

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 化學科

040201

「水」中送「碳」

—活性碳對各類水溶液的吸附研究

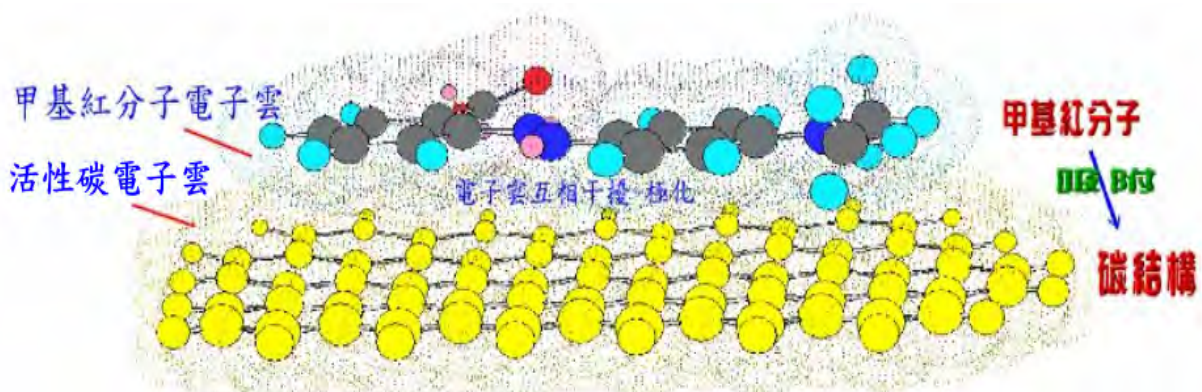
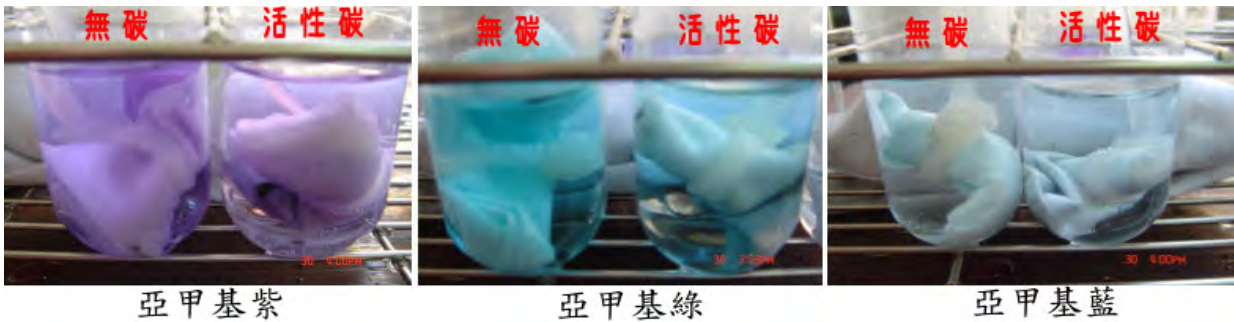
學校名稱：國立高雄師範大學附屬高級中學

作者： 高一 吳沛學 高一 吳東承	指導老師： 簡聿成 許峰銘
-------------------------	---------------------

關鍵詞：活性碳、吸附、Freundlich 恆溫吸附模型

摘要

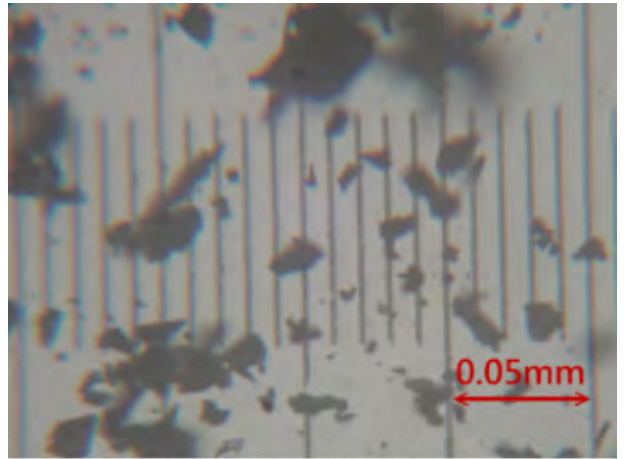
本研究主要探討活性碳可吸附哪些物質種類。以**屈折度計檢量法測無色鹽類濃度**，以**光度計測有色鹽類濃度**，發現**活性碳對金屬鹽類溶液的吸附能力不強**。**活性碳對平面分子型染料的吸附能力極佳**，吸附程度大小：**亞甲基藍 > 亞甲基紫 > 亞甲基綠**，與分子平面間距離有關。活性碳對三種有機酸的吸附：發現吸附程度大小為：**己二烯酸 > 丁烯二酸 > 草酸**，推測：**活性碳對有越多 π 鍵的分子，吸附能力越大**。在活性碳濾紙碳囊吸附**甲基紅**的各項實驗中發現：**活性碳質量多、溫度高，吸附量大**。但在吸附20小時後或35°C以上，會達到**吸附與脫附平衡**。甲基紅、亞甲基系列四種分子與活性碳的吸附，符合**Freundlich 恆溫吸附模型**良好的線性關係，也證明 $\pi - \pi$ interaction 確是它們之間主要吸附力。



活性碳對有越多 π 鍵的分子，吸附能力越大
這種類似「感應起電」的情況，稱之為 $\pi - \pi$ interaction

壹、研究動機

當初在新聞上，看到有關「橡皮擦有毒」的新聞。令我們想說，是不是可以製造出沒有毒的橡皮擦。與老師討論之後，老師建議我們先去查詢有關這則新聞以及橡皮擦成分的資料。但是在查詢之後，我們赫然發現，現在已經有新聞中所謂的「無毒橡皮擦」，並且已經發展出一定的市場。於是我們決定改成製作能夠擦拭原子筆墨水的橡皮擦。但進行「橡皮擦吸附實驗」後，明確的從實驗結果中發現：橡皮擦吸附甲基紅與銅、鈷金屬離子的量非常少，因此墨水就更不可能被橡皮擦吸收。在跟老師討論之後，我們決定轉向研究活性碳對物質的吸附。活性碳真的正如書本中所說：對所有物質有極大的吸附性嗎？SARS、流感來臨，活性碳口罩真的可以有更好的阻隔效果嗎？我們為**活性碳**量身訂做了一份研究，並希望利用其對物質的吸附能力，進一步的將實驗結果用在污水回收、保育生態……等用途，希望可以對提升人們的生活品質，盡一份心力。



圖一：本實驗所使用的活性碳粉，粉末大小200-300mesh

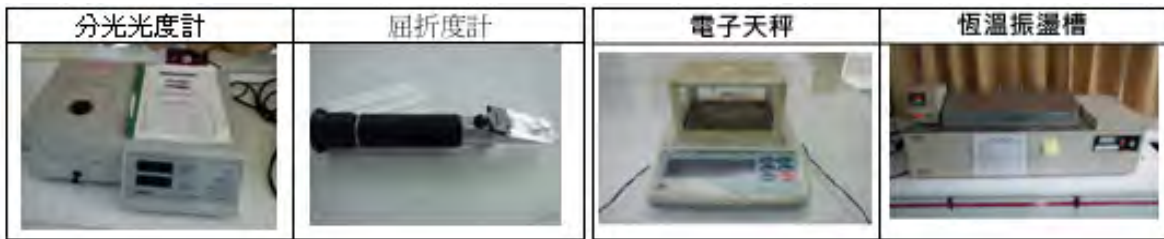
貳、研究目的

本研究的主要方向在**針對活性碳對物質的吸附能力，做各項變因的探討**。希望能釐清它萬物皆可吸的一般印象。並藉由實驗結果與吸附理論相應證，嘗試探討分子結構與吸附之間的關係。所以我們設計了以下的實驗：

- 一、不同種類的橡皮擦，對氯化亞鈷與硫酸銅溶液的吸收度比較。
- 二、研究橡皮擦等數種固體材質吸附甲基紅溶液，測量吸附前後的溶液濃度變化。找出會發生吸附的固體種類。
- 三、以屈折度計測量無色鹽類水溶液(鹼金屬、鹼土金屬鹵化物、硝酸鹽、碳酸鹽)，做出濃度檢量線，測量這些溶液在活性碳濾紙碳囊吸附前後的濃度變化。
- 四、以**內裝活性碳的濾紙碳囊**與**不包濾紙囊的活性碳**吸附甲基紅、硫酸亞鈷、硫酸亞鎳與硫酸銅溶液，探討**不同重量的活性碳**所造成的吸附差異為何？
- 五、以**內裝活性碳的濾紙碳囊**與**不包濾紙的活性碳**吸附分子結構類似的亞甲基綠、亞甲基藍、亞甲基紫，探討**不同初濃度染料溶液**與**不同重量活性碳**造成的吸附差異為何？
- 六、草酸、丁烯二酸、己二烯酸（分子具有 0~2 個碳-碳雙鍵）會使過錳酸鉀溶液褪色，利用此種性質，以過錳酸鉀氧化定量濃度的這三種酸做檢量線，測量經濾紙碳囊吸附前後的這三種酸類的濃度變化。
- 七、於甲基紅水溶液中，放入活性碳濾紙碳囊吸附甲基紅分子。研究**碳粉重、吸附過程溫度、吸附時間、甲基紅溶液初始濃度**等變因對吸附現象的影響。

參、研究設備與器材

一、設備儀器：相機、電子天秤、分光光度計、電子溫度計、恆溫槽、屈折度計、烘箱。



圖二：重要實驗器材圖片

二、分光光度計規格：

型號	分光光度計 CT-2200		
光學系統	單光束(紫外光/可見光)	燈源	氙燈及鎢絲燈
波長範圍	200 ~ 1000 nm	光譜帶寬	5 nm
波長精確度	± 1 nm	波長再現性	1 nm
測光精確度	± 0.5 %T	測光再現性	0.3 %T
測光範圍	-0.097 ~ 2.5 Abs , 0 ~ 125 %T , 0 ~ 999 Conc.		

三、藥品：硫酸銅、硫酸亞鈷、硫酸亞鎳、過錳酸鉀、甲基紅、鹼金族、鹼土金屬氯化物與硝酸鹽類、溴化鈉、溴化鉀、碘化鈉、碘化鉀、碳酸鈉、碳酸鉀、草酸、丁烯二酸、己二烯酸、亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫，活性碳。



圖三：實驗吸附劑-活性碳

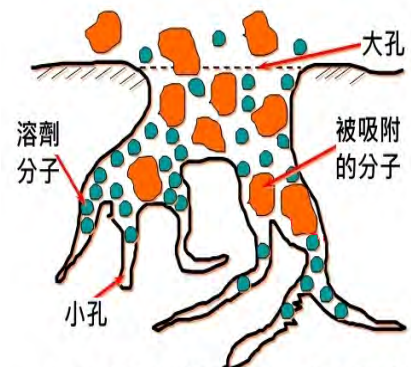


圖四：重要實驗藥品

肆、研究過程與方法

一、研究對象：由圖書館與網路搜尋得到下列資料：

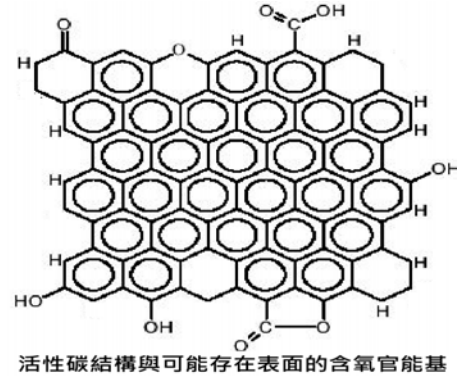
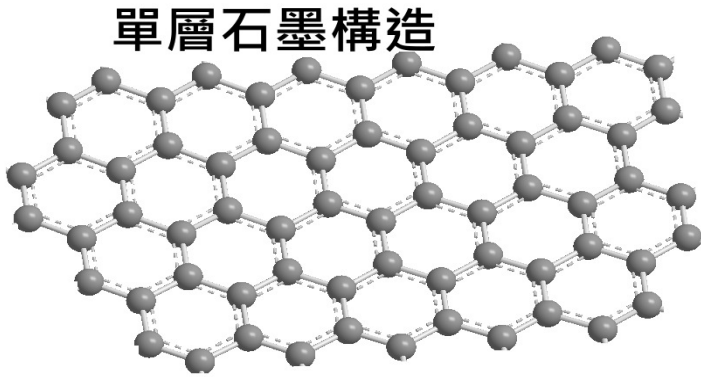
(一) 活性碳：呈黑色粉末狀或顆粒狀，是一種多孔性的含碳物質的碳。主成分除了碳以外還有氧、氫等元素。其結構則為碳形成的六環物堆積而成。由於六環碳的不規則排列，造成了活性碳多微孔體積及高表面積的特性。而且具有高度發展的孔隙構造，是一種極優良的吸附劑，每克活性碳的吸附面積相當於八個網球場，而其吸附作用是藉由物理性吸附力與化學性吸附力達成。



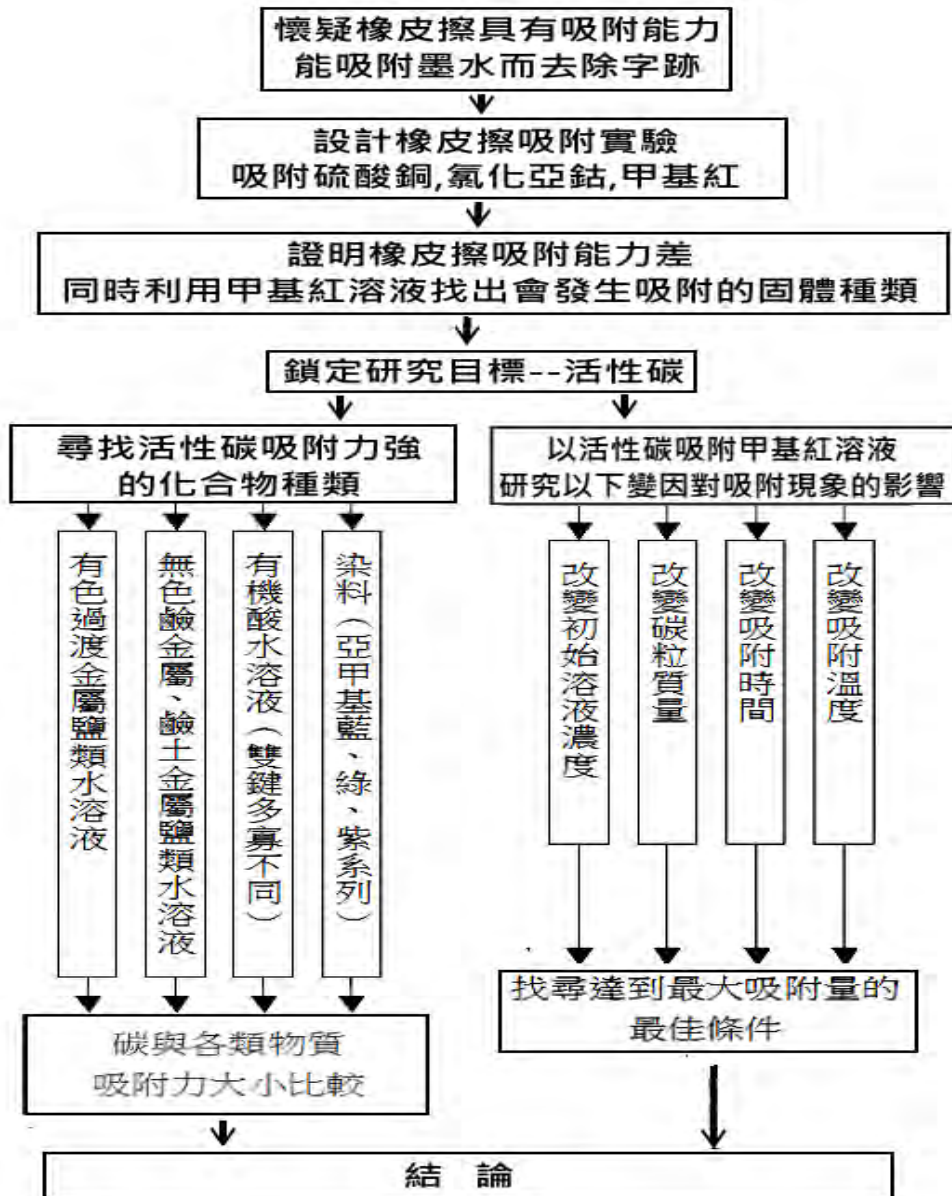
圖五：活性碳顆粒表面孔洞示意圖

(二) 本研究使用的活性碳資料：活性碳表面多為單層石墨結構

密度	植物來源	碳化溫度	產地
1.11 (g/cm ³)	椰子殼	850-1150°C以上	新竹縣竹北市
標示用途	粒徑	外形	表面積
最高純度,電鍍用	200~300mesh	粉狀,無光澤	600~2000(m ² /g)



二、研究架構：

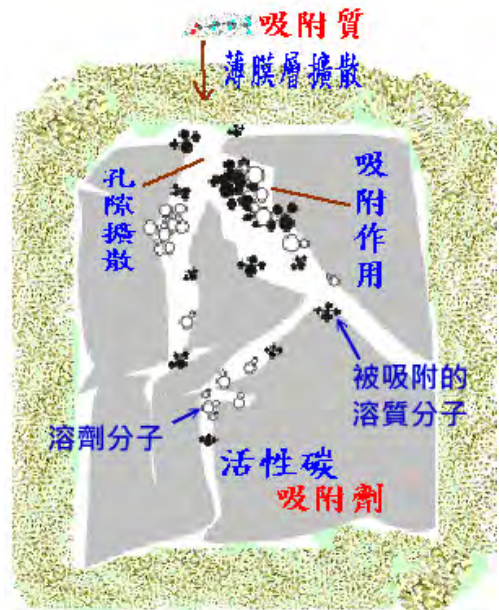


三、研究方法：

(一) 基本吸附原理²

吸附是物質於兩相介面--吸附劑表面對被吸附質分子的親和力表現。以活性碳為例，要達到吸附平衡，其機制分為下列 1 至 4 步驟：

1. 吸附質被傳送聚集到吸附劑之外表層，要到達外表層，須通過活性碳周圍之『靜態薄膜層』，此步驟稱之為薄膜層擴散作用。
 2. 吸附質擴散到活性碳孔隙中進入吸附位置，此步驟稱為孔隙擴散作用。
 3. 吸附質被吸附到活性碳之內表面，在吸附位置發生吸附作用。
 4. 吸附質脫離活性碳的吸附位置產生脫附現象，但當 3 與 4 兩步驟之反應速率若相同時就達到動態吸附平衡，而吸附平衡時間與平衡濃度和最初吸附質濃度、溫度、顆粒大小及吸附質的速率有關。
5. 機制上，可分為物理吸附與化學吸附。其區分如下：



圖六：一顆活性碳的構造示意圖

	化學吸附	物理吸附
吸附熱	> 84 KJ/ mole (充分非必要條件)	8.4~41.8 KJ/ mole
吸附速率	需要活化，故速率慢	不需活化，故速率快
脫附活化能	> 化學吸附能	與凝結熱大約相等
選擇性	有選擇性，與吸附質, 吸附劑本質有關 如：兩者間氫鍵或 $\pi - \pi$ 作用力	無選擇性，任何氣體可在任何吸附劑上吸附
吸附層	單層	多層

(二) 吸附模式與吸附方程式：

描述單溶質吸附的模式有很多種，最常用的當推 Langmuir 恆溫吸附方程式與 Freundlich 恆溫吸附經驗式，其中 Freundlich 於 1906 年提出簡單幕級函數，描述弱有機酸於木炭上的恆溫吸附平衡現象，得到良好結果，比 Langmuir 方程式更適合描述液相吸附模式¹，其函數如下：

平衡吸附容量 q_e $q_e = \frac{V}{m} (C_0 - C_e)$

m ：吸附劑質量

q_e ：吸附平衡時的吸附容量

V ：溶液體積

C_0 ：被吸附物初始濃度

Freundlich 恆溫吸附經驗方程式 (線性回歸式)：

$$\log q_e = \log K + \frac{1}{n} \log C_e$$

作圖： $y = b + a x$

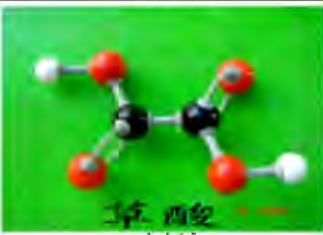
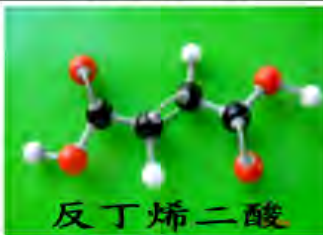
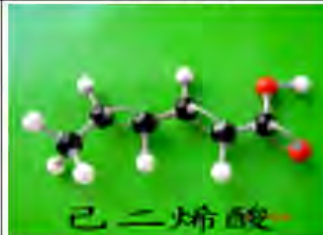
$$a = \frac{1}{n} \text{ (斜率)}$$

$$b = \log K \text{ (截距)}$$

n 用以表示吸附強度， n 值愈大，表示吸附劑與吸附質其間的吸附愈強； K 值愈大代表吸附劑與吸附質其間的吸附容量愈大。

(三) 嘗試探討分子結構與吸附之間的關係----我們找了下列有相關性的分子：

1.有機酸：

名稱	草酸	反丁烯二酸	己二烯酸
分子模型			
化學式	$H_2C_2O_4$ 無C-C雙鍵	$C_4H_4O_4$ 1組C-C雙鍵	$C_6H_8O_2$ 2組C-C雙鍵
簡介	又稱乙二酸，是一種強有機酸。常見的草酸通常含有兩分子結晶水。	反丁烯二酸又名延胡索酸，用於製造聚酯樹脂，作為染料的媒染劑或是調味料。是一種普遍的食物添加劑及膳食補充劑，且有時作為酒石酸的代用物。	又稱山梨酸、清涼茶酸、丙烯酸丙烯酸。是一種食品添加劑，對酵母、黴菌等許多真菌都具有抑制作用。

雙鍵的多寡與吸附能力的強弱有何關係，希望能由這三者的實驗中得知。

2.有機物染料:

亞甲基綠

亞甲基紫

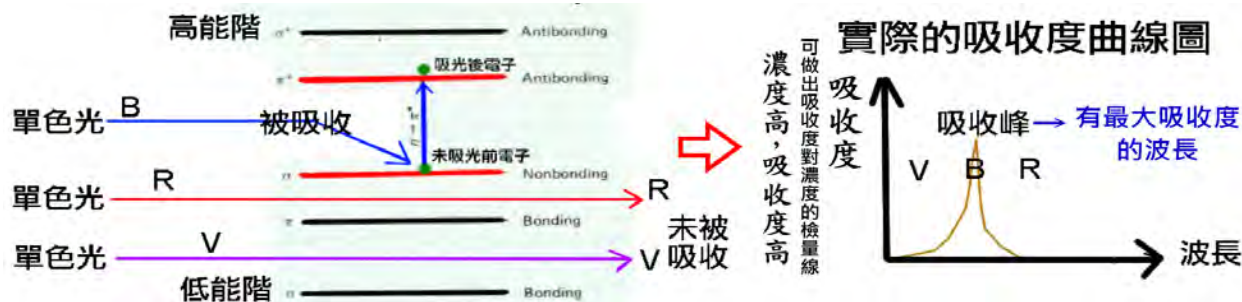
亞甲基藍



圖七：亞甲基系列化合物的結構圖

名稱	亞甲基藍	亞甲基紫	亞甲基綠	甲基紅
化學式	$C_{16}H_{18}N_3ClS$	$C_{14}H_{12}N_2OS$	$C_{16}H_{17}ClN_4O_2S$	$C_{15}H_{15}N_3O_2$
簡介	(Methylene blue) 又稱亞甲藍、次甲基藍、美藍、品藍，是一種芳香雜環化合物。被用作化學指示劑(適用於滴定實驗中)、染料使用。	(Methylene violet) 可用在生物染色劑，特別是用在血球染色中，具有毒性。目前有人拿它來做癌症的實驗。希望利用它做抗癌藥品。	(Methylene green) 是不常用的醫療染色劑，有時拿來做複染劑。除非是直接接觸傷口或口鼻，否則幾乎沒有什麼毒性。	(Methyl red) 是一種酸鹼指示劑。甲基紅本身為鹼性，變色範圍為 $pH=4.4\sim 6.2$ ，顏色轉變點為 $pH=5.0$ 在酸性環境中呈紅色，在鹼性環境中呈黃色。

(四)以分光光度計偵測吸附前後有色物質濃度變化



圖八：分光光度計原理 與 吸收度曲線圖

單色光照射，分子內部的電子會吸收特定波長光的能量，而提升到能量較高的軌域，藉由測量此種光吸收的現象，可知溶液含的有色物質在光譜中的吸收特徵（最大吸收波長）。並且當有色物質濃度愈大，測出吸收度愈大，這就是比爾定律（Beer's Law）。

$$A = \epsilon bc$$

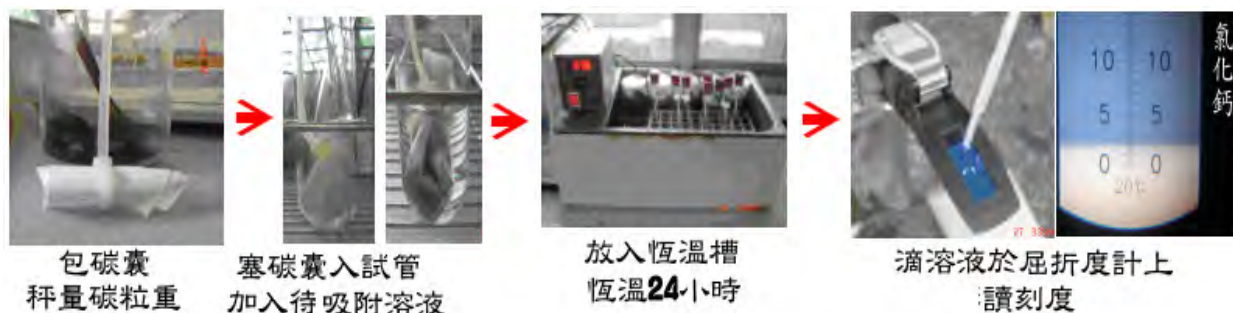
A = 吸收度 b = 光徑長
 ϵ = 莫耳吸光係數 c = 莫耳濃度

選擇最大吸光度之波長為偵測波長，並將有色物質配製成稀薄溶液，測定吸光度，將吸光度與濃度作圖繪製檢量線，在符合比爾定律範圍內，檢量線具有直線關係，在此範圍進行檢測，並據以求出碳吸附前後的濃度變化。



圖九：以分光光度計偵測，碳吸附前後，有色離子濃度變化之實驗步驟流程

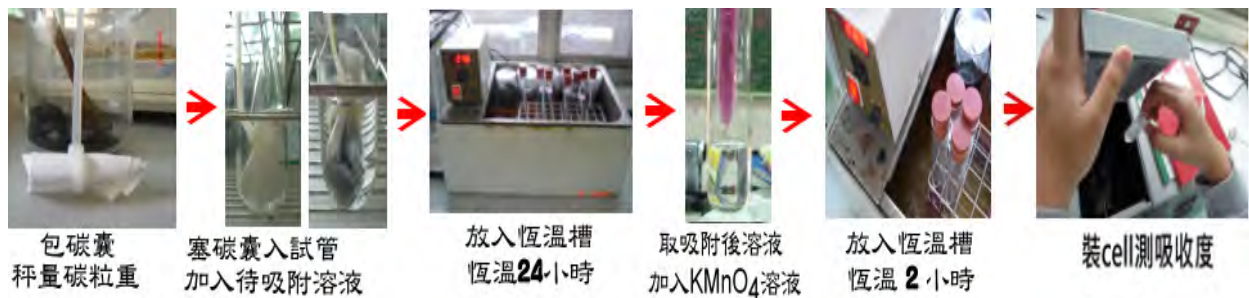
(五)以屈折度計偵測溶解度高的無色鹽類，在碳吸附前後的濃度變化：基於含鹽類溶液的折光率比例濃度的原理，設計而成的手持屈折度計，可以經由配製已知濃度的鹽類溶液與測得的屈折度計數值，繪出檢量線，進而用來直接測定無色溶液在碳吸附前後的濃度變化。



圖十：以屈折度計偵測，碳吸附前後，溶解度高的無色鹽類濃度變化之實驗步驟流程

(六)以過錳酸鉀氧化法與分光光度計搭配偵測溶解度低的無色有機酸類，測量其在吸附前後的濃度變化：分光光度計測出過錳酸鉀在 525nm 與 546nm 有兩支吸收峰，利用草酸、丁烯二酸、己二烯酸會被過錳酸鉀氧化的反應，在固定體積下：酸濃度愈高，過錳酸鉀消耗的量就愈多，殘餘的過錳酸鉀濃度與測出的吸收度就愈低，找出酸濃

度與過錳酸鉀吸收度的檢量線關係，並據以求出碳吸附前後這些溶解度低的無色有機酸類的濃度變化。



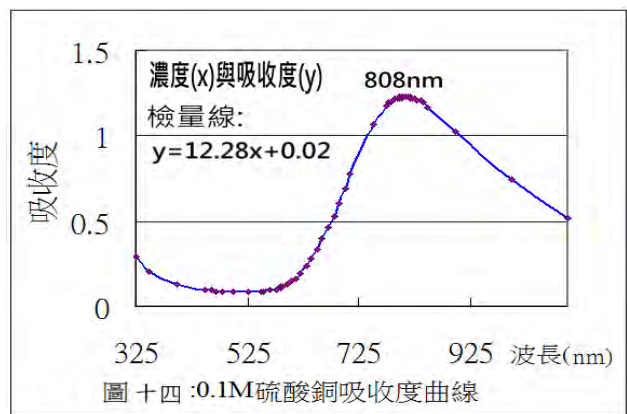
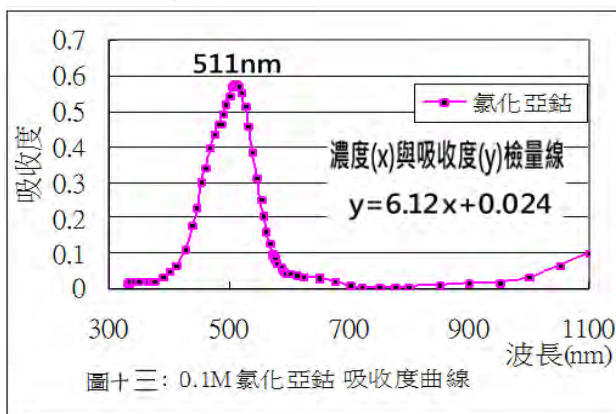
圖十一：以過錳酸鉀氧化法與分光光度計搭配偵測溶解度低的無色有機酸類，測量其在吸附前後的濃度變化之實驗步驟流程（三實驗均有對照組，作為比較或製作檢量線）

伍、研究結果

一、不同種類的橡皮擦，對氯化亞鈷與硫酸銅溶液的吸收度比較。

【研究 1-1】測量硫酸銅及氯化亞鈷的吸收度曲線與最大吸收度波長。

1. 實驗結果：



2. 分析：由圖可知，氯化亞鈷、硫酸銅的最大吸收度波長分別為 511nm，808nm。稀釋後做出檢量線，用來偵測氯化亞鈷及硫酸銅的濃度變化。

【研究 1-2】測量橡皮擦對硫酸銅及氯化亞鈷的吸收。

1. 實驗步驟：

- (1) 配置 250ml 濃度 0.1M 的硫酸銅及氯化亞鈷溶液。並測量其吸收度。
- (2) 在 4 個不同的燒杯裡，各裝入 50ml 硫酸銅，標上編號。氯化亞鈷亦同。
- (3) 在 A、B、C 中，加入不同種類的橡皮擦，第四杯不放任何東西，當做對照組。
- (4) 用封口膜，將一共 8 杯的溶液封起來。靜置三天，使用分光光度計檢測。
- (5) 運用分光光度計，檢測實驗結果。取溶液中澄清的部份，否則可能有不明的沉澱物影響分光光度計的檢測結果。



2.控制變因

時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	無	溶液初濃度	0.1M	吸附劑顆粒	橡皮擦
溶液種類	硫酸銅、氯化亞鈷		溶液體積	50ml	溫度	30°C	

3.實驗結果

不同種類橡皮擦	A	B	C	空白
硫酸銅	1.304	1.303	1.303	1.298
氯化亞鈷	0.606	0.601	0.620	0.558

3.分析：溶液的吸光度值居然增加，原因可能是橡皮吸水使濃度增加，或橡皮屑在水中吸光導致。橡皮擦對金屬離子並無明顯吸附效果。可能是橡皮擦吸收力差，或是硫酸銅與氯化亞鈷不易被吸附。所以我們進行下一步的實驗。

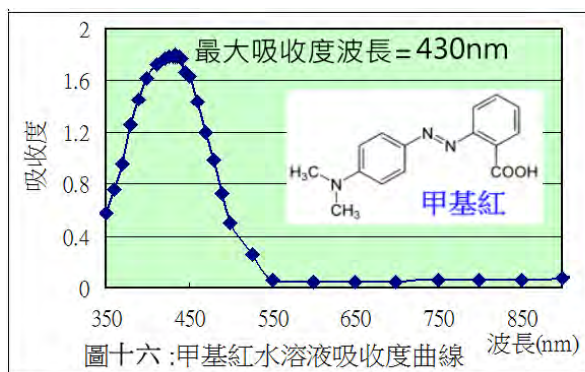


圖十五：橡皮擦吸附有色溶液的初步實驗照片

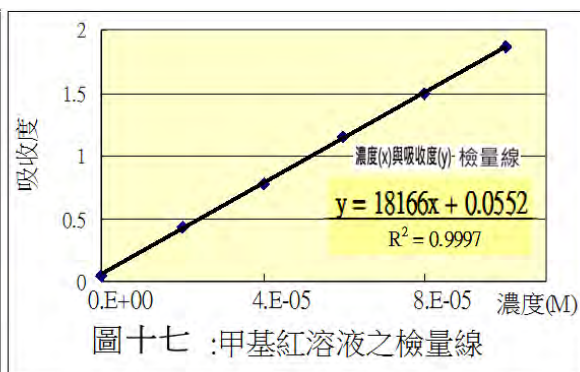
二、研究各固體材質吸附甲基紅溶液前後的濃度變化，找出會發生吸附的固體種類。

【研究 2-1】測量甲基紅溶液的吸光度曲線與最大吸光度波長。

以分光光度計 SP20 測量甲基紅水溶液各波長吸光度變化，找出該分子（在碳酸鈉，碳酸氫鈉緩衝溶液中 pH=9.50）的吸光度曲線與最大吸光度波長值。



圖十六：甲基紅水溶液吸光度曲線



圖十七：甲基紅溶液之檢量線

甲基紅水溶液的最大吸光度波長在 430nm，最大吸光度與濃度間，符合比爾定律。以下的實驗，就以測量 430nm 的吸光度，配合所得的濃度檢量線來進行各變因實驗。

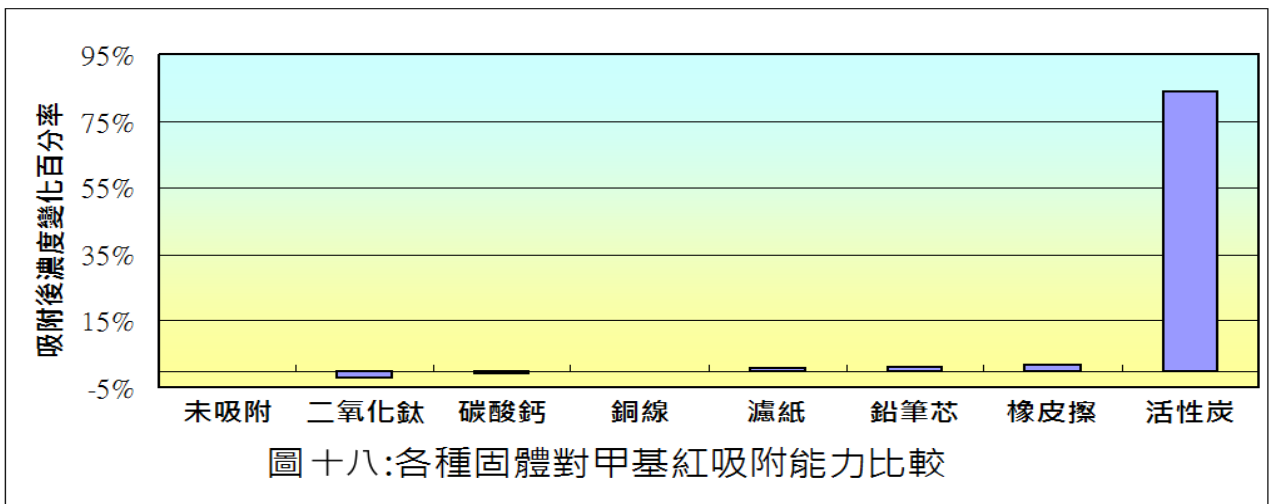
【研究 2-2】研究各材質吸附甲基紅溶液前後濃度變化，找出會發生吸附的固體種類。

1.控制變因：

溫度	30°C	時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液種類	甲基紅
起始濃度	10 ⁻⁴ M	溶液體積	10ml	固體重量,網目	0.2 克	測量波長	430nm

2.結果：

	二氧化鈦	碳酸鈣	未吸附	銅線	濾紙	鉛筆芯	橡皮擦	活性炭
吸收度 三次平均	1.931	1.897	1.888	1.887	1.873	1.864	1.859	0.299
濃度差 百分率	-2.3%	-0.5%	0.0%	0.0%	0.8%	1.3%	1.5%	84.2%



3.分析：活性炭對甲基紅有較高的吸附能力，其他固體的吸附能力較不顯著。故以活性炭為研究目標，進行有色溶液吸附實驗。

三、以屈折度計測量無色鹽類水溶液吸附前後濃度變化。

【研究 3-1】以定量配置之鹽類標準溶液，以屈折度計進行測量其屈折度，作出濃度與屈折度之檢量線。各數據與檢量線斜率、截距如下表。

濃度(M)	氯化鈉	氯化鉀	氯化鎂	氯化鈣	氯化鋇	氯化鋇	濃度(M)	硝酸鈉	濃度(M)	硝酸鉀
1.20M	3.80	3.50	12.90	14.00	17.40	18.00	1.20	3.30	1.20	3.20
1.00M	2.00	1.80	10.00	10.60	13.20	14.60	1.00	1.40	1.00	1.00
0.92M	1.10	0.90	8.45	9.70	11.00	12.90	0.96	1.00	0.96	0.60
0.80M	0.20	0.05	7.10	7.20	9.00	11.20	0.88	0.20	0.92	0.30
斜率	9.13	8.76	14.78	16.67	21.37	17.24	斜率	9.66	斜率	10.56
截距	-7.17	-7.02	-4.87	-5.96	-8.29	-2.72	截距	-8.28	截距	-9.50
濃度(M)	硝酸鎂	硝酸鈣	硝酸鋇	溴化鈉	碘化鈉	溴化鉀	碘化鉀	碳酸鈉	碳酸鉀	
1.20M	8.90	13.60	17.00	6.40	9.90	7.80	12.50	10.90	12.50	
1.00M	6.60	11.00	11.8	4.4	7	4.6	9.4	8	8.8	
0.92M	5.50	9.70	9.20	3.40	5.55	3.00	7.85	6.55	7.00	
0.80M	4.30	8.40	6.6	2.4	4.1	1.4	6.3	5.15	5.15	
斜率	11.63	13.18	26.37	10.14	14.71	16.23	15.72	14.60	18.62	
截距	-5.07	-2.25	-14.69	-5.79	-7.78	-11.70	-6.39	-6.66	-9.89	

分析：各鹽類的屈折度與濃度有極佳的線性關係 (R^2 均達 0.95 以上)。

【研究 3-2】以活性炭吸附各鹽類溶液，測量其在活性炭濾紙碳囊吸附前後的濃度變化。

1.控制變因：

碳重	0.2 克	時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液初濃度	1M
溫度	30°C	溶液體積	10ml	吸附劑	活性炭		

2.將活性炭放入鹽類溶液中進行吸附，將吸附前後的屈折度差，代入檢量線中，可進而求得吸附前後的濃度差百分率。

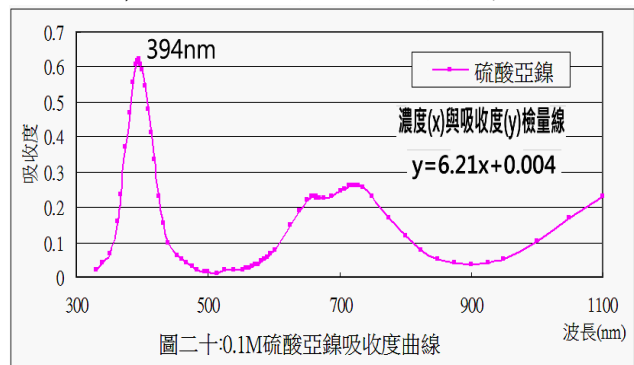
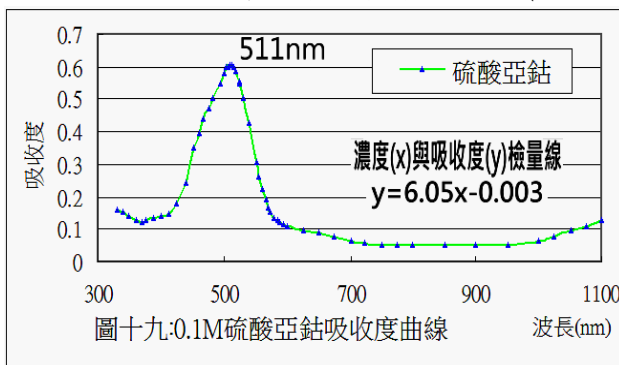
	鹽類溶液	氯化鈉	氯化鉀	氯化鎂	氯化鈣	氯化鋇	氯化鋇	碳酸鈉	碳酸鉀
活性炭	吸附後屈折度	2	1.7	10.2	10.6	12.8	14.6	7.6	8.6
	吸附前後濃度差百分率	-0.5%	0.4%	-2.0%	0.7%	1.3%	-0.5%	2.3%	0.7%

	鹽類溶液	硝酸鈉	硝酸鉀	硝酸鎂	硝酸鈣	硝酸鋇	溴化鈉	碘化鈉	溴化鉀	碘化鉀
活性炭	吸附後屈折度	1.4	1.3	6.6	10.6	11.9	4.4	6.8	4.6	9.4
	吸附前後濃度差百分率	-0.2%	-2.2%	-0.4%	2.6%	-0.8%	-0.5%	0.9%	-0.5%	-0.5%

3.分析：活性炭吸附前後各鹽類濃度差均未達 3%，以更多 10 克的活性炭，加入 10ml，2M 的硝酸鈉中，吸附後屈折度由 11 也只小幅下降到 10.1，顯示活性炭對鹽類離子的吸附量甚少。此外，上表中產生負值可能是濾紙屑擋光造成吸收度增加的誤差。

四、以內裝活性炭的濾紙碳囊與不包濾紙囊的活性炭吸附甲基紅、硫酸亞鈷、硫酸亞鎳與硫酸銅溶液，探討不同重量的活性炭所造成的吸附差異為何？

【研究 4-1】測量 CoSO_4 、 NiSO_4 水溶液各波長吸收度變化，找出該化合物的吸收度曲線，最大吸收度波長值。(見圖十九、二十)，並做出濃度與吸收度值檢量線



【研究 4-2】裝活性炭的濾紙碳囊吸附甲基紅、硫酸亞鈷、硫酸亞鎳與硫酸銅溶液，探討活性炭所造成的吸附差異為何？



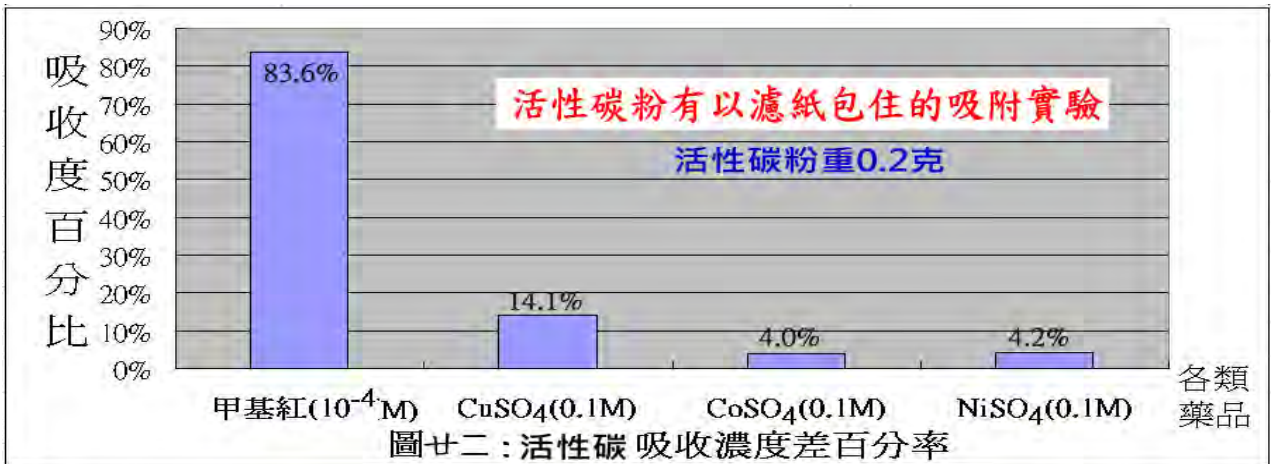
1.控制變因：

碳重	0.2 克	時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液初濃度	0.1M
溫度	30°C	溶液體積	10ml	吸附劑顆粒	活性炭		

2.實驗結果：(所得檢量線截距接近 0，可將吸收度差直接換算濃度差百分率)

吸附質	甲基紅(10^{-4}M)	硫酸銅 (0.1M)	硫酸亞鈷 (0.1M)	硫酸亞鎳 (0.1M)
最大吸收度波長	430nm	808nm	511nm	394nm
吸收前後濃度差百分率	83.6%	14.1%	4.0%	4.2%

3.濃度差百分率=碳吸附量百分率(吸附能力)

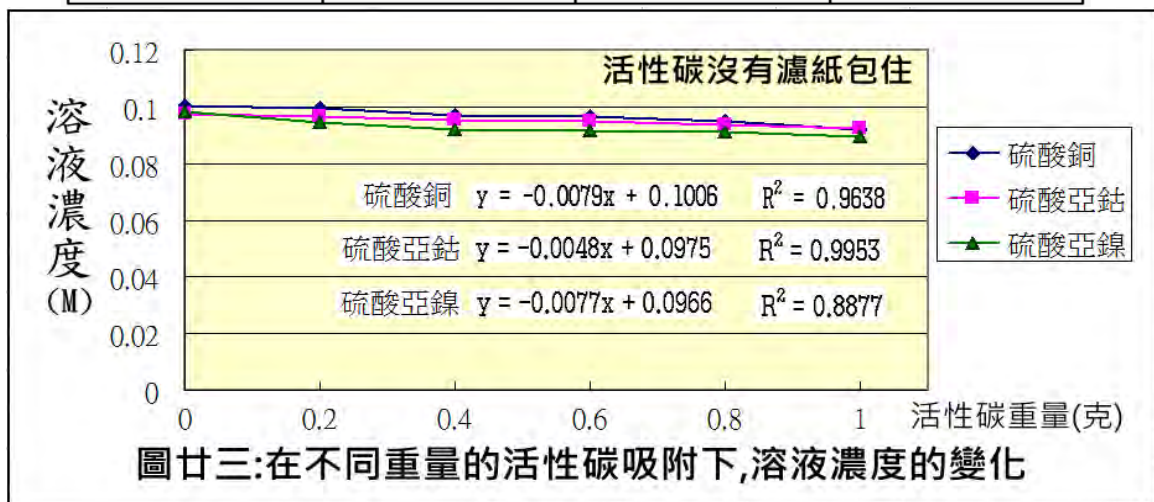


4.分析：這些離子性溶液對於有包濾紙的活性碳的吸附能力低(大都在 5%以下)，與染料比較(甲基紅初濃度為 10^{-4} M，吸附率 83.6%)，可見活性碳吸附簡單(根)離子能力很小。

【研究 4-3】不包濾紙囊的活性碳吸附硫酸亞鈷、硫酸亞鎳與硫酸銅溶液，探討不同重量的活性碳所造成的吸附差異為何？

1.不同重量的活性碳對硫酸亞鈷、硫酸亞鎳、硫酸銅的吸收度比較。

時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液初濃度	10^{-1} M	吸附劑顆粒	活性碳
溶液種類	硫酸銅、硫酸亞鈷、硫酸亞鎳		溶液體積	50ml	溫度	30°C	
		硫酸銅			硫酸亞鈷		
濃度(x)與吸收度(y)檢量線		$y=12.28x+0.02$			$y=6.05x-0.003$	$y=6.21x+0.004$	
活性碳重量(g)	10 ⁻¹ M 硫酸銅		10 ⁻¹ M 硫酸亞鈷		10 ⁻¹ M 硫酸亞鎳		
0	1.251	0.582	0.613				
0.2	1.240	0.488	0.591				
0.4	1.213	0.481	0.576				
0.6	1.205	0.476	0.573				
0.8	1.186	0.470	0.569				
1.0	1.150	0.463	0.560				

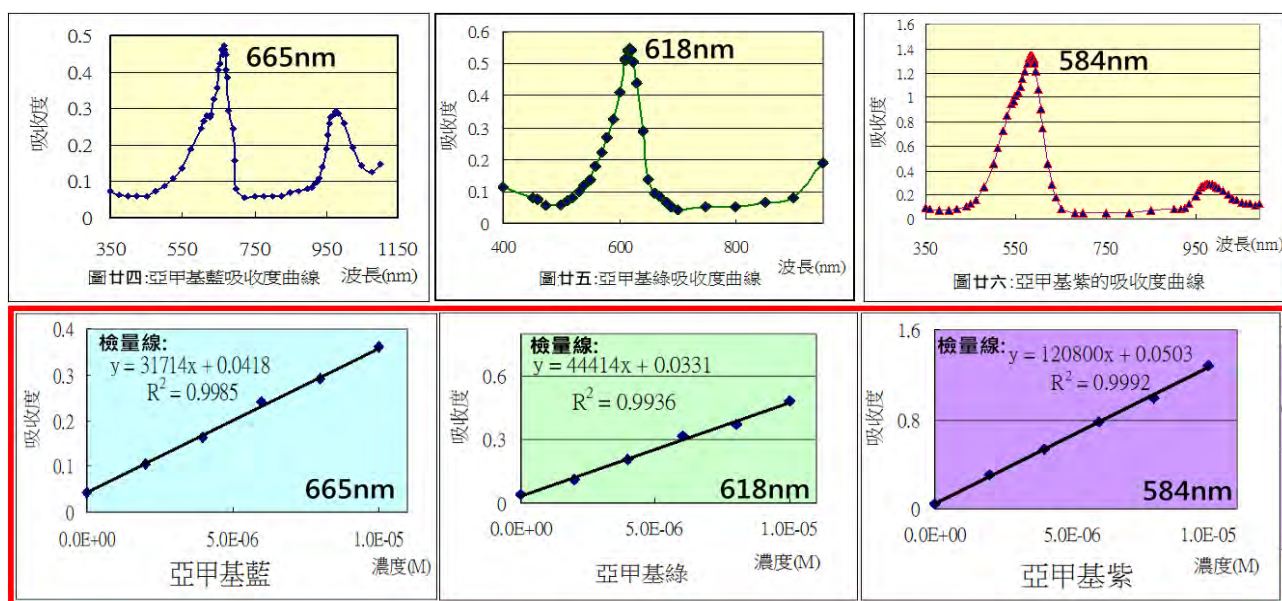


2. 分析：不包濾紙的活性碳重量增加後，吸附後溶液的吸光值與溶液濃度只有些微的下降，換算成莫耳數後，每公克的活性碳約能吸收 2.4×10^{-4} 至 4.0×10^{-4} mole 的溶質。其中以硫酸銅溶液的被吸附量最大。與有包濾紙囊的實驗，完全相符。

五、之前的實驗結果顯示，活性碳對於大分子有較佳的吸附量（如甲基紅）。亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫這三種分子大小、結構類似，只有取代基略有差異。（分子結構模型：見圖七），如果影響吸附量的主因是分子大小與結構，則這三種分子的吸附量應該類似，如果取代基的不同會影響吸附的話，實驗所得的吸附量應該有所差異。故以分光光度計來測量這三種有色染料水溶液吸附前後濃度變化，來驗證我們的假設。

【研究 5-1】測量亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫水溶液各波長吸收度變化，找出其吸收度曲線與最大吸收度波長值。（見圖廿四、圖廿五、圖廿六），稀釋配置各濃度水溶液，測量其吸收度，製作檢量線（見圖廿七）

1.結果：



圖廿七：亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫水溶液最大吸收度波長檢量線

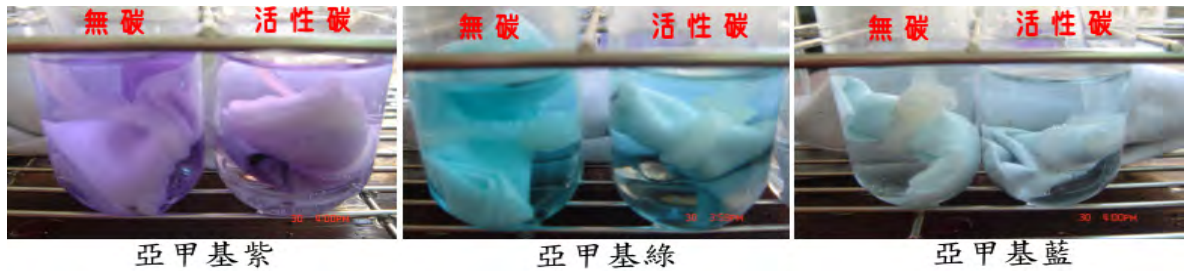
【研究 5-2】以內裝活性碳的濾紙碳囊吸附分子結構相類似的亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫，探討不同初濃度染料溶液所造成的吸附差異為何？

1. 控制變因：

吸附時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	吸附劑	活性碳 0.2 克
溶液種類	亞甲基藍、亞甲基紫、亞甲基綠	溶液體積	50ml	吸附溫度	30°C

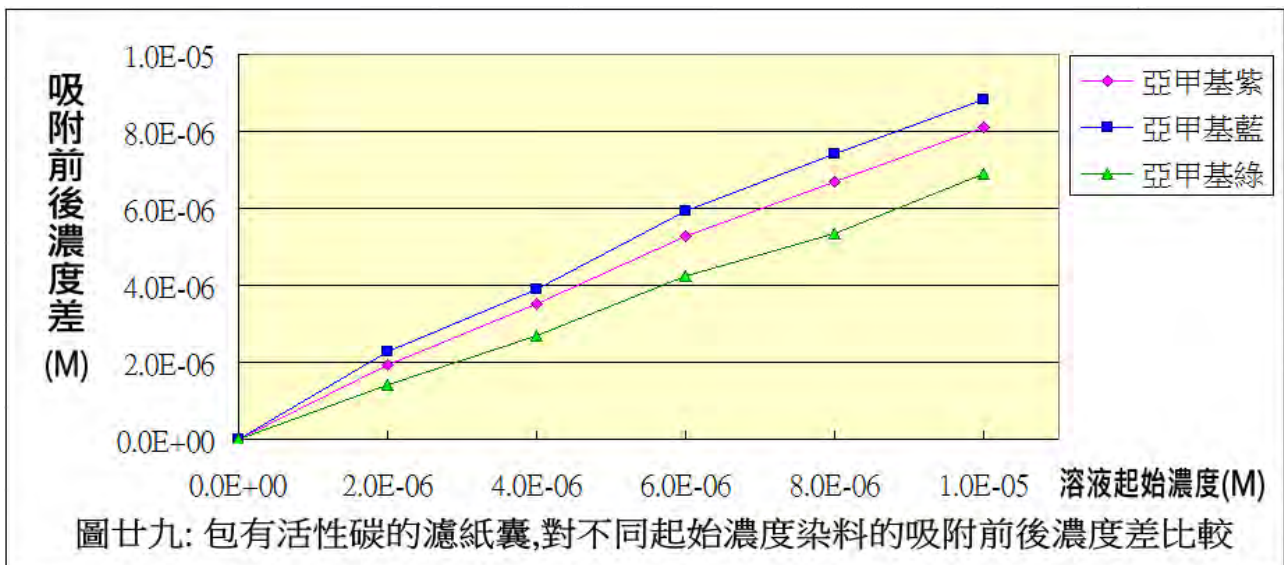
2.結果：

	初濃度(M)	0	2×10^{-6}	4×10^{-6}	6×10^{-6}	8×10^{-6}	10^{-5}
亞甲基紫	吸附前吸收度	0	0.304	0.538	0.770	0.997	1.273
	活性碳吸附後吸收度	0	0.069	0.115	0.134	0.187	0.293
亞甲基藍	吸附前吸收度	0	0.093	0.165	0.239	0.29	0.361
	活性碳吸附後吸收度	0	0.021	0.041	0.051	0.055	0.081
亞甲基綠	吸附前吸收度	0	0.173	0.288	0.403	0.517	0.631
	活性碳吸附後吸收度	0	0.110	0.168	0.214	0.280	0.325



圖廿八：亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫水溶液在包濾紙活性炭吸附後顏色變化
代入檢量線換算成濃度差：

初濃度(M)	0	2×10^{-6}	4×10^{-6}	6×10^{-6}	8×10^{-6}	10^{-5}
亞甲基紫 吸附前後濃度差(M)	0	1.95×10^{-6}	3.5×10^{-6}	5.26×10^{-6}	6.71×10^{-6}	8.11×10^{-6}
亞甲基藍 吸附前後濃度差(M)	0	2.27×10^{-6}	3.91×10^{-6}	5.93×10^{-6}	7.41×10^{-6}	8.83×10^{-6}
亞甲基綠 吸附前後濃度差(M)	0	1.42×10^{-6}	2.70×10^{-6}	4.26×10^{-6}	5.34×10^{-6}	6.89×10^{-6}



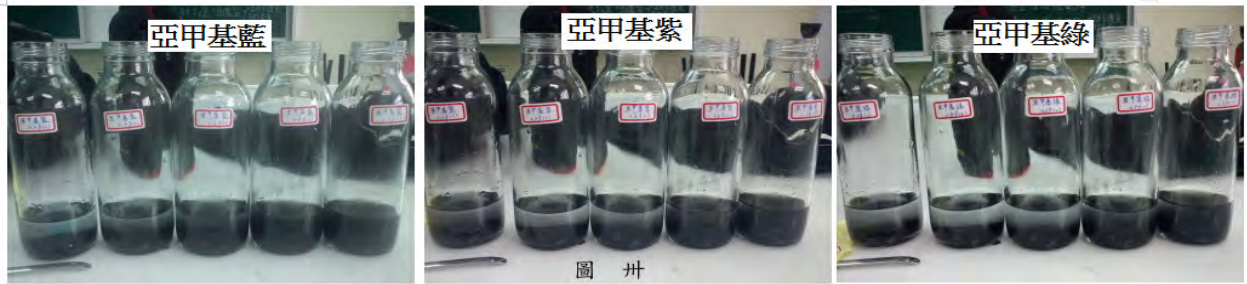
分析：活性炭的吸附量：亞甲基藍 > 亞甲基紫 > 亞甲基綠

【研究 5-3】濾紙囊有吸附不完全的問題，若以**不包濾紙囊的活性炭**吸附分子結構相類似的亞甲基綠、亞甲基藍、亞甲基紫，吸收效果應該更好，再探討**不同重量的活性炭**所造成的吸附差異為何？

1.控制變因：

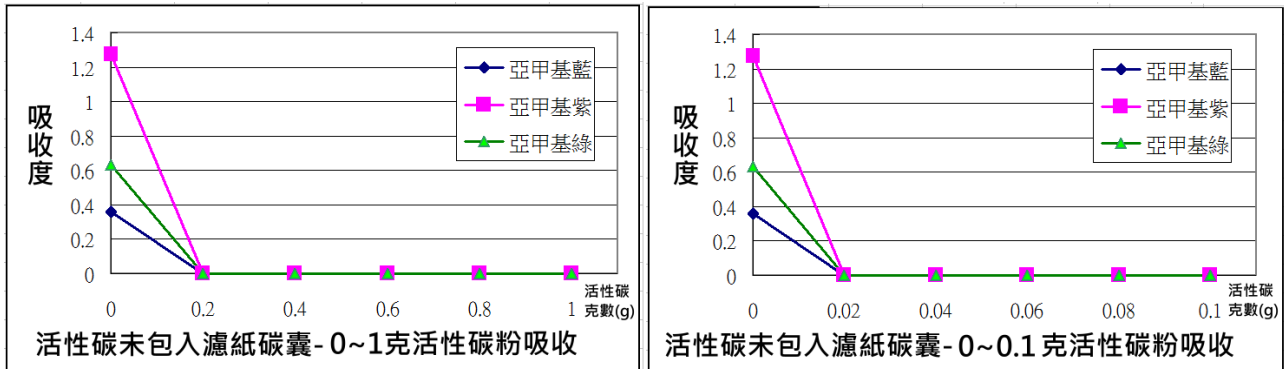
吸附時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液初濃度	$10^{-5}M$	吸附劑	活性炭
溶液種類	亞甲基藍、亞甲基紫、亞甲基綠		溶液體積	50ml	吸附溫度	30°C	

2.操縱變因：活性碳重量：(以下照片越往右活性碳重量越多)



圖卅：亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫水溶液在不包濾紙囊活性炭吸附後變化

3.結果：

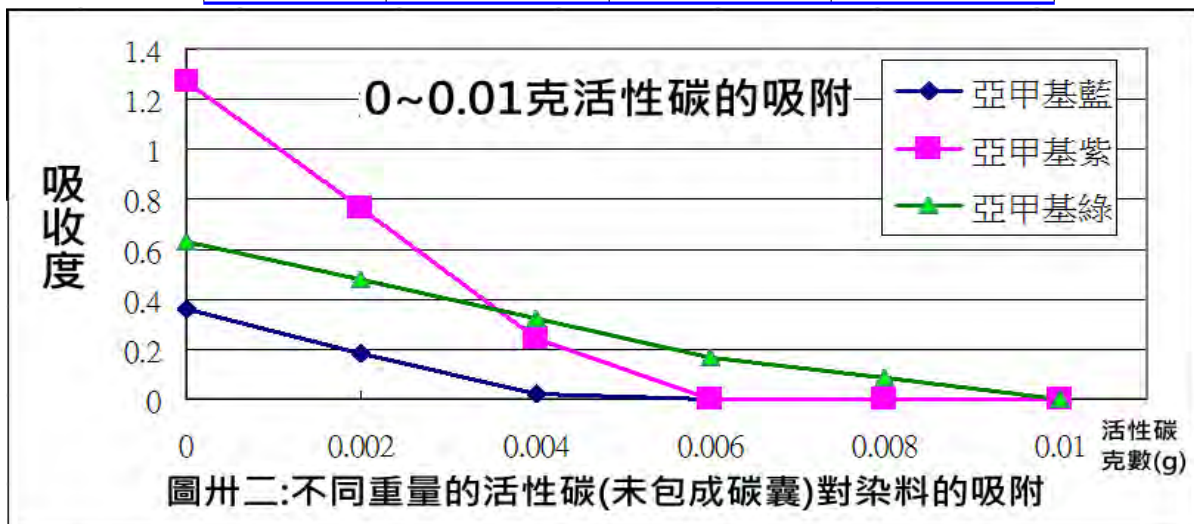


圖卅一：不包濾紙囊，0~1 克與 0~0.1 克的活性炭吸附實驗結果

4.分析:亞甲基類溶液皆被有效吸附，光的吸收度值為零，因為染料完全被吸光，而接近水的吸光值，於是再降低活性碳克數。

5.再實驗的結果：

活性炭重量(克)	活性炭吸附後-光的吸收度		
	10^{-5} M 亞甲基藍	10^{-5} M 亞甲基紫	10^{-5} M 亞甲基綠
0	0.361	1.273	0.631
0.002	0.184	0.764	0.478
0.004	0.021	0.241	0.321
0.006	0	0	0.169
0.008	0	0	0.084
0.010	0	0	0



6. 代入檢量線換算成濃度差：

活性炭重量(克)	活性炭吸附前後的濃度差		
	亞甲基藍	亞甲基紫	亞甲基綠
0.002	$5.6 \times 10^{-6} \text{M}$	$4.2 \times 10^{-6} \text{M}$	$3.4 \times 10^{-6} \text{M}$
0.004	$1.1 \times 10^{-5} \text{M}$	$8.5 \times 10^{-6} \text{M}$	$7.0 \times 10^{-6} \text{M}$

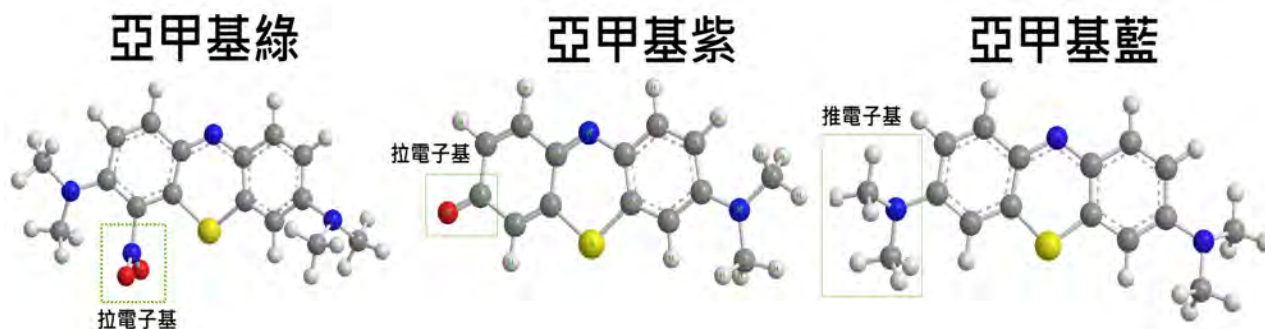
7.分析：

(1) **吸附量：亞甲基藍 > 亞甲基紫 > 亞甲基綠**，活性炭對有機染料的吸附能力強弱。我們認為與這些染料的結構有關：

(a) 亞甲基綠在平面上的 NO_2 側鍵，增加了兩個平面分子間距離，使吸附率最小。

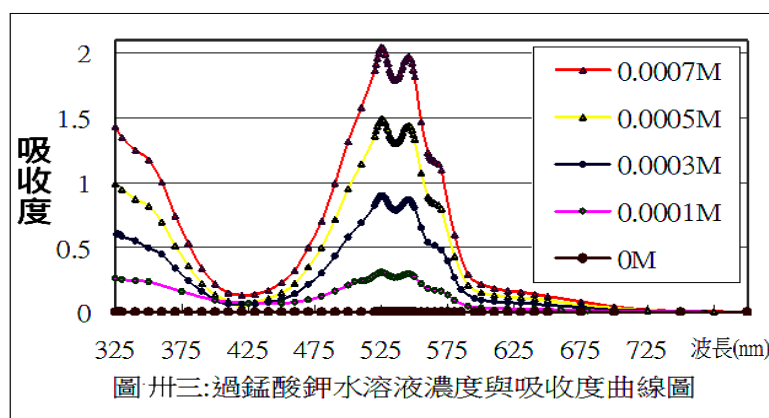
(b) 亞甲基藍兩側都有 $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ，為推電子基，使環上的電子雲密度升高，增加了 $\pi - \pi$ Interaction 的效應。亞甲基紫一端的環上有羰基 (CO 雙鍵)，受到其拉電子效應的影響，使環上的電子雲密度降低，而減少 $\pi - \pi$ Interaction 使吸附量降低。

(2) 活性炭對此類染料的吸收度非常好。活性炭與染料的接觸面積增加，結果其吸附量比有包成碳包的多了很多。



六、由食品材料行找到數種食品添加劑，加入過錳酸鉀溶液後發現草酸、丁烯二酸、己二烯酸，會使溶液褪色，利用此種性質，以過錳酸鉀氧化定量濃度的這三種酸做檢量線，測量經濾紙碳囊吸附前後的這三種酸類的濃度變化。

(一) 以分光光度計測量過錳酸鉀溶液各波長吸收度變化，找出該分子的吸收度曲線與最大吸收度波長值為 546nm 與 525nm (如圖卅三)



(二) 配製數種固定濃度的有機酸溶液，加入 $5 \times 10^{-4} \text{M}$ 過錳酸鉀溶液 10ml, 30°C 下反應 2 小時，測量 546nm 與 525nm 的吸收度，與有機酸初濃度作圖，得到三種有機酸的檢量線。

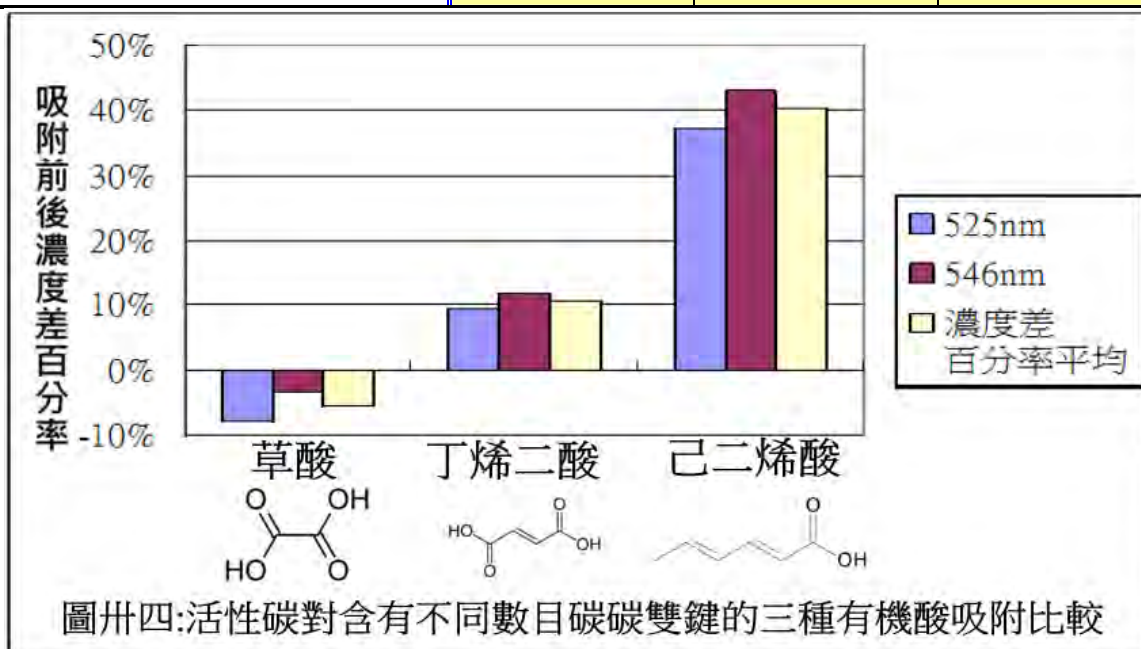
	吸收波長	加入有機酸，使過錳酸鉀溶液褪色，降低吸光度 有機酸初濃度與過錳酸鉀吸光度檢量線	R ² 值
草酸	525nm	過錳酸鉀吸光度 = -3306(草酸初濃度)+1.355	0.9992
	546nm	過錳酸鉀吸光度 = -3061(草酸初濃度)+1.401	0.9948
丁烯二酸	525nm	過錳酸鉀吸光度 = -3013(丁烯二酸初濃度)+1.356	0.9973
	546nm	過錳酸鉀吸光度 = -3305(丁烯二酸初濃度)+1.227	0.9969
己二烯酸	525nm	過錳酸鉀吸光度 = -9699(己二烯酸初濃度)+1.231	0.9972
	546nm	過錳酸鉀吸光度 = -9027(己二烯酸初濃度)+1.273	0.9964

(三) 吸附實驗控制變因：

時間	24 小時	吸附劑	0.2 克 活性碳	吸附劑烘乾時間	250℃、30 分鐘
溫度	30℃	溶液體積	10ml	有機酸初濃度	5×10^{-4} M

(四) 將活性碳放入**有機酸**溶液中進行吸附，24 小時後，與檢量線製作相同程序，加入過錳酸鉀溶液反應 2 小時，測吸光度，代入檢量線，求得吸附前後濃度差百分率。

5×10^{-4} M 有機酸溶液	草酸	丁烯二酸	己二烯酸
吸附前後濃度差百分率(525nm)	-7.89%	9.63%	37.15%
吸附前後濃度差百分率(546nm)	-3.17%	11.87%	43.10%
濃度差百分率平均	-5.53%	10.75%	40.13%



(五) 分析：

1. 吸附前後，草酸濃度差為負值，表示有其他因素干擾實驗測定。
2. 大體來看，分子碳碳雙鍵越多，吸附前後濃度差愈大。表示有 π 鍵的分子對活性碳有較佳的吸附力。

七、於甲基紅水溶液中，放入活性碳濾紙碳囊吸附甲基紅分子。研究**碳粉重、吸附過程溫度、吸附時間、甲基紅溶液初始濃度**等變因對吸附現象的影響。

【研究 7-1】於甲基紅溶液中置入內裝活性碳的濾紙囊，研究碳粉質量對吸附現象的影響。

1.控制變因：

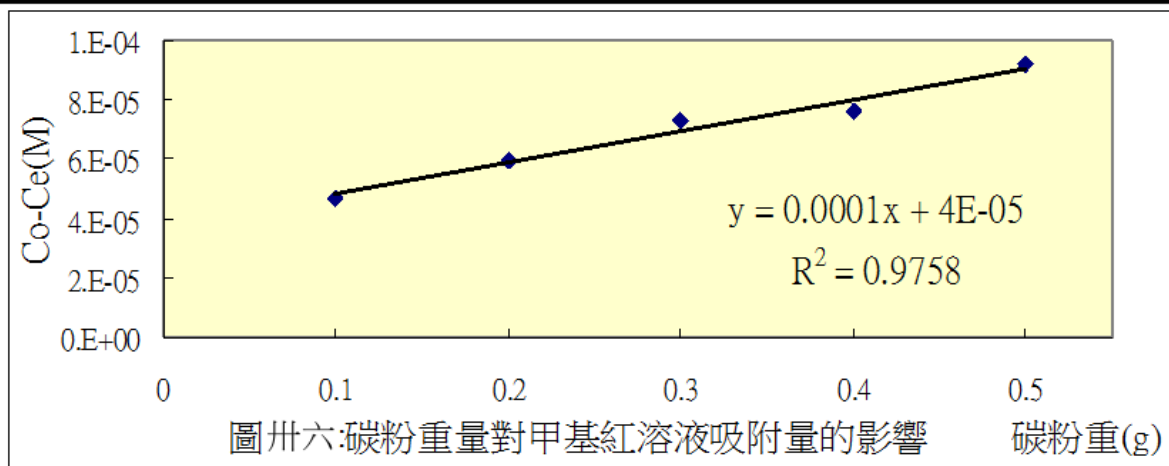
溫度	30°C	時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液種類	甲基紅
起始濃度	10 ⁻⁴ M	溶液體積	10ml	吸附劑	活性碳	測量波長	430nm



圖卅五:放置活性碳(白色的碳包)於甲基紅溶液中

2.實驗結果：

活性碳重量 (克)	0(對照組)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
吸附後吸收度平均值	1.556	0.800	0.611	0.411	0.356	0.117
吸附後平衡濃度 C _e 平均(M)*10 ⁵	9.96	4.99	3.75	2.44	2.08	5.04
吸附前後濃度差 (C ₀ -C _e) (M) *10 ⁵	0.00	4.71	5.95	7.26	7.62	9.20



3.結果分析：活性碳碳粉質量越多，吸附越多(見圖卅六)，但未接近完全吸附的狀態。

【研究 7-2】於甲基紅溶液中置入內裝活性碳的濾紙囊，研究吸附溫度對吸附現象的影響。

1.控制變因：

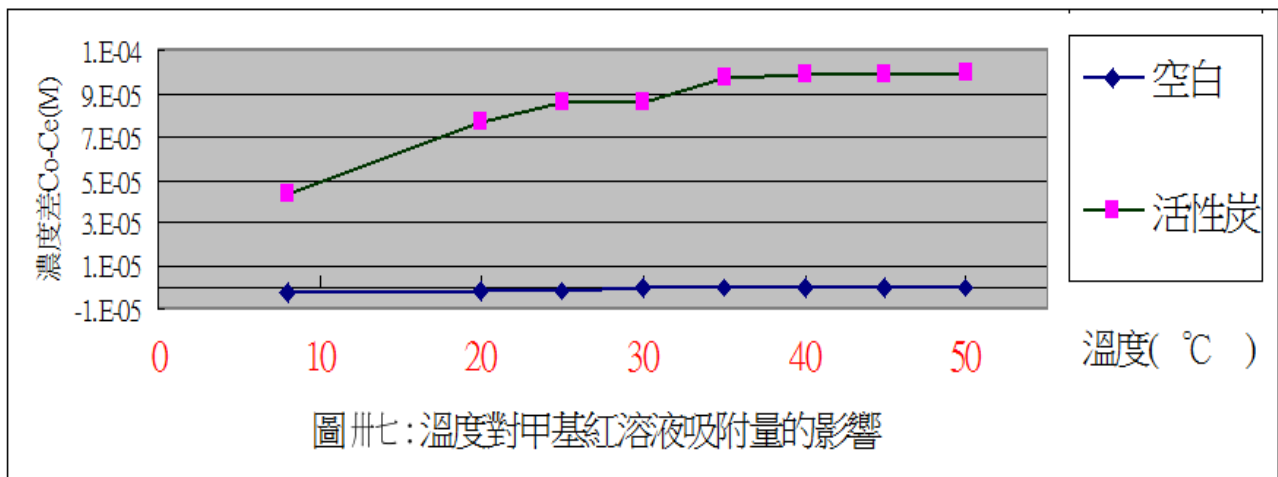
碳重	0.2 克	時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液種類	甲基紅
起始濃度	10 ⁻⁴ M	溶液體積	10ml	吸附劑,網目	活性碳	測量波長	430nm

2.實驗結果：(檢量線： $y = 18166x - 0.052$)

計算得吸附率，整理如下：

	溫度 (°C)	8	20	25	30	35	40	45	50
對照組	吸收度平均	1.920	1.886	1.884	1.880	1.871	1.869	1.863	1.859
	濃度 C_e (M)	1.03E-04	1.01E-04	1.01E-04	1.00E-04	1.00E-04	9.98E-05	9.95E-05	9.93E-05
	Co-Ce (M)	-2.65E-06	-7.82E-07	-6.72E-07	-4.51E-07	4.40E-08	1.54E-07	4.84E-07	7.05E-07
活性炭	吸收度平均	1.084	0.475	0.307	0.299	0.103	0.082	0.075	0.064
	濃度 C_e (M)	5.66E-05	2.31E-05	1.39E-05	1.34E-05	2.63E-06	1.46E-06	1.09E-06	4.84E-07
	Co-Ce (M)	4.34E-05	7.69E-05	8.61E-05	8.66E-05	9.74E-05	9.85E-05	9.89E-05	9.95E-05

溫度 (°C)	8	20	25	30	35	40	45	50
活性炭吸附率	43.4%	76.9%	86.1%	86.6%	97.4%	98.5%	98.9%	99.5%



3. 結果分析：活性炭的吸附，溫度愈高，吸附的量愈大，且活性炭在 35°C 以上，吸附接近飽和，而出現略為水平的現象。

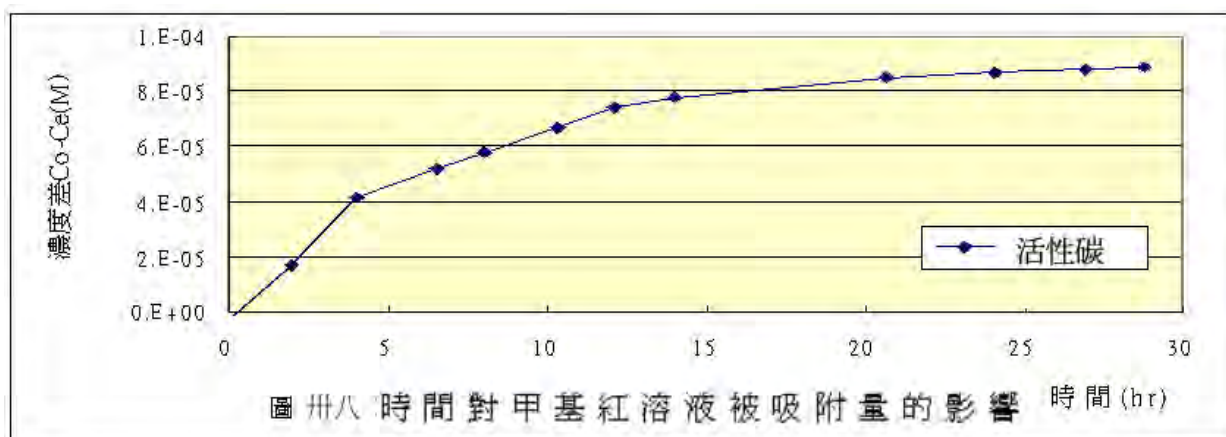
【研究 7-3】於甲基紅溶液中置入內裝活性炭的濾紙碳囊，研究吸附時間對吸附現象的影響。

1. 控制變因：

碳重	0.2 克	溫度	30°C	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液種類	甲基紅
起始濃度	10^{-4} M	溶液體積	10ml	吸附劑	活性炭	測量波長	430nm

2. 實驗結果

時間(hr)	2.00	4.00	6.55	8.00	10.33	12.08	14.00	20.67	24.08	26.92	28.75
活性炭吸附率	16.7%	41.8%	51.7%	57.7%	66.9%	74.3%	77.8%	84.8%	86.6%	87.8%	88.3%



圖卅八 時間對甲基紅溶液被吸附量的影響 時間 (hr)

3.結果分析：隨著時間的增加，甲基紅被吸附到活性碳的量也增加，而且活性碳與甲基紅的吸附，在 20 小時之後，幾乎達到平衡

【研究 7-4】於甲基紅溶液中放入裝活性碳的濾紙囊，研究溶液初濃度對吸附現象的影響。

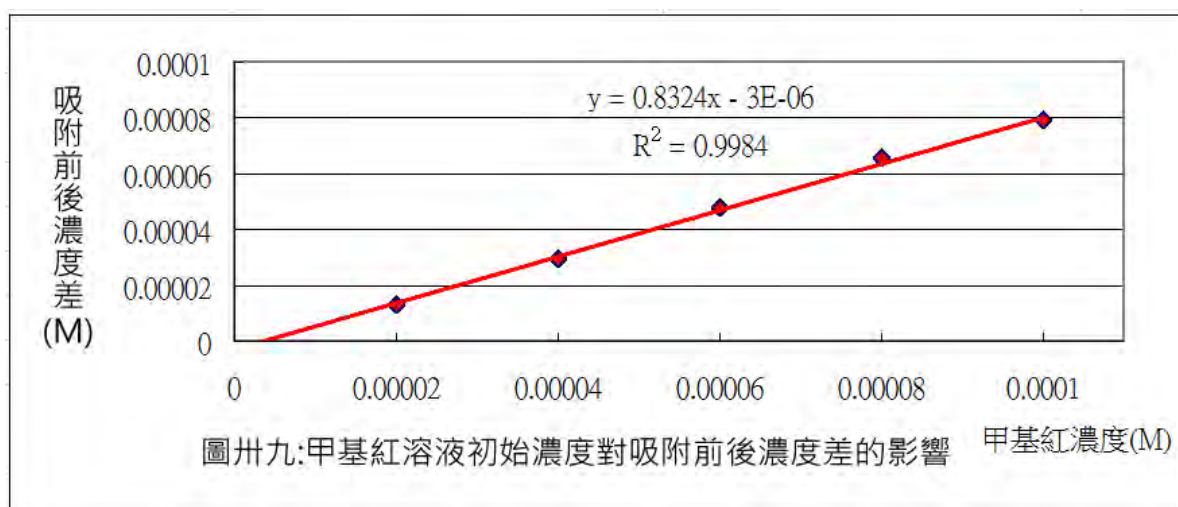
1.控制變因：

碳重	0.2 克	時間	24 小時	吸附劑烘乾時間	250°C、30 分鐘	溶液種類	甲基紅
溫度	30°C	溶液體積	10ml	吸附劑	活性碳	測量波長	430nm

2.操縱變因：甲基紅溶液起始濃度 = $2 \times 10^{-5} \text{M}$ 、 $4 \times 10^{-5} \text{M}$ 、 $6 \times 10^{-5} \text{M}$ 、 $8 \times 10^{-5} \text{M}$ 、 10^{-4}M

3.實驗結果：

溶液初始濃度 (M)	0	0.00002	0.00004	0.00006	0.00008	0.00010
吸附前光吸收度	0.0	0.361	0.678	1.022	1.342	1.667
吸附後光吸收度	0.0	0.113	0.161	0.208	0.235	0.341
吸附前後濃度差 (Co-Ce) (M) *10 ⁻⁵	0.0	1.30	2.95	4.77	6.56	7.91



圖卅九:甲基紅溶液初始濃度對吸附前後濃度差的影響 甲基紅濃度(M)



起始濃度： $2 \times 10^{-5} \text{M}$ - $4 \times 10^{-5} \text{M}$ - $6 \times 10^{-5} \text{M}$ - $8 \times 10^{-5} \text{M}$ - 10^{-4}M - 對照組

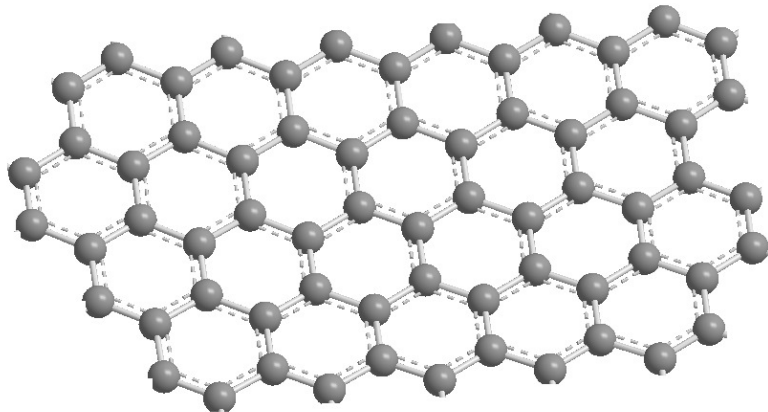
4.結果分析：甲基紅溶液起始濃度愈高，碳粒吸附導致的濃度差愈大。

陸、討論

一、橡皮擦的主要成分是天然橡膠(聚異戊二烯)，合成橡膠(聚氯丁二烯)或聚氯乙烯為主。前兩者聚合物每單元有一個雙鍵。我們原本以為橡皮擦會吸附染料，達到去汙漬的效果。但實驗證明：不管是有色離子或甲基紅，它的吸附力都不大。之所以可以去除鉛筆字(石墨)，應該是加入氧化鋁增加對碳的吸附。以及增加石英粉與浮石粉的比例，增加硬度，磨去紙上的墨水所致。

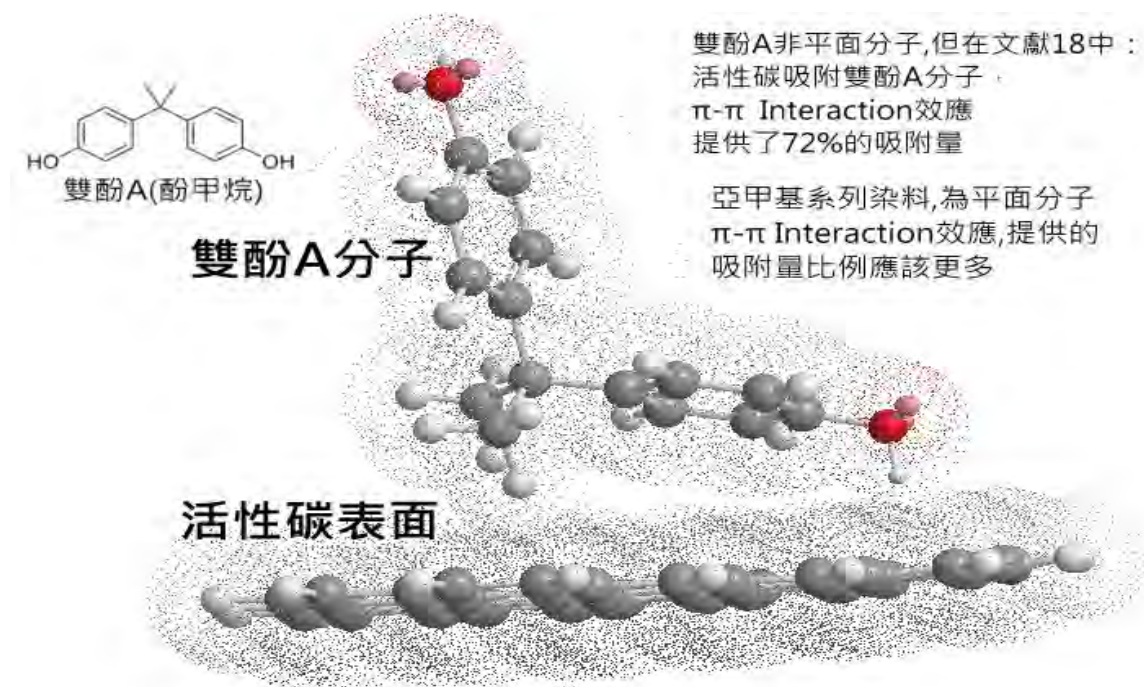
二、以濾紙碳囊吸附各種化合物溶液，探討化合物種類與吸附現象的關係。

(一)活性碳的表面結構是和石墨一樣的晶體。只不過它的碳原子六角形環狀平面(如圖四十)形成的層狀結構零亂而不規則，晶體形成有缺陷。而其內部到處都是細孔，這些細孔的尺寸，可以小到約 0.1 nm，因此它的比表面積很大。



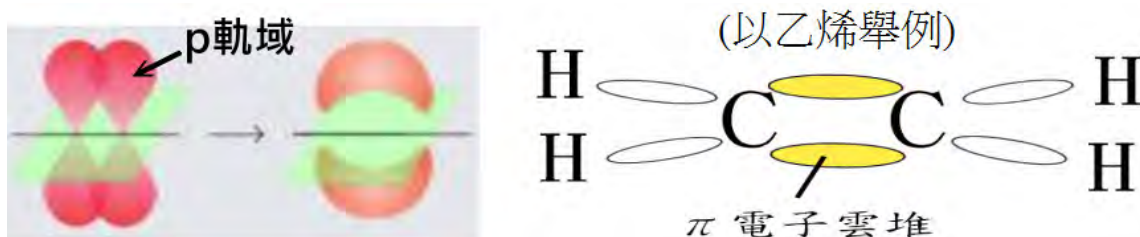
圖四十:活性碳表面碳原子排列成類似石墨的結構

(二)活性碳吸附作用的形成，主要存在二種理論¹⁸，一種是 $\pi - \pi$ Interaction 效應，另一種是活性碳表面的羰基官能基團，吸引染料分子上電子雲較集中的官能基，形成鍵結。根據查到的文獻¹⁸：活性碳吸附雙酚 A 分子， $\pi - \pi$ Interaction 效應提供了 72%的吸附量，而官能基之間的吸附力，只提供了 28%。只要分子足夠靠近，這些作用力都會產生。這種把物質吸住的作用，應該屬於化學吸附。



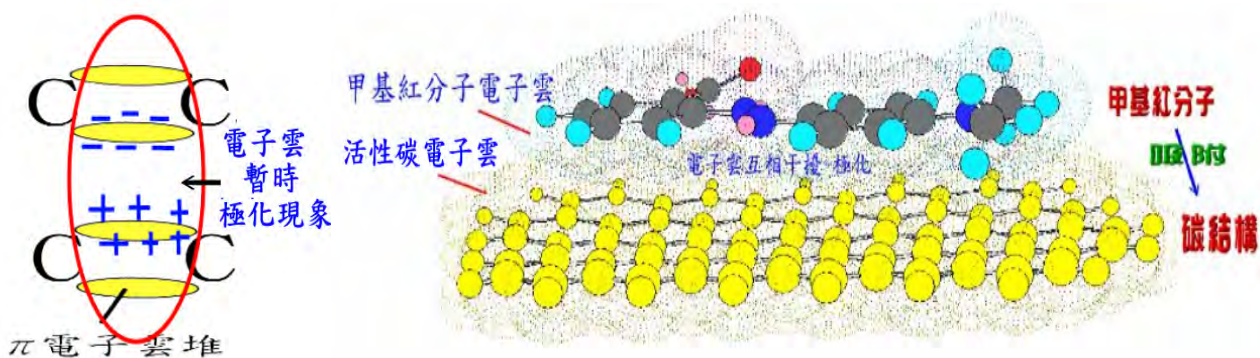
圖四十一：雙酚 A 分子與活性碳表面立體結構示意圖

(三) 兩個原子間擁有雙鍵和三鍵的鍵結中，通常有一個 σ 鍵，餘下的則是 π 鍵。 π 鍵是由於平行軌道重疊形成的，兩個 p 軌道縱向的相遇，形成比 σ 更弱的鍵(兩個 p 軌域形成一個 π 鍵)。 π 鍵中的電子被叫做 π 電子。

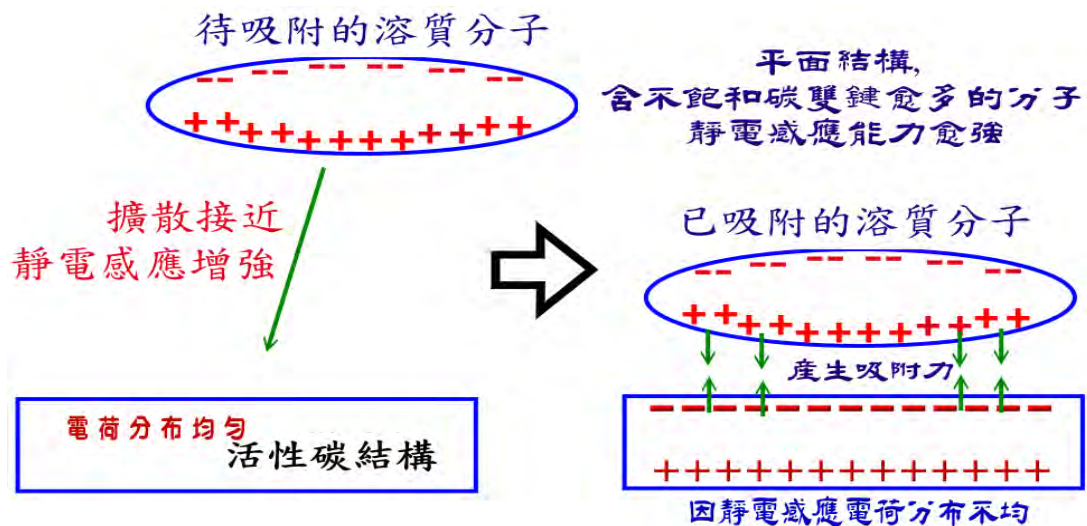


圖四十二： π 電子示意圖

當兩個都帶有較多的碳-碳 π 鍵的吸附質與吸附劑互相接近時，兩者所帶電子雲將會產生暫時性極化現象，表面之電子分布產生變化，而分子間彼此吸引，產生倫敦分散力。這種類似「感應起電」的情況，稱之為 π - π Interaction。

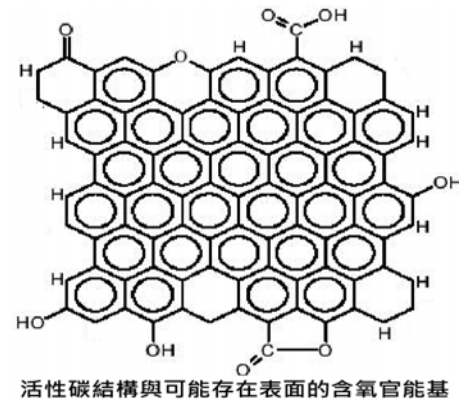


圖四十三： π - π Interaction 原理示意圖



圖四十四: 溶質分子擴散接近活性碳，產生 $\pi - \pi$ Interaction，進而發生吸附示意圖

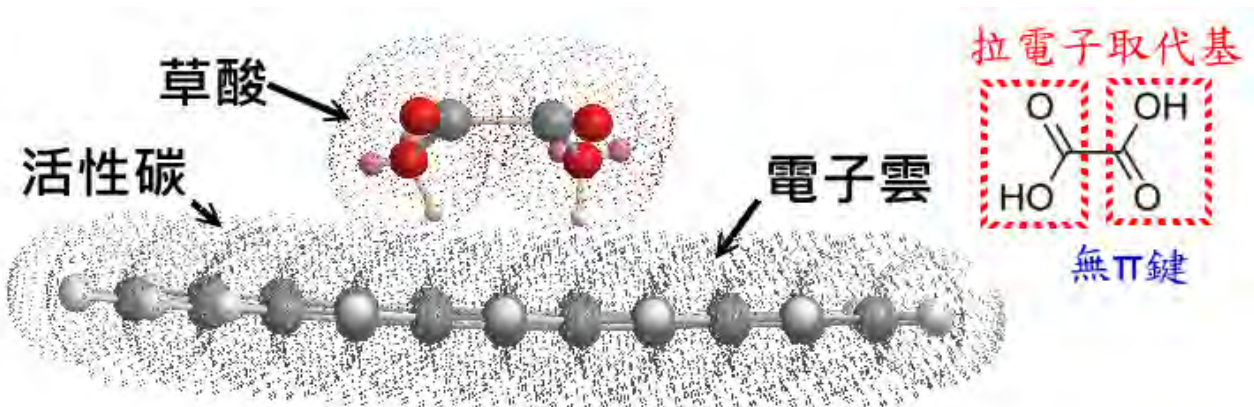
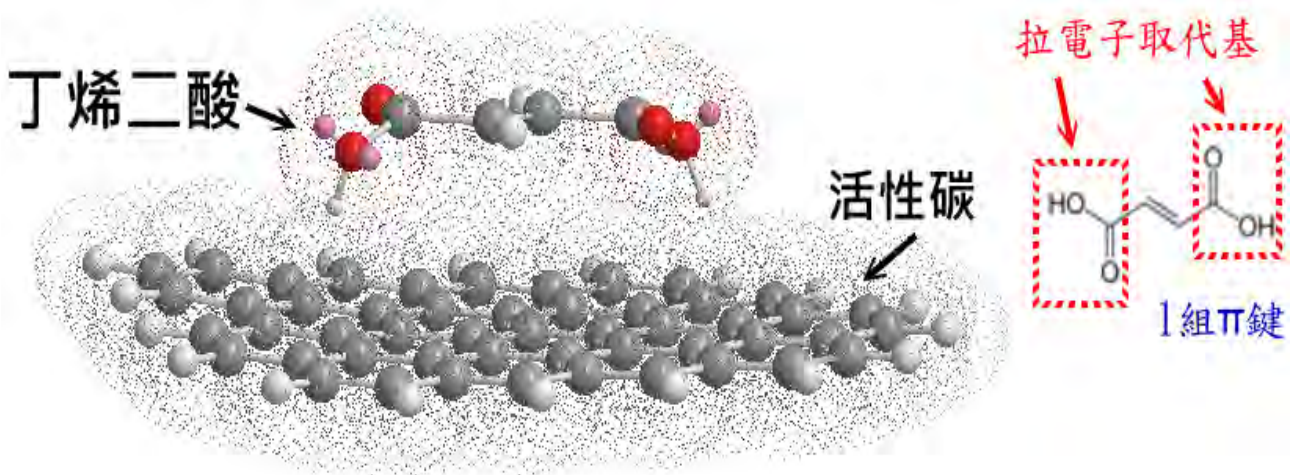
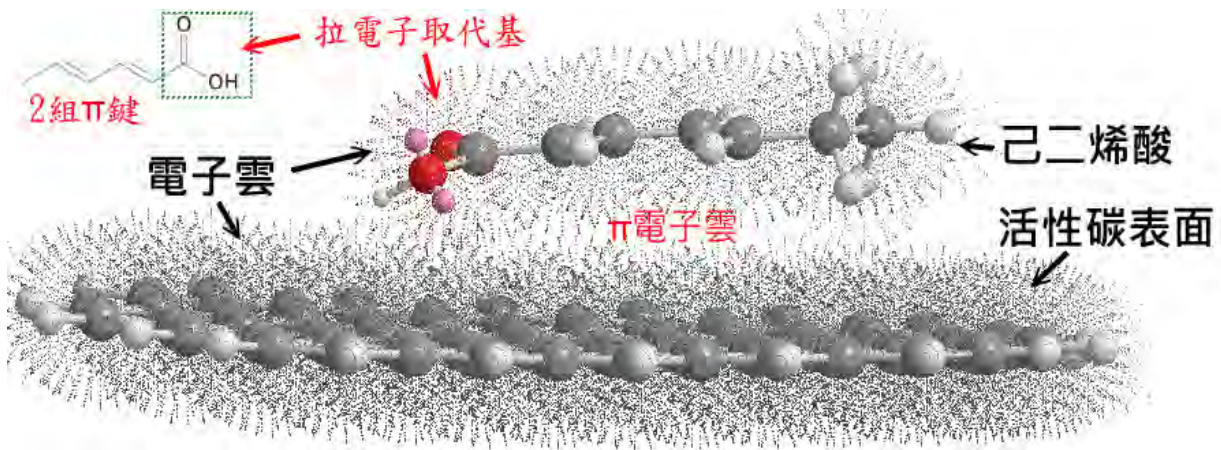
(四) 濃度 0.1M 過渡金屬鹽類與鹼金屬、鹼土金屬鹵化物、硝酸鹽，碳酸鹽類 (1M)，這些高濃度的溶液，對於活性碳的吸附百分率，大都只有在 5% 以下，與染料比較 (甲基紅初濃度為 $10^{-4}M$ ，吸附率 83.6%)，活性碳吸附簡單 (根) 離子的能力很小。由理論上來說：離子性物質因為具有永久性偶極矩， π 電子雲分布少，無法與活性碳表面形成 $\pi - \pi$ Interaction，才較難被吸附。但有研究顯示¹⁹：活性碳對水溶液中金屬離子之吸附，有部分是來自於活性碳上之某些缺陷和凡德瓦爾吸引力所貢獻，但一般仍認為表面之官能基扮演著最主要之角色，在這其中羧基(carboxyl)、羥基(hydroxy)及內酯類(lactones)由於和金屬離子有相當高之親和力，因此是金屬離子之主要吸附位置。



(五) 草酸與不飽和有機酸會還原過錳酸鉀使其濃度降低，同時草酸氧化成二氧化碳，丁烯二酸及己二烯酸的雙鍵氧化成單鍵。而這些有機酸若被活性碳囊吸附後，會導致起始濃度降低，因此所能還原的過錳酸鉀較少，過錳酸鉀吸收度會較未吸附高。結果發現，**分子最大，雙鍵最多的己二烯酸**，被活性碳吸附的量最大。

吸附率：己二烯酸 > 丁烯二酸 > 草酸

	π 鍵數	-COOH 拉電子 取代基個數	$\pi - \pi$ Interaction 效應強度	實驗所得結果
作用	增加電子雲 密度與範圍	降低 電子雲密度	效應愈強 吸附量越多	吸附量越多, 過錳酸鉀被氧化越少
己二烯酸	2	1	最強	過錳酸鉀剩下濃度高 己二烯酸被活性碳吸附多
丁烯二酸	1	2	中等	過錳酸鉀剩下濃度中等 丁烯二酸被活性碳吸附中等
草酸	0	2	最弱	過錳酸鉀剩下濃度最低 草酸被活性碳吸附少

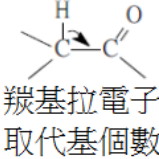


圖四十二：草酸、丁烯二酸、己二烯酸與碳結構關係示意圖

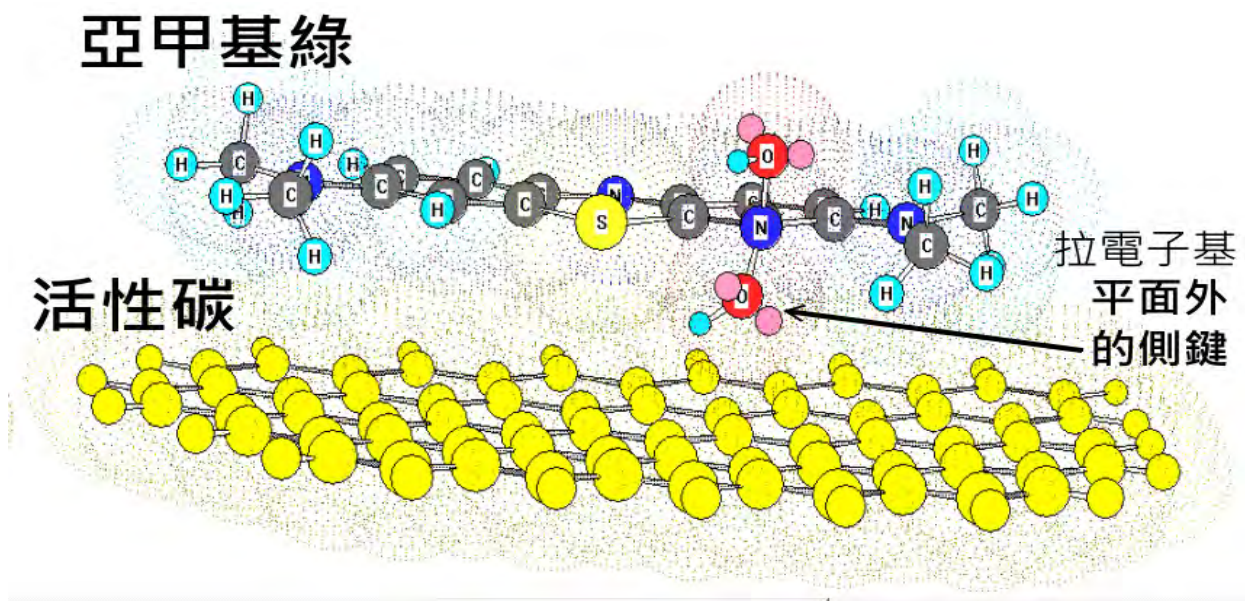
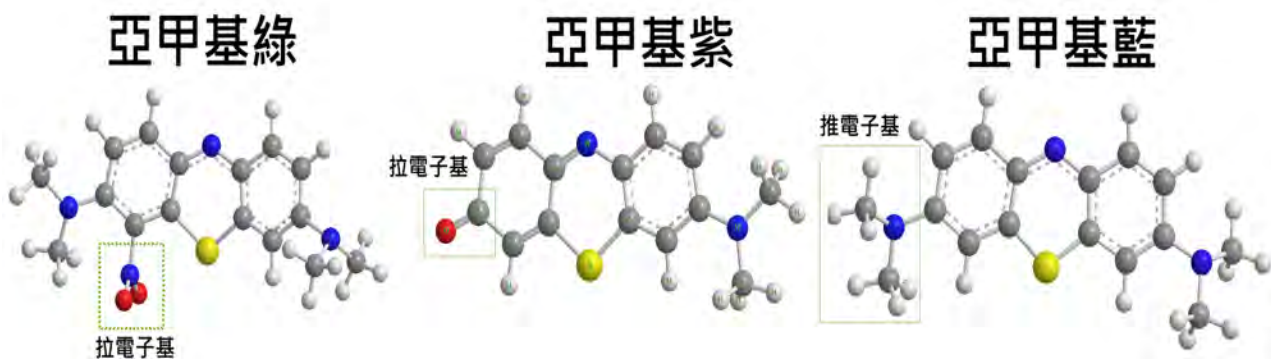
(六) 活性碳與具有苯環的染料（亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫）， π 鍵數量多，且分子幾乎為平面結構，產生的 π - π interaction 更強，而造成高度的吸附。吸附量大小比較：

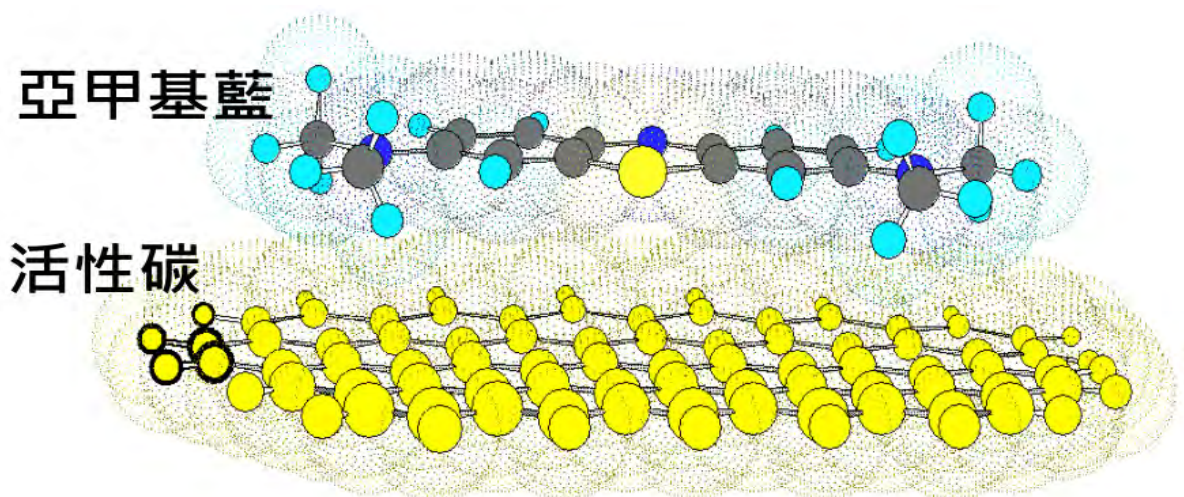
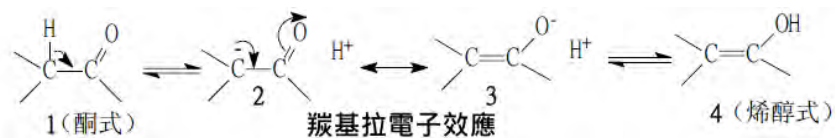
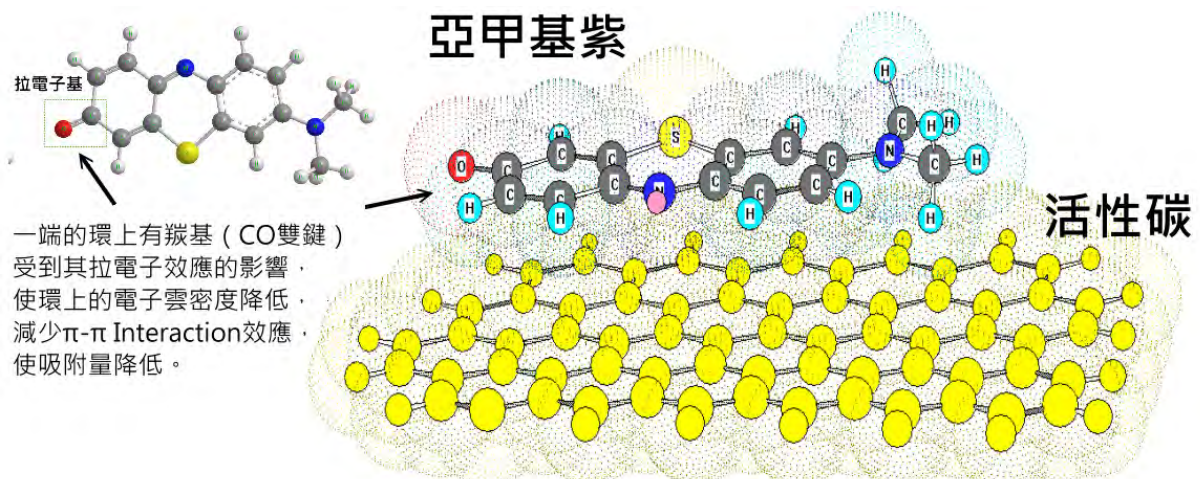
亞甲基藍 > 亞甲基紫 > 亞甲基綠

檢視三個分子的化學結構，分析如下：

作用	$\pi - \pi$ Interaction 效應強度				立體阻礙	實驗結果
	三個環內原子排列方式	-N(CH ₃) ₂ 推電子取代基個數	 羰基拉電子取代基個數	-NO ₂ 拉電子取代基個數		
亞甲基藍	全部相同	2	0	0	所有碳、氮、硫、氧幾乎在同一平面上	吸附量最多
亞甲基紫		1	1	0		吸附量中等
亞甲基綠		2	0	1	-NO ₂ 取代基凸出平面	吸附量最少

1. 亞甲基綠在平面上下的側鍵(-NO₂)，增加了兩個平面分子間的距離，這應該是它在三者比較下，最小吸附量的原因。
2. 與亞甲基藍比較，亞甲基紫少了一個-N(CH₃)₂ 推電子取代基，卻多了一個羰基，拉走苯環上的電子，使吸附量降低。





圖四十三：亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫與碳結構關係示意圖

三、於甲基紅水溶液中，放入活性碳濾紙碳囊吸附甲基紅分子。研究**吸附過程溫度、吸附時間、甲基紅溶液初始濃度**等變因對吸附現象的影響。

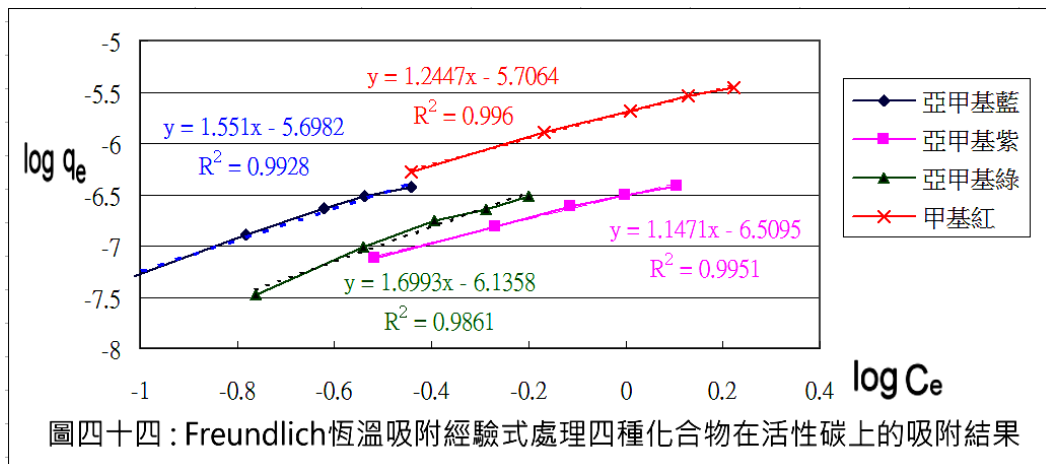
(一) 碳粉質量越多，吸附量越多。

(二) 溫度愈高吸附的量愈大，在 35°C 以上，吸附 $>95\%$ ，溫度對吸附有兩方面的影響：
 1. 剛開始吸附時，高溫使吸附速率加快，且不同的溫度會有不同程度的吸附平衡。
 2. 高溫使分子能量增加，變得更自由，可能脫附的更快。

但在本研究中溫度上升，並未發現碳表面脫附 $>$ 吸附的現象。

(三) 時間增加，甲基紅被吸附到碳上的量也增加，0 到 10 小時，吸附 (正反應) 速率較脫附 (逆反應) 速率還快 (見圖卅八)，前 10 分鐘斜率較大，之後吸附速率逐漸變慢，脫附速率則逐漸變快。圖形斜率也減緩而達到平衡 (水平)。所以使用碳來吸附時，如果達到一定時間 (吸附平衡)，就要將其進行脫附，或投入新的碳，才有可能繼續吸附而降低溶液濃度。

四、以 Freundlich 恆溫吸附經驗式處理甲基紅、亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫，與包入濾紙中活性碳的吸附平衡現象。結果發現：Freundlich 恆溫吸附模型對四種物質都有良好的線性關係。但 Langmuir 恆溫吸附模型算出的 R^2 值，只有 0.2~0.9，線性關係不強。



圖四十四：Freundlich 恆溫吸附經驗式處理四種化合物在活性碳上的吸附結果

恆溫吸附模型	吸附模型基本假設	適用	本研究可能符合的實驗結果
Freundlich 恆溫吸附模型	同一個分子，可被活性碳表面二個以上位置同時吸附	吸附力強的吸附劑	活性碳吸附四種平面染料分子 $\pi - \pi$ interaction
Langmuir 恆溫吸附模型	活性碳以表面有限的吸附位置(特殊官能基)對目標物進行單分子層的吸附	吸附力弱的吸附劑	活性碳吸附離子(驗證中)

Freundlich 恆溫吸附模型良好的線性關係，同時也證明 $\pi - \pi$ interaction 的確是甲基紅、亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫四種分子與活性碳之間，最主要的吸附力。

五、為了更深入研究吸附現象，我們把未來目標放在實驗與吸附理論的驗證上，希望能研究出更多的科學真相。

柒、結論

- 一、橡皮擦對硫酸銅、氯化亞鈷、甲基紅的吸附能力差。幾種固體材質中，以活性碳對甲基紅的吸附力最強，因此選為這次研究的主題。
- 二、設計以屈折度計作檢量線，測量活性碳對無色鹽類水溶液的吸附能力。以光度計測量活性碳對硫酸亞鈷、硫酸亞鎳、硫酸銅的吸附力。結果皆顯示：離子性物質因為具有永久性偶極矩，活性碳對其吸附力不強。
- 三、以包活性碳的濾紙囊，與不包濾紙的活性碳吸附甲基紅等染料，沒包碳囊時，活性碳有較大的接觸面積，故有較大的吸附量。
- 四、研究活性碳對染料(亞甲基紫、甲基紅、亞甲基綠)的吸附力比較。
 - (一) 與金屬鹽類水溶液相比，活性碳對甲基紅、亞甲基系列，有較強的吸附能力。
 - (二) 活性碳對有機染料的吸附能力強弱。

亞甲基藍 > 亞甲基紫 > 亞甲基綠

我們認為與這些染料的結構有關：

1. 亞甲基綠在平面上下的側鍵，增加了兩個平面分子間的距離，使吸附率最小。
2. 亞甲基系列染料，兩側苯環上，推拉電子取代基，會造成 $\pi - \pi$ interaction 的變強或變弱，而影響吸附。立體凸出平面的取代基，造成阻礙，也會使吸附變弱。

五、活性碳對分子最大，碳-碳 π 鍵最多的己二烯酸，有最大吸附量。吸附程度與碳-碳 π 鍵數量有關，沒有碳-碳 π 鍵的草酸吸附量最少。

吸附率：己二烯酸 > 丁烯二酸 > 草酸

六、於甲基紅水溶液中，放入活性碳濾紙碳囊吸附甲基紅分子：

(一)活性碳的質量越多，其吸附量越大。

(二)吸附量越大。但是活性碳在 35°C 以上的環境中，則會達到吸附與脫附的平衡，而會有飽和的現象產生。

(三)時間越長，吸附量越大，但在吸附 20 小時之後到達一個平衡的狀態。

七、甲基紅、亞甲基藍、亞甲基綠、亞甲基紫四種分子與活性碳之間的吸附，符合 Freundlich 恆溫吸附模型良好的線性關係 (Langmuir 恆溫吸附模型線性關係差)，同時也證明 $\pi - \pi$ interaction 的確是它們之間最主要的吸附力。

捌、參考資料

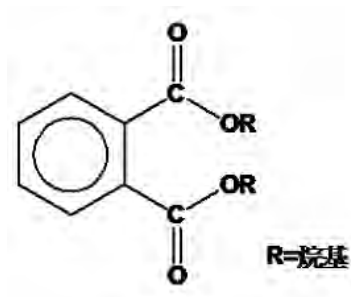
- 1.陳振正、潘業忠(1999) 競爭吸附模式。大仁學報，17，115-130。
- 2.何淑珠、吳建民、劉鈺仕(1998)。以活性碳吸附甲烯藍之反應動力式及恆溫吸附模式之探討。光武學報。191-206 頁
- 3.洪崇彬、王松永(2002)。利用傅立葉轉換紅外線光譜 FTIR 鑑定活性碳表面含氧官能基。林產工業科技新知，21，305-310。
- 4.劉瑞美、陳世雄、許菁珊、洪睦雅、黃傳安、程士豪、李砥中(2001)。以硫酸亞鐵活化劑製備椰殼活性碳及其對酸性染料之去色。嘉南學報，27，78-88。
- 5.劉鎮宗、陳志浩、黃香儒、蔡嘉松、林研希、張章堂(2002)。添著活性碳對甲苯吸附處理與等溫吸附特性之研究。宜蘭技術學報，9，141-152。
- 6.林哲仁(1995)。淺談活性碳吸附現象之影響因素。環境工程會刊，第六卷，第二期，11-15。
- 7.林哲仁(1995)。活性碳之評估與選擇。環境工程會刊，第六卷，第一期，21-29。
- 8.曾如玲、吳豐智(2003)。四種產業廢棄物製備活性碳之孔隙結構與吸附行為。聯合學報，第二十三期，155-168。
- 9.張宗(1999)。應用活性碳吸附法降低 L-丁烯二酸中富蘋酸含量研究。海峽藥學，1999 年第 2 期第 11 卷。民 94 年 2 月 17 日，取自：<http://www.windrug.com/pic/30/15/15/18/11/0706.htm>
- 10.蕭翌柱、陳威臣等人(2004)。活性碳的理化性狀及其在植物組織培養上之應用。科學農業，第 51 卷 第 9、10 期，225-234。
- 11.林日新、林又新(1995)。不同活化製程對自製活性碳吸附效果之研究。150-160
- 12.高啟維、張家榮等人(1992) 影響活性碳吸附的變因及其應用。129-137
- 13.李秉正、劉政宇、雷智平、黃張根(2010)，簡單芳香化合物的結構和性質對活性碳吸附行為的影響，燃料化學學報第 38 卷第 2 期。
- 14.楊惠珠(2008) 利用奈米碳管吸附水中壬基苯酚之研究 國立臺灣大學工學院環境工程學研究碩士論文。

- 15.儀器總局(2004)。分光光度計原理說明。民 100 年 6 月 14 日，取自：
http://www.17pro.com.tw/Factory_Meun/%E5%88%86%E5%85%89%E5%85%89%E5%BA%A6%E8%A8%88%E5%8E%9F%E7%90%86%E8%AA%AA%E6%98%8E%20.pdf
- 16.維基百科。民 100 年 6 月 14 日取自：<http://www.wikilib.com/wiki?title=%CE%A0%E9%94%AE&variant=zh-hk>
- 17.小橡皮擦裡的大學問，<http://dampal.pixnet.net/blog/post/29491064>
- 18.劉桂芳、馬軍(2008)，改性活性碳對水溶液中雙酚 A 的吸附研究，環境科學第 29 卷第 2 期
- 19 李中光 (2010)，微奈米碳球在吸附劑製備上之應用。桃園縣大學校院產業環保技術服務團環保簡訊。民 100 年 6 月 14 日，取自 <http://setsg.ev.ncu.edu.tw/news%20letter/epnews6-1-1.html>
- 20.活潑亞甲基反應。民 100 年 6 月 14 日，取自 http://jpkc.zju.edu.cn/k/146/Organic_Chemistry_Level_2_CN/Slides/12.pdf

玖、未來展望

※預計暑假完成實驗：

※2011 年 5 月，台灣爆發食品添加塑化劑事件。在塑膠原料加工時，添加塑化劑可以使其物理性質變為較為柔軟，製造成擁有各種韌性的軟硬度、光澤的成品，其中愈軟的塑膠成品所需添加的塑化劑愈多。在課本裡也一在強調塑膠容器不要盛裝高溫液體，可能會有有毒物質釋放出來。在上個實驗裡，我們用過錳酸鉀測量有機酸的濃度，利用其氧化性，也可以用來測量被水溶出，原本在塑膠中的有毒物質。而且塑化劑大都為鄰苯二甲酸(右圖)的酯類，具有苯環的 π 電子，應該也會被活性碳吸附而除去，於是我們想要進行這個實驗。



以 50°C 純水溶解各類塑膠容器碎片成溶液試樣，分成添加活性碳與不加活性碳兩組再以過錳酸鉀氧化，藉由溶液吸收度的變化，觀察塑膠溶出物質量的變化。



剪下塑膠樣本



50°C 純水溶解塑膠內含物 3 天



溶液樣本加入活性碳,與不加活性碳樣本恆溫 50°C 放 3 天



過濾活性碳



過濾後液體,加入過錳酸鉀溶液



等待過錳酸鉀氧化達到平衡-14 小時

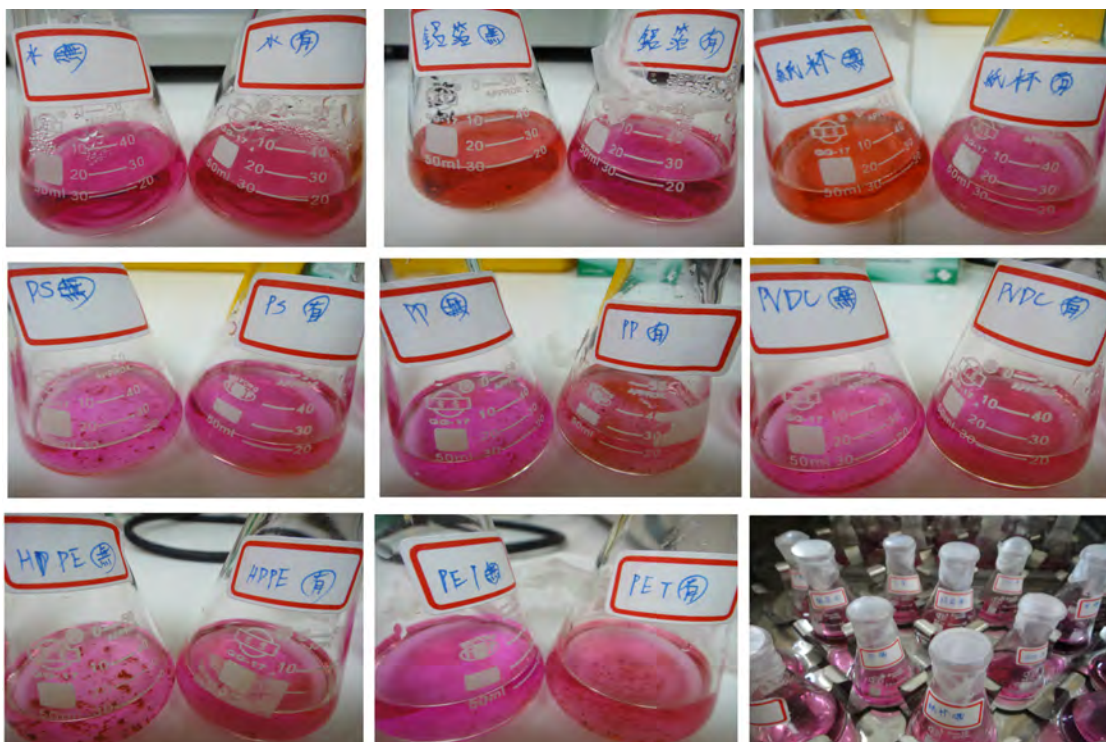
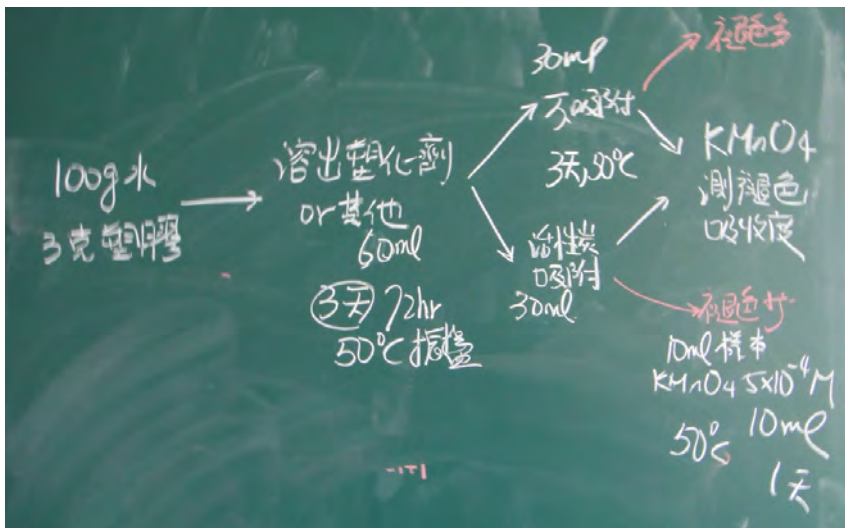


測加過錳酸鉀試樣的吸收度

目前進度：試樣過錳酸鉀吸光度 < 水的過錳酸鉀吸光度，表示有物質溶出，使過錳酸鉀褪色

待測物	有放活性炭 過錳酸鉀吸光度		無放活性炭 過錳酸鉀吸光度	
	546nm	525nm	546nm	525nm
水	0.524	0.560	0.583	0.635
鋁箔	0.512	0.539	0.482	0.506
PS	0.467	0.497	0.473	0.491
PVDC	0.471	0.484	0.498	0.506
PP	0.383	0.391	0.493	0.519
HDPE	0.410	0.465	0.340	0.361
PET	0.417	0.457	0.482	0.515
紙杯	0.504	0.528	0.516	0.550

數據裝置改良整理中…….



【評語】 040201

1. 研究題目有應用價值，研究內容亦充實，研究成果沒有太大突破。
2. 活性碳吸附的解釋符合一般的認知。
3. 活性碳吸附無機溶液之可行性不高。