

化學科

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：酸雨來了我知道－酸雨警報器

關鍵詞：酸雨、警報器

編號：030202

學校名稱：

台北縣立樟樹國民中學

作者姓名：

顧傑、李燕琪、楊謹芝

指導老師：

朱燐烽、郭政龍



摘要

本研究係利用電解質導電之原理串接一電解槽、一顆以上十顆以下之電池及蜂鳴器構成一個能警示 pH5 左右的酸雨的警報系統。針對電路中的電阻、電壓、電流等參數進行分組測試與討論，找出其中最適當的組合，以進行酸雨監測。

由結果顯示，蜂鳴器之基本功率為 0.1W，在 pH 值為 3 左右時以銅片作電極 12V 電源所產生的功率為 0.053W，碳棒則為 0.036W(此時蜂鳴器已會運作)，但因銅片所產生的功率較高所以電極部份就選用銅片；而在 pH 為 4 時所產生的功率僅有 0.004W(此時蜂鳴器不會運作)，為了使電源產生的功率符合蜂鳴器之基本功率區間範圍(0.05W)，電源則是選用 90V 電源。由測試的結果定義本系統的規格為 DC-90V，0.05W，運作的 pH 最高值為 4 左右。此外，由溫度對導電度的測試中得知，在 15~35 的溫度範圍內，溫度對本系統不造任何成影響。

另外，為增加本系統之實用性及方便性，可於電路中加裝一安培計，根據安培計電流的讀數準確計算雨水的 pH 值。由實測的結果發現，汐止地區降酸雨的機率高達 78%，故應盡量避免淋到本區的雨水。

壹、研究動機

由理化第一冊第二章我們知道現在空氣污染嚴重，這些污染無論是直接或間接都會對人體造成傷害（如酸雨它是禿頭的可能成因之一）。為此，我們想利用課堂上所學到的基本知識加以具體的整合，其中包含空氣污染、電路及電解質的觀念，整合出可適時預警的酸雨警報器，警示我們目前雨水的酸鹼值；並且就我們學校所在地汐止地區(照片 1)作區域性的雨水檢測，以了解目前汐止地區的污染程度，並且對此系統加以改進，以符合實用性及方便性。



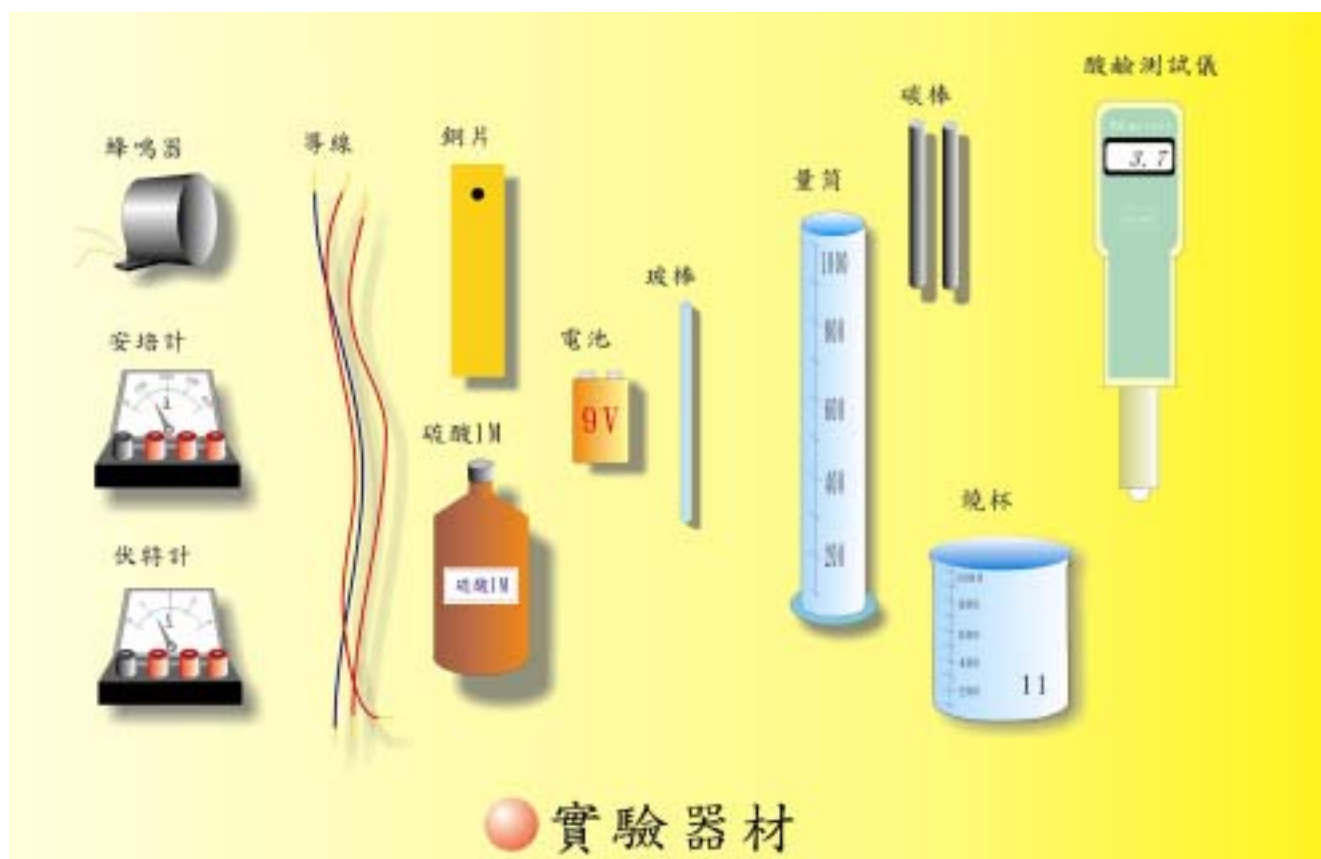
照片 1. 陰雨的汐止

貳、研究目的

- (一) 根據理化第三冊第十三章“電解”的電解質導電原理以酸雨作為電解質製作出一個警報系統；並且偵測雨水的 pH 值，若 pH 值低至 4 以下，即當酸雨降下時，警報器便會運作了。(詳細操作方法請見研究過程)
- (二) 對於汐止地區降雨的酸鹼度做分析統計。
- (三) 根據實測時的情形加以改進，以增加此系統的實用性和方便性。

參、實驗器材

1. 容量 1000ml 之燒杯(電解槽)、
2. 碳棒電極、銅片電極、
3. 安培計、
4. 伏特計、
5. 1M 硫酸、
6. 電池、
7. 蜂鳴器 12~24VDC、
8. 導線、
9. 溫度計、
10. 量筒、
11. 撥棒、
12. pH 測試儀、
13. 濾紙(過濾顆粒態之污染物，裝於漏斗)



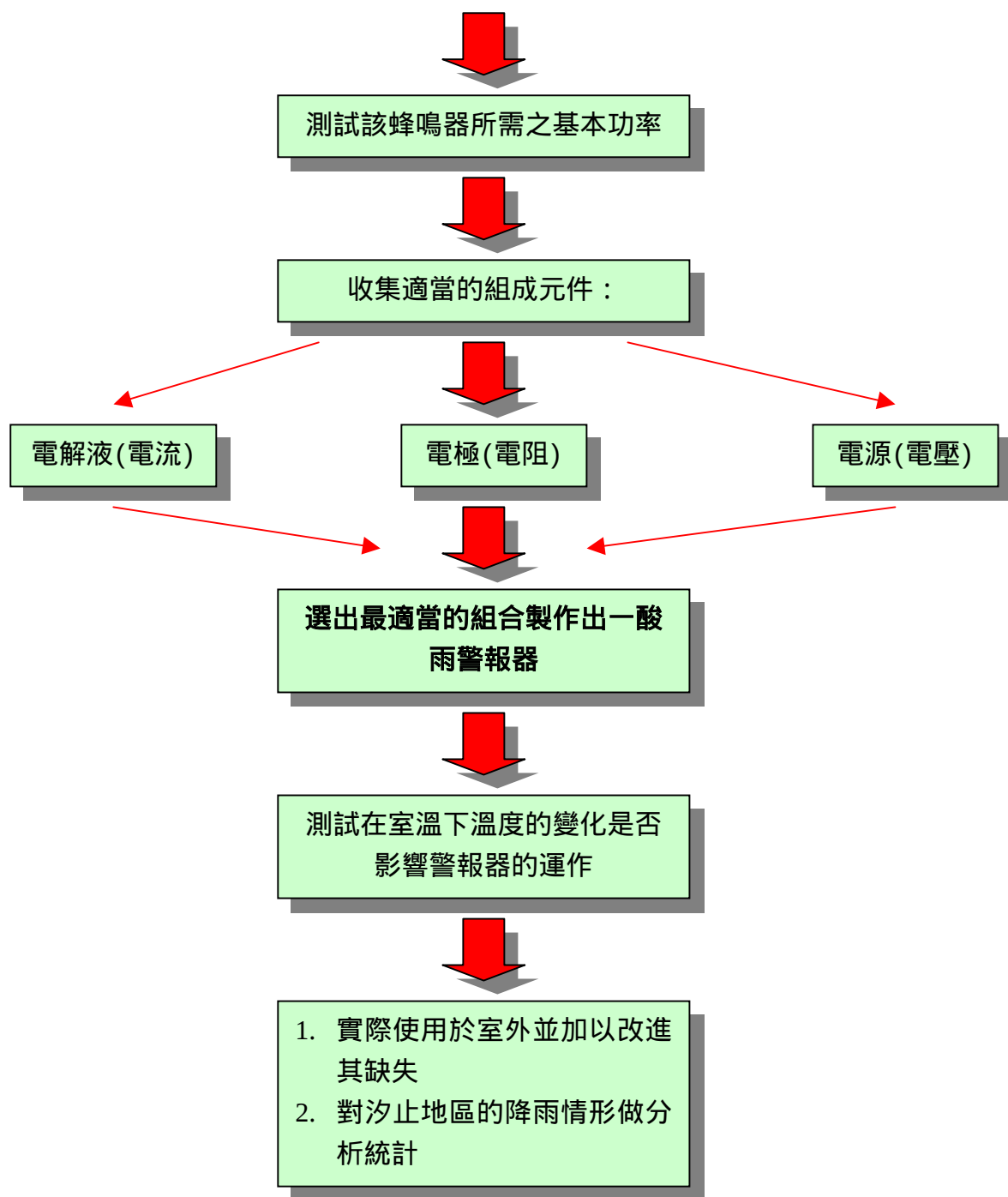
肆、研究過程或方式

研究流程圖

利用電解的原理設計出一個酸
雨警報系統



選購一市售的直流蜂鳴器



一、測試警報器運作所需之功率

以基本型電路(如圖 1)串以最低電壓之電源，利用伏特計及安培計測量其電壓與電流值並計算其電功率值(電流 × 電壓)。

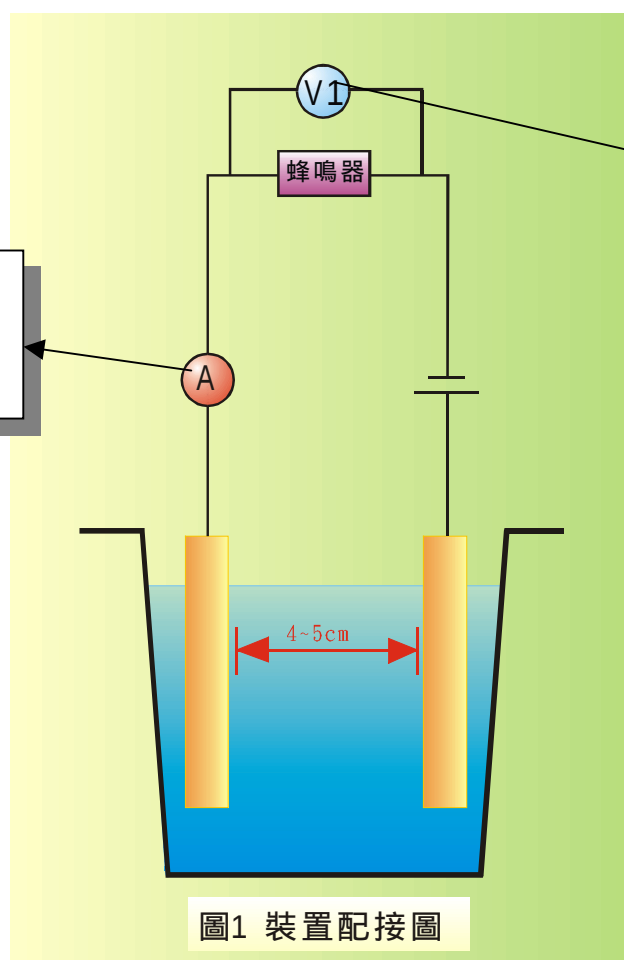
二、測試警報器敏感度

此項測試最主要的目的，在了解我們所選擇的蜂鳴器在何種條件下可以正常運作，以及何種條件下最符合我們的基本要求。而控制功率大小的因子有三個，電阻、電流及電壓。在實驗的過程中，以各種不同的組合測試，從而找出最佳的組合來構成警報系統的元件。

(一)電阻的測試

此系統中可視為電阻的部分有蜂鳴器、外部導線、電解液以及電極。在這四個電阻中只有電極部份可以調整，因此針對不同材料的電極作測試。本實驗所選擇的電極材料為**碳棒**以及**銅片**。

- 1、在此簡單電路中(如圖 1)，以電池組、蜂鳴器及導線構成外部電路(兩碳棒或銅片間距離固定在 4~5cm，使其與電解液之接觸面積均固定。)；將裝有 1 公升純水的水槽視為內部電路，水槽兩端各有一碳棒作為電極並將導線連接兩端電極(兩電極距離為 4~5cm)。由於純水的解離度很低幾乎為非導體，此時的電路為斷路狀態，因此需在水槽中加入少許的電解質使水槽有離子存在，進而溝通整個電路形成通路。以安培計及伏特計分別測其不同條件下之電流及電壓，並計算其電阻值，及所能產生的電功率值。
- 2、以銅為電極材料，承 1 之步驟觀察 V1 及 A 的數值並計算銅片之電阻值，及所能產生的電功率值。



(二)電流的測試

此項測試主要是針對電解質的部分進行實驗。由於內部電路(水槽)需游離子來溝通形成通路，而此離子濃度的大小等同於電流大小，因此電解質的種類及濃度將會影響整個實驗結果。實驗中所選擇的電解質為硫酸(H_2SO_4)，因硫酸的性質較接近酸雨的主要成分亞硫酸(H_2SO_3)，故選擇其為電解質的材料。 照片 2. 實驗情形(1)

- 1、承圖 1 之電路，加入 1ml 濃度 1M 的硫酸(此時 pH 約為 3)，輸以固定的電壓並測量 V1、A

數值，重複上述之步驟至 1M 的硫酸總添加量為 20ml (此時 pH 值約為 1~2) 止。由此步驟可得在相同電壓下不同電解液濃度時通過 V1、A 的數值變化。

(三) 電壓的測試

此系統的主要目的是為了警示酸鹼值為 5 以下的雨水，也就是說電解液的濃度經換算後的 pH 值必須被限定在 5 以下當視為電流大小的電解液濃度被限定時，由 $P=IV$ 得知為了符合警報器的功率(P)，可藉由電壓的調整來達到蜂鳴器所需的電功率。而此項測試的目的即是為了找出適當的電壓以符合整個電路的需求。

- 1、以不同濃度的電解液(pH1~2、2~3、3、4)，及不同材質之電極輸以 3V 或以上的電壓，紀錄 V1、A 的數值。以同樣步驟再輸以 9V、12V 至 90V 等電壓，記錄在輸入不同電壓時的 V1、A 數值的變化。(結果如表 2、表 3、表 4)
- 2、找出最符合或最適當的電解液濃度、電源和電極組合，包含換算最低硫酸添加量時之 pH 值。

(四) 溫度的測試

測試溫度是否影響本系統之導電度 選出一組電源及 1M 硫酸添加量分別為 90V 0.05ml (pH 約為 4)，此即為本系統所選定的規格，即為適當的組合條件，在 15 溫度下以酒精燈加熱至溫度 35 ，溫度每升高 1 紀錄一次 V1、A 之數值。(如表 5)

三、製作酸雨警報系統(如下頁圖 2、3 和 4)。

- (一)準備材料：壓克力板數片、銅片 2 片、螺絲釘 2 根、導線數條、鉚槍與鉚錫、電池數個、塑膠管數條、玻璃漏斗(小)一個、塑膠漏斗(大)一個。
- (二)如圖 2 3 和 4,將壓克力板裁切後(照片 2),組合成一 10*10*20 之電解槽(容量為 2000ml) (照片 3)。
- (三)於電解槽之適當位置鑽孔(即水量到達 1 公升之高度)，作為水的出入口，並於出入口上接上水管(照片 4)。
- (四)製作一適當高度之腳架(雨水收集器)。
- (五)將製作完成之電解槽上的水管接於玻璃漏斗上，整個系統就大致完成了。
- (六)製作一盒子，將電池及蜂鳴器放入(電池喇叭組)。

電解槽正面結構示意圖



照片 2 裁切後壓克力板

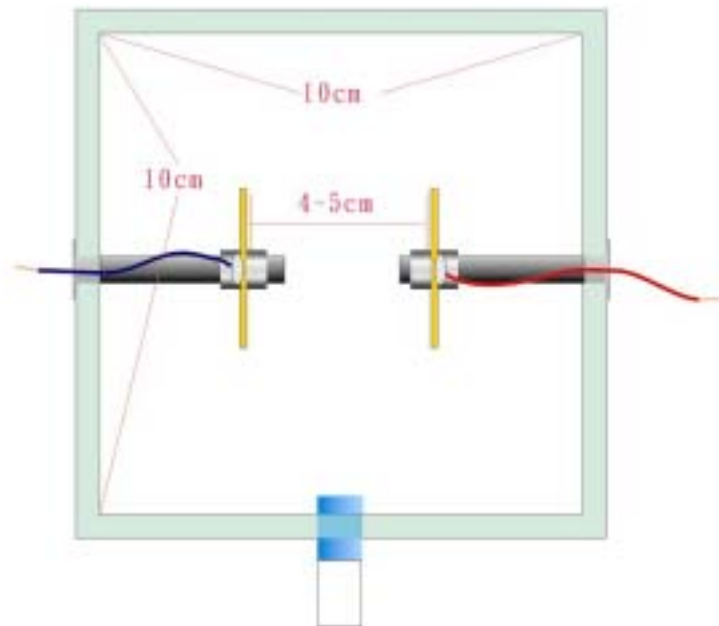
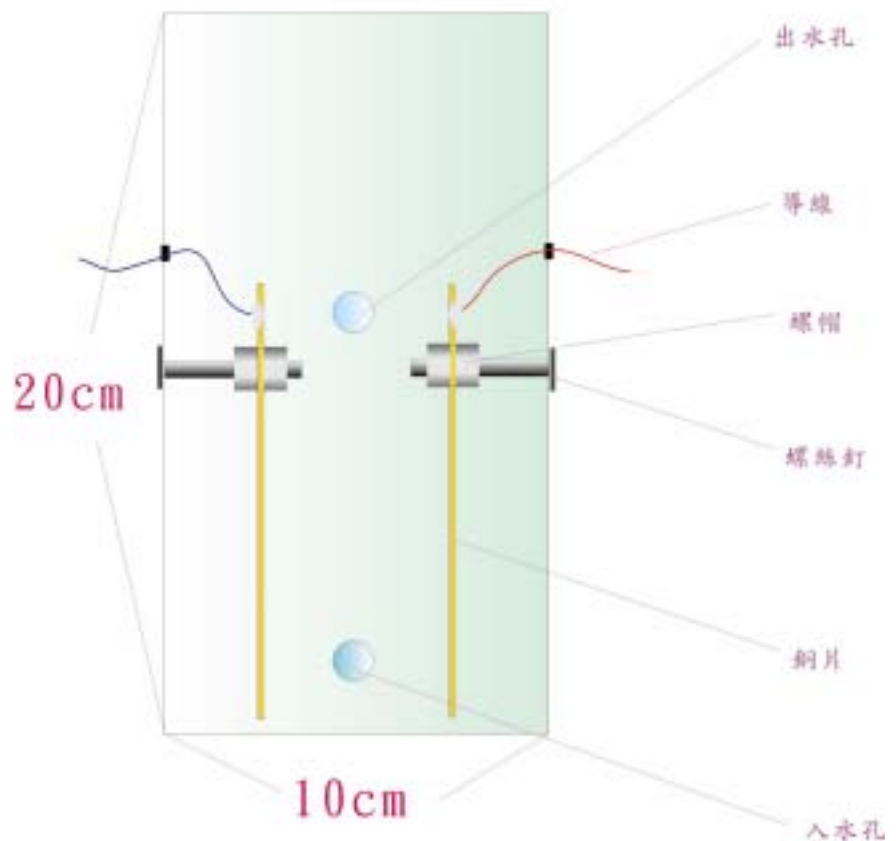


圖 2 電解槽正面結構示意圖



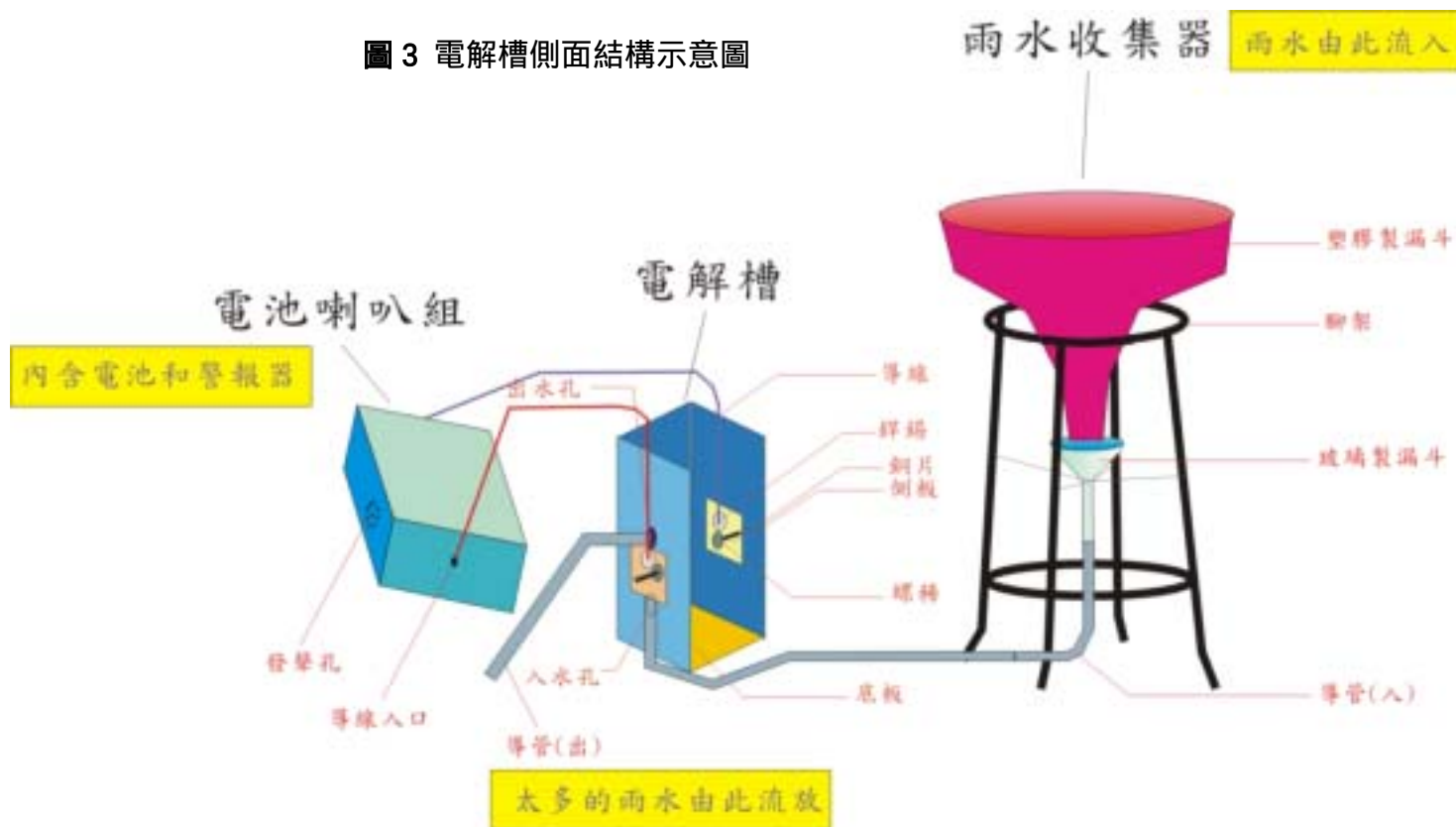
照片 3 電解槽

電解槽側面結構示意圖



照片 4 電解槽

圖 3 電解槽側面結構示意圖



四、實測部分

- (一) 實際測試汐止地區降雨的 pH 值並製作成日誌之形式(附件)。
- (二) 將 ” 雨水收集器及電解槽 ” 架設於本校樓頂。
- (三) 將電池喇叭組放置於室內，並與電解槽連接形成一完整電路。
- (四) 自民國 92 年 5 月 1 日開始至 5 月 16 日約半個月(16 天)時間紀錄下每天雨水的 pH 值及運作情形。(詳情請參考附件)
- (五) 對此 16 天的雨水 pH 值做統計、分析並加以討論。
- (六) 檢討此系統實際使用情形並針對缺失加以改進，以增加實用性。
- (七) 以 90V 為電源，測試不同 pH 值時的電流值並紀錄之 (pH3.0~4.0，電解液為硫酸水溶液)
- (八) 測試收集到之雨水的 pH 值和電流值，和(七)測得之 pH 值及其對應電流值比較，以作為對雨水的 pH 值的對照。

伍、研究結果

- 一、 **蜂鳴器之運作功率**：蜂鳴器之運作在電路不經過水槽時所需之功率如表 1 所示。當輸以 3V 電源時蜂鳴器即可運作，經計算所得之功率為 0.1W。
- 二、 **電極測試結果**：分別以碳棒及銅片為電極，測試之結果如表 2 及表 3 所示。當輸以最低電壓及硫酸添加量時(3V、1ml)，以碳棒為電極所得到的功率為 0.0056W；以銅片為電極所得到的功率為 0.007W。當輸以最高電壓及硫酸添加量時(12V、20ml)，以碳棒為電極所得到的功率為 0.715W；以銅片為電極所得到的功率為 1.28W。結果顯示銅片作為電極所得到的電功率較大，因此文中接下來所提及的數據及圖表皆以銅片電極為討論對象。
- 三、 **電阻測試結果**：電阻值的變化隨著硫酸添加量的增加而降低。電阻大小的變化如表 3 及圖 6 所示，數值最大為 375 Ω (電壓 3V、硫酸添加量 1ml)，最低為 50 Ω (電壓 12V、硫酸添加量 20ml)。由圖 5 結果顯示，當電解質添加量愈多電壓愈大時電阻值愈小。
- 四、 **電流測試結果**：電流大小的變化如表 3 所示，當輸以最低電壓及硫酸添加量最少時(3V、1ml)，所得到的電流為 0.005A(此時蜂鳴器不會叫)。當輸以最高電壓及硫酸添加量最多時(12V、20ml)，所得到的電流為 0.16A。由圖 6 的變化趨勢顯示，相同電源下電流的變化隨著硫酸添加量的增加而增加。
- 五、 **電壓測試結果**：電壓大小的變化如表 3 所示，當輸以最低電壓及硫酸添加量最少時(3V、1ml)，所測得的電壓為 1.4V(此時蜂鳴器不會叫)。當輸以最高電壓及硫酸添加量最多時(12V、20ml)，所測得的電壓為 8V。由圖 7 的變化趨勢顯示，電壓的變化隨著硫酸添加量的增加而增加。
- 六、 **電功率的計算**：在實驗中進電阻、電流及電壓等參數的測試，其目的在找出符合蜂鳴器的最低運作功率，因此將所測得的各項參數代入 $P=IV$ 式中計算，所得之數據如表 3 及圖 8 所示，由實驗結果得知，當輸以 12V 的電源時可使蜂鳴器運作，此時其電功率約為 0.05W 而電解液的 pH 值則約為 3 左右。
- 七、 由上述實驗的結果得知，使用 12V 以下的電壓只能偵測到 pH 值為 3 左右的雨水，此酸度在酸雨的定義值 pH 為 5 以下，就濃度而言尚差距 2 個數量級，因此針對此不足的部分加以改進，選擇在此系統中加大電源電壓，希望提昇整個系統其對 pH 值的靈敏度。實驗結果如表 4 所示，當電源為 90V 時可使整個系統的偵測值提高 1 個數量級，所偵測的 pH 值可達 4 左右。當然，若持續提高電源電壓可使偵測範圍提升，但基於安全性的考量，遂將電源定於 90V。
- 八、 根據實驗結果(如表 5)，在 15~35 的範圍內，溫度對導電度的影響甚小，V1 及 A 所測的數值不變，因此本文中不加以討論。

- 九、最佳組合之選用：1. 電極的選用為銅片。
2. 電源選用 90V。
3. 電解液之酸鹼值最高為 4。

- 十、實測部分：1. 自 5 月 1 日至 5 月 16 日，汐止地區降雨總日數為 9 天，其中降下的雨 pH 值小於 4.0 的有 7 天，所以降酸雨的日數約總降雨日數的 78%。
2. 此 16 天 pH 值的最高值為 6.9，最低值為 3.7，平均值為 4.54。(依據(89)環保署字第 0000713 號函，雨水酸鹼度值小於 5.0(pH<5.0)為酸雨)(如表 6、圖 9)
3. 研究結果顯示，安培計由電流大小所測得之電流值可準確推算雨水的 pH，故於電路中加裝一安培計即可直接換算雨水的 pH 值，如此一來便不需要 pH 測試儀即可得知準確的雨水 pH 值了。在適用範圍內電流值與 pH 值之比對如表 7 及照片 5、6 所示。

表 1. 單以導線連成通路時蜂鳴器所需之功率

電源	3V
電壓	0.042V
電流	0.026A
電功率	0.1092W

表 2. 以碳棒為電極時，V1 與 A 及計算所得之數值(黃色網底為使警報器最低運作之最低數值；(Ω)-R 及 (W)-P 別分為計算之電阻及電功率) 註： 代表 pH2~3 代表 pH1~2

電池電壓	3V				6V				9V				12V			
位置 添加量	(V1)-V	(A)-I	(Ω)-R	(W)-P	(V1)-V	(A)-I	(Ω)-R	(W)-P	(V1)-V	(A)-I	(Ω)-R	(W)-P	(V1)-V	(A)-I	(Ω)-R	(W)-P
	1.4	0.004	362.5	0.0056	1.8	0.012	150.0	0.0216	1.8	0.018	100.0	0.0324	2	0.018	111.1	0.036
	1.4	0.004	350.0	0.0056	1.85	0.022	84.1	0.0407	2	0.029	69.0	0.0580	3	0.036	83.3	0.108
3	1.45	0.004	362.5	0.0058	2.1	0.032	65.6	0.0672	2.6	0.04	65.0	0.1040	3.5	0.044	79.5	0.154
4	1.45	0.005	290.0	0.0073	2.5	0.034	73.5	0.0850	3	0.044	68.2	0.1320	4	0.05	80.0	0.2
6	1.5	0.006	250.0	0.0090	3	0.037	81.1	0.1110	3.5	0.05	70.0	0.1750	5	0.07	71.4	0.35
8	1.55	0.007	221.4	0.0109	3	0.045	66.7	0.1350	3.5	0.06	58.3	0.2100	5.5	0.08	68.8	0.44
10	1.55	0.007	221.4	0.0109	3.5	0.048	72.9	0.1680	4	0.06	66.7	0.2400	6	0.09	66.7	0.54
12	1.5	0.008	187.5	0.0120	3.5	0.05	70.0	0.1750	4	0.065	61.5	0.2600	6	0.1	60.0	0.6
14	1.5	0.009	166.7	0.0135	3.5	0.055	63.6	0.1925	4.5	0.065	69.2	0.2925	6	0.11	54.5	0.66
16	1.5	0.009	166.7	0.0135	4	0.055	72.7	0.2200	4.5	0.065	69.2	0.2925	6.5	0.11	59.1	0.715
18	1.5	0.01	150.0	0.0150	4	0.055	72.7	0.2200	4.5	0.07	64.3	0.3150	6.5	0.11	59.1	0.715
20	1.5	0.012	125.0	0.0180	4	0.055	72.7	0.2200	4.5	0.07	64.3	0.3150	6.5	0.11	59.1	0.715

表 3. 以銅片為電極時, V1 與 A 及計算所得之數值(黃色網底為使警報器最低之時之最低數值;
(Ω)-R 及 (W)-P 分別為計算之電阻及電功率) 註: 表 pH2~3 表 pH1~2

電池電壓	3V				9V				12V			
位置 添加量	(V1)-V	(A)-I	(Ω)-R	(W)-P	(V1)-V	(A)-I	(Ω)-R	(W)-P	(V1)-V	(A)-I	(Ω)-R	(W)-P
	1.4	0.005	280.0	0.0070	1.8	0.02	90.0	0.0360	1.9	0.028	67.9	0.0532
	1.5	0.004	375.0	0.0060	1.95	0.034	57.4	0.0663	3	0.045	66.7	0.135
3	1.5	0.005	214.3	0.0075	3	0.042	71.4	0.1260	4	0.06	66.7	0.24
4	1.5	0.007	187.5	0.0105	3.5	0.05	70.0	0.1750	4.5	0.08	56.3	0.36
6	1.5	0.008	187.5	0.0120	3	0.05	60.0	0.1500	4.5	0.07	64.3	0.315
8	1.4	0.008	82.4	0.0112	3.5	0.06	58.3	0.2100	4.5	0.08	87.5	0.36
10	1.66	0.017	97.6	0.0282	5	0.06	83.3	0.3000	7	0.13	53.8	0.91
12	1.7	0.017	94.4	0.0289	5	0.09	55.6	0.4500	7	0.13	57.7	0.91
14	1.75	0.018	87.5	0.0315	5.5	0.1	55.0	0.5500	7.5	0.14	53.6	1.05
16	1.8	0.02	90.0	0.0360	5.5	0.1	55.0	0.5500	7.5	0.15	50.0	1.125
18	1.8	0.022	81.8	0.0396	5.5	0.11	50.0	0.6050	7.5	0.15	50.0	1.125
20	1.75	0.0235	74.5	0.0411	5.5	0.11	50.0	0.6050	8	0.16	50.0	1.28

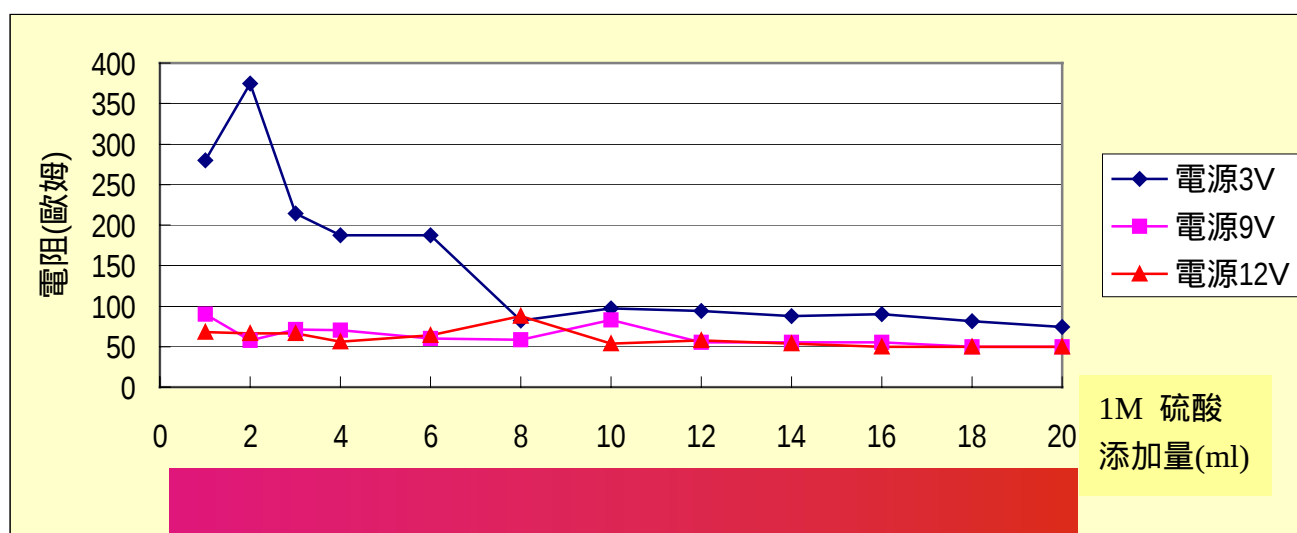


圖 5. 以銅片為電極時電阻值之變化

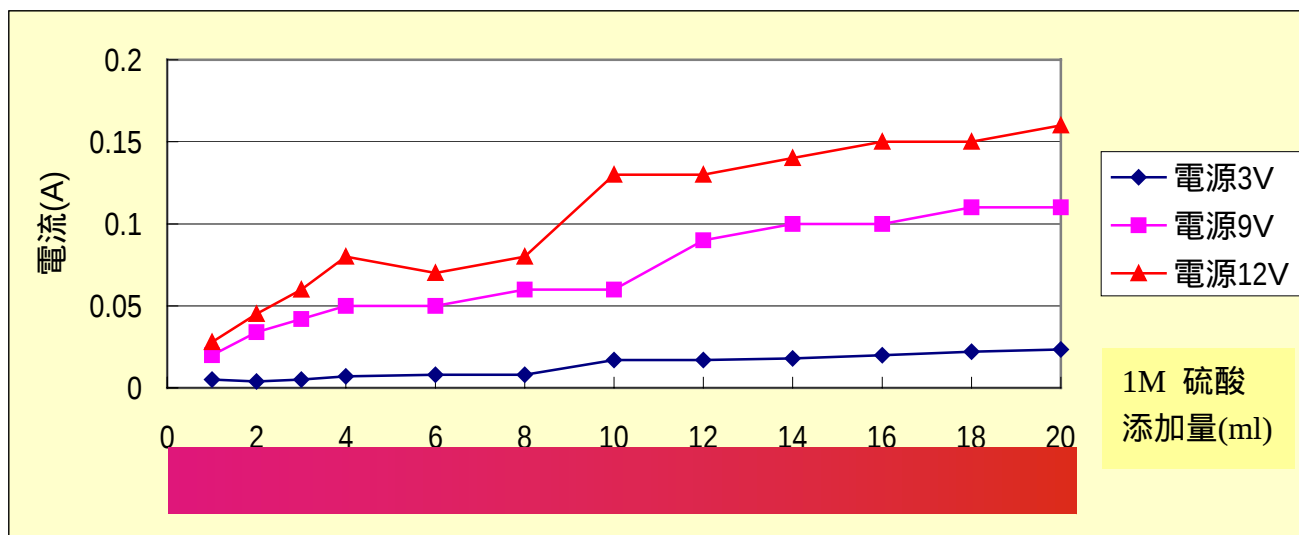


圖 6. 以銅片為電極時電流之變化

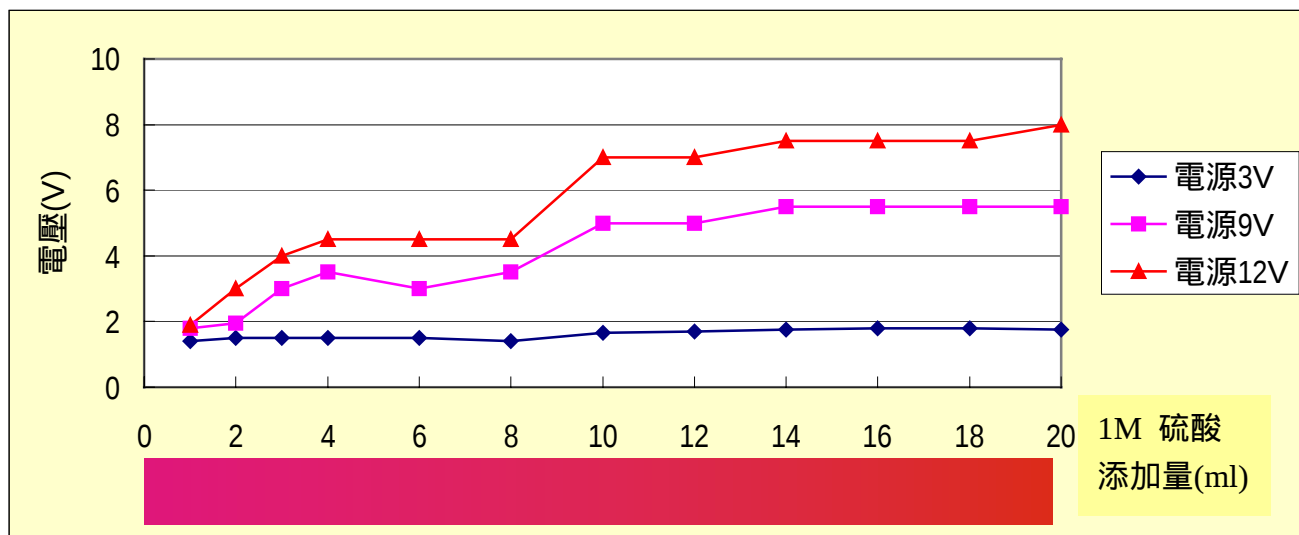


圖 7. 以銅片為電極時電壓值之變化

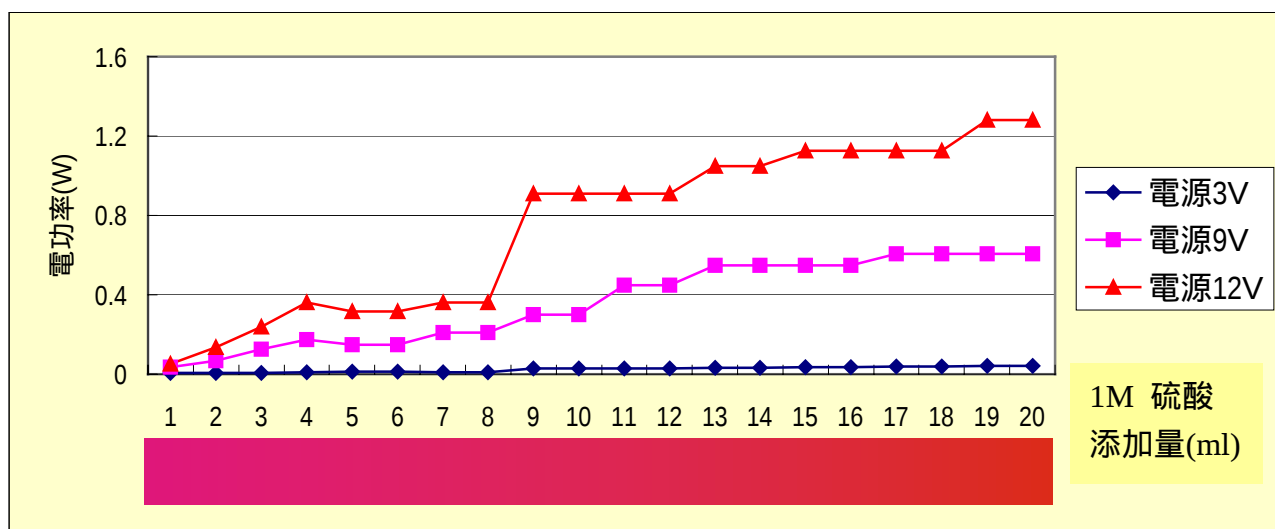


圖 8. 以銅片為電極時電功率值之變化

表 4. 1M 硫酸添加量為 0.05ml 時(pH 值約為 4 ; 電解液總量為 1 升) , 不同電源之電壓比較(電極為銅片)

電源	12	27	36	45	54	63	72	81	90
電壓	1.35	1.5	1.6	1.65	1.65	1.7	1.75	1.8	1.8
電流	0.003	0.008	0.011	0.012	0.015	0.015	0.02	0.022	0.028
電阻	450.0	187.5	145.5	137.5	110.0	113.3	87.5	81.8	64.3
電功率	0.00405	0.012	0.0176	0.0198	0.02475	0.0255	0.035	0.0396	0.0504

表 5. 溫度 15~35 時電壓電流電阻電功率值的變化(PH 值約為 4 ; 電解液總量為 1 升)

溫度	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
V	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
A	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
R	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3
W	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

表 6. 5 月 1 日~16 日汐止地區降雨情形及中央氣象局公佈之資料比較表，（依據(89)環保署字第 0000713 號函，雨水酸鹼度值小於 5.0(pH<5.0)為酸雨，以紅字表示)

酸雨警報器實測情形				中央氣象局之資料	
日期	PH 值	地點	時間	基隆雨水 pH 值	台北雨水 pH 值
5 月 1 日	4.0	樟樹國中	9:10~10:10	5.3	4.3
5 月 2 日	5.0	樟樹國中	03:50	*	*
5 月 3 日	*	樟樹國中	*	*	*
5 月 4 日	*	樟樹國中	*	*	5.2
5 月 5 日	4.5	樟樹國中	1:00~2:00	5.1	4.8
5 月 6 日	4.1	樟樹國中	2:00~3:00	4.5	*
5 月 7 日	*	樟樹國中	*	4.3	*
5 月 8 日	4.6	樟樹國中	09:00	4.2	*
5 月 9 日	*	樟樹國中	*	*	*
5 月 10 日	*	樟樹國中	*	*	*
5 月 11 日	*	樟樹國中	*	*	*
5 月 12 日	6.9	樟樹國中	14:00~15:00	*	*
5 月 13 日	*	樟樹國中	*	*	*
5 月 14 日	4.6	樟樹國中	01:00	*	*
5 月 15 日	4.2	樟樹國中	11:00	*	4.8
5 月 16 日	3.8	樟樹國中	09:00	*	*
5 月 28 日	3.7	樟樹國中	3:00	4.3	*
平均值	4.54	-	-	4.7	4.8
最高值	6.9	-	-	5.3	5.2
最低值	3.7	-	-	4.2	4.3
採樣數	10	-	-	9	8

備註：*代表雨量不足或沒降雨

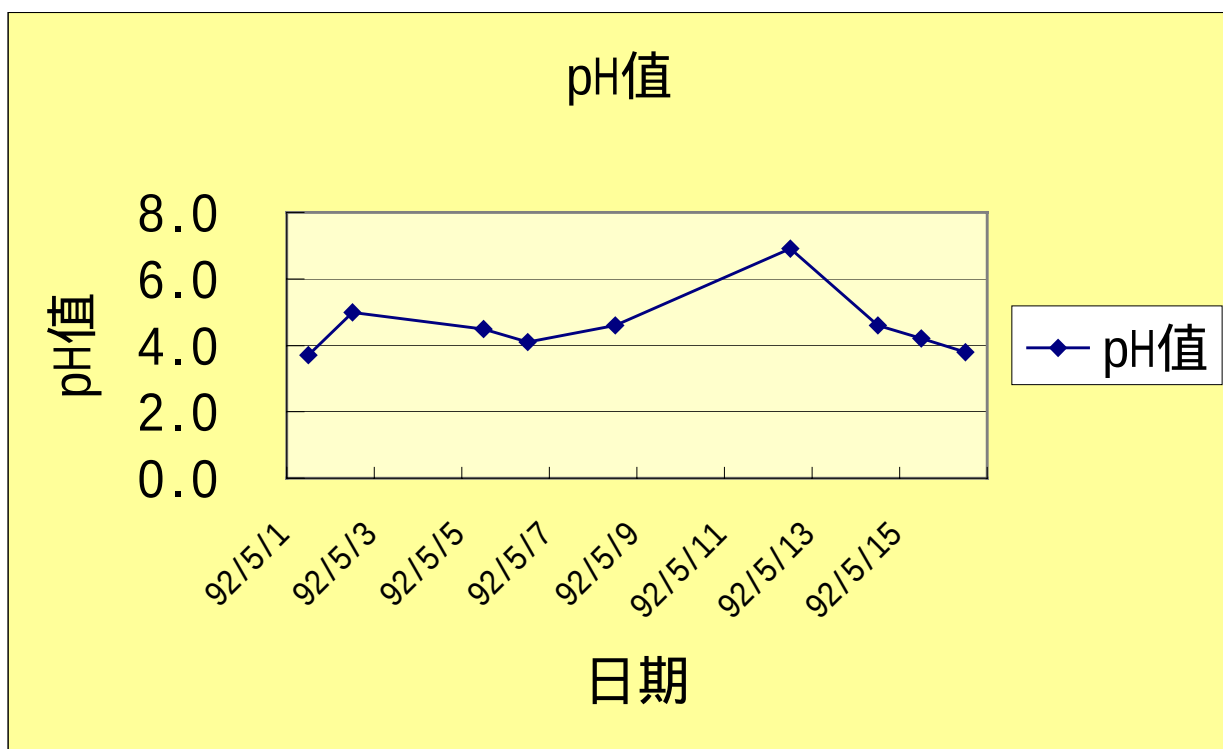


圖 9. 5 月 1 日~16 日雨水 pH 值變化折線圖

表 7 電流與 pH 值對照表

pH 值	電流 I (mA)	電源電壓(V)
3.0	300	85~90
3.1	220	85~90
3.2	190	85~90
3.3	160	85~90
3.4	145	85~90
3.5	120	85~90
3.6	100	85~90
3.7	80	85~90
3.8	60	85~90
3.9	50	85~90
4.0	20	85~90



照片 5. 5 月 28 日雨水所測得之電流值



照片 6. 5 月 28 日雨水所測得之 pH 值

陸、討論

- 一、 測試蜂鳴器運作所需功率，計算後得知功率值約為 $0.1W$ ，但此值是由全新的電池所提供，若以舊電池做為電源亦可使蜂鳴器運作。此現象顯示蜂鳴器運作所需功率為一區間而非定值，此結果亦顯示蜂鳴器的敏感度有調整的空間，且最低功率將小於 $0.1W$ 。
- 二、 就整體電路而言，為提高蜂鳴器的功率須從幾個部份著手，提高電極之導電度為其中一個方法。由表 8 碳棒及銅片兩種電極材料之比較可得知，以銅片為電極在各方面所得的效果皆比碳棒好，此差異是來自於物質本身的特性，碳棒雖為導體但就導電性而言仍以金屬導體較佳。就功率大小的選擇，銅片為 $0.056W$ 相較於碳棒 $0.036W$ 高出約 1 倍。因此選擇以銅片作為電極。

表 8. 電解液 pH 為 3 時(1M 硫酸添加量為 1ml)，電極材料碳棒與銅片之比較

電極材料	碳棒				銅片			
電池電壓	各測量點數值							
	(V1) -V	(A) -I	(Ω) -R	P(W)	(V1) -V	(A) -I	(Ω) -R	P(W)
3V	1.4	0.004	362.5	0.0056	1.4	0.005	280.0	0.0070
9V	1.8	0.018	100.0	0.0324	1.8	0.02	90.0	0.0360
12V	2	0.018	111.1	0.0360	1.9	0.028	67.9	0.0532

三、由圖 5 所示，當硫酸添加量增加時，電阻值會下降，此現象是由於水槽中離子的個數增加後整體的導電性加大，使得部分的水分子產生解離。純水本身視為電阻是因為其不易解離，若其解離度增加後，其本身所代表的電阻值也會同時減小。數值中出現少數上升的個別值，可能為操作時所造成的誤差，對整體的趨勢而言並不造成影響。

四、由圖 6 電流的變化知道，當硫酸添加量為 6ml~8ml 時，電流有突然增加的現象，此現象亦見於電阻及電壓的變化(圖 5、圖 7)。經轉換成 pH 值發現，此 pH 值恰巧是由 2~3 轉變成 1~2 的區間，顯示此一濃度的轉變可造成功率上的波動。

五、當硫酸之添加量為 1ml 時(總量 1 升)電解液之 pH 值約為 2~3，尚未達到酸雨 pH4~5 之範圍，所以還須另找方法，使添加量減少時，也就是提高 pH 值至 4 並嘗試加大電壓，其結果如表 5 及圖 7 所示。由此結果發現在電源輸以 12 至 90V 電壓的過程中，只有 90V 的電壓可使加了 1M 0.05ml 硫酸(總量 1 升)之電解液中的蜂鳴器運作(此時 pH 值約為 4 左右)，所得的功率為 0.05W 符合了蜂鳴器的運作功率因此整個系統的電源就選擇了 90V。

六、根據研究結果(十)，警報聲響顯示雨水的 pH 值為 4 左右，此值就中央氣象局的定義已達酸雨的標準。由三個水樣的測試過程中可發現，警報器的運作從穩定的聲響至無法運作，代表雨水的 pH 值由低於 7 隨著降雨時間增長而趨向 7，經酸鹼測試儀的檢測，9 時收集到的雨水 pH 值約為 3.8；10 時的水樣 pH 值約為 4.4；12 時的雨水則在 5 以上。由數據顯示汐止地區於 5 月 1 日的降雨情形最初是最酸的，這是因為汐止地區久未降雨，空氣中的酸性物質含量較多，當降雨時雨水清除酸性物質的量較多造成雨水的 pH 值偏低，隨著降雨時間的增長當空氣中的酸性物質大部分被清除後，雨水的 pH 值也就趨於中性。

七、根據我們後續的實驗，將安培計接於電路並將安培計的讀數換算成 pH 值，如此一來便不需要 pH 檢測儀即可得知雨水的 pH 值；但干擾本系統的因子有幾個，分別是鹽、溶解態的金屬離子及鹼性物質，由於鹽溶於水呈中性，但亦為電解質，因此會干擾本系統的運作，因此本系統並不適用於沿海地區，因為沿海地區的海鹽成分較高，降下的雨水鹽的濃度將大為提升，如此便導致酸雨警報器的運作失去意義，無法有效顯示確切的降雨水 pH 值；若測點設在市區內，降酸雨的機率極高，根據補充資料所述，降酸雨的機率是 82%，而本系統雖強調酸性物質，當雨水中的金屬離子或鹼性物質濃度過高而使本系統運作時，顯示其濃度已達傷害人體的濃度，對人體而言亦達到警示目的及效果。

八、將本系統應用於日常的雨水監測實驗，並作成實測日誌(附件)，結果如圖 9 所示，監測日期為 92 年 5 月 1 日起至 92 年 5 月 16 日止共 16 天，其中收集到 8 個雨水資料，由資料顯示，降酸雨的機率高達 78%，平均 pH 值約在 4.5 左右，比對中央氣象局所公告的酸雨資料顯示本系統的準確性相當高，而 pH 值雖有少許差異，但此差異可能為測站的不同所造成。

九、觀察表 6 中央氣象局所顯示之資料，可發現各地區在同一天所測得之 pH 值不一定相同，原因是各地的開發程度不盡相同，導致其污染程度也不同；例如 5 月 1 日基隆的 pH 值為 3.7，台北 4.3，汐止 3.7；而另外的原因有兩種：一是各地當日工業區廢氣排放的情形，二是境外移入(跟風向有關)。

十、未來展望：就目前的研究而言，我們僅對 5 月上旬的降雨情形(即春季末期)作研究，但根據以往的研究，來自中國大陸的氣團會將該區工業所製造的污染物帶來台灣，導致雨水的 pH 值降低，如此一來冬季的降雨就會和夏季有所不同。為此證明此一假說未來可對不同季節的降雨情形作比較。另一方面，本統的敏感度還可以加強(目前最高達到 4.4~4.6 左右，電源高於 90V)，因為根據環保局對酸雨的定義是 pH5.0 以下就算是酸雨，所以可朝降低電阻或其他方向努力。最後，實測的部分可以持續進行，針對本系統的其他缺失及穩定度加以改進，以成為一更完整且更具實用性的酸雨警報系統。

柒、結論

- 一、此系統可測之最高 pH 值為 4 左右。
- 二、此系統之規格為 DC-90V，0.05W。
- 三、溫度在 15~35 對本系統不造成影響。
- 四、針對雨水的實測，本系統可測得之 pH 值最高為 4.4。

附表 1. 換算後之 pH 理論值

濃度 1M 硫酸添加量(ml)	換算後 pH 值
0.05	4
0.5	3
1	2~3
2	2~3
3	2~3
4	2~3
6	1~2
8	1~2
10	1~2
12	1~2
14	1~2
16	1~2
18	1~2
20	1~2

附表 2. pH 之理論值與實測值對照表

推算之 pH 理論值	實際測量之 pH 值
3	3.1
4	4.5

捌、參考資料及其他書寫說明

一、參考文獻

- (一)國中理化課本第一冊 2-4 空氣污染 P.60~P.61
- (二)國中理化課本第三冊 13-1~13-4 電解質 P47~P65。
- (四)中央氣象局資訊服務網站：<http://www.cwb.gov.tw/index-typhoon.htm>

二、書寫說明：

(一) 圖 1 裝置配接電路圖

- 圖 2 電解槽正面結構示意圖
- 圖 3 電解槽側面結構示意圖
- 圖 4 警報系統整體結構圖
- 圖 5 銅片電極之電阻值變化圖
- 圖 6 銅片電極之電流值變化圖
- 圖 7 銅片電極之電壓值變化圖
- 圖 8 以銅片為電極時電功率值之變化
- 圖 9 5 月 1 日~5 月 16 日雨水 pH 值變化折線圖

(二)

- 表 1.單以導線連成通路時蜂鳴器所需之功率
- 表 2.以碳棒為電極時，測點 V1 與 A 及計算所得之數值
- 表 3.以銅片為電極時，測點 V1 與 A 及計算所得之數值
- 表 4.1M 硫酸添加量為 0.05ml 時(pH 值約為 4；電解液總量為 1 升)，不同電源之電壓比較(電極為銅片)
- 表 5.溫度 15~35 時電壓電流電阻電功率值的變化
- 表 6.5 月 1 日~16 日降雨情形及中央氣象局公佈之資料比較表
- 表 7.電流與 pH 值對照表
- 表 8.電解液 pH 為 3 時(1M 硫酸添加量為 1ml)，電極材料碳棒與銅片之比較
- 附表 1 硫酸添加量換算後之 pH 理論值對照表
- 附表 2 pH 之理論值與實測值對照表

(三) 照片 1 陰雨的汐止一景

- 照片 2 裁切後的壓克力
- 照片 3 電解槽
- 照片 4 電解槽
- 照片 5 5 月 28 日雨水所測得知電流值
- 照片 6 5 月 28 日雨水測得之 pH 值

評語

主題具鄉土性，方法簡單具創意。