

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(三)科

083011

這「炭」可導「電」？自製不同木炭導電的可行性

學校名稱：嘉義縣阿里山鄉新美國民小學

作者： 小六 蘇軒毅 小五 孟靜雯 小四 蘇俐文 小四 安祉盈	指導老師： 蔡佑澤 莊美玲
---	-----------------------------

關鍵詞：校園植物、木炭、導電

壹、研究摘要

我們是住在山區中的學生，也因此我們在生活中很容易取得木頭與使用木頭。我們這次尋找在學校中與學校附近可以取得的木頭來進行自製木炭的實驗，也測試是否做出來的木炭可否導電。所以透過我們的實驗，我們發現只要乾餾的溫度有足夠，所做出來的木炭都可以導電。而會影響自製木炭導電的差異是木頭本身的成分差別外，還有木頭的硬度與長度也具有影響。

貳、研究動機

木炭是人類常用的一種燃料，有次我們上自然課中看到一集「生活裡的科學」，得知原來木炭不只可以用來燒，還可以過濾髒水，甚至有可能導電，所以我們小組想了解要如何做出可以導電的木炭。但要自製木炭是不太容易，而且哪一種木頭所做出來的木炭導電效果最好我們也不清楚，所以我們就以校園內和校園附近可以取得的木頭來自製木炭，希望能找出導電效果不錯的自製木炭！（教材相關單元：國小自然課本康軒版五上第三單元活動三「水溶液的導電性」）

參、研究目的

- 一、探索校園中與校園附近的木頭種類。
- 二、自製木炭方法的探究。
- 三、探討不同溫度燃燒木頭的所製成的木炭導電的影響。
- 四、探討不同木頭的硬度所製成的木炭導電的影響。
- 五、探討不同木頭的密度與製成的木炭密度的差異。
- 六、探討不同木頭所製成的木炭導電的影響。
- 七、探討導電最好的木炭不同長度導電的差異。
- 八、探討導電最好與最差的木炭其石墨化的差異。
- 九、實測導電最好與最差的木炭對 LED 燈亮度影響。

肆、研究設備及器材










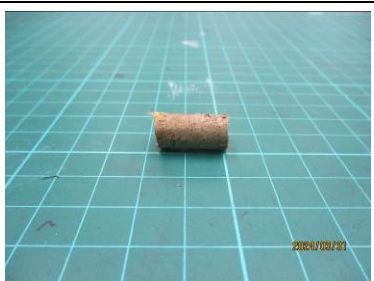


一、研究器材及設備

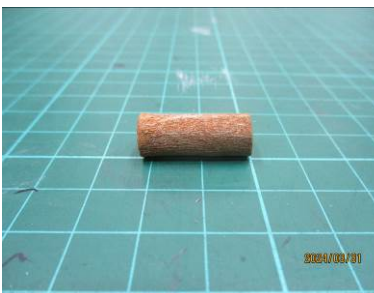













1. 不鏽鋼管	2. 鐵盒	3. 火爐	4. 卡式爐
5. 鋁箔紙	6. 三用電表	7. 紅外線測溫槍	8. 噴燈
9. 針筒	10. 鋸子	11. 10mm 小鋼珠	12. 自製測距棒
13. 耐熱磚	14. 修枝剪	15. 游標卡尺	16. 測光儀
17. 自製測光箱	18. 拉曼光譜儀		





二、 研究材料

1. 枇杷	2. 樟樹	3. 桂花	4. 雀榕
5. 土肉桂	6. 南洋杉	7. 梅樹	8. 台灣欒樹
9. 假酸醬	10. 紅檜	11. 阿勃勒	12. 芒果
13. 山苦茶	14. 菲島福木	15. 柚子	16. 青剛櫟
17. 大葉欖仁			

三、 器材與實驗照片

		
圖 1、枇杷	圖 2、樟樹	圖 3、桂花
		
圖 4、雀榕	圖 5、土肉桂	圖 6、南洋杉
		
圖 7、梅樹	圖 8、台灣欒樹	圖 9、假酸醬
		
圖 10、紅檜	圖 11、阿勃勒	圖 12、芒果

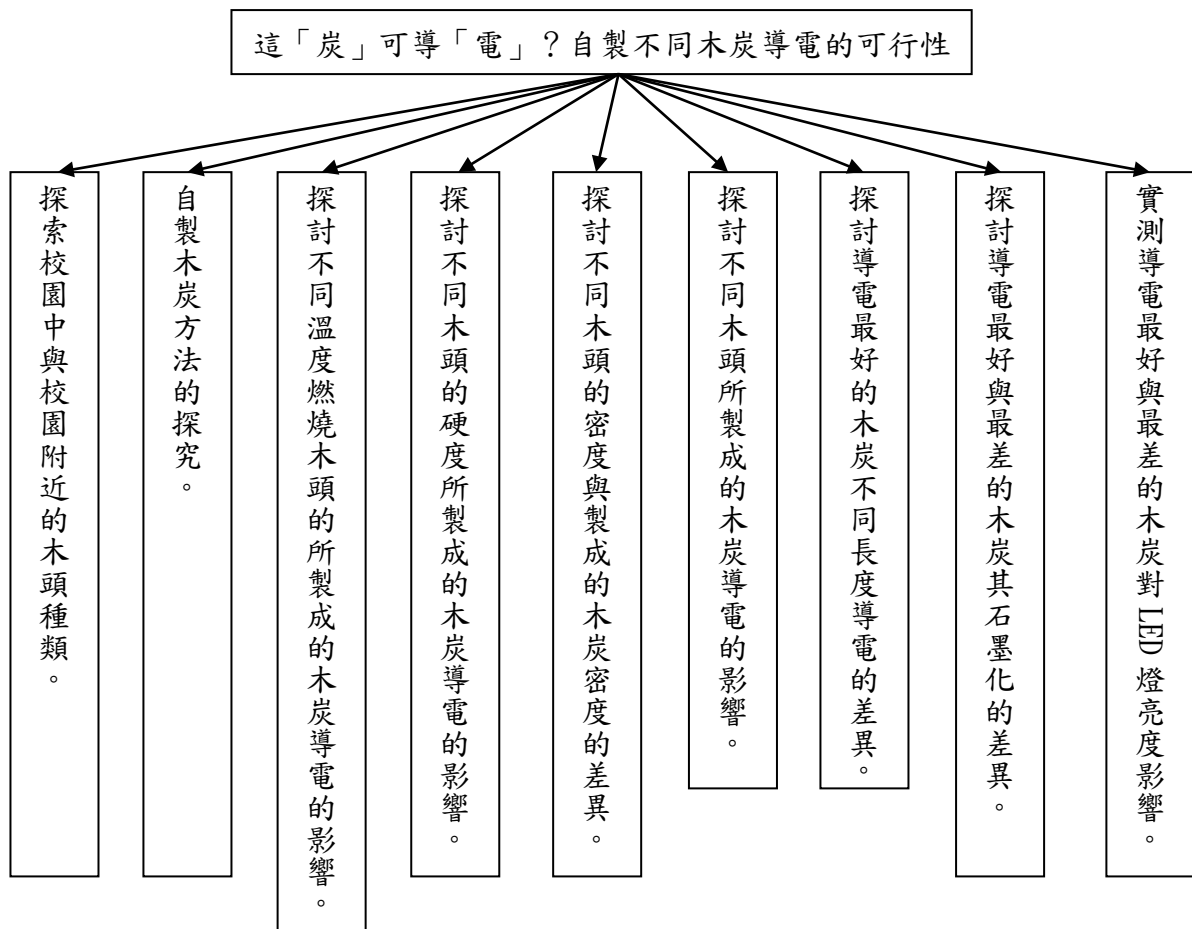
		
<p>圖 13、山苦茶</p>	<p>圖 14、菲島福木</p>	<p>圖 15、柚子</p>
		
<p>圖 16、青剛櫟</p>	<p>圖 17、大葉欖仁</p>	<p>圖 18、10mm 小鋼珠</p>
		
<p>圖 19、不鏽鋼管</p>	<p>圖 20、三用電表</p>	<p>圖 21、紅外線測溫槍</p>
		
<p>圖 22、卡式爐</p>	<p>圖 23、噴燈</p>	<p>圖 24、針筒</p>
		
<p>圖 25、鋸子</p>	<p>圖 26、修枝剪</p>	<p>圖 27、自製測距棒</p>

		
圖 29、自製測光箱	圖 29、游標卡尺	圖 30、測光儀
		
圖 31、拉曼光譜儀		

註：圖 1-圖 31 的照片為自行拍攝。

伍、研究過程或方法

一、架構圖



二、探索校園中與校園附近的木頭種類。

(一) 實驗步驟：

1. 使用校園地圖，標出植物分布的位置。
2. 運用 iNaturalist 軟體標示植物的位置並分辨植物的種類。
3. 篩選校園中與校園附近的植物後，進行植物枝條的採集。
4. 進行所需的枝條長度裁切，標示各種植物名稱並裝入夾鏈袋中，等候實驗。



註：圖 32、圖 34 的照片為自行拍攝。圖 33 為擷取 www.inaturalist.org 網站照片。

三、自製木炭方法的探究。

(一) 實驗步驟：

1. 學生觀看 youtube 找出燒製木炭的過程和方法。
2. 進行製炭方法一：裁切好植物枝條放入鐵盒中，上方用鋁箔紙蓋住，在炭火中燃燒 40 分鐘，在燃燒 40 分鐘內發現鋁箔紙因大火而燒毀，等待冷卻後，鐵盒內的植物枝條都已燒成灰，所以木炭形成失敗。討論失敗的原因是火太大，並把鋁箔紙燒毀，造成火直接燒到木頭，所以才會失敗。



圖 35、變成灰燼的木頭

註：圖 35 的照片為自行拍攝。

3. 進行製炭方法二：裁切好植物枝條放入不鏽鋼管內，兩端用鋁箔紙封住並於一端戳洞，放置炭火中燃燒，觀察不鏽鋼管不再冒煙後，停止炭火燃燒，等候冷卻，取出不鏽鋼管內的枝條，發現枝條外部都已形成木炭，不過木頭的中心點依然是枝條原狀，所以並沒有完全變成木炭。討論沒有完全形成木炭的原因，我們使用紅外線測溫槍測量炭火的溫度比較不穩定，且溫度大約四百多度不夠高，使得枝條只有外部有形成木炭，內部維持木頭原樣。



圖 36、未完全炭化木頭

註：圖 36 的照片為自行拍攝。

4. 進行製炭方法三：裁切好植物枝條放入不鏽鋼管內，兩端用鋁箔紙封住並戳洞，放在卡式爐上進行燃燒，觀察不鏽鋼管不再冒煙後，停止燃燒，等候冷卻，取出不鏽鋼管內的枝條，發現枝條已成為木炭。不過當使用三用電表測木炭電阻時，發現木炭是無法測出電阻。討論為什麼沒有測出電阻，經搜尋網路後，發現燃燒溫度至少要燒到 900 度以上才有機會產生可導電的木炭。

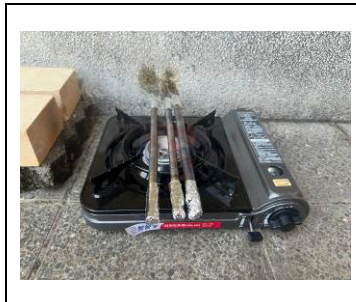


圖 37、燃燒冒煙乾餾中

註：圖 37 的照片為自行拍攝。

5. 進行製炭方法四：裁切好植物枝條放入不鏽鋼管內，兩端用鋁箔紙封住並戳洞，放在卡式爐上進行燃燒，觀察不鏽鋼管不再冒煙後，停止卡式爐火燃燒，再繼續用噴燈燒不鏽鋼管，不鏽鋼管仍繼續冒白煙，當燃燒到沒有冒煙為止既可停火，等候冷卻，取出不鏽鋼管內的枝條，發現枝條已成為木炭。當使用三用電表測木炭電阻時，發現木炭已可測出電阻。討論成功原因，噴燈的溫度可以高達 1000-1100 度左右，所以木頭的炭化效果較好，使得做出來的木炭導電效果比較好。



圖 38、噴燈加熱

註：圖 38 的照片為自行拍攝。

四、探討不同溫度燃燒木頭所製成的木炭導電的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 把同一種木頭放置炭火、卡式爐和卡式爐加上噴燈燃燒來製作木炭。
2. 製作出來的三種木炭使用三用電表進行測量電阻，來判斷木炭的導電情況。

五、探討不同木頭的硬度所製成的木炭導電的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 使用直徑 10mm 的小鋼珠，施予約 47.5 公斤重的力量壓於枝條上。
2. 測量所壓出來的痕跡直徑，再到網站上計算出木頭布式硬度。
3. 使用三用電表比較不同木頭的硬度所製成的木炭導電的差異。

六、探討不同木頭的密度與製成的木炭密度的差異。

(一) 實驗步驟：

1. 分別測量各種植物木頭的重量和體積，並計算出木頭的密度。
2. 把不同種類的木頭燒成木炭，分別測量各種植物木炭的重量和體積，並計算出木炭的密度，再比較兩者密度的差異。

七、探討不同木頭所製成的木炭導電的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 分別測量各種植物木頭的重量和體積，並計算出木頭的密度。
2. 把不同種類的木頭燒成木炭，分別測量各種木炭的重量和體積，並計算出木炭的密度。
3. 使用三用電表比較不同木頭的密度和木炭密度其導電的影響。

八、探討導電最好的木炭不同長度導電的差異。

(一) 實驗步驟：

1. 準備導電最好的木頭不同長度的木炭。
2. 使用三用電表分別測量導電最好的木炭不同長度的導電性。

九、探討導電最好與最差的木炭其石墨化的差異。

(一) 實驗步驟：

1. 準備導電最好與導電最差的木炭。
2. 切下一小部分木炭碎片與 KBr 鹽類搗碎混和。
3. 使用拉曼光譜儀測量其石墨化的差異。

十、實測導電最好與最差的木炭對 LED 燈亮度影響。

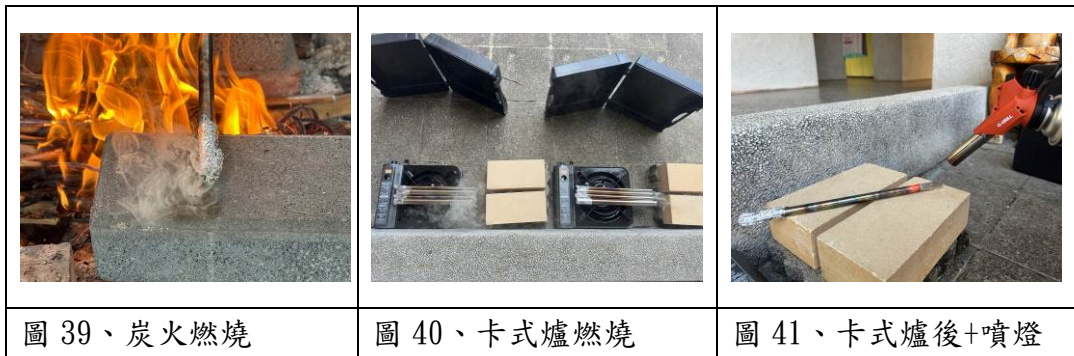
(一) 實驗步驟：

1. 挑選出導電最好與最差的木炭，放置於自製測光箱中。
2. 通電後，使用測光儀測量 LED 燈的亮度，比較其差異。

陸、研究結果

一、探討不同溫度燃燒木頭的所製成的木炭導電的影響。

(一) 研究結果



註：圖 39-圖 41 的照片為自行拍攝。

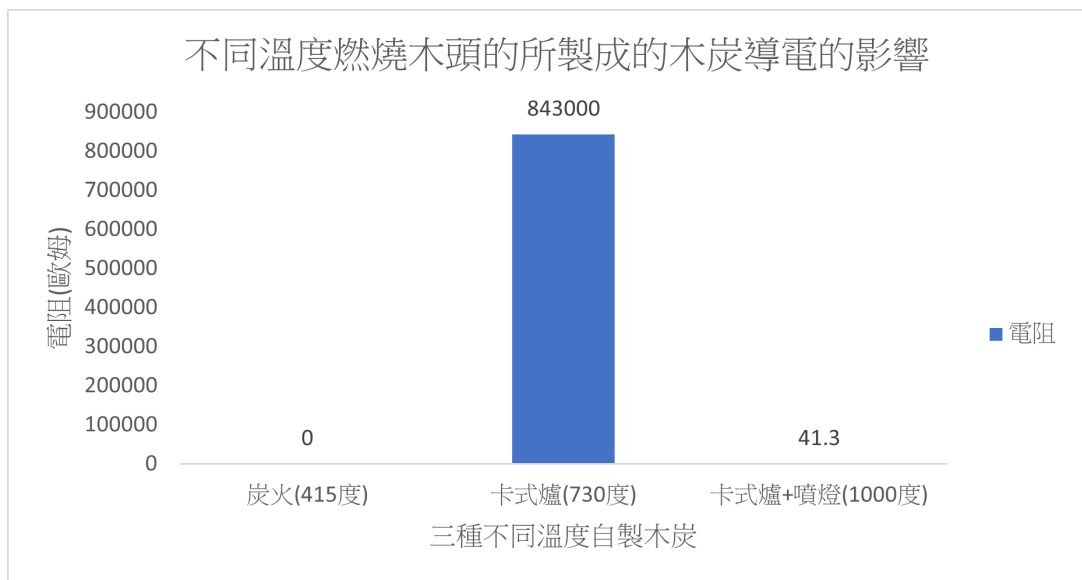


圖 42、不同溫度燃燒木頭的所製成的木炭導電的影響。(自行繪製)

1. 由圖 42 可以發現，三種不同溫度的燃燒所製作出來的木炭電阻是不同的，且隨著溫度越高，所製作出來的木炭電阻越低。

(二) 實驗討論

1. 從這個實驗我們可以看到，溫度確實可以影響木炭導電的情況。從炭火的溫度燃燒製作出來的木炭是無法測出任何電阻，而使用卡式爐+噴燈的方式，讓燃燒的溫度可以提升到 1000 度，這樣溫度製作出來的木炭測得的電阻是相當低的，也代表導電效率較高的。
2. 進一步討論可以了解當木頭發生炭化的過程中，碳原子在空間重新排列，而形成了無定形的炭。實際上無定形的炭仍具有像石墨一樣的層狀晶體結構，只是晶粒非常小。在高溫下微小晶粒內無序重疊的碳原子六角環片層能夠轉變為空間有序重疊，即轉變為石墨化晶體結構。所以當溫度越高，

木炭的晶粒長得越大，晶粒內六角環片層增長得越大，且六角環片層有序重疊的越好，所形成的石墨化結構也越好，使得導電性也越好。

二、探討不同木頭的硬度所製成的木炭導電的影響。

(一) 研究結果



註：圖 43-圖 45 的照片為自行拍攝。

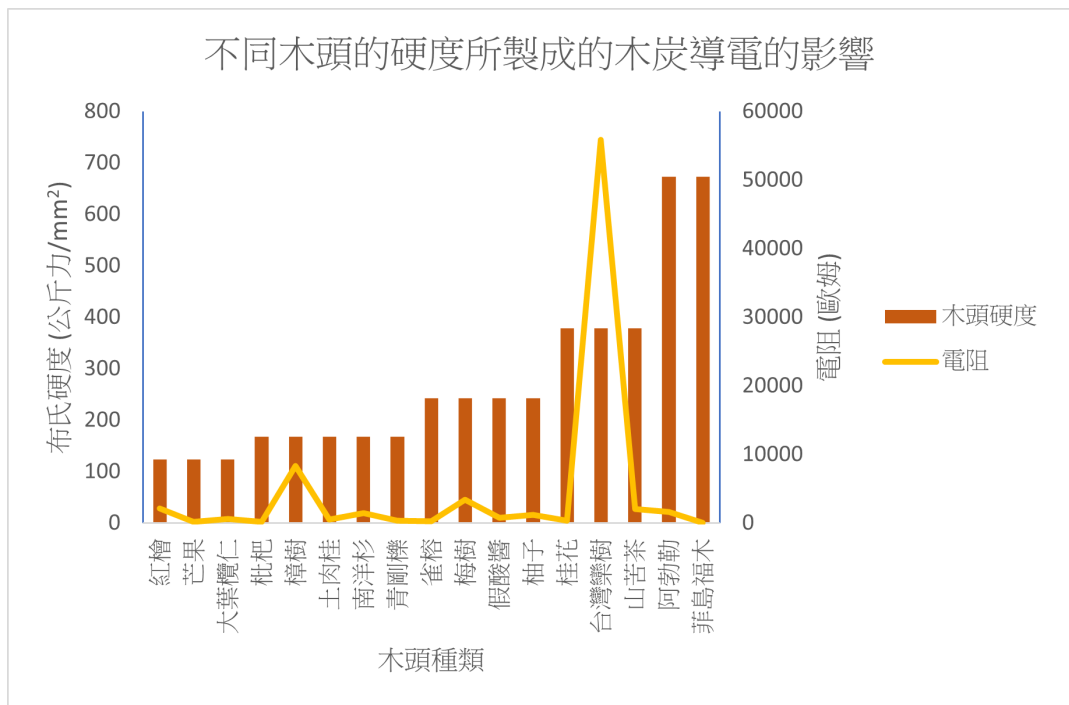


圖 46、不同木頭的硬度所製成的木炭導電的影響。(自行繪製)

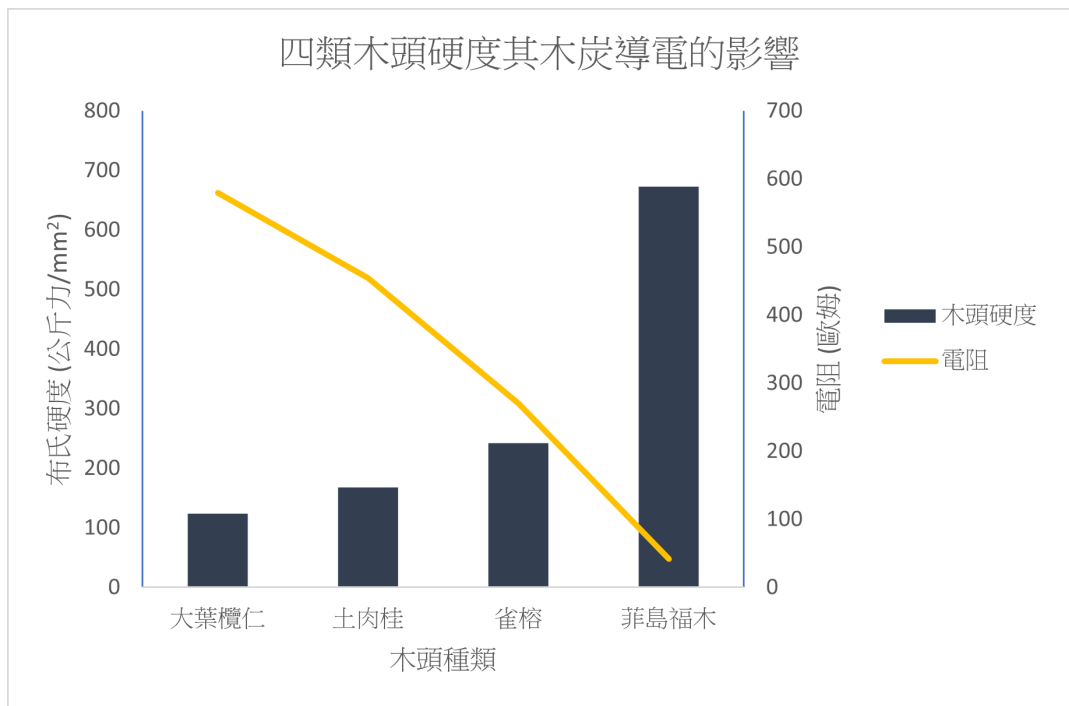


圖 47、四類木頭硬度其木炭導電的影響。(自行繪製)

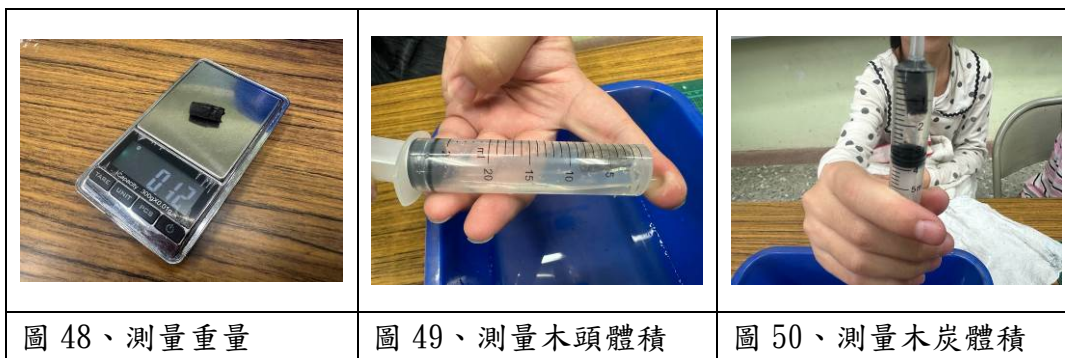
1. 由圖 46 可以發現，隨著木頭的硬度越來越高，可以發現木炭的電阻有的高有的低。
2. 由圖 47 可以發現，當我們把四種硬度的木頭挑選出代表放在一起看時，我們更清楚看到硬度越高的木頭，所製成的木炭電阻也越低的情況。

(二) 實驗討論

1. 從這個實驗我們可以看到，木頭的硬度確實會影響所製作出來木炭的電阻高低。對於硬度比較高的木頭，電阻就比較低，硬度比較軟的木頭，電阻比較高。
2. 進一步討論是當我們在鋸枝條的時候，硬度比較硬的木頭比較難鋸，硬度比較軟的木頭比較好鋸。所以當我們把硬度越高的木頭燒至 1000 度炭化時，木炭的晶粒內的六角環片層增長重疊越好，形成的石墨化結構也更好，所以木炭的電阻就越低，代表導電性也越好。

三、探討不同木頭的密度與製成的木炭密度的差異。

(一) 研究結果



註：圖 48-圖 50 的照片為自行拍攝。(自行繪製)

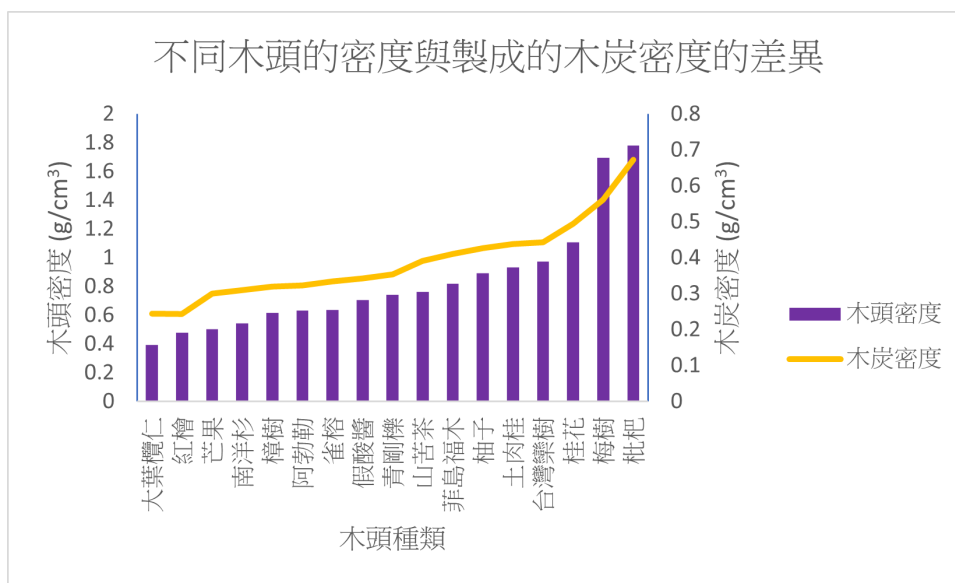


圖 51、不同木頭的密度與製成的木炭密度的差異。(自行繪製)

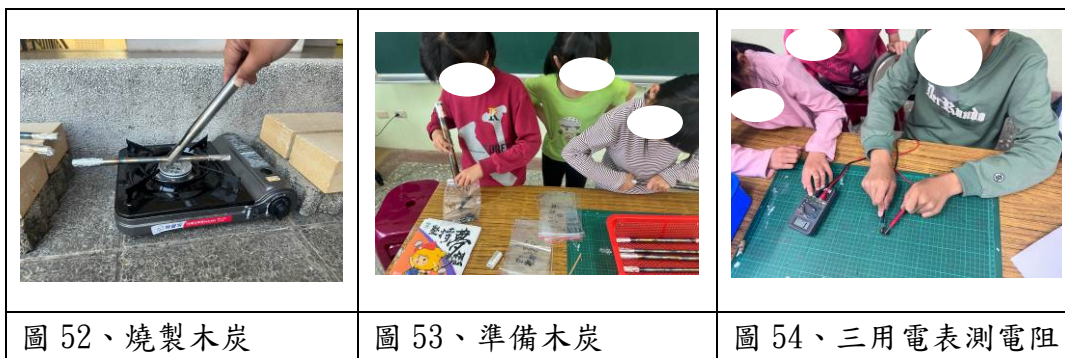
1. 由圖 51 可以發現，本身密度越高的木頭，當我們製成木炭之後，木炭的密度也會越高。不過木炭的密度是會比原本木頭的密度較小。

(二) 實驗討論

1. 從這個實驗我們可以看到，木頭密度低其木炭的密度也低，木頭密度高其木炭的密度也高，但是木炭的密度都會比自身的木頭密度低，不過整體密度高低的趨勢是一樣的。因為木頭的成分是含有碳水化合物與少量的礦物質，所以當我們在乾餾木頭的時候會產生熱分解反應留下碳元素，也就是木炭的主要成份，這就是炭化的過程。也因此體積和重量都會下降，所算出來的密度當然也會跟著下降，但是整體趨勢是不改變的。

四、探討不同木頭所製成的木炭導電的影響。

(一) 研究結果



註：圖 52-圖 54 的照片為自行拍攝。

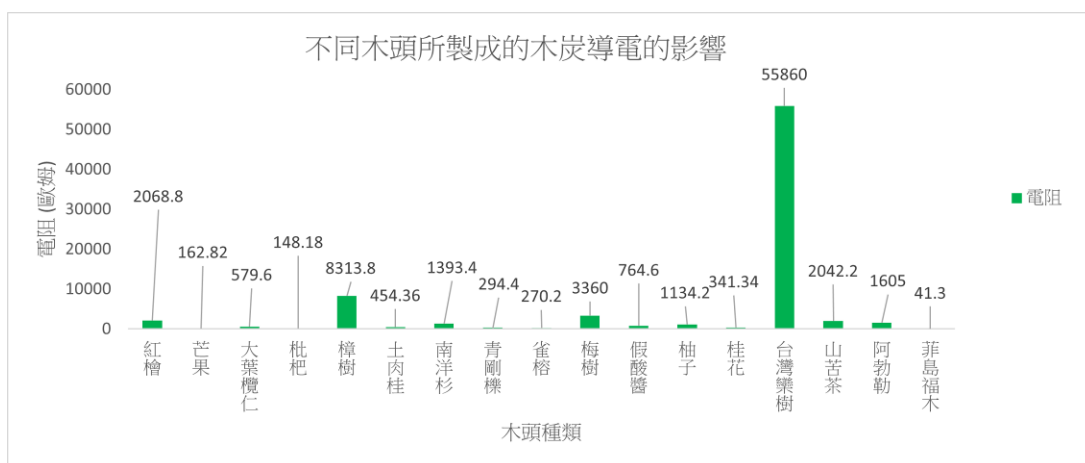


圖 55、不同木頭所製成的木炭導電的影響。(自行繪製)

- 由圖 55 可以發現，不同木頭經過 1000 度高溫所製成的木炭經過三用電表測量電阻都是有的，電阻最低的是菲島福木，電阻第二低的是枇杷，電阻第三低的是芒果。所以，代表導電最好的是菲島福木，第二好的是枇杷，第三好的是芒果。

(二) 實驗討論

- 從這個實驗我們可以看到，我們所製作的自製木炭，只要木炭的製作過程中確實有讓木頭燃燒到 1000 度，所有的木炭都是可以測出電阻，代表都可以導電。不過雖然都可以測出電阻，但是有些木炭的電阻是低的，有些木炭電阻是高的。我們推測可能是木頭本身的所含的成分是有差異造成的，因為在乾餾的過程中，我們發現到有些木頭所產生的煙顏色不太相同，有的是白煙，有的則是乳白的煙。冒煙的時間有的也比較長，有的比較短。甚至有的木頭在不鏽鋼管內乾餾後有產生黑色的木焦油，所以我們再取出木炭時就變得不容易取出。

五、探討導電最好的木炭不同長度導電的差異。

(一) 研究結果



註：圖 56-圖 58 的照片為自行拍攝。

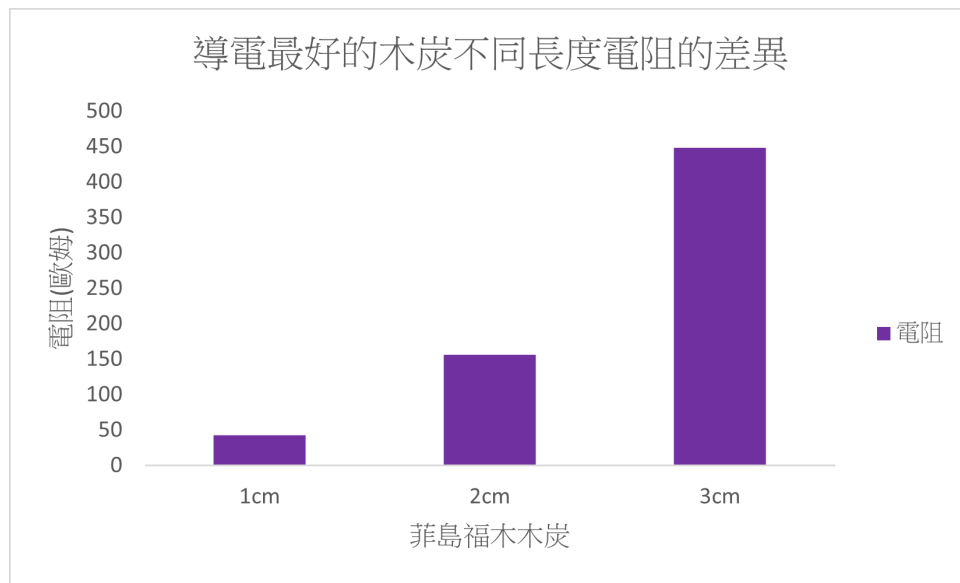


圖 59、導電最好的木炭不同長度電阻的差異。(自行繪製)

1. 由圖 59 可以發現，不同長度的菲島福木的木炭長度越長，電阻越大；長度越短，電阻越小。

(二) 實驗討論

1. 從這個實驗我們可以看到，當木炭長度越長時，即使是導電最好的菲島福木會受到長度越長的影響，使得電阻也跟著變大。其原因有可能是電流需要流經越長的路徑，因此會受導影響。不過木炭其中如果有更多雜質存在，也是會造成阻礙。

六、探討導電最好與最差的木炭其石墨化的差異。

(一) 研究結果



註：圖 60-圖 62 的照片為自行拍攝。

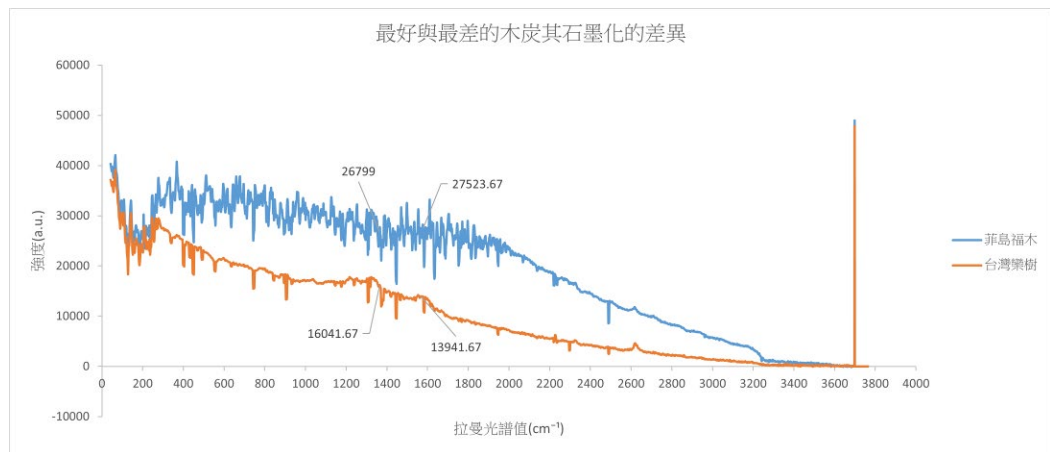


圖 63、導電最好與最差的其石墨化的差異。(自行繪製)

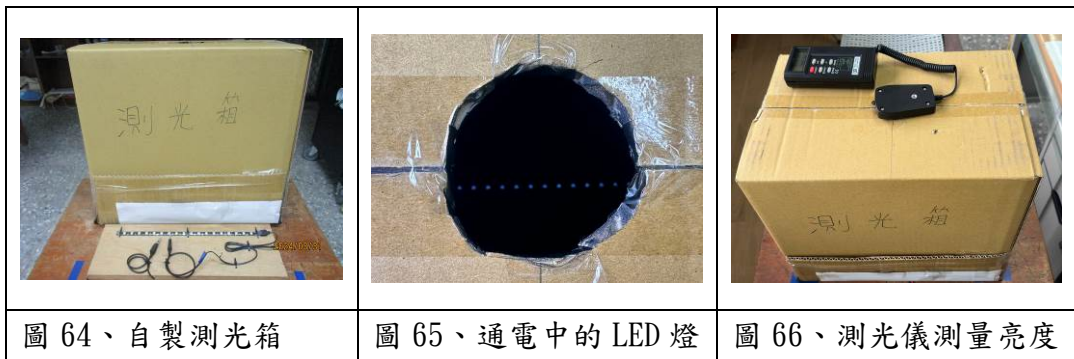
1. 由圖 63 可以發現，菲島福木的石墨化強度比較高，台灣欒樹的石墨化強度比較低。

(二) 實驗討論

1. 從這個實驗我們可以看到，透過拉曼光譜儀的測量，確實有發現石墨化的訊號產生，這也證實我們為什麼可以用三用電表測出電阻的原因。從訊號的強度也可證實菲島福木的石墨化強度比台灣欒樹的石墨化強度強，也再次驗證為什麼我們會測出不同的電阻差異。

七、實測導電最好與最差的木炭對 LED 燈亮度影響。

(一) 研究結果



註：圖 64-圖 66 的照片為自行拍攝。

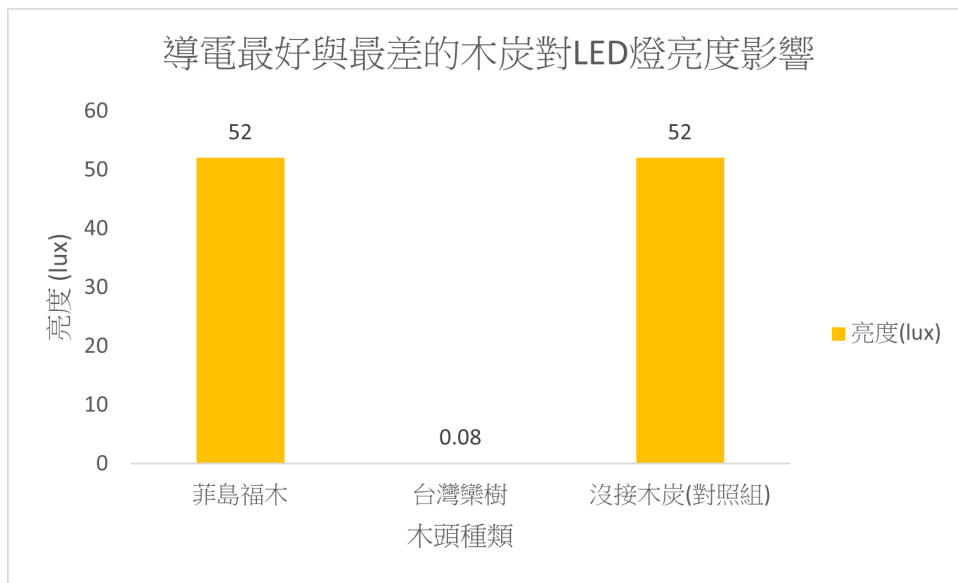


圖 67、導電最好與最差的木炭對 LED 燈亮度影響。(自行繪製)

1. 由圖 67 可以發現，電路中連接菲島福木的 LED 燈亮度最高，而電路中連接台灣欒樹的 LED 燈亮度最低。

(二) 實驗討論

1. 從這個實驗我們可以看到，從 17 種木炭中挑選出電阻最低的菲島福木的木炭和電阻最高台灣欒樹的木炭，連結在一組 LED 的電路中，使用測光儀測量 LED 燈的亮度，在相同的 12V 且 0.02A 的電力下，對照組與有連結菲島福木木炭的 LED 燈亮度是相同的，而連結台灣欒樹木炭的 LED 燈只有 0.08lux。我們推測雖然台灣欒樹木炭也可以導電，但是因為在三用電表下測出的電阻相當高，因次造成電壓下降，所以 LED 燈的亮度也跟著下降。

柒、結論

- 一、自製的木炭最好的方式是先在卡式爐上面燒，直到不冒煙後，再用噴燈燒到不冒煙為止，所炭化出來的木炭都可測到電阻，因此都可以導電。
- 二、木頭的硬度確實會影響所製作出來木炭的電阻高低。對於硬度比較高的木頭，電阻就比較低，硬度比較軟的木頭，電阻比較高。
- 三、木頭密度低其木炭的密度也低，木頭密度高其木炭的密度也高，但是木炭的密度都會比自身的木頭密度低，不過整體密度高低的趨勢是一樣的。
- 四、導電最好的是菲島福木，第二好的是枇杷，第三好的是芒果，而木頭本身的所含的成分的差異會影響木炭導電的差異。
- 五、不同長度的菲島福木的木炭長度越長，電阻越大；木炭長度越短，電阻越小。
- 六、菲島福木的石墨化強度比較高，台灣欒樹的石墨化強度比較低。
- 七、自製木炭電阻越高導電越差，其會使電壓下降，影響到 LED 燈的亮度。

捌、參考資料及其他

一、科展作品

1. 讚「炭」連連、比「筆」皆是。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會作品。
2. 神奇的碳素送話機。中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品。

二、網路資料

1. 木材炭化痕跡的導電性能與其受熱溫度和受熱時間關係在火場勘查中的實際應用。取自：<https://beeway.pixnet.net/blog/post/6494902>
2. 布氏硬度計算器。取自：
<https://www.99cankao.com/classicphysic/brinell-hardness.php>

【評語】 083011

以校園中不同木材製成木炭進行相關研究，收集校園內樹木的莖段製作可導電的木炭，測試了 17 種樹木，能從生活中取材，進行觀察，值得鼓勵。提出多項要比較的變因(如：燃燒溫度，木頭材質硬度和密度，長度等)，分別列出的探討問題彼此間有連動關係。建議釐清重點主要的影響變因，進行比較與討論。

作品簡報

這「炭」可導「電」？



自製不同木炭導電的可行性

摘要

我們是住在山區中的學生，也因此我們在生活中很容易取得木頭與使用木頭。我們這次尋找在學校中與學校附近可以取得的木頭來進行自製木炭的實驗，也測試是否做出來的木炭可否導電。所以透過我們的實驗，我們發現只要乾餾的溫度有足夠，所做出來的木炭都可以導電。而會影響自製木炭導電的差異是木頭本身的成分差別外，還有木頭的硬度也具有影響。

研究動機

木炭是人類常用的一種燃料，有次我們上自然課中看到一集「生活裡的科學」，得知原來木炭不只可以用來燒，還可以過濾髒水，甚至有可能導電，所以我們小組想了解要如何做出可以導電的木炭。但要自製木炭是不太容易，而且哪一種木頭所做出來的木炭導電效果最好我們也不清楚，所以我們就以校園內和校園附近可以取得的木頭來自製木炭，希望能找出導電效果不錯的自製木炭！（教材相關單元：國小自然課本康軒版五上第三單元活動三「水溶液的導電性」）

研究目的

- 一、探索校園中與校園附近的木頭種類。
- 二、自製木炭方法的探究。
- 三、探討不同溫度燃燒木頭的所製成的木炭導電的影響。
- 四、探討不同木頭的硬度所製成的木炭導電的影響。
- 五、探討不同木頭的密度與製成的木炭密度的差異。
- 六、探討不同木頭所製成的木炭導電的影響。
- 七、探討導電最好的木炭不同長度導電的差異。
- 八、探討導電最好與最差的木炭其石墨化的差異。
- 九、實測導電最好與最差的木炭對LED燈亮度影響。

研究設備及器材 〈請參閱報告書〉

研究過程及討論

【探索校園中與校園附近的木頭種類過程】



圖1、找尋植物並在地圖標定植物位置。



圖2、使用iNaturalist定位植物。



圖3、使用iNaturalist辨識植物。



圖4、枝條裁切並裝袋標示待實驗用。

【自製木炭方法的探究】



圖5、製炭方法一。



圖6、製炭方法二所製作出的木炭。



圖7、製炭方法三。

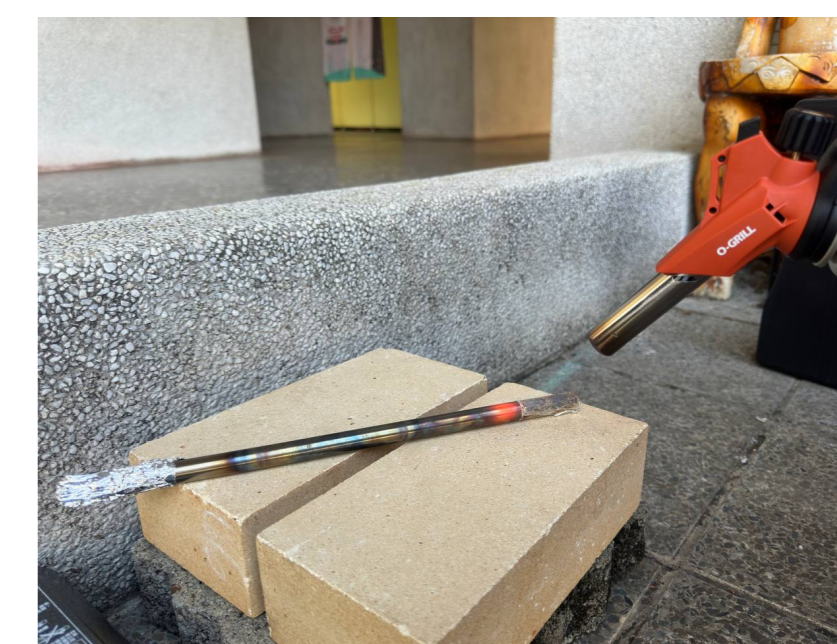


圖8、製炭方法四。

【測驗不同木頭硬度的過程】

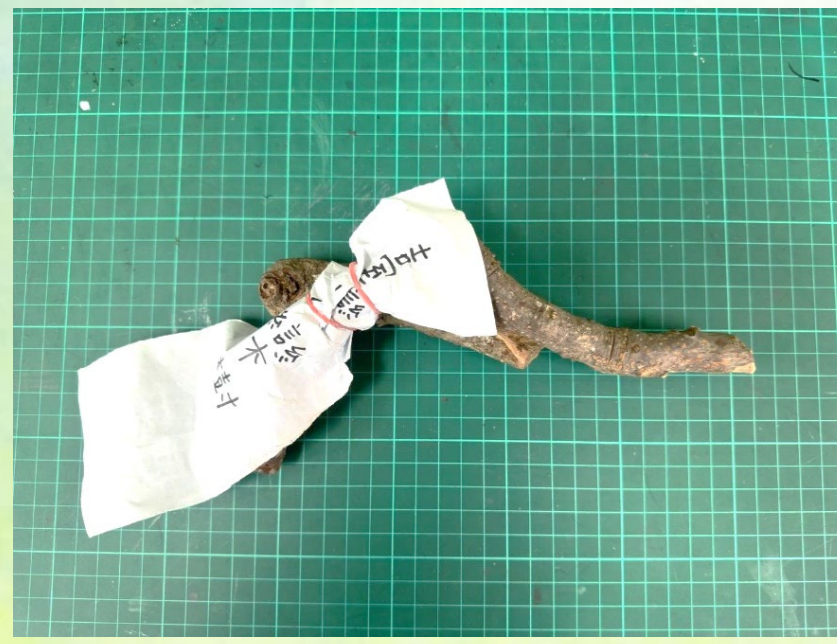


圖9、準備要測驗的木頭。



圖10、放置10mm小鋼球到木頭上。



圖11、施力約47.5公斤重於枝條上。



圖12、使用網站布氏硬度計算器計算硬度。

【測驗不同木頭或木炭體積的過程】



圖13、準備要測驗的木頭或木炭。

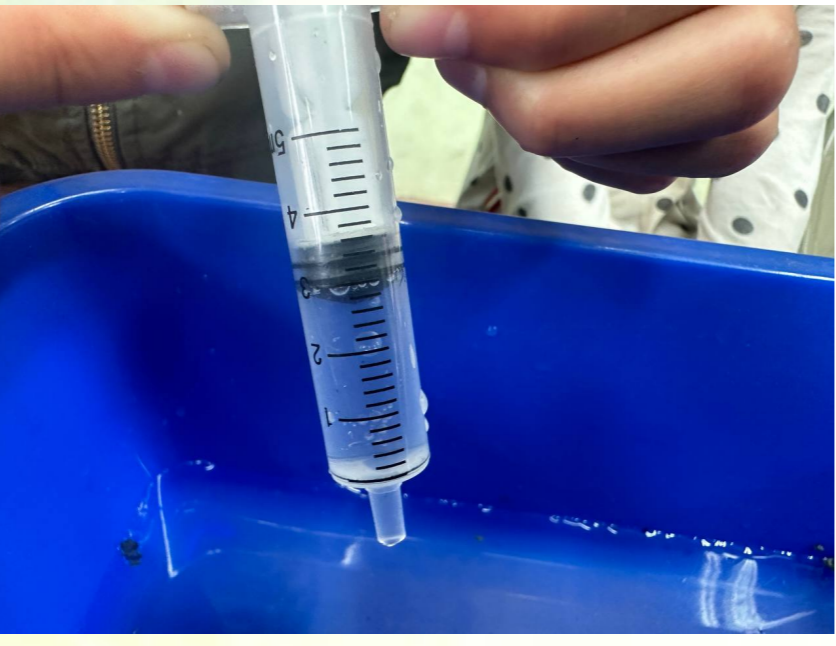


圖14、準備針筒注水。



圖15、利用排水法測量體積。

【測驗不同木炭電阻的過程】



圖16、準備要測驗的木炭。

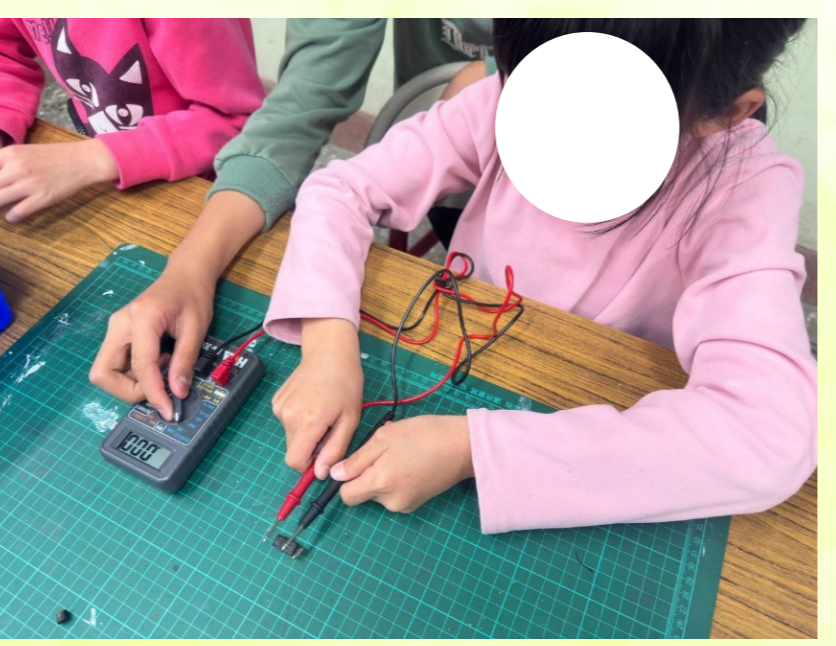


圖17、使用三用電表測量電阻。

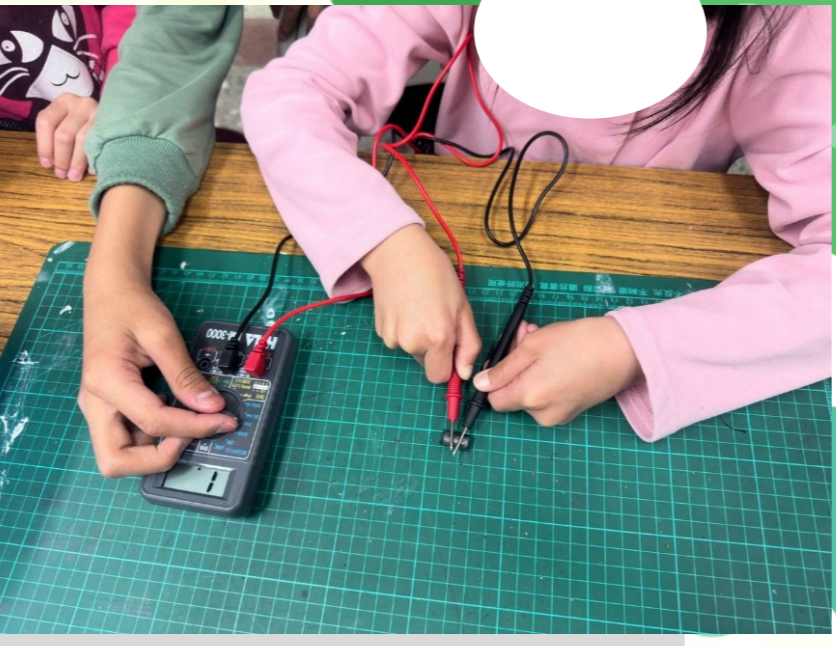


圖18、測到最低檔位停止。

【測驗拉曼光譜儀的過程】

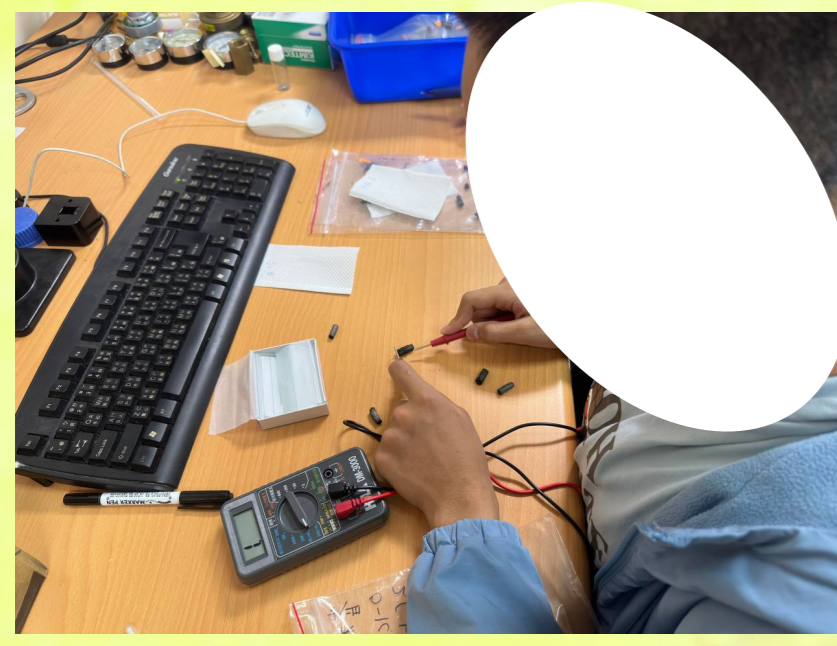


圖19、測量電阻。



圖20、木炭碎片與KBr鹽類搗碎混和。

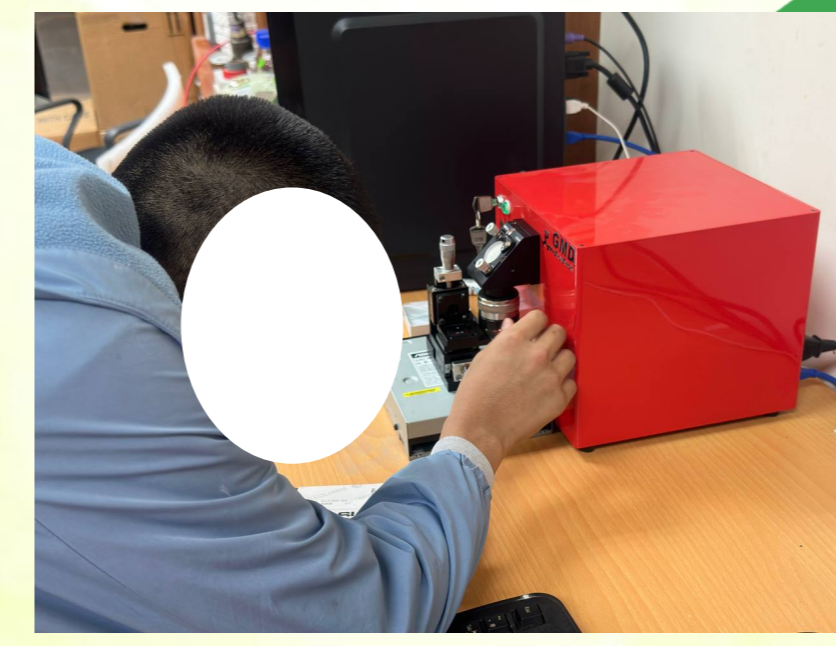


圖21、使用拉曼光譜儀測量。

【測驗木炭對LED燈亮度的過程】



圖22、準備電阻最好和最差的木炭。

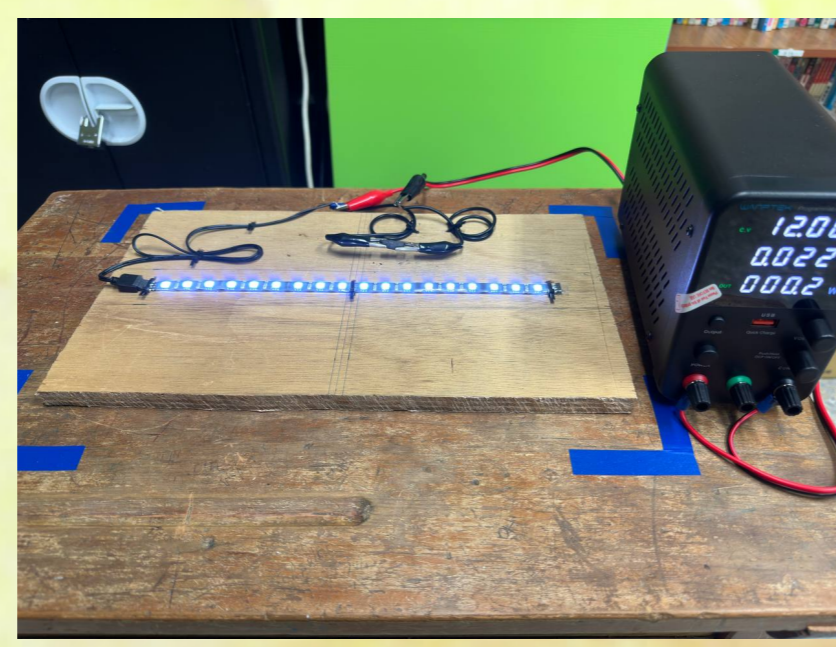


圖23、LED燈接線準備。



圖24、蓋上測光箱並用測光儀測照度。

※註：圖1-圖24的照片為自行拍攝。

研究一、探討不同溫度燃燒木頭的所製成的木炭導電的影響。

【實驗步驟】



圖25、炭火燃燒。

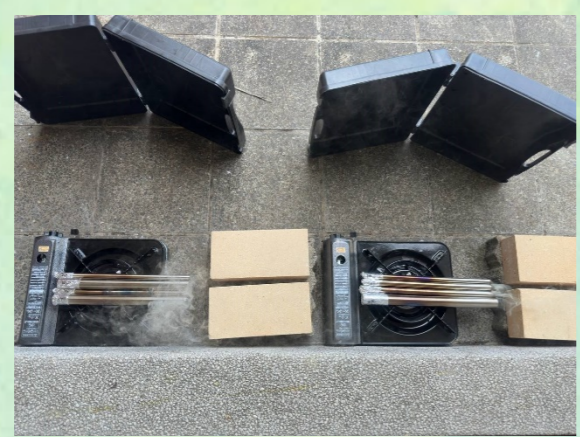


圖26、卡式爐燃燒。



圖27、卡式爐後+噴燈。

【實驗結果】

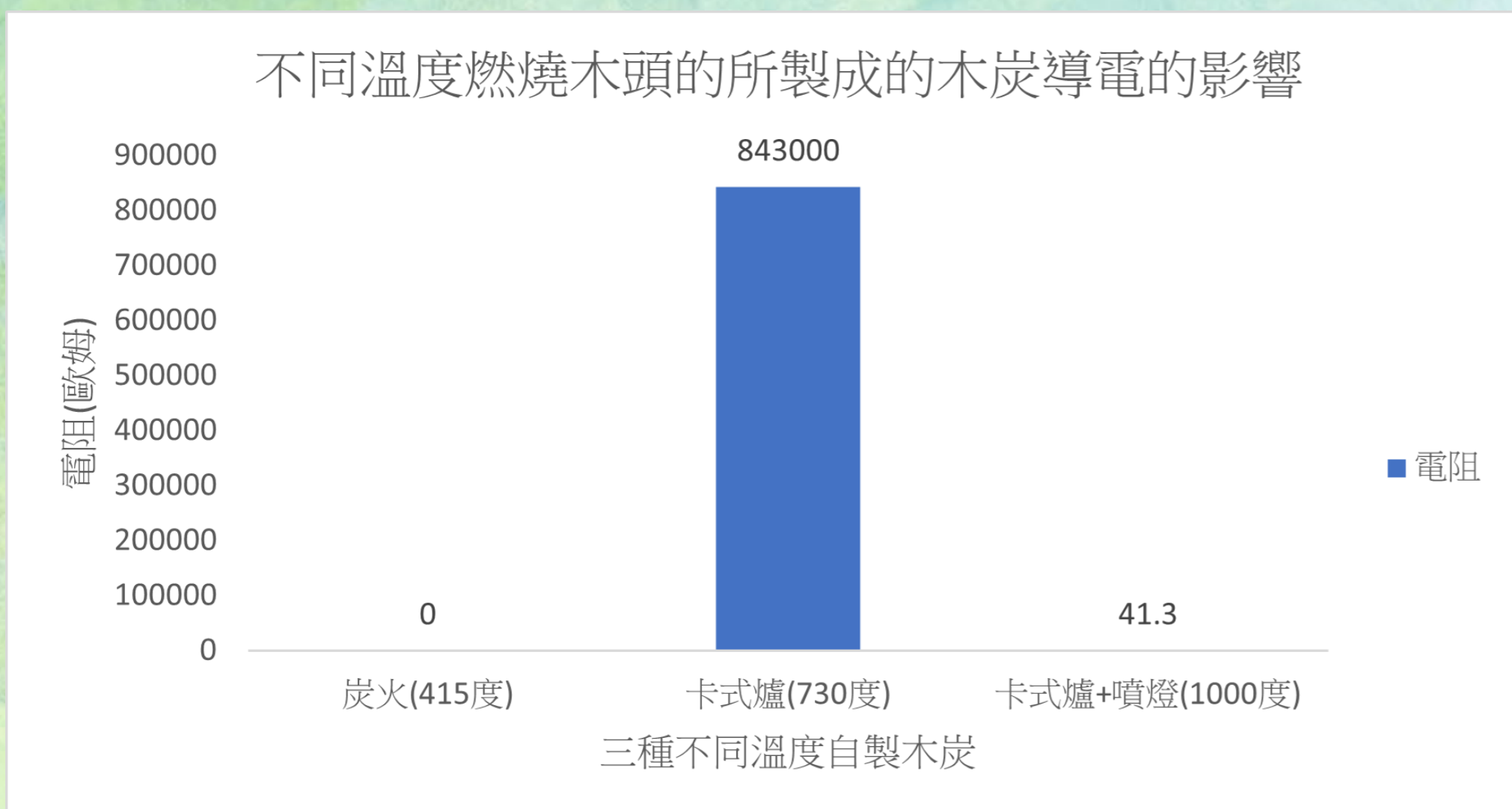


圖28、不同溫度燃燒木頭的所製成的木炭導電的影響。(自行繪製)

【實驗討論】

1. 從這個實驗我們可以看到，溫度確實可以影響木炭導電的情況。從炭火的溫度燃燒製作出來的木炭是無法測出任何電阻，而使用卡式爐+噴燈的方式，讓燃燒的溫度可以提升到1000度，這樣溫度製作出來的木炭測得的電阻是相當低的，也代表導電效率較高的。

2. 進一步討論可以了解當木頭發生炭化的過程中，碳原子在空間重新排列，而形成了無定形的炭。實際上無定形的炭仍具有像石墨一樣的層狀晶體結構，只是晶粒非常小。在高溫下微小晶粒內無序重疊的碳原子六角環片層能夠轉變為空間有序重疊，即轉變為石墨化晶體結構。所以當溫度越高，木炭的晶粒長得越大，晶粒內六角環片層增長得越大，且六角環片層有序重疊的越好，所形成的石墨化結構也越好，使得導電性也越好。

研究二、探討不同木頭的硬度所製成的木炭導電的影響。

【實驗步驟】



圖29、固定鋼珠。

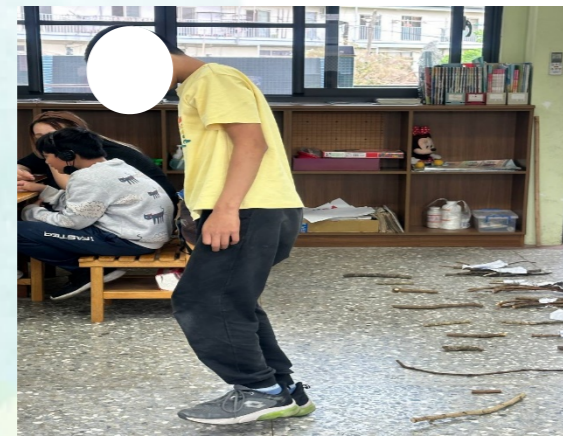


圖30、身體重量壓。



圖31、測量圓的直徑。

【實驗結果】

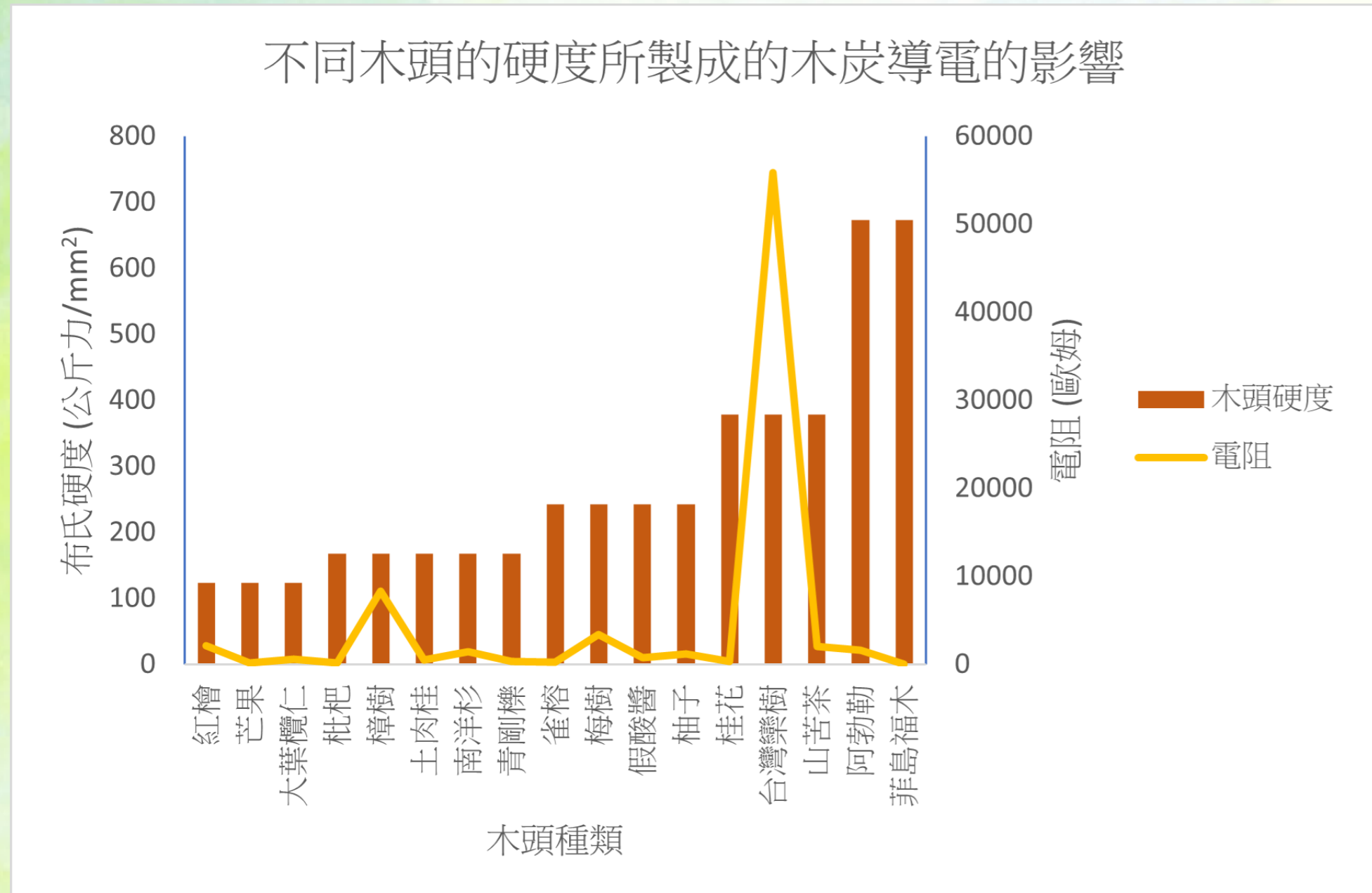


圖32、不同木頭的硬度所製成的木炭導電的影響。(自行繪製)

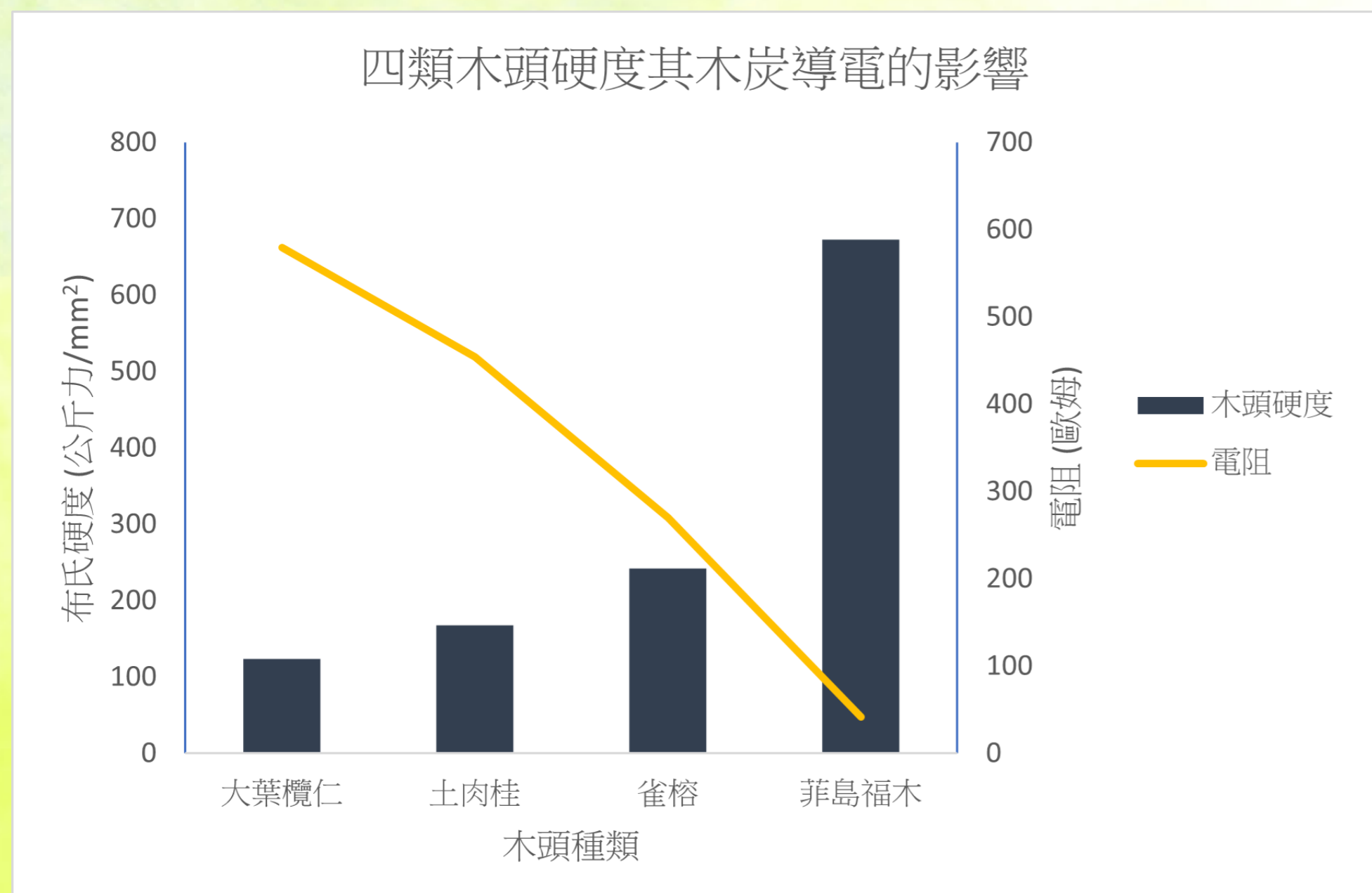


圖33、四類木頭硬度其木炭導電的影響。(自行繪製)

【實驗討論】

1. 從這個實驗我們可以看到，木頭的硬度確實會影響所製作出來木炭的電阻高低。對於硬度比較高的木頭，電阻就比較低，硬度比較軟的木頭，電阻比較高。

2. 進一步討論是當我們在鋸枝條的時候，硬度比較硬的木頭比較難鋸，硬度比較軟的木頭比較好鋸。所以當我們把硬度越高的木頭燒至1000度炭化時，木炭的晶粒內的六角環片層增長重疊越好，形成的石墨化結構也更好，所以木炭的電阻就越低，代表導電性也越好。

研究三、探討不同木頭的密度與製成的木炭密度的差異。

【實驗步驟】



圖34、測量重量。



圖35、測量木頭體積。



圖36、測量木炭體積。

【實驗結果】

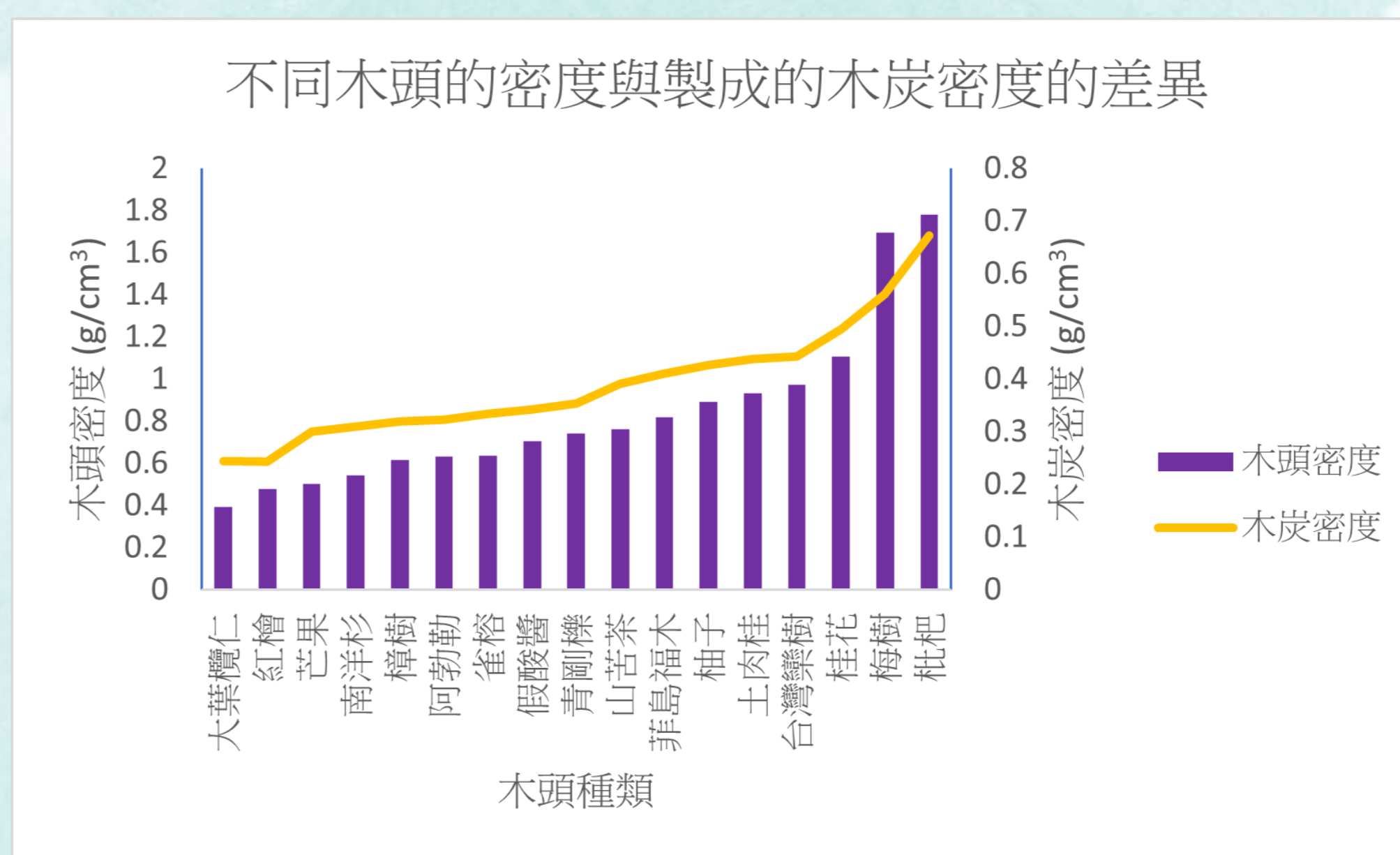


圖37、不同木頭的密度與製成的木炭密度的差異。(自行繪製)

【實驗討論】

1. 從這個實驗我們可以看到，木頭密度低其木炭的密度也低，木頭密度高其木炭的密度也高，但是木炭的密度都會比自身的木頭密度低，不過整體密度高低的趨勢是一樣的。因為木頭的成分是含有碳水化合物與少量的礦物質，所以當我們在乾餾木頭的時候會產生熱分解反應留下碳元素，也就是木炭的主要成份，這就是炭化的過程。也因此體積和重量都會下降，所算出來的密度當然也會跟著下降，但是整體趨勢是不改變的。

研究四、探討不同木頭所製成的木炭導電的影響。

【實驗步驟】



圖38、燒製木炭。



圖39、準備木炭。

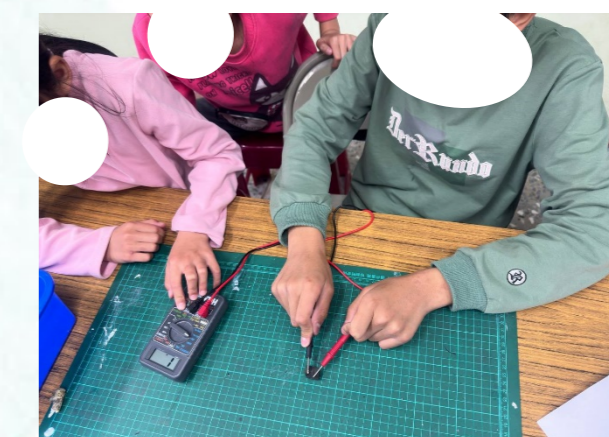


圖40、三用電表測電阻。

【實驗結果】



圖41、不同不同木頭所製成的木炭導電的影響。(自行繪製)

【實驗討論】

1. 從這個實驗我們可以看到，我們所製作的自製木炭，只要木炭的製作過程中確實有讓木頭燃燒到1000度，所有的木炭都是可以測出電阻，代表都可以導電。不過雖然都可以測出電阻，但是有些木炭的電阻是低的，有些木炭電阻是高的。我們推測可能是木頭本身的所含的成分是有差異造成的，因為在乾餾的過程中，我們發現到有些木頭所產生的煙顏色不太相同，有的是白煙，有的則是乳白的煙。冒煙的時間有的也比較長，有的比較短。甚至有的木頭在不鏽鋼管內乾餾後有產生黑色的木焦油，所以我們再取出木炭時就變得不容易取出。

研究五、探討導電最好的木炭不同長度導電的差異。

【實驗步驟】



圖42、準備木炭。

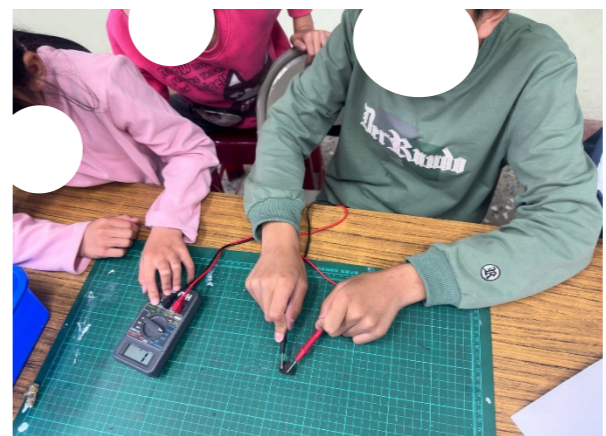


圖43、測量電阻。

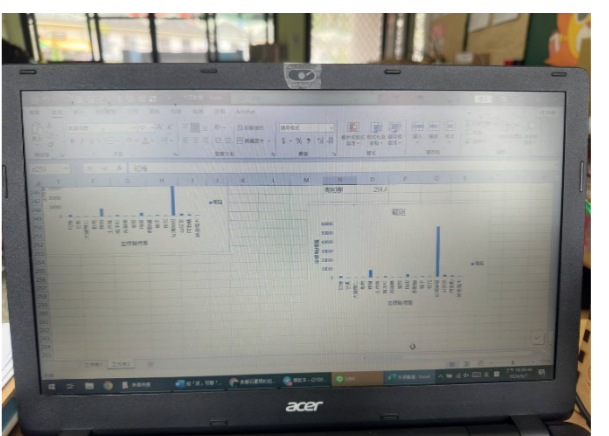


圖44、比較差異。

【實驗結果】

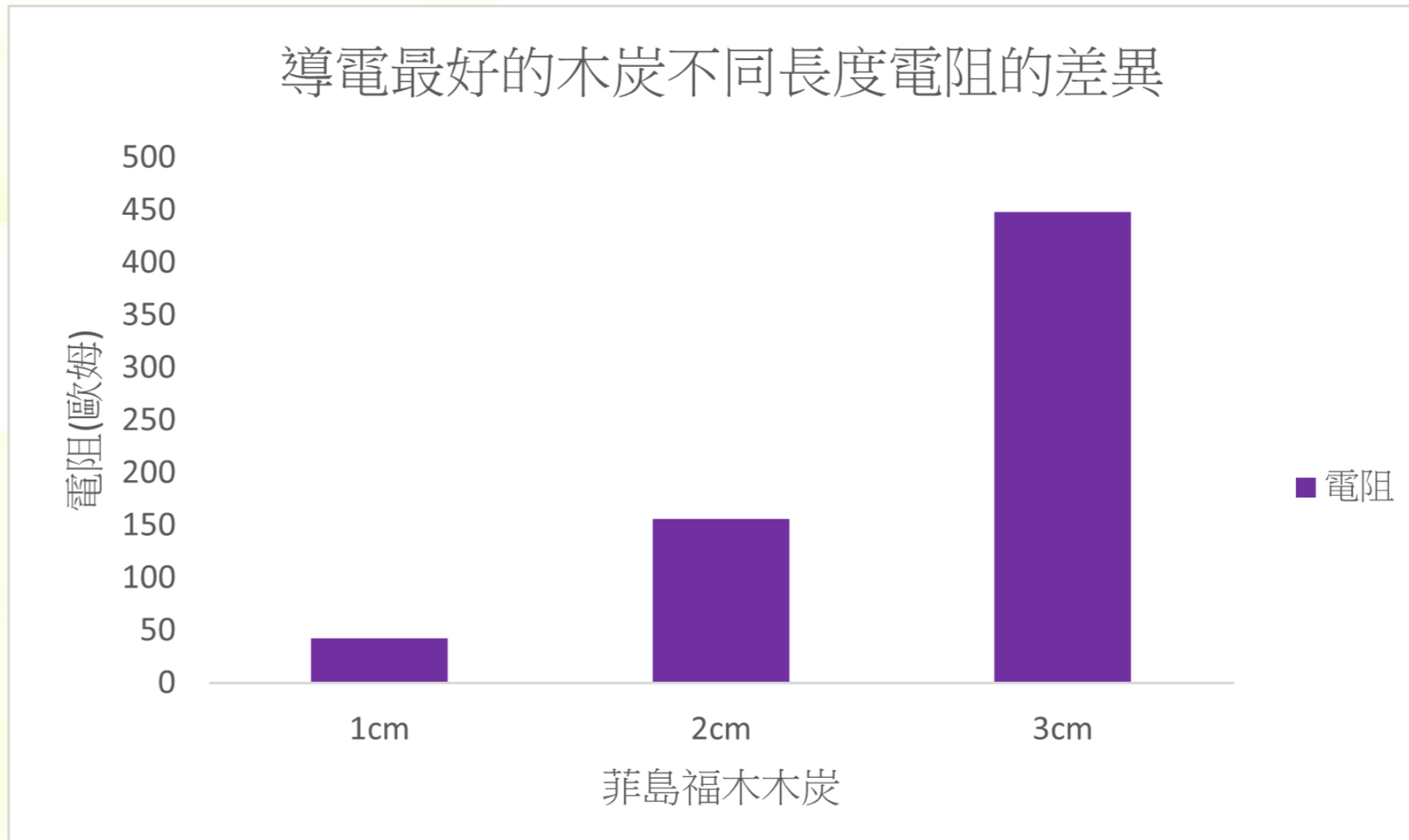


圖45、導電最好的木炭不同長度電阻的差異。(自行繪製)

【實驗討論】

1. 從這個實驗我們可以看到，當木炭長度越長時，即使是導電最好的菲島福木會受到長度越長的影響，使得電阻也跟著變大。其原因有可能是電流需要流經越長的路徑，因此會受到影響。不過木炭其中如果有更多雜質存在，也是會造成更多阻礙。



研究六、探討導電最好與最差的木炭其石墨化的差異。

【實驗步驟】

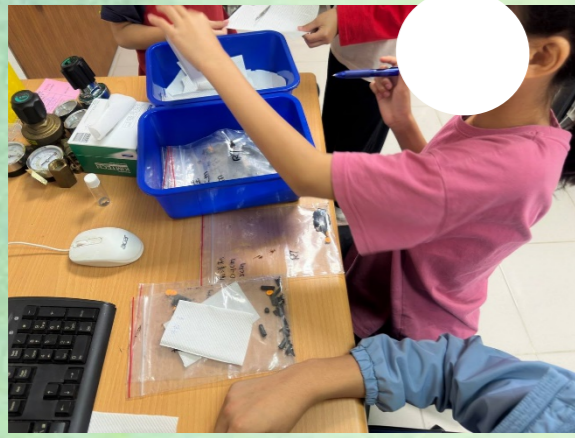


圖46、測試準備。

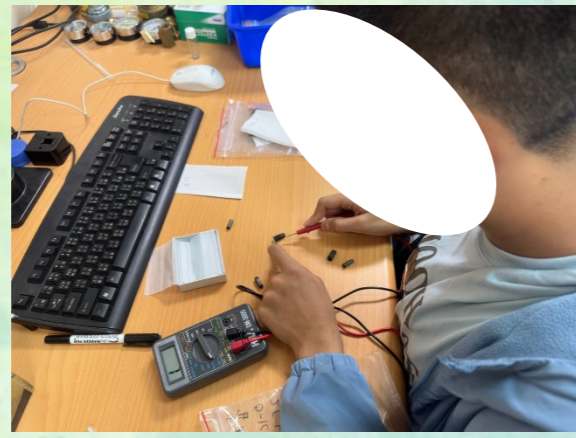


圖47、測量電阻。

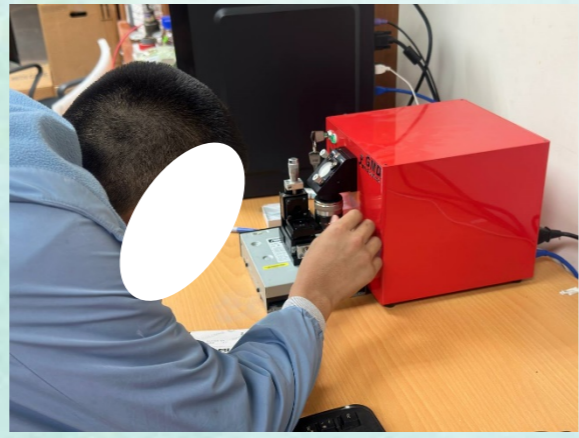


圖48、拉曼光譜儀測量。

【實驗結果】

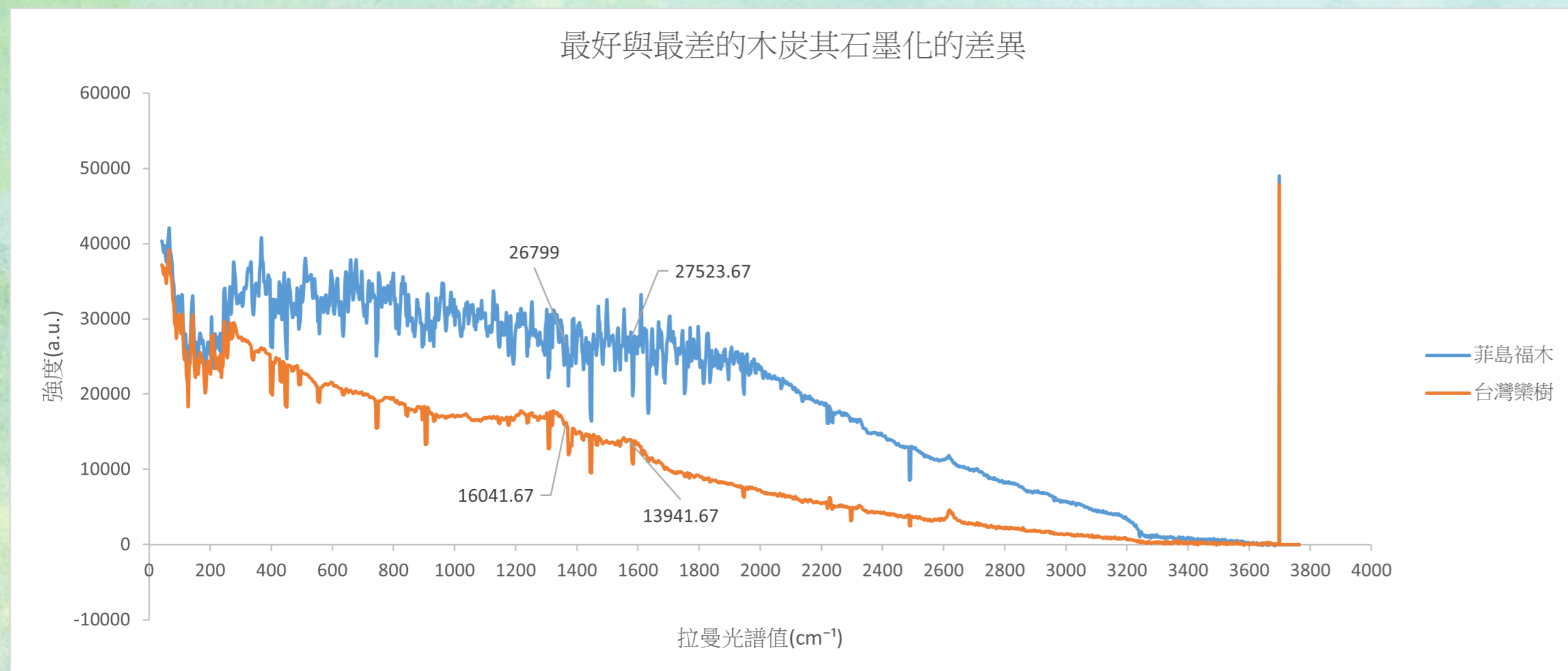


圖49、導電最好與最差的其石墨化的差異。(自行繪製)

【實驗討論】

1. 從這個實驗我們可以看到，透過拉曼光譜儀的測量，確實有發現石墨化的訊號產生，這也證實我們為什麼可以用三用電表測出電阻的原因。從訊號的強度也可證實菲島福木的石墨化強度比台灣樂樹的石墨化強度強，也再次驗證為什麼我們會測出不同的電阻差異。

研究七、實測導電最好與最差的木炭對LED燈亮度影響。

【實驗步驟】



圖50、自製測光箱。

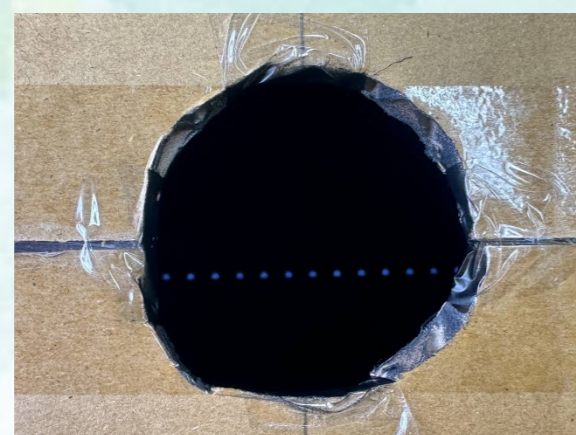


圖51、通電中的LED燈。



圖52、測光儀測量亮度。

【實驗結果】

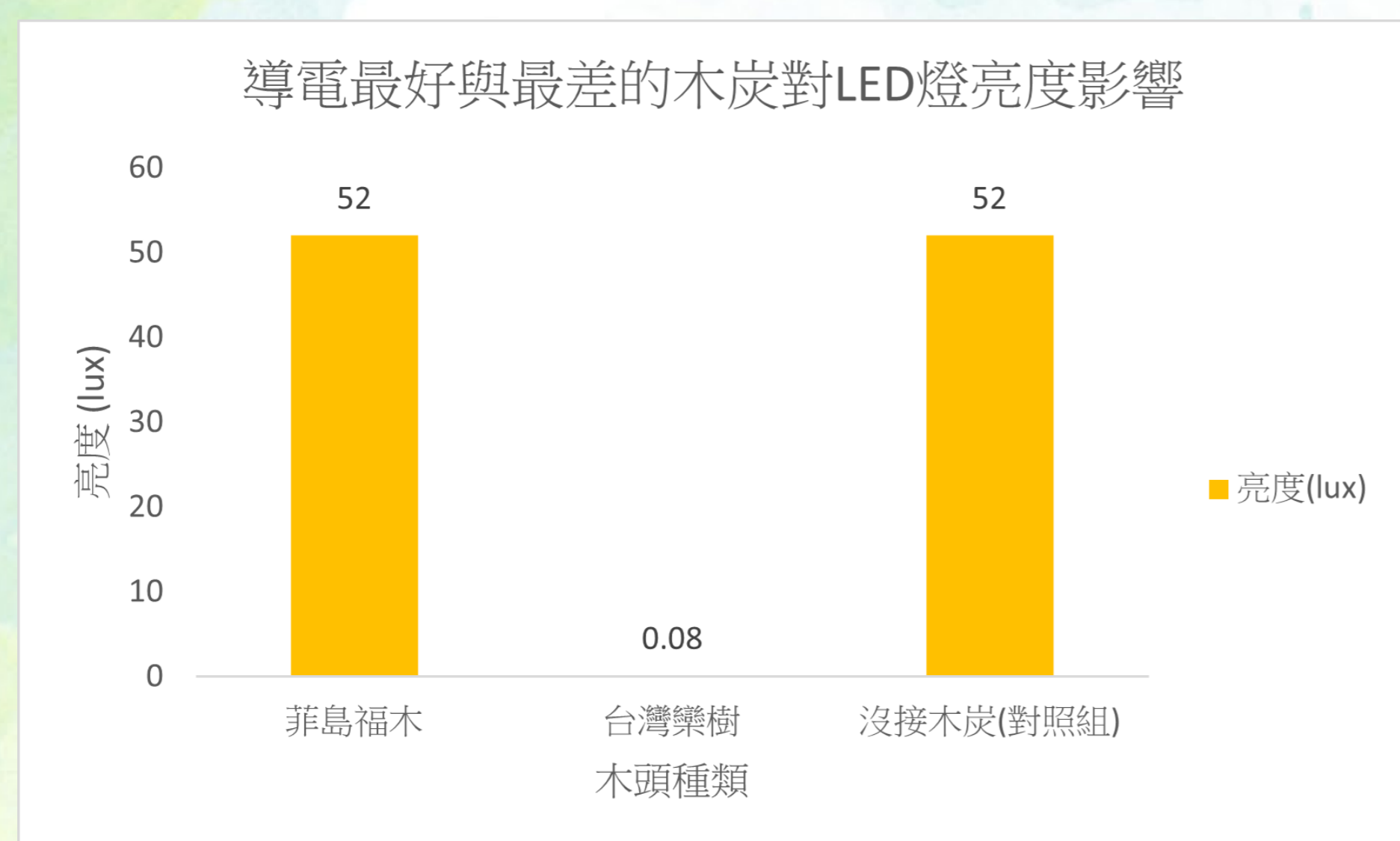


圖53、導電最好與最差的木炭對LED燈亮度影響。(自行繪製)

【實驗討論】

1. 從這個實驗我們可以看到，從17種木炭中挑選出電阻最低的非島福木的木炭和電阻最高台灣樂樹的木炭，連結在一組LED的電路中，使用測光儀測量LED燈的亮度，在相同的12V且0.02A的電力下，對照組與有連結菲島福木木炭的LED燈亮度是相同的，而連結台灣樂樹木炭的LED燈只有0.08lux。我們推測雖然台灣樂樹木炭也可以導電，但是因為在三用電表下測出的電阻相當高，因次造成電壓下降，所以LED燈的亮度也跟著下降。

結論

- 一、自製的木炭最好的方式是先在卡式爐上面燒，直到不冒煙後，再用噴燈燒到不冒煙為止，所炭化出來的木炭都可測到電阻，因此都可以導電。
- 二、木頭的硬度確實會影響所製作出來木炭的電阻高低。對於硬度比較高的木頭，電阻就比較低，硬度比較軟的木頭，電阻比較高。
- 三、木頭密度低其木炭的密度也低，木頭密度高其木炭的密度也高，但是木炭的密度都會比自身的木頭密度低，不過整體密度高低的趨勢是一樣的。
- 四、導電最好的是菲島福木，第二好的是枇杷，第三好的是芒果，而木頭本身的所含的成分的差異會影響木炭導電的差異。
- 五、不同長度的菲島福木的木炭長度越長，電阻越大；木炭長度越短，電阻越小。
- 六、菲島福木的石墨化強度比較高，台灣樂樹的石墨化強度比較低。
- 七、自製木炭電阻越高導電越差，其會使電壓下降，影響到LED燈的亮度。

參考資料及其他

- 一、科展作品
 1. 讚「炭」連連、比「筆」皆是。中華民國第五十八屆中小學科學展覽會作品。
 2. 神奇的碳素送話機。中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品。
- 二、網路資料
 1. 木材炭化痕跡的導電性能與其受熱溫度和受熱時間關係在火場勘查中的實際應用。取自：<https://beeway.pixnet.net/blog/post/6494902>
 2. 布氏硬度計算器。取自：<https://www.99cankao.com/classicphysic/brinell-hardness.php>