

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

探究精神獎

080509

瀑布下的陷阱～探討漩渦在瀑布深潭中的形成
及其運動情形

學校名稱：高雄市三民區愛國國民小學

作者：	指導老師：
小六 施昀萱	陳建良
小六 王家盈	王雅柔
小六 陳薇安	
小六 高珮瑤	
小五 樊芝伶	

關鍵詞：瀑布、漩渦、水流

摘要

研究發現瀑布漩渦的形成主要是有不斷出現的強大水流流進深潭，持續的水流來回交錯就可能出現漩渦；如果遇到潭底礁石，更容易產生漩渦。而人偶在深潭中會以橫向或上下移動方式持續運動，水流會對人偶產生拉扯現象。

經實驗探究發現：高度越高及水流量越大的瀑布，水流會離開石壁以幕簾式或水柱流入深潭，較容易形成漩渦，掉進漩渦內需較長時間才能往外脫離。另外，在凹地地形人偶較容易被石頭卡住，但水流會在凹地處產生一個向上向外的流動，讓人偶往外離開漩渦，是一個脫離的機會。

最後提出建議：瀑布區旅遊，不應該進入到深潭區。瀑布漩渦並不是一直保持著強大水流，會有一段時間水流會將人偶帶往旁邊，如果發生溺水人們就可趁這時間點逃離漩渦。

壹、前言

一、研究動機

疫情後的 11 月，我們延期的畢業校外教學終於成行了，第一天就來到了「十分瀑布」，幕簾式的瀑布，就像千軍萬馬奔騰傾瀉而下令我們驚嘆不已印象深刻。在享受大自然片刻，陸續看到一些地質景觀，河床上到處可見大小不一的壺穴，同學們也議論紛紛瀑布下是不是有漩渦呢？經過激烈討論，還是未能有所定見。

回到學校後，剛好自然科「岩石與礦物」單元，課程中討論了水流的作用造成了各種不同的地形景觀，「壺穴」便是其中之一；當然，「漩渦」的議題再次在課堂上熱烈的討論，同學們也紛紛表達自己對漩渦的認識。瀑布底下真的會出現「漩渦」嗎？這漩渦的出現對於喜好水上活動的人們有什麼影響呢？幾個好朋友為了解開心中的疑惑，於是展開了「瀑布漩渦」的探究。

二、研究目的

- (一)了解台灣目前的瀑布概況。
- (二)探討瀑布漩渦形成的條件。
- (三)探討不同條件對瀑布漩渦的影響。
- (四)觀測瀑布漩渦在水中的運動情形。
- (五)提出在瀑布水流活動中的較佳建議。

三、文獻回顧

研究者針對過去相關之實驗研究，閱讀後整理部份重點摘要如下：

1.中華民國第 60 屆中小學科展高中組作品---有限水量放流之漩渦成因探討及模型建立

本研究利用在靜止水體中控制攪拌動力，探討影響漩渦形成的因素；並且為了探討如何有效產生漩渦，研究者計算出核心區的體積、液面起始高度至放流孔距離及漩渦形成效率的關係。最後，建立了漩渦形成模型。研究發現：漩渦現象是各位置相鄰水流彼此作用及流速調整才得以產生外，也由實驗推知外圍水流依白努力原理而向內壓迫內圈水流，使流速向內偏向，最終呈現螺線形流線。

2.中華民國第 57 屆中小學科展國小組作品---神秘的水中殺手~探討瀑布區深潭中水流活動的情形

本研究透過實驗探討不同條件對瀑布水流活動的影響，提出在瀑布區進行水域活動較佳的建議。研究發現：水流量、瀑布高度、潭水深度、潭面下石頭位置及石頭量、潭底地形都會影響瀑布深潭的水流活動。發現水流量越大、瀑布高度越高、水深較淺、石頭位置越靠近水流沖擊的地方、石頭量越多及深潭底部有凹陷地形時，漩渦的出現是較明顯的。

3.中華民國第 52 屆中小學科展高中組作品---“漩”機妙算

本研究製作三種模擬漩渦的模型，藉由測量水中壓力作為數據，輔以質性方式來觀察真實漩渦的類型，嘗試比較其差異，找出較佳的模擬方式。研究發現：(1)強制漩渦模型：以攪拌石製造之漩渦屬於組合漩渦，內部的強制渦流中，越靠近漩渦中心水壓越大。(2)自由渦流模型：水流從洞底流出時，無切線方向速度的水流狀況對渦流造成的影響無法忽略，所以製造自由渦流應提供切線方向水流的源頭。(3)仿河道模型：水遇到障礙物會引發渦流，且渦流型態與水源進入方式和障礙物大小有關，摩擦力亦有影響。

4.中華民國第 50 屆中小學科展國中組作品---逃離殺人漩渦

本研究透過研究漩渦的構造，並建立一個裝置來模擬縮小的漩渦，實驗探討當我們遇到漩渦該如何提高獲救機會；以及穿著救生衣對我們遇到漩渦有沒有影響。研究發現：若沒穿著救生衣，應該雙手護頭，把體積縮到最小，順著水流離開漩渦；漩渦越大或是漩渦的深度越深時，逃出所需的時間越長。

5.中華民國第 48 屆中小學科展高中組作品---神秘的拉扯-漩渦與漩渦現象的探討

本研究針對漩渦及反漩渦水流彼此「拉扯」的現象，及拉扯時對物體的影響，並模擬海水水面的運動及水底的運動，配合地形進行探討。研究中發現：物體在水中會被牽引，體重越輕身長越短的物體，被捲入的漩渦半徑較小，但被捲入後在水中滯留打轉的時間較久，被漩渦和反漩渦拉扯的距離也較大。當物體的長度越長、重量越重時，被捲入的漩渦半徑也越大，但在水中滯留打轉的時間較短，被漩渦和反漩渦拉扯的距離也較小。

6.中華民國第 47 屆中小學科展國小組作品---水中的殺手-漩渦

本研究設計實驗找出漩渦的結構，利用紅色的色素水觀察漩渦水流的流動，也進一步利用小白菜種子代替紅色色素水進行實驗觀測。研究發現：在水面雖然沒有明顯旋轉現象時，水裡已經有旋轉的產生；一旦被捲入漩渦中轉速可達到 1 秒 5 圈的自轉速度。也發現水底孔徑越大的漩渦產生速度越快也越大，外加力量旋轉後，漩渦的形成速度也更快。另外在漩渦漏斗中間，部分以螺旋狀向下旋轉的水流會有反彈的現象，產生的原因之一可能是一股由漩渦底部逆流而上的水流所造成的。

根據以上資料的統整分析，我們發現過去研究者曾透過不同方式針對漩渦進行探討，包括設計實驗找出漩渦的結構，以了解漩渦的形成、研究漩渦的構造以了解被漩渦吸入時該如何逃出、探討漩渦及反漩渦水流彼此拉扯的現象等；研究主題大部份都是針對一般水流產生的漩渦進行探討，較少有針對瀑布漩渦探討的主題。資料分析中只有一件作品針對瀑布漩渦進行探討，研究者發現水流量越大、瀑布越高、水深較淺等條件，漩渦的出現都會較明顯。

本研究除了蒐集資料了解台灣瀑布概況及漩渦形成條件外，也透過實驗觀測瀑布下漩渦的運動情形，擬透過自製器材模擬出瀑布深潭區，並設計實驗變因，探討不同條件對瀑布漩渦的影響進行觀測，改進過去研究較無法量化觀測結果的問題，最後希望能提出在瀑布水流中活動的較佳建議。

貳、研究設備及器材

自製上給水槽(長 50cm、寬 40cm、高 30cm)、主水槽①(長 50cm、寬 40cm、高 40cm)、主水槽②(長 50cm、寬 40cm、高 20cm)、下集水槽(長 58cm、寬 39cm、高 22cm)、出水管(孔徑 3mm、4mm、5mm、6mm)、抽水馬達(規格 70LPM)、水平儀、3D 列印人偶、鋼珠(5mm)、彈簧、棉線、縫衣線、積木架、石頭、計時器、數位相機、DV 攝影機。

參、研究過程或方法

研究一、了解台灣目前的瀑布概況

瀑布是河道從垂直的崖坡上流下的一種自然景觀，是由大自然不同的力量形成的，主要是由岩層軟硬與地質構造上的差異，和內營力與外營力的作用形成。在地質學上，瀑布則被

稱作「跌水」。瀑布成因可能是受斷層或凹陷等地質構造運動、火山噴發等地表變化所造成河流突然中斷，又或者因流水或冰川對岩石的侵蝕所造成河床有地勢差，這些都能使河流產生瀑布。

世界大型瀑布多已開發為觀光景點，例如維多利亞瀑布、伊瓜蘇瀑布、尼亞加拉瀑布等世界三大瀑布。

(一)台灣現有瀑布統計

台灣島位於歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊交界，受到東側海洋板塊不斷擠壓，造山運動活躍地震頻繁，因此島上高山疊起且多斷層地形；又因為氣候溫潤多雨，高山地區的地層在持續的地殼變動與侵蝕作用下，變得非常破碎，非常容易因為地震或暴雨而崩塌。所以台灣地形起伏變化大，山高水急多瀑布地形，大小規模的瀑布遍佈全台。

根據維基百科資料統計，台灣的瀑布目前共計約有 230 座，依序分布在北台灣有 53 座、中台灣有 49 座、南台灣有 58 座及東台灣 70 座。

各區域瀑布分布於各縣市情況如下表：

區域	位於縣市	瀑布名稱
北區	基隆市	魴頂瀑布、泰安瀑布
	台北市	聖人瀑布、絹絲瀑布、圓覺瀑布
	新北市	嶺腳瀑布、眼鏡洞瀑布、十分瀑布、三貂嶺瀑布群、東山瀑布、茄苳瀑布、秀峰瀑布、灣潭溪瀑布群、烏來瀑布、內洞瀑布、烏紗溪瀑布、五重溪瀑布、桶後瀑布、阿玉瀑布、東眼瀑布、滿月圓瀑布、處女瀑布、雲森瀑布、阿里磅瀑布、黃金瀑布、半屏大瀑布、銀河洞瀑布、炮仔崙瀑布
	桃園市	宇內溪瀑布群、小烏來瀑布、龍鳳瀑布、神隱瀑布、高坡瀑布群、幽靈瀑布
	新竹縣	馬武督瀑布、碧藍瀑布、豐鄉瀑布、比鄰瀑布、梅後蔓瀑布、大隘瀑布、銀絲瀑布、谷燕瀑布、雙龍瀑布、清泉瀑布、八仙瀑布、玉峰瀑布、馬里光瀑布、鴛鴦谷瀑布群
	苗栗縣	觀霧瀑布、神仙谷瀑布、水雲瀑布、水載下瀑布、小雪霸瀑布
中區	臺中市	仙女瀑布、蝴蝶谷瀑布、龍谷瀑布、桃山瀑布、七重天瀑布
	雲林縣	樟湖瀑布、群同心瀑布、外湖瀑布、青山坪瀑布、龍鳳瀑布、蓬萊瀑布、水濂洞瀑布、幽倩谷瀑布

	南投縣	合歡瀑布、能高瀑布、塔羅灣溪大瀑布、德魯灣勇士瀑布、良久瀑布、雙流瀑布、松瀧岩瀑布、青龍瀑布、向欣谷瀑布、安定鸞瀑布、石杭瀑布、群冷水坑瀑布、梯子嶺下瀑布、瑞龍瀑布、鳳凰谷瀑布、德興瀑布、小半天瀑布、木瓜坑瀑布、水濂洞瀑布、流牆壁瀑布、彩虹瀑布、雲龍瀑布、乙女瀑布、雙龍瀑布、九華瀑布、萬大瀑布、芙蓉瀑布、聖泉瀑布、夢谷瀑布、彩蝶瀑布、觀音瀑布、龍鳳瀑布、大南邊瀑布、神仙瀑布、玉門關瀑布、能高瀑布
南區	嘉義縣	蛟龍瀑布、天雲谷瀑布、石夢谷瀑布、石盤谷瀑布、全仔溪瀑布、群大峽谷瀑布、青龍瀑布、龍宮瀑布、雷音瀑布、中正大瀑布、生毛樹瀑布、雲潭瀑布、安靖瀑布、鳳凰瀑布、觀音瀑布、猴樹底瀑布群、天馬瀑布、青龍瀑布、青雲瀑布、里佳大瀑布
	臺南市	千層岩瀑布、龍王瀑布
	高雄市	長龍瀑布、雙龍瀑布、大智瀑布、桃源瀑布、千疊瀑布、馬舒嘩瀑布、達妮芙瀑布、拉克斯瀑布、慕拉絲瀑布、茂林谷瀑布、美雅谷瀑布、溫泉溪大瀑布、神池溪大瀑布、山花奴奴溪大瀑布
	屏東縣	達來瀑布、伊拉瀑布、神山瀑布、霧台瀑布、阿禮瀑布、檜谷瀑布、飛龍瀑布、飛龍峽谷大瀑布、射鹿溪瀑布群、大津瀑布、涼山瀑布、萬安瀑布、武潭瀑布、陰陽瀑布、神鷹瀑布、卡悠峰瀑布、雙流瀑布、萬丈瀑布、鴛鴦瀑布、欖仁溪瀑布、七孔瀑布、山海瀑布
東區	宜蘭縣	新峰瀑布、金盈瀑布、猴洞坑瀑布、月眉坑瀑布、五峰旗瀑布、石磐瀑布、舊寮瀑布、新寮瀑布、三疊瀑布、天狗大瀑布、谷風瀑布、澳花瀑布、金岳瀑布、鹿角溪瀑布群、賀嘎灣瀑布、飯包南山瀑布、發徒山大瀑布
	花蓮縣	白楊瀑布、綠水瀑布、白沙瀑布、銀帶瀑布、立芹瀑布、長春瀑布、曉星山瀑布、天崖瀑布、三角錐山瀑布、夫婦瀑布、大安山南瀑布、清溪瀑布、富源瀑布、山風瀑布、南安瀑布、羅山瀑布、獵戶瀑布、鰲溪瀑布群、鳳凰瀑布、黃金瀑布、鐵份瀑布
	臺東縣	水母丁瀑布、重安瀑布、新港瀑布、八邊瀑布、八噶噶瀑布、瀧乃瀑布、龍泉瀑布、向陽瀑布、哈里博松瀑布、利稻瀑布、崁頂雌雄瀑布、加拿瀑布、加典溪瀑布、米拉旦瀑布、登能不山大瀑布、馬斯閎努瀑布、罵罵哈弗瀑布、上里瀑布、舊斑鳩瀑布、肯都爾山瀑布、小屋山瀑布、加大奈瀑布、太平溪大瀑布、太平溪右支流瀑布、建和溪瀑布、木瓜溪瀑布、白玉瀑布、知本瀑布、知本林道瀑布、知本龍泉瀑布、金峰瀑布、喜樂泉瀑布

※資料來源：維基百科-模板:台灣瀑布•取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/Template:%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%80%91%E5%B8%83>

根據瀑布的成因及分布情形，我們發現有較多高山的縣市瀑布數量較多，像北台灣的新北市、中台灣的南投縣、南台灣的屏東縣及嘉義縣、東台灣的臺東縣等。

(二)瀑布的高度落差

我們發現有許多瀑布因地形因素分成許多階級(段)，為了進一步想了解台灣瀑布的概況，到底瀑布的高度落差有多大呢？因此，我們以「單級最大落差高度」做為統計依據，經數據整理如下表：

單級最大落差高度	瀑布數量	佔比	備 註
400 公尺以上	1	0.43%	台灣落差最大的瀑布
300-400 公尺	1	0.43%	
200-300 公尺	7	3.04%	
150-200 公尺	11	4.78%	
100-150 公尺	39	16.96%	
50-100 公尺	123	53.48%	

根據數據資料的查詢整理，我們發現台灣 230 座瀑布中，只有 182 座瀑布有「單級最大落差高度」的數據資料，統計後得知：單級最大落差高度超過 100 公尺有 59 座，大約佔了全台灣瀑布數量的 25.65%；50 至 100 公尺也有 123 座，大約佔了 53.48%。由此可見，台灣約有四分之一以上的瀑布高度落差超過 100 公尺；一半以上介於 50 至 100 公尺。另外，我們熟悉的十分瀑布高度落差只有 20 公尺，但寬度卻有 40 公尺，有著台灣尼加拉瀑布之稱。

研究二、探討瀑布漩渦形成的條件

(一)瀑布漩渦的形成

根據資料，我們得知：渦流又稱漩渦，是一個漩渦型的水流，由反水流的活動形成。常見渦流包括：

1. 「非常小的渦流」可以很容易地在浴缸或水槽排水時看到。
2. 「海洋渦流」通常是由潮汐引起的。
3. 有些渦流相當強，在窄淺的海峽，快速流動的水也會創造「強大的渦流」，例如日本淡路島與四國島之間鳴門海峽的鳴門漩渦。
4. 渦流也會出現在許多「瀑布下方深潭」中，著名的例子有尼亞加拉大瀑布。

除了前面所述的渦流(漩渦)外，一般水流的漩渦形成，主要是因為在前方較湍急的水流撞上了某些物體，被迫往回流動，但這時接著而來的另一股水流就會與往回流動的水流撞上，如此循環就可能形成了漩渦。同樣的，在瀑布水流下較湍急的水面上，有時會出現水流在某個地方突然打起轉來，這就是“漩渦”。

在瀑布中，漩渦並非處處都有。有些漩渦會出現在深潭內或冒出水面的礁石旁，主要是因為在湍急的水流中，有一部分的水流會被礁石擋住去路，無法再前進，於是被迫退回來，但後面湧上來的水流，還是一樣地向前流，並把被迫退回來的那部分水流帶著一起前進，但當它們流到前面卻又礁石擋回來，像這樣進而又退，來來去去的水流，就只能在被擋住去路的原地打轉，於是出現了漩渦。

從資料上的說明，我們發現瀑布漩渦的形成的條件包括：

- 1.需要有不斷流動的水，使得水流一進一退。
- 2.水流的力量要夠大。
- 3.水流前進時需要遇到障礙物，如橋墩或礁石等。

(二)瀑布漩渦對我們的影響

台灣近年來，有關瀑布水域活動傷亡的事件，部份報導摘要如下：

媒體報導	內容摘要
TVBS 新聞網 2021/10/15/	一名電子廠員工跟朋友前往戲水後不慎溺水，消防隊趕到現場換上潛水裝，在潭底找到人，但送醫後仍然宣告不治。這個祕境美景雖然入口有告示禁止戲水，但爆紅後還是經常吸引民眾前往，光是去年八月到現在就發生三次溺水意外，因此當地部落居民呼籲，希望縣府直接封閉。
聯合報 2021/07/12	高雄一群人到屏東縣來義鄉祕境鴛鴦瀑布溯溪，現場共有 10 人，溺水地點距離鴛鴦瀑布約 50 公尺。鴛鴦瀑布猶如漏斗狀，兩名溺斃者，疑似先被吸到瀑布漏斗下方，之後又從瀑布漏斗底下衝出。救難人員發現兩名溺者後，救上岸並持續做 CPR，但兩人已無生命跡象。
自由時報 2020/08/12	桃園市復興區祕境優霞雲（鐵木）瀑布 9 日近中午時發生女子溺水意外，溺水後被同伴救起的楊姓女子當下失去呼吸心跳，送醫後雖恢復生命跡象，但後來仍宣告不治；檢警調查意外過程發現，楊女在瀑布區戲水時原本穿著救生衣，卻因好奇想查探瀑布區深潭，而脫掉救生衣潛水造成溺水喪命。

聯合報 2020/07/05	仁愛鄉「夢谷瀑布」位在南山溪上游山谷，因谷深高度落差達 20 米，夏季水量豐沛，形成壯闊瀑布美景，因此夏天一到總是吸引大批民眾前往踏青，甚至戲水，成為不少人口中的消暑秘境，卻不知潛藏危險。 因夢谷瀑布水域下方藏多處深潭，在瀑布下沖力道下易形成暗流，因此是當地人口中的「危險水域」。
東森新聞網 2020/05/31	台中太平頭的「仙女瀑布」，許多人稱為戲水秘境，但這裡到處是暗流，近 3 年來已有 4 人在此溺斃，市府早已列為是危險水域禁止戲水，每年仍有不少人來戲水，對此台中市消防局太平車籠埔分隊，特別拍攝宣導影片，提醒民眾千萬別拿生命開玩笑。

(三)漩渦的模擬

為了了解漩渦的形成，我們運用了不同容器、不同觀測物及不同的水流方式，並根據瀑布的概況條件，進行模擬實驗，記錄如下表：

模擬操作	第一次	第二次	第三次
模擬瀑布水流方式	模擬水流沿著石壁流下	模擬水流離開石壁流下	模擬水流離開石壁流下
水流是否穩定	水量小，水流不穩定	水量較大，水流不穩定	水流穩定
器材準備	1.使用長方形塑膠整理盒裝八分滿的水，放置於洗手台邊緣 2.準備一個勺子，並裝滿水 3.使用原子筆筆蓋，模擬人偶	1.準備長方形塑膠整理盒作為水槽，模擬瀑布深潭，將水加滿至一半 2.準備一個水桶，在裡面裝滿水 3.使用原子筆筆蓋，模擬人偶	1.準備長 10cm、寬 10cm、高 10 公分的方形透明壓克力盒 2.準備 1 個樂高人偶
操作步驟	1.以勺子中的水從洗手台邊慢慢流入水盒中 2.水流到第 5 秒時，放入第一個筆蓋 2.第 10 秒時，放入第二個筆蓋	1.將水桶中的水慢慢倒至長方形水槽中，模擬瀑布的水流 2.同時間將筆蓋放入水中，模擬人被捲入漩渦時的情形 3.觀察漩渦是否形成，及筆蓋被水流捲入的情形	1.將方形透明壓克力盒裝入一半的水，並放置在水龍頭底下 2.打開水龍頭，觀察水流流到容器裡的情形 3.放入樂高人偶，觀察樂高人偶被水流捲入的情形

<p>觀測結果</p>	<p>1.發現水沿著邊邊流下時，水面不會出現太大的波動，沒什麼動靜</p> <p>2.把模擬人偶的筆蓋放進水盒中，會先看到筆蓋在水中稍微轉動，但過不到幾秒鐘就浮起來了</p>	<p>1.讓水桶中的水騰空倒下去，水面會出現較大的波動，水中有出現幾處小型漩渦</p> <p>2.發現所形成的漩渦並不明顯，一下子出現又一下子便消失了</p> <p>3.模擬人偶的筆蓋會被水流捲入水中，但一下子筆蓋就從水流外側浮出水面了</p>	<p>1.水流流到方形容器中，從上往下看，看見許多泡泡</p> <p>2.從方盒的側面觀察，會看到像漩渦狀的水流在旋轉</p> <p>3.放入樂高人偶時，發現樂高人偶會先被水流壓入水中，不久後會從水流旁再浮出水面</p> <p>4.持續的水流，會再讓樂高人偶再一次被壓入水中又浮出水面</p>
<p>操作情形</p>			

經過我們簡易的模擬操作，我們發現漩渦不太容易出現，如果有出現也是非常短暫的時間，觀測上也很困難，因此，我們必須改進操作的方式，才能順利進行後續的實驗。

另外，在模擬實驗中漩渦形成不明顯，可能是與水中有無障礙物有關；在真實的瀑布深潭中，當地的地形也會影響漩渦的出現，因此在後續實驗我們將會在水槽中鋪上石頭以模擬真實的深潭地形。

(四)找尋適當的觀測物

為了找尋更適當的觀測物，因此我們設計了簡單的觀測實驗，並根據觀測試驗為這些物品分了兩類，分別是 A 類(浮)、B 類(沉)，最後透過討論選出適合拿來做實驗觀測的物品。

1.步驟：

- (1)準備一個透明方盒，在裡面裝入水，接著將小組討論後可測試用的物品依序放入水中。
- (2)觀察物品的浮與沉情形，根據實驗結果為各個觀測物體做分類，再依觀測物體體積大小排列，由小排列至大並編號。

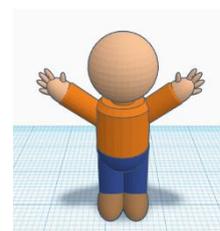
編號-A	觀測物-浮	編號-B	觀測物-沉
A-1	塑膠鑽	B-1	米
A-2	串珠	B-2	綠豆
A-3	吸管	B-3	紅豆
A-4	保麗龍球	B-4	BB 彈
A-5	3D 人偶	B-5	積木
A-6	3D 球	B-6	彈珠
A-7	樂高人偶	B-7	橡皮擦

2.結果與討論：

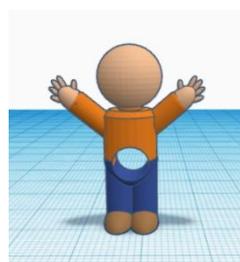
- (1)從觀測得知，越小的物品不一定就會浮起，反而有些物品會沉入水中，像 BB 彈、米、紅豆、綠豆，經討論了解到浮或沉是因為物體的「密度」來決定的。
- (2)經討論後我們認為：觀測物應該具備可以沉入水中，也要能浮出水面的條件，各種測試物並沒有可以做到的，因此，大家提出以自製 3D 列印人偶做為實驗中的觀測物。



- (3)以自製 3D 列印人偶作為模擬人在水流中的情況很適合真實情境，但經測試發現 3D 人偶(1.6 克)也是浮在水面上，因此，需要找一個方法可以讓它半浮半沉在水中。



- (4)我們在 3D 人偶中間挖洞，置入一個直徑 5mm 的小鋼珠(重 0.5 克)，讓人偶可以半浮半沉在水中，並且在頭頂位置綁上一條細線，可以調整人偶在水中的位置，做為後續實驗的正式觀測物。



研究三、探討不同條件對瀑布漩渦的影響

為了瞭解各種條件對瀑布漩渦的影響，經過討論後我們決定以瀑布高度及水流量作為本研究觀察之操縱變因進行實驗觀測，並經討論、設計及測試後，自行製作及改造相關器材，內容說明如下：

(一)實驗器材配置

1. 上給水槽(長 50cm、寬 40cm、高 30cm)：模擬瀑布水源，由上給水槽提供穩定水流，當水槽裡的水經由漫流面流下，就會形成瀑布水流。
2. 主水槽①(長 50cm、寬 40cm、高 40cm)+主水槽②(長 50cm、寬 40cm、高 20cm)：模擬瀑布下的深潭區，用來觀測瀑布水流流下後，深潭區中的水流產生的變化情形，是主要觀測人偶活動的區域。
3. 下集水槽(長 58cm、寬 39cm、高 22cm)：收集從深潭區流下來的水，循環利用。
4. 高度控制：為了模擬不同的高度瀑布，準備 2 張穩固的木桌子(相同的長 60cm、寬 40cm 及高 65cm、55cm)及數個 20cm 高度的木箱子。

各項器材配置完成及定位後，再以水平儀校正水平，進行實驗的操作觀測，器材配置如下圖示：



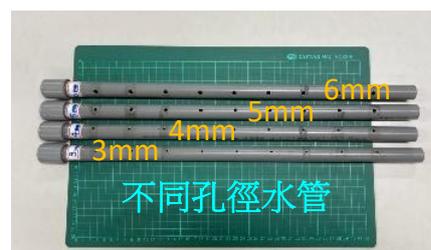
(二)給水控制

1.給水控制

為了控制穩定的水流，在下集水槽中放置了一個抽水馬達(70LPM)，將主水槽內流下的水藉由連接的管路抽回到上給水槽中，再以自然流動的方式漫流進入模擬深潭的主水槽中，做為給水的控制，並透過自製的不同孔徑大小的出水管，從上給水槽中控制及提供穩定的水流量。

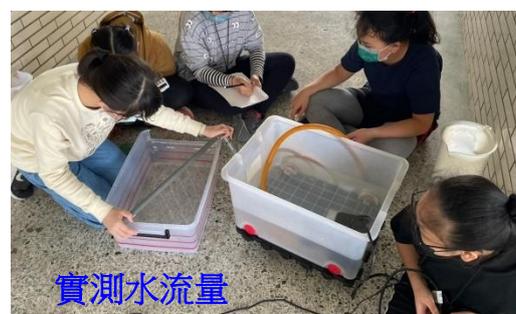
2.水流量控制

為了讓實驗的給水控制更加精確，於是我們自製了 4 個不同孔徑大小的硬質水管，每個水管都挖了 9 個孔洞，利用不同的孔徑大小來提供實驗中不同的水流量，孔洞的直徑大小分別是 3mm、4mm、5mm、6mm，並先分別測量不同孔徑大小的出水管每分鐘的水流量。



(1)步驟：

- ①準備兩個大水槽，在其中一個裝滿水。
- ②將孔徑大小 3mm 的自製水管，用水管連接至抽水馬達(規格 70LPM)，並將馬達放置於有水的水槽中，將自製水管放置在另一個水槽上方。
- ③啟動馬達，計時 1 分鐘，觀測 1 分鐘後孔徑大小 3mm 的水管所流出的水量，重複操作 3 次並記錄結果，再依序更換不同孔徑大小的水管。實驗結果記錄如下表：



孔徑大小	3mm	4mm	5mm	6mm
第一次	21800	27400	31500	36400
第二次	22000	27200	31300	36600
第三次	21600	27600	32000	36800
平均	21800	27400	31600	36600

單位 ml

(2)結果：實驗發現在相同時間內孔徑越大的水管所流出的水流量越大；孔徑越小的水管所流出的水流量越小。

(三)觀測物正式測試說明

經過研究二之(四)觀測物探討測試及討論後，本研究後續實驗決定將使用自製的 3D 列印人偶，並在人偶上裝置 1 個直徑 5mm 大小的鋼珠，利用這個人偶開始進行實驗記錄方式的測試。

1.材料：小人偶(3D 列印)、小鋼珠、萬用黏土、棉線、縫衣線、彈簧

2.測試步驟

- (1)將小鋼珠裝入人偶中間的凹洞處，並用萬用黏土填滿凹洞。
- (2)使用棉線纏繞人偶的身體部位後綁緊。
- (3)將彈簧一端固定在架子上，再把線的一端固定在彈簧的一端。
- (4)更換使用縫衣線再進行測試。



3.觀測過程

- (1)將人偶放入主水槽後，打開水流，等待水流從上給水槽流到主水槽內，觀察人偶在水流下的情形。
- (2)在水流經過人偶後，觀察彈簧有無變化。
- (3)調整線的長度，改變人偶在水中的深度。

4.結果與討論

- (1)發現棉線太粗太重，使得人偶不易移動；縫衣線較細較輕，不會影響人偶在水流中的運動。
- (2)發現人偶受到水流沖下後，會先往旁邊移動離開水流量較大的區域，在外圍待了一小段時間，又會繞回到原來有水柱的地方，感覺有一股吸力存在一樣。
- (3)我們發現彈簧沒有明顯的伸長，可能是因為線太長在水中會彎曲移動，使得彈簧沒有伸長，因此我們把線調整變短，讓人偶比較靠近水面，這時彈簧的伸長情形有較明顯。
- (4)雖然彈簧沒有明顯的伸長，但我們可以清楚看到拉著人偶的線會隨著瀑布水流帶動人偶時，出現明顯的位移距離及方向等，可以方便記錄說明。
- (5)人偶在潭水的上、中、下不同深度位置，出現不同的結果，記錄如下：

人偶位置	上(水面)	中(水下約 5cm)	下(水下約 10cm)
觀察發現	1.人偶會隨著水流改變位置，大部份時間都在水面上移動； 2.拉著人偶的線會明顯配合人偶的移動而改變位置，彈簧長度也會隨著改變	1.人偶會隨著水流改變位置，有時上浮，有時下沉； 2.拉著人偶的線會明顯配合人偶的移動而改變位置，彈簧長度也會隨著改變	1.人偶會隨著水流改變位置，有時上浮，有時下沉； 2.因為線比較長，人偶上浮時，線是彎曲的，無法藉由線的移動看出人偶的移動，彈簧也未能拉動

5.測試結論

(1)後續實驗進行中的觀測物-3D 人偶，我們改變利用紅色線材列印人偶，增加人偶在水中的辨識度。



紅色人偶

(四)觀測物固定支架及彈簧測試說明

1. 支架位置測試

(1)為了將觀測物固定在深潭中的水面上，因此，我們設計了一個支架作為固定彈簧、線及觀測物。

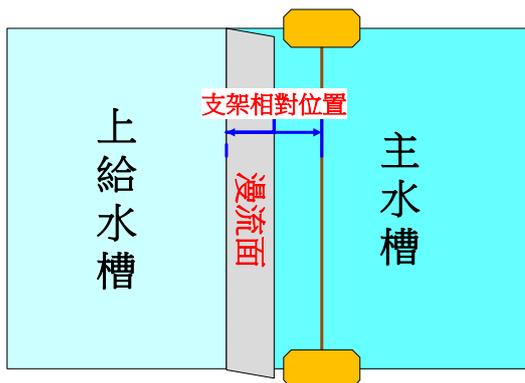


事先在水槽中畫記刻度



測試記錄固定支架刻度位置

(2)實驗測試過程中我們發現：在不同條件下的瀑布水流，由上給水槽流經漫流面(10cm)後落入深潭中的位置並不太一樣，因此，為減少實驗誤差，我們在改變每個實驗條件後先進行水流位置的測試，以確認支架、彈簧及人偶的正確位置。



器材配置- 上視圖 -相對位置說明



彈簧及人偶支架固定於主水槽中

(3)支架相對位置記錄如下表：

變因條件	實驗(一)瀑布高度				實驗(二)水流量(出水孔口徑)			
	40cm	60cm	80cm	100cm	3mm	4mm	5mm	6mm
相對位置	12.5cm	14.5cm	15.5cm	16.5cm	11.5cm	13cm	14.5cm	15.5cm

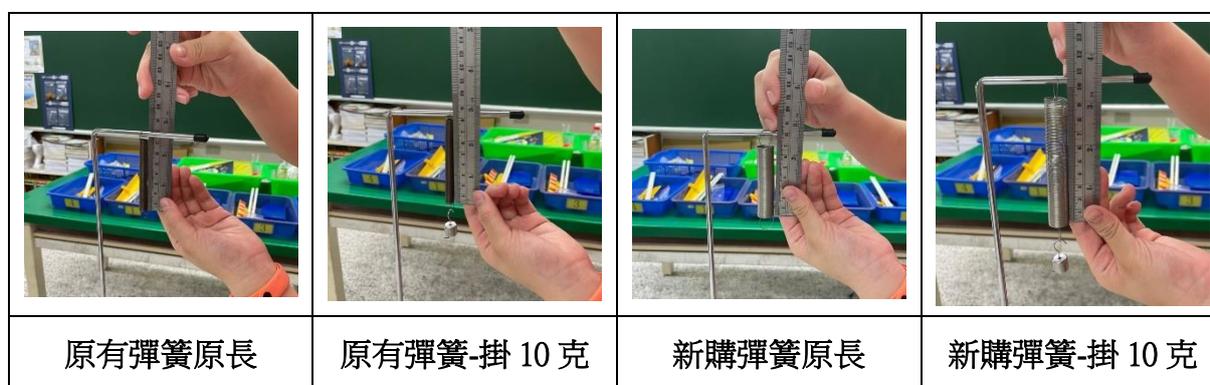
2.彈簧測試

(1)原先使用之彈簧經測試後，發現彈簧長度並沒有太大的改變，推測是因為彈簧太硬所造成，因此，建議重新購買較軟的彈簧，重新測試。

(2)將新購之彈簧重新測試，結果記錄如下表：

彈簧	彈簧原長	彈簧圓徑	掛上 10 克砝碼之伸長量
原有彈簧	7cm	8mm	1cm
新購彈簧	6.5cm	15mm	3cm

因此，決議將新購彈簧做為後續實驗觀測使用之彈簧。



(五)潭底地形模擬設計

1.我們事先將現有大小不一的鵝卵石固定在鐵網上，依尺寸區分為 3 個組別：

(1) A：40cm×15cm×6.5cm 共有 3 座

(2) B：24cm×11cm×10cm 共有 2 座

(3) C：19cm×11cm×10cm 共有 2 座

2.依主水槽尺寸 50×40×20(cm)，經討論及試排列後，決定在水槽中的底部先排上 3 座 A 組，第二層排到 2 座 B 組及 2 座 C 組，形成基本的模擬潭底地形。實際擺放位置圖如右：



模擬設計試排



潭底地形模擬

(六)觀測記錄方式說明

1.瀑布水流進入深潭中的深度觀測

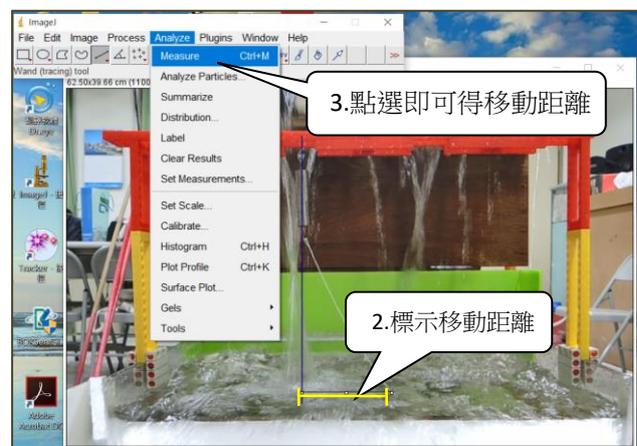
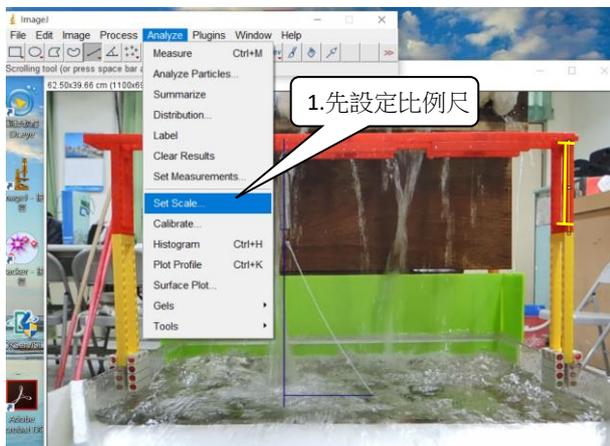
- (1)於水槽側面架設錄影設備，拍攝水流從上給水槽漫流進入深潭內的情況。
- (2)分析影像，記錄實驗操作時間內，水流到達的最深深度(影像中的氣泡位置)。



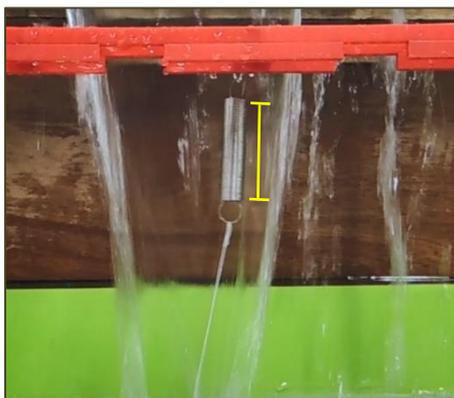
氣泡到達最深位置約 20cm

2.彈簧伸長量及人偶橫向或上下移動的距離觀測

- (1)將連結彈簧的人偶設定在水面以下約 5cm 位置，依各條件於實驗進行中從彈簧及人偶正前方以錄影方式進行觀測記錄。
- (2)從實驗錄影的影像中擷取單張圖片利用 ImageJ 軟體測量彈簧伸長量、人偶橫向或上下移動的距離。
- (3)距離測量：以紅色積木(長 10cm)為比例尺，作為換算彈簧伸長量、人偶橫向或上下移動距離的對照，利用 ImageJ 軟體測量並計算出伸長量或移動距離。



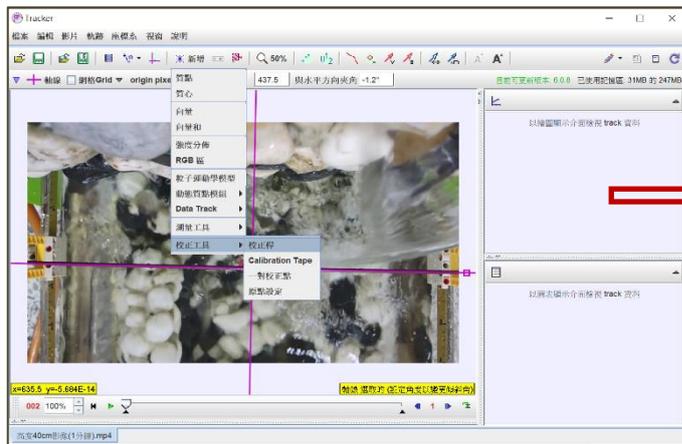
以 ImageJ 軟體計算出人偶橫向或上下移動的距離



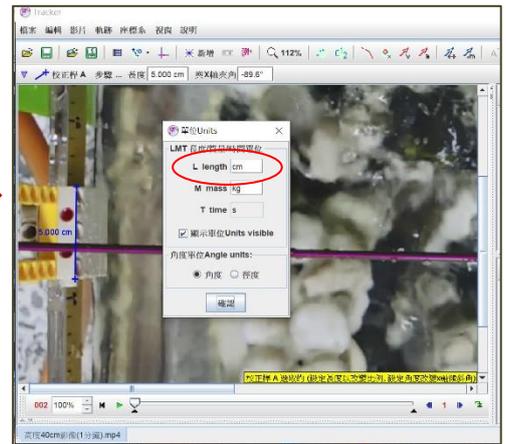
以 ImageJ 軟體計算出「彈簧伸長量」

3.人偶在水面上的移動軌跡觀測

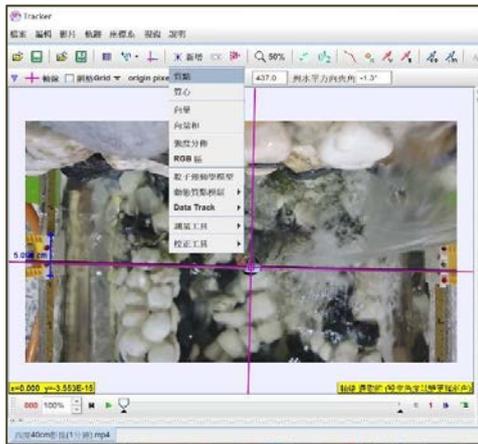
- (1)將連結彈簧的人偶設定在水面上(露出頭部)位置，依各條件於實驗進行中從彈簧及人偶正上方以錄影方式進行觀測記錄。
- (2)將 1 分鐘動態影像匯入 Tracker 軟體中，追蹤人偶在水槽中移動的軌跡。
- (3)利用 Tracker 軟體，設定好〔座標軸〕及〔校正桿〕後，每間隔 3 秒點繪出人偶在水面上的〔質點〕位置，共計有 20 個軌跡點。
- (4)依各質點 xy 座標資料，繪製出人偶在水面中的移動軌跡圖。



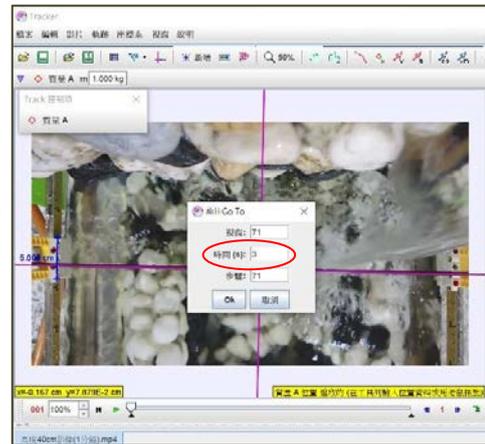
設定〔座標軸〕及〔校正桿〕



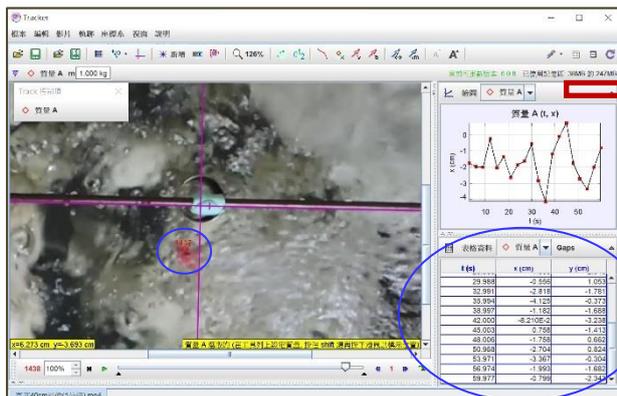
設定〔單位〕為〔cm〕



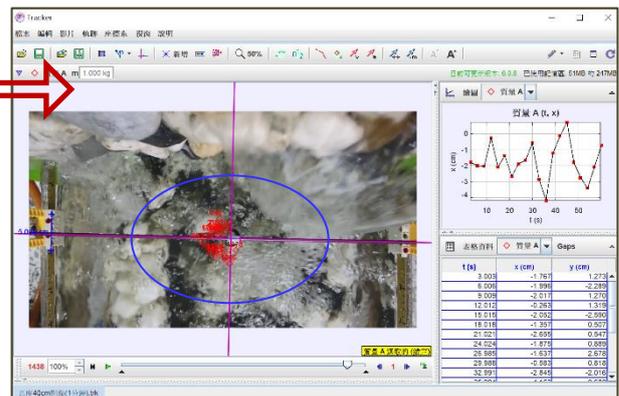
設定〔質點〕



指定影像畫面時間-秒數



第 60 秒質點位置，自動呈現 XY 座標值



所有的軌跡〔質點〕同時呈現在畫面中

實驗(一)瀑布的高度對深潭漩渦的影響

(一)-1 彈簧伸長量及人偶橫向移動的距離觀測

步驟(1)先完成實驗器材配置，調整上給水槽漫流位置與主水槽水面高度落差在 40 公分，並接好孔徑大小 5mm 的水管、抽水馬達及連接的管路，再於各水槽中裝滿水。

(2)啟動馬達開關，讓下集水槽內的水開始進入上給水槽中，當上給水槽內的水開始漫流而下時，計時 1 分鐘後關閉馬達。

(3)同時間以 2 台攝影機從主水槽前方及側面進行錄影，觀測記錄彈簧及人偶受到水流力量後的變化情形，重複操作 3 次。

(4)依序調整改變瀑布高度，重複(1)、(2)、(3)步驟，進行實驗觀測與記錄。

落差高度	瀑布水流進入深潭深度	彈簧最大伸長量	人偶橫向移動最大距離	其他描述
40cm	約 10cm	微動 不明顯	約 9cm	人偶被水流沖往旁邊，一段時間後會回復原位，拉扯的情形也略小
60cm	約 10-15cm	約 2cm	約 11cm	人偶被水流沖往旁邊，一段時間後會回復原位，再被水流捲入；1 分鐘內彈簧伸長大約 5 次
80cm	約 15-20cm	約 3cm	約 11cm	人偶被水流沖往旁邊，段時間後會回復原位，再被水流捲入；1 分鐘內彈簧伸長大約 10 次
100cm	約 20cm	約 5cm	約 13cm	人偶被水流沖往旁邊較遠的距離，段時間後會回復原位，再被水流捲入；1 分鐘內彈簧伸長大約 10-15 次
圖示				

(一)-2 人偶在水面上的移動軌跡觀測

步驟(1)同實驗(一)-1 步驟(1)、(2)配置及操作，改用長 50cm、寬 40cm、高 20cm 的主水槽②，潭底地形依模擬設計(P.16)之形式排列。

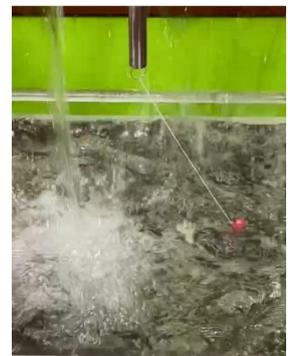
(2)架設攝影機從主水槽上方進行錄影，觀測記錄人偶受到水流力量後的變化情形，重複操作 3 次。

(3)依序調整改變瀑布高度，重複(1)、(2)步驟，進行實驗觀測與記錄。

落差高度	軌跡點座標	人偶移動軌跡分佈圖																																																																		
40cm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>時間</th> <th>x座標</th> <th>y座標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0秒</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>3秒</td><td>0.74</td><td>1.51</td></tr><tr><td>6秒</td><td>-0.97</td><td>-2.05</td></tr><tr><td>9秒</td><td>-0.99</td><td>1.51</td></tr><tr><td>12秒</td><td>1.24</td><td>1.05</td></tr><tr><td>15秒</td><td>-1.03</td><td>-2.36</td></tr><tr><td>18秒</td><td>-0.33</td><td>0.74</td></tr><tr><td>21秒</td><td>1.63</td><td>0.78</td></tr><tr><td>24秒</td><td>-0.85</td><td>1.12</td></tr><tr><td>27秒</td><td>1.61</td><td>-2.91</td></tr><tr><td>30秒</td><td>1.56</td><td>0.55</td></tr><tr><td>33秒</td><td>-1.82</td><td>-1.78</td></tr><tr><td>36秒</td><td>2.13</td><td>-0.37</td></tr><tr><td>39秒</td><td>-0.18</td><td>-1.69</td></tr><tr><td>42秒</td><td>1.08</td><td>-2.24</td></tr><tr><td>45秒</td><td>1.76</td><td>-1.41</td></tr><tr><td>48秒</td><td>-0.76</td><td>0.66</td></tr><tr><td>51秒</td><td>-1.70</td><td>0.82</td></tr><tr><td>54秒</td><td>-1.87</td><td>-0.30</td></tr><tr><td>57秒</td><td>-0.99</td><td>-1.68</td></tr><tr><td>60秒</td><td>0.80</td><td>-2.34</td></tr> </tbody> </table>	時間	x座標	y座標	0秒	0	0	3秒	0.74	1.51	6秒	-0.97	-2.05	9秒	-0.99	1.51	12秒	1.24	1.05	15秒	-1.03	-2.36	18秒	-0.33	0.74	21秒	1.63	0.78	24秒	-0.85	1.12	27秒	1.61	-2.91	30秒	1.56	0.55	33秒	-1.82	-1.78	36秒	2.13	-0.37	39秒	-0.18	-1.69	42秒	1.08	-2.24	45秒	1.76	-1.41	48秒	-0.76	0.66	51秒	-1.70	0.82	54秒	-1.87	-0.30	57秒	-0.99	-1.68	60秒	0.80	-2.34	
時間	x座標	y座標																																																																		
0秒	0	0																																																																		
3秒	0.74	1.51																																																																		
6秒	-0.97	-2.05																																																																		
9秒	-0.99	1.51																																																																		
12秒	1.24	1.05																																																																		
15秒	-1.03	-2.36																																																																		
18秒	-0.33	0.74																																																																		
21秒	1.63	0.78																																																																		
24秒	-0.85	1.12																																																																		
27秒	1.61	-2.91																																																																		
30秒	1.56	0.55																																																																		
33秒	-1.82	-1.78																																																																		
36秒	2.13	-0.37																																																																		
39秒	-0.18	-1.69																																																																		
42秒	1.08	-2.24																																																																		
45秒	1.76	-1.41																																																																		
48秒	-0.76	0.66																																																																		
51秒	-1.70	0.82																																																																		
54秒	-1.87	-0.30																																																																		
57秒	-0.99	-1.68																																																																		
60秒	0.80	-2.34																																																																		
60cm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>時間</th> <th>x座標</th> <th>y座標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0秒</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>3秒</td><td>1.42</td><td>-0.85</td></tr><tr><td>6秒</td><td>1.19</td><td>-2.23</td></tr><tr><td>9秒</td><td>-2.11</td><td>-1.23</td></tr><tr><td>12秒</td><td>1.57</td><td>0.23</td></tr><tr><td>15秒</td><td>-0.49</td><td>0.54</td></tr><tr><td>18秒</td><td>2.73</td><td>-1.76</td></tr><tr><td>21秒</td><td>-0.43</td><td>-0.82</td></tr><tr><td>24秒</td><td>1.59</td><td>-1.44</td></tr><tr><td>27秒</td><td>-0.25</td><td>-2.74</td></tr><tr><td>30秒</td><td>-0.76</td><td>1.27</td></tr><tr><td>33秒</td><td>-0.41</td><td>0.22</td></tr><tr><td>36秒</td><td>-1.43</td><td>-2.71</td></tr><tr><td>39秒</td><td>1.66</td><td>-1.29</td></tr><tr><td>42秒</td><td>1.81</td><td>-2.83</td></tr><tr><td>45秒</td><td>-0.58</td><td>-3.36</td></tr><tr><td>48秒</td><td>-1.63</td><td>-1.46</td></tr><tr><td>51秒</td><td>-1.81</td><td>-2.95</td></tr><tr><td>54秒</td><td>1.62</td><td>-3.51</td></tr><tr><td>57秒</td><td>-1.76</td><td>-3.37</td></tr><tr><td>60秒</td><td>-0.27</td><td>-0.65</td></tr> </tbody> </table>	時間	x座標	y座標	0秒	0	0	3秒	1.42	-0.85	6秒	1.19	-2.23	9秒	-2.11	-1.23	12秒	1.57	0.23	15秒	-0.49	0.54	18秒	2.73	-1.76	21秒	-0.43	-0.82	24秒	1.59	-1.44	27秒	-0.25	-2.74	30秒	-0.76	1.27	33秒	-0.41	0.22	36秒	-1.43	-2.71	39秒	1.66	-1.29	42秒	1.81	-2.83	45秒	-0.58	-3.36	48秒	-1.63	-1.46	51秒	-1.81	-2.95	54秒	1.62	-3.51	57秒	-1.76	-3.37	60秒	-0.27	-0.65	
時間	x座標	y座標																																																																		
0秒	0	0																																																																		
3秒	1.42	-0.85																																																																		
6秒	1.19	-2.23																																																																		
9秒	-2.11	-1.23																																																																		
12秒	1.57	0.23																																																																		
15秒	-0.49	0.54																																																																		
18秒	2.73	-1.76																																																																		
21秒	-0.43	-0.82																																																																		
24秒	1.59	-1.44																																																																		
27秒	-0.25	-2.74																																																																		
30秒	-0.76	1.27																																																																		
33秒	-0.41	0.22																																																																		
36秒	-1.43	-2.71																																																																		
39秒	1.66	-1.29																																																																		
42秒	1.81	-2.83																																																																		
45秒	-0.58	-3.36																																																																		
48秒	-1.63	-1.46																																																																		
51秒	-1.81	-2.95																																																																		
54秒	1.62	-3.51																																																																		
57秒	-1.76	-3.37																																																																		
60秒	-0.27	-0.65																																																																		
80cm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>時間</th> <th>x座標</th> <th>y座標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0秒</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>3秒</td><td>1.45</td><td>-1.96</td></tr><tr><td>6秒</td><td>2.87</td><td>-4.80</td></tr><tr><td>9秒</td><td>0.80</td><td>-2.20</td></tr><tr><td>12秒</td><td>-0.82</td><td>-5.88</td></tr><tr><td>15秒</td><td>1.44</td><td>-6.38</td></tr><tr><td>18秒</td><td>2.15</td><td>-6.10</td></tr><tr><td>21秒</td><td>-0.23</td><td>-5.24</td></tr><tr><td>24秒</td><td>-1.85</td><td>-6.07</td></tr><tr><td>27秒</td><td>-1.21</td><td>-4.56</td></tr><tr><td>30秒</td><td>-1.04</td><td>-2.40</td></tr><tr><td>33秒</td><td>-2.08</td><td>-2.93</td></tr><tr><td>36秒</td><td>0.22</td><td>-5.20</td></tr><tr><td>39秒</td><td>-2.33</td><td>-5.04</td></tr><tr><td>42秒</td><td>2.11</td><td>-2.42</td></tr><tr><td>45秒</td><td>-1.93</td><td>-3.62</td></tr><tr><td>48秒</td><td>-2.91</td><td>-3.76</td></tr><tr><td>51秒</td><td>-0.26</td><td>-3.38</td></tr><tr><td>54秒</td><td>2.08</td><td>-5.41</td></tr><tr><td>57秒</td><td>1.16</td><td>-4.49</td></tr><tr><td>60秒</td><td>2.67</td><td>-2.52</td></tr> </tbody> </table>	時間	x座標	y座標	0秒	0	0	3秒	1.45	-1.96	6秒	2.87	-4.80	9秒	0.80	-2.20	12秒	-0.82	-5.88	15秒	1.44	-6.38	18秒	2.15	-6.10	21秒	-0.23	-5.24	24秒	-1.85	-6.07	27秒	-1.21	-4.56	30秒	-1.04	-2.40	33秒	-2.08	-2.93	36秒	0.22	-5.20	39秒	-2.33	-5.04	42秒	2.11	-2.42	45秒	-1.93	-3.62	48秒	-2.91	-3.76	51秒	-0.26	-3.38	54秒	2.08	-5.41	57秒	1.16	-4.49	60秒	2.67	-2.52	
時間	x座標	y座標																																																																		
0秒	0	0																																																																		
3秒	1.45	-1.96																																																																		
6秒	2.87	-4.80																																																																		
9秒	0.80	-2.20																																																																		
12秒	-0.82	-5.88																																																																		
15秒	1.44	-6.38																																																																		
18秒	2.15	-6.10																																																																		
21秒	-0.23	-5.24																																																																		
24秒	-1.85	-6.07																																																																		
27秒	-1.21	-4.56																																																																		
30秒	-1.04	-2.40																																																																		
33秒	-2.08	-2.93																																																																		
36秒	0.22	-5.20																																																																		
39秒	-2.33	-5.04																																																																		
42秒	2.11	-2.42																																																																		
45秒	-1.93	-3.62																																																																		
48秒	-2.91	-3.76																																																																		
51秒	-0.26	-3.38																																																																		
54秒	2.08	-5.41																																																																		
57秒	1.16	-4.49																																																																		
60秒	2.67	-2.52																																																																		
100cm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>時間</th> <th>x座標</th> <th>y座標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0秒</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>3秒</td><td>2.76</td><td>-5.98</td></tr><tr><td>6秒</td><td>0.98</td><td>-7.28</td></tr><tr><td>9秒</td><td>-1.61</td><td>-4.79</td></tr><tr><td>12秒</td><td>-0.12</td><td>-0.90</td></tr><tr><td>15秒</td><td>-0.63</td><td>-5.88</td></tr><tr><td>18秒</td><td>1.56</td><td>-5.18</td></tr><tr><td>21秒</td><td>-1.89</td><td>-7.31</td></tr><tr><td>24秒</td><td>-1.88</td><td>-6.82</td></tr><tr><td>27秒</td><td>0.18</td><td>-7.64</td></tr><tr><td>30秒</td><td>-2.39</td><td>-6.89</td></tr><tr><td>33秒</td><td>1.34</td><td>-5.60</td></tr><tr><td>36秒</td><td>-1.20</td><td>-5.31</td></tr><tr><td>39秒</td><td>2.63</td><td>-5.19</td></tr><tr><td>42秒</td><td>-0.70</td><td>-5.88</td></tr><tr><td>45秒</td><td>-0.21</td><td>-4.69</td></tr><tr><td>48秒</td><td>-2.53</td><td>-6.44</td></tr><tr><td>51秒</td><td>0.89</td><td>-5.65</td></tr><tr><td>54秒</td><td>-3.95</td><td>-4.43</td></tr><tr><td>57秒</td><td>-2.04</td><td>-5.16</td></tr><tr><td>60秒</td><td>0.95</td><td>-5.38</td></tr> </tbody> </table>	時間	x座標	y座標	0秒	0	0	3秒	2.76	-5.98	6秒	0.98	-7.28	9秒	-1.61	-4.79	12秒	-0.12	-0.90	15秒	-0.63	-5.88	18秒	1.56	-5.18	21秒	-1.89	-7.31	24秒	-1.88	-6.82	27秒	0.18	-7.64	30秒	-2.39	-6.89	33秒	1.34	-5.60	36秒	-1.20	-5.31	39秒	2.63	-5.19	42秒	-0.70	-5.88	45秒	-0.21	-4.69	48秒	-2.53	-6.44	51秒	0.89	-5.65	54秒	-3.95	-4.43	57秒	-2.04	-5.16	60秒	0.95	-5.38	
時間	x座標	y座標																																																																		
0秒	0	0																																																																		
3秒	2.76	-5.98																																																																		
6秒	0.98	-7.28																																																																		
9秒	-1.61	-4.79																																																																		
12秒	-0.12	-0.90																																																																		
15秒	-0.63	-5.88																																																																		
18秒	1.56	-5.18																																																																		
21秒	-1.89	-7.31																																																																		
24秒	-1.88	-6.82																																																																		
27秒	0.18	-7.64																																																																		
30秒	-2.39	-6.89																																																																		
33秒	1.34	-5.60																																																																		
36秒	-1.20	-5.31																																																																		
39秒	2.63	-5.19																																																																		
42秒	-0.70	-5.88																																																																		
45秒	-0.21	-4.69																																																																		
48秒	-2.53	-6.44																																																																		
51秒	0.89	-5.65																																																																		
54秒	-3.95	-4.43																																																																		
57秒	-2.04	-5.16																																																																		
60秒	0.95	-5.38																																																																		

※結果與討論：

- 1.實驗發現瀑布高度越高，瀑布入水深度越深；瀑布高度越低，瀑布入水深度越淺。
- 2.發現瀑布高度越高，彈簧伸長長度越長，彈簧拉動情形較明顯；瀑布高度越低，彈簧伸長長度越短，彈簧拉動次數也較少。
- 3.發現瀑布高度越高的組別，人偶往旁移動的距離越長，再次回到漩渦內的時間越長；瀑布高度越低的組別，人偶往旁移動的距離越短，回到漩渦內的時間越短。
- 4.發現在 4 個不同瀑布高度的組別中，人偶都會先被水流帶離至漩渦旁，一段時間後才又會再受到漩渦的影響而移動回到漩渦中。
- 5.發現瀑布高度較低的組別，人偶移動的軌跡都分佈在原點附近，少部份軌跡會往瀑布水流內側的方向移動，大部份都往順著瀑布水流下方的外側移動。
- 6.發現瀑布高度較高的組別，人偶移動的軌跡都出現在順著瀑布水流往下方的外側移動，而且人偶移動的距離明顯較大，以 100cm 的組別人偶移動都集中在離原點 5-8cm 的位置最為明顯。



實驗(二)瀑布的水流量對深潭漩渦的影響

(二)-1 彈簧伸長量及人偶橫向移動的距離觀測

- 步驟(1)先完成實驗器材配置，調整上給水槽漫流位置與主水槽水面高度落差在 60 公分，並接好孔徑大小 3mm 的水管、抽水馬達及連接的管路，再於各水槽中裝滿水。
- (2)啟動馬達開關，讓下集水槽內的水開始進入上給水槽中，當上給水槽內的水開始漫流而下時，計時 1 分鐘後關閉馬達。
- (3)同時間以 2 台攝影機從主水槽前方及側面進行錄影，觀測記錄彈簧及人偶受到水流量後的變化情形，重複操作 3 次。
- (4)依序調整改變水流量，重複(1)、(2)、(3)步驟，進行實驗觀測與記錄。

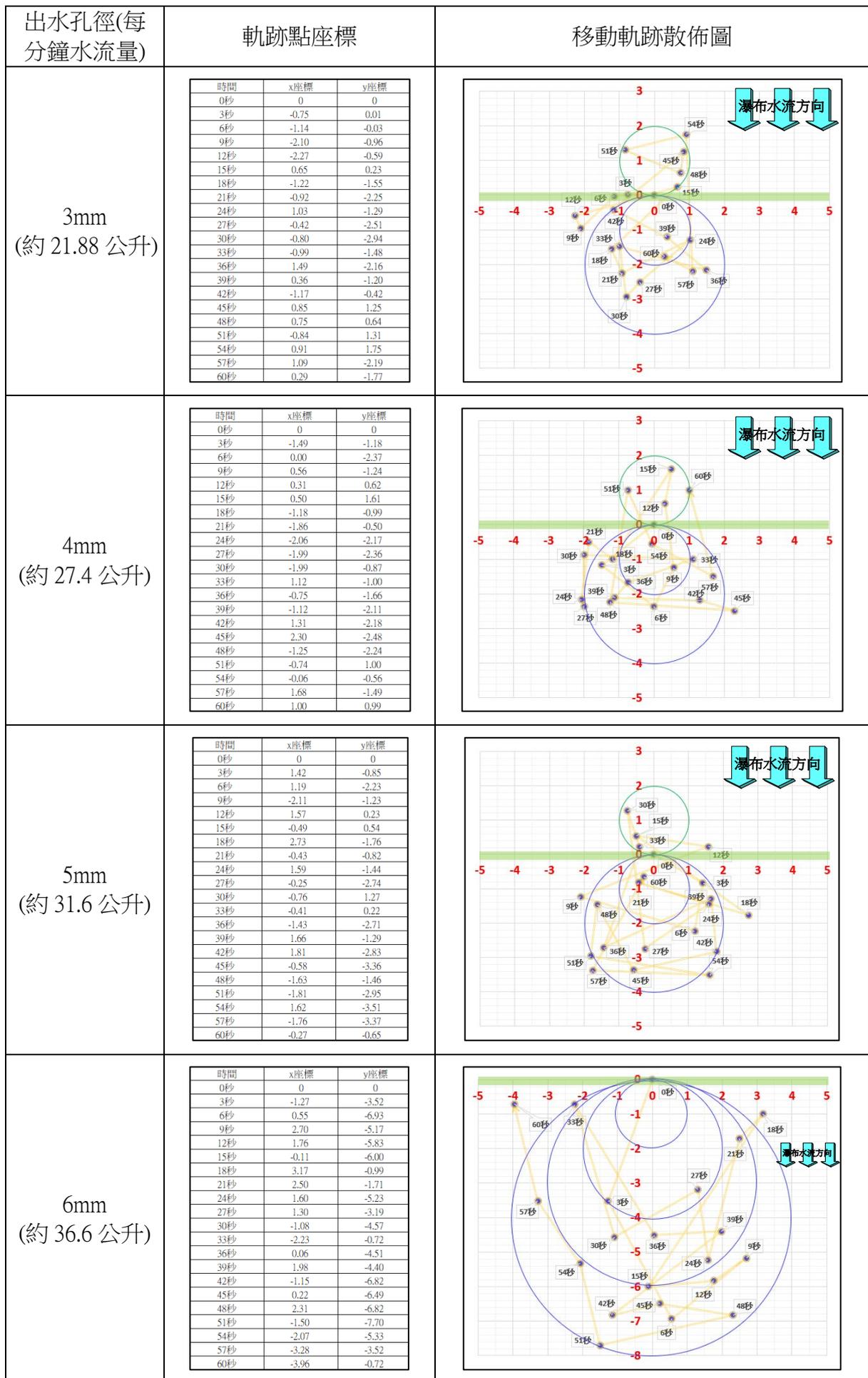
出水孔徑 (每分鐘 水流量)	瀑布水流 進入深潭深度	彈簧最大伸長量	人偶橫向移動 最大距離	其他描述
3mm (約 21.88 公升)	5-10cm	微動 不明顯	約 3cm	水會沿著石壁往下 流，人偶移動不明 顯，只往旁邊出去一 點點； 人偶在水流下方打轉
4mm (約 27.4 公升)	10-15cm	微動 不明顯	約 5cm	水會沿著石壁往下 流，人偶被沖到旁邊 一點點距離；人偶在 水流下方打轉，偶爾 才被拉進去
5mm (約 31.6 公升)	10-15cm	約 2cm	約 11cm	大部份的水會離開石 壁往前沖；人偶被水 流沖往旁邊，一段時 間後會回復原位，再 被水流捲入；1 分鐘 內彈簧伸長大約 5 次
6mm (約 36.6 公升)	20cm	約 3.2cm	約 9cm	大部份的水會離開石 壁往前沖；人偶被沖 到邊邊後，會回復原 位，再被水流捲入； 人偶拉扯現象最明 顯，被水流捲入次數 多達 20 次； 彈簧有明顯被拉動， 1 分鐘內彈簧明顯伸 長超過 20 次
圖 示				

(二)-2 人偶在水面上的移動軌跡觀測

步驟(1)同實驗(一)-1 步驟(1)、(2)配置及操作，改用長 50cm、寬 40cm、高 20cm 的主水槽②，潭底地形依模擬設計(P.16)之形式排列。

(2)架設攝影機從主水槽上方進行錄影，觀測記錄人偶受到水流力量後的變化情形，重複操作 3 次。

(3)依序調整改變水流量，重複(1)、(2)步驟，進行實驗觀測與記錄。

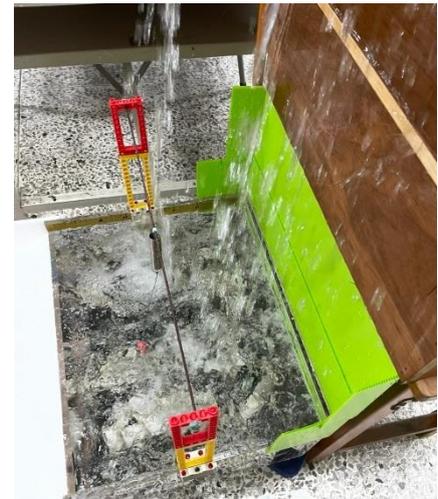


※結果與討論：

- 1.實驗發現出水孔徑越大，水流量越大，水流入深潭的深度越深；出水孔徑越小，水流量越小，水流入深潭的深度越淺。
- 2.發現出水孔徑越大，大部份的水流就會與石壁隔一段距離後以水柱形式落入主水槽內；出水孔徑越小，水流量較少，水流就會沿著石壁以漫流式流入主水槽內。
- 3.發現出水孔徑越大，瀑布水流的力量越大，人偶運動情形越明顯；出水孔徑越小，瀑布水流力量越小，人偶運動情形越不明顯。
- 4.發現孔徑 6mm 的拉扯現象最為明顯，而孔徑 3mm 的測試是 4 組之中最不明顯的。
- 5.發現水流量較小的組別，人偶移動的軌跡都分佈在原點附近，少部份軌跡會往瀑布水流的內側方向移動，大部份都往順著瀑布水流往下方的外側移動。



- 6.發現水流量較大的組別，人偶移動的軌跡都出現在順著瀑布水流往下方的外側移動，而且人偶移動的距離明顯較大，以出水口徑 6mm 的組別人偶移動都集中在離原點 5-8cm 的位置最為明顯。



研究四、觀測瀑布漩渦在水中的運動情形

經由研究二及三的探討，我們發現水流的運動是沒有什麼明顯規律性的，因此，瀑布深潭中漩渦的出現也是不定時的。為了更深入了解漩渦在瀑布深潭中的運動情形，於是根據前述研究的經驗，調整器材配置，進行瀑布深潭下的漩渦細部觀察，以了解瀑布漩渦在水下的運動情形。

(一)器材配備調整

瀑布漩渦的形成需要：1.需要有不斷流動的水；2.水流的力量要夠大；3.水流前進時需要遇到較硬的障礙物。因此，實驗設計採用瀑布高度 60cm、出水孔口徑 6mm 及人偶在深潭水下約 5cm 處的配置，以錄影方式計時 1 分鐘進行觀測記錄。

(二)不同條件下的觀測

區分 3 種不同情境進行比較，包括：1.主水槽內只裝水不裝置石頭地形；2.配置潭底地形模擬設計的標準地形(同 p.16)；3.調整石頭位置，使水流進入深潭的位置是一個凹地的地形。

(三)利用 ImageJ 軟體測量出人偶橫向及上下移動的距離，數據如下表：

橫向移動

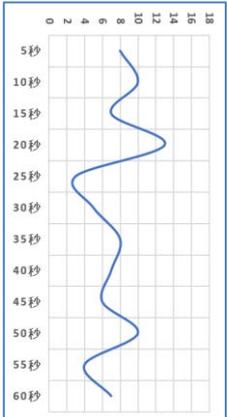
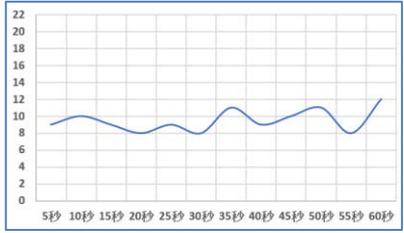
時間序	沒有石頭	標準地形	凹地地形
5 秒	8	2	11
10 秒	10	15	5
15 秒	7	7	3
20 秒	13	9	12
25 秒	3	3	6
30 秒	5	5	10
35 秒	8	13	9
40 秒	7	2	4
45 秒	6	5	16
50 秒	10	11	7
55 秒	4	4	5
60 秒	7	13	10

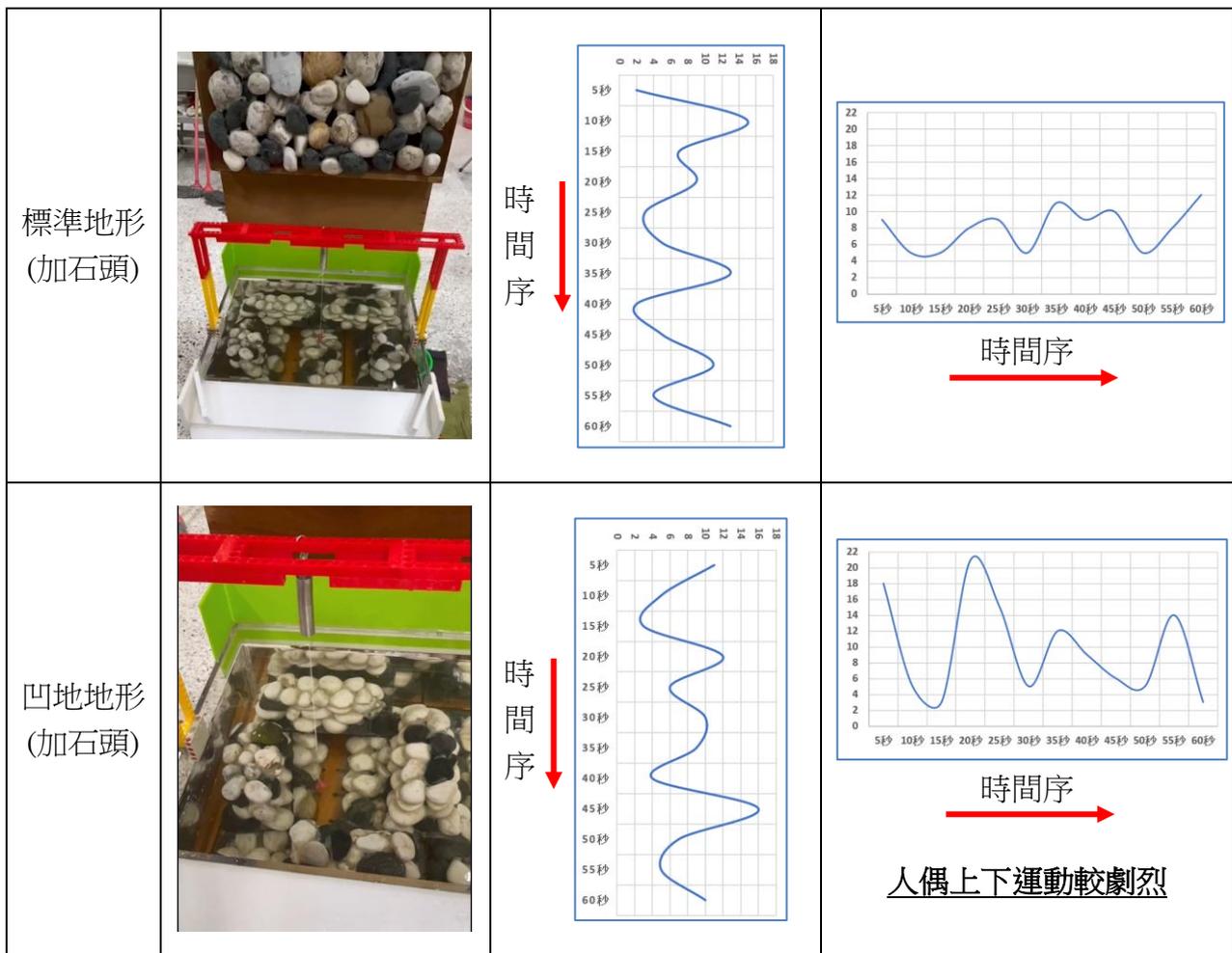
單位：公分

上下移動

時間序	沒有石頭	標準地形	凹地地形
5 秒	9	9	18
10 秒	10	5	5
15 秒	9	5	3
20 秒	8	8	21
25 秒	9	9	15
30 秒	8	5	5
35 秒	11	11	12
40 秒	9	9	9
45 秒	10	10	6
50 秒	11	5	5
55 秒	8	8	14
60 秒	12	12	3

單位：公分

潭底條件	圖 示	橫向移動情形	上下移動情形
主水槽 只有水 (無石頭)			



(四)結果與討論

1. 潭底沒有加裝石頭地形的組別，模擬深潭下沒有什麼障礙物，人偶在水中的運動，比較明顯只有上下，持續不斷，偶有偏移一小段距離，又會被水流拉扯回到水流下方。
2. 潭底加裝石頭的標準地形組別，模擬深潭下暗藏有礁石，人偶在礁石上方，實驗發現瀑布水流往下進入深潭時，水流會撞擊到石頭，會反彈形成一股往上的水流；人偶會隨著水流上浮下沉，有時候也會撞到石頭或卡在石頭縫中。
3. 潭底加裝較高石頭形成凹地地形的組別，模擬深潭下暗藏礁石旁的凹地地形，人偶在石頭與石頭縫隙之間的上方，實驗發現凹地地形所形成的漩渦更加明顯，人偶被捲進漩渦中的情況也更明顯；人偶也會隨著水流上浮下沉，有時候也會撞到兩旁的石頭或卡在石頭縫中。
4. 實驗發現凹地地形比標準地形更容易出現大大小小的漩渦，而人偶在凹地地形中的漩渦上下移動情形更明顯。

5.實驗中發現，人偶在不同的地形或不同位置，被漩渦捲入的力量也不同；人偶受到漩渦影響會上下浮動或是橫向移動。當人偶被捲入水流內，通常在一小段時間就會再脫離水流(或漩渦)。



研究五、提出在瀑布水流活動中的較佳建議

經過研究三、四的實驗探討，我們列出針對在瀑布水流活動時的建議，內容如下：

發現問題	實驗結果	提出建議
哪種條件較容易產生漩渦？	根據實驗(一)-1、(二)-1 結果，瀑布高度愈高、水流量愈大，瀑布下愈容易產生漩渦，若是人掉進其中需要較長時間才得以逃出	在瀑布區旅遊時，應先觀察瀑布區的地形、水量等因素，判斷瀑布水流的安全性
漩渦中的人是如何移動的？	根據實驗(一)-2、(二)-2 結果，人偶會受落下的瀑布水流影響，在某些時段會使人偶往深潭外側移動	當捲入瀑布時，有段時間水流會將人偶帶離至瀑布水流位置的外側；可以保留體力，不要急於脫逃，再藉由水流往外帶離時再逃脫
不同地形逃脫機會一樣嗎？	根據研究四實驗結果，不同地形的逃脫機會並不相同。從數據中得知，凹地地形比標準地形的上下運動較為劇烈，是一個可以逃離漩渦的機會	深潭中的凹地地形雖然周圍都是石頭，較容易卡住，但水流會在凹地處形成一個向上的水流，可以藉由這波水流逃脫；但是也有可能因為撞擊石頭或卡在石頭縫中而更難逃離
該如何逃出漩渦？	綜合以上實驗，發現瀑布高度高、水流量愈大的組別，雖然水流力量較大，人偶被捲入次數較多，但也發現人偶受到水流影響後移動距離較大，或許就有機會脫離水流集中或有漩渦的地方	建議到瀑布旁旅遊時，不要進行水上活動，如果不小心掉入深潭中，應先放輕鬆，不抵抗水流，使身體保持漂浮，等待水流將人帶離漩渦，這時才有可能逃離漩渦

肆、討論

一、我們從搜集的資料中得知，台灣的瀑布以東部佔比最多數，經討論推測，因瀑布的地形需要一個垂直的崖坡，而台灣東部有縱谷地形及可能受板塊運動影響等，有些地方起伏變化較大，因此瀑布的數量較多。

- 二、從研究二之(三)模擬測試發現瀑布漩渦不易形成，從資料中也得知**漩渦的形成需要一些條件，包括不斷流動的水、水的力道需夠大、需要有障礙物**，於是經討論我們決定在水槽底部放入石頭，以模擬真實的瀑布地形。
- 三、從實驗中發現，不同瀑布高度、水流量，瀑布水流落入潭中的位置不完全相同，因此我們在主水槽的邊緣先畫記刻度，方便確認**支架、彈簧和人偶的位置**，每次實驗一開始就先測試水流流入深潭的位置，以減少實驗誤差。
- 四、發現**瀑布高度越高**，水流下後入深潭的深度越深，並且**人偶受到水流的拉扯現象較明顯，橫向或上下移動都較明顯**；瀑布高度越低，水流下後入深潭的深度就越淺，人偶受到水流的拉扯現象也就沒那麼明顯。不同瀑布高度，人偶往旁移動的距離都不一樣，拉扯回到漩渦內的時間快慢也不同，可能是因為不同高度所流下的水的力量也不相同所造成。
- 五、實驗(一)中發現，瀑布高度較高的組別(80cm、100cm)比高度較低的組別(40cm、60cm)更容易產生漩渦；在 80cm 和 100cm 的瀑布高度中，3D 人偶掉進漩渦內需要 10~20 秒鐘才能脫離漩渦，而在 40cm 和 60cm 的瀑布高度中需要 5~10 秒鐘就能脫離出來。
- 六、實驗(二)中發現，出水孔口徑越大**水流量越大**，水流下後入深潭的深度越深，**人偶受水流影響橫向或上下移動都較明顯**；出水孔徑越小水流量越小，水流會沿著瀑布的石壁流下，有時會在下方形成小小不明顯的漩渦，在現實生活中如果沒多加注意可能就會不小心被靠近石壁下的暗流捲入至漩渦內。
- 七、本研究為清楚了解人偶在瀑布深潭中移動的軌跡，特別從主水槽上方以錄影方式記錄**人偶在水面上的移動軌跡**。將人偶設定在水面上露出頭部，並使用 20cm 高度的主水槽(底部模擬潭底地形)；實驗錄影後以 Tracker 軟體點繪出人偶在 1 分鐘內的移動軌跡。
- 八、研究四中發現，因地形關係，瀑布流下的水流會撞到石頭而反彈，而形成一股向上的力量，將人偶往上推，這時人偶可能可以成功逃出漩渦，或因為受到水流影響而撞擊石頭或被推至石頭縫隙內卡住。
- 九、研究四的實驗中，我們發現不同的地形逃脫機率也不相同，在標準地形實驗中，人偶會被漩渦捲入，再往旁移動，再被捲入，一直重複；在凹地地形中，**會有一個水較深的位置使得有一股向上的水流讓人偶能在凹地區域上下捲動**，當人偶被捲入水流內，通常在一小段時間就會再脫離水流(或漩渦)，所以現實生活中掉進漩渦時就有可能有一個機會可以逃離漩渦，但是如果被水流推進石頭縫隙裡，大概就無法逃出漩渦了。

伍、結論

- 一、資料蒐集發現台灣目前約有 230 座瀑布，北部 53 座、中部 49 座、南部 49 座及東部 70 座，以東部為最多數。

- 二、從報導中了解，瀑布活動水域傷亡事件的原因都是因人從事水上活動所造成的，像是下到深潭內潛水等活動，很容易一不小心就被瀑布下的暗流捲入，因此建議在瀑布區旅遊時，不應該下水。
- 三、研究中發現瀑布高度越高，水流下沖至深潭區時越容易產生漩渦，人偶掉進漩渦內需要較長時間才能再往外脫離出來，而瀑布高度較低的在較短時間人偶就會再隨著水流往外飄了。
- 四、研究中發現瀑布的水流量較小時，水流都會沿著石壁往下流入深潭，這時的水量較不易形成漩渦；水流量較大時，水流會離開石壁以幕簾式或近似水柱的形式往下流入深潭中，這時的水流就較容易形成漩渦。
- 五、瀑布漩渦的形成方式主要是因為水流往下進入深潭時，持續的水流加上水流往下沖極大的力量，使水流快速深入潭中又迅速往上，如此持續的水流來回交錯就可能出現漩渦；如果又遇到深潭底部的障礙物，產生的漩渦就更加有變化。
- 六、研究中發現：瀑布高度較高或水流量較大的組別，較容易使人偶往深潭外側移動，人偶移動的距離也明顯較大；瀑布高度較低或水流量較小的組別，較容易使人偶停留在水流下方附近來回移動，不會移動到遠處。
- 七、研究中發現：瀑布高度越高、水流量越大的瀑布，人是非常難從其中逃離的，反而還會被強勁的水流捲入深潭中，但我們發現，瀑布漩渦並不是一直保持著強大的水流，可能有一段時間水流會將人偶帶往旁邊，現實生活中人們就可趁這個時間點逃離漩渦。
- 八、研究中發現：不同的深潭底部地形人偶逃脫機率大不相同，深潭底部的石頭圍成的凹地地形，人偶較容易被石頭卡住，但是水流在凹地處會產生一個向上向外的流動，讓人偶能從凹地上方往外離開漩渦，是一個逃脫的機會。
- 九、我們建議到瀑布旁旅遊，應該不要進入到深潭中從事「水上活動」，如不小心被捲入漩渦中，這時需要放輕鬆，保持體力使身體漂浮，等待水流將人帶往至瀑布漩渦旁，這時才有可能逃離深潭中的漩渦。

陸、參考資料

- 一、三年奪四命！仙女瀑布入口淪「運屍道」 消防局痛心拍片(2020年05月31日)•東森新聞•取自 <https://news.ebc.net.tw/news/living/212174>
- 二、平震傑、左伊心(2008)•神秘的拉扯-漩渦與漩渦現象的探討•中華民國第48屆中小學科學展覽會•取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/high/031726.pdf>
- 三、余瑞仁(2020年8月12日)獨家》桃園鐵木瀑布致命吸引力！女遊客脫救生衣潛探深潭溺斃。自由時報。取自 <https://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/3258349>

- 四、李慧敏、蔡志群、謝碧軒(2020)•有限水量放流之漩渦成因探討及模型建立•中華民國第 60 屆中小學科學展覽會•取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-051815.pdf?559>
- 五、林亦汝、賴玟羽、洪文心(2012)•“漩”機妙算•中華民國第 52 屆中小學科學展覽會•取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/040101.pdf>
- 六、張子銘 謝古菁(2021 年 10 月 15 日)•2 年奪 3 命！21 歲男苦花潭瀑布溺水 搶救不治 •TVBS 新聞網•取自 <https://tw.news.yahoo.com/2%E5%B9%B4%E5%A5%AA3%E5%91%BD-21%E6%AD%B2%E7%94%B7%E8%8B%A6%E8%8A%B1%E6%BD%AD%E7%80%91%E5%B8%83%E6%BA%BA%E6%B0%B4-%E6%90%B6%E6%95%91%E4%B8%8D%E6%B2%BB-053203162.html>
- 七、維基百科-台灣瀑布列表•取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%80%91%E5%B8%83%E5%88%97%E8%A1%A8>
- 八、維基百科-渦流•取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B8%A6%E6%B5%81>
- 九、維基百科-模板:台灣瀑布•取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/Template:%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%80%91%E5%B8%83>
- 十、維基百科-瀑布•取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%80%91%E5%B8%83>
- 十一、蔡宗育、左伊心、平震傑、黃家偉 (2007)•水中的殺手-漩渦•中華民國第 47 屆中小學科學展覽會•取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/elementary/081520.pdf>
- 十二、趙偉豪、黃昱翔、劉易聖、胡維翰(2010)•逃離殺人漩渦•中華民國第 50 屆中小學科學展覽會•取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/030114.pdf>
- 十三、劉星君 (2021 年 7 月 12 日)•屏東秘境鴛鴦瀑布 2 溺斃 10 人溯溪群聚有高市消防局主管•聯合報•取自 <https://udn.com/news/story/7315/5596679>
- 十四、蔡典融、游在宥、劉嘉雯、陳柏蓉、王思詠、葉容妤(2017)•神秘的水中殺手~探討瀑布區深潭中水流活動的情形•中華民國第 57 屆中小學科學展覽會•取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080511.pdf>
- 十五、賴香珊 (2020 年 7 月 5 日)•影／南投消暑「夢谷瀑布」恐奪命 居民：秘境打卡根本害人•聯合報•取自 <https://udn.com/news/story/7153/4680107>



上給水槽外固定石頭模擬瀑布石壁



主水槽外圍事先設計尺規

【評語】 080509

本研究欲解決之問題明確，實驗設計用心切題、具創意性，並能善用數位工具協助分析，針對觀察結果所得之結論符合科學演繹之精神，更能提出具體實用之建議。未來可針對水深部分、以及人偶浮力對觀察結果之影響進行探討。

作品簡報

中華民國第62屆中小學科學展覽會

瀑布下的陷阱～探討漩渦在瀑布 深潭中的形成及其運動情形

國小組 地球科學科

080509

前言

動機

- 畢業校外教學來到幕簾式的「十分瀑布」
- 自然科課程中有關水流作用的討論
- 人們喜歡從事瀑布水上活動

目的

- 了解台灣目前的瀑布概況
- 探討瀑布漩渦形成的條件
- 探討不同條件對瀑布漩渦的影響
- 觀測瀑布漩渦在水中的運動情形
- 提出在瀑布水流活動中的較佳建議

文獻

- 瀑布水流活動
- 漩渦模型探討
- 漩渦的構造及形成

擬改進過去研究無法
量化觀測結果的問題

瀑布下的陷阱

研究一 台灣瀑布概況

現有瀑布統計

瀑布高度落差

研究二 瀑布漩渦形成的條件

形成條件

對我們的影響

漩渦模擬

找尋觀測物

研究三 不同條件對瀑布 漩渦的影響

器材配置及觀測方式

水槽、給水、觀測物

固定架、地形模擬、
記錄方式

實驗(一)高度的影響

彈簧伸長及橫向移動

水面上移動軌跡

實驗(二)水流量的影響

彈簧伸長及橫向移動

水面上移動軌跡

研究四 瀑布漩渦在水中的 運動情形

不同潭底地形條件

沒有石頭

標準地形

凹地地形

觀測橫向及上下
移動距離

研究五 提出瀑布水流 活動較佳建議

1. 漩渦易形成的條件
2. 人偶的移動軌跡
3. 地形的影響
4. 逃出漩渦的時機

研究一、了解台灣目前的瀑布概況

► 台灣現有瀑布統計

目前約有230座瀑布，依序分布在北台灣有53座、中台灣有49座、南台灣有58座及東台灣有70座

► 瀑布高度落差

單級最大落差高度	瀑布數量	佔比
400公尺以上	1	0.43%
300-400公尺	1	0.43%
200-300公尺	7	3.04%
150-200公尺	11	4.78%
100-150公尺	39	16.96%
50-100公尺	123	53.48%

➤ 超過100公尺有59座，大約佔了全台灣瀑布數量的25.65%；約有四分之一以上的瀑布高度落差超過100公尺

➤ 50至100公尺有123座，大約佔了53.48%；約有一半以上介於50至100公尺

研究二、探討瀑布漩渦形成的條件

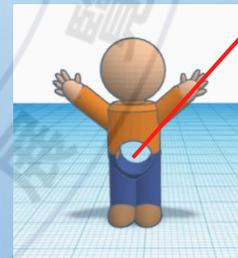
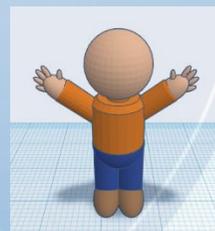
► 形成的條件

1. 需要有不斷流動的水，使得水流一進一退。
2. 水流的力量要夠大。
3. 水流前進時需要遇到障礙物，如橋墩或礁石等。

► 模擬

水流沿著石壁流下，水量小	水流離開石壁流下，水量大不穩定	水流離開石壁流下，水量大而穩定
		

► 觀測物

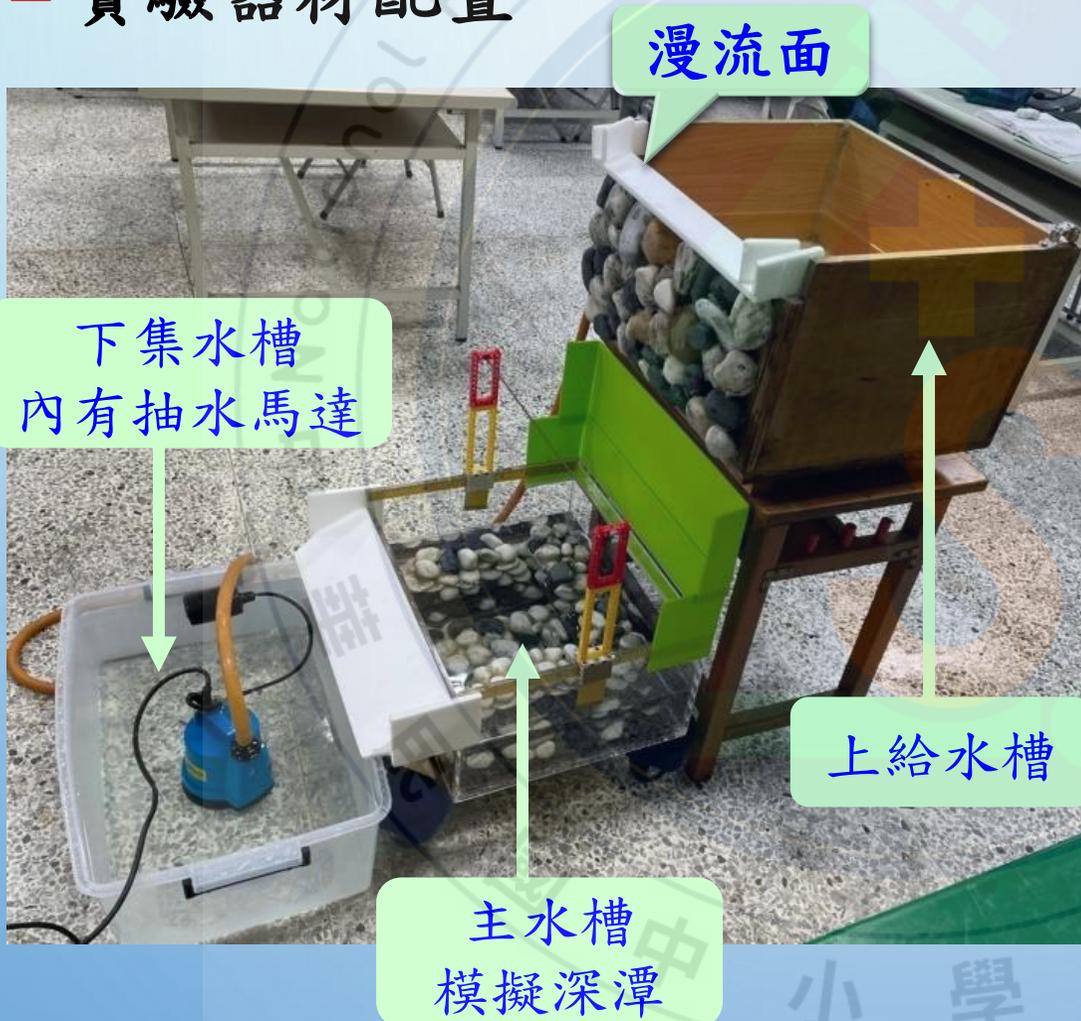


挖洞置入
小鋼珠



研究三、探討不同條件對瀑布漩渦的影響

► 實驗器材配置



► 給水控制



自製出水管提供穩定水流量

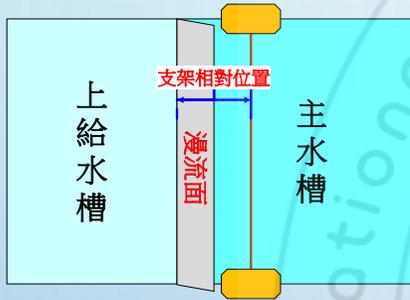
► 人偶觀測物



使用紅色線材列印，增加觀測時的辨識度

研究三、探討不同條件對瀑布漩渦的影響

➡ 支架固定及彈簧選用

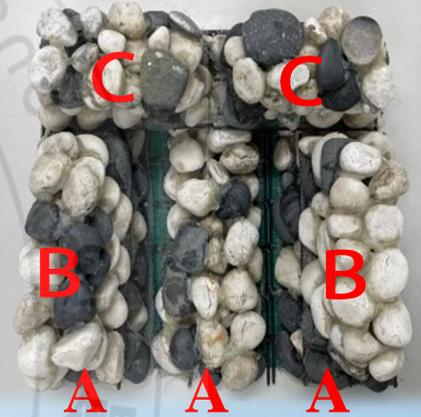


設定人偶支架固定位置



彈簧測試選用

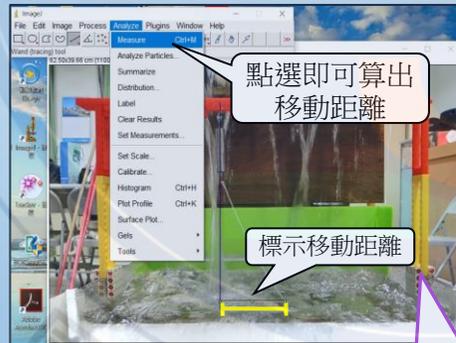
➡ 潭底地形模擬



➡ 觀測記錄方式



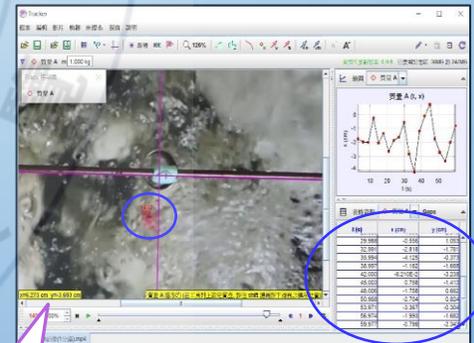
氣泡到達的最深位置



計算橫向移動距離



使用ImageJ軟體



第60秒質點位置，自動呈現XY座標值

使用Tracker軟體

研究三、探討不同條件對瀑布漩渦的影響

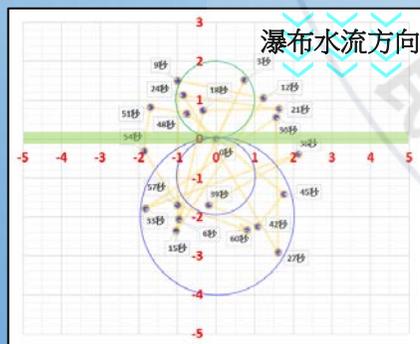
實驗(一)瀑布的高度對深潭漩渦的影響

彈簧伸長及人偶橫向移動觀測

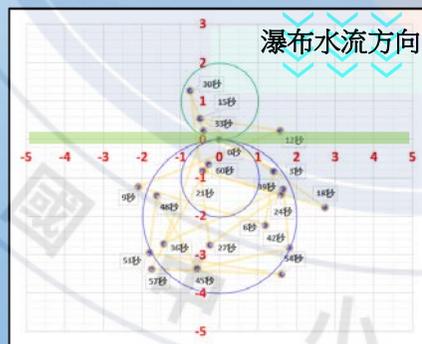
落差高度	40cm	60cm	80cm	100cm
瀑布水流 進入深潭深度	約10cm	約10-15cm	約15-20cm	約20cm
彈簧 最大伸長量	微動 不明顯	約2cm	約3cm	約5cm
人偶橫向移動 最大距離	約9cm	約11cm	約11cm	約13cm
其他	拉扯情形 略小	1分鐘內彈簧 伸長大約5次	1分鐘內彈簧 伸長大約10次	1分鐘內彈簧伸 長大約10-15次

高度越高，入潭水深度越深；彈簧伸長越長，拉動情形較明顯
人偶橫向移動距離及移動軌跡明顯較大，都出現在順著瀑布水流往下方的外側移動

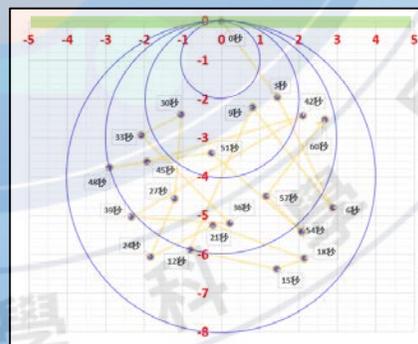
人偶在水面上移動軌跡觀測



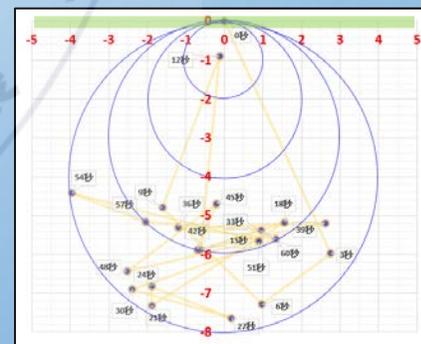
落差高度40cm



落差高度60cm



落差高度80cm



落差高度100cm

研究三、探討不同條件對瀑布漩渦的影響

實驗(二)瀑布的水流量對深潭漩渦的影響

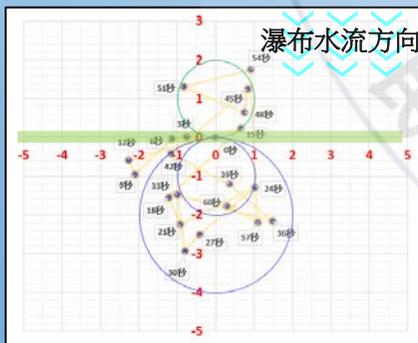
彈簧伸長及人偶橫向移動觀測

出水孔徑 (每分鐘水流量)	3mm (約21.88公升)	4mm (約27.4公升)	5mm (約31.6公升)	6mm (約36.6公升)
瀑布水流 進入深潭深度	5-10cm	10-15cm	10-15cm	20cm
彈簧 最大伸長量	微動 不明顯	微動 不明顯	約2cm	約3.2cm
人偶橫向移動 最大距離	約3cm	約5cm	約11cm	約9cm
其他	人偶水流下方打轉	水流下方打轉，偶爾被拉進去	1分鐘內彈簧伸長大約5次	1分鐘內彈簧顯伸長超過20次

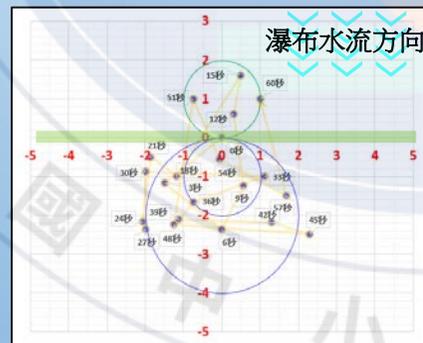
水流量越大，水流會與石壁隔一段距離以水柱形式落入水槽內；入潭水深度越深；彈簧伸長略長，拉動情形較明顯

人偶橫向移動距離及移動軌跡明顯較大，都出現在順著瀑布水流往下方的外側移動

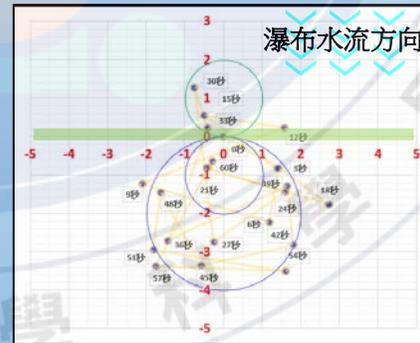
人偶在水面上移動軌跡觀測



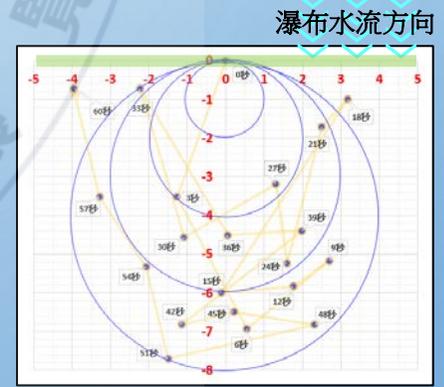
出水孔徑3mm



出水孔徑4mm

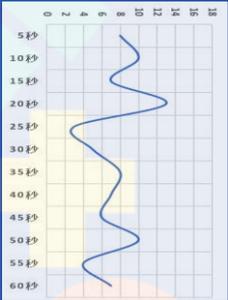
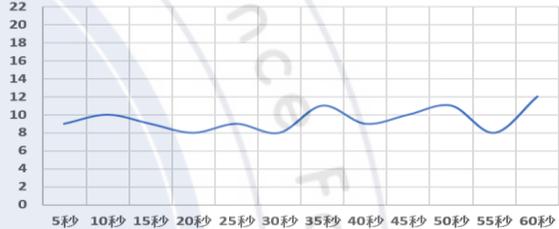
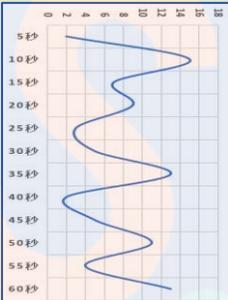
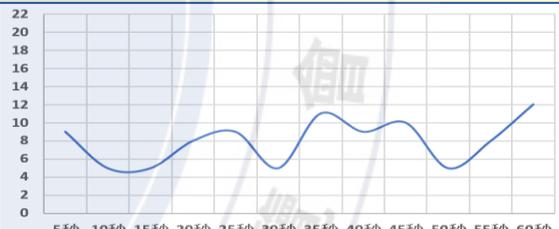
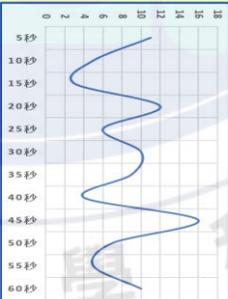
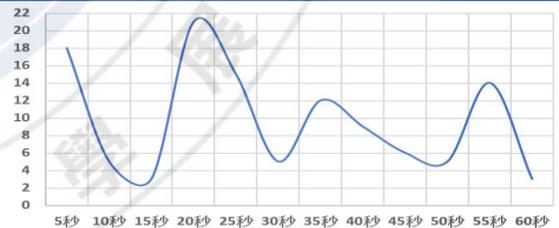


出水孔徑5mm



出水孔徑6mm

研究四、觀測瀑布漩渦在水中的運動情形

潭底條件	圖 示	橫向移動情形	上下移動情形
主水槽 只有水 (無石頭)		<p>時間序 ↓</p> 	 <p>時間序 →</p>
標準地形 (加石頭)		<p>時間序 ↓</p> 	 <p>時間序 →</p>
凹地地形 (加石頭)		<p>時間序 ↓</p> 	 <p>時間序 →</p>

研究五、提出在瀑布水流活動中的較佳建議

問題發現	實驗結果	建議事項
哪種條件較容易產生漩渦？	瀑布高度愈高、水流量愈大，愈容易產生漩渦，掉進其中需較長時間才得以逃出	在瀑布區旅遊時，應先觀察瀑布區的地形、水量等因素，判斷瀑布水流的安全性
瀑布中人偶的移動軌跡？	瀑布水流會影響人偶的移動，在某些時段會使人偶往深潭外側移動	不小心掉進瀑布水流中，可以藉由「往外流動的水流」逃脫
不同地形對漩渦的影響？	瀑布深潭中人偶在凹地地形比標準地形的上下運動較為劇烈	在凹地地形的瀑布深潭中，人偶可能因為撞擊石頭或卡在石頭縫中而無法逃離；也可能藉由較劇烈的上下水流而逃出
漩渦中逃出的時機？	瀑布水流力量較大時，人偶被捲入次數較多，人偶受到水流影響後移動距離也較大	若不小心掉入深潭中，應先放輕鬆，使身體保持漂浮，等待水流將人帶離漩渦

參考資料

- ◆ 維基百科-台灣瀑布列表
- ◆ 平震傑、左伊心(2008)• 神秘的拉扯-漩渦與漩渦現象的探討• 中華民國第48屆中小學科學展覽會
- ◆ 趙偉豪、黃昱翔、劉易聖、胡維翰(2010)• 逃離殺人漩渦• 中華民國第50屆中小學科學展覽會
- ◆ 林亦汝、賴玟羽、洪文心(2012)• “漩”機妙算• 中華民國第52屆中小學科學展覽會
- ◆ 蔡典融、游在宥、劉嘉雯、陳柏蓉、王思詠、葉容妤(2017)• 神秘的水中殺手~探討瀑布區深潭中水流活動的情形• 中華民國第57屆中小學科學展覽會
- ◆ 賴香珊 (2020年7月5日) • 影／南投消暑「夢谷瀑布」恐奪命 居民：秘境打卡根本害人• 聯合報