

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組物理科

040108

國立臺中文華高級中學

指導老師姓名

邱建宏

作者姓名

林敬倫

賴亞咸

謝晴如

第四十四屆中小學科學展覽會

作 品 說 明 書

科別： 物理

組別： 高中組

作品名稱：環保新指標 - 靜電發電機

關鍵詞：靜電、凱氏滴水發電機

壹、摘要

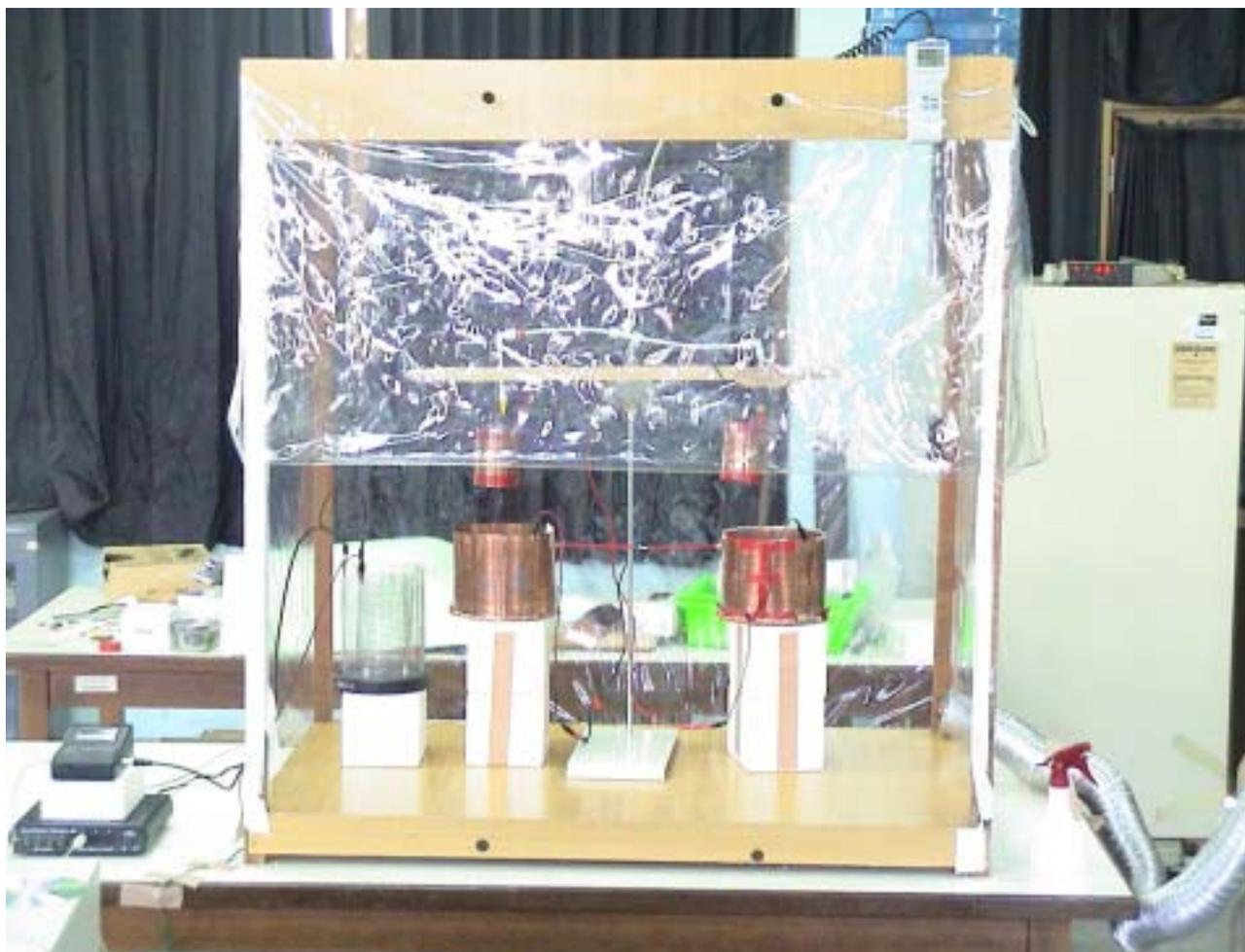
本實驗原理主要運用水滴與金屬環感應產生的靜電，使水滴帶電，再由帶電水滴進一步感應使金屬環及容器帶電，持續累積便可產生高電壓的兩端進而放電。而實驗主要研究不同的環境因素及儀器材質對電荷的累積速度有何影響

貳、研究動機

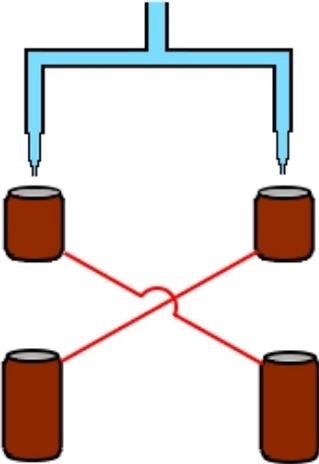
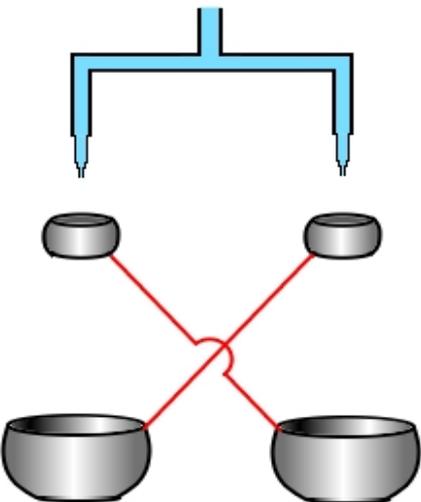
從十九世紀以來，科技的進步一日千里，但大自然中許多現象依然吸引著我們，其中靜電便是備受矚目的一門學問，像具有強大能量的閃電便是靜電的產生，而如何去運用類似的方式來產生人類賴以維生的能源呢？想到這裡書本已不能滿足我們的好奇心，於是以靜電為發電來源的凱氏發電機便成為我們研究的目標。

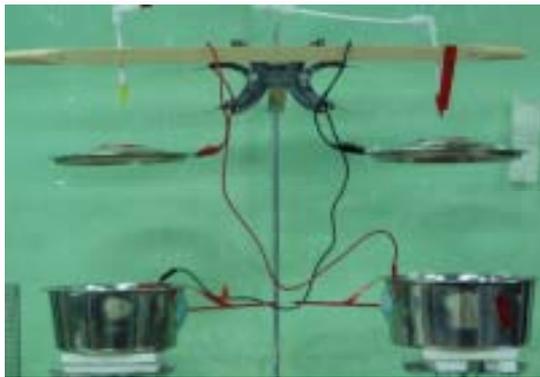
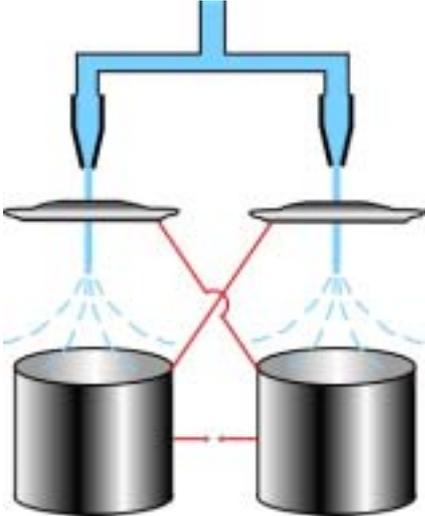
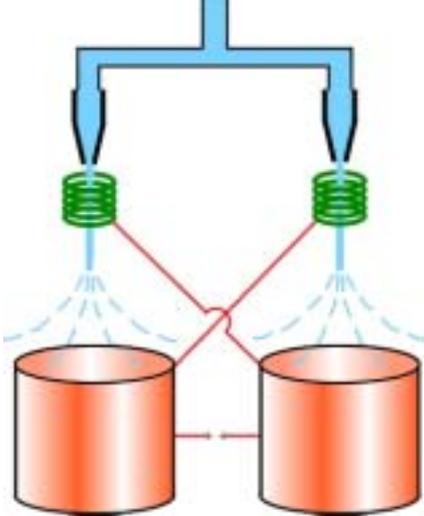
參、研究目的

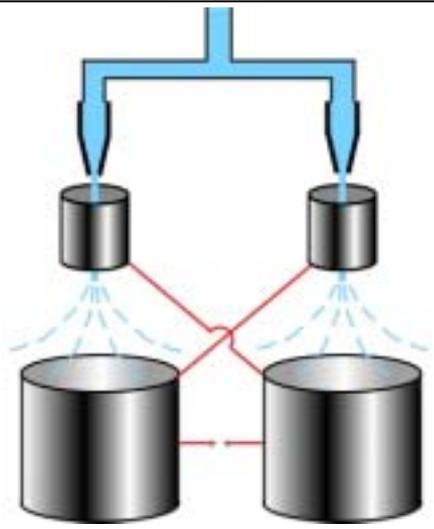
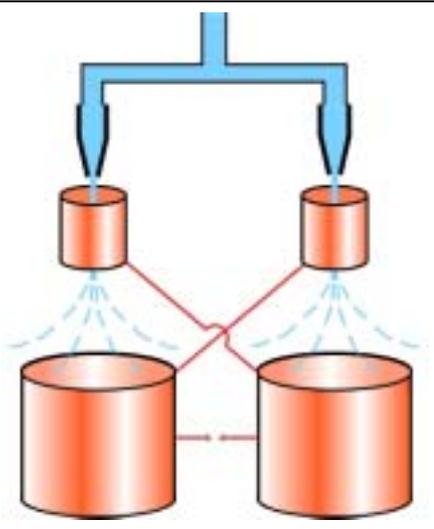
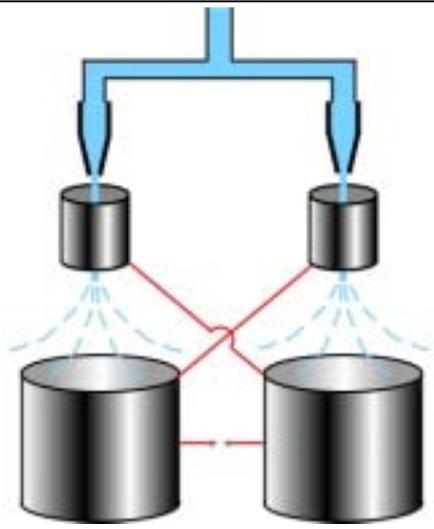
藉由自製的”靜電”發電器，探討不同材質的金屬環和容器，和空氣中溼度對本儀器集電速率的影響，找出最佳的組合，希望能找到最快的速度達到最大效率的條件。



肆、研究設備及器材

	模組一	模組二
器材	0.6 公升之水瓶 *2 鐵罐 *4 電線 *1.8m 水電膠帶 *1 橡皮筋 *4 銅線+金屬夾子 *6 木頭椅 *1 三用電表 *1 溼度計 *1	0.6 公升之水瓶 *2 電線 *1.8m 滴管頭 *2 不鏽鋼環 *2 不鏽鋼碗 *2 銅線+金屬夾子 *6 木頭椅 *1 三用電表 *1 溼度計 *1
優點	器材容易取得	
缺點	無靜電效果	流量不易控制 無靜電效果
照片		
簡圖		

	模組三(改良版)	模組四
器材	20 公升之水瓶 *1 T 型接頭 *1 逆滲透 PE 軟管 *2 滴管頭 *2 不鏽鋼鍋 大 小 *2 銅線+金屬夾子 *6 三用電表 *1 溼度控制室 *1 溼度計 *1	20 公升之水瓶 *1 T 型接頭 *1 逆滲透 PE 軟管 *2 滴管頭 *2 銅導線(半徑 4.06 cm) *2 銅製鍋 *2 銅線+金屬夾子 *6 三用電表 *1 溼度控制室 *1 溼度計 *1
優點	流速足夠	溼度可以控制、效果佳 容易觀察水滴散開點
缺點	效果較佳 與模組五的環結構不同	
照片		
簡圖		

	模組五	模組六	模組七
器材	20 公升之水瓶 *1 T 型接頭 *1 逆滲透 PE 軟管 *2 滴管頭 *2 不鏽鋼鍋 大 小 *2 不鏽鋼環(半徑 4.06 cm) *2 銅線+金屬夾子 *6 三用電表 *1 溼度控制室 *1 溼度計 *1	20 公升之水瓶 *1 T 型接頭 *1 逆滲透 PE 軟管 *2 滴管頭 *2 銅製鍋 *2 銅環(半徑 4.06 cm) *2 銅線+金屬夾子 *6 三用電表 *1 溼度控制室 *1 溼度計 *1	20 公升之水瓶 *1 T 型接頭 *1 逆滲透 PE 軟管 *2 滴管頭 *2 鋁製鍋 *2 鋁環(半徑 4.06 cm) *2 銅線+金屬夾子 *6 三用電表 *1 溼度控制室 *1 溼度計 *1
優點	溼度可以控制、效果佳 為不鏽鋼，所以不易生鏽	溼度可以控制、效果佳	溼度可以控制、效果佳 為鋁，所以不易生鏽
缺點		銅容易生鏽	
照片			
簡圖			

運用之儀器	Pasco Science Workshop 750	Pasco faraday ice pale	
圖片			
運用之儀器	Pasco 靜電計	CHY321 thermo hygrometer	數位電表 TES 2201 multimeter
圖片			

伍、研究過程或方法

一、原理探討：

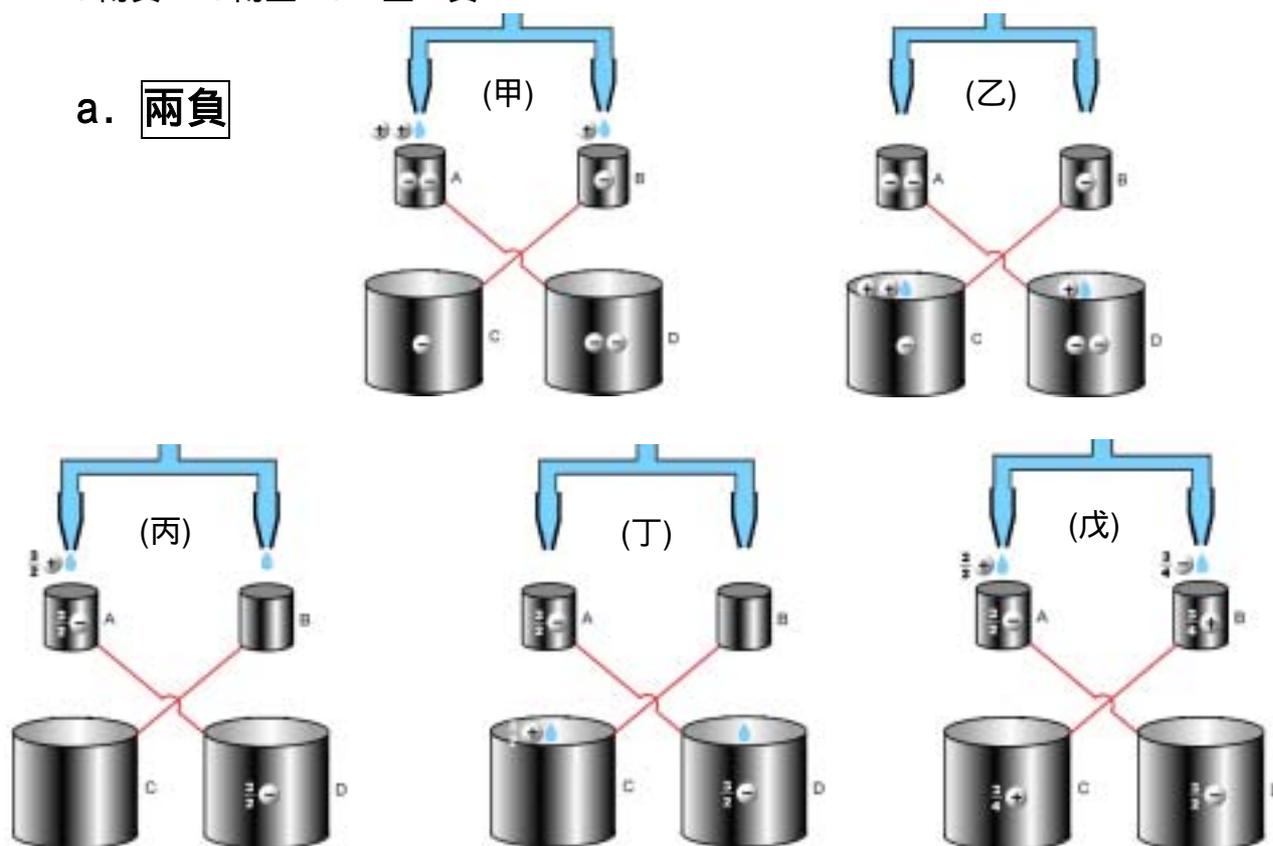
水整體是呈現電中性的，但其中有數以百萬記的正負離子，凱氏發電機只是把其中正負離子電性分離造成兩邊容器有極大的電位差。

怎麼分離電荷呢？其實很簡單。在乾燥的空氣中，金屬環經宇宙射線或經由手的碰觸就很容易使它產生微量的電荷，接著由金屬環感應水滴帶電，再由萬有引力使其滴入下方金屬容器中，反覆累積電荷，進而產生極大電位差。

金屬環帶電情形可分為以下三種：

a.兩負 b.兩正 c.一正一負

a. 兩負



(1)當二邊均帶負電荷時，通常有一邊帶有較多的負電荷，假設 A 環帶 $2X$ 庫侖的負電荷而 B 環帶 X 庫侖的負電荷，則 A 感應的水滴滴帶 $2X$ 庫侖的正電荷，B 環感應的水滴滴帶 X 庫侖的正電荷。(如上圖甲)

(2)當水滴分離後，左邊的水滴滴入容器中，其所帶正電荷會中和 B、C 容器裡的負電荷(需經一段時間累積方能中和)。則 A 感應的水滴滴帶 $2X$ 庫侖的正電荷，B 環感應的水滴滴帶 X 庫侖的正電荷。(如上圖乙)

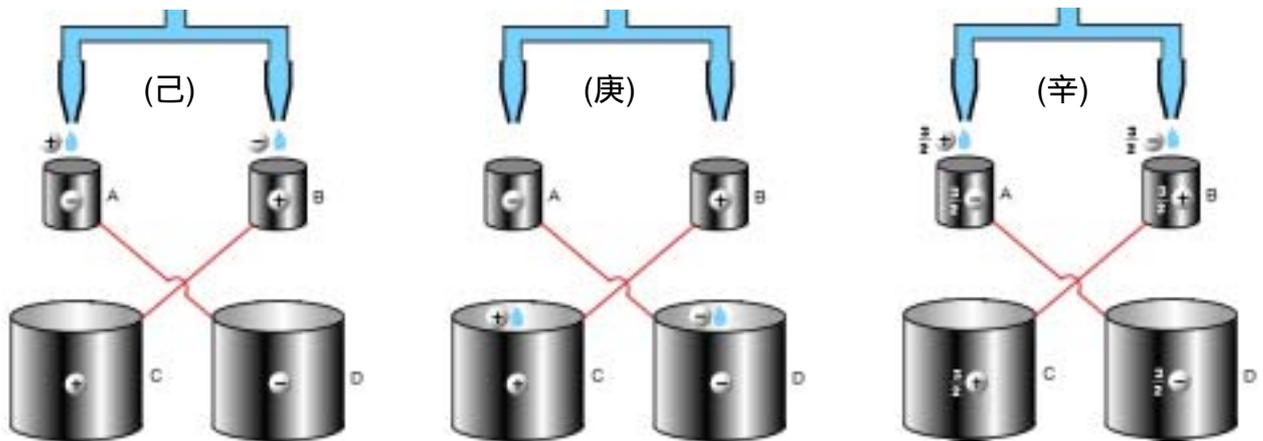
(3)第二滴水滴入 A、D 組感應 $3/2X$ 庫侖的正電荷，而 B、C 組被中和，故水滴為電中性水滴。(如上圖丙)

(4)第二滴水滴入下容器後，A、D 組乃為 $3/2X * 2 = 3X$ 庫侖負電荷，B、C 卻從電中性轉為 $3/2X$ 庫侖的正電荷。(如上圖丁)

(5)之後 A、D 組累積負電荷，B、C 組累積正電荷。在兩個系統的交互作用之下，經過多次循環，可使整個裝置在短時間之內累積達數千伏特的高電壓。(如上圖戊)

b. **兩正**與兩負的原理相同，惟正負號相反。

c. **一正一負**



- (1) 假設 A、D 組帶 2X 庫侖負電荷，B、C 組帶 2X 庫侖負電荷。A、D 感應的水滴帶 X 庫侖正電荷，反之，B、C 感應的水滴帶 X 庫侖的負電荷。(如上圖己)
- (2) 水滴分離後，A 組水滴滴入 C 金屬容器中，使 C 容器帶 2X 庫侖正電荷，B、D 組反之。(如上圖庚)
- (3) 從此之後 A、D 組累積負電，B、C 組累積正電。在兩個系統的交互作用之下，經過多次循環，可使整個裝置在短時間之內累積達數千伏特的高電壓。(如上圖辛)



二、實驗方法

(一)實驗器材更替過程：

在開始準備進行實驗前，我們在器材的操作上有了極大的困難，就是自製的凱氏發電機並沒有產生預期中的效果，我們在模組一及模組二上試驗了很久，卻依舊沒反應，令我們十分頭疼，經過組員間討論結果，我們將原因暫定為導電不佳及絕緣不確實，易導走累積之電荷，於是決定著手製作新的模組(模組三)。但其中依然有很大的問題存在，也因此造成實驗數據之擷取進度嚴重落後。

後來在歷經兩個禮拜的儀器改良及探討相關問題後，我們發現凱氏發電機沒有反應的主要問題是發生在發電機之滴水口及底下金屬環處。於是進行改良作業，發現滴水口處必需以水流快速通過方能產生靜電荷，經過一定距離後再使水流通過金屬環(不可接觸)，產生感應之電荷，再將之正正相接負負相連，方能產生預期中的效果。

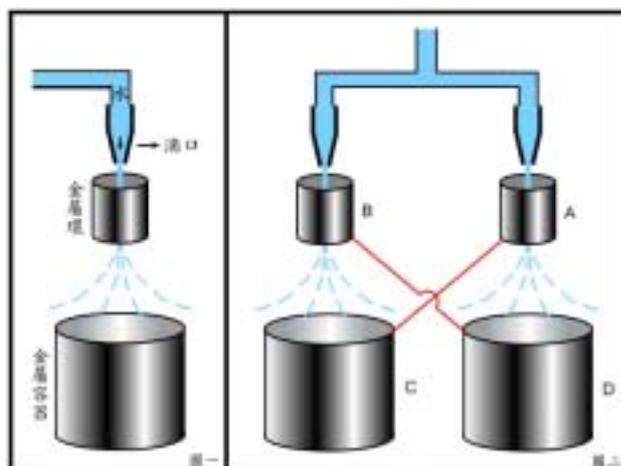
根據這點，我們開始著手進行改良，將不鏽鋼鍋蓋鑿開不與滴水口相接，置於滴水口下方處，完成模組三(改良版)。

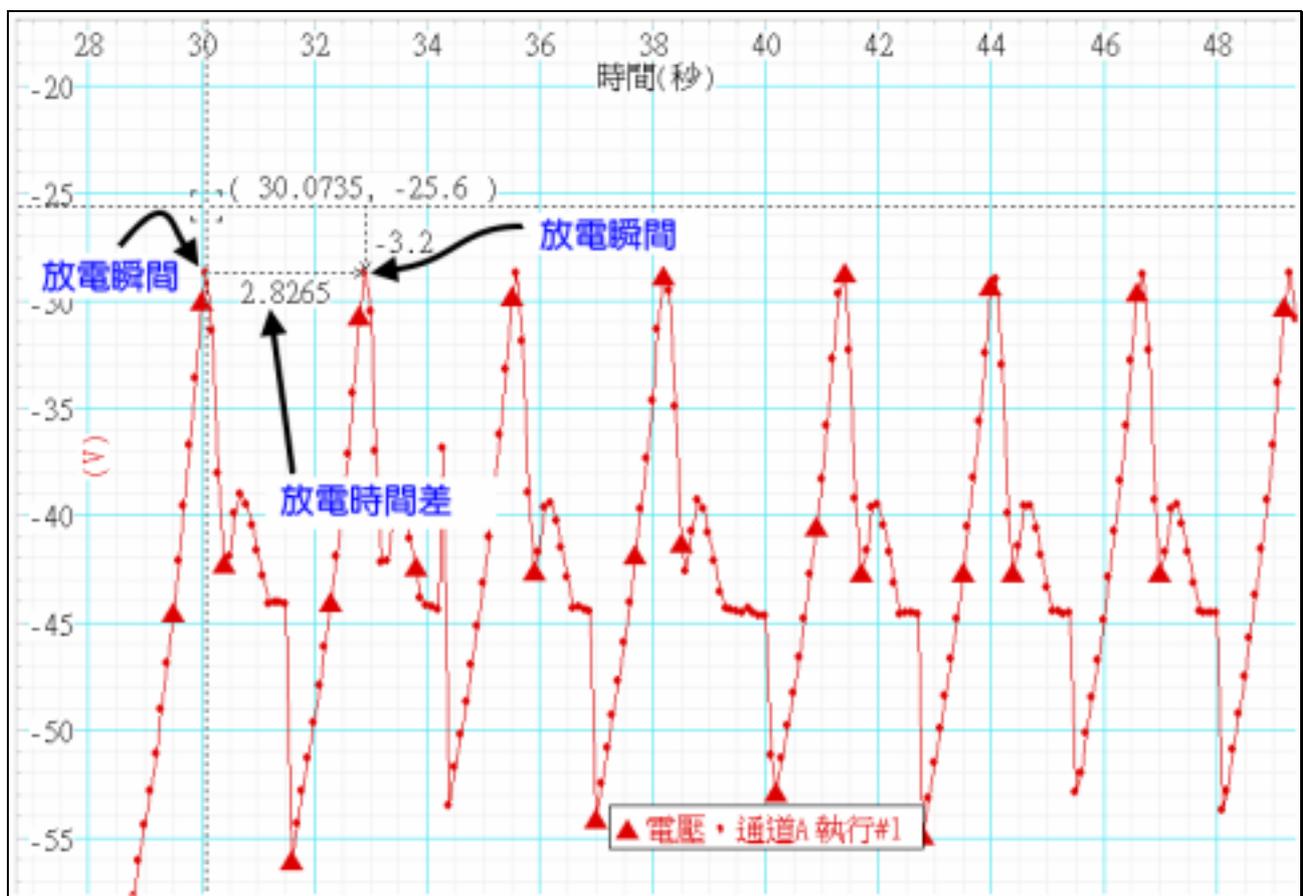
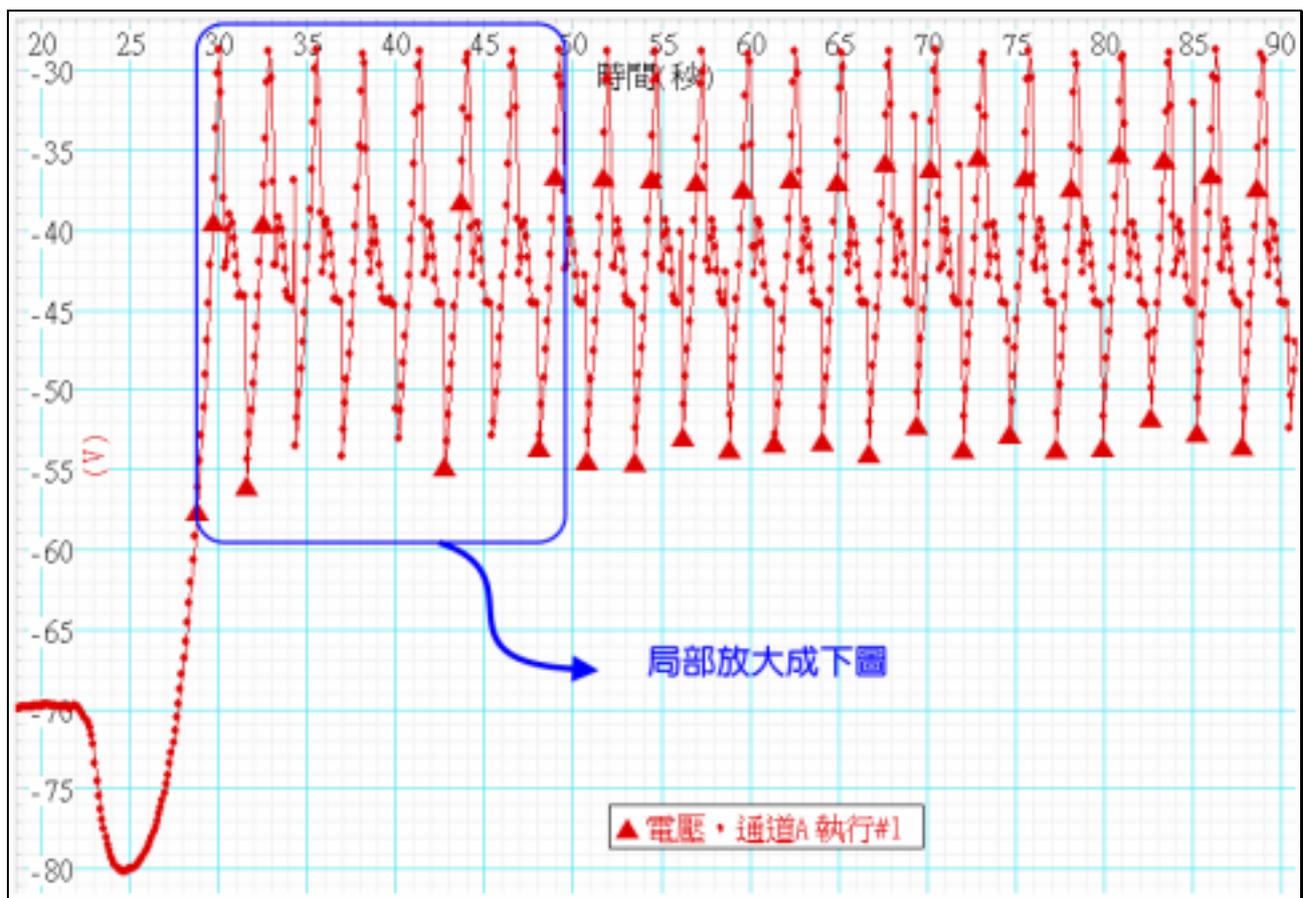
後期逐步改進我們的器材，試著以銅線線圈環繞作為滴水口下方金屬環，再以銅製容器作為金屬容器完成模組四。後來因考慮不同形狀可能對集電速率之影響，才以不同材質相同形狀製造出模組五、模組六及模組七。

為了溼度的控制，我們以塑膠帆布配合除濕機製造出溼度控制室，再以模組五、模組六及模組七進行數據的採集。

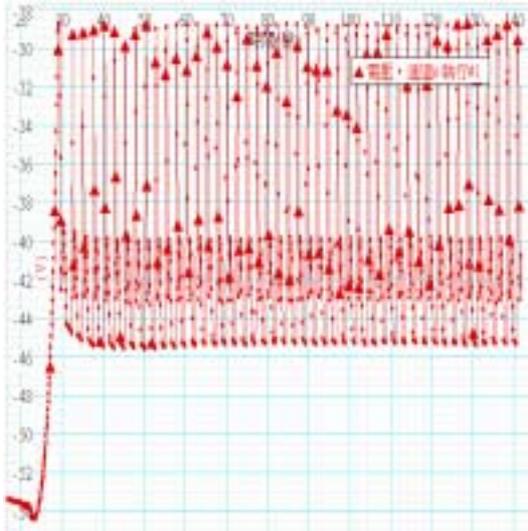
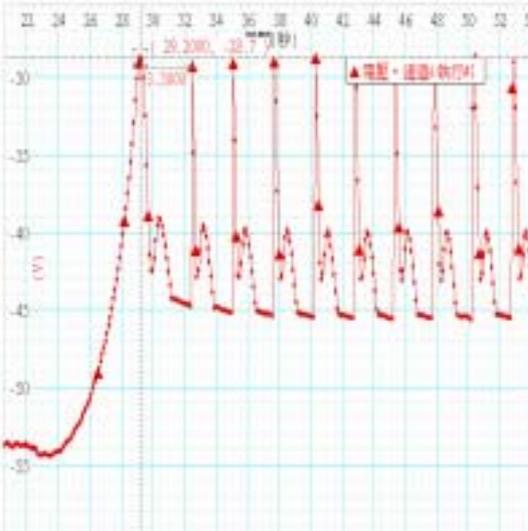
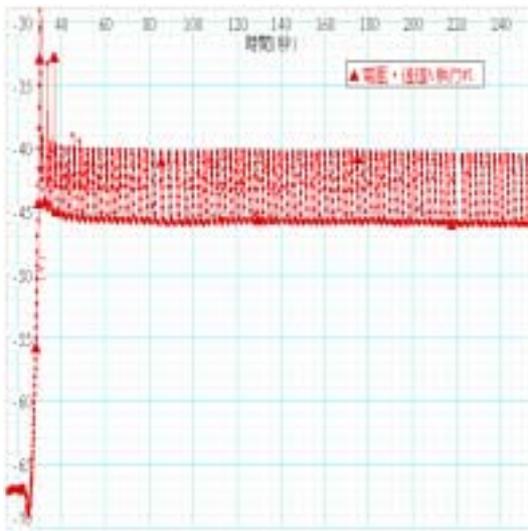
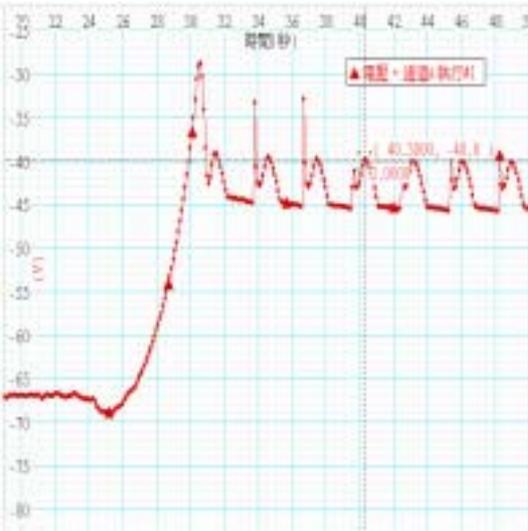
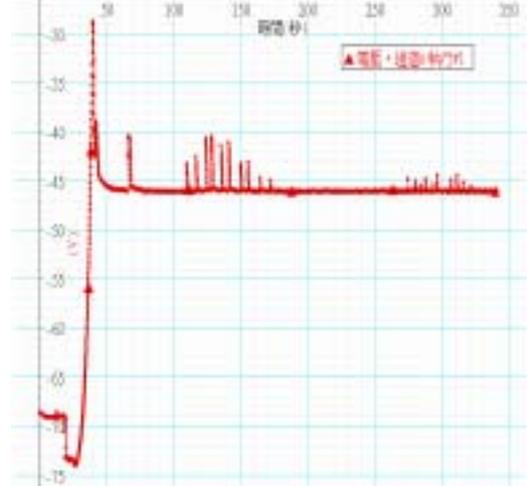
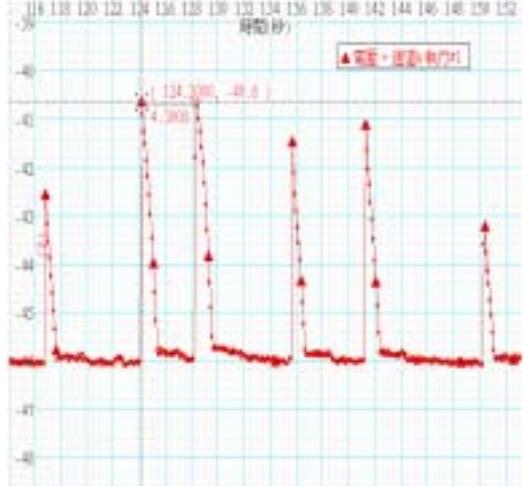
(二)實驗數據來源：

本實驗是以自製凱氏滴水發電機模組五、模組六和模組七(以下簡稱儀器)作為實驗數據的來源依據。將儀器置於自製的溼度控制室中，以噴霧器、除濕機及風扇作為控制溼度的裝置。在其中一邊金屬容器旁放置一個非接觸型靜電計(之前曾試過接觸型靜電計，但有一極大缺點，容易將集電之電荷中和，在取實驗數據上造成極大的誤差)。儀器啟動前，先以金屬導體將儀器中多餘電荷導走，再將靜電計歸零。先開啟靜電計，確定控制室中靜電荷為定值，再於 20 秒後開啟儀器的滴水開關，在靜電計上便會有明顯的集電現象，此時便為儀器集電之過程。而放電瞬間可觀察到靜電計的指針有大幅度變動，並可在電腦螢幕顯示出圖形曲線的急劇波動，此時便為放電瞬間，取首次放電後的各放電時間差作為實驗數據來源。





材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
不鏽鋼	40	I		
不鏽鋼	40	II		
不鏽鋼	40	III		

材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
不鏽鋼	50	I		
不鏽鋼	60	I		
不鏽鋼	65	I		

材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
銅	40	I		
銅	40	II		
銅	50	I		

材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
銅	50	II		
銅	60	I		
銅	60	II		

材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
銅	60	III		
鋁	40	I		
鋁	45	I		

材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
鋁	45	II		
鋁	50	I		
鋁	50	II		

材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
鋁	50	III		
鋁	50	IV		
鋁	55	I		

材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
鋁	55	II		
鋁	60	I		
鋁	60	II		

材質	溼度(%RH)	實驗次別	圖表	局部放大
鋁	60	III		
鋁	60	IV		

數據一(不鏽鋼)

組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差
不鏽鋼 Y	34.9	2.6	不鏽鋼 D	59.4	*4.3	不鏽鋼 E	44.0	*3.3
40%RH	37.5	2.7	45%RH	63.7	*3.5	50%RH	47.3	*3.2
	40.2	2.6		67.2	2.7		50.5	2.9
	42.8	2.6		69.9	2.8		53.4	2.7
	45.4	2.6		72.7	2.5		56.1	2.8
	48.0	2.4		75.2	2.6		58.9	2.8
	50.4	2.5		77.8	2.6		61.7	2.8
	52.9	*0.2		80.4	2.6		64.5	2.5
	53.1	2.6		83.0	2.3		67.0	2.4
	55.7	2.5		85.3	2.6		69.4	2.7
	58.2	2.6		87.9	2.9		72.1	2.7
	60.8	2.5		90.8	2.5		74.8	2.5
	63.3	2.6		93.3	2.5		77.3	2.9
	65.9	*4.2		95.8	2.6		80.2	2.4
	70.1			98.4			82.6	
平均放電時間(sec)		2.567	平均放電時間(sec)		2.615	平均放電時間(sec)		2.675

組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差
不鏽鋼 H	31.6	2.6	不鏽鋼 U	140.0	2.9
55%RH	34.2	2.7	60%RH	142.9	2.8
	36.9	2.5		145.7	2.9
	39.4	2.8		148.6	2.8
	42.2	2.9		151.4	2.9
	45.1	2.9		154.3	2.9
	48.0	2.5		157.2	2.9
	50.5	2.7		160.1	3.0
	53.2	2.8		163.1	3.0
	56.0	2.8		166.1	3.0
	58.8	2.7		169.1	2.9
	61.5	2.8		172.0	3.0
	64.3	2.6		175.0	2.9
	66.9	2.8		177.9	3.0
	69.7			180.9	
平均放電時間(sec)		2.721	平均放電時間(sec)		2.921

*表示因為與其他數據差異過大，所以未列入平均

數據二(銅)

組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差
銅 O	43.9	2.9	銅 U	72.6	3.4	銅 S	151.4	3.3
40%RH	46.8	3.0	45%RH	76	3.0	50%RH	154.7	3.3
	49.8	2.8		79	*4.5		158	3.4
	52.6	2.8		83.5	3.1		161.4	3.2
	55.4	2.8		86.6	*3.7		164.6	3.4
	58.2	2.7		90.3	3.3		168	3.3
	60.9	2.7		93.6	3.5		171.3	3.4
	63.6	2.4		97.1	3.2		174.7	3.4
	66	2.6		100.3	3.4		178.1	3.2
	68.6	2.6		103.7	3.2		181.3	3.3
	71.2	2.5		106.9	3.3		184.6	3.4
	73.7	2.6		110.2	3.4		188	3.2
	76.3	2.5		113.6	*3.6		191.2	3.4
	78.8	2.4		117.2	3.2		194.6	3.3
	81.2			120.4			197.9	
平均放電時間 (sec)		2.664	平均放電時間 (sec)		3.273	平均放電時間 (sec)		3.321

組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差
銅 V	272.2	3.1	銅 R	286.1	3.7	銅 V	268.6	*12.7
55%RH	275.3	2.7	60%RH	289.8	3.6	65%RH	281.3	*10.2
	278	3.9		293.4	3.6		291.5	7.6
	281.9	3.1		297	3.7		299.1	7.8
	285	3.7		300.7	3.7		306.9	5.3
	288.7	3.8		304.4	3.7		312.2	5.5
	292.5	2		308.1	3.7		317.7	4.3
	294.5	4.7		311.8	3.7		322	5.7
	299.2	3.8		315.5	3.6		327.7	2.8
	303	2.5		319.1	3.7		330.5	2.5
	305.5	*19.1		322.8	3.6		333	2.7
	324.6	3.9		326.4	3.5		335.7	3.0
	328.5	2.4		329.9	3.7		338.7	2.8
	330.9	3.7		333.6	3.6		341.5	3.6
	334.6			337.2			345.1	
平均放電時間 (sec)		3.331	平均放電時間 (sec)		3.650	平均放電時間 (sec)		4.467

*表示因為與其他數據差異過大，所以未列入平均

數據三(鋁)

組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差
鋁 C	29.4	1.8	鋁 A	193.5	2.0	鋁 C	30.2	2.2
40%RH	31.2	1.7	45%RH	195.5	2.1	50%RH	32.4	2.5
	32.9	1.8		197.6	2.1		34.9	2.3
	34.7	1.8		199.7	2.2		37.2	2.3
	36.5	1.8		201.9	2.0		39.5	2.4
	38.3	1.7		203.9	2.2		41.9	2.4
	40.0	1.8		206.1	2.1		44.3	2.3
	41.8	1.8		208.2	2.1		46.6	2.4
	43.6	1.7		210.3	2.1		49.0	2.3
	45.3	1.8		212.4	2.1		51.3	2.3
	47.1	1.8		214.5	2.1		53.6	2.4
	48.9	1.8		216.6	2.1		56.0	2.3
	50.7	1.8		218.7	2.1		58.3	2.4
	52.5	1.7		220.8	2.1		60.7	2.3
	54.2			222.9			63.0	
平均放電時間 (sec)		1.771	平均放電時間 (sec)		2.100	平均放電時間 (sec)		2.343

組別	放電時間	時間差	組別	放電時間	時間差
鋁 B	31.6	2.5	鋁 C	45.4	2.5
55%RH	34.1	2.4	60%RH	47.9	2.7
	36.5	2.3		50.6	2.6
	38.8	2.4		53.2	2.5
	41.2	2.4		55.7	2.6
	43.6	2.4		58.3	2.7
	46.0	2.4		61.0	*2.3
	48.4	2.4		63.3	2.8
	50.8	2.4		66.1	2.7
	53.2	*5.2		68.8	2.6
	58.4	2.3		71.4	2.5
	60.7	*1.2		73.9	2.7
	61.9	*2.9		76.6	2.7
	64.8	2.4		79.3	2.7
	67.2			82.0	
平均放電時間 (sec)		2.391	平均放電時間 (sec)		2.638

*表示因為與其他數據差異過大，所以未列入平均

陸、研究結果

一、固定尖端相隔的距離，改變溼度。探討材料為不鏽鋼時，溼度與電荷累積的關係。

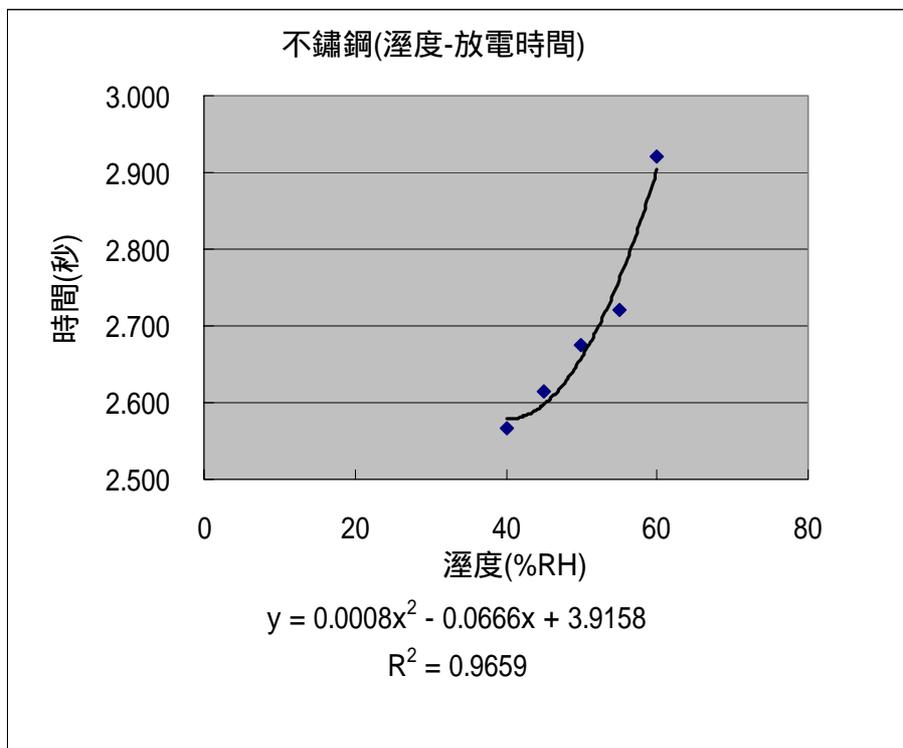
(水流量參考於北一女科展研究之最佳水流量值)

氣溫：攝氏 25 度

兩放電尖端相距：5mm

材料：不鏽鋼

材質	平均總水流速 (ml/s)	溼度 (%RH)	平均每次放電 所需時間(s)
不鏽鋼(模組四)	14.823	40	2.567
		45	2.615
		50	2.675
		55	2.721
		60	2.921



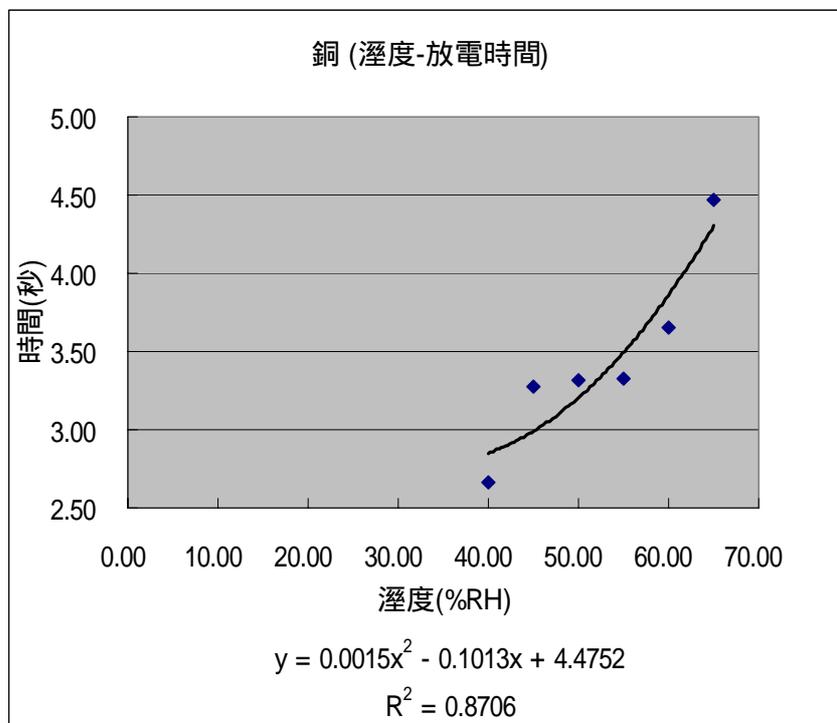
二、固定尖端相隔的距離，改變溼度。探討材料為銅時，溼度與電荷累積的關係。

氣溫：攝氏 25 度

兩放電尖端相距：5mm

材料：銅

材質	平均總水流速 (ml/s)	溼度 (%RH)	平均每次放電 所需時間(s)
銅(模組五)	14.823	40	2.664
		45	3.273
		50	3.321
		55	3.331
		60	3.650
		65	4.467



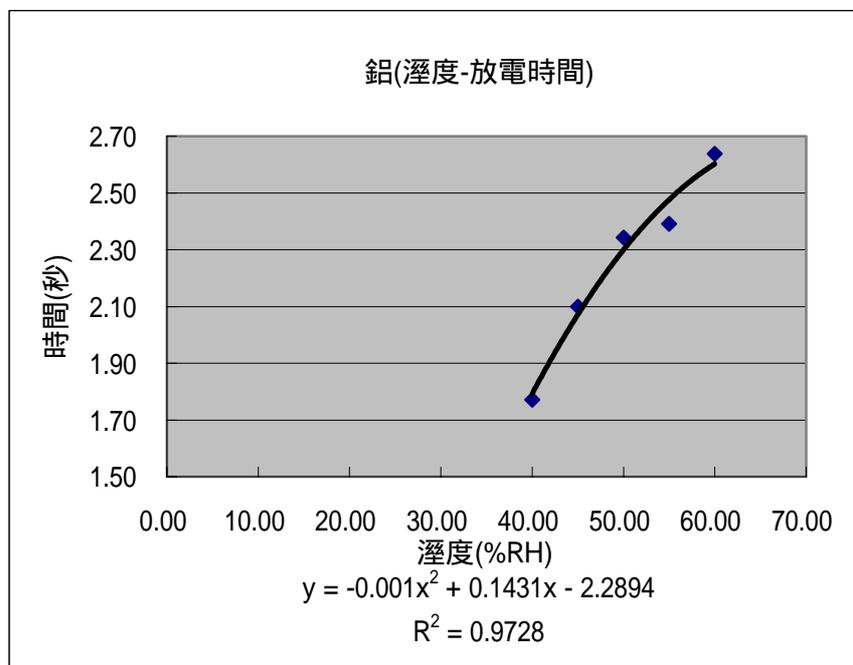
二、固定尖端相隔的距離，改變溼度。探討材料為鋁時，溼度與電荷累積的關係。

氣溫：攝氏 25 度

兩放電尖端相距：5mm

材料：鋁

材質	平均總水流速 (ml/s)	溼度 (%RH)	平均每次放電 所需時間(s)
不鏽鋼(模組四)	14.823	40	1.771
		45	2.100
		50	2.343
		55	2.391
		60	2.638

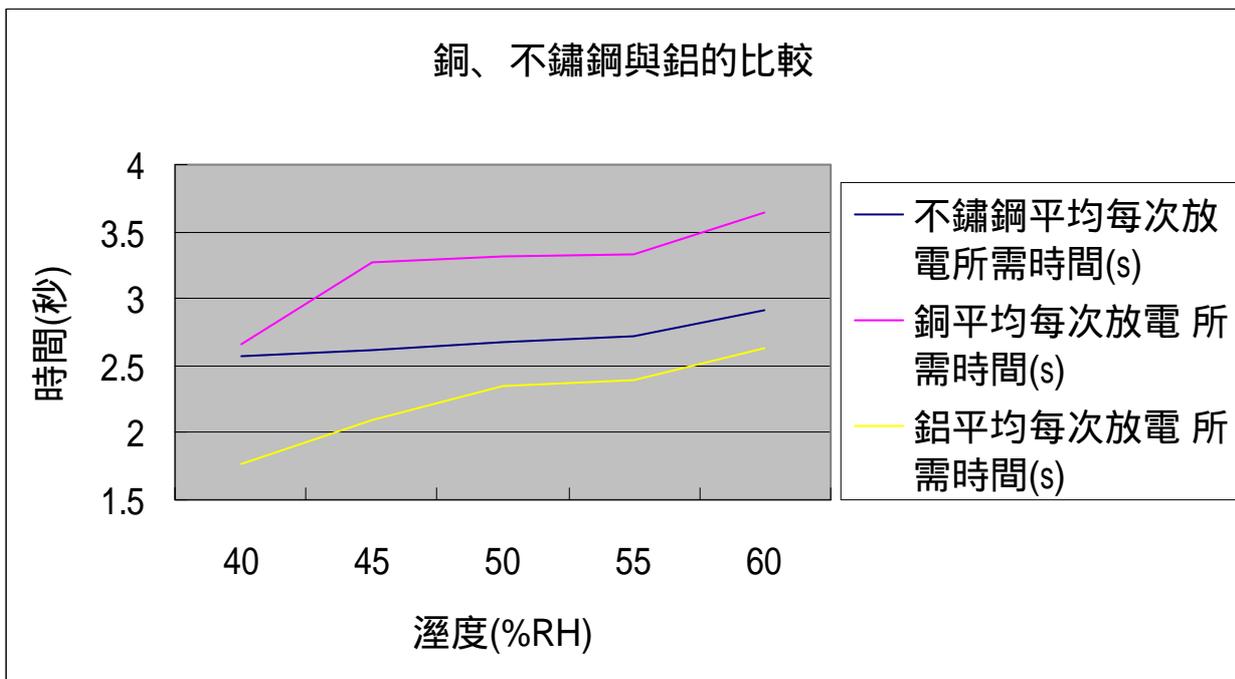


三、固定尖端相隔的距離，改變金屬的種類，探討其對放電次數的影響。

氣溫：攝氏 25 度

兩放電尖端相距：5mm

平均總水流量 (ml/s)	溼度 (%RH)	不鏽鋼平均每次 放電所需時間(s)	銅平均每次放電 所需時間(s)	鋁平均每次放電 所需時間(s)
14.823	40	2.567	2.664	1.771
	45	2.615	3.273	2.100
	50	2.675	3.321	2.343
	55	2.721	3.331	2.391
	60	2.921	3.650	2.638



柒、討論

一、在進行實驗前

(一)針對溼度所對放電時間的影響，我們認為：

當相對溼度大時，空氣中的水氣易將累積之電荷中和，因此累積速率變慢，放電時間加長。而當溼度小時，則反之。

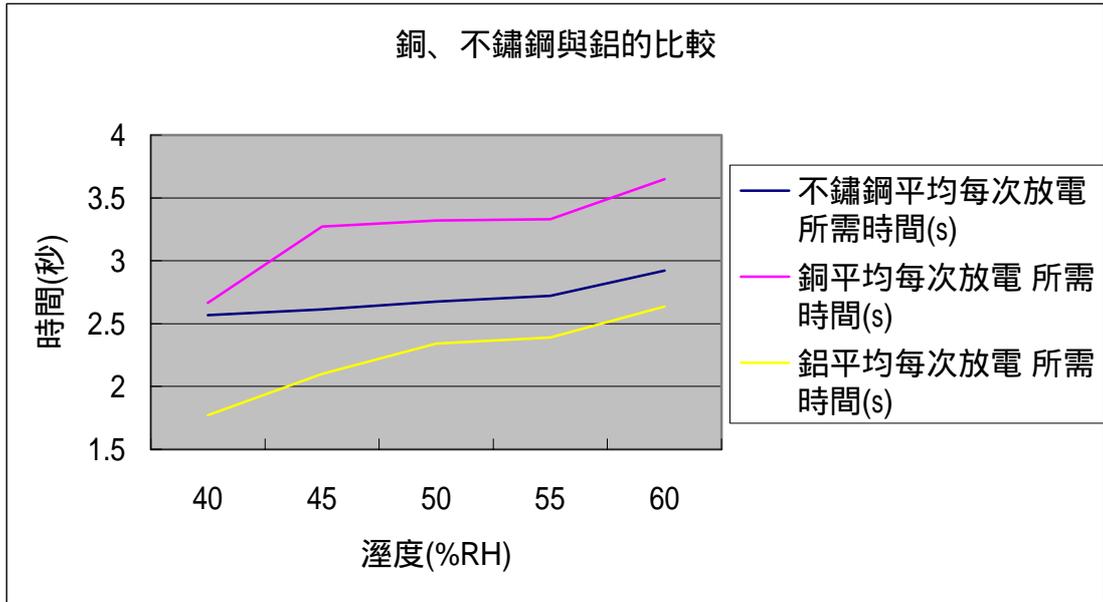
(二)針對不同材質對放電時間的影響，我們認為：

就我們所知銅的導電性最佳，鋁次之，鋼最差，因此在電荷的傳導上較為容易，由此作假設銅的集電速率最快，鋁次之，鋼最慢，因此放電時間鋼大於鋁大於銅。

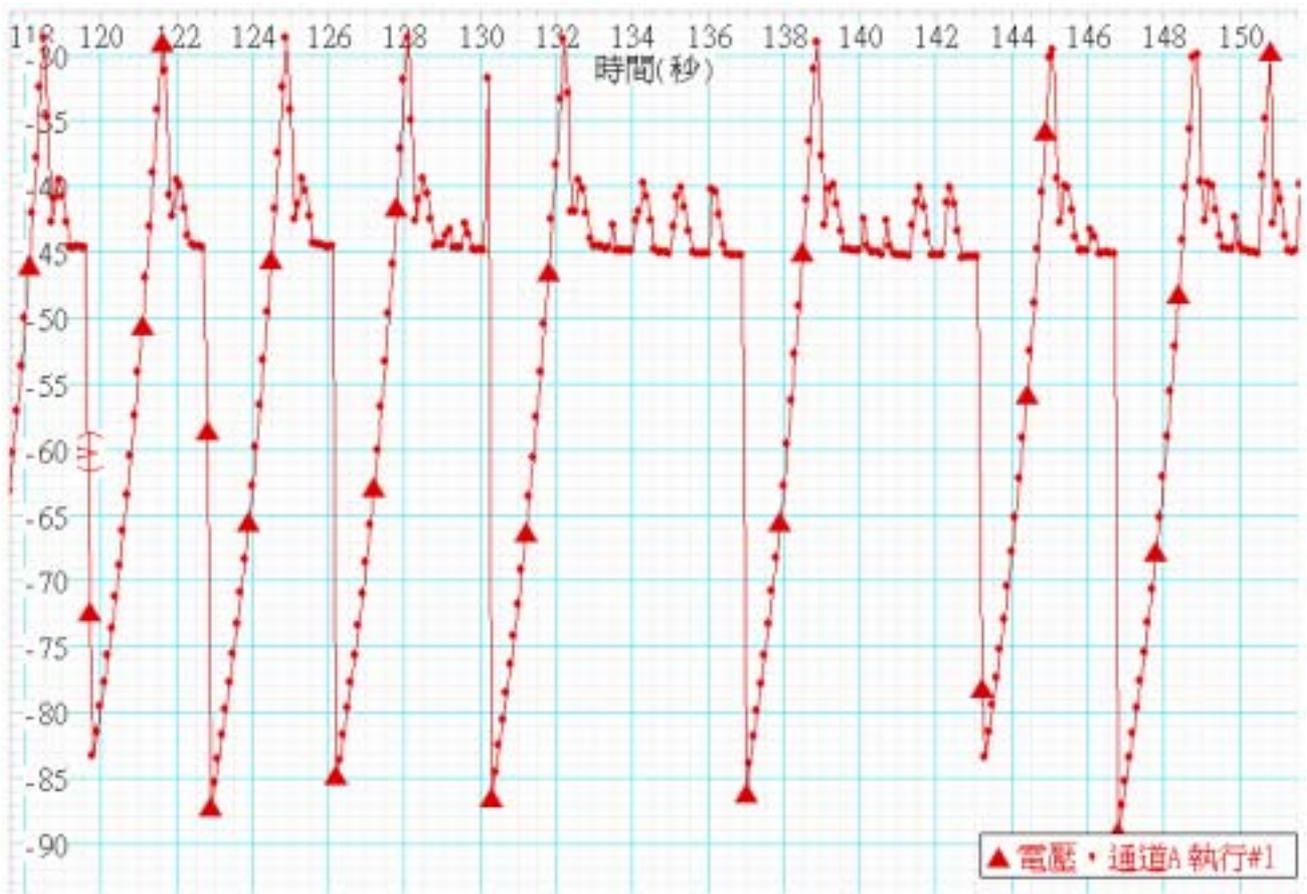
對於以上兩點我們再利用實驗數據加以驗證。

二、當材料相同時，根據取得的數據顯示，溼度值越高每次所需之放電時間越長，當相對溼度達到 65%RH，其放電時間會有大幅度增加的趨勢，由此可知當溼度越高越不易放電，且達一定溼度以上會有放電上的瓶頸，使放電時間大幅度上升。此實驗結果符合實驗前的想法，因此推斷當溼度越小時，空氣中水氣減少，所導走的電荷量減少，使集電速率增加進而有最快放電時間。當溼度大時，空氣中水氣增加，導走大量電荷因此時間變長。

三、當溼度相同時，根據取得的數據顯示，材料為鋁時，放電一次所需時間比鋼快 0.5~1 秒左右，比銅快 0.9~1.7 秒，且溼度越大相差的值越大(如下圖 a)。由上述可知鋁的放電速度最快，鋼次之銅最慢。此實驗數據明顯與先前想法不同。其中銅為特例，探討銅較慢的原因是因為以大振幅放電作為放電時間的依據。其中鋼及鋁的集電速率及其穩定度均大於銅，但銅之導電性較佳，理應有較佳的集電速率，但實驗中有數據指出銅在兩兩大振幅放電間，有一段時間作頻繁的小型放電(如下圖 b)。推究其原因應是良導體易與環境中和電荷而形成放電效果。因此當溼度越大，良導體銅越易導走電荷，相對於穩定度高的鋼，單位放電時間差越大，其中鋁也是良導體但較銅為穩定，推測其中關鍵應是鋁會在表層生成緻密的氧化物，使小振幅放電次數減少使其較為穩定，因此擁有較佳集電速率。



(圖 a)

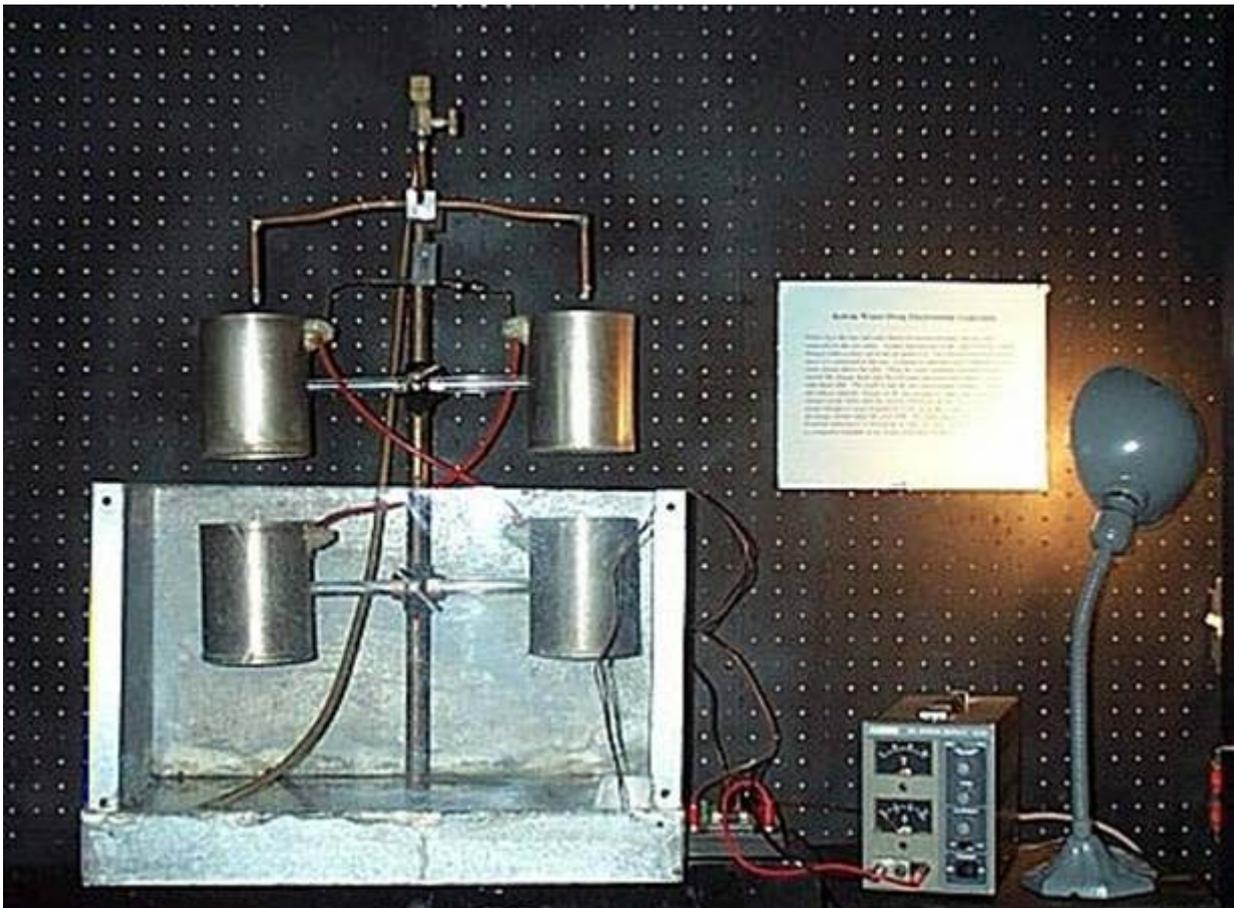


(圖 b)

捌、結論

一、在溼度及儀器材質兩類實驗過程中可發現，溼度為環境因數中影響極大的變因，過大過小皆不適宜，其影響力甚至可左右實驗之成敗，由以上關於實驗數據所做的討論，可發現同材質時，溼度對放電時間作圖大致成一線性圖形，溼度大所需放電時間越多(其原因為相對溼度大時，水氣含量亦大因此易將所累積電荷中和，使放電時間增長)且以鋁及鋼製作儀器不易使電荷流失，因此產生放電之速率較佳。當環境溼度越小搭配鋁所製之器材可擁有最佳集電速率。

二、後續發展：能源為人類生活中的必需，尤其電為其中最主要的部分，而如何產生低污染、高效率及高持久性的電能，便成為一項重要的課題。凱氏發電機以環境中存在的靜電荷作為供電來源，具備低污染和高持久性(因電荷在環境中普遍存在，取之不盡用之不竭)實為繼太陽能後，另一環保產電的新趨勢。(例下圖：以凱氏發電機點亮燈炮)



玖、參考資料及其他

- 一、 <http://www.amasci.com/emotor/kelvin.html> (原理探討 英文)
- 二、 臺北市第 36 屆中小學科學展覽會 高中組 物理科 北一女中之凱氏滴水器之現象探討
- 三、 <http://www.oberlin.edu/physics/catalog/demonstrations/em/kelvin.html> (圖片來源)
- 四、 www.hk-phy.org/iq/kelvin_generator/kelvin_generator.html (原理探討 中文)
- 五、 <http://www.esd-china.com/BIG/news/index.htm> (原理探討 簡體)
- 六、 <http://www.hcrs.at/KELVIN.HTM> (原理探討 德文)
- 七、 <http://www.he-privat.de/HV/kelvin.htm> (原理探討 德文)
- 八、 http://pi2.physik.uni-erlangen.de/publikationen/dateien/pdf/wilbert_za.pdf (原理探討 德文)
- 九、 http://physics.about.com/cs/experiments/a/260303_4.htm (原理探討 英文)
- 十、 http://www.newphys.se/fnysik/3_1/kelvin/ (原理探討 英文)
- 十一、 <http://www.eskimo.com/~billb/emotor/stathint.txt> (原理探討 英文)
HINTS AND OBSCURE FACTS USEFUL FOR ELECTROSTATIC SCIENCE PROJECTS
- 十二、 <http://dmc.ohiolink.edu:20080/Science/Details?oid=722416> (影片 英文)
- 十三、 <http://dmc.ohiolink.edu/Images/Bdg/ScienceMDS1/d9/1005603763910.demo-17-05.pdf>
(原理探討 英文)
- 十四、 <http://www.amasci.com/emotor/kelvin.html#mult> (原理探討 英文)
"Kelvin's Thunderstorm" Lord Kelvin's water-drop electrostatic generator Bill Beaty, 1995
- 十五、 http://www.phy.cuhk.edu.hk/phyworld/resources/mak_video/em/04kelvin_28_56_lan.rm
(影片 中文)
- 十六、 http://www.hk-phy.org/iq/kelvin_generator/kelvin_generator.html (原理探討 中文)
滴水也能發電？

評語

040108 高中組物理科

環保新指標—靜電發電機

- 一、 對實驗器材的架設，選材有不少改進，可看出相當用心。
- 二、 凱氏滴水器較不具創意。
- 三、 對定性的探討可再延伸。