

銀 晶 體 之 研 究

高中組化學科第三名

台北市立景美女子高級中學

作 者：黃瑾慈、賴柔玲、王文佳、李濟慧

指導教師：曹令霖

一、研究動機

在一次偶然經驗中，我們得知：於濃度恰適的 AgNO_3 溶液中，置入 Hg 數滴，可生成潔白晶亮的 Ag 晶體；但，何謂恰適的濃度呢？又，在 AgNO_3 溶液中添加酸、鹼；或改變如 pH 值、溫度……的變因，對晶體之長成又有何影響呢？在尋遍群書，若無解答的情況下，我們想自製些簡易的實驗來追求結果。

二、研究目的

- (一) 找出將 Hg 置入何種濃度的 AgNO_3 溶液中， Hg 表面可有最完美的針狀晶體。
- (二) 找出將 Hg 置於何種溫度下的 AgNO_3 溶液中， Hg 表面能生成最完美的針狀晶體。
- (三) 由(一)(二)步驟中，找出最適的反應環境，再添加酸、鹼，視其對長晶有何影響，並找出最佳添加物。
- (四) 由步驟(三)所找出最佳添加物後，再找出最適晶體生成的 pH 值。
- (五) 改變 Hg 的量，視其對晶形有何影響。
- (六) 以其他金屬替代 Hg ，以期能找出反應快，晶形佳的替代品。
- (七) 由以上步驟之產物做檢驗，所得產物為何，是 Ag 嗎？

三、研究設備器材

- (一) AgNO_3 對皮膚及黏膜有腐蝕性及輻射。 $\text{AgNO}_3 = 169.89$
- (二) Hg Mercury metal 銀白色流動液體，和 S_8 在常溫下混合即反應而成 HgS 。
- (三) 其他藥品：
 1. Hydrochloric Acid $\text{HCl} = 36.46$
 2. Sulfuric Acid $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98.08$
 3. Nitric Acid $\text{HNO}_3 = 63.02$
 4. Acetic Acid $\text{CH}_3\text{COOH} = 60.05$
 5. Sodium Hydroxide $\text{NaOH} = 40.00$
 6. Ammonium Hydroxide $\text{NH}_3(\text{aq}) = 35.00$

(四)其他器材：

銅片、鎂帶、鋅粒、鋁片、千分之一電子天平、通風櫥、恆溫槽、熱風循環乾燥箱、蒸餾水、碼錶、保潔膜、錶玻璃、燒杯、量筒、試管……等。

四、研究過程或方法

(一)尋找最適合晶體生長的 AgNO_3 濃度。

【步驟】

1. 調製 AgNO_3 溶液1M、0.5M、0.25M、0.1M、0.05M、0.025M，各40mL。
2. 分別置入等量的Hg，並標示清楚。此外，並置二組：A、B。
3. 於置入Hg的剎那按下碼錶，記錄時間。（視覺之細微誤差可忽略不計）
4. 分別於三日內記錄晶體生成情形。結果見於表（一）

今日溫度 20°C 氣壓 76.4 cm-Hg 原 pH值 9~10

溶液種類	後 PH 值	生長情形	備註
AgNO_3 溶液1M	4	Hg一置入，立刻於表面生成灰黑團狀物，約9"開始生成。	Hg的周圍生成白色物質。
AgNO_3 溶液0.5M	5	Hg一置入，立刻於表面生成色澤較淺的灰黑團狀物，約21"開始生成。	Hg周圍生成白色棉狀晶體。而灰黑物長成前Hg表面有黃綠物。
AgNO_3 溶液0.25M	4	同上，但灰黑物較淺，有極少數晶亮晶體產生，約生1'16"開始生成。	Hg周圍已無白色物質，杯底佈滿黑色物質
AgNO_3 溶液0.1M	4	仍有少量灰黑物，但多為灰白針晶體，約2'23"開始生成。	Hg周圍為黑與黃綠色物相混。
AgNO_3 溶液0.05M	4~5	晶體呈針芒狀，銀亮潔白約7'31"開始生成。	Hg四周已亦見黑色物，為大量黃綠物替代
AgNO_3 溶液0.025M	4	晶體亦似前者的尖銳，且較為銀亮，為樹叢狀約20'53"開始生成。	黃綠色物質大量減少。

(二)尋找最適宜晶體生長的溫度。

【步驟】

1. 調製 AgNO_3 溶液0.1M、0.05M各200mL，各分置五杯：
A、B、C、D、E。
2. 置入等量的Hg，並使溶液溫度分別保持於10°C、20°C、30°C、40°C、50°C。同時記錄晶體生成時間。

3. 於六小時內觀察記錄晶體生長情形。結果見表（二）

[AgNO₃ 0.05M]

今日溫度：不定

氣壓：76.7 cm-Hg

溫度 晶形	50 °C	40 °C	30 °C	20 °C	10 °C
光澤	劣， 無光澤	佳， 較暗	優， 銀亮	優， 銀亮	佳， 亮。
形狀	棉狀	短針狀	樹叢狀	長針狀	短針狀
色澤	灰黑	灰	銀亮 潔白	銀亮 潔白	灰白
時間	1'16"	3'04"	4'26"	7'15"	21'54"

※由(一)、(二)表中，顯而易見的：於0.1~0.05M，20~30°C的AgNO₃溶液中，晶體生成較快，且晶形良好；故以下實驗皆以0.1M、0.05M，及近於室溫的20°C中進行。

(三) 尋求置入何酸何鹼，可使晶體產生完美？且對晶形有何影響？

【步驟】

1. 分別調置AgNO₃溶液0.2M、0.1M各120mL，各分置十二杯：

2. 分別於：(一)、(二)加入10滴HCl (三)、(四)加入NH₃(aq)過量。

(五)、(六)加入10滴CH₃COOH (七)、(八)加入10滴H₂SO₄。

(九)、(十)加入10滴濃HNO₃ (十一)、(十二)加入NaOH數粒。

3. 分別置入等量的Hg，並標示清楚。同時設置三組(一)、(三)、(五)。

4. 於三日內記錄結果。結果見於表（三）

今日溫度 20°C

氣壓 76.9 cm-Hg

原 pH值 9~10

溶液種類	後pH值	產生時間	生長情形	備註
AgNO ₃ 0.1M +10滴濃 HCl	1	無	至今未有明確晶體產生。	HCl一滴入AgNO ₃ 溶液中，立刻產生白色AgCl↓
AgNO ₃ 0.1M +NH ₃ (aq) 過量	10	約一日 左右	Hg表面有少量灰黑物， 且有些許小觸角向外伸展。	杯底有少量灰黑物，且 有些許小黑點。
AgNO ₃ 0.1M +CH ₃ COOH	3	3'18"	有些許明亮體產生。	
AgNO ₃ 0.1M +H ₂ SO ₄	1	無	至今未有明確晶體產生	Hg表面有褐色物覆蓋。
AgNO ₃ 0.1M +10滴濃 HNO ₃	1	1日以內	晶體為銀針狀，縱橫交 錯。	晶體尚未形成前，Hg 表面似乎受到四面八方的 拉力，使之呈斷裂狀。
AgNO ₃ 0.1M +NaOH	10	無	至今尚未有明確晶體產 生。	久置後，褐色泥狀物沈 澱。

(四) 尋求最適合晶體生長的pH值。

【步驟】

- 分別調製ㄅ組： $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 0.2M + HNO_3 七杯pH值分別為7 6 5 4 3 2 1。
 ㄆ組： $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 0.05M + HNO_3 七杯pH值分別為7 6 5 4 3 2 1。
 ㄇ組： $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 0.2M + CH_3COOH 七杯pH值分別為7 6 5 4 3 2 1。
 ㄉ組： $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 0.05M + CH_3COOH 七杯pH值分別為7 6 5 4 3 2 1。
- 分別置入等量Hg，於二日後測其pH值，並記錄之。
- 晶體生長情形見於表（四）

今日溫度 20°C 氣壓 76.1 cm-Hg

溶液種類	原pH值	後pH值	生長情形
AgNO_3 0.05M + HNO_3	7	3 ~ 4	晶體呈芒狀，向四面八方展開，自杯底視之，可見Hg內部為挖空狀，且Hg底部有黃綠色物質，約16'03"開始生成晶體。
AgNO_3 0.05M + HNO_3	6	4	晶體似芒草堆，向上表，分枝粗大，自底視之亦如上者，但無黃綠色物，約18'19"開始生成晶體。
AgNO_3 0.05M + HNO_3	5	4	晶體呈蕨葉狀，色澤銀亮，約16'52"開始生成晶體
AgNO_3 0.05M + HNO_3	4	4	晶形與上者相似，但色澤較晶亮，約10'24"開始生成晶體。
AgNO_3 0.05M + HNO_3	3	3	晶體呈長針狀向外伸展，縱橫交錯，少數為平面纖狀，約23'13"開始生成晶體。
AgNO_3 0.05M + HNO_3	2	2	晶體呈長針狀，向四方擴展，但似一觸及杯壁，便有更大量針狀晶體產生，約24'47"開始生成晶體。
AgNO_3 0.05M + HNO_3	1	1	晶體呈長針狀，少數片狀，銀亮潔白，約39'52"開始生成晶體。

(五) 改變所置入Hg的量，視其對晶體之長成有何影響。

【步驟】

- 分別調製 AgNO_3 溶液0.1M、0.05M各160mL，分置八杯：
 ㄅ、ㄆ、ㄇ、ㄉ、ㄊ、ㄋ、ㄌ、ㄍ。
- 分別加入Hg 2mL、1.5mL、1mL、0.5mL。

3. 並置三組，於二日內觀察並記錄。結果見於表（五）。

今日溫度20°C 氣壓76.3cm - Hg

溶液種類	生長情形
AgNO ₃ 0.1M +Hg2mL	產生許多尖銳晶體，杯底有灰黑物覆於其上。
AgNO ₃ 0.1M +Hg1.5mL	有樹叢狀晶體產生，杯底有灰黑顆粒。
AgNO ₃ 0.1M +Hg1mL	多數為芒針狀晶體，色澤較前者銀亮。
AgNO ₃ 0.1M +Hg0.5mL	晶體如棉狀聚在一起，色澤銀亮，些許狀似雪花。

(六) 尋求以其他金屬以替代Hg，找出能更快速折出更大量晶體的金屬。

【步驟】

1. 調製AgNO₃溶液0.1M、0.05M各200mL，各分置五杯，一一置入Hg、Al、Cu、Zn、及Mg。並於各金屬置入剎那按下碼錶，計時。
2. 共設置三組，於二日內觀察、記錄，並測其pH值。
3. 結果見於表(六)

今日溫度20°C 氣壓76.9cm - Hg

溶液種類	產生時間	後 pH 值	生長情形
AgNO ₃ 0.1M +Hg	2'34"	5	晶體為灰白芒刺狀，周圍有少量黃綠色物質。
AgNO ₃ 0.1M +Al	0'27"	4	白色呈粗條狀排列在Al表面，且黑色物較少。
AgNO ₃ 0.1M +Cu	0'56"	5	Cu表面呈灰綠泥狀物，其下有針狀潔白之晶體，溶液為藍色。
AgNO ₃ 0.1M +Zn	0'13"	8	Zn周圍為黑色團狀物，其下有銀亮的晶體。
AgNO ₃ 0.1M +Mg	0'33"	9	Mg表面有灰白色物覆蓋

(七) 檢驗我們所得之產物是否真為Ag？

【步驟】 〈因版面問題，故以下一律從簡。〉

1. 將先前所有產物一一過濾、烘乾、秤重，並記錄之。
2. 以下為每份產物所需相同步驟。

∩將過濾之產物再以0.1M AgNO₃溶液反覆沖之；再以蒸餾水沖之。

△目的地：使之完全反應，並沖淨殘留之AgNO₃(aq)。

⊘ 晶體溶解 加HNO₃(aq) ——>

銀白固體 + 濃HNO₃ ——>

{ 有紅棕色氣體產生了濾液分二份 } 加HCl ——>

生成 $\text{AgOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O}$ 棕黑沈澱 \rightarrow +過量 $\text{NH}_3(\text{aq}) \rightarrow$ 沈澱消失。

[產生 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 無色]

生成 $\text{AgCl} \downarrow$ 白色

☆研究結果 \rightarrow 因篇幅有限，已將之納入討論及結論之中。

五、 討 論

- (一) Hg 一置入 1 M AgNO_3 溶液，為何於其周圍產生一圈白色物質呢？ \rightarrow 我們推測那一圈白色物應是 AgNO_3 的結晶。因其濃度太大， Hg 一置入，還原不及，而直接在 Hg 周圍形成白色晶體堆積。
- (二) 於步驟(四)中，顯而易見的， pH 值原為4以上的溶液，反應畢均歸至4，我們推其應為 $\text{Hg} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow 2\text{Ag} + \text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 中所產生的 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 造成。 \rightarrow 其呈酸性，水合物為白或淡黃，有毒，易感光。
- (三) 又，加入 HNO_3 的溶液中，開始所生成之 Ag 晶體，會再縮回去呢？ \rightarrow 我們皆知， Hg 內聚力很大，而滴入的酸可清潔 Hg 表面，使 Hg 對其產生的晶體產生向內拉力，故 Ag 晶體會回縮。但久了， Hg 耗盡，內聚力減小， Ag 便向外伸展開了。
- (四) 以 Cu 、 Zn 、 Al 、 Mg 替代 Hg ，仍能析出 Ag 晶體。但晶形均不佳。 $\rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 藍色潮解性固體。故反應完後溶液呈藍色。
- (五) 於各反應中， Ag 晶形之不同，應是原子堆積或原子排列相異所致。

六、 結 論

- (一) 1 M AgNO_3 溶液生成晶體時間快，因濃度 \uparrow ， $\text{Ag}^+ \uparrow$ ，氧化還原太快以致晶形不佳；而 Hg 置入 AgNO_3 0.1 及 0.05 M 中晶形大且較佳。
- (二) 加入 H_2SO_4 的 AgNO_3 溶液仍產生 Ag 晶體，為灰白且樣式柔合的松葉狀晶體；但約四日以上才有反應，速極緩，故不列入考慮。
- (三) $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 添加適量的酸，如 HNO_3 或 CH_3COOH ，可使晶形良好，且更為白亮，尤其添加了 HNO_3 的，由於同離子效應，使 Ag 緩慢堆積，成形較佳，但與添加了 CH_3COOH 的相比，則緩慢了許多。
- (四) 在原 pH 值低的 $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 中， Ag 晶體雖良好，但 pH 值越低，反應越慢。而原 pH 值4的 $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 中， Ag 晶體成長快速，且晶形較佳，產量亦較大。
- (五) 改變所置入之 Hg 的量，對晶體成長並無顯著影響，但 pH 值均降至2，與實驗(四)中相異，是因其有較大量 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 產生所致。
- (六) 以 Cu 、 Zn 、 Mg 、 Al 皆能替代 Hg 於 AgNO_3 溶液中反應，析出 Ag 晶體。以 Cu 替代 Hg ，溶液為藍色酸性，晶體為灰綠泥狀及短針狀晶體混合。以 Zn 替代 Hg ，產

生快，產量大，但晶形差。以Mg替代之，晶體為灰黑帶狀，略帶褐色。以Al替之，晶體略透明。

(七)本實驗之產物經證驗確認其為Ag。

七、參考資料及其他

(一)化學化工藥學大辭典 黃天宇 編著

(二)高中化學II

(三)普通化學 曾國輝 著

(四)晶體與晶體生長 校閱者 吳謀泰

評語

在硝酸銀水溶液中，放置汞滴，即在汞表面上逐漸長出銀絲即銀晶體，如仔細配製，即可長出相當漂亮的金屬絲，基本上，這是金屬汞表面的還原反應，作者做出的幾片樣品都相當不錯，但從科學觀點而言，仍有一些瑕疵，主要在可實驗條件沒有充分的控制，陰離子的效應並沒有包涵在內，應在以後續工作中，加以補充。