

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 化學科

(鄉土)教材獎

050205

不要色色一探討活性炭吸附色素的原理

學校名稱： 國立臺南第二高級中學

作者：	指導老師：
高三 曾弘翔	黃娟娟
高二 許恩瑞	吳育宏
高一 賴奕銘	

關鍵詞： 活性炭、芳香性 π - π stacking

摘要

本研究探討各變因對活性炭吸附鐵氰化鉀與甲基藍能力的影響。我們以自製光度計取代價格昂貴的分光光度計進行實驗。實驗結果顯示：莫耳濃度愈高，透光度愈低；活性炭對甲基藍的吸附效果優於鐵氰化鉀，且吸附量隨濃度增加而提升；活性炭質量愈多，透光度亦愈高；溫度升高則會降低吸附能力。此外，應用活性炭吸附色素的原理製成色譜，並結合紗染技術染布，展現科學與美感融合成果。本研究以透光度與莫耳濃度的關係為分析依據，並探討兩物質的化學性質與吸附原理，期望為吸附應用提供實驗依據與啟發。

壹、前言

一、研究動機

台南觀光業為六都之冠，其中「藍晒圖」又以文創產業聞名；而「藍晒」一詞源自於一種古老的顯影術，在藍晒工藝當中，常使用鐵氰化鉀進行照相印刷調色的漂白，而鐵氰化鉀又稱赤血鹽，本身即是鮮豔的紅色結晶狀，溶於水後呈現黃橘色。在化學課時，老師提及活性炭具有吸附色素之能力，我們便想利用鐵氰化鉀去探討活性炭對其色素之吸附能力。後來搜尋相關的資料時，我們發現活性炭常被應用於污水處理的程序中，像是除去甲基藍、結晶紫等容易在污水中殘留的染料，故在此次實驗中我們特別選用甲基藍來探討活性炭對其的吸附能力。在此次實驗中選用此兩種藥材去進行，並構思不同變因探討其色素、活性炭及透光度間的關係。

二、研究目的

- (一) **自製光亮度計**，作為實驗中光亮度數據來源
- (二) **前置實驗**：配置鐵氰化鉀及甲基藍的原液；在查詢文獻後調配出適當的濃度，得出適當之溶液擔任色素來源
- (三) **探討鐵氰化鉀/甲基藍溶液重量百分濃度高低對光亮度之影響**
- (四) **探討不同鐵氰化鉀/甲基藍溶液濃度加入定量活性炭（0.1克）後對光亮度的影響**
- (五) **探討加入活性炭的多寡（0.1克到1克）對活性炭吸附鐵氰化鉀/甲基藍的光亮度變化及影響**
- (六) **探討溫度（攝氏20到100度）對活性炭吸附鐵氰化鉀/甲基藍的影響**
- (七) **利用活性炭對甲基藍色素的影響製成文創產物**

三、文獻回顧

(一) 台灣碳素工業股份有限公司，何謂活性炭

活性炭是一種高吸附能力的炭化物質，由炭水化合物經燃燒形成初步孔隙後，再以化學或物理方法進一步活性化，使孔隙結構與比表面積顯著增大，具備卓越的吸附性能。活性炭的吸附原理以物理吸附為主，其孔隙結構分為微孔、中孔和大孔，適合吸附不同大小的分子。小分子可在孔隙中自由移動，大分子則被卡住，實現分離效果。外觀分為粉狀、粒狀和造粒狀，依用途選用。且活性炭因為其多孔結構和強大吸附能力，廣泛應用於水處理、空氣淨化和化學分離等領域。

(二) 中華明國51屆中小學科學展覽會 通天神「碳」—探討碳類對色素的吸附能力之簡介

此研究聚焦於活性炭對色素的吸附能力，結合自製光度計。通過光度計測試紫藥水與硫酸銅溶液在加入活性炭後的透光度變化，探討了溶液濃度、溫度、攪拌時間及活性炭用量等因素對吸附能力的影響。

結論指出，溶液濃度提升或加入活性炭量增加，均會影響實驗結果。活性炭在某特定條件下吸附效果具有不同的效果，並在水處理及環境保護領域中有不凡的潛力。

未來研究可著眼於定量控制及新型吸附材料的開發，以進一步提升應用價值。文獻當中還設計並自製光度實驗儀器，以低成本材料組裝自製設備，實現簡便且可重複的實驗操作。

四、名詞解釋

(一) 原液：

本研究中以莫耳濃度為 $2.5E-03M$ 的甲基藍 / 鐵氰化鉀溶液 (甲基藍 : 水 = 1 : 500 / 鐵氰化鉀 : 水 = 0.41 : 500) 擔任實驗中的色素來源，並以「原液」一詞稱呼。

(二) $\pi - \pi$ stacking

這是一種發生在芳香環之間的堆積，通常存在於帶正電和負電的兩分子之間，會促使電荷轉移，造成環與環互相堆疊，因排列方式或電子雲密度而受影響。其鍵結強度約為 $0 \sim 50\text{ kJ/mol}$ ，通常較偶極 - 偶極作用力強。

(三) 偶極 - 偶極作用力

偶極 - 偶極作用力發生在兩個電子雲受極化的分子之間。其強度與其他的作用力相比較之下偏弱。偶極 - 偶極作用力產生的形式上有多種情形，其鍵結強度約為 $5 \sim 25\text{ kJ/mol}$ 。

(四) (莫耳)濃度

以下內文及圖表中莫耳濃度皆指重量莫耳濃度。

(五) 溫度

以下內文及圖表中溫度單位為攝氏。

貳、研究設備及器材

項目	數量	項目	數量
100mL燒杯	40個	試管	50支
500mL燒杯	3個	滴管	10支
秤量紙	1000張	自製光亮度計	1組
高精度電子秤	1個	濾紙	200張
藥匙	3個	手套	數副
試管架	3組	玻璃棒	5支
安全吸球+定量管	3副	光譜儀	1組

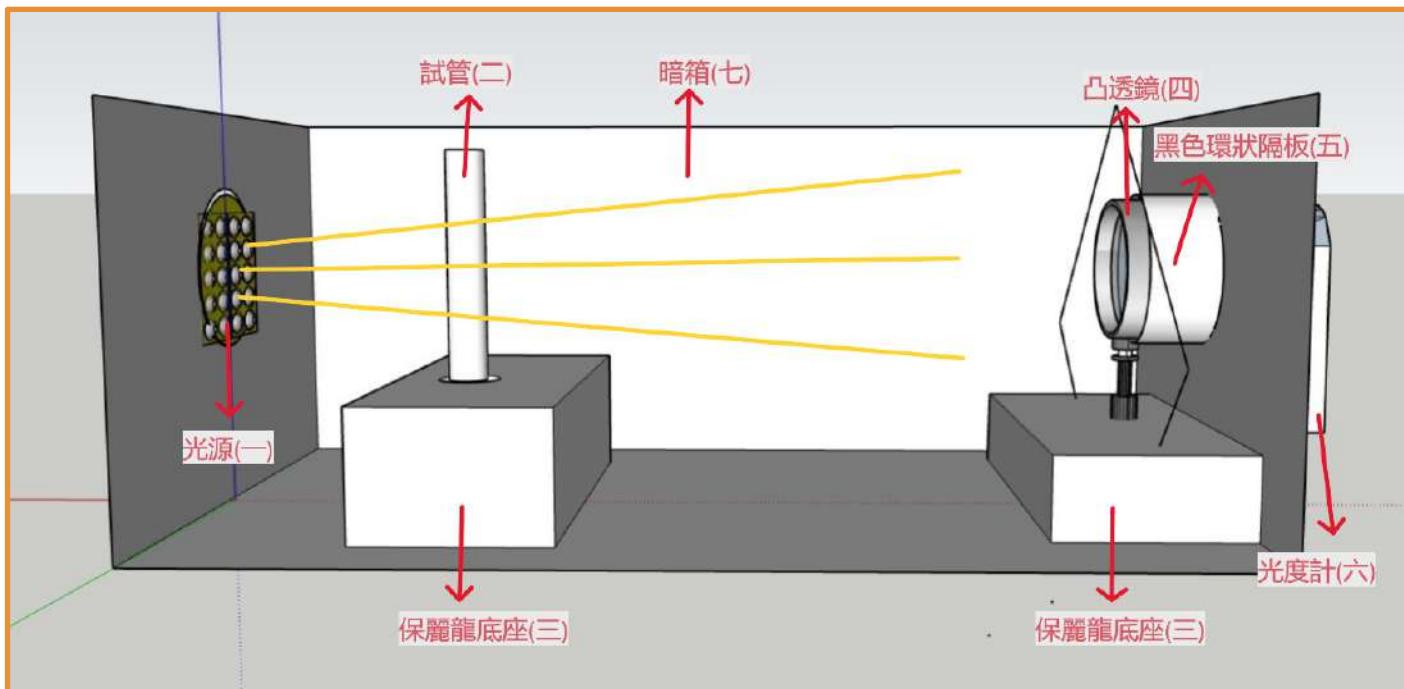
(一) 實驗器材

(二) 藥品

項目	數量
活性炭粉	1kg
鐵氰化鉀	20g
甲基藍	25g

(三)自製光亮度計

1.原理

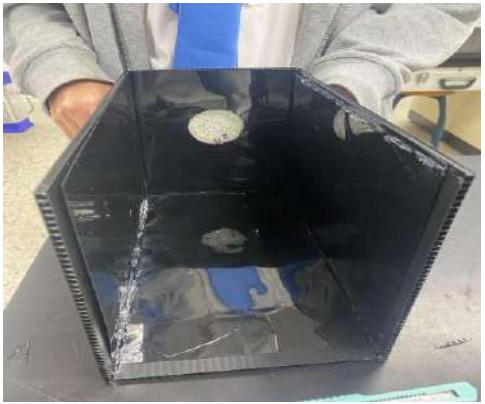
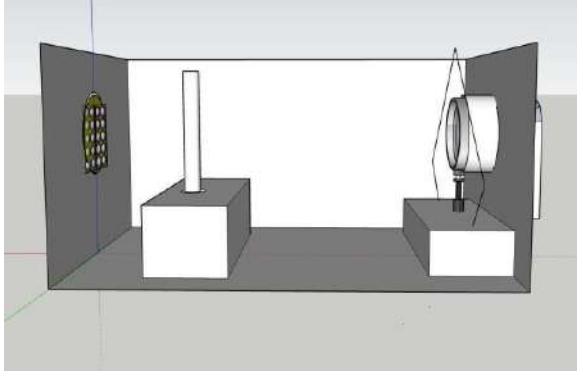


自製光亮度計剖析圖 (自行繪製)

構造	用途	構造	用途
(一)光源	發出光線，提供亮光	(五)黑色環狀隔板	避免光亮度計受到其他亮光干擾
(二)試管	盛裝溶液	(六)光度計	測量溶液透光度
(三)保麗龍底座	固定凸透鏡及試管	(七)暗箱	阻擋外界光線
(四)凸透鏡	聚焦光線		

自製光亮度計構造分析

2.組裝(自行拍攝)

	
(一)材料準備	(二)裁切紙板
	
(三)挖洞並貼上不透光片	(四)以快乾和熱熔膠沾黏；組裝成外殼
	
(五)裁切保麗龍、並挖洞放置凸透鏡及試管，加以調整高度後裝上遮光罩使放大鏡不受外來光源影響	(六)左側貼上LED登板且右側裝上測光計 *上圖為此自製光度計之概圖

參、研究過程與方法

一、研究原理

活性炭是一種廣泛應用於水處理、空氣淨化及食品工業的**多孔性吸附劑**，其強大的吸附能力在去除色素方面具有重要的應用價值。

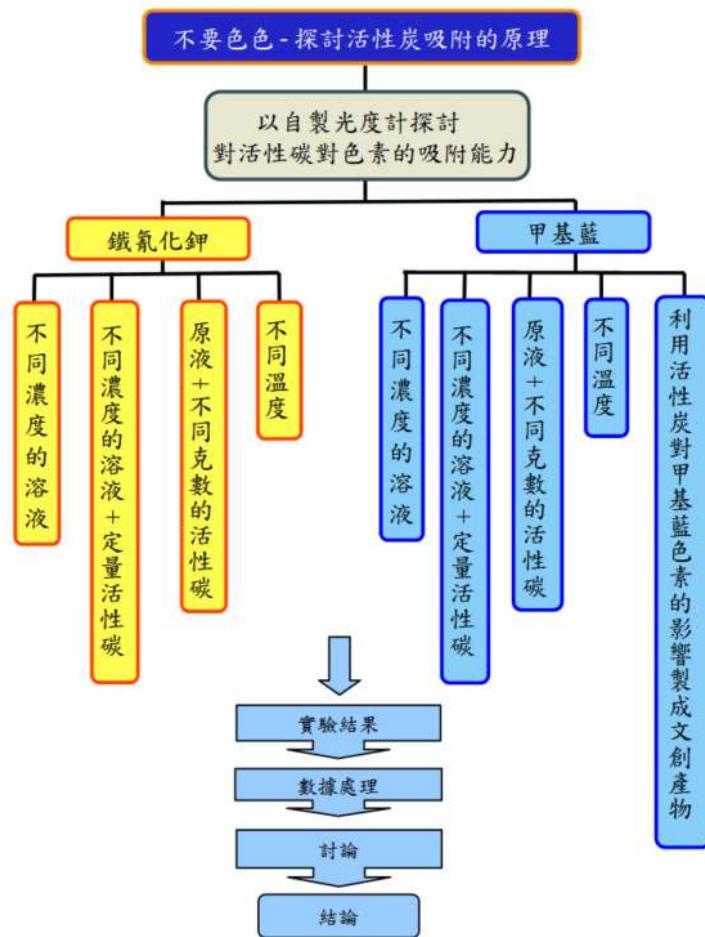
活性炭吸附色素的原理是基於其表面積大和具有微小孔隙的特性。當溶液中含有溶解的色素分子時，分子會進入活性炭的孔隙，並與活性炭表面發生物理吸附。這一過程主要依賴於凡得瓦力（Vander Waals forces）和**氫鍵**等分子間作用力。

在此次科展中，我們選用鐵氰化鉀及甲基藍擔任實驗中色素來源，並設計4組變因探討活性炭對二者的吸附能力，研究中主要透過透光度和平均一克活性炭吸附的個數為實驗結果並配合理論進行分析：

我們先以溶液濃度為操縱變因，探討濃度變化其透光度的影響，並將數據分析後製成折線圖後，得出**重量百分濃度變化（橫軸）**和**透光度變化（縱軸）**的關係圖，並分析其方程式；隨後，我們以加入定量活性炭（0.1克），探討活性炭對甲基藍及鐵氰化鉀的吸附能力，再以**活性炭的多寡**為操縱變因，分析活性炭的多寡對活性炭吸附色素的影響，並加以比較。本組也將外在環境（溫度）納入考量實驗的操縱變因，將實驗數據圖表化。希望釐清活性炭及鐵氰化鉀/甲基藍溶液間的交互作用，在實驗的最後我們將甲基藍加入不同克數活性炭後的顏色製成色譜，並依造色譜配合**紗染工藝**製成文創品。

註：凡得瓦力（van der Waals force）是一種分子或原子之間的弱作用力，屬於非化學鍵的分子間力，主要包括三種形式：**偶極-偶極作用力**（發生於極性分子間，由永久偶極的正負端吸引產生）、**偶極-誘導偶極作用力**（極性分子誘導非極性分子產生偶極形成的吸引力）以及**倫敦分散力**（存在於所有分子間，由瞬時偶極和誘導偶極作用產生，是最普遍的凡得瓦力）。這種力雖然弱，但因為存在於所有分子之間且具有短距離作用特性，在液態和固態的形成、吸附作用及生物大分子穩定性中具有重要意義，例如液氮的形成與蛋白質的摺疊過程都與凡得瓦力相關。

二、研究流程圖



三、實驗步驟

(一)、前置實驗：配置鐵氰化鉀/甲基藍溶液

1、調配鐵氰化鉀原液

(1) 取0.41克鐵氰化鉀加入500毫升的蒸餾水中，並靜置兩分鐘觀察其溶解情形

2、調配甲基藍原液

(1) 取1克甲基藍加入500毫升的蒸餾水中，攪拌後靜置兩分鐘後觀察其溶解情形

(二) 以鐵氰化鉀擔任色素來源：探討各變因對活性炭吸附其色素的影響

1、實驗一：探討鐵氰化鉀溶液重量百分濃度高低對光亮度之影響

(1) 調配鐵氰化鉀原液: 蒸餾水為0:10、1:9、2:8、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3、8:2、9:1、10:0為比例的100毫升溶液

(2) 分別取20毫升加入試管中並放入自製光亮度計中觀察光亮度值

(3) 重複步驟(1)、(2)三次，並將數據平均後匯入電腦並製成圖表，以確保其重複性

2、實驗二：探討鐵氰化鉀重量百分濃度高低對活性炭吸附其色素的影響

- (1) 調配鐵氰化鉀原液：蒸餾水為 0:10、1:9、2:8、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3、8:2、9:1、10:0 為比例的100毫升溶液並加入0.1g活性炭
- (2) 攪拌後靜置五分鐘，過濾活性炭後測量其光亮度
- (3) 重複步驟(1)、(2)三次，並將數據平均後匯入電腦並製成圖表，以確保其重複性

3、實驗三：探討加入活性炭多寡對鐵氰化鉀原液透光度的影響

- (1) 調配鐵氰化鉀原液300毫升並以分度吸量管輔以安全吸球取10杯20毫升之原液
- (2) 量測0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0克活性炭
- (3) 將活性炭加入裝有20毫升鐵氰化鉀原液的燒杯中，攪拌後靜置5分鐘
- (4) 將溶液過濾後裝入試管中
- (5) 測量其透光度
- (6) 重複(1)～(5)三次確保其重複性
- (7) 將數據匯入電腦，平均後製成圖表

4、實驗四：探討溫度對活性炭吸附能力的影響

- (1) 調配鐵氰化鉀原液300毫升並以分度吸量管輔以安全吸球取10杯20毫升之原液
- (2) 量測0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0克活性炭
- (3) 將活性炭加入裝有20毫升鐵氰化鉀原液的燒杯中
- (4) 將燒杯置入分別為 20、30、40、50、60、70、80、90、100 度的恆溫槽中
- (5) 放置30分鐘後取出，靜置15分鐘
- (6) 將溶液過濾後裝入試管中
- (7) 測量其透光度
- (8) 重複(1)～(7)三次確保其重複性
- (9) 將數據匯入電腦，平均後製成圖表

(三) 以甲基藍擔任色素來源：探討各變因對活性炭吸附其色素的影響

1、實驗一：探討甲基藍溶液重量百分濃度高低對光亮度之影響

- (1) 調配鐵甲基藍原液：蒸餾水為 0:10、1:9、2:8、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3、8:2、9:1、10:0 為比例的100毫升溶液
- (2) 分別取20毫升加入試管中並放入自製光亮度計中觀察光亮度值
- (3) 重複步驟(1)、(2)三次，並將數據平均後匯入電腦並製成圖表，以確保其重複性

2、實驗二：探討鐵氰化鉀重量百分濃度高低對活性炭吸附其色素的影響

- (1) 調配鐵氰化鉀原液：蒸餾水為 0:10、1:9、2:8、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3、8:2、9:1、10:0 為比例的 100 毫升溶液並加入 0.1g 活性炭
- (2) 攪拌後靜置五分鐘，過濾活性炭後測量其光亮度
- (3) 重複步驟(1)、(2)三次，並將數據平均後匯入電腦並製成圖表，以確保其重複性

3、實驗三：探討加入活性炭多寡對甲基藍原液透光度的影響

- (1) 調配甲基藍原液 500 毫升並以分度吸量管輔以安全吸球取 10 杯 20 毫升之原液
- (2) 量測 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0 克活性炭
- (3) 將活性炭加入裝有 20 毫升甲基藍原液的燒杯中，攪拌後靜置 5 分鐘
- (4) 將溶液過濾後裝入試管中
- (5) 測量其透光度
- (6) 重複 (1) ~ (5) 三次確保其重複性
- (7) 將數據匯入電腦，平均後製成圖表

4、實驗四：探討溫度對活性炭吸附能力的影響

- (1) 調配甲基藍原液 500 毫升並以分度吸量管輔以安全吸球取 10 杯 20 毫升之原液
- (2) 量測 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0 克活性炭
- (3) 將活性炭加入裝有 20 毫升甲基藍原液的燒杯中
- (4) 將燒杯置入分別為 20、30、40、50、60、70、80、90、100 度的恆溫槽中
- (5) 放置 30 分鐘後取出，靜置 15 分鐘
- (6) 將溶液過濾後裝入試管中
- (7) 測量其透光度
- (8) 重複 (1) ~ (5) 三次確保其重複性
- (9) 將數據匯入電腦，平均後製成圖表

5、實驗五：手藝的傳承-利用活性炭對甲基藍色素的影響製成文創產物

- (1) 調配甲基藍原液 500 毫升並以分度吸量管輔以安全吸球取 40 杯 20 毫升之原液
- (2) 量測以 0.01 為單位 0.01~0.4 克的活性炭共 40 個
- (3) 將活性炭加入裝有 20 毫升甲基藍原液的燒杯中
- (4) 靜置 5 分鐘後過濾
- (5) 觀察顏色差異並用 canva 進行色譜分析
- (6) 重複 (1) ~ (5) 步驟進行 3 次

(7) 製成色譜對照表

(8) 運用色譜對照表製成藍染文創產物

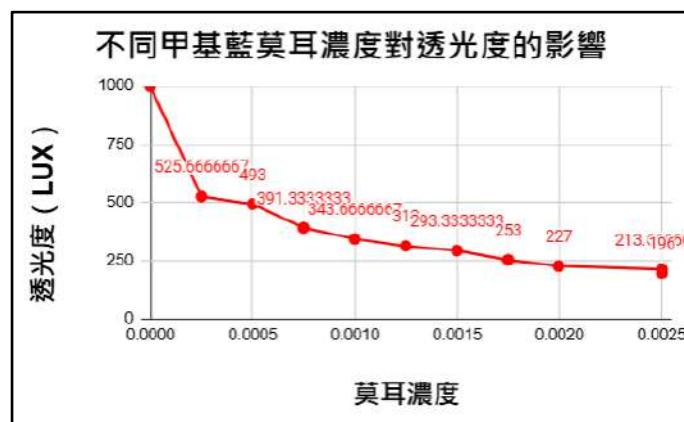
四.研究方法

本組經查找文獻後發現色素的莫耳濃度和溶液透光度間可使用幂級數方程式表現，透過甲基藍溶液的莫耳濃度和溶液透光度間的關係，進而使用方程式演算出平均一克活性炭可吸附的鐵氯化鉀/甲基藍濃度。以下是我們的演算步驟。(以甲基藍為例)

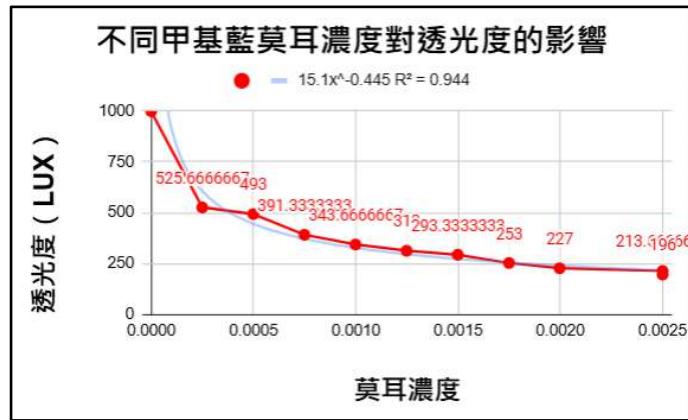
1、實驗一：探討甲基藍溶液重量百分濃度高低對光亮度之影響

甲基藍原液:水	第一次	第二次	第三次	平均值
純水	997	996	1001	998
1:9	549	550	553	550
2:8	493	494	492	493
3:7	389	390	395	391.3333333
6:4	342	346	343	343.6666667
5:5	316	312	311	313
6:4	290	295	295	293.3333333
7:3	259	248	252	253
8:2	227	225	229	227
9:1	212	214	215	213.6666667
甲基藍原液	196	195	197	196

2. 將甲基藍溶液重量百分濃度換算成莫耳濃度，並將甲基藍溶液莫耳濃度及其透光度(平均值)製成XY關係折線圖



3.利用「趨勢線」之功能，得出甲基藍溶液莫耳濃度和其透光度的幕級數方程式



4.可得出以下關係式：

$$y = 15.1 x^{-0.445} \longrightarrow (1)$$

↑ 甲基藍溶液的透光度
↑ 甲基藍的莫耳濃度
 也就是甲基藍溶液的透光度 = $15.1 \times (甲基藍的莫耳濃度的 - 0.445 次方)$

5.將加入0.1克活性炭的各濃度甲基藍溶液的透光度製成圖表並取平均值

甲基藍原液: 水	第一次	第二次	第三次	平均值
1:9	660	662	660	660.6666667
2:8	500	501	500	500.3333333
3:7	452	454	452	452.6666667
4:6	437	432	435	434.6666667
5:5	389	387	386	387.3333333
6:4	372	374	371	372.3333333
7:3	321	323	321	321.6666667
8:2	312	309	308	309.6666667
9:1	295	297	295	295.6666667
10:0	268	269	269	268.6666667

6. 將加入活性炭後的甲基藍溶液透光度(平均值)帶入方程式中，得出每個透光度對應的甲基藍莫耳濃度

加入0.1克活性炭後甲基藍溶液透光度	加入活性炭後甲基藍莫耳濃度
660.6666667	2.05E-04
500.3333333	3.83E-04
452.6666667	4.80E-04
434.6666667	5.26E-04
387.3333333	6.81E-04
372.3333333	7.45E-04
321.6666667	1.03E-03
309.6666667	1.13E-03
295.6666667	1.25E-03
268.6666667	7.62E-04

7. 利用 $\text{莫耳數} = \text{莫耳濃度} \times \text{體積(公升)}$ ，得出加入活性炭後甲基藍的莫耳數，並將加入活性炭前的莫耳數相減，得出被活性炭吸附的甲基藍莫耳數

加入活性炭前甲基藍溶液莫耳數	加入活性炭後甲基藍溶液莫耳數	被活性炭吸附的甲基藍莫耳數
2.50E-05	2.50E-06	2.25E-05
4.99E-05	4.99E-06	4.49E-05
7.49E-05	7.49E-06	6.74E-05
9.99E-05	9.99E-06	8.99E-05
1.25E-04	1.25E-05	1.12E-04
1.50E-04	1.50E-05	1.35E-04
1.75E-04	1.75E-05	1.57E-04
2.00E-04	2.00E-05	1.80E-04
2.50E-04	2.50E-05	2.25E-04
2.50E-04	2.50E-05	2.25E-04

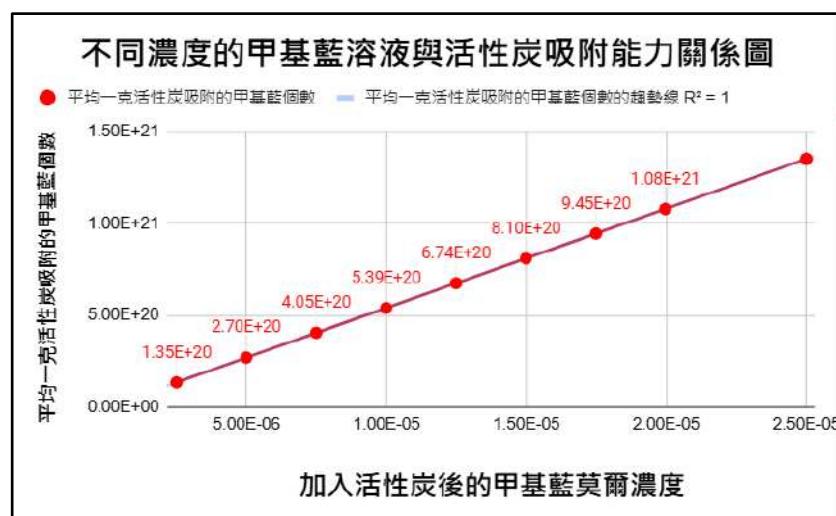
8. 利用 $\text{分子個數} = \text{分子莫耳數} \times \text{亞佛加厥數}$ ，求出被吸附的甲基藍個數

被活性炭吸附的甲基藍莫耳數	被活性炭吸附的甲基藍個數
2.25E-05	1.35E+19
4.49E-05	2.70E+19
6.74E-05	4.05E+19
8.99E-05	5.39E+19
1.12E-04	6.74E+19
1.35E-04	8.10E+19
1.57E-04	9.45E+19
1.80E-04	1.08E+20
2.25E-04	1.35E+20
2.25E-04	1.35E+20

9.活性炭吸附之甲基藍個數/活性炭克數=平均 1克活性炭吸附的甲基藍個數

被活性炭吸附的甲基藍個數	活性炭克數	平均一克活性炭吸附的甲基藍個數
1.35E+19	0.1	1.35E+20
2.70E+19	0.1	2.70E+20
4.05E+19	0.1	4.05E+20
5.39E+19	0.1	5.39E+20
6.74E+19	0.1	6.74E+20
8.10E+19	0.1	8.10E+20
9.45E+19	0.1	9.45E+20
1.08E+20	0.1	1.08E+21
1.35E+20	0.1	1.35E+21
1.35E+20	0.1	1.35E+21

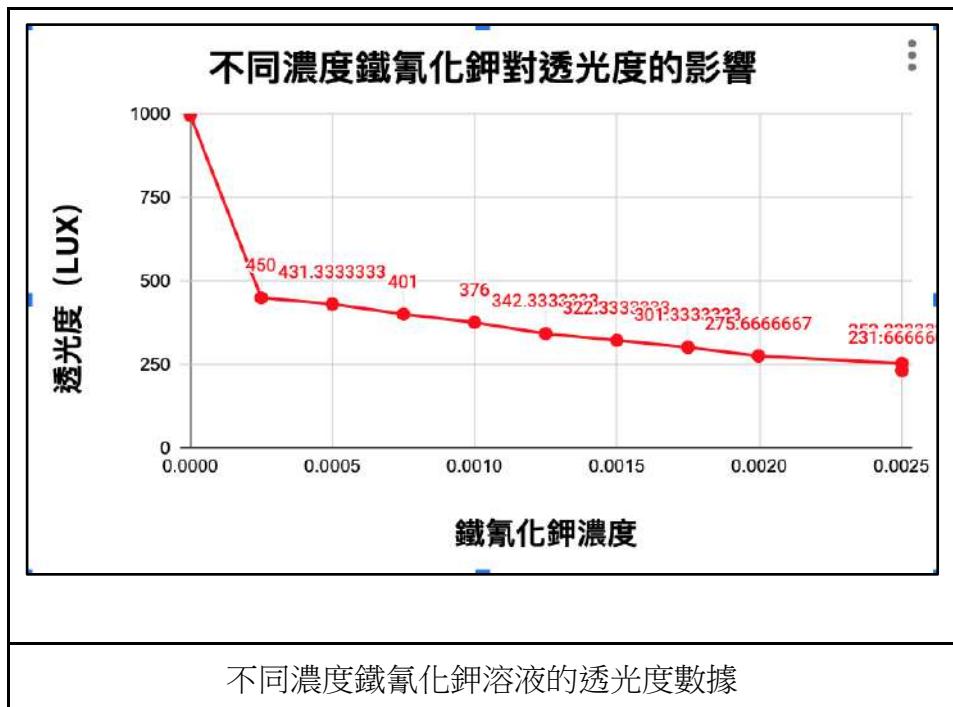
10.將甲基藍莫耳濃度和平均一克活性炭吸附之甲基藍個數製成XY關係折線圖



肆、研究結果

一、鐵氰化鉀作為原液

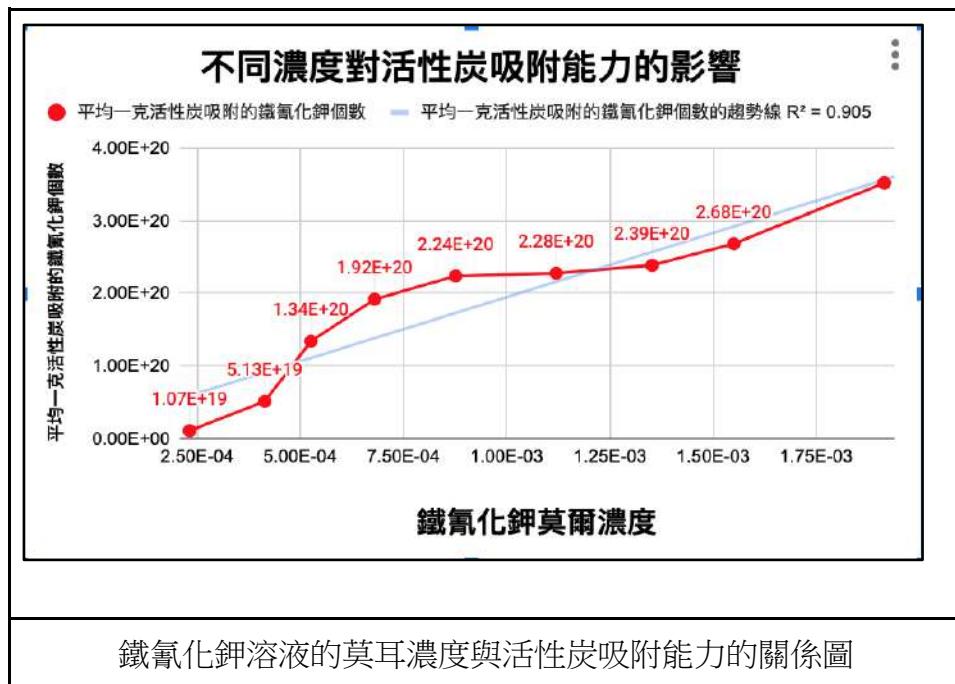
實驗一：探討鐵氰化鉀溶液重量百分濃度高低對光亮度之影響



說明：隨著鐵氰化鉀溶液重量百分濃度(已換算成莫耳濃度)升高，透光度越低

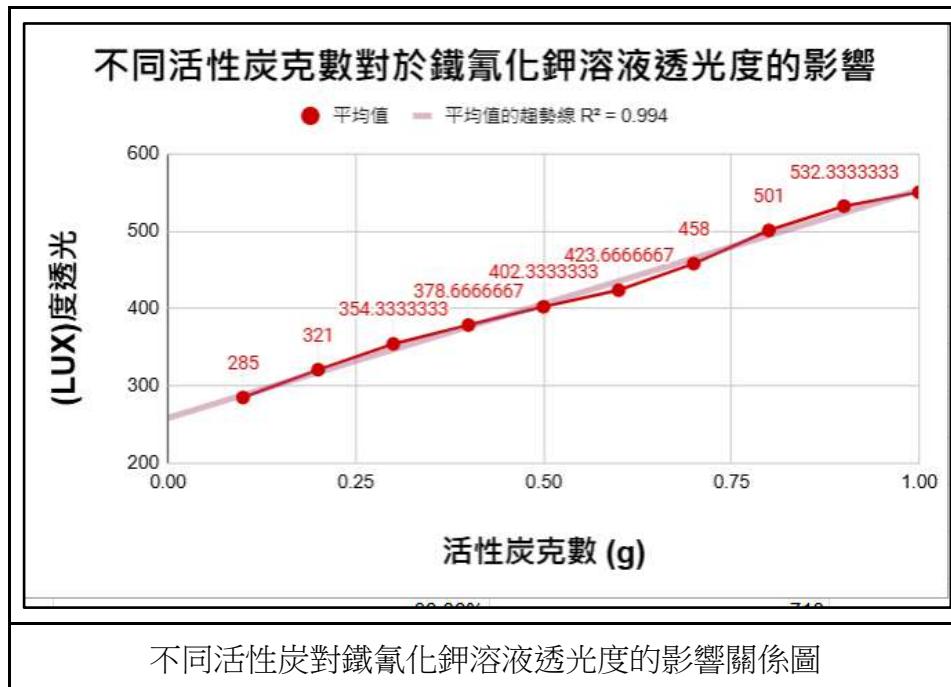
實驗
化鉀
高低
色素

二：探討鐵青
重量百分濃度
對活性炭吸附
的影響

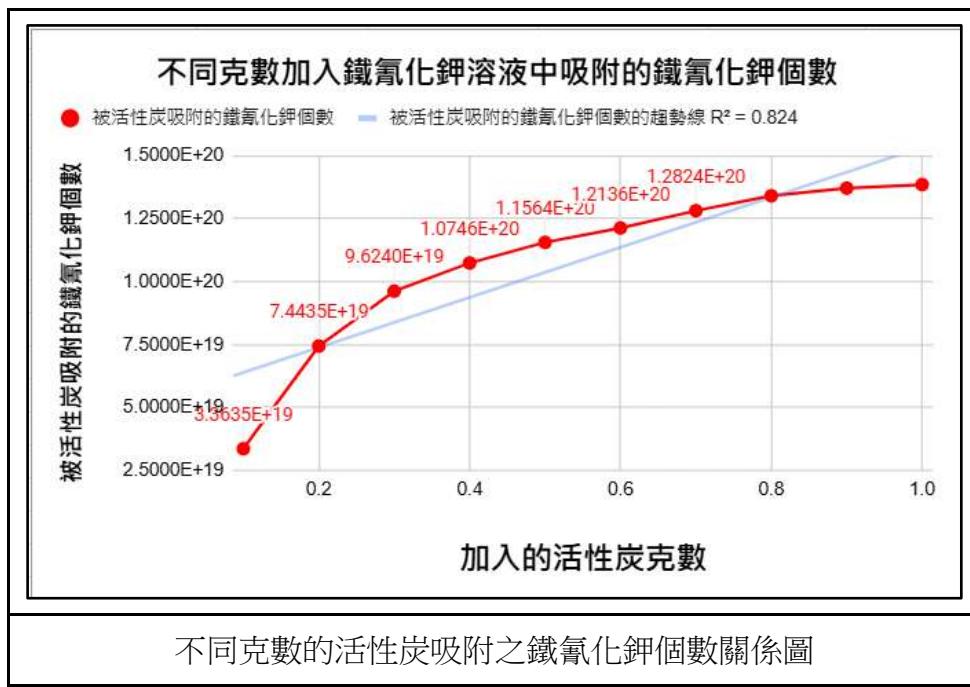


說明：隨著鐵氰化鉀重量百分濃度(已換算成莫耳濃度)的上升，活性炭吸附的鐵氰化鉀分子個數也越多

實驗三：探討加入活性炭多寡對鐵氰化鉀原液透光度的影響



說明：隨著活性炭克數的上升，鐵青化鉀溶液透光度也隨之上升，兩者接近線性關係，代表活性炭克數的提升對於鐵氰化鉀的吸附效果有顯著的影響。



說明：經過計算後可得，隨著活性炭克數的提升，活性炭吸附的鐵氰化鉀個數持續上升

實驗四：探討溫度對活性炭吸附能力的影響

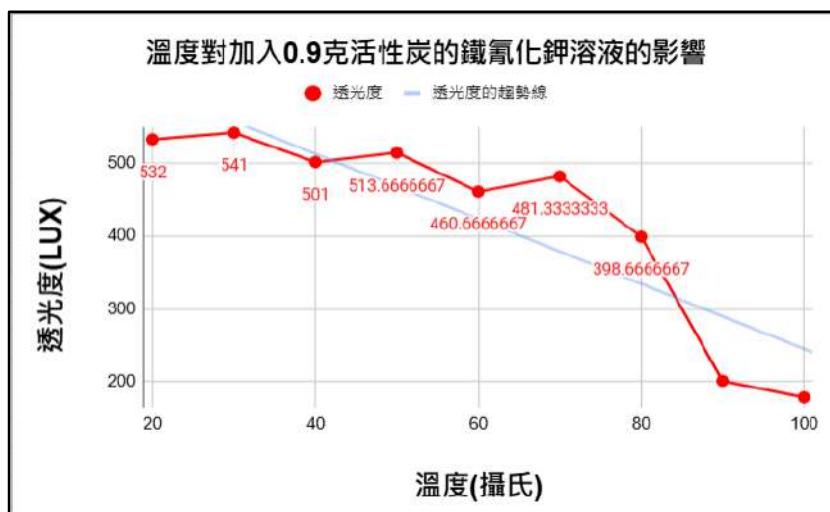
#	活性炭克數: LUX	T (°C)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.1	285.3333333		300.3333333		280	293.3333333		273	289	268	175.6666667
0.2	321.6666667		340.6666667	311.3333333	333.3333333		300	321.6666667	290.6666667	178.3333333	157.3333333
0.3	354.3333333		360.3333333	347.3333333		352	341.3333333	345.3333333		337	180.6666667
0.4	375.3333333		391	364.3333333		383	350.6666667		363	330.6666667	165.3333333
0.5	402		410.3333333	390.6666667		402	377.6666667	398.6666667	362.3333333		188
0.6	423.6666667		437.6666667	413.3333333	424.6666667	402.6666667	414.6666667	389.6666667	190.6666667	169.3333333	
0.7	458.3333333		467.6666667	451.3333333		461	439.3333333		451	420.3333333	194.6666667
0.8	501.6666667		511		481	490.6666667		466	472.6666667	431	197.6666667
											175

加入0.1-0.8克活性炭進入鐵氰化鉀原液後各溫度透光度的變化圖(數據為三次平均)

說明：在加入0.1-0.8克活性炭進入鐵氰化鉀溶液並加熱時，溫度對於活性炭吸附的影響較不明顯

#	活性炭克數: LUX	T (°C)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.9			532		541	501	513.6666667	460.6666667	481.3333333	398.6666667	201.3333333
1			551	567.3333333	512.6666667		534	452.3333333		499	385

加入0.9/1.0克活性炭進入鐵氰化鉀原液後透光度的變化圖(數據為三次平均，並以加入0.9克活性炭進入鐵氰化鉀原液後各溫度透光度變化的關係製圖)

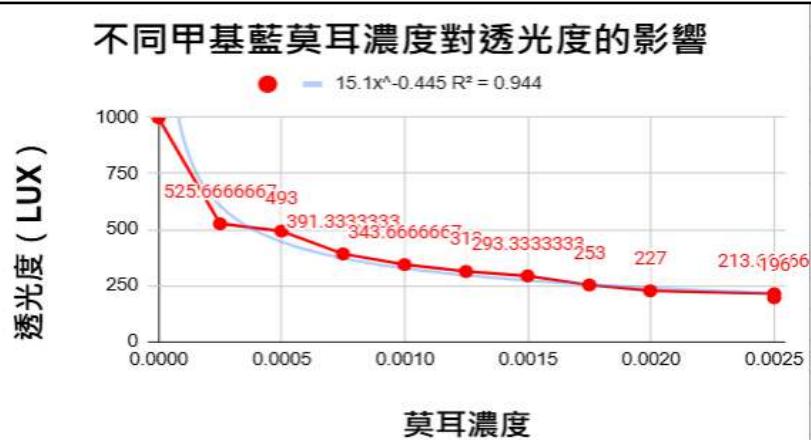


加入0.9克活性炭進入鐵氰化鉀原液後各溫度透光度變化的關係圖

說明：隨著溫度的上升，雖然透光度在20度到80度時出現些微的高低起伏，但整體而言仍然呈現下降的趨勢。且在90/100度時，溶液的顏色突然變深，導致透光度急遽下降。

二、以甲基藍作為原液

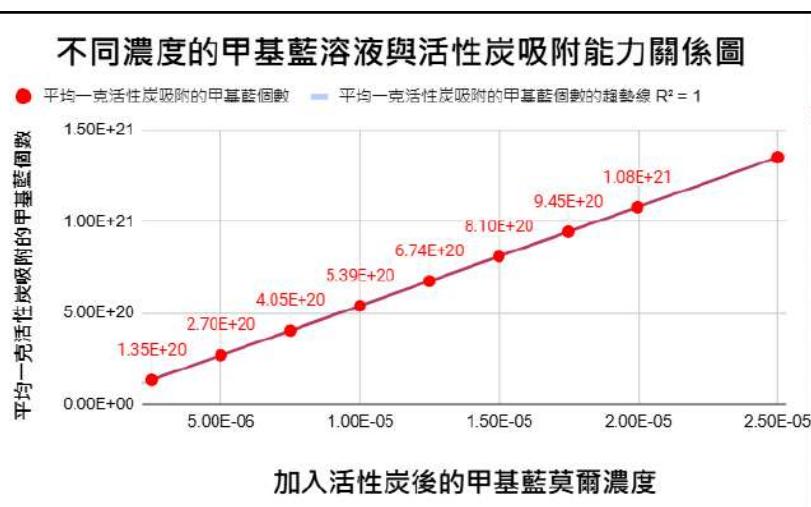
實驗一：探討甲基藍溶液重量百分濃度高低對光亮度之影響



不同濃度甲基藍溶液的透光度數據圖

說明：隨著甲基藍溶液重量百分濃度(已換算成莫耳濃度)提高，其透光度降低

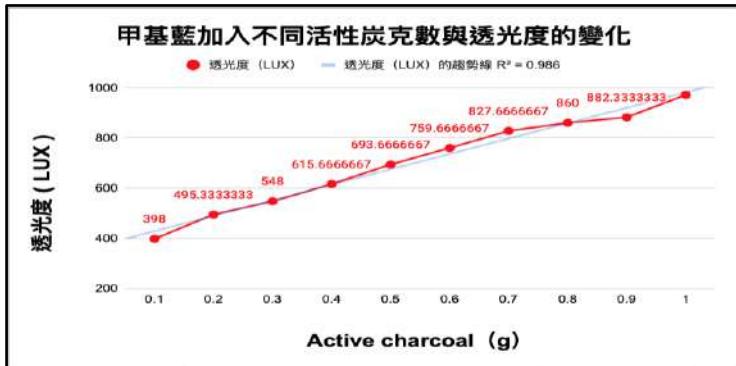
實驗二：
探討
甲基
藍重
量百
分濃
度高
低對
活
性
炭
吸
附
色
素
的
影
響



甲基藍溶液的莫耳濃度與活性炭吸附能力的關係圖

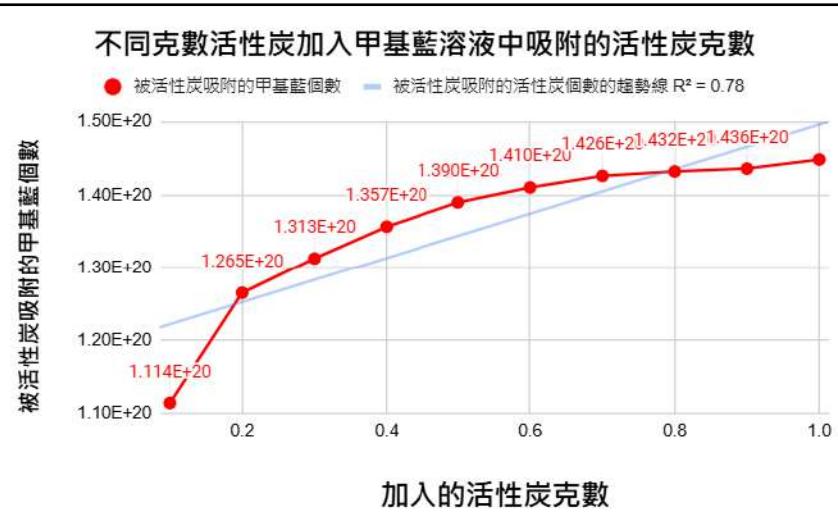
說明：隨著甲基藍重量百分濃度(已換算成莫耳濃度)提高，活性炭所吸附的甲基藍個數也越多，可看出活性炭對吸附其色素的優秀能力

實驗三：探討加入活性炭多寡對甲基藍原液透光度的影響



不同活性炭對甲基藍溶液透光度的影響關係圖

說明：隨著加入的活性炭越多，透光度也越高



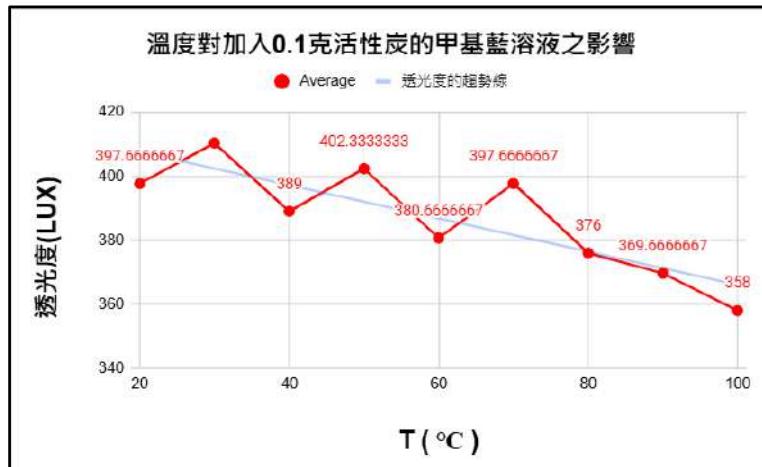
不同克數的活性炭吸附之甲基藍個數關係圖

說明：加入的活性炭克數越多，吸附的甲基藍個數也越多，但個數的增加逐漸平緩

實驗四：探討溫度對活性炭吸附能力的影響

LUX : T (°C)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
透光度Average	397.6666667	410.3333333	389	402.3333333	380.6666667	397.6666667	376	369.6666667	358

加入0.1克活性炭進入甲基藍原液後各溫度透光度的變化(數據為三次平均)



加入0.1克活性炭進入甲基藍原液後各溫度透光度變化的關係圖

說明：活性炭吸附甲基藍時，在20-70度間的吸附能力較不穩定，而在60度後，透光度值呈現持續下降的趨勢，可得知活性炭吸附甲基藍時，在低溫有相對比較優秀的吸附效果

實驗五：手藝的傳承-利用活性炭對甲基藍色素的影響製成文創產物

色圖/色號	色圖/色號	色圖/色號	色圖/色號
#717579	#6990A0	#016FB0	#0A0776
#A1C2D5	#8E97A0	#0266BB	#020332
#9AADD4	#54ADCF	#0066AF	#02043E
#7D858A	#3098BF	#00989C	#02043E
#76ED93	#066CAD	#0095A5	#0001D0
#7A898F	#5797A0	#002EA0	#00000F
#77868C	#417B93	#002371	#01020B
#8D8484	#0300A6	#011687	#000003
#7EA1B1	#0050B0	#0000D75	#010103
#4F7584	#0150B4	#02058C	#000001

色譜表(自行繪製)

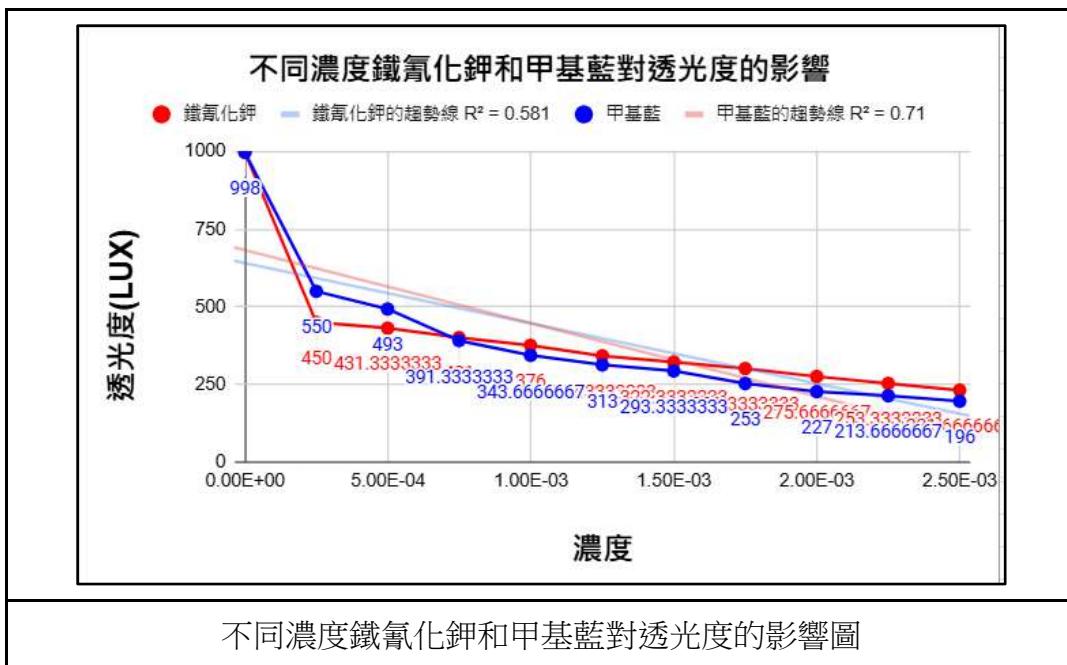
說明：加入以0.01為單位0.01~0.4克的活性炭，製成共40個色碼



成品展示(自行拍攝)

伍、討論

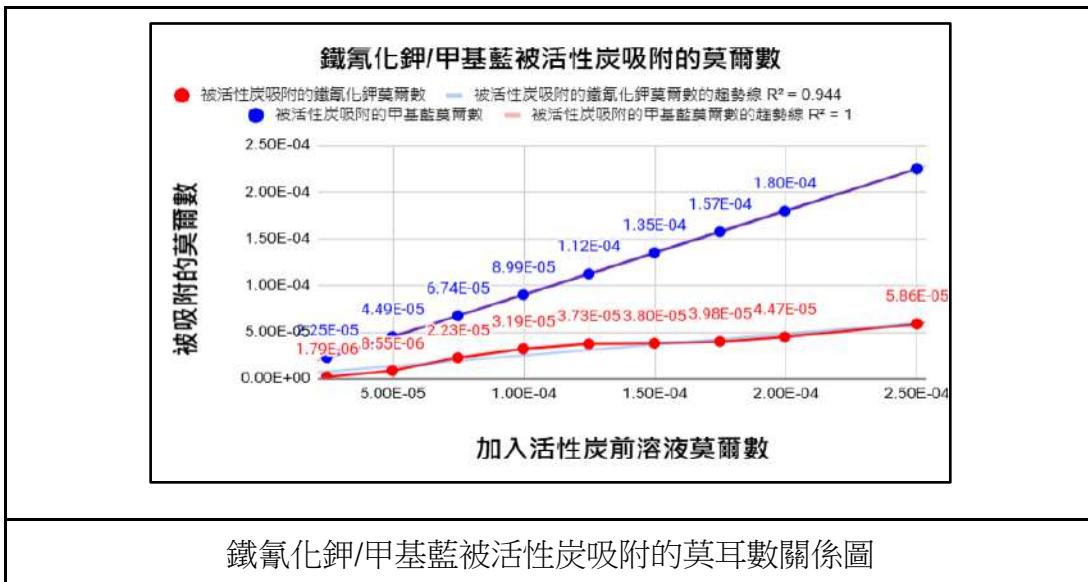
一、實驗一：探討鐵氰化鉀 / 甲基藍溶液重量百分濃度高低對光亮度之影響



(一)由上圖可得知，鐵氰化鉀 / 甲基藍溶液重量百分濃度(已換算成莫耳濃度)的上升，透光度也隨之下降。

經討論後得出：重量百分濃度的上升，代表溶質的數量增加，溶劑的數量減少，故溶液中溶質分子的距離較近，使透光度下降。

二、實驗二：探討鐵氰化鉀 / 甲基藍重量百分濃度高低對活性炭吸附其色素的影響

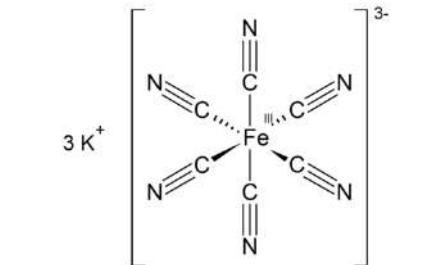


鐵氰化鉀/甲基藍被活性炭吸附的莫耳數關係圖

(一)在上圖中可發現隨著加入活性炭前的溶液莫耳數上升，被活性炭吸附的個數(莫耳數越大，吸附的個數就越多)也會上升。這是因為活性炭數量不變，溶液中的溶質量上升，加入活性炭後，剩餘的鐵氰化鉀/甲基藍個數愈多，透光度愈低。

(二)圖中顯示甲基藍所被活性炭吸附的個數(莫耳數越大，吸附的個數就越多)高於鐵氰化鉀被吸附的個數，這顯示出在各濃度下活性炭對於甲基藍的吸附效果均較佳，經討論後，本組分析兩者性質差異後得出以下結論：

1. 活性炭吸附鐵氰化鉀的過程：



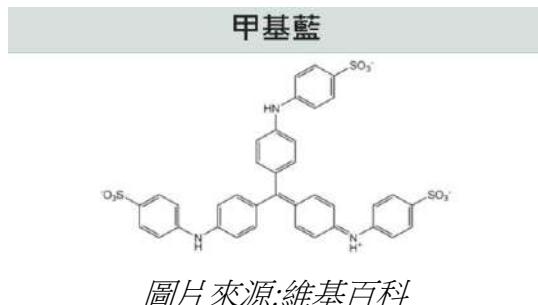
圖片來源:維基百科

在加入活性炭進入鐵氰化鉀溶液時，活性炭透過擴散作用接近更多被水合後的鉀離子及鐵氰離子，其中的吸附作用主要以活性炭對水分子的吸附為主，其中包含幾點：

(1) **凡德瓦力**：因為鐵氰化鉀在水中會解離，產生的離子會和水分子發生水合作用，因為離子外層被水分子包覆。而水分子和活性炭分子的官能基(-OH、-COOH、C=O)皆為電子分佈不平均的極性分子而產生偶極-偶極力，而水分子和活性炭也會有倫敦作用力。(2) **氫鍵作用力**：水分子的H端與O端會與活性炭的官能基-COOH或-OH產生氫鍵(3) **擴散作用**：當活性炭的表層吸附達到飽和時，水分子會行擴散作用經由大孔、微孔、介

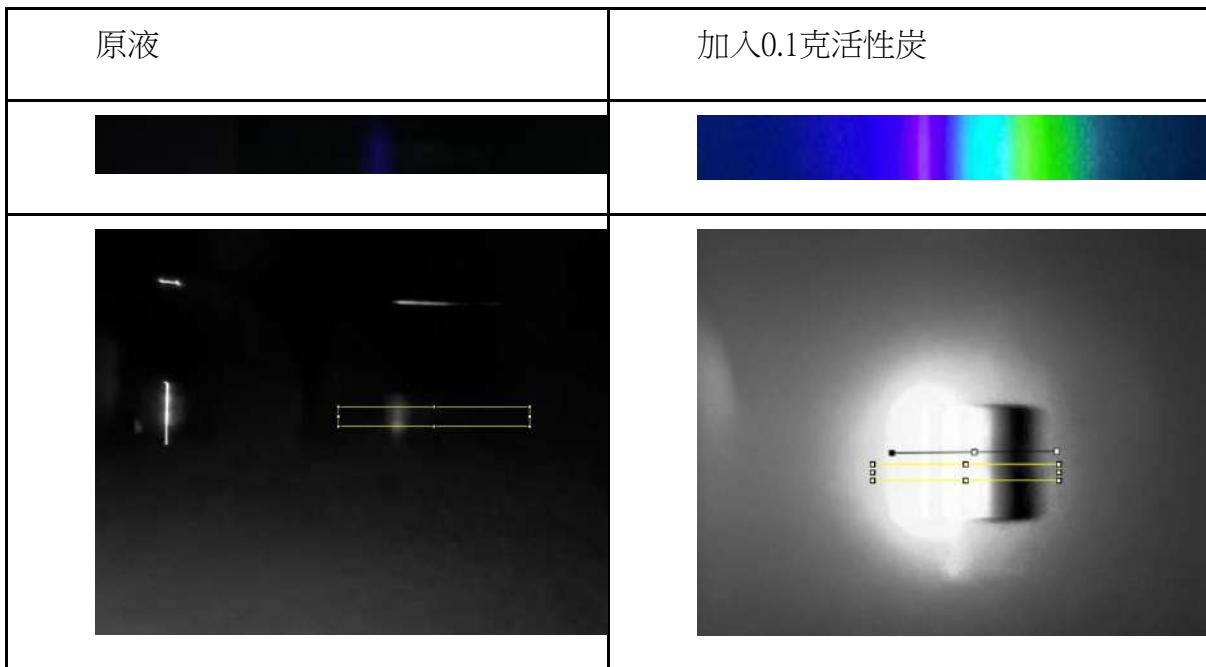
孔進入活性探的內部。

2.活性炭吸附**甲基藍**的過程：



在加入活性炭進入甲基藍溶液時，活性炭透過**擴散作用**接近甲基藍離子，其中的吸附作用主要以**活性炭對甲基藍離子的吸附**為主，其中包含幾點：

(1)**凡德瓦力**：因甲基藍離子和活性炭分子兩者因為甲基藍離子和活性炭分子的官能基(-OH、-COOH、C=O)皆為電子分佈不平均的極性分子而產生偶極-偶極力(2) **$\pi - \pi$ stacking**：活性炭有**芳香環的共振結構**；而甲基藍屬於一種**芳香雜環化合物**（有機化合物分子），所以在兩芳香環之間會因相異電荷而產生 **$\pi - \pi$ stacking**。(3)**氫鍵**：甲基藍離子上的**胺基** (-NH) 或 **磺酸根** (-SO₃⁻) 上的**氧原子**能與活性炭表面的**羧基** (-COOH) 或**羥基** (-OH) 形成**氫鍵**，進一步穩定活性炭的吸附。(4) **擴散作用**：當活性炭的表層吸附達到飽和時，**甲基藍離子**、**水分子**(水合作用產物)會行**擴散作用**經由大孔、微孔、介孔進入活性炭的內部。

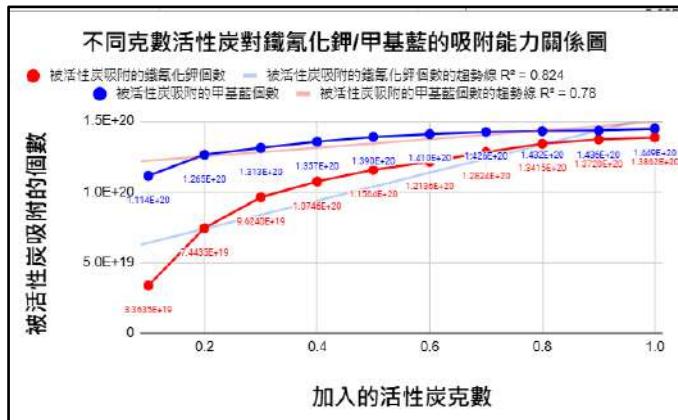


使用image J 將甲基藍原液及加入0.1克活性炭的甲基藍溶液光譜分解成 R, G, B 三種通道，選擇藍色通道觀察其平均灰階值，原液數值為13.2、加入0.1克活性炭的甲基藍溶液數值為183.402，可發現藍色通道的數值增加，表示顏色向短波長偏移(藍移)。

當兩個芳香環分子發生 $\pi - \pi$ stacking 時會使分子的電子能級發生變化，這是因為分子間的相互作用會改變分子的電子結構：影響它們吸收與發射光能力。 $\pi - \pi$ 堆機會影響分子的激發態，使發射波長向短波長移動（藍移），這是因為 $\pi - \pi$ stacking 使分子更容易吸收高能階的光。

3.甲基藍與鐵氰化鉀對活性炭的吸附原理之對比：活性炭對甲基藍的吸附機制更全面，涉及 $\pi - \pi$ 作用、氫鍵、凡德瓦力和擴散作用，而活性炭吸附鐵氰化鉀主要依賴和水分子的凡德瓦力，氫鍵和擴散作用，效果較差。

三、實驗三：探討加入活性炭多寡對鐵氰化鉀原液透光度的影響

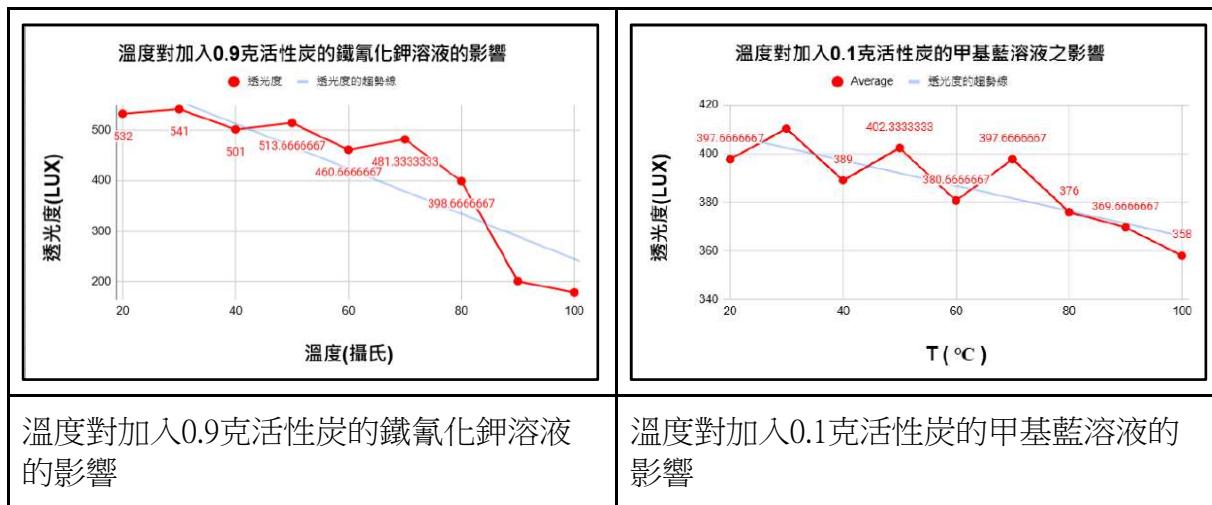


不同克數活性炭對鐵氰化鉀/甲基藍的吸附能力比較圖

(一)圖中可發現：隨著加入的活性炭克數提升，甲基藍/鐵氰化鉀被活性炭吸附的個數就越多。這是因為，溶液中甲基藍/鐵氰化鉀個數不變，活性炭越多，吸附效能也隨之提升。

(二)圖中得知：隨著活性炭克數的增加，所增加的吸附個數越來越少。經本組分析後認為：仔細觀察數字仍可發現隨著加入的活性炭數量增加，；且可由此觀察出甲基藍/鐵氰化鉀被活性炭吸附的趨勢相同，被活性炭吸附的甲基藍/鐵氰化鉀個數仍然呈現上升；會呈現如此趨勢是因加入更多活性炭而額外增加的吸附點位雖然變多，但溶液中的溶質總量有限，才導致每增加一單位的活性炭能額外吸收的色素量會越來越少。

四、實驗四：探討溫度對活性炭吸附能力的影響



(一)在圖中可以發現鐵氰化鉀的透光度在90度到100度時迅速下降，這是因為鐵氰化鉀溶液在受高溫加熱時，溶液中的水會因為高溫而蒸發，導致溶液的濃度升高，這會使顏色由黃色變成黃棕色或深褐色。

(二)結果顯示溫度對吸附能力有顯著影響，但兩者的表現略有不同。隨著溫度升高，凡德瓦力和氫鍵作用逐漸減弱。這是因為高溫會加劇分子間的運動，削弱偶極吸引力和氫鍵，使吸

附效果下降。這現象在鐵氰化鉀和甲基藍溶液中均有觀察到，但影響程度不同。

1.凡德瓦力：隨溫度升高，凡德瓦力減弱。高溫下分子運動加劇，降低分子之間的偶極吸引力，使吸附能力下降。2. $\pi - \pi$ stacking：因為是電子雲重疊，所以受溫度影響非常微弱。3.氫鍵：氫鍵隨溫度升高會減弱，因為高溫下分子運動劇烈，使氫鍵容易斷裂。4.擴散作用：溫度升高，分子運動加快，使擴散速率上升，有助於甲基藍和鐵氰化鉀擴散到活性炭表面，但最終吸附平衡時，較高溫度仍會降低吸附能力。

鐵氰化鉀和甲基藍溶液之對比：活性炭吸附鐵氰化鉀主要依賴凡德瓦力進行吸附，因此在高溫下吸附效果明顯下降。相對地，活性炭吸附甲基藍除了凡德瓦力及氫鍵外，還涉及 $\pi - \pi$ stacking，因此對溫度變化的敏感度較低。

陸、結論

一、研究結論

(一) 實驗一：

1.重量百分濃度的高低會影響透光度值，濃度越高，透光度值越低，濃度越低，透光度值越高。

(二) 實驗二：

1.加入活性炭前的溶液莫耳數上升，被活性炭吸附的個數(莫耳數越大，吸附的個數就越多)也會上升。

2.活性炭吸附甲基藍的效能比吸附鐵氰化鉀還好，這是因為活性炭對甲基藍的吸附機制更全面，涉及 $\pi - \pi$ 作用、氫鍵、凡德瓦力和擴散作用，而活性炭吸附鐵氰化鉀主要依賴和水分子的凡德瓦力，氫鍵和擴散作用，效果較差。

(三) 實驗三：

1.溶液中甲基藍/鐵氰化鉀個數不變，活性炭越多，吸附效能也隨之提升。

(四) 實驗四：

1.溫度高會影響活性炭吸附鐵氰化鉀和甲基藍的能力，溫度越高，吸附效能越低。

2.活性炭吸附鐵氰化鉀主要依賴凡德瓦力進行吸附，因此在高溫下吸附效果明顯下降。相對地，活性炭吸附甲基藍除了凡德瓦力及氫鍵外，還涉及 $\pi - \pi$ stacking，因此對溫度變化的敏感度較低。

二、未來展望

我們希望在未來繼續進行研究時，可以加入更多變因，像是：改變溶液的pH值、等比例縮放原液和水的比例（溶液濃度）、使用不同種類的碳（備長炭、木炭、稻穀燻炭）、不同形狀的活性炭（粒狀、粉狀、圓柱狀）、加入更多不同性質的化學物質、在多種的溫度下進行實驗等等。

柒、參考資料及其他

一、台灣炭素工業股份有限公司 何謂活性炭

https://www.tac-carbon.com/index_down.php?sele=hstyle&hstyle=5

二、中華民國51屆中小學科學展覽會 通天神「碳」

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/030211.pdf>

三、芳香性 π - π stacking 、偶極-偶極作用力

<http://ir.lib.pccu.edu.tw/retrieve/68464/216-5.pdf>

四、Jeanne L. McHale <Molecular Spectroscopy>

五、本篇所用圖片，截取至網路者已於該圖片下方標明來源出處，其餘圖片皆由作者親自拍攝及繪製。

鐵氰化鉀結構式圖：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%93%81%E6%B0%B0%E5%8C%96%E9%92%BE>

甲基藍結構式圖：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%94%B2%E5%9F%BA%E8%97%8D>

【評語】050205

一、本研究探討活性炭對鐵氰化鉀及甲基藍色素的吸附能力，並分析不同變因對吸附效能的影響。研究結果顯示，重量百分濃度越高，透光度越低。此外，活性炭對甲基藍的吸附效能優於對鐵氰化鉀，涉及多種作用力（如 $\pi-\pi$ 作用、氫鍵等）。實驗中發現，活性炭的用量增加會提升吸附效能，而高溫則會降低活性炭對兩種色素的吸附能力，特別是對鐵氰化鉀的吸附效果顯著下降。

二、研究團隊自製光度計，實驗結果具再現性且紀錄詳盡。研究結果為活性炭在汙水處理的應用提供實證支持並且具有鄉土性應用。

作品海報

不要怕 色素

探討活性炭吸附色素的原理

摘要

本研究探討各變因對活性炭吸附鐵氰化鉀與甲基藍能力的影響。我們以自製光度計取代價格昂貴的分光光度計進行實驗。實驗結果顯示：莫耳濃度愈高，透光度愈低；活性炭對甲基藍的吸附效果優於鐵氰化鉀，且吸附量隨濃度增加而提升；活性炭質量愈多，透光度亦愈高；溫度升高則會降低吸附能力。此外，應用活性炭吸附色素的原理製成色譜，並結合紗染技術染布，展現科學與美感融合成果。本研究以透光度與莫耳濃度的關係為分析依據，並探討兩物質的化學性質與吸附原理，期望為吸附應用提供實驗依據與啟發。

動機

台南「藍晒圖」以文創產業聞名；「藍晒」源自顯影術，常使用鐵氰化鉀進行照相印刷調色的漂白。在化學課時，老師提及活性炭具吸附色素能力，我們便想利用鐵氰化鉀去探討活性炭對其色素之吸附能力。後來搜尋相關的資料時，我們發現活性炭常被應用於污水處理的程序中，像是除去甲基藍、結晶紫等易在污水中殘留的染料，在此次實驗中我們特別選用甲基藍來探討活性炭對其的吸附能力。在此次實驗中選用此兩種藥材進行。

研究設備及步驟

前置實驗

調配鐵氰化鉀/甲基藍原液

(1) 取0.41克鐵氰化鉀加入500毫升的蒸餾水中，並靜置兩分鐘觀察其溶解情形

(2) 取1克甲基藍加入500毫升的蒸餾水中，並靜置兩分鐘觀察其溶解情形

1、實驗一：

(1) 調配鐵氰化鉀/甲基藍原液：蒸餾水為0:10、1:9、2:8.....10:0為比例的100毫升溶液

(2) 分別取20毫升加入試管中並放入自製光亮度計中觀察光亮度值

(3) 重複步驟(1)、(2)三次，以確保其重複性

2、實驗二：

(1) 調配鐵氰化鉀/甲基藍原液：蒸餾水為0:10、1:9、2:8.....9:1為比例的100毫升溶液並加入0.1g活性炭

(2) 攪拌後靜置五分鐘，過濾活性炭後測量其光亮度

(3) 重複步驟(1)、(2)三次，以確保其重複性

3、實驗三：

(1) 調配鐵氰化鉀/甲基藍原液300毫升並以分度吸量管輔以安全吸球取10杯20毫升之原液

(2) 量0.1、0.2.....1.0克活性炭

(3) 將活性炭加入裝有20毫升原液的燒杯中，攪拌後靜置5分鐘

(4) 將溶液過濾後裝入試管中

(5) 測量其透光度

(6) 重複(1)~(5)三次確保其重複性

(7) 將數據匯入電腦，平均後製成圖表

4、實驗四：

(1) 調配鐵氰化鉀/甲基藍原液300毫升並以分度吸量管輔以安全吸球取10杯20毫升之原液

(2) 量測0.1、0.2.....1.0克活性炭

(3) 將活性炭加入裝有20毫升原液的燒杯中

(4) 將燒杯置入分別為20、30.....100度的恆溫水槽中

(5) 放置30分鐘後取出，靜置15分鐘

(6) 將溶液過濾後裝入試管中

(7) 測量其透光度

(8) 重複(1)~(7)三次確保其重複性

(9) 將數據匯入電腦，平均後製成圖表

5、實驗五：手藝的傳承-利用活性炭對甲基藍色素的影響製成文創產物

(1) 調配甲基藍原液500毫升並以分度吸量管輔以安全吸球取40杯20毫升之原液

(2) 量測以0.01為單位0.01~0.4克的活性炭共40個

(3) 將活性炭加入裝有20毫升甲基藍原液的燒杯中

(4) 靜置5分鐘後過濾

(5) 觀察顏色差異並用canva進行色譜分析

(6) 重複(1)~(5)步驟進行3次

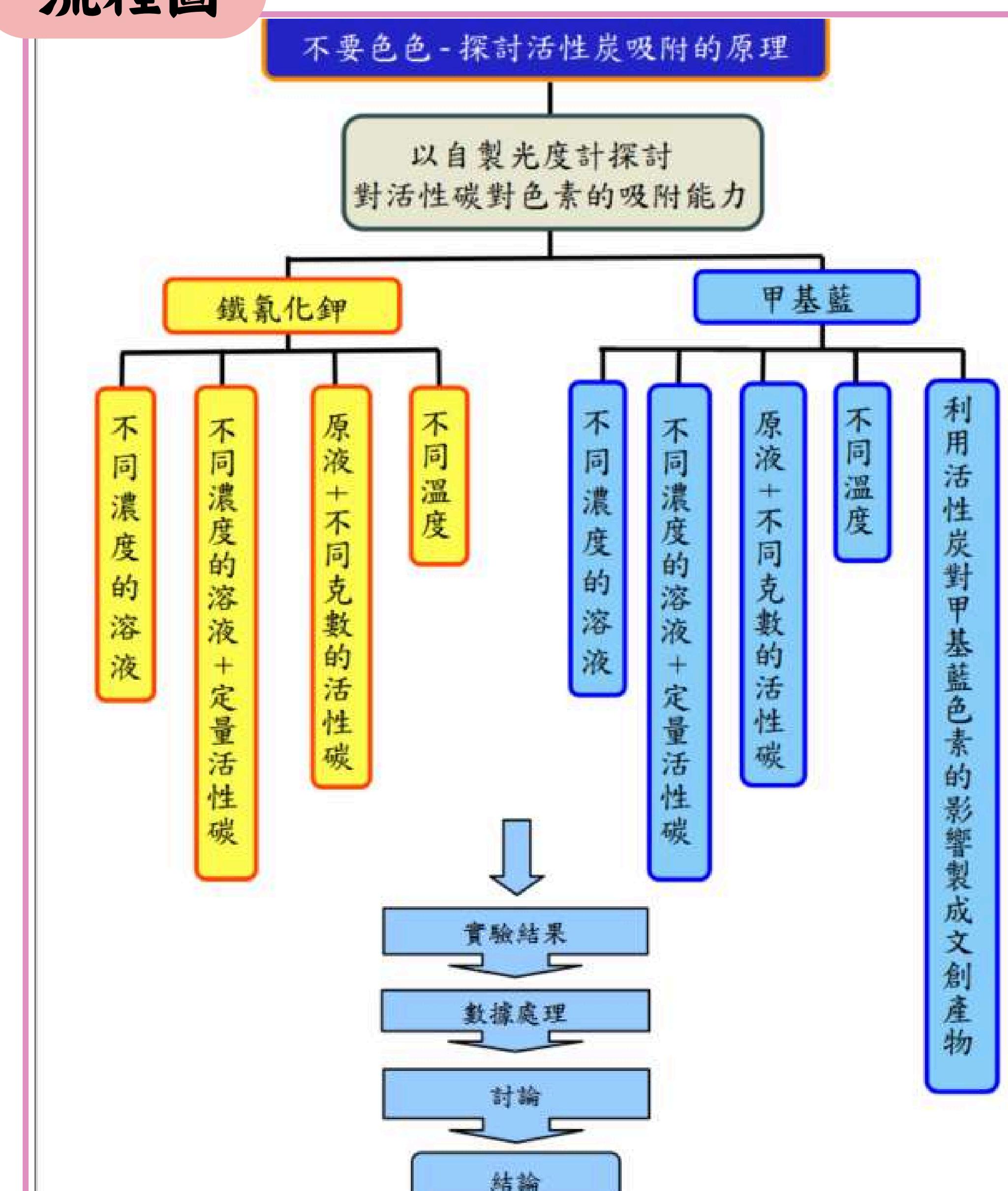
(7) 製成色譜對照表

(8) 運用色譜對照表製成藍染文創產物

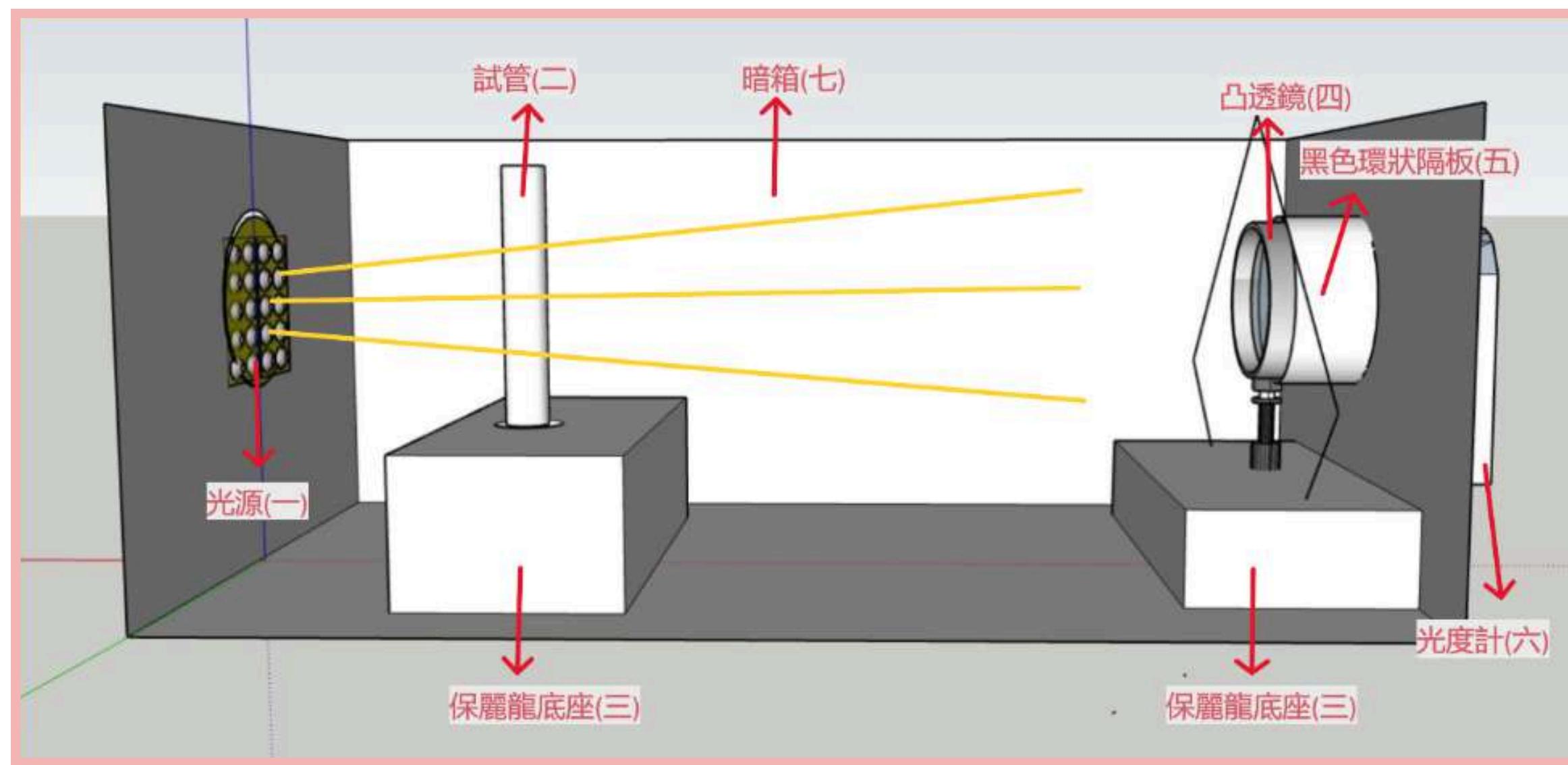
實驗器材表

項目	數量	項目	數量
100mL燒杯	20個	試管	50支
500mL燒杯	3個	滴管	10支
秤量紙	100張	自製光亮度計	1組
高精度電子秤	1個	濾紙	200張
藥匙	3個	手套	數副
試管架	3組	玻璃棒	5支
安全吸球+定量管	3副	培養皿	2個
項目	數量		
活性炭粉	1kg		
鐵氰化鉀	3kg		
甲基藍	25g		

流程圖



自製光亮度計剖析圖



構造	用途	構造	用途
(一)光源	發出光線，提供亮光	(五)黑色環狀隔板	避免光亮度計受到其他亮光干擾
(二)試管	盛裝溶液	(六)光度計	測量溶液透光度
(三)保麗龍底座	固定凸透鏡及試管	(七)暗箱	阻擋外界光線
(四)凸透鏡	聚焦光線		

研究原理

活性炭為多孔性吸附劑，強大的吸附能力在去除色素方面有重要應用價值。

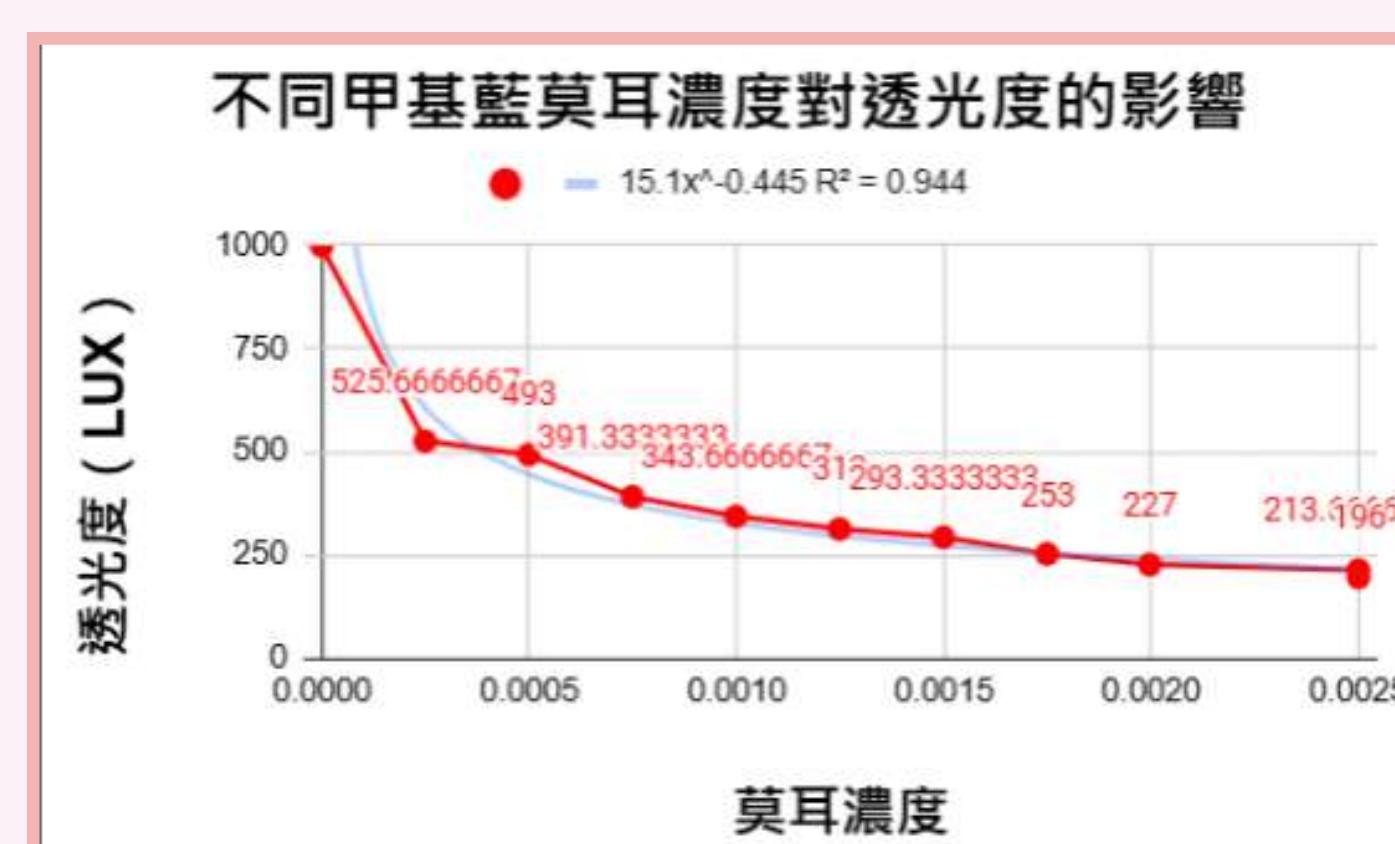
活性炭吸附色素的原理基於表面積大和有微小孔隙。色素會進入活性炭孔隙，與活性炭表面發生物理吸附。過程依賴於凡得瓦力和氫鍵等。

鐵氰化鉀及甲基藍為實驗中色素來源，4組變因探討活性炭，透過透光度和平均一克活性炭吸附的個數為結果並分析：以溶液濃度為操縱變因，探討透光度，製成折線圖，得重量百分濃度變化（橫軸）和透光度變化（縱軸）的關係圖，分析其方程式；我們以加入定量活性炭（0.1克），再以活性炭的多寡為操縱變因。也將溫度納入操作變因。釐清活性炭及鐵氰化鉀/甲基藍溶液間的交互作用。

實驗方法

甲基藍原液:水		第一次	第二次	第三次	平均值
純水	997	996	1001	998	
1:9	549	550	553	550	
2:8	493	494	492	493	
3:7	389	390	395	391.3333333	
6:4	342	346	343	343.6666667	
5:5	316	312	311	313	
6:4	290	295	295	293.3333333	
7:3	259	248	252	253	
8:2	227	225	229	227	
9:1	212	214	215	213.6666667	
甲基藍原液	196	195	197	196	

2.



3.

$$y = 15.1 x^{-0.445} \quad (1)$$

甲基藍溶液的透光度
也就是甲基藍溶液的透光度 = $15.1 \times (甲基藍的莫耳濃度)^{-0.445}$ 次方

甲基藍原液:水		第一次	第二次	第三次	平均值
1:9	660	662	660	660.6666667	
2:8	500	501	500	500.3333333	
3:7	452	454	452	452.6666667	
4:6	437	432	435	434.6666667	
5:5	389	387	386	387.3333333	
6:4	372	374	371	372.3333333	
7:3	321	323	321	321.6666667	
8:2	312	309	308	309.6666667	
9:1	295	297	295	295.6666667	
10:0	268	269	269	268.6666667	

4.

加入0.1克活性炭後甲基藍溶液透光度		加入活性炭後甲基藍莫耳濃度
660.6666667		2.05E-04
500.3333333		3.83E-04
452.6666667		4.80E-04
434.6666667		5.26E-04
387.3333333		6.81E-04
372.3333333		7.45E-04
321.6666667		1.03E-03
309.6666667		1.13E-03
295.6666667		1.25E-03
268.6666667		7.62E-04

5.

加入活性炭前甲基藍溶液莫耳濃度	加入活性炭後甲基藍溶液莫耳濃度	被活性炭吸附的甲基藍莫耳濃度
2.50E-05	2.50E-06	2.25E-05
4.99E-05	4.99E-06	4.49E-05
7.49E-05	7.49E-06	6.74E-05
9.99E-05	9.99E-06	8.99E-05
1.25E-04	1.25E-05	1.12E-04
1.50E-04	1.50E-05	1.35E-04
1.75E-04	1.75E-05	1.57E-04
2.00E-04	2.00E-05	1.80E-04
2.50E-04	2.50E-05	2.25E-04

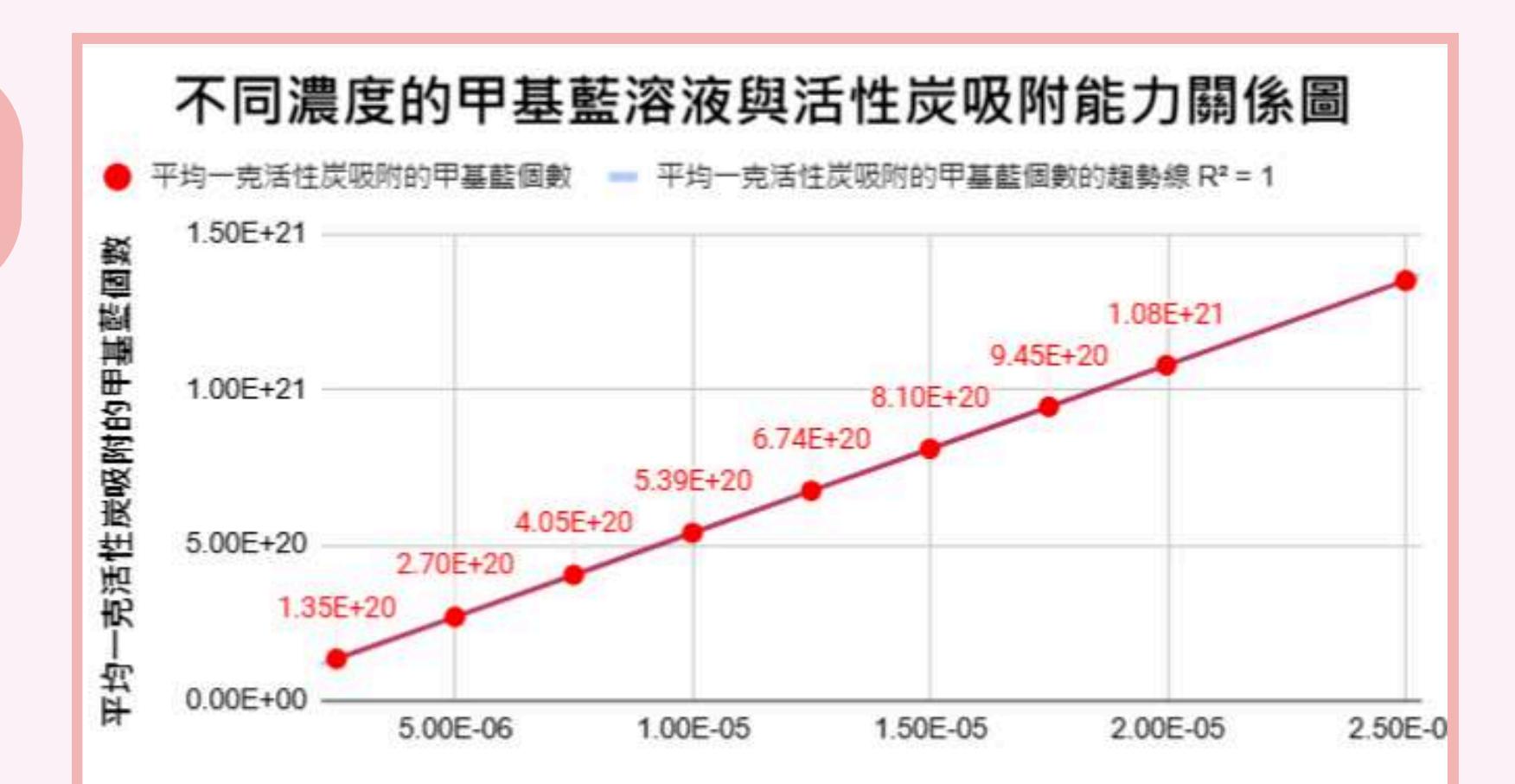
7.

被活性炭吸附的甲基藍莫耳濃度	被活性炭吸附的甲基藍個數
2.25E-05	1.35E+19
4.49E-05	2.70E+19
6.74E-05	4.05E+19
8.99E-05	5.39E+19
1.12E-04	6.74E+19
1.35E-04	8.10E+19
1.57E-04	9.45E+19
1.80E-04	1.08E+20
2.25E-04	1.35E+20
2.25E-04	1.35E+20

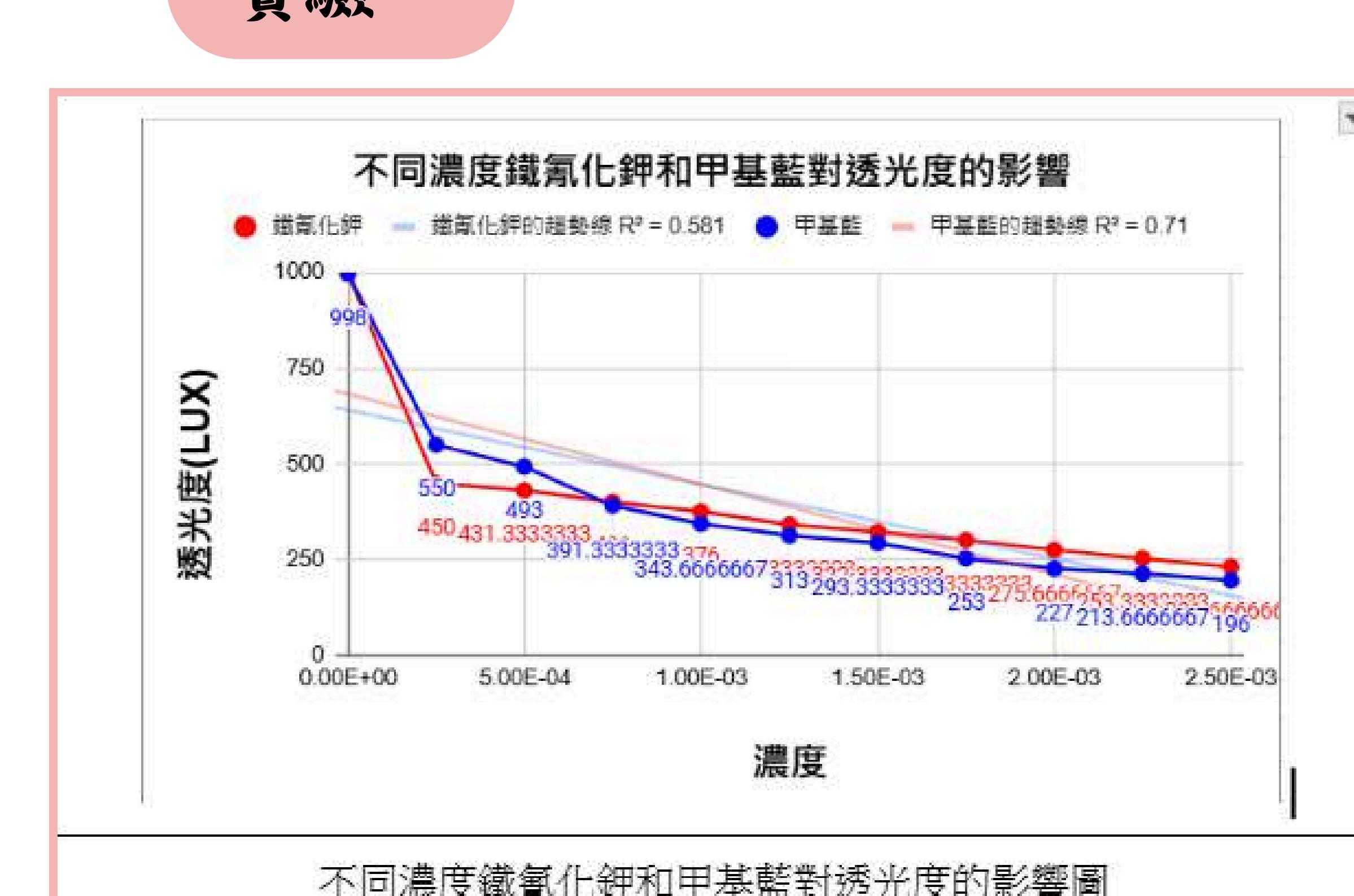
8.

被活性炭吸附的甲基藍個數	活性炭克數	平均一克活性炭吸附的甲基藍個數
1.35E+19	0.1	1.35E+20
2.70E+19	0.1	2.70E+20
4.05E+19	0.1	4.05E+20
5.39E+19	0.1	5.39E+20
6.74E+19	0.1	6.74E+20
8.10E+19	0.1	8.10E+20
9.45E+19	0.1	9.45E+20
1.08E+20	0.1	1.08E+21
1.35E+20	0.1	1.35E+21
1.35E+20	0.1	1.35E+21

9.

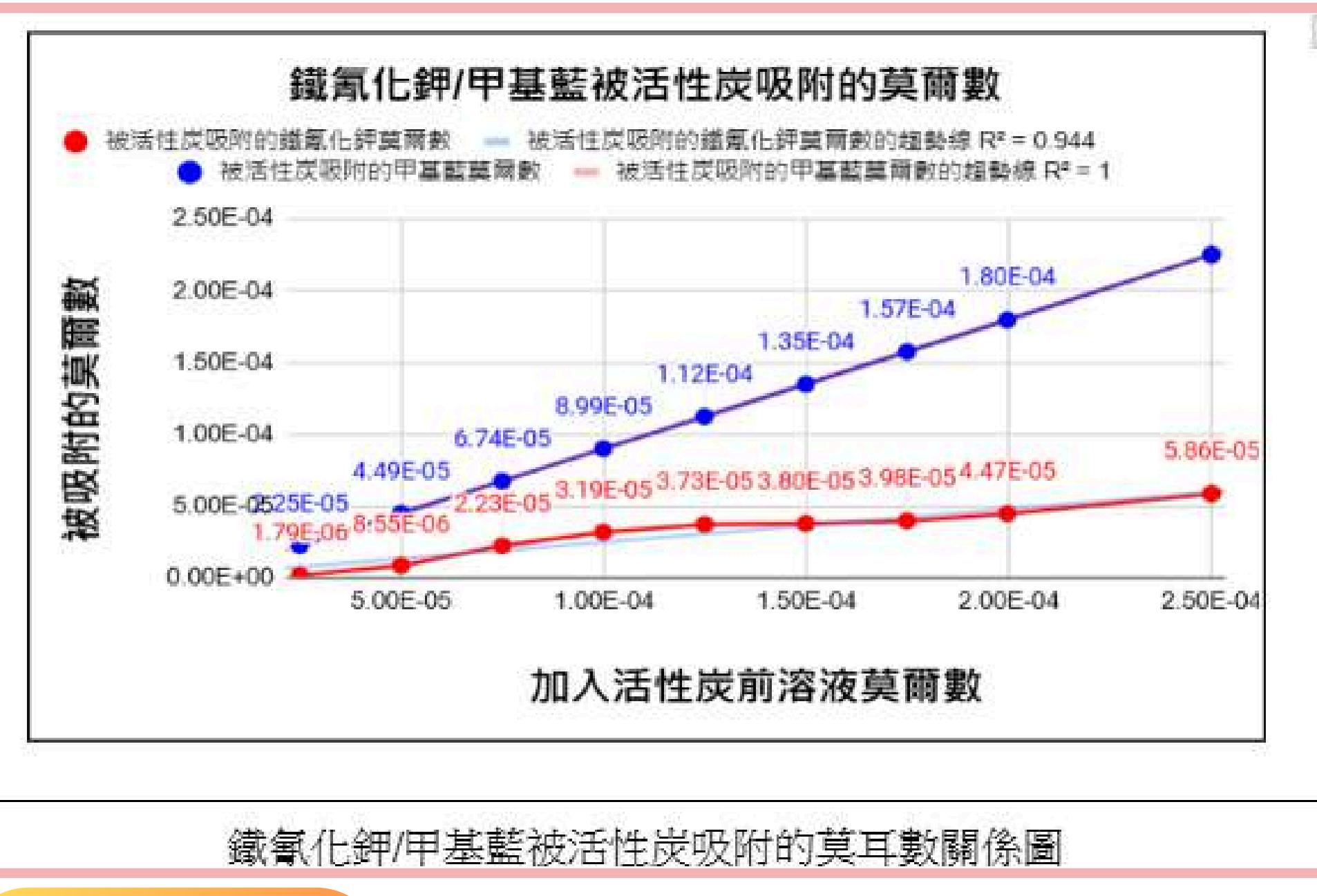


實驗一



(一)由上圖可得知，鐵氰化鉀 / 甲基藍溶液重量百分濃度的上升，代表溶質的數量增加，溶劑的數量減少，故溶液中溶質分子的距離較近，使透光度下降。

實驗二



鐵氰化鉀/甲基藍被活性炭吸附的莫耳數關係圖

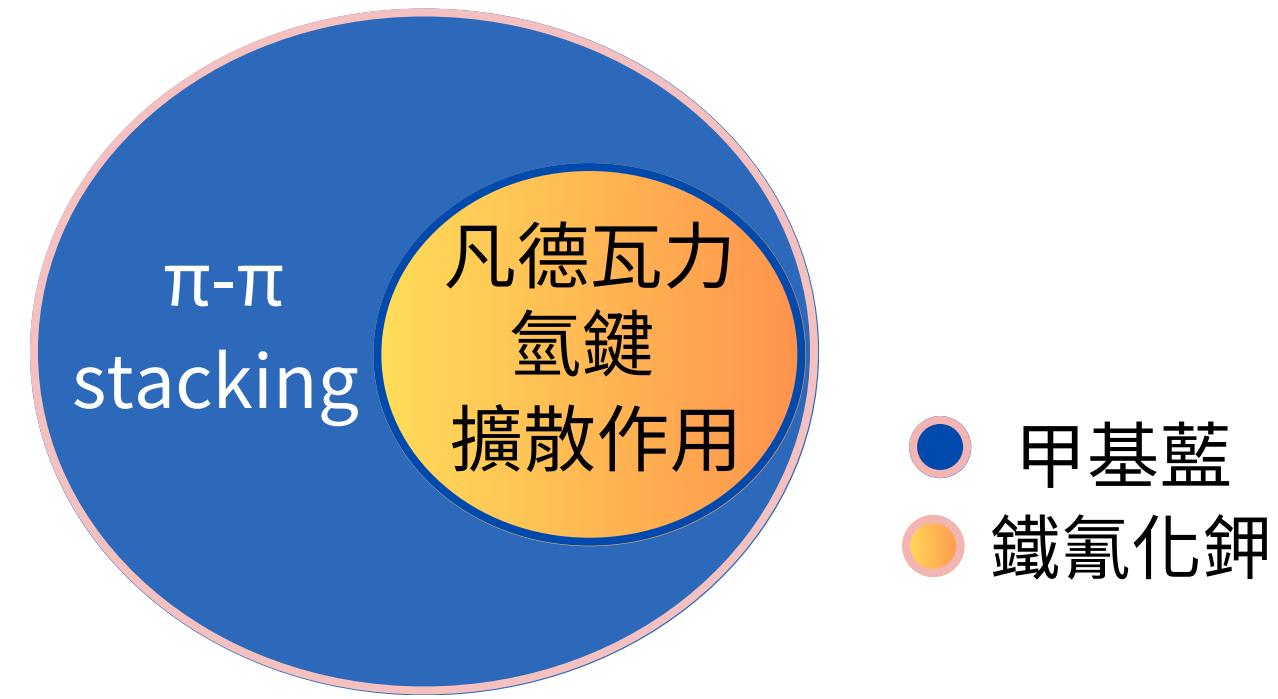
鐵氰化鉀

活性炭吸附鐵氰化鉀以活性炭對水分子吸附為主：

- (1) **凡德瓦力**：離子和水分子發生水合作用，離子外層被水分子包覆，不成鹼性。水分子和活性炭分子的官能基為電子分佈不平均的極性分子而產生偶極-偶極力，及所有分子間皆擁有的倫敦分散力。
- (2) **氫鍵作用力**：水分子的H端與O端會與官能基-COOH或-OH產生氫鍵
- (3) **擴散作用**：活性炭表層吸附達飽和，水分子行擴散作用經大孔、微孔、介孔進入活性炭內部。

(一) 上圖中可發現加入活性炭前的溶液莫耳數上升，被活性炭吸附的個數也會上升。是因為活性炭數量不變，溶液重量莫耳濃度上升，加活性炭後，剩的鐵氰化鉀、甲基藍個數愈多，透光度愈低。

(二) 如圖顯示甲基藍被活性炭吸附的個數高於鐵氰化鉀被吸附的個數，顯示在各濃度下活性炭對於甲基藍的吸附效果較佳

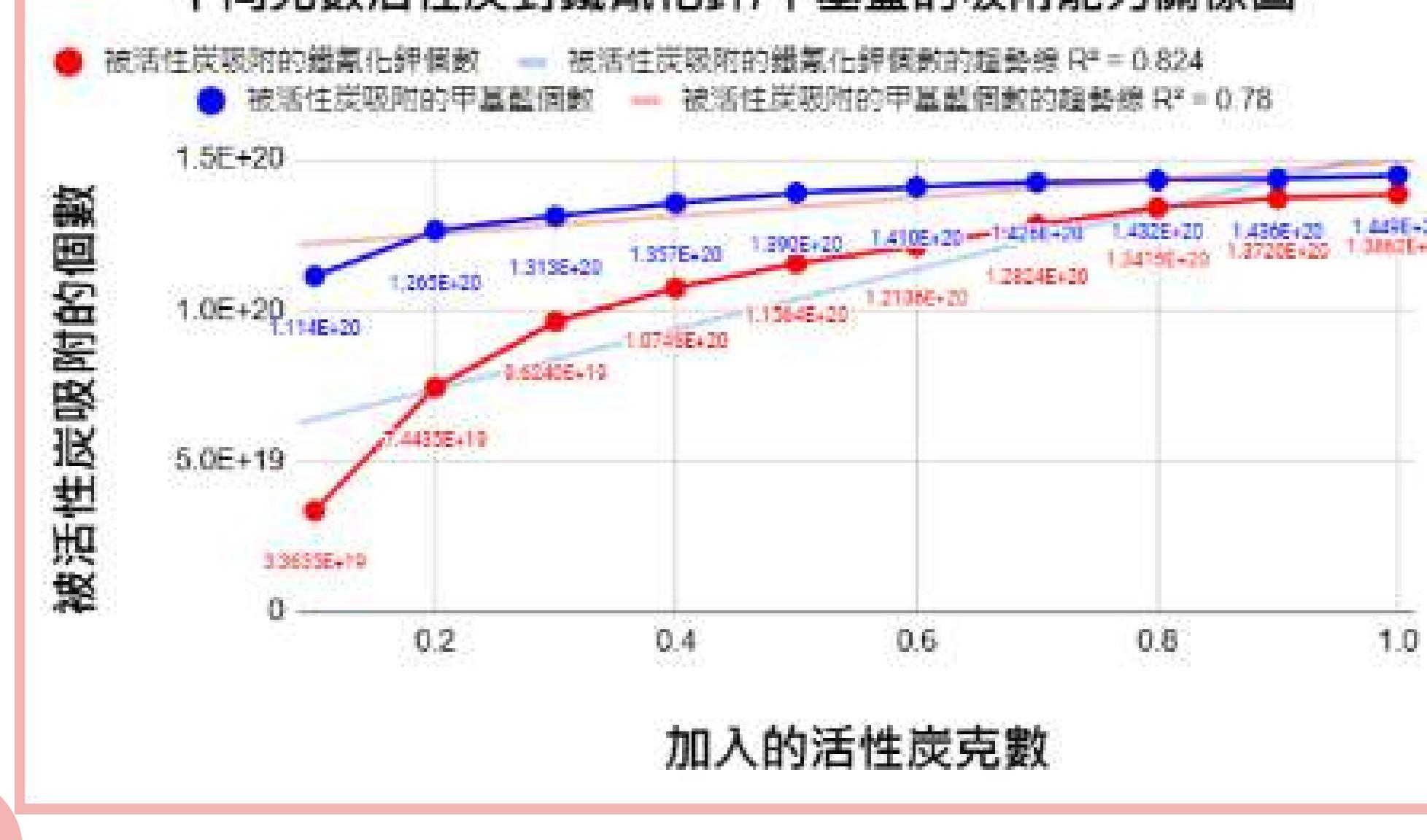


甲基藍

活性炭吸附甲基藍以活性炭對水分子/甲基藍分子吸附為主：

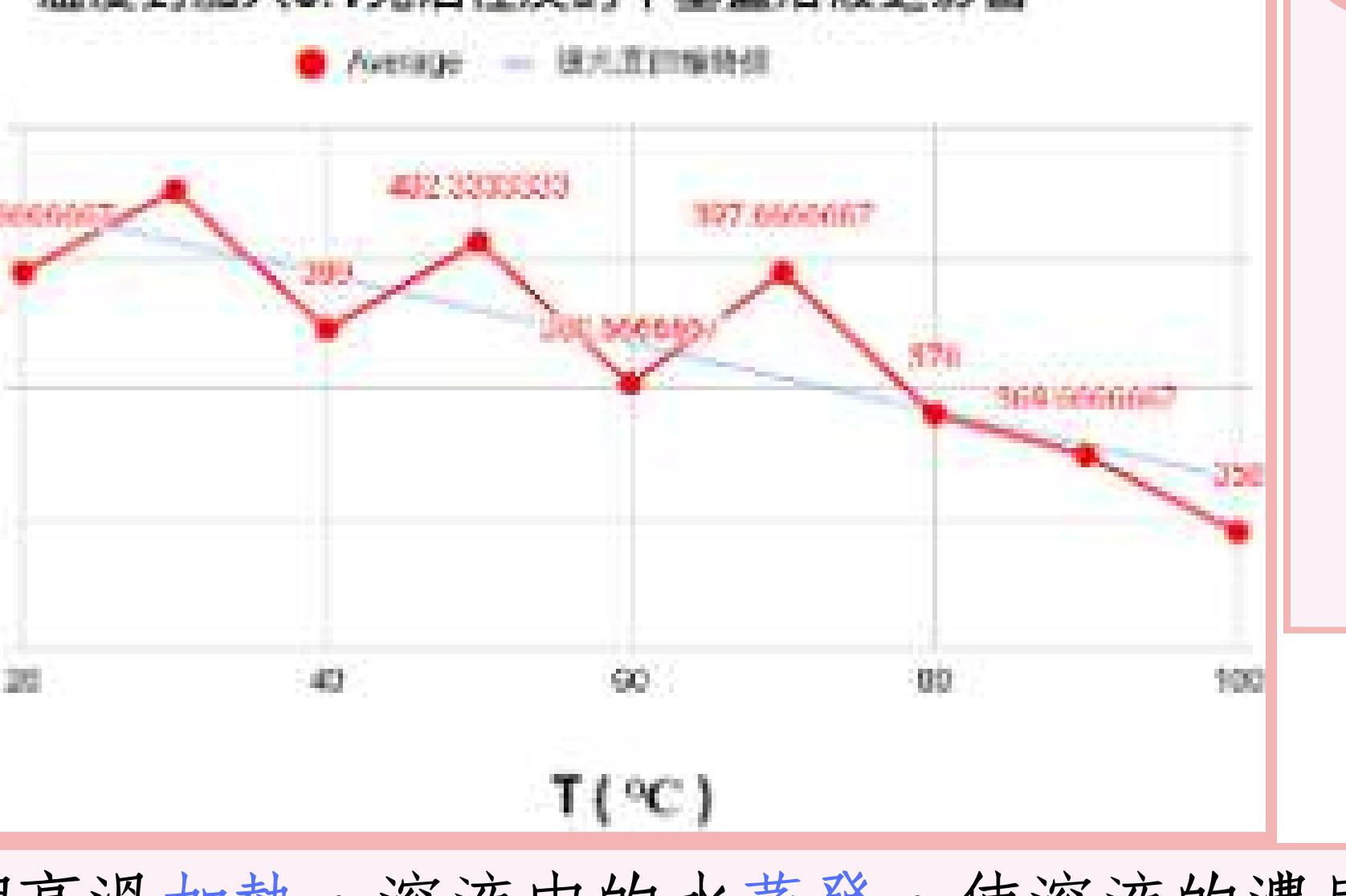
- (1) **凡德瓦力**：因甲基藍分子和活性炭分子的官能基，電子分佈不平均的極性分子產生偶極-偶極力，離子和水分子產生水合作用所以同樣有水分子和活性炭分子的凡得瓦力存在。
- (2) **π-π stacking**：活性炭有芳香環共振結構；甲基藍屬一種芳香雜環化合物，在兩芳香環之間因相異電荷產生π-π stacking。
- (3) **氫鍵**：-NH/-SO₃⁻與活性炭表面-COOH/-OH形成氫鍵，水分子的H端與O端會與官能基-COOH或-OH產生氫鍵
- (4) **擴散作用**：當活性炭表層吸附達到飽和，甲基藍分子行擴散作用經大孔、微孔、介孔進入活性炭內部。

實驗三



- (一) 加的活性炭量提升，甲基藍/鐵氰化鉀被活性炭吸附越來越多，吸附效能提升。
- (二) 活性炭增，所增的吸附個數趨緩。因加更多活性炭增加的吸附點位雖變多，溶液中溶質總量有限，導致每加0.1g活性炭額外吸收色素量越來越少。

實驗四



- (一) 鐵氰化鉀透光度90度到100度迅速下降，鐵氰化鉀高溫加熱，溶液中的水蒸發，使溶液的濃度升，變深褐色。
- (二) 溫度對吸附能力有影響，但兩者有不同。溫度升高，凡德瓦力和氫鍵作用，π-π作用力逐漸減弱。這是因為高溫會加劇分子間的運動，使吸附效果下降。這現象在鐵氰化鉀和甲基藍溶液中均有觀察到，但影響程度不同。

結論

(一) 實驗一：

1. 重量百分濃度的高低會影響透光度值，濃度越高，透光度值越低，濃度越低，透光度值越高。

(二) 實驗二：

1. 加入活性炭前的溶液莫耳數上升，被活性炭吸附的個數也會上升。

2. 活性炭吸附甲基藍的效能比吸附鐵氰化鉀還好，這是因為活性炭對甲基藍的吸附機制更全面，涉及π-π作用、氫鍵、凡德瓦力和擴散作用，而活性炭吸附鐵氰化鉀主要依賴凡德瓦力，氫鍵和擴散作用，效果較差。

(三) 實驗三：

1. 溶液中甲基藍/鐵氰化鉀個數不變，活性炭越多，吸附效能也隨之提升。

(四) 實驗四：

1. 溫度高會影響活性炭吸附鐵氰化鉀和甲基藍的能力，溫度越高，吸附效能越低。

2. 活性炭吸附鐵氰化鉀主要依賴凡德瓦力進行吸附，因此在高溫下吸附效果明顯下降。相對地，活性炭吸附甲基藍除了凡德瓦力及氫鍵外，還涉及π-π作用力，因此對溫度變化的敏感度較低。

未來展望

在未來繼續進行研究時，可以加入更多變因，像是：改變溶液的pH值、等比例縮放原液和水的比例、使用不同種類的碳、不同形狀的活性炭、加入更多不同性質的化學物質、讓兩物質進行競爭吸附進行實驗等等。

參考文獻

- 一、台灣炭素工業股份有限公司 何謂活性炭
- 二、中華民國51屆中小學科學展覽會 通天神「碳」
- 三、芳香性π-π作用力、偶極-偶極作用力
- 四、Jeanne L. McHale <Molecular Spectroscopy>
- 五、所用圖片，截取至網路者已於該圖片下方標明來源出處，其餘圖片皆由作者親自拍攝及繪製。
- 六、鐵氰化鉀的熱分解機理