

神奇的金屬樹—鉛樹及銅樹的研究

國中組化學科第三名

嘉義市立嘉義國民中學

作 者：陳瑞穗、周良環

江怡徵、龍潔美

指導教師：陳登輝、吳秋月

一、研究動機

在一次旅遊活動中，我們在百貨公司裏，無意中在商品廊裏看見在透明塑膠管中生長著美麗，光亮燦閃如樹枝狀及珊瑚狀的金屬樹，我們在嘆美欣賞之餘，推想這樣美麗燦爛的金屬樹到底是怎樣製作？它的製作原理如何？有的細長如樹枝狀，有的大如珊瑚狀，為何有這樣的差異？如何使它成長更長的樹枝狀或育成更大更美的其他形狀？又製作時須要那些原料？那些條件？……我們就發生這種種的疑問，因此回家後開始搜集資料後得知這些金屬樹製作原理與種種疑題與理化課本第十九章 19 ~ 2 元素對氧的化學活性與金屬鹽的還原原理相關，因此我們就利用聯課活動，寒暑假時間進一步從事研究這「金屬樹—鉛樹及銅樹的研究」。

二、研究目的

研究鉛樹及銅樹的製作方法，由實驗探究製取最快、最大、最美麗鉛樹及銅樹的最好生長條件及其製作技能，並尋找其規律性。

三、研究器材設備

(一)儀器

- 1.化學天平
- 2.試管
- 3.試管架
- 4.量筒
- 5.燒杯
- 6.酒精燈
- 7.三腳架
- 8.溫度計
- 9.培養皿
- 10.整流器
- 11.電壓計

12.可變電阻器 13.U型管。

(二)藥品

- 1.洋菜粉 2.醋酸鉛 3.鹽酸 4.硫酸 5.氫氧化鈉 6.氫氧化鋇
- 7.氯化銅 8.硫酸銅 9.醋酸銅 10.鋅片 11.鉛片 12.不鏽鋼片
- 13.鋁片 14.鎂帶 15.鐵片。

四、研究過程或方法

(一)鉛金屬樹的製作研究：

[基本的鉛樹製作方法]

- 1.配製醋酸鉛溶液後取用 100 ml 放置於 A 燒杯內。
- 2.配製洋菜膠液加熱充分均勻溶解後冷卻至 40 °C 後取用 100 ml 放置於 B 燒杯內。
- 3.將 A 燒杯內醋酸鉛溶液 100 ml 與 B 燒杯內洋菜膠液 100 ml 混合均勻後，分取於各試管內。
- 4.待混合膠液凝固後插入金屬鋅片，將試管管口用橡皮塞塞緊以免水分蒸發，使慢慢生長美麗的鉛樹。

[實驗步驟]

1. (實驗一) 洋菜濃度對鉛樹生長的影響。

調整洋菜濃度範圍為 0 ~ 12 g / l，按照基本的鉛樹製作法進行實驗，使鉛樹慢慢生長，觀測生長長度尋找最好生長濃度。

2. (實驗二) 醋酸鉛濃度對鉛樹生長的影響。

配製濃度為 4.0 g / l 的洋菜膠液，調整醋酸鉛濃度範圍為 5 ~ 50 g / l，按照基本的鉛樹製作法進行實驗，使鉛樹慢慢生長，觀測 8 天內鉛樹生長的長度，尋找最好生長的醋酸鉛濃度。

3. (實驗三) 不同種類的還原劑對鉛樹生長的影響。

調整洋菜濃度為 4.0 g / l，醋酸鉛濃度為 30 g / l，按照基本的鉛樹製作法，分別插入鋅片、鐵片、不鏽鋼片、鋁片、鎂帶、鎳片等六種不同金屬片做還原劑進行實驗觀測鉛樹生長的長度，尋找最好生長的金屬片還原劑。

4. (實驗四) 不同溫度下對鉛樹生長的影響。

調整洋菜濃度為 $4 \text{ g} / \ell$ ，醋酸鉛濃度為 $30 \text{ g} / \ell$ ，金屬片用鋅片，按照基本的鉛樹製作法，於恒溫槽中以不同溫度， $5^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$ 範圍下進行實驗，觀測在不同溫度內鉛樹生長的長度，尋找最好生長的溫度。

5. (實驗五) 添加不同催化劑之下對鉛樹生長的影響。

調整洋菜濃度為 $4.0 \text{ g} / \ell$ ，醋酸鉛濃度為 $30 \text{ g} / \ell$ ，按照基本的鉛樹製作法，於醋酸鉛洋菜膠液中分別添加 0.1 M ， 1 ml 的 HCl ， H_2SO_4 ， NaOH ， $\text{Ba(OH}_2\text{)}$ ， NaCl 等五種不同藥液進行實驗，測定鉛樹生長的長度，尋找最好生長的促進催化劑。

6. (實驗六) 插入電極及加電壓之下對鉛樹生長的影響。

調整洋菜濃度為 $4.0 \text{ g} / \ell$ ，醋酸鉛濃度為 $30 \text{ g} / \ell$ ，將醋酸鉛洋菜膠液置於 U型管中插入鉛片和鋅片電極，加壓 $8 \sim 15 \text{ V}$ ，另兩極均用鋅片做電極，加壓 $10 \sim 20 \text{ V}$ 按照基本的鉛樹製作法進行實驗，觀測鉛樹生長的長度，尋找最好生長的電極及電壓的強度。

7. (實驗七) 使用最好生長條件創新製作最長最美麗的鉛樹。

調整洋菜濃度為 $4.0 \text{ g} / \ell$ ，醋酸鉛濃度為 $30 \text{ g} / \ell$ ，還原劑金屬片用鋅片，溫度為常溫 ($20 \sim 30^\circ\text{C}$)，按照基本的鉛樹製作法進行實驗，使鉛樹慢慢生長，當不再生長時，將試管上部醋酸鉛洋菜膠液及鋅片取出，重新添加新醋酸鉛及鋅片，使重新育成生長鉛樹。

[實驗結果]

1. (實驗一) 當洋菜濃度在 $3.0 \text{ g} / \ell \sim 4.0 \text{ g} / \ell$ 時鉛樹生長最快且具有金屬光澤。

2. (實驗二)

(1) 鉛樹生長的結晶，以 $50 \text{ g} / \ell$ 濃度時最大，金屬光澤也最好。
(2) 鉛樹生長的長度以 $30 \text{ g} / \ell$ 濃度時最好。

3. (實驗三) 鉛樹製作時鋅片為最好的還原劑，其生長效果最好。

4. (實驗四) 鉛樹製作時於 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 其生長的結晶最大效果最好。

5. (實驗五) 鉛樹製作時添加少量 0.1 M HCl 時促進生長效果最好。
6. (實驗六) 插入鋅片做電極而電壓增加 10 ~ 15 V 時生長效果最好。
7. (實驗七) 使用最好生長條件創新製作可得最長又美麗具有金屬光澤的鉛樹製品。

〔討論〕

1. 由實驗二結果可知醋酸鉛的濃度較濃時生長較快，可推論是由於醋酸鉛濃度愈濃所含的鉛離子愈多，反應速率愈快鉛樹生長愈快。
2. 由實驗五當加入 H_2SO_4 時試管內白色沈澱產生，可推論是由於 SO_4^{2-} 級子和 Pb^{2+} 級子反應產生 $PbSO_4$ 沈澱。
3. 由實驗七可知使用最好生長條件製作鉛樹，當生長至約 10 cm 時就停止生長，我們推理其原因为鋅片周圍醋酸鉛洋菜膠液已經飽和鋅離子而達平衡狀態，因此不再生長，我們研究創新方法是將試管上部醋酸鉛洋菜膠及鋅片取出後再重新添加新醋酸鉛洋菜膠液及鋅片使其再發生離子化反應，重新生長最長更美麗光澤的鉛樹。

〔結論〕

(一) 鉛金屬樹的製作研究：

1. 鉛樹的製作原理是由醋酸鉛洋菜膠液中插入鋅片時，鋅的化學活性大於鉛，鋅就取代醋酸鉛中的鉛，被取代出來的鉛具有金屬光澤，而生長美麗的樹枝狀，稱為鉛樹。其主要反應： $Pb(CH_3COO)_2 + Zn \rightarrow Pb + Zn(CH_3COO)_2$ 。
2. 鉛樹製作時設計改變六種不同變因之下製作實驗時所生長的鉛樹情況均有不同的差異，我們實驗尋找製作最快，最大，最美麗的鉛樹的最好生長的條件及其製作技能茲將其摘要列舉如下：
 - (1) 洋菜濃度在 $4 g/l$ 時鉛樹生長效果最好，最快且具有金屬光澤。
 - (2) 醋酸鉛濃度在 $30 g/l$ 時鉛樹生長的長度最長，在 $50 g/l$ 時鉛樹生長的結果最大。
 - (3) 鉛樹製作時鋅片為最好的還原劑，其生長效果最好。
 - (4) 鉛樹製作時於 $20 \sim 30^\circ C$ (常溫) 其生長的結晶最大效果最

好。

- (5)鉛樹製作時添加少量 0.1 M HCl 時能促進生長效果最好。
- (6)鉛樹製作時插入鋅片做電極增加電壓 10 ~ 15 V 時生長效果最好。

3. 總合使用 2 項的最好生長的條件製作最快、最大，最美麗的鉛樹，當生長至約 10 cm 就停止生長時將把試管上部醋酸鉛洋菜膠液及鋅片取出，重新添加新醋酸鉛洋菜膠液及鋅片，使重新育成繼續再生長最長，更美麗光澤的鉛樹，這是我們這次創新研究感覺最滿意成功的實驗結果。

(二)銅金屬樹的製作研究：

[實驗步驟]

1. (實驗一) 不同種類銅鹽對銅樹生長的影響。

分別配製 0.2 M CuCl₂ , CuSO₄ , Cu (CH₃COO)₂ 等不同銅鹽溶液，各取 20ml 試液，分別放置於試管及培養皿中，再插入鋅片使其生長銅樹，觀測於 5 日內生長的長度，尋找最好生長的銅鹽。

2. (實驗二) 在洋菜膠液中生長的銅樹。

配製實驗一不同種類銅鹽溶液中另加入 10ml 洋菜膠液 (濃度 4.0 g / ℥) 待混合液凝固後插入鋅片生長銅樹，觀測其生長的長度。

3. (實驗三) 銅離子的濃度對銅樹生長的影響。

調整銅鹽 CuCl₂ 及 CuSO₄ 濃度範圍為 0.1 ~ 0.5 M 濃度下按照實驗一的實驗步驟重覆進行實驗，觀測於 5 日內生長銅樹的長度，尋找最好的銅離子濃度。

4. (實驗四) 兩種銅鹽溶液混合時對銅樹生長的影響。

配製兩種銅鹽混液，分成(1)CuCl₂ 與 CuSO₄ (2)CuCl₂ 與 Cu(NO₃)₂ (3)CuCl₂ 與 Cu(CH₃COO)₂ (4)CuSO₄ 與 Cu(NO₃)₂ (5)CuSO₄ 與 Cu(CH₃COO)₂ (6)Cu(NO₃)₂ 與 Cu(CH₃COO)₂ 等六組，濃度各調配 0.2 M ，按照實驗一的步驟重覆進行實驗，觀測於五天內生長銅樹的長度，尋找最好銅鹽的組合。

5. (實驗五) 不同種類的金屬還原劑的影響。

調整 CuCl_2 溶液濃度為 0.2 M，分別使用鋅片、鐵片、不銹鋼片、迴紋針等做金屬還原劑，按照實驗一的步驟重覆進行實驗，觀測於五日內銅樹生長的長度，尋找最好生長的金屬還原劑。

6. (實驗六) 添加不同催化劑之下對銅樹生長的影響。

調整 CuCl_2 濃度為 0.2 M，分別加入稀鹽酸或稀硫酸分為 0.1 M ~ 0.4 M 不同濃度，分別按照實驗一的步驟重覆進行實驗，觀測於五日內銅樹生長的長度，尋找最好生長的催化劑。

7. 使用最好生長條件創新製作最大最美麗的銅樹。

調整 CuCl_2 溶液濃度為 0.2 M，催化劑用 H_2SO_4 ，濃度為 0.2 M，金屬還原劑用鋅片，按實驗一的步驟重覆進行實驗，待銅樹停止生長時，將鋅片取出插入新鋅片，重新使銅樹再繼續生長。

[實驗結果]

1. (實驗一) 使用 CuCl_2 溶液時銅樹的生長效果最好，既然生長最快且最長。
2. (實驗二) 使用 CuCl_2 溶液時銅樹的生長效果最好，但數日後銅樹變成藍灰色，其周圍及表面長出些未知物，其效果較不加洋菜差。
3. (實驗三) 銅鹽濃度在 0.2 M 的 CuCl_2 其銅樹生長效果最好。
4. (實驗四) 由實驗結果可知與 CuCl_2 混合液，其銅樹生長情形最好，而(6)組 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 與 $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 混合液其生長效果最差。
5. (實驗五) 使用鋅片作還原劑時銅樹生長效果較好。
6. (實驗六) 銅樹製作時添加少量 0.2 M H_2SO_4 溶液時促進生長效果最好。
7. (實驗七) 使用最好生長條件創新製作可得最大又美麗具有金屬光澤的銅樹製品。

[討論]

1. 在 CuCl_2 溶液中使用鋅片生長銅樹時有氣體產生這是因溶液中 H^+ 接受電子後生成 H_2 之故。其反應式： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ 。

- 由培養皿育成的銅樹有藍灰色物質產生，這是因溶液中 $[H^+]$ 減少，而所增加的 $[OH^-]$ 與 Cu^{2+} 反應生成藍灰色的氫氧化銅 $Cu(OH)_2$ 沈澱。
- 使用鐵片時就不會析出藍灰色的物質及氣體，但經數日後就生長如鐵鏽般的褐色物質，其主要成份是生成 $Fe(OH)_2$ 及 $FeOOH$ 等物質。

〔結論〕

- 銅樹的製作原理與鉛樹製作原理相同，由銅鹽插入鋅片或鐵片時，因鋅、鐵的化學活性比銅大，故鋅或鐵就取代銅鹽中的銅，被取代出來的銅具有金屬光澤，生成美麗的珊瑚狀，故稱為銅樹，其主要反應： $Cu^{2+} + Zn \rightarrow Cu + Zn^{2+}$ ， $Cu^{2+} + Fe \rightarrow Cu + Fe^{2+}$ 。
- 銅樹製作時設計改變六種不同變因之下製作實驗時所生長的銅樹情況均有不同的差異，我們由實驗尋找製作最快，最大，最美麗的銅樹的最好生長的條件及其製作技能茲將其摘要列舉如下：
 - 最好銅鹽是 $CuCl_2$ ，濃度於 0.2 M 時銅樹生長效果最好。
 - 銅樹製作時鋅片為最好的還原劑，其生長效果最好。
 - 銅樹製作時添加少量 0.2 M HCl 或 H_2SO_4 時能促進生長效果最好。
 - 兩種銅鹽溶液混合時含有 Cl^- 鹽可促進銅樹生長效果，含有 NO_3^- 及 CH_3COO^- 鹽則反而抑制銅樹生長作用。
- 總合使用 2 項的最好生長的條件製作最快，最大，最美麗的銅樹，當生長到一定程度時停止生長時將試管中的鋅片取出，插入新的鋅片，重新再繼續生長新的銅樹，製作更大更美麗光澤的銅樹，這是我們這次創新研究感覺最滿意成功的實驗結果。

五、參考資料

- 國民中學理化課本第三冊第十九章 19—2（國立編譯館主編）
- 國民中學理化課本第四冊第二十六章 26—3（國立編譯館主編）。

評語

- 對於國中理化所學習的活性順序與加廣加深探討的主題，從各種金屬鹽溶液中以金屬取代順序方式生成鋁樹及銅樹。使用各種金屬，改變不同濃度及溫度等控制變因相當良好。惟對於金屬的形狀（線狀、片狀或螺旋狀等）影響鉛樹、銅樹的成長，不以 1，2，…… 7 天方式測量成長結果而第一天分每 2 小時測量（第一天成長情形很重要）進行時結果將更佳。