

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 化學科

探究精神獎

030213

電解、電位

—探討電解水過程中的 pH 值誤差與電位修正

學校名稱：臺北市立石牌國民中學

作者：  國三 呂卿華  國三 陳安筠  國三 張舜涵	指導老師：  陳居仁  黃婷圓
---	-----------------------------

關鍵詞：電解、電位、誤差

## 摘要：

1. 利用（電位值與 pH 值關係圖）初步判定量測是否正確？若座標值落在直線上代表電位值與 pH 值兩次測量皆為合理值。
2. 將測量的 pH 值與測量電位值回算的 pH 值相加，所得的值若能與電解前的 pH 值相近則可再次確認測量電位值與測量 pH 值量測無誤。

電解水最初幾秒鐘， $H^+$  與  $OH^-$  僅微量產生，測試電極所得的 pH 值必然為兩極間高低電位差所造成，我們計算出因正負電極電位差所造成的測試電極測量電位值，則量測出的 pH 值只須扣除測試電極換算出的 pH 值，則可得電極通電過程中，溶液各點實際 pH 值。

測試電極中所量到的電位值與『正極為高電位、負極為低電位』的理論有落差，我們量測到且計算出的電位值以兩極中間最高、靠近負極次之、靠近正極相對較低。

## 壹、研究動機

在電解水實驗中，通電瞬間，溶液各處測試電極所測得 pH 值均會瞬間急速下降，電位值會瞬間急速上升，甚至燒壞 IC。在通電 5~10 秒後，溶液的各量測點的 pH 值會回穩，但仍會降至 pH 值 = 5~6；觀察溶液中的電極，電極旁的廣用指示劑均尚未有顏色變化或電極上未有氣泡產生，所以我們想知道所測得 pH 值產生的原因，進而推出溶液因通電後，溶液各點在測試電極內所產生的電位值。

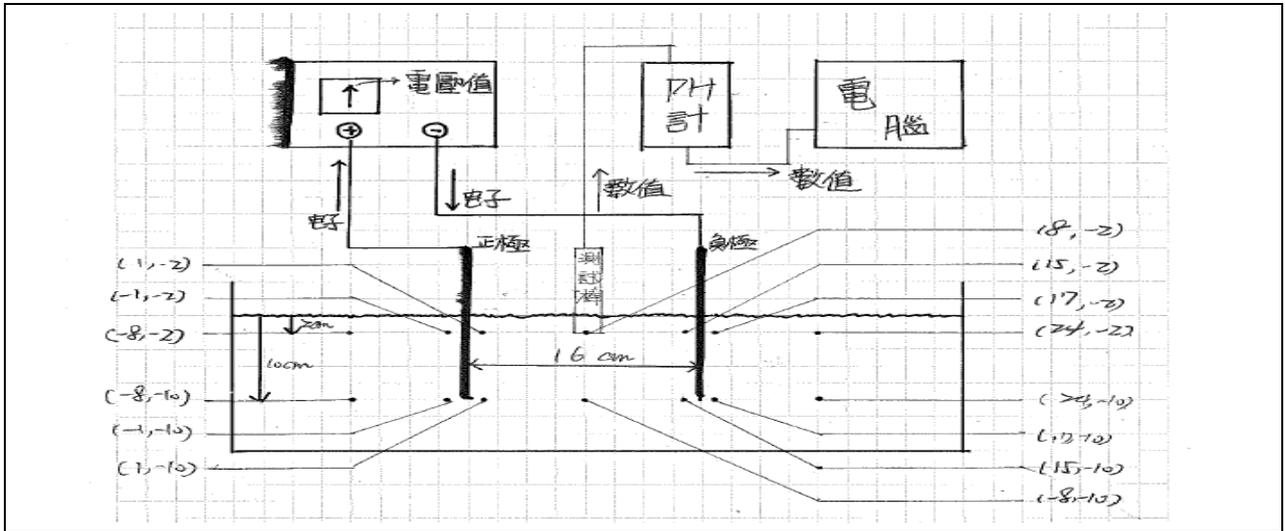
## 貳、研究目的

- 一、研究 pH 計在通電時，是何種原因會造成測量的誤差來源？
- 二、研究 pH 計在通電時，所得的測量電位值誤差應如何修正？

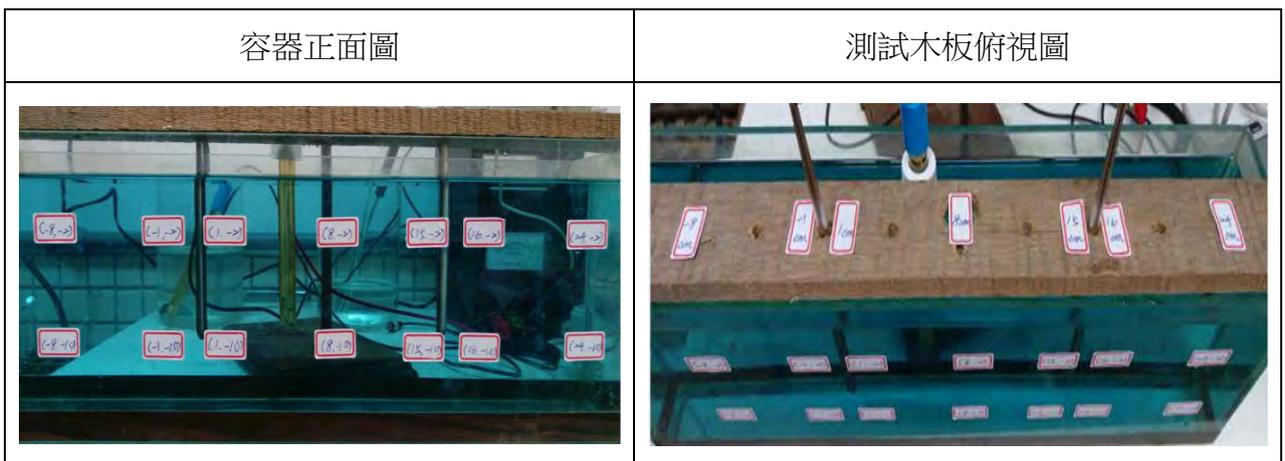
### 參、研究設備與器材

#### 一、實驗架構

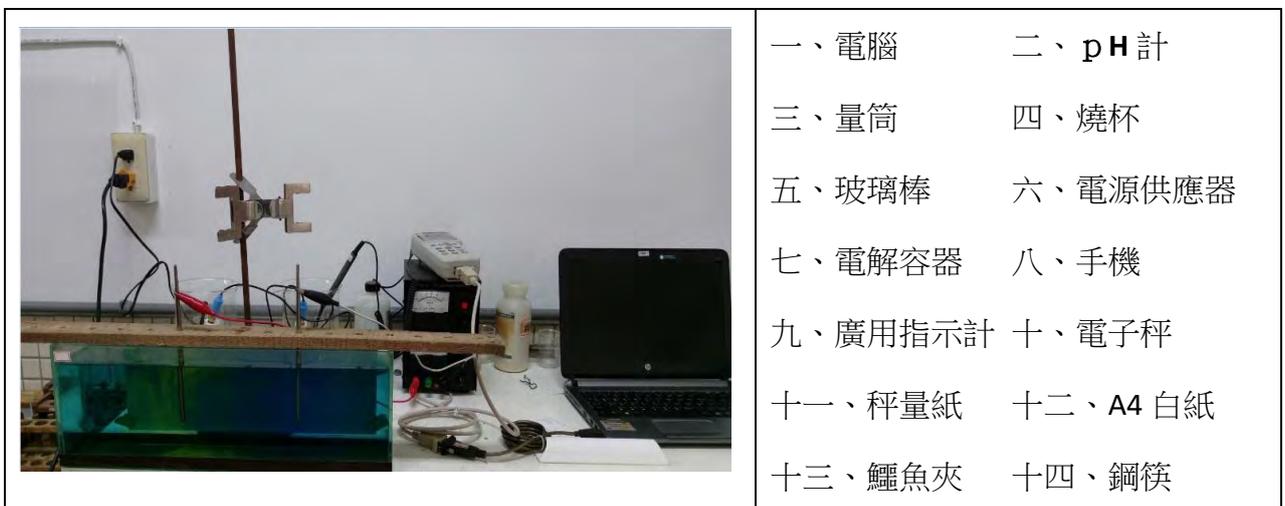
##### (一) 實驗裝置手繪簡圖



##### (二) 測試電極測試點，溶液測量位置圖



##### (三) 測試儀器全貌



## 二、 實驗器材

正負電極	電源供應器	PH 計	電腦(PH 值)	電腦(電位值)
				

## 肆、 研究原理與步驟

### 一、 電解水的原理(以硝酸鈉為電解質為例)

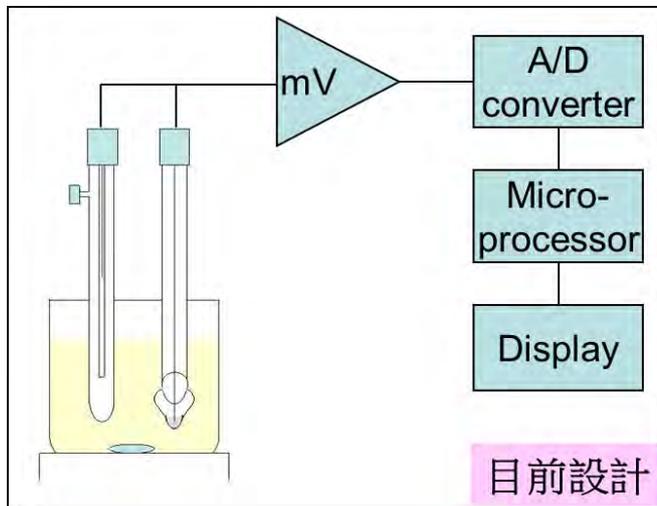
(一) 正極反應：因  $\text{H}_2\text{O}$  比  $\text{NO}_3^-$  更易失去電子  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$

(二) 負極反應：  $\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$

### 二、 pH 計的設計原理

(一) pH 計為一電位計接上對氫離子具選擇性之工作電極及參考電極，當置入不同 pH 值之溶液中時，因氫離子濃度不同，會測得不同之電位。由已知 pH 值溶液(緩衝溶液)之電位值於儀器內部建立校正曲線後可換算樣品之 pH 值。

### (二) pH 計構造示意圖

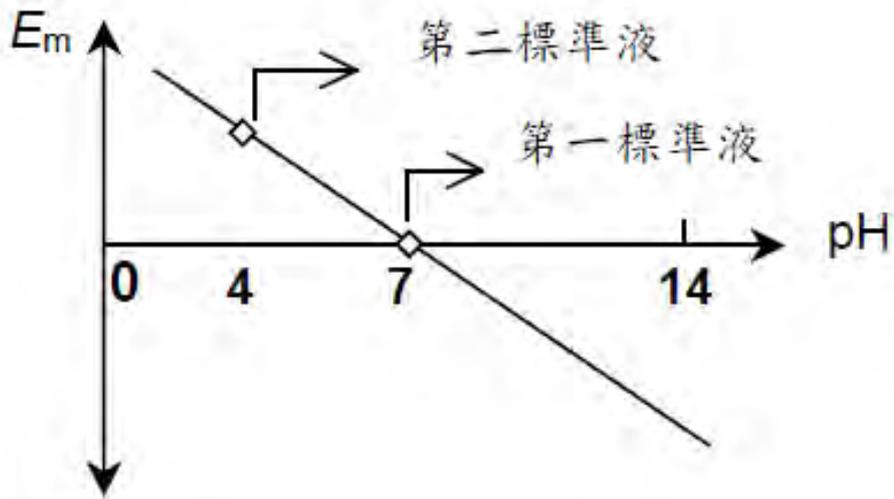


(三) pH 值與電位值的線性公式：  $E_m = K - 2.3RT(\text{pH})/nF$

$E_m$ ：所量測到之電位       $K$ ：常數，數值隨電極而定       $R$ ：氣體常數

$T$ ：溶液之絕對溫度       $\text{pH}$ ：溶液 pH 值       $n$ ：電極反應中之電子轉移數

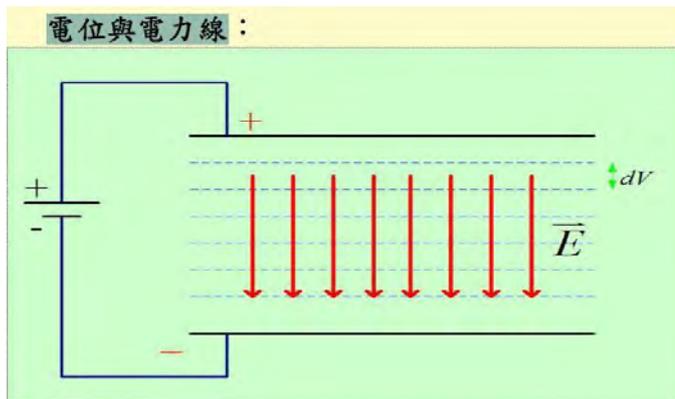
$F$ ：法拉第常數



(四) 理論上在 25°C 的斜率 pH 值改變 1 時，電位變化  $-59.16 \text{ mV/pH}$ ，

$$\text{pH} / E_m = -0.0169$$

### 三、平行板中，電位與電力線分布示意圖

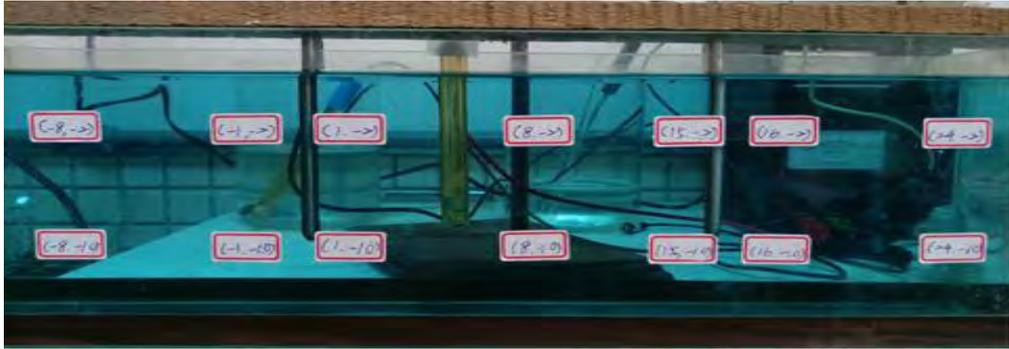


(一) 電池正極連接電極為高電位，電池負極連接負極為低電位，圖中  $\vec{E}$  為電場方向， $dV$  為兩等電位面間的電位差。

### 四、實驗步驟

#### (一) 電解硝酸鈉 0.01M

1. 將 0.01M 的硝酸鈉溶液，設定電壓為 10 V，訂電極正極為座標原點，電極負極距原點右邊 16cm，座標 (16, 0)；測試點為 (-8, -2)、(-1, -2)、(1, -2)……，如下圖所示。



2. pH 計每隔 2 秒的 pH 值變化，量測 10 分鐘
3. 重複步驟 2，量測液面下 2 cm、10 cm 兩層每隔 2 秒電位變化，量測 10 分鐘。

(二) 重複步驟(一)

1. 量測 0.02M 硝酸鈉
2. 量測 0.03M 硝酸鈉
3. 量測 0.01M 硫酸鈉
4. 量測 0.001M 硝酸鈉

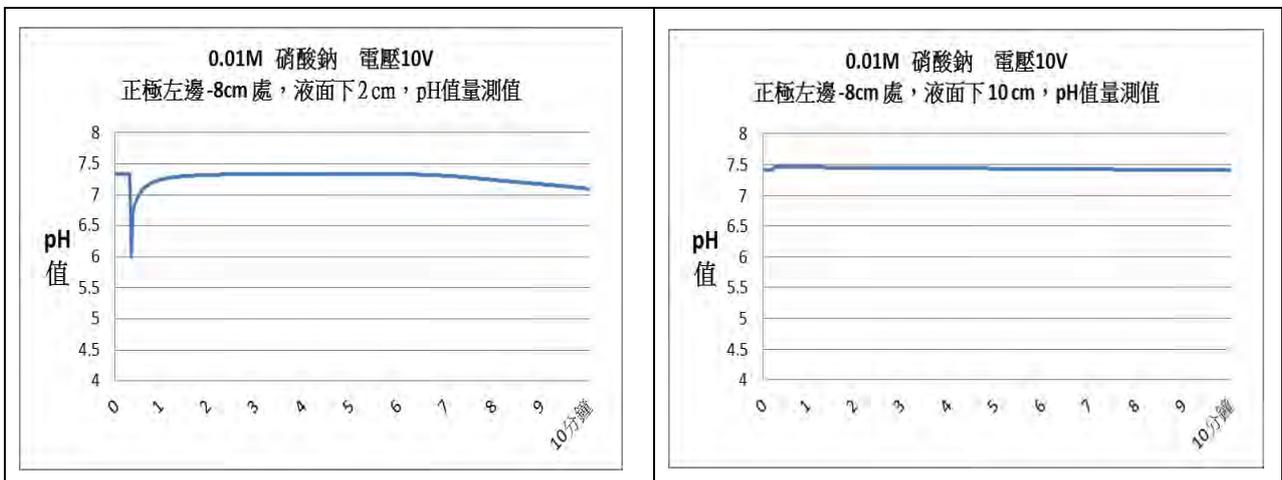
(三) 設定電壓值為 5V，重複步驟(一)(二)

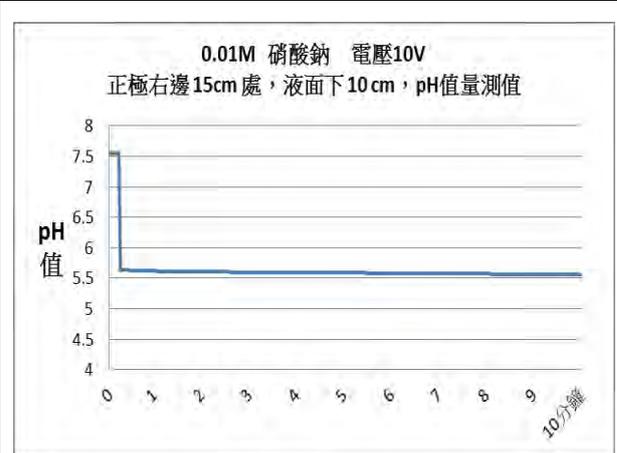
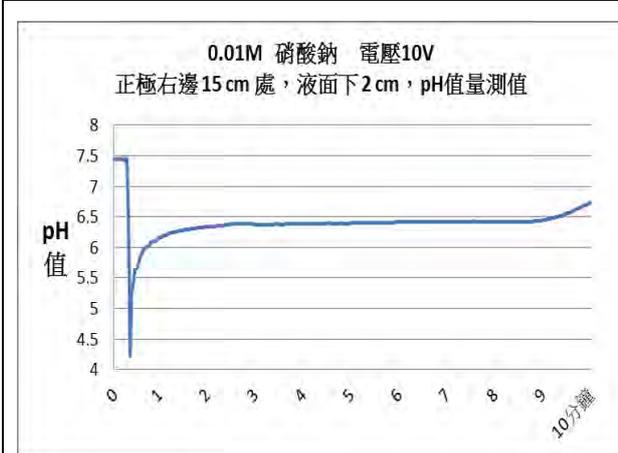
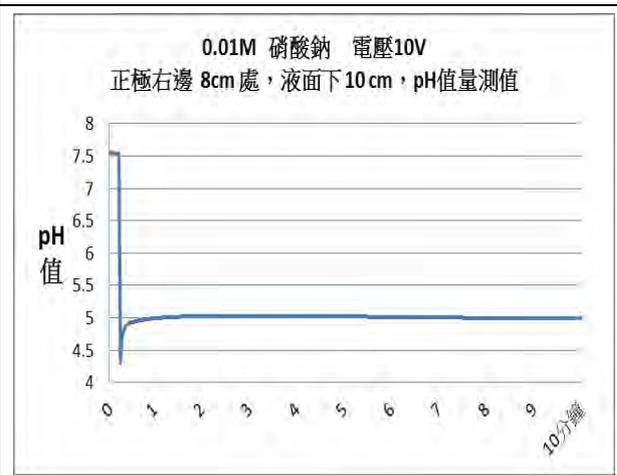
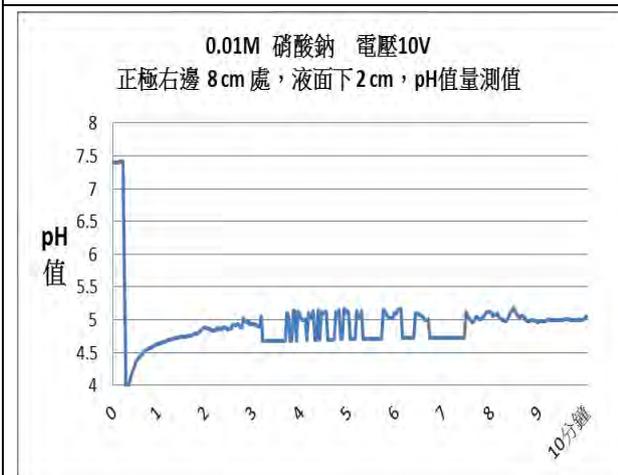
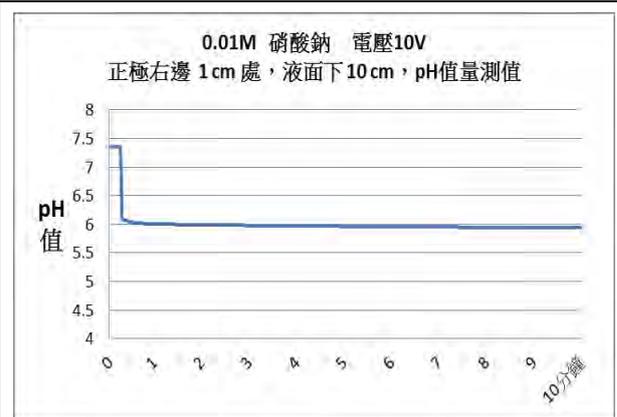
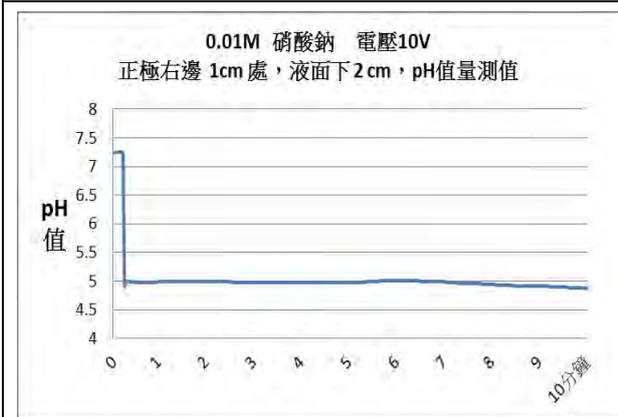
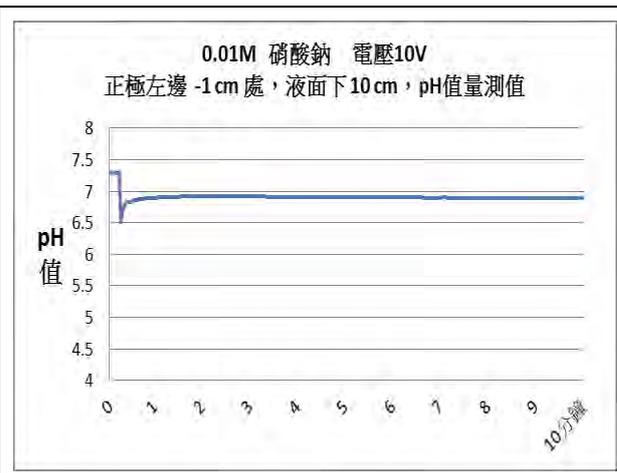
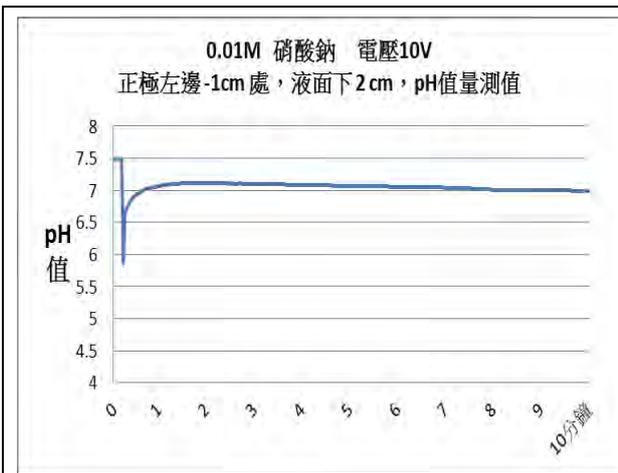
## 伍、研究結果

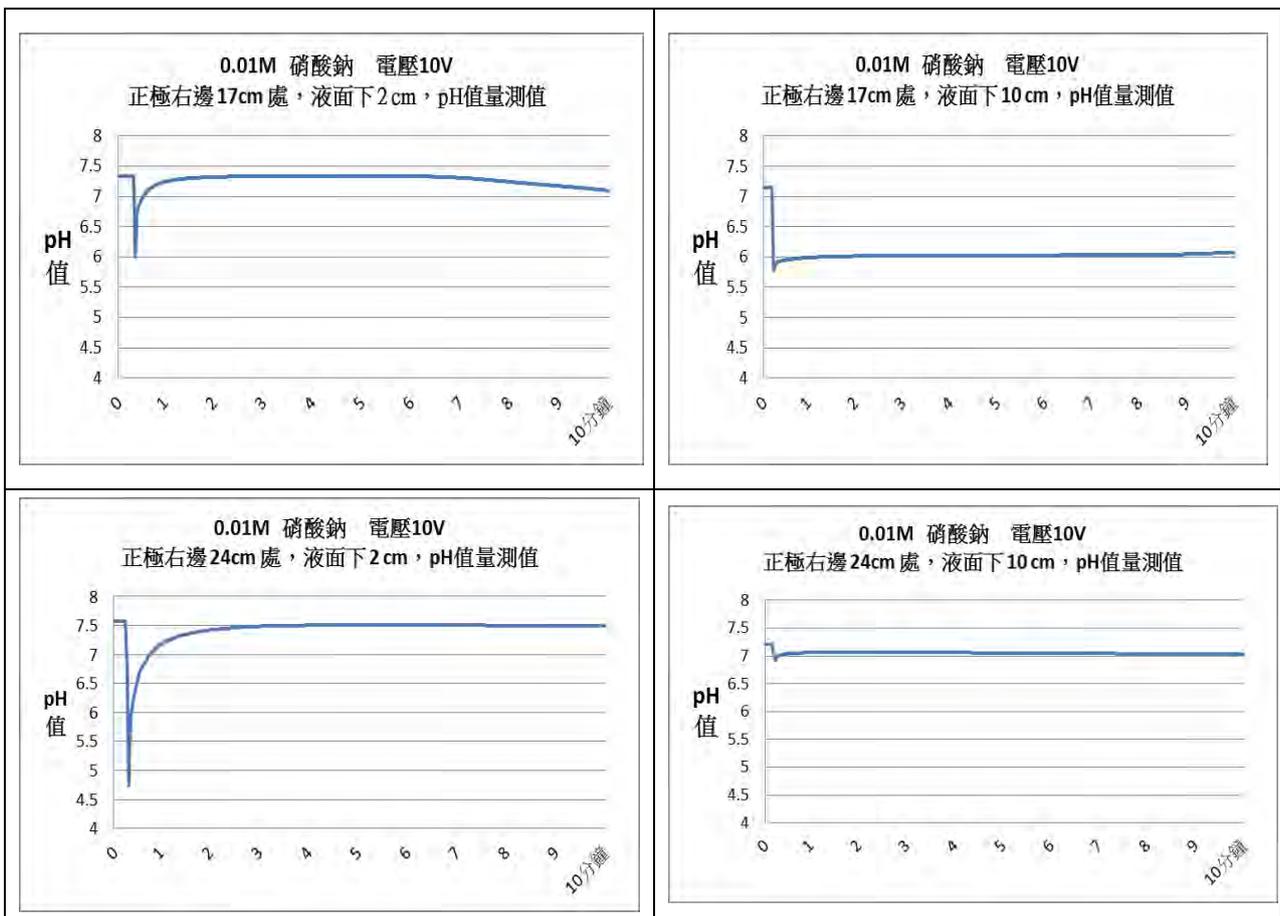
一、電解水(硝酸鈉為電解質)過程中，pH 計測量開始 10 秒後，按下電源供應器開關，供電電壓 10V，測得 pH 值與電位值 10 分鐘內變化

(一) 0.01M 硝酸鈉

1. pH 值與時間關係圖







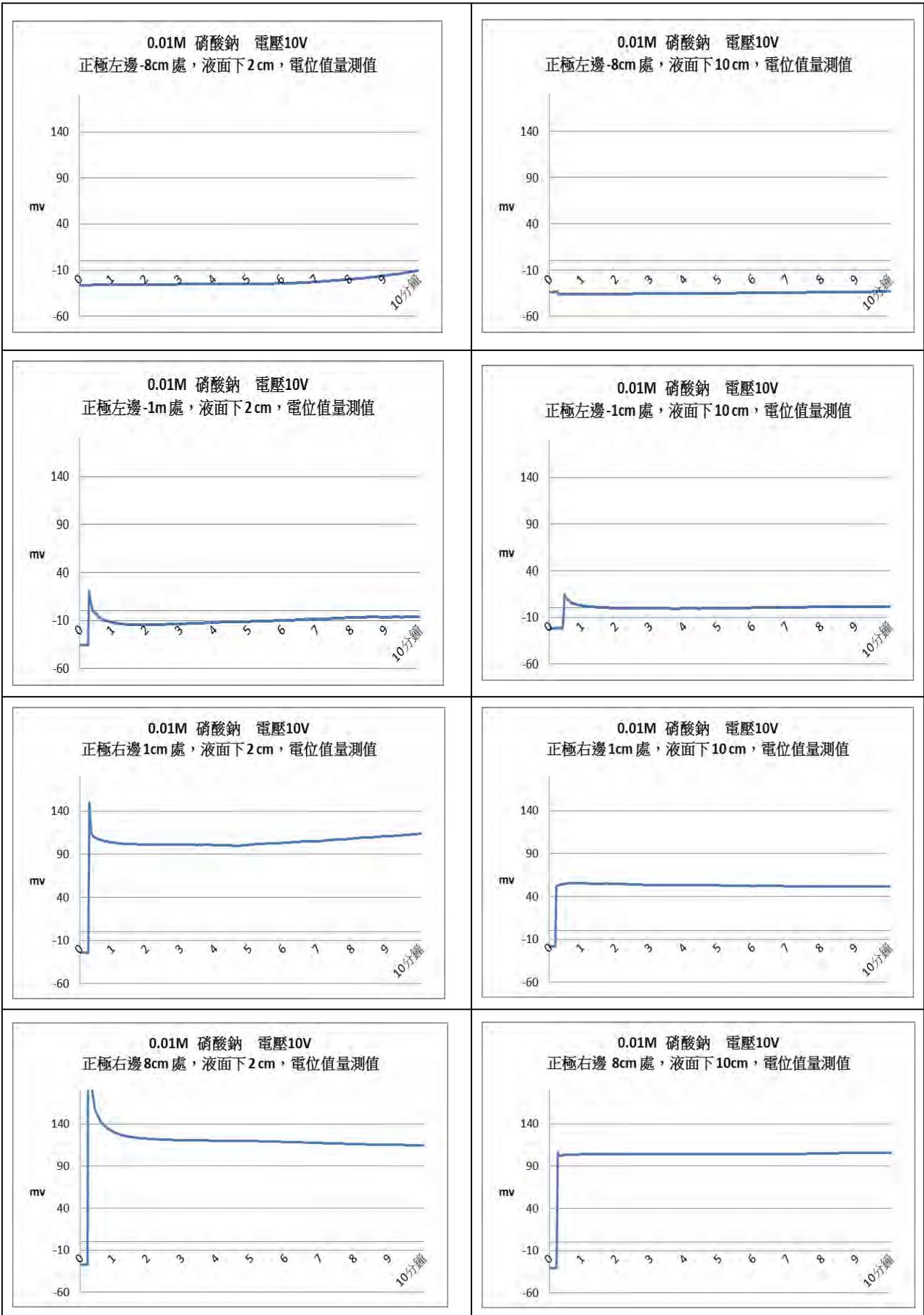
- (1) 溶液各點在通電瞬間 pH 值皆有瞬間急降急升的狀況，以兩電極中間，座標 (8, -2) 最為明顯；靠近負極 (15, -2) 急降急升的狀況比靠近正極 (1, -2) 略為明顯。
- (2) 溶液上層急降急升震盪程度較下層大。
- (3) 兩極之外仍會受到電極的通電的影響，急降急升狀況較和緩。
- (4) 當數值平穩後會維持一段時間約 8 分鐘，正極附近數值會在往下降代表  $H^+$  的生成，負極附近數值會往上升，表示  $OH^-$  的生成。

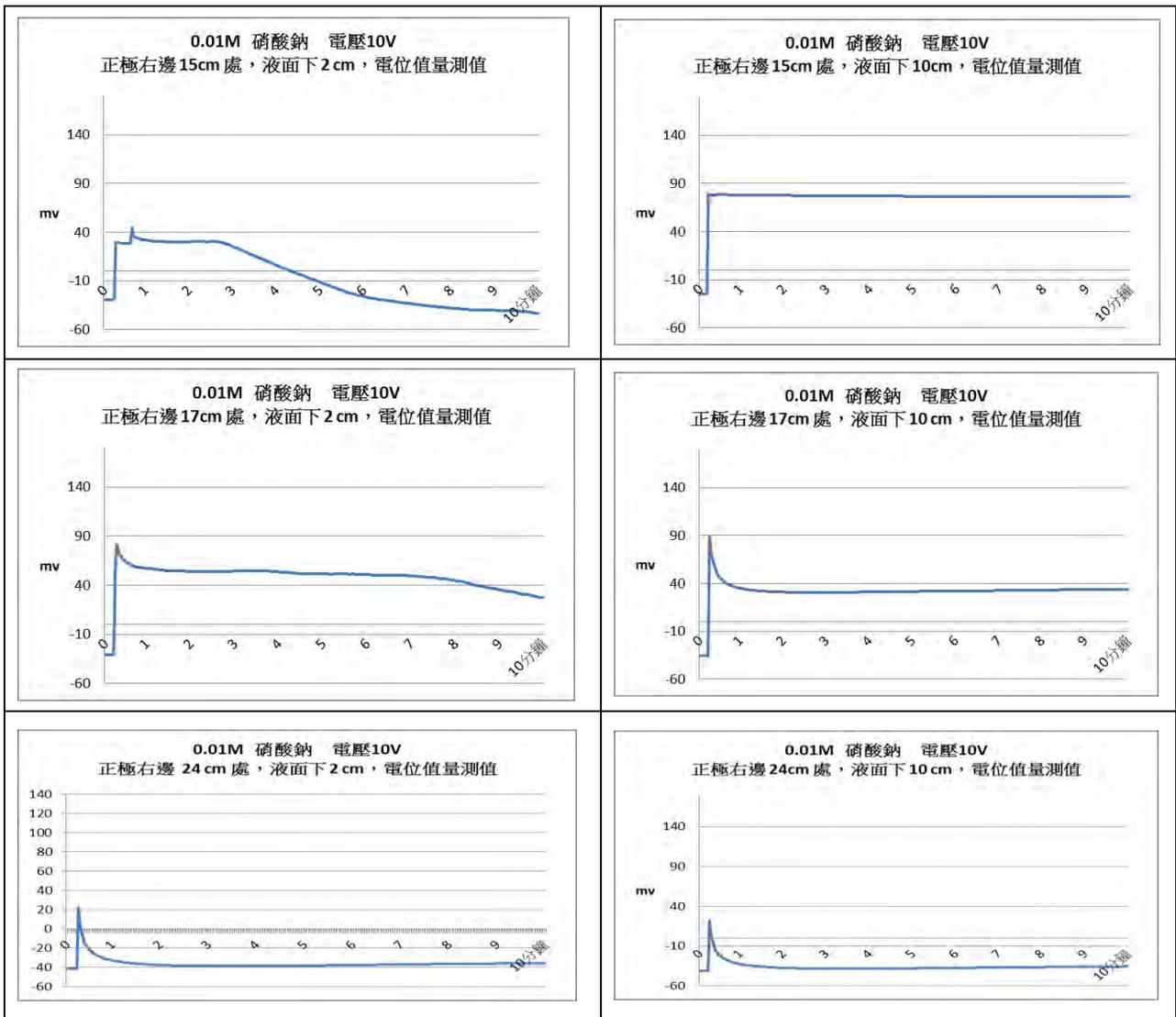
## 2. 0.01M 硝酸鈉，pH 穩定值數據表

位置	-8cm	-1cm	1cm	8cm	15cm	17cm	24cm
液面下 2cm	7.35	7.1	5	4.9	6.4	6	7.5
液面下 10cm	7.45	6.9	6	5	5.5	6	7.05

- (1) 溶液各點的穩定量測 pH 值，數值幾乎均在溶液量測前的值之下。
- (2) 遠離兩極的溶液穩定量測 pH 值略高於測量前的值。

3. 0.01M 硝酸鈉，電位值與時間關係圖





(1) 量測電位值的狀況與量測 pH 值大致相同，只是電位值與 pH 值升降方向相反。

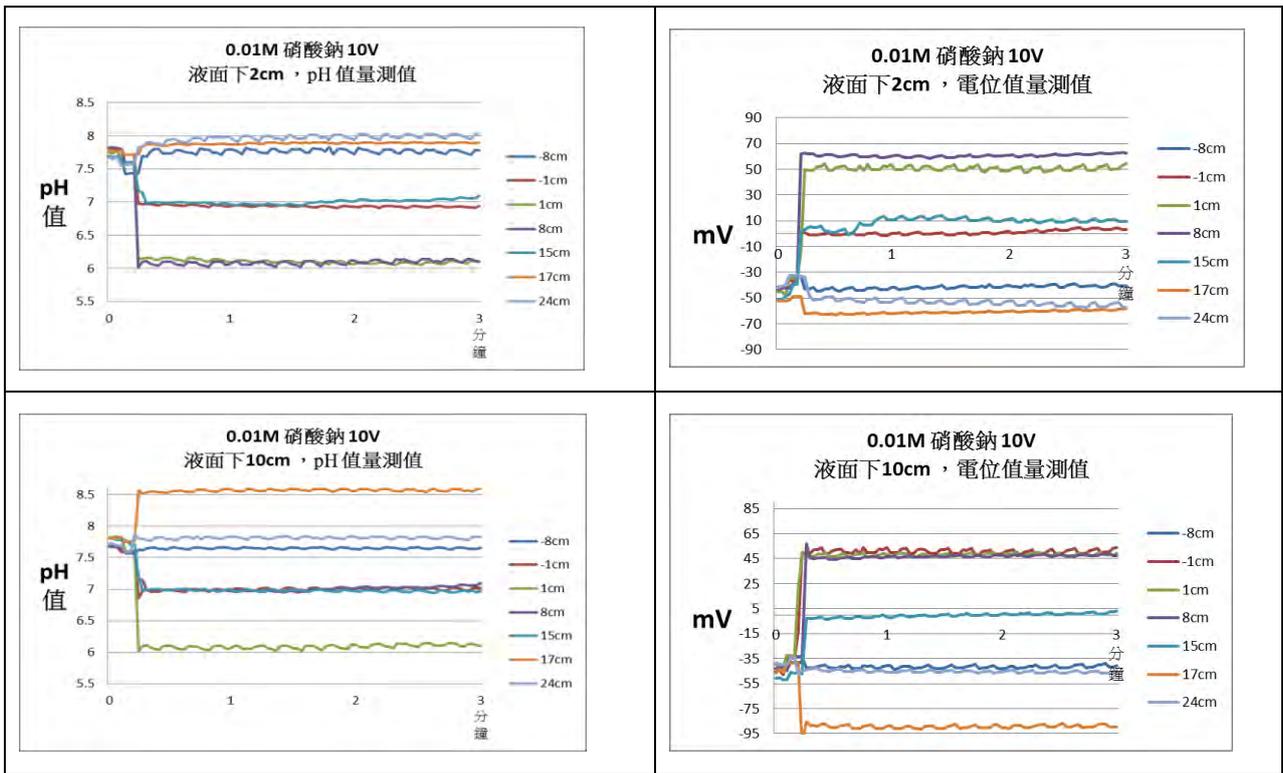
#### 4. 0.01M 硝酸鈉，電位穩定值數據表

位置	-8cm	-1cm	1cm	8cm	15cm	17cm	24cm
液面下 2cm	-25.5	-14	102	120	30	54	-38
液面下 10cm	-35.5	0	55	104	77	31	-11

二、 按下電源供應器開關，供電 4 秒後，測試電極開始量測

(一) 0.01M 硝酸鈉，電源供應器供應電壓 10V

1. 溶液各點，pH 值與時間關係圖、電位值與時間關係圖。



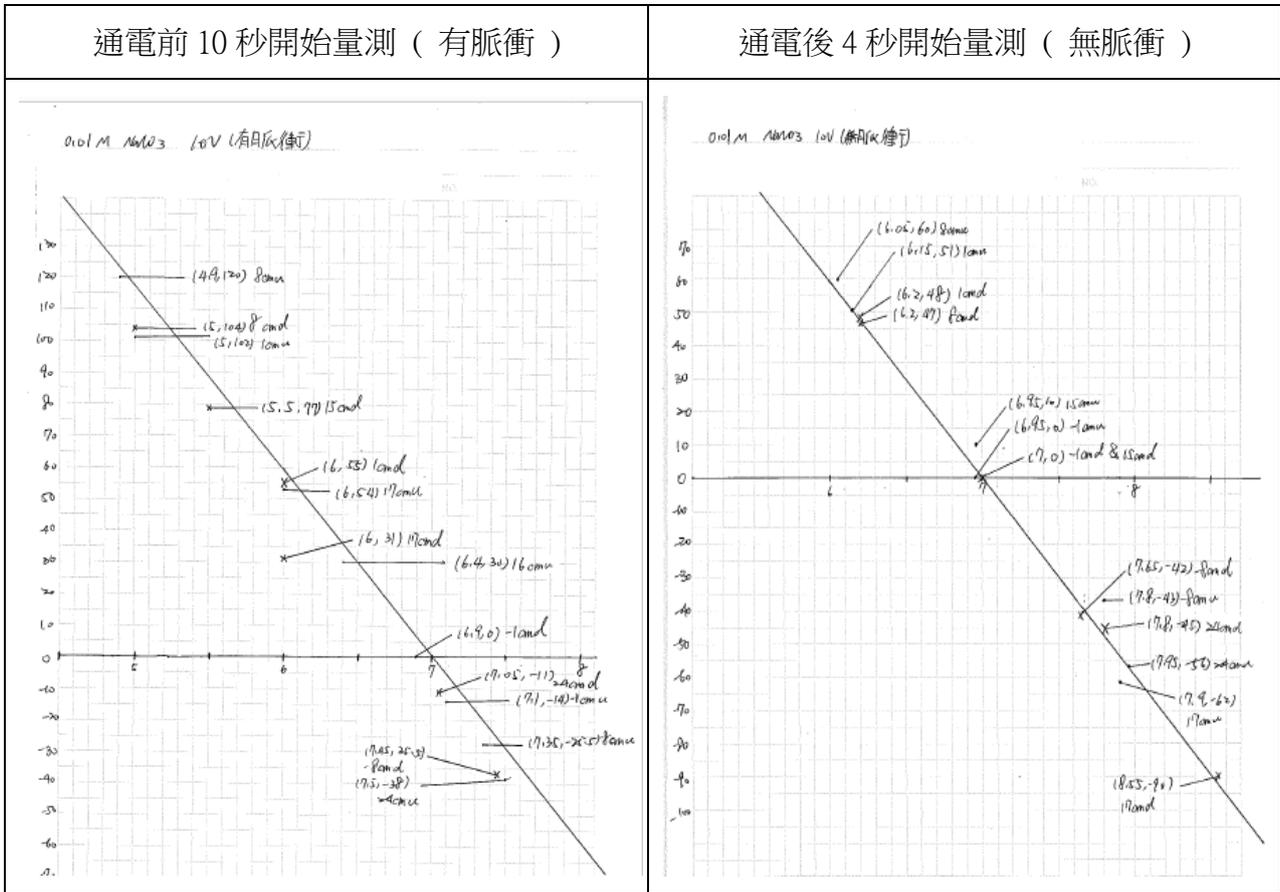
(1) 量測 pH 值與量測電位值，當數值到達穩定點後，在 3 分鐘之內，量測值幾乎就不再會有變動。

## 2. pH 值 與 電位值，穩定值數據表

位置	-8cm	-1cm	1cm	8cm	15cm	17cm	24cm
液面下 2cm (pH 值)	7.8	6.95	6.15	6.05	6.95	7.9	7.95
液面下 10cm (pH 值)	7.05	7	6.2	6.2	7	8.55	7.8
液面下 2cm (電位值)	-43	0	51	60	10	-62	-56
液面下 10cm (電位值)	-42	0	48	47	0	-90	-45

(1) 溶液在兩極間的量測 pH 值均低於測量前，兩極外幾乎高於測量值，尤其在負極之外上升明顯。

三、 0.01M 硝酸鈉溶液各點，電位值 與 pH 值 關係圖

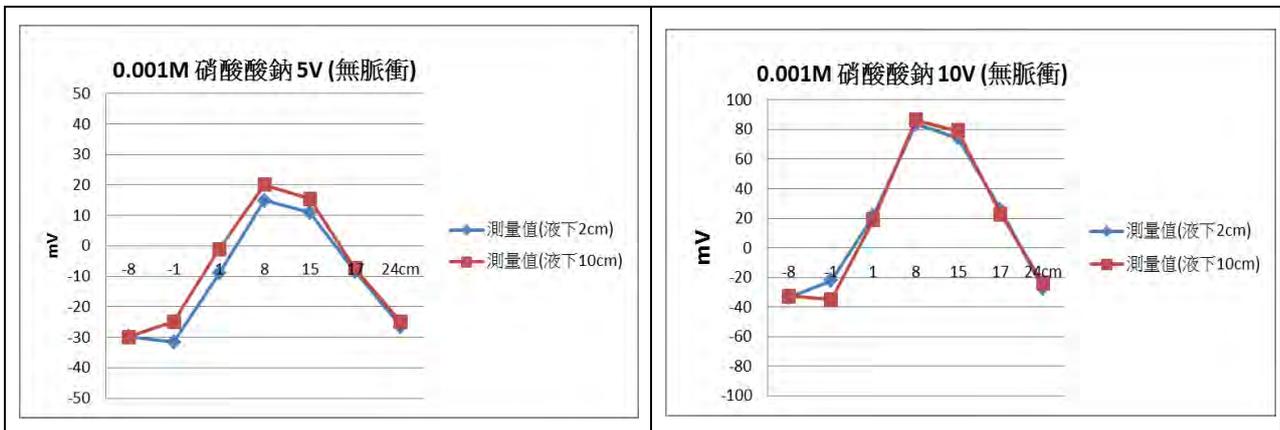


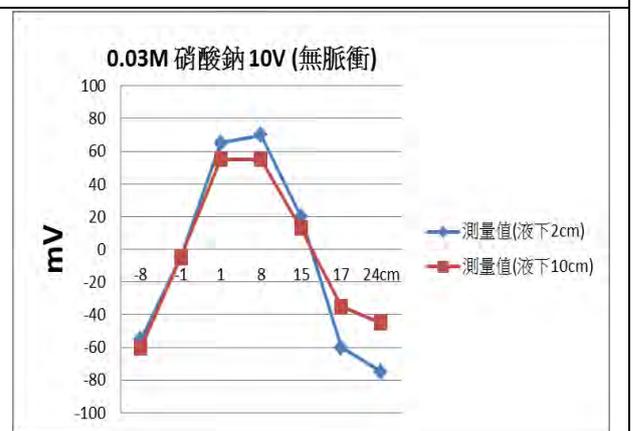
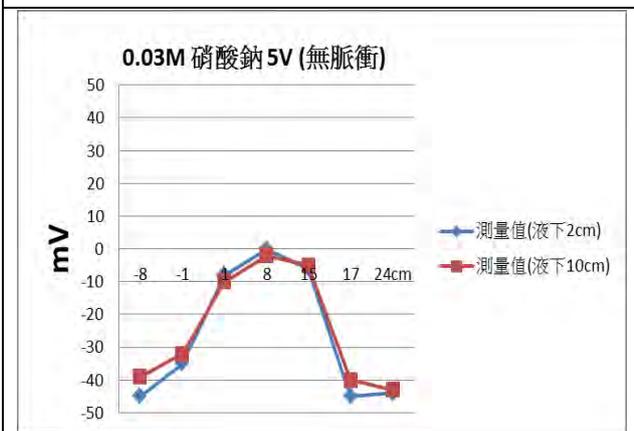
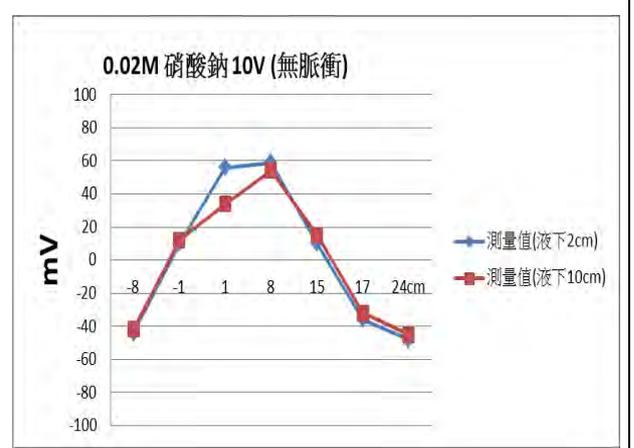
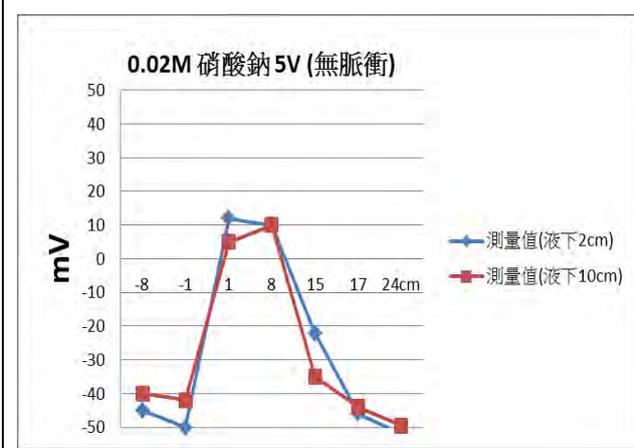
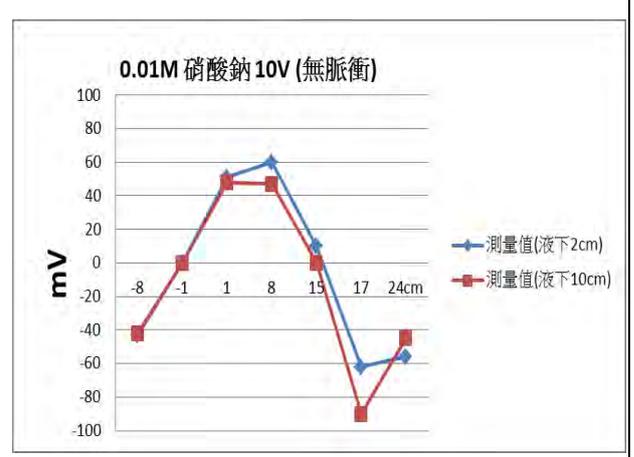
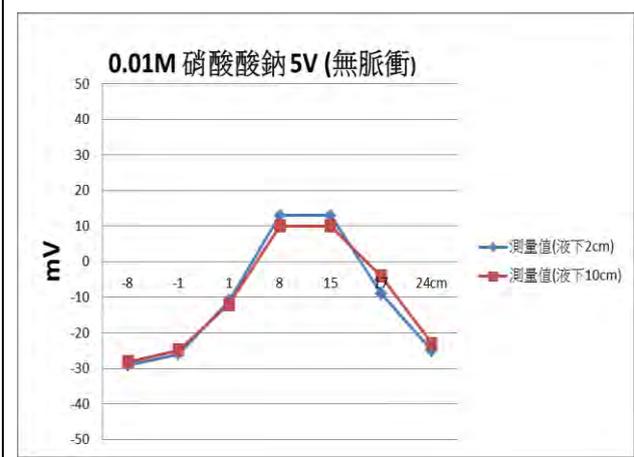
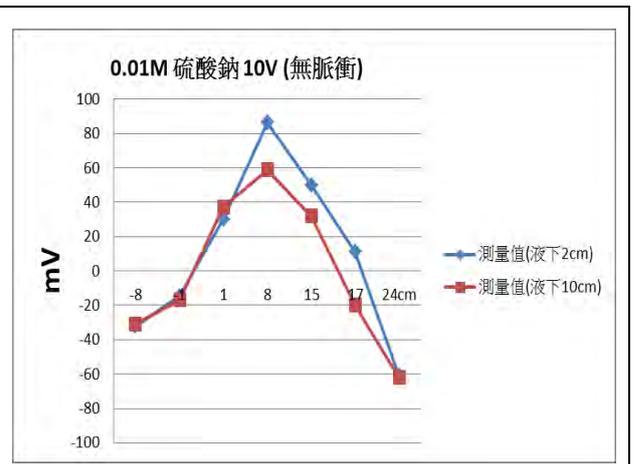
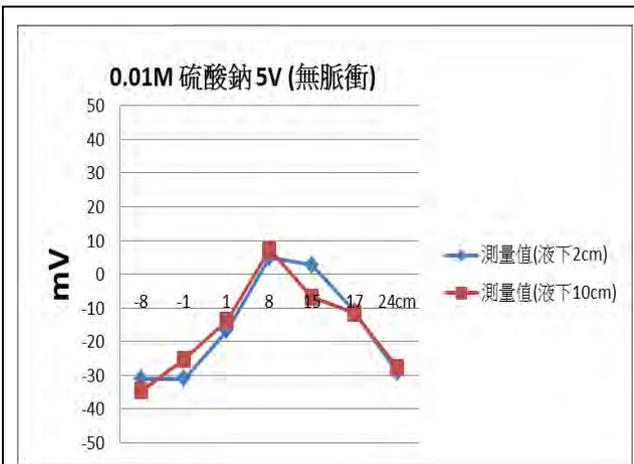
(一) 電位值 與 pH 值 關係圖中可初步得知，量測是否合理且有無誤差？若座標點在

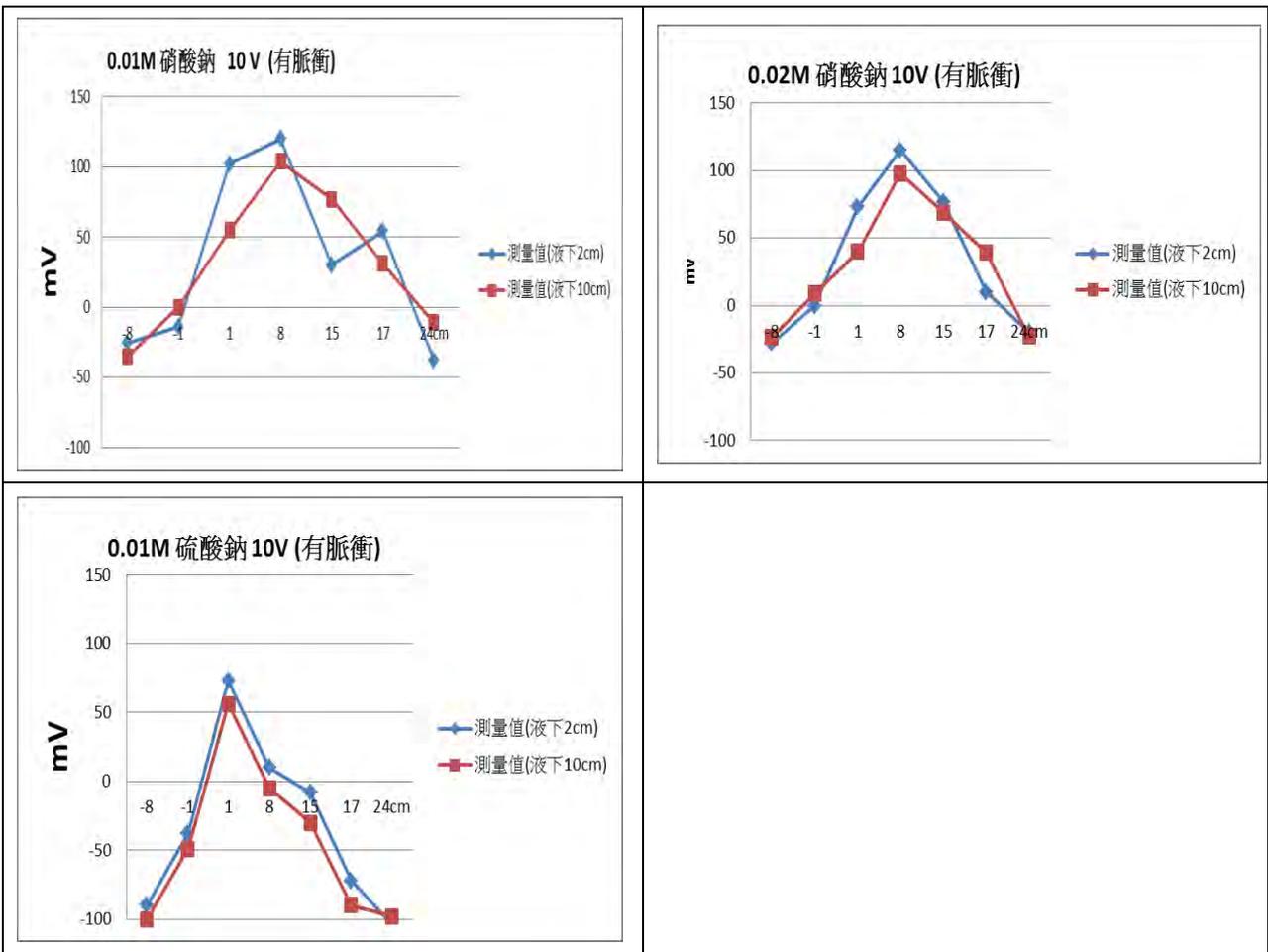
$E_m = K - 2.3RT(pH)/nF$  線性公式上，因為兩次量測為不同時間進行，表示兩次量測所取得電位值與 pH 值為合理值。

(二) 若座標點未出現在線性公式上，則測量值相對誤差大。

四、 溶液電位量值







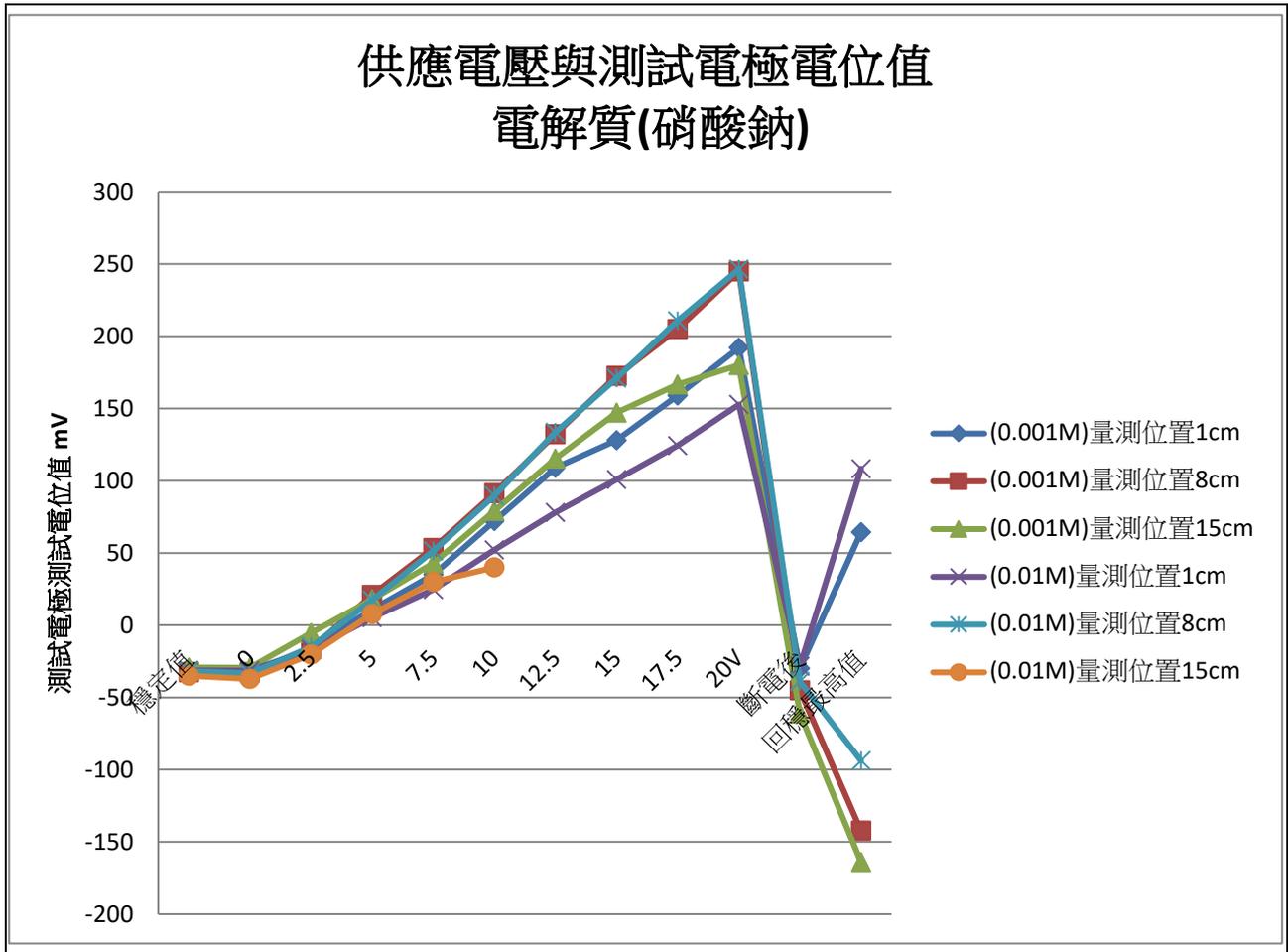
- (一) 離子的濃度對測量電位的最高與最低的差值有影響，當離子濃度越低，測量電位高低差越多。
- (二) 供應電壓為 5 V 與 10 V ，所測得的測量電位值高低差值約接近 1 / 2 。
- (三) 量測位置在 1 cm 與 15 cm 比較發現，在 0.01 M ~ 0.03 M 的濃度下，1 cm 的測量電位值較 15 cm 高；但在 0.001 M 及有脈衝的狀況下則以 15 cm 處較高。
- (四) 有脈衝的狀況下，溶液的測量電位值高低差值比無脈衝的狀況下高約 4 / 3 。
- (五) 測量電位值在液下 2 cm 與液下 10 cm 所得的趨勢圖大致上相同，但液下 2 cm 處 的測量電位值略高於液下 10 cm 的測量電位值。
- (六) 在測量過程中發現，當測試電極量測完兩電極中間與負極附近的測試點，當測試電極放回自來水時，電位值會有快速下降到 - 90 mV 以下現象，越靠近負極，數值下降越明顯。

五、供應電壓與測試電極所測到的測量電位值

(一) 供應電壓 (V) 與測量電位值 (mV) 數據表

	0.001M 量測位置 1cm	0.001M 量測位置 8cm	0.001M 量測位置 15cm	0.01M 量測位置 1cm	0.01M 量測位置 8cm	0.01M 量測位置 15cm	
未通電時 測量值	-30.3	-32.5	-29.2	-31.3	-31.7	-35	
0	-32.6	-32.6	-29.5	-31.4	-33.5	-37.2	
2.5	-15.9	-16.6	-5.4	-16.8	-14.9	-20.2	
5	10.9	21	18	5.1	17.5	7.7	
7.5	35	53.5	43	24.6	51.5	30	
10	72	91.4	79	52.2	89.7	40	
12.5	109	132.2	115.3	78	133.4		穩定的值，測量值一直往下降。 測量值在施加電壓後，無法獲得
15	128	172.6	147	100.8	170.9		
17.5	159	204.9	166.5	124.2	210.8		
20V	192	245	180	152.7	246.4		
斷電後 測量值	-30	-45	-61	-28.3	-39		
回穩 最高值	64.4	-142.3	-164	108.2	-93.8		

(二) 供應電壓 (V) 與測量電位值 (mV) 關係圖



1. 測量位置在 8cm 處，0.001 M 與 0.01 M 硝酸鈉在不同供應電壓下，所測得的測量電位值幾乎相同。
2. 測量位置在 1cm 與 15cm 處，0.001 M 與 0.01 M 硝酸鈉在不同供應電壓下，所測得的測量電位值，0.001 M 均高於 0.01 M。
3. 0.001 M 硝酸鈉：比較 1cm 與 15cm 在相同供應電壓下所測得的測量電位值，在 0V ~ 17.5V 供應電壓下，15cm 測得的電位值高於 1cm 測得的電位值，但在 20V 供應電壓下，1cm 測得的電位值高於 15cm 測得的電位值。
4. 0.01 M 硝酸鈉：比較 1cm 與 15cm 在相同供應電壓下所測得的測量電位值，5V ~ 7.5V，15cm 測得的電位值高於 1cm 測得的電位值，15cm 的測量電位值在施加電壓高於 10V 後，因為負極附近快速產生大量的  $\text{OH}^-$ ，使得測量電位會上升後再往下下降，並不會得到穩定值；且施加的電壓越大，測量電位差會上升後再往下下降的幅度更大。

## 陸、討論

一、電解水過程中，量測開始 10 秒後，按下電源供應器供電壓 10V，電位值數據分析

### (一) 數值定義

1. 穩定電位值：溶液量測前最平穩的值
2. 量測電位值：溶液量測電位值
3. 量測 pH 值：溶液量測 pH 值
4. 電位回算 pH 值：( 穩定電位值 - 量測電位值 ) \* ( - 0.0169 )
5. 溶液 pH 值：( 量測 pH 值 + 電位回算 pH 值 )
6. pH 值差值：( 溶液 pH 最小平方差值 - 量測 pH 值 )
7. 測試電極電位值：( pH 值差值 \* 59.16 )
8. - 8u：液面下 2 cm，正極左邊 8 cm 處的量測點
9. 8d：液面下 10 cm，正極左邊 8 cm 處的量測點

(二) 0.01M 硝酸鈉，穩定電位值 = - 30 mV，穩定 pH 值 = 7.51，計算溶液 pH

值

位置	穩定電位值 ( mV )	量測電位值 ( mV )	量測 pH 值	電位回算 pH 值	溶液各點 pH 值
-8u	- 16	-25.5	7.35	0.08	7.43
-8d	- 16	-35.5	7.45	-0.09	7.36
-1u	- 16	-14	7.1	0.27	7.37
-1d	- 16	0	6.9	0.51	7.41
1u	- 16	102	5	2.23	7.23
1d	- 16	55	6	1.44	7.44
8u	- 16	120	4.9	2.54	7.44
8d	- 16	104	5	2.26	7.26
15u	- 16	30	6.4	1.01	7.41
15d	- 16	77	5.5	1.81	7.31

17u	- 16	54	6	1.42	7.42
17d	- 16	31	6	1.03	7.03
24u	- 16	-38	7.5	-0.14	7.36
24d	- 16	-11	7.05	0.32	7.37
溶液 pH 值最小平方差 = 7.35，換算回溶液最小平方差電位值 = - 20.7 mV					

1. 將所測量的電位值換算回 pH 值，再將此值 + 測量 pH 值，看是否能回到最初未通電測量之前的值，以此來斷定測量的結果是否正確。
2. 換算回來的 pH 值，大致上都回到 7 附近。
3. 將溶液上各點所得到 pH 值算出溶液 pH 最小平方差值。

(三) 0.01M 硝酸鈉，溶液 pH 最小平方差值 推出溶液各點測試電極電位值

位置	溶液 pH 最小平方差值	量測 pH 值	pH 值差值	測試電極電位值
-8u	7.35	7.35	0.00	-0.27
-8d	7.35	7.45	-0.10	-6.19
-1u	7.35	7.1	0.25	14.52
-1d	7.35	6.9	0.45	26.35
1u	7.35	5	2.35	138.76
1d	7.35	6	1.35	79.60
8u	7.35	4.9	2.45	144.67
8d	7.35	5	2.35	138.76
15u	7.35	6.4	0.95	55.93
15d	7.35	5.5	1.85	109.18
17u	7.35	6	1.35	79.60
17d	7.35	6	1.35	79.60
24u	7.35	7.5	-0.15	-9.14
24d	7.35	7.05	0.30	17.48

1. 溶液各點所得到 pH 值略有差異，所以以溶液 pH 最小平方差值為溶液通電後最初基準值作為計算
2. 將溶液 pH 最小平方差值 - 量測 pH 值，將此差值換算回電位值。
3. 此換算電位值即是測試電極中因正、負兩極通電所造成的測試電極電位值。

(四) 計算 0.02 M 硝酸鈉 與 0.01 M 硫酸鈉 溶液各點的測試電極電位值

	0.02 M 硝酸鈉 溶液穩定電位值 = - 30 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.51				0.01 M 硫酸鈉 溶液穩定電位值 = - 25 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.42			
位置	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值
-8u	-28	7.4	7.43	-4.40	-90	8.5	7.40	-71.61
-8d	-23.5	7.25	7.36	4.47	-100	8.5	7.23	-71.61
-1u	0	6.8	7.31	31.09	-38	8.2	7.98	-53.86
-1d	9	6.95	7.61	22.22	-49	7.6	7.19	-18.36
1u	73	5.85	7.59	87.29	73	5.6	7.26	99.96
1d	40	6.1	7.28	72.50	56	6.25	7.62	61.50
8u	115	4.65	7.10	158.29	10	6.4	6.99	52.63
8d	98	5.1	7.26	131.66	-5	7.2	7.54	5.30
15u	77	5.4	7.21	113.92	-8	7.6	7.89	-18.36
15d	69	5.5	7.17	108.00	-30	6.6	6.52	40.80
17u	10	6.5	7.18	48.84	-72	8.4	7.61	-65.69
17d	39	5.85	7.02	87.29	-90	7.8	6.70	-30.19
24u	-20	7.5	7.67	-10.32	-104	8.4	7.06	-65.69
24d	-23	7.25	7.37	4.47	-98	8.3	7.07	-59.77
	最小平方差 pH 值 = 7.33				最小平方差 pH 值 = 7.29			
	最小平方差電位值 = - 19.5 mV				最小平方差電位值 = - 17.1 mV			

二、電解水過程中，按下電源供應器開關供應電壓 10 V ， 4 秒後，測試電極開始量測 3 分鐘，電位值數據分析

(一) 計算 0.01 M 硝酸鈉 與 0.02 M 硝酸鈉 溶液各點的測試電極電位值

	0.01 M 硝酸鈉 溶液穩定電位值 = -16 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.27				0.02 M 硝酸鈉 溶液穩定電位值 = -20 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.33			
位置	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值
-8u	-43	7.8	7.34	-30.96	-44	7.83	7.42	-27.08
-8d	-42	7.65	7.21	-22.08	-42	7.65	7.28	-16.43
-1u	0	6.95	7.22	19.33	10	7.1	7.61	16.11
-1d	0	7	7.27	16.37	12	6.85	7.39	30.90
1u	51	6.15	7.28	66.66	56	5.8	7.08	93.02
1d	48	6.2	7.28	63.70	34	6.3	7.21	63.44
8u	60	6.05	7.33	72.57	59	5.8	7.14	93.02
8d	47	6.2	7.26	63.70	54	6.1	7.35	75.27
15u	10	6.95	7.39	19.33	10	7.1	7.61	16.11
15d	0	7	7.27	16.37	15	6.8	7.39	33.86
17u	-62	7.9	7.12	-36.87	-36	7.8	7.53	-25.30
17d	-90	8.55	7.30	-75.33	-32	7.6	7.40	-13.47
24u	-56	7.95	7.27	-39.83	-48	7.85	7.38	-28.26
24d	-45	7.8	7.31	-30.96	-45	7.85	7.43	-28.26
	最小平方差 pH 值 = 7.28				最小平方差 pH 值 = 7.37			
	最小平方差電位值 = -16.6 mV				最小平方差電位值 = -21.9 mV			

## (二) 計算 0.03 M 硝酸鈉 與 0.01 M 硫酸鈉 溶液各點的測試電極電位值

	0.03 M 硝酸鈉 溶液穩定電位值 = -30 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.51				0.01 M 硫酸鈉 溶液穩定電位值 = -17 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.28			
位置	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值
-8u	-55	7.8	7.38	-22.82	-48	7.78	7.26	-14.70
-8d	-60	7.8	7.29	-22.82	-40	7.63	7.24	-5.82
-1u	-5	7.3	7.72	6.76	14	6.9	7.42	37.37
-1d	-5	7	7.42	24.51	-40	7.6	7.21	-4.05
1u	65	5.9	7.51	89.59	70	6	7.47	90.61
1d	55	6.1	7.54	77.75	45	6.1	7.15	84.69
8u	70	5.8	7.49	95.50	30	6.6	7.39	55.11
8d	55	6.05	7.49	80.71	66	6.8	8.20	43.28
15u	20	6.6	7.45	48.17	-28	8.6	8.41	-63.21
15d	13	6.9	7.63	30.43	-20	8.1	8.05	-33.63
17u	-60	7.9	7.39	-28.73	-66	8.6	7.77	-63.21
17d	-35	7.1	7.02	18.59	-54	8	7.37	-27.71
24u	-75	7.9	7.14	-28.73	-51	7.8	7.23	-15.88
24d	-45	7.6	7.35	-10.99	-49	7.8	7.26	-15.88
	最小平方差 pH 值 = 7.41				最小平方差 pH 值 = 7.53			
	最小平方差電位值 = -24.6 mV				最小平方差電位值 = -31.4 mV			

(三) 計算 0.001 M 硝酸鈉 溶液各點的測試電極電位值

		0.001 M 硝酸鈉						
		溶液穩定電位值 = -23 mV						
		溶液穩定 pH 值 = 7.28						
位置	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值				
-8u	-33.6	7.53	7.35	-13.54				
-8d	-32.7	7.56	7.40	-15.32				
-1u	-22.2	7.39	7.40	-5.26				
-1d	-35	7.38	7.18	-4.67				
1u	21.5	6.45	7.20	50.35				
1d	19	6.48	7.19	48.58				
8u	83.7	5.37	7.17	114.24				
8d	86.3	5.44	7.29	110.10				
15u	74.4	5.7	7.35	94.72				
15d	79.1	5.74	7.47	92.36				
17u	25.7	6.49	7.31	47.99				
17d	22.8	6.46	7.23	49.76				
24u	-27.4	7.41	7.34	-6.44				
24d	-24.1	7.36	7.34	-3.48				
		最小平方差 pH 值 = 7.30						
		最小平方差電位值 = -17.7 mV						

三、電解水過程中，按下電源供應器開關供應電壓 5 V ， 4 秒後，測試電極開始量測 3 分鐘，電位值數據分析

(一) 計算 0.01 M 硝酸鈉 與 0.02 M 硝酸鈉 溶液各點的測試電極電位值

	0.01 M 硝酸鈉 溶液穩定電位值 = -16 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.27				0.02 M 硝酸鈉 溶液穩定電位值 = -20 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.33			
位置	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值
-8u	-29	7.49	7.27	-14.47	-45	8.04	7.62	-36.40
-8d	-28.2	7.48	7.27	-13.88	-40	7.96	7.62	-31.67
-1u	-26	7.47	7.30	-13.28	-50	7.8	7.29	-22.20
-1d	-24.9	7.43	7.28	-10.92	-42	7.65	7.28	-13.33
1u	-11	7	7.08	14.52	12	6.77	7.31	38.73
1d	-12	7.18	7.25	3.87	5	6.86	7.28	33.41
8u	13	6.6	7.09	38.19	10	7	7.51	25.13
8d	10	6.79	7.23	26.95	10	6.8	7.31	36.96
15u	13	6.72	7.21	31.09	-22	7.5	7.47	-4.45
15d	10	6.78	7.22	27.54	-35	7.5	7.25	-4.45
17u	-9	7.18	7.30	3.87	-46	8	7.56	-34.03
17d	-4	7.2	7.40	2.69	-44	7.8	7.39	-22.20
24u	-25	7.4	7.25	-9.14	-52	8.1	7.56	-39.95
24d	-23	7.4	7.28	-9.14	-49.5	8	7.50	-34.03
	最小平方差 pH 值 = 7.25				最小平方差 pH 值 = 7.42			
	最小平方差電位值 = -24.3 mV				最小平方差電位值 = -24.8 mV			

(二) 計算 0.03 M 硝酸鈉 與 0.01 M 硫酸鈉 溶液各點的測試電極電位值

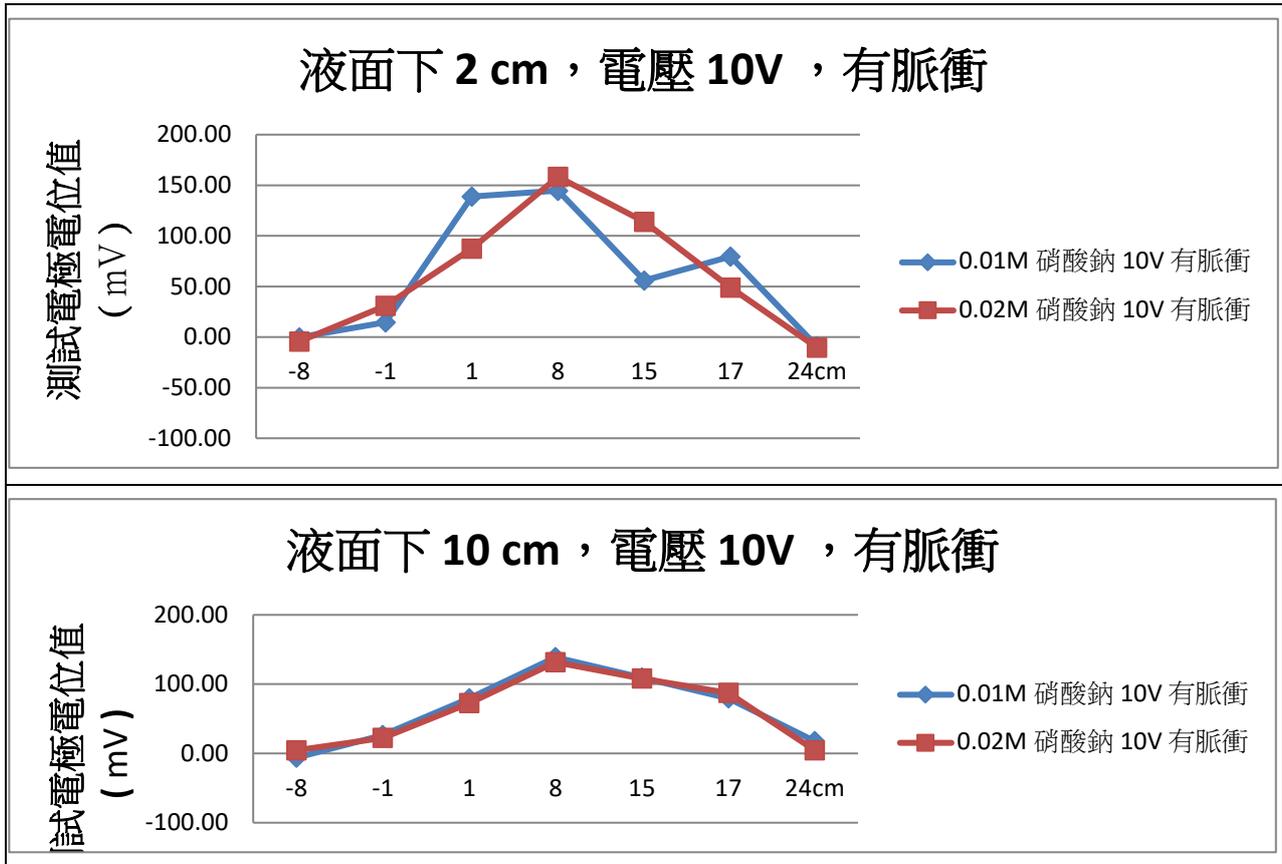
位置	0.03 M 硝酸鈉				0.01 M 硫酸鈉			
	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值
	溶液穩定電位值 = -21 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.35				溶液穩定電位值 = -18 mV 溶液穩定 pH 值 = 7.30			
-8u	-45	7.5	7.09	-13.50	-31	7.57	7.35	-12.21
-8d	-39	7.52	7.22	-14.68	-34.6	7.64	7.36	-16.35
-1u	-35	7.5	7.26	-13.50	-31	7.51	7.29	-8.66
-1d	-32	7.4	7.21	-7.58	-25.2	7.58	7.46	-12.80
1u	-8	7.14	7.36	7.80	-16.7	7.24	7.26	7.31
1d	-10	7.2	7.39	4.25	-13.8	7.29	7.36	4.35
8u	0	7.02	7.37	14.90	4.9	6.89	7.28	28.02
8d	-2	7	7.32	16.08	7.2	7.04	7.47	19.14
15u	-6	7.1	7.35	10.17	2.7	6.99	7.34	22.10
15d	-5	7.13	7.40	8.39	-6.8	7.1	7.29	15.59
17u	-45	7.6	7.19	-19.41	-10.9	7.26	7.38	6.13
17d	-40	7.55	7.23	-16.45	-11.6	7.35	7.46	0.80
24u	-44	7.6	7.21	-19.41	-29.1	7.57	7.38	-12.21
24d	-43	7.56	7.19	-17.05	-27.7	7.58	7.42	-12.80
	最小平方差 pH 值 = 7.27				最小平方差 pH 值 = 7.36			
	最小平方差電位值 = -16.0 mV				最小平方差電位值 = -21.3 mV			

(三) 計算 0.001 M 硝酸鈉 溶液各點的測試電極電位值

		0.001 M 硝酸鈉						
		溶液穩定電位值 = -25 mV						
		溶液穩定 pH 值 = 7.42						
位置	量測 電位值 (mV)	量測 pH 值	溶液 實際 pH 值	測試 電極 電位值				
-8u	-29.7	7.52	7.44	-3.12				
-8d	-29.9	7.5	7.42	-1.93				
-1u	-31.6	7.53	7.42	-3.71				
-1d	-24.9	7.54	7.54	-4.30				
1u	-9	7.15	7.42	18.77				
1d	-1	7.18	7.59	17.00				
8u	14.9	6.83	7.50	37.70				
8d	20	6.76	7.52	41.85				
15u	11	6.88	7.49	34.75				
15d	15.5	6.81	7.49	38.89				
17u	-8.4	7.14	7.42	19.36				
17d	-7.4	7.12	7.42	20.55				
24u	-26.6	7.46	7.43	0.43				
24d	-25	7.44	7.44	1.62				
		最小平方差 pH 值 = 7.47						
		最小平方差電位值 = -27.8 mV						

#### 四、測試電極電位值趨勢圖

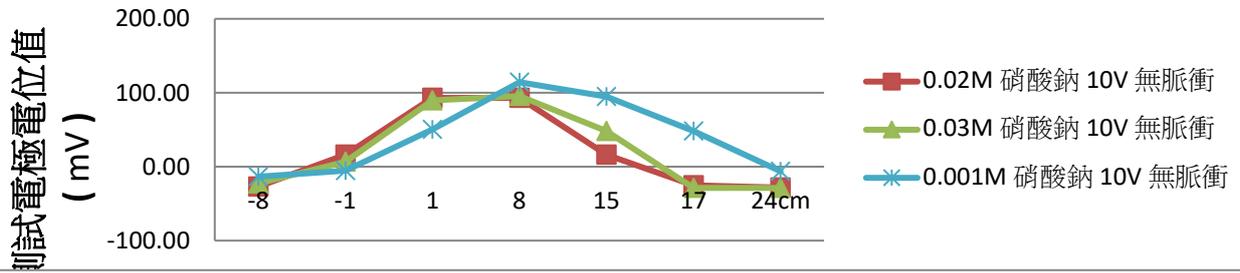
(一) 供電電壓 10 V，通電後有脈衝狀況下，溶液各位置點的測試電極電位值。



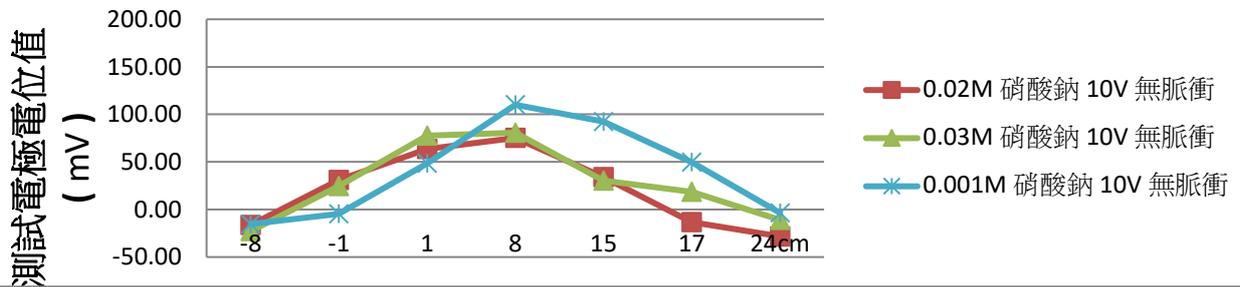
1. 在通電後有脈衝的狀況下，測試電極中所測到的測試電位值以 8cm 最高、15cm 次之、17cm 與 1cm 約略相等；從實驗過程中發現，液面下 2cm 量測到的脈衝值遠高於液面下 10cm，8 cm ~ 17cm 測到的脈衝值也高於 -1cm ~ 1cm，這應該與溶液通電有脈衝後，因為測試電極內有緩衝液造成的影響有關，造成 8cm ~ 17cm 測到的值皆偏高。
2. 當通電有脈衝產生巨大電流時，在正極附近應該會產生  $H^+$ 、負極會產生  $OH^-$ ，若測試電極太靠近正極則會測到  $H^+$  造成電位值的上升，太靠近負極則會測到  $OH^-$  造成電位的下降；實驗過程中發現廣用指示劑在正負兩極接近液面處，最先有顏色變化。
3. 在 - 8 cm 與 24 cm 所得到電位值則趨近於零，

(二) 供電電壓，無脈衝狀況下，溶液各位置點的測試電極電位值。

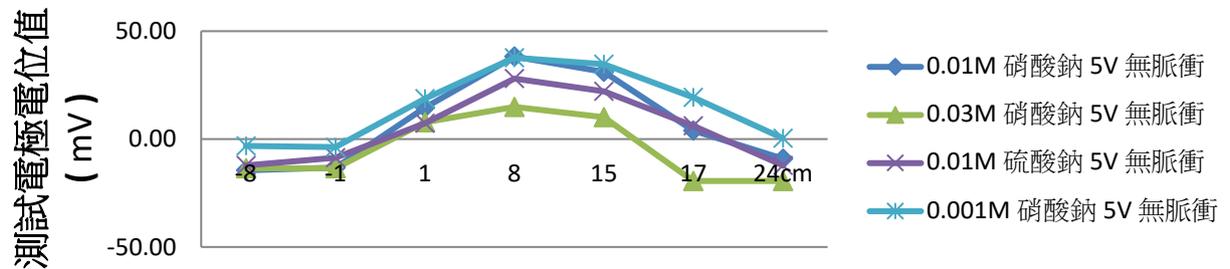
液面下 2 cm，電壓 10V，無脈衝



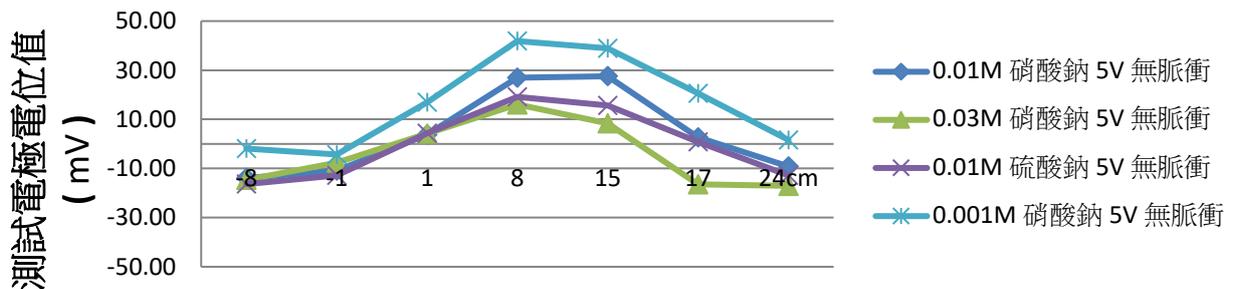
液面下 10 cm，電壓 10V，無脈衝



液面下 2 cm，電壓 5V，無脈衝



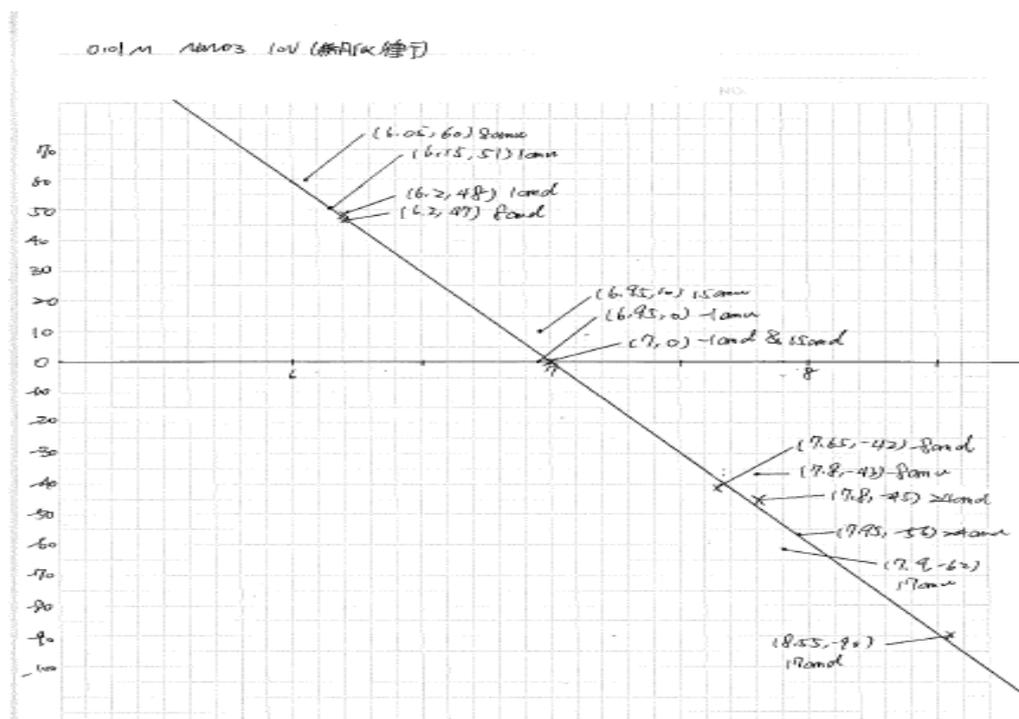
液面下 10 cm，電壓 5V，無脈衝



- 1 實驗過程中發現，溶液中電解質濃度越低所測到的電位值越高，但從廣用指示劑的變化與正負兩極上所產生的氣泡觀察，電解質濃度高反而反應比較劇烈。
2. 供應電壓 10V：因為電壓大，所產生的  $H^+$  與  $OH^-$  會引起正負兩極電位變化，正極附近量測到的電位值會升高，負極量測到的電位值會降低。
3. 供應電壓 5V：從實驗過程中發現，因為電壓小，所產生的  $H^+$  與  $OH^-$  會引起正負兩極電位變化相對小，所以測試電極中所量測到的電位應該是正負兩極通電所產生的。

## 柒、結論

- 一、電解水過程中，若供應電壓拉高，通電瞬間會產生巨大的脈衝電流，在正極附近會有微量且局部的  $H^+$  產生，負極附近則會產生  $OH^-$ ，若測試電極距兩極較遠或供應電壓不高，則不會受到  $H^+$  或  $OH^-$  的影響，所以測試電極上所得到的電位值必為兩極間的高低電位差所造成。
- 二、測試電極中所量到的電位值與理論上，正極為高電位、負極為低電位有落差，我們量測到且計算出的電位值以兩極中間最高、靠近負極次之、靠近正極相對較低。
- 三、利用（電位值與 pH 值關係圖）初步判定量測是否正確？若座標值落在直線上代表電位值與 pH 值兩次測量皆為合理值。



四、因為電解水最初幾秒鐘， $H^+$  與  $OH^-$  僅微量產生，所以測試電極所得的 pH 值必然為兩極間的高低電位差所造成，若我們能計算出因正負電極電位差所造成的測試電極測量電位值，則以後量測出的 pH 值只須扣除測試電極量測電位所換算出的 pH 值，則可得正負電極通電過程中，溶液各點實際的 pH 值。

五、將測量的 pH 值與測量電位值回算的 pH 值相加，所得的值若能與電解水前的 pH 值相近則可再次確認測量電位值與測量 pH 值量測無誤。將溶液各點計算出的 pH 值求出最小平方差 pH 值，以最小平方差 pH 值為基準值，將溶液各點測出的 pH 值與最小平方差 pH 值為相減，再加以換算，則可得因正負兩極電位差所造成測試電極的測量電位值。

## 捌、參考資料

- 一、國中九年級(南一版) 電流的化學效應
- 二、網路資料：國立台灣大學化學系普化教學小組 大學普通化學實驗；第十版；  
台大出版中心：台北，民國九十一年
- 三、網路資料：PPT pH 測定儀原理及方法簡介(未註明出處)
- 四、網路資料：酸鹼度計(pH Meter) 高雄市立新莊高級中學化學科歐惠郡老師/國立中山大學化學系張祖辛副教授責任編輯
- 五、網路資料：PPT 實驗十五 電力線分佈 (高雄應用科技大學 光電與通訊工程研究所)
- 六、臺北市第 50 屆中小學科學展覽會作品 電解水過程中酸鹼濃度分布－探討酸鹼濃度即時變化

## 【評語】 030213

本實驗為一基礎研究，利用電解、電位、探討測 pH 值時，所產生誤差原因和電位修正，有系統地探討並說明，實驗數據多且分析明瞭，值得鼓勵。以下幾點建議：

1. 所有的量測需加入誤差概念。
2. 電極的大小是否會影響整體量測的數據？

# 摘要

1. 利用 ( 電位值 與 pH 值 關係圖 ) 初步判定量測是否正確？若座標值落在直線上代表電位值與 pH 值兩次測量皆為合理值。
2. 將測量的 pH 值與測量電位值回算的 pH 值相加，所得的值若能與電解前的 pH 值相近則可再次確認測量電位值與測量 pH 值量測無誤。

電解水最初幾秒鐘， $H^+$  與  $OH^-$  僅微量產生，測試電極所得的 pH 值必然為兩極間高低電位差所造成，我們計算出因正負電極電位差所造成的測試電極測量電位值，則量測出的 pH 值只須扣除測試電極換算出的 pH 值，則可得電極通電過程中，溶液各點實際 pH 值。

測試電極中所量到的電位值與『正極為高電位、負極為低電位』的理論有落差，我們量測到且計算出的電位值以兩極中間最高、靠近負極次之、靠近正極相對較低。

## 壹、研究動機

在電解水實驗中，通電瞬間，溶液各處測試電極所測得 pH 值均會瞬間急速下降，電位值會瞬間急速上升，甚至燒壞 IC。在通電 5 ~ 10 秒後，溶液的各量測點的 pH 值會回穩，但仍會降至 pH 值 = 5 ~ 6；觀察溶液中的電極，電極旁的廣用指示劑均尚未有顏色變化或電極上未有氣泡產生，所以我們想知道所測得 pH 值產生的原因，進而推出溶液因通電後，溶液各點在測試電極內所產生的電位值。

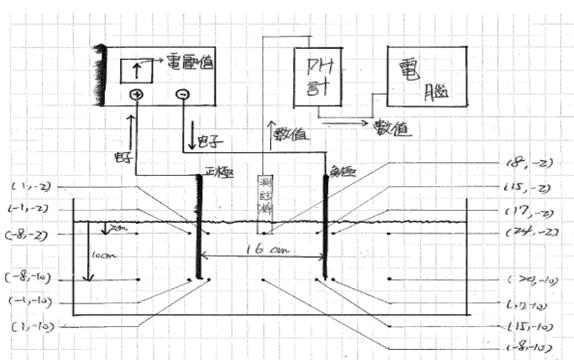
## 貳、研究目的

- 一、研究 pH 計在通電時，是何種原因會造成測量的誤差來源。
- 二、研究 pH 計在通電時，所得的測量電位值誤差應如何正。

## 參、研究設備及器材

### 一、實驗架構

(一) 實驗裝置手繪簡圖



(二) 測試電極測試點，溶液測量位置圖



容器正面圖



測試木板俯視圖

### 二、實驗器材



- |         |         |
|---------|---------|
| 一、電腦    | 二、PH計   |
| 三、量筒    | 四、燒杯    |
| 五、玻璃棒   | 六、電源供應器 |
| 七、電解容器  | 八、手機    |
| 九、廣用指示計 | 十、電子秤   |
| 十一、秤量紙  | 十二、A4白紙 |
| 十三、鱷魚夾  | 十四、鋼筷   |



正負電極



電源供應器



pH 計



電腦 (pH 值)



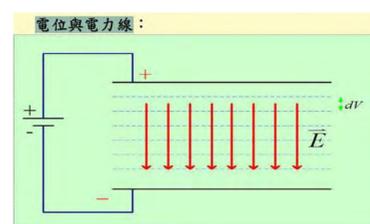
電腦 (電位值)

## 肆、研究過程或方法

### 一、電解水的原理(以硝酸鈉為電解質為例)

- (一) 正極反應：因  $H_2O$  比  $NO_3^-$  更易失去電子  $2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$
- (二) 負極反應： $H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$

### 三、平行板中，電位與電力線分布示意圖

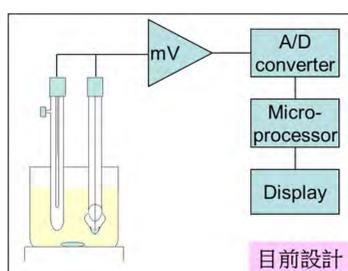


- (一) 電池正極連接電極為高電位，電池負極連接負極為低電位，圖中  $\vec{E}$  為電場方向， $dV$  為兩等電位面間的電位差。

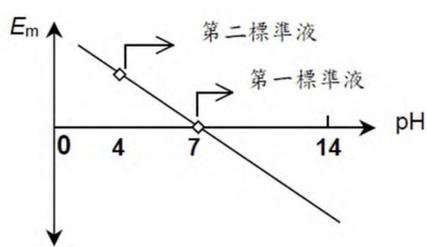
### 二、pH 計的設計原理

- (一) pH 計為一電位計接上對氫離子具選擇性之工作電極及參考電極，當置入不同 pH 值之溶液中時，因氫離子濃度不同，會測得不同之電位。由已知 pH 值溶液(緩衝溶液)之電位值於儀器內部建立校正曲線後可換算樣品之 pH 值。

(二) pH 計構造示意圖



(三) pH 值與電位值關係圖



(四) pH 值與電位值的線性公式： $E_m = K - 2.3RT(pH)/nF$

- $E_m$ ：所量測到之電位  $K$ ：常數，數值隨電極而定  $R$ ：氣體常數  
 $T$ ：溶液之絕對溫度  $pH$ ：溶液 pH 值  $n$ ：電極反應中之電子轉移數  
 $F$ ：法拉第常數

(五) 理論上在 25°C 的斜率 pH 值改變 1 時，電位變化  $-59.16 \text{ mV/pH}$ ， $pH / E_m = -0.0169$

### 四、實驗步驟

(一) 電解硝酸鈉 0.01 M

1. 將 0.01 M 的硝酸鈉溶液，設定電壓為 10 V，訂電極正極為座標原點，電極負極距原點右邊 16 cm，座標 (16, 0)；測試點為 (-8, -2)、(-1, -2)、(1, -2).....。
2. pH 計每隔 2 秒的 pH 值變化，量測 10 分鐘
3. 重複步驟 2，量測液面下 2 cm、10 cm 兩層每隔 2 秒電位變化，量測 10 分鐘。

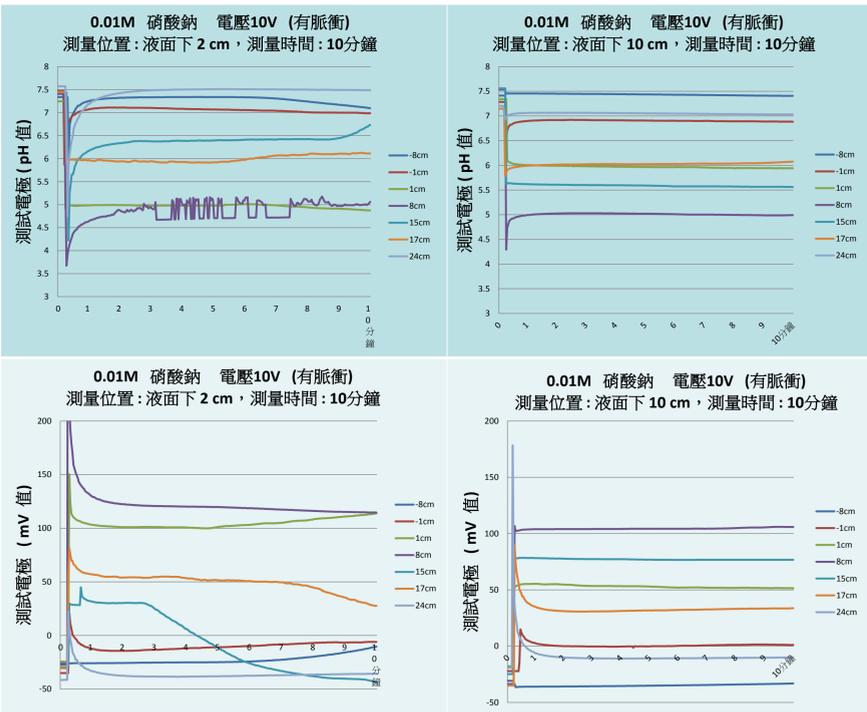
1. 量測 0.02 M 硝酸鈉
2. 量測 0.03 M 硝酸鈉
3. 量測 0.01 M 硫酸鈉
4. 量測 0.001 M 硝酸鈉

(二) 重複步驟(一)

(三) 設定電壓值為 5 V，重複步驟(一)(二)

## 伍、研究結果

一、電解水(硝酸鈉為電解質)過程中，pH 計測量開始 10 秒後，按下電源供應器開關，供電電壓 10 V，測得 pH 值與電位值 10 分鐘內變化。

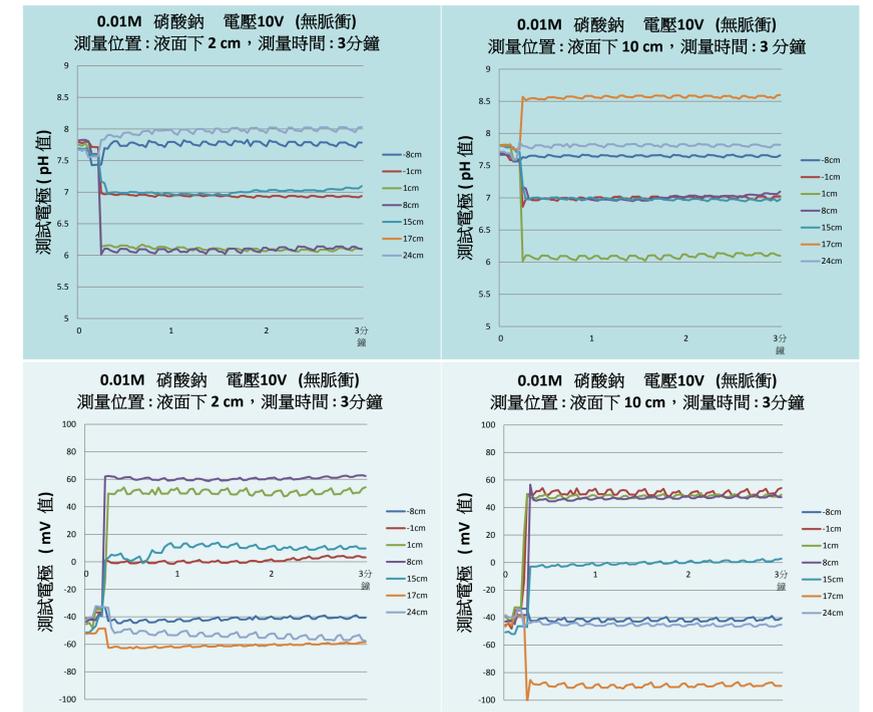


位置	-8 cm	-1 cm	1 cm	8 cm	15 cm	17 cm	24 cm
液面下 2cm	7.35	7.11	5.10	4.91	6.41	6.10	7.51
液面下 10cm	7.45	6.91	6.12	5.10	5.52	6.11	7.05

位置	-8 cm	-1 cm	1 cm	8 cm	15 cm	17 cm	24 cm
液面下 2cm	-25.5	-14.2	102.1	120.2	30.2	54.2	-38.3
液面下 10cm	-35.5	0	55.2	104.1	77.3	31.0	-11.2

- 溶液各點在通電瞬間 pH 值皆有瞬間急降急升的狀況，以兩電極中間，座標 (8, -2) 最為明顯；靠近負極 (15, -2) 急降急升的狀況比靠近正極 (1, -2) 略為明顯。
- 液面上層急降急升震盪程度較下層大。
- 兩極之外仍會受到電極的通電影響，急降急升狀況較和緩。
- 當數值平穩後會維持一段時間約 8 分鐘，正極附近數值會在往下降代表 H<sup>+</sup> 的生成，負極附近數值會往上升，表示 OH<sup>-</sup> 的生成。
- 溶液各點的穩定量測 pH 值，數值幾乎均在溶液量測前的值之下。
- 遠離兩極的溶液穩定量測 pH 值略高於測量前的值。
- 量測電位值的狀況與量測 pH 值大致相同，只是電位值與 pH 值升降方向相反。

二、電解水(硝酸鈉為電解質)過程中，按下電源供應器開關，供電 4 秒後，pH 計開始量測，供電電壓 10 V，測得 pH 值與電位值 3 分鐘內變化。

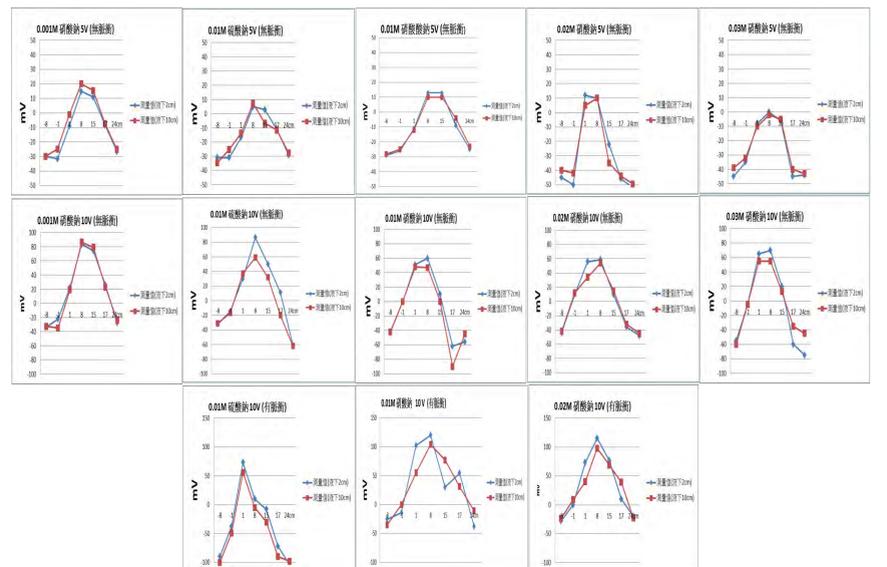


位置	-8 cm	-1 cm	1 cm	8 cm	15 cm	17 cm	24 cm
液面下 2cm	7.81	6.95	6.15	6.05	6.95	7.91	7.95
液面下 10cm	7.05	7.01	6.21	6.22	7.22	8.55	7.81

位置	-8 cm	-1 cm	1 cm	8 cm	15 cm	17 cm	24 cm
液面下 2cm	-43.1	0	51.1	60.2	10.2	-62.2	-56.2
液面下 10cm	-42.2	0	48.3	47.1	0	-90.3	-45.2

- 量測 pH 值與量測電位值，當數值到達穩定點後，在 3 分鐘之內，量測值幾乎就不再有變動。
- 溶液在兩極間的量測 pH 值均低於測量前，兩極外幾乎高於測量值，尤其在負極之外上升明顯。

### 四、溶液電位測量值與測量位置關係圖



- 離子的濃度對測量電位的最高與最低的差值有影響，當離子濃度越低，測量電位高低差越多。
- 供應電壓為 5 V 與 10 V，所測得的測量電位值高低差值約接近 1/2。
- 量測位置在 1 cm 與 15 cm 比較發現，在 0.01 M ~ 0.03 M 的濃度下，1 cm 的測量電位值較 15 cm 高；但在 0.001 M 及有脈衝的狀況下則以 15 cm 處較高。
- 有脈衝的狀況下，溶液的測量電位值高低差值比無脈衝的狀況下高約 4/3。
- 測量電位值在液下 2 cm 與液下 10 cm 所得的趨勢圖大致上相同，但液下 2 cm 處的測量電位值略高於液下 10 cm 的測量電位值。
- 在測量過程中發現，當測試電極量測完兩電極中間與負極附近的測試點，當測試電極放回自來水時，電位值會有快速下降到 -90 mV 以下現象，越靠近負極，數值下降越明顯。

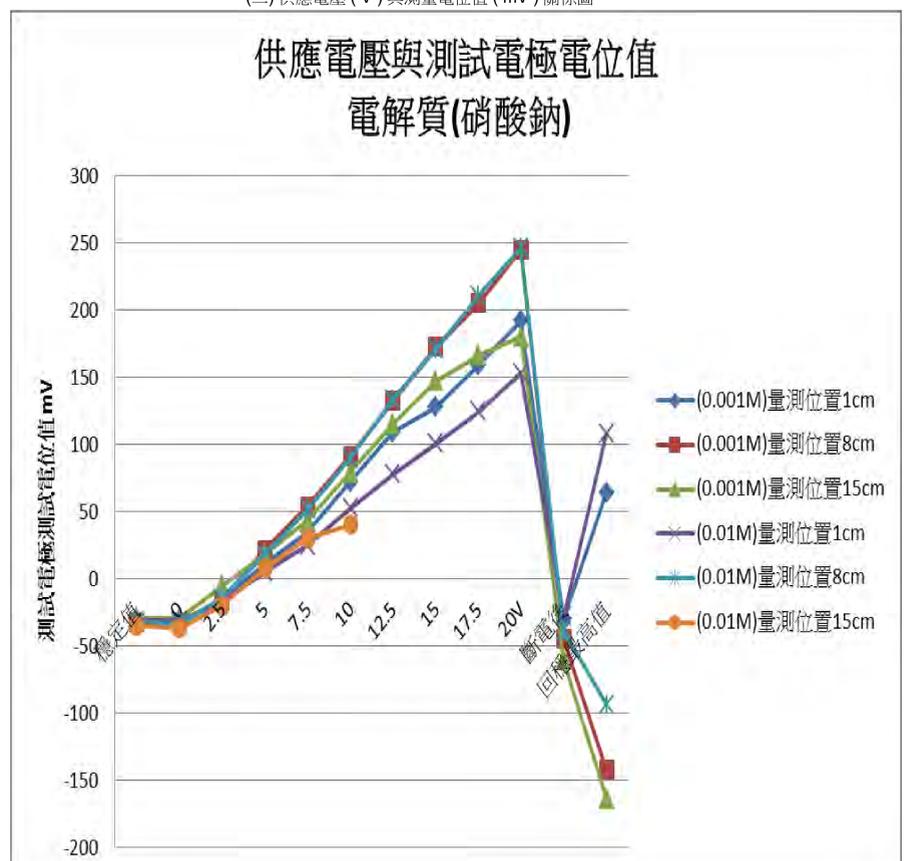
### 五、供應電壓與測試電極所測到的測量電位值 (量測位置：液面下 2 cm)

(一) 供應電壓 (V) 與測量電位值 (mV) 數據表

	0.001M 量測位置1cm	0.001M 量測位置8cm	0.001M 量測位置15cm	0.01M 量測位置1cm	0.01M 量測位置8cm	0.01M 量測位置15cm
未通電時測量值	-30.3	-32.5	-29.2	-31.3	-31.7	-35.2
0 V	-32.6	-32.6	-29.5	-31.4	-33.5	-37.2
2.5 V	-15.9	-16.6	-5.4	-16.8	-14.9	-20.2
5.0 V	10.9	21.2	18.2	5.1	17.5	7.7
7.5 V	35.2	53.5	43.3	24.6	51.5	30.1
10.0V	72.0	91.4	79.1	52.2	89.7	40.0
12.5 V	109.3	132.2	115.3	78.2	133.4	降。 測量值在施加電壓後， 得穩定的值，測量值一直往 下。
15.0 V	128.2	172.6	147.2	100.8	170.9	
17.5 V	159.1	204.9	166.5	124.2	210.8	
20.0 V	192.2	245.2	180.1	152.7	246.4	
斷電後測量值	-30.1	-45.3	-61.2	-28.3	-39.1	
回穩最高值	64.4	-142.3	-164.2	108.2	-93.8	

- 測量位置在 8 cm 處，0.001 M 與 0.01 M 硝酸鈉在不同供應電壓下，所測得的測量電位值幾乎相同。
- 測量位置在 1 cm 與 15 cm 處，0.001 M 與 0.01 M 硝酸鈉在不同供應電壓下，所測得的測量電位值，0.001 M 均高於 0.01 M。
- 0.001 M 硝酸鈉：比較 1 cm 與 15 cm 在相同供應電壓下所測得的測量電位值，在 0V ~ 17.5V 供應電壓下，15 cm 測得的電位值高於 1 cm 測得的電位值，但在 20V 供應電壓下，1 cm 測得的電位值高於 15 cm 測得的電位值。
- 0.01 M 硝酸鈉：比較 1 cm 與 15 cm 在相同供應電壓下所測得的測量電位值，5V ~ 7.5V，15 cm 測得的電位值高於 1 cm 測得的電位值，15 cm 的測量電位值在施加電壓高於 10V 後，因為負極附近快速產生大量的 OH<sup>-</sup>，使得測量電位會上升後再往下降，並不會得到穩定值；且施加的電壓越大，測量電位差會上升後再往下降的幅度更大。

(二) 供應電壓 (V) 與測量電位值 (mV) 關係圖



## 陸、討論

### 一、電解水過程中，量測開始 10 秒後，按下電源供應器供電壓 10 V (有脈衝)，電位值數據分析。

(一) 數值定義

1. 穩定電位值：溶液量測前最平穩的值
2. 量測電位值：溶液量測電位值
3. 量測 pH 值：溶液量測 pH 值
4. 電位回算 pH 值 = (穩定電位值 - 量測電位值) \* (-0.0169)
5. 溶液 pH 值 = (量測 pH 值 + 電位回算 pH 值)
6. pH 值差值 = (溶液 pH 最小平方差值 - 量測 pH 值)
7. 測試電極電位值 = (pH 值差值 \* 59.16)
8. - 8 u：液面下 2 cm，正極左邊 8 cm 處的量測點
9. 8 d：液面下 10 cm，正極左邊 8 cm 處的量測點

(二) 0.01 M 硝酸鈉，穩定電位值 = -30.2 mV，穩定 pH 值 = 7.51，計算溶液 pH 值 (三) 溶液 pH 最小平方差值 推出溶液各點測試電極電位值

位置	穩定電位值(mV)	量測電位值(mV)	量測 pH 值	電位回算 pH 值	溶液各點 pH 值
-8u	-30.2	-25.5	7.35	0.08	7.43
-8d	-30.2	-35.5	7.45	-0.09	7.36
-1u	-30.2	-14.0	7.11	0.27	7.37
-1d	-30.2	0.2	6.92	0.51	7.41
1u	-30.2	102.3	5.02	2.23	7.23
1d	-30.2	55.3	6.03	1.44	7.44
8u	-30.2	120.1	4.92	2.54	7.44
8d	-30.2	104.2	5.02	2.26	7.26
15u	-30.2	30.3	6.41	1.01	7.41
15d	-30.2	77.4	5.52	1.81	7.31
17u	-30.2	54.2	6.03	1.42	7.42
17d	-30.2	31.5	6.01	1.03	7.03
24u	-30.2	-38.4	7.54	-0.14	7.36
24d	-30.2	-11.5	7.05	0.32	7.37

溶液 pH 值最小平方差 = 7.35，換算回溶液最小平方差電位值 = -20.7 mV

- 將所測量的電位值換算回 pH 值，再將此值 + 量測 pH 值，看是否能回到最初未通電測量之前的值，以此來斷定測量的結果是否正確。
- 換算回來的 pH 值，大致上都回到 7 附近。
- 將溶液上各點所得到 pH 值算出溶液 pH 最小平方差值。

位置	溶液 pH 最小平方差值	量測 pH 值	pH 值差值	測試電極電位值
-8u	7.35	7.35	0.00	-0.27
-8d	7.35	7.45	-0.10	-6.19
-1u	7.35	7.11	0.25	14.52
-1d	7.35	6.92	0.45	26.35
1u	7.35	5.02	2.35	138.76
1d	7.35	6.03	1.35	79.60
8u	7.35	4.92	2.45	144.67
8d	7.35	5.02	2.35	138.76
15u	7.35	6.41	0.95	55.93
15d	7.35	5.52	1.85	109.18
17u	7.35	6.03	1.35	79.60
17d	7.35	6.01	1.35	79.60
24u	7.35	7.54	-0.15	-9.14
24d	7.35	7.05	0.30	17.48

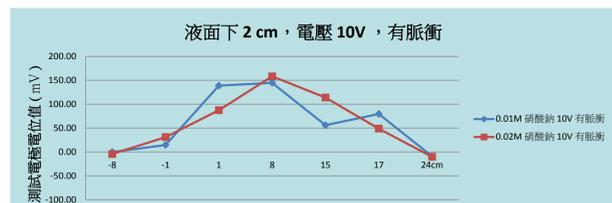
- 溶液各點所得到 pH 值略有差異，所以以溶液 pH 最小平方差值為溶液通電後最初基準值作為計算。
- 將溶液 pH 最小平方差值 - 量測 pH 值，將此差值換算回電位值。
- 此換算電位值即是測試電極中因正、負兩極通電所造成的測試電極電位值。

(四) 各溶液在不同供應電壓下，溶液穩定電位值、溶液穩定 pH 值與最小平方差電位值、最小平方差 pH 值比較表

	供應電壓 10 V (有脈衝)		供應電壓 10 V (無脈衝)					供應電壓 5 V (無脈衝)				
濃度與電解質	0.02 M 硝酸鈉	0.01 M 硫酸鈉	0.01 M 硝酸鈉	0.02 M 硝酸鈉	0.03 M 硝酸鈉	0.01 M 硫酸鈉	0.001 M 硝酸鈉	0.01 M 硝酸鈉	0.02 M 硝酸鈉	0.03 M 硝酸鈉	0.01 M 硫酸鈉	0.001 M 硝酸鈉
溶液穩定電位值	-30.2 mV	-42 mV	-40.1 mV	-30.1 mV	-29.1 mV	-16.1 mV	-43 mV	-45.1 mV	-20.1 mV	-29.2 mV	-41.3 mV	-43.3 mV
溶液穩定 pH 值	7.51	7.71	7.67	7.51	7.49	7.27	7.73	7.76	7.34	7.49	7.69	7.73
最小平方差電位值	-19.5 mV	-34.3 mV	-40.2 mV	-32.0 mV	-24.3 mV	-16.0 mV	-37.9 mV	-43.8 mV	-24.8 mV	-24.3 mV	-44.4 mV	-45.6 mV
最小平方差 pH 值	7.33	7.58	7.68	7.54	7.41	7.27	7.64	7.74	7.42	7.41	7.75	7.77

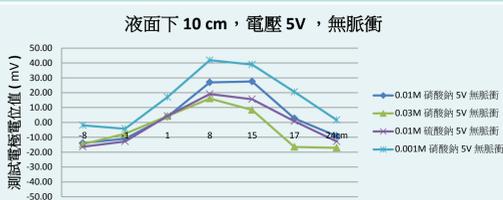
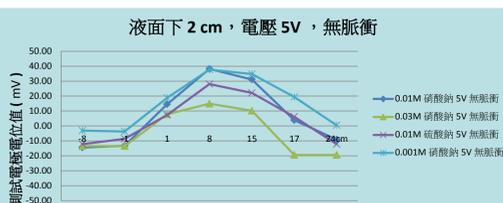
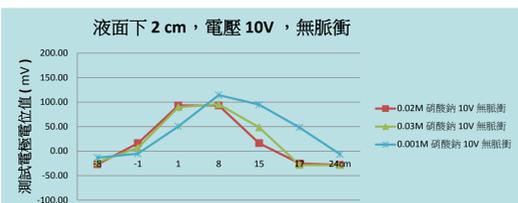
### 二、測試電極電位值趨勢圖

(一) 供電電壓 10 V，通電後有脈衝狀況下，溶液各位置點的測試電極電位值。



- 在通電後有脈衝的狀況下，測試電極中所測到的測試電位值以 8cm 最高、15cm 次之、17cm 與 1cm 約略相等；從實驗過程中發現，液面下 2cm 量測到的脈衝值遠高於液面下 10cm，8cm ~ 17cm 測到的脈衝值也高於 -1cm ~ 1cm，這應該與溶液通電有脈衝後，因為測試電極內有緩衝液造成的影響有關，造成 8cm ~ 17cm 測到的值皆偏高。
- 當通電有脈衝產生巨大電流時，在正極附近應該會產生 H<sup>+</sup>、負極會產生 OH<sup>-</sup>，若測試電極太靠近正極則會測到 H<sup>+</sup> 造成電位值的上升，太靠近負極則會測到 OH<sup>-</sup> 造成電位的下降；實驗過程中發現廣用指示劑在正負兩極接近液面處，最先有顏色變化。
- 在 -8 cm 與 24 cm 所得到電位值則趨近於零。

(二) 供電電壓 10 V 與 5 V，無脈衝狀況下，溶液各位置點的測試電極電位值。



- 實驗過程中發現，溶液中電解質濃度越低所測到的電位值越高，但從廣用指示劑的變化與正負兩極上所產生的氣泡觀察，電解質濃度高反應比較劇烈。
- 供應電壓 10V：因為電壓大，所產生的 H<sup>+</sup> 與 OH<sup>-</sup> 會引起正負兩極電位變化，正極附近量測到的電位值會升高，負極量測到的電位值會降低。
- 供應電壓 5V：從實驗過程中發現，因為電壓小，所產生的 H<sup>+</sup> 與 OH<sup>-</sup> 會引起正負兩極電位變化相對小，所以測試電極中所量測到的電位應該是正負兩極通電所產生的。

## 柒、結論

- 一、利用 (電位值與 pH 值關係圖)，初步判定量測是否正確？若座標值落在線性公式的直線上，代表電位值與 pH 值兩次測量皆為合理值。
- 二、將測量的 pH 值與測量電位值回算的 pH 值相加，所得的值若能與電解水前的 pH 值相近則可再次確認測量電位值與測量 pH 值量測無誤。
- 三、電解水過程中，若供應電壓拉高，通電瞬間會產生巨大的脈衝電流，在正極附近會有微量且局部的 H<sup>+</sup> 產生，負極附近則會產生 OH<sup>-</sup>，若測試電極距兩極較遠或供應電壓不高，則不會受到 H<sup>+</sup> 或 OH<sup>-</sup> 的影響，所以測試電極上所得到的 pH 值必為兩極間的高低電位差所造成。
- 四、溶液各點計算出的 pH 值求出最小平方差 pH 值，以最小平方差 pH 值為基準值，再加以計算，則可得因正負兩極電位差所造成測試電極的測量電位值。
- 五、測試電極中所量到的電位值與理論上，正極為高電位、負極為低電位有落差，我們量測到且計算出的電位值以兩極中間最高、靠近負極次之、靠近正極相對較低。
- 六、我們計算出因正負電極電位差所造成溶液各點的測試電極測量電位值，以後量測出的 pH 值只須扣除測試電極量測電位所換算出的 pH 值，則可得正負電極通電過程中，溶液各點實際的 pH 值。

## 捌、參考資料

- 一、國中九年級(南一版) 電流的化學效應
- 二、國立台灣大學化學系普化教學小組 大學普通化學實驗；第十版；台大出版中心；台北，民國九十一年
- 三、網路資料：PPT pH 測定儀原理及方法簡介(未註明出處)
- 四、酸鹼度計(pH Meter) 高雄市立新莊高級中學化學科歐惠郡老師/國立中山大學化學系張祖辛副教授責任編輯 (高瞻自然科學教學資源平台)
- 五、PPT 實驗十五 電力線分佈 (高雄應用科技大學 光電與通訊工程研究所)
- 六、臺北市第50屆中小學科學展覽會作品 電解水過程中酸鹼濃度分布一探討酸鹼濃度即時變化