

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030215

離子擴散會來電？

探討氯化鈉溶液濃度梯度差的擴散電位

學校名稱：新竹縣立仁愛國民中學

作者： 國三 黃彥鈞	指導老師： 洪鈺英
---------------	--------------

關鍵詞：擴散電位、離子遷移速度、濃度梯度

摘要

設計實驗使量筒內的氯化鈉水溶液與純水間有穩定交界面。溶液中的濃度差使電解質的離子發生擴散現象。擴散時，正負離子從高濃度向低濃度移動，以不同的速度同方向進行擴散，造成各液面電荷分布不均，產生電位差。

實驗設計一個微型電極，測量不同濃度氯化鈉水溶液與純水間，液/液界面的電壓變化值，開始有電位反應後的3分鐘，每秒讀取擴散電位值一次，每種濃度讀取180個數據，探討離子微觀運動模式。

第二個實驗是測量電位反應後，當達到最大電位後連續30分鐘的擴散電位，探討不同濃度的「最高值」與隨「時間」的電位變化趨勢。我們發現液/液界面兩層溶液濃度差越大擴散電位值會越大，當水溶液持續稀釋後，不同的極稀釋水溶液都趨向相同的擴散電位值。

壹、研究動機

國二時理化課上到電解質課程，學到電解質溶液中會產生正負離子，而這些正負離子會在溶液中均勻分布，整杯水溶液呈現電中性，我曾經很好奇，為什麼這些正負離子不會因正負電而吸在一起？尤其是當濃度很大時，電解質溶液的正負離子會發生什麼情形呢？查過資料，電解質水溶液內的離子濃度越大，正負離子間的作用力會越明顯，而影響到離子移動情形。

當國三理化課學到電流的化學效應，提到電池中不同金屬片連接，由於電子得失造成電荷推動力，產生電位差。老師提到濃度差也會產生電位差，我想到氯化鈉水溶液如果有濃度差，氯、鈉離子跑的不一樣快，不同液/液界面就會產生電荷分布不均勻，也會產生驅動力而有電位差，倘若不同的濃度時離子遷移速度不同，它的擴散歷程電位變化是否可以記錄下來？於是我就設計一個微型電位測定裝置，利用數字型三用電表，紀錄擴散過程其電位變化，經過不斷嘗試改進終於得到穩定數值變化，可以藉由電位值變化了解量筒內微觀離子真實的遷移情形。

貳、研究目的

本研究創新設計微型電極實驗裝置，測量由針筒注入的穩定液/液界面層，由電位值變化探討下列變因：

- 一、不同濃度氯化鈉水溶液與純水界面，測量擴散電位變化時的最大值，探討「濃度」變因。
- 二、不同濃度氯化鈉水溶液與純水界面，測量隨「時間」變化時擴散電位變化趨勢。
- 三、不同濃度氯化鈉水溶液，測量液/液界面的前180秒(180個數據)擴散電位資料，判讀微觀的氯離子、鈉離子運動模式。

參、研究設備及器材：

- (一)藥品：氯化鈉、氯化鉀、硝酸鉀、醋酸鈉、硫酸鈉、硫酸鋅
- (二) 數字型三用電表
- (三) 投影片
- (四) 焊接線材
- (五) 量筒50mL X2
- (六) 燒杯250mL X2
- (七) 燒杯50mL X2
- (八) 塑膠滴管 X2
- (九) 電子天平
- (十)注射針筒
- (十一)Ulead Video Stuid 11 影片播放擷取軟體

肆、研究過程或方法

一、微型電極裝置設計：

(一)將投影片切成可寬度放入量筒的長方形

(二)在投影片正負極位置鑽孔洞標示，將紅、黑色焊接細電導線分別繞於正負極，末端分別於連接於三用電表正負極。



圖1 微型電極，測量液/液界面層的擴散電位

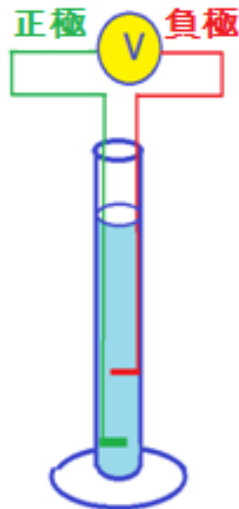


圖2微型電極示意圖

二、實驗流程

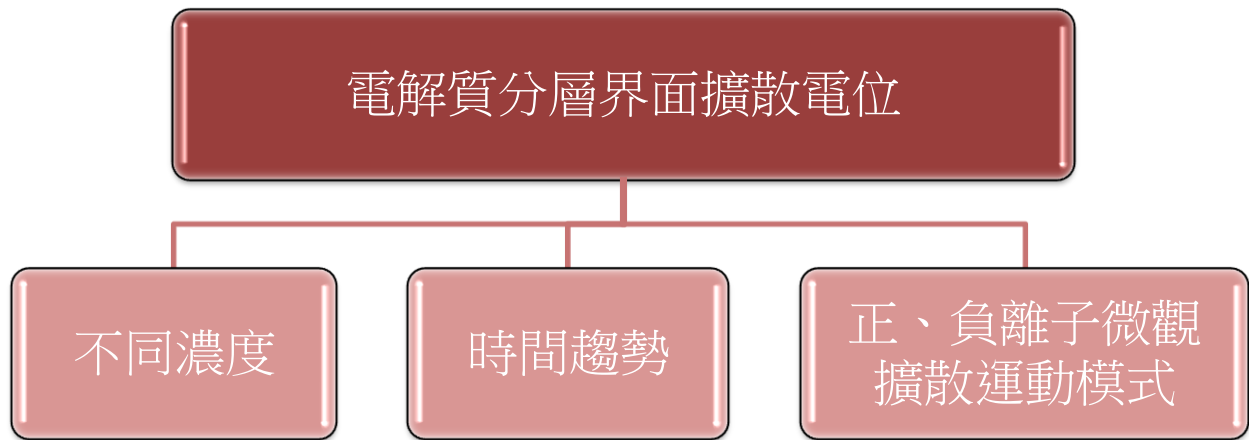


圖3 實驗流程圖

三、實驗原理:

(一)擴散電位(diffusion potential): 當兩個不同濃度的溶液直接接觸時，由於濃度梯度使離子在界面上產生定向遷移，若溶液組成相同，濃度不同時，離子從高濃度區向低濃度區擴散，隨著離子遷移速率不同的進行，接觸界面兩側的電荷分佈也就不均衡了，此時界面會有電位差，產生了液體接界電位差(Liquid Junction Potential)，又稱為擴散電位。此擴散電位決定於濃度差與正負離子的遷移速度。例如在溶液中由於 A^- 的遷移速度比 B^+ 快，所以濃度大的區域電位就比濃度小的區域為正。

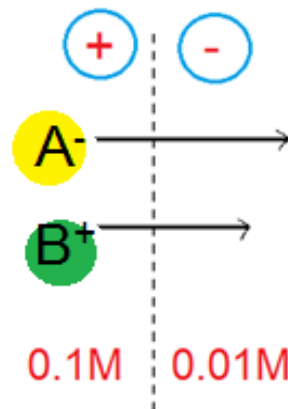


圖 4 液接擴散電位產生示意圖

兩種濃度不同的溶液界面上，因 A⁻ 的定向遷移速度比 B⁺ 快，在稀的一邊將出現過剩的 A⁻ 離子而帶負電，在濃的一邊則於有過剩的 B⁺ 離子而帶正電，所以在它們之間產生了微觀的電位差。此時在交界處形成雙電層逐漸達到穩定狀態，電位差的產生使得 A⁻ 離子的擴散速度減慢，同時加快了 B⁺ 離子的擴散速度，則兩種離子以相同速度擴散，電位差保持恒定。

(二) 有液接電勢濃差電池電動勢計算：

$$E = \frac{RT}{F} \frac{u^+ - u^-}{u^+ + u^-} \ln \frac{c_1}{c_2} \quad (*\text{參考資料七})$$

這裡 u^+ 和 u^- 是陽離子和陰離子的遷移率， c_1 、 c_2 是電解質的濃度， F 是法拉第常數， R 是氣體常數， T 是絕對溫度。由上面是公式知道擴散電位大小由溫度、正負離子的遷移率和兩溶液濃度所決定。

四、建立穩定分層：

將氯化鈉水溶液以滴管滴入下層，避免沾到杯壁。再用裝有純水的注射針筒，針頭直接接觸杯壁，純水滴入後，因表面張力的緣故，與下層的電解質水溶液形成穩定的分層

界面。

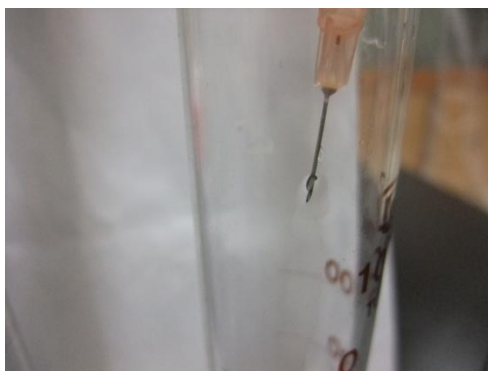


圖 5 針頭緊貼量筒壁滴入純水，產生穩定分層

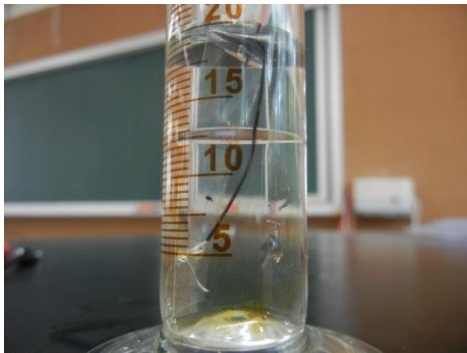
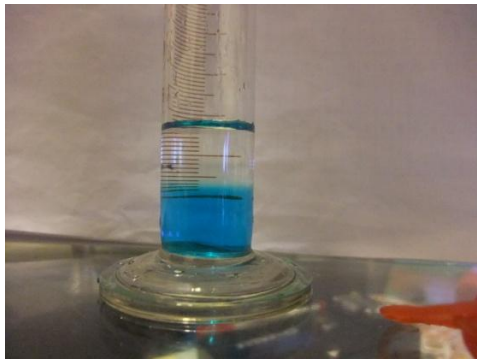
	
<p>氯化鈉水溶液與純水的液/液界面分層 (12.5mL刻度有一層薄膜就是液/液界面)</p>	<p>利用有顏色的硫酸銅溶液代替，可以看到明顯的交界面</p>

圖6氯化鈉水溶液與純水的穩定分層

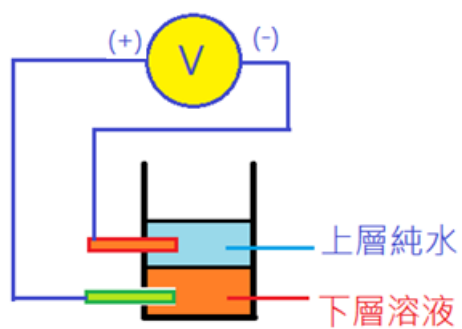


圖7 微型電極測量穩定分層電位示意圖

五、實驗步驟：

(一)探討濃度變因:

- 1.配置不同濃度氯化鈉水溶液為下層溶液，分別為4M、2M、1M、0.5M、0.25M、0.125M、0.0625M、0.03125M。
- 2.用滴管量取6mL氯化鈉水溶液，滴入50mL量筒的底部，小心不要碰觸量筒壁，沾到藥品。
- 3.微型電極裝置，並用玻璃棒下壓使電極底部(負極)位於5mL刻度，恰好浸泡於下層溶液。
- 4.檢測三用電表歸零後連接成通路。
- 5.將注射針頭裝入6mL純水，靠在量筒壁，因附著力緩緩滴入，形成純水層。
- 6.開始攝影機對著三用電表數字攝影。
- 7.當水位達12mL刻度，停止注入水。
- 8.播放影片，每分鐘讀取一次電位，並記錄。整理出「最高」、「穩定電位」電位值。
- 9.清洗電極，並乾燥。電位歸零後再將相同溶液測量三次取平均值。



圖8 利用「Ulead Video Stuid 11」影片播放軟體讀取數據

(二) 探討擴散電位隨時間變化趨勢:

將上述步驟(一)不同濃度氯化鈉水溶液，播放影片讀取「最高」電位值，之後每一分鐘讀取影片中電位，連續30分鐘，紀錄電位值隨時間變化關係。

(三) 不同濃度氯化鈉水溶液，測量液/液界面的前180秒(180個數據)擴散電位資料，判讀微觀的氯離子、鈉離子運動模式。

- 1.使用 Ulead Video Stuid 11 影片擷取軟體播放影片，讀取零值後的開始數值，每隔1秒讀取一個數據，連續讀180秒，並將此資料會製成圖，根據電位高低變化，判讀每一瞬間溶液內離子間的相對運動模式。
- 2.同樣讀取4、2、1、0.5、0.25、0.125、0.0625、0.03125M，比較不同濃度時離子運動模式的差異。

伍、研究結果

一、不同濃度氯化鈉水溶液與純水液體接界擴散電位變化，探討濃度變因：

表1 不同濃度的擴散電位最高值

	4M	2M	1M	0.5M	0.25M	0.125M	0.0625M	0.03M
第一次	310	190	141	106	72	52	48	38
第二次	304	183	142	108	70	49	46	39
第三次	305	180	138	108	68	51	45	37
平均值	306.3	184.3	140.3	106.7	70.0	50.7	46.3	38.0

作擴散電位 - 濃度關係圖如下：

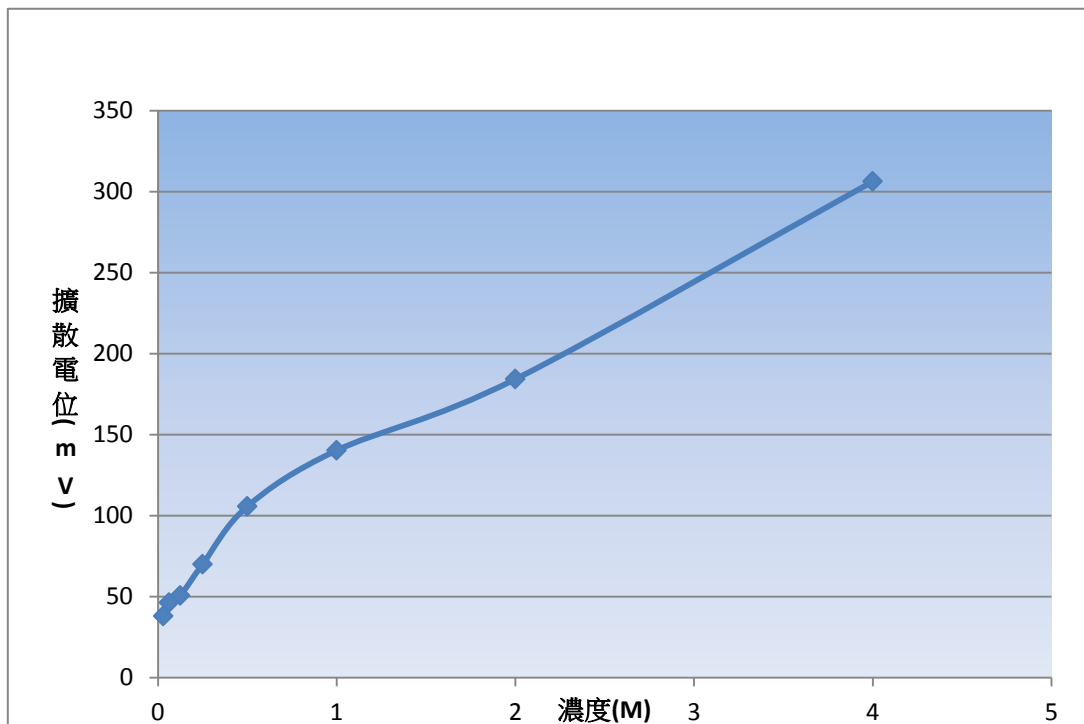


圖8 濃度對擴散電位的影響

二、不同濃度氯化鈉水溶液與純水，液體接界擴散電位隨「時間」變化趨勢。

表2不同濃度氯化鈉水溶液隨時間擴散電位變化

時間(分)	4M	2M	1M	0.5M	0.25M	0.125M	0.0625M	0.03125M
1	310	190	141	106	72	52	48	38
2	283	183	138	104	70	52	42	37
3	264	179	136	101	69	50	40	35
4	253	177	134	98	67	47	39	34
5	247	175	132	96	67	46	38	33
6	241	173	130	94	65	45	38	33
7	236	171	129	93	64	42	37	33
8	231	170	127	91	63	41	37	32
9	228	168	125	90	63	40	36	31
10	225	166	124	90	62	40	36	31
11	223	165	123	89	61	40	35	31
12	220	164	121	88	61	39	35	31
13	218	162	120	87	60	39	34	31
14	217	161	119	87	60	39	34	31
15	215	160	118	86	60	38	34	31
16	214	159	117	85	59	38	34	31
17	212	158	116	84	59	37	34	31
18	211	157	115	84	59	37	34	31
19	206	156	114	83	59	37	34	31
20	207	155	114	82	59	36	33	31
21	206	154	113	81	58	36	33	31
22	205	153	112	81	58	36	33	31
23	204	152	112	80	58	36	33	31
24	203	151	111	80	58	36	33	30
25	203	151	111	79	58	36	33	30
26	202	150	110	78	58	35	33	30
27	201	149	110	78	58	35	33	30
28	200	149	110	78	57	35	33	30
29	200	149	109	77	57	35	33	30
30	200	148	109	77	57	35	33	30

作擴散電位 - 時間關係圖如下：

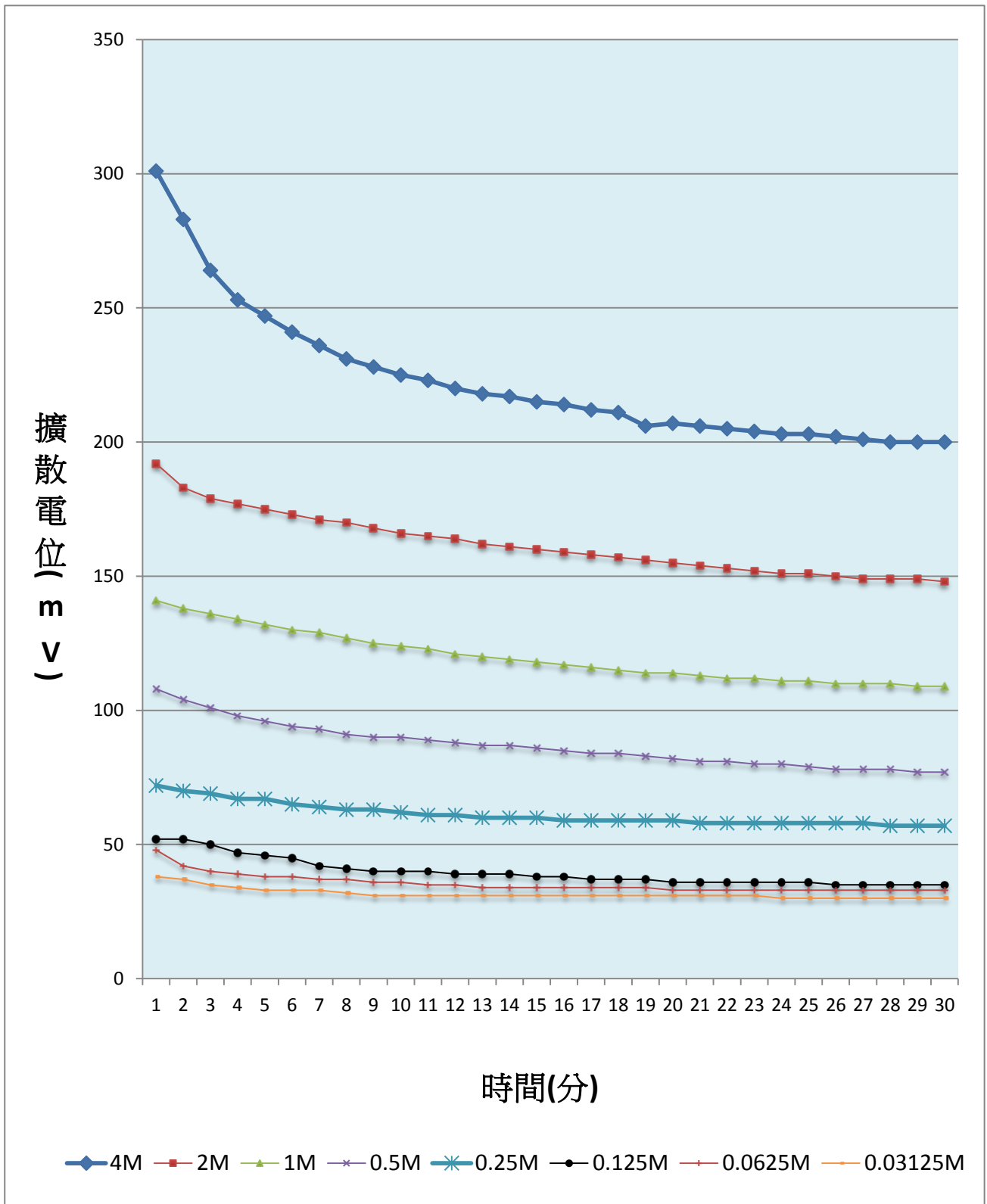


圖9 不同濃度氯化鈉水溶液隨時間擴散電位變化

三、不同濃度氯化鈉水溶液，測量液/液界面的前180秒(180個數據)擴散電位資料，判讀微觀的氯離子、鈉離子運動模式。(資料龐大如附件)

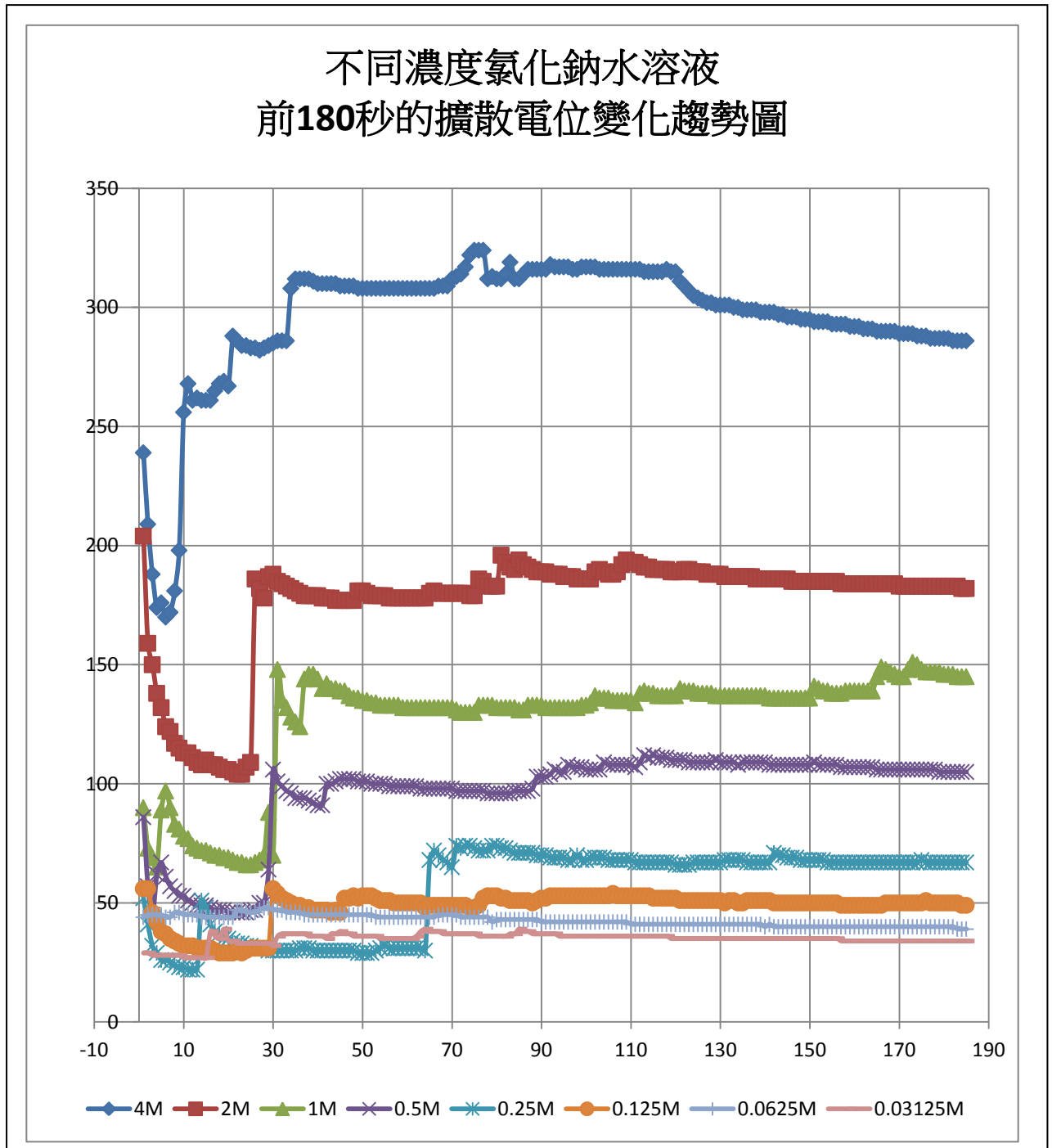


圖10 不同濃度氯化鈉水溶液前180秒擴散電位變化

陸、討論

一、不同濃度氯化鈉水溶液與純水液體接界擴散電位變化，探討濃度變因：

由圖8擴散電位 - 濃度關係圖，發現濃度越大時，擴散速度越快，產生正負離子擴散電位越大。

有液接電勢濃差電池電動勢計算：

$$E = \frac{RT}{F} \frac{u^+ - u^-}{u^+ + u^-} \ln \frac{c_1}{c_2} \quad (*\text{參考資料七})$$

公式中濃度差越大，擴散電位越大相吻合。

二、不同濃度氯化鈉水溶液與純水，液體接界擴散電位隨「時間」變化趨勢。

由圖9 擴散電位 - 時間關係圖，我們發現無論任何濃度，氯化鈉水溶液擴散電位達最大值後，每一分鐘連續記錄30分鐘，發現最終都會趨近一個定值，表示慢慢達到電位平衡。尤其是在稀溶液0.125M、0.0625M、0.03125M時，最後電位都接近30mV，此值應該為無限稀釋濃度下的離子遷移造成的擴散電位。

根據柯耳勞其定律(Kohlrausch's law)，當無限稀釋溶液中溶液中離子幾乎沒有任何作用力，而在無限稀釋時離子的極限電遷移率(*參考資料八)如下表：

表3 離子的極限電遷移率

表 8-1 298.15K 時離子的極限電遷移率^①

離子	$u^{\infty} \times 10^4 / \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$	離子	$u^{\infty} \times 10^4 / \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$
H ⁺	36.2	OH ⁻	20.6
Li ⁺	4.0	Cl ⁻	7.9
Na ⁺	5.2	Br ⁻	8.1
K ⁺	7.6	I ⁻	8.0
Ag ⁺	6.4	CO ₃ ²⁻	7.2
Cu ²⁺	5.9	Ac ⁻	4.2
Zn ²⁺	5.5	NO ₃ ⁻	7.4
Ba ²⁺	6.6	SO ₄ ²⁻	8.3

① 由于压力对电迁移率的影响很小，电迁移率数据一般不标注压力。

氯離子、鈉離子在趨向無限稀釋溶液中是固定值，因此本實驗的定值結論相符合。

三、不同濃度氯化鈉水溶液，測量液/液界面的前180秒(180個數據)擴散電位資料，判讀微觀的氯離子、鈉離子運動模式。

(一)以4M氯化鈉水溶液圖形來解說水溶液中氯離子、鈉離子真實運動模式：

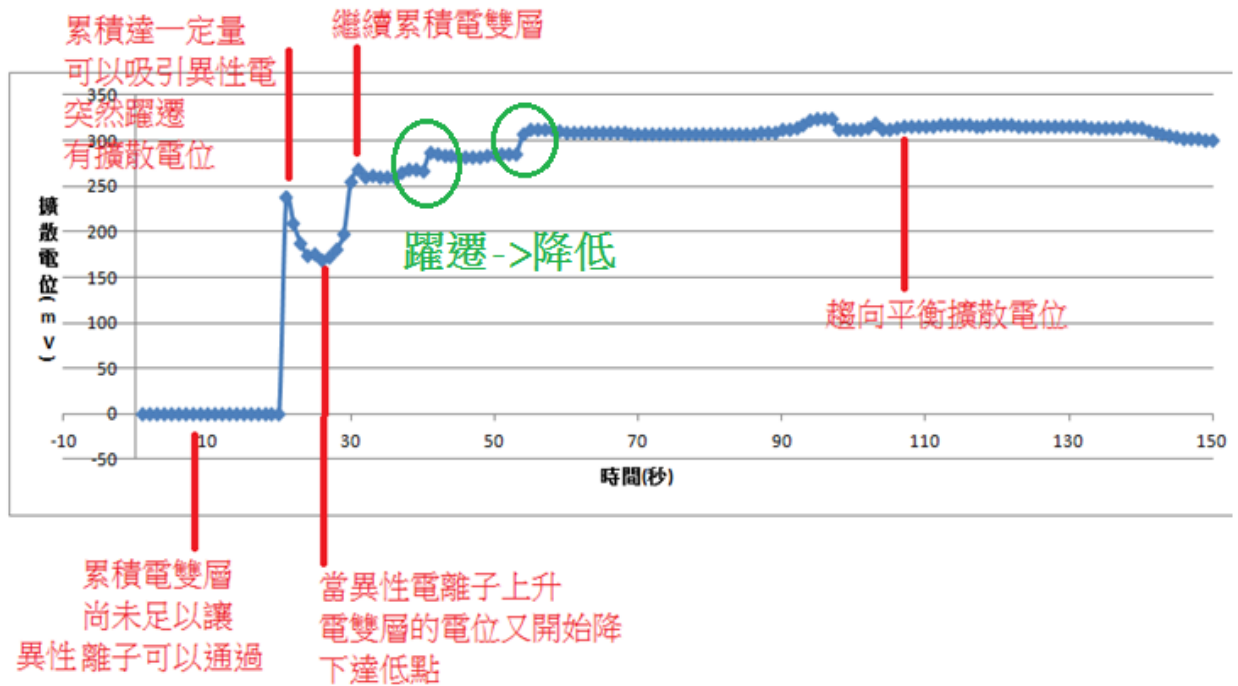


圖11 由擴散電位判讀離子運動模式

(二)每個不同濃度的氯化鈉水溶液的前180秒(180個數據)擴散電位資料

- 1、起始電位都是0，所以從第一個數值開始測量，數值都是由數值0 直接向上躍升，濃度越大躍升的擴散電位越大。
- 2、躍升電位後所讀到的數值就緩緩降低，因為同電荷離子相斥反而減速，而異性電荷離子因為吸力反而加速，快者減慢，慢者加快，導致電位降低。
- 3、當擴散電雙層被中和之後，又繼續累積電雙層，因此擴散電位又開始發生躍遷。
- 4、一次一次的躍遷、中和，逐漸趨向穩定的平衡電位。
- 5、逐次的擴散電位越來越小，發生的週期時間也越來越長，整個系統趨向穩定。

(三)不同濃度的氯化鈉水溶液相接觸，濃溶液內的 Na^+ 和 Cl^- 會自發地向稀溶液擴散。由於 Cl^- 的擴散速率較大，使界面稀溶液一側積聚過量的 Cl^- ，帶負電荷；在濃溶液一側則相應地 Na^+ 過量，帶正電荷，從而建立界面擴散電位。該擴散電位又抑制 Cl^- 的擴散，加速 Na^+ 的擴散。最終形成穩定得雙電層，使兩者速率相等，達到電勢和濃差的相對穩定擴散狀態。

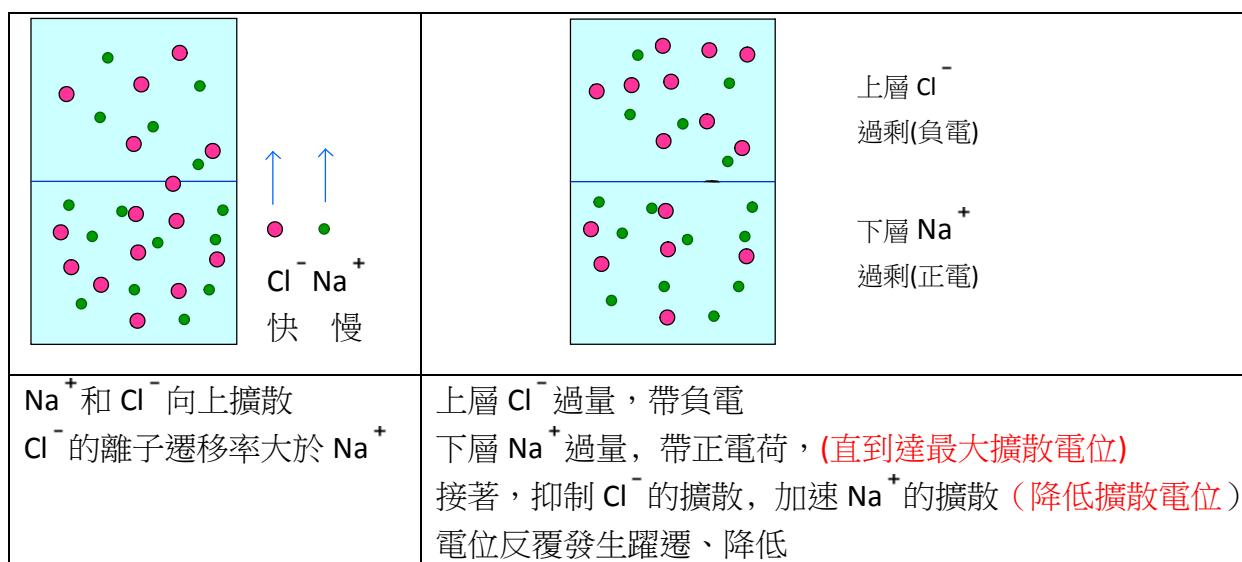


圖 11 氯化鈉水溶液產生液/液界面擴散電位示意圖

柒、結論

- 一、液/液分層界面的擴散電位，氯化鈉水溶液濃度差越大，產生的擴散電位越大。
- 二、不同濃度氯化鈉水溶液在擴散後都趨於平衡的固定電位。
- 三、氯化鈉水溶液在稀釋溶液，都趨向於相同無限極限擴散電位定值。
- 四、每隔一秒測量發現微觀電位變化，由零值直接躍遷到極大的電位，又逐漸降低，一次一次的躍遷、中和，逐漸趨向穩定的平衡電位。逐次的躍遷變化愈來愈小，發生的時間週期愈來愈長。
- 五、設計的微型電極可以藉由擴散電數值上升下降，判讀液/液分層界面間正負離子真實運動的模式，進而了解電解質擴散微觀現象變化。

捌、參考資料及其他

- 一、黎于榛。光束中盤旋的精靈—層化液體中氯化鈉粒子的運動探討。中華民國第五十屆中小學科學展覽會
- 二、楊斯皓、谷宗益。濃差電池與溫差電池。臺灣二〇〇四年國際科學展覽會。
- 三、洪玫英、呂宜靜、陳玟凌。哪個離子跑得快？中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
- 四、王凱雄、朱优峰。水化學。第二版。北京市。化學工業出版社。2009.9。P49~55
- 五、胡啟章。電化學原理與方法。初版。台北市。五南圖書出版社。2003。p16~18
- 六、Talal Al-Bazali, Kuwait University; Jianguo Zhang, Baker Atlas; Martin E. Chenevert and Mukul M. °A Rapid, Rigsite-Deployable, Electrochemical Test for Evaluating the Membrane Potential of Shales ° SPE Drilling & Completion ° Volume 22, Number 3 ° pp. 205-216
- 七、生物學習之家 擴散電位 <http://www.shengwu8.com/article-10710.html>
- 八、朱文濤 物理化學(下) 1995 清華大學出版社，P8
- 九、張志玲 離子濃度影響電流生成量 科學發展 2009年6月 438期

附件:

各種不同氯化鈉水溶液液/液界面的前180秒(180個數據)擴散電位資料

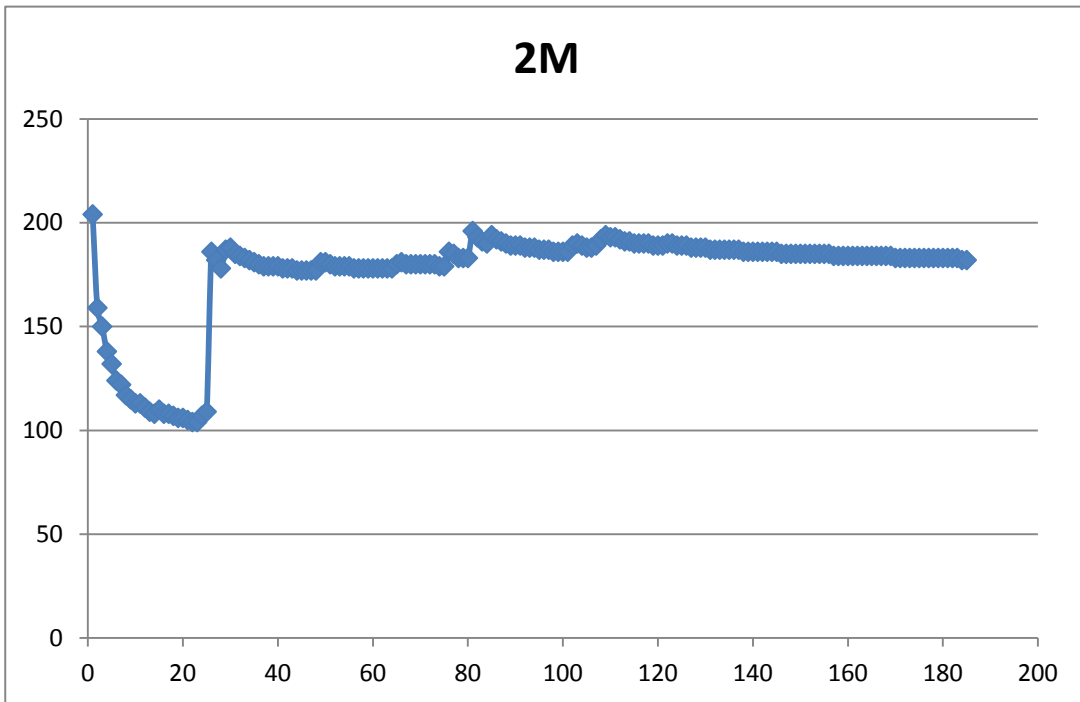
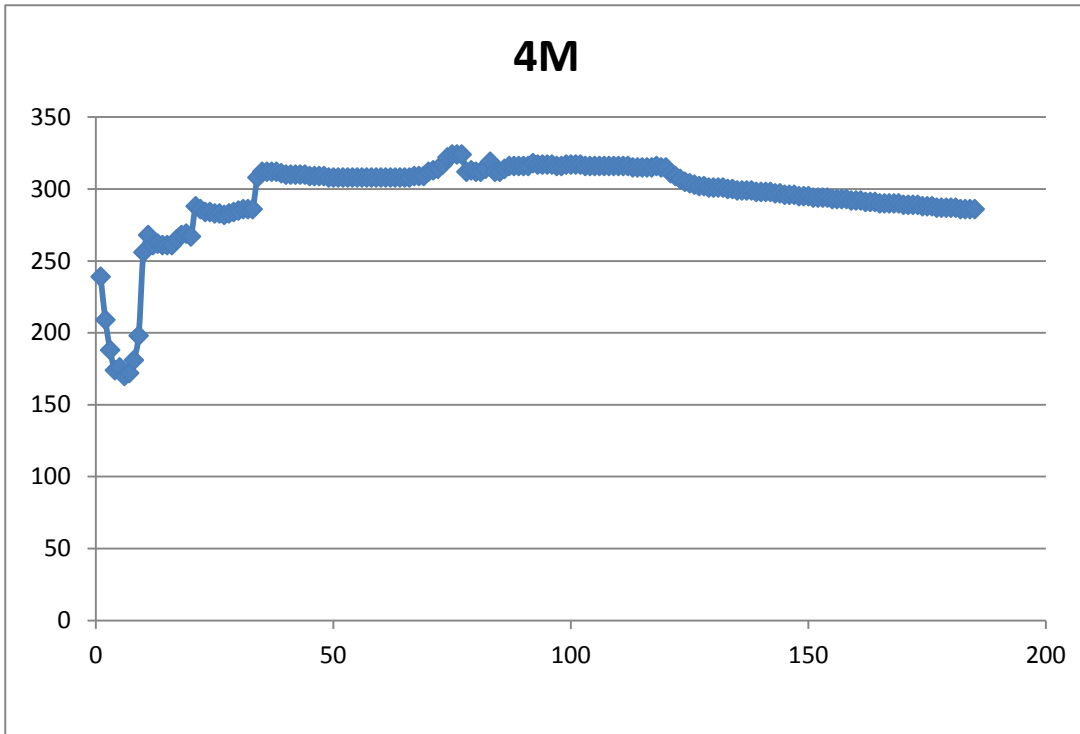
秒數	4M	2M	1M	0.5M	0.25M	0.125M	0.0625M	0.03125M
1	239	204	90	86	52	56	44	29
2	209	159	73	57	41	56	45	29
3	188	150	69	45	32	46	45	28
4	174	138	65	62	29	42	45	28
5	176	132	89	67	26	38	45	28
6	170	124	97	61	26	37	44	28
7	172	122	90	57	25	35	44	28
8	181	117	83	55	24	34	46	28
9	198	115	81	53	23	33	46	28
10	256	113	78	53	23	32	45	27
11	268	113	77	51	22	32	45	27
12	261	111	74	50	22	32	45	27
13	262	109	73	49	22	31	45	27
14	261	108	72	49	51	31	44	27
15	261	110	72	49	48	31	44	27
16	261	108	71	48	41	31	44	38
17	265	108	70	47	38	30	44	36
18	268	107	70	47	37	29	44	35
19	269	106	69	47	35	29	44	39
20	267	106	69	46	35	29	44	34
21	288	105	68	46	34	29	44	34
22	286	104	67	46	33	30	47	33
23	284	104	67	46	33	29	47	33
24	284	107	66	46	32	30	46	33
25	283	109	66	47	32	31	46	33
26	283	186	67	47	31	31	46	33
27	282	182	68	50	31	31	47	33
28	283	178	70	50	31	31	48	33
29	284	187	88	64	30	31	48	33
30	285	188	70	106	30	56	47	32
31	286	185	148	101	30	54	47	36
32	286	184	135	99	30	52	47	37
33	286	183	132	97	30	51	46	37

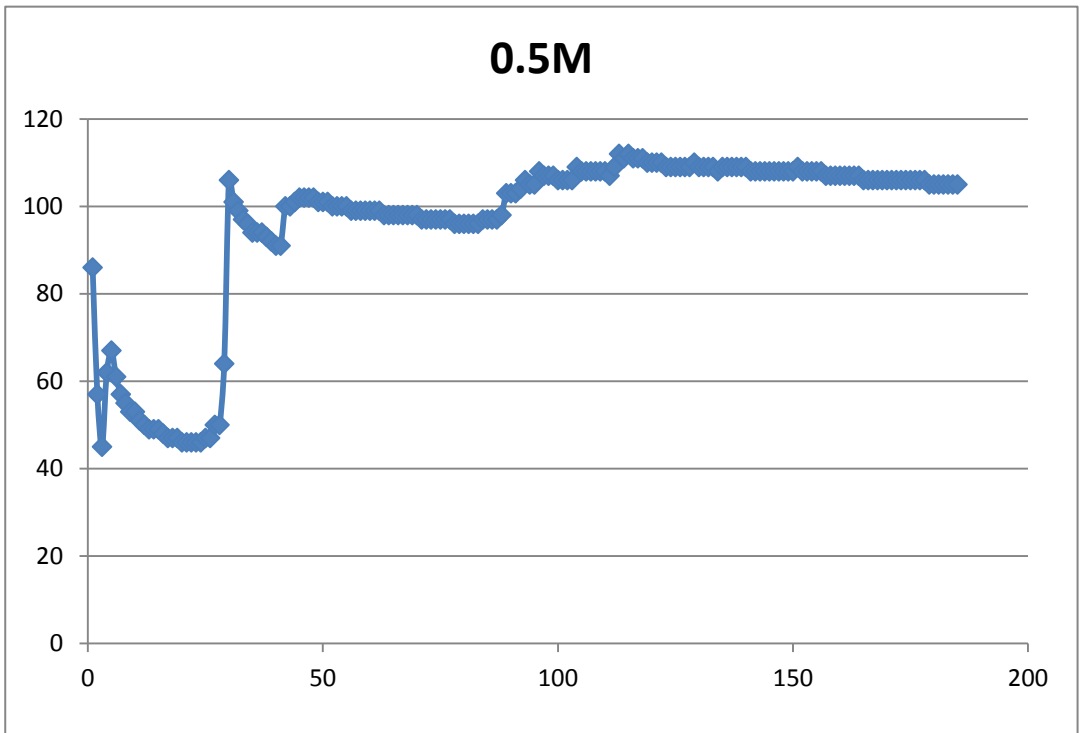
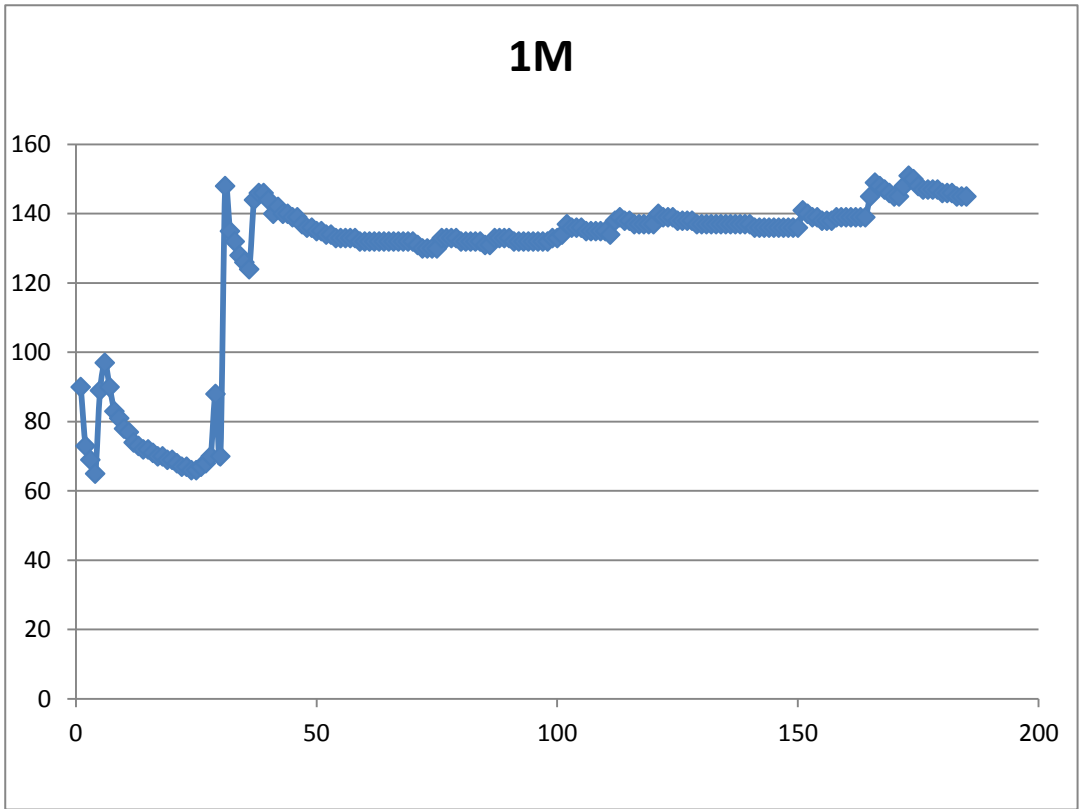
34	308	182	128	96	30	50	46	37
35	312	181	126	94	30	49	46	37
36	312	180	124	94	31	49	46	37
37	312	179	144	94	31	48	45	37
38	312	179	146	93	31	48	45	36
39	311	179	146	92	30	47	45	36
40	310	179	144	91	30	47	45	36
41	310	178	140	91	30	47	45	36
42	310	178	142	100	30	47	45	35
43	310	178	140	100	30	46	45	37
44	310	177	140	101	30	47	45	37
45	309	177	139	102	30	46	45	38
46	309	177	139	102	30	52	45	37
47	309	177	137	102	30	52	45	37
48	309	177	136	102	30	53	45	36
49	308	181	136	101	29	52	45	36
50	308	181	135	101	29	53	45	36
51	308	180	135	101	29	53	45	36
52	308	179	134	100	29	53	45	36
53	308	179	134	100	30	52	44	36
54	308	179	133	100	31	51	44	35
55	308	179	133	100	32	51	44	35
56	308	178	133	99	31	51	44	35
57	308	178	133	99	31	50	44	35
58	308	178	133	99	31	50	44	35
59	308	178	132	99	31	50	44	35
60	308	178	132	99	31	50	44	35
61	308	178	132	99	31	50	44	35
62	308	178	132	99	31	50	44	36
63	308	178	132	98	31	50	44	38
64	308	178	132	98	30	48	44	39
65	308	180	132	98	68	49	44	38
66	308	181	132	98	72	49	44	38
67	309	180	132	98	70	49	45	38
68	309	180	132	98	68	49	45	37
69	309	180	132	98	67	49	45	37
70	312	180	132	98	65	49	45	37
71	313	180	131	97	74	49	45	37

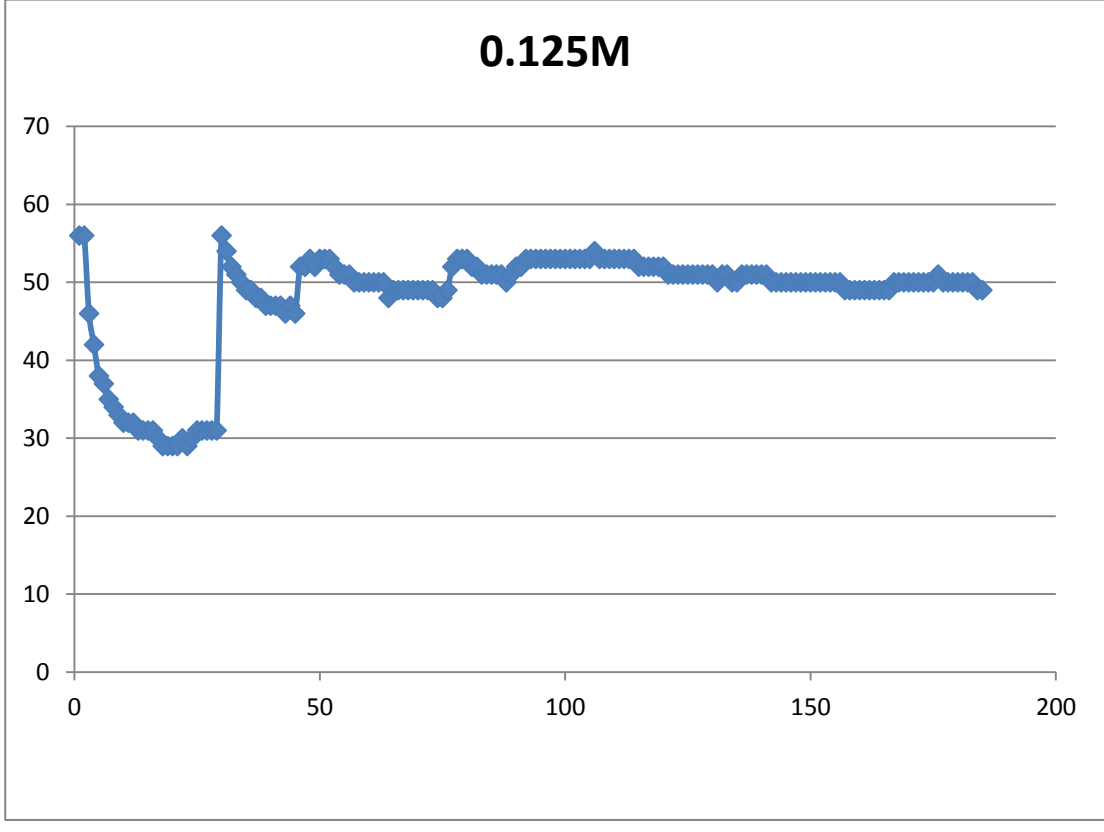
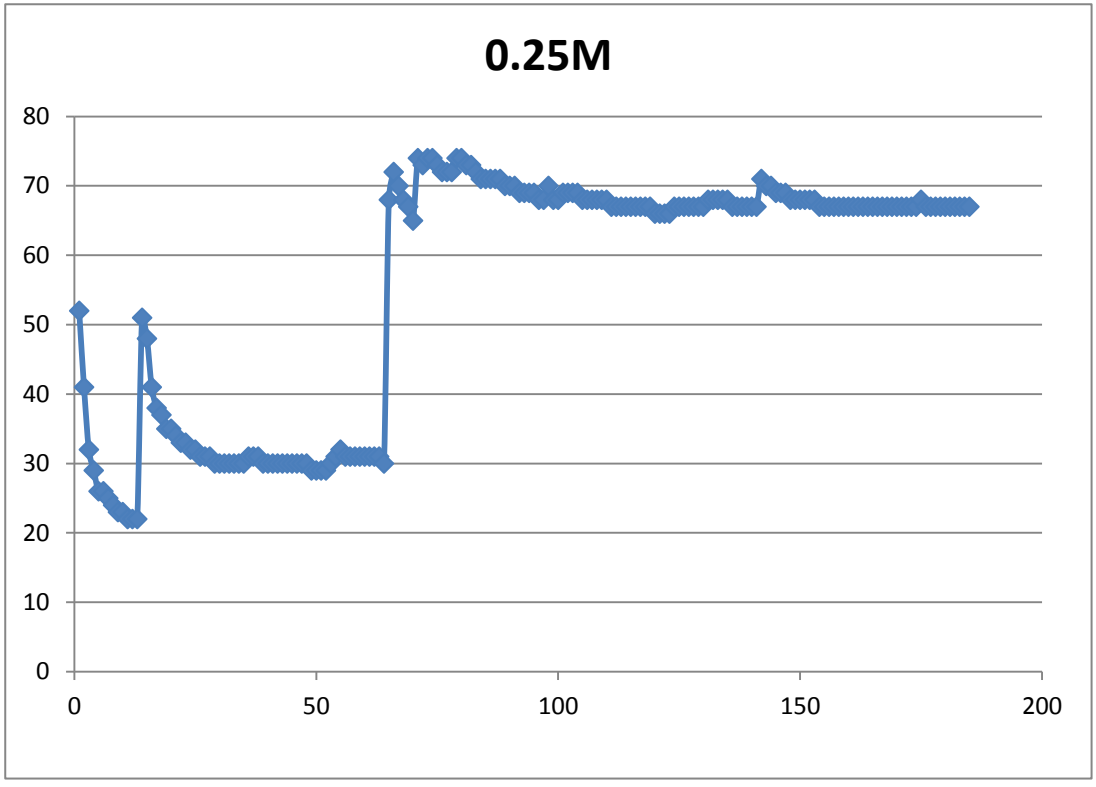
72	314	180	130	97	73	49	44	37
73	317	180	130	97	74	49	44	37
74	322	179	130	97	74	48	44	37
75	324	179	130	97	73	48	44	37
76	324	186	133	97	72	49	44	36
77	324	185	133	97	72	52	44	36
78	312	183	133	96	72	53	44	36
79	313	183	133	96	74	53	42	36
80	312	183	132	96	74	53	43	36
81	312	196	132	96	73	52	43	36
82	314	193	132	96	73	52	43	36
83	319	191	132	96	72	51	43	37
84	312	190	132	97	71	51	43	37
85	312	194	131	97	71	51	43	39
86	314	192	131	97	71	51	43	38
87	316	191	133	97	71	51	43	38
88	316	190	133	98	71	50	43	37
89	316	189	133	103	70	51	43	37
90	316	189	133	103	70	52	42	37
91	316	189	132	103	70	52	42	37
92	318	188	132	104	69	53	42	37
93	317	188	132	106	69	53	42	37
94	317	188	132	105	69	53	42	36
95	317	187	132	105	69	53	42	36
96	317	187	132	108	68	53	42	36
97	316	187	132	107	68	53	42	36
98	316	186	132	107	70	53	42	36
99	317	186	133	107	68	53	42	36
100	317	186	133	106	68	53	42	36
101	317	186	134	106	69	53	42	36
102	317	189	137	106	69	53	42	36
103	316	190	136	106	69	53	42	36
104	316	189	136	109	69	53	42	36
105	316	188	136	108	68	53	42	36
106	316	188	135	108	68	54	42	36
107	316	189	135	108	68	53	42	36
108	316	192	135	108	68	53	42	36
109	316	194	135	108	68	53	42	36

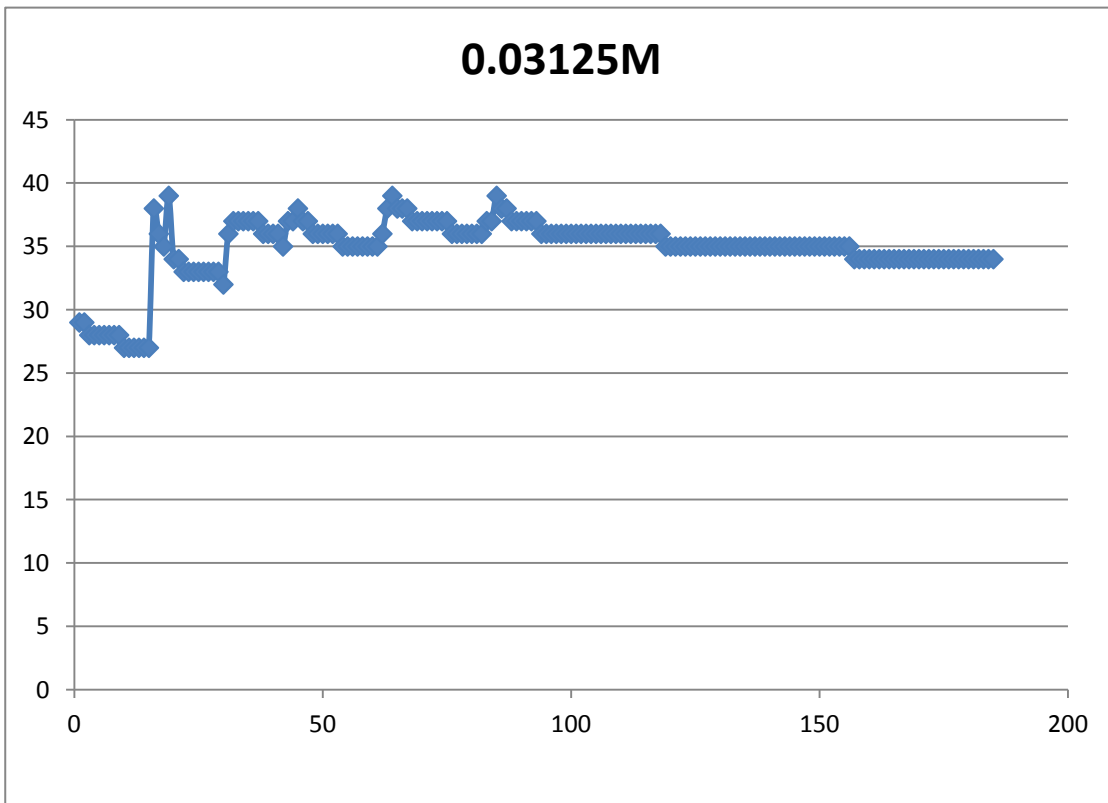
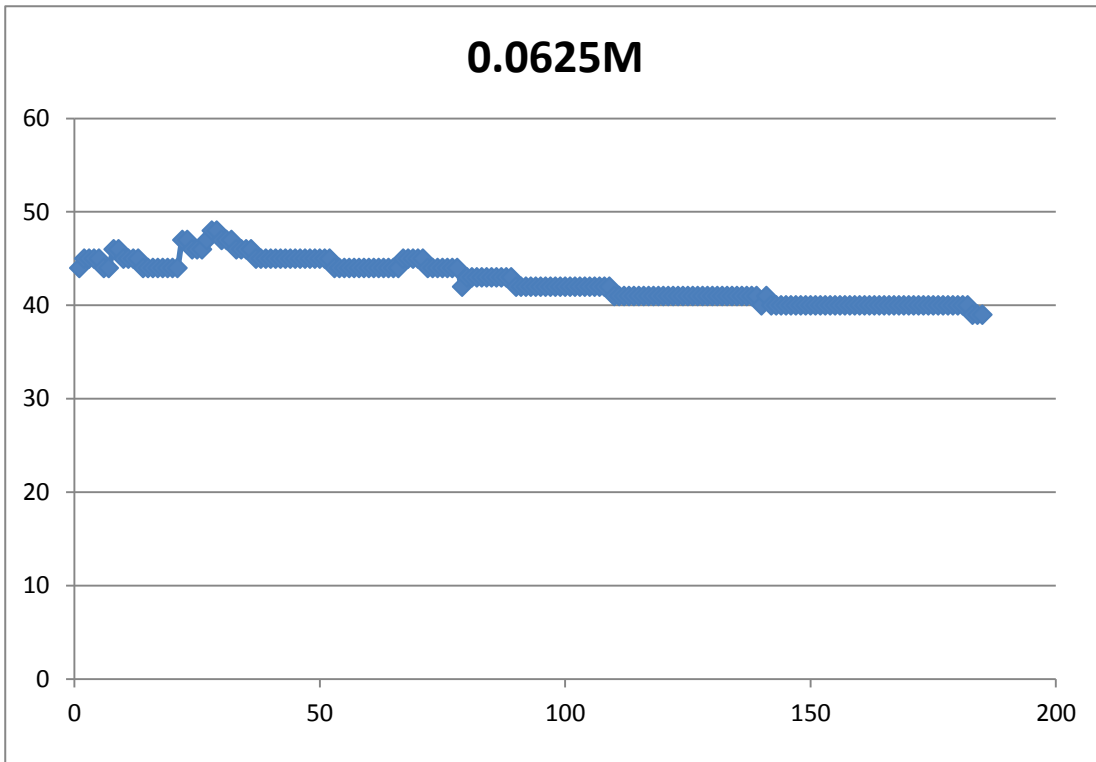
110	316	193	135	108	68	53	41	36
111	316	193	134	107	67	53	41	36
112	316	192	138	109	67	53	41	36
113	315	191	139	112	67	53	41	36
114	315	191	138	111	67	53	41	36
115	315	190	138	112	67	52	41	36
116	315	190	137	111	67	52	41	36
117	315	190	137	111	67	52	41	36
118	316	190	137	111	67	52	41	36
119	315	189	137	110	67	52	41	35
120	315	189	137	110	66	52	41	35
121	311	189	140	110	66	51	41	35
122	309	190	139	110	66	51	41	35
123	307	190	139	109	66	51	41	35
124	305	189	139	109	67	51	41	35
125	304	189	138	109	67	51	41	35
126	303	189	138	109	67	51	41	35
127	302	188	138	109	67	51	41	35
128	302	188	138	109	67	51	41	35
129	301	188	137	110	67	51	41	35
130	301	188	137	109	67	51	41	35
131	301	187	137	109	68	50	41	35
132	301	187	137	109	68	51	41	35
133	300	187	137	109	68	51	41	35
134	300	187	137	108	68	50	41	35
135	299	187	137	109	68	50	41	35
136	299	187	137	109	67	51	41	35
137	299	187	137	109	67	51	41	35
138	299	186	137	109	67	51	41	35
139	298	186	137	109	67	51	41	35
140	298	186	137	109	67	51	40	35
141	298	186	136	108	67	51	41	35
142	298	186	136	108	71	50	40	35
143	297	186	136	108	70	50	40	35
144	297	186	136	108	70	50	40	35
145	296	186	136	108	69	50	40	35
146	296	185	136	108	69	50	40	35
147	296	185	136	108	69	50	40	35

148	295	185	136	108	68	50	40	35
149	295	185	136	108	68	50	40	35
150	295	185	136	108	68	50	40	35
151	294	185	141	109	68	50	40	35
152	294	185	140	108	68	50	40	35
153	294	185	139	108	68	50	40	35
154	294	185	139	108	67	50	40	35
155	293	185	138	108	67	50	40	35
156	293	185	138	108	67	50	40	35
157	293	184	138	107	67	49	40	34
158	293	184	139	107	67	49	40	34
159	292	184	139	107	67	49	40	34
160	292	184	139	107	67	49	40	34
161	292	184	139	107	67	49	40	34
162	291	184	139	107	67	49	40	34
163	291	184	139	107	67	49	40	34
164	291	184	139	107	67	49	40	34
165	290	184	145	106	67	49	40	34
166	290	184	149	106	67	49	40	34
167	290	184	148	106	67	50	40	34
168	290	184	147	106	67	50	40	34
169	290	184	146	106	67	50	40	34
170	289	183	145	106	67	50	40	34
171	289	183	145	106	67	50	40	34
172	289	183	148	106	67	50	40	34
173	289	183	151	106	67	50	40	34
174	288	183	150	106	67	50	40	34
175	288	183	148	106	68	50	40	34
176	288	183	147	106	67	51	40	34
177	287	183	147	106	67	50	40	34
178	287	183	147	106	67	50	40	34
179	287	183	147	105	67	50	40	34
180	287	183	146	105	67	50	40	34









【評語】 030215

本實驗為離子擴散組成電池，由於氯離子與鈉離子在水溶液中的遷移係數不等造成移動速度不等而形成正負濃度梯度，由 Nerust 公式可以推論濃度梯度所造成的電位差。如同溫差能夠形成電位差一般，離子濃度差也可形成電位差。建議作者變化不同組成電池的設計，深入探討擴散電池。