



粒徑與形狀如圖 2。

#### (四) 金奈米粒子之膠體特性

本實驗合成之金奈米粒子為一種膠體 (colloid)。膠體的溶質粒徑介於 1~1000 nm 之間，均勻懸浮於溶劑中，具有可散射光之廷得耳效應 (Tyndall effect)。若加電解質或加熱攪拌膠體溶液，會讓溶質粒子凝聚 (coagulate) 成較大顆粒而沉降，破壞膠體的特性。

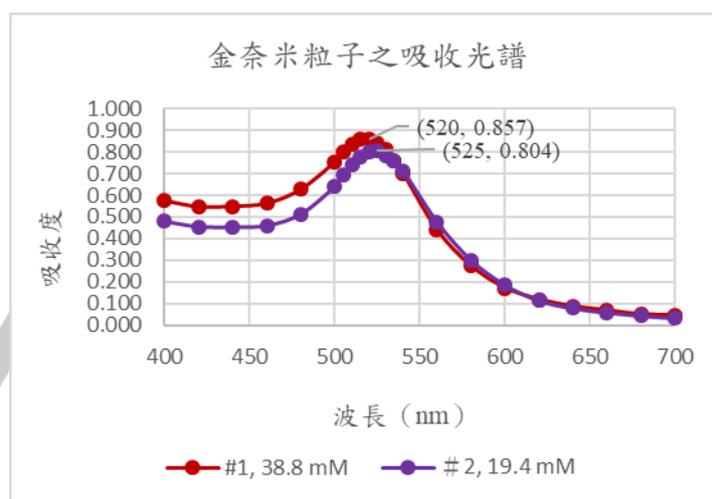


圖 1 合成之金奈米粒子吸收光譜

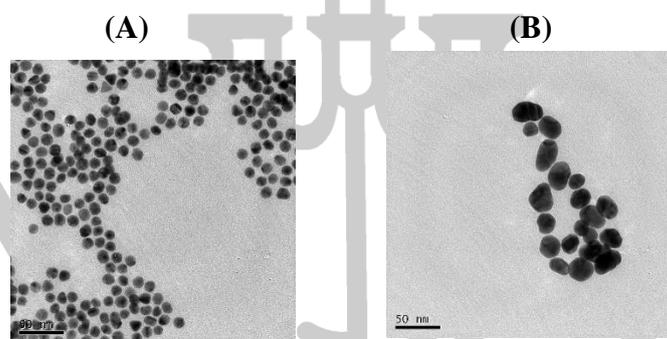


圖 2 穿透式電子顯微鏡觀察金奈米粒子

(A) 1.0 mL 之 38.8 mM 檸檬酸鈉與 8 mL 之 1 mM 四氯金酸反應產物

(B) 1.0 mL 之 19.4 mM 檸檬酸鈉與 8 mL 之 1 mM 四氯金酸反應產物

#### 四、儀器與材料：

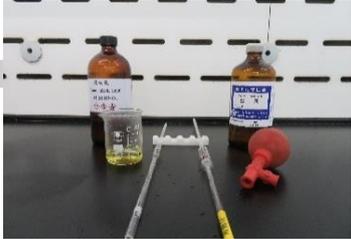
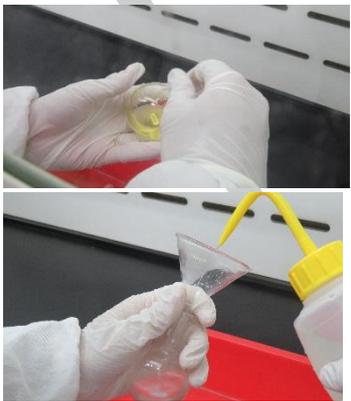
分光光譜儀 (SP-830 Plus/SH-U830(S))、測光管 (2 支)、加熱攪拌器、磁攪拌子、圓底瓶 (25 mL)、冷凝管、橡皮管 (2 條)、砂浴鋼杯 (2 個)、大小三叉夾各一、計時器、樣品瓶 (7 mL)、滴管、燒杯 (100 mL)、試管 (2 支)、NBR 手套。

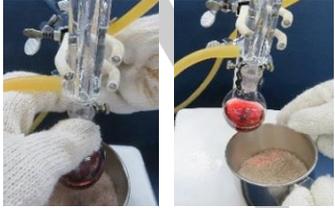
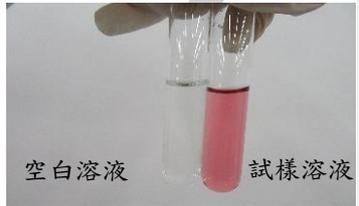
共用：刻度吸量管 (2、10 mL)、移液管 (5、15 mL)、安全吸球、漏斗、海砂、拭鏡紙、棉布手套、雷射筆。

#### 五、藥品：

濃鹽酸 (concentrated hydrochloric acid, 12 M HCl), 濃硝酸 (concentrated nitric acid, 15 M HNO<sub>3</sub>), 1 mM 四氯金酸 (hydrogen tetrachloroaurate(III) trihydrate, H<sub>2</sub>AuCl<sub>4</sub>·3H<sub>2</sub>O), 38.8 及 19.4 mM 檸檬酸鈉 (sodium citrate dihydrate, Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>·2H<sub>2</sub>O), 1 M 氯化鈉 (sodium chloride, NaCl)。

## 六、實驗步驟：

步驟	圖例
(一) 金奈米粒子之製備	
<p>1. 於排煙櫃中取 5 mL 濃硝酸與 15 mL 濃鹽酸於 100 mL 燒杯中混合，配製王水。</p> <p><b>注意：王水具強腐蝕性及刺激氣味，使用時需穿戴 NBR 手套並在排煙櫃中操作，用後回收。</b></p>	
<p>2. (1) 使用王水浸潤磁攪拌子及圓底瓶、冷凝管、2 支測光管、樣品瓶內壁。將王水倒入回收燒杯中，供下一組使用。</p> <p>(2) 在排煙櫃內將所有器皿以去離子水先淋洗一次。</p> <p>(3) 回到實驗桌，再以大量去離子水將所有器皿內外均沖洗 4~5 次後，倒置滴乾。</p>	
<p>3. (1) 使用乾淨之 10 mL 刻度吸管量取 8.0 mL 之 1 mM 之四氯金酸溶液至 25 mL 圓底瓶中，並加入 1 個磁攪拌子。</p> <p>(2) 放一個空鋼杯在加熱板中央位置，參考圖 16-3 架設回流加熱裝置，調整圓底瓶的位置，使攪拌子能穩定攪拌。</p> <p>(3) 在鋼杯中加入與瓶內溶液約同等高度的適量海砂，作為砂浴均勻加熱系統。</p> <p>(4) 經由教師檢查後，再進行後續之加熱。</p> <p>註 1：磨砂口需接合緊密。</p> <p>註 2：橡皮管先沾水再裝接至冷凝管，裝接深度應足夠以免脫落。冷卻水自下端流入、上方排出，充滿水後，調小進水量。</p> <p>註 3：調整橡皮管及電源線之位置，勿接觸到高溫之加熱板。</p>	

4.	<p>(1) 開啟加熱及攪拌，讓溶液均勻攪拌並加熱至溶液沸騰。</p> <p>(2) 單數組以 2 mL 刻度吸量管量取 1.0 mL 之 38.8 mM 檸檬酸鈉，雙數組則取 1.0 mL 之 19.4 mM 檸檬酸鈉，自冷凝管上端快速全部加入，觀察記錄溶液顏色隨時間之變化。</p> <p>註：加入檸檬酸鈉溶液時，四氯金酸溶液需保持均勻攪拌，以使反應物充分混合。</p>	
5.	<p>反應溶液沸騰後，維持以攪拌子均勻攪拌，但將加熱板之加熱控制鈕調轉至「low」或關閉；利用砂浴餘留的高熱，維持溶液沸騰 10 分鐘。</p>	
6.	<p>移除砂浴系統，再繼續攪拌冷卻至室溫，完成奈米金之製備，拆卸裝置。</p> <p>注意：加熱板及砂浴系統溫度高，戴棉布手套操作以避免燙傷。</p> <p>註：可以使用另一鋼杯裝水，擦乾鋼杯底部，放在加熱板上吸熱，以加速冷卻。</p>	
<p>(二) 金奈米粒子溶液的光譜鑑定</p>		
7.	<p>(1) 以試管裝約 2 mL 金奈米溶液及 8 mL 去離子水，混合均勻。取此稀釋之金奈米溶液於測光管至約 1/3 高度作為試樣溶液。</p> <p>(2) 取另一支測光管裝入相同高度之去離子水作為空白溶液，以進行吸收光譜測定。</p>	
8.	<p>(1) 打開分光光譜儀電源，熱機 15 分鐘。</p> <p>(2) 壓按功能切換鍵至螢幕顯示「A」吸收度測定；設定分析波長於 400 nm，按壓「BLANK」鍵進行空機校正。</p> <p>(3) 使用拭鏡紙擦拭空白溶液之測光管外壁後，置入樣品槽中。測光管上的白色標記線對齊光譜儀上標線以固定光徑，蓋上樣品槽蓋，再次按壓「BLANK」鍵，以扣除空白溶液背景值，此時螢幕吸收度數值顯示應為「0.000」。</p> <p>(4) 取出空白溶液，擦拭金奈米試樣溶液測光管後，置入樣品槽，量測並記錄其吸收度。</p> <p>(5) 以每次增加 20 nm 波長之間隔，量測試樣溶液</p>	

	<p>在 400~700 nm 可見光區之吸收度變化。改變分析波長時，均需以空白溶液歸零校正，再量測試樣溶液吸收度。</p> <p>(6) 波長範圍 500~540 nm，改為 5 nm 間隔變換波長。</p>	
9.	<p>比較二種濃度檸檬酸鈉製備所得之金奈米溶液顏色。</p>	
<p>(三) 膠體溶液性質觀察</p>		
10.	<p>取約 3 mL 之 1 M NaCl 於一支試管中，以雷射筆為光源照射盛裝金奈米溶液及 NaCl 溶液的二支試管，觀察廷得耳效應。</p>	
11.	<p>逐滴加入 1 M 之 NaCl 於金奈米溶液中並混合均勻，觀察記錄金奈米溶液之變化。</p>	
12.	<p>(1) 實驗結束，可取部分金奈米溶液於乾淨的樣品瓶中，攜回作為紀念。</p> <p>(2) 王水及金奈米廢液分別倒入指定回收瓶中。</p>	