

新竹市第四十二屆中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：咻~咻~紙飛機

關 鍵 詞：針筒、空氣動力、紙飛機

編 號：113PB-P007

# 目錄

摘要 .....	1
壹、前言 .....	1
一、研究動機 .....	1
二、研究目的 .....	1
貳、研究設備及器材 .....	2
參、研究過程與方法 .....	2
一、研究流程 .....	2
二、實驗原理 .....	3
三、實驗準備過程 .....	4
四、實驗步驟 .....	5
肆、研究結果 .....	7
一、不同容量的針筒，對紙飛機飛行距離的影響。 .....	7
二、紙飛機前端重量不同，對紙飛機飛行距離的影響 .....	8
三、不同長度的吸管，對紙飛機飛行距離的影響 .....	9
四、不同長度的氣球支架，對紙飛機飛行距離的影響 .....	10
五、不同長度的軟管，對紙飛機飛行距離的影響 .....	12
六、不同機翼角度，對紙飛機飛行距離的影響 .....	13
伍、討論 .....	13
陸、結論 .....	15
柒、參考資料及其他 .....	15

# 摘要

針筒紙飛機是靠著針筒把空氣壓縮，可以讓空氣傳送動力使飛機發射，跟靠機翼提供了空氣阻力、改變氣流的方向，和減緩下降速度的紙飛機，並根據柏努力定律使其能飛行。我們在做紙飛機時，將吸管加釘書針及黏貼膠帶封口，再將吸管黏在機頭前端使機頭增加重量、不容易後翻，最後再調整吸管、支架及軟管的長度，並調整機翼角度，希望能盡量傳送所有空氣的動力。在這次的實驗中，我們發現針筒紙飛機最好的組合是 12 毫升針筒加上軟管 5 公分及支架 14 公分的發射器組合，紙飛機搭配吸管 13 公分並以兩個釘書針和一段約 3 公分的膠帶封口，及機翼角度 150 度，便能使紙飛機飛行距離較遠，平均可達 12.3 公尺以上。

## 壹、前言

### 一、研究動機

我們看到三年級的學弟妹學空氣單元時，老師帶他們應用所學製作針筒紙飛機，他們製作的版本是使用 12 毫升針筒搭配氣球支架使用膠帶黏貼作為發射器，吸管用手工壓扁後用膠帶黏貼封口再貼在紙飛機上。但是我們發現單純使用膠帶黏貼支架與針筒，很容易漏氣造成無法順利發射，學弟妹受到很多困難及挫折，老師也要一再幫忙修復很辛苦，再加上吸管頭並不容易只用膠帶封口，所以整個針筒紙飛機很容易用壞、失敗，所以我們想要來改良這一個針筒紙飛機，讓它飛的遠又不容易壞，讓學弟妹可以玩得輕鬆開心。

### 二、研究目的

- (一)、不同容量的針筒，對紙飛機飛行距離的影響。
- (二)、不同紙飛機前端重量，對紙飛機飛行距離的影響。
- (三)、不同長度的吸管，對紙飛機飛行距離的影響。
- (四)、不同長度的氣球支架，對紙飛機飛行距離的影響。
- (五)、不同長度的軟管，對紙飛機飛行距離的影響。
- (六)、不同機翼角度的紙飛機，對紙飛機飛行距離的影響。

## 貳、研究設備及器材

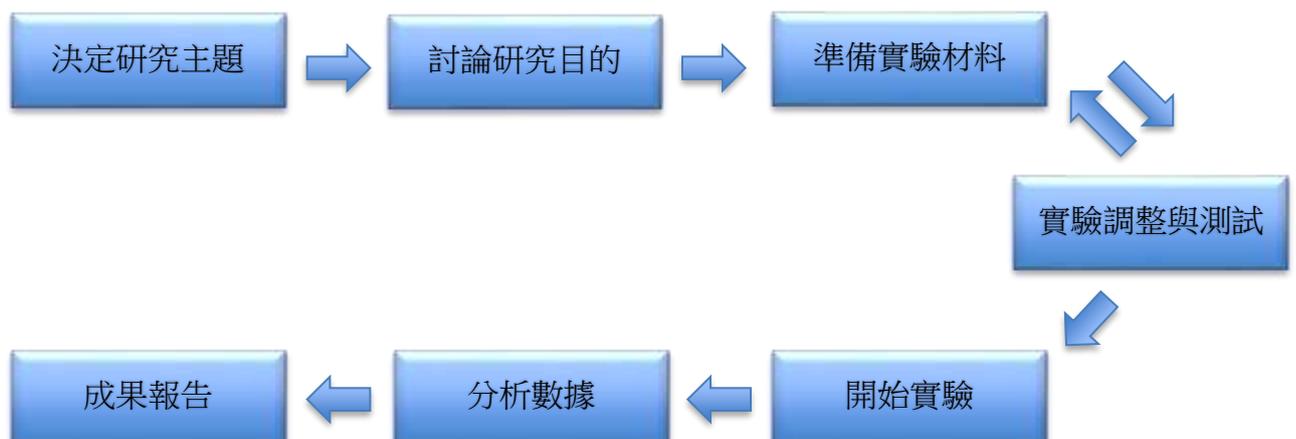
一、實驗器材：12 毫升針筒、25 毫升針筒、氣球支架、色紙、吸管、軟管、釘書機、釘書針、膠帶、雙面膠、捲尺、封口機、尺、剪刀、量角器。



圖一 實驗成功組合器材

## 參、研究過程與方法

一、研究流程



圖二 研究流程

## 二、實驗原理

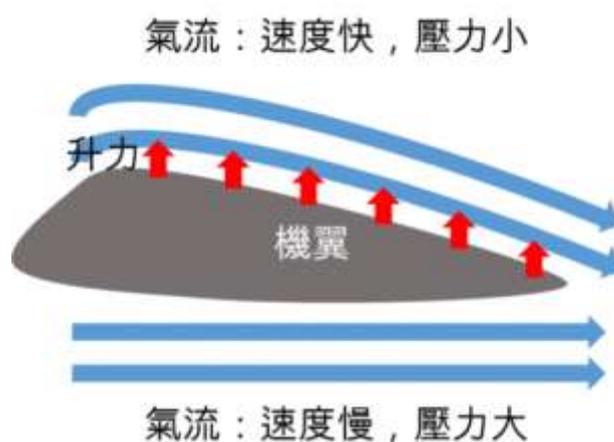
紙飛機本身沒有動力，主要是靠著針筒把空氣壓縮，讓空氣可以傳送動力，使飛機發射，並靠機翼提供了空氣阻力、改變氣流的方向，和減緩下降速度，而要能使紙飛機射出後飛得較好，則需藉由柏努力定律來調整。柏努力定律簡單來說就是當空氣流速慢時，壓力就大，相反的，流速快時則壓力就小。因此飛機機翼設計成上表面隆起，而下表面平坦，代表空氣流體在經過下表面的時候，經過的路徑比上表面短，所以下表面的流速會比較慢，由此可知下表面壓力較大，上表面壓力較小，壓力大的空間會對壓力小的空間產生壓力差，而這個壓力差會給壓力大的空間朝著壓力小的空間一個力，那個力就是讓飛機飛起來的升力。

為了使針筒發射紙飛機更穩定，我們將吸管加釘書針及黏貼膠帶封口，再將吸管黏在機頭前端使機頭增加重量、不容易後翻，並試著調整固定機翼的角度，讓他能遵守柏努力定律，而有較好的飛行距離。



圖三 空氣可以被壓縮後傳送動力

(資料來源：好玩的空氣，三上自然課本—康軒)



圖四 柏努力定律

(資料來源：泛科學，飛機為什麼會飛？——《機艙機密》)

### 三、實驗準備過程

我們發現單純使用膠帶黏貼支架與針筒，很容易漏氣造成無法順利發射，學弟妹受到很多困難及挫折，老師也要一再幫忙修復很辛苦，再加上吸管頭並不容易只用膠帶封口，所以整個針筒紙飛機很容易用壞、失敗，所以我們想要來改良這一個針筒紙飛機。

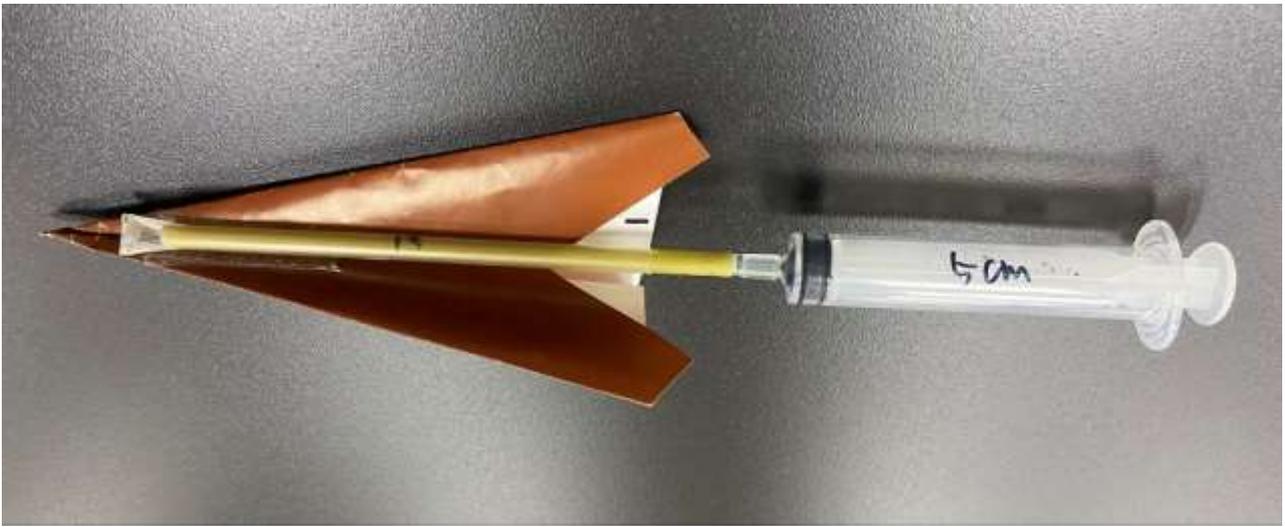
用膠帶黏很容易漏氣，我們不斷嘗試並想想看手邊有哪些輕易取得的材料可以使用，希望可以找到簡單組裝又不漏氣的替代方案。

我們在嘗試的過程中，想到四年級我們學水的單元時，使用了針筒和透明軟管來做實驗證明水可以傳送動力，而軟管剛好可以連接針筒，實驗過程中不會漏水，代表傳送空氣時也不會漏氣，因此決定用軟管連接針筒。但我們發現，若只有軟管連接針筒做發射器，因為軟軟式軟的，太長會下彎而導致紙飛機發射時會直接向下射，因此我們決定再加上氣球支架，這樣軟管和針筒可以緊密連接，支架也可以順利接上去，使發射器能順利傳送動力。

接著我們討論吸管要用什麼封口比較好，一開始我們嘗試只使用膠帶封口，但發現膠帶不易黏好，我們無法把吸管壓扁密合封口，導致吸管很容易漏氣。所以我們想到家裡有的簡便食物封口機，可以輕易將塑膠類封口，實際操作後發現，封口機雖然比膠帶封得更好，但對我們來說還是很難用，因為溫度不易控制，壓太久會燒到吸管把吸管融掉，又造成漏氣，壓不夠久或沒對好，也無法順利封口。最後我們看到了桌上的釘書機，決定使用釘書針試試看，結果剛好吸管壓扁的寬度就是釘書針的寬度，釘好後我們再拿剪刀把釘書針敲扁，讓他可以密合封口，可是我們還是擔心只使用釘書針會漏氣，因此決定再用一段約 3 公分的膠帶加強避免漏氣，因此有了最後的吸管封口版本。

最後我們折了好幾種不同的紙飛機，在測試過程中漸漸淘汰，有些用手丟時可以飛得很好，但改用發射器則效果很差，本來選定最後兩種紙飛機來做實驗，但針的測試時發現其中一種紙飛機一射出去就會飛回來，無法測試直線飛的距離，因此又被淘汰了，只剩下最後一種紙飛機來進行實驗。

實驗結束後，我們想更進一步改良，看有沒有其他方式能讓紙飛機飛得更遠，根據柏努力定律讓我們想到我們應該要固定機翼的角度，看能不能使紙飛機飛得更遠，原本測試的紙飛機機翼角度為 120 度，我們上網查了資料後發現，當飛機的機翼角度為 150 度時能飛得更穩定、更好，因此我們確認機翼角度後再用一段膠帶固定確認並完成所有實驗。



圖五 針筒紙飛機最佳組成品

#### 四、實驗步驟

- (一)、摺紙飛機（如下圖六）
- (二)、選擇紙飛機組合—吸管長度(7 公分、9 公分、11 公分、13 公分)、機翼角度(120 度、150 度)
- (三)、選擇針筒發射器的組合—針筒容量(12 毫升、25 毫升)、軟管長度(5 公分、7 公分、9 公分)、氣球支架長度(10 公分、12 公分、14 公分)
- (四)、開始實驗並記錄，每種組合皆紀錄四次後取平均飛行距離

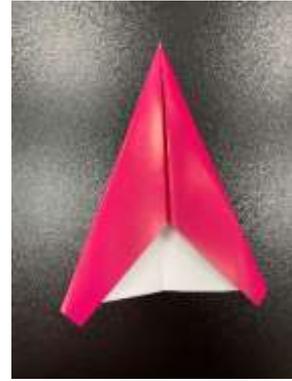
步驟一：將色紙對折



步驟二：沿折線摺出三角形



步驟三：再沿著折線下折



步驟四：將紙飛機對折



步驟五：沿著中線摺出機翼



步驟六：完成

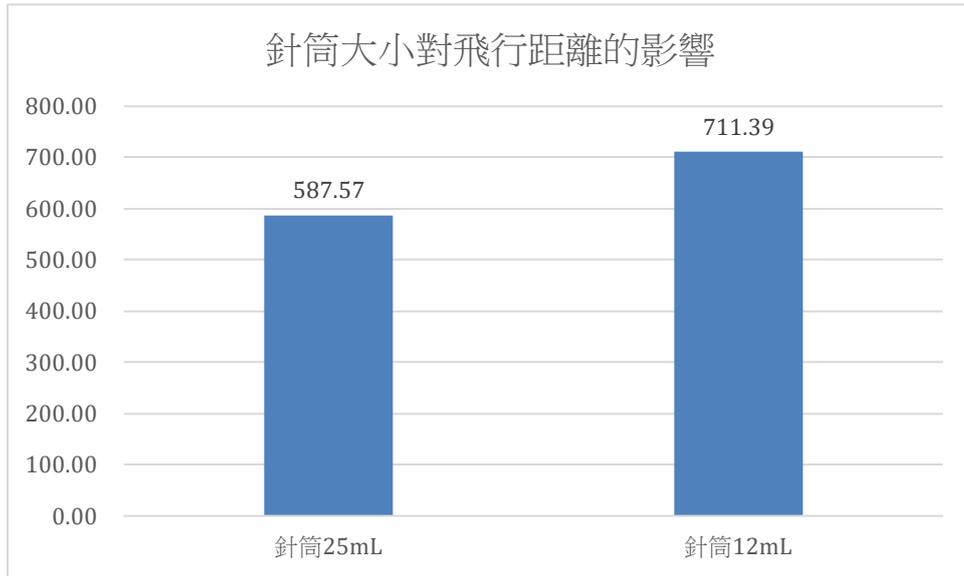


圖六 紙飛機折法

## 肆、研究結果

### 一、不同容量的針筒，對紙飛機飛行距離的影響。

我們想知道用不同容量的針筒，會不會對紙飛機飛行的距離有影響？實驗結果如下圖。



圖七 針筒大小飛行距離影響

根據圖七可以知道 25 毫升的針筒發射紙飛機平均飛行距離是 587.57 公分，12 毫升的針筒發射紙飛機平均飛行距離是 711.39 公分，從這兩個數據中可以發現 12 毫升的針筒發射紙飛機可以飛比較遠，所以推薦用 12 毫升的針筒來做實驗。

我們一開始認為 25 毫升的針筒發射紙飛機時應該有比較多的動力，讓紙飛機可以飛比較遠，但我們可能是因為我們的手不夠大，或是力氣不夠導致發射不動或較不順利，但 12 毫升的針筒我們可以順利發射，讓紙飛機飛很遠，在實驗過程中射最遠的一次飛了 1417 公分，而不同組合中飛行平均最遠距離則為 1230.3 公分。因此若是由小學生來發射，我們建議使用 12 毫升的針筒。但大人可以挑戰使用 25 毫升的針筒，看看是不是實驗結果會比較好。

## 二、紙飛機前端重量不同，對紙飛機飛行距離的影響

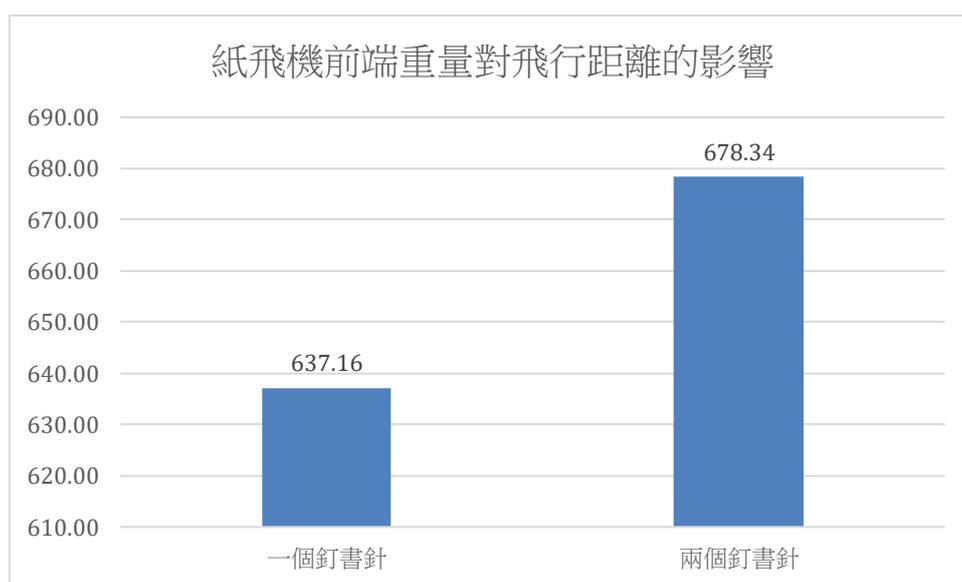
我們想知道紙飛機前端的重量，會不會對紙飛機飛行的距離有影響？實驗結果如下圖。



圖八 一個釘書針封口方式



圖九 兩個釘書針封口方式



圖十 紙飛機前端重量對飛行距離的影響

從圖十可以知道紙飛機前端黏上吸管搭配兩個釘書針的平均飛行距離是 678.34 公分，而紙飛機前端黏上吸管搭配一個釘書針的平均飛行距離是 637.16 公分。

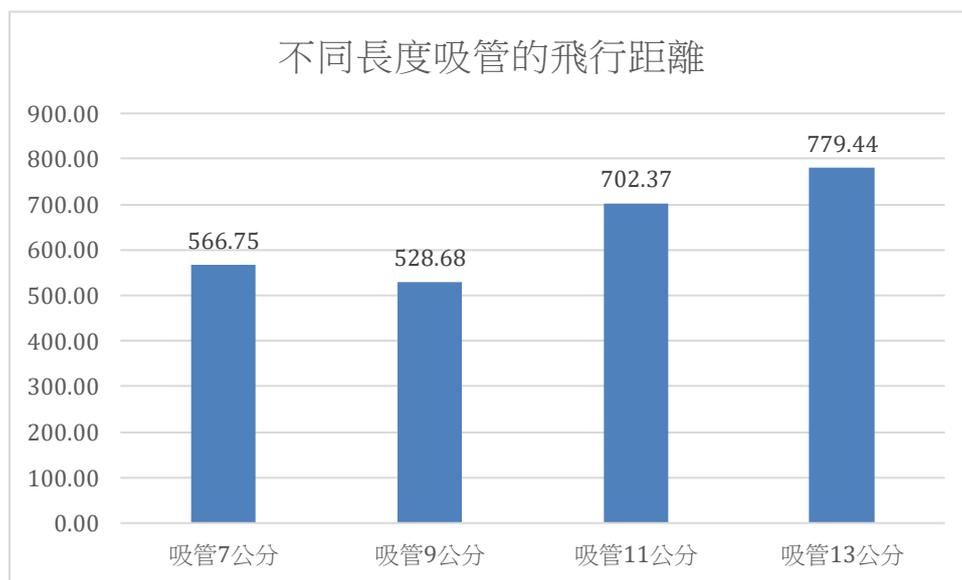
吸管釘上兩個釘書針後並用一段約 3 公分的膠帶封口，可以確保吸管不會漏氣並能夠順利傳遞所有動力給紙飛機，而兩個釘書針的重量較重，比較平衡且讓紙飛機不容易後翻，我們試做時三個釘書針太重，紙飛機會直接下墜，而一個釘書針的組合則太輕，導致紙飛機飛行時不夠穩定，所以我們推薦使用兩個釘書針來做實驗比較好。

### 三、不同長度的吸管，對紙飛機飛行距離的影響

我們想知道用不同長度的吸管，會不會對紙飛機飛行的距離有影響？實驗結果如下表。

表一 紙飛機結合不同長度吸管的平均飛行距離

	吸管 7 公分	吸管 9 公分	吸管 11 公分	吸管 13 公分
針筒 25mL+一個釘書針	505.89	557.00	638.25	716.14
針筒 25mL+兩個釘書針	538.22	463.75	663.17	618.14
針筒 12mL+一個釘書針	636.86	506.56	716.19	820.36
針筒 12mL+兩個釘書針	586.03	587.39	791.86	963.10
平均飛行距離	566.75	528.68	702.37	779.44



圖十一 不同長度吸管的飛行距離

從表一可以知道當吸管長度為 13 公分時，紙飛機的平均飛行距離最遠，分別是 12 毫升針筒搭配機頭配兩個釘書針重時可以飛 963.10 公分，12 毫升針筒搭配機頭配一個釘書針重時可以飛 820.36 公分，25 毫升針筒搭配機頭配一個釘書針重時可以飛 716.14 公分，而 25 毫升針筒搭配機頭配兩個釘書針重時，飛的最好的吸管長度則為 11 公分，平均可以飛 663.17 公分。

根據圖十一可以發現，平均飛行距離吸管長度 13 公分 > 吸管長度 11 公分 > 吸管長度 7 公分 > 吸管長度 9 公分，我們推測吸管較長飛行距離較遠，是因為吸管能儲存的空氣較多，針筒擠壓壓縮空氣時便可以傳送更多動力，使紙飛機飛的更遠。雖然吸管長度為 9 公分時表現最差，但與吸管長度為 7 公分時的表現差異不太大，因此我們推測吸管長度小於 11 公分時，皆無法提供足夠的動力使紙飛機飛的較遠，因此我們推薦針筒發射紙飛機搭配吸管長度 13 公分來做實驗比較好。

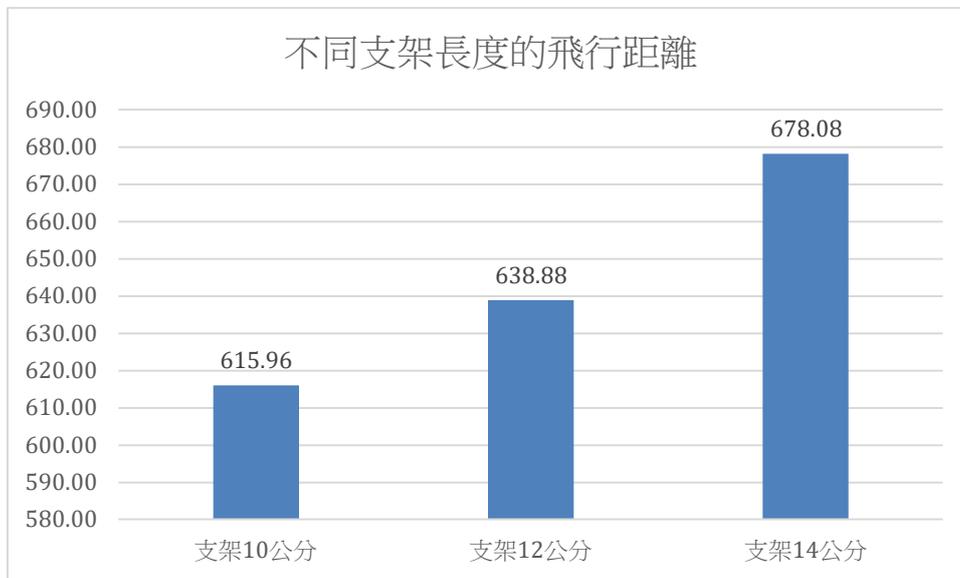
結合實驗一與實驗二的結論，我們發現在實驗三中證明了 12 毫升針筒搭配兩個釘書針和吸管 13 公分是飛最遠的組合，但最差的組合卻是 25 毫升針筒搭配兩個釘書針和吸管 9 公分。

#### 四、不同長度的氣球支架，對紙飛機飛行距離的影響

我們想知道不同氣球支架長度，會不會對紙飛機飛行的距離有影響？實驗結果如下表。

表二 紙飛機結合不同長度支架的平均飛行距離

	支架 10 公分	支架 12 公分	支架 14 公分
針筒 25mL+一個釘書針	601.08	565.13	646.75
針筒 25mL+兩個釘書針	553.02	550.08	609.35
針筒 12mL+一個釘書針	625.90	688.02	696.06
針筒 12mL+兩個釘書針	683.83	752.30	760.15
平均飛行距離	615.96	638.88	678.08



圖十二 不同支架長度的飛行距離

從表二可以知道當支架長度為 14 公分時，紙飛機的平均飛行距離最遠，分別是 12 毫升針筒搭配機頭配兩個釘書針重時可以飛 760.15 公分，12 毫升針筒搭配機頭配一個釘書針重時可以飛 696.06 公分，25 毫升針筒搭配機頭配一個釘書針重時可以飛 646.75 公分，25 毫升針筒搭配機頭配兩個釘書針重時則只能飛 609.35 公分。

根據圖十二可以發現，平均飛行距離支架長度 14 公分 > 支架長度 12 公分 > 支架長度 10 公分，我們推測支架較長時飛行距離較遠，是因為支架長能儲存的空氣較多，針筒擠壓壓縮空氣時便可以傳送更多動力，使紙飛機飛的更遠，因此我們推薦針筒發射紙飛機搭配支架長度 14 公分來做實驗比較好。

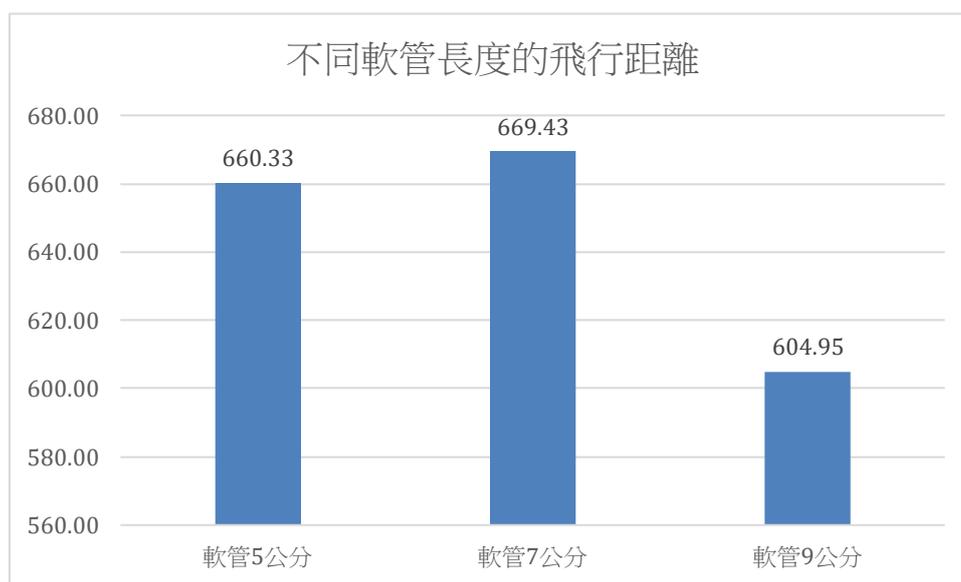
綜合實驗一、實驗二與實驗三的發現，在實驗四中再次驗證實驗三的結果，12 毫升針筒搭配兩個釘書針和支架 14 公分是飛最遠的組合，而最差的組合依舊是 25 毫升針筒搭配兩個釘書針和支架 12 公分。

## 五、不同長度的軟管，對紙飛機飛行距離的影響

我們想知道不同長度的軟管，會不會對紙飛機飛行的距離有影響？實驗結果如下表。

表三 紙飛機結合不同長度軟管的平均飛行距離

	軟管 5 公分	軟管 7 公分	軟管 9 公分
針筒 25mL+一個釘書針	636.65	649.04	527.27
針筒 25mL+兩個釘書針	570.69	592.17	549.60
針筒 12mL+一個釘書針	654.46	658.67	696.85
針筒 12mL+兩個釘書針	779.53	777.85	646.06
平均飛行距離	660.33	669.43	604.95



圖十三 不同軟管長度的飛行距離

從表三可以知道當軟管長度為 5 公分時，表現最好的是 12 毫升針筒搭配機頭配兩個釘書針重時可以飛 779.53 公分，此時紙飛機的平均飛行距離最遠；軟管長度為 7 公分時，表現最好的是 12 毫升針筒搭配機頭配兩個釘書針重時可以飛 777.85 公分，紙飛機的平均飛行距離第二遠，但僅與軟管 5 公分平均飛行距離差約 2 公分而已；軟管長度為 9 公分時，表現最好的是 12 毫升針筒搭配機頭配一個釘書針重時可以飛 696.85 公分。

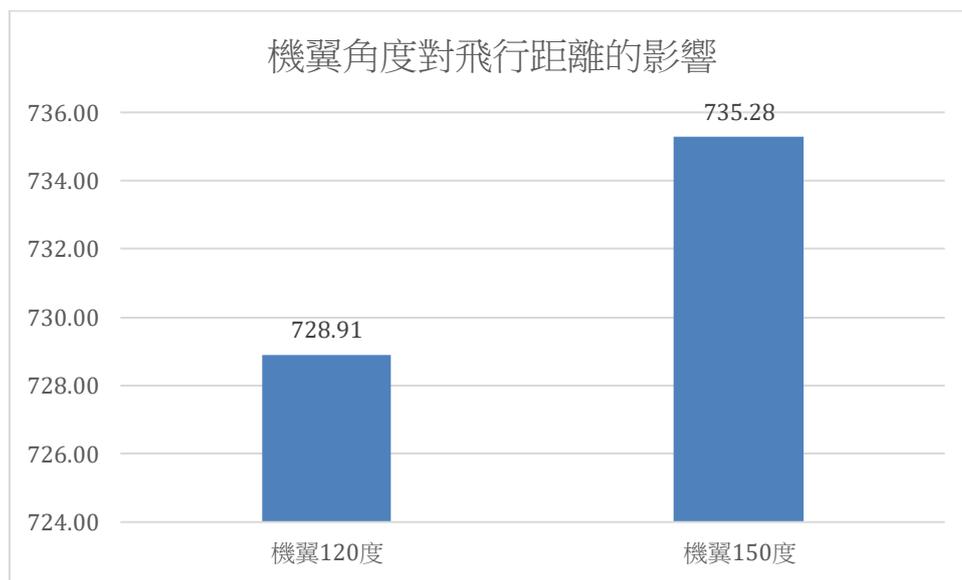
根據圖十三可以發現，平均飛行距離軟管長度 7 公分 > 軟管長度 5 公分 > 軟管長度 9 公分，但軟管 5 公分與軟管 7 公分的實驗結果並沒有明顯差異。因此我們推測軟管較長時，支架與軟管間重疊的部分太多，占掉了空氣的空間而使紙飛機表現較差。

綜合實驗一、實驗二、實驗三與實驗四的發現，在實驗五中再次驗證實驗結果，12 毫升針筒搭配兩個釘書針和軟管 5 公分是飛最遠的組合，而最差的組合則是 25 毫升針筒搭配一個釘書針和軟管 9 公分。

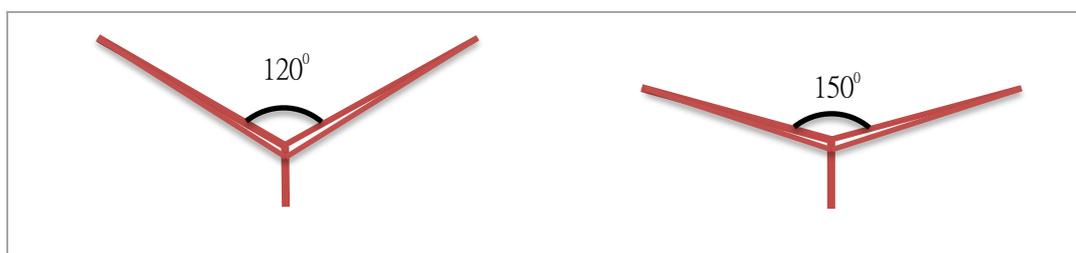
根據實驗一到五的結果，我們可以知道若要針筒紙飛機飛行較遠，則要選擇 12 毫升針筒加上軟管 5 公分及支架 14 公分的發射器組合，最後紙飛機搭配吸管 13 公分並以兩個釘書針和一段約 3 公分的膠帶封口，便能使紙飛機飛行距離較遠。根據我們的實驗數據，這個組合使紙飛機平均飛行距離達 12 公尺以上，最遠的一次我們射出了 14.17 公尺。

## 六、不同機翼角度，對紙飛機飛行距離的影響

我們想知道不同機翼角度，會不會對紙飛機飛行的距離有影響？實驗結果如下圖。



圖十四 不同機翼角度的飛行距離



圖十五 機翼角度示意圖

根據圖十四可以發現，機翼角度為 150 度時，平均飛行距離為 735.28 公分；機翼角度為 150 度時，平均飛行距離為 728.91 公分。根據實驗結果我們可以得知，當機翼角度為 150 度時，符合柏努力定律，使紙飛機可以飛較遠。

根據實驗一到六的結果，我們可以知道若要針筒紙飛機飛行較遠，則要選擇 12 毫升針筒加上軟管 5 公分及支架 14 公分的發射器組合，最後紙飛機搭配吸管 13 公分並以兩個釘書針和一段約 3 公分的膠帶封口，以及搭配機翼角度 150 度，便能使紙飛機飛行距離較遠。根據我們的實驗數據，這個組合使紙飛機平均飛行距離達 12.3 公尺以上，最遠的一次我們射出了 13.88 公尺。

## 伍、討論

- 一、我們在做實驗時發現，紙飛機在經過多次測試後，機頭多少會被折到而影響飛行，因此我們發現機頭受損後，便會替換紙飛機再進行實驗。未來希望可以加強紙飛機的機頭及機翼的平衡，使紙飛機飛得更好更遠。
- 二、針筒發射器在發射時，我們都會使用一隻手壓針筒發射，對我們來說比較好施力，也射得比較遠，但也因此氣流可能較不穩定，導致實驗結果不如預期的好，我們本來認為應該每種組合皆能射一間教室遠的距離。老師建議我們使用兩隻手按壓針筒，力道才能穩定而快速的發射紙飛機，使紙飛機能直線飛行，但因為我們力氣不夠，兩隻手也還不能像老師一樣穩定的出力，所以我們最後還是選擇適合我們一隻手按壓針筒的發射方式，至少是我們能發射最遠距離的選擇。未來希望可以加強針筒發射器的施力點，讓我們也能使用兩隻手同時按壓針筒發射，讓紙飛機飛得更穩更遠。

## 陸、結論

- 一、使用 12 毫升的針筒作為發射器比較好，因為大的針筒我們壓不動，導致紙飛機射不遠。
- 二、紙飛機上的吸管加兩個釘書針封口的飛行效果較好，因為在飛機前的重量較重，使飛機比較平衡且不容易後翻，有助增加飛行距離。
- 三、紙飛機機身搭配吸管 13 公分的飛行效果較好，因為吸管能儲存的空氣較多，針筒擠壓壓縮空氣時便可以傳送更多動力，使紙飛機飛的更遠。
- 四、針筒發射器搭配支架 14 公分的飛行效果較好，因為支架長能儲存的空氣較多，針筒擠壓壓縮空氣時便可以傳送更多動力，使紙飛機飛的更遠。
- 五、針筒發射器搭配軟管 5 公分的飛行效果較好，我們推測軟管較長時，支架與軟管間重疊的部分太多，占掉了空氣的空間而使紙飛機表現較差。
- 六、機翼角度為 150 度時，符合柏努力定律，使紙飛機可以飛較遠。
- 七、若要針筒紙飛機飛行較遠，則要選擇 12 毫升針筒加上軟管 5 公分及支架 14 公分的發射器組合，最後紙飛機搭配吸管 13 公分並以兩個釘書針和一段約 3 公分的膠帶封口，以及搭配機翼角度 150 度，便能使紙飛機飛行距離較遠。根據我們的實驗數據，這個組合使紙飛機平均飛行距離達 12.3 公尺以上，最遠的一次我們射出了 13.88 公尺。

## 柒、參考資料及其他

- 一、國小三上自然科學課本－康軒文教基金會。
- 二、吳本韓、蘇若望（2004 年 4 月）。「飛行」和「紙飛機」的教學活動。亞太科學教育論壇，第五期，第一冊，文章八。[https://www.eduhk.hk/apfslt/v5\\_issue1/ngph/ngph2c.htm](https://www.eduhk.hk/apfslt/v5_issue1/ngph/ngph2c.htm)
- 三、NTCU 科學遊戲實驗室－酷炫紙飛機，取自 <https://scigame.ntcu.edu.tw/paper/paper-008.html>
- 四、泛科學－飛機為什麼會飛？——《機艙機密》，取自 <https://pansci.asia/archives/86419>