

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 化學科

第三名

030202

愈熱愈涼快

學校名稱：苗栗縣立文林國民中學

作者：  國二 謝仲恩  國二 蔡守硯  國二 劉雅婷  國二 趙天衣	指導老師：  李茂宗
-------------------------------------------------------------	------------------

關鍵詞：電解水、導電度、電功率

# 愈熱愈涼快

## 概要

利用電解池的導電性會隨著溫度的改變的特性，將電解池串聯風扇後，製作出一個簡單的溫控風扇。在室溫較高時，溫控風扇能發揮出近 85%的轉速，提供使用者涼爽的環境；隨著溫度的下降，使用者不需要很強的風力時，風扇也會自動降低轉速，為使用者省下更多的電能。我們不用花大錢買新的溫控元件或買新的全自動風扇，也可以讓「不管是懶人還是窮人」，都可以輕鬆省錢、省電、救地球。

## 壹、研究動機

二年級下學期的理化課，第二章的酸鹼鹽單元裡，提到了電解質的概念。電解質必須是「溶於水後，才能導電的物質」。在做電解質實驗時，老師也特別教了我們簡單的電路裝置方法以及電壓、電流的檢測。實驗中，看著燈泡的明暗，電壓、電流的大小改變，引發了我們的興趣：電解質既然能夠像電線一樣的導電，是不是能夠用在生活應用上呢？經過和老師的多次討論，我們異想天開的有了這個想法，溫控風扇。

## 貳、研究目的

一、探討強電解質(硝酸鉀及氫氧化鈉)導電性。

1. 隨濃度、電壓、電極距離、電極浸入溶液中的深度(表面積)、溫度的不同，電解池導電性的變化情形。
2. 並聯兩電解池，電解池總電阻改變情形。
3. 稀釋電解液，比較電解池中表面積增大與濃度下降對導電性的影響。

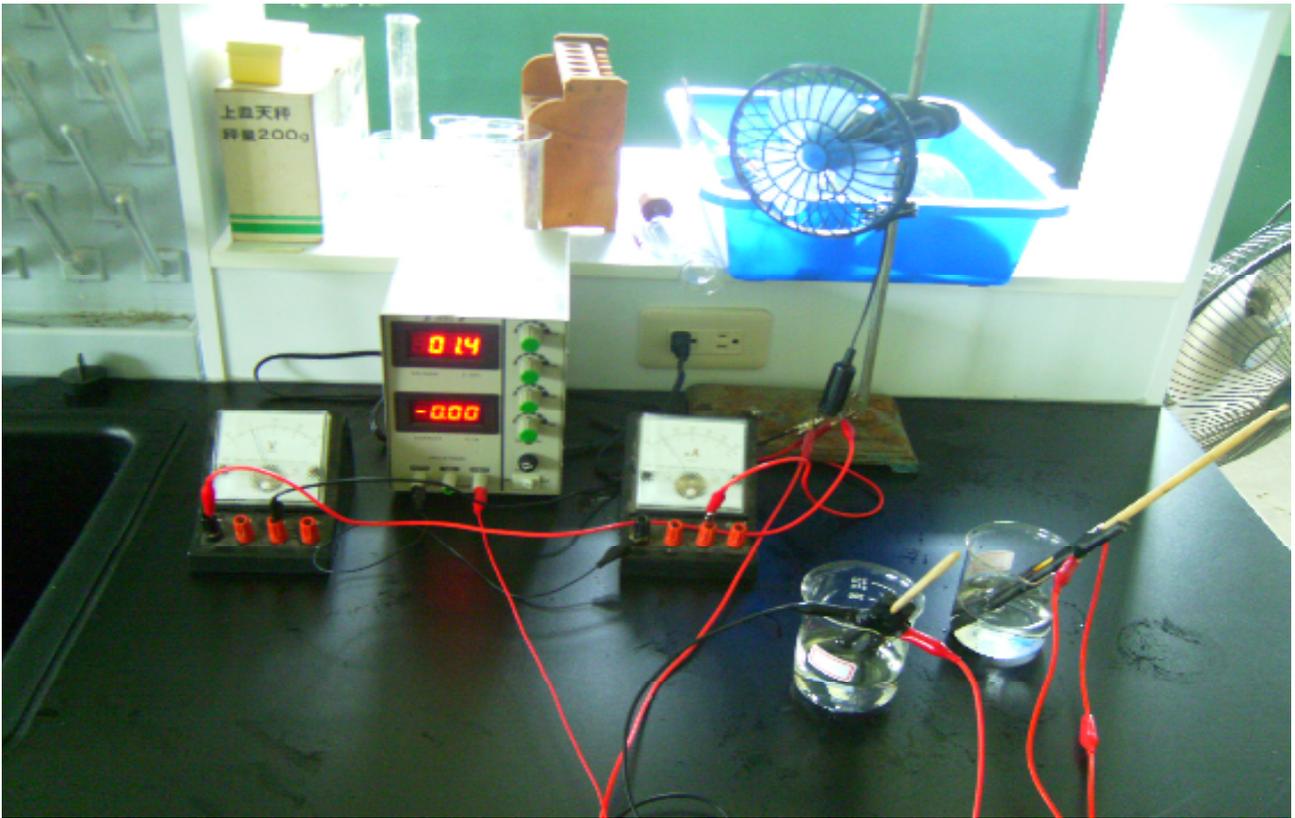
二、將目的一所得之結論裝置溫控風扇。

1. 測量隨溫度改變後，風扇的運轉比率及輸出電源的省電率變化。
2. 長時間使用下，溫控風扇的電壓、電流變化情形，及電解池的變化。

三、利用在校所學，討論實驗中發現的各個現象的可能原因，與是否有延伸性的應用，並希望藉由與教授、老師討論，能獲得更多。

## 參、研究設備及器材

直流電源供應器	鱷魚夾電線	安培計	伏特計	250mL 燒杯
溫度計	酒精燈	陶瓷纖維網	三腳架	碳棒
玻棒	直尺	DC 3V 小燈泡	DC 12V 車用直流電風扇	
硝酸鉀	氫氧化鈉	量筒	電子天平	秤量紙
數位相機	學校飲水機自來水			



#### 肆、研究過程或方法

##### 一、了解先備知識：

##### (一) 歐姆定律：

指同一導體中，通過導體的電流與導體兩端的電壓成正比，與導體的電阻成反比。它說明了電流和電壓與電阻之間的關係是：

$$R = V \div I$$

其中  $V$  為電壓，適用單位為伏特(V)， $R$  為電阻，單位為歐姆( $\Omega$ )， $I$  為電流，單位為安培(A)。

##### (二) 導電度 $G$ ：為電阻的倒數，單位為 $(1/\Omega)$ ，表示導體在一定電壓下，傳送電流的能力。

$$\text{導電度 } G = 1 \div R = I \div V$$

##### (三) 電功率 $P$ ：導體內的電子在正負極的兩端電壓的驅使下，電流會攜帶著能量在導體內流動，電流通過電器時，將能量傳遞給電器。電功率為電壓與電流的乘積，表示了電器在單位時間內，使用的電能，其中電功率的單位為瓦特 (W)。

$$\text{電功率 } P = \text{電壓 } V \times \text{電流 } I$$

##### (四) 風扇運轉比率：指風扇在串聯電解池後的功率 $P_1$ 與原本風扇正常使用下的功率 $P_2$ 的比值。

$$\text{運轉比率} = P_1 \div P_2 \times 100\%$$

- (五) 省電率：定義為電源在連接正常使用的風扇時須輸出的功率  $P_4 (= P_2)$  減去在連接溫控風扇時的輸出功率  $P_3$  後，再與  $P_3$  相除的比值。

$$\text{省電率} = (P_4 - P_3) \div P_3 \times 100\%$$

- (六) 電解質會導電的原因：電解質是指在溶液或熔融狀態下發生解離的物質，稱為離子。離子在溶液中可以自由移動，當通有電流時，正離子移向負極，而負離子移向正極。這些移動的離子，構成溶液的電流，所以水溶液可以導電。

- (七) 電解質重量百分濃度：溶質若溶解於溶劑中，即可形成溶液。重量百分濃度即定義為溶質重量(克) 與溶液(溶質+溶劑)重量的比值。

$$(\text{重量百分})\text{濃度} = \text{溶質重} \div \text{溶液重} \times 100\%$$

- (八) 電解時正、負極酸鹼性的變化：

1. 正極半反應： $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2 \uparrow$
2. 負極半反應： $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^- + 2\text{H}_2 \uparrow$
3. 總反應式為： $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$

## 二、裝置的選擇與設計。

- (一) 電極的選擇與使用：

我們最初以銅片為電極，測量硝酸鉀的導電度時，我們發現銅棒在電解的過程中，正極銅棒變輕，電解池漸漸呈現淡藍色的現象，負極銅棒最初有氣體產生，但後來反而出現了紅棕色的物體(銅)，因此我們改用碳棒(不起化學反應，單純導電)作為我們的電極。

- (二) 溶液的配製與選擇：

使用自來水作為溶劑，加入選定的溶質，裝於 250mL 的燒杯中，作為電解池。選定的溶質分別為氫氧化鈉、硝酸鉀，除了他們是強電解質外，在電解的過程中，電解質不會減少(食鹽與鹽酸，在電解時，會在正極產生氯氣；而硫酸有腐蝕性；硝酸會自行分解出二氧化氮，所以都放棄選用)，真正參與反應的是水，實際使用上，只需要加入一次溶質，當水因為電解的關係而減少，加水就夠了。

- (三) 基本裝置設計與量測的方法：

將電解池串聯電器，並將伏特計與電器並聯、將安培計與電器串聯，再由電源輸出電壓，測量電器的電壓、電流後，反推電解池的導電狀況。

## 三、探討強電解質：硝酸鉀、氫氧化鈉水溶液的導電性。

- (一) 取 5g、10g、15g、20g 及過量的硝酸鉀，分別加入 100g 水中做成電解池(電極距離分別為 3.5cm、2.5cm、1.5cm)，串聯燈泡後，由電源輸出 3V、4.5V、6V 的電壓，測量、紀錄相關數據，並繪製變化曲線。

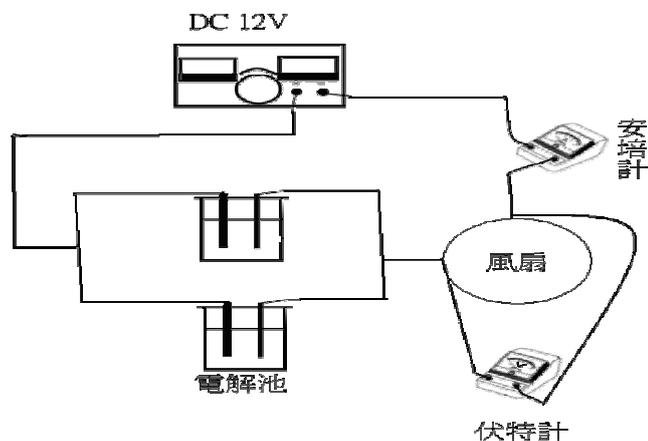
- (二) 改取 20g 及過量的硝酸鉀，燈泡改成風扇，分別將電極的距離改為 2.5cm、

1.5cm、0.5cm，電源輸出改為 6V、8V、10V、12V 的電壓後，重複步驟。

- (三) 改取 4g、10g、20g、50g 的氫氧化鈉，分別將電極距離固定於 1.5cm 及 0.5 cm 並串聯小燈泡後，重複步驟。
- (四) 改取 20g、50g 的氫氧化鈉，燈泡改為風扇，電源輸出改為 6V、8V、10V、12V 的電壓後，重複步驟。
- (五) 改取 50g 氫氧化鈉與 200g 水作為電解池，電極距離 0.5cm，電源輸出 12V，將電極浸入深度分別固定於 1 cm、3cm、5cm、7cm 後，重複步驟。

#### 四、試做省電風扇：

- (一) 測量風扇單獨使用時，隨著電壓的不同，而改變的電流，並計算風扇運作的電功率。
- (二) 配製兩電解池（氫氧化鈉 20g，溶於 100g 水，電極距離 0.5cm），由電源輸出 6V、8V、10V、12V 的電壓後，分別測量、紀錄風扇的電壓與電流，並計算風扇的運轉比率及電路的省電率，並聯後，重複步驟。
- (三) 改取一電解池(氫氧化鈉改取 50g)，依次加入 50g 的水稀釋電解池，並改由電源輸出 8V、10V、12V 的電壓後，重複步驟。
- (四) 改取一電解池(氫氧化鈉 75g，溶於 175g 水中)，電源輸出 12V 的電壓，連續使用數日，每隔一到兩小時，紀錄並計算相關數據。
- (五) 改取一電解池(氫氧化鈉 50g，溶於 100g 水中)，將電解池溫度升高至約 50℃ 後，每降溫 5~10℃ 時，紀錄並計算相關數據。
- (六) 將上述測量結果討論後，設計溫控風扇，裝置如下圖：
  1. 配製四電解池（分別取 20g、50g 氫氧化鈉各兩組，溶於 200g 水中）。
  2. 碳棒距離 0.5cm、電源輸出 12V。
  3. 將兩電解池並聯，並升溫至 50℃ 後，每降溫 5~10℃，測量風扇的電壓與電流，並計算風扇的運轉比率與電路的省電率。



## 伍、研究結果

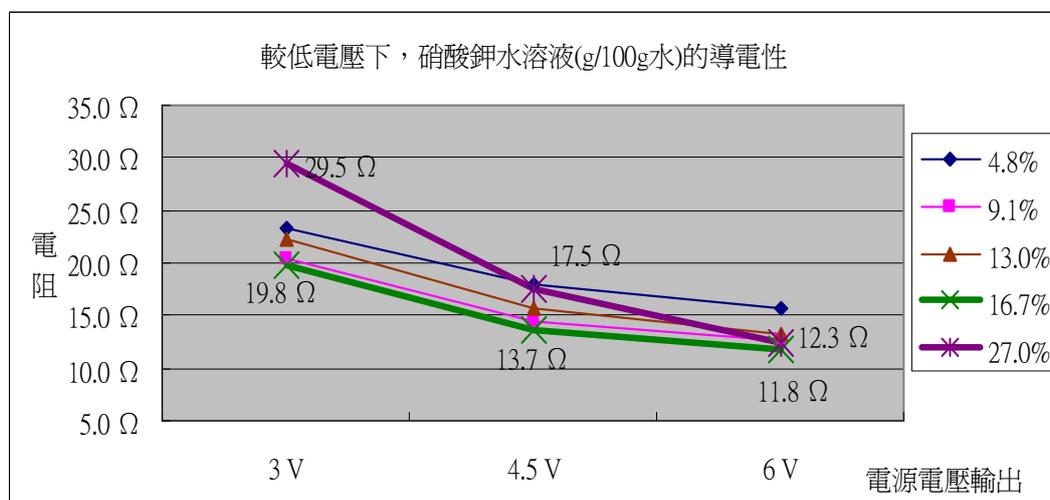
### 一、硝酸鉀水溶液的導電性。

直流電源供應器		DC3V 小燈泡			電解池 (電極距離= 3.5cm)				
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	獲得電能 比率	硝酸鉀重	濃度	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
3	100	0.2	2	6.67%	5g	4.8%	2.8	28	0.036
4.5	170	0.9	5.29	20.00%	5g	4.8%	3.6	21.2	0.047
6	230	1.8	7.83	30.00%	5g	4.8%	4.2	18.3	0.055
3	120	0.3	2.5	10.00%	10g	9.1%	2.7	22.5	0.044
4.5	200	1.32	6.6	29.33%	10g	9.1%	3.18	15.9	0.063
6	265	2.35	8.87	39.17%	10g	9.1%	3.65	13.8	0.073
3	115	0.3	2.61	10.00%	15g	13.0%	2.7	23.5	0.043
4.5	195	1.25	6.41	27.78%	15g	13.0%	3.25	16.7	0.060
6	260	2.28	8.77	38.00%	15g	13.0%	3.72	14.3	0.070
3	115	0.35	3.04	11.67%	20g	16.7%	2.65	23	0.043
4.5	199	1.35	6.78	30.00%	20g	16.7%	3.15	15.8	0.063
6	265	2.4	9.06	40.00%	20g	16.7%	3.6	13.6	0.074
3	110	0.45	4.09	15.00%	37g	27.0%	2.55	23.2	0.043
4.5	218	1.45	12.3	32.22%	37g	27.0%	3.05	14.0	0.071
6	255	2.7	10.6	45.00%	37g	27.0%	3.3	12.9	0.077

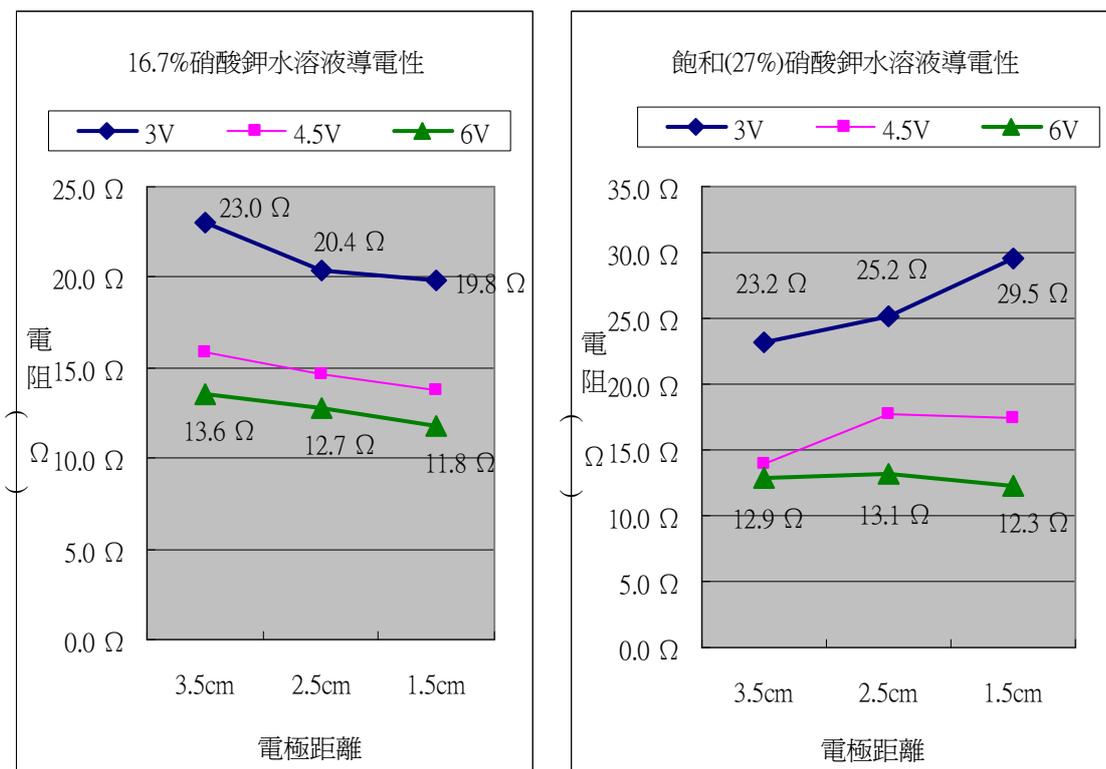
直流電源供應器		DC3V 小燈泡			電解池 (電極距離= 2.5cm)				
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	獲得電能 比率	硝酸鉀重	濃度	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
3	120	0.3	2.5	10.00%	5g	4.8%	2.7	22.5	0.044
4.5	190	1.1	5.79	24.44%	5g	4.8%	3.4	17.9	0.056
6	250	2	8	33.33%	5g	4.8%	4	16	0.063
3	125	0.32	2.56	10.67%	10g	9.1%	2.68	21.4	0.047
4.5	205	1.38	6.73	30.67%	10g	9.1%	3.12	15.2	0.066
6	270	2.42	8.96	40.33%	10g	9.1%	3.58	13.3	0.075
3	120	0.31	2.58	10.33%	15g	13.0%	2.69	22.4	0.045
4.5	202	1.35	6.68	30.00%	15g	13.0%	3.15	15.6	0.064
6	268	2.42	9.03	40.33%	15g	13.0%	3.58	13.4	0.075
3	130	0.35	2.69	11.67%	20g	16.7%	2.65	20.4	0.049
4.5	210	1.42	6.76	31.56%	20g	16.7%	3.08	14.7	0.068
6	275	2.5	9.09	41.67%	20g	16.7%	3.5	12.7	0.079
3	100	0.48	4.8	16.00%	37g	27.0%	2.52	25.2	0.040
4.5	180	1.3	7.22	28.89%	37g	27.0%	3.2	17.8	0.056
6	255	2.65	10.4	44.17%	37g	27.0%	3.35	13.1	0.076

電源		DC3V 小燈泡			電解池 (電極距離= 1.5cm)				
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	獲得電能比率	硝酸鉀重	濃度	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
3	120	0.2	1.67	6.67%	5g	4.8%	2.8	23.3	0.043
4.5	190	1.1	5.79	24.44%	5g	4.8%	3.4	17.9	0.056
6	250	2.1	8.4	35.00%	5g	4.8%	3.9	15.6	0.064
3	135	0.24	1.74	7.83%	10g	9.1%	2.765	20.5	0.049
4.5	212	1.45	6.84	32.22%	10g	9.1%	3.05	14.4	0.070
6	275	2.52	9.16	42.00%	10g	9.1%	3.48	12.7	0.079
3	120	0.32	2.67	10.67%	15g	13.0%	2.68	22.3	0.045
4.5	200	1.37	6.85	30.44%	15g	13.0%	3.13	15.7	0.064
6	269	2.45	9.11	40.83%	15g	13.0%	3.55	13.2	0.076
3	130	0.42	3.23	14.00%	20g	16.7%	2.58	19.8	0.050
4.5	215	1.55	7.21	34.44%	20g	16.7%	2.95	13.7	0.073
6	285	2.65	9.3	44.17%	20g	16.7%	3.35	11.8	0.085
3	95	0.2	2.11	6.67%	37g	27.0%	2.8	29.5	0.034
4.5	180	1.35	7.5	30.00%	37g	27.0%	3.15	17.5	0.057
6	260	2.8	10.8	46.67%	37g	27.0%	3.2	12.3	0.081

(一) 如下圖，以電極距離 1.5cm 的結果為例，硝酸鉀水溶液的導電度，基本上隨著溶液的濃度增高而增大，但並非成正比，尤其飽和水溶液在電源輸出為 3V 時，有非常大的電阻，導電度很差，顯示兩電極必須消耗很大的電壓來增加對電解質的吸引力，因此燈泡獲得的電能很少(光線微弱)；隨著輸出電壓上升，導電度增加的很快，當電源輸出為 6V，飽和(27.0%)硝酸鉀水溶液與 16.7%時的導電性相近，因此我們選定飽和硝酸鉀水溶液與 16.67%硝酸鉀水溶液進行下一個步驟的比較。



(二) 如下兩圖可知，對中、低濃度的溶液而言，電極距離越小的導電度較好，但對電源輸出為 3V 時的飽和硝酸鉀水溶液而言，兩極距離越近，反而提高電阻。



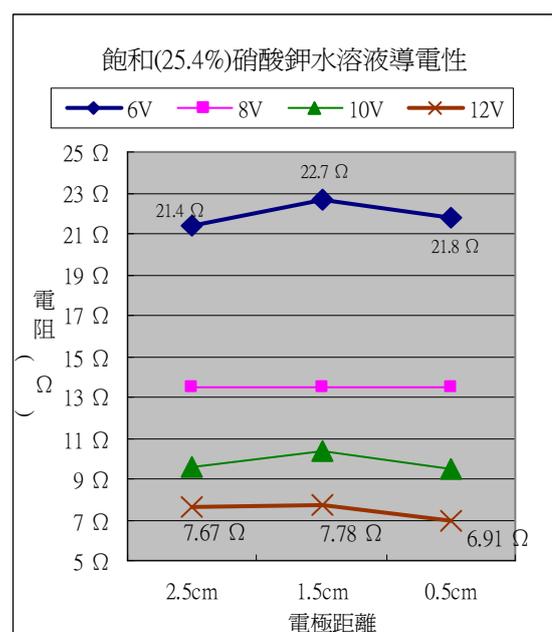
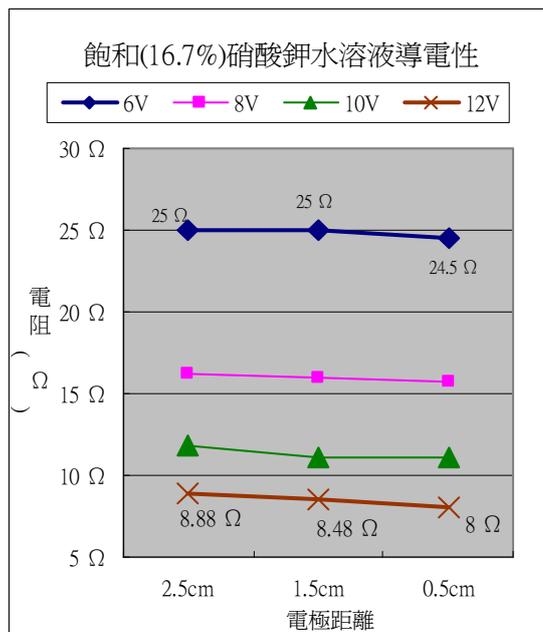
(三) 此外，燈泡隨著電源輸出的電壓增大，電阻隨著增加（燈泡電壓越大，就越亮、越熱，由此可知金屬導體的電阻會隨著溫度升高而增加），這剛好與電解池的電阻改變趨勢相反，因此電源輸出電壓越高，電解池的電極越靠近，以及「適宜」濃度的溶液，似乎是增加電器獲得電能比例的條件。

(四) 將燈泡改成車用直流風扇，測定較高電壓的電源輸出時，硝酸鉀水溶液的導電度。

直流電源供應器		DC12V 車用風扇			電解池 電極距離=2.5cm				
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電阻 (Ω)	獲得電能比率	硝酸鉀重	濃度	電壓 (V)	電阻 (Ω)	導電度 (1/Ω)
6	100	3.5	35 Ω	58.33%	20g	16.7%	2.5	25	0.040
8	173	5.2	30.1	65.00%	20g	16.7%	2.8	16.2	0.062
10	255	7	27.5	70.00%	20g	16.7%	3	11.8	0.085
12	338	9	26.6	75.00%	20g	16.7%	3	8.88	0.113
6	112	3.6	32.1	60.00%	34g	25.4%	2.4	21.4	0.047
8	185	5.5	29.7	68.75%	34g	25.4%	2.5	13.5	0.074
10	272	7.4	27.2	74.00%	34g	25.4%	2.6	9.56	0.105
12	365	9.2	25.2	76.67%	34g	25.4%	2.8	7.67	0.130

直流電源供應器		DC12V 車用風扇			電解池 電極距離=1.5cm				
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	獲得電能比率	硝酸鉀重	濃度	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
6	100	3.5	35	58.33%	20g	16.7%	2.5	25	0.040
8	175	5.2	29.7	65.00%	20g	16.7%	2.8	16	0.063
10	262	7.1	27.1	71.00%	20g	16.7%	2.9	11.1	0.090
12	342	9.1	26.6	75.83%	20g	16.7%	2.9	8.48	0.118
6	110	3.5	31.8	58.33%	34g	25.4%	2.5	22.7	0.044
8	185	5.5	29.7	68.75%	34g	25.4%	2.5	13.5	0.074
10	270	7.2	26.7	72.00%	34g	25.4%	2.8	10.4	0.096
12	360	9.2	25.6	76.67%	34g	25.4%	2.8	7.78	0.129

直流電源供應器		DC12V 車用風扇			電解池 電極距離=0.5cm				
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	獲得電能比率	硝酸鉀重	濃度	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
6	102	3.5	34.3	58.33%	20g	16.7%	2.5	24.5	0.041
8	178	5.2	29.2	65.00%	20g	16.7%	2.8	15.7	0.064
10	262	7.1	27.1	71.00%	20g	16.7%	2.9	11.1	0.090
12	350	9.2	26.3	76.67%	20g	16.7%	2.8	8	0.125
6	110	3.6	32.7	60.00%	34g	25.4%	2.4	21.8	0.046
8	185	5.5	29.7	68.75%	34g	25.4%	2.5	13.5	0.074
10	275	7.4	26.9	74.00%	34g	25.4%	2.6	9.45	0.106
12	362	9.5	26.2	79.17%	34g	25.4%	2.5	6.91	0.145

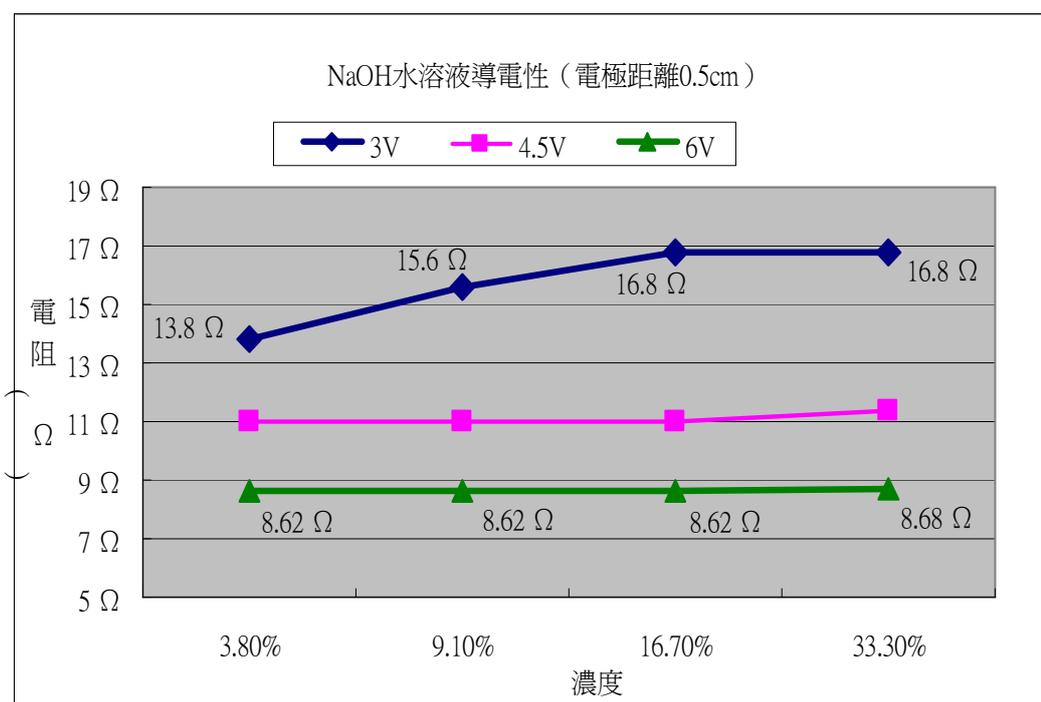


由圖表可知，在較高電壓、電極距離小，高濃度的狀況下，硝酸鉀水溶液皆有較低的電阻（較佳的導電性），因此之後的步驟，我們只表示電極距離在 0.5cm 時的狀況。

二、探討強電解質：氫氧化鈉水溶液的導電性。

(一) 氫氧化鈉水溶液在低電壓狀況下的導電性：

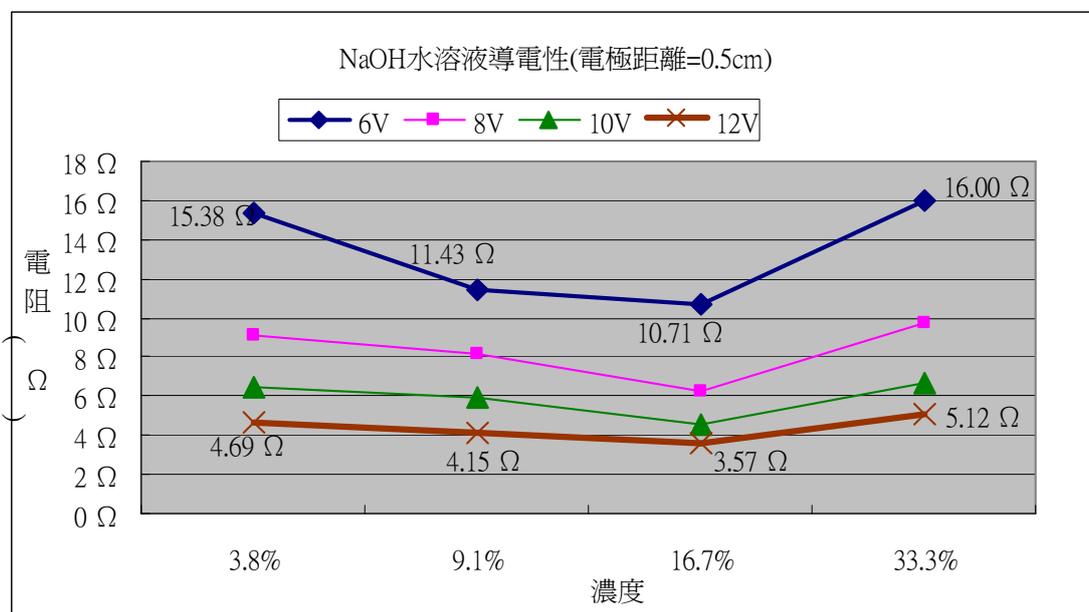
直流電源供應器		DC3V 小燈泡			電解池 電極距離=0.5cm				
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	獲得電能比率	NaOH 重	濃度	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
3	145	1	6.9	33.33%	4g	3.8%	2	13.8	0.073
4.5	219	2.1	9.59	46.67%	4g	3.8%	2.4	11	0.091
6	290	3.5	12.1	58.33%	4g	3.8%	2.5	8.62	0.116
3	135	0.9	6.67	30.00%	10g	9.1%	2.1	15.6	0.064
4.5	219	2.1	9.59	46.67%	10g	9.1%	2.4	11	0.091
6	290	3.5	12.1	58.33%	10g	9.1%	2.5	8.62	0.116
3	131	0.8	6.11	26.67%	20g	16.7%	2.2	16.8	0.060
4.5	219	2.1	9.59	46.67%	20g	16.7%	2.4	11	0.091
6	290	3.5	12.1	58.33%	20g	16.7%	2.5	8.62	0.116
3	131	0.8	6.11	26.67%	50g	33.3%	2.2	16.8	0.060
4.5	211	2.1	9.95	46.67%	50g	33.3%	2.4	11.4	0.088
6	288	3.5	12.2	58.33%	50g	33.3%	2.5	8.68	0.115



由圖表可知，氫氧化鈉水溶液的導電度比硝酸鉀水溶液好，能讓串聯的電器，獲得較大的電能比率。不過氫氧化鈉水溶液在電源輸出為低電壓(3V)時，也有較大的電阻(特別在高濃度的狀態下)。

(二) 氫氧化鈉水溶液在較高電壓狀況、串聯車用風扇下的導電性：

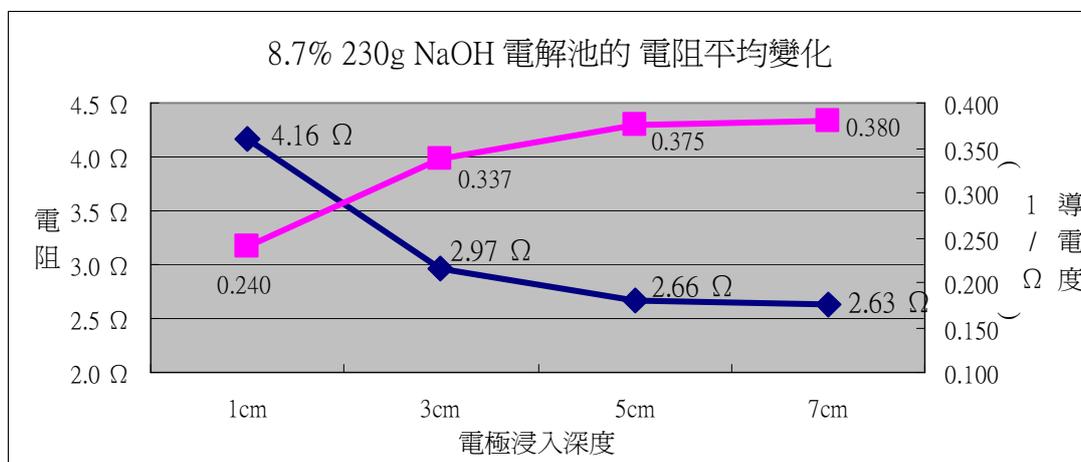
直流電源供應器		DC12V 車用風扇			電解池 電極距離=0.5cm				
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	獲得電能比率	NaOH 重	濃度	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
6	130	4	30.8	66.67%	4g	3.8%	2	15.4	0.065
8	220	6	27.3	75.00%	4g	3.8%	2	9.09	0.110
10	310	8	25.8	80.00%	4g	3.8%	2	6.45	0.155
12	405	10.1	24.9	84.17%	4g	3.8%	1.9	4.69	0.213
6	140	4.4	31.4	73.33%	10g	9.1%	1.6	11.4	0.088
8	221	6.2	28.1	77.50%	10g	9.1%	1.8	8.14	0.123
10	320	8.1	25.3	81.00%	10g	9.1%	1.9	5.94	0.168
12	410	10.3	25.1	85.83%	10g	9.1%	1.7	4.15	0.241
6	140	4.5	32.1	75.00%	20g	16.7%	1.5	10.7	0.093
8	240	6.5	27.1	81.25%	20g	16.7%	1.5	6.25	0.160
10	330	8.5	25.8	85.00%	20g	16.7%	1.5	4.55	0.220
12	420	10.5	25	87.50%	20g	16.7%	1.5	3.57	0.280
6	125	4	32	66.67%	50g	33.3%	2	16	0.063
8	205	6	29.3	75.00%	50g	33.3%	2	9.76	0.103
10	300	8	26.7	80.00%	50g	33.3%	2	6.67	0.150
12	391	10	25.6	83.33%	50g	33.3%	2	5.12	0.196



由圖表可知，對氫氧化鈉溶液來說，基本上濃度高，導電性會稍微變高，但影響較小。和硝酸鉀溶液相同的是，在高濃度的狀態之下，氫氧化鈉水溶液的導電性反而會下降。

(三) 測量不同電極棒浸入電解液中的深度(表面積)對導電性的影響。

直流電源供應器		12V 車用風扇		8.7% 230g NaOH 電解池			
電壓 (V)	電流 (mA)	電壓(V)	電阻 ( $\Omega$ )	電極浸入深度	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
第一次測量							
12	361	10.5	29.09	1cm	1.5	4.16	0.241
12	371	10.9	29.38	3cm	1.1	2.96	0.337
12	380	11	28.95	5cm	1	2.63	0.380
12	380	11	28.95	7cm	1	2.63	0.380
第二次測量							
12	360	10.5	29.17	1cm	1.5	4.17	0.240
12	370	10.8	29.19	3cm	1.2	3.24	0.308
12	371	11	29.65	5cm	1	2.70	0.371
12	380	11	28.95	7cm	1	2.63	0.380
第三次測量							
12	360	10.5	29.17	1cm	1.5	4.17	0.240
12	370	11	29.73	3cm	1	2.70	0.370
12	375	11	29.33	5cm	1	2.67	0.375
12	380	11	28.95	7cm	1	2.63	0.380



由圖表可知，電極浸入電解池的深度越深，電解池的導電性越好，但並非呈現正比成長，5cm 與 7cm 的導電效果差距不大。

三、試做溫控，省電風扇。

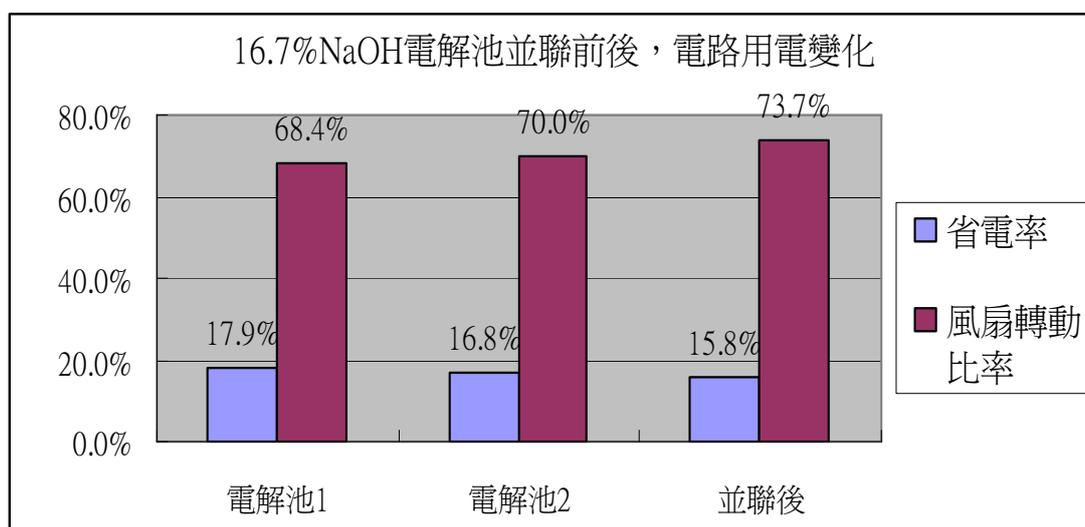
(一) 測量風扇單獨使用時，電源須提供的功率。

電壓	電流	電功率	電壓	電流	電功率
6 V	208 mA	1.25 W	10 V	378 mA	3.78 W
8 V	290 mA	2.32 W	12 V	475 mA	5.7 W

(二) 選擇氫氧化鈉當作我們的省電風扇的溫控電解池，並為優化裝置作事先檢測。

1. 並聯兩個 16.7% ，120g 氫氧化鈉水溶液的電解池對導電性影響。

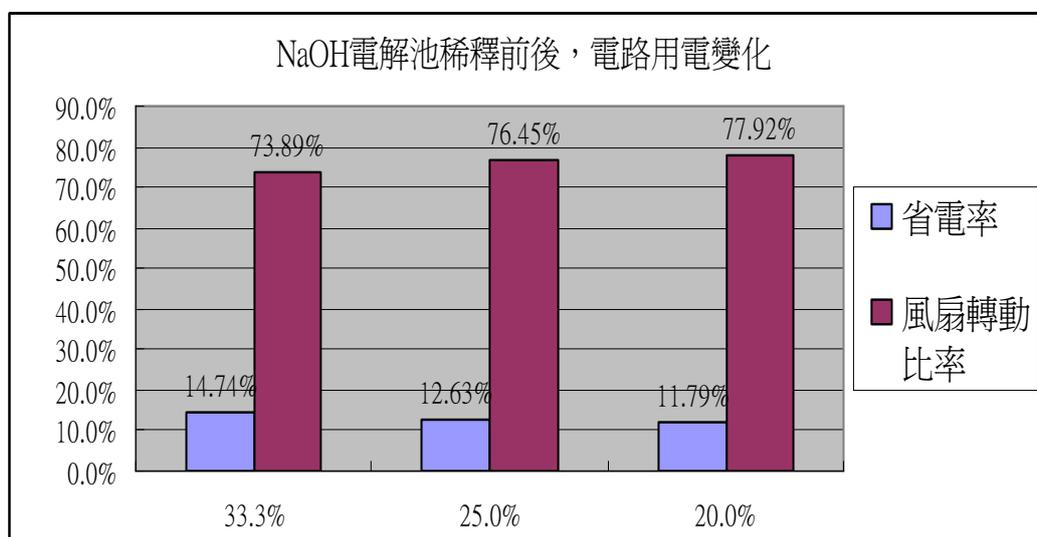
直流電源供應器			12V 車用風扇			16.7% NaOH 電解池		
電壓 (V)	電流 (mA)	省電率	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	運轉比率	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
電解池 1								
6	0.139	33.2%	4.1	29.50	45.7%	1.9	13.67	0.073
8	0.21	27.6%	6	28.57	54.3%	2	9.52	0.105
10	0.3	20.6%	8	26.67	63.5%	2	6.67	0.150
12	0.39	17.9%	10	25.64	68.4%	2	5.13	0.195
電解池 2								
6	0.13	37.5%	4.1	31.54	42.7%	1.9	14.62	0.068
8	0.21	27.6%	6	28.57	54.3%	2	9.52	0.105
10	0.3	20.6%	8	26.67	63.5%	2	6.67	0.150
12	0.395	16.8%	10.1	25.57	70.0%	1.9	4.81	0.208
並聯後								
6	0.14	32.7%	4.4	31.43	49.4%	1.6	11.43	0.088
8	0.22	24.1%	6.2	28.18	58.8%	1.8	8.18	0.122
10	0.31	18.0%	8.3	26.77	68.1%	1.7	5.48	0.182
12	0.4	15.8%	10.5	26.25	73.7%	1.5	3.75	0.267



由圖表可知，將兩個電解池並聯後，電解池的總電阻下降了，但是並聯後測量出的電阻， $3.75\Omega$ ，與電解池並聯後的理論電阻， $(5.13 \times 4.81) / (5.13 + 4.81) = 2.48\Omega$ ，有些差距，不過並聯後，風扇的運轉比率確比單獨使用時增加許多(約 4.5%)，而電路的省電率也只減少一些(1.6%)。

2. 加水稀釋電解池，重新加水並測量是否會改變電解池的導電性。

直流電源供應器			12V 車用風扇		電解池 電極距離=0.5cm		
電壓 (V)	電流 (mA)	省電率	電壓 (V)	運轉比率	水重	碳棒深度	導電度 (1/Ω)
8	215	25.86%	6.2	57.46%	100g	3.8cm	0.119
8	220	24.14%	6.3	59.74%	150g	5.2cm	0.129
8	229	21.03%	6.5	64.16%	200g	6.6cm	0.153
10	305	19.31%	7.7	62.13%	100g	3.8cm	0.133
10	312	17.46%	8.4	69.33%	150g	5.2cm	0.195
10	312	17.46%	8	66.03%	200g	6.7cm	0.156
12	405	14.74%	10.4	73.89%	100g	3.8cm	0.253
12	415	12.63%	10.5	76.45%	150g	5.2cm	0.277
12	419	11.79%	10.6	77.92%	200g	6.8cm	0.299



由上表可知，增加水的量，不會減低電解池的導電度，濃度的影響低於碳棒在水中的表面積影響，因此水量多一些，反而使得風扇的運轉比率上升，對於省電率也影響不大。

3. 連續使用三天，觀察電解池的導電性變化與電解池的變化。

時間	直流電源供應器		12V 車用風扇		30% 250g NaOH 電解池		
	電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	運轉功率	電壓 (V)	電阻 (Ω)	導電度(1/Ω)
Day 1							
10:05 AM	12	345	10.5	3.62	1.5	4.35	0.230
11:00 AM	12	340	10.25	3.49	1.75	5.15	0.194
11:54 AM	12	335	10.25	3.43	1.75	5.22	0.191
12:31 PM	12	330	10.2	3.37	1.8	5.45	0.183

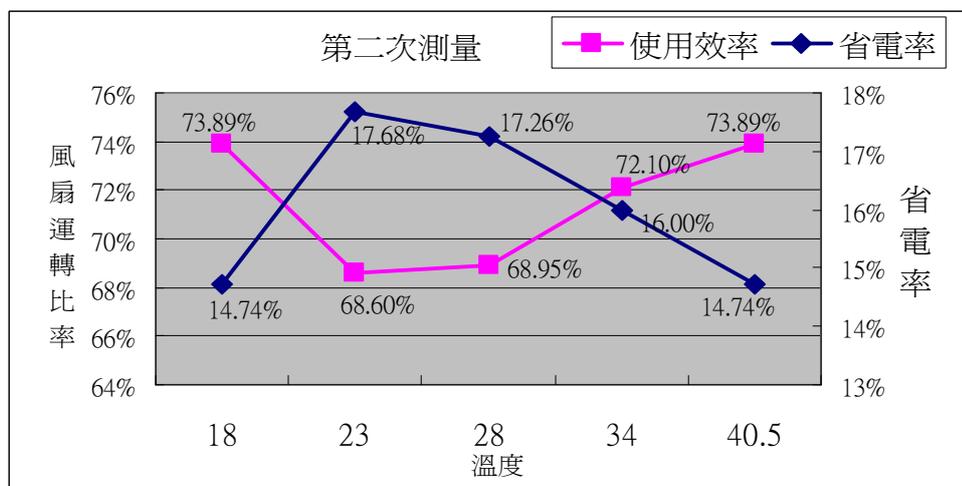
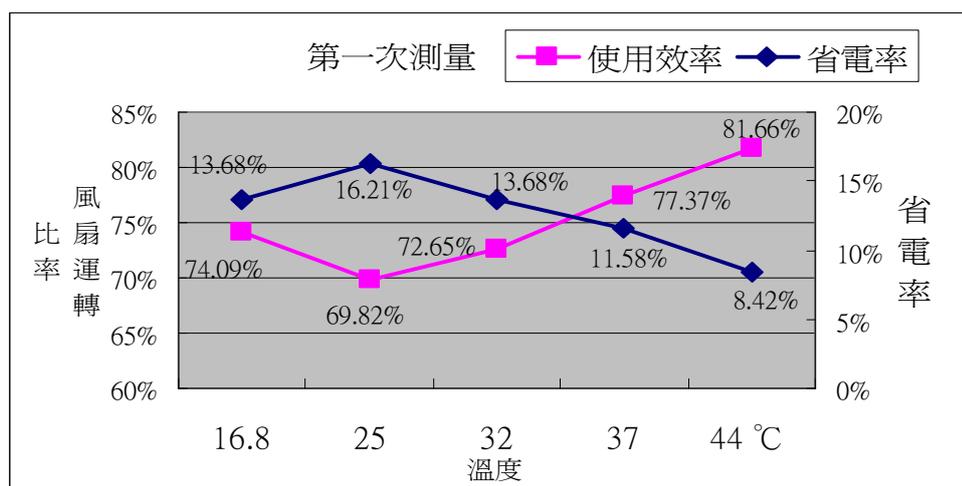
時間	直流電源供應器		12V 車用風扇		30% 250g NaOH 電解池		
	電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	運轉功率	電壓 (V)	電阻 ( $\Omega$ )	導電度 ( $1/\Omega$ )
Day 1							
2:00 PM	12	330	10.1	3.33	1.9	5.76	0.174
3:50 PM	12	336	10.2	3.43	1.8	5.36	0.187
4:57 PM	12	335	10.25	3.43	1.75	5.22	0.191
6:17 PM	12	342	10.7	3.66	1.3	3.80	0.263
導電度平均							0.202
Day 2							
9:15 AM	12	345	10	3.45	2	5.80	0.173
10:05 AM	12	340	10.25	3.49	1.75	5.15	0.194
11:00 AM	12	339	10.1	3.42	1.9	5.60	0.178
11:55 AM	12	335	10.5	3.52	1.5	4.48	0.223
2:00 PM	12	325	10.1	3.28	1.9	5.85	0.171
4:35 PM	12	340	10.5	3.57	1.5	4.41	0.227
5:42 PM	12	345	10.6	3.66	1.4	4.06	0.246
導電度平均							0.202
Day 3							
7:52 AM	12	345	10.4	3.59	1.6	4.64	0.216
9:09 AM	12	335	10	3.35	2	5.97	0.168
10:08 AM	12	331	10	3.31	2	6.04	0.166
10:58 AM	12	340	10	3.40	2	5.88	0.170
11:56 AM	12	340	10	3.40	2	5.88	0.170
12:40 PM	12	355	11	3.91	1	2.82	0.355
2:53 PM	12	340	10	3.40	2	5.88	0.170
5:15 PM	12	339	10.5	3.56	1.5	4.42	0.226
導電度平均							0.205

連續使用三天，我們發現，碳棒的導電度平均，並沒有什麼改變，但是卻發現了幾個問題：

- (1) 正極的碳棒有脫落的現象，因此電解池變成了黑色的混合物狀態，雖然正極碳棒變細，導電度應該下降(因為碳棒可供導電的表面積減少、而且水被電解後，水量減少了)，但導電度卻沒有下降。
- (2) 電解池的溫度始終比室溫再高些，這可能是因為電解是一種吸熱反應。而且整天下來，導電度並不會隨著溫度改變而變化太多，所以溫控風扇應是以春夏秋冬溫度上較大的差異來比較。

4. 改變電解池的溫度，模擬室溫溫度改變時，風扇使用的效能。

直流電源供應器			12V 車用風扇		33.3% NaOH 電解池		
電壓 (V)	電流 (mA)	省電率	電壓 (V)	運轉比率	氫氧化鈉重	溫度	導電度 (1/Ω)
第一次測量							
12V	435mA	8.42%	10.7V	81.66%	50g	44 °C	0.335
12V	420mA	11.58%	10.5V	77.37%	50g	37 °C	0.280
12V	410mA	13.68%	10.1V	72.65%	50g	32 °C	0.216
12V	398mA	16.21%	10V	69.82%	50g	25 °C	0.199
12V	410mA	13.68%	10.3V	74.09%	50g	16.8 °C	0.241
第二次測量							
12V	405mA	14.74%	10.4V	73.89%	50g	40.5 °C	0.253
12V	399mA	16.00%	10.3V	72.10%	50g	34 °C	0.235
12V	393mA	17.26%	10V	68.95%	50g	28 °C	0.197
12V	391mA	17.68%	10V	68.60%	50g	23 °C	0.196
12V	405mA	14.74%	10.4V	73.89%	50g	18 °C	0.253

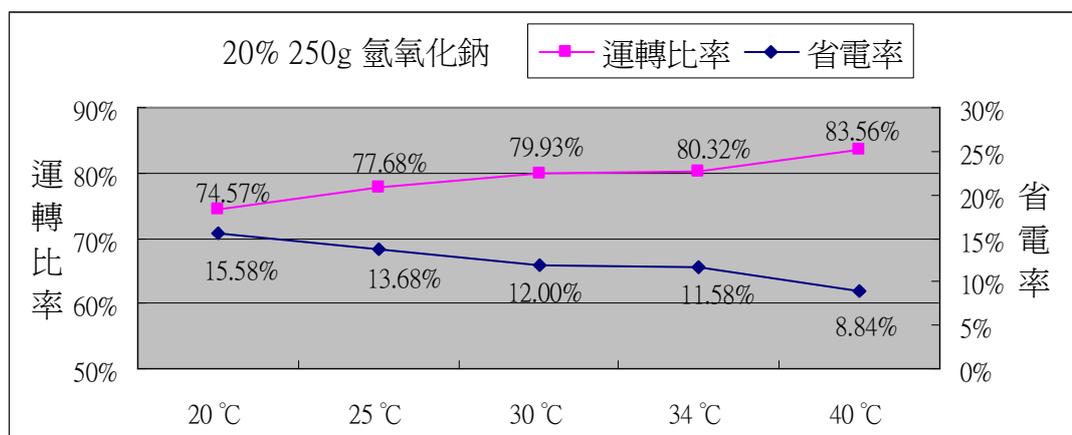
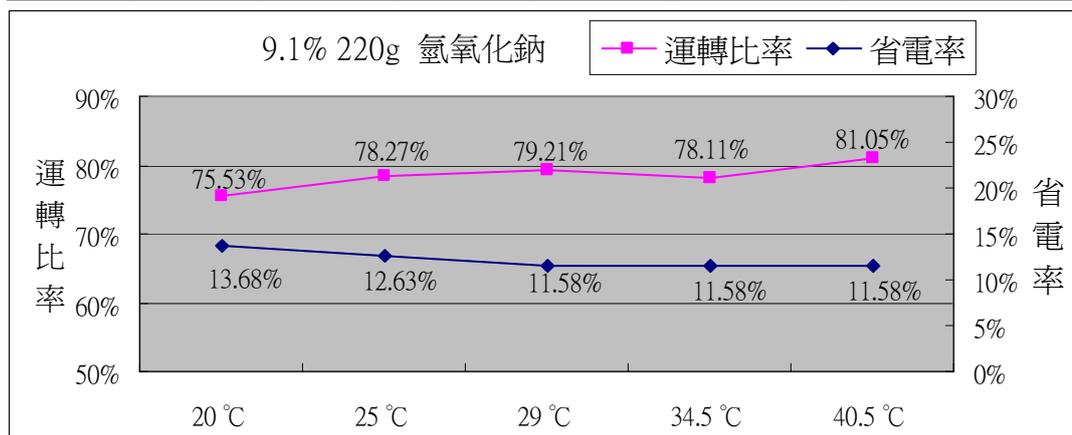


溫度上升時，基本上電解池的導電度增加，因此風扇獲得的電能也較多，但很特別的是，在低溫環境下，電解池的導電度也很高。

(三) 裝置省電溫控風扇：

我們並聯兩組氫氧化鈉水溶液（分別為 9.1% 220g 及 20% 250g）電解池，加溫兩電解池至 45℃，記錄並繪製每下降 5℃ 左右時的變化。

直流電源供應器			12V 車用風扇			9.1% 220g 電解池
電壓	電流	省電率	電壓	功率	運轉比率	溫度
12V	410mA	13.68%	10.5V	4.31W	75.53%	20 °C
12V	415mA	12.63%	10.75V	4.46W	78.27%	25 °C
12V	420mA	11.58%	10.75V	4.52W	79.21%	29 °C
12V	420mA	11.58%	10.6V	4.45W	78.11%	34.5 °C
12V	420mA	11.58%	11V	4.62W	81.05%	40.5 °C
直流電源供應器			12V 車用風扇			20% 250g 電解池
12V	401mA	15.58%	10.6V	4.25W	74.57%	20 °C
12V	410mA	13.68%	10.8V	4.43W	77.68%	25 °C
12V	418mA	12.00%	10.9V	4.56W	79.93%	30 °C
12V	420mA	11.58%	10.9V	4.57W	80.32%	34 °C
12V	433mA	8.84%	11V	4.76W	83.56%	40 °C



由上兩圖可知，兩組溫控風扇都能在 20℃ 到 40℃ 時，改變運作的效能約百分之六到百分之九，尤其又以 50g 氫氧化鈉溶於 200g 水所形成的水溶液，能讓風扇在高溫時有較高的運轉比率，省電率也有 8%，且低溫時可省 15% 的電力。

## 陸、討論

一、硝酸鉀水溶液和氫氧化鈉水溶液是符合歐姆定律的電解質水溶液，隨著電壓的增大，電流也會變大。在實驗的過程中我們發現電源輸出為低電壓時，電阻非常的大，就好像是推動物體之前，必須要突破最大靜摩擦力的概念，我們也發現，這股讓電流暢通起來的最小電壓，和水溶液的是否易導電也很有關係，研究過程中，我們也分別讓風扇直接插電、串聯溶有 33.3% 150g 氫氧化鈉水溶液的電解池及微溶了些許氫氧化鈉的水溶液來比較，讓風扇轉動起來的最小電壓大約分別為 0.8V、2.4V 與 6.6V。(這也是為什麼我們低電壓的實驗用小燈泡，否則不易觀察)，在尚未突破最小運轉電壓之前，電阻是非常的大的。

二、兩杯水溶液的導電性也隨著濃度的改變，有值得討論的地方：

- (一) 低濃度時的水溶液中，濃度越高，導電度越好(但並非呈現正比關係)，這與我們在自然課本的酸鹼鹽單元所學的符合：水中離子越多，導電性越好。
- (二) 高濃度的電解質溶液中，導電性會有下降的狀況，我們以自然課本中可逆反應的單元裡，所學到的飽和水溶液平衡現象去推測，濃度很高的電解質分子，可能沒有全部的解離，可能因為正負離子濃度高，容易在水中碰撞而變回分子，因此雖然水溶液濃度很高但離子卻沒有正比的成長。而且正負離子本來就會互相吸引，離子濃度越濃，兩極的吸引力也或許對溶液中的離子就沒那麼大，導電性也不太會提高(單位濃度的導電性，反而以低濃度的水溶液較佳)。因此調配適當濃度的水溶液，讓水提供的運動空間剛好飽和的話，應該就會有最佳的導電性。

三、水溶液的導電性與碳棒的距離越近、浸在水裡的總表面積越大，可得到較大的導電度，不過隨著導電的表面積增加，導電度並非正比成長，這是否因為較接近水面的碳棒與浸入較深的碳棒所分配到的電流有所不同(電流經由碳棒一碰觸到水溶液就產生反應，越往液面下電壓、電流越下降，傳遞的電能相對較少)；而且相較於濃度，碳棒浸入水溶液中的表面積造成的影響似乎更大，因此溫控風扇的水若因電解變少，只要不過度稀釋，加水反而會回復水溶液的導電性。

四、由於國中實驗室器材的限制，我們其實認為應該會有比碳棒更適宜的電極：

- (一) 如下頁圖(一)，因為在初期實驗的過程中，我們常發現碳棒似乎會吸附水中水溶液的物質，因此硝酸鉀和氫氧化鈉的實驗不能一起做，因為常在硝酸鉀的反應之後，若沒有好好清洗的話，緊接著氫氧化鈉水溶液時，會產生紅棕色的液體從碳棒流出，互相污染，這也是我們認為在每次相同濃度、相同電極距離、相同電壓，卻有些許不同的測量結果出現，重大誤差之一(實驗初期，因為實驗室只有一組碳棒能用，否則不應混合使用)。

- (二) 承(一)，我們也常常發現放入清水清洗時，明明沒有通電，但電源供應器的安培計卻顯示微電流的數字，碳棒並一陣陣的產生了微小的氣泡，顯示有化學反應(氧化還原)的發生，是否溶液與碳棒之間有所謂活性上的差異，而導致微電流的發生，我們查詢網路資料後，還是不得結果。
- (三) 如下圖(二)，後期我們更換了新的碳棒，舊的碳棒放置一旁，結果發現如右圖的狀況，原來是碳棒受潮之後，長了黑黴菌。
- (四) 再如下圖(三)，電解的過程中，我們也發現碳棒常有在水中剝落的現象，在三下的課本中會學到，電解 NaOH 水溶液時，若以碳棒作為電極，水分子在負極得到電子(還原反應)產生了氫氣、在正極釋放電子(氧化反應)產生了氧氣。碳棒單純做為導體，不參與反應，兩電極的總質量應該不會改變，但事實上正極的碳棒卻因某種原因而剝落(是否因為石墨本身碳的連結能量較弱，像鑽石就是一個很強的連接方式)，並使電解池呈現黑色混濁的狀態，造成碳棒在水溶液中的表面積也因此改變(但導電性在三天的實驗中，並沒有被下降)，不過也讓我們的風扇使用的持久性大大降低，我們認為，能找到活性很低的惰性金屬，如鉑，來做電極，或許就沒有這樣的問題了。



圖(一)



圖(二)



圖(三)

五、電解的過程中為什麼鈉不會在負極出現呢？從自然課本中的物質與原子單元裡，鈉會與水起激烈的反應，並產生氫氧化鈉與水，因此即使鈉離子接收電子析出後，立刻又會與水起反應，變回鈉離子。這也讓我們想到，是否變回鈉離子的過程中，他會把電子丟回電路，造成些許反向的電子流(也因此增加了電解池電阻的趨勢)。我們也查詢了高中的相關化學課程，大約知道了是還原電位的問題，但是因為我們所學的知識有限，只好把這個問題留待之後再有研究機會時再探究了。

六、並聯電解池和並聯電器一樣，都有會把總電阻降低的效果，不過卻沒符合三年級電路學所教的：總電阻的倒數 = 每一個單一電阻的倒數總和，經過討論後，我們推測兩個電解池並聯造成總電阻降低後，在電路中分配到的電壓減少，因此每個單一電解池

的電阻隨之增大，這樣倒數總和之後再將其倒數後所獲得的總電阻就沒有那麼小了。不過還好並聯起來還是比單獨使用時的導電性好，使風扇的轉動比率增加。

七、電解池的導電性，隨著溫度的上升有越來越好的趨勢（二下的課程，反應速率與平衡中也告訴我們，溫度越高，分子的運動速率、能量越大，粒子與粒子之間更容易達到有效碰撞，增加反應的機率），雖然變化的幅度沒辦法像想像中的那麼大，但我們也達到了最初的實驗目的：溫度越高，風扇就會自動的增加轉速，低溫時，就以較低的轉速運作，且低轉速運作時，電源相對就只需提供較低的電能，而達到省電、環保，省錢包的功效。

八、配合上此次的主題，我們也想了有關溫控相關的一些延伸應用，例如可運用於電冰箱，在室溫較低的環境下，相對的冰箱不用耗用太大的功率運作，而在室溫較高的狀況下，冰箱也能以較高的運轉功率工作，若能配合上冰箱後方的散熱片提供的廢熱高溫環境，相同的原理也可運用在電腦的散熱風扇呢。

## 柒、結論

在地球暖化日漸嚴重的時代之下，身為地球一份子及身為學生的我們能做什麼呢？其實我們能做的比想像的更多，這次我們所設計的溫控風扇，配合人們在室溫低時對於風扇的需求量低，此時電解池電阻大，風扇運轉比率降低，總電源輸出的電能也因此降低，省錢又可以間接降低二氧化碳排放量；相對在室溫高時，電解池導電度增大，正好增大風扇的運轉比率，也可以吹的很開心。這次的研究主題開啓了我們對於應用學校所學知識的大門。其實溫控風扇還有很多可以改良和探討的地方，我們的理想目標是達成「較高的室溫能有近 95% 的運轉效能，較低的室溫時能有更高的省電效能」。為此我們也想到幾個改良的方向，例如找到最佳濃度的配製，或者找到可放大變化幅度的電子元件、水溶液，更持久的電極等等…。而如何將這樣的實驗裝置與原理，應用在一般交流電 110V 的風扇或其他電器上，也都是我們想要繼續完成的任務，這次科展真的是用盡了我們所有零碎的時間，從完全未知的探索，到成果報告出來，希望藉由推廣我們的想法，大家也能跟我們一起，省錢，省資源，從小地方就力行，環保愛地球。

## 捌、參考資料及其他

- 一、自然與生活科技第三冊至第六冊，南一書局。
- 二、電解質濃度與導電度影響的研究，高雄中學張懋曦同學科展作品。
- 三、維基百科。

## **【評語】 030202**

- 1.研究結果有實用價值及創意。
- 2.對電化學的觀念有些部分仍不清楚。
- 3.對部分結果解釋不清楚。