

# 【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 高中（職）組成果報告表單

**題目名稱：一年「疫情」君須記，最是橙黃橘「氣」時—探討次氯酸鈉水溶液的製成**

### 一、摘要：

透過生活周遭常見的物品自製一座電解槽，以方便在家中就能透過這個裝置電解食鹽水取得次氯酸鈉水溶液，用來做環境消毒。本研究將實驗分為三大部分，第一部分分別利用三用電表和針筒刻度來測量電解時的電流大小和電解食鹽水時所產生的氫氣體積，探討其關係，藉此去了解電流大小對電解反應速率之影響。第二部分是探討電解槽有無隔板和有無攪拌對正負極和整體電解水的 pH 值之影響，每五分鐘利用酸鹼測試筆分別測量不同電池數時電解槽正負極與整體的 pH 值，以探討電解過程正負極、整體的酸鹼程度和酸鹼均勻程度之影響。第三部分是探討不同電池數需多少時間電解才能產生有消毒功用的次氯酸鈉水，透過與碘液混合，確認是否有變色反應，來判定有無氧化還原反應，確認有無消毒功效。透過這次的實驗，我們了解到電流大小與電解反應速率為正相關，攪拌後的次氯酸鈉水溶液 pH 值較均勻穩定，如果想用一顆電池來電解得到有功效的次氯酸鈉水溶液，最好的方法是電解至少 30 分鐘並盡可能地在電解過程中使次氯酸鈉水溶液均勻攪拌，如果串聯多幾顆電池的話，電解的時間就可以更短。

### 二、探究題目與動機

因應新冠肺炎，各場所或個體都需要進行消毒，然而這些消毒水在市面上皆供不應求，而且許多的產品和次氯酸鈉水製造器都要價不斐，這引發了我們的好奇：漂白水一定只能由購買取得嗎？不能從日常生活用品反應而成嗎？因此我們著手研究次氯酸鈉水溶液的生成，想透過設計簡單的裝置讓我們能更方便地自製次氯酸鈉水溶液，並進行一些實驗去了解電流、電池與電解食鹽水反應速率的關係，得以調整實驗以降低成本並更有效率地製備次氯酸鈉水溶液，也透過隔板和攪拌的有無來探討次氯酸鈉水的產生是否均勻，進而修改裝置，以達成產生均勻且穩定的次氯酸鈉水溶液的目標。

### 三、探究目的與假設

- (一) 探討電流大小與電解食鹽水所產生的氫氣體積之關係。
- (二) 比較電解槽中有隔板的次氯酸鈉水溶液之正負極和無隔板的次氯酸鈉水溶液整體 pH 值之差異。
- (三) 測量不同電池數量需要進行多久的電解時間才能產生足夠濃度的次氯酸鈉水溶液與碘液進行氧化還原反應，得到具有消毒功效的次氯酸鈉水溶液。

### 四、探究方法與驗證步驟

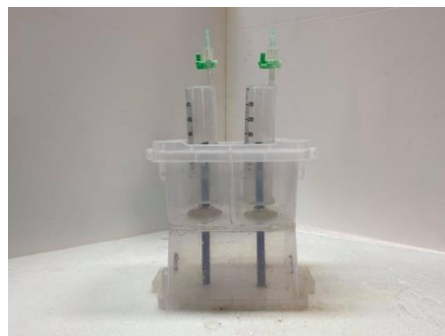
電解槽製作：

製作材料：

塑膠盒 2 個	60ml 針筒 2 個	銲槍
三通活栓 2 個	全方位塑鋼土	石墨棒個
熱熔槍	熱熔膠	

### 製作步驟：

1. 將塑膠盒底部對底部用熱熔膠連接固定。
2. 取好適當距離，用焊槍在塑膠盒底部穿出兩個洞。
3. 取兩根碳棒，用全方位塑鋼土將其固定在洞上，並檢查有無漏水。
4. 選取適當距離，將塑膠盒蓋子用焊槍穿出兩個洞。
5. 將兩個 60ml 針筒推拉的部分拔掉，並固定於蓋子的兩個洞上，使開口端能剛好蓋住碳棒。
6. 將 2 個三通活栓分別套在針筒的尖端處，即可完成電解裝置。



圖(1)、電解槽示意圖

### 實驗一、探討電流與產生氫氣體積的關係

#### (一)實驗器材：

蒸餾水	高壓電源供應器
鱷魚夾	食鹽
三用電表	電解槽
500ml 燒杯	



圖(2)、實驗一器材與裝置

#### (二)實驗步驟：

1. 配置 500 毫升飽和食鹽水，並將其倒入電解槽中。
2. 用針筒將飽和食鹽水抽至刻度 0 的位置，並將頂端三通活栓關起。
3. 用鱷魚夾接上電解槽、電源供應器及三用電表並形成通路。
4. 依序用 60、90、120 毫安培之電流供應，並每隔 5 分鐘測量一次體積至 25 分鐘，並記錄。

#### (三)實驗理論：

電解食鹽水反應式： $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

由法拉第電解定律式可知  $\frac{It}{96500} = \frac{W}{M} \times a = n \times a$ ，當電流固定、電解同一物質時，時間  $t$  正比於生成物莫耳數  $n$ 。而由理想氣體方程式  $PV=nRT$  可知，在壓力、溫度固定下，莫耳數正比於氣體體積，因此最後可得生成物氣體體積  $V$  正比於時間  $t$ ，因此我們決定探討  $V$  與  $t$  的關係是否符合假設。

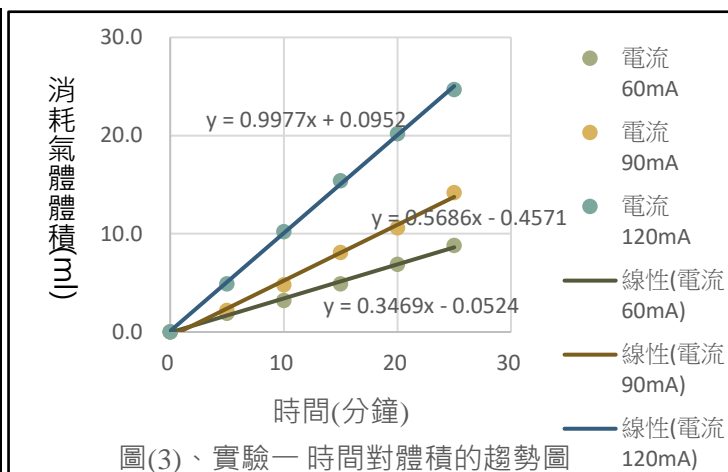
由法拉第電解定律式可知  $\frac{It}{96500} = \frac{W}{M} \times a = n \times a$ ，當時間固定、電解同一物質時，電流  $I$  正比於生成物莫耳數  $n$ 。而由理想氣體方程式  $PV=nRT$  可知，在壓力、溫度固定下，莫耳數  $n$  正比於氣體體積  $V$ ，因此最後可得電流  $I$  正比於氣體體積  $V$ 。

由反應速率定律式  $R = \frac{[B]}{\Delta t} = k[A]^x$ ， $R$  為反應速率， $[B]$  為生成物濃度， $\Delta t$  為時間變化量， $k$  為速率常數， $[A]$  為反應物濃度， $x$  為反應級數，我們因此假設  $R = \frac{V_{\text{H}_2}}{\Delta t} = kI^x$ ，理論上  $V_{\text{H}_2}$  將正比於  $I$ ，即  $x=1$ ，我們將探討  $R$  與  $I$  的關係是否符合假設。

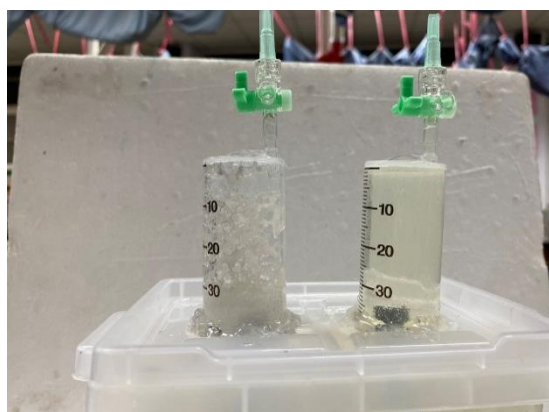
(四)實驗分析：

表一、實驗一數據

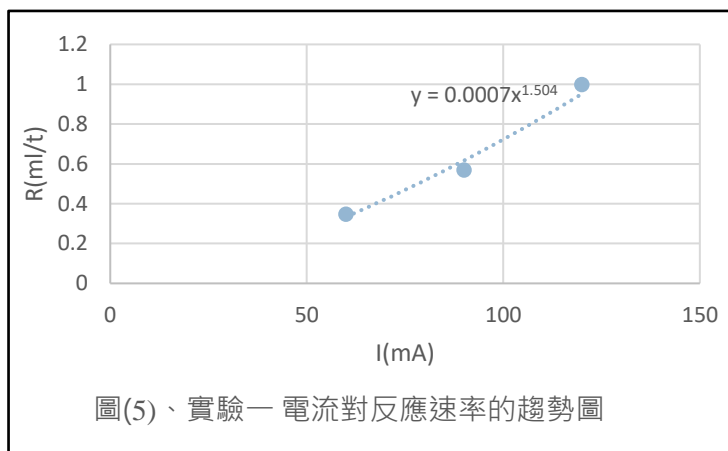
實驗一 (ml)	電流		
	60mA	90mA	120mA
0	0.0	0.0	0.0
5	1.9	2.2	4.9
10	3.2	4.8	10.2
15	4.9	8.1	15.4
20	6.9	10.6	20.2
25	8.8	14.2	24.7



圖(3)、實驗一 時間對體積的趨勢圖



圖(4)、用針筒刻度測量產生的氫氣體積



圖(5)、實驗一 電流對反應速率的趨勢圖

由斜率可知，60mA 的反應速率最慢，120mA 的反應速率最快，而回歸直線的結果也相當符合我們的假設：體積正比於時間；而我們再用斜率當作平均反應速率，用電流(I)對平均反應速率(R)作圖，得出的結果為  $R = 0.0007 I^{1.504}$ 。

(五)假設驗證：

由實驗可知，電流大小與產生氣體體積有正相關，符合我們的假設，而平均反應速率對電流約為 1.5 級反應，與我們的假設有些微的誤差，因為我們的實驗上也有些微的誤差。

實驗二、探討有無隔板與陰陽兩極 pH 值之關係

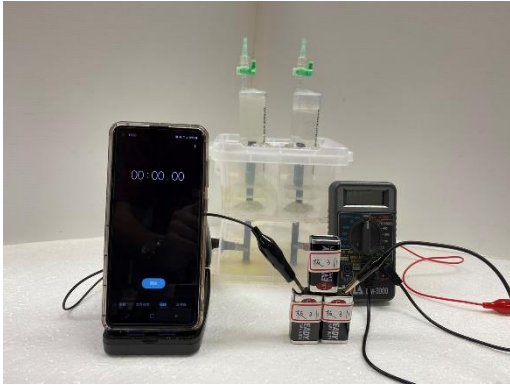
(一)實驗器材：

蒸餾水	9V 電池 6 顆	三用電表	食鹽
500ml 燒杯	鱷魚夾	安全吸球	隔板(瓦楞板)
分度吸量管	酸鹼測試筆 2 支	50ml 燒杯 2 個	電解槽

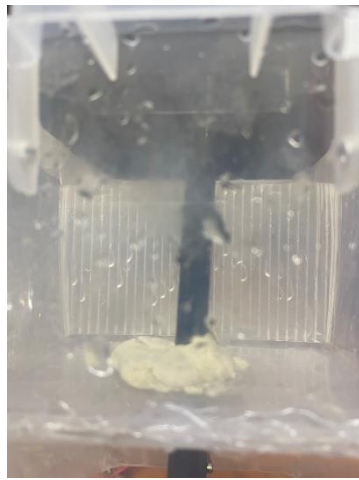
(二)實驗步驟：

1. 配置 500 毫升飽和食鹽水，先在電解槽中安裝隔板，再將飽和食鹽水倒入電解槽中，並關起三通活栓。
2. 用鱷魚夾接上電解槽、電源供應器及三用電表並形成通路。
3. 依序用 1、2、3 顆全新電池供應，並每隔 5 分鐘用酸鹼測試筆測量一次 pH 值至 25

分鐘，並記錄。



圖(6)、實驗二的裝置實驗圖



圖(7)、電解槽中加裝的隔板



圖(8)、酸鹼測試筆測量

(三)實驗理論：

陽極：氯離子氧化並結合成氯分子，產生氯氣  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

陰極：水解離成氫離子和氫氧根，氫離子接收電子形成氫氣  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$ ，因此陽極呈酸性，陰極呈鹼性，由於板子阻隔，所以兩極 pH 值不易中和，pH 值差異

表二、實驗二 pH 值數據

pH 值		電池											
		1 顆				2 顆				3 顆			
		有隔板		無隔板		有隔板		無隔板		有隔板		無隔板	
		正	負	左	右	正	負	左	右	正	負	左	右
時間 (分鐘)	0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	5	6.1	7.9	7.5	7.4	6.4	7.6	7.6	7.6	6.4	6.0	7.5	7.5
	10	5.8	8.1	7.8	7.8	5.8	8.0	7.8	7.8	5.5	7.1	7.8	7.8
	15	6.0	8.5	7.9	7.9	5.8	7.9	7.9	7.9	5.4	9.0	7.9	7.8
	20	5.7	8.8	8.1	8.0	5.5	8.7	8.0	8.1	5.4	8.9	7.9	7.9
	25	5.6	9.0	8.2	8.2	5.5	9.6	8.2	8.2	5.0	9.4	8.0	8.0

表三、實驗二 ΔpH 數據

實驗二 (ΔpH 值)		電池					
		1 顆		2 顆		3 顆	
		有隔板	無隔板	有隔板	無隔板	有隔板	無隔板
時間 (分鐘)	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5	1.8	0.1	1.2	0.0	0.4	0.0
	10	2.3	0.0	2.2	0.0	1.6	0.0
	15	2.5	0.0	2.1	0.0	3.6	0.1
	20	3.1	0.1	3.2	0.1	3.5	0.0
	25	3.4	0.0	4.1	0.0	4.4	0.0

#### (四)實驗分析：

由實驗出的數據可知，隨著時間變長，有隔板的  $\Delta\text{pH}$  明顯變大，而無隔板的  $\Delta\text{pH}$  皆維持在 0.0 或 0.1。

#### (五)假設驗證：

由上述可知無隔板有攪拌後的溶液 pH 值較均勻，而有隔板的溶液有明顯差異，因此我們的假設(攪拌後的 pH 值較均勻穩定)成立。

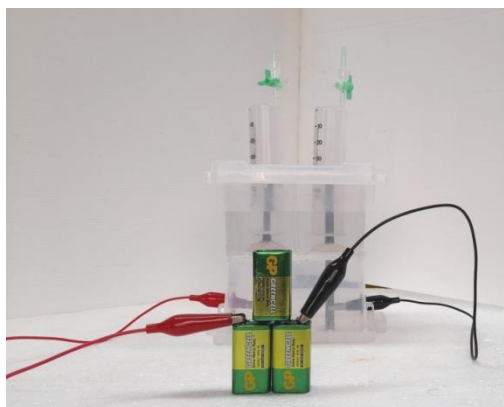
### 實驗三、利用碘液檢測不同電池數，電解多少時間能製出具氧化還原的次氯酸鈉

#### (一)實驗器材：

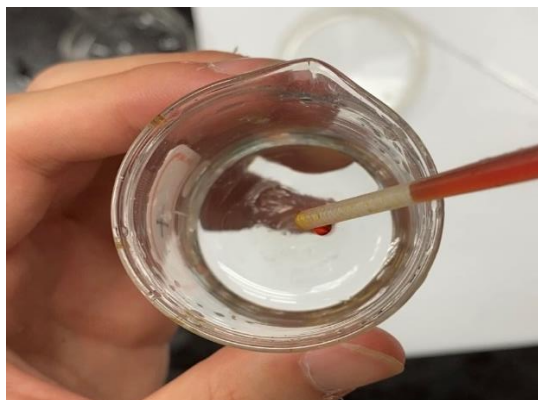
次氯酸鈉(實驗三)	50ml 燒杯 2 個	分度吸量管
碘液	玻棒	乳頭滴管

#### (二)實驗步驟：

1. 每隔兩分鐘，用分度計量管將實驗(三)電解的次氯酸鈉水溶液吸出 10 毫升，並滴入 50ml 燒杯中。
2. 用乳頭滴管吸取碘液，滴 3 滴至燒杯內，觀察其變色情形。
3. 若有碘液有明顯變色則記錄該次實驗數據。
4. 若無變色則重複步驟 1、2，至變色為止。



圖(9)、電解槽(無隔板)實驗圖



圖(10)、將碘液加入次氯酸水溶液中混和

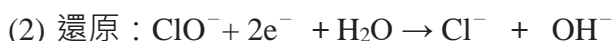
#### (三)實驗理論：

次氯酸鈉水溶液中的次氯酸根在水中會分解成氫氧根，因此成鹼性。

反應式如下： $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{OH}^-$ 。

而碘液在鹼性溶液中會氧化成碘酸根，使被滴定的次氯酸鈉水溶液從紅褐色轉為無色。而次氯酸鈉水溶液中的次氯酸根還原時，會使細菌和病毒上的蛋白質被氧化而變性，進而達成殺菌的作用。

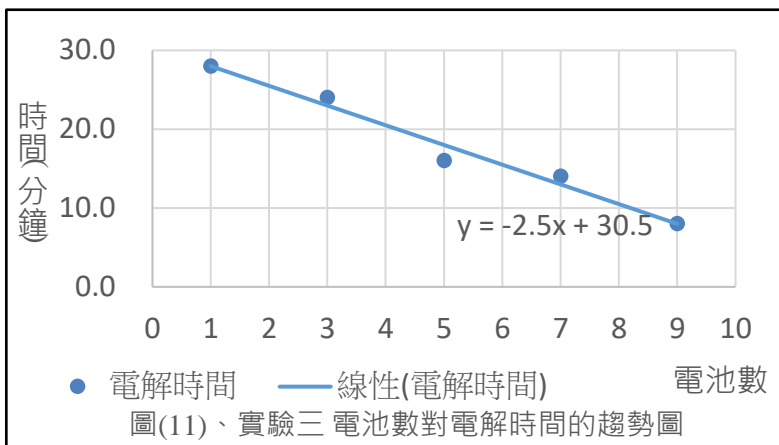
因此若次氯酸鈉水溶液製作的量不夠多，所產生的氫氧根離子濃度不高，則無法使碘液發生氧化還原而變色，由此可測得次氯酸鈉水溶液是否有氧化還原的能力，能夠奪取電子以破壞細菌的細胞機能，達到殺菌之用途。次氯酸鈉水溶液的殺菌原理：



#### (四)實驗分析：

表四、實驗三數據

實驗三 (電解時間)	電池	時間 (分鐘)
	1 顆	28.0
	3 顆	24.0
	5 顆	16.0
	7 顆	14.0
	9 顆	8.0



#### (五)假設驗證：

由實驗數據可知，電池顆數越多，電流加大，單位時間產生次氯酸鈉電解的濃度越高，次氯酸鈉水解產生氫氧根離子數也越多，因此更快達到能使碘液完全還原成碘離子的氫氧根離子量，所以當串聯的電池數量愈多，變色所需時間愈少。

### 五、結論與生活應用

#### (一)實驗結論：

- 1、電解時電流大小與產生氣體體積有正相關，當電流量愈大時，反應速率愈快。
- 2、電解時陽極處為酸性，陰極為鹼性，當電池數越多，陽極與陰極的 pH 值差越大，當次氯酸鈉水溶液攪拌均勻，整體偏鹼性。
- 3、電解時串聯電池數愈多，產生具消毒作用的次氯酸鈉水溶液所需的時間愈少。

#### (二)生活應用：

- 1、透過這個自製的簡易板電解槽，能夠較不受環境限制下自製次氯酸鈉水溶液，讓我們更方便使用此來進行環境消毒。
- 2、如果只用一顆電池進行電解時至少需電解 30 分鐘以上，這樣所產生的次氯酸鈉水才較具有消毒功用。
- 3、次氯酸鈉水溶液在電解和取出後建議皆須攪拌，使陽極電子到陰極與氫離子結合，中和 pH 值，也使次氯酸鈉與水均勻混和，使次氯酸鈉水溶液更均勻穩定。

### 參考資料

工業食鹽水電解法 | 科學 Online 檢索日期：2021 年 3 月 2 日

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=58324>

速率定律式與反應級數 | 科學 Online 檢索日期：2021 年 3 月 2 日

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=17621>

法拉第電解定律 | 科學 Online 檢索日期：2021 年 3 月 2 日

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4935>

可在客廳演示的化學遊戲—碘的氧化還原反應 - 科學月刊檢索日期：2021 年 3 月 10 日

[http://scimonth.blogspot.com/2014/04/blog-post\\_204.html?m=1](http://scimonth.blogspot.com/2014/04/blog-post_204.html?m=1)