

屏東縣第63屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：水花的減緩者



關鍵詞：泡沫、水花、沃辛頓射流

編號：B2015

目錄

- 摘要.....第1頁
- 研究文獻探討動機.....第1~2頁
- 研究目的.....第3頁
- 研究器材及備.....第3~4頁
- 研究架構.....第5頁
- 研究過程及方法.....第6~9頁
- 實驗結果與討論.....第10~14頁
- 結論.....第15~16頁
- 參考資料.....第17頁

作品名稱：水花的減緩者

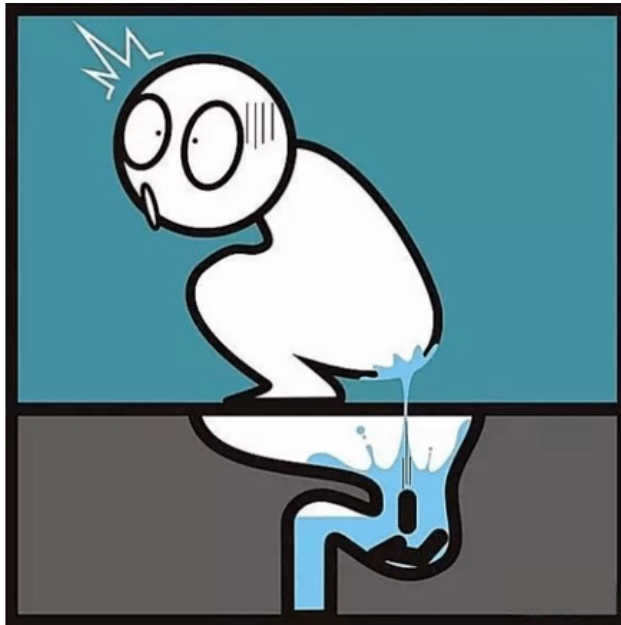
摘要：

屁屁噴到大便水是許多人的困擾，我們探討影響水花濺起的高度和面積的因素，結果發現相同水位時，大部分的都是大的擬糞濺起的水花比較高，水花噴出的面積是大的擬糞>小的>中的。水位越高濺起來的水花高度就越低的現象。

加了清潔劑之後，大型的擬糞都噴得比較高。在加清潔劑10cc時噴最高。中型的擬糞，清潔劑越多水花濺起的高度就越低。小型的擬糞，清潔劑越多，水花濺的越高的情形。

加泡泡高2cm時小型擬糞濺起的水花比沒泡泡時高出一倍左右，泡泡高度超過4cm時，明顯的減少水花的噴濺，甚至沒有水花的發生。

加了鹽的溶液濺起的水花似乎比較低，尤其對大型擬糞來說，降低效果更明顯。但並不是加鹽越多，抑制水花的效果越好。加鹽之後，小型擬便濺起水花的高度幾乎都是最高的，加鹽越多就越明顯，而中型擬糞則是高度最低的。



(參考五)

壹、前言

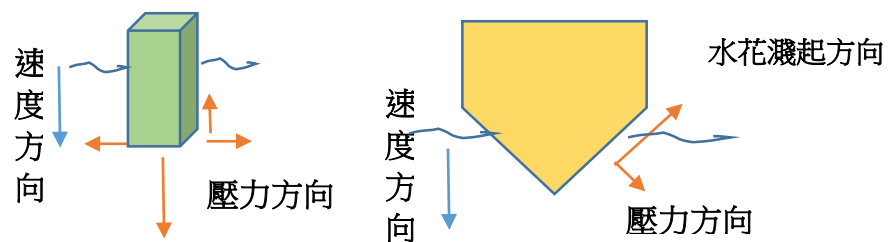
一、動機：

我們觀看奧運跳水項目時，發現選手跳水時濺起的水花很小，跟我們將石頭丟到水中濺起很大的水花差異很多，到底是甚麼因素可以讓濺起的水花變小呢？正在發呆時，同學上大號，突然驚聲尖叫，我的屁屁噴到大便水了，好噁！跳水原理和大便掉下馬桶時濺起水花好像有些類似，心想有什麼辦法能減低水花濺起的高度？經過詢問老師及資料查詢之後發現原來水花濺起的高度和許多因素有關，例如水中有沒有泡沫、泡沫厚度、泡沫濃度、物體掉下水中的距離和水深...皆對水花濺起的高度有影響，去年學姊們的研究發現泡沫也可減少溶液震動的高度，於是我們就決定來探討影響馬桶水濺起高度的因素。

二、參考文獻：

(一)跳水運動

壓水花屬於流體力學的範疇，就是跳水運動員從離開跳臺到進入水中與水面接觸的過程，是固體流體碰撞的過程。如何讓濺起的水花減少到最低限度，這是各位運動員一直想要達到的水平。入水時最重要的時機是把握好身體的舒展程度以及通過增加旋轉來減少與水的阻力，從而減少水花將楔形物體和正方體同時拋向水裡，使正方體水花小。實驗表明楔形物體入水時，由於水的不可壓縮性，便使得水從阻力最小的方向出去，而正方體由於與水的接觸面是橫向的，這樣水由於壓力不能向上出去，只能朝著兩邊出去，這樣一來水花就小很多了(如下圖)，這也就是跳水運動員入水時掌心向下的原因了。



(二)沃辛頓射流

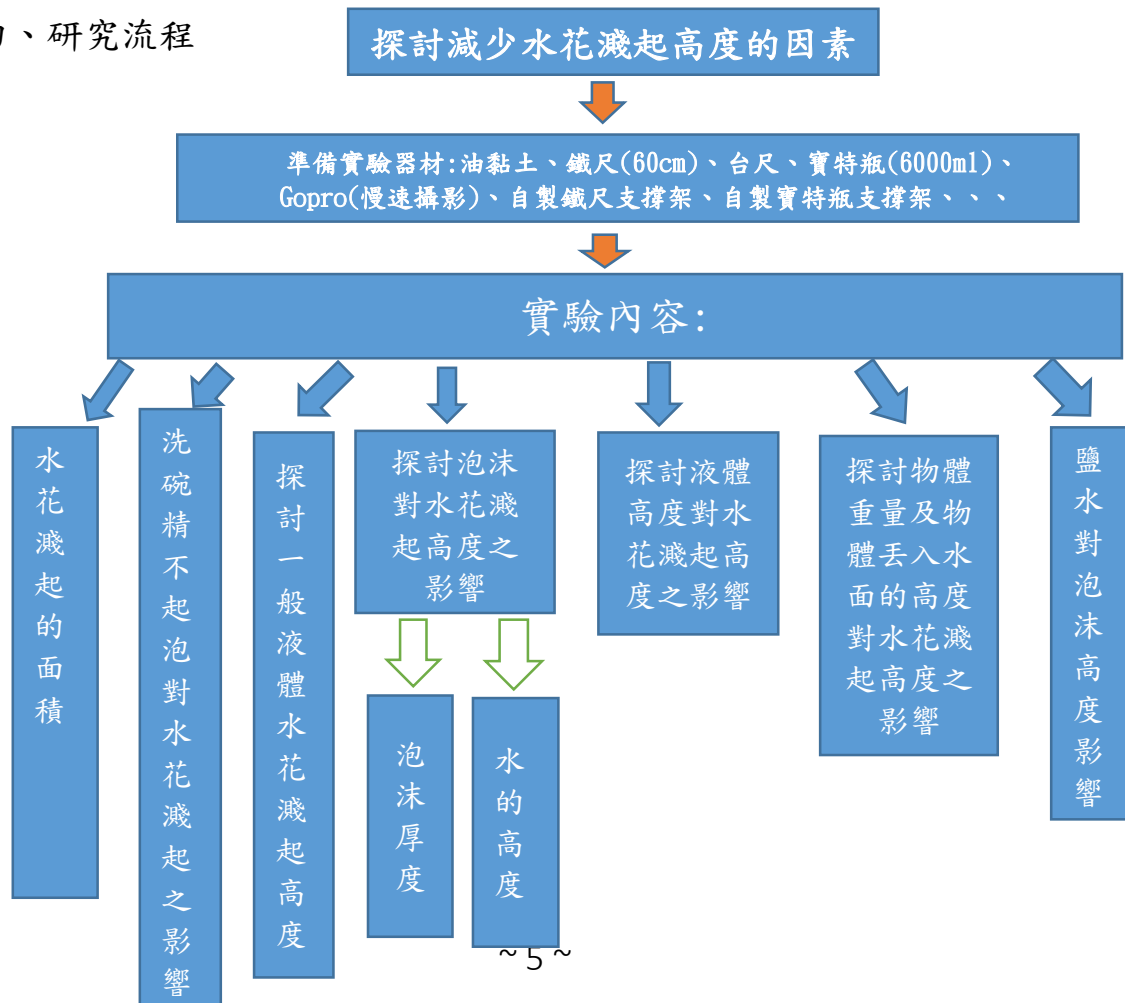
具有更大能量（更高的韋伯數）下落衝擊時會產生飛濺。在飛濺狀態下，液滴會先在流體表面產生一個隕石坑，然後在隕石坑周圍形成一個皇冠。隨後，坍塌液滴的動能會導致液體向上擠壓形成垂直液柱。如果衝擊能量夠高，射流上升到它夾斷的點，就能將一個或多個液滴向上送出表面。這種從液滴落在流體表面形成的隕石坑中心突出的中央射流，稱為沃辛頓射流（Worthington Jet），跳臺跳水則是儘量減少沃辛頓射流所造成的水花。



三、研究目的

- (一)掉落物體的大小對水花濺起高度和面積的影響
- (二)水溶液的黏稠度對水花濺起高度的影響
- (三)泡泡的高度對水花濺起高度的影響
- (四)水的鹽度對水花濺起高度的影響

四、研究流程



貳、研究器材及設備：

- (1)尺、台尺、剪刀
- (2)計算機、秤磅器
- (3)寶特瓶(6000ml，)
- (4)水、清潔劑、洗碗精、鹽
- (5)油黏土
- (6)電子秤
- (7)iPad(攝影、慢動作播放)
- (8)自製支撐(尺)架
- (9)小湯匙、水寫布、量杯



自製模擬大便(紙黏土)



秤量油黏土



鹽



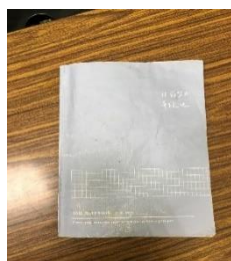
小湯匙(挖鹽)



洗碗精



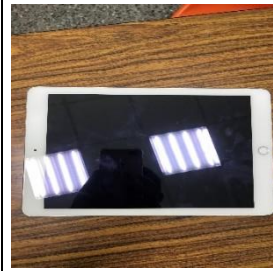
腳架(固定攝影機)



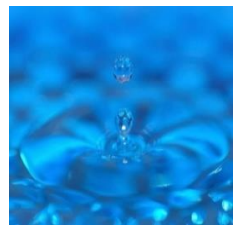
紀錄本



測量面積(水寫紙)



慢動作攝影



自來水



杯子(撈水)



6000CC寶特瓶(自製馬桶)



量杯(量鹽)



量洗碗精(cc)



自製固定夾

參、實驗過程：

一、掉落物體的大小對水花濺起高度和面積的影響

※測量水花濺起的高度實驗：

- (一) 架設鐵架與水面的距離為16cm
- (二) 我們先把水桶裡分別加入高度為8、12、16、20cm的水
- (三) 用油土製作三種不同大小的模擬大便：重量：大123公克、中77公克、小34公克的模擬大便以夾子夾住，讓大使用自由落體的方式落入水中
- (四) 架設iPad，拍攝水花濺起高度
- (五) 每個高度重複實驗 5 次
- (六) 記錄並分析實驗結果



架好架子



丟大便



拍攝大便掉落時濺起水花的樣子

※測量水花濺起的面積實驗：

- (一) 實驗步驟如第一項，我們只是將書法水寫紙放在桶上(如下圖)
- (二) 水濺起的水花濺到書法水寫紙上，測量水花濺起濺到紙上的面積。



架好架子及水寫紙



丟擬大便



拍攝水寫紙上的噴水面積，計算面積大小

二、水溶液的黏稠度對水花濺起高度的影響

- (一) 水中分別加入0cc、5cc、10cc、洗碗精(不攪拌)靜置1分鐘後開始實驗
- (二) 固定桶中水的高度12cm
- (三) 讓3種不同大小的模擬大便掉入清潔劑水中測量
- (四) 如實驗一的方法測量水花濺起的高度及面積
- (五) 紀錄並分析結果



調好不同黏稠度的洗碗精



丟擬大便



拍攝大便掉落時濺起水花的樣子

三、泡泡的高度對水花濺起高度的影響

- (一) 先如上步驟加入洗碗精，打出泡沫高度2公分和4公分。
(如右圖)
- (二) 如實驗一的方法測量水花濺起的高度
- (三) 紀錄並分析結果



製作泡泡



拍攝大便掉落時濺起水花的樣子

四、水的鹽度對水花濺起高度的影響

- (一) 調配鹽水濃度分別為1%、2%、3.5%、7%、14%
- (二) 如實驗一的方法測量水花濺起的高度及面積
- (三) 紀錄並分析結果



調鹽水濃度



丟擬大便



拍攝大便掉落時濺起水花的樣子

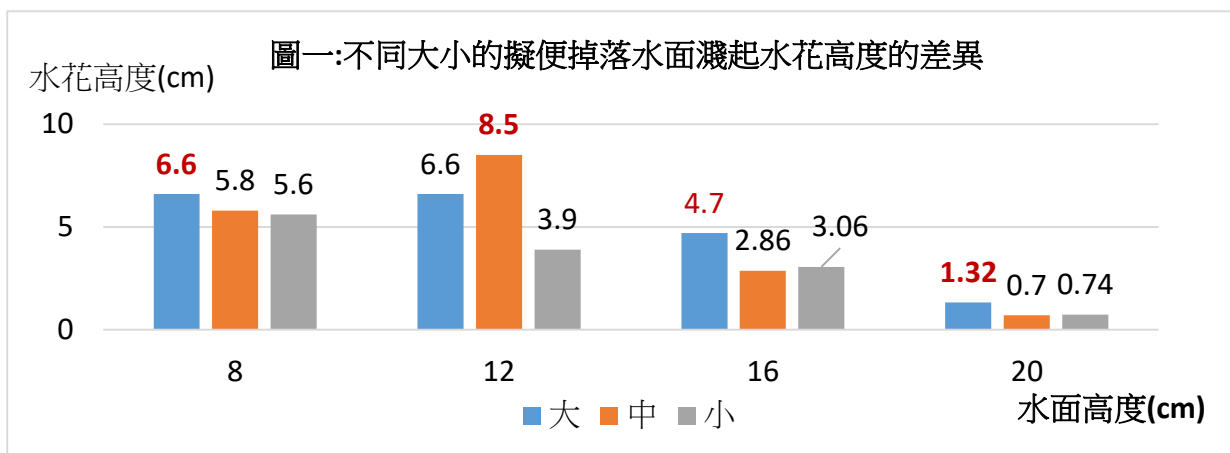
肆、實驗結果與討論

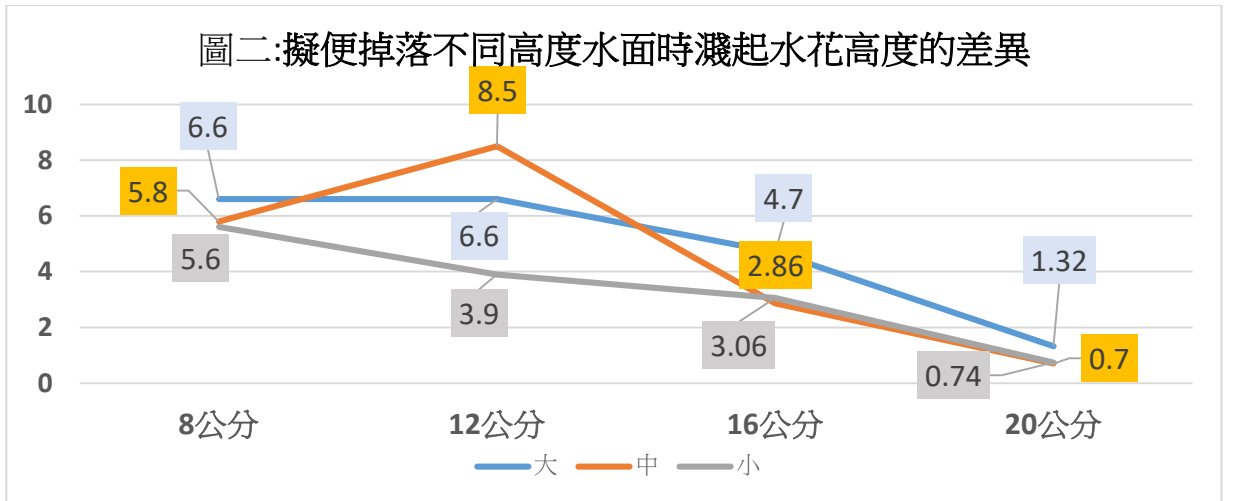
一、掉落物體的大小對水花濺起高度和面積的影響

因為考慮大便有大有小，而家中馬桶的水位也有高低之分，因此我們改變大便的大小及馬桶的水位來分析大便掉落馬桶中濺起水花的差異，結果如下：

表一：不同大小的大便掉落不同馬桶的水位，濺起水花高度的比較

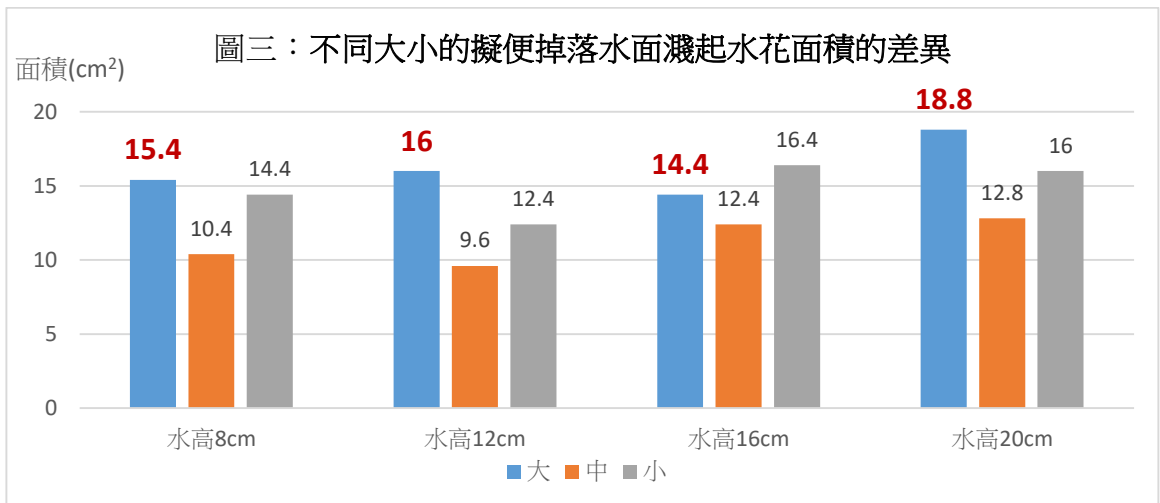
水面高度 \ 大便大小	8 公分	12 公分	16 公分	20 公分
大	6.6	6.6	4.7	1.32
中	5.8	8.5	2.86	0.7
小	5.6	3.9	3.06	0.74

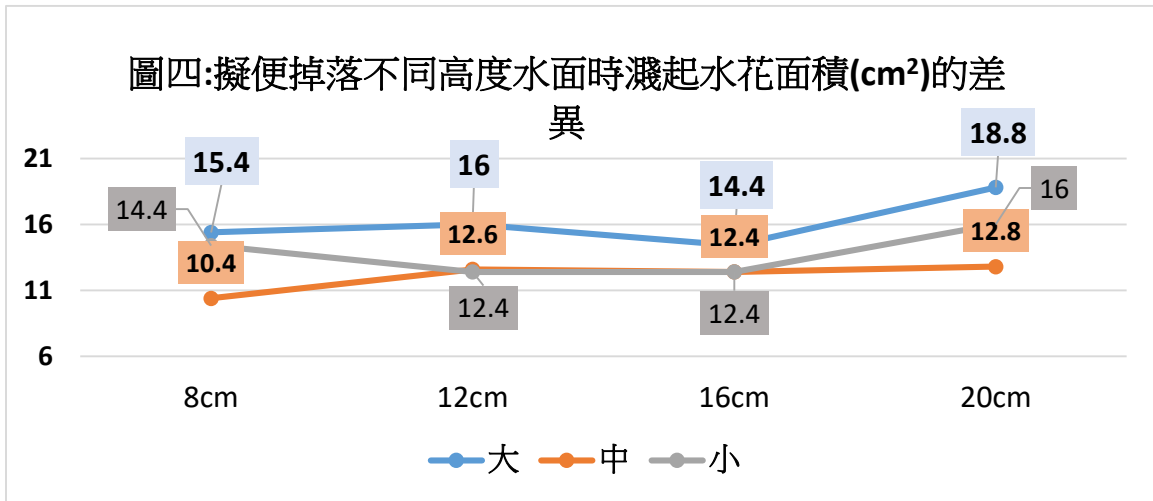




表二：不同大小的大便掉落不同馬桶的水位，濺起水花面積(cm²)的比較

水面高度 大便大小	8cm	12cm	16cm	20cm
大	15.4	16	14.4	18.8
中	10.4	12.6	12.4	12.8
小	14.4	12.4	12.4	16





【問題與討論】：

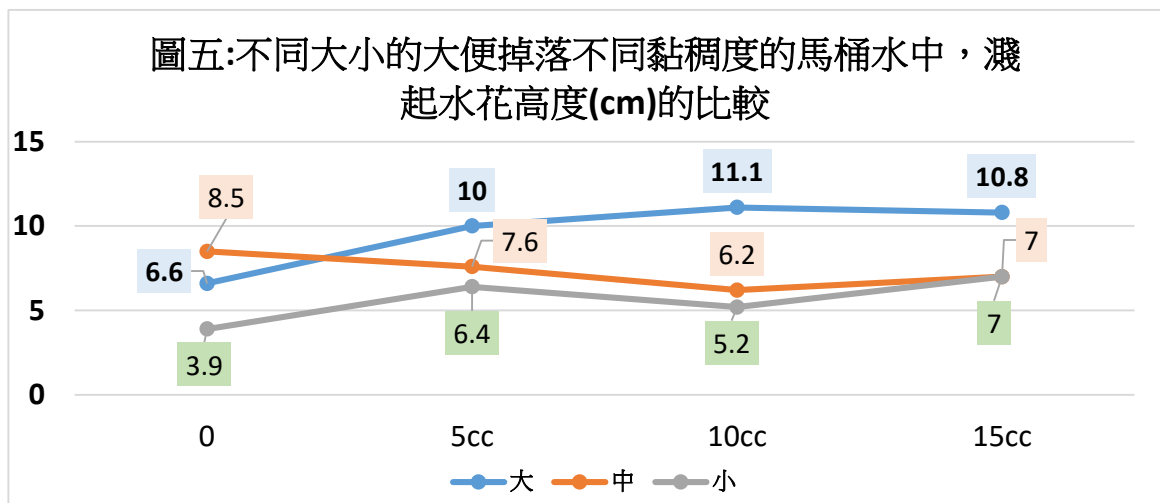
- (一) 在圖一發現在不同的水位高度，大部分的都是大的擬糞濺起的水花比較高，中型和小型擬糞差異不大。
- (二) 水位在12公分的時候，中型的擬糞水花濺得特別高。
- (三) 在圖三發現在實驗的三種水位高度，水噴出來的面積都是大的擬糞>小的>中的，中型的擬糞濺起水花面積最小，推測剛好符合跳水壓水模式，水往兩邊跑的，所以噴上來的水花比較少，減少了沃辛頓射流所造成的水花。
- (四) 在圖二中發現不管擬糞的大小，都有水位越高濺起來的水花高度就越低的現象，推測水位高時，擬糞的相對位能低(因為擬糞和水面之間的高度縮小)，因此濺起的水花就比較小。
- (五) 大的和小的擬糞都是16公分至於水噴上來的面積最小，中型的擬糞水位低時，水花雖然濺的高但是面積卻最小(圖四)。

二、水溶液的黏稠度對水花濺起高度的影響

由實驗一我們發現濺起水花高的，水花的面積不一定比較大，濺起水花的面積和高度與水位及擬糞的大小有關係，這牽涉到位能(mgh)與動能($1/2mv^2$)的轉換及動量(mv)的變化，當然溶液的性質，如表面張力、黏稠度、密度、 \dots 也會影響到能量的耗損，進而影響水花濺起的高度，接下來我們要研究溶液的黏稠度對水花濺起高度的影響，我們使用清潔劑來改變其黏稠度，水位高度選平均較高的12cm來做實驗，結果如下：

表三: 不同大小的大便掉落不同黏稠度的馬桶水中，濺起水花高度(cm)的比較

清潔劑量 大便大小	0	5 cc	10 cc	15 cc
大	6.6	10	11.1	10.8
中	8.5	7.6	6.2	7
小	3.9	6.4	5.2	7



【問題與討論】：

- (一)實驗前我們推測清潔劑加越多，溶液越黏稠，濺起的水花應該最低，實驗結果並不是這樣，大塊擬糞，在加清潔劑10cc時噴最高，推測加5cc清潔劑時，可能剛好破壞了水的表面張力，導致水花越濺越高，加了清潔劑到15cc後，表面張力的影響開始小於黏

稠度的影響，於是噴濺的程度就減少了(圖五)。

(二) 中型的擬糞，黏稠度的影響較大(超過表面張力)，所以有清潔劑越多水花濺起的高度就越低的趨勢。

(三) 小型的擬糞，推測黏稠度的影響都小於表面張力的破壞，再加上小的擬糞不易出現壓水的情況，沒有降低沃辛頓噴流的效應，因此出現清潔劑越多，水花濺的越高的情形。

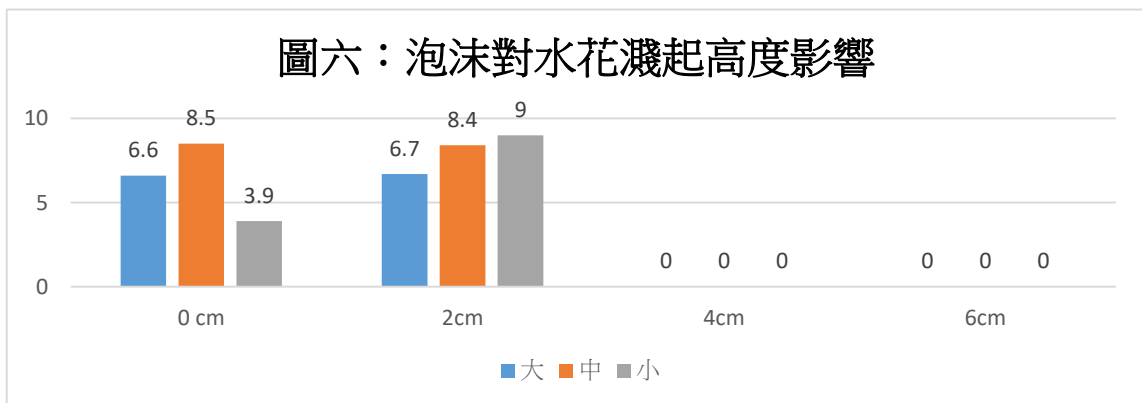
(四) 加了清潔劑之後，大型的擬糞都噴得比較高(表三)。

三、泡泡的高度對水花濺起高度的影響

許多研究都發現泡泡可以減少搖晃的程度，那對濺起水花又可造成多大的影響呢?我們以水位12cm為基準，加入不同高度的泡泡，結果如下:

表四: 不同大小的擬糞掉落不同泡泡高度的馬桶水上，濺起水花高度(cm)的比較

	0 cm	2cm	4cm	6cm
大	6.6	6.7	0	0
中	8.5	8.4	0	0
小	3.9	9	0	0



【問題與討論】：

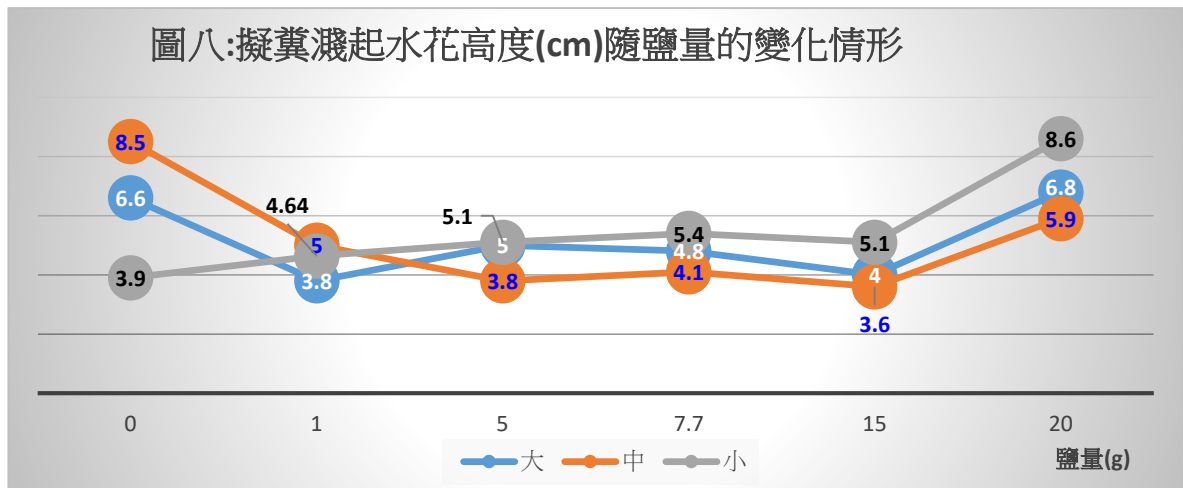
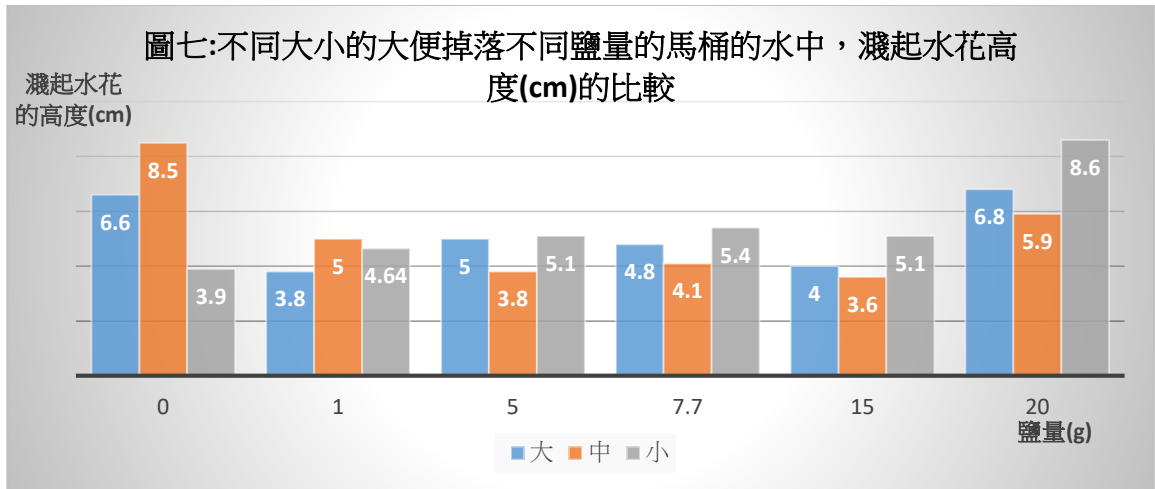
- (一)當泡泡超過4cm時，明顯的減少水花的噴濺，甚至沒有水花的發生，這和我們的假設一致(圖六)。
- (二)只是泡泡2cm時，大型和中型的擬糞和沒有泡泡的差不多，反而小型擬糞濺起的水花比沒泡泡時高出一倍左右，為何小型擬糞在表面張力被破壞的溶液中易造成明顯的沃辛頓噴流的效應，這可能和接觸液面的面積有關，所以面積和沃辛頓噴流的效應的關係需要進一步實驗來探究。

四、水的鹽度對水花濺起高度的影響

我們到香港旅遊，發現他們是引海水來沖馬桶，那在馬桶水中加鹽，改變水的密度，是不是會影響水花濺起的高度呢?我們仍然以12cm水位為主，加入不同重量的鹽巴，形成不同鹽度的溶液，結果如下：

表四: 不同大小的大便掉落不同鹽度的馬桶的水中，濺起水花高度(cm)的比較

鹽重(g)	0	1	5	7.7	15	20
大	6.6	3.8	5	4.8	4	6.8
中	8.5	5	3.8	4.1	3.6	5.9
小	3.9	4.64	5.1	5.4	5.1	8.6



【問題與討論】：

- (一)和前面的實驗做比較，加了鹽的溶液濺起的水花似乎比較低，大都在5cm左右，尤其對大型擬糞來說，降低效果更明顯，加1克就有效果了，但是加到20克時，效果又變差了(圖八)。
- (二)中型擬糞，加鹽15克時，效果最好，小型的也是在15克之內水花濺起的高度都在5cm以下。並不是加鹽越多，抑制水花的效果越好。
- (三)加鹽之後，小型擬便濺起水花的高度幾乎都是最高的，加鹽越多就越明顯，而中型擬糞則是高度最低的(表四)。

伍、結論

- 一、在不同的水位高度，大部分的都是大的擬糞濺起的水花比較高，中型和小型擬糞差異不大。
- 二、水位在12公分的時候，中型的擬糞水花濺得特別高。
- 三、三種水位高度，水噴出來的面積都是大的擬糞>小的>中的。
- 四、不管擬糞的大小，都有水位越高濺起來的水花高度就越低的現象。
- 五、大的和小的擬糞都是16公分至於水噴上來的面積最小，中型的擬糞水位低時，水花雖然濺的高但是面積卻最小。
- 六、大塊擬糞，在加清潔劑10cc時噴最高，加了清潔劑到15cc後，噴濺的程度就減少了水花。
- 七、中型的擬糞，清潔劑越多水花濺起的高度就越低。
- 八、小型的擬糞，清潔劑越多，水花濺的越高的情形。
- 九、加了清潔劑之後，大型的擬糞都噴得比較高。
- 十、當泡泡高度超過4cm時，明顯的減少水花的噴濺，甚至沒有水花的發生。
- 十一、只是泡泡高2cm時，大型和中型的擬糞和沒有泡泡的差不多，反而小型擬糞濺起的水花比沒泡泡時高出一倍左右。
- 十二、加了鹽的溶液濺起的水花似乎比較低，尤其對大型擬糞來說，降低效果更明顯，加1克就有效果了，但是加到20克時，效果又變差了。
- 十三、中型擬糞，加鹽15克時，效果最好，小型的也是在15克之內水花濺起的高度都在5cm以下。並不是加鹽越多，抑制水花的效果越好。
- 十四、加鹽之後，小型擬糞濺起水花的高度幾乎都是最高的，加鹽越多就越明顯，而中型擬糞則是高度最低的。

陸、參考資料：

一、 水舞-水滴在薄層液上的噴濺性

國中組物理科，作者:許喆媛、呂汶諺、侯宜伶，中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/030106.pdf?fbclid=IwAR1hSReem_3QktH01V7gq6unlQ1LrbEy17se0-Ac jCz1sxOY90G6A1FuZFw

二、 止一剎的花火-泡沫對水花濺起高度之影響

國中組物理科，作者:劉昱岑劉芷筠戴艾倫，中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/030109.pdf?fbclid=IwAR1hSReem_3QktH01V7gq6unlQ1LrbEy17se0-Ac jCz1sxOY90G6A1FuZFw

三、 跳水運動

https://finance.sina.com.cn/tech/2021-07-26/doc-ikqciyzk7680371.shtml?fbclid=IwAR10VPPppv8VmKU0012ZU38-SWPKdwNVPu_C6b-uERU1gfh-xXRYnSgbgaA

四、 沃辛頓射流

<https://www.masters.tw/319614/worthington-jet>

五、 便便噴起的水花

https://www.sohu.com/a/533964837_360160