

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 化學科

040206

晶球世紀

學校名稱：國立臺中第二高級中學

作者： 高一 湯宣擎	指導老師： 游茹閔
---------------	--------------

關鍵詞：海藻酸、晶球

摘要

本實驗以天然海藻酸做為生物吸附劑，並成功添加黃血鹽、赤血鹽作為重金屬檢測劑，實驗結果證明以黃血鹽和赤血鹽製成晶球，目視可檢測最低濃度，兩者晶球與硫酸銅、氯化鐵為 1 ppm，硫酸鎳、醋酸鈷為 100 ppm。以分光光度計檢測四種以海藻酸鈣晶球吸附重金屬吸附能力大小比較結果：銅離子 > 鈷離子 = 鐵離子 > 鎳離子。本實驗以期在工業或日常應用上能有更廣的使用，以臺灣四周環海天然海藻取之不盡，製成顆粒檢測晶球以 color sensor 連線，供廢水排放處理即時處理，避免異常擴大。

壹、研究動機

近年來，隨著工商業的發展，人們也逐漸注意到生態環境的保護問題，人們為了生活品質，而忽略環境的事件層出不窮，空氣、水源的污染不僅僅影響人類本身甚至整個生態。其中，重金屬的汙染問題更是嚴重亦對人類產生不良影響，比如：綠蛤蜊事件、水俣病、鎘米事件等。然而現今人們使用貴重的儀器去測量重金屬汙染，花上了不少資金及技術，我開始好奇難道沒有又快又有效的檢測方法嗎？如何結合環保天然的方法來探測重金屬？又能吸附又能檢測，豈不兩全其美。於是尋得海藻酸鈉，其非常適合本實驗，除為天然吸附劑的，有符合以下要求：

- 一、常見易得；這類大宗性吸附劑必須是從比較近的地方都可以找得到原料，否則運費等加進去，成本就難以控制；台灣四周環海有利製取海藻。
- 二、安全無害；現在吸附材料有一種傾向，就是粉末狀轉向顆粒狀，粉末類雖然效果好得多，但是回收處理難度太大，一些顆粒狀吸附劑，尤其是載入於合適的反應器或者裝置中，便於回收處理。

貳、研究目的

本實驗材料為海藻提取物--海藻酸鈣，其可為包覆材質，亦為良好的吸附劑，可做成固態晶球，使海藻晶球能具多種重金屬檢測效果，以化學課本中之黃血鹽、赤血鹽做為檢測劑實驗。

- 一、實驗一：不同重金屬離子檢量線的製作。
- 二、實驗二：試劑檢測晶球的包覆製作。
- 三、實驗三：探討檢測晶球在不同重金屬溶液下的顯色效果。
- 四、實驗四：探討檢測晶球可檢測重金屬的最低濃度的吸附程度。

參、研究設備與器材

一、原料：

表(1)

1.黃血鹽	2.赤血鹽	3.硫酸銅	4.醋酸鈷
5. 氯化鐵	6.氯化鈣	7.海藻酸鈉	8.硫酸鎳
9.蒸餾水	10.二甲酚橙	11.丁二酮肟	12.二苯基碳酰二肼
13.磺基水楊酸	14.酒精	15.丙酮	

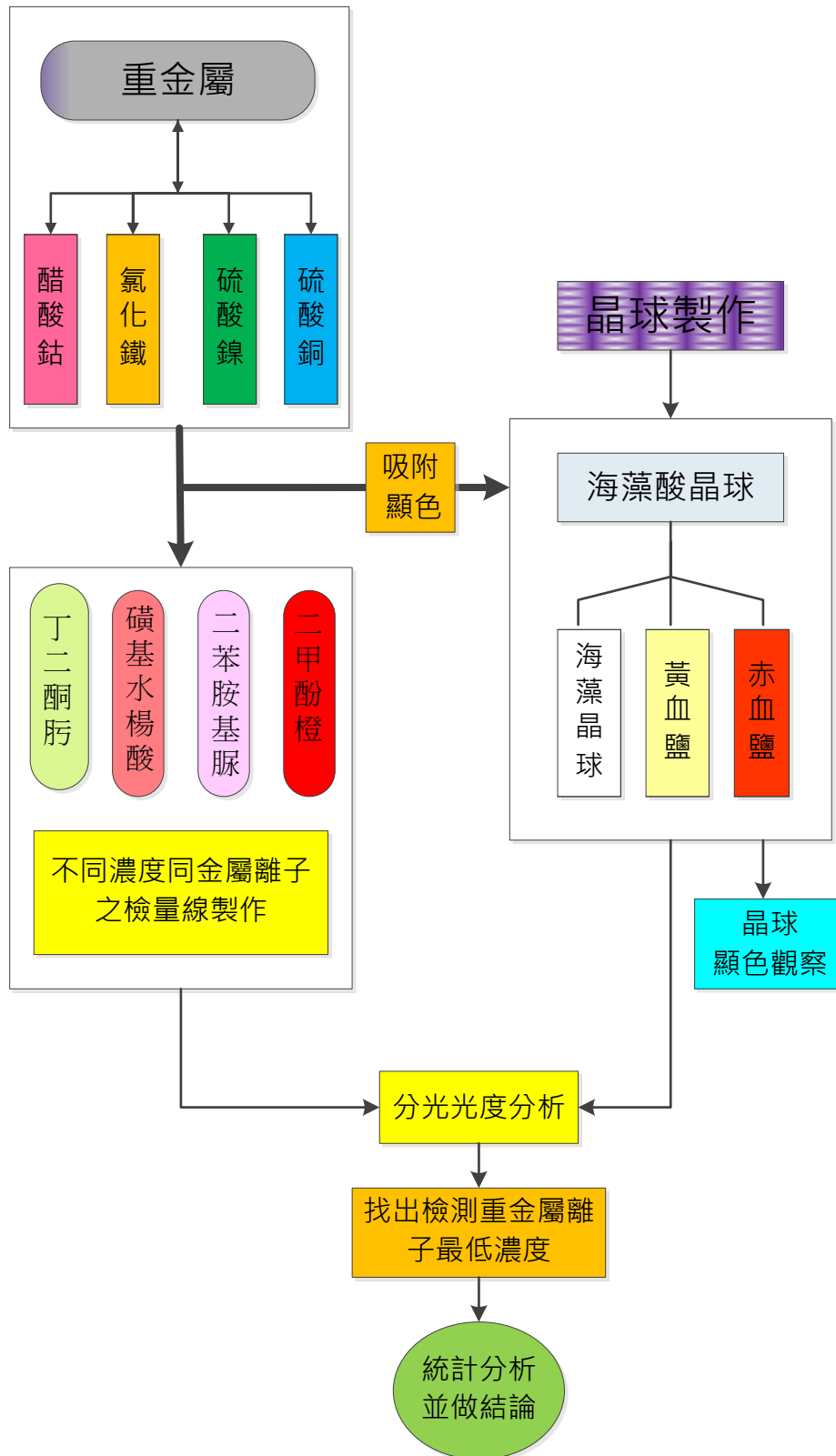
二、儀器與設備類：

表(2)

1.試管	2.500 ml 定量瓶	3.滴管	4.玻璃棒
5.培養皿	6. 軟木塞	7.試管架	8.濾紙
9.定量管	10. 燈架	11. 燒杯	12.分光光度計
13.針筒	14.磁石加熱攪拌器	15. 電子秤	

肆、實驗過程或方法

一、實驗規劃流程圖



二、前人研究探討：

(一)簡伊翎等五人科學教育月刊第 343 期利用藻酸膠球製備簡易重金屬吸附劑中華民國 100 年 10 月：國立臺南家齊女中

本實驗探討要如何設計出一個可攜式能重複使用並能去除水中重金屬、雜質的便宜的濾水設備，得知藻酸膠球本身即具有吸附重金屬的功效，因此更加深入地去探討藻酸膠球在怎樣的條件能達到最好的重金屬移除之效果，以達到方便使用及推廣之效，於是將蝦蟹殼提煉出幾丁聚醣，測試幾丁聚醣對不同的重金屬是否同樣具有吸附效力，增加幾丁聚醣、藻酸鈉膠球的應用性；提高幾丁聚醣製備純度，以發揮更大的吸附效果。

(二)色彩變變變--自製重金屬檢測試紙及檢測流程研究(第 48 屆全國科展化學科)

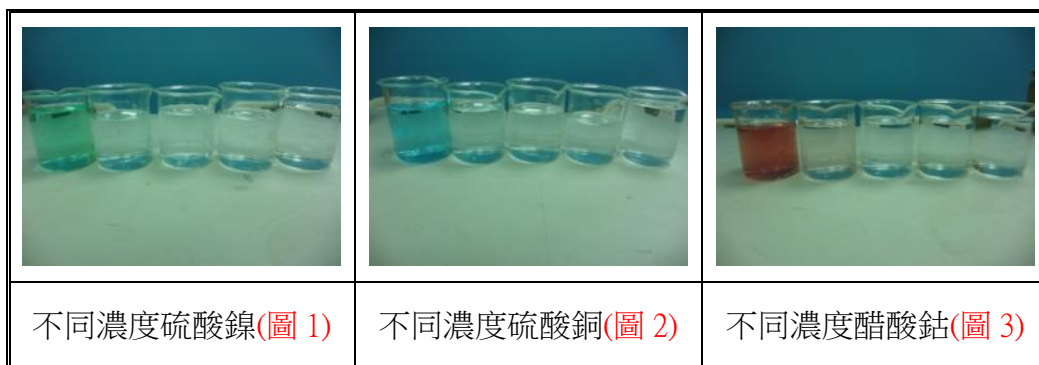
實驗探討：水污染的檢測重點是重金屬離子。一般檢測單位常以昂貴儀器進行測定，未配備貴重儀器的實驗室則常藉重金屬陽離子與某些陰離子生成沉澱反應或重金屬陽離子與某些錯合劑生成錯離子反應的方式來測定，但這些化學分析方法操作步驟繁複困難且均須於實驗室中進行。該研究基本上以重金屬陽離子生成有色的沉澱反應及有色的錯離子形成反應為基礎，研發出檢測試紙。利用重金屬檢測試紙的顯色，簡單快速地分析出水溶液中的重金屬離子種類，成為可攜帶、可在實驗室外操作特性的重金屬定性試紙。

本組的實驗以海藻酸鈉作為重金屬吸附劑，主因其一因為常見易得，成本容易控制。其二為安全無害，目前吸附材料的傾向，多由粉末轉向顆粒，粉末類雖然效果好，但是難以回收處理，顆粒狀吸附劑，置入反應器裝置中，利於回收處理。再以海藻酸包覆重金屬檢測劑，可以顯現不同顏色與深淺變化，作為吸附重金屬的臨界標示。

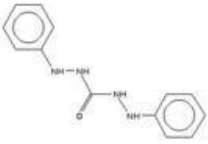
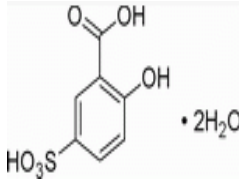
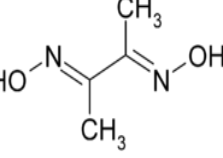
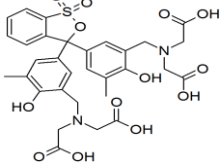
三、實驗一：不同重金屬離子檢量線的製作

(一)溶液的製備：

1. 將硫酸銅、醋酸鈷、硫酸鎳、氯化鐵重金屬配製成 1000 ppm 之水溶液。
2. 硫酸鎳、氯化鐵後分別稀釋成 800、600、400、200 ppm 之水溶液。(圖 1)
3. 硫酸銅、醋酸鈷後分別稀釋成 250、200、150、100、50 ppm 之水溶液。(圖 2、3)



(二)有機顯色劑的選擇與配製：(表 3)

材料與性質	二苯胺基脲	磺基水楊酸	丁二酮肟	二甲酚橙
分子式	C ₁₃ H ₁₄ N ₄ O	C ₇ H ₁₀ O ₈ S	C ₄ H ₈ N ₂ O ₂	C ₃₁ H ₃₂ N ₂ O ₁₃ S
結構式				
特性	熔點 168~171 °C。微溶於水，溶於熱醇、丙酮，在空氣中漸變紅。	熔點 106-110 °C。易溶於水和乙醇，溶於乙醚。遇微量鐵時即變粉紅色。	熔點 240-241 °C。溶於乙醇、乙醚和丙酮，幾乎不溶於水。	熔點 222 °C。易溶於水，不溶於乙醇，水溶液為紅色。
用途	用於比色測定鉻、汞、鉛、測定重鉻酸鹽的氧化還原指示劑等	用於比色測定高鐵離子。測定鋁、鉍、鈣、鉻、銅、鐵、鉛、鎂、鈉和硝酸鹽。	鎳的檢定和測定；從鈷及其他金屬中分離鎳，氰化物、鎳、鈮、鈷。	絡合指示劑，滴定鋅、鎳、鈷、銅、鐵等。酸鹼指示劑。
配製法	以丙酮溶解，配製 1% 濃度	以純水配製 1% 濃度	以純水配製 1% 濃度	以純水配製 1% 濃度

1.檢量線的製作：

- (1)將五種不同濃度 1000 ppm、800 ppm、600 ppm、400 ppm、200 ppm 之硫酸鎳、氯化鐵同種重金屬水溶液加入有機顯色劑。
- (2)將五種不同濃度 250 ppm、200 ppm、150 ppm、100 ppm、50 ppm 之硫酸銅、醋酸鈷重金屬水溶液加入有機顯色劑。
- (3)設定檢測的波長，於對應波長中測量，記錄其各濃度之吸收值。如下(表 4)：

藥品	硫酸銅	醋酸鈷	硫酸鎳	氯化鐵
有機顯色劑	二甲酚橙	丁二酮肟	二苯胺基脛	磺基水楊酸
使用波長(nm)	600	550	720	420

- (4)利用 excel，繪出折線圖，並做出相關係數 R^2 。

四、實驗二：試劑檢測晶球的包覆製作

(一)海藻酸鈉晶球

1.溶液的製備：

- (1).將 20.0 g 的氯化鈣溶於 500 ml 的蒸餾水中。
- (2).利用磁石加熱攪拌機將 2.0 g 的海藻酸鈉分別水溶液溶於 100 ml 的純水中。

2.晶球的包覆製作：

- (1).海藻酸鈉水溶液經過加熱攪拌後，取出磁石。(圖 4)
- (2).用針筒吸出海藻酸鈉水溶液並滴入氯化鈣水溶液，製成生晶球。(圖 5)
- (3).用濾網過濾，即可收集晶球。(圖 6)



(二)、顯色劑晶球包覆製作

- 1.海藻酸鈉溶液配製：取 1.0 公克的海藻酸鈉，量取 50 ml 純水，加入海藻酸鈉後加熱攪拌至完全溶解。
- 2.氯化鈣溶液配製：取 20 公克氯化鈣，量取 500 毫升的純水，加入氯化鈣後以磁石攪拌器攪拌並加熱至完全溶解。

3. 0.1M 黃血鹽晶球包覆製作(表 5)(圖 7)

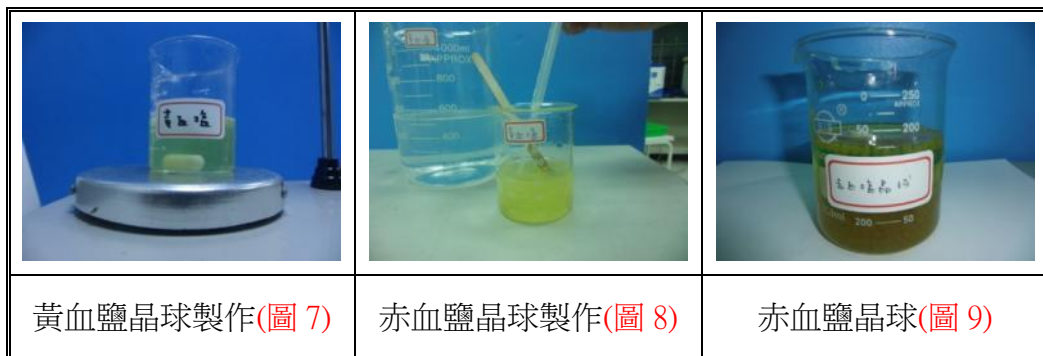
分子式	$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$
分子量	$39 \times 4 + 56 + 26 \times 6 + 18 \times 3 = 422$
配製計算	$(X \div 422) \div (50 \div 1000) = 0.1(M)$ ， $X = 2.11$
秤取黃血鹽	2.11 (g)

- (1) 秤取黃血鹽 2.11 公克，加入 50 毫升海藻酸鈉水溶液中，攪拌至完全溶解。
- (2) 用 20 毫升的針筒，分次吸取已配置完成的 50 毫升黃血鹽檢測溶液。
- (3) 將黃血鹽檢測溶液以水滴狀方式滴入已配製的氯化鈣溶液中。

4. 0.1M 赤血鹽晶球包覆製作(表 6)(圖 8)

分子式	$K_3Fe(CN)_6$
分子量	329.26
配製計算	$(X \div 329.26) \div (50 \div 1000) = 0.1(M)$ ， $X = 1.65$
秤取赤血鹽	1.65 (g)

- (1) 秤取赤血鹽 1.65 公克，加入 50 毫升海藻酸鈉水溶液中，攪拌至完全溶解。
- (2) 之後步驟相同於黃血鹽晶球包覆製作。(圖 9)







五、實驗三、探討檢測晶球在不同重金屬溶液下的顯色效果

(一)、檢測重金屬與晶球之反應：




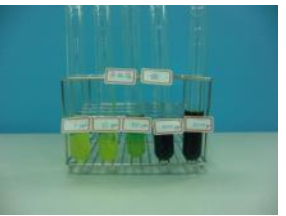
1.製作方式：

- (1) 將黃血鹽晶球和赤血鹽晶球秤出相同重量 1.0 g 放入試管。
- (2) 取硫酸銅、醋酸鈷、硫酸鎳、氯化鐵四種重金屬水溶液，濃度 1 ppm、10 ppm、100 ppm、1000 ppm、10000 ppm 分加入上述試劑晶球試管中。

※黃血鹽檢測晶球在不同濃度重金屬水溶液中之情況(圖 10~13)

			
硫酸銅水溶液(圖 10)	醋酸鈷水溶液(圖 11)	硫酸鎳水溶液(圖 12)	氯化鐵水溶液(圖 13)

※赤血鹽檢測晶球在不同濃度重金屬水溶液中之情況(圖 14~17)

			
硫酸銅水溶液(圖 14)	醋酸鈷水溶液(圖 15)	硫酸鎳水溶液(圖 16)	氯化鐵水溶液(圖 17)

(3)十分鐘後，取倒出晶球放置培養皿比較，並拍照記錄。

六、實驗四、探討檢測晶球可檢測重金屬的最低濃度與吸附程度

(一). 探討檢測晶球可檢測重金屬的最低濃度：

1. 製作方式：

- (1) 將黃血鹽、紅血鹽檢測晶球秤出相同重量1.0 g放入試管。
- (2) 取四種重金屬溶液分別加入含有檢測晶球的試管中。
- (3) 震盪後取出置培養皿上，並將培養皿放置白紙上觀察其有顏色變化。

2. 晶球吸附能力的測量：

- (1) 取配置好的 1000 ppm、800 ppm、600 ppm、400 ppm、200 ppm 的各種金屬溶液。
- (2) 將五種濃度的溶液放置於分光光度計上，測量其吸光值。
- (3) 續將 1.0 g 的海藻酸鈉晶球置於含有 1000 ppm、800 ppm、600 ppm、400 ppm、200 ppm 的各種重金屬溶液 10.0 ml 試管中，並等待十分鐘，讓晶球吸附。(圖 18~21)
- (4) 取出晶球並將吸附後的各種重金屬溶液，再次放置於分光光度計測量。
- (5) 將吸附前與吸附後的吸光度值輸入 excel 並繪出折線圖。

			
晶球加入硫酸銅水溶液中(圖 18)	晶球加入醋酸鈷水溶液中(圖 19)	晶球加入硫酸鎳水溶液中(圖 20)	晶球加入氯化鐵水溶液中(圖 21)

伍、研究結果

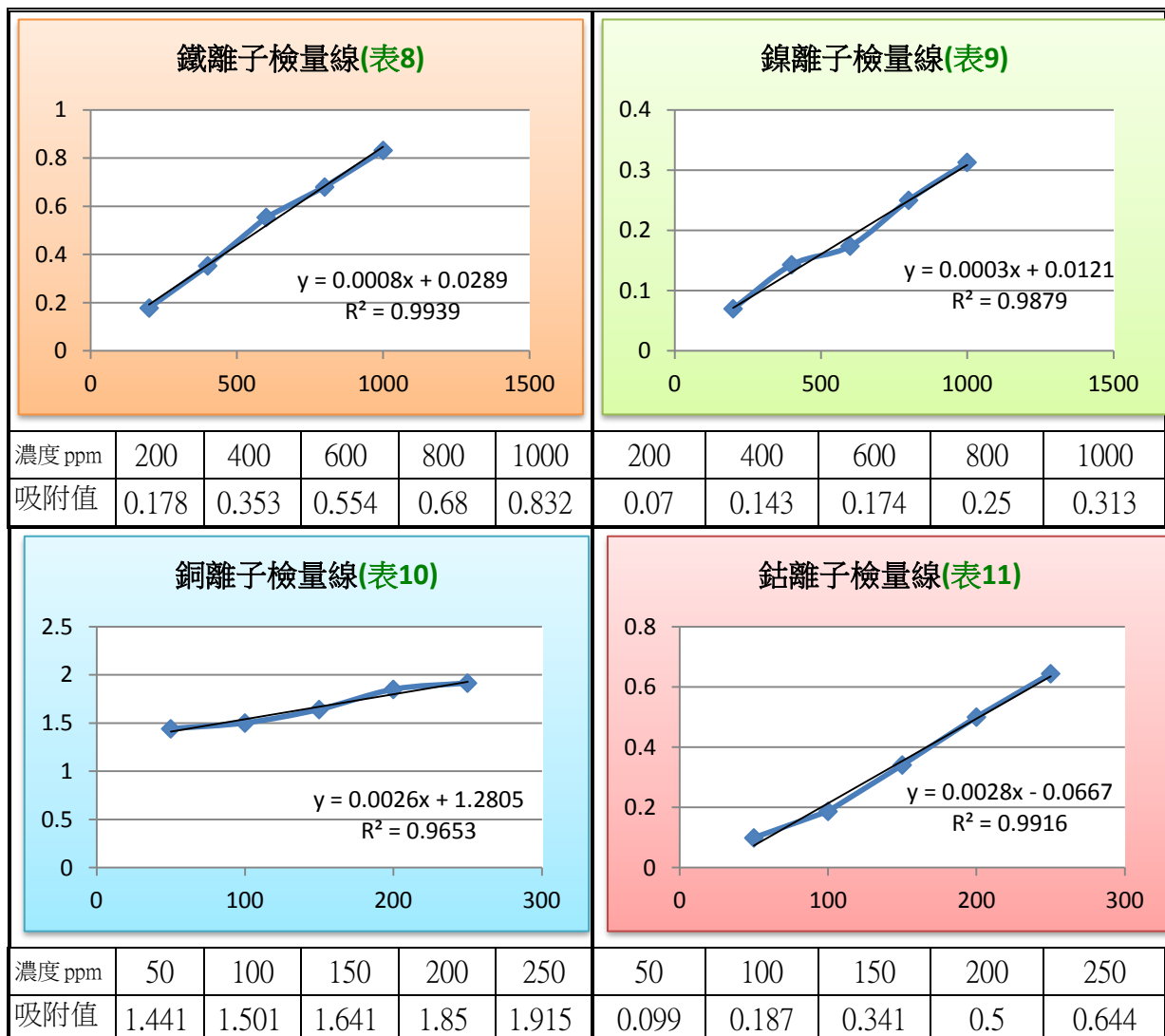
一、不同重金屬離子檢量線的製作。

(一)將五種不同濃度之硫酸鎳、氯化鐵、硫酸銅、醋酸鈷重金屬水溶液加入有機顯色劑 1.0 %。(表 7)

藥品	硫酸銅	醋酸鈷	硫酸鎳	氯化鐵
有機顯色劑	二甲酚橙	丁二酮肟	二苯胺基脲	磺基水楊酸

(二)設定檢測的波長，於對應波長中測量，記錄其各濃度之吸收值。如下表：

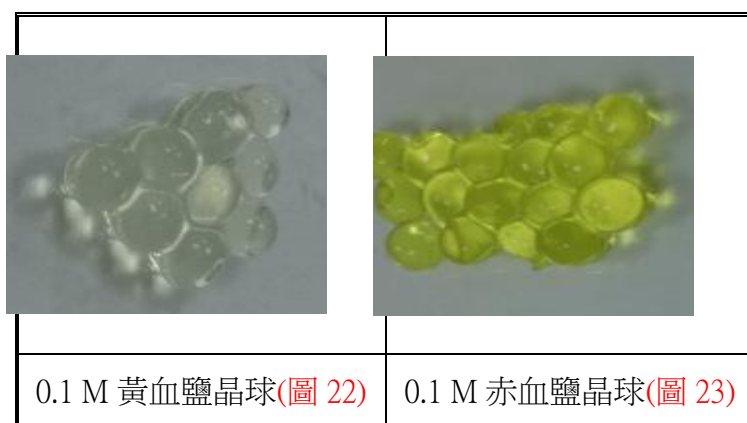
(三)使用 Excel 軟體，繪出折線圖，並做出直線方程式與相關係數 R^2 。(表 8~11)



初步結果：檢量線相關係數 R^2 ，達 0.96 以上的高度相關。

二、試劑檢測晶球的包覆製作。

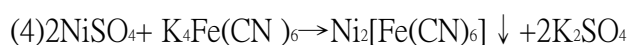
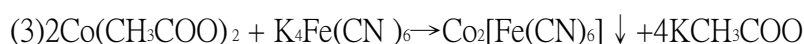
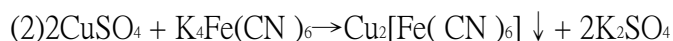
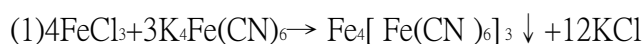
(一)0.1 M 黃血鹽晶球與 0.1 M 赤血鹽晶球製作：分別秤取黃血鹽 2.11 公克與赤血鹽 1.65 公克，分加入 50 毫升海藻酸鈉水溶液中，攪拌至完全溶解。用針筒分次吸取配置完成的檢測溶液。將檢測溶液以水滴狀方式滴入氯化鈣溶液中。(圖 22)(圖 23)



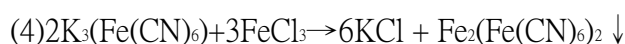
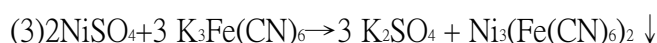
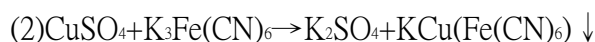
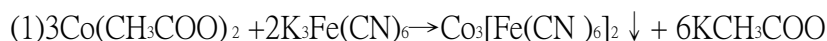
初步結果：1.在氯化鈣水溶液加入檢測劑時，以磁石攪拌器稍攪拌成型較圓，太快或不攪拌成型較不佳。海藻酸溶解需加熱 50-60 °C 較易溶解。

(二)黃血鹽、赤血鹽被海藻酸鈉包覆：遇到重金屬的晶球、因其成功包覆黃血鹽、赤血鹽，易於和重金屬反應產生沉澱有色物質。

1.黃血鹽與醋酸鈷、硫酸銅、硫酸鎳、氯化鐵等四種溶液之反應式：



2.赤血鹽與醋酸鈷、硫酸銅、硫酸鎳、氯化鐵等四種溶液之反應式：







三、探討檢測晶球在不同重金屬溶液下的顯色效果。





將黃血鹽晶球和赤血鹽晶球秤出相同重量 1.0 g 放入試管：硫酸銅、醋酸鈷、硫酸鎳、

氯化鐵四種重金屬 1.0 %水溶液。

黃血鹽檢測晶球下各重金屬水溶液顯色：(圖 24~27)

			
硫酸銅(褐色)(圖 24)	醋酸鈷(褐綠色)(圖 25)	硫酸鎳(淡綠色)(圖 26)	氯化鐵(藍色)(圖 27)

赤血鹽檢測晶球下各重金屬水溶液顯色：(圖 28~31)


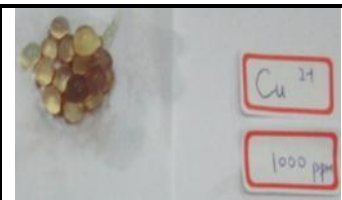

			
硫酸銅(棕色)(圖 28)	醋酸鈷(褐色)(圖 29)	硫酸鎳(黃棕色)(圖 30)	氯化鐵(藍綠色)(圖 31)

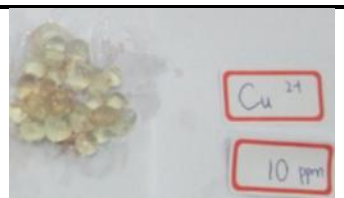
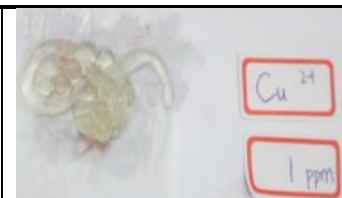

四、探討檢測晶球可檢測重金屬的最低濃度與吸附程度

(一) 探討檢測晶球可檢測重金屬的最低濃度

1. 黃血鹽晶球與各濃度重金屬溶液：

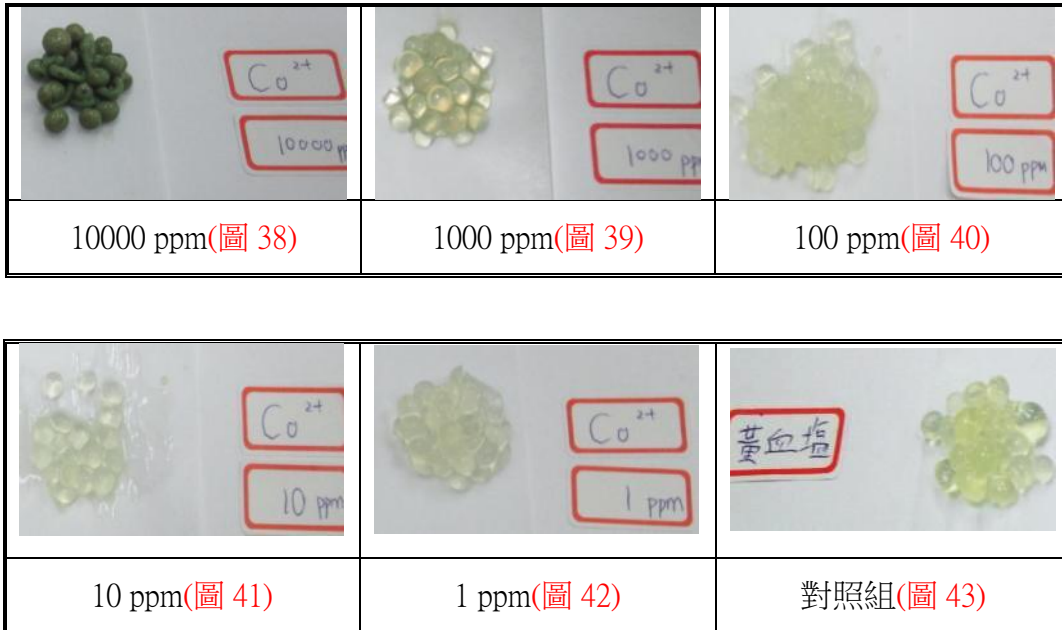
(1) 硫酸銅 Cu^{2+} 金屬水溶液：(圖 32~37)

		
10000 ppm(圖 32)	1000 ppm(圖 33)	100 ppm(圖 34)

		
10 ppm(圖 35)	1 ppm(圖 36)	對照組(圖 37)

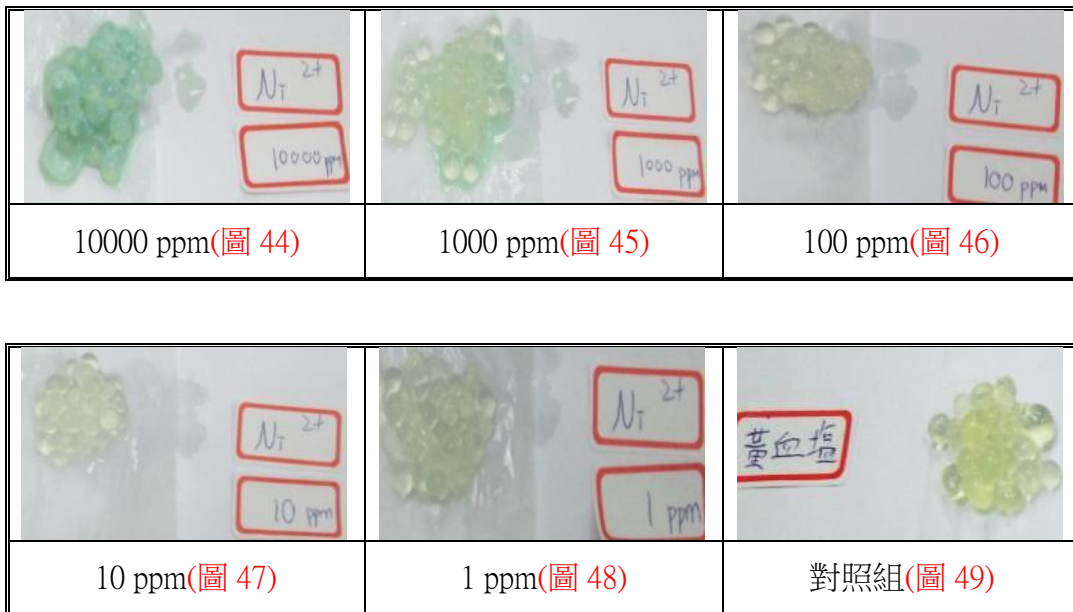
初步結果：硫酸銅 Cu^{+2} 金屬水溶液於 1 ppm 可以區分。

(2) 醋酸鈷 Co^{+2} 金屬水溶液：(圖 38~43)



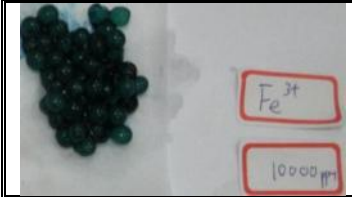

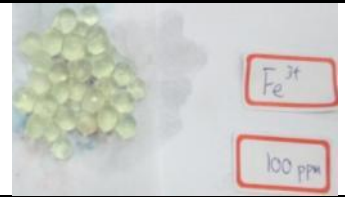

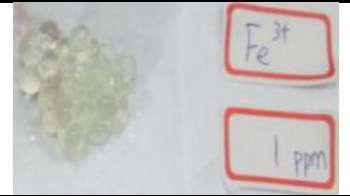

初步結果：醋酸鈷 Co^{+2} 金屬水溶液 100 ppm 尚可區別，但 10 ppm 肉眼難以區分。

(3) 硫酸鎳 Ni^{+2} 金屬水溶液：(圖 44~49)



初步結果：硫酸鎳 Ni^{+2} 金屬水溶液 100 ppm 尚可區別，但 10 ppm 肉眼難以區分。




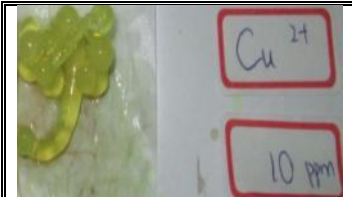


(4) 氯化鐵 Fe^{+3} 金屬水溶液：(圖 50~55)

		
10000 ppm(圖 50)	1000 ppm(圖 51)	100 ppm(圖 52)
		
10 ppm(圖 53)	1 ppm(圖 54)	對照組(圖 55)

初步結果：氯化鐵 Fe^{+3} 金屬水溶液於 1 ppm 可以區分。

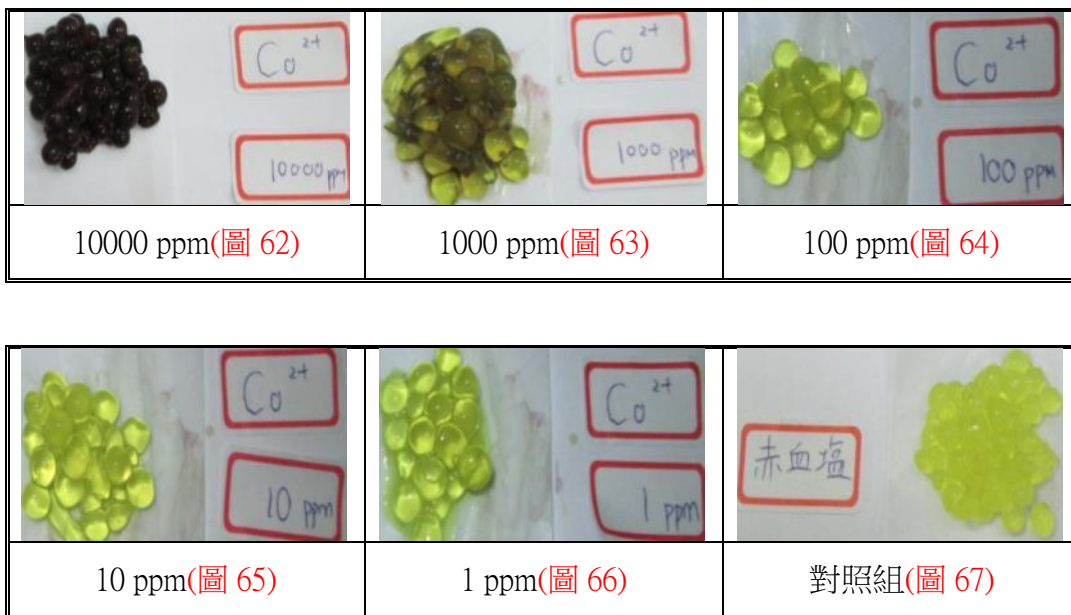
2. 赤血鹽晶球與各濃度重金屬溶液：

(1) 硫酸銅 Cu^{+2} 金屬水溶液：(圖 56~61)

		
10000 ppm(圖 56)	1000 ppm(圖 57)	100 ppm(圖 58)
		
10 ppm(圖 59)	1 ppm(圖 60)	對照組(圖 61)

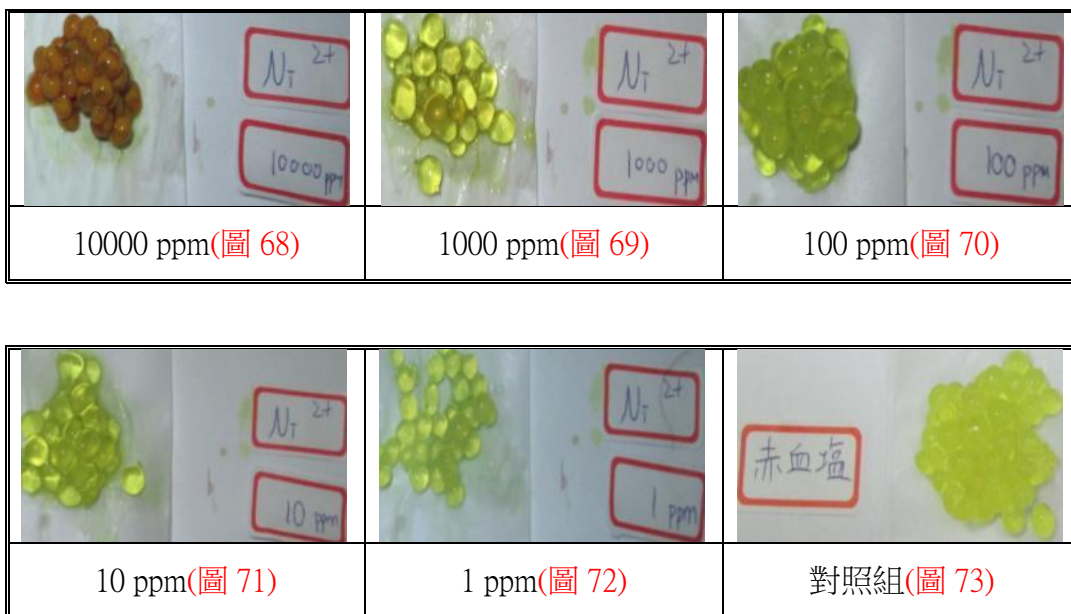
初步結果：硫酸銅 Cu^{+2} 金屬水溶液於 1 ppm 可以區分。

(2) 醋酸鈷 Co^{2+} 金屬水溶液：(圖 62~67)



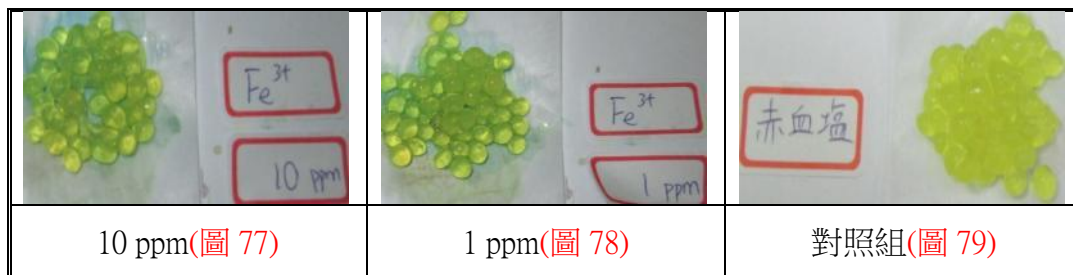
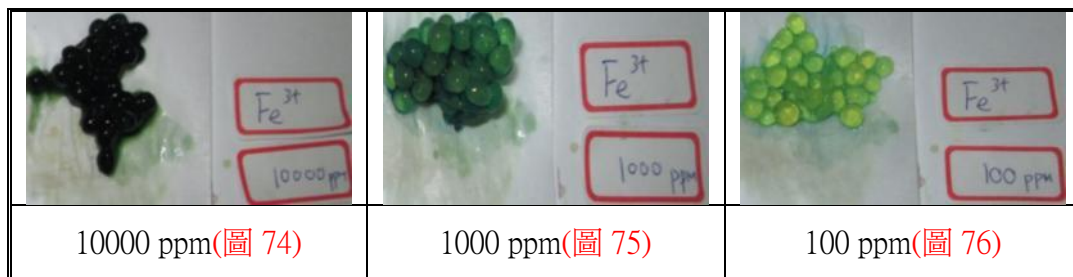
初步結果：醋酸鈷 Co^{2+} 金屬水溶液 100 ppm 尚可區別，10 ppm 難區分。

(3) 硫酸鎳 Ni^{2+} 金屬水溶液：(圖 68~73)



初步結果：硫酸鎳 Ni^{2+} 金屬水溶液 100 ppm 尚可區別，10 ppm 難區分。

(4) 氯化鐵 Fe^{3+} 金屬水溶液：(圖 74~79)

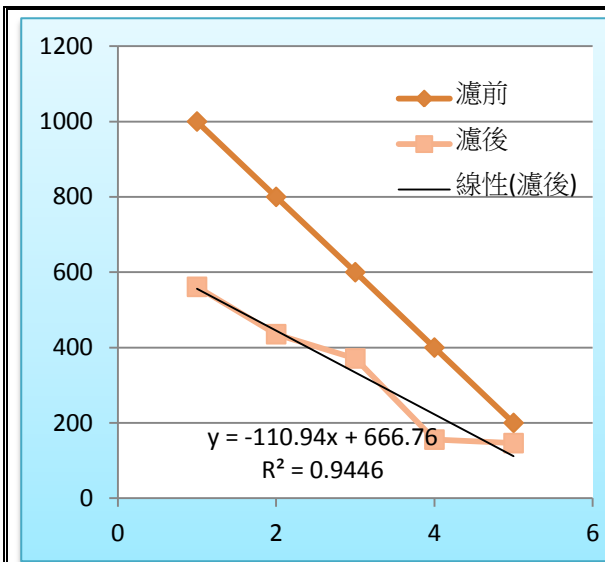


初步結果：氯化鐵 Fe^{+3} 金屬水溶液於 1 ppm 可以區分。

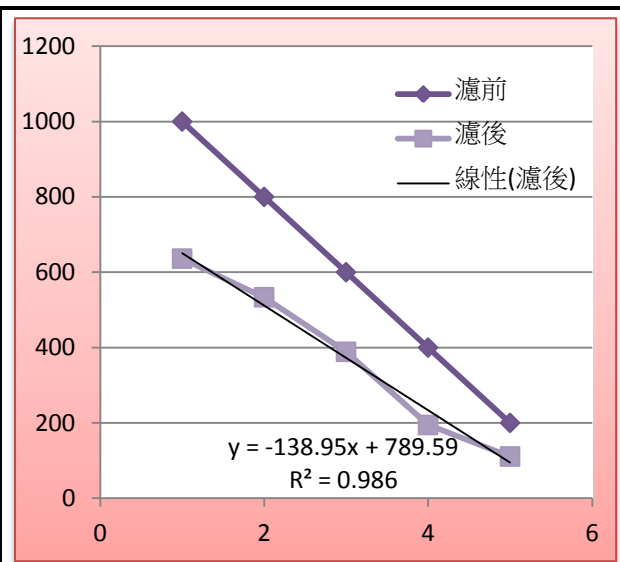
(二)探討檢測晶球可檢測重金屬的吸附程度

吸附程度圖表製作，將 1.0g 的海藻酸鈉晶球置於含有 1000 ppm、800 ppm、600 ppm、400 ppm、200 ppm 的各種重金屬溶液 10.0 ml 試管中，並等待十分鐘，讓晶球吸附。取出晶球並將吸附後的各種重金屬溶液，再次放置於分光光度計測量。將吸附前與吸附後的吸光度值輸入 excel 直線方程式，繪出折線圖。(表 12)(表 13-16)

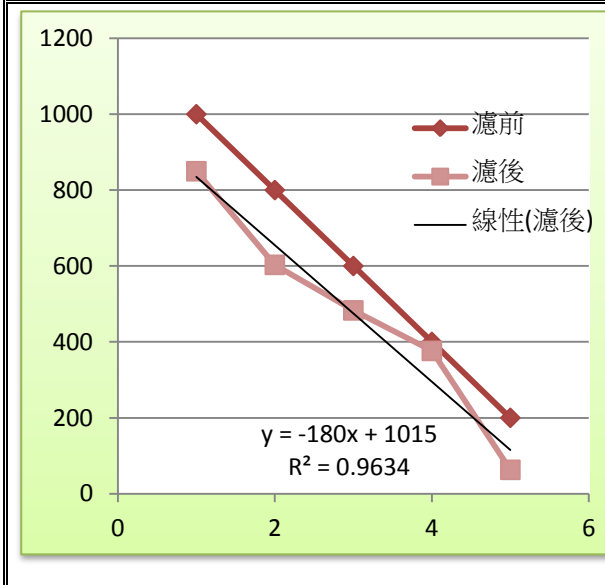
濾前 ppm	各離子	1000	800	600	400	200
濾後 ppm	吸附後吸收值	0.524	0.494	0.414	0.196	0.134
	Fe^{+3} 對應濃度	619	581	481	209	131
	吸附後吸收值	0.267	0.193	0.157	0.125	0.031
	Ni^{+2} 對應濃度	850	603	483	376	63
	吸附後吸收值	2.215	2.027	1.982	1.685	1.661
	Cu^{+2} 對應濃度	561	435	371	156	146
	吸附後吸收值	1.797	1.602	1.327	0.958	0.377
	Co^{+2} 對應濃度	636	533	389	195	111



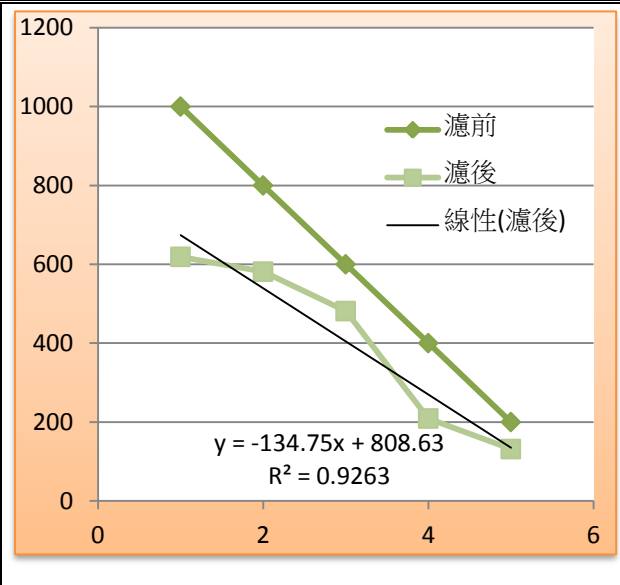
(表 13)、硫酸銅水溶液吸附前後比較圖



(表 14)、醋酸鈷水溶液吸附前後比較圖



(表 15)、硫酸鎳水溶液吸附前後比較圖



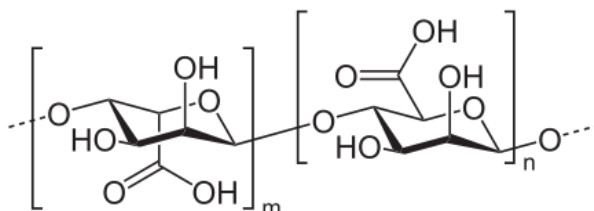
(表 16)、氯化鐵水溶液吸附前後比較圖

初步結果：

1. 各離子於 1000 ppm 高濃度吸收較多，隨濃度減少而降低。
2. 硫酸銅離子於 400 ppm、200 ppm，吸收程度相當

陸、討論

一、台灣乃是一海島國家、有著豐富的海藻資源，文獻記載本島沿海有 500-600 種海藻，多種海藻可提煉海藻酸，我們使用海藻酸鈉來吸附重金屬，乃生物吸附污染的一環，其原理是：海藻酸分子鏈上含有大量的羧基-COOH 和羥基-OH，很容易和二價金屬離子結合，形成穩定的螯合物。海藻酸其結構式：



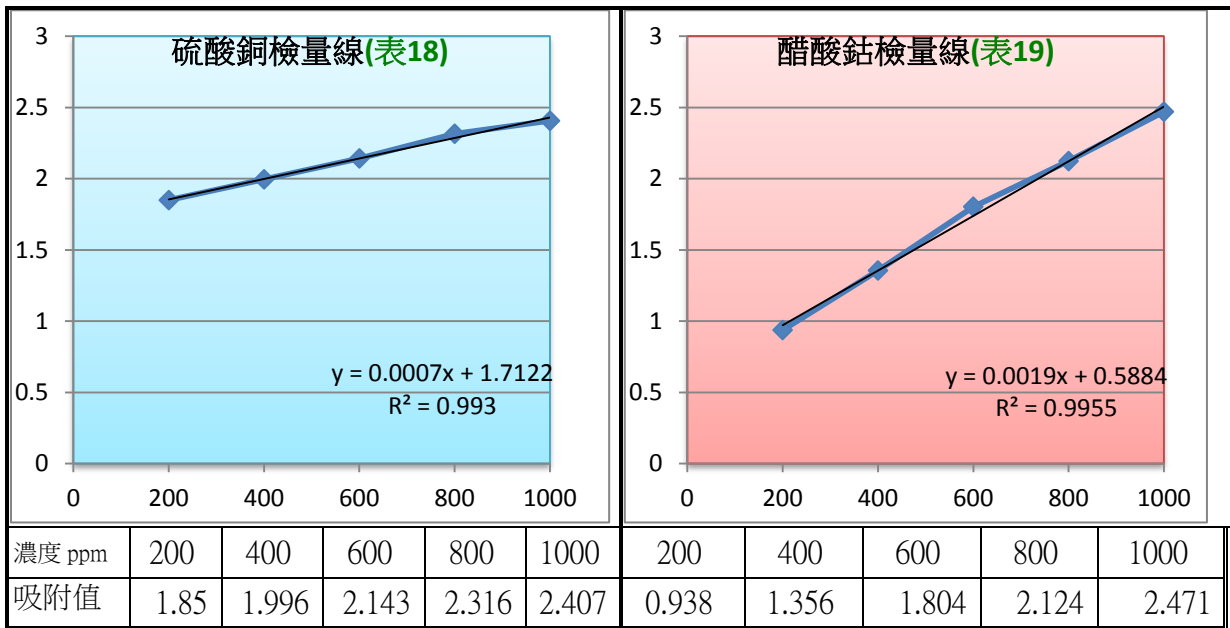
圖片資料來源：維基百科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E8%97%BB%E9%85%B8>

二、我們利用以上陰離子與金屬特性來鑑定成分。本實驗顏色顯示如下(表 17)：

	氯化鐵	硫酸鎳	醋酸鈷	硫酸銅
黃血鹽	藍	淡綠	褐綠色	褐
赤血鹽	藍	棕	褐色	棕

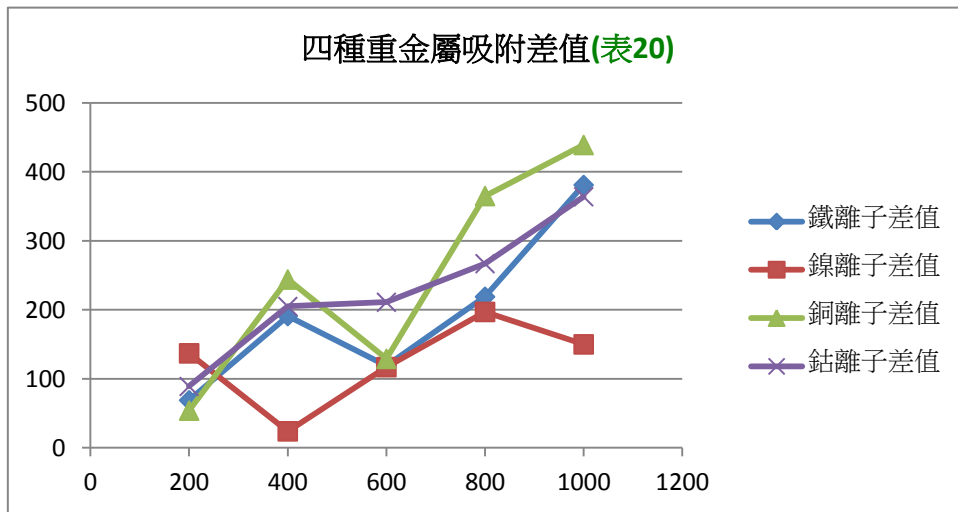
我發現使用黃血鹽及赤血鹽在不同濃度的重金屬溶液下雖然會有不同顏色變化效果，但是顯色效果全來自沉澱，若過濾其沉澱物，則容易顏色無法比較，即是接近透明。加上沉澱產生顆粒，光線無法透過，「吸收光譜」就沒意義了。為了解決這個問題，因此使用二甲酚橙、丁二酮肟、二苯胺基脲和磺基水楊酸等四種有機顯色劑，並分別用於硫酸銅、醋酸鈷、硫酸鎳和氯化鐵作為顯色劑。由於這些有機顯色劑只能測量特定某種金屬溶液，固本實驗使用多種不同的有機顯色劑。

三、實驗一製作檢量線時，各濃度均由 1000 而 800→600→400 最後 200 ppm，此部分後來用於硫酸鎳、氯化鐵的檢量線直線方程式計算濃度，如表顯示屬合理，原方程式硫酸銅、醋酸鈷水溶液如下圖，用於原方程式，則產生負值，與事實不合：硫酸銅檢量線 $y = 0.0007x + 1.7122$ 代入 400 和 200 ppm 之吸附值 1.685 和 1.661 其對應濃度值分別為 -53.1 與 -87.4。故將硫酸銅、醋酸鈷後分別稀釋成 250、200、150、100、50 ppm 之水溶液，得到硫酸銅 $y = 0.0026x + 1.2805$ 、醋酸鈷 $y = 0.0028x - 0.0667$ 新的檢量線，再計算結果，如 P16 表中紅字部分。



在硫酸銅 600 ppm，用原式 $y = 0.0007x + 1.7122$ 計算其對應濃度則為 371 ppm，以新式 $y = 0.0028x - 0.0667$ 計算其對應濃度則為 156 ppm，以上濃度分別計算其相關係數，以 371 ppm 之 $R^2 = 0.9446$ ，而 156 ppm 之 $R^2 = 0.9397$ ，故採用原式。

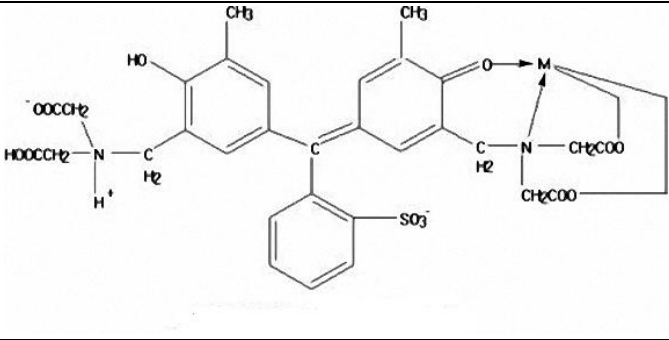
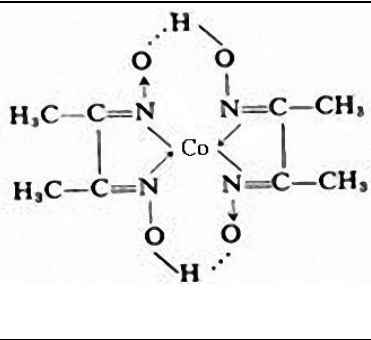
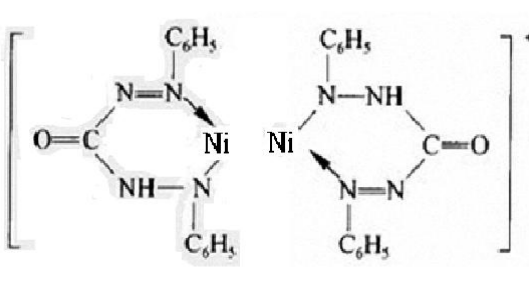
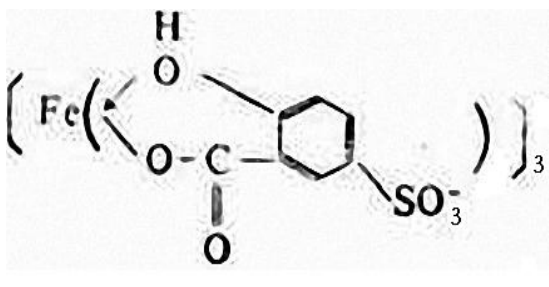
四、如下圖，吸附金屬水溶液之差值：以高濃度吸附效果較佳，銅離子效果明顯，鈷離子與鐵離子相當，而鎳離子則保持較一致的吸附能力。可以得到海藻酸鈣對此四種金屬吸附能力大小比較結果：銅離子 > 鈷離子 = 鐵離子 > 鎳離子。



五、為了測量不同濃度溶液的吸光度，使用有機顯色劑來測量吸光度並製作檢量線，

藥品	硫酸銅	醋酸鈷	硫酸鎳	氫化鐵
有機顯色劑	二甲酚橙	丁二酮肟	二苯胺基脲	磺基水楊酸

其顯色產物的結構式：(表 21)

 <p>The diagram shows a metal M coordinated to two salicylic acid derivatives. Each salicylic acid derivative is coordinated to the metal through its phenolic oxygen and one of its carboxylate oxygens. The salicylic acid derivatives are substituted with a methyl group (CH₃) and a hydroxyl group (OH). The metal M is also coordinated to a third ligand, which is a complex containing a benzene ring with a sulfonate group (SO₃⁻) and a carboxylate group (CH₂COO⁻).</p>	 <p>The diagram shows a cobalt (Co) atom coordinated to two methylglyoxime ligands. Each methylglyoxime ligand is a bidentate ligand consisting of two methyl groups (H₃C) bonded to a carbon atom, which is double-bonded to a nitrogen atom. The nitrogen atom is also bonded to an oxygen atom, which is hydrogen-bonded to the cobalt atom. The cobalt atom is coordinated to the two nitrogen atoms and the two oxygen atoms of the two methylglyoxime ligands.</p>
<p>二甲酚橙</p>	<p>丁二酮肟</p>
 <p>The diagram shows a nickel (Ni) atom coordinated to two ethylenediamine ligands. Each ethylenediamine ligand is a bidentate ligand consisting of two nitrogen atoms bonded to each other and to two carbon atoms. The carbon atoms are bonded to two hydrogen atoms and one phenyl group (C₆H₅). The nickel atom is coordinated to the two nitrogen atoms of each ethylenediamine ligand.</p>	 <p>The diagram shows a ferrous (Fe) atom coordinated to three salicylate ligands. Each salicylate ligand is a bidentate ligand consisting of a phenolic oxygen and one of the two carboxylate oxygens of a salicylic acid derivative. The phenolic oxygen is hydrogen-bonded to the iron atom. The iron atom is coordinated to the two oxygen atoms of each salicylate ligand. The salicylate ligands are substituted with a methyl group (CH₃) and a sulfonate group (SO₃⁻).</p>
<p>二苯胺基</p>	<p>脲磺基水楊酸</p>

柒、結論

- 一、在實驗一，我將重金屬容易配置成 1000 ppm、800 ppm、600 ppm、400 ppm、200 ppm 並且拿到分光光度計測量，結果從檢量線發現，雖然期檢量線並非直線型，但其數據都有規律性，且檢量線相關係數 R^2 都大於 0.96 屬於可接受範圍。雖然比爾定律亦接受非直線型之檢量線，但目前常見之檢驗項目中，不應該出現非線性之檢量線，因此檢量線仍應以直線為優先考慮。因此在實驗一的論是，同樣金屬溶液下不同濃度的溶液會隨著濃度增加而吸附值亦呈正比，由比爾定律 $A = \epsilon bc$ 中，其中 $A \propto c$ 亦是吸光度正比於濃度也就符合比爾定律。
- 二、在實驗三，探討檢測晶球在不同重金屬溶液下的顯色效果中，實驗結果很明顯地看到，不同濃度相同重金屬的水溶液下，與相同濃度的黃血鹽及赤血鹽晶球共同反應後，顯然愈高濃度的重金屬水溶液能夠和黃血鹽及赤血鹽晶球包覆沉澱物顯色愈深。
- 三、將 1000 ppm、100 ppm、10 ppm 與晶球反應後觀察其變色程度。發現 1000 ppm 有明顯反應而 10 ppm 卻無法用肉眼觀察出顏色的變化，100 ppm 有微量變化。根據上圖(32~79)的觀察，可做出歸納如下：
 - (一) 重金屬水溶液濃度愈高，其與顯色劑和晶球反應的顯色程度愈高。
 - (二) 在濃度 10 ppm 以下者，其顯色效果和晶球原色幾乎相同，而 100 ppm 以上者容易分辨其色差。
- 四、在實驗四中，探討晶球吸附程度的實驗結果，顯示出同樣重量的海藻酸鈉晶球浸泡在不同濃度的重金屬水溶液，由分光光度計測量吸光值的差別，所對應出的重金屬離子含量隨濃度降低而含量遞減的趨勢，然而在表(13.14.15.16)兩者(吸附前、吸附後)的斜率前者較後者大，這也就代表吸附力隨濃度愈高而愈大。

捌、參考資料

李冀輝等編(2002,05)。常用化學反應速查手冊。北京市:河北科學技術出版社。

吳韶苹、張志鵬(2013)。利用不同濃度海藻酸鈣包覆油性染料微膠囊對釋放性之探討。綠色科技工程應用研討會。

周美岑,白旻昇.(2008)。色彩變變變--自製重金屬檢測試紙及檢測流程研究。台灣科學教育館,第 48 屆全國科展國中組化學科(作品編號 031628)。檢索自：

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/high/031628.pdf>。

簡伊翎、張喬茵、馬于倩、陳翊綺 & 房樹生 (2011)。利用藻酸膠球製備簡易重金屬吸附劑。科學教育月刊。檢索自：

http://ir.lib.ntnu.edu.tw/retrieve/73087/ntnulib_ja_K0201_0343_050.pdf

【評語】 040206

此工作主要是用晶球對不同重金屬，所產生呈色反應，藉以判斷環境污染的嚴重性，晶球的主要成分為黃血鹽和赤血鹽，此方法目前要對多種不同金屬的污染做定量還不容易，尤其不同金屬的量差很大更幾近不可能，然而，用來做快速判斷有無嚴重污染可能有一定價值。