

電解水及燃燒熱實驗的改進探討

國中組化學科第三名

高雄市立壽山國民中學

作者：柯淑玲·梁景雅
鍾孟達·林育駐
指導教師：黃榮昌

一、研究動機

我們喜歡動手作實驗，課本裡的每一實驗均被我們作過，理論與實驗仍十分配合。唯有電解水及燃燒熱讓我們感到困惑，或因誤差大，或因裝置不良等。因此請教老師，老師告訴我們：「要有客觀的實驗數據才能支持你們的看法。」同時給了我們兩本科展優勝作品專輯，要我們先收集資料，再作大膽的假設，動手實驗小心求證。

二、研究目的

- (一)探討各種影響電解水結果的變因，再以控制變因的方法，尋找改進實驗的方法。
- (二)嘗試選擇簡便材料如保特瓶、保麗龍、迴紋針、塑膠針筒等，設計電解水的裝置，並作比較。
- (三)嘗試選擇簡便材料，重新改良裝置，使燃燒完全，且燃燒熱完全被吸收，以減少誤差。

三、文獻探討

- (一)電解水以石墨作電極，稀硫酸為電解質的探討很多，今避開此探討方向，完全依課本的實驗步驟改進。
- (二)以往研究資料可採用者如：電壓 6 V 最合適，NaOH 比稀硫酸更適於作電解質等，均與本實驗有關。

四、研究過程

(一)電解水的實驗：

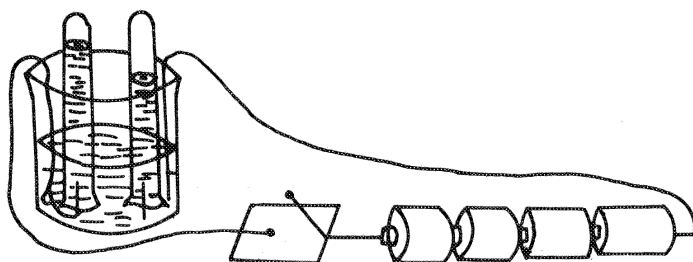
(實驗 1) 依課本實驗步驟 4 謂：兩試管應盡量靠近，及用手按住裝滿 NaOH 溶液的試管口，倒插入燒杯中。

1. 問題：

- (1) 電極間距離與電解水有何關係？
- (2) 有無其他簡易方法可以不用手接觸 NaOH 溶液？

2. 設計實驗：

- (1) 裝置：圖甲—1 (課本的裝置)



(2) 實驗步驟：

控制的變因：

電極種類	電壓	電解質	電解時間	NaOH 水溶液濃度	電極長度
迴紋針	6 V	NaOH	6 分鐘	3 %	4 cm

改變的變因：兩電極間的距離。(其他步驟與課本相同)

(3) 結果：(表一)(座標圖省略)

實驗 次數 結果	3.5 cm			5 cm			7 cm		
	1	2	平均	1	2	平均	1	2	平均
H ₂ 體積 ml	3.40	3.60	3.50	3.70	4.00	3.85	3.50	3.60	3.50
O ₂ 體積 ml	1.60	1.80	1.70	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
H ₂ /O ₂ 比值	2.12	2.00	2.06	2.31	2.50	2.40	2.19	2.25	2.21

(4) 討論：

- ①以迴紋針為電極，兩極距離在 3.5 cm 時較理想。
- ②為不使手接觸 NaOH 溶液，除了戴塑膠手套外，亦可將試管裝滿 NaOH 溶液後，取一小紙片置於上再倒插入電解槽中（小紙片可不移出）。由於大氣壓力，溶液不會流出，試管中無任何氣泡，可增加實驗準確度。

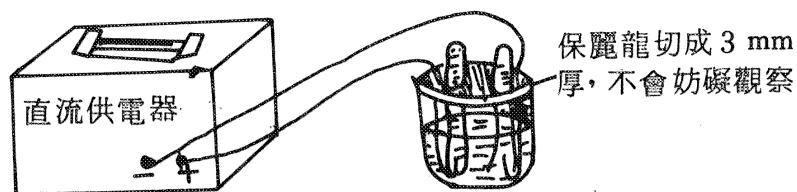
(實驗 2)

1. 問題：

- (1)迴紋針拉直或彎曲，形狀不同和電解水有關嗎？
- (2)注射針頭類似迴紋針，作電極又如何？

2. 設計實驗：

- (1)裝置：圖甲—2（課本裝置，應用保麗龍固定試管、導線和電極。）



(2)實驗步驟：

控制的變因：

電解質濃度	電 壓	電解時間	電極距離
NaOH 5 %	6 V	共 10 分	3.5 cm

改變的變因：迴紋針的形狀

(3)結果：(表二)

電解時間(分)	注射針頭			迴紋針 1 號			迴紋針 2 號			迴紋針 3 號		
	H ₂	O ₂	H ₂ /O ₂	H ₂	O ₂	H ₂ /O ₂	H ₂	O ₂	H ₂ /O ₂	H ₂	O ₂	H ₂ /O ₂
2	1.90	0.90	2.11	1.90	0.90	2.11	1.60	0.90	1.78	1.80	1.00	1.80
4	4.10	1.90	2.16	3.30	1.60	2.06	3.00	1.60	1.88	3.40	1.80	1.89
6	5.80	2.60	2.23	4.90	2.40	2.04	4.60	2.30	2.00	5.40	2.60	2.08
8	7.00	3.40	2.06	6.30	3.10	2.03	6.00	3.00	2.00	7.80	3.90	2.00
10	8.50	4.20	2.02	7.60	3.70	2.02	7.50	3.95	1.90	9.50	4.80	1.98
平均氣體產生速率 (ml / 分)	2.73	1.30	/	2.40	1.17	/	2.27	1.18	/	2.79	1.41	/

形狀說明：



注射針頭 迴紋針 1 號 迴紋針 2 號 ※迴紋針 3 號

※拉直後的迴紋針仍有小折，即不很直，故嘗試注射針頭。

(4)討論：

①由(表二)中平均氣體產生速率來看，形狀改變影響不大

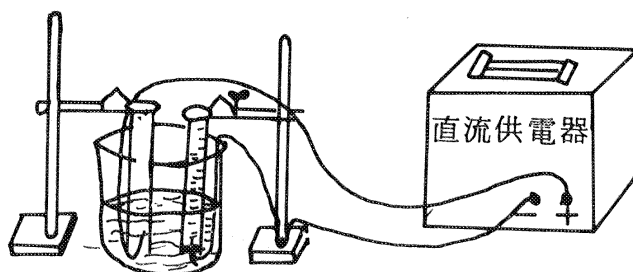
②由(表二)顯示：在該控制變因的條件下，四種不同形狀的電極均約在 8 分鐘左右得到 $H_2 / O_2 \doteq 2$ 。

(實驗 3)

1.問題：將數條迴紋針纏在一起，即接觸面積增加，對電解水是否有影響？

2.設計實驗：

(1)裝置：圖甲—3 (課本裝置，試管換成 10 ml 小量筒，口徑小，也方便測量氣體體積。)



(2)實驗步驟：

控制的變因：

電解質濃度	電 壓	電解時間	電極距離	電極長度
NaOH 5 %	6 V	共10分鐘	3.5 cm	3.5 cm

改變的變因：迴紋針的數目

(3)結果：(表三)

迴紋針 數目(支)	1						2						3					
time (分) 產生氣體 體積 cm ³	2	4	6	8	10	平均 cm ³ /分	2	4	6	8	10	平均 cm ³ /分	2	4	6	8	10	平均 cm ³ /分
H ₂	0.55	1.10	1.70	2.20	2.70	0.825	0.70	1.50	2.00	2.30	3.30	0.98	1.60	2.90	4.10	5.40	6.50	2.05
O ₂	0.30	0.55	0.80	1.10	1.30	0.405	0.30	0.70	0.90	1.20	1.60	0.47	0.75	1.40	2.00	2.60	3.20	0.995
比 值	1.83	2.00	2.13	2.00	2.08		2.33	2.14	2.22	1.92	2.06		2.13	2.07	2.07	2.08	2.03	

(4)討論：

由以上資料顯示：迴紋針數目 3 支者平均氣體產生速率較 1 支及 2 支者快。

(實驗 4)

1.問題：電極種類的改變對電解水的結果影響如何？

2.設計實驗：

(1)裝置：如圖甲—3

(2)實驗步驟：

控制的變因：

電 壓	電解時間	NaOH 溶液濃度	電極長度	電極距離
6 V	6 分	3 %	4 cm	3.5 cm

改變的變因：電極的種類

(3)結果：(表四)

電極	time (分) 氣體 體積 cm ³	5		10		15		20		平均氫氧 體積比
		氫	氧	氫	氧	氫	氧	氫	氧	
鎳 鉻 絲		2.50	1.25	5.25	2.75	7.75	4.00	11.75	6.25	1.96 : 1
石 墨 棒		2.00	1.00	4.00	1.75	6.25	2.75	8.5	3.5	2.25 : 1
鋅		2.00	0.80	4.25	2.00	6.25	3.00	8.5	4.00	2.19 : 1
鉛		2.50	1.0	5.25	2.05	8.25	4.28	12.5	6.00	2.27 : 1
鎳		3.50	1.75	7.50	3.75	10.50	5.25	12.75	6.50	1.98 : 1
不 銹 鋼		5.25	2.50	10.50	5.25	16.25	8.00	21.25	10.25	2.04 : 1

(4)討論：

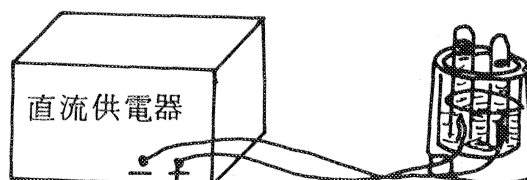
水的電解以鎳、不銹鋼等為電極較理想，迴紋針為電極，係符合此原則的例子。

(實驗 5)

1.問題：課本實驗步驟未指明NaOH溶液的濃度，有影響嗎？

2.設計實驗：

(1)裝置：圖乙(日製壓克力電解槽，不銹鋼電極)



(2)實驗步驟：

控制的變因：

電極種類	電 壓	電解質	電解時間	電極長度	電極距離
不銹鋼	6 V	NaOH	6 分鐘	4 cm	3.5 cm

改變的變因：NaOH溶液的濃度

(3)結果：(表五)

濃度 實驗 結果	5 %				3 %				2 %			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均
O ₂ 體積 (c.c.)	4.4	4.3	4.4	4.4	4.2	4.2	4.2	4.2	2.6	2.4	2.2	2.4
H ₂ 體積 (c.c.)	8.8	9.2	9.2	9.1	8.6	8.6	8.4	8.5	5.4	5.2	5.0	5.2
H ₂ /O ₂	2	2.14	2.09	2.077	2.65	2.05	2	2.033	2.08	2.17	2.27	2.173

濃度 實驗 結果	1 %				0.5 %				0.1 %			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均
O ₂ 體積 (c.c.)	1.2	1.3	1.1	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.2	0.18	0.2	0.2
H ₂ 體積 (c.c.)	3	3	2.6	2.9	1.8	2	1.9	1.9	0.4	0.4	0.5	0.4
H ₂ /O ₂	2.5	2.31	2.36	2.39	2.25	2.5	2.38	2.38	2	2.22	2.5	2.24

(4)討論：

① NaOH 溶液濃度在 3 ~ 5 % 時，氣體體積比值接近於 2。

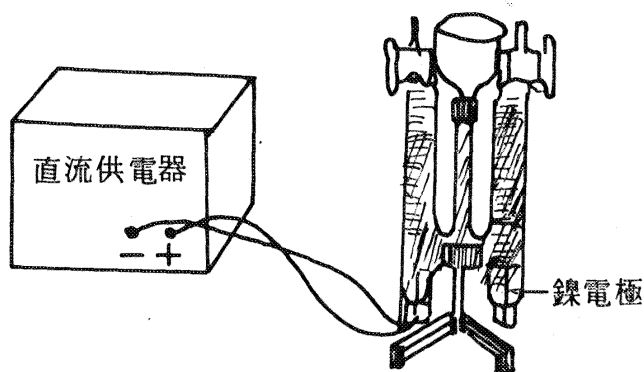
② NaOH 濃度愈大，H₂ 及 O₂ 體積有增大趨勢。若欲於短時間（如 6 分鐘）內得較多氣體，建議您用 3 ~ 5 % 者。

（實驗 6）

1. 問題：電解時間愈長，NaOH 濃度理論上應隨著增加，那麼時間長短及 NaOH 濃度對電解水結果有無規律性呢？

2. 設計實驗：

(1) 裝置：圖丙（類似二滴定管倒置，方便看刻度及氣體定性）



(2) 實驗步驟：

控制的變因：

電極種類	電解時間	電 壓	電解質	電極長度	電解距離
鎳	共20分鐘	6V	NaOH	3 cm	7 cm

(3) 結果：（表六）

NaOH 濃度	5			10			15			20		
	H ₂	O ₂	H ₂ /O ₂	H ₂	O ₂	H ₂ /O ₂	H ₂	O ₂	H ₂ /O ₂	H ₂	O ₂	H ₂ /O ₂
1 %	0.65	0.30	2.17	1.30	0.60	2.17	1.80	0.90	2.00	2.30	1.20	1.91
5 %	2.00	1.00	2.00	3.90	2.00	1.95	5.80	3.00	1.93	7.80	4.00	1.95

(4) 討論：

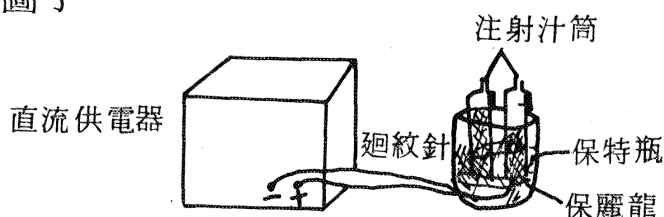
① 由（表六）可知，5 % 在短時間內可達 H₂ / O₂ 比值 2，

而 10 分鐘後濃度增大，比值降為 2 以下。

②由（表六）可知，濃度低者要得 $H_2 / O_2 = 2$ ，需時較長（實驗 7）

1. 由以上 6 個實驗綜合分析後，尋找簡便器材，自行製作改良電解水裝置，並作比較，證實其實用性。

2. 裝置：如圖丁



3. 製作方法：

(1) 保特瓶用刀切開，取上段或下段，並放入保麗龍作底，不能漏水。

(2) 插迴紋針 2 號於底，塗樹脂在四周，待不漏水（一天後）才開始操作。

(3) 以自製裝置再作一實驗比較其準確度。

4. 實驗步驟：

控制的變因：

電解質濃度	電極種類	電解時間	電極距離	電極長度	電壓
NaOH 5 %	迴紋針	共10分鐘	3.5 cm	2.5 cm	6 V

改變的變因：時間

5. 結果：（表七）

產氣 生體	電解 時間	2分	4分	6分	8分	10分	平均氣體產生 速率 ml / 分
	H_2 (ml)	1.7	3	4.2	5.4	6.6	
O_2 (ml)	0.8	1.5	2.1	2.7	3.3	1.04	
H_2 / O_2	2.125	2	2	2	2		

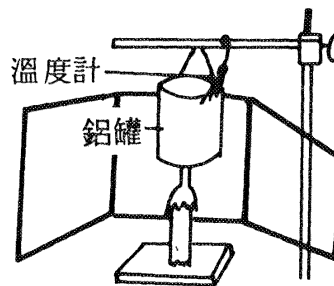
6. 討論：由以上資料顯示，簡便材料製作之裝置，便宜實用方便，您不妨在家裡試試製作，使用：

(二) 蠟燭燃燒熱實驗：

1. 課本裝置與改良裝置比較：

(1) 課本裝置的缺點：

- ① 熱仍易散失於空氣中
 - ② 在空氣中燃燒不易完全，甚至有碳粒出現
- 以上二點使課本裝置誤差增大。



(2) 改良後裝置的優點：

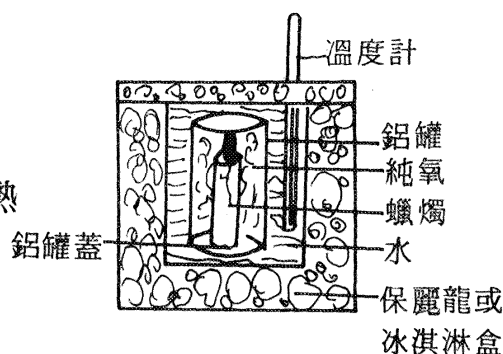
- ① 燃燒熱幾乎完全被周圍的水及鋁罐完全吸收。
- ② 蠟燭在純氧中燃燒較完全，因此誤差較少

2. 由課本燃燒熱實驗裝置求得燃燒熱

(1) 步驟：同課本第 175 頁

(2) 結果：

① 原始數據：(表八)



實驗次數	項目	燃燒前蠟燭 + 玻片重(g)	燃燒後蠟燭 + 玻片重(g)	水的質量(g)	水的初溫 (°C)	水的末溫 (°C)	鋁罐質量(g)
1		30.21	29.86	250	20.0	30.0	17.45
2		74.90	74.55	250	22.0	32.0	16.60
3		52.90	52.70	100	22.0	35.0	17.00
4		57.30	56.90	250	23.0	33.0	18.90
5		55.00	54.60	250	22.0	32.0	16.70
6		57.00	56.60	250	22.0	32.0	17.10
7		55.80	55.40	261	23.0	33.0	16.50

②整理數據（表九）

實 驗 次 數	項 目	燃燒掉的 蠟燭重(g)	水吸收的熱 量(cal)	鋁罐吸收的 熱量(cal)	水+鋁罐所吸 收的熱量 (cal)
1		0.35	2500	38.39	2538.39
2		0.35	2500	36.52	2536.52
3		0.70	1300	48.62	1348.62
4		0.40	2500	41.58	2541.58
5		0.40	2500	36.74	2536.74
6		0.40	2500	37.62	2537.62
7		0.40	2610	36.30	2646.30

平均燃燒熱：6707.12

3.由改良後裝置求得燃燒熱：

(1)步驟：

①準備：

- (A)以排水集氣法集氧。
- (B)稱出鋁罐蓋及蠟燭的總重量。
- (C)稱出鋁罐蓋及鋁罐重。
- (D)在盒中注入適量的水，測體積、溫度。

②操作手續：

- (A)將蠟燭固定於鋁罐蓋上，放入盒中。
- (B)點燃蠟燭，速以集滿純氧之鋁罐罩住，馬上蓋上盒蓋。
- (C)待其燃畢，將整個裝置拿起搖動，使水溫均勻再測末溫
- (D)再稱蠟燭及鋁罐蓋的共重。
- (E)計算（同課本）

(2)結果：

①原始數據：（表十）

實驗次數 \ 項目	燃燒前蠟燭 + 鋁片重(g)	燃燒後蠟燭 + 鋁片重(g)	水的質量(g)	水的初溫 (°C)	水的末溫 (°C)	鋁罐質量(g)
1	33.97	33.93	400.00	19.00	20.00	17.45
2	33.78	33.71	400.00	18.10	20.00	17.45
3	26.64	26.58	400.00	20.50	22.00	17.45
4	84.20	84.14	450.00	21.00	22.50	16.50
5	85.40	85.36	450.00	21.00	22.00	16.50
6	26.75	26.72	100.00	22.00	25.00	10.75
7	92.54	92.47	500.00	19.00	20.50	16.34
8	92.00	91.95	500.00	19.00	20.00	16.34

②整理數據：(表十一)

實驗次數 \ 項目	燃燒掉的蠟燭重(g)	水吸收的熱量 (cal)	鋁罐吸收的熱量 (cal)	水 + 鋁罐所吸收的熱量 (cal)	蠟燭的燃燒熱 (cal / g)
1	0.04	400.00	3.84	403.84	10096.00
2	0.07	760.00	7.29	767.29	10961.29
3	0.06	600.00	5.76	605.76	10096.00
4	0.06	675.00	5.45	680.45	11340.83
5	0.04	450.00	3.63	453.63	11340.75
6	0.03	300.00	7.10	307.10	10236.67
7	0.07	750.00	5.39	755.39	10791.29
8	0.05	500.00	3.59	503.59	10071.80

平均燃燒熱：10616.83 cal / g

4. 討論：

改良後裝置顯然在熱的流失方面減少許多，兩者相差約4千卡的熱，值得推廣應用。

評語

將誤差較大的兩項實驗予以改進，均獲得良好結果。探討影響的變因，以控制變因尋求改進實驗方法，研究步驟正確。數據處理適當圖表繪製尚佳。以簡便器材自製電解裝置及燃燒熱測定裝置，有若干創意。