

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

080202

廢棄物炭化導電的探討

學校名稱： 嘉義縣民雄鄉三興國民小學

作者：	指導老師：
小六 林詠恩	余健良
小四 趙士媖	林嘉威
小四 張心玉	

關鍵詞： 廢棄物、炭化、導電

摘要

我們在校園取得不要的木頭來進行乾餾導電實驗，比較市面乾餾設備和製作乾餾設備的差異性，再改良乾餾設備及方法和遮光暗箱。實驗發現乾餾溫度超過750度以上，炭化木材都可以導電，連廢紙也可以，實驗結果以檸檬樹炭化亮度最高，檸檬樹乾溼炭化都會成棒狀，但去樹皮無法成棒狀，乾餾時樹枝和粉末填滿乾餾設備，炭化效果最好。自製電池中發現電解液多寡及種類、金屬種類及厚度，隔離膜材質及添加物都會影響到電壓，實驗結果發現電解液以石灰水、電解液愈多、隔離膜用抹布、鋁箔紙厚度越薄，效果最好，最後用檸檬樹碳化磨成粉末自製導電墨水，發現跟膠水種類、比例都有關係，實驗結果以木炭：膠水=1:1效果最好。

壹、前言

一、研究動機

有次我們上自然課時老師說木炭可以用來燒，可以過濾髒水，甚至有可能導電，所以引起我們小組高度的興趣，想要了解如何做出可以導電的木炭。那些木炭導電效果最好，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

上自然課時老師曾教過「水果電池」，因此我們想製作一個既環保又不會浪費資源的DIY電池。查詢資料時，只需要鋁、備長碳和鹽水三者就可以產生電力了，屬於以空氣為主要的反應原料，是目前符合環保節能的空氣燃料電池。於是，我們決定用自製導電木炭以「空氣電池」，做一些相關的實驗加以探討，了解有關電池原理運作的相關知識，我們實驗也樂在其中！

在電視看到將一罐黑色油墨塗在紙上，拿一顆鈕扣電池和LED燈，接在黑線空缺的地方，LED燈竟然亮了，讓我覺得很神奇，沒想到，黑色墨水也能代替電線的功能，這真是太神奇了，於是我們這一組起向老師請教，當瞭解了「導電墨水」的原理後，我們也想進一步自己製造我們的「自製導電墨水」。與課程相關單元：

南一版四上 / 第三冊 第三單元 光和能源

南一版四上 / 第三冊 第四單元 電路好好玩

康軒版五下 / 第五冊 第四單元 奇妙的電路

二、研究目的

A、炭化木材

- (一)、市面購買乾餾容器，看木材炭化燒多久及炭化情形
- (二)、自製乾餾容器，看木材炭化燒多久及炭化情形
- (三)、改變乾餾方法，看木材炭化燒多久即炭化情形
- (四)、再改良乾餾操作方法
- (五)、製作遮光暗箱
- (六)、改良遮光暗箱
- (七)、探討廢棄物炭化導電情形及遮光暗箱測LED燈亮度
- (八)、探討檸檬樹乾溼比較炭化導電

(九)、探討乾餾設備空隙填滿**填滿**導電情形

(十)、探討有無樹皮是否成棒狀

B、鋁空氣電池

(一)、探討長度相同備長炭和竹炭導電變化

(二)、探討備長炭長短導電變化

(三)、隔離膜高度不同導電變化

(四)、探討隔離膜材質不同導電變化

(五)、探討電解質不同導電變化

(六)、探討隔離膜添加物不同導電變化

(七)、探討不同金屬導電變化

(八)、探討金屬紙厚度不同導電變化

(九)、串聯不同導電變化

(十)、碳化檸檬樹導電變化

(十一)、自製電池

(十二)、改良自製電池

C、墨汁導電

(一)、不同膠水墨汁導電

(二)、探討檸檬樹碳化墨汁導電

三、文獻回顧

(一)歷屆全國科展關於「炭化導電」相關的研究(三位作者共同彙整)

來源	題目名稱	研究結果
第 45 屆生活與應用 科學科 編號:040801	自然黑鑽-生物性炭材 神妙用之探索	不同生物性炭材對於 調節環境溼度、釋出 礦物質離子、影響水 溶液的酸鹼值及吸附 重金屬離子的能力
第 47 屆自然科 編號: 081525	綠色能源~竹炭V.S.備 長炭海水電池的探討	利用海水當電解質和 鋁及無污染的備長炭 和竹炭來做電池
第 58 屆化學科 編號: 080201	粉墨登場-自製導電墨 水的研究	細顆粒備長炭碳粉和 膠水以1.25:1的比例混 合，再添加15%的鐵 粉，發出220LUX照度 的光線
第 61 屆化學科 編號: 080219	鋁空氣電池	探討以回收暖暖包、 廢棄濾心碳材、鋁 箔、鋁罐加上食鹽水 製成鋁空氣電池

(二)、炭化原理⁽¹⁾

炭化木：木材在處理窯爐內加熱超過氏205度時，木材內部纖維組織中的真菌全部被消滅且纖維的醣份及澱粉會從組織中被移除，只留下堅硬的木質素。樹木的碳化溫度要在 500°C 以上，若燒至 800°C 以上時如未做好阻隔氧氣之工作，則樹木和空氣中的氧反應，容易氧化成二氧化碳、水蒸氣、灰燼；高溫爐如果乾餾(隔絕空氣加熱)溫度愈高、乾餾停留時間愈久及樹材乾餾減重量愈多則導電性愈好意即愈有利於碳變成石墨結構

乾餾⁽²⁾（英語：dry distillation）是指固體或有機物在隔絕空氣條件下加熱分解的反應過程；或加熱固體材料以產生氣態產物，後續可冷凝成液態或固態產物的一種方式。此過程不一定會涉及到熱裂解 (pyrolysis) 或熱分解 (thermolysis) 反應。

(三)、鋁空氣電池發電的原理⁽³⁾

鋁箔上的鋁金屬碰到鹽水會氧化成為鋁離子放出電子，與備長炭中的氧氣接收電子發生還原變成氫氧根離子，鋁的氧化與氧的還原形成一個氧化還原反應。備長炭能導電當作電池電極的一端，鋁箔紙能導電當作電極另一端，如此可以形成一個鋁空氣電池。

隔離膜在以食鹽水溶液完全潤濕後放入電池中，隔離膜內的食鹽水溶液也使陽極（鋁箔）、陰極（碳—氣體擴散電極）潤濕。

陽極的鋁先放出電子並接觸到水所解離出的氫氧根離子而反應成氫氧化鋁。鋁放出的電子流到達陰極，便使在氣體擴散層進入陰極溶於食鹽水溶液中的氧和水與電子反應成氫氧根離子。

貳、研究設備及器材

一、實驗藥品及材料：

噴槍	卡式瓦斯瓶	三用電表	溫度槍	熱熔槍	磅秤
篩網及研磨	亮度計	電源供應器	鐵鎚	蛋塔盒	

二、研究器材：

LED燈	竹炭	備長炭	顆粒活性碳	木質粉狀活性碳	檸檬酸
小蘇打粉	石灰水	醋酸	食鹽	抹布	鋁箔紙
棉質手套	量筒和燒杯	碎紙	小葉欒仁	雜草	木炭
圖畫紙	A4紙	雙氧水	汽水	鹼性水	醬油
運動飲料	二氧化錳	紅銅、黃銅、鋁片	椰炭	漿糊、膠水	白膠
澱粉	餐巾紙	不織布	保溫石	保溫磚	車床

參、研究過程與方法

一、研究架構

A、炭化木材	
A1 市購乾餾容器	耗時且物質炭化不完全
A2 自製乾餾容器	一次乾餾火力夠大，LED燈會亮
A3 改良乾餾操作方法	乾餾物部分導電好
A4 再改良乾餾操作方法	省時，乾餾物導電良好
A5 製作遮光暗箱	亮度計會跳動
A6 改良製作遮光暗箱	亮度計不會跳動
A7 探討廢棄物炭化導電	檸檬樹亮度最高
A8 探討乾溼檸檬樹乾餾後是否成棒狀	都成棒狀
A9 探討乾餾設備空隙填滿導電情形	填滿空隙導電較好
A10 探討有無樹皮是否成棒狀	無法成棒狀

B、鋁空氣電池	
B1 長度相同備長炭和竹炭導電變化	竹炭的電壓比較好
B2 備長炭長短導電變化	愈長電壓愈大
B3 隔離膜高度不同導電變化	隔離膜愈高電壓愈大
B4 隔離膜材質不同導電變化	以抹布電壓最大
B5 電解質不同導電變化	以石灰水電壓最大
B6 隔離膜添加物不同導電變化	不添加電壓最大
B7 負極不同金屬導電變化	以鋁箔紙電壓最大
B8 負極金屬紙厚度不同導電變化	以愈薄電壓最大
B9 串聯不同導電變化	串聯越多電壓最大
B10 檸檬樹炭化	跟備長炭電壓差不多
B11 自製電池	電壓1.83V
B12 改良自製電池	電壓2.0V

C、墨汁導電	
C1 不同膠水墨汁導電變化	以膠水導電最好
C2 檸檬樹碳化墨汁導電	檸檬樹碳化：膠水(1:1、1:2)，測LED會亮

二、研究方法

A、炭化木材

【實驗A1】市購乾餾容器

(一)、實驗目的：從市面購買乾餾容器，看木材炭化燒多久及炭化情形

(二)、變因分析：

1.控制變因：乾餾的物質、火力、燃燒爐木炭相同

2.操縱變因：市面購買乾餾容器。

(三)、操作過程

1.要乾餾的物質放在容器內，用蓋子蓋住，蓋上有洞，燃燒爐放木材燃燒

(四)、實驗流程圖

			
(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)

(五)、實驗結果

我們發現乾餾的物質燃燒，大約要燒2小時，我們覺得很耗時且物質炭化不完全，所以我們改良乾餾設備

(六)、討論

可能是溫度不夠高，物質炭化不完全且費時。

【實驗A2】自製乾餾容器

(一)、實驗目的：自製乾餾容器，看木材炭化燒多久及炭化情形

(二)、變因分析：

1.控制變因：乾餾的物質、火力、相同

2.操縱變因：自製乾餾容器。

(三)、操作過程

- 1.自製乾餾設備(圖1)，將要乾餾的物質放在3/4寸鐵管，兩邊螺帽鎖緊，放在耐火磚上，耐火磚周圍放在保溫石上，用噴槍加熱至鐵管通紅，時間大約10分鐘，用水將鐵管冷卻，取出乾餾物，測試LED燈是否亮。
- 2.一次乾餾物取出用鋁箔紙包住，用一支噴槍加熱二次燒乾餾，冷卻取出乾餾物，測試LED是否亮。

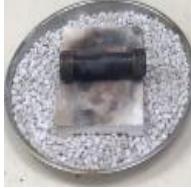
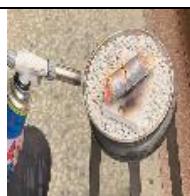
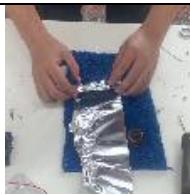
		
(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)

圖1、自製乾餾設備(第一作者繪製)

(四)、實驗流程圖:

製 作 過 程				
	準備物品	物品放入乾餾管	一次燒乾餾	冷卻
				
	測試LED不亮	一次乾餾物取出 用鋁箔紙包住	用一支噴槍加熱 二次燒乾餾	測試LED是否亮

(五)、實驗結果

我們發現一次乾餾，若火力夠大，LED燈會亮，二次乾餾，火力燒到鋁箔通紅，LED燈會亮，我們覺得很費時，所以我們做一下的操作改良

(六)、討論

可能是溫度不夠高，物質炭化不完全且費時。

【實驗A3】改良乾餾操作方法

(一)、實驗目的：改變乾餾方法，看木材炭化燒多久即炭化情形

(二)、變因分析：

- 1.控制變因：乾餾的物質、火力、相同
- 2.操縱變因：改良乾餾操作方法。

(三)、操作過程

- 1.我們把要乾餾的物質放在3/4寸鐵管，兩邊螺帽鎖緊，放在耐火磚上，耐火磚周圍放在保溫石上，用兩支噴槍加熱至鐵管通紅，用溫度槍測鐵管溫度大約750度，時間大約10分鐘，冷卻至室溫，取出乾餾物，測試LED是否亮。

(四)、實驗流程圖

		
白袍子樹枝	裝入乾餾容器	鎖緊乾餾容器
		
兩支噴槍加熱	加熱大約10分鐘	測LED燈

(五)、實驗結果

我們發現乾餾物，LED燈會亮，部分導電好，部分導電差，有些無法導電。

(六)、討論

木材乾餾時無法把3/4寸鐵管塞滿，有空隙有空氣，空氣是熱不良導體，所

以乾餾後，乾餾物部分導電好，部分導電差，有些無法導電，我們做一下改良。

【實驗A4】再改良乾餾操作方法

(一)、實驗目的：處理木材方法，看木材炭化燒多久即炭化情形

(二)、變因分析：

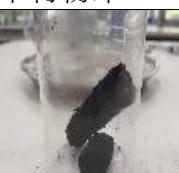
1.控制變因：乾餾的物質、火力、相同

2.操縱變因：處理木材方法。

(三)、操作過程

1.我們把木材方法削成碎片，放進打粉機成粉末，放在3/4寸鐵管，兩邊螺帽鎖緊，放在耐火磚上，耐火磚周圍放在保溫石上，用兩支噴槍加熱至鐵管通紅，用溫度槍測鐵管溫度大約750度，時間大約10分鐘，冷卻至室溫，取出乾餾物，測試LED是否亮。

(四)、實驗流程圖

			
木材	削成碎片	放進打粉機	木材粉末
			
粉末裝入容器	噴槍加熱	加熱約10分鐘	乾餾物
			
顯微鏡乾餾物	乾餾物壓扁	測待測物亮度	LED燈

(五)、實驗結果

我們發現乾餾物，LED燈會亮。

(六)、討論

1.木材粉末裝入3/4寸鐵管塞滿及壓緊，鐵管沒有空隙，沒有空氣，所以乾餾後，乾餾物全部導電良好。

【實驗A5】製作遮光暗箱

(一)、實驗目的：作遮光暗箱，炭化木材 LED 燈是否會亮及亮度計讀數

(二)、變因分析：

1.控制變因：乾餾的物質

2.操縱變因：遮光暗箱。

(三)、操作過程

1.將LED燈固定塑膠杯底部，接電源供應器3.0V，LED燈會亮，表示LED燈沒壞。

2.暗箱內部接亮度計，暗箱外部接亮度計讀數，乾餾物用鱷魚夾寬度1cm LED燈會亮，放入暗箱測乾餾物亮度讀數。

(四)、實驗流程圖

			
LED燈接電源供應器3.0V	暗箱內部接亮度計	暗箱外部	乾餾物
			
鱷魚夾乾餾物1cm	鱷魚夾接LED燈	待測物放入暗箱	測待測物亮度

(五)、實驗結果

我們製作遮光暗箱測LED燈亮度，發現亮度計會跳動，

(六)、討論

1.可能是箱子底部有透光且會移動，待測物接好再用遮光暗箱蓋住，可能LED燈電線會移動，所以我們作一下改良

【實驗A6】改良製作遮光暗箱

(一)、實驗目的：改良遮光暗箱，看乾餾物炭化木材 LED 燈是否會亮及亮度計不會跳動

(二)、變因分析：

1.控制變因：乾餾的物質

2.操縱變因：遮光暗箱。

(三)、操作過程

1.用熱熔膠把LED燈固定紙杯底上，LED燈接鱷魚夾。

2. 鱷魚夾接電源供應器，LED燈會亮，確定LED燈沒壞。

3. 暗箱內部接亮度計，暗箱外部接亮度計讀數。

4. 鱷魚夾電線固定在紙板上，箱子四周底部用熱熔膠封住及黑紙封住。

5. 待測物放在外面測試，讀亮度計數據。

(四)、實驗流程圖

			
用熱熔膠把LED燈固定紙杯底上 LED燈接鱷魚夾	鱷魚夾接電源供應器，LED燈	暗箱內部接亮度計	暗箱外部
			
鱷魚夾電線固定在紙板上	箱子四周底部用熱熔膠封住	箱子底部用黑紙封住	待測物放在外面測試

(五)、實驗結果

我們發現亮度計讀數不會跳動

(六)、討論

- 可能遮光暗箱底部用熱熔膠封住且用黑紙封住沒有光跑進去，鱷魚夾電線固定，待測物在遮光暗箱外測量，我們發現亮度計不會一直跳動且準確
- 【實驗A7】探討廢棄物炭化導電**

(一)、實驗目的：探討廢棄物[碎紙、枯枝(小葉欖仁、檸檬樹、桑甚樹、桂花樹、南洋杉莖、南洋杉葉)、落葉、雜草]、木炭、備長炭、竹炭導電，LED燈是否會亮及亮度計讀數

(二)、變因分析:

- 控制變因：乾餾設備及操作過程
- 操縱變因：乾餾物質。

(三)、操作過程

- 取碎紙10公克，放入乾餾容器，放用兩支噴槍點火加熱溫度槍測鐵管溫度大約750度，直到鐵管兩端沒冒煙，在加熱10分鐘，等待冷卻，鐵管取出乾餾物，用三用電表測電阻。遮光暗箱測LED燈亮度及讀數
- 將步驟1碎紙改小葉欖仁、南洋杉莖、南洋杉葉、落葉、雜草、桂花樹、檸檬樹、桑甚樹、白袍子、
- 將市面上買來備長炭，用三用電表測電阻及亮度計測亮度。
- 將步驟3備長炭改竹炭、木炭、椰炭。

(四)、實驗流程圖

	桂花樹	剪樹枝	一次乾餾	測LED燈
圖示				

(五)、實驗結果

表1-1: 不同樹碳化的亮度比較(第二作者彙整)

待測物		雜草	桂花樹	檸檬樹	桑甚樹	落葉	南洋杉莖	小葉欖仁
亮度	測試一	0	10.24	16.51	2.05	0	5.50	0
	測試二	0	7.15	14.78	1.99	0	6.42	0
	測試三	0	6.81	14.30	2.03	0	7.12	0
平均		0(目測會亮)	8.07	15.19	2.02	0	6.35	0(目測會亮)
電阻(k)		5.46	0.12	0.22	0.36	測不出	0.16	4.23

表1-2 不同樹碳化的亮度比較(第三作者彙整)

待測物		南洋杉葉	紙漿	備長炭	竹炭	椰炭	木炭	白孢子
亮度	測試一	0	1.56	12.88	0.30	0	1.52	0
	測試二	0	1.18	13.11	0.36	0	1.50	0
	測試三	0	1.22	11.43	0.56	0	1.30	0
平均		0(目測會亮)	1.32	12.47	0.41	0	1.44	0(目測會亮)
電阻		10.95	0.52	0.00	0.96	測不出	0.5	5.76

表1-3 不同樹碳化LED燈亮不亮比較(第一作者彙整)

種類	桂花樹	檸檬樹	小葉欖仁	桑甚樹	落葉
LED燈	亮	亮	亮	亮	不亮

不同樹碳化的亮度

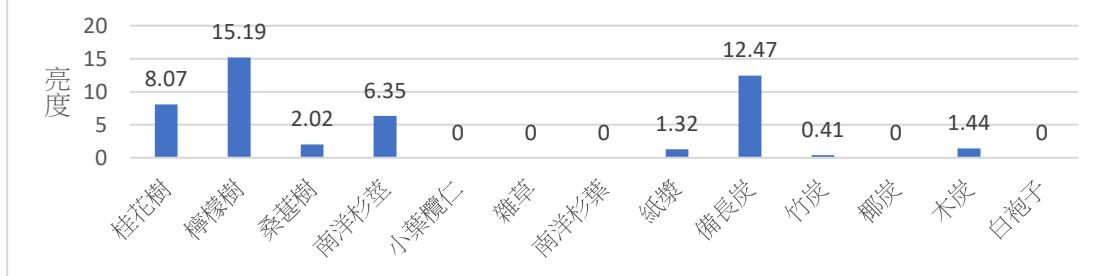


圖2: 不同樹碳化的亮度比較(第二作者繪製)

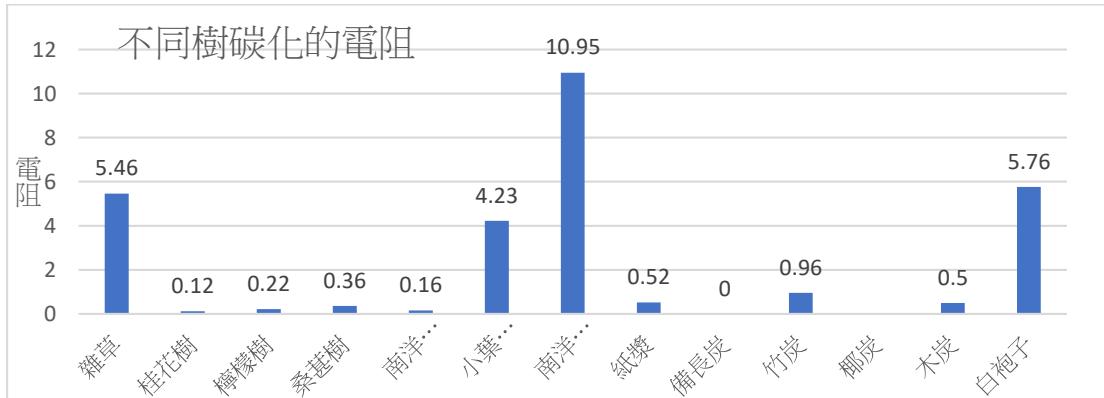


圖3: 不同樹碳化的電阻比較(第三作者繪製)

結果:1.備長炭電阻是0，椰炭電阻最大，測不出來。

2. 電阻>1有雜草、小葉欖仁、南洋杉葉、白孢子
- 3.我們發現檸檬樹亮度最大，椰炭目測不會亮
- 4.雜草、小葉欖仁、南洋杉葉、白孢子，目測會亮但亮度計0我們發現亮度計讀數不會跳動

(六)、討論

- 1.亮度超過10的有檸檬樹、備長炭，可能比較容易碳變成石墨結構。
- 2.我們發現電阻愈大亮度愈小，電阻>1，亮度就測不出來。
- 3.椰炭、落葉電阻無限大，雜草、小葉欖仁、南洋杉葉、白孢子目測會亮但亮度計0。落葉亮度計0，可能是維管束碳化無法形成石墨結構。

【實驗A8】探討乾溼檸檬樹乾餾後是否成棒狀

(一)、實驗目的：乾溼檸檬樹乾餾後是否成棒狀

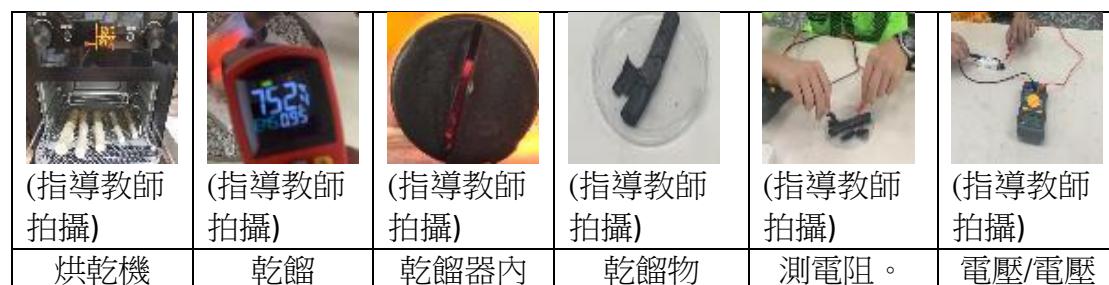
(二)、變因分析:

- 1.控制變因：乾餾設備及操作過程
- 2.操縱變因：檸檬樹乾/溼。

(三)、操作過程

- 1.把檸檬樹放入烘乾機3天半，進行實驗A7乾餾步驟，用電表測電阻。
- 2.將步驟1烘乾檸檬樹改剛取下檸檬樹

(四)、實驗流程圖



(五)、實驗結果

檸檬樹	剛取	烘乾84h	乾餾後	剛取	乾餾後	電壓	電流
重量(克)	25.6	15.9	5.4		17.9	3.7	1.3

- 1.我們輕敲檸檬樹乾燥的聲音是清脆，檸檬樹剛取下聲音是沉
- 2.乾燥後檸檬樹:乾餾後檸檬樹兩端電阻測不出來，中間電阻比較低約0.1~0.2歐姆，乾餾前後相差10.5克，成棒狀。剛取檸檬樹: 兩端電阻測不出來，中間電阻比較低約0.1~0.08歐姆，乾餾前後相差14.2克，都成棒狀，電壓=1.3V，電流=1.3A，電功率=1.69

(六)、討論

- 1.可能是檸檬樹枝乾燥時水分較少，輕敲叫清脆，剛取檸檬樹枝水分多，輕敲沉。
- 2.炭化後檸檬樹兩端電阻測不出來，可能是兩端螺帽比較厚，溫度加熱慢，冷卻快的原因，所以乾或溼檸檬樹乾餾後都成棒狀

【實驗A9】探討乾餾設備空隙填滿導電情形

(一)、實驗目的：乾餾設備空隙填滿導電情形

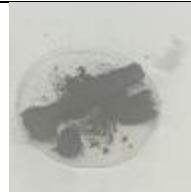
(二)、變因分析:

- 1.控制變因：乾餾設備及操作過程
- 2.操縱變因：填滿乾餾設備(檸檬樹枝加檸檬樹粉末)。

(三)、操作過程

- 1.把檸檬樹枝16.4克加檸檬樹粉末5.6克放入乾餾設備，進行實驗A7乾餾步驟，用電表測電阻。

(四)、實驗流程圖

				
填滿乾餾設備 (指導教師拍攝)	乾餾(指導教師拍攝)	乾餾物(指導教師拍攝)	測電阻(指導教師拍攝)	電流、電壓(指導教師拍攝)

(五)、實驗結果

我們發現乾餾後檸檬樹2.4克，檸檬樹粉末1.6克，少了18克。中間電阻比較低約0.1~0.05歐姆，且減少重量越多電阻越少，越容易導電。電壓=1.24V，電流 =3.3A，電功率=4.092

(六)、討論

1.乾餾器沒空氣，導熱效果比較好，碳化後電功率較高

【實驗A10】探討有無樹皮是否成棒狀

(一)、實驗目的：有無樹皮是否成棒狀

(二)、變因分析:

- 1.控制變因：乾餾設備及操作過程
- 2.操縱變因：有無檸檬樹樹皮。

(三)、操作過程

- 1.把檸檬樹枝去樹皮23.7克及檸檬樹粉末3.5克放入乾餾設備，進行實驗A7乾餾步驟，用電表測電阻。

(四)、實驗流程圖

			
無樹皮 (指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	乾餾物 (指導教師拍攝)	測電阻 (指導教師拍攝)

(五)、實驗結果

我們發現乾餾後檸檬樹3.9克，檸檬樹粉末1.2克。無法成棒狀。

(六)、討論

- 1.無樹皮的支撐，所以炭化無法成棒狀

B、鋁空氣電池

【實驗B1】探討長度相同備長炭和竹炭導電變化

(一)、實驗目的：探討長度相同備長炭和竹炭導電變化

(二)、變因分析：

1.控制變因：浸溼飽和食鹽水、鋁箔紙、抹布、隔離膜高度

2.操縱變因：備長炭和竹炭

(三)、操作過程

1.取備長炭長5公分，直徑2公分，抹布浸溼100ml飽和食鹽水，備長炭留1公分，其他用浸溼飽和食鹽水抹布包一圈，最外層用鋁箔紙包起來，不要跟備長炭接觸。

2.將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。

3.將步驟1備長炭改竹炭長5cm寬3cm厚度0.6 cm。

4.將步驟1備長炭改竹炭長5cm寬1.5cm厚度0.6 cm。

(四)、實驗流程圖

			
備長炭長5cm 直徑2 cm	竹炭長5cm寬3cm 厚度0.6 cm	飽和食鹽水	抹布浸溼飽和食 鹽水
			
抹布包備長炭及 竹炭	外層加鋁箔紙 包好鋁箔紙外觀	竹炭包好鋁箔紙 外觀	三用電表測電壓

(五)、實驗結果

表2:測備長炭及竹炭的電壓(第一作者彙整)

種類	備長炭5cm	竹炭	竹炭寬一半
測試一	0.87	0.90	0.94
測試二	0.87	0.94	0.92
測試三	0.71	0.95	0.93
平均	0.82	0.93	0.93

1.用三用電表測電流，我們發現電流會跑不固定，所以我們不用電流。

2.竹炭的電壓>備長炭的電壓

3.竹炭寬一半和竹炭寬沒減一半電壓差不多，所以跟表面積無關

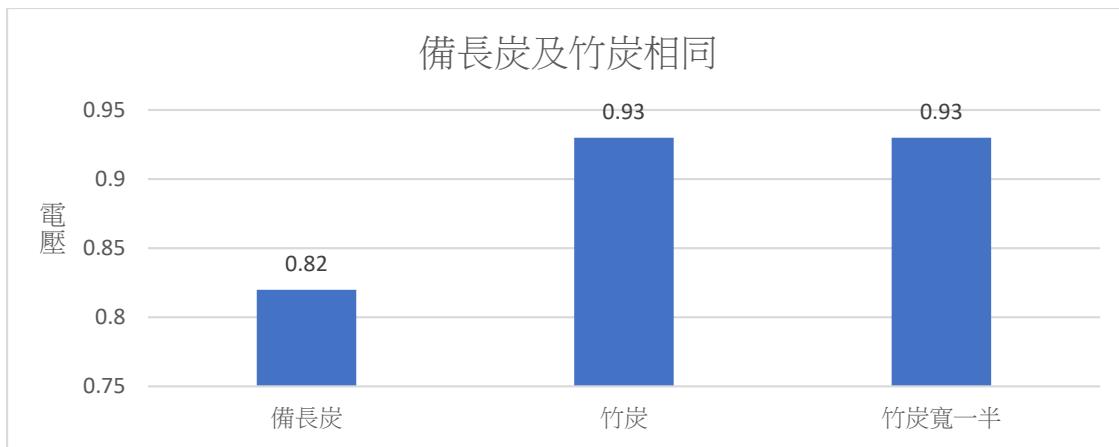


圖4：備長炭及竹炭長度相同電壓的比較(第一作者繪製)

(六)、討論

1.我們實驗發現長度相同:竹炭的電壓>備長炭的電壓，我們猜測可能是跟表面積有關，所以我們把竹炭寬一半再作測試，我們實驗發現長度相同竹炭寬一半和竹炭寬沒減一半電壓差不多，所以跟表面積無關，可能是材質孔隙度有關，孔隙度愈多所含空氣中氧愈多。

【實驗B2】探討備長炭長短導電變化

(一)、實驗目的：備長炭長短導電變化

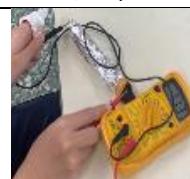
(二)、變因分析:

- 1.控制變因：浸溼飽和食鹽水、鋁箔紙、抹布、隔離膜高度
- 2.操縱變因：備長炭長短不同

(三)、操作過程

- 1.取備長炭長15公分，直徑2公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼飽和食鹽水包一圈，最外層用鋁箔紙包起來，不要跟備長炭接觸。
- 2.將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。
- 3.將步驟1備長炭長15公分改10公分。

(四)、實驗流程圖

			
(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)
備長炭長15cm 直徑2 cm	備長炭長10cm 直徑2 cm	抹布浸溼飽和食鹽水	抹布包備長炭
			
(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	
外層加鋁箔紙	包好鋁箔紙外觀	三用電表測電壓	

(五)、實驗結果

表3:測備長炭長短不同的電壓(第二作者彙整)

備長炭長短不同	備長炭15 cm	備長炭10 cm
測試一	1.09	0.94
測試二	1.08	0.92
測試三	1.10	0.92
平均	1.09	0.93

結果:1. 備長炭愈長電壓愈大，但不成正比。

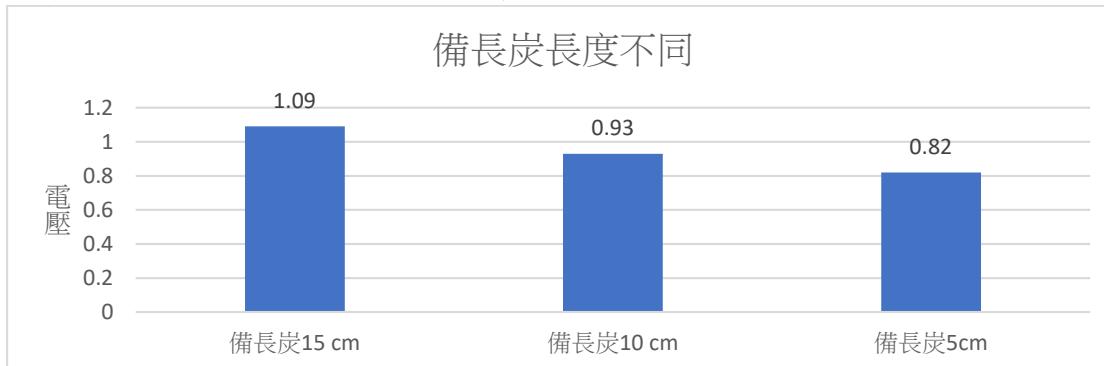


圖5: 備長炭長度不同電壓的比較(第二作者繪製)

(六)、討論

1、我們實驗發現備長炭愈長電壓愈大，但不成正比，可能是跟材質孔隙有關，因為備長炭愈長炭化石墨結構愈多且孔隙愈多，電壓愈大。

【實驗B3】隔離膜高度不同導電變化

(一)、實驗目的：隔離膜高度不同導電變化

(二)、變因分析:

1.控制變因：浸溼飽和食鹽水、鋁箔紙、抹布、備長炭

2.操縱變因：隔離膜高度不同

(三)、操作過程

- 1.取備長炭長15公分，直徑2公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼飽和食鹽水包一圈，最外層用鋁箔紙包起來，不要跟備長炭接觸。
- 2.將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。
- 3.將步驟1備長炭留1公分改2公分。
- 4.將步驟1備長炭留1公分改4公分。
- 5.將步驟1備長炭留1公分改8公分。

(四)、實驗流程圖

 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)
備長炭長15cm 直徑2 cm	飽和食鹽水	抹布浸溼飽和食鹽水	抹布包備長炭 備長炭留2公分

			
(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)

抹布包備長炭
備長炭留4公分

抹布包備長炭
備長炭留8公分

外層加鋁箔紙

三用電表測電壓

(五)、實驗結果

表五:測隔離膜高度不同的電壓(第三作者彙整)

隔離膜高度	備長炭留2公分	備長炭留4公分	備長炭留8公分
測試一	1.01	0.85	0.85
測試二	1.02	0.88	0.86
測試三	1.04	0.93	0.88
平均	1.02	0.88	0.86

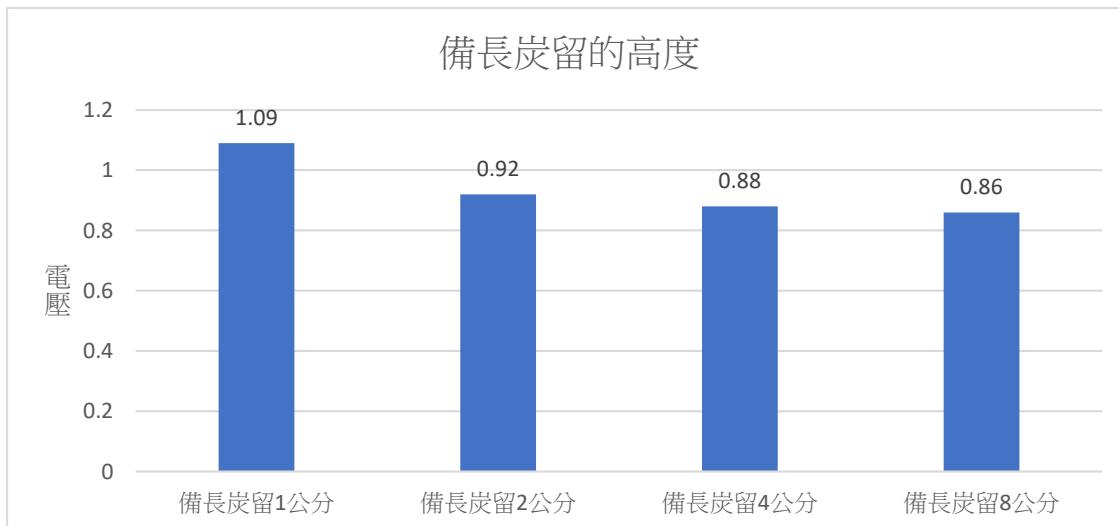


圖6: 隔離膜高度不同電壓的比較(第三作者繪製)

結果:1. 備長炭留愈短，電壓愈大，但不成正比。

(六)、討論

1.我們實驗發現隔離膜高度愈大，備長炭留愈短，電壓愈大，但不成正比。可能是跟電解液有關，電解液愈多包覆備長炭，備長炭中的氧氣接收電子發生還原變成氫氧根離子愈多，鋁的氧化與氧的還原形成一個氧化還原反應。

【實驗B4】隔離膜材質不同導電變化

(一)、實驗目的：隔離膜材質不同導電變化

(二)、變因分析:

1.控制變因：浸溼飽和食鹽水、鋁箔紙、備長炭、隔離膜高度

2.操縱變因：抹布、圖畫紙、A4紙、不織布、餐巾紙

(三)、操作過程

1.取備長炭長15公分，直徑2公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼飽和食鹽水包一圈，最外層用鋁箔紙包起來，不要跟備長炭接觸。

2. 將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。

3. 將步驟1抹布改圖畫紙、A4紙、不織布、餐巾紙。

4. 將步驟1抹布改A4紙。

(四)、實驗流程圖

		
備長炭長15cm 直徑2 cm	飽和食鹽水	隔離膜:不織布
		
隔離膜:A4紙	隔離膜:圖畫紙	隔離膜:餐巾紙

(五)、實驗結果

表六:測隔離膜材質不同的電壓(第一作者彙整)

隔離膜	不織布	A4紙	圖畫紙	餐巾紙
測試一	0.90	0.89	0.86	0.85
測試二	0.89	0.90	0.85	0.92
測試三	0.94	0.93	0.84	0.94
平均	0.91	0.91	0.85	0.91

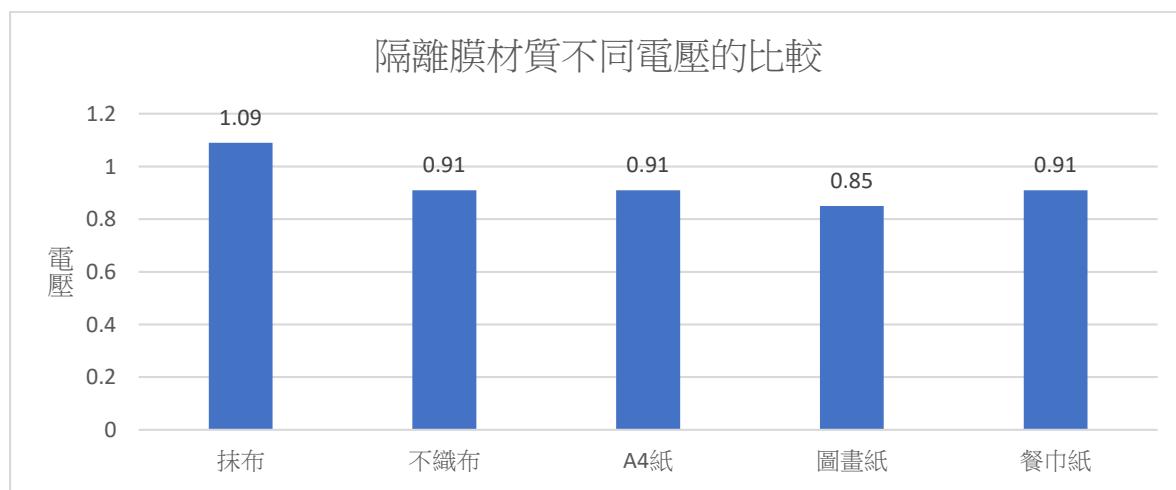


圖7: 隔離膜材質不同電壓的比較(第一作者繪製)

結果:1. 抹布電壓最大，圖畫紙電壓最小，其他的都一樣。

(六)、討論

1. 我們實驗發現隔離膜材質用抹布電壓最大，圖畫紙電壓最小。可能是跟吸水性和孔隙有關。圖畫紙吸水性較差電壓最小

【實驗B5】探討電解質不同導電變化

(一)、實驗目的：探討電解質不同導電變化

(二)、變因分析：

- 1.控制變因：鋁箔紙、抹布、備長炭、隔離膜高度
- 2.操縱變因：醋酸 石灰水 雙氧水 檸檬酸 小蘇打水 汽水、鹼性水ph9.0
醬油、運動飲料、自來水

(三)、操作過程

- 1.取備長炭長15公分，直徑2公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼醋酸包一圈，最外層用鋁箔紙包起來，不要跟備長炭接觸。將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。
- 2.將步驟1醋酸改石灰水、雙氧水、檸檬酸、小蘇打水、汽水、鹼性水ph9.0、醬油、運動飲料、自來水

(四)、實驗流程圖

			
備長炭長15cm 直徑2 cm	抹布浸溼鹼性水	鋁箔紙包覆	三用電表測電壓

(五)、實驗結果

表七:測電解液不同的電壓(第二作者彙整)

電解液	石灰水	雙氧水	檸檬酸	小蘇打水	汽水
測試一	1.51	0.89	0.94	0.87	0.91
測試二	1.47	0.86	0.90	0.88	0.91
測試三	1.50	0.85	0.96	0.89	0.93
平均	1.49	0.87	0.93	0.88	0.92

電解液	鹼性水ph9.0	醬油	運動飲料	醋酸	自來水
測試一	1.03	1.03	0.93	0.94	0.87
測試二	0.90	1.03	0.90	0.93	0.83
測試三	1.01	0.99	0.88	0.98	0.86
平均	0.98	1.02	0.90	0.95	0.85

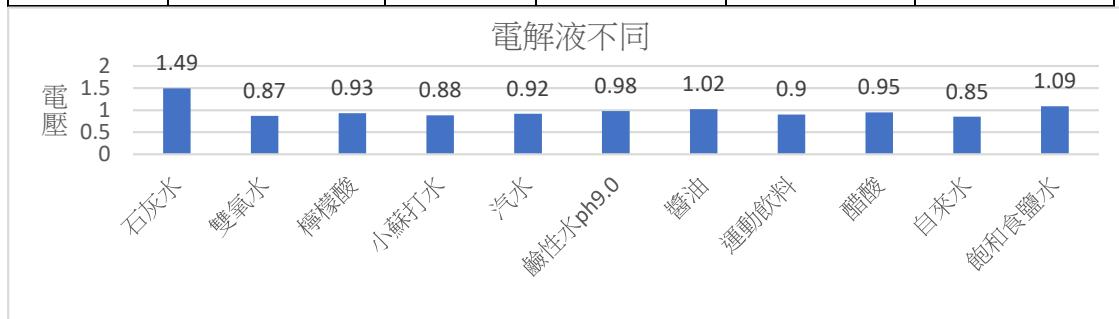


圖8: 電解液不同的電壓(第二作者繪製)

結果:1.石灰水電壓最大，自來水電壓最小

(六)、討論

1.我們實驗發現電解質用石灰水電壓最大，自來水電壓最小。可能是石灰水會解離氫氧根離子有關，氫氧根離子愈多，電壓愈大。自來水可能含有微量雜質及離子，所以電壓最小。

【實驗B6】探討隔離膜添加物不同導電變化

(一)、實驗目的：探討隔離膜添加物不同導電變化

(二)、變因分析：

1.控制變因：鋁箔紙、抹布、備長炭、隔離膜高度、石灰水

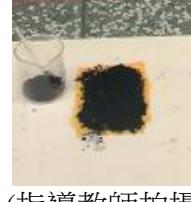
2.操縱變因：隔離膜添加物:木質細狀活性碳、粗狀活性碳、二氧化錳、奈米級活性碳

(三)、操作過程

1.取備長炭長15公分，直徑2公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼石灰水，加15公克木質細狀活性碳包一圈，最外層用鋁箔紙包起來，不要跟備長炭接觸。將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。

2.將步驟1木質細狀活性碳改粗狀活性碳、二氧化錳、奈米級活性碳。

(四)、實驗流程圖

			
備長炭長15cm 直徑2 cm	抹布浸溼石灰水	浸溼抹布加木質 粉狀活性碳	浸溼抹布加顆粒狀 活性碳
			
浸溼抹布加二 氧化錳	奈米顆粒活性碳	鋁箔紙包覆	三用電表測電壓

(五)、實驗結果

表八:隔離膜添加物不同的電壓(第三作者彙整)

隔離膜添加物	木質粉狀活性 碳	顆粒狀活性 碳	二氧化錳	奈米顆粒活性 碳
測試一	1.02	0.97	0.95	0.99
測試二	0.98	0.96	0.94	0.98
測試三	0.99	0.97	0.96	0.97
平均	1.00	0.97	0.95	0.98

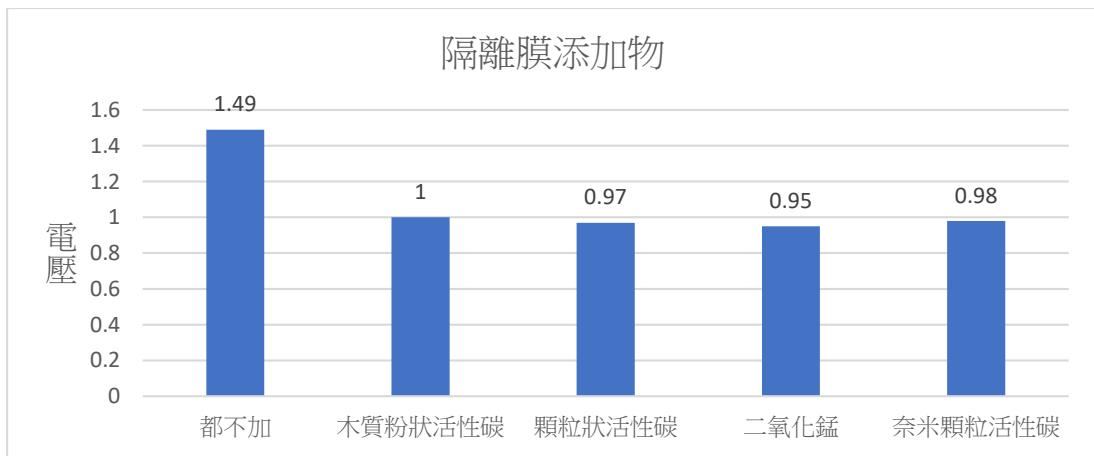


圖9: 隔離膜添加物不同的電壓(第三作者繪製)

結果: 隔離膜添加物都不加反而電壓最大，其他添加物都差不多

(六)、討論

1.我們實驗發現隔離膜添加物都不加反而電壓最大，其他添加物電壓都差不多。可能是電子流到達陰極時，添加物阻絕氣體擴散層進入陰極溶於電解液溶液中的氧和水與電子反應成氫氧根離子。

【實驗B7】探討負極不同金屬導電變化

(一)、實驗目的：探討負極不同金屬導電變化

(二)、變因分析：

- 1.控制變因：抹布、備長炭、隔離膜高度、石灰水
- 2.操縱變因：鋁箔紙、黃銅片、紅銅片、鋁片

(三)、操作過程

- 1.備長炭長15公分，直徑2公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼石灰水，最外層用黃銅片包起來，不要跟備長炭接觸。將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。
- 2.將步驟1黃銅片改紅銅片、鋁片。

(四)、實驗流程圖

 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)
備長炭長15cm 直徑2 cm	抹布浸溼石灰水	黃銅片包覆
 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)
鋁片包覆	紅銅片包覆	三用電表測電壓

(五)、實驗結果

表九:測負極不同金屬的電壓(第一作者彙整)

隔離膜添加物	黃銅片	鋁片	紅銅片
測試一	0.47	0.91	0.36
測試二	0.45	0.92	0.35
測試三	0.46	0.92	0.37
平均	0.46	0.92	0.36

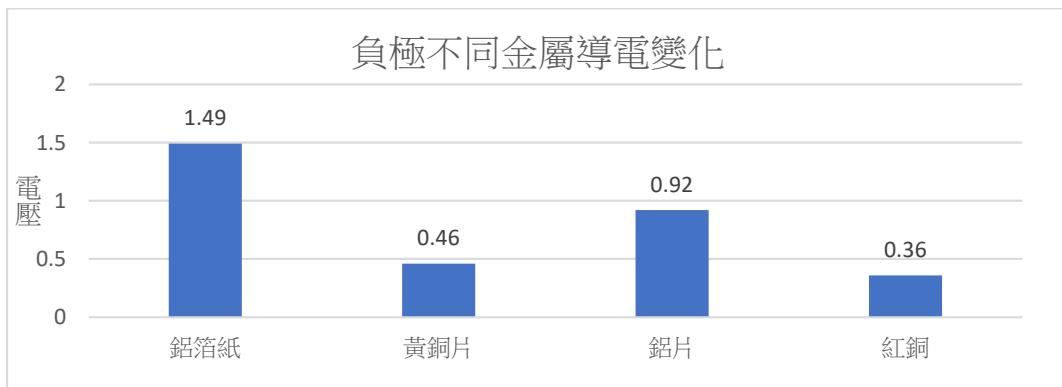


圖10: 負極不同金屬導電變化(第一作者繪製)
結果:鋁箔紙電壓最大，紅銅片最低。

(六)、討論

- 我們實驗發現負極金屬:鋁箔紙電壓最大，紅銅片最低。可能跟金屬活性有關。鋁的活性大於銅。
- 鋁箔紙大於鋁片，可能是鋁箔紙和隔離膜接觸面比較密合的關係。

【實驗B8】探討負極金屬紙厚度不同導電變化

(一)、實驗目的：探討負極金屬紙厚度不同導電變化

(二)、變因分析:

- 控制變因：抹布、備長炭、隔離膜高度、石灰水、鋁箔紙
- 操縱變因：鋁箔紙包一圈、兩圈、三圈、四圈

(三)、操作過程

- 取備長炭長15公分，直徑2公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼石灰水，最外層用鋁箔紙包兩圈起來，不要跟備長炭接觸。將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。
- 將步驟1鋁箔紙包兩圈改包三圈、四圈

(四)、實驗流程圖

 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)
備長炭長15cm 直徑2 cm	抹布浸溼石灰水	鋁箔紙包2圈	三用電表測電壓

(五)、實驗結果

表十:負極金屬紙厚度不同的電壓(第二作者彙整)

金屬紙厚度不同	兩圈	一圈	四圈
測試一	1.45	1.40	1.30
測試二	1.44	1.38	1.29
測試三	1.46	1.36	1.28
平均	1.45	1.38	1.29

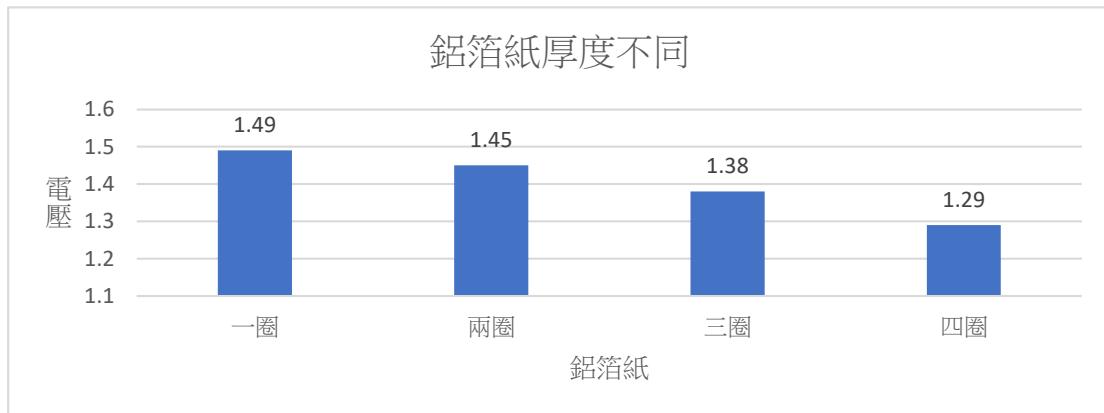


圖11: 負極金屬紙厚度不同導電變化(第二作者繪製)
結果: 鋁箔紙包一圈電壓最大, 包四圈電壓最低。

(六)、討論

- 我們實驗發現鋁箔紙包一圈電壓最大, 包四圈電壓最低。可能是鋁箔紙內層先產生化學變化, 鋁箔紙愈厚, 外層鋁箔紙反應比較慢的關係。

【實驗B9】探討串聯不同導電變化

(一)、實驗目的：探討串聯不同導電變化

(二)、變因分析:

- 控制變因：抹布、備長炭、隔離膜高度、石灰水、鋁箔紙
- 操縱變因：串聯兩個、三個、四個

(三)、操作過程

- 取備長炭長15公分，直徑2公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼石灰水，最外層用鋁箔紙包起來，不要跟備長炭接觸。將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。串聯兩個，再利用三用電表記錄下電壓。接LED燈是否亮。

- 將步驟1串聯兩個改三個、四個

(四)、實驗流程圖

 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)
備長炭長15cm	抹布浸溼石灰水	鋁箔紙包1圈

直徑2 cm		
		
(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)
串聯兩個 LED有亮	串聯三個 LED有亮	串聯四個 LED有亮

(五)、實驗結果

表十：串聯不同導電變化(第三作者彙整)

串聯	兩個	三個	四個
測試一	2.6	3.8	4.9
測試二	2.5	3.7	4.8
測試三	2.4	3.6	4.7
平均	2.5	3.7	4.8

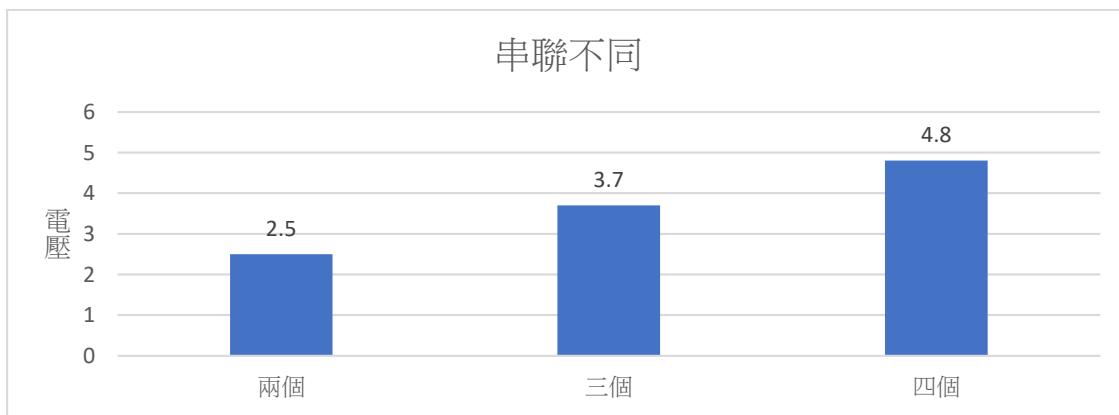


圖12：串聯不同導電變化(第三作者繪製)

結果：串聯兩個、三個、四個LED會亮，電壓會成正比。

(六)、討論

- 我們實驗發現串聯兩個、三個、四個LED會亮，串聯愈多，電壓愈大，會成正比。

【實驗B10】檸檬樹炭化

(一)、實驗目的：炭化檸檬樹導電變化

(二)、變因分析：

- 控制變因：乾餾設備
- 操縱變因：碳化檸檬樹

(三)、操作過程

- 先檸檬樹鋸15公分，用車床把檸檬樹削成跟備長炭一樣長10公分、直徑21公分，取鋁罐將備長炭長取鋁罐將備長炭長15公分，直徑1公分。
- 將7天前檸檬樹秤重放入乾餾設備。用噴槍加熱兩端沒冒火，再加熱10分鐘，溫度約800度左右。冷卻取出乾餾物秤重，用三用電表記錄下電阻。用抹布浸溼石灰水，最外層用鋁箔紙包起來，不要跟備長炭接觸。將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。再利用三用電表記錄下電壓。

3. 將步驟1改6月前檸檬樹

(四)、實驗流程圖

			
檸檬樹鋸15公分	車床削檸檬樹	跟備長炭一樣	7天前檸檬樹放入乾餾設備
			
7天前檸檬樹放入乾餾設備	噴火加熱	溫度槍溫度	乾餾物無法硬化
			
6個月前檸檬樹	乾餾溫度	乾餾物	測電阻

(五)、實驗結果

- 我們發現7天前檸檬樹乾餾前29.2公克，乾餾後4.4公克後無法硬化，容易脆化，兩端電壓無法測出。所以無法做整隻鋁空氣電池實驗。
- 我們發現6個月前檸檬樹乾餾前21公克，乾餾後4.8公克後有整隻，但兩端電壓無法測出，若做整隻鋁空氣電池實驗，我們發現電壓1.41跟備長炭電壓1.47差不多。

(六)、討論

- 7天前檸檬樹乾餾後無法硬化，可能是木材材質不夠硬且木材水氣的原因。
- 6個月前檸檬樹乾餾後有整隻完整，可能是木材沒水氣的原因。

【實驗B11】自製電池

(一)、實驗目的：自製電池

(二)、變因分析:

- 控制變因：抹布、隔離膜高度、石灰水、鋁箔紙
- 操縱變因：備長炭、備長炭粉末

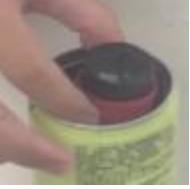
(三)、操作過程

- 取鋁罐將備長炭長15公分，直徑1公分，備長炭留1公分，其他用抹布浸溼石灰水，放入鋁罐不要跟備長炭接觸。將備長炭當正極，鋁箔紙當負

極。串聯兩個，再利用三用電表記錄下電壓。

2.將步驟1備長炭改粉末

(四)、實驗流程圖

		
備長炭+抹布+電解液	放入鋁罐+電解液	測電壓

(五)、實驗結果

表十一:自製電池測電壓(第一作者彙整)

備長炭	一個(紅抹布包覆) +237ml電解液	一個(藍抹布包覆) +220 ml電解液	串聯
測試一	1.51	0.57	1.85
測試二	1.51	0.54	1.86
測試三	1.51	0.55	1.79
平均	1.51	0.55	1.83

結果:1.我們發現電解液愈多電壓愈大。所以我們做電解液多寡的實驗

2.串聯愈多，電壓愈大，但不成正比。

(六)、討論

1.我們發現串聯愈多，電壓愈大，但不成正比。我們發現跟電解液有關。

【實驗B12】改良自製電池

(一)、實驗目的：改良自製電池

(二)、變因分析:

1.控制變因：抹布、隔離膜高度、石灰水、蛋塔

2.操縱變因：備長炭粉末、炭化檸檬樹粉末

(三)、操作過程

1.取蛋塔直徑6公分連接電線，剪抹布及鋁箔紙直徑6公分，秤備長炭粉末5公克，先放鋁箔紙、浸溼石灰水抹布、備長炭粉末5公克。將備長炭當正極，鋁箔紙當負極。利用三用電表記錄下電壓。串聯兩個，利用三用電表記錄下電壓。

2.將步驟1備長炭粉末改炭化檸檬樹粉末

(四)、實驗流程圖

		
蛋塔	剪抹布直徑6公分	剪鋁箔紙直徑6公分

 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)	 (指導教師拍攝)
備長炭粉末5公克	鋁箔紙+抹布+備長炭	測電壓

(五)、實驗結果

表十二:自製電池(備長炭粉末)測電壓(第二作者彙整)

串聯	一個	兩個
測試一	1.44	2.20
測試二	1.41	2.15
測試三	1.46	2.06
平均	1.43	2.13

表十三:自製電池(炭化檸檬樹粉末)測電壓(第三作者彙整)

串聯	一個	兩個
測試一	1.40	2.12
測試二	1.40	2.03
測試三	1.39	1.84
平均	1.40	2.00

結果:1.自製電池測電壓有增加但不成正比

(六)、討論

- 1.備長炭粉末測電壓>炭化檸檬樹粉末測電壓，可能是備長炭孔隙太大及粉末很細的原因

C、墨汁導電

【實驗C1】探討不同膠水墨汁導電變化

(一)、實驗目的：不同膠水墨汁導電

(二)、變因分析:

- 1.控制變因：備長炭粉末
- 2.操縱變因：白膠、膠水、漿糊

(三)、操作過程

- 1.取竹炭長5公分，直徑1公分，磨成細粉，取竹炭: 膠水=1:1、1:1.5、1:2混和。在紙畫一條長10公分寬1公分，等待乾後，利用遮光暗箱，看LED是否亮。
- 2.取備長炭粉末: 膠水=1:1、1:1.5、1:2混和。在紙畫一條長10公分寬1公分，等待乾後，利用遮光暗箱，看LED是否亮。
- 3.將步驟2膠水改白膠、漿糊

(四)、實驗流程圖

		
乾餾物	研磨	過篩細粉
		
(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)
膠水	細粉加膠水	攪拌成糊狀
		
(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)	(指導教師拍攝)
製作紙模	碳粉墨汁畫在紙上	測LED燈

(五)、實驗結果

表十四 :亮:○、微亮:▲、不亮:◆(第一作者彙整)

竹炭:膠水	兩極長度 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1:1	LED	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1:1.5	LED	○	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆
1:2	LED	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆

結果:1.竹炭:膠水=1:1效果比較好

2.我們發現竹炭:膠水混和放入大隻注射筒，混和液注射針無法流出

備長炭:膠水	兩極長度 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1:1	LED	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1:1.5	LED	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1:2	LED	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

結果:1.我們發現備長炭:膠水混和放入大隻注射筒，混和液會從注射針流出

2.備長炭:膠水=1:1亮度比較亮

備長炭:白膠	兩極長度 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1:1	LED	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
1:1.5	LED	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
1:2	LED	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

結果:1.我們發現備長炭:白膠=1:1混和後粉末狀跟黏土一樣

2. 備長炭:白膠=1:1亮度微亮

備長炭:漿糊	兩極長度 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1:1	LED	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1:1.5	LED	○	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	▲
1:2	LED	○	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

結果:1. 我們發現備長炭: 漿糊=1:1.5混和後有黏著一樣

2. 我們發現亮度:膠水>漿糊>白膠

(六)、討論

我們發現亮度:膠水>漿糊>白膠，我們實驗發現膠水和備長炭混和後流動性 最佳，白膠混和後成粉末狀跟黏土一樣，漿糊混和像黏著一樣，可能亮度跟流動性有關。

【實驗C2】探討檸檬樹碳化墨汁導電

(一)、實驗目的：檸檬樹碳化墨汁導電

(二)、變因分析:

- 1.控制變因：乾餾設備、膠水
- 2.操縱變因： 檸檬樹、備長炭

(三)、操作過程

1.取碳化檸檬樹，磨成細粉，碳化檸檬樹: 膠水=1:1、1:1.5、1:2混和。在紙畫兩條長10公分寬1公分，等待乾後，利用電池組和LED連接，看LED是否亮及亮度。

(四)、實驗流程圖

			
檸檬樹 (指導教師拍攝)	鋸樹枝 (指導教師拍攝)	粉末裝入容器 (指導教師拍攝)	乾餾 (指導教師拍攝)
			
取出乾餾物 (指導教師拍攝)	測LED (指導教師拍攝)	研磨 (指導教師拍攝)	過篩 (指導教師拍攝)
			
檸檬樹碳化+膠水 混和 (指導教師拍攝)	檸檬樹碳化: 膠水 (指導教師拍攝)	測LED (指導教師拍攝)	測亮度 (指導教師拍攝)

結果:1.我們發現檸檬樹碳化: 膠水(1:1、1:2)，測LED都會亮

(五)、實驗結果(第二作者彙整)

備長炭:膠水	兩極長度 (公分)	2	4	6	8	10
1:1 亮度	測試一	0.58	0.54	0.6	0.63	0.54
	測試二	0.6	0.52	0.52	0.58	0.51
	測試三	0.69	0.65	0.64	0.62	0.6
	平均	0.62	0.57	0.58	0.61	0.55
1:1.5 亮度	測試一	0.58	0.58	0.59	0.60	0.60
	測試二	0.69	0.6	0.59	0.57	0.58
	測試三	0.68	0.7	0.67	0.67	0.68
	平均	0.65	0.62	0.61	0.61	0.62
1:2 亮度	測試一	0.59	0.57	0.56	0.55	0.55
	測試二	0.62	0.6	0.6	0.58	0.57
	測試三	0.73	0.67	0.69	0.68	0.66
	平均	0.64	0.61	0.61	0.6	0.59

檸檬樹:膠水	兩極長度 (公分)	2	4	6	8	10
1:1 亮度	測試一	0.54	0.53	0.53	0.53	0.52
	測試二	0.53	0.52	0.52	0.52	0.51
	測試三	0.52	0.52	0.52	0.51	0.51
	平均	0.53	0.52	0.52	0.52	0.51
1:1.5 亮度	測試一	0.5	0.5	0.49	0.49	0.5
	測試二	0.59	0.48	0.48	0.47	0.47
	測試三	0.47	0.47	0.46	0.46	0.47
	平均	0.52	0.48	0.47	0.47	0.48
1:2 亮度	測試一	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46
	測試二	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
	測試三	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47
	平均	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46

我們發現備長炭:膠水=1:1.5最好，檸檬樹:膠水=1:1最好

(六)、討論

可能是備長炭粉末較細，檸檬樹粉末比較粗的關係

肆、結論

- 乾餾的物質放在3/4寸鐵管，螺帽挖洞，兩邊螺帽鎖緊，放在耐火磚上，用兩隻噴槍加熱至鐵管通紅10分鐘，溫度槍測鐵管溫度大約750度，碳變成石墨結構，我們用LED燈測試乾餾的物質都會亮。
- 乾餾後的物質亮度超過10的有檸檬樹、備長炭。
- 乾餾後的物質電阻>1，亮度就測不出來。椰炭、落葉電阻無限大，雜草、小葉欖仁、南洋杉葉、白袍子目測會亮但亮度計0。落葉亮度計0
- 我們實驗發現長度相同：竹炭的電壓>備長炭的電壓

- 5.乾或溼檸檬樹乾餾後都成棒狀，電功率=1.69
- 6.乾餾器沒空氣，導熱效果比較好，電功率=4.092
- 7.檸檬樹無樹皮的支撐，所以炭化無法成棒狀
- 8.長度相同竹炭寬一半和竹炭寬沒減一半電壓差不多
- 9.備長炭愈長電壓愈大，但不成正比
- 10.隔離膜高度愈大，備長炭留愈短，電壓愈大，但不成正比。
- 11.隔離膜材質用抹布電壓最大，圖畫紙電壓最小
- 12.電解質石灰水電壓最大，自來水電壓最小。
- 13.隔離膜添加物都不加反而電壓最大，其他添加物電壓都差不多
- 14.負極金屬：鋁箔紙電壓最大，紅銅片最低
- 15.鋁箔紙包一圈電壓最大，包四圈電壓最低。
- 16.備長炭串聯愈多，電壓愈大，會成正比。
17. 7天前檸檬樹乾餾後無法硬化，容易脆，6個月前檸檬樹乾餾後有完整，但兩端電壓都無法測出，所以無法做整隻鋁空氣電池實驗。
- 18.自製電池串聯愈多，電壓愈大，但不成正比，電解液愈多電壓愈大。
- 19.導電墨水亮度:膠水>漿糊>白膠
- 20.我們發現備長炭:膠水=1:1.5最好，檸檬樹:膠水=1:1最好

伍、參考資料及其他

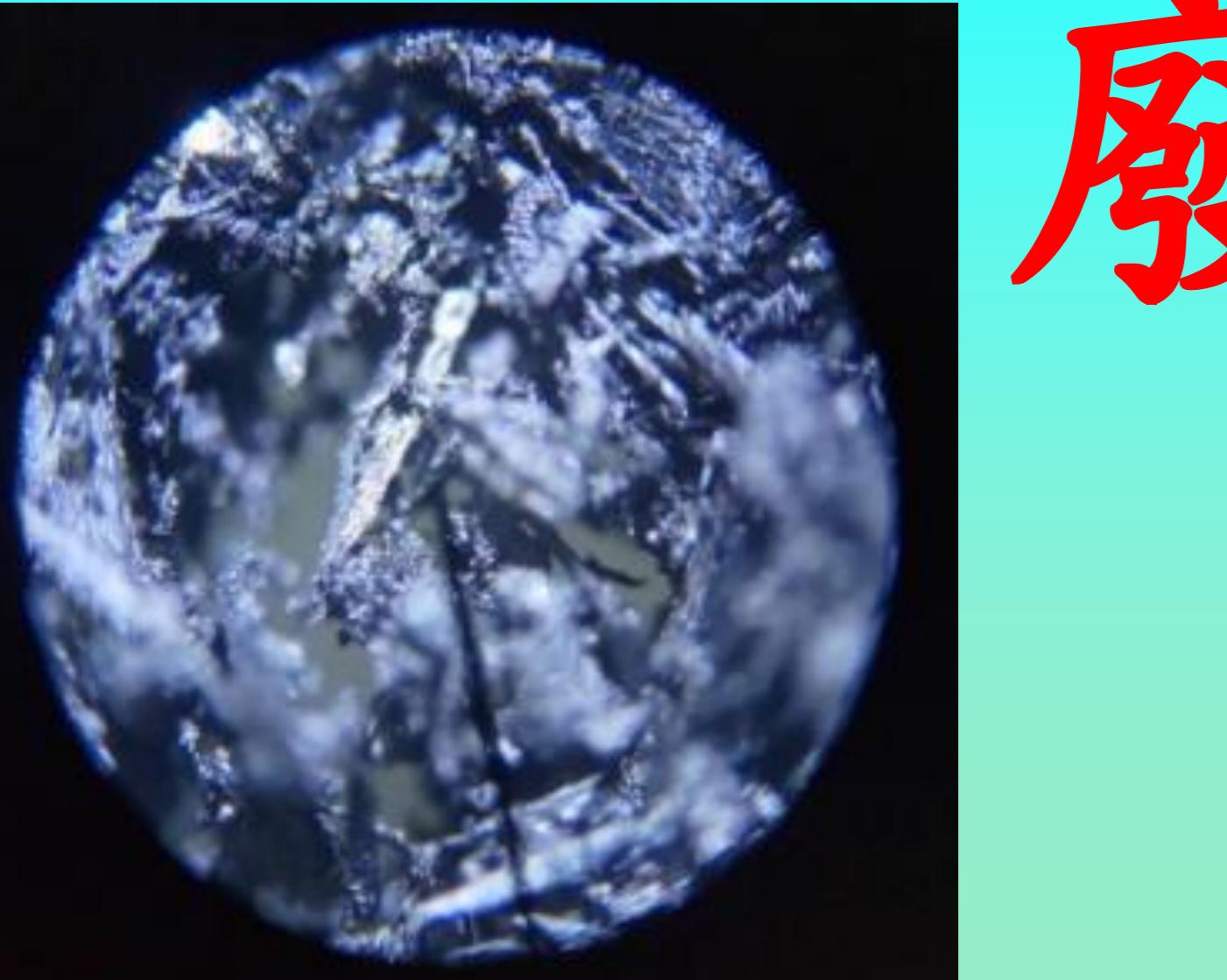
1. 王松永、洪崇彬、王俊凱、汪偉杰、賴華雄（民 93）。竹材之活化製成與性能檢測。
2. 國中自然科學課本(二下)，翰林出版社，2020
3. 圖文摘自<3D 有趣實驗：自製鋁空氣電池>科學 Online 高瞻自然科學教學平台
4. 陳昱如、黃莉娟、張建和、陳楷濬(2002)。用空氣發電－鋅空氣電池性質探討。中華民國第 42 屆中小學科學展覽會作品說明書書(高中組化學科佳作)
5. 謝政達、謝獻爵、張鈞翔(2011)『未來電池之星』：鋁－空氣電池。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品說明書。(國中組生活與應用科學科)
6. 賴柏儒、趙柏証、陳彥勳(2012)。自製高功率的廢鋁燃料電池。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會作品說明書。(國中化學科)。

【評語】080202

1. 主題明確聚焦於廢棄物炭化導電性探討，具備環保意義與鄉土相關性。研究可用科學方法檢驗，與國小自然課程相關，但對學術領域貢獻有限，主要為重複驗證已知現象。
2. 研究具有一定創新性，將校園廢棄物應用於導電材料製作，方法可行。對環保教育和資源再利用有潛在社會影響，但學術創新性不足，主要為應用性研究。
3. 實驗設計系統完整，變因控制適當。然而統計分析較為基礎，結論推論略顯不足。

作品海報

廢棄物炭化 導電的探討



摘要

我們在校園取得不要的木頭來進行乾餾導電實驗，比較市面乾餾設備和製作乾餾設備的差異性，再改良乾餾設備及方法和遮光暗箱。實驗發現乾餾溫度超過750度以上，炭化木材都可以導電，連廢紙也可以，實驗結果以檸檬樹炭化亮度最高，檸檬樹乾濕炭化都會成棒狀，但去樹皮無法成棒狀，乾餾時樹枝和粉末填滿乾餾設備，炭化效果最好。自製電池中發現電解液多寡及種類、金屬種類及厚度，隔離膜材質及添加物都會影響到電壓，實驗結果發現電解液以石灰水、電解液愈多、隔離膜用抹布、鋁箔紙厚度越薄，效果最好，最後用檸檬樹碳化磨成粉末自製導電墨水，發現跟膠水種類、比例都有關係，實驗結果以木炭：膠水=1:1效果最好。

壹、前言

一、研究動機

我們上自然課時老師說木炭可以用來燒，可以過濾髒水，甚至可能導電，所以我們希望能找出導電效果不錯的自製木炭。

上自然課時老師曾教過想製作一個既環保又不會浪費資源的DIY電池。只需要鋁、備長炭和鹽水三者就可以產生電力了。於是，我們決定用自製導電木炭以「空氣電池」。在電視看到黑色墨水也能代替電線的功能，於是我們這一組起向老師請教，當瞭解了「導電墨水」的原理後，我們也想進一步自己製造我們的「自製導電墨水」。

二、研究目的

A、炭化木材

- (一)、市面購買乾餾容器，看木材炭化燒多久及炭化情形
- (二)、自製乾餾容器，看木材炭化燒多久及炭化情形
- (三)、改變乾餾方法，看木材炭化燒多久即炭化情形
- (四)、再改良乾餾操作方法
- (五)、製作遮光暗箱
- (六)、改良遮光暗箱
- (七)、探討廢棄物炭化導電情形及遮光暗箱測LED燈亮度
- (八)、探討檸檬樹乾溼比較炭化導電
- (九)、探討乾餾設備空隙填滿導電情形
- (十)、探討有無樹皮是否成棒狀

B、鋁空氣電池

- (一)、探討長度相同備長炭和竹炭導電變化
- (二)、探討備長炭長短導電變化
- (三)、隔離膜高度不同導電變化
- (四)、探討隔離膜材質不同導電變化
- (五)、探討電解質不同導電變化
- (六)、探討隔離膜添加物不同導電變化
- (七)、探討不同金屬導電變化
- (八)、探討金屬紙厚度不同導電變化
- (九)、串聯不同導電變化
- (十)、碳化檸檬樹導電變化
- (十一)、自製電池
- (十二)、改良自製電池

C、墨汁導電

- (一)、不同膠水墨汁導電
- (二)、探討檸檬樹碳化墨汁導電

三、文獻回顧

- (一)、炭化原理：乾餾停留時間愈久及樹材乾餾減重量愈多則導電性愈好意即愈有利於碳變成石墨結構
- (二)、鋁空氣電池發電原理：鋁箔上的鋁金屬碰到鹽水會氧化成為鋁離子放出電子，與備長炭中的氧氣接收電子發生還原變成氫氧根離子，鋁的氧化與氧的還原形成一個氧化還原反應。備長炭能導電當作電池電極的一端，鋁箔紙能導電當作電極另一端，如此可以形成一個鋁空氣電池。

貳、研究設備及器材

一、研究器材：

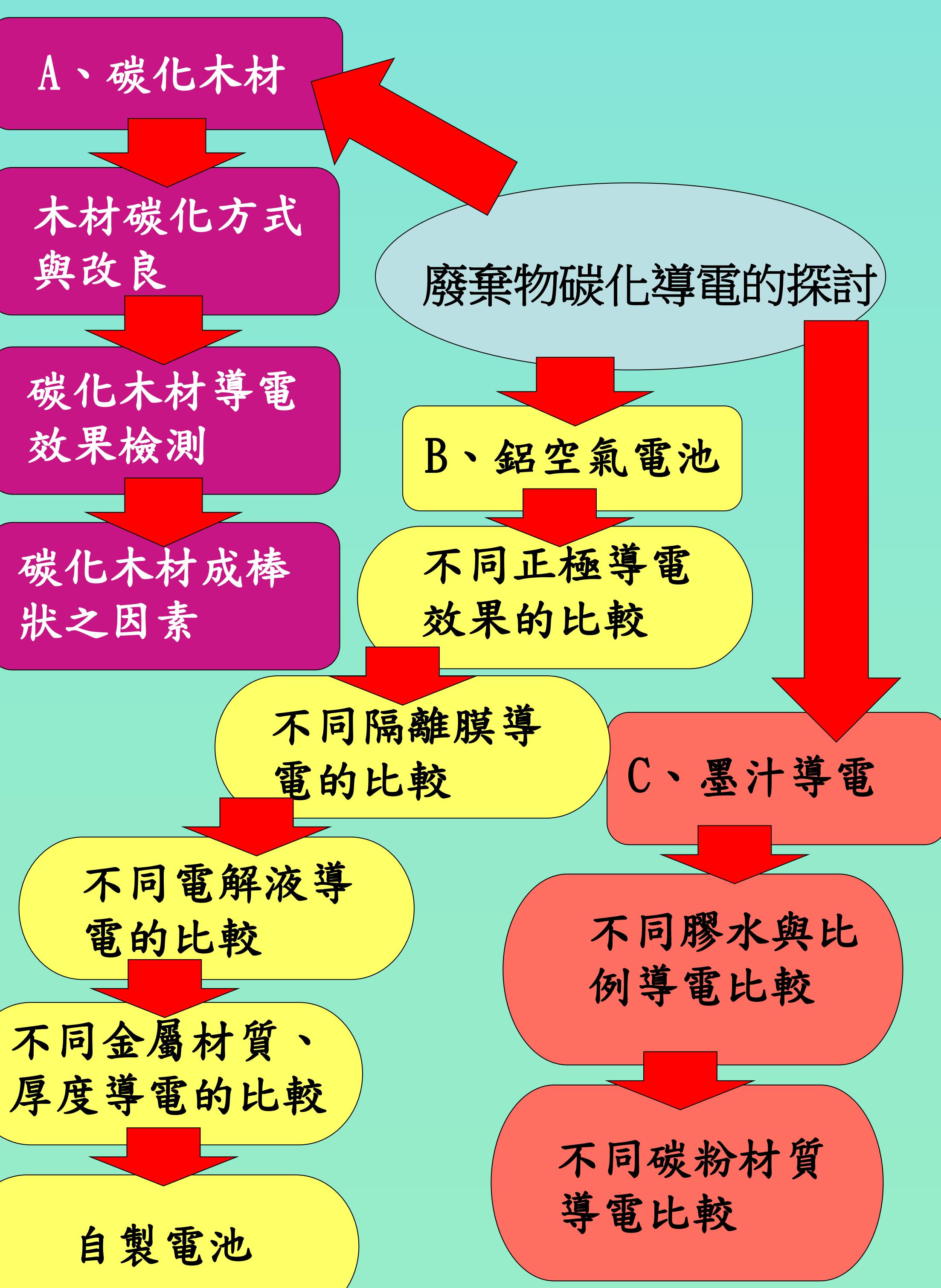
噴槍	卡式瓦斯瓶	溫度槍	篩網及研磨	磅秤	熱熔槍	三用電表
亮度計	鐵鎚	電源供應器	量筒和燒杯	車床	保溫磚、保溫石	棉質手套

二、實驗藥品及材料：

LED燈	竹炭	備長炭	顆粒活性碳	木質粉狀活性碳	木炭	椰炭
檸檬酸	小蘇打粉	石灰水	醋酸	食鹽	鋁箔紙	紅銅、黃銅、鋁片
蛋塔紙	碎紙	小葉欖仁	雜草	雙氧水	汽水	鹼性水
醬油	運動飲料	二氧化錳	澱粉	漿糊	膠水	白膠
抹布	餐巾紙	不織布	圖畫紙	A4紙		

參、研究過程及方法

一、研究架構



二、研究方法

A、碳化木材

【實驗A1】市購乾餾容器

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

我們發現乾餾的物質燃燒，大約要燒2小時，我們覺得很耗時且物質炭化不完全，所以我們改良乾餾設備

可能是溫度不夠高，物質炭化不完全且費時。

【實驗A2】自製乾餾容器

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

我們發現一次乾餾，若火力夠大，LED燈會亮，二次乾餾，火力燒到鋁箔通紅，LED燈會亮，我們覺得很費時，所以我們做操作改良。

(三)、討論

可能是溫度不夠高，物質炭化不完全且費時。

【實驗A3、A4】改良與再改良乾餾操作方法

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

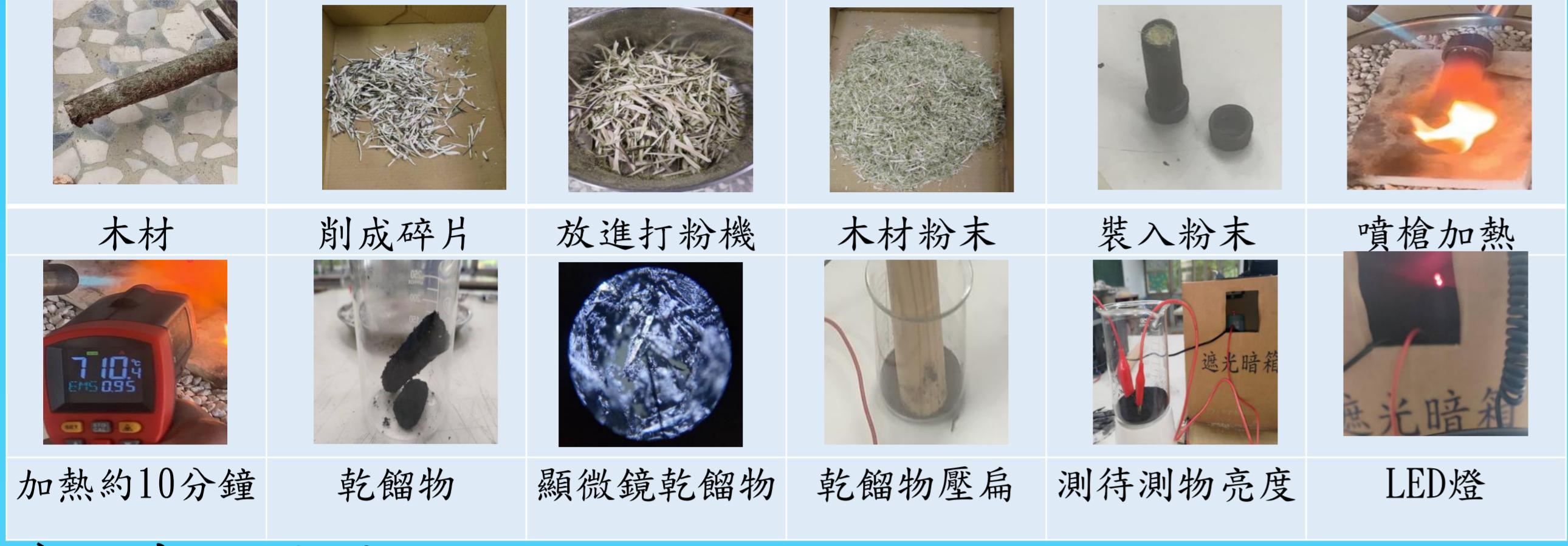
我們發現乾餾物，LED燈會亮，部分導電好，部分導電差，有些無法導電。

(三)、討論

木材乾餾時無法把3/4寸鐵管塞滿，有空隙有空氣，空氣是熱不良導體，所以乾餾後，乾餾物部分導電好，部分導電差，有些無法導電，我們做一下改良。

(四)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(五)、實驗結果

我們發現乾餾物，LED燈會亮。

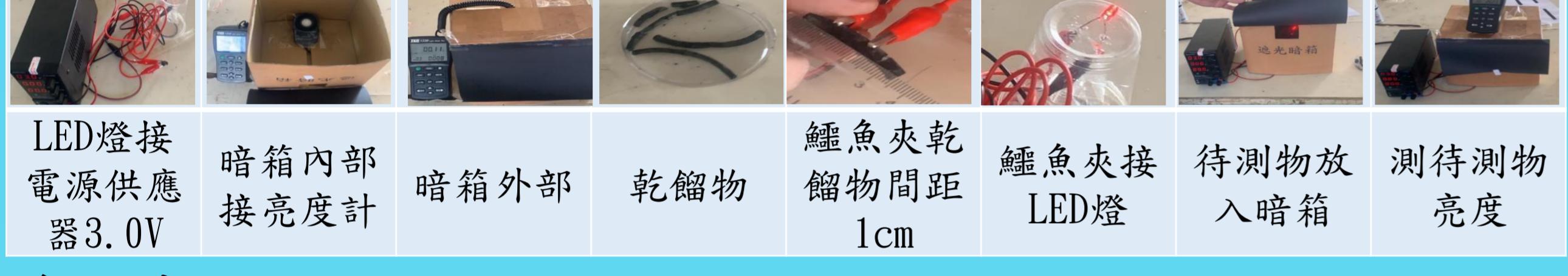
(六)、討論

木材粉末裝入3/4寸鐵管塞滿及壓緊，鐵管沒有空隙，沒有空氣，所以乾餾後，乾餾物全部導電良好。

【實驗A5、A6】製作與改良遮光暗箱

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

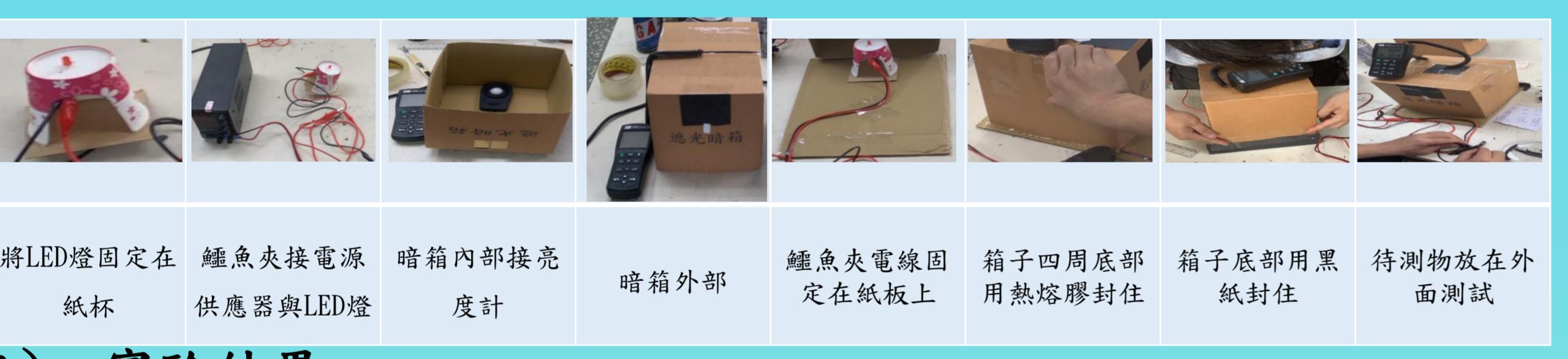
我們製作遮光暗箱測LED燈亮度，發現亮度計數值會不斷跳動。

(三)、討論

可能是箱子底部有透光且會移動，待測物接好再用遮光暗箱蓋住，可能LED燈線會移動，所以我們做一下改良

(四)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(五)、實驗結果

我們發現亮度計讀數不會跳動。

(六)、討論

可能將遮光暗箱底部用熱熔膠封住且用黑紙封住沒有光跑進去，鱷魚夾電線固定，待測物在遮光暗箱外測量，我們發現亮度計不會一直跳動且準確。

【實驗A7】探討廢棄物炭化導電

(一)、實驗流程圖

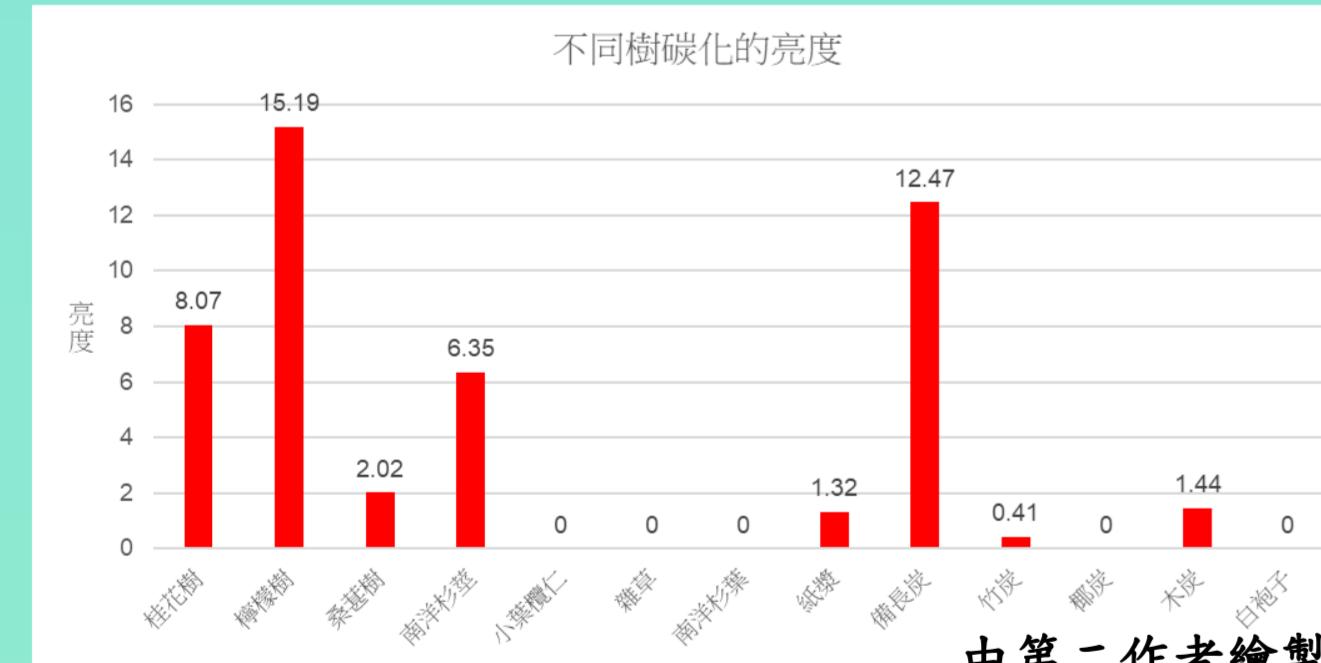
由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

桂花樹、剪樹枝當材料、一次乾餾、測LED燈、測電阻。

種類	桂花樹	檸檬樹	桑甚樹	南洋杉葉	小葉欖仁	雜草	南洋杉葉	紙漿	備長炭	竹炭	椰炭	木炭	白袍子
LED燈	亮	亮	亮	亮	亮	亮	亮	亮	亮	亮	不亮	亮	亮



- 備長炭電阻是0，椰炭電阻最大，測不出來。
- 電阻>1有雜草、小葉欖仁、南洋杉葉、白袍子。
- 我們發現檸檬樹亮度最大，椰炭目測不會亮。
- 雜草、小葉欖仁、南洋杉葉、白袍子，目測會亮但亮度計0。

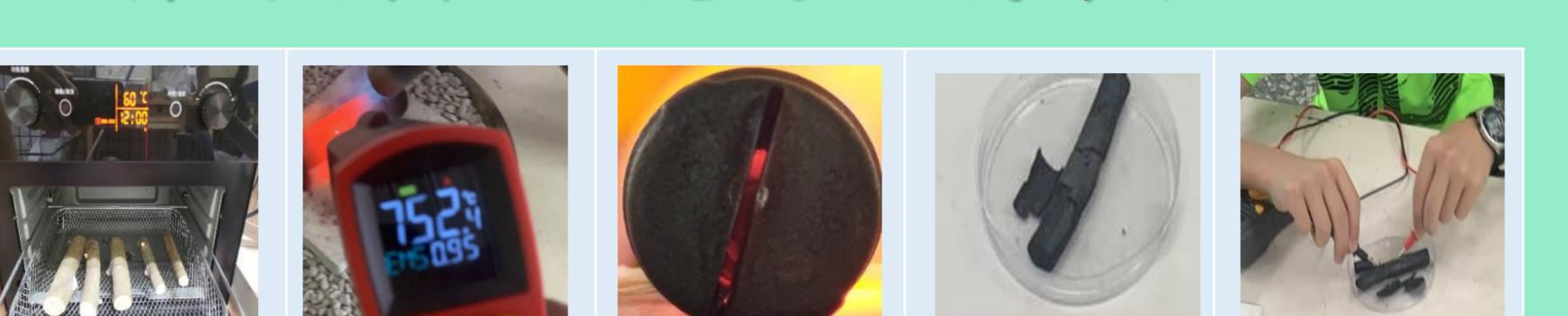
(三)、討論

- 亮度超過10的有檸檬樹、備長炭，可能較容易碳變成石墨結構。
- 我們發現電阻愈大亮度愈小，電阻>1，亮度就測不出來。
- 椰炭、落葉電阻無限大，雜草、小葉欖仁、南洋杉葉、白袍子目測會亮，但亮度計0；落葉亮度計0，可能是維管束碳化無法形成石墨結構。

【實驗A8】探討乾溼檸檬樹乾餾後是否成棒狀

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

	原本重量	烘乾8H後重量	乾餾後重量	是否成棒狀
乾燥檸檬樹	25.6	15.9	5.4	是
新鮮(濕)檸檬樹	17.9		3.7	是

- 我們輕敲檸檬樹乾燥的聲音是清脆，檸檬樹剛取下聲音是沉沉的。
- 乾燥檸檬樹：乾餾後檸檬樹兩端電阻測不出來，中間電阻比較低約0.1~0.2歐姆，乾餾前後相差10.5克，成棒狀。
- 新鮮檸檬樹：兩端電阻測不出來，中間電阻比較低約0.1~0.08歐姆，乾餾前後相差14.2克，成棒狀。

(三)、討論

- 可能是檸檬樹乾燥時水分少，敲擊聲較清脆，新鮮檸檬樹水分多，敲擊聲較沉悶。
- 檸檬樹兩端電阻測不出來，可能是兩端螺帽比較厚，溫度加熱慢，冷卻快的原因，所以乾或溼檸檬樹乾餾後都成棒狀。

【實驗A9】探討乾餾設備空隙導電情形

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

我們發現乾餾後檸檬樹2.4克，檸檬樹粉末1.6克，少了18克。中間電阻比較低約0.1~0.05歐姆，且減少重量越多電阻越少，越容易導電。電壓=1.24V，電流=3.3A，電功率=4.092

(三)、討論

木材乾餾器沒空氣，導熱效果比較好，碳化後電功率較高。

【實驗A10】探討有無樹皮是否成棒狀

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(三)、討論

無樹皮的支撐，所以炭化無法成棒狀

B、鋁空氣電池

【實驗B1】探討長度相同備長炭和竹炭導電變化

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

- 用三用電表測電流，發現電流會不固定，所以我們不用電流。
- 竹炭的電壓>備長炭的電壓
- 竹炭寬一半和竹炭寬沒減一半電壓差不多，所以跟表面積無關。

(三)、討論

- 我們實驗發現長度相同：竹炭的電壓>備長炭的電壓，我們猜測可能是跟表面積有關。
- 所以我們把竹炭寬一半再作測試，我們實驗發現長度相同竹炭寬一半和竹炭寬沒減一半電壓差不多，所以電壓跟表面積無關，可能是材質孔隙度有關，孔隙度愈多所含空氣中氧愈多。

【實驗B2】探討備長炭長短導電變化

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

備長炭愈長電壓愈大，但不成正比。

(三)、討論

我們實驗發現備長炭愈長電壓愈大，但不成正比，可能是跟材質孔隙有關，因為備長炭愈長炭化石墨結構愈多且孔隙愈多，電壓愈大。

【實驗B3】隔離膜高度不同導電變化

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



(二)、實驗結果

備長炭留愈短，電壓愈大，但不成正比。

(三)、討論

我們實驗發現隔離膜高度愈大，備長炭留愈短，電壓愈大，但不成正比。可能是跟電解液有關，電解液愈多包覆備長炭，備長炭中的氧氣接收電子發生還原變成氫氣根離子愈多，鋁的氧化與氧的還原形成一個氧化還原反應。

【實驗B4】隔離膜材質不同導電變化

(一)、實驗流程圖

由指導教師拍攝



