

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 物理與天文學科

051809

奇妙的飄浮現象:親疏有別

學校名稱：國立斗六高級中學

作者： 高二 劉士鈺 高二 王盈穎	指導老師： 楊人翰
-------------------------	--------------

關鍵詞：漂浮移動、表面張力、親疏水性

摘要

本作品主要為發現水面上漂浮物易被外物吸引，甚至發生排斥或旋轉的現象，藉由研究探討此現象的多種特色。表面張力雖常被討論，但表面張力所產生之漂浮移動現象卻從不曾在我們所查證的科展題目、網路資料、書籍、甚至是科學文章中被研究過，富有創新、獨特性，於是由不同親疏水試棒、試片的交互作用中，探討其移動規則及可能引起之機制。從實驗結果可知，疏水邊易與疏水相吸與親水相斥，其細微現象與水面凹凸、折角試片俯面仰面有莫大關連，過程中則以光影輔助推論，進而由表面張力使液體表面積趨向越小特性，了解一系列運動原因並加以論證。此現象甚至也發生在試片間與槐葉萍的葉子上。透過本研究的發現和討論，或許未來可用來解釋一些自然現象。

壹、研究動機

近來因為不良廠商肆意排放廢氣、石化工業的快速擴張和不斷砍伐雨林等因素，造成全球暖化並導致極端氣候陸續出現，家裡為了減少馬桶沖水的能源消耗與預防乾旱氣候來臨，因此儲存了許多桶水。有一天，我發現了水桶表面飄浮著一個小碎片，這使我想起國中三年級理化課所教過的表面張力現象。正當我好奇的想將這個小碎片撈起的時候，發現這個小碎片竟似水中昆蟲般，在我手放入水中時，自動向我的手指靠近，有時還會旋轉一個方向然後才靠近過來，像是有生命一樣。於是請教了物理科老師，表面張力可以使物體漂浮於液體表面，但未曾提到具有排斥和吸引效應。在國中標準自然課綱中，曾教過靜電與磁力具有相吸和相斥現象，然而，手指應該不具有磁性，亦或小碎片在水中仍會具有靜電嗎？這些現象讓我產生了很大的好奇心，想進一步探討這個現象的原因及移動的機制，所以決定進行相關的實驗研究，做更深一步的了解。



手指剛放入水中



小碎片被吸引過來

貳、研究目的

- 2.1 了解造成漂浮移動的原因為何？是靜電吸引/排斥現象還是其他原因呢？
- 2.2 探討漂浮物和吸引物材質對於漂浮物移動的影響。
- 2.3 探討不同液體表面張力、漂浮物和吸引物親疏水性對於物體移動的影響。
- 2.4 探討影響漂浮物移動的原因及可能的機制。
- 2.5 探討漂浮移動現象推論的合理性以及相關自然現象的觀察。

參、研究材料與器材

3.1 試片

鋁箔、PET 板、粉紅色塑膠袋、A4 白紙、三醋酸纖維、鐵鋁罐

3.2 攪拌棒

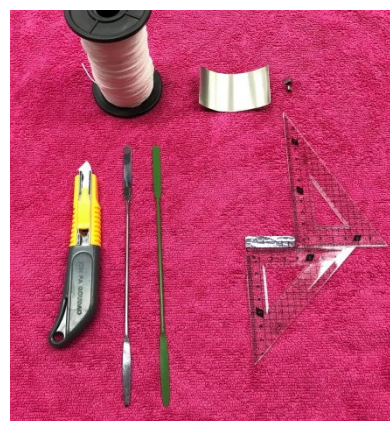
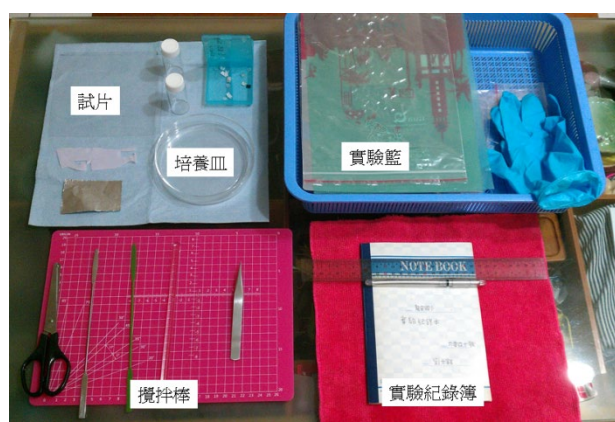
不銹鋼攪拌棒、鐵氟龍攪拌棒、玻璃圓棒、玻璃板

3.3 其他器材

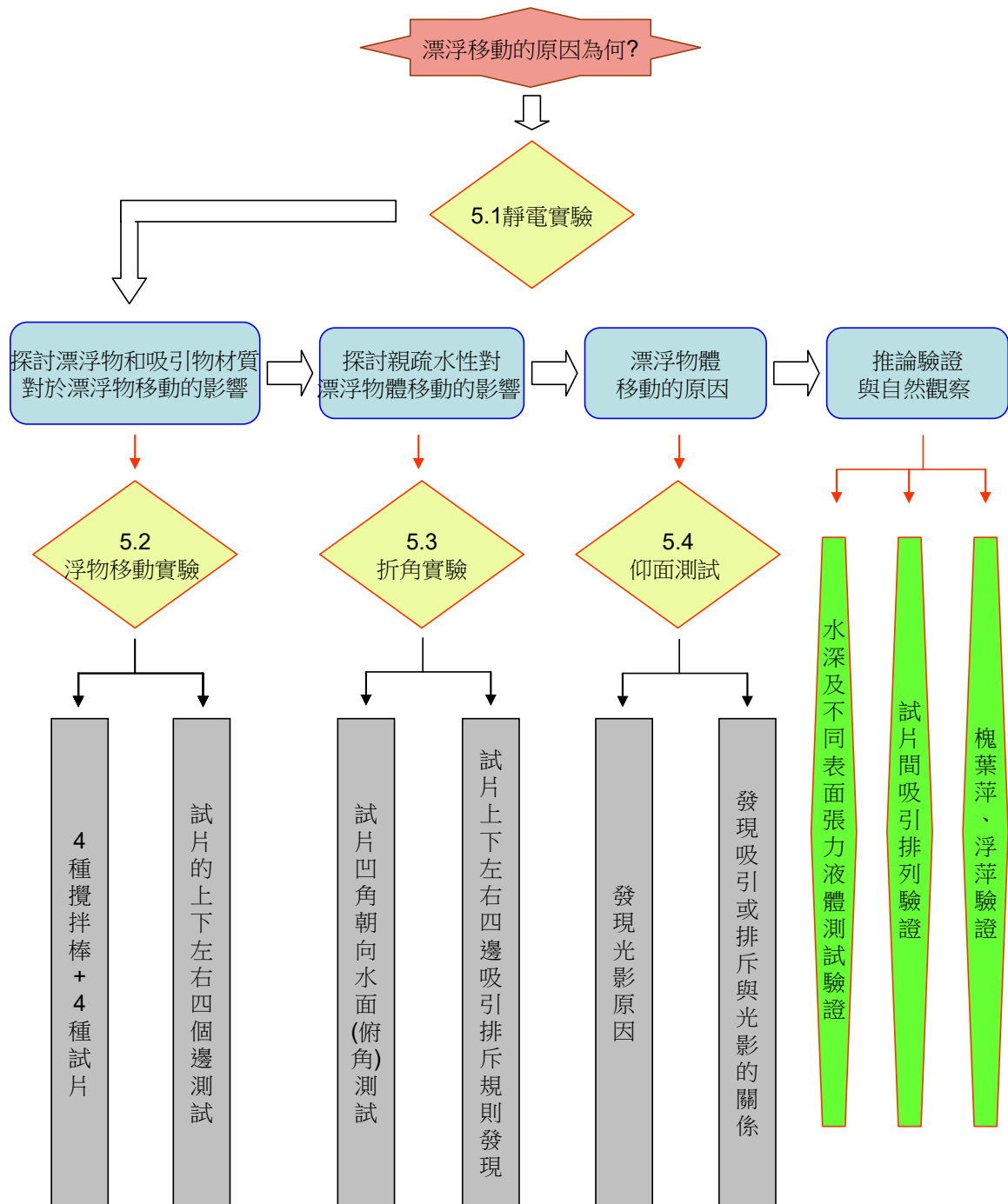
夾子、培養皿、樣品瓶、切割板、手套、尺、樣品盒、實驗籃、研究記錄簿、相機、計時器、棉線、三角板、美工刀

3.4 量測設備

精密電子天平、膜厚量測器、浸沾式塗佈機(Dip Coat)



肆、研究架構

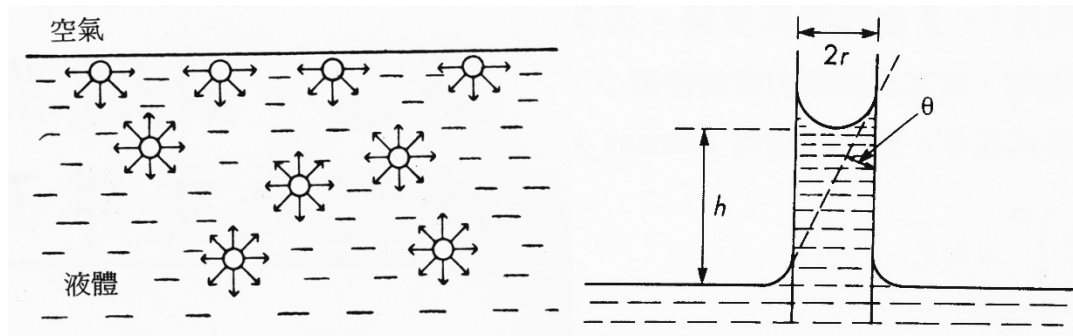


伍、理論與假設

5.1、表面張力的現象與成因

- (1)成因:液體內部分子受到四面八方相同之吸引力,但氣液界面的液體分子受到不平衡的吸引力,如下左圖所示,造成分子有向內拉的趨勢,形成表面張力。
- (2)現象:液體的表面,由於表面張力的作用,液體將向內收縮成最小的表面

積。例如將毛細管插入液體中，液體因表面張力而上升或下降的現象，如下右圖所示，稱為毛細現象。



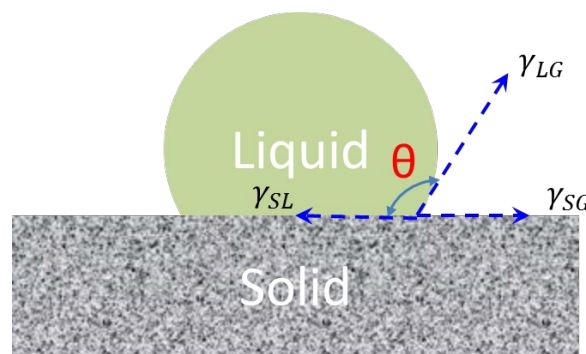
5.2、表面張力(T)的量度

- (1) 表面張力的定義：液體表面單位長度所呈現的張力，稱為表面張力；其單位為：毫牛頓/米 = mN / m 。拉力 = 物重 $\rightarrow 2TL = W \rightarrow T = W/2L$ 。
- (2) 表面張力的另一定義：液體表面增加每單位面積所需的能量，稱為表面能；單位為 $\text{mJ}/\text{m}^2 = \text{mN}/\text{m}$ 。
- (3) 表面張力的大小與液體的種類、溫度、純度以及和表面接觸的介質等因素有關。
- (4) 一般而言，液體溫度愈高，其表面張力愈小。

5.3、接觸角

- (1) 同類分子之間的吸引力稱為內聚力；而異類分子之間的吸引力稱為附着力。
- (2) 接觸角 (θ)：液面和固體的表面之間的夾角稱為接觸角，如下圖所示，接觸角的大小決定於液體的種類及接觸面的性質。
- (3) 接觸角與固液表面張力 γ_{SL} 、固氣表面張力 γ_{SG} 、液氣表面張力 γ_{LG} 的關係可以楊氏方程式(Young equation)來表示

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

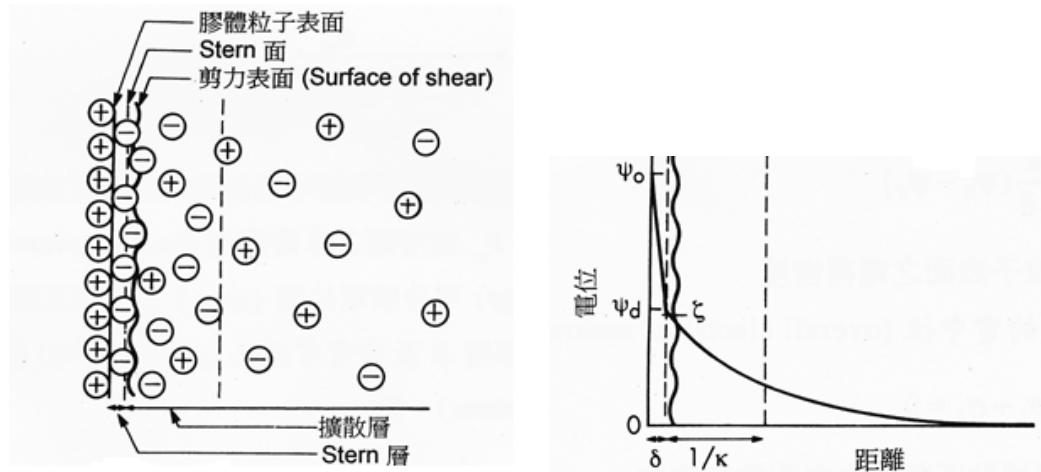


- (4) 露濕與不露濕：

- ◆ 露濕介面:若接觸角 $<90^\circ$ ，則液滴成扁平狀，稱為露濕。
- ◆ 不露濕介面:若接觸角 $>90^\circ$ ，則液滴內縮趨向球狀，稱為不露濕。

5.4、電雙層層理論

大部分的物質接觸到水溶液時，會因離子化、離子吸附及離子分解等作用而產生表面電荷，這些表面電荷會影響溶液中的離子分布，如下圖所示，形成電雙層。



ψ 和表面電位 ψ_d 可以用下列式子來表示

$$\psi = \psi_d \exp(-\kappa x)$$

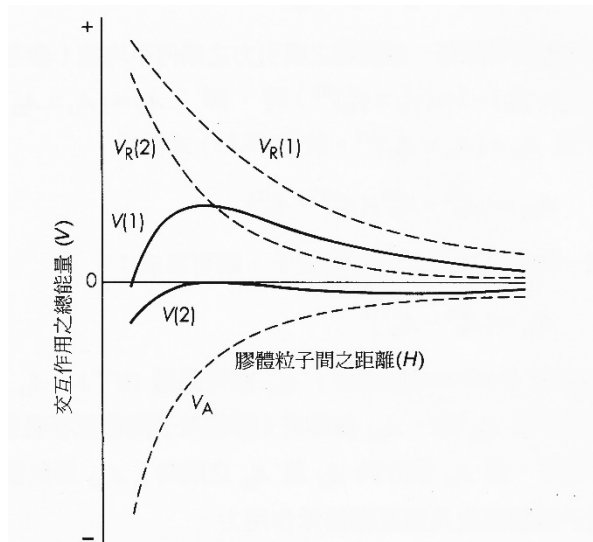
其中

$$\kappa = \left(\frac{2F^2 C z^2}{\epsilon R T} \right)^{1/2}$$

C 為電解質濃度， z 為電解質價數， $1/\kappa$ 即為電雙層厚度。

5.5、DLVO 理論

膠體溶液中加入電解質時，會引起疏媒性膠體粒子間交互作用能的改變以及對整個膠體溶液穩定度產生影響，最早由Deryagin、Landau、Verwey、Overbeek等四位學者提出解析，故稱為DLVO理論。凡德瓦吸引能 V_A 和靜電排斥能 V_R 合成總作用能，如下圖所示，決定膠體間吸引或排斥現象。



5.5、實驗設計與假設

- (1) 試片所產生吸引現象是由試片與試棒所產生的靜電力所造成的
- (2) 試片所產生吸引現象是由於試片在水中產生解離現象而產生陰陽離子帶電與試棒產生吸引
- (3) 試片所產生吸引現象是由於試片或試棒帶有磁性因而互相吸引
- (4) 試片移動現象是由於表面張力所導致
- (5) 折角試片能使試片於水中凹陷更深，使得表面張力使水面表面積趨於最小、能量最低的特性發揮的作用力更大
- (6) 府面折角試片與仰面折角試片所產生的結果相反是由於水面凹凸的不同
- (7) 在試片吸引現象實驗中所產生之水膜障壁可能與生化反應中所提到的活化能有相關性
- (8) 試片水面陷入不同與試片所投影形成的光影成像有密切相關
- (9) 水深會影響試片吸引結果
- (10) 清潔劑會影響表面張力而導致試片吸引結果的不同
- (11) 槐葉萍、浮萍等自然界水生植物也與此試片吸引現象有異曲同工之妙，也能互相論證與探討

陸、研究結果與討論

6.1、探討造成漂浮物移動的原因

從網路及書本上可以知道，造成兩物體吸引或排斥，主要的原因可以是物體帶靜電或是物體有磁性所造成。

- ◆ 靜電作用：物體可以是帶有正電或負電，帶同性電(正電或負電)的兩物體會產生排斥，帶異性電者則會發生吸引。如果是導體，則電荷會集中於尖端處，產生更強的電場。
- ◆ 磁性作用：物體如果具有磁性，必定同時具有 N 極和 S 極，且分布於對稱

的兩端。兩物體具有同極(N極或S極)的部份會產生排斥，具有相異極的部份則會發生吸引。

由於實驗中使用的器材，皆不具備磁性(以磁鐵碰觸皆不會發生吸引或排斥現象)，所以初步排除磁性吸引的可能性，因此，皆下來的實驗則以靜電測試為主。

實驗 6.1 靜電測試

6.1-1 過程和方法

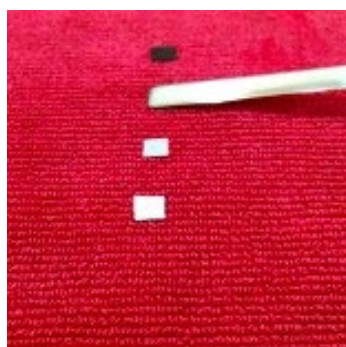
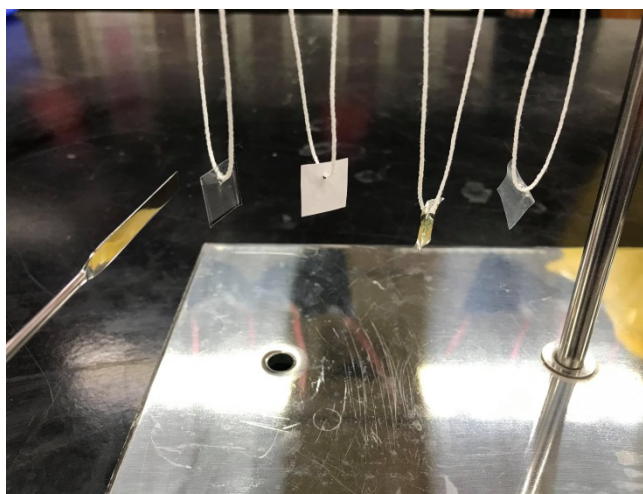
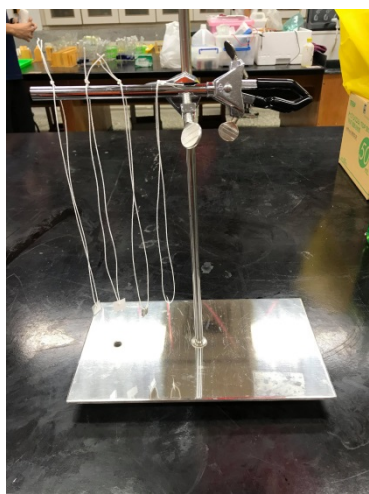
(1)將下列四種材質分別裁成 0.5cm×0.5cm 的正方形試片。

材質	鋁箔	PET 板	粉紅色塑膠袋	A4 白紙
厚度	0.016mm	0.34 mm	0.018 mm	0.118 mm
重量 (0.5×0.5cm)	0.001 g	0.0126 g	0.0004 g	0.0023 g

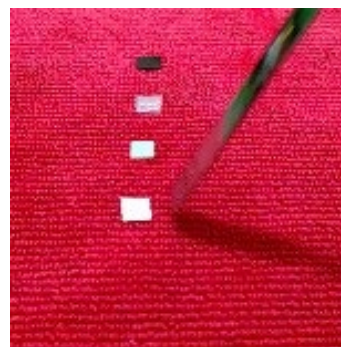
(2)在空氣中分別以不銹鋼攪拌棒、鐵氟龍攪拌棒、玻璃棒，從試片正面(上面)、旁邊(側面)、尖端(角)接近，觀察是否有吸引或排斥現象。

(3)為求避免抹布上有摩擦力或其他外力影響，我們將實驗提升到以棉線懸掛試片，並以試棒接近，以求得可信度較高的結果。

(4)將試片置於水中，重複上述步驟。



上面接近



側面接近

6.1-2 實驗結果

試片 測試環境 接觸物	鋁箔		PET板		粉紅色塑膠袋		A4白紙	
	空氣	水中	空氣	水中	空氣	水中	空氣	水中
不銹鋼攪拌棒	X	X	X	X	X	X	X	X
鐵氟龍攪拌棒	X	X	X	X	X	X	X	X
玻璃棒	X	X	X	X	X	X	X	X

○ 吸引、△排斥、X無反應

6.1-3 討論

- (1)在空氣中，無論是何種攪拌棒(包括底部紅色桌布)以及試片在平面、側邊或尖端皆無吸引或排斥現象，故推測在空氣中無靜電效應。
- (2)由於物質在水中可能因解離而帶電，故於水中環境測試。從實驗結果可以發現，試片或是攪拌棒在接觸水後，並不會因帶電而發生吸引或排斥現象，故推測在水中無靜電效應。
- (3)從上述兩點可以推論，小碎片發生移動現象並非因靜電而引起。
- (4)由於小碎片的漂浮是因為表面張力所引起的，是否此移動現象也是由表面張力所造成的，需進一步實驗才能證明。

5.1-4 小結論

- (1)小碎片發生移動現象並非因磁性或靜電而引起，很有可能是表面張力所引起的。

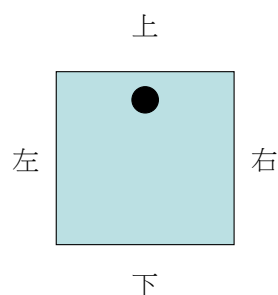
6.2、探討漂浮物和吸引物材質對於漂浮物移動的影響

爲了進一步了解漂浮物移動的原因，我們決定先觀察漂浮物移動的行為，再決定後續研究的方向。

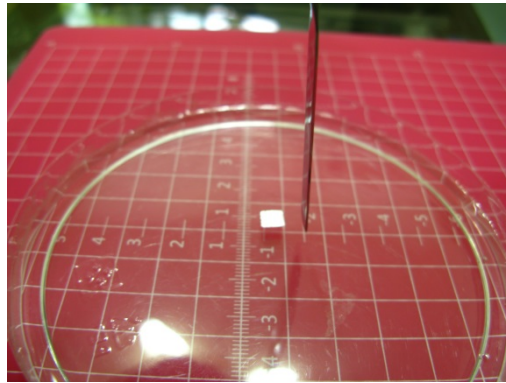
實驗 6.2 漂浮物移動的行為

6.2-1 過程和方法

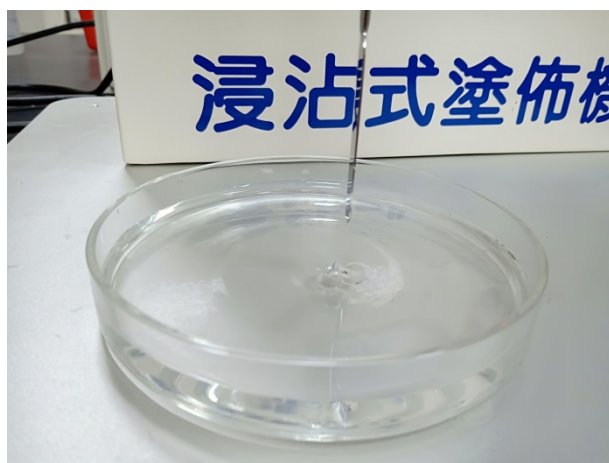
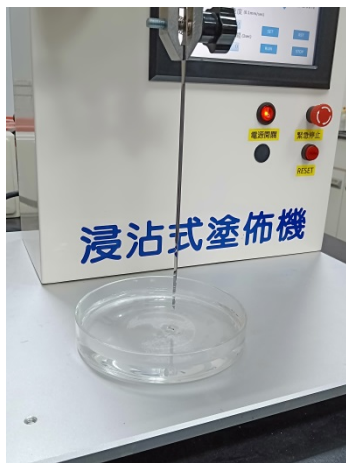
- (1)為了做詳細的分析以及避免因剪裁所造成的誤差，我們將實驗 5.1 中的試片的某一邊做上記號，作為上下左右四邊的區隔(如下圖所示)。



- (2)將培養皿中裝入適當的水，然後將實驗 5.2 中四種 0.5 cm × 0.5 cm 試片，分別置於水面上。
- (3)將不銹鋼攪拌棒(扁平面的部位)至於距離試片 0.5 cm 的位置處(攪拌棒的平面正面對試片的邊)，以碼錶紀錄試片因攪拌棒插入而吸引碰觸攪拌棒所需之時間，並觀察試片移動的行為。



- (4)重複步驟 3，分別將攪拌棒置於試片的上下左右四個邊。
- (5)以鐵氟龍攪拌棒、玻璃棒、玻璃板取代不銹鋼攪拌棒，重複步驟 3 和 4。
- (6)為了避免實驗由人為插入試棒所造成的誤差，我們在此已浸沾式塗佈機(Dip Coat)，所進行實驗，如下圖所示。



6.2-2 實驗結果

◆ 鋁箔

試片	上			下			左			右		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
不銹鋼攪拌棒 ³	8.9s	5.8s	6.9s	2.4s	6.2s	8.4s	27.1s	12.8s	25.1s	11.6s	18.8s	5.7s
鐵氟龍	11.9s	10.4s	28.5s	23.5s	7.2s	9.5s	13.6s	21.2s	15.8s	10.4s	27.6s	10.6s

攪拌棒 ⁴	左→ 角 ²	左→ 角	左→ 角	→角	→角	左→ 角	→角	→角	→角	下→ 角	下→ 角	下→ 角
玻璃棒 ⁵	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s
玻璃板 ⁶	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s

註 1: 試片旋轉以左邊接近攪拌棒的平面。

註 2: 試片旋轉以左邊接近攪拌棒的側角。

註 3: 試片有時會以端角來接觸不銹鋼攪拌棒的面。

註 4: 試片的下邊有時在快要接觸鐵氟龍攪拌棒的面時，會停滯不動。

註 5: 試片會以端角接近攪拌棒，但在快接近的某個距離時，會停滯不動，
像是一層水膜障壁。

註 6: 玻璃板的現象和玻璃棒的現象一樣。

◆ PET 板

試片 吸引物	上			下			左			右		
	第 一次	第 二次	第 三次	第 一次	第 二次	第 三次	第 一次	第 二次	第 三次	第 一次	第 二次	第 三次
不銹鋼 攪拌棒 ¹	1.6s	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開
鐵氟龍 攪拌棒 ²	8.5s	3.0s	9.7s	2.7s	2.2s	1.8s	4.3s	26.4s	12.4s	7.9s 下	3.5s 下	9.2s 下
玻璃棒	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開
玻璃板	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開

註 1: 偶而會有吸引效果。

註 2: 試片會以端角接近攪拌棒的面。

◆ 粉紅色塑膠袋

試片 吸引物	上			下			左			右		
	第 一次	第 二次	第 三次	第 一次	第 二次	第 三次	第 一次	第 二次	第 三次	第 一次	第 二次	第 三次
不銹鋼 攪拌棒	2.9s 左 ¹	3.6s 左	2.8s 左	3.7s →角 ²	3.1s 左	5.2s	1.7s	1.4s	1.7s	3.5s 下	4.6s 下	9.5s 下→ 角
鐵氟龍 攪拌棒	16.0s	>40s	19.5s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s
玻璃棒 ³	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s
玻璃板 ³	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s

註 1: 試片旋轉以左邊接近攪拌棒的平面。

註 2: 試片以下邊接近攪拌棒的側角。

註 3: 試片會與攪拌棒保持一個距離。

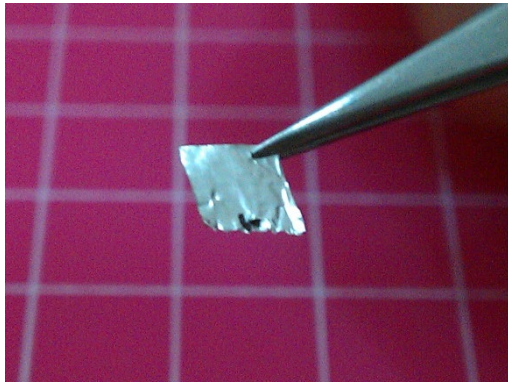
◆ 紙片¹

試片 吸引物	上			下			左			右		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
不銹鋼 攪拌棒	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s
鐵氟龍 攪拌棒	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s
玻璃棒	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s
玻璃板	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s

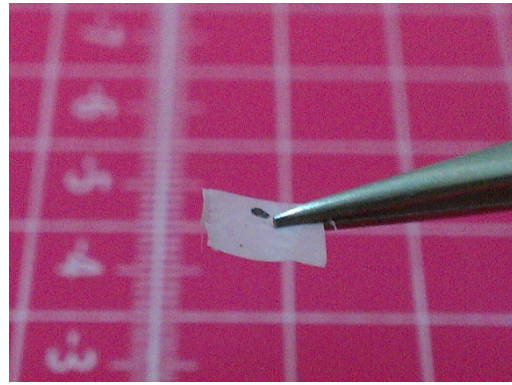
註 1: 紙片試片在水中依然會浮於水面，但與攪拌棒幾乎無作用力。

6.2-3 討論

- (1) 從實驗結果可以發現，實驗數據的再現性並不好。同樣的材料和同樣的邊，吸引所需的時間，量測三次差距很大；試片吸引後旋轉接觸的邊和攪拌棒碰觸的部位，在不同次實驗，結果也不太一樣。正方形試片的四個邊，理論上有一樣的幾何形狀，但量測結果卻不太一樣。這些現象似乎表示這個實驗含有很大的誤差。
- (2) 跟師長討論後得知，如果實驗量測值小於背景值(干擾值)時，則實驗結果不容易呈現。所以如果現在吸引或排斥的力量過小，而變因變動過大，則實驗再現性會不佳。在做這個實驗的時候，我發現有許多因數都不容易控制，包括攪拌棒插入水中的快慢、攪拌棒插入水中的角度、攪拌棒插入水中後的晃動、試片裁切的精確性、試片的平整度、試片在水中的位置。由於目前大部分的試片都是有塑性的薄膜，裁切下來其實並不平整，如下圖所示，且極易彎折變形，當夾子夾起它時，會凹折變形，不容易以平面的樣子放入水面。由於有一點塑彈性，也不易裁成正方形。放在水中時容易飄動及旋轉，不容易控制在同一位置上。

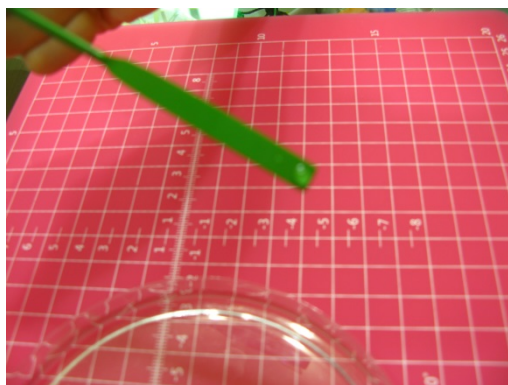


不平整的鋁箔試片表面

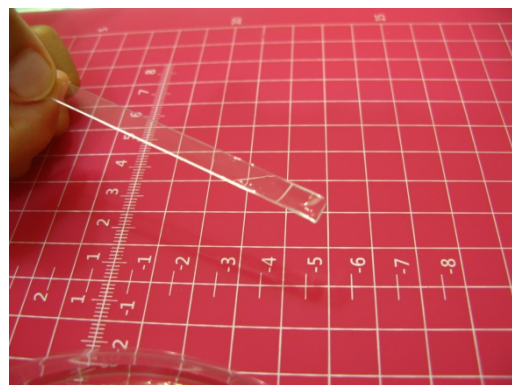


不平整的塑膠袋試片表面

- (3) 雖然這些實驗數據變動很大，但還是可以觀察出一些現象：
- 無論是何種攪拌棒，紙片皆無法被吸引，甚至停滯不動。
 - 無論是何種材質試片，玻璃圓棒和玻璃片皆無法吸引試片，或是將試片吸引至一定距離時，停滯不動，如同有一層水膜障壁一樣。
 - 本實驗原本只有使用玻璃材質的玻璃圓棒攪拌棒，但因為不銹鋼攪拌棒和鐵氟龍攪拌棒皆為扁平長方形，怕引起實驗誤差，所以又使用了玻璃片來做測試，並且將此玻璃片裁成 0.6 公分寬，與不銹鋼攪拌棒和鐵氟龍攪拌棒的寬度接近，以減少誤差。然而從實驗結果可以發現，玻璃圓棒和玻璃片的實驗結果幾乎是一樣的。所以表示吸引物的表面弧度(圓形、平面)對此實驗影響不大。
 - 相較於不銹鋼攪拌棒，鐵氟龍攪拌棒似乎較會吸引試片(速度較快)，再現性也較好。
- (4) 在做實驗時，觀察到水滴在鐵氟龍攪拌棒上會形成水珠狀，但水滴在玻璃片上會攤開濕潤，如下圖所示。



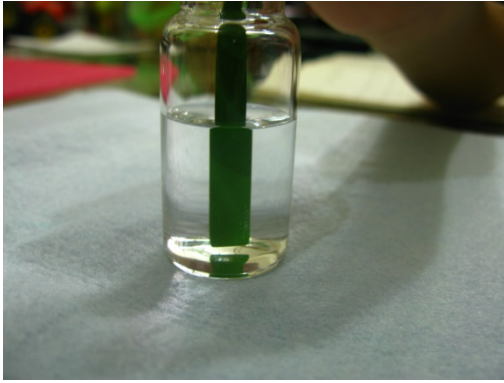
水滴在鐵氟龍攪拌棒



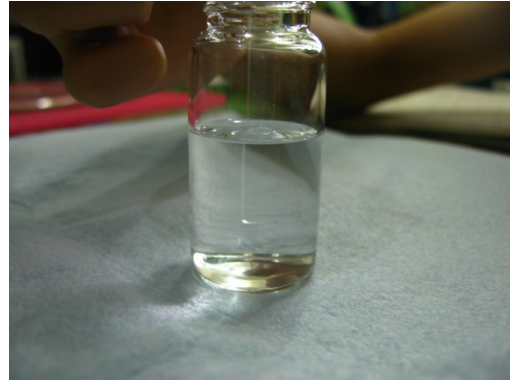
水滴在玻璃片

從網路上查詢鐵氟龍屬於疏水材料，而玻璃屬於親水材料。界面科學相關書籍提到，疏水材料表面能較低，水在此材料上會形成較大接觸角，即較原圓球狀之水滴；而親水材料表面能則較高，水在此材料上會形成較小接觸角，即較扁

平狀、攤開狀之水滴。這些描述與觀察相符。我觀察水滴在鋁箔、PET、粉紅色塑膠袋，不鏽鋼攪拌棒皆成水滴狀，屬疏水材料，而水滴在紙上，會攤開，屬親水材料。此外，也發現，當鐵氟龍和玻璃片這兩材料垂直插入水中，所形成的水平面現象也有所不同，如下圖，水平面靠近鐵氟龍攪拌棒會有凹下去的現象，而水平面在玻璃片附近，則有爬升的趨勢。本科展所觀察漂浮物移動的行為是否與這些現象有關呢？



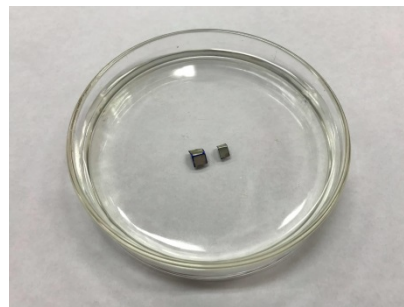
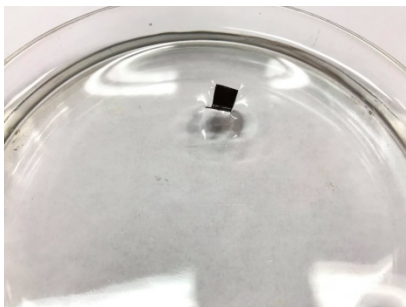
鐵氟龍攪拌棒垂直插入水



玻璃片垂直插入水

6-2-4 嘗試解決實驗問題

- (1)上述式片容易產生不平整皆因試片偏軟，因此我們試著將試片改為利用鐵鋁片所制，但仍陸續發現許多問題。
- (2)我們發現鐵鋁試片雖可用鐵鎚敲打使其平整，但是重量太大，以至於水的表面張力無法與之相抗，容易沉入水底，且試片較難裁剪，容易大小不一，後又因進行折角實驗(實驗5-3)，因其硬度較高，施力點又小，以致彎折角度難控制，且不斷產生大小邊的問題，其府面試片不易正立站起，唯仰面試片可供使用，不符合實驗條件，遂不予使用。
- (3)鐵鋁試片周圍水面凹陷甚是明顯，如下圖所示。

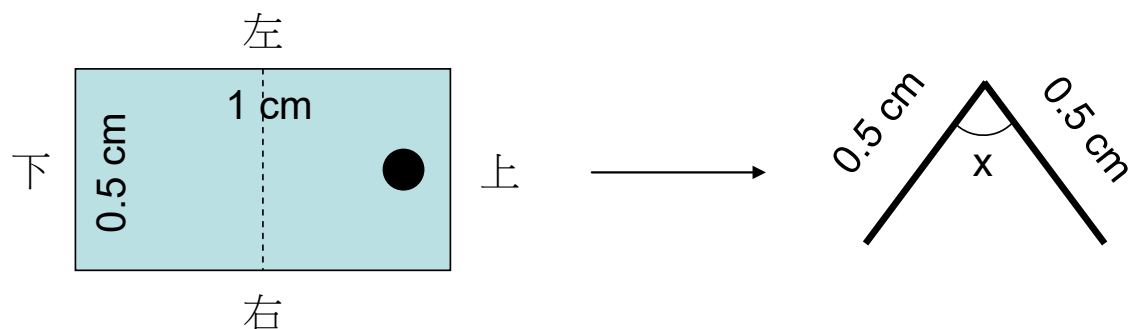


6.2-5 小結論

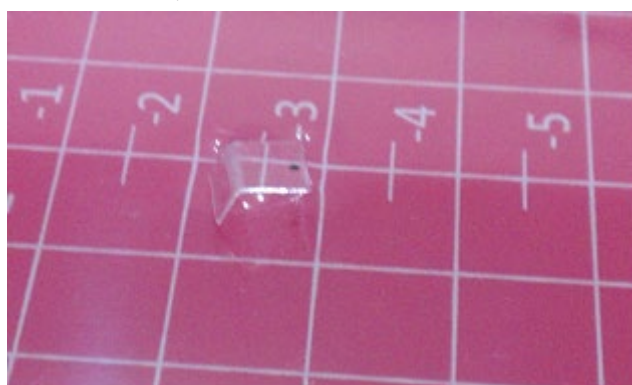
- (1)由於實驗環境變因(干擾因素)不易控制和降低，唯有增強目標量測值，才可觀察出變因的趨勢以及變因與量測目標的關連性。
- (2)攪拌棒和試片的親疏水性可能與漂浮移動有非常大的關連。

5.3 探討折角、親疏水性和攪拌棒水中角度對於漂浮物體移動的影響

在一次偶然的實驗中，我發現如果試片呈現弧形時，試片會快速被攪拌棒所吸引或排斥。因此為了使量測值增大，減少環境變因干擾，提高訊雜比(訊號功率與雜訊功率的比率，英文稱 signal-to-noise ratio)，接下的實驗試片改為長方形，中間對成折角，如下圖所示

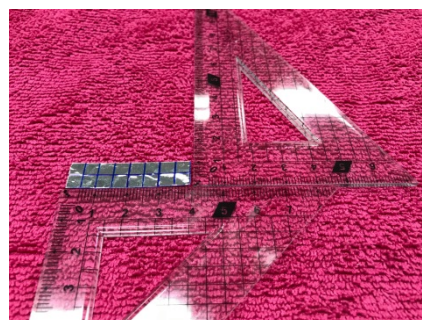
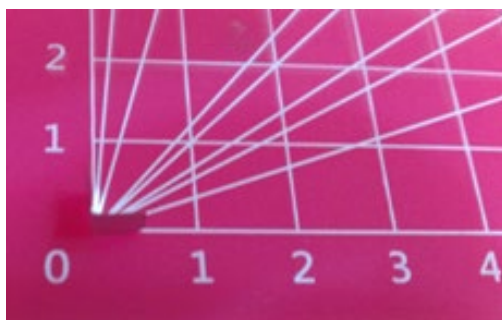


本來想討論折角 X 對於漂浮移動的影響，但實驗發現，折角 X 太小時，試片的一邊容易沉入水中，如下圖情形



試片折角不對稱或過小時，一邊容易沉入水中

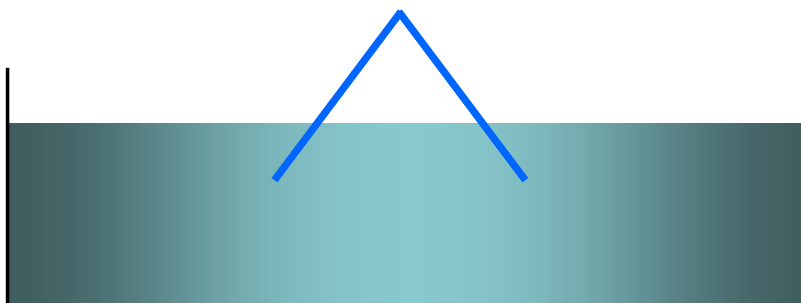
如果折角 X 太大則其他因素如尺寸精確性，對稱性、攪拌棒放入水中的快慢等對於移動速度影響過大，干擾實驗的準確性。折角 X 為 90 度至 135 度較為適當，如下圖所示



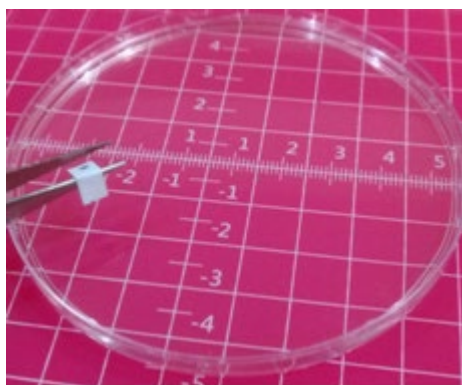
實驗 5.3 折角、親疏水性和攪拌棒水中角度對於漂浮物體移動行為的影響

5.3-1 過程和方法

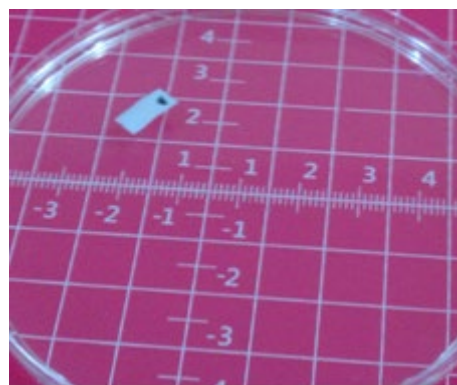
- (1)為了測試折角的影響，請過與師長討論，將試片尺寸改為 1cm x 0.5cm，以長邊中心現對折，成 90 度或 135 度夾角，如上兩圖所示，並在其中一短邊做上一記號。將試片以凹角朝向水面的方式，至於水面上，如下圖所示。



- (2)在實驗 5.1 和實驗 5.2 中所使用的試片包括鋁箔、PET、粉紅色塑膠袋、紙等試片，其中粉紅色塑膠袋無法維持一定折角角度，所以捨棄不用，而紙在折角後，一放入水中，即會濕潤攤平，如下圖所示，無法以折角的方式漂浮於水面上。目前所使用的試片，除了紙外，其他都是疏水性材料，為了了解親疏水材料對於漂浮移動的影響，所以使用了紙作為試片，雖然紙可以漂浮於水面上，但卻無法以折角的方式進行實驗。因此與指導老師討論的結果，改用三醋酸纖維作為試片。從網路上可以查到，三醋酸纖維是作為底片和液晶顯示器的材料，它就像是一般塑膠片一樣，可以彎折，也可以折成一個角度，而且跟玻璃一樣，水滴在它上面會馬上攤開。所以，接下來的實驗，以三醋酸纖維取代紙作為測試的試片。



折角紙放入水前



折角紙放入水後

- (3)在實驗 5.2 中，攪拌棒放入水中與試片的距離為 0.5 cm，但在本實驗因試片折了角後，移動的速度變得很快，為了減少誤差，本實驗將攪拌棒和試片的距離改為 1 cm。
- (4)分別使用不銹鋼攪拌棒(扁平面的部位)置於試片的上下左右四個邊測試，以碼表紀錄試片因攪拌棒插入而吸引碰觸攪拌棒所需之時間，並觀察試片移動的行為。
- (5)以鐵氟龍攪拌棒、玻璃棒、玻璃板取代不銹鋼攪拌棒，重複步驟 4。

6.3-2 實驗結果

◆ 鋁箔

試片 吸引物	上			下			左			右		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
不銹鋼 攪拌棒 ²	1.1s	1.0s	0.95s	0.7s	0.8s	0.95s	1.5s 下 ¹	1.9s 上	1.3s 下	1.6s 下	3.7s 下	2.8s 下
鐵氟龍 攪拌棒	0.8s	0.7s	0.5s	0.8s	0.7s	0.8s	1.2s 上	1.6s 上	0.85s 下	1.6s 上	1.5 上	2.0s 上
玻璃棒	彈開 ³	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	0.7s	0.7s	0.7s	1.0s	0.6s	0.5s
玻璃板	彈開 ³	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	0.8s	1.1s	0.7s	0.5s	0.5s	0.8s

註 1: 試片旋轉以下邊接近攪拌棒的平面。

註 2: 在做試片的左右邊測試，試片在快接近攪拌棒的某個距離時，會停滯不動，像是一層水膜障壁。

註 3: 攪拌棒放入水中時，試片即被彈開，如有排斥力一般。

◆ PET 板¹

試片 吸引物	上			下			左			右		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
不銹鋼 攪拌棒 ³	0.8s	0.7s	0.8s	1.3s	0.9s	1.3s	3.0s 上 ²	6.9s 下	5.0s 上	3.4s 上	2.6s 上	4.1s 下
鐵氟龍 攪拌棒	2.4s	1.0s	1.3s	1.6s	1.6s	1.7s	3.8s 上	4.9s 上	3.8s 下	3.3s 上	2.0s 上	1.8s 上
玻璃棒	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	2.5s	2.6s	2.1s	1.6s	2.6s	2.7s
玻璃板	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	2.9s	2.3s	2.3s	1.9s	2.2s	2.4s

註 1: 試片在折角 90 度時，會容易有一邊會沉入水中，故折角改用 135 度。

註 2: 試片旋轉以上邊接近攪拌棒的平面。

註 3: 在做試片的左右邊測試，試片在快接近攪拌棒的某個距離時，會停滯不動，像是一層水膜障壁。

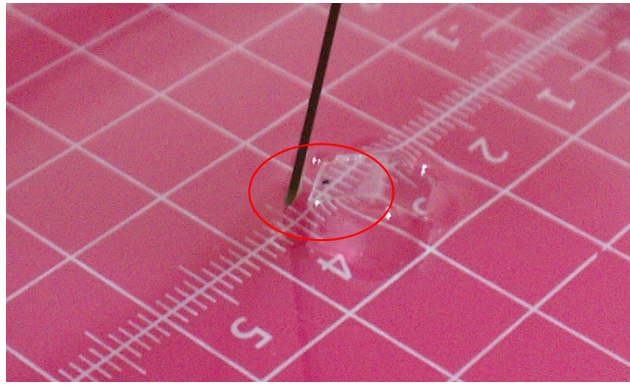
◆ 三醋酸纖維

將沒有折角(平面)的三醋酸纖維放在水面上，會維持原狀浮於水面上，但如果將折角的三醋酸纖維放在水面上，則會很快沉入水中，如下圖所示。

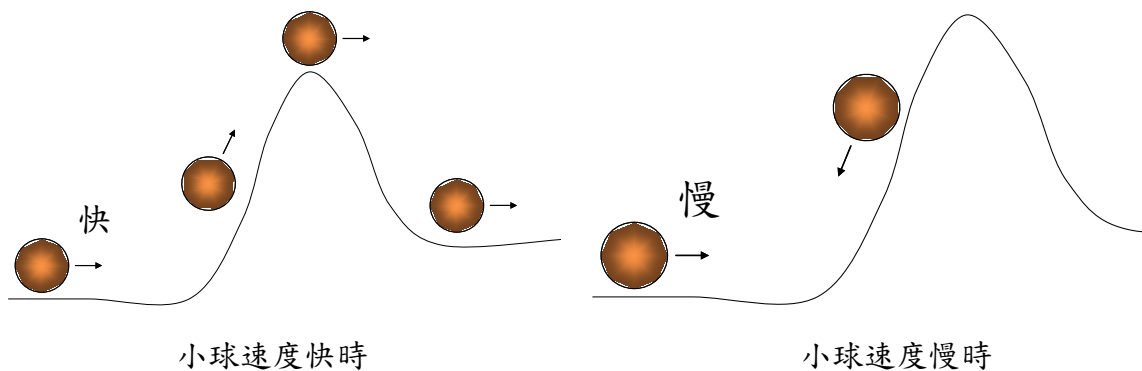


6.3-3 討論

- (1)在實驗 5.2 時，實驗試片是以平面狀置於水面上，而本實驗是將試片對折，形成一夾角再置於水面上。將兩實驗結果比較可以發現，試片有折角的實驗，結果較有規則性，移動速度也較快，這表示本實驗的訊雜比較大，實驗結果較為明確，較能用作漂浮移動成因的探討。從實驗結果可以歸納出幾點現象。
- 無論是哪一種材質的攪拌棒，鋁箔和 PET 試片有著類似的結果，不銹鋼攪拌棒和鐵氟龍攪拌棒會吸引試片的上下兩邊，排斥試片的左右兩邊，而玻璃棒和玻璃板有著相反的現象，吸引試片的左右兩邊，排斥試片的上下兩邊。
 - 當使用不銹鋼攪拌棒和鐵氟龍攪拌棒，靠近試片的左右兩邊，雖然會產生排斥，但試片會產生旋轉，然後再以試片的上下兩靠近攪拌棒。然而使用玻璃棒和玻璃板，靠近試片的上下兩邊，雖然會產生排斥彈開，試片並不會再吸引回來。所以，可以簡單推論如下：
 - ◆ 不銹鋼攪拌棒和鐵氟龍攪拌棒：試片上下兩邊吸引>試片左右兩邊排斥。
 - ◆ 玻璃棒和玻璃板：試片上下兩邊排斥>試片左右兩邊吸引。
- (2)實驗發現不銹鋼攪拌棒和鐵氟龍攪拌棒，靠近試片的左右兩邊，產生排斥，然後試片會旋轉以上下兩邊靠近攪拌棒。此時，攪拌棒靠近左右兩邊時，如果稍微偏向上邊，則旋轉後會以試片上邊吸引靠過來，反之，如果稍微偏向下邊，則旋轉後會以試片下邊吸引靠過來。因此，在做這類實驗時，轉向後移動過來的邊，有時候是上邊，有時候是下邊，並不一致，可能是攪拌棒插入水的位置偏差所致。
- (3)在使用不銹鋼攪拌棒和鐵氟龍攪拌棒，靠近試片的左右兩邊，產生排斥，試片試片旋轉後，試片上下兩邊要靠近攪拌棒時，有時會在快接近攪拌棒的某個距離時，會停滯不動，像是一層水膜障壁，如下圖所示。



經過多次觀察，我發現如果吸引過來速度慢的話，就容易產生這個現象，但如果速度快的話，就不會有這個現象。經由與指導老師討論和透過網路搜尋，這應該是類似活化能的概念，當有一能量障礙出現在攪拌棒和試片之間，就像是一個小山丘擋在兩個山谷之間，如下圖所示，如果滾快一點，則球就可以從一個山谷滾過山丘到達對面的山谷，但如果速度不夠快，則球無法越過山丘，就好像試片無法接近攪拌棒一樣。



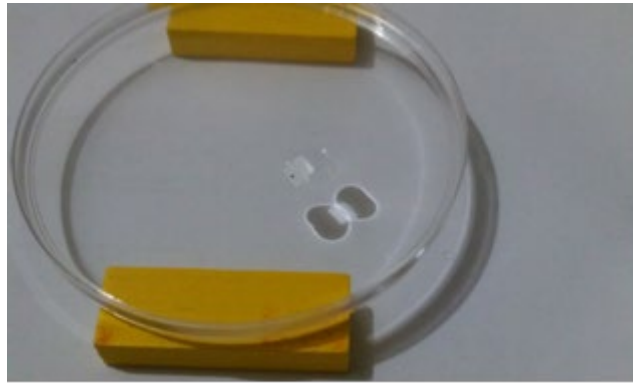
(4)關於第一點實驗結果，不銹鋼攪拌棒和鐵氟龍攪拌棒屬於疏水性材料，而玻璃棒和玻璃板屬於親水性材料，兩者性質剛好相反，實驗結果也剛好相反，是否試片的漂浮移動現象與親疏水性或是表面張力有關呢？

5.3-4 小結論

- (1)試片傾向於以上下邊接近疏水攪拌棒，而以左右邊接近親水攪拌棒。
- (2)折角親水性材料試片無法漂浮於水面上。

6.4 探討漂浮物體移動的原因

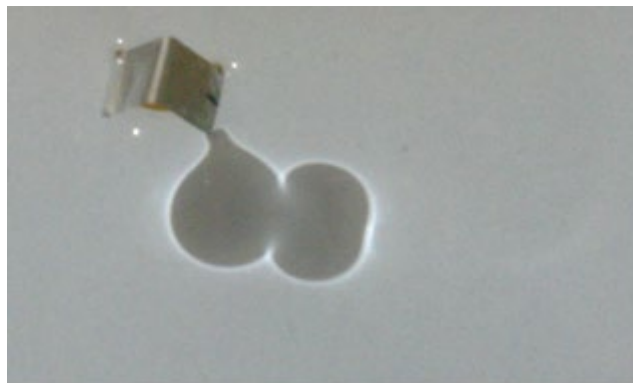
由 5.3 節實驗結果已可歸納出漂浮物移動的規則性，但其真正的原因，限於目前仍無足夠物理知識，所以無法探知真正的原因，但我仔細的觀察實驗的過程中，發現一個很有趣的現象。我發現折角的試片在水中會形成特殊的光影，如下圖所示。



折角試片放在水面上，上下兩邊會浸入水中，而中間彎折的部份則會突出水面，在浸入水中的上下兩邊，在水底會在試片的上下兩邊形成兩塊分離影子，而不是整個試片的影子，如果將試片倒過來放，則這兩塊影子會跑到試片的左右兩邊，如下圖所示。



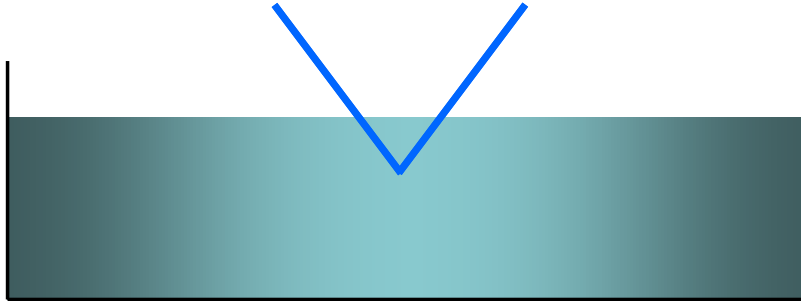
這跟影子是試片造成的嗎?由於上圖的試片是 PET，材料屬於透明，有可能是光線從不同角度造成。為驗證這一點，改用鋁箔(不透明材料)觀察，如下圖所示。我發現即使是不透明的材料依然有兩個影子出現在試片的上下兩邊。所以可以推論並不是試片本身造成這些影子，可能是試片附近水面所造成的。為進一步了解其原因，故進行下列實驗。



實驗 6.4 折角試片仰面測試

6.4-1 過程和方法

- (1) 為了了解試片漂浮移動現象是否與影子有關，本實驗將實驗 5.3 的折角試片倒過來放在水面(凹面朝上)，如下圖所示。



- (2) 由於鋁箔容易變形，所以本實驗只用 PET 試片做測試，因玻璃棒和玻璃板的效果類似，為了簡化實驗，本實驗排除玻璃棒的測試。
- (3) 分別使用不銹鋼攪拌棒(扁平面的部位)置於試片的上下左右四個邊測試，攪拌棒放入水中與試片的距離為 1 cm，以碼表紀錄試片因攪拌棒插入而吸引碰觸攪拌棒所需之時間，並觀察試片移動的行為。
- (4) 以鐵氟龍攪拌棒、玻璃板取代不銹鋼攪拌棒，重複步驟 3。

6.4-2 實驗結果

◆ PET

試片 吸引物	上			下			左			右		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
不銹鋼攪拌棒	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	2.9s	2.3s	2.3s	1.9s	2.2s	2.4s
鐵氟龍攪拌棒	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	3.0s	3.2s	3.4s	3.3s	3.6s	3.1s
玻璃板	1.5s	1.9s	1.2s	2.9s	1.7s	2.0s	>40s	4.1s 下 ¹	2.4 上	3.2 上	>40s	4.9 上

註 1: 試片旋轉以下邊接近攪拌棒的平面。

6.4-3 討論

- (1) 從實驗結果可以發現，當 PET 試片以折角仰面作測試，其結果與折角俯面測試(實驗 5.3)的結果剛好完全相反。在做折角俯面測試時，疏水攪拌棒(鐵氟龍和不銹鋼)會吸引 PET 試片上下邊(插入水中之邊)，而親水攪拌棒(玻璃)則會吸引 PET 試片左右邊(浮出水之邊)，本實驗將試片倒過來，疏水攪拌棒改成吸引 PET 試片左右邊，而親水攪拌棒則吸引 PET 試片上下邊，這結

果顯示這個漂浮移動存在某個道理和規則。

- (2)在做實驗時，觀察到一個很有趣的現象，我發現在將疏水攪拌棒(鐵氟龍)插在水中，棒子的影子在水面附近會有一個較大的陰影(影子)，如下圖所示。



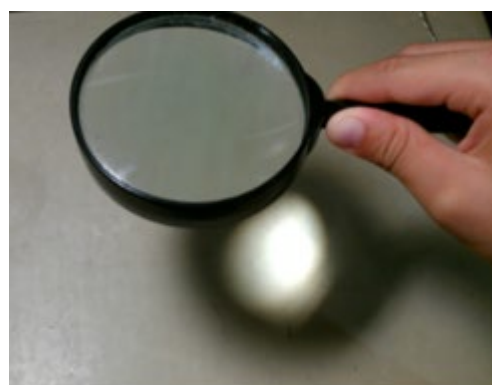
但如果將親水攪拌棒(玻璃)插在水中，則會出現一個很亮的光點，如下圖所示。



這其中的道理，據我推測就像國中所學過的凹凸透鏡原理相同，當光線透過凹透鏡，會使其下光影變得暗沉，但當光線通過凸透鏡，卻會形成一個光點，下圖以眼鏡與家用放大鏡為例。



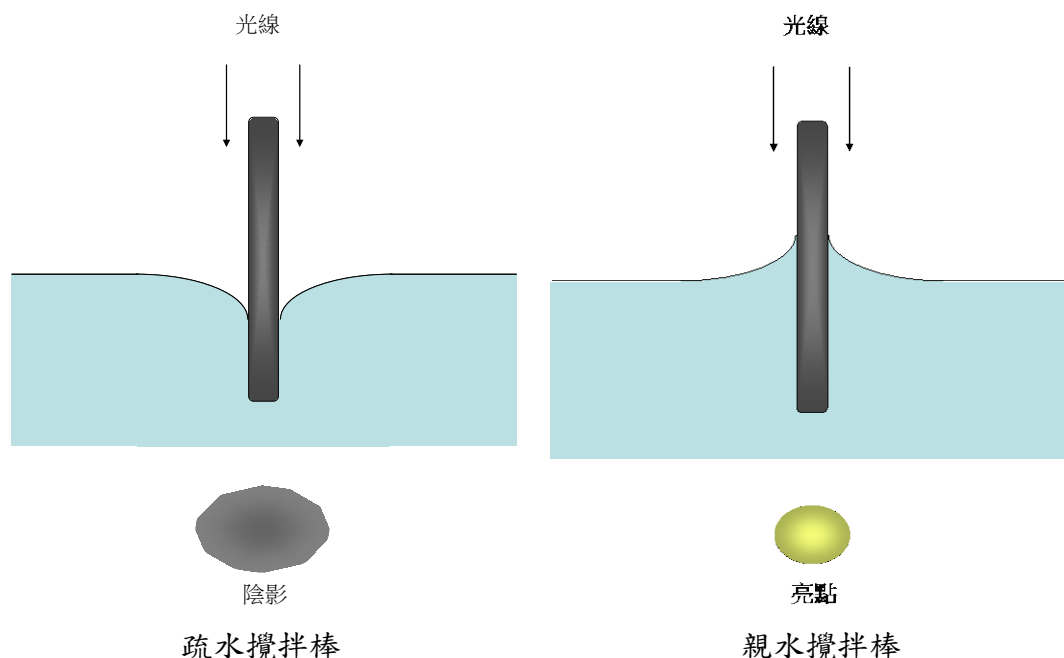
透過眼鏡的光線成陰影



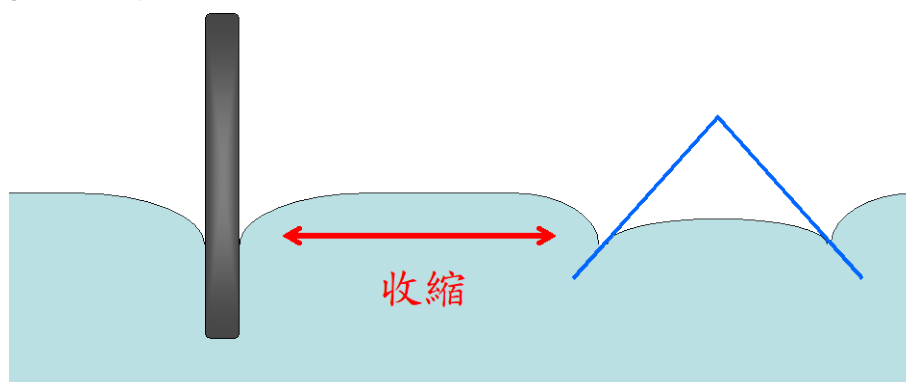
透過放大鏡的光線成亮點

眼鏡是凹透鏡，會有散光的效果，而放大鏡是凸透鏡，則會聚光。因此，可以

推論疏水攪拌棒在水面會形成如凹透鏡，而親水攪拌棒則會竟成如凸透鏡。於是將這些結果與指導老師討論，師長告訴我疏水材料的接觸角較大，插入水中，水會凹陷，而親水材料的接觸角較小，插入水中，水會爬升，這和我在實驗 5.2 中 6-2-3(4) 節所觀察的現象一樣。所以水凹陷就像是凹透鏡一樣，所以形成陰影，而水爬升就像是凸透鏡一樣，所以形成亮點，如下圖一樣。

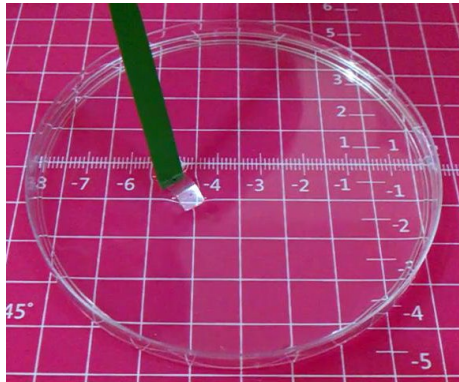


(3) 由於目前所使用折角的試片(鋁箔、PET)為疏水材料，所以插入水的邊，水面會凹陷如同凹透鏡。根據界面科學的書上提到，表面張力使液體的表面積趨向越小越好，所以當兩個凹陷的水面越靠近時，表面積會最小，如下圖所示。因此，疏水攪拌棒會傾向於吸引俯面折角試片的上下邊，而如果試片倒過來，水面凹陷處跑到左右兩邊(由陰影可以得知)，所以此時疏水攪拌棒會傾向於吸引仰面折角試片的左右邊。因親水攪拌棒，周遭水面會爬升，與疏水攪拌棒的情況相反，因此，吸引的結果也相反。

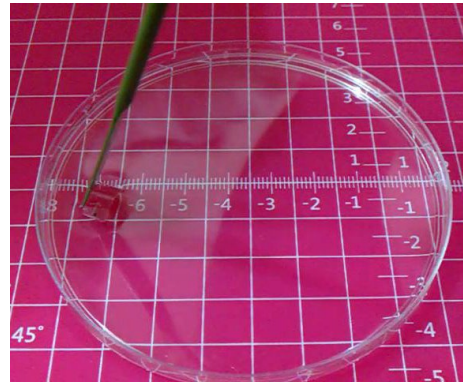


(4) 此外，在實驗中也觀察到，如果攪拌棒往試片反方向傾斜，會加速試片被吸引過來，但如果往試片方向傾斜，則疏水攪拌棒原本吸引試片的上下邊，會

使試片旋轉，而改吸引試片的左右邊，如下圖所示。這可能也是為了減少表面積的緣故。



反向傾斜



正向傾斜

6.4-4 小結論

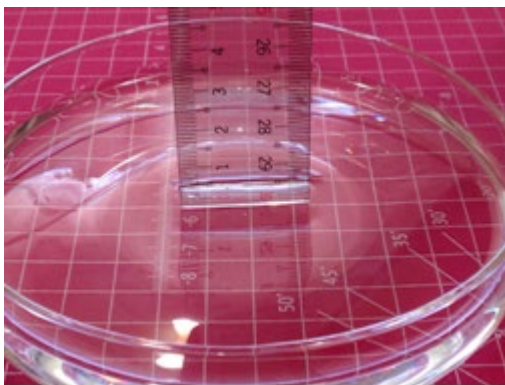
- (1) 攪拌棒陰影會吸引試片陰影處，攪拌棒亮點會吸引試片非陰影處。
- (2) 攪拌棒會吸引試片是因為表面張力會傾向於減少液體表面的面積。

5.5 探討漂浮移動現象推論的合理性以及相關自然現象的觀察

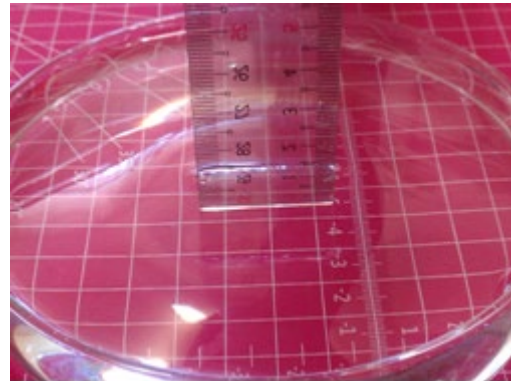
由 5.4 節實驗結果可以推論漂浮移動的原因可能是由於水面在物體表面形成不同曲面，因為表面張力緣故，所以造成漂浮物的移動。看見的現象就是在水底形成陰影，物體有陰影的地方會吸引另外一物體陰影的地方。為了了解這樣的推論是否合理，所以進行下列進一步的實驗探討。

5.5-1 水深度和表面張力的影響

為了了解水的深度和表面張力對於漂浮移動的影響，實驗中使用了 1 公分水深和二公分水深做測試，如下圖所示

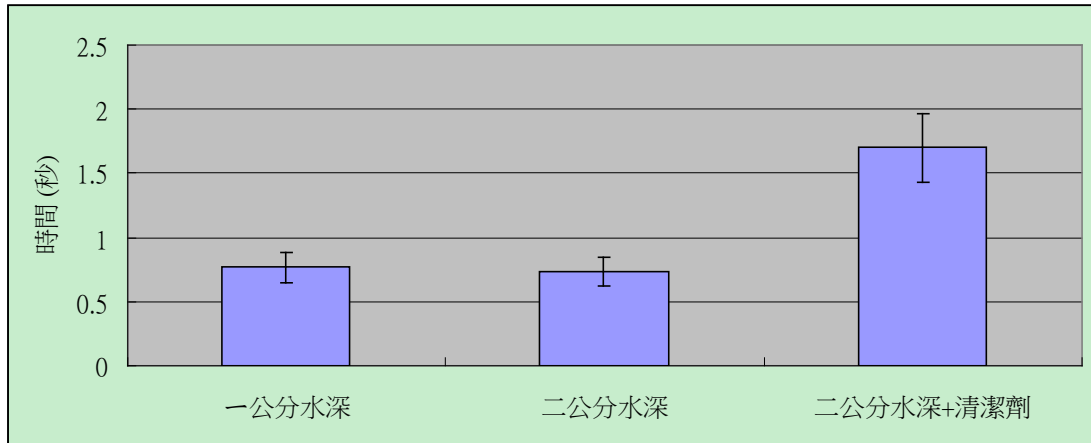


一公分水深



二公分水深

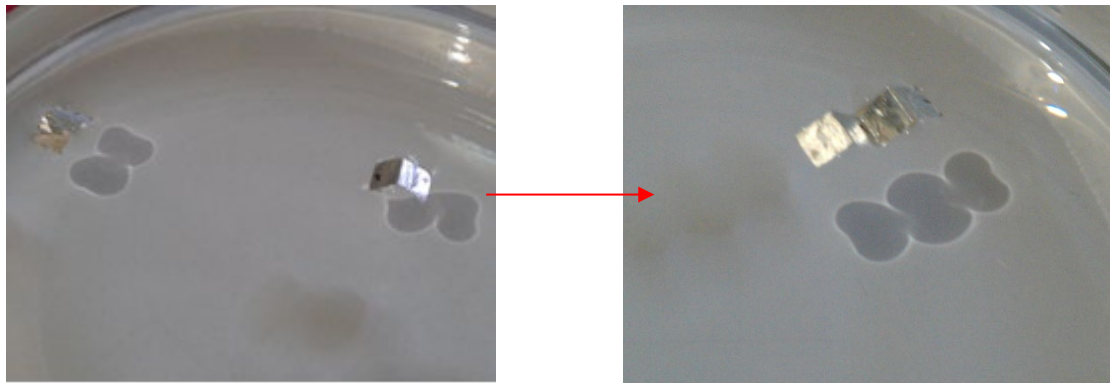
水加入洗碗清潔劑，會讓水的表面張力降低，所以也另外測試將清潔劑加入二公分水深的實驗。鐵氟龍攪拌棒在一公分距離下吸引俯面折角 PET 試片的測試結果如下：



從上面結果可以發現，水的深度對於漂浮移動速度影響不大，但如果降低水的表面張力(加入清潔劑)，則移動速度會明顯減慢，這結果與先前推論非常吻合，漂浮物移動主要是因為表面張力的緣故，與水深無關。

6.5-2 漂浮移動現象的延伸和自然現象的觀察

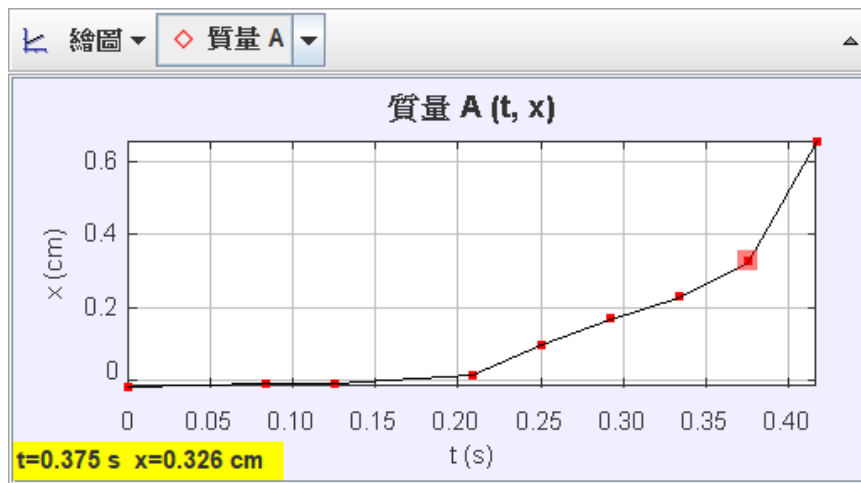
根據先前的推論，只要凹陷的水面間，即會互相吸引，並不見得需要是繳拌棒與試片的吸引。為了證明這一點，將兩個鋁箔試片放在水面上，發覺試片間的確會互相吸引，而且是一個試片的上下邊串連另外一試片的上下邊，或是一個試片的左右邊串連另外一試片的左右邊，如下圖所示，從影子看來，即為陰影之間的連接，證明先前的推論可能是正確的。



試片陰影頭尾相連

6.5-3 漂浮移動的數據分析

在此觀察中，藉由影像分析，將影片中每秒分隔成 24 張照片，並觀察移動距離軌跡與速度之關連性，並求出加速度最大值為 45cm/s^2 ，其數值如下圖所示。

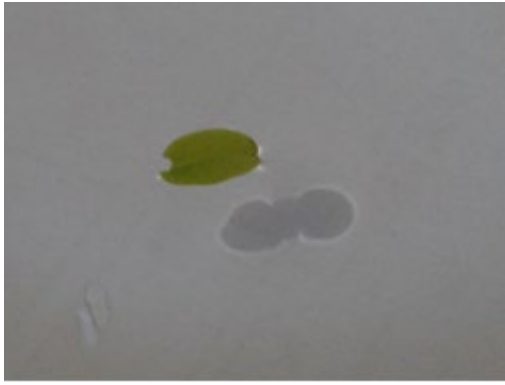


t(s)	x (cm)	v_x (cm/s)	a_x (cm/s ²)
0.125	-8.737E-3		
0.208	1.316E-2		
0.250	9.627E-2	1.872	
0.292	0.169	1.610	1.205
0.333	0.230	1.890	45.62
0.375	0.326	5.146	
0.417	0.659		

看到試片的互相吸引相連，讓我想到平常在水塘上，常常會看到水生植物會聚集浮在水面上，如下圖所示。



因此，讓我好奇，在自然環境中，水生植物的葉子是否也有漂浮移動、特定方向吸引的現象呢？於是我找了槐葉萍、浮萍等會漂浮在水面上的植物葉子做實驗，我發現在燈光的照射下，它們葉子的影子形狀跟葉子形狀並不同，如下圖所示，槐葉萍葉子的影子在前後兩端較為肥大，而浮萍葉子的影子則在左右兩端較為肥大。



槐葉萍的葉子和影子



浮萍的葉子和影子

將它們的葉子放在水面上，的確如先前推論一樣，陰影肥大的部份會連在一起，造成葉子會吸引來在一起，如下圖所示。雖然實際槐葉萍和浮萍在水下面還有根和莖，會影響它們的生長狀態，但這漂浮移動的現象或許對它們生長還是有影響的。



槐葉萍的葉子相連



浮萍的葉子相連

柒、未來應用

本科展所發現之原理，有望探究水面植物生長、清除水上油汙、甚至液面膠體作用能等，雖然如今物理相關知識仍不夠充足，且本研究尚在理論出發階段和實驗中反覆進行，正如當初發現中子的查克一般，就連他也未能想到在數百年後的今天，中子能被應用於核能發電，而我們希望未來知識足夠時，能再將此發現做更好的利用，也期待後人能將其發揚光大。

捌、總結

本科展作品主要是發現水面上的漂浮物會有被外物吸引、排斥或旋轉的現象，於是藉由攪拌棒(不銹鋼攪拌棒、鐵氟龍攪拌棒、玻璃棒、玻璃板)與試片(鋁箔、PET、粉紅色塑膠袋、紙、三醋酸纖維)的交互作用實驗，來發現漂浮移動的規則及可能的機制，藉由實驗來驗證漂浮移動機制的推論正確性，以及自然生活中也存在這個現象的展現。

實驗發現

(1) 漂浮試片發生移動現象並非因磁性或靜電而引起，很有可能是表面張力所

引起的。

- (2) 平板狀試片由於實驗環境變因(干擾因素)不易控制，干擾因素大於目標量測值，所以不易觀察出一規則移動現象。
- (3) 無論是何種攪拌棒，紙片皆無法被吸引，甚至停滯不動。
- (4) 無論是何種材質試片，玻璃圓棒和玻璃片皆無法吸引試片，或是將試片吸引至一定距離時，停滯不動，如同有一層水膜障壁一樣。
- (5) 玻璃圓棒和玻璃片的實驗結果幾乎是一樣的。所以表示吸引物的表面弧度(圓形、平面)對此實驗影響不大。
- (6) 攪拌棒和試片的親疏水性可能與漂浮移動有非常大的關連。
- (7) 俯面疏水折角試片傾向於以上下邊接近疏水攪拌棒，而以左右邊接近親水攪拌棒。
- (8) 仰面疏水折角試片傾向於以左右邊接近疏水攪拌棒，而以上下邊接近親水攪拌棒。
- (9) 折角親水性材料試片無法漂浮於水面上。

漂浮移動機制之推論

- (1) 疏水材料附近的水面會凹陷如同凹透鏡，會有大的陰影。親水材料附近的水面會爬升，像是凸透鏡一樣，會形成亮點，
- (2) 根據界面科學的書上提到，表面張力使液體的表面積趨向越小越好，所以當兩個凹陷的水面越靠近時，表面積會最小(表面張力收縮)，造成試片與攪拌棒的吸引，如果是凹陷的水面和凸起的水面則可能排斥。
- (3) 所呈現的現象是攪拌棒陰影會吸引試片陰影處，攪拌棒亮點會吸引試片非陰影處。

推論的驗證與展現

- (1) 水的深度對於漂浮移動速度影響不大，但如果降低水的表面張力，則移動速度會明顯減慢。
- (2) 試片間也會互相吸引，而且是一個試片的上下邊串連另外一試片的上下邊，或是一個試片的左右邊串連另外一試片的左右邊，從影子看來，即為陰影之間的連接。
- (3) 槐葉萍或浮萍葉子也會有特定方向的吸引效果，放在水面上，陰影肥大的部份會連在一起，造成葉子會吸引來在一起。

玖、參考資料

- 一、張有義(譯)，膠體及界面化學入門，高立，2004。
- 二、百度百科，磁性，<http://baike.baidu.com/view/141115.htm>。
- 三、KEYENCE，靜電聚集機制，
<http://www.keyence.com.tw/ss/products/static/resource/feature/static.jsp>。

四、互動百科，表面張力，

<http://www.baike.com/wiki/%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E5%BC%A0%E5%8A%9B>。

五、張育唐，陳藹然，接觸角，科學 online，科技部高瞻自然科學教學資源平台。

六、香港大學物理系，蓮花效應的原理，原子世界，http://www.hk-phy.org/atomic_world/lotus/lotus02_c.html。

七、維基百科，疏水性，

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%96%8F%E6%B0%B4%E6%80%A7>。

【評語】 051809

探討水面上漂浮物之間的作用力，是一個有趣的問題，本實驗利用光影說明水面的凹陷是很好分析方向，可惜沒有再進一步討論下去，建議可以利用光學分析的方式深入探討漂浮物造成的水面曲度變化，相信會看到更好的結果。

作品簡報

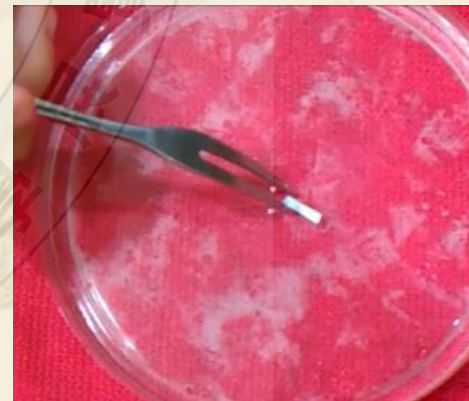
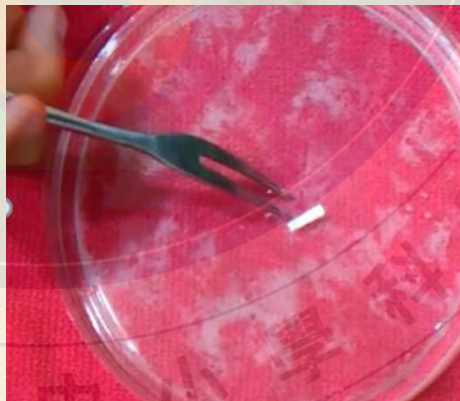
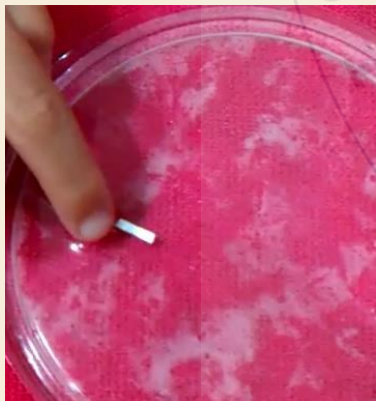
奇妙的漂浮現象：親疏有別

組別：高級中等學校組
科別：物理與天文學科

實驗動機

問題主軸:物體與物體於水面所產生的吸引現象

- 不曾在我們所查證的科展題目、網路資料、書籍、甚至是科學文章中被研究過。
- 富有創新、獨特性。



研究架構

漂浮移動的原因為何?

5.1
超距力實驗

探討漂浮物和吸引物質
對於漂浮物移動的影響

探討親疏水性對漂
浮物體移動的影響

漂浮物體
移動的原因

推論驗證
與自然觀察

5.2
浮物移動實驗

5.3
折角實驗

5.4
仰面測試

4種攪拌棒 + 4種試片

試片的上下左右四個邊測試

試片四角朝向水面(俯角)測試

試片上下左右四邊吸引排斥規則發現

發現光影原因

發現吸引或排斥與光影的關係

水深及不同表面張力液體測試驗證

試片間吸引排列驗證

槐葉萍、浮萍驗證

實驗器材

▶ 試片

鋁箔、PET板、粉紅色塑膠袋、A4白紙、三醋酸纖維、鐵鋁罐

▶ 攪拌棒

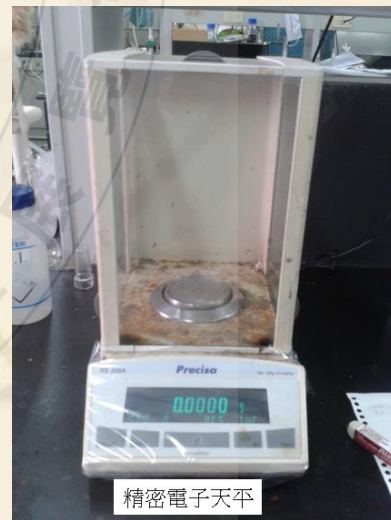
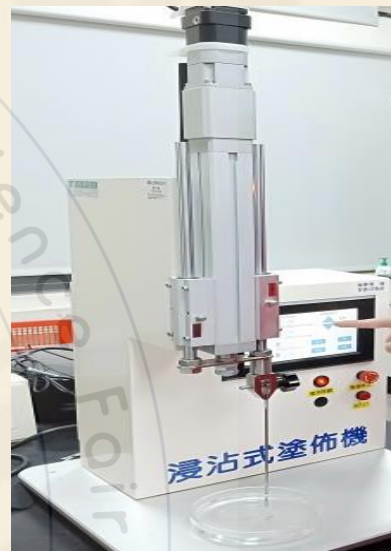
不銹鋼攪拌棒、鐵氟龍攪拌棒、玻璃圓棒、玻璃板

▶ 其他器材

夾子、培養皿、樣品瓶、切割板、手套、尺、樣品盒、實驗籃、研究記錄簿、相機、計時器、棉線、三角板、美工刀

▶ 量測設備

精密電子天平、膜厚度測器、浸沾式塗佈機(Dip Coat)



靜電與磁力實驗

靜電實驗

(1) 將下列四種材質分別裁成0.5cm×0.5cm的正方形試片，在空氣與水中分別以不同試棒，從試片各方位接近觀察。

(2) 為求避免抹布上有摩擦力或其他外力影響，我們將試片以棉線懸掛。

(3) 小碎片發生移動現象並非因磁性或靜電而引起，很有可能是表面張力所引起的。

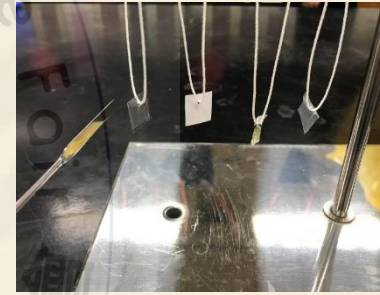
試片	鋁箔		PET板		粉紅色塑膠袋		A4白紙	
測試環境	空氣	水中	空氣	水中	空氣	水中	空氣	水中
接觸物								
不銹鋼攪拌棒	X	X	X	X	X	X	X	X
鐵氟龍攪拌棒	X	X	X	X	X	X	X	X
玻璃棒	X	X	X	X	X	X	X	X



上面接近



側面接近



懸掛後接近

試片	上			下			左			右		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
吸引物												
不銹鋼攪拌棒 ³	8.9s 左 ¹	5.8s 左	6.9s 左	2.4s	6.2s	8.4s	27.1 s 下	12.8 s 右	25.1 s 上	11.6 s	18.8 s 左	5.7s
鐵氟龍攪拌棒 ⁴	11.9 s 左→	10.4 s 左→	28.5 s 左→	23.5 s →角	7.2s →角	9.5s 左→	13.6 s →角	21.2 s →角	15.8 s →角	10.4 s 下→	27.6 s 下→	10.6 s 下→
玻璃棒 ⁵	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s
玻璃板 ⁶	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s	>40s

漂浮移動試驗I-平板試片(正方形試片)漂浮現象

(1) 依試片上下左右四邊以試棒扁平處正對試片，並插入離其0.5公分處

(2) 實驗差值較大

界面活性劑實驗

實驗方法

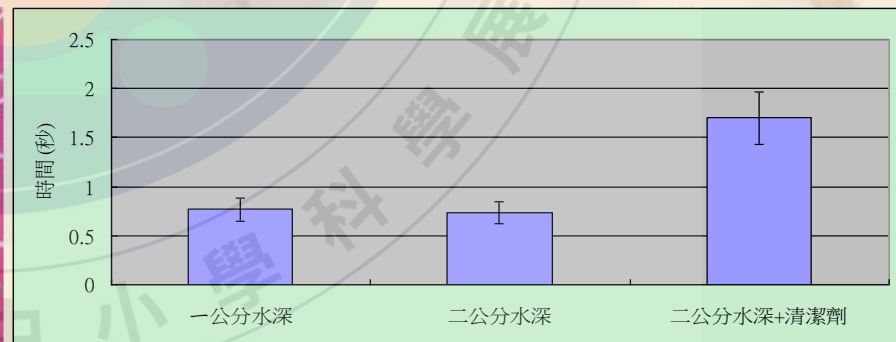
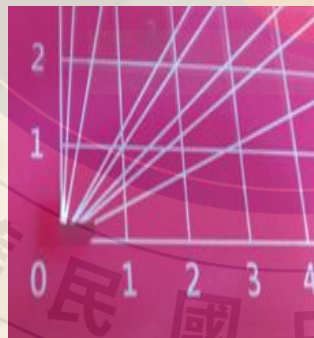
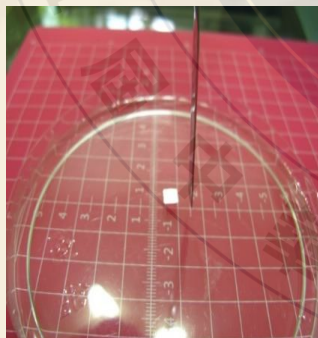
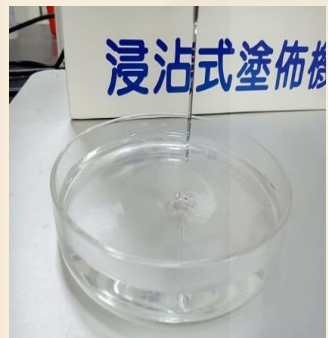
- (1) 我們將試片的某一邊做上記號，作為上下左右四邊的區隔。
- (2) 將培養皿中裝入適當的水，0.5 cm × 0.5 cm 試片，分別置於水面上。
- (3) 將不銹鋼攪拌棒至於距離試片 0.5 cm 的位置處，紀錄試片因吸引至碰觸所需時間。
- (4) 為了避免實驗誤差，以浸沾式塗佈機(Dip Coat) 進行實驗。
- (5) 由於後續實驗持續變化，因此將實驗試片尺寸改為 1cm x 0.5cm，以長邊中心線對折，成 90 度或 135 度夾角，並又分為俯面與仰面置入水中。

界面活性劑水深實驗

- (1) 由上述等實驗開始懷疑漂浮移動現象是否與表面張力有關，因此加入清潔劑及改變水深觀察實驗運動影響，結果實驗與清潔劑有關，水深則無。

試片間的交互作用

- (1) 在實驗過程中我們發現試片與試片間也會相吸。
- (2) 仔細探討後發現陰影處與陰影處會相吸，非陰影處與非陰影處亦會相吸，這更確立的我們對表面張力為影響試片漂浮吸引現象造成原因的猜想(原因與水面凹凸，即光影有關)。



表面張力實驗

漂浮移動試驗II-俯面仰面折角試片(長方形試片)

(1) 在一次偶然的實驗中，我發現彎折試片會快速被攪拌棒所吸引或排斥。因此爲了提高訊雜比(訊號功率與雜訊功率的比率，英文稱 signal-to-noise ratio)，接下的實驗試片改為長方形中間對折成折角90度。

(2) 分別使用不同攪拌棒(扁平面的部位)置於試片的上下左右四個邊測試，攪拌棒放入水中與試片的距離為1 cm，以碼表紀錄試片因攪拌棒插入而吸引碰觸攪拌棒所需之時間，並觀察試片移動的行為。

(3) 實驗訊雜比提高不少，吸引排斥現象明顯。

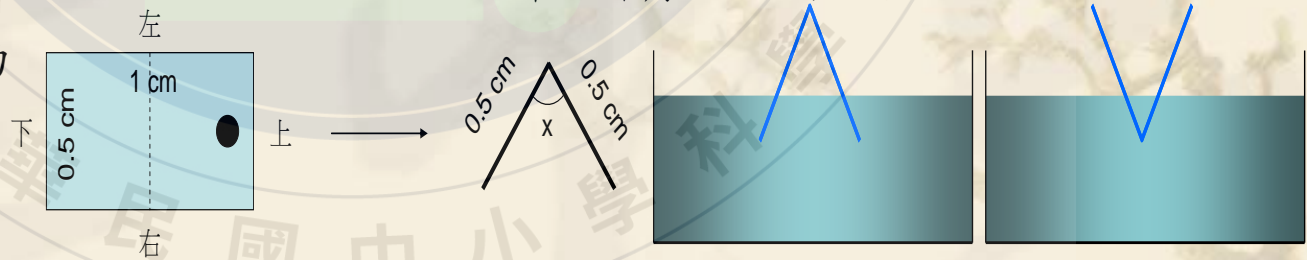
(4) 俯面試片與仰面試片結果正好相反。

試片	上			下			左			右		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
吸引物												
不銹鋼攪拌棒 ³	0.8s	0.7s	0.8s	1.3s	0.9s	1.3s	3.0s 上 ²	6.9s 下	5.0s 上	3.4s 上	2.6s 上	4.1s 下
鐵氟龍攪拌棒	2.4s	1.0s	1.3s	1.6s	1.6s	1.7s	3.8s 上	4.9s 上	3.8s 下	3.3s 上	2.0s 上	1.8s 上
玻璃棒	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	2.5s	2.6s	2.1s	1.6s	2.6s	2.7s
玻璃板	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	2.9s	2.3s	2.3s	1.9s	2.2s	2.4s

俯面折角PET試片

試片	上			下			左			右		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
吸引物												
不銹鋼攪拌棒	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	2.9s	2.3s	2.3s	1.9s	2.2s	2.4s
鐵氟龍攪拌棒	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	彈開	3.0s	3.2s	3.4s	3.3s	3.6s	3.1s
玻璃板	1.5s	1.9s	1.2s	2.9s	1.7s	2.0s	>40s	4.1s 下 ¹	2.4 上	3.2 上	>40s	4.9 上

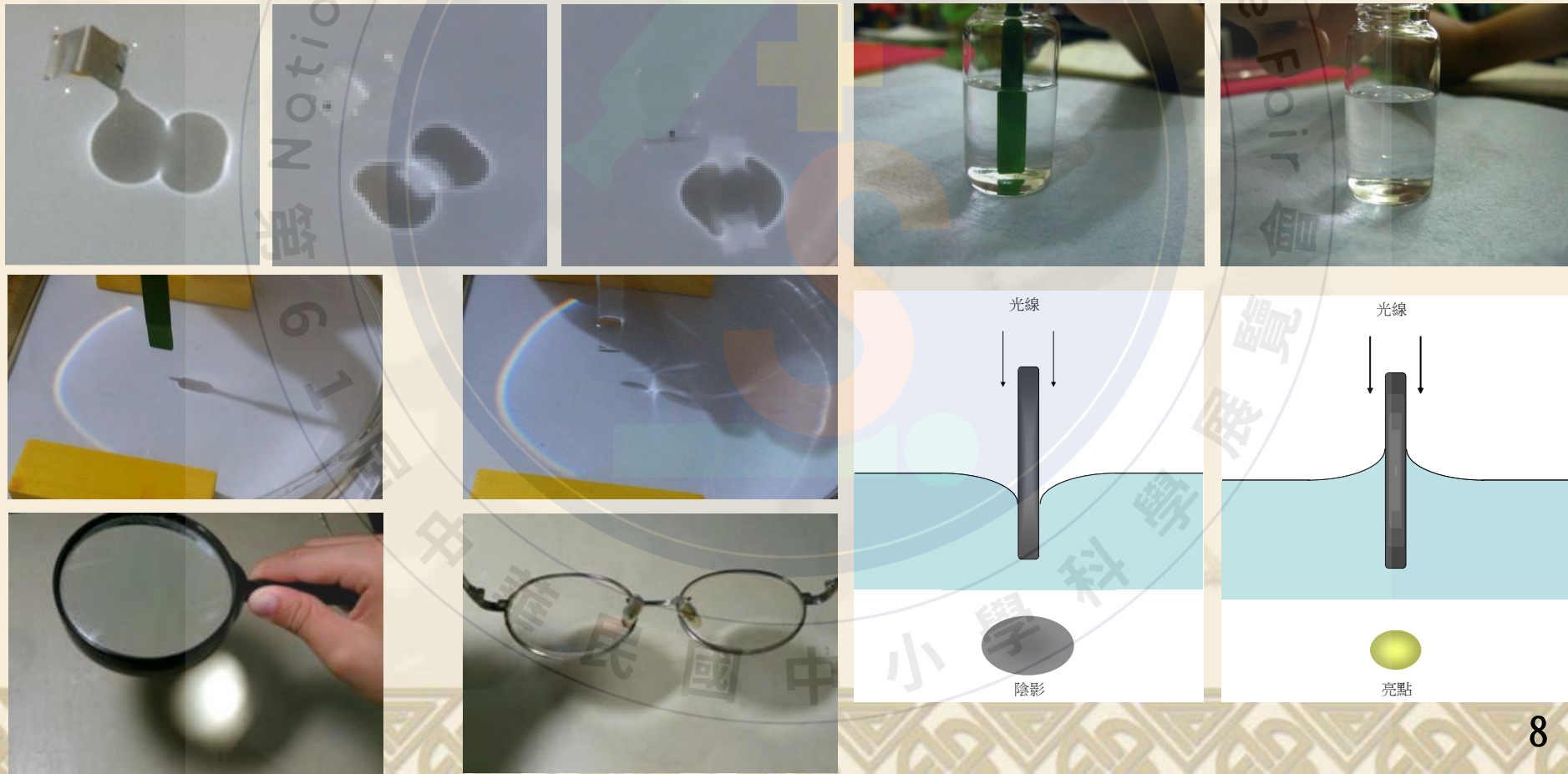
仰面折角PET試片



光影觀察法

光影觀察法

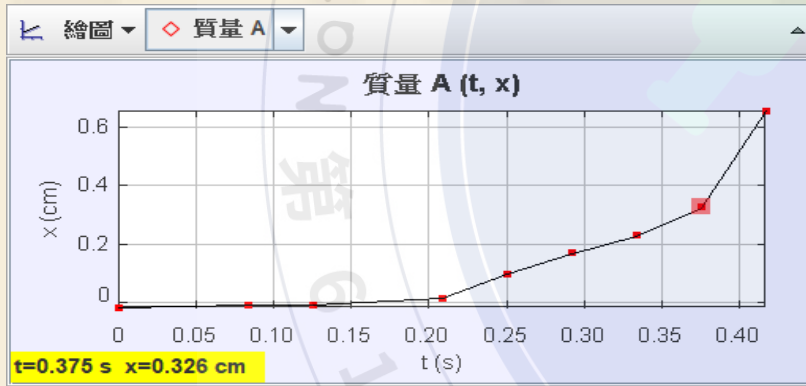
- (1) 發現折角的試片在水中會形成特殊的光影。
- (2) 由透明的PET折角試片俯面放在水面上，上下兩邊會浸入水中，而中間彎折的部份則會突出水面，在浸入水中的上下兩邊，在水底會在試片的上下兩邊形成兩塊分離影子，而不是整個試片的影子，如果將試片倒過來放(仰面)，則這兩塊影子會跑到試片的左右兩邊。
- (3) 究其原因，竟與水面凹凸(親、疏水)有關，可方便觀察漂浮現象原因。



實驗結果

重要發現

- (1)有彎折試片(0.5 cm × 1 cm長方形試片)吸引力效果優於無折角(0.5 cm × 0.5 cm方形試片)試片。
- (2)疏水面(凹下水面)與疏水面相吸，並與親水面(凸起水面)相斥。
- (3)俯面試片與仰面試片結果正好相反，親疏水試棒亦是如此。



表格資料

t (s)	x (cm)	v _x (cm/s)	a _x (cm/s ²)
0.125	-8.737E-3		
0.208	1.316E-2		
0.250	9.627E-2	1.872	
0.292	0.169	1.610	1.205
0.333	0.230	1.890	45.62
0.375	0.326	5.146	
0.417	0.659		



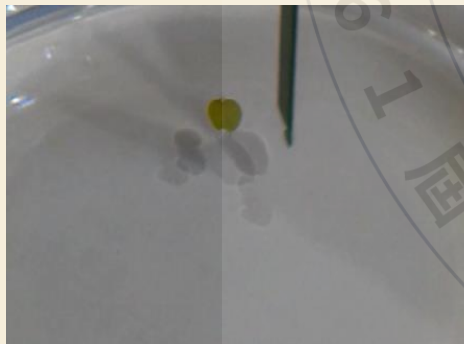
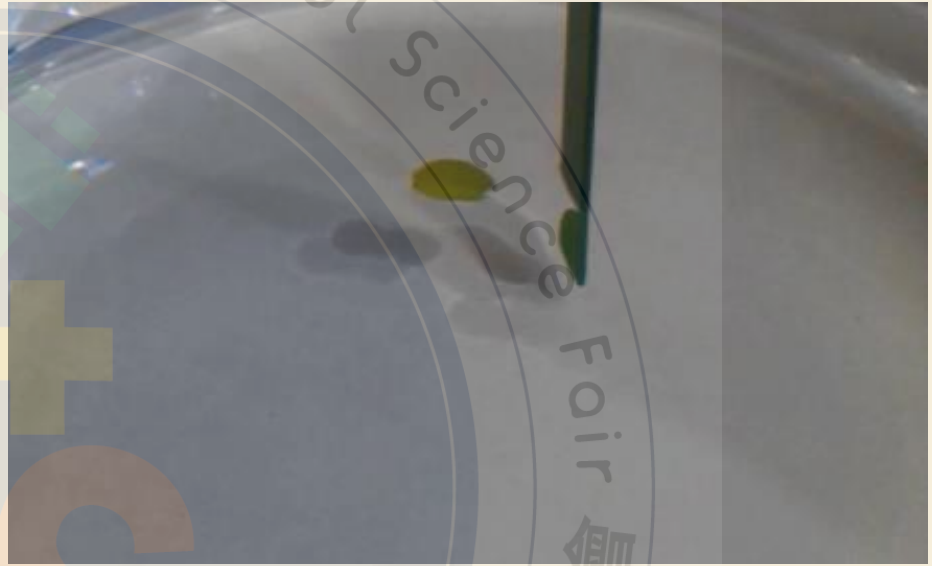
- 藉由高速攝影機，將影片中每秒分隔成24張照片，並求出加速度最大值為45cm/s²
- 攪拌棒陰影會吸引試片陰影處，攪拌棒亮點會吸引試片非陰影處

與自然界之連結

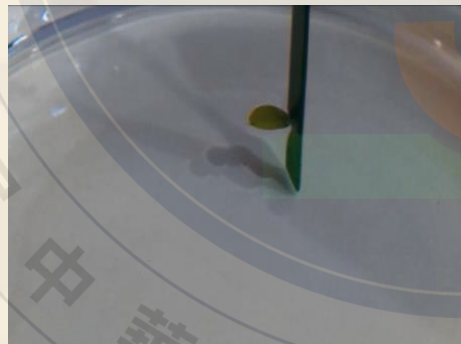
與自然界之連結-浮萍與槐葉萍

(1)再了解試片間會相吸引後，我便想到平常在水塘上，常常會看到水生植物會聚集浮在水面上，讓我好奇水生植物的葉子是否也有漂浮移動、特定方向吸引的現象，於是我找了槐葉萍、浮萍做實驗，在燈光的照射下，觀察到槐葉萍葉子的影子在前後兩端較為肥大，而浮萍葉子的影子則在左右兩端較為肥大。

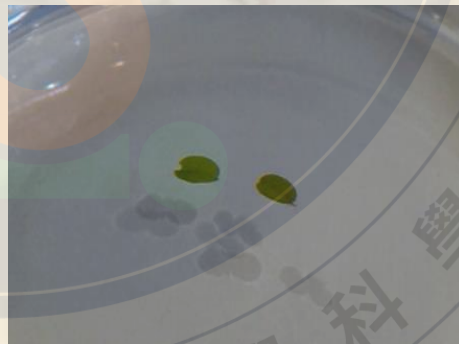
(2)經觀察後發現，其陰影肥大處又會相連接，更加印證了我們於表面張力的猜想。



槐葉萍接近試棒



槐葉萍被棒子吸引



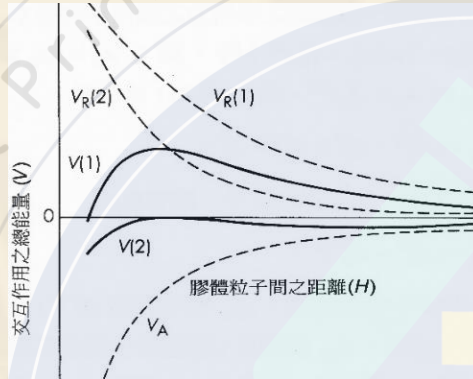
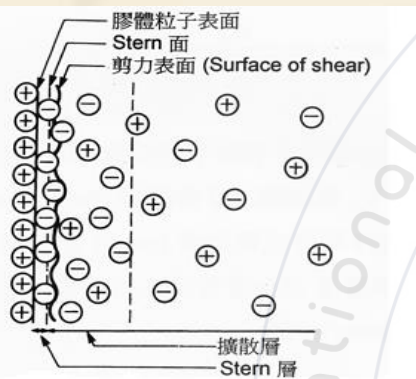
槐葉萍的葉子相連



槐葉萍葉子相連接

界面科學的新發現

液面下的研究



$$\psi = \psi_d \exp(-\kappa x) \quad \kappa = \left(\frac{2F^2 C_Z^2}{\epsilon RT} \right)^{1/2}$$

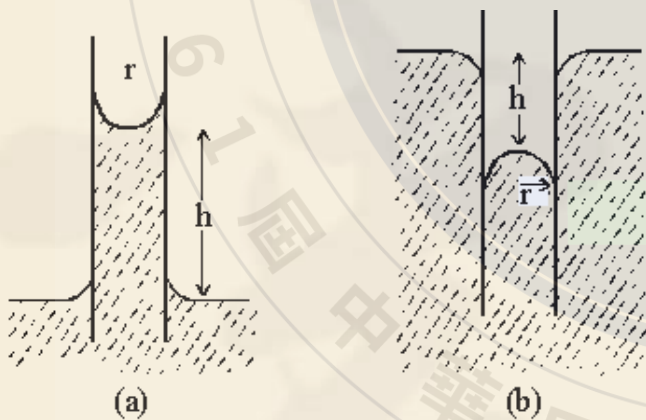
$$V = 2\pi\epsilon a \psi_d^2 \exp(-\kappa H) - \frac{Aa}{12H}$$

- (1) 凡德瓦吸引能 V_A 和靜電排斥能 V_R 合成總作用能，決定膠體間吸引或排斥現象。
- (2) DLVO理論和電雙層理論，應用如製作豆花、聚集水中灰塵等。

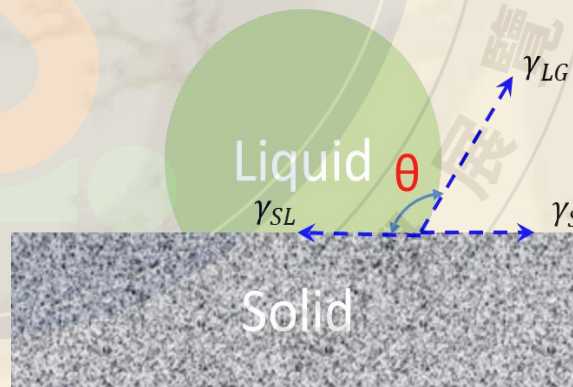
電雙層理論的電荷分布 DLVO理論於水中吸斥力

液體表面的研究

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



毛細管量測表面張力



固體表面上之固液接觸角

未來展望與參考資料

未來展望

- ▶ 本科展所發現之液體表面排斥-吸引現象，在已往的科展和研究中，都尚未被探討，本研究勢必為界面科學帶來新的研究方向。
- ▶ 當初查兌克發現中子，未能想到在數百年後的今天，中子能被應用於核能發電。期望本研究能對未來的科學發展有所幫助，後人能將其發揚光大。



參考資料

- (1)張有義(譯)，膠體及界面化學入門，高立，2004。
- (2)KEYENCE，靜電聚集機制，<http://www.keyence.com.tw/ss/products/static/resource/feature/static.jsp>。
- (3)張育唐，陳藹然，接觸角，科學online，科技部高瞻自然科學教學資源平台。
- (4)互動百科，表面張力，<http://www.baik.com/wiki/%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E5%BC%A0%E5%8A%9B>。
- (5)維基百科，疏水性，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%96%8F%E6%B0%B4%E6%80%A7>。

