

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030204

臺北市立東湖國民中學

指導老師姓名

謝輝龍

作者姓名

簡郁芬

郭雨柔

李怡廷

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會  
作品說明書

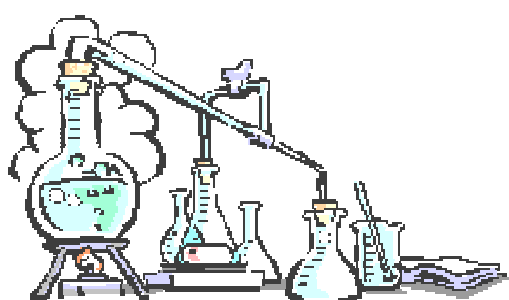
科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：改良電解水的裝置並探討電解速率的影響因素

關鍵詞：實驗改良、電解水、電解速率

編號：



# 目 錄

壹、研究摘要.....	1
貳、研究動機.....	1
參、文獻探討.....	1
肆、研究目的.....	2
伍、實驗器材與藥品.....	2
陸、研究過程、結果與討論 .....	2
一、檢視課本的實驗裝置 .....	2
(一)、實驗 A：測量氫、氧體積比的誤差 .....	2
(二)、實驗 B：課本裝置的電解速率 .....	2
(三)、課本裝置的實驗缺失 .....	3
二、改良裝置－「懸吊式」與「密閉式」 .....	3
(一)、懸吊式裝置 .....	3
(二)、密閉式裝置 .....	4
(三)、實驗 C：尋找合適的電極材料 .....	5
三、探討電解速率的影響因素 .....	5
(一)、實驗 D：電極材料的表面積 .....	6
(二)、實驗 E：氫氧化鈉的濃度 .....	6
(三)、實驗 F：電壓 .....	7
(四)、實驗 G：注射筒在溶液中的高度 .....	8
(五)、實驗 H：溶液的溫度 .....	8
(六)、實驗 I：兩電極間的距離 .....	9
(七)、實驗 J：「密閉式」裝置正、負極間通電導管的口徑大小 .....	9
四、檢測「懸吊式」與「密閉式」裝置的實驗成效 .....	10
(一)、實驗 K：「懸吊式」的成效.....	10
(二)、實驗 L：「密閉式」的成效 .....	10
(三)、實驗 M：氫、氧性質檢測所需的體積量 .....	11
柒、結論 .....	11
捌、參考資料 .....	12

# 改良電解水的裝置並探討電解速率的影響因素

## 壹、 研究摘要：

研究電解水的改良裝置，以克服課本中的實驗缺失，經過多次的改良與測試，完成「懸吊式」及「密閉式」兩套電解水裝置。為讓改良裝置能推廣於教學中，特以改良裝置探討電解速率的影響因素，尋找合適的控制變因，提供教學參考。

經過研究所得成果如下：1.提升了電解速率，縮短實驗時間。2.操作上手不用接觸 NaOH 溶液，電極以迴紋針替代注射針，增加實驗的安全性。3.以定量方法探討電極間的距離和電解速率的關係，克服課本中肉眼不易觀察的困擾。4.可大幅度節省藥品，避免環境污染。5.密閉式改良裝置，非常適合教師在教室中操作。6.可提供多次氫、氧性質的檢測，讓組員都有操作的機會，提升學習興趣。

## 貳、 研究動機：

課本實驗 13-4「電解水」的活動，必須手戴橡膠手套浸入 NaOH 溶液中操作，溶液難免滴到桌面，讓紀錄本或手臂碰觸到，以致造成污染或傷害（圖 1）；而且電解速率緩慢，收集半支試管的氫氣，花了 30 餘分鐘（圖 2），浪費許多時間在聊天上，我們把這些問題向老師反應，老師說：「實驗的裝置或控制變因是否完善，影響著教學的安全與成效，研究與改良這個實驗，應當是很有實用價值的科展題材。」在老師的鼓勵與指導下，著手進行改良電解水裝置的研究。



圖 1：課本裝置必須手戴橡膠手套浸入溶液中操作。



圖 2：課本裝置的電解速率緩慢。

## 參、 文獻探討：

一、純水不易導電，加入 NaOH 只為幫助導電，以達電解水目的。

國立編譯館(民 79)：國中理化(一)，第 52 頁

二、負極半反應： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

正極半反應： $2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{e}^- + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

電解水的反應式： $\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$  曾國輝編著：氧化還原反應，第 115 頁

三、亞佛加厥假說：同溫同壓下，同體積的一切氣體都含有同數目的分子，換言之，氣體

的分子數比等於體積比，依據電解水反應式，可知電解水產生氫氣與氧氣的體積比是 2 : 1。

國立編譯館(民 86)：國中理化(二)，第 2 頁

四、電解速率可以 O<sub>2</sub> 體積的生成速率或 H<sub>2</sub> 體積的生成速率表示。

國立編譯館(民 85)：國中理化(三)，第 97 頁

#### 肆、研究目的：

- 一、針對課本實驗所發現的缺失問題，設計兩種改良的實驗裝置，希望提升實驗的安全及教學成效。
- 二、探討電解速率的影響因素，為改良裝置尋找合適的控制變因，提供教學上參考。

#### 伍、實驗器材與藥品：

氫氧化鈉、蒸餾水、注射筒(25mL)、大注射筒(30mL)、注射針頭、6 號橡皮塞、量筒、試管、電子天平、鉛筆芯、鋅片、鉛片、鐵釘、直尺、碼表、鐵絲、迴紋針(28mm)、剪刀、美工刀、單刀開關、線香、火柴、捐血袋、玻璃棒、量液瓶、玻璃管、橡皮筋、塑膠管、鐵夾子、魔鬼沾、壓克力板、熱熔膠、熱熔膠槍、電池座(6V)、1 號乾電池、鑽孔器、直流電源供應器、附鱷魚夾導線、滴定管夾、鐵架。

#### 陸、研究過程、結果與討論：

##### 一、檢視課本的實驗裝置

##### (一)、實驗 A：測量氫、氧體積比的誤差

操作方法：如圖 3，以透明膠帶將直尺黏貼在裝滿水的試管上，然後以注射筒注入已知量空氣，再讀取試管內液面的下降高度，如下表：

注入的空氣量 (mL)	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.4	12.8	...
管內液面下降高度(cm)	0.35	0.50	0.80	1.30	2.40	4.50	8.81	...
管內液面下降高度比	1 : 1.43		1 : 1.63		1 : 1.88		1 : 1.96	



圖 3：注入已知量的空氣，讀取液面下降的高度

##### (二)、實驗 B：課本裝置的電解速率

##### 1. 實驗設計：

控制變因						操縱變因
電極材料	電壓	NaOH 濃度	電極間距離	電解液溫度	電解時間	電源種類
注射針頭	6V	1.0M	兩試管靠緊	約 17°C	25 分鐘	

##### 2. 實驗結果：

電源種類	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	氫、氧體積比 ( H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/min)
1 號乾電池	9.0	4.4	2.05 : 1	0.36
直流電源供應器	11.5	5.7	2.02 : 1	0.46

### (三)、課本裝置的實驗缺失

1. 注入管內的空氣量和管內液面下降的高度，並非正比關係，課本中以測量管內液面下降的高度比，作為氫、氧的體積比，此測量法在儀器本身上已存在誤差，誤差量的大小，隨著管內氣體量的增加，逐漸縮小。
2. 課本裝置的電解速率慢，需要較長時間收集氣體，加上實驗時間的限制，無法收集較多氣體，所以利用液面下降的高度比，作為氫、氧的體積比，便存在不可忽視的誤差。
3. 手戴橡膠手套進出氫氧化鈉溶液，容易將強鹼溶液汙染桌面和紀錄本，若皮膚不慎接觸桌面上的強鹼溶液，往往不知馬上處理，而受到實驗傷害。
4. 注射針當電極材料，操作上有被刺傷的危險，而且注射針移入試管中時，發現在電解之前，針頭常會冒出兩三顆氣泡，增加實驗的操作困擾。
5. 改變兩電極間的距離，用肉眼觀察氣泡生成速率的變化，發現變化並不是很明顯，以致觀察上有困難。

## 二、改良裝置－「懸吊式」與「密閉式」

### (一)、懸吊式裝置

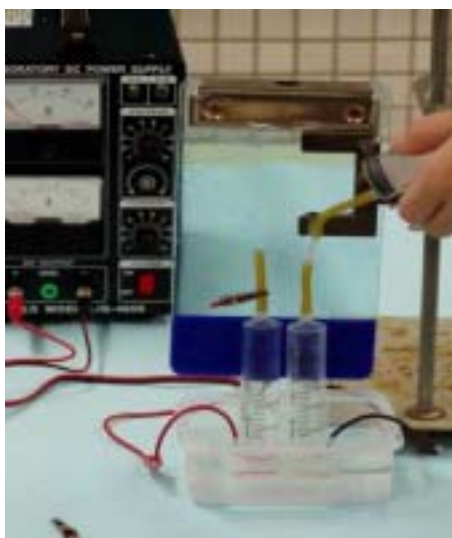


圖 4：以大注射筒抽取氣體，使筒內液面上升至零刻度。



圖 5：利用排水集氣法，將大注射筒抽取的氣體注入試管中收集。

#### 1. 裝置中各部分的功能：

- (1) 正、負注射筒(25mL)：分別收集正、負電極產生的氧和氫。
- (2) 透明保鮮盒容器(250 mL)：作為電解槽。
- (3) 魔鬼沾：用來將正、負注射筒黏貼在壓克力板上，懸吊於溶液中。
- (4) 電極：以橡皮筋將電極固定在注射筒內的筒口處，用導線連接電源。
- (5) 附滴定管夾的鐵架：以滴定管夾夾住壓克力板，調整適當高度，使注射筒口浸入溶液中。
- (6) 橡皮管(3cm)與鐵夾子：橡皮管接在注射口上，以利鐵夾子封閉或開啓注射筒與外界的通路。
- (7) 大注射筒(30mL)：注射口接一段橡皮管，橡皮管再連接一小段塑膠滴管的

吸嘴，用於抽取正、負極筒中氣體。

## 2. 使用方法說明：

- (1) 將實驗器材裝置如圖 4。
- (2) 將 200mL NaOH 溶液倒入保鮮盒內，以大注射筒抽取正、負極筒中氣體，使筒內液面上升至零刻度位置（圖 4），再以夾子夾住橡皮管，固定液面位置，再接通電源電解。
- (3) 利用大注射筒抽取筒內氣體，再移至水槽中注入試管，利用排水集氣法收集（圖 5）。
- (4) 檢測試管中氣體的可燃性與助燃性。

## (二)、密閉式裝置



圖 6：密閉式電解水裝置

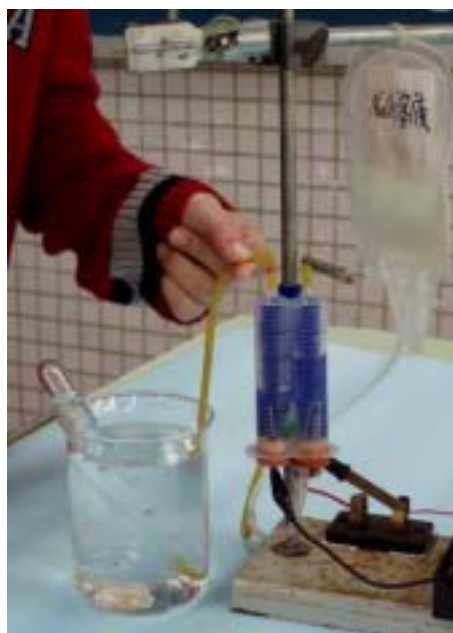


圖 7：打開鐵夾子並以手捏住橡皮管，控制氣體的流出量。

## 1. 裝置中各部分的功能：

- (1) 正、負注射筒(25mL)：分別收集正、負極產生的氧和氫。
- (2) 魔鬼沾：用來將正、負注射筒黏貼在鐵架上。
- (3) 鐵架：可供黏貼注射筒與懸掛塑膠袋子。
- (4) 附電極橡皮塞：塞住注射筒口，防止溶液外流；電極穿過橡皮塞與電源連接；塑膠袋的導管通過橡皮塞與注射筒相通，以利袋中 NaOH 溶液進出注射筒。
- (5) 塑膠袋子：以報廢捐血袋裝 NaOH 溶液，提高或放低袋子可調整筒內液面高度。
- (6) 橡皮管(30cm)與鐵夾子：橡皮管接在注射口上，可將正、負極筒內的氧、氫導入水槽中的試管；鐵夾子用於封閉或開啓注射筒與外界的通路。

## 2. 使用方法說明：

- (1) NaOH 溶液置入捐血袋中的方法：取一支注射筒連接捐血袋的導管，將 60mL NaOH 溶液緩緩倒入注射筒內再流入袋中。

- (2) 實驗裝置如圖 6。
- (3) 調整袋子的懸吊高度，使袋內液面約等於正、負注射筒頂端的高度。
- (4) 打開鐵夾子，袋子中的溶液會流入注射筒內，以稍微提高捐血袋，調整注射筒內的液面在零刻度，以夾子夾住橡皮管固定筒內液面高度。
- (5) 接通電流進行密閉式的電解。
- (6) 將橡皮管末端移入水槽中的試管，打開橡皮管上的鐵夾子，壓力差將筒內氣體導入試管中（圖 7）。且利用鐵夾子開啓與封閉注射筒，控制氣體的流出量。

### (三)、實驗 C：尋找合適的電極材料

#### 1. 實驗設計：

控制變因						操縱變因
電壓	NaOH 濃度	電極間距離	注射筒在液中高度	電解液溫度	電解時間	電極材料
6V	1.0M	2.5cm	1.0cm	約 18°C	5 分鐘	

#### 2. 實驗結果：

電極材料	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	氫、氧體積比 ( H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )
鐵釘	12.3	5.7	2.16 : 1
鋅片	4.0	1.3	3.78 : 1
鉛片	6.7	3.0	2.23 : 1
鐵線	19.0	8.6	2.21 : 1
鉛筆芯	9.8	3.7	2.65 : 1
注射針	8.1	4.1	1.98 : 1
迴紋針	22.9	11.5	1.99 : 1

#### 3. 實驗討論：

- (1) 不鏽鋼材質的注射針與迴紋針電解產生的氫、氧體積比，較符合 2 : 1，但實用上以迴紋針較理想。
- (2) 分析實驗數值，研判鋅片、鉛筆芯、鐵線及鐵釘等電極，在電解時有部分成分參與反應，以致影響氫、氧體積比的實驗值。為證實我們的研判，再設計實驗，觀察電極材料在電解前後的質量變化，所得實驗數據如下表。表中明顯可見鋅片與鉛片的正極在電解前後，質量有明顯減少。

實驗條件：濃度 1.0M，電壓 6V

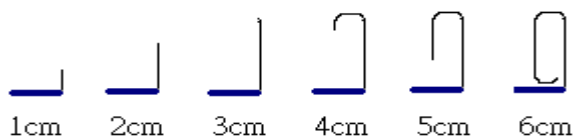
電極材料	電解時間	電極材料電解前後質量(公克)					
		正 極			負 極		
		前	後	質量變化	前	後	質量變化
鉛筆芯	1 小時	0.30	0.29	-0.01	0.29	0.30	+0.01
鋅片	40 分鐘	0.30	0.07	-0.23	0.40	0.39	-0.01
鉛片	1 小時	2.98	2.91	-0.07	3.04	3.03	-0.01
迴紋針	1 小時	0.36	0.36	0	0.34	0.34	0

### 三、探討電解速率的影響因素（以懸吊式裝置操作實驗 D ~ 實驗 I）



(一)、實驗 D：電極材料的表面積

1. 實驗設計：將迴紋針拉直，剪下實驗所需的適當長度，較長者彎成迴紋狀。



控制變因							操縱變因
電壓	NaOH 濃度	電極	電極間距離	注射筒在液中高度	電解液溫度	電解時間	迴紋針長度
6 V	1.0 M	迴紋針	2.5 cm	1.0 cm	約 17°C	3 分鐘	

2. 實驗結果：

迴紋針的長度	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	氫、氧體積比 ( H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/ min)
1cm	6.7	3.3	2.03 : 1	2.23
2cm	9.0	4.3	2.09 : 1	3.00
3cm	10.1	5.0	2.02 : 1	3.37
4cm	11.2	5.6	2.00 : 1	3.73
5cm	12.1	6.1	1.98 : 1	4.03
6cm	12.7	6.4	1.98 : 1	4.23

3. 實驗討論：

- 迴紋針的長度與表面積成正比，長度愈長者與電解液接觸面積愈大，則較容易導電，故電解速率較快。
- 注射針與迴紋針的粗細大約相同，一枚迴紋針拉直長度約 9 公分，注射針長度約 2.5 公分，故電極材料以迴紋針取代注射針，可提高電解速率。

(二)、實驗 E：氫氧化鈉的濃度

1. 實驗設計：

控制變因						操縱變因
電壓	電極	電極間距離	注射筒在液中高度	電解液溫度	電解時間	NaOH 的濃度
6V	迴紋針	2.5cm	1.0cm	約 17°C	3 分鐘	

2. 實驗結果：

NaOH 的濃度	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	氫、氧體積比 ( H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/ min)
0.1M	2.3	1.1	2.09 : 1	0.77
0.2M	4.0	1.9	2.11 : 1	1.34
0.5M	9.2	4.6	2.00 : 1	3.07
1.0M	13.8	6.8	2.03 : 1	4.60
1.5M	19.2	9.6	2.00 : 1	6.39
2.0M	21.6	10.9	1.98 : 1	7.20

3. 實驗討論：

- (1) 實驗可知 NaOH 的濃度較高者，電解速率較快，推測因為溶液中離子濃度較大，較容易導電。

(三)、實驗 F：電壓

1. 實驗設計：

控制變因						操縱變因
NaOH 濃度	電極	電極間距離	注射筒在液中高度	電解液溫度	電解時間	電壓
1.0M	迴紋針	2.5cm	1.0cm	約 18°C	2 分鐘	

2. 實驗結果表 (1)：

電壓	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	氫、氧體積比 ( H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/ min)	電流 (mA)
3V	2.0	0.9	2.22 : 1	1.00	130
4V	4.5	2.2	2.05 : 1	2.25	300
5V	7.3	3.6	2.03 : 1	3.65	470
6V	9.1	4.5	2.02 : 1	4.55	610
7V	12.5	6.2	2.02 : 1	6.25	800
8V	15.3	7.7	1.99 : 1	7.65	1000
9V	17.5	8.9	1.97 : 1	8.75	1150

3. 實驗討論：

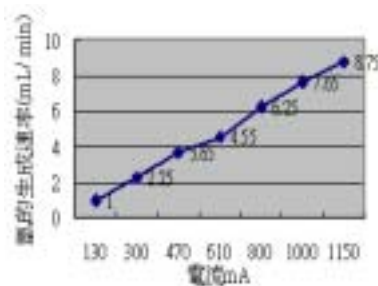
- (1) 實驗結果，看出電壓越高，電解速率越快。  
 (2) 實驗結果，發現電流與 H<sub>2</sub> 生成速率似乎成正比關係，如右圖。從負極半反應中電子與 H<sub>2</sub> 分子的關係，可知負電極上流入 2 個電子，就產生 1 個 H<sub>2</sub> 分子，所以

電子流的大小 ∝ H<sub>2</sub> 的生成速率.....A

電子流的大小 = 電流的大小.....B

由 A、B 關係可得 電流與 H<sub>2</sub> 生成速率成正比，證明實驗結果是合乎理論。電解速率可以 H<sub>2</sub> 的生成速率表示，所以電流與電解速率成正比。

- (3) 將「實驗結果表 (1)」整理成「實驗結果表 (2)」後，發現電壓愈大，正、負電極間的電阻變小。  
 (4) 實驗結果表 (2) 中，從電壓與電流計算出「每分鐘電源耗電量」，再以「每分鐘電源耗電量」與「H<sub>2</sub> 生成速率」計算出「1mL H<sub>2</sub> 的電源耗電量」，發現電壓變大時，1mL H<sub>2</sub> 的電源耗電量隨著變大。定溫下產生 1mL H<sub>2</sub> 所需電能應該是一定值，電源輸出多餘的電能將轉為熱能，它是損耗掉的能量，所以電壓愈大，損耗的能量則愈多。



實驗結果表 (2)

電壓	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/ min)	電流 (mA)	電阻(Ω) R = V/I	每分鐘電源耗 電量(J/ min)	1mL H <sub>2</sub> 電源耗電量(J/mL)
3V	1.00	130	23.1	23.4	23.4
4V	2.25	300	13.3	72.0	32.0
5V	3.65	470	10.6	141.0	38.6
6V	4.55	610	9.8	219.6	48.3
7V	6.25	800	8.8	336.0	53.8
8V	7.65	1000	8.0	480.0	62.7
9V	8.75	1150	7.8	621.0	71.0

(四)、實驗 G：注射筒在溶液中的高度

1. 實驗設計：

控制變因						操縱變因
電壓	NaOH 濃度	電極	電極間距 離	電解液溫 度	電解時間	注射筒在液中 高度
6V	0.5M	迴紋針	2.5cm	約 17°C	3 分鐘	

2. 實驗結果：

注射筒在液中 高度	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	氫、氧體積比 ( H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率(mL/min)
0.1cm	5.0	2.3	2.17 : 1	1.67
0.2cm	6.2	3.0	2.07 : 1	2.07
0.4cm	7.1	3.5	2.03 : 1	2.37
0.6cm	8.4	4.2	2.00 : 1	2.80
0.8cm	8.8	4.3	2.05 : 1	2.93
1.0cm	9.0	4.5	2.00 : 1	3.00
1.2cm	9.2	4.7	1.96 : 1	3.07
1.5cm	9.3	4.7	1.98 : 1	3.10
2.0cm	9.3	4.6	2.02 : 1	3.10

3. 實驗討論：

- (1) 高度越低，離子通行路徑的截面積小，較不易導電。
- (2) 高度 0.8 公分以上，電解速率的增加量趨緩，1.5 公分以上，似乎沒有明顯再增加。
- (3) 注射筒在溶液中的高度愈大，電解槽中的溶液則需要較多的量，比較浪費藥品。

(五)、實驗 H：溶液的溫度

1. 實驗設計：置於恆溫槽中操作

控制變因	操縱變因
------	------

電極	電壓	NaOH 濃度	電極間距離	注射筒在液中高度	電解時間	溫度
迴紋針	6V	1.0M	2.5cm	1.0cm	3 分鐘	

2. 實驗結果：

溫度	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	氫、氧體積比 ( H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/min)
5°C	10.7	5.0	2.14 : 1	3.57
10°C	13.1	6.6	1.98 : 1	4.37
15°C	13.7	6.7	2.04 : 1	4.57
20°C	14.8	7.4	2.00 : 1	4.93
25°C	16.3	8.1	2.01 : 1	5.43
30°C	17.7	8.7	2.03 : 1	5.90
35°C	18.8	9.2	2.04 : 1	6.27
40°C	20.5	10.0	2.05 : 1	6.83

3. 實驗討論：

(1) 電解液的溫度高，電解速率增加；所以氣溫高低，便會影響電解速率。

(六)、實驗 I：兩電極間的距離

1. 實驗設計：

控制變因						操縱變因
電壓	NaOH 濃度	電極	注射筒在液中高度	電解液溫度	電解時間	兩電極間的距離
6V	1.0M	迴紋針	1.5cm	約 18°C	3 分鐘	

2. 實驗結果：

兩電極間的距離	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	氫、氧體積比 ( H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/min)
2.5cm	14.0	7.1	1.97 : 1	4.66
5.0cm	11.6	5.7	2.04 : 1	3.87
7.5cm	10.3	5.1	2.02 : 1	3.43

3. 實驗討論：

(1) 正、負電極間距離變大，電解速率變小；原因是電極間距離愈大，電流愈小。

(七)、實驗 J：「密閉式」裝置正、負極間通電導管的口徑大小

1. 實驗設計：

控制變因						操縱變因
電壓	NaOH 濃度	電極	電源乾	電解液溫度	電解時間	通電導管的口徑
6V	1.0M	迴紋針	電池	約 16°C	10 分鐘	

2. 實驗結果：

通電導管口徑	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	體積比 (H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/min)
4.0mm	4.7	2.1	2.24 : 1	0.48
7.0mm	11.5	5.7	2.02 : 1	1.15
9.0mm	18.0	8.7	2.07 : 1	1.80

3. 實驗討論

(1) 正、負極間通電導管的口徑越大，電解速率越快，口徑大截面積大，其道理和實驗 G 相同，離子通行路徑的截面積大，較容易導電。

四、檢測「懸吊式」與「密閉式」裝置的實驗成效

(一)、實驗 K：「懸吊式」的成效

1. 實驗設計：

控制變因							操縱變因
電極	電壓	NaOH 濃度	兩電極間的距離	注射筒在液中高度	電解液溫度	電解時間	電源種類
迴紋針	6V	1.0M	2.5cm	1.0cm	約 17°C	3 分鐘	

2. 實驗結果：

電源種類	產生 H <sub>2</sub> (mL)	產生 O <sub>2</sub> (mL)	體積比 (H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/min)
1 號乾電池	11.1	5.5	2.02 : 1	3.70
直流電源供應器	13.9	7.0	1.99 : 1	4.63

3. 實驗討論：

(1) 直流電源供應器電解的 H<sub>2</sub> 生成速率大於乾電池電解的 H<sub>2</sub> 生成速率，原因是直流電源供應器產生的電流強度大於乾電池的電流強度。

(二)、實驗 L：「密閉式」的成效

1. 實驗設計：

控制變因						操縱變因
電壓	NaOH 濃度	電極	電解液溫度	通電導管口徑	電解時間	電源種類
6V	1.0M	迴紋針	約 17°C	9.0mm	10 分鐘	

2. 實驗結果：

電源種類	產生 H <sub>2</sub>			產生 O <sub>2</sub>			體積比 (H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> 生成速率 (mL/min)
	1	2	平均	1	2	平均		
1 號乾電池	18.6	18.0	18.3	9.2	8.9	9.1	2.01 : 1	1.83
直流電源供應器	22.1	24.4	23.3	11.0	12.1	11.6	2.01 : 1	2.33

3. 實驗討論：

- (1) 發現密閉式裝置的電解速率，明顯小於懸吊式裝置的電解速率，原因應該是通電導管的口徑受到限制，使得離子通行受到導管的截面積影響，導電程度受到限制。

(三)、實驗 M：氫、氧性質檢測所需的體積量

1. 實驗結果：成功打○，失敗打×

氣體 \ 體積(mL)	20	15	10	5	4	3	2	1
氫氣發生爆鳴	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○x○	○x○	○xx
氧氣使線香復燃	○○○	○○○	○○○	○○○	x○○	x○○	xxx	xxx

2. 實驗討論：

- (1) 檢測氫氣的爆鳴現象、氧氣的助燃現象，氫氣只需 4mL 以上，氧氣也只需 5mL 以上，檢測實驗即可成功。
- (2) 本實驗在常溫下，室內無風的情況下，操作的實驗紀錄。
- (3) 懸吊式與密閉式裝置，可定量分次收集氫、氧，可供多次氫、氧性質的檢測。

柒、 結論：

- 一、根據實驗結果的分析，電解速率的影響因素如下：1.電極材料的表面積。2.NaOH 的濃度 3.電壓大小。4.電解液的溫度。5.正、負電極間的距離。6.離子通行路徑的截面積。
- 二、設計「懸吊式」與「密閉式」裝置的控制變因，如實驗 K 及實驗 L。在濃度 1.0M、電壓 6V、溫度 17°C 下，課本裝置與懸吊式及密閉式裝置，其電解速率比較如下表；懸吊式裝置的電解速率大約是課本裝置的 10 倍，密閉式裝置的電解速率大約是課本裝置的 5 倍，從實驗 D、實驗 G、實驗 I、實驗 J 的結果可以了解，改良裝置的電解速率比課本裝置快，主要原因在於改良裝置的電極表面積大、正負電極間的距離小、離子通行路徑的截面積大，所以用改良裝置操作實驗，可以節省很多實驗的時間。

氫氣生成速率 (mL/min) 實驗裝置 電源種類	課本裝置	懸吊式裝置	密閉式裝置
乾電池	0.36	3.70	1.83
直流電源供應器	0.46	4.63	2.33

- 三、課本實驗，需 NaOH 溶液 500mL，我們製作的兩種裝置，懸吊式需 200 mL 溶液，密閉式只需 60 mL 溶液，則改良式的裝置可大幅度節省藥品，避免環境污染。
- 四、附有刻度的注射筒代替試管收集氫、氧，優點是測量方便、誤差小以及口徑大較容易導電。電極以迴紋針代替注射針，優點是操作安全，以及迴紋針的表面積較大，增加電解速率。
- 五、懸吊式與密閉式裝置的操作過程，手都不會接觸到 NaOH 溶液。而且兩者構造簡單、容易製作、材料價格低、操作方便、安全及耐用，適合教學的使用，值得推廣。
- 六、由於懸吊式的電解速率快，實驗課程可設計成兩次電解，改變兩電極間的距離，以定量方法探討電極間的距離和電解速率的關係，克服課本中肉眼不易觀察的困擾。

七、密閉式的裝置在暫時不使用時，溶液可不用取出。由於是密閉裝置及塑膠材質，故搬動、搖晃、傾倒都不擔心溶液會外流或是器材破裂。在鐵架座上黏貼電池座及開關，可方便拿到教室中操作演示實驗。

八、由實驗 M 可知，約 5 毫升氫或氧即可操作性質的檢測。由於改良裝置可以將氫或氧定量分次注入試管中，氫或氧的性質檢測失敗時，可以有再來一次的機會，或是讓每位組員都有操作體驗的機會，提升學習興趣，這些優點是課本的裝置所辦不到的。

九、其它發現：

(一) 電流與電解速率成正比。

(二) 電壓愈高，正、負電極間的電阻愈小。

(三) 電解產生等量的氫氣，電壓高的，電能損耗較多，若以節約能源的觀點評論，高電壓進行電解，是比較浪費能源的操作法。有關電解的能源探討，將是我們未來的研究主題。

捌、 **參考資料：**

一、國立編譯館(民 79)：國中理化(一)。

二、國立編譯館(民 89)：國中理化(三)。

三、國立編譯館(民 90)：國中選修理化(四)。

四、國立編譯館(民 86)：國中理化(二)。

五、國立編譯館(民 85)：國中理化(三)。

六、曾國輝編著(民 75)：氧化還原反應。台北市，一流出版社。

七、國立臺灣科學教育館(民 84)：中華民國中小學科學展覽第二十一屆至三十屆優勝作品專輯。

## 評語

030204 國中組化學科 佳作

改良電解水的裝置並探討電解速率的影響因素

本作品改良國中教材所示玻璃管電解水裝置，以塑膠針筒取代玻璃管，並探討電解水之影響變因。結果顯示電解效果優於玻璃管電解水裝置，且電解水效果與電解裝置浸入深度成反比。本作品在電解水裝置改良上，非常用心，富有創意。