

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

## 國中-化學科

科 別：化 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：生命之源 - 水的電解研究

關 鍵 詞：電解

編 號：030204

---

**學校名稱：**

臺北縣立海山高級中學

**作者姓名：**

鄭家安、吳俊德

**指導老師：**

蘇賢能、王聰章



## 摘要

本研究是在探討影響“水電解實驗”的各項變因

- (一) 探討不同材質作為電極的差異性，一般的金屬片（如 Fe、Cu、Zn、Ni 等）都屬活性電極，通電電解時，可能參加反應，而不銹鋼則因它的特性耐腐蝕，非常安定，導電性好等諸多優點，很適合做電極棒。
- (二) 一般電解質水溶液的濃度越高，導電效果越好，電流量越大。0.75M 的氫氧化鈉是水電解實驗時最佳的電解液。但稀硫酸、氫氧化鈉二種電解液的濃度超過 0.75M 後，溶液的導電效果變差，電流量反轉下降。
- (三) 一般而言，電極棒越粗越長，因接觸面積大，電流量會較大，氫氧生成量也會較多。電極間距越小，電流量越大。
- (四) 電解液溫度越高，電流量越大，氫氧生成量也越多。在 25 常溫下， $H_2/O_2$  的比值最接近 2，最適合做為電解溶液的溫度。
- (五) 電解質水溶液電解前後，正負極的 PH 值會改變，正極會減少，負極會增加。
- (六) 針對傳統電解裝置的缺點，製作出改良式的電解裝置，使在操作上更方便，更精確，收集氣體也更安全。

# 生命之源

## -----水的電解研究

### 壹. 研究動機

上理化課的第一章水單元，老師提到了可利用電流的作用，將水分解成氫和氧，以了解水的組成，引起我們對它產生高度的興趣，想要更進一步探討水的秘密，經由我們實際操作，發現氫、氧體積比及氣體產生速率都不一致，於是展開此研究，一探水電解的神秘面紗。

### 貳. 研究目的

- (1) 探討各種不同材質作為水電解電極的差異性。
- (2) 探討電解質水溶液的種類、濃度、及電壓強度對電流量的影響。
- (3) 探討影響水電解實驗的各項變因：電解質水溶液種類、濃度、電解時間、電壓強度、電極長短粗細、電極形狀角度、電極間距離、及電解液溫度...等，對氫氧生成速率及體積比的影響。
- (4) 探討電解質水溶液電解前後的性質變化。
- (5) 改良電解裝置，使實驗更精確方便。

### 參 研究器材設備

天秤 燒杯 量筒 滴管 三腳架 燈泡 試管夾 支架 濾紙 可調式整流器 電壓計 電流計 碼錶 silicone 線香 手套 塑膠杯 氫氧化鈉 稀硫酸 稀鹽酸 氫氧化鈣 醋酸 氯化鈉 碳棒 鋁片 鋅片 鐵片 銅片 不鏽鋼片 注射針頭 電子溫度計 PH 測試儀 量角器 自製電解槽 AB 膠。

## 肆 研究過程

### 一. 研究一：探討各種不同材質作為水電解電極的差異性。

#### 1. 方法：

- (1) 免洗塑膠碗底部，用鋸槍穿 2 孔洞(距離 3cm)，分別黏上不同材質的電極，作為電解槽。
- (2) 將電解槽分別固定在三腳架上，通入電流，以電流計測量電流強度及以”排水集氣法”收集氫氧氣體生成量。(實驗裝置如下 picture)
- (3) 用碳棒,鋁,鐵,銅,鋅,鎳,不鏽鋼 7 種不同材質當電極棒，作為比較。



2.結果： 電壓 6V，NaOH 30 % 電解時間：10 分 電極棒長度 2.5 cm 寬度 2 mm。

(表 1) 金屬片實驗前未用砂紙刷過

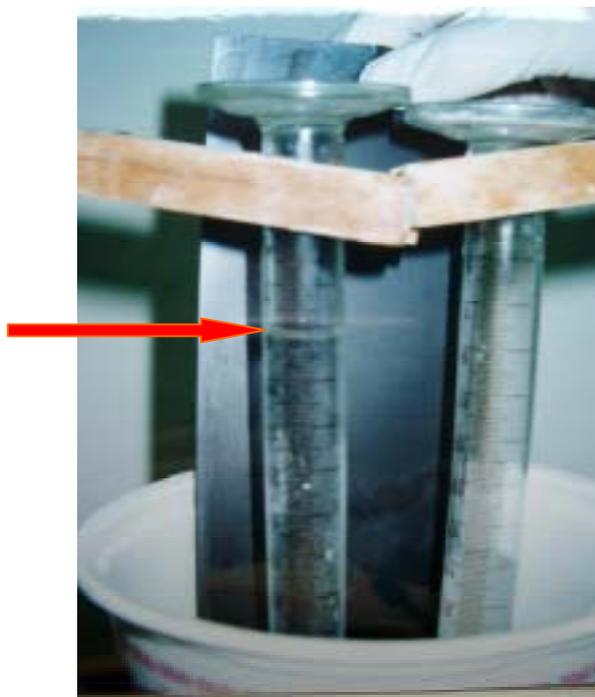
電極	碳棒	鋁	鐵	銅	鋅	鎳	不鏽鋼
mA	220	90	260	300	270	300	320
H <sub>2</sub> (ml)	12.2	5	13.9	11.8	14.2	14.5	18.4
O <sub>2</sub> (ml)	5.6	微量	6.7	5.2	6.8	7	9
H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	2.17	/	2.07	2.27	2.08	2.07	2.04

(表 2) 金屬片實驗前先用砂紙刷過

電極	碳棒	鋁	鐵	銅	鋅	鎳	不鏽鋼
mA	220	110	260	290	260	330	330
H <sub>2</sub> (ml)	12.2	5	11	16.2	14.2	15	20
O <sub>2</sub> (ml)	5.6	微量	5.2	6.8	7	7	9.8
H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	2.17		2.11	2.38	2.02	2.14	2.04

### 3.分析

- (1) 鋁的活性大，極易形成氧化物，以其作為電極棒，其氫氧的生成量和電流量都不是很理想。
- (2) 以鐵、鋅、鎳當電解的電極棒時，其電流量、氫氧生成量都不錯，金屬片實驗前是否先刷過，雖有影響但不大。
- (3) 銅做電極棒時，我們可清楚發現銅離子的析出，而其氫氧生成量中 氧氣的比例較低，應是正極有銅離子產生的緣故，而影響了氧氣的生成。
- (4) 以不銹鋼做電極棒，由(表 1)、(表 2)發現，其電流量最大、氫氧生成量最多，所以，以不銹鋼做電極棒是不錯的選擇。



正極水溶液液面上可見一層藍色銅離子析出

## 研究二：探討電解質水溶液的種類、濃度、及電壓強度對電流量的影響

### 實驗一：何種濃度的電解質水溶液導電效果最好

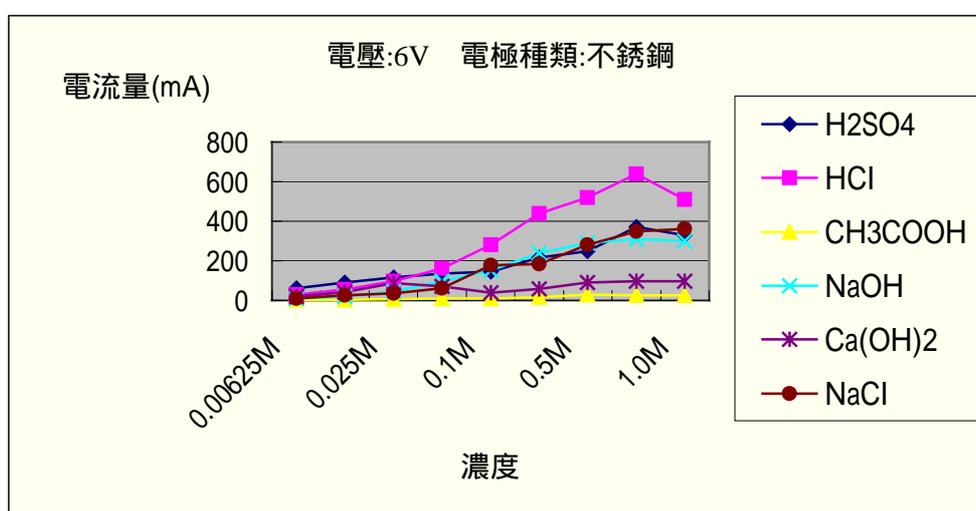
1.方法：實驗裝置如圖。(固定電壓 6V)

- (1) 選用  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{NaCl}$  6 種不同電解液，各調配成 0.00625M、0.0125M、0.025M、0.05M、0.1M、.02M、0.5M、0.75M、1.0M 9 種不同濃度。
- (2) 以電流計測之。



## 2.結果:(表 3)

電解液. / 電流量 \ 濃度	0.00625M	0.0125M	0.025M	0.05M	0.1M	0.2M	0.5M	0.75M	1.0M
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	60.3	89.3	116	136.3	146.3	217	249.9	370	330
HCl	28.6	55.1	96.1	161.3	280	440	520	640	510
CH <sub>3</sub> COOH	2.1	4.6	5.6	9.4	11.2	16.9	28.9	27.1	26.01
NaOH	9.54	20.9	44.2	96	151	240	290	310	300
Ca(OH) <sub>2</sub>	19.8	41.6	85.8	70.4	39.9	59.2	89	97.9	98.3
NaCl	11.15	24.4	35.1	60	177	183	280	350	360



[Fig. 1]

## 3.分析：

- (1) 電解液的濃度相對低時，H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、HCl、Ca(OH)<sub>2</sub> 的導電效果較佳，中濃度時 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、HCl、NaOH 的導電效果較好，高濃度時則以 HCl、NaCl、NaOH、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的電流量較大。
- (2) 電解質水溶液的濃度越高，導電效果越好，電流量越大，但稀鹽酸、稀硫酸、醋酸、氫氧化鈉，四種電解液的濃度超過 0.75M 後溶液的導電效果變差，電流量反轉下降。
- (3) Ca(OH)<sub>2</sub> 的電流量出現不規則，可能因溶解過程中，發現 Ca(OH)<sub>2</sub> 很容易沉澱，不完全溶解，以致會影響其濃度，進而影響其電流量大小。

## 實驗二：比較不同的電壓強度對不同濃度電解液作用產生的電流量有何不同

1.方法：將可調式整流器調整不同強度的電壓，分別測試不同濃度電解液的電流量。

2.結果：(表 4---表 9 & Fig. 2---Fig.7)

(1) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (表4)

濃度 電流量 電壓	1.0M	0.75M	0.5M	0.2M	0.1M	0.05M	0.025M	0.0125M	0.00625M
3V	130.5	163.1	127	106.4	63.7	58.1	50.8	38	25.3
4.5V	198.2	250	190.8	163.8	107	98.8	84	61.7	42.9
6V	270	320	249.9	217	146.3	136.3	116	89.3	61.6
7.5V	330	370	296	260.3	179	163.9	143.2	112.1	78.2
9V	370	420	410	340	213.2	197	172.9	139.2	98.1
12V	440	490	470	420	266.5	249.1	222.7	181.6	131.4

(2) CH<sub>3</sub>COOH (表5)

濃度 電流量 電壓	1.0M	0.75M	0.5M	0.2M	0.1M	0.05M	0.025M	0.0125M	0.00625M
3V	11.3	11.3	12.7	7.5	5	4.1	2.5	2.3	0.96
4.5V	18.3	19	20.4	12	7.9	6.6	4	3.4	1.53
6V	26.01	27.1	28.9	16.9	11.2	9.4	5.6	4.6	2.1
7.5V	33.3	34.6	36.8	21.4	14.3	12	7.2	5.7	2.68
9V	41.9	42.9	46	26.5	18	14.9	3	7.1	3.43
12V	57.1	58.6	61.2	36.5	24.6	20.3	12.4	9.8	4.96

(3) NaOH (表6)

濃度 電流量 電壓	1.0M	0.75M	0.5M	0.2M	0.1M	0.05M	0.025M	0.0125M	0.00625M
3V	165.1	169	148.4	122	74	34.2	14.5	7.1	3.4
4.5V	250	256	230	177.8	110	61.5	27.6	13.8	6.25
6V	300	310	290	240	151.2	92.4	44.2	20.9	9.54
7.5V	350	360	340	280	188.4	121	59	28.1	13.21
9V	410	420	390	330	230	150.6	76	37.4	16.97
12V	470	480	450	390	290	200	106.4	52.5	24.2

4) HCl (表7)

濃度 電流量 電壓	1.0M	0.75M	0.5M	0.2M	0.1M	0.05M	0.025M	0.0125M	0.00625M
3V	340	350	180.1	164.9	100.1	72.3	42.3	21	12.1
4.5V	430	450	370	320	180.4	116.6	65.7	37.3	19.2
6V	510	640	520	440	280	161.3	96.1	55.1	28.6
7.5V	570	790	660	530	360	210	123.9	70.8	37.5
9V	630	900	770	630	430	260	13.7	88.6	46.6
12V	700	1120	890	740	530	330	210	119.5	63.8

(5) Ca(OH)<sub>2</sub> (表 8)

濃度 電流量 電壓	1.0M	0.75M	0.5M	0.2M	0.1M	0.05M	0.025M	0.0125M	0.00625M
3V	41.8	40.4	38.7	26	17.5	32.7	40.3	15.2	7.8
4.5V	69	68	63.5	42.6	28.3	52.5	59.7	27.7	13.4
6V	98.3	97.9	89	59.2	39.9	70.4	85.8	41.6	19.8
7.5V	122.9	122.8	111.3	75	51	90.3	109.7	54.8	26
9V	153.4	152.3	133	93	63.2	113.2	136.5	69.5	33.4
12V	210	210	170	126.5	87.3	151.6	182.5	94.2	46.2

(6) NaCl (表9)

濃度 電流量 電壓	1.0M	0.75M	0.5M	0.2M	0.1M	0.05M	0.025M	0.0125M	0.00625M
3V	124	109	90	66.9	65	22.6	15	9	3.89
4.5V	260	260	173.9	124.4	120.2	52	23.4	16.3	7.1
6V	360	350	280	183	177	60	35.1	24.4	11.15
7.5V	430	420	350	240	240	63.6	39.1	32.2	14.75
9V	500	490	410	330	290	102	42.2	41	19
12V	600	580	490	370	370	107	50.4	49.3	27.1

### 電流量-電壓-溶液濃度折線圖

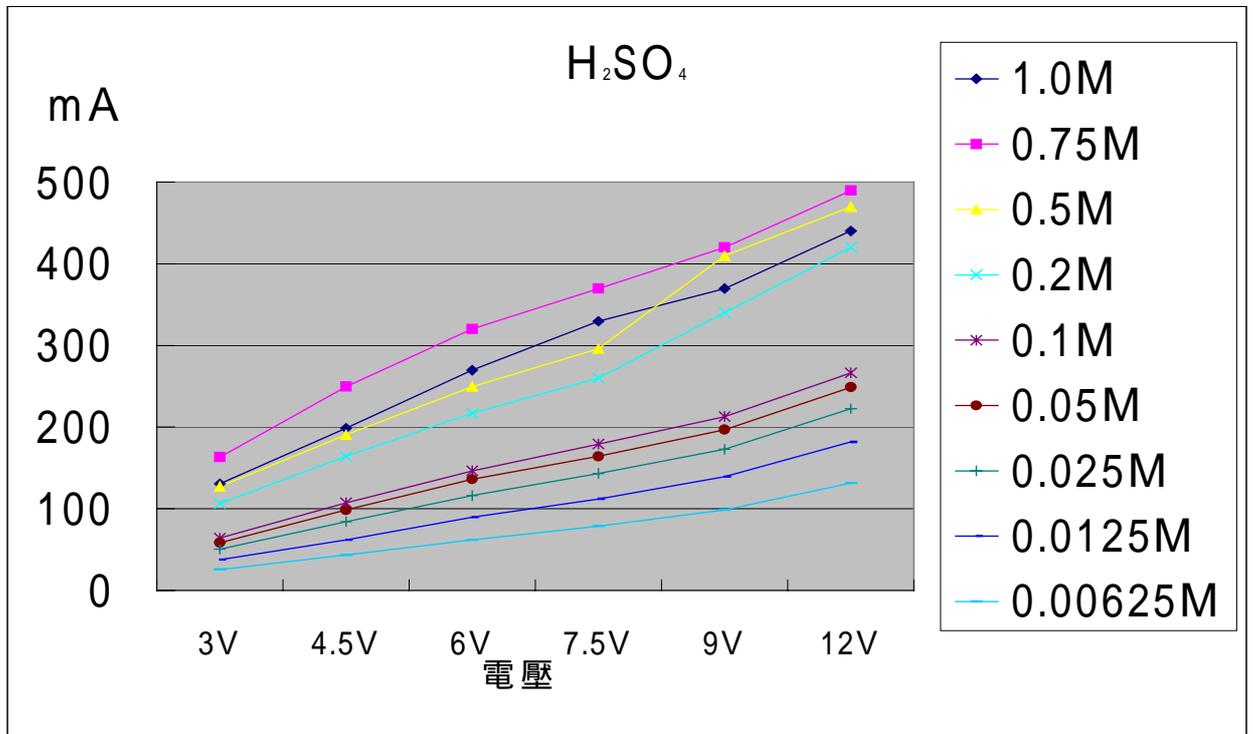


Fig.2

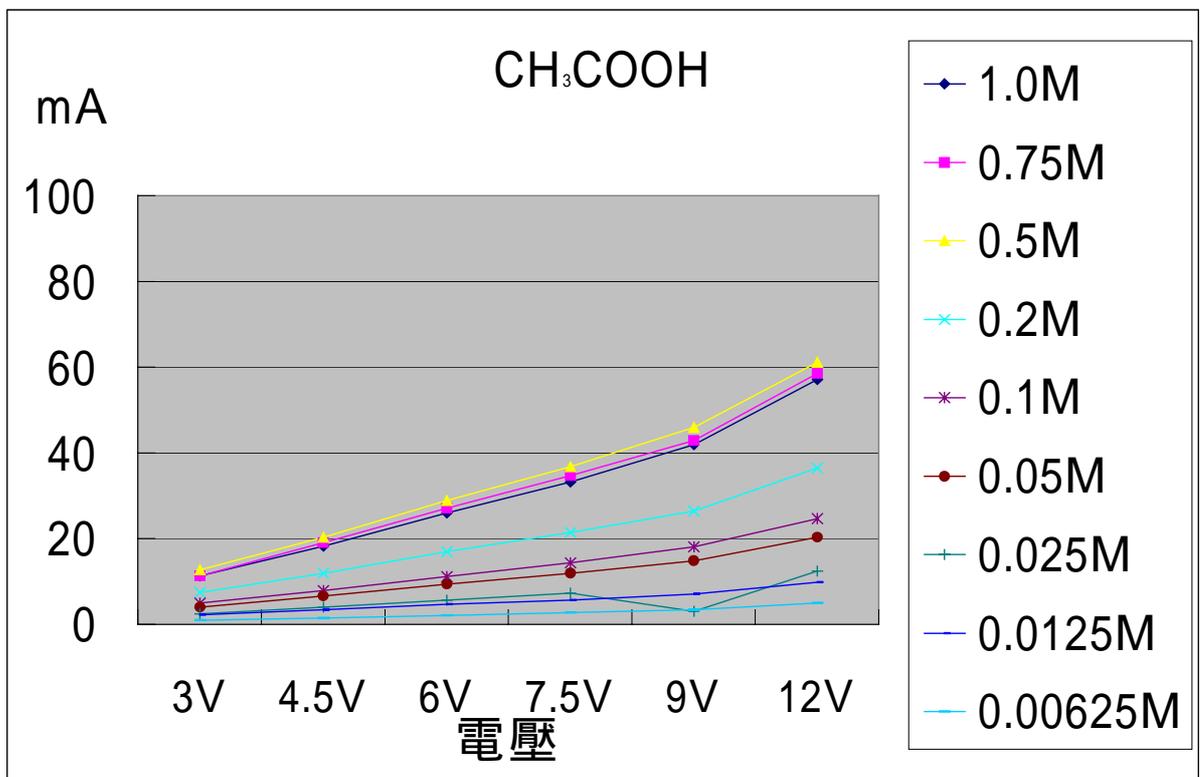


Fig.3

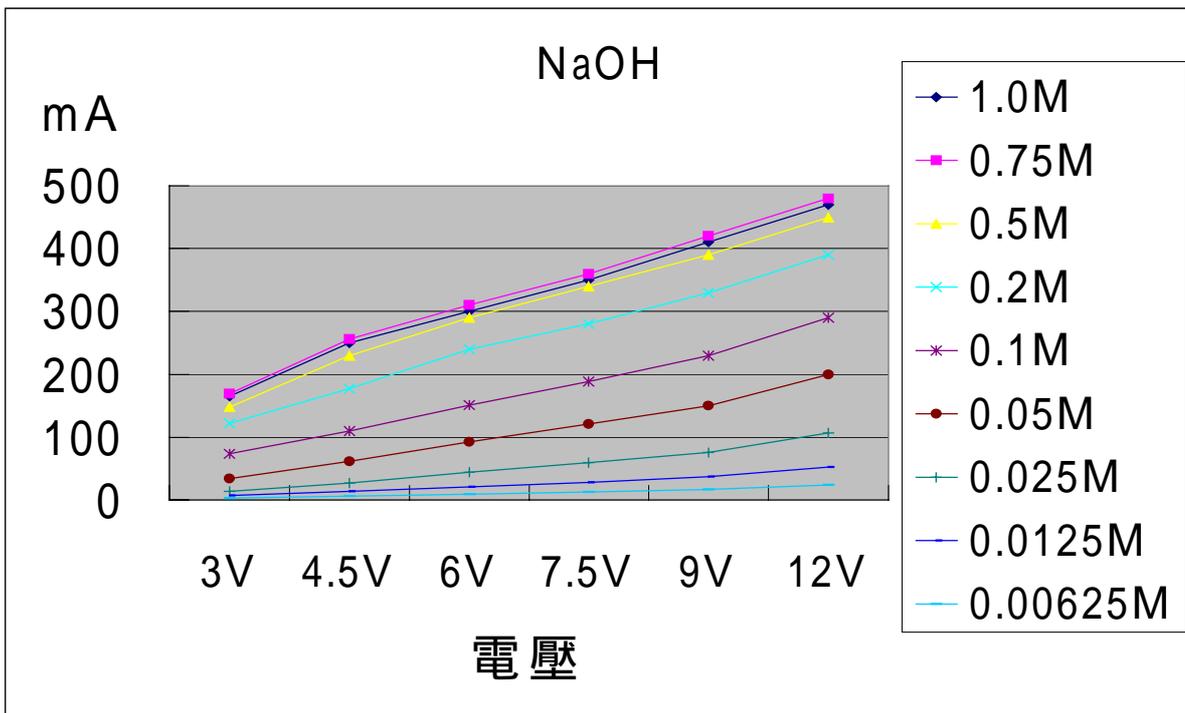


Fig. 4

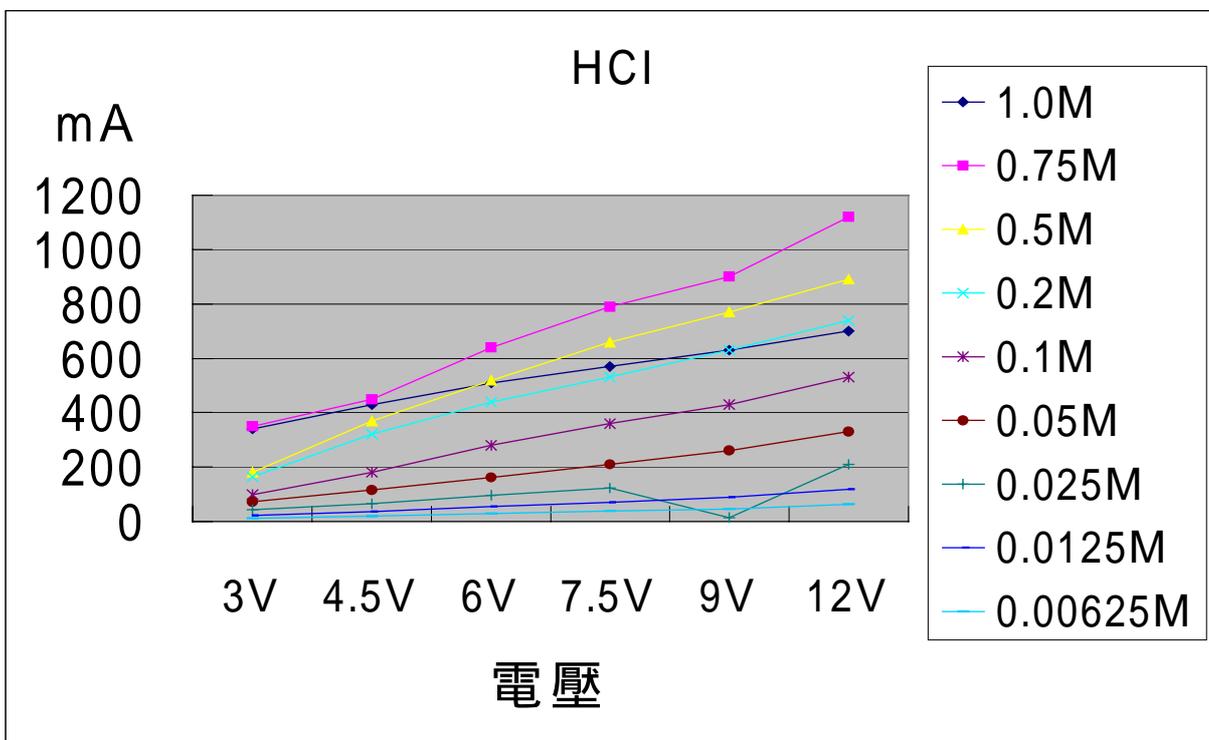


Fig. 5

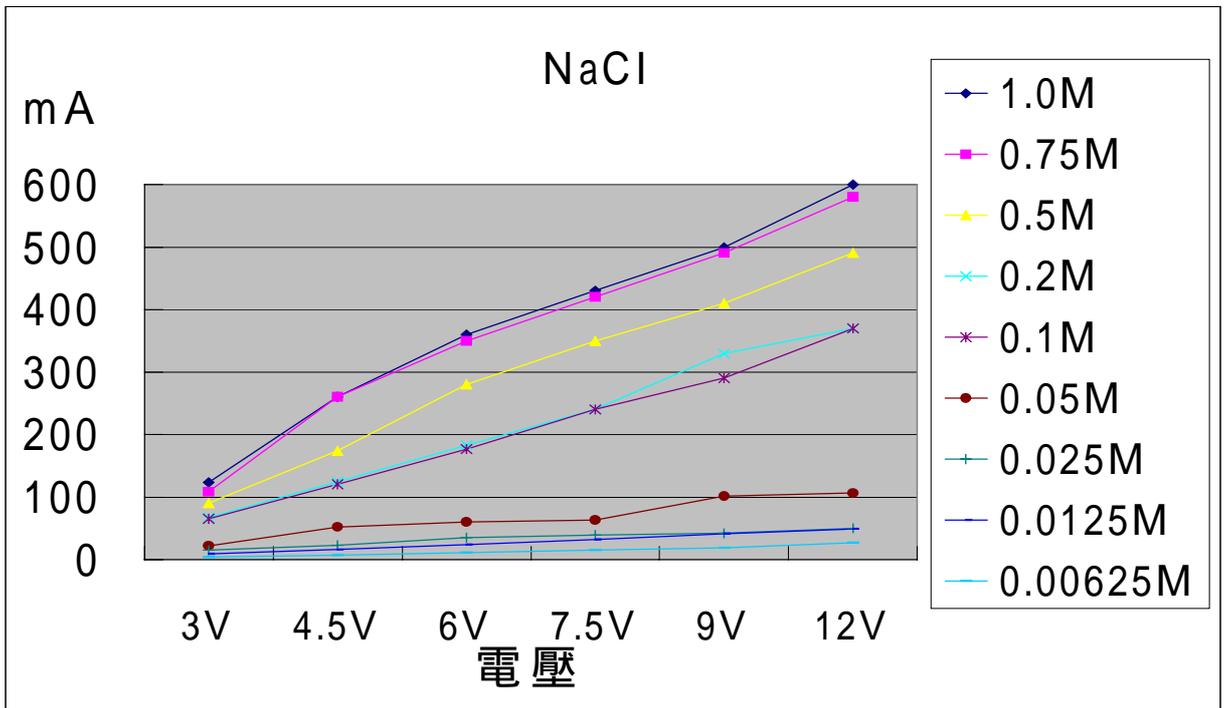


Fig. 6

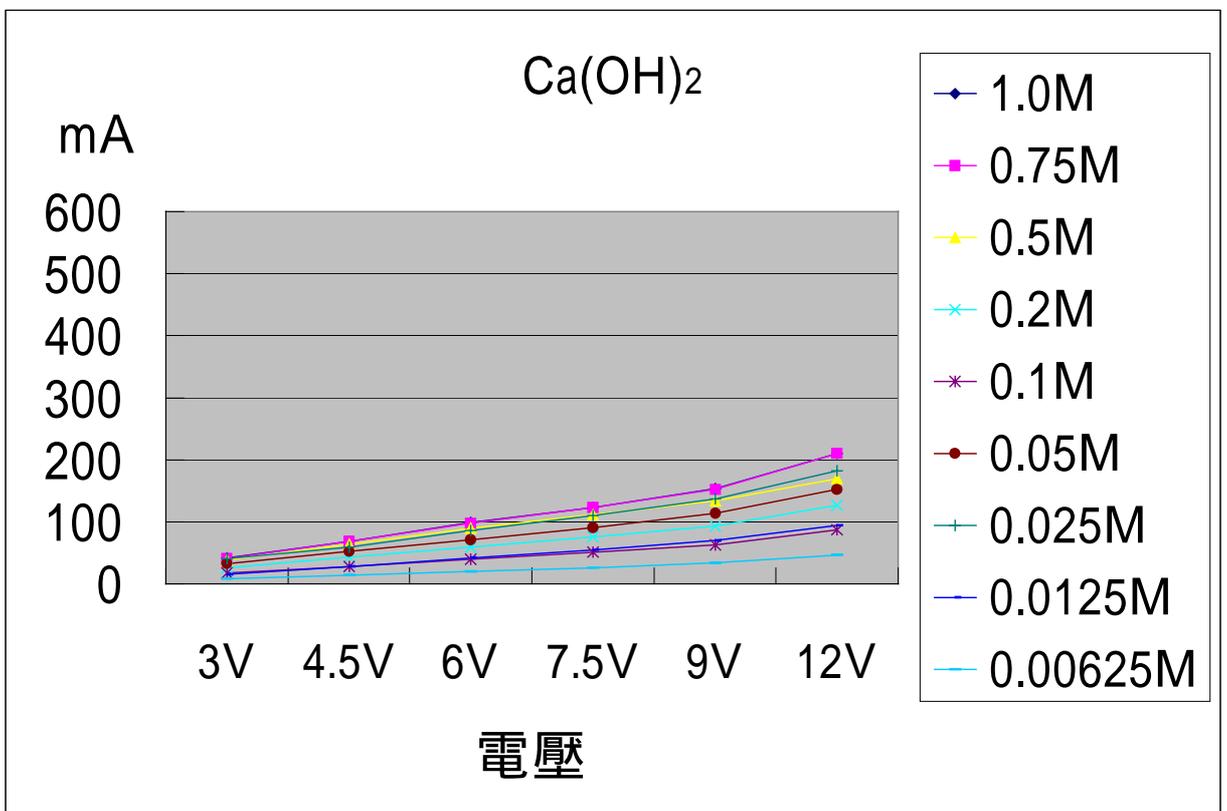


Fig. 7

### 3.分析：

- (1) 電壓越大，電流量越大，成正相關。
- (2) 不論電壓強度大小，加入  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{NaOH}$  的四種電解液，濃度超過 0.75M 後，電流量不升反降。



可調式整流器

### 研究三：探討影響水電解的各項變因

#### 實驗一：電解水溶液的種類性質、濃度、電解時間對氫氧生成速率及

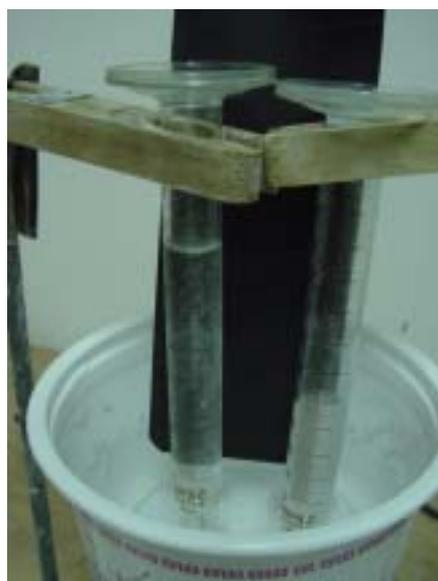
#### 體積比的影響

##### 1.方法：

- (1) 將  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{NaCl}$ 、分別調製不同濃度的電解質水溶液，通入電流進行水的電解(固定電壓 6V)。
- (2) 用碼錶計時分別測 5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分，記錄正負兩極氣體生成的量。



$\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$  都用排水集氣法收集



( + 極 ) ( - 極 )

負極：水溶液白色混濁， $\text{H}_2$  排開量筒的水

正極： $\text{O}_2$  的氣泡不斷生成

## 2. 結果：

### 電解溶液-濃度-氫氧生成量比值的折線圖

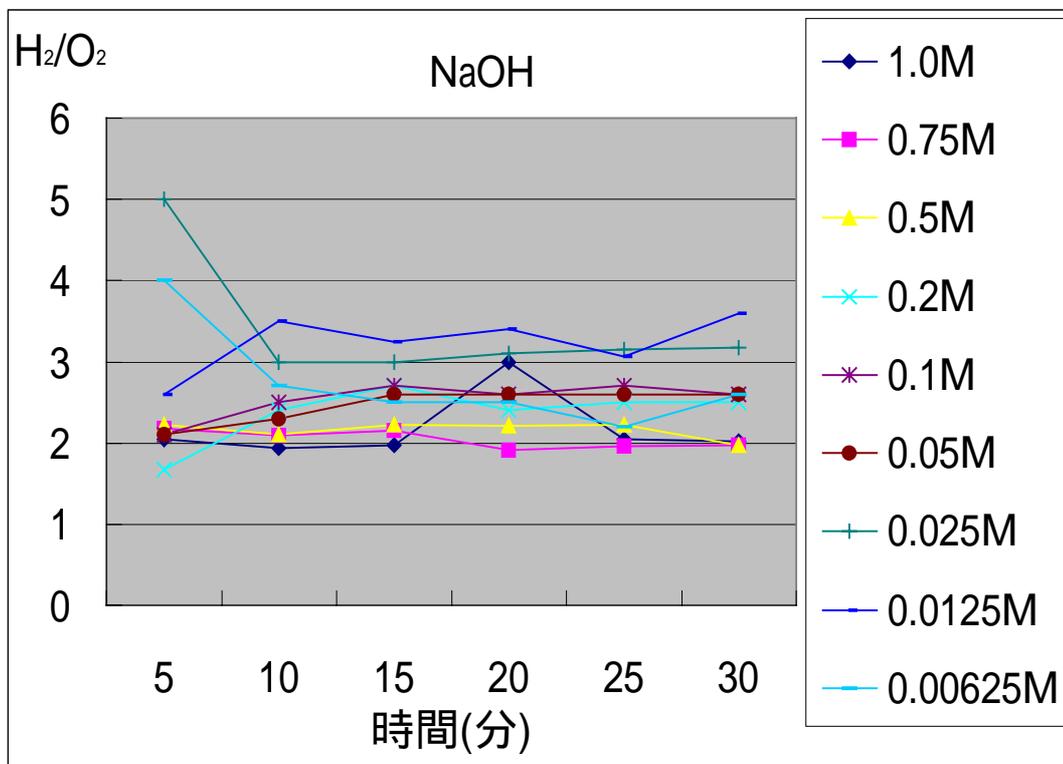


Fig. 8

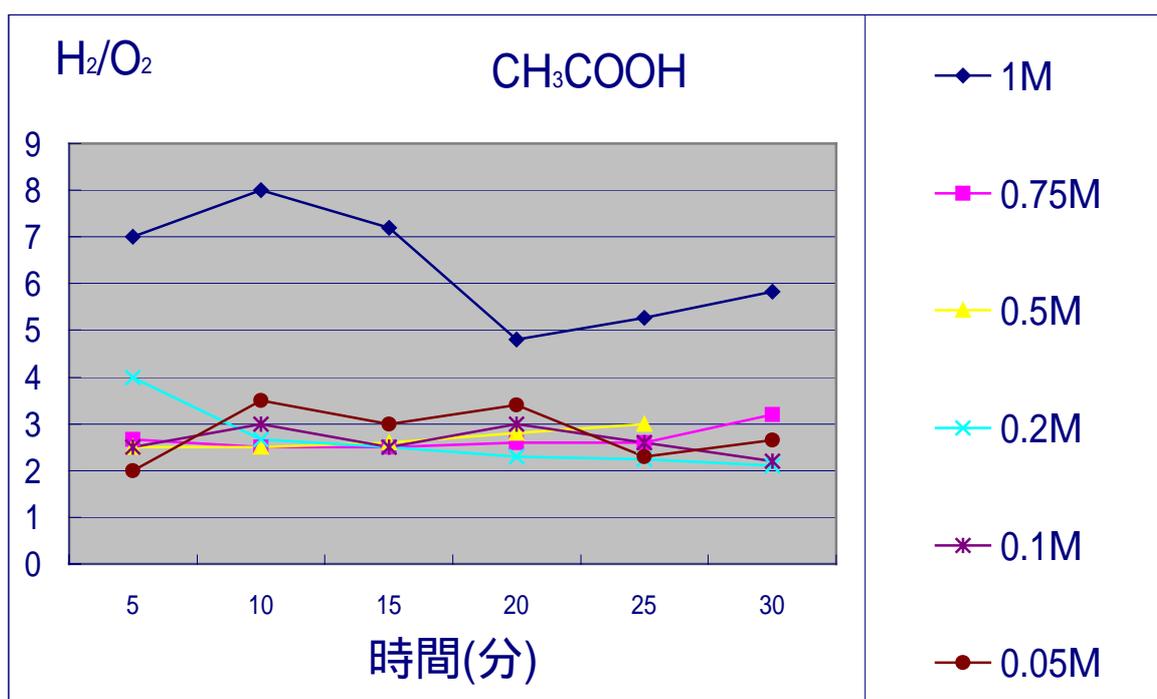


Fig. 9

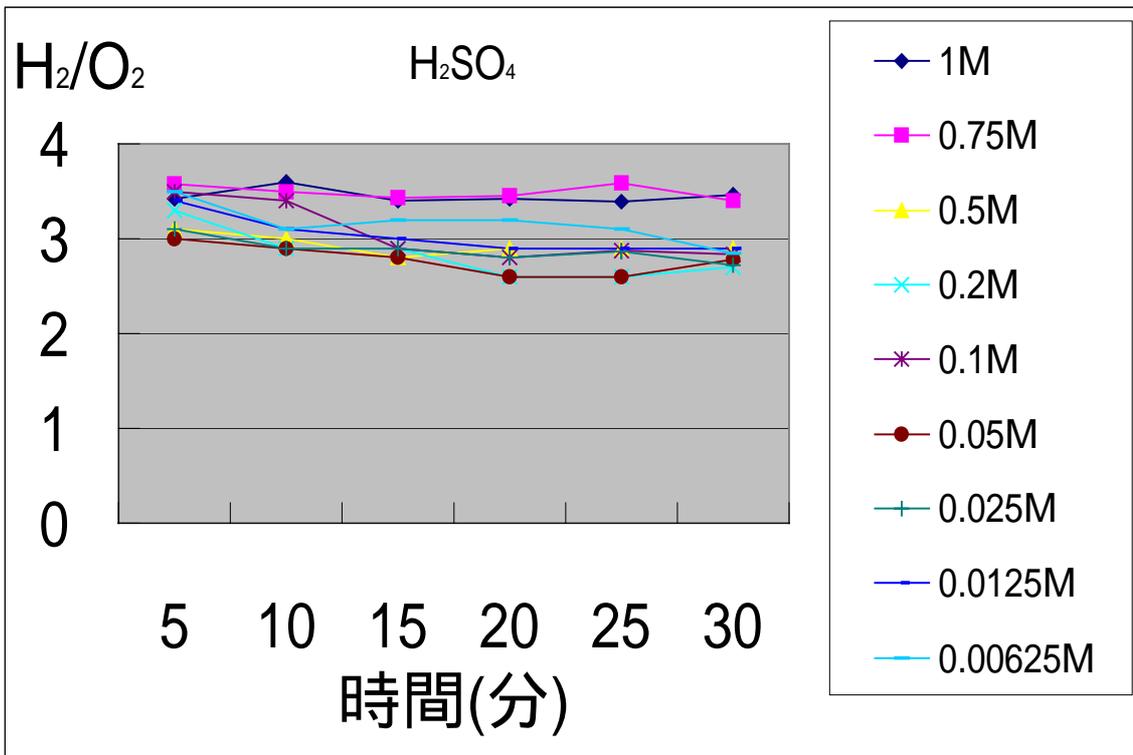


Fig. 10

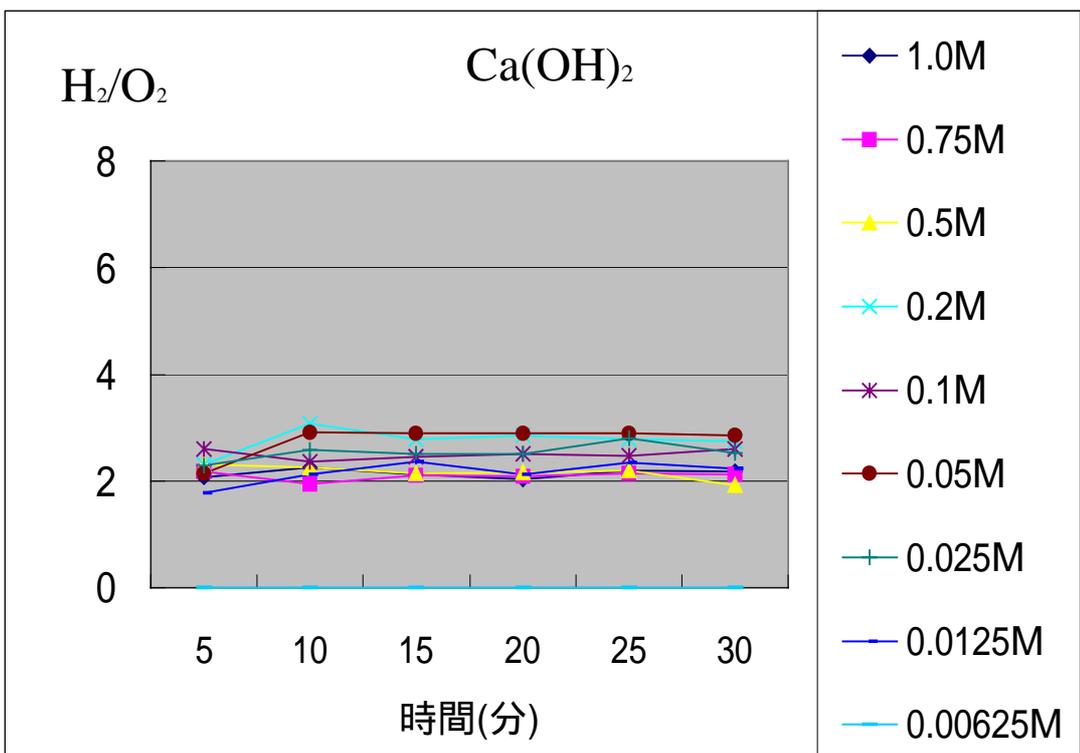


Fig. 11

### 3 分析：

- NaOH
1. 濃度 0.5M 以上，電解較長時間，比值較接近 2，濃度 0.2M 以下則較短的電解時間，氫氧比值較接近 2。
  2. 後期速率快，因電解液濃度增加（但在 1M 時濃度過大 效果變差）。
  3. 1.0M 時在 5 分到 10 分時電解會忽快忽慢。
  4. 我們發現氫氧平均比值最接近 2 的是 0.75M 這是效果最好的電解濃度。

- HCl
1. 以 HCl 當電解液，負極的氫氣生成率很快，很多。正極則不見氧氣生成，反倒有 Cl<sub>2</sub> 的產生。
  2. 當 0.5M 氧的電極附近會由黃色變綠色，乃因產生氯氣的關係。
  3. 當濃度越高，正極的電極(不鏽鋼)就越快斷掉。

#### CH<sub>3</sub>COOH

- 1 電解效果差(規律不明顯)。
- 2 0.2M 時氫氧的比值最接近 2。
- 3 在 1.0M & 0.75M 時電解速度會由慢漸快。
- 4 而在 1.0M 時因為濃度太大，所以電解效果會變差。
- 5 雖然 H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 之比值接近 2，但因氫氧之生成量很少，所以 CH<sub>3</sub>COOH 並不是好的電解液。

#### H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

- 1 當電解 15 分以上氫氧比值最接近 2。
- 2 通常在 5 分時比值都是最大值。
- 3 當 10、20、30 分時我們可以發現時間越久電解的越快，那是因為水會被分解，而當水被分解時，水會減少，濃度增加，電解越快。
- 4 在 0.2M 時氫氧平均比值最接近 2。
- 5 而在 1.0M 時因為濃度太大，所以電解會變差。

#### NaCl

- 1 以 NaCl 當電解液，負極的氫氣生成的速率快，而正極幾乎不見氧氣生成，反倒有 Cl<sub>2</sub> 的產生。
- 2 濃度在 0.75M 以上時，電極(不鏽鋼)會斷掉，電解液變色(綠色)。
- 3 當 0.75M 以上，溶液飽和，鹽無法溶解。
- 4 電解氯化鈉水溶液，於陽極會產生氯氣。所以，可見黃綠色氣體且有臭味。

#### Ca(OH)<sub>2</sub>

1. 氫氧化鈣無法完全溶解。
2. 氫氧的比值大都在電解 5~10 分時，最接近 2。
3. 濃度 0.75M 時，氫氧比值最接近 2。

總結：0.75M 的氫氧化鈉是水電解實驗時最佳的電解液。

## 實驗二：改變電極棒粗細，長短，距離在不同電壓下，產生電流量及氣體生成量，有何不同

- 1.方法：(1) 以 0.75M NaOH 為電解液，選用不鏽鋼為電極棒。  
 (2) 選用不鏽鋼直徑分別為 1.7mm, 0.9mm, 0.7mm, 0.4mm, 0.3mm 作為電極棒。  
 (3) 以直徑 1.7mm 之不鏽鋼為電極棒，選用 1 cm, 2 cm, 2.5 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm 不同長度。  
 (4) 改變電極棒間之距離，對電流量，及氣體生成量之差異

2.結果：(表 16 ---- 表 21 & Fig.12---Fig.17)

(1) 電極粗細 (表 16)

電流量 電壓 \ 直徑	1.7 mm	0.9 mm	0.7 mm	0.4 mm	0.3 mm
3V	230	210	220	180	160
4.5V	340	330	330	320	290
6V	430	420	420	400	370

(2) 電極長短 (表 17)

電流量 電壓 \ 長度	1 cm	2 cm	2.5 cm	3 cm	4 cm	5 cm
3V	230	250	250	270	290	290
4.5V	320	340	350	380	380	390
6V	400	430	430	460	460	470

(3) 電極間的距離 (表 18)

電流量 電壓 \ 距離	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
3V	220	220	210	200	190	180
4.5V	320	310	300	300	290	280
6V	400	400	390	380	370	370

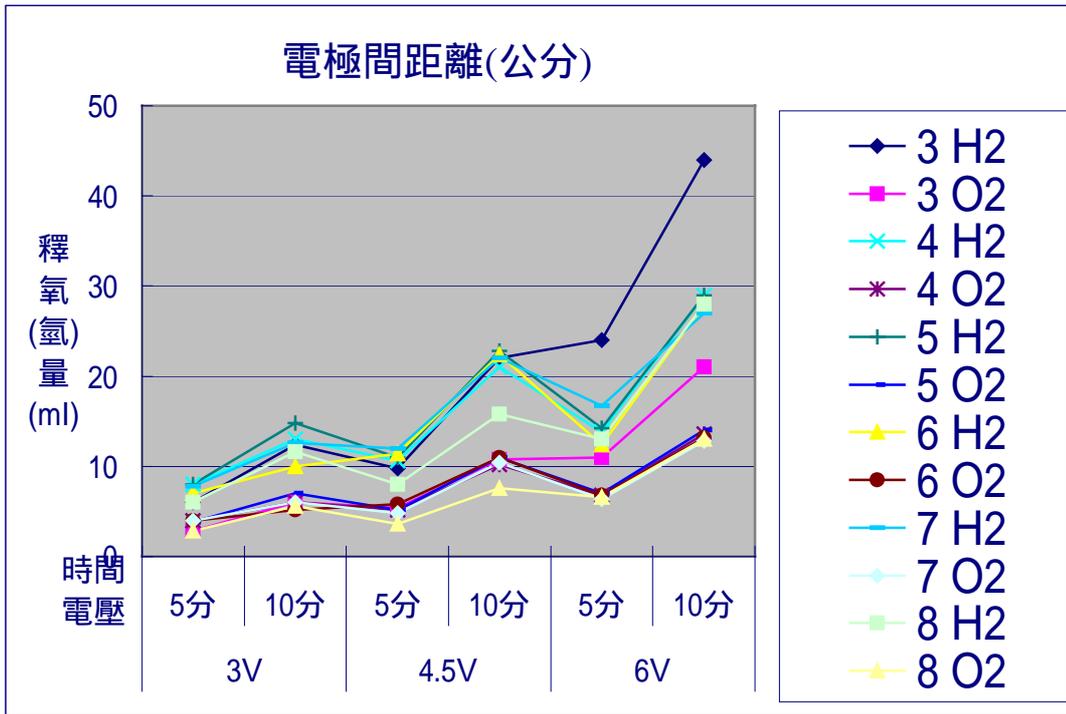


Fig. 12 : 不同電壓、距離，經 5 分、10 分產生氫、氧量的折線圖。

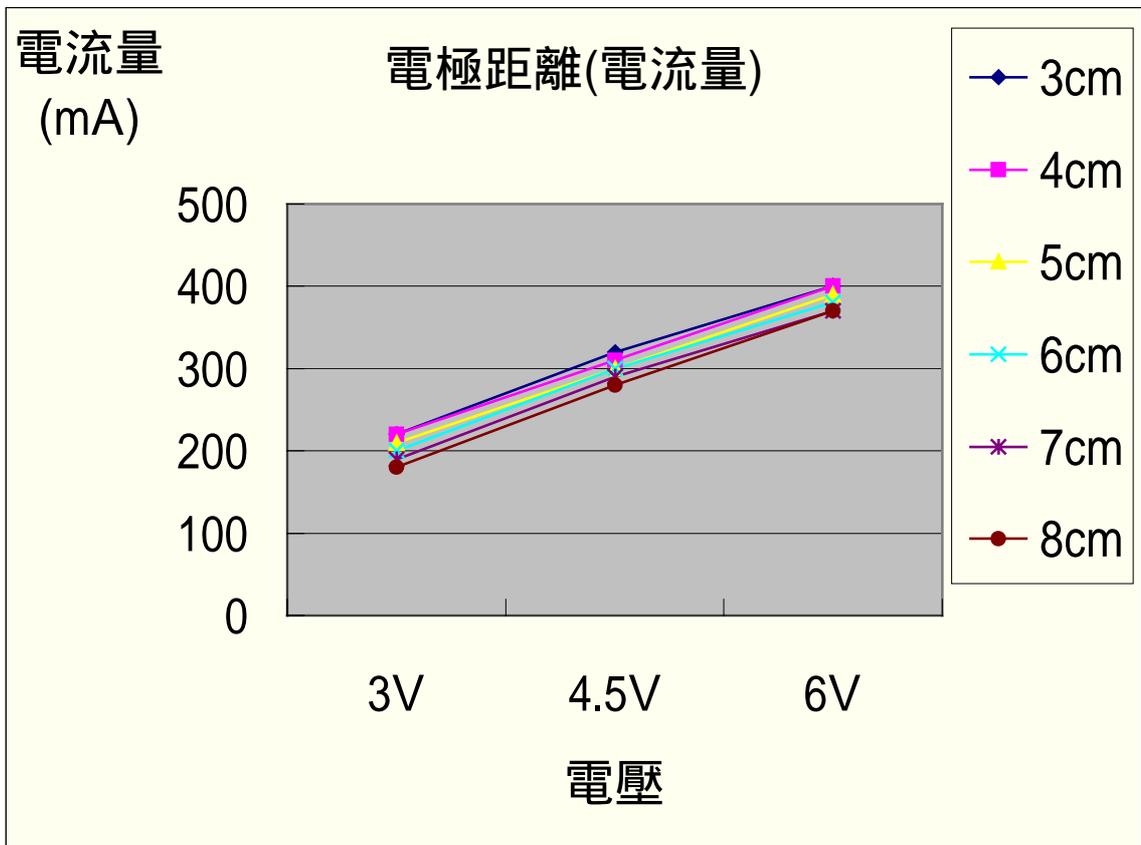


Fig. 13 : 距離 - 電壓 - 電流量的折線圖。

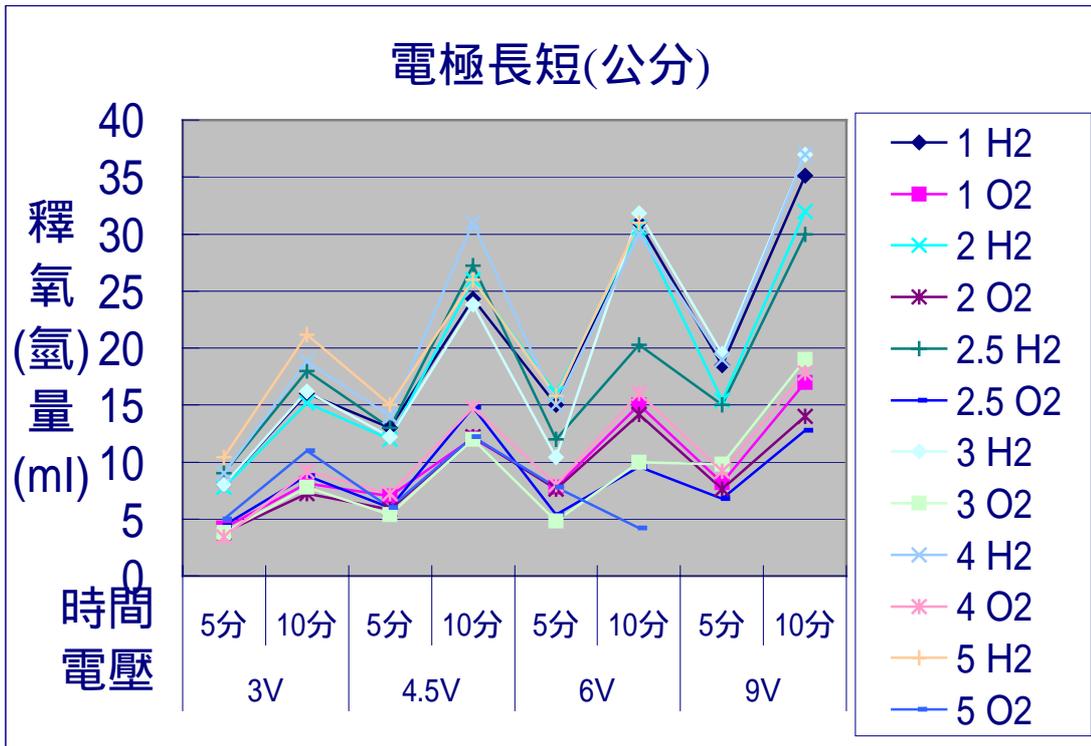


Fig. 14 : 不同電壓、長短，經 5 分、10 分產生氫、氧量的折線圖。

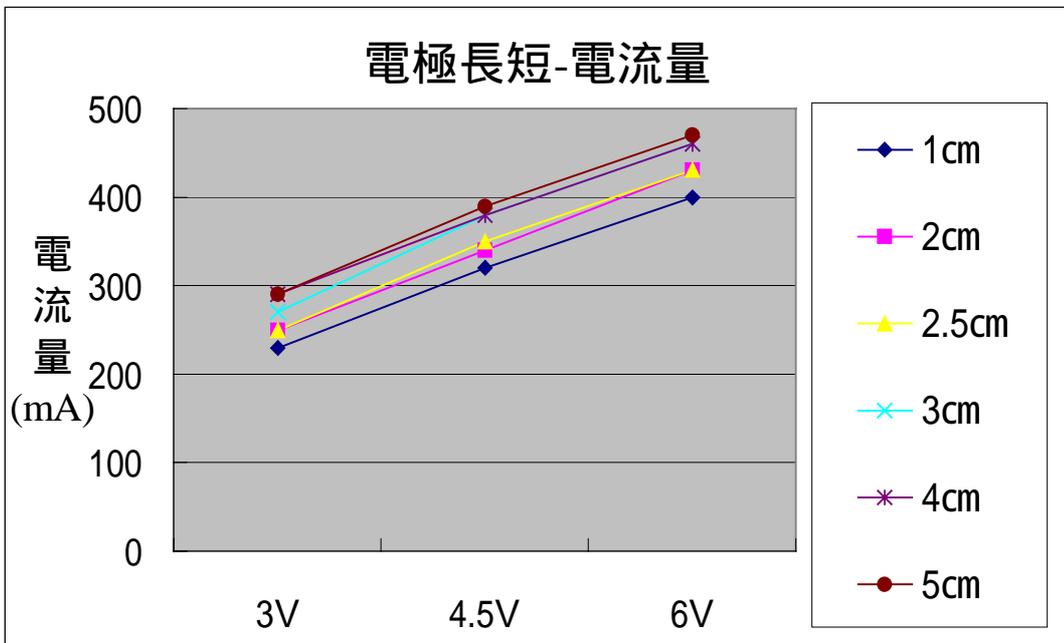


Fig. 15 : 長短 - 電壓 - 電流量的折線圖。

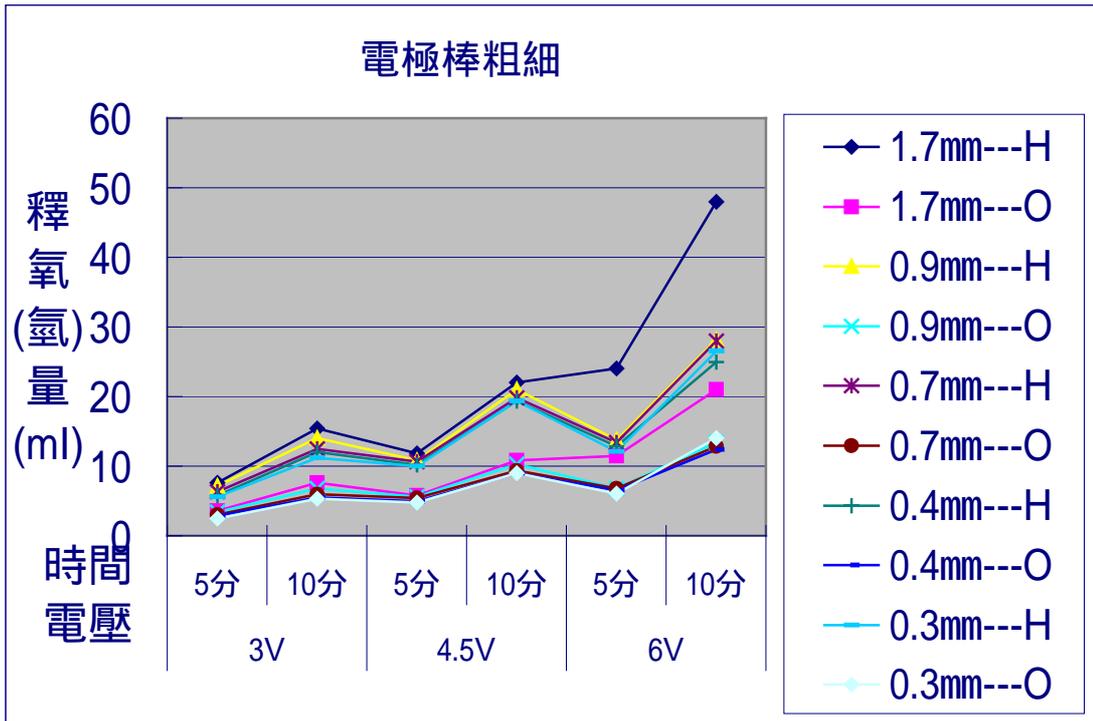


Fig. 16：不同電壓、粗細，經 5 分、10 分產生氫、氧量的折線圖。

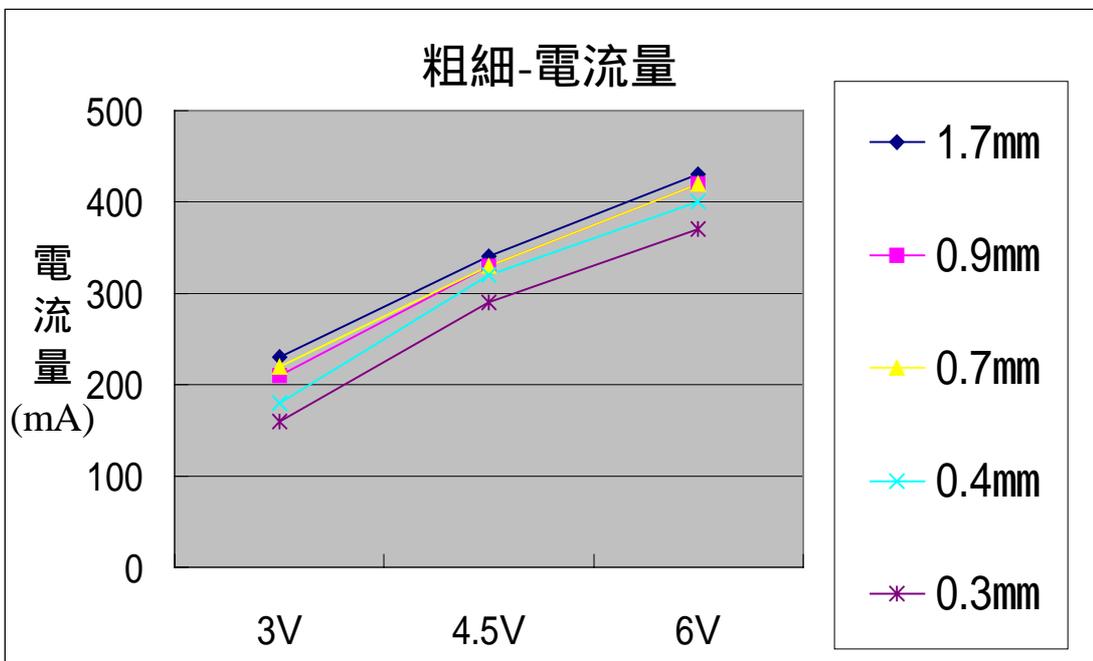


Fig. 17：粗細 - 電壓 - 電流量的折線圖。

### 3.分析：

#### (1).電極的粗細

1. 電極越粗，釋氧(氫)量越多(以 6V 來說)。
2. 如果要比值越接近 2，那電壓不能過低。
3. 在 4.5V 時，以 0.9 mm 針頭的比值最接近 2。
4. 在 6V 時，以 0.4mm 的比值最接近 2。
5. 0.3 mm 的針頭，因為較細，電極面積較小，所以電流量小。
6. 0.9 mm 的針頭雖比 1.7 mm 的針頭細，但電流量是最大的。

#### (2).電極間的距離

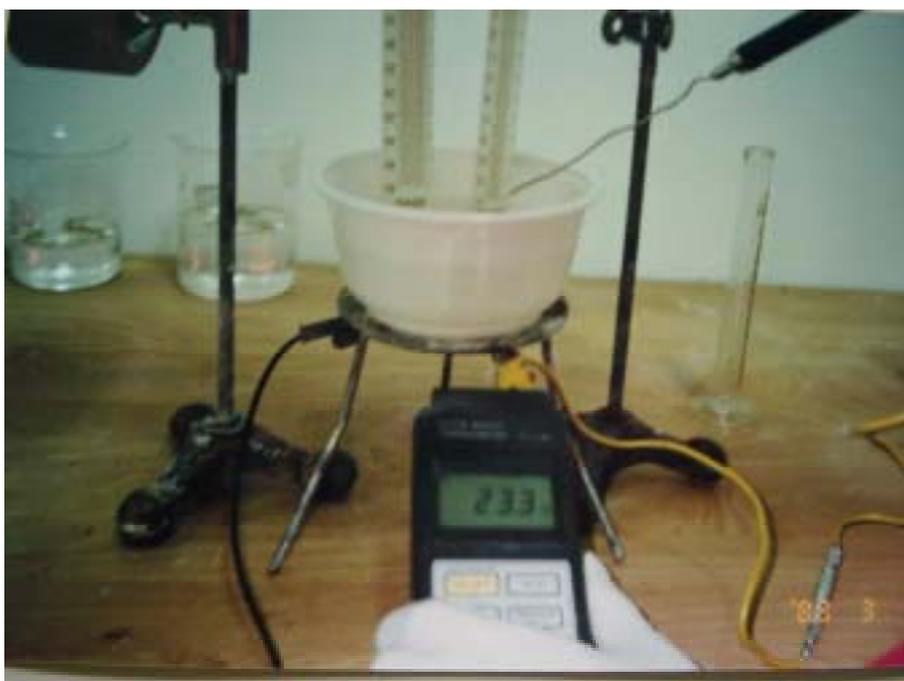
1. 在 6V 時，距離越近釋氧(氫)量越多。
2. 電壓 6V 時，電極距離 4 cm、5 cm 時，氫氧的比值最接近 2。
3. 距離 3 cm 時，電流量最大。
4. 所以，我們推測，電極距離越大，電阻越大，電流量應越小。

#### (3).電極的長短

1. 5 cm 的針頭，因為太長，加上釋氧(氫)量很大，所以不易實驗。
2. 以 2.5 和 4 cm 的針頭釋氧(氫)量最多，但是以 2.5 cm 的比值最好。
3. 在 2 cm 的針頭，在 6V、9V 的時候的五分鐘時釋氧(氫)量有明顯下降。
4. 從 3 cm 開始有較明顯的規律，釋氧(氫)量越長越大。
5. 在測電流量時，我們發現電極越長，因電極接觸面積大，所以電流量越大。

### 實驗三：改變電解液的溫度，觀察其對電流量及氣體生成量的影響

1. 方法：選用 0.75M NaOH 分別在 5 ， 10 ， 15 ， 25 ， 35 ， 45 ， 65 不同溫度下測其電流量及氫氧生成量。



利用電子溫度計量電解液的溫度

### 2. 結果：(表 22、表 23、 Fig.18 & Fig. 19)

(表 22)

溫度 電流量 電壓	5	10	15	25	35	45	65
3V	200	200	210	210	230	260	260
4.5V	320	330	340	330	330	370	380
6V	410	420	430	430	440	450	450
9V	510	520	550	560	560	570	580

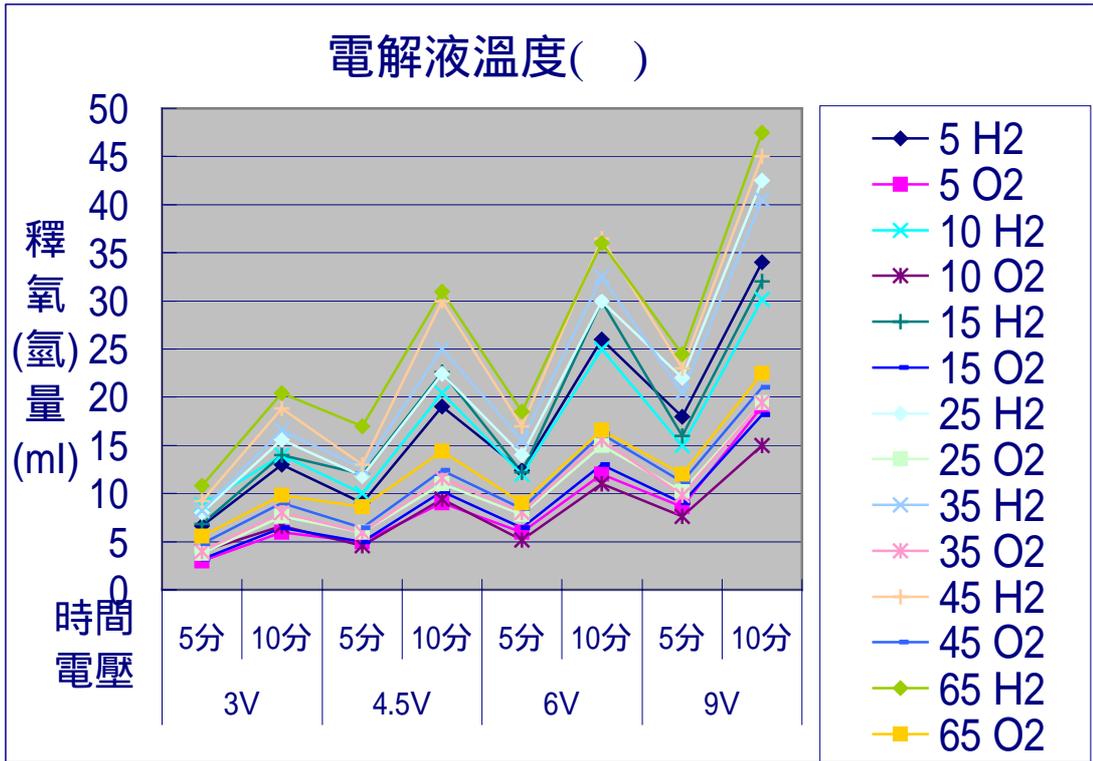


Fig. 18 : 不同電壓、溫度，經 5 分、10 分產生氫、氧量的折線圖。

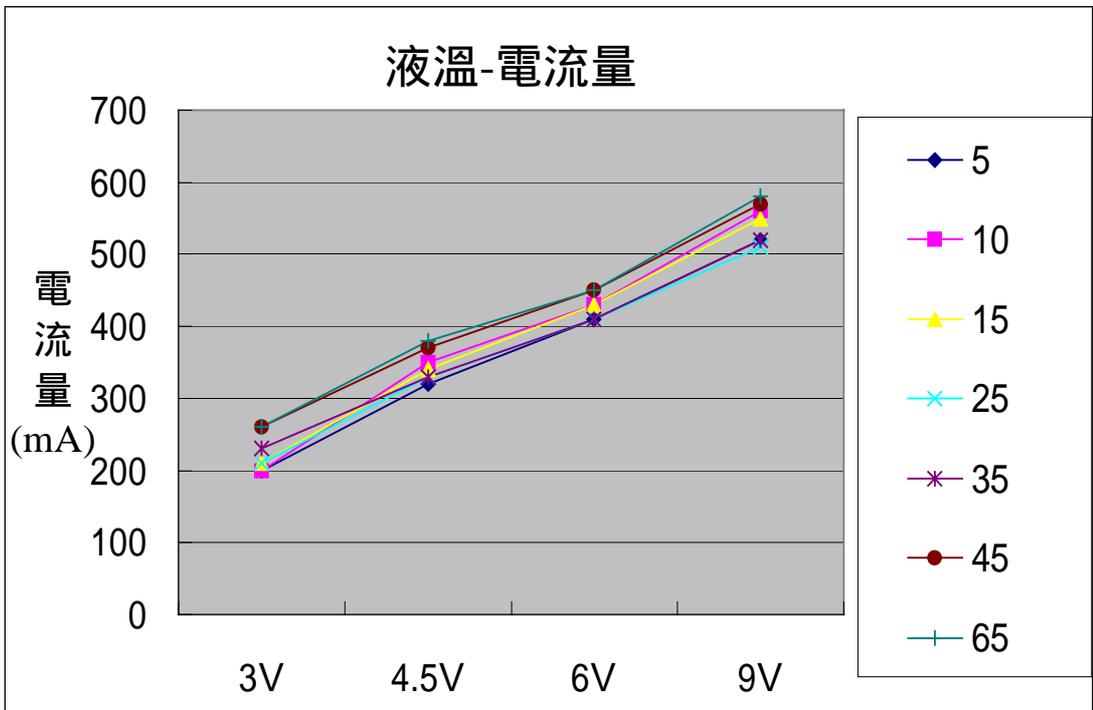


Fig. 19 : 溫度 - 電壓 - 電流量的折線圖。

### 3.分析：

- (1). 溫度越高，釋氧（氫）量越多。
- (2). 溫度越高，電流量越大。
- (3). 在 6V 和 9V 時，5 的釋氧（氫）量比 10 和 15 多。
- (4). 5 時比值差較大。
- (5). 在 25 常溫下的比值最接近 2。
- (6). 這個實驗溫度，只固定電解前的液溫，通入電流後，不再控制液溫維持在固定的溫度。
- (7). 因為 NaOH 放入水中是放熱反應，所以，低於.5 的電解液很難控制。



電子溫度計

#### 研究四:探討電解質水溶液電解前後的性質變化

1. 方法：電壓 6V、 0.5M NaOH 溶液開始電解.經過一段時間再測其正、負極之 PH 值的變化。



利用 PH 測試儀量正負極電解液的 PH 值

#### 2.結果：(表 24)

電極	時間	0 分	120 分
	酸鹼值		
負極		12.16	12.33
正極		12.16	11.85

### 3. 分析：

(1) 電解 2 小時後，電極正負極的 PH 值有微量的變化，陰極 (負極) 的 PH 值增加，陽極 (正極) 的 PH 值降低。

(2) 正極的反應式:  $2\text{OH}^- \rightarrow 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

負極的反應式:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

於電解過程中，電解質的 mole 數不變，而水量減少，因此電解質濃度漸增。負極的  $[\text{OH}^-]$  增加，所以 PH 值變大，正極的  $[\text{H}^+]$  增加，所以 PH 值變小。



PH 測試儀

## 研究五:---改良式電解裝置

1.利用連通管原理，以 T 型管，有刻度的注射針筒、膠塞、活栓、寶特瓶瓶口與瓶蓋、以 AB 膠、silicone 連結而成的--改良式電解裝置。

### 2.製作方法：

- (1)把 4 支 25ml 針筒的底部切除。
- (2)把 2 支 60ml 針筒，封住針頭小孔。
- (3)切除寶特瓶的瓶口；另於底座上挖 4 個與瓶口相同大小的洞。
- (4)分別在 6 支針筒接近底部的筒壁上，相對高度鑽洞。
- (5)先將 2 支 25ml 針筒與 T 型管連接，以 AB 膠固定並防止溶液外洩；共有 2 組。
- (6)上敘所得的連結體的 25ml 針筒的底部與寶特瓶的瓶口以 AB 膠密接。
- (7)兩組分別水平定位在底座上，T 型管再與 60ml 針筒以 AB 膠密接。
- (8)T 型管與 3 支針筒的連結體以 silicone 固定於底座；寶特瓶的瓶口凸出底座之下。
- (9)數個瓶蓋分別打洞，接上不同材質的電極棒，由底座的底部旋轉固定。
- (10) 於底座的底部，加上 3 支腳架，以利電線接電。
- (11) 活栓插入膠塞，成一氣體控制開關。
- (12) 將控制開關塞入 25ml 針筒的頂部，完成改良式電解裝置。

### 3.改良式電解裝置的優點：

- (1)操作較精確，有效率，攜帶又方便。
- (2)收集氣體，檢驗氣體方便又安全，只要扭開活栓，氣體跑出就可測得。
- (3)對氣體生成量的測量更精確。
- (4)更換不同的電極棒，非常容易、簡便。
- (5)數個裝置在一起，可同時比較實驗結果。

### 4 製作過程：



25ml 針筒的底部切除。(步驟 1)



60ml 針筒封住針頭小孔。(步驟 2)

(步驟 3)



裝上 T 型管連接，以 AB 膠固定。

(步驟 4)



25ml 針筒的底部與寶特瓶的瓶口以 AB 膠密接。

(步驟 5)



底座上挖 4 個與瓶口相同大小的洞。

(步驟 6)



水平定位在底座上。

(步驟 7)



T 型管再與 60ml 針筒以 AB 膠密接。

(步驟 8)



以 silicone 固定於底座。

(步驟 9)



T 型管與針筒的連結體固定於底座。

(步驟 10)



加上 3 支腳架，以利電線接電。

(步驟 11)



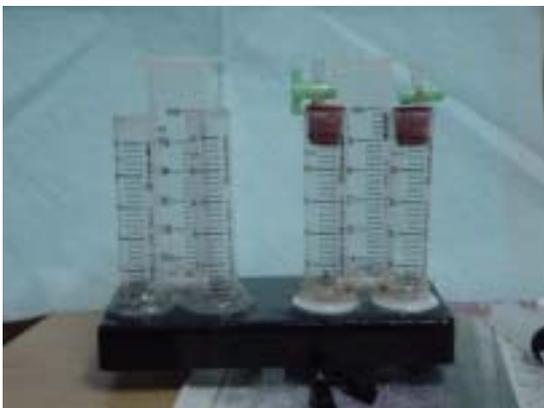
瓶蓋分別打洞，接上電極棒。

(步驟 12)



完成的電極棒。

(步驟 13)



裝上氣體控制開關，完成電解裝置。

(步驟 14)

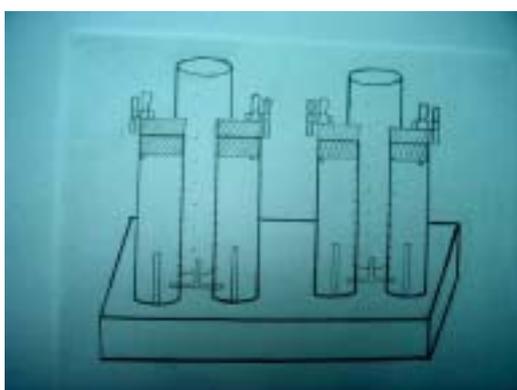


由底座的底部接上電源。

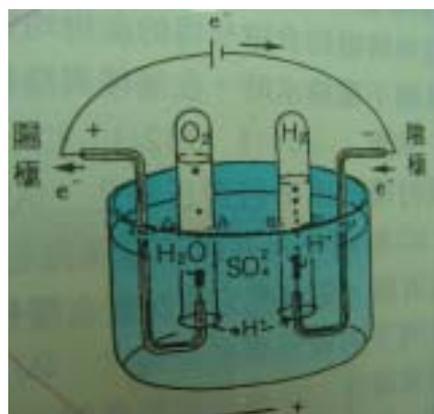
## 伍. 討論

1. 一般來說，若以 6 V 的電池來電解純水，由於純水中，離子濃度非常地少，以致於導電性差，使得電解無法進行。若在水中加入其他鹽類物質，很快地氫氣和氧氣，分別在正、負兩極的電極中產生。
2. 不銹鋼裡頭添加有鉻、鎳，耐蝕性極佳，在大氣中、水中或是化學藥品裡，都不易腐蝕。由「不銹鋼」這個名稱，大部分的人都會誤以為這種鋼不會生鏽。事實上，不銹鋼並不是不會生鏽，只是它所生的鏽 - 鉻的氧化物，非常安定，不但形成一層具有保護作用的膜；而且這層膜能和內部金屬緊緊密接在一起，不易剝落。
3. 一般來說，金屬片都可以做水電解的電極，由 (表 1)(表 2) 數據比較中，我們發現金屬片做為電極之前，有先被砂紙刷過及未被砂紙刷過的金屬片，其電流量、氫氧生成量都有差異。也就是說，金屬片有否形成氧化物是會影響其氫氧生成量、及電流量。至於被刷過的金屬片，電解液中可見有顏色的變化，應該就是金屬電極也參與了反應，而產生金屬離子的緣故。
4. NaOH、Ca(OH)<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、HCl、NaCl 都是強電解質，但我們由(表 3)中發現，濃度的大小會影響他們的導電效果和電流量的大小，而且每一種溶液的最適合當電解液濃度的差異性也很大。如：NaOH 0.75M, Ca(OH)<sub>2</sub> 0.75M, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2M.等,是比較理想的電解液濃度。
5. 由 (表 10~表 15) 的數據中，我們覺得溶液莫耳濃度太低時，常只有微量的氣泡產生，H<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> 的比值差異性很大。即使 H<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> 之比值接近 2，但因 H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> 之生成量很少，所以，我們以為其比值所代表意義不大。
6. 電解 NaCl、HCl 時，陽極幾乎看不到產生 O<sub>2</sub> 的氣泡，反而產生多量的氯氣。  
因為正極的反應式： $2\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^{-}$
7. 電解質水溶液電解前後，其電極的 PH 值有些許的變化，反應式：  
負極： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^{-}$   
正極： $2\text{OH}^{-} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^{-}$   
於電解過程中，電解質的 mole 數不變，而水量減少，因此電解質濃度漸增。陰極的[OH<sup>-</sup>] 增加，所以 PH 值變大,陽極的[H<sup>+</sup>] 增加，所以 PH 值變小。

8. 在做 HCl、NaCl 氫氧生成體積比的實驗時，正極的電極會斷掉，是因為濃度太大(0.75M、1M) 時，只有正極會斷掉，是跟氯離子有關。當濃度過大時，氯離子會跑到液面上，而當電開關一打開，電流一通過，加快反應速率，而氯離子帶負電就會跑到正極去，所以正極會在接觸面上立即斷裂。
9. 針對傳統電解裝置的缺點，製作出改良式的電解裝置，使在操作上更方便，更精確，收集氣體也更安全。詳見下圖比較：



改良式電解裝置



傳統電解裝置

## 陸. 結論

- 1.雖然一般人可能認為“水電解”，是一原理很簡單的實驗，但在我們不斷以各種不同的變因重複做電解的實驗時，我們發現，即使小小不經意的實驗，卻也蘊藏許多大學問在裡面呢！
- 2.由(表 1)、(表 2)，我們發現，Fe、Cu、Zn、Ni、不銹鋼，都是不錯的電極材質，但因為 Fe、Cu、Zn、Ni 都屬活性電極，也就是說，通電電解時，這些活性金屬電極也可能參加反應，發生正極溶解  $M \rightarrow M^{n+} + ne^{-}$ ，所以通常電解實驗時，多不考慮用這些金屬片做電極，而不銹鋼則因它的特性耐腐蝕，非常安定，導電性好等諸多優點，很適合做電極棒。
- 3.碳棒是一惰性電極，本身不會參與電解反應，其電流量，氫氧生成量也不錯，取得也方便，所以常被用作電解實驗的電極。而除了碳棒之外，黃金、白金也都屬於惰性電極。
- 4.電解質熔化或溶於水後，產生了自由移動的陰陽離子，所以能夠導電。而溶液導電度的大小決定於自由移動離子的存在，離子濃度的高低，離子的移動速度。所以由(表 3)可以發現，一般電解質水溶液的濃度越高，導電效果越好，電流量越大。但稀硫酸、氫氧化鈉二種電解液的濃度超過 0.75M 後，溶液的導電效果變差，電流量反轉下降。
5. 由(表 4~表 9)的實驗數據中，我們發現不論電壓強度大小，加入  $H_2SO_4$ 、 $HCl$ 、 $CH_3COOH$ 、 $NaOH$  的四種電解液濃度超過 0.75M 後，電流量不升反降。
- 6.由(表 10~表 15)的實驗數據中，我們的總結是 0.75M 的氫氧化鈉是水電解實驗時最佳的電解液。
- 7.一般而言，電解液溫度越高，電流量越大，氫氧生成量也越多。
8. 在 25 常溫下， $H_2/O_2$  的比值最接近 2，最適合做為電解溶液的溫度。
9. 電解質水溶液電解前後，正負極的 PH 值會改變，正極會減少，負極會增加。因為正極產生  $O_2$ 、 $H_2O$ ，負極產生  $H_2$ 、 $[OH^{-}]$ 。

10. 電極棒的粗細、長短及電極間的距離，也會影響電解的電流量和氫氧生成量。一般而言，電極棒越粗越長，因接觸面積大，電流量會較大，氫氧生成量也會較多，而電極間的距離小，電流量大。由(表 21)數據，以 3~5cm 的距離時，氫氧生成量最接近 2 的比值。
- 11 當把兩個金屬物體（電極）插入電解質溶液，並通以電流時，就構了電解池。這時電解質中的正、負離子向不同的極性的方向移動；在負極，物質得到電子發生還原過程，成為陰極；在正極，物質失去電子發生氧化過程，成為陽極；因此，電化學反應從整體來說，是一種氧化－還原反應。

## 柒. 參考資料

- 1.國中理化參考書
- 2.高中化學教科書
- 3.兒童大百科
- 4.牛頓科學大百科
- 5.自然科學大百科
- 6.大學化學
- 7.分析化學
- 8.大不列顛百科全書

**(第三名)**

由教材延伸的實驗具創意，利用簡易素材改良實驗裝置，學生表達能力及合作精神佳。