

嘉義市第三十七屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：「箭」步如飛的銀色子彈

關 鍵 詞：糖、粉末、火柴、火柴火箭

編 號：

壹、研究摘要

當自己想要做一個火箭的時候，真正的火箭雖然做不出來也買不起，但是我們可以親手做出一個銀色的玩具火箭，我們挑了最簡單的火柴火箭。從研究的過程中我們發現除了火藥量的多寡會影響飛行的距離外，針對火柴火箭的部分還有很多影響條件，例如：鋁箔紙的長度、鋁箔紙包的形狀、火藥塞的鬆緊…等等。雖然我們最終版火柴火箭的發射距離沒有突破 12m，不過從一開始我們做出的火柴火箭飛不出去甚至飛行不到 1m 的距離，到現在把整個實驗做完，我們所做出來的火柴火箭已經可以提升飛行距離到平均 7.793m 遠，這就是目前我們做出來最棒的火柴火箭(銀色子彈)。

貳、研究動機

每次一有火箭發射，就會占據好幾天的報紙頭版，這時候我就想：如果能做一台迷你火箭，不也太酷了嗎？所以我就上網查各種玩具火箭的製作方法，發現火箭有很多種，例如：水火箭、酸鹼火箭、火柴火箭……等，並發現火箭原理大同小異，都是反作用力(反衝原理)，其中我對火柴火箭最感興趣，因為區區一支不到 5 公分的火箭，竟然可以射出 12 公尺(最遠)的距離，所以我想透過這個實驗了解火藥的改變對發射距離的影響，進而了解用各種不同的方式能讓火箭飛得更遠嗎？

參、研究目的

- 一、火柴數量對發射距離的影響。
- 二、探討鋁箔紙的長度對於發射距離的影響。
- 三、探討鋁箔紙包的形狀對於發射距離的影響。
- 四、探討火藥塞的鬆緊對於發射距離的影響。
- 五、了解粉狀與塊狀的火藥對於發射距離的影響。
- 六、探討鋁箔紙的厚度對於發射距離的影響。
- 七、探討增加鋁箔紙機翼數量對於發射距離的影響。
- 八、了解不同粉末的添加對於發射距離的影響。
- 九、了解粉末與火藥的比例對於發射距離的影響。
- 十、最終版火柴火箭的發射距離的結果。

肆、研究設備及器材








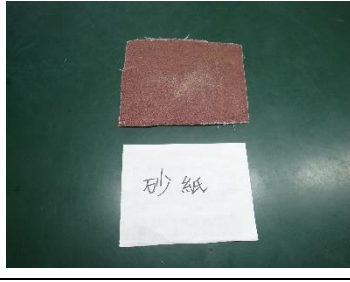




一、研究器材及設備

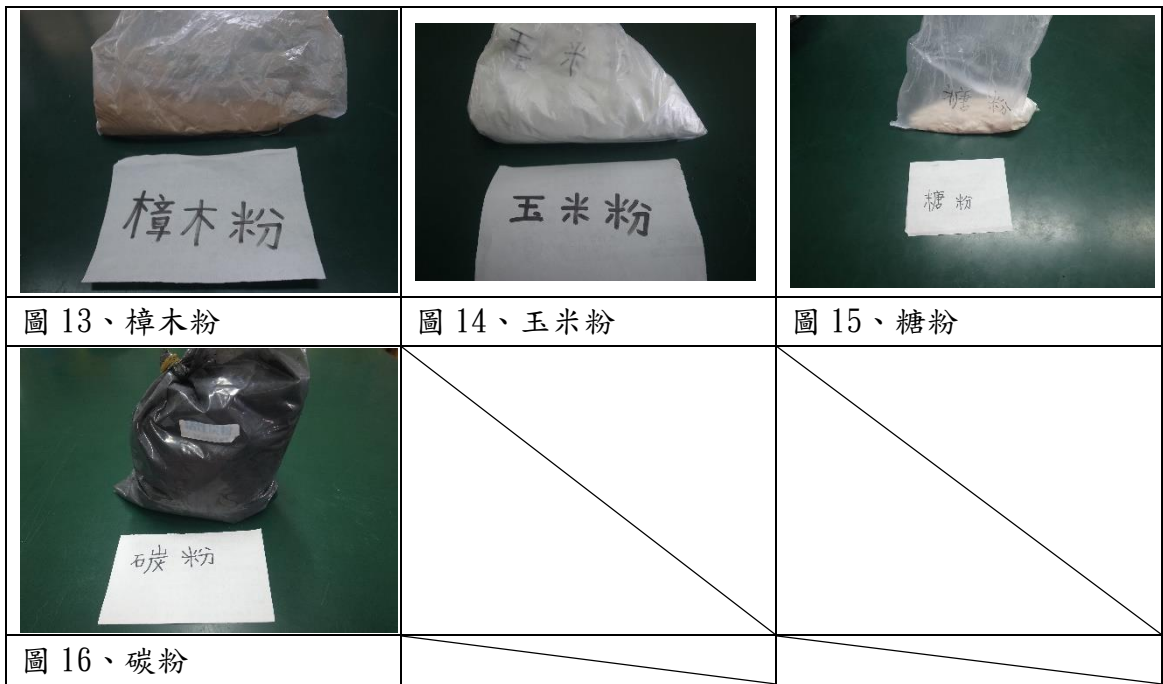
1. 發射台	2. 酒精燈	3. 捲尺	4. 打火機
5. 竹籤	6. 磅秤	7. 美工刀	8. 砂紙
9. 鐵尺			

二、研究材料

1. 火柴	2. 鋁箔紙	3. 粉筆灰	4. 樟木粉
5. 玉米粉	6. 糖粉	7. 碳粉	

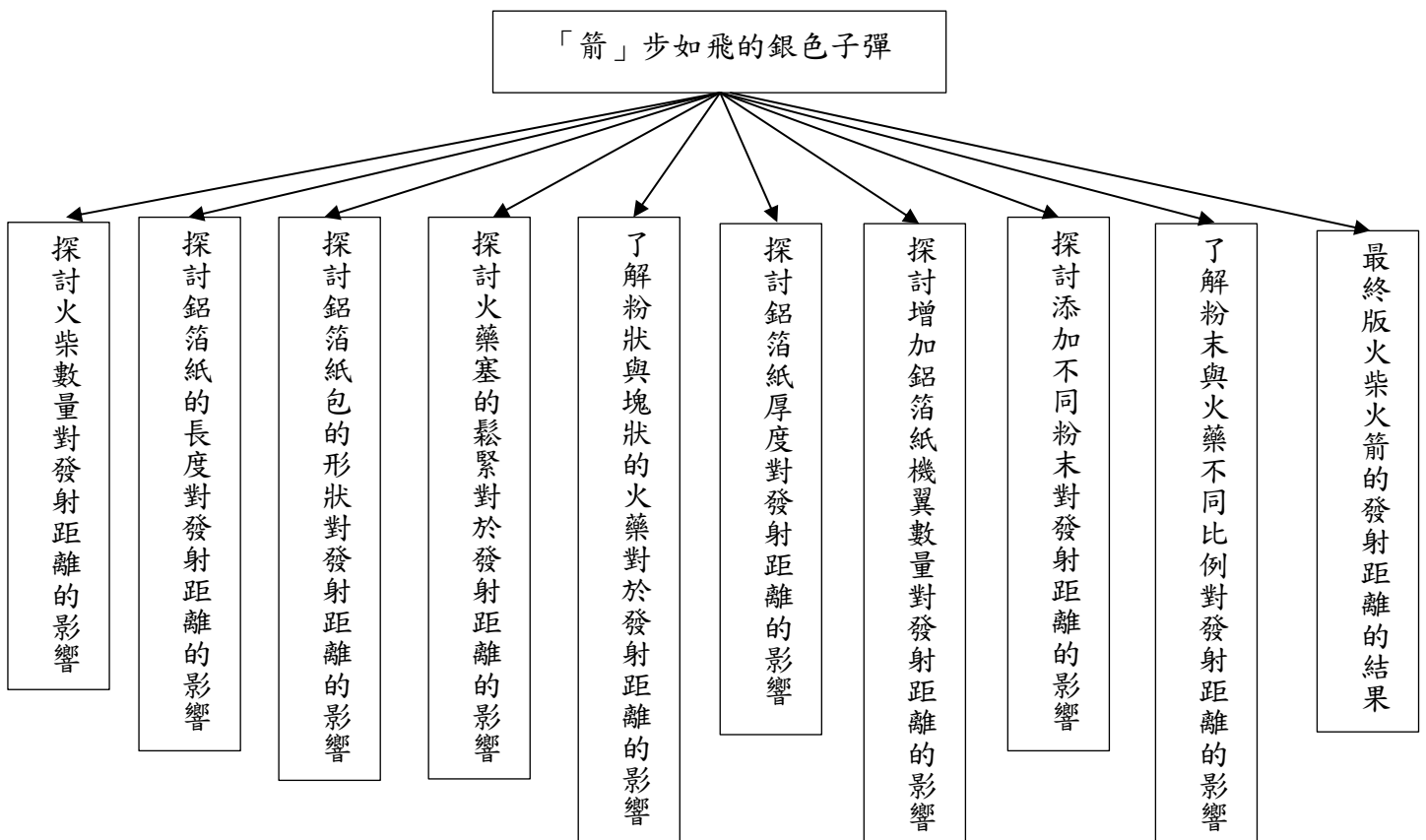
三、器材與實驗照片

		
圖 1、發射台	圖 2、酒精燈	圖 3、捲尺
		
圖 4、打火機	圖 5、竹籤	圖 6、磅秤
		
圖 7、美工刀	圖 8、砂紙	圖 9、鐵尺
		
圖 10、火柴	圖 11、鋁箔紙	圖 12、粉筆灰



伍、研究過程或方法

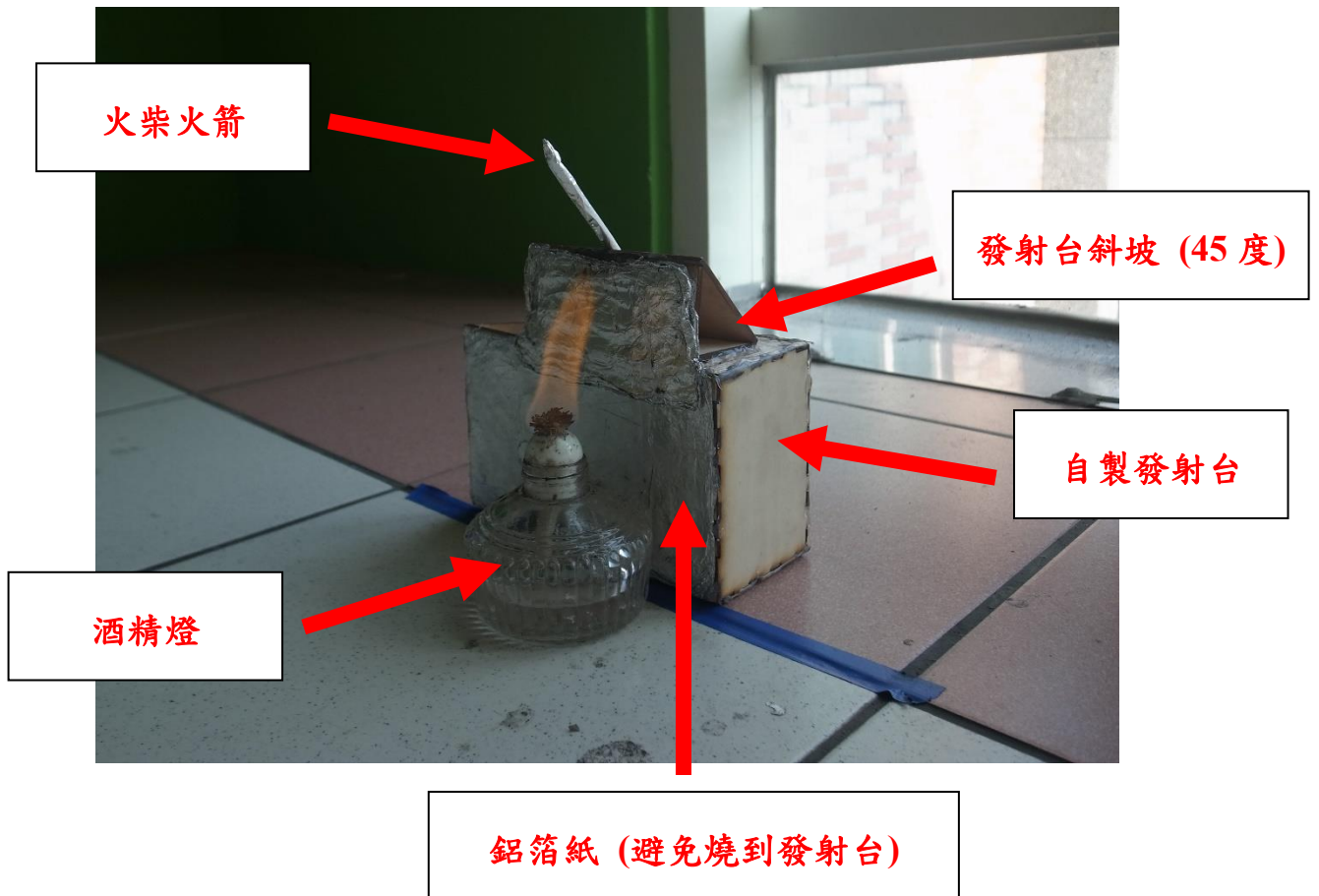
一、架構圖



二、實驗流程圖

			
圖 17、裁出不同長度的鋁箔紙	圖 18、把鋁箔紙捲起來，並灌入火藥	圖 19、插入竹籤	圖 20、放進發射台
			
圖 21、點燃酒精燈後等待發射	圖 22、測量發射距離		

三、火柴火箭發射示意圖



四、火柴數量對發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 裁出各種不同長度的鋁箔紙。
2. 把鋁箔紙捲起來後，灌入火藥。
3. 插入竹籤。
4. 放入發射台。
5. 點燃酒精燈後等待發射，測量距離。

五、探討鋁箔紙的長度對於發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 裁出各種不同長度的鋁箔紙。
2. 把鋁箔紙捲起來後，灌入火藥。
3. 插入竹籤。
4. 放進發射台。
5. 點燃酒精燈後等待發射，測量距離。

六、探討鋁箔紙包的形狀對於發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 裁出各種不同長度的鋁箔紙。
2. 把鋁箔紙前端包成平的、尖的形狀，灌入火藥。
3. 插入竹籤。
4. 放入發射台。
5. 點燃酒精燈後等待發射，測量距離。

七、探討火藥塞的鬆緊對於發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 削好火藥之後，把火藥灌入鋁箔紙捲裡。
2. 插入竹籤之後確認鬆緊。
3. 放進發射台。
4. 點燃蠟燭後等待發射，測量距離。

八、了解粉狀與塊狀的火藥對於發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 削好粉狀與塊狀的火藥。
2. 把火藥灌入鋁箔紙捲裡。
3. 插入竹籤。
4. 放進發射台。
5. 點燃酒精燈後等待發射，測量距離。

九、探討鋁箔紙的厚度對於發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 裁好鋁箔紙後，把鋁箔紙疊在一起。
2. 把鋁箔紙捲起來後，灌入火藥。
3. 插入竹籤。
4. 放進發射台。

5. 點燃酒精燈後等待發射，測量距離。

十、探討增加鋁箔紙機翼數量對於發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 做出一些鋁箔紙機翼。
2. 捲起鋁箔紙後，灌入火藥。
3. 插入竹籤。
4. 放進發射台。
5. 點燃酒精燈後等待發射，測量距離。

十一、了解不同粉末的添加對於發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 準備不同的粉末，把火藥和粉末混合在一起。
2. 灌入混合物。
3. 插入竹籤。
4. 放進發射台。
5. 點燃蠟燭後等待發射，測量距離。

十二、了解粉末與火藥的比例對於發射距離的影響。

(一) 實驗步驟：

1. 用磅秤測出不同比例的火藥和粉末。
2. 把火藥和粉末混合在一起。
3. 灌入混合物。
4. 插入竹籤。
5. 放進發射台。
6. 點燃蠟燭後等待發射，測量距離。

十三、最終版火柴火箭的發射距離的結果。

(一) 實驗步驟：

1. 捲起雙層鋁箔紙捲。
2. 將糖跟火藥混合。
3. 灌入混合物。
4. 插入竹籤之後確認鬆緊。
5. 黏上兩片機翼。
6. 放進發射台。
7. 點燃酒精燈後等待發射，測量距離。

陸、研究結果

一、 火柴數量對發射距離的影響。

(一) 研究結果

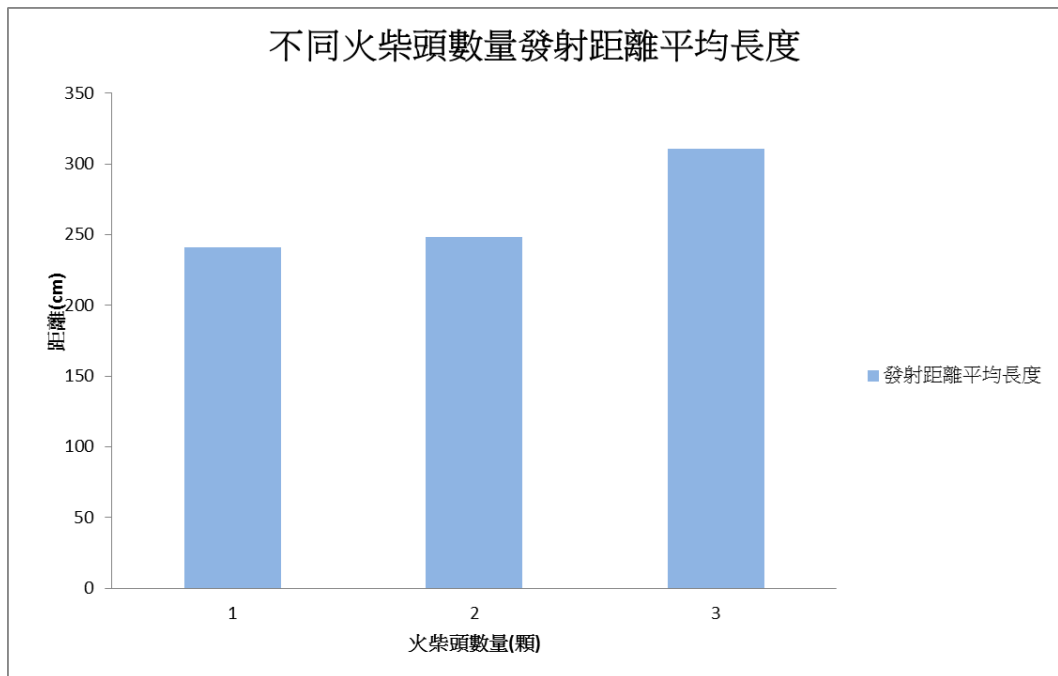


圖 26、不同火柴頭數量發射距離平均長度

(二) 實驗討論

1. 這個實驗比較使用不同火柴頭火藥數量對於飛行的影響，從圖 26 中我們發現隨著我們逐漸增加火柴火箭的火柴頭火藥數量的時候，我們發現距離有逐漸變長。當使用 1 顆火柴頭的火藥時可以飛行平均約為 241cm，接著使用 2 顆火柴頭的火藥時可以飛行平均約為 248.5cm，最後使用 3 顆火柴頭的火藥時可以飛行平均約為 310.3cm。
2. 由這個實驗的結果我們可以知道當使用越多的火藥的時候可以發射出更遠的距離，不過其實當我們在做這個實驗的時候也有測試到 4 顆和 5 顆火柴頭的火藥數量，但是發射是失敗的機率很高，多數原因是鋁箔紙的火箭頭直接爆裂或是火藥從側邊的火箭頭衝出來。雖然越多顆火藥頭可能使飛行距離越遠，但是鋁箔紙的火箭頭無法承受這麼多火藥量，最後我們決定接

下來的實驗都以 3 顆火柴頭的火藥量為上限。

二、 探討鋁箔紙的長度對於發射距離的影響。

(一) 研究結果

		
圖 27、用不同長度的鋁箔紙做火箭	圖 28、火箭發射	圖 29、測量結果

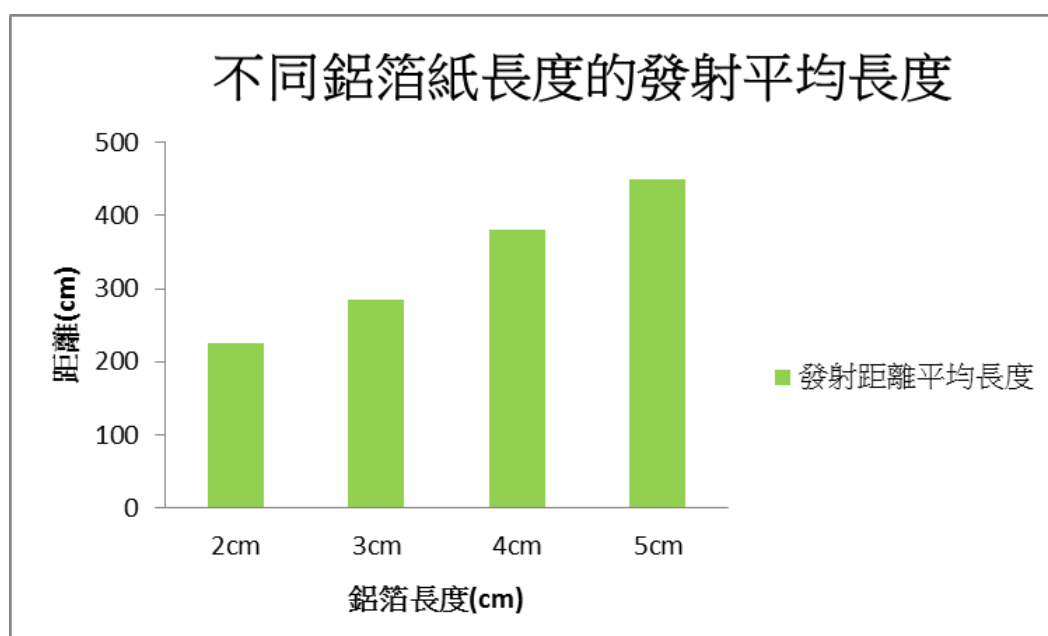


圖 30、不同鋁箔紙長度的發射距離平均長度

(二) 實驗討論

1. 由於上個實驗發生了火柴火箭的鋁箔紙頭因火藥量的關係容易爆裂或重旁邊衝出造成發射失敗，這個實驗除了要改善這個問題，並找出是否鋁箔紙火箭頭的長度會不會造成飛行距離的影響。從圖 30 中我們發現隨著我們逐漸增加火柴火箭的鋁箔紙長度時，火柴火箭的飛行距離有漸漸增加，用 2 公分的鋁箔紙時發射平均長度為 226.6cm，箭身長度為 3 公分時發射平均長度為 285.36cm，而用 4 公分的鋁箔紙做的火箭的發射平均長度則為 381.3 cm，最後是 5 公分的火箭它的發射平均距離為 450.1cm。
2. 從這個實驗中我們發現當使用越長的鋁箔紙時可以發射出更遠的距離，不過其實當我們在做這個實驗的時候也有測試 1 公分與 6 公分的鋁箔紙長度的火箭頭。但是 1 公分的根本捲不起來，而六公分的發射成功率很低，應

該是因為鋁箔紙火箭頭的長度越長，鋁箔紙本身的重量也越重，但火藥量也不足以和鋁箔紙的重量達到平衡，所以才會失敗。不過確定的是鋁箔紙越長較能平衡，所以最後我們決定接下來的實驗我們決定都以 5 公分的鋁箔紙做為我們火柴火箭頭的基準。

三、 探討鋁箔紙包的形狀對於發射距離的影響。

(一) 研究結果

		
<p>圖 31、把火箭前端捏成不同形狀</p>	<p>圖 32、火箭發射</p>	<p>圖 33、測量結果</p>

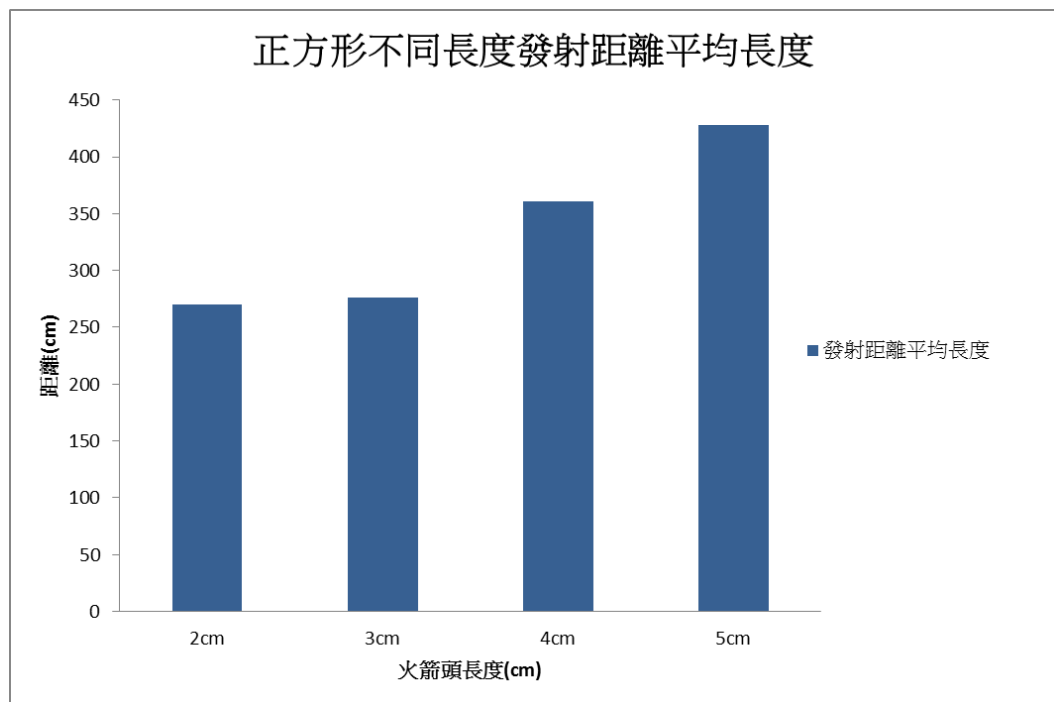


圖 34、正方形不同長度對於發射距離平均長度

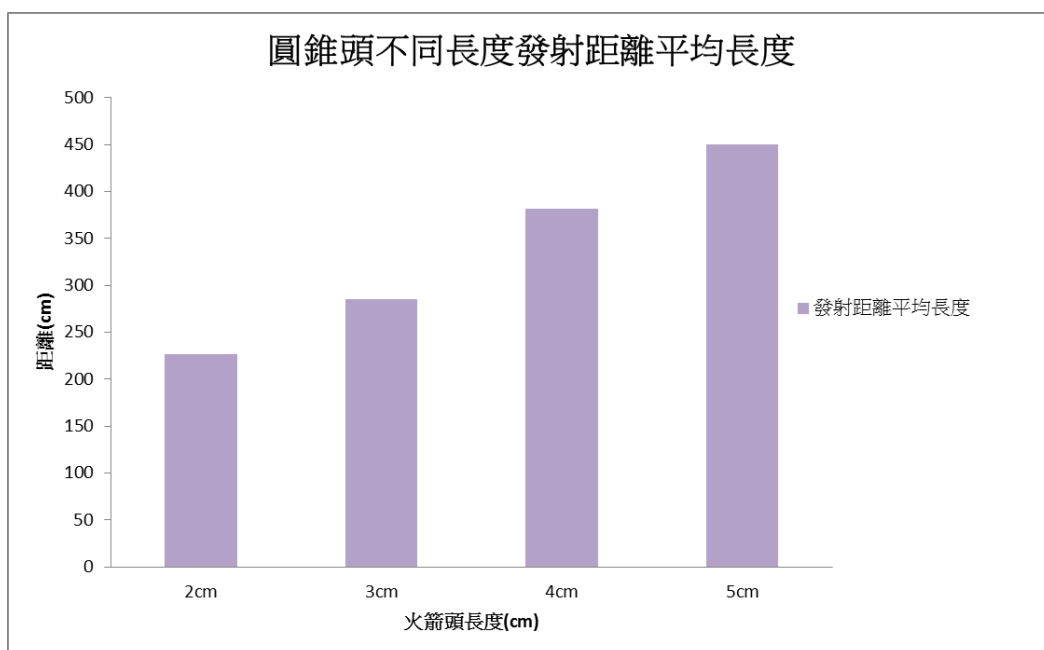


圖 35、圓錐頭不同長度發射距離平均長度

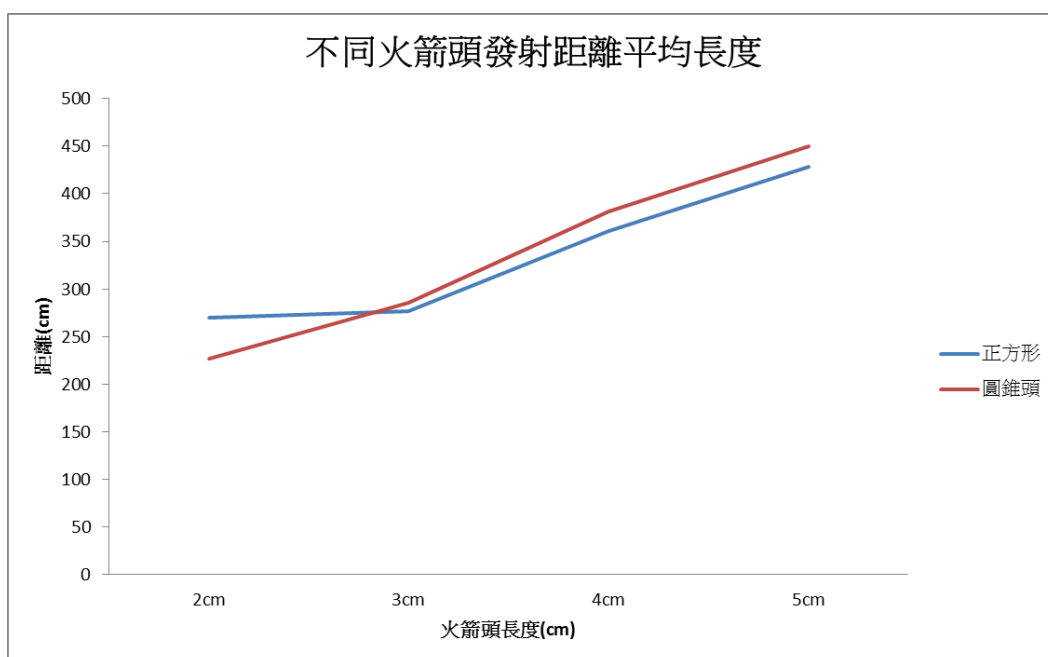


圖 36、不同火箭頭發射距離平均長度

(二) 實驗討論

1. 在這個實驗是要比較不同火箭頭的外形是否會影響飛行的距離。從圖 34 中我們可以發現正方形火箭頭發射平均距離隨著火箭頭長度而增加，2 公分的正方形火箭頭發射平均長度為 270cm，3 公分的正方形火箭頭發射平均長度為 276.3cm，而 4 公分的正方形火箭頭發射平均長度為 360.3 cm，最後是 5 公分的正方形火箭頭發射平均距離則為 428.3cm。
2. 從圖 35 中我們改變火箭頭外形變成圓錐頭來實驗，當我們逐漸增加圓錐頭火柴火箭的鋁箔紙公分數時，火箭發射平均距離也有逐漸增加，2 公分的圓錐火箭頭發射平均長度為 226.6cm，3 公分的圓錐火箭頭發射平均長

度為 285.3cm，而 4 公分的圓錐火箭頭做的火箭的發射平均長度則為 381cm，最後是 5 公分的圓錐火箭頭發射平均距離為 450.1cm。

3. 透過圖 36 中的兩種不同的火箭頭比較可以看到在 2 公分的正方形火箭頭比圓錐頭火箭的發射距離稍微多了一些。不過從 3 公分開始我們可以看到圓錐頭火箭就比正方形火箭頭的飛行距離還多了，我們認為圓錐頭是較流線型，可以減少飛行中受到的風阻，所以會比正方形火箭頭發射得更遠，所以我們決定接下來的實驗都以 5 公分的圓錐頭火箭為製作火柴火箭頭的基準。

四、 探討火藥塞的鬆緊對於發射距離的影響。

(一) 研究結果

		
<p>圖 37、確認火藥的鬆緊</p>	<p>圖 38、火箭發射</p>	<p>圖 39、測量結果</p>

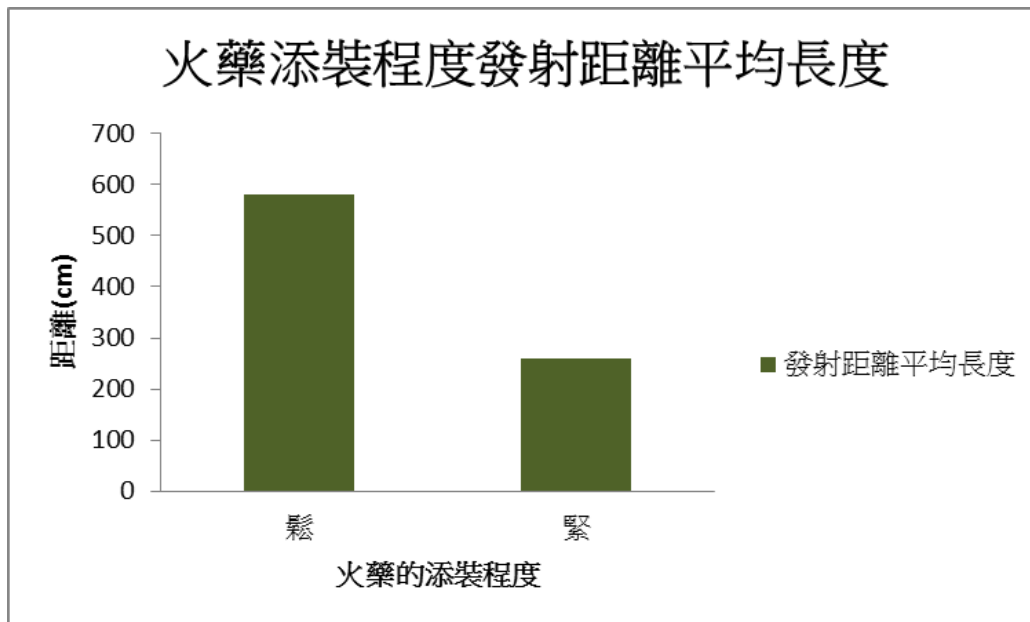


圖 40、火藥添裝程度發射距離平均長度

(二) 實驗討論

1. 這個實驗是要比較當我們添裝火藥的時候把火藥壓緊或是鬆散的情況來研究是否會影響飛行的距離。從圖 40 中可以看到添裝鬆散火藥的火箭整整比壓緊火藥的火箭還多飛行多了 1 倍的距離，鬆散火藥的火箭發射平均距離為 580cm，而壓緊火藥的火箭發射平均距離為 260cm。

- 根據實驗結果我們可以發現當把火藥塞得越緊發射的變得比較短，而火藥鬆散的火箭就發射的比較遠，我們認為是因為添裝壓緊的火藥在火箭頭缺少了燃燒三要素裡的助燃物-氧氣，因為氧氣量較多火藥燃燒就會比較完全燃燒完畢，因此這樣的火柴火箭才可以發射得較遠的距離。

五、 了解粉狀與塊狀的火藥對於發射距離的影響。

(一) 研究結果

		
<p>圖 41、裝入粉狀與塊狀的火藥</p>	<p>圖 42、火箭發射</p>	<p>圖 43、測量結果</p>

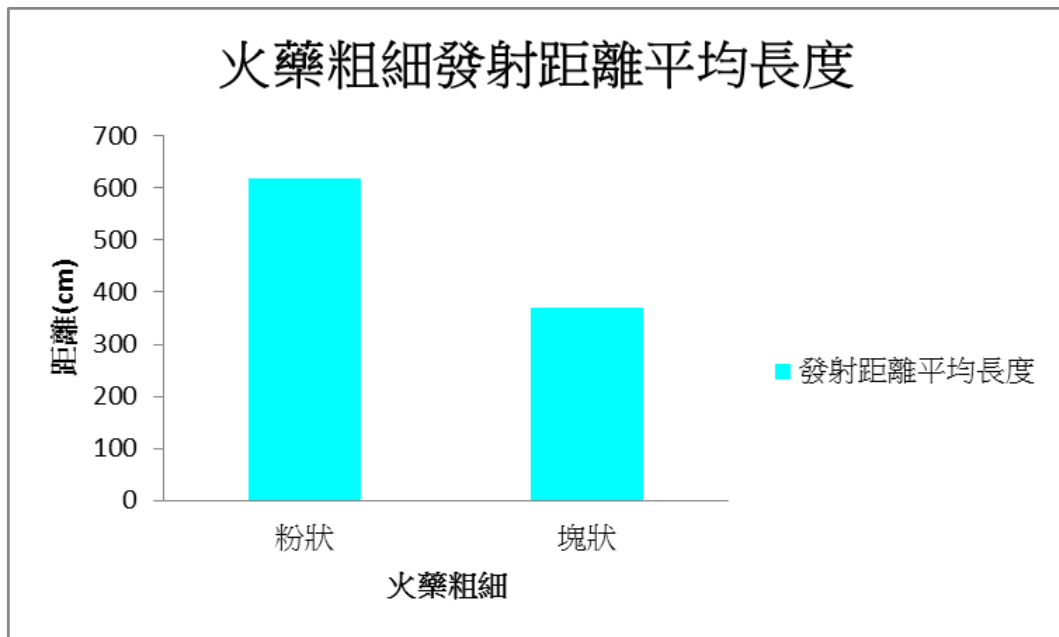


圖 44、火藥粗細發射距離平均長度

(二) 實驗討論

- 這個實驗是要比較我們從火柴頭取得所需要的火藥的方式，我們分成削下火藥粉偏塊狀或是削下來的火藥為細粉狀。從圖 44 中可以發現細粉狀火藥比塊狀火藥所飛行的距離多了快 1 倍的長度，細粉狀火藥的平均發射距離為 619.3cm，而塊狀火藥的平均發射距離則為 370.3cm。
- 根據這個實驗結果我們可以發現當把火柴頭的火藥磨得越細時，火箭發射的距離越遠；而火藥越粗火箭所發射的距離越近。我們認為是因為火藥顆粒越細可以跟空氣的接觸面積就越大，而顆粒越粗反而跟空氣的接觸面積

就越小，所以當火藥受熱燃燒起來的時候顆粒越細的火藥就會發射得較遠。

六、 探討鋁箔紙的厚度對於發射距離的影響。

(一) 研究結果

		
圖 45、包不同層數的火箭	圖 46、火箭發射	圖 47、測量結果

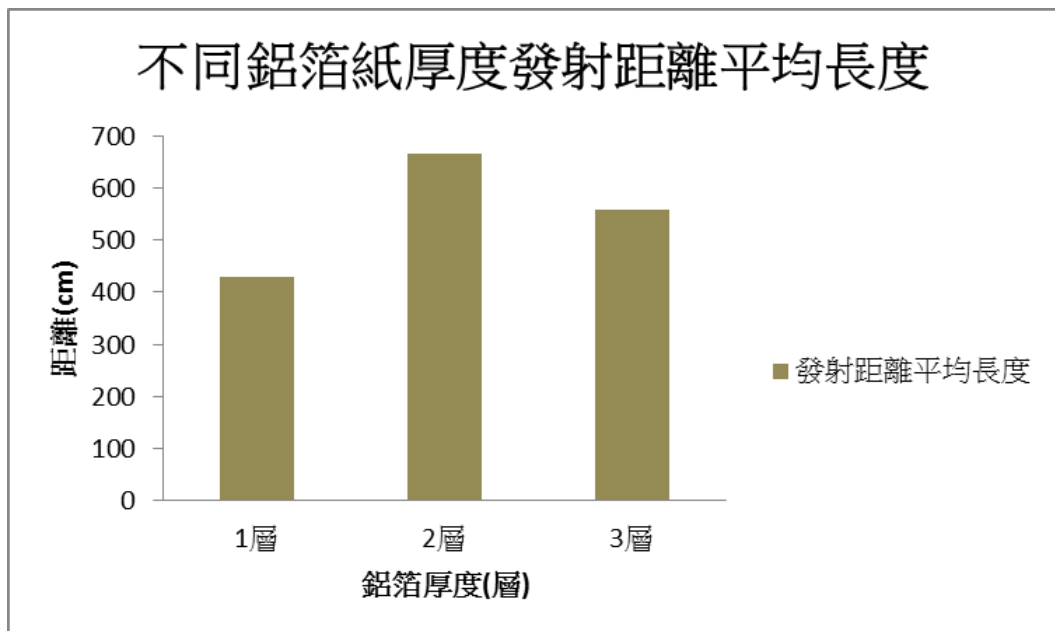


圖 48、不同鋁箔紙厚度發射距離平均長度

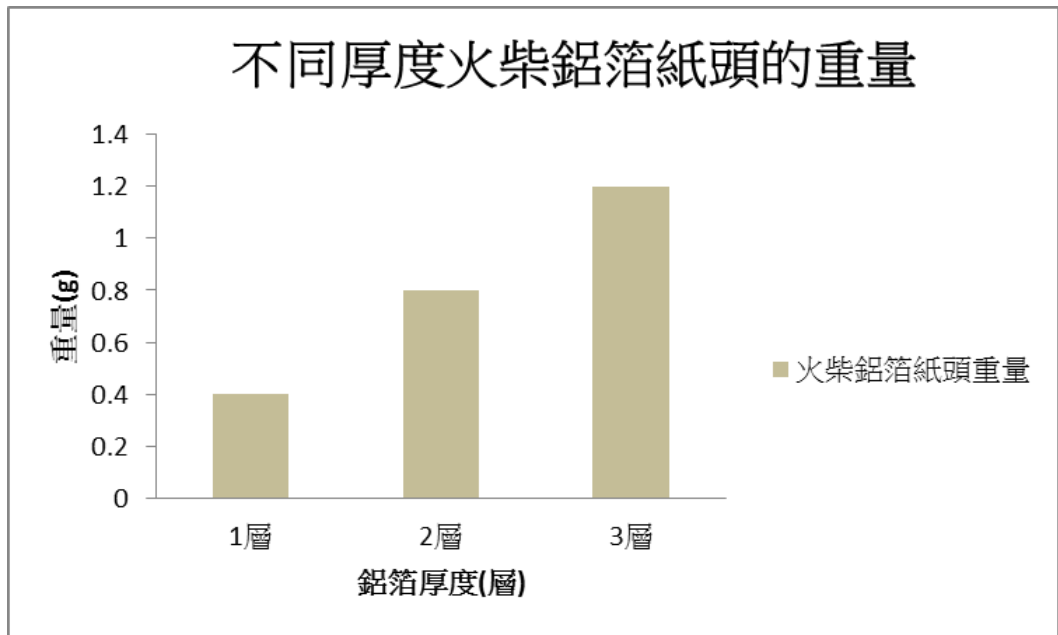


圖 49、不同厚度火柴鋁箔紙頭的重量

(二) 實驗討論

- 我們在實驗火柴火箭的時候，其中最常發生失敗不成功的情況是火藥從火箭頭直接爆裂或是火藥從火箭頭的側邊衝出來。我們通常是以一層鋁箔紙來做出我們火柴火箭頭，但失敗的次數有點多，所以我們想要測試 1~3 層鋁箔紙的火柴火箭頭來看是否能提升火柴火箭的成功機率。從圖 48 中我們可以看到 2 層鋁箔紙發射的距離最遠。1 層鋁箔紙的發射平均距離是 428.3cm，2 層鋁箔紙的發射平均距離為 666.5cm，而 3 層鋁箔紙的發射平均距離則為 558.3cm。
- 從圖 49 中可以看到 1 層鋁箔紙的重量為 0.4g，2 層鋁箔紙的重量是 0.8g，3 層鋁箔紙的重量則會達到 1.2g。
- 根據實驗結果我們知道 2 層鋁箔紙的發射距離的最遠，是因為 2 層的厚度足夠，且火箭頭也不至於太重。但使用 3 層鋁箔紙的時候雖然厚度夠，也沒有發生爆裂的問題，但因為火箭頭重量太重了，所以才飛行的距離就會比較近。而一層鋁箔紙雖然重量最輕，但是失敗率高所以接下來的實驗就會以 2 層鋁箔紙來製作火箭頭。

七、 探討增加鋁箔紙機翼數量對於發射距離的影響。

(一) 研究結果



圖 50、準備機翼，黏在火箭上	圖 51、火箭發射	圖 52、測量結果
-----------------	-----------	-----------

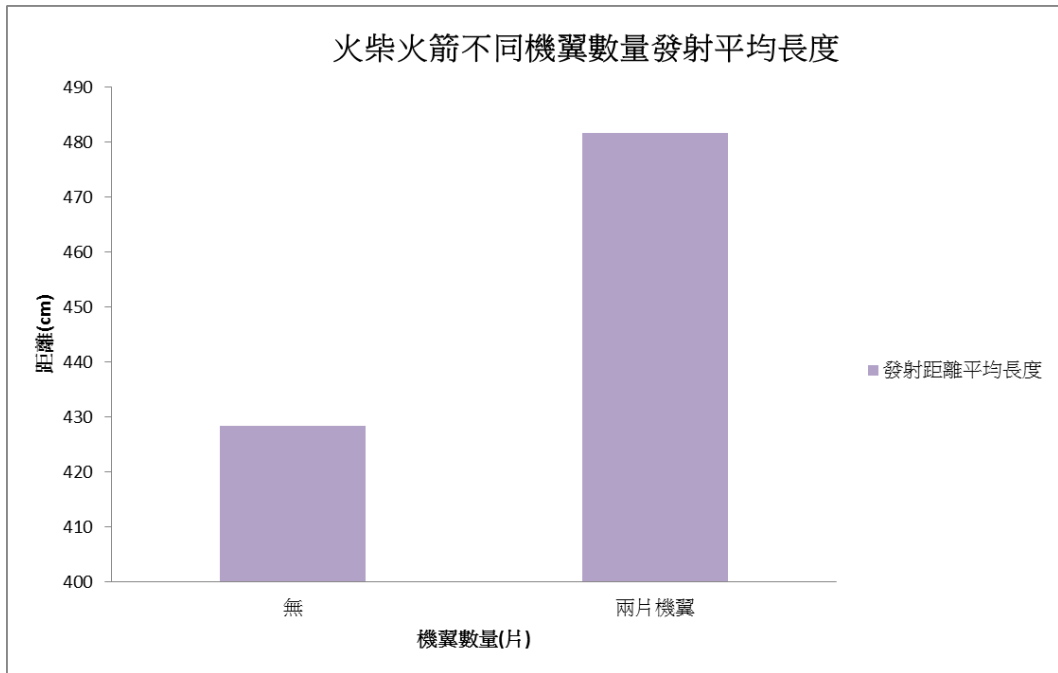


圖 53、火柴火箭不同機翼數量發射距離平均長度

(二) 實驗討論

1. 這個實驗是要比較火柴火箭沒有裝機翼或是有裝機翼對於飛行的距離是否有影響。從圖 53 中我們發現無機翼與加裝機翼的飛行距離有些許的差異，有機翼的表現比較好，發射平均長度是 481.7cm，而無機翼的發射平均長度是 428.3cm，兩者距離相差大約 53.4cm。
2. 根據這個實驗結果我們可以看到有機翼與無機翼的差異雖然沒有多到 100cm 那麼大，但有機翼的火箭還是飛行比較遠。我們認為因為機翼的用處在於穩定飛行和平衡火箭，而且在做這個實驗時無機翼的火箭容易偏左或偏右飛，而做了機翼後火箭絕大部分蠻筆直的飛了出去，所以機翼確實能讓火箭飛得方向穩定且距離也比較遠。

八、 了解不同粉末的添加對於發射距離的影響。

(一) 研究結果

		
圖 54、把粉末混和火藥，裝入火箭	圖 55、火箭發射	圖 56、測量結果

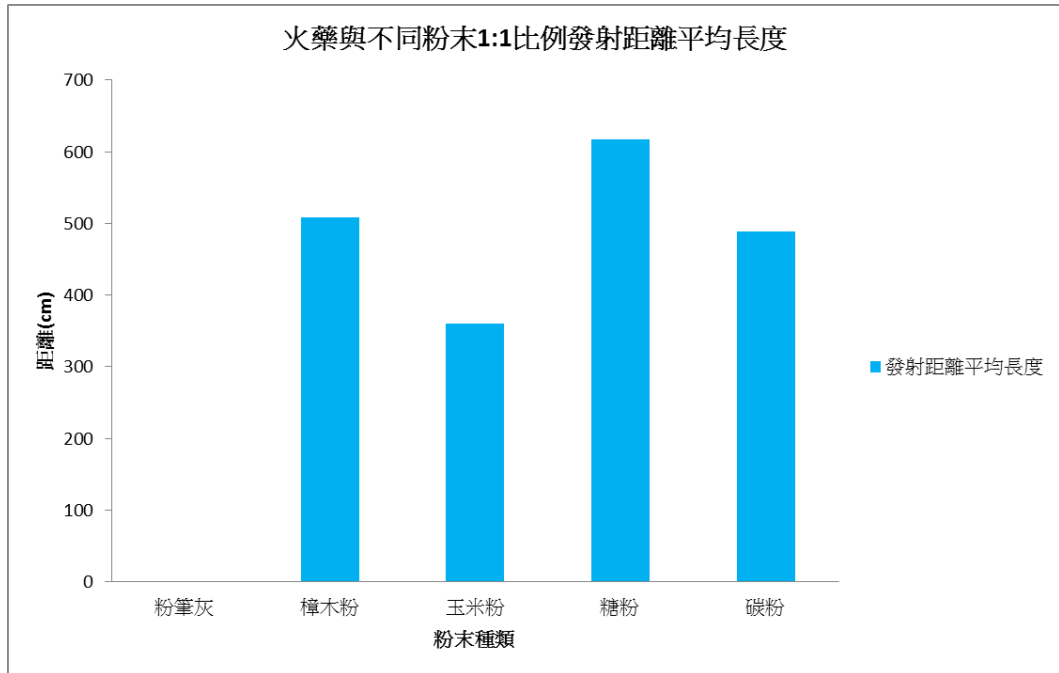




圖 57、火藥與不同粉末 1:1 比例發射距離平均長度

(二) 實驗討論

1. 這個實驗是要比較除了火藥之外，如果我們混和其他的粉末是否可以影響火箭飛行的距離。我們選擇一些粉末分別是粉筆灰、樟木粉、玉米粉、糖粉和碳粉。我們在這個實驗採用火藥與其他粉末 1:1 的比例來實驗。從圖 57 中我們發現粉筆灰無法發射出火箭，且燃燒過的氣味很臭。依據實驗結果玉米粉的發射平均距離為 359.7cm，碳粉的發射平均距離則為 488.8cm，樟木的發射平均距離為 508.7cm，最後糖粉的發射平均距離為 617.7cm，所以糖粉平均發射距離位居最高。
2. 根據這個實驗結果讓我們知道粉筆灰無法發射成功，最主要原因是石灰粉為不可燃物質，所以比較難跟火藥產生反應。玉米粉、樟木粉、碳粉和糖粉這些粉末都有機會和火藥產生反應，不過在製造這些粉末的過程有些研磨過程會使顆粒粗細不均勻，粉末的粗細均勻程度確實也會影響飛行的距離。所以我們看到使用糖粉的飛行距離比較遠代表它的粉末比較均勻的關係。

九、 了解粉末與火藥的比例對於發射距離的影響。

(一) 研究結果

		
<p>圖 58、用磅秤測出不同比例火藥與粉末，裝入火箭</p>	<p>圖 59、火箭發射</p>	<p>圖 60、測量結果</p>

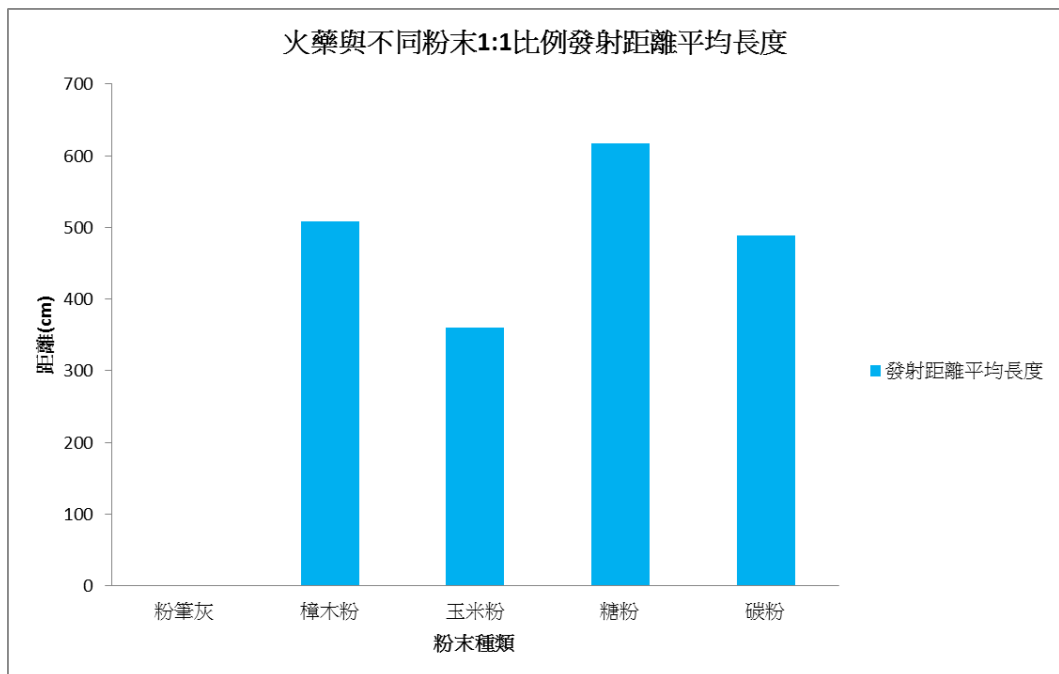


圖 61、火藥與不同粉末 1:1 比例發射距離平均長度

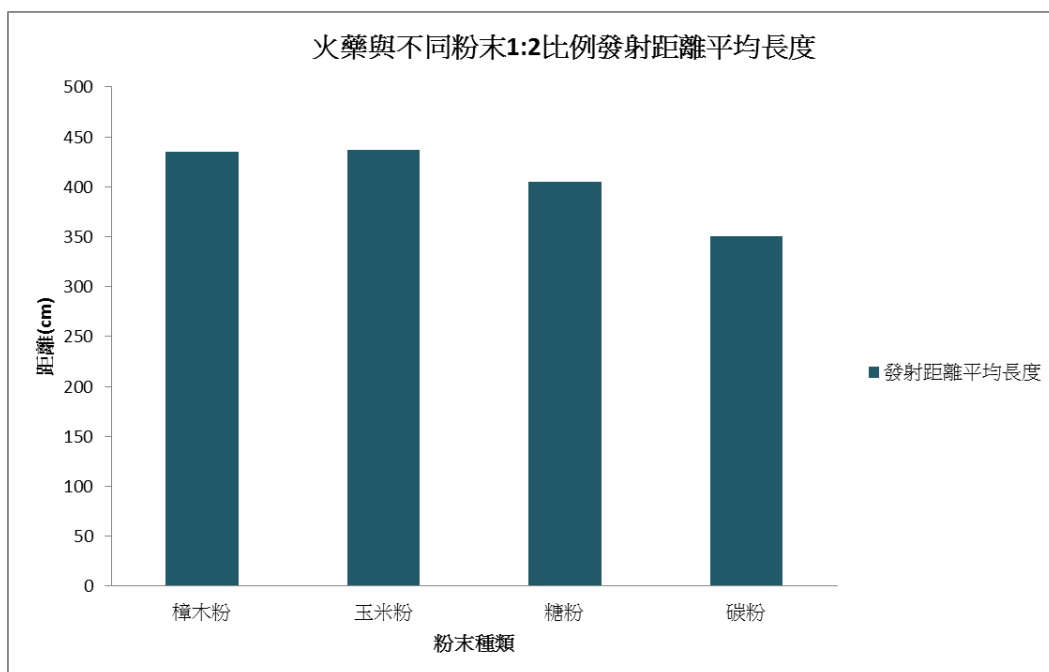


圖 62、火藥與不同粉末 1:2 比例發射距離平均長度

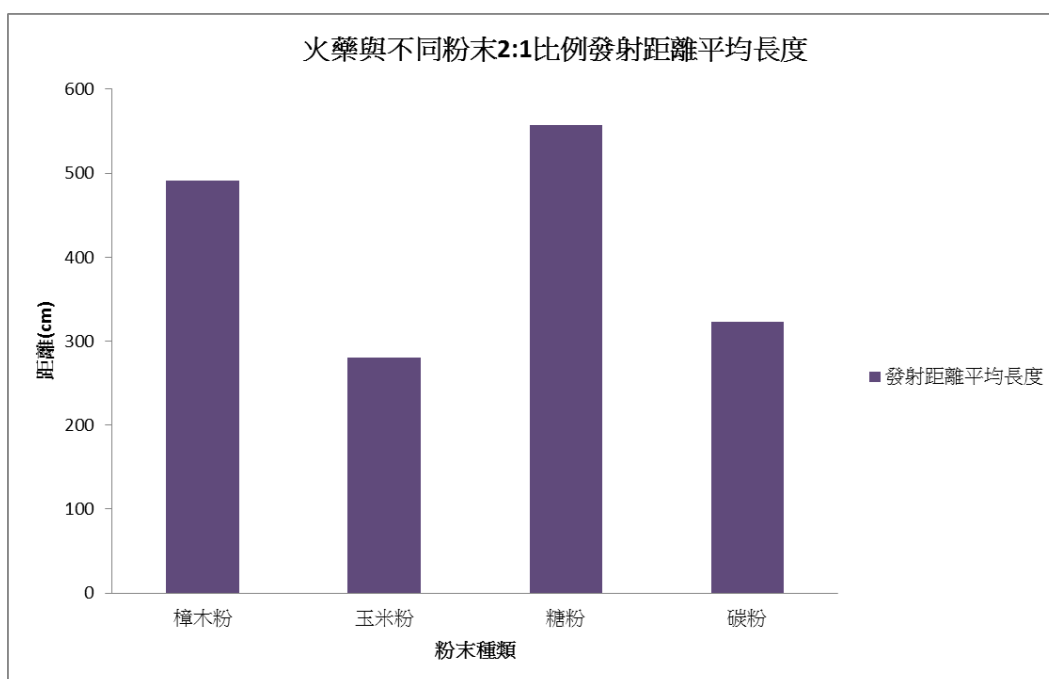


圖 63、火藥與不同粉末 2:1 比例發射距離平均長度



(二) 實驗討論

1. 這個實驗是要比較已確定可以幫助飛行的四種粉末樟木粉、玉米粉、糖粉和碳粉調配不同比例來看對飛行距離的影響是什麼。從圖 56 中火藥：粉末=1：2 的比例實驗發現玉米粉的發射距離最遠，玉米粉的平均發射長度是 436.4cm，而樟木僅次於玉米粉，位居第二，樟木粉的發射平均距離為 434.7cm，第三則是糖粉，糖粉的平均發射距離為 405.3cm，最近的則是碳粉位居第四，射程距離為 350.3cm。

2. 從圖 57 中火藥：粉末=2：1 的比例實驗發現糖粉的發射距離位居最遠，糖粉的平均長度是 557cm，而樟木僅次於糖粉，位居第二，樟木粉的發射平均距離為 490.6cm，第三則是碳粉平均發射距離為 322.7cm，最後就是玉米粉發射距離是 280cm。
3. 從這個實驗讓我們知道火藥的粉比其他的粉末多的時候，發射比較遠，其原因是火藥量足夠把其他粉末燒光；火藥的比其他粉末少的時候，發射的比較近，其原因是火藥量不足夠把其他粉末燒光。
4. 綜合整理這三種不同的比例，我們發現在火藥粉：粉末=1：1 的比例以糖粉有最佳的飛行距離表現，我們將以這個結果來作成最終版的火柴火箭。

十、 最終版火柴火箭的發射距離的結果。

(一) 研究結果

		
<p>圖 64、做出符合各個實驗中發射距離最遠的火箭</p>	<p>圖 65、火箭發射</p>	<p>圖 66、測量結果</p>

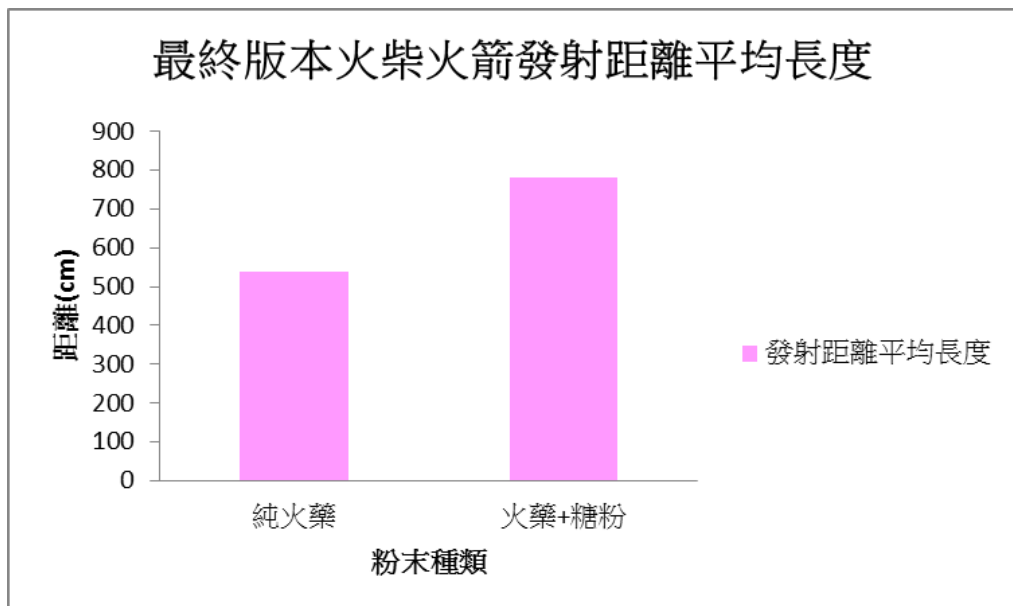


圖 67、最終版本火柴火箭發射距離平均長度

(二) 實驗討論

1. 在這個實驗主要是要把我們前面所找到可以讓火柴火箭能發射比較遠的條件整合起來，來看是否飛出最遠的距離。從圖 61 中我們看到純火藥的火

柴火箭比火藥+糖粉(1:1)少了約 0.2 公尺多，純火藥的發射距離平均長度是 539cm，而火藥+糖粉的發射距離平均距離則是 779.3cm。

2. 根據這個實驗結果我們發現火藥+糖粉比純火藥飛得還遠，我們認為糖遇熱會分解成炭和水，而炭能助燃，且所產生的燃燒能量更多，所以能使發射出去的火柴火箭飛行的平均距離比其他粉末的發射平均距離都還要來的遠。

柒、結論

- 一、 我們發現火藥越多越好，但火柴火箭無法承受過多的火藥量，所以 3 顆的效果最好，要不然會前端容易爆裂。
- 二、 鋁箔紙越長越能穩定飛行，可是重量太重會影響到它飛行效果，所以 5 公分的效果最好。
- 三、 圓錐形是流線型的所以它的效果最好，因為流線型可以受到較小的阻力，所以圓錐形的可以飛較遠。
- 四、 鬆的火藥比緊的火藥的發射距離還遠，因為燃燒三要素裡需要氧氣才有辦法燃燒，鬆的火藥方式空氣才有辦法流通。
- 五、 細火藥的效果較好，因為與空氣的接觸面積越大，效果自然也越好，所以細的火藥比粗的火藥飛行還遠。
- 六、 2 層鋁箔紙的效果最好，因為它夠堅固又不會太重，因為太重會馬上落地，不夠堅固會爆開。
- 七、 有機翼的效果較好，因為機翼可以穩定飛行，提供升力的主要部件，維持在空中飛行的方向。
- 八、 在粉末 1:1 的實驗當中，我們發現糖粉的效果最好，因為糖在火箭裡可以當火藥的助燃物。
- 九、 在粉末 1:2 的實驗當中，玉米粉的效果最好，因為玉米粉顆粒較細，燃燒較快。
- 十、 在粉末 2:1 的實驗當中，糖粉的距離是最遠的，因為火藥量較多，而且糖的效果是最好的，所以可以飛行最遠。
- 十一、 在最終版本的火柴火箭的實驗中，我們有加糖的火箭飛得比較遠，因為糖能轉換的能量較高所以能飛行得最遠。

捌、參考資料及其他

- 一、 蔡雅欣。第 49 屆科展。「炮」「箭」齊飛。臺北縣中和市錦和國民小學。
- 二、 劉武玟。第 56 屆科展。「翼」「氣」用「試」—氣球直升機的起起落落。屏東縣市前進國民小學。
- 三、 黃逸宏。第 42 屆科展。吸管火箭向前「衝」~影響吸管火箭飛行的原因研究。臺北市中正區螢橋國民小學。
- 四、 陳杰伸。第 42 屆科展。看誰飛得遠。臺北市中正區螢橋國民小學。
- 五、 洪敬鈞。第 44 屆科展。飛刀、弓、飛蛋 ----- 古代飄浮蛋解密之一。臺中市立育英國民中學。
- 六、 薛皓薰。第 46 屆科展。疾風飛馳，衝！衝！衝！~探討陸海空「氣壓水箭」的射遠動力之分析研究。臺北縣永和市永和國民小學。
- 七、 林鑫佑。第 48 屆科展。一葉千金~超酷的落葉纖維發酵火箭。臺北縣永和市秀朗國民小學。
- 八、 沈嘉祥。科展。說明火箭原理的模擬實驗。省立板橋高級中學。
- 九、 今天就教怎麼用火柴 DIY 出可以發射 12 公尺遠的「終結無聊迷你火箭」。
<https://www.teepr.com/90318/jasonhuang/>
- 十、 利用反衝原理 製作「火柴火箭」。
<https://kknews.cc/zh-tw/science/68pjxy3.html>