

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高級中等學校組 環境學科

團隊合作獎

052604

硫酸銅廢液的回收探討

學校名稱：新北市立中和高級中學

作者： 高二 王翔立 高二 張僑祐 高二 廖芷若	指導老師： 劉宗憲
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：硫酸銅、回收、析出

## 摘要

化學工業廢液的排放在現今工業發展盛行的國家是不能忽視的問題，而廢液的回收也是近年來熱門的研究課題，又因為有機溶液能使離子化合物析出，所以我們利用此特性來討論其析出的情形。

我們研究探討有機溶劑(乙醇及丙酮)在不同的劑量、不同溫度、不同酸鹼物、使用兩種溶劑、和濾液再次使用的情形下，加入到硫酸銅溶液中析出硫酸銅，並找出析出率最好的數據，再進行不同變因的改變，來找出析出效果最佳的實驗數據。

其中我們觀察到在使用的溶劑中，乙醇在低溫下析出硫酸銅的量會最多，較丙酮佳，且乙醇對環境造成的傷害也較低。

我們期望能找出環保、快速且有效的回收方法，回收有機廢液中的離子化合物，來有效改善化學工業排放廢液的環境問題。

## 壹、前言

### 一、研究動機

最近我們在網路上看到工業廢水污染的相關新聞，每次看到這樣的新聞時，那些被污染的水源已經造成了不可逆的結果，所以我們希望能透過科學的方式，把污水的毒性和污染程度降低，而正好組員的親戚是從事相關的工程企業，得知含有硫酸銅的廢液也是他們的污染物之一，在我們經過和親戚與老師們的討論後，決定討論以不同的溫度、不同有機溶劑的量和不同的酸鹼物去討論對於硫酸銅的析出量，並找出析出率最高的方案，以達到減少硫酸銅廢液對環境的污染。

### 二、研究目的

工廠排放廢水所造成的污染是長年沒有根治的問題，我們希望能找出解決廢水的根本方法，使其對環境造成污染的廢物析出，達到低耗能且友善環境的目的。

而我們使用了乙醇及丙酮做為溶劑，尋找在不同溶劑、溫度、酸鹼物下，哪種方法能最接近我們希望達到的目標。

### 三、文獻回顧

#### (一)極性(polarity)

在化學中，極性是指一個共價鍵或一個共價分子中電荷分佈的不均勻性。如果電荷分佈得不均勻，則稱該鍵或分子為極性；如果均勻，則稱為非極性。物質的一些物理性質（如溶解性、熔沸點等）和分子的極性相關。共價鍵的極性是因為成鍵的兩個原子電負度不相同而產生的。

#### (二)電負度(electronegativity)

電負度值較大的元素在形成化合物時，由於對成鍵電子吸引較強，往往表現為負化合價；而電負度值較小者表現為正化合價。在形成共價鍵時，共用電子對偏移向電負度較強的原子而使鍵帶有極性，電負度差越大，鍵的極性越強。當化學鍵兩端元素的電負度相差很大時所形成的鍵則以離子鍵為主。

#### (三)氫鍵(H-bond)

氫鍵是分子間作用力的一種，發生在已經以共價鍵與其它原子鍵結合的氫原子與另一個原子之間，通常發生氫鍵作用的氫原子兩邊的原子都是電負性較強的原子（F、O、N），氫鍵的鍵結強度強於凡得瓦力。

#### (四)五水合硫酸銅( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

可溶於水，常溫下為五水合物，由硫酸根離子( $\text{SO}_4^{2-}$ )與銅離子( $\text{Cu}^{2+}$ )組成，為無機化合物，硫酸根離子具有氫鍵。在常溫下硫酸銅對水的溶解度大約是 36g 硫酸銅/100g 水，微溶於乙醇。

#### (五)乙醇( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )

具有羥基，並且具有氫鍵，可以與水無限互溶。因為氫鍵的結合力比凡得瓦力強，所以當乙醇加入離子化合物溶液中時，會把溶質析出。

#### (六)丙酮( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )

丙酮屬於高極性液體，由於極性低於醇類，雖仍能把溶質析出，但效果較醇類差。

### (七)鹽酸(HCl)

是一種強酸，濃鹽酸具有極強的揮發性，因此盛有濃鹽酸的容器打開後能在上方看見酸霧，那是氯化氫揮發後與空氣中的水蒸氣結合產生的鹽酸小液滴。

### (八)氫氧化鈉(NaOH)

是一種具有高腐蝕性的強鹼，一般為白色片狀或顆粒，能溶於水生成鹼性溶液，另也能溶解於甲醇及乙醇。此鹼性物具有潮解性，會吸收空氣中的水蒸氣，亦會吸取二氧化碳、二氧化硫等酸性氣體。

### (九)硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

是一種具有高腐蝕性的強礦物酸，一般為透明至微黃色，在任何濃度下都能與水混溶並且放熱。作為二元酸的硫酸在不同濃度下有不同的特性，而其對不同物質，如金屬、生物組織、甚至岩石等的腐蝕性，都歸根於它的強酸性，以及它的高濃度下的強烈脫水性、吸水性與氧化性。

### (十)溶解性

分子的極性對物質溶解性有很大影響。極性分子易溶於極性溶劑，非極性分子易溶於非極性溶劑，也即「同類互溶」。蔗糖、氨等極性分子和氯化鈉等離子化合物易溶於水。具有長碳鏈的非極性有機物，如油脂、石油的成分多不溶於水，而溶於非極性的有機溶劑。

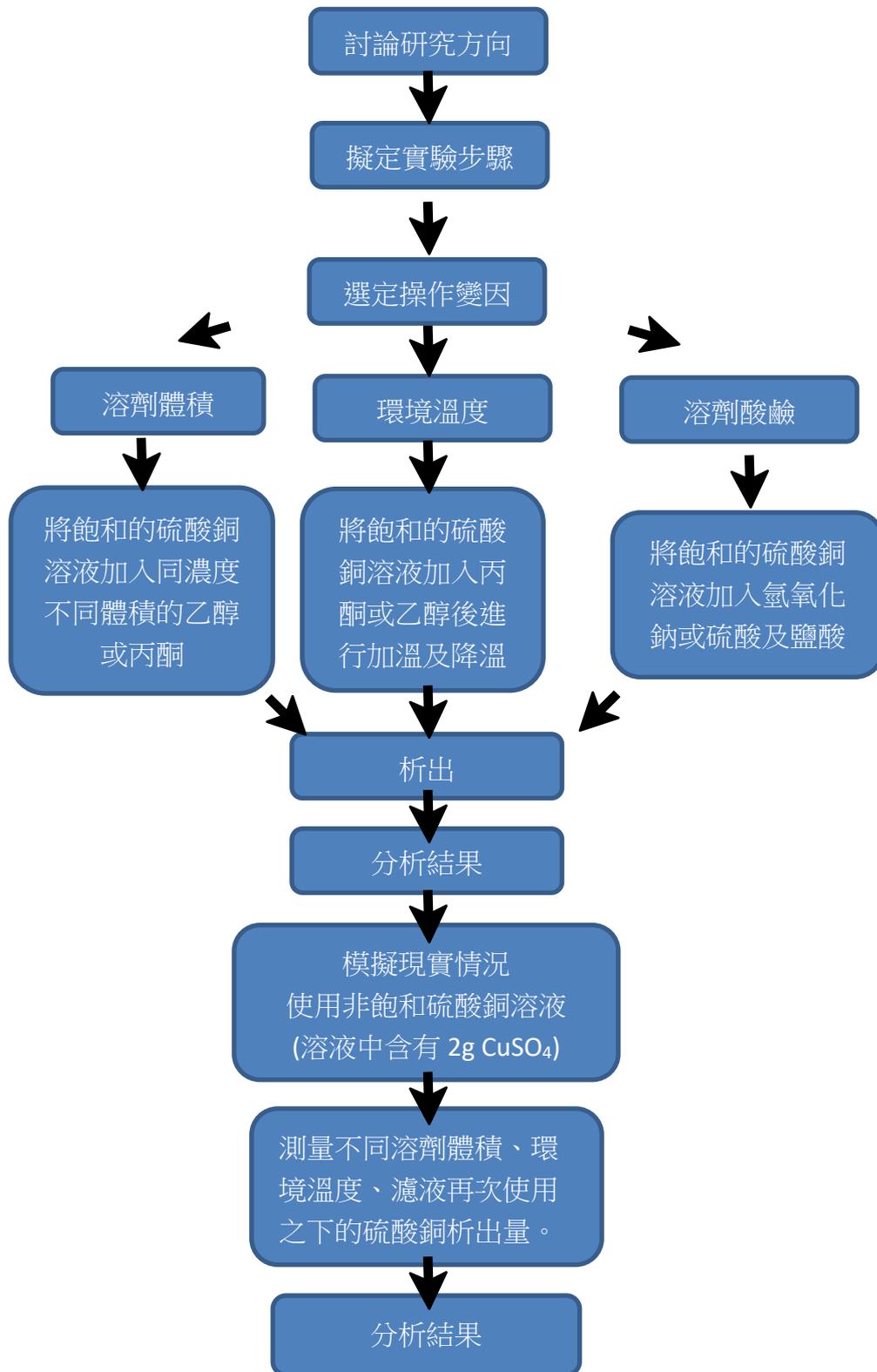
## 貳、研究設備及器材

一、實驗藥品: CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O、CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaOH、HCl

二、實驗器具:燒杯、錐形瓶、鋁箔紙、漏斗、刮勺、濾紙、秤紙、滴管、玻璃棒、量筒、溫度計、培養皿、電子秤、玻璃瓶

## 參、研究過程或方法

### 一、研究流程圖



圖一 實驗流程圖

## 二、實驗過程

### (一)研究有機溶劑體積與鹽類晶體析出量的關係

- 1.事先調配好  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的(不)飽和水溶液，然後取 10ml(不)飽和  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  水溶液至錐形瓶內並加入不同體積的有機溶劑。
- 2.蓋上鋁箔紙防止有機溶劑揮發，搖晃並靜置 1 小時使其充分反應。
- 3.將反應完的產物全部用濾紙過濾出來。
- 4.將過濾後的產物(含濾紙)放置於電子秤上，測量其重量。
- 5.記錄其析出重量與有機溶劑的體積，並進一步改變有機溶劑體積，再回到步驟 2，最後找出析出重量與有機溶劑體積的關係趨勢。
- 6.觀察其結果。

### (二)研究固定一種有機溶劑計量加入另一個不同劑量的有機溶劑與鹽類晶體析出量的關係

- 1.事先調配好  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的飽和水溶液，然後取 10ml 飽和  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  水溶液至錐形瓶內接著加入 5ml 的丙酮到錐形瓶內，之後加入不同劑量的乙醇。
- 2.蓋上鋁箔紙防止有機溶劑揮發，搖晃並靜置 1 小時使其充分反應。
- 3.將反應完的產物全部用濾紙過濾出來。
- 4.將過濾後的產物(含濾紙)放置於電子秤上，測量其重量。
- 5.記錄其析出重量與有機溶劑的體積，並進一步改變有機溶劑體積，再回到步驟 2，最後找出析出重量與有機溶劑體積的關係趨勢。
- 6.觀察其結果。

### (三)研究再次利用濾液與鹽類晶體析出量的關係

- 1.事先調配好  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的不飽和水溶液，然後取 10ml 不飽和  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  水溶液至錐形瓶內並加入不同體積的有機溶劑。
- 2.蓋上鋁箔紙防止有機溶劑揮發，搖晃並靜置 1 小時使其充分反應。
- 3.將反應完的產物全部用濾紙過濾出來，並保留過濾完剩下的濾液。
- 4.再將剩下的濾液倒入新的不飽和硫酸銅水溶液中，蓋上鋁箔紙防止有機溶劑揮發，搖晃並靜置 1 小時使其充分反應。

- 5.將過濾後的產物(含濾紙)放置於電子秤上，測量其重量。
- 6.記錄其析出重量與再次利用濾液，並進一步改變有機溶劑體積，再回到步驟 2，最後找出析出重量與再次利用濾液的關係趨勢。
- 7.觀察其結果。

#### (四)研究在不同的溫度與鹽類晶體析出量的關係

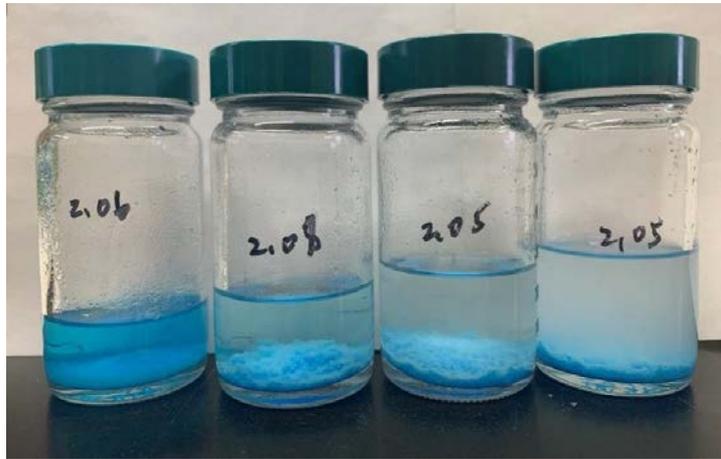
- 1.事先調配好  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的(不)飽和水溶液，然後取 10ml(不)飽和  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  水溶液至錐形瓶內並加入等體積的有機溶劑。
- 2.蓋上鋁箔紙防止有機溶劑(5ml)揮發，搖晃並靜置 1 小時使其充分反應。
- 3.並以隔水加熱、降溫的方式，到達指定的溫度，保持一段時間。
- 4.到達指定溫度一段時間後，立即將反應完的產物全部用濾紙過濾出來。
- 5.將過濾後的產物(含濾紙)放置於電子秤上，測量其重量。
- 6.記錄其析出重量與當時的溫度，並進一步改變溫度，再回到步驟 2，最後找出析出重量與溫度的關係趨勢。
- 7.觀察其結果。

#### (五)研究在不同酸鹼物下鹽類晶體析出量的關係

- 1.事先調配好  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的飽和水溶液，然後取 10ml 飽和  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  水溶液至錐形瓶內。
- 2.再分別將酸和鹼的溶液分別倒入錐形瓶內。
- 3.蓋上鋁箔紙防止酸鹼性物質揮發，搖晃並靜置 1 小時使其充分反應。
- 4.將反應完的產物全部用濾紙過濾出來。
- 5.將過濾後的產物(含濾紙)放置於電子秤上，測量其重量。
- 6.記錄其析出重量與當時的的酸鹼物，並進一步改變酸鹼物，再回到步驟 2，進一步的進一步的找出酸鹼物與吸出重量的關係。
- 7.觀察其結果。

## 肆、研究結果

### 一、不同有機溶劑的鹽類析出情形



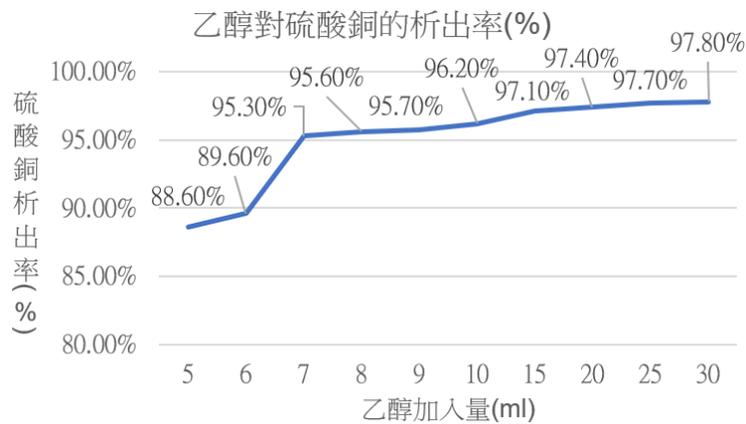
圖二 乙醇對飽和  $\text{CuSO}_4$  實驗圖

乙醇加入量(mL)	$\text{CuSO}_4$ 析出量(g)	$\text{CuSO}_4$ 析出率(%)
5	2.836	88.6%
6	2.867	89.6%
7	3.050	95.3%
8	3.060	95.6%
9	3.063	95.7%
10	3.079	96.2%
15	3.108	97.1%
20	3.118	97.4%
25	3.125	97.7%
30	3.130	97.8%

圖三 乙醇對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表



圖四 乙醇對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖五 乙醇對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

從網路上的資料不斷的查詢，並配合著參考歷屆科展作品的資料，決定以較安全且實驗室較容易取得的乙醇和丙酮做為本次實驗的主要有機溶劑使用。而從以上的數據也發現，在加入同樣體積的有機溶劑時，乙醇都比丙酮有較好的吸出率。

從這次的實驗發現，乙醇加入的量與硫酸銅析出的量呈現正相關，並且在乙醇加入 30ml 時，硫酸銅的析出率約可達到 98%，析出量為 3.13g。



圖六

圖七

圖八

圖九

圖十

圖十一



圖十二

圖十三

圖十四

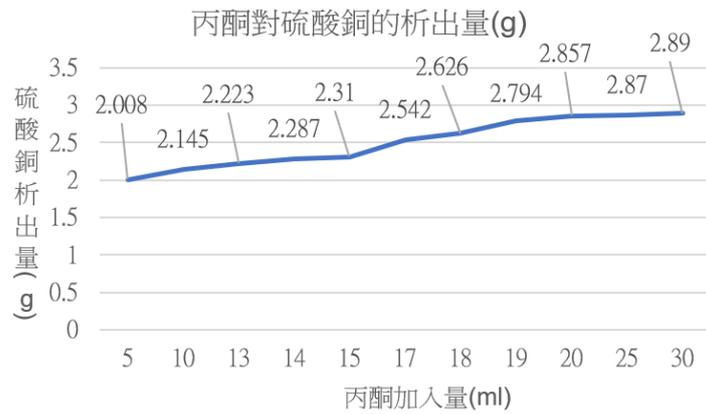
圖十五

圖十六

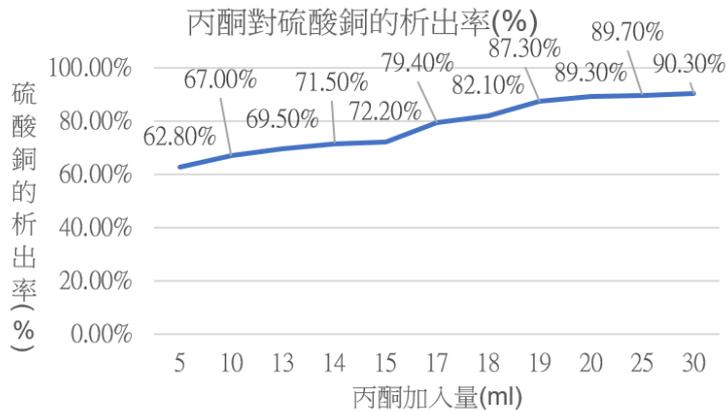
圖六 加入 5ml 丙酮、圖七 加入 10ml 丙酮、圖八 加入 13ml 丙酮、圖九 加入 14ml 丙酮、  
圖十 加入 15ml 丙酮、圖十一 加入 17ml 丙酮、圖十二 加入 18ml 丙酮、圖十三 加入 19ml  
丙酮、圖十四 加入 20ml 丙酮、圖十五 加入 25ml 丙酮、圖十六 加入 30ml 丙酮

丙酮加入量(ml)	CuSO <sub>4</sub> 析出量(g)	CuSO <sub>4</sub> 析出率(%)
5	2.008	62.8%
10	2.145	67.0%
13	2.223	69.5%
14	2.287	71.5%
15	2.310	72.2%
17	2.542	79.4%
18	2.626	82.1%
19	2.794	87.3%
20	2.857	89.3%
25	2.870	89.7%
30	2.890	90.3%

圖十七 丙酮對飽和 CuSO<sub>4</sub>的析出量(率)數據表



圖十八 丙酮對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖十九 丙酮對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

從這次的實驗發現，丙酮加入的量與硫酸銅析出的量呈現正相關，並且在加入丙酮 30ml 時，硫酸銅的析出率約可達到 90%。

而沒有做醛類、甲醇、醚類的原因是因為，我們認為太過於危險，且它們本身都有一定的毒性，並不符合我們要做的主題，所以我們就沒有使用這些物品。

二、固定一種有機溶劑計量加入不同劑量的有機溶劑的鹽類析出情形



圖二十 5ml 丙酮與不同量乙醇加入飽和  $\text{CuSO}_4$  的實驗圖

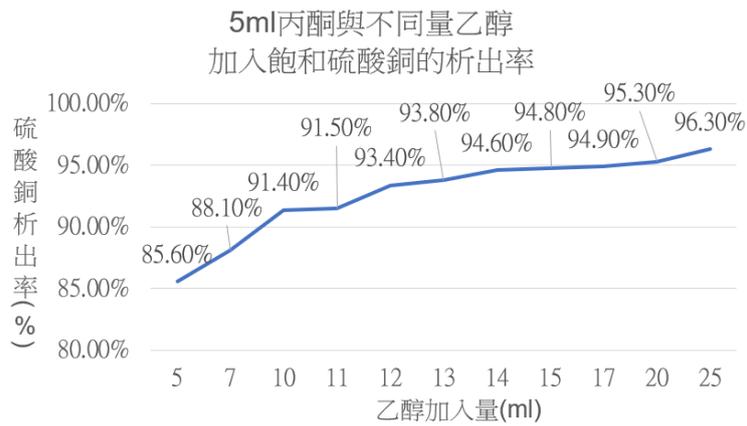
乙醇加入量(ml)	$\text{CuSO}_4$ 析出量(g)	$\text{CuSO}_4$ 析出析出率(%)
-----------	------------------------	--------------------------

5	2.578	85.6%
7	2.818	88.1%
10	2.925	91.4%
11	2.928	91.5%
12	2.988	93.4%
13	3.001	93.8%
14	3.003	94.6%
15	3.034	94.8%
17	3.037	94.9%
20	3.049	95.3%
25	3.083	96.3%

圖二十一 5ml 丙酮與不同量乙醇加入飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表



圖二十二 5ml 丙酮與不同量乙醇加入飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖二十三 5ml 丙酮與不同量乙醇加入飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

從這個實驗中發現，固定丙酮劑量加入不同劑量的乙醇的時候，皆有析出的現象，而在加入乙醇 25ml 的時候，析出率最高大約可達 96% 左右，但卻比不上單純加入乙醇的析出量，約為 98%。

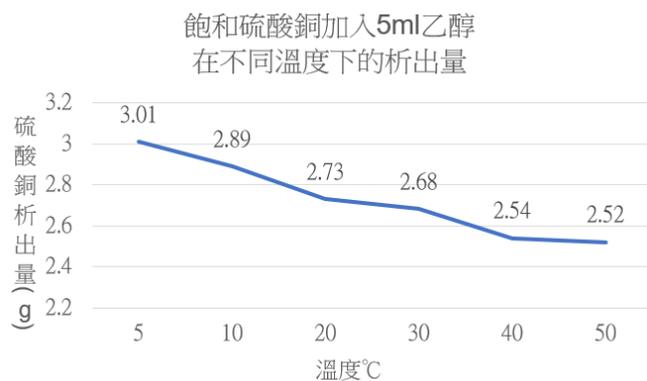
### 三、不同溫度的鹽類析出情形



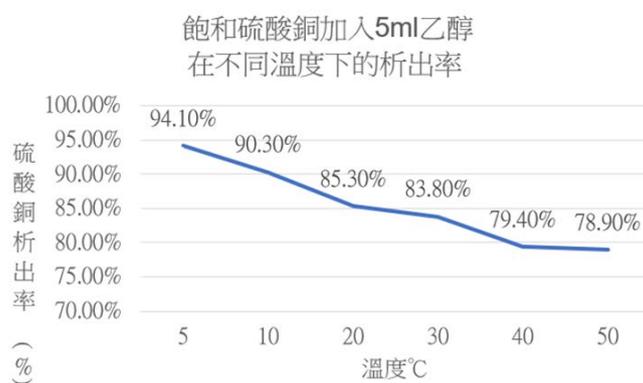
圖二十四 不同溫度加 5ml 乙醇對飽和  $\text{CuSO}_4$  的實驗圖

溫度	析出量	析出率
5 度	3.01	94.1%
10 度	2.89	90.3%
20 度	2.73	85.3%
30 度	2.68	83.8%
40 度	2.54	79.4%
50 度	2.52	78.9%

圖二十五 不同溫度加 5ml 乙醇對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表



圖二十六 不同溫度加 5ml 乙醇對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖二十七 不同溫度加 5ml 乙醇對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

從這個實驗中發現，固定乙醇劑量改變溫度時，溫度越高時，硫酸銅的析出量會越低，而在溫度  $50^\circ\text{C}$  的時候，析出率大約可達 79% 左右。

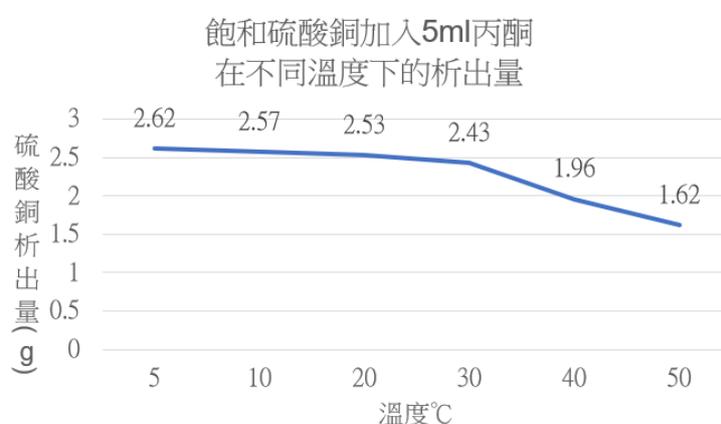


圖二十八 圖二十九 圖三十 圖三十一 圖三十二 圖三十三

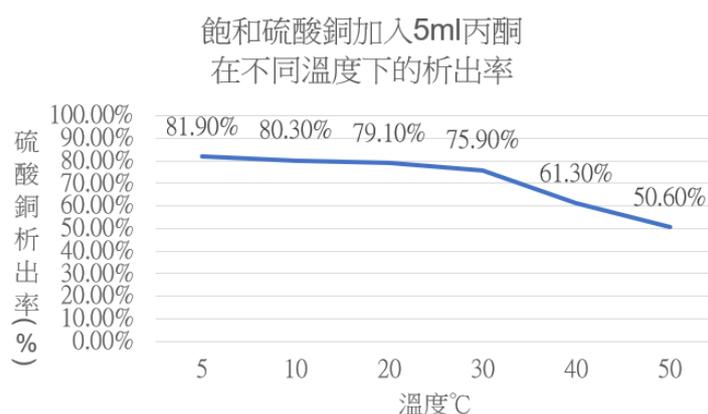
圖二十八 在  $5^\circ\text{C}$  時、圖二十九 在  $10^\circ\text{C}$  時、圖三十 在  $20^\circ\text{C}$  時、圖三十一 在  $30^\circ\text{C}$  時、  
圖三十二 在  $40^\circ\text{C}$  時、圖三十三 在  $50^\circ\text{C}$  時

溫度	析出量	析出率
5 度	2.62	81.9%
10 度	2.57	80.3%
20 度	2.53	79.1%
30 度	2.43	75.9%
40 度	1.96	61.3%
50 度	1.62	50.6%

圖三十四 不同溫度加 5ml 丙酮對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表



圖三十五 不同溫度加 5ml 丙酮對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖三十六 不同溫度加 5ml 丙酮對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

我們發現在固定有機溶劑改變溫度時，溫度越高析出率也會跟著下降，並且加入丙酮的在  $50^{\circ}\text{C}$  時更有明顯的變化，吸出率只剩下 51% 左右，但是如果繼續提升溫度到  $56^{\circ}\text{C}$  時，實驗數據就會開始不準確，因為丙酮的沸點約在  $56^{\circ}\text{C}$ 。

#### 四、不同酸鹼物的鹽類析出情形



圖三十七

圖三十八

圖三十九

圖四十

圖三十七 加入 5ml 的硫酸、圖三十八 加入 10ml 的硫酸、圖三十九 加入 5ml 的鹽酸、

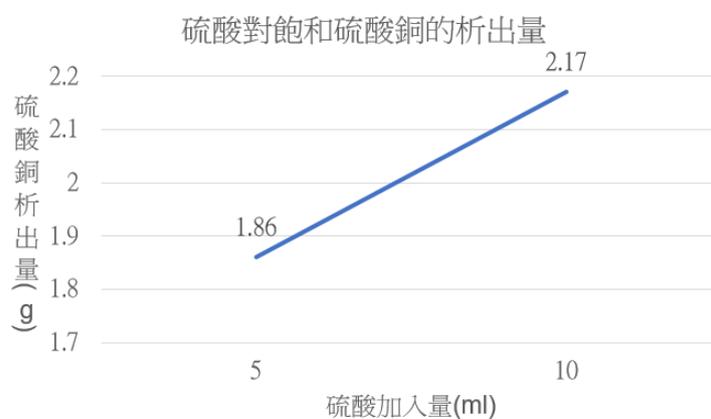
圖四十 加入 10ml 的鹽酸

鹽酸加入量	析出量
5ml	不析出
10ml	不析出

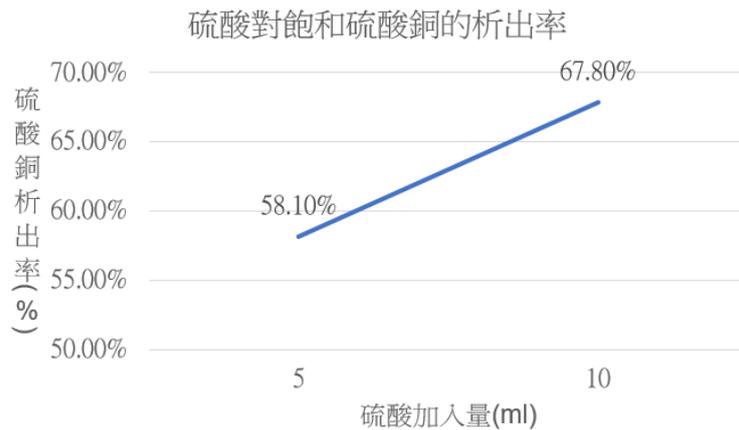
圖四十一 鹽酸對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表

硫酸加入量	析出量	析出率
5ml	1.86	58.1%
10ml	2.17	67.8%

圖四十二 硫酸對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表



圖四十三 硫酸對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖四十四 硫酸對飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

從以上的圖表得知了，雖然硫酸也能夠讓硫酸銅析出，但是相較於丙酮與乙醇，不但它們對硫酸銅有較高的析出率，並且對環境的汙染也小很多，而硫酸不但操作危險具有脫水性，且之後的回收也需要較為繁瑣的方式，才能把它的汙染降到較低而相較於鹽酸，雖然比硫酸安全一點點，但也是很危險，並且無法對硫酸銅有析出。所以加入酸性物質時，不是本身操作危險、或是無法把硫酸銅析出、又或是回收時十分的麻煩，因此加入酸性物質也不利於此討論，因為它們對環境有較大的危險。



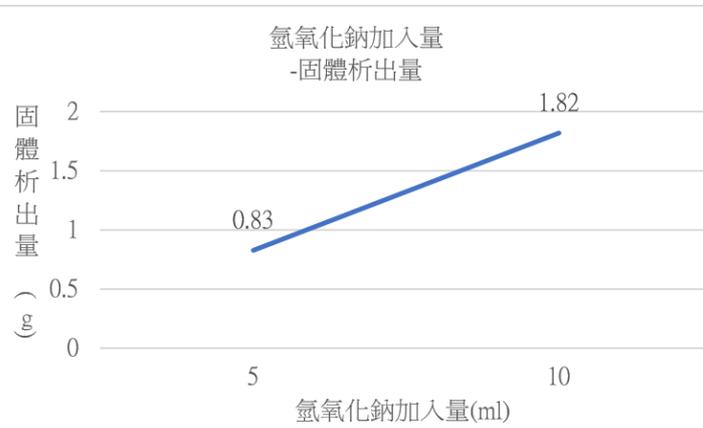
圖四十五

圖四十六

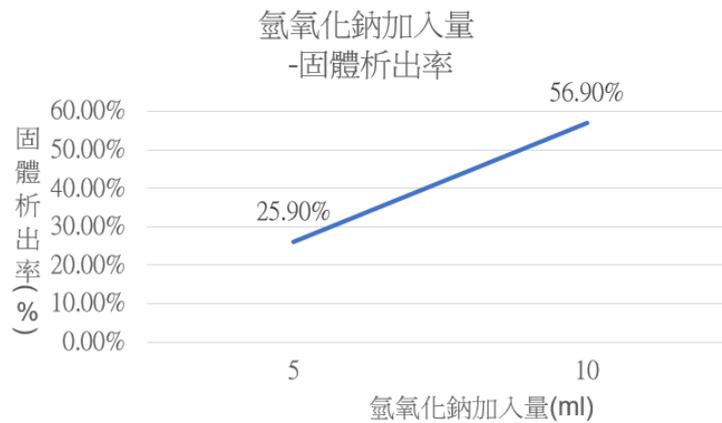
圖四十五 加入 1M 的氫氧化鈉 5ml 、圖四十六 加入 1M 的氫氧化鈉 10ml

氫氧化鈉加入量	固體物質析出量	固體物質析出率
5ml	0.83	25.9%
10ml	1.82	56.9%

圖四十七 加入氫氧化鈉飽和固體物質的析出量(率)數據表



圖四十八 加入氫氧化鈉固體物質的析出量關係圖



圖四十九 加入氫氧化鈉固體物質的析出率關係圖



圖五十 加入氫氧化鈉的析出物

而利用鹼性物質如:NaOH 時，在析出的物質中往往都不單純的只含有  $\text{CuSO}_4$ ，如圖五十五中，析出的物質除了  $\text{CuSO}_4$  還有  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  等不確定劑量的物質，雖然這種加入 NaOH 的方法類似是現在工廠使用:調整 pH 值的方法，但在之後在處理  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  時也需要經過繁瑣的過程，並且就算是換成其他的鹼性物質，不是本身就對環境有汙染，不然就是它們的析出物在之後的回收需要經過繁瑣的過程，所以加入鹼性物質並不應該是析出廢液的最好方法。

但是為了能接近與現實生活中的硫酸銅廢液的情況，我們也做了對於不飽和的硫酸銅水溶液在不同有機溶劑、不同溫度、濾液再次使用的方式來達到更加接近現實的情形。

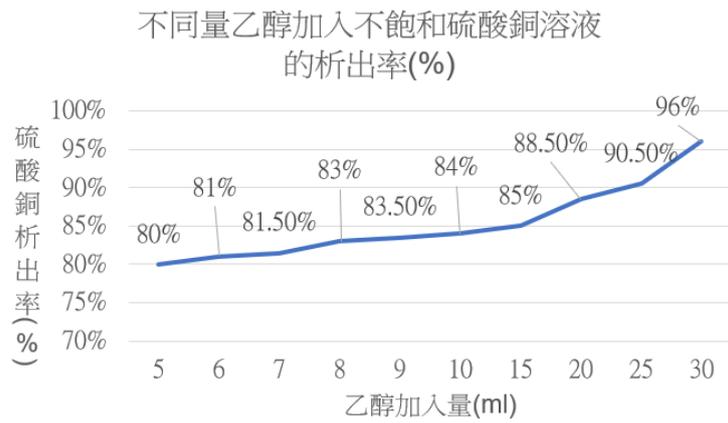
### 五、不同有機溶劑的鹽類析出情形



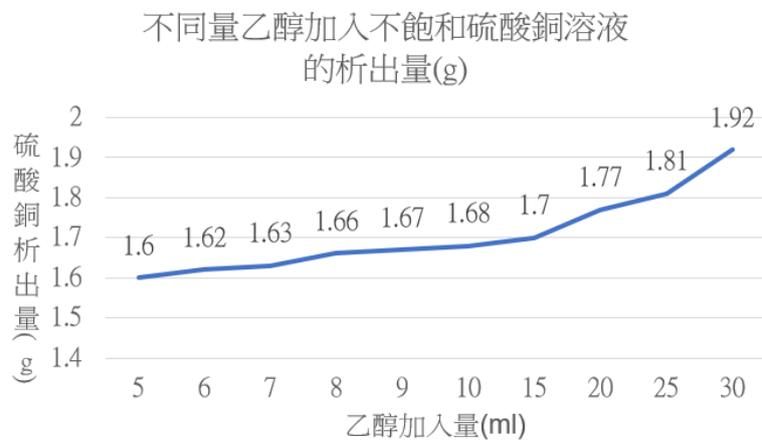
圖五十一 乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  實驗圖

乙醇加入量	硫酸銅析出量	硫酸銅析出率
5	1.6	80%
6	1.62	81%
7	1.63	81.5%
8	1.66	83%
9	1.67	83.5%
10	1.68	84%
15	1.7	85%
20	1.77	88.5%
25	1.81	90.5%
30	1.92	96%

圖五十二 乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  析出量(率)數據圖



圖五十三 乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  析出量關係圖



圖五十四 乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  析出率關係圖

從這次的實驗發現，乙醇加入的量與硫酸銅析出的量呈現正相關，並且在加入乙醇 30ml 時，硫酸銅的析出率可達到 96%，析出量為 1.92g。



圖五十五

圖五十六

圖五十七

圖五十八

圖五十九

圖六十



圖六十一

圖六十二

圖六十三

圖六十四

圖六十五

圖五十五 加入 5ml 丙酮、圖五十六 加入 10ml 丙酮、圖五十七 加入 13ml 丙酮、

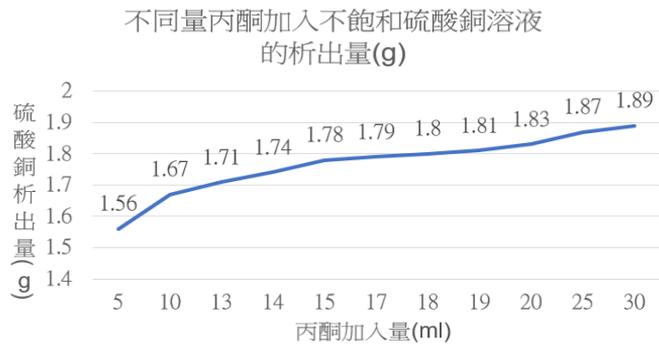
圖五十八 加入 14ml 丙酮、圖五十九 加入 15ml 丙酮、圖六十 加入 17ml 丙酮、

圖六十一 加入 18ml 丙酮、圖六十二 加入 19ml 丙酮、圖六十三 加入 20ml 丙酮、

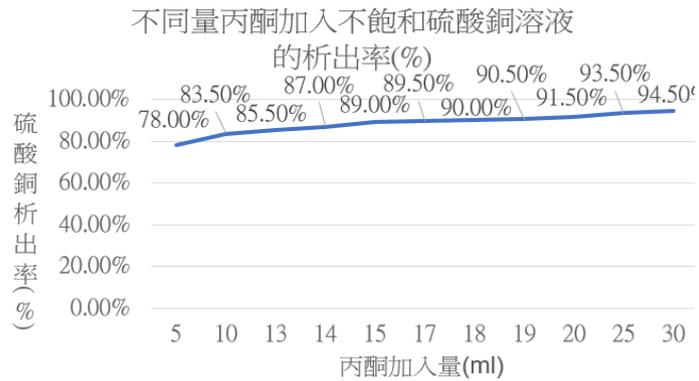
圖六十四 加入 25ml 丙酮、圖六十五 加入 30ml 丙酮

丙酮加入量	硫酸銅析出量	硫酸銅析出率
5	1.56	78%
10	1.67	83.5%
13	1.71	85.5%
14	1.74	87%
15	1.78	89%
17	1.79	89.5%
18	1.80	90%
19	1.81	90.5%
20	1.83	91.5%
25	1.87	93.5%
30	1.89	94.5%

圖六十六 丙酮對不飽和 CuSO<sub>4</sub>析出量(率)數據圖



圖六十七 丙酮對不飽和  $\text{CuSO}_4$  析出量關係圖



圖六十八 丙酮對不飽和  $\text{CuSO}_4$  析出率關係圖

從這次的實驗發現，丙酮加入的量與硫酸銅析出的量呈現正相關，並且在加入丙酮 30ml 時，硫酸銅的析出率約可達到 94%，析出量為 1.89g。

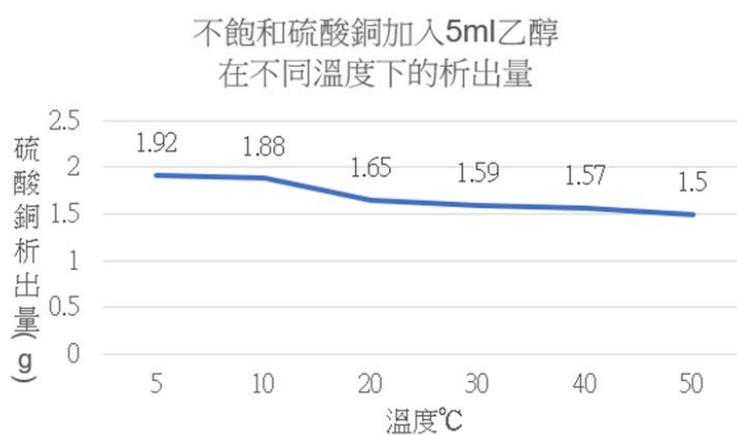
(六)不同溫度的鹽類析出情形



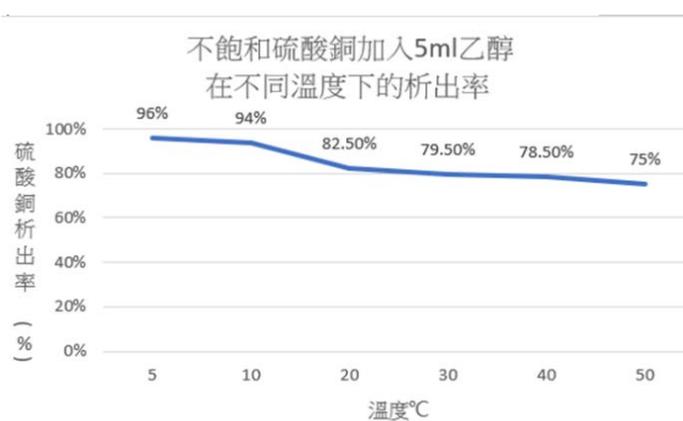
圖六十九 不同溫度加 5ml 乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的實驗圖

溫度	析出量	析出率
5 度	1.92	96%
10 度	1.88	94%
20 度	1.65	82.50%
30 度	1.59	79.50%
40 度	1.57	78.50%
50 度	1.5	75%

圖七十 不同溫度加 5ml 乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表



圖七十一 不同溫度加 5ml 乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖七十二 不同溫度加 5ml 乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

從這個實驗中發現，固定乙醇劑量改變溫度時，溫度越高時，硫酸銅的析出量會越低，而在溫度  $50^{\circ}\text{C}$  的時候，析出率約可達 75% 左右。

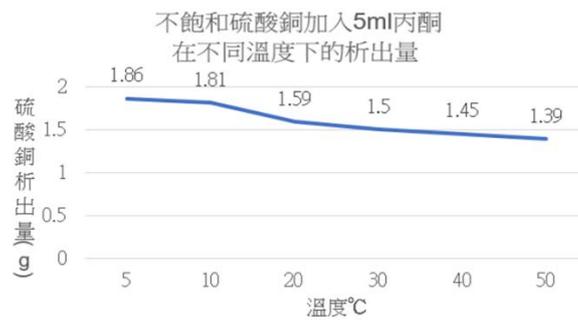


圖七十三 圖七十四 圖七十五 圖七十六 圖七十七 圖七十八

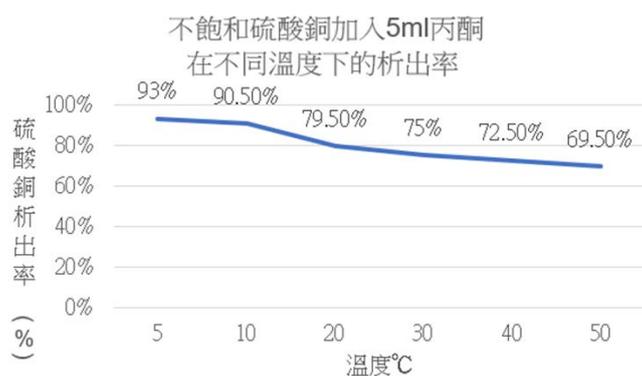
圖七十三 在 5°C 時、圖七十四 在 10°C 時、圖七十五 在 20°C 時、圖七十六 在 30°C 時、  
圖七十七 在 40°C 時、圖七十八 在 50°C 時

溫度	析出量	析出率
5 度	1.86	93%
10 度	1.81	90.5%
20 度	1.59	79.5%
30 度	1.50	75%
40 度	1.45	72.5%
50 度	1.39	69.5%

圖七十九 不同溫度加 5ml 丙酮對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表



圖八十 不同溫度加 5ml 丙酮對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖八十一 不同溫度加 5ml 丙酮對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

我們發現在固定有機溶劑改變溫度時，溫度越高析出率也會跟著下降，並且加入丙酮的在  $50^\circ\text{C}$  時更有明顯的變化，析出率只剩下 70% 左右，但是如果繼續提升溫度到  $56^\circ\text{C}$  時，實驗數據就會開始不準確，因為丙酮的沸點約在  $56^\circ\text{C}$ 。

### 七、再次利用濾液的鹽類析出情形

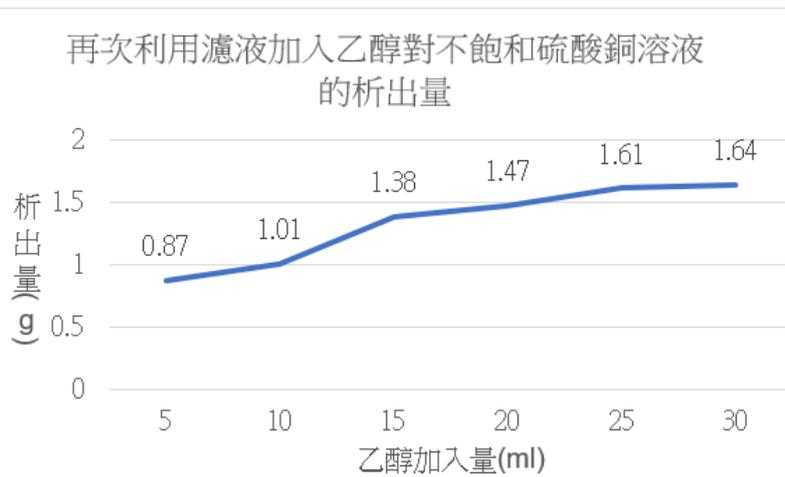


圖八十二 圖八十三 圖八十四 圖八十五 圖八十六 圖八十七

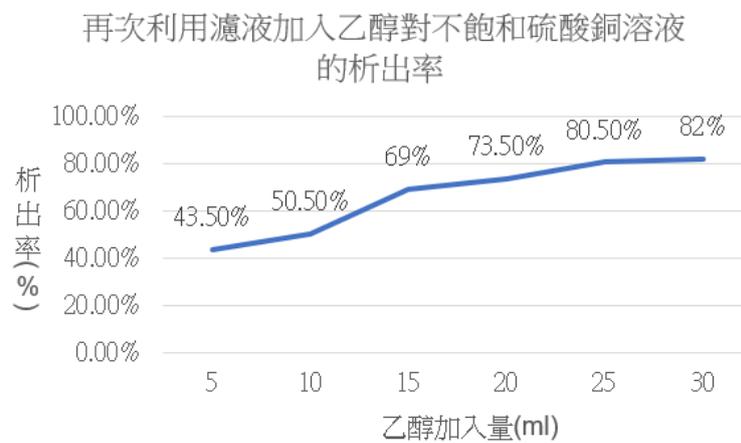
圖八十二 加入 5ml 乙醇、圖八十三 加入 10ml 乙醇、圖八十四 加入 15ml 乙醇、  
圖八十五 加入 20ml 乙醇、圖八十六 加入 25ml 乙醇、圖八十七 加入 30ml 乙醇

乙醇加入量	析出量	析出率
5ml	0.87	43.5%
10ml	1.01	50.5%
15ml	1.38	69%
20ml	1.47	73.5%
25ml	1.61	80.5%
30ml	1.64	82%

圖八十八 再次利用濾液加入乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量(率)數據表



圖八十九 再次利用濾液加入乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出量關係圖



圖九十 再次利用濾液加入乙醇對不飽和  $\text{CuSO}_4$  的析出率關係圖

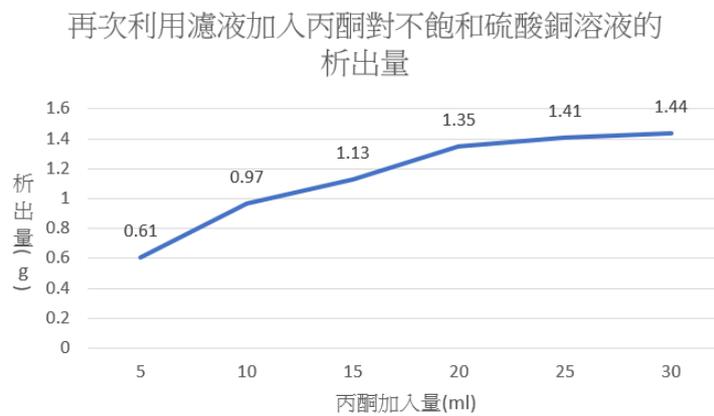


圖九十一 圖九十二 圖九十三 圖九十四 圖九十五 圖九十六

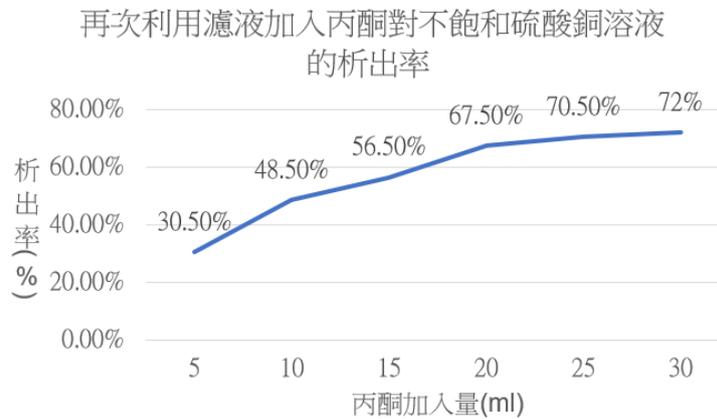
圖九十一 加入 5ml 丙酮、圖九十二 加入 10ml 丙酮、圖九十三 加入 15ml 丙酮、  
圖九十四 加入 20ml 丙酮、圖九十五 加入 25ml 丙酮、圖九十六 加入 30ml 丙酮

丙酮加入量	析出量	析出率
5ml	0.61	30.5%
10ml	0.97	48.5%
15ml	1.13	56.5%
20ml	1.35	67.5%
25ml	1.41	70.5%
30ml	1.44	72%

圖九十七 再次利用濾液加入丙酮對不飽和 CuSO<sub>4</sub>的析出量(率)數據表



圖九十八 再次利用濾液加入丙酮對不飽和 CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖



圖九十九 再次利用濾液加入丙酮對不飽和 CuSO<sub>4</sub>的析出率關係圖

雖然析出的濾液能夠再次的使用，但是它的析出量，卻已經比不上第一次使用的有機溶劑析出的量，使用再次使用的濾液，它的析出率在加入丙酮 30ml 時只剩 72%，而加入乙醇 30ml 只剩 82%。

## 伍、討論

一、從圖三 圖十七 圖五十二 圖六十六所知，乙醇析出量大於丙酮，推論是因為醇類的極性大於酮類的極性。OH 基為高度極化的共價鍵，與水有氫鍵作用力，且丙酮碳數較多使非極性部分增加，導致析出量降低。

二、有機溶劑(乙醇、丙酮)加入量與析出率皆呈現正相關，在進行飽和硫酸銅時，乙醇的析出量多於丙酮，且乙醇在加入 30ml 時析出率約為 98%。而在進行不飽和硫酸銅時，乙醇的析出量也多於丙酮，且乙醇在加入 30ml 時析出率為 96%。

三、在實驗得到的情形與我們查詢的溶劑資料對比後發現到，最適用的(析出率最高)溶劑，必須符合以下條件：

(一)與水可以任意比例混合

(二)不可與水有化學反應，或與析出物產生化學反應

(三)極性要越低越好

(四)擁有較少的碳數

我們認為的原因:我們認為溶劑會和水之間產生氫鍵，進而降低水的極性，導致可以溶解溶質的水減少，並且溶質對於此溶劑溶解度低，無法代替水溶解溶質，而最後使溶質析出。

四、從圖四十一 圖四十二 圖四十七所知，利用酸性或鹼性物質時，都會讓實驗多了一些不可控的因素，像是:

(一)加入硫酸時，雖然硫酸能夠析出硫酸銅，但伴隨著也需要考慮具有強脫水性的硫酸混合液，要如何處理。

(二)加入鹽酸時，雖然它本身沒有危險的脫水性，但是它根本無法將硫酸銅析出。

(三)加入氫氧化鈉時，能夠析出硫酸銅卻也會有氫氧化銅，是因為 OH 基也有機會將銅離子合成氫氧化銅，使之後處理會更麻煩。

五、從圖二十五 圖三十四 圖七十 圖七十九得知，當溫度逐漸升高時，硫酸銅的析出率會跟著下降，推論是因為在不超過溶劑沸點時，溫度升高，溶液中的分子動能也變得越高，代表溶液能夠溶的物質也會變得更多，也代表硫酸銅的析出量也會降低，而有了這樣的情形。

六、從圖八十八 圖九十七得知，再次使用濾液的確也能夠讓硫酸銅再次析出，但是隨著再次使用的次數增加，也會使的析出量逐漸變得更低。因為每重複利用一次濾液，會使的有機溶液的濃度變低，但這樣的方式應該也是可以使用的，能夠讓銅離子濃度降低。

七、在做了這麼多種不同的變因後，對於能夠使用到生活中工業廢水回收的方式，我們認為能夠使用乙醇做為有機溶劑，來析出硫酸銅，在 10ml 不飽和硫酸銅溶液中加入 30ml 乙醇析出率能達到 96%，並且再次使用過濾出來的濾液能達到 82%的析出率，在 10ml 飽和硫酸銅溶液中加入 30ml 乙醇析出率則是能達到 97.8%，可以把廢水中的銅離子濃度大幅地降低，進而降低對於環境的污染。

## 陸、結論

一、結論:我們發現了在溫度、不同劑量、再次使用濾液、兩者有機溶劑皆加入、或加入酸鹼物，都可以使硫酸銅析出。在低溫、溶劑量多的條件下，析出量較好。而在再次使用濾液中，雖然能達到環保的目的，但析出效果較差。

二、未來展望:根據這些研究的結果，希望在未來可以找到比乙醇還要有效的極性溶液，使析出更有效、方便、便宜。我們也希望能透過這些研究的結果，應用在:

(一)可以用極性溶液來檢測河川銅離子的濃度。

(二)可以利用析出的特性，使實驗室的硫酸銅廢液再利用，不必再把大量廢液都丟到收集箱中，為實驗室省下買化學藥品的困擾。

(三)析出工業廢水中的銅離子上，進而改善工業排放廢水的環境問題，取代電鍍法或是調整 pH 值的方法，讓原本濃度較高的硫酸銅廢液使用之後，銅離子的濃度降低進而達到降低環境污染的效用。

## 柒、參考文獻資料

- 一、郭修甫 2013 科學 online: <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=48196>
- 二、林秀蓁 陳藹然 2010 科學 online:  
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%E6%BA%B6%E8%A7%A3%E5%BA%A6>
- 三、簡禎彥等。中華民國第二十七屆全國中小學科展作品集溶劑介電常數對混合物分離效果之探討
- 四、高宏昌等。中華民國第五十六屆全國中小學科展作品溶劑綠色化學-重金屬化合物回收
- 五、蔡易州等。選修化學Ⅱ—物質構造與反應速率第一冊
- 六、方資舜等。全國高級中等學校小論文寫作比賽 1050331 梯次:工廠重金屬的危害及處理

## 【評語】 052604

- 一、 本作品探討乙醇與丙酮加入硫酸銅溶液中析出硫酸銅的效率，探討不同溶劑量、不同溫度、加酸或鹼等之影響。
- 二、 本研究在解決目前工業上常用硫酸銅廢液的處理達到循環經濟的目的，具有環境保護及資源循環的意義。本研究利用不同濃度的乙醇及丙酮，加入硫酸銅溶液中析出硫酸銅。研究發現乙醇在低溫下析出硫酸銅的量最多，較丙酮表現佳，且乙醇對環境造成的傷害較低。針對環保、資源再利用與廢棄物回收領域，改善化學工業排放廢液的環境污染問題。
- 三、 研究之出發點是回收硫酸銅廢液，但作品均以試劑調配硫酸銅溶液進行實驗，對國內的硫酸銅廢液狀況、濃度、及相關的雜質因子存在問題，未彙整資料與進行相關的試驗，因此在強化文獻回顧與研究設計上可再加強。
- 四、 請說明每個實驗是幾次重複，並標明其標準偏差，較能顯現實驗結果的再現性，然而請說明本研究限制及干擾條件。實驗結果同時以圖說及表列重複呈現。建議可以將數據與圖說呈現並能精準說明在不同的乙醇、丙酮添加量，其硫酸銅析

出量的比較，以圖呈現並用文字說明具體實驗結果，佐以統計實證結果，以呈現本研究結論。

五、研究結論提出可以用極性溶液來檢測河川銅離子的濃度，建議可更精確說明極性溶液能檢測河川銅離子的濃度偵測極限值。

## 作品簡報

# 硫酸銅廢液的回收探討

科 別：環境學科

組 別：高級中等學校組

# 摘要

廢液的回收是近年來熱門的研究課題，又因為有機溶液能使離子化合物析出，所以我們利用此特性來討論其析出的情形。

研究探討有機溶劑(乙醇及丙酮)在不同的劑量、不同溫度、不同酸鹼物、使用兩種溶劑、和濾液再次使用的情形下，加入到硫酸銅溶液中析出硫酸銅，並找出析出率最好的數據，再進行不同變因的改變，來找出析出效果最佳的實驗數據。

其中我們觀察到在使用的溶劑中，乙醇在低溫下析出硫酸銅的量會最多，較丙酮佳，且乙醇對環境造成的傷害也較低。

# 前言

## 研究動機

工業廢水污染的水源會造成了不可逆的結果，我們希望能透過科學的方式，把汗水的毒性和污染程度降低，正好組員的親戚是從事相關的环境工程企業，得知含有硫酸銅的廢液也是他們的污染物之一，在我們經過討論後，決定以不同的溫度、不同有機溶劑的量和不同的酸鹼物去討論對於硫酸銅的析出量。

## 研究目的

工廠排放廢水所造成的污染是長年沒有根治的問題，我們希望能使其中對環境造成污染的廢物析出，達到低耗能且友善環境的目的。而我們使用了丙酮及乙醇做為溶劑，尋找出在不同溶劑、溫度、酸鹼物下，哪種方法能最接近我們希望達到的目標。

# 研究設備及器材

# 研究方法與過程

## 一、實驗藥品：

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{HCl}$

## 二、實驗器具：

燒杯、錐形瓶、鋁箔紙、漏斗、刮勺、濾紙、秤紙、滴管、玻璃棒、量筒、溫度計、培養皿、電子秤、玻璃瓶

## 研究方法與過程

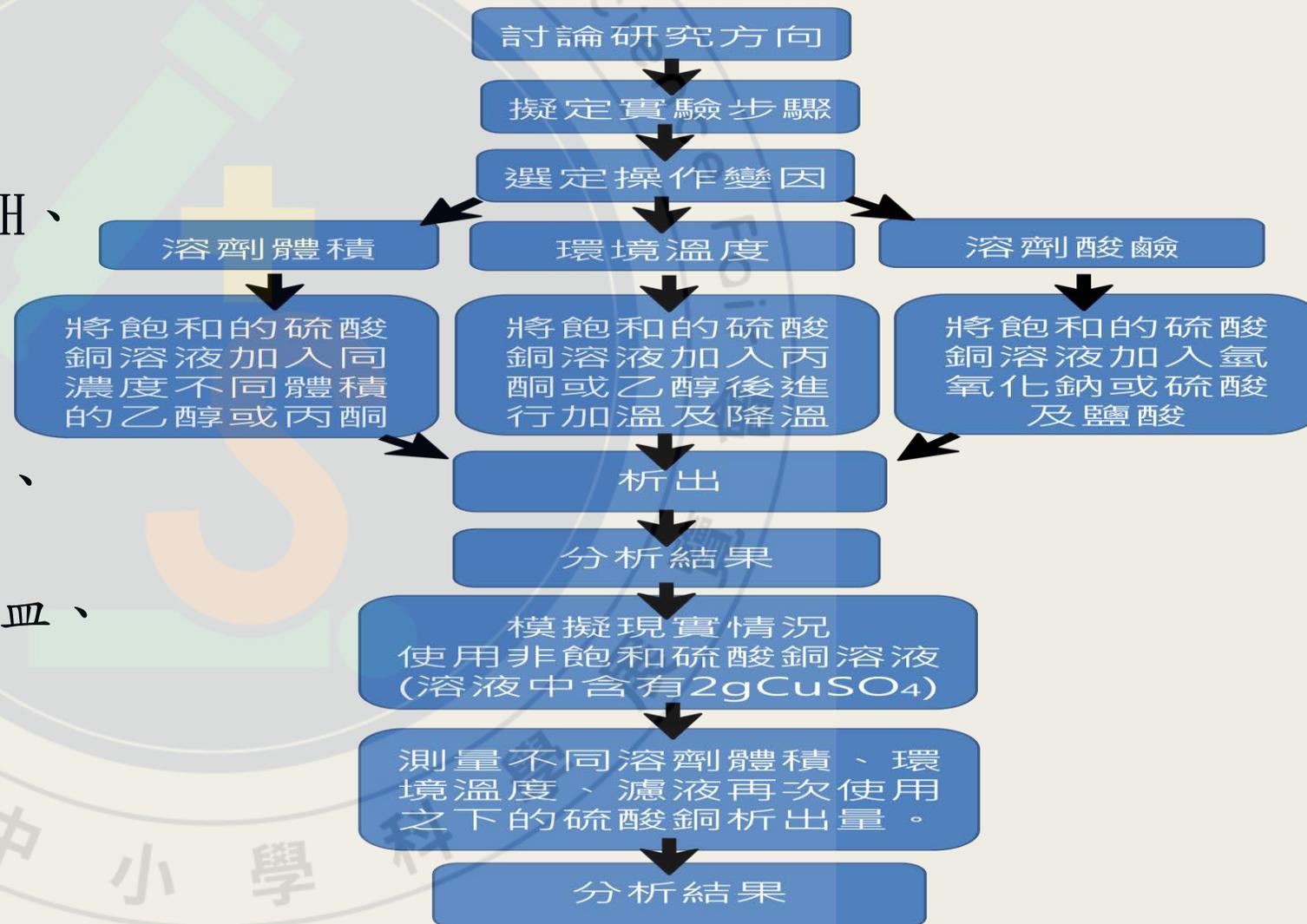


圖1 實驗步驟

# 研究結果

## 一、不同有機溶劑的鹽類析出情形

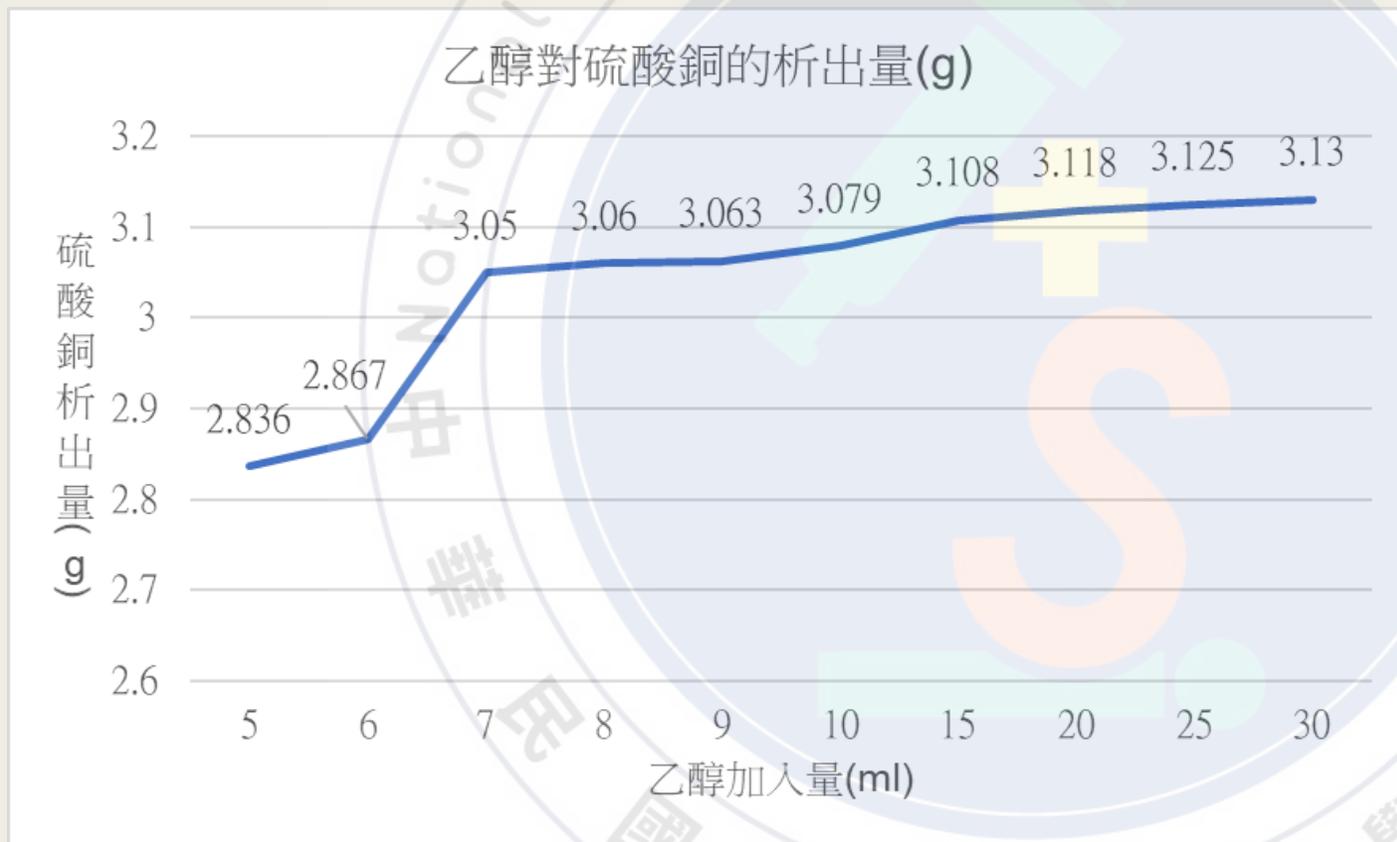


圖2 乙醇對飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

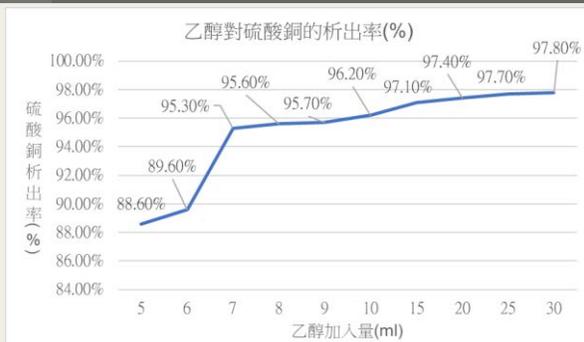


圖3

乙醇對飽和CuSO<sub>4</sub>的析出率關係圖

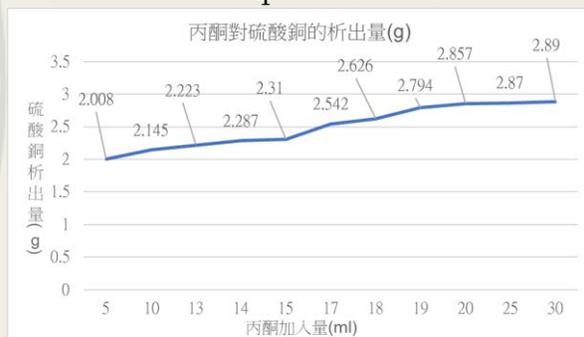


圖4

丙酮對飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

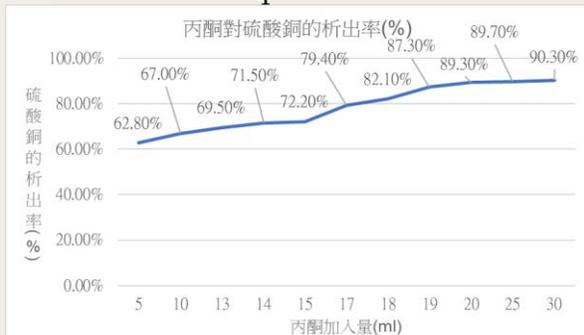


圖5

丙酮對飽和CuSO<sub>4</sub>的析出率關係圖

## 二、固定一種有機溶劑計量加入不同劑量的有機溶劑的鹽類析出情形

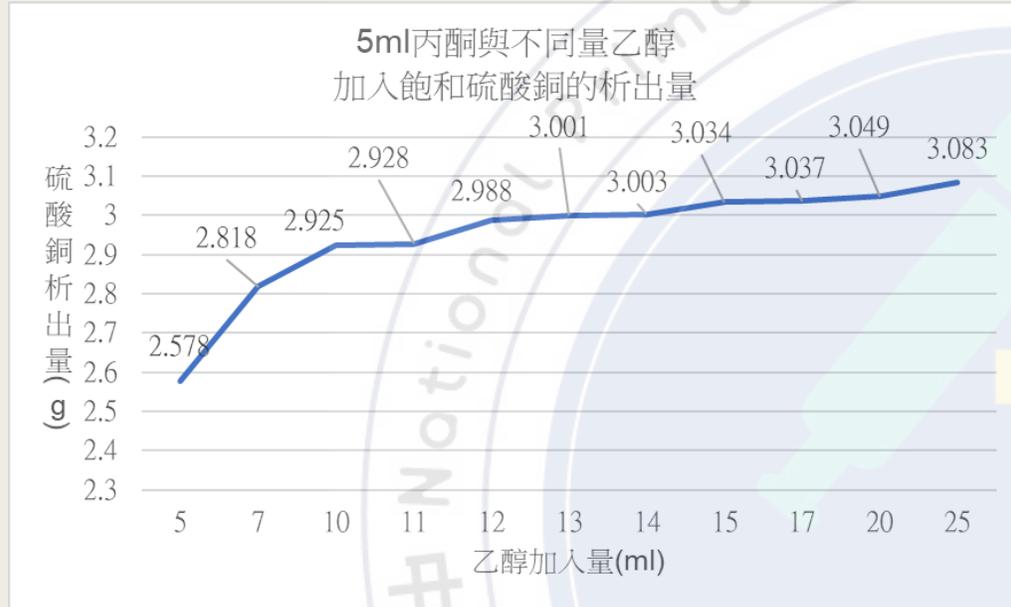


圖6 5ml丙酮與不同量乙醇加入飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

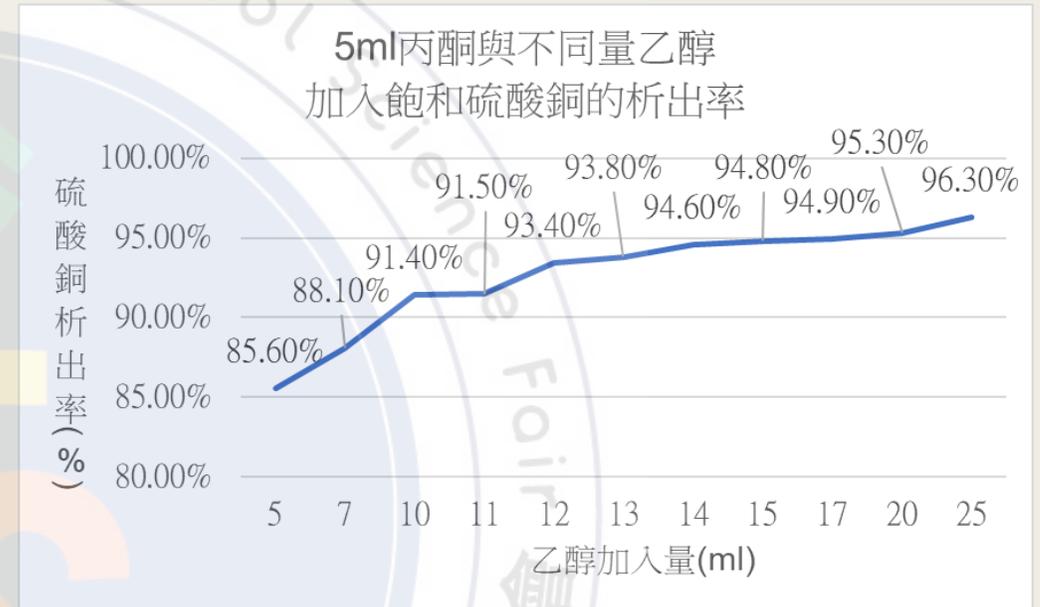


圖7 5ml丙酮與不同量乙醇加入飽和CuSO<sub>4</sub>的析出率關係圖

從這個實驗中發現，固定丙酮劑量加入不同劑量的乙醇的時候，皆有析出的現象，而在加入乙醇25ml的時候，析出率最高大約可達96%左右，但卻比不上單純加入乙醇的析出量，約為98%。

### 三、不同溫度的鹽類析出情形

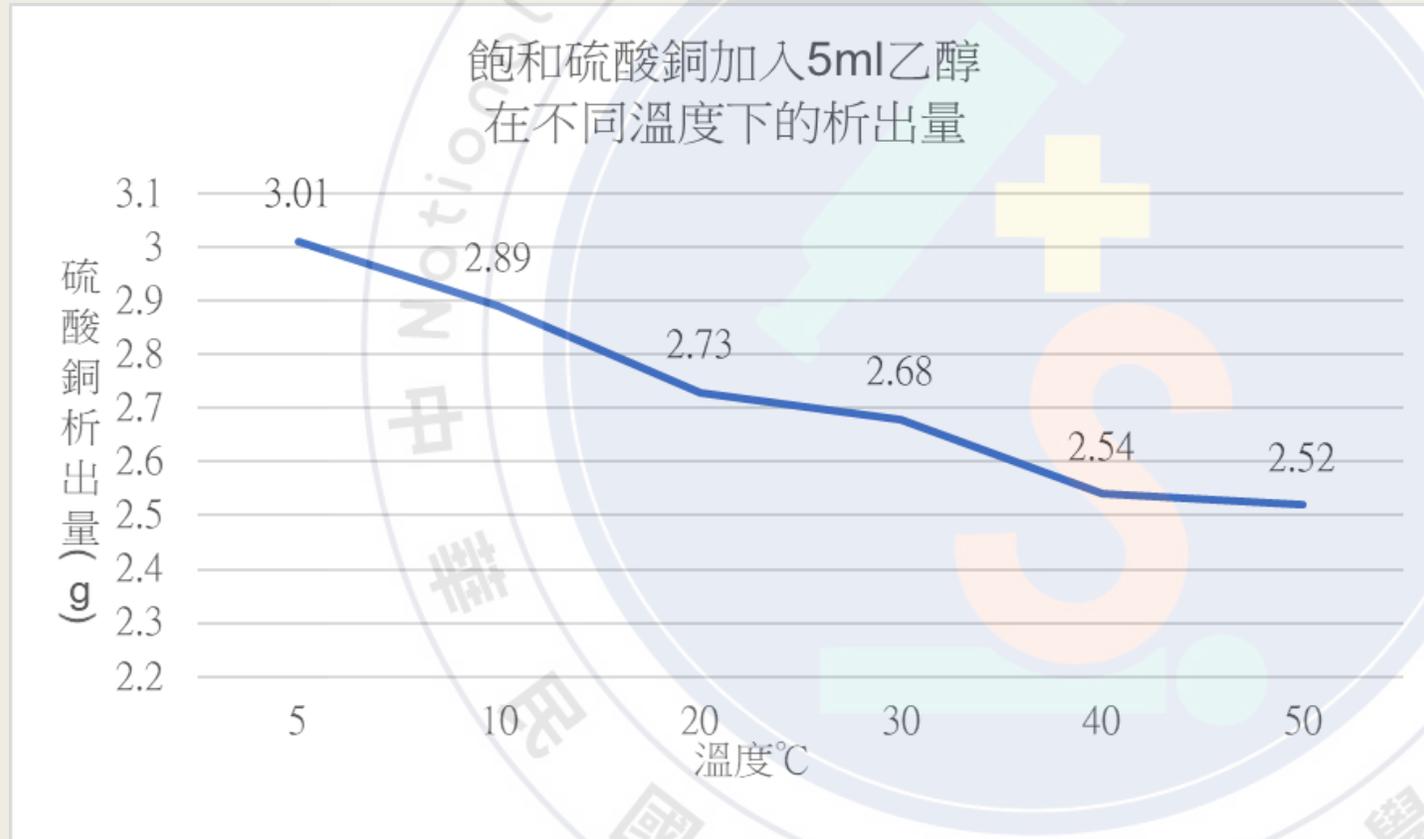


圖8 不同溫度加5ml乙醇對飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

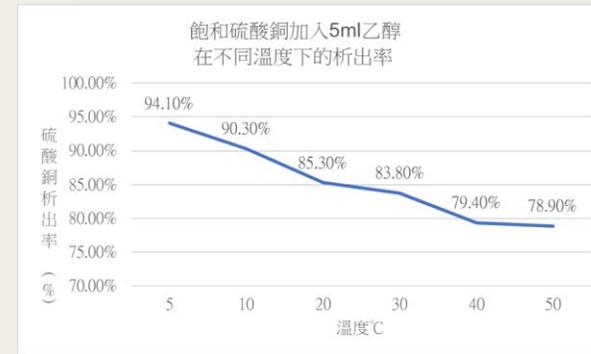


圖9  
不同溫度加5ml乙醇  
對飽和CuSO<sub>4</sub>的析出率關係圖

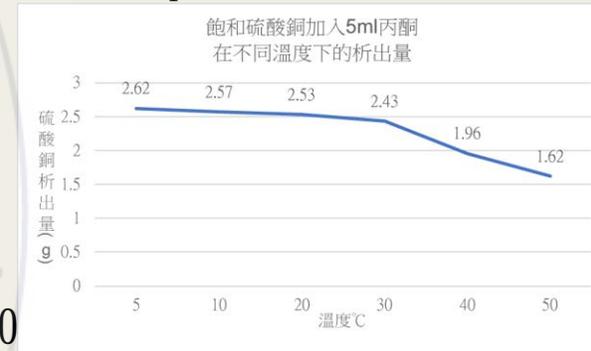


圖10  
不同溫度加5ml丙酮  
對飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

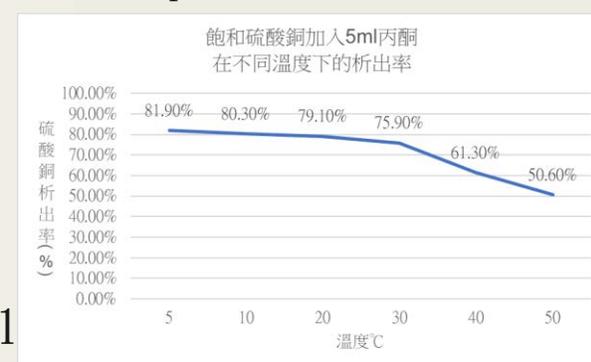


圖11  
不同溫度加5ml  
丙酮對飽和CuSO<sub>4</sub>的析出率關係圖

#### 四、不同酸鹼物的鹽類析出情形



圖12



圖13



圖14



圖15



圖16



圖17

加入5ml的硫酸 加入10ml的硫酸 加入5ml的鹽酸 加入10ml的鹽酸 加入1M的氫氧化鈉5ml 加入1M的氫氧化鈉10ml



圖18 加入氫氧化鈉的析出物

而利用鹼性物質如： $\text{NaOH}$ 時，在析出的物質中往往都不單純的只含有 $\text{CuSO}_4$ ，如圖18中，析出的物質除了 $\text{CuSO}_4$ 還有 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 等不確定劑量的物質，雖然這種加入 $\text{NaOH}$ 的方法類似是現在工廠使用：調整pH值的方法，但之後在處理 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 時也需要另外處理。

但是為了能接近與現實生活中的硫酸銅廢液的情況，我們也做了對於不飽和的硫酸銅水溶液在不同有機溶劑、不同溫度、濾液再次使用的方式來達到更加接近現實的情形。

## 五、不同有機溶劑的鹽類析出情形



圖19 乙醇對不飽和CuSO<sub>4</sub>析出量關係圖

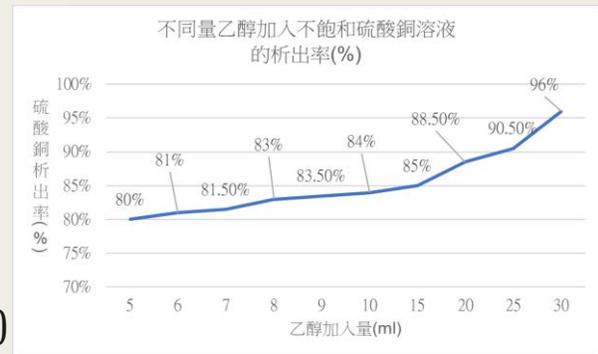


圖20

乙醇對不飽和CuSO<sub>4</sub>析出率關係圖

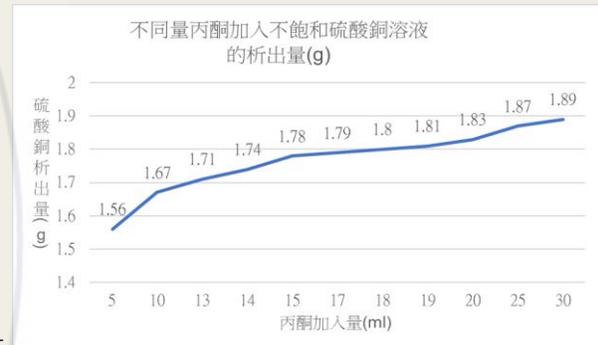


圖21

丙酮對不飽和CuSO<sub>4</sub>析出量關係圖

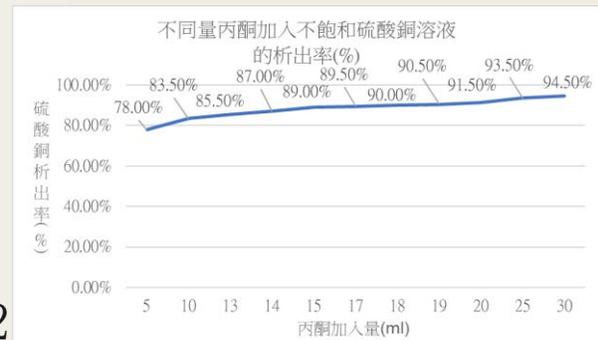


圖22

丙酮對不飽和CuSO<sub>4</sub>析出率關係圖

## 六、不同溫度的鹽類析出情形



圖23

不同溫度加5ml乙醇對不飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

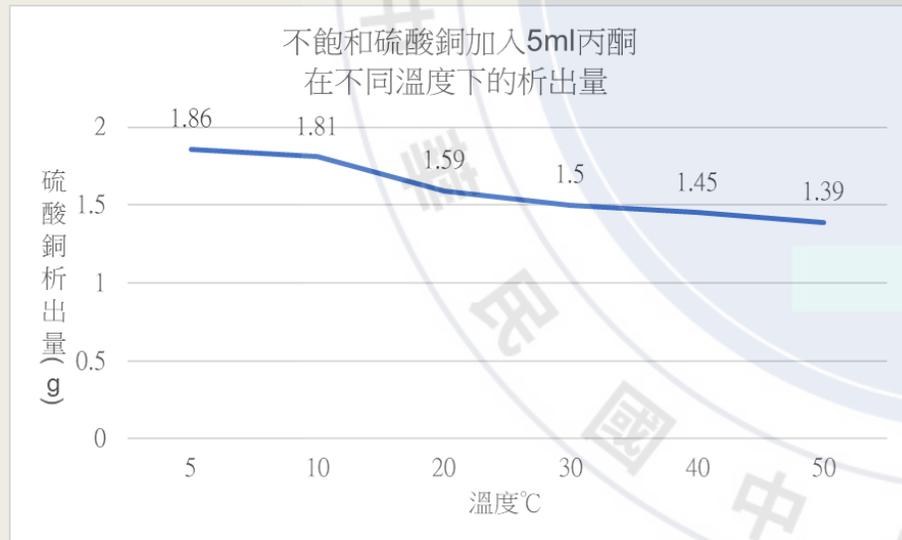


圖25

不同溫度加5ml丙酮對不飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

## 七、再次利用濾液的鹽類析出情形



圖24

再次利用濾液加入乙醇對不飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

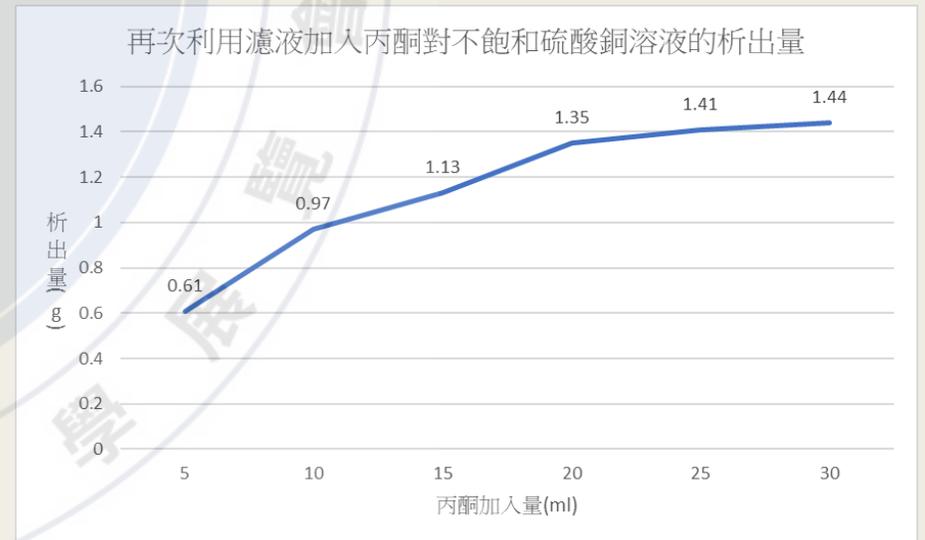


圖26

再次利用濾液加入丙酮對不飽和CuSO<sub>4</sub>的析出量關係圖

# 討論

1. 有機溶液對硫酸銅廢液的析出表現：發現乙醇析出量大於丙酮
2. 最適用的(析出率最高)溶劑的重要條件：共四點重要條件
  - (一)與水可以任意比例混合
  - (二)不可與水有化學反應，或與析出物產生化學反應
  - (三)極性要越高越好
  - (四)擁有較少的碳數
3. 酸鹼物對硫酸銅廢液的析出表現：發現利用酸性或鹼性物質時，都會讓實驗多了一些不可控的因素
4. 溫度變化對硫酸銅廢液的析出表現：發現當溫度逐漸升高時，硫酸銅的析出率會跟著下降
5. 再次使用濾液的表現：發現在10ml不飽和硫酸銅溶液中加入30ml乙醇析出率能達到96%，並且再次使用過濾出來的濾液能達到82%的析出率

# 結論與未來展望

# 參考文獻資料

## 一、結論：

我們發現了在溫度、不同劑量、再次使用濾液、兩者有機溶劑皆加入、或加入酸鹼物，都可使硫酸銅析出。在低溫、溶劑量多的條件下，析出量較好。而在再次使用濾液中，雖能達到環保的目的，但效果較差。

## 二、未來展望：

我們希望能透過這些研究的結果，應用在：

- (一)可以用極性溶液來檢測河川銅離子的濃度。
- (二)可以利用析出的特性，使實驗室的硫酸銅廢液再利用，不必再把大量廢液都丟到收集箱中，為實驗室省下買化學藥品的困擾。
- (三)析出工業廢水中的銅離子上，進而改善工業排放廢水的環境問題，讓原本濃度較高的硫酸銅廢液濃度降低進而達到降低環境污染的效用。

- 一、郭修甫 2013科學online
- 二、林秀蓁 陳藹然 2010科學online
- 三、簡禎彥等。中華民國第二十七屆全國中小學科展作品集溶劑介電常數對混合物分離效果之探討
- 四、高宏昌等。中華民國第五十六屆全國中小學科展作品溶劑綠色化學-重金屬化合物回收
- 五、蔡易州等。選修化學II—物質構造與反應速率第一冊
- 六、方資舜等。全國高級中等學校小論文寫作比賽1050331梯次：工廠重金屬的危害及處理