

屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(二)(環保與民生)

組 別：國小組

作品名稱：原始生活—校園廢料燃燒效能研究

關 鍵 詞：校園植物、廢料、燃燒（最多三個）

編號：A7052

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號：自報名系統報名完取得作品編號後，先填寫回作品封面上，再存成 docx 及 pdf 檔後再上存。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

作品名稱：原始生活－校園廢料燃燒效能研究

摘要（300字以內）

學校植物種類數量繁多，本研究想從校園內因維護環境整潔或日常使用消耗品而後產生的廢料去再加利用為燃料，然後去比較燃燒效能。在校園環境整理後所蒐集的樹木枝葉，經整理以大花紫薇、桃花心木、風鈴木三種為最合適，故選這三者為代表，挑選各植物其接近部位，經日曬後進行燃燒實驗比較；另外整理辦公室，經常處理到咖啡渣和茶葉渣，日曬乾後也依步驟進行額外實驗，燃燒定量廢料去提高水的溫度，結果發現：燃燒效能依序是桃花心木>大花紫薇>風鈴木>咖啡渣，而校園植物燃燒效能與其密度有正相關，同時也觀察到其燃燒的情形。

一、 研究動機

近年Discovery頻道原始生活21天節目收視長紅與露營風氣盛行，在其中常見各種生火、煮開水、燒營火的畫面，又見俄羅斯入侵烏克蘭戰爭，新聞畫面中，在寒冬裡，烏克蘭基本生活設施被破壞，一群難民，圍在篝火旁取暖的景象，另外在六上南一第二單元「熱和我們的生活」有學習到燃燒三要素，在上學期學校焗土窯活動，當時同學撿了許多樹枝放入窯中燃燒發現有些木頭較耐燒、有些火雖大，但燒得很快，而平常整理環境，同學整理樹枝時，有發現看起來體積大小差不多的樹枝，重量卻不相同，所以相做相關的實驗！

學校植物種類數量繁多（喬木樹種72類、共288棵），而在角落有堆積各種樹枝（營火晚會預備），所以考慮環保，想從校園內因維護環境整潔或日常使用消耗品而後產生的廢料，來研究，利用廢料為燃料，然後去研究比較燃燒效能，而學校環境整理後所蒐集的樹木枝葉，經整理以大花紫薇、桃花心木、風鈴木三種為最合適，故選這三者校園植物為代表，挑選各植物其接近部位，經日曬後進行燃燒實驗比較；另外整理辦公室時，經常處理到咖啡渣和茶葉渣，日曬乾後也依步驟進行額外實驗，進而去研究比較這些校園植物、廢料去燃燒的效能如何。

二、 研究目的

基於以上的研究動機，本研究將探討：大花紫薇、桃花心木、風鈴木、咖啡渣、茶葉渣這五種校園廢料。所以我們的研究目的有：

- 一、 探討三種校園植物：大花紫薇、桃花心木、風鈴木乾燥樹枝的密度
- 二、 探討燃燒定量大花紫薇乾燥樹枝使100毫升的水升高的溫度
- 三、 探討燃燒定量桃花心木乾燥樹枝使100毫升的水升高的溫度
- 四、 探討燃燒定量風鈴木乾燥樹枝使100毫升的水升高的溫度
- 五、 探討燃燒定量咖啡渣使100毫升的水升高的溫度

六、 探討燃燒茶葉渣使 100 毫升的水升高的溫度

七、 探討廢料經定時定量燃燒後，每公克可換多少卡的熱量，與三種校園植物密度的關係

三、 研究設備及器材

一、 五種校園廢料：



大花紫薇



大花紫薇乾燥樹枝



大花紫薇乾燥樹枝碎塊



桃花心木



桃花心木乾燥樹枝



桃花心木乾燥樹枝碎塊



風鈴木



風鈴木乾燥樹枝



風鈴木乾燥樹枝碎塊



咖啡包



咖啡豆



乾燥咖啡渣



茶葉包



茶葉渣

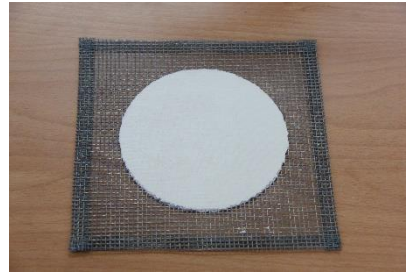


乾燥茶葉渣

二、 實驗器材：



量筒



陶瓷網



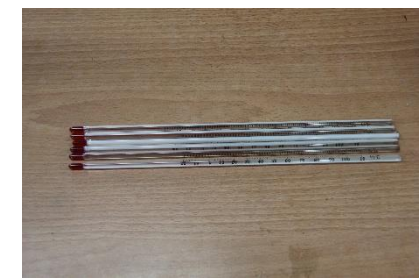
三角架



玻璃培養皿



電子秤



溫度計



鋼杯



瓦斯噴燈(教師操作)



水



小型電風扇



計時器



鑷子



電鋸(教師操作)



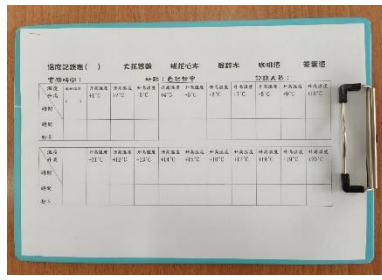
柴刀(教師操作)



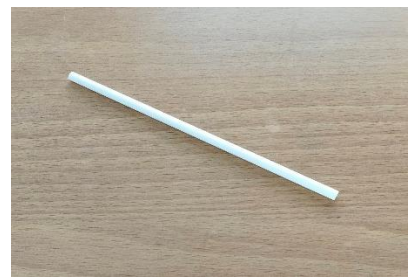
鋸子(教師操作)



紀錄表 1



紀錄表 2



攪拌棒

三、 實驗安全準備：



溼抹布



連鎖磚



水桶



滅火器



手套



隔熱鐵盤

四、 實驗紀錄設備



智慧型手機(計時、錄影)



照相機(拍照)

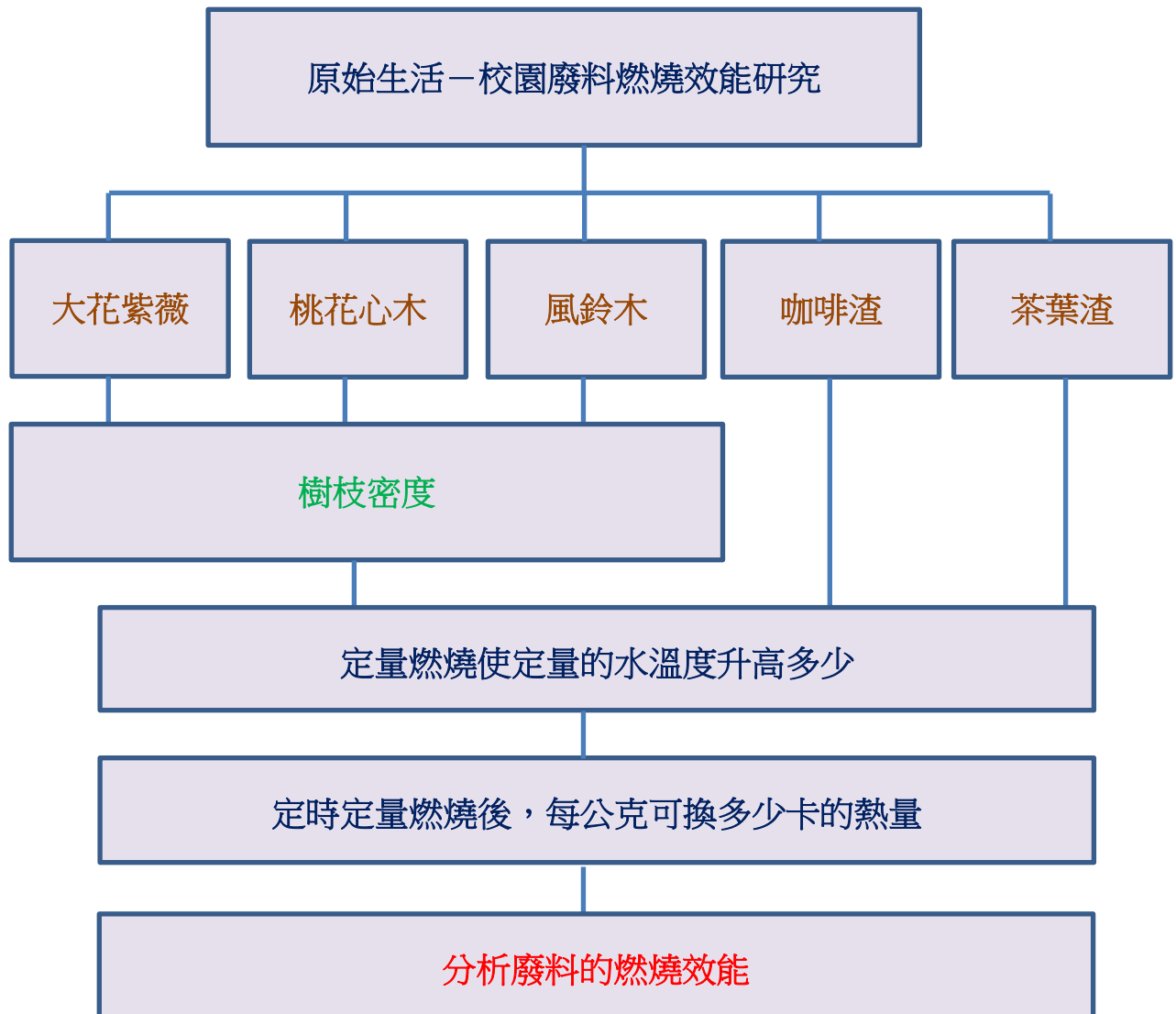


腳架

四、 研究過程與方法

針對前述研究目的，我們設計了實驗來進行探討。以下為我們每一項實驗的紀錄、結果分析與討論。

基於上述的研究動機，我們完成了以下的研究架構圖：



【研究目的一】探討三種校園植物：大花紫薇、桃花心木、風鈴木乾燥樹枝的密度

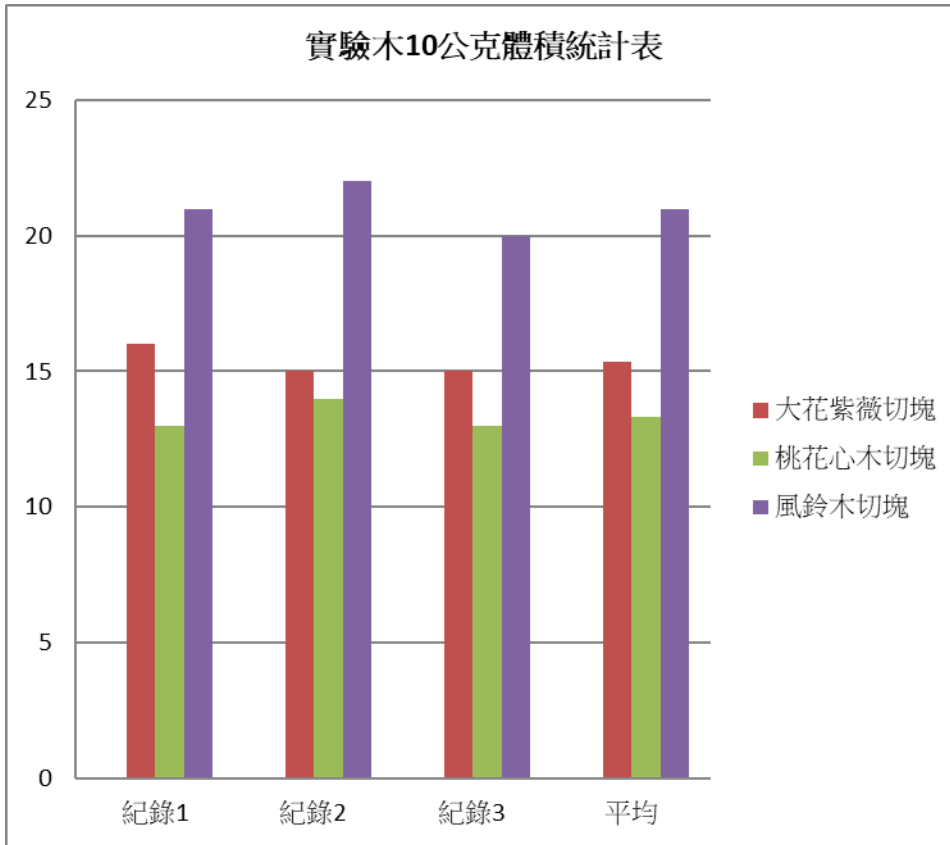
- 一、 研究假設：取大小較接近大花紫薇切塊、桃花心木切塊、風鈴木切塊各 5 個，分別經量測重量 10 公克後，放入裝有 50 毫升水的量筒中，密度愈小的，量筒水位愈高。
- 二、 實驗器材：大花紫薇切塊、桃花心木切塊、風鈴木切塊、電子秤、量筒、攪拌棒、水、紀錄表、照相機
- 三、 實驗步驟：
 1. 目視挑選小較接近大花紫薇切塊、桃花心木切塊、風鈴木切塊各 5 個。
 2. 分別將每種 5 個切塊放上電子秤上秤重，再經刀片削減成每份為 10 公克。
 3. 將每份大花紫薇切塊、桃花心木切塊、風鈴木切塊放入裝有 50 毫升水的量筒中量測，並記錄水位上升的高度。
 4. 如發生切塊上浮的情況，則利用攪拌棒將之移動卡住量筒。
 5. 計算大花紫薇切塊、桃花心木切塊、風鈴木的密度。



- 四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究操作 3 次，並將研究 3 次的數據平均。

量筒水位紀錄統計表

增加水位(毫升) 校園植物	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均
10 公克 大花紫薇切塊	16 毫升	15 毫升	15 毫升	15.3 毫升
10 公克 桃花心木切塊	13 毫升	14 毫升	13 毫升	13.3 毫升
10 公克 風鈴木切塊	21 毫升	22 毫升	20 毫升	21 毫升



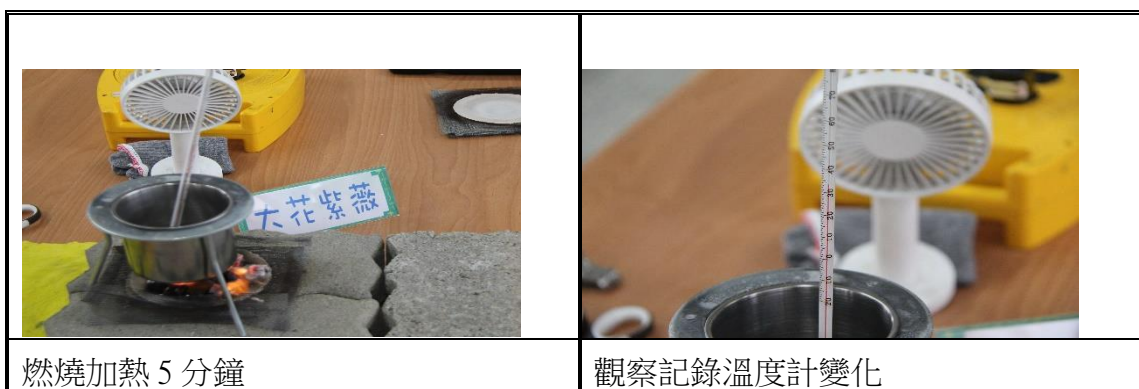
量筒水位紀錄統計表

增加體積(立方公分)	平均增加體積	密度(g/cm ³)
校園植物質量		
10公克 大花紫薇切塊	15.3 毫升	0.654 g/cm ³
10公克 桃花心木切塊	13.3 毫升	0.752 g/cm ³
10公克 風鈴木切塊	21 毫升	0.476 g/cm ³

◎密度 = 質量 ÷ 體積；1 公升的水質量為 1kg；1 cm³的水質量為 1 公克

【研究目的二】 探討燃燒定量大花紫薇乾燥樹枝使 100 毫升的水升高的溫度

- 一、 研究假設：將定量 20 公克的大花紫薇切塊，經燃燒後，再加熱鋼杯內的 100 毫升水，經過一段時間後，溫度會逐漸上升。
- 二、 實驗器材：大花紫薇切塊、電子秤、量筒、水、溫度計、計時器、三角架、鋼杯、陶瓷網、噴燈、連鎖磚、鐵盤、鑷子、小型風扇、紀錄表、照相機、手機(計時)、智慧手錶(計時)、手機(錄影)、腳架
- 三、 實驗步驟：
 1. 用電子秤，量測 20 公克的大花紫薇切塊，並於鋼杯內倒入 100 毫升水後，放入溫度計，測量起始溫度，再放、架置於三角架內。
 2. 將 20 公克的大花紫薇切塊放置於有折過的陶瓷網中，並放至連鎖磚鋪面上，放置小型可手持式風扇於定位，以固定風量送空氣往陶瓷網助燃。
 3. 使用噴燈(因有危險性，由教師操作)加熱大花紫薇切塊，並由一位同學倒數計時 1 分鐘後，將三角架、鋼杯其移至陶瓷網上方。
 4. 一位同學倒數手機計時與同步啟動計時器，加熱 5 分鐘，過程中並由另一同學回報每 1 度溫度上升情形，再由 2 位同學分別看著計時器，記錄溫度紀錄時間統計表(每 30 秒記錄溫度)、溫度上升紀錄統計表(每上升 1°C 記錄秒數)。
 5. 5 分鐘後，將燃燒餘燼，以鐵盤盛裝，送至電子秤上測量灰燼重量，並記錄。





測量燃燒後的餘燼重量

四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究操作 3 次，並將研究 3 次的數據平均，紀錄如下表，並繪製成折線圖。

20 克大花紫薇燃燒 5 分鐘溫度紀錄時間統計表

溫度記錄 時間	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均
0 秒 起始溫度	25°C	28°C	27°C	26.7°C
30 秒	31°C	30°C	31°C	30.7°C
60 秒 1 分鐘	35°C	33°C	33°C	33.7°C
90 秒	37°C	37°C	35°C	36.3°C
120 秒 2 分鐘	40°C	40°C	38°C	39.3°C
150 秒	41°C	43°C	41°C	41.7°C
180 秒 3 分鐘	43°C	48°C	44°C	45°C
210 秒	44°C	49°C	45°C	48°C
240 秒 4 分鐘	45°C	50°C	47°C	45.7°C
270 秒	46°C	51°C	48°C	48.3°C

300 秒
5 分鐘

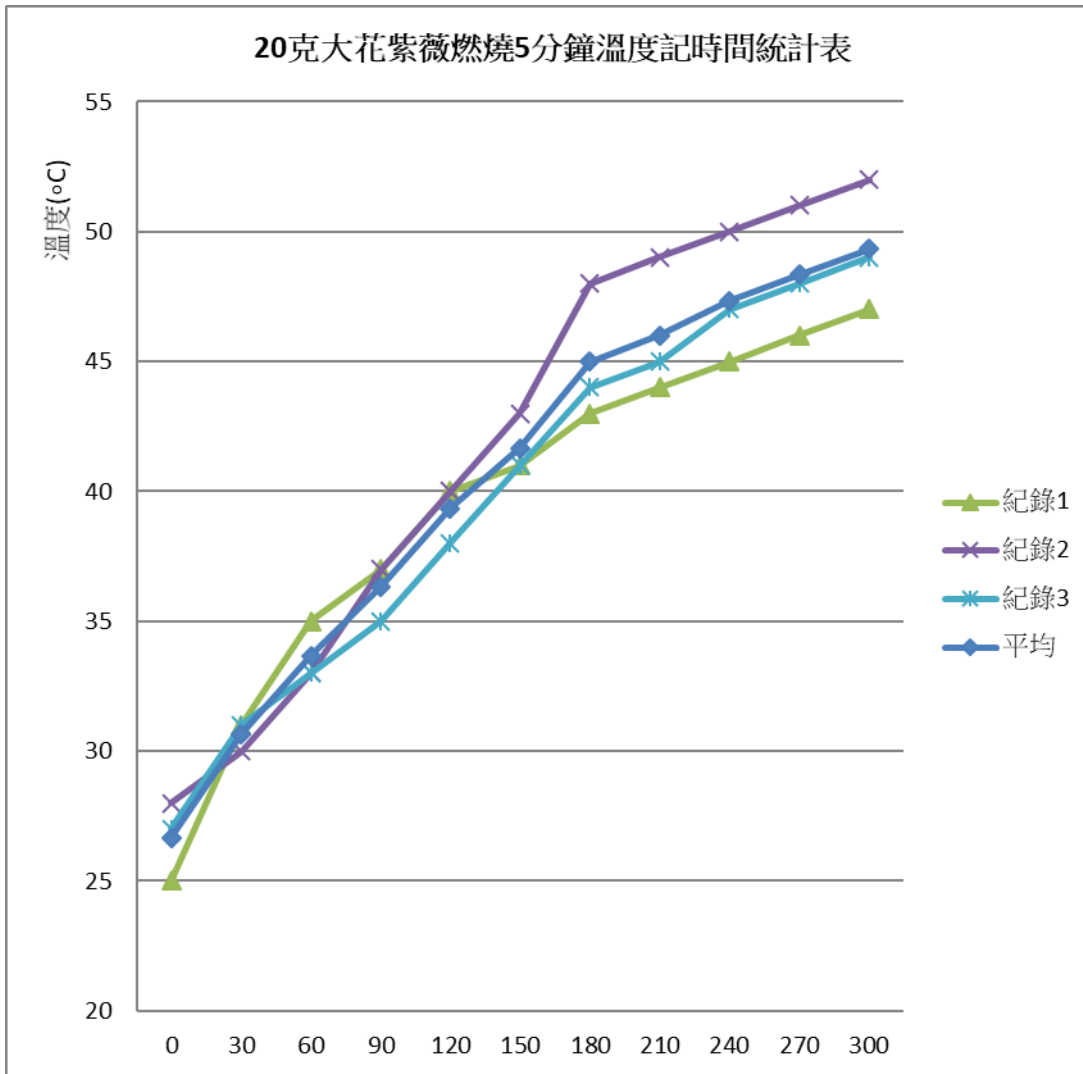
47°C

52°C

49°C

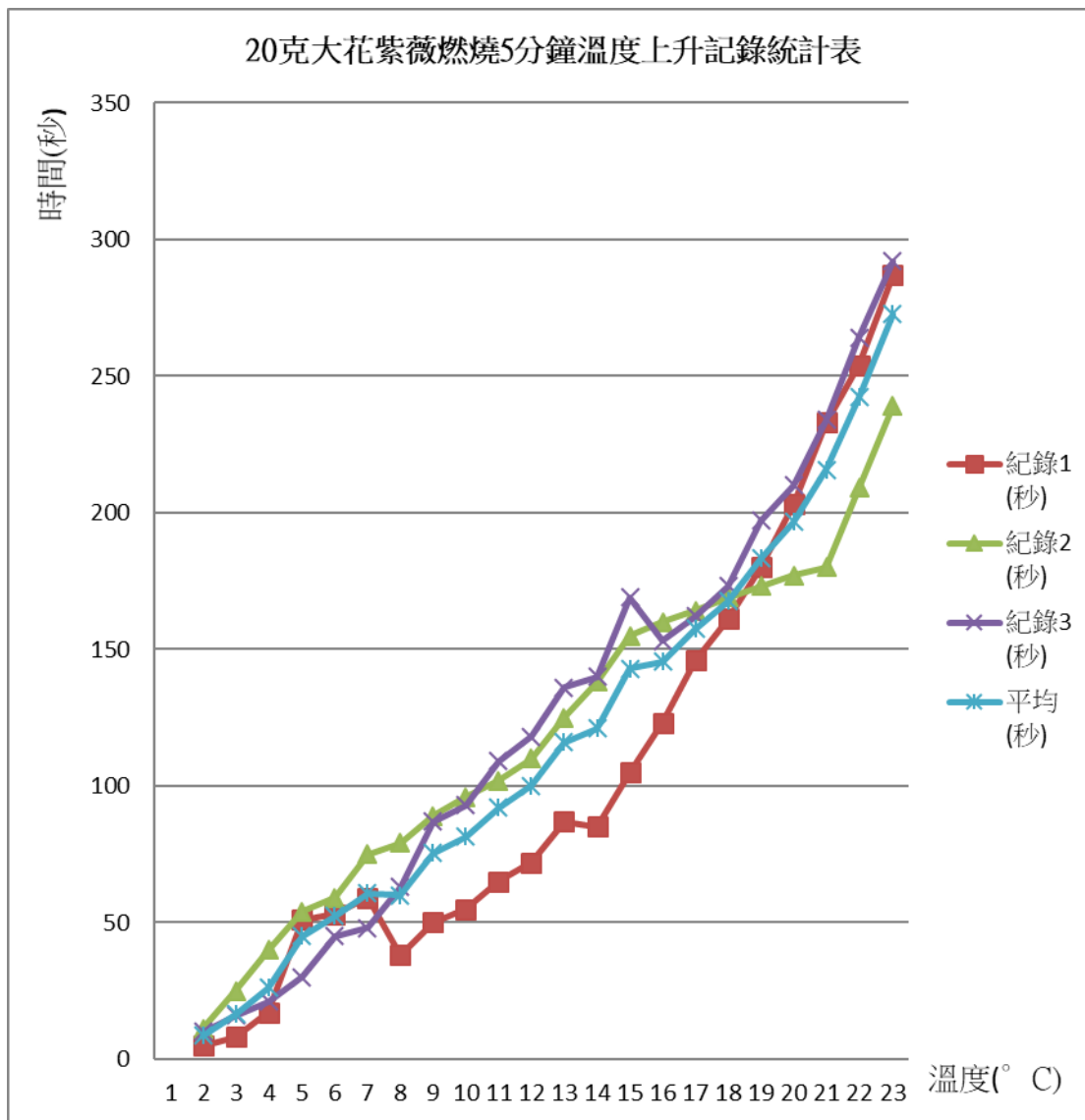
49.3°C

◎不含噴燈加熱 1 分鐘



20 克大花紫薇燃燒 5 分鐘溫度上升紀錄統計表

時間紀錄(秒)	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均
每升高 1°C 溫度 累計時間	起始溫度 25°C	起始溫度 28°C	起始溫度 27°C	26.7°C
升高溫度+1°C	5 秒	11 秒	10 秒	8.7 秒
升高溫度+2°C	8 秒	25 秒	16 秒	16.3 秒
升高溫度+3°C	17 秒	40 秒	21 秒	26 秒
升高溫度+4°C	21 秒	54 秒	30 秒	35 秒
升高溫度+5°C	26 秒	59 秒	45 秒	43.3 秒
升高溫度+6°C	29 秒	75 秒	58 秒	54 秒
升高溫度+7°C	38 秒	79 秒	63 秒	60 秒
升高溫度+8°C	50 秒	89 秒	87 秒	75.3 秒
升高溫度+9°C	55 秒	96 秒	93 秒	81.3 秒
升高溫度+10°C	65 秒	102 秒	109 秒	92 秒
升高溫度+11°C	72 秒	110 秒	118 秒	100 秒
升高溫度+12°C	87 秒	125 秒	126 秒	112.7 秒
升高溫度+13°C	95 秒	138 秒	140 秒	124.3 秒
升高溫度+14°C	105 秒	155 秒	149 秒	136.3 秒
升高溫度+15°C	123 秒	160 秒	153 秒	145.3 秒
升高溫度+16°C	146 秒	164 秒	162 秒	157.3 秒
升高溫度+17°C	161 秒	169 秒	173 秒	167.7 秒
升高溫度+18°C	180 秒	173 秒	197 秒	183.3 秒
升高溫度+19°C	203 秒	177 秒	210 秒	196.7 秒
升高溫度+20°C	233 秒	180 秒	234 秒	215.7 秒
升高溫度+21°C	254 秒	209 秒	264 秒	242.3 秒
升高溫度+22°C	287 秒	239 秒	292 秒	272.7 秒
升高溫度+23°C	×	268 秒	×	
升高溫度+24°C	×	300 秒	×	



【研究目的三】 探討燃燒定量桃花心木乾燥樹枝使 100 毫升的水升高的溫度

- 一、 研究假設：將定量 20 公克的桃花心木切塊，經燃燒後，再加熱鋼杯內的 100 毫升水，經過一段時間後，溫度會逐漸上升。
- 二、 實驗器材：桃花心木切塊、電子秤、量筒、水、溫度計、計時器、三角架、鋼杯、陶瓷網、噴燈、連鎖磚、鐵盤、鑷子、小型風扇、紀錄表、照相機、手機(計時)、智慧手錶(計時)、手機(錄影)、腳架
- 三、 實驗步驟：
 1. 用電子秤，量測 20 公克的桃花心木切塊，並於鋼杯內倒入 100 毫升水後，放入溫度計，測量起始溫度，再放、架置於三角架內。
 2. 將 20 公克的桃花心木切塊放置於有折過的陶瓷網中，並放至連鎖磚鋪面上，放置小型可手持式風扇於定位，以固定風量送空氣往陶瓷網助燃。
 3. 使用噴燈(因有危險性，由教師操作)加熱桃花心木切塊，並由一位同學倒數計時 1

分鐘後，將三角架、鋼杯其移至陶瓷網上方。

4. 一位同學倒數手機計時與同步啟動計時器，加熱 5 分鐘，過程中並由另一同學回報每 1 度溫度上升情形，再由 2 位同學分別看著計時器，記錄溫度紀錄時間統計表(每 30 秒記錄溫度)、溫度上升紀錄統計表(每上升 1°C 記錄秒數)。
5. 5 分鐘後，將燃燒餘燼，以鐵盤盛裝，送至電子秤上測量灰燼重量，並記錄。



測量切塊重量



使用噴燈加熱 1 分鐘



燃燒加熱 5 分鐘



觀察記錄溫度計變化



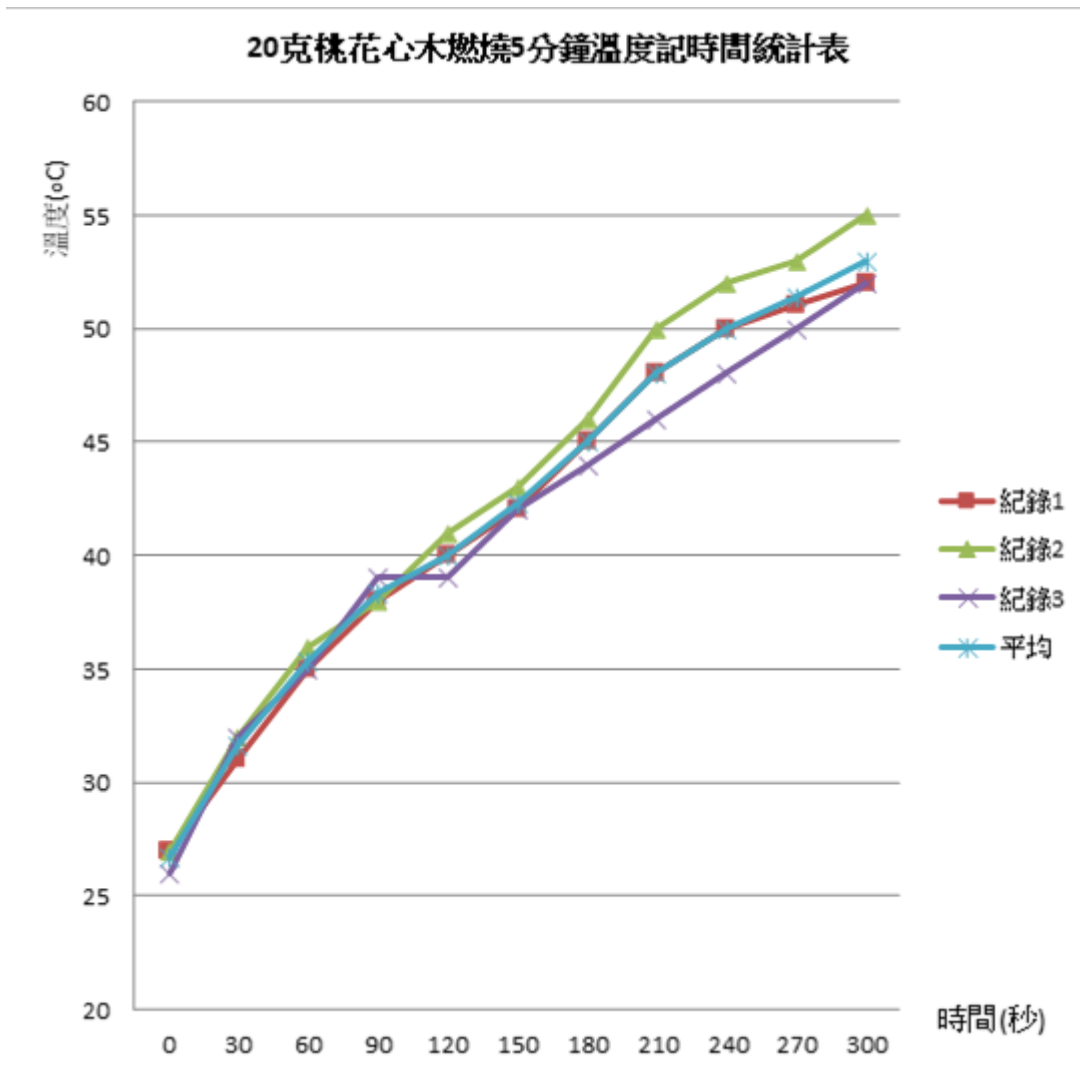
測量燃燒後的餘燼重量

四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究操作 3 次，並將研究 3 次的數據平均，紀錄如下表，並繪製成折線圖。

20 克桃花心木燃燒 5 分鐘溫度紀錄時間統計表

溫度紀錄 時間	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均
0 秒 起始溫度	27°C	27°C	26°C	26.7°C
30 秒	31°C	32°C	32°C	31.7°C
60 秒 1 分鐘	35°C	36°C	35°C	35.3°C
90 秒	38°C	38°C	37°C	37.7°C
120 秒 2 分鐘	40°C	41°C	39°C	40°C
150 秒	42°C	43°C	42°C	42.3°C
180 秒 3 分鐘	45°C	46°C	44°C	45°C
210 秒	48°C	50°C	46°C	48°C
240 秒 4 分鐘	50°C	52°C	48°C	50°C
270 秒	51°C	53°C	50°C	51.3°C
300 秒 5 分鐘	52°C	55°C	52°C	53°C

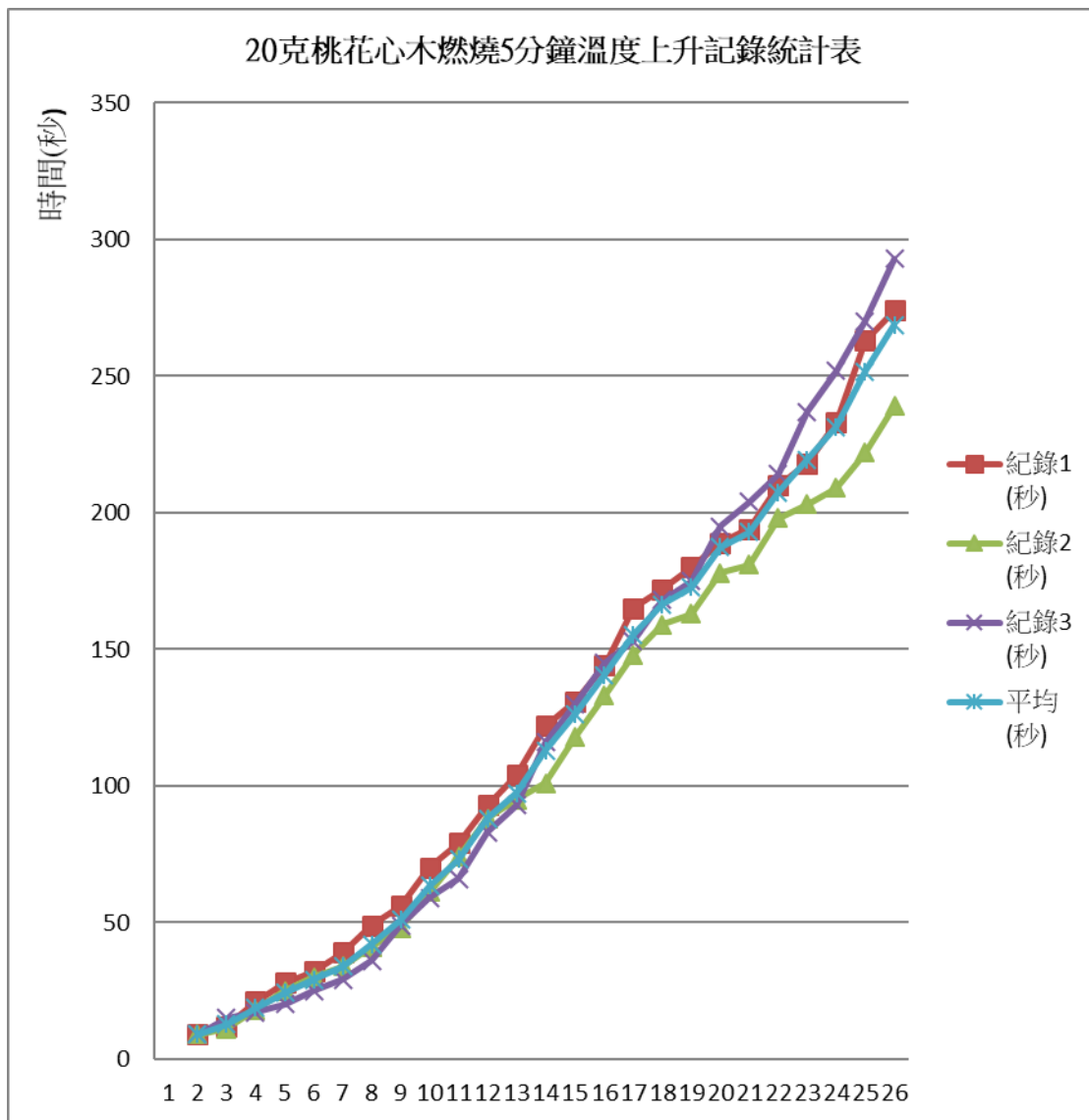
◎不含噴燈加熱 1 分鐘



20克桃花心木燃燒5分鐘溫度上升紀錄統計表

時間紀錄(秒)	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均
每升高 1°C 溫度 累計時間	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均
	起始溫度 27°C	起始溫度 27°C	起始溫度 26°C	26.7°C
升高溫度+1°C	9 秒	9 秒	9 秒	9 秒
升高溫度+2°C	12 秒	11 秒	15 秒	12.7 秒
升高溫度+3°C	21 秒	18 秒	17 秒	18.7 秒
升高溫度+4°C	28 秒	25 秒	20 秒	24.3 秒

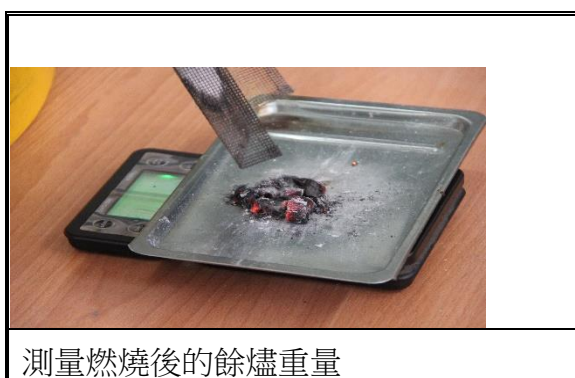
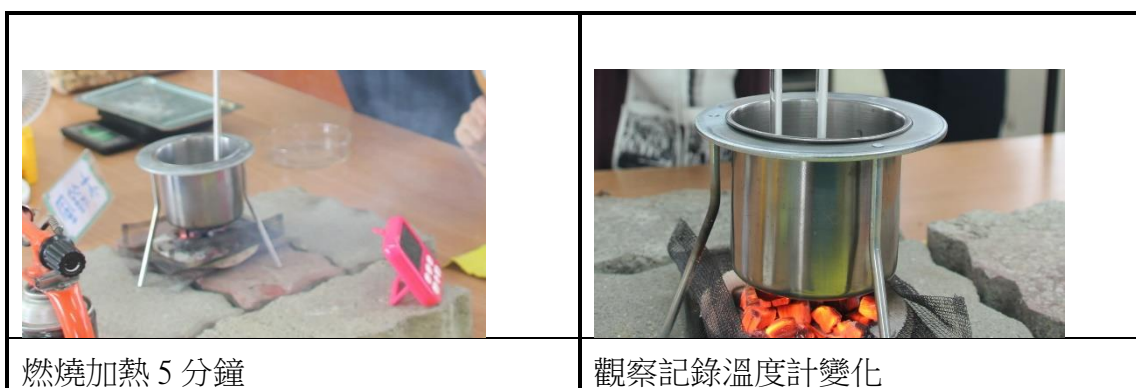
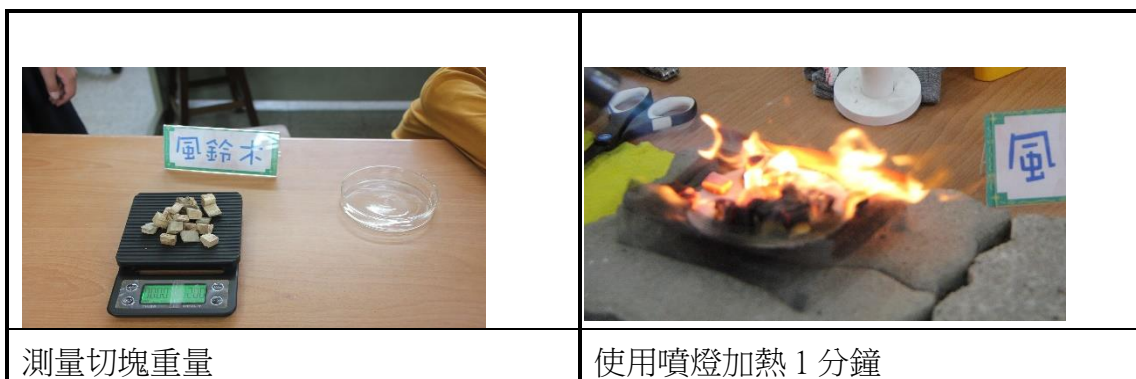
升高溫度+5°C	32 秒	30 秒	25 秒	29 秒
升高溫度+6°C	39 秒	34 秒	29 秒	34 秒
升高溫度+7°C	49 秒	41 秒	36 秒	42 秒
升高溫度+8°C	56 秒	48 秒	49 秒	51 秒
升高溫度+9°C	70 秒	61 秒	59 秒	63.3 秒
升高溫度+10°C	79 秒	74 秒	66 秒	73 秒
升高溫度+11°C	93 秒	88 秒	83 秒	88 秒
升高溫度+12°C	104 秒	95 秒	93 秒	97.3 秒
升高溫度+13°C	122 秒	101 秒	116 秒	113 秒
升高溫度+14°C	131 秒	118 秒	130 秒	126.3 秒
升高溫度+15°C	144 秒	133 秒	145 秒	140.7 秒
升高溫度+16°C	165 秒	148 秒	153 秒	155.3 秒
升高溫度+17°C	172 秒	159 秒	168 秒	166.3 秒
升高溫度+18°C	180 秒	162 秒	178 秒	173.3 秒
升高溫度+19°C	189 秒	178 秒	195 秒	187.3 秒
升高溫度+20°C	194 秒	181 秒	204 秒	193 秒
升高溫度+21°C	210 秒	198 秒	214 秒	207.3 秒
升高溫度+22°C	218 秒	203 秒	237 秒	219.3 秒
升高溫度+23°C	233 秒	209 秒	252 秒	231.3 秒
升高溫度+24°C	263 秒	222 秒	270 秒	251.7 秒
升高溫度+25°C	274 秒	239 秒	293 秒	268.7 秒
升高溫度+26°C	×	271 秒	300 秒	×
升高溫度+27°C	×	285 秒	×	×
升高溫度+28°C	×	295 秒	×	×



【研究目的四】 探討燃燒定量風鈴木乾燥樹枝使 100 毫升的水升高的溫度

- 一、 研究假設：將定量 20 公克的風鈴木切塊，經燃燒後，再加熱鋼杯內的 100 毫升水，經過一段時間後，溫度會逐漸上升。
- 二、 實驗器材：風鈴木切塊、電子秤、量筒、水、溫度計、計時器、三角架、鋼杯、陶瓷網、噴燈、連鎖磚、鐵盤、鑷子、小型風扇、紀錄表、照相機、手機(計時)、智慧手錶(計時)、手機(錄影)、腳架
- 三、 實驗步驟：
 1. 用電子秤，量測 20 公克的風鈴木切塊，並於鋼杯內倒入 100 毫升水後，放入溫度計，測量起始溫度，再放、架置於三角架內。
 2. 將 20 公克的風鈴木切塊放置於有折過的陶瓷網中，並放至連鎖磚鋪面上，放置小型可手持式風扇於定位，以固定風量送空氣往陶瓷網助燃。

3. 使用噴燈(因有危險性，由教師操作)加熱風鈴木切塊，並由一位同學倒數計時 1 分鐘後，將三角架、鋼杯其移至陶瓷網上方。
4. 一位同學倒數手機計時與同步啟動計時器，加熱 5 分鐘，過程中並由另一同學回報每 1 度溫度上升情形，再由 2 位同學分別看著計時器，記錄溫度紀錄時間統計表(每 30 秒記錄溫度)、溫度上升紀錄統計表(每上升 1°C 記錄秒數)。
5. 5 分鐘後，將燃燒餘燼，以鐵盤盛裝，送至電子秤上測量灰燼重量，並記錄。



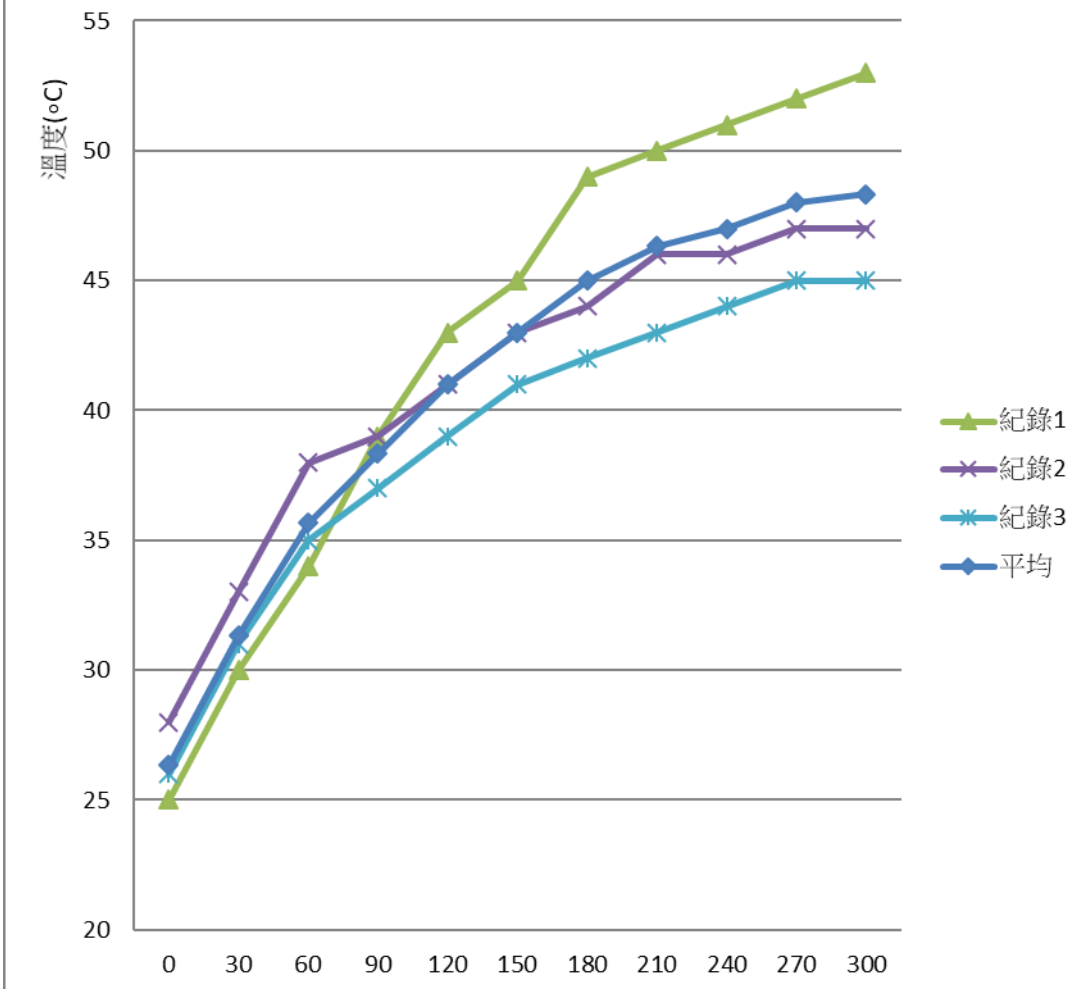
四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究操作 3 次，並將研究 3 次的數據平均，紀錄如下表，並繪製成折線圖。

20 克風鈴木燃燒 5 分鐘溫度紀錄時間統計表

溫度紀錄 時間	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均
0 秒 起始溫度	25°C	28°C	26°C	26.3C
30 秒	30°C	33°C	31°C	31.3°C
60 秒 1 分鐘	34°C	38°C	35°C	35.7°C
90 秒	39°C	39°C	37°C	38.3°C
120 秒 2 分鐘	43°C	41°C	39°C	41°C
150 秒	46°C	43°C	41°C	43.3°C
180 秒 3 分鐘	49°C	44°C	42°C	45°C
210 秒	50°C	46°C	43°C	48°C
240 秒 4 分鐘	51°C	46°C	44°C	46.3°C
270 秒	52°C	47°C	45°C	48°C
300 秒 5 分鐘	53°C	47°C	45°C	48.3°C

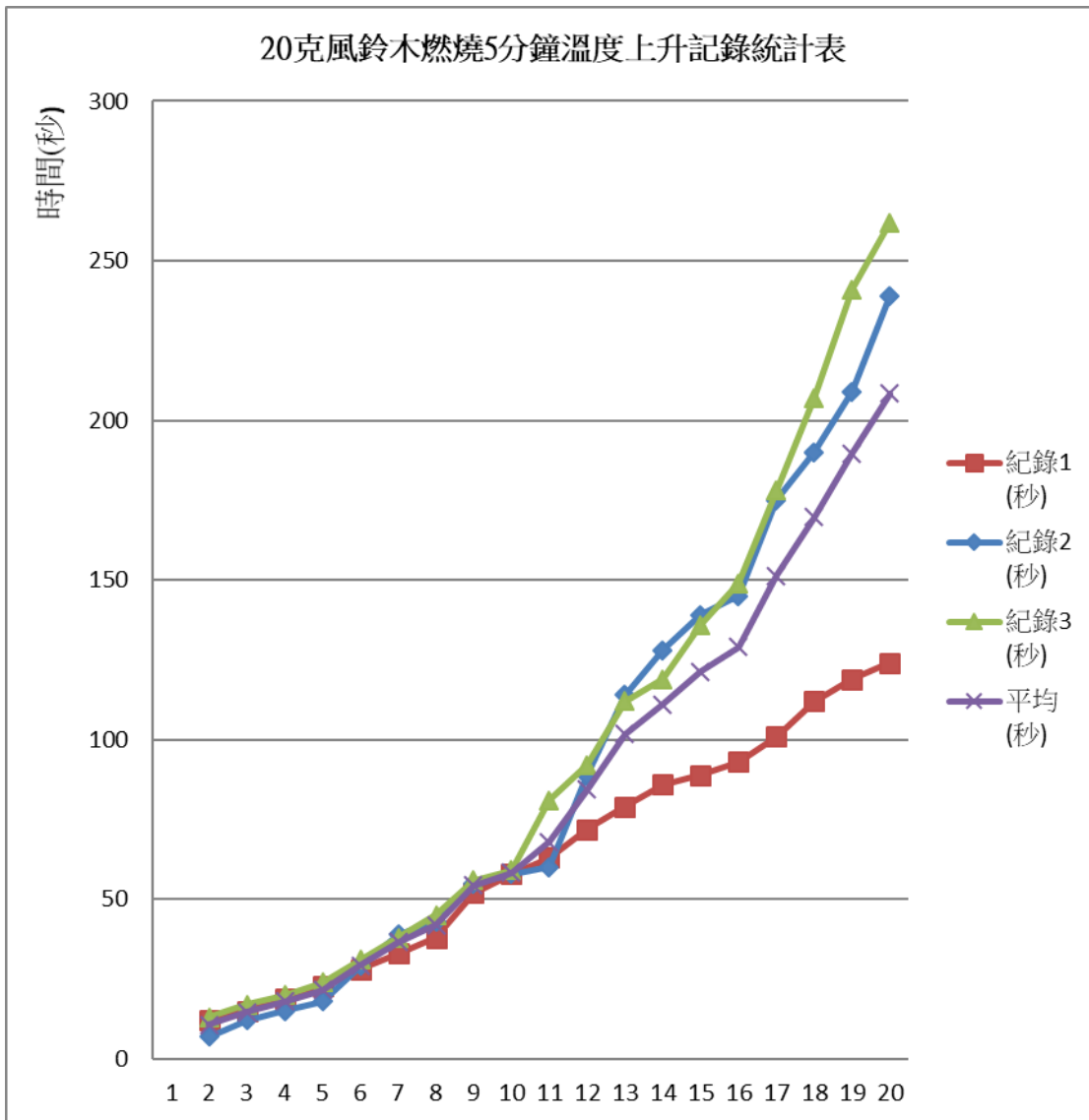
◎不含噴燈加熱 1 分鐘

20克風鈴木燃燒5分鐘溫度記時間統計表



20 克風鈴木燃燒 5 分鐘溫度上升記錄統計表

時間紀錄(秒) 每升高 1°C 溫度 累計時間	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均
	起始溫度 25°C	起始溫度 28°C	起始溫度 26°C	26.7°C
升高溫度+1°C	12 秒	7 秒	13 秒	9 秒
升高溫度+2°C	15 秒	12 秒	17 秒	12.7 秒
升高溫度+3°C	19 秒	15 秒	20 秒	18.7 秒
升高溫度+4°C	23 秒	18 秒	24 秒	24.3 秒
升高溫度+5°C	28 秒	29 秒	31 秒	29 秒
升高溫度+6°C	33 秒	39 秒	38 秒	34 秒
升高溫度+7°C	38 秒	43 秒	45 秒	42 秒
升高溫度+8°C	52 秒	55 秒	56 秒	54.3 秒
升高溫度+9°C	58 秒	58 秒	59 秒	58.3 秒
升高溫度+10°C	63 秒	60 秒	81 秒	68 秒
升高溫度+11°C	72 秒	89 秒	92 秒	84.3 秒
升高溫度+12°C	79 秒	114 秒	112 秒	101.7 秒
升高溫度+13°C	86 秒	128 秒	119 秒	111 秒
升高溫度+14°C	89 秒	139 秒	136 秒	121.3 秒
升高溫度+15°C	93 秒	145 秒	149 秒	129 秒
升高溫度+16°C	101 秒	175 秒	178 秒	151.3 秒
升高溫度+17°C	112 秒	190 秒	207 秒	169.7 秒
升高溫度+18°C	119 秒	209 秒	241 秒	189.7 秒
升高溫度+19°C	124 秒	239 秒	262 秒	208.3 秒
升高溫度+20°C	134 秒	×	×	×
升高溫度+21°C	147 秒	×	×	×
升高溫度+22°C	156 秒	×	×	×
升高溫度+23°C	173 秒	×	×	×
升高溫度+24°C	180 秒	×	×	×
升高溫度+25°C	193 秒	×	×	×
升高溫度+26°C	219 秒	×	×	×
升高溫度+27°C	259 秒	×	×	×
升高溫度+28°C	298 秒	×	×	×



【研究目的五】 探討燃燒定量咖啡渣使 100 毫升的水升高的溫度

- 一、 研究假設：將定量 20 公克的咖啡渣，經燃燒後，再加熱鋼杯內的 100 毫升水，經過一段時間後，溫度會逐漸上升。
- 二、 實驗器材：咖啡渣、電子秤、量筒、水、溫度計、計時器、三角架、鋼杯、陶瓷網、噴燈、連鎖磚、鐵盤、鑷子、小型風扇、紀錄表、照相機、手機(計時)、智慧手錶(計時)、手機(錄影)、腳架
- 三、 實驗步驟：
 1. 用電子秤，量測 20 公克的咖啡渣，並於鋼杯內倒入 100 毫升水後，放入溫度計，測量起始溫度，再放、架置於三角架內。
 2. 將 20 公克的咖啡渣放置於有折過的陶瓷網中，並放至連鎖磚鋪面上，放置小型可手持式風扇於定位，以固定風量送空氣往陶瓷網助燃。

3. 使用噴燈(因有危險性,由教師操作)加熱咖啡渣,並由一位同學倒數計時 1 分鐘後,將三角架、鋼杯其移至陶瓷網上方。
4. 一位同學倒數手機計時與同步啟動計時器,加熱 5 分鐘,過程中並由另一同學回報每 1 度溫度上升情形,再由 2 位同學分別看著計時器,記錄溫度紀錄時間統計表(每 30 秒記錄溫度)、溫度上升紀錄統計表(每上升 1°C 記錄秒數)。
5. 5 分鐘後,將燃燒餘燼,以鐵盤盛裝,送至電子秤上測量灰燼重量,並記錄。



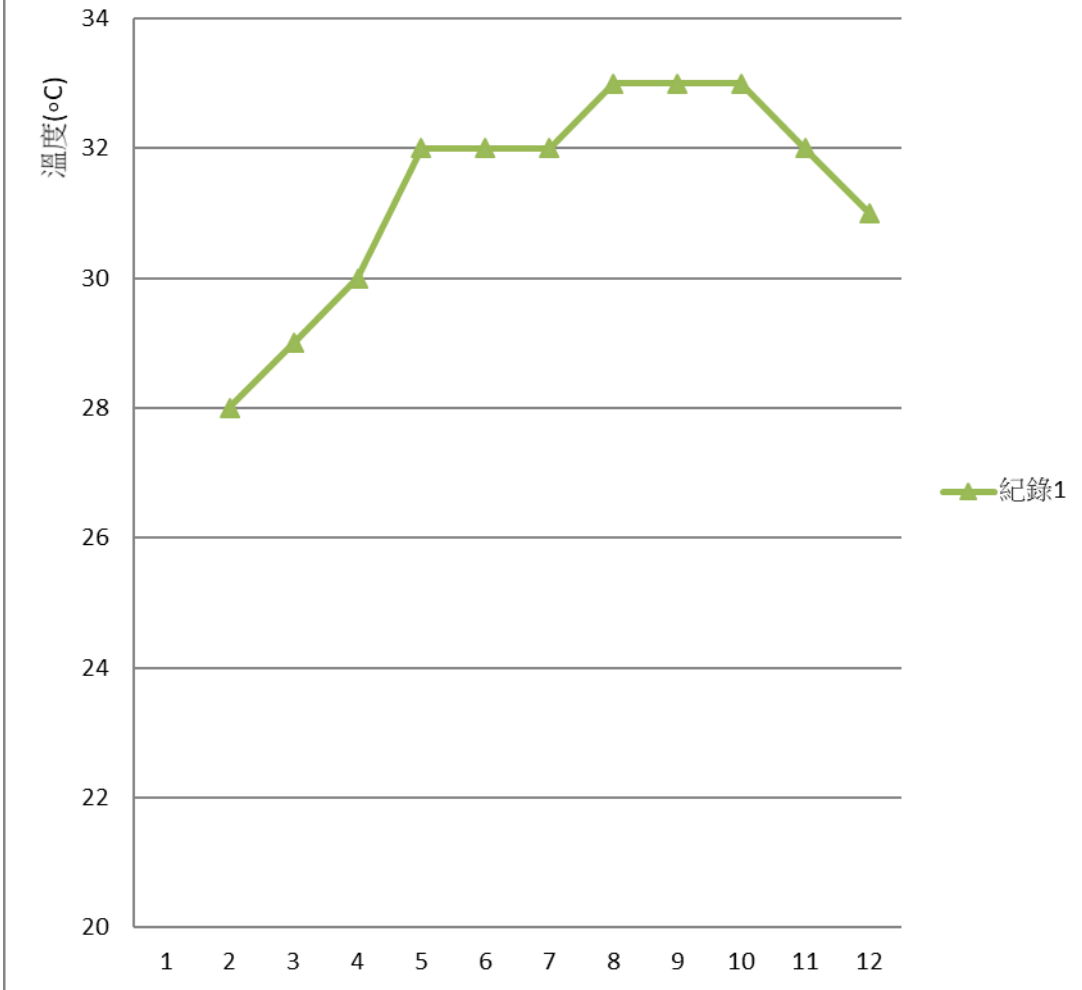
四、 實驗記錄：本研究操作 1 次後，因升上溫度為 5 度，且有濃煙過大與碎屑噴飛的問題，易造成危險，故僅實驗一次，紀錄如下表，並繪製成折線圖。

20 克咖啡渣燃燒 5 分鐘溫度紀錄時間統計表

溫度紀錄 時間	紀錄 1
0 秒 起始溫度	28°C
30 秒	29°C
60 秒 1 分鐘	30°C
90 秒	32°C
120 秒 2 分鐘	32°C
150 秒	32°C
180 秒 3 分鐘	33°C
210 秒	33°C
240 秒 4 分鐘	33°C
270 秒	32°C
300 秒 5 分鐘	31°C

◎不含噴燈加熱 1 分鐘

20克咖啡渣燃燒5分鐘溫度記時間統計表



20克咖啡渣燃燒5分鐘溫度上升記錄統計表

時間紀錄(秒)	紀錄 1
每升高 1°C 溫度 累計時間	紀錄 1
	起始溫度
	28°C
升高溫度+1°C	24 秒
升高溫度+2°C	57 秒
升高溫度+3°C	77 秒
升高溫度+4°C	89 秒
升高溫度+5°C	160 秒

【研究目的六】探討燃燒茶葉渣使 100 毫升的水升高的溫度

- 一、 研究假設：將定量 20 公克的茶葉渣，經燃燒後，再加熱鋼杯內的 100 毫升水，經過一段時間後，溫度會逐漸上升。
- 二、 實驗器材：茶葉渣、電子秤、量筒、水、溫度計、計時器、三角架、鋼杯、陶瓷網、噴燈、連鎖磚、鐵盤、鑷子、小型風扇、紀錄表、照相機、手機(計時)、智慧手錶(計時)、手機(錄影)、腳架
- 三、 實驗步驟：
 1. 用電子秤，量測 20 公克的茶葉渣，並於鋼杯內倒入 100 毫升水後，放入溫度計，測量起始溫度，再放、架置於三角架內。
 2. 將 20 公克的咖啡渣放置於有折過的陶瓷網中，並放至連鎖磚鋪面上，放置小型可手持式風扇於定位，以固定風量送空氣往陶瓷網助燃。
 3. 使用噴燈(因有危險性，由教師操作)加熱咖啡渣，並由一位同學倒數計時 1 分鐘後，將三角架、鋼杯其移至陶瓷網上方。
 4. 一位同學倒數手機計時與同步啟動計時器，加熱 5 分鐘，過程中並由另一同學回報每 1 度溫度上升情形，再由 2 位同學分別看著計時器，記錄溫度紀錄時間統計表(每 30 秒記錄溫度)、溫度上升紀錄統計表(每上升 1°C 記錄秒數)。
 5. 5 分鐘後，將燃燒餘燼，以鐵盤盛裝，送至電子秤上測量灰燼重量，並記錄。
- 四、 實驗記錄：本研究操作 1 次後，因在使用噴燈(因有危險性，由教師操作)加熱茶葉渣時，經過 57 秒後，茶葉渣燃燒近殆盡，其灰燼有到處噴飛的問題，易造成危險，故僅實驗一次，無法做記錄。



【研究目的七】 探討廢料經定時定量燃燒後，每公克可換多少卡的熱量，與三種校園植物密度的關係

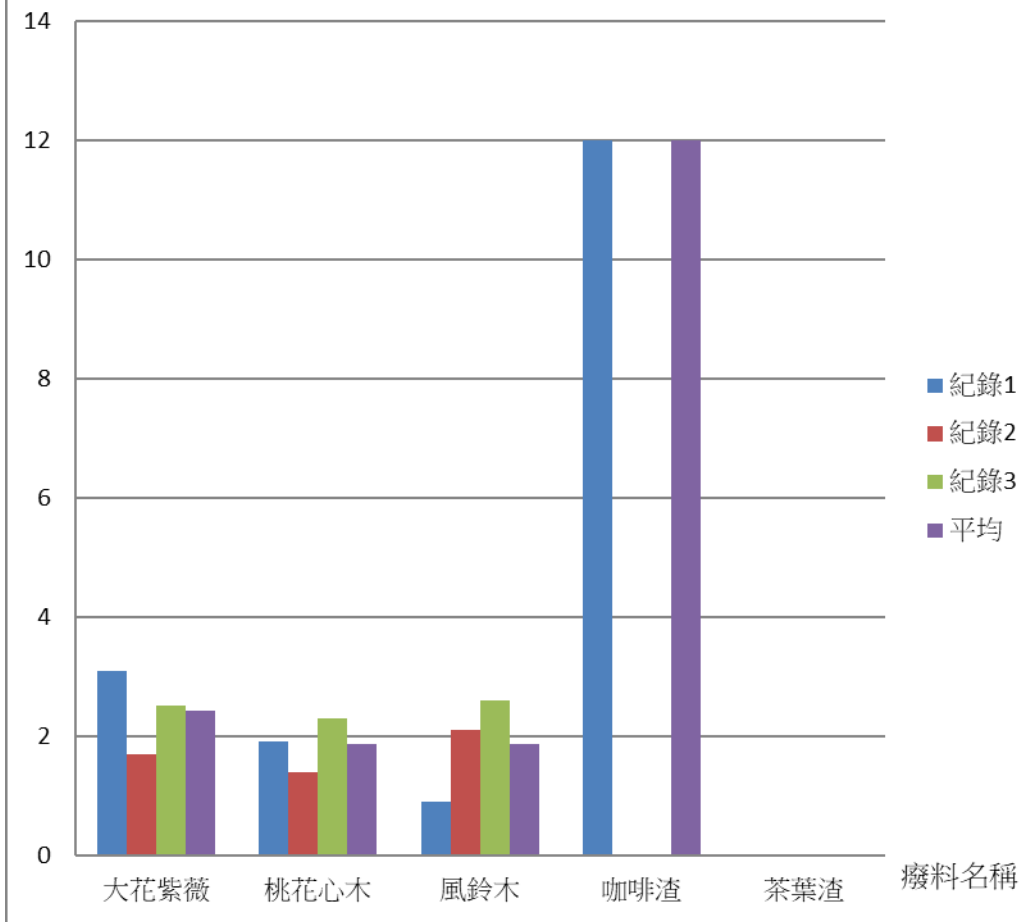
- 一、 實驗假設：五種校園廢料中，其定時定量燃燒後，消失的重量愈多，可使得 100 毫升的水溫度愈高。
- 二、 實驗器材：溫度紀錄時間統計表(每 30 秒記錄溫度)、溫度上升紀錄統計表(每上升 1°C 記錄秒數)
- 三、 實驗步驟：
 1. 將大花紫薇、桃花心木、風鈴木、咖啡渣、茶葉渣的溫度記錄表中的餘燼重量重新登錄於表格中。
 2. 計算五種校園廢料，平均每公克，可以升高的溫度，並換算成熱量。
 3. 計算記錄並進行統計分析。
- 四、 實驗記錄：將數據表格整理如下，並產生分析圖。

燃燒 5 分鐘後餘燼重量統計表

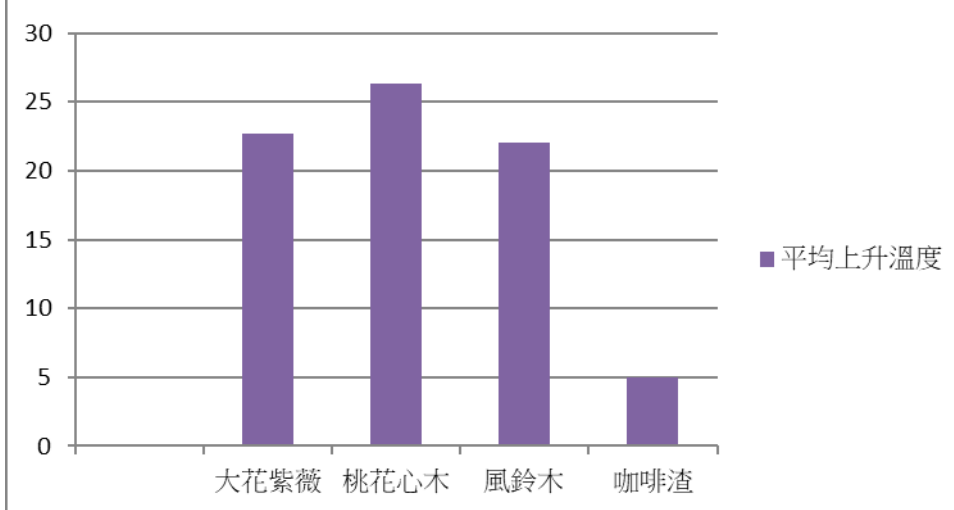
餘燼重量(公克)					燃燒掉	平均上	每克所	每 1 克
廢料名稱	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	平均	的平均	升溫度	上升的	產生的
					重量	溫度	溫度	熱量
20 公克 大花紫薇	3.1 公克	1.7 公克	2.5 公克	2.43 公克	17.57 公克	22.67°C	1.29°C	1.29 卡
20 公克 桃花心木	1.9 公克	1.4 公克	2.3 公克	1.87 公克	18.13 公克	26.3°C	1.45°C	1.45 卡
20 公克 風鈴木	0.9 公克	2.1 公克	2.6 公克	1.87 公克	18.13 公克	22°C	1.21°C	1.21 卡
20 公克 咖啡渣	12 公克	×	×	12 公克	8 公克	5°C	0.63°C	0.63 卡
20 公克 茶葉渣	×	×	×	×	×	×	×	×

◎1 卡(1 calorie)就是在 1 大氣壓下，將 1 c.c. 的水升高 1 °C 所需要的熱量

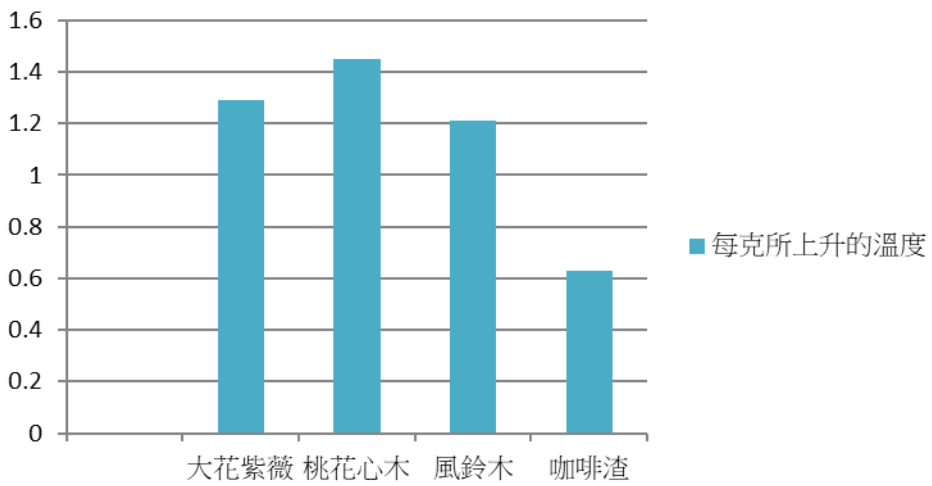
實驗廢料燃燒5分鐘後餘燼重量統計表(每項皆為20g重)



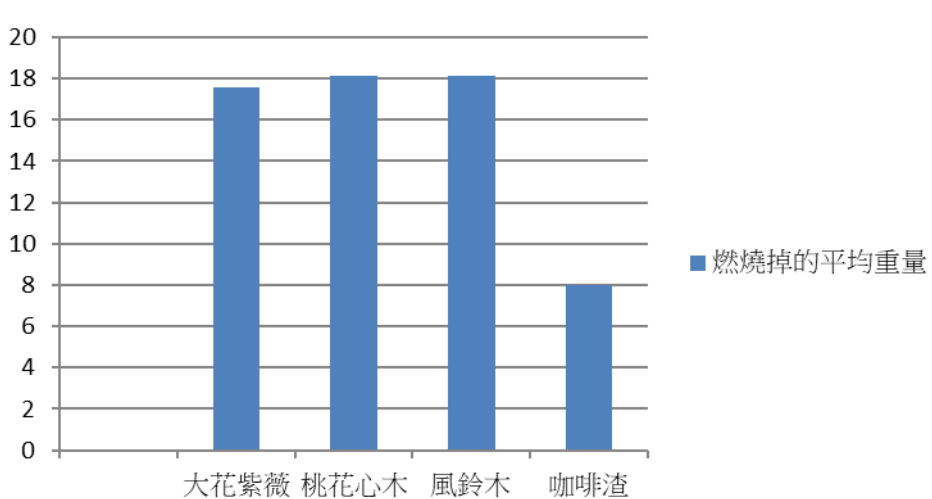
實驗廢料燃燒5分鐘後平均上升溫度



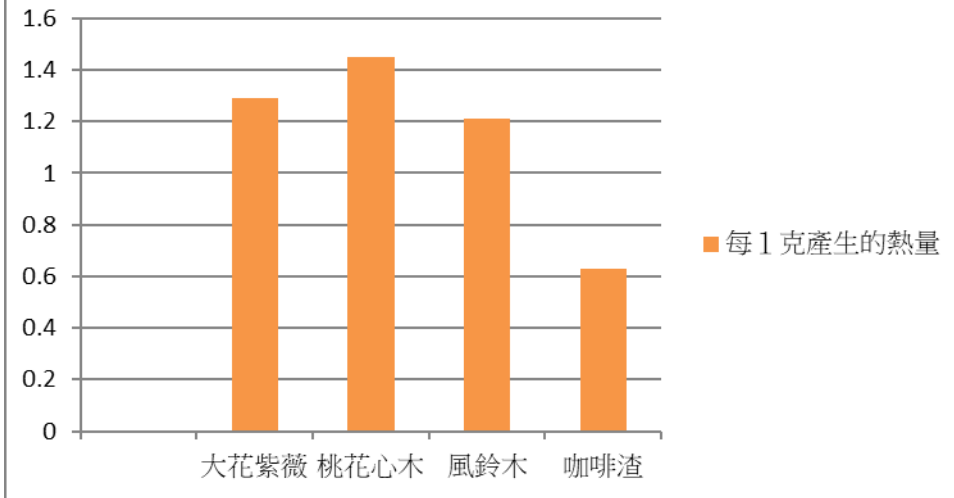
實驗廢料燃燒5分鐘後燃燒平均每1g所上升的溫度



實驗廢料燃燒5分鐘後燃燒掉的平均重量



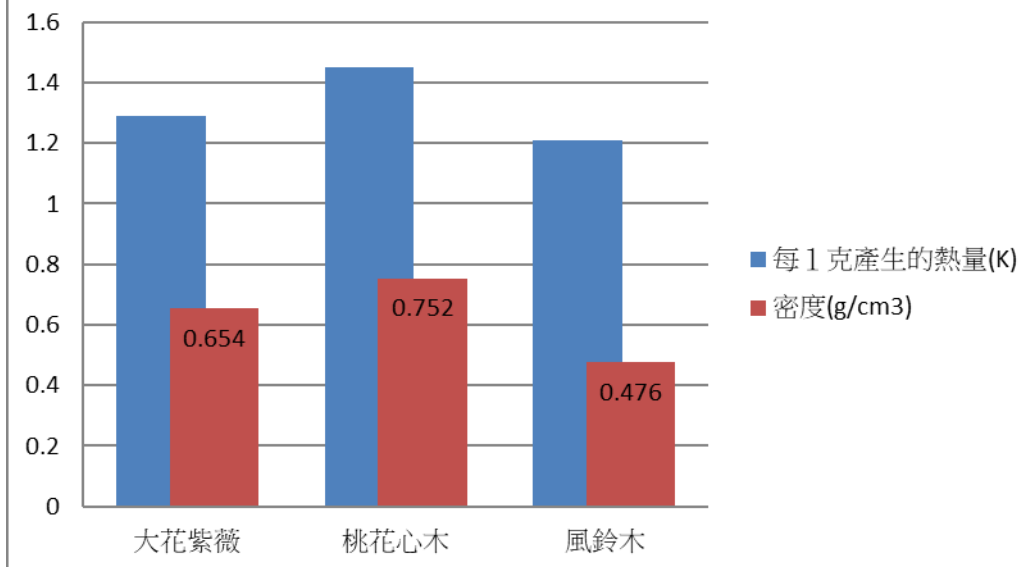
實驗廢料燃燒5分鐘每1g所產生的熱量



校園植物每 1 克產生的熱量與密度統計表

植物名稱	每 1 克產生的熱量	密度(g/cm ³)
大花紫薇	1.29 卡	0.654 g/cm ³
桃花心木	1.45 卡	0.752 g/cm ³
風鈴木	1.21 卡	0.476 g/cm ³

校園植物每 1 克產生的熱量與密度統計表



五、 研究結果

【研究目的一】探討三種校園植物：大花紫薇、桃花心木、風鈴木乾燥樹枝的密度

一、 實驗結果：

大花紫薇密度為 0.654 g/cm³;桃花心木密度為 0.752 g/cm³;風鈴木密度為 0.476 g/cm³。

二、 研究討論：

- 1.相同體積的樹枝，桃花心木為最重，大花紫薇次之，而風鈴木為最輕。
- 2.觀察多塊將樹枝切成圓型片狀的木片(狀似杯墊)，發現植物有年輪，且每片的樣子的並不相同，有的植物中間的顏色不相同，摸起來也不一樣，好像是另一種材質，所以植物的密度，應該只是一個概略值，每段樹枝去量測，都會有些許的不同。
- 3.樹枝有樹皮，本次實驗已將樹皮剝除，若將完整樹枝放入量測，應會得到不同結果。
- 4.本想將已剝除樹皮之完整樹枝切片放入燒杯加壓重量塊，量測體積，但因學校燒杯太小，而無法操作，故有機會應採購大容量燒杯，以利實驗進行。
- 5.實驗過程發現，乾燥切塊，會有吸水的現象，雖然時間很短暫，但吸水會使測量到的體積變少，而導致高估密度，但三種植物切塊都有相同的情形，所以拿來比較應該還是可以看出差異。

【研究目的二】探討燃燒定量大花紫薇乾燥樹枝使 100 毫升的水升高的溫度

一、 實驗結果：

20 公克的大花紫薇切塊，經過 5 分鐘的燃燒後，可以使 100 毫升的水，水溫加熱由平均 26.7°C，上升到平均 49.3°C，水溫平均上升 22.6°C

二、 研究討論：

- 1.在噴燈加熱 1 分鐘後，大花紫薇切塊所產生的火焰明顯，火焰可碰觸到鋼杯底部，明顯的火焰，可以持續維持到接近 3 分鐘，之後火焰逐漸變小，再過約 30 秒，火焰由漸小到熄滅，在 3 分 30 秒後，切塊，只剩燒紅的塊狀，體積明顯變小，後靠餘燼持續加熱到 5 分鐘，只剩下些許的灰燼。
- 2.大花紫薇切塊燃燒時，只有一些煙，並不大，且煙在過程中，沒有明顯變化，而空氣中，只有些燒焦味。
- 3.觀察紀錄表，三次實驗的結果差異不大，乾燥後的大花紫薇樹枝是穩定可靠的良柴。
- 4.實驗初，先用噴燈加熱一分鐘，會有餘熱留在廢料上，另外溫度計只能以整數記錄，無法看到更細的溫度變化，輔助的小電扇雖採固定方向，固定風量，但觀察實驗期間，偶有塵灰飛出，實驗最後要將餘燼移至電子秤測量，中間有花了些許時間(餘燼還在燒)，以上種種都影響實驗數值的正確性。

【研究目的三】探討燃燒定量桃花心木乾燥樹枝使 100 毫升的水升高的溫度

一、 實驗結果：

20 公克的桃花心木切塊，經過 5 分鐘的燃燒後，可以使 100 毫升的水，水溫加熱由平均 26.7°C，上升到平均 53°C，水溫平均上升 26.3°C

二、 研究討論：

1.在噴燈加熱 1 分鐘後，桃花心木切塊所產生的火焰明顯，有較大的煙，火焰可碰觸到鋼杯底部，但 20 秒後火焰逐漸變小，接近 1 分鐘之後火焰熄滅，成燒紅的木炭狀，持續有煙飄散，但約 2 分鐘時，有小火焰出現，此時煙明顯變少，且逐漸加大至約 3 分鐘時火焰可碰到鋼杯底部，3 分 30 秒後，火焰漸小到約 3 分 45 秒後火焰熄滅，只剩燒紅的塊狀，體積明顯變小，後靠餘燼持續加熱到 5 分鐘，只剩下些灰燼。

2. 桃花心木切塊燃燒時，煙大並持續產生，火焰再起後，煙才消失，空氣中，除燒焦味，還有另一種味道。

3.觀察紀錄表，三次實驗的結果相近，火力能穩定輸出，但冒煙的時間過長，令人無法忍受，乾燥後的桃花心木樹枝是適合在戶外空間或有排煙設備，使用的木柴。

4.實驗初，先用噴燈加熱一分鐘，會有餘熱留在廢料上，另外溫度計只能以整數記錄，無法看到更細的溫度變化，輔助的小電扇雖採固定方向，固定風量，但觀察實驗期間，偶有塵灰飛出，實驗最後要將餘燼移至電子秤測量，中間有花了些許時間(餘燼還在燒)，以上種種都影響實驗數值的正確性。

【研究目的四】探討燃燒定量風鈴木乾燥樹枝使 100 毫升的水升高的溫度

一、 實驗結果：

20 公克的風鈴木切塊，經過 5 分鐘的燃燒後，可以使 100 毫升的水，水溫加熱由平均 26.3°C，上升到平均 48.3°C，水溫平均上升 22°C

二、 研究討論：

1.在噴燈加熱 1 分鐘後，風鈴木切塊所產生的火焰非常大且明顯，火焰可碰觸到鋼杯底部，有持續略有些煙，明顯火焰持續到約 1 分 50 多秒後火焰熄失，而切塊成燒紅的木炭狀，會有火光在切塊表面流動，燒紅的切塊，體積逐漸變小，後靠餘燼持續加熱到 5 分鐘，只剩下些灰燼。

2. 風鈴木切塊燃燒時，略有些煙，當火焰消失後，燒紅的木炭狀並沒有產生煙，空氣中只有些燒焦味，另外在初期火焰燃燒時，有聽到輕微些許「必剝」聲。

3.觀察紀錄表，三次實驗的結果差異較大，火力有明顯的高低，再檢視量測重量時的照片，發現各切塊的顏色有較多的不同，風鈴木，其材質較不均勻，可能導致實驗結果的差異，但冒煙的時間約 1 多鐘，而後煙就消失，乾燥後的風鈴木樹枝燃燒初期火焰非常大，是戶外剛生火時，可幫助生火成功的適合的木柴，但其後的燃燒效能較低。

4.實驗初，先用噴燈加熱一分鐘，會有餘熱留在廢料上，另外溫度計只能以整數記錄，

無法看到更細的溫度變化，輔助的小電扇雖採固定方向，固定風量，但觀察實驗期間，偶有塵灰飛出，實驗最後要將餘燼移至電子秤測量，中間有花了些許時間(餘燼還在燒)，以上種種都影響實驗數值的正確性。

【研究目的五】探討燃燒定量咖啡渣使 100 毫升的水升高的溫度

一、 實驗結果：

20 公克的咖啡渣，經過 5 分鐘的燃燒後，可以使 100 毫升的水，水溫加熱由 28°C，上升到 33°C，水溫最高上升 5°C，在燃燒 160 秒後，溫度不再上升，在 240 秒後，水溫逐漸下降。

二、 研究討論：

1.在噴燈加熱 1 分鐘後，咖啡渣(細小顆粒狀)，並沒有火焰，只有表面微紅，悶燒狀，從開始就產生不小的煙，燃燒後，黑色咖啡渣的細小粉末，會到處飄散，溫度上升緩慢，160 秒後，溫度停止上升，表面已不見紅色，只留黑色粉末於上，而 240 秒後，反而開始水溫下降，到 5 分鐘，陶瓷網上還留下不少體積的咖啡渣。

2.咖啡渣燃燒時，煙非常大且持續到最後，空氣中有明顯的咖啡味和些許燒焦味。

3.因煙太大，燒焦的粉末會到處飛揚，有危險性，且溫度提升不多，故僅實驗一次觀察並完成紀錄表後，停止接下來 2 次的實驗。

4.咖啡渣的燃燒特性，使其不適合成為燃料，但因有特殊的香味，可以做為煙燻物品之用。

5.實驗初，先用噴燈加熱一分鐘，會有餘熱留在廢料上，另外溫度計只能以整數記錄，無法看到更細的溫度變化，輔助的小電扇雖採固定方向，固定風量，但觀察實驗期間，偶有塵灰飛出，實驗最後要將餘燼移至電子秤測量，中間有花了些許時間(餘燼還在燒)，以上種種都影響實驗數值的正確性。

【研究目的六】探討燃燒茶葉渣使 100 毫升的水升高的溫度

一、 實驗結果：

20 公克的茶葉渣，在初期噴燈加熱 1 分鐘後，茶葉渣燃燒近殆盡，故後續的記錄與實驗無法進行。

二、 研究討論：

1.在噴燈(因有危險性，由教師操作)加熱茶葉渣過 57 秒後，茶葉渣燃燒近殆盡，本研究操作 1 次後，其灰燼有到處噴飛的問題，易造成危險，故僅實驗一次，無法做記錄

2.茶葉渣(茶葉成捲曲狀)，在噴燈加熱時，茶葉渣燃燒非常快，且持續有大量煙，且產

生大火焰，體積迅速減少，尚未進入 5 分鐘加熱，就剩些灰塵，空氣中有明顯的茶葉味。

3.茶葉渣的燃燒特性，使其不適合成為燃料，但因有特殊的香味，可以做為煙燻物品之用。

【研究目的七】探討廢料經定時定量燃燒後，每公克可換多少卡的熱量，與三種校園植物密度的關係

一、 實驗結果：

大花紫薇每公克可產生 1.29 卡、桃花心木每公克可產生 1.45 卡、風鈴木每公克可產生 1.21 卡、咖啡渣每公克可產生 0.63 卡；大花紫薇密度 0.654 g/cm³、桃花心木密度 0.752 g/cm³、風鈴木密度 0.476 g/cm³

二、 研究討論：

1.經實驗，廢料每公克所產生的熱量，桃花心木 > 大花紫薇 > 風鈴木 > 咖啡渣

2.經觀察各廢料燃燒的情形，各種廢料都有其特色，可在不同燃燒需求下，在各方面有不同的效用。

3.經實驗，校園植物廢料密度，桃花心木 > 大花紫薇 > 風鈴木，與廢料每公克所產生的熱量有正相關。

4.實驗初，先用噴燈加熱一分鐘，會有餘熱留在廢料上，另外溫度計只能以整數記錄，無法看到更細的溫度變化，輔助的小電扇雖採固定方向，固定風量，但觀察實驗期間，偶有塵灰飛出，實驗最後要將餘燼移至電子秤測量，中間有花了些許時間(餘燼還在燒)，以上種種都影響實驗數值的正確性。

六、 討論

一、 如何使廢料開始燃燒：

如何讓木頭燒起來，嘗試過許多方式，首先用打火機點燃，打火機一熄，木頭完全沒有影響，再來在老師指導下使用一些柴油，將油淋上，打火機一點，火勢不小，沒多久，柴油燒完，火馬上熄滅，木頭只加熱變成黑色，還是不行，請出大殺器—噴燈，但這使用太危險，請老師操作，老師試了幾次，從 10 秒慢慢加到 60 秒，但噴燈一離開，火焰就變小，甚至熄滅，後來想到燃燒三要素，要增加助燃物，同學想使用扇子搨風，但老師說這不穩定，會影響實驗，才想到要用小型電風扇，經調整適當位置，太近火堆，可燃物會受到風影響而移動，太遠，氧氣不夠，所以要讓廢料穩定的燃燒，也要多實驗操作。

二、 使用 20 公克來做燃燒實驗的原因：

實驗準備開始時，本來用三角架，放上陶瓷網，再放上加水燒杯，發現火焰離陶瓷網太遠，水溫不動，想加多木頭，又造成太大的煙，後來改用鋼杯，卡在三角架上，折陶瓷網，將木頭平放在陶瓷網上，使得木頭與鋼杯底的距離固定，再測試各種重量的木頭，使 10 公克太少，水溫上升不多，不容易看出差距，而 30 克又太多，木頭會堆疊後會碰到鋼杯底，最後選定 20 公克最為實驗的標準。

三、 如何使實驗的數據更精準：

老師說，為減少人為操作時產生的誤差，標準的實驗要做 7 次，將研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均，但本次研究只做 3 次，因同學認為加上測試已經燒了太多次，為了不造成空氣污染與影響同學健康(有人反應眼睛都快睜不開了～該加戴護目，雖戴口罩，仍感呼吸困難)，同學認為能觀察出差異就好了，所以就決定只做三次，而咖啡渣、茶葉渣，出現本來未設想的狀況，就停止實驗。

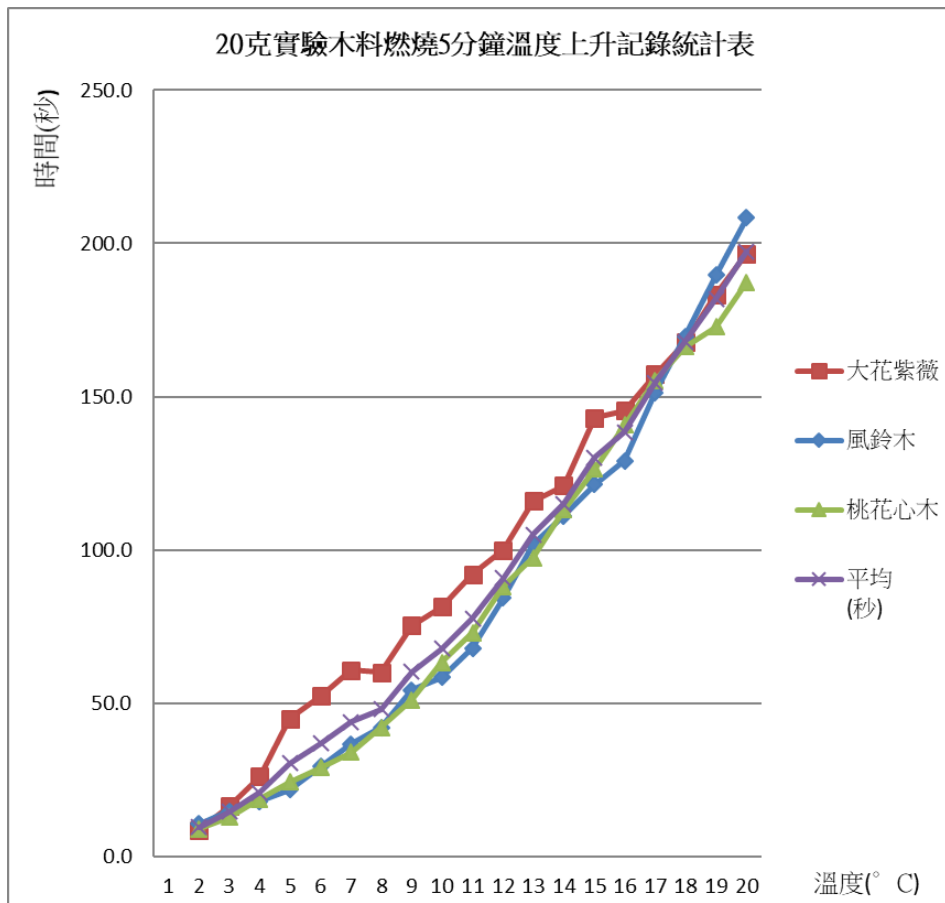
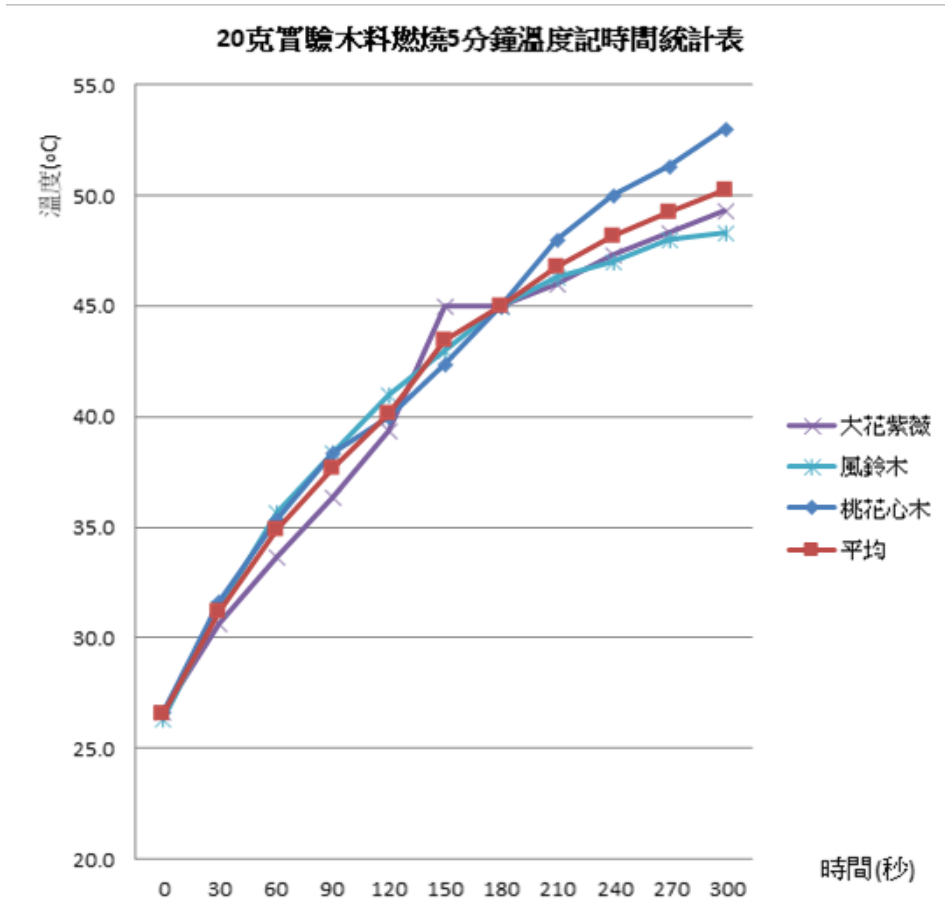
實驗初，先用噴燈加熱一分鐘，會有餘熱留在廢料上，如用更大堆的木頭，再加熱後，放置一些時間，再移入，應可減少餘熱影響，實驗小堆木頭，如再放置時間，會燃燒掉太多的比例，影響數據，同學想做大堆木頭實驗，但老師認為有危險性，又受限於三角架大小，只能實驗小堆木頭，另外溫度計只能以整數記錄，無法看到更細的溫度變化，若有電子式的儀器或能自動存檔溫度變化就能更精準，畢竟人力觀察，邊記錄，就存在身體反應的誤差。

在量三種植物乾燥切塊體積時，放入裝有 50 毫升水的量筒內時，發現切塊會吸水，而導致計算密度時會高估，雖然可以比較三種的密度，但理想狀況應是去鋸下樹枝後馬上測量，可以得到較接近自然界植物密度的值，但因我們燃燒的是乾燥的切塊，所以能測量乾燥的體積才是最理想的，和老師同學討論後有說做可以做個模，將完整的切片樹枝放入包覆，再將剖開裝水測量，有人說好像有 3D 掃描的……，但這些光想可以，實做困難！

輔助的小電扇雖採固定方向，固定風量，但觀察實驗期間，偶有塵灰飛出，實驗最後要將餘燼移至電子秤測量，中間有花了些許時間(餘燼還在燒)，以上種種都影響實驗數值的正確性，但若能設計出由下往上穩定出風，且密閉式，且能隨時測量重量，又能上升讓火焰距離杯底，有固定距離的設備，就能更精準實驗，不過好像沒有這種設備。

四、 校園廢料的燃燒效能：

由實驗結果，整理數字後，並用二個圖，分析說明：



這次的研究數據因眾多的因素或許不是那麼的精確，但也可由實驗結果得知：燃燒效能桃花心木>大花紫薇>風鈴木>咖啡渣，而密度也確實與燃燒有正相關，但單以乾燥樹枝來看，樹木的各部位密度其實有差異，若隨意撿取，數據會更不準確，本次實驗在眾多的樹枝中，挑選大小接近的枝幹來比較，然後切成小塊狀，在觀察燃燒過程中，發現其實接近片狀的木頭燒得比較快，可以在短時間釋放熱能，而愈近正方塊型的木頭，可燃燒的持續時間較長，大家認為跟空氣的接觸面有關。

五、 大花紫薇、桃花心木、風鈴木燃燒過程特質：

由實驗結果可知風鈴木密度低的燃燒速度快，適合拿來生火，燃燒初期可以產生最大的火焰，但較快燒完，而桃花心木密度高，燃燒耐久力強，但持續產生的煙，另人難以接受，經查資料，可能是樹木所含的油脂，而導致不斷的有煙冒出，而大花紫薇，燃燒較無煙，較適合用非戶外時使用，提供的火力也不差，各種木頭都有其特色，善用各種木頭燃燒的特質，再加上各種不同大小的切塊或切片，就可以有更適合的變化組合，配合情況的需求，來塑造不同的燃燒狀況。

六、 未來與展望：

1. 校園植物和廢料種類非常多：

本研究只找出三種校園植物和二種由辦公室產生的廢料，學校的喬木樹種就有 72 類，每年都有修剪樹木，和許多自然的落葉，加上許多不能被回收的校園廢料，這些免費的材料無窮無盡，我們加以研究，可增加對各種廢料的知識，並善用其剩餘價值。

2. 燃燒的目的：

燃燒廢料常見的目的，在於原始生活求生(燒開水)~每人每天需體重(每公斤) x 30 c.c.的水、煮食，或取暖，雖然這麼做會造成環境的空氣污染，但為了活下去也是不得已。如果有空閒來思考如何做得更好，應進一步研究多少的木材量可以燒出一壺水，故使用 100 毫升的水是為了方便實驗，應可在戶外設計大型的器材，用來實際將水煮到沸騰，實驗各種校園廢料，再來觀察燃燒情形。

3. 廢料的整理：

校園有眾多的廢料，除了可回收的部份外，和一些營火晚會有用到的木材(比較大型)堆置外，其餘都是集合丟上垃圾車載到垃圾焚化爐，未來可將較小樹枝整理好，堆放好，未來在烤肉或焗土窯利用，但老師說沒有保存好，容易爛掉或引來蟲蟻，所以大家想，如能將校園植物廢料變成木炭，就能縮小體積，不怕爛掉、蟲蟻，但老師說燒製木炭，那就是一門大學問了，希望有機會接觸這些知識。

七、 結論

經過一連串的實驗，本來以為像升火烤肉一樣簡單的事，當要標準化與樣樣需要觀察記錄時，就變成異常複雜，在實驗開始前，先分配好工作，都說好了，但手機錄影開始後，大家開始手忙腳亂，常忘東忘西，負責回報溫度的聲音太小，同學聽不清楚、計時器按了，忘記放回定位，記錄時找不到下一張表，擺名稱牌的同學忘了換，還好有同學與老師的相互提醒，另外各種數據化為表格，再變成圖，也依賴老師指導，才能完成，最終順利完成實驗，整個過程讓大家學會許多！

研究校園植物廢料，使這些讓平日在校活動時看得見的樹木，與我們生活知識更相連結，讓大家看到大花紫薇、桃花心木、風鈴木更有親切感，也得知其密度與燃燒的情況與效能，真是大夥獲益良多，下次焗土窯時，就來計算一下，放了多少校園植物廢棄木料才能將半個人身高的土窯燒紅，然後可以放入多少隻雞和多少個地瓜，以後準備烤土窯雞時就能預估要撿多少柴，當然最希望學校能建個大型堅固的窯，這樣大家為了吃窯燒披薩，就會更努力的整理樹枝廢料，使其變成有用的良柴。

八、 參考文獻資料

校園樹木資訊平臺・（2023年2月1日）・取自：<https://edutreemap.moe.edu.tw/trees/#/>

史蒂夫尼克斯（2023年1月25日）・樹種木柴的加熱性能・取自

<https://zhtw.eferrit.com/%E6%A8%B9%E7%A8%AE%E6%9C%A8%E6%9F%B4%E7%9A%84%E5%8A%A0%E7%86%B1%E6%80%A7%E8%83%BD/>

史蒂夫尼克斯（2023年1月25日），山核桃和橡木總是很好的選擇。取自

<https://zhtw.eferrit.com/%E4%BB%80%E9%BA%BC%E6%9C%A8%E6%9D%90%E7%94%9F%E7%94%A2%E6%9C%80%E5%A5%BD%E7%9A%84%E6%9C%A8%E6%9F%B4%EF%BC%9F/>

南一作者群（2019）・國小自然與生活科技課本7冊・台南市：南一。