

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031622

電解水實驗的深入探討

學校名稱：臺東縣立關山國民中學

作者： 國二 楊斯羽 國二 李致穎	指導老師： 張茂澤
---------------------------------	------------------

關鍵詞： 水的電解、電極、體積比

作品名稱：電解水實驗的深入探討

摘要：

$2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ 是電解水實驗的化學反應式，而電解水時產生的氫氣與氧氣的體積比一如化學反應式中氫氣與氧氣的係數比為 2：1；又課本上說兩電極的距離愈近，產生氣泡的速率愈大；以及除了迴紋針之外，是否還有其他更適合的材料能作為電極；本次實驗即針對以上三個實驗方向作進一步的研究。

壹、研究動機：

在理化課程中有提到：電解水時，產生的氫氣與氧氣的體積比為 2：1，且兩電極的距離愈近，則產生氣泡的速率愈大(理化課程內容詳見：捌、參考資料及其他之附錄一)。由於課本上的實驗步驟只是分別以直尺測量兩支試管內液面下降的高度，以求出氫氣與氧氣兩種氣體大致上的體積比例，並沒有讓我們進一步實際進行測量，所以一方面實驗數據的誤差很大，另一方面我們也不清楚到底氫氣與氧氣的體積比是否真的為 2：1。再者，兩電極之間的距離愈近，產生氣泡的速率真的愈大嗎？兩電極之間的距離跟氣泡產生的速率之間又有什麼關係呢？還有，電極的材料除了迴紋針之外，還有沒有其他更適合的材料呢？如果使用其他的電極（如：銅、鋅、鐵等），是否會出現一些其他令人意料之外的發現呢？基於以上的想法，讓我們開始了一連串對於電解水實驗的進一步研究。

貳、研究目的：

分別以迴紋針、銅線、鋅片、鐵片等四種不同的材質作為電極來探討：

- 一、電解水時，產生的氫氣與氧氣的體積比是否為 2：1？
- 二、兩電極之間的距離與氣泡產生的速率之間的關係。
- 三、適合作為本實驗電極的材料。

參、研究設備及器材：

迴紋針、銅線、鋅片、鐵片等四種不同的電極各 1 對、電源供應器 1 台、電線 2 條、試管 2 支、量筒 2 支、1000mL 燒杯 1 個、1M 的 NaOH 水溶液 1L、集氣水槽 1 個、檢診手套 1 雙、溫度計 1 支、電子錶 1 個，吸管數支，橡皮筋數條，透明膠帶 1 卷。

肆、研究過程或方法：

選擇強鹼 NaOH 1M 水溶液作為電解液（勿選用酸性水溶液，因為酸性水溶液與部分活性較大的金屬電極，如迴紋針、鋅片、鐵片，會反應產生額外的氫氣，造成實驗數據誤差過大），並分別以迴紋針、銅線、鋅片、鐵片作為電極，通以直流電後正極產生氧氣，負極產生氫氣（※注意：由於使用強鹼 NaOH 1M 水溶液作為電解液，因此實驗過程中一定要戴上檢診手套以防止雙手被腐蝕！）。

先測量出收集氣體的兩支試管的實際容量（將試管加滿水，並將水倒入量筒中，水的

體積即為試管的容量)，再將兩支試管加滿 1M NaOH 水溶液後置入燒杯中，分別放入電極後通以直流電 2 分鐘，再將試管口以手壓緊後取出。將試管內剩餘的 NaOH 水溶液倒入量筒中量出其體積，則：產生氣體的體積 = 試管的實際容量 - 試管剩餘的NaOH水溶液體積，以測量出氫氣與氧氣的體積比。

將兩電極之間的距離，以吸管與橡皮筋（或透明膠帶）分別固定為：3.0、2.5、2.0、1.5 公分，根據所量出的氫氣與氧氣的產生速率，來比較與探討兩電極之間的距離與氣泡產生的速率之間的關係。

根據氫氣與氧氣的體積比，以及兩電極之間的距離與氣泡產生的速率之間的關係，來探討適合作為本實驗電極的材料有哪些。

伍、研究結果：

一、電極：迴紋針

(一) 電極之間的距離：3.0 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	6.5	5.5	6.0	7.0	7.0	6.4
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.054	0.046	0.050	0.058	0.058	0.053
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	3.0	3.0	3.0	4.4	3.0	3.28
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.025	0.025	0.025	0.037	0.025	0.027
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2.2 : 1	1.8 : 1	2 : 1	1.6 : 1	2.3 : 1	2 : 1

(二) 電極之間的距離：2.5 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	5.0	6.5	6.0	4.5	6.2	5.6
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.042	0.054	0.050	0.038	0.052	0.047
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.0	3.0	3.0	2.8	3.2	2.8
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.017	0.025	0.025	0.023	0.027	0.023
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2.5 : 1	2.2 : 1	2 : 1	1.6 : 1	1.9 : 1	2 : 1

(三) 電極之間的距離：2.0 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	6.0	5.5	6.0	6.0	6.0	5.9
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.050	0.046	0.050	0.050	0.050	0.049
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.9
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.025	0.025	0.025	0.025	0.021	0.024
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2 : 1	1.8 : 1	2 : 1	2 : 1	2.4 : 1	2 : 1

(四) 電極之間的距離：1.5 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	6.5	6.5	6.0	7.0	6.0	6.4
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.054	0.054	0.050	0.058	0.050	0.053
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	3.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.5
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.025	0.033	0.033	0.029	0.025	0.029
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2.2 : 1	1.6 : 1	1.5 : 1	2 : 1	2 : 1	1.8 : 1

二、電極：銅線

(一) 電極之間的距離：3.0 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	4.3	4.5	4.3	4.5	4.0	4.3
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.036	0.038	0.036	0.038	0.034	0.036
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.2	2.5	2.2	2.1	2.0	2.2
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.018	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2 : 1	1.8 : 1	2 : 1	2.1 : 1	2 : 1	2 : 1

(二) 電極之間的距離：2.5 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	5.5	5.1	6.5	4.5	5.6	5.4
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.046	0.043	0.054	0.038	0.047	0.046
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.1	2.5	2.9	2.0	2.8	2.4
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.018	0.021	0.024	0.018	0.023	0.021
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2.6 : 1	2 : 1	2.3 : 1	2.3 : 1	2 : 1	2.2 : 1

(三) 電極之間的距離：2.0 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	8.0	7.8	8.0	6.5	6.2	7.3
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.067	0.065	0.067	0.054	0.052	0.061
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	3.4	3.5	4.0	3.0	3.0	3.4
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.028	0.029	0.033	0.025	0.025	0.028
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2.4 : 1	2.2 : 1	2 : 1	2.2 : 1	2.1 : 1	2.1 : 1

(四) 電極之間的距離：1.5 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	5.8	6.4	7.0	7.0	6.0	6.4
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.048	0.053	0.058	0.058	0.050	0.053
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	3.4	2.7	3.0	3.0	3.3	3.0
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.028	0.023	0.025	0.025	0.028	0.025
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	1.7 : 1	2.3 : 1	2.3 : 1	2.3 : 1	1.8 : 1	2.1 : 1

三、電極：鋅片

(一) 電極之間的距離：3.0 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	4.4	4.6	4.0	4.6	5.2	4.6
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.037	0.038	0.033	0.038	0.043	0.038
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.2
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.021	0.017	0.017	0.017	0.021	0.018
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	1.8 : 1	2.3 : 1	2 : 1	2.3 : 1	2.1 : 1	2.1 : 1

(二) 電極之間的距離：2.5 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	4.4	4.6	5.0	5.3	5.0	4.9
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.037	0.038	0.042	0.044	0.042	0.041
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.2	2.6	2.5	2.7	2.2	2.4
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.018	0.022	0.021	0.023	0.018	0.020
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2 : 1	1.8 : 1	2 : 1	2 : 1	2.3 : 1	2 : 1

(三) 電極之間的距離：2.0 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	5.0	5.0	6.0	5.2	5.0	5.2
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.042	0.042	0.050	0.043	0.042	0.043
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.5	2.7	2.5	2.7	2.3	2.5
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.021	0.023	0.021	0.023	0.019	0.021
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2 : 1	1.9 : 1	2.4 : 1	1.9 : 1	2.2 : 1	2.1 : 1

(四) 電極之間的距離：1.5 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	4.7	4.5	4.5	4.3	5.0	4.6
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.039	0.038	0.038	0.036	0.042	0.038
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.3	2.5	2.3	2.5	2.5	2.4
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.019	0.021	0.019	0.021	0.021	0.020
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2 : 1	1.8 : 1	2 : 1	1.7 : 1	2 : 1	1.9 : 1

四、電極：鐵片

(一) 電極之間的距離：3.0 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	6.0	5.5	5.5	5.5	6.0	5.7
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.050	0.046	0.046	0.046	0.050	0.048
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.9
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.025	0.025	0.025	0.025	0.021	0.024
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2 : 1	1.8 : 1	1.8 : 1	1.8 : 1	2.4 : 1	2 : 1

(二) 電極之間的距離：2.5 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	4.5	5.7	4.5	6.0	5.2	5.2
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.038	0.048	0.038	0.050	0.043	0.043
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.5	3.0	2.0	3.0	3.0	2.7
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.021	0.025	0.017	0.025	0.025	0.023
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	1.8 : 1	1.9 : 1	2.3 : 1	2 : 1	1.7 : 1	1.9 : 1

(三) 電極之間的距離：2.0 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	4.3	4.7	4.0	4.2	6.0	4.6
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.036	0.039	0.033	0.035	0.050	0.038
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.4	2.5	2.0	2.3	3.0	2.4
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.020	0.021	0.017	0.019	0.025	0.020
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	1.8 : 1	1.9 : 1	2 : 1	1.8 : 1	2 : 1	1.9 : 1

(四) 電極之間的距離：1.5 cm

實驗次數	1	2	3	4	5	平均值
產生 H ₂ 的體積 (V _{H₂}) mL	4.6	5.0	4.2	5.7	5.0	4.9
產生 H ₂ 的速率 (R _{H₂}) mL/s	0.038	0.042	0.035	0.048	0.042	0.041
產生 O ₂ 的體積 (V _{O₂}) mL	2.2	2.7	2.0	3.0	2.5	2.5
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.018	0.023	0.017	0.025	0.021	0.021
V _{H₂} : V _{O₂} (理論值為 2 : 1)	2.1 : 1	1.9 : 1	2.1 : 1	1.9 : 1	2 : 1	2 : 1

陸、討論：

分別以迴紋針、銅線、鋅片、鐵片等四種不同的材質作為電極來探討：

一、電解水時，產生的氫氣與氧氣的體積比是否為 2：1？

根據本實驗研究結果所得到的數據整理如下：（氫氣與氧氣的體積比為平均值）

	迴紋針	銅線	鋅片	鐵片
1.5 cm	1.8：1	2.1：1	1.9：1	2：1
2.0 cm	2：1	2.1：1	2.1：1	1.9：1
2.5 cm	2：1	2.2：1	2：1	1.9：1
3.0 cm	2：1	2：1	2.1：1	2：1

由以上的整理數據可知：以上四種不同的材質作為電極時，所產生的氫氣與氧氣的體積比都非常接近理論值 2：1，因此課本上的理論值可透過本實驗獲得驗證。

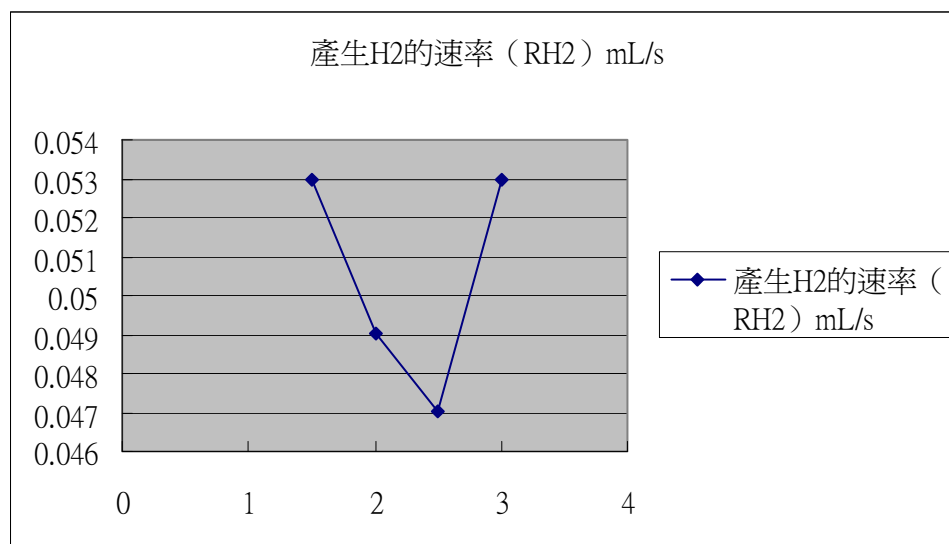
二、兩電極之間的距離與氣泡產生的速率之間的關係：

根據本實驗研究結果所得到的數據整理如下：（產生氣體的速率均為平均值）

(一) 電極：迴紋針

1.產生 H₂的速率 (R_{H2}) 與電極之間的距離：(表 1)

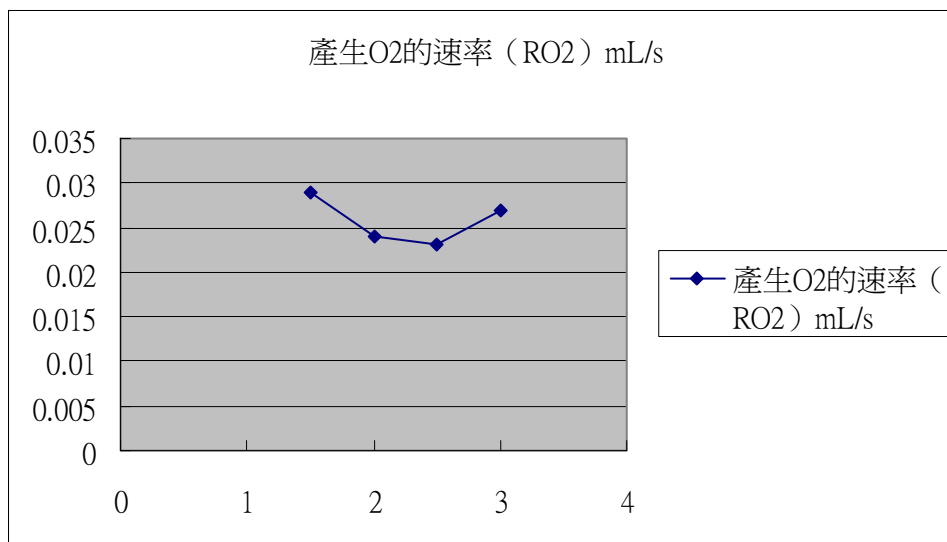
實驗次數	1	2	3	4
電極之間的距離 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
產生 H ₂ 的速率 (R _{H2}) mL/s	0.053	0.049	0.047	0.053



由以上的圖表可以看出：產生 H₂的速率 (R_{H2}) 與迴紋針電極之間的距離並沒有顯著的線性關係，即產生 H₂的速率 (R_{H2}) 幾乎為一個定值。但如果將電極之間的距離為 3 公分的數據略去，仍可觀察到隨著電極之間的距離增加，產生 H₂的速率 (R_{H2}) 有減少的趨勢。

2.產生 O₂的速率 (R_{O2}) 與電極之間的距離：(表 2)

實驗次數	1	2	3	4
電極之間的距離 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
產生 O ₂ 的速率 (R _{O2}) mL/s	0.029	0.024	0.023	0.027

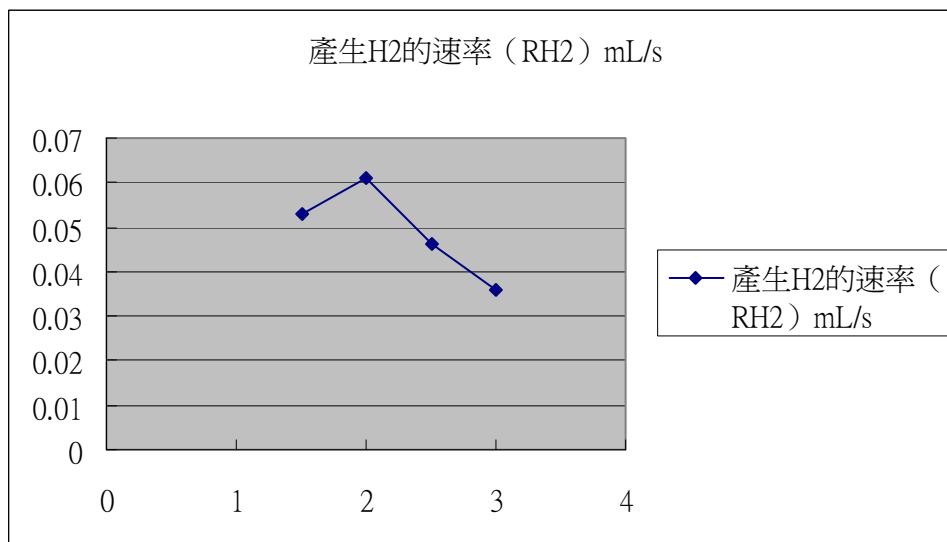


由以上的圖表可以看出：產生 O₂ 的速率 (R_{O2}) 與迴紋針電極之間的距離並沒有顯著的線性關係，即產生 O₂ 的速率 (R_{O2}) 幾乎為一個定值。但如果將電極之間的距離為 3 公分的數據略去，仍可觀察到隨著電極之間的距離增加，產生 O₂ 的速率 (R_{O2}) 有減少的趨勢。

(二) 電極：銅線

1. 產生 H₂ 的速率 (R_{H2}) 與電極之間的距離：(表 3)

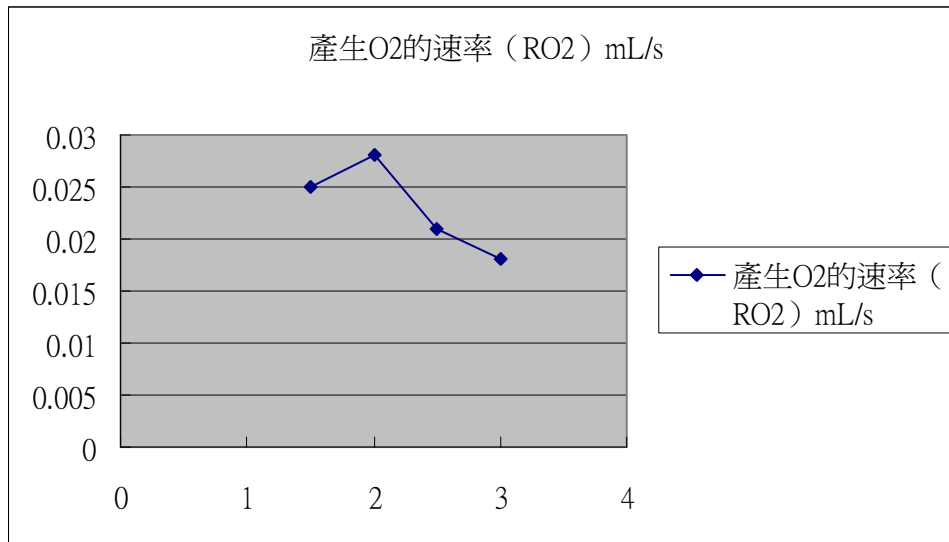
實驗次數	1	2	3	4
電極之間的距離 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
產生 H ₂ 的速率 (R _{H2}) mL/s	0.053	0.061	0.046	0.036



由以上的圖表可以看出：產生 H₂ 的速率 (R_{H2}) 與銅線電極之間的距離並沒有顯著的線性關係，而且產生 H₂ 的速率 (R_{H2}) 的變動幅度較迴紋針電極為大。但如果將電極之間的距離為 1.5 公分的數據略去，仍可觀察到隨著電極之間的距離增加，產生 H₂ 的速率 (R_{H2}) 有減少的趨勢。

2.產生 O₂的速率 (R_{O2}) 與電極之間的距離：(表 4)

實驗次數	1	2	3	4
電極之間的距離 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
產生 O ₂ 的速率 (R _{O2}) mL/s	0.025	0.028	0.021	0.018

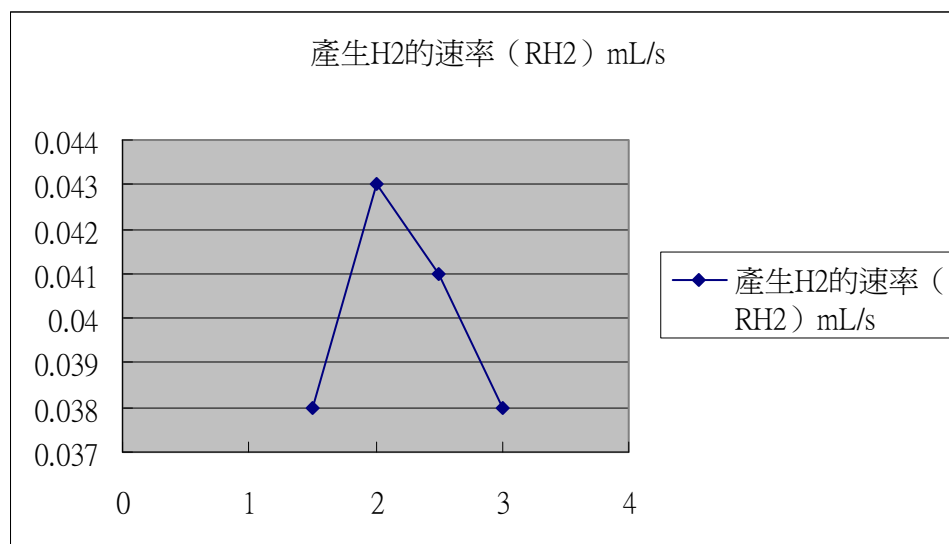


由以上的圖表可以看出：產生 O₂的速率 (R_{O2}) 與銅線電極之間的距離並沒有顯著的線性關係，而且產生 O₂的速率 (R_{O2}) 的變動幅度較迴紋針電極為大。但如果將電極之間的距離為 1.5 公分的數據略去，仍可觀察到隨著電極之間的距離增加，產生 O₂的速率 (R_{O2}) 有減少的趨勢。

(三) 電極：鋅片

1.產生 H₂的速率 (R_{H2}) 與電極之間的距離：(表 5)

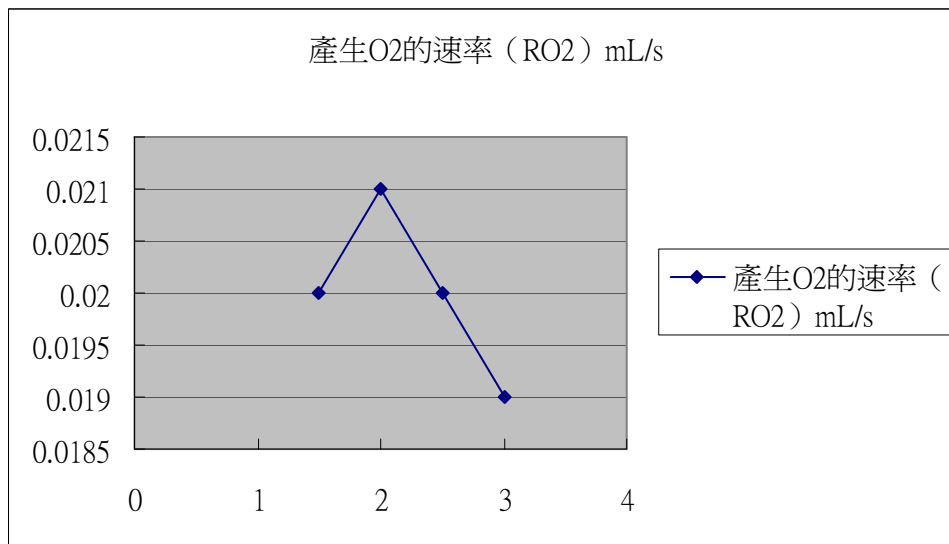
實驗次數	1	2	3	4
電極之間的距離 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
產生 H ₂ 的速率 (R _{H2}) mL/s	0.038	0.043	0.041	0.038



由以上的圖表可以看出：產生 H₂的速率 (R_{H2}) 與鋅片電極之間的距離並沒有顯著的線性關係，即產生 H₂的速率 (R_{H2}) 幾乎為一個定值。但如果將電極之間的距離為 1.5 公分的數據略去，仍可觀察到隨著電極之間的距離增加，產生 H₂的速率 (R_{H2}) 有減少的趨勢。

2.產生 O₂的速率 (R_{O2}) 與電極之間的距離：(表 6)

實驗次數	1	2	3	4
電極之間的距離 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
產生 O ₂ 的速率 (R _{O2}) mL/s	0.020	0.021	0.020	0.019

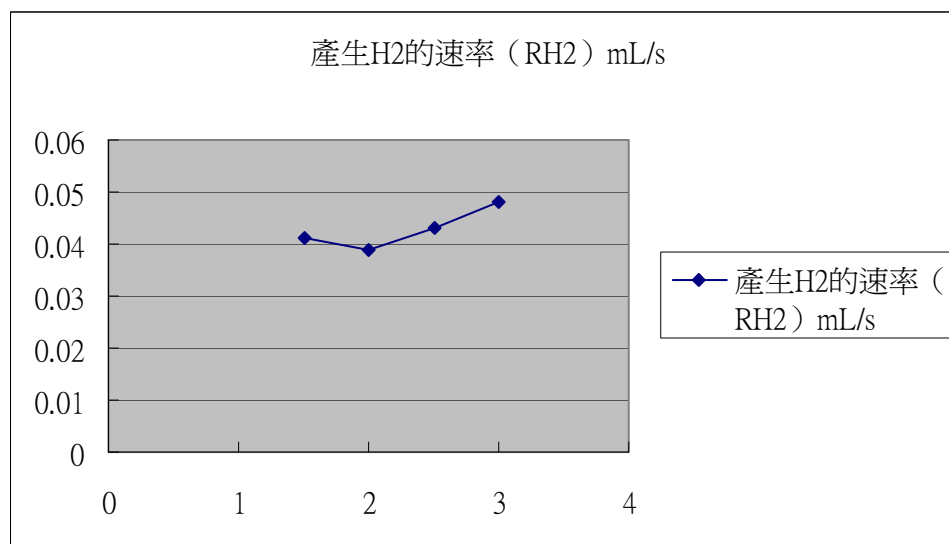


由以上的圖表可以看出：產生 O₂的速率 (R_{O2}) 與鋅片電極之間的距離並沒有顯著的線性關係，即產生 O₂的速率 (R_{O2}) 幾乎為一個定值。但如果將電極之間的距離為 1.5 公分的數據略去，仍可觀察到隨著電極之間的距離增加，產生 O₂的速率 (R_{O2}) 有減少的趨勢。

(四) 電極：鐵片

1.產生 H₂的速率 (R_{H2}) 與電極之間的距離：(表 7)

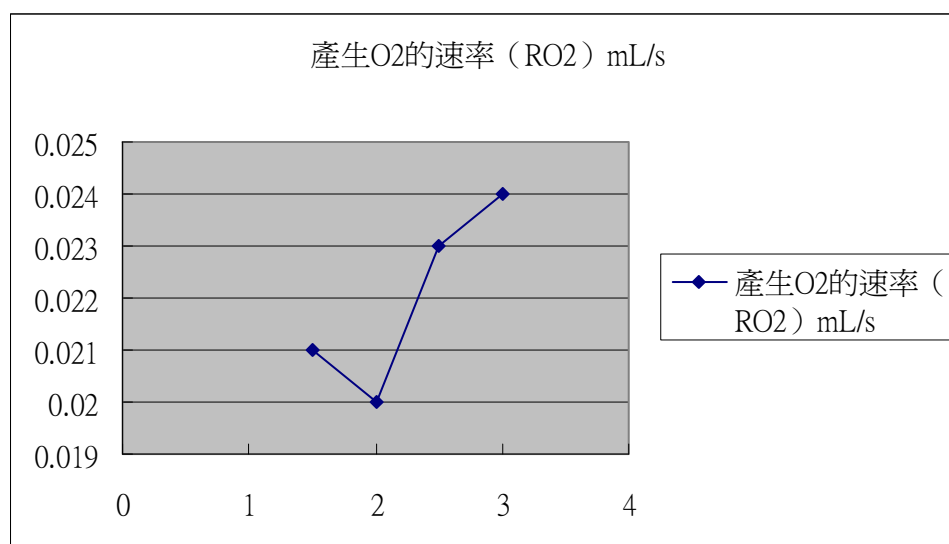
實驗次數	1	2	3	4
電極之間的距離 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
產生 H ₂ 的速率 (R _{H2}) mL/s	0.041	0.039	0.043	0.048



由以上的圖表可以看出：產生 H₂的速率 (R_{H2}) 與鐵片電極之間的距離並沒有顯著的線性關係，即產生 H₂的速率 (R_{H2}) 幾乎為一個定值。但如果將電極之間的距離為 1.5 公分的數據略去，可觀察到隨著電極之間的距離增加，產生 H₂的速率 (R_{H2}) 也隨之增加的趨勢，此與在理化課程中所提到「兩電極的距離愈近，則產生氣泡的速率愈大」的敘述不符。

2.產生 O₂的速率 (R_{O₂}) 與電極之間的距離：(表 8)

實驗次數	1	2	3	4
電極之間的距離 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
產生 O ₂ 的速率 (R _{O₂}) mL/s	0.021	0.020	0.023	0.024



由以上的圖表可以看出：產生 O₂的速率 (R_{O₂}) 與鐵片電極之間的距離並沒有顯著的線性關係，即產生 O₂的速率 (R_{O₂}) 幾乎為一個定值。但如果將電極之間的距離為 1.5 公分的數據略去，可觀察到隨著電極之間的距離增加，產生 O₂的速率 (R_{O₂}) 也隨之增加的趨勢，此與在理化課程中所提到「兩電極的距離愈近，則產生氣泡的速率愈大」的敘述不符。

三、適合作為本實驗電極的材料：

- (一) 由第一項的討論結果可知，就產生氫氣與氧氣的體積比而言，迴紋針、銅線、鋅片、鐵片都適合作為本實驗電極的材料。
- (二) 由第二項的討論結果可知，就兩電極之間的距離與氣泡產生的速率之間的關係而言，如果能略去少部分誤差較大的數據，則迴紋針與鋅片作為電極，可驗證理化課程中所提到「兩電極的距離愈近，則產生氣泡的速率愈大」的敘述。
- (三) 另外，在以銅線作為電極的實驗過程中，我們還發現在放入正極的試管中，氫氧化鈉水溶液會漸漸變成淡藍色，代表有部分的銅原子因放出電子而形成銅離子溶於水中，易增加環境的重金屬污染。再加上第二項的討論結果顯示：以銅線作為電極產生 H₂的速率 (R_{H₂}) 與產生 O₂的速率 (R_{O₂}) 的變動幅度較迴紋針、鋅片電極為大，因此我們建議不要使用銅線作為本實驗的電極。

柒、結論：

- 一、就我們的實驗結果可知，分別以迴紋針、銅線、鋅片、鐵片等四種不同的材質作為電極時，所產生的氫氣與氧氣的體積比都非常接近理論值 2：1，但我們建議教科書以我們的方法來進行本實驗才會得到比較精確的結果。
- 二、就我們的實驗結果而言，兩電極之間的距離與氣泡產生的速率之間並沒有顯著的線性關係，但我們相信理化課程中所提到「兩電極的距離愈近，則產生氣泡的速率愈大」的敘述應該是正確的，因為將實驗數據扣除掉誤差較大的部分，仍可證實以上的說法。因此我們應當將兩電極之間的距離再取大一些，如：3.5、4.0、4.5、5.0 公分等，並儘量減少實驗過程中所造成的誤差，再重作本實驗，或許能驗證課本上的理論，甚至找出兩電極之間的距離與氣泡產生的速率之間的線性關係，以此作為往後我們實驗改進與修正的方向。
- 三、就本實驗的結果而言，我們認為在迴紋針、銅線、鋅片、鐵片等四種不同的材質中只有迴紋針與鋅片才較適合用來作為本實驗的電極。但往後實驗時，也可以多找一些其他的材質（本次實驗只找實驗室中較容易找到的材料），尤其可以找一些日常生活上常見的材料（但建議不要找奶粉罐內的鋁箔，因為鋁箔作為電極一方面產生氣體的速率很慢，一方面所產生的氫氣與氧氣的體積比也不成比例）。

捌、參考資料及其他：

- 一、參考資料
 - （一）國立臺灣科學教育館（民 95）。**中華民國第四十六屆中小學科學展覽會優勝作品專輯**。臺北市：國立臺灣科學教育館。
 - （二）郭重吉（民 97）。**國民中學自然與生活科技第六冊**。臺南市：南一書局企業股份有限公司
- 二、其他
 - （一）附錄一（南一版自然領域第 6 冊課本第 47、48 頁第 2 章實驗 2-2）



實驗

2-2

水的電解

【目的】 利用水的電解實驗來探討電流的化學效應並了解水的組成。

【器材】（以組為單位）

項目	數量	項目	數量
電池組 (6 V)	1 組	火柴 (或打火機)	1 盒
大燒杯 (500 毫升) 或水槽	1 個	小燒杯	1 個
玻璃棒	1 支	氫氧化鈉溶液 (0.5 M)	300 毫升
試管 (15 × 120 mm)	2 支	迴紋針 (或碳棒)	2 枚
絕緣膠帶	1 卷	導線 (附鱷魚夾)	2 條
直 尺	1 把	橡膠手套	1 雙
線 香	1 支		

【步驟】

1. 以兩根迴紋針 (或碳棒) 為電極，分別和導線連接，在纏接處以絕緣膠帶包住，不要使任何銅線外露。
2. 把電極、電池和鱷魚夾電線連成一個迴路，以鱷魚夾頭來當開關控制電流的通過。
3. 大燒杯中置入氫氧化鈉溶液約 2/3 滿，把 2 枚迴紋針分別插入大燒杯的溶液中，接通電流，觀察迴紋針上有無氣泡產生 (如圖 A)。把兩迴紋針移遠一點，再靠近一點，看看有何不同。觀察後把迴紋針取出液面，分開放置，避免接觸。

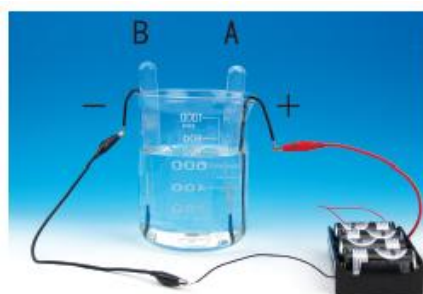


① 電解水的裝置圖

4. 將粗細相同的兩支試管裝滿氫氧化鈉溶液後，以手指 (戴手套) 按住試管口，並倒插入大燒杯的氫氧化鈉溶液內，注意試管裡不能有空氣。

注意：操作時如沾到溶液，手上會有滑膩感，這是氫氧化鈉溶液的特性，立刻用水沖洗乾淨即可。

5. 小心的把兩迴紋針分別放入兩支試管內 (如圖 B)。接通電流，觀察試管裡的液面有何變化？待 B 試管內液面下降約試管長的 2/3 以後，切斷電流。分別以直尺測量兩支試管內液面下降的高度，求出兩氣體的體積比例。



② 以排水集氣法收集氣體

6. 以手指 (戴手套) 壓住試管口，將試管取出水面，倒轉試管，使管口向上，再分別檢驗兩試管內的氣體。將留有餘燼的線香迅速插入試管 A 管口內，觀察試管內的氣體能不能幫助燃燒 (如圖 C)。
7. 將點燃的線香 (有火焰) 慢慢移近試管 B 管口後，放開手指，觀察氣體能不能燃燒 (如圖 D)，線香如何變化？

注意：將剩餘的氫氧化鈉溶液，倒在回收瓶中，集中回收。



◎ 以留有餘燼的線香檢查試管 A 內的氣體



◎ 以點燃（有火焰）的線香檢查試管 B 內的氣體

【問題與討論】

1. 改變兩根迴紋針的距離，氣泡產生的快慢有何變化？將電極改為碳棒，結果一樣嗎？
2. 步驟 3 中，影響氣泡產生快慢的因素有哪些？
3. 步驟 6 中，連接電池正極的試管 A 內的氣體，有什麼性質？可推測是什麼物質？
4. 步驟 7 中，連接電池負極的試管 B 內產生的氣體，有什麼性質？可推測是什麼物質？
5. 試管 A 內的氣體和試管 B 內的氣體兩者體積比是多少？各組得到的結果是否都一樣呢？

【評語】 031622

本作品以不同金屬如銅、鋅、或鐵作為電極，以強鹼為電解質，對水進行電解實驗，驗證電解水產生氫氣與氧氣比約為 2 比 1。此實驗為國中教學實驗，作品中改變電極金屬及電極間距離等因素，得到氫氣氧氣比值及不同電極距離之電解速率變，本作品實際驗證了電解水現象，具有求真的精神。因所用金屬與強鹼溶液在電解時可能反應，且電解水時，電極也可能進行氧化還原反應，造成氫氣或氧氣產生速率與電極距離改變時未呈線性關係，這是本作品比較可惜的部分，未來可考慮嘗試惰性電極及非酸鹼性的電解質。