

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高級中等學校組 化學科

探究精神獎

050203

異卵離子搞叛逆-探討非共同離子效應

學校名稱：新北市立樹林高級中學

作者： 高二 甘佳雯 高二 林炫遠	指導老師： 陳佩琪 林宜柔
-------------------------	---------------------

關鍵詞：同離子效應、溶解度

## 摘要

影響化學平衡的因素有很多種，其中在高中化學課本中提到同離子效應，我們想知道，若加入不同種類的離子，是否也會產生類似同離子的「非」共同離子效應。

我們設計以 pH 值及電導度來測量，了解難溶鹽類的溶解度，選擇有氫氧根的難溶鹽與中性的易溶電解質作為實驗藥品，根據銅離子效應的實驗，推測非共同離子效應會使得溶液溶解度降低，氫氧根濃度下降 pH 值跟著下降；隨離子濃度減少電導度也會下降。

根據實驗數值，有  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  加  $\text{KCl}$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$  加  $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Ni}(\text{OH})_2$  加  $\text{KNO}_3$  的 pH 值和導電度都有下降趨勢，符合預期中非共同離子效應的結果。

我們未來會用  $\text{KBr}$  及以  $\text{Na}^+$  為陽離子的強電解質來進行更進一步地確認；針對有色離子做吸收光譜實驗，確認非共同離子效應的存在。

## 壹、 研究動機

在上高一化學課的時候，老師講到了溶解度，間接提到了同離子效應。我們從老師的話了解到，同離子效應的定義為將微溶或難溶的離子化合物，加入含有其相同離子的水溶液中，該溶液的溶解度，會比此離子化合物在純水中的溶解度來的低。

由上述內容，我們覺得很好奇，難道只有「相同」的離子才會有同離子效應嗎？同價數與不同價數的陰陽離子，會不會也會互相造成影響？是否有可能造成這種類似同離子的「非」共同離子效應呢？也想要了解不同溶解度的鹽類對於反應的影響。這些問題引起了我們研究的興趣，進而與老師討論並且設計一連串的實驗研究。

## 貳、 研究目的

- 一、了解同價數的不同離子，是否也會產生類似同離子效應的現象。
- 二、了解不同價數的不同離子，是否也會產生類似同離子效應的現象。
- 三、了解不同溶解度的鹽類溶於去離子水中，加入強電解質後，是否會改變其溶解度。

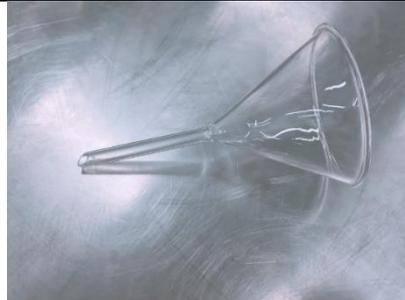
## 參、 研究設備及器材

### 一、 研究使用的藥品

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 難溶鹽類 氫氧化鈣、氫氧化銅、氫氧化鐵、氫氧化鋁</li> <li>● 強電解質 氯化鉀、碘化鉀、硝酸鉀、硝酸鋇、硝酸銀</li> </ul>	
--	--

表一：本實驗使用的藥品

### 二、 設備及器材

<p>電子秤</p> 	<p>保鮮膜、濾紙、秤紙、拭鏡紙</p> 	<p>pH 儀</p> 
<p>電導度測量儀</p> 	<p>漏斗</p> 	<p>容量瓶</p> 
<p>燒杯</p> 	<p>恆溫水槽</p> 	<p>玻棒</p> 

表二：本實驗使用的研究器材

## 肆、 研究過程或方法

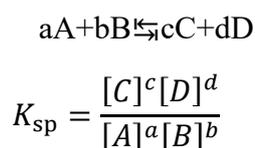
### 一、 研究原理

#### (一) 濃度積常數(K<sub>sp</sub>)

溶解平衡是一種關於化合物溶解過程。主要是難溶鹽在水中會建立一個動態平衡，難溶鹽雖然難溶，但還是會少部分解離，而解離得到的陰陽離子會在固體表面沉積下來。當兩個過程速率相等時，溶解會達到一個平衡。這樣的情形叫作沉澱溶解平衡，其平衡常數為 K<sub>sp</sub>，此時的溶液則稱為飽和溶液。

K<sub>sp</sub> 為一個平衡常數，它的大小反映了物質的溶解能力，若 K<sub>sp</sub> 越小則越難溶解，反之，若越大則溶解度也越大，越容易溶解。

以下是解離方程式，以及 K<sub>sp</sub> 值的算式：



以下為實驗所用藥品可能產生出的鹽類 K<sub>sp</sub> 值：

鹽類	K <sub>sp</sub>
Ca(OH) <sub>2</sub>	6×10 <sup>-6</sup>
Cu(OH) <sub>2</sub>	2×10 <sup>-9</sup>
Fe(OH) <sub>3</sub>	6×10 <sup>-38</sup>
Ni(OH) <sub>2</sub>	6.3×10 <sup>-16</sup>
Ba(OH) <sub>2</sub>	5×10 <sup>-3</sup>
Sr(OH) <sub>2</sub>	6.4×10 <sup>-3</sup>

表三：本實驗可能產生出的鹽類 K<sub>sp</sub> 值

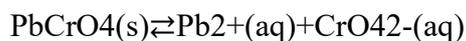
#### (二) 同離子效應

影響溶解度的因素除溶質和溶劑的化學性質，以及溫度和壓力外，還有添加的物質。在溶液中加入與溶解固體相同的離子時，固體溶解度將小於溶於純水的情形；這種溶解度因加入相同離子而降低的改變稱為同離子效應。

依勒沙特列原理，在化學平衡系統中，當平衡式的溫度、壓力、濃度改變時，平衡會往抵銷該變因之方向移動。加入與溶液中含有相同離子的化合物時，因為此離子濃度上升，根據勒沙特列原理，平衡移動會趨向於降低此離子濃度的方向進

行，所以含有該離子之溶質的溶解度降低。

以鉻酸鉛來舉例說明：鉻酸鉛的解離方程式為：



若在溶液中加入含有  $\text{CrO}_4^{2-}$  的離子的化合物，使得其離子濃度上升，溶液為了維持  $K_{\text{sp}}$  的恆定，而使反應向左進行，連帶使得  $\text{Pb}^{2+}$  的濃度下降， $\text{PbCrO}_4(\text{s})$  溶解度下降。

### (三) 鹽效應

鹽效應為，將鹽類於液相中，造成溶液中離子強度增加，因而改變各離子的活性係數造成其平衡、反應速率改變之效應。

其中，活性係數是於溶液濃度在離子強度較高、或溫度較高的狀態下產生的。在各種因素的干擾下，理想濃度能與真實濃度有所差異，活性係數即反映出真實濃度和理想濃度指機的比值。

在微溶、難溶鹽溶液中加入與此沒有共同離子的電解質，會使得難溶鹽的溶解度增加，這種加入其他電解質使得原難溶鹽的溶解度上升的效應，稱之為鹽效應。

產生鹽效應的原因是，由於強電解質的存在，離子濃度增大，則離子強度亦增大，因而使活性係數減小(小於 1)。在一定溫度下， $K_{\text{sp}}$  是一個常數，當活性係數減小時，則必定引起  $[\text{M}^+]$  和  $[\text{A}^-]$  增大，即沉澱的溶解度增大。

### (四) 離子對

當帶有相反電荷的兩離子會因為庫倫引力而吸引形成離子對。通常在濃度較高的電解質溶液中，當相反電性的離子靠近到一定程度時，因熱擾動的關係，而暫時結合形成離子對，但在溶液中也會有許多離子不斷的分開，所以在固定外界狀態，其實溶液中的離子對為固定量。

### (五) 錯合反應

當溶液中存在能與沉澱的構晶離子形成錯合物的錯合劑時，則沉澱的溶解度增大，甚至完全溶解，這種現象稱為錯合效應。錯合效應對於沉澱溶解度的影響程度與沉澱的溶度積、錯合劑的濃度和形成錯合物的穩定常數有關。

## (六) 電導度

電導度的測量是用兩片一平方公分的銅片間隔一公分後，放入要測量的溶液之中，溶液中的陰陽離子移動將產生電流，當電流通過時，可測量出溶液之電阻，而電阻即是電導度的倒數，將測量出的電阻數值倒數後，得到電導度。

因為陰陽離子移動的速率隨溫度上升而增加，故電導度也隨著溫度升高而變大，對於電導度來說，應於溫度 25°C 當準確值來測量，若溫度每上升 1°C，則電導度應當增加 1.019%。

## 二、 研究方法

為了要了解難溶鹽是否因為強電解質的加入，是否有產生非共同離子效應，並且可以使用儀器定量測量，所以我們檢視了學校的測量儀器並討論，發展了以測量溶液酸鹼值與測量電導度等兩種方法，以此交叉佐證此溶液是否產生非同離子效應，以下說明：

### (一) 測量溶液之 pH 值以了解難溶鹽的溶解度變化

為了使用 pH 儀測量難溶鹽的溶解度，我們選用了含有氫氧根的藥品。含有氫氧根的藥品溶於水後，會解離出氫氧根，使溶液氫氧根濃度增加並成為鹼性溶液。若加入強電解質到難溶鹽溶液中，若 pH 值下降，表示氫氧根濃度下降，可以幫助我們得知溶液中難溶鹽的溶解度變化。

### (二) 測量溶液之電導度以了解難溶鹽的溶解度變化

因為我們都是加入電解質，而電解質解離成離子後，一個重要特性就是可以導電，因此我們聯想到可以測量溶液之電導度。當電解質溶於水之後，會使得溶液電導度增加。在定溫下難溶鹽類的飽和溶液可以解離出的正負離子為定值。若加入電解質後，會隨著溶解的電解質量增加，電導度也會隨之增加。

1. 實驗值：用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  及  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  作為飽和溶液，不斷加入 0.2 克的強電解質( $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{KCl}$  及  $\text{KI}$ )，並測量每次的 pH 值和電導度，所得出的值為實驗值。
2. 基準值：在一公升的去離子水中，慢慢加入 0.2 克的強電解質( $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{KCl}$  及  $\text{KI}$ )，並測量每次加入 0.2 克後的 pH 值及電導

度，再用此值相加實驗值中還未加入強電解質時飽和溶液的 pH 值和電導度，得到基準值。

實驗中，電導度的實驗值比電導度的基準值低，則表示溶液中的離子的數量減少，由電導度的值可推測，可能是難溶鹽恢復成固體。

### (三) 選用藥品

基於以上兩個設計實驗，我們選用了有氫氧根的難溶鹽類與強電解質，本實驗將不同溶解度的鹽類稱為難溶鹽，如下表：

難溶鹽類藥品	氫氧化鈣、氫氧化銅、氫氧化鐵、氫氧化鎳
強電解質	氯化鉀、碘化鉀、硝酸鉀、硝酸鋇、硝酸鋇、

表四：本實驗所選用的藥品

### (四) 確認去離子水的電導度

因為我們實驗中需要用到電導度，所以為確保實驗中的水沒有其他的離子的干擾。我們以電導度儀測量，發現去離子水的導電度在 7~9( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )之間，即確定去離子水中幾乎無其他離子干擾，以增加實驗的可信度。

## 三、 實驗流程

實驗一開始，我們先是測量了去離子水中的電導度，確認沒有其他離子干擾，並利用去離子水來配置難溶鹽飽和溶液，放入 25°C 的恆溫水槽中進行實驗，測量每次加入 0.2g 不同強電解質( $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{KCl}$  及  $\text{KI}$ )的溶液的 pH 值及電導度，直至有連續五個 pH 值數值相同，最後分析經由測量所得到的數據，確認是否符合實驗的預期結果。

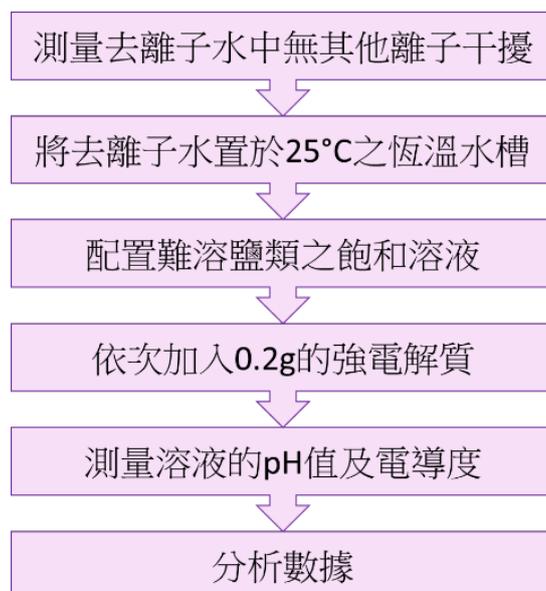
以下說明配置飽和溶液與加入強電解質之過程

#### (一) 配置飽和溶液

準備去離子水，分別加入  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  及  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ，接著放入恆溫水槽，讓它保持在 25°C 下攪拌，達成飽和溶液後，過濾掉多餘的沉澱物。

#### (二) 取實驗數據的步驟：得到過濾後的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 及 $\text{Ni}(\text{OH})_2$

飽和溶液後，每次分別加入 0.2g 的  $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{KCl}$  及  $\text{KI}$ ，測量其 pH 值及導電度。



## 伍、 研究結果

一、  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  飽和溶液中加入  $\text{CuSO}_4$  的 pH 值與電導度數據如下。

$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{CuSO}_4$									
$\text{CuSO}_4$ 重量(g)	$\text{CuSO}_4$ 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	基準 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	$\text{CuSO}_4$ 重量(g)	$\text{CuSO}_4$ 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	基準 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
0.00	0.00000	7.410	12.00	13.00	3.20	0.02000	4.830	1879.30	2013.30
0.20	0.00125	5.470	219.00	221.30	3.40	0.02125	4.830	1959.00	2101.00
0.40	0.00250	5.300	380.70	379.00	3.60	0.02250	4.800	2037.00	2192.30
0.60	0.00375	5.250	497.70	503.70	3.80	0.02375	4.800	2124.70	2280.00
0.80	0.00500	5.180	619.70	625.70	4.00	0.02500	4.800	2202.00	2365.00
1.00	0.00625	5.140	757.00	770.30	4.20	0.02625	4.780	2272.30	2450.30
1.20	0.00750	5.130	883.70	911.70	4.40	0.02750	4.750	2341.00	2524.00
1.40	0.00875	5.090	1002.30	1039.00	4.60	0.02875	4.750	2418.70	2595.30
1.60	0.01000	5.080	1112.30	1161.70	4.80	0.03000	4.710	2489.30	2670.70
1.80	0.01125	5.010	1223.70	1277.00	5.00	0.03125	4.710	2547.70	2755.30
2.00	0.01250	4.990	1320.70	1382.00	5.20	0.03250	4.680	2635.70	2821.70
2.20	0.01375	4.970	1412.40	1502.70	5.40	0.03375	4.650	2697.30	2898.30
2.40	0.01500	4.940	1514.70	1610.00	5.60	0.03500	4.650	2759.30	2953.70
2.60	0.01625	4.920	1608.30	1716.30	5.80	0.03625	4.650	2811.00	3022.30
2.80	0.01750	4.890	1701.70	1819.00	6.00	0.03750	4.650	2865.70	3060.00
3.00	0.01875	4.870	1789.30	1923.30	6.20	0.03875	4.650	2939.30	3146.30

二、強電解質的 pH 值與電導度的數據如下。

KCl+1000ml去離子水							
KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
0.00	0.00000	8.140	0.98	3.20	0.04295	6.210	5325.12
0.20	0.00268	6.310	406.97	3.40	0.04564	6.220	5633.27
0.40	0.00537	6.160	780.47	3.60	0.04832	6.290	5845.24
0.60	0.00805	6.120	1168.11	3.80	0.05101	6.270	6099.12
0.80	0.01074	6.140	1292.44	4.00	0.05369	6.290	6551.23
1.00	0.01342	6.140	1657.51	4.20	0.05638	6.290	6777.92
1.20	0.01611	6.120	1984.30	4.40	0.05906	6.310	7014.72
1.40	0.01879	6.090	2345.44	4.60	0.06174	6.340	7293.72
1.60	0.02148	6.090	2728.16	4.80	0.06443	6.360	7501.18
1.80	0.02416	6.090	3067.71	5.00	0.06711	6.370	7657.80
2.00	0.02685	6.110	3457.02	5.20	0.06980	6.390	7852.11
2.20	0.02953	6.110	3723.55	5.40	0.07248	6.390	8068.40
2.40	0.03221	6.140	4087.05	5.60	0.07517	6.410	8185.77
2.60	0.03490	6.140	4343.77	5.80	0.07785	6.420	8324.14
2.80	0.03758	6.190	4690.19	6.00	0.08054	6.440	8604.81
3.00	0.04027	6.190	4978.41				

KI+1000ml去離子水							
KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
0.00	0.00000	8.680	8.54	3.60	0.02182	6.000	3099.80
0.20	0.00121	7.340	194.31	3.80	0.02303	6.000	3264.97
0.40	0.00242	6.830	373.21	4.00	0.02424	6.000	3422.67
0.60	0.00364	6.590	525.32	4.20	0.02545	6.000	3572.13
0.80	0.00485	6.400	682.04	4.40	0.02667	6.000	3737.68
1.00	0.00606	6.310	867.52	4.60	0.02788	6.000	3885.48
1.20	0.00727	6.190	1053.68	4.80	0.02909	6.020	4049.07
1.40	0.00848	6.140	1235.82	5.00	0.03030	6.020	4205.79
1.60	0.00970	6.110	1414.82	5.20	0.03152	6.000	4352.31
1.80	0.01091	6.070	1584.20	5.40	0.03273	6.000	4510.60
2.00	0.01212	6.070	1749.75	5.60	0.03394	6.000	4659.47
2.20	0.01333	6.020	1922.18	5.80	0.03515	6.020	4816.49
2.40	0.01455	6.120	2095.19	6.00	0.03636	6.020	4956.53
2.60	0.01576	6.020	2265.95	6.20	0.03758	6.020	5109.22
2.80	0.01697	6.000	2437.68	6.40	0.03879	6.020	5255.45
3.00	0.01818	6.020	2610.11	6.60	0.04000	6.020	5397.45
3.20	0.01939	6.000	2777.23	6.80	0.04121	6.020	5533.17
3.40	0.02061	6.000	2944.75				

KNO <sub>3</sub> +1000ml去離子水							
KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	電導度(μs/cm)	KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	電導度(μs/cm)
0.00	0.00000	8.550	8.15	3.60	0.03564	7.680	6695.78
0.20	0.00198	8.530	435.43	3.80	0.03762	7.680	7009.13
0.40	0.00396	8.430	816.78	4.00	0.03960	7.660	7303.93
0.60	0.00594	8.380	1280.67	4.20	0.04158	7.680	7587.14
0.80	0.00792	8.330	1666.05	4.40	0.04356	7.700	7899.61
1.00	0.00990	8.300	2052.70	4.60	0.04554	7.690	8171.05
1.20	0.01188	8.230	2459.96	4.80	0.04752	7.710	8432.48
1.40	0.01386	8.160	2873.41	5.00	0.04950	7.710	8687.93
1.60	0.01584	8.010	3234.54	5.20	0.05149	7.710	8986.56
1.80	0.01782	7.940	3609.72	5.40	0.05347	7.710	9245.04
2.00	0.01980	7.930	3965.36	5.60	0.05545	7.690	9507.36
2.20	0.02178	7.860	4304.51	5.80	0.05743	7.660	9835.13
2.40	0.02376	7.830	4662.12	6.00	0.05941	7.630	10142.00
2.60	0.02574	7.790	4978.70	6.20	0.06139	7.640	10441.32
2.80	0.02772	7.740	5312.76	6.40	0.06337	7.630	10722.57
3.00	0.02970	7.710	5670.26	6.60	0.06535	7.640	10984.30
3.20	0.03168	7.680	5990.48	6.80	0.06733	7.640	11234.54
3.40	0.03366	7.640	6297.06	7.00	0.06931	7.640	11474.98

Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +1000ml去離子水							
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	電導度(μs/cm)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	電導度(μs/cm)
0.00	0.00000	9.180	12.46	3.60	0.01706	5.920	3349.66
0.20	0.00095	6.710	271.54	3.80	0.01801	5.930	3472.72
0.40	0.00190	6.590	471.74	4.00	0.01896	5.930	3608.73
0.60	0.00284	6.450	658.78	4.20	0.01991	5.920	3700.69
0.80	0.00379	6.380	867.52	4.40	0.02085	5.930	3865.55
1.00	0.00474	6.300	1074.88	4.60	0.02180	5.920	3985.57
1.20	0.00569	6.230	1291.76	4.80	0.02275	5.920	4092.54
1.40	0.00664	6.140	1482.14	5.00	0.02370	5.900	4209.03
1.60	0.00758	6.110	1664.08	5.20	0.02464	5.900	4313.15
1.80	0.00853	6.090	1852.11	5.40	0.02559	5.920	4414.13
2.00	0.00948	6.070	2035.03	5.60	0.02654	5.920	4530.23
2.20	0.01043	6.040	2214.62	5.80	0.02749	5.890	4635.23
2.40	0.01137	6.040	2387.05	6.00	0.02844	5.900	4735.33
2.60	0.01232	5.970	2554.76	6.20	0.02938	5.900	4814.82
2.80	0.01327	5.950	2716.68	6.40	0.03033	5.890	4933.56
3.00	0.01422	5.930	2885.08	6.60	0.03128	5.880	4991.85
3.20	0.01517	5.930	3036.60	6.80	0.03223	5.880	5103.04
3.40	0.01611	5.930	3193.62	7.00	0.03318	5.880	5167.52

Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +1000ml去離子水							
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	電導度 (μs/cm)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	7.700	8.54	2.60	0.00996	5.760	2100.79
0.20	0.00077	6.420	204.42	2.80	0.01073	5.780	2240.73
0.40	0.00153	6.120	363.79	3.00	0.01149	5.760	2361.83
0.60	0.00230	5.970	517.47	3.20	0.01226	5.760	2497.55
0.80	0.00307	5.880	673.90	3.40	0.01303	5.750	2634.94
1.00	0.00383	5.870	858.39	3.60	0.01379	5.730	2766.73
1.20	0.00460	5.870	1046.12	3.80	0.01456	5.710	2892.74
1.40	0.00536	5.850	1217.17	4.00	0.01533	5.710	3016.39
1.60	0.00613	5.810	1376.84	4.20	0.01609	5.730	3114.13
1.80	0.00690	5.800	1521.39	4.40	0.01686	5.730	3219.14
2.00	0.00766	5.780	1668.60	4.60	0.01762	5.730	3330.03
2.20	0.00843	5.760	1820.41	4.80	0.01839	5.730	3425.91
2.40	0.00920	5.800	1955.84	5.00	0.01916	5.730	3531.21

三、Ca(OH)<sub>2</sub>飽和溶液中加入強電解質的數據如下。

Ca(OH) <sub>2</sub> +KCl									
KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	11.520	869.30	870.28	1.80	0.02416	11.470	3464.30	3937.01
0.20	0.00268	11.520	1206.00	1276.27	2.00	0.02685	11.450	3709.30	4326.32
0.40	0.00537	11.520	1488.70	1649.77	2.20	0.02953	11.470	3945.70	4592.85
0.60	0.00805	11.500	1777.00	2037.41	2.40	0.03221	11.470	4194.30	4956.35
0.80	0.01074	11.490	2063.30	2161.74	2.60	0.03490	11.470	4434.70	5213.07
1.00	0.01342	11.490	2363.70	2526.81	2.80	0.03758	11.470	4677.00	5559.49
1.20	0.01611	11.490	2646.70	2853.60	3.00	0.04027	11.470	4923.70	5847.71
1.40	0.01879	11.490	2928.70	3214.74	3.20	0.04295	11.470	5150.00	6194.42
1.60	0.02148	11.500	3206.00	3597.47					

Ca(OH) <sub>2</sub> +KI									
KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	11.520	943.70	952.24	1.60	0.00970	11.500	2581.00	2358.52
0.20	0.00121	11.520	1161.30	1138.01	1.80	0.01091	11.500	2777.30	2527.90
0.40	0.00242	11.500	1369.30	1316.91	2.00	0.01212	11.490	2980.00	2693.46
0.60	0.00364	11.500	1565.30	1469.02	2.20	0.01333	11.490	3181.30	2865.88
0.80	0.00485	11.500	1760.00	1625.74	2.40	0.01455	11.490	3378.30	3038.89
1.00	0.00606	11.500	1957.30	1811.22	2.60	0.01576	11.490	3565.70	3209.65
1.20	0.00727	11.500	2165.00	1997.38	2.80	0.01697	11.490	3759.70	3381.38
1.40	0.00848	11.500	2368.00	2179.52	3.00	0.01818	11.490	3941.70	3553.81

Ca(OH) <sub>2</sub> +KNO <sub>3</sub>									
KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	11.470	998.30	1006.45	1.40	0.01386	11.480	3075.70	3871.71
0.20	0.00198	11.520	1327.00	1433.73	1.60	0.01584	11.480	3355.70	4232.84
0.40	0.00396	11.500	1631.70	1815.08	1.80	0.01782	11.480	3631.30	4608.02
0.60	0.00594	11.520	1926.70	2278.97	2.00	0.01980	11.480	3896.30	4963.66
0.80	0.00792	11.520	2215.30	2664.35	2.20	0.02178	11.480	4147.00	5302.81
1.00	0.00990	11.500	2505.30	3051.00	2.40	0.02376	11.480	4397.30	5660.42
1.20	0.01188	11.480	2792.30	3458.26	2.60	0.02574	11.480	4623.00	5977.00

Ca(OH) <sub>2</sub> +Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>									
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	11.400	751.00	763.46	1.40	0.00664	11.350	2459.30	2233.14
0.20	0.00095	11.400	1006.30	1022.54	1.60	0.00758	11.350	2685.30	2415.08
0.40	0.00190	11.390	1253.87	1222.74	1.80	0.00853	11.350	2912.30	2603.11
0.60	0.00284	11.390	1504.70	1409.78	2.00	0.00948	11.350	3126.00	2786.03
0.80	0.00379	11.370	1746.00	1618.52	2.20	0.01043	11.350	3360.00	2965.62
1.00	0.00474	11.370	1992.00	1825.88	2.40	0.01137	11.350	3579.30	3138.05
1.20	0.00569	11.350	2231.00	2042.76	2.60	0.01232	11.350	3794.00	3305.76

Ca(OH) <sub>2</sub> +Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>									
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	11.260	890.30	898.84	2.20	0.00843	11.140	3032.30	2710.71
0.20	0.00077	11.240	1084.30	1094.72	2.40	0.00920	11.120	3220.00	2846.14
0.40	0.00153	11.230	1313.30	1254.09	2.60	0.00996	11.120	3392.00	2991.09
0.60	0.00230	11.210	1501.30	1407.77	2.80	0.01073	11.110	3556.30	3131.03
0.80	0.00307	11.190	1719.00	1564.20	3.00	0.01149	11.110	3724.30	3252.13
1.00	0.00383	11.180	1913.70	1748.69	3.20	0.01226	11.110	3910.00	3387.85
1.20	0.00460	11.180	2095.30	1936.42	3.40	0.01303	11.110	4076.70	3525.24
1.40	0.00536	11.180	2291.30	2107.47	3.60	0.01379	11.110	4236.30	3657.03
1.60	0.00613	11.160	2481.30	2267.14	3.80	0.01456	11.110	4401.70	3783.04
1.80	0.00690	11.160	2673.30	2411.69	4.00	0.01533	11.110	4558.70	3906.69
2.00	0.00766	11.140	2842.00	2558.90					

四、Cu(OH)<sub>2</sub> 飽和溶液中加入強電解質的數據如下。

Cu(OH) <sub>2</sub> +KCl									
KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	8.120	13.30	14.28	1.60	0.02148	7.000	2987.00	2741.46
0.20	0.00268	7.080	389.00	420.27	1.80	0.02416	6.950	3309.70	3081.01
0.40	0.00537	7.070	479.00	793.77	2.00	0.02685	6.920	3626.30	3470.32
0.60	0.00805	7.070	1159.30	1181.41	2.20	0.02953	6.920	3907.00	3736.85
0.80	0.01074	7.070	1547.00	1305.74	2.40	0.03221	6.920	4160.30	4100.35
1.00	0.01342	7.070	1901.30	1670.81	2.60	0.03490	6.920	4444.00	4357.07
1.20	0.01611	7.070	2269.70	1997.60	2.80	0.03758	6.920	4708.70	4703.49
1.40	0.01879	6.980	2623.30	2358.74	3.00	0.04027	6.920	4953.30	4991.71

Cu(OH) <sub>2</sub> +KI									
KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	7.520	17.30	25.84	3.40	0.02061	7.250	2902.00	2962.05
0.20	0.00121	6.850	211.00	211.61	3.60	0.02182	7.300	3053.00	3117.10
0.40	0.00242	6.850	387.70	390.51	3.80	0.02303	7.300	3199.30	3282.27
0.60	0.00364	6.830	520.70	542.62	4.00	0.02424	7.300	3346.00	3439.97
0.80	0.00485	6.880	702.30	699.34	4.20	0.02545	7.400	3482.00	3589.43
1.00	0.00606	6.830	892.00	884.82	4.40	0.02667	7.520	3735.30	3754.98
1.20	0.00727	6.850	1079.30	1070.98	4.60	0.02788	7.500	3883.30	3902.78
1.40	0.00848	7.020	1261.00	1253.12	4.80	0.02909	7.500	3879.00	4066.37
1.60	0.00970	6.980	1435.00	1432.12	5.00	0.03030	7.520	4155.70	4223.09
1.80	0.01091	7.020	1600.30	1601.50	5.20	0.03152	7.570	4291.00	4369.61
2.00	0.01212	7.070	1763.30	1767.05	5.40	0.03273	7.650	4418.70	4527.90
2.20	0.01333	7.070	1930.00	1939.48	5.60	0.03394	7.640	4538.70	4676.77
2.40	0.01455	7.080	2093.70	2112.49	5.80	0.03515	7.640	4660.70	4833.79
2.60	0.01576	7.220	2266.00	2283.25	6.00	0.03636	7.640	4775.30	4973.83
2.80	0.01697	7.220	2429.30	2454.98	6.20	0.03758	7.640	4903.70	5126.52
3.00	0.01818	7.150	2592.00	2627.41	6.40	0.04	7.64	5013.70	5272.75
3.20	0.01939	7.300	2750.00	2794.53					

Cu(OH) <sub>2</sub> +KNO <sub>3</sub>									
KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	8.270	14.70	22.85	3.60	0.03564	7.820	4596.70	6710.48
0.20	0.00198	8.320	306.00	450.13	3.80	0.03762	7.800	4847.30	7023.83
0.40	0.00396	8.240	545.30	831.48	4.00	0.03960	7.800	5097.00	7318.63
0.60	0.00594	8.200	816.30	1295.37	4.20	0.04158	7.800	5321.30	7601.84
0.80	0.00792	8.150	1109.70	1680.75	4.40	0.04356	7.770	5543.30	7914.31
1.00	0.00990	8.140	1434.70	2067.40	4.60	0.04554	7.740	5792.70	8185.75
1.20	0.01188	8.150	1714.30	2474.66	4.80	0.04752	7.740	5991.70	8447.18
1.40	0.01386	8.090	1996.30	2888.11	5.00	0.04950	7.750	6217.00	8702.63
1.60	0.01584	8.040	2288.30	3249.24	5.20	0.05149	7.750	6447.00	9001.26
1.80	0.01782	7.990	2547.70	3624.42	5.40	0.05347	7.750	6682.70	9259.74
2.00	0.01980	8.000	2554.00	3980.06	5.60	0.05545	7.700	6881.30	9522.06
2.20	0.02178	7.970	2821.30	4319.21	5.80	0.05743	7.670	7079.70	9849.83
2.40	0.02376	7.940	3083.00	4676.82	6.00	0.05941	7.640	7275.70	10156.70
2.60	0.02574	7.970	3348.00	4993.40	6.20	0.06139	7.640	7479.70	10456.02
2.80	0.02772	7.940	3606.00	5327.46	6.40	0.06	7.64	7667.30	10737.27
3.00	0.02970	7.890	3839.70	5684.96	6.60	0.07	7.64	7862.30	10999.00
3.20	0.03168	7.870	4127.30	6005.18	6.80	0.07	7.64	8048.00	11249.24
3.40	0.03366	7.820	4358.30	6311.76					

Cu(OH) <sub>2</sub> +Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>									
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	8.240	14.30	14.30	3.40	0.01611	7.430	3491.00	3207.90
0.20	0.00095	7.820	261.00	285.80	3.60	0.01706	7.450	3721.70	3364.00
0.40	0.00190	7.790	458.70	486.00	3.80	0.01801	7.430	3903.30	3487.00
0.60	0.00284	7.740	660.00	673.10	4.00	0.01896	7.450	4102.70	3623.00
0.80	0.00379	7.740	879.00	881.80	4.20	0.01991	7.450	4252.00	3715.00
1.00	0.00474	7.720	1106.30	1089.20	4.40	0.02085	7.350	4430.70	3879.90
1.20	0.00569	7.690	1324.70	1306.10	4.60	0.02180	7.400	4599.70	3999.90
1.40	0.00664	7.670	1535.70	1496.40	4.80	0.02275	7.400	4770.00	4106.80
1.60	0.00758	7.670	1729.70	1678.40	5.00	0.02370	7.370	4928.70	4223.30
1.80	0.00853	7.570	1923.00	1866.40	5.20	0.02464	7.380	5088.30	4327.50
2.00	0.00948	7.520	2124.00	2049.30	5.40	0.02559	7.350	5231.30	4428.40
2.20	0.01043	7.520	2348.70	2228.90	5.60	0.02654	7.300	5392.70	4544.50
2.40	0.01137	7.480	2536.30	2401.30	5.80	0.02749	7.300	5540.00	4649.50
2.60	0.01232	7.470	2750.30	2569.10	6.00	0.02844	7.300	5696.70	4749.60
2.80	0.01327	7.480	2949.00	2731.00	6.20	0.02938	7.300	5839.30	4829.10
3.00	0.01422	7.450	3139.00	2899.40	6.40	0.03	7.30	5975.30	4947.90
3.20	0.01517	7.430	3336.30	3050.90					

Cu(OH) <sub>2</sub> +Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>									
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	8.520	18.30	26.84	2.20	0.00843	6.680	1853.00	1838.71
0.20	0.00077	6.550	222.30	222.72	2.40	0.00920	6.700	1946.70	1974.14
0.40	0.00153	6.530	412.30	382.09	2.60	0.00996	6.720	2117.00	2119.09
0.60	0.00230	6.620	572.30	535.77	2.80	0.01073	6.750	2257.70	2259.03
0.80	0.00307	6.600	737.30	692.20	3.00	0.01149	6.680	2371.30	2380.13
1.00	0.00383	6.580	933.00	876.69	3.20	0.01226	6.770	2629.70	2515.85
1.20	0.00460	6.650	1092.00	1064.42	3.40	0.01303	6.720	2730.70	2653.24
1.40	0.00536	6.620	1269.00	1235.47	3.60	0.01379	6.720	2866.00	2785.03
1.60	0.00613	6.650	1413.30	1395.14	3.80	0.01456	6.720	2983.00	2911.04
1.80	0.00690	6.670	1560.70	1539.69	4.00	0.01533	6.720	3098.70	3034.69
2.00	0.00766	6.670	1695.70	1686.90	4.20	0.01609	6.720	3257.70	3132.43

五、Fe(OH)<sub>3</sub> 飽和溶液中加入強電解質的數據如下。

Fe(OH) <sub>3</sub> +KCl									
KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	7.270	166.00	166.98	2.80	0.03758	6.750	5444.70	4856.19
0.20	0.00268	7.020	508.30	572.97	3.00	0.04027	6.700	5800.00	5144.41
0.40	0.00537	6.930	902.70	946.47	3.20	0.04295	6.700	6128.30	5491.12
0.60	0.00805	7.000	1325.00	1334.11	3.40	0.04564	6.700	6412.70	5799.27
0.80	0.01074	6.950	1705.00	1458.44	3.60	0.04832	6.700	6775.70	6011.24
1.00	0.01342	6.930	2161.70	1823.51	3.80	0.05101	6.680	7044.00	6265.12
1.20	0.01611	6.930	2551.70	2150.30	4.00	0.05369	6.670	7312.00	6717.23
1.40	0.01879	6.850	2929.70	2511.44	4.20	0.05638	6.720	7558.70	6943.92
1.60	0.02148	6.820	3308.30	2894.16	4.40	0.05906	6.600	7812.00	7180.72
1.80	0.02416	6.800	3670.00	3233.71	4.60	0.06174	6.620	8038.00	7459.72
2.00	0.02685	6.830	4106.70	3623.02	4.80	0.06443	6.620	8283.30	7667.18
2.20	0.02953	6.800	4435.70	3889.55	5.00	0.06711	6.620	8500.00	7823.80
2.40	0.03221	6.780	4774.70	4253.05	5.20	0.06980	6.620	8730.30	8018.11
2.60	0.03490	6.770	5120.00	4509.77	5.40	0.07248	6.620	8971.30	8234.40

Fe(OH) <sub>3</sub> +KI									
KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	8.340	16.30	24.84	2.00	0.01212	6.980	1955.70	1766.05
0.20	0.00121	7.480	352.30	210.61	2.20	0.01333	6.950	2137.70	1938.48
0.40	0.00242	7.120	501.70	389.51	2.40	0.01455	7.030	2319.30	2111.49
0.60	0.00364	7.030	674.30	541.62	2.60	0.01576	7.050	2508.30	2282.25
0.80	0.00485	7.020	862.00	698.34	2.80	0.01697	7.050	2684.30	2453.98
1.00	0.00606	6.980	1060.30	883.82	3.00	0.01818	7.000	2861.70	2626.41
1.20	0.00727	6.980	1245.30	1069.98	3.20	0.01939	7.000	3050.70	2793.53
1.40	0.00848	7.020	1436.00	1252.12	3.40	0.02061	7.000	3216.70	2961.05
1.60	0.00970	6.950	1611.70	1431.12	3.60	0.02182	7.000	3395.00	3116.10
1.80	0.01091	6.970	1777.00	1600.50	3.80	0.02303	7.000	3576.70	3281.27

Fe(OH) <sub>3</sub> +KNO <sub>3</sub>									
KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	7.700	168.70	176.85	2.60	0.02574	7.100	3586.00	5147.40
0.20	0.00198	7.130	439.70	604.13	2.80	0.02772	7.080	3810.70	5481.46
0.40	0.00396	7.070	694.70	985.48	3.00	0.02970	7.070	4044.70	5838.96
0.60	0.00594	7.080	989.70	1449.37	3.20	0.03168	7.050	4245.30	6159.18
0.80	0.00792	7.030	1279.70	1834.75	3.40	0.03366	7.150	4453.70	6465.76
1.00	0.00990	7.070	1550.00	2221.40	3.60	0.03564	7.150	4666.00	6864.48
1.20	0.01188	7.070	1807.30	2628.66	3.80	0.03762	7.130	4874.70	7177.83
1.40	0.01386	7.130	2077.00	3042.11	4.00	0.03960	7.170	5075.30	7472.63
1.60	0.01584	7.050	2343.70	3403.24	4.20	0.04158	7.230	5269.30	7755.84
1.80	0.01782	7.070	2591.30	3778.42	4.40	0.04356	7.230	5444.70	8068.31
2.00	0.01980	7.050	2828.70	4134.06	4.60	0.04554	7.230	5671.70	8339.75
2.20	0.02178	7.080	3102.30	4473.21	4.80	0.04752	7.230	5857.30	8601.18
2.40	0.02376	7.130	3358.00	4830.82	5.00	0.04950	7.230	6060.30	8856.63

Fe(OH) <sub>3</sub> +Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>									
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	7.920	170.00	182.46	2.20	0.01043	6.670	2417.70	2384.62
0.20	0.00095	7.300	366.00	441.54	2.40	0.01137	6.750	2610.00	2557.05
0.40	0.00190	7.200	540.30	641.74	2.60	0.01232	6.720	2808.70	2724.76
0.60	0.00284	7.080	741.00	828.78	2.80	0.01327	6.670	3008.00	2886.68
0.80	0.00379	7.000	967.00	1037.52	3.00	0.01422	6.650	3211.30	3055.08
1.00	0.00474	6.900	1185.70	1244.88	3.20	0.01517	6.680	3395.00	3206.60
1.20	0.00569	6.820	1395.30	1461.76	3.40	0.01611	6.680	3586.00	3363.62
1.40	0.00664	6.870	1595.00	1652.14	3.60	0.01706	6.680	3755.30	3519.66
1.60	0.00758	6.780	1791.00	1834.08	3.80	0.01801	6.680	3935.70	3642.72
1.80	0.00853	6.800	1989.70	2022.11	4.00	0.01896	6.680	4097.00	3778.73
2.00	0.00948	6.780	2218.30	2205.03					

Fe(OH) <sub>3</sub> +Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>									
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 (μs/cm)	基準 電導度 (μs/cm)
0.00	0.00000	8.570	138.00	146.54	2.20	0.00843	6.650	1954.70	1958.41
0.20	0.00077	6.900	218.00	342.42	2.40	0.00920	6.600	2134.30	2093.84
0.40	0.00153	6.770	371.70	501.79	2.60	0.00996	6.600	2299.00	2238.79
0.60	0.00230	6.680	542.00	655.47	2.80	0.01073	6.580	2478.70	2378.73
0.80	0.00307	6.730	720.30	811.90	3.00	0.01149	6.550	2623.30	2499.83
1.00	0.00383	6.700	909.70	996.39	3.20	0.01226	6.570	2807.70	2635.55
1.20	0.00460	6.620	1109.70	1184.12	3.40	0.01303	6.550	2988.30	2772.94
1.40	0.00536	6.650	1285.30	1355.17	3.60	0.01379	6.600	3142.00	2904.73
1.60	0.00613	6.730	1473.00	1514.84	3.80	0.01456	6.600	3296.00	3030.74
1.80	0.00690	6.680	1640.30	1659.39	4.00	0.01533	6.600	3446.30	3154.39
2.00	0.00766	6.700	1803.00	1806.60					

六、Ni(OH)<sub>2</sub> 飽和溶液中加入強電解質的數據如下。

Ni(OH) <sub>2</sub> +KCl									
KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	基準 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	KCl 重量(g)	KCl 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	基準 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
0.00	0.00000	8.650	11.00	11.98	2.00	0.02685	5.960	3799.70	3468.02
0.20	0.00268	6.730	409.70	417.97	2.20	0.02953	5.960	4133.30	3734.55
0.40	0.00537	6.000	771.00	791.47	2.40	0.03221	5.930	4459.30	4098.05
0.60	0.00805	6.300	1165.70	1179.11	2.60	0.03490	5.850	5092.00	4354.77
0.80	0.01074	6.280	1554.30	1303.44	2.80	0.03758	5.850	5405.00	4701.19
1.00	0.01342	6.210	1936.70	1668.51	3.00	0.04027	5.900	5736.00	4989.41
1.20	0.01611	6.130	2314.00	1995.30	3.20	0.04295	5.900	6022.30	5336.12
1.40	0.01879	6.060	2708.00	2356.44	3.40	0.04564	5.900	6280.00	5644.27
1.60	0.02148	6.000	3078.30	2739.16	3.60	0.04832	5.900	6561.00	5856.24
1.80	0.02416	6.000	3428.00	3078.71	3.80	0.05101	5.900	6925.30	6110.12

Ni(OH) <sub>2</sub> +KI									
KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	基準 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	KI 重量(g)	KI 濃度(M)	pH值	實驗 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	基準 電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
0.00	0.00000	7.330	12.00	20.54	3.20	0.01939	6.350	2971.30	2789.23
0.20	0.00121	6.120	203.70	206.31	3.40	0.02061	6.440	3155.30	2956.75
0.40	0.00242	5.800	389.70	385.21	3.60	0.02182	6.470	3343.00	3111.80
0.60	0.00364	5.930	550.00	537.32	3.80	0.02303	6.460	3537.30	3276.97
0.80	0.00485	5.980	718.30	694.04	4.00	0.02424	6.460	3713.00	3434.67
1.00	0.00606	5.980	917.70	879.52	4.20	0.02545	6.460	3890.70	3584.13
1.20	0.00727	6.040	1111.70	1065.68	4.40	0.02667	6.440	4073.00	3749.68
1.40	0.00848	6.050	1302.70	1247.82	4.60	0.02788	6.510	4239.00	3897.48
1.60	0.00970	6.040	1463.30	1426.82	4.80	0.02909	6.530	4412.70	4061.07
1.80	0.01091	6.160	1668.70	1596.20	5.00	0.03030	6.540	4585.30	4217.79
2.00	0.01212	6.190	1852.70	1761.75	5.20	0.03152	6.600	4750.30	4364.31
2.20	0.01333	6.250	2036.70	1934.18	5.40	0.03273	6.600	4923.70	4522.60
2.40	0.01455	6.250	2227.30	2107.19	5.60	0.03394	6.600	5090.00	4671.47
2.60	0.01576	6.250	2426.30	2277.95	5.80	0.03515	6.600	5258.00	4828.49
2.80	0.01697	6.330	2611.00	2449.68	6.00	0.03636	6.600	5425.30	4968.53
3.00	0.01818	6.320	2796.70	2622.11					

Ni(OH) <sub>2</sub> +KNO <sub>3</sub>									
KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	實驗電導度(μs/cm)	基準電導度(μs/cm)	KNO <sub>3</sub> 重量(g)	KNO <sub>3</sub> 濃度(M)	pH值	實驗電導度(μs/cm)	基準電導度(μs/cm)
0.00	0.00000	7.950	11.30	19.45	2.60	0.02574	6.260	3392.30	4990.00
0.20	0.00198	6.650	289.00	446.73	2.80	0.02772	6.250	3628.70	5324.06
0.40	0.00396	6.530	535.30	828.08	3.00	0.02970	6.200	3866.00	5681.56
0.60	0.00594	6.420	760.30	1291.97	3.20	0.03168	6.280	4097.30	6001.78
0.80	0.00792	6.350	1048.00	1677.35	3.40	0.03366	6.230	4332.70	6308.36
1.00	0.00990	6.300	1328.00	2064.00	3.60	0.03564	6.250	4549.00	6707.08
1.20	0.01188	6.310	1599.70	2471.26	3.80	0.03762	6.280	4763.30	7020.43
1.40	0.01386	6.250	1863.00	2884.71	4.00	0.03960	6.260	4979.70	7315.23
1.60	0.01584	6.230	2127.70	3245.84	4.20	0.04158	6.260	5299.00	7598.44
1.80	0.01782	6.250	2398.70	3621.02	4.40	0.04356	6.260	5512.70	7910.91
2.00	0.01980	6.200	2650.30	3976.66	4.60	0.04554	6.260	5723.30	8182.35
2.20	0.02178	6.250	2896.70	4315.81	4.80	0.04752	6.260	5956.00	8443.78
2.40	0.02376	6.230	3147.00	4673.42					

Ni(OH) <sub>2</sub> +Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>									
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗電導度(μs/cm)	基準電導度(μs/cm)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗電導度(μs/cm)	基準電導度(μs/cm)
0.00	0.00000	8.220	13.70	26.16	2.80	0.01327	6.600	2981.30	2730.38
0.20	0.00095	6.330	255.30	285.24	3.00	0.01422	6.700	3170.70	2898.78
0.40	0.00190	6.360	472.00	485.44	3.20	0.01517	6.700	3363.30	3050.30
0.60	0.00284	6.420	662.00	672.48	3.40	0.01611	6.670	3505.00	3207.32
0.80	0.00379	6.430	893.70	881.22	3.60	0.01706	6.770	3708.70	3363.36
1.00	0.00474	6.500	1121.70	1088.58	3.80	0.01801	6.720	3873.70	3486.42
1.20	0.00569	6.530	1346.30	1305.46	4.00	0.01896	6.800	4060.30	3622.43
1.40	0.00664	6.530	1558.30	1495.84	4.20	0.01991	6.680	4231.70	3714.39
1.60	0.00758	6.570	1760.70	1677.78	4.40	0.02085	6.750	4400.30	3879.25
1.80	0.00853	6.600	1965.00	1865.81	4.60	0.02180	6.750	4570.70	3999.27
2.00	0.00948	6.620	2170.00	2048.73	4.80	0.02275	6.750	4741.70	4106.24
2.20	0.01043	6.670	2372.30	2228.32	5.00	0.02370	6.750	4911.30	4222.73
2.40	0.01137	6.620	2570.70	2400.75	5.20	0.02464	6.750	5063.30	4326.85
2.60	0.01232	6.680	2782.70	2568.46					

Ni(OH) <sub>2</sub> +Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>									
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗電導度(μs/cm)	基準電導度(μs/cm)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重量(g)	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 濃度(M)	pH值	實驗電導度(μs/cm)	基準電導度(μs/cm)
0.00	0.00000	7.560	11.30	19.84	1.80	0.00690	5.880	1553.00	1532.69
0.20	0.00077	5.740	189.00	215.72	2.00	0.00766	5.890	1705.30	1679.90
0.40	0.00153	5.750	382.30	375.09	2.20	0.00843	5.880	1851.70	1831.71
0.60	0.00230	5.880	542.30	528.77	2.40	0.00920	5.860	1988.70	1967.14
0.80	0.00307	5.840	710.30	685.20	2.60	0.00996	5.840	2144.00	2112.09
1.00	0.00383	5.930	890.70	869.69	2.80	0.01073	5.840	2290.70	2252.03
1.20	0.00460	5.860	1067.00	1057.42	3.00	0.01149	5.840	2430.30	2373.13
1.40	0.00536	5.880	1242.70	1228.47	3.20	0.01226	5.840	2564.00	2508.85
1.60	0.00613	5.880	1400.70	1388.14	3.40	0.01303	5.840	2666.30	2646.24

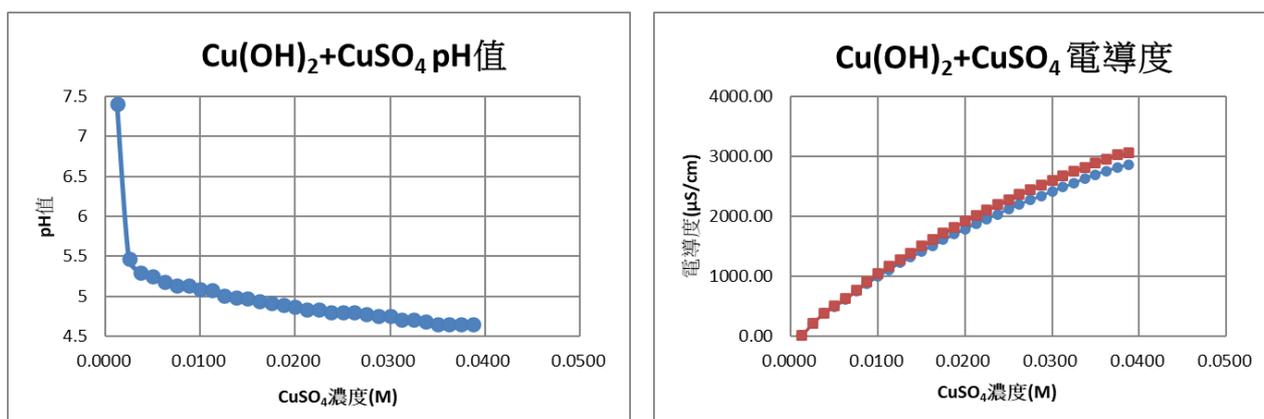
## 陸、 討論

### 一、 同離子效應( $\text{Cu}(\text{OH})_2+\text{CuSO}_4$ )的實驗結果討論

為了確認設計的實驗方法能否測量出溶解度有下降的趨勢，我們進行了一組同離子效應的實驗，選擇用  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  當作飽和溶液，在定溫  $25^\circ\text{C}$  下依序加入 0.2 克的  $\text{CuSO}_4$ ，並測量其 pH 值及電導度。

由圖我們觀察到 pH 值由 5.47 下降至 4.83，且觀察到實驗值的電導度比理論值電導度要來低，推測當加入  $\text{CuSO}_4$  之後，與飽和溶液中的  $\text{Cu}^{2+}$  產生同離子效應，因此反應向左進行， $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的溶解度下降，導致 pH 值下降，符合我們設計實驗的方向。

由下表 pH 值的圖可以發現第一點到第二點時 pH 值有驟降的現象，在後面  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  飽和溶液的圖中，我們將作詳細的說明。



圖一：氫氧化銅飽和溶液在不同硝酸銅濃度中的酸鹼度(左)與電導度(右)。

右圖紅色為基準電導度，藍色為實驗電導度。

### 二、 $\text{KCl}$ 、 $\text{KI}$ 、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 及 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 的空白實驗

我們實驗的規畫是使用 pH 值來得知溶解度的改變，來用以推測是否產生非共同離子效應，所以要先確認每個強電解質的 pH 值是否為中性，避免影響到實驗的判斷；而測量電導度則是為了得知電導度的基準值數據。

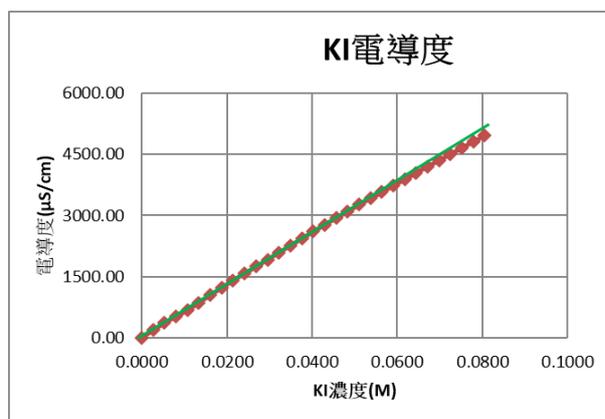
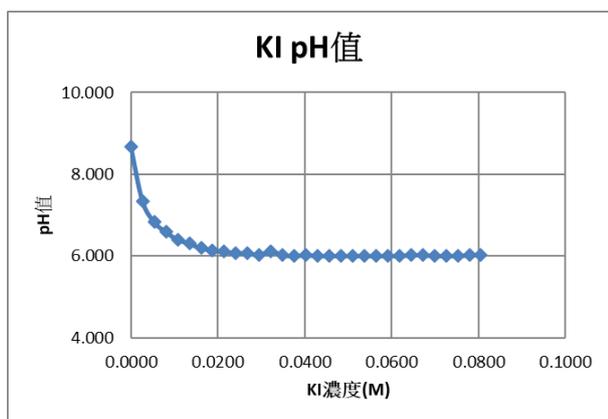
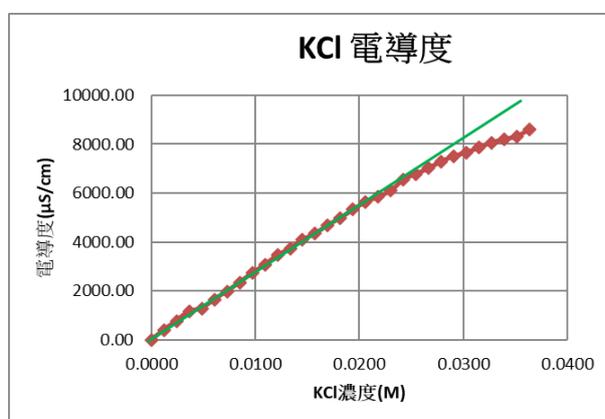
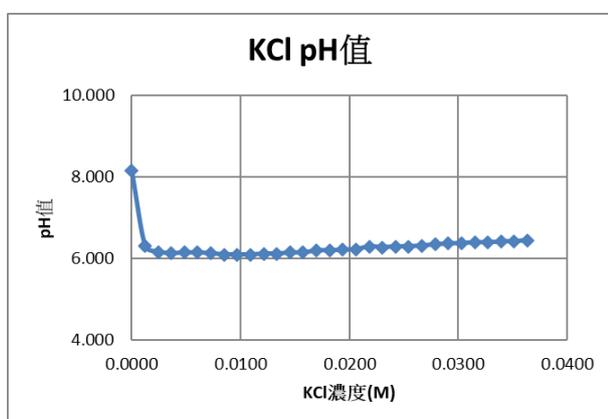
我們在恆溫  $25^\circ\text{C}$  的環境下，在一公升的去離子水中，依序加入強電解質，而每次加入時都會測量溶液之 pH 值及電導度。

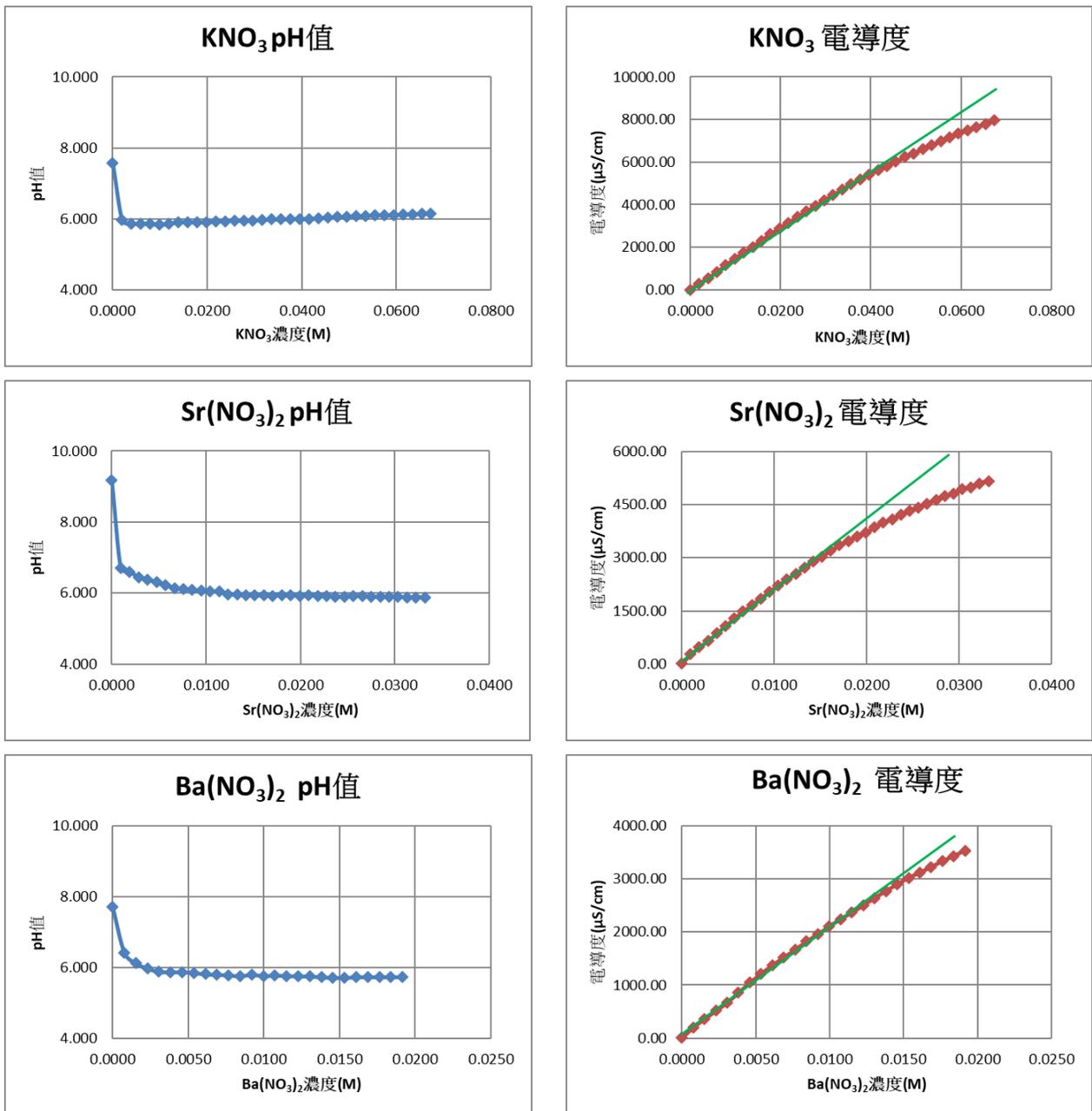
從 pH 值的圖表中，可以觀察到第一點到第二點的數值有驟降的現象，我們推測是因為 pH 儀本身設計是使用在高離子強度的溶液中，而去離子水是離子強度極低的，無法利用導電度去精準測量其 pH 值，所以量出的 pH 值是在 8-10 之間，所以只加入 0.2

克的強電解質時，離子濃度增加，pH 值掉到 6 點多，所以推測一開始 pH 值的數值可能只是假象。

由下表 pH 值的五張空白實驗圖，可以觀察到除了第一點以外，其他的點均落在 6 左右，我們推測是因為使用的去離子水偏酸性，而加入的強電解質並無大幅度改變溶液之 pH 值，故推測實驗使用的強電解質為中性。

再來討論到電導度，可以觀察到五張圖在加入到一定量的時候，線有平緩的趨勢，照理來說我們加入的強電解質重量相同，電導度應該要等比例的增加，圖形要呈線性，故我們推測是因為溶液的濃度較高時，產生了離子對效應，才導致電導度沒有呈現等比例增加。





圖二：本實驗所使用之強電解質不同濃度的酸鹼度與電導度(右)。

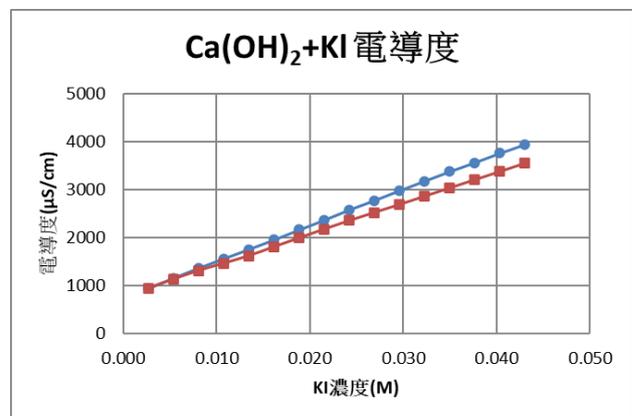
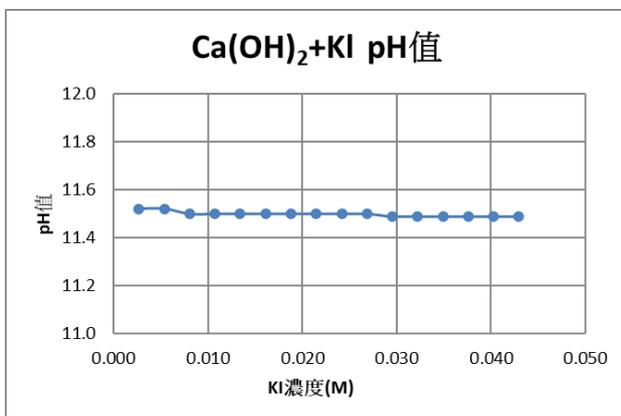
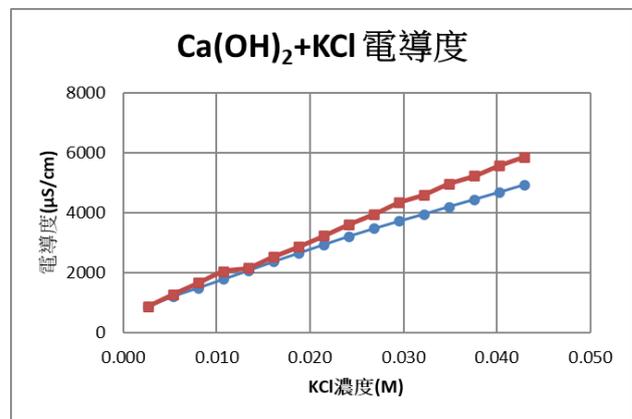
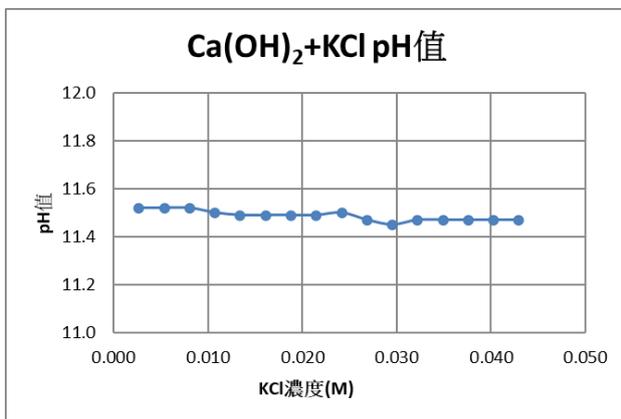
電導度中綠色實心線為電導度線性關係線。

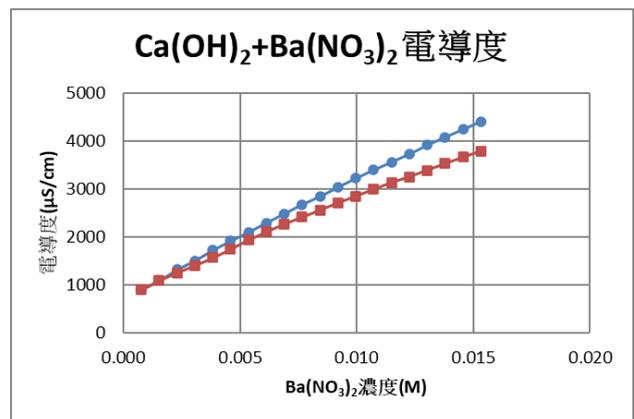
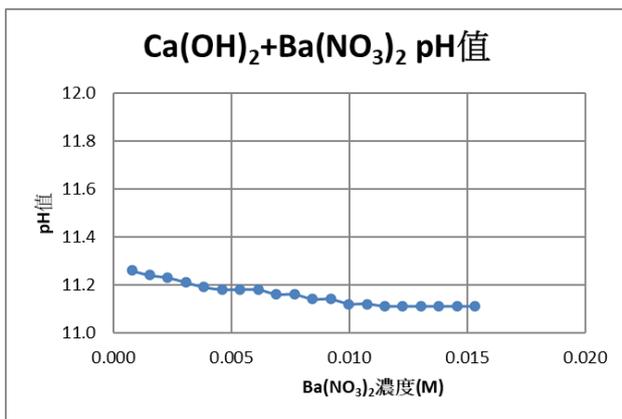
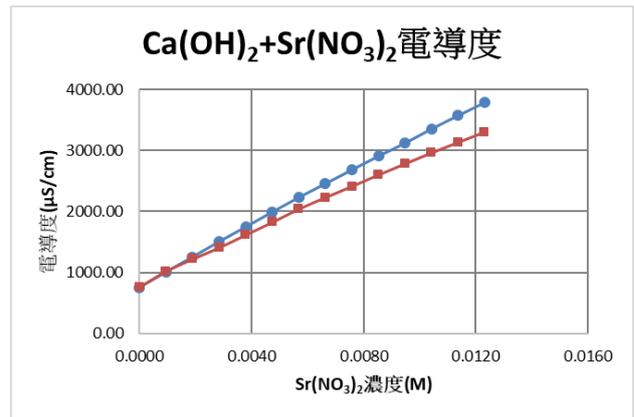
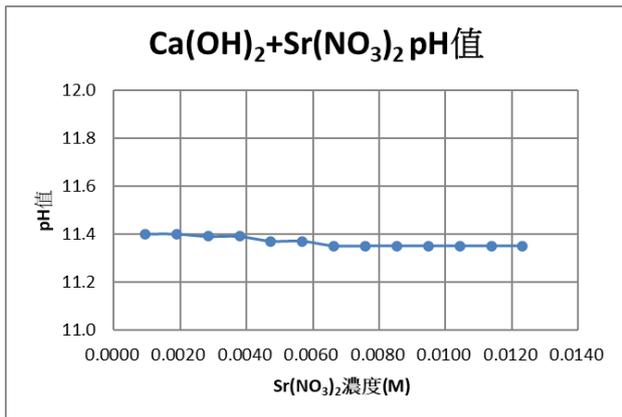
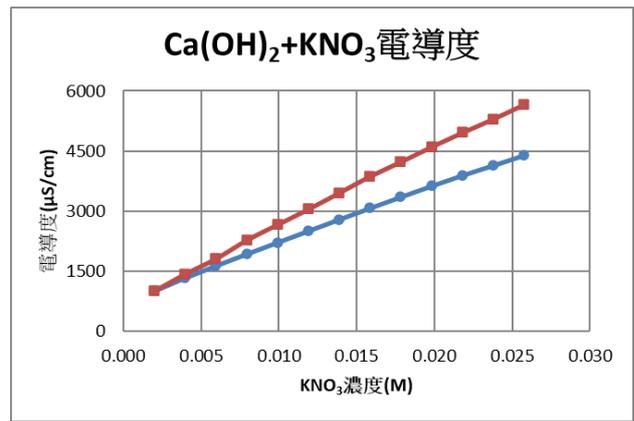
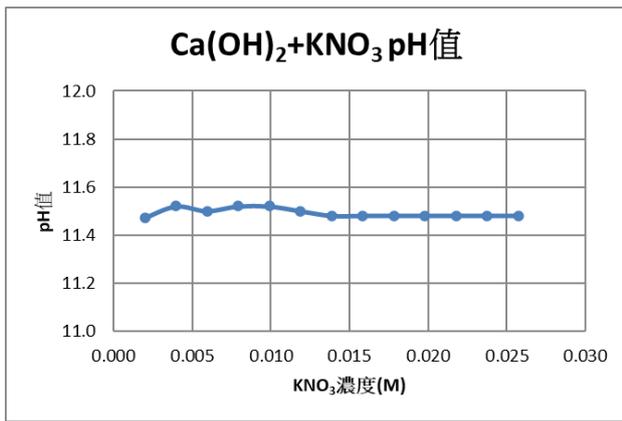
### 三、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的實驗結果討論

由實驗數據發現， $\text{Ca}(\text{OH})_2$  飽和溶液加入強電解質後，pH 值並無大幅度的改變，且數值都維持在 11.4 左右，推測是因為  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  為微溶的鹽類，故溶液中會有氫氧根離子。且因為非共同離子效應是極其微量的改變，才導致加入強電解質後，數值沒有明顯的變動。

根據圖表可以觀察到  $\text{KNO}_3$  的 pH 值沒有明顯的變化趨勢；、 $\text{KCl}$ 、 $\text{KI}$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  及  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  發現 pH 值有下降的趨勢。而觀察到電導度的圖表，發現到符合我們基準值高於實驗值預期的有  $\text{KCl}$ 、 $\text{KNO}_3$ ，沒有符合預期的為及  $\text{KI}$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  及  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 。因為  $\text{KI}$  的 pH 值和電導度都有上升的情形，推測是因為  $\text{I}^-$  為常見配基，較容易和過度金屬形成錯合物，以勒沙特列原理來說，若其中一種離子濃度下降了，將導致另一種離子濃度上升，此時  $\text{Ca}^{2+}$  濃度下降，導致  $\text{OH}^-$  的濃度上升，使得 pH 值和電導度都出現上升的情況。看到  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$  電導度的圖，其中  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的  $K_{sp}$  值較  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$  小，所以解離後的氫氧根較易和鈣離子結合，水中剩下  $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ ，而基準值是用強電解質的空白實驗加上最初的飽和溶液得出的，而這裡的實驗電導度比基準電導度多增加了  $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$  的電導數，所以實驗電導度才會比基準電導度來的大。

以 pH 值和電導度來看，都有符合我們效應的有  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  飽和溶液加入  $\text{KCl}$  和  $\text{KNO}_3$ ，但因為  $\text{KNO}_3$  的 pH 值幾乎沒有變動，經過討論後，我們決定只有  $\text{KCl}$  產生非共同離子效應。





圖三：氫氧化鈣飽和溶液在不同濃度強電解質中的酸鹼度(左)與電導度(右)。

右圖紅色為基準電導度，藍色為實驗電導度。

#### 四、Cu(OH)<sub>2</sub>的實驗結果討論

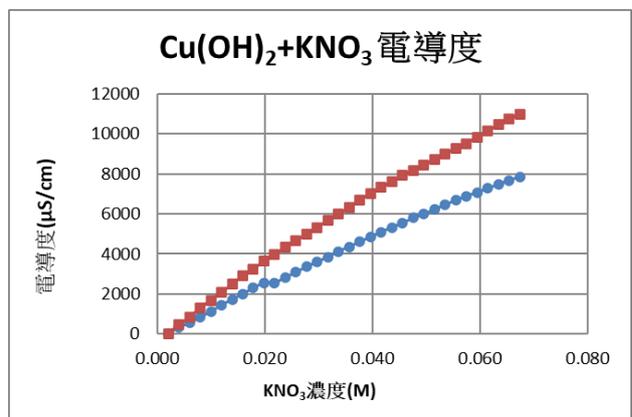
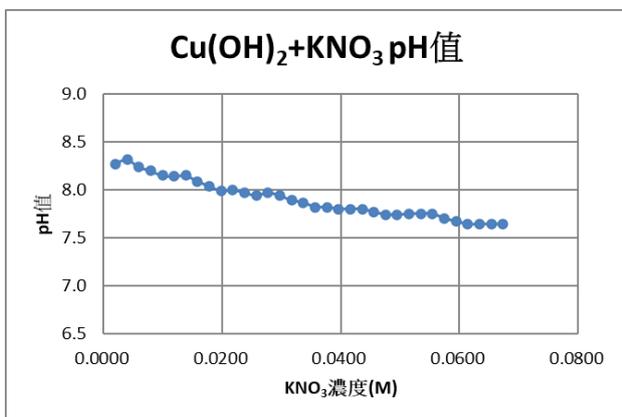
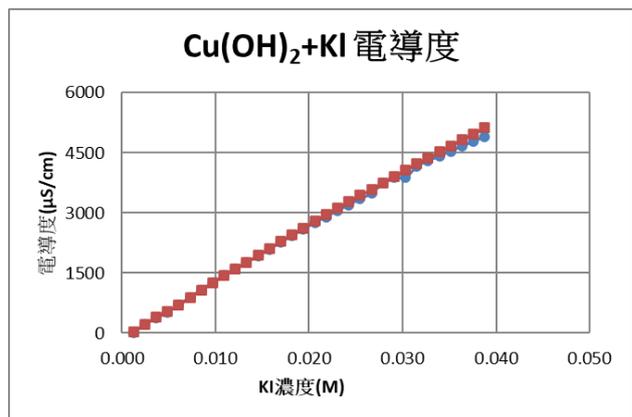
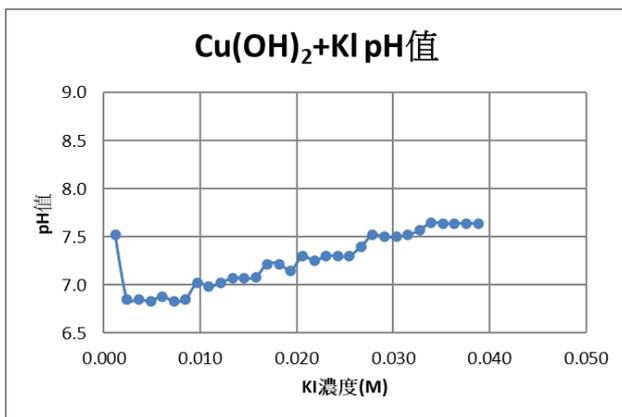
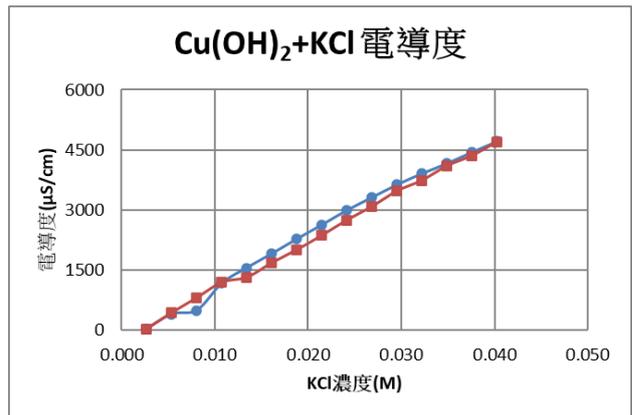
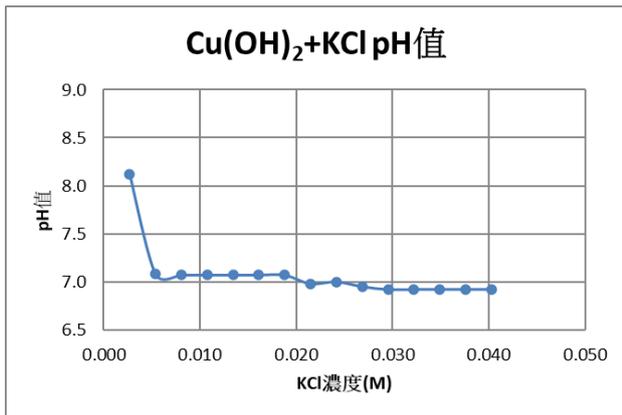
由下表 pH 值的圖可以發現除了 Cu(OH)<sub>2</sub> 加上 KNO<sub>3</sub> 的圖之外，其他圖的第一點至第二點都有驟降現象，我們推測是因為 Cu(OH)<sub>2</sub> 為難溶的鹽類，解離在去離子水中的氫氧根較為少量，故當加入 0.2 克的強電解質時，才導致 pH 值有驟降的現象。

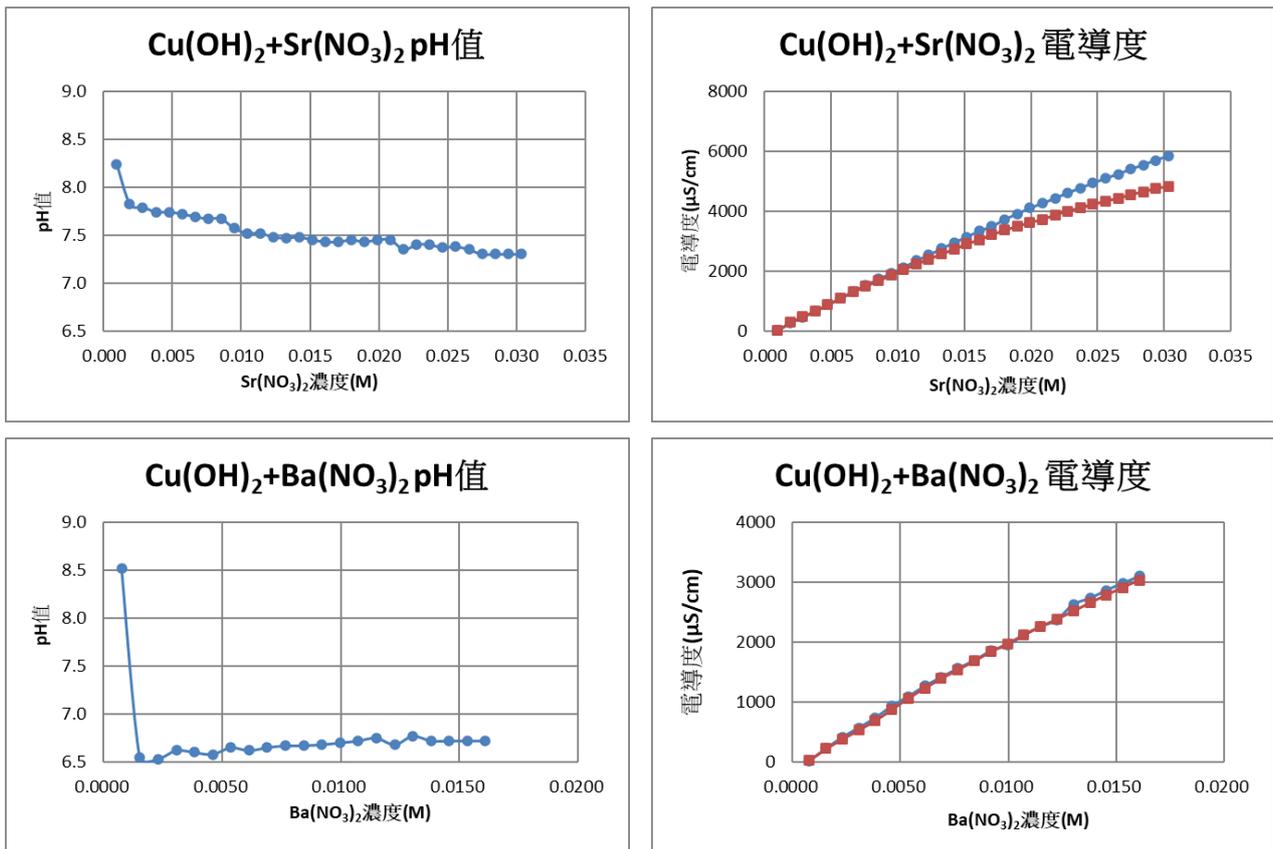
因為 KCl、KI、Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 及 Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 都出現驟降現象，所以我們觀察圖時，將第一點先做省略，以免誤導判斷。由圖可發現第二點和最後一點比較，KI、Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 的 pH 值有上升的現象，我們推測其產生了鹽效應組成沉澱的構晶離子與溶液中的 OH<sup>-</sup> 反應，

使構晶離子的濃度降低，沉澱的溶解度增大，所以 pH 值提高。 $\text{KCl}$ 、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  的 pH 值有下降的趨勢，符合我們實驗設計的方向。

再來看到電導度的圖表，可以觀察到  $\text{KCl}$ 、 $\text{KI}$ 、 $\text{KNO}_3$  的基準值皆大於實驗值；而  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  的實驗值則是大於基準值。

而觀察加入  $\text{KCl}$ 、 $\text{KNO}_3$  的數據，對照其 pH 值及電導度都有符合我們的預期結果，我們可以推測發生「非共同離子效應」。





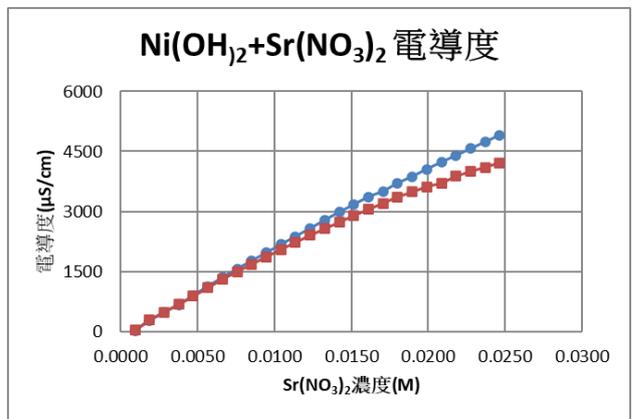
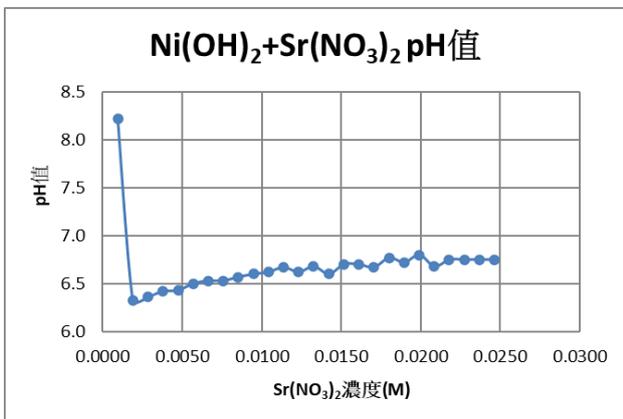
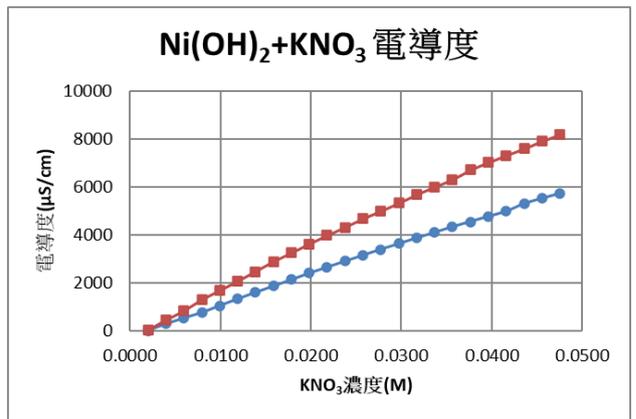
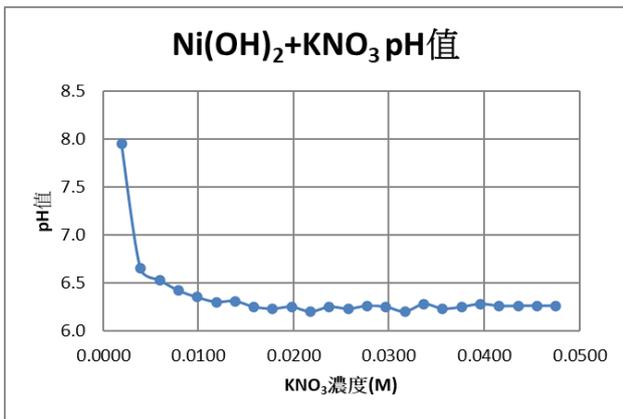
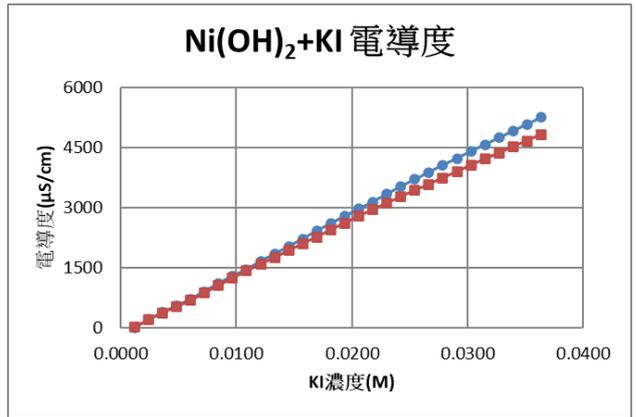
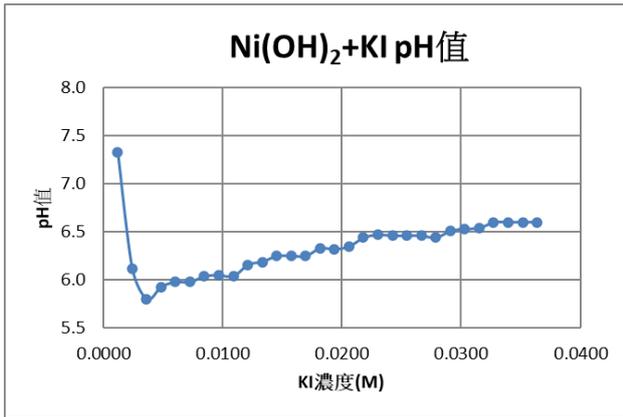
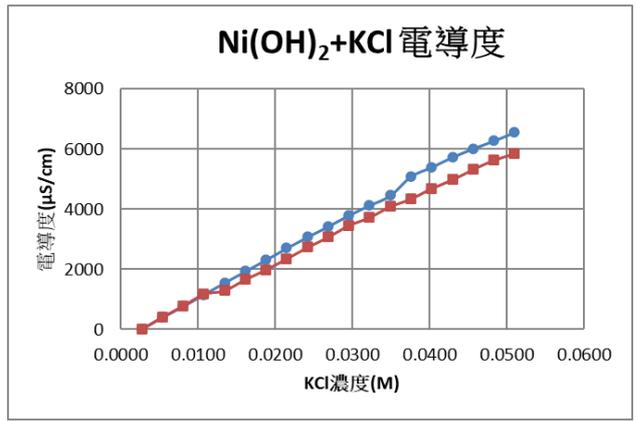
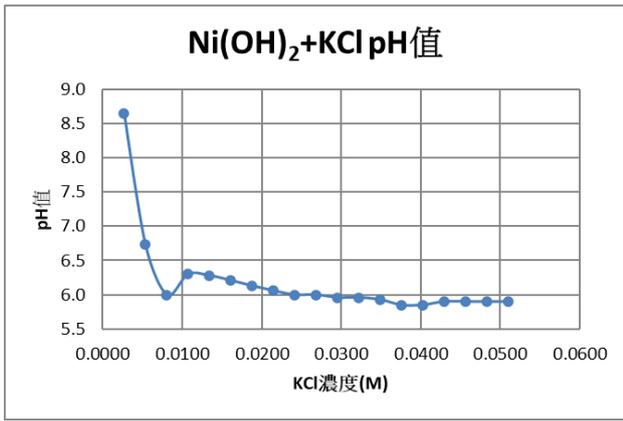
圖三：氫氧化銅飽和溶液在不同濃度強電解質中的酸鹼度(左)與電導度(右)。

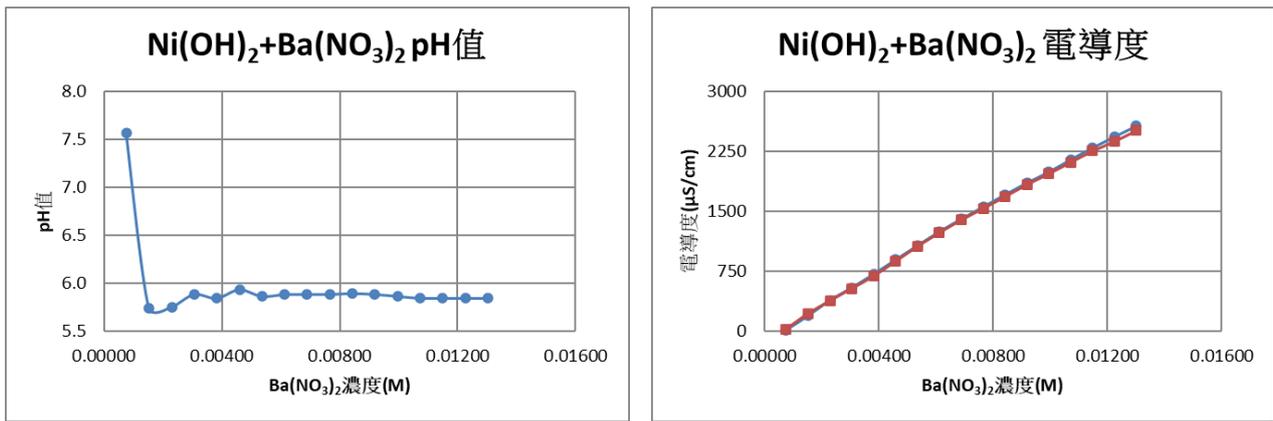
右圖紅色為基準電導度，藍色為實驗電導度。

### 五、 $\text{Ni(OH)}_2$ 的實驗結果討論

在 pH 的圖表中， $\text{KI}$ 、 $\text{Sr(NO}_3)_2$  及  $\text{Ba(NO}_3)_2$  有緩緩回升的現象；、 $\text{KCl}$ 、 $\text{KNO}_3$  的 pH 值有下降的趨勢；而未加入和加入 0.2g 時比較，我們可以發現 pH 值掉的速度非常的快，推測是因為  $\text{Ni(OH)}_2$  為不溶鹽類，氫氧根只有極少量溶於水中，所以在加入中性溶液的時，pH 值才發生了驟降的現象。

在電導度的圖表當中，可以觀察到  $\text{KNO}_3$  的基準值大於實驗值； $\text{KCl}$ 、 $\text{KI}$ 、 $\text{Sr(NO}_3)_2$ 、 $\text{Ba(NO}_3)_2$  的實驗值大於基準值。





圖四：氫氧化鎳飽和溶液在不同濃度強電解質中的酸鹼度(左)與電導度(右)。

右圖紅色為基準電導度，藍色為實驗電導度。

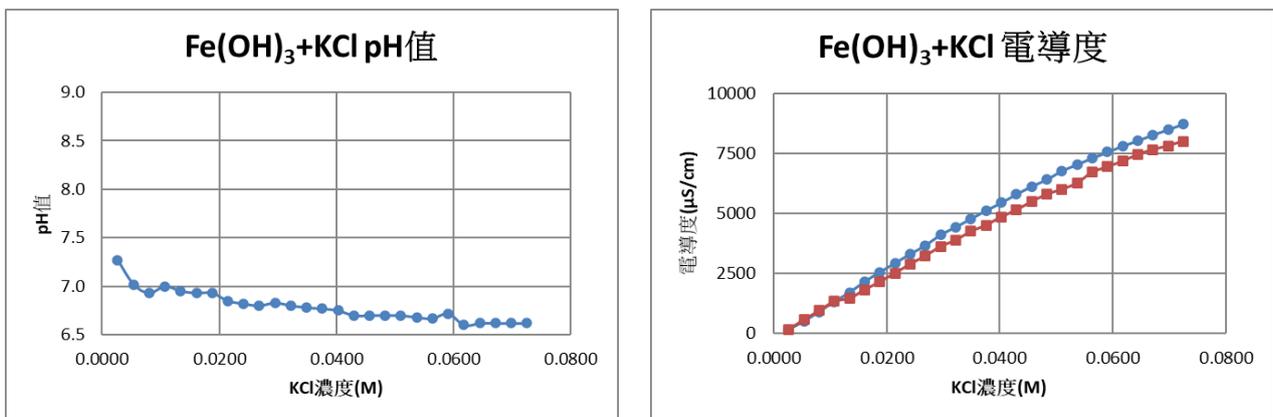
### 六、Fe(OH)<sub>3</sub> 的實驗結果討論

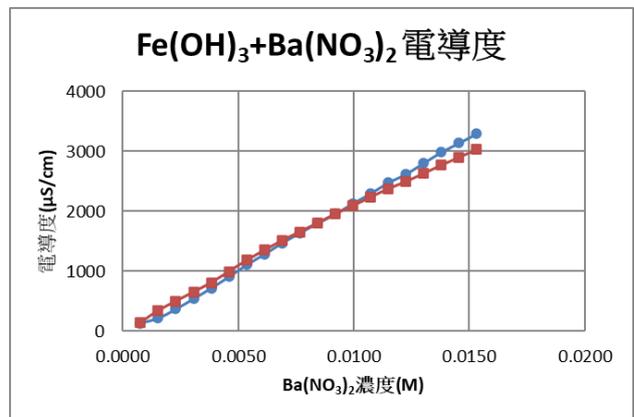
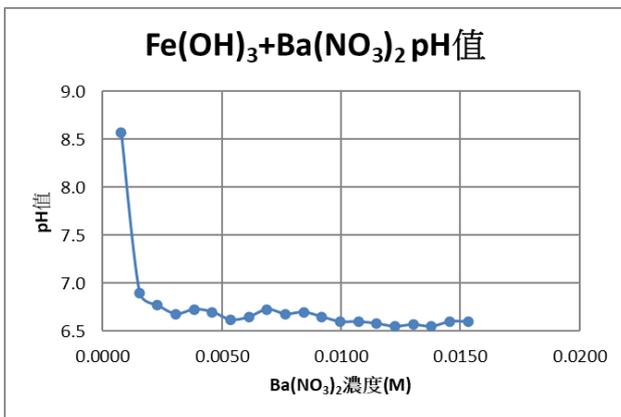
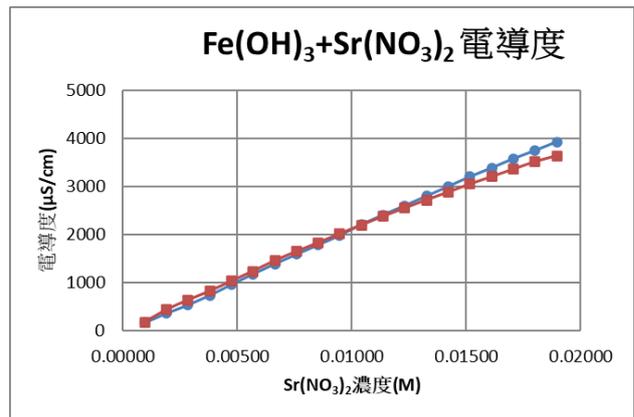
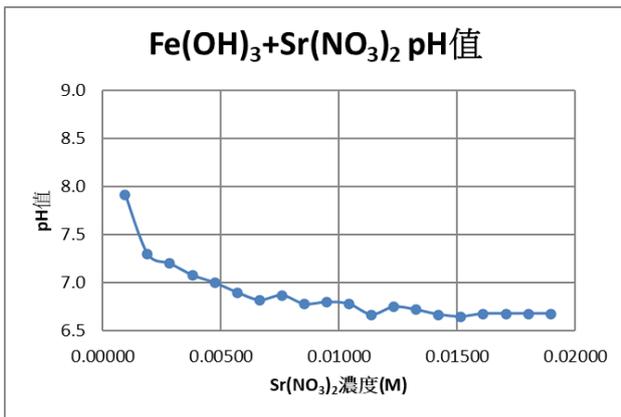
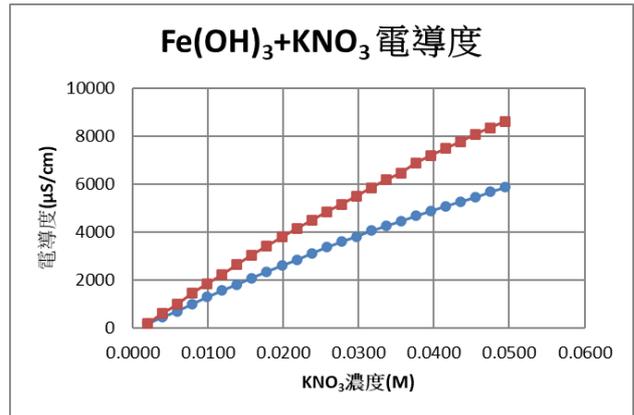
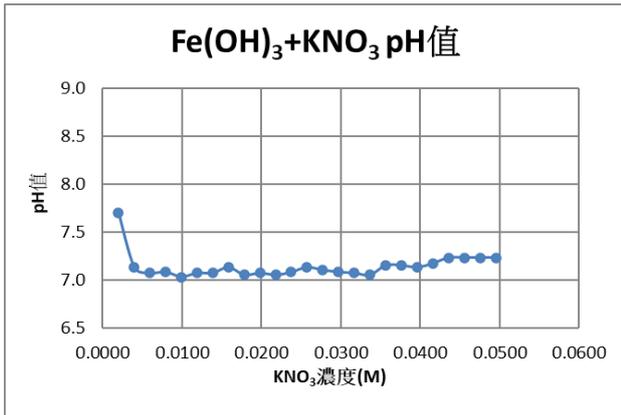
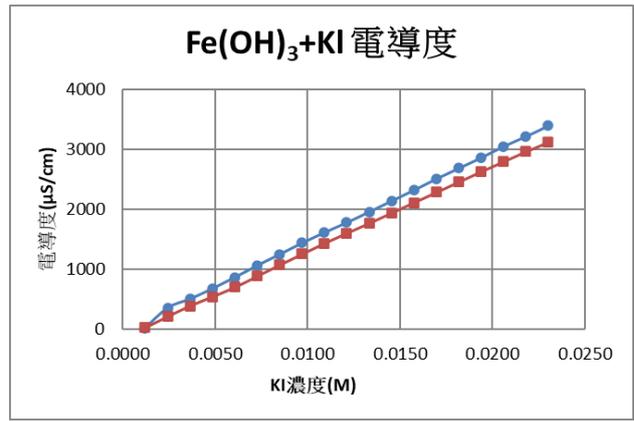
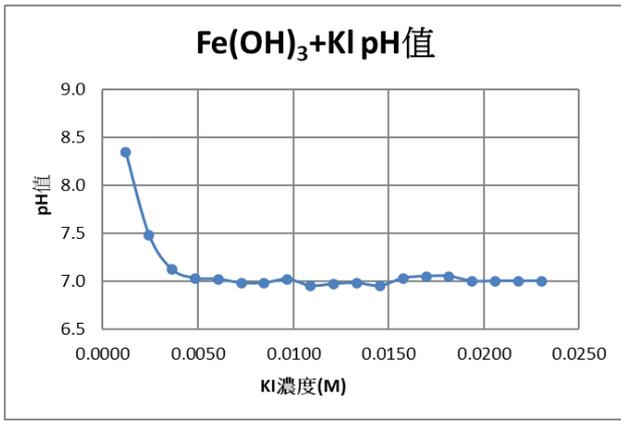
由下表 pH 值得圖可以發現除了 Fe(OH)<sub>2</sub> 加上 KCl 的圖之外，其他圖的第一點至第二點都有驟降現象，我們推測是因為 Fe(OH)<sub>2</sub> 為不溶的鹽類，解離在去離子水中的氫氧根極為少量，故當加入 0.2 克的強電解質時，才導致 pH 值有驟降的現象。

因為 KI、KNO<sub>3</sub>、Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 及都出現驟降現象，所以我們觀察圖時，將第一點先做省略，使判斷時能夠更精準觀察。由實驗數據發現，在 pH 的圖表中，除了加入 KNO<sub>3</sub> 有緩慢上升的現象之外，其餘的 pH 值都有下降的趨勢。

在電導度的圖表當中，可以觀察到 KNO<sub>3</sub> 基準值大於實驗值；而 KCl、KI、Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 及 Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 的實驗值則是大於基準值。

從 Fe(OH)<sub>3</sub> 加入的 KNO<sub>3</sub> 的 pH 值來看，推測是因為鹽效應導致溶解度上升，使得 pH 值隨之上升。而觀察加入 Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 的數據，對照其 pH 值及導電度我們可以推測其有發生「非共同離子效應」。





圖五：氫氧化鐵飽和溶液在不同濃度強電解質中的酸鹼度(左)與電導度(右)。

右圖紅色為基準電導度，藍色為實驗電導度。

## 柒、 結論

一、 總整理 pH 值及電導度升降情形。

pH值					電導度				
	Ca(OH) <sub>2</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>	Ni(OH) <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>		Ca(OH) <sub>2</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>	Ni(OH) <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>
KCl	↓	↓	↓	↓	KCl	↓	-	↑	↑
KI	-	↑	↑	-	KI	↑	-	↑	↑
KNO <sub>3</sub>	-	↓	↓	↑	KNO <sub>3</sub>	↓	↓	↓	↓
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↓	↓	↑	↓	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↑	↑	↑	↑
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↓	↑	↑	↓	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↑	-	-	↑

表五：本實驗的 pH 值、電導度的總整理 ↑代表 pH 值、電導度上升 ↓代表 pH 值、電導度下降 -代表效果不明顯。

二、 我們藉由這次研究發現，以電解質配置飽和溶液，加入與原電解質沒有共同離子的電解質，發現可能有「非共同離子效應」的存在。目前發現有此現象的電解質組合如下：

(一) Ca(OH)<sub>2</sub> 加上 KCl

Cu(OH)<sub>2</sub> 加上 KNO<sub>3</sub>

Ni(OH)<sub>2</sub> 加上 KNO<sub>3</sub>

從結論來看非共同離子效應確實是存在的，可以發現含有鉀離子的電解質較易產生同離子效應，所以我們之後會針對 1A 族元素在進行非共同離子效應的確認；而含有鹵素的陰離子也相對較有效應，之後會針對 Br 來進行實驗的對照。

(二) 而根據實驗我們發現幾點沒有共同離子效應的因素，因素如下：

1. 二價的 Sr<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>都沒有符合我們的預期成果，所以推測二價的陽離子不容易產生非共同離子
2. 飽和溶液中以 Fe(OH)<sub>3</sub> 的變數最多，推測鐵為三價，變數相對比二價的變數來的多，而且其 K<sub>sp</sub> 值又為 6×10<sup>-38</sup>，溶解量太小以至於比較難觀察其變化，所以推測 Fe<sup>3+</sup>較難產生非共同離子效應
3. 我們發現離子對和錯合物對於非共同離子效應的影響其實滿大的，實驗中以加入 KI 的例子最為明顯，因為 pH 值都有向上升的現象，故推測 I 和飽和溶液中的陽離子產生離子對及錯合物，才導致沒有非共同離子效應結果。

## 捌、 參考資料及其他

- 一、 Steven S. Zumdahl 《Chemical Principles》 (2011)。共同離子效應 Common Ion Effect 2-1。
- 二、 施政雄 (2017) 《高三選修化學上》共同離子效應 4-5。
- 三、 洪煌生 (2019) 《高二基礎化學》 1-1 沉澱反應。
- 四、 洪煌生 (2019) 《高二基礎化學》 1-2 電解質與酸鹼反應
- 五、 Activity Coefficient (2011) 科學 Online 活性係數(Activity Coefficient)。
- 六、 Allen Joseph Bard (1999) Electrochemical Methods Fundamentals and Applications 2<sup>nd</sup> ED
- 七、 Dean, J. A.. (1999).Lange's Handbook of Chemistry, 15th Edition, McGraw-Hill, New York.
- 八、 Cathy Cobb、Monty L. Fetterolf (2009) 《打造化學力(下) 一網打盡你必備的化學基礎》
- 九、 John Suchocki (2018) 《觀念化學套書 1-5》

## 【評語】 050203

以 pH 值及電導度測量來探討氫氧根的難溶鹽非共同離子效應，對溶液溶解度降低的關聯。同學對課本學到的共同離子效應的原理，清楚了解，解說正確。提出非共同離子的探討，動機很好。然非共同離子效應的發生應是可預期，可考慮用其他名詞，可進一步對非理想溶液在高離子強度下，依 Debye - Hückel 定律，以活性(activity)取代濃度做了解，探討其離子效應的關連。

# 摘要

影響化學平衡的因素有很多種，其中一種為同離子效應，會使得溶液之**溶解度變小**。本實驗想知道，若加入不同種類的離子，是否也會產生類似同離子效應的「非」共同離子效應。本實驗設計以**pH值及電導度**來測量，了解鹽類溶解度的變化。

根據實驗，有**Ca(OH)<sub>2</sub>加KCl**、**Cu(OH)<sub>2</sub>加KNO<sub>3</sub>**、**Ni(OH)<sub>2</sub>加KNO<sub>3</sub>**的溶解度都有下降的趨勢，符合預期中非共同離子效應的結果。且本實驗發現影響非共同離子效應的因素主要是**離子強度**而非**離子的價數**，若離子的強度小則不容易和其他離子產生離子對，導致溶解度下降；反之，則溶解度上升。

## 壹、研究動機

在上高一化學課的時候，老師講到了溶解度，間接提到了同離子效應。我們從老師的話了解到，**同離子效應**的定義為將微溶或難溶的離子化合物，加入含有其相同離子的水溶液中，該溶液的溶解度，會比此離子化合物在純水中的**溶解度來的低**。

由上述內容，我們好奇，難道只有「相同」的離子才会有同離子效應嗎？同價數與不同價數的陰陽離子，會不會也會互相造成影響？是否有可能造成這種類似同離子的「非」共同離子效應呢？也想要了解不同溶解度的鹽類對於反應的影響。這些問題引起了我們研究的興趣，進而與老師討論並且設計一連串的實驗研究。

## 貳、研究目的

- 一、以實驗證明非同離子效應的存在。
- 二、不同價數對於非共同離子效應的影響。
- 三、離子強度對於非共同離子效應的影響。

## 參、研究設備與器材

### 藥品

- 一、**鹽類藥品**：氫氧化鈣、氫氧化銅、氫氧化鎳、氫氧化鐵
- 二、**強電解質**：氯化鉀、碘化鉀、硝酸鉀、硝酸鋇、硝酸鉍

### 實驗器材

pH meter、電導度儀、恆溫水槽、燒杯、漏斗、濾紙、玻棒、藥杓、容量瓶

## 肆、研究過程或方法

### pH值

因為我們選用含氫氧根的藥品，當溶解度下降時，其OH<sup>-</sup>濃度會下降，導致**pH值下降**。

### 電導度

若實驗值低於基準值，則稱**電導度下降**，符合我們實驗的預期成果。

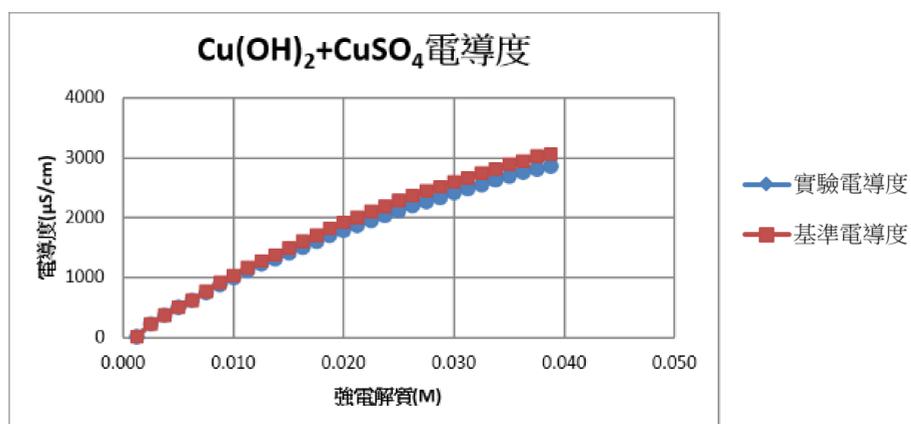
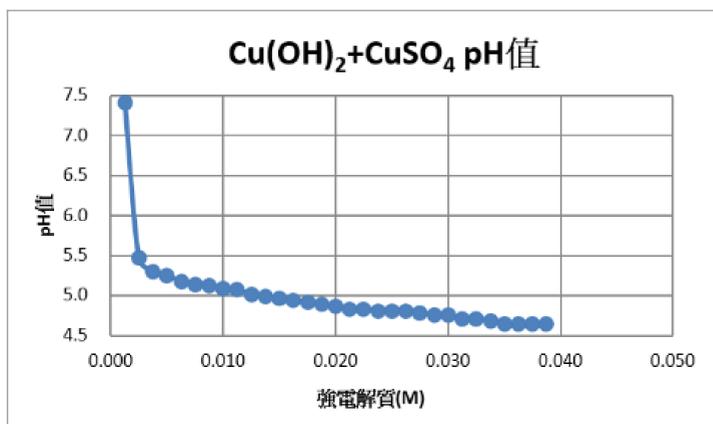
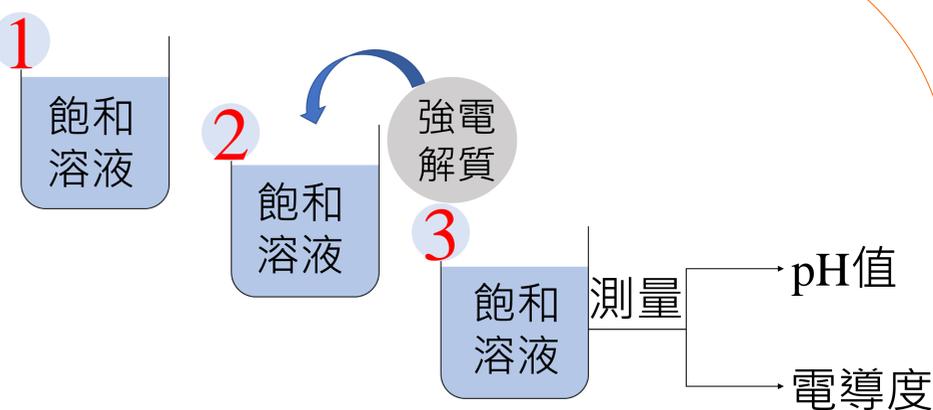
#### 1. 基準值

飽和溶液的電導度+去離子水中強電解質的電導度。

#### 2. 實驗值

飽和溶液加入強電解質測量的電導度。

### 同離子效應



圖一：飽和溶液在不同濃度時強電解質中的pH值(左)與電導度(右)

#### 1. pH值下降

➢ 產生同離子效應，Cu<sup>2+</sup>濃度上升，OH<sup>-</sup>濃度下降，導致pH值下降。

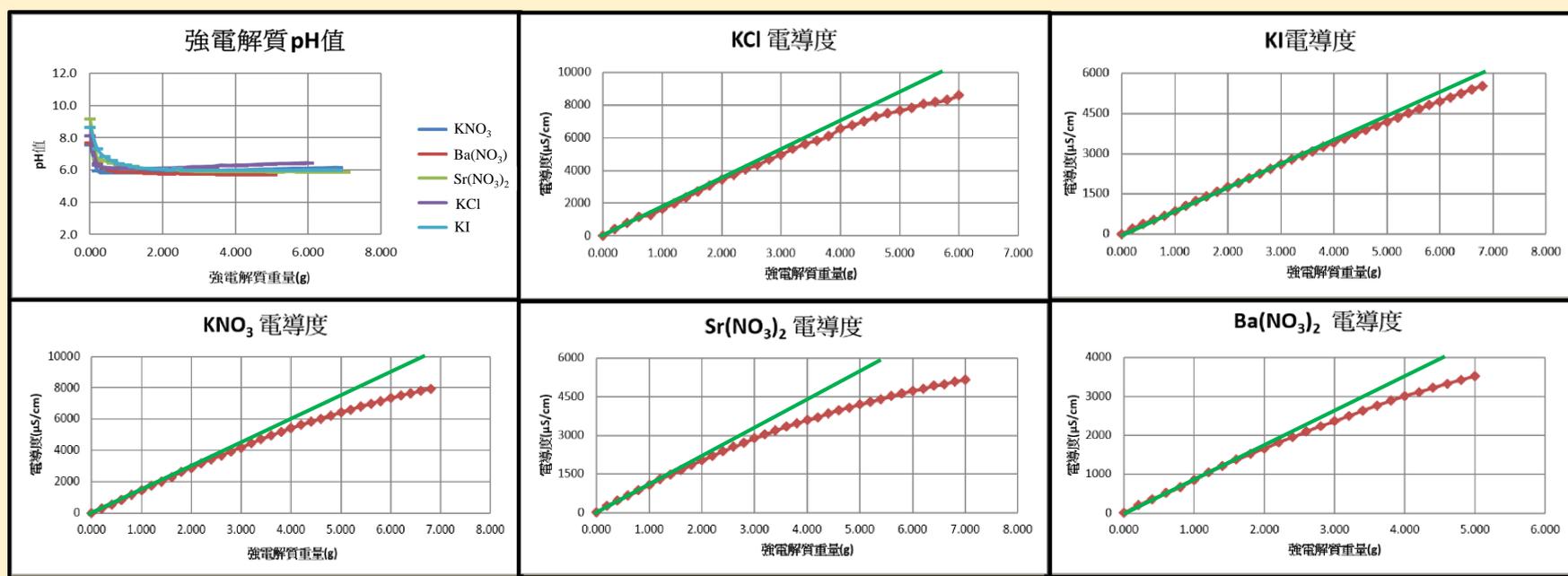
#### 2. 實驗電導度低於基準電導度

➢ 同離子效應導致溶解度下降，離子數變少，電導度隨之下降。

#### 3. 符合實驗設計的方向

# 伍、結果與討論

## 一、KCl、KI、KNO<sub>3</sub>、Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>及Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>的空白實驗



圖二：本實驗所使用之強電解質不同濃度時的pH值與電導度。電導度中綠色實心線為電導度理論值。

### 1. 做空白實驗的目的

- 確保使用的強電解質為中性。
- 為求得基準電導度。

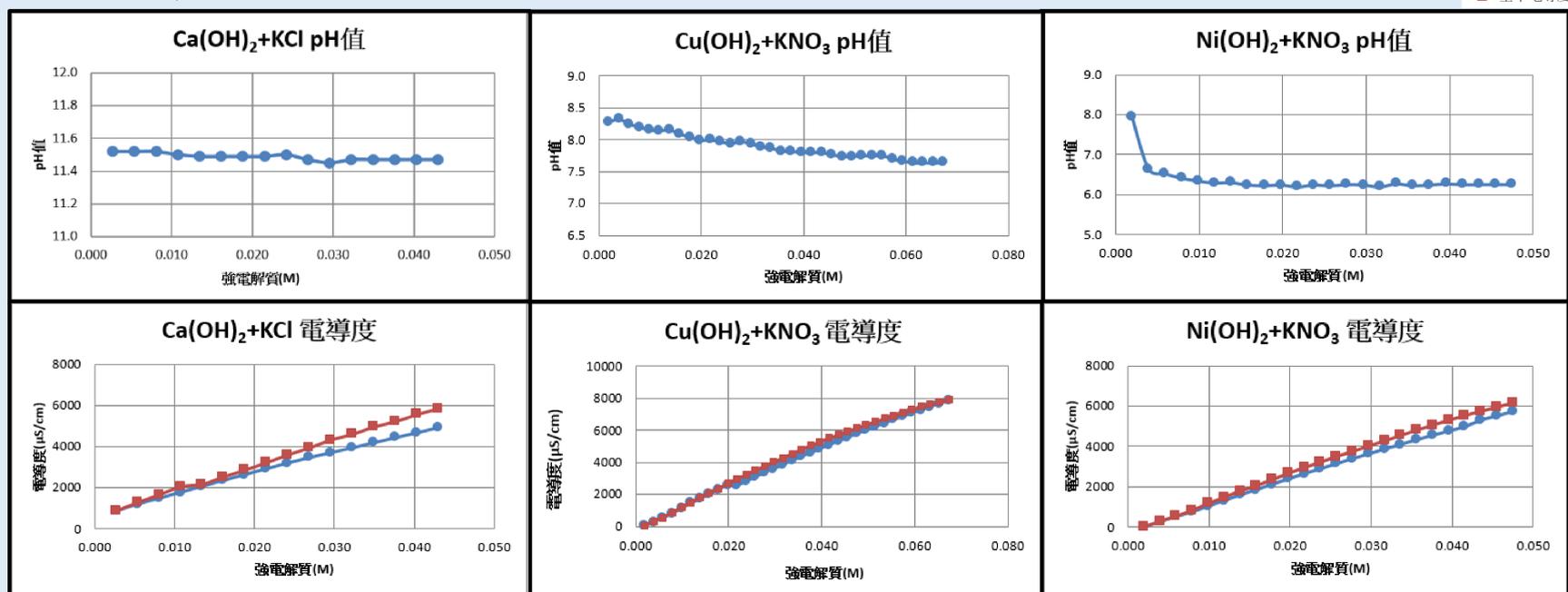
### 2. pH 值驟降現象

- 去離子水離子強度低，pH儀難以測量出實際的酸鹼值。

### 3. 電導度測量結果

- 電導度應隨著電解質濃度等比例增加，如圖中綠線所示。紅色線為實驗結果，發現電導度於濃度較高時，會比理論電導度低。推測強電解質溶液在較高濃度時，會產生離子對效應。

## 二、溶解度下降的組合



圖三：飽和溶液在不同濃度時強電解質中的pH值(上)與電導度(下)

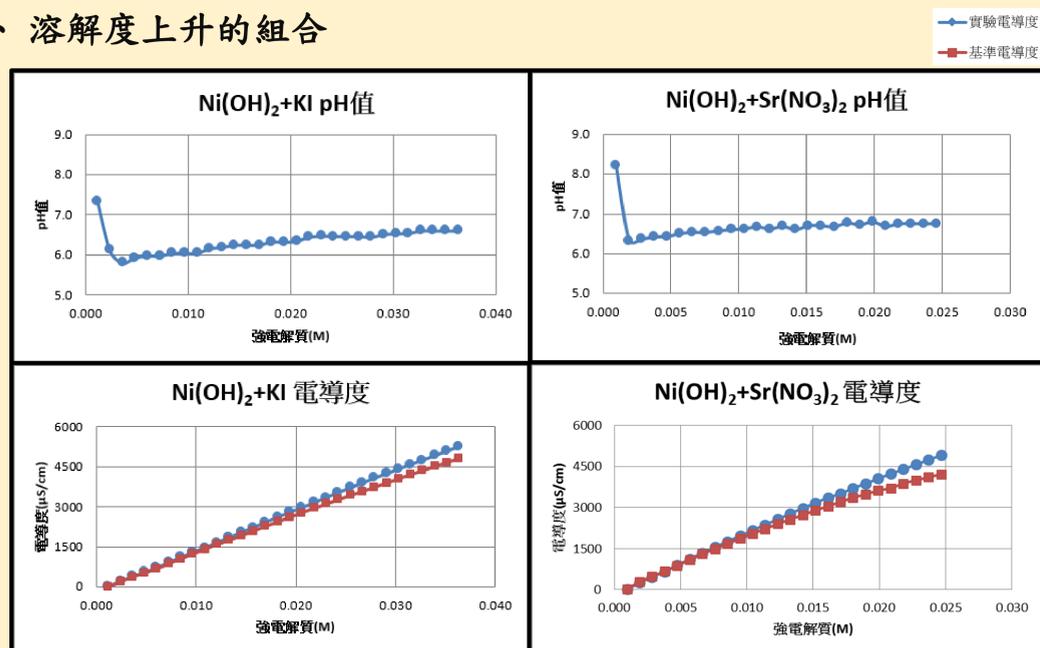
### 1. pH值有下降的趨勢

- 飽和溶液中加入的K<sup>+</sup>使得陽離子濃度增加，造成溶解度下降，OH<sup>-</sup>濃度也隨之減少，pH值下降。

### 2. 實驗電導度低於基準電導度

- 飽和溶液中加入的K<sup>+</sup>使得陽離子濃度增加，溶解度下降，導致離子數減少，所以實驗電導度比基準電導度低。

## 三、溶解度上升的組合



圖四：飽和溶液在不同濃度時強電解質中的pH值(上圖)與電導度(下圖)

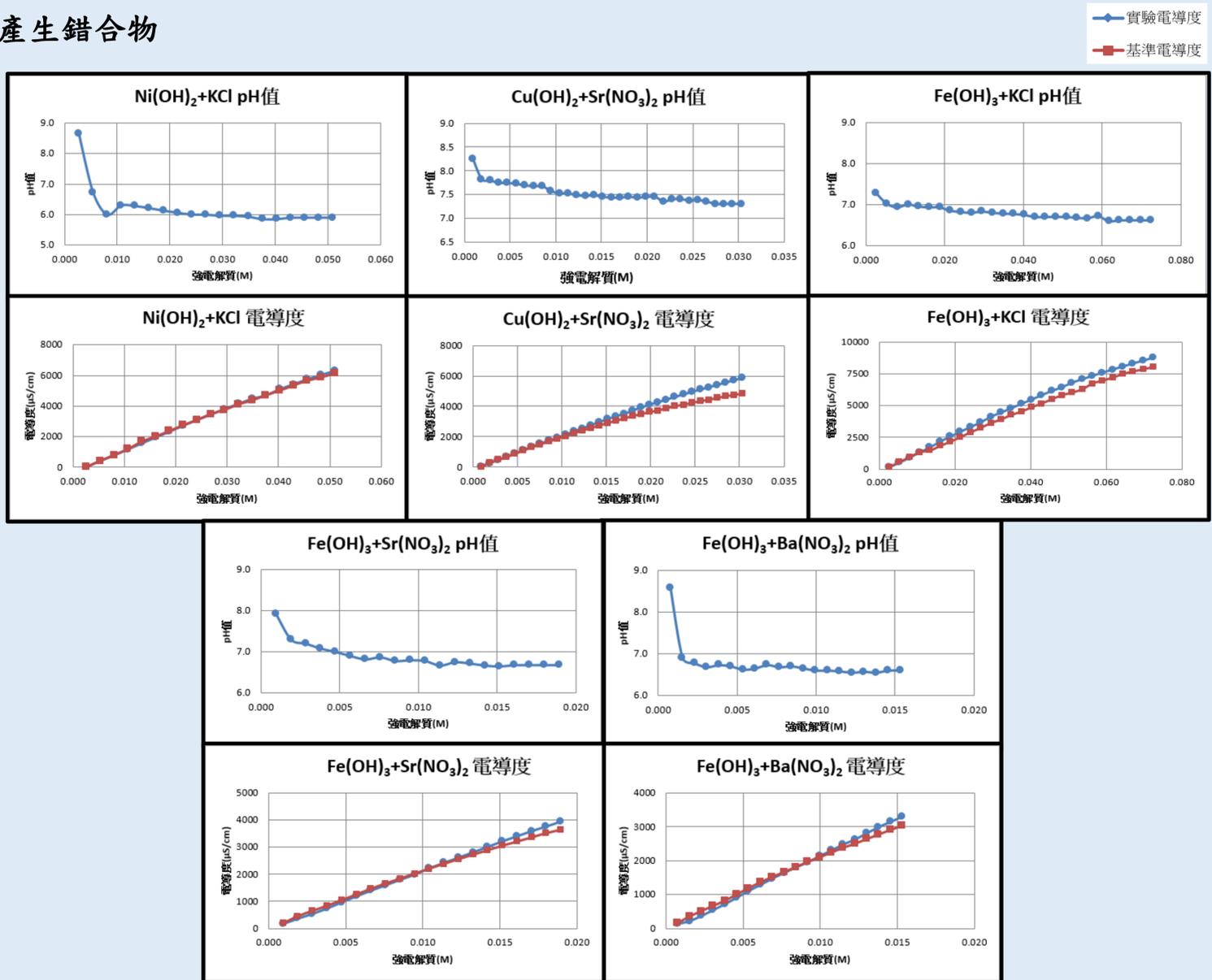
### 1. pH值有上升的趨勢

- 在Ni(OH)<sub>2</sub>飽和溶液加入KI與Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>，溶液中的離子彼此互相吸引而形成離子層，離子層會抵消離子電荷，離子強度降低，導致溶液溶解度增大，氫氧根濃度上升，導致pH值上升。

### 2. 實驗電導度高於基準電導度

- 因為溶解度上升，使得溶液中的離子數變多，電導度增加。

#### 四、產生錯合物



圖五：飽和溶液在不同濃度時強電解質中的pH值(上)與電導度(下)

##### 1. pH值有下降的趨勢

➤ 過渡金屬與陰離子形成了錯合物，依勒沙特列原理，平衡會重新建立而利於溶質的溶解，使得pH值有下降的趨勢。

##### 2. 實驗電導度高於基準電導度

➤ 因為產生了錯離子，使得溶解度上升，隨著離子數的上升，電導度也增大。

#### 五、實驗結果統整

	pH值			
	Ca(OH) <sub>2</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>	Ni(OH) <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>
KCl	↓	↓	↓	↓
KI	—	↑	↑	—
KNO <sub>3</sub>	—	↓	↓	↑
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↓	↓	↑	↓
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↓	↑	↑	↓

↑：pH值上升  
↓：pH值下降  
—：pH值無明顯變化

	電導度			
	Ca(OH) <sub>2</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>	Ni(OH) <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>
KCl	↓	—	↑	↑
KI	↑	—	↑	↑
KNO <sub>3</sub>	—	↓	↓	↓
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↑	↑	↑	↑
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↑	—	—	↑

↑：實驗電導度>基準電導度  
↓：基準電導度>實驗電導度  
—：基準電導度與實驗電導度無明顯變化

#### 陸、結論

- 一、本實驗有產生非共同離子效應的組合有Ca(OH)<sub>2</sub>加KCl、Cu(OH)<sub>2</sub>加KNO<sub>3</sub>、Ni(OH)<sub>2</sub>加KNO<sub>3</sub>三組。
- 二、影響非共同離子效應的因素主要是離子強度而非離子的價數。
- 三、含有K<sup>+</sup>的電解質易產生非共同離子效應，因為鉀離子的離子強度在本次實驗所使用的藥品中是最小的。
- 四、二價的Sr<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>不易產生非共同離子效應，因為Sr<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>的離子強度在本次實驗使用的藥品中是最大的。
- 五、錯合物會干擾非共同離子效應的產生。

#### 柒、未來展望

- 一、利用陰離子來進行非共同離子效應的檢測。
- 二、會再進行其他實驗來進行交叉作證非共同離子效應的存在；如吸收光譜實驗。
- 三、未來可應用於將環境中重金屬污染之析出。

#### 捌、參考資料文獻

- [1] Steven S. Zumdahl 《Chemical Principles》(2011)。共同離子效應 Common Ion Effect 2-1。
- [2] 楊水平(1993)：添加物對溶解度的影響。科學月刊，24(2)，111-118。
- [3] Activity Coefficient (2011) 科學Online活性係數(Activity Coefficient)。
- [4] Allen Joseph Bard (1999) Elec trochemical Methods Fundamentals and Applications 2<sup>nd</sup> ED。
- [5] Dean, J. A.. (1999).Lange's Handbook of Chemistry, 15th Edition, McGraw-Hill, New York。
- [6] Cathy Cobb、Monty L. Fetterolf (2009) 《打造化學力(下) 一網打盡你必備的化學基礎》 164-167、207-209。
- [7] John Suchocki (2018) 《觀念化學套書2》 25-26。