

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 化學科

050202

自然深共晶溶液製備、特性及其奈米科技應用

學校名稱：臺中市立臺中女子高級中等學校

作者： 高二 蔡綵嫻 高二 何芷瑄	指導老師： 陳鴻仁
-------------------------	--------------

關鍵詞：自然深共晶溶液、奈米材料、光觸媒

摘要

本研究首先探討自然深共晶溶液配置最佳化流程，測定密度並利用變異系數分析得知其穩定性，以及測量黏度隨溫度變化確定為剪切稀化流體。接下來，以其中一種自然深共晶溶液(lactic acid-glucose-H₂O, LGH)當做還原劑製備金奈米粒子(LGH-AuNPs)。測試其抗鹽性，顯示 LGH-AuNPs 在高鹽度下不改變光學特性，未來可應用在高鹽度的實驗狀態下。在萃取應用方面，以 LGH-AuNPs 萃取溶在有機溶劑中之亞甲基藍，未來若提高 LGH-AuNPs 濃度，將有助於提高萃取效果。最後，利用 LGH 當做溶劑，以溶劑熱法所製備鈇酸鈹光觸媒具備光降解效果(可見光照射 180 分鐘降解效率達到 85%)。此外，在光觸媒製備清洗過程中，發現離心後上層液具有穩定的螢光特質，目前推測可能原因是溶劑熱法使 LGH 產生具有螢光性質之碳量子點。

壹、研究動機

近年來，隨著環保意識的提升，有機溶劑已逐漸被離子溶劑取代，以減低對環境所造成的傷害。然而，離子溶劑的高成本使得其利用範圍有限。所以我們希望藉由低成本且低汙染的自然深共晶溶液，對常見的化學實驗做出改進，並進一步將之與奈米材料做結合，提升奈米材料的功能性。

貳、研究目的



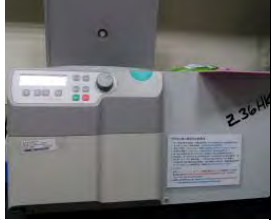





- 一、探討自然深共晶溶液最佳配製方法。
- 二、測量自然深共晶溶液的密度是否隨著時間變化，了解其穩定性。
- 三、測量黏度隨溫度變化的趨勢，了解四種自然深共晶溶液黏度大小關係及變化趨勢。
- 四、利用自然深共晶溶液還原性改變傳統製作奈米金的方法。
- 五、藉由改變反應時間、濃度、溫度，觀察製備奈米金的效率及型態變化。
- 六、探討使用自然深共晶溶液萃取亞甲基藍有機分子的可行性。
- 七、探討利用自然深共晶溶液製備光觸媒材料的可行性及其特性。

參、研究設備及器材

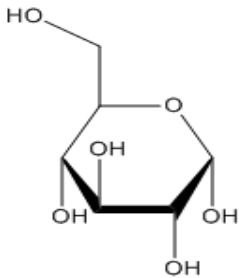

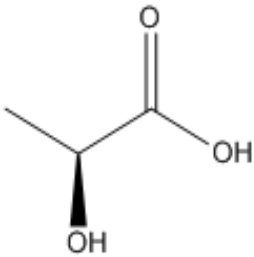
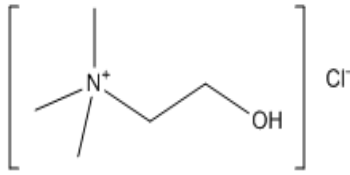
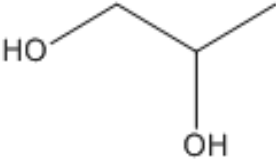
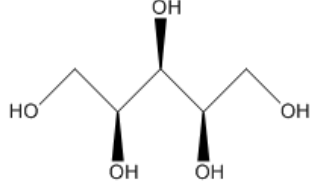
一、實驗器材

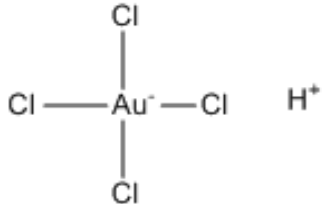
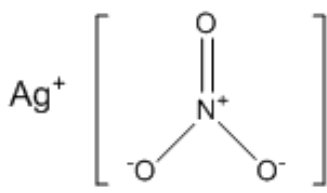
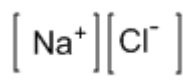
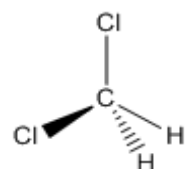
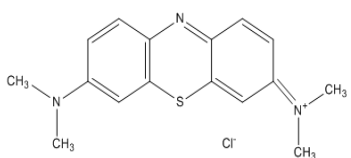
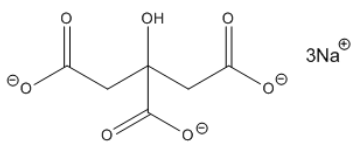
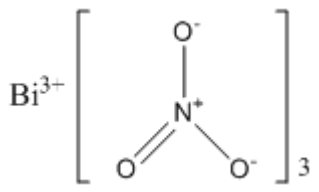
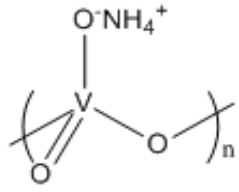
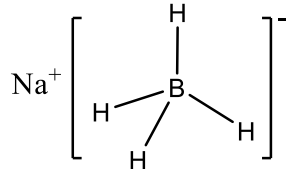
			
電子秤	螺口玻璃瓶	藥匙	試管震盪器

			
燒杯	電磁加熱攪拌器	溫度計	超音波震盪清洗機
			
微量吸管頭尖	拋棄式秤盤	微量吸管	高溫烘箱
			
黏度計	恆溫裝置	光譜儀	96孔盤
			
冷凝管	圓底瓶	Teflon 杯	高壓反應器
			
高溫爐	多通道光催化反應儀	容量瓶(50mL)	蒸發皿

			
鋁箔紙	石英管	大離心機	離心管
			
vial	小離心機	pH meter	螢光儀

二、實驗藥品

		
<p>Glucose 葡萄糖 CAS Number : 50-99-7 分子式 : C₆H₁₂O₆ 分子量 : 180.16 熔點 : α-D-glucose 146°C β-D-glucose 150°C</p>	<p>Water 水 CAS Number : 7732-18-5 分子式 : H₂O 分子量 : 18.01524 熔點 : 0°C 沸點 : 100°C</p>	<p>Lactic acid 2-羥基丙酸(乳酸) CAS Number : 50-21-5 分子式 : C₃H₆O₃ 分子量 : 90.0705 熔點 : 53°C 沸點 : 122°C (at 12 mmHg)</p>
		
<p>choline chloride 氯化膽鹼(增蛋素) CAS Number : 67-48-1</p>	<p>1,2-propanediol 丙二醇 CAS Number : 57-55-6</p>	<p>Xylitol 木醣醇 CAS Number : 87-99-0</p>

化學式：C ₅ H ₁₄ ClNO 分子量：139.63 熔點：302~305°C 特性：易潮解	分子式：C ₃ H ₈ O ₂ 分子量：76.09 熔點：-59°C 沸點：188.2°C	分子式：C ₅ H ₁₂ O ₅ 分子量：152.15 熔點：92~96°C 沸點：216°C
		
HAuCl ₄ 四氯金酸 CAS Number：16903-35-8 分子量：339.785(無水) 熔點：254°C 特性：會潮解	AgNO ₃ 硝酸銀 CAS Number：7761-88-8 分子量：169.88 熔點：212°C 沸點：444°C 特性：遇有機物變灰黑色	NaCl 氯化鈉 CAS Number：7647-14-5 分子量：58.44277 熔點：801°C 沸點：1413°C 結構：立方最密堆積(ccp)
		
CH ₂ Cl ₂ (DCM) 二氯甲烷 CAS Number：75-09-2 分子量：84.93 熔點：-96.7°C 沸點：39°C	Methylene Blue (MB) 亞甲基藍 CAS Number：61-73-4 化學式：C ₁₆ H ₁₈ N ₃ ClS 分子量：319.85 熔點：100°C 特性：常被用作化學指示劑	Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ (sodium citrate) 檸檬酸鈉 CAS Number：68-04-2 分子量：258.07 熔點：105°C
		
Bi(NO ₃) ₃ 硝酸鉍 CAS Number：10035-06-0 分子量：394.99 熔點：30°C 沸點：80°C	NH ₄ VO ₃ 偏鈳酸銨(鈳酸銨) CAS Number：7803-55-6 分子量：116.98 熔點：200°C 特性：易潮解、具毒性	NaBH ₄ 硼氫化鈉 CAS Number：16940-66-2 分子量：37.83 熔點：400°C 沸點：500°C

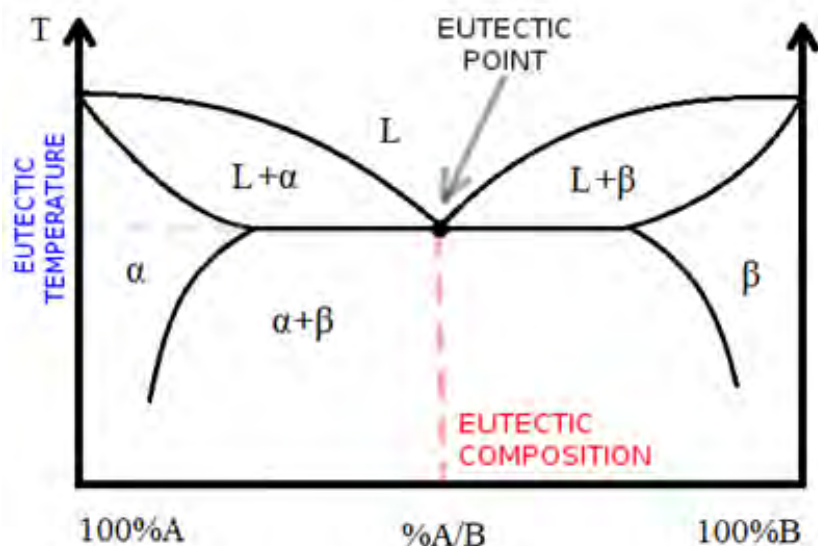
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{N}^+-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \quad \text{O}^--\text{H}$		
NH ₄ OH(25%) 氨水 CAS Number : 1336-21-6 分子量 : 35.04 熔點 : -57.5°C 沸點 : 37.7°C		

肆、研究過程與方法

一、實驗原理

1. 自然深共晶溶液基本概念

共晶系統 (eutectic system)：不同的化學物質或元素，在以某一特定比例混合後，能夠在比各自熔點還要低的溫度下，進行加熱熔合，形成均勻的混合。用來形成共晶系統的混合物被稱為共晶混合物 (eutectic mixture) 或共熔混合物 (eutectic composition)。而這個熔合溫度則稱為共晶溫度 (eutectic temperature)。在相圖上，共晶溫度與共晶組成這兩者的交界，形成了共晶點 (eutectic point)。



低共熔混合物介紹(Deep Eutectic Solvents, DES)

兩種或兩種以上藥物混合後，出現潤濕或液化現象的混合物，本身熔點較其組成物質低。有低揮發性、低熔點、高熱穩定性、可設計性、有些具有還原力。

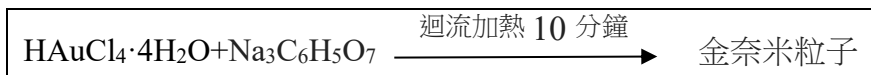
共熔混合物和離子溶液的比較

同：低熔點、低蒸氣壓、結構多樣性、高熱安定性、電化學安定性。

異：共熔混合物合成簡易、原料便宜、環保性較高，而本實驗研究製備之自然深共

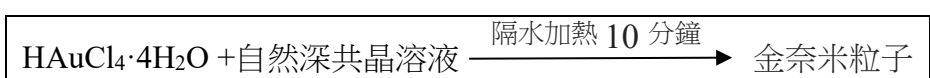
晶溶液 (Nature Deep Eutectic Solvents, NADES) 的成分可由自然界中的植物取得，具有更高之還原性，且原料也更容易蒐集，符合現今綠色化學的發展趨勢，因此也具有極高的研究價值。

2. 奈米金傳統配置方法(檸檬酸鈉還原法)



在迴流加熱下，以檸檬酸鈉為還原劑，將四氯金酸還原成金奈米粒子。每一顆金奈米粒子含有許多氧化態為零價之金原子，表面吸附有許多具負電荷之檸檬酸鹽。因為吸附檸檬酸鹽之金奈米粒子表面具負電荷，故粒子間會產生靜電排斥作用力，致使其穩定於溶液中。

本實驗希望利用具還原性**自然深共晶溶液**進行製備奈米金的實驗。



二、研究過程

實驗一：製備自然深共晶溶液

(一) 實驗方法：

將三種實驗材料經秤量後依序加入螺口玻璃瓶，經試管震盪器震盪後放入 50°C 水中隔水加熱至溶成透明均勻狀。

(二) 實驗流程：

1. 25mL 螺口玻璃瓶配製 (環境溫度 26°C)。

自然深共晶溶液名稱	藥品 (用量) 配置順序
LGH	Lactic acid (3.72 mL) → Glucose (1.8016 g) → Water (0.54 mL)
PCH	Water (0.36 mL) → 1,2-propandiol (1.47 mL) → CholineChloride (2.7924 g)
XoCH	Water (0.74 mL) → Xylitol (1.9018 g) → CholineChloride (3.4905 g)
GCH	Water (0.45 mL) → CholineChloride (3.4905 g) → Glucose (1.8016 g)

2. 試管震盪器震動 30 秒 (強度 8；環境溫度 26°C)

3. 放入 50°C 水中隔水加熱 (放於電磁加熱攪拌器上) 待其溶解 (環境溫度 30°C)。

實驗二：自然深共晶溶液基本性質探討－密度及黏度

(一) 密度測試 (環境溫度 26°C)

1. 實驗方法：利用微量吸管吸取 40°C 的自然深共晶溶液至電子秤秤量質量。

2. 實驗流程：

(1) 將自然深共晶溶液隔水加熱至 40°C



▲自然深共晶溶液配置過程

- (2) 吸取 100 μ L 自然深共晶溶液至拋棄式秤盤用電子秤稱量質量紀錄一次，共四次。四次後更換新的拋棄式秤盤，重複三次。一種溶液配製三罐，測第一天、一周後及二周後之溶液密度。
- (3) 利用迴歸直線斜率計算密度及標準偏差。

步驟一：計算 grand average： $\bar{x} = \frac{1}{3} \bar{X}_1 + \frac{1}{3} \bar{X}_2 + \frac{1}{3} \bar{X}_3$

步驟二：計算 sum of the squares due to the factor (SSF)：

$$SSF = 3 (\bar{X}_1 - \bar{x})^2 + 3 (\bar{X}_2 - \bar{x})^2 + 3 (\bar{X}_3 - \bar{x})^2$$

步驟三：計算 sum of the squares due to error (SSE)：

$$SSE = (3 - 1) S_1^2 + (3 - 1) S_2^2 + (3 - 1) S_3^2$$

步驟四：計算 mean square due to factor levels (MSF)：

$$MSF = SSF / (3 - 1)$$

步驟五：計算 mean square due to error (MSE)：

$$MSE = SSE / (9 - 3)$$

步驟六：計算 $F_{exp} = MSF / MSE$

步驟七：查表找出 $F_{crit} = 5.14$

步驟八： $F_{exp} > F_{crit}$ ：95%信賴度下任意兩組數據之標準偏差之差異顯著

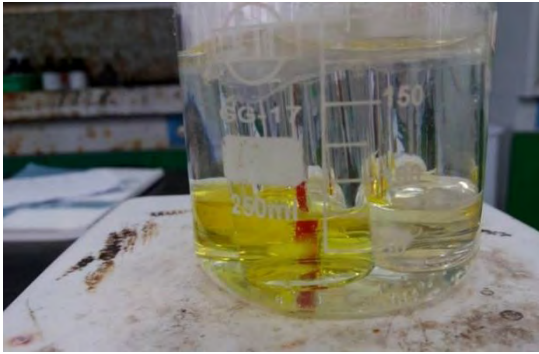
$F_{exp} < F_{crit}$ ：95%信賴度下任意兩組數據之標準偏差之差異不顯著

(二) 黏度測試 (環境溫度 30°C)

1. 實驗方法：利用黏度計(SP：TL5)及恆溫裝置測量不同溫度下(20–70°C)各自然深共晶溶液的黏度。
2. 實驗流程：
 - (1) 吸取自然深共晶溶液 6.7mL 至黏度計並接上恆溫裝置。
 - (2) 調整恆溫裝置 20–70°C (每到一個特定溫度等待 15 分鐘並記錄)。
 - (3) 分析數據藉以了解其黏度曲線。

實驗三：自然深共晶溶液－金奈米的製備、性質鑑定及應用

(一) 製備奈米金



1. 取代物篩選測試：

- (1) 測試內容：以四種自然深共晶溶液分別取代檸檬酸鈉，測試溶液有無變色。
- (2) 測試方法：吸取 5mL 自然深共晶溶液+5ml 水於 25mL 玻璃瓶中，隔水加熱待溫度升至 80°C，加入四氯金酸溶液，靜待 10 分鐘後，觀察溶液有無變色。

2. 金離子濃度測試

- (1) 目的：將不同濃度所合成出的金奈米粒子進行比較，找出最穩定且顏色變化最相近的濃度進行下一步研究。
- (2) 實驗方法：不同濃度經計算後，分別加入不同量的次氯金酸溶液，靜待 10 分鐘後，觀察溶液顏色、吸收光譜，以及電子顯微鏡下看到的粒子形狀。

所加物	LGH	NaAuCl ₄ (200mM)	Final [Au ³⁺]	※四氯金酸濃度 (含鈉) [NaAuCl ₄] _{stock} =200mM NaAuCl ₄ 0.01989 克 +250μL 水→200mM 之 NaAuCl ₄
所加物 之體積	5mL	500μL	20.0 mM	
	5mL	250μL	10.0 mM	
	5mL	100μL	4.0 mM	
	5mL	50μL	2.0 mM	
	5mL	37.5μL	1.5mM	
	5mL	25μL	1.0 mM	
	5mL	12.5μL	0.5mM	
	5mL	5μL	0.2mM	

(二) 奈米金穩定度探討

1. 研究目的：得知經過一日、三日及一個月後之奈米金穩定度。
2. 研究方法：將不同濃度之 LGH-AuNPs 溶液放置一日、三日及一個月後，吸取 100μL 並測其光譜值。

(三) 反應時間探討

1. 目的：藉由改變反應時間，確定合成反應完全。
2. 實驗方法：我們選擇了 1.0 mM 的金離子濃度來進行下一步研究，透過改變反應時間，分析溶液顏色與吸收光譜所產生的改變。

(四) 反應溫度探討

1. 目的：藉由改變反應溫度，確定合成反應效果。
2. 實驗方法：在固定金離子濃度(1mM)及反應時間(10 分鐘)，透過改變反應溫度，分析溶液顏色與吸收光譜所產生的改變。

(五) 鹽類穩定度探討

1. 實驗原理：一般合成出的金奈米粒子加入食鹽水溶液後，成黑灰色混濁狀並產生黑色沉澱物，這是因為加入食鹽水溶液時，鹽類解離產生的離子會與檸檬酸根離子產生作用，造成外層由檸檬酸根離子所組成的負電荷層遭受破壞，造成奈米金粒子相互凝聚而沉澱析出。
2. 實驗設計：

所加物	AuNPs (濃度：1.0mM)	NaCl (濃度：6M)	H ₂ O	即為 0.3mM 之 AuNPs 加入濃度為多少之 NaCl	備註：
所加物之體積	300 μ L	700 μ L	0	4.2M	NaCl 濃度： 1.4026g NaCl +4g 水 AuNPs 濃度： 1mM AuNPs 及 1mM LGH-AuNPs
	300 μ L	600 μ L	100 μ L	3.6M	
	300 μ L	500 μ L	200 μ L	3.0M	
	300 μ L	400 μ L	300 μ L	2.4M	
	300 μ L	300 μ L	400 μ L	1.8M	
	300 μ L	200 μ L	500 μ L	1.2M	
	300 μ L	100 μ L	600 μ L	0.6M	
	300 μ L	0	700 μ L	0	

實驗四：自然深共晶溶液萃取應用

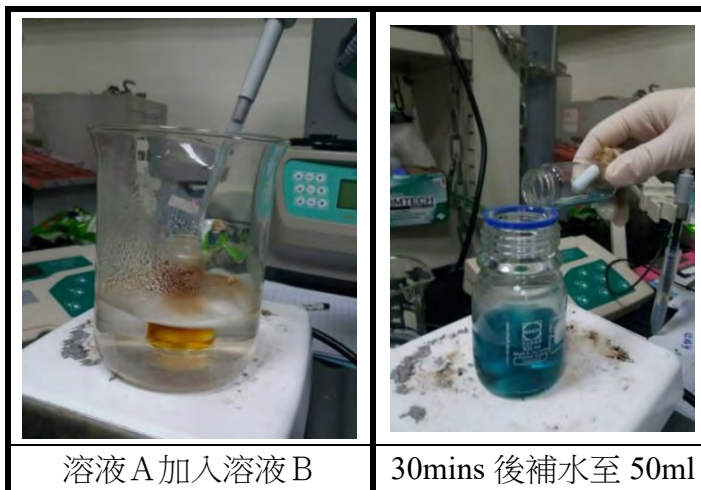
- (一) 研究目的：利用 LGH 及 LGH-AuNPs 從有機溶劑(DCM)中萃取 MB (Methylene Blue)並比較其效果。
- (二) 實驗方法：
 1. 一次萃取：將 MB 取過量加入 DCM 溶劑中並靜置一小時待其成飽和溶液後，吸取飽和溶液 5mL 再分別加入 5mL 的 LGH 及 LGH-AuNPs，搖晃 5 分鐘，靜置 80 分鐘，溶劑分為上下兩層(上層為 LGH，下層為 DCM)，吸掉上層之溶劑後，把下層之溶液和原本的 MB/DCM 飽和溶液各取 200 μ L 放入光譜儀測量吸收曲線。
 2. 二次萃取：將 MB 取過量加入 DCM 溶劑中並靜置一小時待其成飽和溶液後，吸取飽和溶液 5mL 再分別加入 2.5mL 的 LGH 及 LGH-AuNPs，搖晃 5 分鐘，靜置 80 分鐘，溶劑分為上下兩層(上層為 LGH，下層為 DCM)，吸掉上層之溶劑後，再一次分別加入 2.5mLLGH 及 LGH-AuNPs，搖晃 5 分鐘，靜置 80 分鐘，溶劑分為上下兩層(上層為 LGH，下層為 DCM)，吸掉上層之溶劑後把下層之溶液和原本的 MB/DCM 飽和溶液各取 200 μ L 放入光譜儀測量吸收曲線。

實驗五：自然深共晶溶液－釩酸鉍光觸媒：製備及性質鑑定

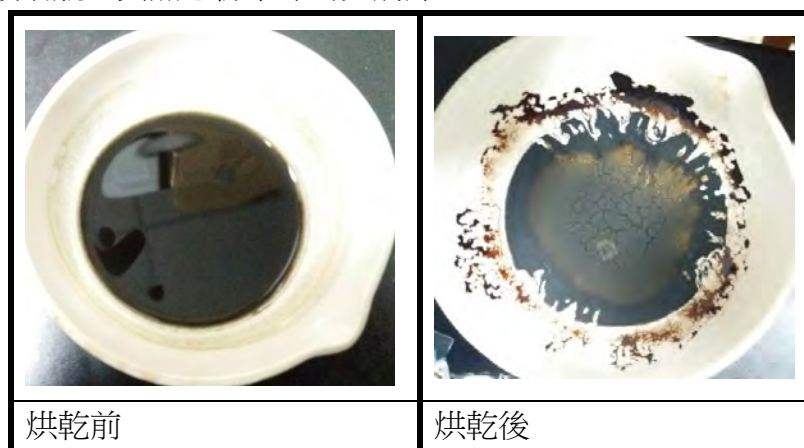
(一) 製備光觸媒

1. 第一次實驗方法：

- (1) 將 0.291 克 $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ 加入 10 毫升 LGH (溶液 A)
- (2) 將 0.240 克 NH_4VO_3 加入 10 毫升 LGH (溶液 B)
- (3) 把溶液 A 加入溶液 B 並攪拌 (600 RPM) 30 分鐘後補水至 50 毫升



- (4) 加入 6 毫克 NaBH_4 至混合液中後攪拌 30 分鐘 (850 RPM)
- (5) 將混合液倒入 Teflon 杯中後放入鋼瓶加熱至 180°C 反應 8 小時。
- (6) 取出鋼瓶中反應結束之溶液至離心管離心一次後將上層液吸出 (上層液保留)，再用超純水補至原質量後離心並吸出上層液，動作重複共三次 (第一、二次上層液保留)，最後用酒精進行同樣動作一次。
- (7) 將剩下之下層物質倒入蒸發皿烘乾後刮下其粉末至研鉢磨碎並裝入玻璃瓶，其黑色粉末即為光觸媒。



2. 第二、三次實驗方法：

將第一次實驗方法之 (2) 改為將 0.240 克 NH_4VO_3 加入 10 毫升 H_2O (溶液 B)

3. 第四次實驗方法：

- (1) 將第一次實驗方法之 (2) 改為將 0.240 克 NH_4VO_3 加入 10 毫升 H_2O (溶液 B)

(2) 將 6 毫克 NaBH_4 加入後利用 25% 之 NH_4OH 將 pH 值調至 3.0 (原本 pH 值為 1.2)

(二) 性質鑑定－碳量子點螢光測試

1. 實驗方法：分別測三罐上層液稀釋 10 倍及 100 倍後之螢光強度。
2. 實驗目的：得知其螢光強度。

(三) 性質鑑定－下層光觸媒降解能力

1. 實驗方法：秤量粉末 0.1 公克降解 10 ppm 之 MB (50 毫升) 並測量吸收值。
2. 實驗目的：得知其降解能力。

(四) 性質鑑定－上層碳量子點螢光抑制效果

1. 實驗方法：

(1) 碳量子點 100 μl 加入 700 μl 的水，分別加入 10^{-4}M 的不同種類金屬離子 100 μl ，測量其螢光強度。

離子	所用藥品	離子	所用藥品	離子	所用藥品
Na^+	NaCl	K^+	KCl	Ba^{2+}	$\text{BaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Mg^{2+}	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Ca^{2+}	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Sr^{2+}	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$
Cd^{2+}	$\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$	Ni^{2+}	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Cu^{2+}	CuSO_4
Hg^{2+}	HgCl_2	Zn^{2+}	$\text{Zn}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Fe^{3+}	FeCl_3

(2) C-dot100 μl 加入 700 μl 的水，分別加入不同濃度的 LGH 奈米金 100 μl ，測量其螢光強度。

2. 實驗目的：

測試加入不同種類金屬離子與不同濃度 LGH 奈米金後是否會影響其螢光強度。

伍、研究結果與討論

實驗一：製備自然深共晶溶液

四種 NADES 組成與配置時間如下表所示，我們發現加入藥品的順序會影響溶解的時間。這是由於不同物質鍵結的強度及順序皆會影響其溶解速率。以 LGH 為例，由於所使用三種藥品：乳酸、葡萄糖及水三者含有較多數目氫鍵作用力。因此，共同溶解的速率能有效提升。然而，又因為其黏稠度大於水，加入葡萄糖時須經較長的時間才會沉降至瓶底，可以避免因快速沉降而堆積在瓶底造成僅表面發生反應的現象。自然深共晶溶液之反應時間大約在 1~2.5 小時之間。

溶液種類	實驗材料 1	實驗材料 2	實驗材料 3	比例	溶解時間
LGH	Lactic acid	Glucose	Water	5 : 1 : 3	約 1.0 hr
PCH	1,2-propandiol	Choline Chloride	Water	1 : 1 : 1	約 1.5hr
XoCH	Xylitol	Choline Chloride	Water	1 : 2 : 3	約 2.0 hr
GCH	Glucose	Choline Chloride	Water	2 : 5 : 5	約 2.5hr

實驗二：自然深共晶溶液基本性質探討－密度及黏度

(一) 密度：

1. 實驗結果：

利用 Analysis of variance (ANOVA) Test 檢測自然深共晶溶液之密度穩定度，結果如下。

平均密度

平均 密度(g/ml) 溶液	時間	第一天	一週後	二週後	總平均 (g/ml)
LGH		1.253 ± 0.005	1.249 ± 0.010	1.240 ± 0.003	1.247 ± 0.007
PCH		1.093 ± 0.022	1.101 ± 0.004	1.099 ± 0.005	1.098 ± 0.004
XoCH		1.179 ± 0.011	1.191 ± 0.002	1.198 ± 0.003	1.194 ± 0.005
GCH		1.223 ± 0.006	1.216 ± 0.008	1.207 ± 0.003	1.215 ± 0.008

ANOVA Test (同時間內，相同 3 瓶自然深共晶溶液之 F_{exp} 值)

F_{exp}	時間	第一天	一週後	二週後
溶液				
LGH		1.002995	1.105148	0.172879
PCH		4.986691	0.366556	0.643614
XoCH		0.685800	0.176899	0.285708
GCH		1.137271	2.453838	0.704424

ANOVA Test (相同 3 瓶自然深共晶溶液所得三日數據之 F_{exp} 值)

溶液	F_{exp}
LGH	2.8736177
PCH	0.2928227
XoCH	5.6907483
GCH	4.7581195

2. 結果分析：

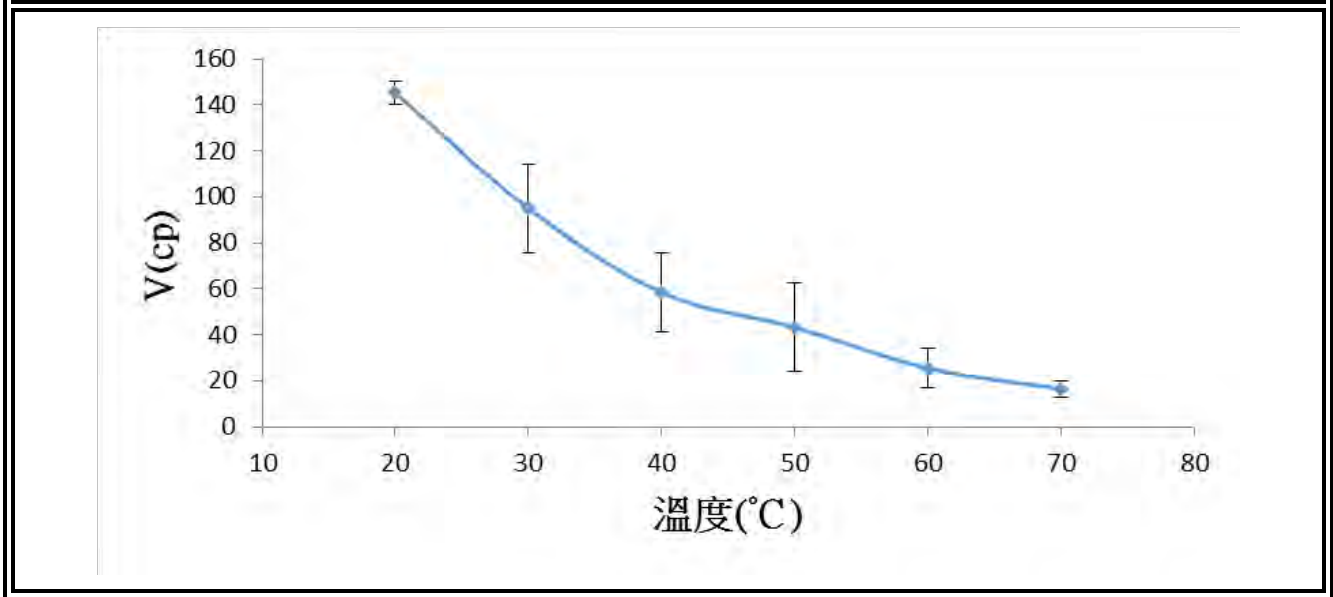
由上表可知，四種自然深共晶溶液的密度經過 2 週時間靜置，並無太大變動，因此我們可以知道自然深共晶溶液的穩定性是很高的，且可將各個時間所配出的溶液視為相同並均勻混合。

(二) 黏度

1. 實驗結果

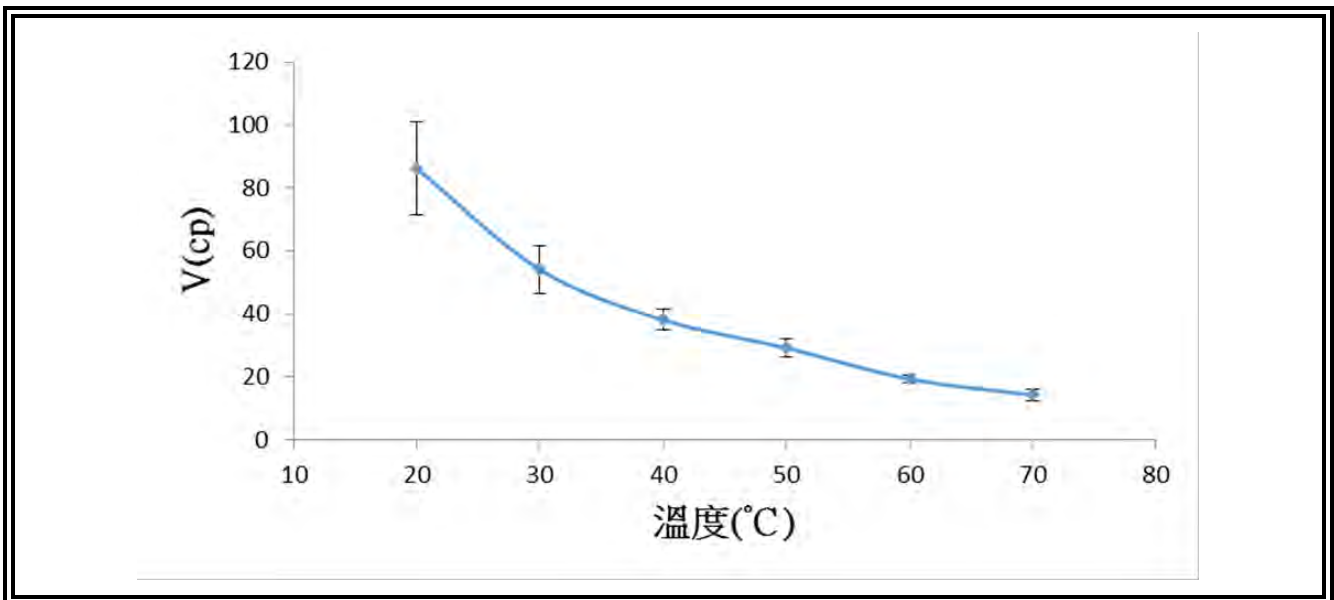
LGH

溫度	第一次		第二次		第三次	
	RPM	V	RPM	V	RPM	V
20°C	3.0	143.3 CP	3.0	141.8 CP	3.0	150.9CP
30°C	5.0	90.3 CP	4.0	78.6 CP	3.0	115.9CP
40°C	5.0	73.1 CP	10.0	39.7 CP	5.0	62.1CP
50°C	5.0	65.3 CP	12.0	28.7 CP	10.0	35.6CP
60°C	10.0	35.3 CP	20.0	19.7 CP	20.0	21.3CP
70°C	20.0	19.4 CP	30.0	12.7 CP	20.0	17.2CP



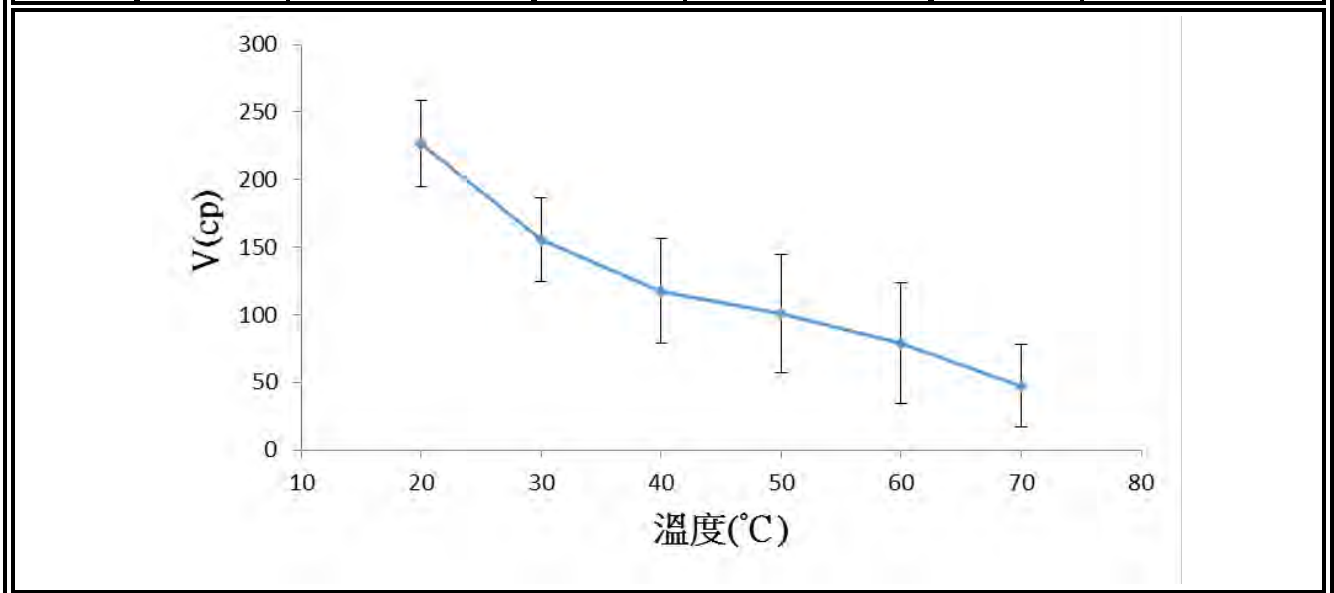
PCH

溫度	第一次		第二次		第三次	
	RPM	V	RPM	V	RPM	V
20°C	3.0	102.9 CP	10.0	80.1 CP	10.0	75.4 CP
30°C	5.0	61.7 CP	10.0	53.8 CP	10.0	46.5 CP
40°C	10.0	39.8 CP	10.0	40.1 CP	10.0	34.3 CP
50°C	10.0	30.8 CP	10.0	31.0 CP	12.0	25.7 CP
60°C	20.0	19.5 CP	20.0	20.2 CP	20.0	18.1 CP
70°C	30.0	14.0 CP	20.0	16.2 CP	30.0	12.3 CP

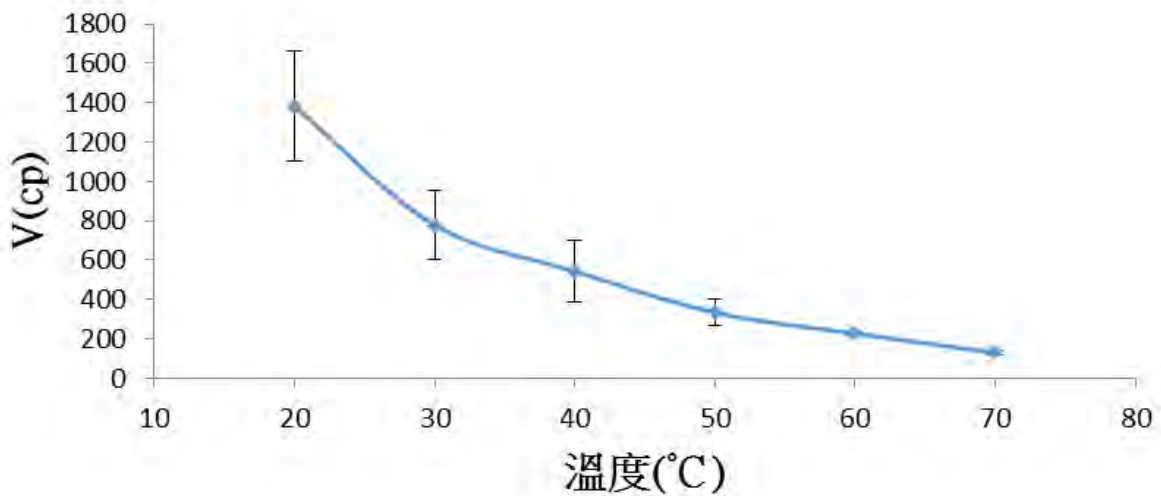


XoCH

溫度	第一次		第二次		第三次	
	RPM	V	RPM	V	RPM	V
20°C	3.0	197.2 CP	3.0	223.3 CP	3.0	260.4 CP
30°C	3.0	124.5 CP	3.0	156.4 CP	3.0	185.8 CP
40°C	5.0	74.9 CP	3.0	126.9 CP	3.0	151.0 CP
50°C	6.0	52.0 CP	3.0	113.0 CP	3.0	136.6 CP
60°C	10.0	34.1 CP	4.0	79.8 CP	3.0	123.1 CP
70°C	20.0	22.3 CP	10.0	38.0 CP	5.0	81.8 CP



溫度	第一次		第二次		第三次	
	RPM	V	RPM	V	RPM	V
20°C	0.6	1596.1 CP	0.6	1480.5 CP	1.5	1066.2CP
30°C	0.6	935.0 CP	0.6	809.1 CP	1.5	591.3CP
40°C	0.6	680.2 CP	0.6	580.9 CP	1.5	369.8CP
50°C	1.0	376.4 CP	1.0	368.3 CP	1.5	255.9CP
60°C	1.5	238.9 CP	1.5	230.5 CP	1.5	211.0CP
70°C	2.5	142.4 CP	2.5	130.5 CP	3.0	116.4CP



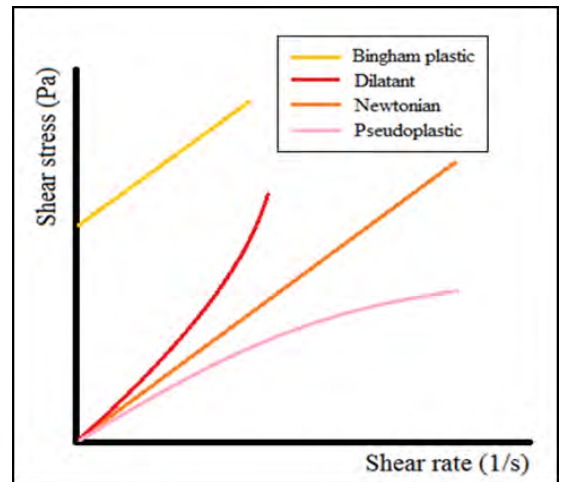
2. 結果分析：

由上表可知，隨溫度升高，黏度皆會呈現下降的趨勢，乃因粒子運動速率隨著溫度上升而增加，分子作用力減小，黏度下降。其中 4 種自然深共晶溶液黏度大小為 $GCH > XoCH > LGH > PCH$ ，我們認為因為不同溶液之分子間作用力不同所致（作用力愈大則黏度愈大）。流體可分為牛頓流體及非牛頓流體，其中牛頓流體（Newtonian fluid）的黏度不隨速度改變而變，例如：水、酒精、空氣等；反之，非牛頓流體（non-Newtonian fluid）之黏度則會隨轉速改變，例如：牙膏、強力膠、水泥漿等。根據實驗結果，自然深共晶溶液之黏度會隨轉速變大而減小，因此其屬於非牛頓流體。非牛頓流體又可分為純黏性與黏彈性兩類，黏彈性指其兼具黏性及彈性的特性，自然深共晶溶液不具彈性，因此為純黏性。再者，純黏性之非牛頓流體可分為非時變性及時變性兩類，時變性之流體包括油漆（觸變性流體 Thixotropic fluid、理想賓漢塑性流體 Bingham plastic fluid）及潤滑油（搖變增黏流體 Rheopectic fluid）等受到外力會改變黏度之流體，因此自然深共晶溶液屬於非時變性。非時變性可再分為剪切增稠流體及剪切稀化流體。剪切增稠流體又稱為脹流性流體（Dilatant fluid）、切力增稠，是指剪切速率或剪應力增加到某一個數值時液體中出現新的結構，引起阻力增加，導致液體的表觀黏度增大，同時伴

隨著體積的脹大；剪切稀化流體 (Shear thinning) 又稱為假塑性流體 (Pseudoplastic fluid)，是指流體的黏度隨剪應力 (Shear stress) 的增加而減小，自然深共晶溶液即屬於此類。

註：右圖中 Shear rate 表剪切速率，是指被施加剪應力之材料的剪應變(一微小材料元素承受剪應力時所產生的變形量)的變化。

本實驗中，所測得黏度之標準偏差偏大是由於其 RPM 值沒有固定，又加上自然深共晶溶液是屬於非牛頓流體，因此數據會有較大的變動，若是未來操作此實驗時須要注意使其 RPM 值保持固定 (實驗中 RPM 值須不停更動是由於輸出百分比維持在 10~90% 才較精確)。

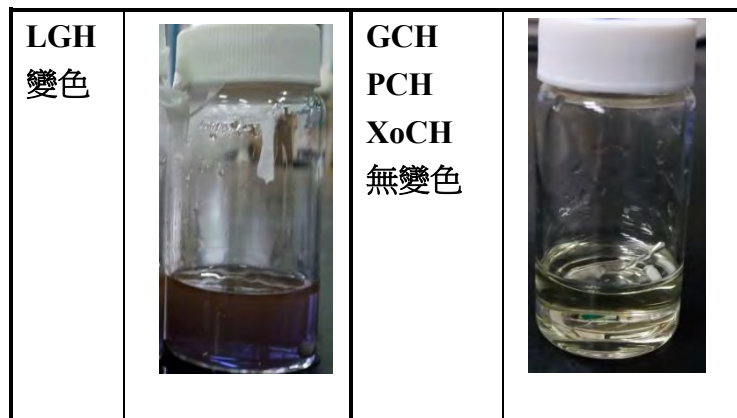


實驗三：自然深共晶溶液—金奈米的製備、性質鑑定及應用

(一) 製備奈米金

1. 取代物測試

(1) 實驗結果：LGH 成淡紫紅色，GCH、PCH、XoCH 無變色

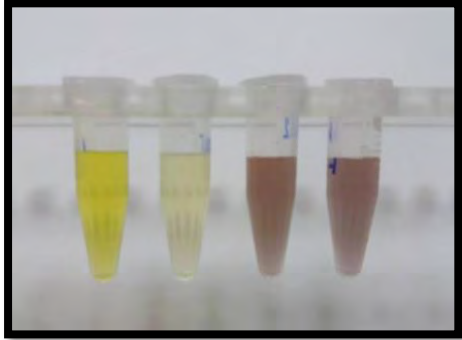
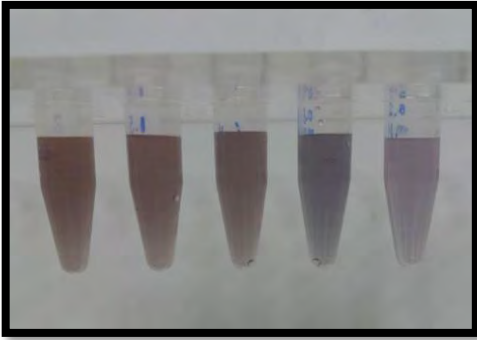
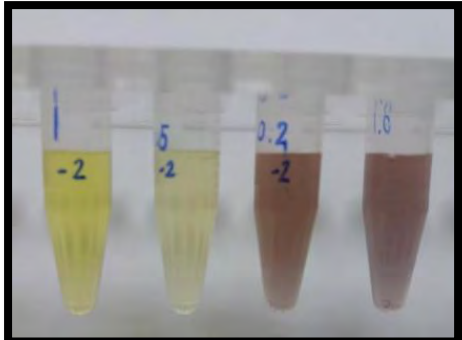
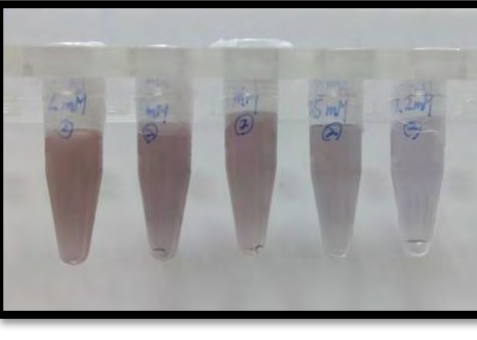
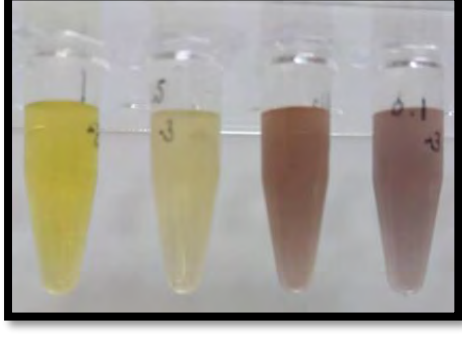
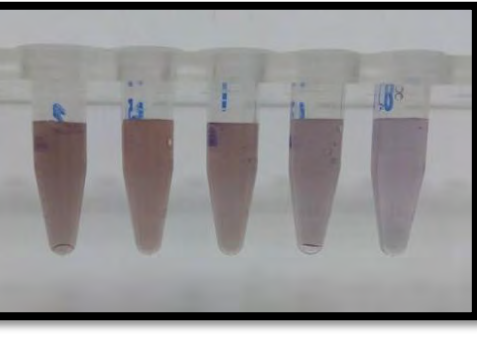


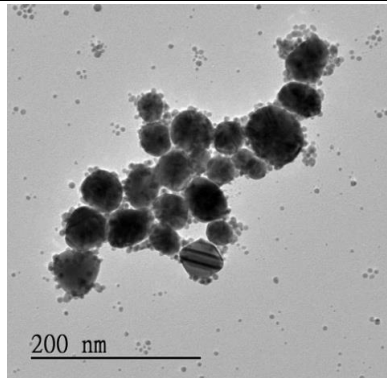
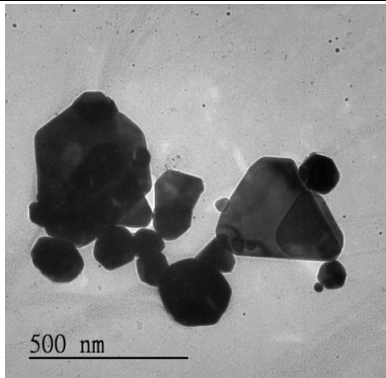
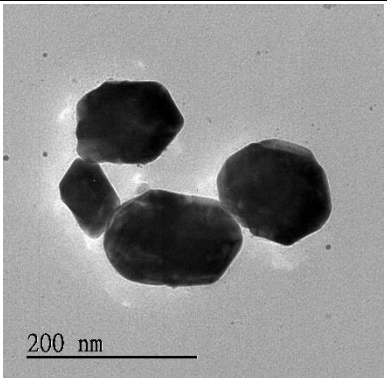
(2) 結果分析：

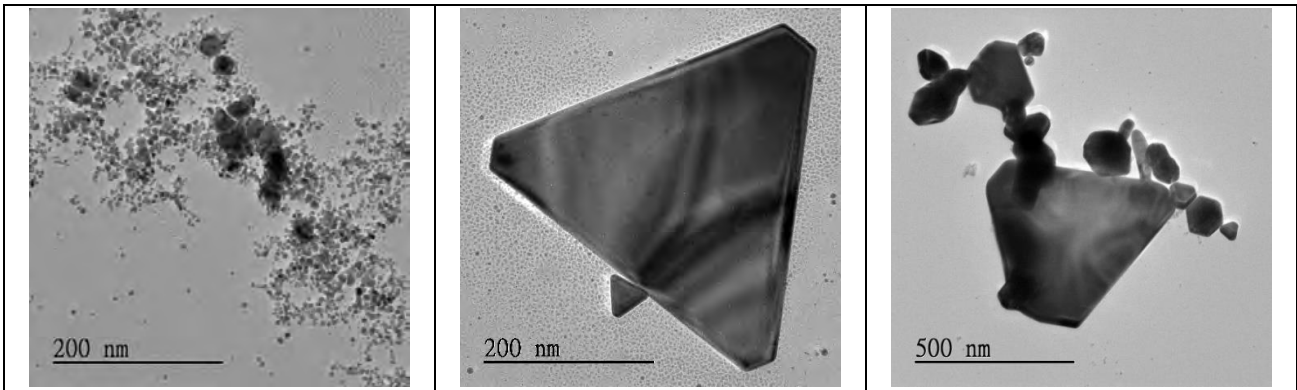
LGH 之所以變色是因為 glucose 及 lactic acid 組成對金離子具有還原效果。雖然 GCH 也包含 glucose 成分，但是也包含高濃度之 Choline Chloride 不利於奈米金之合成。我們認為 LGH 可以取代檸檬酸鈉做為四氯金酸的還原劑。

2. 操縱變因：不同金離子濃度

(1) 實驗結果：

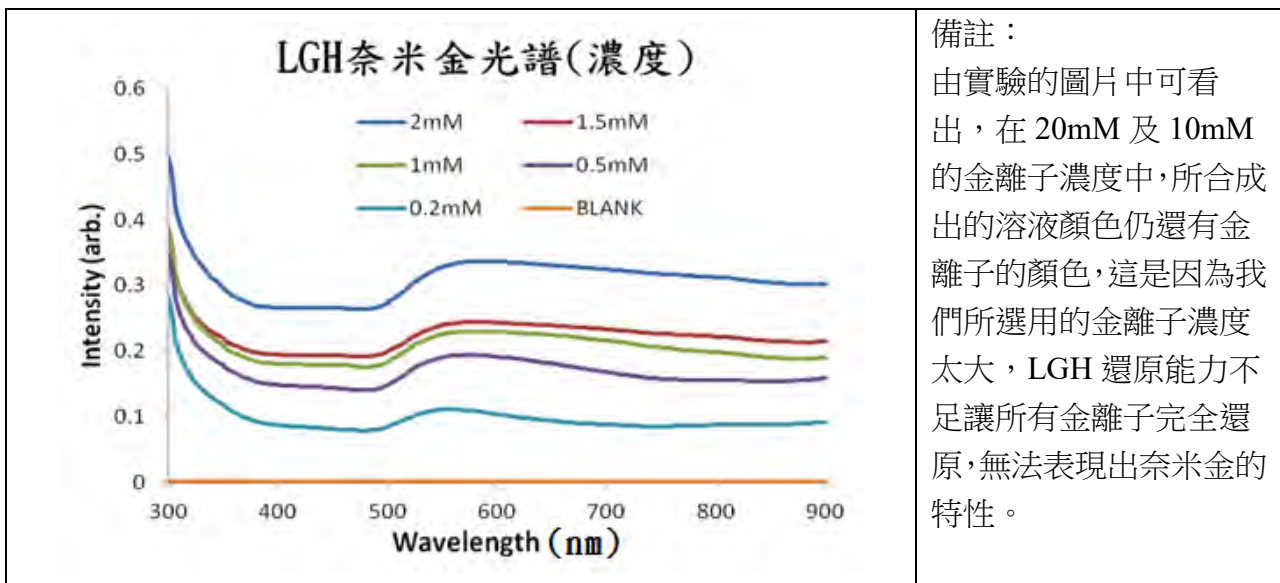
濃度		20mM / 10mM / 4mM / 2mM		2 mM / 1.5 mM / 1 mM / 0.5 mM / 0.2 mM
第一次實驗	肉眼辨識顏色		肉眼辨識顏色	
第二次實驗	肉眼辨識顏色		肉眼辨識顏色	
第三次實驗	肉眼辨識顏色		肉眼辨識顏色	

2 mM 電子顯微鏡	1 mM 電子顯微鏡	0.5 mM 電子顯微鏡
		



(2) 結果分析：

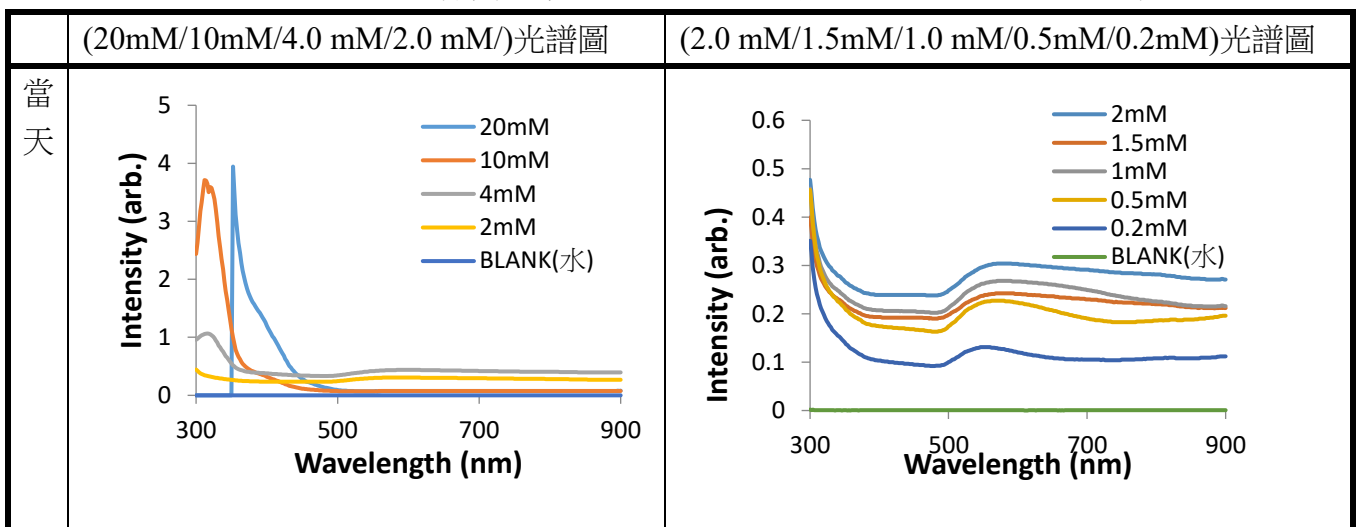
在金離子濃度範圍 2–0.2mM，5mL LGH 還原劑可以有效還原金離子形成金奈米材料，其表面電漿共振特徵峰波長在 500-650 nm，其三重複結果穩定，顯示由 LGH 合成之奈米金具有良好再現性。

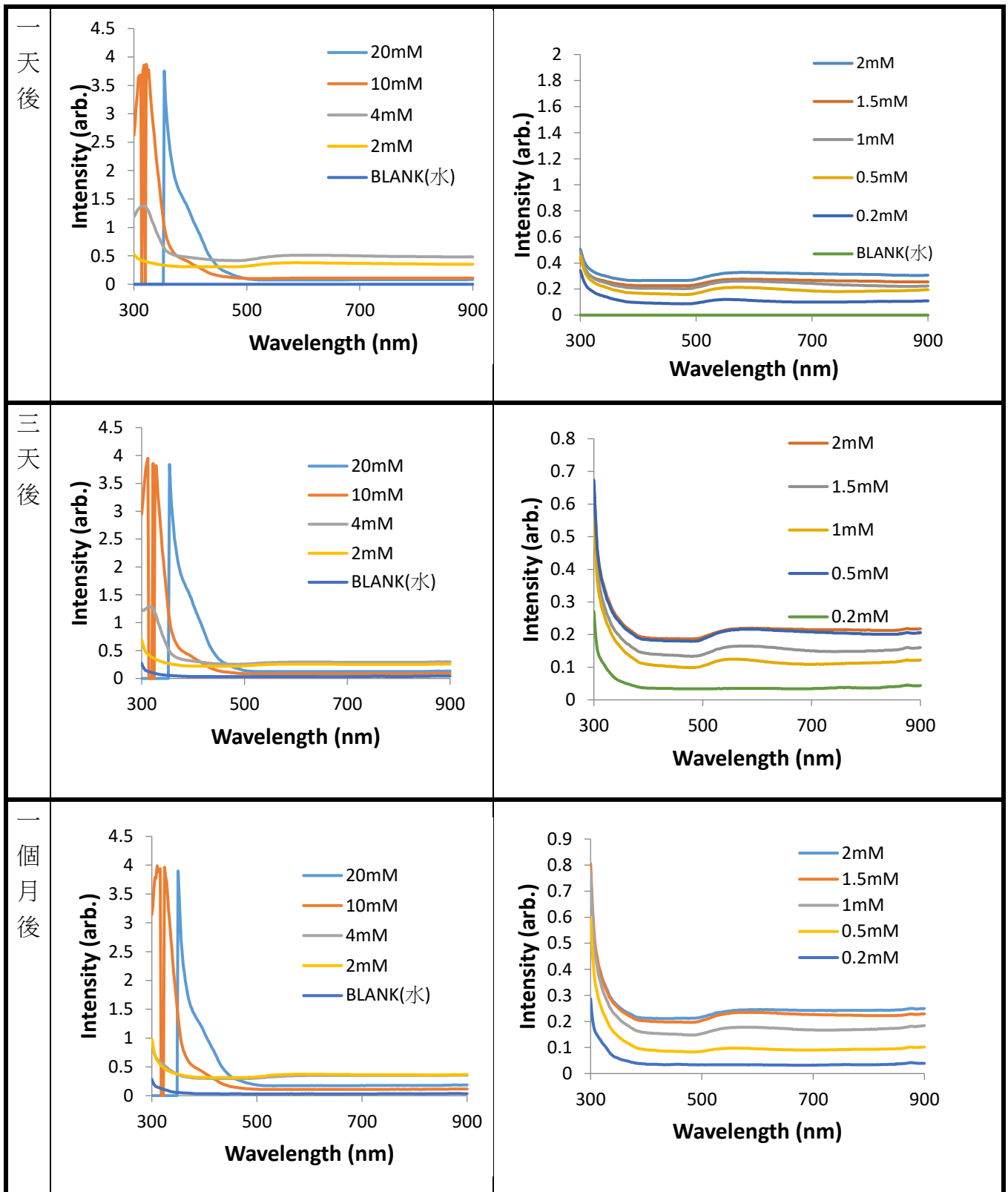


(二) 奈米金穩定度探討

1. 實驗結果：

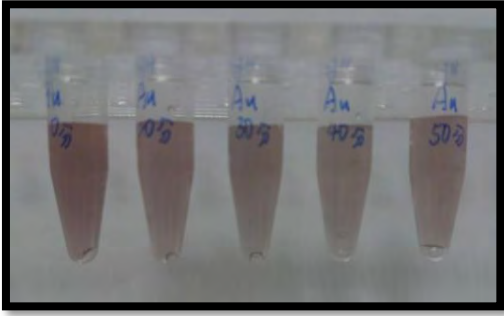
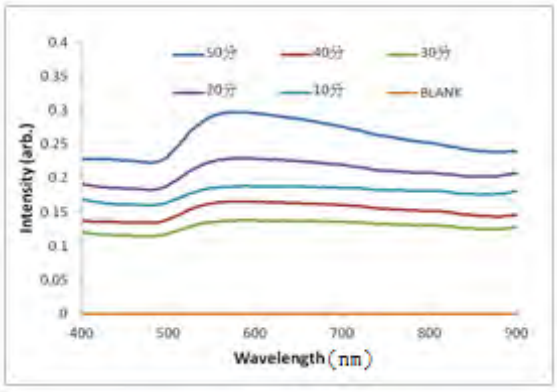
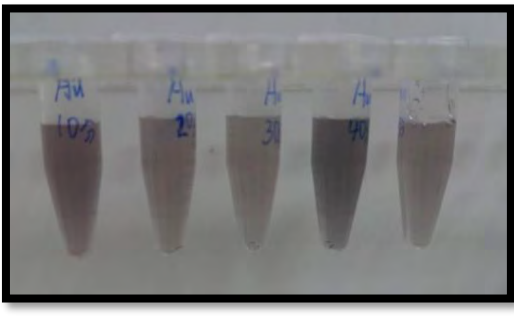
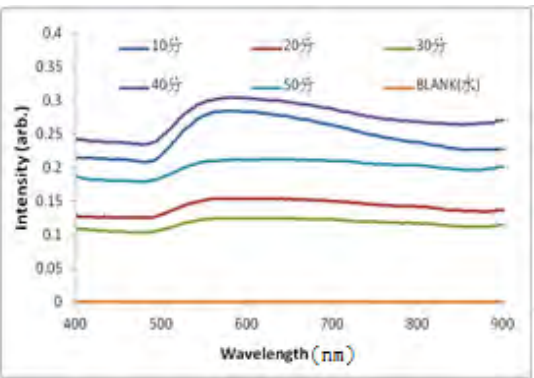
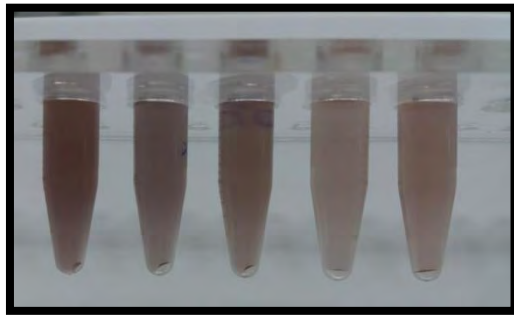
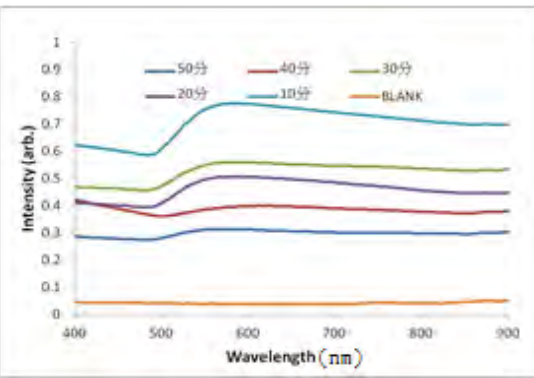
經過一日後吸收值尚無太大改變，但時間拉長後，吸收值漸小，結果如下圖。因此為了確保實驗準確，應以當日配製之 LGH-AuNPs 溶液為佳。





(三) 操縱變因：反應時間

1. 實驗結果：

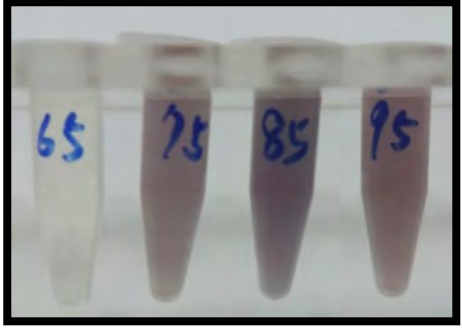
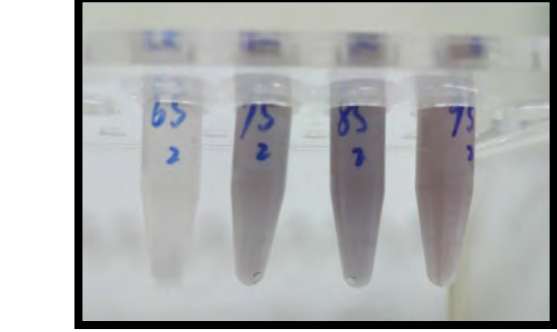
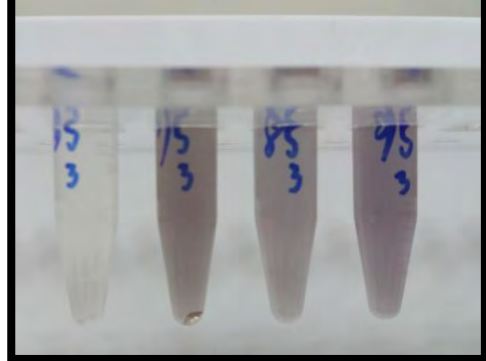
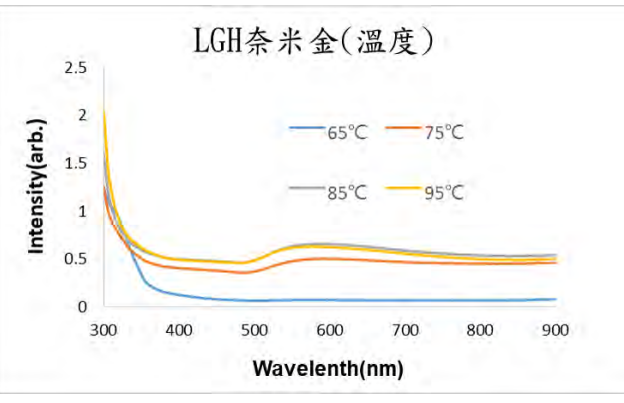
時間	10分 20分 30分 40分 50分(由左至右)				
第一次實驗	肉眼辨識顏色		光譜圖		
第二次實驗	肉眼辨識顏色		光譜圖		
第三次實驗	肉眼辨識顏色		光譜圖		

2. 結果分析：

在固定 LGH 及金離子濃度和反應溫度條件下，在比較其三重複實驗的過程中，發現其實驗結果和反應時間並無具體關聯。與我們一開始預測隨著時間增加，金奈米材料表面特徵峰有紅位移趨勢之結果不符合。在實驗的過程中，我們觀察到奈米金溶液在約六分鐘時及出現變色情況，在時間達到十分鐘應已反應完全，所以我們推測三重複之結果皆不同是因為受到其餘因素影響(藥品配置誤差、外在環境溫度等...)，與時間長短無直接關係。

(四) 操縱變因：反應溫度

1. 實驗結果：

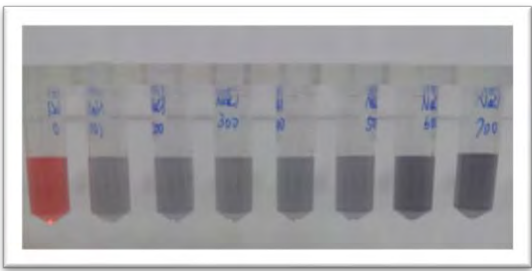
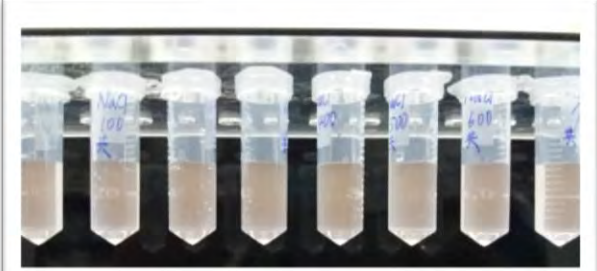
第一次實驗		第二次實驗	
第三次實驗		光譜圖	

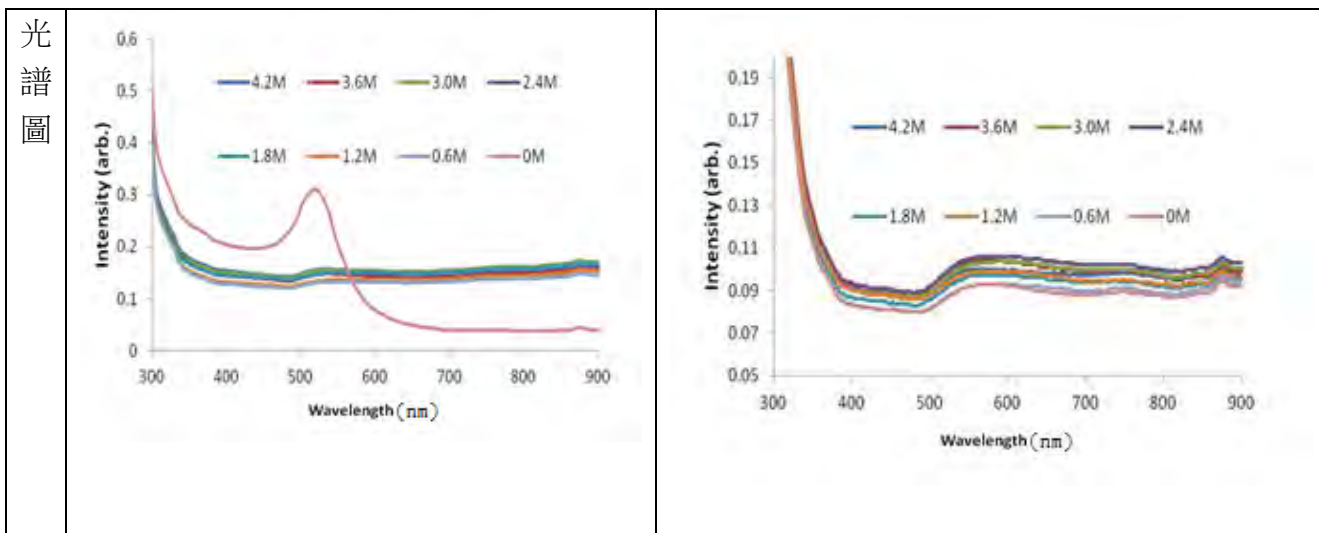
2. 結果分析：

在固定 LGH 及金離子濃度和反應時間條件下，於溫度為 65°C 的狀況進行隔水加熱，所合成的溶液無法表現出奈米金的特性，而 75°C、85°C、95°C 隔水加熱狀態下所合成的奈米金，可見明顯的特徵峰，其中效果又以 85°C > 95°C > 75°C、其表面特徵峰有紅位移趨勢。

(五) 鹽類穩定度探討

1. 實驗結果：

肉眼辨識顏色	<p>傳統奈米金+食鹽水</p> 	<p>自然深共晶溶液合成之奈米金+食鹽水</p> 
--------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------



2. 結果分析：

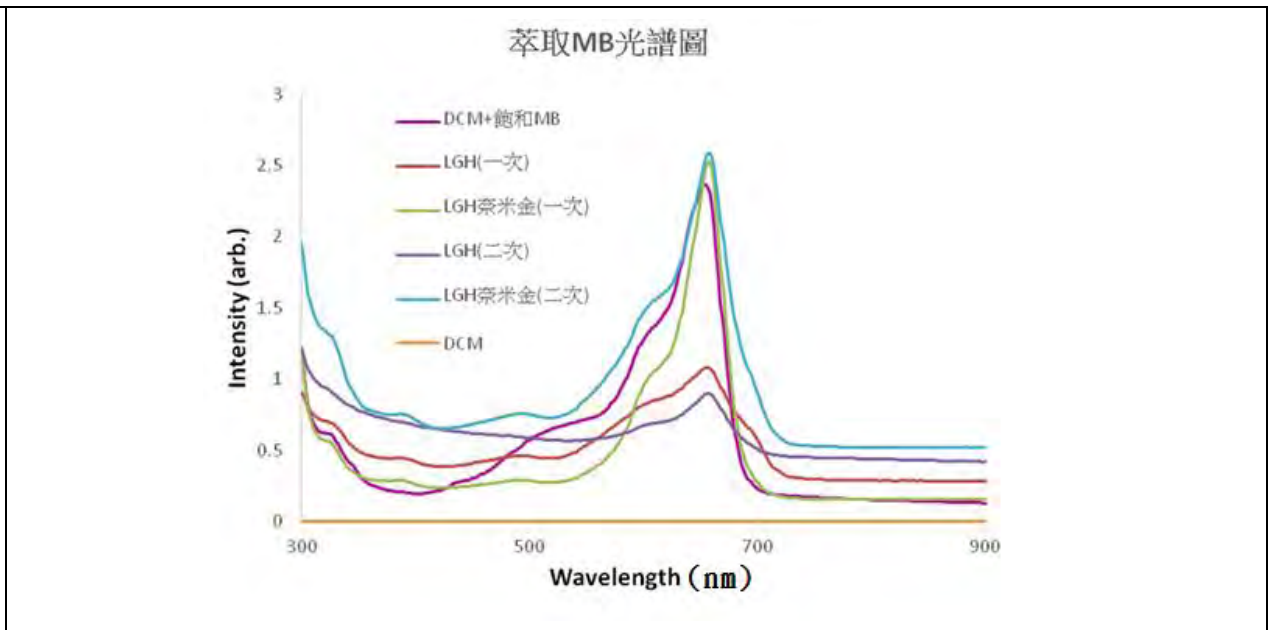
在由自然深共晶溶液製備奈米金的過程中，我們以 LGH 取代檸檬酸鈉，因此不會因受到周遭鹽度的影響，而產生沉澱，這也意味著由自然深共晶溶液所製備的奈米金可以運用在高鹽度的實驗狀態下，例如人體體液分析。

金奈米材料	製備方法	未加鹽溶液顏色	加鹽溶液顏色	抗鹽性
傳統方法製備金奈米材料	以檸檬酸鈉為還原劑，迴流加熱至沸騰。	紫紅色	黑色沉澱	低
自然深共晶溶液製備金奈米材料	以自然深共晶溶液替代檸檬酸鈉為還原劑，僅需加熱至 80°C。	紅棕色	紅棕色	高

實驗四：萃取亞甲基藍有機分子

(一) 實驗結果：

肉眼辨識顏色		備註： 由左自右分別為 DCM DCM+飽和 MB LGH 一次萃取 LGH-AuNPs 一次萃取 LGH 二次萃取 LGH-AuNPs 二次萃取



(二) 結果分析：

經由光譜分析，我們可以得知在加入 LGH 後，下層 DCM 所含有的 MB 濃度明顯下降許多，由此可知 LGH 可用於萃取 MB 有機染料。然而 LGH-AuNPs 萃取的效果卻不如我們的預期，我們推測應是因為我們所選用的 LGH-AuNPs 所含的奈米金粒子數目太低（奈米金濃度過低）。如果能在實驗前，將 LGH-AuNPs 濃縮，提高奈米金濃度，或許便能改善其萃取效果。

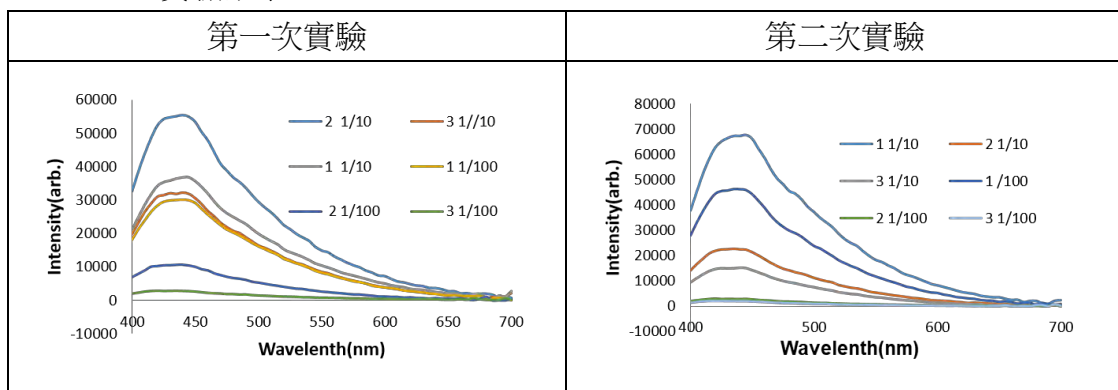
實驗五：自然深共晶溶液－鈾酸鈹光觸媒與碳量子點：製備及性質鑑定

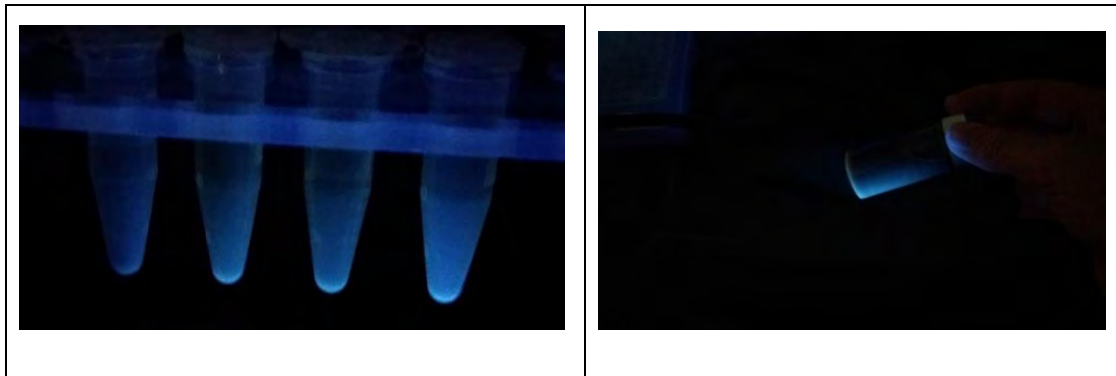
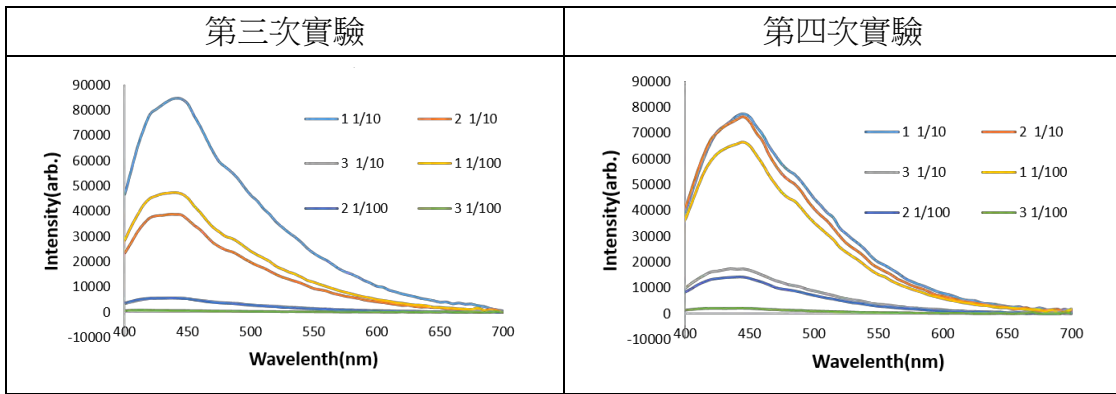
(一) 製備結果分析

本實驗以自然深共晶溶液 LGH 取代部份的水，進行光觸媒與碳量子材料的合成。實驗中採用溶劑熱法，在高壓反應器裡的密閉空間內，以有機物為溶劑，在一定的溫度和溶液的自身壓力下，使混合物進行反應。在高溫條件下，溶劑的性質相互影響，反應物的溶解、分散、化學反應也會大大增強，使反應能在較低的溫度下發生。經過反應之後，我們發現溶液的上層液具有碳量子點的特性，稀釋後具有螢光效果。下層沉澱物經過烘乾後，具有光觸媒的光催化特性。

(二) 性質鑑定－碳量子點螢光測試

1. 實驗結果：



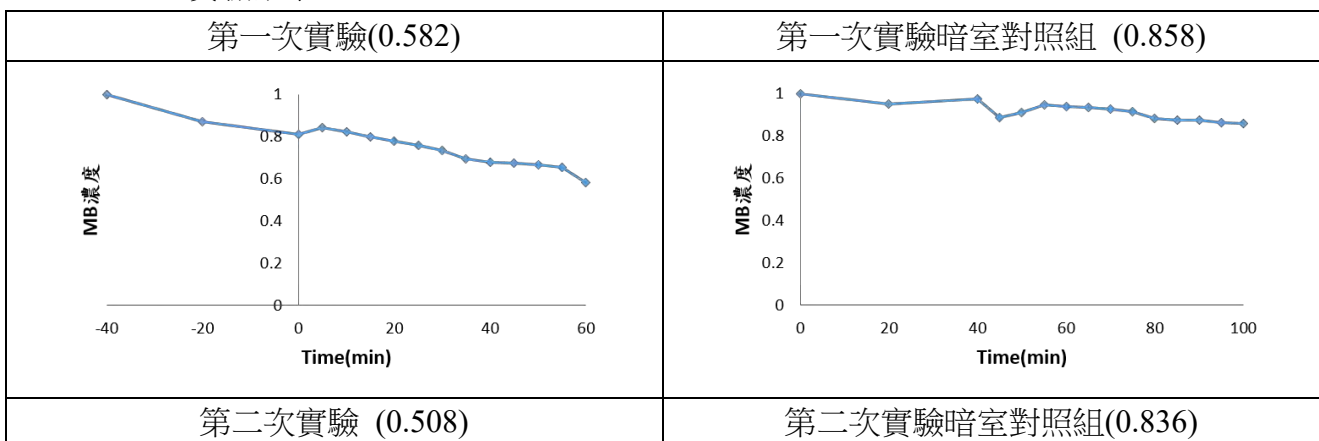


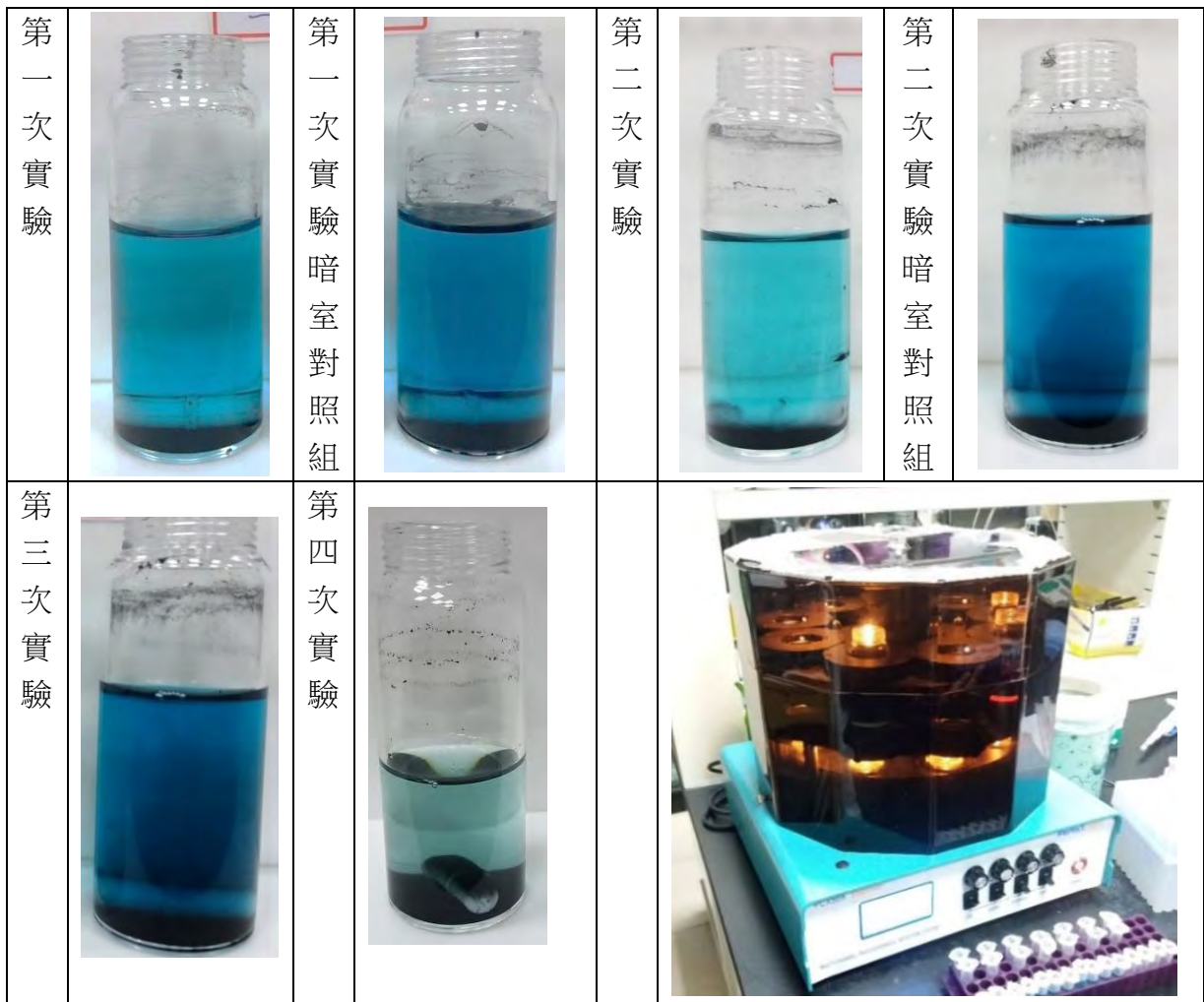
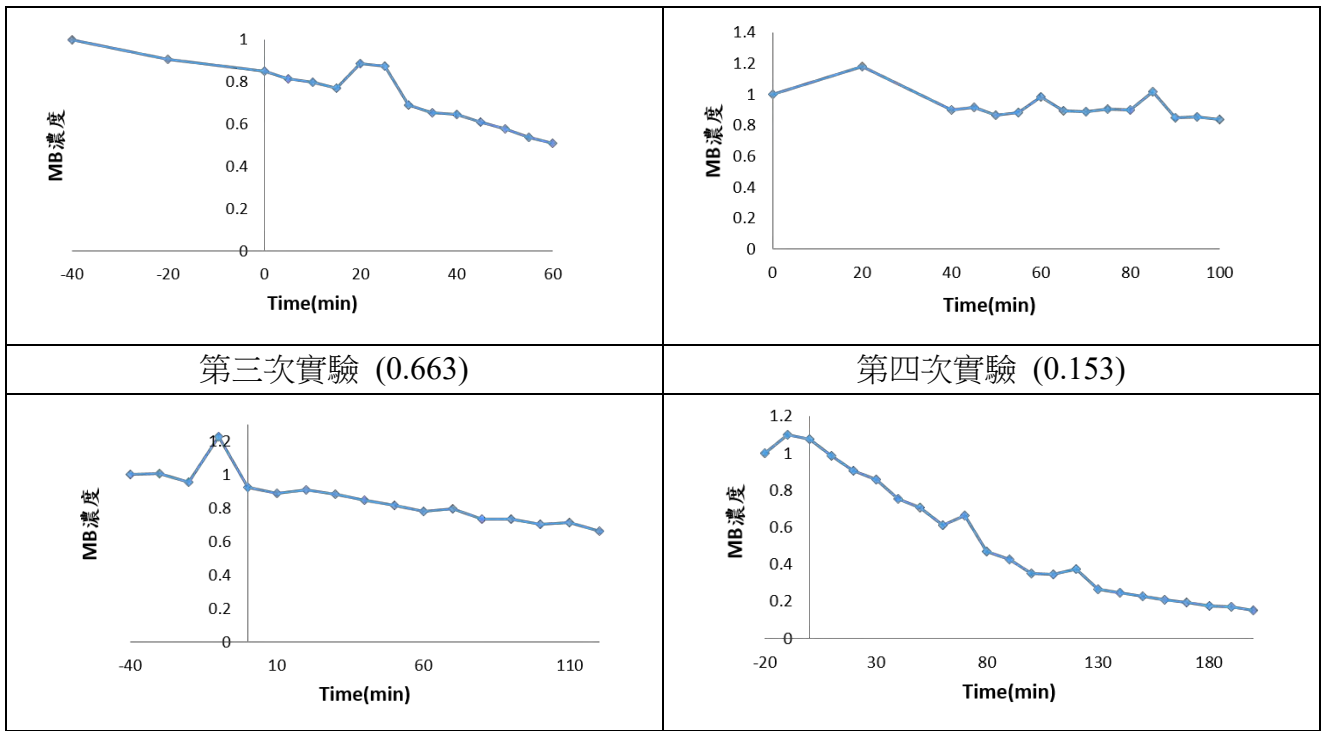
2. 結果分析：

由於溶劑熱法，使得 LGH 產生熱分解變成碳原子，再經由自我組裝形成碳量子點。碳量子點無毒、對環境的危害小，且表面的空洞可以儲存能量，使之具有發光特性，可用於光催化、發光元件、生物細胞標記等應用。一般以有機熱解法得到親水性的螢光碳點。在測量其螢光強度時，第一次實驗是第二罐稀釋十倍後的螢光強度最強，第二、三次實驗是第一罐稀釋十倍後最強，第四次實驗則是第一罐稀釋十倍後只略高第二罐一些，由此可見濃度最高之溶液螢光強度並不一定會最強，螢光程度也不會隨著濃度作線性變化。初步推測是因未稀釋前，螢光分子濃度過大，分子間距離過近，表面螢光分子激發出的光被周圍螢光分子所吸收，產生自我消光的現象，而造成螢光強度下降。

(三) 性質鑑定—下層光觸媒降解能力

1. 實驗結果：



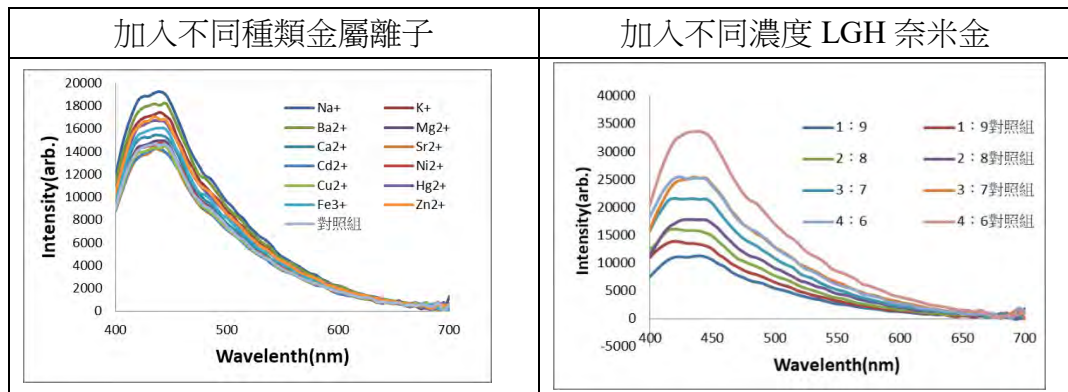


2. 結果分析：

實驗當中，我們根據每次的光降解效果做了配方調整。第一次實驗在暗室中吸附的能力約達 15%，照光時降解的能力約達 50%，效果不佳，所以我們在第二、三次實驗時減少了 LGH 的含量，但效果並無改善，甚至稍微的下降，只有達到 40%~50%，我們推測應該是因為 LGH 的黏度大，改變 LGH 的量導致兩者混合程度不相同，造成實驗結果有些微不同。一般的光降解實驗過程中的溶液 pH 值大於 3.0，實驗當中會以酸性溶液使其 pH 值降低至 3.0，而我們實驗過程中溶液 pH 值小於 3.0，所以我們在第四次實驗中以氨水升高使 pH 值升高至 3.0，最後結果顯示其可達到約 85% 的降解效率。本實驗合成之光觸媒在可見光下及具有良好光降解效果，與一般常見的二氧化鈦光觸媒相比，少了需在紫外光下進行降解的限制，可有效的拓展其應用範圍。

(四) 碳量子點性質鑑定

1. 實驗結果：



2. 結果分析：

為了探討我們所合成出的碳量子點其螢光效果會受何種因素限制，我們選擇了不同種類的金屬以及不同濃度的 LGH 奈米金對其做測試，實驗結果發現：加入各種金屬離子後，螢光強度皆沒有下降，而在加入由 LGH 所製備的奈米金時，無論使用何種濃度的奈米金，螢光強度皆有明顯的下降趨勢。由此可知其螢光能力並不會受金屬離子的影響，而 LGH 奈米金則有抑制其螢光強度的功用，我們推測 LGH 奈米金對其有抑制效用是因為加入奈米金後，當中某些成分互相結合使奈米金與量子點距離靠近，造成量子點所放出的發散光波長被奈米金所吸收，產生了螢光能量轉移作用。

陸、結論

一、不同物質的分子間作用力不同，加入藥品的順序會影響溶解的時間。下表為經過實驗後所得之自然深共晶溶液最佳製備順序。

自然深共晶 溶液名稱	藥品（用量）配置順序
LGH	Lactic acid (3.72 mL) → Glucose (1.8016 g) → Water (0.54 mL)
PCH	Water (0.36 mL) → 1,2-propandiol (1.47 mL) → Choline Chloride (2.7924 g)
XoCH	Water (0.74 mL) → Xylitol (1.9018 g) → Choline Chloride (3.4905 g)
GCH	Water (0.45 mL) → Choline Chloride (3.4905 g) → Glucose (1.8016 g)

二、4 種 NADES 的密度穩定性高，且可將各個時間所配出的溶液視為相同並均勻混合。密度大小為 LGH > GCH > XoCH > PCH。

三、隨著溫度升高，黏度皆會呈現下降的曲線。其中 4 種 NADES 黏度大小為 GCH > XoCH > LGH > PCH。NADES 屬於隨剪應力的增加而黏度減小的剪切稀化流體。

四、成分包含 glucose 及 lactic acid 組成的共晶溶液具有還原力，適合應用於奈米金粒子之合成。

五、以 LGH 合成之奈米金具有良好再現性及穩定性。金離子濃度範圍 2~0.2mM，5mLLGH 還原劑可以有效還原金離子形成金奈米材料，且其表面電漿共振特徵峰波長在 500-650 nm。

六、溫度愈高有利金奈米材料形成。65°C 下隔水加熱，以 LGH 和金離子反應所合成的溶液無法表現出奈米金的特性，而 75°C、85°C、95°C 隔水加熱狀態下所合成的奈米金，可見明顯的特徵峰，其中效果又以 85°C > 95°C > 75°C、其表面特徵峰有紅位移趨勢。

七、LGH 取代檸檬酸鈉合成金奈米，不會因加入鹽類而產生沉澱，這意味著由自然深共晶溶液所製備的奈米金可以運用在高鹽度的實驗狀態下，例如人體體液分析。

八、LGH 可用於萃取 MB 有機染料。而 LGH-AuNPs 萃取的效果卻不如預期。

九、LGH 取代部份水，以溶劑熱法進行光觸媒與碳量子材料的合成，上層溶液具有碳量子點的特性，稀釋後具有螢光效果。下層沉澱物經過烘乾後，具有光觸媒的光催化特性。

十、本實驗合成之光觸媒在可見光下及具有良好光降解效果，降解效率可達約 85%，與一般常見的二氧化鈦光觸媒相比，不受紫外光下方能降解的限制。

十一、LGH 經由自我組裝形成碳量子點，未稀釋前螢光分子濃度過大，分子間距離過近，表面螢光分子激發出的光被周圍螢光分子吸收，產生自我消光的現象，而造成螢光強度下降。

十二、本實驗合成的碳量子點材料的螢光能力不會受金屬離子的影響而下降，但由 LGH 所製備的奈米金對碳量子點材料的螢光具有抑制效果。

柒、未來展望

我們的研究顯示，由自然深共晶溶液所合成的奈米金有著較佳的抗鹽性，因此可預期應用於生化感測、光學偵測、藥物投遞、催化反應、疾病治療以及模板結晶等研究領域，將會比傳統奈米金有著更佳的效果。此外，鈳酸鈹光觸媒可利用低功率 LED 光源進行有機染料光降解，以及製備溶液之上層液包含具螢光性質之碳量子點，我們的實驗後續亦可藉由螢光共振能量轉移方式，進行螢光感測器應用。

捌、參考文獻

- 一、中華民國第55屆中小學科學展覽會—當我們「熔」在一起—共熔混合物之製備與應用
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/03/2015033012241933.pdf>
- 二、熔混合物應用
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.langmuir.5b02596>
- 三、共熔混合物之奈米材料應用
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/la500979p>
- 四、共熔混合物之奈米材料應用
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jp403739y>
- 五、自然深共晶溶液簡介與製備
Natural deep eutectic solvents as new potential media for greentechnology
- 六、光譜分析
file:///C:/Users/user/Downloads/99儀分光譜學.pdf
- 七、非牛頓流體
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2010/11/2010111422421588.pdf>非牛頓流體的奧妙
- 八、奈米科技與生物醫學：奈米金與銀的妙用
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s2Vq.htm>
- 九、金奈米粒子和銀奈米粒子的合成及鑑定
<http://shawn910018.pixnet.net/blog/post/57021211-微量金奈米粒子和銀奈米粒子的合成鑑定>
- 十、維基百科—共晶系統
<https://zh.wikipedia.org/wiki/共晶系統>
- 十一、維基百科—非牛頓流體
<https://zh.wikipedia.org/wiki/非牛頓流體>
- 十二、科學online—化學實驗室實驗：金奈米粒子的合成
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=27762>
- 十三、奈米金應用
http://www.knsi.com.tw/KangSiNet/_Html/Teacher/KnsiPeaper/chem/103化學康熹報報第1期.pdf

【評語】 050202

1. 本研究首先探討自然深共晶溶液配置最佳化流程，測定密度並利用變異系數分析得知其穩定性，以及測量黏度隨溫變化確為剪切稀流體。接下來其中一種自然深共晶溶液(lactic acid -glucose-H₂O, LGH)當做還原劑製備金奈米粒子。測試其抗鹽性，顯 LGH-AuNPs 在高鹽度下不改變光學特性，未來可應用在高鹽度的實驗狀態下。
2. 研究成果豐富，然而各小主題的連結性不強！同時因為實驗數據頗多，所建議釐清想解決的問題。
3. 建議應多著墨於過去奈米金的合成，以突顯研究動機。
4. 所合成的金奈米的大小並不規則，這樣合成的金奈米沒有實用性。應再作仔細評估！

壹、研究動機

近年來，隨著環保意識的提升，有機溶劑已逐漸被離子溶劑取代，以減低對環境所造成的傷害。然而，離子溶劑的高成本使得其利用範圍有限。所以我們希望藉由低成本且低污染的自然深共晶溶液，對常見的化學實驗做出改進，並進一步將之與奈米材料做結合，提升奈米材料的功能性。

貳、研究目的

- 一、實驗得知自然深共晶溶液最佳配製方法。
- 二、測量自然深共晶溶液的密度是否隨著時間變化，了解其穩定性。
- 三、測量黏度隨溫度變化的趨勢，了解四種自然深共晶溶液黏度大小關係及變化趨勢。
- 四、利用自然深共晶溶液還原性改變傳統製作奈米金的方法。
- 五、藉由改變反應時間、濃度觀察製備奈米金的效率及型態變化。
- 六、利用自然深共晶溶液與二氯甲烷的不相容特性，從有機溶劑中萃取亞甲基藍有機分子，並由吸收光譜值計算自然深共晶溶液及自然深共晶溶液結合奈米金的萃取效率。
- 七、利用自然深共晶溶液製備光觸媒材料，測量其上層液碳量子點螢光值及下層光觸媒降解效果，得知其螢光強度及降解能力，並將碳量子點加入不同的金屬離子與不同濃度之LGH奈米金，得知其螢光穩定性。

參、研究流程



肆、研究結果與討論

實驗一：製備自然深共晶溶液

不同物質鍵結的強度及順序皆會影響其溶解速率，加入藥品的順序會影響溶解的時間。

	實驗材料1	實驗材料2	實驗材料3	比例	溶解時間
LGH	Lactic acid	Glucose	Water	5:1:3	約1.0hr
PCH	1,2-propandiol	Choline Chloride	Water	1:1:1	約1.5hr
XoCH	Xylitol	Choline Chloride	Water	1:2:3	約2.0hr
GCH	Glucose	Choline Chloride	Water	2:5:5	約2.5hr

表一 自然深共晶溶液製備藥品及溶解時間

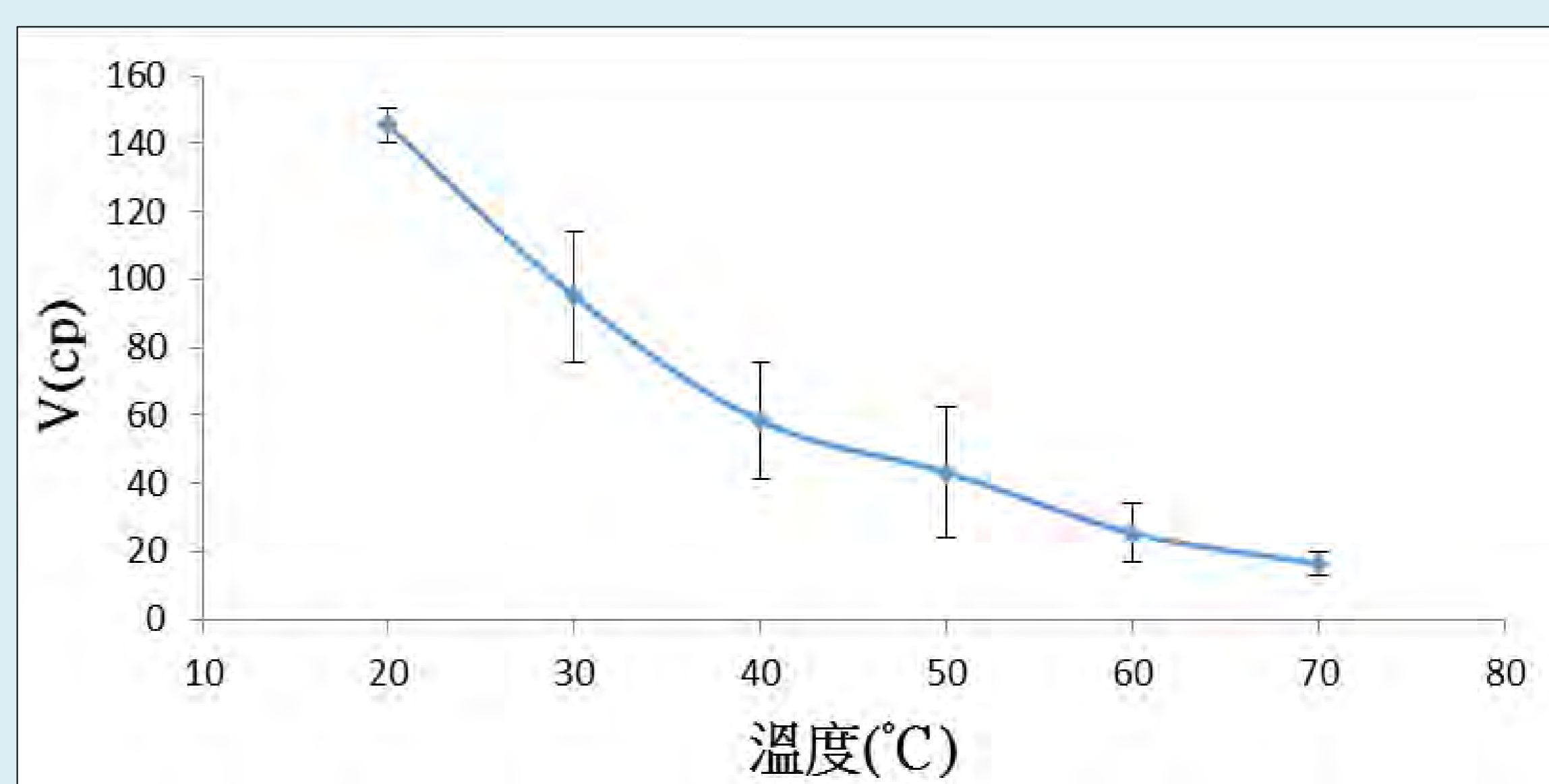
實驗二、自然深共晶溶液基本性質探討：密度、黏度

密度大小為LGH > GCH > XoCH > PCH。

隨著溫度升高，黏度皆會呈現下降的曲線。黏度大小為GCH > XoCH > LGH > PCH。自然深共晶溶液屬於隨剪應力的增加而黏度減小的剪切稀流體。

F _{exp} \ 時間	第一天	一週後	二週後
溶液			
LGH	1.002995	1.105148	0.172879
PCH	4.986691	0.366556	0.643614
XoCH	0.685800	0.176899	0.285708
GCH	1.137271	2.453838	0.704424

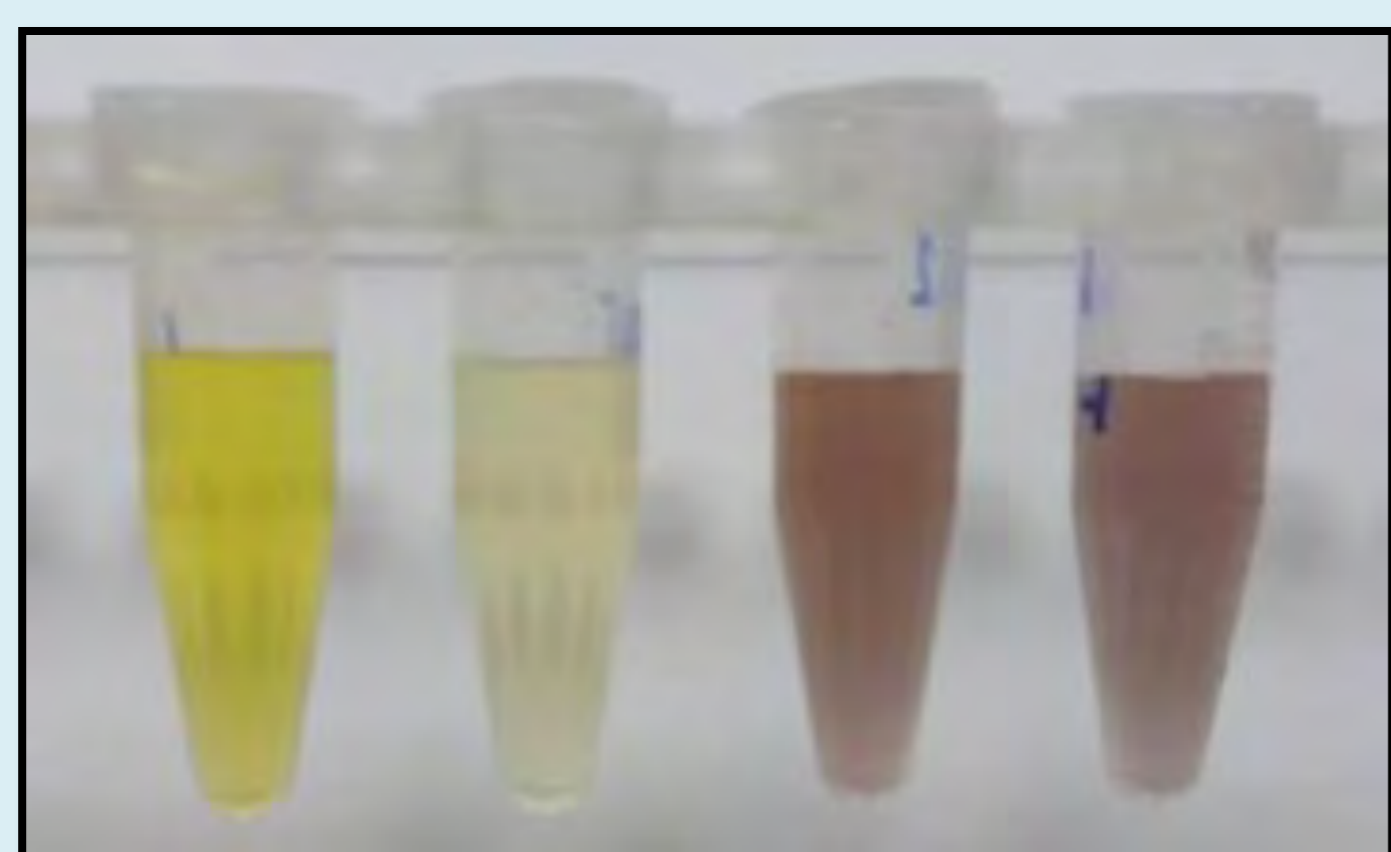
表二 同時間內，相同3瓶自然深共晶溶液之F_{exp}值



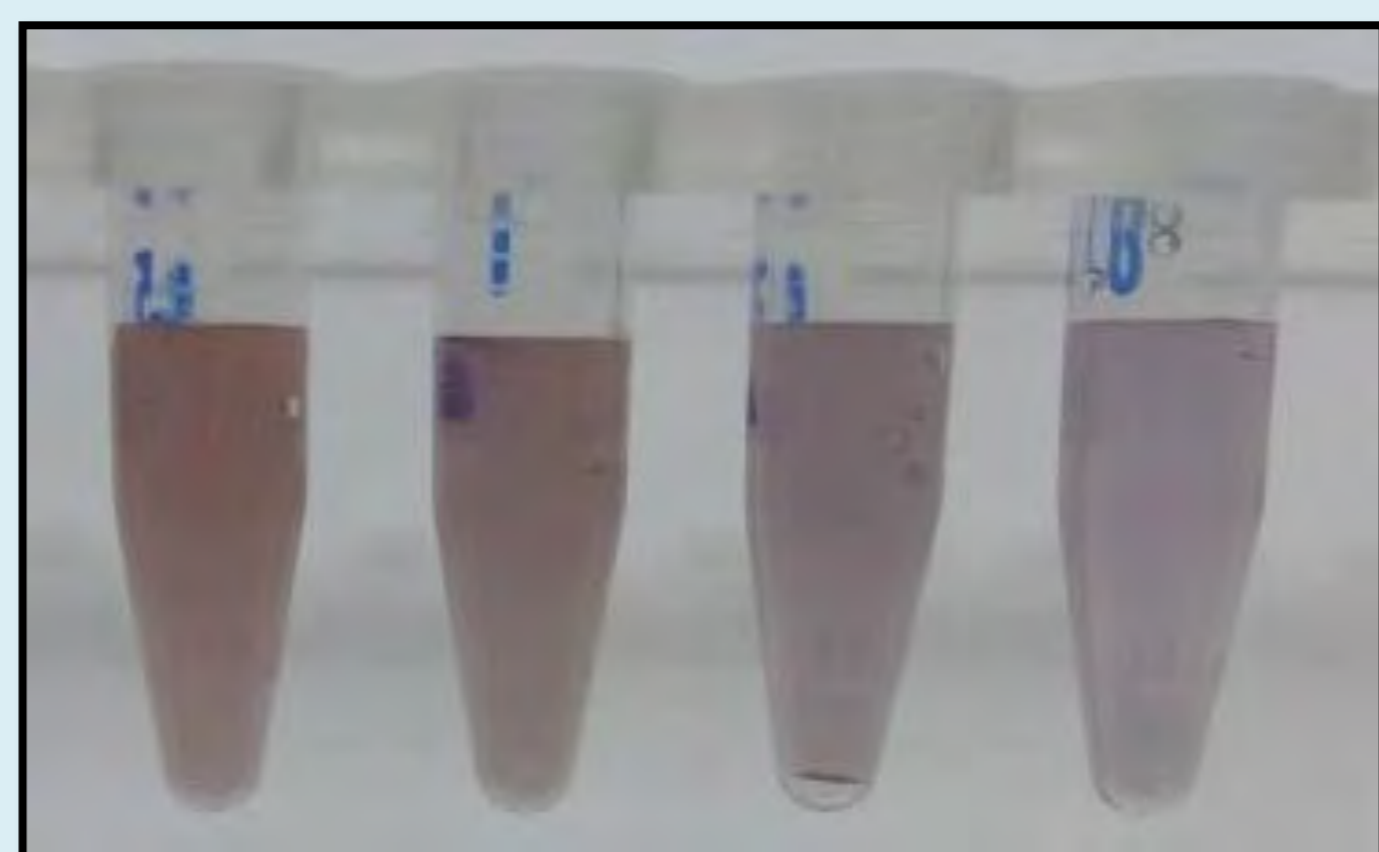
圖一 LGH黏度曲線

實驗三、金奈米材料：製備、性質鑑定及應用

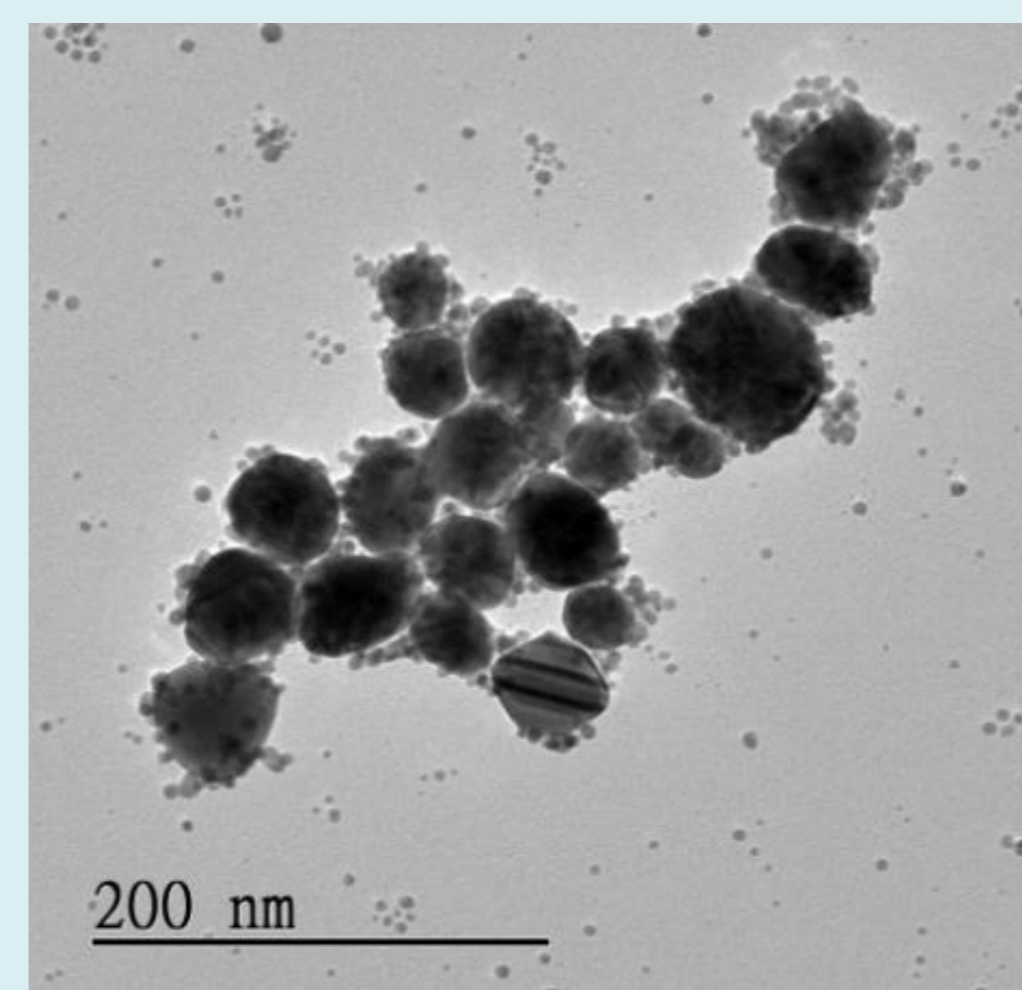
金離子濃度範圍2 - 0.2mM，5mL LGH還原劑可以有效還原金離子形成金奈米材料，其表面電漿共振特徵峰波長在500-650 nm，其三重複結果穩定，顯示由LGH合成之奈米金具有良好再現性。



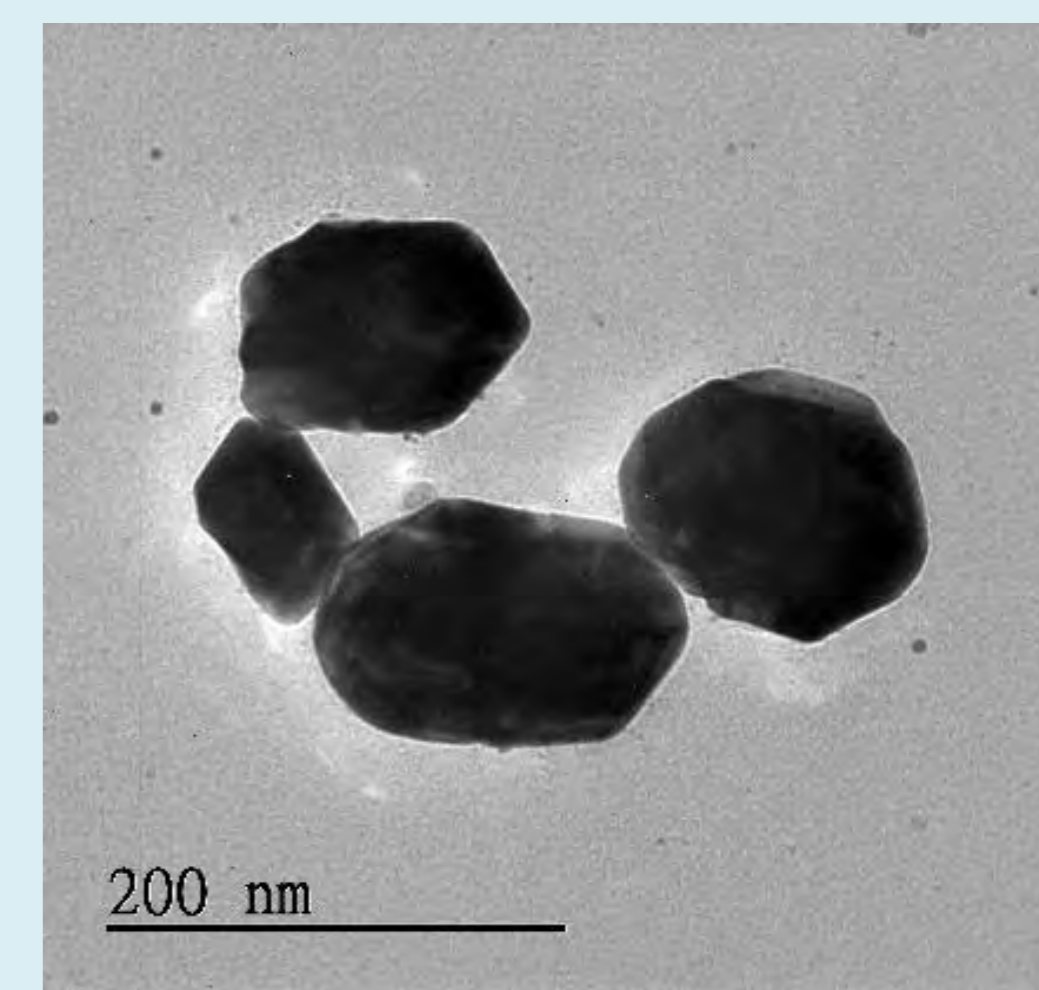
圖二 20/10/4/2mM



圖三 1.5/1/0.5/0.2mM



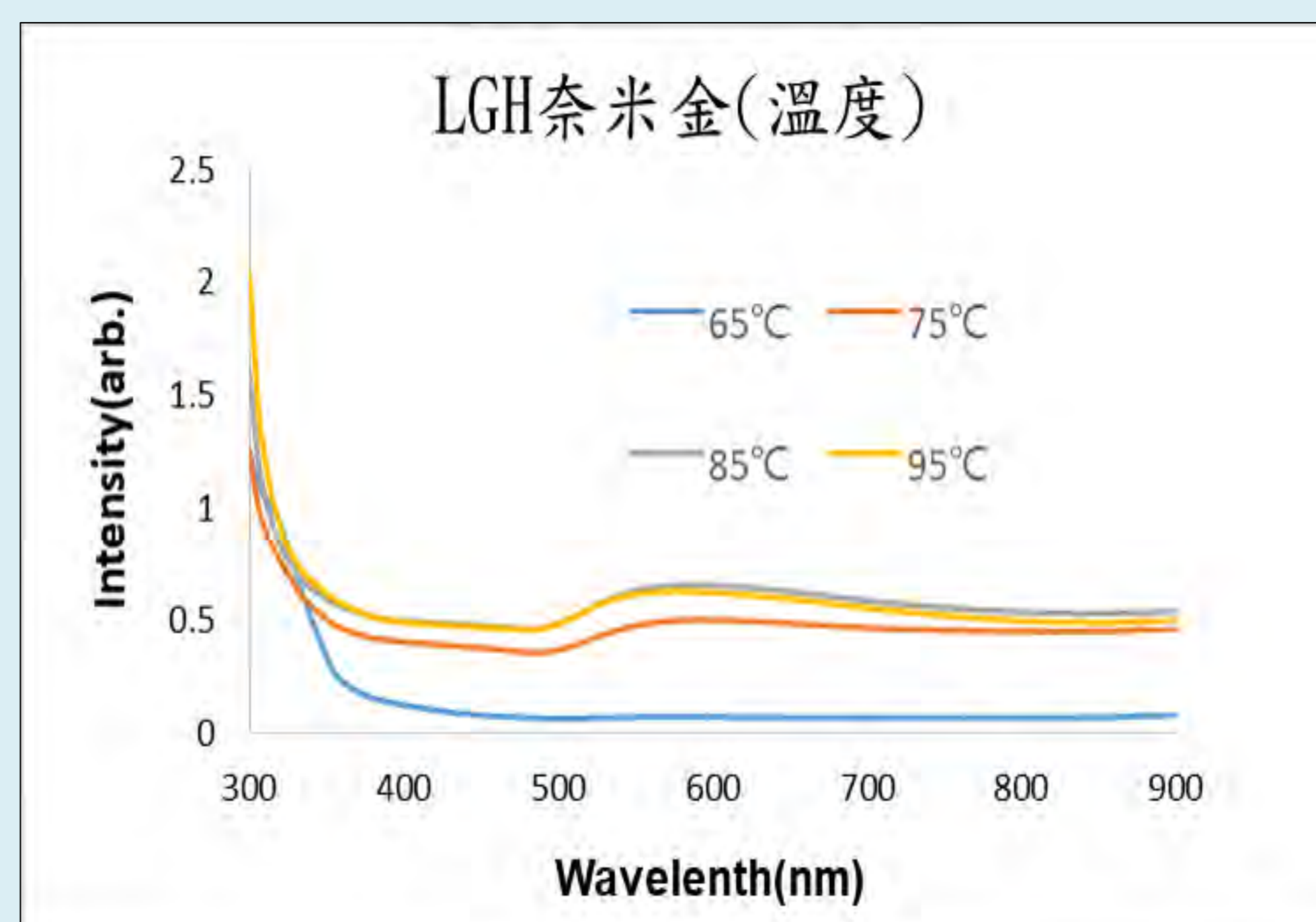
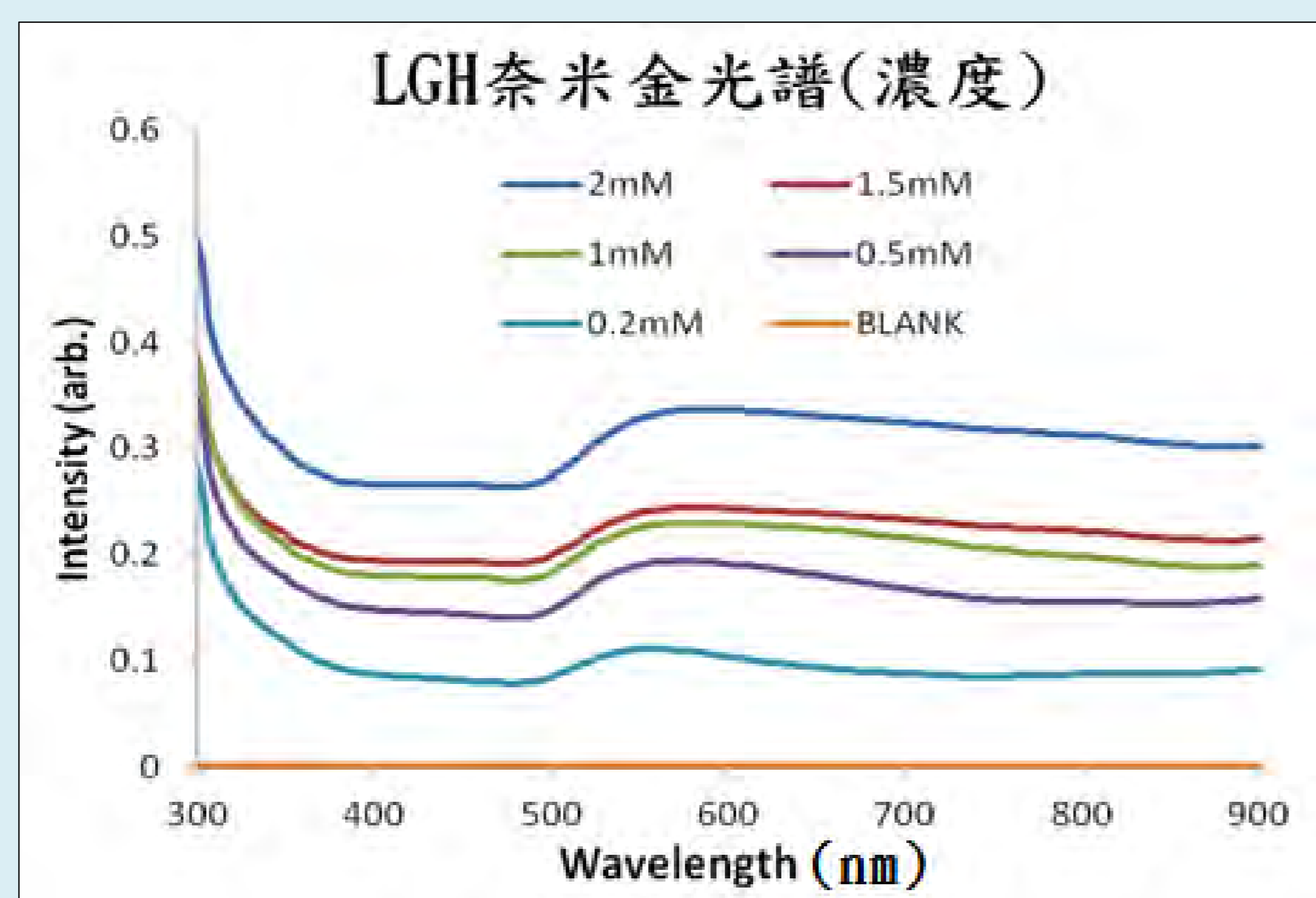
圖四 2 mM電子顯微鏡



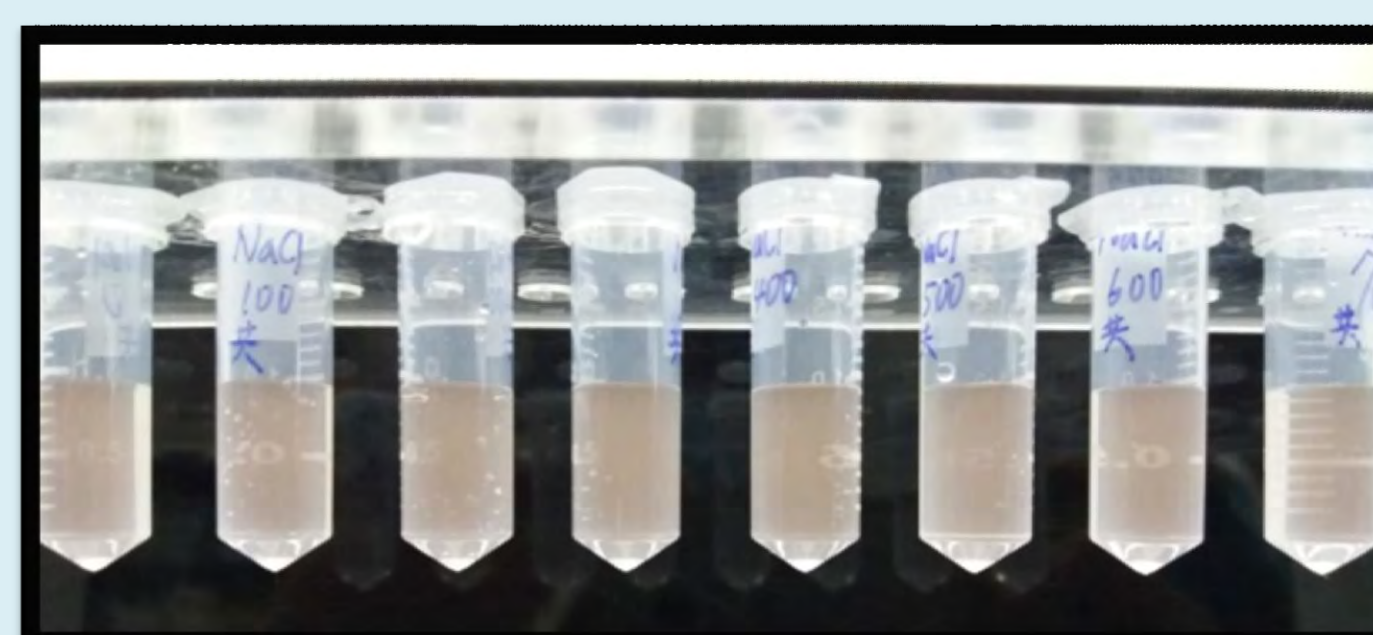
圖五 0.5mM電子顯微鏡

以時間為操縱變因，比較其三重複實驗，發現其實驗結果和反應時間並無具體關聯。

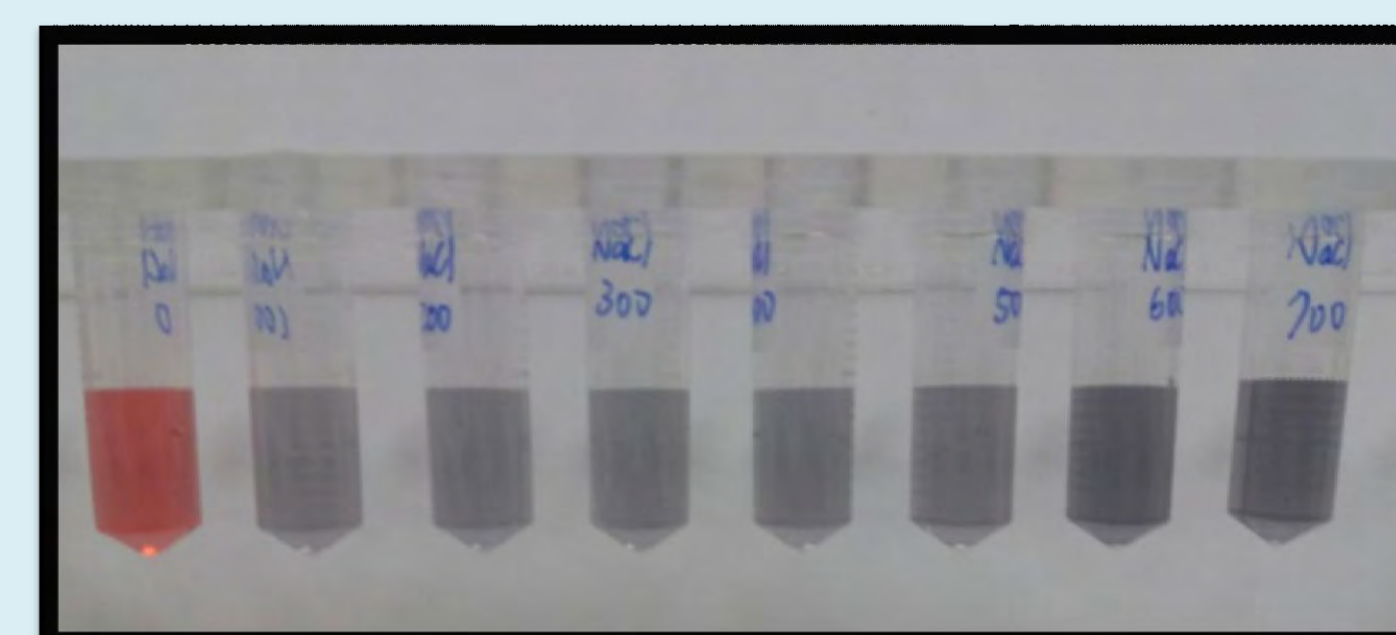
於溫度為65°C的狀況進行隔水加熱，所合成的溶液無法表現出奈米金的特性，而75°C、85°C、95°C隔水加熱狀態下所合成的奈米金，可見明顯的特徵峰，其中效果又以85°C > 95°C > 75°C。



由自然深共晶溶液製備奈米金的過程中，我們以LGH取代檸檬酸鈉，因此不會因受到周遭鹽度的影響，而產生沉澱，這也意味著由自然深共晶溶液所製備的奈米金可以運用在高鹽度的實驗狀態下，例如人體體液分析。

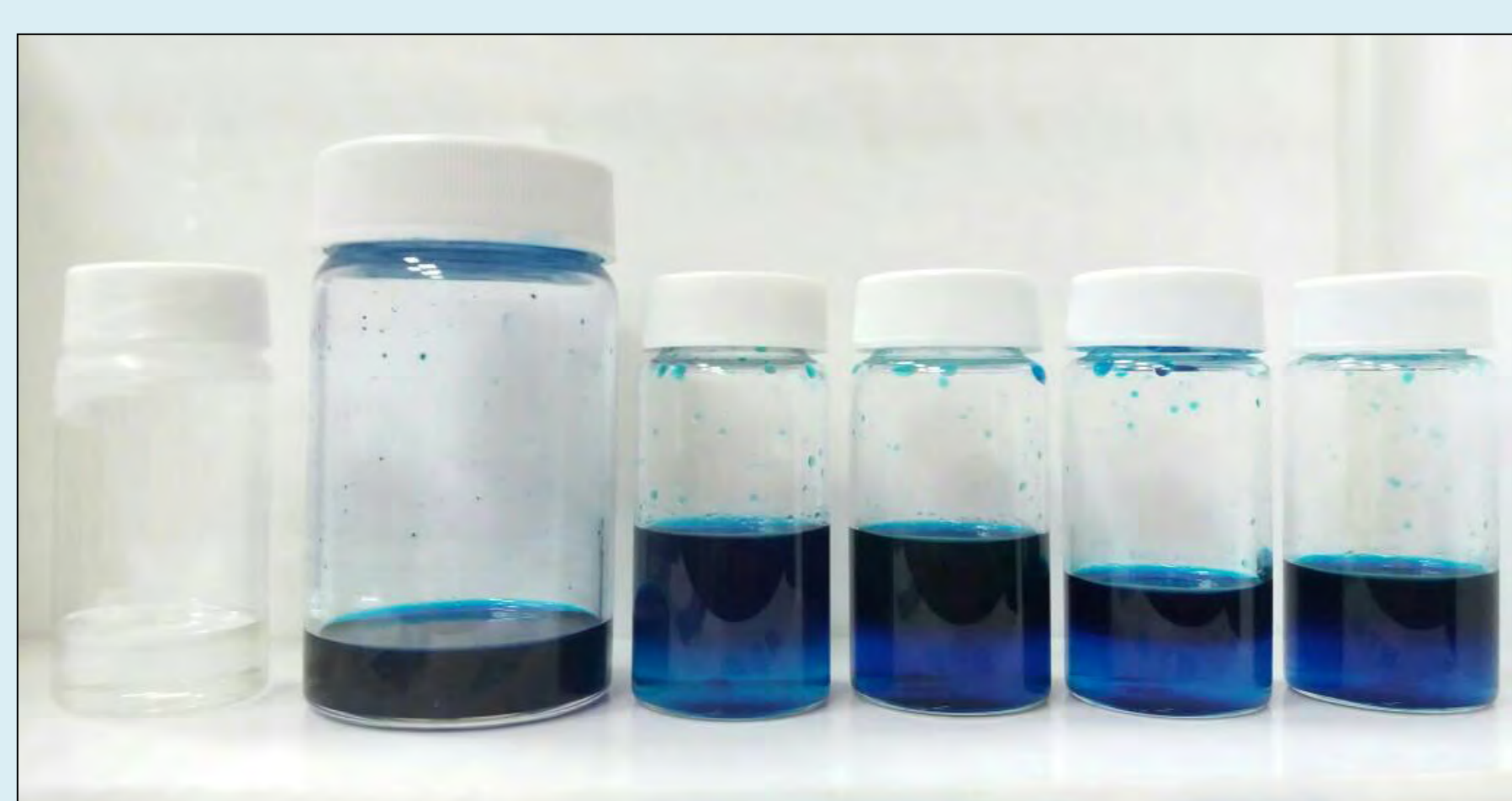


圖八 LGH奈米金抗鹽性測試

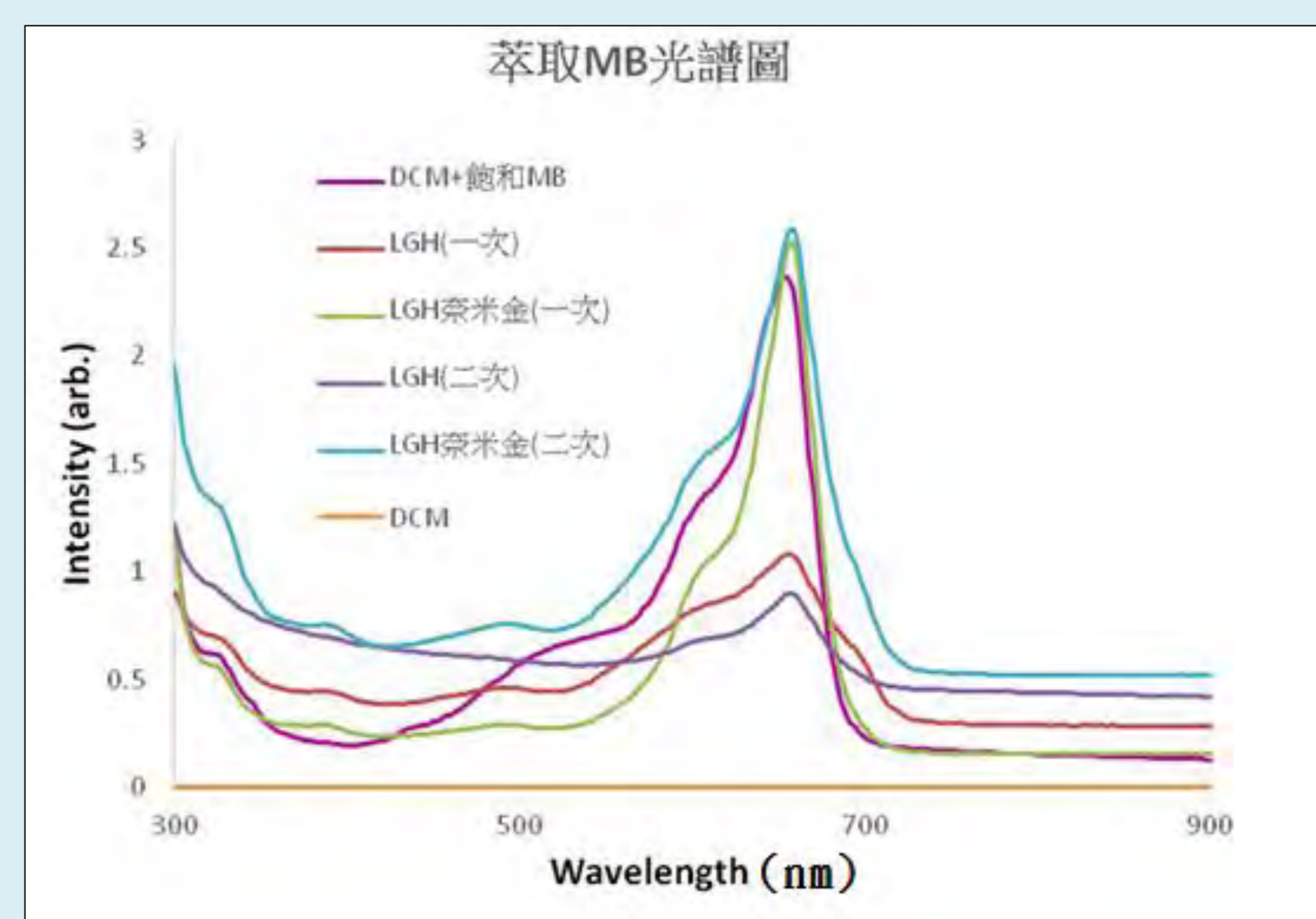


圖九 傳統奈米金抗鹽性測試

實驗四、萃取亞甲基藍有機分子



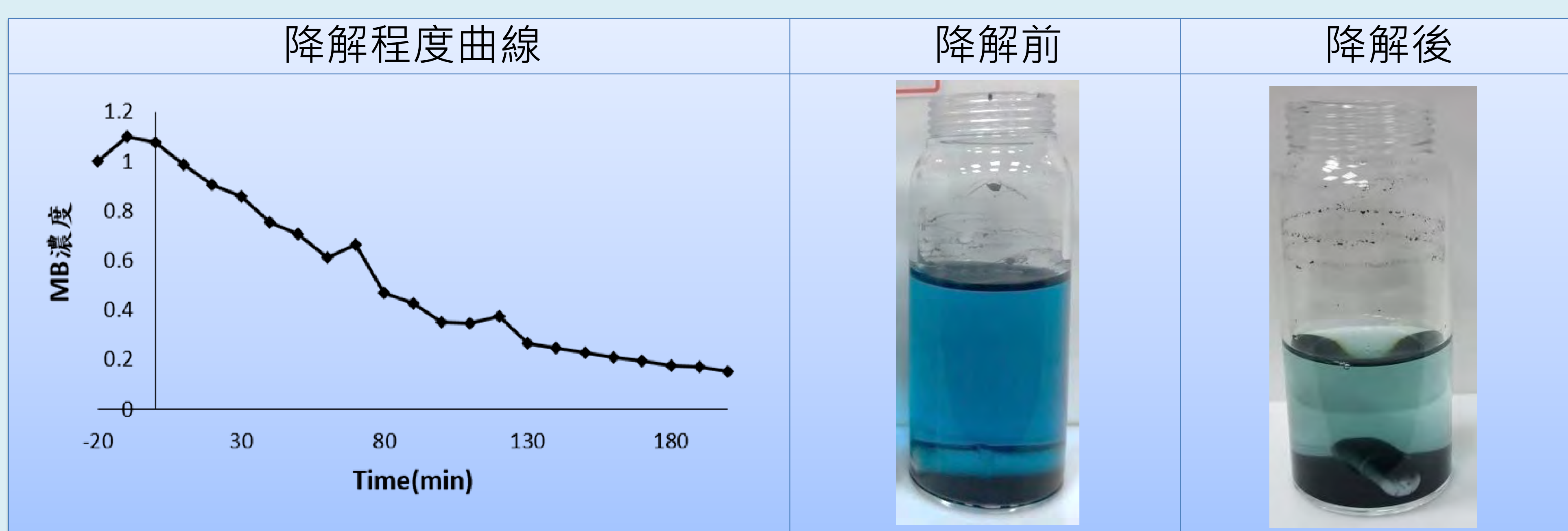
圖十 萃取前後顏色比較



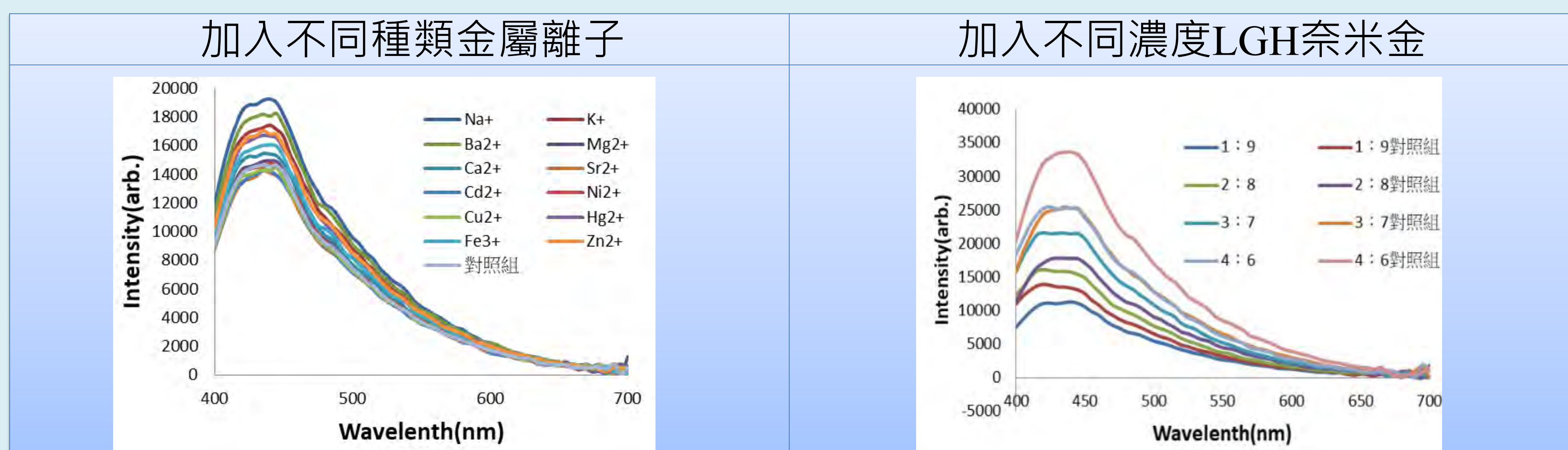
圖十一 萃取MB光譜圖

五、鈳酸鈾光觸媒與碳量子點：製備及性質鑑定

由於溶劑熱法，使得LGH產生熱分解變成碳原子，再經由自我組裝形成碳量子點。碳量子點無毒、對環境的危害小，且表面的空洞可以儲存能量，使之具有發光特性，可用於光催化、發光元件、生物細胞標記等應用。一般以有機熱解法得到親水性的螢光碳點。



表三 光觸媒降解程度曲線及其實驗前後對比圖



表四 碳量子點消光實驗光譜圖

伍、結論

一、不同物質的分子間作用力不同，加入藥品的順序會影響溶解的時間。下表為經過實驗後所得之自然深共晶溶液最佳製備順序。

LGH	Lactic acid (3.72 mL) → Glucose (1.8016 g) → Water (0.54 mL)
PCH	Water (0.36 mL) → 1,2-propandiol (1.47 mL) → Choline Chloride (2.7924 g)
XoCH	Water (0.74 mL) → Xylitol (1.9018 g) → Choline Chloride (3.4905 g)
GCH	Water (0.45 mL) → Choline Chloride (3.4905 g) → Glucose (1.8016 g)

- 二、4種NADES的密度穩定性高，且可將各個時間所配出的溶液視為相同並均勻混合。密度大小為LGH > GCH > XoCH > PCH。
- 三、隨著溫度升高，黏度皆會呈現下降的曲線。其中4種NADES黏度大小為GCH > XoCH > LGH > PCH。NADES屬於隨剪應力的增加而黏度減小的剪切稀化流體。
- 四、成分包含glucose及lactic acid組成的自然深共晶溶液具有還原力，適合應用於奈米金粒子之合成。
- 五、以LGH合成之奈米金具有良好再現性及穩定性。金離子濃度範圍2~0.2mM，5mLLGH還原劑可以有效還原金離子形成金奈米材料，且其表面電漿共振特徵峰波長在500-650 nm。
- 六、溫度愈高有利金奈米材料形成。65°C下隔水加熱，以LGH和金離子反應所合成的溶液無法表現出奈米金的特性，而75°C、85°C、95°C隔水加熱狀態下所合成的奈米金，可見明顯的特徵鋒，其中效果又以85°C > 95°C > 75°C、其表面特徵峰有紅位移趨勢。
- 七、LGH取代檸檬酸鈉合成金奈米，不會因加入鹽類而產生沉澱，這意味著由自然深共晶溶液所製備的奈米金可以運用在高鹽度的實驗狀態下，例如人體體液分析。
- 八、LGH可用於萃取MB有機染料。而LGH-AuNPs萃取的效果卻不如預期。
- 九、LGH取代部份水，以溶劑熱法進行光觸媒與碳量子材料的合成，上層溶液具有碳量子點的特性，稀釋後具有螢光效果。下層沉澱物經過烘乾後，具有光觸媒的光催化特性。
- 十、本實驗合成之光觸媒在可見光下及具有良好光降解效果，降解效率可達約85%，與一般常見的二氧化鈦光觸媒相比，不受紫外光下方能降解的限制。
- 十一、LGH經由自我組裝形成碳量子點，未稀釋前螢光分子濃度過大，分子間距離過近，表面螢光分子激發出的光被周圍螢光分子吸收，產生自我消光的現象，而造成螢光強度下降。
- 十二、本實驗合成的碳量子點材料的螢光能力不會受金屬離子的影響而下降，但由LGH所製備的奈米金對碳量子點材料的螢光具有抑制效果。

陸、參考文獻

1. 中華民國第55屆中小學科展：當我們「熔」在一起—共熔混合物之製備與應用
2. 共熔混合物應用 <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.langmuir.5b02596>
3. 共熔混合物之奈米材料應用 <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/la500979p>
4. Natural deep eutectic solvents as new potential media for greentechnology
5. 金奈米粒子和銀奈米粒子的合成及鑑定 <http://shawn910018.pixnet.net/blog>
6. 科學online—化學實驗室實驗：金奈米粒子的合成