

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030205

吸「金」「膜」法

學校名稱：嘉義市私立輔仁高級中學(附設國中)

作者： 國三 鍾佳樺 國三 黃睦喬 國三 許雅若	指導老師： 洪崇傑
---	------------------

關鍵詞：海藻酸鈉、重金屬離子、吸附率

摘要

許多文獻中提到，交聯作用後的海藻酸鈉薄膜具有吸附重金屬的效果，本研究探討海藻酸鈉薄膜在不同時間、不同溫度、不同磁場下對鎳、鐵、銅離子的吸附效能。研究結果發現，海藻酸鈉對不同金屬離子之吸附效果整體而言為鐵>鎳>銅；溫度上升使海藻酸鈉對鎳、鐵、銅離子的吸附率更快達成平衡，且使達動態平衡後的吸附率震盪幅度更大，此外，鎳、鐵、銅離子在45°C的環境中的吸附效果最佳；磁場強度亦會影響海藻酸鈉對鎳、鐵離子之吸附效果，銅離子則無明顯差異。

壹、前言

一、研究動機

過年時的大魚大肉，魚翅羹、生魚片都是常見的海鮮料理，在理化課程中，談論到海洋重金屬進入食物鏈的危害，令人憂心，有多少的汙染物最終會回到人類的餐桌上？曾經震驚台灣社會的綠牡蠣事件即是因為附近工廠排放的廢液中含有大量的銅離子，若人體長期攝入重金屬，可能對神經、消化系統等造成危害，甚至致死。近年來台灣重金屬汙染事件頻傳，引起我們的注意。從文獻中，我們得知海藻酸鈉分子具有吸附重金屬的能力，因此我們想更深入探討在不同條件下，海藻酸鈉去除水中重金屬的效果，希望能設計出一種安全無害、低成本且有效的過濾材料。

二、研究目的

- (一) 探討海藻酸鈉隨著時間對鎳、鐵、銅離子的吸附效果
- (二) 比較市售活性碳與海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子的吸附差異
- (三) 比較不同溫度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果
- (四) 比較不同磁場強度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果












貳、研究設備及器材





一、準備器材

噴瓶、微量滴管、保鮮膜、鐵尺、美工刀、電子磅秤、加熱板、玻棒、濾紙、漏斗、量筒、溫度計、燒杯、分光光度計、1.5V電池、雙頭鱷魚夾、離心機。

二、使用藥品

海藻酸鈉、乳酸鈣、硫酸鎳、硫酸鐵、硫酸銅、活性炭。

噴瓶	微量滴管	離心機	加熱板
spray bottle	Micropipette	centrifuge	heating plate
			
分光光度計	雙頭鱷魚夾	1.5V電池	海藻酸鈉
Spectrophotometer	Double alligator clip	1.5V Battery	Sodium Alginate
			
乳酸鈣	硫酸鎳	硫酸銅	硫酸鐵
Calcium DL-Lactate	Nickel(II) sulfate	Copper(II) Sulfate	Iron(III) Sulfate
			

活性炭	漏斗	濾紙	美工刀
Activated Carbon	Funnel	Filter Paper	Utility Knife
			

參、研究過程或方法

一、名詞解釋

(一) 海藻酸鈉

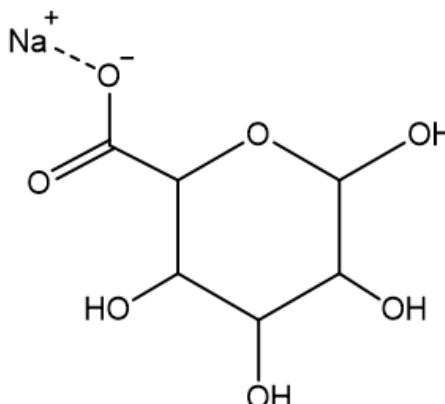
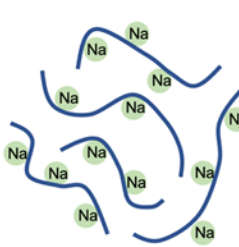
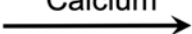
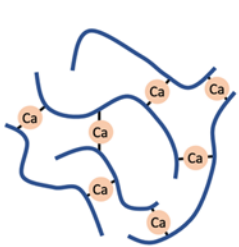
海藻酸鈉 (Sodium Alginate) 是從褐藻提煉出的天然多醣碳水化合物，分子式為 $(C_6H_7O_6Na)_n$ ，結構如(圖一) $-OH[\text{OH}]_n-COOH[\text{OH}]_n$ 。廣泛應用於食品、醫藥、紡織、印染、造紙、日用化工等產品，作為增稠劑、乳化劑、穩定劑、黏合劑、上漿劑等使用。

(二) 乳酸鈣

乳酸鈣是由乳酸菌與鈣質結合而成的化合物，易溶於水且溶解速度快，其分子式為： $(CH_3CHOHCOO)_2Ca \cdot 5H_2O$ 。乳酸鈣經常運用於食品以及藥物當中，可以強化骨骼、預防骨質疏鬆，亦能降低血壓、預防蛀牙等。

(三) 交聯作用

當海藻酸鈉接觸乳酸鈣時，它們之間會產生靜電作用，使得乳酸鈣當中的鈣離子取代海藻酸鈉中的鈉離子，並且吸住海藻酸鈉分子間的羧酸離子，讓分子之間的聯結性更強，即為(圖二)「交聯作用」，其可使分子間結構更為穩固，形成一種半透膜，不僅可以作為包覆材質，亦為良好的吸附劑。

	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Sodium alginate</p>  <p>liquid</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Calcium</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Calcium alginate</p>  <p>gelatinous</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">(反應式: $2\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6 + \text{Ca}^{2-} \rightarrow \text{CaC}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_{12} + 2\text{Na}^+$)</p>
<p>(圖一)海藻酸鈉結構式</p>	<p>(圖二)交聯作用示意圖</p>

(四) 分光光度計與比爾定律

分光光度計主要目的是偵測樣品溶液的吸光度，以此推出樣品濃度。其原理為：利用可見光以及紫外光燈管作為光源，經過聚焦後通過稜鏡，再選擇波長，使其成為單一且特定波長的光線。

當光度計將一束單色平行光射向樣品水溶液時，部分光線會被樣品溶液吸收，剩下的光線則會穿透樣品溶液。光穿透樣品溶液的比例為： $A = -\log T = -\log I_1 / I_0$ ，其中， I_0 為原本光入射線強度，穿透溶液後的光線強度則記為 I_1 ，此時光的穿透度即為 T 。同時吸光度（ A ）又與吸收係數（ α ）、光徑長（ L ）和濃度（ c ）呈正比，列式如下： $A = \alpha Lc$ ，此式稱為朗伯—比爾定律，常作為計算樣品溶液濃度的方法。

(五) 金屬離子吸附率計算

$$\text{吸附率} = 1 - \text{殘留率} = 1 - C_t / C_0 = 1 - \text{Abs}_t / \text{Abs}_0$$

C_0 ：海藻酸鈉滴入前的金屬離子濃度

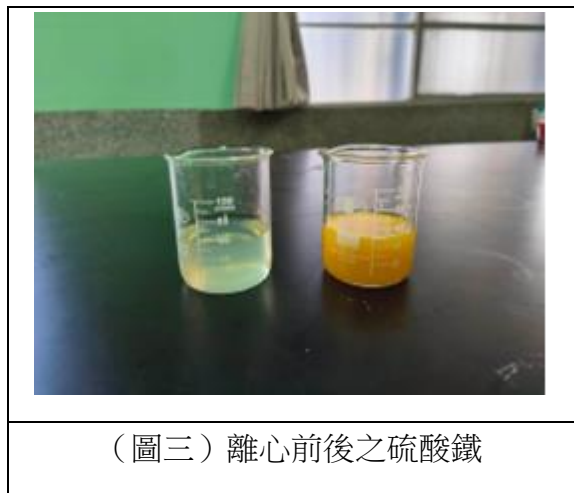
C_t ：海藻酸鈉滴入後經過某段時間 t 的金屬離子濃度

Abs_0 ：海藻酸鈉滴入前的吸光度

Abs_t ：海藻酸鈉滴入後經過某段時間 t 的吸光度

(六) 離心機

由牛頓第二定律，力的作用會使物體產生一個加速度，向心力會產生向心加速度，而離心機正是運用了這個原理，藉由高速旋轉產生的強大的離心力，加速液體中顆粒的下沉速度，把樣品中不同沉降系數和密度、質量的物質分開。



(圖三) 離心前後之硫酸鐵

(資料來源：研究者拍攝)

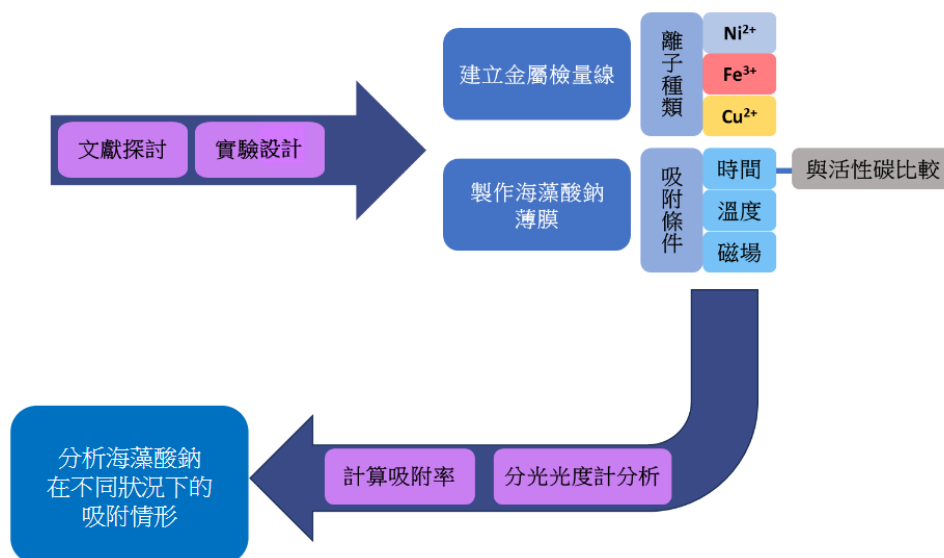
(七) 化學吸附

化學吸附是在固體吸附劑的表面發生化學反應，使吸附物質和吸附劑之間能以化學鍵結合的吸附過程。有電子轉移、交換和共有等化學鍵的變化，因此選擇性較強。化學吸附的速度通常較物理慢，因為其僅能形成單分子結構。

(八) 電流磁效應

電流磁效應是表示通有電流的導線周圍磁針有偏轉的現象，意即載流導線周圍會產生磁場，馬達即為利用電流的磁效應，將電能轉換為力學能的裝置。

二、實驗流程



肆、研究結果

一、探討海藻酸鈉隨著時間對鎳、鐵、銅離子的吸附效果

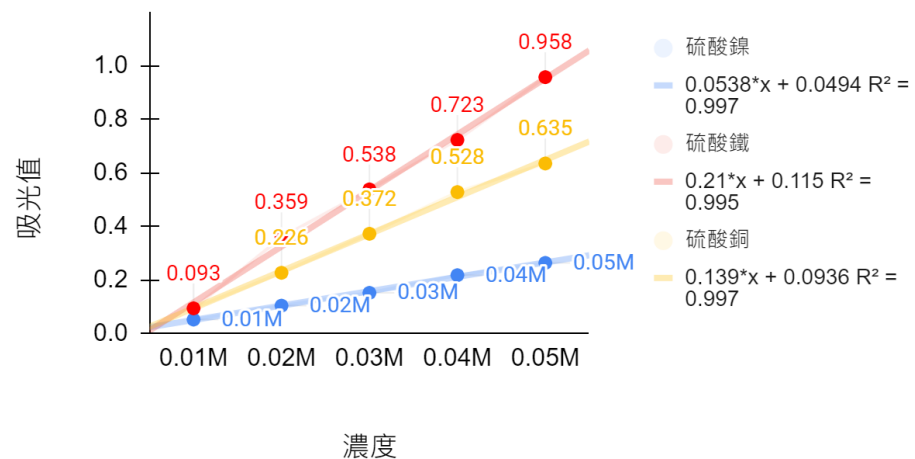
(一) 實驗一、製作檢量線

1. 實驗步驟

- (1) 利用分子量計算並配製出0.05M的硫酸鎳、硫酸鐵、硫酸銅溶液，再將其取出特定毫升數並加水依比例關係稀釋成0.04M、0.03M、0.02M、0.01M 的溶液，各10mL。
- (2) 使用離心機轉速2400rpm，將硫酸鎳、硫酸鐵、硫酸銅溶液離心5分鐘。
- (3) 將不同濃度的硫酸鎳、硫酸鐵、硫酸銅溶液倒入石英管中，用分光光度計測量其吸光值。
- (4) 將測量完成的溶液倒入廢液回收桶中。

2. 實驗結果

硫酸鎳、硫酸鐵、硫酸銅之檢量線



(圖四) 鐵、鎳、銅離子之檢量線

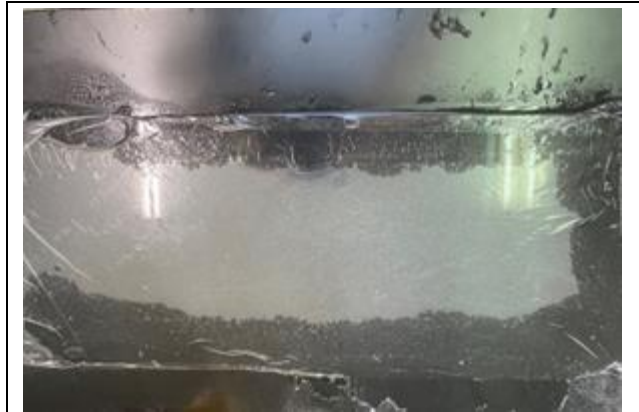
(資料來源：研究者繪製)

(二) 實驗二、製作海藻酸鈉薄膜

1. 實驗步驟

- (1) 將10g乳酸鈣加入500mL的水中，倒入噴瓶中備用。
- (2) 將15g海藻酸鈉加入1000mL的水中的水中，並將並將攪拌均勻之海藻酸鈉溶液覆於保鮮膜上。

- (3) 將海藻酸鈉溶液覆於60cm長的保鮮膜上（如圖五），對其均勻噴灑20下乳酸鈣溶液，靜置待薄膜成形。
- (4) 以美工刀裁切成 5cmx5cm的大小。



（圖五）保鮮膜上的海藻酸鈉

2. 實驗結果

- (1) 3分鐘時，海藻酸鈉仍呈水狀，尚未完全凝固成型，無法利用美工刀切割。
- (2) 5分鐘時，海藻酸鈉略微凝固，但仍無法使用美工刀進行切割。
- (3) 10分鐘時，海藻酸鈉凝固，觸感較為扎實，可以利用美工刀切割成5cmx5cm的大小。(如圖六)



（圖六）切割後的海藻酸鈉薄膜

3. 討論

- (1) 在多次實驗後，發現海藻酸鈉薄膜約於10分鐘後完全成形。

- (2) 完全成形的海藻酸鈉薄膜觸感柔軟有彈性，較不易破裂。
- (3) 接近保鮮膜外圍的海藻酸鈉薄膜成形成狀不佳，因此後續實驗皆不使用保鮮膜外圍的海藻酸鈉。

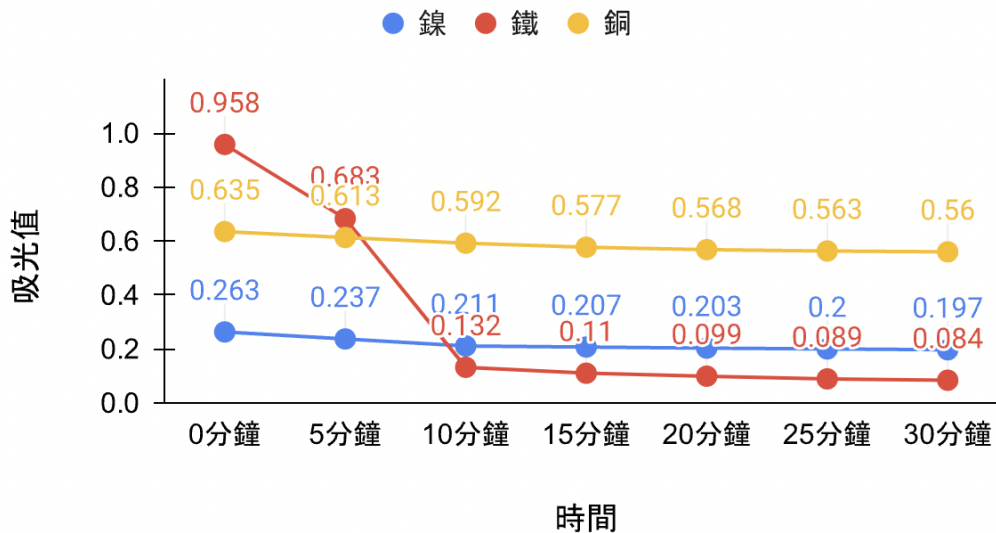
(三) 實驗三、不同時間下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果

1. 實驗步驟

- (1) 配置0.05M之硫酸鎳、硫酸銅、硫酸鐵溶液各50mL。
- (2) 將50mL的硫酸鎳、鐵、銅溶液放入離心機中以轉速2400rpm、5分鐘離心。
- (3) 在上清液中放入一片海藻酸鈉薄膜，靜置且等待到特定時間（如5分鐘、10分鐘），以微量滴管汲取部分溶液。
- (4) 取4mL上清液至石英管中，再放入分光光度計中測量其吸光值。
- (5) 對照實驗一之檢量線，利用吸光值計算出吸附率。
- (6) 將測量完成的溶液倒入廢液回收桶中。

2. 實驗結果

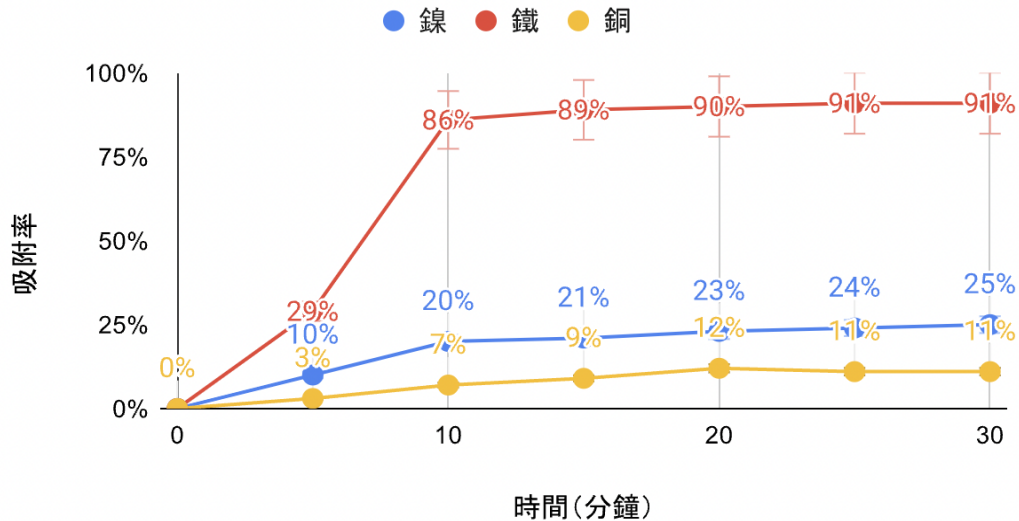
鎳、鐵、銅離子在不同時間下的吸光值(海藻酸鈉)



(圖七)鎳、鐵、銅離子在不同時間下的吸光值

(資料來源：研究者繪製)

海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率(25°C)



(圖八) 不同時間下海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率

(資料來源：研究者繪製)

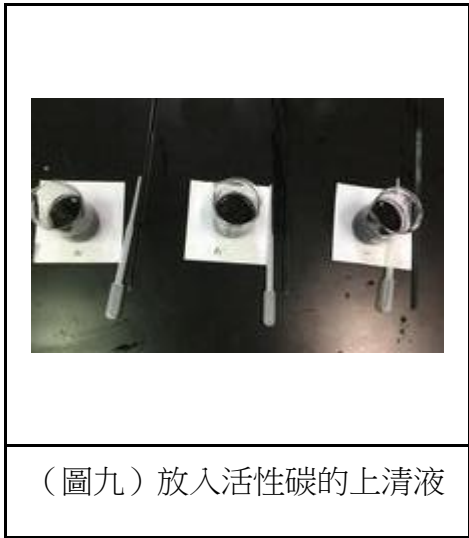
- (1) 根據(圖七、圖八)可得知隨著時間增加，海藻酸鈉對重金屬離子的吸附效果越好。
- (2) 在10分鐘後，海藻酸鈉的吸附率接近最大值，此後上升趨於平緩。

二、比較市售活性炭與海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子的吸附差異

(一) 實驗四、使用活性炭吸附鎳、鐵、銅離子

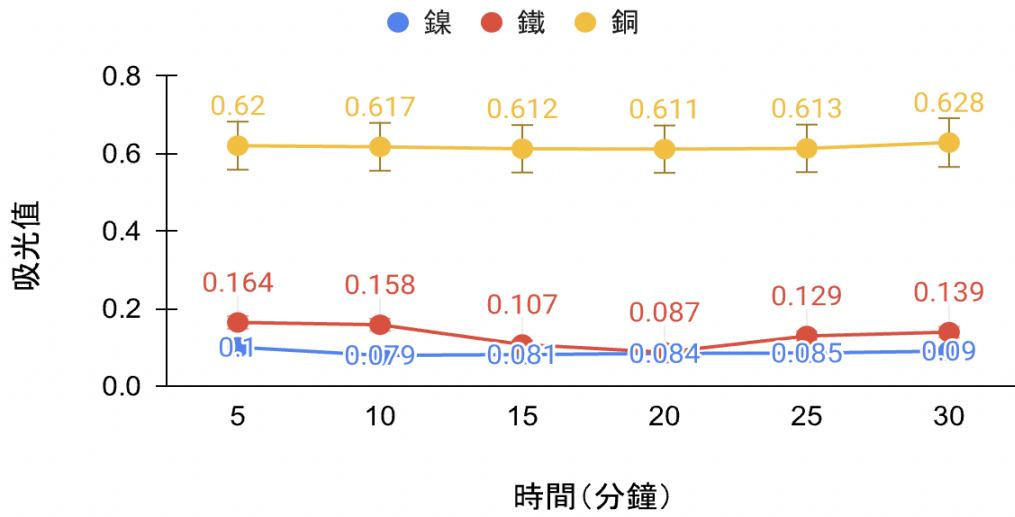
1. 實驗步驟

- (1) 配置0.05M之硫酸鎳、硫酸銅、硫酸鐵溶液各50mL。
- (2) 將50mL的硫酸鎳、鐵、銅溶液放入離心機中以轉速2400rpm、5分鐘離心。
- (3) 在上層澄清溶液中放入2.3g的活性炭粉(約是一片海藻酸鈉薄膜的重量)，靜置且以5分鐘為一個單位汲取部分溶液到三十分，以微量滴管取部分溶液。
(如圖九)
- (4) 使用濾紙與漏斗過濾掉上清液中的活性炭。
- (5) 以微量滴管汲取特定時間下4mL上清液至石英管中，再放入分光光度計中測量其吸光值。
- (6) 對照實驗一之檢量線，利用吸光值計算出吸附率。
- (7) 將測量完成的溶液倒入廢液回收桶中。



2. 實驗結果

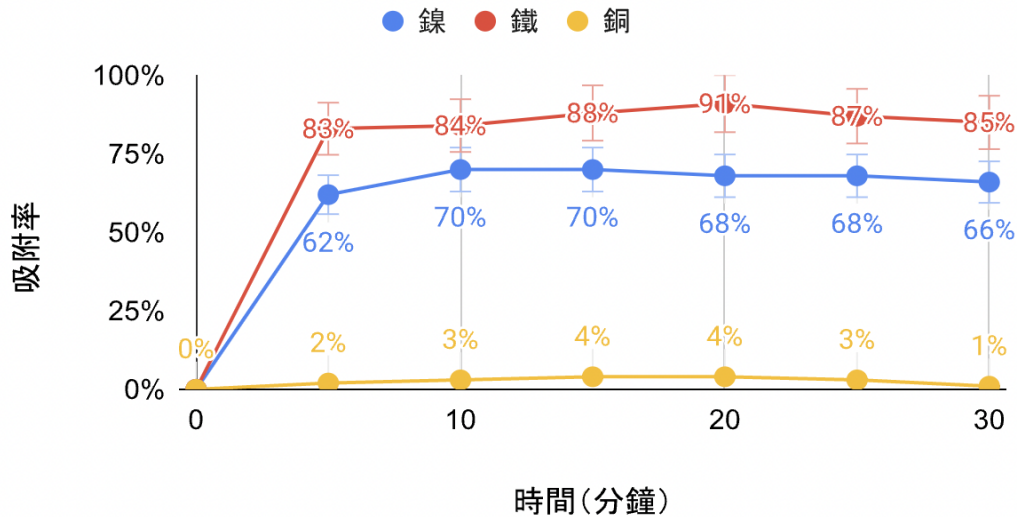
鎳、鐵、銅離子在不同時間下的吸光值(活性碳)



(圖十) 不同時間下活性碳對於鎳、鐵、銅離子之吸附率

(資料來源：研究者繪製)

活性碳對於鎳、鐵、銅離子之吸附率(不同時間)



(圖十一) 不同時間下活性碳對於鎳、鐵、銅離子之吸附率

(資料來源：研究者繪製)

- (1) 根據(圖十、圖十一)可得知在0至5分鐘時，活性碳對鎳、鐵、銅離子之吸附能力較佳，但在5至30分鐘時，吸附率趨於平緩，不過仍有起伏。活性碳在0至30分鐘時，對於銅離子之吸附率大致相同，且吸附率遠小於鐵離子及鎳離子。
- (2) 比較實驗三之海藻酸鈉吸附率折線圖，發現活性碳對鐵、銅離子之吸附效果整體而言較海藻酸鈉差。
- (3) 活性碳粉會懸浮在上清液中，使溶液混濁，且吸附金屬離子後不易自溶液中清除。

三、比較不同時間與溫度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果

(一) 實驗五、在不同溫度下吸附鎳、鐵、銅離子

1. 實驗步驟

- (1) 配置0.05M之硫酸鎳、硫酸銅、硫酸鐵溶液各50mL。
- (2) 將50mL的硫酸鎳、鐵、銅溶液放入離心機中以轉速2400rpm、5分鐘離心。
- (3) 將硫酸鎳、硫酸銅、硫酸鐵溶液靜置於桌面或使用加熱板持續加熱，使其維持在25°C、45°C、65°C的溫度。
- (4) 在三種上清液中各放入一片海藻酸鈉薄膜，靜置且以5分鐘為一個單位汲取部分溶液到三十分鐘，以微量滴管汲取部分溶液。

- (5) 取4mL上清液至石英管中，再放入分光光度計中測量其吸光值。
- (6) 對照實驗一之檢量線，利用吸光值計算出吸附率。
- (7) 將測量完成的溶液倒入廢液回收桶中。



(圖十二) 25°C 下溶液



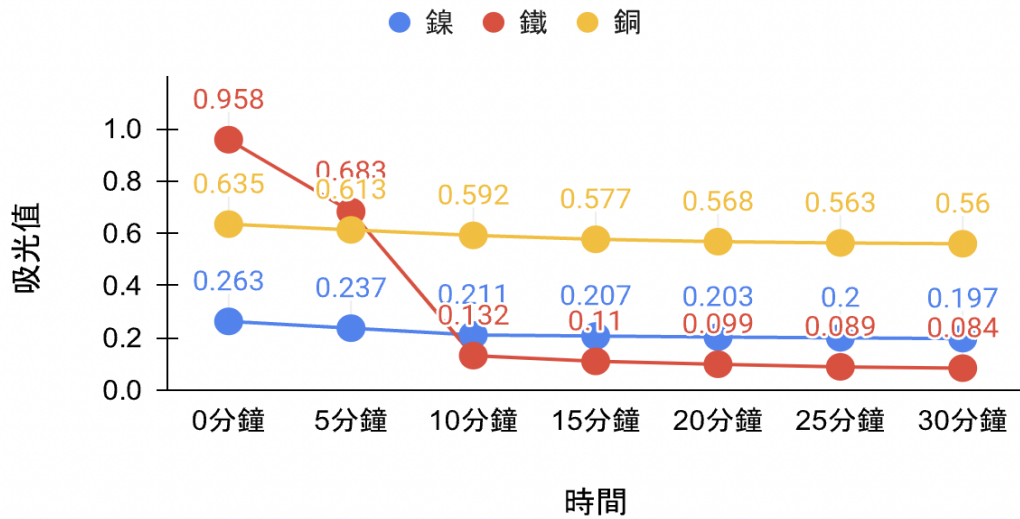
(圖十三) 45°C 下溶液



(圖十四) 65°C 下溶液

2. 實驗結果

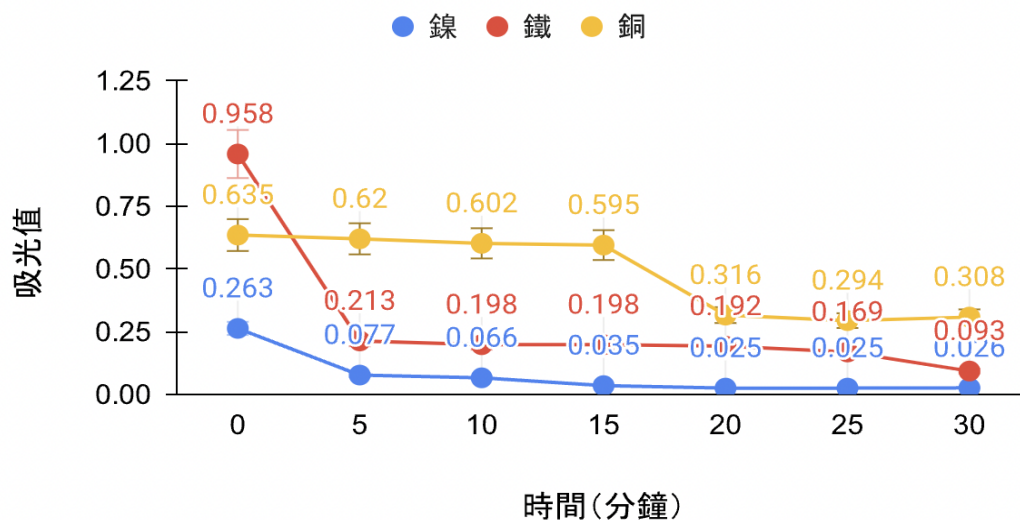
鎳、鐵、銅離子在25°C不同時間下的吸光值



(圖十五) 鎳、鐵、銅離子在不同時間下之吸光值

(資料來源：研究者繪製)

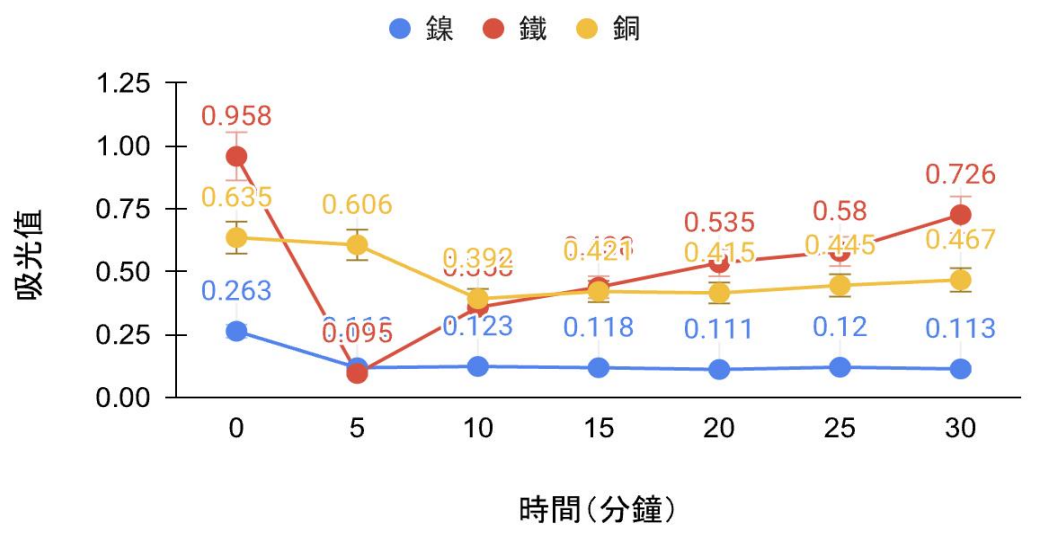
鎳、鐵、銅離子在45°C不同時間下的吸光值



(圖十六) 鎳、鐵、銅離子在45°C不同時間之吸光值

(資料來源：研究者繪製)

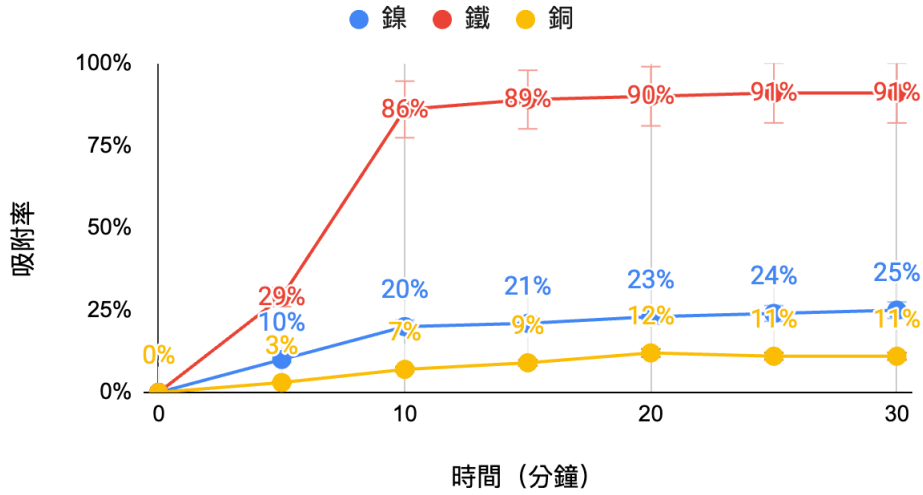
鎳、鐵、銅離子在65°C不同時間下的吸光值



(圖十七) 不同離子在65°C不同時段之吸光值

(資料來源：研究者繪製)

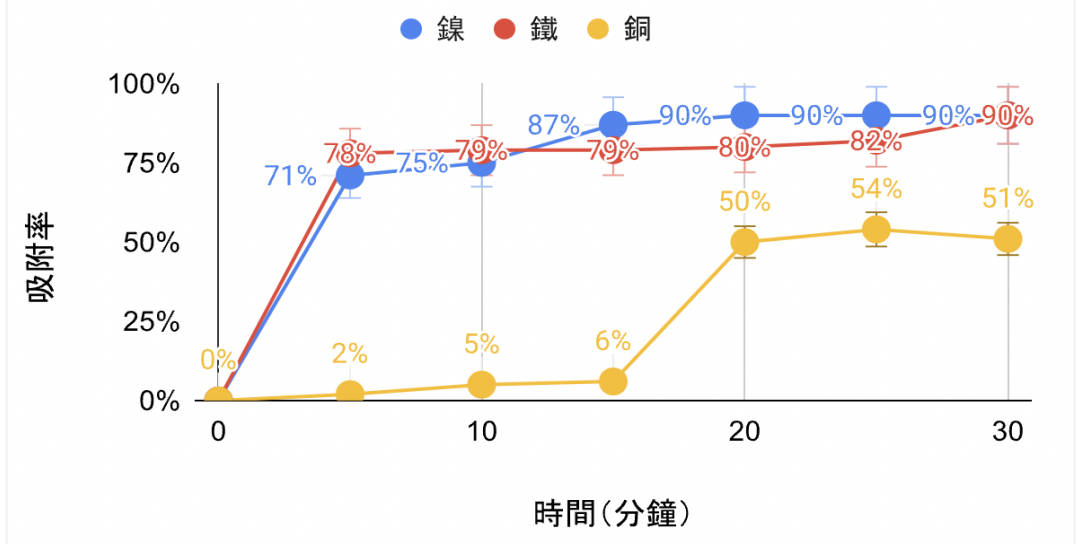
海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率 (25°C)



(圖十八) 25°C 海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率

(資料來源：研究者繪製)

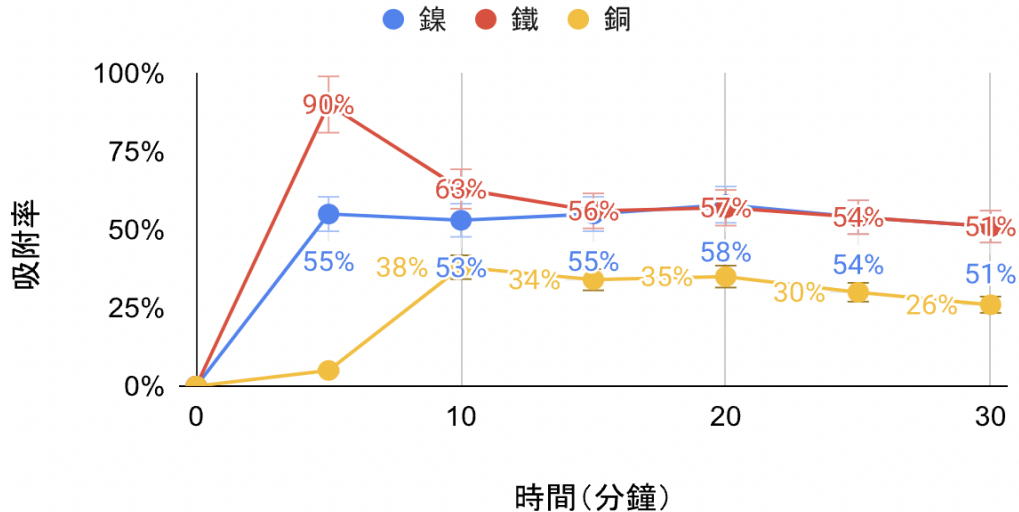
海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率 (45°C)



(圖十九) 45°C 海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率

(資料來源：研究者繪製)

海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率(65°C)



(圖二十) 65°C 海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率

(資料來源：研究者繪製)

- (1) 根據(圖十八)可得知在25°C的環境中，隨著時間增加，海藻酸鈉吸附率上升，對鎳、鐵、銅離子之吸附率皆在5至10分鐘上升幅度最大。
- (2) 根據(圖十八)可得知在25°C的環境中，在30分鐘後鐵離子的吸附率可達91%，為三種金屬離子吸附效果最佳者。
- (3) 根據(圖十九)可得知在45°C的環境中，海藻酸鈉吸附率對鎳、鐵離子之吸附率在0至5分鐘上升幅度最大；對銅離子之吸附率在15至20分鐘上升幅度最大。
- (4) 根據(圖十九)可得知在45°C的環境中，海藻酸鈉對鎳、鐵離子之吸附效果優於銅離子；鎳、鐵離子之吸附率趨勢相近，在30分鐘後吸附率皆可達到90%。
- (5) 根據(圖二十)可得知在65°C的環境中，海藻酸鈉吸附率對鎳、鐵離子之吸附率在0至5分鐘上升幅度最大；對銅離子之吸附率在5至10分鐘上升幅度最大。
- (6) 根據(圖二十)可得知在65°C的環境中，鐵離子之吸附率在5分鐘接近最大值後，吸附率呈現顯著下降；鎳離子之吸附率在5分鐘接近最大值後，吸附率呈現些微下降；銅離子之吸附率在10分鐘接近最大值後，吸附率呈現下降。

(7) 根據（圖二十）可得知在65°C的環境中，海藻酸鈉對鐵離子之吸附效果最佳，鎳離子居次，銅離子最差。






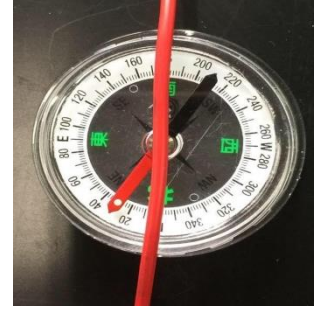
四、比較不同磁場強度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果

（一）實驗六、利用不同電池組產生磁場

1. 實驗步驟

- (1) 連接3V、6V、9V的電池組，將導線大致圍成圓形。
- (2) 於導線下方，東、西、南、北四個方位放置指北針，並以膠帶固定。
- (3) 按下電源開關，觀察東、西、南、北四個方位指北針偏轉的角度。

2. 實驗結果

	東	西
3V		
6V		
9V		

	東	西	南	北
3V	18度	20度	0度	0度
6V	22度	23度	0度	0度
9V	24度	25度	0度	0度

(表一) 不同磁場強度對東、西、南、北四個磁針偏轉角度的影響

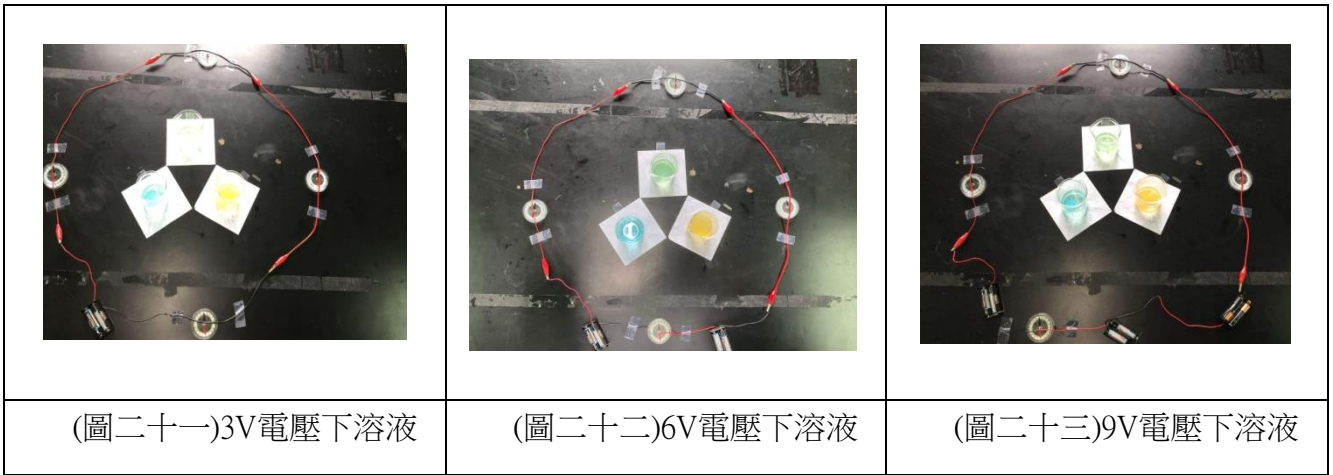
3.討論

- (1) 已知電流磁效應所產生的磁場強度和導線的距離成反比，故於實驗中，我們將裝有溶液的燒杯中心放置為正三角形，使燒杯中心與外圍導線的距離一致。
- (2) 已知電流磁效應所產生的磁場強度和電流大小成正比，故於實驗中，我們採用電壓不同的電池組，欲使電流增加，進而讓磁場增強。
- (3) 實驗發現導線南北側的磁針不偏轉；導線東西側的磁針偏轉角度大致相等，且隨著電壓增加，磁針偏轉角度變大，可證明磁場強度增強。

(二) 實驗七、在不同磁場強度下吸附鎳、鐵、銅離子所產生的磁場強度

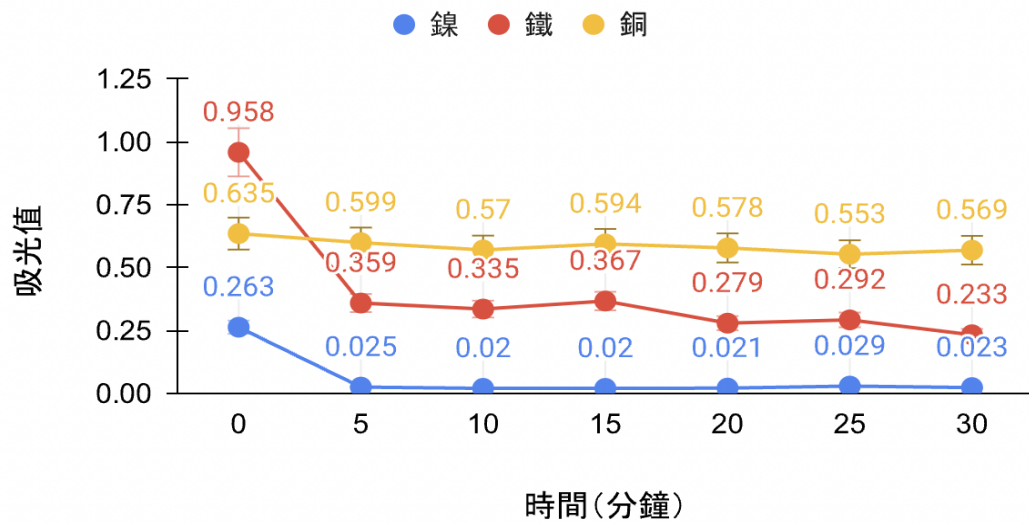
1.實驗步驟

- (1) 汲取0.05M之硫酸鎳、硫酸銅、硫酸鐵溶液各50mL。
- (2) 將50mL的硫酸鎳、鐵、銅溶液放入離心機中以轉速2400rpm、5分鐘離心。
- (3) 將硫酸鎳、硫酸銅、硫酸鐵溶液分別放置於實驗六之3V、6V、9V的圓形導線中，將三種裝有上清液的燒杯與導線的距離調整為一致。
- (4) 按下電源開關，在三種上清液中各放入一片海藻酸鈉薄膜，靜置且等待到特定時間（如5分鐘、10分鐘），以微量滴管汲取部分溶液。
- (5) 取4mL上清液至石英管中，再放入分光光度計中測量其吸光值。
- (6) 對照實驗一之檢量線，利用吸光值計算出吸附率。
- (7) 於兩組上清液中，放置相同大小的海藻酸鈉薄膜，分別放置於不同磁場中，一組維持3V，一組維持6V，一組維持9V。
- (8) 將測量完成的溶液倒入廢液回收桶中。



2. 實驗結果

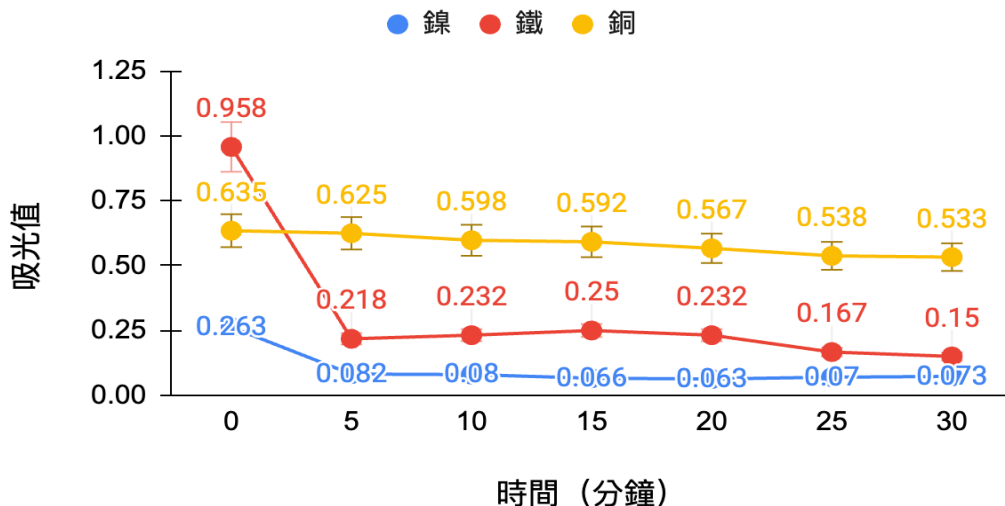
鎳、鐵、銅離子在3V電池磁場下不同時間之吸光值



(圖二十四) 不同離子在3V環境下不同時間之吸光值

(資料來源：研究者繪製)

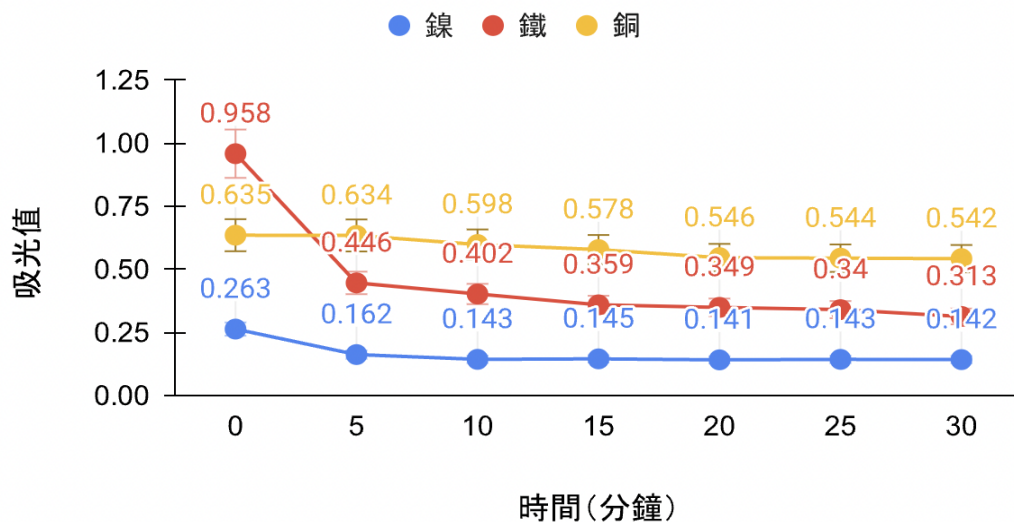
鎳、鐵、銅離子在6V電池磁場下不同時間之吸光值



(圖二十五) 不同離子在6V環境下不同時間之吸光值

(資料來源：研究者繪製)

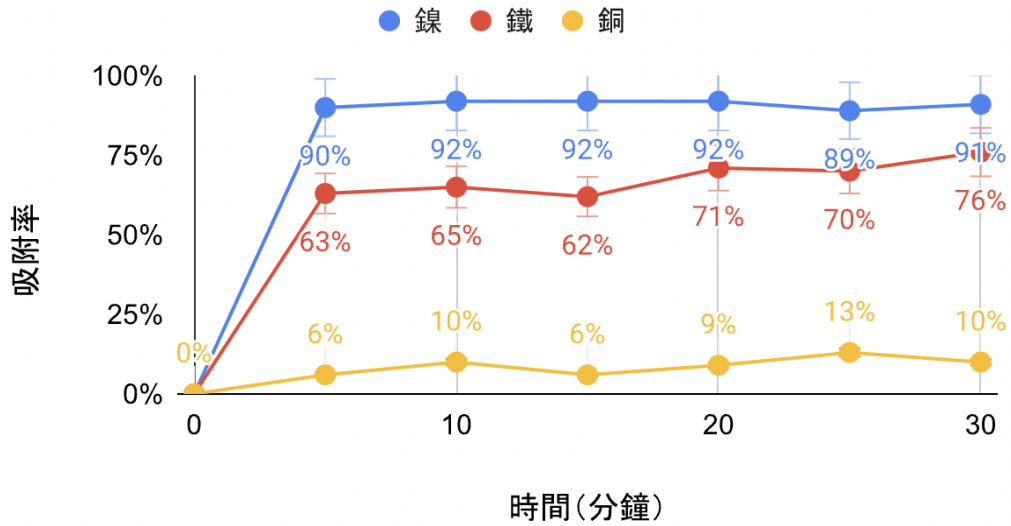
鎳、鐵、銅離子在9V電池磁場下不同時間之吸光值



(圖二十六) 不同離子在9V環境下不同時間之吸光值

(資料來源：研究者繪製)

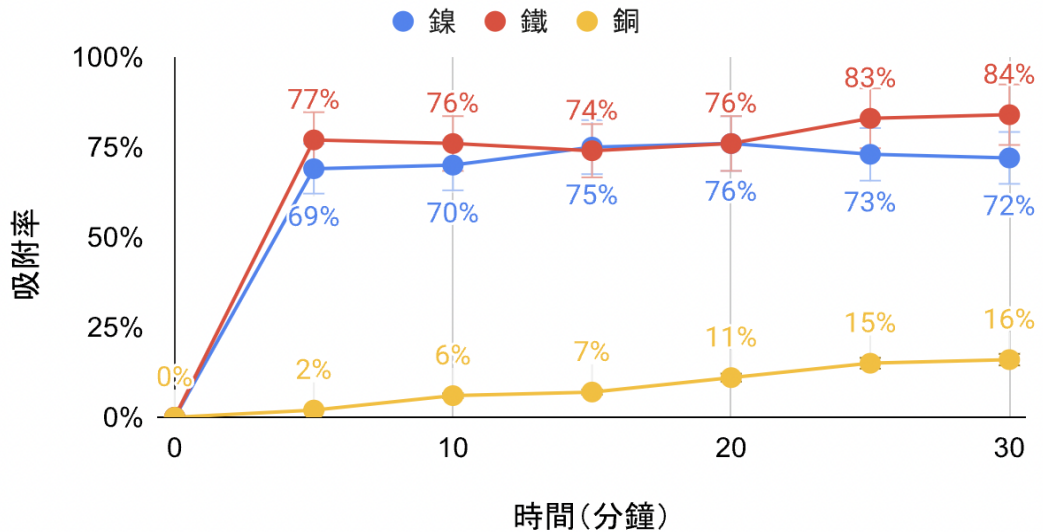
海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率(3V)



(圖二十七) 海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率 (3V)

(資料來源：研究者繪製)

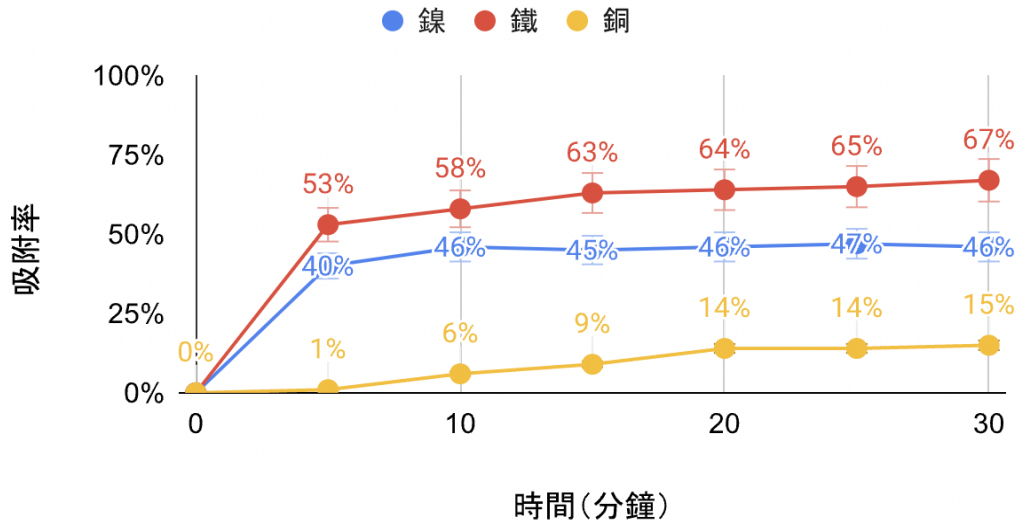
海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率(6V)



(圖二十八) 海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率 (6V)

(資料來源：研究者繪製)

海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率(9V)



(圖二十九) 海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子之吸附率 (9V)

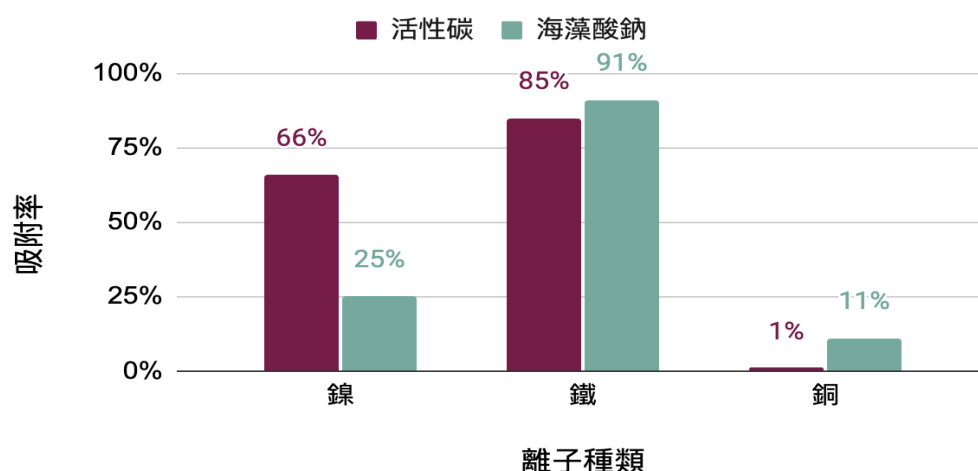
(資料來源：研究者繪製)

- (1) 根據 (圖二十七) 可得知在3V磁場下，海藻酸鈉對於鎳離子的吸附率在0至5分鐘時即達到很好的吸附效果，在5至30分鐘時吸附率曲線趨於平緩；對於鐵離子而言，吸附能力在0至5分鐘時最佳，而在5至30分鐘時呈緩慢上升的趨勢；銅離子之吸附率曲線則無太大變化，在0至30分鐘的吸附率在8%左右浮動。
- (2) 根據 (圖二十八) 可得知對於鎳、鐵離子而言，吸附效果在0至5分鐘時分鐘時上升明顯，而在5至30分鐘時分鐘時只有略微浮動。且我們發現對於鎳離子而言，其吸附率相較於3V時有呈現下降的趨勢，且其吸附效果與鐵離子相似，大約在75%左右。與3V時相比，對於鐵離子之吸附能力並無明顯差異。而對於銅離子而言，吸附效果呈緩慢上升的趨勢。
- (3) 根據 (圖二十九) 可得知對於銅離子而言，吸附效果呈緩慢上升的趨勢。對於鎳離子而言，其吸附率相較於6V時有呈現下降的趨勢。且鎳離子之吸附效果在0至5分鐘時有明顯上升，但在5至30分鐘時則呈現浮動趨勢。對於鐵離子而言，吸附效果在0至5分鐘時上升，在5至30分鐘時緩慢上升。

伍、討論

- 一、在25°C的環境中，於10分鐘內，海藻酸鈉薄膜對於鎳、鐵、銅離子的吸附率即可接近最大值。其中，海藻酸鈉薄膜對鎳離子之吸附率於25分鐘時，即可達91%，顯示海藻酸鈉對鎳離子的吸附效果最好。
- 二、使用活性碳吸附鎳、鐵、銅離子，於5分鐘內吸附率上升最顯著。活性碳對鎳離子的吸附效果優於海藻酸鈉；對鐵離子和銅離子的吸附效果較海藻酸鈉差。其中，活性碳對銅離子的吸附率於30分鐘後，僅有1%，顯示活性碳對銅離子的吸附效果微乎其微。另外，吸附金屬離子後的活性碳粉末會懸浮於溶液中，不易清除，比起海藻酸鈉薄膜，可能較不適合實際應用於受污染之水體中。

活性碳和海藻酸鈉在30分鐘時的吸附率

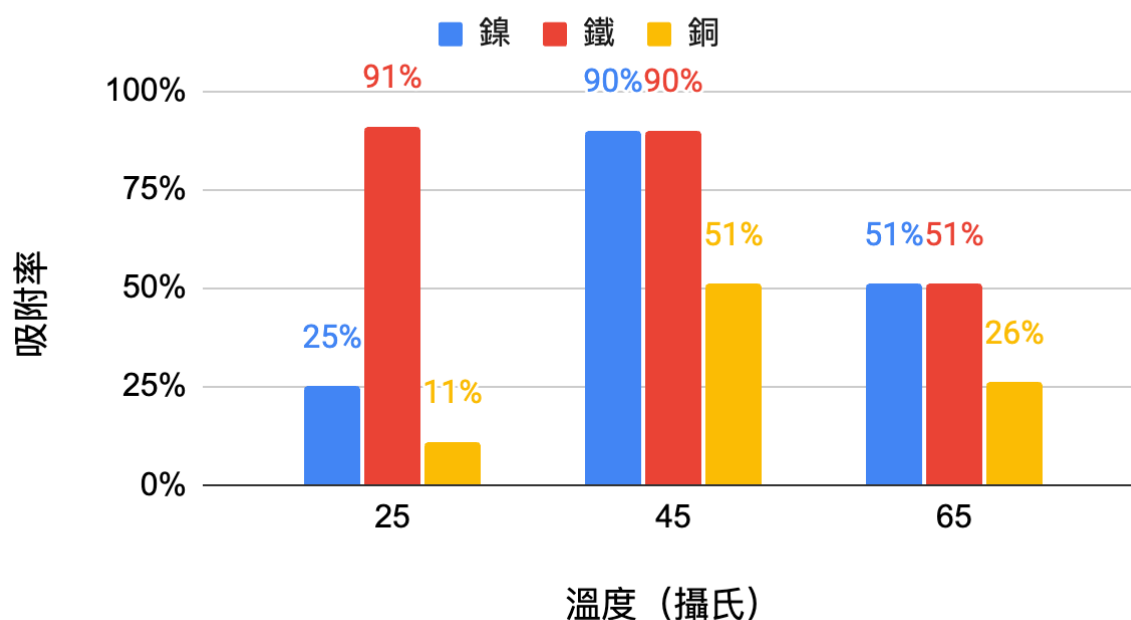


(圖三十) 海藻酸鈉和活性碳在三十分鐘時的吸附率

(資料來源：研究者繪製)

- 三、在25°C的環境中，鎳、鐵離子的吸附率皆在10分鐘接近最大值，銅則平穩上升，無劇增情況；在45°C的環境中，鎳、鐵離子的吸附率皆在10分鐘接近最大值，銅則在20分鐘接近最大值；在65°C的環境中，鎳、鐵離子的吸附率皆在5分鐘接近最大值，銅則在10分鐘接近最大值。由此可知隨著溫度上升，離子能量增加，移動速率加快，進而使吸附率更快達到最大值；而在吸附率達到最大值後，吸附率整體呈現下降趨勢，顯示原本被海藻酸鈉吸附的離子又被釋放出來，推測是因沉澱為放熱反應，而加熱時間越久，粒子具有能量較高，進行逆反應而解離。

25度、45度、65度浸泡三十分鐘之後的吸附率



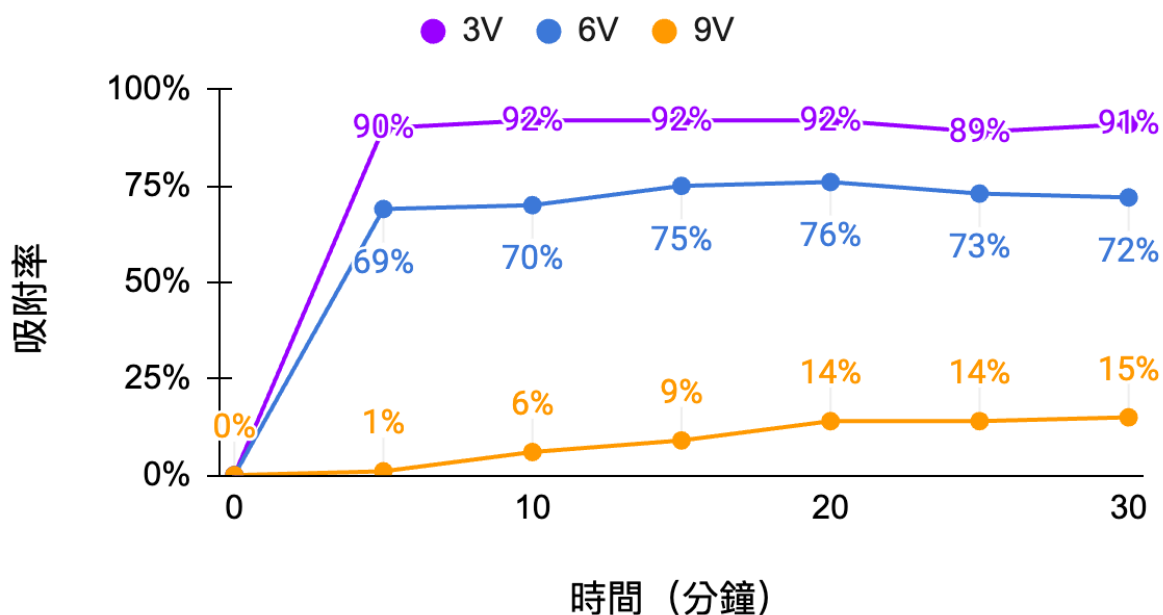
(圖三十一) 海藻酸鈉在25度、45度、65度，浸泡30分鐘後的吸附率

(資料來源：研究者繪製)

四、隨著電壓上升，電流增加，磁場強度增強。使用9V的電池組時，鎳、鐵離子的吸附率為最低，推測原因是磁場強度增強，使帶電粒子的移動速率變快，粒子碰撞的頻率增加，造成吸附的時間變長，海藻酸鈉較不易吸附重金屬離子；相較鎳、鐵離子，海藻酸鈉對銅離子的吸附效果在不同磁場強度下皆最差，且磁場強度增強對其吸附率無一定影響。

五、對於鎳離子而言，在3V的磁場5分鐘時，與在45°C環境中20分鐘時，海藻酸鈉對於鎳離子之吸附率達最大值；對於鐵離子而言，在25°C 10分鐘時、在45°C環境中30分鐘時，與在65°C環境中5分鐘時，海藻酸鈉對於鐵離子之吸附率皆達最大值；對於銅離子而言，在45°C環境中20分鐘時，海藻酸鈉對於銅離子之吸附率達最大值。在鎳、鐵、銅離子中，海藻酸鈉對於銅離子的吸附效果最差，推測是因為銅的原子序為三者中最大者，離子重量也最大，使其移動速率較慢，故最不易被吸附；海藻酸鈉對於鐵離子的吸附效果最佳，推測是因鐵離子為三價，帶電量較二價鎳離子與鐵離子大，較容易被海藻酸鈉吸附。

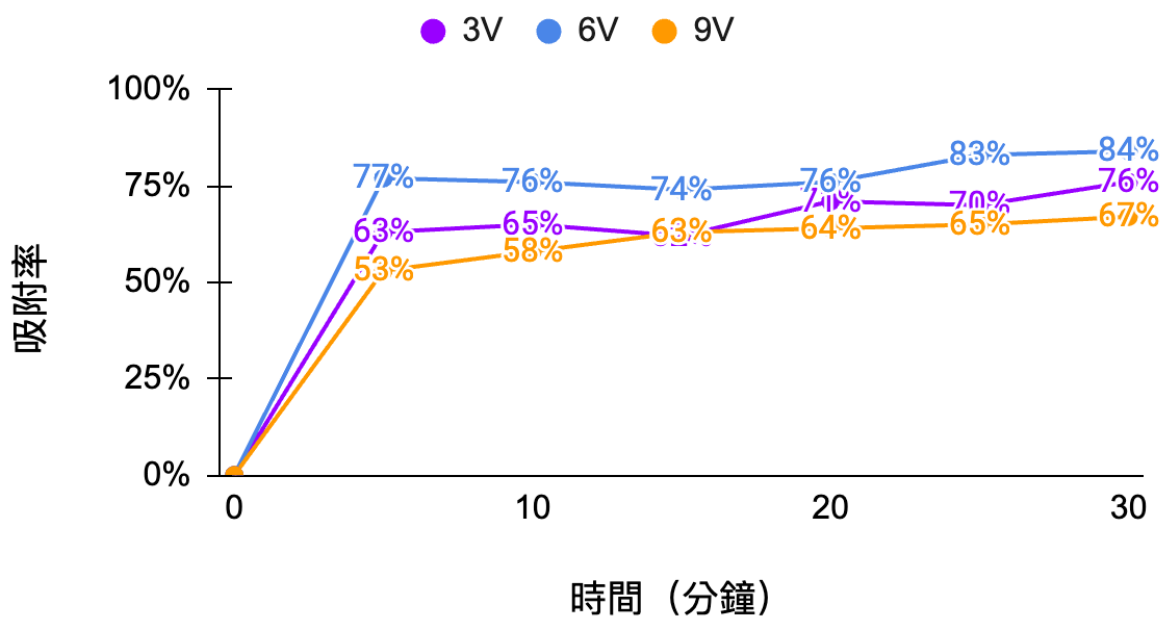
鎳在3V、6V、9V時之吸附率比較



(圖三十二) 鎳離子在3V、6V、9V時的吸附率

(資料來源：研究者繪製)

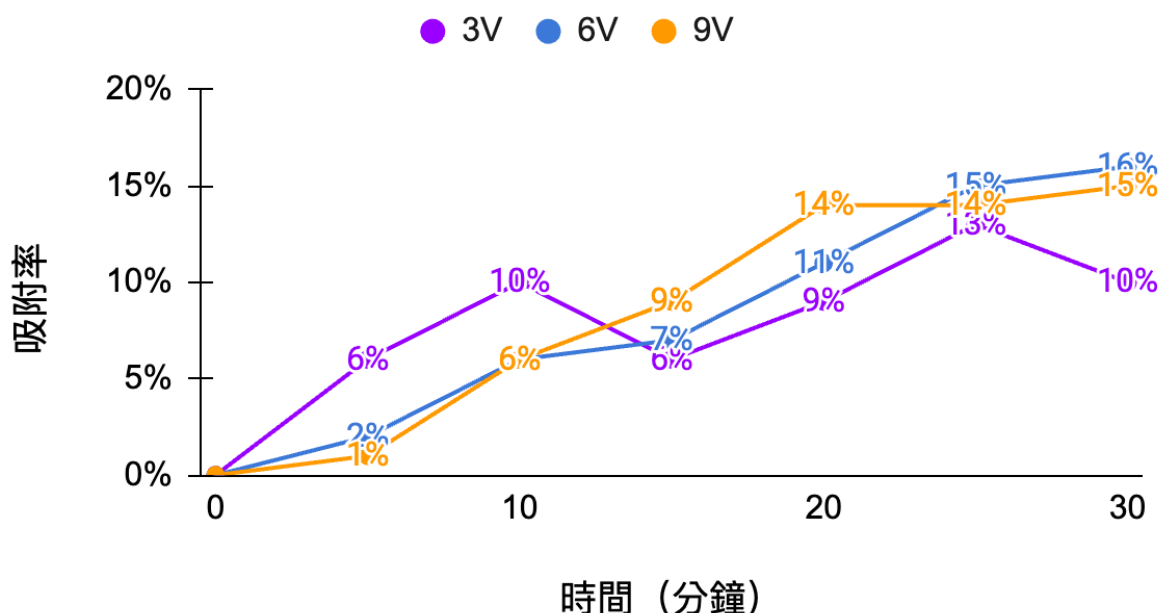
鐵在3V、6V、9V時之吸附率比較



(圖三十三) 鐵離子在3V、6V、9V時的吸附率

(資料來源：研究者繪製)

銅在3V、6V、9V時之吸附率比較



(圖三十四) 銅離子在3V、6V、9V時的吸附率

(資料來源：研究者繪製)

陸、結論

- 一、海藻酸鈉對不同金屬離子之吸附效果整體而言為鐵>鎳>銅。
- 二、活性碳對鎳離子的吸附效果優於海藻酸鈉；對鐵離子和銅離子的吸附效果較海藻酸鈉差，活性碳對銅離子的吸附率於30分鐘後，僅有1%。此外，活性碳粉會使溶液變汙濁，不易過濾與清洗。
- 三、溫度上升會使海藻酸鈉對鎳、鐵、銅離子的吸附率更快達成平衡，且使達到動態平衡後的吸附率震盪幅度更大。此外，鎳、鐵、銅離子皆在45°C的環境中的吸附效果最佳。
- 四、磁場強度對海藻酸鈉吸附鎳、鐵離子的效果影響較顯著，對銅離子吸附效果則無明顯差異，鎳離子在3V的磁場吸附效果最佳，鐵離子在6V的磁場吸附效最佳。

柒、參考文獻資料

- 一、認識電解質。國中自然課本第四冊。南一出版社。
- 二、電流的磁效應。國中自然課本第六冊。南一出版社。
- 三、海藻酸鈉 (2011)。A+醫學百科。

<http://cht.a-hospital.com/w/%E6%B5%B7%E8%97%BB%E9%85%B8%E9%92%A0>

四、林子君（2019）。半透膜:環保水球-Ooho。全民科學平台。

<http://science4everyone.net/MediaWiki/index.php?title=%E5%8D%8A%E9%80%8F%E8%86%9C:%E7%92%B0%E4%BF%9D%E6%B0%B4%E7%90%83-Ooho>

五、張睿哲、蔡宗諺、陳邑恩（2018）。大吃一「晶」—探討藥物分子料理鐵劑晶球的緩釋作用現象。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會。

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=61&sid=15127>

六、張育唐、陳藹然（2011）。比爾定律與吸收度。科學online高瞻自然科學教學資源平台。

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=40839>

【評語】 030205

系統性地收集大量實驗數據，報告的數據呈現也圖文並列清楚，很好。雖然做了很多的實驗與比較，但結果多符合預期，較未能有突破的發現。

研究中探討探討在不同條件下，海藻酸鈉去除水中重金屬的效果，希望能設計出一種安全無害、低成本且有效的過濾材料。作品說明書總共 26 頁，具備研究論文的基本格式，可惜缺少目錄。摘要的內容則過於精簡，無法呈現研究的目的探討海藻酸鈉隨著時間對鎳、鐵、銅離子的吸附效果，比較市售活性碳與海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子的吸附差異，不同溫度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果，及不同磁場強度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果等。

對研究之其他建議如下：

1. 向自然取材值的鼓勵
2. 吸光值須標示波長，不同金屬離子吸光波長是否有異？嘗試解釋為何海藻酸鈉對不同金屬離子之吸附效果整體而言為鐵>鎳>銅？

又活性碳對鎳離子的吸附效果優於海藻酸鈉但對鐵離子和銅離子的吸附效果較海藻酸鈉差？

3. 離子作用力與溫度，離子價數及磁場等的影響？

總結建議及提問如下：

1. 向自然取材值得鼓勵

2. 吸光值須標示波長，不同金屬離子吸光波長是否有異？嘗試解釋

為何海藻酸鈉對不同金屬離子之吸附效果整體而言為鐵>鎳>銅？

又活性碳對鎳離子的吸附效果優於海藻酸鈉但對鐵離子和銅離子的吸附效果較海藻酸鈉差？

3. 離子作用力與溫度，離子價數及磁場等的影響？

總結指正及提問如下：

(1) 圖一，海藻酸鈉結構不對。

(2) 圖二，反應式不對。

(3) 不同金屬的檢量線，取的波長位置為何？

- (4) 應該探討不同溫度對不同金屬的吸收量的影響。特別是，鎳的吸收量大幅上升的原因為何？
- (5) 磁場對不同金屬的吸收量的影響之結果，也不太清楚。
- (6) 整體上，目標不清楚，對金屬的吸收量的影響之探討不夠，結論論述弱。

作品海報

吸「金」膜「法

摘要

許多文獻中提到，交聯作用後的海藻酸鈉薄膜具有吸附重金屬的效果，本研究探討海藻酸鈉薄膜在不同時間、不同溫度、不同磁場下對鎳、鐵、銅離子的吸附效果。根據研究結果，海藻酸鈉對不同金屬離子之吸附效果整體而言為鐵>鎳>銅；溫度上升使海藻酸鈉對鎳、鐵、銅離子的吸附率更快達成平衡，且使達動態平衡後的吸附率震盪幅度更大，此外，鎳、鐵、銅離子在45°C的環境中的吸附效果最佳；磁場強度亦會影響海藻酸鈉對鎳、鐵離子之吸附效果，銅離子則無明顯差異。

壹、前言

一、研究動機

我們學校座落在河床附近，每天上下課經過那條溪流時，常常發現溪水中有許多垃圾，且顏色污濁。對於變色的河川感到疑惑的我們在查詢資料後，了解到除了水中自然生長的藻類會導致河川變成綠色，工業廢水的汙染是河床顏色混濁的最大元兇，為了還原大自然最初的美景，為了還原清澈的水源，我們決定針對汙染源其中較嚴重金屬離子做深入的研究，根據文獻，海藻酸鈉具有吸附重金屬的能力與良好生物相容性，因此我們決定以海藻酸鈉為吸附劑，探討海藻酸鈉在不同條件下清除水中重金屬離子的效果。

二、研究目的

- (一) 比較市售活性炭與海藻酸鈉對於鎳、鐵、銅離子的吸附差異
- (二) 探討海藻酸鈉隨著時間對鎳、鐵、銅離子的吸附效果
- (三) 比較不同溫度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果
- (四) 比較不同磁場強度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果

貳、研究過程及方法

一、文獻探討

海藻酸鈉 (Sodium Alginate) 是從褐藻提煉出的天然多醣碳水化合物，分子式為 $(C_6H_7O_6Na)_n$ ，結構如 (圖一) 所示。且含有大量的羥基 (-OH) 和羧基 (-COOH)。廣泛應用於食品、醫藥、紡織、印染、造紙、日用化工等產品，可作為增稠劑、乳化劑、穩定劑、粘合劑、上漿劑等使用。

二、研究器材及藥品

- (一) 實驗器材：噴瓶、微量滴管、保鮮膜、鐵尺、美工刀、電子磅秤、加熱板、玻棒、量筒、溫度計、燒杯、分光光度計、3號電池、雙頭鱈魚夾、離心機、漏斗。
- (二) 實驗藥品：海藻酸鈉、活性炭、乳酸鈣、硫酸銅、硫酸鐵、硫酸鎳。

三、實驗方法

(一) 交聯作用

當海藻酸鈉接觸乳酸鈣時，它們之間會產生靜電作用，使得乳酸鈣當中的鈣離子取代海藻酸鈉中的鈉離子，並且吸住海藻酸鈉分子間的羧酸離子，讓分子之間的聯結性更強，即為 (圖二) 「交聯作用」，其可使分子間結構更為穩固，形成一種半透膜，不僅可以作為包覆材質，亦為良好的吸附劑。

(二) 金屬離子吸附率計算

$$\text{吸附率} = 1 - \text{殘留率} = 1 - C_t / C_0 = 1 - \text{Abs}_t / \text{Abs}_0$$

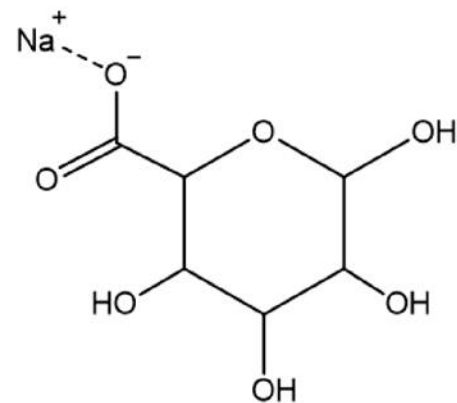
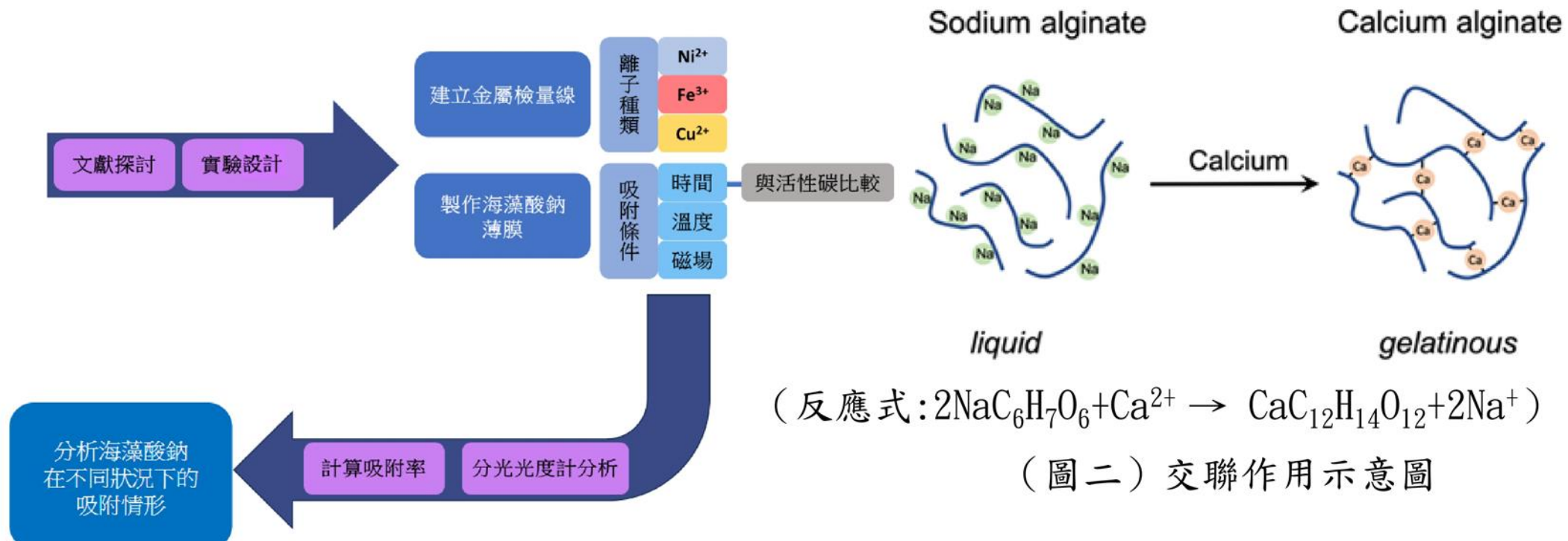
C_0 ：海藻酸鈉滴入前的金屬離子濃度

C_t ：海藻酸鈉滴入後經過某段時間 t 的金屬離子濃度

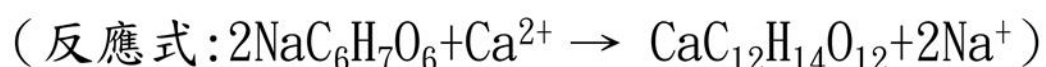
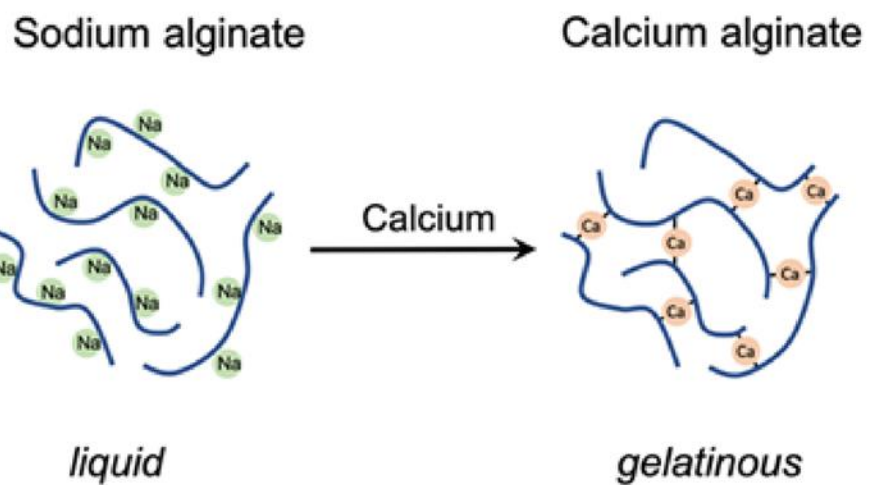
Abs_0 ：海藻酸鈉滴入前的吸光度

Abs_t ：海藻酸鈉滴入後經過某段時間 t 的吸光度

(三) 實驗流程圖



(圖一) 海藻酸鈉結構式

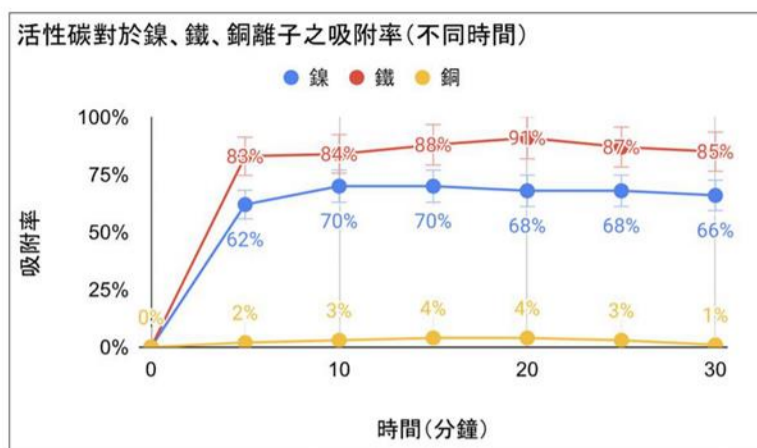
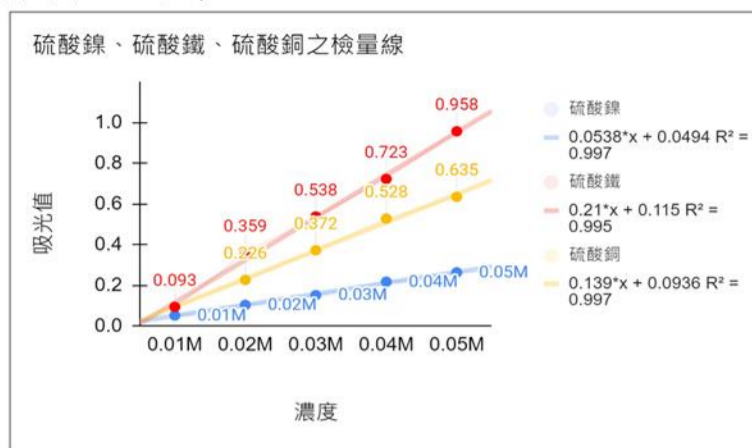


(圖二) 交聯作用示意圖

參、研究結果

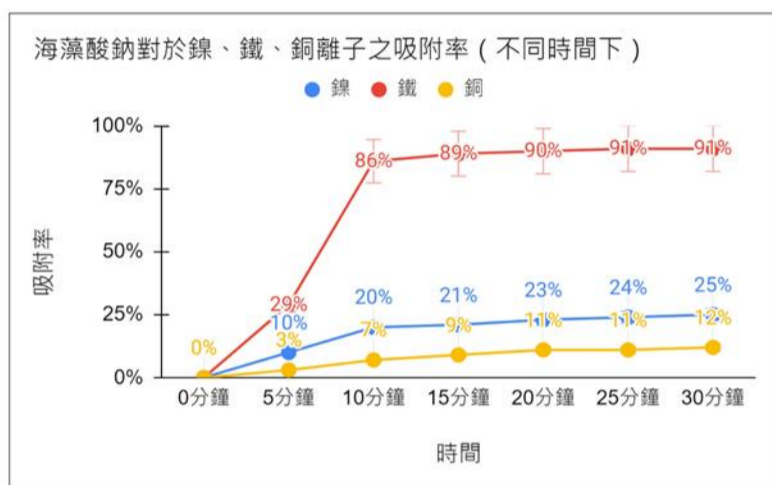
第一部分實驗:建立檢量線及探討活性碳對於鎳、鐵、銅離子的吸附效果

- (一)計算並配製出不同濃度的硫酸鎳、鐵、銅溶液，測量其吸光值，並製作成檢量線。
 (二)將活性碳放入離心後50mL的硫酸鎳、鐵、銅溶液中，靜置且以五分鐘為一個單位測量其吸光值，再以公式計算出吸附率。



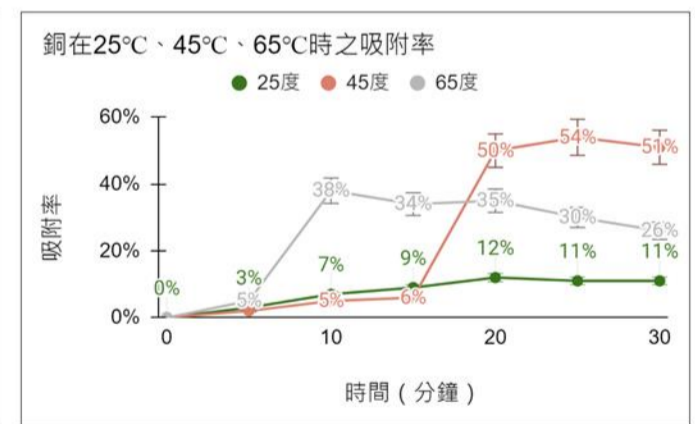
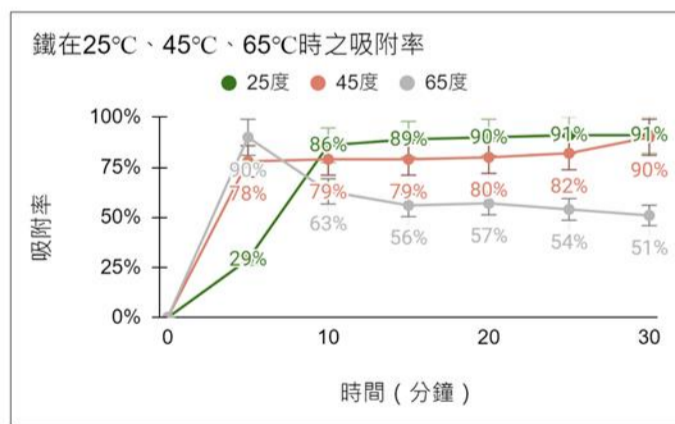
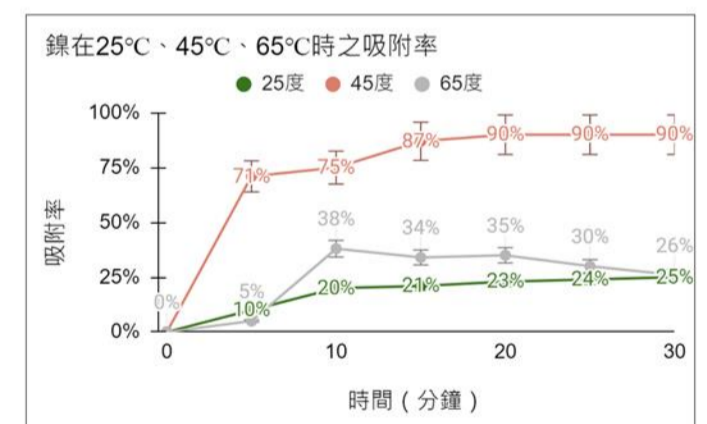
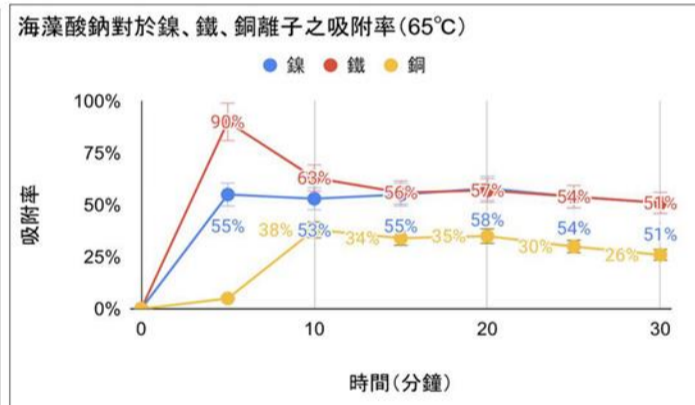
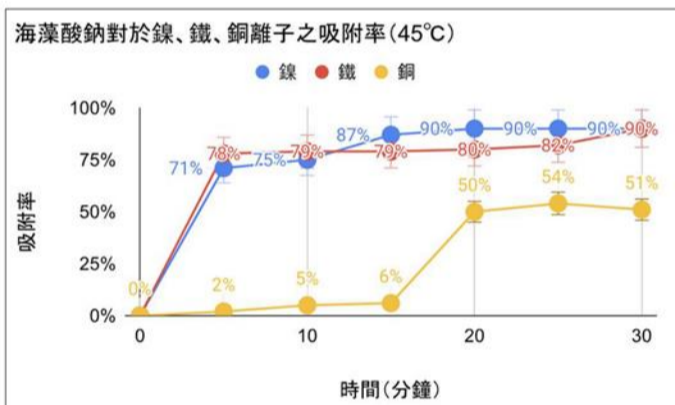
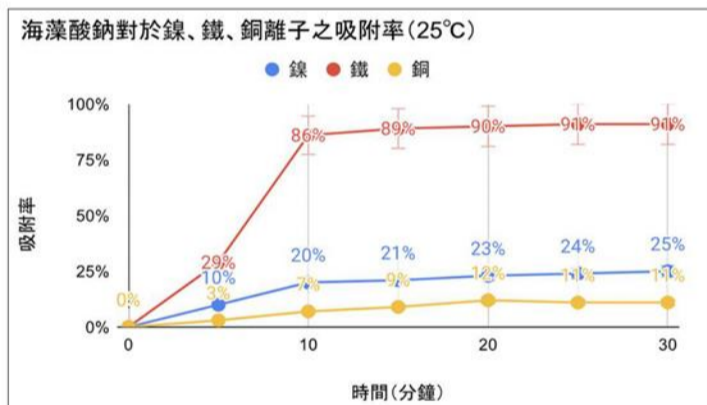
第二部分:探討不同時間下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果

將海藻酸鈉薄膜放入離心後50mL的硫酸鎳、鐵、銅溶液中，靜置且以每五分鐘為一個單位測量其吸光值，再以公式計算出吸附率。



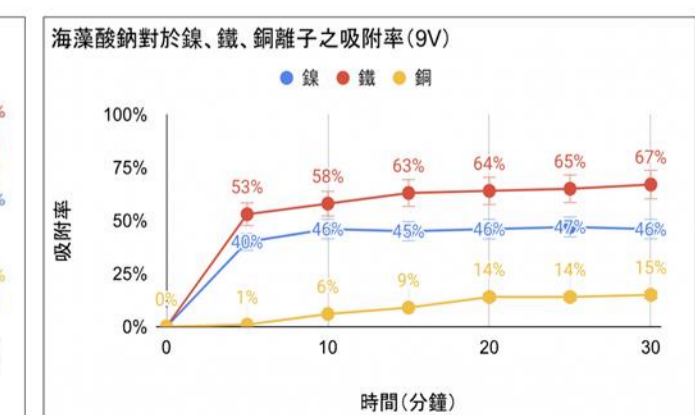
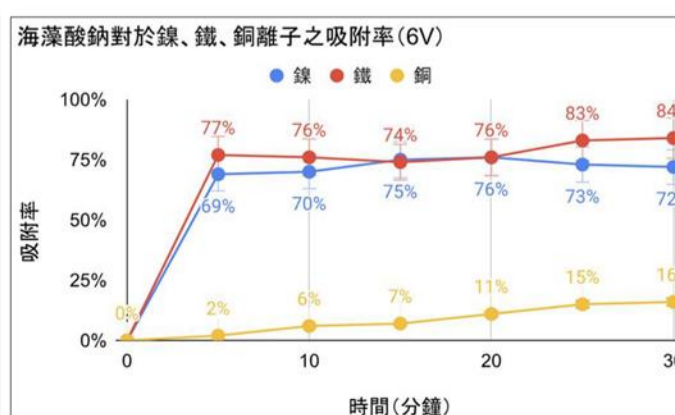
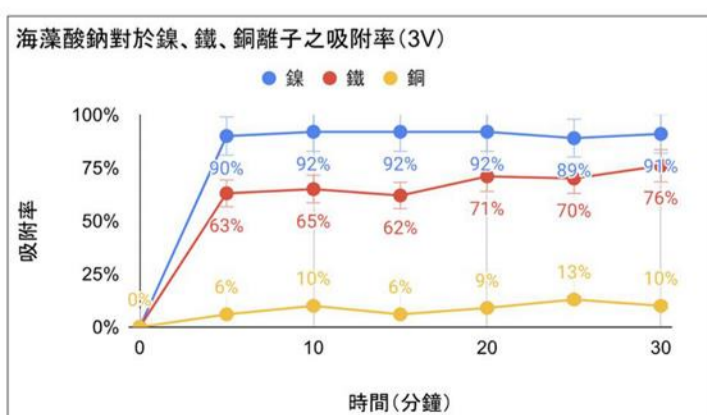
第三部分:比較不同溫度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果

將海藻酸鈉薄膜放入離心後50mL的硫酸鎳、鐵、銅溶液中，分別維持在25°C、45°C、65°C，靜置且以每五分鐘為一個單位測量其吸光值，再以公式計算出吸附率。

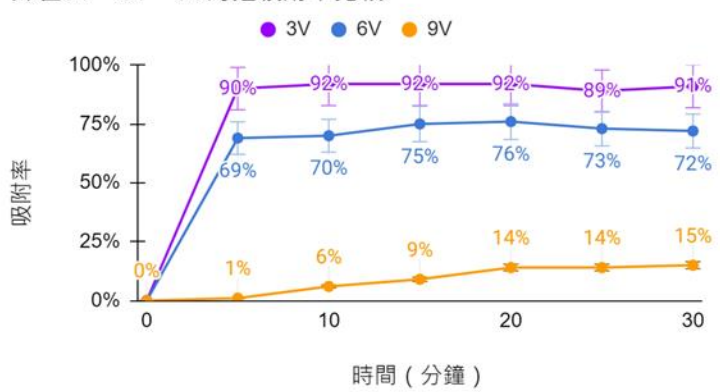


第四部分:比較不同磁場強度下海藻酸鈉吸附鎳、鐵、銅離子的效果

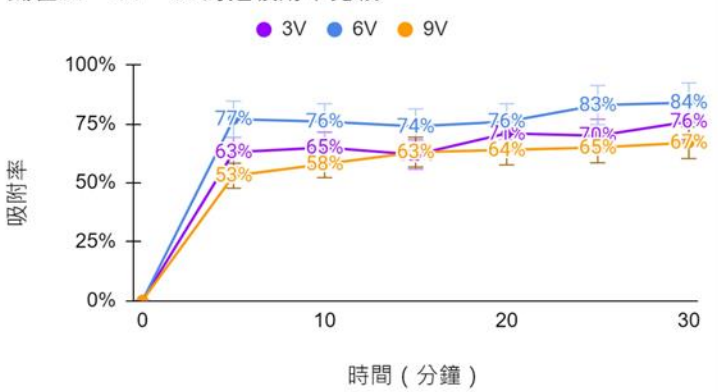
連接3V、6V、9V的電池組，並將指北針放在導線下方，觀察其偏轉角度，確認有磁場後，再將海藻酸鈉薄膜放入離心後50mL的硫酸鎳、鐵、銅溶液中，靜置且以每五分鐘為一個單位測量其吸光值，再以公式計算出吸附率。



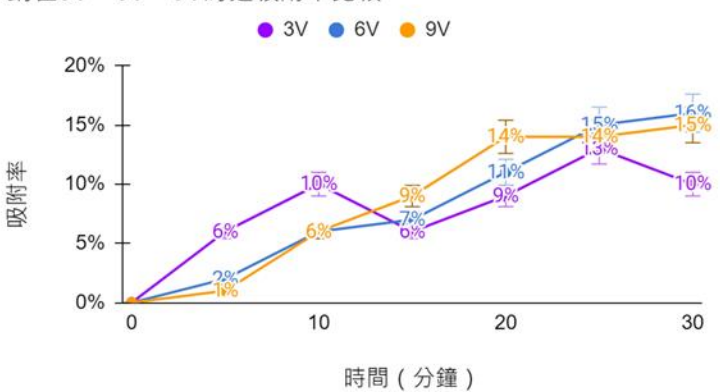
鎳在3V、6V、9V時之吸附率比較



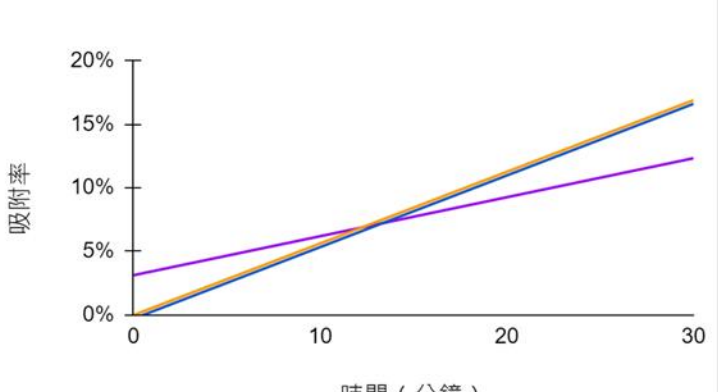
鐵在3V、6V、9V時之吸附率比較



銅在3V、6V、9V時之吸附率比較



銅在3V、6V、9V時之吸附率趨勢線



吸附鎳離子後的海藻酸鈉



吸附鐵離子後的海藻酸鈉



吸附銅離子後的海藻酸鈉



肆、研究討論

- 一、活性碳對鎳離子的吸附效果優於海藻酸鈉；對鐵離子和銅離子的吸附效果較海藻酸鈉差。此外，活性碳粉會使溶液變汙濁，不易移除。
- 二、溫度上升會使反應更快達成平衡，但使平衡後吸附率震盪幅度更大。推測原因是溫度上升同時加速吸附與脫附的正逆反應。
- 三、鎳、鐵、銅離子在65°C下，於10分鐘後三者吸附率皆下降。這可能是因為加熱時間愈久，粒子吸熱愈多，進行逆反應而解離，使原本被吸附的離子又被釋放回溶液中。
- 四、鎳離子和銅離子在45°C下吸附效果最好；鐵離子在25°C與45°C下吸附效果相近，65°C下最差。我們推測是因為沉澱為放熱反應，加熱會使其解離，故溫度愈高理應吸附效果愈差，但考量到溫度上升會使反應速率增加，因此45°C是最適切的溫度。
- 五、隨電壓上升，電流增加，磁場強度增強。在9V下，鎳離子、鐵離子的吸附率為最低，推測原因是磁場強度增強，使帶電粒子的移動速率變快，粒子碰撞的頻率增加，造成吸附的時間變長，海藻酸鈉較不易吸附重金屬離子；磁場強度增強對銅離子的吸附率則無明顯影響。

伍、結論

- 一、海藻酸鈉對不同金屬離子之吸附效果整體而言為鐵>鎳>銅。鐵離子在25°C下吸附率可達91%。
- 二、活性碳對鎳離子的吸附效果優於海藻酸鈉；對鐵離子和銅離子的吸附效果較海藻酸鈉差，活性碳對銅離子的吸附率於30分鐘後，僅有1%。此外，活性碳粉會使溶液變汙濁，不易清除。
- 三、溫度上升會使海藻酸鈉對鎳、鐵、銅離子的吸附率更快達成平衡，且使達到平衡後的吸附率震盪幅度更大。此外，鎳、鐵、銅離子的吸附率可在45°C下達最大值。
- 四、磁場強度對海藻酸鈉吸附鎳離子、鐵離子的效果影響較顯著；對銅離子吸附效果則無明顯差異。鎳離子在3V的磁場吸附效果最佳，鐵離子在6V的磁場吸附效果最佳。

陸、實驗改善建議

- 一、可在實驗溶液中一次加入多種金屬離子，以模擬真實水體中海藻酸鈉的吸附效果。
- 二、pH值亦有可能影響海藻酸鈉的吸附效果，可作為變因探討。
- 三、針對吸附時間對海藻酸鈉吸附效果的影響，可縮短觀察時間的間距，改為每分鐘測量一次，更深入探討時間對吸附率的變化。

柒、未來展望

海藻酸鈉由天然藻類提煉而成，故其具有良好生物相容性，且從我們的研究中得知，海藻酸鈉薄膜對金屬離子有顯著吸附效果。水稻為臺灣最主要糧食作物，其灌溉水源部分來自抽取地下水，然而地下水可能因工廠排放廢液而受到重金屬汙染。因此，將海藻酸鈉薄膜應用於水稻耕作區域中，可望吸附水中汙染物，淨化水質。

捌、參考文獻

- 一、國中自然與生活科技（四）。3-1認識電解質。南一出版社。
- 二、國中自然與生活科技（六）。2-2電流的磁效應。南一出版社。
- 三、張睿哲、蔡宗諺、陳邑恩（2018）。大吃一「晶」—探討藥物分子料理鐵劑晶球的緩釋作用現象。中華民國第58屆中小學科學展覽會。
- 四、張育唐、陳藹然（2011）。比爾定律與吸收度。科學online高瞻自然科學教學資源平台。
- 五、林子君（2019）。半透膜:環保水球-0oho。全民科學平台。