

「點鐵成金」真的那麼容易嗎？

高小組化學科第三名

台北市雙園國民小學

作者：鍾介文、陳怡君

指導教師：詹秀玉、陳宛玉

一、研究動機

一天，我們在圖書館看了一本中國少年兒童百科全書，裡面有一則實驗—如果把鐵釘放入硫酸銅溶液中，鐵釘就會變成金金亮亮的金釘。我們覺得非常神奇，“點鐵成金”竟然如此容易！我們這種年齡的小少女最愛金金亮亮的小東西了，所以就決定做實驗試試看。

二、研究目的

- (一)鐵泡在硫酸銅溶液裡，真的能變“金”嗎？
- (二)在什麼情況下，鐵最容易變成“金”？
- (三)手錶、項鍊、耳環、戒指等飾品都是金金亮亮的，難道和“點鐵成金”是同一回事？
- (四)想透過實驗學習科學研究的方法和知識。

三、文獻探討（資料來源請見P14）

經過多方搜集資料及與專業人士訪談，得到以下有關本研究的相關知識，要點如下：

- (一)把鐵泡入硫酸銅溶液中，鐵能把硫酸銅裡的銅替換出來，自己變成硫酸亞鐵。被頂替出來的銅附在釘子表面，鐵釘就變成金金亮亮的金釘。在化學上這叫置換反應。[2][3][4]
- (二)電解與電鍍是與電有關的化學現象，當電流通過電解槽時，帶正電的離子會向負極移動，帶負電的離子會向正極移動，使原本的化合物分解，此現象為電解；電鍍則是將某金屬藉電解還原後，鍍於負極的另一金屬表面上。常見的手錶、耳環、戒指等金金亮亮的飾品，是應用電鍍的原理做的。[5]
- (三)化學藥品硫酸銅，含有結晶水呈藍色，是無臭半透明的晶體顆粒。無水硫酸銅則為白色粉末狀。有毒性，實驗後應回收或妥善處理，不可直接倒入水溝。

[1]

(四)硫酸銅在水中的溶解量有一定的限度，大約100CC的水可以溶解25克。多餘的硫酸銅會沈澱下來，然後再怎麼攪拌也不會溶解，稱為飽和濃度，大約是百分之二十。[1]

(五)溶液濃度表示法：本實驗採用重量百分率濃度，即100g溶液中，所含溶質的克數。例如：100g的硫酸銅溶液中，含有硫酸銅20g，則此硫酸銅溶液的重量百分率濃度為20%。[10]

計算公式：

$$\text{重量百分率濃度 (\%)} = \frac{\text{溶質重 (g)}}{\text{溶質} + \text{溶劑}} \times 100 \%$$

(六)影響化學反應速率的因素：[10]

1. 反應物的化學性質：如活性大小。
2. 反應物的濃度：濃度越高反應越快，反之越慢。
3. 溫度：溫度升高反應速率增加。通常溫度升高攝氏十度，速率約為原來兩倍。
4. 接觸表面：接觸總表面積越大，反應速率越大。

(七)純鐵是銀白色的，純銅是紫色的，導電性很好，被廣泛用在電器工業上，有工業黃金之稱。黃銅是銅和鋅合金最像金子的顏色。[11]

(八)硫酸亞鐵在潮濕空氣中，容易被氧化為黃褐色硫酸鐵。[8]

(九)純銅的顏色是一種稍帶粉紅的顏色，因銅暴露在空氣中會慢慢氧化產生一層紅色的氧化銅。[7]

(十)兩千多年前中國人就知道點鐵成金的煉銅技術，現代工業提煉銅則用電解法。

[4]

從以上探討得知，原來“點鐵成金”是老祖先二千多年前採用的煉銅技術，一定有它的特殊原理及技術性。這正是我們要探討的重點所在。

四、研究設備器材

硫酸銅（純度98.5%）、燒杯、玻棒、鐵刀片、鐵釘、鐵環、鐵絲、量筒、碼錶、砝碼、溫度計、研磨劑、拋光機、計算機、鑷子、電爐、吹風機、天平等。

五、研究過程和方法

實驗一：鐵泡在硫酸銅溶液裡，真的能變“金”嗎？

步驟

- (一)把五金行買回來的螺絲釘、鐵環、鐵絲、鐵刀片、鐵釘分別備好。
- (二)調製重量百分率濃度20%的硫酸銅溶液2000cc，每60cc一杯，計15杯。
- (三)將螺絲釘、鐵環、鐵絲、鐵刀片、鐵釘，泡入硫酸銅溶液中，分別浸泡一分鐘、五分鐘、十分鐘後，觀察反應結果並記錄。

結果（詳見表一及附件：試片照片與試片樣本）

表一

樣本 記錄		螺 絲 釘	鐵 環	鐵 絲	鐵 刀 片	鐵 釘
泡前外觀		銀灰色 表面光亮			鐵灰色 表面光亮	
置 換 反 應 觀 察 記 錄	浸 泡 一 分 鐘	螺紋間冒小 氣泡兼有黑 色小碎片剝 落。沈澱燒 杯底。	表面一邊剝 離成黑色小 碎片一邊冒 小氣泡。 部份碎片沈 澱杯底。	瞬間變白色 繼變黑色， 然後慢慢變 成深咖啡色	瞬間變黑色 後慢慢變成 粉紅色。	瞬間變黑， 再轉粉紅， 最後變暗咖 啡色。
	五 分 鐘					
	十 分 鐘	沈澱更多	沈澱更多	銅一層層加厚	漸轉成赭紅 ，乾後又變 咖啡色。	薄片銅剝落

結果

- (一)五種鐵製金屬泡後外觀都與泡前外觀截然不同，但都沒有變“金”。
- (二)鐵刀片、鐵釘、鐵絲的置換反應效果較佳，銅附著較厚，且不易剝落，但無金亮的效果。

討論

- (一)置換反應出來的銅，較能附著在鐵刀片、鐵釘及鐵絲上，推測可能和鐵的化學性質有關。
- (二)鐵刀片、鐵釘、鐵絲三者，又以鐵刀片效果最佳，應與鐵刀片與硫酸銅溶液的接觸表面積較大有關。

(三)浸泡時間到拿起鐵刀片時，發現殘餘在刀片上的硫酸銅溶液會繼續和鐵起反應，改變試片原有的顏色，故泡好的試片是否應沖洗？

(四)沒有金亮的效果可能是因鐵片表面有防鏽劑、灰塵等雜質附著。

根據以上討論，決定進行下一步實驗。

1. 選擇表面較大較平滑的鐵刀片進行以下實驗。
2. 拋光鐵刀片，讓表面光亮平滑。
3. 實驗時間到，拿起鐵刀片時，立即浸入清水筒中，沖掉殘餘在刀片上的硫酸銅溶液。

實驗二：鐵刀片拋光後與硫酸銅溶液反應，點鐵成金的效果是否更佳？

步驟

(一)調濃度20%的硫酸銅溶液2000cc，每60cc一杯，準備20杯備用。

(二)拋光鐵刀片

1. 啟動拋光機，擠一些許拋光劑在拋光機轉盤上，用手指把刀片按在轉盤上研磨，直到刀片光亮潔淨止，共拋25支備用。
2. 將拋光過的刀片，依實驗設計的時間，依次置入硫酸銅溶液中反應後取出，馬上浸入預先備好的清水筒裡，攪拌三下，洗去殘餘在刀片上的硫酸銅溶液，拾起擺在觀察板上晾乾。

結果（請參見表二及附件：試片照片及試片樣本）

表二

浸泡時間	反應結果	浸泡時間	反應結果
1 秒	隨秒數增加，銅附著從刀刃起，越來越多範圍也越來越大，厚度也越來越厚。 顏色從紅古銅色，咖啡綠到暗咖啡，越來越暗。	1 5 秒	明顯看見古銅色均勻附著在刀片上，只是銅表面被暗咖啡色不規則覆蓋。
2 秒		2 0 秒	
3 秒		2 5 秒	
4 秒		3 0 秒	
5 秒		4 0 秒	
6 秒		5 0 秒	
7 秒	暗咖啡底下有古銅色出現	1 分	銅若隱若現
8 秒	同 上	5 分	暗咖啡太厚看不到銅
9 秒	同 上	備 註	
1 0 秒	同 上		

結果

1. 隨著浸泡時間的增加，銅在鐵刀片上的附著也越來越多，越來越厚。
2. 附著在鐵刀片上的銅不久後被一層咖啡色的東西覆蓋。

討論

(一) 美麗的銅在試片晾乾後，比較慢乾的部份，卻形成一層暗咖啡色水漬，遮住光亮的銅，十分可惜。

(二) 拋光過的鐵刀片浸入硫酸銅溶液中，置換反應的結果，果然看到古銅色的銅，證明拋光是點鐵成金的首要關鍵。

(三) 反應過的試片是否應迅速乾燥，以除去銅表面暗咖啡的水漬？

實驗三：置換反應過的試片，加以沖洗且烘乾，點鐵成金的效果是否更佳？

步驟

(一) 調好濃度20%的硫酸銅溶液2000cc，每60cc一杯，準備20杯備用。

(二) 將拋光過的刀片，依實驗設計的時間，依次置入硫酸銅溶液中反應後取出，馬上浸入預先備好的清水筒裡，攪拌三下，洗去殘餘在刀上的硫酸銅溶液，拿起時以吹風機快速烘乾後，擺在觀察板上。

結果（請參見表三及附件：試片照片及試片樣本）

表三

浸泡時間	反應結果	浸泡時間	反應結果
1 秒	看不見銅附著	1 分	古銅色增厚色澤轉暗
2 秒		5 分	變黑咖啡增厚片狀剝落
3 秒	一點點暗紅紋路	1 0 分	銅附著三層片狀剝落
4 秒	塊狀暗咖啡色附著	2 0 分	
5 秒	開始出現均勻的古銅色	5 0 分	銅附著四層片狀剝落
6 秒	金金亮亮的古銅色	6 0 分	
8 秒	古銅色稍暗	備 註	
1 0 秒	金金亮亮的古銅色		
1 1 秒			
1 5 秒	金金亮亮的古銅色		
2 5 秒			
4 0 秒			

結果

(一)發現5秒到40秒的試片金金亮亮的，點鐵成金終於成功了。

(二)置放時間越久銅在刀片上的附著越多，且有片狀剝落。

討論

(一)沖洗、烘乾與拋光和浸泡時間的控制，均是點鐵成金成功的關鍵因素。

(二)操作拋光機若技術不夠，手指很容易被轉盤挫傷或被刀片割傷，必須請很有經驗的人示範操作，免得受傷。

(三)從文獻探討得知，濃度溫度也會影響置換反應，若保持以上已控變因不變，濃度和溫度又怎樣影響置換反應呢？

實驗四：濃度會影響置換反應嗎？

步驟

(一)調妥濃度5%、10%、15%、20%、25%的硫酸銅溶液各5杯備用。

(二)拋光鐵刀片15片備用。

(三)將鐵刀片分別置入以上四種濃度的硫酸銅溶液中，5秒、10秒、20秒後，取出烘乾觀察記錄反應結果。

結果（請詳見附件：表四試片照片及試片樣本）

表四

結果 時間 濃度	浸泡五秒鐘	浸泡十秒鐘	浸泡20秒鐘
5%	表面光亮，呈鐵灰色	表面光亮，呈銅原色	古銅色帶一點粉紅色
10%	古銅色	古銅色	古銅色
15%	漸漸	漸漸	漸漸
20%	加深	加深	加深
25%	古銅色帶一點粉紅色	深古銅色帶一點赭紅色	古銅色帶一點豬肝色

結果

(一)浸泡時間一定，硫酸銅的濃度增加，反應越快；濃度一定，浸泡時間越久，銅附著越厚。

討論

(一)從實驗三得知，拋光過的鐵刀片泡入硫酸銅溶液裡，在5秒以後，才可用肉眼觀察清楚分辨結果；在1分鐘之後，銅的附著很厚，色澤也變深，不易分

變異同，故本實驗選擇浸泡時間在5秒、10秒、20秒，置換反應效果最好的時段實驗。

(二)每個試片都有金金亮亮的效果，但濃度增加，浸泡時間一定，反應會越快；濃度一定，浸泡時間越久，銅附著越厚。

(三)濃度是影響置換反應的重要因素，溫度又怎樣影響置換反應呢？

實驗五：溫度會影響置換反應嗎？

方法

(一)濃度20%，浸泡時間10秒下，硫酸銅溶液的溫度自室溫攝氏20度起，每升高10度，觀察反應結果並記錄。

(二)將濃度調至1%，僅浸泡1秒，觀察反應結果並記錄。

步驟

(一)調妥濃度1%、20%的硫酸銅溶液各8杯備用。

(二)拋光鐵刀片16片備用。

(三)將20%硫酸銅溶液置於電爐上加熱至30度後拿起，置入鐵刀片，泡10秒取出烘乾。

(四)依次將硫酸銅溶液加熱至40度、50度、60度、70度、80度、90度、100度浸泡10秒，取出烘乾，觀察反應並記錄。

(五)用同法將濃度1%的硫酸銅溶液加熱到以上各溫度，將鐵刀片依次置入一秒，取出烘乾，觀察反應結果並記錄。

結果（請詳見附件：表五試片照片及試片樣本）

表五

溫度	結果(浸泡10秒，濃度20%)	溫度	結果(浸泡1秒，濃度1%)
30度	不光亮，表面呈咖啡色	30度	點狀淡灰色分佈
40度	不光亮，咖啡色加深	40度	塊狀灰色
50度	咖啡色粉狀物掉落	50度	灰色變多
60度	咖啡色粉狀物加厚掉落	60度	鐵灰色均勻分佈
70度	深咖啡更厚面似絨布面	70度	鐵灰色均勻分佈
80度	冒小氣泡咖啡色粉狀剝落	80度	溶液開始滾 反應物一邊附著又一邊剝落沈落杯底
90度	溶液沸騰表面呈土黃剝落	90度	
100度	顏色不均片狀物剝落杯底	100度	

討論

(一)加溫後置換反應變快，反應物的顏色比沒加溫的黑。

- (二)加溫的效果除了30度的試片較近銅顏色外，其餘不是過黑就是太白。
- (三)在室溫下濃度20%的實驗裡，1到4秒都無法用肉眼觀察到規則性的反應結果，但在加溫後，即使只浸泡一秒，濃度只有1%，卻能清楚觀察到1到4秒之間的變化。可見，加溫會影響置換反應。

六、結 論

根據以上研究，得到以下結論：

- (一)點鐵無法成金，“金”其實是“工業黃金”銅，不是黃金！
- (二)鐵泡進硫酸銅溶液裡的確能變成像金一樣的顏色，但要在以下條件下才能產生：
- 1.由實驗得知鐵的化學性質一定比銅活潑，鐵才能將硫酸銅溶液裡的銅置換出來。
 - 2.鐵必須拋光，去除表面的防鏽劑和灰塵，使鐵與硫酸銅的接觸面大，銅的附著才會均勻光亮。
 - 3.鐵從硫酸銅溶液中拿起時，必須立即清水沖洗，並馬上烘乾，銅的表面才不會有水漬。
 - 4.在濃度20%，室溫攝氏20度時，浸泡時間在5到40秒之間的試片都能變成預期中的“金鐵片”。
- (三)除了以上條件外，濃度和溫度也會影響置換反應的結果
- 1.在同溫下，浸泡時間也相同時，濃度越高的試片反應越快，銅也附著的越厚，色澤就越接近暗棕色；濃度越低的試片反應越慢，銅也附著的越薄，色澤越接近暗灰色。
 - 2.在同濃度下，浸泡時間相同，硫酸銅溶液的溫度加熱至三十度以上時，反應速度很快，但鐵片都沒有變成像金一樣，反而變成黑咖啡色。
- (四)置換反應的原理，與鍍金的手錶、項鍊、戒指的原理及電解銅的原理是兩回事。

七、其 他（心得）

- (一)使用過的硫酸銅溶液有毒，必須用桶收集起來，自然蒸發回收再利用，不可直接倒入水槽流入水溝，會造成環境污染。
- (二)許多同學對“點鐵成金”的神奇，感到興趣，若能將本實驗編入國小自然課本，那麼我們在學置換反應、電解、電鍍等化學理論時，一定覺得更有興趣。

(三)沒有控溫箱，用電爐加溫問題很多，如要加溫至30度，拿起燒杯時溫度還繼續上升2~3度，要等溫度降至30度要等很久。

(四)經過這段時間的研究過程，最大的收獲是學會了如何應用定性定量分析的方法來進行科學研究。也體會到科學研究的成敗其實就在於是否做好定性定量分析。

八、參考資料

1. 國小自然科學 教學指引 第十一冊 第七單元 硫酸銅的沈澱 國立編譯館
2. 化學小百科 小博士教室化學篇 P. 66~P. 111 鐘文出版社
3. 簡易實驗 姜宏哲·蘇賢錫教授著 小天才出版社
4. 中國少年兒童百科全書 2 P. 72~P. 73 浙江教育 84. 6. 1 初版
5. 電化學—原理與應用 第一、六章 田福助編著 總經銷新科技 85. 1 八版
6. 幼獅少年百科全書 3 P. 272~P. 271 幼獅文化 72. 5. 初版
7. 中華兒童百科全書 5 P. 1566~P. 1567 台省教育廳 73. 6. 三版
8. 化學辭典 顧翼東 編 P. 656~P. 889 建宏 83. 初版
9. 科學教授 P. 50~P. 63 故鄉出版社 70. 9. 初版
10. 化學(上) 王澄霞、陳朝棟編著 東大圖書公司印行 79. 8. 增訂三版
11. 機械材料 機械材料編輯委員會編著 P. 347~P. 369 高立 82. 5 四版

評 語

本作品旨在探討在鐵器鍍銅(點鐵成金)過程，在此研究中作者相當有系統地探討會影響鐵器鍍銅的變因(如拋光，烘乾，浸泡時間，鍍液濃度及溫度)，可見作者有相當嚴謹科學求真精神，此作品的研究成果可做為實驗教學相當好的參考資料及教學教材。