



嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：64

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：紙環滑翔機

關 鍵 詞：滑翔機 滑翔距離 紙環滑翔機

編 號：A123

嘉義縣第 64 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：紙環滑翔機

關鍵詞：滑翔機、滑行距離、紙環滑翔機（最多三個）

編號：（系統自動產生）

紙環滑翔機

摘要

當我們拋擲一根吸管或是一張紙時，它們並不會在空中滑行，但吸管加上兩個紙環後，卻能在空中滑翔。所以我們想藉由吸管加上兩個紙環的組合讓它向前滑翔，我們在實驗中稱它為紙環滑翔機，透過雲彩紙和 18 公分吸管結合，做出會飛的紙環滑翔機，先設計製作各種規格的紙環滑翔機並記錄它們的飛行狀況，找出能向前穩定飛行最遠的規格，再探討不同紙環規格是如何影響飛行情形，之後測試吸管數量與安裝位置對飛行距離關係，以尋找出能滑行距離最遠之設計。

壹、 研究動機

自然與生活科技四下單元一(生活中的力)，力有許多不同的形式，透過探討感受發現不同的作用力，並觀察各式各樣的飛行器，讓我們了解到不同飛行器在空中滑翔的原理，以及學習如何控制力的大小與方向，進而改變物體移動的距離。我們和老師討論時發現，網路上有一種簡易的圓形滑翔機。這種圓形滑翔機材料簡便，造型和我們所認知的飛機不同，只要用一些吸管和紙環結合，就能夠滑翔我們覺得非常有趣，所以想研究它的原理，並且希望研究在未來能夠實際運用在生活中。

貳、 研究目的

- 一、研究紙環滑翔機的外型與飛行距離之間的關係。
- 二、設計滑翔機的組合方式增加滑翔距離及穩定性。

參、 研究設備及器材

一、材料：18 公分吸管、雲彩紙、膠帶。

二、工具：剪刀、美工刀、塑膠尺(30 公分)、捲尺。

| | | | |
|--|--|--|---|
| 18 公分吸管 | 雲彩紙 | 膠帶 | 剪刀 |
|  |  |  |  |
| 美工刀 | 塑膠尺(30 公分) | 捲尺 | |
|  |  |  | |

肆、 研究過程或方法

一、研究紙環滑翔機的滑行原理與機翼間的關係。

(一) 機翼長度的影響:

1. 滑翔機作法：

- (1) 利用雲彩紙裁剪出寬度 2 公分，長度不同的紙條，將紙條一端預留 0.5 公分作為黏貼處捲成圓環狀，利用膠帶黏貼固定。
- (2) 將兩個紙環分別對齊吸管前後兩端管口，以膠帶黏貼固定。
- (3) 在吸管的相對位置上，以同樣的方式，再黏貼另一根吸管。

2. 固定前後環寬度皆為 2 公分，後環長度為 27 公分，前環長度以 3 公分作為基準遞減，分別製作出六架不同規格的紙環滑翔機，如下表。

表 1：滑翔機機型 A-1~A-6 的前、後紙環與吸管規格。

| 規格(公分) / 機 型 | 構 造 | 前環 | 後環 | 吸管長度 |
|--------------|-----|------|------|------|
| 機型 A-1 | | 2×27 | 2×27 | 18 |
| 機型 A-2 | | 2×24 | 2×27 | 18 |
| 機型 A-3 | | 2×21 | 2×27 | 18 |
| 機型 A-4 | | 2×18 | 2×27 | 18 |
| 機型 A-5 | | 2×15 | 2×27 | 18 |
| 機型 A-6 | | 2×12 | 2×27 | 18 |

圖 1-1：滑翔機機型 A-1~A-6 的外型。

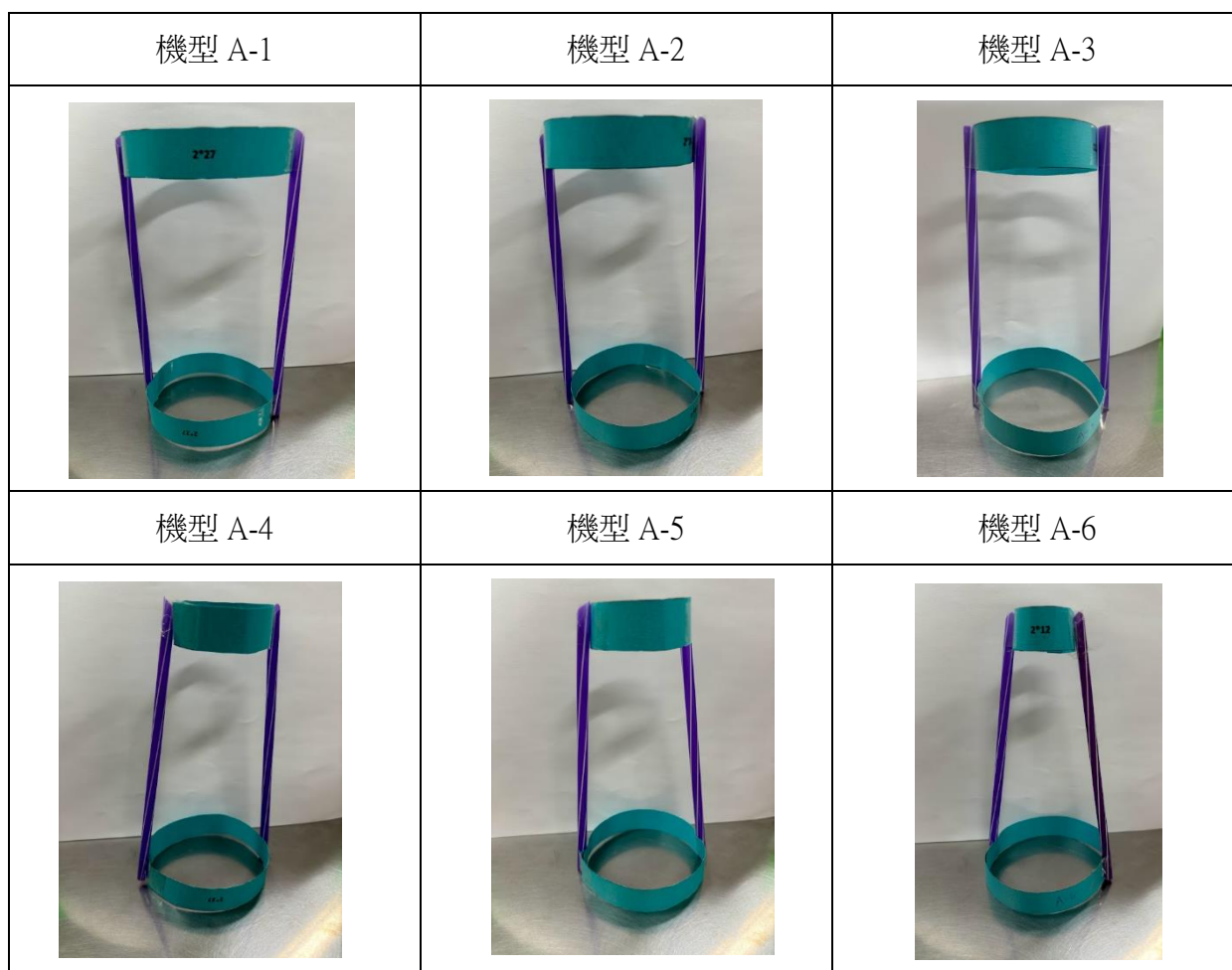
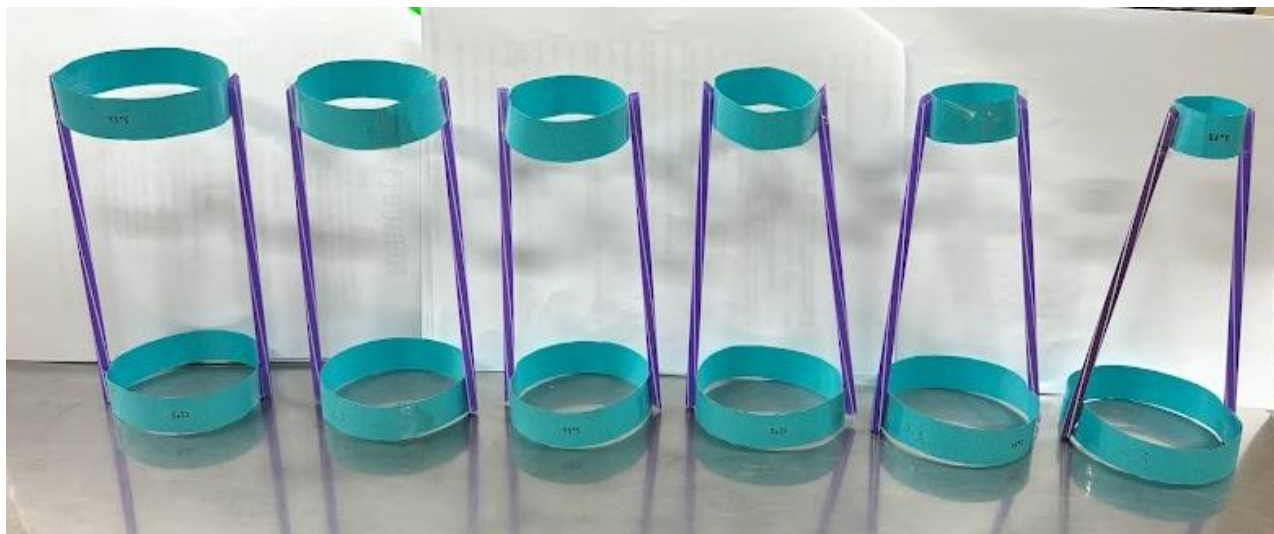


圖 1-2：六架紙環滑翔機的外型比較。

由左到右，分別為機型 A-1、A-2、A-3、A-4、A-5、A-6。



3. 分別進行六架滑翔機試飛，並記錄滑行距離，找出平均滑行距離最遠的機型。

(二) 機翼寬度的影響：

1. 六架滑翔機試飛數據顯示，機型 A-6 平均滑行距離為 843.4 公分，是六架滑翔機中滑行距離最遠的。其前環規格為 2cm×12cm、後環規格為 2cm×27cm，長度相差 15 公分、直徑相差約 9.55 公分。
2. 固定滑翔機前、後環的長度，另製前、後環寬度分別為 1、3、4 公分的滑翔機三架，滑翔機規格如下表。

表 2：滑翔機機型 B-1~B-3 的前、後紙環與吸管規格。

| 規格(公分) \ 構造 | 前環 | 後環 | 吸管長度 |
|-------------|------|------|------|
| 機 型 | | | |
| 機型 B-1 | 1×12 | 1×27 | 18 |
| 機型 B-2 | 3×12 | 3×27 | 18 |
| 機型 B-3 | 4×12 | 4×27 | 18 |

圖 2-1：滑翔機機型 B-1~B-3 的外型。

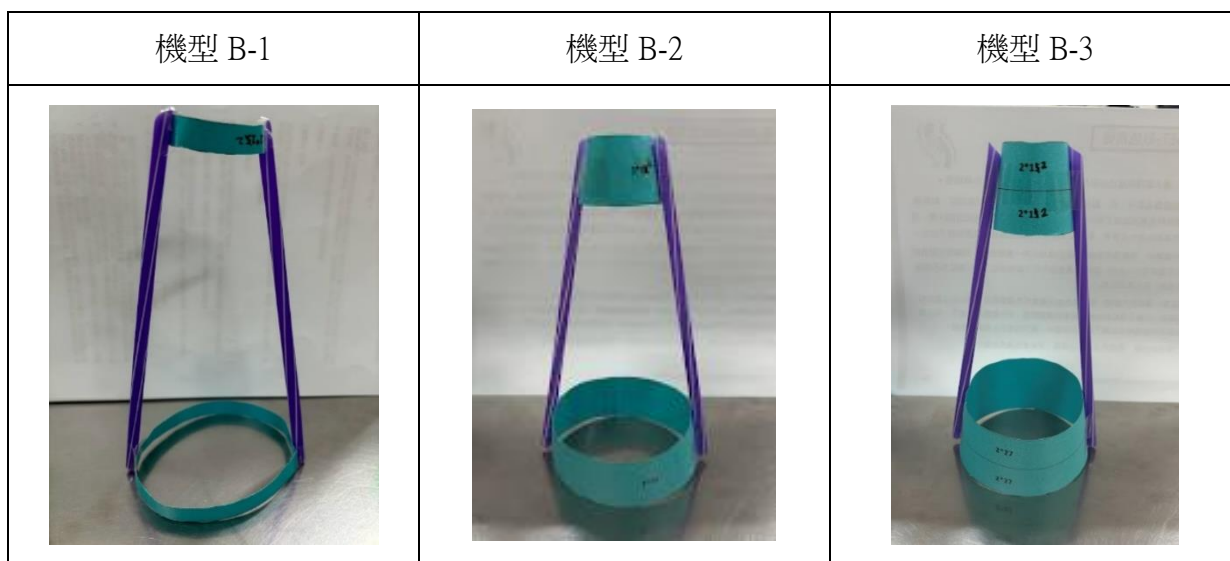
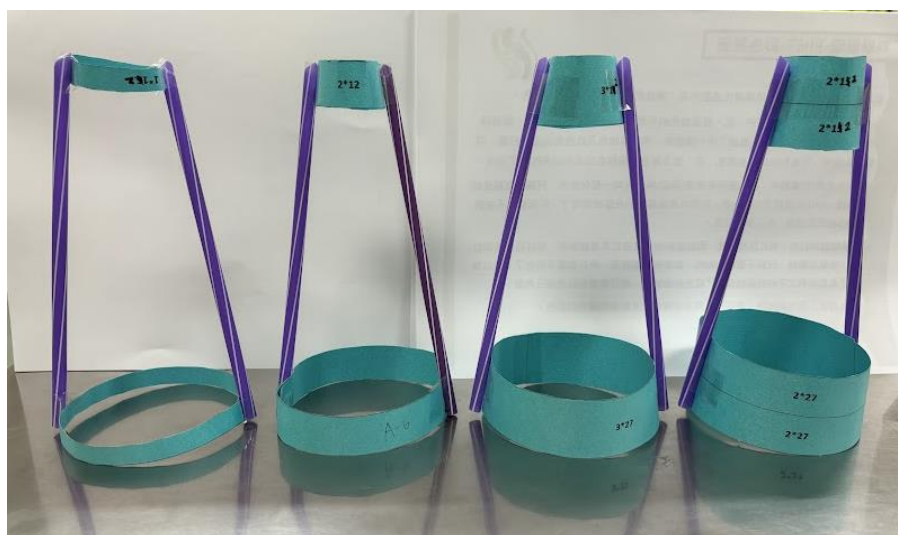


圖 2-2：四架紙環滑翔機的外型比較。

由左到右，分別為機型 B-1、A-6、B-2、B-3。



3. 進行機型 B-1、A-6、B-2、B-3 試飛，觀察滑行軌跡與狀態，並記錄滑行的距離，比較滑行平均距離。

二、改良吸管滑翔機的組合方式增加機身穩定性與滑行距離。

(一) 機身吸管數對於滑行穩定性的影響：

1. 根據實驗數據，機型 B-3 滑行平均距離是 932.2 公分，是目前滑行距離最遠的滑翔機。
2. 根據機型 B-3 的機翼比例，固定其前環規格為 4cm×12cm、後環規格為 4cm×27cm，另製機身吸管數量分別為 3、4、5 根吸管的滑翔機三架，滑翔機規格如下表。

表 3：滑翔機機型 C-1、C-2、C-3 的前、後紙環與吸管規格。

| 規格(公分) / 機 型 | 構 造 | 前環 | 後環 | 吸管數 | 吸管黏貼位置 |
|--------------|-----|------|------|-----|----------------|
| 機型 C-1 | | 4×12 | 4×27 | 3 | 三根吸管平均黏貼在圓周外側。 |
| 機型 C-2 | | 4×12 | 4×27 | 4 | 四根吸管平均黏貼在圓周外側。 |
| 機型 C-3 | | 4×12 | 4×27 | 5 | 五根吸管平均黏貼在圓周外側。 |

圖 3-1：機型 C-1、C-2、C-3 的外型。



圖 3-2：四架紙環滑翔機的外型比較。

由左到右，分別為機型 B-3、C-1、C-2、C-3。



- 進行機型 B-3、C-1、C-2、C-3 試飛，觀察滑行軌跡與狀態，並記錄滑行的距離，比較滑行平均距離。

(二) 機身與機翼黏貼方式的影響:

1. 根據實驗數據，機型 C-2 滑行平均距離是 1616.4 公分，是目前滑行距離最遠的滑翔機。
2. 機型 C-2 是根據機型 B-3 機翼與機身比例，固定滑翔機前環規格為 4cm×12cm、後環規格為 4cm×27cm，增加機身吸管數為 4 根吸管。
3. 改變吸管與紙環的黏貼方式，將吸管前後端分別黏貼於前、後環的內、外側圓周上，製作不同機身組合的滑翔機三架，滑翔機組合方式與規格如表 4。

表 4：滑翔機機型 C-2、D-1、D-2、D-3 的前、後紙環與吸管規格。

| 機 型 | 構 造 | |
|--------|------|------|
| | 前環 | 後環 |
| 機型 C-2 | 圓周外側 | 圓周外側 |
| 機型 D-1 | 圓周外側 | 圓周內側 |
| 機型 D-2 | 圓周內側 | 圓周外側 |
| 機型 D-3 | 圓周內側 | 圓周內側 |

圖 4-1:機型 D-1、D-2、D-3 的外型

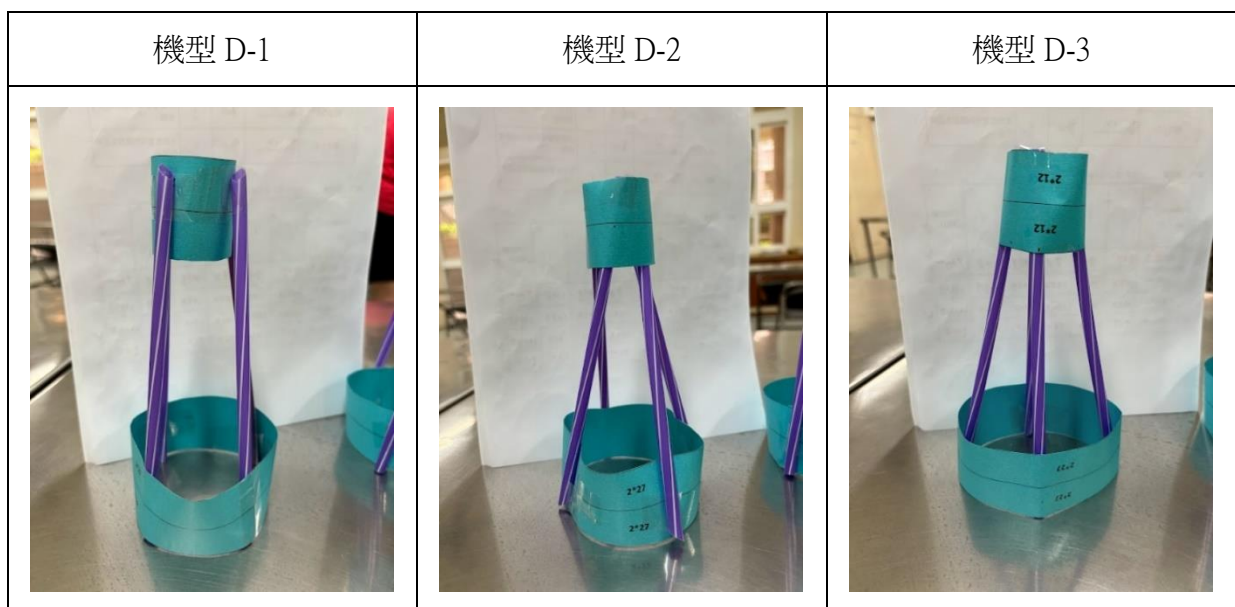
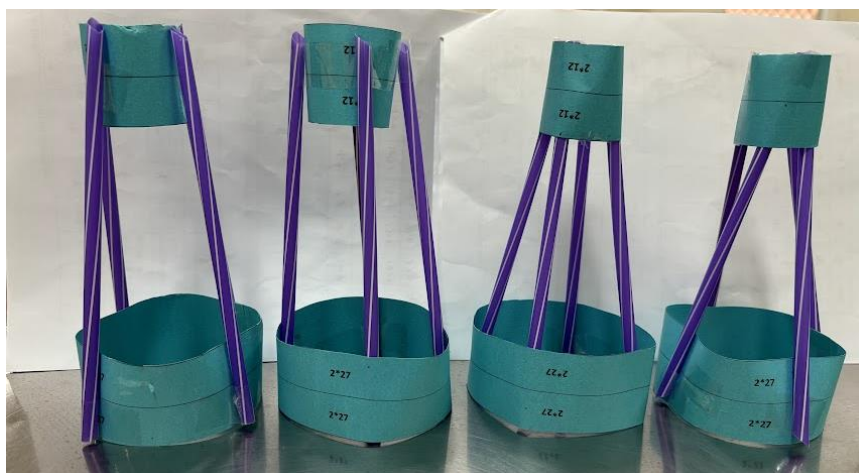


圖 4-2：四架吸管滑翔機的外型比較。

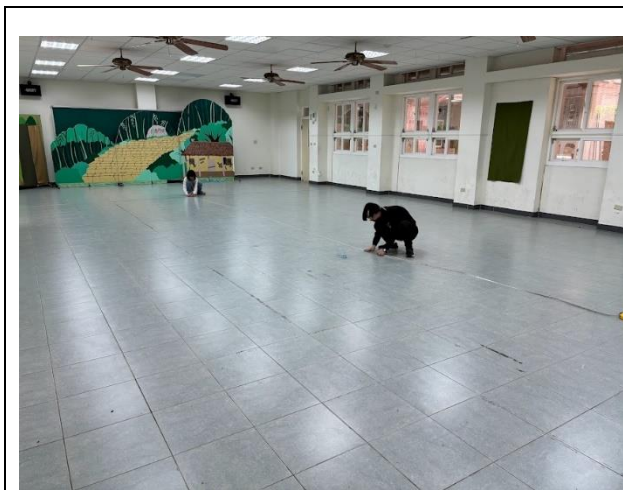
由左到右，分別為機型 C-2、D-1、D-2、D-3。



4. 進行機型 C-2、D-1、D-2、D-3 試飛，觀察滑行軌跡與狀態，並記錄滑行的距離，比較滑行平均距離。

圖 5：實驗過程照片

| | |
|-----------------------|------------------------------------|
| | |
| <p>請學生依滑翔機規格裁剪紙條。</p> | <p>將紙條兩端用膠帶黏貼固定。</p> |
| | |
| <p>將吸管固定在紙環上。</p> | <p>在無風、空曠的室內場館， 進行滑翔機拋擲試飛。</p> |



拋擲後，進行滑翔距離測量。



測量距離從起點線至滑翔機尾端。

伍、 研究結果

一、研究紙環滑翔機的滑行原理與機翼間的關係。

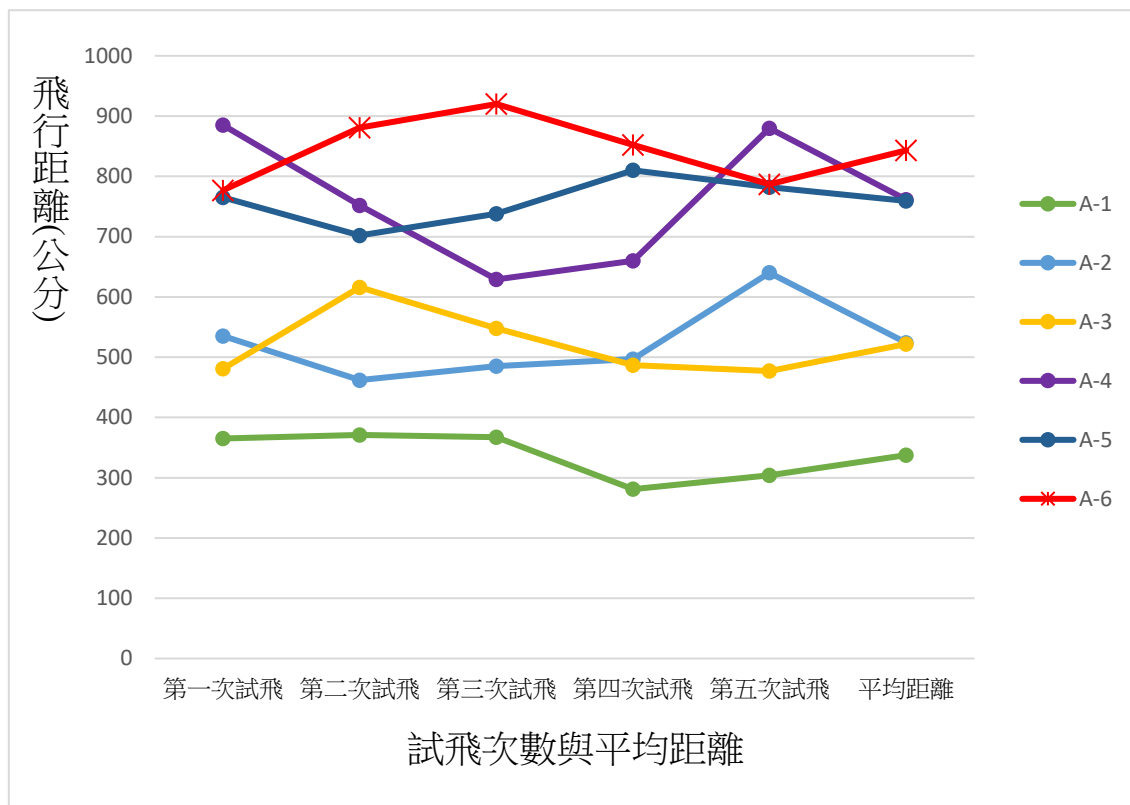
(一) 滑翔機機翼長度的影響：

1. 設計機型 A-1、A-2、A-3、A-4、A-5、A-6 滑翔機，得到的實驗結果如下：

表 5-1：滑翔機 A-1、A-2、A-3、A-4、A-5、A-6 試飛紀錄與平均距離。

| 飛行距離(公分) 機型 \ 實驗 次數 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均距離 (公分) |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| 機型 A-1 | 365 | 371 | 367 | 281 | 304 | 337.6 |
| 機型 A-2 | 535 | 462 | 485 | 497 | 640 | 523.8 |
| 機型 A-3 | 481 | 616 | 548 | 487 | 477 | 521.8 |
| 機型 A-4 | 885 | 752 | 629 | 660 | 880 | 761.2 |
| 機型 A-5 | 765 | 702 | 738 | 810 | 782 | 759.4 |
| 機型 A-6 | 777 | 881 | 920 | 852 | 787 | 843.4 |

表 5-2：滑翔機 A-1、A-2、A-3、A-4、A-5、A-6 試飛紀錄折線圖。



- 從實驗數據得知，機型 A-6 平均滑行距離為 843.4 公分，是六架滑翔機中滑行距離最遠的。其前環規格為 2cm×12cm、後環規格為 2cm×27cm，紙環長度相差 15 公分、直徑相差約 9.55 公分。
- 機型 A-1、A-2、A-3、A-4、A-5、A-6 數據發現，前、後紙環長度差距越大，所測得的平均滑行距離越遠；A-4、A-5 機型滑行平均距離相近，但都沒有 A-6 來得遠。

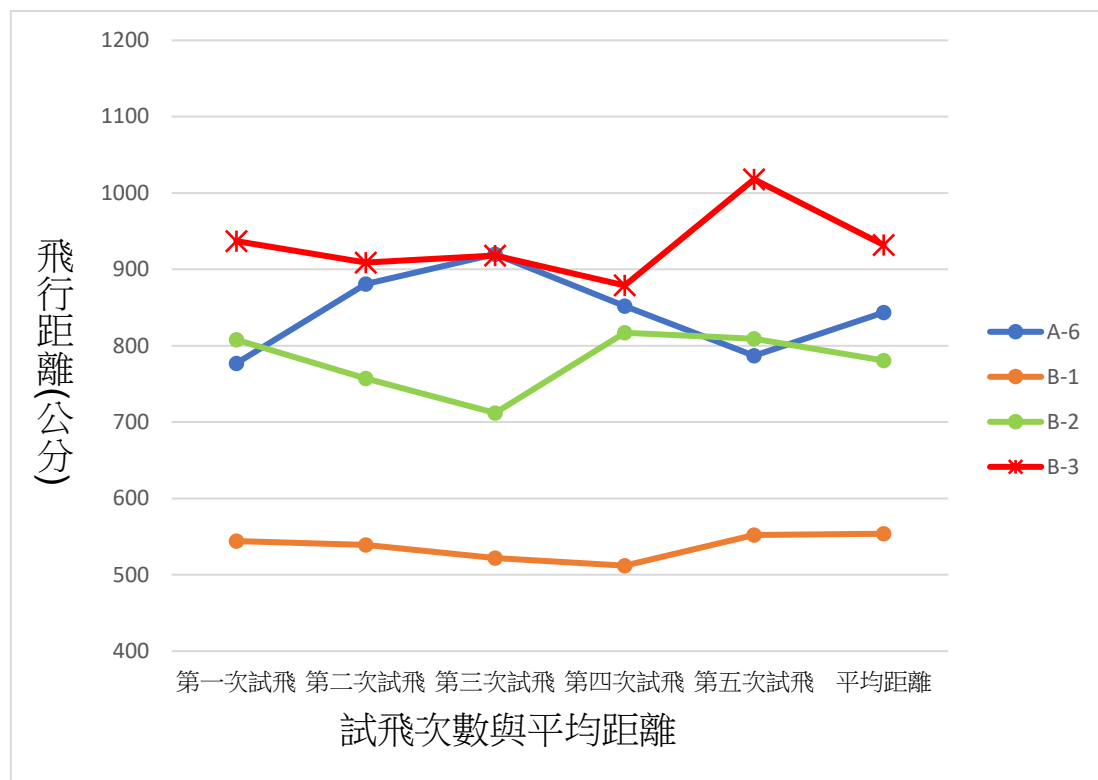
(二) 機翼寬度的影響：

- 試飛機型 A-6、B-1、B-2、B-3 滑翔機，所得實驗結果如下。

表 6-1：滑翔機 A-6、B-1、B-2、B-3 試飛紀錄與平均距離。

| 飛行距離(公分) 機型 | 實驗次數 | | | | | 平均距離 (公分) |
|----------------|------|-----|-----|-----|------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 機型 A-6 | 777 | 881 | 920 | 852 | 787 | 843.4 |
| 機型 B-1 | 544 | 539 | 522 | 512 | 552 | 533.8 |
| 機型 B-2 | 808 | 757 | 712 | 817 | 809 | 780.6 |
| 機型 B-3 | 937 | 909 | 918 | 879 | 1018 | 932.2 |

表 6-2：滑翔機 A-6、B-1、B-2、B-3 試飛紀錄折線圖。



2. 根據實驗數據，機型 B-3 滑行平均距離是 932.2 公分，是四架滑翔機中滑行距離最遠的，其前環規格為 4cm×12cm、後環規格為 4cm×27cm。
3. 機型 A-6、B-1、B-2、B-3 數據發現，前、後紙環寬度越寬，所測得的平均滑行距離越遠。

二、改良紙環滑翔機的組合方式增加機身穩定性與滑行距離。

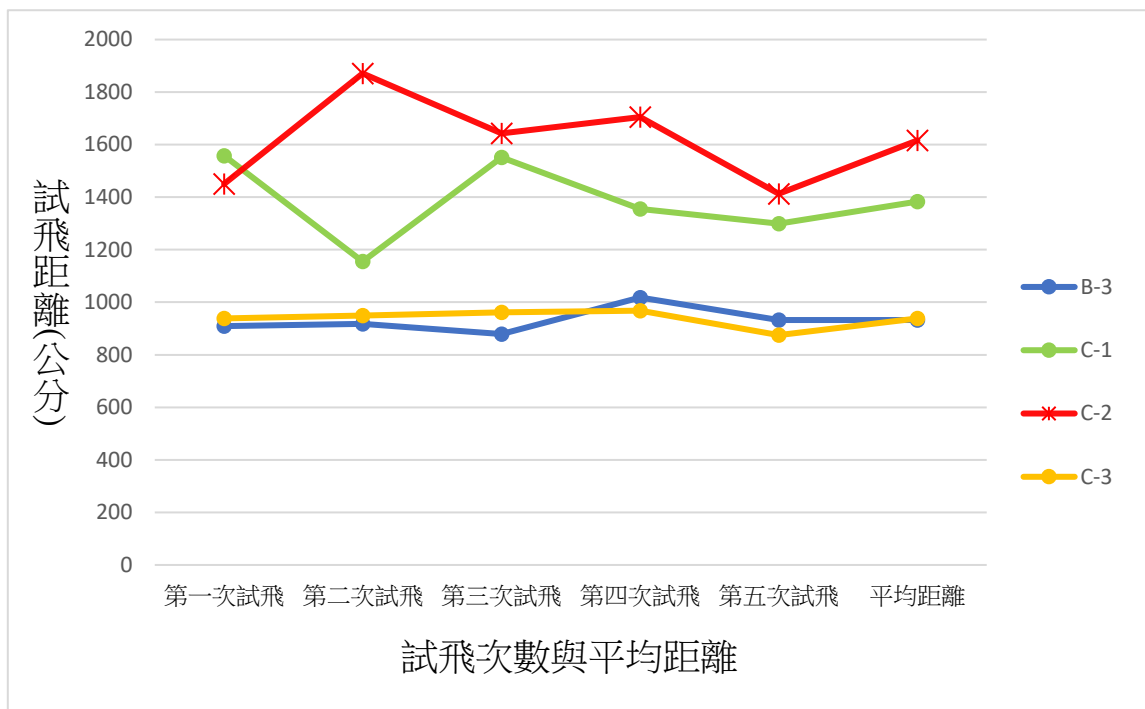
(一) 機身吸管數對於滑行穩定性與距離的影響：

1. 試飛機型 B-3、C-1、C-2、C-3 滑翔機，所得實驗結果如下。

表 7-1：滑翔機 B-3、C-1、C-2、C-3 試飛紀錄與平均距離。

| 飛行距離(公分) 機型 | 實驗次數 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均距離 (公分) |
|----------------|--------|------|------|------|------|--------|--------------|
| | 機型 B-3 | 937 | 909 | 918 | 879 | 1018 | |
| 機型 C-1 | 1558 | 1155 | 1552 | 1355 | 1299 | 1383.8 | |
| 機型 C-2 | 1450 | 1871 | 1643 | 1705 | 1413 | 1616.4 | |
| 機型 C-3 | 939 | 950 | 962 | 968 | 875 | 938.8 | |

表 7-2：滑翔機 B-3、C-1、C-2、C-3 試飛紀錄折線圖。



2. 根據實驗數據發現 B-3、C-1、C-2、C-3 中，機型 C-2 滑行平均距離為 1616.4 公分，是四架滑翔機中滑行距離最遠的，其機身吸管數為 4 根。

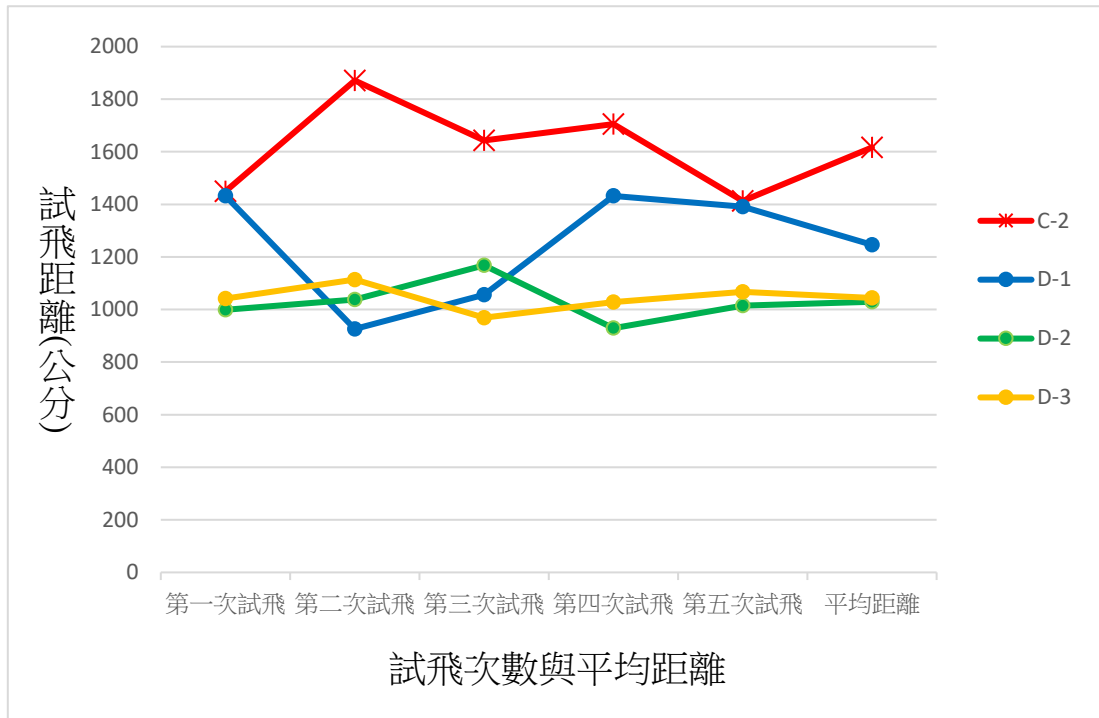
(二) 機身與機翼黏貼方式的影響：

1. 試飛機型 C-2、D-1、D-2、D-3 滑翔機，所得實驗結果如下。

表 8-1：滑翔機 C-2、D-1、D-2、D-3 試飛紀錄與平均距離。

| 飛行距離(公分) 機型 | 實驗次數 | | | | | 平均距離 (公分) |
|----------------|------|------|------|------|------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 機型 C-2 | 1450 | 1871 | 1643 | 1705 | 1413 | 1616.4 |
| 機型 D-1 | 1423 | 926 | 1056 | 1432 | 1391 | 1245.6 |
| 機型 D-2 | 999 | 1038 | 1168 | 929 | 1015 | 1029.8 |
| 機型 D-3 | 1041 | 1114 | 969 | 1028 | 1067 | 1043.8 |

表 8-2：滑翔機 C-2、D-1、D-2、D-3 試飛紀錄折線圖。



2. 根據實驗數據，機型 C-2 滑行平均距離為 1616.4 公分，是四架滑翔機中滑行距離最遠的，其機身吸管與紙環組合黏貼方式為：前、後紙環在圓周外側。

陸、 討論

一、機翼長度的影響：

- (一) 我們從實驗中得知前、後紙環較佳的大小比例，從 A-1、A-2、A-3、A-4、A-5、A-6 實驗結果發現前、後紙環直徑差距越大，滑行距離越遠。
- (二) 機型 A-6 實驗所得的平均滑行距離比機型 A-1、A-2、A-3、A-4、A-5 遠，平均差距由 A-4 相差 82 公分至 A-1 相差 500 公分左右。A-4 機型平均滑行距離與 A-5 機型相差兩公分，但是都沒有比 A-6 機型滑翔得遠。

二、紙環組合：根據參考的資料得知滑翔機的紙環設計前、後紙環太窄的滑翔機，會無法承受向下的風阻力，實驗過程中，我們實際拋擲滑翔機也發現，紙環較寬的組合，滑行的狀態較穩定；紙環較窄的組合會搖晃且很快下墜。

三、拋擲角度：實驗過程發現，若拋擲的仰角太大，滑翔機會先往上、接著往下墜落撞地面，向上的紙環與空氣接觸造成阻力，造成滑行距離不遠；若以 0 度往正前方拋擲，滑翔機可以滑到較遠的距離。

四、機翼寬度的影響：

- (一) 根據我們的實驗，長度 27 公分的紙環，寬度 1 公分的機型，因為機翼面積較小，所提供的風阻力較少，因此滑行距離最短。
- (二) 紙環寬度 4 公分的機型，機翼面積較大，提供的風阻力比紙環寬度 2、3 公分機型多，由實驗結果得知紙環寬度越寬，滑行距離越遠。

五、機身吸管數對於滑行穩定性與距離的影響：

- (一) 機身為兩根吸管的滑翔機，在拋擲時，我們拿吸管中的其中一根當作支點。拋出後，觀察到機身會左右稍微搖晃，以取得兩根吸管的平衡點，接著持續向前、向下滑行。
- (二) 我們在圓周上平均黏貼四根吸管，拿吸管中的其中一根當作支點，拋出後，也發現它滑行的狀態與距離比兩、三根吸管來得更穩定且遠，滑行的方向也較往前直飛，較不會往左右飄移。
- (三) 實驗數據得知黏貼四根吸管的滑翔機，所測得的平均滑行距離為 1616.4 公分。黏貼五根吸管的機型，雖然滑行過程也相當穩定，但因為吸管數多增加了重量，所以滑行的距離較四根吸管時短。

六、機身與機翼黏貼方式的影響：

- (一) 我們設計將吸管黏貼再紙環不同位置時，實驗結果發現，將吸管黏貼在前、後紙環圓周外側時，所測得的平均滑行距離為 1616.4 公分，是該實驗中滑行得最遠的機型。
- (二) 因為吸管在前、後紙環圓周外側時，可以協助支撐、維持紙環圓的形狀，並讓氣流流經後環通過吸管時穩定機身，類似飛機上的平衡舵，能藉由紙環讓機身穩定滑行。

柒、 結論

- 一、 滑翔機是指不依靠動力裝置飛行於空中的裝置，起飛後僅依靠空氣作用於其升力面上的反作用力進行自由飛行。紙環滑翔機能在空中滑翔，是因為滑翔機擲出後，空氣流過紙圈，氣流承托著紙圈內的頂部，紙圈提供了下降的阻力，減緩飛行時下降速度；因此只要吸管滑翔機能保持姿態的平衡，就可以一邊前進一邊下降，看起來就像是在飛行。
- 二、 拋擲紙環滑翔機時，由於每個人使出的力道與角度不同，所以我們盡量控制拋擲力

道，讓每次拋擲力道相近，角度以 0 度，往正前方拋擲。若用人力拋擲，可以增加拋擲次數、且紀錄每位學生、每種機型的滑行距離。

- 三、機翼、機身對於滑翔機的影響：機翼前、後環長度、寬度與吸管間有適當的比例，我們透過實驗得到數據，前環規格為 4cm×12cm、後環規格為 4cm×27cm、吸管長度 18 公分，而機身平均黏貼四根吸管當作支架，滑行距離比只有兩根吸管的滑翔機還穩定，平均滑行距離最遠達 1616.4 公分。
- 四、實驗中的吸管我們皆使用一般常見之口徑為 6mm、長度 18 公分的細吸管，建議未來可嘗試不同寬度之吸管，測試吸管寬度對滑行距離之影響。
- 五、機身與機翼黏貼的方式：吸管都黏貼在圓周外側，可以協助支撐、維持紙環的形狀，並讓氣流流經後環通過吸管時穩定機身，類似飛機上的平衡舵，讓機身穩定滑行。
- 六、實驗所使用的紙質，我們採用雲彩紙，紙質較一般影印紙硬，材質輕，較不像一般影印紙容易變形。建議可以嘗試不同的紙質，例如：厚紙板等，未來可研究紙質對滑行距離的影響。

捌、參考文獻資料及其他

一、網路資料：

- (一) 維基百科.自由的百科全書：滑翔翼。
- (二) 第 51 卷第 2 期〈002_007 生活中的物理(下)- 由滑翔距離看升力與阻力關係。
- (三) 台中市省三國民小學飛行課程：環狀飛行器。

二、科展作品：

- (一) 台中市第 41 屆中小學科學展覽國中組物理科第一名：機不可"失"---會飛的圓圈圈。
- (二) 高雄市第 45 屆中小學科學展覽國中組生活與應用學科：尋找紙環飛行器的黃金比例。
- (三) 嘉義縣第 52 屆國民中小學科學展覽會國小組物理科：破空飛行的紙環。
- (四) 嘉義縣第 57 屆國民中小學科學展覽會國小組物理科：滑翔奇機。