

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中(職)組 成果報告表單

| |
|---|
| 題目名稱：金朝有汞金朝測 |
| 一、摘要： |
| 本實驗透過觀察不同顆粒大小的奈米金的顏色變化，了解奈米粒子的光學性質。為了製造不同大小的奈米金粒子，我們使用硫醇修飾奈米金並抓取不同濃度的汞離子，來控制不同大小的奈米金以作為操縱變因，並再延伸探討不同硫醇及是否添加 PDCA(螯合配體)對實驗結果的影響，提高實驗的準確度。最後，利用奈米金的光學特性，自製一台汞快篩器，抓取放流水中的汞離子，並透過測量吸光度的方式計算汞離子濃度，讓汞汙染監測成為人人皆可進行且成本低廉的過程。 |
| 二、探究題目與動機 |
| 高一下化學課的生活化學單元中，老師提及奈米粒子的光學特性，以及重金屬汙染對人體以及環境的危害。奈米粒子因廷德爾效應，會因為溶液濃度不同產生不同顏色變化的特性讓我們深感興趣，於是上網搜尋相關資料，並參考別人的實驗步驟用奈米金與鈣離子親自驗證，發現不同濃度的鈣離子的確會使奈米金產生由紅到藍的顏色變化，又恰好因為課程內容提及重金屬汙染，老師向我們敘述水俣病的恐怖之處，於是我們想想把奈米粒子發生顏色變化的特性與重金屬檢測結合，製造一個能夠監測重金屬汙染的機器。 |
| 三、探究目的與假設 |
| <ol style="list-style-type: none">1.不同濃度離子溶液，會使奈米粒子顆粒大小產稱相應的變化。2.不同顆粒大小的奈米粒子會產生不同的顏色變化。3.利用顏色變化檢測水中離子汙染。4.加入 PDCA(2,4-Pyridinedicarboxylic acid)提高抓取特定離子的準確度。5.結合 IoT 概念(Internet of Things, 物連網):開發一個低成本且體積小的裝置，快檢測放流水中的汞含量是否超標。 |
| 四、探究方法與驗證步驟 |
| 一、研究方法: |
| (一)奈米粒子選擇:在眾多奈米金屬中，我們選擇奈米金作為實驗的對象，因其相較於其他金屬奈米粒子的表面積和活性皆更大，且在經過特殊處理後可與小分子或離子鍵結，應用性更廣泛。 |
| (二)離子的選擇 |
| 1.鈣離子: 在選定汞離子前，我們在網路上找到一篇關於奈米金粒子經過硫醇修飾後結合鈣離子產生顏色變化的報告，於是參考實驗步驟，進行一次相同的實驗，如附件。 |
| 2.汞離子: 經過上述實驗，我們試圖利用奈米金會與離子結合造成顏色變化的特性，檢測水中離子濃度，並運用在生活中。一年級下學期課程中敘述了汞汙染的危害以及水俣病的恐 |

怖之處，意外得知幾年前石化前鎮廠的汞污染濃度超過標準值五百八十倍，於是最終決定利用奈米金檢測水中汞離子濃度。

(三)硫醇的選擇

參考文獻，我們得知，用硫醇修飾奈米金能透過表面同性電荷相斥的原理，防止奈米金之間互相聚集沉澱，同時延長奈米金的保存期限。

二、驗證步驟:

(一)實驗一:硫醇的擇:

使用 **12-Mercaptododecanoic** · **11-Mercaptododecanoic** · **3- Mercaptopropionic acid** 3 種硫醇進行實驗並找出抓取汞離子效果最佳者。

1.實驗步驟：

(1)配製 1%的檸檬酸鈉水溶液待用(檬酸鈉 0.0228 克加入 2 毫升的去離子水中)

(2)將 10 毫升的去離子水及 1M且 20 微升的四氯金酸倒入雙頸瓶中(溶液呈黃色)，一同加熱至沸騰。

(3)溶液沸騰後快速加入配好的檸檬酸鈉溶液(溶液變成紅色)，加熱 15 分鐘，並將此溶液熱至沸騰。

(4)吸取 900 微升的四氯金酸溶液，加入 100 微升 10^{-3} 硫醇水溶液內。

(5)冰入 4℃ 的冰箱中保存。

2 實驗結果:

(1)使用 **12-Mercaptododecanoic** 修飾的金奈米粒子，抓汞效果不佳，顏色變化不明顯，如圖(一)所示。

(2)使用 **11-Mercaptododecanoic** 修飾的金奈米粒子聚集沉澱，溶液由原本的鮮紅色，轉為藍紫色沉澱，如圖(二)所示。

(3)使用 **3- Mercaptopropionic acid** 修飾的金奈米粒子，溶解度較高且變色明顯，為抓取汞效果最佳的硫醇，如圖(三)所示。



圖(一)12-Mercaptododecanoic
修飾的金奈米粒子



圖(二)11-Mercaptododecanoic
修飾的金奈米粒子



圖(三)3- Mercaptopropionic acid
修飾的金奈米粒子

(二)實驗二:不同濃度的汞與奈米金溶液顏色變化

1.實驗步驟：

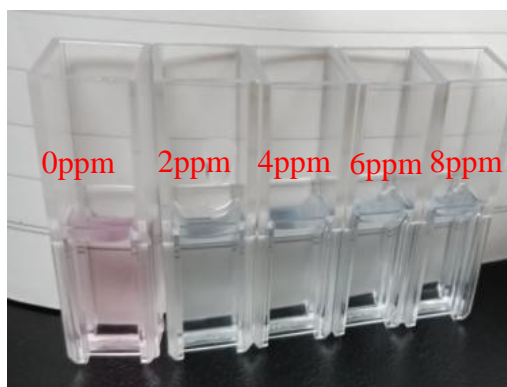
- (1)先依照表 (一) 加入去離水
- (2)再分別加入汞離子溶液、PDCA，並放置 10 分鐘，使其完全混合
- (3)依量加入 300 μ l 的 Au NPs (金奈米粒子 gold nanoparticles, Au NPs)
- (4)配製表(一)如下：

表(一) HgCl₂+Au NPs(μ l)+ Ph9 buffer(μ l)配製比例

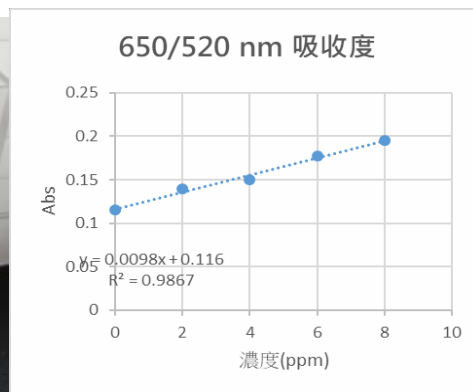
| 種類 | 去離子水 (ul) | MPA-Au NPs(μ l) | 10 ⁻⁴ M 汞溶液(μ l) | PDCA(10 ⁻³ M) (ul) | Tris-buffer(pH9.0) (ul) |
|-------|-------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 0 ppm | 400 | 100 | 0 | 250 | 250 |
| 2 ppm | 300 | 100 | 100 | 250 | 250 |
| 4 ppm | 200 | 100 | 200 | 250 | 250 |
| 6 ppm | 100 | 100 | 300 | 250 | 250 |
| 8 ppm | 0 | 100 | 400 | 250 | 250 |

2.實驗結果:

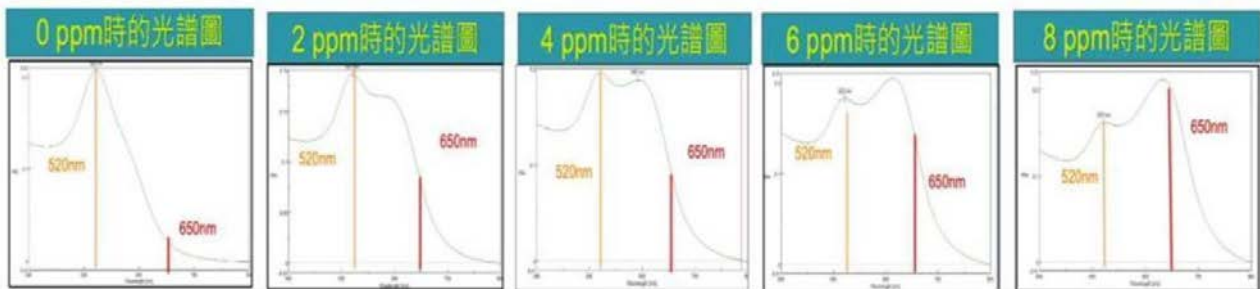
可由圖(四)和圖(六)可看出，加入不同濃度汞溶液的奈米金粒子，顏色不同。隨著汞離子濃度增加，溶液會慢慢由紅色變為藍色。圖(五)為 650nm/520nm 的吸光度線性關係。



圖(四) 加入奈米金後的汞溶液



圖(五) 650nm/520nm 的吸光度線性關係

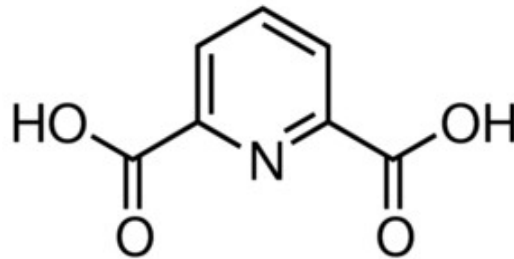


圖(六)0~8 ppm 的溶液光譜圖

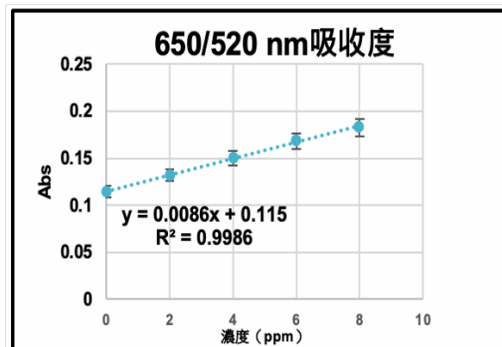
(三)實驗三:添加 PDCA(螯合配體)

1.實驗步驟:

2.實驗結果:發現若在溶液中先添加 PDCA(螯合配體) , 會因 PDCA 與汞結合度高 (1020.8) , 大幅度的提升金屬汞和奈米金結合的專一性 , 圖(八)為添加 PDCA 的奈米金汞溶液的吸光度線性關係 , 較原本的吸光度更精準 , R2 值更高。



圖(七)2,6-吡啶二甲酸試劑(2,6-pyridinedicarboxylic acid, PDCA)



圖(八)添加 PDCA 的 650nm/520nm 的吸光度線性關係

五、結論與生活應用

一、應用目的

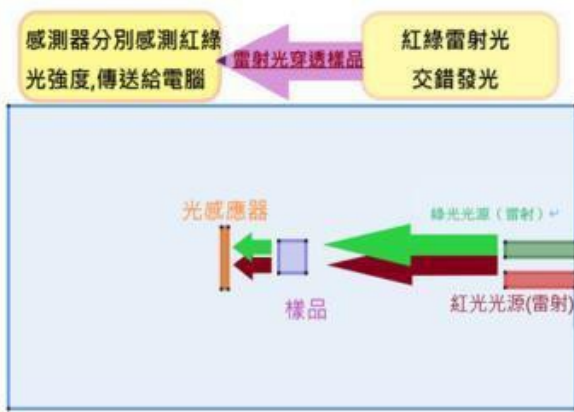
結合 IoT 概念(Internet of Things , 物連網):開發一個低成本且體積小的裝置 , 快檢測放流水中的汞含量是否超標。

二、器材

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Arduino Mega2560 | TFT 觸控顯示模組 | TCS34725 Color sensor | 麵包板 |
|  |  |  |  |
| 電阻 (220歐姆) | 杜邦線 | 紅色雷射燈 | 綠色雷射燈 |

圖(九)裝置器材圖

(三)裝置原理



圖(十)實驗原理圖



圖(十一)裝置實體

(四)程式設計

1. 我們統合修改範例程式，並撰寫自製快篩器所需程式

```
buttons[0] = Button(40, 175, 110, 50, true);
buttons[0].BorderColor = ILI9341_DARKGREEN;
buttons[0].Color = ILI9341_GREEN;
buttons[0].SetFontSize(2);
buttons[0].SetTextPos(40, 17);
buttons[0].SetTextColor(ILI9341_DARKGREEN);
buttons[0].SetText(FC("Yes"));

buttons[1] = Button(170, 175, 110, 50, true);
buttons[1].BorderColor = ILI9341_BLACK;
buttons[1].Color = ILI9341_RED;
buttons[1].SetFontSize(2);
buttons[1].SetTextPos(40, 17);
buttons[1].SetTextColor(ILI9341_BLACK);
buttons[1].SetText(FC("No"));

SetNumLabels(2);

labels[0] = Label(12, 30, 2);
labels[0].TextColor = ILI9341_BLACK;
labels[0].SetText(FC("These are the results of\n the calibration.\n\n Would you like to save\n them?"));

double m = model.getSlope(), b = model.getIntercept(), rSquared = model.getDeterminatio();
m = round(m*100.0) / 100.0;
b = round(b*100.0) / 100.0;
rSquared = round(rSquared*1000.0) / 1000.0;

labels[1] = Label(12, 120, 2);
labels[1].TextColor = ILI9341_BLUE;
labels[1].SetText("C = " + String(m, '\002') + " x F + " + String(b, '\002') + "\n\n R2 = " + String(rSquared, '\003'));
```

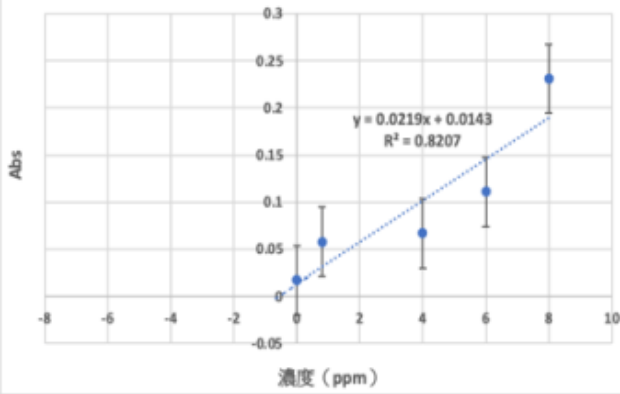
圖(十二) Calibration 部分程式碼

2. 用途：定義在 Calibration 在觸控螢幕的按鈕位置及讓機器再按校正後進行校正並將接受到數值算出新的回歸線及 R^2 值。

(五)實際測量

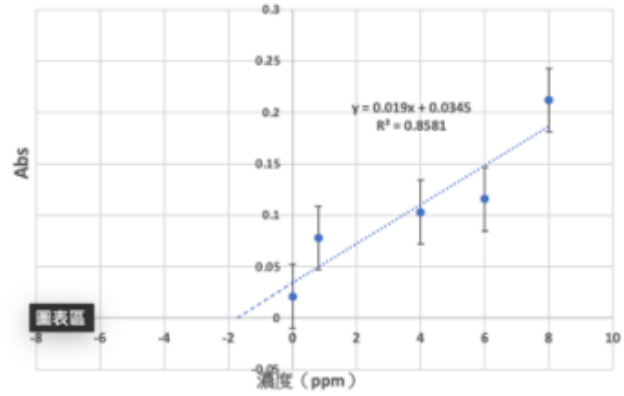
我們用裝置實際測量愛河河水與後勁溪水，並用 650/520 nm 這兩個值改變時最具代表意義的職相除作為數據，可以去除環境造成的干擾。

後勁溪水 650 nm/520 nm



圖(十三)後勁溪水線性回歸圖

愛河河水 650 nm/520 nm



圖(十四)愛河河水線性回歸圖

參考資料

- (一) <https://nano.nstm.gov.tw/NanoConcept/Inspection/MaterialProduction.htm> 奈米材料製作
- (二) <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s9ga.htm> 神奇的奈米科學 2002/09/05 王崇人
- (三).Gopala Krishna Darbha, Anant Kumar Singh, &Uma Shanker Rai.(Jun 1, 2008) Selective Detection of Mercury (II) Ion Using Nonlinear Optical Properties of Gold Nanoparticles.