

# 新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科別：生應(三)化工與環科

組別：國中組

作品名稱：一「炭」究竟-自製簡易濾水器

編 號：114JA-A002

關鍵詞：木炭、吸附能力

## 摘要

我們想利用校園樹木在整理時所遺留下的木材，進一步製作成活性炭，製作一款簡易的炭濾水器，以達成資源循環利用的目的。本實驗將透過木炭的型態、樹種、結構等特性，探討炭作為過濾材料的吸附能力。

先蒐集常見的校園樹木，利用乾餾製成木炭；同時也運用光在介質中的折射差異，來判斷過濾後的水質狀態。根據實驗結果，針對不同型態的碳狀態，以粉狀活性碳的吸附效果最佳；而過濾炭材層數越多，也能達到較好的吸附效果；而在選用樹種木材方面，以小葉欒仁所製成的木炭吸附效果較佳。

最後再根據實驗結果，將過濾的最佳化條件整合成我們的自製濾水器，並和竹炭濾材及落葉炭濾材進行比較。在過濾亞甲藍溶液，以木炭濾材的吸附效果為佳；在過濾隆恩圳水，則以自製最佳化濾水器有較好的吸附效果，推測應與活性碳的孔隙大小有關。

未來能應用在校園水池的水質初級改善或是園藝灌溉水質的過濾等，甚至是製成活性炭吸附包投放到鄰近的隆恩圳中。同時，也將持續朝向樹木各部位的木材，或使用微像攝影觀察木炭表面孔洞形式做更深入的探討。

## 壹、研究動機

學校內都會種植不同的樹木，經歷了風吹雨打難免會有樹枝的掉落，每次掉落下來的樹枝無不都是掃起並且倒掉，總覺得很可惜。讓我們起心動念開始想：這些樹枝能有什麼可以應用的地方呢？

直到我們看到生態池的濾水器，聯想起在理化課中有提及過活性炭具有吸附效果，心想也許可以相互結合，於是便上網蒐集針對活性炭作為濾材的自製濾水器，希望能好好運用這次機會進行研究，讓校園的資源得以再次被運用。

## 貳、文獻探討

查找過往歷屆科展有關自製濾水器或水質過濾的文獻，大致條列如下：

- 一、活性炭[1]：活性碳是一種多孔隙結構的物質，提供了大量的接觸面積，藉由這些孔隙，可吸附色素、氣味、雜質、水氣等，是一種極優良的吸附劑。對木炭結構多為疏鬆多孔，但常用的竹炭則是細密多孔且規律，具有不同的吸附能力。本實驗將蒐集校園常見的樹木作為活性炭材料。
- 二、木材乾餾[2][3]：活性碳的製作步驟包含焦化、活化和碳化。焦化是在缺氧及高溫的條件下，將原料熱解成多孔性的結構，過程中大部分的非碳元素將以氣體形式分離；活化是使結構產生缺陷而增加碳的孔隙；碳化是為了去除水分。本實驗將採用鐵盒及卡式爐，組裝成簡易乾餾裝置進行木炭製作。
- 三、活性碳吸附原理[2]：活性碳的吸附能力取決於微孔。在吸附過程中，孔徑與吸附分子的大小是有關連性的，吸附質的分子能進入吸附的孔徑才是有效孔徑。而吸附形式可分為物理性吸附、化學吸附。物理吸附是指活性碳與吸附物之間以較弱且沒有選擇性的凡德瓦爾力相互吸引，吸附物並非被固定，較容易發生脫附的現象，因此物理吸附有多層吸附、不具選擇性、可逆、快速等特性。而化學吸附則是指活性碳與吸附物以化學鍵的方式相互結合，因涉及電子轉移，所以對於化性將有所改變。化學吸附的特性為單層吸附、具選擇性、不可逆等特性。本次實驗中的吸附應為物理性吸附。
- 四、亞甲藍

化學式  $C_{16}H_{18}ClN_3S$ ，是一種芳香雜環化合物，可溶於水和乙醇，廣泛應用於化學指示劑、染料、生物染色劑和藥物方面。本次實驗亦採用亞甲藍作為色素染劑，以體積百分比濃度 95% 作為濾液。

五、折射率[4][5]：當光從介質 1 入射到介質 2，分別產生入射角  $\theta 1$  及折射角  $\theta 2$ 。若  $n_1$ 、 $n_2$  分別表示介質的折射率，則可得關係式： $n_1 \cdot \sin \theta 1 = n_2 \cdot \sin \theta 2$ ，此為司乃耳定律。簡單來說，當光經過不同介質時，因介質的折射率不同，會造成光的偏折，並且可進一步從折射率推得液體濃度。本實驗利用光通過不同介質會產生折射的特性，將過濾後的亞甲藍溶液作為介質，測量折射角並對應折射率，藉此了解濾液的濃度及活性炭的吸附效率。

六、濾水器製作[6][7]：在裝置的設計上，我們將使用生活中可取得的寶特瓶做為材料，並利用咖啡濾紙作為分層材料，分別倒入我們製作的活性炭濾材，利用木炭種類、尺度、容量等差異，找出最佳化的組合進行自製濾水器測試。

## 參、研究目的

- 一、木炭型態：比較木炭粉末、塊狀、條狀的過濾效果。
- 二、樹種差異：比較各樹種的過濾效果。
- 三、濾材層數：比較濾材一層、二層、三層的過濾效果。
- 四、以最佳化條件進行自製濾水器效果檢測，同時與落葉炭和竹炭濾材做比較。

## 肆、研究器材及設備

### 一、研究材料(表 4-1)

序	項目	數量	備註
1	小葉欖仁	1 批	校園採集
2	黑板樹	1 批	校園採集
3	台灣欒樹	1 批	校園採集
4	樟樹	1 批	校園採集
5	小葉欖仁落葉	1 批	校園採集
6	竹子	1 批	免洗筷
7	亞甲藍液	1 瓶	



(圖 4-1-1)小葉欖仁



(圖 4-1-2)黑板樹



(圖 4-1-3)台灣欒樹



(圖 4-1-4)樟樹

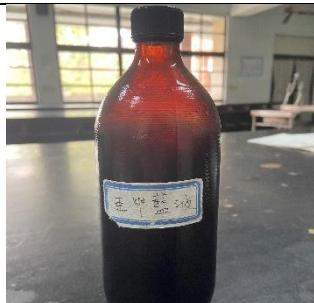
### 二、實驗器材(表 4-2)

序	項目	數量	備註
1	鐵盒	一盒	在鐵蓋中心位置打上一些洞
2	卡式爐	一個	
3	瓦斯罐	適量	
4	寶特瓶	適量	580ml，依設計進行裁剪
5	咖啡濾紙	一包	
6	量筒	一個	
7	滴管	一支	
8	燒杯	一個	

9	研磨鉢	一個	
10	膠帶	兩卷	貼在壓克力容器標記水平線
11	量角器	兩個	
12	雷射筆	一個	
13	方形壓克力容器	一個	



(圖 4-2-1)乾餾裝置



(圖 4-2-2)亞甲藍液



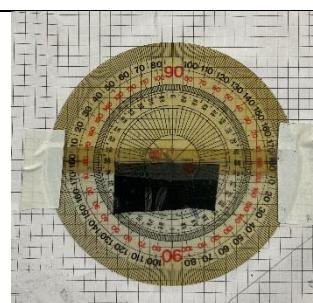
(圖 4-2-3)咖啡濾紙



(圖 4-2-4)方形壓克力容器



(圖 4-2-5)光源

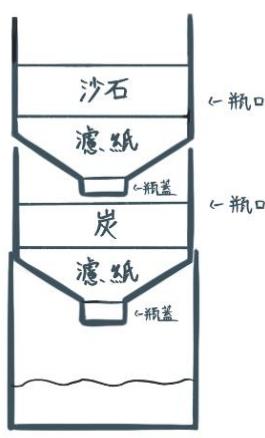


(圖 4-2-6)量角器

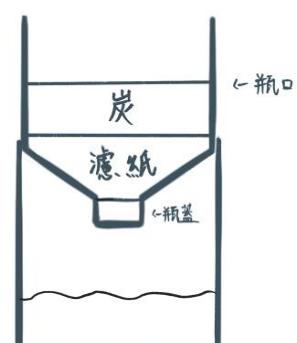
### 三、實驗裝置



(圖 4-3-1)自製濾水裝置



(圖 4-3-2)示意圖



(圖 4-3-3)示意圖

## 伍、研究過程及方法

### 準備工作：蒐集各種樹種製成木炭

1. 蒉集校園中常見樹種樹枝，如小葉欖仁、黑板樹、台灣欒樹、樟樹，和樹葉(小葉欖仁)、竹筷。
2. 將樹枝拆解成適合尺寸，裝入已打孔的鐵盒內。
3. 進行乾餾，當可燃性濃煙結束後即停止加熱。
4. 待冷卻後拆開蓋子，依需求做成各種尺寸木炭。



(圖 5-2-1)木炭乾餾情形



(圖 5-2-2)完成木炭製作

### 一、木炭型態：比較木炭粉末、塊狀、條狀的過濾效果

1. 取亞甲藍溶液(體積百分比為 95%)共 100ml，裝入方形壓克力容器(以黏膠帶在水平線上方)，然後雷射筆以 30 度入射，觀察折射角並作為對照。
2. 將 580ml 寶特瓶進行裁切，取瓶口端作為自製濾水器的容器。
3. 先墊上濾紙，再倒入台灣欒樹的自製木炭，分別以各類型態(粉末、塊狀、條狀)作為過濾材料，均取質量各為 10g。
4. 將亞甲藍溶液分別倒入自製濾水器中，紀錄過濾時間(時間記錄到水未再落下小水滴即停止計時)。
5. 過濾後的亞甲藍溶液裝入方形壓克力容器，光源以 30 度入射，並記錄折射角。

### 二、樹種差異：比較各種的過濾效果

1. 取亞甲藍溶液(體積百分比為 95%)共 100ml，裝入方形壓克力容器(以黏膠帶在水平線上方)，然後雷射筆以 30 度入射，觀察折射角並作為對照。

2. 將 580ml 寶特瓶進行裁切，取瓶口端作為自製濾水器的容器。
3. 先墊上濾紙，再倒入各類樹種(小葉欖仁、黑板樹、台灣欒樹、樟樹)的自製木炭作為過濾材料，均以前述實驗的最佳型態取質量各為 10g。
4. 將亞甲藍溶液分別倒入自製濾水器中，紀錄過濾時間(時間記錄到水未再落下小水滴即停止計時)。
5. 過濾後的亞甲藍溶液裝入方形壓克力容器，光源以 30 度入射，並記錄折射角。

### 三、濾材層數：比較濾材一層、二層、三層的過濾效果

1. 取亞甲藍溶液(體積百分比為 95%)共 100ml，裝入方形壓克力容器(以黏膠帶在水平線上方)，然後雷射筆以 30 度入射，觀察折射角並作為對照。
2. 將 580ml 寶特瓶進行裁切，取瓶口端作為自製濾水器的容器。
3. 先墊上濾紙，再分別取一層 10g、二層 20g、三層 30g 的自製木炭，均以前述實驗中的最佳型態及最佳樹種取質量各為 10g。
4. 將亞甲藍溶液分別倒入自製濾水器中，紀錄過濾時間(時間記錄到水未再落下小水滴即停止計時)。
5. 過濾後的亞甲藍溶液裝入方形壓克力容器，光源以 30 度入射，並記錄折射角。

### 四、以最佳化條件進行自製濾水器效果檢測

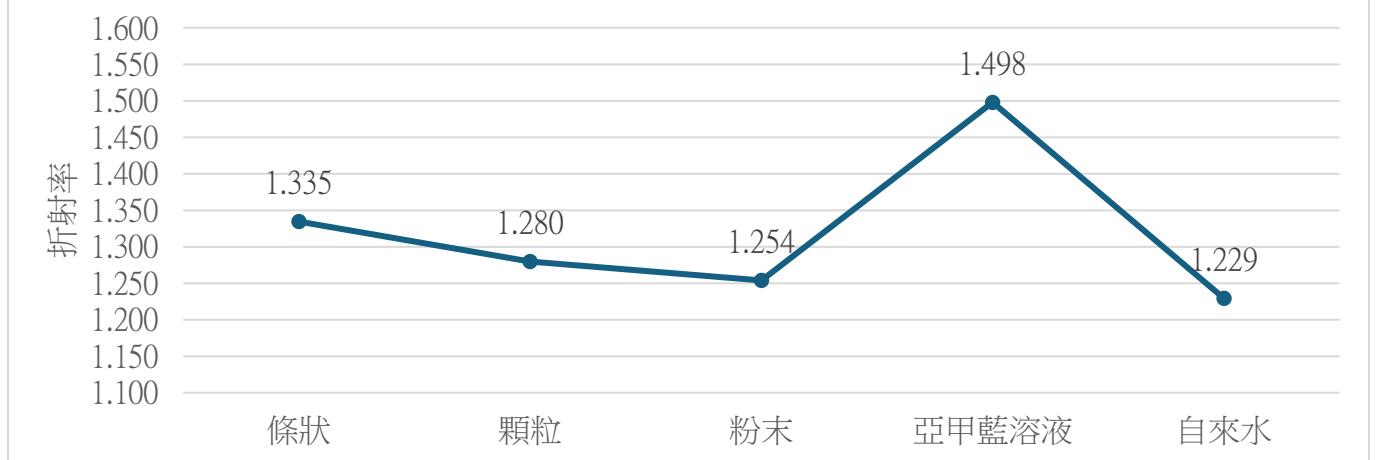
1. 取亞甲藍溶液(體積百分比為 95%)共 100ml，裝入方形壓克力容器(以黏膠帶在水平線上方)，然後雷射筆以 30 度入射，觀察折射角並作為對照。
2. 將 580ml 寶特瓶進行裁切，取瓶口端作為自製濾水器的容器。
3. 先墊上濾紙，再倒入自製木炭，以前述實驗中的最佳型態、最佳樹種及最佳層數進行，同時增加第一層砂石層 40g。
4. 將亞甲藍溶液分別倒入自製濾水器中，紀錄過濾時間(時間記錄到水未再落下小水滴即停止計時)。
5. 過濾後的亞甲藍溶液裝入方形壓克力容器，光源以 30 度入射，並記錄折射角。
6. 另外使用落葉炭(顆粒)10g 及竹炭(顆粒) 10g 分別在進行步驟 3~5 並紀錄。

## 陸、研究結果

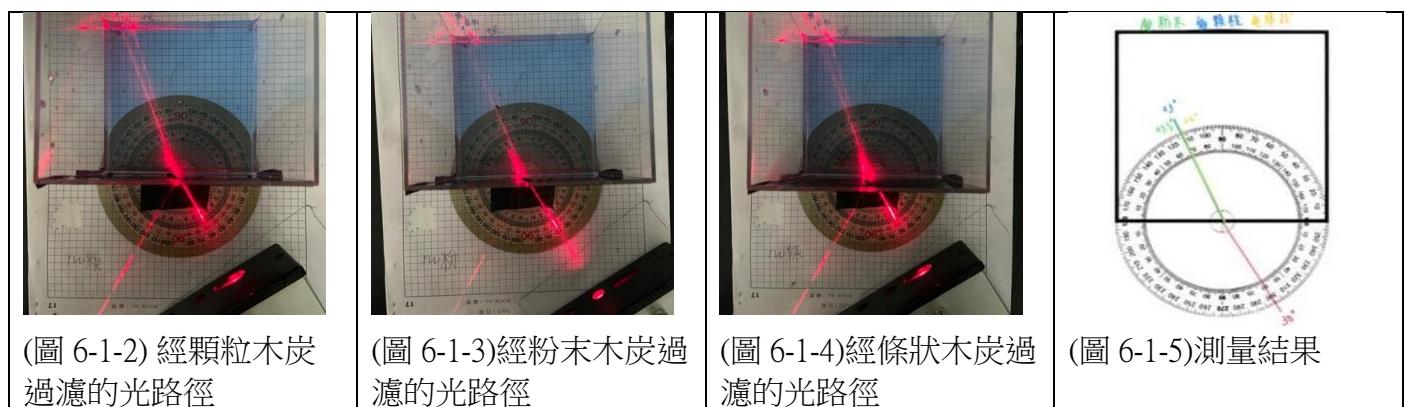
### 一、木炭型態：比較木炭粉末、塊狀、條狀的過濾效果(表 6-1)

型態差異 (台灣欒樹)	入射角 (度)	入射角 正弦 sinA	折射角 (度)	折射角 正弦 sinB	折射率 $\sin A / \sin B$	過濾時間 (秒)
條狀	30.0	0.500	22.0	0.375	1.335	25
顆粒	30.0	0.500	23.0	0.391	1.280	229
粉末	30.0	0.500	23.5	0.399	1.254	257
亞甲藍溶液	30.0	0.500	19.5	0.334	1.498	
自來水	30.0	0.500	24.0	0.407	1.229	

濾材型態差異



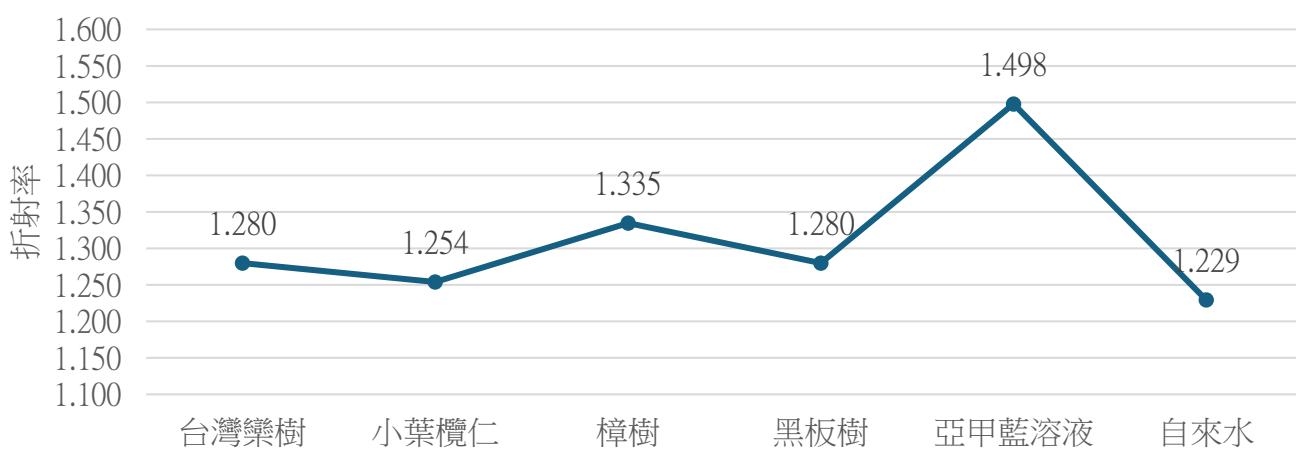
(圖 6-1-1) 選用台灣欒樹進行自製木炭，比較不同型態下的過濾效果。



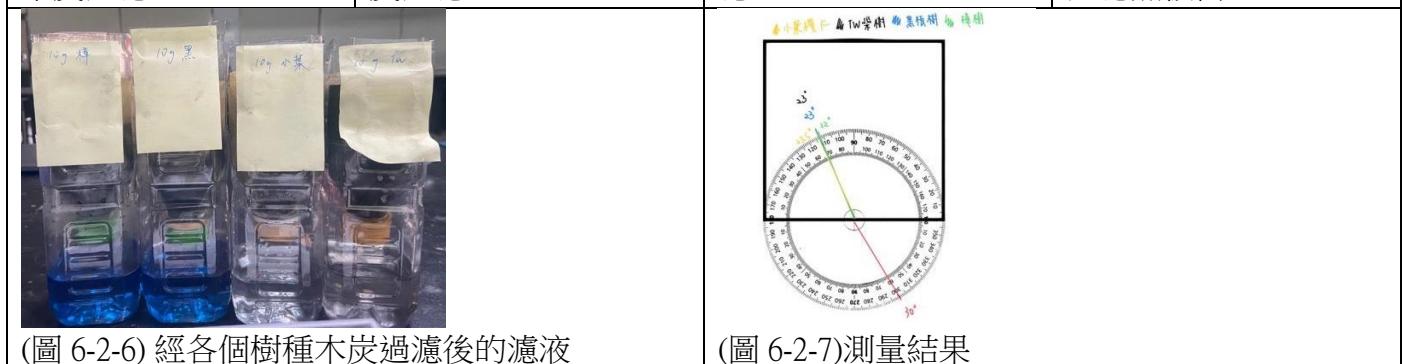
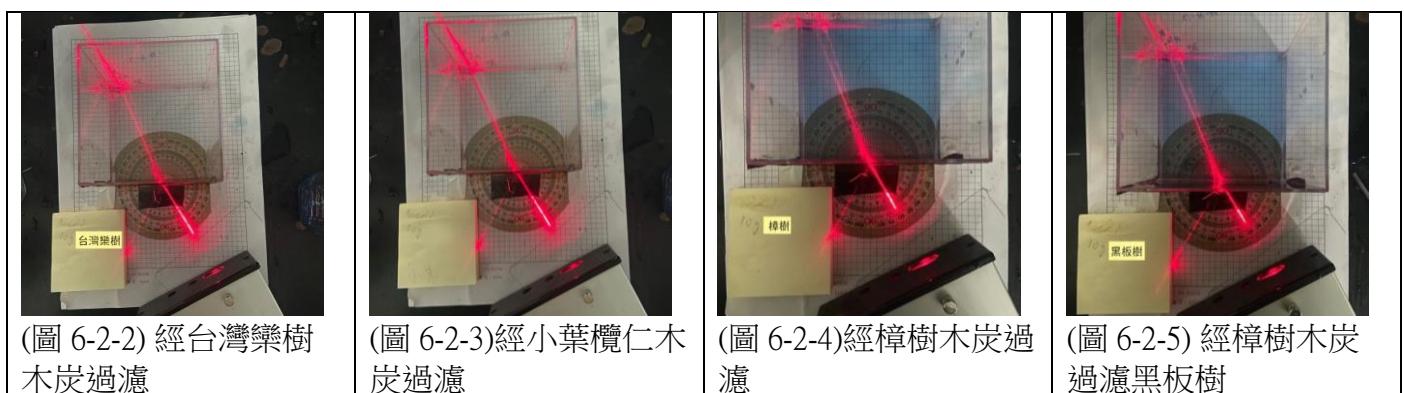
## 二、樹種差異：比較各種的過濾效果(表 6-2)

樹種差異	入射角 (度)	入射角 正弦 sinA	折射角 (度)	折射角 正弦 sinB	折射率 $\sin A / \sin B$	過濾時間 (秒)
台灣欒樹	30.0	0.500	23.0	0.391	1.280	472
小葉欖仁	30.0	0.500	23.5	0.399	1.254	272
樟樹	30.0	0.500	22.0	0.375	1.335	317
黑板樹	30.0	0.500	23.0	0.391	1.280	433
亞甲藍溶液	30.0	0.500	19.5	0.334	1.498	
自來水	30.0	0.500	24.0	0.407	1.229	

濾材樹種差異

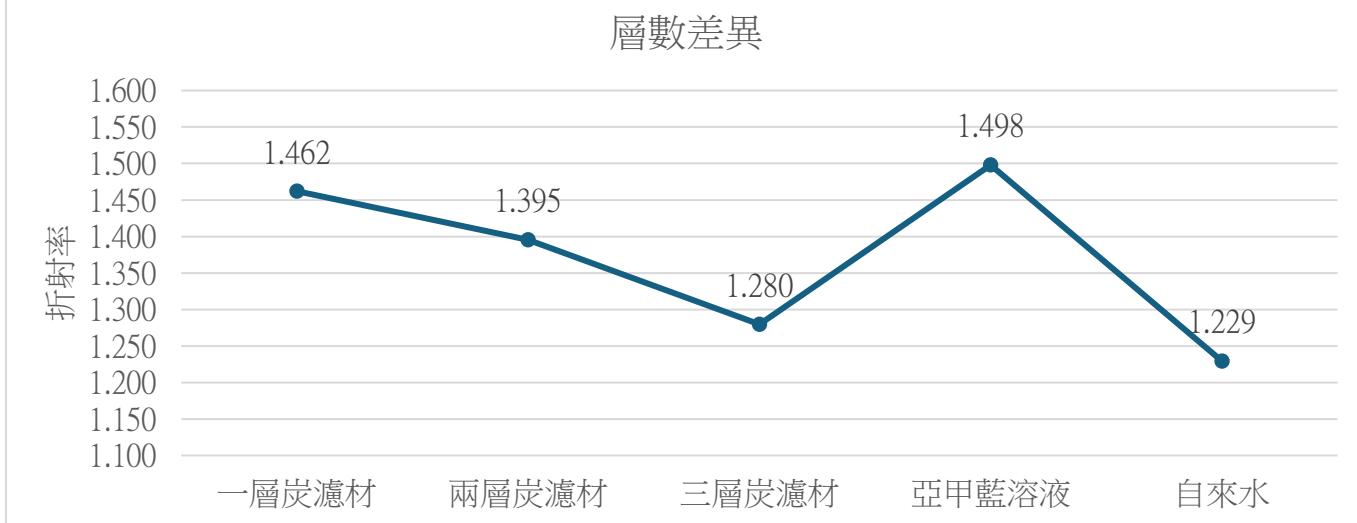


(圖 6-2-1) 選用相同型態的自製木炭，比較不同樹種下的過濾效果。

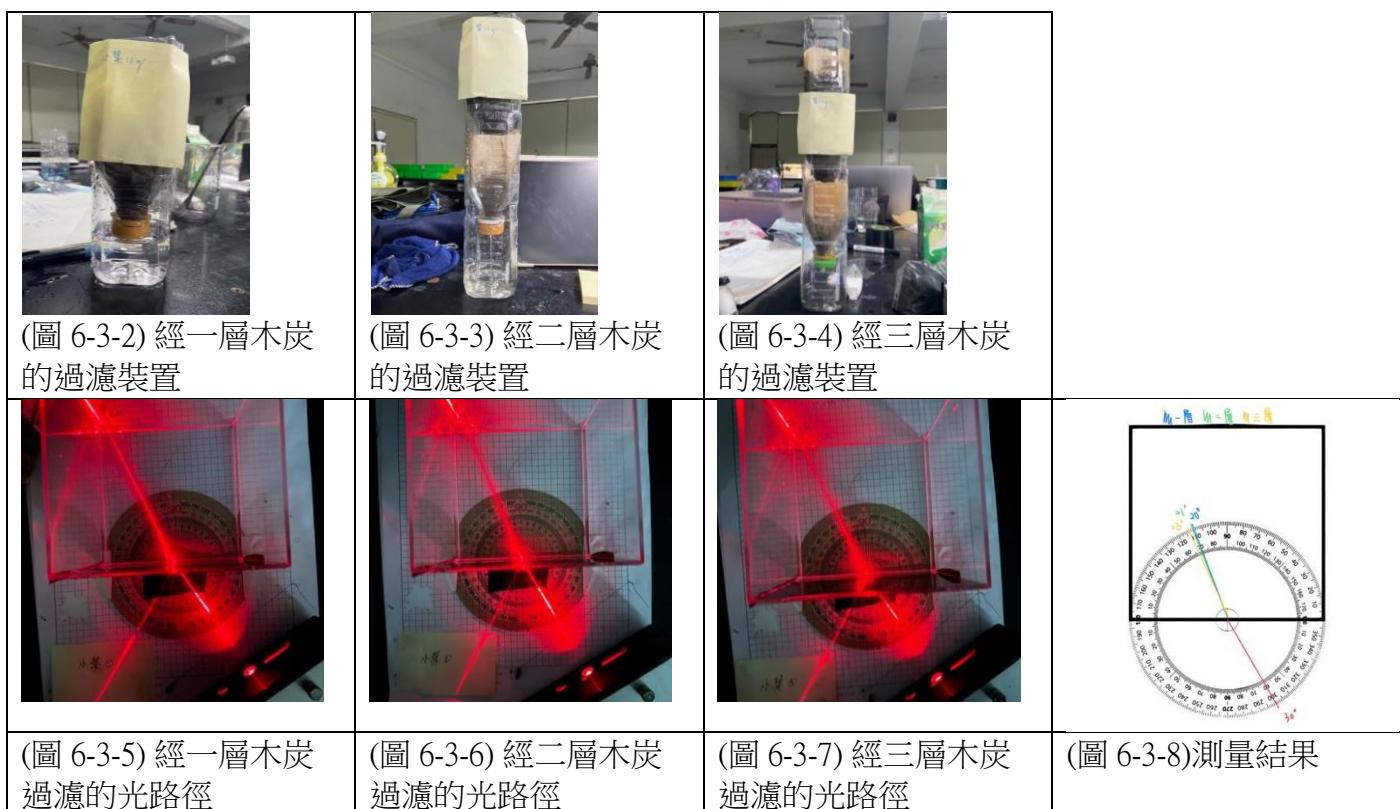


### 三、濾材層數：比較濾材一層、二層、三層的過濾效果(表 6-3)

層數差異 (小葉欖仁)	入射角 (度)	入射角 正弦 sinA	折射角 (度)	折射角 正弦 sinB	折射率 $\sin A / \sin B$	過濾時間 (秒)
一層	30.0	0.500	20.0	0.342	1.462	261
兩層	30.0	0.500	21.0	0.358	1.395	363
三層	30.0	0.500	23.0	0.391	1.280	526
亞甲藍溶液	30.0	0.500	19.5	0.334	1.498	
自來水	30.0	0.500	24.0	0.407	1.229	



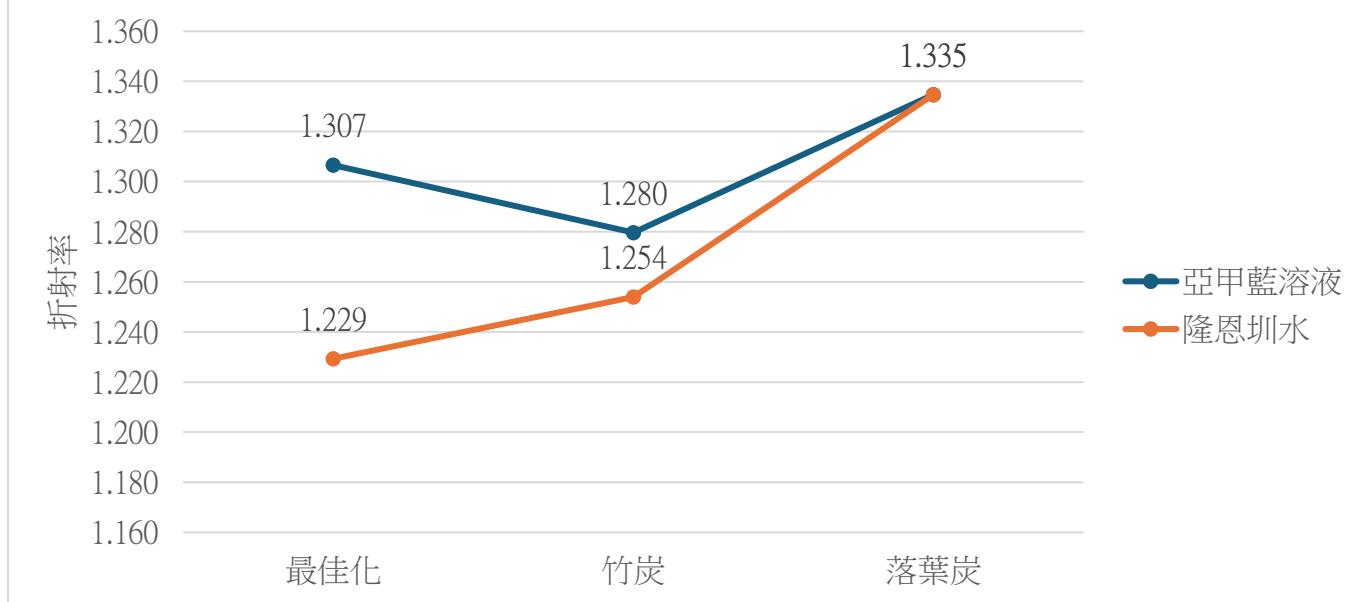
(圖 6-3-1)以小葉欖仁進行自製木炭，比較不同層數下的過濾效果。



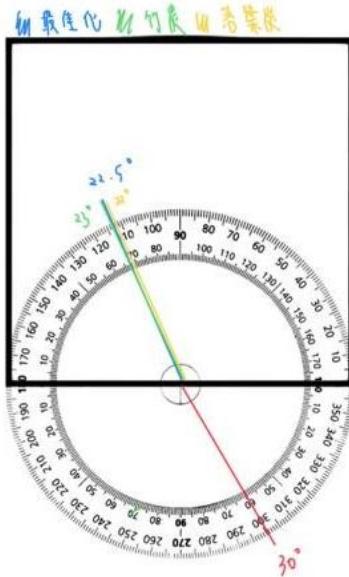
#### 四、以最佳化條件進行自製濾水器效果檢測(表 6-4)

濾液	最佳化比較	入射角 (度)	入射角 正弦 sinA	折射角 (度)	折射角 正弦 sinB	折射率 $\sin A / \sin B$	過濾時間 (秒)
亞甲藍溶液	小葉欖仁 木炭	30.0	0.500	22.5	0.383	1.307	226
亞甲藍溶液	竹炭	30.0	0.500	23.0	0.391	1.280	511
亞甲藍溶液	小葉欖仁 落葉炭	30.0	0.500	22.0	0.375	1.335	556
隆恩圳水	小葉欖仁 木炭	30.0	0.500	24.0	0.407	1.229	352
隆恩圳水	竹炭	30.0	0.500	23.5	0.399	1.254	192
隆恩圳水	小葉欖仁 落葉炭	30.0	0.500	22.0	0.375	1.335	111

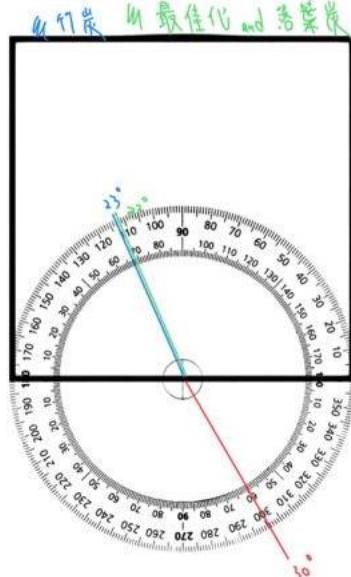
各種濾材進行水質過濾



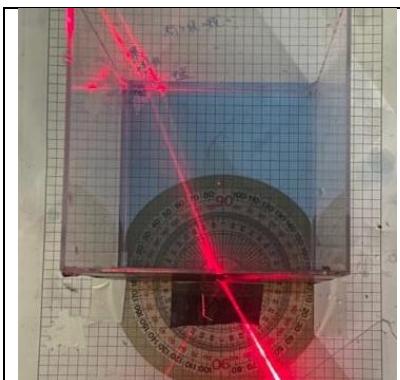
(圖 6-4-1)以前述實驗所得最佳化參數自製濾水器，同時比較其他濾材的水質過濾效果。



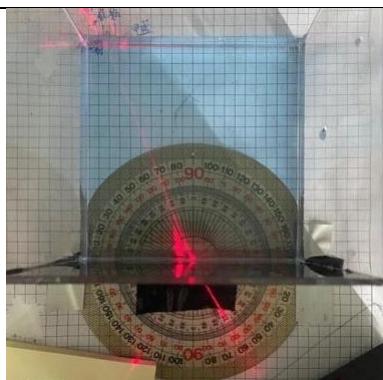
(圖 6-4-2)亞甲藍溶液過濾後的測量結果



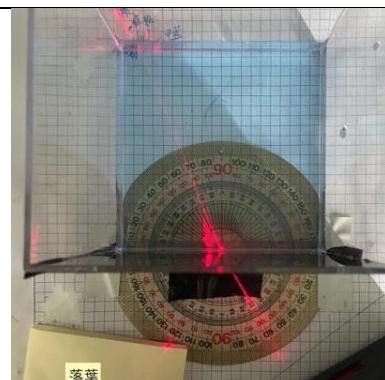
(圖 6-4-3) 隆恩圳水過濾後的測量結果



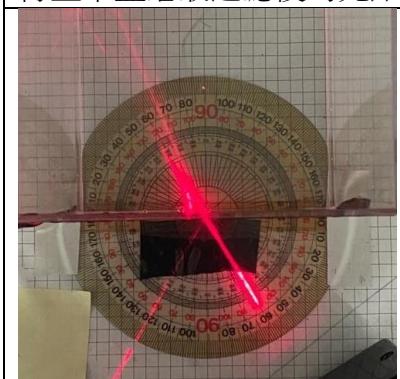
(圖 6-4-4)自製最佳化濾水器進行亞甲藍溶液過濾後的光路徑



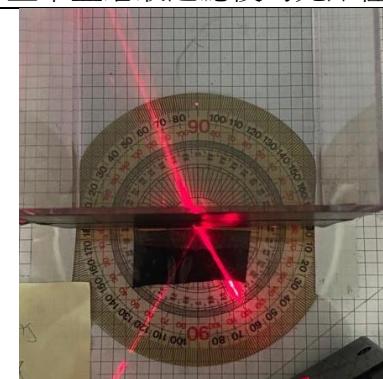
(圖 6-4-5)以竹炭作為濾材進行亞甲藍溶液過濾後的光路徑



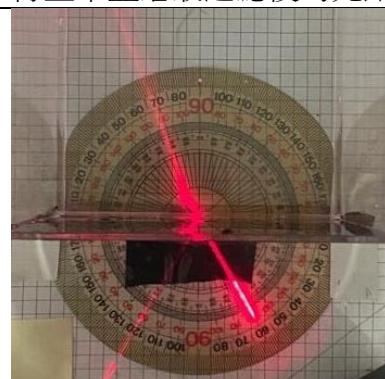
(圖 6-4-6)以落葉炭作為濾材進行亞甲藍溶液過濾後的光路徑



(圖 6-4-7)自製最佳化濾水器進行隆恩圳水過濾後的光路徑



(圖 6-4-8)以竹炭作為濾材進行隆恩圳水過濾後的光路徑



(圖 6-4-9)以落葉炭作為濾材進行隆恩圳水過濾後的光路徑

## 柒、實驗討論

- 一、由實驗一(圖 6-1-1)可以得知，各個木炭型態，其過濾效果比較：粉末>顆粒>條狀。粉末型態的折射率( $n=1.254$ )最接近自來水的折射率( $n=1.229$ )，表示亞甲藍幾乎被木炭吸附。因為粉末狀的炭顆粒較小，與濾液的接觸面積較大，提高吸附能力；同時也因為是粉末型態，導致過濾時間相對較久，但本次實驗著重在吸附過濾程度，所以仍選擇以粉末型態為主。
- 二、由實驗二(圖 6-2-1)可以得知，各個樹種製成的木炭，其過濾效果比較：小葉欖仁>台灣欒樹=黑板樹>樟樹。推測可能原因為小葉欖仁的生長較其他樹種慢，可形成的木頭密度較大，而得以擁有大量的木材孔隙。在木材炭化後保留了孔隙的結構，能夠有效的吸附物質。至於在過濾時間為小葉欖仁的最短，表示小葉欖仁能有最快且最好的過濾效果。
- 三、由實驗三(圖 6-3-1)可以得知，不同層數的炭濾材，其過濾效果比較：三層>二層>一層。因為三層木炭能提供更多的接觸面積，讓吸附效果提升同時也延長使用壽命；反觀若只有一層，則吸附容量有限且容易飽和，降低過濾效果。
- 四、由實驗四(圖 6-4-1)可以得知，對亞甲藍溶液的過濾效果比較：竹炭>最佳化>落葉炭。竹炭對於亞甲藍色素的吸附效果較好，主要歸因於竹子豐富的孔隙結構，推測可能原因與孔洞大小與色素分子大小相符，使得竹炭在吸附水溶性色素或有機染料方面表現出色；反之，小葉欖仁木炭的孔隙結構可能較為粗大或中等，導致色素的吸附效果較差。
- 五、承第四點討論，對隆恩圳水的過濾效果比較：最佳化>竹炭>落葉。改吸附比色素還要大的水中雜質，推測因木炭的孔隙較大，反而適合較大的雜質進入木炭的孔隙中，發揮其優勢。
- 六、有關本實驗結果，未來也許能應用在校園水池的水質初級改善或是園藝灌溉等，若是製成活性炭吸附包投放到鄰近的隆恩圳中，同時也能減少校園廢棄落材的再循環使用。同時未來也將朝向樹木各部位的木材吸附能力做探討，或是能進一步使用微像攝影觀察木炭表面孔洞形式做形狀的探討，這些都是未來可進一步探索並研究的方向。

## 捌、實驗結論

- 一、粉末狀木炭較小，與濾液的接觸面積較大，其過濾效果比較：粉末>顆粒>條狀。
- 二、用多層木炭能有更多的接觸面積，讓吸附效果提升同時也延長使用壽命。
- 三、各樹種木炭的過濾效果：小葉欖仁>台灣欒樹=黑板樹>樟樹。可能與樹木的成長速率有相關。
- 四、竹炭對於亞甲藍色素的吸附效果較好，而使用小葉欖仁為主的自製木炭濾材則對於隆恩圳水質有效好的吸附效果，可能與活性炭表面孔隙大小相關。
- 五、未來也將繼續朝向樹木各部位的木材及運用微像攝影做進一步的探索。

## 玖、參考資料及網站

- [1] 51 科展-化學-030211：通天神「碳」—探討碳類對色素的吸附能力
- [2] 62 科展-化學-050209：農業廢棄物合成活性碳並討論其吸附效能之表現
- [3] 63 科展-化學-080210：「粽」望所歸，讚「碳」不已—以回收粽葉悶燒製作活性碳之研究
- [4] 52 科展-物理-030110：彩虹橋-利用彩虹原理探討混合液體之折射率的計算模式
- [5] 47 科展-理化-031605：折射玄機
- [6] 52 科展-生應-080817：DIY 隨行濾水杯
- [7] 57 科展-生應-080813：『濾』得一乾二淨-野外淨水裝置之探究
- [8] 63 科展-生應-082926：陶出水髒汙－自製陶濾芯用於溪水池水之研究