

屏東縣第65屆國中小學科學展覽會

作品說明書

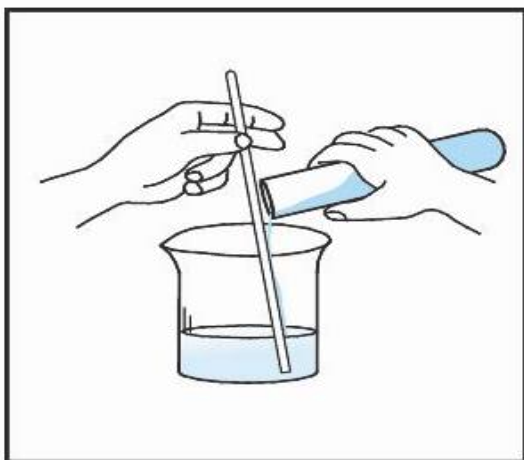
科 別：物理組

組 別：國小組

作品名稱：蛇行水精靈-探索棒子引流液體效果及
影響引流速率因素

關 鍵 詞：康達效應、摩擦力、接觸角

編號：A2029



摘要

實驗室中操作過程常常會有些小小不起眼的動作，仔細觀察其實裡面也可有很多理論可以去探討這些理所當然的事。以這玻棒引流讓水流下的動作而言，表面粗糙紋路雜亂的棒子是難以讓水順利流下濺到桌面，例如：鋁棒。但若有微凹且整齊排列的紋路，例如松木棒，水是可以順利流下的，不過時間上因摩擦力大故速率稍慢。在很光滑的玻璃棒方面，它具有親水性，水滑下時有適當的黏度，是可以順利滑下。但細玻棒在小角度時水無法順利流下，加大棒子傾斜角即可順利。總體來說，我們發現粗的玻璃棒傾斜度大時是流下速率最快時間最短。

壹、前言

一、研究動機

參加學校舉辦的科學營隊時，其中有個實驗操作：水順玻璃棒引流而下的實驗動作。心中產生個有趣的想法，任何液體都可以這樣順利滑下而不會中途滴到桌面嗎？液體滑下時會受那些因素影響，讓滑下速率有所改變呢？經向老師提問後，老師建議我們設計實驗來探究並發現其中真相。希望找出水能順棒子順利快速滑下的原因。

二、研究目的

研究液體順棒子引流而下時，若改變棒子材質、粗細、傾斜角度等變因來測試液體滑下速率變化的狀況。

(一) 探討蒸餾水在不同材質平面上，測出接觸角與相對摩擦力大小等因素如何影響速率？

(二) 探討使用同材質棒子，不同粗細及不同傾斜狀況讓蒸餾水流下，速率分別為何？

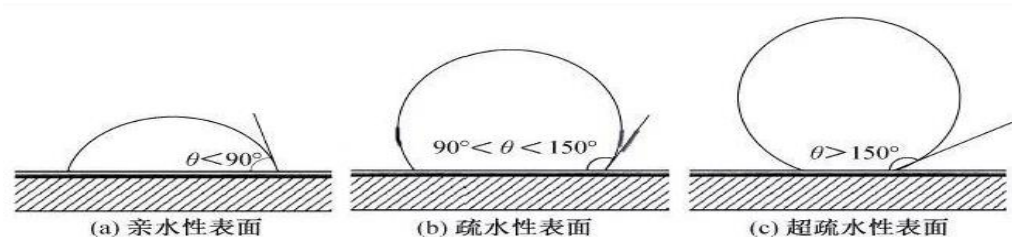
(三) 探討不同材質棒子，在相同直徑粗細及不同傾斜狀況時，蒸餾水滑下速率有何不同？

三、文獻回顧

(一) 何謂接觸角?

接觸角（英語：**contact angle**）是意指在液體/氣體界面接觸固體表面而形成的夾角。接觸角測量可由接觸角量角器所測得。

從簡單的數據來說，親水性的水接觸角小於 90 度。疏水性的水接觸角大於 90 度，小於 150 度，超疏水性的水接觸角大於 150 度。



(二) 層流與紊流

層流（英語：**Laminar flow**），為流體的一種流動狀態。當流速很小時，流體分層流動，互不混合或很少部分混合稱為層流，或稱為片流，是穩定流動狀態；逐漸增加流速，流體的流線開始出現波浪狀的擺動，擺動的頻率及振幅隨流速的增加而增加，此種流況稱為過渡流；當流速增加到很大時，流線不再清楚可辨，流場中有許多小漩渦，稱為湍流，又稱為亂流、擾流或紊流，是不穩定流動狀態。

(三) 摩擦力

摩擦力（英語：**friction**）指兩個表面接觸的粗糙物體相對運動或存在相對運動趨勢時阻礙它們的相對運動的力，是經典力學的一個名詞。廣義地，物體在液體和氣體中運動時也受到摩擦力。

摩擦力產生的情形：



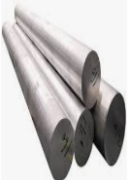
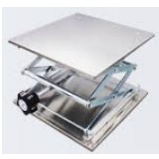
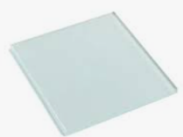
一物體在另一個物體表面上滑動或將要滑動時，兩個物體在接觸面上會產生阻止相對運動的作用力，這種作用力稱為摩擦力。物體在靜止或運動狀態，均可能在接觸面上產生摩擦力

(四)滾動角

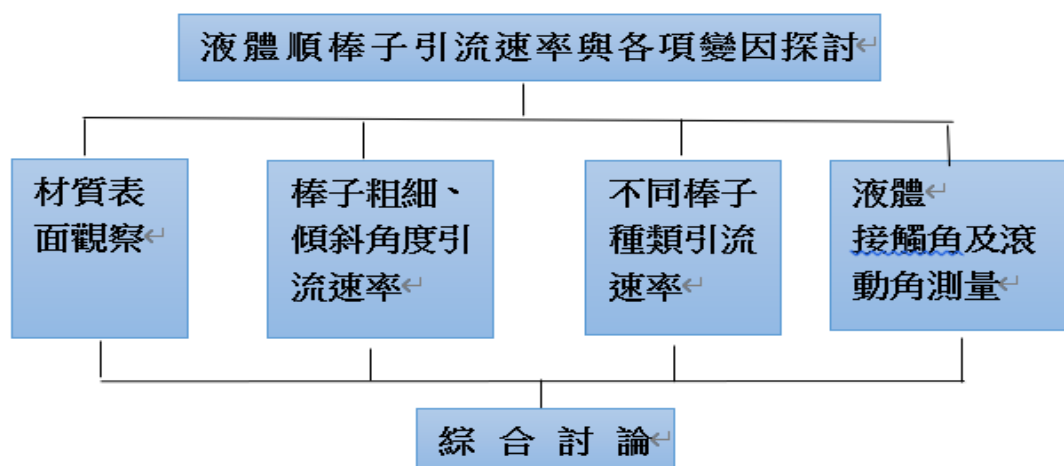
滾動角是指液滴在傾斜表面上剛好發生滾動時，傾斜表面與水平面所形成的臨界角度，疏水性越強，滾動角越小。

貳、研究設備與器材

一、研究器材如下表：

			
玻棒(粗 10mm 中 6mm 細 3mm)	松木棒(10mm)	鋁棒(10mm)	鐵架及試管夾
			
平板電腦	電子秤	量角器	滴管
			
燒杯	升降台	滴定管	漏斗
			
松木板	玻璃片	鋁片	游標卡尺

參、研究過程與方法

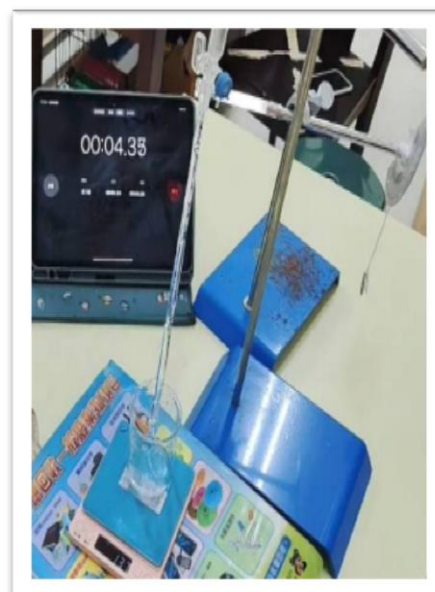
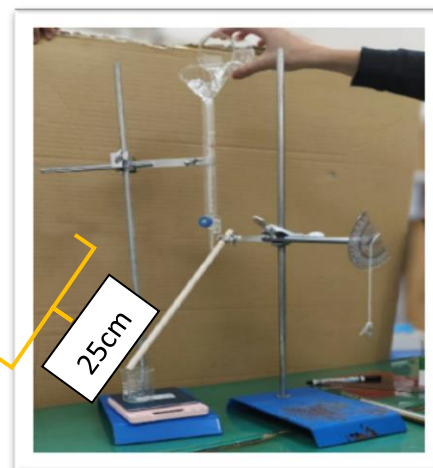


一、研究架構

二、實驗方法:

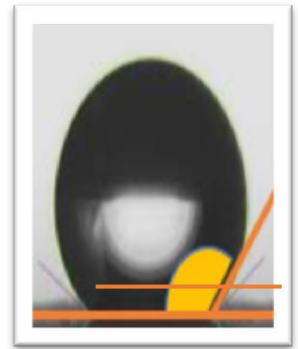
(一) 自製液體引流速率實驗模組

1. 酒精清潔棒子，橫桿夾子一端夾棒子，另一端固定上量角器及一鉛錘重物以便利確定棒子傾斜角度大小。
2. 棒子上方置放滴定管及漏斗，以便利穩定倒下液體，流過 25 公分。
3. 棒子下端置放燒杯及電子秤，平板電腦充當計時器；用手機拍攝，倒下液體後液體順棒子流至燒杯內液體影片。
4. 查看並記錄影片中電子秤由 0 克增至 20 克過程平板電腦顯示的時間長度。(因平板電腦時間紀錄可更精密到小數第二位) 測得時間倒數即可視為流速快慢。



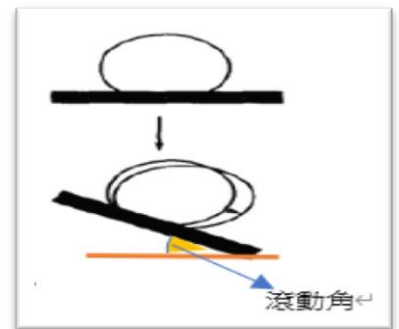
（二）接觸角測量

1. 準備樣本：使用酒精清潔玻璃片、木板及鋁片，晾乾後放置於水平桌面上。
2. 使用滴管，在樣本表面滴加固定體積的水滴，確保水滴緩慢接觸表面避免產生衝擊影響形狀。
3. 拍攝影像：固定體積水滴，畫出接觸角並測量。



（三）滾動角測量：

1. 準備樣本：使用酒精清潔玻璃片、木板及鋁片，晾乾後放置於水平桌面上。
2. 使用滴管，在樣本表面滴加固定體積的水滴。確保水滴緩慢接觸表面；將平面利用升降台慢慢往上抬至液體恰可落下；拍攝過程後擷取液體恰滑下圖片並測出滾動角。滾動角大表示摩擦力大。



三、實驗過程

(實驗一): 拍攝不同材質棒子表面並敘述出表面性質。

(實驗二): 使用不同材質平面測量接觸角大小。

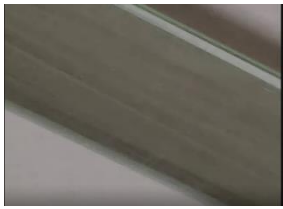
(實驗三): 使用不同材質平面測量滾動角大小。

(實驗四): 使用不同粗細玻璃棒在不同傾斜度時引流蒸餾水流下；敘述流動狀況及記錄時間。

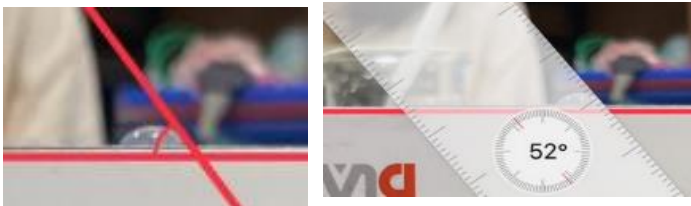
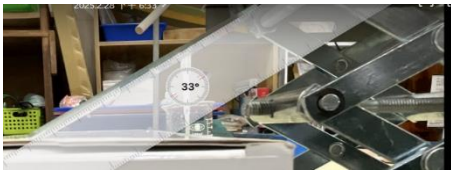
(實驗五): 使用不同材質相同粗細玻璃棒引流蒸餾水流下；敘述流動狀況及記錄時間。

肆、研究結果

一、觀察實驗材料表面

種類	圖片	說 明
木棒		表面有微凹得條痕，每條條痕都排列有序整齊。
鋁棒		表面有深淺不一的條痕，且每條條痕疏密不一無規律排列。
玻棒		透明光滑無痕。
木片		孔洞散佈。
鋁片		凹凸無不平且有明顯紋路。
玻璃片		透明光滑無痕。

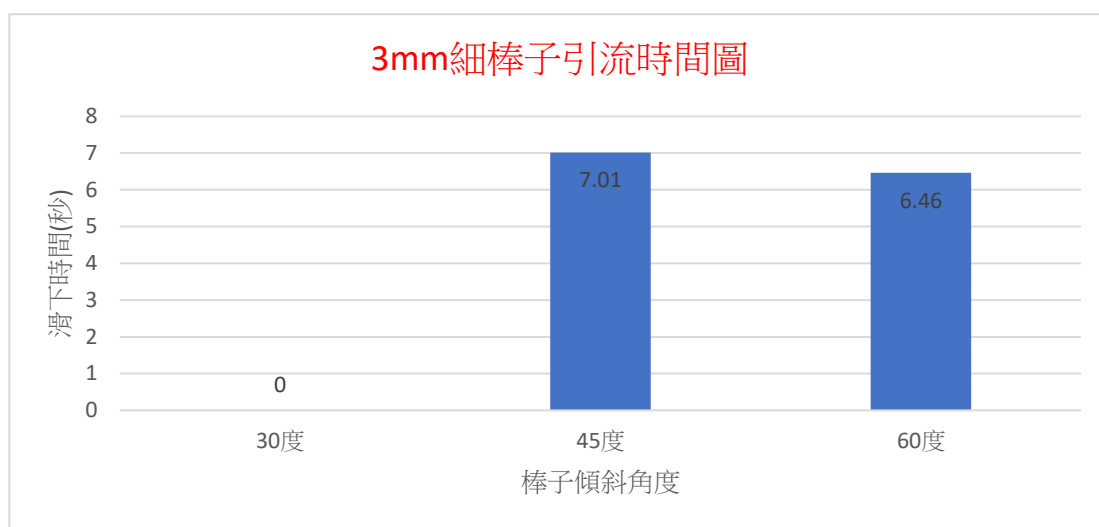
二、接觸角及滾動角的測量及觀察

種類	圖片	說 明
木板 接觸角		24 度
鋁板 接觸角		52 度
玻璃片 接觸角		28 度
木片 滾動角		水分潤濕到 木片無法觀 察到滑下現 象
鋁片 滾動角		22 度
玻璃片 滾動角		33 度

三、我們將不同粗細玻璃棒引流蒸餾水流下後，結果如下表所示

1、**細玻璃棒直徑 3mm 流動結果**

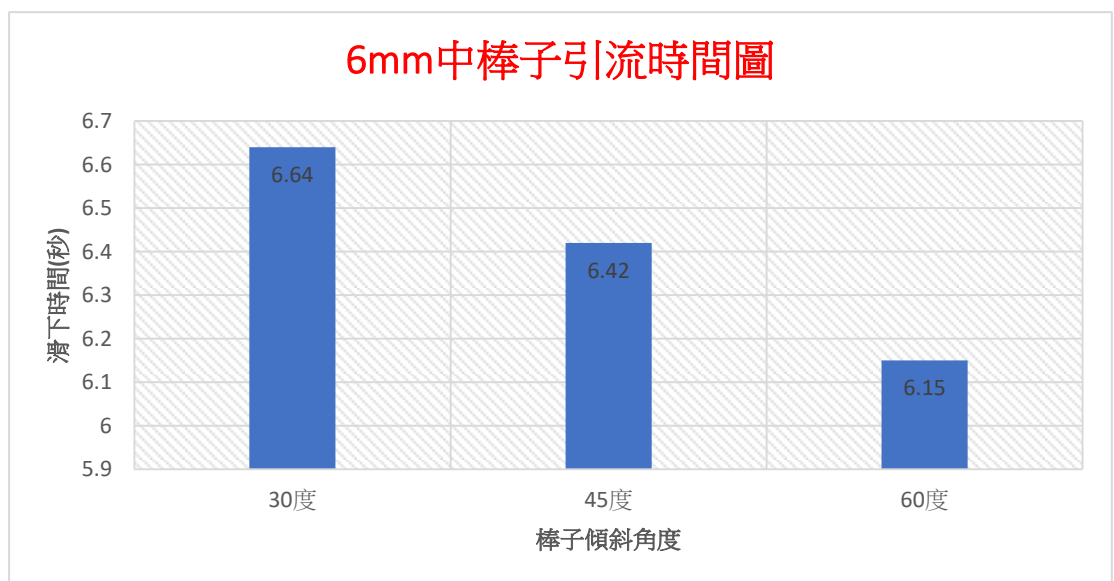
實驗時間 (秒) 傾斜角度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均 速率
30 度	都濺出無法順利滑下					
45 度	6.95	7.16	6.90	7.17	6.85	7.01
60 度	6.60	6.65	6.68	6.51	6.75	6.64



細玻璃棒在 30 度時水無法順利留下，傾斜角度加大在 45 度及 60 度時均可順利流下，且角度越大快時間越短。可見太細的玻璃棒在小角度時是不利水順利流下的(這是滴定管讓水流下速度控制開關全開時，或許控制滴定管更慢速流下，實驗結果會不同)。這也可能因管子細小面積通道狹窄，水要流下擁擠，阻力增加，下下滑的重力無法克服所以就造成湍流現象，水就無法順利滑下。

2、中玻璃直徑 6mm 流動結果

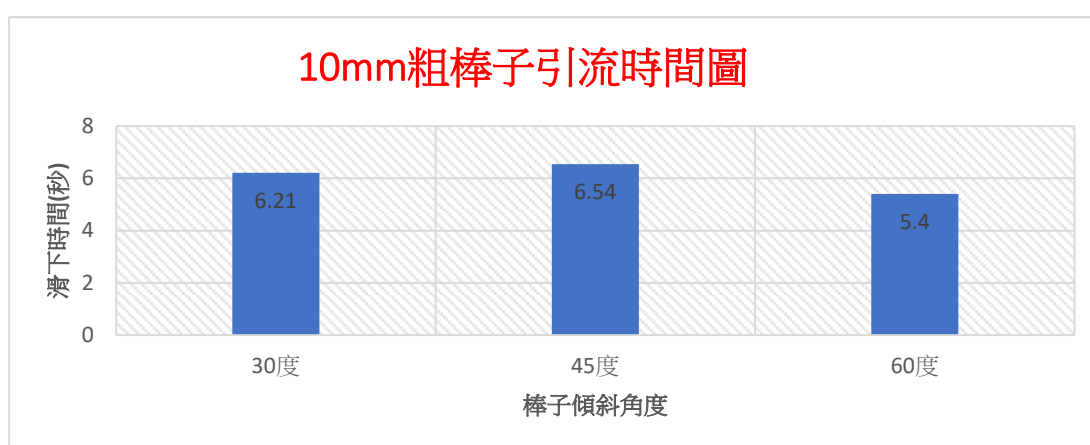
實驗速率 (秒) 傾斜角度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均速率
30 度	6.59	6.70	6.68	6.57	6.66	6.64
45 度	6.47	6.46	6.37	6.41	6.39	6.42
60 度	6.17	6.15	6.12	6.09	6.23	6.15



水流下順暢，且傾斜角度越大時間越短，速率越快。且觀察到水都會繞棒子旋繞而下並非都順棒子直直滑下；角度越大時全程繞出的圈數少。這現象應是物理上的康達效應。

3、粗玻璃直徑 10mm 流動結果

實驗速率 (秒) 傾斜角度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均速率
30 度	6.14	6.13	6.28	6.24	6.28	6.21
45 度	6.55	6.58	6.57	6.53	6.48	6.54
60 度	5.51	5.51	5.24	5.43	5.32	5.40

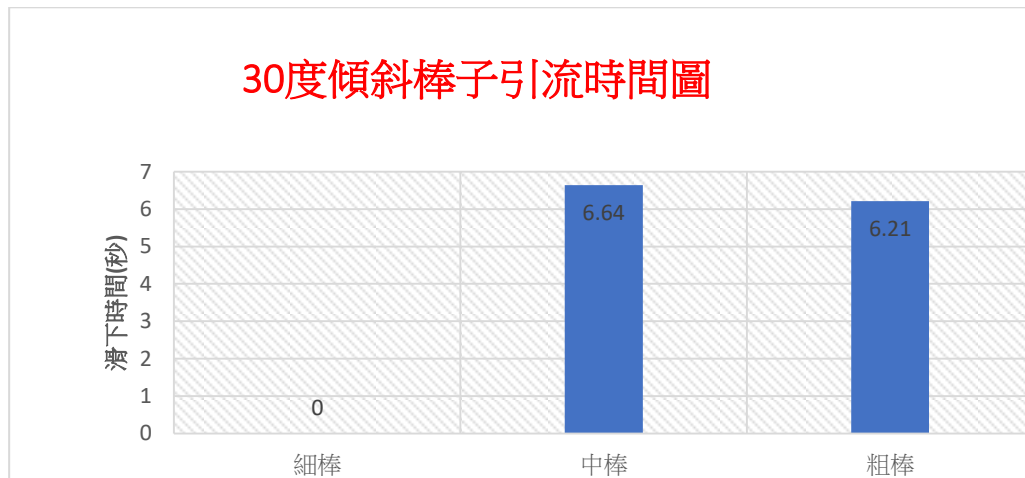


水流下順暢，且傾斜角度越大時間越短，速率越快。但在 30 度及 45 度時速率並非這樣，實驗過程中我們觀察到 30 度時非常有趣的是水在玻璃棒下緣順勢流下並沒繞圈現象；但到了 45 度角水就有繞圈滑下，60 度時也是繞圈滑下但圈數較 45 度少。思考其中原因，30 度時水滑下因摩擦力削弱了向下的速度，使得他無法有足夠慣性往上繞圈，但 45 度時向下速度加大，產生足夠繞圈而下的速度，但路徑長增加所以時間較久。到了 60 度時更加大了向下速率且圈數減少，於是速率更快時間最短。

不過整體來說，若可順利流下時角度大時間短速率快是必然的。

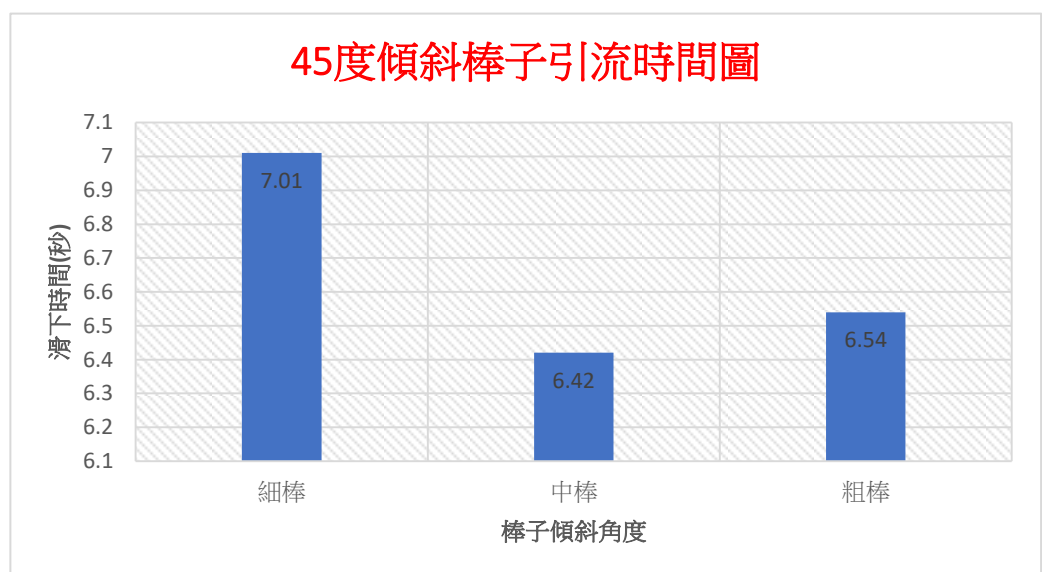
4、若以上資料，交叉分析看相同傾斜角度時，不同粗細波棒又可告訴我們甚麼呢？

(1)30 度傾斜時粗細不同棒子:



太細小棒子無法順利滑下，但越粗的玻棒速率越快時間越短。水流下時，粗棒子阻力少，越易順利滑下。

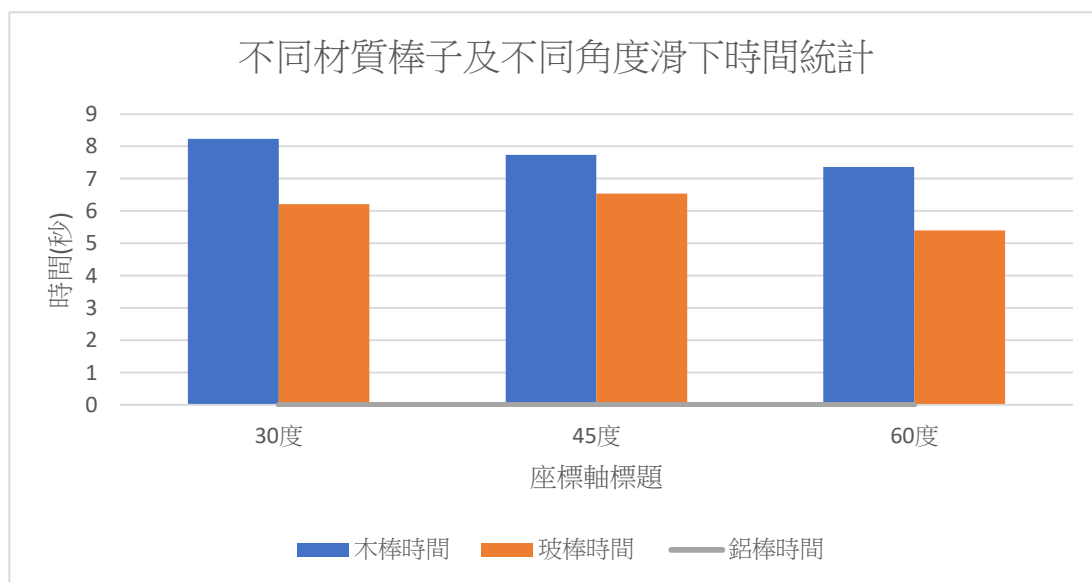
(2) 45 度傾斜時粗細不同棒子:



45 度時中棒時間些微的快了一些，但這差別不大，應是誤差的部分。但基本上粗細之間還是細棒慢，粗棒快。

5、相同直徑 10mm 不同材質流動結果

實驗速率 (秒) 傾斜角度		第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均 時間
30 度	木棒	8.04	8.15	8.20	8.34	8.40	8.23
	玻棒	6.14	6.13	6.28	6.24	6.28	6.21
	鋁棒	濺出無法順利滑下					
45 度	木棒	7.97	7.51	7.77	7.56	7.88	7.74
	玻棒	6.55	6.58	6.57	6.53	6.48	6.54
	鋁棒	濺出無法順利滑下					
60 度	木棒	7.30	7.38	7.25	7.35	7.54	7.36
	玻棒	5.51	5.51	5.24	5.43	5.32	5.40
	鋁棒	濺出無法順利滑下					



可看出鋁棒因表面的深淺痕紋，加上不規則的排列所以表面複雜，導致水很難順利滑下，以 0 秒計。而木棒雖有條痕，也相當有親水性，所以摩擦力也很大。水滑下時耗時最多，而角度大滑下慢。玻棒接觸角小親水性小於木棒故液體摩擦力較小，流下時間會比木棒快一些。

伍、討論

一、實驗起初遇到的問題與解決:

1.實際問題 1:水不易順著棒子平順滑下，滴濺到桌上。

解決方法 1:將滴定管盡可能靠近棒子中間位置後果然水可順利滑下。

2.實際問題 2: 滑下時如何確定穩定流量？實驗初期直接用手機的馬錶如何確定流速大小？

解決方法 2:開始實驗前將滴定管控制水流量開關閥開到固定位置並在管子上方放一個漏斗一次倒入約 30ml 蒸餾水，水流即可穩定流下。另外水流棒子上速度測量問題；我們將棒子下方放一電子天平並在天平上置放收集水的燒杯，歸零後，裝置旁擺放一平板電腦充當計時工具，拍攝留下水留下過程，擷取拍攝影片電子天平 0-20 克的時間差，如此即可非常精準測出流下 20 可水需要的時間來表示速度。

3.實際問題 3:棒子傾斜角度測量不易。

解決方法 3:夾棒子的鐵夾另一端黏上量角器及綁繩子的重物。當旋轉鐵夾至棒子所需傾斜角度即可從量角器與重物的錘線推測出棒子與地面夾角。

二、關於玻璃棒、鋁棒、木棒及玻片、鋁片、木片材質表面一致性問題；實驗起初設定，相同材質棒子及片狀材質間接觸面狀況應當一致，如此才更可去判斷液體滑下時，其速率與順暢程度跟接觸角、滾動角間的相互關係；但手機攝影放大來看，相同材質棒子及片狀材質實際表現上的狀況很難一致，尤其鋁棒的表面，有深淺不一的條橫，而鋁片較平整。木棒及木片紋路比較一致但有淺淺的規律條紋。以上觀察在實驗中是也可能是影響實驗的隱藏變因。

陸、結論

- 一、水流沿棒子流下時影響速率的因素有很多，例如:傾棒子斜斜程度、棒子材質、接觸面的摩擦力、水流速度，甚至液體種類、液體溫度、棒子乾淨程度都可能影響到流下速率。
- 二、在實驗前務必酒精擦拭實驗材料及板子以避免表面髒污會影響實驗結果。
- 三、液體順著棒子流下時並非預期地直直流下，幾乎會繞著棒子流下，而且傾斜程度小繞的圈數較多，這跟流體力中流體順著曲狀接觸面會有貼著表面繞行的運動模式。實驗中能否順利流下呢？實際影響的物理因素還包含:摩擦力、重力分力、接觸角、親水性、疏水性等等。
- 四、粗糙凹凸不平的表面(鋁棒)是不行的，實驗時水都無法順棒子流下。但若紋路不深且規律的木棒，水反而流動時表面有形成薄膜，摩擦力雖讓它變慢但還是可順利流下。或許將來可研究怎樣在表面做物理或化學處理也可讓水讓鋁棒上順利流下。
- 五、玻棒是實驗室很常用的器具，通常用於攪拌或引流。它太細時水在棒子表面擁擠，附著機會小，所以無法順暢。或許控制水流從滴定管流下慢速點可能就可順利了。中棒子都很順利但不是最快滑下。
- 六、粗玻璃棒子是最有趣的。它在小角度時反而水不繞轉流動，顯然慣性不足無法繞轉，等角度大到一程度即可繞成功。且相同流速下，粗玻棒傾斜越大流下速度就會越快。
- 七、當玻棒平行地面讓水在棒子一端流下時，無疑的水都會滴到地面；但慢慢傾斜棒子必定到某個角度就會順棒子流下甚至繞棒子流下。水流速度及棒子粗細必定有著緊密因果關係。
- 八、礙於學習所知有限及設備上的限制，加上文獻探討有限；對於這實驗未來我們還期望能繼續努力更深入實驗，驗證更多可能性；例如:滴定管流下水的水量變化、液體的種類、液體溫度..等讓這流動的問題能夠更有明確數字來敘述流動狀況。

柒、參考資料

一、維基百科接觸角

<<<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%8E%A5%E8%A7%B8%E8%A7%>>>

二、維基百科層流

<< <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%B1%82%E6%B5%81>>>

三、維基百科—摩擦力。

<< <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%91%A9%E6%93%A6%E5%8A%9B>>>

四、中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書 翻滾吧水滴－奈米碳黑砂紙疏水性質與水滴在其表面滾動機制之探討。

<< <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-051806.pdf>>>