

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 化學科

第二名

050208

三乙氧基辛基矽烷與二氧化鈦反應之疏水性探討

學校名稱：新北市立中和高級中學

作者： 高二 陳昱婷 高二 陳宛煖 高二 鄭芷容	指導老師： 劉宗憲
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：疏水、去汙、自清潔

摘要

本次實驗主要在於疏水塗層，透過在實驗室裡做出三乙氧基辛基矽烷與二氧化鈦反應生成的疏水塗料，將此疏水塗料沉積在清潔基板上，用不同的材質去沉積疏水塗料，比較不同材質的附著性，我們發現清潔基板要使用霧面玻璃，並且搭配重量百分比濃度約為 11.3% 的異丙醇溶液，或著將塗料塗到第三層，再搭配通風櫥抽乾，所顯現出的疏水效果會最明顯，接著探討疏水塗層的自清潔與應用在水泥與瓷磚上，再探討疏水塗層抑制黴菌生長。

壹、研究動機

我們在學校走廊邊的洗手台上發現有一塊瓷磚非常特別，它具有疏水的效果，以及在荷葉上有疏水效果與市面上的防水噴霧有防水效果，於是我們找老師討論並且在網路上找尋相關資料，想要嘗試自己做出疏水塗層，並且研究適合做出疏水塗層的材質與方法，以及探討將疏水塗層在生活上的應用。



▲圖一：學校走廊邊的洗手台上

貳、研究目的

- 一、做出成功的疏水塗層
- 二、研究出最好的材質與方法做出疏水性塗層
- 三、研究出疏水塗層的自清潔特性
- 四、抑制黴菌生長
- 五、應用於水泥與瓷磚材質的探討

參、研究設備及器材

- 一、實驗藥品：異丙醇、丙酮、二氧化鈦、三乙氧基（辛基）矽烷、甲基橙
- 二、實驗器材：載玻片、霧面玻璃、玻璃培養皿、鏡子、鐵粉、單頸燒杯、霧面玻璃貼(圖二)、鏡子貼紙(圖三)、塑膠培養皿、電子天平、超聲波震盪器、旋轉蒸發儀、滴管、抽風櫥、智慧型手機、烤箱、錐形瓶、量筒、燒杯、刮勺、量角器、磁鐵、鐵粉、剪刀、水彩、水泥、洋菜粉、瓷磚、刷子



▲圖二：霧面玻璃貼



▲圖三：鏡子貼紙

肆、研究過程或方法

這次的實驗我們主要做了五個實驗，如下列

一、三乙氧基(辛基)矽烷和二氧化鈦反應：

一：用量筒量出 50 毫升的異丙醇倒入 200 毫升的單頸燒瓶

二：用電子天平量出 0.5 公克的二氧化鈦倒入單頸燒瓶中

三：把單頸燒瓶放入超聲波震盪器震 5 分鐘

四：加入五滴三乙氧基(辛基)矽烷到單頸燒瓶中

五：將單頸燒瓶放置旋轉蒸發儀裡，調整到 200 轉速並加熱到 50°C

六：連接真空管，抽出異丙醇(約 30 分鐘)

七：用刮勺刮出內部的疏水塗層並收集



▲圖四：把單頸燒瓶放入超聲波震盪器



▲圖五：單頸燒瓶放置旋轉蒸發儀裡

二、浮動測試：

一：用小燒杯裝 1 毫升的水並取一些疏水粉末放入水中，測試其浮動性

三、薄膜沉積：

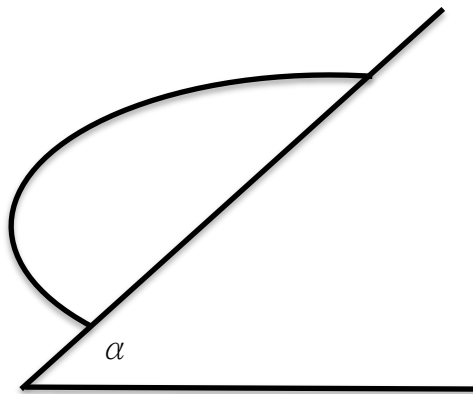
一：用丙酮清潔玻璃

二：量 0.05 公克的疏水粉末與 5 毫升的異丙醇，倒入小燒杯中

三：用超聲波震盪器震 5 分鐘

四：用滴鑄法將上述小燒杯的溶液附著在清潔基板上

五：重複上述步驟，將疏水粉末換成二氧化鈦再做一次並測試滾動角(圖六)



▲圖六：滾動角的示意圖

圖中 α 角為滾動角

四、自清潔功能：

甲基橙自清潔

一：用 2 毫升的甲基橙滴在鍍好疏水塗層的清潔基板上並均勻附著

二：倒掉多餘的甲基橙並用 10 毫升的水清潔

三：觀察疏水塗層的自清潔特性

黴菌自清潔

一：量出 0.5 克洋菜粉倒入玻璃培養皿

二：量 15 毫升的熱水倒入玻璃培養皿，並用玻棒攪拌

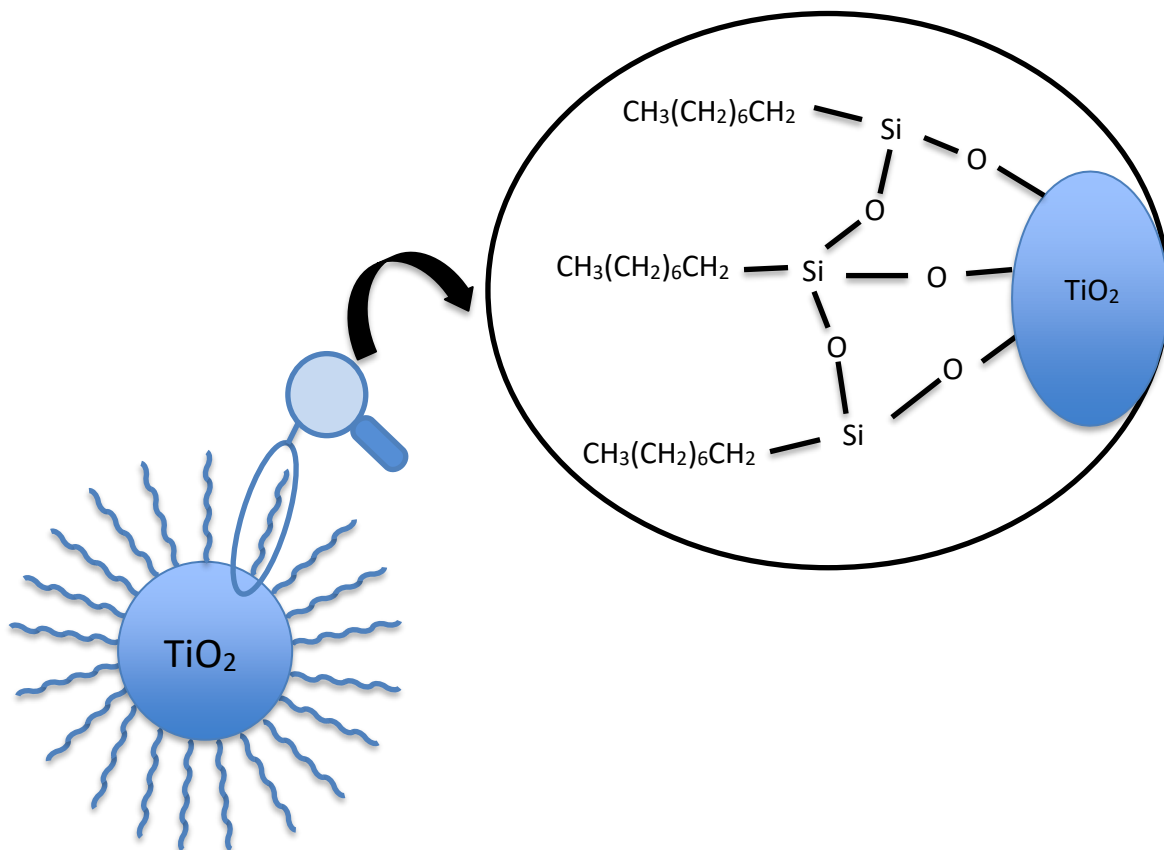
三：將洋菜凍切四塊相同大小，在其中一塊鍍上疏水塗層

四：將四塊洋菜凍放上等量的黴菌

五：四天過後，比較在照光下有塗矽烷修飾二氧化鈦塗層和沒塗以及沒照光下有塗矽烷修飾二氧化鈦塗層和沒塗的黴菌生長情形

五、三乙氧基辛基矽烷疏水性原理：

圖七為反應完成後的原理，因為長鏈的碳氫端為疏水端，而矽氧端跟二氧化鈦接合，導致此物質只有疏水端在外圍，達成很好的疏水性質。

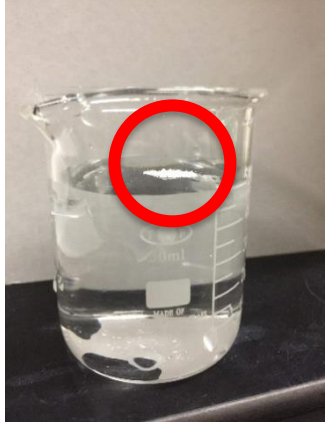


▲圖七：三乙氧基辛基矽烷疏水性的示意圖

伍、研究結果

一、疏水粉末測試

首先測試實驗出來的疏水粉末是否成功疏水化，如果成功的話，疏水粉末會浮在水面上並聚集在一起，我們試著去把它分散，幾秒鐘之後它還是會聚集在一起，這就代表成功了，反之失敗的話則會分散在水中並沉在水底，如下圖八、圖九所示：



▲圖八：成功的疏水粉末



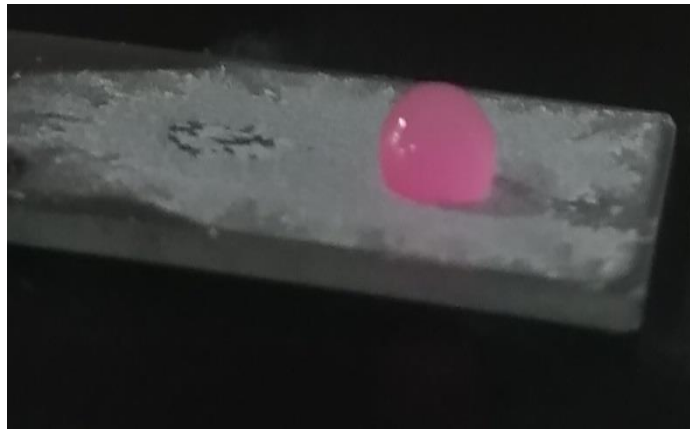
▲圖九：失敗的疏水粉末

二、疏水效果測試：

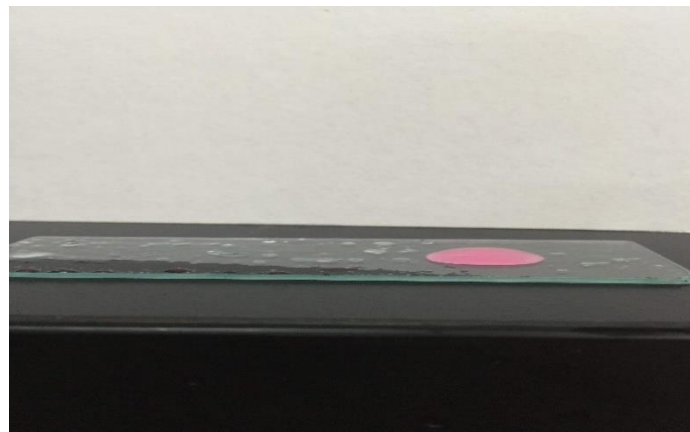
接著觀察水滴滴在矽烷修飾二氧化鈦塗層以及二氧化鈦塗層的差別，而滴在二氧化鈦塗層上則是會有扁掉的感覺(圖十)，水滴滴在矽烷修飾二氧化鈦塗層上會有立體的感覺(圖十一)，我們還有比較單純只塗三乙氧基辛基矽烷(圖十二)的滾動角大小。



▲圖十：二氧化鈦塗層(未疏水)(圈圈為滴在上面的水滴)



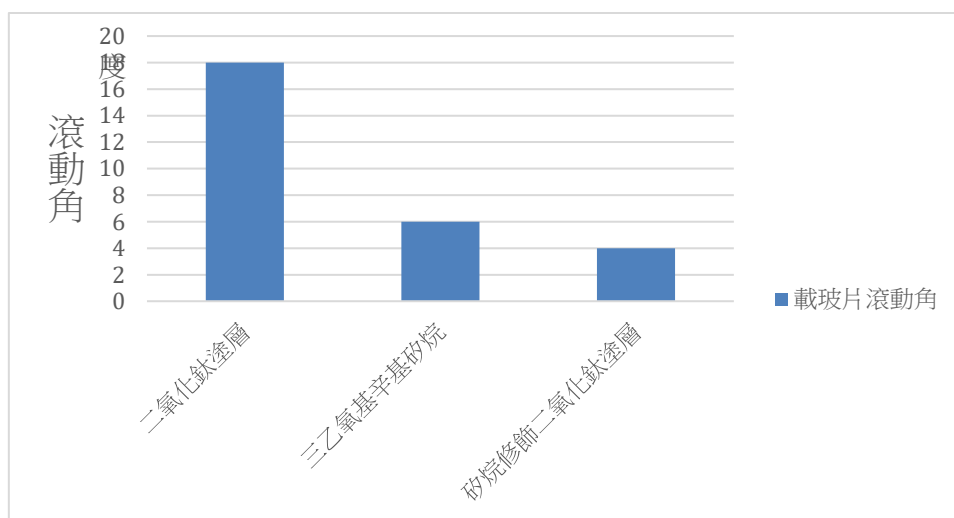
▲圖十一：矽烷修飾二氧化鈦塗層(疏水)



▲圖十二：塗三乙氧基辛基矽烷

▼表一：塗上不同塗層比較(度數為滾動角(度)如圖六介紹)

	二氧化鈦塗層	三乙氧基辛基矽烷	矽烷修飾二氧化鈦塗層
載玻片滾動角(度)	18	6	4



▲圖十三：塗上不同塗層比較

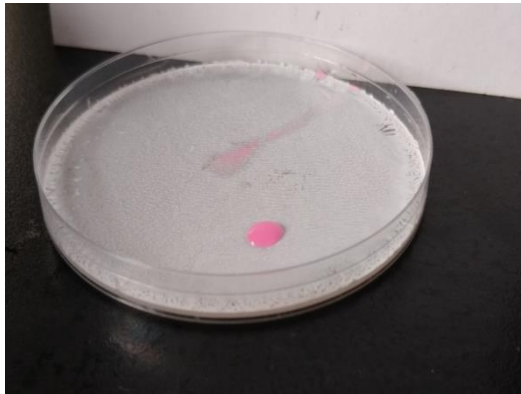
結果發現我們反應成功的疏水塗料不論是水的立體形狀以及滾動角都比沒有反應過的好。

三、載玻片滾動角測試

我們先用成功的疏水性塗層塗在載玻片上，並把它烘乾，結果發現效果並不好，鍍上去的疏水性塗層輕輕一碰就會掉下來了，於是我們想了三種改善的方法，在薄膜沉積時換清潔基板、改變調配濃度以及改變晾乾方式。

(一)換不同的清潔基板

1.塑膠培養皿，如下圖十四所示：



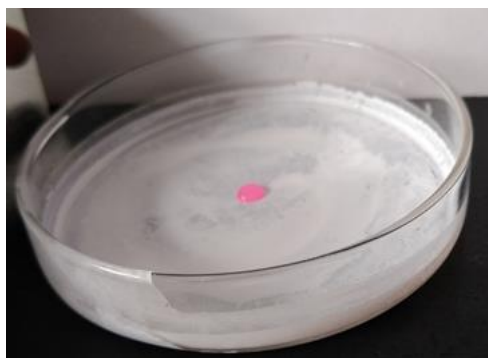
▲圖十四：塑膠培養皿鍍上疏水粉末

2.接著我們去上網找了霧面玻璃貼以及霧面玻璃，如下圖十五所示：



▲圖十五：霧面玻璃貼鍍上疏水粉末

3.接著我們在實驗室找到了用玻璃做成的培養皿，如下圖十六所示：



▲圖十六：玻璃培養皿鍍上疏水粉末

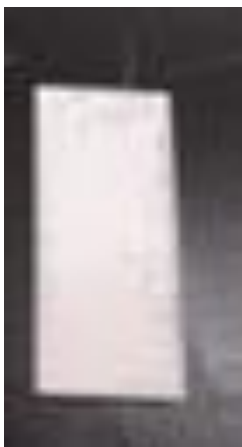
除上以實驗外我們也做其他基板的實驗，綜合所有的實驗比較結果，其疏水性的比較效果(比較水滴的厚度以及脫落程度)：

霧面玻璃>一般塑膠(鏡子的背面)>霧面玻璃貼>鏡子貼紙>霧面玻璃背面>鏡子>玻璃培養皿>載玻片>塑膠培養皿

(二)不同溶液乾燥方法比較

以下的實驗均用載玻片去做比較

1.用自然乾，這個疏水塗層附著的比較均勻，較不易脫落，乾燥時間較慢，如下圖十七所示：



▲圖十七：用自然乾的矽烷修飾二氧化鈦塗層

2.用烤箱烘烤乾，其效果沒有比自然乾還好，反而更容易脫落，乾燥時間最快，如下圖十八所示：



▲圖十八：用烤箱烤的矽烷修飾二氧化鈦塗層

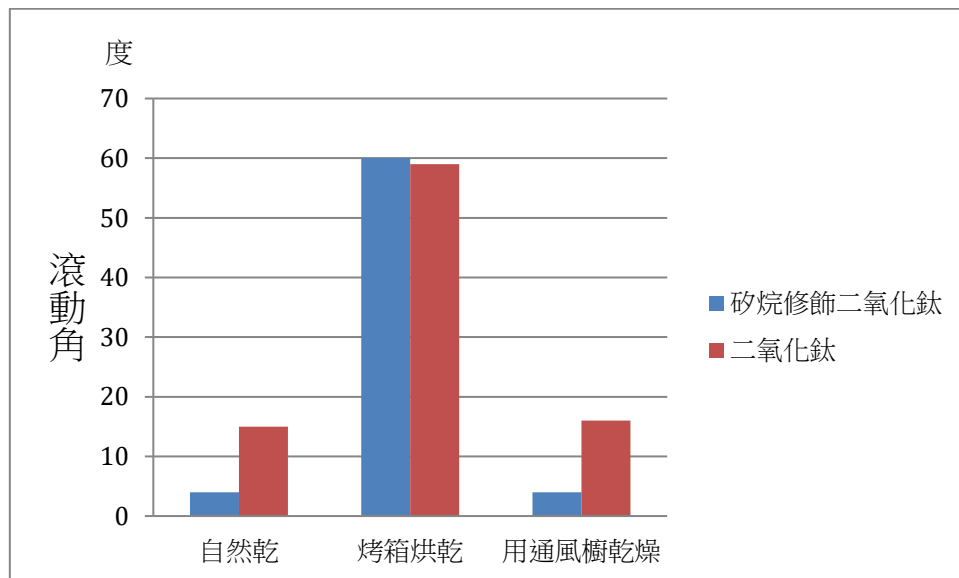
3.放入通風櫥快乾，經過測試(表二)這個效果跟自然乾差不多，乾燥時間排第二，如下圖十九所示：



▲圖十九：用抽風櫥抽乾的矽烷修飾二氧化鈦塗層

▼表二：用不同方式讓塗料乾燥滾動角比較(表中數字為滾動角(度))

	自然乾	烤箱烘乾	用通風櫥乾燥
矽烷修飾二氧化鈦	4	60	4
二氧化鈦	15	59	16



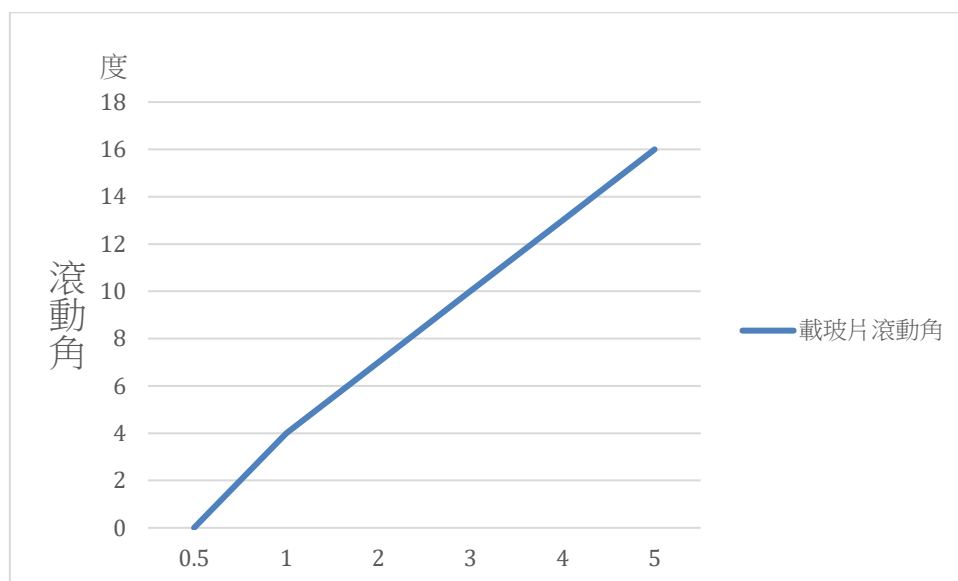
▲圖二十：用不同方式讓塗料乾燥比較

由於用通風櫥乾燥跟自然乾的結果類似，但是通風櫥乾燥的時間較快，所以我們之後的實驗均用通風櫥乾燥。

(三)測試改變濃度，搭配 0.05 公克的疏水粉末，以及不同毫升的異丙醇，如表三所示：

▼表三：改變濃度測試(表中數字為滾動角(度))

異丙醇 (毫升)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
粉末 0.05g						
滾動角(度)	0	4	7	10	13	16



▲圖二十一：改變濃度測試

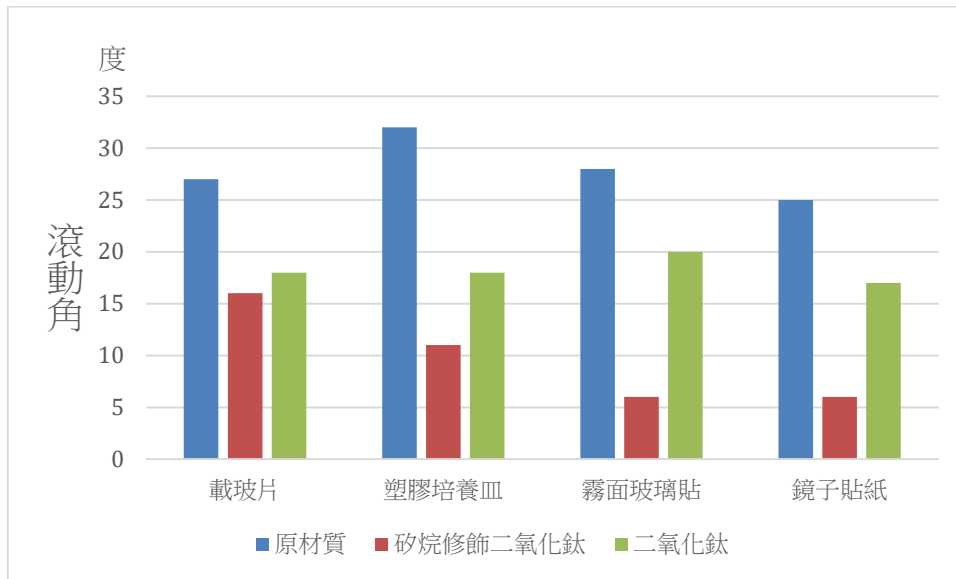
實驗發現濃度加入的異丙醇越多濃度就會越小，疏水效果則越差，我們只測到異丙醇為 0.5 毫升的原因是因為如果將異丙醇的毫升數持續下降，疏水粉末會無法完全融入異丙醇當中。

四、接下來我們去比較疏水性跟未疏水性的角度比較，我們將塗好的矽烷修飾二氧化鈦塗層，在上面用滴管滴一滴水，然後慢慢傾斜去比較滾動角，如下表四、五所示：

這個實驗我們是選擇 0.05 公克的粉末去搭配 5 毫升的異丙醇

▼表四：不同材質比較疏水性以及未疏水性(一) (表中數字為滾動角(度))

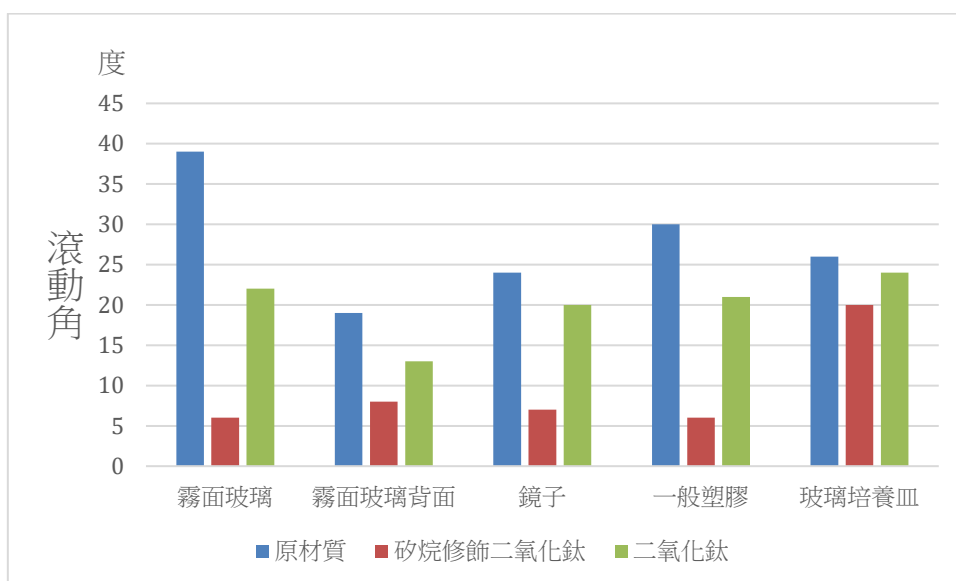
基材	載玻片	塑膠培養皿	霧面玻璃貼	鏡子貼紙
塗的粉末				
原材質	27	32	28	25
矽烷修飾二氧化鈦	16	11	6	6
二氧化鈦	18	18	20	17



▲圖二十二：不同材質比較疏水性(矽烷修飾二氧化鈦)以及未疏水性(二氧化鈦)(一)

▼表五：不同材質比較疏水性以及未疏水性(二) (表中數字為滾動角(度))

基材 塗的粉末	霧面玻璃	霧面玻璃背面	鏡子	一般塑膠	玻璃培養皿
原材質	39	19	24	30	26
矽烷修飾二氧化鈦	6	8	7	6	20
二氧化鈦	22	13	20	21	24

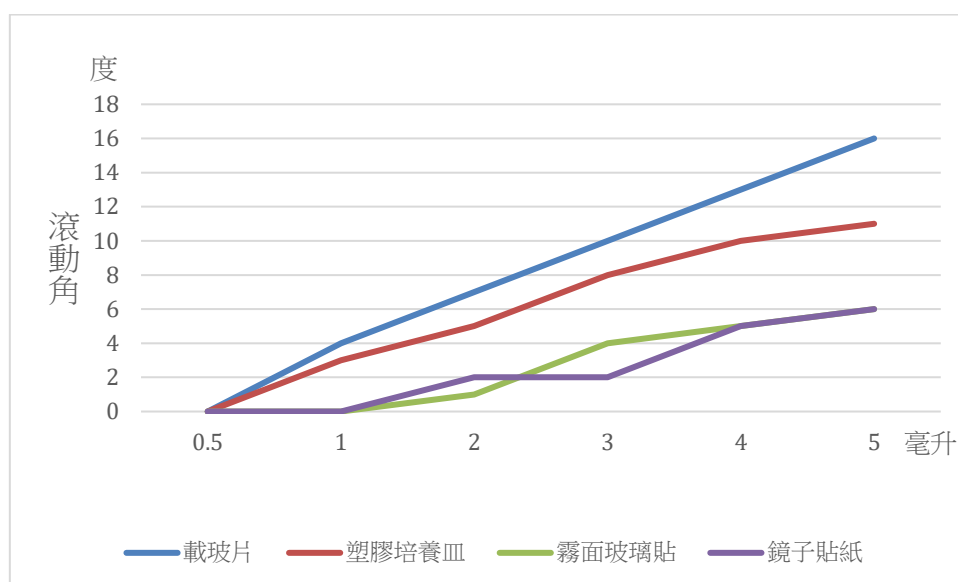


▲圖二十三：不同材質比較疏水性(矽烷修飾二氧化鈦)以及未疏水性(二氧化鈦)(二)

五、接下來我們用濃度去搭配不同的清潔基板去做綜合的比較，如下表六、七所示：

▼表六：濃度搭配不同清潔基板的綜合比較(一) (表中數字為滾動角(度))

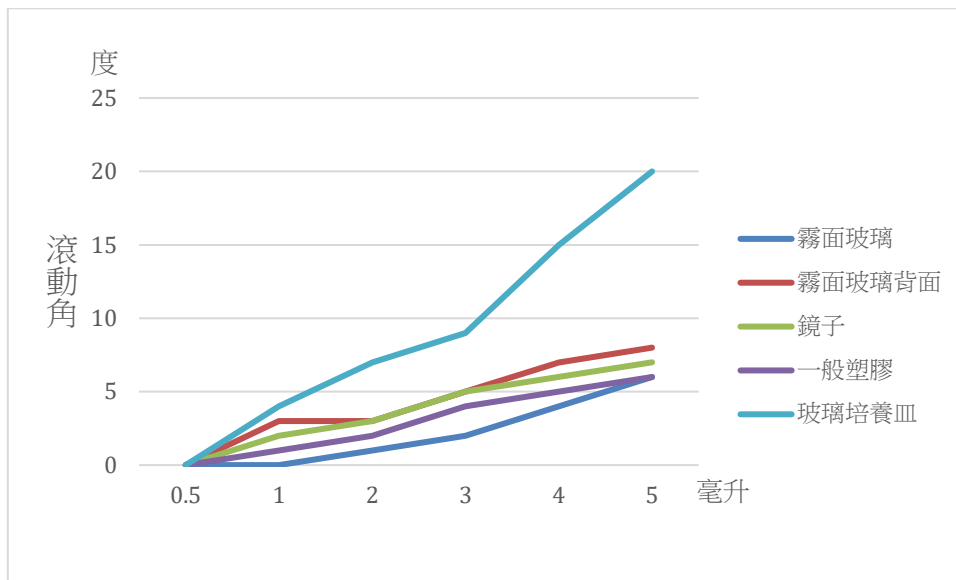
	載玻片	塑膠培養皿	霧面玻璃貼	鏡子貼紙
0.5 毫升	0	0	0	0
1 毫升	4	3	0	0
2 毫升	7	5	1	2
3 毫升	10	8	4	2
4 毫升	13	10	5	5
5 毫升	16	11	6	6



▲圖二十四：濃度搭配不同清潔基板的綜合比較(一)

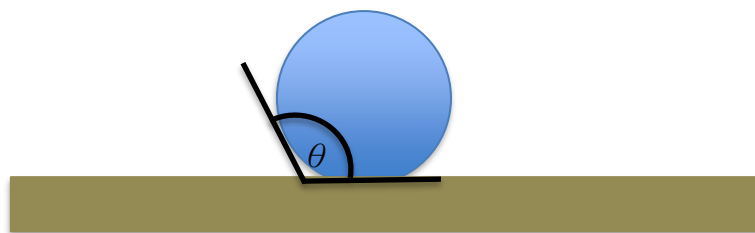
▼表七：濃度搭配不同清潔基板的綜合比較(二) (表中數字為滾動角(度))

基材 異丙醇 (毫升)	霧面玻璃	霧面玻璃背面	鏡子	一般塑膠	玻璃培養皿
0.5	0	0	0	0	0
1	0	3	2	1	4
2	1	3	3	2	7
3	2	5	5	4	9
4	4	7	6	5	15
5	6	8	7	6	20



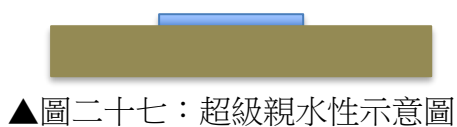
▲圖二十五：濃度搭配不同清潔基板的綜合比較(二)

六、由於我們在上個實驗時，所有的清潔基板測出來都是 0 度，於是我們加測了接觸角(圖二十六)去做比較。



▲圖二十六：接觸角的示意圖

圖中 θ 為接觸角



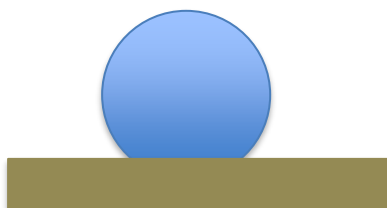
▲圖二十七：超級親水性示意圖

$(0^\circ < \theta < 10^\circ)$



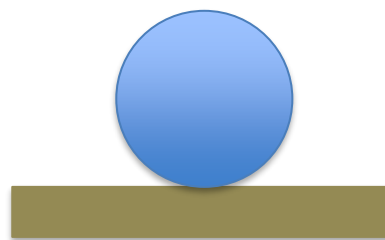
▲圖二十八：正常親水性示意圖

$(10^\circ < \theta < 90^\circ)$



▲圖二十九：正常疏水性示意圖

$(90^\circ < \theta < 150^\circ)$

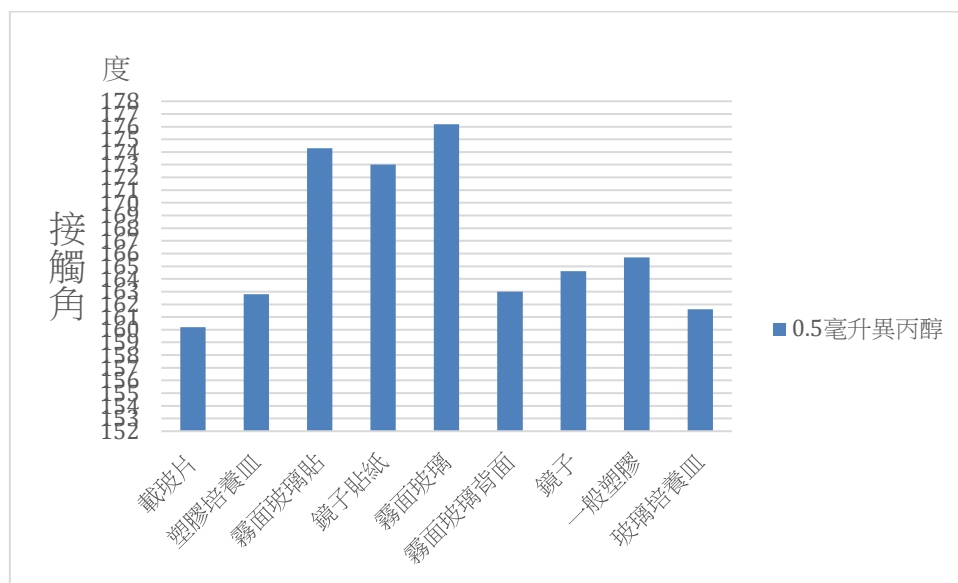


▲圖三十：超級疏水性示意圖

$(150^\circ < \theta < 180^\circ)$

▼表八：不同清潔基板搭配 0.5 毫升異丙醇(表中數字為接觸角(度)如圖二十六介紹)

	載玻片	塑膠培養皿	霧面玻璃貼	鏡子貼紙	霧面玻璃	霧面玻璃背面	鏡子	一般塑膠	玻璃培養皿
0.5 毫升異丙醇	160.2	162.8	174.3	173.0	176.2	163.0	164.6	165.7	161.6



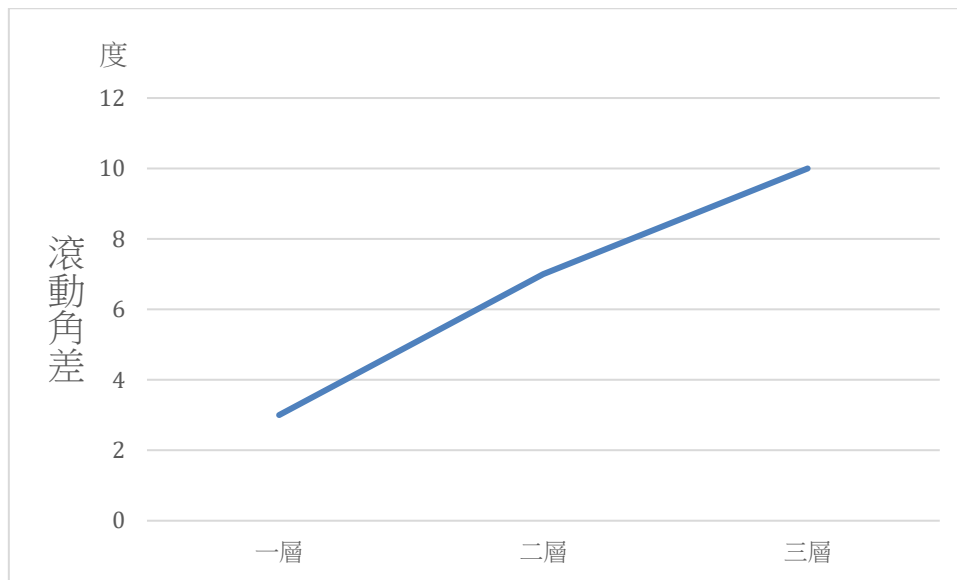
▲圖三十一：不同清潔基板搭配 0.5 毫升異丙醇

綜合結果：霧面玻璃>霧面玻璃貼>鏡子貼紙>一般塑膠(鏡子的背面)>鏡子>霧面玻璃背面>塑膠培養皿>玻璃培養皿>載玻片

七、接下來我們是用多層的疏水粉末試試看，做法是我們先塗了第一層，然後慢慢等它乾，之後隔天來再去做第二層，之後接著做第三層，觀察它的結果，這實驗我們採取的方法是自然乾以及載玻片，用 0.05 公克的粉末搭配 5 毫升的異丙醇。

▼表九：塗多層粉末的滾動角比較(表中數字為滾動角(度)如圖六介紹)

	矽烷修飾二氧化鈦	二氧化鈦	滾動角差
一層	13	16	3
二層	3	10	7
三層	0	10	10



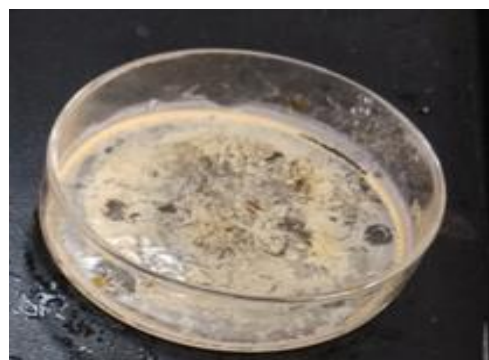
▲圖三十二：滾動角差

塗三層的效果已經最好，滾動角差可以達到最大的值。

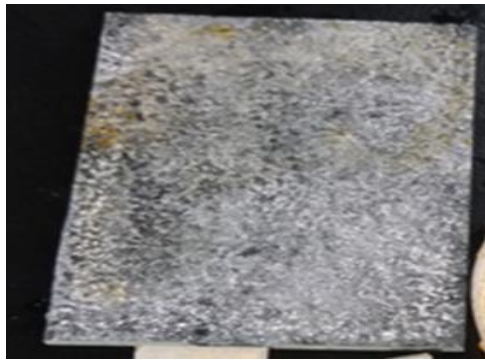
八、接下來我們開始做它的自清潔部分，我們原本是想測出如果均勻的鋪上甲基橙，可以用多少的水量可以把它完整的清潔乾淨，但是我們做了很多次都發現所有的基板都能用大量的水去清洗乾淨，所以我們就改成，固定的水量，固定的甲基橙，可以清洗的程度多少，然後有多少的殘留，結果如下圖三十三、圖三十四、圖三十五。



▲圖三十三：塑膠培養皿殘留的甲基橙



▲圖三十四：玻璃培養皿殘留的甲基橙



▲圖三十五：霧面玻璃殘留的甲基橙

由上列圖可以看出，其殘留的甲基橙比較結果：

霧面玻璃<霧面玻璃背面<一般塑膠(鏡子的背面)<鏡子<鏡子貼紙<霧面玻璃貼<載玻片<玻璃培養皿<塑膠培養皿

九、黴菌自清潔：



▲圖三十六：照光下沒有塗疏水塗層



▲圖三十七：照光下有塗疏水塗層



▲圖三十八：沒照光下沒有塗疏水塗層



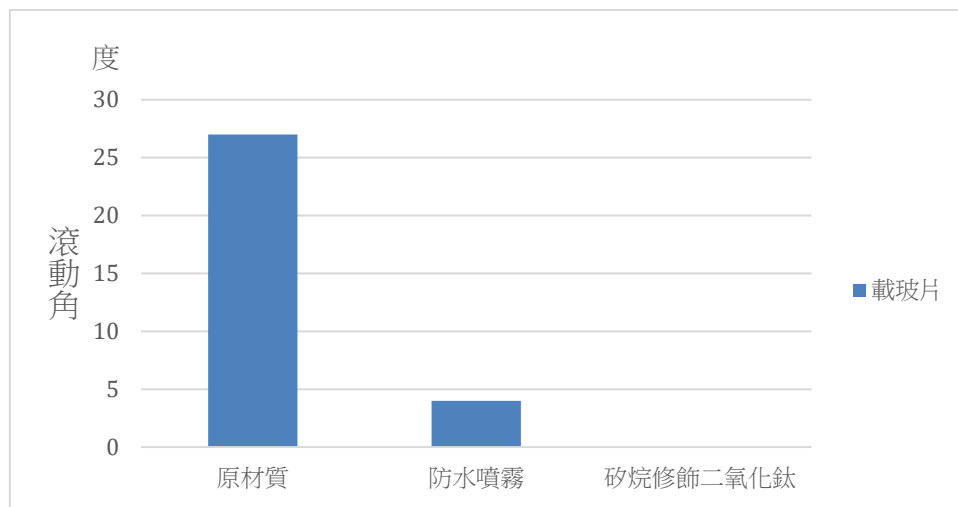
▲圖三十九：沒照光下有塗疏水塗層

黴菌生長的能力：沒照光下沒有塗疏水塗層>照光下沒有塗疏水塗層>沒照光下有塗疏水塗層>照光下有塗疏水塗層

十、防水噴霧：我們先在基板上噴上市售的防水噴霧，然後和重量百分濃度 11.3%的矽烷修飾二氧化鈦塗層做比較，如下表十：

▼表十：載玻片塗矽烷修飾二氧化鈦和防水噴霧的滾動角比較 (表中數字為滾動角(度))

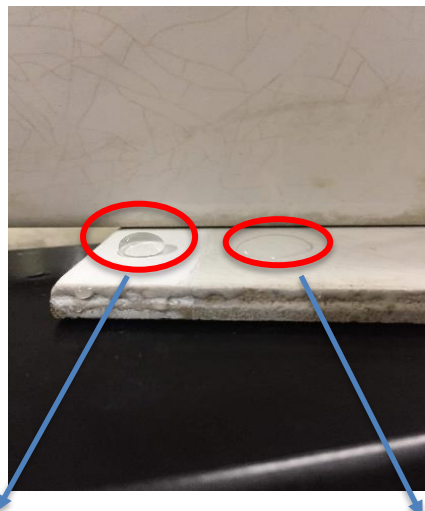
	原材質	防水噴霧	矽烷修飾二氧化鈦
載玻片	27	4	0



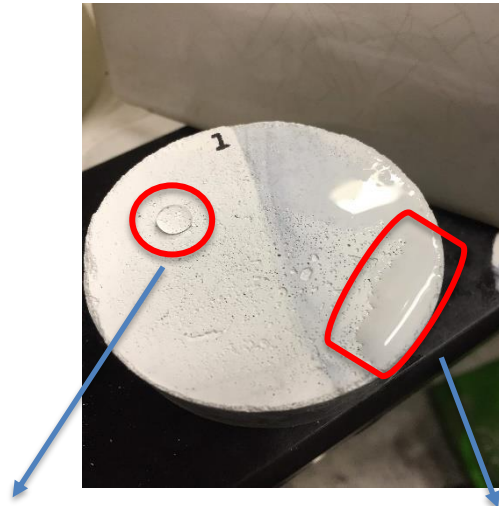
▲圖四十：載玻片塗矽烷修飾二氧化鈦和防水噴霧的滾動角比較

十一、測試矽烷修飾二氧化鈦塗層附著在生活中的瓷磚(圖四十一)及水泥(圖四十二)上做比較

(一)脫落程度測試以及水滴的厚度



▲圖四十一：左為滴水在塗矽烷修飾二氧化鈦塗層的瓷磚上，右為滴水在原本的瓷磚上



▲圖四十二：左為滴水在塗矽烷修飾二氧化鈦塗層的水泥上，右為滴水在二氧化鈦塗層的水泥上

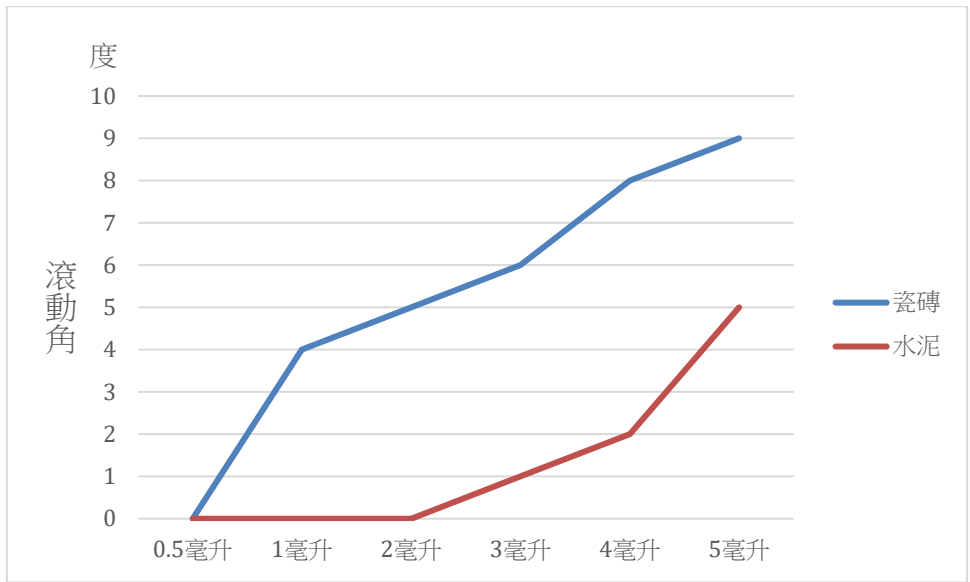
由這個實驗得知，疏水塗層附著上的效果較好，而瓷磚略差。

(二)瓷磚與水泥滾動角及接觸角比較

1.滾動角比較

▼表十一：濃度搭配瓷磚與水泥的綜合比較(表中數字為滾動角(度))

	瓷磚	水泥
0.5 毫升	0	0
1 毫升	4	0
2 毫升	5	0
3 毫升	6	1
4 毫升	8	2
5 毫升	9	5



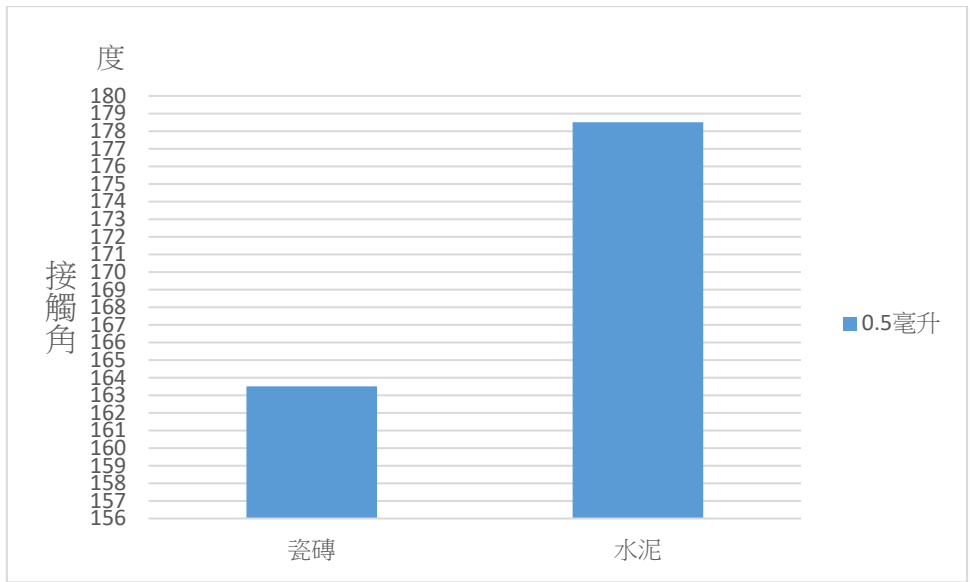
▲圖四十三：濃度搭配瓷磚與水泥的綜合比較

2.接觸角比較

由於在異丙醇達到 0.5 毫升時，滾動角皆為 0 度，於是我們多做了接觸角的比較。

▼表十二：濃度搭配瓷磚與水泥的綜合比較(表中數字為接觸角(度))

	瓷磚	水泥
0.5 毫升	163.5	178.5



▲圖四十四：濃度搭配瓷磚與水泥的綜合比較

陸、討論

一、我們測試了載玻片塗上矽烷修飾二氧化鈦塗層、二氧化鈦塗層以及氧基矽烷去做比較，由結果二可得知，塗上矽烷修飾二氧化鈦角度的滾動角最小，再來是氧基矽烷，最後才是二氧化鈦。

二、從我們結果三的第(一)項可以看出來：

霧面玻璃 > 一般塑膠(鏡子的背面) > 霧面玻璃貼 > 鏡子貼紙 > 霧面玻璃背面 > 鏡子 > 玻璃培養皿 > 載玻片 > 塑膠培養皿

由此可見霧面玻璃塗層不易脫落，而塑膠培養皿則是最差的一個，輕輕一摸就掉下來了。

由於整個反應結束應該只有長鏈的碳氫端在外圍，所以疏水材質推論應該是用物理吸附在材料上。

三、從我們結果三的第(二)項可以看出來，用烤箱烘乾之後，它的疏水角度會變大很多，效果會變得超級不好，所以不應該要用烤箱烘乾，而自然乾跟通風櫥的角度幾乎是一樣的，但因為自然乾的時間太久了，所以我們最後選擇用通風櫥乾的方式做了之後的大部份實驗。

四、從我們結果三的第(三)項可以看出來，當濃度越高的時候，疏水的角度就會越來越小。

五、由結果四可以看出來，鍍上去的效果跟最後疏水角度是有很大的關聯的，效果較差的塑膠培養皿和玻璃培養皿剛好它們的滾動角度也是大的。

六、從結果五可以看出來，在 0.5 毫升的時候，每個清潔基板的滾動角幾乎都差不多，看不出什麼的差別，但慢慢的把異丙醇加到 5 毫升時，就可以看出了比較大的差別，玻璃培養皿、載玻片跟塑膠培養皿的角度跟其他的清潔基板慢慢拉大了距離，可見這三種基板比較不適來鍍上矽烷修飾二氧化鈦塗層。

七、從結果六可以看出來，由於在結果五時，0.5 毫升的時候滾動角均為 0 度，於是我們加測了接觸角，呈現出來的結果跟結果五差不多，霧面玻璃還是最好，而載玻片還是最差。

八、結果七可以看出來，塗上多層跟塗上一層的疏水性感覺是差很多的，測試滾動角之後，發現真的會差很多，所以塗三層的效果最好。

九、從我們結果八清潔甲基橙可以看出來，每個表面殘留的比較如下：

霧面玻璃<霧面玻璃背面<一般塑膠(鏡子的背面)<鏡子<鏡子貼紙<霧面玻璃貼<載玻片<玻璃培養皿<塑膠培養皿

這個結果又回到了跟我們在測試矽烷修飾二氧化鈦塗層鍍上去的效果，又變回差不多的結果了，所以疏水塗層鍍上去的效果跟自清潔的效果是差不多的。

十、從結果九可得知，在照光下有塗矽烷修飾二氧化鈦塗層的抑制黴菌生長能力最好，而在沒照光下有塗矽烷修飾二氧化鈦塗層雖然可以抑制黴菌，但效果沒有那麼的好，所以我們推論矽烷修飾二氧化鈦塗層是可以抑制黴菌生長的。

十一、我們去買市售的防水噴霧，發現防水噴霧的疏水效果，沒有比我們做出來的矽烷修飾二氧化鈦塗層還要強。

十二、我們之後有做了生活中的水泥以及瓷磚當基材，發現水泥很不容易脫落，瓷磚比水泥容易脫落，而且我們之後加測了滾動角以及接觸角之後，發現水泥的效果還是好過於瓷磚的，所以跟前面做的基材相比，我們推測出粗糙表面的疏水效果會比較好。

柒、結論

一、綜合以上的所有研究結果，我們研究出來最好以及最有效率的方式則是放乾的時候用抽風櫥，清潔基板的材質應該要使用霧面玻璃或是使用在生活中的水泥上，使用重量百分濃度為 11.3% 異丙醇溶液，或把疏水塗層塗到三層，以達到最好的疏水效果。

二、矽烷修飾二氧化鈦塗層可以有效抑制黴菌生長。

三、期望我們可以再增加我們矽烷修飾二氧化鈦塗層的附著性並且增加利用於建築物表面上。

捌、參考資料及其他

- 一、Department of Chemistry, UniversitadegliStudi di Milano, Via Golgi 19, 21033 Milan, Italy
ConsorzioInteruniversitarioNazionale per la Scienza e TecnologiadeiMateriali (INSTM), Via Giusti 9, 50121 Florence, Italy
- 二、林赫(1993)• 點線面學習講義-基礎化學二• 南一書局
- 三、百科知識滾動角
<https://www.easyatm.com.tw/wiki/%E6%BB%BE%E5%8B%95%E8%A7%92>
- 四、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://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=27&sid=15244>
- 五、超疏水材料的制備應用與展望
<http://www.tisxc.com/html/jishuyanfa/131.html>
- 六、義守大學 材料與工程學系碩士論文
<http://ir.lib.isu.edu.tw/retrieve/109751/etd-0730109-142657.pdf>
- 七、超疏水 PET 硬化塗層(Hard Coat)
<http://www.kcashin.com/zhhant/portfolio/%E8%B6%85%E7%96%8F%E6%B0%B4pet%E7%A1%AC%E5%8C%96%E5%A1%97%E5%B1%A4hard-coat>
- 八、超疏水絕緣塗層製備與防冰、防污研究現狀(2017.09.19)
<https://kknews.cc/science/jrbko56.html>
- 九、蓮花效應原理
http://www.hk-phy.org/atomic_world/lotus/lotus02_c.html

【評語】 050208

1. 研究主題有發展性與應用。
2. 合成矽烷接枝的二氧化鈦產率~50%，有無法分離的二氧化鈦，但不影響疏水性質。
3. 結果達到超疏水效果，影片展示十分生動。

建議：對購買來的二氧化鈦規格與結構應有些概念。

摘要

本次實驗主要在於疏水塗層，透過在實驗室裡做出三乙氧基辛基矽烷與二氧化鈦反應生成的疏水塗料，將此疏水塗料沉積在清潔基板上，用不同的材質去沉積疏水塗料，比較不同材質的附著性，我們發現清潔基板要使用霧面玻璃，並且搭配重量百分比濃度約為11.3%的異丙醇溶液，將塗料塗到第三層，再搭配通風櫥抽乾，所顯現出的疏水效果會最明顯，接著探討疏水塗層的自清潔與應用在水泥與瓷磚上，再探討疏水塗層抑制黴菌生長。

壹、研究動機

我們在學校走廊邊的洗手台上發現有一塊瓷磚非常特別，它具有疏水的效果，以及在荷葉上有疏水效果與市面上的防水噴霧有防水效果，於是我們找老師討論並且在網路上找尋相關資料，想要嘗試自己做出疏水塗層，並且研究適合做出疏水塗層的基板與方法，以及探討疏水塗層在生活上的應用。

貳、研究目的

- 一、做出成功的疏水塗層
- 二、研究出最好的基板與方法做出疏水性塗層
- 三、研究出疏水塗層的自清潔特性
- 四、抑制黴菌生長
- 五、應用於水泥與瓷磚材質的探討

參、研究器材

- 一、實驗藥品：異丙醇、丙酮、二氧化鈦、三乙氧基（辛基）矽烷、甲基橙
- 二、實驗器材：載玻片、霧面玻璃、玻璃培養皿、鏡子、鐵粉、單頸燒瓶、霧面玻璃貼、鏡子貼紙、塑膠培養皿、電子天平、超聲波震盪器、旋轉蒸發儀、滴管、抽風櫥、智慧型手機、烤箱、錐形瓶、量筒、燒杯、刮勺、量角器、磁鐵、鐵粉、剪刀、水彩、水泥、洋菜粉、瓷磚、刷子

肆、研究方法或過程

三乙氧基辛基矽烷疏水性原理：

圖三為反應完成後的原理，因為長鏈的碳氫端為疏水端，而矽氧端跟二氧化鈦接合，導致此物質只有疏水端在外圍，達成很好的疏水性質。

我們總共做了六個實驗

一、三乙氧基辛基矽烷和二氧化鈦反應(製造粉末)

二、浮動測試

三、薄膜沉積

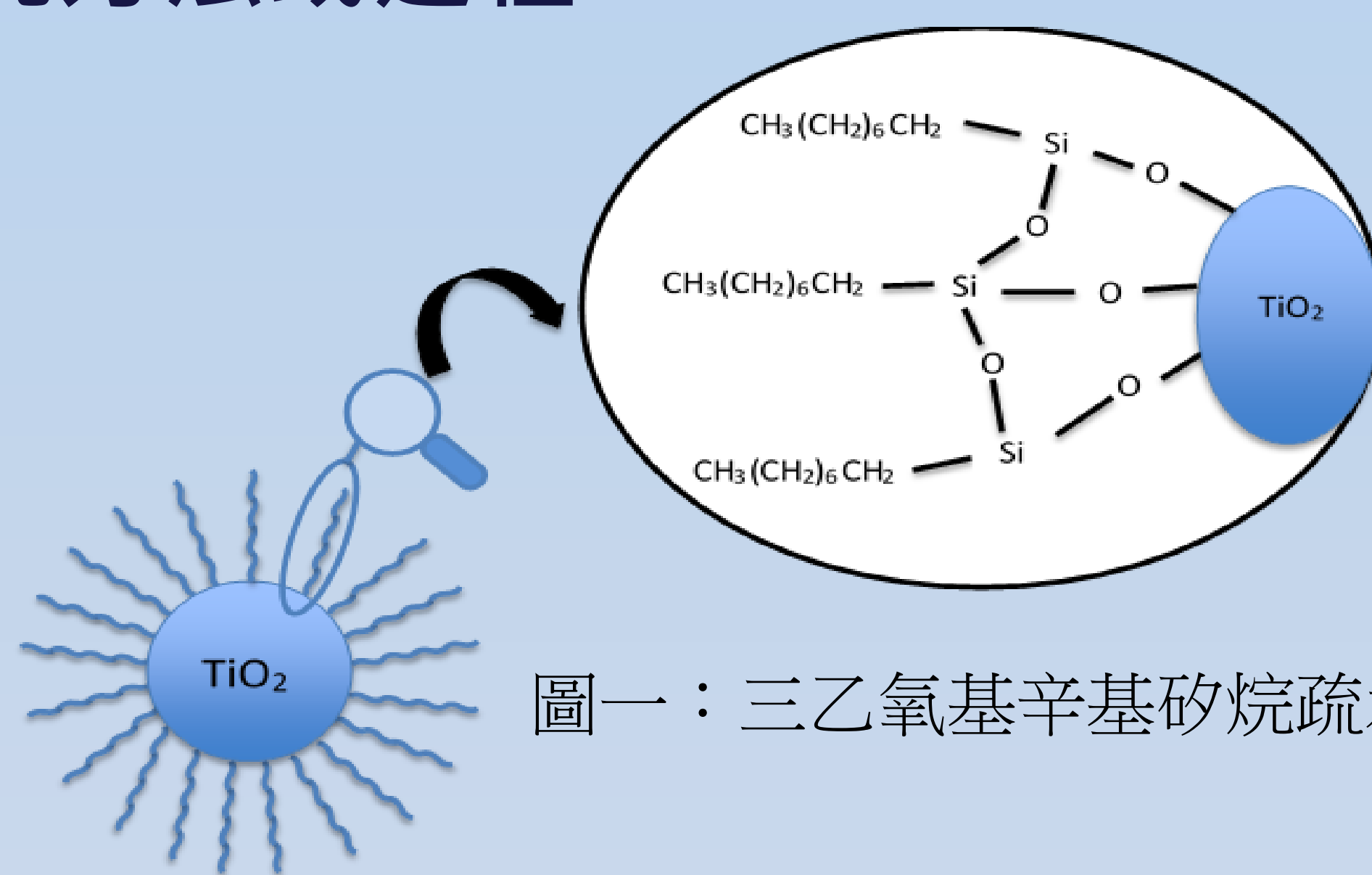
四、自清潔功能

1. 甲基橙自清潔

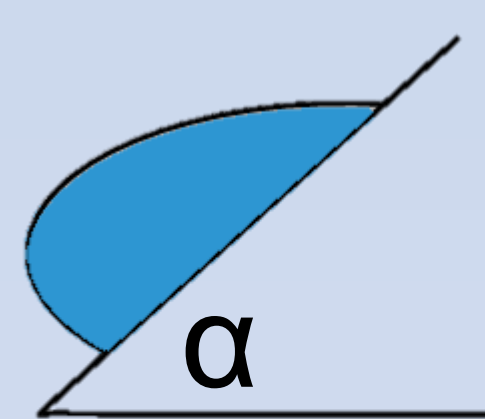
2. 黴菌自清潔

五、防水塗層

六、塗在水泥或瓷磚上比較

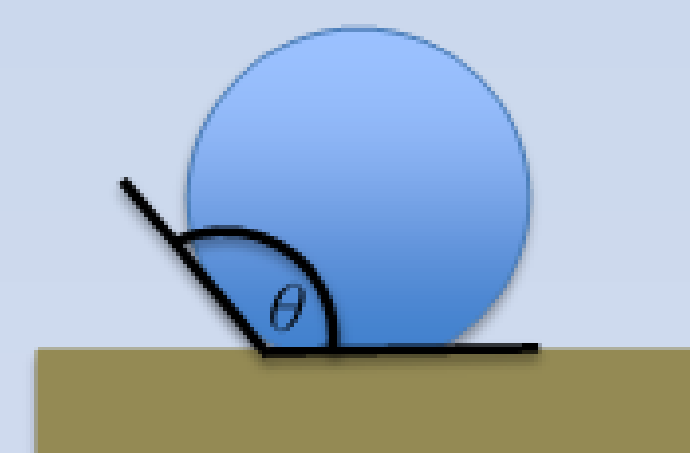


圖一：三乙氧基辛基矽烷疏水性的示意圖



圖二：滾動角示意圖
(圖中 α 為滾動角)

滾動角是水滴在清潔基板傾斜時滾下去的角度(滾動角越小疏水效果越好)

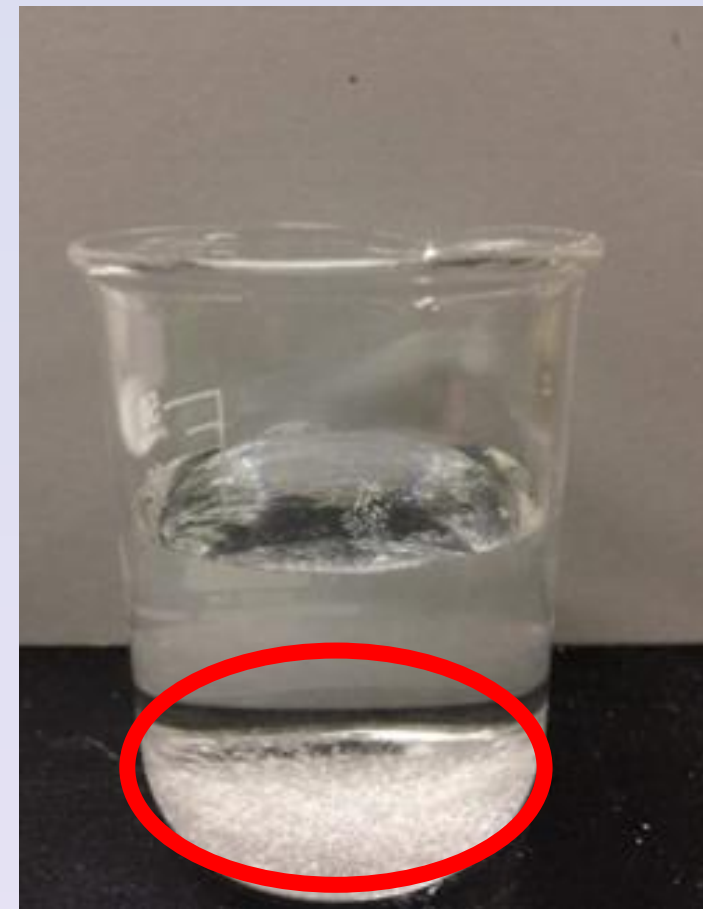
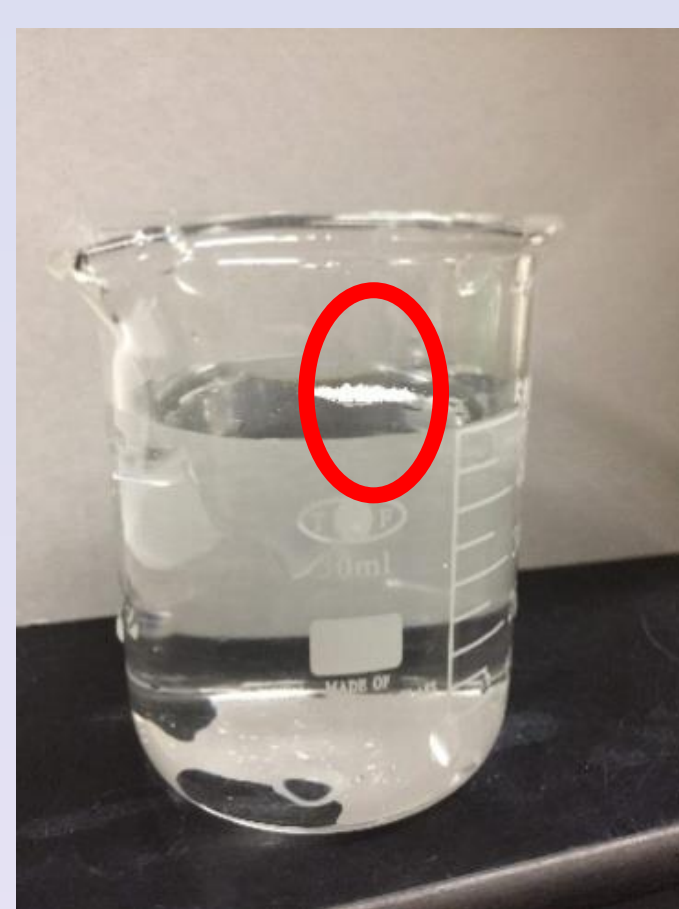


圖三：接觸角示意圖
(圖中 θ 為接觸角)

接觸角是水滴從平面變為球體的角度(接觸角越大疏水效果越好)

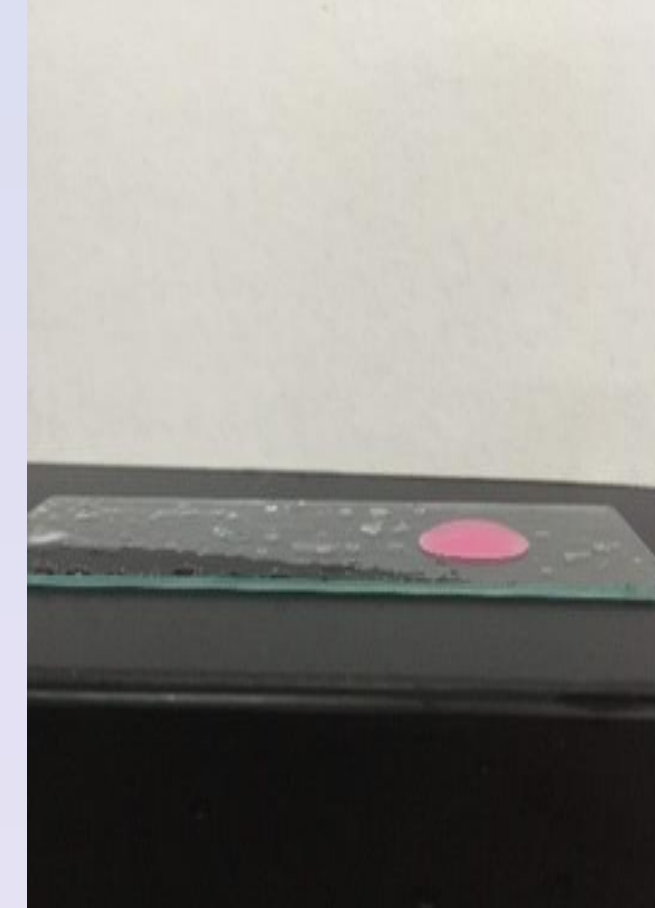
伍、研究結果

一、疏水粉末測試



圖四：成功的疏水粉末 圖五：失敗的疏水粉末
首先我們測試從實驗做出來的疏水粉末有沒成功疏水化，粉末是會浮在面上的並且聚合在一起，試著去把它分散幾秒鐘之後還是會聚在一起。

二、載玻片測試



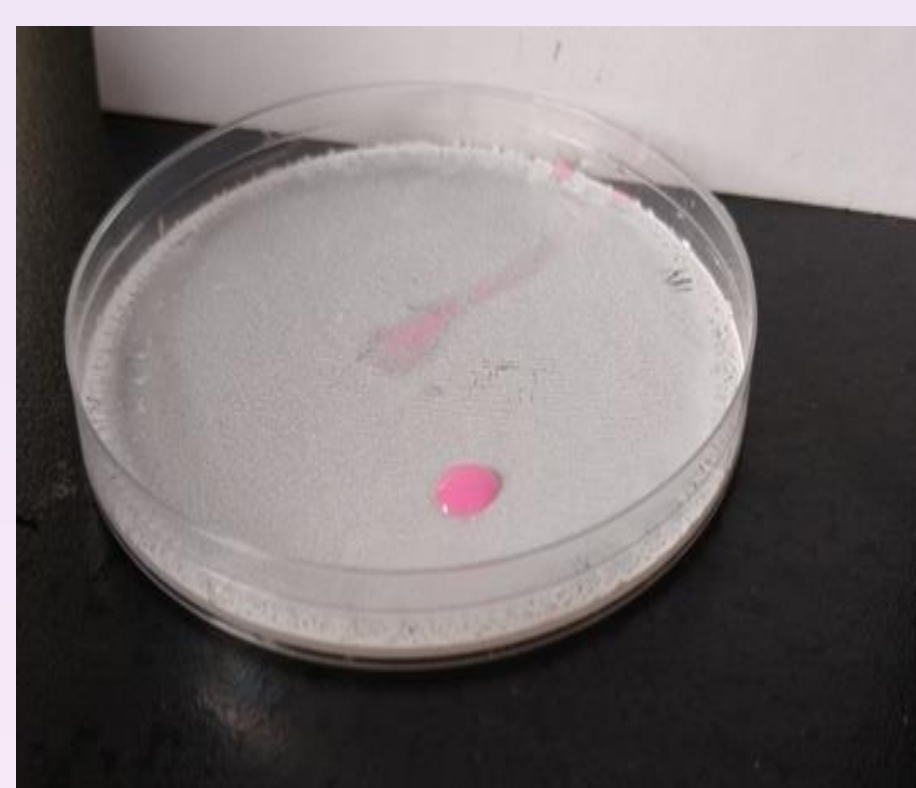
圖六：二氧化鈦塗層 圖七：塗三乙氧基辛基矽烷 圖八：矽烷修飾二氧化鈦塗層
接著觀察水滴滴在不同塗層的差別，滴在矽烷修飾二氧化鈦塗層上有立體的感覺，還有比較塗不同塗層的滾動角大小。

	二氧化鈦塗層	三乙氧基辛基矽烷	矽烷修飾二氧化鈦塗層
載玻片滾動角(度)	18	6	4

表一：塗上不同塗層比較

三、載玻片滾動角測試

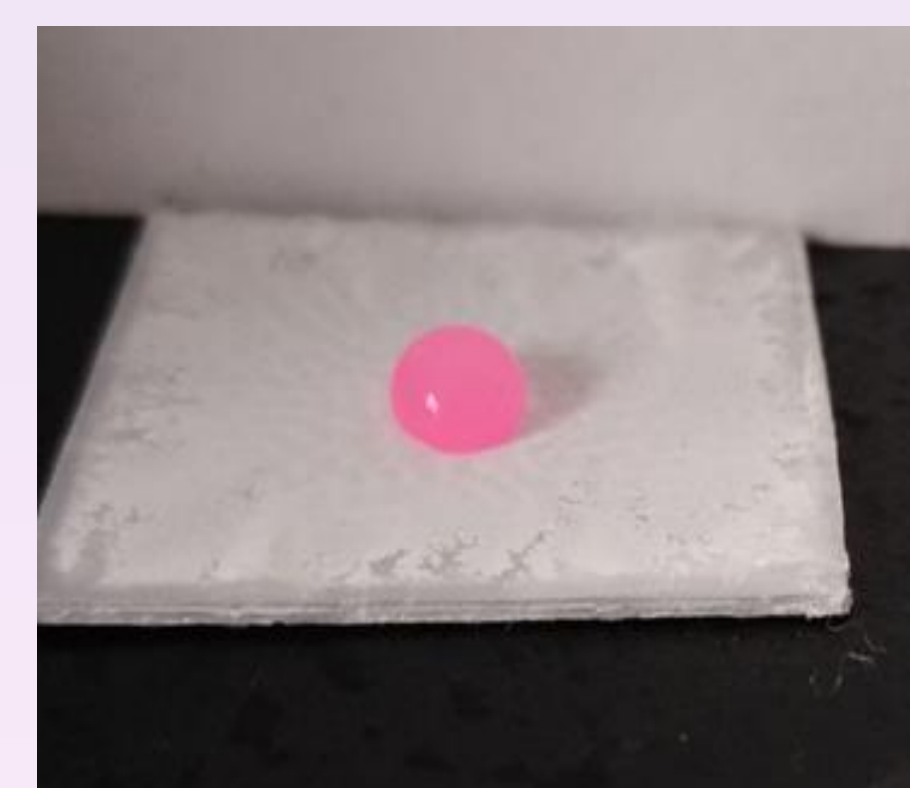
(一)換不同的清潔基板



圖九：塑膠培養皿



圖十：玻璃培養皿

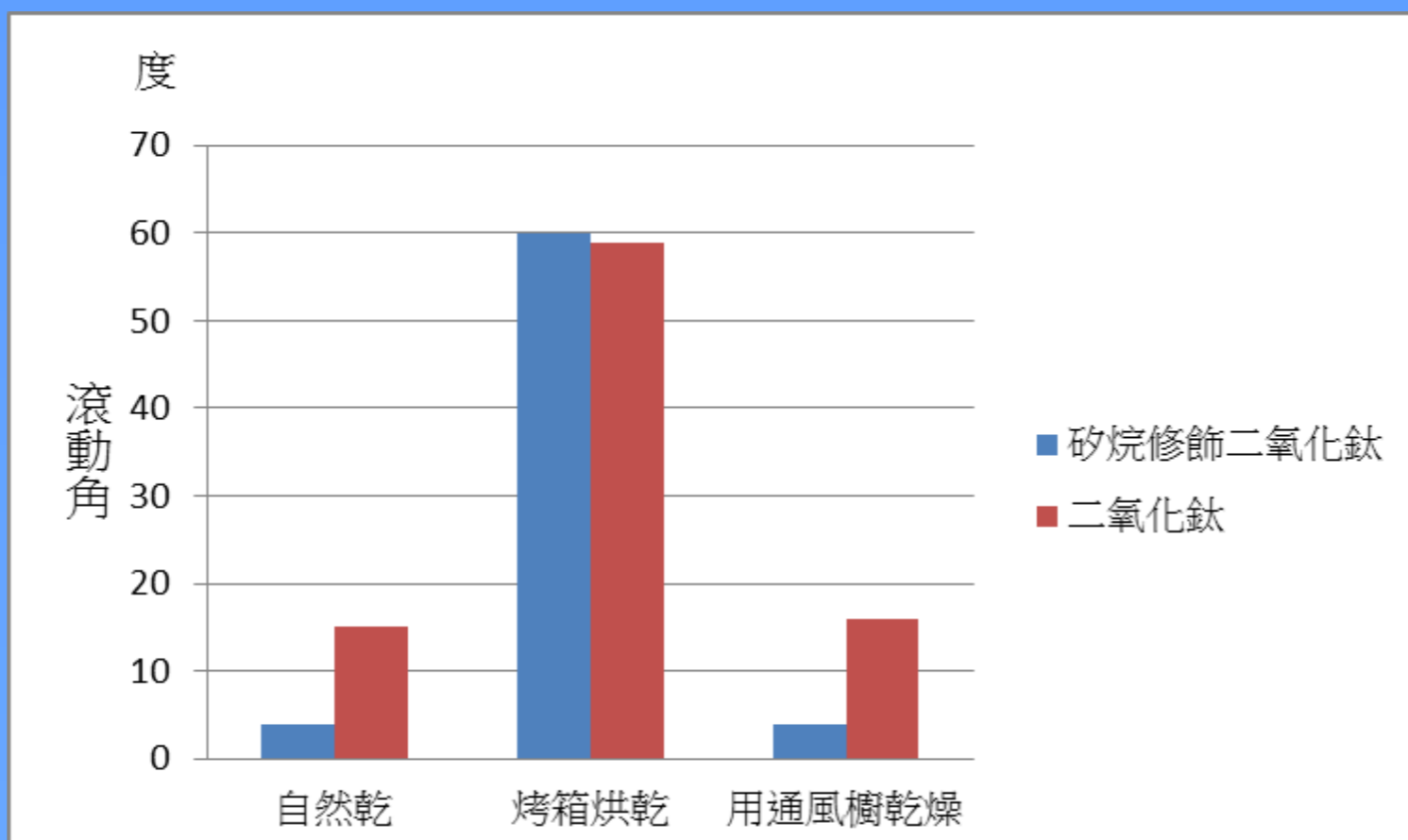
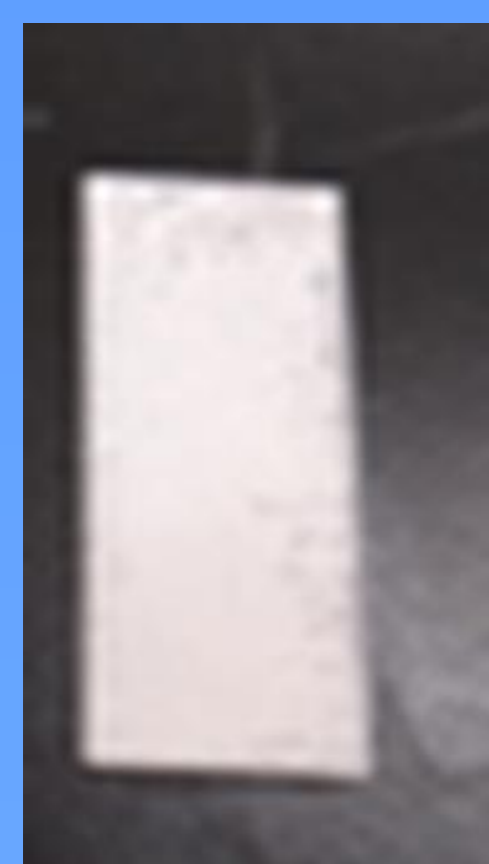


圖十一：霧面玻璃貼

綜合以上的實驗比較結果，其疏水性的比較效果：

霧面玻璃 > 鏡子背面 > 霧面玻璃貼 > 鏡子貼紙 > 霧面玻璃背面 > 鏡子 > 玻璃培養皿 > 載玻片 > 塑膠培養皿

(二)不同溶液乾燥方法比較



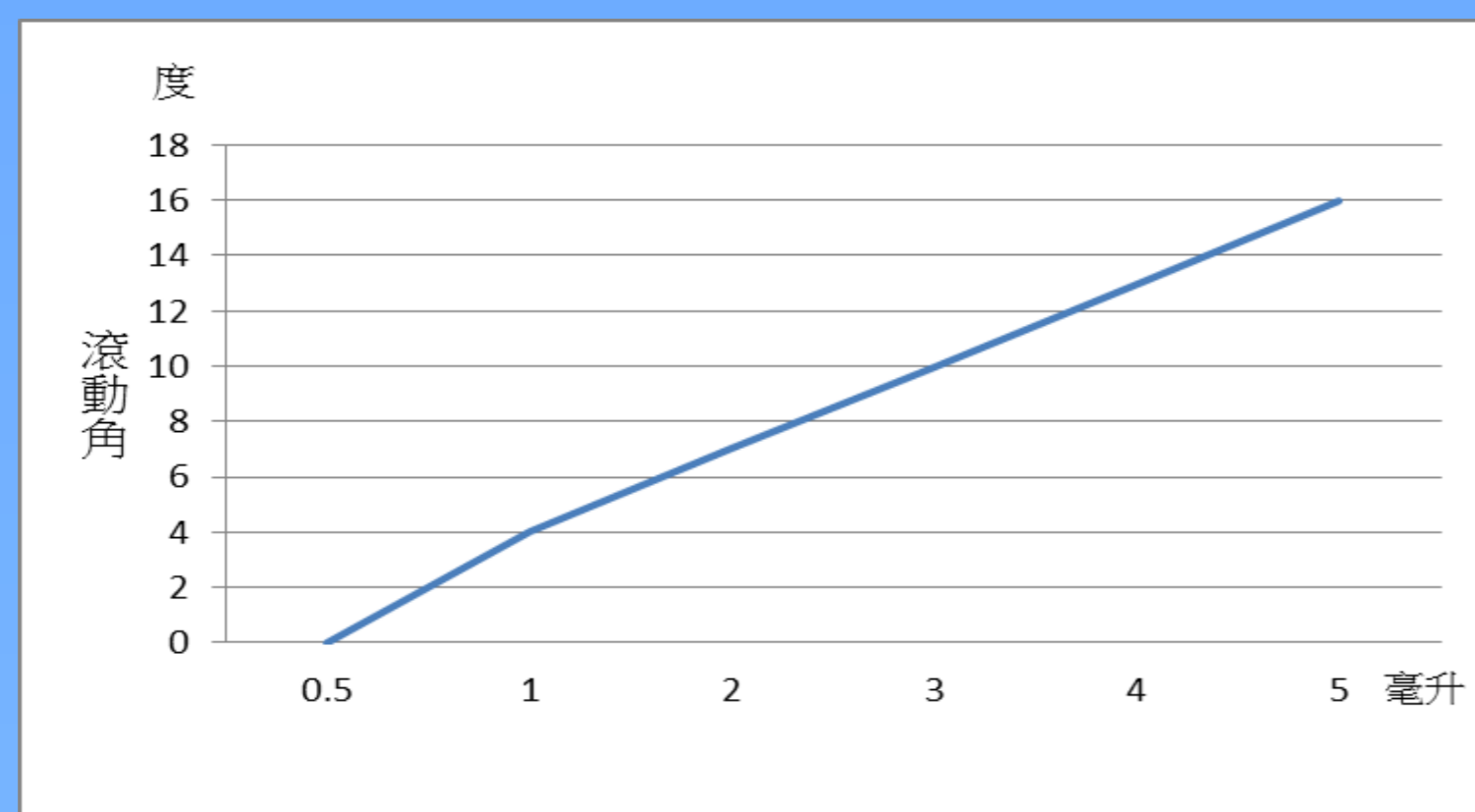
滾動角(度)	自然乾	烤箱烘乾	用通風櫥乾燥
矽烷修飾二氧化鈦	4	60	4
二氧化鈦	15	59	16

圖十二：自然乾 圖十三：烤箱烘乾 圖十四：通風櫥乾 圖十五：用不同方式讓塗料乾燥比較

表二：用不同方式讓塗料乾燥比較

綜合以上實驗結果，其疏水性的比較效果：自然乾 > 通風櫥吹乾 > 烤箱烘乾

(三)測試改變濃度，搭配0.05公克的疏水粉末，以及不同毫升的異丙醇

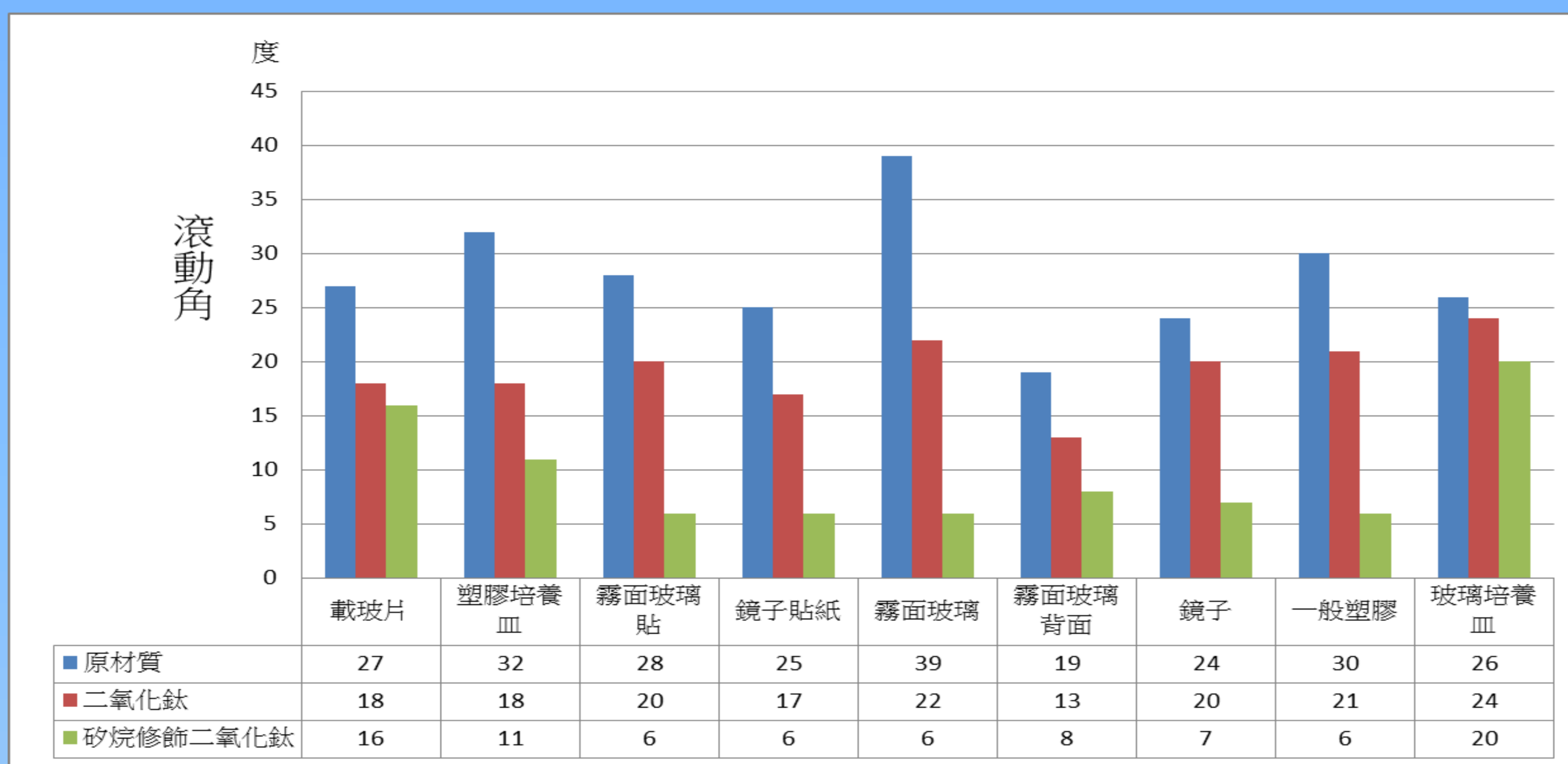


異丙醇 (毫升)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
滾動角 (度)	0	4	7	10	13	16

圖十六：改變濃度測試

表三：改變濃度測試

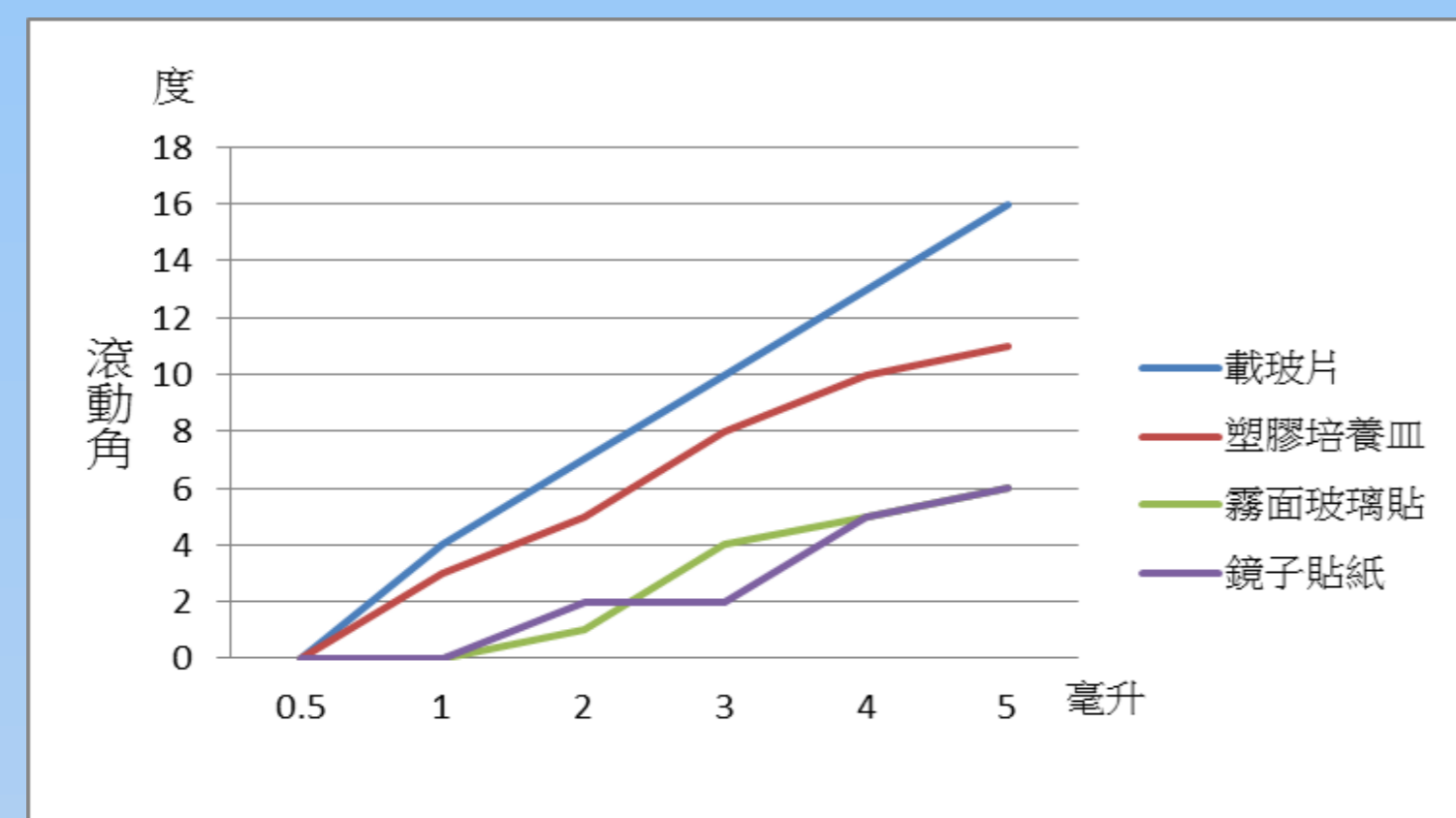
四、比較疏水性跟未疏水性的角度比較



我們用了不同的基板，去測試還沒塗，塗二氧化鈦，以及塗矽烷修飾二氧化鈦，發現在原材質時，滾動角最大，接著是二氧化鈦，最小的則是塗矽烷修飾二氧化鈦。

圖十七：不同材質比較疏水性以及未疏水性

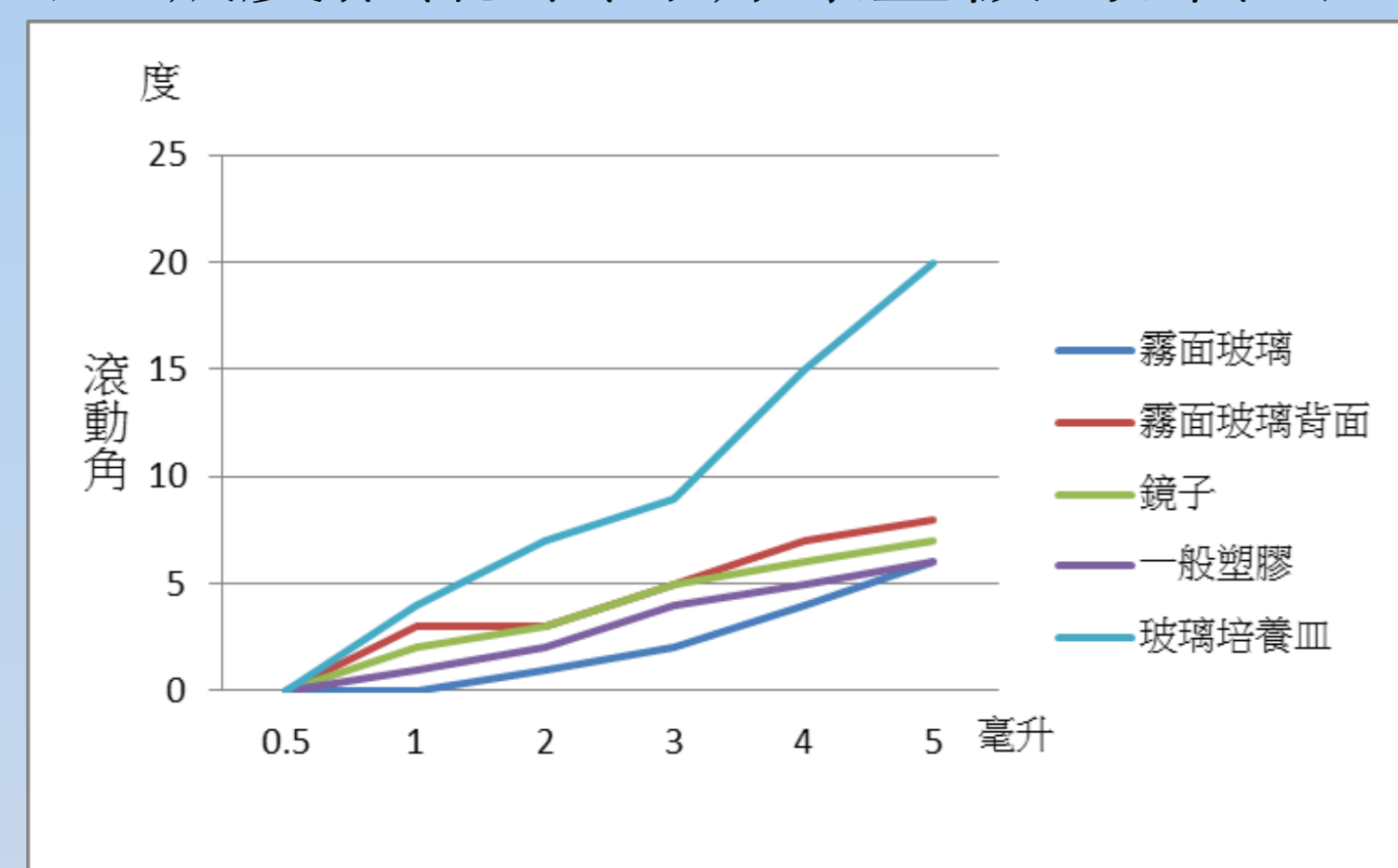
五、用濃度去搭配不同的清潔基板去做綜合的比較



滾動角(度)	載玻片	塑膠培養皿	霧面玻璃貼	鏡子貼紙
0.5毫升	0	0	0	0
1毫升	4	3	0	0
2毫升	7	5	1	2
3毫升	10	8	4	2
4毫升	13	10	5	5
5毫升	16	11	6	6

圖十八：濃度搭配不同清潔基板的綜合比較(一)

表四：濃度搭配不同清潔基板的綜合比較(一)

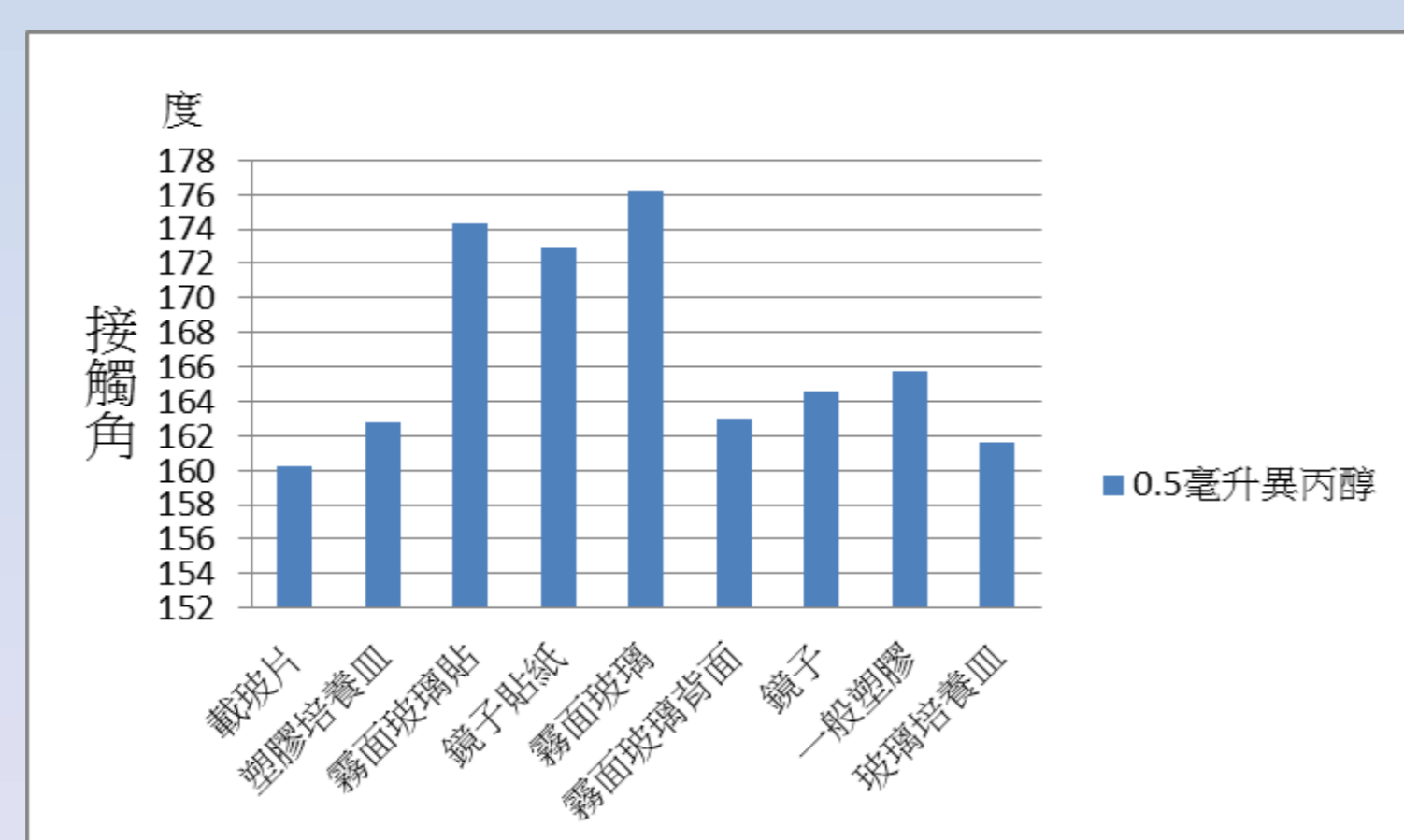


滾動角 (度)	霧面玻璃	霧面玻璃背面	鏡子	一般塑膠	玻璃培養皿
0.5毫升	0	0	0	0	0
1毫升	0	3	2	1	4
2毫升	1	3	3	2	7
3毫升	2	5	5	4	9
4毫升	4	7	6	5	15
5毫升	6	8	7	6	20

圖十九：濃度搭配不同清潔基板的綜合比較(二)

表五：濃度搭配不同清潔基板的綜合比較(二)

六、由於在上個實驗時，在0.5毫升的異丙醇時所有的清潔基板測出來都是0度，於是加測了接觸角

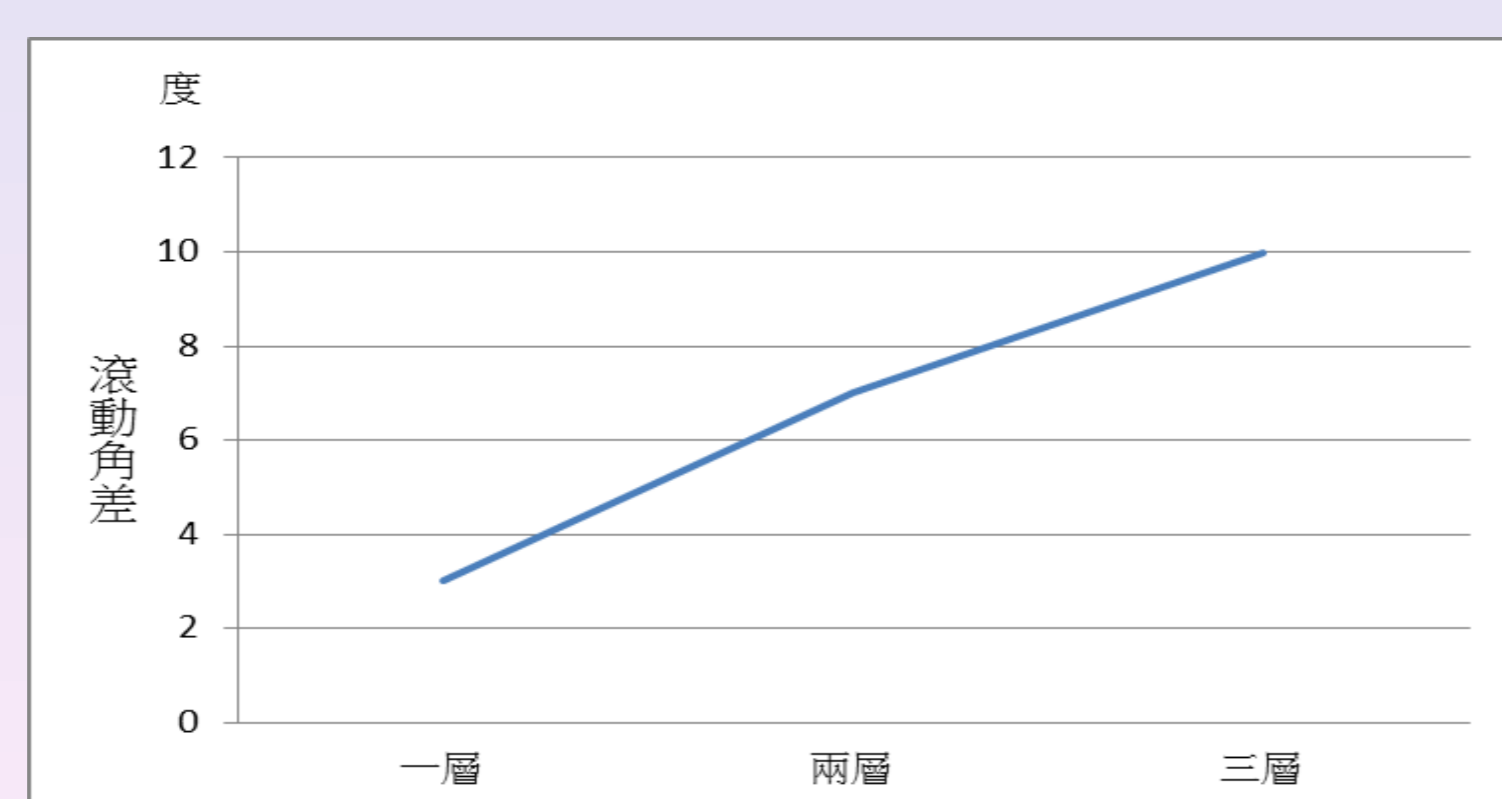


接觸角 (度)	載玻片	塑膠培養皿	霧面玻璃貼	鏡子貼紙	霧面玻璃	霧面玻璃背面	鏡子	一般塑膠	玻璃培養皿
0.5毫升異丙醇	160.2	162.8	174.3	173.0	176.2	163.0	164.6	165.7	161.6

圖二十：不同清潔基板搭配0.5毫升異丙醇

表六：不同清潔基板搭配0.5毫升異丙醇

七、用多層的疏水粉末試試看



滾動角(度)	矽烷修飾二氧化鈦	二氧化鈦	滾動角差
一層	13	16	3
二層	3	10	7
三層	0	10	10

圖二十一：塗多層粉末的滾動角比較

表七：塗多層粉末的滾動角比較

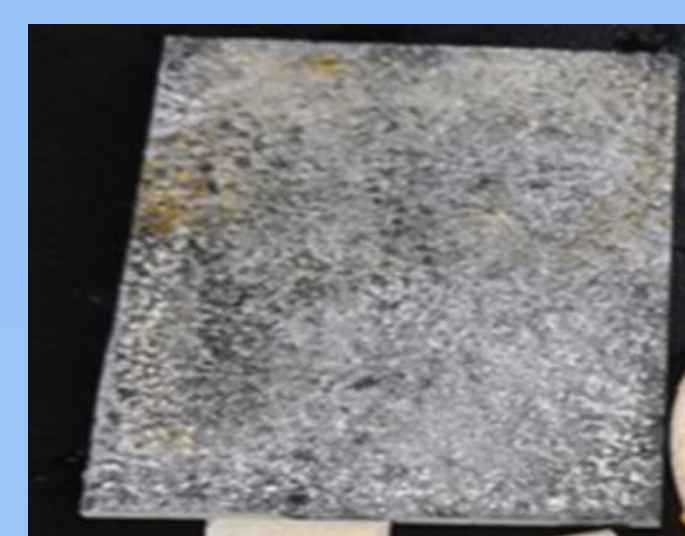
八、甲基橙自清潔



圖二十二：塑膠培養皿和載玻片



圖二十三：玻璃培養皿



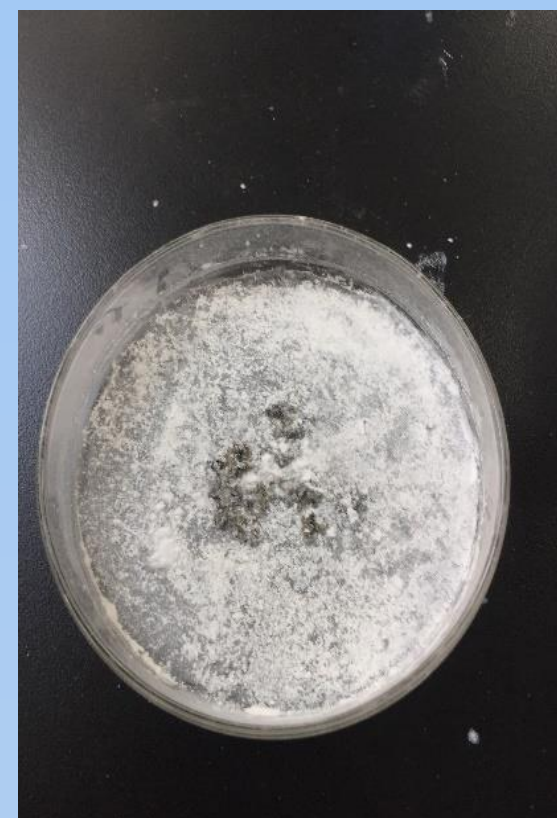
圖二十四：霧面玻璃

殘留的甲基橙比較結果：霧面玻璃<霧面玻璃背面<一般塑膠(鏡子的背面)<鏡子<鏡子貼紙<霧面玻璃貼<載玻片<玻璃培養皿<塑膠培養皿

九、黴菌自清潔



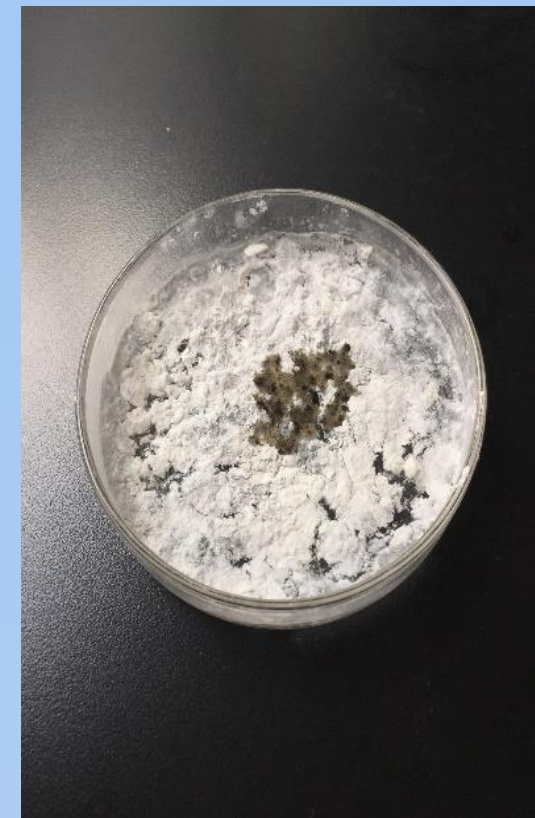
圖二十五：照光下沒有塗疏水塗層



圖二十六：照光下有塗疏水塗層



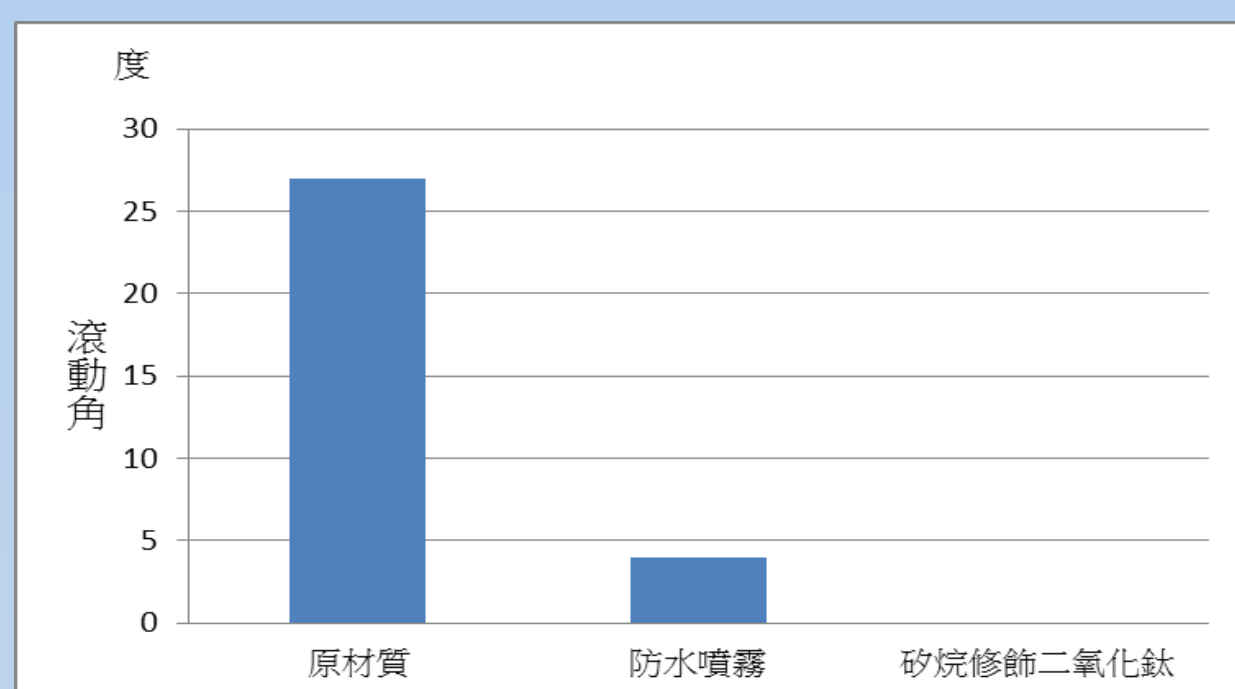
圖二十七：沒照光下沒有塗疏水塗層



圖二十八：沒照光下有塗疏水塗層

黴菌生長的能力：沒照光下沒有塗疏水塗層>照光下沒有塗疏水塗層>沒照光下有塗疏水塗層>照光下有塗疏水塗層

十、防水噴霧



圖二十九：載玻片塗矽烷修飾二氧化鈦和防水噴霧的滾動角比較

滾動角(度)	原材質	防水噴霧	矽烷修飾二氧化鈦
載玻片	27	4	0

表八：載玻片塗矽烷修飾二氧化鈦和防水噴霧的滾動角比較

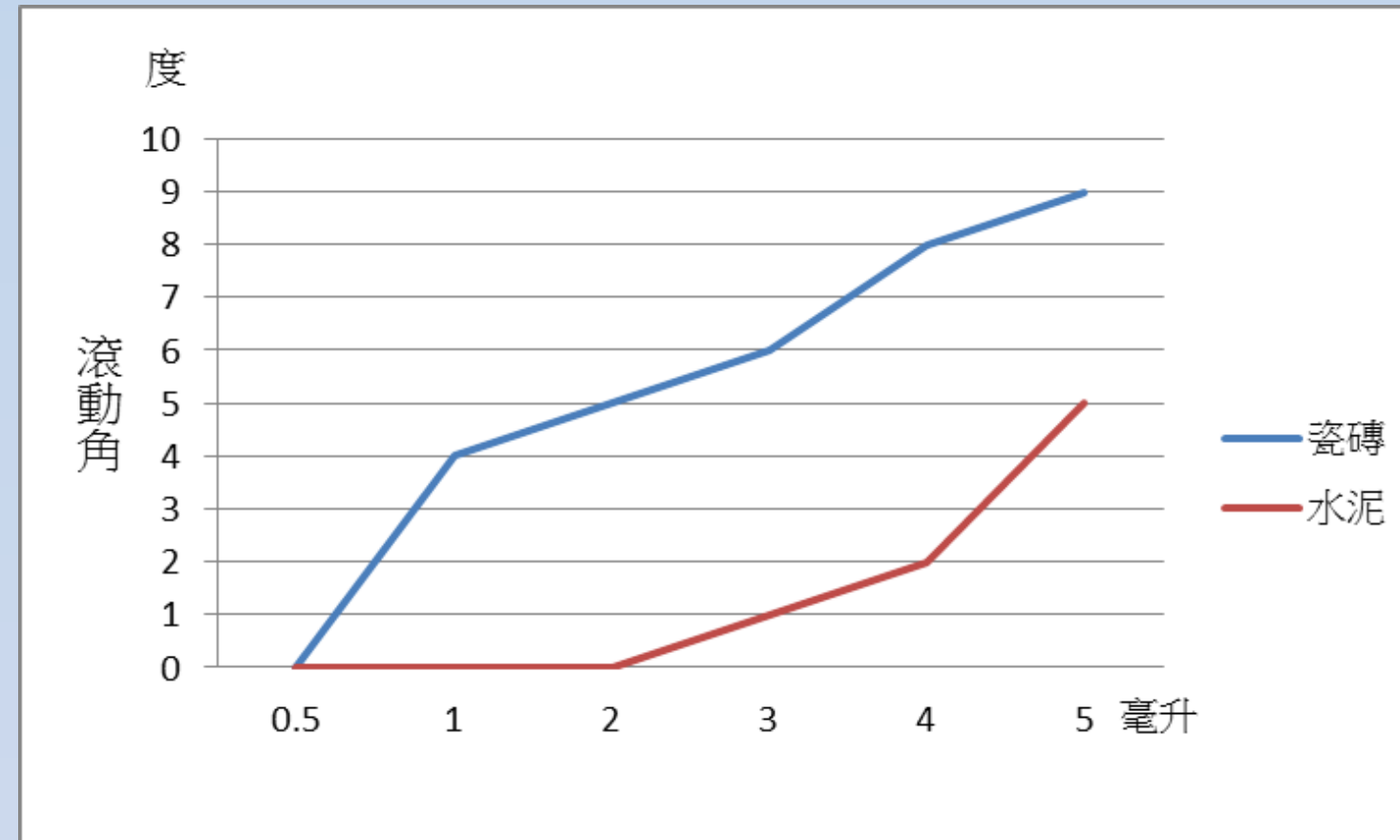
十一、瓷磚與水泥滾動角比較



圖三十：瓷磚鍍上矽烷修飾二氧化鈦塗層



圖三十一：水泥鍍上矽烷修飾二氧化鈦塗層



圖三十二：濃度搭配瓷磚與水泥的綜合比較

滾動角(度)	瓷磚	水泥
0.5毫升	0	0
1毫升	4	0
2毫升	5	0
3毫升	6	1
4毫升	8	2
5毫升	9	5

表九：濃度搭配瓷磚與水泥的綜合比較

陸、討論

- 塗上矽烷修飾二氧化鈦角度的滾動角最小，再來是氧基矽烷，最後才是二氧化鈦。
- 霧面玻璃鍍上的疏水塗層不易脫落，而塑膠培養皿則是最差的一個。
- 用烤箱烘乾之後，它的疏水角度會變大很多，而自然乾跟通風櫥乾的角度幾乎是一樣的，但因為自然乾的時間很久，所以我們用通風櫥乾的方式做了之後的大部份實驗。
- 當濃度越高的時候，疏水的滾動角度就會越來越小。
- 塗三層疏水塗層的效果最好。
- 甲基橙自清潔中可以看出來，霧面玻璃當作基板時自清潔效果最好。
- 在照光下有塗矽烷修飾二氧化鈦塗層的抑制黴菌生長能力最好，而在沒照光下有塗矽烷修飾二氧化鈦塗層雖然可以抑制黴菌，但效果沒有那麼的好，所以我們推論矽烷修飾二氧化鈦塗層是可以抑制黴菌生長的。
- 市售防水噴霧的疏水效果，沒有比我們做出來的矽烷修飾二氧化鈦塗層還要強。
- 我們之後做了水泥以及瓷磚當基材，發現瓷磚比水泥容易脫落，而且我們之後加測了滾動角，發現水泥的效果還是好過於瓷磚的，所以跟前面做的基材相比，我們推測出粗糙表面的吸附性佳，故疏水效果會比較好。

柒、結論

- 綜合以上的所有研究結果，我們研究出最好以及最有效率的方式則是烘乾的時候用通風櫥，清潔基板的材質使用粗糙表面如水泥，使用重量百分濃度為11.3%異丙醇溶液，再把疏水塗層塗到三層，以達到最好的疏水效果。
- 矽烷修飾二氧化鈦塗層可以有效抑制黴菌生長。
- 期望我們可以再增加矽烷修飾二氧化鈦塗層的附著性並且利用於建築物表面上。

捌、參考資料

- Department of Chemistry, UniversitadegliStudi di Milano, Via Golgi 19, 21033 Milan, Italy Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e TecnologiadeiMateriali (INSTM), Via Giusti 9, 50121 Florence, Italy
- 林赫(1993)點線面學習講義-基礎化學二·南一書局
- 百科知識滾動角
- 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
- 超疏水材料的制備應用與展望
- 義守大學 材料與工程學系碩士論文
- 超疏水PET硬化塗層(Hard Coat)
- 超疏水絕緣塗層製備與防冰、防污研究現狀(2017.09.19)
- 蓮花效應原理