

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 化學科

佳作

050201

維他命 C 與銅離子的相遇

學校名稱： 國立羅東高級中學

作者： 高二 蔡禾薇 高二 蕭子芸 高二 劉子妍	指導老師： 李尚諭 陳政修
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞： 膠體溶液、奈米氧化亞銅、奈米銅

摘要

本實驗利用維他命 C 和硫酸銅溶液混合形成綠色溶液，接著慢慢加入氫氧化鈉會形成黃色沉澱。若快速加入氫氧化鈉則會形成橙紅色澄清溶液。黃色沉澱經藍色雷射光或綠色雷射光照射皆形成黑色物質。橙紅色澄清溶液照射藍色雷射光或綠色雷射光形成黑色物質。橙紅色澄清溶液經過太陽光照射後可形成棕色物質或黑色物質。我們經由定性檢驗及 uv-vis 光譜來推測綠色溶液、黃色沉澱、橙紅色澄清澄清溶液、棕色物質及黑色物質的成分。

壹、研究動機

我們原本想利用維他命 C 將硫酸銅溶液中的銅離子還原成奈米銅粒子，結果當我們混合維他命 C 和硫酸銅溶液時，溶液隨著加入愈多的維他命 C，溶液由藍色變成綠色，但沒有奈米銅的產生。後來我們查詢文獻資料，判斷酸鹼值會影響維他命 C 的還原力，所以我們加入鹼來增加維他命 C 的還原力。果然在加入氫氧化鈉後，溶液中出現了新的變化產生黃色沉澱物質。後來我們想到可不可以利用照光的方式來促進反應的進行，因此我們選擇波長在400 nm~500 nm藍色雷射光照射黃色沉澱，發現黃色沉澱竟然可以感光產生黑色物質！後來我們又選擇了波長在520-532nm的綠色雷射光，依然可以使黃色沉澱感光產生黑色物質。在一次實驗中，我們將氫氧化鈉溶液快速的加入綠色溶液中發現竟然沒有產生黃色沉澱，反而是由綠色溶液先變成深棕黑色溶液接著快速轉換成橙紅色澄清溶液，這整個過程的變化真的太有趣了，因此我們想要針對這整個過程加以探討。

貳、研究目的


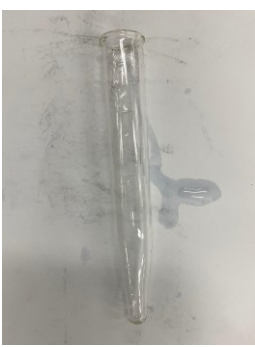
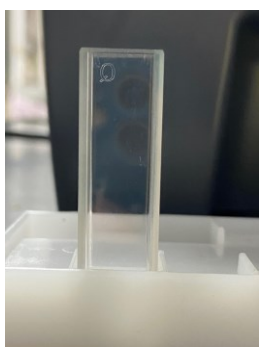


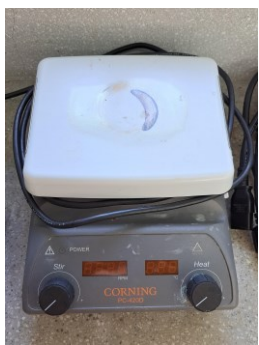



- 一、探討綠色溶液的性質與組成
- 二、探討將氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液的差異
- 三、比較黃色沉澱、氧化亞銅(斐林試液和果糖反應產生)與氫氧化亞銅之性質差異
- 四、探討橙紅色澄清溶液之性質與組成
- 五、探討橙紅色澄清溶液照光後形成的棕色物質之性質與組成
- 六、探討橙紅色澄清溶液照光後形成的黑色物質之性質與組成

參、研究設備及器材

一、藥品

硫酸銅	維他命C	氫氧化鈉	鹽酸	硫酸	硝酸
硫代硫酸鈉	酒石酸鉀鈉	果糖	硫酸鉀	乙醇	

二、器材(表格中所有的圖片都是自行拍攝所使用的器材與儀器)

器材	照片	器材	照片	器材	照片
微量滴管		離心試管		石英管	
分光光度計		離心機		磁石攪拌器	
藍光雷射		紅光雷射		動態光散射儀	

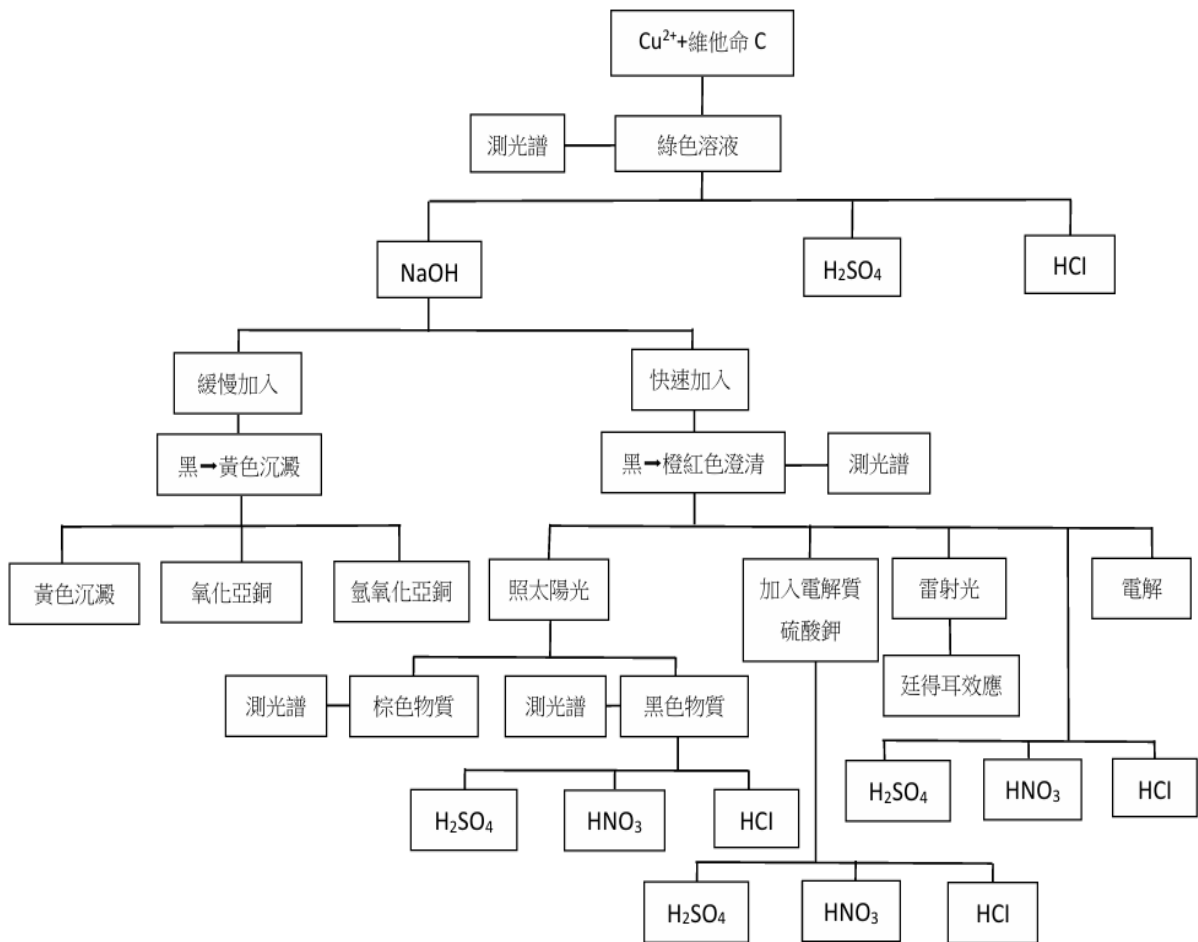
肆、文獻探討

我們在查詢文獻的過程中看到一篇文獻中有敘述到如何製備奈米銅，文中提及由於維他命 C 與金屬氧化的電位差值為 0.42V，製造出的銅粒子會因電壓差值小反應較慢而只能達到微米等級。不過當他們利用電壓差值達 1.58V 的硼氫化鈉時，銅離子能更容易還原使其快速反應，生成粒子較小的奈米銅。

此外邱俊毅、邱國展(2011)研究到維他命 C 可用於製備奈米銅，不過銅的前驅物為硫酸銅時，溶劑須為乙二醇；在銅的前驅物為氯化銅時，溶劑才可為水。因此，我們想嘗試利用水、硫酸銅及維他命 C 來製造奈米銅，使其製程更符合綠色化學。

伍、研究過程與方法

一、研究過程



二、研究方法

(一)探討綠色溶液性質

1.探討不同比例的維他命 C 對硫酸銅溶液的影響，並以分光光度計測量光譜

(1)配置下列溶液

	對照組	對照組	試管1	試管2	試管3	試管4	試管5
1.0M 硫酸銅(mL)	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0M 維他命C(mL)	0.0	1.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
蒸餾水(mL)	7.0	7.0	6.5	6.0	5.0	4.0	3.0

(2)以分光光度計測量上述溶液的吸收光譜

2.加入稀鹽酸

(1)配置下列溶液

	試管1	試管2	試管3	試管4	試管5	試管6	試管7
1.0M 硫酸銅(mL)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0M 維他命C(mL)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
稀鹽酸(mL)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
蒸餾水(mL)	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.0

(2)以分光光度計測量上述溶液沉澱後的上層溶液吸收光譜

(二)探討將氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液的差異

1. 將 0.10M 3.0mL NaOH慢慢加入綠色溶液 (0.10M 1.0mL CuSO₄+ 0.10M 2.0mL 維他命C)
2. 將 0.10M 3.0mL NaOH快速加入綠色溶液 (0.10M 1.0mL CuSO₄+ 0.10M 2.0mL 維他命C)
3. 將 1.0M 3.0mL NaOH慢慢加入綠色溶液 (1.0M 1.0mL CuSO₄+ 1.0M 2.0mL 維他命C)
4. 將 1.0M 3.0mL NaOH快速加入綠色溶液 (1.0M 1.0mL CuSO₄+ 1.0M 2.0mL 維他命C)

(三)比較黃色沉澱、氧化亞銅與氫氧化亞銅沉澱之性質差異

1.製備黃色沉澱

- (1)加入 1.0M 1.0mL硫酸銅及1.0M 2.0mL維他命C製備綠色溶液
- (2)緩慢加入 1.0M 3.0mL氫氧化鈉產生黃色沉澱
- (3)分別在黃色沉澱上滴入稀鹽酸、稀硫酸、稀硝酸，並比較結果

2.製備氧化亞銅

- (1)加入0.10M 1.0mL硫酸銅及0.10M 2.0mL氫氧化鈉產生沉澱
- (2)加入0.10M 3.0mL酒石酸鉀鈉至沉澱消失，然後加入0.10M 1.0mL果糖
- (3)進行隔水加熱至完全變成橘色沉澱，過濾得到氧化亞銅
- (4)以藍色雷射筆照射氧化亞銅確認是否感光
- (5)加入維他命C溶液後再次確認是否感光
- (6)分別在氧化亞銅沉澱上滴入稀鹽酸、稀硫酸、稀硝酸，並比較結果

3.製備氫氧化亞銅

- (1)加入1.0M 12.50 mL硫酸銅及 2.50M 5.0mL硫代硫酸鈉
- (2)加入5.0mL純水及5.0mL 95%酒精
- (3)以磁石攪拌器攪拌30分鐘後，過濾得到氫氧化亞銅沉澱
- (4)以藍色雷射筆照射氫氧化亞銅確認是否感光
- (5)加入維他命C溶液後再次確認氫氧化亞銅是否感光
- (6)分別在氫氧化亞銅沉澱上滴入稀鹽酸、稀硫酸、稀硝酸，並比較結果

(四)探討橙紅色澄清溶液之性質

1. 配置下列溶液並以分光光度計測量四種溶液之吸收光譜

	燒杯1 CuSO ₄ 溶液	燒杯2 綠色溶液	燒杯3 深褐色溶液	燒杯4 橙紅色澄清溶液
1.0M 硫酸銅(mL)	5.0	5.0	5.0	5.0
1.0M 維他命C(mL)	0.0	10.0	10.0	10.0
1.0M 氫氧化鈉(mL)	0.0	0.0	6.0	15.0
蒸餾水(mL)	25.0	15.0	9.0	0
溶液總體積(mL)	30.0	30.0	30.0	30.0

2. 滴加不同酸性物質

- (1) 配置三管橙紅色澄清溶液
- (2) 分別滴入稀鹽酸、稀硫酸、稀硝酸
- (3) 比較結果

3. 以紅色雷射光照射

4. 電解

- (1) 配置下列溶液

	燒杯1	燒杯2	燒杯3
1.0M 硫酸銅(mL)	20.0	20.0	20.0
1.0M 維他命C(mL)	0.0	40.0	40.0
1.0M 氫氧化鈉(mL)	0.0	0.0	60.0
蒸餾水(mL)	100.0	60.0	0.0
溶液總體積(mL)	120.0	120.0	120.0

- (2) 利用石墨棒電解並觀察
- (3) 比較結果

5. 加入硫酸鉀形成沉澱

- (1) 配置橙紅色澄清溶液
- (2) 加入0.10M 25.0 ml硫酸鉀產生沉澱，並分成三等分
- (3) 離心後取出上層溶液，加入蒸餾水水洗後再次離心，重覆此步驟2次最後剩下沉澱
- (4) 分別滴入稀鹽酸、稀硫酸、稀硝酸看沉澱是否溶解
- (5) 比較結果

(五) 探討橙紅色澄清溶液照光後形成棕色物質之性質

1. 製備棕色物質

- (1) 以30.0mL橙紅色澄清溶液照射太陽光至變色形成棕色物質

2. 以分光光度計測量光譜

- (1) 取少許棕色物質加水稀釋並以分光光度計測量光譜

(六)探討橙紅色澄清溶液照光後形成黑色物質的性質

1.製備黑色物質

(1)以30.0mL橙紅色澄清溶液照射太陽光至變色形成黑色物質

2.以分光光度計測量光譜

(1)稀釋後以分光光度計測量光譜

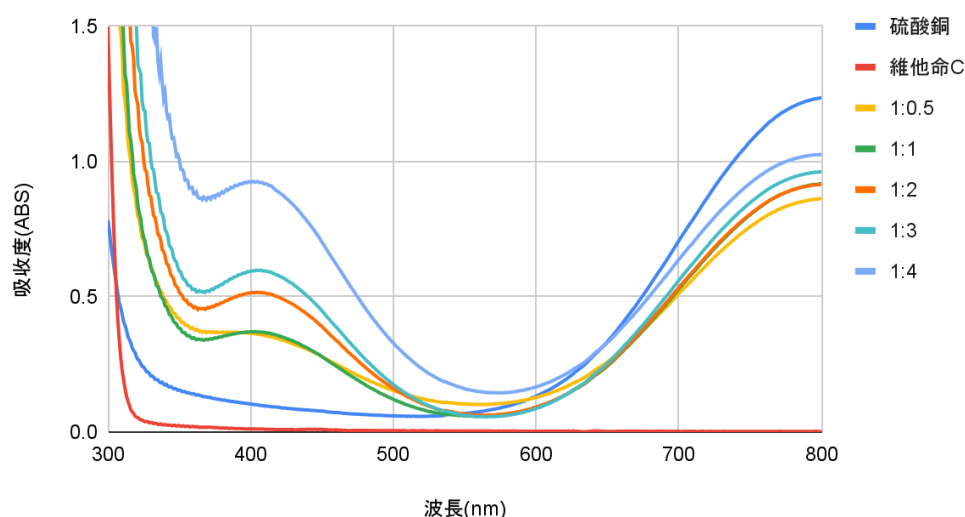
3.滴加不同種類的酸

(1)將黑色物質加入稀硫酸、稀鹽酸、稀硝酸觀察其變化

陸、研究結果與討論

一、探討綠色溶液性質及組成

(一) 改變硫酸銅及維他命 C 比例以分光光度計測量光譜



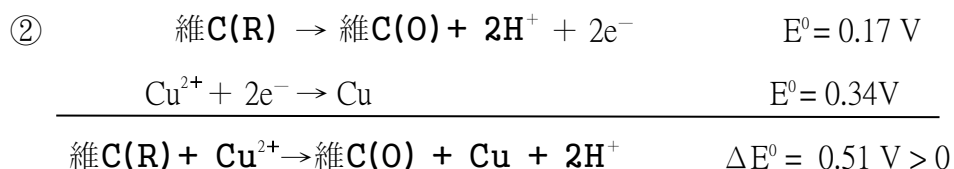
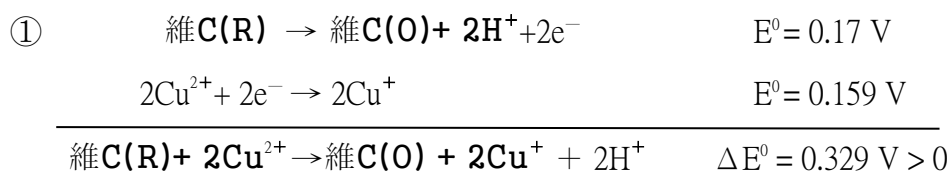
(圖1-1) 硫酸銅和不同比例維他命C混合溶液的吸收光譜

(此光譜由我們自行使用分光光度計測量後，將數據轉成EXCEL檔輸出)

實驗討論：

- (1) 硫酸銅溶液或維他命C在波長400nm處吸收度較小，隨著加入較多濃度的維他命C比例越高，400nm處之吸收度逐漸上升
- (2) 400nm處的吸收峰我們認為有可能是兩種物質所造成的：
 - ① Cu^+ 和維他命C所形成的錯合物
 - ② Cu^{2+} 和維他命C所形成的錯合物
- (3) 另外我們發現綠色溶液放置一段時間後，下方有紅色沉澱產生。

(4) 由氧化電位來討論反應的可能性



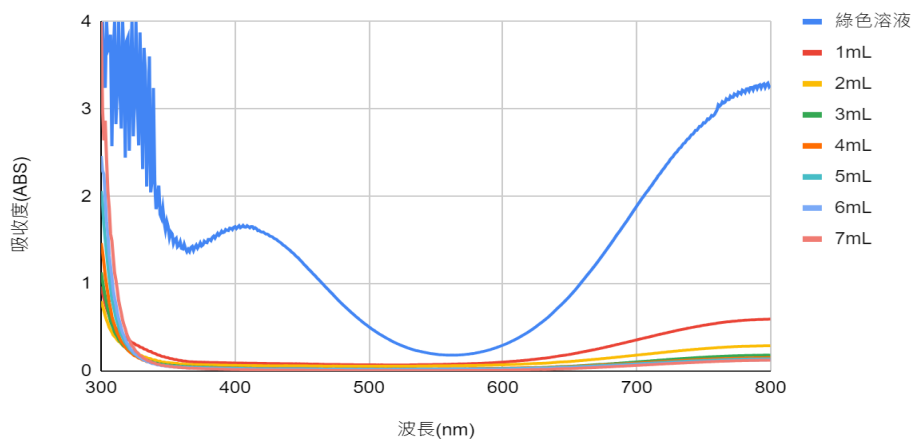
備註：維C(R)為維他命C還原態、維C(O)為維他命C氧化態

由上述電位可以發現，維他命C把銅離子還原成亞銅離子或把銅離子還原成銅的電位差都大於0，代表兩者的反應都可發生。而這和我們的實驗結果也相符合，一開始維他命C加入硫酸銅溶液產生綠色溶液，而綠色溶液放置一段時間後會產生紅色的銅沉澱。但由電位來看，應該是銅離子還原成銅的趨勢較大，但為何都是先變成綠色溶液，而不是直接還原成銅，我們認為還有一個反應式應該加到①的反應式中，就是維他命C和亞銅離子的錯合，但我們沒有蒐尋到相關的文獻資料，這是較可惜的。

(二) 將綠色溶液加入不同酸

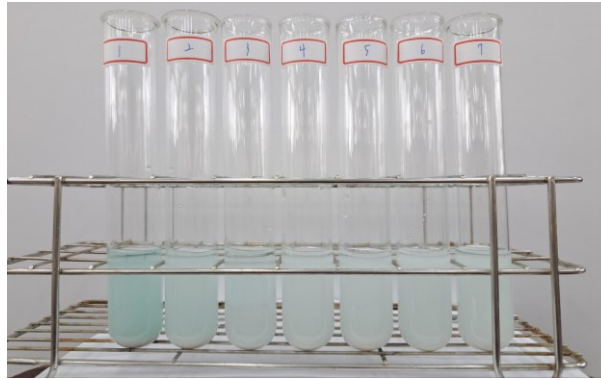
1. 加入不同比例之稀鹽酸參與反應

(1) 取其澄清液測其吸收光譜 (如圖1-2)



(圖1-2) 綠色溶液加入不同比例稀鹽酸後溶液的吸收光譜

(此光譜由我們自行使用分光光度計測量後，將數據轉成EXCEL檔輸出)



(圖1-3)左至右試管分別為綠色溶液與稀鹽酸1：1、1：2~1：7的混合液
 (2)實驗討論：

加入越多鹽酸時，光譜中 400nm 處的吸收峰消失，且下方產生白色沉澱，推測為 CuCl 白色沉澱

2.加入稀硫酸後觀察其顏色並測量該溶液吸收光譜(如圖1-6)



圖1-4 綠色溶液

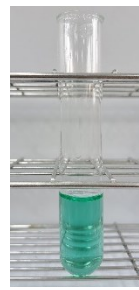
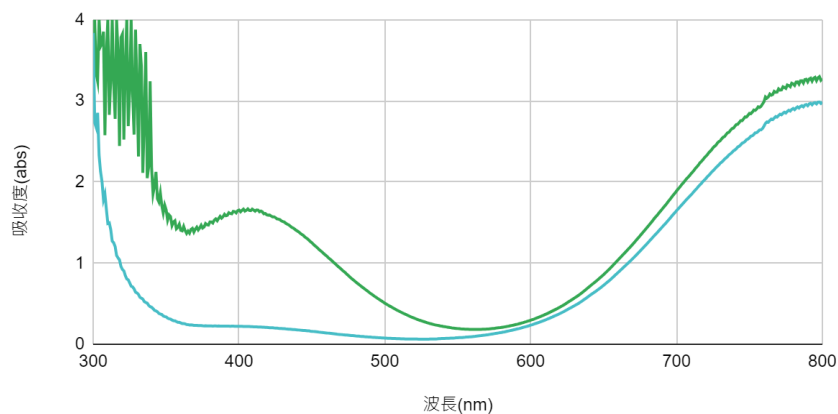


圖1-5 綠色溶液加入稀硫酸後







(圖1-6) 綠色溶液(綠色線)與加入硫酸後溶液後(藍色線)的吸收光譜
 (此光譜圖由我們自行使用分光光度計測量後，將數據轉成EXCEL檔輸出)

二、探討將氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液的差異(下方圖示皆為自行拍攝)

(一) 以不同速度將 0.10M 氫氧化鈉加入 0.033 M 綠色溶液 (如圖2-1 & 2-2)

不論慢慢加入氫氧化鈉或快速加入氫氧化鈉皆產生黃色沉澱

(二) 以不同速度將 1.0M氫氧化鈉加入 0.333 M綠色溶液 (如圖2-3 & 2-4)

實驗照片				
加入方式	(圖2-1) 0.033M綠色溶液緩慢加入0.10M氫氧化鈉溶液	(圖2-2) 0.033M綠色溶液快速加入0.10M氫氧化鈉溶液	(圖2-3) 0.333M綠色溶液緩慢加入1.0M氫氧化鈉溶液	(圖2-4) 0.333M綠色溶液快速加入1.0M氫氧化鈉溶液

(三) 使用1.0M硫酸銅、1.0M維他命C、1.0M氫氧化鈉嘗試製備橙紅色澄清溶液

	1.0M硫酸銅(mL)	1.0M維他命C(mL)	1.0M氫氧化鈉(mL)	結果
試管1	1.0	1.0	1.0	X
試管2	1.0	1.0	2.0	X
試管3	1.0	1.0	3.0	X
試管4	1.0	1.0	4.0	X
試管5	1.0	2.0	1.0	X
試管6	1.0	2.0	2.0	O(容易混濁)
試管7	1.0	2.0	3.0	O(穩定, 最佳比例)
試管8	1.0	2.0	4.0	O(容易混濁)

(1) 0.033 M 綠色溶液不論快速或緩慢加入氫氧化鈉時皆形成黃色沉澱

(2) 0.333 M 綠色溶液緩慢加入氫氧化鈉時, 形成黃色沉澱溶液

(3) 0.333 M 綠色溶液快速加入氫氧化鈉時, 形成橙紅色澄清溶液

由上方的實驗結果，我們本來認為是因為氫氧化鈉加入的速率不同造成黃色沉澱或產生橙紅色澄清溶液，但是在 0.033M 綠色溶液的情況下，不論氫氧化鈉加入的快慢與否皆產生黃色沉澱。因此我們再次討論後，應該是溶液 pH 值影響的反應的結果，而加入快慢的影響是因為能否在短時間內達到特定的 pH 值，因此我們重新配製下列溶液並討論 pH 值對反應的影響。由下表的實驗結果可以發現橙紅色澄清溶液要在特定的 pH 值才能存在。

	對照	對照	1號	2號	3號	4號	5號	6號	7號	8號	
CuSO ₄ (mL)	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	
維他命C(mL)	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.0	2.00	2.00	2.00	2.00	
H ₂ O(mL)	7.00	6.00	5.00	4.00	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.00	
NaOH(mL)	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	
pH值	3.00	1.96	1.65	2.45	2.90	3.60	4.20	6.35	6.95	11.26	
外觀	藍色溶液	無色溶液	綠色溶液	黃色沉澱	黃色沉澱	黃色沉澱	橙紅混濁	橙紅澄清	橙紅混濁	黃色沉澱	黃色沉澱

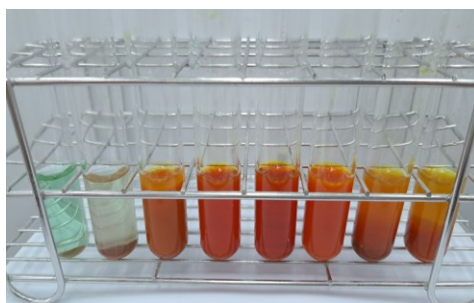
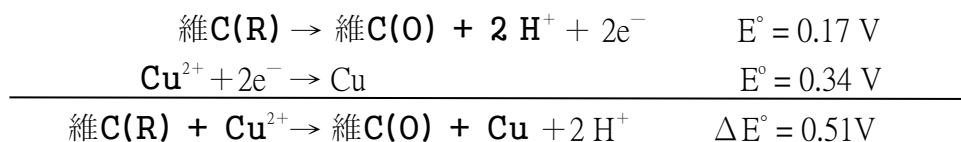


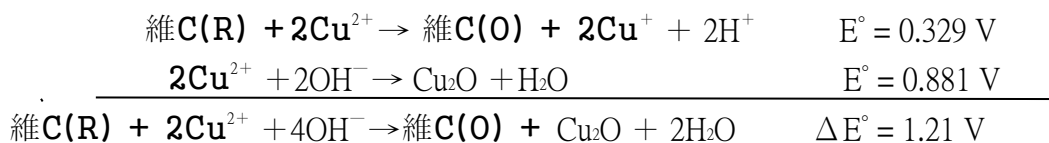
圖2-5、由左到右分別是試管1號~試管8號

(四) 由電位來討論，在綠色溶液中加入氫氧化鈉，是形成氧化亞銅或銅

(1)形成銅



(2)形成氧化亞銅

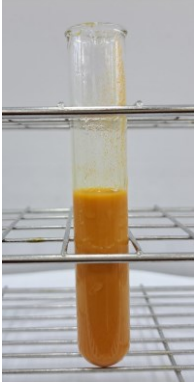
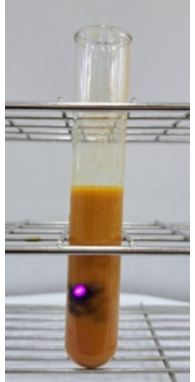


由上述反應電位差來看，在鹼性溶液中，維他命C將銅離子還原成氧化亞銅的趨勢較大。

三、比較黃色沉澱、氧化亞銅與氫氧化亞銅沉澱之性質差異

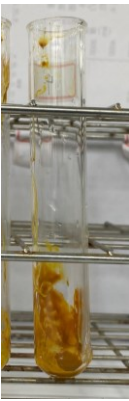
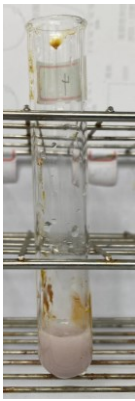
(一) 黃色沉澱(下方圖皆為自行拍攝)

1.照光

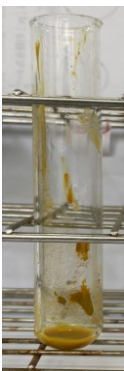
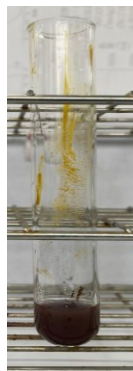
實驗 照 片		
	(圖3-1) 黃色沉澱照光前	(圖3-2) 黃色沉澱照光後

2.加入不同酸性物質

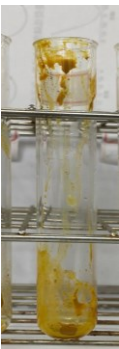
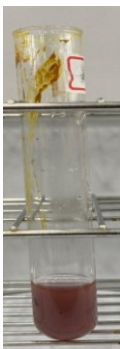
(1)加入稀鹽酸

實驗 照 片		
	(圖3-3) 黃色沉澱加入鹽酸前	(圖3-4) 黃色沉澱加入鹽酸後

(2)加入稀硫酸



實驗照片		
	(圖3-5) 黃色沉澱加入硫酸前	(圖3-6) 黃色沉澱加入硫酸後

(3)稀硝酸

實驗照片		
	(圖3-7) 黃色沉澱加入硝酸前	(圖3-8) 黃色沉澱加入硝酸後




(二) 氧化亞銅 (下方圖皆為自行拍攝)

1.照光的實驗結果：在雷射光照射處沒有變化

實驗照片		
	(圖3-9) 氧化亞銅沉澱照光前	(圖3-10) 氧化亞銅沉澱照光後

2.加入不同酸性物質




(1)稀鹽酸

實驗照片			
	(圖3-11) 氧化亞銅加入鹽酸前	(圖3-12) 氧化亞銅加入少量鹽酸	(圖3-13) 氧化亞銅加入過量鹽酸

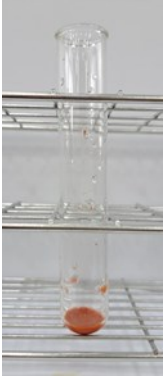

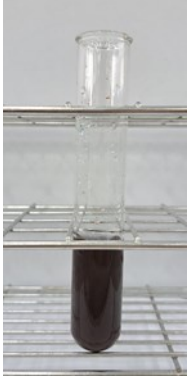
實驗結果與討論：

- ①氧化亞銅加入稀鹽酸後會產生白色沉澱，推測為氯化亞銅沉澱。
- ②若持續加入稀鹽酸則氯化亞銅又會溶解，推測產生 CuCl_2^- 錯離子

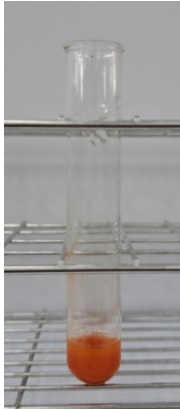


(2)稀硫酸

實驗照片			
	(圖3-14) 氧化亞銅加入硫酸前	(圖3-15) 氧化亞銅加入少量硫酸	(圖3-16) 氧化亞銅加入過量硫酸

(3)稀硝酸

實驗照片			
	(圖3-17) 氧化亞銅加入硝酸前	(圖3-18) 氧化亞銅加入少量硝酸	(圖3-19) 氧化亞銅加入過量硝酸

3.加入維他命C

實驗照片			
	(圖3-20) 氧化亞銅加入維他命C後	(圖3-21) 照射雷射光	(圖3-22) 照射雷射光後

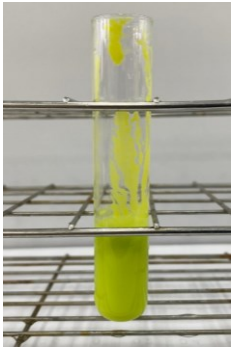
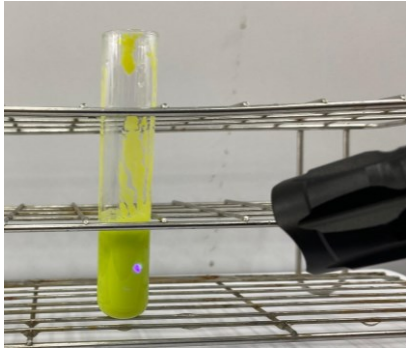
實驗結果與討論：

①氧化亞銅照光無反應

②氧化亞銅加入維他命C後照光會反應，但反應速率較慢

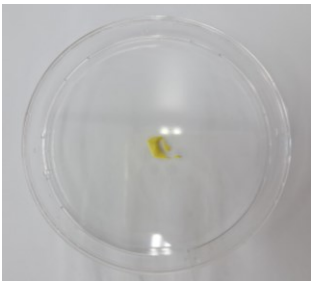
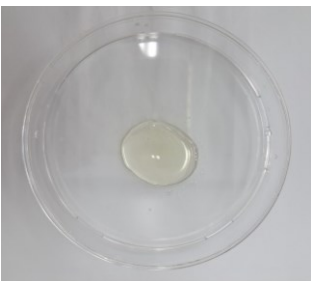
(三) 氫氧化亞銅(下方圖皆為自行拍攝)

1.照光 → 實驗結果：氫氧化亞銅照藍色雷射光並沒有反應。

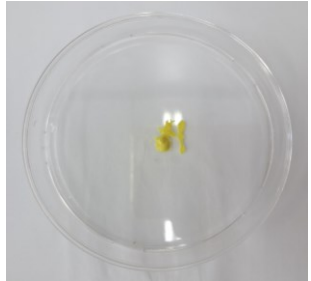
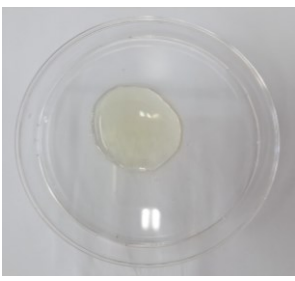
實驗照片		
	(圖3-23) 氫氧化亞銅沉澱照光前	(圖3-24) 氫氧化亞銅沉澱照光後

2.加入不同酸性物質

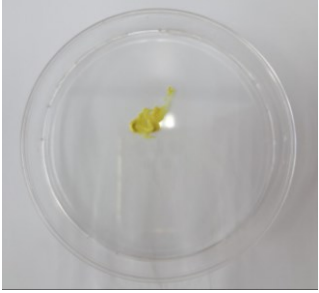
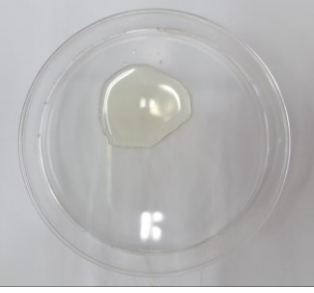
(1)加入鹽酸 → 實驗結果：氫氧化亞銅可溶於鹽酸

實驗照片		
	(圖3-25) 氫氧化亞銅沉澱	(圖3-26) 氫氧化亞銅沉澱加入鹽酸後

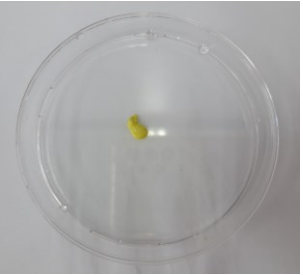
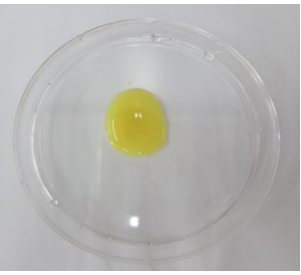
(2)加入硫酸 → 實驗結果：氫氧化亞銅可溶於硫酸

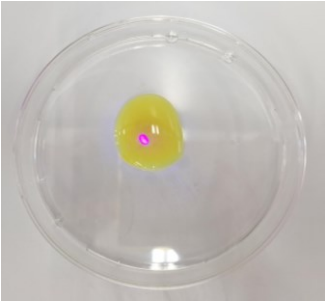
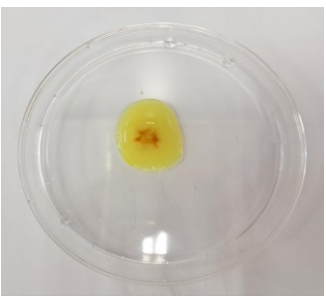
實驗照片		
	(圖3-27) 氫氧化亞銅沉澱	(圖3-28) 氫氧化亞銅沉澱加入硫酸後

(3)加入硝酸 → 實驗結果：氫氧化亞銅可溶於硝酸

實驗照片		
	(圖3-29) 氫氧化亞銅沉澱	(圖3-30) 氫氧化亞銅沉澱加入硝酸後

3.加入維他命C溶液

實驗照片		
	(圖3-31) 氫氧化亞銅沉澱	(圖3-32) 氫氧化亞銅沉澱加維他命C後

實驗照片		
	(圖3-33) 照射雷射光	(圖3-34) 照射雷射光後

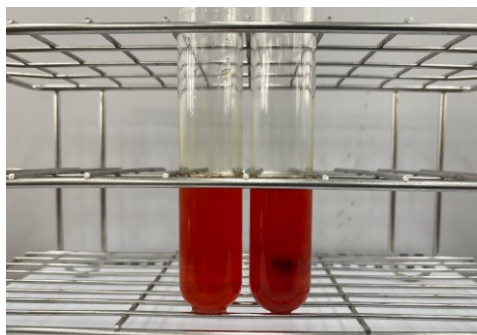
實驗結果與討論：

(1)氫氧化亞銅照光無反應

(2)氫氧化亞銅加入維他命C後照光會反應，但沉澱速率較黃色沉澱慢

四、探討橙紅色澄清溶液之性質

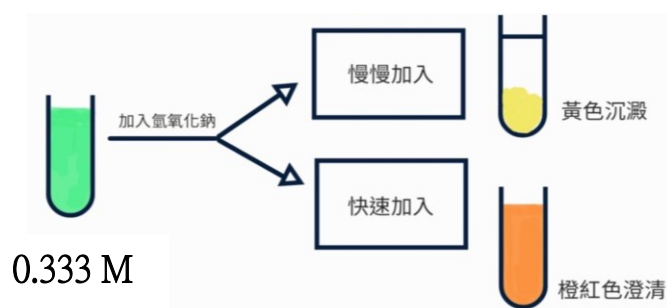
(一) 在0.333 M綠色溶液中加入1.0M氫氧化鈉製備感光物質



(圖4-1) 左試管為未照光的橙紅色澄清溶液，右試管為照射藍色雷射光後實驗討論：

- (1)我們在製備過程中發現綠色溶液濃度為 0.333 M 時可製作出橙紅色澄清溶液，並可感光變色，若為 0.033 M則無法形成橙紅色澄清溶液。
- (2)橙紅色澄清溶液及黃色沉澱照光皆會出現黑色物質。

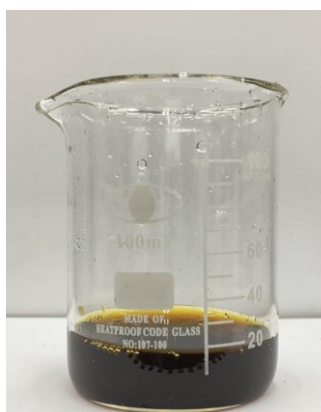
下圖為我們製作的示意圖



(二) 以分光光度計測量光譜



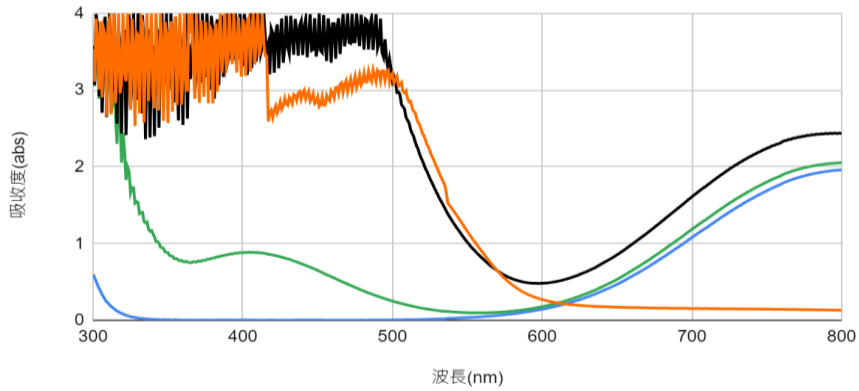
(圖4-2)



(圖4-3)

圖4-2、由左至右依序為硫酸銅、硫酸銅加維他命 C、橙紅色澄清溶液

圖4-3、硫酸銅加維他命 C 加入氫氧化鈉變化過程之黑褐色溶液



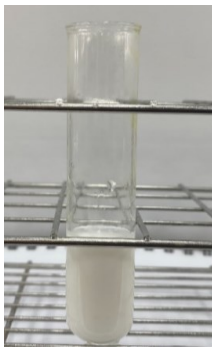
(圖4-4) 硫酸銅溶液、綠色溶液、黑褐色溶液、橙紅色澄清溶液的
吸收光譜

實驗結果與討論：

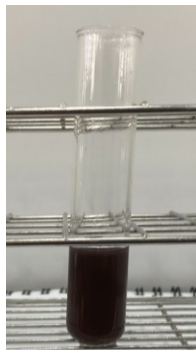
- (1)銅離子吸收峰約在 800nm 處
- (2)綠色溶液在 400nm、800nm 有吸收峰
- (3)橙紅色澄清溶液 800nm 吸收峰消失，且在440nm、490nm具兩個吸收峰

(二) 滴加不同酸性物質

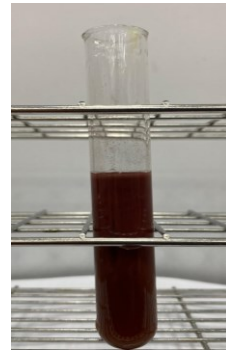
- 1.將橙紅色澄清溶液分別滴入稀鹽酸(如圖4-5)、稀硫酸(如圖4-6)、
稀硝酸(如圖4-7)



(圖4-5)

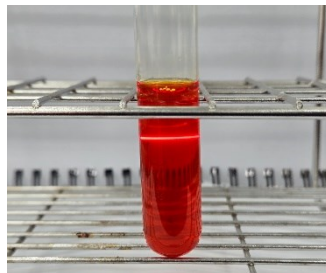


(圖4-6)

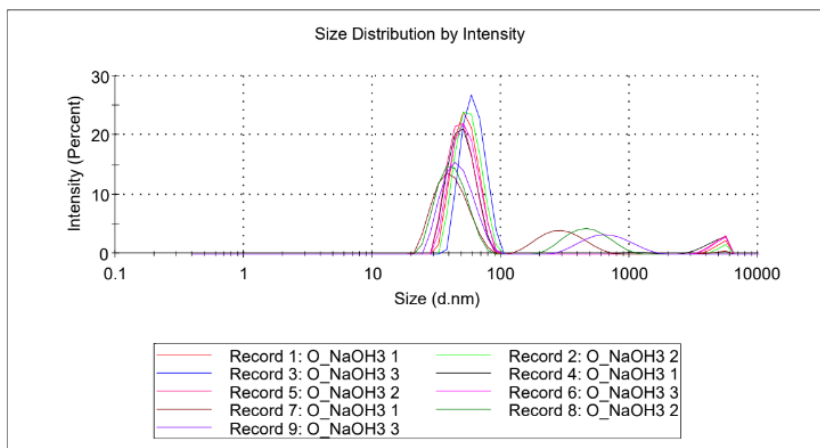


(圖4-7)

(三) 以紅色雷射光照射: 如圖4-8中可以發現廷得耳效應，證明橙紅色澄清溶液為
膠體溶液



(圖4-8) 橙紅色澄清溶液照射紅色雷射光



(圖4-9)使用動態光散射儀(DLS)測量橙紅色澄清溶液中的粒徑大小，由實驗結果顯示溶液中粒子的粒徑大小大約在 60 nm 左右 (此圖是由DLS儀器的原始程式所產出的圖，數據沒有經過重製)

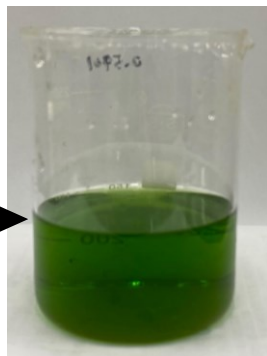
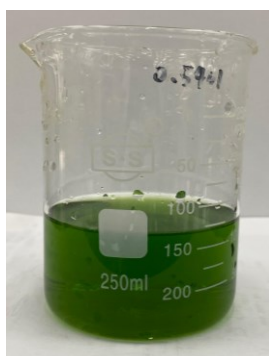
(四) 電解

1. 硫酸銅溶液電解



(圖4-10) 硫酸銅溶液電解後 (圖4-11) 硫酸銅溶液石墨棒電解後
實驗結果與討論：以3.0V電壓電解15分鐘後在陰極有少量銅析出

2. 綠色溶液電解



(圖4-12) 綠色溶液電解前 (圖4-13) 綠色溶液電解後 (圖4-14) 電解後的石墨棒

實驗結果與討論：可發現一樣以3.0V電壓電解15分鐘後在陰極有較大量銅析出，我們認為是因為還原劑的存在，使得銅更容易析出。

3.橙紅色澄清溶液電解



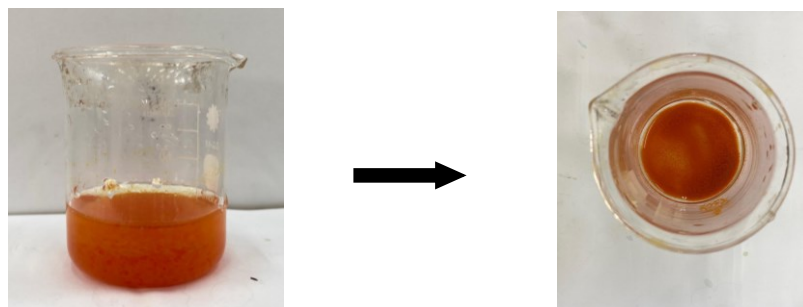
(圖4-15橙紅色澄清溶液電解後)

實驗結果：改以 9.0V電壓電解15分鐘後在陽極有大量沉澱析出。

(五) 加入硫酸鉀產生沉澱

我們推測橙紅色澄清溶液可能是某種物質的膠體溶液，因此選擇加入中性電解質看是否能產生沉澱。

1.將橙紅色澄清溶液加入硫酸鉀

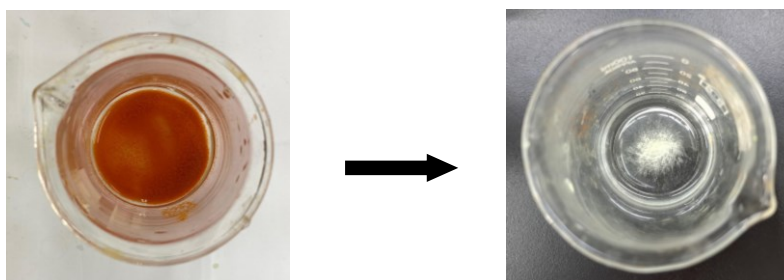


(圖4-16橙紅色溶液未加入硫酸鉀) (圖4-17橙紅色溶液加入硫酸鉀後)

一開始加入硫酸鉀並沒有產生沉澱，逐漸加入硫酸鉀後，則產生明顯橘色沉澱。

2.將鹽酸與硫酸分別加入水洗後的橘色沉澱

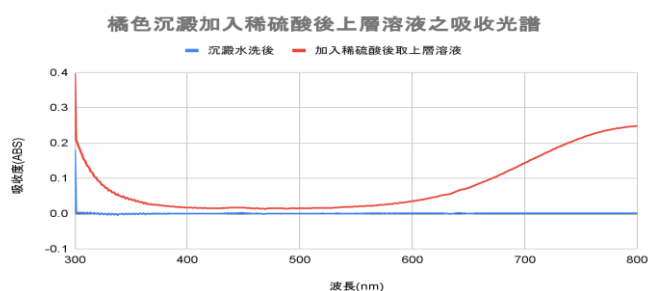
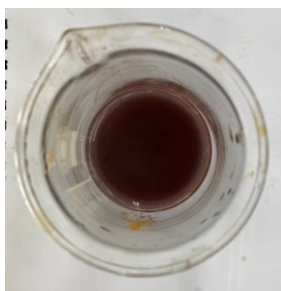
(1)加入鹽酸



(圖4-18過濾並水洗後橘色沉澱) (圖4-19橘色沉澱加入鹽酸)

實驗結果與討論：橘色沉澱完全溶解而且產生白色沉澱，
推測該白色沉澱物為CuCl。

(2)加入硫酸

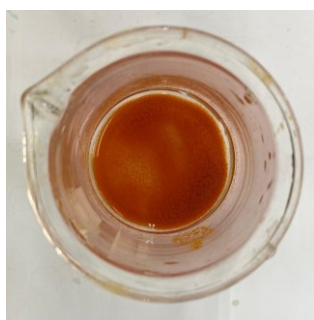


(圖4-20) 橘色沉澱加入硫酸 (圖4-21) 橘色沉澱加入硫酸前後之吸收光譜

實驗結果與討論：

橘色沉澱水洗後加入硫酸，下方產生暗紅色沉澱，上方則為淡藍色溶液。我們推測是亞銅在酸性條件上自身氧化還原反應，因此我們取上方藍色溶液測吸收光譜(如圖4-21)，圖4-21中藍色線段為橘色沉澱水洗過後之上方溶液，並沒有任何銅離子存在。而再加入硫酸後，上方溶液則在800nm處有吸收峰，可證明有銅離子存在。另外取下方的暗紅色沉澱，加入稀鹽酸、稀硫酸都不溶，但可溶於硝酸，故下方暗紅色沉澱為銅。

(3)加入硝酸



(圖4-22) 橘色沉澱未加入硝酸

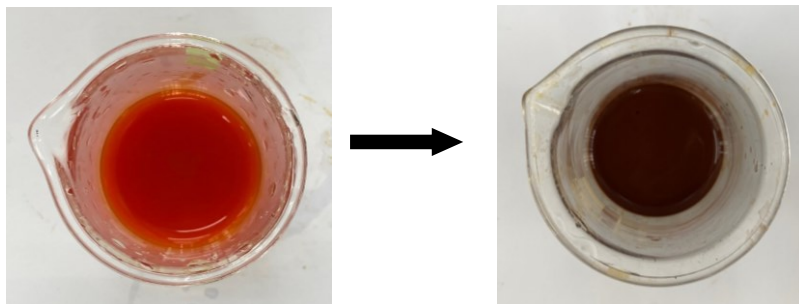
(圖4-23) 橘色沉澱加入硝酸後

實驗結果與討論：將水洗後的橘色沉澱加入硝酸，可以發現完全溶解，
且溶液呈現藍色，代表產生銅離子。

五、探討橙紅色澄清溶液照光後形成棕色物質之性質

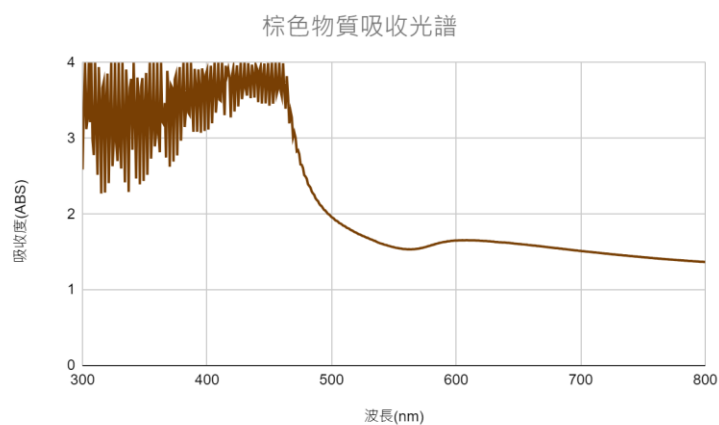
(一) 製備棕色物質

1. 以30.0mL橙紅色澄清溶液照射太陽光至棕色



(圖5-1) 橙紅色澄清溶液照光前 (圖5-2) 橙紅色澄清溶液照光至棕色

(二) 測量圖5-2中混合物的吸收光譜



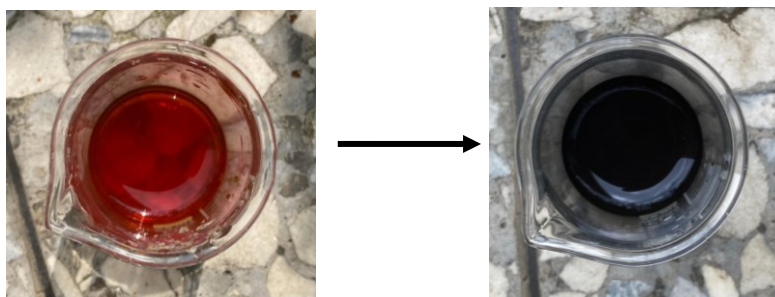
(圖5-3) 橙紅色澄清溶液照射太陽光之後形成棕色物質的吸收光譜

實驗結果與討論：在590 nm處有吸收峰，經查閱文獻後推測為奈米銅粒子。

六、探討橙紅色澄清溶液照光後形成黑色物質之性質

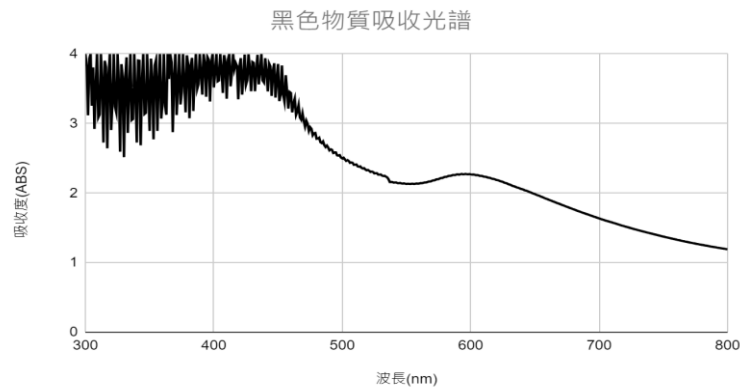
(一) 製備黑色物質

1. 以30.0 mL橙紅色澄清溶液照射太陽光至黑色



(圖6-1) 橙紅色澄清溶液照光前 (圖6-2) 橙紅色澄清溶液照光至黑色

(二) 以分光光度計測量光譜



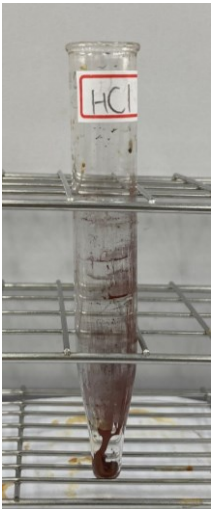
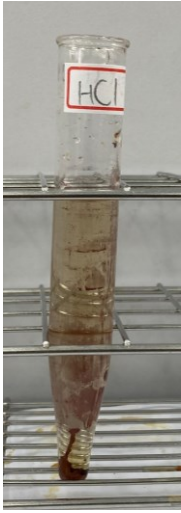
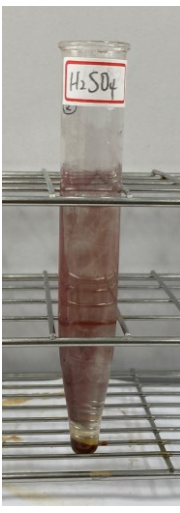

(圖6-3) 橙紅色澄清溶液照射太陽光之後形成黑色物質的吸收光譜

實驗結果與討論：黑色及棕色物質在 590nm 時皆有吸收峰，根據文獻推測其為顆粒大小不同之奈米銅

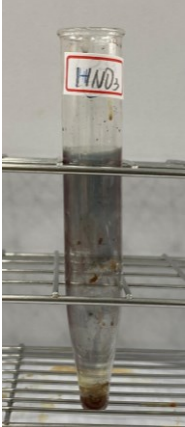

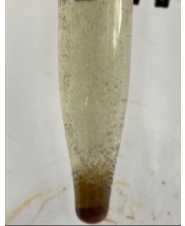
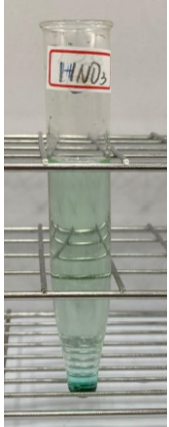
(三) 黑色物質加入不同酸性物質

1.加入稀鹽酸(如圖 6-4 & 6-5)

2.加入稀硫酸(如圖 6-6 & 6-7)

實 驗 照 片				
	(圖6-4) 加入稀鹽酸前	(圖6-5) 加入稀鹽酸後	(圖6-6) 加入稀硫酸前	(圖6-7) 加入稀硫酸後

3.加入稀硝酸

實驗照片				
	(圖6-8) 加入稀硝酸前	(圖6-9) 加入稀硝酸後	(圖6-10) 加入稀硝酸後 出現氣泡	(圖6-11) 加入稀硝酸 靜置後

實驗結果與討論：

- (1)黑色物質不溶於稀鹽酸及稀硫酸
- (2)黑色物質溶於稀硝酸且推測出現之氣泡可能為不溶於水的一氧化氮
- (3)黑色物質溶於硝酸，不溶於鹽酸、硫酸，推測其為銅

柒、結論

一、探討綠色溶液的性質與組成：

硫酸銅溶液在800nm處有吸收峰，加入維他命C後在400 nm處產生新的吸收峰，且加入鹽酸後產生白色固體。我們推測白色固體為氯化亞銅，因此認為綠色溶液可能為 Cu^+ 和維他命C所形成的錯合物。

二、探討將氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液的差異

綠色溶液混合氫氧化鈉時，在不同的pH值環境可分別形成黃色沉澱與橙紅色澄清溶液，當pH值在4.2附近可形成橙紅色澄清溶液。

三、比較黃色沉澱、氧化亞銅與氫氧化亞銅沉澱之性質差異

- (一) 根據黃色沉澱、氧化亞銅、氫氧化亞銅的性質比較，我們認為黃色沉澱就是氧化亞銅。
- (二) 討論三者維他命C溶液中照雷射光的反應速率，黃色沉澱與維他命C的反應速率最快。

四、探討橙紅色澄清溶液之性質

- (一) 將橙紅色澄清溶液稀釋後測量光譜，發現440nm及490nm處有吸收峰。此外我們也透過追蹤從綠色溶液反應變成橙紅色液體的過渡期黑色溶液，測量其吸收光譜後發現該溶液中銅離子尚未反應完。更能推測橙紅色澄清溶液（缺少排除800nm左右的吸收峰）其成分主要不包含 Cu^{2+} 。再將橙紅色澄清溶液加入鹽酸後出現白色沉澱推測為氯化亞銅，因此推測橙紅色澄清溶液內含有 Cu^+ 。
- (二) 橙紅色澄清溶液具有廷得耳效應、加入電解質與電解後都會產生沉澱，因此橙紅色澄清溶液為膠體溶液。
- (三) 並且為確認橙紅色澄清溶液成分，我們先將橙紅色澄清溶液加入硫酸鉀形成橘色沉澱。並將橘色沉澱過濾且水洗確保無維他命C殘留後，加入不同酸性物質包含鹽酸、硫酸與硝酸。發現加入鹽酸形成白色沉澱，由此推測該橘色沉澱亦有 Cu^+ 成分存在。加入硫酸後出現可溶於硝酸的紅棕色沉澱，推測為銅，且上層溶液光譜出現 Cu^{2+} 吸收峰，推論為 Cu^+ 的自身氧化還原，因此推測橙紅色澄清溶液加入硫酸鉀形成沉澱為氧化亞銅，且橙紅色澄清溶液為氧化亞銅膠體溶液。

五、探討橙紅色澄清溶液照光後形成棕色物質與黑色物質之性質

- (一) 對照橙紅色澄清溶液與棕色物質之吸收光譜得知，橙紅色主要特徵吸收峰落440nm及490nm，而棕色物質與黑色物質在稀釋後測量光譜於皆於590nm處出現吸收峰，兩者光譜圖接近，推測兩者成分相同。推測照光後 Cu^+ 和維他命C所形成的錯合物經過氧化還原反應而得奈米銅。參考文獻後得知棕色物質與黑色物質皆為奈米銅，僅為粒徑大小的不同。
- (二) 黑色物質滴加不同酸性物質時僅溶於硝酸，推測組成成份為銅。

捌、未來展望

我們未來希望能研究橙紅色澄清溶液中在照光的條件下是否能將二氧化碳氣體還原或是能作為電解水的催化劑，以便在氣候變遷及能源上有所貢獻。

玖、參考文獻

- 一、邱俊毅、邱國展(2011)。低溫製程奈米銅導體材料概論。工業材料雜誌296期。
- 二、王琳嘉、林依萱(2015)。氧化亞銅奈米複合材料於非酵素型葡萄糖感測器之應用。臺灣國際科學展覽會。
- 三、許芷薰、江岳展、林致宇(2020)。色粒分明～探討本氏液與還原醣變色反應。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會。國中組化學科。
- 四、陳冠宇(2021)。氫氧化亞銅的製備探討與性質檢測。第二十屆旺宏科學獎。
- 五、奈米銅 - 抑菌行不行<https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/1683882609756lilllbk3.pdf>

【評語】 050201

此一研究工作，作者在實驗過程中觀察仔細，實驗現象記錄詳實。以下有幾點建議：1) 雖然以高中的資源來說，有點難對於含銅的沈澱物做結構鑑定，但是顏色不同不代表產物組成成分絕對不同。因為本實驗的沈澱物其實都是已知的，所以建議可以查詢文獻便可得知可以藉由不同粒徑的奈米粒子有不同顏色來判斷。2) 另外，本研究如果能夠加強分子構造與分子化學性質之間的關聯性，會更好。例如：為什麼維他命 C 在不同 pH 值下的還原力不一樣？如果維他命 C 真的可以跟銅離子生成錯合物，這個維他命 C 該藉由何種官能基與銅離子鍵結？

作品簡報

維他命C與銅離子的相遇

摘要

本實驗利用維他命 C 和硫酸銅溶液混合，加入鹼性物質形成黃色沉澱或橙紅色澄清溶液，觀察黃色沉澱於液中懸浮時以藍色雷射光照射時吸收光線之情形。並加以研究黃色沉澱與橙紅色澄清溶液之性質，並推測其組成。

壹、研究動機

我們原本想利用維他命 C 將硫酸銅溶液中的銅離子還原成奈米銅粒子，結果當我們混合維他命 C 和硫酸銅溶液時，溶液只是隨著加入愈多的維他命 C，由藍色變成綠色溶液。後來我們查文獻資料，查到酸鹼值會影響維他命 C 的還原力，所以我們加入鹼來增加維他命 C 的還原力。果然在加入鹼後，溶液中出現了新的變化產生黃色沉澱物質。後來我們想到是否可以利用照光的方式來促進反應的進行，因此我們選擇藍色雷射光照射黃色沉澱，發現黃色沉澱竟然可以感光產生黑色物質！在一次實驗中，我們將氫氧化鈉溶液快速的加入綠色溶液中發現竟然沒有產生黃色沉澱，反而是由綠色溶液先變成深棕黑色溶液接著快速轉換成橙紅色澄清溶液，這整個過程的變化真的太有趣了，因此我們想要針對這個過程加以探討。

貳、研究目的

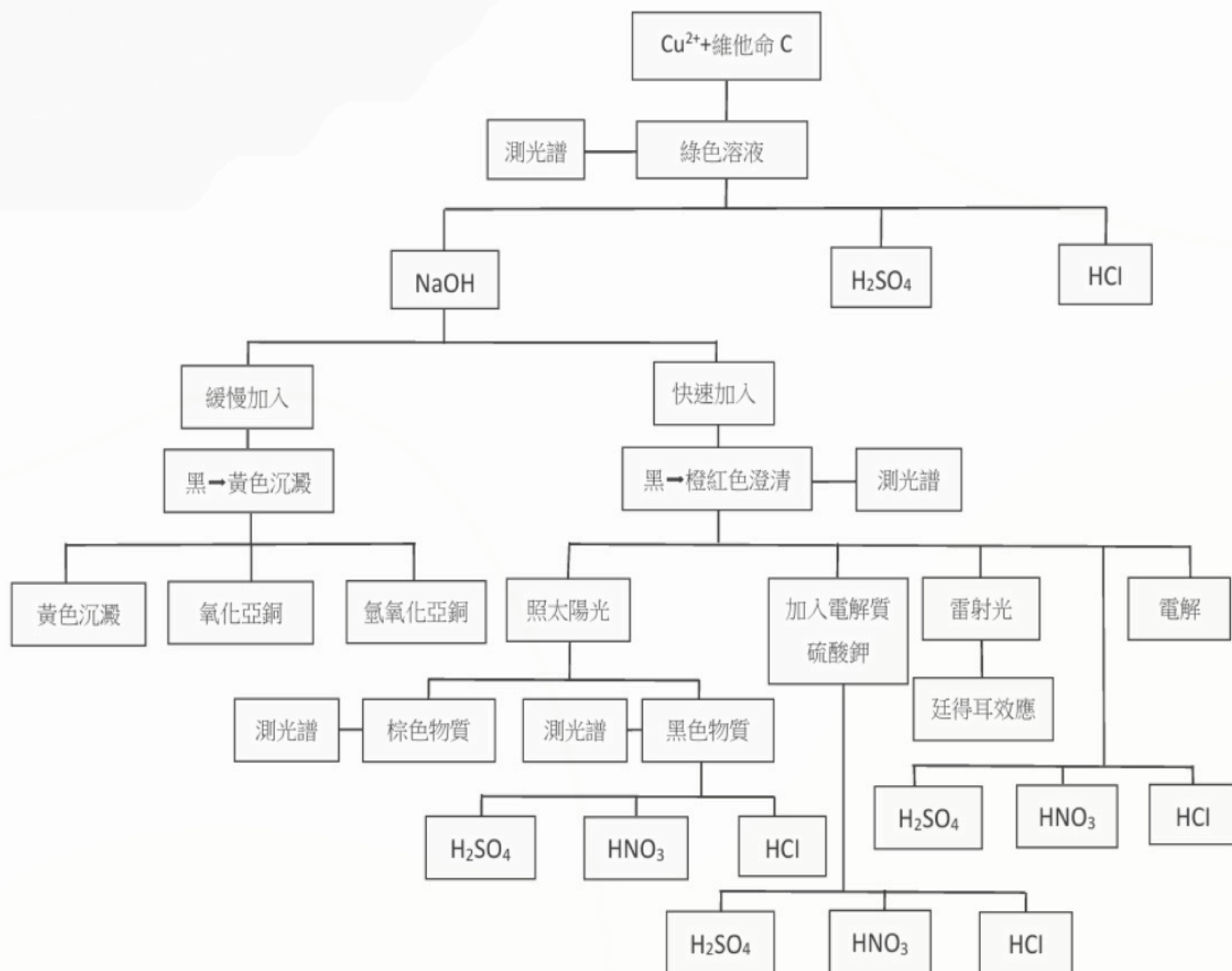
- 一、探討綠色溶液的性質與組成
- 二、探討將氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液的差異
- 三、比較黃色沉澱、氧化亞銅(斐林試液和葡萄糖反應產生)與氫氧化亞銅之性質差異
- 四、探討橙紅色澄清溶液之性質與組成
- 五、探討橙紅色澄清溶液照光後形成的棕色沉澱之性質與組成
- 六、探討橙紅色澄清溶液照光後形成的黑色沉澱之性質與組成

參、文獻探討

我們在查詢文獻的過程中看到一篇文獻中有敘述到如何製備奈米銅，文中提及由於維他命 C 與金屬氧化的電位差值為 0.42V，製造出的銅粒子會因電壓差值小反應較慢而只能達到微米等級。不過當他們利用電壓差值達 1.58V 的硼氫化鈉時，銅離子能更容易還原使其快速反應，生成粒子較小的奈米銅。

此外邱俊毅、邱國展(2011)研究到維他命 C 可用於製備奈米銅，不過銅的前驅物為硫酸銅時，溶劑須為乙二醇；在銅的前驅物為氯化銅時，溶劑才可為水。因此，我們想嘗試利用水、硫酸銅及維他命 C 來製造奈米銅，使其製程更符合綠色化學。

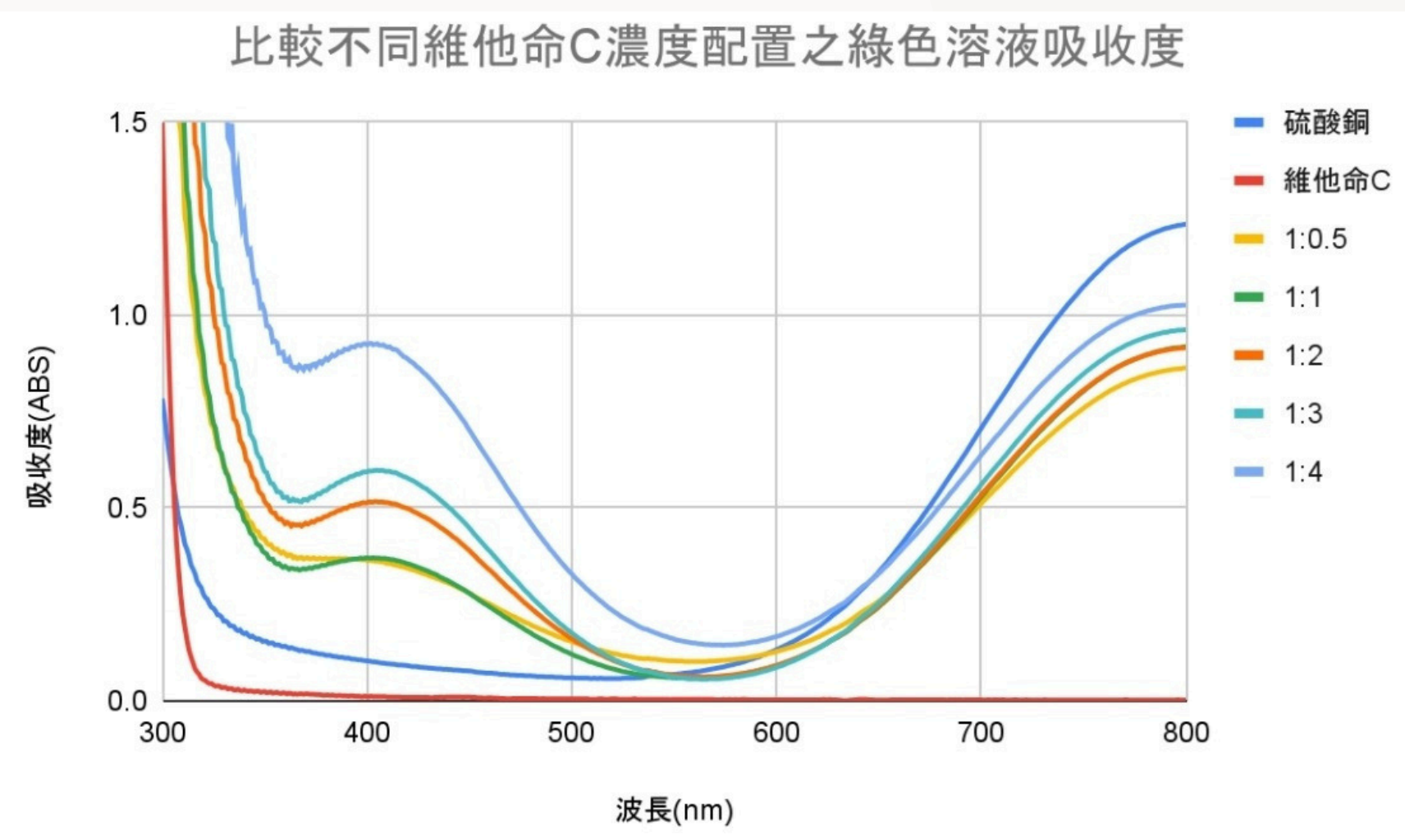
肆、研究過程與方法



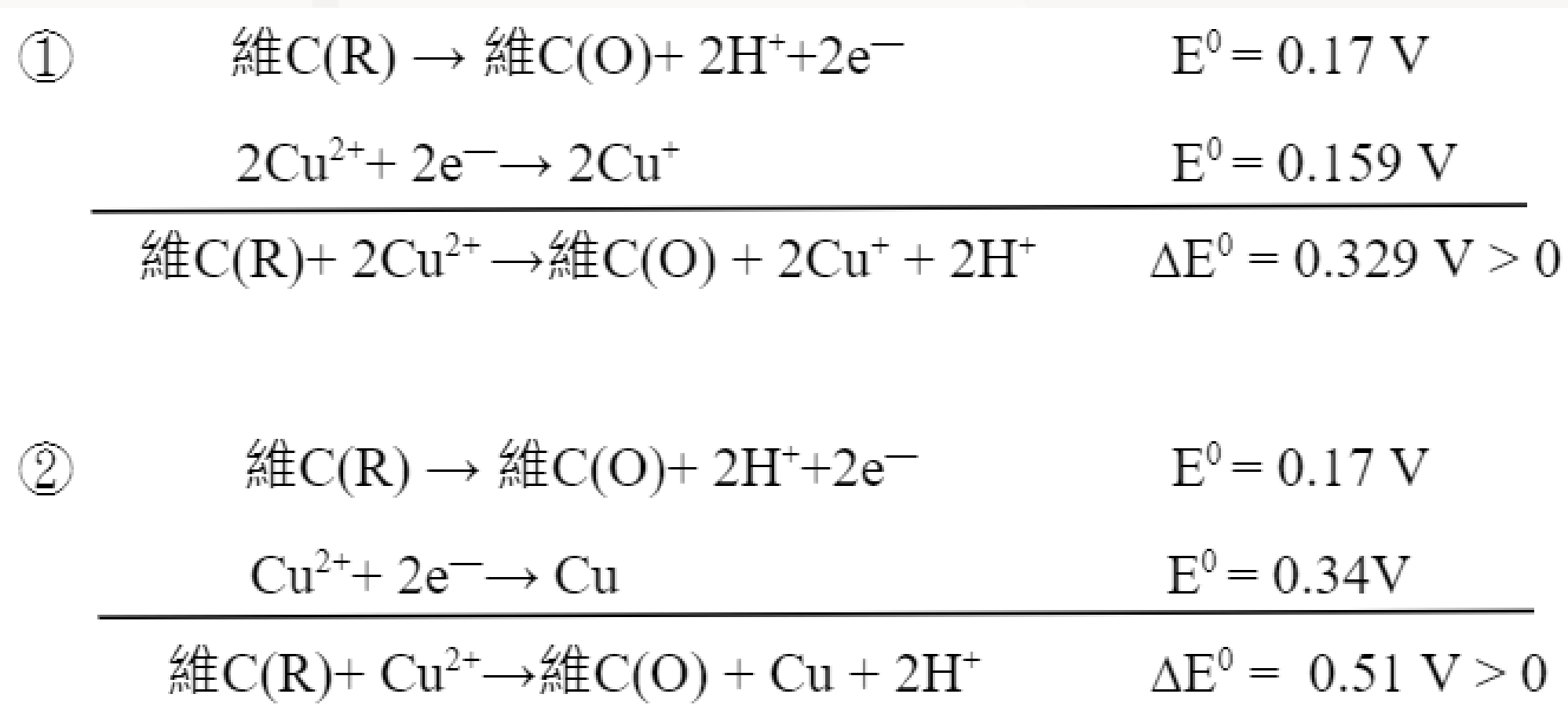
伍、實驗結果與討論

一、探討綠色溶液性質

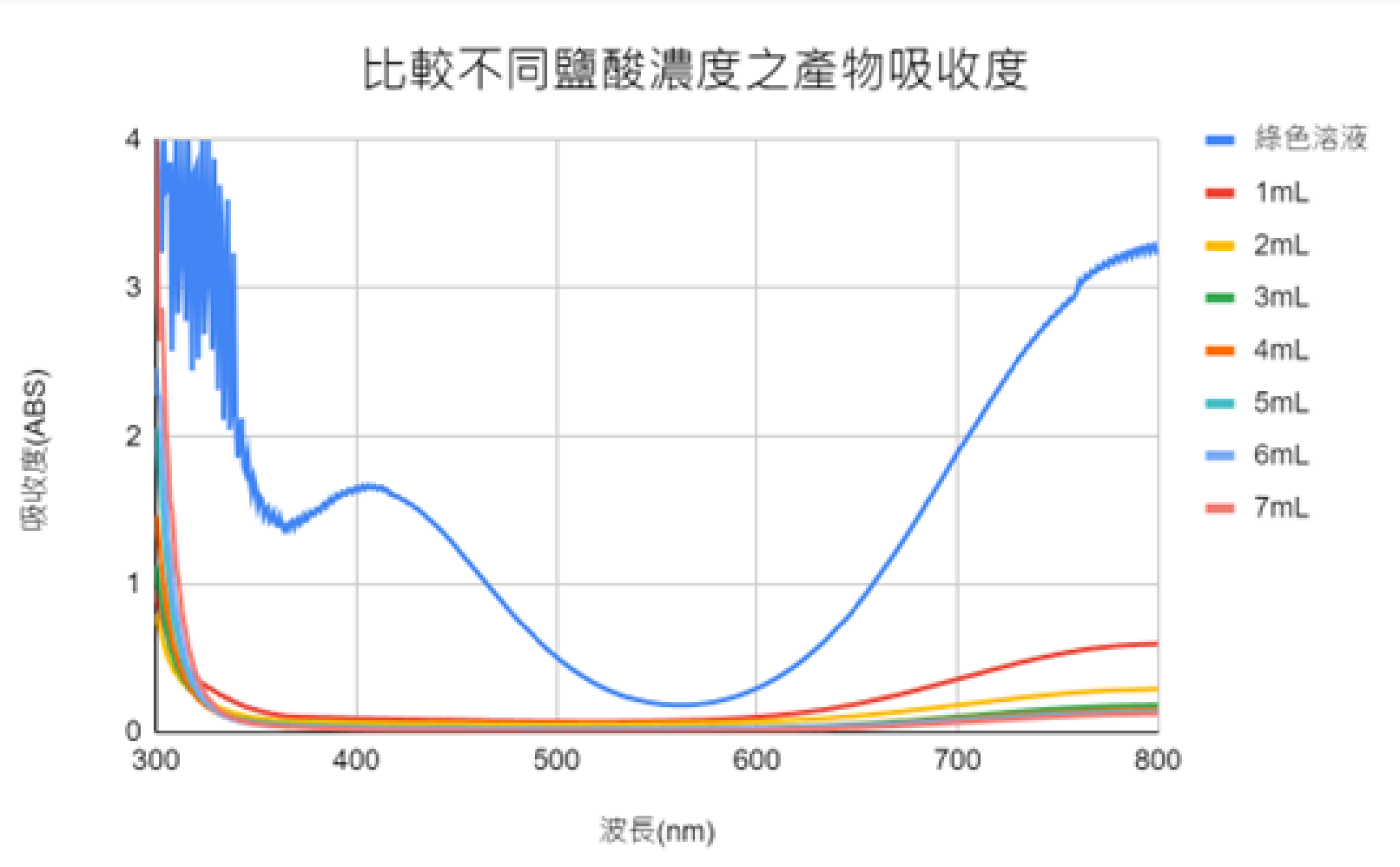
(一) 探討不同比例的維他命 C 對硫酸銅溶液的影響，並以分光光度計測光譜



- (1) 硫酸銅溶液及維他命 C 在波長 400nm 處吸收度較小，隨著加入維他命 C 比例越高，400nm 處之吸收度逐漸上升
- (2) 400nm 處的吸收峰我們認為有可能是兩種物質所造成的：
 - ① Cu^{2+} 和維他命 C 所形成的錯合物
 - ② Cu^+ 和維他命 C 所形成的錯合物
- (3) 另外我們發現綠色溶液放置一段時間後，下方有紅色沉澱產生。
- (4) 由氧化電位來討論反應的可能性



(二) 加入稀鹽酸

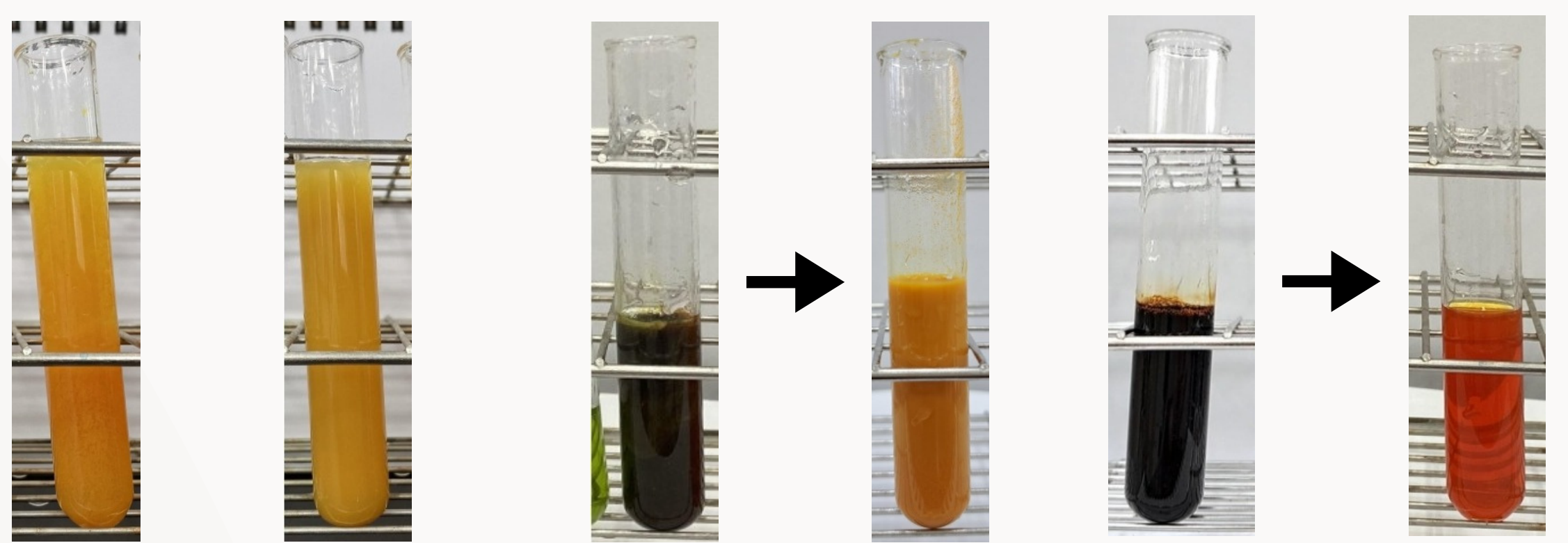


- (1) 加入鹽酸時，下方產生白色沉澱，推測為 CuCl 白色沉澱
- (2) 光譜中 400nm 處的吸收峰消失，且當加入的鹽酸越多，800nm 處吸收值越低

二、探討將氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液的差異

(一) 將 0.10M 3.0mL 氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液

(二) 將 1.0M 3.0mL 氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液



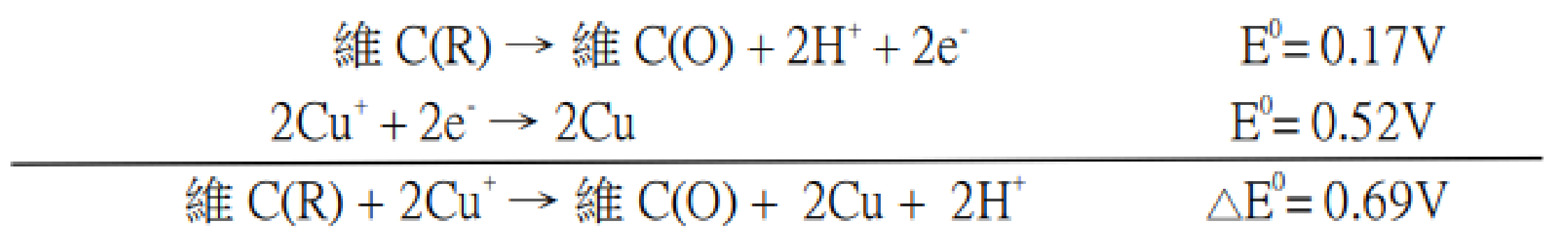
緩慢加入 快速加入 緩慢加入氫氧化鈉 快速加入氫氧化鈉

(三) 使用 1.0M 硫酸銅、1.0M 維他命 C、1.0M 氫氧化鈉嘗試製備橙紅色澄清溶液

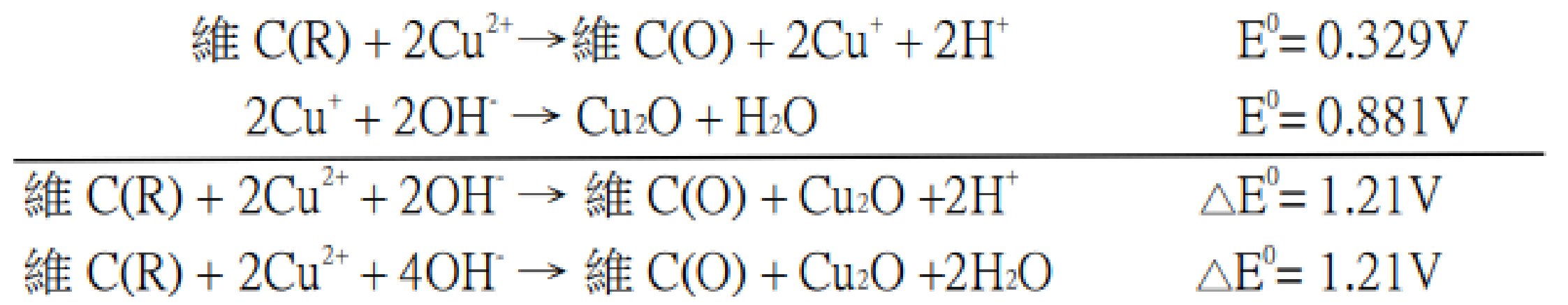
	對照	對照	1號	2號	3號	4號	5號	6號	7號	8號
CuSO_4 (mL)	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00
維他命 C(mL)	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.0	2.00	2.00	2.00	2.00
H_2O (mL)	7.00	6.00	5.00	4.00	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.00
NaOH (mL)	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00
pH 值	3.00	1.96	1.65	2.45	2.90	3.60	4.20	6.35	6.95	11.26
外觀	藍色溶液	無色溶液	綠色溶液	黃色沉澱	黃色沉澱	橙紅混濁	橙紅澄清(最穩定)	橙紅混濁	黃色沉澱，最後黑色沉澱	黃色沉澱，最後褐色沉澱

(四) 由電位來討論在綠色溶液中加入氫氧化鈉是形成氧化亞銅或銅

(1) 形成銅



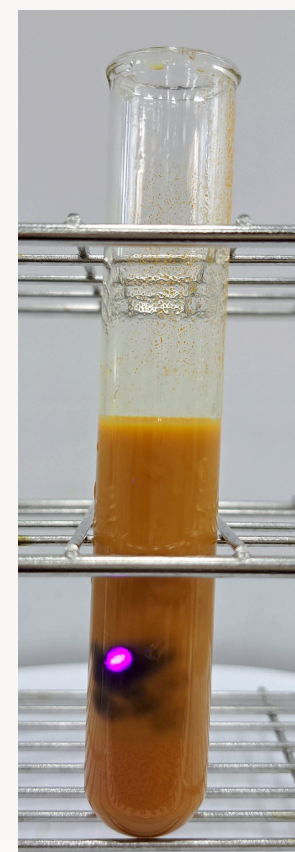
(2) 形成氧化亞銅



三、比較黃色沉澱、氧化亞銅與氫氧化亞銅沉澱之性質差異

(一) 黃色沉澱

1. 照光



2. 加入不同酸性物質



黃色沉澱



加鹽酸



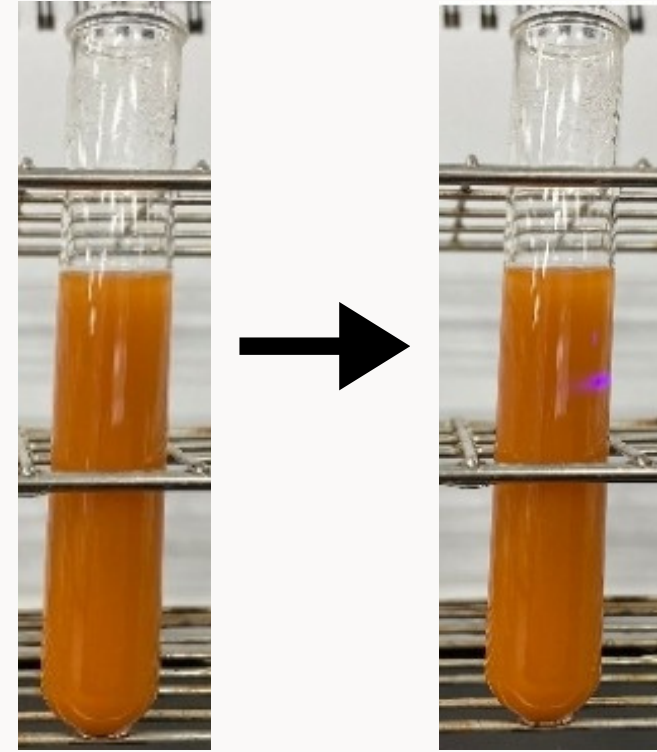
加硫酸



加硝酸

(二) 氧化亞銅

1. 照光



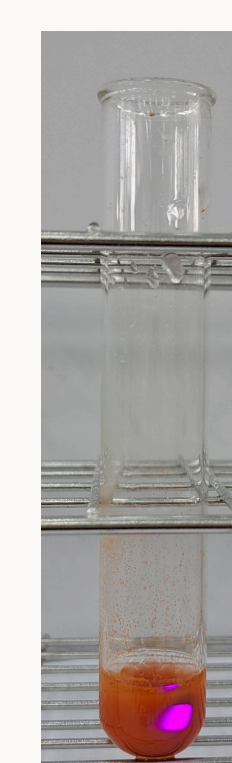
2. 加入不同酸性物質

	少量	過量
鹽酸	白色沉澱	溶解
硫酸	暗紅色沉澱	暗紅色沉澱
硝酸	暗紅色沉澱	溶解

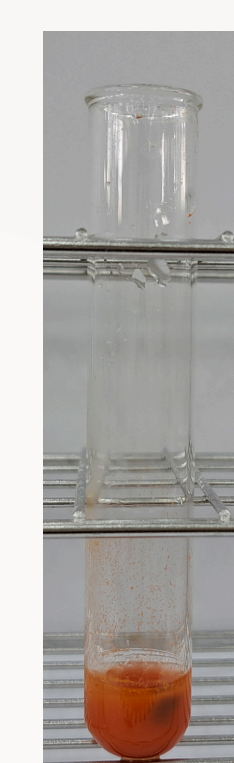
3. 加入維他命 C



氧化亞銅加入維他命 C



照光

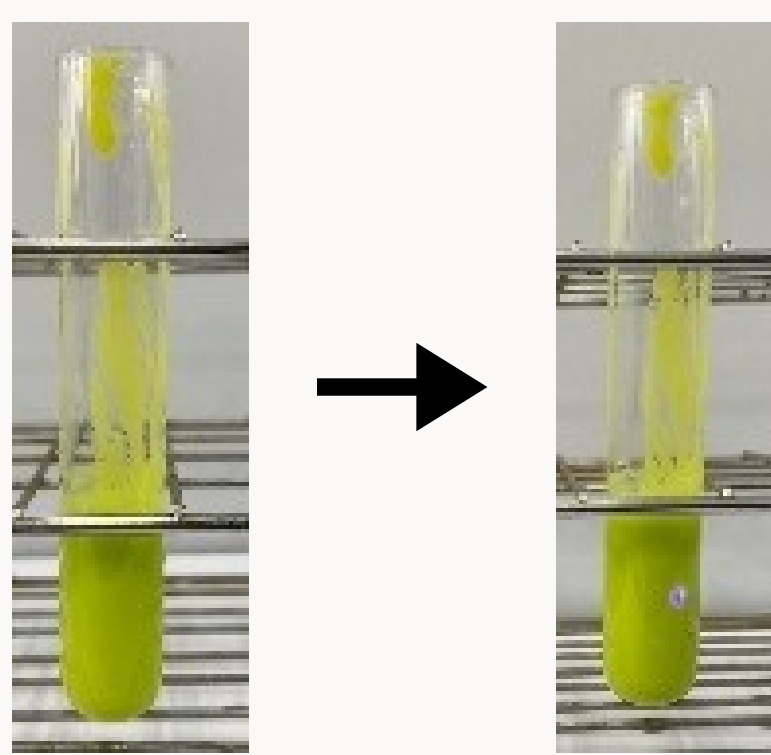


照光後

- (1) 氧化亞銅在雷射光照射處沒有變化
- (2) 氧化亞銅加入稀鹽酸後會產生白色沉澱，推測為氯化亞銅沉澱
- (3) 若持續加入稀鹽酸則氯化亞銅又會溶解，推測產生 CuCl_2^- 錯離子
- (4) 氧化亞銅加入維他命 C 後照光會反應，但反應速率較黃色沉澱慢

(三) 氫氧化亞銅

1. 照光



2. 加入不同酸性物質

鹽酸	硫酸	硝酸
溶解	溶解	溶解

3. 加入維他命 C 溶液



加入維他命 C



照射雷射光



照射雷射光後

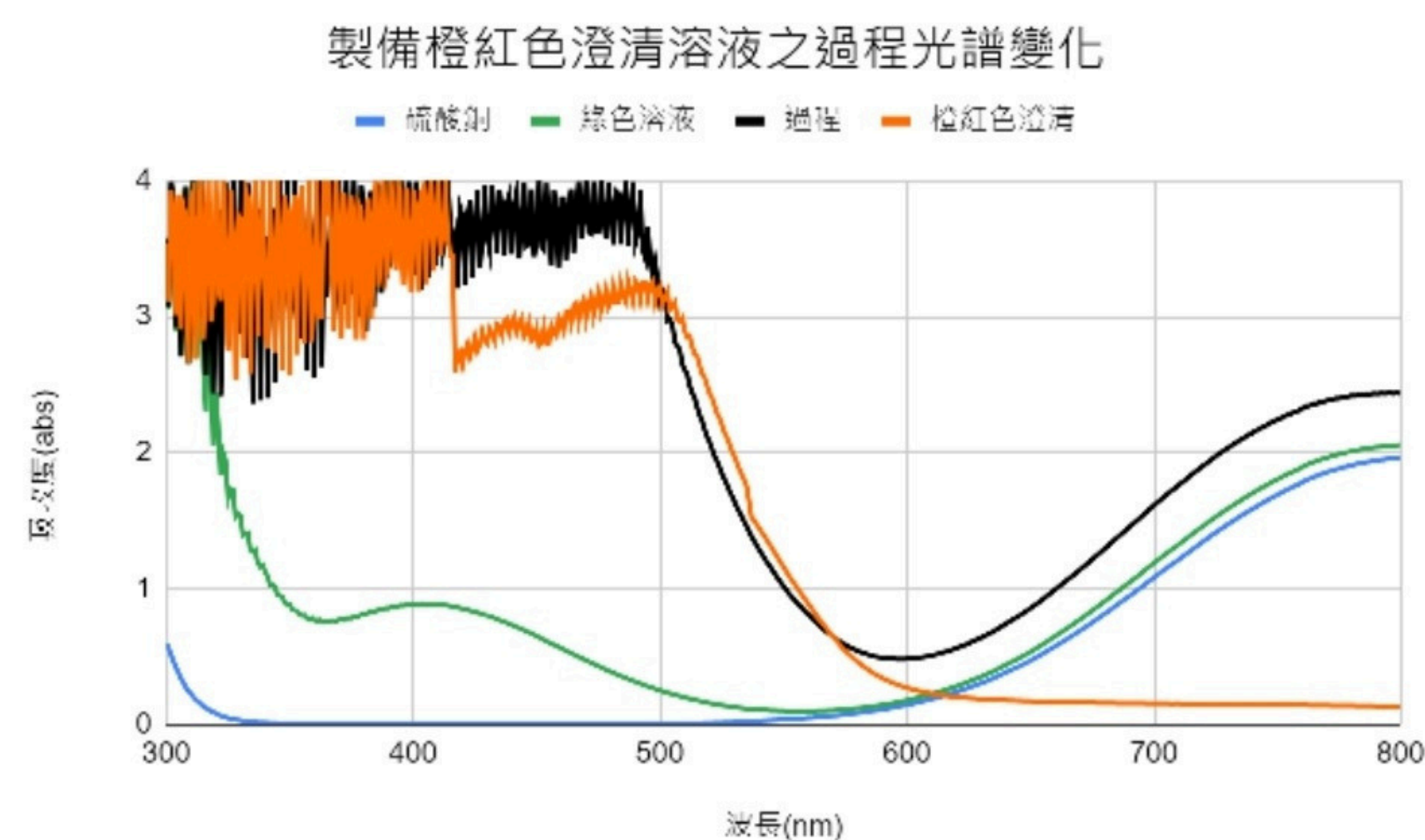
- (1) 氫氧化亞銅照藍色雷射光並沒有反應
- (2) 氫氧化亞銅可溶於鹽酸、硫酸、硝酸
- (3) 氫氧化亞銅加入維他命 C 後照光會反應，但沉澱速率較黃色沉澱慢

四、探討橙紅色澄清溶液之性質

(一) 在綠色溶液中加入1.0M氫氧化鈉製備感光物質



- (1)我們在製備過程中發現使用初濃度為 1.0M的硫酸銅時可製作出橙紅色澄清溶液，並可感光變色，0.10M則否。
- (2)橙紅色澄清溶液及黃色沉澱經藍色雷射光照射皆會出現黑色物質。

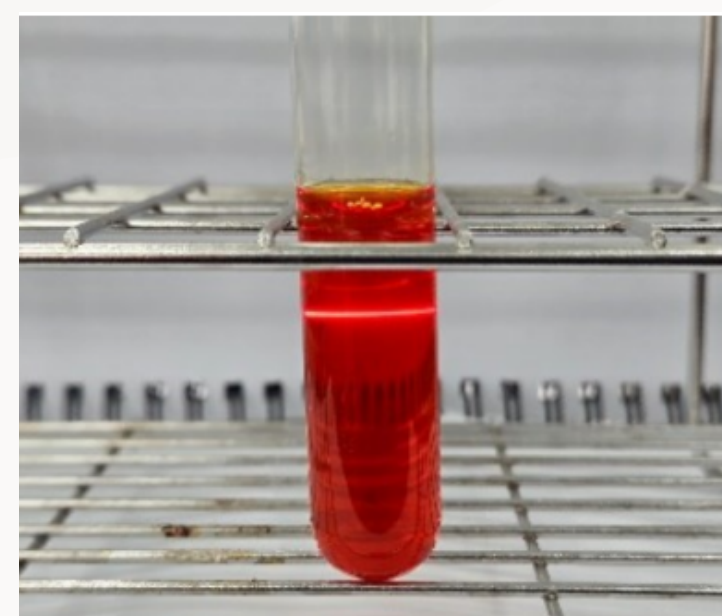


- (1)銅離子吸收峰約在 800nm 處
- (2)綠色溶液在 400nm、800nm 有吸收峰
- (3)漸變過程中的黑色溶液具有銅離子及綠色溶液吸收峰
- (4)橙紅色澄清溶液 800nm 吸收峰消失，且在 440nm、490nm具兩個吸收峰

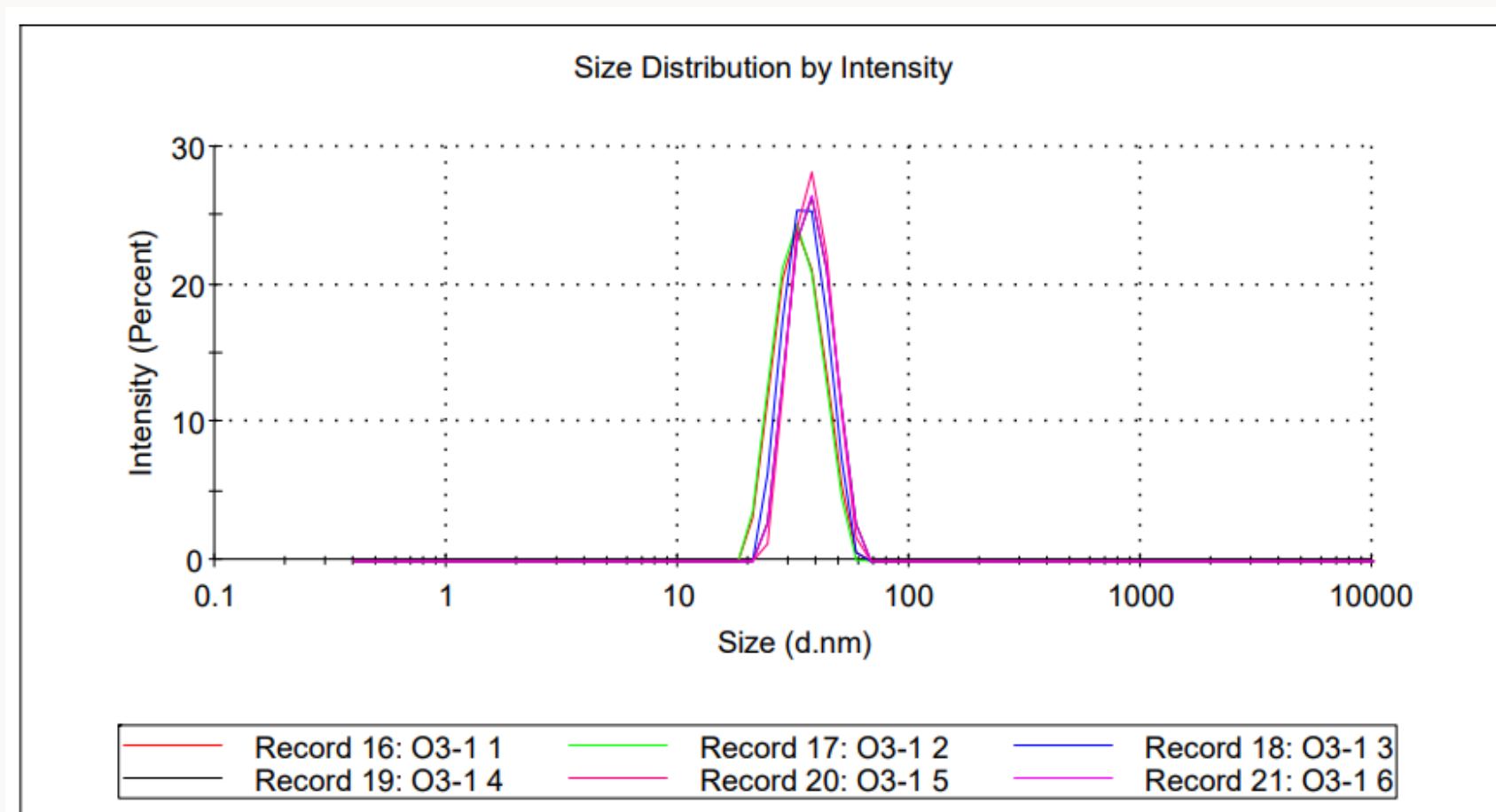
(二) 滴加不同酸性物質

鹽酸	硫酸	硝酸
白色沉澱	暗紅色沉澱	暗紅色沉澱

(三) 以紅色雷射光照射：
可以發現廷得耳效應證明橙紅色澄清溶液為膠體溶液



(四) 使用動態光散射儀(DLS)測量粒徑大小



(五) 電解



左至右為硫酸銅溶液電解後的石墨棒、綠色溶液電解後的石墨棒、橙紅色澄清溶液電解後的石墨棒

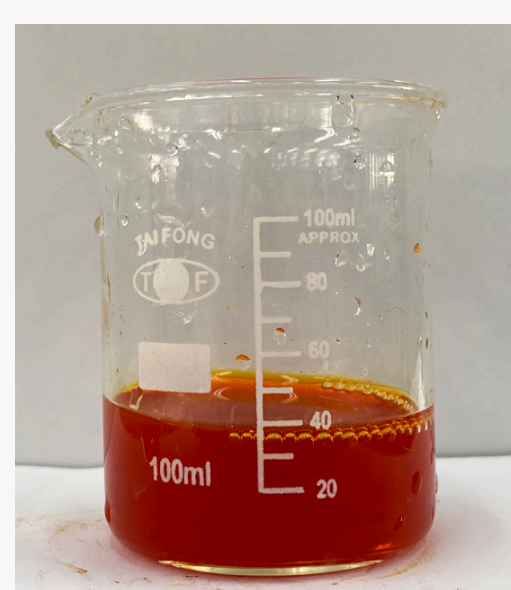
- (1)以3V電壓電解硫酸銅溶液15分鐘後在陰極有少量銅析出。
- (2)以3V電壓電解綠色溶液15分鐘後在陰極有較大量銅析出，我們認為是因為還原劑的存在，使得銅更容易析出。
- (3)以3V電壓電解15分鐘後在陰極幾乎沒有銅析出



改以9V電解橙紅色澄清溶液，陽極出現明顯沉澱，符合膠體溶液之推測

(六) 加入硫酸鉀產生沉澱

(1)將橙紅色澄清溶液加入硫酸鉀



橙紅色澄清溶液



加入硫酸鉀後

(2)將上述步驟得到的橘色沉澱經蒸餾水水洗後分別加入鹽酸、硫酸、硝酸



加入鹽酸

加入硫酸

加入硝酸

五、探討橙紅色澄清溶液照光後形成棕色及黑色物質之性質

(一) 製備棕色及黑色物質



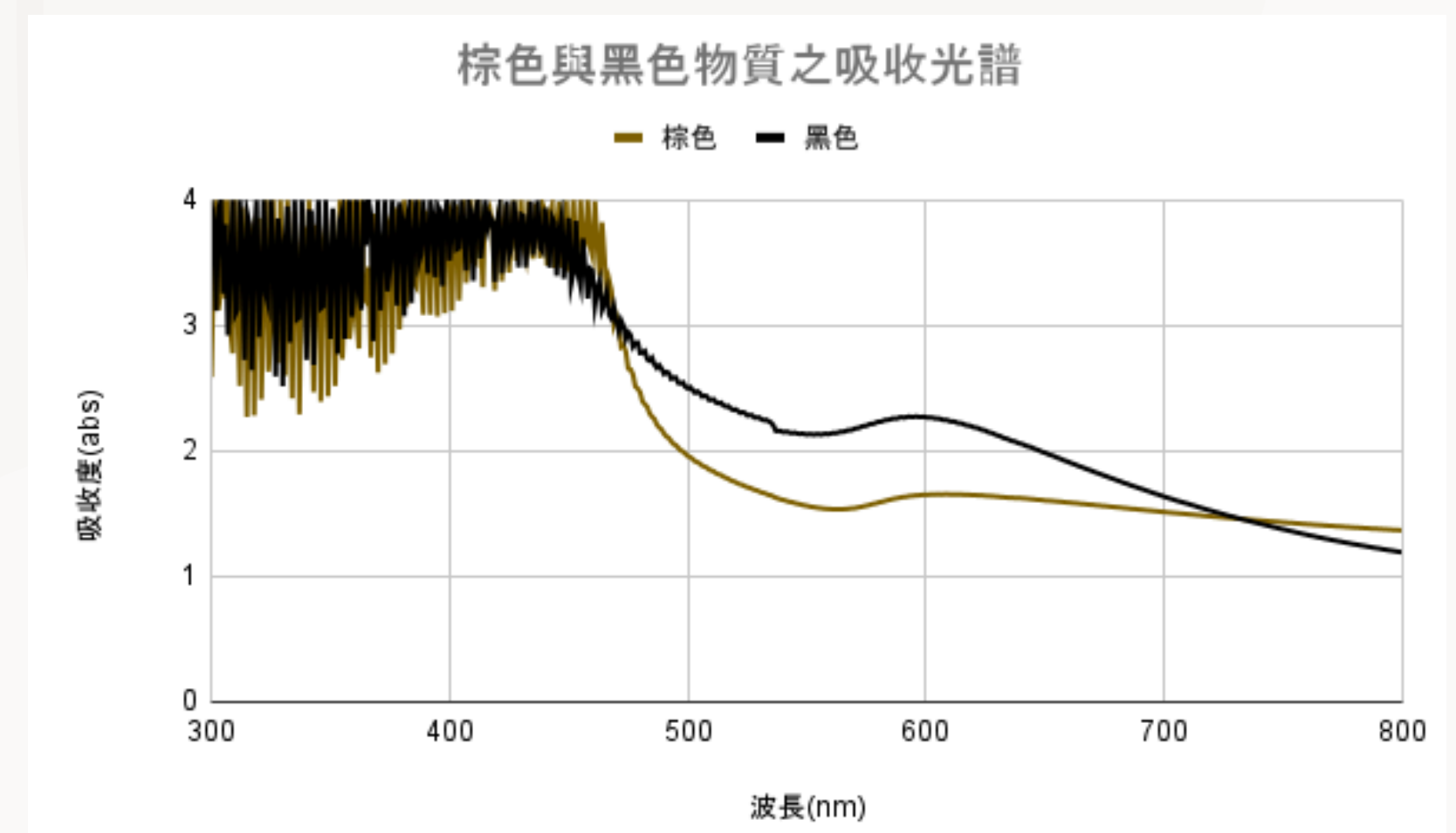
製備棕色物質

製備黑色物質

(二) 棕色及黑色物質分別加入鹽酸、硫酸、硝酸
取橙紅色澄清溶液照光後形成的棕色及黑色物質經離心、水洗後，分別加入鹽酸、硫酸、硝酸觀察現象。

鹽酸	硫酸	硝酸
無變化	無變化	溶解

(三) 吸收光譜



- (1)棕色、黑色物質不溶於稀鹽酸及稀硫酸。
- (2)棕色、黑色物質溶於稀硝酸且產生無色氣泡，應為不溶於水的一氧化氮。
- (3)棕色、黑色物質溶於硝酸，不溶於鹽酸、硫酸，推測為銅。
- (4)棕色及黑色物質在 590nm 時皆有吸收峰，根據文獻資料應為顆粒大小不同之奈米銅，符合我們的實驗結果。

六、應用



以橙紅色澄清溶液製作藍晒圖



銅鏡

陸、結論

- 一、探討綠色溶液的性質與組成：
根據實驗推測綠色溶液可能為亞銅離子和維他命 C 所形成的錯合物。
- 二、探討將氫氧化鈉以不同速率加入綠色溶液的差異
綠色溶液混合氫氧化鈉時，在不同的pH值環境可分別形成黃色沉澱與橙紅色澄清溶液，當pH值在4.2附近可形成橙紅色澄清溶液。
- 三、比較黃色沉澱、氧化亞銅與氫氧化亞銅沉澱之性質差異
經過反應結果的比對，我們認為黃色沉澱就是氧化亞銅，而不是氫氧化亞銅。
- 四、探討橙紅色澄清溶液之性質
根據實驗推測橙紅色澄清溶液為氧化亞銅膠體溶液。
- 五、探討橙紅色澄清溶液照光後形成棕色物質與黑色物質之性質
根據實驗推測棕色物質與黑色物質為粒徑大小不同的奈米銅。

柒、參考文獻

- 一、邱俊毅、邱國展(2011)。低溫製程奈米銅導體材料概論。工業材料雜誌296期。
- 二、王琳嘉、林依萱(2015)。氧化亞銅奈米複合材料於非酵素型葡萄糖感測器之應用。臺灣國際科學展覽會。
- 三、許芷薰、江岳展、林致宇(2020)。色粒分明~探討本氏液與還原糖變色反應。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會。國中組化學科。
- 四、陳冠宇(2021)。氫氧化亞銅的製備探討與性質檢測。第二十屆旺宏科學獎。