

# —金屬晶體的顏色

## 高中化學實驗探討

### 高中教師組化學科第一名

台北市立復興高級中學

作者：謝惠珠 李 幸

#### 一、研究動機：

在高中化學實驗七（銅在硝酸銀溶液中的變化）實驗結果析出的銀晶體常為灰白色或黑色。實驗廿四（氧化還原反應）中析出金屬銅及金屬鉛的晶體也都為黑色，而非純金屬的顏色，此結果常引起同學的懷疑。

#### 二、目的

探討由溶液析出金屬晶體時，影響晶體顏色變化的因素。

#### 三、儀器及藥品：

原子吸收光譜儀、（銅燈管）、顯微照相機、天平、試管、燒杯、量瓶。

銅絲、鋅條、硝酸銀、硝酸鉛、硫酸銅、硝酸、鹽酸、氨水。

#### 四、實驗步驟：

- (一)分別配製不同濃度（0.05 M, 0.1 M, 0.2 M, 0.3 M, 0.5 M, 1.0 M）的硝酸銀  $\text{AgNO}_3$ 、硫酸銅  $\text{CuSO}_4$ 、硝酸鉛  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  溶液。
- (二)在室溫時將粗銅絲同時放入各種不同濃度的硝酸銀溶液中，俟 2 分鐘、8 分鐘、10 分鐘、20 分鐘後分別觀察其析出銀晶體的顏色並記錄之。
- (三)將步驟二中反應 2 分鐘後，取出銅絲上附着的銀晶體，在顯微鏡下觀察並拍攝晶體的形狀。
- (四)分別取出 8 分、20 分後銅絲上銀白、灰白、黑色的晶體做顯微攝影。

(五)在不同溫度 ( 40° C、60° C、80° C ) 時，重覆做步驟二、三、四步驟實驗。

(六)以細銅絲取代粗銅絲重覆步驟二實驗。

(七)以鋅條放入濃度不同的硫酸銅溶液中，重覆步驟二、三的實驗。

(八)用鋅條放入硝酸鉛溶液中，重覆步驟二、三實驗。

(九)取出銀白、灰色、黑色的銀晶體洗淨乾燥後、稱重，溶於 1 : 1 硝酸溶液中，再稀釋成稀溶液。

(十)配製硫酸銅標準溶液 ( 5ug/ml , 12.5ug/ml , 25ug/ml , 50ug/ml ) 。

(十一)取九、十兩步驟中所配溶液做原子吸收光譜實驗。

## 五、數據及結果：

表一：粗銅絲插入硝酸銀溶液

AgNO <sub>3</sub> 濃度		0.05M	0.1 M	0.2 M	0.3 M	0.4 M	0.5 M	1.0 M
溫度	時間	晶 體 顏 色						
17°C	2.分	黑	黑	灰	灰白	白	白	白
	8.分	黑	黑	灰白	白	白	白	白
	10.分	黑	末端黑灰	灰白	白	白	白	白
	20.分	上端黑末 端白	末端白	灰白	白	白	白	白
19°C	2.分	黑	黑	灰	灰白	白	白	白
	8.分	黑	末端灰	灰白	白	白	白	白
	10.分	末 端 黑 灰	末端白	灰白	白	白	白	白
	20.分	末端白	"	"	"	"	"	"
20°C	2.分	黑	黑	灰	灰白	白	白	白
	8.分	黑	末端灰	灰白	白	"	"	"
	10.分	末端灰	末端白	灰白	"	"	"	"
	20.分	末端白	"	"	"	"	"	"
60°C	2.分	灰黑	灰白	白	白	白	白	白
	8.分	灰白	白末 端 有針狀	"	"	"	"	"
	10.分	灰白	"	"	"	"	"	"
	20.分	灰白	"	"	"	"	"	"
80°C	2.分	灰黑	灰白	白	白	白	白	白
	8.分	灰白	灰白、末 端有針狀	"	"	"	"	"
	10.分	灰白	"	"	"	"	"	"
	20.分	灰白	白	"	"	"	"	"
	2.小時	上端灰黑 下端針狀	上灰白 下端針狀	銀白 針狀	銀白 針狀	銀白 針狀	銀白晶體 脫落數次	銀白晶 體脫落

表二：細銅絲插入硝酸銀溶液

AgNO <sub>3</sub> 濃 度		0.05 M	0.1 M	0.2 M	0.3 M	0.4 M	0.5 M	1.0 M
溫 度	時 間	晶 體 顏 色						
17°C	2.分	黑	黑	灰	灰白	白	白	白
	8.分	黑	黑	灰白	白	白	"	"
	10.分	黑	黑灰 末端	灰白	白	"	"	"
	20.分	上 末端 黑 白	末端白	灰白	白	白	白	白
19°C	2.分	黑	黑	灰	灰白	灰白	白	白
	8.分	黑	末端灰	灰白	白	白	白	白
	10.分	末 端 灰 黑	末端白	灰白	白	白	白	白
	20.分	末端白	"	"	"	"	"	"
20°C	2.分	黑	黑	灰	灰白	白	白	白
	8.分	"	末端白	灰白	"	"	"	"
	10.分	末 端 灰	末端白	灰白	"	"	"	"
	20.分	末端白	"	"	"	"	"	"
60°C	2.分	灰黑	灰白	白	白	白	白	白
	8.分	灰白	白末 端 有 針 狀	白	白	白	白	白
	10.分	"	"	"	"	"	"	"
	20.分	"	"	"	"	"	"	"
80°C	2.分	灰黑	灰白	白	白	白	白	白
	8.分	灰白	灰白末 端 有 針 狀	"	"	"	"	"
	10.分	"	"	"	"	"	"	"
	20.分	"	白	"	"	"	"	"
	2.小時	上 端 灰 黑 針 狀 斷 落	上 端 灰 白 針 狀 斷 落	銀 白 針 狀 斷 落	銀 白 針 狀 斷 落	銀 白 針 狀 斷 落	銀 白 晶 體 斷 落	銀 白 晶 體 斷 落

表三：鋅條插入硫酸銅溶液

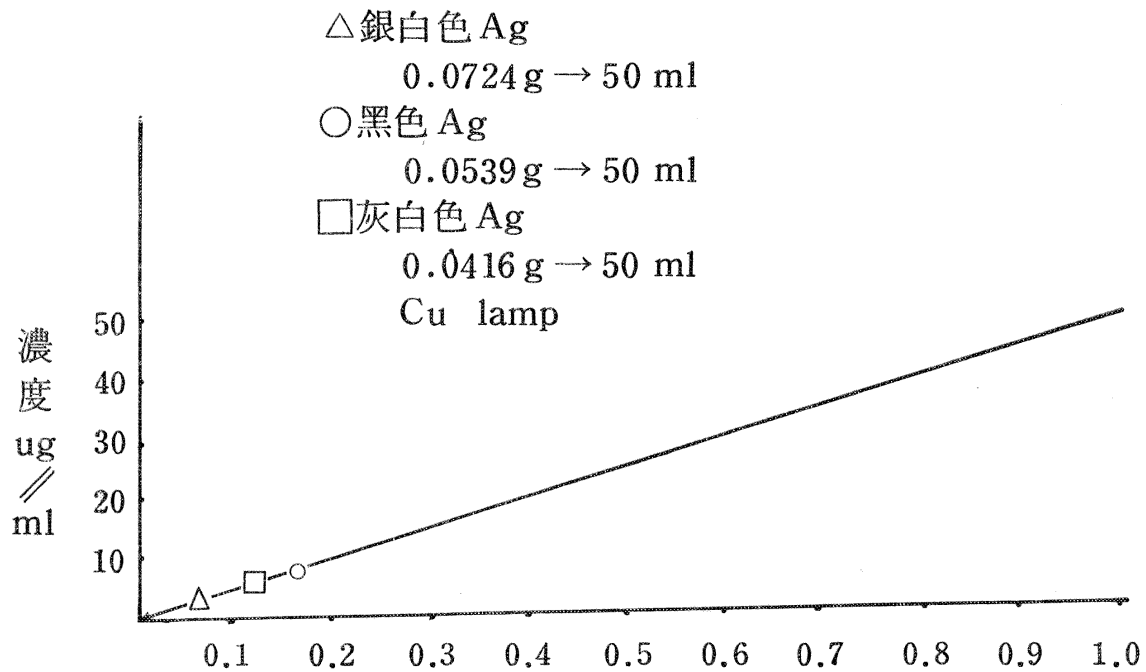
CuSO <sub>4</sub> 溶液	0.05M	0.10M	0.20M	0.30M	0.40M	0.50M	1.00 M	
20° C	時間	晶 體 顏 色						
	2分	黑	黑	黑	黑	黑	黑	黑
	8分	黑	黑	黑	黑	黑	黑	紅
	10分	黑	黑	黑	黑	末端紅	紅	紅
	20分	黑	黑	末端紅	末端紅	末端紅	紅	紅
60° C	2分	黑	黑	黑	黑	黑	末端紅	紅
	8分	黑	黑	黑	黑	黑	末端紅	紅
	10分	黑	黑	黑	黑	末端紅	全部紅	紅
	20分	黑	黑	黑	末端紅	末端紅	全部紅	紅
	2小時	黑	黑	黑	紅	紅	紅	紅

表四：鋅條插入硝酸鉛溶液

Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 溶液		0.05M	0.10M	0.20M	0.30M	0.40M	0.50M	1.00M
溫度	時間	晶 體 顏 色						
20° C	2分	黑	黑	黑	黑	黑	黑	黑
	8分	黑	黑	黑	黑	黑	黑	表面有白色晶體
	10分	黑	黑	黑	黑表面有白色晶體	表面有白色晶體	表面有白色晶體	"
	20分	黑	黑	表面有白色晶體	"	"	"	"
60° C	2分	黑	黑	黑	黑	黑白	黑白	黑白
	8分	黑	黑	黑白	黑白	"	黑白，表面有白色晶體	黑白，發亮晶體
	10分	黑少量白	黑，表面有亮晶	黑白有亮晶	黑白有亮晶	黑白有晶體	"	"
	20分	黑表面有亮晶	"	"	"	"	"	晶體脫落
	2小時	表面有明亮晶體	表面有亮晶	表面有亮晶	表面有亮晶	表面有亮晶	表面有亮晶	表面亮晶脫落

表五：銅原子的光譜吸收

溶液濃度	5 ug/ml	12.5 ug/ml	25 ug/ml	50 ug/ml	銀白色 (Hg)	黑色 (Hg)	灰白色 (表面紅) Hg
吸收度 1 次	0.147	0.259	0.493	0.993	0.067	0.131	0.264
吸收度 2 次	0.149	0.271	0.484	0.982	0.072	0.154	0.282
吸收度 3 次	0.151	0.271	0.508	1.010	0.059	0.152	0.291
吸收度 4 次	0.149	0.267	0.495	0.995	0.066	0.146	0.279



$\lambda : 327.4 \text{ mm}$

slit width 320/1

## 六、討 論：

- (一)室溫時硝酸銀溶液濃度大於  $0.2\text{ M}$ ，一開始析出晶體為銀白色，濃度小於  $0.2\text{ M}$  則析出晶體呈黑色。
- (二)硝酸銀濃度越稀薄，則須經長時間才能析出銀白色的晶體。
- (三)析出銀晶體為黑色時，其晶粒於顯微鏡下看出其為細小顆粒。
- (四)析出銀晶體為銀白色時，其晶粒於顯微鏡下看出有美麗的晶形，時間越長結晶顆粒越大，晶形越完美，肉眼可見針狀的銀晶體。
- (五)溫度升高，濃度較低的硝酸銀溶液中，析出的銀晶體亦可呈銀白色。
- (六)溫度越高，晶體形成的速率太快，晶粒間的空隙太易滑落。
- (七)自藍色含銅離子的硝酸銀溶液中取出銅絲，置於空氣中片刻後，附於銅絲上的銀晶體表面呈現淡紅色。
- (八)由原子吸收光譜測知銀白色晶體銀不含銅。

## 七、結 論：

- (一)用定性分析得知銀白色，灰白色的銀晶體中不含銅，黑色的銀晶體含少量銅，此銅是由銅絲上剝落參雜在內。
- (二)室溫時溶液濃度大析出晶體的速率較快，晶粒大（由顯微鏡觀察得知）。有明顯的晶格面，晶格較完整，故銀晶體呈銀白色，銅晶體呈紅色，鉛的晶體呈銀白色。
- (三)溶液的濃度較小且溫度低時析出晶體較慢晶粒小（由肉眼觀察為粉狀，顯微鏡觀察為細小顆粒）。晶體呈現黑色或較暗顏色。
- (四)溫度較高時，析出晶體的速率亦較快，濃度較低的溶液也能得較大晶粒，其情形與室溫下濃度較大的溶液情形相同（由顯微鏡下觀察晶體形狀得知）。
- (五)由二、三兩項可推測晶體的顏色與晶粒大小有關，而析出晶粒的大小受溶液濃度及溫度的影響。
- (六)若銅離子濃度較大時，由硝酸銀溶液中取出附有銀晶體的銅絲置於空氣中短時間（約 5 分鐘），表面生成紅色的固體，由氨水檢



驗及原子吸收光譜測得的吸收度，得知為銅，此乃因生成的銅離子還原成金屬銅。

(七)由本實驗結果得知，欲改進實驗七使所得銀晶體中含銅量較少，且得到銀白色的銀晶體，可使用濃度大於 0.3 M 的硝酸銀溶液，同時，置換反應不要放置太久的時間。

(八)實驗廿四的硝酸鉛及硫酸銅溶液也改用濃度較大 ( 0.3 M ) 的溶液為理想。

評語：

本作品研究高中化學實驗中銀晶體析出之顏色變化因素，獲得具體結論，甚有創意，可以解決學生在實驗時，某些情況下析出銀晶體並非銀白色之疑惑，對教學很有幫助。作者之實驗設計及研究態度均正確，但對各種顏色銀晶體之銅含量測定及資料處理不夠完整。