



嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：65

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：柴火旺旺燒－
探討木材擺放方式對木材燃燒的影響

關 鍵 詞：燃燒 木材擺放方式 木材燃燒

編 號：A120



嘉義縣第 65 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國民小學組

作品名稱：柴火旺旺燒—探討木材擺放方式對木材燃燒的影響

關鍵詞：木材擺放方式、木材燃燒

編號：

柴火旺旺燒

摘要

在社區裡，常見大人用木材生火取暖或烤肉，但究竟要如何才能讓火燒得旺、燒得久？一直是我們很好奇的問題。因此，我們試著用校園樹枝來研究木材的擺放方式和木材燃燒的關係。我們先蒐集、處理校園樹枝，再進行一連串的實驗。實驗結果發現：不同的校園樹枝有不同的燃燒速率，而木材燃燒需要達到一個特定的溫度；不同形狀的平面擺放方式對於燃燒效果沒有顯著的影響，立體堆疊方式顯然有助於燃燒效果，尤其是四邊形的立體堆疊；加鋪底層的立體堆疊方式以三角形、四邊形的燃燒效果最好；最後，比較相同形狀，以四邊形加鋪底層的立體堆疊方式燃燒效果最好。

壹、研究動機

在我們居住的社區裡常有用木材生火取暖或烤肉的活動，大人總是很容易將火生起，大大小小的樹枝，是怎麼快速燃燒起來的？看著大人擺放木材的方式，引起我們的好奇——木材要怎麼擺放，才能燒得旺、燒得久呢？

在五年級自然課程中，學過「空氣與燃燒」的主題，我們想進一步探討木材的擺放方式對木材燃燒的影響，覺得這個主題結合了自然知識及生活實用性，因此和老師討論之後，老師建議我們可以用校園樹枝來進行探究。

貳、研究目的

一、研究目的

- （一）探討不同校園樹枝的燃燒速率。
- （二）探討不同形狀的平面擺放方式對木材燃燒的影響。
- （三）探討不同形狀的立體堆疊方式對木材燃燒的影響。
- （四）探討加鋪底層的立體堆疊方式對木材燃燒的影響。

二、名詞釋義

- （一）燃燒速率：指長 10 公分，直徑約 0.5 公分的樹枝，用瓦斯噴槍在固定的火力強度及

距離之下，噴火一分鐘後，移開火源，測量四分鐘後燃燒所剩的木材長度，剩下的長度越短表示燃燒速率越好。

（二）平面擺放方式：分別將 20 枝長 10 公分，直徑約 1 公分的樹枝平面擺放成三角形、四邊形、五邊形及六邊形。

（三）立體堆疊方式：分別將 20 枝長 10 公分，直徑約 1 公分的樹枝以三角形、四邊形、五邊形及六邊形立體堆疊。

（四）木材燃燒時間：指同一種樹枝用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒，直到火焰熄滅，第一次停止冒煙為止，此段時間即是燃燒時間。

參、研究設備及器材

一、實驗材料的蒐集:

（一）校園植物的蒐集：

我們利用下課時間，與學校的工友叔叔進行學習並認識校園植物，我們蒐集了 3 種校園植物的樹枝，並請工友叔叔將樹枝剪成每段長 10 公分。

這三種校園植物分別如下:

	光臘樹	山毛櫸	臭娘子
學名	<i>Fraxinus griffithii</i>	<i>Fagus longipetiolata</i>	<i>Premna serratifolia</i>
校園內 照片			
介紹	1.葉為奇數羽狀複葉，小葉光滑全緣革質。	1.高度可達 49 公尺，樹幹直徑可達 3 公尺。	1. 小喬木或灌木，全株具臭味

	2.花為灰白色，頂生圓錐花序。	2.葉互生，完整或有小圓鋸齒	2. 葉子對生，闊橢圓形，葉基圓形或近心形，下表面有腺點。
採集月份	2025 年 1 月 -2025 年 3 月	2025 年 1 月 -2025 年 3 月	2025 年 1 月 -2025 年 3 月
採集地點	經度: 120 .53°E 東/ 緯度: 23.28°N 北	經度: 120 .53°E 東/ 緯度: 23.28°N 北	經度: 120 .53°E 東/ 緯度: 23.28°N 北

(二) 校園內植物的處理

	
蒐集校園樹枝	在陽臺上將樹枝分類並曝曬風乾

(三) 研究器材：鐵盤、瓦斯噴槍、瓦斯罐、黏土、手機、電子手錶、紅外線溫度計、擋風板、量杯、磚塊

	
瓦斯噴槍、瓦斯罐、電子手錶、紅外線溫度計、擋風板、量杯、磚塊	鐵盤下墊磚塊，避免破壞桌面。

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

（一）燃燒三要素

燃燒的三要素是指可燃物、助燃物和足夠的溫度，這三者共同作用，才能達到燃燒的過程。這三要素可以進一步解釋為：

- 1.可燃物：就是能夠燃燒的物質，像是木材、紙張、油、氣體等。
- 2.助燃物：主要是氧氣，氧氣支持燃燒反應的進行。空氣中的氧氣是燃燒的重要條件。
- 3.足夠的溫度：燃燒需要一個特定的溫度來啟動反應，這個溫度叫做燃點。例如木材的燃點比油要高。

（二）木材性質

木材的燃燒受到多種性質的影響，包括木材的種類、密度、水分含量、樹脂含量等。

- 1.木材種類：不同種類的木材有不同的能量密度。硬木（如橡木）通常比軟木（如松木）具有更高的密度和能量含量，因此燃燒時間較長，火力也較強。
- 2.密度：密度較高的木材，燃燒時釋放的熱量較多，但需要較高的溫度才能開始燃燒。低密度的木材則易於點燃，但燃燒時間較短。
- 3.水分含量：含水量高的木材不容易點燃，因為水分會吸收熱量，阻礙燃燒過程。乾燥的木材燃燒效率較高。
- 4.樹脂含量：含有較多樹脂的木材（如松木）會燃燒得更猛烈，因為樹脂含有大量的易燃物質。

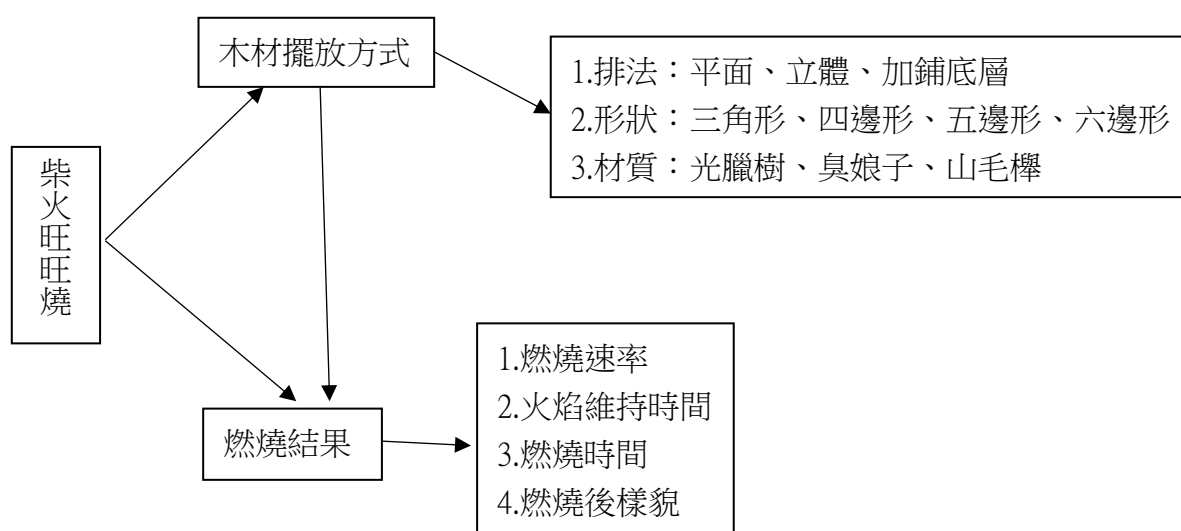
（三）木材的擺放:

- 1.開放式堆放：木材分開放置，能夠促使空氣流通，供應足夠的氧氣，通常能夠達到更好的燃燒效果。
- 2.緊密堆放：如果木材堆得太密集，會限制空氣流通，氧氣供應不足，燃燒可能變得不完全，並且產生更多的煙霧。

3.木材的高度：堆放木材的高度也會影響氧氣的流動，過高的堆積可能會因為熱量積聚過多而影響燃燒的均勻性。

從上面的資料，我們發現木材的性質將直接影響其燃燒的速率，木材擺放方式對燃燒過程有顯著影響。因此，我們將研究不同樹種的燃燒速率和不同形狀、不同木材擺放方式對燃燒結果的影響。

二、研究架構



三、研究過程

（一）不同校園樹枝的燃燒速率

1.實驗步驟：

- (1)各選出 10 枝粗細一致，直徑大約 0.5 公分的樹枝，在 3 公分處做上記號，此為噴火加熱區。分成 10 組進行燃燒實驗。
- (2)用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火一分鐘後，移開火源，插入黏土中固定。
- (3)四分鐘後，將樹枝插入量杯水中熄滅，再測量燃燒所剩的木材長度。

2. 實驗結果：

(1)燃燒 5 分鐘後，樹枝剩下的平均長度，光臘樹是 6.44 公分，臭娘子是 5.19 公分，山毛櫸則是 6.63 公分。

(2)燃燒速率由大到小依序為：臭娘子>光臘樹>山毛櫸。

表一：不同校園枯枝的燃燒速率

剩下的長度 cm 樹種	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	平均
光臘樹	6.9	6.8	7.1	6.7	6.8	6	5.7	6.1	6.1	6.7	6.44
臭娘子	6.1	5.2	5.9	5.6	4.7	5.6	5.7	4.3	5.5	4.2	5.19
山毛櫸	7.3	7	7	6	6.8	6.5	6.7	7	6.5	6.2	6.63



各選 10 枝直徑約 0.5 公分的樹枝做記號



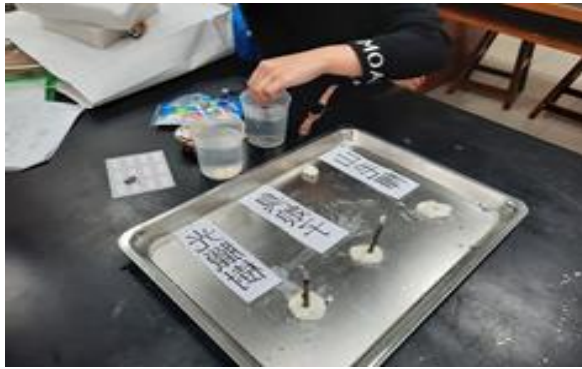
做上記號的樹枝



進行燃燒實驗



插入黏土中固定



將樹枝插入量杯中熄火



測量燃燒後所剩的長度

（二）不同形狀的平面擺放方式對木材燃燒的影響

根據研究一的結果，燃燒速率最好的是臭娘子樹枝，我們準備每堆 20 枝 10 公分長，直徑約 1 公分的臭娘子樹枝，以進行以下實驗。

1. 實驗器材放置說明：

- (1) 為避免觸動教室內的消防警報器，因此在走廊上進行實驗。將鐵盤用磚塊墊高，避免燃燒熱度破壞桌面。
- (2) 使用擋風板，減少流動空氣對實驗的影響。
- (3) 準備一杯水，以便木材降溫，確保安全。



將鐵盤用磚塊墊高，一杯水備用



使用擋風板，減少流動空氣對實驗的影響

2. 實驗步驟：

- (1) 將臭娘子樹枝平面擺放成三角形，用瓦斯噴槍在 固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。
- (2) 觀察記錄木材燃燒時火焰維持時間及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 30 秒記錄燃燒溫

度到 5 分鐘為止。

(3)將臭娘子樹枝平面擺放成四邊形，用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。

(4)觀察記錄木材燃燒時火焰維持時間及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 30 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。

(5)將臭娘子樹枝平面擺放成五邊形，用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。

(6)觀察記錄木材燃燒時火焰維持時間及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 30 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。

(7)將臭娘子樹枝平面擺放成六邊形，用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。

(8)觀察記錄木材燃燒時火焰維持時間及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 30 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。

(9)各進行 3 次實驗後，算出火焰維持時間和燃燒時間的平均數。

3.實驗結果：

(1)不同形狀的平面擺放方式，火焰維持的平均時間分別為：

三角形是 29.7 秒，四邊形是 42.3 秒，五邊形是 60.3 秒，六邊形是 45 秒

由長到短，依序為：五邊形>六邊形>四邊形>三角形。

(2)不同形狀的平面擺放方式，燃燒的平均時間分別為：

三角形是 3 分 38 秒，四邊形是 3 分 24 秒，五邊形是 2 分 51 秒，六邊形是 3 分 48 秒

由長到短，依序為：六邊形>三角形>四邊形>五邊形。

(3)加熱 30 秒後，測得的溫度在 265.7~475.6℃。燃燒過程中，測量的溫度差異性很大，最高溫度在 266.3~497℃，大多集中在 30 秒~1 分鐘的測量時間；最低溫度在 36~228.7℃，大多集中在 5 分鐘的測量時間。顯示出剛開始燃燒時溫度較高，到 5 分鐘時大部分的溫度最低，但期間也有溫度上升的情形，因為火焰熄滅後仍有悶燒的情形，可看見有些木材內部還有火光。

(4)雖然煙停止，但是測量溫度還是很高，白色灰燼的溫度（314.6℃）比黑色碳化部

分（176℃）高。

(5)綜合來說，不同形狀的平面擺放方式燃燒效果沒有顯著差異，燃燒的位置都在噴火加熱區，沒有辦法延燒到旁邊。火勢不穩定，燃燒後會有黑色的碳化現象以及白色的灰燼。

表二：不同形狀的平面擺放方式對木材燃燒的影響

	火焰維持時間				燃燒時間			
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均
三角形	15 秒	7 秒	37 秒	29.7 秒	4 分 32 秒	2 分 19 秒	4 分 03 秒	3 分 38 秒
四邊形	47 秒	54 秒	26 秒	42.3 秒	2 分 50 秒	4 分 56 秒	2 分 27 秒	3 分 24 秒
五邊形	50 秒	1 分 54 秒	17 秒	60.3 秒	2 分 1 秒	3 分 28 秒	3 分 05 秒	2 分 51 秒
六邊形	1 分 27 秒	10 秒	38 秒	45 秒	5 分 30 秒	2 分 26 秒	3 分 14 秒	3 分 48 秒

表三：不同形狀的平面擺放方式木材燃燒的溫度（℃）

	30 秒	1 分鐘	1 分 30 秒	2 分鐘	2 分 30 秒	3 分鐘	3 分 30 秒	4 分鐘	4 分 30 秒	5 分鐘
三角形(1)	373.8	301.7	238.2	114.1	145.7	287.3	212.6	234.9	203.3	158.9
三角形(2)	413.2	157.3	111	130.8	100.3	77.2	82.1	85.1	65.3	48.1
三角形(3)	266.3	204.8	184.2	176.3	225.6	256.5	248	230.6	153.2	144.8
四邊形(1)	475.6	226.4	136.5	128.6	172.9	182.5	158.2	182.4	162.5	153.7
四邊形(2)	474.5	369.5	237.9	253.2	306.1	274	200.3	314.6	234	219
四邊形(3)	344.7	404.8	244.8	192.5	128.6	172.9	166.5	108.6	172.9	102.5
五邊形(1)	300.5	187	55.4	47.3	36.1	61	268.9	41.5	133.9	70.6
五邊形(2)	265.7	497.3	463.1	453.6	371	342	179	53.1	103.8	62.1
五邊形(3)	425	372.1	351.6	321.1	329.7	223.3	200.9	101.5	103.4	80.2
六邊形(1)	409.1	266	370.8	398.6	237.8	272.1	265.7	306.2	282.1	228.7
六邊形(2)	417	407.2	429	421.2	258.3	262.5	205.7	205.5	162.2	123.5
六邊形(3)	327.4	303.6	361.1	276.1	219.2	200	192.9	196	181.5	294

	
用瓦斯噴槍噴火加熱，紅外線溫度計測溫	三角形平面擺放燃燒產生碳化層
	
四邊形平面擺放燃燒產生碳化層、白色灰燼	燃燒的位置在噴火加熱區
	
噴火加熱區形成碳化層	噴火加熱區產生一些白色灰燼

(三) 不同形狀的立體堆疊方式對木材燃燒的影響。

1. 實驗步驟：

- (1) 將臭娘子樹枝以三角形立體堆疊，用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。
- (2) 觀察記錄木材燃燒時火焰維持時間及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 30 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。
- (3) 將臭娘子樹枝以四邊形立體堆疊，用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火

30 秒。

(4)觀察記錄木材燃燒時火焰維持時間及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 30 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。

(5)將臭娘子樹枝以五邊形立體堆疊，用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。

(6)觀察記錄木材燃燒時火焰維持時間及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 30 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。

(7)將臭娘子樹枝以六邊形立體堆疊，用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。

(8)觀察記錄木材燃燒時火焰維持時間及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 30 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。

(9)各進行3次實驗後，算出火焰維持時間和燃燒時間的平均數。

2.實驗結果：

(1)不同形狀的立體堆疊方式，火焰維持的平均時間分別為：

三角形是 1 分 46 秒，四邊形是 2 分 34 秒，五邊形是 1 分 39 秒，六邊形是 2 分 9 秒

由長到短，依序為：四邊形>六邊形>三角形>五邊形。

(2)不同形狀的立體堆疊方式，燃燒的平均時間分別為：

三角形是 9 分 35 秒，四邊形是 6 分 12 秒，五邊形是 6 分 3 秒，六邊形是 5 分 55 秒

由長到短，依序為：三角形>四邊形>五邊形>六邊形。

(3)三角形的立體堆疊方式材堆容易倒塌、分散，影響燃燒效果，火焰熄滅後繼續悶燒。

四邊形的立體堆疊方式，火勢旺盛，能清楚聽見燃燒的聲音，過程中木材堆陸續倒塌，樹枝散落繼續燃燒，最後成為白色灰燼。5 分鐘後繼續悶燒，有濃煙產生。五、六邊形材堆倒塌後，樹枝太分散，燃燒效果不好。

(4)燃燒過程中，測量的溫度差異性很大，最高溫度在 473.1~554.3℃，集中在 1 分鐘~2 分 30 秒；最低溫度在 159.9~396.4℃，大多集中在 4~5 分鐘的測量時間。可見木材點燃後溫度還會上升，火焰熄滅後仍繼續悶燒，可看見有些樹枝內部還有火光。期間

溫度有升有降，大致上有往下降的趨勢。

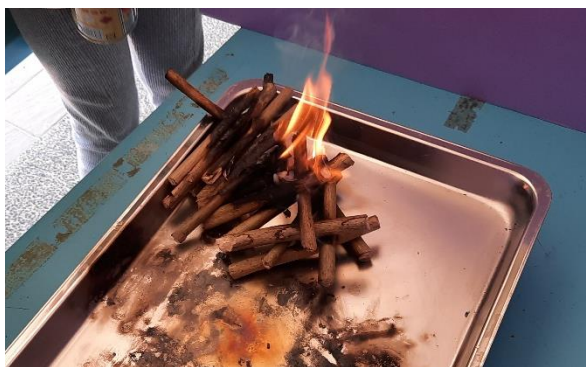
(5)綜合來說，四邊形立體堆疊的燃燒效果比三角形、五邊形、六邊形立體堆疊的燃燒效果好。

表四：不同形狀的立體堆疊方式對木材燃燒的影響

	火焰維持時間				燃燒時間			
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均
三角形	2 分 7 秒	1 分 30 秒	1 分 42 秒	1 分 46 秒	10 分 5 秒	9 分 17 秒	9 分 22 秒	9 分 35 秒
四邊形	2 分 58 秒	2 分 25 秒	2 分 20 秒	2 分 34 秒	6 分 34 秒	6 分 04 秒	6 分	6 分 12 秒
五邊形	1 分 51 秒	1 分 22 秒	1 分 45 秒	1 分 39 秒	6 分 3 秒	6 分 35 秒	5 分 30 秒	6 分 3 秒
六邊形	3 分 22 秒	1 分 52 秒	2 分 11 秒	2 分 9 秒	8 分 51 秒	5 分 51 秒	6 分 03 秒	5 分 55 秒

表五：不同形狀的立體堆疊方式木材燃燒的溫度（℃）

	30 秒	1 分鐘	1 分 30 秒	2 分鐘	2 分 30 秒	3 分鐘	3 分 30 秒	4 分鐘	4 分 30 秒	5 分鐘
三角形(1)	456	476	487.5	517.9	426.7	370.1	289.9	259.9	211.3	216.2
三角形(2)	426.5	480	515.9	458.3	385.7	350.5	388.6	384.2	335.2	200.5
三角形(3)	396.4	473.1	338.7	324	367.3	321.2	317.2	248.6	173.6	159.9
四邊形(1)	305.1	453.5	364.1	288.2	394.7	440.2	492.0	530.4	494.8	502.1
四邊形(2)	423.5	458.3	498.1	400.5	396.7	411.6	482.0	467.1	490.8	483.6
四邊形(3)	403.1	483.5	474.2	503.5	478.5	433.6	396.4	423.6	475.2	438.5
五邊形(1)	440.5	418.4	319.2	388.8	473.3	318.6	277.2	412.5	246.7	254.4
五邊形(2)	402.6	448	389.5	450.2	398.5	262.1	297.4	400.2	266.2	260.4
五邊形(3)	425.4	408.1	379.2	358.8	463.3	238.7	270.2	352.5	226.6	243.8
六邊形(1)	313	554.3	381.2	393.6	541.2	504.8	518.9	501.9	343.9	376.1
六邊形(2)	421.1	484	451.6	394.2	521.6	494.3	506.4	481.5	381.3	252.7
六邊形(3)	352	494.5	491.2	373.5	498.6	460.5	430.6	451.7	353.4	277.8



三角形立體堆疊火勢往上竄燒



三角形立體堆疊容易倒塌，影響燃燒結果



四邊形立體堆疊火勢旺盛，往上竄燒



四邊形立體堆疊木材燃燒後變成白色灰燼



五邊形立體堆疊燃燒情形



五邊形立體堆疊燃燒後變成白色灰燼，部分未燃燒



六邊形立體堆疊燃燒情形



六邊形立體堆疊燃燒後碳化，大部分未燃燒

(四) 加鋪底層的立體堆疊方式對木材燃燒的影響

我們算出三角形、四邊形、五邊形和六邊形的邊數總和，再算出平均數，

$3+4+5+6=18$ ， $18\div4=4.5$ ，以 5 枝來鋪底層。

1. 實驗步驟：

- (1) 取 5 枝臭娘子樹枝鋪底層後，剩下的以三角形立體堆疊（5 層），用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。
- (2) 觀察記錄木材燃燒時火光熄滅時刻及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 15 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。
- (3) 取 5 枝臭娘子樹枝鋪底層後，剩下的以四邊形立體堆疊（約 4 層），用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。
- (4) 觀察記錄木材燃燒時火光熄滅時刻及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 15 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。
- (5) 取 5 枝臭娘子樹枝鋪底層後，剩下的以五邊形立體堆疊（3 層），用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。
- (6) 觀察記錄木材燃燒時火光熄滅時刻及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 15 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。
- (7) 取 5 枝臭娘子樹枝鋪底層後，剩下的以六邊形立體堆疊（約 2 層），用瓦斯噴槍在固定的火力強度及距離之下，噴火 30 秒。
- (8) 觀察記錄木材燃燒時火光熄滅時刻及燃燒時間，並於 30 秒後，每隔 15 秒記錄燃燒溫度到 5 分鐘為止。
- (9) 各進行 3 次實驗後，算出火焰維持時間和燃燒時間的平均數。

2. 實驗結果：

- (1) 不同形狀加鋪底層的立體堆疊方式，火焰維持的平均時間分別為：

三角形是 3 分 3 秒，四邊形是 6 分 21 秒，五邊形是 2 分 48 秒，六邊形是 45.7 秒

由長到短，依序為：四邊形>三角形>五邊形>六邊形。

(2)不同形狀加鋪底層的立體堆疊方式，燃燒的平均時間分別為：

三角形是 9 分 33 秒，四邊形是 8 分 1 秒，五邊形是 5 分 39 秒，六邊形是 5 分 22 秒
由長到短，依序為：三角形>四邊形>五邊形>六邊形。

(3)三角形和四邊形加鋪底層立體堆疊的火勢旺盛，直接往上竄，能清楚聽見燃燒的聲音。火堆倒塌後，火勢仍然旺盛，完全燃燒，底層也燃燒，煙很大。除了塌陷時滾到邊緣的以外，其餘幾乎燒成灰燼。

(4)五邊形加鋪底層立體堆疊的距離較開，燃燒蔓延的範圍大約有三個邊，底部有燃燒。六邊形加鋪底層立體堆疊的距離較開，沒有倒塌。相較於三角形和四邊形，五邊形和六邊形的燃燒不旺。

(5)燃燒過程中，測量的溫度差異性很大，最高溫度在 394.6~549.3℃，大多集中在 1~2 分鐘；最低溫度在 270.6~356.9℃，大多集中在 4~5 分鐘的測量時間。

(6)綜合來說，燃燒效果由大到小依序為：三角形>四邊形>五邊形>六邊形。

表六：加鋪底層的立體堆疊方式對木材燃燒的影響

	火焰維持時間				燃燒時間			
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均
三角形	3 分 23 秒	2 分 38 秒	3 分 09 秒	3 分 03 秒	10 分	9 分 32 秒	9 分 08 秒	9 分 33 秒
四邊形	7 分 7 秒	5 分 43 秒	6 分 14 秒	6 分 21 秒	8 分 51 秒	7 分 25 秒	7 分 47 秒	8 分 1 秒
五邊形	2 分 48 秒	2 分 10 秒	3 分 26 秒	2 分 48 秒	6 分 18 秒	5 分 18 秒	5 分 21 秒	5 分 39 秒
六邊形	51 秒	36 秒	50 秒	45.7 秒	5 分 57 秒	4 分 53 秒	5 分 15 秒	5 分 22 秒

表七：加鋪底層的立體堆疊方式木材燃燒的溫度（℃）

	30 秒	1 分鐘	1 分 30 秒	2 分鐘	2 分 30 秒	3 分鐘	3 分 30 秒	4 分鐘	4 分 30 秒	5 分鐘
三角形(1)	391.6	450	529.6	473	492.5	475.5	377.6	445.4	327.7	363.2
三角形(2)	428.6	478	488.1	504.6	478.1	491.1	412.5	446	376.2	323.8
三角形(3)	350.4	445.2	511.4	483.7	458.2	400.8	311.2	437.6	452.1	422.2

四邊形(1)	279.4	364.5	444.1	416.9	367.7	337.8	358.6	393.6	331.6	388
四邊形(2)	352.4	419.7	465.4	453.7	390.2	378.8	393.2	367.4	372.1	321.4
四邊形(3)	378.2	464.5	424	406.9	417.5	367.8	398.4	403.6	341.6	358
五邊形(1)	356.9	441.3	549	511.4	494.1	491.7	435.1	447.2	449.1	448.7
五邊形(2)	366.1	401.8	486.1	499.4	484.3	471.2	442.5	407.2	309.1	318.6
五邊形(3)	363	424.6	535.2	506.1	446.2	483.7	426.2	434.4	368.5	353.4
六邊形(1)	473	404.6	367.4	336.7	316.5	341.2	320.9	384.1	335.5	270.6
六邊形(2)	413.4	394.6	357.6	316.1	366.3	375.6	356.2	324.4	318.5	283.4
六邊形(3)	389.3	412.6	372.5	346.7	326.5	365.2	325.4	374.6	305.4	282.5



三角形加鋪底層立體堆疊火勢旺盛往上竄



三角形加鋪底層立體堆疊燒成白色灰燼，煙熄滅後，仍可看見火光



四邊形加鋪底層立體堆疊火勢旺盛往上竄



四邊形加鋪底層立體堆疊燒成碳化和灰燼，倒塌後散落邊緣的木材沒有燃燒

	
五邊形加鋪底層立體堆疊火勢較溫和	六邊形加鋪底層立體堆疊火勢較溫和，加熱區有少部分碳化和白色灰燼，沒有倒塌

伍、討論

一、不同校園樹枝的燃燒速率

我們以燃燒 5 分鐘後，樹枝剩下的長度來判斷燃燒速率。從文獻探討中，我們知道不同種類的木材有不同的密度。因為時間限制，下次可探討密度與燃燒速率的關係。

二、不同形狀的平面擺放方式對木材燃燒的影響

- (一) 在實驗過程中，很難判斷木材點燃的時刻，無法準確測量燃點，因此都是從加熱後 30 秒開始測量溫度。
- (二) 不同形狀的平面擺放方式，火勢小，燃燒的位置都集中在噴火加熱區，沒有辦法延燒到旁邊。可能是因為不同形狀的平面擺放方式對空氣流動沒有顯著的影響。

三、不同形狀的立體堆疊方式對木材燃燒的影響

- (一) 第一次六邊形立體堆疊實驗中，發現火焰維持時間最久 3 分 22 秒，燃燒時間 8 分 51 秒，但第二次和第三次並無此現象。在燃燒過程中發現樹枝冒出水泡，表示樹枝裡還有水分，有兩支樹枝沒有完全燃燒，是不是有水分的樹枝可以燃燒得比較久？將來可以進一步探討木材濕度對燃燒的影響。
- (二) 多次的燃燒實驗之後，發現火焰維持時間和燃燒時間沒有一定的關係，經過討論後，我們以燃燒後的樣貌來判斷燃燒的效果。
- (三) 立體的木材堆疊方式因為中間空間足夠，能夠促使空氣流通，供應足夠的氧氣，能夠達到更好的燃燒效果。尤其是以及四邊形立體形狀 ($20 \div 4 = 5$ ，5 層)、五邊形 ($20 \div$

5=4，4 層)燃燒效果較佳。三角形立體形狀($20 \div 3 = 6.6$ ，大約 7 層)燃燒過程中容易倒塌、散落，影響燃燒效果，可能跟高度較高、倒下來的角度有關。

四、加鋪底層的立體堆疊方式對木材燃燒的影響

- (一) 三角形加鋪底層立體堆疊(扣除底面 5 枝木材， $15 \div 3 = 5$ ，5 層)、四邊形加鋪底層立體堆疊(扣除底面 5 枝木材， $15 \div 4 = 3.75$ ，約 4 層)堆疊形狀高度較高，燃燒時火勢旺盛往上竄，可能跟堆疊的高度有關，增加空氣的對流。
- (二) 三角形加鋪底層立體堆疊(5 層)、四邊形加鋪底層立體堆疊(約 4 層)，因為中間空間足夠，能夠促使空氣流通，供應足夠的氧氣，加上有底部的木材可燃，達到更好的燃燒效果。燃燒時火勢旺盛，造成火堆倒塌，木材也容易散落到其他地方。
- (三) 五邊形加鋪底層立體堆疊(3 層)、六邊形加鋪底層立體堆疊(約 2 層)因為高度較低，所以對流條件不佳，也不容易倒塌。

陸、結論

一、不同的校園樹枝有不同的燃燒速率。

由研究一的實驗結果得知，燃燒速率由大到小依序為：臭娘子 > 光臘樹 > 山毛櫸。

二、木材燃燒需要達到一個特定的溫度。

由研究一「加熱 30 秒後，測得的溫度在 $265.7 \sim 475.6^{\circ}\text{C}$ 」可以推測，臭娘子樹枝開始燃燒的溫度，大約在 260°C 以上。

三、不同形狀的平面擺放方式對於燃燒的效果沒有顯著的影響。

如研究二實驗結果得知，平面的擺放，不管是三角形、四邊形、五邊形或六邊形，限制空氣流通，氧氣供應不足，燃燒可能變得不完全，並且產生更多的煙霧。

四、立體堆疊方式有助於燃燒效果。

由研究二、三實驗結果得知，木材立體堆疊方式，因為比較多層（三角形約 7 層、四邊形 5 層、五邊形 4 層、六邊形約 3 層），中間空間足夠，能夠促使空氣流通，供應足夠的氧氣，有達到更好的燃燒效果。這符合文獻「開放式堆放能夠促使空氣流通，供應足夠

的氧氣，通常能夠達到更好的燃燒效果。」

五、四邊形立體堆疊的燃燒效果比三角形、五邊形、六邊形立體堆疊的燃燒效果好。

如研究三實驗結果得知，三角形立體堆疊(約 7 層)高度最高，材堆在燃燒過程中倒塌散落，造成許多樹枝未完全燃燒；四邊形立體堆疊(5 層)高度較高，燃燒效果最佳。

六、三角形、四邊形加鋪底層的立體堆疊方式比五邊形、六邊形加鋪底層的立體堆疊方式燃燒效果好。

如研究四實驗結果得知，三角形加鋪底層立體堆疊的燃燒時間是 9 分 33 秒，四邊形加鋪底層立體擺放的燃燒時間是 8 分 1 秒，明顯比五邊形和六邊形加鋪底層立體堆疊的燃燒情形好。

七、相同形狀，四邊形加鋪底層的立體堆疊方式燃燒效果最好。

由研究三、四實驗結果得知，四邊形加鋪底層立體堆疊火焰維持時間是 6 分 21 秒，燃燒時間是 8 分 1 秒；四邊形立體堆疊火焰維持時間是 2 分 34 秒，燃燒時間是 6 分 12 秒。所以四邊形加鋪底層立體堆疊的方式能夠燒得更旺更久。

柒、參考文獻資料及其他

一、康軒出版。自然與生活科技。五上第三單元:空氣的組成與反應

二、台灣景觀植物介紹，取自 <http://tlpg.hsiliu.org.tw/plant/view/264>