

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 化學科

最佳創意獎

040211

吸金耶！磁性奈米金粒的製造與修飾

學校名稱：國立臺中女子高級中學

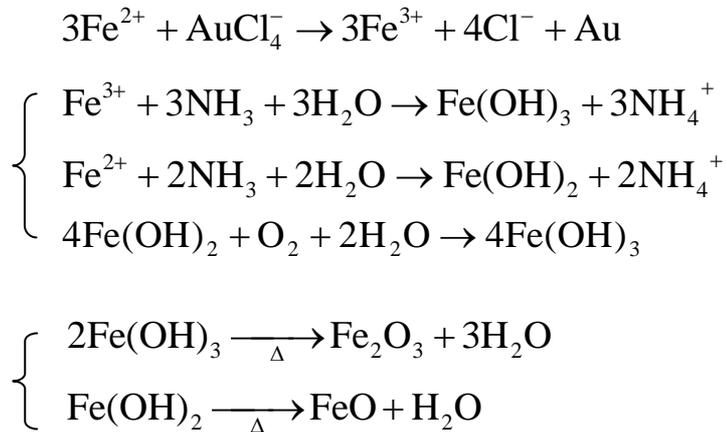
作者： 高二 王俐婷 高二 胡雅淳 高二 薛聿涵	指導老師： 徐孟君
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：磁性奈米粒 氧化還原

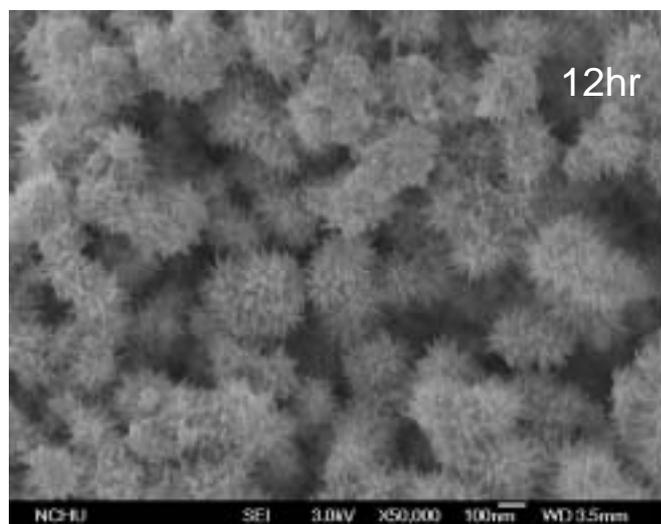
## 摘要

研究中主要是利用簡易的化學反應製造出含金粒子的磁性奈米粒，能應用在生醫、環保等多種領域，故此高反應性的磁性奈米金粒未來發展潛力無窮。

根據



分別改變  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{AuCl}_4^-$  的莫耳數比、加氨水前的反應時間、等比例下反應濃度等變因，製成最佳型態的磁性奈米粒。並將產物浸泡於帶氫硫鍵的 *p*-Nitrothiol Phenol (PNTTP) 中，再以拉曼光譜儀測試磁性奈米粒外層金粒子所鍵結的 PNTTP 含量，比較出可參與反應的金粒子數；實驗後發現固定四氯金(III)酸濃度時，硫酸亞鐵溶液濃度越高，平均產量愈大，但含金量下降；而  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{AuCl}_4^-$  的莫耳數比固定時，反應的濃度會影響磁性奈米粒的型態；加氨水前反應時間愈長，平均產量變動不大，但含金量先上升後下降。



加氨水前反應 12 小時的磁性奈米粒 SEM 圖

## 壹、研究動機

隨著愈來愈多國家投入發展磁性奈米材料，市場的競爭也日趨激烈，如何提升磁性奈米粒的性能及增加產量，是當前需要積極研究的方向。

在「氧化還原」課程中，我們學到了亞鐵離子在氧化劑的作用下能被氧化成鐵離子，國中時也學過  $\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  成適當比例時，會有很好的磁性，有鑑於奈米科技發展如此蓬勃，驅使我們決定著手研究如何利用簡易的方法製成磁性奈米粒，另外，爲了增加其應用性，在尋找能與有機物有強鍵結力的最佳氧化劑時，我們發現金離子(III)不僅有強氧化力，還原成金粒子後，能與硫形成很強的鍵結，硫常見於有機物中，藉此希望能研製出外層包裹著金又具有磁性的奈米粒，並作廣泛的應用；在生醫方面，將磁性奈米粒注射於血流中，能夠精確的顯露出病毒潛伏位置，如果病人體內有病毒，病毒會黏附在奈米粒上的抗體，形成一大簇能被磁振造影(Magnetic Resonance Imaging, MRI)或核磁共振造影(Nuclear Magnetic Resonance, NMR)掃描檢測出的顆粒；奈米級的金粒子達一定大小後，能催化  $\text{CO}$  的氧化反應，使有毒且穩定的  $\text{CO}$  轉化成  $\text{CO}_2$ ，達到高效率淨化對人體有害的一氧化碳；另外，經過 DNA 修飾以後的奈米金粒子可以測定樣本是否含有特定的基因序列或偵測環境中鉛離子等污染物。如果能將磁性奈米粒與金奈米結合，進一步運用於生醫及各個領域中，這個技術未來的發展將是無可限量。

## 貳、研究目的

在目前的科學研究報告中，已有多種製造磁性奈米粒的方法，例如：共價鍵結法、包埋法、交聯法…，但是過程卻非常複雜，且外層含金量高的磁性奈米粒在製作上有一定的難度。所以我們希望能用簡單的原理、實驗即能製作出表面含金量高，可在生醫等各方面廣泛運用的磁性奈米粒，且藉由改變不同的實驗變因，例如 $\text{Fe}^{2+}$ 和 $\text{AuCl}_4^-$ 的莫耳數比、反應濃度及加氨水前反應時間，以研發出修飾效果佳的磁性奈米粒，並進一步將其運用於生活中。

## 參、研究設備及器材

### 一、器材：

- (一) 樣品瓶(5mL、7mL、20mL)
- (二) 滴管
- (三) 量筒(10mL)
- (四) 定量瓶(10mL、100mL)
- (五) Micro Pipet(200  $\mu$  L)
- (六) 磁石
- (七) 電子秤
- (八) 加熱板(攪拌用)
- (九) 計時器
- (十) 磁鐵

### 二、藥品：

- (一) Ferrous Sulphate 硫酸亞鐵 ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )
- (二) Gold Tetrachloride 四氯金(III)酸 ( $\text{HAuCl}_4$ )
- (三) Ammonia 氨水 ( $\text{NH}_{3(\text{aq})}$ )
- (四) Methyl Alcohol 甲醇 ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )
- (五) p-Nitrothiol Phenol PNTTP ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2\text{S}$ )
- (六) 純水

### 三、儀器：

- (一) 場致發射掃描電子顯微鏡 (Field Emission Scanning Electron Microscope)
- (二) 拉曼光譜儀 (Raman Spectroscopy)
- (三) 能量散佈光儀 (Energy Dispersive X-ray Spectrometer)

## 肆、研究過程或方法

### 一、製備表面含金的磁性奈米粒子

- (一) 在樣品瓶上以標籤標記反應條件，並精秤其空瓶重。
- (二) 配製適當濃度的硫酸亞鐵溶液及四氯金(III)酸，各取 2.5mL 充分混合於樣品瓶中反應後，加入 1.5M 的氨水 0.5mL 搖勻，將溶液中的  $\text{Fe}^{3+}$  及  $\text{Fe}^{2+}$  沉澱後，以磁鐵測試其粒子是否能夠被吸引，每組實驗均重複進行三次。
- (三) 以磁鐵吸住具磁性的粒子，再用滴管吸取大部分上層溶液，將樣品瓶送進烘箱烘乾產物，所得  $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  及  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的混合物，即為含有金粒的磁性奈米粒子。
- (四) 待產物完全乾燥後，精秤各樣品瓶重量，扣除空瓶重後可得粉末淨重。

### 二、測試表面金含量

- (一) 取定量的產物並將其置入不同的樣品瓶。
- (二) 滴入數滴甲醇並搖晃樣品瓶以洗淨粒子，再以磁鐵吸住粒子將甲醇倒掉。
- (三) 滴入 1mL 的 PNTP 並浸泡 20 分鐘。
- (四) 以磁鐵吸住粒子將 PNTP 倒掉，再滴入數滴甲醇輕輕搖晃樣品瓶以去掉未鍵結的 PNTP 分子。
- (五) 將樣品瓶平放（增加液體表面積）待粒子風乾。
- (六) 將粒子倒在不鏽鋼片裝置上，放入拉曼光譜儀，測得 PNTP 的吸收峰，藉此判斷磁性奈米金粒的表面金含量。

### 三、須配製的溶液

- (一) 不同濃度的硫酸亞鐵溶液與 2mM 四氯金(III)酸反應的平均產量比較  
配製 200mM 硫酸亞鐵溶液以純水分別稀釋成 2、4、8、10、12、14、16、20、40、60、80、100、120mM，再配製 2mM 四氯金(III)酸。混合兩種溶液後，加氨水前反應兩天。

(二) 硫酸亞鐵溶液和四氯金(III)酸等比例稀釋成不同反應濃度的平均產量比較

配製8mM、12mM、16mM 硫酸亞鐵溶液和2mM 四氯金(III)酸，以純水分別稀釋1、1.3 (4/3)、2、4、8 倍。混合後加氨水前反應兩天。

(三) 加氨水前不同反應時間

配製 12mM 硫酸亞鐵溶液和 2mM 四氯金(III)酸溶液，分別反應 1min、5min、10min、15min、20min、30min、1hr、2hr、3hr、6hr、12hr、24hr。

## 伍、研究結果

### 一、不同濃度的硫酸亞鐵溶液與2mM四氯金(III)酸反應

#### (一) 平均產量

固定  $\text{AuCl}_4^-$  濃度，將不同濃度的硫酸亞鐵溶液與四氯金(III)酸混合後，反應所得磁性奈米粒子的平均產量如表一，平均產量對硫酸亞鐵溶液濃度的關係圖如圖一。

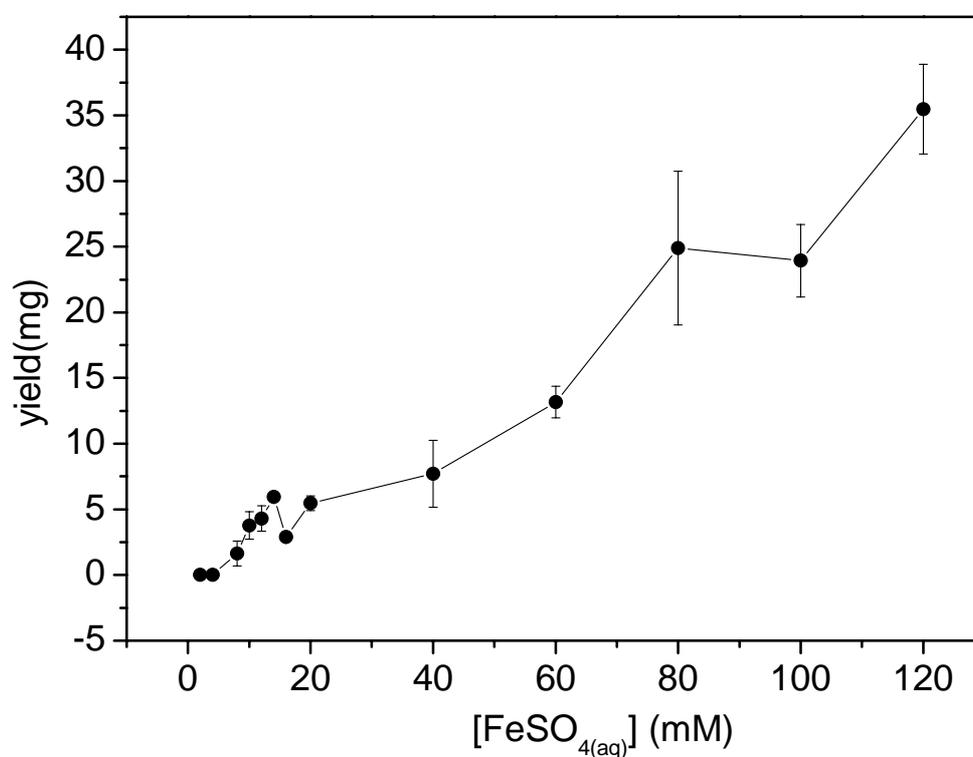
#### (二) 平均拉曼強度

以拉曼光譜儀測得強度如表二，平均拉曼強度對硫酸亞鐵溶液濃度的關係圖如圖二。圖三至圖十為拉曼光譜圖。

表一 不同濃度的硫酸亞鐵溶液與 2mM 四氫金(III)酸反應 2 天的平均產量比較

硫酸亞鐵 濃度(mM)	平均產量 (mg)	標準偏差	磁性	硫酸亞鐵 濃度(mM)	平均產量 (mg)	標準偏差	磁性
2	0	0	無	20	5.5	0.6	有
4	0	0	無	40	7.7	2.6	有
8	1.6	1.0	有	60	13.2	1.2	有
10	3.8	1.1	有	80	24.9	5.9	有
12	4.3	1.0	有	100	23.9	2.8	有
14	5.9	0.2	有	120	35.5	3.4	有
16	2.9	0.3	有				

圖一 硫酸亞鐵溶液濃度對平均產量的關係圖

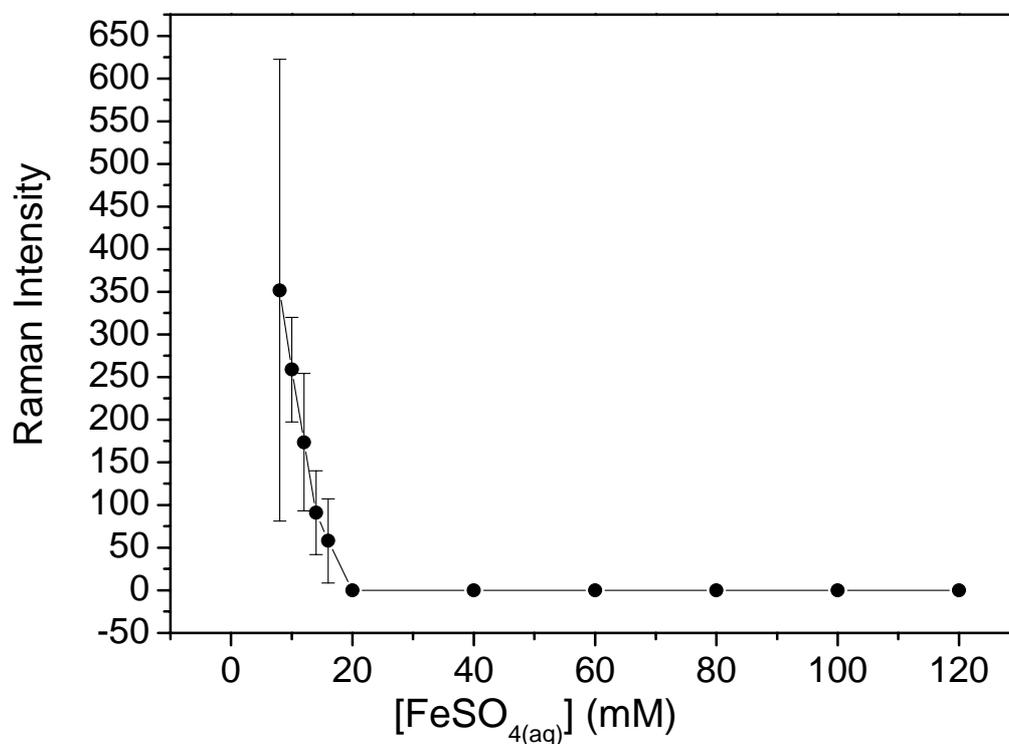


表二 不同濃度的硫酸亞鐵溶液與 2mM 四氫金(III)酸反應 2 天的平均拉曼強度比較

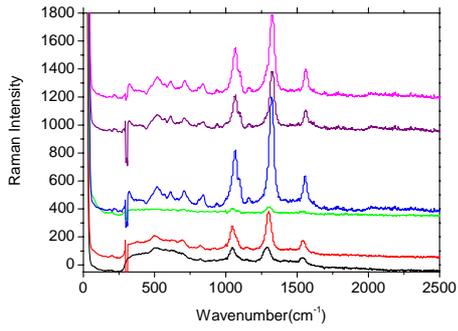
硫酸亞鐵 濃度(mM)	平均 拉曼強度	標準偏差	硫酸亞鐵 濃度(mM)	平均 拉曼強度	標準偏差
8	351.77	270.70	40	—	—
10	258.77	61.32	60	—	—
12	173.51	80.56	80	—	—
14	90.86	49.20	100	—	—
16	58.04	49.37	120	—	—
20	—	—			

(—代表測不到)

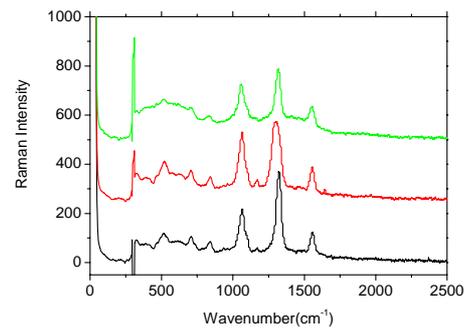
圖二 硫酸亞鐵溶液濃度對平均拉曼強度的關係圖



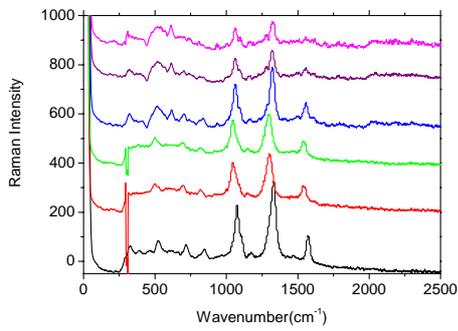
圖三 硫酸亞鐵溶液濃度為 8mM(反應 2 天)



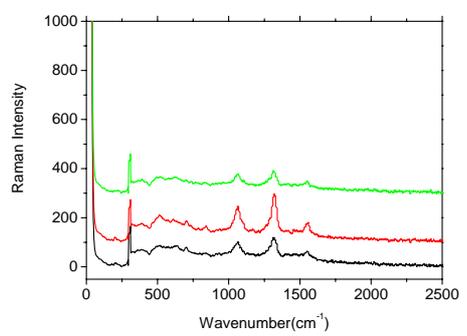
圖四 硫酸亞鐵溶液濃度為 10mM(反應 2 天)



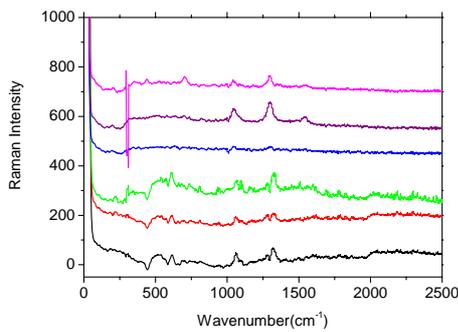
圖五 硫酸亞鐵溶液濃度為 12mM(反應 2 天)



圖六 硫酸亞鐵溶液濃度為 14mM(反應 2 天)



圖七 硫酸亞鐵溶液濃度為 16mM(反應 2 天)



## 二、等比例稀釋成不同反應濃度

### (一) 平均產量

將成不同莫耳數比的  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{AuCl}_4^-$  以相同倍數稀釋，探討其平均產量的變化。

依上組實驗取三組莫耳數比 16 : 2、12 : 2、8 : 2，分別將溶液稀釋後其平均產量為表三至表五，圖八為平均產量對稀釋倍數的關係圖。

### (二) 平均拉曼強度

探討稀釋成不同濃度對產生的磁性粒子表面含金量的影響，表六到表八為平均拉曼強度，圖九為平均拉曼強度對稀釋倍數的關係圖。圖十至圖十五為拉曼光譜圖。

表三 16mM 硫酸亞鐵溶液和 2mM 四氯金(III)酸以不同倍數稀釋濃度後的平均產量

稀釋倍數	平均產量 (mg)	標準偏差	磁性
1	6.0	0.1	有
1.3	4.7	0.5	有
2	3.7	0.8	有
4	2.7	0.3	無
8	1.5	0.4	無

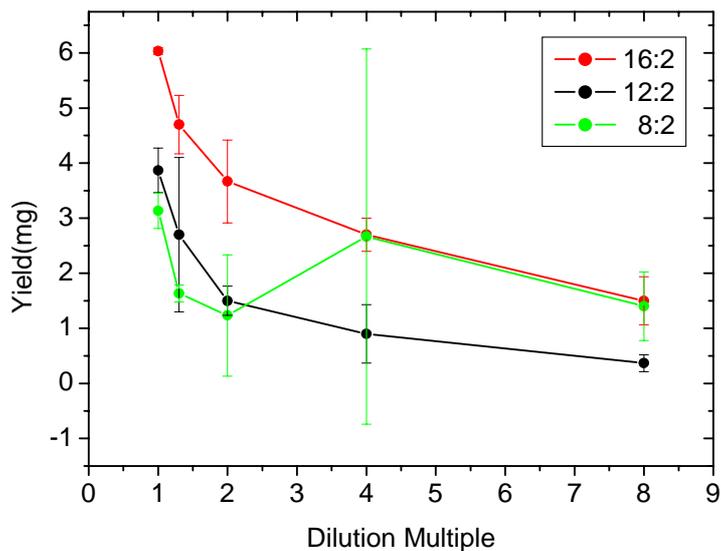
表四 12mM 硫酸亞鐵溶液和 2mM 四氯金(III)酸以不同倍數稀釋後的平均產量

稀釋倍數	平均產量 (mg)	標準偏差	磁性
1	3.9	0.4	有
1.3	2.7	1.4	有
2	1.5	0.3	有
4	0.9	0.5	無
8	0.4	0.2	無

表五 8mM 硫酸亞鐵溶液和 2mM 四氯金(III)酸以不同倍數稀釋後的平均產量

稀釋倍數	平均產量 (mg)	標準偏差	磁性
1	3.1	2.9	弱
1.3	1.6	1.6	弱
2	1.2	2.3	弱
4	2.7	0.8	無
8	1.4	0.9	無

圖八 稀釋倍數對平均產量的關係圖



表六 16mM 硫酸亞鐵溶液和 2mM 四氯金(III)酸以不同倍數稀釋後的平均拉曼強度

稀釋倍數	平均拉曼強度	標準偏差
1	58.04	49.37
1.3	85.93	39.64
2	75.33	65.70

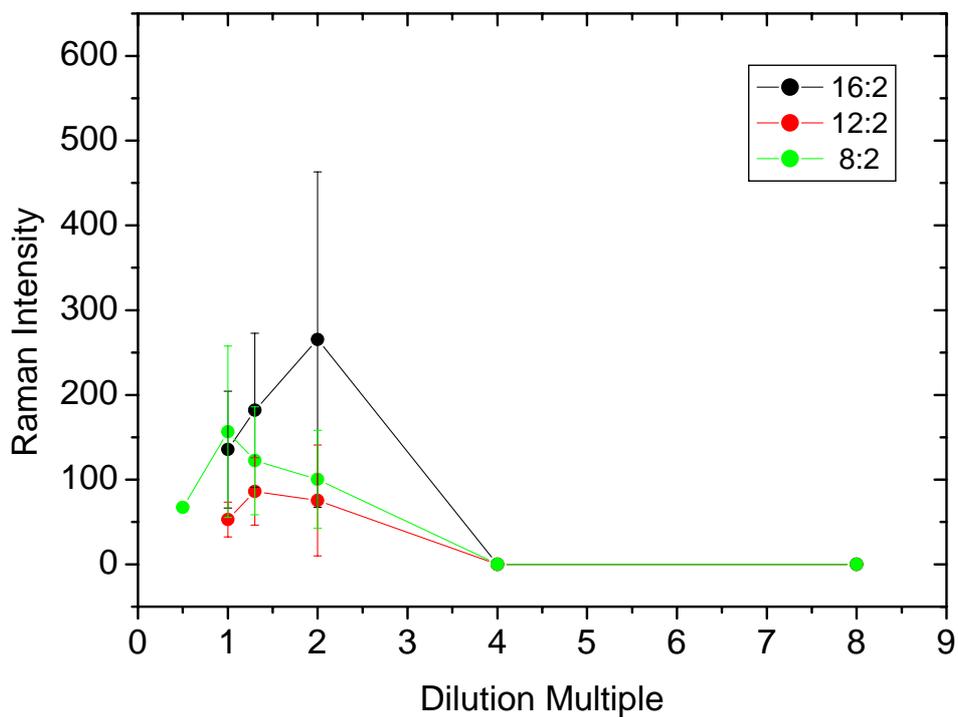
表七 12mM 硫酸亞鐵溶液和 2mM 四氯金(III)酸以不同倍數稀釋後的平均拉曼強度

稀釋倍數	平均拉曼強度	標準偏差
1	173.51	80.56
1.3	181.78	91.06
2	265.25	198.15

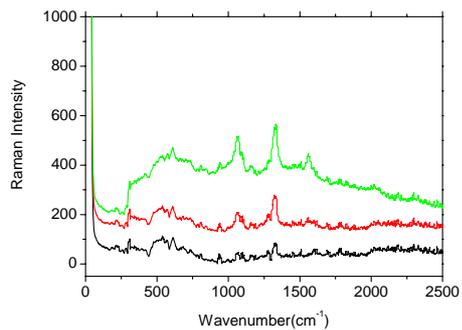
表八 8mM 硫酸亞鐵溶液和 2mM 四氫金(III)酸以不同倍數稀釋後的平均拉曼強度

稀釋倍數	平均拉曼強度	標準偏差
0.5	67.20	25.92
1	351.77	270.70
1.3	122.27	63.79
2	100.25	57.69

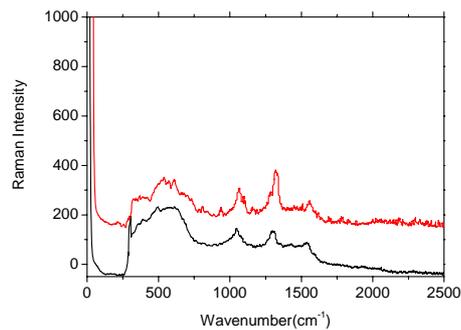
圖九 稀釋倍數對平均拉曼強度的關係圖



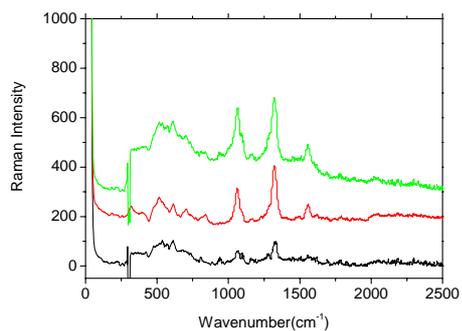
圖十 濃度為 6mM，1.5mM



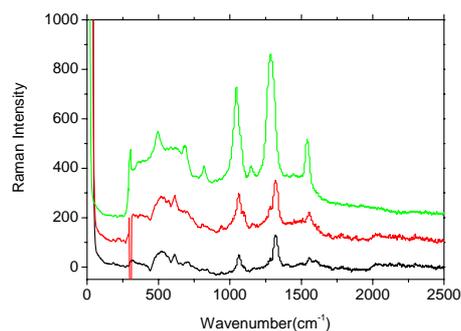
圖十一 濃度為 4mM，1mM



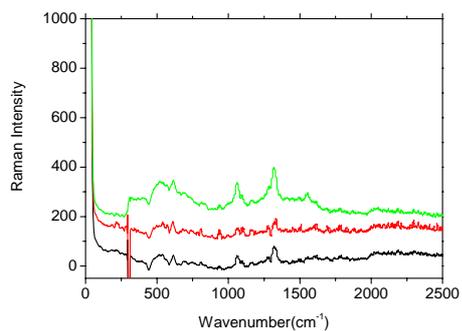
圖十二 濃度為 9mM，1.5mM



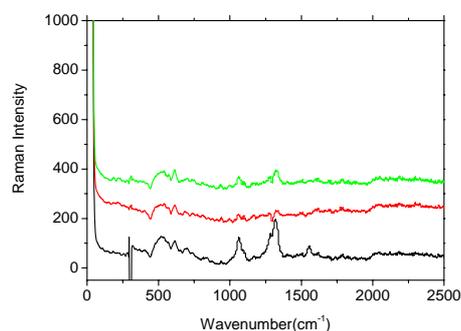
圖十三 濃度為 6mM，1mM



圖十四 濃度為 12mM，1.5mM



圖十五 濃度為 8mM，1mM



### 三、加氨水前不同反應時間

#### (一) 平均產量

探討不同反應時間對平均產量的影響，將 12mM 硫酸亞鐵溶液和 2mM 四氯金(III) 酸混合後反應不同時間。其平均產量的變化如表九，平均產量對反應時間的關係圖如圖十六。

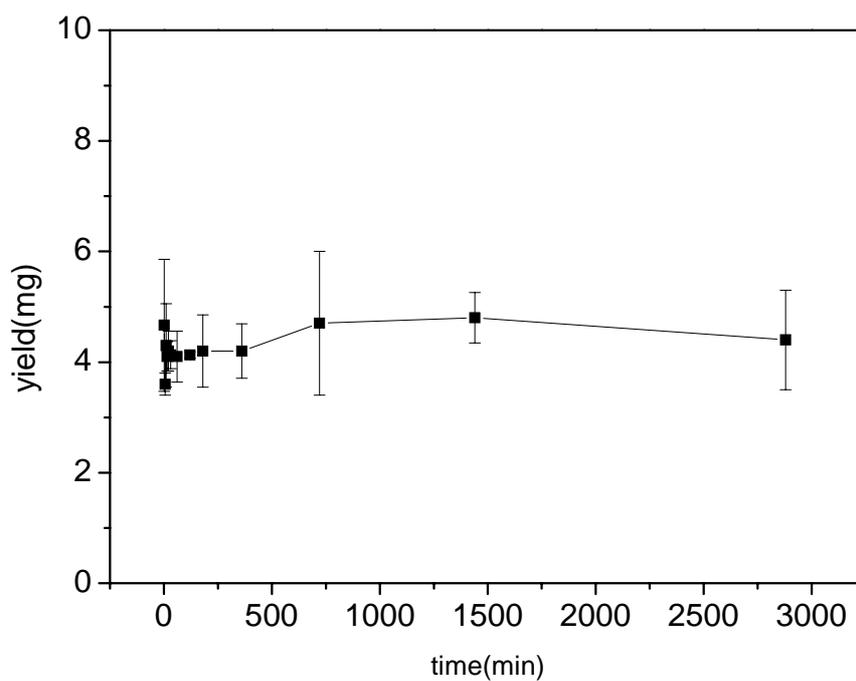
#### (二) 平均拉曼強度

探討不同反應時間對平均拉曼強度的影響，表十為其平均強度變化，平均拉曼強度對反應時間的關係如圖十七。圖十八至圖二十六為拉曼光譜圖。

表九 加氨水前不同反應時間對平均產量的影響

反應時間	平均產量			反應時間	平均產量		
	(mg)	標準偏差	磁性		(mg)	標準偏差	磁性
1 分鐘	4.7	1.2	有	2 小時	4.1	0.1	有
5 分鐘	3.6	0.2	有	3 小時	4.2	0.7	有
10 分鐘	4.3	0.8	有	6 小時	4.2	0.5	有
15 分鐘	4.1	0.3	有	12 小時	4.7	1.3	有
20 分鐘	4.2	0.4	有	1 天	4.8	0.5	有
30 分鐘	4.1	0.3	有	2 天	4.4	0.9	有
1 小時	4.1	0.5	有				

圖十六 加氨水前不同反應時間對平均產量的關係圖

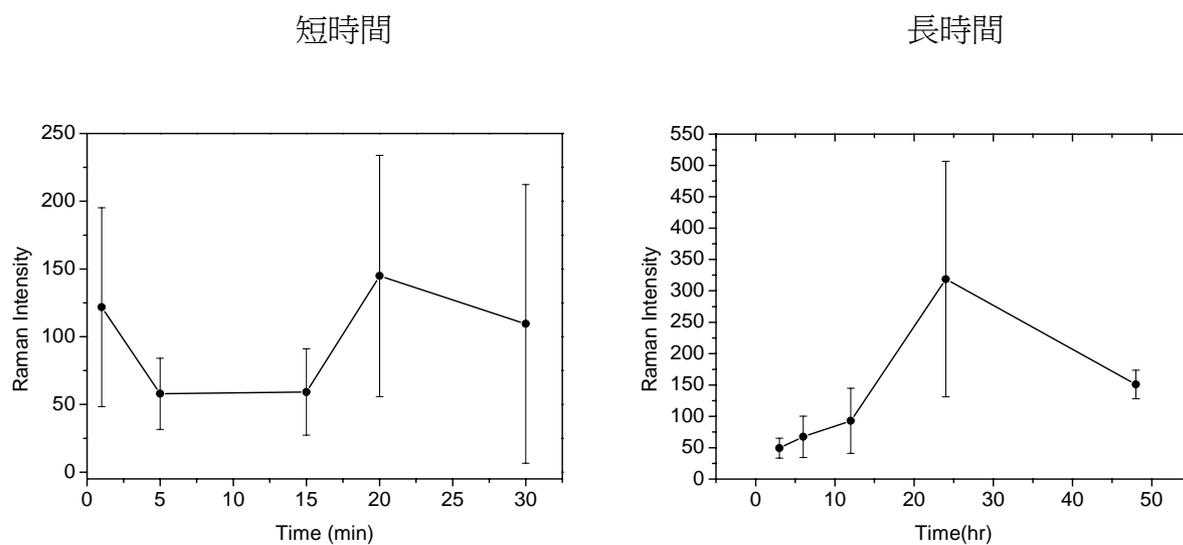


表十 加氨水前不同反應時間對平均拉曼強度的影響

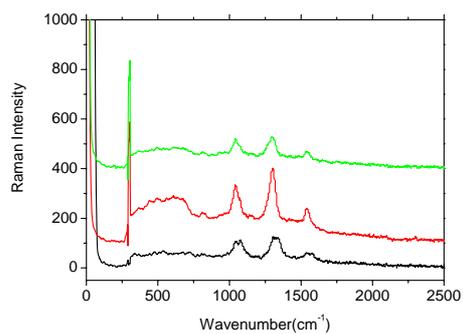
反應時間	平均拉曼強度	標準偏差	反應時間	平均拉曼強度	標準偏差
1 分鐘	121.87	73.4	2 小時	—	—
5 分鐘	57.87	26.25	3 小時	49.36	15.94
10 分鐘	0.00	0.00	6 小時	67.44	32.90
15 分鐘	59.13	31.83	12 小時	92.94	51.93
20 分鐘	144.83	89.08	1 天	318.79	187.66
30 分鐘	109.45	102.84	2 天	173.51	80.56
1 小時	—	—			

(—表示測不到)

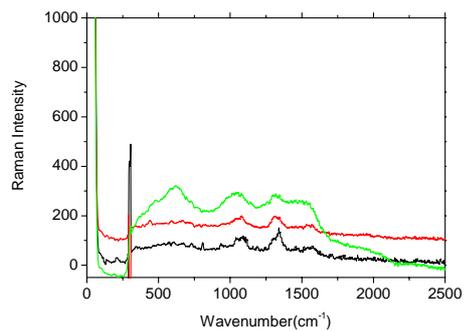
圖十七 加氨水前不同反應時間對平均拉曼強度的關係圖



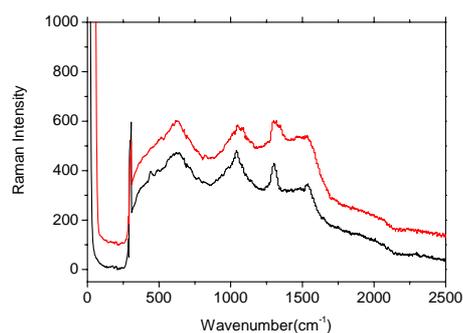
圖十八 反應 1 分鐘



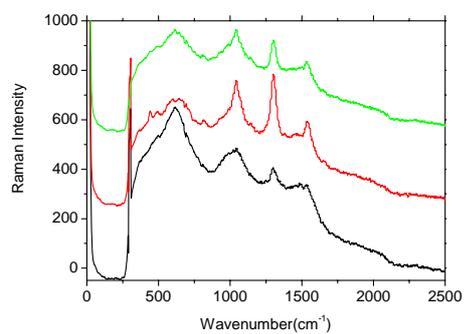
圖十九 反應 5 分鐘



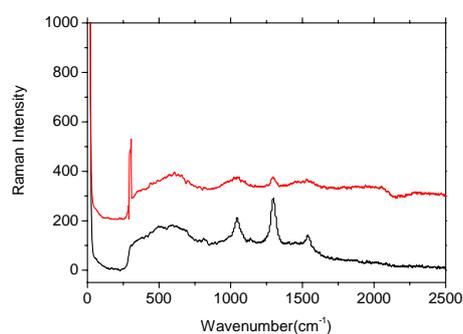
圖二十 反應 15 分鐘



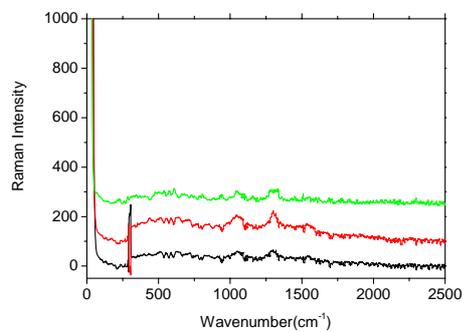
圖二十一 反應 20 分鐘



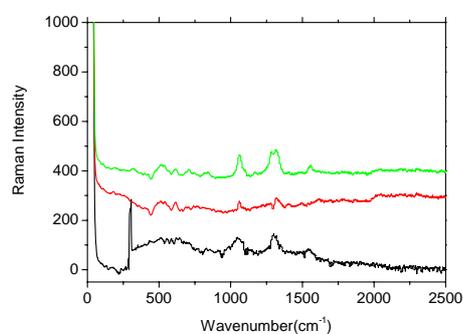
圖二十二 反應 30 分鐘



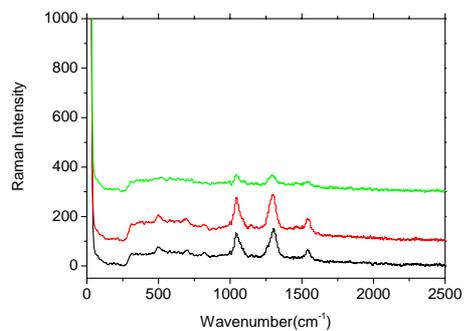
圖二十三 反應 3 小時



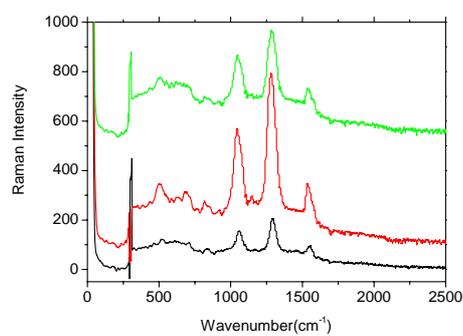
圖二十四 反應 6 小時



圖二十五 反應 12 小時



圖二十六 反應 1 天



## 陸、討論

### 一、 $\text{Fe}^{2+}$ 和 $\text{AuCl}_4^-$ 成不同莫耳數比的平均產量比較

硫酸亞鐵溶液濃度愈高，磁性奈米粒的平均產量愈高。但是四氯金酸(III)的濃度和量是固定的，所以能夠被氧化出來的 $\text{Fe}^{3+}$  應該也是定值，形成的磁性粒子量也應固定，據資料，只有 $\text{FeO}$ 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 以適當比例結合才有磁性，純 $\text{FeO}$ 或 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 都不具磁性，因此做了一組不加 $\text{AuCl}_4^-$ 溶液的實驗且置於空氣中，結果發現依然可以產生磁性粒子，由此可知氧氣也可參與反應氧化 $\text{Fe}^{2+}$ 。硫酸亞鐵溶液濃度低於8mM所形成的粒子沒有磁性，推測是因為 $\text{Fe}^{2+}$ 全部被氧化成 $\text{Fe}^{3+}$ ，導致其不具磁性。

### 二、 $\text{Fe}^{2+}$ 和 $\text{AuCl}_4^-$ 成不同莫耳數比的含金量比較

雖然硫酸亞鐵溶液濃度愈高，磁性奈米粒的平均產量愈高，但含金量卻是隨濃度提高而下降，因為硫酸亞鐵溶液的濃度越高，磁性粒子與金的相對比例越大，單位表面積上的金也相對的減少，故使含金量下降。

### 三、等比例稀釋成不同反應濃度的平均產量比較

等比例不同反應濃度的情況下，溶液反應濃度越低，磁性粒子的平均產量越低。濃度越低，反應粒子碰撞的機率越小，能與 $\text{AuCl}_4^-$ 反應的 $\text{Fe}^{2+}$ 較少，所以最後生成的磁性粒子變少。濃度太低所得的粒子也沒有磁性，應該也是因為能與 $\text{AuCl}_4^-$ 反應的 $\text{Fe}^{2+}$ 較少，雖有磁性物質生成，但相對於沒有磁性的粒子所佔整體的比例小很多，所以看起來是沒有磁性的。

### 四、等比例稀釋成不同反應濃度的含金量比較

由數據可知，隨著反應濃度下降，含金量會先上升達到最大值後再下降。當反應濃度較高的時候，磁性粒子較易聚集成體積較大的顆粒，容易把金粒包覆在內層，則分布在外層的金粒相對較少，反應濃度變低後，磁性粒子聚集後的顆粒比高濃度小，而在較外層的金粒相對較多，所以能測得的吸收峰較大，但是反應濃度太低會使與 $\text{Fe}^{2+}$ 反應的 $\text{AuCl}_4^-$ 變少（碰撞機率太低），故強度又會下降。

## 五、加氨水前不同反應時間含金量比較

不同反應時間中，磁性粒子的產量變動不大，所以反應時間對磁性粒子的產量影響不大。不過含金量隨著反應時間愈長而增加，推斷是因為反應時間若較短，金尚不能均勻地散布就被沉澱下來了，所以與反應時間較長的相比，單位表面積上的金相對的比較少，因此含金量較小，雖然是隨著反應時間增加，而測得較大的數據，但是上升到一個值後會逐漸下降，可能是因為粒子經過長時間聚集後，總表面積相對的減少，所以含金量有下降的趨勢。

六、雖然不同莫耳數比的實驗中，硫酸亞鐵溶液濃度為8mM所測得的含金量平均比12mM來的高但是8mM的樣品的品質很不穩定，有的有磁性，有的沒有，有的含金量高，有的低，所以大部分固定濃度的實驗組採用12mM硫酸亞鐵溶液來進行。

七、不同濃度的硫酸亞鐵溶液與2mM四氯金(III)酸反應的實驗組中，低濃度的硫酸亞鐵溶液加了氨水之後粒子隨即有磁性，但是反應濃度較高的硫酸亞鐵溶液製成的粒子加氨水後需放置一段時間才會慢慢產生磁性。可能原因為硫酸亞鐵溶液濃度高的時候， $\text{Fe}^{2+}$ 和 $\text{AuCl}_4^-$ 的莫耳數比例很大， $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的量差很多，表現出的磁性不明顯，但是靜置一段時間後，氧氣將部分 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 氧化成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，所以才有明顯的磁性。

八、硫酸亞鐵溶液容易氧化，所以在每次實驗前配製，且不能放置太久。

## 柒、結論

綜合所有實驗數據，硫酸亞鐵溶液濃度越高，平均產量愈大，但含金量愈少；而  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{AuCl}_4^-$  的莫耳數比固定時，反應的濃度會影響磁性奈米粒的型態；反應時間愈長，平均產量變動不大，含金量先上升後下降。

- 哈佛醫學院分子成像研究中心(Center for Molecular Imaging Research)的研究團隊將磁性奈米微粒注射於血流中，能夠在人體體液與細胞組織中精確的顯露出病毒潛伏位置。
- 國家衛生研究院將磁性奈米粒子與幹細胞結合，當其注入體內後，以磁振造影照射，偵測這些幹細胞內的磁性奈米粒子發出的訊號，就可以確實掌握幹細胞移植到人體後的動向。
- 普渡大學生醫工程與化學系研究人員將長約 60 奈米、寬約 20 奈米的金奈米柱注入老鼠的血管中，當奈米柱流經耳部時，再以雷射掃描皮膚偵測奈米柱。此法能較傳統式(例如使用 rhodamine 的螢光染劑法)獲得更明亮的影像。
- 近年來，隨著對金觸媒研究的增加，一再印證奈米級金觸媒是有活性的，而且發現除了可催化一氧化碳的氧化反應（意即能將有毒的一氧化碳轉成二氧化碳）外，還能催化其他反應，例如丙烯的環氧化、不飽和碳氫化合物的氫化等。這些反應原本所用的觸媒是稀有且價格昂貴的白金，因為其需求量增加，價格隨之上揚。因此金觸媒已深深吸引業者的注目，因為金的產量比白金大很多，價格也只有白金的三分之二。
- 美國 Illinois 大學 Urbana-Champaign 分校的科學家已經製造出一種 DNA 酵素—奈米金粒子的感應器，當偵測到有鉛離子存在時，就會變色。這種技術可以用來偵測油漆中的鉛，或是其他環境中的污染物。
- 在美國國家奈米先導計畫的目標或「重要挑戰」之中，列出了一系列疾病檢驗、診斷及治療的未來改善之道，包括利用與腫瘤產生結合的金質奈米殼（圓球型），經由紅外光照射後加熱變形，釋放出摧毀腫瘤的藥物，或是接有短鏈 DNA 的奈米金粒子，可以測定樣本中是否含有特定的基因序列。

如果將以上奈米金粒子的應用結合磁性奈米粒，不但能利用磁場引導粒子到目標地，回收也很方便，增加運用粒子的確切性。

堪稱奈米科技之父的諾貝爾物理獎得主理查費曼先生，在 1959 年美國物理年會上所發表的奈米遠景中，期許未來有一天，人類能依照需求隨心所欲地利用原子或分子建構出各種全新的材料與元件。有鑑於此，我們希望能將磁性奈米金粒的型態控制到最佳狀態，一旦製造磁性奈米金粒的技術成熟，不論在生醫、環保或是其他領域都將會有更大的突破。

## 捌、參考資料

- 一、楊寶旺，高中物質科學化學篇（下），龍騰文化事業股份有限公司，49-72，2007
- 二、韋承宏（民 92）。磁性含銀奈米粒子之研製與應用。國立中興大學化學系碩士論文，未出版，台中市
- 三、余宣賦、程冠博（民 95 年 12 月 8 日）。磁性陶瓷粉末。行政院國家科學委員會- 科普知識。民 96 年 3 月 31 日，取自：  
[http://www.nsc.gov.tw/\\_newfiles/popular\\_science.asp?add\\_year=2006&popsc\\_aid=140](http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science.asp?add_year=2006&popsc_aid=140)
- 四、編輯 HCC（民 92 年 8 月 25 日）。以磁性奈米微粒偵測病毒位置。科景。民 96 年 3 月 31 日，取自：[http://www.sciscape.org/news\\_detail.php?news\\_id=1252](http://www.sciscape.org/news_detail.php?news_id=1252)
- 五、磁性顆粒製作奈米指南針（民 93 年 5 月 3 日）。中華民國微系統暨奈米科技協會。民 96 年 3 月 31 日，取自：  
[http://www.nma.org.tw/bulletin/newslist.asp?web\\_id=msa&func\\_seq=2&serialno=697](http://www.nma.org.tw/bulletin/newslist.asp?web_id=msa&func_seq=2&serialno=697)
- 六、陳慧瑤（民 95 年 3 月 6 日）。當黑素瘤遇上磁性奈米微粒。奈米創新網。民 96 年 3 月 31 日，取自：[http://www.tw.sgs.com/zh\\_tw/magnetic\\_particle\\_testing?serviceId=17540&lobId=26907](http://www.tw.sgs.com/zh_tw/magnetic_particle_testing?serviceId=17540&lobId=26907)
- 七、PC home 新聞（民 93 年 7 月 29 日）。奈米金觸媒淨化一氧化碳 工研院盼技轉廠商。奈米創新網。民 96 年 6 月 2 日，取自：  
[http://www.nano.com.tw/Nano\\_News/news\\_content.php?id=1404](http://www.nano.com.tw/Nano_News/news_content.php?id=1404)
- 八、董慕愷、陳郁文（民 94 年 6 月 8 日）。奈米金觸媒。科普知識。民 96 年 6 月 2 日，取自：  
[http://www.nsc.gov.tw/\\_newfiles/popular\\_science.asp?add\\_year=2005&popsc\\_aid=67](http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science.asp?add_year=2005&popsc_aid=67)
- 九、編輯 HCC（民 94 年 10 月 30 日）。使用金奈米柱的超靈敏醫學影像技術。科景。民 96 年 6 月 2 日，取自：  
[http://www.sciscape.org/news\\_detail.php?news\\_id=1909](http://www.sciscape.org/news_detail.php?news_id=1909)
- 十、奈米粒子感應器。工業技術研究院 奈米科技研發中心 奈米辭典。民 96 年 6 月 2 日，取自：  
<http://www.ntrc.itri.org.tw/index.jsp>

十一、陳東煌（民 95 年 12 月 8 日）。複合奈米粒子。科普知識。民 96 年 6 月 2 日，  
取自：

[http://www.nsc.gov.tw/\\_newfiles/popular\\_science.asp?add\\_year=2006&popsc\\_aid=143](http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science.asp?add_year=2006&popsc_aid=143)

十二、阿利維撒托斯（A. Paul Alivisatos），潘震澤 譯。奈米醫學大未來。民 96 年 6 月 2 日  
取自：

<http://www.nchu.edu.tw/~material/nano/nanoinformation38.htm>

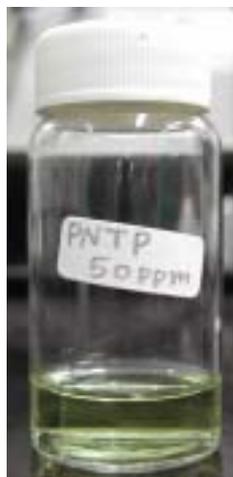
## 玖、附錄



附圖一、拉曼光譜儀



附圖二、SEM



附圖三、PNTF

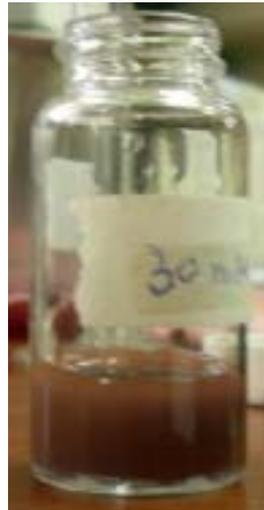


附圖四、四氯金(III)酸

附圖五、實驗步驟



1.加入金液



2.加入硫酸亞鐵溶液

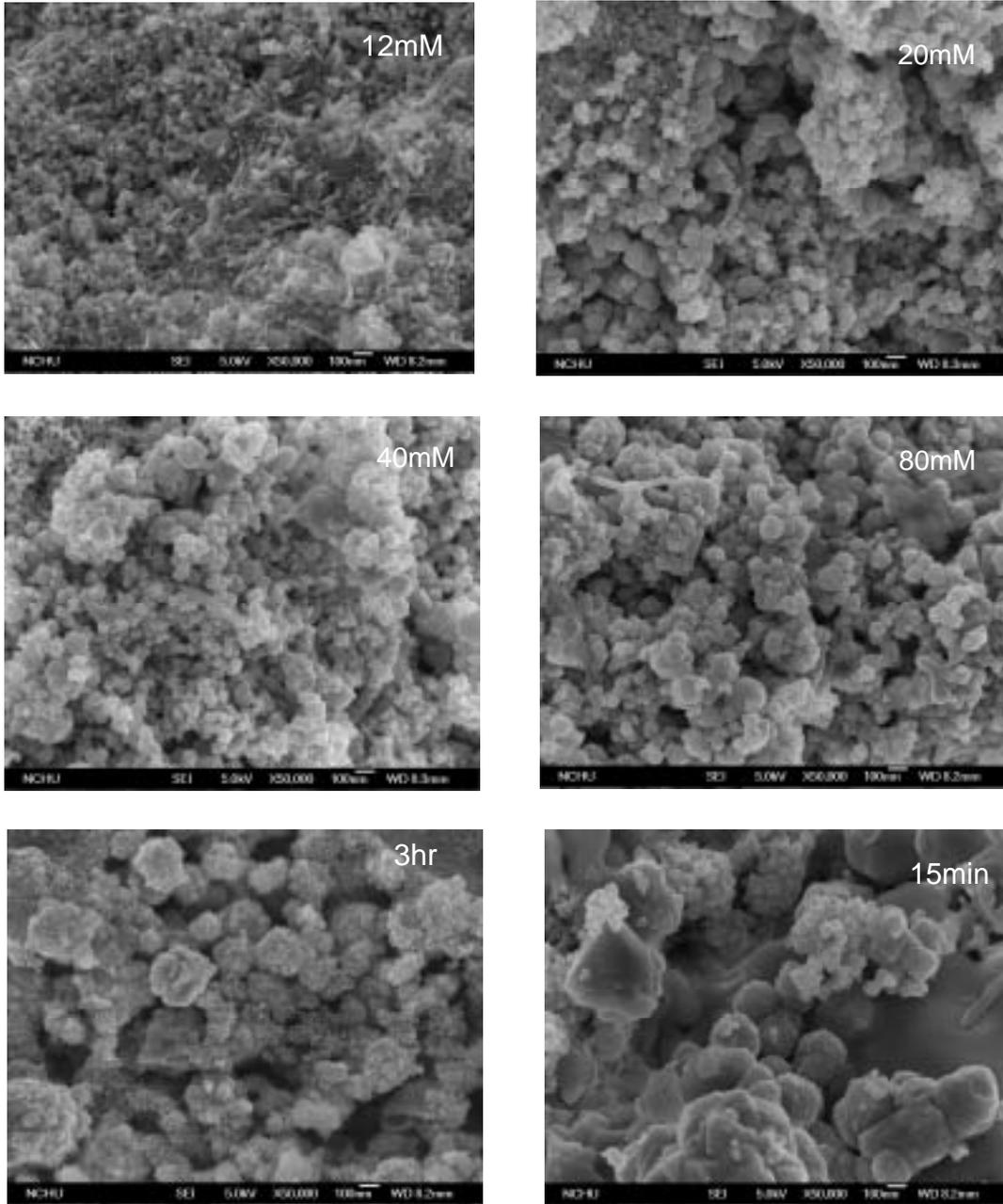


3.加入氨水

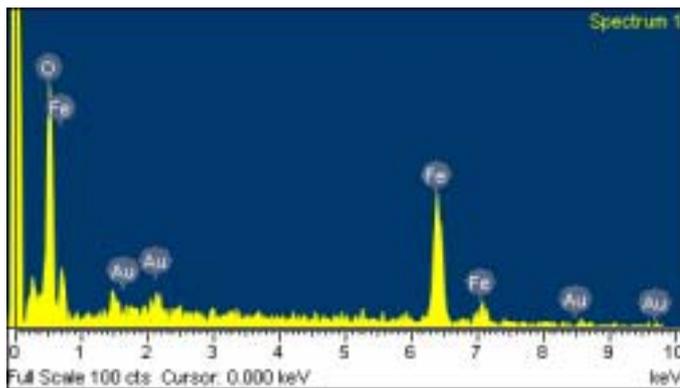


4.測試磁性

附圖六、SEM 照片



附圖七、EDS 測磁性奈米粒成分圖



Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : All elements  
analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 3

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM  
Au Au 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
O K	41.62	72.57
Fe K	53.57	26.75
Au M	4.81	0.68
Totals	100.00	



**【評語】** 040211 吸金耶！磁性奈米金粒的製造與修飾

本作品以亞鐵離子與氯金酸直接反應生成具磁性的奈米金，題目方向非常具前瞻性，定量關係略缺，對產生的磁性奈米金粒的檢定應再加強。