

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂作品舉例】

高中職組 成果報告表單

題目名稱：銅的返璞歸真-銅的循環與回收

摘要：

本研究旨在探討原子不滅的概念，以日常中常見的銅金屬循環為例。銅是電子產品、電線及多種常用合金的材料，地球上銅的含量有限，如何將資源重複利用成了一大課題。工業上回收銅常用硝酸與銅反應，但硝酸具腐蝕性且與銅反應，會產生一氧化氮與二氧化氮等有毒氣體，可能危害環境與自然生物。因此我們試著使用生活中常見的雙氧水、醋酸等作為實驗的材料，符合綠色化學低毒、安全的原則。藉由一系列氧化還原、沉澱、酸鹼中和等反應來將銅再次回收，並計算其回收率。經由實驗結果發現，將銅回收並非一件難事。回收率雖不及工業上的水準，但整體來說算是十分出色的。適合一般民眾去嘗試，回收電子產品上的銅，達到資源再生、永續發展的效益，同時也能夠理解原子不滅的概念。

探究題目與動機

電子產品是 21 世紀人人不可或缺的產品，而高使用率意味著高汰換率，大量的電子廢料更代表著大量金屬的使用。地球的資源是有限的，大量的電子廢料未被回收，為了永續經營及資源再生，我們試著找出如何能將電子廢料中的金屬以高回收率及低毒害的方式回收回來，為資源永續及再生盡一份心力。我們設計利用銅粉經過一系列反應，最後再次析出銅金屬，來探討銅回收方法之回收率及可行性。

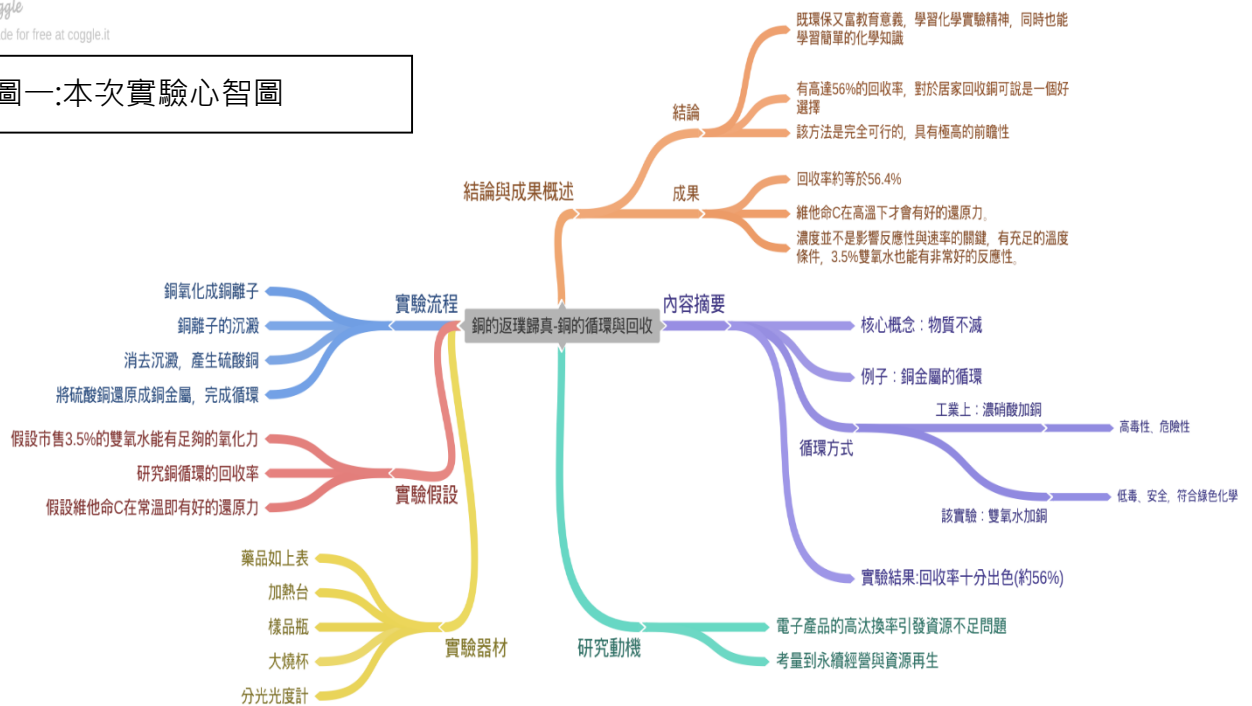
探究目的與假設

1. 研究銅循環之回收率以探討其可行性。
2. 假設維他命 C 在常溫即具有良好的還原力，可將銅金屬還原出來。
3. 研究市售雙氧水 (3.5%) 作為氧化劑，是否能將銅金屬氧化成立離子態。
4. 為加快氧化銅為銅離子之反應速率，提高醋酸濃度由市售的 5% 為 50%

藥品化學式	$\text{Cu}_{(s)}$	$\text{H}_2\text{O}_2_{(aq)}$	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$	$\text{NaOH}_{(aq)}$	$\text{H}_2\text{SO}_4_{(aq)}$	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6_{(s)}$
取量 或 溶液量	0.2g	10ml	3ml	適量	適量	1g
濃度		3.5%	50%	4M	6M	
用途	實驗主角	氧化劑，用以氧化銅為銅離子	提供酸性環境，提高雙氧水氧化力	使銅離子產生沉澱物且將過量醋酸中和	將氧化銅溶解成硫酸銅，使溶液澄清	還原劑，把硫酸銅還原成銅金屬析出

*註： $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 為維他命 C 的分子式

圖一:本次實驗心智圖



實驗流程及探究

一、溶液及藥品事前配置

1. 如上表配置溶液足量
2. 將 0.2g 銅粉置入樣品瓶
3. 將 200ml 水加入 1000ml 大燒杯，並加熱至 70°C

二、實驗部分

第一階段—銅氧化成銅離子

1. 將 50% $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 3ml 加入樣品瓶中，並均勻搖晃
2. 慢慢加入 3.5% $\text{H}_2\text{O}_2_{(aq)}$ ，一次一滴管量（3ml），用滴管直接滴在銅粉上，產生氣泡
3. 放入燒杯中隔水加熱至反應幾乎不發生（加入 $\text{H}_2\text{O}_2_{(aq)}$ 後，僅少量氣泡產生）
4. 產生藍色的 Cu^{2+} 與 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$ 混合溶液

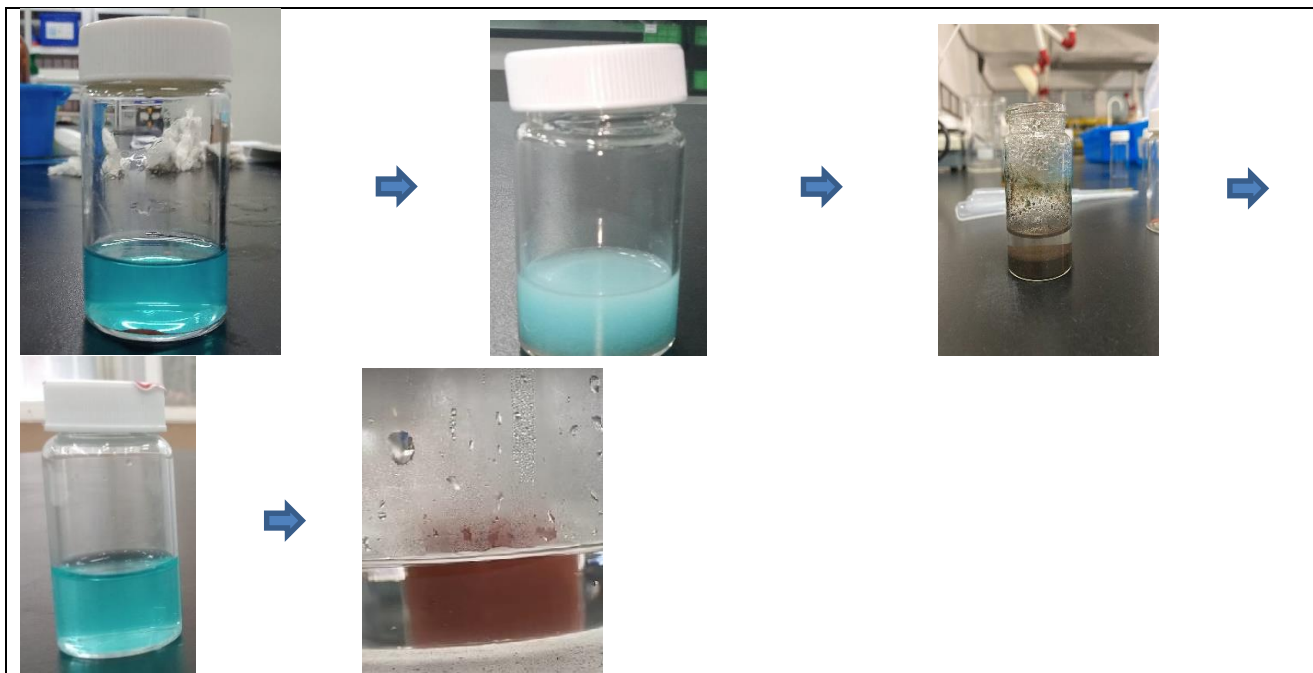
第二階段—銅離子的沉澱

1. 將上方的藍色溶液吸出放入另一樣品瓶，避免未反應的銅粉造成實驗誤差。
2. 慢慢加入 4M $\text{NaOH}_{(aq)}$ ，一次加入半滴管量（1.5ml）
3. 待藍色沉澱完全出現，將整瓶放入燒杯隔水加熱，使 $\text{Cu}(\text{OH})_2_{(s)}$ 脫水變成黑色的 $\text{CuO}_{(s)}$

第三階段—消去沉澱，產生硫酸銅

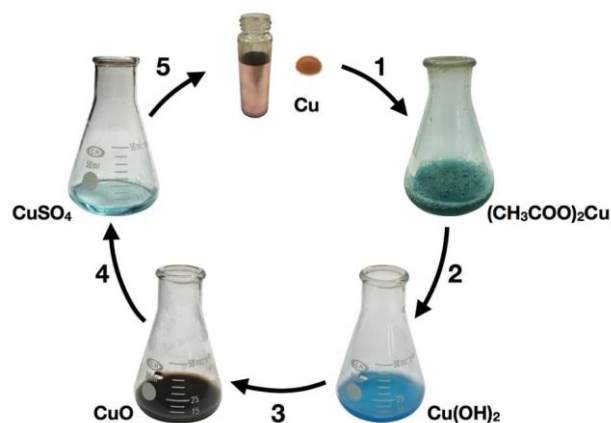
1. 待黑色沉澱反應完成，以滴管取出澄清液，提高回收率
2. 慢慢加入 6M $\text{H}_2\text{SO}_4_{(aq)}$ 一次半滴管量（1.5ml），待 $\text{CuO}_{(s)}$ 沉澱物逐漸減少，直至 $\text{CuO}_{(s)}$ 完全消失變為淡藍色 $\text{CuSO}_4_{(aq)}$

*註：在加入 $\text{NaOH}_{(aq)}$ 的步驟後，第一階段的 $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 會被中和，不影響後續反應



第四階段—將硫酸銅還原成銅金屬，完成循環

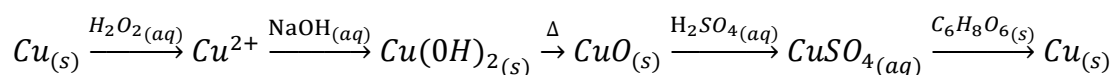
1. 使用分光光度計測量澄清 $CuSO_4(aq)$ 的吸收度，記為 A_1
2. 加入維他命 C ($C_6H_8O_6(s)$)，並將實驗分成甲乙兩組：
甲：使用常溫讓溶液慢慢反應，靜置 10 分鐘
乙：將溶液放入燒杯隔水加熱，浸泡 10 分鐘
3. 待溶液變成紅銅色，再測量一次吸收度，記為 A_2



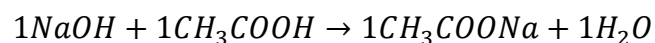
圖二:循環示意簡圖

三、實驗考量與反應式

以銅來說，主要進行下列反應



由銅出發，最後再回到銅，完成氧化還原循環，原子不滅。
而除了銅本身的反應外，溶液中還有以下酸鹼中和反應：



四、實驗結果及數據整理

(一) 概述

這次主要探究三個方向，也就是我們的三個假設

1. 研究銅循環之回收率以探討其可行性。
2. 假設維他命 C 在常溫即具有良好的還原力，可將銅金屬還原出來。
3. 研究市售雙氧水 (3.5%) 作為氧化劑，是否能將銅金屬氧化成離子態。

(二) 研究結果

研究一：研究銅循環之回收率以探討其可行性

經分光光度計測量，可以整理成下表(以 800nm 單色光照射)

$CuSO_{4(aq)}$ 吸收度(A_1)	$Cu_{(s)}$ 混合 $CuSO_{4(aq)}$ 吸收度(A_2)
1.595 Abs	0.694 Abs

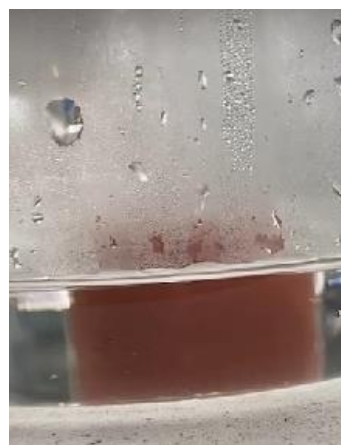
*由比爾定律： $A=\epsilon bc$ ，吸收度(A)正比於濃度，而吸收度減少比率就代表著銅析出比率
即： $A\% = (|A_1 - A_2|/A_1) * 100\%$ ；A%約等於 56.4%

研究二：維他命 C 在常溫即具有良好的還原力

在放置相同時間後，我們發現甲乙兩組的色澤完全不同，乙的反應性跟產物相較於甲多上非常多，因此，我們認為我們的假設不成立，即維他命 C($C_6H_8O_6$)在高溫下才會有好的還原力。



甲:溶液靜置



乙：浸泡 70°C 熱水

研究三：研究市售雙氧水 (3.5%) 作為氧化劑，是否能將銅金屬氧化成離子態。

經過比較，3.5%雙氧水與 35%雙氧水差別僅在「是否浸泡熱水」，在相同銅粉量，相同溶液量下，有浸泡熱水隔水加熱的 3.5% $H_2O_{2(aq)}$ 反應速率幾乎跟 35% $H_2O_{2(aq)}$ 反應速率相同，因此，我們推論，濃度並不是影響反應性與速率的關鍵，有充足的溫度條件，3.5% $H_2O_{2(aq)}$ 也能有非常好的反應性。

結論及推廣

1. 綜合以上實驗結果，我們認為該方法是完全可行的，使用低毒性的 $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 及 $\text{H}_2\text{O}_2_{(aq)}$ 在充足的溫度條件下，也能有高達 56%的回收率，對於居家回收銅可說是一個好選擇。在工業上，銅的回收率可至 95%以上，該作法雖不及工業化回收，但該方法能同時兼顧綠色化學及資源回收再生，對於環境傷害降到最低，且該方法所用藥品簡單易取得，不須有很大的成本消耗。
2. 該實驗同時也能教育民眾了解原子不滅的概念，對環境友善也能學習，不失為一好方法，建議民眾在家可以多嘗試，既環保又富教育意義。
3. 該實驗涉及高中化學常見反應，如酸鹼中和、氧化還原、沉澱反應、脫水反應等，且該實驗本身低危險，適合民眾多多實驗，學習化學實驗精神，同時也能學習簡單的化學知識。

參考資料

Lambert-Beer's Law - 朗伯－比爾定律 - 國家教育研究院雙語詞彙 檢索日期：2021 年 4 月 5 日

<https://terms.naer.edu.tw/detail/1318284/>

工業廢棄物清理與資源化資訊網-含銅污泥資源化技術- (三) 酸提氧化還原法 檢索日期：2021 年 4 月 5 日

<https://riw.tgpf.org.tw/Tech/more?id=3>

天下雜誌-高科技廢棄物有解！衛司特神奇「液中求銅」術，台積電愛到拍片宣傳 檢索日期：2021 年 4 月 4 日

<https://www.cw.com.tw/article/5100726>