

神祕的銀晶體

國中組化學科第二名

台北市立陽明國民中學

作者：紀凱獻

指導教師：陳英杰、黃家德

一、研究動機

去年暑期科學營的活動 有一個實驗是「銅與硝酸銀溶液的反應」，我在實驗的操作過程中，發現銅片上析出灰黑色的泥狀物質，此結果與實驗手冊上所述之「閃亮針狀的銀晶體」完全不同，爲了探究其原因，便利用課餘時間進行以下的實驗。

二、研究目的

- (一)設計實驗探討影響銀晶體生長的有關因素。
- (二)認識銀晶體在洋菜膠液中的成長情形。
- (三)找出獲得閃亮針狀之銀晶體的適當條件。

三、研究設備器材

電子秤、恆溫槽、顯微照相機、磁性攪拌器、電子計時器、磁鐵、試管、量瓶、培養皿、過濾漏斗、過濾瓶、Water Aspirator、濾紙、銅片、鐵片、鋅片、鋁片、汞、蒸餾水、硝酸銀、硫酸、硝酸、鹽酸、醋酸、氫氧化鈉、氨水、硫酸銅、硝酸鈉、黃血鹽、洋菜粉。

四、研究過程與結果：

(實驗一) 尋找適合與硝酸銀溶液進行取代反應的金屬

1.步驟：

- (1)取面積大小相等的銅、鐵、鋅、鋁、鉛等金屬片各一片，用砂紙磨亮，然後同時放入等體積0.3 M 的硝酸銀溶液中，觀察其變化並記錄之。
- (2)將汞數滴分別滴入0.3 M 的硝酸銀溶液中，觀察其結果。

2.結果：

- (1)銅、鋅、鋁與鉛等金屬之表面皆迅速析出灰色泥狀物質及細小的針狀晶體。其中以銅片表面所析出之晶體數目較多，富金屬光澤且排列整齊，晶體

顆粒大小適中且晶體掉落較少。

(2)汞滴表面緩慢長出針狀的閃亮晶體。

3.分析：

由結果顯示銅片與汞適合與硝酸銀溶液進行取代反應，但銅片反應速率較適中，容易取得且無毒性，故銅片是較理想之反應金屬材料。

(實驗二) 探討硝酸銀溶液濃度對銀晶體析出的影響

1.步驟：

(1)配置不同濃度的硝酸銀溶液於試管中，然後將處理好之銅片以細棉線繫住，分別懸掛於上述試管中，使銅片全部沒入溶液內觀察其變化並記錄之。

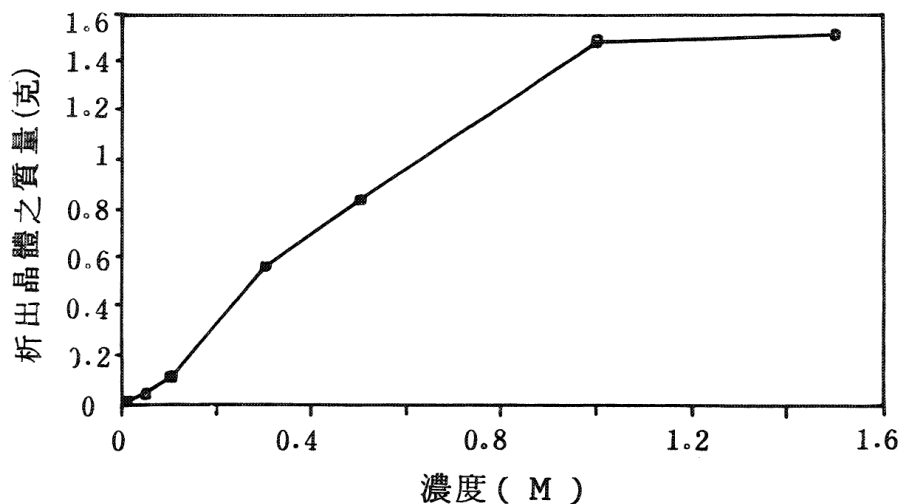
(2)三十分鐘後取出銅片析出之晶體，沖洗、過濾、乾燥後稱重。

2.結果：

| 硝酸銀溶液之濃度 | 銅片表面銀晶體析出之情形 |
|----------|--|
| 0.01M | 一開始銅片表面迅速變黑，形成黑泥，15.分鐘後黑泥變灰泥，約25分鐘後銅片底部與邊緣有細小晶體析出，同時灰泥增多而形成棉狀。 |
| 0.05M | 一開始產生黑泥，但約10.分鐘後變灰泥，約20.分鐘底部析出晶體，但顆粒極小，隨後底部逐漸長出垂吊之晶體。 |
| 0.10M | 最初仍為黑泥，但邊緣已經生成灰泥，約10.分鐘長出針狀晶體。 |
| 0.30M | 銅片表面迅速變灰色，且析出細小晶體，1分鐘後便長出針狀晶體，5分鐘後垂吊晶體生成，且繼續向下生長。 |
| 0.50M | 反應開始時狀況同上，但速率較快，約20.分鐘後即有晶體脫落。 |
| 1.00M | 馬上變灰白且析出晶體顆粒大，同時有棉狀物生成，約10.分鐘即掉落。 |
| 1.50M | 立刻析出銀白針狀晶體，但很快變成泥狀而脫落。 |
| 2.00M | 同上，但速率更快，脫落情況嚴重。 |

| 硝酸銀溶液濃度 (M) | 析出晶體質量 (克) |
|----------------|---------------|
| 0.01 | 0.01 |
| 0.05 | 0.04 |
| 0.1 | 0.11 |
| 0.3 | 0.57 |
| 0.5 | 0.84 |
| 1 | 1.49 |
| 1.5 | 1.52 |

析出晶體之質量(克)



3.分析：

如果考慮晶體的顏色與光澤，顆粒大小及排列整齊程度，以0.3 M 的硝酸銀溶液較理想，因此以下實驗都採用0.3 M 的溶液。

(實驗三) 反應溫度對銀晶體析出的影響

1.步驟：

- (1)試管內盛40 ml 0.3 M 的硝酸銀溶液，置於10℃的恆溫槽中片刻，接著放入處理好的銅片，觀察其變化並記錄之。
- (2)三分鐘後取出銅片，利用顯微鏡觀察其析出之晶體的外觀。
- (3)於恆溫槽中，不同溫度下，進行以上實驗。

2.結果：

| 析出晶體外觀 \ 溫度 | 10°C | 20°C | 25°C | 35°C | 50°C | 80°C |
|-------------|-----------|---------|----------|-----------|------------|-----------|
| 顏色 | 灰白 | 銀白 | 銀白 | 灰白 | 灰 | 灰 |
| 金屬光澤 | 佳 | 優 | 優 | 中等 | 差 | 差 |
| 顆粒大小 | 細小 | 中等 | 中等 | 大 | 粗大 | 粗大 |
| 附著情形 | 佳，無晶體掉落 | 佳，無晶體掉落 | 可，少量晶體掉落 | 可，有垂吊晶體掉落 | 差，垂吊晶體脫落許多 | 很差，晶體大量脫落 |
| 排列方式 | 規則，但針狀晶體少 | 針狀規則排列 | 針狀規則排列 | 針狀，但不太規則 | 泥狀，不規則排列 | 棉狀，不規則排列 |

3.分析：

溫度維持在室溫度20°C左右，銅片上析出的銀晶體較理想，因此以後的實驗其反應溫度均控制於20°C。

(實驗四) 添加酸、鹼、鹽類於硝酸銀溶液中對銀晶體析出之影響

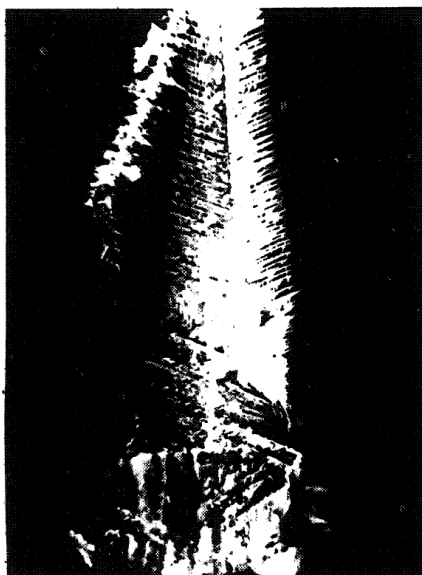
1.步驟：

- (1)取十支試管，每支盛20 ml 0.6 M 硝酸銀，再分別加入①20ml水 ②20ml水與0.5 ml濃硝酸 ③20 ml 水與0.5 ml 濃硫酸 ④20 ml 0.6 M 醋酸 ⑤20 ml 0.6 M 氫氧化鈉 ⑥過量濃氨水 ⑦20 ml 0.6M硝酸鈉 ⑧20ml 0.6 M 硫酸銅 ⑨20 ml 0.6 M 硫酸銅及0.5 ml濃硫酸 ⑩過量黃血鹽。

(2)將處理好之銅片十片，分別置於上述溶液中，然後觀察其結果。

2.結果：

- (1)加硝酸鈉或少量濃硝酸，反應速率減緩，析出晶體呈灰白色且光澤差。
- (2)加硫酸銅或少量濃硫酸，可獲得閃亮針狀的銀晶體；靜置數小時後，晶體逐漸向下生長而形成漂亮的銀樹。
- (3)加入醋酸會生長灰黑色泥狀物質且很快脫落。
- (4)添加氫氧化鈉則試管內有褐色物質沈澱而銅片表面無反應。



(5)加過量氨水或黃血鹽，銅片表面鍍上一層銀，尤其是加黃血鹽所鍍上之銀具金屬光澤且不會因擦拭而脫落。

3.分析：

溶液中添加硫酸銅或少量濃硫酸，銅片上可逐漸長出漂亮的銀樹，而其对銀晶體之析出速率影響如何，值得進一步探討。

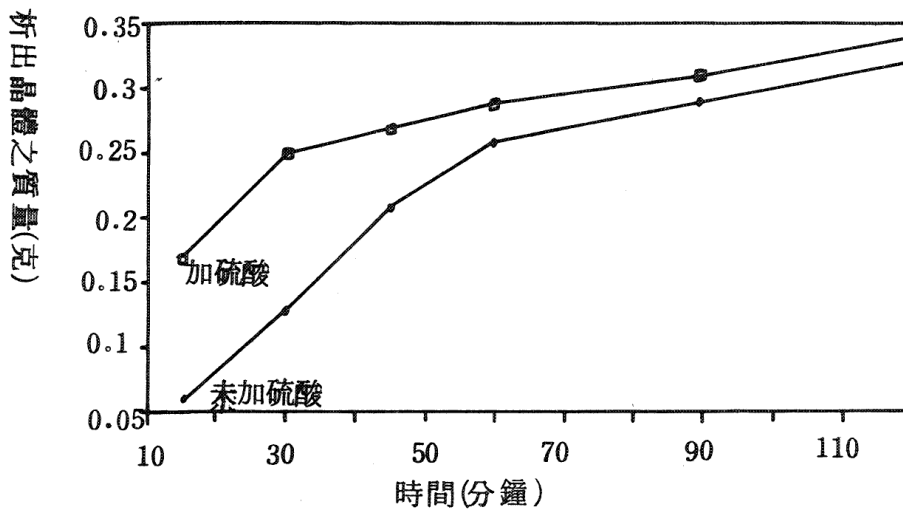
(實驗五) 硝酸銀溶液添加硫酸對銀晶體析出之影響

1.步驟：

- (1)取二支試管，每支盛40ml 0.1M 硝酸銀，其中一支加十滴濃硫酸，然後將銅片同時置入各試管之溶液中，觀察並記錄之。
- (2)十五分鐘後取出銅片，將析出之銀取下清洗數次，乾燥後稱重。
- (3)改變反應時間，重覆步驟(1)和(2)，並將結果作圖分析。

2.結果：

| 時間 (分鐘) | 質量 加硫酸 W 1 | 質量 (克) 未加硫酸 W 2 | 質量差 W 1-W 2 |
|------------|------------------|--------------------------|----------------|
| 15 | 0.17 | 0.06 | 0.11 |
| 30 | 0.25 | 0.13 | 0.12 |
| 45 | 0.27 | 0.21 | 0.06 |
| 60 | 0.29 | 0.26 | 0.03 |
| 90 | 0.31 | 0.29 | 0.02 |
| 120 | 0.34 | 0.32 | 0.02 |



3.分析：(略)

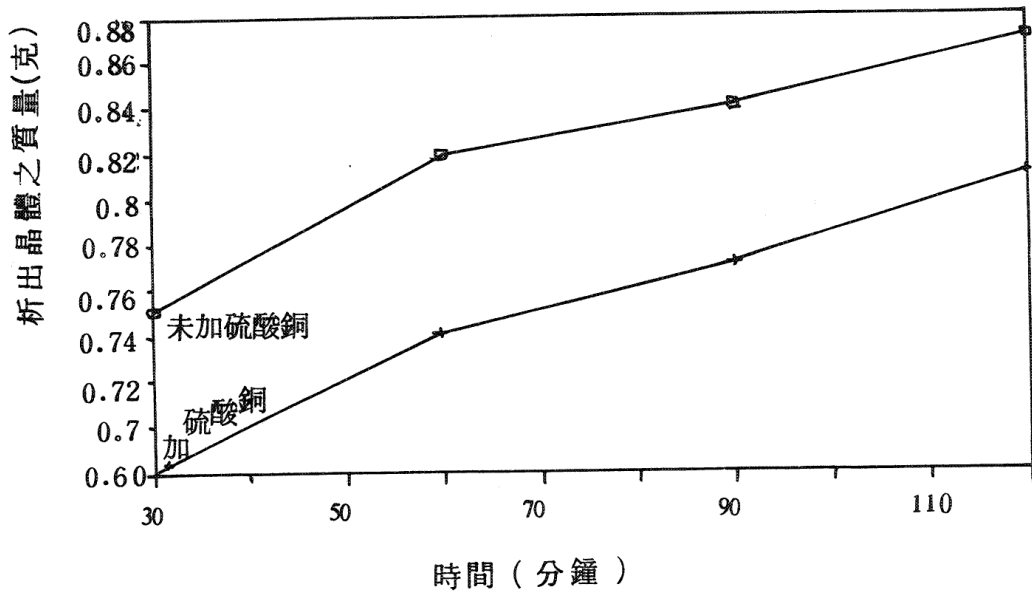
(實驗六) 添加硫酸銅對銀晶體析出之影響

1.步驟：

- (1)取二支試管，一支盛40ml 0.3M 硝酸銀，另一支盛20ml 0.6M 硝酸銀加20 ml 0.2M 硫酸銅，接著各置銅片於溶液中，待三十分鐘後取下析出之銀晶體，以蒸餾水清洗過濾數次，乾燥後稱重。
- (2)改變反應時間，重覆上述操作，並將結果作圖分析。

2.結果：

| 時間 (分鐘) | 質量 (克) | | 質量差 W1-W2 |
|------------|------------------|------------|--------------|
| | 未加 硫酸銅 W 1 | 加硫酸銅 W2 | |
| 30 | 0.75 | 0.68 | 0.07 |
| 60 | 0.82 | 0.74 | 0.08 |
| 90 | 0.84 | 0.77 | 0.07 |
| 120 | 0.87 | 0.81 | 0.06 |



3.分析：(略)

(實驗七) 探討銅加上介質對析出銀的影響

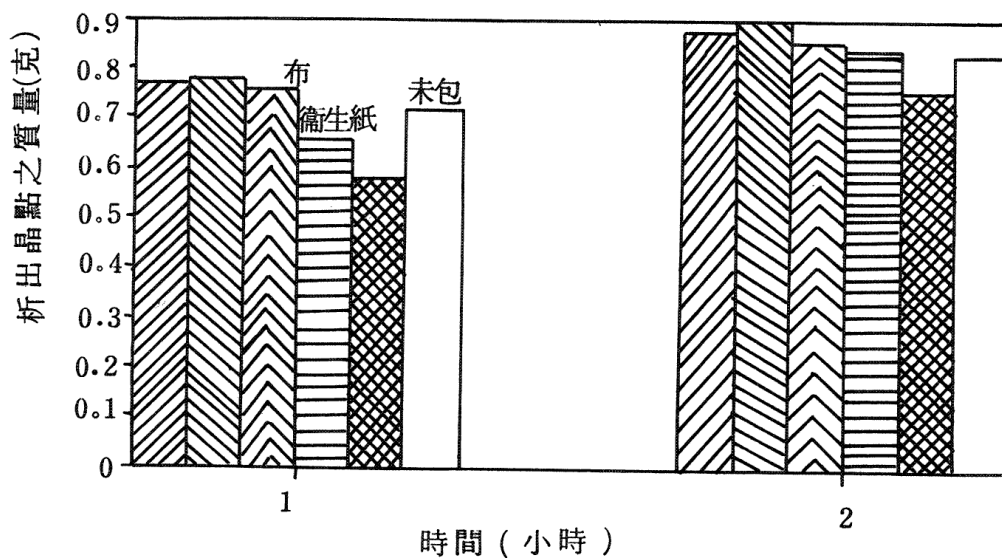
1.步驟：

(1)將處理好之銅片依序用宣紙、濾紙、紗布、衛生紙、秤量紙包裹著，其中一片不包以作為對照。接著將銅片分別懸吊放入40ml 0.3M 硝酸銀溶液中，觀察其變化，一小時後取出晶體稱重。

(2)將反應時間改為二小時，依上述方法操作，並將結果作圖。

2.結果：

| 時間 | 介質 | 晶體質量 (g) | | | | | |
|----|----|----------|------|------|------|------|------|
| | | 宣紙 | 濾紙 | 紗布 | 衛生紙 | 秤量紙 | 未包 |
| 1 | 小時 | 0.77 | 0.78 | 0.76 | 0.66 | 0.58 | 0.72 |
| 2 | 小時 | 0.88 | 0.90 | 0.86 | 0.84 | 0.76 | 0.83 |

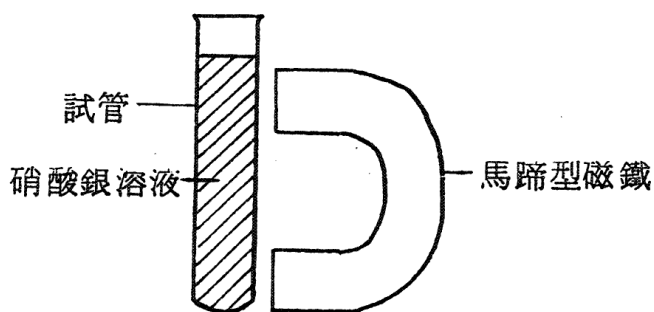


3.分析：(略)

(實驗八) 磁力作用對銀晶體析出的影響

1.步驟：

(1)取二組0.3M硝酸銀溶液各40ml，然後將強力馬蹄型磁鐵放在其中一組溶液旁，另一組則無，以作對照組，裝置如下圖。



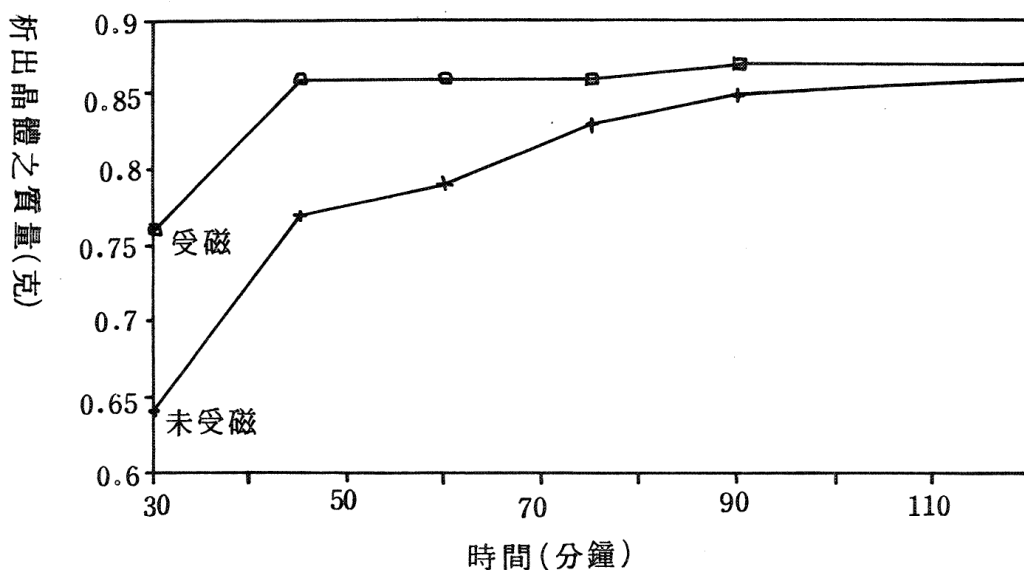
(2)將銅片同時放入兩組溶液內，觀察其變化，於三十分鐘後取出銅片上的晶體，清洗過濾數次，待乾燥後稱重。

(3)改變反應時間，重覆以上步驟。

2.結果：

3.分析：(略)

| 時間 (分鐘) | 質量 受磁 W 1 | 質量 (克) 未受磁 W 2 | 質量差 W 1-W 2 |
|------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| 30 | 0.76 | 0.64 | 0.12 |
| 45 | 0.86 | 0.77 | 0.09 |
| 60 | 0.86 | 0.79 | 0.07 |
| 75 | 0.86 | 0.83 | 0.03 |
| 90 | 0.87 | 0.85 | 0.02 |
| 120 | 0.87 | 0.86 | 0.01 |



(實驗九) 反應環境的暗亮對銀晶體析出量之影響

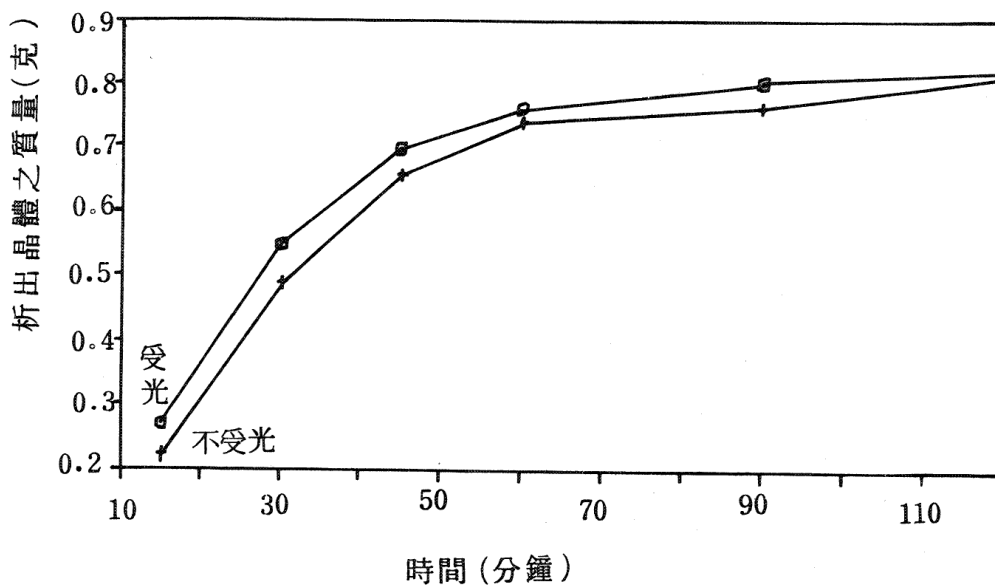
1. 步驟：

- (1) 取二組0.3M硝酸銀溶液各40ml，其中一組用鋁箔紙將試管包裹，另一組不包以作對照。
- (2) 將銅片同時放入兩試液中，並把包鋁箔紙的試管置於暗室內，十五分鐘後取出銅片，將析出之銀清洗數次，待乾燥後稱重。
- (3) 改變反應時間，重覆以上步驟，並將結果作圖比較分析。

2. 結果：

3. 分析：(略)

| 時間 (分鐘) | 質量 受光 W 1 | 質量 (克) 不受光 W 2 | 質量差 W 1-W 2 |
|------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| 15 | 0.27 | 0.22 | 0.05 |
| 30 | 0.55 | 0.49 | 0.06 |
| 45 | 0.70 | 0.66 | 0.04 |
| 60 | 0.76 | 0.74 | 0.02 |
| 90 | 0.80 | 0.76 | 0.04 |
| 120 | 0.82 | 0.81 | 0.01 |



(實驗十) 比較在酒精溶液中和水溶液中所析出之銀的差異 (略)

(實驗十一) 探討銀晶體在洋菜膠液中的成長情形

1. 過程：

- (1) 配製濃度 2.0 g/l 的洋菜膠液 200 ml 於燒杯中，加熱充分均勻溶解後冷卻至約 45°C 時，倒入 200 ml 0.6 M 硝酸銀溶液與其均勻混合，然後分別取出 40 ml 混合膠液於試管中，待凝固後插入處理好之銅片，並使用橡皮塞將管口塞緊，每隔一小時觀察記錄生長情形。
- (2) 改變洋菜膠液濃度，找出較利於銀晶體生長的洋菜膠液濃度。
- (3) 將銅片改為其它金屬片，尋找反應較佳的金屬材料。
- (4) 添加酸類或鹽類物質於混合膠液中，觀察其結果並比較之。
- (5) 將混合膠液置於強力馬蹄型磁鐵旁，觀察其生長情形。
- (6) 利用顯微鏡觀察以上實驗所析出之銀晶體，並拍攝晶體的形狀。

2. 結果摘要：

- (1) 室溫下，濃度為7.0 g/l 左右的洋菜溶液與等體積0.6 M 硝酸銀溶液所形成之混合膠液，較適合銀晶體的生長。
- (2) 使用鋅片作反應的金屬，銀樹生長速度較快，但缺少光澤；使用銅片則銀樹成長速成長速度適中，金屬光澤佳，其餘金屬則較差。
- (3) 混合膠液中添加少量濃硫酸，可培養出漂亮的銀樹。
- (4) 磁力作用下，試管中的銀樹有偏向兩磁極生長的現象。
- (5) 利用顯微鏡觀察銀樹的晶體可發現：肉眼所見的細小微粒，其實也是由無數的小銀樹所構成，它們的基本結構是相同的。

(實驗十二) 分析銅片上所析出之灰黑色泥狀物質的成份

1. 步驗：(略)

2. 結果：經定性分析結果顯示此灰黑色物質為銀。

五、討論

- (一) 將銅片置於硝酸銀溶液中，由於銅的活性比銀大因此有自發的氧化還原反應發生，在銅片外層上有銀金屬析出而銅片逐漸被溶解，此一反應可用方程式表示如下：
$$2\text{Ag} + \text{Cu} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{Cu}$$
- (二) 硝酸銀溶液中添加硫酸銅對銀晶體的析出有抑制的效果，其原因可能為硫酸銅溶液中的銅離子影響銅片放出電子。
- (三) 加過量氨水於硝酸銀溶液中，會形成 $(\text{NH}_3)_2^+$ ，而加黃血鹽則會產生沈澱物質，使得溶液中 Ag^+ 濃度太低而影響析出之銀原子的數目，因此銅片上無法析出針狀銀而只能鍍上一層銀。
- (四) 銅片包裹不同質料的紙或布，能防止長成的銀晶體掉落，而可以長出漂亮的銀樹，其原因可能為反應初期銅片表面生成的泥狀物被包裹在內無法脫落，而隨後由於溶液中銀離子濃度逐漸降低，析出銀原子的速率減緩，原子排列堆積較規則，所以結晶良好而不會斷落。
- (五) 實驗結果顯示銀有銀白色光亮的針狀晶體，也有灰色泥狀、黑色泥狀，且晶體顆粒大小皆不同，這可能是因為原子的排列方式、堆積緊密不同所致，其受溶液濃度與溫度的影響極大。

六、結論

- (一)室溫時，硝酸銀溶液濃度小於0.3 M，反應開始時銅片表面析出晶體為黑色，其晶粒於顯微鏡下觀察是細小顆粒；濃度大於0.3 M，則銅片表面很快析出銀白色晶體，顯微鏡下可看到美麗的晶形。
- (二)硝酸銀溶液濃度小、溫度低時，銅片表面需較長時間才會析出銀白色的銀晶體，且顆粒較小；濃度大、溫度高時，則晶體析出速率快，顆粒大而肉眼可見針狀的銀晶體，但容易掉落。
- (三)銅片包上紙或布，析出的銀晶體不易脫落且針狀銀多，而其中以包裹濾紙效果較好。
- (四)銅片懸掛於溶液中，晶體的生長情況良好；若直接將銅片靠在容器壁上則析出之銀成泥狀。
- (五)室溫下，硝酸銀溶液添加少量濃硫酸，並將銅片懸掛於溶液中進行反應，則銅片上可析出閃亮針狀的銀晶體，且晶體向下逐漸生長而形成美麗的銀樹。
- (六)外加磁場或照光，可加速銅與硝酸銀溶液的取代反應。
- (七)硝酸銀溶液加入黃血鹽，待產生沈澱物質後放入銅片，則銅片表面可鍍上光亮的銀。
- (八)銀晶體在酒精溶液中的成長速度慢，晶粒小但金屬光澤佳。
- (九)硝酸銀與洋菜的混合膠液中添加少量濃硫酸，可以培養出外型優美且富變化的閃亮銀樹。

七、參考資料

- (一)國立編譯館主編：國中理化，第三冊，國立編譯館出版，民國七十九年九月。
- (二)魏明通著：無機化學，三民書局出版，民國七十三年八月。

評語

由硝酸銀經反應產生銀晶體，改變多項變因，包括反應金屬，硝酸銀濃度，溫度，添加酸、鹼、鹽類、磁場、光線、有機溶劑等，觀察銀析出之情形，對各項實驗均有仔細的觀察及記錄，並針對各項變因的影響，做初步的討論見一個相當定的化學實驗。