

奈米好好玩－簡易螢光金奈米團簇製備及重金屬汞離

子檢測應用

教師手冊

前言

本教學教材適用對象為有志從事奈米科學教育之在校師培生、高級中學在校生，
本教材內容主要介紹螢光金奈米團簇的合成，與其重金屬檢測的應用。第一部分，
利用雞蛋白與金離子且加入蘇打維持鹼性環境，以綠色合成法並配合家用微波爐，
合成出螢光金奈米團簇。第二部分，將螢光金奈米團簇與不同的金屬(重金屬)離
子混合，可觀察因其量子效應的關係，發現汞離子能使螢光金奈米產生消光反應。

關鍵詞：雞蛋白、蘇打、微波爐、金奈米團簇、汞離子

目錄

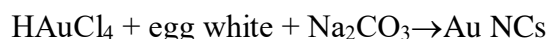
一、緒論	3
二、實驗目的	5
三、教學特色	5
四、能力指標	5
五、實驗準備	6
六、實驗步驟	7
七、實驗記錄與討論	8
八、實驗結果	9
九、結論	10
十、參考文獻	10
〔附件 1〕奈米科技實驗動手做教學計畫	12
〔附件 2〕奈米科技實驗動手做兩階段試題	16

一、緒論

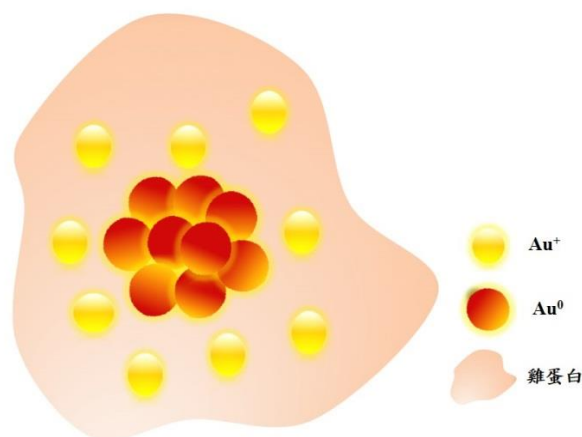
在四氯金酸的還原反應中主要會形成粒子與團簇兩大類。以金奈米粒子為例，主要是利用檸檬酸鈉還原四氯金酸的金離子形成金奈米粒子，可藉由不同反應條件製備出不同尺寸的金奈米粒子，如 13 nm、32 nm 金奈米粒子。金奈米粒子廣泛應用於生物醫學或分析檢測中，本實驗室在先前發表的教材即是探討金奈米粒子對重金屬的檢測，請參照<奈米科技實驗動手做教學教材：力與交互作用力-金奈米粒子合成與穩定度探討>；團簇是介於分子、原子與物質間的過度狀態，性質不同於原子分子，也不同於物質，是以穩定且獨特的狀態存在，且會因尺度大小的不同而改變，本實驗即是以螢光金奈米團簇(gold nanoclusters, Au NCs)為主要探討對象。

在本實驗中，螢光金奈米團簇是於鹼性的條件下藉由微波爐輔助的方式製備合成。利用四氯金酸與雞蛋白並加入碳酸鈉維持弱鹼的環境，再配合家用微波爐的使用，製備出螢光金奈米團簇。

反應式如下：



雞蛋白在反應中作為模板及保護劑，其所含的色胺酸(Tryptophan)與酪胺酸(Tyrosine)在鹼性條件下可將四氯金酸所提供的 Au^{3+} 還原成 Au^0 及少部分的 Au^+ ，雞蛋白的黏稠性能將金原子(Au^0)聚集成小單元，並於單元外附著少量 Au^+ ，其雞蛋白的立體障礙又能防止過多的金原子(Au^0)聚集，控制螢光金奈米團簇為適當的大小，同時雞蛋白所含的蛋白質能藉由凡得瓦力穩定吸附在金奈米粒子表面上作為保護劑維持螢光金奈米團簇的穩定性。所以螢光金奈米的基本單元為：數個金原子外層附著少量的 Au^+ ，外層再包裹著雞蛋白作為保護劑與模板，其示意圖如下：



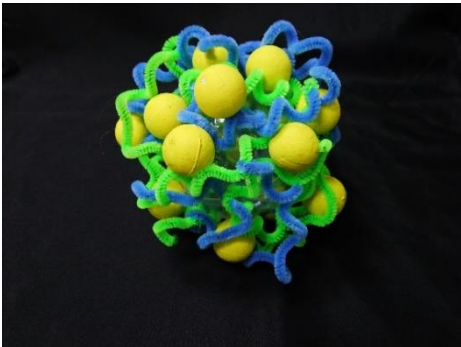
螢光金奈米團簇在暗室下受紫外光的照射會顯現出其螢光性質，呈現橘紅色的螢光，原因為螢光金奈米團簇的量子效應所致。當物質的尺度縮小至奈米大小時，其物理性質或化學性質會產生重大改變，能階也會從連續轉為不連續，所以必須將量子效應納入考慮與分析。

由於量子效應，使螢光金奈米團簇的能階變成不連續的能階。螢光物質經過紫外光激發後，電子會由基態 S_0 躍遷至較高的能階 S_2 (激發態)，經過內轉換後，電子會先下降至較低的能階 S_1 ，最後再降至基態 S_0 並放出能量，放出能量的形式為產生橘紅色的螢光。我們利用這樣易觀察的現象來做為螢光量子點，發展重金屬的檢測器。

進一步，我們藉以螢光的特性來檢測重金屬汞，由於 Hg^{2+} 與 Au^+ 在電子殼層間的 d^{10} 軌域中會形成作用力強的金屬親核鍵，此鍵結會影響受紫外光激發的電子躍遷到激發態，因受激發的電子會透過金屬親核鍵傳遞到汞離子，阻礙激發態的產生，而產生消光現象。

金屬	Hg^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}	Ni^{2+}	Na^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Sr^{2+}	Mg^{2+}
原子組態	[Xe] $4f^{14} 5d^{10}$	[Xe] $4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	[Kr] $4d^{10}$	[Ar] $3d^8$	[Ne]	[Xe]	[Ar]	[Kr]	[Ne]

教學示意模型：

螢光金奈米團簇基本單元模型	
	<p>本以藍、綠色毛根視為雞蛋白、黃色保麗龍球為金離子 (Au^{3+})，示意螢光金奈米團簇於反應前的狀態。</p>

螢光金奈米團簇產生螢光反應模型



本模型模擬螢光金奈米團簇接受紫外光的激發，產生橘紅色的螢光反應。

二、實驗目的

1. 學習利用雞蛋白、碳酸鈉、四氯金酸與家用微波爐進行綠色化學合成法，合成螢光金奈米團簇。
2. 比較不同種類重金屬離子對螢光金奈米團簇之影響，並探討其選擇性之成效。

三、教學特色

1. 實驗操作簡單，藥品取劑量少且取得容易，符合綠色化學。
2. 本教材以「量子效應」為主要奈米概念，且符合多項奈米九大概念(big idea)，在課程時間內使學生以簡單的實驗探索並體會奈米世界。
3. 使用引導式之探究教學法，使學生調整對科學本質的事實認知，獲得新知識，並在發現的過程中嘗試錯誤而有所啟發以及有助於學生理解課程知識。
4. 教學過程搭配具形成性評量作用之學習單〔**教師手冊之〔附件 2〕兩階段試題**〕，以達到「著重學生靈活應用所學知識與技能，並非一味注重紙本測驗」的理念，教師可輕鬆運用，以強化學生對於新知識的認知。
5. 實施理想化之教學計畫，確實安排足夠的教學時間，教師可輕易依照認知、技能與技能目標自行安排〔**教師手冊之〔附件 1〕教學計畫**〕之課程程序與上課地點。

四、能力指標

本教材符合中小學一貫課程體系參考指引之自然領域(學科)能力，如下表所示：
教育部 95 年 10 月 26 日台中(一)字第 0950158737 號函

學校等級 (18歲)	化學領域(學科)能力
高級中學	3.能了解物質形成及其化學變化的基本化學概念。
	7.能具備化學實作的能力，清楚實驗的安全規範。
職業學校	3.能了解物質的組成、狀態與性質。
	6.能具備化學實作的能力，清楚實驗的安全規範。

本教材符合教育部頒布之普通高級中學必修科目「基礎化學」課程綱要(970124版)：

99課綱之 高中化學核 心能力	一、化學是基礎科學的核心學科，最重要的是建立科學思考的基本方法與態度。對論證、思辨、理解、批判、解析、創新、發現及解決問題等智能之培養，應為學習之核心。
	二、化學與物理學同為物質科學的兩大柱石，包含理論、現象與應用面向的學習。學科能力應注重概念的理解與應用，數據圖表的轉化與解讀，並能就生活中與科學相關的事件或現象尋求證據導向及理性判斷的思考與觀點。

***更多的教學目標詳見〔附件1〕奈米科技實驗動手做教學計畫**

五、實驗準備

1. 試藥

藥品名稱	濃度	上課一次的用量	藥品英文名稱
四氯金酸	10 mM	500 μ L	Hydrogen tetrachloroaurate (III) trihydrate
碳酸鈉	0.5 M	100 μ L	Sodium carbonate
Tris-HCl 緩衝液	4 mM	10 mL	Tris-HCl buffer
氯化汞	1 mM	300 μ L	Mercury(II) chloride
硝酸鉛	1 mM	300 μ L	Lead(II) nitrate
硝酸鎘	1 mM	300 μ L	Cadmium(II) nitrate
硝酸鎳	1 mM	300 μ L	Nickel(II) nitrate
硝酸銅	1 mM	300 μ L	Copper(II) nitrate
碳酸鈉	1 mM	300 μ L	Sodium carbonate
氯化鋇	1 mM	300 μ L	Barium dichloride
氯化鈣	1 mM	300 μ L	Calcium Chloride

奈米好好玩－簡易螢光金奈米團簇製備及重金屬汞離子檢測應用

氯化亞鐵	1 mM	300 μ L	Iron(II) chloride
氯化鐵	1 mM	300 μ L	Iron(III) chloride
硝酸鋇	1 mM	300 μ L	Strontium nitrate
硝酸鎂	1 mM	300 μ L	Magnesium nitrate

2. 儀器與材料

器材名稱	規格	一組的器材數量
新鮮雞蛋		1 顆
電磁加熱攪拌器		1 個
樣品瓶	20 mL	1 個
樣品瓶	50 mL	1 個
磁攪拌子	2 cm	1 個
燒杯	250 mL	1 個
麻布手套		1 雙
滴管		11 隻

六、實驗步驟

A. 螢光金奈米團簇的合成與檢測



1. 取一顆新鮮雞蛋，將雞蛋白取出於 50 mL 燒杯中，過程中避免繫帶及蛋黃的流入。
2. 將磁石放入裝有雞蛋白的 50 mL 燒杯中，放置於攪拌器上並使用轉速 650 rpm 均勻攪拌。
3. 持續攪拌約 20 分鐘後，利用微量滴管吸取 500 μ L 雞蛋白於 20 mL 樣品瓶中。
4. 於 20 mL 樣品瓶中依序用微量滴管滴入 1500 μ L DI water(或蒸餾水)、100 μ L Na_2CO_3 (0.6 M)、500 μ L HAuCl_4 (10 mM)。
5. 接著於 20 mL 樣品瓶開口封上保鮮膜並輕戳一小孔洞。
6. 將 20 mL 樣品瓶放入 250 mL 燒杯中，防止加熱過程突沸後溶液噴濺。
7. 將裝有 20 mL 樣品瓶的燒杯放入家用微波爐當中，以低火微波的方式微波兩分鐘，間斷兩分鐘，最後再以低火微波兩分半鐘。
8. 待加溫之樣品瓶稍微降溫後，以麻布手套將樣品瓶取出，便完成螢光金奈米團簇的合成。

9. 在暗室中，以紫外燈由下往上照射樣品瓶，便可以觀察到螢光金奈米團簇呈橘紅色的螢光反應。

*注意：在觀察時，切勿持續照射紫外燈過久，以免造成能量激發以致螢光消失。螢光金奈米團簇建議保存在暗室中，避免日光燈的激發而產生消光反應。

B. 螢光金奈米團簇對不同金屬進行重金屬檢測



1. 在 13 個小塑膠管中分別以微量滴管加入 0.7 mL 螢光金奈米團簇。
2. 再於各管中分別加入 0.1 mL 含有鈉離子、鎂離子、鐵離子、亞鐵離子、鈣離子、銅離子、鎳離子、鉛離子、鎘離子、鋇離子、鋇離子及汞離子的溶液，搖晃均勻後並照紫外燈，觀察其螢光的變化。

七、實驗記錄與討論

實驗一、螢光金奈米團簇的合成與檢測



1. 合成螢光金奈米團簇是由雞蛋白與四氯金酸利用微波爐輔助的方式所製備而成的，請問其基本的單元為何？
在鹼性條件下可將四氯金酸所提供的 Au^{3+} 還原成 Au^0 及少部分的 Au^+ ，雞蛋白的黏稠性能將金原子(Au^0)聚集成小單元，並於單元外附著少量 Au^+ ，其雞蛋白的立體障礙又能防止過多的金原子(Au^0)聚集，控制螢光金奈米團簇為適當的大小。故，螢光金奈米的基本單元為：數個金原子(Au^0)外層附著少量的 Au^+ ，外層再包裹著雞蛋白作為保護劑與模板。
2. 螢光金奈米團簇的螢光反應原理為何？
螢光金奈米團簇經過紫外光激發後，電子會由基態 S_0 躍遷至較高的能階 S_2 (激發態)，經過內轉換後，電子會先下降至較低的能階 S_1 ，最後再降至基態 S_0 並放出能量，放出能量的形式為產生橘紅色的螢光。
3. 螢光金奈米團簇的螢光顏色？
橘紅色的螢光。

奈米好好玩－簡易螢光金奈米團簇製備及重金屬汞離子檢測應用

實驗二、螢光金奈米團簇對不同金屬進行重金屬檢測



1. 請在下方表格記錄螢光金奈米團簇分別加入不同金屬後的顏色變化。

金屬離子	空白	鈉離子	鎂離子	鐵離子	亞鐵離子	鈣離子	銅離子	鎳離子	鉛離子	錳離子	銀離子	鋇離子	汞離子
顏色變化	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	橘紅色螢光	無色

2. 請問螢光金奈米團簇與汞離子(Hg^{2+})的消光反應原理為何?

Hg^{2+} 與 Au^+ 在電子殼層間的 d^{10} 軌域中會形成作用力強的金屬親核鍵，此鍵結會影響受紫外光激發的電子躍遷到激發態，因為受激發的電子會透過金屬親核鍵傳遞到汞離子的還原反應，提供電子使汞離子(Hg^{2+})還原成汞原子(Hg)，阻礙激發態的產生，進而產生消光現象。

3. 既然螢光金奈米團簇可以用來檢測汞離子，請想一想可以如何應用於生活中？請將想法下於下方。

可將螢光金奈米團簇應用於河川汙染檢測當中，可藉由螢光來檢測此河水是否有無重金屬汞離子。（參考答案）

八、實驗結果

1. 螢光金奈米團簇的合成與檢測

下圖為：螢光金奈米團簇接受紫外光的激發產生橘紅色的螢光顏色。



2. 螢光金奈米團簇對不同金屬進行重金屬檢測

下圖為：螢光金奈米團簇分別加入不同重金屬進行檢測，唯有汞離子產生消光反應。



空白	鈉	鎂	鐵	亞	鈣	銅	鎳	鉛	鎘	鋇	鋇	汞
	離	離	離	鐵	離	離	離	離	離	離	離	離
	子	子	子	離	子	子	子	子	子	子	子	子
				子								

九、結論

成功利用家用微波爐合成具有靈敏度高且對 Hg^{2+} 離子具有選擇性的螢光金奈米團簇，合成反應時間短（五分鐘）且符合綠色化學之需求；此外，將具有卓越光學性質 ($\lambda_{\text{em}} = 660 \text{ nm}$) 的雞蛋白—金奈米團簇應用於偵測 Hg^{2+} 離子濃度。

本偵測方法的優點如下：

1. **低成本**：本實驗於合成不需要利用昂貴的微波反應器，於偵測時不需先進的設備，例如：原子吸收光譜法，離子感應耦合電漿質譜法。
2. **節省時間**：本實驗從合成到偵測，所需要的時間短，達到快速偵測的優勢。
3. **高量子產率**：相較以往利用微波反應器合成之金奈米團簇，我們利用家用微波爐所合成的雞蛋白—金奈米團簇具有更高的量子產率。

除此之外，我們可將本微波方法應用於其他蛋白質合成奈米團簇上，以偵測其他對環境有害物質，且具有快速及合成簡易之優勢。

十、參考文獻

1. Xie, J., Y. Zheng, and J.Y. Ying, *Protein-directed synthesis of highly fluorescent gold nanoclusters*. *Journal of the American Chemical Society*, 2009. **131**(3): p. 888.
2. Yan, L., et al., *Microwave-assisted synthesis of BSA-stabilized and HSA-protected gold nanoclusters with red emission*. *Journal of Materials Chemistry*, 2012. **22**(3): p. 1000.

奈米好好玩—簡易螢光金奈米團簇製備及重金屬汞離子檢測應用

3. Shang, L., et al., Microwave-assisted rapid synthesis of luminescent gold nanoclusters for sensing Hg^{2+} in living cells using fluorescence imaging. *Nanoscale*, 2012. **4**(14): p. 4155.
4. Hu, D., et al., Highly selective fluorescent sensors for $\text{Hg}(\text{II})$ based on bovine serum albumin-capped gold nanoclusters. *Analyst*, 2010. **135**(6): p. 1411.
5. Chen, P.-C., C.-K. Chiang, and H.-T. Chang, Synthesis of fluorescent BSA–Au NCs for the detection of Hg^{2+} ions. *Journal of Nanoparticle Research*, 2012. **15**(1): p.1.
6. Xie, J., Y. Zheng, and J.Y. Ying, Highly selective and ultrasensitive detection of Hg^{2+} based on fluorescence quenching of Au nanoclusters by Hg^{2+} - Au^+ interactions. *Chemical Communications*, 2010. **46**(6): p. 961.

〔附件 1〕奈米科技實驗動手做教學計畫

奈米好好玩－簡易螢光金奈米團簇製備及重金屬汞離子檢

測應用

單元名稱： 奈米螢光變變變	教材來源： 彰化師範大學 奈米分析化學實驗室	教學日期：	教學地點： 上課教室、普通化學實驗室
教學班級： 12 年級	教學時間： 兩節（100 分鐘）	教學設計者： 林穎巧、李錡峰	
教學內容分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用生活中易取得之化學藥劑及儀器設備，合成具螢光性質之金奈米團簇。 2. 以合成金奈米團簇為中心，呈現綠色化學十二大概念，並養成學生實驗操作技能。 3. 藉由螢光金奈米團簇之特性，使學生了解螢光放光之原理，並與其他種類的光(磷光)做比較。 4. 利用螢光金奈米具重金屬感測之性質，讓學生了解奈米材料於生活中之應用以及未來趨勢與發展性。 		
學習者分析	<p>高中</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 知道長度單位的換算(公里~奈米) 2. 知道奈米的基本性質與常見的奈米材料 3. 知道莫爾濃度單位的換算 4. 知道化學反應式的氧化數變化 5. 知道原子的電子組態 		
教學目標	教學目標	行為目標	
	認知 <ol style="list-style-type: none"> 1. 了解奈米材料、金奈米粒子擁有許多特性 2. 了解螢光金奈米團簇之特性 3. 了解螢光金奈米團簇與金屬離子之交互作用。 	<ol style="list-style-type: none"> 1-1 能正確的說出奈米的定義。 1-2 能舉例生活中的常見的奈米現象。 1-3 能闡述奈米具有的獨特現象。 1-4 能舉例生活中常見的奈米材料。 2-1 能寫出螢光金奈米之組成單元。 2-2 能正確指出螢光發光之原理。 2-3 能分辨螢光及磷光特性之差異。 2-4 能說出螢光金奈米團簇之顏色。 	

奈米好好玩－簡易螢光金奈米團簇製備及重金屬汞離子檢測應用

		2-5 能寫出螢光金奈米之合成反應式 3-1 能推舉金屬離子使螢光金奈米團簇消光之可能原因。 3-2 能寫出汞離子與金離子之電子組態。 3-3 能指出不同種類重金屬離子與金離子電子組態之相似處。		
	情意 4. 願意對化學抱持探究、挑戰新知與分享交流之精神。 5. 願意遵守實驗室規則。 6. 願意主動恢復實驗室環境並將實驗垃圾分類處理。 7. 能懷有環保意識，並願意對環境污染盡一份心力。	4-1 願意就現有知識推論未知之實驗結果。 4-2 能主動做出實驗結果之解釋。 4-3 願意與他人分享實驗經驗。 5-1 願意正確做出化學實驗室藥品與器材的領取與回送、善後之動作。 5-2 能穿著實驗室安全服裝。 6-1 能將手套及其他垃圾分類丟棄於實驗室後方的垃圾桶。 6-2 能將實驗室桌面以及桌椅整理乾淨並排整齊。 7-1 願意注意環境污染的相關事件。 7-2 能影響周圍朋友重視環保意識。		
	技能 8. 能正確合成螢光金奈米團簇實驗。	8-1 能正確使用滴管混和各種藥品、試劑。 8-2 能依照實驗步驟與老師的指示操作實驗儀器。		
目標代號	教學活動	教學媒體	時間	教學評量
	一、準備活動 (教師將學生分為六組，以利課程進行) 1. 教師先撥放一段影片(有關重金屬污染河川的影片)，與學生共同討論環境污染的議題。 影片： 大陸水源污染嚴重 多省河川竟變彩色的 討論議題： A. 河川為什麼會有這麼多顏色?原因是什麼嗎? B. 什麼是造成河川污染的主因? 是人為抑或自然因素? C. 廢水的成分是什麼? 2. 教師向學生展示螢光金奈米團簇光的螢光性質，同時也向生說明，並詢問學生為甚麼透明液體會產生橘紅色螢光呢? (歧異事件，引起學生學習動機)	投影機、投影幕、螢光金奈米團簇示範溶液、紫外燈	10分鐘	問答

<p>1. 了解奈米材料、金奈米粒子擁有許多特性。</p> <p>2. 了解螢光金奈米團簇之特性。</p>	<p>二、發展活動</p> <p><u>(1)教師喚起學生的先備知識，並且引起學生的學習興趣。</u></p> <p>1. 教師先在每組發下一組白板與白板筆，以小組競賽的方式進行「奈米相關性質」的問答活動。</p> <p>搶答問題：</p> <p>A. 請說明奈米的定義為何？</p> <p>B. 請舉出生活中常見的奈米現象。</p> <p>C. 請說出生活中常見的奈奈米材料。</p> <p>D. 請說出奈米具有的獨特現象。</p> <p>E. 請寫出對奈米的想法。</p>	<p>白板、白板筆</p>	<p>10分鐘</p>	<p>問答</p>
	<p><u>(2)教師向學生介紹螢光金奈米團簇的特性與合成方式。</u></p> <p>1. 教師向學生講述螢光金奈米團簇的特性，並請學生撰寫學習單。</p> <p>講述之要點：</p> <p>A. 螢光與磷光的差別性。</p> <p>B. 螢光金奈米的組成單元及發光原理。</p> <p>2. 教師先向學生介紹什麼是綠色化學，進而再說明螢光金奈米的合成方式，並且請學生撰寫學習單。</p> <p>說明之要點：</p> <p>A. 綠色化學是什麼。</p> <p>B. 使用藥品低毒性、器材易取得，如雞蛋、蘇打與微波爐等。合成方法為綠色化學合成法，過程迅速、環保且無廢棄物產生。</p> <p>C. 實驗步驟的細節。</p>	<p>學習單、投影機、投影幕</p>	<p>15分鐘</p>	<p>問答</p>
	<p><u>(3)合成螢光金奈米團簇，並且培養學生實驗室相關的技能。</u></p> <p>1. 教師協助學生操作螢光金奈米團簇合成實驗。</p>	<p>實驗器材與藥品</p>	<p>15分鐘</p>	

<p>4. 願意對化學抱持探究、挑戰新知與分享交流之精神。</p> <p>5. 願意遵守實驗室規則。</p> <p>6. 能懷有環保意識，願意將實驗垃圾分類處理。</p> <p>8. 能正確合成螢光金奈米團簇實驗</p>	<p><u>(4)利用討論式教學法讓學生發展自我導向的學習能力，並且自我產出螢光金奈米團簇的消光原理。</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師請各組學生將合成出來的螢光金奈米團簇分成兩部分，並且分別加入兩種不同的金屬離子，觀察變化之情形(利用紫外光照射後的情形)，並撰寫於學習單中。 2. 教師請學生各組比較其不同金屬加入螢光金奈米團簇後的情形，並請學生說出各組的相異處。(希望學生能找出汞離子能讓照射紫外光後的螢光金奈米團簇消光) 3. 教師向學生說明螢光金奈米團簇能作為重金屬汞的感測器，故汞離子能讓螢光金奈米團簇消光。 4. 教師要求各組學生利用前一堂課所說明的螢光金奈米團簇的發光原理，進而討論出加入汞離子後的消光原理。 <p>教師適時應給予的鷹架：</p> <ol style="list-style-type: none"> A. 與汞離子、金離子的電子軌域有關。 B. 汞離子與金離子的 d^{10} 軌域會形成強烈金屬親核鍵。 C. 電子會提供汞離子發生還原反應。 <ol style="list-style-type: none"> 5. 教師總結各組討論結果，說明的螢光金奈米團簇加入汞離子後的消光反應機制，並請學生撰寫學習單。 	<p>學習單、實驗器材</p>	<p>35分鐘</p>	<p>討論、發表</p>
<p>3. 了解螢光金奈米團簇與重離子之交互作用。</p>	<p>教師適時應給予的鷹架：</p> <ol style="list-style-type: none"> A. 與汞離子、金離子的電子軌域有關。 B. 汞離子與金離子的 d^{10} 軌域會形成強烈金屬親核鍵。 C. 電子會提供汞離子發生還原反應。 <ol style="list-style-type: none"> 5. 教師總結各組討論結果，說明的螢光金奈米團簇加入汞離子後的消光反應機制，並請學生撰寫學習單。 			
<p>7. 能懷有環保意識，並願意對環境污染盡一份心力。</p>	<p>三、綜合活動</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師藉本實驗向學生說明環保意識的重要性，並以前一堂課所播放之影片為借鏡，期許台灣在工業發展之際也能對生態環境有所維護與保留。 2. 教師發下試題與回饋單，請學生敘寫題目並繳回。 	<p>總結性評量試題、回饋單</p>	<p>15分鐘</p>	<p>試題、回饋單</p>

〔附件 2〕奈米科技實驗動手做兩階段試題

奈米好好玩－簡易螢光金奈米團簇製備及重金屬汞離子檢

測應用

- (a) 下列對於奈米的單位敘述，何者正確？
a. 長度單位 b. 重量單位 c. 時間單位 d. 體積單位
- (d) 承上題，其大小為何？(以國際通用單位為主 SI unit)
a. 10^{-6} b. 10^{-7} c. 10^{-8} d. 10^{-9} (公尺)
- (c) 在本實驗中，螢光金奈米的螢光顏色為何？
a. 紫色 b. 綠色 c. 橘紅色 d. 藍色
- (a) 承上題，螢光金奈米可作為金屬離子的感測器，進一步地檢測何種金屬離子？
a. 汞離子 b. 鎳離子 c. 鎘離子 d. 鈉離子
- (d) 下列何者是綠色化學之特色？
a. 實驗產率高 b. 使用較低危害之藥劑 c. 減少廢棄物產生 d. 以上皆是
- (b) 下列有關螢光之敘述何者正確？
a. 螢光一定是綠色的 b. 必須有激發能量或化學反應才能產生螢光
c. 螢光一定是屬於不可見光 d. 螢光筆的墨水其實不是螢光的一種
- (b) 下列有關螢光與磷光的比較，何者正確？
a. 螢光放光時間較磷光久 b. 磷光放光時間較螢光久 c. 磷光就是磷燃燒所產生的光源 d. 螢光棒所產生的光即為螢光
- (a) 在實驗過程中，我們使用微波爐進行加熱反應，期間有間隔兩分鐘沒有加熱，請問目的為何？
a. 冷卻液體避免反應過於激烈 b. 節省電力，符合綠色化學 c. 減少電磁輻射對人體的危害 d. 增加產量
- 螢光金奈米在紫外光的激發之下會產生橘紅色的螢光，試論述整體的發光機制為何？這又與高中化學學到的哪一個單元有關呢？
A. 螢光金奈米團簇經過紫外光激發後，電子會由基態 S_0 躍遷至較高的能階 S_2 (激發態)，經過內轉換後，電子會先下降至較低的能階 S_1 ，最後再降至基態 S_0 並放出能量，放出能量的形式為產生橘紅色的螢光。
B. 與高中課程的「原子軌域」單元有關。
- 試闡述螢光金奈米團簇與汞離子(Hg^{2+})的消光反應機制為何？
 Hg^{2+} 與 Au^+ 在電子殼層間的 d^{10} 軌域中會形成作用力強的金屬親核鍵，此鍵結會影響受紫外光激發的電子躍遷到激發態，因為受激發的電子會透過

奈米好好玩－簡易螢光金奈米團簇製備及重金屬汞離子檢測應用

金屬親核鍵傳遞到汞離子的還原反應，提供電子使汞離子(Hg^{2+})還原成汞原子(Hg)，阻礙激發態的產生，進而產生消光現象。