

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030206

新竹縣立仁愛國民中學

指導老師姓名

柯美如

作者姓名

王威傑

許禎玲

曾珮雯

衛建宇

口罩中的精靈－活性炭 DIY

一、摘要

活性炭是過濾器材中一個重要的成份，其可脫色、除臭、對於有機無機物的吸附也有一定的功效，平均每克活性炭具有吸附 8 個網球場面積的能力，由於取材經濟環保、是一種值得利用的材料。活性炭的製造是運用廢棄的含碳物質，如果殼、木屑或煤屑等，在高溫下經由碳化、活化兩步驟完成，以目前工業界而言，大多使用木屑或椰殼加工製成。

本實驗將取四種不同材料來加工，分別是椰殼、稻穀、木炭及衛生紙(取衛生紙的原因在研究動機中會提及)，利用實驗室裏簡單的加熱設備，改變不同的加熱時間，比較四者碳化後對色素吸附的能力。並藉由浸泡不同的活化劑，在定溫及變溫下反應、探討較佳的活化條件。雖然我們無法在高溫(500°C~800°C)下進行反應，但我們做出來的成品，仍具有 80%以上的脫色能力。此外，數據也可以比較四種材料的優劣，及活化條件之差異。

二、研究動機

因 SARS 的關係，造成國內口罩大缺貨。為了保護自己及家人，各式各樣的口罩相繼出爐，甚至胸罩都成了防護工具、造成國際奇觀。新聞中更有專家教人自製活性炭口罩，只需將衛生紙隔著鍋子加熱 10-15 分鐘即可，此舉引發了我們的研究動機。課本中有告訴我們、這種隔絕空氣加熱的過程叫乾餾⁽¹⁾(有人叫碳化，工業界叫熱解)，但乾餾後的衛生紙即具有活性嗎？其吸附效果又如何呢？如何做才能增加其活性呢？我們試圖自己加工，從原料到活化完成，做一個屬於自己的口罩。

三、研究目的

- (一)、乾餾(碳化)部分，分別取椰殼、稻穀、木炭及衛生紙來碳化,比較其吸附效果。
- (二)、活化部分，分別針對四種不同材料，做下列活化處理：
 1. 增加碳化時間，比較其吸附效果。
 2. 定溫下，浸泡在不同的活化劑中,比較其吸附效果。
 3. 溫度增加，浸泡在不同的活化劑中，比較其吸附效果。
- (三)、自製活性炭口罩

四、研究設備及器材

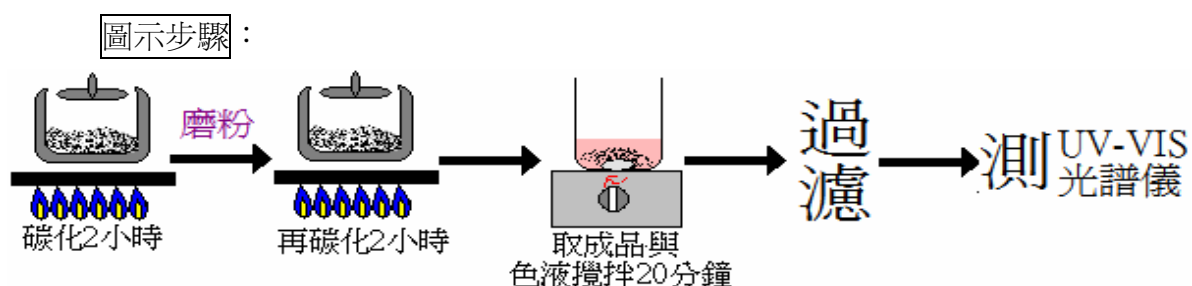
| No. | 藥品或器材 | No. | 器材 | No. | 器材 |
|-----|----------------------|-----|-------|-----|-------------|
| 1 | 椰殼 | 11 | 不織布 | 21 | 數位相機 |
| 2 | 稻殼 | 12 | 棉布 | 22 | 1000 倍電子顯微鏡 |
| 3 | 木炭 | 13 | 碼錶 | 23 | 蒸發皿 |
| 4 | 衛生紙(柔情) | 14 | 瓦斯 | 24 | 漏斗 |
| 5 | 1M 氯化鈣 | 15 | 酒精燈 | 25 | 濾紙 |
| 6 | 1M 氯化鋅 | 16 | 電子天秤 | 26 | 滴管 |
| 7 | 1M 磷酸 | 17 | 電磁攪拌器 | 27 | 量筒 |
| 8 | 1M 硫酸 | 18 | 研鉢 | 28 | 三腳架 |
| 9 | 紅色食用色素 6 號 | 19 | 燒杯 | 29 | 口罩 |
| 10 | CoCl ₂ 試紙 | 20 | 玻璃棒 | 30 | |

五、研究過程及結果

(一)、乾餾(碳化)部分，分別是椰殼、稻殼、木炭及衛生紙，比較其碳化後的吸附效果：

1、方法：

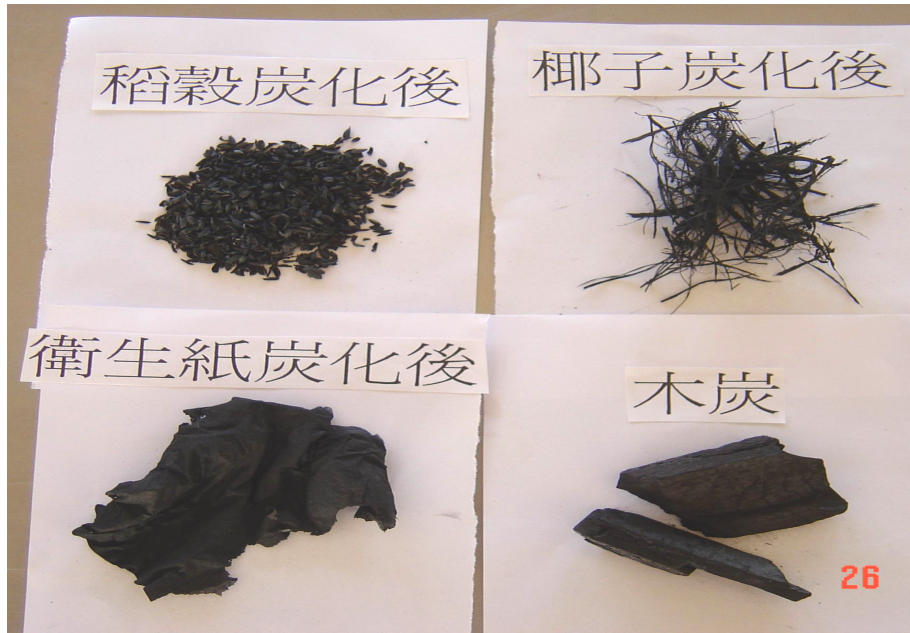
- (1). 取四種材料：椰殼(剝成絲狀)、稻殼、木炭、衛生紙分別置於鍋內、加上蓋子，隔鍋加熱 2 小時→磨粉→再加熱 2 小時→熄火。
- (2). 取紅色食用色素 6 號，溶於純水，配成 50ppm 的水溶液。(以下簡稱為色液)
- (3). 取碳化後的成品 0.2g，加入 20ml 的色液，置於電磁攪拌器上攪拌 20 分鐘，過濾後，取其濾液，測 UV-VIS 光譜儀，波長為 510m，定量後可計算出其吸收度(%)，作為其吸附效果的比較。
- (4). 每種成品皆做 2 次，取其平均值，若誤差太大，則再作第 3 次。



2、結果：

1) 初步碳化後、未磨粉前四種材料的外觀如圖一。

圖一：四種材料初步碳化後的結果



2) 將其磨粉後再碳化 2 小時即為碳化成品，其吸附力如表一。

表一：四種材料碳化後對色素吸附力的結果：

| | 椰殼 | 稻穀 | 木炭 | 衛生紙 | 工業級活性碳 |
|-------|------|------|------|------|--------|
| 吸附效果% | 27.3 | 20.3 | 13.2 | 67.1 | 99.1 |

* 碳化後的產品相較於工業級活性碳，除了衛生紙吸附效果超過 67%以上，其餘效果皆不佳，可見須再做活化處理。

(二) 活化部份，針對四種不同材料，進行活化程序。分別有三個實驗

(實驗一) 增加碳化時間來活化。

(實驗二) 定溫下，浸泡於不同的活化劑。

(實驗三) 改變溫度，浸泡於不同的活化劑。

【實驗一】增加碳化時間來活化

1、方法：

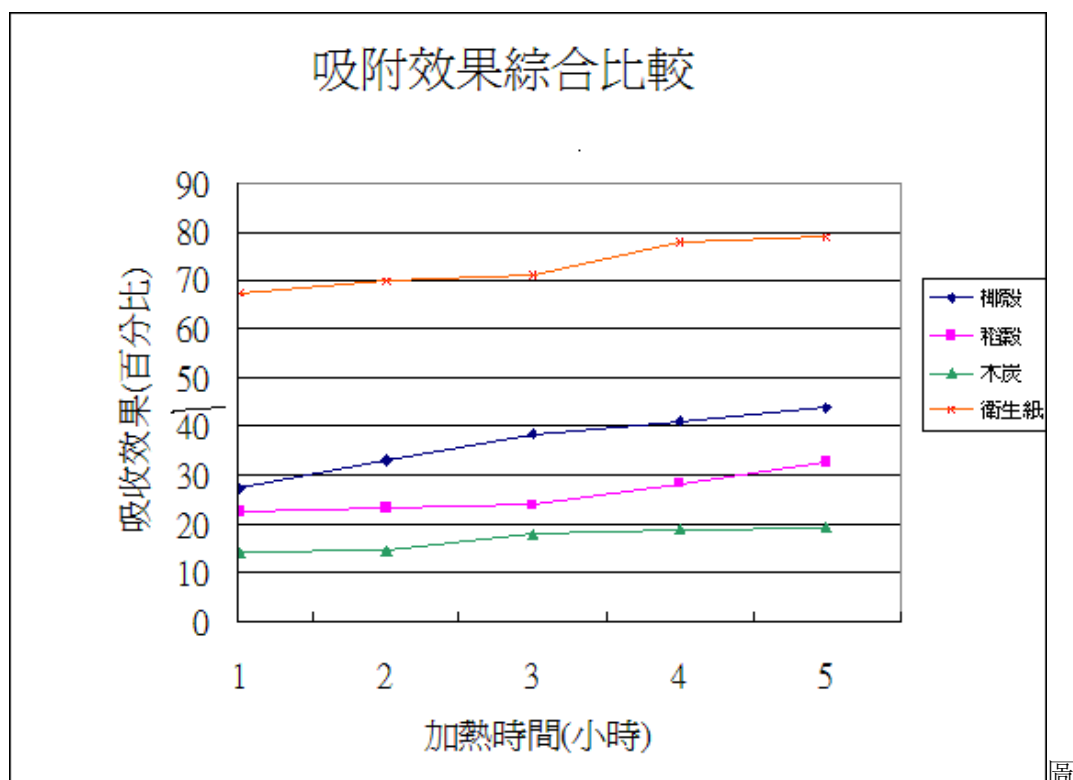
- (1).取碳化後的產品，分別放入鍋中再加熱，在穩定的熱源下、分別加熱 1~5 小時。
- (2).取成品與 20mL 的色液 攪拌 20 分鐘(脫色) ，過濾、測吸收度。

2、結果：整理成表二及圖二

表二：增加碳化時間的吸附效果表

| 吸附效果% | 椰殼 | 稻殼 | 木炭 | 衛生紙 |
|-------|------|------|------|------|
| 1 小時 | 27.4 | 22.6 | 14.2 | 67.5 |
| 2 小時 | 33.2 | 23.3 | 14.6 | 69.8 |
| 3 小時 | 38.3 | 24.1 | 17.8 | 71.1 |
| 4 小時 | 41.1 | 28.2 | 18.8 | 78.0 |
| 5 小時 | 43.8 | 32.7 | 19.2 | 78.8 |

圖二：增加碳化時間的吸附效果曲線比較圖

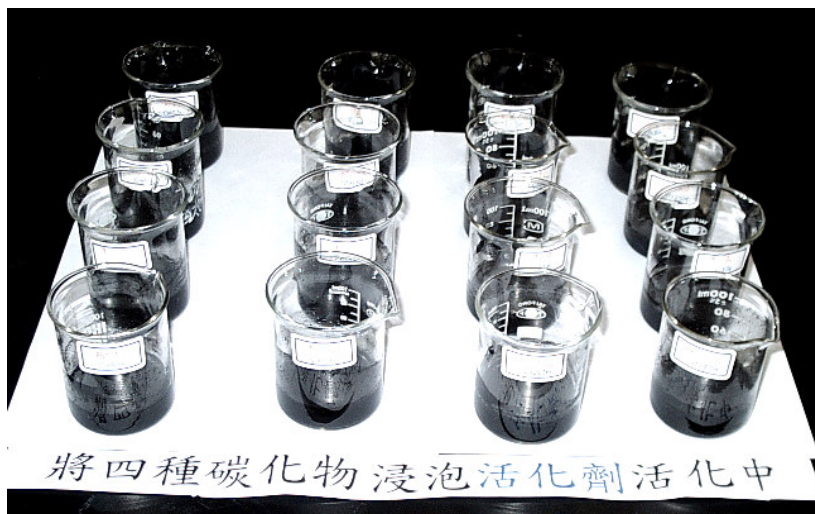


【實驗二】定溫下、浸泡於不同的活化劑，比較其活化效果

1、方法：

- (1).分別取四種活化劑：氯化鋅 (ZnCl_2)、氯化鈣 (CaCl_2)、硫酸 (H_2SO_4)、磷酸 (H_3PO_4)，將碳化後的成品，在常溫下浸泡於四種活化劑中 2 小時。如下圖三

圖三：



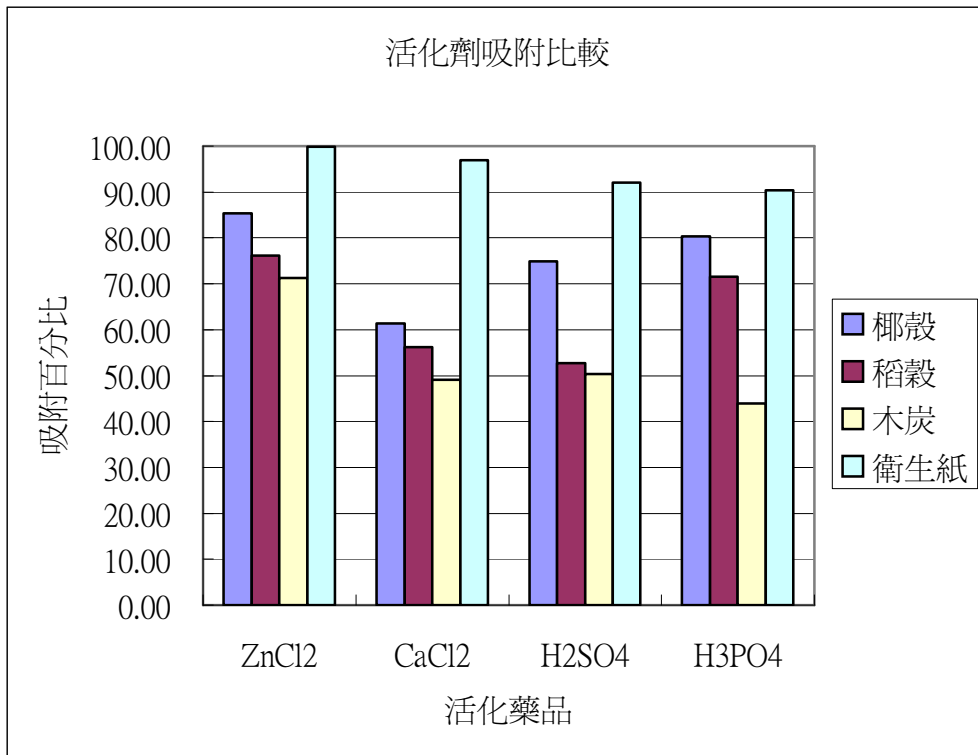
- (2).浸泡後→過濾→清洗→過濾→置於蒸發皿上蒸乾。(以 CoCl_2 試紙測其乾燥程度)
(3).取 0.2g 成品加入 20mL 色液 攪拌 20 分鐘→過濾→測吸收度

2、結果：分別整理成表三及圖四

表三：不同活化劑活化後的吸附效果表

| 在 20°C | 椰殼 | 稻穀 | 木炭 | 衛生紙 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| ZnCl_2 | 85.30 | 76.10 | 71.20 | 99.93 |
| CaCl_2 | 61.30 | 56.20 | 49.10 | 96.93 |
| H_2SO_4 | 74.90 | 52.70 | 50.30 | 92.00 |
| H_3PO_4 | 80.30 | 71.50 | 43.90 | 90.40 |

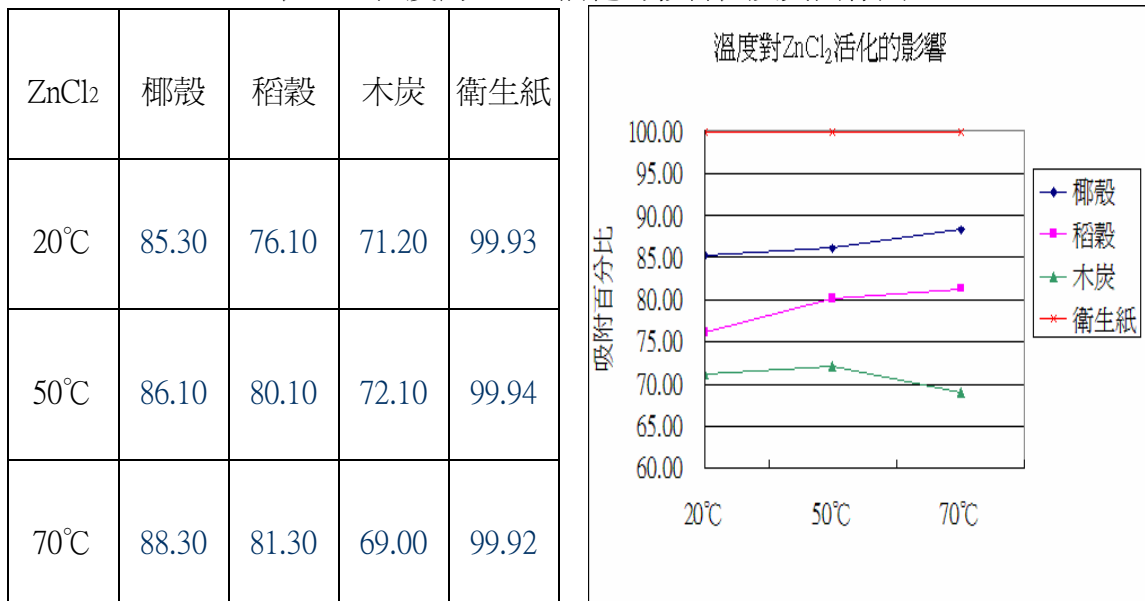
圖四：不同活化劑活化後的吸附效果比較圖



【實驗三】改變溫度，並浸泡於四種活化劑中，比較溫度對活化劑的影響

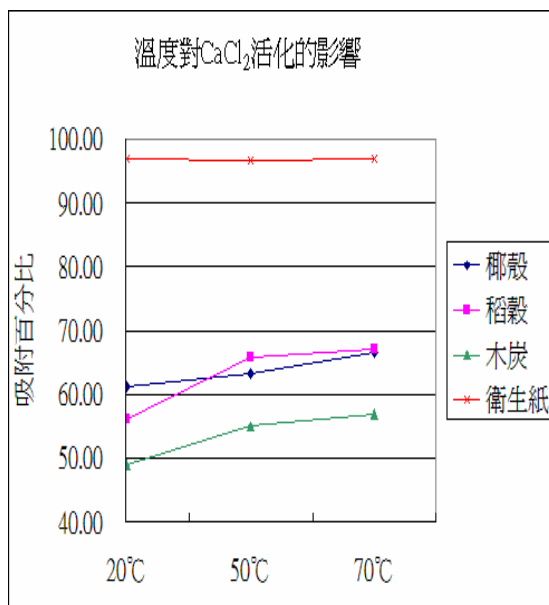
- 1、方法：同上，只是改變溫度，分別定在 20°C、50°C、70°C 下浸泡於四種活化劑中 2 小時。
- 2、結果：溫度對四種活化劑效果的影響分別整理成表四~表七

表四：溫度對 ZnCl₂ 活化的影響表及其曲線圖



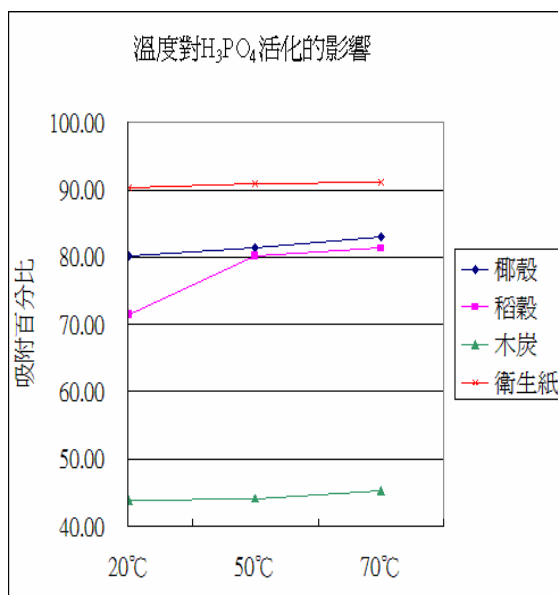
表五：溫度對 CaCl_2 活化的影響及其曲線圖

| CaCl_2 | 椰殼 | 稻穀 | 木炭 | 衛生紙 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| 20°C | 61.30 | 56.20 | 49.10 | 96.93 |
| 50°C | 63.20 | 65.90 | 55.00 | 96.81 |
| 70°C | 66.60 | 67.10 | 57.00 | 97.00 |



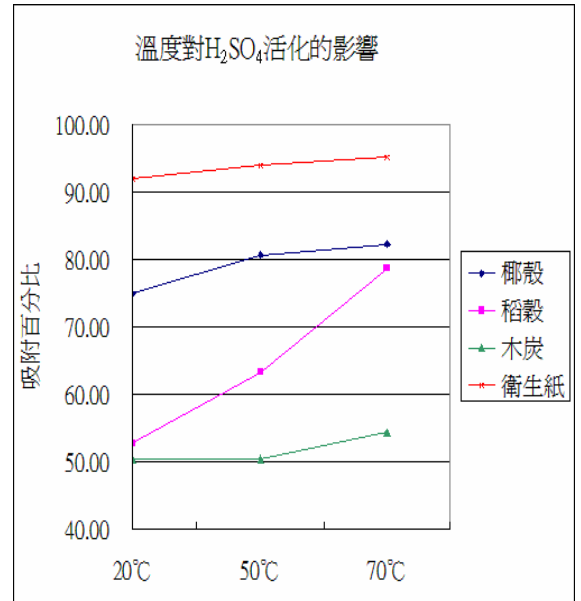
表六：溫度對 H_3PO_4 活化的影響及其曲線圖

| H_3PO_4 | 椰殼 | 稻穀 | 木炭 | 衛生紙 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 20°C | 80.30 | 71.50 | 43.90 | 90.40 |
| 50°C | 81.40 | 80.30 | 44.20 | 91.00 |
| 70°C | 83.00 | 81.30 | 45.30 | 91.20 |



表七：溫度對 H_2SO_4 活化的影響及其曲線圖

| H_2SO_4 | 椰殼 | 稻殼 | 木炭 | 衛生紙 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 20°C | 74.90 | 52.70 | 50.30 | 92.00 |
| 50°C | 80.60 | 63.20 | 50.40 | 94.00 |
| 70°C | 82.30 | 78.70 | 54.30 | 95.10 |



(三) 自製活性炭口罩

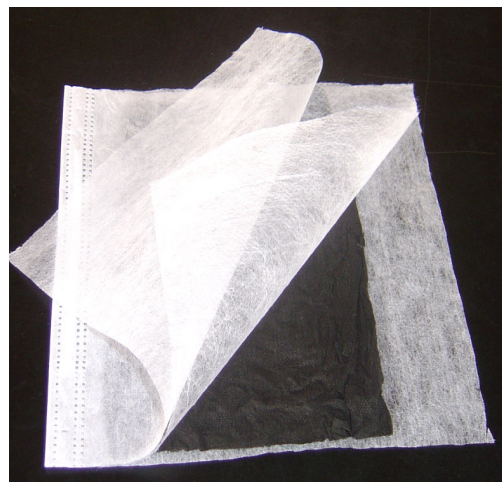
方法：1.簡單的口罩製作：可在兩片棉布中間均勻的撒上活性炭粉，用熨斗燙過以避免其粉削掉落(亦可加入微量的膠液)，縫合並甩掉多於的碳粉、再外加一層棉布即可，如圖五。

2.一般的口罩：最外層是防水的不織布，中間依不同的設計可加入活性炭、奈米層或吸附纖維，最內層則為透氣較佳的棉質層。我們模仿其結構在不織布及棉質層內加入衛生紙製成的活性炭、做成了口罩。如圖六

圖五：自製的活性炭口罩



圖六：自製的活性炭口罩



3.我們取四種不同材料做成的活性碳口罩、分別戴在不同的娃娃上，調皮地展示我們的成果，如圖七

圖七：取四種材料做成的活性碳口罩



六、討論

(一) 乾餾後的碳化物(未經活化程序)，其吸附效果差，除了衛生紙吸附率 67%外，其餘皆未達 30% ，所以**活化的步驟必須的**。

(二) 一般而言，活化程序可分成物理活化(氣體活化)及化學活化(藥品活化)法：

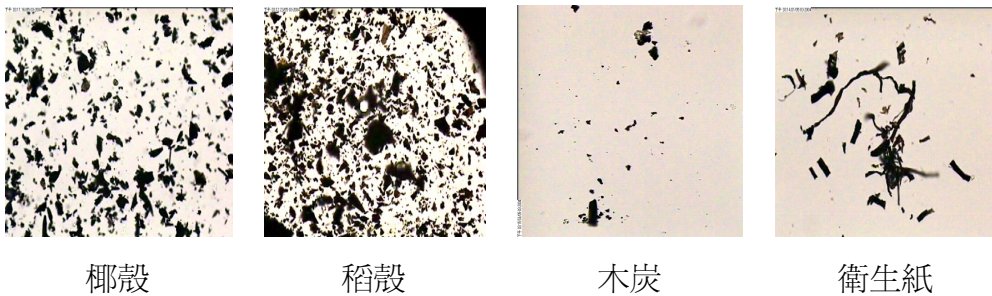
物理活化法：工業上，將碳化後的物品置於高溫下(600° C)、與各種氧化氣體進行活化反應⁽²⁾。由於國中實驗室無高溫爐設備，所以改以增加加熱時間來取代，雖然吸附效果遠不如工業級活性碳，但其吸附力明顯增加。所以，**加熱有助於活化進行**。

化學活化法：工業上，直接將原料浸泡於活化劑內，在 400- 900° C 下加熱(碳化活化同時進行)。在實驗室中、則是取碳化後產物浸泡於活化劑中 2 小時(分二步驟)，**不管在定溫或加溫下活化，其效果皆比物理活化法佳**。其中，**活化的效果又以浸泡 ZnCl₂ 最好**，除了木炭外、其餘吸附效果皆超過 80%，而以衛生紙當材料的吸附力更高達到 99.9%、也超過了工業級活性碳。

(三) **增加溫度來浸泡活化劑，其吸附效果增加。**但可能是溫度增加不大、導致吸附力增加不多，因為 H_2SO_4 、 H_3PO_4 皆具腐蝕性、在高溫下易蒸發，與老師討論的結果，希望不要太高溫反應，以免危險。

(四) **四種材料中，以衛生紙的吸附力最佳(99.9%)、木炭最差**，二者皆屬於木質活性碳，但結果卻相差很大，可能與其顆粒大小及硬度有關。相較之下、木炭之密度大且硬度高，而衛生紙因先做過紙漿處理，紙質細且分子間的孔洞較大，因而活化後表面積增加較多。我們企圖透過放大 1000 倍的電子顯微鏡來拍攝其顆粒大小，但因倍數太小、無法明顯分辨而放棄，其結果如圖八。衛生紙因成本高，不可能成為活性碳材料，除非像 SARS 期間、又出現買不到口罩的情形，則可利用衛生紙來自製口罩，此法也印證了我們之前的疑惑。(但未活化的衛生紙脫色率只能達 67%)。

圖八：四種材料皆放大 1000 倍的電子顯微鏡圖



(五) 浸泡活化劑時間設定 2 小時，是沿用別人之經驗⁽³⁾， $ZnCl_2$ 的活化原理是使原料產生化學膨脹，然後於熱解過程中產生較小孔洞⁽⁴⁾，所以需一定的時間浸泡、才能使 $ZnCl_2$ 與原料均勻混合。但依據文獻資料⁽⁵⁾、在 873K 和 1273K 下活化 30 分鐘後，其活性幾乎不再受影響，因為有機質之汽化與裂解，主要發生在反應的前 15 分鐘。我們增加浸泡時間是因為反應溫度無法太高。

(六) 自製的活性碳口罩，雖然手工粗糙、但我們強調的是它的運用性。科展展示當天，我們也會展示 [自製口罩](#) 及 [四種材料做成的活性碳粉](#)。

(七) 對未來的期許：在安全的考量下，希望能突破溫度的限制、例如運用烤箱。也希望藉由更高倍數的電子顯微鏡了解其顆粒分佈情形，以找出最佳的活化條件。

七、結論

活性碳的材料取得容易，只要是含碳的物質皆可。一些常被我們丟棄的果殼、木屑或毛草，只要將其碳化活化處理、即可成爲有效的過濾尖兵，引用到環保上、亦可用來吸附廢水中的有機物及色素。但是，碳化初期會產生大量煙霧及焦油，如何有效控制、仍是一大課題。

礙於實驗室設備不足，有些想法無法實際操作，但知道製造活性碳的方法仍有深入空間。因爲自己參與了此實驗，才知道每個產品的背後都有著一群默默付出的人，感恩之餘也加深了自己的研究興趣。

八、參考資料：

- 1、國中理化課本第二冊，第十章(10-1)
- 2、上海化工，第 3-4 期，1999 年
- 3、林日新、林又新、劉宏文、黃啓仁，不同活化製程對自製活性碳吸附效果之研究
- 4、蕭清松、陳龍實，礦業技術，49(1981)
- 5、張奉文、黃國貞、陳政民，觸媒與製程，vol. 1，No.4，38(1992)

評語

030206 國中組化學科

口罩中的精靈-活性炭 DIY

實驗努力，但深度概念可望增強。