

氧化還原反應——金屬鏡的探討

高中組化學科第一名

省立屏東高級中學

作者：楊智勝、郭俊良、李恆賢、陳嘉暘

指導教師：陳國祥、王月嬌

一、研究動機

在高一基礎理化實驗中，有一研究氧化還原的“銀鏡反應”實驗，但我們在實驗時卻總得不到理想的結果，所以我們想藉此深入探討，影響氧化還原的因素，並將其應用於金屬鏡的製作。

二、研究目標

1. 探討清楚銀鏡反應的各種變因，並改良實驗。
2. 藉銀鏡反應研究氧化還原的影響因素。
3. 試著製出其他非銀之金屬鏡。

三、研究設備與器材

1. 試藥：

AgNO ₃	NaOH	NH ₃ (aq)	Vit-C
CuSO ₄	CaCl ₂	PbSO ₄	醛類
醣類	酸類	Na ₂ SO ₃	

2. 器材：

試管	滴管	恆溫槽	電子天平
烘箱	量瓶	溫度計	三用電表
燒杯	濾紙	滴定管	餘略……

四、研究過程

首先我們利用課本的反應條件，將銀鏡反應大致瀏覽一遍，結果發現，由課本條件的銀鏡反應都得不到理想的銀鏡，故我們繼續實驗

<實驗一> 實驗方法的建立

PART (A) 反應好壞的定量方法

想法：化學實驗的結果好壞可由定性及定量兩方面決定。定性部分可由目測決定；

定量部分在考慮可行性及方便性後，選出“秤重”及“測電阻”兩種方法來比較，以求出客觀的定量方式。

方法：任意製作 3 銀鏡試管，分別以上述兩方法測之。

實驗記錄與結果：

編號	秤重組			測電阻組			
	原重(g)	新重(g)	生成量(mg)	上段(歐姆)	中段(歐姆)	下段(歐姆)	平均(歐姆)
試管 1	14.1774	14.1801	2.7	15	1000	2000	1005
試管 2	14.3339	14.3610	27.1	7	8	18	11
試管 3	14.6733	14.6740	0.7	25	1250	2300	1192

討論：秤重與測電阻的結果大致相同；反應較好的組別生成的重量重且電阻小，但因測電阻的誤差較大，故我們選用秤重來定量。

PART (B) 靜置和搖動的比較

想法：課本的銀鏡實驗，都只靜置使其反應，而效果不佳，所以我們想，若在添加甲醛時搖動試管，可否使試劑均勻改善反應。

方法：試管 1、4 0.3M AgNO₃ 5mL

試管 2、5 0.6M AgNO₃ 5mL

試管 3、6 0.9M AgNO₃ 5mL

上述試管各再加入 2.5M NaOH 3mL + 2.0M NH₃(aq) 至固體全溶 + 10% HCHO 5滴
靜置組 → 試管 1、2、3 使藥劑均勻後，靜置 1 小時。

搖動組 → 試管 4、5、6 使藥劑均勻後，繼續搖動 25 下。

實驗記錄與結果：

編號	組別	銀鏡反應結果			
		定性觀察	原重(g)	新重(g)	生成量(mg)
試管 1	靜置	生成之銀鏡多位於液面下方液面上僅有少數銀生成	13.4714	13.4730	1.6
試管 2			11.3959	11.3977	1.8
試管 3			11.3700	11.3740	4.0
試管 4	搖動	析出銀膜較搖動均勻 由液面以上部分逐漸向下析出，且不均勻	11.2882	11.2114	3.2
試管 5			11.4219	11.4256	3.7
試管 6			11.1041	11.1086	4.5

討論：(1)濃度增大時差異縮小，但仍以搖動的效果較好。

(2)銀鏡反應結果不穩定，可試著研究其他還原劑。

綜合結果，我們以秤重及搖動來繼續進行下面的實驗。

<實驗二> 各藥劑濃度的改變

濃度為影響反應的重要因素，可增加反應物的碰撞機會，故我們想藉著改變濃度，來求出反應的最佳條件。

PART (A) 硝酸銀 (AgNO_3)

方法：改變參與反應的硝酸銀濃度，其餘配方固定。

實驗記錄與結果：

編號	試劑	NH_3 (aq) 加入後液色	銀鏡反應結果			
			定性觀察	原重 (g)	新重 (g)	生成量 (mg)
1	0.2M AgNO_3	澄清無色	幾無反應	12.1893	12.1950	5.7
2	0.4M AgNO_3	澄清無色	有很薄一層銀附著	11.3085	11.3126	4.1
3	0.5M AgNO_3	澄清無色	可明顯見到銀鏡，但仍透光	11.2914	11.2971	5.7
4	0.6M AgNO_3	澄清灰黑	有不錯的反應	11.2767	11.2939	17.2
5	0.8M AgNO_3	澄清無色	有不錯的反應	11.3100	11.3299	19.9
6	1.0M AgNO_3	澄清無色	有不錯的反應	11.3184	11.3364	18.0

討論：(1)在低濃度（0.5M以下），生成量微小應因濃度過低所致。

(2)約至0.6M時生成量大幅提升，而超過0.6M後生成量的差異不大，在考慮經濟效益的前題下，我們選用 0.6M濃度。

PART (B) 氫氧化鈉 (NaOH)

方法：加入不同濃度的 NaOH ，觀察反應結果。

實驗記錄與結果：

編號	試劑	銀鏡反應結果			
		定性觀察	原重(g)	新重(g)	生成量(mg)
1	1.0M NaOH	液面上有不錯的反應	14.9058	14.9126	6.8
2	1.5M NaOH	液面上有不錯的反應	14.5800	14.5868	6.8
3	2.0M NaOH	液面上反應佳，液面下偏黑	14.2717	14.2745	2.8
4	2.5M NaOH	液面上有不錯的反應	14.0131	14.0175	4.4

編號	試劑	銀鏡反應結果			
		定性觀察	原重(g)	新重(g)	生成量(mg)
5	3.0M NaOH	液面上有不錯的反應	14.7016	14.7053	3.7
6	3.5M NaOH	液面上有不錯的反應	14.6060	14.6103	4.3

討論：(1)各組數據差異甚小，可能因氨水已提供足夠的OH⁻根。

(2)秤重後我們選出秤重最佳的2號試管（1.5M NaOH）及課本條件的4號試管（2.5M NaOH）以測電阻觀察，結果以4號試管電阻較小，可見以2.5M為NaOH的理想濃度。

PART (C) 甲醛 (HCHO)

方法：加入銀鏡反應試劑後，添加不同濃度的甲醛令其反應。

註：各試管甲醛濃度如下

試管 1	試管 2	試管 3	試管 4	試管 5	試管 6
10%	15%	20%	25%	30%	35%

註：HCHO均為5滴

實驗記錄與結果：

試管 1、2 → 生成的銀箔會有部分皺褶，而試管 2 多於試管 1。

試管 3、4 → 銀鏡生成迅速，但生成的皺褶很多。

試管 5、6 → 銀箔生成後有大部分剝落。

編號	銀鏡反應結果			
	試劑	原重(g)	新重(g)	生成量(mg)
1	10%	11.1580	11.1636	5.6
2	15%	11.2211	11.2265	5.4
3	20%	12.7582	12.7635	4.7
4	25%	11.2766	11.2815	4.9
5	30%	11.3656	11.3685	2.9
6	35%	11.2626	11.2667	4.1

討論：不論濃度高低，生成的銀鏡都不均勻，且濃度高時會有使銀鏡剝離的現象；
經衡量，我們選用10%為甲醛的適宜濃度。

PART (D) 氨水 (NH₃水溶液)

方法：以銀鏡反應試劑，加入不同濃度的氨水，加以分析比較。

實驗紀錄與結果：

編號	試劑	銀鏡反應結果			
		定性觀察	原重(g)	新重(g)	生成重(mg)
比較	2.0M NH ₃	有相當不錯的銀鏡反應	11.2767	11.2939	17.2
1	4.0M NH ₃	有相當不錯的銀鏡反應	15.7008	15.7100	9.2
2	8.0M NH ₃	銀鏡附著太薄，效果差	15.6465	15.6632	16.7
3	12.0M NH ₃	銀鏡附著太薄，效果差	15.6015	15.6189	17.4

討論：濃度越低定性觀察越好，高濃度雖生成量重但電阻卻較高，故析出物可能不為銀金屬，因此我們選用2.0M氨水為佳。

改變濃度雖可影響反應，但結果仍不甚理想，應有其他方法。

<實驗三> 提高回收率的方法

PART (A) 去除離子干擾

想法：在AgNO₃及NaOH混合產生AgOH，但仍有Na⁺及NO₃⁻存在液中，若將其濾除，應能改善反應結果。

方法：試管1依一般方式反應；試管2濾除離子；試管3盛裝濾液。

實驗記錄與結果：

編號	銀鏡反應結果			
	定性觀察	原重(g)	新重(g)	生成量(mg)
試管1	有少許銀鏡不均勻的產生	14.5650	14.5670	1.7
試管2	反應佳，銀鏡厚且均勻	14.4530	14.4680	15.3
試管3	不反應	14.5310	14.5320	0.4

討論：(1)因試管3不反應故知試管1、2可產生銀鏡的反應物等量，而由數據資料明顯看出濾除離子可改善反應。

(2)雖然除去離子可改善反應，但略覺煩雜，故我們繼續探討。

PART (B) 金屬重鍍

想法：將已產生反應的銀鏡中之液體，倒入另一試管仍可反應，可見液中仍有銀金屬，是否因液中銀無法附著於已有銀的試管壁？

方法：取一已有銀鏡的試管，置入銀鏡反應試劑，觀察反應結果。

實驗記錄與結果：

組別	定性觀察	重量	反應前後差
反應前	試管壁有均勻的銀鏡附著	11.3502	
反應後	有些地方銀鏡剝落	11.3469	-3.3 mg

討論：實驗證明金屬重鍍並不會提高回收效果，甚至可能使銀剝離。

PART (C) 改變OH根來源之討論

想法：在三年級的銀鏡反應，以氨水提供OH根，故我們改變OH根的來源，探討其影響。

方法：試管 1 用濃氨水；試管 2 用Ca(OH)₂；試管 3 用NaOH

實驗紀錄與結果：

結果發現各種鹼類所致使的反應結果均相似，而其中以NaOH組所反應的結果最好，且速度較快，故NaOH為提供OH根的最佳鹼類。

<實驗四> 添加物的討論

想法：根據往年的科展資料，認為添加“兩性元素”可改善反應。為觀察兩性元素對銀鏡反應的影響，我們取了兩性元素及非兩性元素的化合物各三種，添加並觀察反應。

方法：試管 1 ~ 6 配製銀鏡反應試劑；添加物如下

實驗記錄與結果：

編號	添加物	銀鏡反應結果		
		原重(g)	新重(g)	生成重(mg)
試管 1	1.0M ZnSO ₄ 1ml	15.8044	15.8100	5.6
試管 2	1.0M Al(NO ₃) ₃ 1ml	15.7526	15.7589	6.3
試管 3	1.0M Pb(NO ₃) ₂ 1ml	15.6238	15.6315	7.7
試管 4	1.0M KNO ₃ 1ml	15.7441	15.7458	1.7
試管 5	1.0M CuSO ₄ 1ml	15.8021	15.8043	2.2
試管 6	1.0M CaCl ₂ 1ml	15.7439	15.7443	0.4

討論：(1)兩性元素表現較佳，證明其的確可改良反應。

(2)由實驗得知，以添加鉛 (Pb) 的效果最好，但若添加不同的含鉛化合物，是否結果相同？為求證我們做了下面的實驗。

方法：試管 1 加入飽和 PbSO_4 1mL 試管 2 加入 1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1mL

試管 3 加入飽和 PbCl_2 1mL 試管 4 加入 1M 醋酸鉛 1mL

實驗記錄與結果：

編號	添 加 物	銀 鏡 反 應 結 果		
		原重(g)	新重(g)	生成重(mg)
試管 1	PbSO_4	14.5444	14.5451	0.7
試管 2	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	14.3439	14.3610	12.1
試管 3	PbCl_2	14.1774	14.1801	2.7
試管 4	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	14.8904	14.8994	9.0

討論：(1)試管 2、4 產生沉澱且反應較好，代表陰離子也會影響反應。

(2)添加鉛的銀鏡偏黑，若降低 Pb^{2+} 的濃度應能改善結果。

< 實驗五 > 附著物的改變

想法：除了平滑玻璃 (試管) 外，是否有更佳的附著物？

方法：各試管置入相同的銀鏡反應試劑，再將各實驗物種依次置入，靜置 30 分後，取出實驗物種觀察。

實驗記錄與結果：

編號	置入物種	試 劑	反 應 結 果
試管 1	不平滑的玻璃	$\text{AgNO}_3 + \text{NaOH} + \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HCHO}$	附著均勻的銀鏡於表面
試管 2	布 塊	$\text{AgNO}_3 + \text{NaOH} + \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HCHO}$	在表面有些許銀鏡反應
試管 3	塑膠片	$\text{AgNO}_3 + \text{NaOH} + \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HCHO}$	不反應
試管 4	保麗龍片	$\text{AgNO}_3 + \text{NaOH} + \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HCHO}$	不反應
試管 5	橡膠片	$\text{AgNO}_3 + \text{NaOH} + \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HCHO}$	表面附著不均勻的銀鏡

討論：(1)所有物質中，仍以玻璃反應出的結果最好。

(2)塑膠、保麗龍片……等物質雖平滑但不反應，應和其為有機物，而銀為非有機物質有關。

<實驗六> 還原劑之探討

想法：在之前改變HCHO濃度時發現不論濃度高低反應均過快，致使生成的銀鏡不均勻，故我們想藉改變還原劑來觀察反應結果。

方法：利用<實驗二>中所得的最佳反應條件，及本校實驗室現有的藥品，改變還原劑。

各類還原劑5滴+0.6M AgNO₃ 5mL+2.5M NaOH 3mL+2.0M NH_{3(aq)}藥劑均勻後，靜置1小時。

實驗記錄與結果：

編號	還原劑		銀鏡反應結果			
			定性觀察	原重(g)	新重(g)	生成量(mg)
1	醛類	甲醛	有不均勻之銀鏡生成	12.8720	12.8797	7.7
2		丙醛	只在液面有反應	14.2703	14.2738	3.5
3	Vit	Vit C*	銀鏡均勻且不透光	12.8051	12.8144	9.3
4	醣類	葡萄糖	銀鏡均勻且不透光	12.7353	12.7616	26.3
5		蔗糖*	約30分後生成銀黑色物質	12.8919	12.8980	6.1
6		果糖	銀鏡均勻且不透光	11.3041	11.3214	17.3
7		乳糖*	約30分後生成銀黑色物質	12.9099	12.9144	4.5
8		半乳糖*	銀鏡均勻且不透光	12.7519	12.7840	32.1
9		麥芽糖	約40分後生成黑色物質	12.7753	12.7793	4.0
10		酸類	甲酸	不反應	13.0429	13.0446
11	柳酸*		不反應	13.2518	13.2543	2.5
12	草酸*		不反應	12.9338	12.9366	2.8
13	磷酸		不反應	13.3742	13.3744	0.2

註：醣類為10%；其餘打*者飽和，未打*者為1.0M

討論：(1)醣類的反應均極快速，在滴加同時產生銀鏡，結果不佳。

(2)Vit類及醣類都有不錯的反應，且反應速率緩和，故生成的銀鏡均勻而厚

，其中以Vit-C，果糖，半乳糖反應較好。

(3)酸類均不反應，推測應為還原力不足所致。

(4)蔗糖、麥芽糖並無還原性，但仍可反應，因與其在鹼性環境易水解成果糖，葡萄糖有密切關係。

(5)由此可大略定出所用的有機物質之還原力大小。

綜合而言，果糖組的定性觀察最佳，且生成速度較適合學校上課時間，故我們定出最佳還原劑應為果糖；另外我們發現，若將半乳糖及甲醛混合加入，結果並沒有如添加純半乳糖時理想。

<實驗七>溫度改變(升溫及降溫)

想法：在上一實驗中有些還原力不足的物質並未使反應發生，但若升溫使其還原力增大應能反應，而有些還原劑反應太快，若降溫是否能減緩速度？

方法：(一)草酸1、2、3、4→以草酸擔任還原劑 註：各試管溫度如下

柳酸1、2、3、4→以柳酸擔任還原劑 試管1→40~50°C

甲酸1、2、3、4→以甲酸擔任還原劑 試管2→50~60°C

蔗糖1、2、3、4→以蔗糖擔任還原劑 依次類推……

(二)將用飽和Vit-C，10%HCHO、1.0M果糖、飽和半乳糖為還原劑的4組試管置入2°C的冰水中，觀察結果。

實驗記錄與結果：

升溫組

溫度範圍	酸 類 還 原 劑		
	草 酸	柳 酸	甲 酸
40-50°C	幾乎全無析出	有析出，但目測不易辨識	幾乎全無析出
50-60°C	析出之量，目測可辨識	有析出，但目測仍不易看出帶黃銅色	幾乎全無析出
60-80°C	60-70°C有可辨識之量析出，但70-80°C有明顯之量析出(黑色)	有明顯之析出量黃銅色	60-70°C有明顯析出，但70-80°C反而減少，析出帶黑色

降溫組

- (1)一般而言，反應均趨緩和，且生成的銀鏡較好，但所須時間較長。
- (2)由升溫及降溫所得結果知，若有適當的溫度，都能製出理想的銀鏡。

<實驗八>銅鏡反應

在氧化還原的反應中，除了銀鏡反應外，應該還有其他金屬鏡值得探討，所以在做完銀鏡反應後，考慮金屬活性，我們決定將銀鏡所得的經驗，利用再繼續探討銅鏡的生成。

- (一)我們利用Vit-C及HCHO作為還原劑；CuSO₄、NaOH、NH_{3(aq)}作為參與反應物，並用酒精燈直接加熱，發現銅鏡的確可行。
- (二)在第一部分發現銅鏡可行，故我們利用第一次發現可行的試藥固定濃度改變體積，發現Vit-C、CuSO₄及NH_{3(aq)}的最佳體積比為4：6：1，其中Vit-C及CuSO₄為0.5 M，NH_{3(aq)}為14.8M。
- (三)為證明是否只有上述配方可生成銅鏡，我們又用了其他還原劑如：Na₂S₂O₄、Na₂SO₃、半乳糖、果糖，但結果發現，仍以用Vit-C在85~90°C時會有最好的效果。

五、總結

(1)實驗後整理出的最適宜濃度為：

- A. 銀鏡→AgNO₃ 0.6M 5mL NaOH 2.5M 3mL
→NH_{3(aq)} 2.0M 加至固體全溶 果糖 1.0M 5滴
- B. 銅鏡Vit C、CuSO₄、NH_{3(aq)}為體積比為4：6：1，而Vit-C及CuSO₄為0.5M，NH_{3(aq)}為14.8M。

(2)銀鏡反應為氧化還原的實驗，但除了影響還原的因素，如：溫度、物種本質、濃度…等等，在實驗中，我們發現：添加物、附著物、去除離子干擾亦可改善銀鏡的生成；而藉銀鏡反應亦可定出還原劑的還原力強弱；另外我們仍希望能突破瓶頸，製出鉛鏡。

六、參考資料

基礎理化實驗下冊 83年版 銀鏡相關資料

評語

本件作品探討銀鏡反應的各種變因，並試製其他非銀的金屬鏡，雖然銀鏡反應多次科展中都有優良作品，但本件作品能更進一步探討銀鏡形成以各種改善因素，

並進而成功地試製難度較高的銅鏡及最佳裝備條件。作者具有良好的科學研究精神，能以科學方法改良實驗方法並具有創意的成果，值得加以鼓勵。