

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：奈米安蓮~探討接觸面角度對材料表面疏水性之關聯

一、摘要：

近幾年來，「奈米」已悄悄的走入我們生活中，蓮葉便是奈米科技應用的例子。蓮葉表面有著大小約 5~15 微米的乳突狀結構，其上覆有奈米級類似纖毛結構，此奈米級表面結構使蓮葉而能具有超疏水與自潔的特性。除了欲設計出模仿蓮葉結構的材料，我們也想利用實驗驗證接觸面角度對疏水性影響。

本研究第一個主題對於各材質表面的設計和接觸面角度進行探討。利用食人魚洗液清潔材料，在利用正己烷和氯仿的混合溶液，針對材料表面進行疏水性處理，使表面呈現不同的微結構。並將製作完成後的各種材料，使用儀器測量其附著水滴與界面的接觸角度，以探討上述兩種溶液的浸泡時間對材料表面接觸角度的影響。第二個主題是實驗不同接觸面角度材質使液體附著程度之關係。透過主題一量測接觸夾角來分析各材質介面，並藉由微量滴管控制在表面上的水滴滴量，然後用震動或外力方式使水滴脫落，量測質量差推測殘餘的水量，推論出材料表面相對的疏水程度。

由實驗結果可看出，浸泡食人魚溶液時間越長的表面清潔效果越佳，測出之接觸角也越大。經測量各種生活中的材料後，也發現表面較粗糙的材料接觸角度較大。於是我們推測將矽晶片、玻璃片和塑膠片浸泡不同的溶液後，可能使粗糙度增加，接觸角度也變大。在欲探討接觸角度使液體附著程度關聯的部分，幾種實驗方式中可以稍微呈現出角度愈大，疏水性愈大的趨勢。

二、探究題目與動機

小時候的我們總喜歡把水往荷葉上倒，再看著水滴從葉片滑落。國中時才了解這樣的現象稱作蓮葉效應。高一化學課中便提到蓮花效應其實和接觸角度大小有很大的關聯，接觸角與表面能攸關材料親水或疏水的能力。

生活中也有許多的研究是藉由改變材質的粗糙程度使接觸角改變，進而達到「疏水」的目的。但我們在閱讀這些相關的文獻資料後便開始反思：平面的表面接觸角是否真的與親水或疏水的性質絕對相關？於是我們便著手設計實驗來驗證此關聯。

三、探究目的與假設

一、探究目的

1. 實驗驗證接觸面角度對疏水性的影響
2. 經疏水處理後的材料是否能有效防止水滴吸附其上
3. 生活中常見材質之疏水測試
4. 探討化學性質的不同介面溶劑對材料表面的作用

二、探究假設

1. 液體與水平面之接觸角越大則越疏水
2. 疏水處理後材料相對處理前疏水程度會有顯著的增加
3. 疏水性表面受外力時較易使水滴滾動
4. 對表面附著程度越大者，水滴滑落時殘留的水量越多

四、探究方法與驗證步驟

一、探究原理

1. 接觸角定義:

當液體和固體接觸時其間存在界面，液體切線和平面之間的角度稱為接觸角 θ 。

2. 疏水性處理:

(1) Piranha 溶液(食人魚洗液)材料清潔:

一般是將濃硫酸(95%-98%)與濃過氧化氫溶液(~30%)按照體積比3:1混合的洗液由於它自身的強氧化性，該洗液經常用於去除載體上的有機殘留物。在去除大多數的有機物質同時，往往在載體表面實行羥基化($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^- + \text{O}$)，使得載體表面上極其親水。

(2) 正己烷-氯仿混合溶液浸泡:

正己烷-氯仿混合溶液作為溶劑，可用來溶解可以產生塗層的聚合物(相分離)，使介面極性減小而變得較為疏水。

3. 粗糙度對接觸角的影響:

粗糙度的影響取決於液滴是否會潤濕表面凹槽，或者是否會在液滴和表面之間留下氣泡。在 Wenzel 狀態下，增加表面粗糙度將增強由表面化學性質引起的潤濕性。Wenzel 的相關性可以寫為

$$\cos(\theta_m) = r \cos(\theta_Y)$$

其中 θ_m 是測量的接觸角， θ_Y 是楊氏接觸角， r 是粗糙度比。粗糙度比定義實際和投影固體表面積間的比率。

4. 表面張力對接觸角的影響:

楊格方程式(en:Young-Laplace equation)：

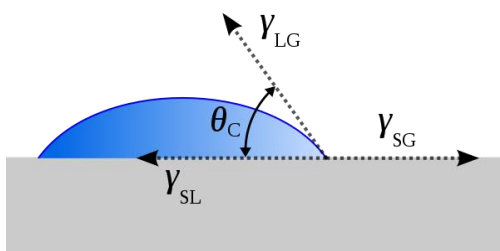
氣-固界面張力 - 液-固界面張力 = 氣-液界面張力 \times 接觸角的餘弦函式。

其中， γ_{SG} = 固體和氣體之間表面張力

γ_{SL} = 固體和液體之間表面張力

γ_{LG} = 液體和氣體之間表面張力

$$\gamma_{SG} = \gamma_{SL} + \gamma_{LG} \cos \theta$$



二、材料表面處理

實驗材料: 塑膠片、玻璃片、矽晶片

實驗器材: 硫酸 98%、雙氧水 35%、正己烷 75%、氯仿 25%、鑷子、氮氣槍、棉花棒、容量瓶、蠟封膜

實驗步驟:

1. 裁切材料成小塊狀，並將材料利用沾水的棉花棒清潔擦拭
2. 再利用清水柱清洗表面，使基材表面完全濕潤
3. 配置食人魚洗液(35%雙氧水與98%硫酸比例為1:3)，將乾淨的材料放入溶液中浸泡並計時
4. 配置75%正己烷和25%氯仿的溶液，比例為1:3

- 將浸泡食人魚洗液一段時間後的材料取出，用清水沖洗，利用氮氣槍把材料表面的水滴吹落
- 將材料置入第 4 步驟調配好的溶液中，浸泡固定時間後取出清潔

三、接觸角度測量

實驗器材: 電腦程式 Magic Droplet、接觸角測量儀、水、鑷子

實驗步驟:

- 開啟電腦中 Magic Droplet 程式，並連結接觸角量測儀，將材料放置在測量台上
- 轉動控制水滴的轉輪、調整測量台高度，使水滴滴附在材料表面
- 調整水珠的水平線，使電腦程式掃描水珠邊緣，按下測量鍵後即可得到接觸角度
- 拍照記錄水珠附著情形、紀錄水珠與材料的接觸面夾角

四、液體附著程度實驗

實驗材料: 塑膠片、牛仔布、矽晶片、紙箱片、口罩、微量吸管

實驗器材: 燒杯、鑷子、吹風機、棉花棒、水、小數點後四位的電子磅秤、無絮衛生紙

實驗一 - 利用吹風機探討水滴附著性

- 材料放置磅秤上並滴上 500 μ l 的水後秤重
- 在距離吹風機五公分處放置衛生紙，並將材料放置衛生紙上最靠近吹風機處
- 用鑷子固定好後，將風量開至最強、冷風吹 10 秒
- 最後將材料秤重後測量質量差即可

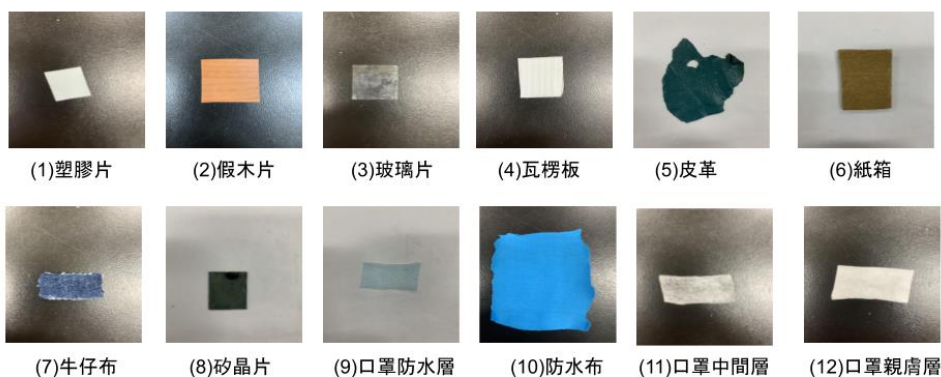
實驗二 - 浸泡後的材料質量差

- 秤量材料原重
- 浸泡水 5 秒後拿起
- 測量質量並計算質量差

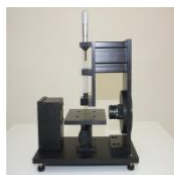
實驗三 - 垂直架立使水珠滑落

- 材料放置磅秤上並滴上 500 μ l 的水後秤重
- 垂直架立 10 秒
- 測量質量並計算質量差

實驗材料照片



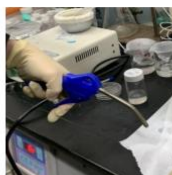
實驗器材照片



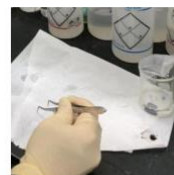
(1)水滴角量測儀



(2)微量滴管



(3)氮氣槍



(4)鑷子



(5)燒杯



(6)吹風機



(7)棉花棒



(8)電子磅秤



(9)無絮衛生紙

五、結論與生活應用

一、實驗數據

控制變因: 浸泡3小時正己烷-氯仿溶液

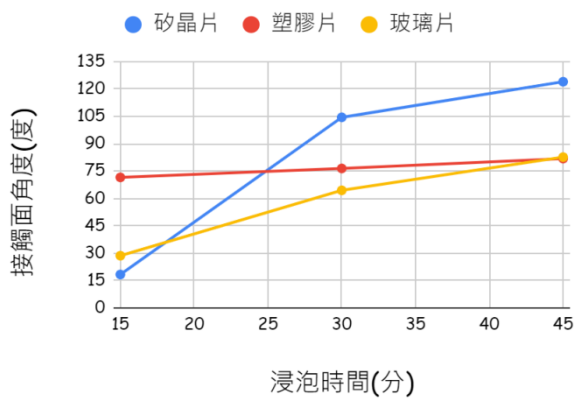
浸泡15分鐘食人魚酸	平均角度	浸泡30分鐘食人魚洗液	平均角度	浸泡45分鐘食人魚洗液	平均角度
矽晶圓1	23.0	矽晶圓1	104.4	矽晶圓1	123.6
塑膠片1	71.5	塑膠片1	75.2	塑膠片1	81.5
塑膠片2	83.75	塑膠片2	82	塑膠片2	85.75
玻璃片1	65.3	玻璃片1	78	玻璃片1	79.25
玻璃片2	42.75	玻璃片2	64.85	玻璃片2	81.6

控制變因: 浸泡45分鐘食人魚溶液

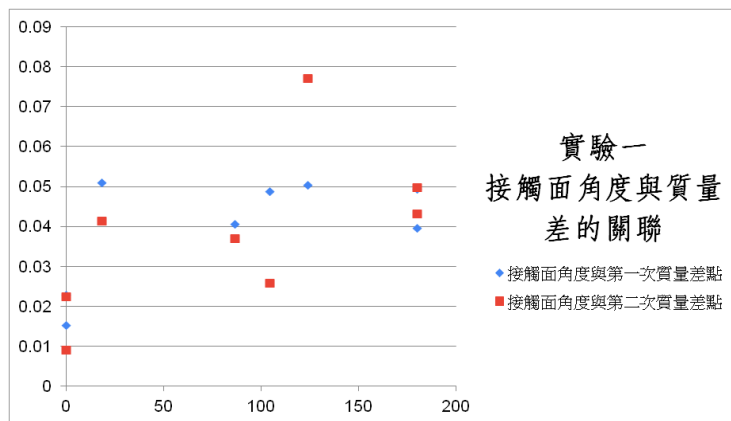
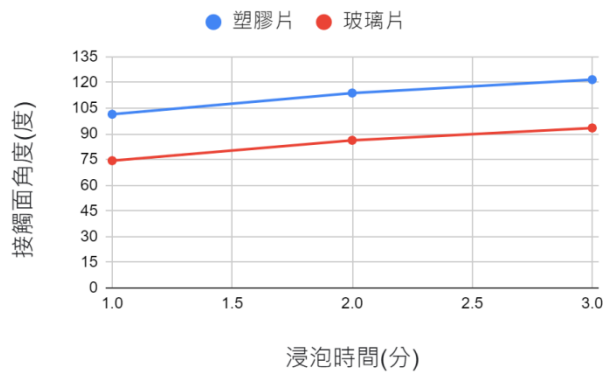
浸泡1小時75%正己烷和25%氯仿的溶液	平均角度	浸泡2小時75%正己烷和25%氯仿的溶液	平均角度	浸泡3小時75%正己烷和25%氯仿的溶液	平均角度
塑膠片1	100.35	塑膠片1	109.6	塑膠片1	119.3
塑膠片2	101.55	塑膠片2	113.6	塑膠片2	121.5
玻璃片1	75.65	玻璃片1	86.25	玻璃片1	93
玻璃片2	73	玻璃片2	87.6	玻璃片2	93.9

二、實驗圖表

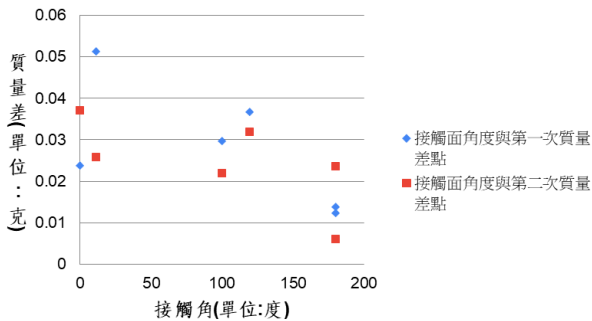
各材料浸泡食人魚溶液時間與接觸面角度之關係圖



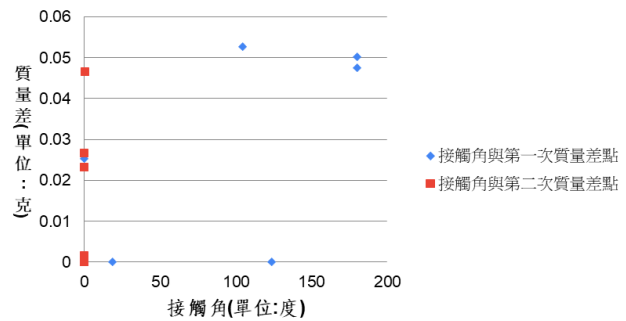
各材料浸泡正己烷-氯仿溶液時間與接觸面角度之關係圖



實驗二 - 接觸面角度與質量差的關係圖



實驗三 - 接觸面角度與質量差的關係圖



三、討論與結論

討論

1. 材料表面處理討論

由 [材料表面處理 - 改變不同材料浸泡的時間] 可看出，浸泡食人魚溶液時間越長的表面清潔效果越佳，同一材料測出之接觸角也越大；另外浸泡正己烷和的混合溶液越久，與水滴之接觸角也越大。比較浸泡兩種不同溶液的對材料之影響，可看出改變浸泡食人魚酸溶液對接觸角的影響較明顯，可知清潔程度影響疏水程度更甚。

2. 接觸角度討論

經測量各種生活中的材料後，我們發現表面較粗糙的材料接觸角度較大。於是我們推測將矽晶片、玻璃片和塑膠片浸泡不同的溶液後，可能使其表面產生微結構而使粗糙度增加，接觸角度也變大。但我們也發現剛滴上材料之水滴來測量角度其實不一定正確，例如：紙箱剛滴上水時，水滴與紙箱的接觸角度很大，但經由一段時間後水會滲入紙箱，使接觸角度變小。

3. 液體附著程度實驗討論

由接觸角與疏水程度實驗可觀察到，實驗一的接觸面角度與質量差成正相關，但相關係數不大。實驗一符合假設程度較高，可能與所施外力大小提升差距的效能有關。實驗二、三推測可能因設計時未考量到材料之表面不同可能影響使水珠對材料之吸附力、水珠之內聚力，造成實驗誤差，或因鑷子夾取材料時可能刮傷材料表面或沾附些許水滴。而實驗三量測過程中可能因受震動或傾斜角度不同導致條件不一。另外，我們測試後發現我們當初設計第三個實驗時並未把某些材料對水珠的附著力過大的情況考慮進去，因此有許多較疏水的材料經過浸泡後的質量和實驗後仍維持原重等情形。

結論

本研究藉由特定溶液對材料的作用推得並驗證出處理表面的條件，從電腦分析水滴的接觸角度也使我們能微觀液體在材料表面的附著情形。在欲探討接觸角度使液體附著程度關聯的部分，幾種實驗方式中可以稍微呈現出角度愈大，疏水性愈大的趨勢，但仍顯示出疏水程度與許多材質表面條件相關，例如塵污殘留量、疏水層穩定度...等，無法使結果單一歸於接觸面的角度。

參考資料

神奇的超疏水材料：我虐水滴千百遍，水滴待我如初戀 <https://kknews.cc/tech/5g696.html>

2.1 表面接觸角的介紹 <chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjcglicfindmkaj/>

020020 表面粗糙結構對疏水性影響之應用與研究

塗料疏水劑水在塗膜表面的接觸角增大，提高其疏水性

<https://read01.com/zh-tw/OAdzyBA.html#.Yk-FK1VBzIU>

配置食人魚洗液 (piranha 溶液) <https://www.yamab2b.com/how/98240.html>