

中華民國第 59 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

051802

明珠浮水

學校名稱：國立鳳山高級中學

作者： 高二 劉宇彤 高二 葉睿恩	指導老師： 劉坤昌
-------------------------	--------------

關鍵詞：摩擦起電、漂浮液滴

摘要

觀察水在落入液面時，會產生浮在液面上的液滴，進而產生了研究動機。經過有關是否為浮力、表面張力、靜電力的實驗證明後，發現水滴是透過管壁與水珠落下時摩擦產生的電荷落入液面累積後再與新的水珠產生同性電相斥而造成此現象，並再透過強制帶電、操作流速、高度、液滴大小、液面面積和不同食鹽水濃度，發現這些因素也會對現象發生以及穩定發生時間影響甚鉅。

壹、研究動機

在醫院時看到了點滴瓶內會漂浮在液面上的液滴，不同於平常滴落便溶入液面的水珠，照理來說，水珠受重力向下，再加上因為水是極性分子，應該是有很強的吸引力，所以靠近時應該會溶入水面，除非有雜質，但卻在醫院裡無菌的點滴瓶裡發現了水珠浮於水面的現象，這與我們看見的現象相違背，這引起了我們的好奇。後來看到「物理馬戲團」一書裡提到關於「漂浮液珠」的研究，對於液珠浮在液面上的現象提出了幾種可能，我們決定從中挑選幾個進行實驗。

貳、研究目的

- 一、驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為浮力
- 二、驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為表面張力
- 三、驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為靜電力
- 四、觀察不同液滴流速對於液滴漂浮在液面上的影響
- 五、觀察不同液滴高度對於液滴漂浮在液面上的影響
- 六、觀察不同液滴大小對於液滴漂浮在液面上的影響
- 七、觀察不同液面面積對於液滴漂浮在液面上的影響
- 八、觀察不同濃度的食鹽水對於液滴漂浮在液面上的影響

參、研究設備及器材

- 一、儲水漏斗
- 二、流速調節器
- 三、粗細矽膠軟管
- 四、輸液管、粗細吸管和橡皮塞
- 五、針筒(6mL、25mL、60mL)
- 六、直流電源供應器
- 七、相機
- 八、節拍器
- 九、控溫器



圖：輸液管



圖：針筒



圖：直流電源供應器



圖：相機



圖：控溫器



圖：節拍器 app



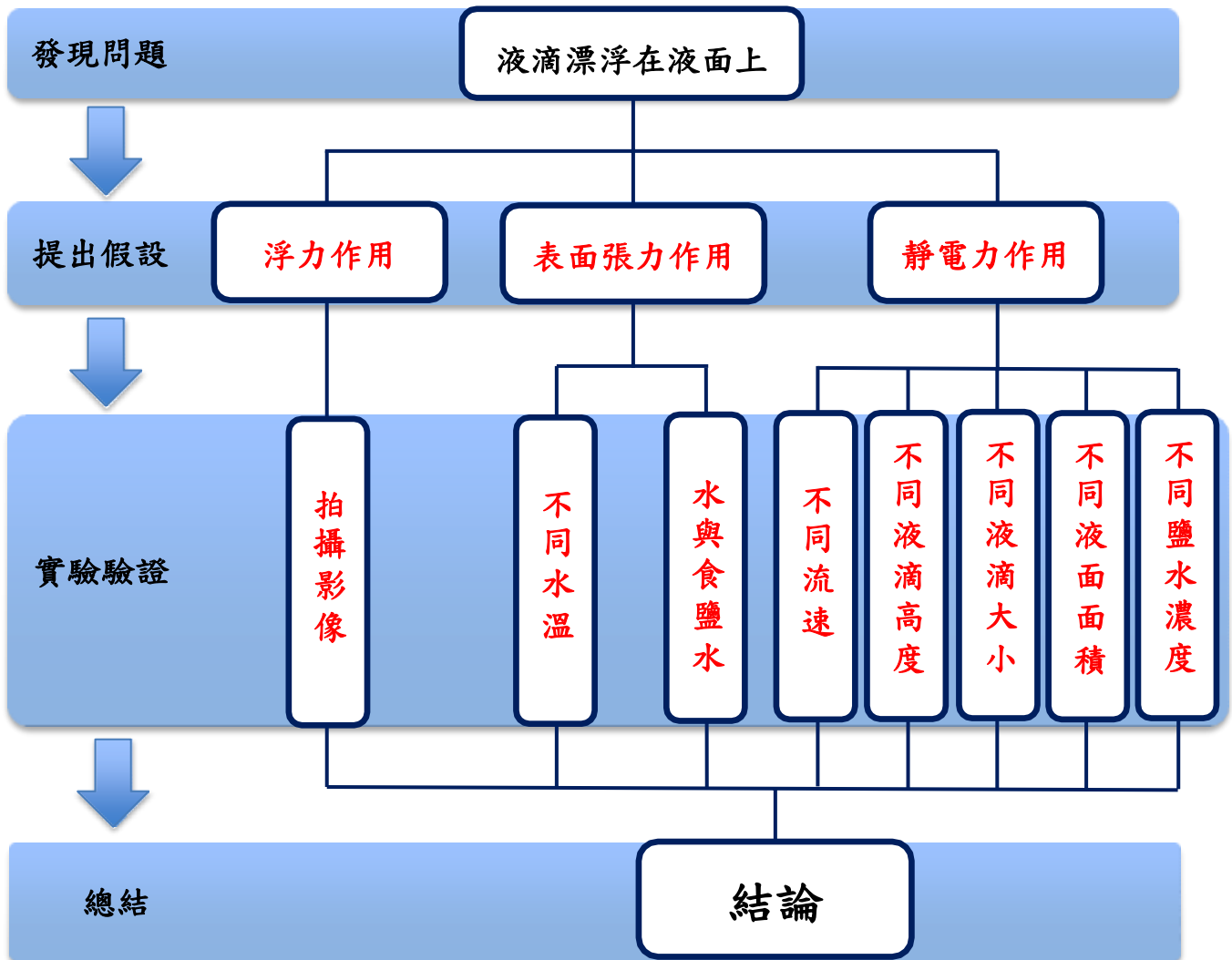
儲水漏斗

輸液管

速度調節器

圖：整體實驗裝置

肆、研究過程或方法



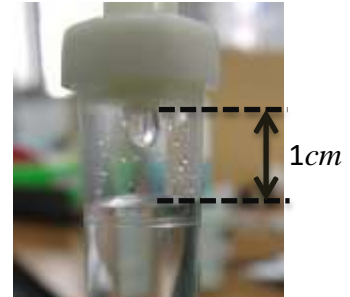
- 一、事前準備：重現在醫院所見「液珠浮於液面」現象，在實驗的過程中，我們發現除了點滴在使用的生理食鹽水會有這種現象之外，一般的自來水也會有此現象，方便起見，我們使用自來水來做實驗；並訂定現象成功率達 90% (連續十顆水珠裡面有九顆發生現象) 為「穩定發生」。



二、 **校正**：在每一次實驗之前，先用自來水**沖洗數次**，接著再用鐵棒對出水口進行**接地**消除裝置上面的靜電，然後用**節拍器**校正每秒的滴數，並在實驗開始之後再以尺重新確認**水珠出水口到液面的高度**以及水珠的**流速**。

三、 **實驗一**：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為浮力

- (一) 固定流速每秒兩滴 (0.175 ml/s)，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 當水珠開始漂浮在液面上時，利用**相機拍攝畫面**



四、 **實驗二**：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為表面張力—水與食鹽水

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 以水進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數
- (三) 將水改成**濃度 $0.5M$ 的食鹽水**進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數

五、 **實驗三**：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為表面張力—不同溫度的水

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 利用冷熱水調配**三種不同溫度**的水【**低溫： $5^{\circ}C$** ，**常溫： $27^{\circ}C$** ，**高溫： $45^{\circ}C$** 】，插上**恆溫器**然後進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數



六、 **實驗四**：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為靜電力—利用靜電消除器

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 當「穩定發生」時，使用**靜電消除器** (以銅線接觸輸液管和液面上下左右晃動約 20 秒鐘) 後，繼續滴定，觀察其現象



七、實驗五：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為靜電力—強迫使其帶異同性電

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 在點滴上下管接上銅線，如左下圖



圖 在點滴上下管接銅線



圖 銅線接上電源供應器，讓上下管帶異/同性電

- (三) 將銅線接上一台**電源供應器** (**上管接正極**，**下管接負極**，電位差為 **1.5 伏特**) 進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數
- (四) 改變上下管的電性 (**上管接負極**，**下管接正極**，電位差為 **1.5 伏特**) 進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數
- (五) 使用**兩台電源供應器**讓上下兩管帶同性電 (**上管和下管都接負極**，電位差為 **3 伏特**) 進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數

八、實驗六：觀察不同液滴流速對於液滴漂浮在液面上的影響

- 一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 下管接地進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數
- (三) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分，等到穩定發生現象時間達5分鐘
- (四) 下管接地進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數



八、實驗六：觀察不同液滴流速對於液滴漂浮在液面上的影響

- (一) 固定水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 調整流速調節器改變**三種不同流速**的水【**每秒 2 滴**，**每秒 1.5 滴**，**每秒 1 滴**，每秒的滴數以節拍器校正】進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數



九、實驗七：觀察不同液滴高度對於液滴漂浮在液面上的影響

- (一) 固定流速每秒兩滴
- (二) 改變水珠出水口到液面的高度【高度為 0.50 公分、0.63 公分、0.75 公分、0.88 公分、1.00 公分、1.25 公分】進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數

十、實驗八：觀察不同液滴大小對於液滴漂浮在液面上的影響

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 利用兩組不同粗細的輸液管（紅色吸管管徑 0.40 公分，藍色吸管管徑 0.50 公分，如左下圖）進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數
- (三) 利用照相機拍攝照片來估計液滴的大小



圖：兩組不同的輸液管



圖：三組不同管徑的針筒

十一、實驗九：觀察不同液面面積對於液滴漂浮在液面上的影響

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 改變三種不同液面面積【管徑 1.30 公分、2.10 公分、3.00 公分，如右上圖】進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數

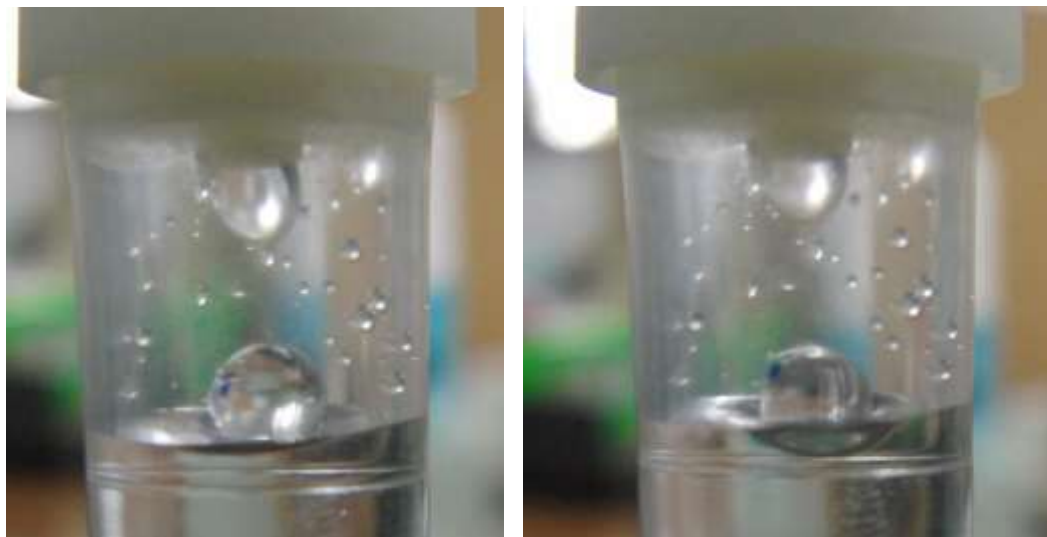
十二、實驗十：觀察不同濃度的食鹽水對於液滴漂浮在液面上的影響

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 改變五種不同濃度的實驗水【0.5M, 1.0M, 3.0M, 4.0M, 5.0M】進行實驗，並記錄開始「穩定發生」的滴數

伍、研究結果

一、實驗一：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為浮力

當水珠漂浮於液面上的現象達到「穩定發生」時，如下圖，水珠和液面間有明顯的界線，**整顆水珠都在液面上**，代表水珠沒有受到液體浮力作用，所以**使液滴漂浮在液面上的力不是浮力**。



二、實驗二：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為表面張力—水與食鹽水

(一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分

(二) 達到「穩定發生」的滴數：

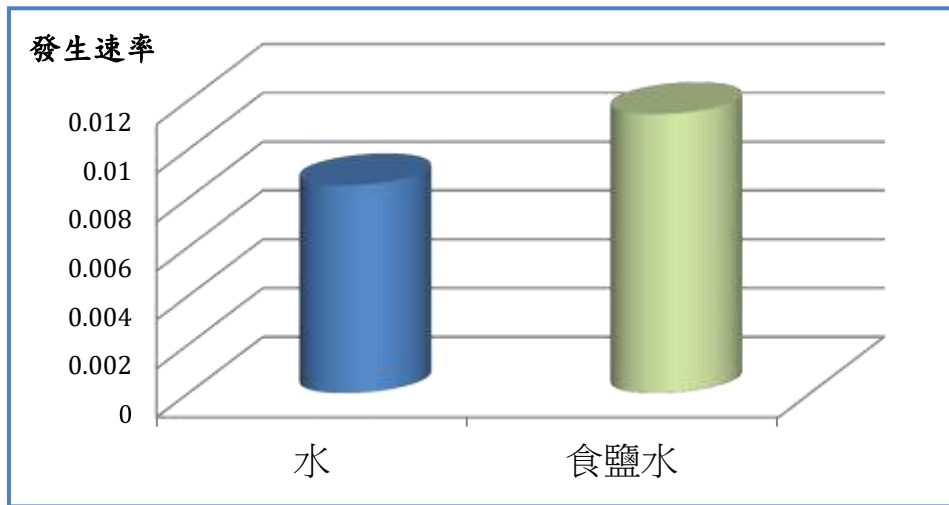
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
水	240	185	214	280	256	235	117.5
0.5M 食鹽水	160	150	166	204	194	175	87.5

單位：滴

(三) 水與 0.5M 食鹽水的表面張力：

	水	0.5M 食鹽水
表面張力(<i>dyne/cm</i>)	73	75

(四) 水與食鹽水的表面張力相差不多，但是若以「穩定發生」時間的倒數表示發生速率，則「穩定發生」的發生速率卻有明顯的差距（食鹽水約為水的 1.34 倍），所以使液滴漂浮在液面上的力不是表面張力。



【以「穩定發生」時間的倒數表示發生速率】

三、實驗三：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為表面張力—不同溫度的水

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠距液面 1 公分
- (二) 開始「穩定發生」的滴數：

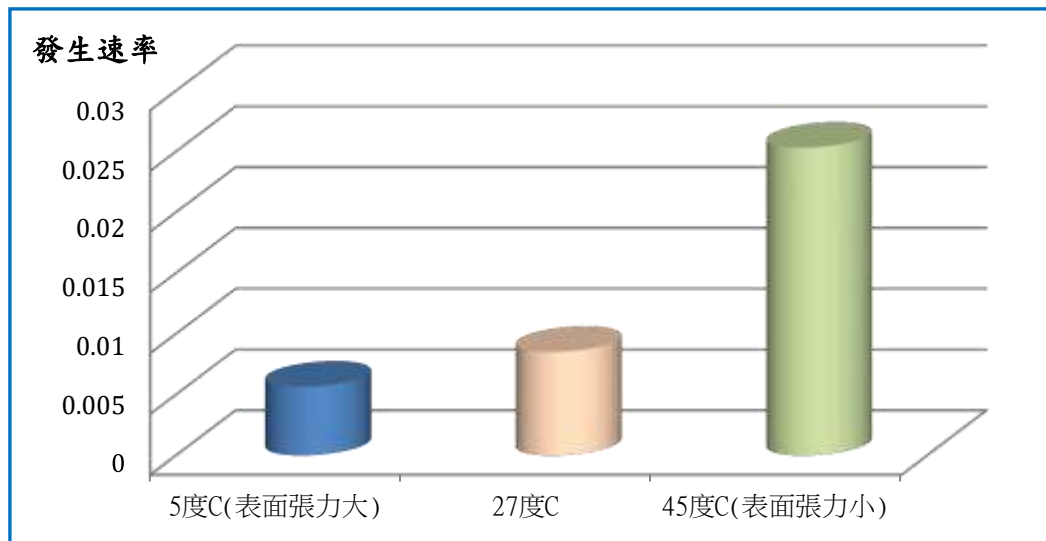
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
5°C 水	280	382	358	408	342	354	177
27°C 水	240	185	214	280	256	235	117.5
45°C 水	52	112	82	66	84	79	39.5

單位：滴

- (三) 不同溫度水的表面張力：

	5°C	27°C	45°C
表面張力(<i>dyne/cm</i>)	76	72	70

(四) 表面張力：5°C 水 > 27°C 水 > 45°C 水，但是穩定發生的發生速率 5°C 水 < 27°C 水 < 45°C 水；代表溫度低的水表面張力大卻比較不容易發生水珠漂浮在液面，所以使液滴漂浮在液面上的力不是表面張力。



四、實驗四：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為靜電力—利用靜電消除器

(一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分

(二) 每次坐實驗都會發現「液滴漂浮在液面上」的現象會在開始滴定經過一段時間之後才能穩定發生；比較合理的解釋應該是水珠在往下滴落的過程，水珠與輸液管的管口摩擦起電使水珠帶電，液面上的電荷慢慢累積到靜電力大於水珠的重量時，就會發生「液滴漂浮在液面上」的現象；我們把那段時間稱為「電荷累積期」。

(三) 當「穩定發生」時，使用靜電消除器接觸輸液管和液面（以銅線接觸輸液管和液面上下左右晃動約 20 秒鐘）後繼續滴定，發現「液滴漂浮在液面上」的現象就會馬上消失，需要再經過一段時間之後才可以「穩定發生」，推測合理的解釋應該是當使用靜電消除器時會把摩擦起電所累積的電荷導走，因此可推知使液滴漂浮在液面上的力應該為靜電力。



	開始滴定到「穩定發生」的滴數	使用靜電消除器	使用靜電消除器之後再次「穩定發生」的滴數
第一次	260		220
第二次	226		146

單位：滴

(四) 每次使用靜電消除器之後再次「穩定發生」的滴數都會比開始滴定到「穩定發生」的滴數來的少，可能為實驗本身的測量誤差（同樣的條件下，「穩定發生」的滴數在每次測量都存在一定的誤差）；也有可能是在使用靜電消除器時**無法將所有累積的電荷導走**，滴定前就帶有電荷，導致使用靜電消除器之後「穩定發生」會比較快發生。

五、實驗五：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為靜電力—強迫使其帶異同性電

(一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分

(二) 上管接正極，下管接負極，電位差為 1.5 伏特：**超過 10 分鐘均無現象**

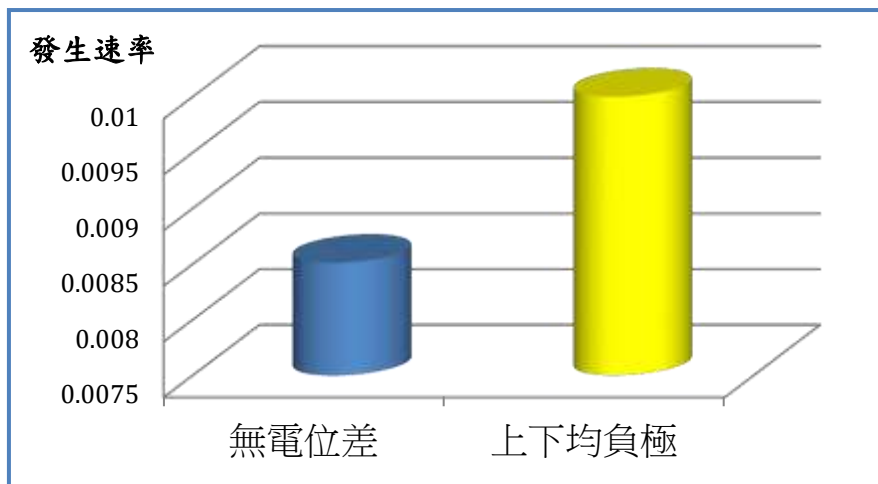
(三) 上管接負極，下管接正極，電位差為 1.5 伏特：**超過 10 分鐘均無現象**

(四) 上管和下管都接負極，電位差為 3 伏特：「穩定發生」的滴數

第一次	第二次	第三次	平均
106	96	98	100

單位：滴

(五) 實驗結果發現上下管強制帶異性電會導致水珠無法出現現象，**同性電則會加快現象的發生**，因此證明水珠是因為靜電力而產生浮水現象。



六、實驗六：驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為靜電力一下管接地

- (一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 下管接地：**超過 10 分鐘均無現象**
- (三) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分，等到穩定發生現象時間達 5 分鐘
- (四) 下管接地：**現象立刻消失後超過 10 分鐘均無現象**

七、實驗七：觀察不同液滴流速對於液滴漂浮在液面上的影響

- (一) 固定水珠出水口距液面 1 公分
- (二) 開始「穩定發生」的滴數：

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
每秒 1 滴	240	195	166	280	254	227
每秒 1.5 滴	199	163	166	188	182	179.6
每秒 2 滴	137	185	140	115	109	137.2

單位：滴

(三) 開始「穩定發生」的滴數：每秒 1 滴 > 每秒 1.5 滴 > 每秒 2 滴，三種流速的水滴大小相同（直徑均約為 0.40 公分，如下圖），照理漂浮液面所需的靜電力應該相同；這個結果可以看的出來當**流速愈大，摩擦起電的效果愈好**。



圖：每秒一滴

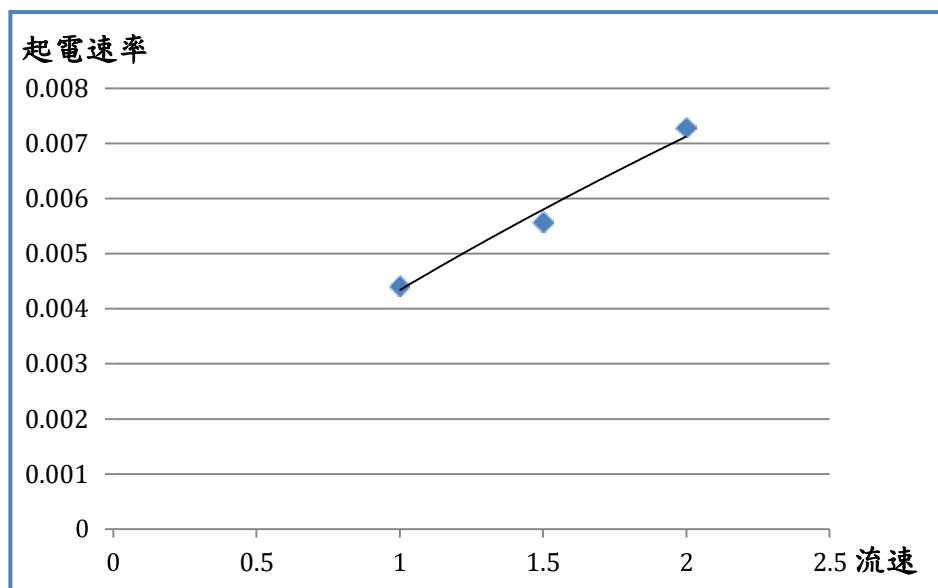
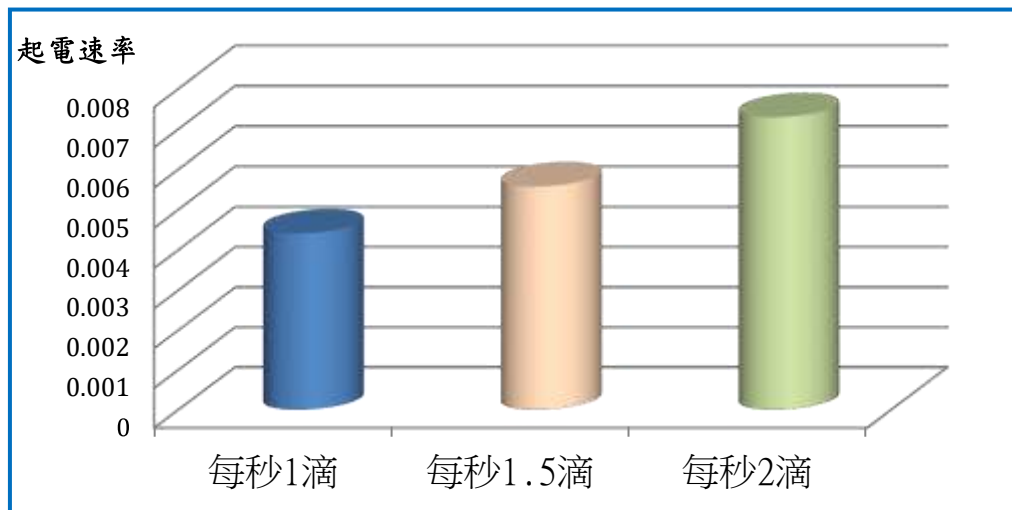


圖：每秒 1.5 滴



圖：每秒 2

(四) 若以「穩定發生」**滴數的倒數**表示**起電速率**，則



趨勢線： $y = 0.0043 x^{0.7167}$

八、實驗八：觀察不同液滴高度對於液滴漂浮在液面上的影響

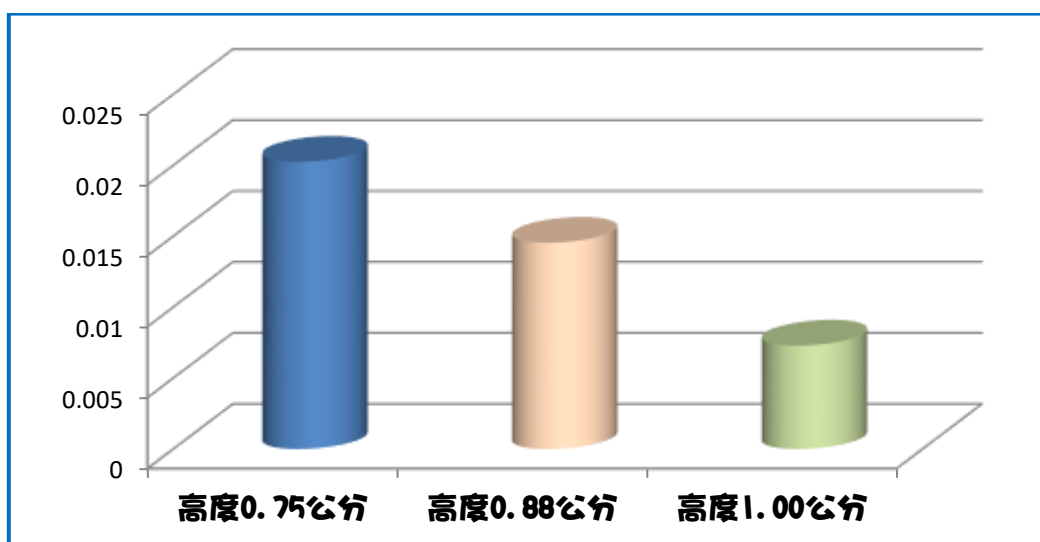
(一) 固定流速每秒兩滴

(二) 開始「穩定發生」的滴數：

高度(公分)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
0.50	太近	太近	太近	太近	太近	—	—
0.63	太近	太近	太近	太近	太近	—	—
0.75	34	52	44	35	82	49.4	24.7
0.88	60	63	108	46	67	68.8	34.4
1.00	137	185	140	115	109	137.2	68.6
1.25	無	無	無	無	無	—	—

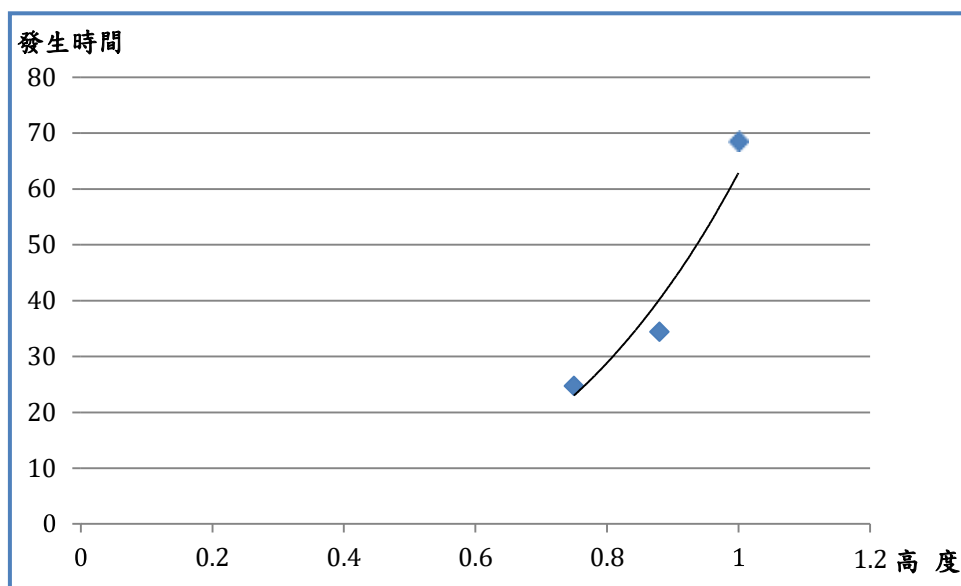
單位：滴

(三) 但是若以「穩定發生」時間的倒數表示發生速率，則結果顯示高度越低愈快產生「穩定發生」。





圖：高度過近的現象



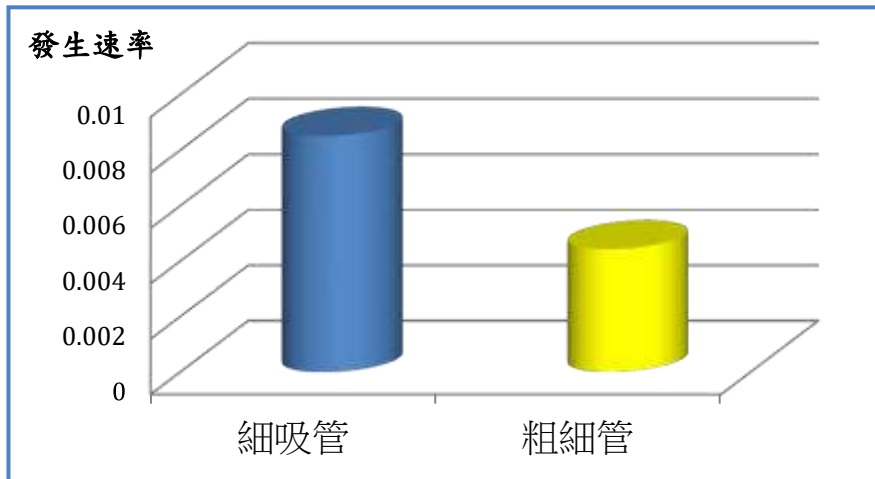
趨勢線公式： $y = 62.872x^{3.4901}$

九、實驗九：觀察不同液滴大小對於液滴漂浮在液面上的影響

(一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分

(二) 開始「穩定發生」的滴數：

	細吸管	粗吸管
開始「穩定發生」的滴數	235	451
平均發生時間(秒)	117.5	225.5



(三) 細吸管水珠大小約為 0.45 公分，粗吸管水珠大小約為 0.55 公分，根據求體積公式 ($V = \frac{4}{3}\pi R^3$)，粗吸管水珠的質量為細吸管的 1.7 倍，照理粗吸管開始「穩定發生」的時間應該為細吸管的 1.7 倍；實驗結果發現粗吸管開始「穩定發生」的時間為細吸管的 1.9 倍，可能原因是粗吸管花的時間較久導致更多的電荷散失在空氣中，或是細吸管起電的效果比粗吸管來的更好所造成的。



圖：細吸管浮水現象



圖：粗吸管浮水現象

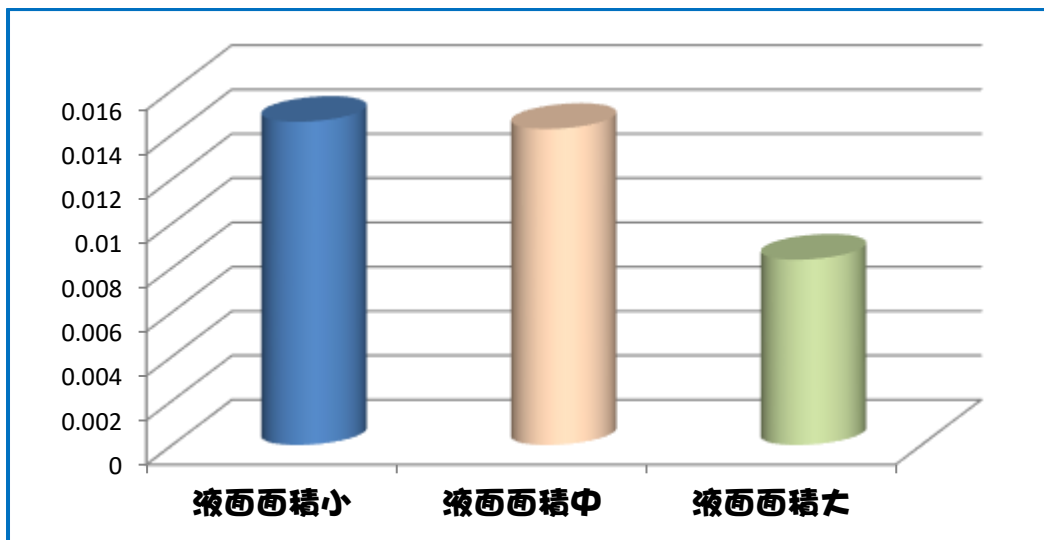
十、實驗十：觀察不同液面面積對於液滴漂浮在液面上的影響

(一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分

(二) 開始「穩定發生」的滴數：

液面面積	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
小(管徑 1.30 公分)	137	185	140	115	109	137.2	68.6
中(管徑 2.10 公分)	163	124	134	—	—	140.3	70.15
大(管徑 3.00 公分)	212	232	274	—	—	239.3	119.65

單位：滴



(三) 但是若以「穩定發生」時間的倒數表示發生速率，則結果顯示中的液面面積和小的液面面積較快「穩定發生」，大的液面面積則較慢「穩定發生」；可能原因為液面面積大的，其摩擦起電所累積的電荷容易散開，導致較慢「穩定發生」。

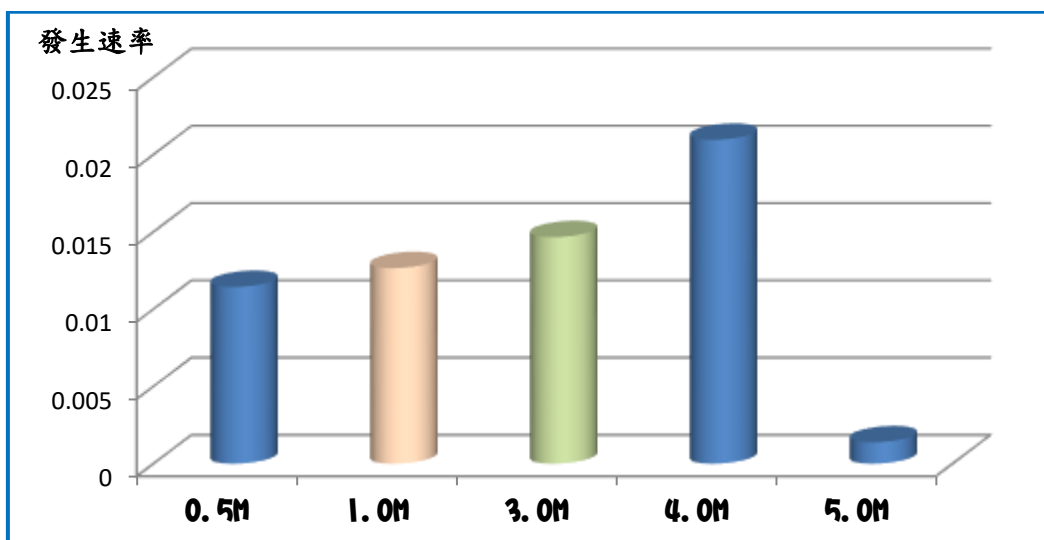
十一、實驗十一：觀察不同濃度的食鹽水對於液滴漂浮在液面上的影響

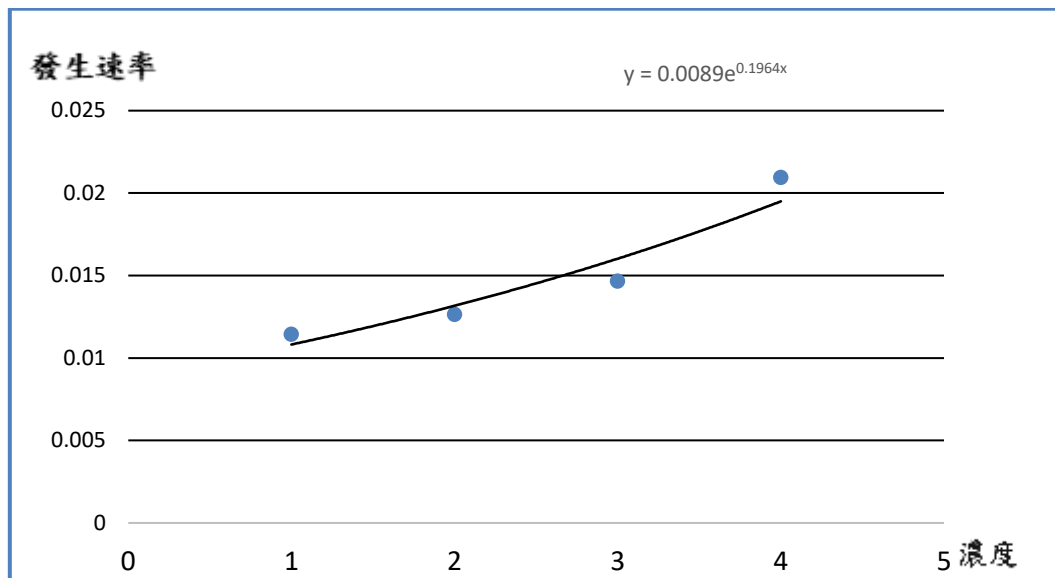
(一) 固定流速每秒兩滴，水珠出水口距液面 1 公分

(二) 開始「穩定發生」的滴數：

鹽水濃度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
0.5M	160	150	166	204	194	174.8	87.4
1.0M	120	208	164	135	163	158	79
3.0M	110	110	158	163	141	136.4	68.2
4.0M	101	78	93	114	86	94.4	47.2
5.0M	720	無	無	無	無	720	360

(三) 但是若以「穩定發生」時間的倒數表示發生速率，則結果顯示食鹽水的濃度愈高，摩擦起電的效果愈好，導致愈快「穩定發生」；只是濃度為 5.0M 的時候，接近飽和溶液，起電的效果反而大大地下降，可能是食鹽水的導電度變好，摩擦起電的電荷容易移動到溶液各處，造成在液面上的電荷不容易累積，所以較慢「穩定發生」。





趨勢線公式： $y = 0.0089e^{0.1964x}$

陸、討論

一、在實驗八：觀察不同液滴高度對於液滴漂浮在液面上的影響裡面，靜電力除了要克服水

分子的重力還有掉落時所造成的衝力($= \frac{m \times \Delta v}{\Delta t} \propto \Delta v \propto v' = \sqrt{2gH} \propto \sqrt{H}$ ， H ：水珠出水

口到液面的高度)，所以所需的靜電力或開始「穩定發生」的時間應該和 \sqrt{H} 有關，我們的實驗結果($y = 62.872x^{3.4901}$ ， y ：「穩定發生」的時間， x ：高度)有很大的差異，除了時間長短會影響電荷散失之外，我們實驗量取的高度是由水珠的出水口開始量的而不是由水珠開始低落的位置開始量，水珠的大小(約 0.45 公分)和高度(0.75 公分到 1.00 公分)相差不多，造成會有很大的誤差。

二、實驗的誤差和缺失並不小，以下仍需改進

(一) 裝置偶而會輕微漏水。

(二) 電荷散失的速率與環境的濕度有很大的關係，所以固定環境的濕度可以減少實驗誤差。

(三) 尚未做出更多不同溶液對現象影響的實驗。

(四) 每次實驗完，儀器上面累積的電荷可能無法完全消除，造成實驗誤差；如果有測量靜電的裝置會讓實驗更準確。

柒、結論

經過一系列的實驗觀測與討論，靜電會造成「水珠浮水」的現象是合理的猜測，而現象的形成會受到靜電力、重力、滴落速率和溶液濃度的影響，其中靜電力，滴落速率，溶液濃度都是針對液面所帶電荷影響；而重力則是針對水珠受的外力影響。

- 一、水珠受靜電力而發生浮水現象。
- 二、水溫愈高現象越早發生。
- 三、添加少許食鹽能使電荷累積期變短，但接近飽和溶液則會使電荷累積期變長。
- 四、流速越快，電荷累積期越短，但過快則會使水珠連成柱或節。
- 五、管口距滴定液面愈近，現象愈容易發生。
- 六、液滴越小，越快發生現象。
- 七、液面面積越大，現象越難穩定發生。

捌、未來展望

未來我們希望能有繼續做其他更多相關因素的實驗，例如我們在最後發現或許可以量測他的電阻，如果有器材可以施加更大的電壓，或許不需靠水滴摩擦就可以達到現象，並且後來還可以試試並聯其他電阻，透過改變阻值的方式量測達到穩定發生的時間如何變化，還可以配合外部施加的電壓，往後我們有能力深入全面的了解水珠靜電力是如何作用的。

玖、參考資料

葉偉文(2000)。物理馬戲團 I。台北市：天下文化

游育欣、吳承泰、余東哲、謝清哲(2009)。漂浮液珠。全國中小學第 49 屆科展
<http://web.fsjh.ilc.edu.tw:841/science/49-%A4%A4%AA%AB%B2z.pdf>

陳宜君、陳俞妘(2008)。神奇的水珠。第四十七屆中小學科學展覽會
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/senior/040111.pdf>

黃國峯(2011)。神奇的水滴再現。第五十一屆中小學科學展覽會
<https://reurl.cc/V0peQ>

黃靖淳、張雯菁、許毓茜(2009)。會漂浮的水滴。第四十九屆中小學科學展覽會
<https://reurl.cc/04glo>

【評語】 051802

本作品探討水滴經由摩擦產生之靜電力於落下時暫時漂浮在液面的現象，雖然過去已有類似的實驗探討，但本實驗設計及流程，能突現所要探討的議題，特別是所提出的穩定條件，對於水滴落下短暫懸浮在液面的現象提供新的探索條件，然實驗環境與條件控制稍嫌粗糙，特別是對於表面張力等因素的排除不夠嚴謹，使得本實驗的結論（包括電荷正負）有所侷限，未能給出說服性的結論。

一、研究動機

在醫院時看到了點滴瓶內會漂浮在液面上的液滴，不同於平常滴落便溶入液面的水珠，引起了我們的好奇。後來看到「物理馬戲團」一書裡提到關於「漂浮液珠」的研究，對於液珠浮在液面上的現象提出了幾種可能，我們決定從中挑選幾個進行實驗。

二、研究目的

驗證使液滴漂浮在液面上的力是否為浮力、表面張力或靜電力，及觀察不同液滴的流速、高度、大小，及液面面積和食鹽水濃度對於液滴漂浮在液面上的影響。

三、研究器材

儲水漏斗、流速調節器、粗細矽膠軟管、輸液管、針筒和橡皮塞、針筒(6mL、25mL、60mL)、直流電源供應器、相機、節拍器、控溫器



圖：輸液管

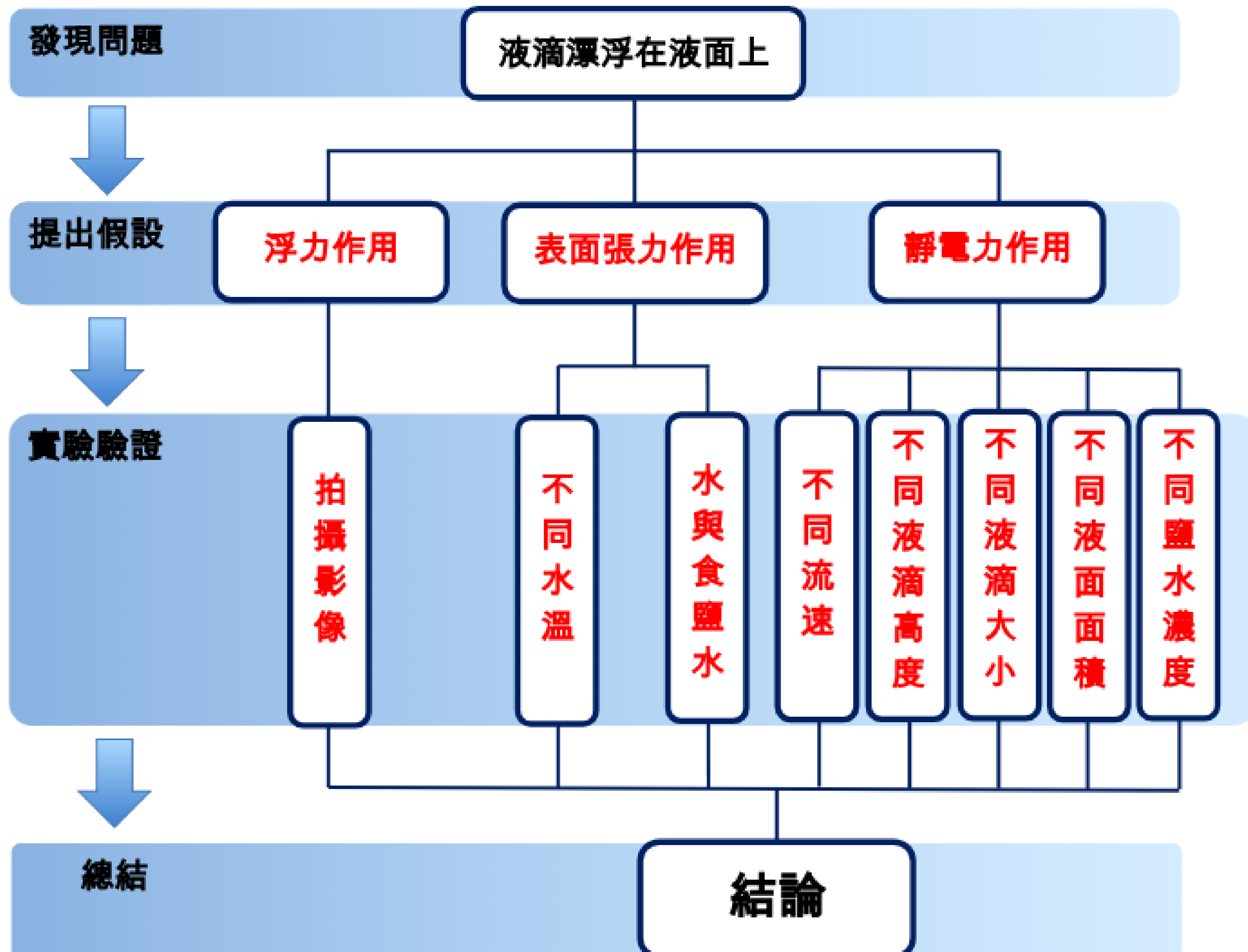


圖：針筒



圖：裝置圖

四、研究方法



事前準備:重現在醫院所見「液珠浮於液面」現象,我們使用自來水來做實驗;並訂定現象成功率達90%(連續十顆水珠裡面有九顆發生現象)為「穩定發生」。

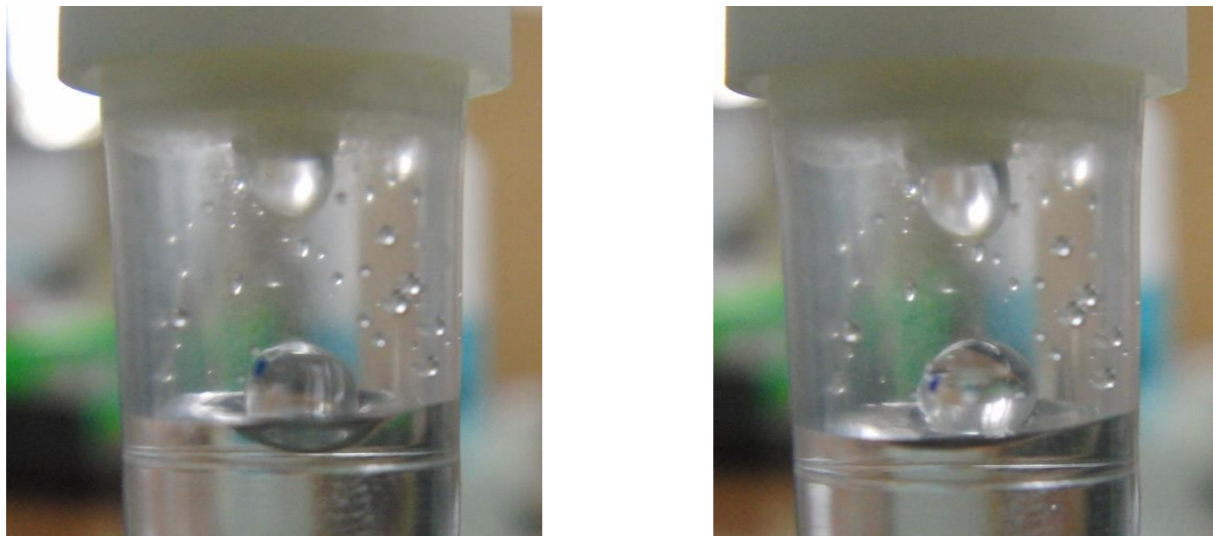
五、研究結果

校正:每一次實驗之前,先用自來水沖洗數次,接著再用鐵棒對出水口進行接地消除裝置上面的靜電,然後用節拍器校正每秒的滴數,並在實驗開始之後再以尺重新確認水珠出水口到液面的高度以及水珠的流速。



實驗一：驗證該力是否為浮力

水珠和液面間有明顯的界線，代表水珠**沒有**受到液體浮力作用，所以使液滴漂浮在液面上的力**不是浮力**。



實驗二：驗證該力是否為表面張力—水與食鹽水

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
水	240	185	214	280	256	235	117.5
0.5M食鹽水	160	150	166	204	194	175	87.5

單位：滴

	水	0.5M食鹽水
表面張力(dyne/cm)	73	75

水與食鹽水的表面張力相差不多，發生速率卻有明顯的差距（食鹽水約為水的1.34倍），所以使液滴漂浮在液面上的力**不是表面張力**。

實驗三：驗證該力是否為表面張力—不同溫度的水

	5°C水	27°C水	45°C水
表面張力(dyne/cm)	76	72	70

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
5°C水	280	382	358	408	342	354	177
27°C水	240	185	214	280	256	235	117.5
45°C水	52	112	82	66	84	79	39.5

單位：滴

表面張力：5°C水 > 27°C水 > 45°C水，但是穩定發生的發生速率：5°C水 < 27°C水 < 45°C水；代表**溫度低的水表面張力大**卻比較不容易發生水珠漂浮在液面，所以使液滴漂浮在液面上的力**不是表面張力**。

實驗四：驗證該力是否為靜電力—利用靜電消除器

實驗發現「液滴漂浮在液面上」的現象會在開始滴定經過一段時間之後才能穩定發生，我們把那段時間稱為「**電荷累積期**」。

當「穩定發生」時，使用**靜電消除器**接觸輸液管和液面（以銅線接觸輸液管和液面上下左右晃動約20秒鐘）後繼續滴定，需要再經過一段時間之後才可以「穩定發生」，因此可推知使液滴漂浮在液面上的力應該為靜電力。

	開始滴定到「穩定發生」的滴數	使用後	使用靜電消除器之後再次「穩定發生」的滴數
第一次	260		220
第二次	226		146

單位：滴

實驗五：驗證該力是否為靜電力—強迫使其帶異/同性電

上管接正極，下管接負極，或上下管電極反接電位差為1.5伏特：**超過10分鐘均無現象**

上管和下管都接負極，電位差為3伏特：「穩定發生」的滴數

第一次	第二次	第三次	平均
106	96	98	100

單位：滴

實驗結果發現上下管強制帶異性電會導致水珠無法出現現象，**同性電則會加快現象的發生**，因此證明水珠是因為靜電力而產生浮水現象。

實驗六：驗證是否為靜電力—下管接地

下管接地後進行實驗：**超過10分鐘均無現象**

穩定發生現象時間達5分鐘後接地：現象**立刻消失**，且**10分鐘均無現象**

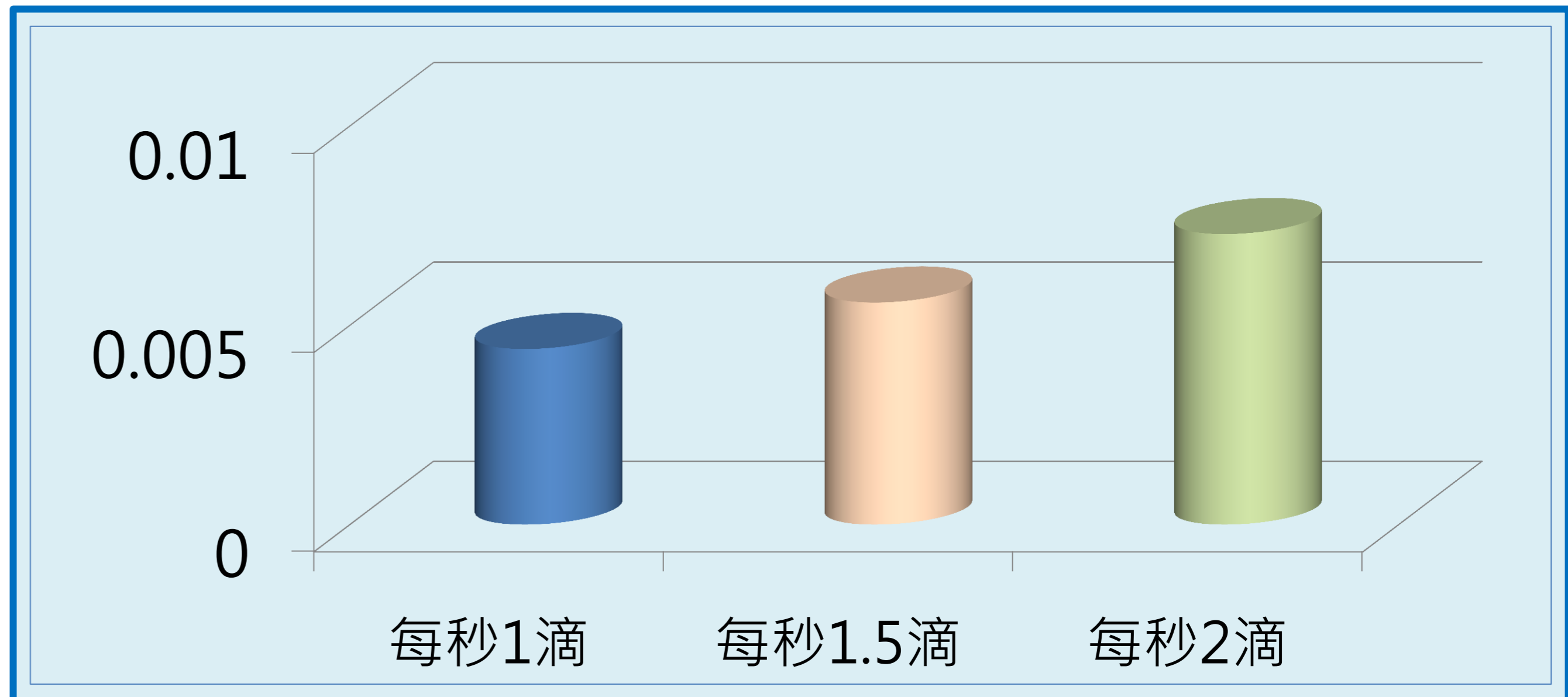
實驗七：不同液滴流速對於液滴漂浮在液面上的影響

開始「穩定發生」的滴數：

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均秒數
每秒1滴	240	195	166	280	254	227	227
每秒1.5滴	199	163	166	188	182	179.6	119.7
每秒2滴	137	185	140	115	109	137.2	68.6

單位：滴

結果可以看的出來當流速愈大，摩擦起電的效果愈好。



實驗八：不同液滴高度對於液滴漂浮在液面上的影響

開始「穩定發生」的滴數：

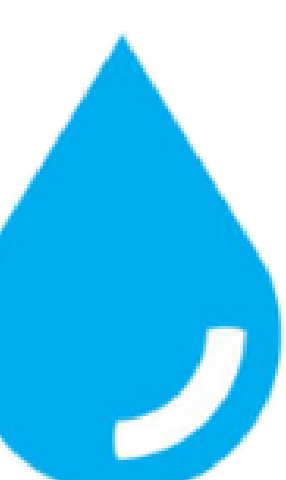
高度(公分)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
0.63	太近	太近	太近	太近	太近	-	-
0.75	34	52	44	35	82	49.4	24.7
0.88	60	63	108	46	67	68.8	34.4
1.00	137	185	140	115	109	137.2	68.6
1.25	無	無	無	無	無	-	-

單位：滴

結果可以看的出來當距離**高度愈大**，水珠浮水現象**愈難發生**。



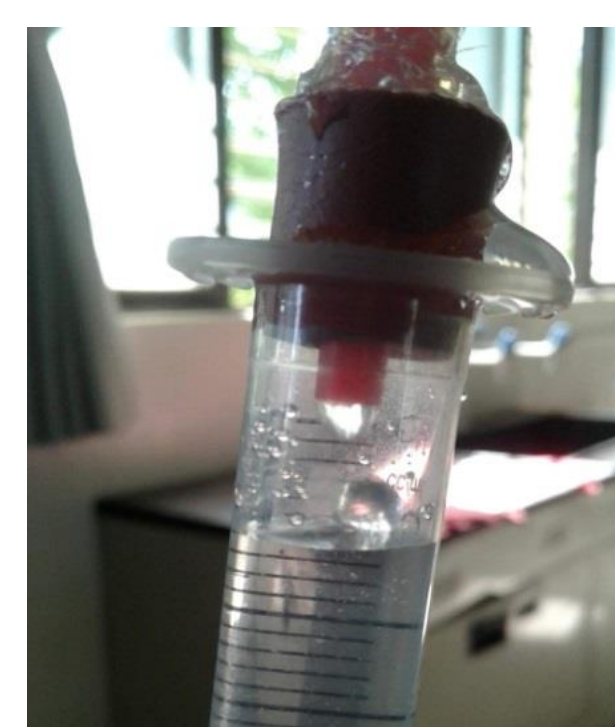
圖：高度過近的現象



實驗九：不同液滴大小對於液滴漂浮在液面上的影響

	細吸管	粗吸管
開始「穩定發生」的滴數	235	451
平均發生時間(秒)	117.5	225.5

實驗結果發現粗吸管開始「穩定發生」的時間為細吸管的1.9倍，可能原因是細吸管起電的效果比粗吸管來的更好所造成的。



圖：細吸管浮水現象



圖：粗吸管浮水現象

實驗十：不同液面面積對於液滴漂浮在液面上的影響

開始「穩定發生」的滴數：

液面面積	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
小(管徑1.30公分)	137	185	140	115	109	137.2	68.6
中(管徑2.10公分)	163	124	134	-	-	140.3	70.15
大(管徑3.00公分)	212	232	274	-	-	239.3	119.65

單位：滴

結果，中的液面面積和小的液面面積較快「穩定發生」，大的液面面積則較慢「穩定發生」。可能原因為大的液面面積，其摩擦起電所累積的電荷容易分散，導致較慢「穩定發生」。

實驗十一：不同濃度的食鹽水對於液滴漂浮在液面上的影響

開始「穩定發生」的滴數：

鹽水濃度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	平均發生時間(秒)
0.5M	160	150	166	204	194	174.8	87.4
1.0M	120	208	164	135	163	158	79
3.0M	110	110	158	163	141	136.4	68.2
4.0M	101	78	93	114	86	94.4	47.2
5.0M	720	無	無	無	無	720	360

單位：滴

食鹽水的濃度愈高，摩擦起電的效果愈好，導致愈快「穩定發生」；只是濃度為5.0M的時候，接近飽和溶液，起電的效果反而大大地下降，可能是食鹽水的導電度變好，摩擦起電的電荷容易移動到溶液各處，造成在液面上的電荷不容易累積，所以較慢「穩定發生」。

六、討論

在實驗八：觀察不同液滴高度對於液滴漂浮在液面上的影響裡面，靜電力除了要克服水分子的重力還有掉落時所造成的衝力，所以所需的靜電力或開始「穩定發生」的時間應該和 \sqrt{H} 有關，我們的實驗結果($y = 62.872x^{3.4901}$ ， y ：「穩定發生」的時間， x ：高度)有很大的差異，除了時間長短會影響電荷散失之外，我們實驗量取的高度是由水珠的出水口開始量的而不是由水珠開始低落的位置開始量，水珠的大小(約0.45公分)和高度(0.75公分到1.00公分)相差不多，造成會有很大的誤差。

實驗的誤差和缺失並不小，以下仍需改進

- (一) 裝置偶而會輕微漏水。
- (二) 電荷散失的速率與環境的濕度有很大的關係，所以固定環境的濕度可以減少實驗誤差。
- (三) 尚未做出更多不同溶液對現象影響的實驗。
- (四) 每次實驗完，儀器上面累積的電荷可能無法完全消除，造成實驗誤差。

七、結論

經過一系列的實驗與討論，靜電會造成「水珠浮水」的現象是合理的猜測，而現象的形成會受到靜電力、重力、滴落速率和溶液濃度的影響，其中靜電力，滴落速率，溶液濃度都是針對液面所帶電荷影響；而重力則是針對水珠受的外力影響。

- 一、水珠受靜電力而發生浮水現象。
- 二、水溫愈高現象愈早發生。
- 三、添加少許食鹽能使電荷累積期變短，但接近飽和溶液則會使電荷累積期變長。
- 四、流速越快，電荷累積期越短，但過快則會使水珠連成柱或節。
- 五、管口距滴定液面愈近，現象愈早發生。
- 六、液滴愈小，愈快發生現象。
- 七、液面面積越大，現象越難穩定發生。

八、未來展望

未來我們希望能有繼續做其他更多相關因素的實驗，例如我們在最後發現或許可以量測裝置的電阻，如果有器材可以施加更大的電壓，可能不需靠水滴摩擦累積靜電就可以達到現象，並且後來還可以試試並聯其他電阻，透過改變電阻值的方式觀測達到穩定發生的時間變化，還可以配合外部施加的電壓，往後我們就能更深入全面的了解水珠靜電力是如何作用的。

