

## 2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 普高組 技高組 成果報告格式

題目名稱：「濺」入佳境—尿液濺射探討

### 一、摘要

本實驗為探討尿液噴射至小便斗時，其噴濺至地面的噴濺量。我們發現尿液在不同變因下(高度、距離、角度)的噴濺量大不相同，於是本實驗旨在尋找這些變因中，尿液噴濺量最少的出水口位置與角度。透過噴水器模擬小便時的真實情況、染色的水珠模擬尿液，以及利用 8 張 A3 白紙紀錄噴濺出來的水滴位置，並使用 ImageJ 軟體分析其數量與水珠面積。經過探究後我們得知，高度、距離和角度的變化會影響噴濺量，也發現出水口位置高，並且角度小於 $-10^{\circ}$ ，而距離小便斗壁大約 30 公分處，其造成的噴濺量最少。

### 二、探究題目與動機

男生在上小便時，尿液時常會噴濺到腳上，造成不便的同時也會讓廁所不衛生。因此，我們希望透過研究，探討尿液噴濺的原因和影響因素，並提出改善的方案。尿液噴濺與很多因素有關，比如角度、離地高度和離小便斗的距離等。這些原因可能讓尿滴撞擊到小便斗的表面時，產生更多的噴濺。小便斗的型狀和材質也會影響噴濺程度。我們計劃透過實驗量化這些因素對噴濺的影響，模擬不同情境並測量噴濺量，探討最優的使用方法來減少噴濺。希望研究結果可以改善上廁時的體驗，也能為公共衛生的設施提供科學的依據，來改善設計的不便之處。

### 三、探究目的與假設

- 一、探討排尿點在不同高度下尿液濺射的現象
- 二、探討排尿點在不同距離下尿液濺射的現象
- 三、探討排尿點在不同角度下尿液濺射的現象
- 四、綜合以上變因，找出排尿點在哪個位置能夠濺起最少噴濺

### 四、探究方法與驗證步驟

#### 一、文獻探討

##### (一)男性一次排尿行為分析

- 1.男性正常排尿次數為每天五到七次，每天 200~300c.c.
- 2.男性正常排尿時間大約 12~20 秒
- 3.男性正常流速介於 20-30ml/sec

#### 二、實驗設計

##### (一)小便斗類型

我們這次使用的是掛壁式小便斗，型號則是 alex U4200F-M，規格為長 57cm、寬 43.5cm、離地 56cm、深度 23cm、厚度 2cm。

## (二)噴水口裝置改良

一開始我們選用氣球來當作噴水口的裝置，雖然模擬的結果與真實情況極為相似，但排水量與噴水速度無法固定，因此後來改成可以固定水量及流速的加壓式噴水器。參考文獻探討的結果後，選用噴水器加壓十次並噴射十秒，水流速度大約是 20ml/s。在用絕緣膠帶封住噴水口下半部分後，能讓水柱分散開來，比較符合真實的情況。(如圖 1-1)



圖 1-1 噴水口圖

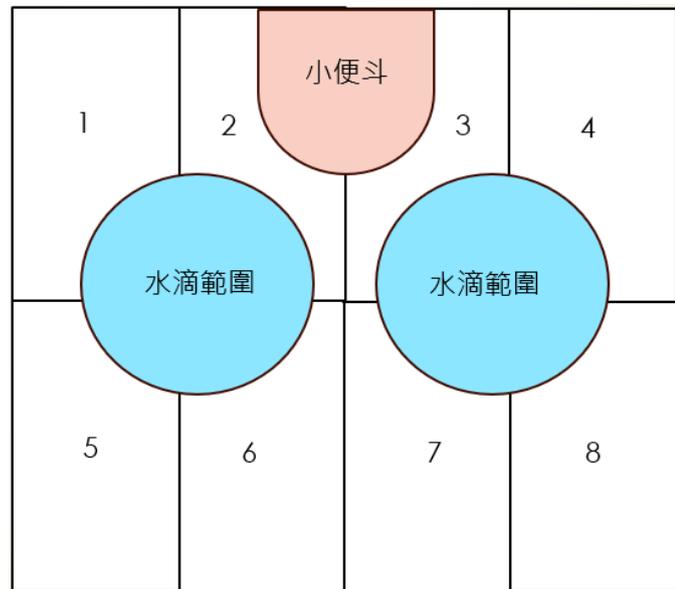


圖 1-2 編號示意圖

## (三)實驗結果分析

根據實驗時白紙擺放的位置，我們將八張白紙依序編號，從左上角的一號，到右下角的八號，這樣能使我們分析水滴濺射在紙上的位置。(如圖 1-2)

### 三、探討對照組的水滴濺射的實驗步驟

- 1.將 8 張白紙用膠帶黏貼於一起，翻面後鋪於廁所地面，白紙中央對準小便斗中央。
- 2.在小便斗的左右各設置一根直立支架，並將 2 根長鐵柱以三叉夾及四角型固定架水平固定在支架上。(如圖 1-3)
- 3.將加壓式噴水器裝水，用墨水染成藍色。並在噴水口貼膠帶，封住下半部分。
- 4.噴水器加壓十次之後，將木板放置於中央兩根鐵柱上方，再將噴水器置於木板上。(如圖 1-4)
- 5.調整位置，使噴水口距離地面 85cm，距離小便斗 30cm。
- 6.噴射水柱十秒鐘。
- 7.回收白紙並觀察水滴面積，利用 ImageJ 算出各紙張的水滴面積和水滴顆數。
- 8.重複上述動作五次，並將數據取平均。

#### 四、探討不同變因下水滴濺射的實驗步驟

- 1.將 8 張白紙用膠帶黏貼於一起，翻面後鋪於廁所地面，白紙中央對準小便斗中央。
- 2.在小便斗的左右各設置一根直立支架，並將 2 根長鐵柱以三叉夾及四角型固定架水平固定在支架上。(如圖 1-3)
- 3.將加壓式噴水器裝水，用墨水染成藍色。並在噴水口貼膠帶，封住下半部分。
- 4.噴水器加壓十次之後，將木板放置於中央兩根鐵柱上方，再將噴水器置於木板上。(如圖 1-4)
- 5.調整噴水瓶的位置，操作變因分別為距地面的高度、與小便斗的距離以及噴射角度。
- 6.噴射水柱十秒鐘。
- 7.回收白紙並觀察水滴面積，利用 ImageJ 計算出各紙張的水滴面積和水滴顆數。
- 8.重複上述步驟五次，並將數據取平均。



圖 1-3 支架擺放圖



圖 1-4 噴水瓶擺放圖

#### 五、探討對照組的水滴濺射的狀況

我們統計了八個區域中，每個區域的水滴數與面積，並畫了兩張圓形圖。一張是各個區域的水滴顆數占比，另一張是各個區域的水滴面積占比。我們發現兩張圓形圖大致相同。因此可以推斷，每顆水滴的大小並沒有太大落差。拿中間區域與兩旁區域比較，編號二加上編號三的水滴面積大於編號一加上編號四，編號六加上編號七也大於編號五加上編號八，由此可知尿液噴至小便斗曲面，回彈時改變的水平方向角度並不大，會噴落在中間區域為主。拿前面區域與後面區域比較，編號二加上編號三的水滴面積大於編號六加上編號七，由此可知尿液噴至小便斗曲面時，回彈的距離並不遠，離小便斗越近，水珠越多。然而，小便斗的正下方幾乎沒有水珠，我們認為這是因為原本應該彈至小便斗正下方的水珠，其回彈的位置被小便斗邊緣阻擋。

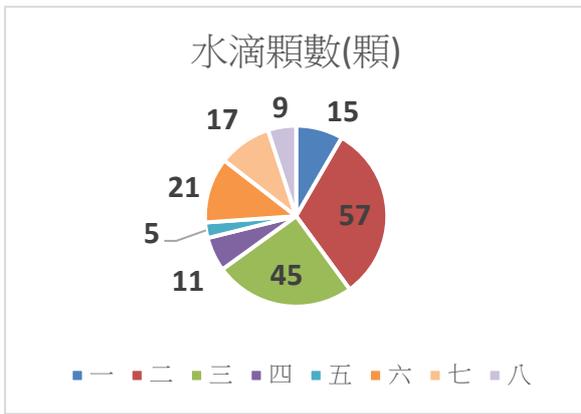


圖 2-1 不同位置的水滴顆數圖

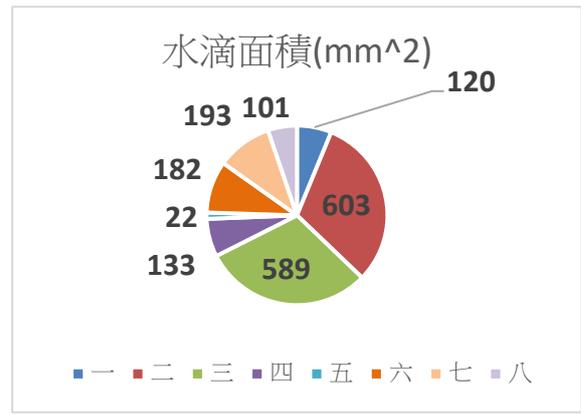


圖 2-2 不同位置的水滴面積圖

### 六、探討不同高度下水滴濺射的狀況

我們將噴水口設置於距離小便斗 30cm 處，高度則分為 75cm、80cm、85cm、90cm、和 95cm。經過實驗後發現，高度為 75cm 處的水滴面積最多，有 2303mm<sup>2</sup>；高度為 90cm 處的水滴面積最少，有 1345mm<sup>2</sup>，兩者相差 1.7 倍。整體來說，當距離地面的高度越小時，噴濺量會越多，這是因為當高度越高時，受重力的影響越大，讓向下的鉛直速度變大，導致水滴撞擊到小便斗表面時較接近垂直，角度不足以彈出小便斗。而高度越小時，水平速度的影響較大，因此水滴會更容易彈出小便斗。(如圖 2-3)

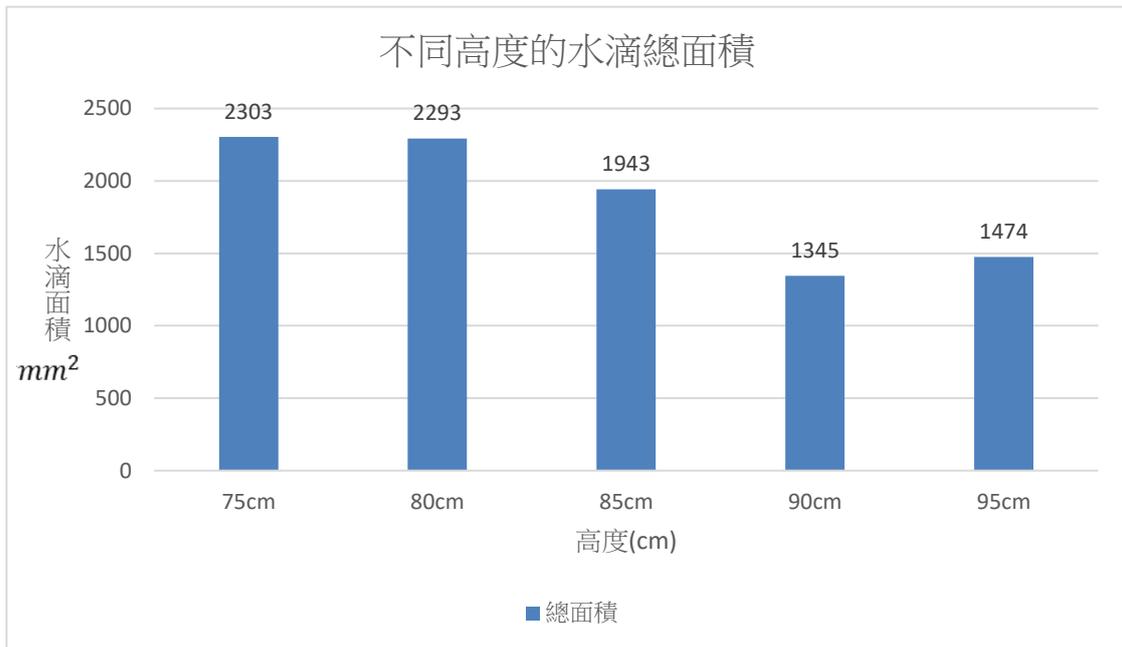


圖 2-3 不同高度的水滴總面積圖

### 七、探討不同距離下水滴濺射的狀況

我們將噴水口設置於距離地面 85cm 處，和小便斗的距離分為 25cm、30cm、35cm 和 40cm。經過實驗後發現，高度為 25cm 處的水滴面積最多，有 3006mm<sup>2</sup>；距離為 30cm 處的水滴面積最少，有 1943mm<sup>2</sup>，兩者相差 1.54 倍。以 30cm 為基準，距離越小，水滴面積越多；距離越大，水滴面積也越多，整體呈現 U 字型。我們認為水滴噴出

後，在行進至小便斗的那段距離，主要會受兩個外力影響。一個是相反於水滴行進方向的空氣阻力，另一個是地垂直面方向的重力。空氣阻力會讓水滴速度變慢，動能變小；而重力會讓水滴速度變快，動能變大。當水滴距離小便斗足夠近時，由於受到的空氣阻力很小，水滴水平方向的速度大，使其能彈出小便斗，噴濺到地面。而當水滴距離小便斗足夠遠時，由於受到重力很大，水滴垂直方向的速度大，也使其能彈出小便斗，噴濺到地面。如果是在中間部分的距離，會導致水平方向的速度與垂直方向速度都沒達噴出小便斗的條件。(如圖 2-4)

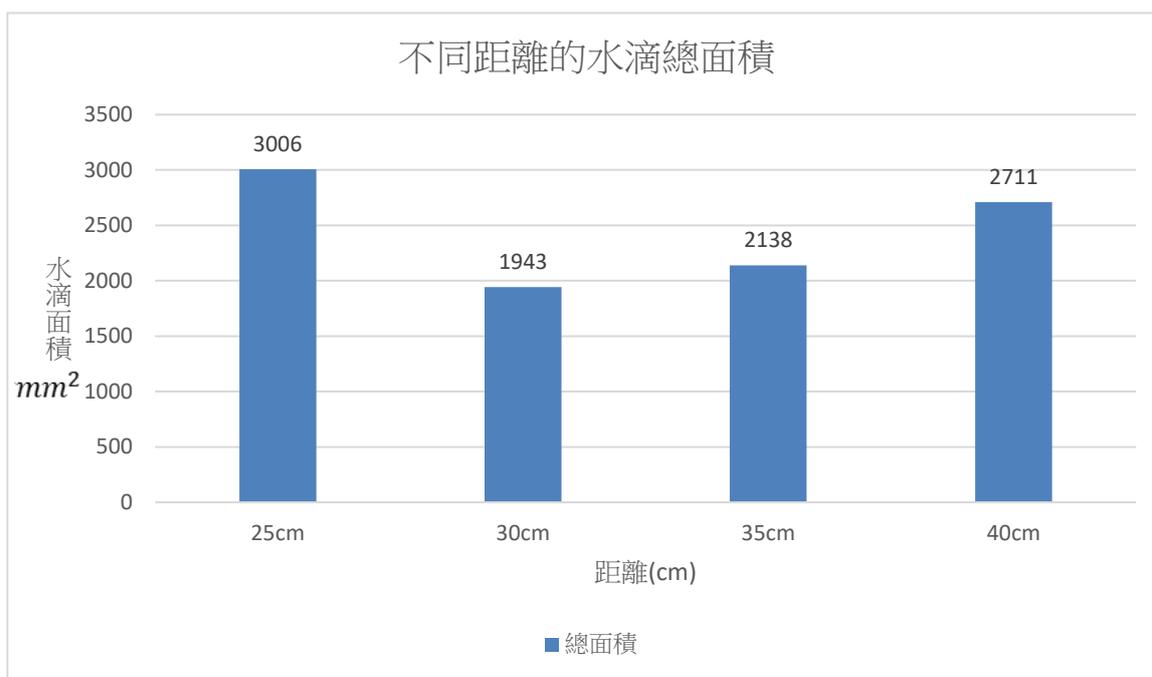


圖 2-4 不同距離的水滴總面積圖

#### 八、探討不同角度下水滴濺射的狀況

我們將噴水口設置於距離地面 85cm 處，距離小便斗 25cm 處，噴射的角度則分為 +10°、0°、-10°、-20°、-30°。經過實驗後發現，角度為-10°處的水滴面積最多，有 2493mm<sup>2</sup>；角度為-30°處的水滴面積最少，有 1695mm<sup>2</sup>，兩者相差 1.47 倍。以-10°為基準，角度越往上，水滴面積越多；角度越往下，水滴面積也越多，整體呈現倒 V 字型，根據實驗的結果，我們發現水滴面積與角度的關係呈現倒 U 字型，噴水口呈現-10°時，水滴面積最多。當角度往上時，水滴面積會減少，我們認為這是因為在空中停留的時間比較多，重力會抵消水滴的速度，導致水滴撞擊到小便斗時的動能不足以彈出小便斗，所以會有比較少的噴濺量。當角度往下時，水滴面積同樣會減少，這是因為水滴的行進方向往斜下方，且較接近垂直，導致角度不足以彈出小便斗。而角度為-10°時，水滴彈出的條件較為平衡，因此噴濺量最多。(如圖 2-5)

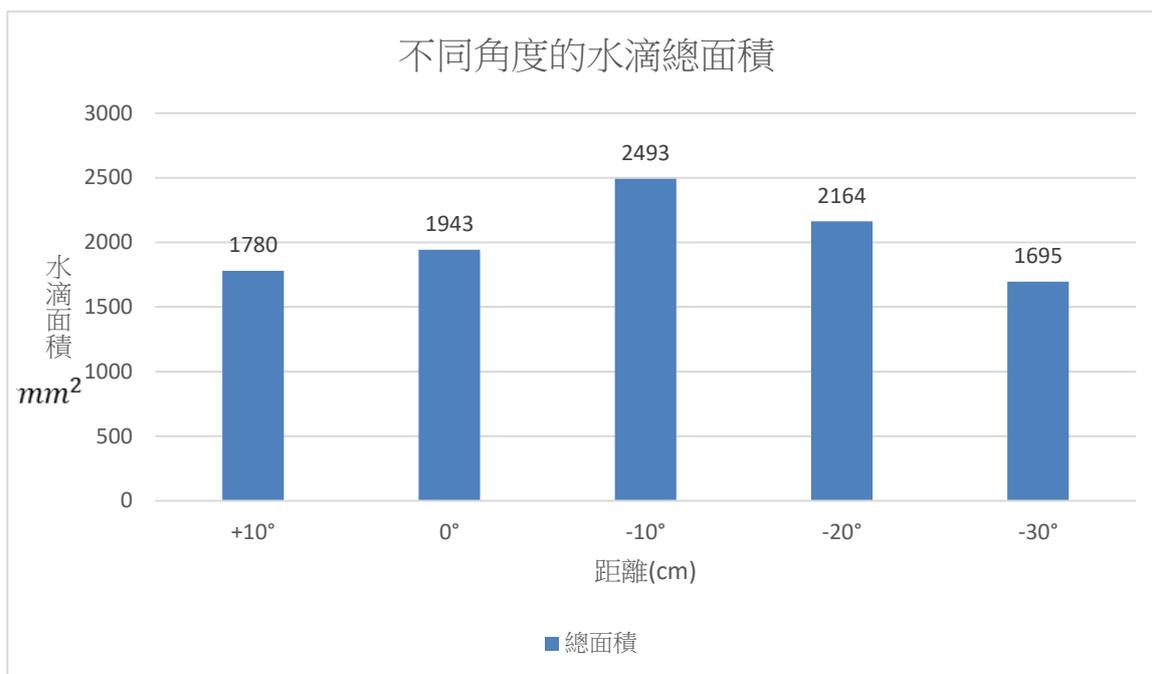


圖 2-5 不同角度的水滴總面積圖

## 五、結論與生活應用

### 一、結論

1. 水滴噴濺集中在地面中間區域、距離小便斗較近的地方。
2. 受行進方向的角度影響，噴水口高度越低，噴濺量越多。
3. 近距離受空氣阻力影響，遠距離受重力影響。兩者噴濺量較多。
4. 噴水角度過低，水滴不足以彈出小便斗；噴水角度過高，會被重力抵消速度。兩者噴濺量較少。

### 二、生活應用

1. 此研究可將公共廁所的設計優化，根據噴濺量最少的條件，引導尿液以最小噴濺的角度撞擊表面，例如：加高小便斗邊緣或調整內壁傾斜度。
2. 透過個人衛生習慣宣導，提醒男性使用者調整站立姿勢，減少尿液噴濺造成的衛生問題，甚至為行動不便者設計符合低噴濺角度的便器，減少照護者的負擔。

## 參考資料

- 一、 邱聖友 ( 民 106 ) 。排尿與生理疾病。宏恩藥訊  
<https://www.country.org.tw/file/PY51.pdf>。
- 二、 劉昱岑、劉芷筠、戴艾倫 ( 民 106 ) 。止一剎的花火-泡沫對水花濺起高度之影響。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品。
- 三、 蔡旻學、林敬恩、林珈民、陳宥任 ( 2004 ) 。尿尿小童的煩惱~ 站立使用馬桶的尿液噴濺探究。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會國小組生活與應用科學科(二)。台灣科學教育館。