比例越高，葉子就越有機會進入落水孔內。
推想：C、D、E的排水速度差異不大，我們推測當落葉量達到300片時，是足以包覆1號落水頭阻礙排水的臨界值。

實驗(三)：不同降雨量對高腳落水頭的排水效果影響

結果：

項次	15 度	30 度	60 度	90 度
時間	100.6 秒	121.6 秒	143.6 秒	188.2 秒
高度	2.5 公分	6.06 公分	8.78 公分	14.1 公分
排葉量	3.8 片	21.2 片	36.2 片	47.2 片
速度	332.5cm ³ /s	531.2cm ³ /s	567.1cm ³ /s	593.9cm ³ /s

發現：1. A > B > C > D > E，大葉子比例越高，排水速度越快。
2.小葉子比例越高，對落水頭會造成嚴重的阻塞。
3.排葉量比較，小葉子比例越高，排葉量相對就會增加。
推想：小葉子容易伏貼在落水頭的現象，是造成阻礙排水的主因。



大葉子比例高較無服貼狀態



小葉子比例高會有服貼狀態



300片小葉子阻塞落水頭



計算500片小葉子排葉量



500片小葉子阻塞落水頭

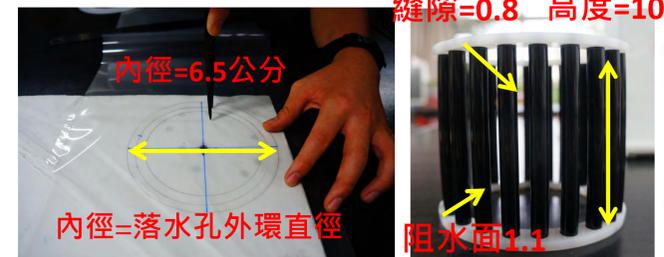


◎研究四：提出如何改良高腳水頭的做法

實驗(一)：不同迎水面形狀對高腳落水頭的排水效果影響

★子實驗a：詢問專家並自製落水頭的模型 ★子實驗c：不同迎水面形狀對水流跑動方式的影響

結果：



★子實驗b：不同迎水面形狀對高腳落水頭的排水效果影響

結果：

項次	平面型	三角型	圓柱型
時間	106.8 秒	105.6 秒	87.6 秒
高度	4.1 公分	4.08 公分	3.76 公分
排葉量	24.2 片	39.8 片	56.2 片
速度	473.1cm ³ /s	483.2cm ³ /s	735.7cm ³ /s

發現：
1.排水速度比較，C > B > A，表示迎水面圓柱型效果最好，而三角型雖然優於平面型，但兩方效果其實很接近，都屬於排水效果不好。
2.圓柱型迎水面容易讓落葉進入落水孔內。



平面型迎水面

三角型迎水面

製作迎水面

結果：

項目	跑動方式
平面型	
三角型	
圓柱型	

推想：
1.圓柱型因為迎水面為弧線，乒乓球會沿著弧線向後跑動，表示水流沿著柱體弧面黏貼跑動；所以，排水速度比較快；相對的，落葉也容易進入落水孔。
2.雖然圓柱型排葉量最高，但是排水速度卻是最快的，依據優良的落水頭標準，我們仍以圓柱型作為後續實驗的依據。

實驗(二)：不同間隙大小對高腳落水頭的排水效果影響

結果：

項次	0.5(A)	0.8(B)	1.1(C)	1.4(D)	1.5(E)
項目	110cm ²	160 cm ²	198 cm ²	210 cm ²	221 cm ²
時間	122.2 秒	87.6 秒	87.2 秒	86.8 秒	87.4 秒
高度	4.44 公分	3.76 公分	3.62 公分	3.6 公分	3.68 公分
排葉量	22.6 片	56.2 片	58.4 片	61.4 片	69.6 片
速度	385.5cm ³ /s	735.7cm ³ /s	718.6cm ³ /s	725.4cm ³ /s	725.3cm ³ /s

發現：
1.排水速度比較，B、C、D、E的排水速度差異不大，但都優於A，屬於排水效果好的。
2.間隙越大，相對排葉量也跟著增加。
推想：間隙B(0.8公分)，是兼顧排葉量少且速度可以維持最快的極限，所以我們以0.8公分作為後續自製落水頭依據。



間隙大小0.5公分實驗



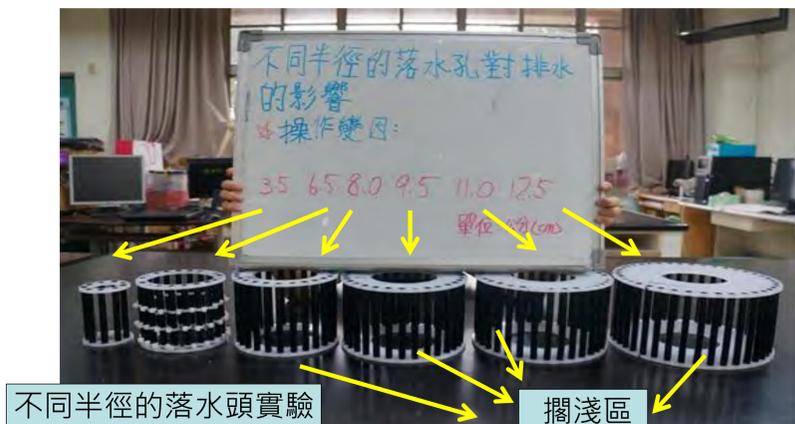
不同間隙的落水頭

實驗(三)：不同底面半徑對高腳落水頭的排水效果影響

結果：

項次	3.5(A)	6.5(B)	8(C)	9.5(D)	11(E)	12.5(F)
項目	72 cm ²	160 cm ²	184 cm ²	224 cm ²	256 cm ²	304 cm ²
時間	137.2 秒	87.6 秒	86.4 秒	83 秒	82.2 秒	77.8 秒
高度	7.32 公分	3.76 公分	3.62 公分	3.36 公分	3.3 公分	2.8 公分
排葉量	63.8 片	56.2 片	23.6 片	24 片	24.8 片	19 片
速度	512cm ³ /s	735.7cm ³ /s	740.5cm ³ /s	788.9cm ³ /s	802.7cm ³ /s	849.4cm ³ /s

發現：排水速度F > E > D > C > B > A，底面半徑加大，排水速度增快。
推想：D、E、F體積太大，不符合經濟效益，B、C落水頭則選用底面半徑6.5公分(B)體積小而排水速度快，符合經濟效益，作為自製落水頭的標準。



不同半徑的落水頭實驗

擱淺區

實驗(四)：提出防止落葉浮貼落水頭的做法

★子實驗a：研發可以降低新式落水頭排葉量的裝置

結果：

項次	新式落水頭	新式凸面落水頭
時間	87.6 秒	85.8 秒
高度	3.76 公分	3.7 公分
排葉量	56.2 片	9.4 片
速度	735.7cm ³ /s	774.4cm ³ /s

發現：

- 1.加了凸面後，落葉浮貼現象減少，排水速度增快。
- 2.不規則凸面的落水頭能有效阻擋落葉進入落水孔，排葉量從平均56.2片降至9.4片。



阻擋落葉浮貼

★子實驗b：不同凸面排列方式對新式凸面落水頭的排水效果影響

結果：

項次	組別	(A) 左右交錯30度	(B) 左右相對30度	(C) 置中排列	(D) 順時針30度
時間(秒)		85.8	96	92	90
高度(公分)		3.7	4	3.86	3.77
排葉量(片)		9.4	13.2	11.9	10.6
速度(cm ³ /s)		774.4	750.3	759.5	766.5

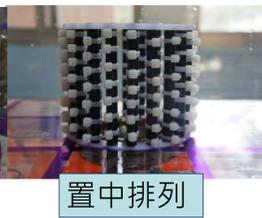
發現：依據排水速度、排葉量、高度比較，組別A都優於B、C、D，表示凸面排列方式以左右交錯30度為最佳方式。



左右交錯30度



左右相對30度



置中排列

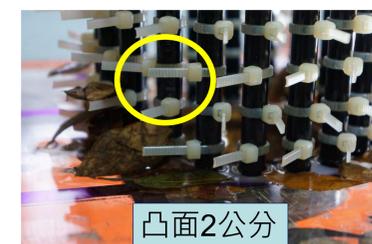
★子實驗c：不同凸面長度對新式凸面落水頭的排水效果影響

結果：

項次	組別	(A)0.5cm	(B)1cm	(C)1.5cm	(D)2cm	(E)2.5cm
時間(秒)		85.8	86	87	86.3	85.7
高度(公分)		3.7	3.71	3.85	3.77	3.67
排葉量(片)		9.4	9.4	9.9	10.6	10.3
速度(cm ³ /s)		774.4	770.3	770	774	771.1

發現：依據排水速度、排葉量、高度比較，組別A、B、C、D、E，並無明顯差異。

推論：不同的凸面長度並不會影響新式凸面落水頭的排水效果。



凸面2公分



凸面1公分

★子實驗d：不同凸面間距對新式凸面落水頭的排水效果影響

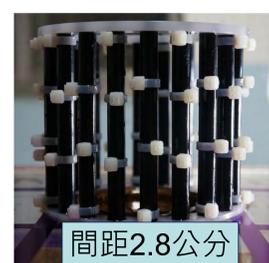
結果：

項次	組別	(A)1.2cm	(B)1.6cm	(C)2.0cm	(D)2.4cm	(E)2.8cm
時間(秒)		85.8	85.8	86.4	86.9	87.1
高度(公分)		3.7	3.69	3.71	3.73	3.76
排葉量(片)		9.4	9.1	18.1	22.3	27.7
速度(cm ³ /s)		774.4	772.3	758.9	748.8	749.2

發現：依據排水速度、排葉量、高度比較，組別A、B優於C、D、E；但A的排水速度略優於B，所以我們以選用組別A做為凸面的間距。



間距1.2公分



間距2.8公分

★子實驗e：加上凸面對1號落水頭的排水效果影響

結果：

項次	實驗組	對照組
時間	152 秒	189.7 秒
高度	6.86 公分	7.62 公分
排葉量	23.6 片	59.6 片
速度	402.7cm ³ /s	318.5cm ³ /s

發現：1.凸面1號落水頭比1號落水頭排水速度快、排葉量更少。

推想：將凸面設計加於1號落水頭上，能加強原本的排水效能，包括增加排水速度、降低排葉量。



加凸面1號落水頭

◎研究五：分析新式凸面落水頭的效能

實驗(一)：不同的阻塞物對新式凸面落水頭的排水效果影響

項次	新式凸面落水頭					新式凸面落水頭(無葉)	1號落水頭 500片
	(A) 葉子	(B) 吸管	(C) 雜草	(D) 塑膠袋	(E) 混合型		
時間(秒)	126.2	80	81	82	88	78	189.7
高度(公分)	5.34	3.4	3.5	3.5	3.7	3.5	7.62
排葉量(片)	19.6	1	0	0	5	0	59.6
速度(cm ³ /s)	435.6	918	900	859.1	713.6	1050	318.5

發現：

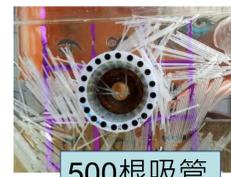
- 1.當落葉500片時，排水速度新式凸面落水頭A > 1號落水頭，排葉量新式凸面落水頭A < 1號落水頭，表示新式凸面落水頭在落葉量高時，依舊表現優異。
- 2.比較A、B、C、D與新式凸面落水頭(無葉)的排水速度，我們發現阻塞物葉子(A)會影響新式凸面落水頭排水速度；而吸管(B)、雜草(C)、塑膠袋(D)並不會嚴重的影響。



500片葉子



50個塑膠袋



500根吸管



混合型

實驗(二)：戶外模擬實驗探討新式凸面落水頭的排水效果

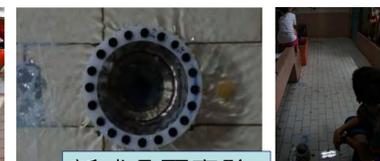
項次	組別	新式凸面	1號落水頭	1號落水頭-無葉
時間(秒)		393.7	554	367
高度(公分)		2.3	2.5	2.2
排葉量(片)		2	11	0
速度(cm ³ /s)		879.1	602.6	931.7

發現：

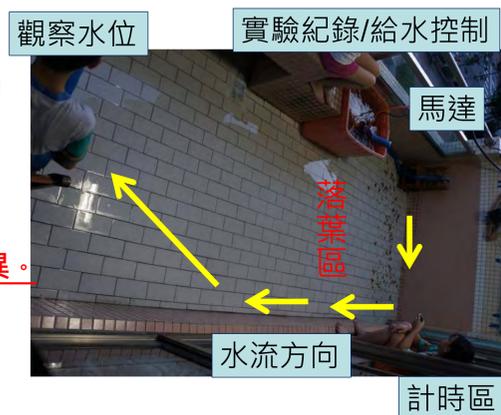
- 1.當落葉達500片時，新式凸面落水頭的排水速度遠優於1號落水頭，而且與1號落水頭(無葉)931.7cm³/s差異不大，表示新式凸面落水頭在戶外實測時，其排水效果依舊表現優異。
- 2.新式凸面落水頭阻擋排葉效果表現優異。



1號落水頭/計算排葉量



新式凸面實驗



觀察水位

實驗紀錄/給水控制

馬達

水流方向

計時區

柒、討論

- 一、將單一出水口改為T型管出水口，讓水分流，降低水壓。在水槽內放入穩流器，相對於管外，水面波動幅度穩定。
- 二、初期我們是以手撈網的方式計算排葉量，後來裝上濾網在出水閥的後方，以方便計算排葉量。
- 三、自製落水頭經專家建議，底面採用壓克力板，改變迎水面的PVC塑膠圓管，在圓柱型外可包覆珍珠板或紙板來改變迎水面。
- 四、解決落葉浮貼的問題以及減少排葉量，在落水頭上加上不規則的凸面，除使落葉不再浮貼外，並易造成縫隙，更有助於排水。

捌、參考資料

- 一、中文部份
 - (一)「新型浴室專用防毛髮阻塞之排水孔蓋」-第四十七屆高職機械科最佳鄉土教材獎
- 二、網路資源
 - (一)經濟部智慧財產<https://www.tipo.gov.tw/mp.asp?mp=1>~自動清洗落水頭之結構 銀牌獎 新型第M317445號

玖、結論

- 一、根據研究一，發現大家認為落水頭是造成淹水的重要原因之一。
- 二、根據研究二的實驗結果，落水孔外不管是地板落水頭或是高腳落水頭，都會造成水進入落水孔的阻礙。有葉子混雜在排水的時候，高腳落水頭的排水效果會更優於地板落水頭。
- 三、根據研究三：
 - (一)阻塞落水頭的主因是小葉子，大葉子反而會製造水流縫隙。
 - (二)降雨強度增加，超過落水頭的排水速度，水位就會升高，排水時間也會延長。
- 四、根據研究四的實驗結果：
 - (一)迎水面為圓柱型，水流會沿著柱體弧面黏貼跑動，流速最快。
 - (二)新式落水頭間隙B(0.8公分)是排葉量少且速度維持最快。
 - (三)新式落水頭底面半徑加大，排水速度呈現加快的趨勢，選用底面半徑6.5公分的落水頭，作為後續自製落水頭的依據。
 - (四)凸面設計(左右交錯30度、間距1.2公分、長度0.5公分)改善落葉進入落水孔的現象，而且讓落葉無法浮貼阻水面上。
- 五、根據研究五的實驗結果：
 - (一)葉子對阻礙排水最有影響力，其他吸管、雜草、塑膠袋影響不大而且當落葉量高達500片時，新式凸面落水頭表現依然優異。
 - (二)戶外模擬實驗中，新式凸面落水頭效能優於1號落水頭。