

「鋅」姑娘—「泡」而紅

國中組化學科第三名

高雄市立壽山國民中學

作者：吳俊傑、林慧蓉
顏志樺、林晉生
指導教師：藍玉山、王淑華

一、研究動機

自國中理化課本第一冊第六章「熱和化學變化」的實驗裏，硫酸銅溶液加鋅粉產生了銅，但反應產生的銅是近似咖啡色，與平日觀念中的「紅銅」大不相同，於是我們便請問老師，是否我們實驗方法或材料出了問題否則怎會產生咖啡色的銅呢？老師說：「懷疑加假設與求證，便為解惑石。」所以我們幾人便開始以假設與實驗來改進課本上的實驗。

二、研究目的

(一)探討影響「銅」生成的變因：

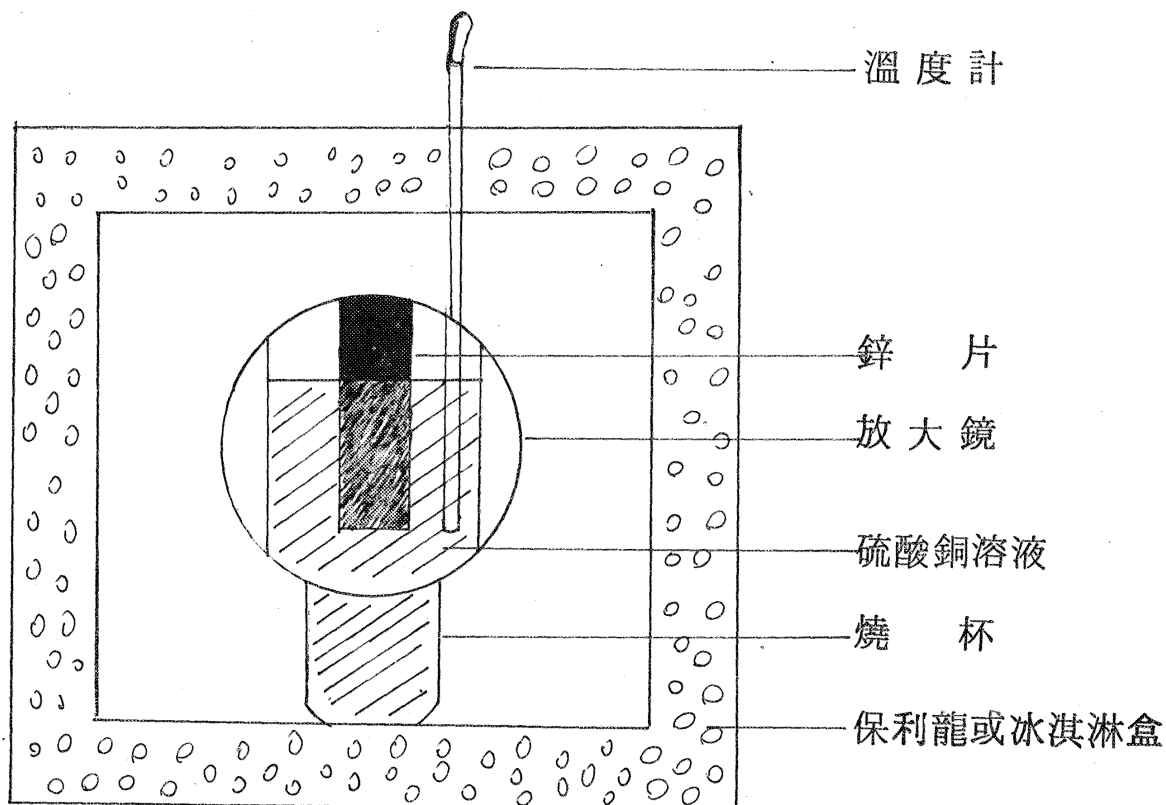
1. 硫酸銅的濃度，2. 反應時間，3. 反應時的溫度，4. 鋅片的角度，5. 鋅片上不同質料的紙，6. 反應環境的暗亮，7. 有否加磁性攪拌器，8. 在電場或磁場中，9. 硫酸銅中添加酸液或鹼液。

(二)自製絕熱及易觀察的裝置，正確測量反應產生的熱量。

三、研究設備器材

(一)硫酸銅晶體、鋅片（取代課文中的鋅粉）、鹽酸、硝酸、硫酸、硼酸、磷酸、氨水、強力磁鐵、磁性攪拌器、恆溫槽、電極板、馬錶、天平、蒸餾水、黑紙、皺紋紙、濾紙、亮光紙、壁報紙、鋁箔紙、藥品紙、量筒、秤量瓶、溫度計、量角器、玻棒、酒精燈、100ml 之燒杯 80 個。

(二) 自製測溫觀察器：



四、研究過程及結果

(實驗 1) 探討硫酸銅濃度對鋅片上銅析出的影響：

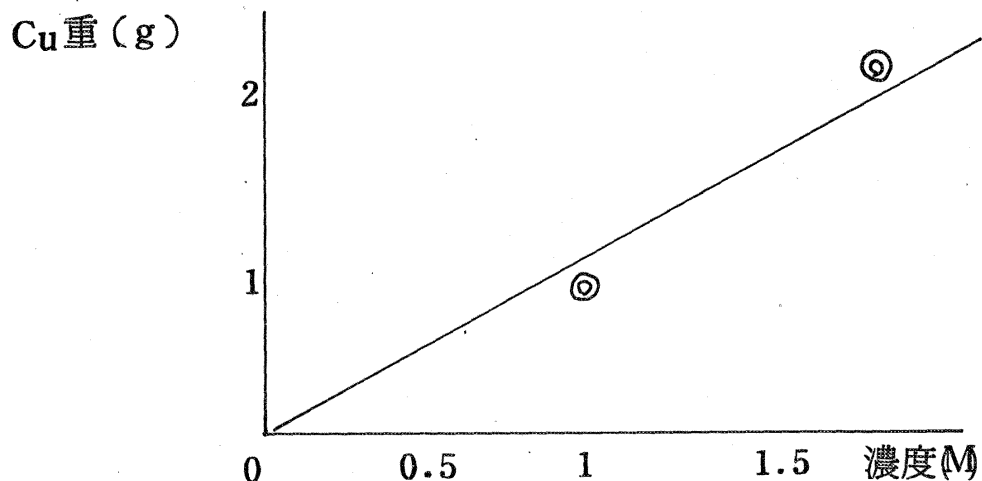
實驗步驟：

- (1) 配製六種不同濃度的硫酸銅溶液，其濃度分別為 0.01 M、0.05 M、0.1 M、0.5 M、1 M、2 M。
- (2) 每一種不同濃度的硫酸銅溶液各取 80 ml，置於燒杯內。
- (3) 取鋅片用砂紙磨亮，將鋅片同時放入六種不同濃度的硫酸銅溶液內。
- (4) 三分鐘後同時將鋅片取出，置於濾紙上，觀察其外觀，並記錄之。
- (5) 稱重，並記錄之。
- (6) 重覆操作上述實驗五次。

結果：

Zn片上Cu CuSO ₄ 之外 濃度觀	顏 色	顆 粒 大 小	附 著 情 形	排 列 方 式
0.01 M	黑 色	細小似粉末	看 不 出	看 不 出
0.05 M	黑 色	細小之顆粒	少許顆粒附 著在鋅片上	同 上
0.1 M	咖啡色	顆 粒 中 等	同 上	不規則的排列
0.5 M	暗褐色	顆 粒 中 等	多數顆粒附 著在鋅片上	同 上
1 M	紅棕色	顆粒有大有小 肉眼可見亮光	顆 粒 遍 佈 在 鋅 片 上	規則的排列
2 M	紅棕色	大顆粒肉眼 可見亮光	顆粒大都掉 落溶液內	同 上

圖 1：以CuSO₄濃度為橫座標，W平均重為縱座標作圖，其圖形如下：



分析：由結果顯示，鋅片放入 1 M CuSO₄ 及 2 M CuSO₄ 溶液內，無論顏色、顆粒、排列方式均理想，但鋅片放入 2 M CuSO₄ 溶液內，含有大量的銅掉落於溶液內，故以下實驗均採用 1 M CuSO₄ 溶液，捨去 2 M CuSO₄，以利於觀察。

(實驗 2) 研究反應時間對鋅片上銅析出的影響：

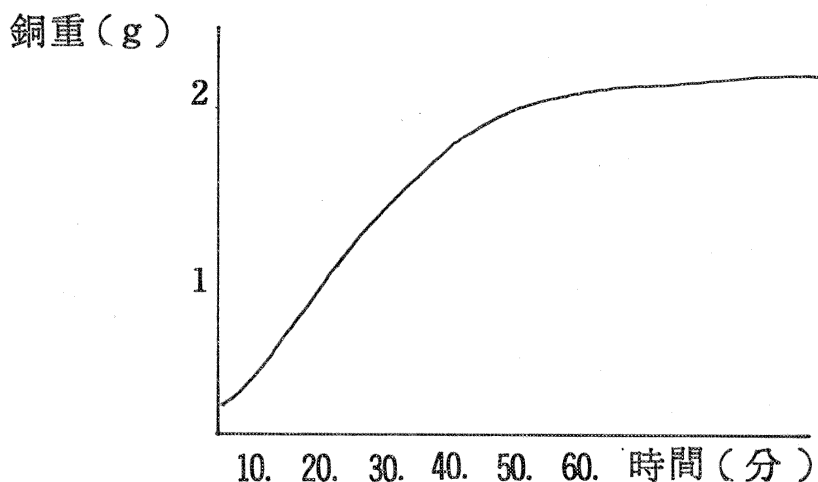
實驗步驟：

- (1) 取 7 組各 80 ml 1 M CuSO₄ 溶液，在燒杯上分別標示 A、B、C、D、E、F、G。
- (2) 用砂紙將鋅片磨亮，將鋅片一齊置入 7 組 1 M CuSO₄ 溶液內。
- (3) 1 分鐘後取出 A 組溶液內之鋅片，觀察其所析出的銅並稱重皆記錄之。
- (4) 3 分鐘後取出 B 組溶液內之鋅片，重覆步驟(3)之方法。
- (5) 5 分鐘後取出 C 組溶液內之鋅片，重覆步驟(3)之方法。
- (6) 7 分鐘後取出 D 組溶液內之鋅片，重覆步驟(3)之方法。
- (7) 10 分鐘後取出 E 組溶液內之鋅片，重覆步驟(3)之方法。
- (8) 30 分鐘後取出 F 組溶液內之鋅片，重覆步驟(3)之方法。
- (9) 60 分鐘後取出 G 組溶液內之鋅片，重覆步驟(3)之方法。
- (10) 反覆操作上述實驗五次。

結果：

時間	Zn片上Cu外觀	顏色	顆粒大小	附著情形	排列方式
1 分		黑色帶紅棕	小顆粒	顆粒均附著鋅片	不規則排列
3 分		紅棕色	同上	"	規則排列
5 分		同上	同上	"	"
7 分		同上	顆粒中等	"	"
10 分		同上	同上	顆粒少部份掉落溶液內	"
30 分		紅銅色	大顆粒	顆粒全部掉落溶液內	鋅大部份已反應完
60 分		同上	同上	同上	鋅片反應完了

圖二、以銅重為縱座標，反應時間為橫座標作圖，圖形如下：



分析：由結果顯示，時間愈久，產生銅愈重，但大部份均掉落於溶液內，無法附著，不利於觀察，所以發現應以時間 3 分鐘，利於觀察，效果最好，因此以下實驗反應時間均採 3 分鐘。

(實驗 3) 反應溫度對鋅片上銅析出的影響：

實驗步驟：

- (1) 取 6 組 1 M CuSO_4 溶液，每一組均為 80 ml 分別在燒杯上標示 A、B、C、D、E、F。
- (2) 鋅片經砂紙磨亮，6 組 CuSO_4 溶液再依次放入 0°C 、 10°C 、 20°C 、 30°C 、 40°C 、 60°C 的恒溫槽內。
- (3) 再把鋅片放入溶液內，3 分鐘後取出觀察並記錄之。

結果：

Zn 片上 Cu 之 外觀	溫度	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	60°C
顏色		暗褐色但中間為黑色	暗褐色	褐色	紅棕色	亮紅棕色	亮紅棕色
顆粒大小		顆粒細小	顆粒細小	顆粒中等	顆粒粗大	顆粒粗大	顆粒粗大
附著情形		易附著於鋅片	易附著於鋅片	易附著於鋅片	易附著於鋅片	易附著於鋅片	不易附著大部份掉落溶液中
排列方式		片狀規則排列	片狀規則排列	片狀規則排列	片狀規則排列	片狀規則排列	片狀不規則排列

分析：經比較我們發現溫度維持在 40°C 鋅片上析出的銅最理想，因此以下之實驗，溫度均維持 40°C 左右。

(實驗 4) 探討鋅片形狀對析出銅的影響：

實驗步驟：

- (1) 把鋅片用砂紙磨亮，分別把鋅片彎成 30° 、 45° 、 60° 、 90° 。
- (2) 取 4 組 1 M CuSO_4 溶液各 80 ml 。
- (3) 把各種不同角度的鋅片一起放入 CuSO_4 溶液內。
- (4) 3 分鐘後取出觀察並記錄之。

結果：

鋅片上銅 之外觀 角 度	內側顏色	外側顏色	內側顆粒	外側顆粒	內側排列	外側排列	彎角處
30°	暗褐色	亮紅銅色	顆粒粗大	顆粒細小	片狀不規則排列	片狀不規則排列	黑色
45°	紅棕色	"	"	"	"	"	"
60°	紅棕色	紅棕色	"	"	"	"	"
90°	紅棕色	"	"	"	"	"	"

分析：由結果顯示發現仍然以平面的鋅片所析出的銅效果較好，鋅片形狀確實會影響銅之析出。

(實驗 5) 介質是否會影響鋅片上銅之析出：

實驗步驟：

- (1) 取 6 組 1 M CuSO_4 溶液各 80 ml 。
- (2) 鋅片用砂紙磨亮，依序用縐紋紙、藥品紙、亮光紙、鋁箔紙、壁報紙、濾紙包裹著。
- (3) 一起將包裹著不同種類紙張的鋅片放入 CuSO_4 溶液內。
- (4) 3 分鐘後取出觀察並記錄之。

結果：(見下頁上表)

(實驗 6) 研究光線對鋅片上銅析出之影響：

實驗步驟：

- (1) 取 2 組 1 M CuSO_4 溶液各 80 ml 。
- (2) 用砂紙將鋅片磨亮。

紙張之外觀 鋅片之種類	濾紙	鋁箔紙	縐紋紙	藥品紙	亮光紙	壁報紙
顏色	暗紅色	亮紅色	暗橘紅色	紅紫色	暗紅色	紅棕色與亮紅銅
紙張上之外觀	兩側出現的顆粒最多	無顆粒附著	以顆粒方式附著	少數顆粒附著	少數顆粒附著	兩側出現大部份顆粒
內部鋅片之外觀	黑暗紅棕	片狀亮紅棕	黑褐色	暗紅棕色顆粒狀	暗紅色顆粒狀	多種顏色之顆粒附著於上
備註	顆粒與粉末	亮紅銅				內部顆粒由上而下愈多且大

(3) 其中一組燒杯整個用黑色不透光的紙包裹住，另外一組則作對照組。

(4) 把鋅片一起放入，並把用黑紙包裹的燒杯置於暗室內。

(5) 3分鐘後取出觀察並記錄之。

(6) 反覆操作上述實驗五次。

結果：

Zn片上Cu之外觀 光線有無	顏色	顆粒大小	排列方式
亮	紅棕色	顆粒均勻	片狀規則排列 疏鬆
暗	下部份為紅棕 上部份為暗褐	下部之顆粒小 上部顆粒大	排列疏鬆

Cu重(g) 次數 光線有無	1	2	3	4	5	平均值
亮	0.51	0.55	0.54	0.50	0.52	0.52
暗	1.21	1.25	1.28	1.23	1.24	1.24

(實驗 7) 使用磁性攪拌器，攪拌 CuSO_4 溶液對鋅片上銅析出影響：
實驗步驟：

- (1) 取 2 組 1 M CuSO_4 溶液各 80 ml。
- (2) 鋅片用砂紙磨亮。
- (3) 一組 CuSO_4 溶液放在磁性攪拌器上攪拌，另一組則無作對照組。
- (4) 一起把鋅片放入 CuSO_4 溶液內。
- (5) 3 分鐘後一起取出置於濾紙上觀察並記錄之。

結果：

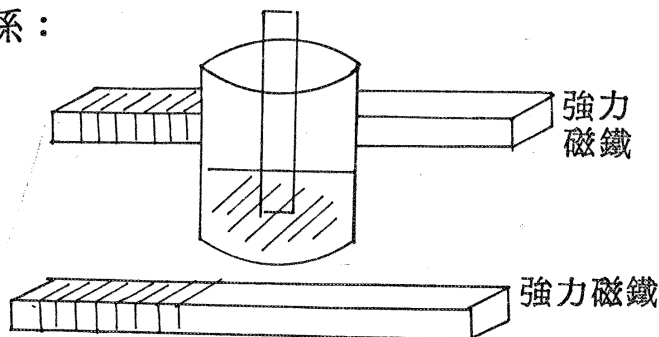
有無攪拌	鋅片上銅之外觀	顏色	顆粒大小	排列方式
有	攪拌	金屬光澤紅銅色	看不出顆粒	一層層附著
無	攪拌	紅棕色	顆粒均勻適中	規則地排列

(實驗 8) 電磁場對鋅片上銅析出之影響：

(1) 磁場對鋅片上銅析出之關係：

實驗步驟：

- ① 取 2 組 1 M CuSO_4 溶液各 80 ml。
- ② 取強力磁鐵放在 1 M CuSO_4 溶液之四週，另一組則無，以作對照組，如圖裝置：



- ③ 鋅片用砂紙磨亮，一起放入 CuSO_4 溶液內。
- ④ 取出觀察並記錄之。

結果：兩組一相對照，發現不管是否加磁場鋅片上所析出的銅無論顏色、顆粒大小、附著情形、排列方式皆一致。

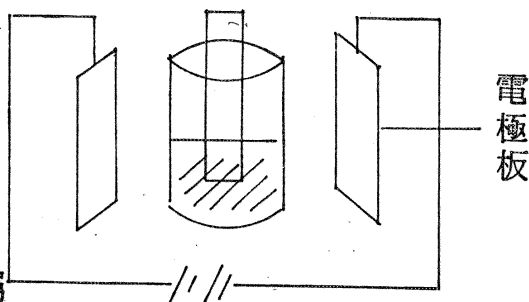
(2) 加電場對鋅片上所析出銅之影響：

實驗步驟：

取 2 組 1 M CuSO_4 溶液各 80 ml

裝置如右圖：

把鋅片用砂紙磨亮，一放入兩金屬



電板之間，而另一鋅片作對照組。

3分鐘後取出觀察，並記錄之。

結果：兩相對照無論是否加電場，鋅片上析出的銅顏色、顆粒、附著狀態皆相似。

(實驗9) 添加酸鹼試劑於CuSO₄ 溶液內，探討對銅析出之影響：

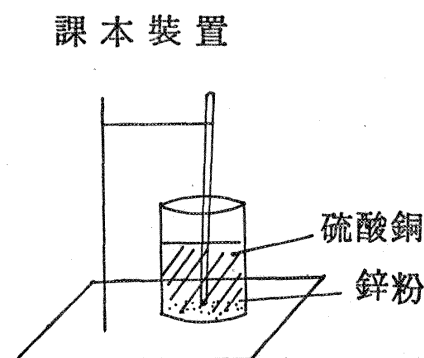
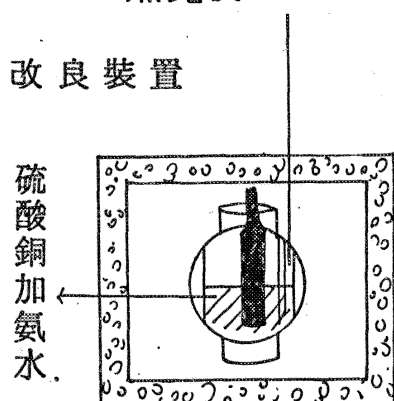
實驗步驟：

1. 取不同PH值之酸鹼試劑各5 ml，依序加入CuSO₄ 溶液內。

2. 把鋅片放入，3分鐘後取出觀察。

結果：添加酸試劑之CuSO₄ 放入鋅片會有氣體產生，並且鋅片皆反應完成紅棕色，而添加鹼試劑中以添加氨水之CuSO₄，放入鋅片，鋅片變成漂亮的紅銅色，並具金屬光澤與純度高之銅相當接近，宛如電鍍上一層銅，這是所作實驗效果最好的。

(實驗10) 以實驗1-9所研究出之方法，再作實驗與課本實驗作一對照比較。



		課本裝置				改良裝置			
次數	溫度	初溫	末溫	升高溫度	平均值	初溫	末溫	升高溫度	平均值
1		22	26.5	4.5	4.0	40	55.0	15.0	15
2		22	26.0	4.0		40	54.5	14.5	
3		22	25.5	3.5		40	56.0	16	
4		22	25.5	3.5		40	54.0	14	
5		22	26.0	4.0		40	55.5	15.5	
$H_1 = 100 \times 0.9 \times 4 = 360$ 卡 (課本裝置) $H_2 = 100 \times 0.9 \times 15 = 1350$ 卡 (改良裝置)									

由結果顯示改良方法較好。

五、討 論

1 作濃度對鋅片上銅析出之影響實驗，結果為 CuSO_4 濃度愈小，則在鋅片表面為黑濃度愈大，則鋅片表面均為紅棕色，效果較好，黑色的物質我們起初懷疑為雜質或者為氧化銅後來我們使用檢驗方法，即把黑色物質刮下加入 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 。發現產生紅棕色沈澱查閱文獻對照，證實此黑色物質大部份為銅，其為黑色可能有以下原因：(1) $\text{Zn} + \text{Cu}^{+2} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{+2}$ 反應速率過快，銅來不及成規則的金屬結晶，結晶格子一亂即變黑色。(2)使用的藥品、鋅片等的純度，均會影響銅析出的效果，因為銅易捕獲溶液中的雜質而變色變形不能成為規則銅晶體。

2 我們發現鋅片的角度愈小效果愈差，由於角度小尖端放電的效果愈強故 Cu^{+2} 附著於鋅片上之速率愈快，所以形成暗褐色之銅，因此反應最好選擇鋅片角度愈大愈好。

3 紙張的種類會影響銅之析出，我們發現能透過紙面著根的生長均較良好，如濾紙、縐紋紙等，而包裹鋁箔的鋅片出現漂亮的紅銅，此乃鋁能與 CuSO_4 反應之故。

4 我們發現光線之有無會影響銅之析出令我們訝異，由於資料、設備不夠完整，無法作進一步研究。

5 加入電磁場發現鋅片之外觀與對照組相似，但是否有影響，由於資料設備不夠完善，無法作進一步研究。

6 加 $\text{NH}_4\cdot\text{OH}$ 之 CuSO_4 溶液由於生成 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{+2}$ 之故所以溶液成深藍色，因而析出之速率減少，慢慢地堆積形成規則漂亮具有金屬光澤之銅。

六、結 論

綜合以上之研究，我們得到一個很好的研究，即要作課本 CuSO_4 化學變化之實驗，必須以下條件方能得到漂亮之紅銅：

- 1 CuSO_4 濃度為 1 M，並加入 NH_4OH 使其成深藍色。
- 2 溫度維持為 40°C 。

3. 攪拌 CuSO_4 溶液。
4. 使用 180° 平面，純度較高，並且光滑整齊之鋅片。
5. 使用自製之儀器清楚地觀察出反應為放熱。

七、參考資料

- 1 第一冊國中理化
- 2 第四冊國中理化
3. skoog and west 分析化學 歐亞出版社
4. 科展優勝作品專輯

評 語

實驗者以簡單及經濟材質——保利龍或冰淇淋盒——自製絕熱及易觀察裝置以確測硫酸銅與鋅片的反應。反應條件如濃度、時間等均作有系統性之測定。而反應在電場或磁場中進行的結果亦頗富創意，且亦適合其程度。