

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

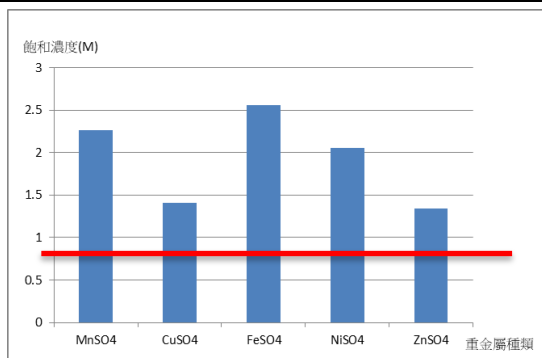
普高組 成果報告格式

題目名稱：金屬不再重，氫氧根出動：重金屬處理
一、摘要 隨著工業興起，廢水排放的問題也接踵而至，進而影響日常用水的品質，為了釐清生活中的潛在風險，我們決定觀察重金屬在不同條件下是否會沉澱。透過此實驗探討眾多因素中影響力最大的因素為何，並了解水污染防治的重要性。 實驗中藉由電解食鹽水為主軸，我們改變重金屬種類、電解電壓、食鹽水濃度，藉由溶液電導率，探討重金屬沉澱的最佳化條件。最後我們發現用硫酸銅，以 1.4M 食鹽水、電壓 20V 電解的效果最佳。
二、探究題目與動機 近年來，隨著工業的快速發展，重金屬污染已成為一個日益嚴重的環境問題。我在學校學習化學課程時，了解到某些金屬離子會因為難以自然分解而累積在水體中，對人體與生態造成長期危害。尤其是在台灣，部分地區曾經因為工業廢水排放導致重金屬超標，引發社會關注。這讓我產生了想法：是否可以利用沉澱反應，簡單又有效地移除這些有害金屬離子？ 因此，我希望透過本研究，探討不同重金屬離子在不同條件下的沉澱效果，並從中找出較佳的去除方式。期望能為環境保護貢獻一份小小的力量，也讓我對未來想走的化學或環境科學領域有更清晰的認識。
三、探究目的與假設 (一) 目的：探討重金屬溶液沉澱程度 (二) 假設： 1. 預實驗、食鹽水濃度與電導率的關係 2. 實驗一、改變重金屬種類 3. 實驗二、改變食鹽水濃度 4. 實驗三、改變電解電壓
四、探究方法與驗證步驟 一、實驗器材 1. 實驗器材：直流電源、燒杯、血清瓶、H 型電解管、白金絲電極+塞子、輸出線、滴管、量筒 2. 實驗藥品：硫酸銅、硫酸亞鐵、硫酸鎳、硫酸鋅、硫酸錳、蒸餾水、NaCl(s) 3. 機器：電導率儀、pH meter 二、實驗方法 1. 藥品配置：為了配合各種金屬的最大溶解量，我們先計算個別的飽和濃度(M)，以固定五種不同重金屬的濃度，並選擇較好調配的濃度以方便後續配製。最後我們選擇

0.8M 作為後續實驗之重金屬濃度。

(1) 數據

重金屬種類	MnSO ₄	CuSO ₄	FeSO ₄	NiSO ₄	ZnSO ₄
飽和濃度	2.26	1.405	2.56	2.053	1.340



表一、重金屬飽和平均密度之數據

(2) 作圖

表二、重金屬飽和濃度之作圖

2. 實驗步驟

- (1) 將飽和食鹽水倒入 H 管電解
- (2) 取負極電解液，並測量 pH 值、電導率
- (3) 取 12 毫升食鹽水，將重金屬溶液滴入至沉澱，並記錄滴加溶液值體積
- (4) 測量滴入重金屬溶液之食鹽水電導率並計算其下降量

3. 電導率修正

- (1) 目的：實驗時使用了重金屬溶液、食鹽水，兩者皆有電導率，且數值不相同。然而實驗結果測量的是兩者混合溶液的電導率，理論值以類似於溶液混合濃度的計算方法算出。

(2) 步驟

$$\sigma_{\text{修正}} = \frac{V_{\text{重金屬}} \times \sigma_{\text{重金屬}} + V_{\text{食鹽水}} \times \sigma_{\text{食鹽水}}}{V_{\text{滴入的重金屬}} + V_{\text{食鹽水}}}$$

$$\Delta \sigma = \sigma_{\text{修正}} - \sigma_{\text{後}}$$

三、實驗驗證

1. 預實驗

(1) 目的

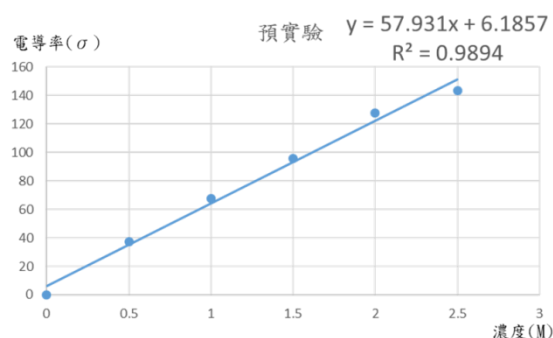
驗證使用電導率儀所得到的電導率數值即可代表溶液中的離子濃度，因此可由電導率下降量評估後續實驗中重金屬的沉澱情形。

(2) 數據

濃度 (M)	0	0.5	1	1.5	2	2.5
電導率	0	37.4	67.8	95.8	127.5	143.1

表三、食鹽水濃度對電導率之數據

(3) 作圖



表四、電導率對食鹽水濃度作圖

(4) 分析

由上圖可知，溶液電導率會隨著離子濃度上升而增加，且正比於該溶液之濃度。

$$\sigma \propto [\text{NaCl}] \rightarrow \sigma \propto [\text{ion}]$$

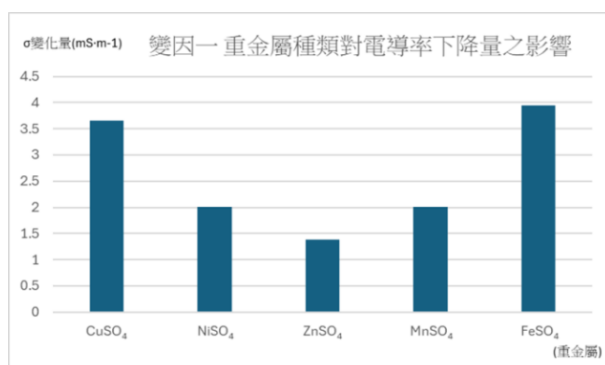
2. 實驗一、改變重金屬種類

(1) 數據

項目	$\sigma_{\text{重金屬}}$	V _{重金屬}	電解後 $\sigma_{\text{食鹽水}}$	V _{食鹽水}	$\sigma_{\text{修正}}$	$\sigma_{\text{後}}$	$\Delta\sigma$	電解前 pH 值	電解後 pH 值
CuSO ₄	32.3	0.2	77.5	12	76.76	73.1	3.66	5.46	11.92
NiSO ₄	37.6	0.4	77.5	12	76.21	74.2	2.01	5.46	11.92
ZnSO ₄	37.2	0.5	77.5	12	75.89	74.5	1.39	5.46	11.92
MnSO ₄	37.4	0.4	77.5	12	76.21	74.2	2.01	5.46	11.92
FeSO ₄	34.8	0.1	77.5	12	77.15	73.2	3.95	5.46	11.92

表五、 $\Delta\sigma$ 、pH 值對重金屬種類之數據

(2) 作圖



表六、 $\Delta\sigma$ 對重金屬種類作圖

(3) 沉澱分析

a. 顏色分析



Fe²⁺ Zn²⁺ Mn²⁺ Ni²⁺ Cu²⁺(第一階段) Cu²⁺(第二階段)

圖一、重金屬沉澱顏色圖

b. 物質推測

重金屬種類	沉澱顏色	推測物質	反應式
Fe ²⁺	橙	Fe(OH) ₃	FeSO ₄ + 2NaOH → Na ₂ SO ₄ + Fe(OH) ₂ ↓ 4Fe(OH) ₂ + O ₂ + 2H ₂ O → 4Fe(OH) ₃
Zn ²⁺	白	ZnO	ZnSO ₄ + 2NaOH → Na ₂ SO ₄ + Zn(OH) ₂ ↓ Zn(OH) ₂ → ZnO + H ₂ O
Mn ²⁺	棕	MnO ₂	MnSO ₄ + 2NaOH → Na ₂ SO ₄ + Mn(OH) ₂ ↓ 2Mn(OH) ₂ + O ₂ → 2MnO ₂ + 2H ₂ O
Ni ²⁺	黑	Ni ₂ O ₃	NiSO ₄ + NaOH → Na ₂ SO ₄ + Ni(OH) ₂ 2Ni(OH) ₂ → NiO ₂ + H ₂ 4NiO ₂ → 2Ni ₂ O ₃ ↓ + O ₂
Cu ²⁺	(第一階段)藍綠	Cu(OH) ₂	CuSO ₄ + 2NaOH → Na ₂ SO ₄ + Cu(OH) ₂
	(第二階段)灰色	CuO	CuSO ₄ + 2NaOH → Na ₂ SO ₄ + Cu(OH) ₂ Cu(OH) ₂ → CuO + H ₂ O

表七、重金屬沉澱分析表

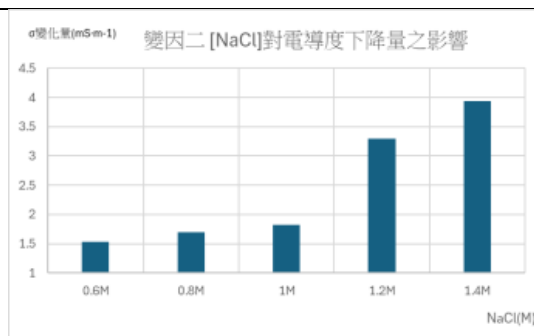
3. 實驗二、改變食鹽水濃度

(1) 數據

項目	σ _{硫酸銅}	V _{硫酸銅}	電解後 σ _{食鹽水}	V _{食鹽水}	σ _{修正}	σ _後	Δσ	電解前 pH 值	電解後 pH 值
0.6M	32.3	0.3	43.2	12	42.93	41.4	1.53	5.81	11.14
0.8M	32.3	0.2	56.9	12	56.50	54.8	1.7	5.57	11.65
1.0M	32.3	0.2	67.8	12	67.22	65.4	1.82	5.46	11.92
1.2M	32.3	0.2	77.5	12	76.80	73.5	3.3	5.46	12.23
1.4M	32.3	0.1	87.7	12	87.24	83.3	3.94	5.75	12.54

表八、Δσ、pH 值對[NaCl]之數據

(2) 作圖



表九、 $\Delta\sigma$ 對 [NaCl] 作圖

(3) 分析

由實驗可知，在相同電壓下，使用濃度越大的食鹽水(1.4M)，電解後 pH 值增加最多，效果最好。

$2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ ， $[\text{OH}^-]$ 越多，在重金屬滴入後，產生的沉澱越多。

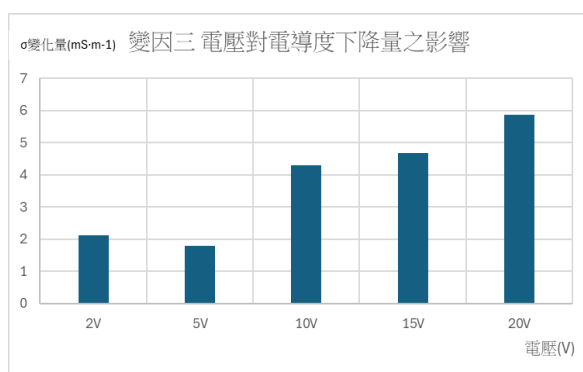
4. 實驗三、改變電解電壓

(1) 數據

項目	$\sigma_{\text{硫酸銅}}$	V 硫酸銅	電解後 $\sigma_{\text{食鹽水}}$	V 食鹽水	$\sigma_{\text{修正}}$	$\sigma_{\text{後}}$	$\Delta\sigma$	電解前 pH 值	電解後 pH 值
2V	32.3	0.6	80.3	12	78.01	75.9	2.11	6.72	10.91
5V	32.3	0.5	80	12	78.09	75.9	2.19	6.72	11.14
10V	32.3	0.5	82	12	80.01	75.7	4.31	6.72	12.12
15V	32.3	0.5	65.3	12	63.98	59.3	4.68	6.72	12.3
20V	32.3	0.7	82.2	12	79.45	73.6	5.85	6.72	12.33

表十、 $\Delta\sigma$ 、pH 值對電解電壓之數據

(2) 作圖



表十一、 $\Delta\sigma$ 對電壓作圖

(3) 分析

由實驗可知，使用越大電壓(20V)電解食鹽水，電解後 pH 值增加越多，效果越好。

$E = IVt$ ，電壓越大，能量越強，相同時間內所電出的[NaOH]越大。

四、結論與生活應用

1. 結論

- (1) 電導率與離子濃度成正比。 $\sigma \propto [\text{ion}]$
- (2) 由實驗資料發現，使用越大電壓電解食鹽水，電解後 pH 值增加越多，效果越好。
- (3) 由實驗資料可知，在相同電壓下，使用濃度越大的食鹽水，電解後 pH 值增加最多，效果最好。

2. 生活應用

(1) 飲水機進水前的重金屬過濾管線

飲用水一向對衛生有高度的要求，有些地區的地下水或自來水可能在管線中被重金屬（例如鉛、銅）污染。尤其水管年代久遠，這種風險就會更高。我們可以將本實驗的處理方式應用在飲水機進水管前，裝設一段小型電解處理管線，先將水中重金屬沉澱過濾，提升安全性。目前台灣或世界各地曾出現飲水機驗出重金屬殘留的問題，這個裝置能有效預防水源重金屬問題，提高校園用水品質與安心度。

(2) 偏鄉、災區淨水設施

偏鄉地區往往存在公共衛生的重要議題，許多偏遠地區的水源常常受到重金屬或其他污染物的影響。這些地區的水井、井水或水源處理設施多數老舊，且缺乏有效的水質處理系統，導致水中可能含有如鐵、銅、砷等有害金屬，對健康造成威脅。我們可以將本實驗的電解水處理方式應用於偏鄉地區的水源過濾系統中，用簡易電解設備設置淨水設備，先將水中的重金屬離子沉澱，達到過濾效果，提升水質的安全性。

參考資料

1. 環境部全國環境水質監測資訊網(2020 年 5 月 28 日)。名詞解釋導電度。
<https://reurl.cc/yYzXry>
2. 教育部國民及學前教育署(無日期)。水中導電度及其測定。
<https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/1608794327388X6W0pW5x.pdf>
3. 維基百科(檢索日期 2024 年 4 月 9 日)。氫氧化鐵。
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%A2%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%93%81>
4. 維基百科(檢索日期 2024 年 4 月 9 日)。氫氧化銅。
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%A2%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%93%9C>
5. 維基百科(檢索日期 2024 年 4 月 9 日)。氧化鋅。
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%8B%85>
6. 維基百科(檢索日期 2024 年 4 月 9 日)。三氧化二鎳。
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%B8%89%E6%B0%A7%E5%8C%96%E4%BA%8C%E9%95%8D>
7. 維基百科(檢索日期 2024 年 4 月 9 日)。二氧化錳。
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%BA%8C%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%94%B0>