

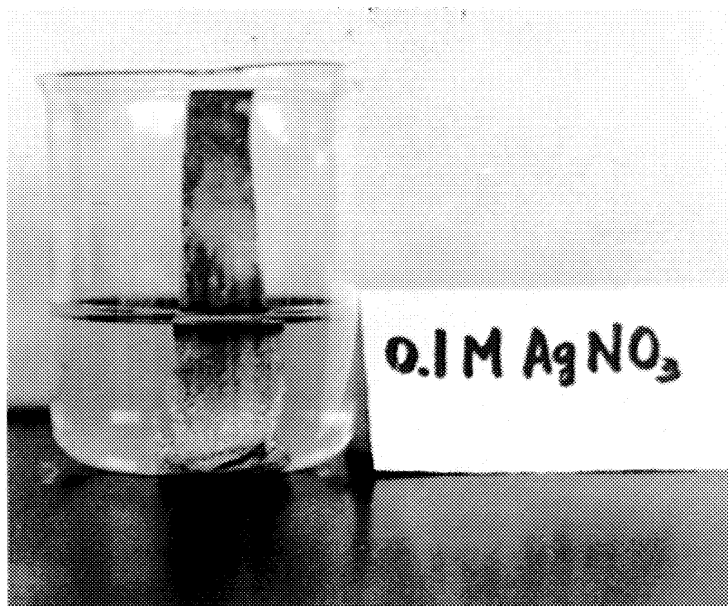
銀晶體之研究

高中組化學科第二名

臺灣省立花蓮高級中學

作者：馬心華、林建宏

指導教師：邱文顯



一、動 機

在化學實驗六“銅與硝酸銀溶液之變化”中提到銅片與硝酸銀溶液發生反應，銅片表面會析出光亮針狀的銀晶體，但當同學們做這實驗，將銅片投入硝酸銀溶液中，銅片表面迅速生成一層黑色物質，繼續再生成灰色泥狀（或海棉狀）的物質，就是有針狀銀晶體也不很明顯，又平常我們看到鍍銀之金屬片或銀片却是銀白色，不成晶體狀，到底這些不同顏色、形狀的物質是什麼？都是銀嗎？怎樣才能得到光亮針狀的銀晶體？怎樣才能得到銀白色的鍍銀層？這些問題一直困擾著我們，翻閱各種課本也皆無交待，因此引起我們探討的興趣與研究動機。

二、目的

- (一)研究何種濃度的硝酸銀溶液最適宜銀晶體之長成（此主題在廿三屆全國中小學科展高中教師組曾參展得獎）
- (二)研究添加酸、鹼共同離子效應及其錯離子對銀晶體長成之影響，進而得知添加何物能得到光亮針狀的銀晶體？又添加何物銅表面會鍍上一層緻密的銀？
- (三)以汞代替銅片滴入硝酸銀溶液中，汞表面會不會生成針狀的銀晶體？
- (四)銅片投入硝酸銀溶液中，銅片表面迅速變黑爲什麼變黑？這一層黑色物質是什麼？
- (五)檢驗灰色泥狀（或海棉狀）物質是什麼？是銀嗎？

三、儀器與藥品

燒杯、刮勺、量筒、滴管、玻棒、照相機、 AgNO_3 溶液、蒸餾水、硫酸、硫酸銅、硝酸、醋酸、氨水、氫氧化鈉、氰化鉀、銀氰化鉀、汞。

四、實驗步驟與結果

※銅片之處理：先將每片銅片用砂紙磨亮再用稀 NaOH 溶液擦拭，俾去油污，最後以蒸餾水洗淨待用。

- (一)分別配製不同濃度（ 1.0M 、 0.5M 、 0.25M 、 0.1M 、 0.05M 、 0.025M 、 0.01M ）的硝酸銀溶液各 40ml ，將處理好之銅片同時放入各種不同濃度之 AgNO_3 溶液中，觀察其結果並記錄之。

結果：

AgNO ₃ 溶液之濃度	銅片剛插入時 銅片表面之狀況	銀晶體產生之情形
1.0M	迅速變黑	先黑色再變成灰黑色泥狀，上緣最黑約2分鐘灰泥狀物，即脫落。
0.5M	迅速變黑	同上，但泥狀物顏色較淺，約6分鐘灰泥狀物掉落。
0.25M	迅速變黑	先黑色再變成灰色泥狀，再變成灰色海棉狀，底部及邊緣有少許針狀晶體約20分鐘掉落。
0.1M	迅速變黑	同0.25M但底部及邊緣之針狀晶體增多約30分鐘掉落。
0.05M	迅速變黑	同0.1M約55分鐘掉落，產生速率較慢
0.025M	迅速變黑	先黑色再變灰色，再變成灰色海棉狀針狀晶體比0.1M及0.05M少約2小時掉落。
0.01M	迅速變黑	同0.025M最後成灰色海棉狀掉落針狀晶體很少。

※ 0.1M AgNO₃ 溶液反應速率較適合，且針狀晶體產生最多，故以下各步驟採用 0.1M AgNO₃ 溶液實驗。

(二) 取11個燒杯各量取 0.2M 20ml AgNO₃ 溶液裝入再分別加入① 20 ml 蒸餾水、② 20 ml 蒸餾水 + 10 滴濃 HNO₃、③ 20 ml 0.2M KNO₃、④ 20 ml 蒸餾水 + 10 滴濃 H₂SO₄、⑤ 20 ml 0.2M CuSO₄、⑥ 20 ml 0.2M CuSO₄ + 10 滴濃 H₂SO₄、⑦ 20 ml 0.2M CH₃COOH、⑧ 20 ml 0.2M NaOH、⑨ 加氨水至澄清、⑩ 加 KCN 溶液至澄清、⑪ 以 0.1M KAg(CN)₂ 溶液 40 ml 取代 AgNO₃ 溶液。然後將處理好之銅片同時放入含各種不同添加物之 AgNO₃ 溶液中觀察其

結果並記錄之。

結果：

編號	液 種 類	銅片剛插入時銅片表面之狀況	銀 晶 體 生 成 之 情 形
1	AgNO_3	迅速變黑	先黑色再變灰泥狀，再變成海棉狀底部及邊緣有一些針狀晶體。
2	AgNO_3 + 10滴濃 HNO_3	迅速變灰黑	先灰黑色再變成灰色海棉狀，再生成灰白色針狀晶體（反應較慢）
3	AgNO_3 + KNO_3	迅速變黑	先黑色再生成灰色海棉狀底部及邊緣有一些針狀晶體（灰白色）
4	AgNO_3 + 10滴濃 H_2SO_4	迅速變灰黑	先灰黑色漸生成銀白色光亮的針狀晶體。
5	AgNO_3 + CuSO_4	迅速變黑	先黑色漸生成灰色海棉狀再生成灰白色針狀晶體。
6	AgNO_3 + CuSO_4 + 10滴濃 H_2SO_4	迅速變灰黑	先灰黑色漸生成銀白色光亮的針狀晶體。
7	AgNO_3 + CH_3COOH	迅速變黑	逐漸變黑，最後生成一團灰泥狀物質脫落。
8	AgNO_3 + NaOH	沒反應	沒反應，銅片仍保持原狀（燒杯內有沈澱物生成，因 AgNO_3 遇 NaOH 生成棕褐色 Ag_2O 沈澱）

9	$\text{AgNO}_3 +$ 氨水(過量)	銅片表面鍍上一層白色的金屬銀	銅表面鍍上之銀層逐漸加厚最初無法用軟布拭去，等鍍層太厚時用軟布擦拭會脫落。
10	$\text{AgNO}_3 +$ KCN (過量)	銅表面逐漸鍍上一層銀白色光亮之金屬銀	銅表面鍍上之銀層逐漸加厚無法用軟布拭去。
11	$\text{KAg}(\text{CN})_2$	同上	同上

(三)以汞數小滴代替銅片，分散滴入 0.1M 40ml ， AgNO_3 溶液中，觀察其結果並記錄之。

結果：銅表面逐漸長成潔白漂亮長針狀的銀晶體，但速率緩慢。

(四)銅片剛投入硝酸銀溶液中，銅片表面迅速變黑，這一層黑色物質到底是什麼？

1 試樣準備：先將處理好之銅片，投入 0.1M AgNO_3 溶液中，當黑色物質生成時，用塑膠刮勺將其刮入放入燒杯中備用(重複操作，直至黑色物質夠用為止)

2 檢驗手續

A、黑色物質 → 用放大鏡直接觀察

結果：發覺黑色物質中含有少數從銅片剝落下之銅粒子。

B、黑色物質 + 過量 AgNO_3 溶液 (除去從銅片剝落下之銅粒子) $\xrightarrow{\text{過濾}}$ } 濾液去除
黑色物質 →

→ 用蒸餾水洗淨過濾 → $\left\{ \begin{array}{l} \text{濾液去掉} \\ \text{黑色物質} \end{array} \right. \rightarrow \text{加稀 } \text{H}_2\text{SO}_4$
 (重複數次)

(結果：由黑色泥狀變為灰色泥狀) $\xrightarrow{\text{過濾}}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{殘餘固體(變灰色)} \rightarrow \\ \text{濾液} \end{array} \right.$
 $\xrightarrow{\text{分成二部分}}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{加過量濃氨水} \\ \text{結果：顏色變深藍色} \\ \text{加黃血鹽試劑} \\ \text{結果：生成紅褐色沈澱} \end{array} \right.$

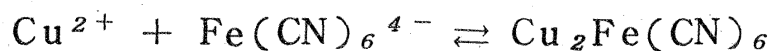
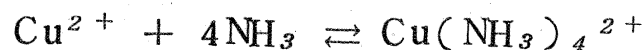
→ 加濃 HNO_3 溶解 $\xrightarrow{\text{分成二部分}}$
 (結果：有紅棕色 NO_2 產生)

$\left\{ \begin{array}{l} \text{加濃 } \text{NH}_3 \text{ 水} \\ \text{加過量 } \text{NH}_3 \text{ 水 (結果：沉澱消失)} \\ \text{(結果：生成棕黑色沉澱)} \end{array} \right.$
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{加數滴 } \text{HCl} \text{ 溶液} \\ \text{(結果：生成白色沉澱)} \end{array} \right.$

C、黑色物質 + 1 刮勺木炭粉 → 放入坩堝中加蓋 → 以瓦斯燈加強熱 10 分鐘 → 觀察其結果
 (結果：發現有少許紅色的銅粒子生成)

3. 結果分析：

(1) 由手續 B 知濾液加濃氨水變成深藍色，加黃血鹽 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 試劑生成紅褐色沈澱，可知濾液內含有 Cu^{2+} 其反應式為：

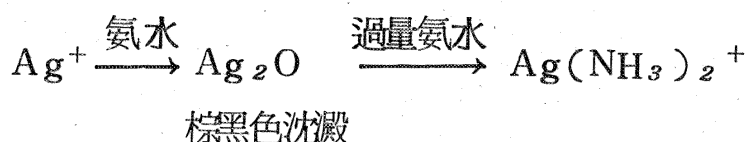
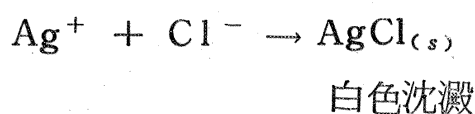
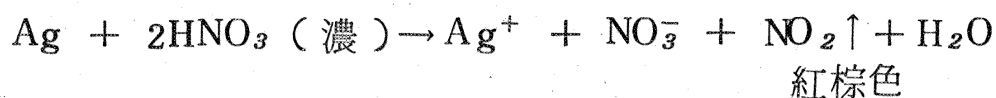


紅褐色沈澱

Cu^{2+} 是因黑色物質中含有 CuO 與稀 H_2SO_4 作用而得，故 CuO 與稀 H_2SO_4 作用後 CuO 溶解掉，其反應為： $\text{CuO} +$

稀 $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 攪亂銀排列的因素去除，銀晶體排列方式重新調整，故由黑色泥狀變為灰色泥狀。

- (2)由手續 B 知加稀硫酸後之殘餘固體為灰色泥狀，加濃 HNO_3 溶解，並產生紅棕色 NO_2 ，溶解後之溶液加數滴 HCl 溶液，產生白色沈澱，加氨水生成棕黑色沈澱，加過量氨水，則沈澱消失可見灰色泥狀物為銀其反應如下：



- (3)由手續 C 知黑色物質與木炭混合在坩堝中加熱得紅色銅，證明試樣裏含有黑色的 CuO 其反應為：



4. 結論：從以上結果分析，黑色物質應該是少量從銅片剝落下之銅粒子及少量氧化銅與絕大部分銀的混合物。
5. 檢驗灰色泥巴狀（或海棉狀）的物質是什麼？是銀嗎？

(1) 檢驗手續：

↵ 灰色泥狀（或海棉狀）物質 → 用蒸餾水洗淨過濾 → 加濃硝酸溶解過濾反覆數次 → 觀察結果

結果：灰泥狀（或海棉狀）物質被濃 HNO_3 完全溶解並產生紅棕色， NO_2 氣體久置後溶液呈無色澄清溶液。

↵ 將手續 ↵ 留下之溶液 5ml + 數滴 HCl 溶液 → 觀察結果
結果：產生白色沈澱。

- (2) 結論：由手續 ↵ ↵ 之結果證明得知，此灰泥狀（或海棉狀）物質為銀。

五、總 結

- (一)在 AgNO_3 溶液中滴入數滴濃 H_2SO_4 或加入 CuSO_4 溶液及數滴濃 H_2SO_4 ，再插入銅片，可得最完美的光亮銀白色的針狀晶體。
- (二)在 AgNO_3 溶液中，加入過量的氨水使形成 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 或過量的 KCN 溶液使形成 $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ 或直接以 $\text{KAg}(\text{CN})_2$ 溶液代替 AgNO_3 溶液，再插入銅片，則銅片表面不再生成針狀銀晶體，而是鍍上一層銀白色的銀，其中以加入過量 KCN 溶液或直接以 $\text{KAg}(\text{CN})_2$ 溶液代替鍍上之銀層較為光潔且以軟布擦拭不會脫落。
- (三)以汞代替銅片，則汞表面會生成潔白漂亮長針狀的銀晶體。
- (四)在 AgNO_3 溶液中加入 HNO_3 或 KNO_3 時由於共同離子效應，所生成之銀晶體雖稍好，但不甚理想。
- (五)在 AgNO_3 溶液中加入適量鹼 (NaOH) 則生成棕黑色 Ag_2O 沈澱，銅片插入並不反應。
- (六)當銅片插入 AgNO_3 中，首先在銅片上產生之黑色物質，經檢驗是少量 CuO ，少量銅片剝落之銅粒子及絕大部分銀的混合物。
- (七)灰色泥狀 (或海棉狀) 物質經檢驗為銀。

六、討論

- (一)銅片直接插入 AgNO_3 溶液中，銅片表面迅速生成一層黑色物質，經檢驗證明除銀及少量直接由銅片剝落的銅粒子外尚含少量的氧化銅。
- 氧化銅之形成可解釋為：當銅片插入 AgNO_3 溶液時因 Cu 與 Ag^+ 之反應速度非常快一部分 Cu 原子失去電子後，給予溶於溶液中的氧 (得到電子) 而形成 CuO 。
- (二)在 AgNO_3 溶液中滴入數滴濃 H_2SO_4 或數滴濃 H_2SO_4 及一些 CuSO_4 溶液，可得最完美的光亮銀白色的針狀銀晶體，其原因可解釋為 1. 硫酸溶液可將產生之黑色 CuO 溶解生成 Cu^{2+} 溶於水中。



避免擾亂銀晶體之排列及污染銀晶體 2 硫酸銅在水中解離。



產生的 Cu^{2+} 可減緩銅片與 AgNO_3 溶液之反應速率 ($2\text{Ag}^+ + \text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$) 使結晶速率延緩，這樣晶體堆積才可以較整齊，而成漂亮的針狀晶體。

- (三) 加入 HNO_3 雖可得針狀晶體，但呈灰白色，速率亦減慢，不甚理想，其原因可為 1 HNO_3 可與產生之銀作用，而溶解掉一部分的銀，故生成銀之速率減慢。 2 當 HNO_3 與產生之銀作用時，會產生 NO_2 或 NO 氣體，擾亂晶體之堆積。
- (四) 只加入 CuSO_4 或 KNO_3 時，銅片底部黑色且產生之銀為灰色海棉狀，針狀晶體很少，且被黑色污染，其原因為：雖然這些化合物解離後產生離子可減緩銅片與 AgNO_3 溶液之反應，但對產生之黑色 CuO 無法溶解， CuO 會擾亂銀晶體之排列。
- (五) 凡添加酸液的試液，當銅片插入時，表面較不黑（呈灰或灰黑色）可解釋為所產生之黑色 CuO 被酸溶解，



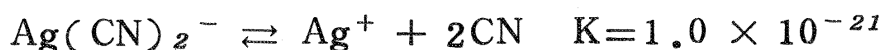
避免擾亂銀晶體之排列。

- (六) 在 AgNO_3 溶液中加入過量氨水，則會形成 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 由於其 K 值很小



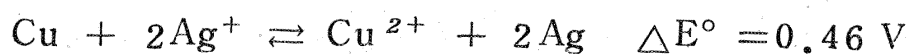
具有供應低濃度 Ag^+ 之能力，因此在銅片表面生成銀之速率緩慢且不以針狀晶體銀析出，而是在銅片表面形成一銀白色的銀鍍層，但鍍層太厚時以軟布拭之會被拭去。

- (七) 在 AgNO_3 溶液中加入過量 KCN 溶液，則會生成 $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ 由於其 K 值更小



具有供應更低濃度 Ag^+ 之能力，因此在銅片表面形成銀白色之銀鍍層之速率更緩慢，且更光潔漂亮，以軟布拭之不會被拭去。

(八)若以汞代替銅片滴撒在 AgNO_3 溶液中，則會產生非常漂亮光潔的長針狀銀晶體，此乃因 ΔE° 降低



且反應速率緩慢，銀晶體能緩慢且整齊堆積排列之故。

(九)在本實驗中，我們發現銀有銀白色光亮的針狀晶體亦有灰色泥狀，黑色泥狀及非晶體的銀金屬，這可解釋為原子堆積、排列方式、整齊程度、堆積緊密程度不同所致。

七、參考資料

(一)高中化學上、下冊。東華書局 陳朝棟、王澄霞著
陳金華改編。

(二)開明高中化學實驗。陳國成、戴祝緹編。

(三)定性分析 三民書局 陳壽南編。

(四)中華民國第廿三屆中小學科學展覽優勝作品專輯。

評語：本件作品就銀晶體的成長條件，做了頗詳細的探討與分析。尤其是作用錯離子的觀念來控制銀離子的濃度而能於銅片上鍍上一層銀白色的銀，並以汞代替銅片而獲得潔白之針狀晶體，對高二學生來說是難能可貴的事情。