

化學教室活動：

利用另類的多倫試劑製作銀鏡瓶

■ 簡介

透過銀鏡反應 (silver mirror reaction)，製作漂亮的銀鏡瓶當作裝飾品或紀念品，是高中學生感到非常驚艷和有趣的化學實驗。對於學習氧化還原反應和錯合反應，銀鏡反應是一項非常合適的且有亮點的高中化學實驗。銀鏡反應深受師生的喜愛且此反應速率快速，在教學上經常以學生在實驗室親自操作，在教室或公共場所偶而以教師示範的方式展現。

傳統上，銀鏡反應係利用多倫試劑 (Tollens' reagent，或稱銀氨溶液) 當作氧化劑，在化學實驗室中利用葡萄糖當作還原劑，而工業製造玻璃鏡係利用甲醛當作還原劑。多倫試劑是指含有二氨銀錯離子 ($[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$) 的水溶液，由硝酸銀 (silver nitrate) 或其他銀化合物與氨水反應製備而得。多倫試劑的製備方式為加入幾滴氫氧化鈉稀溶液到硝酸銀溶液中，產生棕色的氧化銀沉澱；再滴加濃氨水到混合溶液中，直至棕色沉澱剛好溶解，恰好變為澄清溶液為止。很可惜，多倫試劑的製備方式需要用到濃氨水。濃氨水的氣味難聞，吸入或吞食有害，過度暴露於濃度略高於閾值極限值可能會刺激眼睛、鼻子及喉嚨。暴露於濃度較高可能會導致呼吸困難、胸痛、支氣管痙攣，粉紅色泡沫痰和肺水腫。過度暴露可能導致急性支氣管炎和肺炎。因此，取用濃氨水必須在化學實驗室的抽風櫃中取用。此外，硝酸銀為昂貴的藥品，傳統上使用硝酸銀的濃度偏高且用量甚多，造成藥品的浪費。

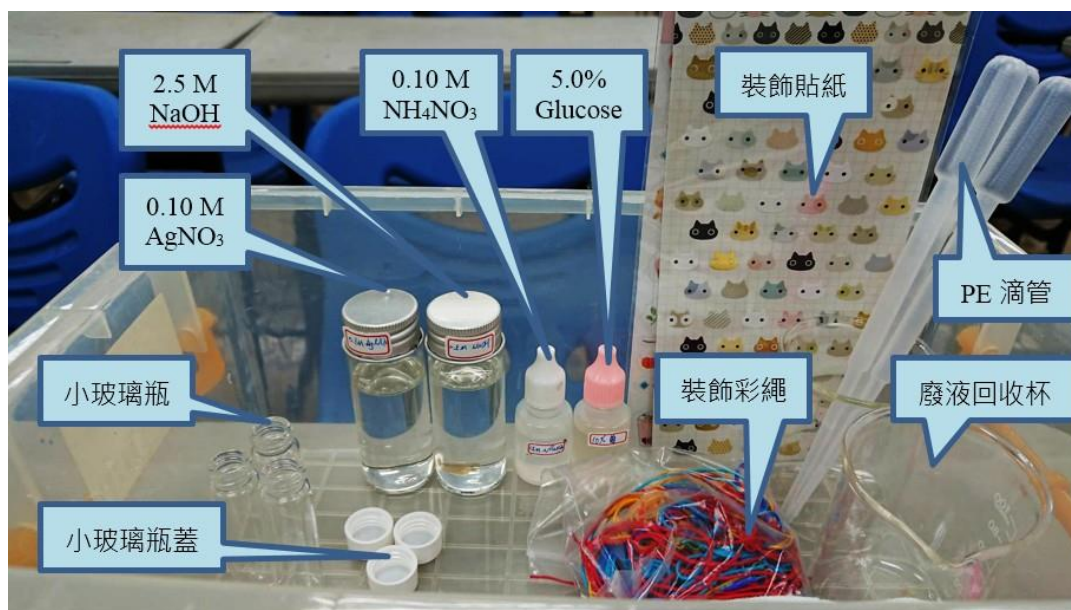
為避免直接使用濃氨水造成身體的危害和過量使用硝酸銀造成經費的浪費，本實驗描述改善這兩項缺點。在銀鏡反應的過程中，直接加入硝酸銨溶液和氫氧化鈉溶液到被鍍銀的小玻璃瓶中，以間接產生氨水的方式製備另類的多倫試劑，並且使用低濃度的且少量的硝酸銀溶液，以小量實驗方式進行小玻璃瓶的鍍銀。然後，鍍銀的小玻璃瓶以小貼紙或各種顏色的絲帶或彩繩加以裝飾，形成美麗的裝飾品，增添學習化學的樂趣和成就感。由於本實驗無濃氨水的難聞氣味且以小量實驗進行鍍銀，適合在教室內進行化學活動或在室外進行科普活動。

■ 藥品與器材

- 約 15 組的使用量 (每組使用一個容量 8 mL 的小玻璃瓶製作銀鏡瓶)：0.10 M 硝酸銀 (Silver nitrate, AgNO_3) 30 mL、2.5 M 氫氧化鈉 (Sodium hydroxide, NaOH) 15 mL、1.5 M 硝酸銨 (Ammonium nitrate, NH_4NO_3) 15 mL、5.0% 葡萄糖 (Glucose / Dextrose,

$C_6H_{12}O_6$) 10 mL。塑膠點滴瓶 (15-30 mL, 裝藥品用) 2 個、玻璃瓶 (20-50 mL, 裝藥品用) 2 個、蒸餾水 (裝在保特瓶中) 1 個、PE 滴管 (3 mL) 4 支。【硝酸銀溶液和氫氧化鈉溶液裝在小玻璃瓶中, 硝酸銨溶液和葡萄糖溶液裝在塑膠點滴瓶中。】

- 每組材料：小玻璃瓶 (容量 8 mL 或依實際大小, 製作銀鏡瓶用, 最好學生自備) 數個 (依需要而定)、裝飾材料 (小貼紙或各種顏色的絲帶或彩繩) 適量 (依需要而定)、廢棄物瓶 (可用空保特瓶取代, 內裝 1/4 滿的蒸餾水) 1 個。
- 本實驗的藥品和器材可裝在一個小型置物盒內 (見圖一), 方便帶到教室進行化學活動或在室外進行科普活動使用。



圖一：本實驗使用的藥品和器材

■ 安全注意事項

- 在進行實驗時, 務必戴上一次性手套和防護眼鏡, 避免化學物質接觸到皮膚和眼睛。實驗後, 用肥皂和水徹底洗手。
- 氫氧化鉀溶液 (或固體) 具有腐蝕性, 高濃度溶液可能會導致皮膚和眼睛灼傷。攝入硝酸銀是有毒的, 硝酸銀及其溶液會污染皮膚和衣服。硝酸銨溶液攝入是有毒的, 必須避免接觸皮膚、眼睛和肺部。若不慎接觸時, 應該立即用大量水沖洗 10 至 15 分鐘。
- 注意藥品的配製, 在開始實驗之前才開始配製多倫試劑 (混合硝酸銀溶液、氫氧化鈉或氫氧化銨溶液、及硝酸銨溶液)。此試劑可能在靜置並使其濃縮或乾燥後, 形成爆炸性的物質; 從不預先混合多倫試劑。

■ 廢棄物處理

- 不回收銀的處理方式：在銀鏡反應後，立即倒出在鍍銀的小玻璃瓶的殘留物到裝有蒸餾水的保特瓶或塑膠杯（當作廢棄物回收瓶）中，先集中處理，然後帶到有排水之處用大量水沖掉。
- 回收銀的處理方式：在銀鏡反應後，在小玻璃瓶中殘留的混合物先倒入標示「銀鏡廢棄物」的回收瓶中。然後帶在實驗室，透過添加 1 M 鹽酸，測試廢棄液中是否存在剩餘的銀離子。若觀察到有白色混濁的氯化銀沉澱，則繼續加入少量的稀鹽酸直至沒有明顯的沉澱為止。然後過濾此混合物，裝入沈澱物在一個標示「氯化銀沈澱物」的玻璃瓶中。過濾液可以用大量的水沖掉。

■ 實驗步驟

A. 事前準備

1. 事先在實驗室配製藥品，硝酸銀溶液和氫氧化鈉溶液用玻璃瓶盛裝，硝酸銨溶液和葡萄糖溶液用點滴瓶盛裝，用標籤紙標示各藥品的名稱和濃度，以方便實驗操作。
 - 100.0 mL 的 0.10 M 硝酸銀：使用量瓶或錐形瓶，溶解於 1.7 g 的 AgNO_3 （莫耳質量：169.9 g/mol）在蒸餾水中，加蒸餾水到 100 mL 的刻度線，混合均勻，蓋上瓶蓋。
 - 100.0 mL 的 2.5 M 氫氧化鈉：使用量瓶或錐形瓶，溶解於 10.0 g 的 NaOH （莫耳質量：40.0 g/mol）在蒸餾水中，加蒸餾水到 100 mL 的刻度線，混合均勻，蓋上瓶蓋。
 - 100.0 mL 的 1.5 M 硝酸銨：使用量瓶或錐形瓶，溶解於 12.0 g 的 NH_4NO_3 （莫耳質量：80.0 g/mol）在蒸餾水中，加蒸餾水到 100 mL 的刻度線，混合均勻，蓋上瓶蓋。
 - 100.0 mL 的 5.0% 葡萄糖：使用量瓶或錐形瓶，溶解於 5.0 g 的 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ （莫耳質量：180.2 g/mol）在蒸餾水中，加蒸餾水到 100 mL 的刻度線，混合均勻，蓋上瓶蓋。此濃度為 2.8 M。
2. 使用塑膠滴管或塑膠量筒，大約測量即將鍍銀小玻璃瓶的容量。使用各種藥品溶液的用量依小玻璃瓶的容量不同而異。小玻璃瓶的容量（本次實驗使用約 8 mL 的小玻璃瓶）與使用藥品溶液的用量如下所示。其他容量的玻璃瓶，可依比例自行調整藥品溶液的用量。
 - 8 mL 玻璃瓶：2 mL 的 0.10 M 硝酸銀、0.75 mL 的 2.5 M 氫氧化鈉、0.65 mL 的 1.5 M 硝酸銨、0.5 mL 5% 葡萄糖。
 - 20 mL 玻璃瓶：5 mL 的 0.10 M 硝酸銀、1.9 mL 的 2.5 M 氫氧化鈉、1.7 mL 的 1.5 M 硝酸銨、1.3 mL 的 5% 葡萄糖。

- 50 mL 玻璃瓶：12.5 mL 的 0.10 M 硝酸銀、4.7 mL 的 2.5 M 氫氧化鈉、5.4 mL 的 1.5 M 硝酸銨、3.1 mL 的 5% 葡萄糖。
 - 其他容量的玻璃瓶容器：用上述三種的配方之一，依照比率換算四種溶液的體積。
3. 最好，直接使用新的小玻璃瓶進行銀鏡反應。若小玻璃瓶已用過，則必須事先浸泡清潔劑數天，然後使用蒸餾水沖洗乾淨，任何髒污物可能使實驗的效果大打折扣。
 4. PE 滴管每毫升約 20 滴，點滴瓶每毫升約 26-27 滴。點滴瓶的 1 滴體積相當於 PE 滴管的 0.75 滴。

B. 進行反應

1. 本次實驗使用約 8 mL 的小玻璃瓶：使用 PE 滴管，滴入 2.0 mL (約 40 滴) 的 0.10 M 硝酸銀到小玻璃瓶內。再滴入 0.75 mL (約 15 滴) 的 2.5 M 氫氧化鈉，此時溶液生成棕色沉澱物，如圖二所示。



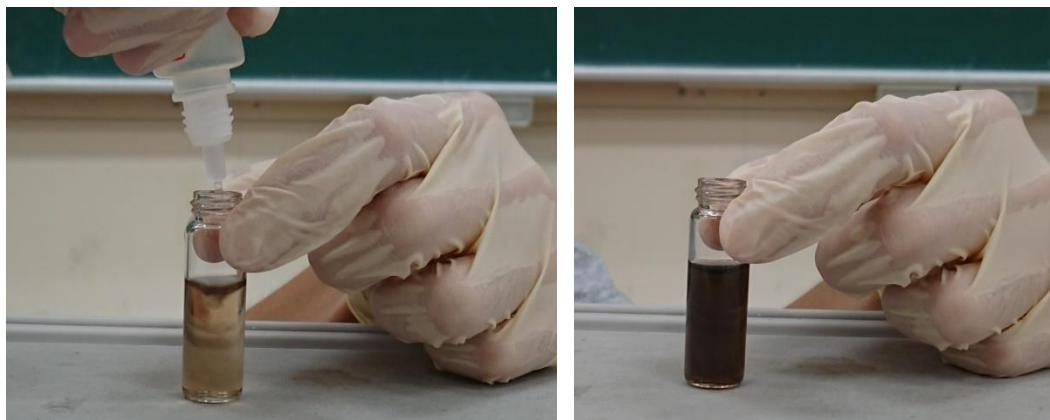
圖二：滴入硝酸銀溶液和氫氧化鈉溶液到小玻璃瓶

2. 使用塑膠點滴瓶，滴加 0.65 mL (約 17 滴) 的 1.5 M 硝酸銨，直到棕色沉澱物完全消失，溶液變回透明為止，如圖三所示。【注意：每次滴加一兩滴，必須蓋緊瓶蓋並輕微搖晃，觀察溶液是否變回澄清，若為否，則繼續滴加，直至溶液變回澄清。】



圖三：滴加硝酸銨直至溶液變回澄清

3. 使用塑膠點滴瓶，快速地滴加入 0.50 mL (約 14 滴) 的 5% (2.8 M) 葡萄糖，蓋緊瓶蓋並搖晃玻璃瓶。此時可觀察到開始出現黃色，接著溶液轉變為紅棕色，如圖四所示。搖晃約一分鐘過後，銀鏡立即顯現出來。



圖四：滴加葡萄糖溶液後短暫出現黃色 (左)，而後轉變為紅棕色 (右)

4. 繼續搖晃小玻璃瓶，使銀金屬鍍在瓶內的量更多，以致銀鏡更為光亮。【註：若冬天氣溫過低，小玻璃瓶可以熱水浴方式加熱，增加銀鏡反應的速率。】
5. 倒出小玻璃瓶內剩餘的藥品到指定的廢液回收桶中。使用少量的蒸餾水稍微清理瓶內的殘留物，接著使用折疊數層的衛生紙放在瓶口，倒置玻璃瓶並上下搖動使瓶內的液體盡可能被吸乾。然後打開瓶蓋，使瓶內的水分風乾約一天。待瓶內無水分後，緊蓋瓶蓋。
6. 使用小貼紙或各種顏色的絲帶或彩繩，裝飾此玻璃瓶，以美化銀鏡瓶。

■ 實驗結果

利用另類的多倫試劑製作銀鏡瓶的照片，如圖五所示：(請貼上你的成品照片在下方)

圖五：製作完成的並裝飾好的銀鏡瓶

■ 問題和討論

1. 寫出傳統上製備多倫試劑的藥品及其化學反應。
2. 寫出本實驗製備另類的多倫試劑的藥品及其化學反應。
3. 寫出本實驗另類的多倫試劑的主要產物與葡萄糖的銀鏡反應。
4. 為何（另類的）多倫試劑需要新鮮配製？
5. 你如何處理銀鏡反應後的廢棄液？

教材設計：方舜雨、王竣生、楊水平，國立彰化師範大學化學系

資料來源：《臺灣化學教育》(<http://chemed.chemistry.org.tw/>)，第二十七期。