

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

第三名

040202

銀吭高歌

學校名稱：國立宜蘭高級中學

作者： 高二 林祐靖 高二 林 徹 高二 林靖棠	指導老師： 陳建欣 游春祥
---	-----------------------------

關鍵詞：銀鏡反應、回收再利用

摘要

本研究探討如何以銅銀電池反應後之硝酸銀廢液進行回收再利用，而在實驗中我們發現對於高中而言，進行銀鏡反應是最可以妥善利用廢液的方法，所以我們設計四種方法：直接過濾法、加入銅片法、NaCl 沉澱法和 NaOH 沉澱法將廢液做再處理，實驗結果發現：以 NaOH 沉澱法之效果最佳，結果所形成之銀鏡與純的硝酸銀溶液來進行銀鏡反應相比，效果相去不遠。另外也利用 NaOH 沉澱法討論硝酸銀廢液之回收率。

壹、研究動機

因為硝酸銀在實驗室的消耗量非常大，其中包含電化電池實驗及銀鏡反應，而且硝酸銀的價格也非常昂貴，最重要的是，硝酸銀如果不當丟棄將會造成重金屬汙染。為了減少硝酸銀的浪費及降低環境汙染，所以我們決定要將硝酸銀的廢液純化以進行再利用，並找尋最不耗能的方式來執行，才不會造成所謂的資源浪費及汙染。並欲在之後找尋最佳的方法使銀鏡反應更加完美、更加接近以純硝酸銀進行的銀鏡反應。

貳、研究目的

欲將使用過的硝酸銀廢液純化來進行銀鏡反應，並且嘗試以不同的實驗方法來回收銀，以節省硝酸銀在實驗室的用量。並在之後找尋好的方法做出更完美的銀鏡反應。

參、研究設備及器材

一、實驗藥品

- (一)、濃氨水
- (二)、氯化鈉
- (三)、硝酸銀
- (四)、硫酸銅
- (五)、硝酸鉀
- (六)、銅片
- (七)、碳棒

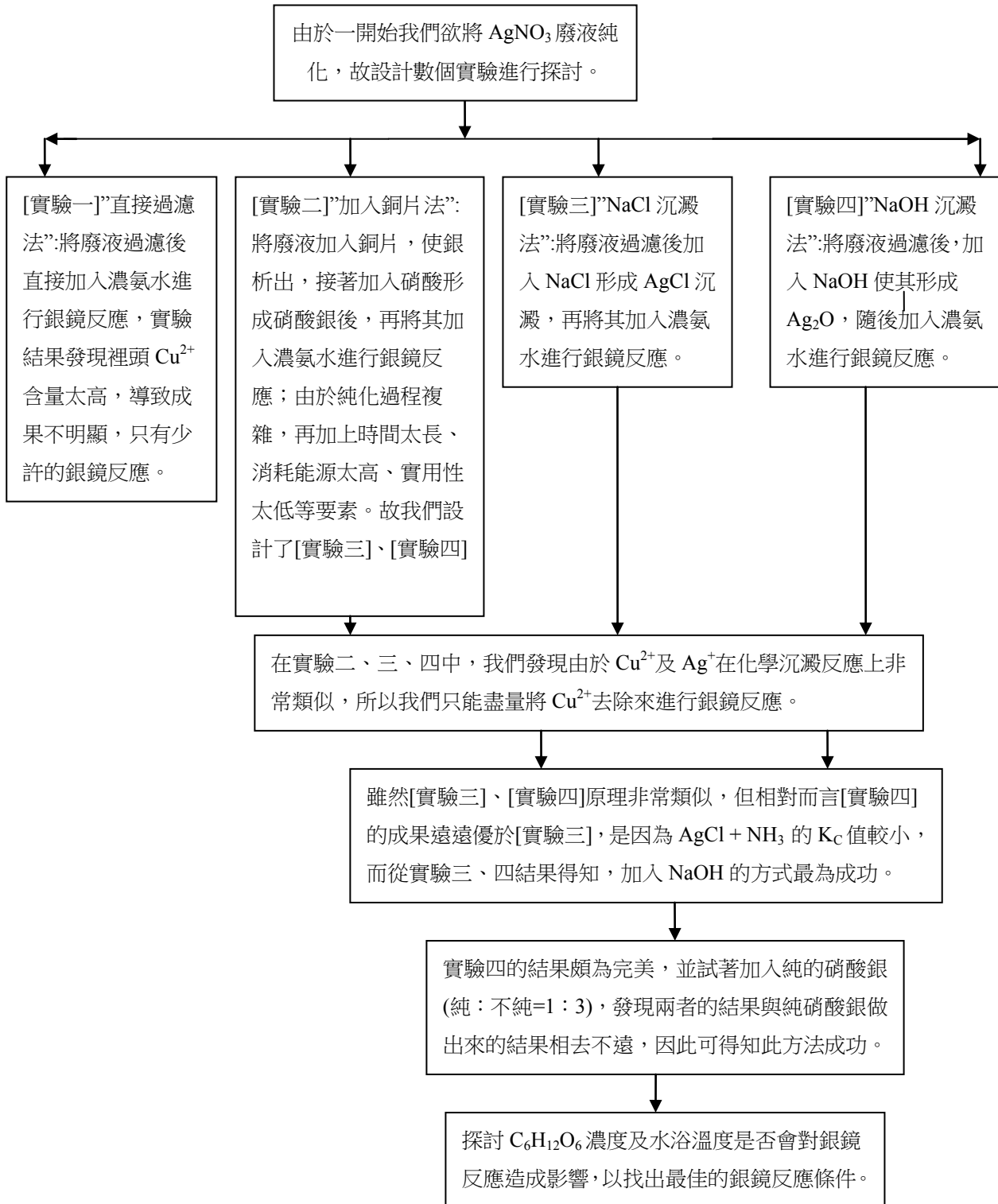
二、實驗器材

- (一)、U 型管
- (二)、量筒
- (三)、滴管
- (四)、燒杯
- (五)、玻棒
- (六)、鱷魚夾電線
- (七)、三用電表
- (八)、毫安培計
- (九)、碳棒
- (十)、銅片

- 三、實驗設備
- (一)、電子天秤
- (二)、烘箱

肆、實驗設計

一、銀鏡反應



二、硝酸銀回收率

我們以實驗四方法為藍本，將電池廢液及模擬廢液（ $1\text{M AgNO}_3(\text{aq})$ 、 $1\text{M CuSO}_4(\text{aq})$ 依不同比例混合），分別加入過量 NaOH ，以沉澱重推算銀離子的回收率。

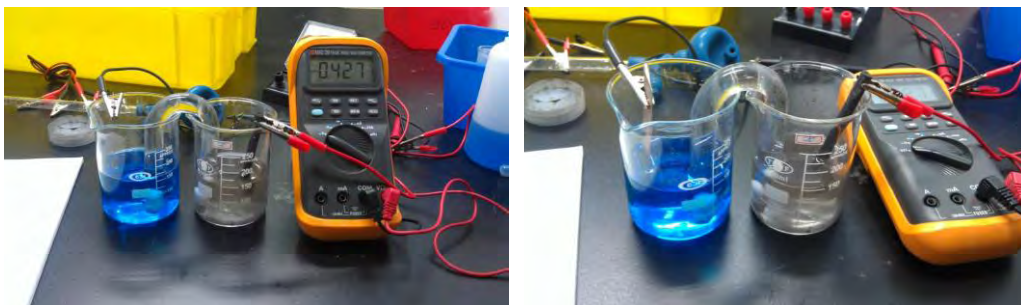
因沉澱取出秤重過程中會有質量損失所造成的誤差，因此另將純 $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 及電池廢液分別加入過量 $\text{NaOH}(\text{aq})$ ，得到沈澱後直接將水蒸發，並以濃氨水滴定至沈澱溶解，比較兩種溶液純度之差異。

伍、實驗過程

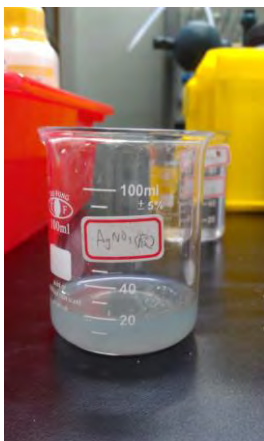
一、銀鏡反應

(一)【實驗一】：直接過濾法

- 1、利用 $500\text{ml } 1\text{M AgNO}_3$ 、 1M CuSO_4 做出銅銀電池並接上 LED 燈泡，確定電池正常運作。



- 2、一小時後，用三用電表將電壓變化紀錄，並將 AgNO_3 廢液取出進行第一次過濾。



3、將過濾好的廢液 20ml 加入適量濃氨水，使之形成二氨銀離子，並進行銀鏡反應。



4、使用葡萄糖水溶液進行銀鏡反應：

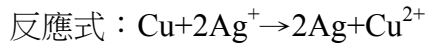


(二)【實驗二】：加入銅片法

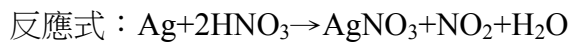
1、同實驗一之步驟(一)

2、同實驗一之步驟(二)

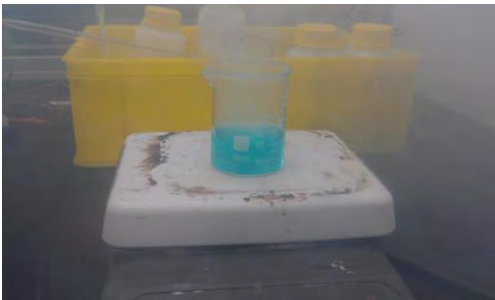
3、在廢液中放置已用砂紙磨過的銅片，使析出金屬 Ag



4、將析出的 Ag 過濾後，加入適量硝酸使之生成 AgNO_3



5、將硝酸銀、硝酸的混合液加熱直至多餘硝酸蒸發



6、將析出的硝酸銀固體加入適量濃氨水形成二氨銀離子，並進行銀鏡反應。



(三)【實驗三】：NaCl 沉澱法

1、同實驗一之步驟(一)

2、同實驗一之步驟(二)

3、將廢液 20ml 加入飽和食鹽水，使生成氯化銀沉澱並抽濾





- 4、將 AgCl 烘乾從濾紙取下後，加入適量濃氨水形成二氨銀離子，並進行銀鏡反應。
 反應式： $\text{AgCl} + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{Cl}^-$



(四)、【實驗四】： NaOH 沉澱法

- 1、同實驗一之步驟(一)
- 2、同實驗一之步驟(二)
- 3、將廢液 20ml 加入適量 1M 氫氧化鈉，使之生成 AgOH ，但 AgOH 不穩定會變成 Ag_2O ，最後將沉澱抽濾。
 反應式： $2 \text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$



- 4、將 Ag_2O 烘乾，從濾紙取下後，加入適量濃氨水形成二氨銀離子，並進行銀鏡反應。
 反應式： $\text{Ag}_2\text{O} + 4 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + 2\text{OH}^-$

(五)、確定【實驗四】NaOH 沉澱法為最好的方法之後，我們探討其他外在因素是否會對銀鏡反應造成影響

- 1.溫度：改變銀鏡反應時的水浴溫度，分別為 95°C、80°C、70°C、60°C、50°C、40°C、20°C，觀察溫度對銀鏡反應的影響。
- 2.葡萄糖溶液濃度：改變銀鏡反應時的葡萄糖溶液濃度，分別為 0.5M、1M、1.5M、2M，觀察葡萄糖濃度對銀鏡反應的影響

二、硝酸銀回收率及廢液中 AgNO₃ 之純度

(一)硝酸銀回收率：利用方法四之 NaOH 沉澱法，對純 AgNO₃ 溶液以及模擬廢液進行分析，以求得電池廢液的回收率。

- 1.先取 20ml 1M 的純 AgNO₃ 溶液，並加入過量 NaOH 溶液獲得沉澱後，將其烘乾並秤重。
- 2.接著進一步求 Ag⁺的莫耳數，並推求電池廢液之回收率。
- 3.分別重複上述步驟 1~2，反覆再操作兩次，求平均值。
- 4.因 Cu²⁺_(aq) 在放電過程中可能經由鹽橋混合至 AgNO₃ 溶液中，因此另取不同體積比例之 1M AgNO₃ 溶液及 1M CuSO₄ 溶液，配製模擬廢液，並加入過量 NaOH 溶液，獲得沉澱後，將其烘乾並秤重。
- 5.重複上述步驟 2-3，並將得到的回收率與純 AgNO₃ 溶液進行比較。



(二) 廢液中 AgNO₃ 之純度：

- 1.取 20ml 純 AgNO₃ 溶液加入過量 NaOH，得 Ag₂O 沉澱。
- 2.加熱將水蒸發，得乾燥之 Ag₂O。
- 3.將 15M 濃氨水裝入滴定管中，滴入所得之乾燥 Ag₂O，直至沉澱完全消失，記錄用去濃氨水之體積。
- 4.再取 20ml 電池廢液加入過量 NaOH，重複上述步驟 2-3，比較純 AgNO₃ 溶液與電池廢液純度之差異。

陸、實驗結果與討論

一、銀鏡反應

(一)、【實驗一】直接過濾法：

由於過濾後的廢液依舊含有大量硝酸銀，所以當我們做銀鏡反應時還是可以看到明顯有銀鏡，但是可能是因為含有雜質所以有些許的不完美。



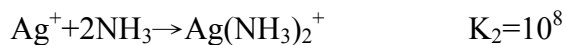
(二)、【實驗二】加入銅片法：

此法在利用銅析出銀時，似乎會有一些銅離子殘存，所以在之後將多餘硝酸蒸乾時會看到有明顯的銅綠色，但是就結果而言，此方法算是不錯的。不過最重要的是這個方法在過程中需要花到近四個小時的時間加上大量能源，所以此方法並不適用。



(三)、【實驗三】NaCl 沉澱法：

此法所做出來的銀鏡反應沒有那麼美觀，我們推測是因為此步驟之平衡常數較小



將以上兩式相加得 $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{Cl}^- \quad K_C = 10^{-2}$

因此 AgCl 溶於濃氨水的 K_C 值約只有 0.01，所得 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 濃度小，做出來的銀鏡反應只有霧面狀而已，若與純硝酸銀液體以不同比例進行混合後，仍然覺得銀鏡反應效果不甚理想！



(四)、【實驗四】NaOH 沉澱法：

我們將 Ag_2O 沉澱加入濃氨水進行銀鏡反應成果遠比其他實驗的成果好，這對回收硝酸銀很有助益，而對實驗室節省藥品的用量有一大貢獻。

原以為 NaOH 沉澱法會因為有 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 產生而導致有銅鏡反應出現，但經過一番查證後我們發現：



由於 AgOH 的 K_{sp} 遠大於 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 的 K_{sp} ，所以實驗中 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 解離量極少，對實驗的影響自然也極小。



(五)、外在因素對銀鏡反應的影響

1. 溫度對銀鏡反應的影響



(由左至右：95°C、80°C、70°C、60°C、50°C、40°C、20°C)

實驗結果顯示從 60 度以上獲得的銀鏡色澤大致上相同，但 80 度以上的溫度易造成突沸而導致危險，最好的溫度約為攝氏 60 到 80 度。

2. 葡萄糖濃度對銀鏡反應的影響



(由左至右：0.5M、1M、1.5M、2M)

由實驗得知葡萄糖對銀鏡反應沒有太大的影響，但是 0.5M 和 1M 的葡萄糖做出的銀鏡較為均勻，不易有缺陷產生。

二、硝酸銀回收率及廢液中 AgNO_3 之純度

(一) 硝酸銀回收率：將模擬廢液（不同體積比例之 1M AgNO_3 溶液及 1M CuSO_4 溶液）及電池廢液加入過量 NaOH 所得之結果

	AgNO_3 : CuSO_4 (體積比)	加入過量 NaOH 後沉澱重(g)	銀離子回收率
模擬廢液	100 : 0	2.408	96.3%
	98 : 2	2.116	86.4%
	96 : 4	2.005	83.5%
	94 : 6	1.820	77.4%
	92 : 8	1.735	75.4%
	90 : 10	1.690	75.1%
電池廢液		2.403	96.1%

電池廢液的回收率與使用純的硝酸銀溶液之回收率很接近。

(二) 廢液中 AgNO_3 之純度

被滴定物質	用去濃氨水之體積
20ml 1M AgNO_3	12.5ml
20ml 電池廢液	12.25ml

此電池廢液為銅銀電池放電一小時後之廢液，由數據可知，電池廢液中 AgNO_3 之純度仍然很高，廢液之回收率可達 98%。

柒、結論

因為硝酸銀的價格在實驗室非常昂貴，而時常會有很多班級需要用來進行電化電池實驗，且在使用後的廢液已經遭到汙染，所以不能直接再利用。因此，我們著手進行幾種方法來進行純化，我們最先開始覺得利用 NaCl 的方法是最方便的，不過當我們完成數個實驗時，得到以下結論：以實驗四之方法—加入 NaOH 使生成 Ag_2O 沉澱後，再加入濃氨水進行銀鏡反應為最佳，此種作法優於其他三種方法，且此項研究達成了廢物利用的目的。可減少環境汙染，運用在實驗室回收硝酸銀上，極為簡單有效率，回收之硝酸銀適合進行有關硝酸銀定性觀察實驗。

另外，為節省能源，並使回收硝酸銀廢液中雜質減少，建議高中化學課程中進行基礎化學（二）之化學電池實驗時，若有使用硝酸銀，應盡量於測量完電壓後，立刻將鹽橋取出，避免其他離子經由鹽橋通過而與硝酸銀液體混合，使回收之廢液中硝酸銀純度提高。

在實驗結果中我們得知，銅銀電池經過一小時放電後，其硝酸銀純度仍然很高。以實驗四之方法—加入過量 NaOH 後，電池廢液的回收率與使用純的硝酸銀溶液之回收率很接近，可達到硝酸銀回收再利用的目的。

捌、未來展望

一、我們在實驗中發現在硝酸銀廢液裡加入 NaOH 使生成 Ag_2O 沉澱後，再加入濃氨水進行銀鏡反應為最佳。所以我們接下來想要以這個方法再做深入研究，尋找是否可在目前的條件下，添加其他試劑，使硝酸銀廢液再利用於銀鏡反應時，可以得到更佳的實驗效果。

二、我們可以將用來進行銀鏡反應的試管做進一步的清潔，例如先加入鹽酸，再利用沙拉脫洗淨試管，以確保其乾淨度，這樣銀鏡反應的效果就可以更完美。

三、在以往的科展作品中，我們發現兩性元素可以使銀鏡反應的效果更好，未來我們也會測試看看。

玖、參考資料

- 一、葉名倉等(2012)。選修化學下冊實驗活動手冊。南一書局。
- 二、葉名倉等(2012)。基礎化學（二）實驗活動手冊。南一書局。
- 三、硝酸銀滴定廢液中銀的回收:

<http://wuxizazhi.cnki.net/Search/ZGZY195908041.html>

- 四、銀鏡反應:

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%93%B6%E9%95%9C%E5%8F%8D%E5%BA%94>

- 五、全國 37 屆科展，化學科，[氧化還原反應—金屬鏡的探討](#)

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/37/pdf/37h/037.pdf>

【評語】 040202

1. 研究內容十分豐富，成果也具有相當的實用價值。
2. 對各數據皆嘗試以化學知識解釋所觀察的現象，值得鼓勵。
3. 可加強解釋之一致性與證據。