

臺灣二〇〇七年國際科學展覽會

科 別：環境科學

作 品 名 稱：生活中的碳-探討自製的活性碳之吸附雜質
及竹炭屏蔽電磁波效應

得 獎 獎 項：佳作

學校 / 作者：高雄市立高雄女子高級中學 賴泓茵
 高雄市立高雄女子高級中學 潘怡安

作者簡介



I'm Lai Hung Yin, a senior high school student in Kaohsiung Girls' Senior High School. Since I was little, I have been curious about the world. Lots of phenomena in nature always catch my eye and arouse my desire to find out the cause and effect behind them. Whenever I encounter the difficulties in figuring out answers, they become more fascinating to me.

As a high school student in Taiwan, I have to deal with heavy schoolwork. But still, I join the science research club in school and participate in scientific display competition. For me, it is a meaningful and challenging experience, from which I learn a lot, thus expanding my horizons.

作者簡介



I'm Alice Ian Pan, a senior high school student in Kaohsiung Girl's High School. I'm very interested in science, enjoying doing experiments and reading Scientific American. It's fascinating for me to explore natural phenomena and conquer challenges.

Even with heavy schoolwork, I still participate in science exhibition, where I can learn more. For me it is a great chance to improve myself and hope I can do well.

目錄.....	P .01
Abstract	P .02
壹、中文摘要.....	P .03
貳、研究動機.....	P .03
參、研究目的.....	P .04
肆、研究設備及器材.....	P .04
伍、文獻探討.....	P .05
陸、實驗流程.....	P .07
柒、實驗研究步驟、結果及討論.....	P .08
捌、實驗結論	P .77
玖、參考資料及其他.....	P .79

Abstract :

During the ravage of SARS, a great amount of activated carbon was imported to Taiwan, leading to the shortage of activated carbon for emergent use in our country. In view of this phenomenon, we investigated six kinds of wood that are most common on the market and processed them into twelve kinds of activated carbon. We found that different activated carbon has distinct adsorptive power on different substances by observing the adsorption in the colored solutions. In quantitative experiments, we applied substances of different sizes and properties (chlorine ions, ammonium ions, glucose molecules, arsenic(III) oxide) to compare the adsorption of these twelve kinds of activated carbon. We found that each substance is adsorbed the most by a certain kind of activated carbon. Then we observed the apertures of activated carbon under stereoelectric microscope and contrast the result with adsorption. We had two following findings:

- <1> Activated carbon has better adsorption if its apertures fit the adsorbate molecule well in size.
- <2> Wood itself doesn't have electric charge. But sometimes the minerals contained would enable it to have electric charge. We have to take the electric charge into consideration in the experiment if necessary.

At the same time, in a modern life, the contact between us and electronic waves are not avoidable. Electronic waves with different frequency have varied characteristic and therefore cause dissimilar influences on humans. The news reports keep on showing the charcoal can shield us from electronic waves. Therefore, we want to find the causes why the charcoal affects the electronic waves.

During the process of the research, we find that the total of all electronic waves released by electricity tower, mobile phones, household electronics are within the secure spec. The charcoal has to be burned higher than 550°C and then it can generate the electric conduction graphite structure inside and then it can have the shielding function.

壹、中文摘要：

有鑑於 SARS 期間活性碳口罩因原料均從國外進口，而造成活性碳急需用時的短缺，於是我們的研究是以國內最常見的木材自製成活性碳，並探討活性碳對生活週遭常見物質的吸附能力。我們利用六種不同的木材配合兩種活性化方法來製成不同的十二種活性碳，觀察活性碳對有色溶液的吸附效果，發現不同的活性碳對不同的物質有不同的吸附效果。在定量實驗中，我們採用不同大小、不同性質的物質依次為氯離子、氨分子、葡萄糖分子及三氧化二砷等，用十二種不同的活性碳作吸附效果的比較，發現每種物質都有對其具有最佳吸附能力的活性碳。再利用電子顯微鏡觀察並測出活性碳孔洞的大小，將結果與活性碳對各種物質的吸附能力相對應而得知，【1】活性碳的孔洞大小與物質質點相容性大即得最好的吸附效果【2】雖然木材本身並不帶電，但其中所含的礦物質可能會具有電性，所以在必要情況下亦可將電性列入考慮。

同時，在現代化的生活環境中，人們與電磁波的接觸已無可避免；而電磁波因頻率的差異而有不同的特性，因此對於人們的影響也不相同，新聞報導中常出現宣稱竹炭具有遮蔽電磁波的效果。於是我們深入地去探討竹炭對電磁波的影響原因。

在我們實際測量過程中發現，基地台、高壓電塔、行動電話和家庭電器所釋放之電磁波總和均在安全範圍之內。竹炭的燒製溫度須達 550°C 以上才可在內部形成具有導電性的石墨結構才進一步具有屏蔽效果。

貳、研究動機：

活性碳在目前是一種廣為被應用的物品，在工業上可用來防塵及污水處理；在醫學上，可用來防止病毒或細菌；而家庭中的許多物品例如 RO 逆滲透也需要它；可見活性碳與我們的生活息息相關。有鑑於 SARS 肆虐時活性碳使用量大增，而且我國大部分的活性碳均從外國進口，其材質均為椰殼製作（效果未必最好，只因價錢便宜之利）而造成國內的短缺。於是我們調查市面上木材行中最常見的六種木材（柚木、楓木、山毛櫸、橡木、白木、檜木）將之作成活性碳，並以生活及工業中常見之離子或分子，比較其間因材質不同所造成吸附能力之差別。

竹產業曾是台灣南投地區非常重要的傳統民生產業，民國 50 至 70 年間為最興盛的時期，然而因新式材料的崛起和普及化，及工資成本過高，已使竹產業競爭力急速下降。近年來則在各界努力下，竹產業已成功轉型成製作竹炭並重新與民生生活接軌。

現代家庭的電氣化現象相當普遍，但也顯示電磁波更深入到每一個人的生活週遭；而近年來一些研究報告中指出，長時間暴露在電磁波下將對於人體產生不良的影響，所以我們想經由對竹炭做一連串的研究以瞭解竹炭抗電磁波的原因，並將之應用於日常生活中電磁波的屏蔽。

參、研究目的：

- 一、認識活性碳吸附雜質的原理。
- 二、將不同的木材自行利用高溫爐來燒製活性碳，同時研究其對生活週遭環境常見離子或分子的吸附效果差異性並探討其原因。
- 三、認識電磁波的成因、特性、功用及對人體的影響，並組裝一台可檢測竹炭屏蔽電磁波效果的簡易儀器。
- 四、比較孟宗竹等材質在不同的炭化溫度及不同的燒製過程對屏蔽電磁波效果的差異性並探討其原因。
- 五、利用 SEM 圖、導電度、XDR 圖來解釋活性碳吸附雜質及竹炭屏蔽電磁波的效應。

肆、研究設備及器材

儀器與藥品				
高溫爐	三用電表	電磁場強度計	陶製鍋子	電磁爐
高斯計	木工切割器	圓盤砂帶機	血糖濃度計	電子天秤 (AND HF-400)
電磁加熱攪拌器 (PMC)	離子交換樹脂 (LC)	穿遂式掃描電子顯微鏡 (SEM)	導電度儀	XRD 光譜儀
木材材料				
白木	檜木	楓木	橡木	山毛櫸
柚木	孟宗竹	麻竹	南檜	白千層
南洋雜木	備長炭 A	備長炭 B	木炭 A	木炭 B
其他				
50M 捲尺	標籤紙	夾鏈袋	鐵夾子	碼錶
鋁箔紙	微波爐	鋸子	開山刀	數位相機

伍、文獻探討

一、碳活化的分類：

分類依據	分類	定義	特性
依製作方法分類	化學法	將含碳原料與一些特定藥品混合進行熱處理，製取活性碳的方法。用此方法生產的碳稱為化學法	化學法活性炭屬於中孔或微孔，主要用於液相吸附精製和溶劑回收的氣相（蒸氣）吸附場合。
	物理法	以碳為原料，用水蒸氣、二氧化碳、空氣或他們的混合物在高溫下進行活化製取的方法。用此方法生產的活性碳稱為物理法	物理法活性炭的微孔發達，主要用於氣相吸附場合或小分子液相吸附場合。
	物理-化學法	選不同的原料和不同的物理法及化學法的組合，可以對碳的孔洞進行調控。	今後世界各國發展的趨勢。

（一）碳的活性化：

由於碳化的過程中，常有許多膠質物及其他物質形成，附著於碳結構邊緣上，甚至堵塞部分孔隙，降低許多表面積而影響吸附能力，故需借活化過程使木材碳化時孔隙增多，以增加其表面積而提昇吸附能力。大致上，可分為物理性活化的氣體活化法與化學性活化的藥品活化法。

（二）氣體活化法：

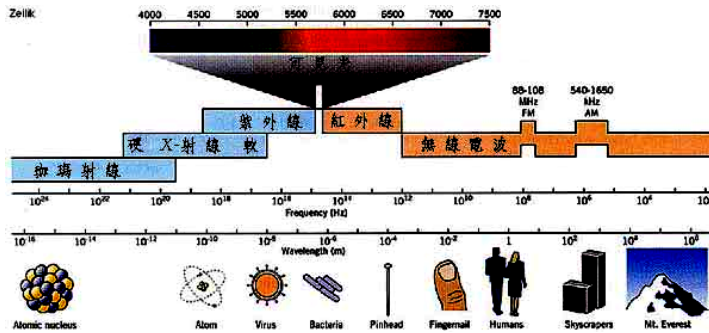
碳化後的初級碳原料於高溫下與水蒸氣、二氧化碳、及其他氣體藉由氧化而產生的多孔性吸附碳。氣體活化過程大致上可分成兩階段，第一階段，加熱過程中初級碳的內部會被選擇性分解消耗，原構造中的閉鎖孔洞會被打開，因而使內部的表面積急速增加；第二階段，氣體反應中，構成微細碳孔洞的部分碳開始反應消耗，開始形成組織複雜的大孔徑孔洞。孔洞的形成與氧化反應中碳的消耗量有密切的關係，消耗率 50% 以下者，以微細孔洞為主體的碳；消耗率 75% 以上者，大型孔洞會增加；在兩者之間，則形成微細孔及大型孔洞均勻分布的活性碳。

二、認識電磁波的成因、特性、功用及對人體的影響

（一）電磁波成因

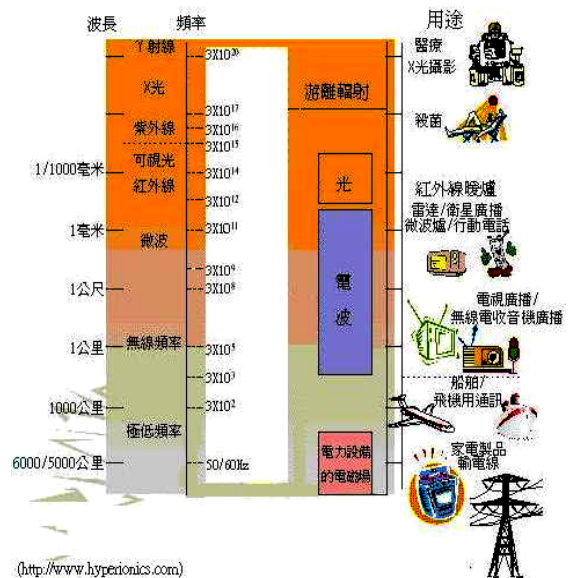
電子傳播速度變化時，周遭電場大小產生變化 且磁場大小也隨之改變，而電場與磁

場間相互感應會造成一波列，稱為電磁波。電磁波之傳播並不需要媒介物，是電磁場振盪的結果。電場和磁場方向與波的傳播方向互相垂直。電磁波之波譜所包括之頻率範圍甚廣，約可分為下列七類：



(二)電磁波的特性及功用

不同頻率的電磁波有不同的功用，例如醫療、通訊、探測、照明……等，而現今最廣為人知的還是通訊上的利用。下圖為電磁波的功用及其相對頻率與波長。



(三)電磁波對人體的影響

雖然說電磁波便利了人類的的生活，但是也帶來了許多負面的影響。最近許多醫療報導指出，電磁波可能會對人體造成傷害。電磁波可視為傳遞能量的一種方式，輻射種類可分為三種：

1. 游離輻射：可破壞生物細胞分子，如伽瑪射線、X光。
2. 有熱效應的非游離輻射：不會破壞生物細胞，但會產生溫度的變化，如可見光、紅外線。
3. 無熱效應的非游離輻射：不會破壞生物細胞，也不會產生溫度的變化，如無線電波、電力磁場。

近來民眾相當關心，人體在使用通訊器材或長期曝露在電磁波環境下是否會對人體產生不良的影響，從我國交通部電信總局的研究報告及各國(美國、挪威、瑞典、澳洲等)的研究報告顯示出，無論是職場上受電磁波的影響，或者是使用通訊器材，皆會使人體罹患腦瘤，癌症、記憶力衰退、視力障礙等疾病的機率提高。但在這些研究中，各國目前仍未找出電磁波會造成人體影響的明確證據，即目前電磁波對人體傷害還在推測的階段，還無法有效證實，但仍建議民眾應儘可能減少暴露於電磁波中。

陸、實驗流程

隨著經濟所得的提高，國人越來越重視物質生活，市面上出現碳的產品更是數不完，如活性碳口罩、竹炭洗面乳…等，就是利用碳的高吸附特性，於是我們想利用市面上木材行中最便宜、最常見的木材及竹子將其作成活性碳和竹炭，並探討活性碳的吸附與竹炭的遮蔽電磁波效果。

第一部分 活性碳之研究

實驗一：活性碳的製備

實驗二：以電子顯微鏡觀察活性碳的孔洞

實驗三：各種不同的活性碳對不同有色溶液吸附效果之定性觀察

實驗四：各種不同活性碳對氯離子吸附能力的定量研究

實驗五：各種不同活性碳對氨分子吸附能力的定量研究

實驗六：各種不同活性碳對葡萄糖分子吸附能力的定量研究

實驗七：各種不同活性碳對As₂O₃吸附能力的定量研究

實驗八：將市售活性碳同實驗三 ~ 實驗七之操作研究其吸附效果

綜合以上結果進行討論，並歸納出由不同的木材燒製的活性碳與市售活性碳的吸附效果之比較並作結論。

第二部分 竹炭之研究

實驗九：探討市售各種常見材質屏蔽電磁波的效果

實驗十：討論垂直和平行於年輪紋路對屏蔽電磁波效果的影響

實驗十一：討論不同材質製成的炭材對電磁波的屏蔽效果

實驗十二：討論不同溫度燒製成炭材對電磁波的屏蔽效果

實驗十三：討論不同時間燒製成炭材對電磁波的屏蔽效果

實驗十四：以導電儀測出炭材粉末的導電度。

實驗十五：以 XRD 光譜測出炭材中結晶性石墨的含量。

綜合以上的結果來進行討論，並歸納出活性碳吸附雜質及竹炭屏蔽電磁波的結論。

柒、實驗研究步驟、結果及討論：

一、實驗一：活性碳的製備

(一) 實驗目的：以物理法及化學法製備活性碳。

(二) 實驗藥品：

1. 木材（白木、檜木、楓木、橡木、山毛櫸、柚木）
2. 氯化鋅

(三) 實驗器材：

1. 高溫爐
2. 烘箱
3. 鋁箔紙

(四) 實驗步驟：

1. 物理法（水蒸氣活化法）

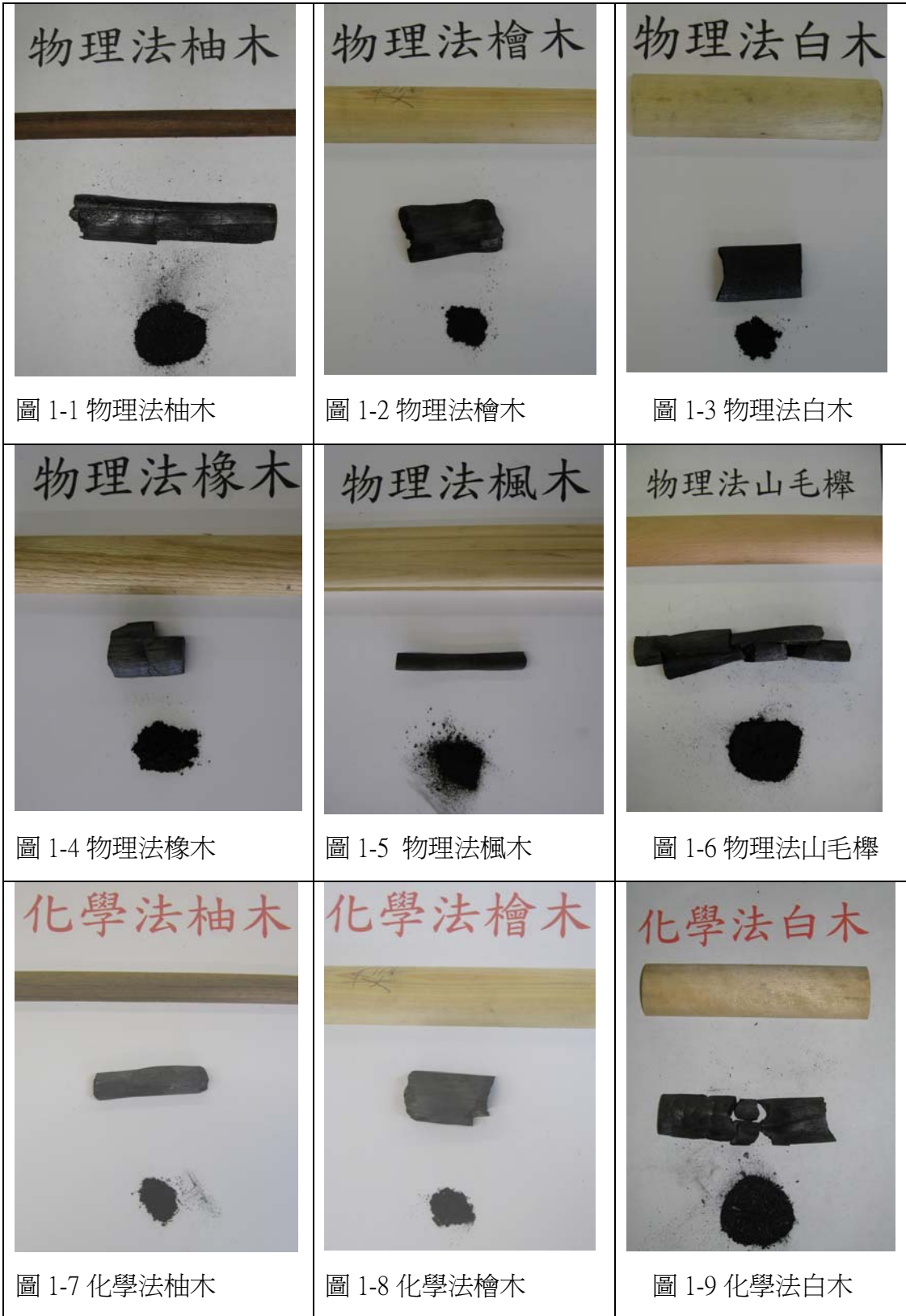
- (1) 將各種木材以鋁箔紙緊密包覆，以高溫爐加熱進行乾餾。
- (2) 將乾餾完的木材（初級炭）製入烘箱中，木材下方放一盆水。
- (3) 將烘箱設定為 150°C，時間設定為 8 小時即可。

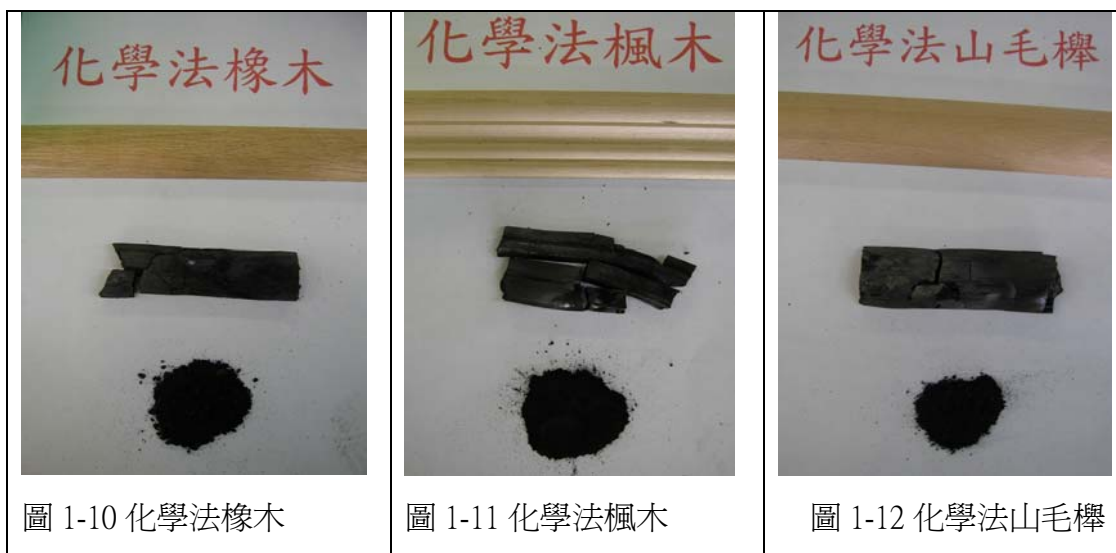
2. 化學法（藥品活化法）

- (1) 將各種木材浸入飽和氯化鋅溶液中三天。
- (2) 將木材自氯化鋅溶液中取出，以鋁箔紙包覆後以高溫爐進行乾餾即可。

(五) 實驗結果：

木質	紀錄項目	木材觀察紀錄	乾餾後觀察紀錄	活性化後觀察紀錄
物理法柚木 (圖 1-1)		色澤深，木肌粗糙，屬於散孔材，硬度 3.91	木紋變大有裂縫，內部可見方格狀的碳碎及微洞	質量明顯變輕，因長鏈碳雜質被排出，孔洞變多
物理法檜木 (圖 1-2)		黃灰色，年輪明顯、質堅韌木、肌均勻，硬度 2.39	木紋清晰可見，質地較鬆散，內部條紋斜向排列	
物理法白木 (圖 1-3)		淡黃白色，質地輕，屬於散孔材	外無明顯條紋，內部孔洞較別種木材為大	
物理法橡木 (圖 1-4)		木紋相互交叉，粗纖維組織，為開孔材	質地堅硬，內紋方向多與內部孔洞垂直排列	
物理法楓木 (圖 1-5)		細密纖維組織，淡褐色，屬於散孔材	組織細緻，質地較堅硬不易散開	
物理法山毛櫸 (圖 1-6)		紋理斜，富彈性，褐黃色屬於散孔材	質重，表面可見微粒狀突起，木紋不清楚	
化學法柚木 (圖 1-7)		色澤深，木肌粗糙，屬於散孔材，硬度 3.91	組織細密，側面剝開有緻密微洞分布，易碎	
化學法檜木 (圖 1-8)		黃灰色，年輪明顯、質堅韌木、肌細緻均勻，硬度 2.39	木紋依舊清晰可見，質地較物理法更鬆散	
化學法白木 (圖 1-9)		淡黃白色，質地輕，屬於散孔材	質輕易碎，內紋緊密排列，多微小孔洞	
化學法橡木 (圖 1-10)		木紋相互交叉，粗纖維組織，為開孔材	質輕，外紋不明顯，內紋與微小孔洞錯雜排列	
化學法楓木 (圖 1-11)		細密纖維組織，淡褐色，屬於散孔材	質重，不易散開，內外紋均不明顯	
化學法山毛櫸 (圖 1-12)		紋理斜，富彈性，褐黃色屬於散孔材	易碎，內外紋清晰可見，內紋排列緻密	





二、實驗二：以電子顯微鏡觀察活性碳的孔洞

(一) 實驗目的：觀察活性碳的孔洞

(二) 實驗器材：穿透式掃描電子顯微鏡 SEM

(三) 實驗步驟：

1. 將各種不同的活性碳橫切並於電子顯微鏡下拍攝。
2. 計算出各種不同的活性碳的平均孔洞大小。

(四) 實驗結果：

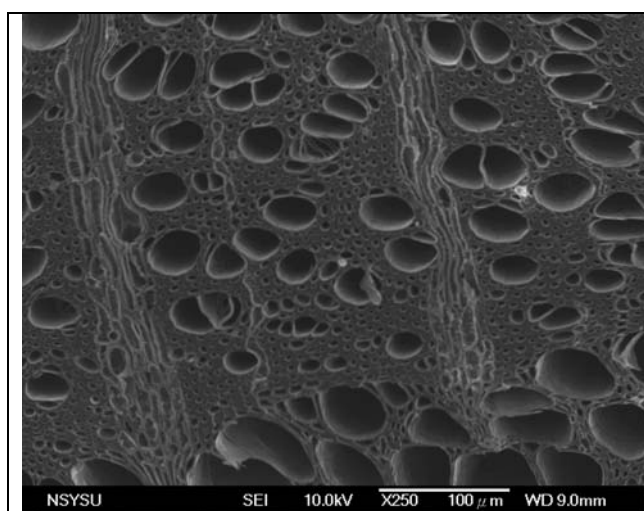


圖 2-1 為物理法山毛櫸（250 倍）

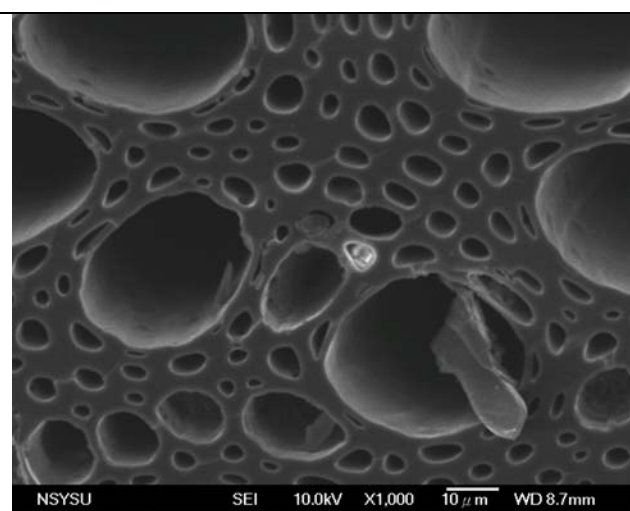


圖 2-2 物理法山毛櫸（1000 倍）

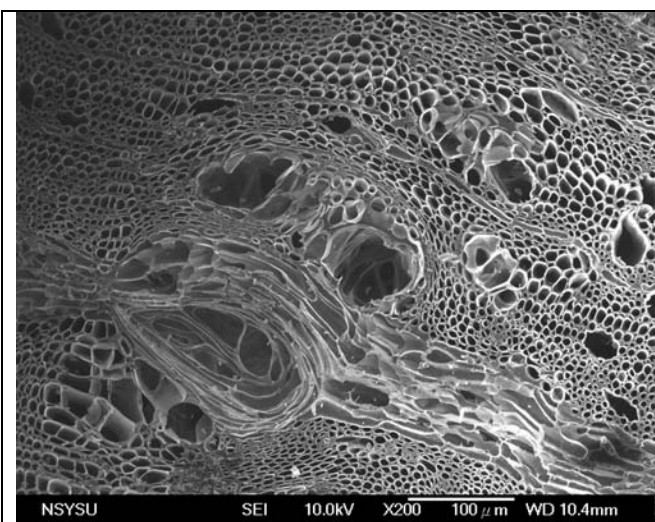


圖 2-3 為物理法楓木在 SEM 下的情形（200 倍）

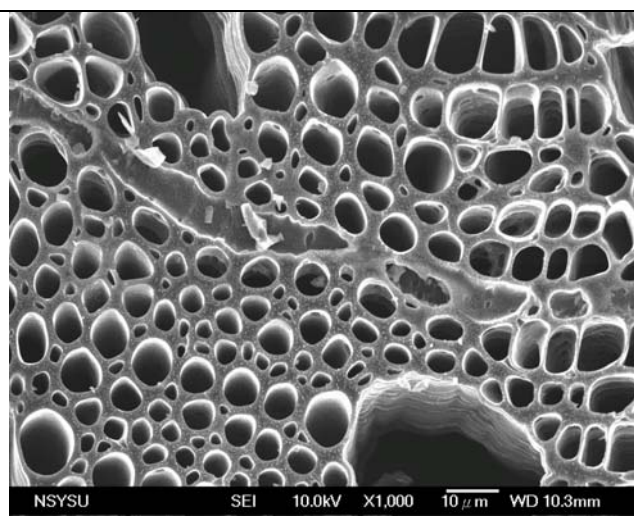


圖 2-4 為物理法楓木在 SEM 下的情形（1000 倍）

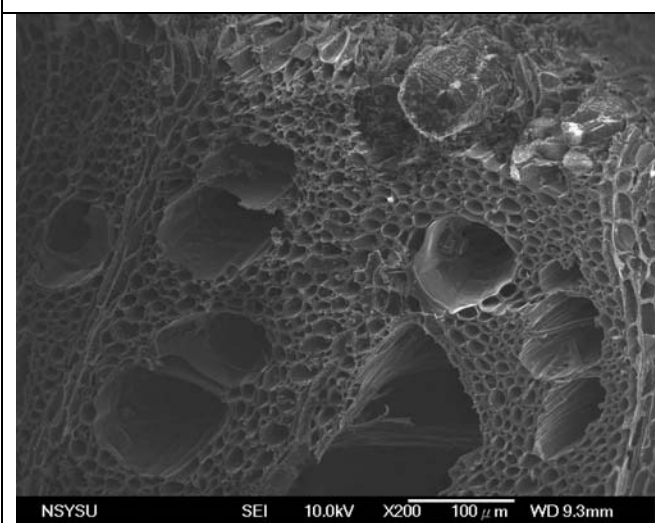


圖 2-5 為物理法柚木在 SEM 下的情形（200 倍）

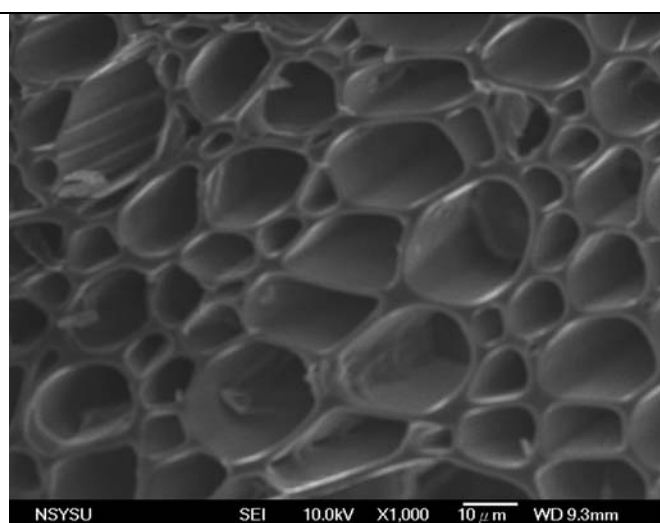


圖 2-6 物理法柚木在 SEM 下的情形（1000 倍）

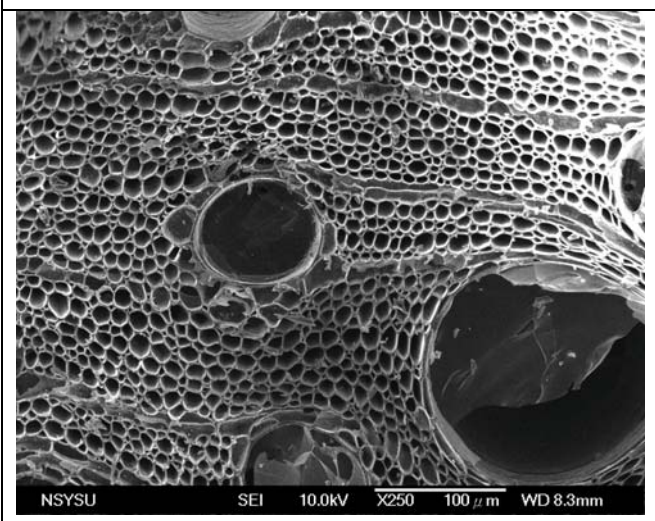


圖 2-7 為物理法橡木在 SEM 下的情形（250 倍）

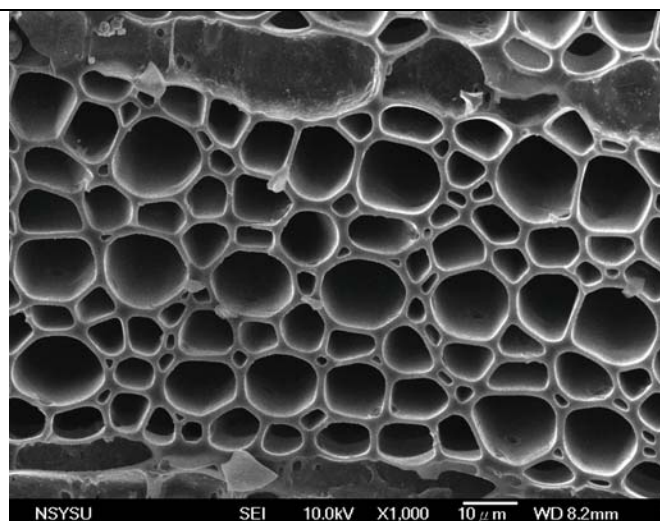


圖 2-8 物理法橡木在 SEM 下的情形（1000 倍）

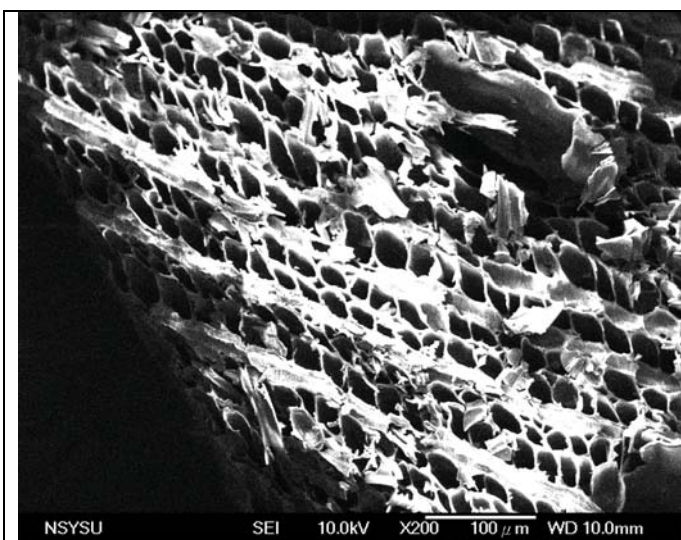


圖 2-9 為物理法白木在 SEM 下的情形 (200 倍)

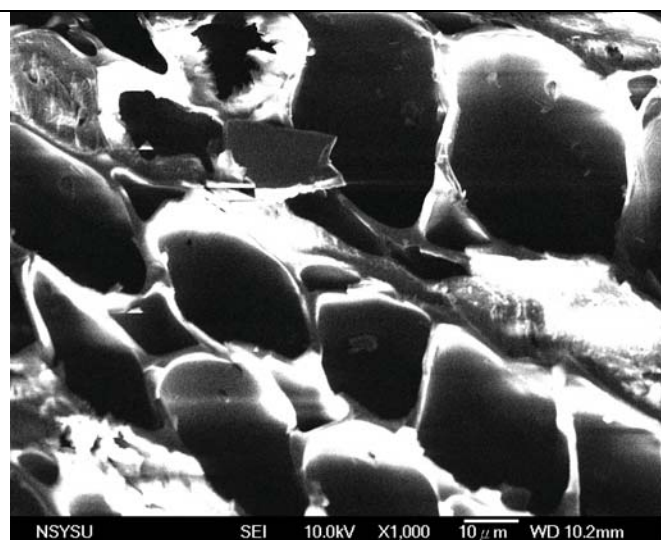


圖 2-10 為物理法白木在 SEM 下的情形 (1000 倍)

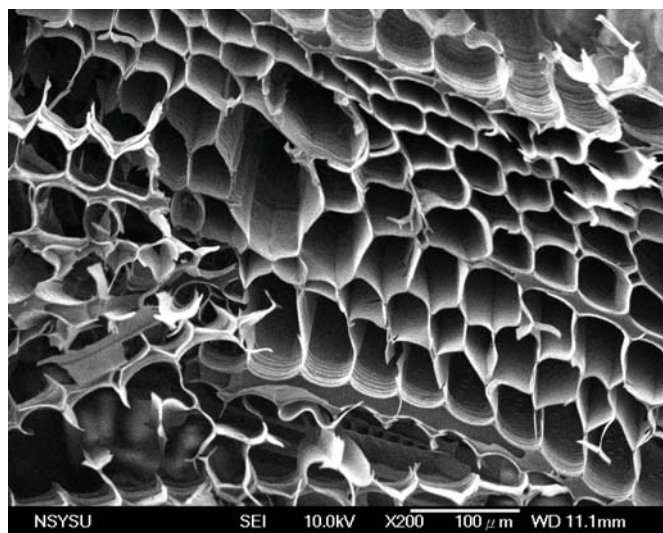


圖 2-11 物理法檜木在 SEM 下的情形 (200 倍)

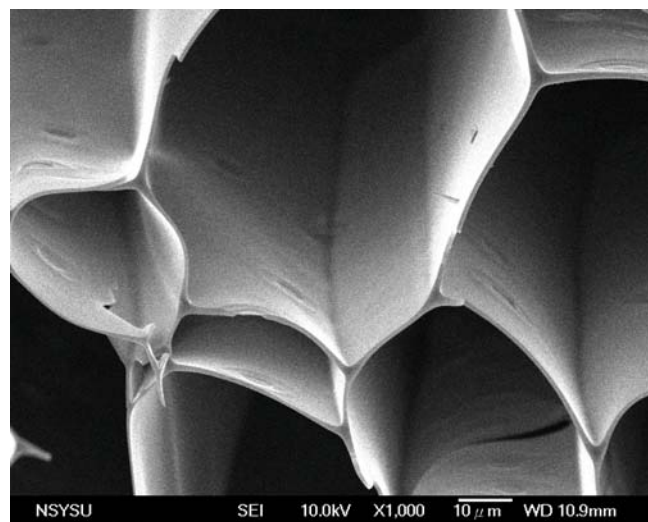


圖 2-12 物理法檜木在 SEM 下的情形 (1000 倍)

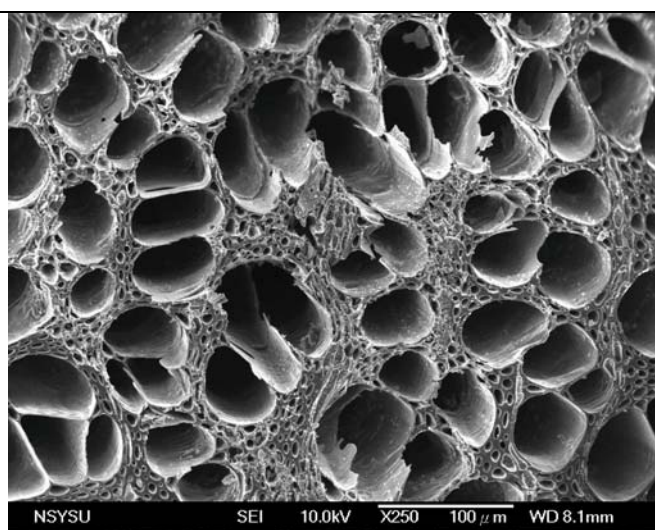


圖 2-13 化學法山毛櫸 (250 倍)

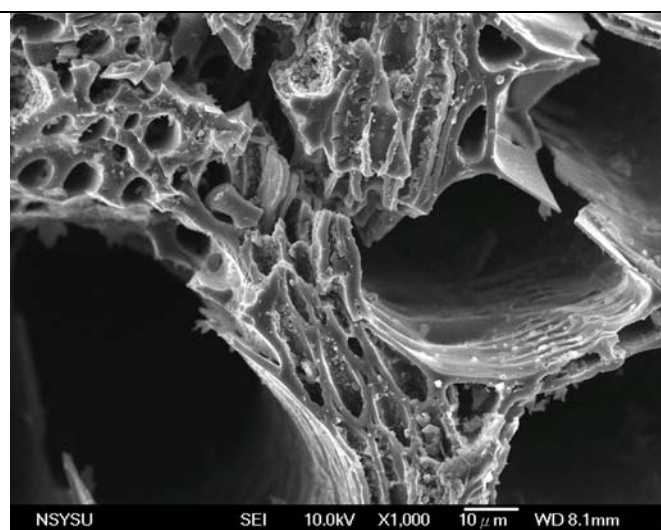


圖 2-14 化學法山毛櫸 (1000 倍)

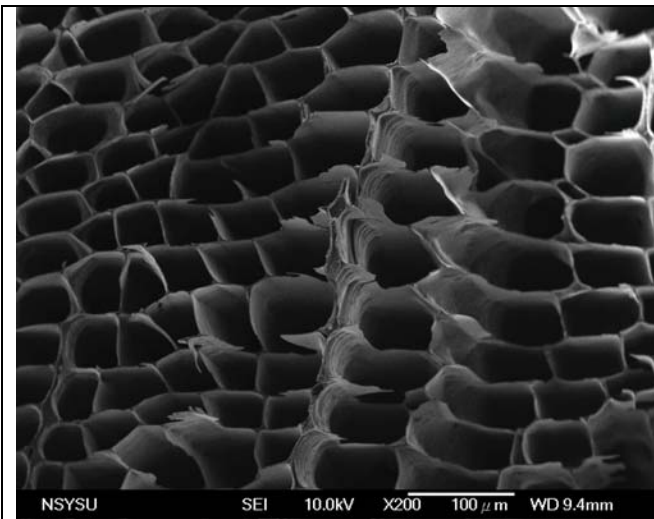


圖 2-15 化學法檜木 (200 倍)

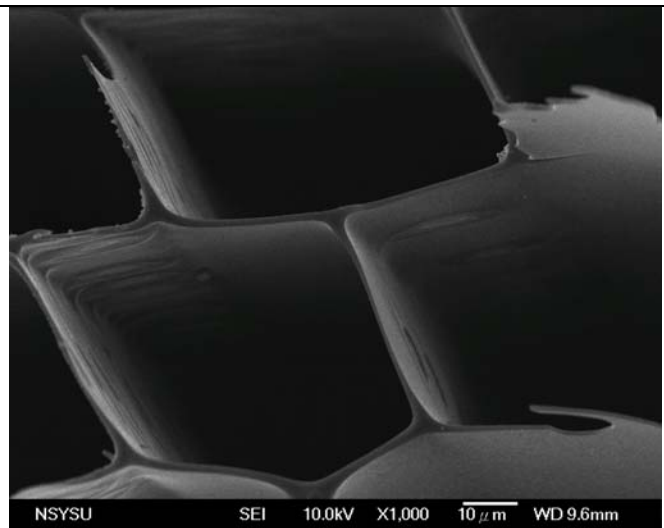


圖 2-16 化學法檜木 (1000 倍)

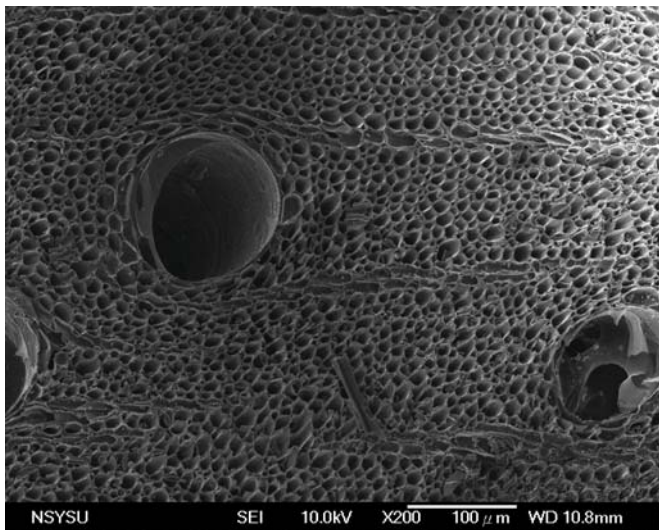


圖 2-17 化學法白木 (200 倍)

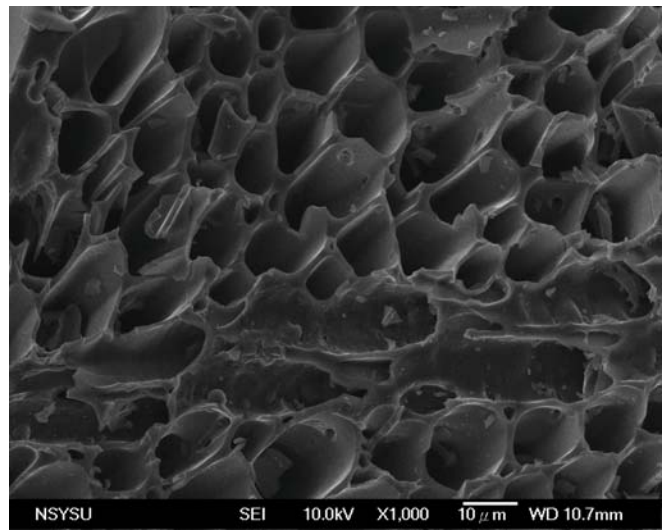


圖 2-18 化學法白木 (1000 倍)

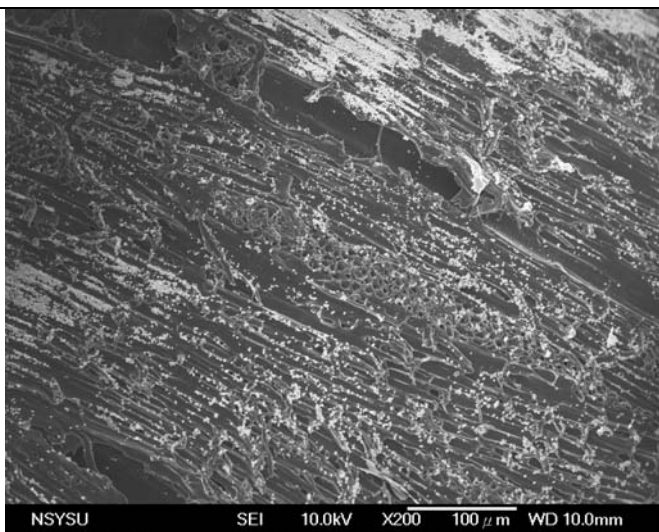


圖 2-19 化學法橡木 (200 倍)

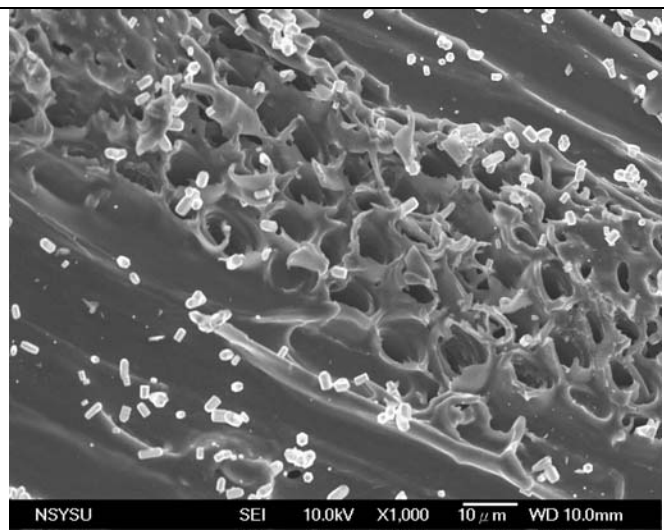


圖 2-20 化學法橡木 (1000 倍)

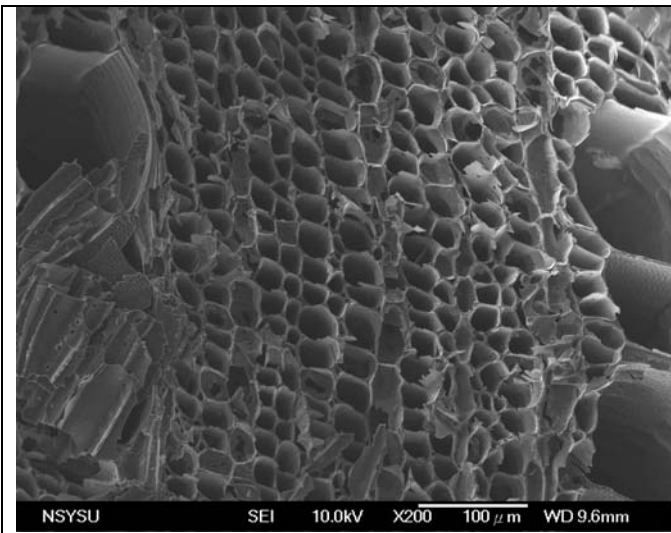


圖 2-21 化學法柚木（200 倍）

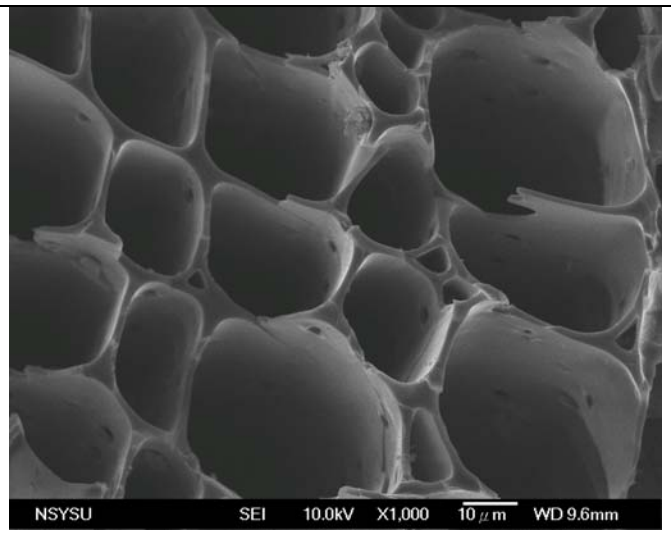


圖 2-22 化學法柚木（1000 倍）

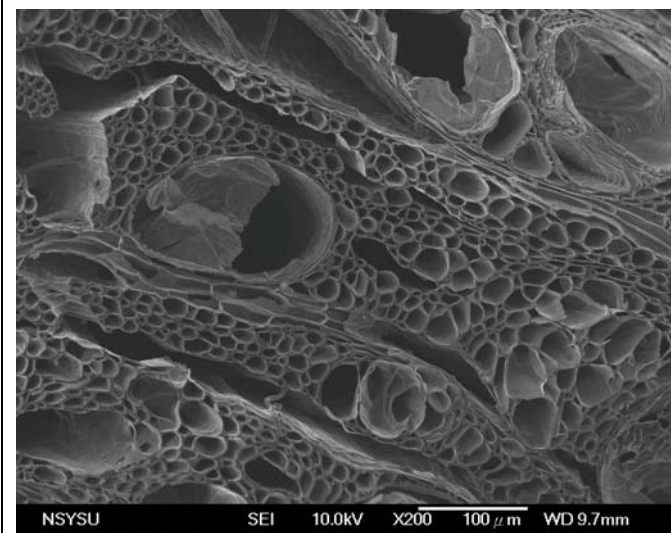


圖 2-23 化學法楓木（200 倍）

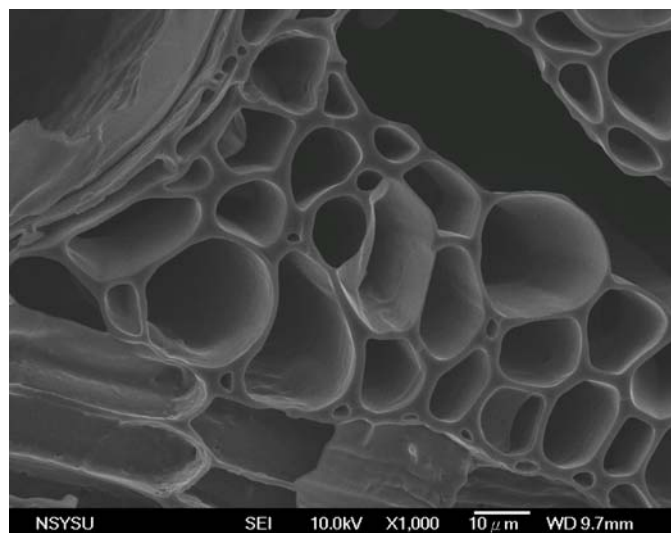


圖 2-24 化學法楓木（1000 倍）

表 2-1 電子顯微鏡下活性炭孔洞的觀察紀錄

木質類目	孔洞大小 (μm)			分布百分比 (%)		
	大孔洞	中孔洞	小孔洞	大孔洞	中孔洞	小孔洞
物理法山毛櫸	32~16	6	3.6	30	50	20
物理法楓木	32	7	2.7	1	73	26
物理法柚木	20	10~5.5	-	48	52	0
物理法橡木	14	6	1.8	32	34	34
物理法白木	32~12	6.8	-	82	18	0
物理法檜木	70~26	-	-	100	0	0
化學法山毛櫸	38	7	-	36	64	0
化學法檜木	60	-	-	100	0	0
化學法白木	17	-	-	100	0	0
化學法橡木	-	8.2	-	0	100	0
化學法柚木	39~23	5	4.5	46	45	9
化學法楓木	22.7	13.6	4.5	26	72	2

(五) 實驗討論：

- 圖 2-1 及 2-2 中發現，物理法山毛櫸所具有的孔洞大部分屬於小於 $6\mu\text{m}$ 或 $32\mu\text{m}$ 的中孔洞及大孔洞，以中孔洞居多，且孔洞的密度較稀疏。圖 2-3 及 2-4 為物理法楓木所具有的孔洞大部分屬於小於 $7\mu\text{m}$ 或 $5\mu\text{m}$ 的中孔洞及小孔洞，以中孔洞居多，但孔壁較厚且孔洞的密度也較稀疏。圖 2-5 及 2-6 為物理法柚木，所具有的孔洞大部分屬於小於 $20\mu\text{m}$ 或 $5.5\mu\text{m}$ 的大孔洞及中孔洞，且兩者均勻分布，孔洞的密度大。圖 2-7 及 2-8 為物理法橡木，其中以 $14\mu\text{m}$ 或 $6\mu\text{m}$ 或 $1.8\mu\text{m}$ 的大孔洞及中孔洞及小孔洞平均分布，兩者分布均勻，且密度與柚木一致。圖 2-9 及圖 2-10 為物理法白木，以 30 或 $12\mu\text{m}$ 的大孔洞為主，孔洞均勻分布，孔洞的密度大。圖 2-11 及圖 2-12 為物理法檜木，其中以 70 或 $26\mu\text{m}$ 的大孔洞為主，孔壁最薄。
- 圖 2-13 及 2-14 中發現化學法山毛櫸具有的孔洞大部分屬於小於 $7\mu\text{m}$ 及約 $23\mu\text{m}$ 的中孔洞及大孔洞所組成，孔洞密度較大，有些活性劑的結晶。圖 2-15 及圖 2-16 為化學法檜木，其中均以大於 $60\mu\text{m}$ 的孔洞所組成，孔壁極薄，孔洞密度大，無結晶。圖 2-17 及圖 2-18 為化學法白木，其中均以大約 $17\mu\text{m}$ 的孔洞所組成，孔洞密度大，無結晶。圖 2-19 及圖

2-20 為化學法橡木，其中孔洞大部分為 $8.2\ \mu\text{m}$ 的中孔洞所組成，孔洞密度大，且有許多活性劑的結晶。圖 2-21 及圖 2-22 為化學法柚木，其中以 $23\ \mu\text{m}$ 及 $39\ \mu\text{m}$ 的大孔洞、 $5\ \mu\text{m}$ 的中孔洞及 $4.5\ \mu\text{m}$ 的小孔洞平均分布，孔洞密度大，無結晶。圖 2-23 及圖 2-24 為化學法楓木，均為大孔洞，但其大小分布不均無一定的依據，孔洞密度中等，無結晶。

三、實驗三：各種不同的活性碳對不同有色溶液吸附效果之定性觀察

(一) 實驗目的：利用有色離子溶液，活性炭置入其中造成顏色衰減來觀察比較。

(二) 實驗藥品：

1. 硫酸銅
2. 甲基紅
3. 亞甲藍
4. 烏醋

(三) 實驗器材：

1. 各種活性炭（物理法及化學法）
2. 廣口瓶
3. 試管
4. 電磁加熱攪拌器

(四) 實驗步驟：

1. 配置硫酸銅、甲基紅、亞甲藍等溶液。
2. 分別取 150mL 每種溶液置入廣口瓶中（每種六瓶），六瓶相同溶液中分別置入 5 g 的各種活性炭，再以電磁加熱攪拌器攪拌之。
3. 每隔 30 分、60 分、90 分、120 分、150 分將每瓶以注射針筒前端裝上矽膠管，矽膠管前端在包覆濾紙之抽取用具，抽取 10mL 中入試管中比較顏色。
4. 將相同溶液置入不同活性炭的試樣，比較不同活性炭對該種溶液吸附程度差異，以溶液顏色衰減程度為指標，以阿拉伯數字表示排序，並繪成表格且拍照。

(五) 實驗結果：

表 3-1、各種活性碳對硫酸銅吸附效果觀察紀錄		
活性炭種類	紀錄	效果 排序
物理法柚木	無非常顯著的吸收	-
物理法檜木	無非常顯著的吸收	-
物理法白木	無非常顯著的吸收	-
物理法橡木	無非常顯著的吸收	-
物理法楓木	無非常顯著的吸收	-
物理法山毛櫸	無非常顯著的吸收	-
化學法柚木	無非常顯著的吸收	-
化學法檜木	無非常顯著的吸收	-
化學法白木	無非常顯著的吸收	-
化學法橡木	無非常顯著的吸收	-
化學法楓木	無非常顯著的吸收	-
化學法山毛櫸	無非常顯著的吸收	-

Ps.因為吸附效果不顯著，所以無法比較出效果的強弱。

表 3-2、各種活性碳對甲基紅吸附效果觀察紀錄

活性炭種類	紀錄	效果 排序
物理法柚木	30 分鐘後即完全澄清	1
物理法檜木	30 分鐘後略帶點淡紅色，再 30 分鐘後略帶點淡紅色	2
物理法白木	30 分鐘後即完全澄清	1
物理法橡木	30 分鐘後即完全澄清	1
物理法楓木	30 分鐘後即完全澄清	1
物理法山毛櫸	30 分鐘後即完全澄清	1
化學法柚木	30 分鐘後即完全澄清	1
化學法檜木	30 分鐘後略帶點淡紅色，再 30 分鐘後略帶點淡紅色	2
化學法白木	30 分鐘後即完全澄清	1
化學法橡木	30 分鐘後即完全澄清	1
化學法楓木	30 分鐘後即完全澄清	1
化學法山毛櫸	30 分鐘後略帶點淡紅色，再 30 分鐘後略帶點淡紅色	3

表 3-3、各種活性炭對亞甲藍吸附效果觀察紀錄

活性炭種類	紀錄	效果 排序
物理法柚木	過 30 分鐘後顏色即有明顯的衰減，接下來每隔 30 分鐘均有些微的衰減， 2.5 小時後顏色幾近澄清	3
物理法檜木	過 30 分鐘後顏色即有明顯的衰減，接下來每隔 30 分鐘衰減不明顯，2.5 小時後顏色略帶一點藍色	4
物理法白木	過 30 分鐘後顏色即有的衰減，接下來每隔 30 分鐘衰減不明顯，2.5 小時 後顏色仍為藍色	6
物理法橡木	經過 30 分鐘顏色即幾近澄清	2
物理法楓木	經過 30 分鐘顏色略帶藍色，2.5 小時後顏色幾近澄清	3
物理法山毛櫸	過 30 分鐘後顏色即有明顯的衰減，接下來每隔 30 分鐘衰減不明顯，2.5 小時後顏色略帶藍色	5
化學法柚木	經過 30 分鐘顏色即完全澄清	1
化學法檜木	經過 30 分鐘顏色略帶藍色，2.5 小時後顏色幾近澄清	3
化學法白木	過 30 分鐘後顏色即有明顯的衰減，接下來每隔 30 分鐘衰減不明顯，2.5 小時後顏色略帶藍色	5
化學法橡木	經過 30 分鐘顏色即完全澄清	1
化學法楓木	過 30 分鐘後顏色即有明顯的衰減，接下來每隔 30 分鐘衰減不明顯，2.5 小時後顏色略帶藍色	5
化學法山毛櫸	過 30 分鐘後顏色即有衰減，接下來每隔 30 分鐘衰減不明顯，2.5 小時後 顏色仍呈藍色	7

表 3-4、各種活性碳對烏醋吸附效果觀察紀錄

活性炭種類	紀錄	效果 排序
物理法柚木	30 分鐘後有明顯的衰減，之後每隔 30 分鐘均有略微的變淡	2
物理法檜木	30 分鐘後有明顯的衰減，之後每隔 30 分鐘均有略微的變淡	2
物理法白木	30 分鐘後有明顯的衰減，之後每隔 30 分鐘均有略微的變淡	2
物理法橡木	30 分鐘後有明顯的衰減，但衰減量較小，之後每隔 30 分鐘有略微的變淡	3
物理法楓木	30 分鐘後有明顯的衰減，但衰減量較小，之後每隔 30 分鐘改變不明顯	4
物理法山毛櫸	30 分鐘後有明顯的衰減，但衰減量較小，之後每隔 30 分鐘改變不明顯	4
化學法柚木	0 分鐘後有明顯的衰減，但衰減量較小，之後每隔 30 分鐘改變不明顯	4
化學法檜木	30 分鐘後有明顯的衰減，之後每隔 30 分鐘均有略微的變淡	3
化學法白木	30 分鐘後有的衰減，但衰減量較小，之後每隔 30 分鐘改變不明顯	5
化學法橡木	30 分鐘後有明顯的衰減，但衰減量較小，之後每隔 30 分鐘改變不明顯	4
化學法楓木	30 分鐘後有明顯的衰減，之後每隔 30 分鐘均有的變淡	1
化學法山毛櫸	30 分鐘後有的衰減，但衰減量較小，之後每隔 30 分鐘改變不明顯	5

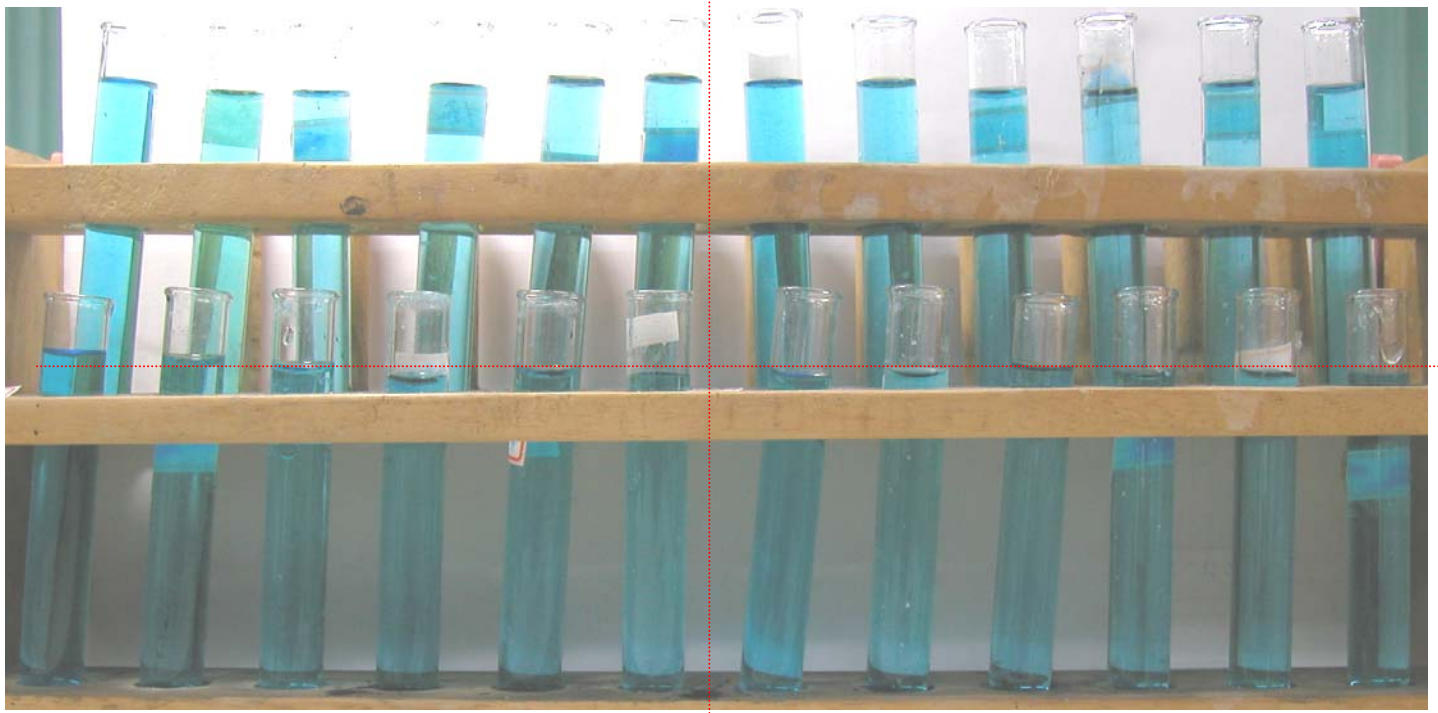


圖 3-1 活性炭對硫酸銅的吸附效果

物理法白木	物理法柚木
物理法橡木	物理法楓木

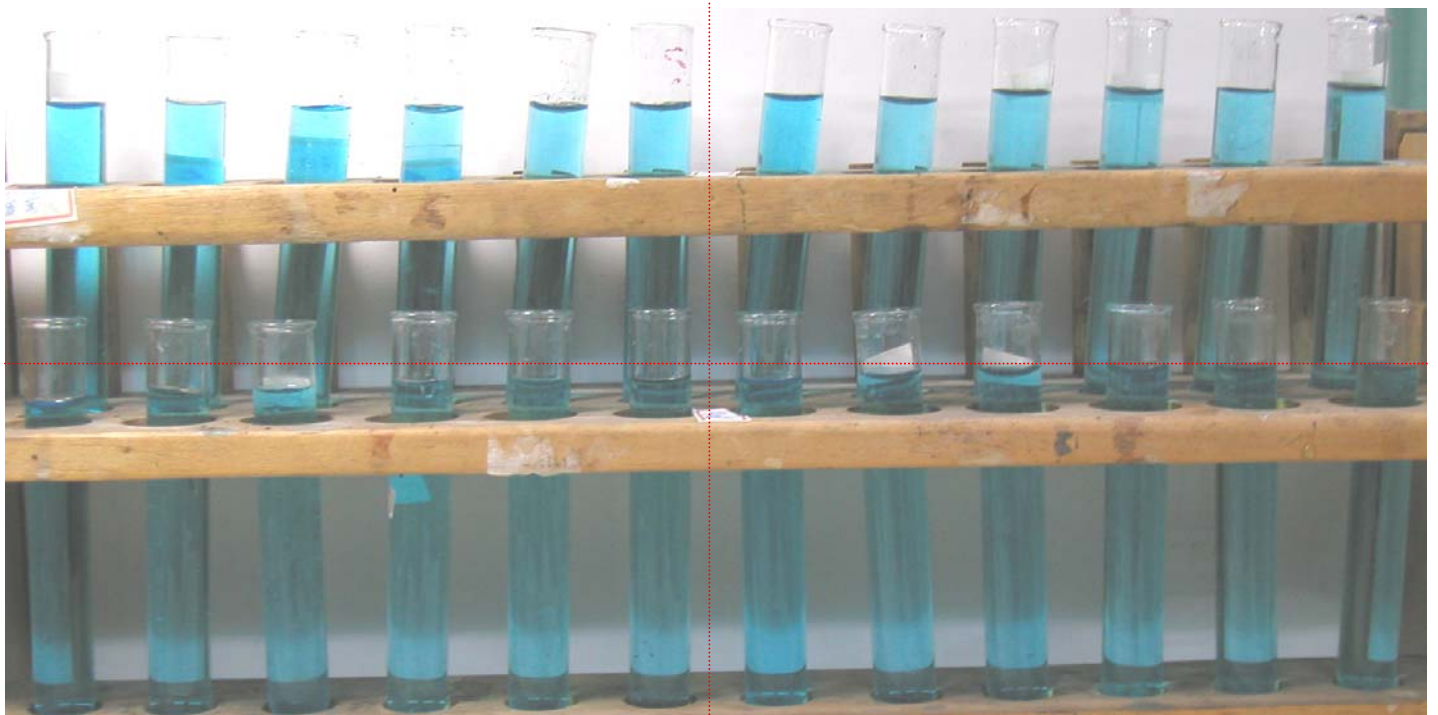


圖 3-2. 活性炭對硫酸銅的吸附效果

化學法楓木	化學法山毛櫸
化學法橡木	化學法柚木

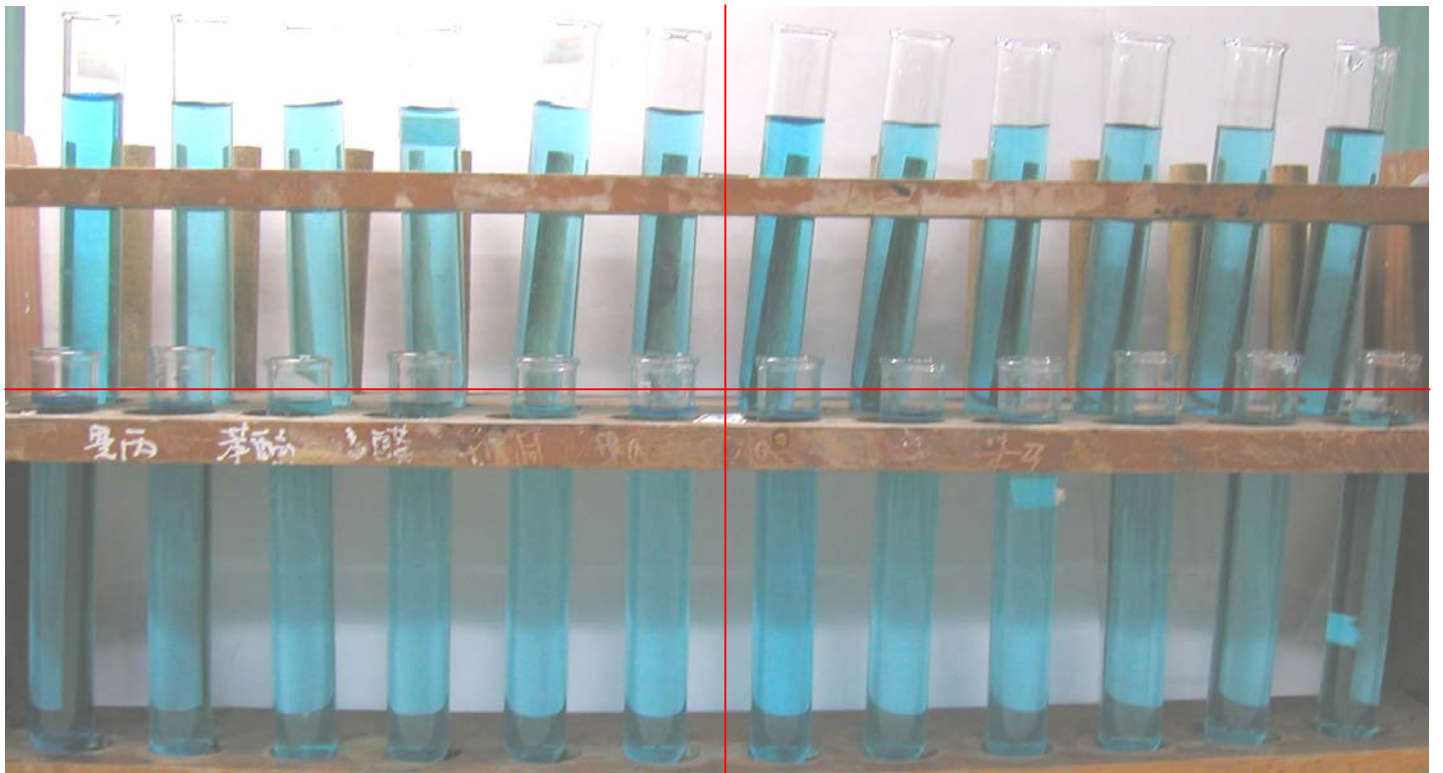


圖 3-3 活性碳對硫酸銅的吸附效果

物理法檜木	物理法山毛櫸
化學法白木	化學法檜木



圖 3-4 活性碳對甲基紅的吸附效果

化學法檜木	化學法山毛櫸	化學法橡木
化學法白木	化學法柚木	化學法楓木

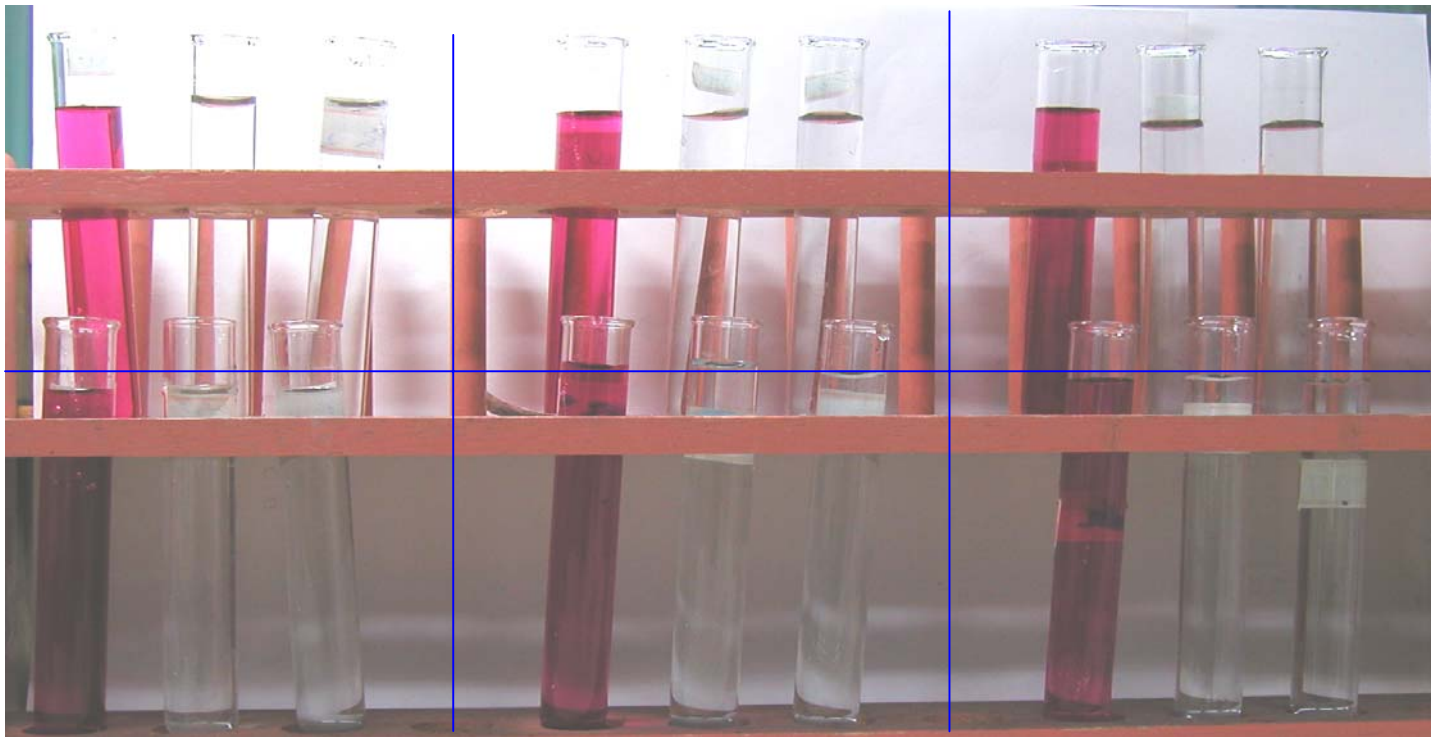


圖 3-5 活性碳對甲基紅的吸附效果

物理法檜木	物理法橡木	物理法柚木
物理法白木	物理法楓木	物理法山毛櫸

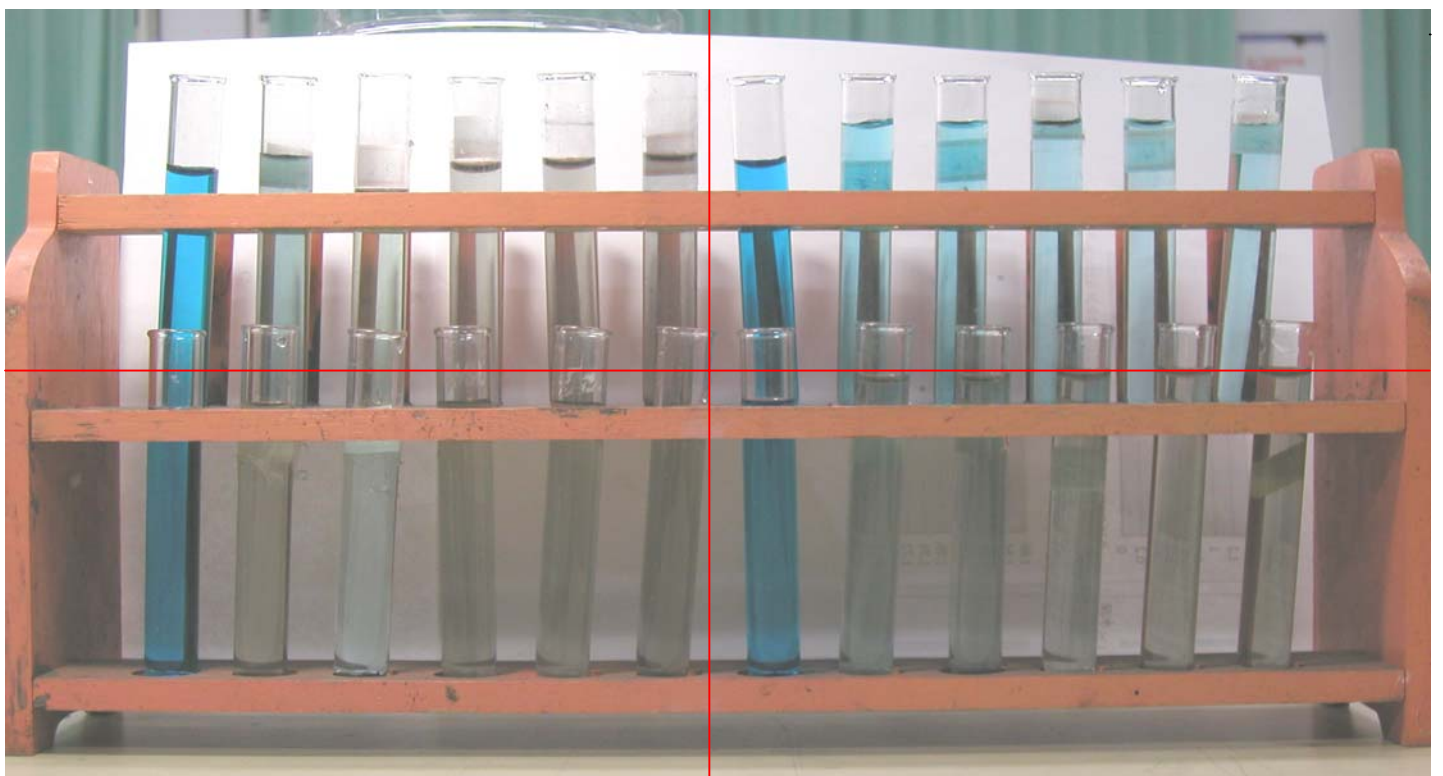


圖.3-6 活性碳對亞甲藍的吸附效果

化學法白木	化學法山毛櫸
物理法橡木	物理法楓木

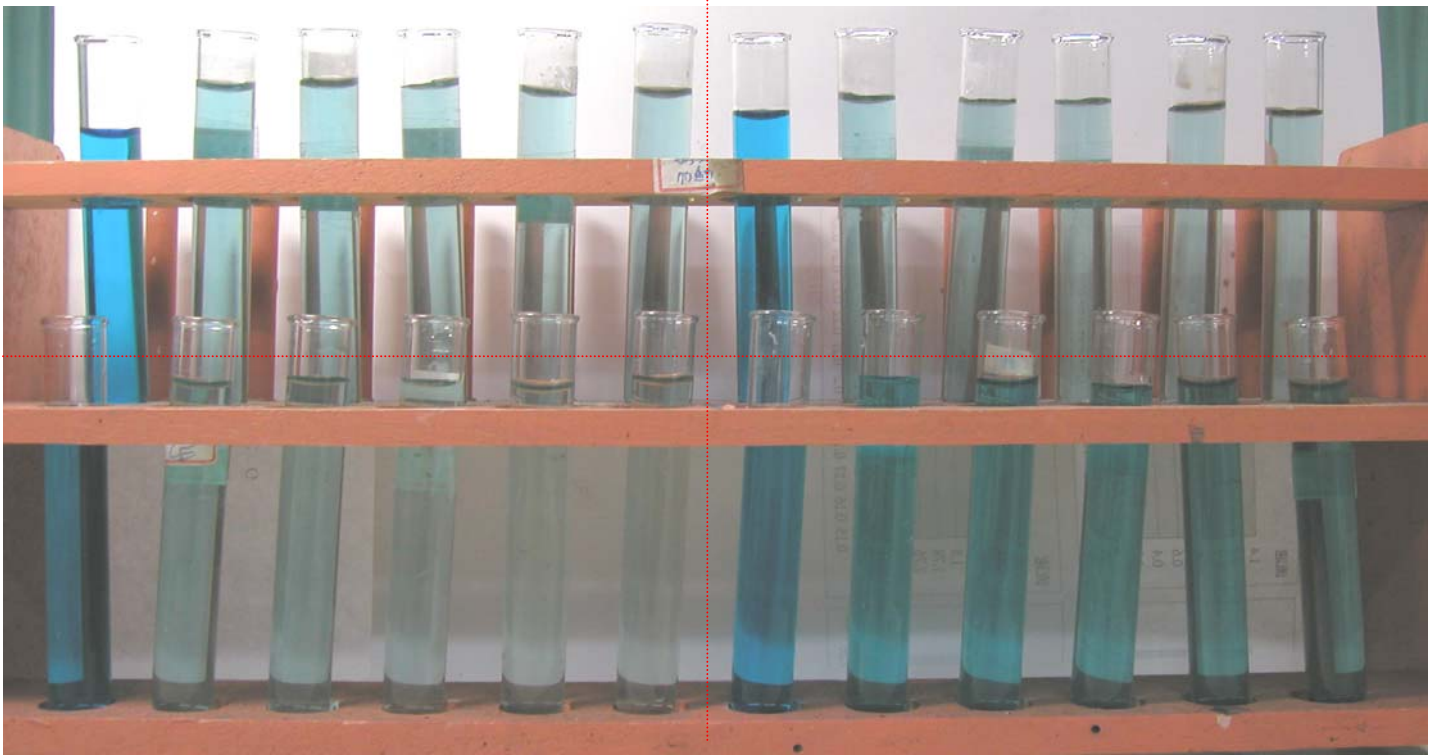


圖 3-7 活性炭對亞甲藍的吸附效果

物理法山毛櫸	物理法檜木
物理法柚木	物理法白木

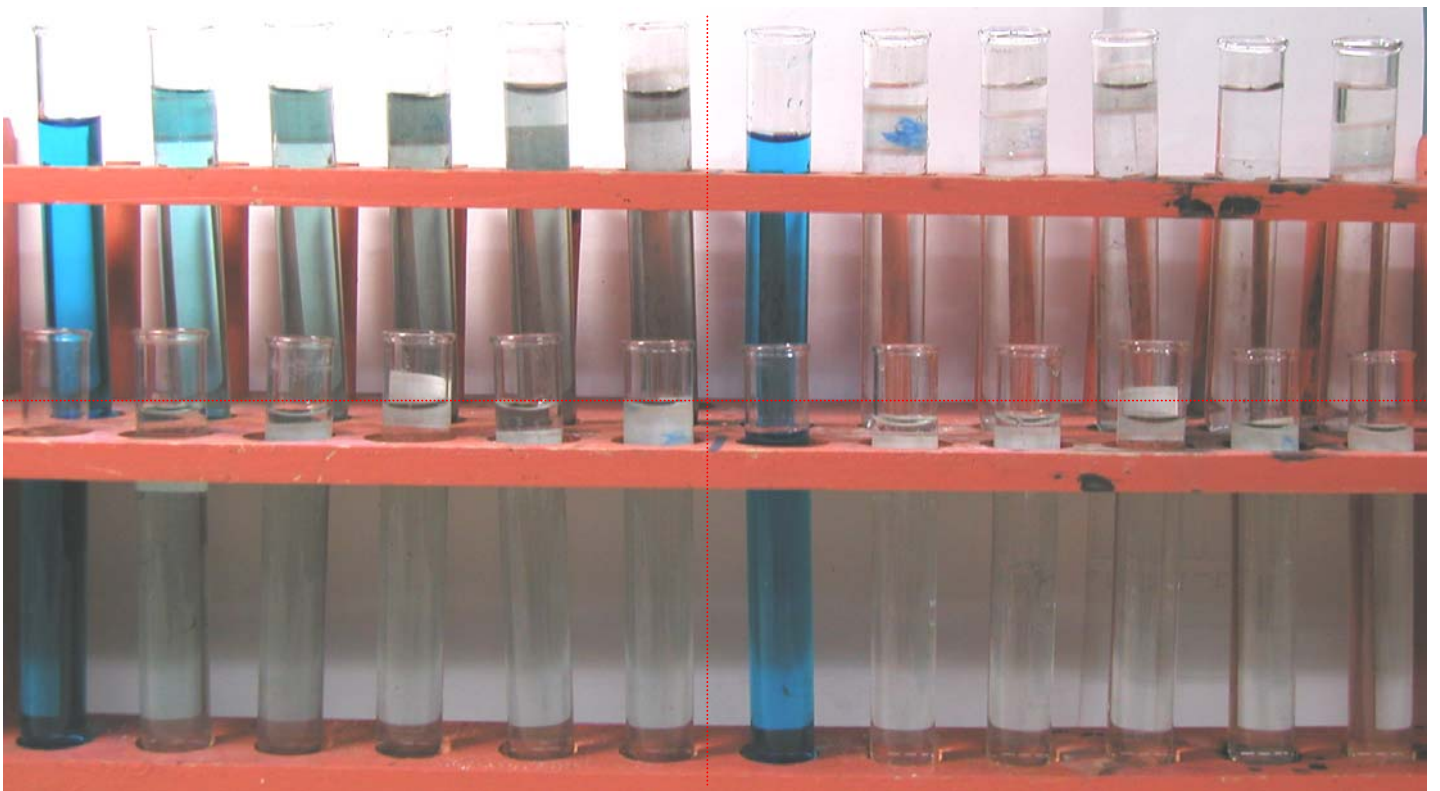


圖 3-8 活性炭對亞甲藍的吸附效果

化學法楓木	化學法橡木
化學法檜木	化學法柚木

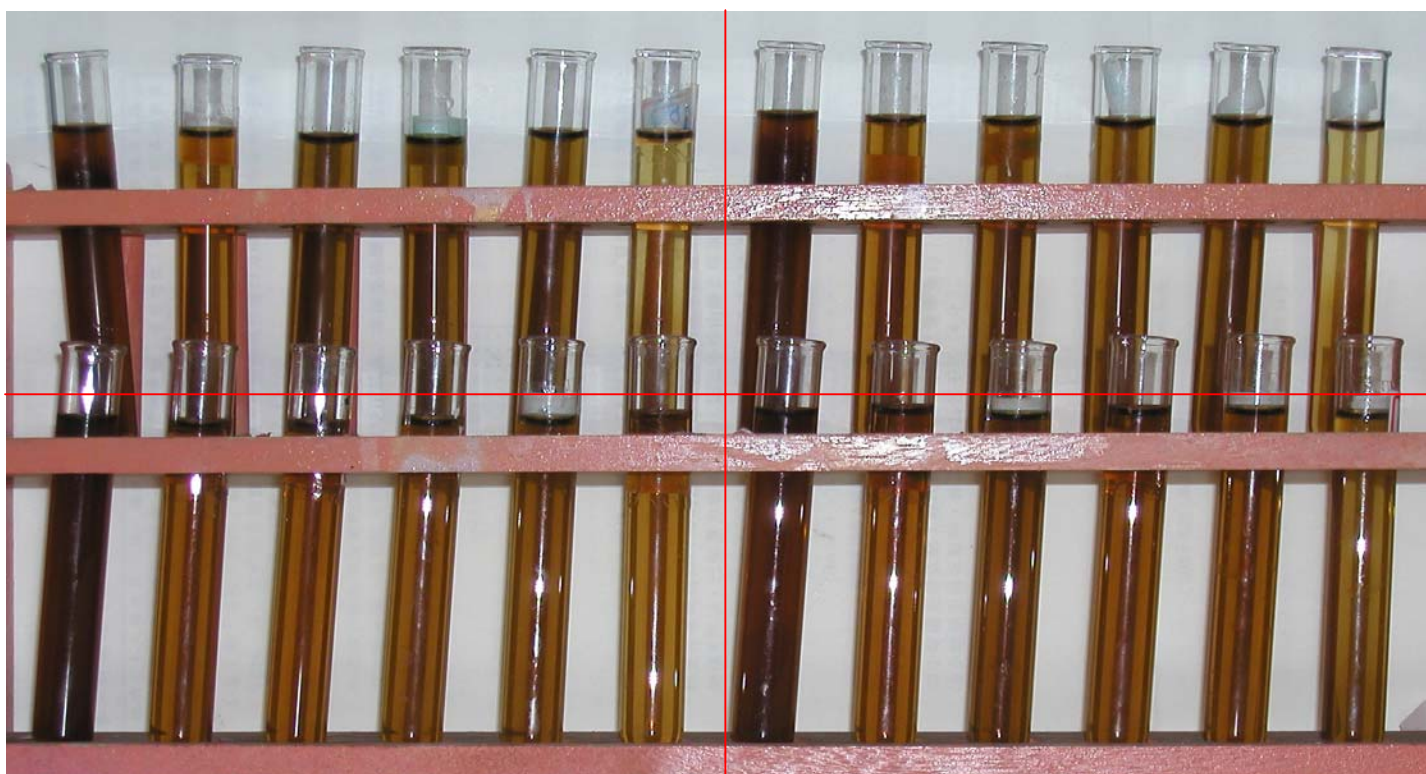


圖 3-9 活性碳對烏醋的吸附效果

物理法楓木	物理法橡木
物理法白木	物理法山毛櫸

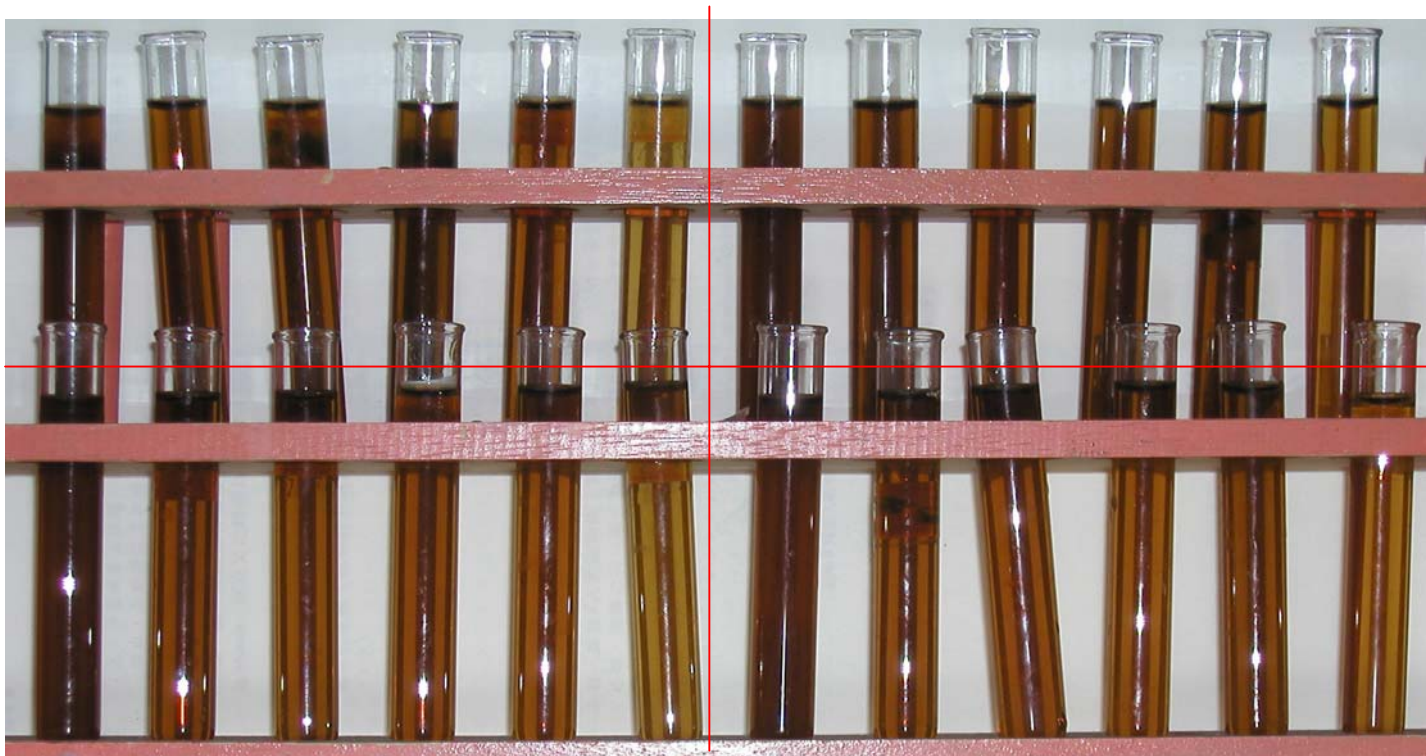


圖 3-10 活性碳對烏醋的吸附效果

化學法檜木	化學法柚木
化學法楓木	化學法橡木

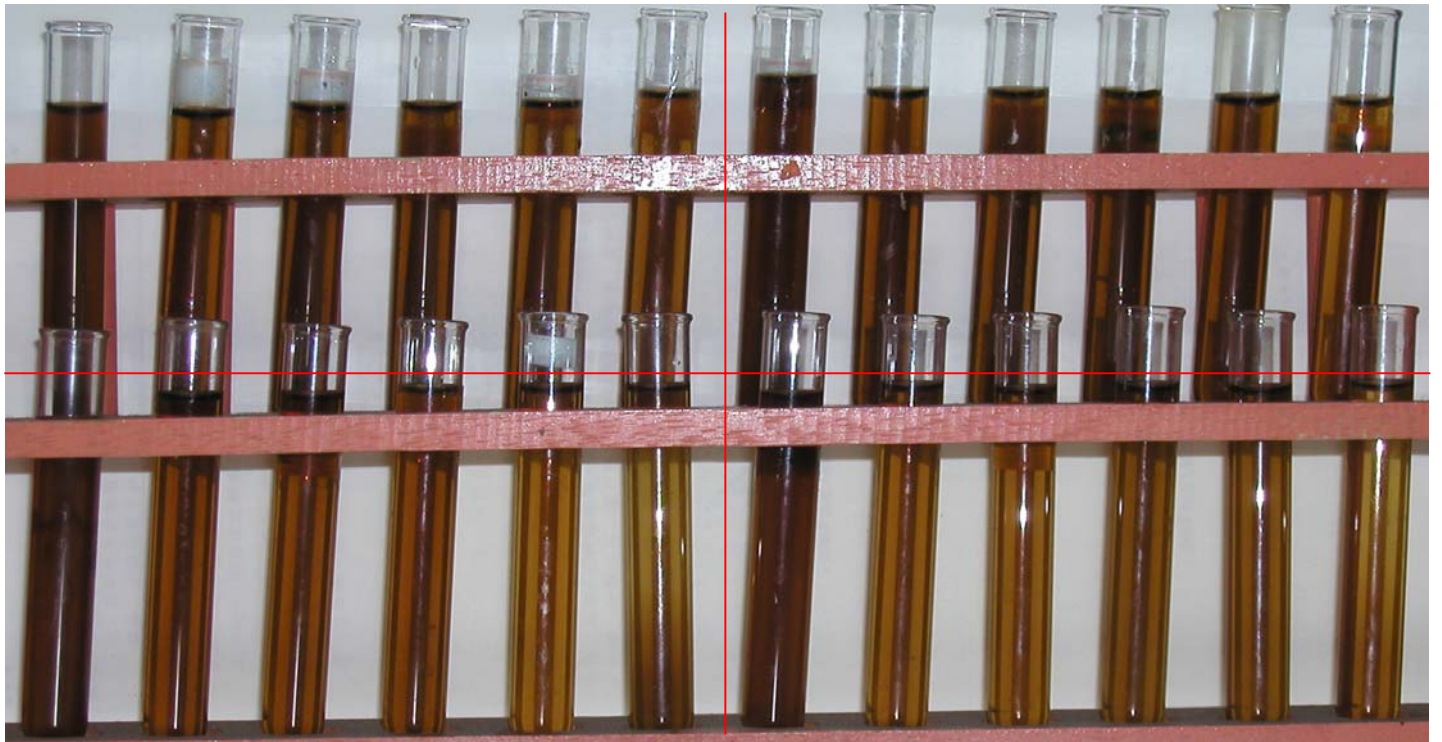


圖 3-11 活性炭對烏醋的吸附效果

化學法白木	化學法山毛櫸
物理法檜木	物理法柚木

(六) 實驗討論：

由實驗三的定性實驗中發現，活性炭對銅離子吸附的效果不佳；但活性炭對亞甲藍及甲基紅及烏醋中的色素吸附效果均非常好，其中以物理法柚木、白木、橡木、楓木、山毛櫸及化學法柚木、白木、橡木、楓木對甲基紅吸附效果最佳；化學法柚木及橡木對亞甲藍的吸附效果最佳；以化學法楓木對烏醋脫色的效果最好。由這個實驗可發現，不同的活性炭對不同的物質均有不同的吸附效果，爲了更深入了解，以下的實驗採用常見的氯離子、氨分子、葡萄糖分子及三氧化二砷來做定量分析。

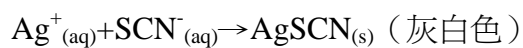
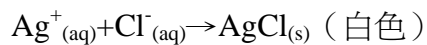
四、實驗四：各種不同活性碳對氯離子吸附能力的定量研究

(一) 實驗目的：因為在自來水中所含的氯離子在高溫下會和甲烷形成三氯甲烷等有毒物質，影響水的品質，一般家庭用濾水裝置內常有活性碳吸附處理的過程，因此，藉本實驗研究比較出各種不同活性碳對氯離子吸附能力的強弱。

(二) 實驗原理：

Volhard 滴定法：(測定氯離子的濃度)

- 將過量的硝酸銀溶液加入待測的樣品中，水溶液會呈現乳白色，乳白色為氯化銀沉澱。故使再加入銀離子也不再產生白色沉澱即可。
- 將氯化鈉水溶液過濾，濾液液中多餘的銀離子再以硫氰化鉀水溶液滴定之。
- 滴定多餘的銀離子時，加入含 Fe^{3+} 的溶液當指示劑，當到達滴定終點時， SCN^- 會和 Fe^{3+} 反應產生 FeSCN^{2+} 的血紅色錯化合物。
- 由於氯化銀的溶解度積 ($K_{\text{sp}}=1.8\times 10^{-10}$) 比硫氰化銀的溶解度積 ($K_{\text{sp}}=1.1\times 10^{-12}$) 大，因此 Volhard 滴定法滴定水溶液中多餘的銀離子之前，需先將氯化銀的沉澱移除，避免 AgCl 之沉澱物轉成 AgSCN 而使測定結果產生誤差。



(三) 實驗藥品：

- 各種活性碳 (物理法及化學法)
- 氯化鈉
- 硝酸銀
- 硫氰化鉀
- 鐵銨礬

(四) 實驗器材：

- 滴定管

2. 廣口瓶
3. 試管
4. 電磁加熱攪拌器
5. 液相層析儀

(五) 實驗步驟：

1. 配置 0.1M 的氯化鈉水溶液。
2. 分別取 350mL 將 0.1M 的氯化鈉溶液置入廣口瓶中，共六瓶。六瓶溶液中分別置入 5 g 的各種活性碳，再以電磁加熱攪拌器攪拌之。
3. 每隔 60min、120min、180min、240min、300min 用抽取用具每瓶抽取 60mL 置入錐形瓶中，分三次進行滴定來求氯離子濃度。
4. 再將各種活性碳先過濾 3 小時的試樣（先經過稀釋），以液相層析儀（LC）配合離子交換樹脂加上導電度偵測器，利用線性關係運用內插法求出溶液中氯離子濃度，與滴定方法交互比對正確性。
5. 將各種不同活性碳做相同處理時間對氯離子的過濾量之關係圖，即可比較出不同的活碳對氯離子的過濾效果。

(六) 實驗結果：

4-1、滴定之空白實驗				
次數	1st	2st	3st	平均
紀錄	沉澱不明顯	沉澱不明顯	沉澱不明顯	沉澱不明顯

表 4-2、物理法橡木對氯離子吸附能力

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	17.1	17.4	16.7	17	2.4	2.5	2.9	2.6	20	0.072
2hr 後含氯離子量	18.4	18.1	17.6	18	3.7	4.2	4.2	4.0	20	0.070
3hr 後含氯離子量	18.1	17.9	18.3	18.1	4.2	4.0	4.2	4.1	20	0.069
4hr 後含氯離子量	16.9	17.3	16.7	17	3.4	3.6	3.5	3.5	20	0.068
5hr 後含氯離子量	18.2	18.4	17.6	18	6.0	6.4	6.5	6.3	20	0.059

表 4-3、物理法白木對氯離子吸附能力

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	19.8	20.1	20	20	3.8	4.1	4.1	4.0	20	0.080
2hr 後含氯離子量	18.0	18.0	18.1	18	3.9	4.3	3.9	4.0	20	0.070
3hr 後含氯離子量	20.2	19.9	19.9	20	6.7	6.2	6.3	6.4	20	0.068
4hr 後含氯離子量	20.1	20.0	20.0	20	6.2	6.5	6.8	6.5	20	0.068
5hr 後含氯離子量	17.3	16.9	17.1	17	4.9	5.2	5.0	5.0	20	0.060

表 4-4、物理法山毛櫸對氯離子吸附能力

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	18.1	18.0	18.1	18	2.6	2.6	2.4	2.5	20	0.078
2hr 後含氯離子量	17.1	17.0	17.0	17	2.0	2.1	1.2	2.0	20	0.075
3hr 後含氯離子量	17.0	16.9	17.1	17	2.7	3.2	2.5	2.8	20	0.071
4hr 後含氯離子量	20.0	20.1	20.0	20	6.1	6.1	5.9	6.0	20	0.070
5hr 後含氯離子量	18.0	17.9	17.9	18	4.7	4.4	4.3	4.5	20	0.068

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	16.0	16.0	16.1	16	1.3	1.4	1.7	1.5	20	0.073
2hr 後含氯離子量	15.9	16.0	16.0	16	2.9	3.2	2.9	3.0	20	0.070
3hr 後含氯離子量	16.1	16.0	16.0	16	3.3	3.6	3.6	3.5	20	0.063
4hr 後含氯離子量	15.9	15.9	16.1	16	4.0	4.2	3.9	4.0	20	0.060
5hr 後含氯離子量	16.1	16.0	16.1	16	5.2	5.2	4.7	5.0	20	0.055

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	20.1	20.0	20.0	20	5.7	5.9	6.3	6.0	15	0.090
2hr 後含氯離子量	17.0	17.1	17.0	17	1.9	1.9	2.3	2.0	20	0.075
3hr 後含氯離子量	17.1	17.1	17.0	17	3.2	2.7	3.0	3.0	20	0.070
4hr 後含氯離子量	18.0	18.1	18.0	18	4.4	4.7	4.4	4.5	20	0.068
5hr 後含氯離子量	16.9	17.0	17.0	17	3.8	4.1	4.2	4.0	20	0.065

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	25.0	25.0	25.1	25	4.6	4.6	4.7	4.6	15	0.090
2hr 後含氯離子量	17.1	17.0	17.0	17	3.2	2.9	2.8	3.0	20	0.075
3hr 後含氯離子量	17.0	17.1	17.0	17	3.4	3.7	3.3	3.5	20	0.070
4hr 後含氯離子量	16.9	16.9	17.1	17	3.7	3.9	3.6	3.7	20	0.068
5hr 後含氯離子量	17.0	17.1	16.9	17	4.1	4.5	4.4	4.3	20	0.065

表 4-8、化學法橡木對氯離子吸附能力

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	17.0	17.1	17.0	17	2.3	1.7	2.1	2.0	20	0.083
2hr 後含氯離子量	19.1	19.1	18.9	19	5.2	5.0	4.9	5.0	20	0.070
3hr 後含氯離子量	17.1	16.9	16.9	17	3.4	3.4	3.6	3.5	20	0.068
4hr 後含氯離子量	18.0	17.9	18.1	18	4.3	4.6	4.7	4.5	20	0.068
5hr 後含氯離子量	17.0	17.1	17.0	17	3.8	4.1	4.0	4.0	20	0.065

表 4-9、化學法白木對氯離子吸附能力

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	25.1	25.0	25.0	25	5.1	5.0	4.8	5.0	20	0.100
2hr 後含氯離子量	19.1	19.0	19.0	19	3.2	3.2	2.7	3.0	20	0.080
3hr 後含氯離子量	18.9	18.9	19.0	19	4.8	4.9	5.2	5.0	20	0.700
4hr 後含氯離子量	17.9	18.0	18.0	18	4.5	5.0	4.6	4.7	20	0.067
5hr 後含氯離子量	18.1	18.0	18.0	18	5.4	5.4	5.8	5.5	20	0.063

表 4-10、化學法山毛櫸對氯離子吸附能力

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	21.0	21.1	21.0	21	3.6	3.7	3.4	3.6	20	0.087
2hr 後含氯離子量	19.9	19.9	20.1	20	4.3	5.2	5.1	5.0	20	0.075
3hr 後含氯離子量	18.0	18.0	18.1	18	3.2	3.2	3.0	3.1	20	0.075
4hr 後含氯離子量	18.0	17.9	17.9	18	3.7	3.5	3.5	3.6	20	0.072
5hr 後含氯離子量	21.1	21.0	21.1	21	7.2	6.6	7.1	7.0	20	0.070

表 4-11、化學法楓木對氯離子吸附能力

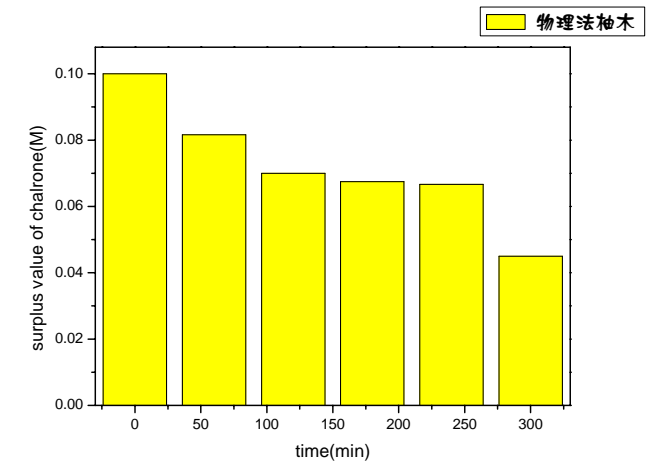
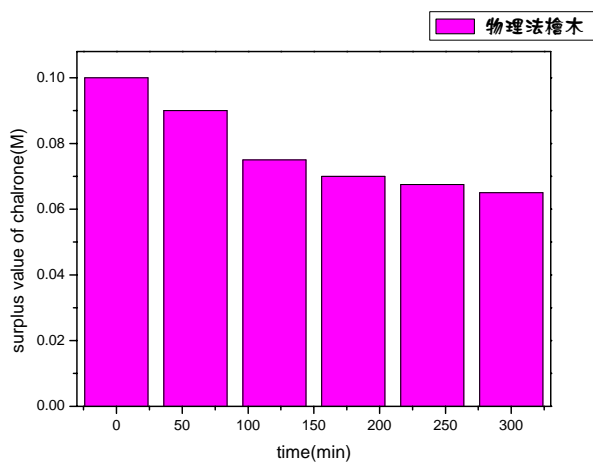
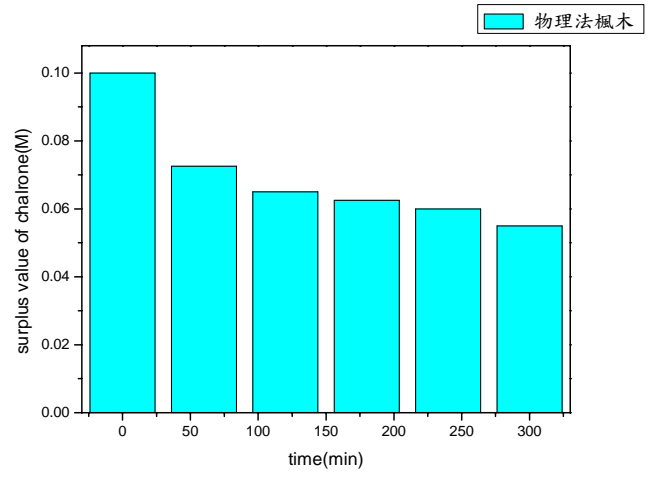
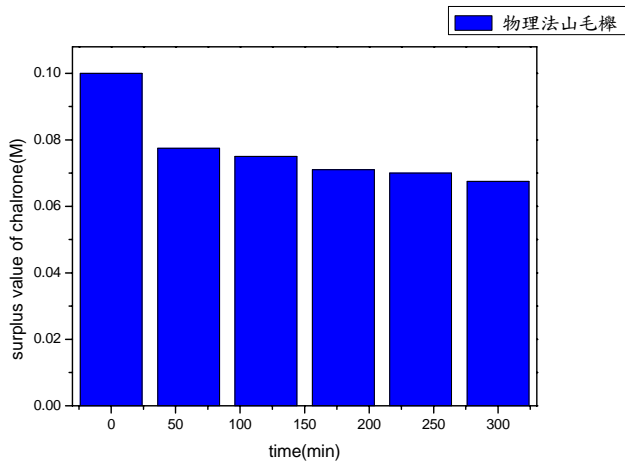
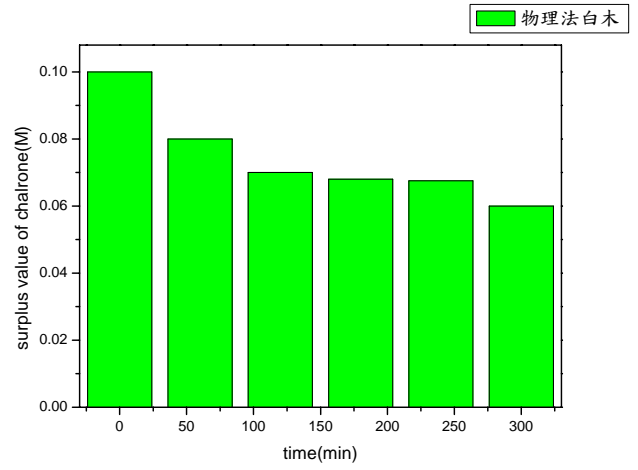
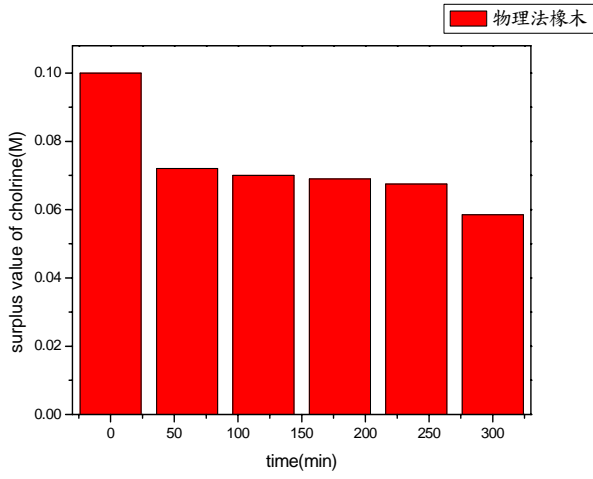
標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	17.1	17.0	17.0	17	1.3	0.9	0.9	1.0	20	0.080
2hr 後含氯離子量	20.1	20.1	20.0	20	5.4	4.9	4.8	5.0	20	0.075
3hr 後含氯離子量	15.9	16.0	15.9	16	2.9	3.0	3.2	3.0	20	0.065
4hr 後含氯離子量	17.0	17.0	17.0	17	4.1	4.2	3.8	4.0	20	0.065
5hr 後含氯離子量	16.1	16.0	15.9	16	3.5	3.8	3.3	3.5	20	0.063

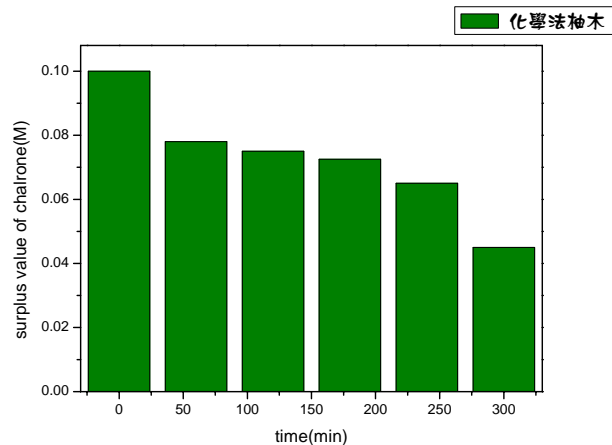
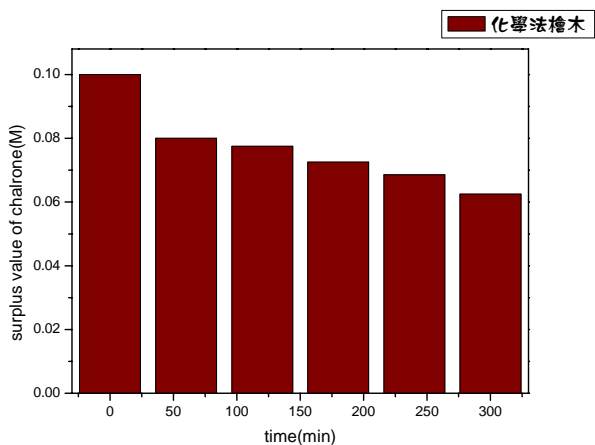
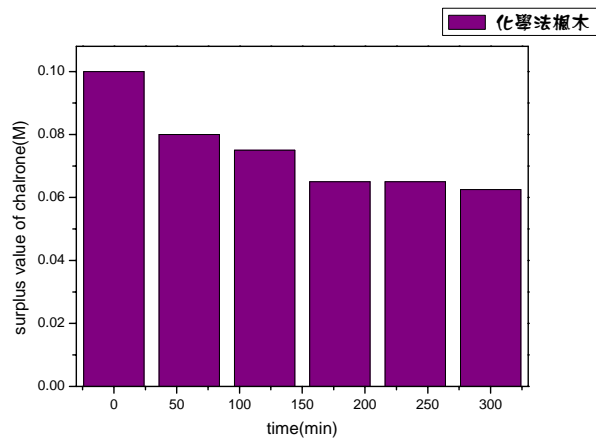
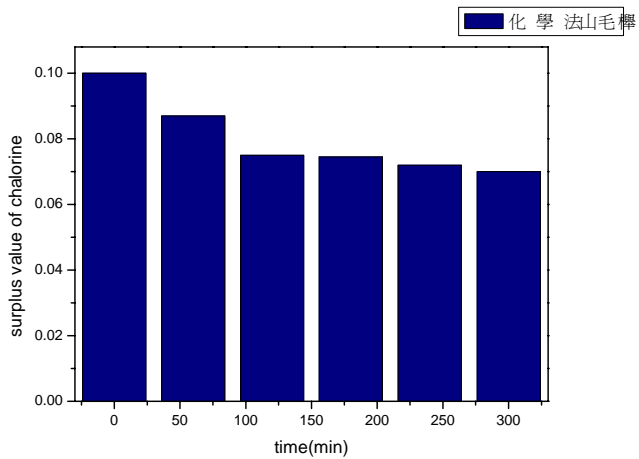
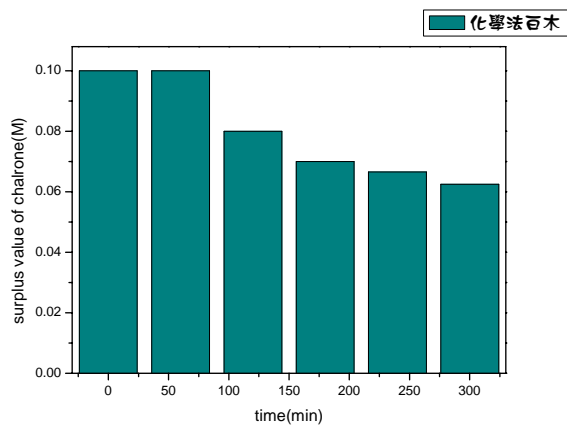
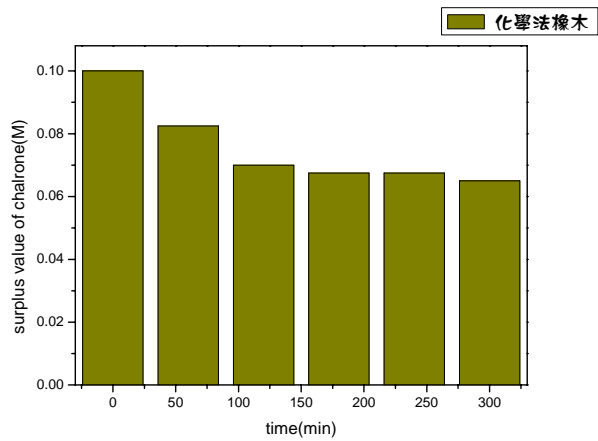
表 4-12、化學法檜木對氯離子吸附能力

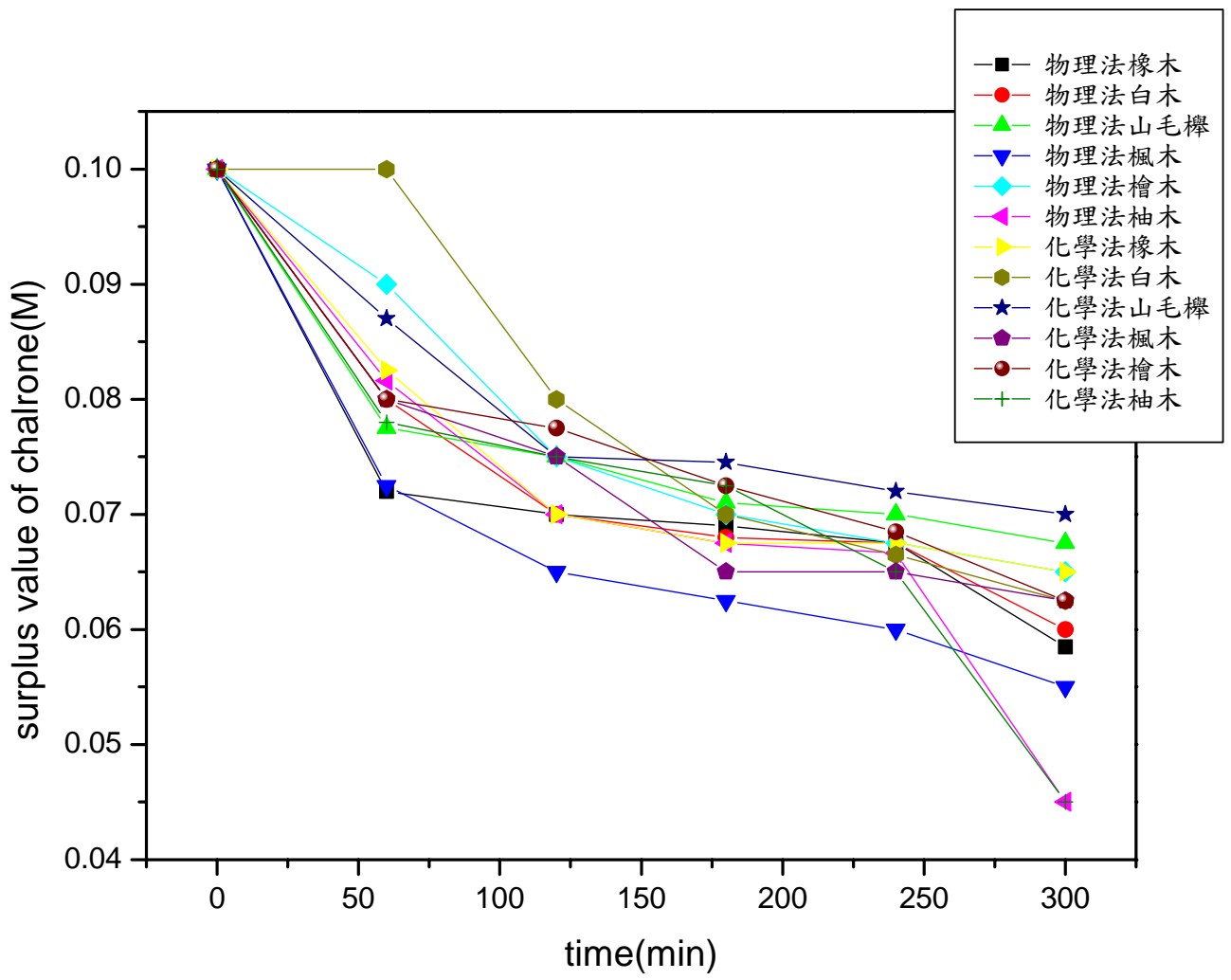
標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	18.9	19.1	19.1	19	3.1	2.7	3.3	3.0	20	0.080
2hr 後含氯離子量	21.0	21.0	21.1	21	5.4	5.4	5.6	5.5	20	0.078
3hr 後含氯離子量	18.0	17.9	17.9	18	3.3	3.7	3.6	3.5	20	0.073
4hr 後含氯離子量	18.0	18.0	18.1	18	4.3	4.1	4.4	4.3	20	0.069
5hr 後含氯離子量	15.9	16.0	16.1	16	3.7	3.3	3.4	3.5	20	0.063

表 4-13、化學法柚木對氯離子吸附能力

標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子 濃度
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均		
1hr 後含氯離子量	18.0	18.1	18.0	18	2.2	2.3	2.6	2.4	20	0.078
2hr 後含氯離子量	17.9	17.9	18.2	18	3.1	3.0	2.8	3.0	20	0.075
3hr 後含氯離子量	17.0	17.0	17.0	17	2.6	2.3	2.6	2.5	20	0.073
4hr 後含氯離子量	18.0	18.0	18.0	18	5.1	5.2	4.7	5.0	20	0.065
5hr 後含氯離子量	17.9	18.0	18.0	18	6.6	7.1	7.2	7.0	20	0.045

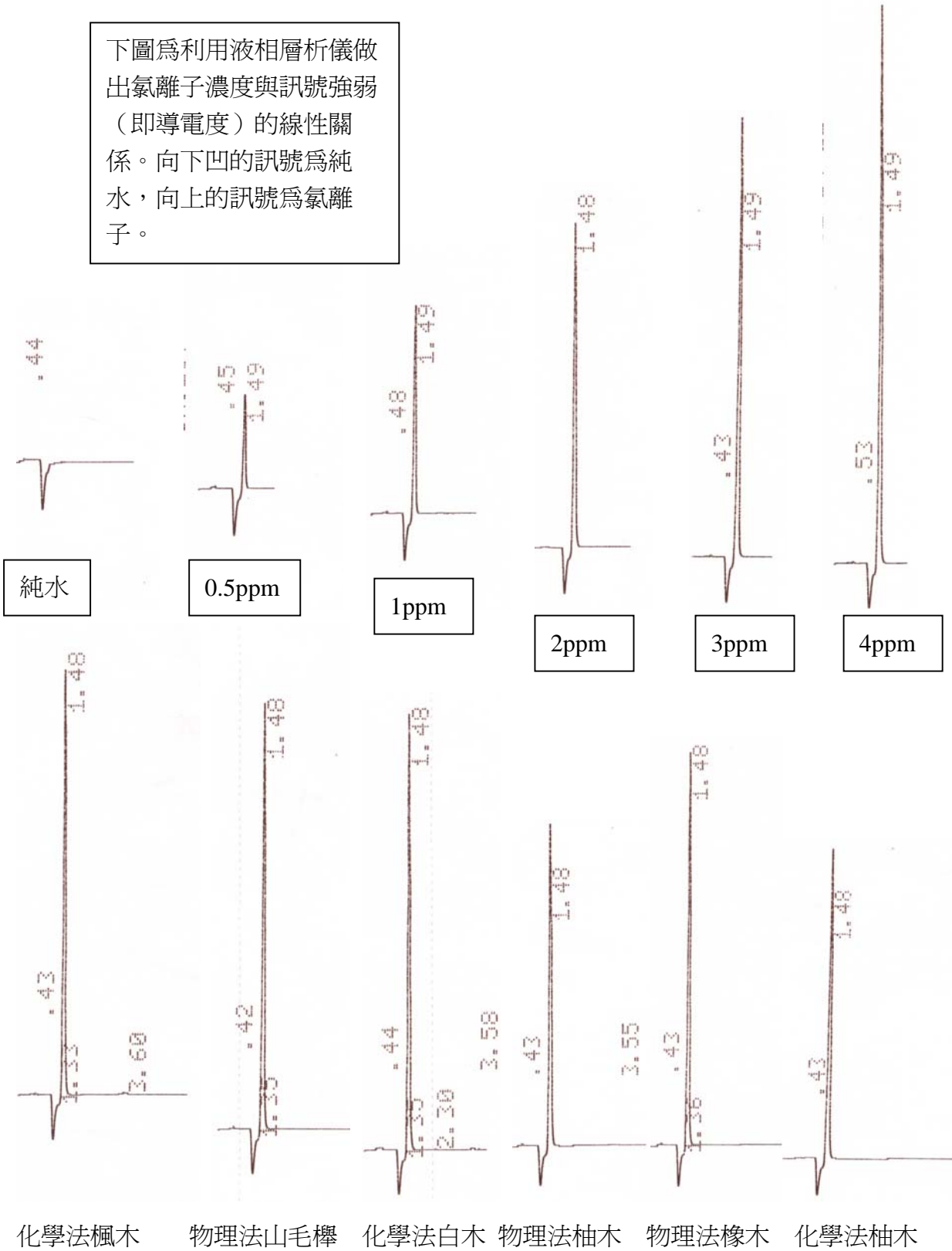


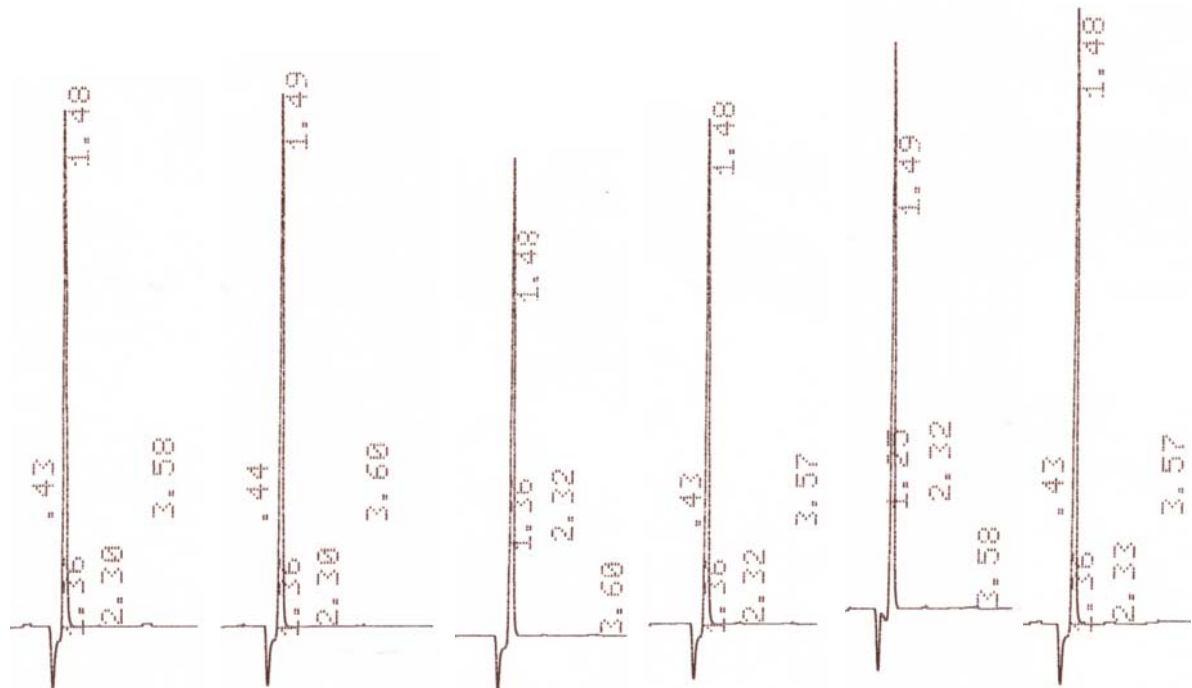




利用 LC 所測出的氯離子濃度校正曲線

下圖為利用液相層析儀做出氯離子濃度與訊號強弱（即導電度）的線性關係。向下凹的訊號為純水，向上的訊號為氯離子。





化學法楓木 化學法檜木 物理法楓木 物理法白木 化學法橡木 化學法山毛櫸

(七) 實驗討論：

1. 氯離子是生活中最常見的離子不論在食物中或在自來水中都很常見，因為氯離子為人體細胞中主要的陰離子之一，且無毒性僅少數慢性病患對飲食實行控制者須注意，故歸類於影響適飲性物質。
2. 由以上的實驗數據觀察，十二種不同的活性碳對氯離子都有吸附的能力，大致上來說，不同木質的活性碳，對氯離子的吸附效果都有許多的差異，吸附效果最好活性碳的吸附氯離子約有 50%~40%的吸附力，大部分的活性碳約為 40%~30%的吸附力，最差的活性碳約有 30%~20%的吸附力。
3. 以物理法和化學法來比較，物理法活性碳吸附效果通常較化學法好。比較物理法活性碳中，柚木（ $5.5 \mu\text{m}$ 中孔洞及 $20 \mu\text{m}$ 的大孔洞）對氯離子的吸附效果最好，橡木和楓木次之，山毛櫸（ $32 \mu\text{m}$ 的大孔洞）、白木（ $32 \mu\text{m}$ 的大孔洞）和檜木（ $70 \mu\text{m}$ 或 $26 \mu\text{m}$ 的大孔洞）的吸附效果最差。比較化學法活性碳中，柚木（ $5 \mu\text{m}$ 中孔洞及 $23 \mu\text{m}$ 的大孔洞）對氯離子的吸附效果同樣最好，楓木、橡木和檜木的吸附效果次之，山毛櫸（ $38 \mu\text{m}$ 的大孔洞）吸附效果最差。

4. 藉由液相層析儀配合離子交換樹脂及導電度偵測器所測出的訊號大小並配合所作出的濃度校正曲線以內差法比較出濃度。我們可發現三小時時所剩的氯離子濃度衰減的趨勢與滴定相同的結果，都是以物理法柚木化學法柚木效果最佳，而以物理法山毛櫸及化學法山毛櫸效果最差
5. 由滴定及液相層析儀的方法可得到以上的這些差異，我們可以對這些差異的情況提出二個可能的假設，(1)不同的活性碳及不同的活性化方法造成不同的孔洞大小引起這些差異。(2)不同木質的活性碳具有不同的電性(帶正電性的活性碳對氯離子因靜電力的關係而吸附效果較佳；帶負電性則反之)，而對帶負電的氯離子產生不同的吸附效果。根據實驗二電子顯微鏡的結果，化學法及物理法的柚木均具有 $5\mu\text{m}$ 的中孔洞及一些小於 $1\mu\text{m}$ 的小孔洞所以對氯離子的吸附效果最佳；物理法及化學法山毛櫸因孔洞較大(大於 $30\mu\text{m}$)且大小較雜亂及化學法檜木因孔洞大約均大於 $40\mu\text{m}$ 所以吸附效果最差；其它木頭的吸附效果也與孔洞頗有相關。
6. 由參考資料中得知，自來水中氯離子的含量約為 250mg/L ，經由比較的結果顯示，如果欲製作對氯離子有高度吸附效果的活性碳，應採用柚木以物理法或化學法來製作。

五、實驗五：各種不同活性碳對氨分子吸附能力的定量研究

(一) 實驗目的：氨為生活中最常見的對人體有害的氣體，例如廁所中的臭味，藉此實驗比較出各種不同活性碳對氨分子吸附能力的強弱。

(二) 實驗藥品：

1. 各種活性碳（物理法及化學法）
2. 氨水
3. 鹽酸
4. 甲基橙

(三) 實驗器材：

1. 滴定管
2. 廣口瓶
3. 試管
4. 電磁加熱攪拌器

(四) 實驗步驟：

1. 配置 9% 的氨水溶液。
2. 分別取 150mL 9% 的氨水溶液置入廣口瓶中，共六瓶。六瓶溶液中分別置入 5 g 的各種活性碳，再以電磁加熱攪拌器攪拌之。
3. 每隔 60min、120min、180min、240min、300min 將每瓶抽取 15mL 中入錐形瓶中。
4. 將各種試樣以 9.25%的鹽酸用甲基橙做為指示劑進行滴定。(變色範圍 pH3.4 紅~pH4 黃)。
5. 將各種不同活性碳相同時間對銨根離子的過濾量作圖，即可比較出不同的活碳對氨分子的過濾的效果。

(五) 實驗結果：

	1st	2st	3st	平均
顏色變化	瞬間變色	瞬間變色	瞬間變色	

	1st	2st	3st	平均
標準 9.25% HCl	15.3	15.5	16.0	15.6

原先之氨水濃度為：9%

標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.4	12.6	12.7	12.6	15	7.77
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.2	11.9	12.0	12.1	15	7.46
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.5	11.5	11.3	11.4	15	7.03
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.0	10.9	11.2	11.1	15	6.84
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.8	11.0	10.7	10.8	15	6.66

標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.3	11.4	11.7	11.5	15	7.09
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.0	11.3	11.4	11.2	15	6.90
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.1	10.8	11.2	11.0	15	6.78
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.8	10.8	11.2	10.9	15	6.72
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.1	10.1	10.2	10.1	15	6.22

表 5-5、物理法白木對氨分子的吸附						
標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.6	11.3	11.6	11.5	15	7.09
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.3	11.7	11.2	11.4	15	7.03
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.1	11.2	10.8	11.0	15	6.78
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.2	9.7	10.1	10.0	15	6.16
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.0	9.9	9.6	9.8	15	6.04

表 5-6、物理法橡木對氨分子的吸附						
標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.2	12.2	12.5	12.3	15	7.58
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.3	11.8	12.1	12.1	15	7.46
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.3	11.7	11.6	11.5	15	7.09
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.4	11.1	10.9	10.8	15	6.66
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	9.0	9.2	8.9	9.1	15	5.61

表 5-7、物理法楓木對氨分子的吸附						
標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.7	11.6	12.0	11.8	15	7.27
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.1	11.7	11.6	11.5	15	7.09
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.8	11.1	11.0	11.0	15	6.78
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.9	10.8	10.7	10.8	15	6.66
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	8.8	8.4	9.1	8.8	15	5.42

表 5-8、物理法山毛櫸對氨分子的吸附

標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.0	11.3	11.0	11.1	15	6.84
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.8	11.2	11.1	11.0	15	6.78
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.4	10.4	10.7	10.5	15	6.47
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	9.6	9.3	9.4	9.4	15	5.79
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	8.9	9.1	9.1	9.0	15	5.55

表 5-9、化學法柚木對氨分子的吸附

標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	13.2	13.0	12.9	13.0	15	8.01
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.3	12.6	12.6	12.5	15	7.70
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.5	11.6	11.9	11.7	15	7.21
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.1	11.6	11.5	11.4	15	7.03
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.3	10.6	10.2	10.4	15	6.41

表 5-10、化學法檜木對氨分子的吸附

標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.2	12.3	11.9	12.1	15	7.46
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.8	12.1	12.3	12.1	15	7.46
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.5	11.9	12.0	11.8	15	7.27
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.6	11.9	11.6	11.7	15	7.21
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.4	10.6	10.5	10.5	15	6.47

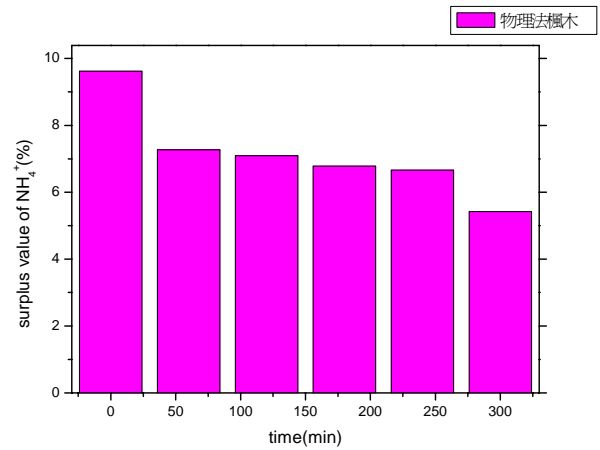
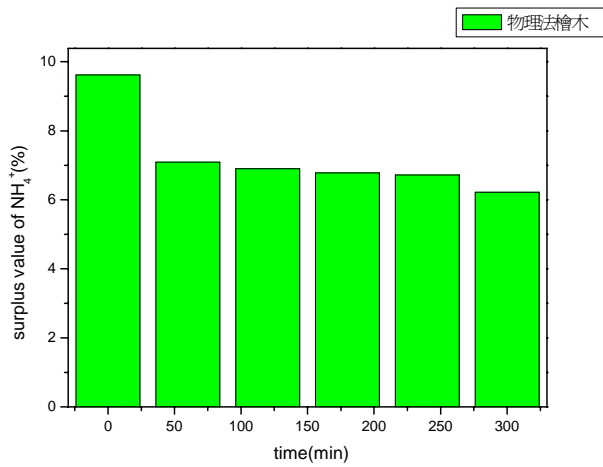
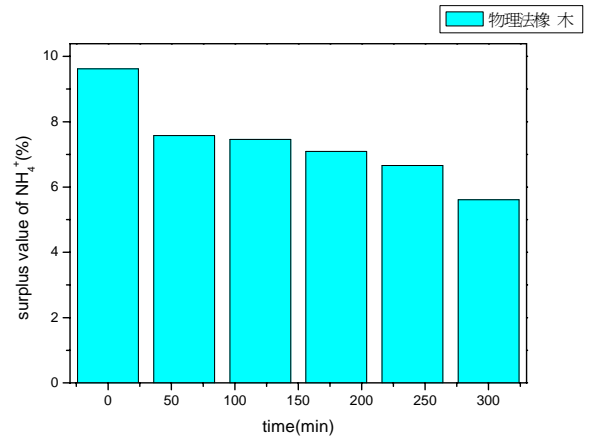
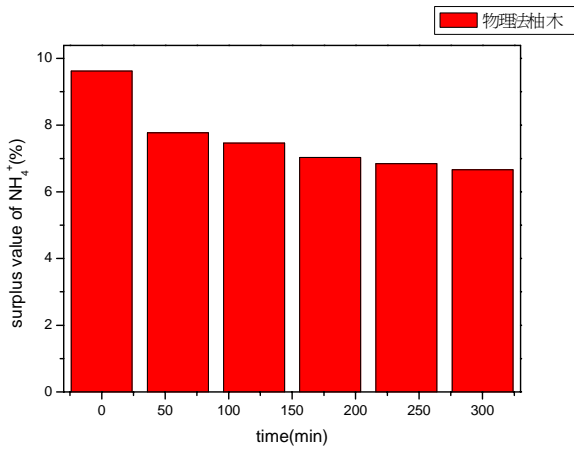
表 5-11、化學法白木對氨分子的吸附						
標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.8	12.1	12.2	12.0	15	7.40
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.7	11.4	11.6	11.6	15	7.15
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.5	11.5	11.4	11.5	15	7.09
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.8	11.2	11.3	11.4	15	7.03
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10.3	10.6	10.4	10.4	15	6.41

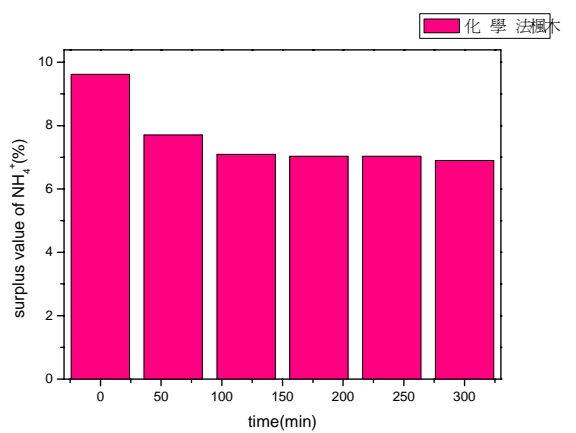
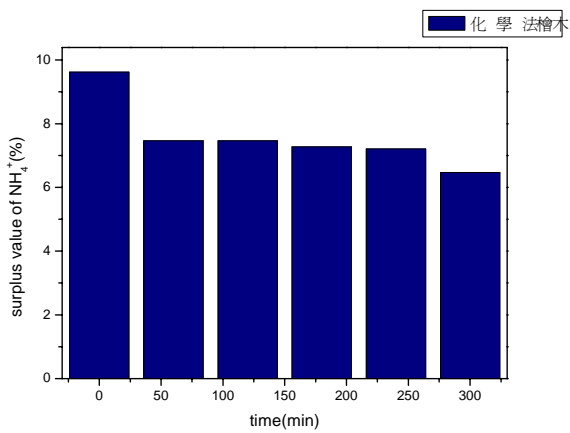
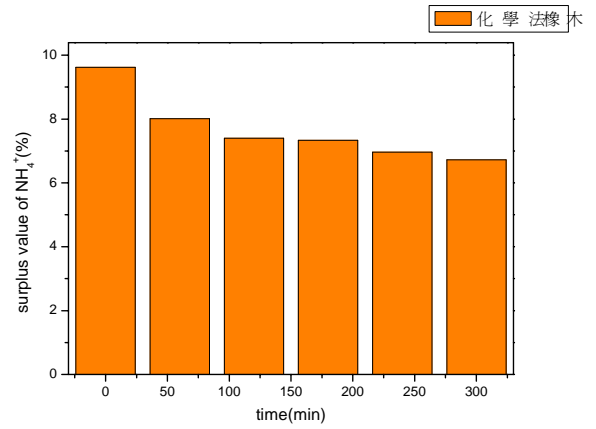
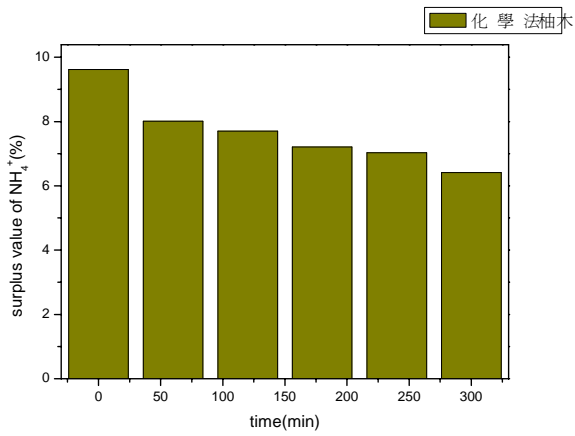
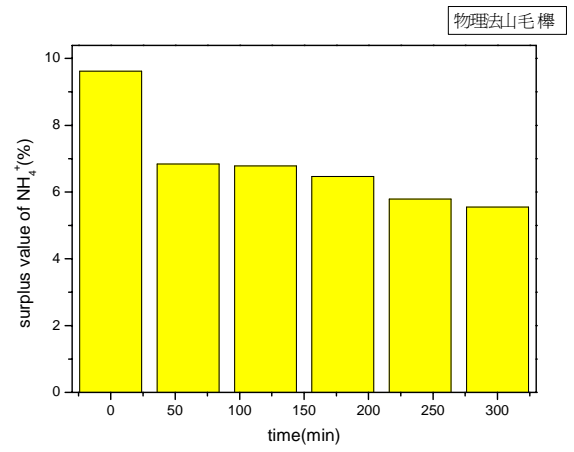
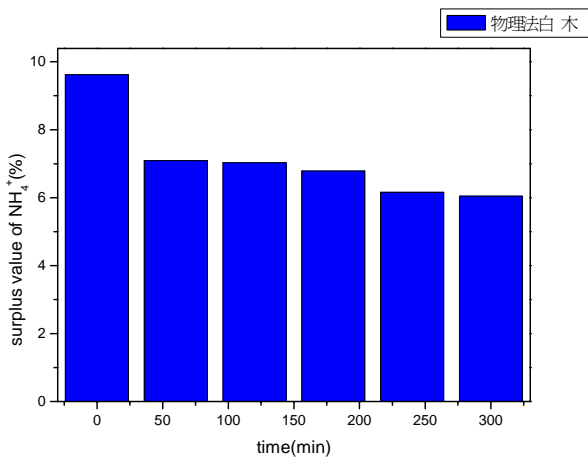
表 5-12、化學法橡木對氨分子的吸附						
標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	13.1	12.8	13.2	13.0	15	8.01
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.9	11.9	12.1	12.0	15	7.40
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.8	12.1	11.8	11.9	15	7.33
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.2	11.1	11.5	11.3	15	6.96
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.2	10.7	10.9	10.9	15	6.72

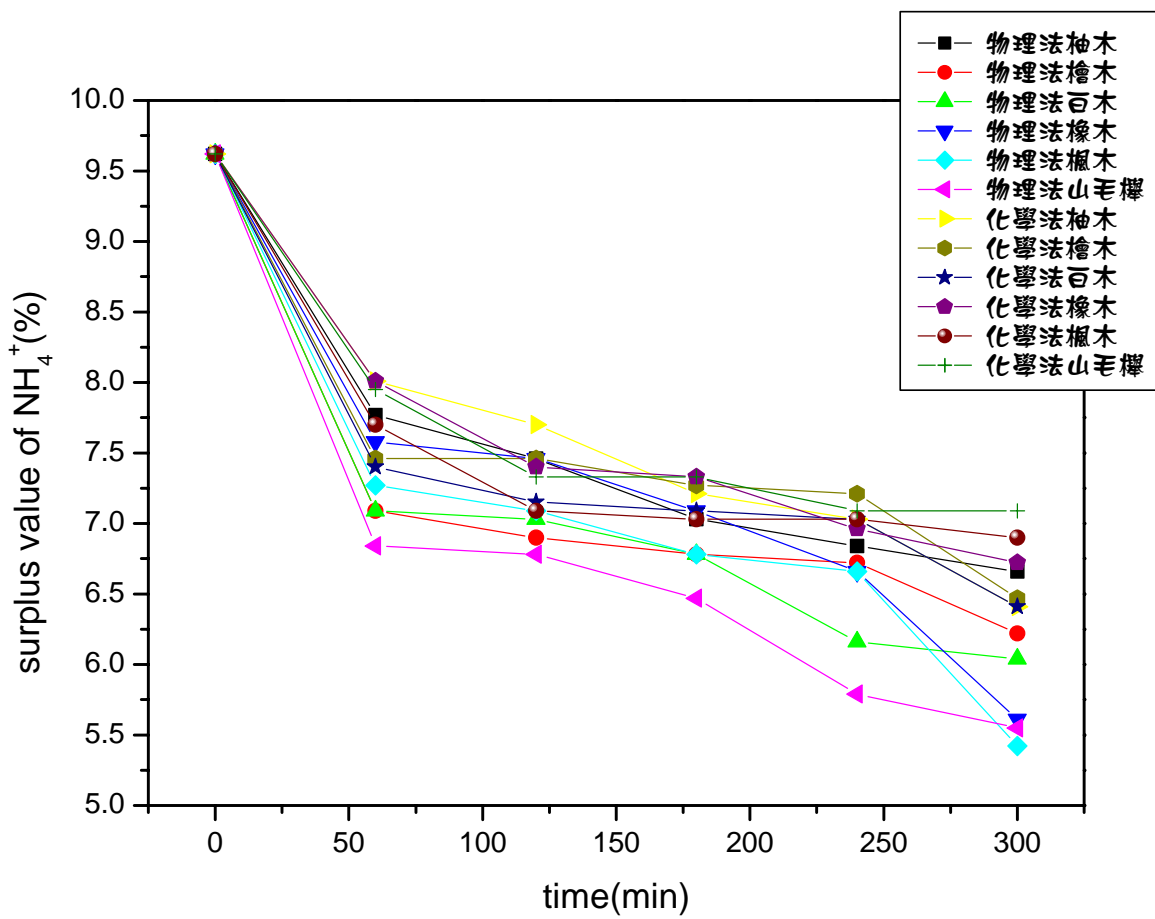
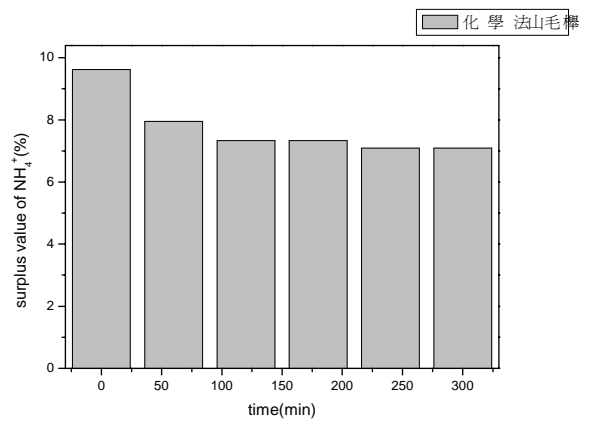
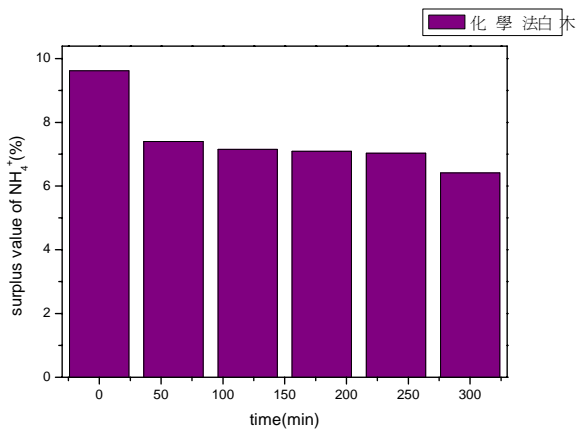
表 5-13、化學法楓木對氨分子的吸附						
標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.4	12.7	12.5	12.5	15	7.70
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.6	11.6	11.4	11.5	15	7.09
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.4	11.5	11.2	11.4	15	7.03
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.2	11.6	11.3	11.4	15	7.03
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.2	11.4	11.1	11.2	15	6.90

表 5-14、化學法山毛櫸對氨分子的吸附

標準溶液 次數 時間	9.25% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.6	12.9	13.2	12.9	15	7.95
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.8	11.8	12.2	11.9	15	7.33
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.7	11.9	12.1	11.9	15	7.33
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.3	11.6	11.5	11.5	15	7.09
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	11.2	11.7	11.6	11.5	15	7.09







(六) 實驗討論：

1. 氨分子一般被視為低毒性的物質，在飲用水中主要是對味覺的影響。其他影響方面，氨分子會和消毒的氯氣形成氯化銨而降低消毒的效果，或在高溫下轉變成為具毒性的亞硝酸鹽對人體造成危害。
2. 大部分的活性碳對氨分子都有相當的吸附效果，最差的約有 25~35% 的吸附效果，最好的約有 45% 的吸附效果。以物理法和化學法活性碳相比，以物理法活性碳吸附效果較好。雖然物理法活性碳對氨分子的吸附效果較化學法活性碳好，但其間的差異並不大。以整體來看，以物理法橡木、楓木及山毛櫸效果最佳；而以化學法山毛櫸最差。與實驗四活性碳對氯離子的吸附能力中相比較，以物理法柚木化學法柚木效果最佳，而以物理法山毛櫸及化學法山毛櫸效果最差。我們可發現活性碳對離子的吸附能力與電性有些微的相關性。物理法山毛櫸對氯離子的吸附效果頗差，但其對氨分子的吸附效果較好，這項差異可能是因為氨分子在水中會形成帶正電的銨根離子，而氯離子帶負電。但由實驗四及實驗五之數據比較得知，大部分的活性碳與電性並無相當的關係，由此實驗結果我們發現實驗四中的兩個假設（1）不同的活性碳及不同的活性化方法造成不同的孔洞大小引起這些差異。（2）不同木質的活性碳具有不同的電性，而對帶負電的氯離子產生不同的吸附效果。其中，以假設（1）不同的活性碳及不同的活性化方法造成不同的孔洞大小對活性碳的吸附能力影響較大，而假設（2）電性的影響較小且不明顯。

六、實驗六：各種不同活性碳對葡萄糖分子吸附能力的定量研究

(一) 實驗目的：因為葡萄糖分子是在日常生活中最常見的有機物分子，於是本實驗採用葡萄糖分子作為有機物的代表，用活性碳來進行過濾，因此，藉由本實驗比較出各種不同活性碳對葡萄糖分子吸附能力的強弱。

(二) 實驗藥品：

1. 各種活性碳（物理法及化學法）
2. 葡萄糖
3. Hexokinase
4. Glucose-6-phosphate dehydrogenase

(三) 實驗器材：

1. OLYMPUS-AU640 自動分析儀
2. 廣口瓶
3. 試管
4. 電磁加熱攪拌器
5. 離心機

(四) 實驗步驟：

1. 將葡萄糖配成 110mg/100mL 的水溶液。
2. 分別取 150mL 的葡萄糖溶液置入廣口瓶中，共六瓶。六瓶溶液中分別置入 5 g 的各種活性碳，再以電磁加熱攪拌器攪拌之。
3. 隔 180min 用抽取用具將每瓶抽取 10mL 置入試管中。
4. 將各種試樣以 Enzymatic method（酵素方法）測出其濃度。

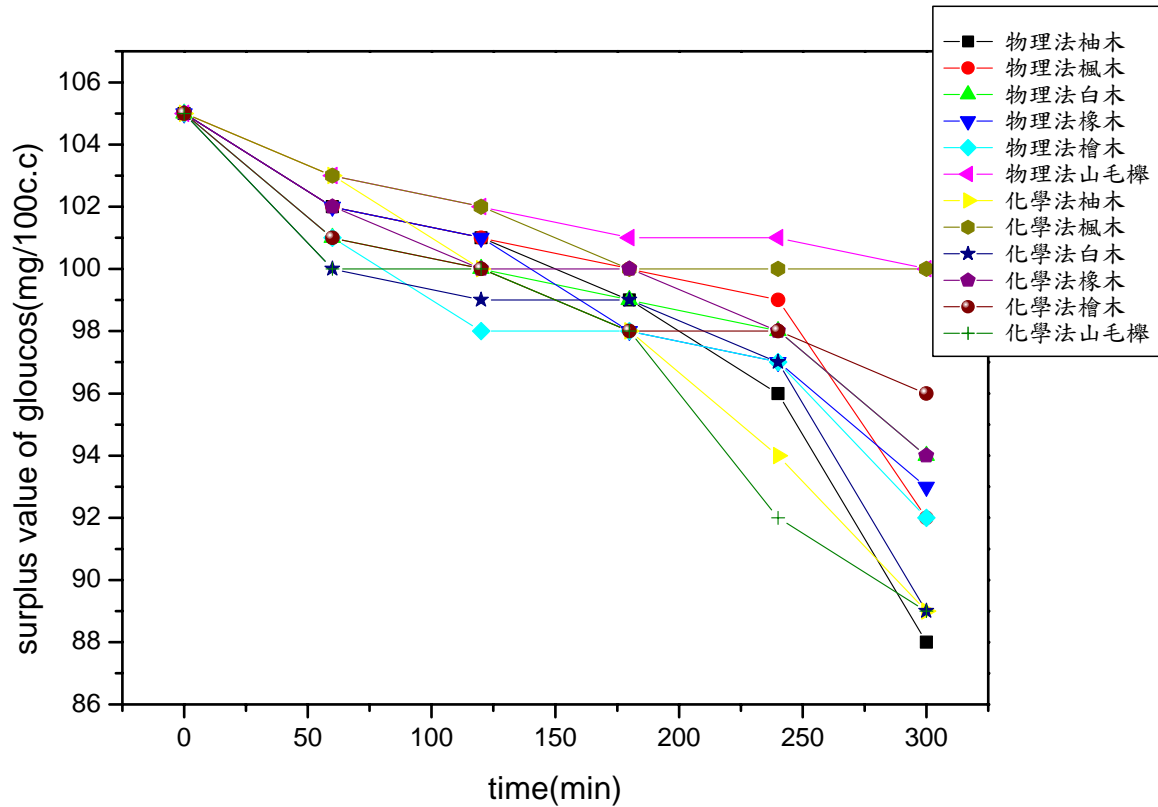
Ps. a. 溶液中之葡萄糖以 Hexokinase（己糖基酶）催化己糖及 ATP 等物質，生成 Glucose-6-phosphate

b. 再加入酵素 Glucose-6-phosphate dehydrogenase（G6P-DH）參與反應產生 Glucose-6-phosphate 及 NADH 和 H^+ 。

- c. 以波長 340nm 測 NADH 的吸收光度即得葡萄糖的含量。(自動化分析由儀器自動換算)
5. 將各種不同活性碳相同時間對葡萄糖分子的過濾量作圖，即可比較出不同的活性碳對葡萄糖分子的過濾的效果。

(五) 實驗結果：

表 6-1 各種不同活性碳對葡萄糖的吸附能力					
	1hr 後 C ₆ H ₁₂ O ₆ 剩餘量 (mg/0.1L)	2hr 後 C ₆ H ₁₂ O ₆ 剩餘量 (mg/0.1L)	3hr 後 C ₆ H ₁₂ O ₆ 剩餘量 (mg/0.1L)	4hr 後 C ₆ H ₁₂ O ₆ 剩餘量 (mg/0.1L)	5hr 後 C ₆ H ₁₂ O ₆ 剩餘量 (mg/0.1L)
物理法柚木	102	101	99	96	88
物理法檜木	102	101	100	99	92
物理法白木	101	100	99	98	94
物理法橡木	102	101	98	97	93
物理法楓木	101	98	98	97	92
物理法山毛櫸	103	102	101	101	100
化學法柚木	103	100	98	94	89
化學法檜木	103	102	100	100	100
化學法白木	100	99	99	97	89
化學法橡木	102	100	100	98	94
化學法楓木	101	100	98	98	96
化學法山毛櫸	100	100	98	92	89



(六) 實驗討論：

1. 葡萄糖是生活中最常見的有機物，其分子均較其他無機分子大的多，所以本實驗用它作為活性碳吸附有機物之效果的代表。
2. 大致上活性碳對葡萄糖均無較明顯的吸附效果，最大吸附效果大約減量 16%，但根據圖中依舊可比較出各種不同活性碳對葡萄糖的吸附效果之差異。由圖中我們可發現物理法的柚木、化學法的柚木、白木、山毛櫸吸附效果最佳約有 16%；物理法楓木、檜木、橡木及化學法橡木、檜木吸附效果中等，約有 8~10%；化學法楓木、物理山山毛櫸效果頗差。以物理法及化學法相比較，化學法大致上較物理法佳。
3. 在實驗四活性碳對氯離子吸附的結果中，物理法效果優於化學法；實驗五活性碳對氨分子吸附的結果中，物理法效果優於化學法但差異並不太大；而在葡萄糖的吸附結果中，則是化學法較物理法佳。根據文獻探討及實驗二的結果，物理法活性碳有較多中孔洞、小孔洞，而化學法為大孔洞、中孔洞及小孔洞，故推測其因為氯離子粒子較小，物理法

活性碳中與其大小相符的孔洞較多，而與粒子較大的葡萄糖分子相符的孔洞較少。化學法活性碳則是因為具有較大的中孔洞，孔洞與粒子較大的葡萄糖分子相符者較多，而與粒子較小的氯離子相符者較少；因為氨分子的大小介於氯離子及葡萄糖分子中間，因此物理法及化學法均有相當的吸附效果，差距並不那麼明顯。因此推論，活性碳吸附能力的良劣與其孔洞的大小有相當的關聯性。

4. 進一步推論，物理法的柚木、化學法的柚木、白木、山毛櫸吸附葡萄糖效果最佳，根據實驗二電子顯微鏡的結果，可能是因為其木紋及木質的關係，造成其製成活性碳時產生較大的孔洞，而對葡萄糖有較好的吸附效果。
5. 根據實驗結果，如果欲分離葡萄糖或其他較大的有機分子，應採用物理法的柚木、化學法的柚木、白木、山毛櫸所製成的活性碳，因其活性碳孔洞較大。

七、實驗七：各種不同活性碳對三氧化二砷吸附能力的定量研究

(一) 實驗目的：比較出各種不同活性碳對三氧化二砷吸附能力的強弱

(二) 實驗藥品：

1. 各種活性碳（物理法及化學法）
2. 三氧化二砷水溶液

(三) 實驗器材：

1. 質譜儀（ICP-MS）
2. 廣口瓶
3. 試管
4. 電磁加熱攪拌器

(四) 實驗步驟：

1. 配置 0.01M 的三氧化二砷水溶液。
2. 將 0.01M 的三氧化二砷水溶液取 150mL 置入廣口瓶中，共六瓶。六瓶溶液中分別置入 5 g 的各種活性碳，再以電磁加熱攪拌器攪拌之。

3. 隔 3 小時後將每瓶用抽取用具抽取 10mL 裝入試管中。
4. 將各種試樣以 ICP-MS 求出濃度。

(五) 實驗結果：

原先三氧化二砷濃度 75ppm

Sample	As ₂ O ₃ (單位 ppm)
物理法山毛櫸	56
物理法柚木	56.4
物理法橡木	60.2
物理法白木	58
物理法檜木	60.7
物理法楓木	57.6
化學法山毛櫸	23.8
化學法柚木	58.9
化學法橡木	62.5
化學法白木	17.5
化學法檜木	16.5
化學法楓木	56.7

(六) 實驗討論：

1. 由實驗結果發現，化學法的活性碳吸附三氧化二砷的效果明顯優於物理法活性碳，又其中以化學法白木、檜木和山毛櫸吸附效果特佳。根據實驗二的結果，三者之中均具有較大的孔洞，以檜木的孔洞最大（約 40 μ m），山毛櫸次之（約 20 μ m），而白木再次之（約有 10 μ m）；但以孔洞密度而言，檜木和白木均為大孔洞，而山毛櫸則夾雜著一些中、小孔洞。

八、實驗八：將市售活性炭同實驗三 ~ 實驗七之操作研究其吸附效果

(一) 市售活性炭（以椰殼製成）對有色溶液的吸附效果

紀錄項目	紀錄
市售活性炭對硫酸銅的吸附效果	市售活性炭對硫酸銅並無顯著的吸收，經過兩個半小時顏色並無明顯衰減。
市售活性炭對甲基紅的吸附效果	市售活性炭對甲基紅有較顯著的吸收，經過半小時即明顯的衰減（效果較自製的活性炭差）
市售活性炭對亞甲藍的吸附效果	市售活性炭對亞甲藍並無顯著的吸收，經過兩個半小時顏色並無明顯衰減。（自製活性炭對亞甲藍有顯著的吸附效果）
市售活性炭對烏醋的吸附效果	市售活性炭對烏醋並無顯著的吸收，經過兩個半小時顏色並無明顯衰減。（自製活性炭前半小時即有明顯的衰減）



照片一、市售活性炭對硫酸銅的吸附效果



照片二、市售活性炭對甲基紅的吸附效果



照片三、市售活性碳對亞甲藍的吸附效果

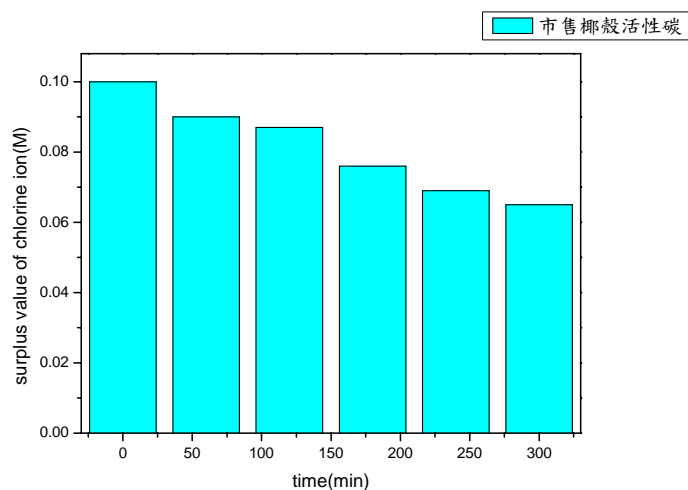


照片四、市售活性碳對烏醋的吸附效果

(二) 市售活性碳（以椰殼製成）對氯離子吸附效果的定量研究

3-1、滴定之空白實驗				
次數	1st	2st	3st	平均
紀錄	沉澱不明顯	沉澱不明顯	沉澱不明顯	沉澱不明顯

表 3-2、市售活性碳（椰殼活性碳）對氯離子吸附能力											
標準溶液 次數 時間	AgNO ₃ 消耗量(mL)				KSCN 消耗量(mL)				體積 (mL)	氯離子濃 度 (M)	
	1st	2st	3st	平均	1st	2st	3st	平均			
1hr 後含氯離子量	26	26	26	26	8.7	9.1	9.2	9	15	0.09	
2hr 後含氯離子量	26	26	26	26	12.9	12.9	12.8	12.9	15	0.087	
3hr 後含氯離子量	26	26	26	28	16.7	16.3	16.5	16.5	15	0.076	
4hr 後含氯離子量	26	26	26	28	17.6	17.7	17.6	17.6	15	0.069	
5hr 後含氯離子量	26	26	26	28	18.2	18.1	18.3	18.2	15	0.065	



※ 討論：市售椰殼活性碳對氯離子的吸附效果約為 65% (5hr 後含氯離子量)，與物理法檜木、物理法柚木、化學法橡木相當，僅比物理法及化學法山毛櫸好，均較其他材質的自製活性碳差。

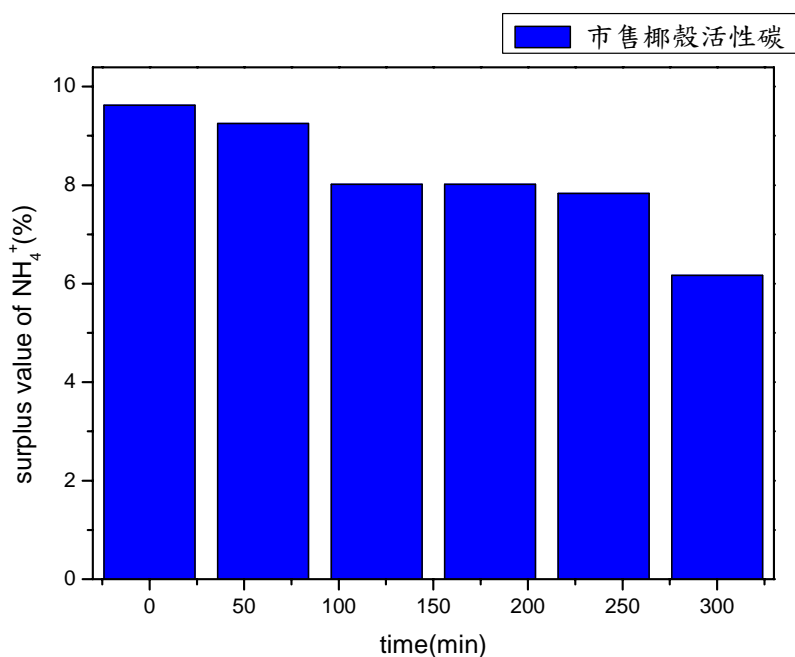
(三) 市售活性碳（以椰殼製成）對氨分子吸附效果的定量研究

3-1、滴定之空白實驗				
	1st	2st	3st	平均
顏色變化	瞬間變色	瞬間變色	瞬間變色	

3-2、以標準 9.25% HCl 標定原先 9% 氨水				
	1st	2st	3st	平均
標準 9.25% HCl	15.3	15.5	16.0	15.6

原先之氨水濃度為：9.62%

標準溶液 次數 時間	9% HCl 的用量				樣品 體積	氨水剩 餘濃度
	1st	2st	3st	平均		
1hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	15	14.8	15.1	15	15	9.25%
2hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	13.3	12.9	12.7	13	15	8.02%
3hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	13.3	12.8	12.9	13	15	8.02%
4hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	12.7	12.7	12.65	12.7	15	7.83%
5hr 後 NH ₄ ⁺ 的剩餘量	10	9.9	10.2	10	15	6.17%

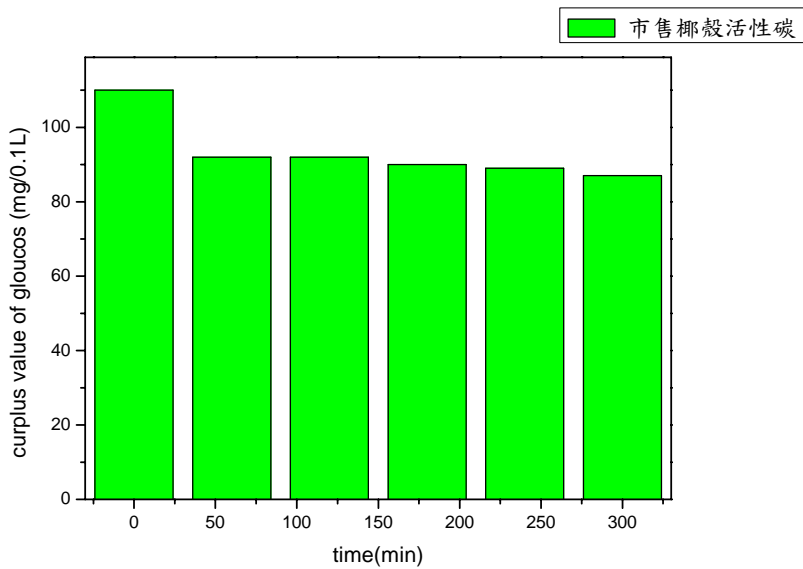


※討論：市售椰殼活性碳對氨分子的吸附效果(6.17% —5hr 後 NH₃ 的剩餘量)較物理法白木、橡木、楓木及山毛櫸差，但較其他種類自製活性碳為佳，吸附效果中等。

(四) 市售活性碳（以椰殼製成）對葡萄糖分子吸附效果的定量研究

原先 $C_6H_{12}O_6$ 濃度 110 mg/0.1L

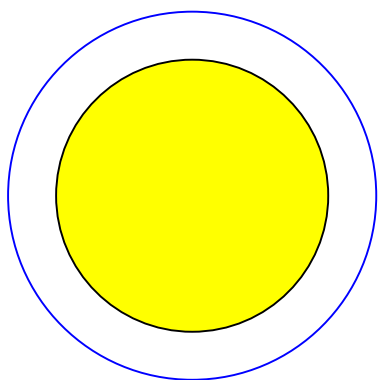
紀錄項目	濃度
1hr 後 $C_6H_{12}O_6$ 剩餘量 (mg/0.1L)	92
2hr 後 $C_6H_{12}O_6$ 剩餘量 (mg/0.1L)	92
3hr 後 $C_6H_{12}O_6$ 剩餘量 (mg/0.1L)	90
4hr 後 $C_6H_{12}O_6$ 剩餘量 (mg/0.1L)	89
5hr 後 $C_6H_{12}O_6$ 剩餘量 (mg/0.1L)	87



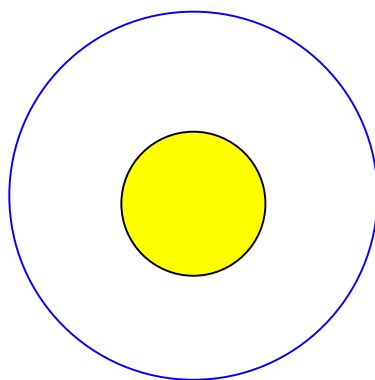
※討論：市售活性碳對葡萄糖的吸附效果(87mg/0.1L—5hr 後 $C_6H_{12}O_6$ 剩餘量)非常不錯，與自製活性碳中物理法柚木、化學法柚木、白木、山毛櫸吸附效果相當，其他種類自製活性碳吸附效果則略差於市售活性碳。

(五) 實驗討論：

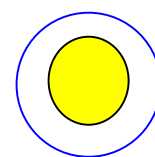
1. 經由文獻探討，活性碳對離子的吸附與孔洞大小的關係之間有一個咬合能(biting energy)的觀念，當離子進入活性炭的孔洞中，離子會和孔壁產生一種極弱鍵結的能量使離子停留在洞中，以原子半徑的大小來看，絕大部分的離子都能較進入孔洞中（葡萄糖則部分無法進入），因此，咬合能變成其中重要的因素。《1》如圖一中，大孔洞遇上大離子，孔洞大小與離子相符，孔壁與離子之間的距離短，所以咬合能大，離子不易脫出。《2》如圖二中，大孔洞遇上小離子，孔洞大小與離子相符性低，孔壁與離子之間的距離大，所以咬合能小，離子易脫出。《3》小孔洞遇上大離子則不易卡入，吸附效果就差。《4》如圖三中，小孔洞遇上小離子，孔洞大小與離子相符，孔壁與離子之間的距離短，所以咬合能大，離子不易脫出。
2. 以物理法及化學法觀點而言，大分子的葡萄糖及三氧化二砷分子以孔洞較大的化學法比孔洞較小的物理法為佳；而半徑較小的氫離子、氨分子，則以孔洞較小的物理法比孔洞較大的化學法好。
3. 以不同木材的觀點而言，配合電子顯微鏡的結果，氫離子吸附效果最佳的物理法及化學法的柚木，其孔洞的分布以中孔洞及小孔洞為主；氨分子吸附效果最佳的物理法山毛櫸、楓木、橡木均有小孔洞的分布。葡萄糖分子及三氧化二砷分子的結果亦有相同的關係。



圖一、大孔洞填大離子



圖二、大孔洞填小離子



圖三、小孔洞填小離子

九、實驗九：探討市售各種常見材質屏蔽電磁波的效果

(一) 實驗目的：以市售各種常見材質，如鋁板、銅板、鐵板、木炭、備長炭來屏蔽電磁波，比較其差異並探討其原因。

(二) 實驗藥品：

1. 金屬板（鋁板、銅板、鐵板）
2. 木炭（市售木炭 A 和 B）
3. 備長炭（市售備長炭 A 和 B）
4. 自製孟宗竹炭

(三) 實驗器材：

1. 高溫爐
2. 鋁箔紙
3. 數位高斯計
4. 烘箱
5. 自製測量電磁波之儀器



測電磁波的自製儀器裝置

(四) 實驗原理及假設：

1. 儀器原理：
2. 實驗假設：

(1) 金屬板利用金屬的高導電性，針對入射的電磁波利用渦電流產生反磁場以抵消電磁波。

(2) 木炭、備長炭和孟宗竹炭都含有相當成分各級導電碳黑、結晶性石墨和碳的各種結構，利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。



圖 9-1、一級導電碳黑

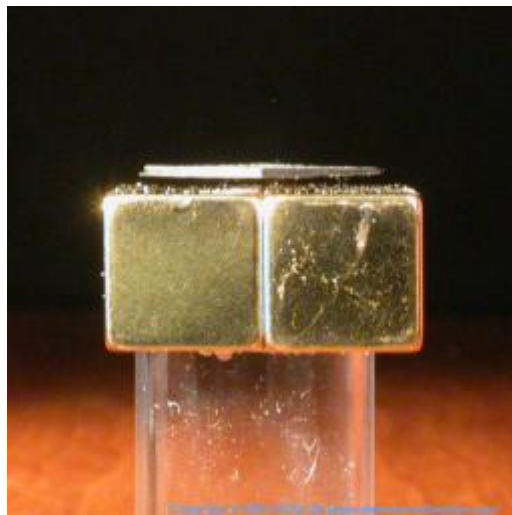


圖 9-2、結晶性石墨



圖 9-3、鑽石



圖 9-4、煤炭



圖 9-5、碳的結晶示意圖

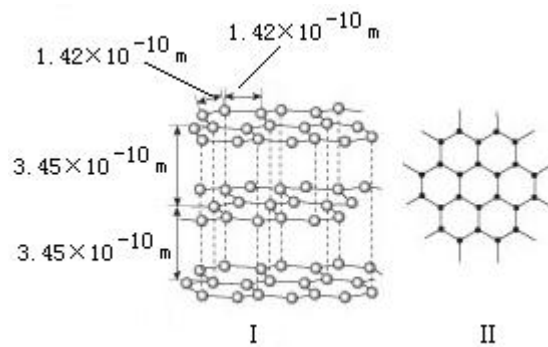
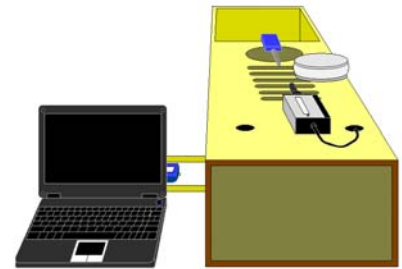


圖 9-6、石墨結構示意圖

(五) 實驗步驟：

1. 屏蔽效果測試

- (1) 將金屬板分別裁成直徑 12 cm 厚度 0.2 cm 的圓形。
- (2) 將木炭 A 和 B、備長炭 A 和 B、孟宗竹炭磨成細小顆粒狀 (直徑約 0.5~0.1 mm)，並分別填裝入直徑 12 cm 的玻璃培養皿中。
- (3) 將波源打開發射三次並記錄下數值，求出平均值及標準差。
- (4) 將金屬圓板和填裝滿木炭、備長炭、孟宗竹炭的培養皿，分別插入儀器的樣品槽中，並分別記錄下數值。



2. 電阻值的測定

- (1) 取長 10 cm 直徑 0.5 cm 的金屬棒，利用三用電表量出電阻值，並記入表格。
- (2) 取長 10 cm 直徑 0.5 cm 的玻璃棒，填裝入木炭 A 和 B、備長炭 A 和 B、孟宗竹炭的細小顆粒，再用三用電表量出電阻值並記入表格。

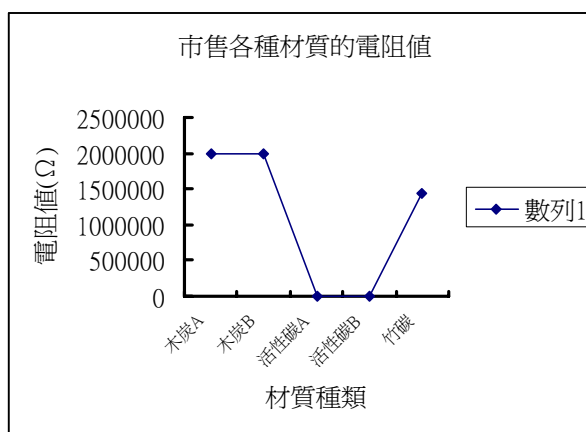
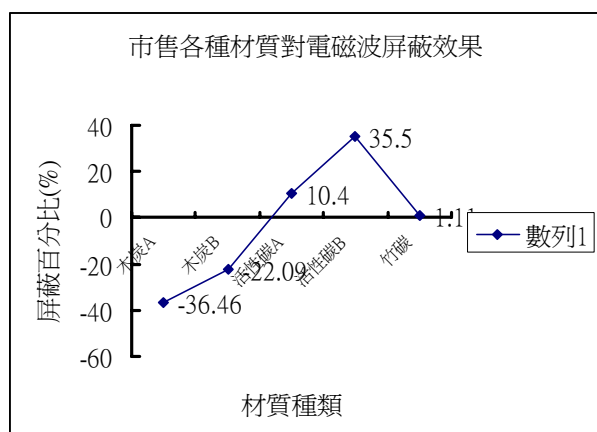
(六) 實驗結果：

	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.1	18.2	17.9	18.1	0.15

	木炭 A	木炭 B	備長炭 A	備長炭 B	鋁板	銅板	鐵板	孟宗竹炭
原功率 ($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.1	18.1	18.1	18.2	18.0	18.1	18.1	18.0
衰減後 功率 ($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	24.7	22.1	16.2	11.7	2.1	1.1	1.7	17.8
屏蔽百 分率 (%)	-36.5	-22.1	10.4	35.5	88.3	93.9	90.6	1.1
電阻值 (Ω)	大於 2×10^6	大於 2×10^6	1.48	0.77	0.08	0.06	0.08	4.4×10^5

Ps. (1) 電阻值大於 $2 \times 10^6 \Omega$ 即表示電阻大於三用電表的測定範圍

$$(2) \text{屏蔽百分率} = \frac{\text{原功率} - \text{衰減後功率}}{\text{原功率}} * 100\%$$



(七) 實驗討論：

1. 由實驗結果表 9-1 得知，架設的波原功率相當穩定，標準差趨近於零，對實驗的誤差影響微乎其微。
2. 由實驗結果表 9-2 得知，金屬板類（銅板、鐵板、鋁板）為具有最佳的屏蔽電磁波效果，備長炭類有居次的抗電磁波效果，而木炭類不僅不具屏蔽電磁波效果，反而有增強電磁波的作用。
3. 由電阻值的實驗發現，木炭類的電阻值均超出三用電表的量測範圍，竹炭有接近極限值

的電阻，備長炭有較低的電阻，金屬的電阻值均極小。將屏蔽百分率的圖和電阻值的圖相互比較可發現有高度負相關的關係。

4. 由以上討論可推知，金屬板有較低的電阻，可產生較強的渦電流因而對電磁波有較強的屏蔽效果；而備長炭有居次的電阻值，對電磁波也有不錯的屏蔽效果。
5. 備長炭和木炭之間的差異在於燒製的溫度和活性化的過程，備長炭約 500°C~800°C 而木炭約 200°C~300°C，且在活性化的過程中和高溫的水蒸氣反應，在孔洞中的金屬雜質會被去除，碳原子間將晶型排列更為規則；因此，備長炭對電磁波具有屏蔽效果，而木炭則完全不具屏蔽效果。

(八) 實驗小結：

1. 由實驗結果及討論，我們可提出兩點推論：**【1】**電阻值影響物質的導電度，而對物質屏蔽電磁波的效果有影響。**【2】**不同的炭材有不同的晶型排列，且其屏蔽電磁波的效果也各自相異。

十、實驗十：垂直和平行於年輪紋路對屏蔽電磁波效果的影響

(一) 實驗目的：

1. 燒製垂直和平行於年輪紋路形狀的木炭，藉以瞭解木材紋路是否會影響木炭內部結構之形成並進而影響遮蔽電磁波之效果。
2. 探討塊狀木炭與細粉狀木炭其遮蔽電磁波效果的差異性。

(二) 實驗藥品：

1. 自製孟宗竹炭

(三) 實驗器材：

1. 高溫爐
2. 鋁箔紙
3. 數位高斯計
4. 烘箱
5. 自製測量電磁波之儀器

(四) 實驗原理：

1. 實驗 10-1

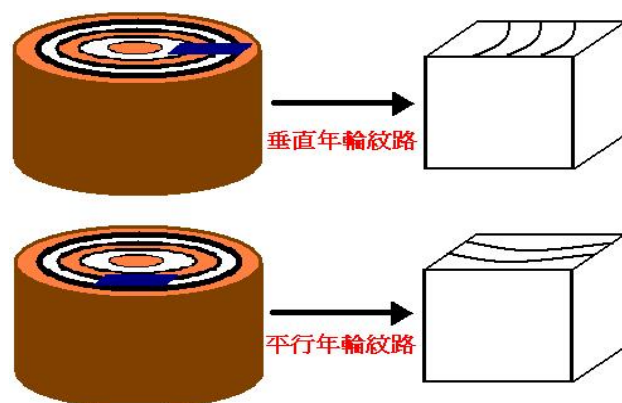
操縱變因：木材內部維管束的排列方式

控制變因：木材材質、木材規格、燒製溫度、燒製時間

2. 實驗 10-2

操縱變因：炭材樣式

控制變因：木材材質、木材規格、燒製溫度、燒製時間



(五) 實驗步驟：

1. 實驗 10-1

- (1) 取南檜和南洋雜木裁出長 30 cm 寬 10 cm 厚 2 cm 的木片，分別切取平行和垂直年輪的木片。
- (2) 將木片包覆鋁箔紙後，利用高溫爐以 600°C 燒製五小時，再放入烘箱中以 110~130°C 的水蒸氣烘烤 4~6 小時，使其活性化製成炭材。
- (3) 將波源打開發射三次並記錄下數值，求出平均值及標準差。
- (4) 將燒製成的炭材，分別插入儀器的樣品槽中，並分別記錄下數值。(以電腦設定每分鐘一次，共三次取平均值)

2. 實驗 10-2

- (1) 取南檜兩塊長 30 cm 寬 10 cm 厚 2 cm 的木片，利用高溫爐以 600°C 燒製五小時，再放入烘箱中以 110~130°C 的水蒸氣烘烤，使其活性化製成炭材。
- (2) 一片磨成細小顆粒狀 (直徑約 0.5~0.1 mm)，並填裝入直徑 12 cm 的玻璃培養皿中；另一片維持片狀。
- (3) 將波源打開發射三次並記錄下數值，求出平均值及標準差。
- (4) 將燒製成的粉狀顆粒炭材和片狀炭材，分別插入儀器的樣品槽中，並分別記錄下數值 (以電腦設定每分鐘一次，共三次取平均值)。

(六) 實驗結果：

	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.0	18.1	18.0	18.0	0.05

	南檜垂直	南檜平行	南洋雜木垂直	南洋雜木平行
原功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.0	18.1	18.0	18.1
衰減後功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	9.7	10.1	11.1	10.2
衰減百分比(%)	46.1	44.2	38.3	43.6
電阻值(Ω)	0.23	0.18	0.65	0.60

	南檜塊狀	南檜粉狀
原功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.1	18.1
衰減後功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	13.8	14.5
衰減百分比(%)	23.8	19.9

(七) 實驗討論：

1. 由實驗結果表 10-1 得知，架設的波原功率相當穩定，標準差趨近於零，對實驗的誤差影響微乎其微。

2. 由實驗結果表 10-2 中得知，南檜垂直和南檜平行分別有 46.1%和 44.2%的屏蔽率，南洋雜木垂直和南洋雜木平行分別有 33.8%和 43.6%的屏蔽率，垂直和平行的屏蔽率差值都在 5%以內，為實驗誤差值範圍，故年輪的平行或垂直並不影響炭材屏蔽電磁波的效果，反而，不同木材間的差異較大。
3. 承第 2 點的討論，我們可以發現實驗結果和我們的假設（炭材是利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。）是不相矛盾的，因為木材的年輪紋路並不影響石墨結晶層理的方向，因此對電磁波的屏蔽效果影響不大。
4. 承第 3 點討論，為了進一步證實我們的假設，我們在表 10-2 中測出各種炭材的電阻值，因為電阻值和炭材中導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構有極大的關係（平行石墨 π 電子共振的平面電阻值較小），由結果發現電阻值和年輪的平行或垂直無顯著的關係，都在誤差許可值內，而不同木材燒製而成的炭材，反而，電阻值的差異較為顯著。
5. 由實驗結果表 10-3 中得知，南檜粉狀和塊狀分別有 19.1%和 23.8%的屏蔽率，功率衰減的相差值約為 3.8%，在 5%的誤差值內，因此，我們發現粉狀顆粒和塊狀的差異不大。
6. 承第 5 點討論，在我們的假設（炭材是利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。）炭材中碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構方向是影響屏蔽效果的關鍵，而其二度空間平面結構的方向和塊體或粉狀並無絕對的關係，因此和我們實驗結果相符，粉狀顆粒和塊狀的炭材對電磁波的屏蔽效果差異不大

（八）實驗小結：

1. 木材的年輪方向對電磁波的屏蔽效果的影響微乎其微。
2. 炭材為塊體和粉狀對電磁波的屏蔽效果的影響微乎其微。

十一、實驗十一：討論不同木材製成的炭材對電磁波的屏蔽效果

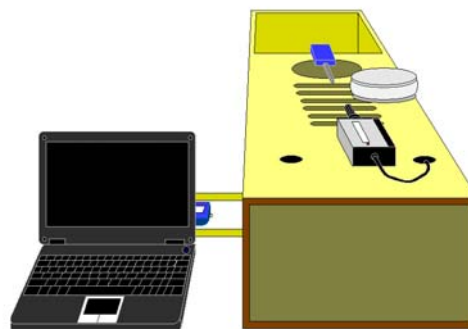
（一）實驗目的：探討不同木材對電磁波的屏蔽效果

（二）實驗藥品：

1. 自製檜木炭材
2. 自製橡木炭材
3. 自製山毛櫸炭材
4. 自製孟宗竹炭材

（三）實驗器材：

1. 高溫爐
2. 鋁箔紙
3. 數位高斯計
4. 烘箱
5. 培養皿
6. 自製偵測電磁波儀器



(四) 實驗原理：

1. 不同的木材因其木性本不相同，礦物質含量、木材密度、木質密度及其微管束結構也大不相同，故推測會有不同的對電磁波屏蔽效果。

2. 變因

(1) 操縱變因：木材材質

(2) 控制變因：炭材樣式、木材規格、燒製溫度、燒製時間

(五) 實驗步驟：

1. 取檜木、橡木、山毛櫸、孟宗竹的木條，裁成長度約 10~15 cm，以鋁箔包覆後放入高溫爐中以 600°C 燒製 5 小時，再放入烘箱中以 110~130°C 的水蒸氣烘烤，使其活性化製成炭材。

2. 將檜木、橡木、山毛櫸、孟宗竹的活性炭磨成細小顆粒狀（直徑約 0.5~0.1 mm），並分別填裝入直徑 12 cm 的玻璃培養皿中。

3. 將波源打開發射三次並記錄下數值，求出平均值及標準差。

4. 將各種木材燒製成的炭材顆粒（培養皿裝），分別插入儀器的樣品槽中，並分別記錄下數值（以電腦設定每分鐘一次，共三次取平均值）。

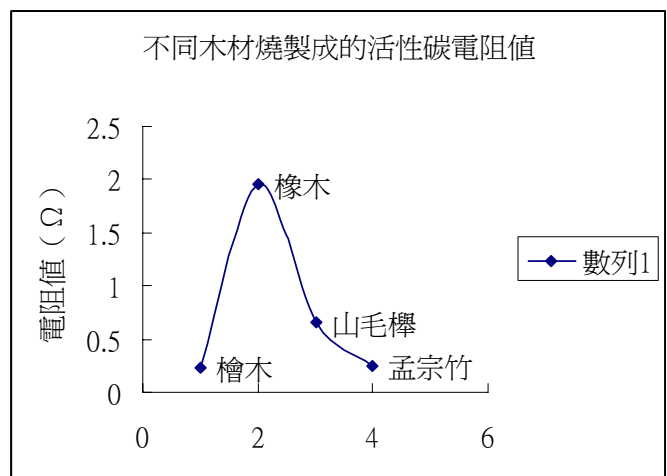
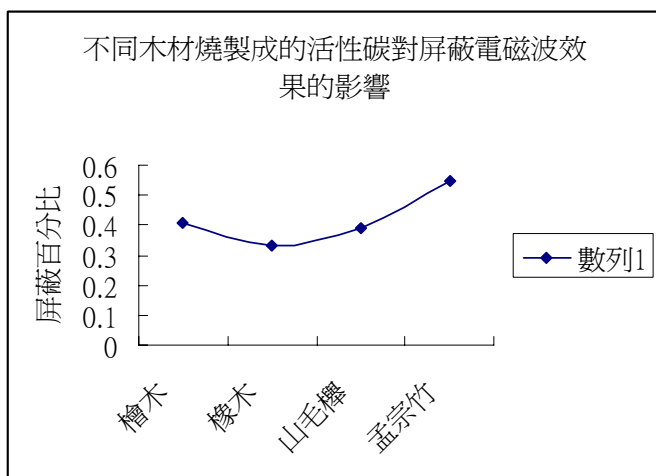
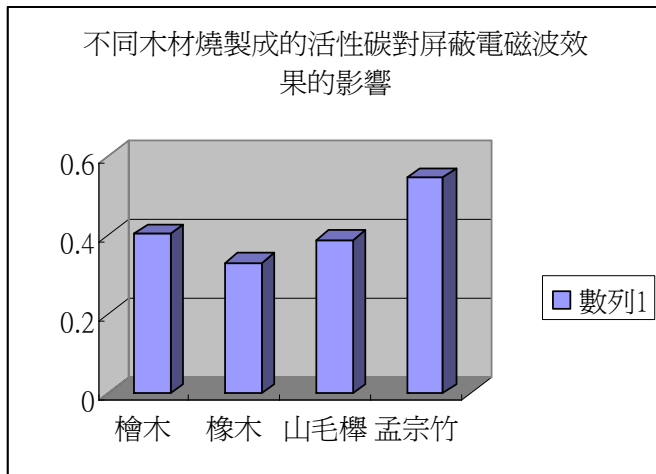
(六) 實驗結果：

表 11-1、波源穩定度測試

	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.0	18.1	17.9	18.0	0.10

表 11-2、不同木材燒製成的炭材對屏蔽電磁波效果的影響

	檜木	橡木	山毛櫸	孟宗竹
原功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.0	18.1	18.0	18.1
衰減後功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	10.7	12.1	11.0	8.2
衰減百分比(%)	40.6	33.1	38.9	54.7
電阻值(Ω)	0.23	1.95	0.65	0.25



(七) 實驗討論：

1. 由實驗結果表 11-1 得知，架設的波原功率相當穩定，標準差趨近於零，對實驗的誤差影響微乎其微。
2. 我們先討論出可能影響屏蔽電磁波效果的變因，包括木材材質、炭材樣式、木材規格、燒製溫度、燒製時間，在實驗十一中我們先以木材材質做為操縱變因來探討。
3. 由實驗結果表 11-2 中得知，各種燒製的炭材對電磁波都有屏蔽的作用，但在此中以檜木的屏蔽電磁波的效果最好。因此，以下實驗討論其他變因時，均以檜木作為其木材材料的控制變因。
4. 正因為不同的木材之間，會有不同的木性包括木質密度、礦物質含率、含水率……等，因此，導致不同的燒出的活性碳成分和結構上的差異，因而導致對電磁波的屏蔽效果不同。
5. 為了印證我們的假設（炭材是利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。）我們對四種炭材分別測出電阻值，經統計分析發現屏蔽率和電阻值之間的相關係數約為 -0.7 ，正可間接映證我們的假設：電阻值越低，渦電流應會越大，屏蔽的效果會更佳。

6. 屏蔽率和電阻值之間的相關係數約為 -0.7，而未達到最理想的-1 狀態。針對此點我們對誤差做點討論：(1) 粉末狀炭材在測電阻值時會因為顆粒之間的空隙造成誤差

(八) 實驗小結：

1. 四種常見木材燒製的炭材中，以檜木燒製的屏蔽電磁波效果最佳。
2. 電阻值和屏蔽率之間約呈負相關的關係，正好間接印證假設：炭材是利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。

十二、實驗十二：討論不同溫度燒製的炭材對電磁波的屏蔽效果

(一) 實驗目的：在實驗十一中已討論出對電磁波有最佳屏蔽效果的木材，因此，在此實驗中以此種木材為主，而改變溫度來比較其對電磁波的屏蔽效果。

(二) 實驗藥品：

1. 自製檜木炭材

(三) 實驗器材：

1. 高溫爐
2. 鋁箔紙
3. 數位高斯計
4. 烘箱
5. 培養皿
6. 自製測量電磁波之儀器

(四) 實驗原理

1. 不同的溫度燒製成的炭材，因為溫度的不同推測應會有不同的結構、不同的成分（石墨和各級導電碳黑）和不同的炭化程度，因此再進一步推測應會有不同的屏蔽電磁波效果。
2. 變因
 - (1) 操縱變因：燒製溫度
 - (2) 控制變因：炭材樣式、木材材質、木材規格、燒製時間

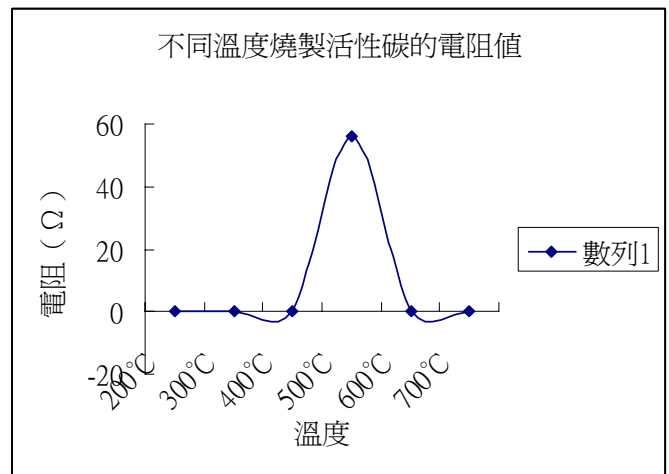
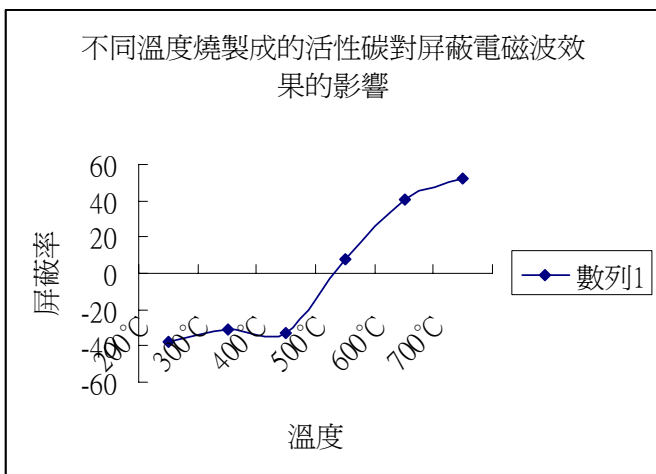
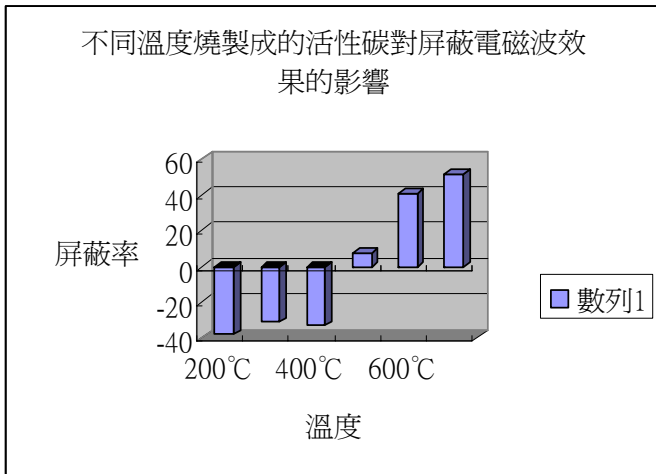
(五) 實驗步驟：

1. 取檜木的木條，裁成長度約 10~15 cm，以鋁箔包覆後放入高溫爐中分別以 200°C、300°C、400°C、500°C、600°C、700°C 燒製 5 小時，再放入烘箱中以 110~130°C 的水蒸氣烘烤 4~6 小時，使其活性化製成炭材。
2. 將各種溫度燒製而成的檜木炭材磨成細小顆粒狀（直徑約 0.5~0.1 mm），並分別填裝入直徑 12 cm 的玻璃培養皿中。
3. 將波源打開發射三次並記錄下數值，求出平均值及標準差。
4. 將各種溫度燒製成的炭材顆粒（培養皿裝），分別插入儀器的樣品槽中，並分別記錄下數值（以電腦設定每分鐘一次，共三次取平均值）。

(六) 實驗結果：

	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.0	18.1	17.9	18.0	0.10

	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C
原功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.0	18.0	18.2	18.1	18.0	18.1
衰減後功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	24.8	23.6	24.2	16.7	10.7	8.7
衰減百分比(%)	-37.8	-31.1	-33.0	7.7	40.6	51.9
電阻值(Ω)	大於 2×10^6	大於 2×10^6	大於 2×10^6	56	0.23	0.15



Ps.因為 200°C~400°C 的炭材所測出的電阻值均大於三用電表的測量範圍 (2×10^6) 故均以 0 表示方便繪圖。

(七) 實驗討論：

1. 由實驗結果表 12-1 得知，架設的波原功率相當穩定，標準差趨近於零，對實驗的誤差影響微乎其微。
2. 我們先討論出可能影響屏蔽電磁波效果的變因，包括木材材質、炭材樣式、木材規格、燒製溫度、燒製時間，在實驗十二中我們先以燒製溫度做為操縱變因來探討。
3. 由實驗結果表 12-2 發現，在 200°C~400°C 燒製而成的炭材並不具有屏蔽電磁波的效果，反而有增強電磁波的趨勢。(1) 我們認為木材在低溫下燒製成的炭材，因為溫度較低無法形成結晶性石墨，絕大部分均為無法導電的低級碳黑而無法屏蔽電磁波。(2) 次之，在低溫時木材中的雜質、礦物質無法因溫度的作用氧化而進而影響碳原子的晶型堆積，電阻值因而急遽上升，因此無法屏蔽電磁波。(3) 溫度低時活性碳所形成的孔洞也較粗糙，電磁波在孔洞中來回反射共振造成能量的增強而造成反效果。
4. 承第 3 點討論，在 500°C~700°C 燒製而成的炭材對電磁波都具有相當的屏蔽效果，而且隨著溫度的上升屏蔽率由 7.7% 上升到 51.9%，在 700°C 燒製而成的炭材達到最佳的屏蔽效果。(1) 我們認為隨著燒製溫度的增加，結晶性石墨和導電碳黑所佔的比例均逐漸大幅提升，因此，造成對電磁波的屏蔽效果也大幅增加。(2) 再則，在高溫時木材中的雜質、礦物質均較易氧化去除，碳原子的晶型堆積均較完整，電阻值也急遽下降，對電磁波有較佳的屏蔽效果。
5. 由圖表中得知在 700°C 燒製出的炭材有最佳的屏蔽電磁波效果，隨著溫度的上升屏蔽率也逐漸增加，但並不表示溫度越高對屏蔽的效果越可無限往上推演。因為實驗設備的關係 800°C 時鋁箔紙會灰燼化，但我麼可由理論推演得知，溫度越高氧化的效果越顯著，高溫爐中的真空度也需跟進提升，否則碳原子會迅速的氧化晶形結構將會露出許多的缺陷而影響屏蔽電波的效果。
6. 由於 200°C~400°C 時所測得的電阻值超出儀器測量範圍，故不列入統計計算，僅列入 500°C~700°C 得數值，經計算後發現電阻值和屏蔽率之間的相關係數約為-0.3 左右，大約呈現中低度的負相關，這結果一樣可以應證我們的假設（炭材是利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。），因為電阻值越低，渦電流應會越大，屏蔽的效果會更加。
7. 承第 6 點討論，電阻值和屏蔽率之間的相關係數約為-0.3 左右，並未達到預期理想的 -1，因此針對誤差進行討論。(1) 由於數值的取樣方面僅有三點，故造成誤差。(2) 在 700°C 高溫燒製時，由於設備的限制，氧化的情形也會有些微的顯現。

(八) 實驗小結：

1. 隨著我們實驗溫度的增加，在 700°C 時有最佳的電磁波屏蔽效果。
2. 雖然電阻值和屏蔽率之間的相關係數僅約為-0.3 左右，但仍能大致上佐證我們的假設：炭材是利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。

十三、實驗十三：討論不同時間燒製成的炭材對電磁波的屏蔽效果

(一) 實驗目的：在實驗十一中已討論出對電磁波有最佳屏蔽效果的木材；實驗十二中討論出對電磁波有最佳屏蔽效果的溫度，因此，在此實驗中以此種時間為主，變化燒製的時間來比較對電磁波的屏蔽效果。

(二) 實驗藥品：

1. 自製檜木炭材

(三) 實驗器材：

1. 高溫爐
2. 鋁箔紙
3. 數位高斯計
4. 烘箱
5. 培養皿
6. 自製測量電磁波之儀器

(四) 實驗原理：

1. 不同的時間燒製成的炭材，因為燒製時間的不同推測應會有不同的結構、不同的成分（石墨和各級導電碳黑）和不同的碳化程度，因此再進一步推測應會有不同的屏蔽電磁波效果。
2. 變因
 - (1) 操縱變因：燒製時間
 - (2) 控制變因：炭材樣式、木材材質、木材規格、燒製溫度

(五) 實驗步驟：

1. 取檜木的木條，裁成長度約 10~15 cm，以鋁箔包覆後放入高溫爐中分別以 700°C 燒製 2、3、4、5、6、7 小時，再放入烘箱中以 110~130°C 的水蒸氣烘烤 4~6 小時，使其活性化製成炭材。
2. 將各種溫度燒製而成的檜木炭材磨成細小顆粒狀（直徑約 0.5~0.1 mm），並分別填裝入直徑 12 cm 的玻璃培養皿中。
3. 將波源打開發射三次並記錄下數值，求出平均值及標準差。
4. 將各種溫度燒製成的炭材顆粒（培養皿裝），分別插入儀器的樣品槽中，並分別記錄下數值（以電腦設定每分鐘一次，共三次取平均值）。

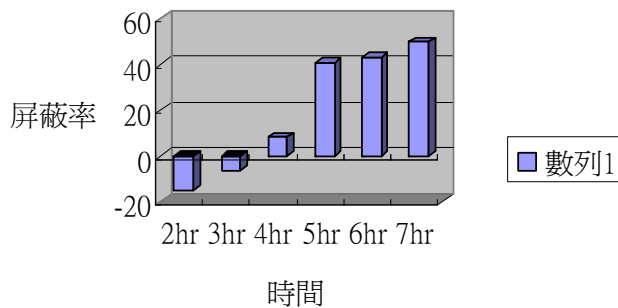
(六) 實驗結果：

	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
功率($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	17.9	18.1	18.0	18.0	0.10

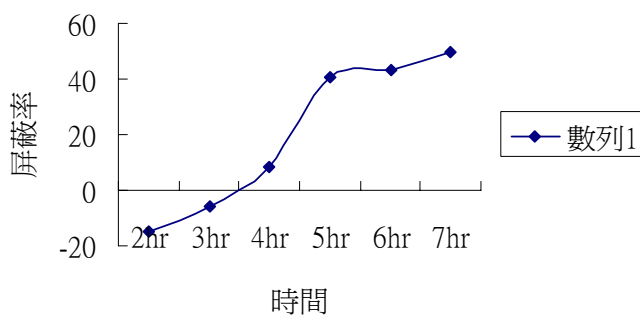
表 13-2、不同時間燒製成的炭材對屏蔽電磁波效果的影響

	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr
原功率 ($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	18.0	18.0	18.2	18.0	18.0	18.1
衰減後功率 ($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	20.7	19.1	16.7	10.7	10.2	9.1
衰減百分比 (%)	-15.0	-6.1	8.2	40.6	43.3	49.7
電阻值 (Ω)	大於 2×10^6	大於 2×10^6	68	0.23	0.21	0.11

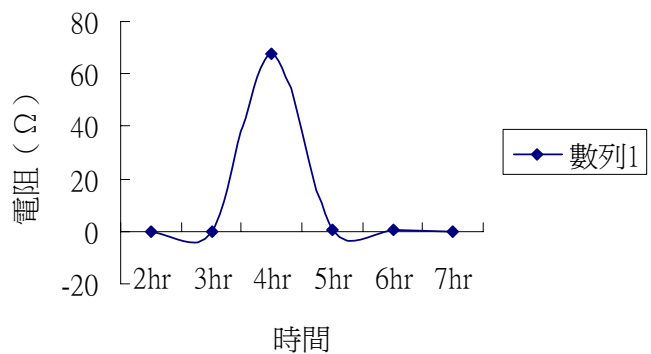
不同時間燒製成的活性炭對屏蔽電磁波效果的影響



不同時間燒製成的活性炭對屏蔽電磁波效果的影響



不同時間燒製成活性炭的電阻值



(七) 實驗討論：

1. 由實驗結果表 13-1 得知，架設的波原功率相當穩定，標準差趨近於零，對實驗的誤差影響微乎其微。
2. 我們先討論出可能影響屏蔽電磁波效果的變因，包括木材材質、炭材樣式、木材規格、燒製溫度、燒製時間，在實驗十二中我們先以燒製時間做為操縱變因來探討。

3. 由表 13-2 得結果中發現，2 小時和 3 小時燒製而成的炭材完全沒有屏蔽效果，反而有增強電磁波的效果；在第 4 小時燒製成的炭材對電磁波有些微的的屏蔽效果。(1) 我們認為在實驗十三中，均以實驗做出的最佳溫度 700°C 燒製，但燒製時間也是影響屏蔽效果的一個關鍵因素，時間不足的情況下，碳原子無法堆積出完整的晶形結構，因而影響其屏蔽電磁波效果。(2) 再則，在時間不足的情況下，炭材中的雜質均無法氧化去除，因而影響 π 電子共振的導電能力，因此缺乏屏蔽電磁波的效果。
4. 承第 3 點討論，5 小時~7 小時燒製而成的炭材對電磁波都有相當的屏蔽效果，隨著時間的增加，屏蔽率由 40.6% 上升到 49.7%，在燒製 7 小時的炭材有最佳的屏蔽效果。(1) 我們認為隨這時間的增加，讓碳原子有充足的時間進行晶體形狀的堆積，因此增進屏蔽電磁波的效果。如 3 小時~4 小時之屏蔽率大幅增加，在第 7 小時屏蔽率更達接近 50 %。(2) 由於時間的增加，炭材中的雜質有充分的時間進行氧化，因此碳原子晶體的缺陷便會減低，屏蔽電磁波的效果便大幅提升。
5. 時間對炭材屏蔽效果並非無限的延伸，因為受限於實驗設備及實驗時間的掌握，本實驗無法增加至 7 小時以上，但我們根據理論的推測得知：隨著時間的增加，其他雜質氧化去除後，碳原子被氧化的量也會增多，因此時間和屏蔽率並非無限延伸的正相關，而是有一最佳的燒製時間。
6. 由於 2 小時~3 小時所測得的電阻值超出儀器測量範圍，故不列入統計計算，僅列入 4 小時~7 小時的數值，經過計算後發現電阻值和屏蔽率之間的相關係數約為-0.5 左右，大約呈現中度的負相關，這結果一樣可以應證我們的假設（炭材是利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。），因為電阻值越低，渦電流應會越大，屏蔽的效果會更加。
7. 承第 6 點討論，電阻值和屏蔽率之間的相關係數約為-0.5 左右，並未達到預期理想的 -1，因此針對誤差進行討論。(1) 由於數值的取樣方面僅有二點，故造成誤差。(2) 在 7 小高溫燒製時，由於設備的限制，氧化的情形也會有些微的顯現。

(八) 實驗小結：

1. 隨著我們實驗時間的增加，在 7 小時有最佳的電磁波屏蔽效果。
2. 雖然電阻值和屏蔽率之間的相關係數僅約為-0.5 左右，但仍能佐證我們的假設：**炭材是利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波。**

十四、實驗十四：以導電度儀分析各種炭材的導電度

(一) 實驗目的：證明炭材的屏蔽電磁波效果和導電度之間的關係。

(二) 實驗藥品：

1. 自製檜木炭材
2. 自製橡木炭材
3. 自製山毛櫸炭材
4. 自製孟宗竹炭材

(三) 實驗器材：

1. 高溫爐
2. 鋁箔紙
3. 烘箱
4. 導電度儀

(四) 實驗原理：

1. 經由以上五個實驗，我們可推論我們在實驗九中的假設---【木炭、備長炭和孟宗竹炭都含有相當成分的各級導電碳黑、結晶性石墨和碳的各種結構，利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波】有其正確性，因次再以分析的導電度儀作為佐證，輔助我們的假設。
2. 石墨中各級導電碳黑、結晶性石墨和碳的各種結構所佔的比例，有極大的相關性。

(五) 實驗步驟：

1. 取出炭材的粉末（直徑約 0.5~0.1 mm），共分三類：(I) 以 600°C 5hr 燒製而成的檜木、橡木、山毛櫸、孟宗竹活性炭 (II) 以 200、300、400、500、600、700°C 燒製而成的檜木炭材 (III) 以 2、3、4、5、6、7hr 燒製而成的檜木炭材。
2. 將炭材粉末填入樣品槽中，設定好壓力，再記錄下數值（以電腦設定每分鐘一次，共三次取平均值）。

(六) 實驗結果：

	檜木	橡木	山毛櫸	孟宗竹
導電度(Ω)	0.23	1.95	0.65	0.25

	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C
導電度(Ω)	大於 2×10^6	大於 2×10^6	大於 2×10^6	56	0.23	0.15

	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr
導電度(Ω)	大於 2×10^6	大於 2×10^6	68	0.23	0.21	0.11

十五、實驗十五：以 XRD 光譜分析各種炭材粉末

(一) 實驗目的：證明炭材屏蔽電磁波的效果和結構之間的關係

(二) 實驗藥品：

1. 自製檜木炭材
2. 自製橡木炭材
3. 自製山毛櫸炭材
4. 自製孟宗竹炭材

(三) 實驗器材：

1. 高溫爐
2. 鋁箔紙
3. 烘箱
4. XRD 光譜

(四) 實驗原理：

1. 經由以上六個實驗，我們可推論我們在實驗九中的假設---【木炭、備長炭和孟宗竹炭都含有相當成分的各級導電碳黑、結晶性石墨和碳的各種結構，利用導電碳黑、結晶性石墨的二度空間平面結構中 π 電子，造成渦電流產生反磁場以抵消電磁波】有其正確性，因次再以分析的 XRD 光譜作為佐證，輔助我們的假設。
2. 石墨的各級導電碳黑、結晶性石墨和碳的各種結構中，以結晶性石墨的導電效果最顯著，空間平面結構最完整，故以 XRD 光譜為輔助，測出結晶性石墨的含量，並討論出屏蔽電磁波效果和結晶性石墨含量之間的關係。

(五) 實驗步驟：

1. 取出炭材的粉末（直徑約 0.5~0.1 mm），共分三類：(I) 以 600°C 5hr 燒製而成的檜木、橡木、山毛櫸、孟宗竹炭材 (II) 以 200、300、400、500、600、700°C 燒製而成的檜木炭材 (III) 以 2、3、4、5、6、7hr 燒製而成的檜木炭材。
2. 將炭材粉末填入樣品槽中，以 XRD 光譜儀測出結果。

(六) 實驗結果：

1. XRD 光譜圖
2. 結晶性石墨含量換算

捌、實驗結論：

經過這次的實驗，我們不僅獲得許多重要的實驗結論，同時我們的實驗基本步驟更臻純熟，同時在實驗相關的基本概念更清楚，實驗報告撰寫的邏輯更加清晰，培養我正確的實驗態度。

1. 經由文獻探討我們找到各種不同的方法製做活性碳，經由實驗一中製作各種不同的活性碳。在實驗二中，運用電子顯微鏡（SEM）看活性碳的橫截面，發現各種不同的活性碳有不同的孔洞分布，不同的孔洞密度及不同的孔洞大小。
2. 在實驗三中，活性碳對指示劑的吸附情形中，活性碳對甲基紅及亞甲藍吸附效果頗佳，對烏醋吸附效果適中；而對銅離子的吸附效果較差，由此得知，不同的活性碳對不同的離子有不同的吸附效果。
3. 在實驗四中，我們以 Valhard 滴定法配合離子層析法來定量氯離子的濃度，進行活性碳對氯離子的吸附效果作量化的測定。由實驗四中所得的重點結論有三點：**【1】**對氯離子的吸附，物理法大致上較化學法效果好。**【2】**其中以化學法柚木（ $5\mu\text{m}$ 中孔洞及 $23\mu\text{m}$ 的大孔洞）和物理法柚木（ $5.5\mu\text{m}$ 中孔洞及 $20\mu\text{m}$ 的大孔洞）最佳，物理法山毛櫸（ $32\mu\text{m}$ 的大孔洞）和化學法山毛櫸（ $38\mu\text{m}$ 的大孔洞）效果最差。且其中柚木分布均勻而山毛櫸分布不平均。**【3】**與實驗二的結果比較可得知孔洞大小及密度與吸附效果的密切關係。
4. 在實驗五中，我們以酸鹼滴定法測溶液中氨分子濃度衰減吸附的情形。由實驗五中所得的重點結論有三點：**【1】**對氨分子的吸附，物理法活性碳吸附效果略優於化學法活性碳，但差異並不大。**【2】**其中以物理法橡木（ $14\mu\text{m}$ 的大孔洞及 $7\mu\text{m}$ 的孔洞）、楓木（ $32\mu\text{m}$ 的大孔洞及 $7\mu\text{m}$ 的孔洞）及山毛櫸（ $32\mu\text{m}$ 的大孔洞）效果最佳而化學法山毛櫸（ $38\mu\text{m}$ 的大孔洞）效果最差。**【3】**由實驗四及實驗五中物理法山毛櫸做比較發現，電性對活性碳的吸附效果有些微的影響；孔洞對吸附能力的的影響應較大。
5. 在實驗六中，我們以酵素方法測出溶液中葡萄糖分子濃度衰減吸附的情形。由實驗六中所得的重點結論有四點：**【1】**化學法活性碳明顯優於物理法。**【2】**其中以化學法的柚木、白木、山毛櫸吸附效果佳，物理法山毛櫸效果最差。**【3】**比較實驗二、四、五及六中發現孔洞偏大的活性碳（大孔洞和中孔洞）對銨根氯離子吸附較不顯著，但對葡萄糖吸附效果佳；孔洞偏小（中孔

- 洞和小孔洞)的活性碳則反之；【4】孔洞分布較均勻，孔洞密度較大者通常有較好的吸附效果。
6. 在實驗七中，我們以質譜儀 (ICP-MS) 測出溶液中所含的三氧化二砷分子濃度衰減情形。結果得知化學法的活碳吸附砷的效果明顯優於物理法活性碳，其中以化學法白木、檜木和山毛櫸吸附效果特佳。根據實驗二的結果，三者之中均具有大孔洞、中孔洞造成孔洞大小與離子相容性大而得到較佳的吸附效果。
 7. 經由實驗二~實驗七，我們所得到的重要結論是：【1】活性碳的孔洞與待測離子大小越相符，且該種活性碳孔洞分布越平均，孔洞密度越大，則可得到最佳的吸附效果。【2】雖然木材本身並不帶電，但其中所含的礦物質可能使具有電性，所以在必要情況下亦可將電性列入可考慮。
 8. 在實驗九中，我們選取金屬材質(鋁板、銅板、鐵板)與非金屬材質(木炭、備長碳、孟宗竹炭)為屏蔽電磁波的材料，由實驗九結論得知：【1】物質的導電度受電阻值影響，進而影響物質屏蔽電磁波的效果，即電阻值愈小的物質具有高導電度，可產生較強的渦電流以抵消電磁波，則屏蔽效果愈好。【2】不同的炭材因為內部晶形排列的差異而有不同的屏蔽效果。
 9. 由實驗九的第 2 點結論可知，炭材的內部晶形會影響物質屏蔽效果。實驗十主要是探討木材年輪紋路是否會影響炭材的晶形排列。從實驗結果得知：【1】木材的年輪紋路對於炭材內部晶形排列影響微弱，即物質的屏蔽效果不受木材年輪紋路的影響。【2】炭材為塊狀或為粉末狀時，其差異性對於屏蔽電磁波的效果不大，故往後實驗中以粉狀炭材為實驗對象。
 10. 在實驗十一中，我們所得到的結論為：不同木材製成的炭材之屏蔽效果差異小，炭材內部晶形排列屬於不規則排列會影響其屏蔽效果。
 11. 在實驗十二中，木材的燒製溫度需達 500°C 以上，炭材才會具有屏蔽效果；而當燒製溫度愈高時，其內部的導電碳黑與結晶性石墨愈多，屏蔽效果愈好。
 12. 在實驗十二中，燒製溫度為 700°C 下，燒製時間需為 4 小時以上，炭材才会有明顯的屏蔽效果，而時間愈長，其內部的導電碳黑與結晶性石墨愈多，屏蔽效果愈好。
 13. 綜合實驗九~實驗十五可知，物質屏蔽電磁波的效果來自於導電度的優劣；炭材具有屏蔽效果源自於燒製過程中形成導電碳黑與結晶性石墨，其數量隨燒製時間愈長、燒製溫度愈高而增加，炭材的屏蔽效果進而增加，但結晶的成形在低壓下屬於不規則的，所以屏蔽效果與電阻

值的相關係數非為- 1。

玖、參考資料：

一、中文部份

- (一)葉中雄、曾衍彰、蔡文發(民 77)。電磁干擾與防護。台北市：徐氏基金會。
- (二)董光天(民 91)。電磁干擾防制與量測。台北市：全華科技圖書圖書股份有限公司。
- (三)王孟公、汪振林、李宇剛(民 80)。電場磁場與電磁波(9 版)。台南市：復文書局。
- (四)曾煥華(民 78)。電磁波是什麼？。台北市：銀禾文化事業有限公司。
- (五)陳弘彬(民 91)。孟宗竹炭與活性碳之研製。國立屏東科技大學森林系碩士論文。
- (六)胡盈翔(民 92)。孟宗竹炭燒製實務與產品性質評估。國立屏東科技大學木材工業系碩士論文。
- (七)高品質竹炭製造食物研習會研習手冊 中華林產事業協會暨國立屏東科技大學
- (八)行政院高雄自來水廠水質手冊 行政院高雄自來水廠
- (九)高級中學 基礎化學 南一書局

二、網路資源

- (十)交通部電信總局(民 90 年 11 月 15 日)。「委託計畫行動電話及基地台電磁波對人體健康之影響程度評估及其防範措施相關研究報告與文獻資料」
取自(<http://www.dgt.gov.tw/Chinese/Research-outsourcing/Ro-report/mobile-wave2-3655.PDF>)
- (十一)環檢所(民 92 年 4 月 4 日)。「環境中(架空高壓線路、變電所、落地型變壓器)電場與磁場檢測方法」[公告]。行政院環境保護署。民 92 年 7 月 4 日，取自
(<http://www.niea.gov.tw/niea/AIR/P20290C.htm>)
- (十二)台灣電力公司全球資訊網站，常見問答之電磁波
(<http://www.taipower.com.tw/>)
- (十三)成功大學物理學系 取自(http://www.phy.ncku.edu.tw/~astrolab/e_book/telescopes/images/emwave_spectrum.jpg)

評語

本作品以國內常見的木材製成活性碳，比較各種活性碳對氯離子、氨分子、葡萄糖分子、 As_2O_3 等之吸附能力，並與市售活性碳進行比較。另一實驗部分為竹碳之研究，探討對屏蔽電磁波的效果，及不同材質來源與製成溫度、時間對炭材質及對電磁波的屏蔽效果。本作品很仔細設計各種實驗進行探討，研究內容豐富，故推薦其入選佳作。