

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040213

化腐朽為神奇，蔗是什麼，吸蔗麼牢固

學校名稱：屏東縣立大同高級中學

作者：	指導老師：
高一 鍾政宏	林長宏
高一 張倫嘉	杜恒欣
高一 江怡瑩	
高一 高郁淳	

關鍵詞：蔗渣 陽離子交換劑 管柱層析

作品名稱：化腐朽為神奇，“蔗”是什麼，吸“蔗”麼牢固

摘要

本研究是以屏東當地農作物甘蔗，壓榨後剩餘的蔗渣，當作吸附劑。去除實驗室常做的電化電池實驗所留下之 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子等廢液，利用白蔗渣與紅蔗渣，經管柱層析實驗結果證實，紅蔗渣、白蔗渣都可去除，而以去除 Cu^{2+} 效果較好。再將紅、白蔗渣表面磺化改質修飾，作陽離子交換劑使用，同樣地分別對於含有 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子的廢液，作管柱層析去除效果更顯著，但結果顯示以去除 Cu^{2+} 離子效果較明顯。實驗顯示以蔗渣或蔗渣磺化作為吸附劑基材不僅可行，且可將重金屬離子固定化不會造成廢液污染擴散。重要的是蔗渣隨手可得成本低，將蔗渣充分利用，達到環保兼備，化腐朽為神奇，改變蔗渣只作肥料等用途；大大提高其附加價值，同時也了解到大自然的污染是因化學所造成，所以相對地也要以化學方法來處理這些污染。

壹、研究動機

目前環保署大力提倡生質能的應用，所謂生質能是來自於自然生物中的有機物質，所能創造出來的環保能源；例如甘蔗渣等。基於蔗渣，除了可當有機肥料使用外，是否還有其他用途。關於這方面收集到許多甘蔗及相關吸附劑的資料，希望結合以屏東當地農作物甘蔗，壓榨後的蔗渣作試驗，探討對 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子吸附去除的能力，找到隨手可得，且價格低廉的吸附劑，應用在管柱層析陽離子交換劑上。由於市面上使用的吸附劑，多以無機材質、合成聚合物為主，對於環境造成一定比例的傷害。若能改以天然聚合物當吸附劑，對環境不會造成傷害，又可對重金屬污染能固定不擴散，實有正面上的效益。有鑑於此，希望能由天然甘蔗渣來研究對 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 等重金屬離子移除做研討。而以下是高中課程與本研究之相關性歸納表：

表一 高中課程與本研究之相關性

高中課程	本研究之相關性
高一水的淨化活性炭吸附處理	蔗渣吸附 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 處理
高一水的軟化陽離子交換處理	蔗渣表面磺化改質吸附劑作陽離子交換劑
高一水污染處理	蔗渣與磺化蔗渣吸附劑吸附處理 Cu^{2+} 、 Pb^{2+}
高一生質能、食品與化學	蔗渣應用
高二有機化合物磺化反應	蔗渣磺化改質修飾

貳、研究目的

本研究目的是在探討蔗渣與表面磺化修飾後蔗渣作為陽離子交換吸附劑用，以管柱層析 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子等廢液，藉此了解去除重金屬效果，達到環保減量的目標。

- 一、以紅蔗渣與白蔗渣對 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子進行管柱層析效果觀察。
- 二、以磺化修飾後紅蔗渣與白蔗渣當作陽離子交換樹脂，對 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子進行管柱層析效果觀察。
- 三、用 UV/VIS 紫外線可見光譜儀，作檢量線校正，整理出數據；以此數據探討紅、白蔗渣與磺化修飾後蔗渣，對重金屬離子定量吸附討論。
- 四、以數據比對出，對哪種重金屬吸附效果及去除率最佳。
- 五、再以電導度計證明，紅、白蔗渣與磺化修飾後蔗渣吸附劑，對於 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子進行離子交換管柱層析後的溶液之電導度變化情形。

叁、研究設備及器材

一、實驗器材

- (一) 烘箱
- (二) 糖度計(Model : BR32)
- (三) 研磨機
- (四) UV/ VIS 紫外線可見光譜儀(GENESYS10-spectrophotometer)
- (五) 電導度計(DATA HARVEST)
- (六) 磁石攪拌機(SHIN KWANG)
- (七) 電子分析天平(SHIMADZU CORPORATION JAPAN)
- (八) pH 計
- (九) 500mL 容量瓶
- (十) 燒杯
- (十一) 25mL 試樣瓶
- (十二) 滴定管
- (十三) 50ml 燒杯
- (十四) 乳頭滴管
- (十五) 50 目篩網

二、藥品

- (一) 屏東農作物紅甘蔗與白甘蔗
- (二) 丙酮
- (三) 濃硫酸(SHIMADA CHEMICAL WORKS)
- (四) AgSO_4 (WAKO PURE CHEMICAL INDUSTRIES.LTD)
- (五) NaOH (島久藥品株式會社試藥壹級)
- (六) CuSO_4 (SHIMADA CHEMICAL WORKS 試藥壹級)
- (七) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (NIHON SHIYAKU 試藥壹級)
- (八) 蒸餾水

三、溶液配製

(一) 1M $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 500mL

1. 以電子天平秤取 20g 的 NaOH ，倒入容量瓶中，再加水至 500mL。
2. 並以磁石攪拌機，均勻攪拌。

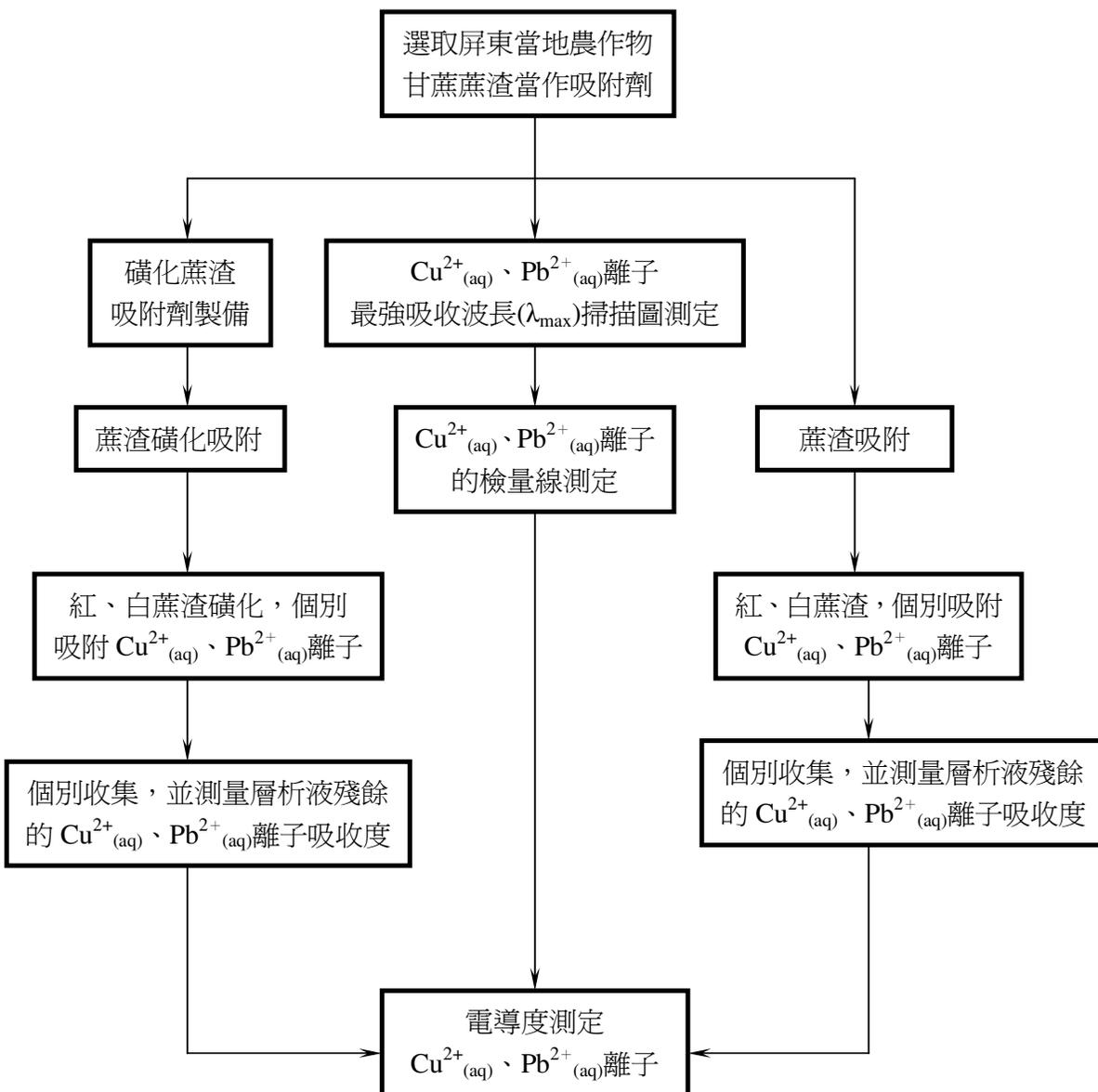
(二) 將電化電池實驗所留下 0.5M $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 稀釋為 1mM $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 測試標準液 500 mL

1. 取電化電池 0.5M $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 1 mL，倒入容量瓶中，再加水至 500mL。
2. 並以磁石攪拌機，均勻攪拌。

(三) 將電化電池實驗所留下 0.5M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ 稀釋為 1mM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ 測試標準液 500 mL

1. 取電化電池 0.5M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ 1 mL，倒入容量瓶中，再加水至 500mL。
2. 以磁石攪拌機，均勻攪拌。

肆、實驗流程架構



伍、研究過程或方法

一、選取屏東當地農作物甘蔗蔗渣當作吸附劑

- (一) 將甘蔗壓榨後剩餘的紅、白蔗渣，大量水洗後，再以丙酮清洗；以糖度計量測甜度至 0 刻度值，拿至烘箱烘乾。
- (二) 將烘乾後紅、白蔗渣各自以研磨機研磨，以 50 目篩網篩選白、紅蔗渣粉當吸附劑備用。



圖 1 烘乾後紅蔗渣、白蔗渣



圖 2 研磨篩選紅蔗渣粉、白蔗渣粉

二、磺化蔗渣吸附劑製備

- (一) 各取紅、白蔗渣粉 20g 倒入燒杯中加水 500mL，再加 10g AgSO_4 ，以磁石加熱攪拌機，溫度控制 80°C 均勻攪拌，每隔 10 分鐘各加 5mL 濃硫酸，共六次。
- (二) 持續反應進行 3 小時後。
- (三) 移至冰水槽降溫冷卻，加 1M $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 中和清洗，再以大量蒸餾水清洗至 $\text{pH}=7$ 。
- (四) 將磺化蔗渣粉，拿至烘箱烘乾備用。



圖 3 蔗渣磺化製備



圖 4 磺化後紅蔗渣粉、白蔗渣粉

三、 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子最強吸收波長 (λ_{max})掃描圖測定

- (一) 取 1mM $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 標準液 1mL，裝入 UV/ VIS 紫外線可見光譜儀 Cell 中。
- (二) 檢測從 190nm~1100nm 吸收波長掃描圖，以吸收帶的丘頂位置，當作為最強吸收波長測量值。

四、 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子最強吸收波長 (λ_{max})掃描圖測定

- (一)取 1mM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ 標準液 1mL，裝入 UV/VIS 紫外線可見光譜儀 Cell 中。
- (二)檢測從 190nm~1100nm 吸收波長掃描圖，以吸收帶的丘頂位置，當作為最強吸收波長測量值。

五、 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的檢量線測定

- (一)取 1mM $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 標準液，將濃度分別配製為 0.2mM、0.4mM、0.6mM、0.8mM、1mM $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 。
- (二)根據 CuSO_4 標準液吸收波長掃描圖知，最強吸收波長值為 206nm。
- (三) 將 UV/ VIS 紫外線可見光譜儀吸收波長值設定為 206nm，分別各取 0.2mM、0.4mM、0.6mM、0.8mM、1mM 各 1mL 裝入 UV/VIS 紫外線可見光譜儀 Cell 中，並測量吸收度值(Abs)。
- (四) 作出 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的濃度與吸收度之檢量線圖。

六、 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的檢量線測定

- (一)取 1mM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ 標準液，將濃度分別配製為 0.2mM、0.4mM、0.6mM、0.8mM、1mM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ 。
- (二)根據 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 標準液吸收波長掃描圖知，最強吸收波長值為 224 nm。
- (三)將 UV/ VIS 紫外線可見光譜儀吸收波長值設定為 224 nm，分別各取 0.2mM、0.4mM、0.6mM、0.8mM、1mM 各 1mL 裝入 UV/VIS 紫外線可見光譜儀 Cell 中，並測量吸收度值(Abs)。
- (四)作出 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的濃度與吸收度之檢量線圖。

七、蔗渣吸附

(一) 紅蔗渣吸附 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子

1. 取乾燥處理後之紅蔗渣粉末 1.5g，充填於滴定管中，當作層析管柱使用。
2. 取 1mM $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 標準液 20mL，由層析管柱頂端加入，於末端以 50mL 小燒杯收集層析液。
3. 取 1mL 層析液，裝入 UV/VIS 紫外線可見光譜儀 Cell 中，波長值設定為 206nm，並測量層析液殘餘的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子吸收度值(Abs)。
4. 將層析液殘餘的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子吸收度值(Abs)，比對 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 的檢量線，換算成殘餘的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子濃度值，即可知紅蔗渣去除效果。

(二) 白蔗渣吸附 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子

重複(一)步驟將紅蔗渣粉末換成白蔗渣粉末 1.5g，其餘步驟均相同。

(三) 紅蔗渣吸附 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子

1. 取乾燥處理後之紅蔗渣粉末 1.5g，充填於滴定管中，當作層析管柱使用。
2. 取 1mM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ 標準液 20mL，由層析管柱頂端加入，於末端以 50mL 小燒杯收集層析液。
3. 取 1mL 層析液，裝入 UV/VIS 紫外線可見光譜儀 Cell 中，波長值設定為 224nm，並測量層析液殘餘的 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子吸收度值(Abs)。
4. 將層析液殘餘的 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子吸收度值(Abs)，比對 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 的檢量線，換算成殘餘的 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子濃度值，即可知紅蔗渣去除效果。

(四) 白蔗渣吸附 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子

重複(三)步驟將紅蔗渣粉末換成白蔗渣粉末 1.5g，其餘步驟均相同。



圖 5 從左而右分別為紅、白蔗渣管柱層析 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 與紅、白蔗渣管柱層析 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$

八、蔗渣磺化吸附

(一) 紅蔗渣磺化吸附 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子

1. 取乾燥處理後之紅蔗渣磺化粉末 1.5g，充填於滴定管中，當作層析管柱使用。
2. 取 1mM $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 標準液 20mL，由層析管柱頂端加入，於末端以 50mL 小燒杯收集層析液。
3. 取 1mL 層析液，裝入 UV/VIS 紫外線可見光譜儀 Cell 中，波長值設定為 206nm，並測量層析液殘餘的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子吸收度值(Abs)。
4. 將層析液殘餘的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子吸收度值(Abs)，比對 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的檢量線，換算成殘餘的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子濃度值，即可知紅蔗渣磺化去除效果。

(二) 白蔗渣磺化吸附 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子

重複(一)步驟將紅蔗渣磺化粉末 1.5g 換成白蔗渣磺化粉末 1.5g，其餘步驟均相同。

(三) 紅蔗渣磺化吸附 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子

1. 取乾燥處理後之紅蔗渣磺化粉末 1.5g，充填於滴定管中，當作層析管柱使用。
2. 取 1mM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ 標準液 20mL，由層析管柱頂端加入，於末端以 50mL 小燒杯

收集層析液。

- 3.取 1mL 層析液，裝入 UV/VIS 紫外線可見光譜儀 Cell 中，波長值設定為 224nm，並測量層析液殘餘的 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子吸收度值(Abs)。
- 4.將層析液殘餘的 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 吸收度值(Abs)，比對 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的檢量線，換算成殘餘的 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子濃度值，即可知紅蔗渣磺化去除效果。

(四) 白蔗渣磺化吸附 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子

重複(三)步驟將紅蔗渣磺化粉末 1.5g 換成白蔗渣磺化粉末 1.5g，其餘步驟均相同。

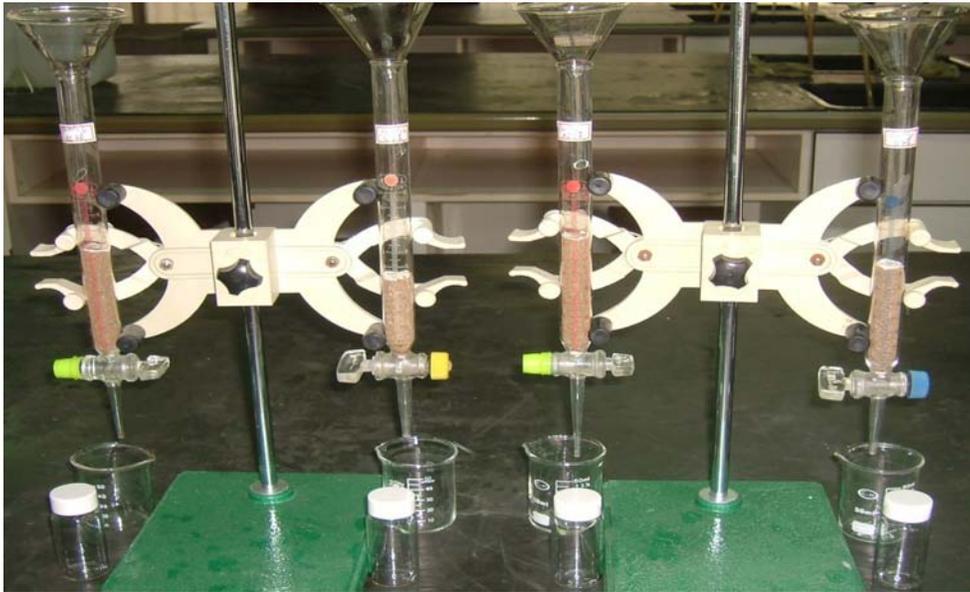


圖 6 從左而右分別為紅、白蔗渣磺化管柱層析 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 與紅、白蔗渣磺化管柱層析 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$

九、電導度的測定

利用電導度計測定殘餘層析液電導度大小，比對溶液中所含離子濃度的大小尋求相關資訊。

十、UV/VIS 紫外線可見光譜儀簡介

UV/ VIS 紫外線可見光譜儀(GENESYS10-spectrophotometer)，在光譜分析上之應用已非常普遍，主要功用在於做定量分析。

波長測試範圍可到達 190 至 1100nm 之間，當輻射光源被分子所吸收使電子狀態改變，得到一寬丘狀吸收帶，吸收帶的丘頂位置為最強吸收波長 (λ_{\max})可供多項研究利用。

在進行定量分析時，先將試料溶於適當溶劑中，以一定的步驟使欲分析的成分呈色，再按呈色後的情形選定分析時應設定的波長。然後測定這波長的光線，對試料的穿透度或吸收度。有了穿透度或吸收度，再根據此數據來求試料中欲分析成分之濃度。求試料中的濃度，通常要先做校正工作。先將預測定的成分，配成不同濃度的溶液，測出各溶液對選定波長之光線的穿透度或吸收度。將測出的吸收度對相當溶液濃度做圖，此圖即為校正曲線圖，又稱檢量線圖。

UV/ VIS 紫外線可見光譜儀，其原理乃利用非單色光源經稜鏡或光柵來選擇適當波長之單色光，照射裝有樣品溶液之試樣管。在一定頻率下，由透過光強度(I_0)，可定義出**穿透度 (transmittance, T)** 及**吸收度 (absorbance, A)**，

又稱**光學密度 (optical density, O.D.)** $T = \left(\frac{I}{I_0}\right)100\%$ 及 $A = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

根據 Lambert-Beer 定律：吸收度與樣品溶液濃度(c)和光線通過溶液距離即光徑(b)，在適當濃度範圍內成正比，所以 A 正比 bc，即 $A = a \cdot b \cdot c$

其中 a：溶質吸光度 ($Lg^{-1}cm^{-1}$) b：光徑(cm) c：溶質濃度 (g/L)，若 c 的單位為 M (mol/L)，則前式可表示為 $A = \epsilon \cdot b \cdot c$

其中 ϵ ：溶質莫耳吸光度或莫耳消光係數 b：光徑(cm) c：溶質濃度(M)

ϵ 與 a 之間的關係為 $\epsilon = a \cdot M.W.$ ，其中 M.W.為溶質的分子量

由上可以知道吸收度與濃度或光線通過溶液距離，在適當之濃度範圍內成線性關係。則在定波長下，由於 b 及 a 或 ϵ 皆為常數，故由測定所得之吸收度可計算溶液之濃度。

陸、研究結果

一、UV/VIS 紫外線可見光譜儀方法測定：

(一) $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子最強吸收波長 (λ_{max}) 掃描圖測定：

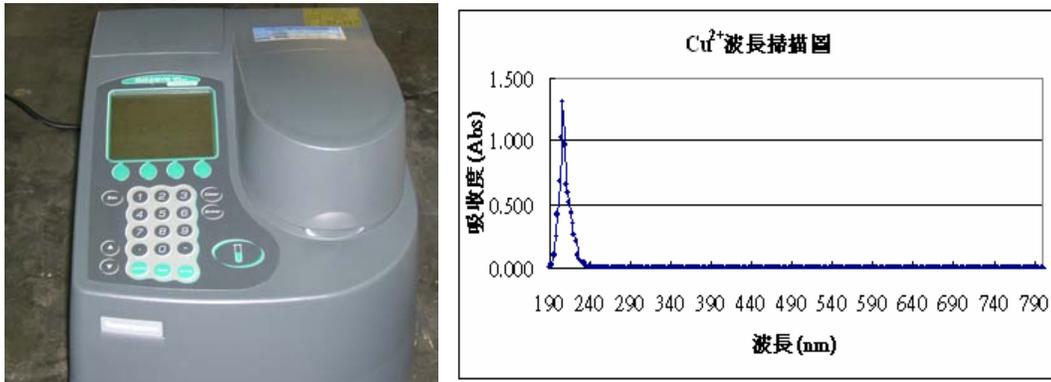
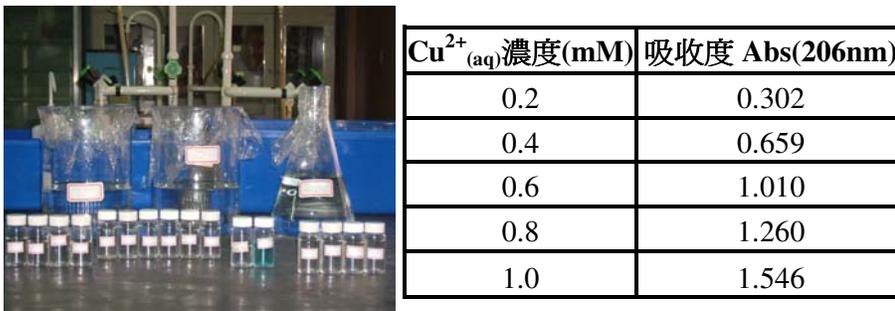


圖 7 由 UV/VIS 紫外線可見光譜儀測定得知 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子最強吸收波長 (λ_{max}) = 206nm，檢測波長值為 206nm。

(二) $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的檢量線測定：



從上表做出 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子濃度對吸收度 Abs(206nm) 之線性檢量線圖如下。

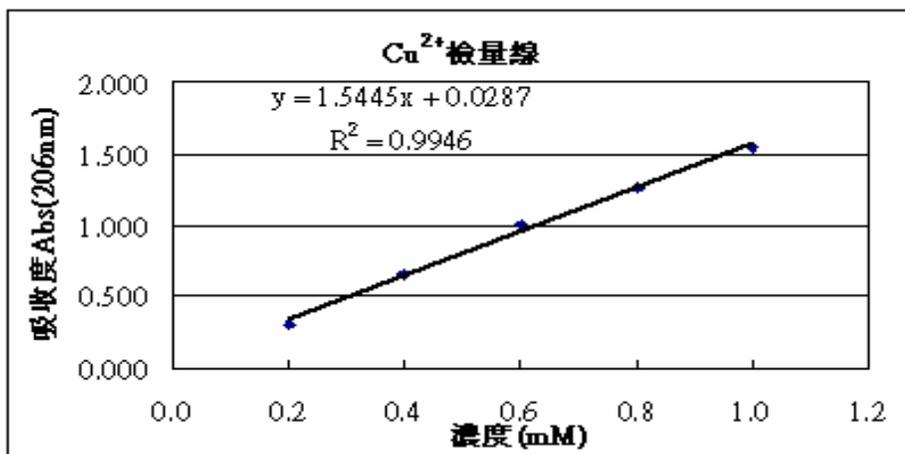


圖 8 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的檢量線圖

(三) $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子最強吸收波長 (λ_{max}) 掃描圖測定：

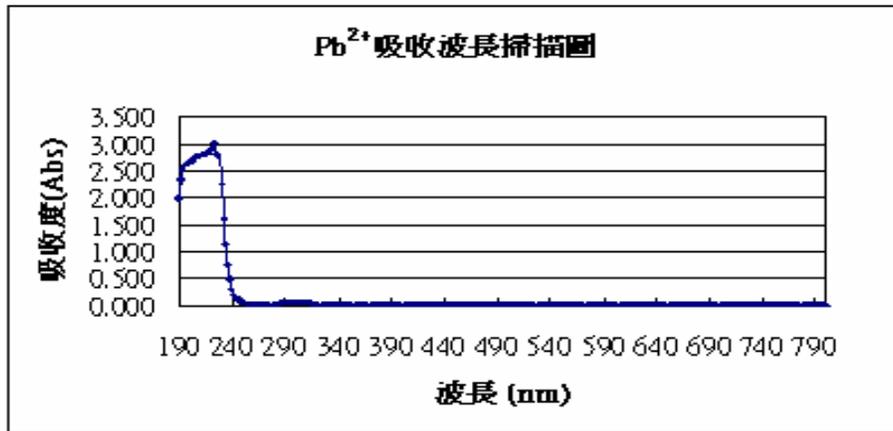
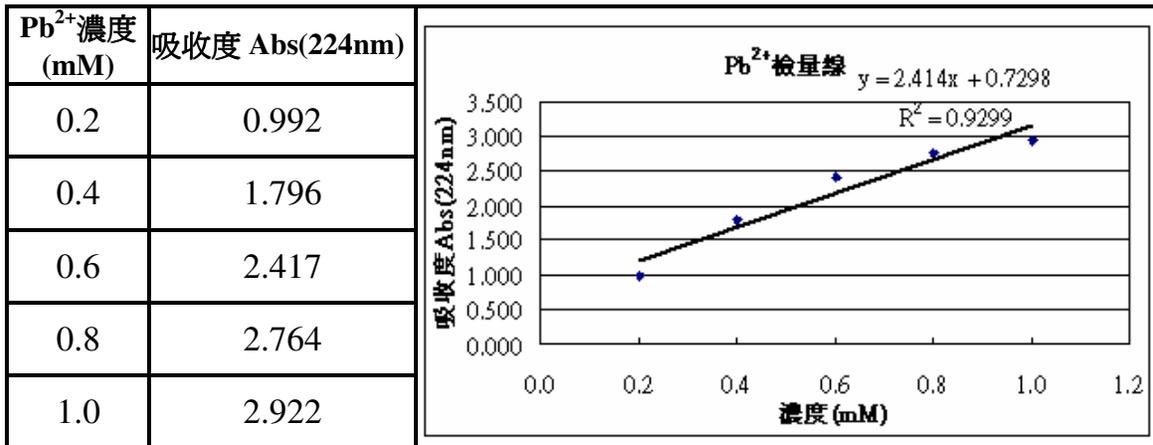


圖 9 由 UV/VIS 紫外線可見光譜儀測定得知 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子最強吸收波長 (λ_{max}) = 224nm，檢測波長值為 224nm。

(四) $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子的檢量線測定：



根據上表做出右圖 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子濃度對吸收度 Abs(224nm) 之線性檢量線圖。

二、以檢量線換算各種管柱層析處理後 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子層析液濃度值如表二所示：

表二

	層析液 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 吸收度(Abs)平均值	換算濃度值(mM)	陽離子交換容量 (mmol/g 基材)
白蔗渣吸附	1.393	0.883	1.557×10^{-3}
紅蔗渣吸附	1.356	0.859	1.875×10^{-3}
白蔗渣磺化吸附	1.209	0.764	3.147×10^{-3}
紅蔗渣磺化吸附	1.084	0.683	4.227×10^{-3}

經陽離子交換原理知， $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 層析後吸收度值愈小，表示被交換愈多，代表蔗渣或蔗渣磺化陽離子交換容量大，對於 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 確實有吸附交換功效；從表二中得知陽離子交換容量依序為：紅蔗渣磺化吸附 > 白蔗渣磺化吸附 > 紅蔗渣吸附 > 白蔗渣吸附。

三、以檢量線換算各種管柱層析處理後 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子層析液濃度值如表三所示：

表三

	層析液 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 吸收度(Abs)平均值	換算濃度值(mM)	陽離子交換容量 (mmol/g 基材)
白蔗渣吸附	2.984	0.934	0.880×10^{-3}
紅蔗渣吸附	2.965	0.926	0.987×10^{-3}
白蔗渣磺化吸附	2.842	0.875	1.667×10^{-3}
紅蔗渣磺化吸附	2.823	0.867	1.773×10^{-3}

同理知， $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 層析後收度值愈小，表示被交換愈多，代表蔗渣或蔗渣磺化陽離子交換容量大，對於 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 確實有吸附交換功效；從表三中得知陽離子交換容量依序為：紅蔗渣磺化吸附 > 白蔗渣磺化吸附 > 紅蔗渣吸附 > 白蔗渣吸附。

四、以電導度計測定 1mM $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 層析前，與各種管柱層析處理後 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子層析液之電導度值如表四所示：



圖 10 以電導度計測定層析前與各種管柱層析處理後 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 、 $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ 離子層析液之電導度值

表四

$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 層析前電導度 濃度(mM) 電導度(μS)		各取 1.5g 陽離子吸附劑	1mM Cu^{2+} 層析後 電導度值(μS)	陽離子交換率(%)
1.0	249			
		紅蔗渣吸附	390	36.15
		白蔗渣磺化吸附	998	75.05
		紅蔗渣磺化吸附	1000	75.10

由陽離子交換原理知， $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 層析後電導度值愈大，表示被交換愈多，代表蔗渣或蔗渣磺化，對於 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 確實有吸附交換功效；從表四中得知陽離子交換率依序為：

紅蔗渣磺化吸附 > 白蔗渣磺化吸附 > 紅蔗渣吸附 > 白蔗渣吸附。

五、以電導度測定 1mM $Pb^{2+}_{(aq)}$ 層析前，與各種管柱層析處理後 $Pb^{2+}_{(aq)}$ 離子層析液電導度值如表五所示：

表五

$Pb^{2+}_{(aq)}$ 層析前電導度		各取 1.5g 陽離子吸附劑	1mM Pb^{2+} 層析後電導度值(μS)	陽離子交換率(%)
濃度(mM)	電導度(μS)			
1.0	270	白蔗渣吸附	282	4.255
		紅蔗渣吸附	345	21.74
		白蔗渣磺化吸附	872	69.04
		紅蔗渣磺化吸附	921	70.68

同理從表五中得知對於蔗渣或蔗渣磺化，對於 $Pb^{2+}_{(aq)}$ 確實有吸附交換功效；而陽離子交換率依序為：紅蔗渣磺化吸附 > 白蔗渣磺化吸附 > 紅蔗渣吸附 > 白蔗渣吸附。

綜觀表二~表五得知，蔗渣或改質後的磺化蔗渣對於 Cu^{2+} 吸附效果比 Pb^{2+} 佳。

柒、討論

- 一、以屏東當地農作物甘蔗蔗渣作吸附劑，或磺化修飾蔗渣吸附劑作層析管柱使用，分別以 UV/VIS 紫外線可見光譜儀方法、電導度計來印證實驗結果發現，皆可得到相同的結論，可再找尋其他方式印證。
- 二、可再探討其他電化電池實驗剩餘之重金屬離子進行管柱層析測試，找出蔗渣或磺化蔗渣對重金屬離子吸附關係，重複實驗使結果更加準確。
- 三、調整溶液 pH 值，重複實驗兩種或多種重金屬離子混合進行管柱層析試驗，找出最佳可應用於重金屬去除的條件。
- 四、層析管柱的長度與內徑均會影響層析去除的效果，因此未來可再深入探討這方面的研究，找尋蔗渣或磺化修飾蔗渣吸附劑最佳操作條件，真正應用於實驗室大量廢液處理。

捌、結論

- 一、以屏東當地農作物甘蔗蔗渣作吸附劑，或磺化修飾蔗渣吸附劑作層析管柱使用，來吸附廢水中的 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子的確為可行方法，且其操作成本低、速度快，適用於處理低銅、鉛離子含量之大量廢水，確實可達到環保兼備，化腐朽為神奇，是一種值得應用推廣價格又低廉的天然吸附劑。
- 二、從實驗結果知，紅蔗渣與紅蔗渣磺化的吸附劑，移除重金屬的效果均比白蔗渣與白蔗渣磺化作吸附劑佳。
- 三、對於蔗渣或磺化修飾蔗渣做陽離子交換劑，去除 Cu^{2+} 離子交換率均比去除 Pb^{2+} 離子交換率高。
- 四、具有陽離子交換容量愈大；對於 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 陽離子交換率就高，依序為：
紅蔗渣磺化 > 白蔗渣磺化 > 紅蔗渣 > 白蔗渣。
- 五、從層析後電導度值都變大，也可印證蔗渣或蔗渣磺化陽離子交換率也愈大，對於 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 離子確實也有相同的趨勢。

玖、參考資料

- 一、夏雨人(民 61)。甘蔗營養。載於台灣糖業試驗所出版,第七章台灣蔗園肥料之施用(421-426 頁)。
- 二、C.Van Dillewijn (1954). Botany of Sugarcane. 鄭仲孚、吳卓、陳遲、周耦怡保合譯甘蔗植物學。第一篇形態與構造(1-20 頁)。
- 三、陳陵援(民 74)。儀器分析。科學技術叢書/三民書局。
- 四、陳竹亭(民 94)。高中物質科學化學篇下冊第 9 章碳氫化合物。泰宇出版社。
- 五、黃定加(民 78)。新編物理化學實驗下冊實驗 28 溶液中的吸附。高立圖書有限公司出版(197-204 頁)。
- 六、李安成、林榮顯、陳志維、林信余、蕭吉晉(民 94)。吸附在廢水處理之應用(I)- 陽離子交換樹脂去除廢水中的鉛離子。工程科技與教育學刊第二卷第一期(58-66 頁)。
- 七、張重、顧洋(1997)。吸附程序在廢水處理上之應用。化工期刊第 44 卷第 5 期(38-46 頁)。
- 八、G.Marc Loudon(1988).Organic Chemistry.The Benjamin/Cummings Publishing Company,Inc.
- 九、A.R.Mukherjee,C.R.Raha and W.C.Bauman. Water-Soluble Sulfonated Polystyrene. Macromolecular Syntheses,Collective Vol.1, 355-358
- 十、R.M.Spearot and J.V.Peck(1984).Recovery Process for Complexed Copper-Bearing Rinse Waters.Environmental Progress.Vol.3,No.2, 750-765
- 十一、R.R.Navarro, K.Sumi ,N,Fujii and M,Matsumura(1996). Mercury Removal From Wastewater Using Porous Cellulose Carrier Modified With Polyethyleneimine. Wat.Res.Vol.30,No.10, 2488-2494
- 十二、Wen-Chien Lee and Chang-Hung Lin(1995).High-performance affinity chromatography of proteins on non-porous polystyrene beads. Journal of Chromatography A.Vol.704, 307-314

【評語】 040213 化腐朽為神奇，蔗是什麼，吸蔗麼牢固

本作品利用蔗渣粉吸附含金屬離的廢料，不過對產生的粉渣如何處理仍然無解，吸附的能力有定量的測量，不過曲線的分析沒有說明，所以題材有應用性，但沒有充分考量應用的需求與問題檢測的金屬離子只有 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 也有不足之虞。應考慮吸附的飽和量有多大。