

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031625

金奈米粒子

學校名稱：臺中市立光明國民中學

作者： 國二 薛牧鑫 國二 林孟璇 國二 陳亭宇 國二 潘如師	指導老師： 丁健峻
---	--------------

關鍵詞：金奈米粒子 奈米金粒子

壹、作品摘要

本實驗主要是在超音波震盪器中，利用電解法製作金奈米粒子，並探討影響金奈米粒子製作的變因，希望能藉由實驗找到快速、簡便的方法，製作金奈米粒子，提供作為其他研究或生活應用的原料。

實驗分別改變不同濃度的界面活性劑(CTAB)、溫度和溶劑，結果發現 30°C 的溫度下，以統一純水配製 0.1M 的 CTAB 溶液，可在 10 分鐘內製得金奈米粒子。

貳、研究動機

2006 年暑假，我們參加了「奈米科學營」的活動。上課時，老師為我們介紹了什麼是「奈米」，「奈米」有何特色及目前生活中的應用。營隊期間的實驗設計，更讓我們親手操作感受奈米的神奇，一連串的課程與活動，引發了我們的好奇心。

開學後，好奇、疑惑讓我們興起了一探究竟的決心，如何製作奈米粒子？奈米粒子真的這麼不一樣嗎？生活中又有哪些應用呢？

參、研究目的

- 一、尋找使粒子奈米化的方法
- 二、製作奈米金粒子
- 三、探討影響奈米金粒子製作的變因

肆、研究設備器材

一、器材：

超音波震盪器(37kHz)、鐵架 1 組、廣用夾 2 支、伏特計(3V)1 個、毫安培計 1 個、天平 1 組、燒杯(150mL)3 個、量筒(10mL、50mL)各 1 個、刮勺 2 支、滴管 2 支、燒瓶(附橡皮塞)2 個、銅導線(約 10cm 長)2 段、絕緣膠布 2 捲、細砂紙 2 張、3 號電池座(3V、1.5V)各 1 組、3 號電池 2 顆、附鱷魚夾導線(2 條)4 組、吹風機 1 台、樣本瓶(20mL) 100 個。

二、藥品：

陽離子界面活性劑(CTAB：溴十六烷三甲基銨 $\text{CH}_3(\text{C}_2\text{H}_5)_{15}\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{Br}^-$)、丙酮、金片(Au：2×1×0.1cm)、白金片(Pt：2×1×0.1cm)、統一純水(600mL)2 瓶、泰山純水(600mL)2 瓶、蒸餾水 1000mL。

伍、研究過程

一、尋找製作奈米粒子的方法：

(一)在 yahoo 網頁中搜尋「奈米」，結果出現超過 9 百萬筆的資料；搜尋「奈米粒子」也還有 30 萬筆以上的資料；「金屬奈米粒子的製造」剩下 8 萬多筆。豐富的資訊並沒有帶來太多的喜悅，如何找到我們想要的資料，才是傷腦筋的關鍵。

(二)經過資料的收集、過濾與研讀、討論，原來製作奈米粒子的方法有雷射消熔法、化學氣相沈積法、物理氣相沈積法、化學還原法、電化學、聲化學…等，對我們而言還真如天書般的難以理解，簡單的說就是----不懂。

(三)經與老師討論後，決定選「電解法」製備「金奈米粒子」。一則「電解法」簡單易懂；二則網路上有關「金奈米粒子」的介紹豐富，一般金(黃色)與奈米金(紅色)容易辨認。

二、實驗裝置

(一)製作電極：

- 1.利用鐵槌、鐵釘在「金」、「鉑」片一端，距邊界約 0.3cm 處，打一小洞(圖一)。
- 2.取約 10cm 銅線穿過小洞後交互纏繞固定(圖二)，以免銅線鬆脫。
- 3.利用絕緣膠布纏繞包裹銅線與金、鉑接觸的地方(圖三、四)，以免實驗時銅線浸於溶液中，形成銅的電解。



圖 1

利用鐵釘在
電極上打洞

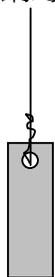


圖 2

將銅線纏繞
電極當導線



圖 3

以絕緣膠布
纏繞銅線

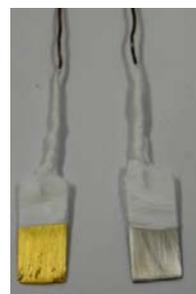


圖 4

製作完成的金、鉑電極

(二)配製電解液(濃度 0.1M 的 CTAB)：

- 1.用天平量取 3.64 克的 CTAB(分子量 364)。
- 2.將 CTAB 放入燒瓶內，再加入純水至 100ml。
- 3.搖晃使 CTAB 完全溶解於水中或可利用吹風機加熱燒瓶，至溶液完全沒有沈澱呈透明無色後，加入 2~3 滴丙酮。
- 4.量取 20mL 電解液，置入樣本瓶內(圖五)。



圖 5 裝有溶液的
樣本瓶

(三).裝置實驗：

- 1.利用鐵釘在樣本瓶蓋上，打兩個相距約 0.5cm 的小洞。
- 2.取一小塑膠片(大小恰可置入樣本瓶內)，在相距約 0.5cm 處，分別切割出恰可放入金片、鉑片而不致脫落的空間(圖六)。
- 3.先利用細砂紙磨去金、鉑表面的雜質髒污，再利用塑膠片固定金、鉑電極間的距離，放入樣本瓶內，兩極銅導線由瓶蓋穿出(圖七)。
- 4.清洗超音波震盪器，並加水(飲水機過濾後的開水)約八分滿。
- 5.設定溫度 30°C，開啓震盪器至水溫達設定溫度 30°C。
- 6.利用鐵架、鐵夾將樣本瓶置入震盪器中(圖八)
- 7.將直流電源(1.5V)、毫安培計接於兩電極，記錄電流大小。
注意：「金」電極需與電源「+」極相接，不可接反。
- 8.將伏特計接於兩電極，記錄電壓大小，即完成實驗裝置(圖九)。



圖 6 固定電極
的小塑膠片



圖 7 放入電極後
的樣本瓶



圖 8 將樣本瓶放入震盪器



圖 9 實驗裝置完成圖

三、金奈米粒子的製作：

- (一) 設定震盪器，定時 5 分鐘，開啓震盪器，注意觀察樣本瓶內溶液的變化。
- (二) 改變電壓(1.5V、3.0V)，記錄溶液顏色開始變化的時間。
- (三) 改變溫度(30°C、35°C、40°C)，記錄溶液顏色開始變化的時間。
- (四) 改變濃度(0.1M、0.05M、0.02M、0.01M)，記錄溶液顏色開始變化的時間。
- (五) 控制電壓(1.5V)、溫度(35°C)、濃度(0.02M)，改變不同的水(蒸餾水、泰山純水、統一純水)，記錄溶液顏色開始變化的時間。

陸、研究結果

一、直接利用電池電解 CTAB(0.1M)，樣本瓶未置入震盪器中：

(一) 利用 1.5V 直接電解(Pt-Au)

結果：我們觀察了約 60 分鐘的時間，樣本瓶內並未發生任何變化。

(圖 10-2 C1)

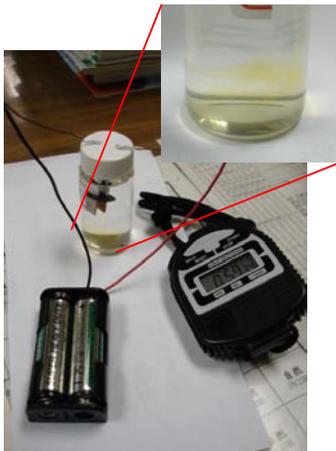


圖 10-1 黃色物質出現
並往下沉澱

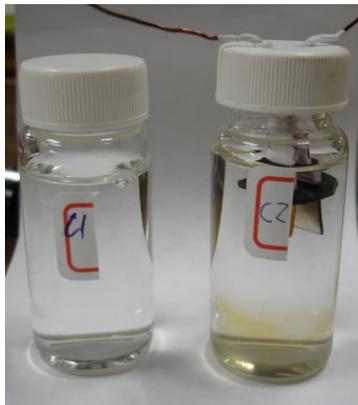


圖 10-2
1. 5V(C1)沒有變化
3. 0V(C2)產生黃色物質

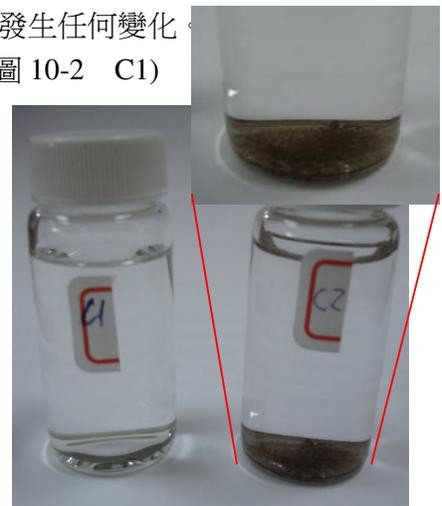


圖 10-3 經過一天黃色物質
完全沉澱至底部

(二)利用 3.0V 直接電解(Pt-Au)，結果：

- 1.經過約 30 分鐘後，樣本瓶內有微黃色的物質產生。
- 2.我們又持續觀察了 30 分鐘，發現後黃色的物質逐漸往下沉澱(圖 10-1)，且溶液中黃色的物質的濃度漸增，但並未出現我們所預期紅色的奈米粒子。
- 3.隔了一天，我們發現黃色的物質全部沉澱至樣本瓶底部，而另一瓶仍保持透明無色(圖 10-3)。

二、不同溫度下的電解結果(表一)：

表(一)：不同溫度下電解結果 液體種類：泰山純水

編號	[CTAB] (M)	實驗 溫度(°C)	電壓 (V)	電流 (mA)	電解 時間(分)	說 明
A1	0.1	30	1.5	1	10	約 6 分鐘後，出現淡紅棕色
A1-2	0.1	30	1.49	0.9	10	約 6 分鐘後，出現淡紅棕色
A1-3	0.1	30	1.49	0.9	10	約 5~6 分鐘後，出現淡紅棕色
A2	0.1	35	1.5	1	10	約 7 分鐘後，出現淡紅棕色
A2-2	0.1	35	1.49	1	15	約 10 分鐘後，出現淡紅棕色
A2-3	0.1	35	1.49	0.9	15	10 分鐘後，出現極淡的紅棕色
A3	0.1	40	1.45	1	15	10 分鐘內，溶液並無顏色產生
A3-2	0.1	40	1.45	1	15	約 10 分鐘後，出現淡紅棕色
結果	30°C 時，電解產生出奈米金粒子的時間最短。					

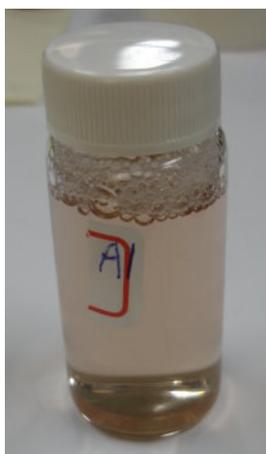


圖 11-1
剛電解完成時，溶液顏色呈紅棕色。

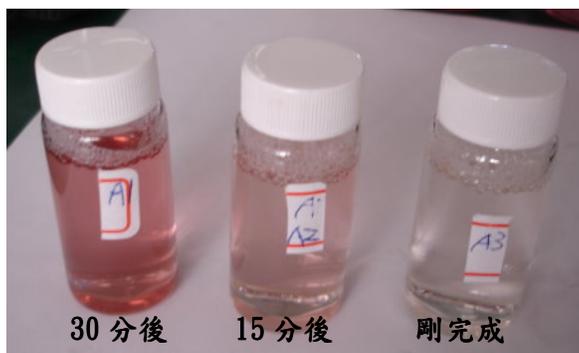


圖 11-2
1. 剛完成時溶液呈淡紅棕色。
2. 靜置一段時間後溶液顏色逐漸轉為紅色。



圖 11-3
經過 24 小時後，溶液顏色變得更深，紅色更明顯

三、不同濃度下的電解結果(表二)：

表(二)：不同濃度下的電解結果 液體種類：泰山純水

編號	[CTAB] (M)	實驗 溫度(°C)	電壓 (V)	電流 (mA)	電解 時間(分)	說 明
A1	0.1	30	1.5	1	10	約 6 分鐘後，出現淡紅棕色
A1-2	0.1	30	1.49	0.9	10	約 6 分鐘後，出現淡紅棕色
A1-3	0.1	30	1.49	0.9	10	約 5~6 分鐘後，出現淡紅棕色
B1	0.05	30	1.45	0.8	10	約 8 分鐘後，出現淡黃色
B1-2	0.05	30	1.35	0.6	15	約 9 分鐘後，出現淡黃色
B2	0.02	30	1.45	0.6	20	約 15 分鐘後，出現淡黃色
B2-2	0.02	30	1.49	0.6	20	約 15 分鐘後，出現淡黃色
B3	0.01	30	1.49	0.6	35	約 27 分鐘後，出現淡黃色
B3-2	0.01	30	1.48	0.5	25	約 20 分鐘後，出現淡黃色
結果	0.1M 的濃度，電解出奈米金粒子的時間最短。					

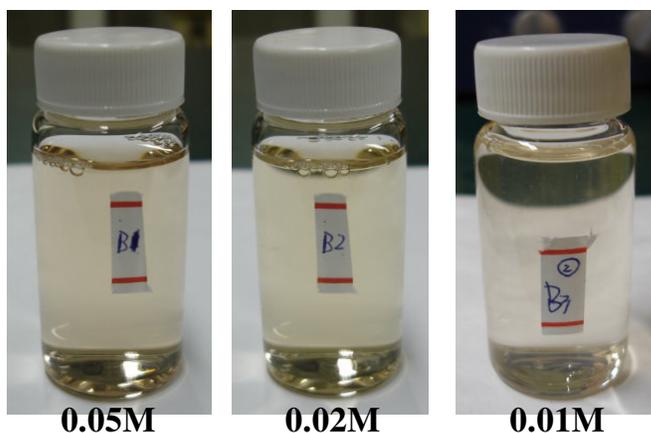


圖 12-1 不同濃度的溶液剛電解完成時顏色

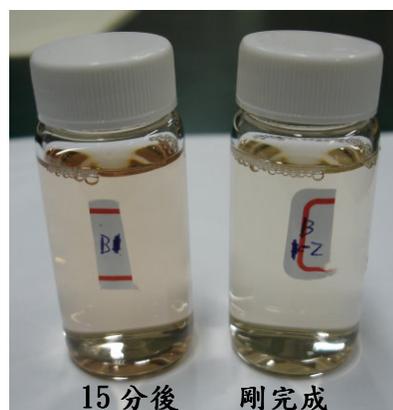


圖 12-2 放置一段時間後
溶液顏色變深



圖 12-3 放置幾天後溶液顏色均變得更深，但不同濃度，顏色有不同的差異

四、不同溶劑的電解結果(表三)：

表(三)：不同溶劑的電解結果

編號	[CTAB] (M)	實驗 溫度(°C)	電壓 (V)	電流 (mA)	電解 時間(分)	說 明
D1	0.1	30	1.4	1.2	10	統一純水
D1-2	0.1	30	1.4	1.2	10	統一純水
D1-3	0.1	30	1.4	1.1	10	統一純水
D2	0.02	30	1.41	0.9	10	統一純水
D2-2	0.02	30	1.41	0.7	10	統一純水
D2-3	0.02	30	1.42	0.7	10	統一純水
D3	0.1	30	1.51	1.1	15	實驗室蒸餾水
D3-2	0.1	30	1.51	1.0	15	實驗室蒸餾水
D3-3	0.1	30	1.52	1.0	15	實驗室蒸餾水
D4	0.02	30	1.41	0.7	20	實驗室蒸餾水(通電約 50 分)
D4-1	0.02	30	1.41	0.7	20	實驗室蒸餾水(通電約 50 分)
D4-2	0.02	30	1.42	0.6	20	實驗室蒸餾水(通電約 50 分)
結果	1.統一純水，電解出奈米金粒子的時間較短。 2.實驗室蒸餾水，電解出奈米金粒子的時間最長。					



圖 13-1 利用統一純水配製溶液所得實驗結果



圖 13-2 利用蒸餾水配製溶液所得實驗結果

柒、討論

一、直接利用電池電解 CTAB(0.1M)，樣本瓶未置入震盪器中：

(一)由實驗結果(一)可知，直接利用 1.5V 的電壓電解時，溶液在 60 分鐘內並無任何變化，且靜置一天後也未有任何其他的變化產生。

表示：**直接以 1.5V 電壓電解，並無法產生奈米金粒子。**

(二)利用 3.0V 的電壓電解時，溶液產生的黃色物質，且黃色物質明顯往下沉澱。

靜置一天後，溶液恢復透明無色，但**樣本瓶底部有明顯深褐色的沉澱物。**

分析：3V 的電壓，可以使正極的金片解離產生金離子溶於溶液中，再由負極析出金粒子，而**析出的金粒子顆粒較大，最後產生沉澱，並未分散於溶液中**，更沒有出現我們預期的紅色溶液，即沒有奈米金粒子的產生。

(三)我們按照所查詢的資料操作實驗，結果並沒有成功製得奈米金粒子。--參考資料 1 經與老師討論並再查證相關資料後，我們認為問題應在於產生的金粒子顆粒太大，無法分散，故最後產生沉澱。

(四)為了使產生的金粒子分散成更細小的顆粒，不要產生沉澱，我們將樣本瓶置入超音波震盪器中重新實驗。

結果：以 3V 的電壓電解時，在**兩電極處出現氣泡**(圖 14-2)。

圖 14-1
利用 3V 電壓
在超音波震盪
盪下電解



圖 14-2
兩電極處
出現氣泡



分析：溶液中可能發生水被電解的現象，在兩電極處分別產生難溶於水的氧氣和氫氣，因此有氣泡產生。

(五)因為 3V 的電壓，發生水被電解現象，於是我們又以 1.5V 的電壓重新操作實驗。

結果：大約在 **6~7 分鐘時，溶液出現了淡紅棕色的物質**(真是令人興奮的一刻)，且**隨著時間顏色逐漸變深**。取出靜置後，**溶液顏色逐漸變為紫紅色，而且沒有沉澱的現象**，與我們所查得的資料相符。-----參考資料 2

分析：(1)1.5V 的電壓，在超音波震盪器中，可以使正極的金片解離出金離子，並在在負極析出成金粒子。

(2)金粒子在超音波的震盪下，不會聚集成團而沉澱。

(3)分散的金粒子，會被界面活性劑包覆形成微胞，均勻分散在溶液中。

-----參考資料 1、3、4

(4)溶液靜置後顏色愈來愈深，應是分散於溶液中的金粒子，在發生聚集的同時也會與界面活性劑作用產生微胞，當聚集的金粒子完全被界面活性劑包覆後，便不會再聚集使顆粒變大。而此時形成的金粒子，顆粒大小在奈米尺度內(小於 100nm)，因此產生了不一樣的光學性質(黃色變為紅色)。

在超音波震盪中，尚未聚集被界面活性劑包覆金粒子，取出靜置後，隨著時間增加溶液中形成的金屬微胞愈來愈多，故顏色愈來愈深。

(六)我們將製作完成的奈米金粒子溶液，送請中興大學奈米 K12 中心，利用穿透式電子顯微鏡檢測。

結果：(1)溶液中形成的**金奈米粒子，粒徑大約在 10 ~ 30nm 左右。**

(2)**不同濃度的溶液，粒徑大小不太相同，濃度低者，粒徑較大。**

0.02M：粒徑大小約 16 ~ 20nm；0.01M：粒徑大小約 25 ~ 32nm。

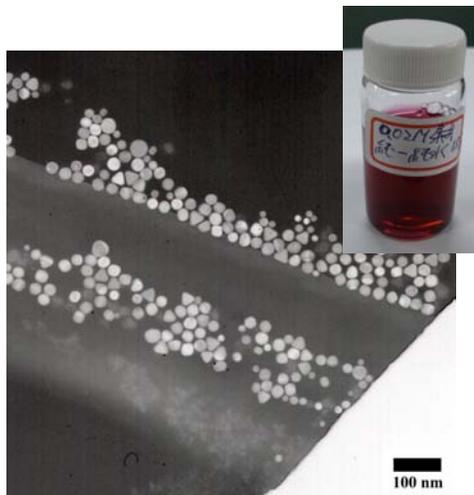


圖 15-1 穿透式電子顯微鏡下的奈米金粒子(0.02M)



圖 15-2 穿透式電子顯微鏡下的奈米金粒子(0.01M)

分析：(1)溶液中真的有奈米金粒子的存在，而奈米化後的金粒子，光學性質也發生了改變，從原本的黃色變成了紅色。

(2)不同濃度的界面活性劑，會形成不同粒徑的奈米金粒子；且不同粒徑的金粒子，會表現出不同的光學性質。

(3)界面活劑濃度較低時，所形成的奈米金粒子粒徑較大，我們猜測可能原因是因為界面活性劑濃度低，形成微胞所需的時間較長，溶液中的金粒子有較長的時間聚集，因此得到的奈米金粒子粒徑較大。

但因為我們只送了兩瓶不同濃度的溶液送檢測，並沒有更多的證據證明我們的推論，因此我們只就觀察到的現象，提出可能的解釋。

二、不同溫度下的電解結果：

(一)由表(一)可知，**不同的溫度下，溶液出現顏色的時間不同，且溫度愈高，奈米金粒子形成的時間愈久。**

分析：(1)溫度會影響奈米金粒子形成的時間。

(2)觀察表(一)中電壓、電流的記錄，並沒有太大的變化；顯示在相同的時間內，電解析出的金粒子也應相同。為什麼溶液中出現顏色的時間會不同呢？我們推測應該是溫度影響微胞的形成。-----參考資料 4

(3)溫度愈高，界面活性劑愈不易形成微胞，所花的時間愈多。因此我們選擇 30°C 的溫度，作為其他實驗操作的控制變因。

三、不同濃度下的電解結果：

(一)我們以 0.1M 的濃度進行實驗，實驗後靜置觀察時發現，**當室溫降低至 20°C 時，溶液底部會出現 CTAB 的結晶**(圖 16-1)



圖 16-1 樣本瓶底部出現結晶

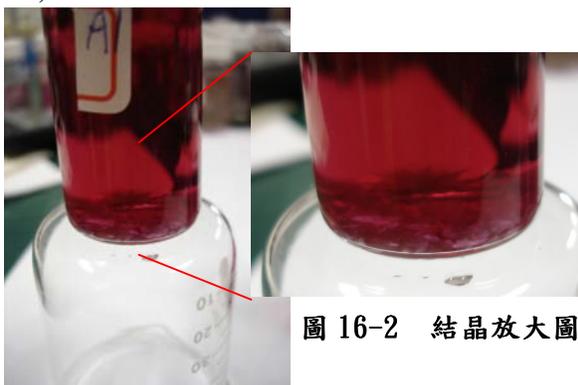


圖 16-2 結晶放大圖

分析：0.1M 的濃度幾乎已經是，室溫(25°C)下 CTAB 對水的溶解度。因此室溫一下降，CTAB 便發生結晶的現象。

(二)因為結晶現象的出現，於是我們將 0.1M 的溶液稀釋 2 倍、5 倍、10 倍的濃度，進行實驗操作，觀察在不同濃度下的實驗結果。

(三)由表(二)可知，CTAB 濃度不同時，溶液開始出現顏色的時間不同，且電解時的電流也不同，但均有奈米金粒子的產生。

濃度愈高，電解時的電流愈大，溶液開始出現顏色的時間愈短，且產生的奈米金粒子顏色愈紅愈深。

分析：(1)界面活性劑濃度高時，溶液中解離出的帶電粒子較多，因此電流也較大。

(2)電流大時，被電解溶於溶液的金粒子較多，因此析出金粒子的速率也較快，所以在比較短的時間內，溶液就開始有奈米金粒子的形成。

(3)電流大時，在相同的時間內，溶液中產生的金粒子較多，與界面活性劑作用產生的金屬微胞也較多，因此出現較深的顏色。

(4)濃度愈小，出現的顏色愈偏紫色，我們猜測應是形成的奈米粒子，粒徑大小不同造成的(討論(一)-6.)。

四、不同溶劑的電解結果：

(一)由表(三)可知，取不同的水源當溶劑時，電解出奈米金粒子的所需時間不同。

(二)比較 A1(泰山純水 0.1M)、D1(統一純水 0.1M)、D3(實驗室蒸餾水 0.1M)電解結果：**A1、D1 約 10 分鐘左右即可得到結果，而 D3 約 15 分鐘。**

(三)比較 B2(泰山純水 0.02M)、D2(統一純水 0.02M)、D4(實驗室蒸餾水 0.02M)電解結果：**D2 約 10 分鐘左右即可得到結果，B2 約 20 分鐘，而 D4 在 20 分鐘內完全看不見溶液有顏色變化，於是我們持續通電 50 分鐘的時間，結果最後溶液卻成了藍紫色。**

分析：(1)比較表(二)A1 泰山純水和表(三)D1 統一純水中的成分發現，統一純水(每 600 毫升中含有 0.8 毫克鈉)，而泰山純水中並沒有任何的添加物。或許微量的鈉有助於溶液的導電(因為 A1 與 D1 的 CTAB 濃度均為 0.1M，但電解時 D1 的電流比 A1 大)，加速金的電解，縮短奈米金粒子產生的時間。

(2)實驗室取得的蒸餾水，我們無法得知其中是否含有其他成分物質，但平均所花時間較其他溶液來得久，且降低濃度時電解所得結果，也不符合我們的預期，出現了我們無法解釋的現象(溶液呈藍紫色，且底部有少許沉澱出現)。

(3)降低統一純水中 CTAB 的濃度至 0.02M，電解時的電流明顯下降(與 P9 討論三-(三)相同)，但電解所得溶液顏色與 0.1M 的結果，並無明顯不同。

當室溫下降時，高濃度的 CTAB 溶液會有結晶現象產生，且由資料顯示 CTAB 對大白鼠口服半致死劑量為 410mg/kg，而靜脈注射的半致死劑量為 44mg/kg，因此低濃度的 CTAB，可以減少對環境水源中的污染。

-----參考資料 5

捌、結論

- 一、在資料研讀中我們發現，奈米原來不是遙不可及的科學，而是與我們息息相關的生活，蓮花效應、蝴蝶翅膀、壁虎腳、龍蝦的遷徙都與奈米有著密不可分的關係。而利用**電解法**就可以得到奈米金粒子，更是讓我們覺得不可思議。
- 二、利用**統一純水**溶解界面活性劑 **CTAB** 為電解液，配製 **0.1M** 的電解液，以 **1.5V 的電壓** 在超音波震盪器中，控制 **30°C 的恆溫** 環境，電解(Au-Pt)，可在 **10 分鐘內產生金奈米粒子**。
- 三、**溫度、濃度、電壓、溶劑** 等變因均會影響金奈米粒子的形成。
- 四、從實驗的摸索過程，到溶液出現顏色的那一刻，興奮的心情真是令人難以形容。但實驗過程中的種種狀況，也讓我們淺陋的知識窮於應付，為什麼溫度愈高，反而電解所需的時間愈久(與一般反應溫度高、反應快相反)? 為什麼 **CTAB** 濃度不同，溶液中金奈米粒子的顆粒大小會不同? 諸如此類，讓我們的無知一一現形。雖然我們努力的找資料，嘗試解釋現象，但是否正確，卻沒有十足的把握。儘管如此，發現問題、解決問題、以及問題解決後的成就感，仍是無可取代的動力。
- 五、實驗過程中我們發現，原來 **CTAB** 對環境有著不可忽略的污染危害，刺激我們思考著，如何在實驗進行的同時，也儘可能減少污染的製造。

玖、參考資料

- 一、http://nanost.ntu.edu.tw/lab_3.pdf 懸浮性金屬奈米粒子之製備與鑑定 周必泰教授
- 二、科學發展月刊 2002年6月 354期 神奇的奈米科學
- 三、物理雙月刊(廿三卷六期)2001年12月 金屬奈米粒子的製造
- 四、科學月刊 1994年10月 298期 微胞、微乳液的形成 李潔如、牟中原
- 五、
http://science.phy.ncu.edu.tw/program_office/fileresult/%A4%C6A/%A4%C609-%A7%F5%BFn%B5%60-2%AA%F7%A9%60%A6%CC.pdf
- 六、南一教科書 第六冊 P46 ~ P53
- 七、科學發展月刊 2005年6月 390期 奈米金觸媒

【評語】 031625 金奈米粒子

使用化學還原或電解法製作金奈米粒，已經成爲普遍認可之教材。在大學普通化學，各高中科學營被廣泛的採用。本件作品採用文獻記載方法製備金奈米粒，僅對溫度，電壓，水質及 Na^+ 濃度對金奈米粒的產生作粗淺的研究。對國中生認識奈米科技有啓發性的正面意義，但缺乏研究創新及深入研究。建議應加強， Na^+ 濃度造成氧氣產生，溫度高低及 CTAB 多寡對金奈米粒大小的影響作深入研究或增加金奈米粒在生活上應用的研發。