

第一階段 研究訓練階段

一、近二年學校獨立研究課程之規劃

本校獨立研究課程分為三年級「研究技巧訓練」與四至六年級「獨立研究實作」兩大部分，前者訓練研究技巧，如資訊運用、資料蒐集與整理，以及研究方法等；後者採混齡編組，由高年級在決定題目後招募四年級組員，研究過程中亦會根據主題搭配校外學習。

欲培養之核心素養為：

- (一) 解決問題：具備問題理解、思辨分析、推理批判的系統思考與後設思考素養，並能行動與反思，以有效解決生活問題。
- (二) 溝通表達：具備理解及使用語言、文字、數理等各種符號進行表達與互動，並應用在日常生活中。
- (三) 團隊合作：能與他人建立良好的互動關係，並發展與人溝通協調、包容異己等素養。

根據核心素養發展之課程目標如下：

- (一) 能體驗發現及解決問題的過程。
- (二) 能拓展且熟知某領域的知識，總結所得後與他人分享。
- (三) 能運用研究所需之相關技能。
- (四) 能投入研究，並以積極的態度與人分工合作。

課程大綱如下圖：



二、學校如何提供該生獨立研究訓練

本校在安排獨立研究課程時，按照學生年級區分為三年級、四年級，以及高年級三層次，說明如下：

- (一)三年級：針對三年級的資優生，會設計與學科相關的課程以拓展其知識基礎，每週安排兩節主題探索課程，主要在研究技巧的訓練方面，讓學生學習文書處理、資料蒐集與整理方法、圖書館運用、觀察與做筆記的能力、晤談方法。在資源教室的充實活動中，提供一般探索機會，搭配如數位相機、顯微鏡、簡單科學實驗技術等的操作練習。每年安排參訪多場展覽，讓學生能找出研究興趣與觀摩優秀作品，並隨時記錄有興趣的主題。
- (二)四年級：在學科加深加廣方面與三年級相同，但進入此階段，學生已開始針對有興趣的主題進行研究，而非單純只蒐集資料。每週兩節課的獨立研究課程，四年級資優生主要擔任研究協助者，配合學長姐的引導，協助研究觀察與記錄工作，對於了解實際研究歷程與重點事項，是很重要的訓練。
- (三)高年級：每週進行兩節課的獨立研究課程，實際進行研究，在教師協助下，完成「訂定主題」、「擬定工作進度與分配」、「擬定研究問題」、「蒐集資料與整理」、「尋求資源」、「實際研究與記錄」、「研究討論與發現」、「撰寫書面報告與分享」之流程。在此階段，教師的角色會依據學生能力，慢慢減少干預，擔任引導討論與技術指導工作，掌握學生計畫安排與實際進度是否得宜，並在學生完成報告時協助修改。

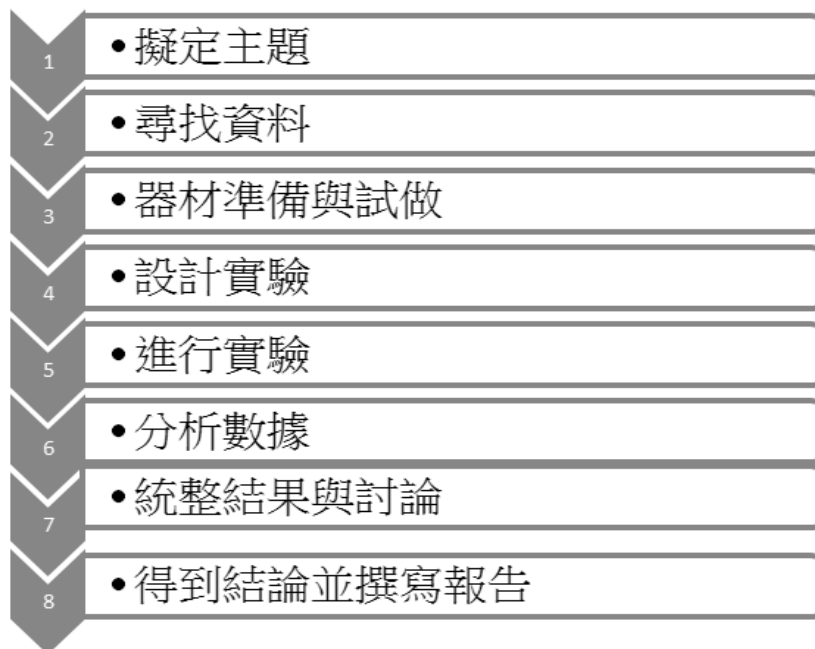
第二階段 獨立研究階段

一、研究動機

之前在 YouTube 看過水火箭，噴發出去的瞬間真是刺激，加上課堂上有做過不用加水的空氣火箭，只要用紙張就能簡單完成，我們也很好奇，想試試看如果沒有水，那會對它有什麼影響，而且水火箭過去曾經有相關的研究，所以我們就打算聚焦在「尾翼」上，看看改變位置、形狀、數量等，看看會有什麼影響。

二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

(一)研究計畫



(二)研究問題

1. 尾翼大小會影響空氣火箭噴射衝的距離嗎？
2. 尾翼的斜度會影響空氣火箭噴射的距離嗎？
3. 尾翼數量會影響空氣火箭噴射的距離嗎？
4. 尾翼黏貼的位置會影響空氣火箭噴射的距離嗎？
5. 尾翼的形狀會影響空氣火箭前衝的距離嗎？

(三)工作進度表

	9/2~ 9/6	9/9~ 9/13	9/16~ 9/20	9/23~ 9/27	9/30~ 10/4	10/7~ 10/25	10/28~ 11/8	11/15~ 11/29
蒐集資料	◎	◎	◎					
決定主題		◎						
擬定工作計畫表			◎					
擬定正式計劃和 研究問題			◎	◎				
實驗準備				◎	◎	◎		
進行實驗				◎	◎	◎	◎	◎
提出研究結果						◎	◎	◎
評鑑與檢討							◎	◎
完成書面報告							◎	◎

(四)研究設備與器材：

火箭：圖畫紙、雙面膠、方格紙、吸管、膠水。

發射裝置：智高積木、電工膠布、打氣筒、2000ml 寶特瓶、凡爾、
美式充氣吹嘴、4 公分 PVC 硬管、椅子、尼龍繩、束帶。

測量工具：捲尺。

四、彙整相關文獻

(一) 空氣火箭的製作方式

火箭包括三個部分：直筒狀且一端密閉的火箭本體、火箭頭部、尾翼。

1. 裁切紙張長度約 15 公分（箭身長度），寬度則配合排水管的開口捲成圓筒狀，再以雙面膠帶將圖畫紙黏牢成為筒身。
2. 將圖畫紙剪一圓圈，黏貼在完成的圓筒的一端，以密閉筒身。
3. 火箭頭：用紙剪一扇形，捲成圓錐形的甜筒狀，黏貼在圓筒上。
4. 尾翼：製作四片的尾翼，黏貼在圓筒的開口端。



圖 4-1 空氣火箭的製作方式

（圖片來源：科學遊戲實驗室

<http://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-032.html>）

(二) 空氣火箭的原理

空氣火箭是利用空氣的壓力差來當動力，打氣儲存在寶特瓶中，瞬間釋放，空氣就會衝入火箭中，產生推力，而推力就可以讓火箭飛出去。

(三) 空氣火箭的相關研究

我們閱讀了第 46 屆全國科展〈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〉，他們的實驗中指出，火箭飛行的可能變因是火箭瓶身的容量、發射角度、風向、噴嘴排放口的大小、尾翼的特性、頭錐的重量、箭身的長度等。結果發現， 0° 、 30° 、 60° 發射時火箭射遠距離相差不多，但發射傾斜角度 60° 火箭

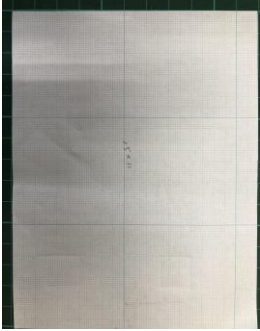


射得稍遠些，所以發射角以 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 較好。頭適當的配重和加長處理可以增加飛行距離，可是若太長，也會影響飛行，氣壓水箭的重量太重則難以飛行，若太輕則難以抵抗空氣阻力。

根據第 42 屆全國科展，他們提到尾翼的作用在於維持水火箭前進的方向。

綜合兩個研究，若尾翼會影響飛行是否穩定，當他在線做成的軌道中移動，就會影響距離遠近，而另一個研究並沒有討論尾翼，所以我們決定聚焦探討尾翼對空氣火箭的平行噴射距離影響。

五、資料分析

(一)本實驗空氣火箭的製作方式：修改了參考資料，我們製作的是圓頭火箭：

		
<p>圖 5-1：在方格紙上繪製 11X15cm 的長方形。將繪製好的圖覆蓋在圖畫紙上，用筆點出四個頂點，連接圖畫紙上的頂點，繪製出長方形並剪下。</p>	<p>圖 5-2：將長方形捲成圓筒，可以製作出兩層圖畫紙，直徑 2.5cm，高 11cm 的火箭體。</p>	<p>圖 5-3：將其中一口封起來，為火箭頭。在距離尾端 3cm 的地方黏上 4cm 的吸管，讓軌道線可以穿過。</p>

(二)實驗方式說明

和參考資料的發射方式不同，我們使用兩個椅子，中間連著一條線，椅子倒放，架著一個寶特瓶，寶特瓶鑽洞後鎖上吹嘴，再用熱溶膠黏緊(如下圖 5-4)；打氣筒連到吹嘴，固定打氣直到指針達到 20psi(約 3 下)，瞬間打開凡爾，火箭就會衝到另一端(如圖 5-5)，直到停住，線下面有捲尺，從上方往下看就能測量，如下頁 5-6 示意圖。



圖 5-4：在寶特瓶側裝吹嘴



圖 5-5：實驗方式示意圖

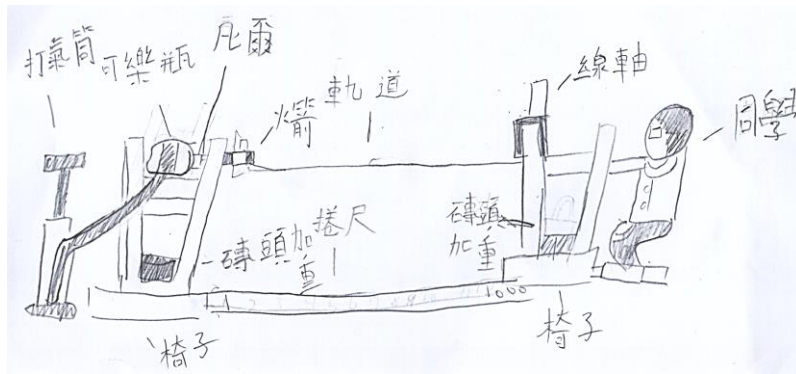


圖 5-6：實驗設置示意圖

(三)研究歷程紀錄

實驗一：尾翼不同大小的空氣火箭噴射距離實驗

1. 實驗步驟

- (1) 製作底和高分別為 7.3X6、5.5X4.5、3.6X3、1.8X1.5 公分，斜度 75 度的平行四邊形尾，每一種大小製作兩個。
- (2) 在火箭體距離尾端處 1.5 公分處，以對稱的方式各黏上 2 個尾翼，如下圖 5-4。
- (3) 各組都做 6 次實驗，再求平均來比較。

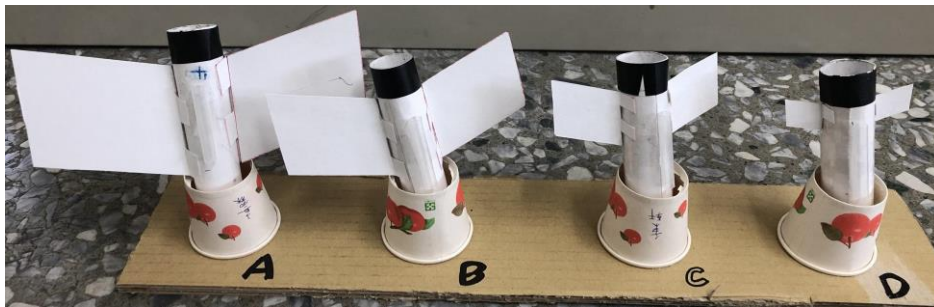


圖 5-4：不同尾翼大小空氣火箭

2. 實驗紀錄表

尾翼大小 (cm) 噴射距離(cm)	7.3X6	5.5X4.5	3.6X3	1.8X1.5
1	964	985	996	1214
2	988	906	965	714
3	813	893	767	1005
4	932	1074	980	890
5	815	1046	890	880
6	990	1164	1042	930
平均	917	1011.33	940	938.83

實驗二：不同尾翼斜度的空氣火箭噴射距離實驗

1. 實驗步驟

- (1) 製作製作底為 3 公分、高為 3.5 公分，斜度分別為 30、45、60、75 度的平行四邊形尾翼。
- (2) 在火箭體距離尾端處 1.5 公分處，左右對稱各黏上 2 個尾翼，如下圖 5-5。
- (3) 各組都做 5 次實驗，再求平均來比較。



圖 5-5：尾翼不同斜度空氣火箭

2. 實驗紀錄表

尾翼角度 (度) 噴射距離(cm)	30	45	60	75
1	951	999	1096	923
2	1082	1090	1250	994
3	1200	1230	1233	1069
4	1055	1007	1285	960
5	1040	970	1250	1090
平均	1065.6	1059.2	1222.8	1007.2

實驗三：不同尾翼數量的空氣火箭噴射距離實驗

1. 實驗步驟

- (1) 製作底為 3 公分、高為 3.5 公分，斜度 75 度的平行四邊形尾翼。
- (2) 分別在火箭體距離尾端處 1.5 公分處，以對稱的方式各黏上 2、3、4 個尾翼。
- (3) 各組都做 5 次實驗，再求平均來比較。

2. 實驗紀錄表

噴射距離(cm) \ 尾翼數量(個)	無	2	3	4
1	1055	623	692	546
2	1446	978	551	709
3	1296	722	945	685
4	1105	865	883	783
5	1157	742	983	983
平均	1211.8	786	810.8	741.2

實驗四：尾翼黏貼不同位置的空氣火箭噴射距離實驗

1. 實驗步驟

- (1) 製作底為 3 公分、高為 3.5 公分，斜度為 60 度的平行四邊形尾翼。
- (2) 在火箭體距離尾端處 0、1、2、3 公分處，左右對稱各黏上 2 個尾翼，並以無尾翼的作為對照組，如下圖 5-6。
- (3) 各組都做 5 次實驗，再求平均來比較。



圖 5-6：尾翼黏貼在不同位置的空氣火箭

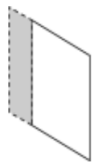


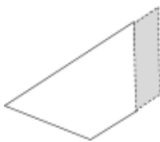

2. 實驗紀錄表

尾翼位置 (cm) \ 噴射距離(cm)	無	0	1	2	3
1	928	1460	1212	1675	1342
2	1118	1340	1148	1629	1284
3	1178	1325	1169	1501	1357
4	1277	1431	1060	1551	1328
5	1123	1301	1169	1566	1380
平均	1124.8	1371.4	1151.6	1584.4	1338.2

實驗五：不同尾翼形狀的空氣火箭噴射距離實驗

1. 實驗步驟

(1) 以前面實驗中，底為 3 公分、高為 3.5 公分，斜度為 60 度的平行四邊形為基礎，製作面積為 10.5 平方公分的長方形、正方形、等腰梯形、等腰三角形尾翼，示意圖如下表。

形狀	平行四邊形	長方形	正方形	等腰梯形	等腰三角形
示意圖					
大小 (公分)	底：3.5 高：3	長：5 寬：2.1	邊長：3.25	上底：2 下底：5 高：3	底：5 高：4.2

備註：灰色為黏貼邊

(2) 在火箭體距離尾端 1.5 公分處，左右對稱各黏上 2 個尾翼，並以平行四邊形尾翼為對照組，如下圖 5-7。



圖 5-7 尾翼不同形狀的空氣火箭

(3) 各組都做 5 次實驗，再求平均來比較。

2. 實驗紀錄表

尾翼形狀 噴射距離(cm)	平行 四邊形	長方形	正方形	等腰 梯形	等腰 三角形
1	1081	1026	1110	852	1295
2	1115	1509	1186	1121	1314
3	1244	1178	1228	1231	1063
4	1070	1234	1207	1300	1398
5	1176	1304	1164	1314	1278
平均	1137.2	1250.2	1179	1163.6	1269.6

六、研究結果與討論

(一)尾翼大小會影響空氣火箭前衝的距離嗎？

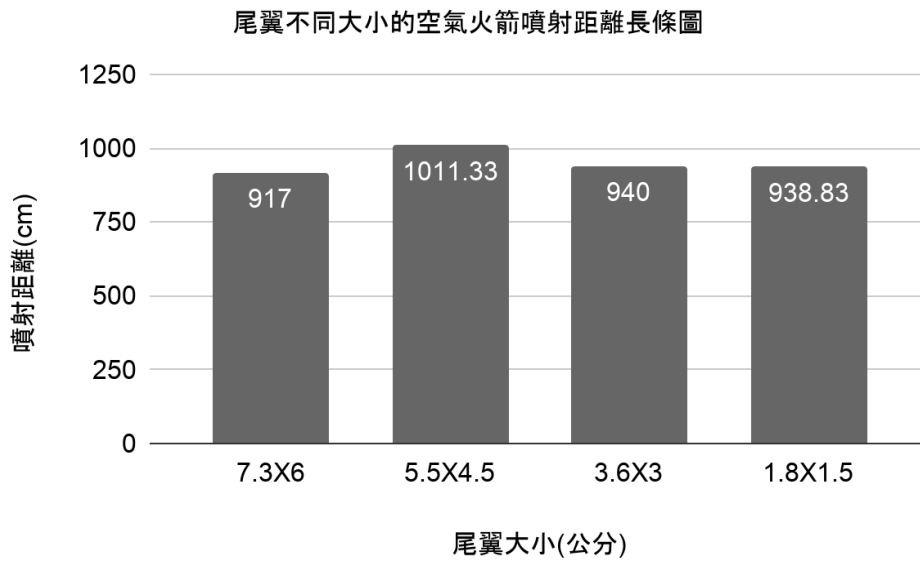


圖 6-1

1. 經過實驗發現，不管尾翼大小是以上何者，滑行距離都會超過 900 公分。
2. 四種大小裡面，邊長為 5.5X4.5 的尾翼，滑行距離最遠。
3. 無論發射時是什麼狀態，火箭一旦飛出吸管就會在火箭上方。

(二)尾翼的斜度會影響空氣火箭前衝的距離嗎？

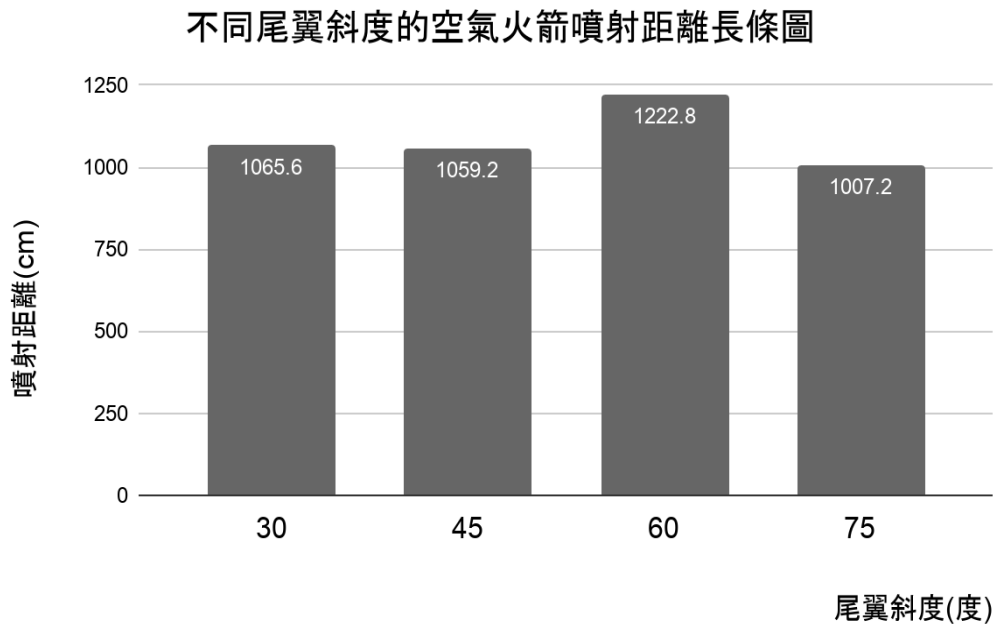


圖 6-2

1. 根據研究發現，不管尾翼斜度為多少，滑行距離都會超過 1000 公分，除了斜度 60 度，其他差異不明顯。
2. 尾翼斜度為 60 度滑行最遠，可達 1222.8 公分，因此之後採用此斜度作為平行四邊形尾翼的斜度。
3. 尾翼斜 75 度的噴射距離最短，平均是 1007.2 公分。

(三)尾翼數量會影響空氣火箭噴射的距離嗎？

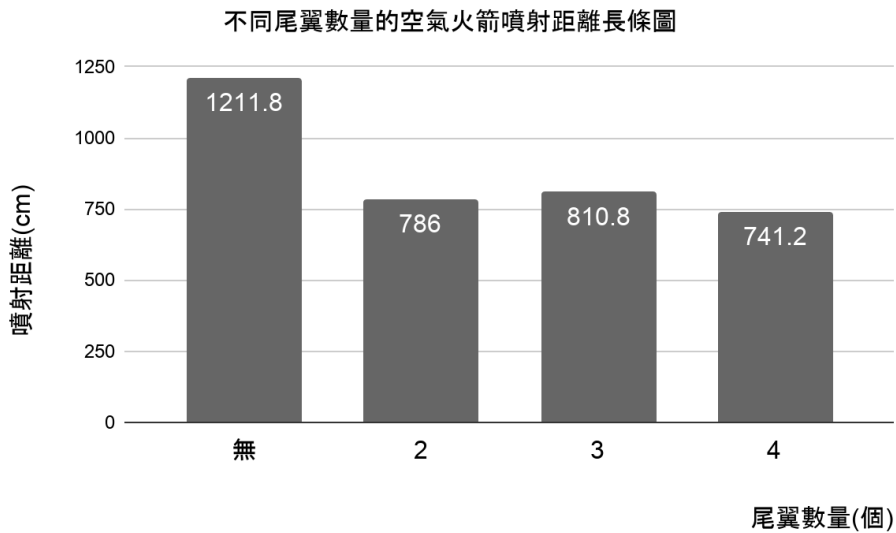


圖 6-3

1. 沒有黏尾翼時，火箭的噴射很明顯距離最遠，達 12 公尺以上。
2. 從圖 6-3 可以發現，黏有尾翼的火箭，噴射距離差不多，但我們想，使用繩子作為軌道，好像取代了尾翼飛行穩定的功能，有尾翼的火箭對於飛行距離反而沒有幫助，我們擔心是不是因為尾翼沒有黏貼好，導致尾端配重不均勻，打算之後實驗再觀察一次。

(四)尾翼黏貼的位置會影響空氣火箭前衝的距離嗎？

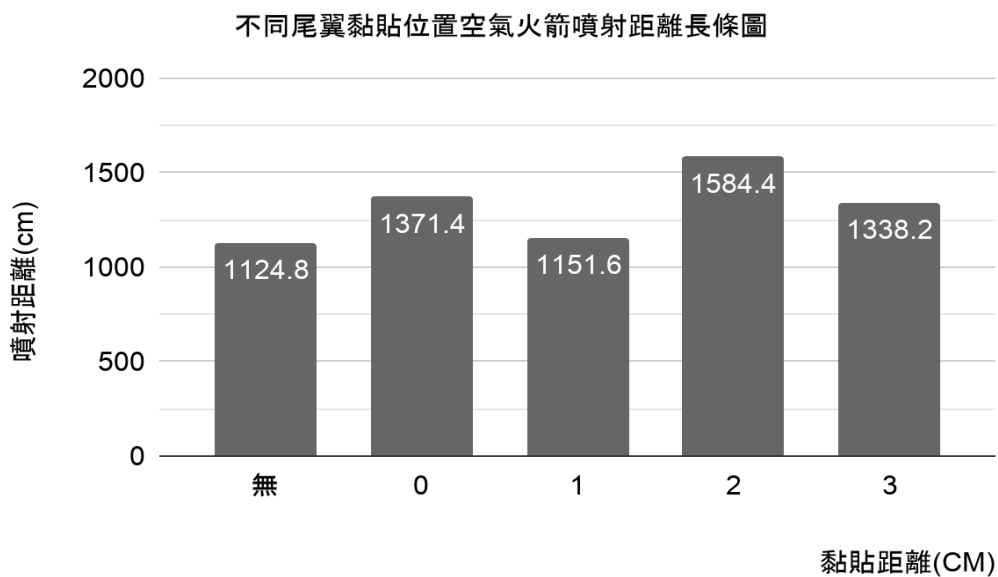


圖 6-4

1. 仔細觀察了火箭噴射的狀態發現，無尾翼的火箭飛行時容易左右搖晃，但有尾翼的火箭較不容易晃動，相對比較穩定。
2. 經過研究發現，不管尾翼裝在哪裡或是沒有裝，滑行距離都會超過 1100 公分。
3. 尾翼貼在距離尾端 2 公分處時滑行最遠，但並沒有得到明顯的趨勢，之後應該重新再作一次看看。
4. 和前一個實驗相比，本實驗中有尾翼的空氣火箭比沒有尾翼的噴射距離遠，比較符合我們的假定，不過差異不大，可見若使用軌道，尾翼的角色就沒有那麼重要。

(五)尾翼的形狀會影響空氣火箭前衝的距離嗎？

不同尾翼形狀的空氣火箭噴射距離長條圖

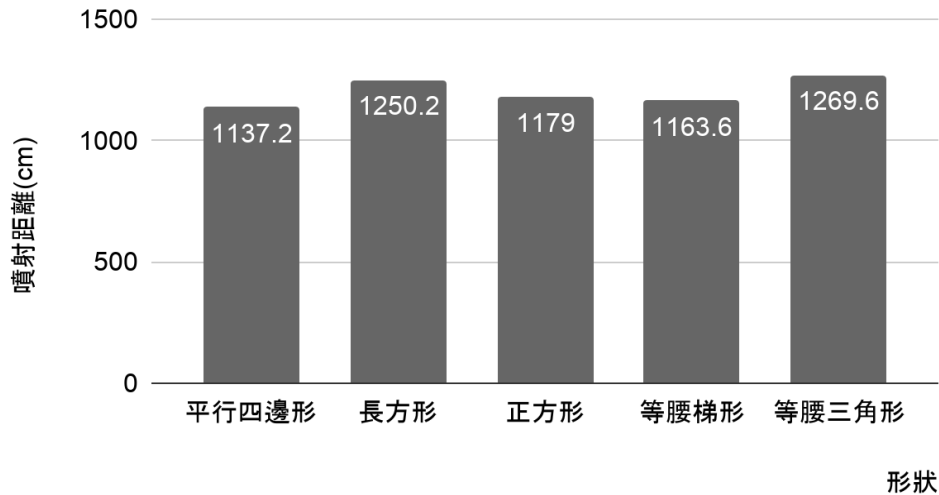


圖 6-4

1. 經過實驗發現，不管是哪一種圖形，滑行的距離都能超過 1100 公分。
2. 五種形狀裡面，等腰三角形和平行四邊形滑行距離最遠，都有 1250 公分以上。
3. 不管尾翼的形狀是什麼，滑行距離相差不大，最遠與最近的相差不到 150 公分。

總結：

- (一) 在 20psi 的壓力下，空氣火箭大部分都可以沿著線做成的軌道衝出 10 公尺遠。
- (二) 尾翼黏貼位置在距離尾端 2 公分處時較佳。
- (三) 本實驗的空氣火箭長度為 11 公分，直徑 2.5 公分，在此條件下，邊長為 5.5X4.5 公分，斜度 60 度的平行四邊形尾翼，滑行距離最遠。
- (四) 利用軌道線的方式，空氣火箭雖有些微的晃動，但是否有尾翼對噴射距離的影響並不明顯，但若尾翼黏貼沒有對稱，卻會造成尾部重量分配不均，使滑行受到很大的影響。

七、評鑑與檢討

組長的心聲

上學期選題目的時候，我們選了做問卷，本來是要研究與彰化美食或景點有關的主題，但是做得很爛，好像只是蒐集一大堆資料，一直沒有什麼想法，加上有些隊員沒興趣，意興闌珊，老師看不下去，詢問大家是否要改題目。

經過討論，大家表示對科學比較有興趣，但是時間已經被浪費了不少。老師希望我們只要能抱持著練習科學實驗的研究方法，並不一定要做很大的研究，所以就想起去年課堂上做的小玩具——空氣火箭。之前研究火箭是向水火箭往天空斜著發射，看它自己能飛多遠，只是火箭落地後還會滑行，紀錄上會很困難，之後我們決定讓火箭向上飛，看看拉出多少線，來紀錄火箭往上飛的高度，只是火箭的線一直斷掉，最後才決定用線做一條軌道，讓火箭在上面滑行。

組員 A 的心聲

這學期第一次進行獨立研究，一開始我充滿幹勁的一直做，不過後來換主題，老師叫我們做不要做大題目，可以做之前別人研究過的，所以我們選了去年學長姊沒有做好的主題。終於換科學實驗了，一開始我也興致滿滿，不過後來開始有點興致缺缺，因為我實驗的時候一直跑一直跑，要測量火箭跑多遠，然後又一直打氣，很累手好酸，熬到最後終於做完了實驗，剩下書面報告的工作，因為老師和學姐可以帶著我做，所以才能如期完成。

組員 B 的心聲

剛開始我以為做獨立研究很簡單，沒想到研究方向一直換，所以我們能做獨立研究的時間就變少了，還好我們從吃力不討好的主題，換成比較簡單的主題；不過學姐一直請假，所以我們很累，沒有學姐真可憐，兩個人太辛苦了。我覺得，下一次應該不要一直換主題，就選好一個主題認真做，並且做事效率要高一點，不要不專心，應該會更好。我想，之後這個主題還可以再延伸，我們可以做吸管的長度、機頭的形狀、機身長度的，並讓火箭自然飛出去不用軌道線，落地也不會滑行的方法。



圖 7-1：打空氣到寶特瓶中



圖 7-2：做紀錄

八、參考資料

(一) 空氣火箭，取自科學遊戲實驗室

<http://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-032.html>

(一) Simple Airsoft Rocket Launcher，取自

<https://www.youtube.com/watch?v=dwKAETyKoRA&app=desktop>

(二) 薛皓薰、蕭子桓、林承泰、洪子森、林宗毅、施邵盈(民 95)。

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，取自科展群傑廳

<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/elementary/0815/081525.pdf>

(三) 陳杰伸、曾世文、張健邦、伍哲緯(民 91)。看誰飛得遠，取

自科展群傑廳 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/c/6/080824.pdf>