

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 物理科

040115

水被電死了

學校名稱：國立羅東高級中學

作者： 高二 柯皓恩 高二 簡愷緯 高二 林韋至	指導老師： 謝祥綺
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：極性、偶極矩、電場

摘要

我們觀察液體在電場中受靜電力而被吸引之現象，發現這個現象和液體的極性無關，並提出了液體是受靜電感應而帶電之理論。我們設計實驗加以驗證，發現帶電之液體在電場中除了受吸引之外，也可以被排斥。

壹、 研究動機

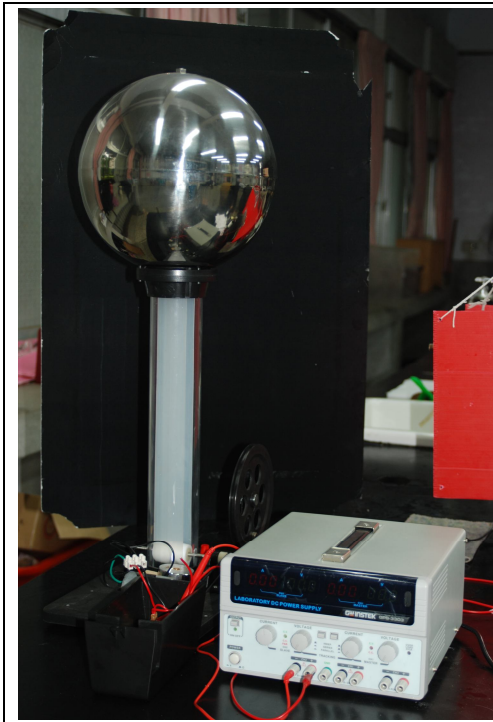
在靜電學的課程裡，我們知道靜電可吸引水流，而使水流彎曲。我們利用專題研究的課程，也實際觀察到這個現象。根據我們所查閱的大多數資料，認為這一現象主要是因為水是極性分子，因此在電場中會受靜電力作用，若是改用四氯化碳這類非極性分子，就不會出現這個現象。而在第四十七屆中小學科展中，協同中學的作品「有多「極」，滴滴看就知道」進一步認為，受靜電力大小和極性分子的偶極矩是成正比的。我們對此結果感到質疑，因此設計了以下實驗加以探討，希望能藉此找出水流受靜電力作用的可能原因。

貳、 研究目的

- 一、比較不同極性液體在電場中受靜電力大小
- 二、探討液體受電場作用與極性之關係
- 三、找出液體受電場作用的可能原因

參、 研究設備器材

- 一、直流電源供應器
- 二、范式起電機
- 三、自製金屬板電場(將鋁箔覆蓋在珍珠板上而成)
- 四、數位單眼相機
- 五、點滴管
- 六、蒸餾水
- 七、乙醇(濃度 95%)
- 八、正己烷



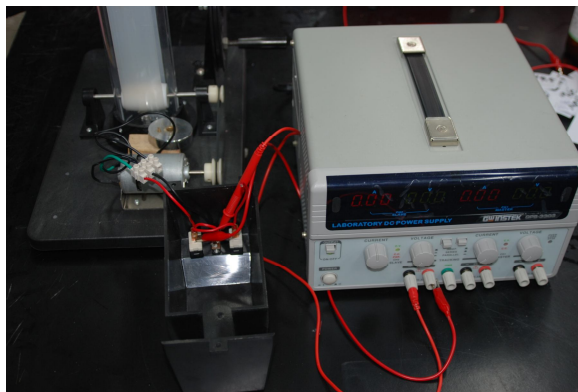
電源供應器與范式起電機



金屬板電場與點滴管

肆、 研究過程或方法

- 一、 范式起電機原本是利用電池供電，然而爲了在本實驗中產生不同強度電場，我們將電源供應器接上范式起電機，藉由改變輸入電壓，調整起電機轉速，改變電荷生成速率。(圖一)



(圖一) 電源供應器接上范式起電機

- 二、 以導線連接范式起電機與金屬板。電源啓動後，由范式起電機生成之電荷即傳至金屬板。由於范式起電機電壓可高達數萬伏特，故可產生一高壓電場。

- 三、將點滴管放置於距金屬板數公分處，在點滴瓶中裝入蒸餾水，調節點滴管流量，以每秒 2~3 滴之流量，將蒸餾水滴出，觀察液滴在電場中運動，並以數位相機曝光 1sec，記錄液滴之軌跡。(圖二)



(圖二) 液滴在電場中經曝光 1sec 所呈現之軌跡

- 四、由於液滴之軌跡幾乎為直線，所以我們決定記錄液滴之偏向角，即液滴運動方向與鉛直方向之夾角，作為液滴受靜電力大小之判斷。
- 五、改變點滴管與金屬板距離，重複步驟三。
- 六、改使用飽和食鹽水、乙醇與正己烷，重複步驟三、四。

伍、 研究結果

- 一、實驗一：比較不同極性物質在電場中受靜電力大小

1. 我們調整點滴管管口與金屬板電場之距離、電源供應器對范式起電機輸入電壓，並使用四種液體：蒸餾水、飽和食鹽水、酒精、正己烷，測量液滴之偏向角(以度為單位)。以下為實驗結果：

蒸餾水之偏向角

偏 向 角 電 壓	距 離			
		7cm	8.5cm	14.5cm
4 V		4	4	4
4.5 V		5	4	4
5 V		5	5	4
5.5 V		5	5	4
6 V		6	6	4
6.5 V		7	7	4

飽和食鹽水之偏向角

偏向角 電壓	距離		
	7cm	8.5cm	14.5cm
4 V	4	3	2
4.5 V	4	4	2
5 V	5	5	3
5.5 V	5	5	4
6 V	6	5	4
6.5 V	7	5	4

酒精之偏向角

偏向角 電壓	距離	
	8.5cm	14.5cm
4 V	13	5
4.5 V	14	6
5 V	16	7
5.5 V	17	7
6 V	19	9

正己烷之偏向角

偏向角 電壓	距離
	7cm
4 V	0
4.5 V	1
5 V	2
5.5 V	2
6 V	3
6.5 V	4

其中，由於酒精偏向角太大，所以我們沒有進行距離縮短為 7cm 之實驗。而正己烷由於偏向角太小，所以只進行距離為 7cm 之實驗。

由上表可看出，隨著管口與金屬板距離縮短，水滴的偏向角有增加

的趨勢。另外隨著對范式起電機輸入電壓的提高，電場強度增加，液滴的偏向角也增大。

2. 若以不同的距離對這四種液體互相比較，可得以下結果：

距離為 7cm 各種液體之偏向角

偏向角 電壓	液體	蒸餾水	飽和食鹽水	正己烷
4 V		4	4	0
4.5 V		5	4	1
5 V		5	5	2
5.5 V		5	5	2
6 V		6	6	3
6.5 V		7	7	4

距離為 8.5cm 各種液體之偏向角

偏向角 電壓	液體	蒸餾水	飽和食鹽水	酒精
4 V		4	3	13
4.5 V		4	4	14
5 V		5	5	16
5.5 V		5	5	17
6 V		6	5	19

距離為 14.5cm 各種液體之偏向角

偏向角 電壓	液體	蒸餾水	飽和食鹽水	酒精
4 V		4	2	5
4.5 V		4	2	6
5 V		4	3	7
5.5 V		4	4	7
6 V		4	4	9

由上表可以看出，這四種液體中，酒精的偏向角較其他液體都大了許多。而蒸餾水和飽和食鹽水的偏向角，在考慮我們實驗進行的誤差之下，則兩者並沒有明顯不同。而正己烷偏向角則相當的小。

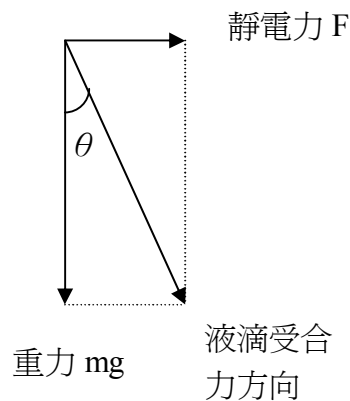
3. 液滴實際受到靜電力可以用以下方法來估計：

以 F 表示液滴受到靜電力， mg 表示其所受重力， θ 為偏向角， ρ 為液體密度， V 為液滴之體積，則

$$\tan \theta = \frac{F}{mg} = \frac{F}{V\rho g} \propto \frac{F}{\rho}$$

由於點滴管滴出之液滴體積大約相同

因此 $F \propto \rho \tan \theta$



可以估計出這四種液體所受靜電力相對大小

※蒸餾水密度為 1 g/cm^3 ，飽和食鹽 1.33 g/cm^3 ，酒精 0.8 g/cm^3 ，正己烷 0.66 g/cm^3

※定電壓為 4V 之蒸餾水所受靜電力為 1

距離為 7cm 各種液體所受靜電力相對大小

靜電 力 電 壓	液 體	蒸餾水	飽和食鹽水	正己烷
4 V		1	1.33	0
4.5 V		1.25	1.33	0.16
5 V		1.25	1.66	0.33
5.5 V		1.25	1.66	0.33
6 V		1.5	2.0	0.49
6.5 V		1.76	2.34	0.66

距離為 8.5cm 各種液體所受靜電力相對大小

靜電力 電壓	液體	蒸餾水	飽和食鹽水	酒精
4 V		1	1	2.64
4.5 V		1	1.33	2.85
5 V		1.25	1.66	3.28
5.5 V		1.25	1.66	3.5
6 V		1.5	1.66	3.94

距離為 14.5cm 各種液體所受靜電力相對大小

靜電力 電壓	液體	蒸餾水	飽和食鹽水	酒精
4 V		1	0.66	1
4.5 V		1	0.66	1.2
5 V		1	1	1.4
5.5 V		1	1.33	1.4
6 V		1	1.33	1.8

由以上數據，可以看出這四種液體所受靜電力大小依序為酒精>飽和食鹽水>蒸餾水>正己烷

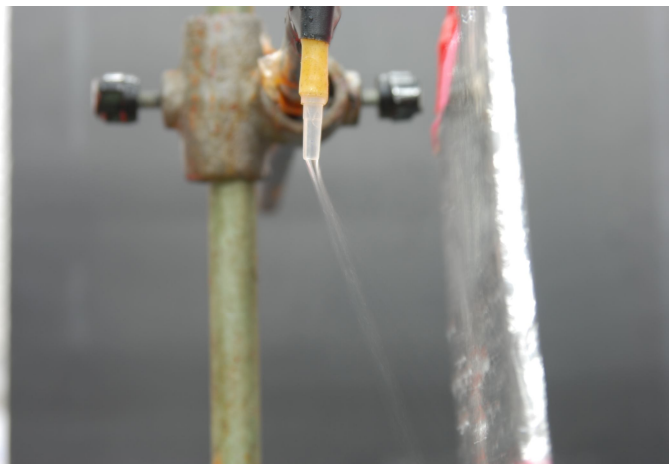
4. 下表為這三種液體的偶極矩大小：

水	1.85D
酒精	1.69D
正己烷	0

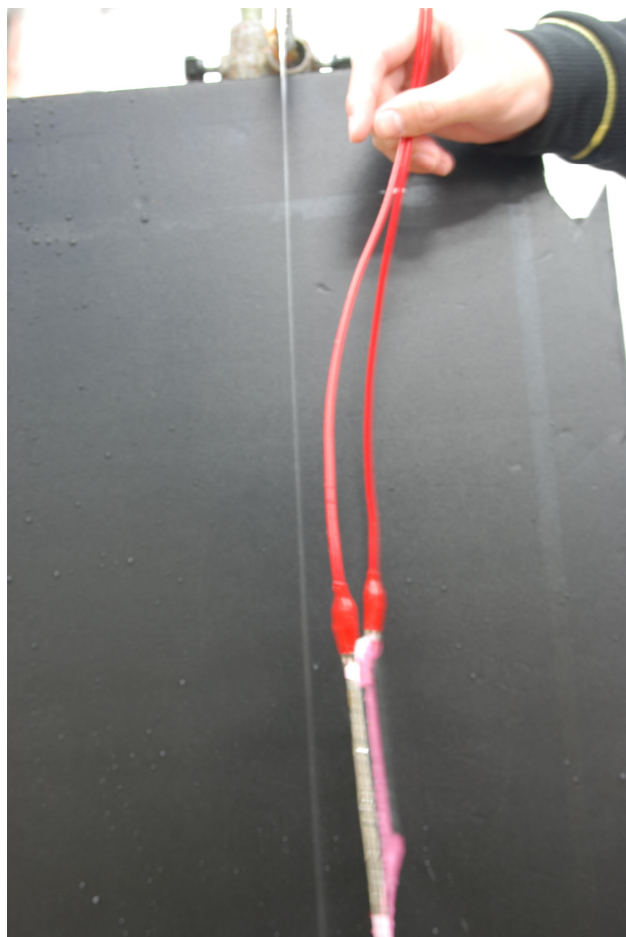
和我們的實驗結果比較，可以得出相當有趣的結果。過去我們以為液滴受靜電力是和分子極性大小有關，但在我們的實驗裡，酒精的偶極矩比水小，但所受靜電力卻遠大於水。而偶極矩為 0 的正己烷，在電場中竟然也受靜電力作用！這讓我們對液體受靜電力作用與極性的關係有了很大的質疑！因此，我們繼續設計了以下實驗。

二、實驗二：否定水滴受電場吸引的現象和極性之關係。

我們使用蒸餾水，將點滴管之管口置於電場旁，可以明顯觀察到水滴的偏向。



但是若將電場置於管口下方約 15cm 處，則水滴在經過電場時卻絲毫不受電場作用。



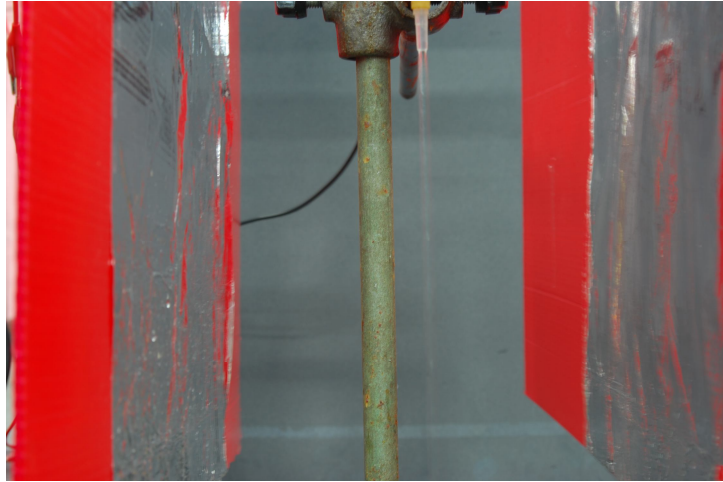
若水滴是因為其極性而受電場吸引，那為什麼當電場置於滴管下方時，水滴經過電場卻絲毫不受影響？所以，我們認為，水滴受電場吸引

的現象和極性無關。

但水滴受電場吸引的現象，其原因究竟為何呢？我們認為，水滴應該是帶電的，而帶電可能是由於摩擦起電，或是感應起電。因此我們設計以下實驗來探討這個問題。

三、實驗三：否定水滴發生摩擦起電

我們將單一金屬板電場改為平行金屬板電場，將點滴管之管口置於兩板中央。

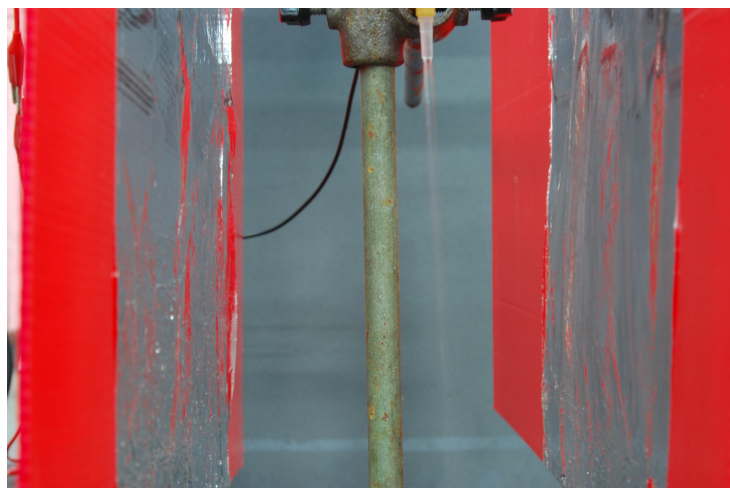


若水滴是因為在點滴管中和管壁摩擦，或是在流出管口時受摩擦而帶電，那在平行金屬板電場中應該也會出現偏向，但由上圖可以看出，水滴不受電場作用。所以在這個情況下，水滴並不帶電，因此否定水滴發生摩擦起電的可能。

所以，我們認為唯一的可能，就是水滴在電場中發生了感應起電。

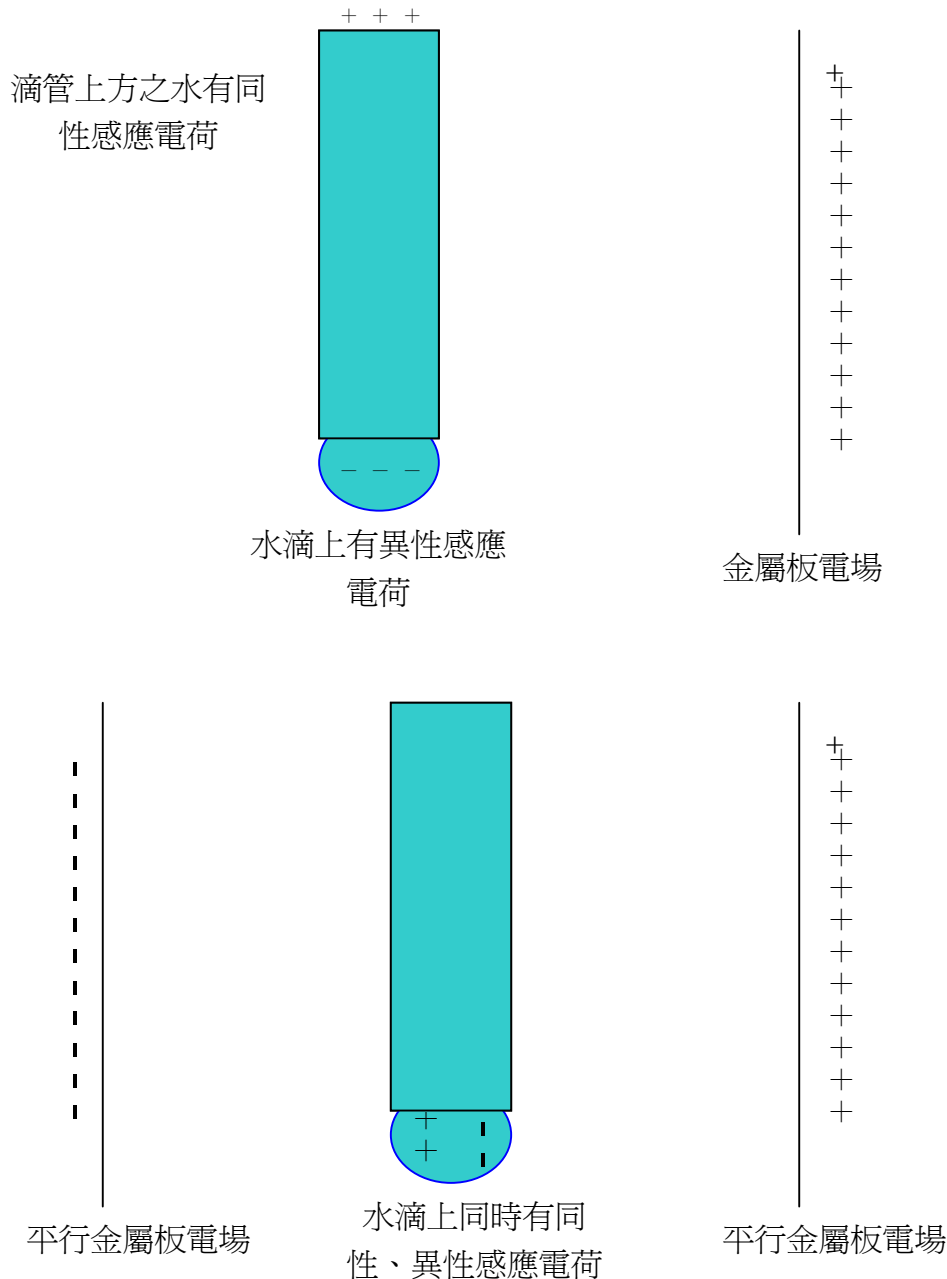
四、實驗四：提出水滴發生感應起電之理論

若將點滴管之管口置於兩板之間，但略靠近其中一板，則水滴發生偏向。但其偏向角卻較單一金屬板電場為小。



對於這個現象，我們提出了以下理論：

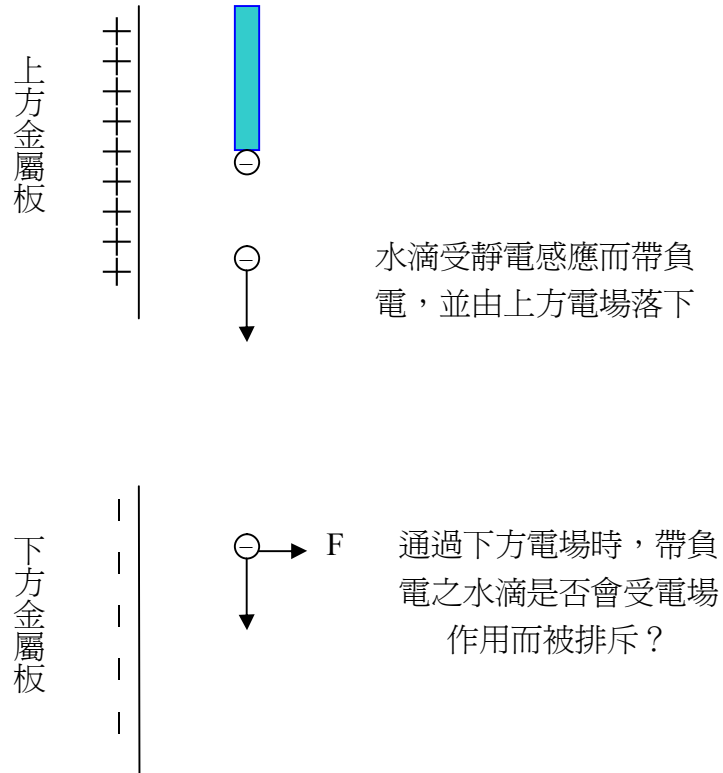
我們認為，水滴受單一金屬板作用會發生感應起電，是因為在這個情況下，水受電場作用，發生靜電感應而產生感應電荷，水滴因為距金屬板較近，所帶的感應電荷和金屬板上電荷為異性電，而點滴管上方之水則帶同性電。因此當水滴滴出管口後，會受金屬板吸引而偏向。但當滴管置於兩金屬板中央，所產生的感應電荷都分布在即將滴出的水滴上，因此當水滴滴出後，仍保持電中性，因此不受金屬板吸引。



而管口置於兩平行金屬板中略偏向其中一板時，水滴也發生感應起電，但由於感應電荷較單一金屬板為少，所以偏向較不明顯，

五、實驗五：驗證水滴發生感應起電

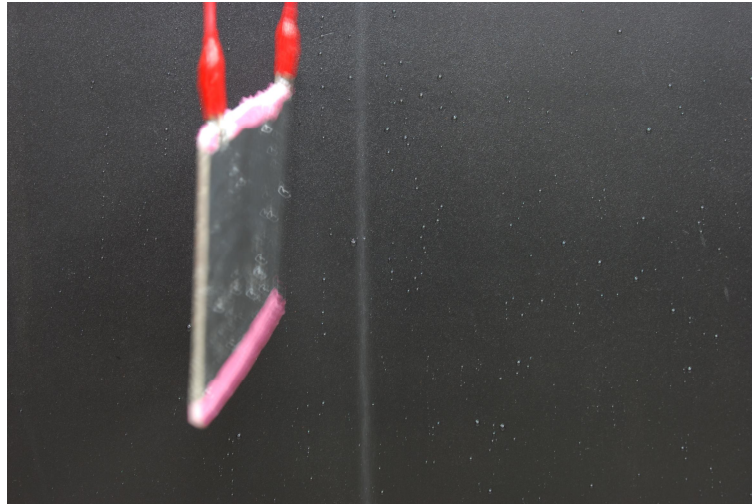
我們重新設計了電場，這個電場由上下兩金屬板構成，一個位於滴管管口旁，另一則位於管口下方約 20cm 處。根據我們的理論，水滴在管口受靜電感應而帶和上方金屬板異性之電，因此滴出後會受上方金屬板之吸引。但是當水滴經過下方金屬板時，由於和下方金屬板為同性電，將受到下方金屬板電場之排斥。



而我們也的確觀察到了這個現象。下圖為無下方金屬板電場時，水滴之軌跡。



而在加入了下方金屬板電場後，可以看出水滴被電場排斥了！



儘管水滴被排斥的偏向角不大，但這為我們的理論提供了有力的證明。

陸、 討論

- 一、經由以上實驗，我們得到了以下結論
 1. 水滴受電場吸引的現象和極性無關，而是因為水滴在離開管口時發生了靜電感應，因此帶電而受電場吸引。
 2. 帶電之水滴，可受電場吸引，也可受電場排斥。
- 二、在我們的實驗裡，我們認為水滴在離開管口時發生了靜電感應，但若水滴帶有和金屬板異性之感應電荷，則滴管上方之水應帶有和金屬板同性之感應電荷。我們嘗試將滴管上方的容器改裝為萊頓瓶，希望能夠將滴管上方之水所帶之感應電荷儲存起來，並能夠觀察到，但到目前為止，我們仍未成功。
- 三、在我們的實驗裡，范式起電機提供了實驗所需的電場。其優點為電壓極高，因此水滴在電場中偏向的情況非常明顯。但缺點是，電荷很容易因為接觸而流失，不管是導體還是絕緣體，只要接觸到我們電路的任一部分，甚至不需接觸，只要距離稍近，電荷都會因為放電而流失，導致金屬板上電量減少，影響電場強度。也因為電場不夠穩定，我們所測到的偏向角之數據並不很精確，但對不同種類的液體來說，已經足以分辨出其顯著差異。
- 四、實驗中我們發現飽和食鹽水所受靜電力比蒸餾水更大，儘管我們的實驗數據不夠精確，目前尚無法完全確定這個結果，但因為飽和食鹽水比蒸餾水更好的導體，其靜電感應現象應該更為明顯，所以這個結果應該是合理的。
- 五、為什麼酒精所受靜電力會是最大的？液體因為靜電感應而產生之感應電荷電量跟那些因素有關？這些問題都有待日後進一步研究。

六、我們缺少可以測量電場的實驗儀器，因此無法得知電場實際之強度大小。但由水滴之軌跡為斜直線可以判斷，只要距離電場夠近，且距離變化不大時，電場強度應該變化不大。未來若能夠測量電場大小，希望能找出電場強度和水滴所帶感應電荷電量之關係。

柒、 參考資料

一、 中華民國第 47 屆中小學科學展覽會 — 「有多「極」，滴滴看就知道」
嘉義縣私立協同高級中學

【評語】 040115

1. 本作品推翻過去某一科展作品之結論，值得鼓勵。
2. 本作品之實驗設計具創意。
3. 本作品之測量精度未作更定量之估算，以致影響推論之可靠程度。