

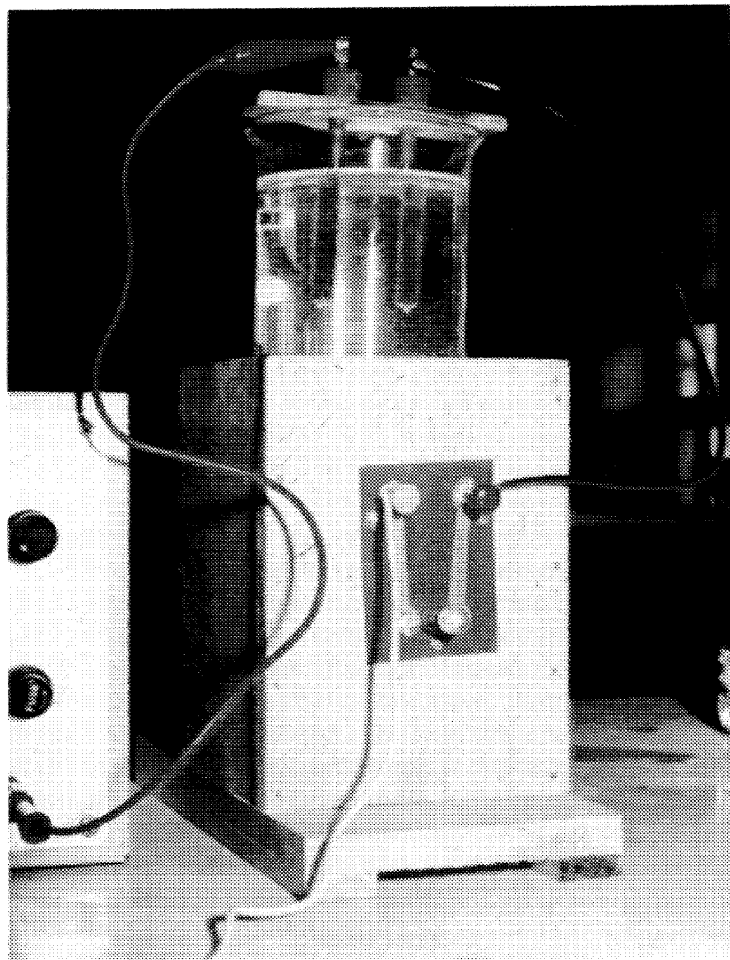
電解質導電分析與實驗器材設計改進

國中組化學科第三名

高雄市立鹽埕國民中學

作者：吳甲泓、涂瑞霖

指導老師：莊豐澤



一、研究動機

在國中化學第十三章—電解質中提到，在比較強弱電解質時，應將溶液濃度、溫度、兩極面積及距離等控制一樣，可見上項因素會影響電解質導電情形。

二、研究目的

本實驗即是在研究分析上項因素影響導電情形，以稀薄溶液為電解液。並且由日常實驗所感覺的缺失、設計改良實驗器材，

以增加實驗興趣，提高學習效果。

三、實驗器材：

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. 電源器 | 2. 安培計 (50mA、100mA) |
| 3. 三用電錶 (250mA) | 4. 伏特計 |
| 5. 可變電阻 | 6. 碳電極 |
| 7. 不銹鋼電極 | 8. 自製整流器 (12V、1.2A) |
| 9. 燒杯 | (12V、1A) (18V、2A) |
| 10. 鐵架 | 11. 酒精燈 |
| 12. 溫度計 | 13. 壓克力電解槽 |
| 14. 燈泡 | 15. 溫度計 |
| 16. 導線 | |

四、研究過程

共分五個實驗，以 CH_3COOH 爲電解液，實驗二、實驗三、實驗四，並以 NaCl 對照。

1 實驗一：溶液濃度與導電關係

(1) 實驗儀器及裝置：如右圖

(不銹鋼 $3\text{ cm} \times 10\text{ cm}$)

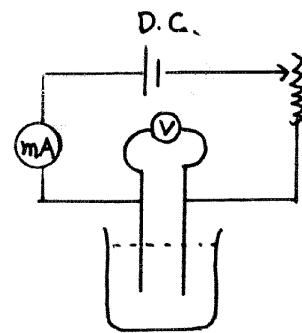
(2) 取醋酸溶液 500 C.C.，放入 500ml 燒杯 (各溶液配法是先配 1M，再由 1M 配濃度較低的溶液。)

(3) 以不銹鋼做電極，兩極距離固定，調整板極沒入液中 5 cm。通電、調整兩極電壓爲 4 V，量其電流再依次調整電爲 5 V、6 V …… 10 V，各量其電流。

(4) 更換不同濃度溶液，並重複上項操作。

(5) 重複兩次實驗，如數據接近求其平均值

2 實驗二：兩極間電壓與導電的關係



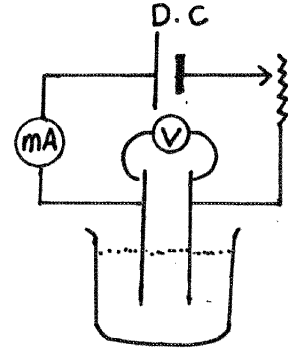
(1)實驗儀器及裝置：如右圖，與實驗一相似。

(2)將試液 500ml 放入 500 ml 燒杯中，調整板極沒入液中深度為 1 cm。

(3)通電調整兩極間電壓為 3 V 測其電流，再改變電壓依次為 4 V、5 V……9 V，分別量其電流。

(4)調整入液中深度為 2 cm，重複上次實驗。

(5)重複兩次實驗，如數據接近，求其平均值。



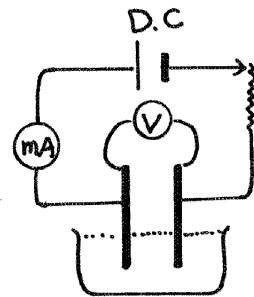
3. 實驗三：兩極面積與導電關係

(1)實驗儀器及裝置：同前。（試液濃度和前者不同）

(2)取 500 C.C. 試液放入 500 ml 杯中，放入電極，調整電極入液中深度為 1 cm，通電調整兩極電壓為 4 V，測其電流，此後依次調整電壓為 5 V、6 V……9 V 測其電流。

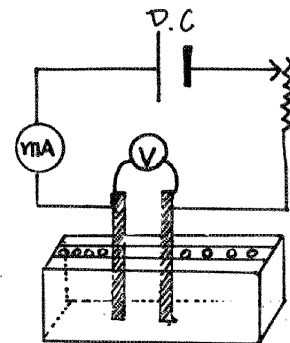
(3)取出電極調整電極入液中深度為 2 cm 重複上項實驗，量其電流。

(4)再依次調整電極入液中深度為 3 cm、4 cm、5 cm、6 cm、7 cm，重複上項實驗。取兩次數據的平均值。



4. 實驗四：兩極間距離與導電關係

(1)實驗儀器及裝置：如右圖，電解槽大小為 20 cm × 6.5 cm × 5.5 cm，電極架每隔 1.5 cm 穿一孔（第一孔和第二孔只距 0.75 cm）大小可供插入碳棒電極用，碳棒直通槽底，



可調整兩極距離為 0.75 cm 整數倍。

(2) 取 500 ml 試液倒入槽中，在各個不同的距離，及不同電壓之下量其電流。

(3) 取連續兩次接近數據，求其平均值。

5. 實驗五：溫度與導電關係

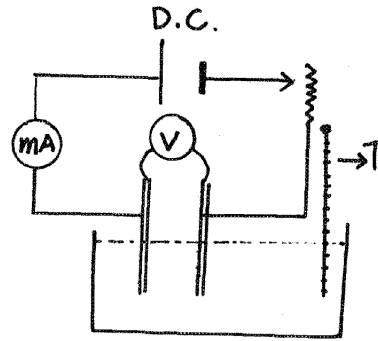
(1) 實驗儀器及裝置：如右圖

T = 溫度計 ℓ = 酒精燈

(2) 實驗步驟：

① 取試液 500 C.C. 倒入 500 ml 杯中，以不銹鋼做電極。

② 將試液加熱到 80°C 以上，再讓其冷卻，分別在 80°、70°、60°、50°、40°、30° 時調整電壓為 5 V，量其電流。



五、實驗結果

1 實驗一：溶液：CH₃COOH 溫度：20°C

板極：不銹鋼 板極距離：3 cm

電壓 \ 電流 \ 濃度 (mA)	0.1 M	0.2 M	0.3 M	0.4 M	0.5 M	0.6 M	0.7 M	0.8 M	0.9 M	1.0 M
4 V	12.0	15.0	20.0	22.1	24.1	26.5	27.6	29.0	29.5	30.5
5 V	18.0	21.5	29.5	32.7	36.9	38.6	41.0	42.0	43.5	45.1
6 V	23.0	29.0	38.0	43.2	46.5	51.0	53.7	55.5	57.6	59.6
7 V	28.5	35.5	47.5	52.5	58.0	63.1	66.4	70.1	73.6	75.5
8 V	34.0	42.0	57.0	63.5	69.0	76.0	80.0	84.0	96.5	90.0
9 V	39.0	48.5	66.0	73.5	80.5	88.5	93.0	98.1	—	—

表一、安培計最大讀數 100 mA

2 實驗二：

(1) 溶液：CH₃COOH 濃度：0.2 M 溫度：21°C

板極：不銹鋼 板極距離：3 cm

板極面積 cm ² / 電流 mA / 電壓	3 V	4 V	5 V	6 V	7 V	8 V	9 V	10 V
1 × 3	2.4	4.8	7.6	10.0	12.7	15.1	18.0	20.9
2 × 3	4.1	8.4	12.1	16.3	20.0	23.9	27.8	31.1
3 × 3	5.2	10.0	15.1	20.0	25.9	30.5	35.3	40.8
4 × 3	6.8	12.8	19.5	25.6	32.2	37.9	44.1	—
5 × 3	8.1	15.8	23.0	31.1	38.3	45.2	—	—
6 × 3	9.5	19.0	27.7	35.9	44.7	—	—	—

表二、安培計最大讀數 50 mA

(2) 溶液：NaCl 濃度：1 g / l 溫度：21°C

板極：不銹鋼 板極距離：3 cm

板極面積 cm ² / 電流 mA / 電壓	3 V	4 V	5 V	6 V	7 V	8 V	9 V
1 × 3	5	12	20	33	43	51	61
2 × 3	9	20	29	42	55	67	83
3 × 3	9	25	39	53	71	90	106
4 × 3	11	32	50	71	91	112	135
5 × 3	12	37	61	84	109	136	162
6 × 3	15	45	70	97	129	159	190

表三、安培計最大讀數 250 mA

3. 實驗三：

(1) 溶液：CH₃COOH 濃度：0.6 M 溫度：22°C

電極：不銹鋼 兩極距離：3 cm

面積 \ 電壓 電流 (mA)	4 V	5 V	6 V	7 V	8 V	9 V
1 × 3 cm ²	10	15	18	22	27	32
2 × 3 cm ²	15	22	28	36	42	50
3 × 3 cm ²	20	28	39	47	55	66
4 × 3 cm ²	25	37	47	59	71	84
5 × 3 cm ²	30	44	59	73	86	102
6 × 3 cm ²	35	51	67	85	101	120
7 × 3 cm ²	39	56	80	99	120	135

表四、安培計最大讀數 250 mA

(2) 溶液：NaCl 濃度：2 g / ℓ 溫度：21°C

電極：不銹鋼

面積 \ 電壓 電流 (mA)	4 V	5 V	6 V	7 V	8 V	9 V
3 × 1 cm ²	13	29	41	55	65	81
3 × 2 cm ²	23	42	62	82	102	123
3 × 3 cm ²	32	59	82	115	140	167
3 × 4 cm ²	40	74	105	144	177	206
3 × 5 cm ²	45	86	132	171	210	251
3 × 6 cm ²	55	102	155	197	245	291
3 × 7 cm ²	67	118	175	228	277	340

表五、安培計最大讀數 500 mA

4. 實驗四：

(1) 溶液： CH_3COOH 濃度：0.2M 溫度：22°C

電極：碳棒

電壓	電流 (mA)	距離														
		0.75 × 1	0.75 × 2	0.75 × 3	0.75 × 4	0.75 × 5	0.75 × 6	0.75 × 7	0.75 × 8	0.75 × 9	0.75 × 10	0.75 × 11	0.75 × 12	0.75 × 13	0.75 × 14	0.75 × 15
4 V	—	12.7	8.5	8.1	6.6	6.1	5.1	5.1	4.6	4.6	4.0	4.1	3.9	3.9	3.8	
5 V	—	19.0	12.7	12.5	10.0	8.7	7.5	7.1	6.6	6.2	5.8	6.0	5.3	5.1	4.9	
6 V	—	25.5	17.5	16.3	13.7	11.7	10.5	9.5	8.5	7.9	7.4	7.5	5.7	6.4	6.1	
7 V	—	32.2	22.6	21.0	17.1	14.8	12.3	12.1	10.6	9.8	9.0	9.2	8.3	7.8	7.6	
8 V	—	39.0	28.6	25.3	21.0	18.0	15.7	14.5	12.8	11.9	10.7	11.0	9.8	9.5	8.8	
9 V	—	46.0	32.0	29.5	24.5	20.8	17.5	17.0	15.1	14.0	12.9	11.6	11.6	10.8	11.0	

表六、安培計最大讀數 50 mA

(2) 溶液： NaCl 濃度：1 g / l 溫度：22°C

電極：碳棒

電壓	電流 (mA)	距離														
		0.75 × 1	0.75 × 2	0.75 × 3	0.75 × 4	0.75 × 5	0.75 × 6	0.75 × 7	0.75 × 8	0.75 × 9	0.75 × 10	0.75 × 11	0.75 × 12	0.75 × 13	0.75 × 14	0.75 × 15
4 V	81	29.5	20.0	19.0	14.5	14.0	12.0	12.1	9.5	10.5	9.0	8.5	7.4	7.6	6.5	
5 V	—	52.0	33.5	29.5	24.0	22.5	18.5	19.0	15.0	16.1	13.9	13.0	12.0	11.9	10.0	
6 V	—	74.5	45.5	40.5	31.5	30.0	25.5	24.5	21.0	19.5	18.0	17.5	15.8	15.5	13.5	
7 V	—	97.0	59.0	53.5	42.0	38.0	33.0	32.0	27.0	25.5	23.0	22.0	20.0	18.5	17.0	
8 V	—	—	75.0	64.5	50.1	45.5	40.0	38.5	33.5	30.6	27.9	26.1	24.0	23.0	21.0	
9 V	—	—	89.5	77.5	60.0	54.5	47.5	45.0	39.5	36.0	33.0	31.0	28.0	27.0	25.0	

表七、安培計最大讀數 100 mA

5. 實驗五：

溶液： CH_3COOH 溫度： 21°C 板極距離：3cm

板極液面下深度：4 cm

濃度 \ 電流 (mA)	溫度 (室溫)							
	21°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	90°C	
0.5 M	32.8	35.5	41.0	43.2	44.0	46.2	47.5	
0.4 M	29.5	32.1	35.0	39.2	42.1	43.0	45.9	
0.3 M	26.9	28.1	33.0	34.5	37.1	40.0	44.5	
0.2 M	21.9	23.1	28.5	30.9	33.2	34.8	37.9	

表八、安培計最大讀數 50 mA

六、實驗討論

1. 由圖一可知濃度愈高，電流愈強，此因濃度高溶液中離子數目多，故電流加大，但電流強度並不與濃度成正比。
2. $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ ，在 0.8 M 以下濃度改變，電流變化大，但在 0.8 M~1 M 之間時，電流已顯難以增加，由此亦可推測大於 1 M 濃度時，電流變化更趨平緩。
3. 當電解質溶液濃度高至某範圍時，往往因濃度升高，反而使電離度降低，故影響導電情形，且濃度愈高離子數目多時，溶液中離子易為被不同電性離子包圍，影響離子的遷移，故也影響了導電情形，此乃是醋酸為何在 0.8 M 以上時，電流變化較小之原因。
4. 由圖二圖三不論是 CH_3COOH 或 NaCl 兩溶液，在不同板極面積下，電壓愈大，電流也愈大。此因加大電壓、板極與溶液中離子間的作用力增強，離子被迫加速向兩極移動，故電流增強。

5. 由圖二、圖三及圖四，可看出不論是 CH_3COOH 或 NaCl 溶液其電壓與電流關係已近似直線，即電壓與電流成正比，歐姆定律在此可適用，尤其是 CH_3COOH 溶液。
6. 由圖四可知，在濃度較高時電壓改變，其電流變化較大，濃度小時，電壓改變電流影響較小。且濃度愈高時曲線愈密集表示電流變化已趨緩慢。
7. 由圖五、圖六在不同電壓下，醋酸及食鹽水溶液電流強度與板極面積關係成直線，可知電流與板極面積成正比，此因當板極面積愈大時，增加離子作用面積，故電流較大。
8. 由圖七、圖八可知，電流與距離之關係成平滑曲線，即電流與板極距離成反比。
9. 由圖九可知 4 種不同濃度溶液都是溫度愈高，電流愈大，但雖是不同濃度，溫度改變時，其電流變化很相近。
10. 可知電解質水溶液溫度愈高，其電阻變小，別於一般金屬導電。

七、結 論

1. 電解質稀薄溶液，濃度愈大時愈容易導電，但超過某濃度時導電情形反而較差。
2. 電解質水溶液離子在水中分布是均勻的，相似一條質料均勻導線，兩極距離一定，電阻一定。故加大電壓，電流愈強，歐姆定律可以適用。
3. 不同濃度溶液，相當於不同質料導線，電阻不同，故加大電壓，電流變化量亦不同。
4. 兩極距離一定，但板極沒入愈深時，相當於導體截面積加大，故電阻愈小，故電流愈大，板極沒入較淺時，相當於截面積較小，故電阻變大，電流變小，板極面積和電流幾乘成正比。
5. 兩極距離相當於導線長度，距離愈大等於導線愈長，電阻愈大，故電流愈小，所以當電壓一定，其電流與兩極距離約成反比。

6. 電解質稀薄溶液，當溫度愈高，電阻愈小，所以電流愈大。

八、參考資料

- 1 國中化學第三冊
- 2 專科化學(郁仁貽)
- 3 大學化學(飽林原著)
- 4 電化學(蔡奇峰)

九、實驗器材設計改進：(整流裝置，由指導老師設計)

1 投光式電解槽：可分單槽式(24 cm × 12 cm × 18 cm)、雙槽式(45 cm × 18 cm × 16 cm)。多槽式(65 cm × 24 cm)

(1)單槽式：在箱內裝入一 50 W 透明燈泡，箱上部中空內凹，恰可放入 500 ml 燒杯，裝一整流器(12 V、1 A)，以供電於電解槽及小燈泡用，大燈泡和電源連接，再加一開關，控制電路，使用時可藉箱內大燈泡強光，清晰觀察反應情形，有助於視力不良同學，及實驗室較暗時觀察使用。

(2)雙槽式：可一次同時做兩個實驗，可減少實驗時間，並可比較強弱電解質，使實驗更加生動。開關分成四段，可一次觀察一個或兩個實驗。

2 多槽式並聯電解槽：

將 7 個電解槽並聯，外接整流裝置(18 V、2 A)，選 7 個電阻接近燈泡(方法：用同一水溶液測試電流，選電流相近者)。使用此器材一次可比較七種不同溶液反應情形，分辨之強弱電解質，減少實驗時間，且七個燈泡發光，可使實驗更生動有趣。(本處電解槽用 250 ml 燒杯，而上兩者都是用 500 ml 燒杯作為電解槽)

評語：關於電解質導電與溫度、濃度、電壓、電極面積，電極距離等之關係，雖為已知常識，但本作品為教具之改良，各項設計多能引起學生興趣，且結果相當正確，可供推廣。