

嘉義縣第 52 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：破空飛行的紙環

關鍵詞：紙環飛機 彈簧發射器 射飛鏢 (最多三個)

編號：

破空飛行的紙環

摘要

原本是一根不起眼的吸管，藉著小小的改造，就可讓兩個紙環伴隨它向前滑翔，我們在這實驗中稱之為紙環飛機，首先先觀察各種規格的紙環飛機的飛行狀況，找出能向前穩定飛行的型態，並研究在製作過程中的微小差異，會如何去影響飛機的飛行情形，同時，測試前、後環對飛機本身飛行穩定度有何作用，利用彈簧秤改造成的發射器，可讓我們做實驗時控制力道與仰角，讓結果更容易去分析比較也更精確，最後，試著將紙環安裝在飛鏢上看是否能夠提供穩定飛行的作用，以進一步應用在生活上。

壹、研究動機

記得在之前的一堂科學遊戲課，生活與科技四下單元(有趣的力)中，我們試做了許多種類的紙飛機，雖然只是用一張白紙製成的東西，但隨手一扔就可以迅速的向前飛行，有的還會轉彎，讓我們玩的很開心，想了想便找了飛機這個主題來做科展，在學校圖書館翻看一些書，找到這種特別的紙環飛機，就做了出來試飛並進行研究，嘗試去測試看看它為什麼能飛，以及可以如何改造、應用它。

貳、研究目的

- 一、研究紙環飛機飛行的狀態，及其前、後環與飛行的原理是否有關聯？
- 二、探究影響紙環飛機飛行穩定度的因素為何？
- 三、在竹筷飛鏢遊戲中，裝置紙環是否可以影響飛鏢停留在圓形靶上的成功率？

參、研究子題

- 一、比較飛行穩定度較好的飛機與飛行不穩的飛機之間差異？
- 二、試著重製兩架穩定度較佳的飛機，觀察與之前的飛行狀態有否不同？
- 三、設計單環飛機以研究飛機前、後兩環對飛機飛行的影響程度？
- 四、製作發射器以比較不同仰角下對雙環飛機飛行距離的影響？
- 五、在竹筷上試裝紙環，製成飛鏢遊戲，看能不能使之飛行平順？

肆、研究設備及器材

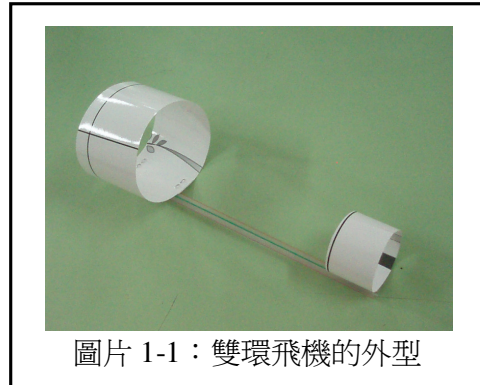
- 一、材料：
吸管、雙面膠、白板紙、彈簧秤、鋼筆筆夾、小螺帽、竹筷、保麗龍膠、玩具飛鏢、圓形靶、量角器。
- 二、工具：
剪刀、鐵尺、尖嘴鉗。

伍、研究方法、結果及發現

一、比較飛行穩定度較好的飛機與飛行不穩的飛機之間差異？

(一)研究方法：

- 1.剪下兩個大小不等的紙條，然後分別以雙面膠固定製成兩個紙環，再用一根吸管頭尾分別黏上兩環，但前後兩端不突出，如此即完成一架飛機。(如圖 1-1)
- 2.製成四架不同規格的飛機(如圖 1-2)，規格如下表。(如表 1-1)

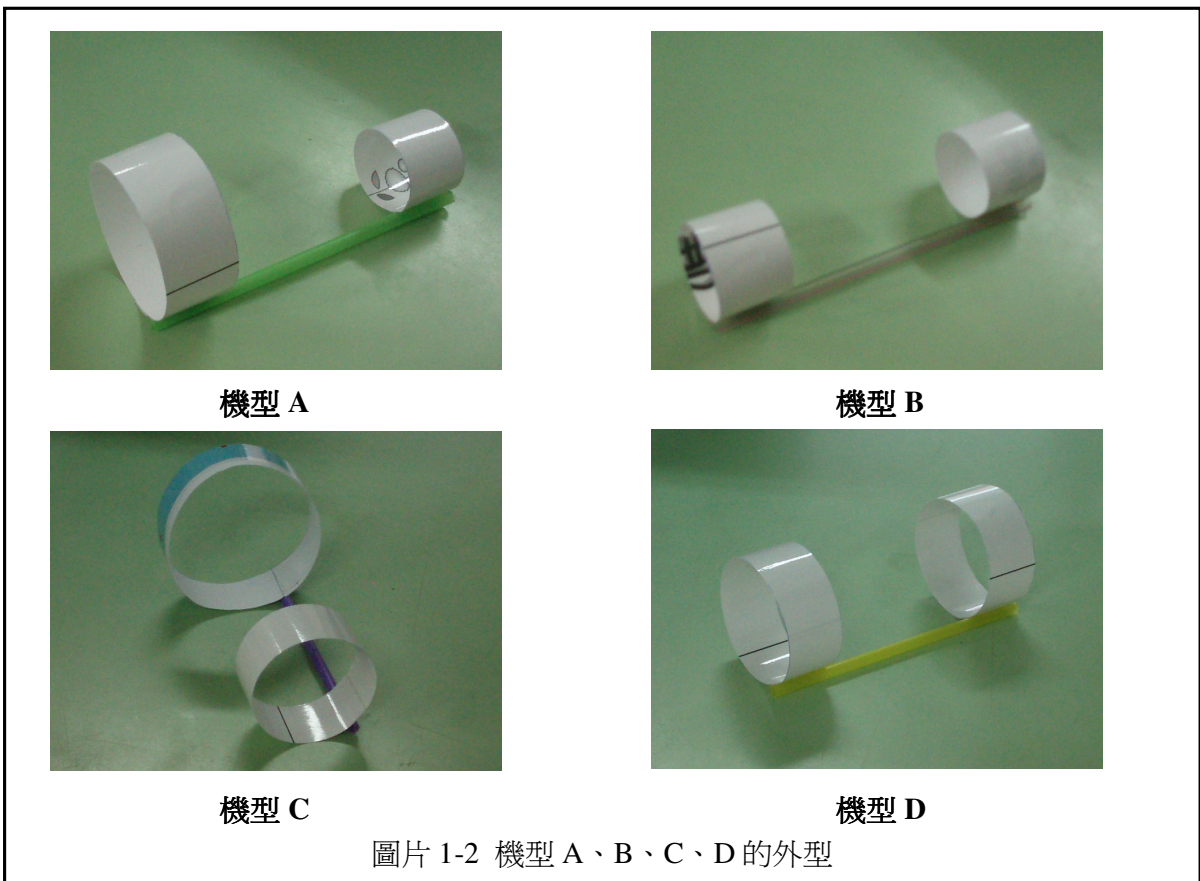


圖片 1-1：雙環飛機的外型

表 1-1 飛機 A、B、C、D 的紙環、吸管規格如下：

規格 (公分) 飛機	飛機 部位	前環	後環	吸管
飛機 A		3 × 12	3 × 20	15
飛機 B		3 × 12	3 × 12	15
飛機 C		3 × 20	3 × 28	15
飛機 D		3 × 20	3 × 20	15

- 3.對這四架飛機分別進行數次的試飛，藉以比較其飛行狀態的差異。



圖片 1-2 機型 A、B、C、D 的外型

(二)實驗結果：

表 1-2 不同規格飛機進行數次飛行的狀態比較 (穩定直飛為成功：○ 向左右或下墜：X)

飛行狀態 飛機	實驗次數	1	2	3	4	5	6	7	8	成功次數
飛機 A		○	○	○	○	○	○	○	○	8
飛機 B		X	X	X	X	X	X	X	X	0
飛機 C		○	○	○	X	○	○	○	○	7
飛機 D		X	X	X	X	X	X	X	X	0

(三)實驗發現：

- 1.飛機在飛行時，穩定度較佳的飛機很容易向前直飛，如同一道無形氣流通過雙環，並且機身會同時帶有自旋，推測此自旋有助增加其飛行穩定度。
- 2.雙環飛機製作時，雙環設置最佳的狀態應是前小環後大環，讓其往前飛時因重心在後而稍稍向上傾斜，如此前進可利用空氣的升力，飛機方可穩定向前直飛。
- 3.紙張材質要選擇有相當強度的方能保持紙環圓滿完整，讓飛行順暢。

二、試著重製兩架穩定度較佳的飛機，觀察與之前的飛行狀態有否不同？

(一)研究方法：

- 1.選擇之前飛行狀態較好的飛機 A 與飛機 C，使用同樣材料進行一次重製。
- 2.觀察飛機的飛行軌跡，是否與之前試飛有所差異，並加以記錄。
- 3.若是飛行有差異，將兩台同一規格的飛機觀察比較，藉以找出飛機製作上的漏洞，改進飛機製作的方式，以求之後的實驗精確。

(二)實驗結果：

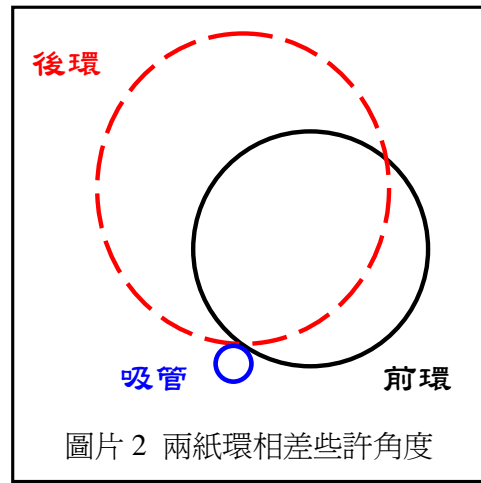
表 3 飛機 A 與飛機 C 重製後的飛行狀態 (會自旋並向前直飛：○ 下墜或向左右轉彎：X)

飛行狀態 飛機	製作順序	原本的	重製後
A 機試飛 (第一次)		○	○
A 機試飛 (第二次)		○	○
A 機試飛 (第三次)		○	○
A 機試飛 (第四次)		○	○
C 機試飛 (第一次)		○	X
C 機試飛 (第二次)		○	○
C 機試飛 (第三次)		○	X
C 機試飛 (第四次)		○	X

(三)實驗發現：

1. A 機型重製之後與原先的飛行狀態並無多大差異，但 C 機型重製後卻沒有原來飛的順暢，

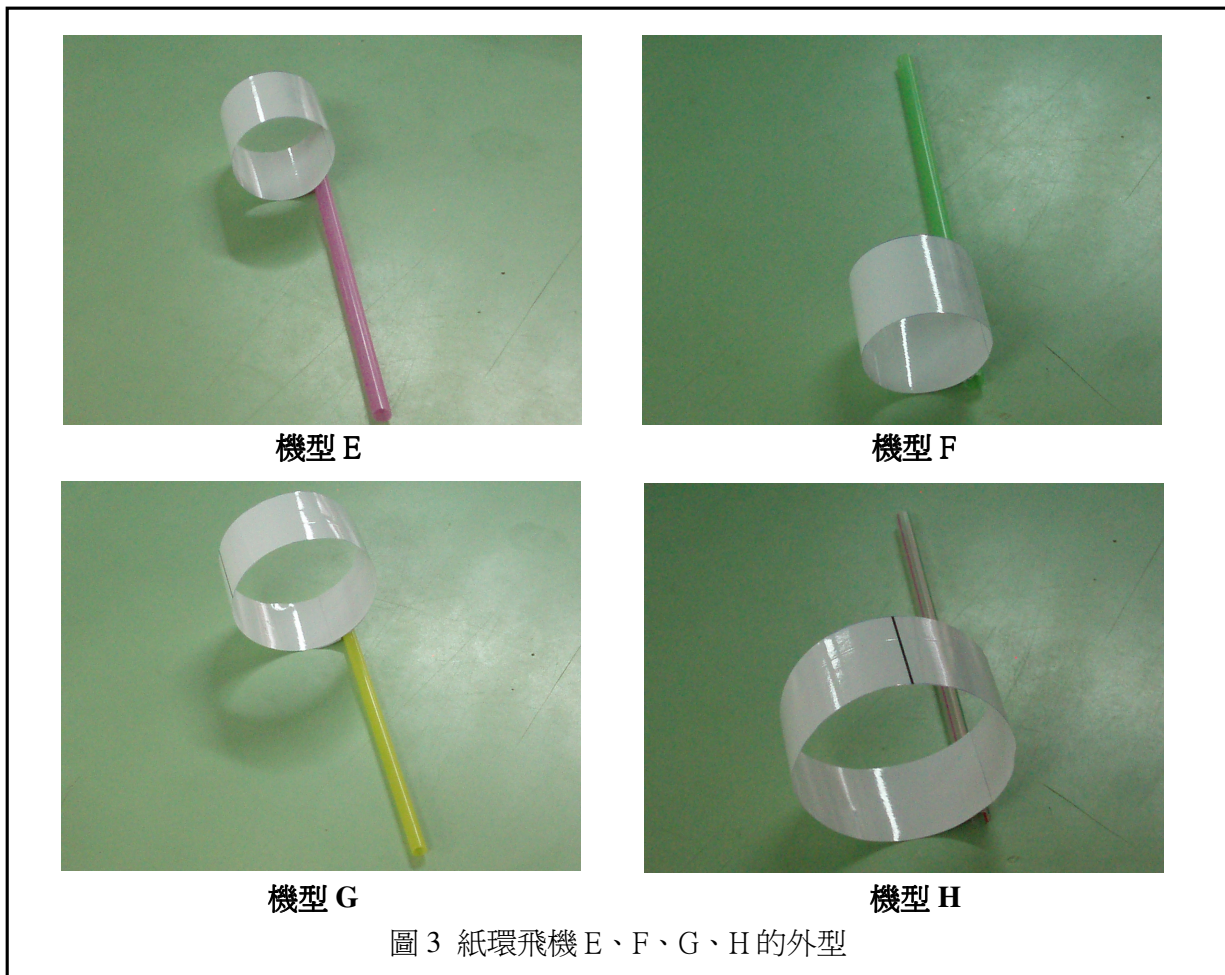
- 射出時易向左轉彎而不是直飛，也很快就下墜。
- C 機型經仔細觀察調整後發現，飛機不會循直線理想軌道飛行，原因在兩紙環黏貼時的相對位置，若兩紙環沒有作落在同一直線上，而是有相差些許角度，容易造成飛機偏轉。(如圖 2)
 - 試飛時發現，由不同的小朋友來試飛，飛機飛行的穩定度也不同，其實發射飛機時發射者姿勢也應盡量固定，在手中給它前行一段距離後放手射出，不需使用太大的力氣，它便可以穩定滑翔一段距離。



三、設計單環飛機以研究飛機前、後兩環對飛機飛行的影響程度?

(一)研究方法：

- 根據 A 機型規格，製作出四種單環飛機，分別是 E、F、G、H。
- 製作時將 A 前環以雙面膠黏貼於吸管前端，為 E 機型，將 A 前環黏貼於吸管後端，為 F 機型。
- 將 A 後環黏貼於吸管前端，為 G 機型，而將 A 後環黏貼於吸管後端，命名為 H 機型。(如圖 3)



4.分別進行飛機試飛，並將結果紀錄如下。

(二)實驗結果：

表3 飛機E、F、G、H的飛行狀態（會自旋並向前直飛：○ 下墜或向左右轉彎：X）

飛行狀態 飛機	實驗次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總計
E		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
F		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
G		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
H		○	X	○	○	X	○	○	○	○	○	8

(三)實驗發現：

- 1.當紙環放置在前方時，如機型E、G，此種單環飛機無法向前直飛，發射出去後機身會不協調，造成前後旋轉而落地，無法飛行。
- 2.紙環擺至吸管後端時，紙環半徑如果夠大，此單環飛機仍可向前直飛，如機型H，但似乎本身的自旋較不穩定，下墜的速度較快。
- 4.單環飛機中，紙環擺至吸管後端時有可能可以飛行，但若是後端的紙環半徑太小，仍無法使整個機體向前直飛，會有急速下墜的現象，如機型F。
- 5.由此可推測，在雙環飛機中，前環不存在對飛行的影響似乎並不明顯，反而是後環的存在對整個機體的飛行穩定度起了很大的關鍵作用。

四、製作發射器以比較不同仰角下對雙環飛機飛行距離的影響?

(一)研究方法：

- 1.利用彈簧秤的反彈力道，將其改裝為雙環飛機的發射器，主要以與彈簧秤相結合的鋼筆筆夾作為推進器，再以保麗龍膠將竹筷黏上當作軌道。(如圖4-1、4-2)
- 2.以固定的推進力量250gw，分別進行三種仰角不同的機型A飛機發射，並比較其結果。
- 3.找出最適合飛機發射的角度，同時觀察飛機飛行的狀態，與用手發射有何差異。

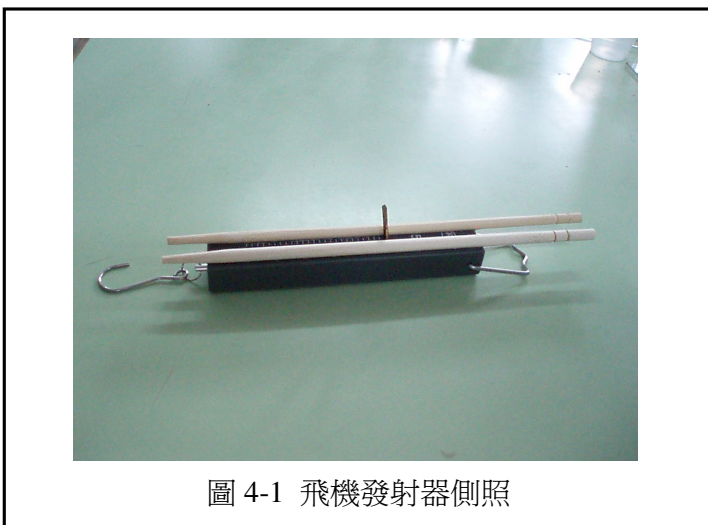


圖 4-1 飛機發射器側照



圖 4-2 飛機發射器正面

(二)實驗結果：

表 4 測量以不同仰角發射的飛機 A 飛行狀態

飛行 仰角	實驗次數					平均
	1	2	3	4	5	
0 度	182 cm	171 cm	231 cm	168 cm	212 cm	192.8 cm
20 度	152 cm	135 cm	169 cm	170 cm	158 cm	156.8 cm
45 度	91 cm	65 cm	86 cm	110 cm	89 cm	88.2 cm

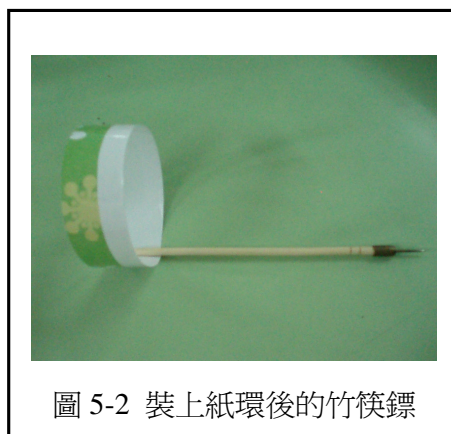
(三)實驗發現：

- 1.在三種仰角中，機型 A 在角度 0 度時，可飛行最遠的距離，而隨著角度增大，平均飛行距離卻愈來愈短。
- 2.在仰角為 0 的飛行中，飛機在發射初始為水平前進，之後逐漸下降，顯示出雙環飛機的滑翔特性。
- 3.在仰角 20 及 45 度中，飛機幾乎在一開始時會傾斜向上直飛，之後直接下墜，顯示出飛機受到空氣阻力的作用而失去了平衡。
- 4.飛機在擺放或發射時，有時會特別的不穩定，會在擺放的時候向左右傾斜或掉落，發射時也會有向左右拐彎的不平衡現象，發射器應該要再加以調整。

五、在竹筷上試裝紙環，製成飛鏢遊戲，看能不能使之飛行平順？

(一)研究方法：

- 1.準備兩支塑膠飛鏢，其中之一不去做變動，將另一隻鏢的金屬鏢頭拆下，然後安裝在竹筷的尾端，製成一隻竹筷鏢。(如圖 5-1)
- 2.在相同的距離下，分別將兩隻鏢射向圓形靶，觀察當射中靶時飛鏢是否能固定在靶上，各發射十次。
- 3.再將竹筷鏢的另一端安裝上一圓形紙環，亦是發射十次，紀錄觀察當射中靶時飛鏢是否能固定在靶上。(如圖 5-2)
- 4.將三種鏢的實驗結果進行比較與討論。



(二)實驗結果：

表 5 三種鏢發射後能否固定在靶上的情形 (飛鏢固定在靶上：○ 飛鏢掉落：X)

固 定 情 形 飛 鏢	實 驗 次 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	統 計
		塑膠鏢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
竹筷鏢		X	X	X	X	○	X	X	X	○	X	2
竹筷鏢(有紙環)		○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	9

(三)實驗發現：

1. 塑膠鏢本身附有十字型的塑膠鏢尾，幾乎只要有命中圓形靶都會固定在其上，而不會掉下來，而竹筷鏢(無紙環)雖也能射中圓形靶，但基本上都停留不住而掉落。
2. 有趣的是，在竹筷鏢尾部裝置上一個紙環後，固定在圓形靶上的機率大幅增加，推測應是其能以較垂直的角度命中圓形靶，所以較容易刺在圓形靶之上。
3. 紙環跟塑膠鏢的尾部有類似的功能，可穩定飛鏢飛行的方向，而沒有加上尾部紙環的竹筷鏢，常常在命中圓形靶時卻因入射角度不穩，造成無法穩固插於其上。

陸、討論

一、紙環飛機飛行的原理為何?

紙環飛機飛行是白努利原理的應用。白努利原理：當流體的速度愈快時，物體與流體接觸界面上的壓力會變小，反之，壓力則增大。機身上面因空氣流動較快，壓力較小，反之機身底部壓力較大，故會有壓力差讓飛機有向上的浮力，進而向前滑翔。

二、飛機為何需要前小後大的紙環設計才能飛的較好?

前面的紙環較小較輕，後面的紙環較大較重，因此重心會偏向後面。丟擲出去以後，因為紙圈與飛行的方向形成了斜面，使得空氣的流動產生一股上升的力量，讓雙環飛機能抵抗地心引力，而向前飛行。

三、有哪些因素會影響紙環飛機的飛行?

紙環的重量會影響飛行。太輕容易受到空氣阻力的影響，太重就飛不遠，而無法讓紙環飛機平穩飛行。如果兩個紙環在黏貼於吸管上時之間有相差一個角度，紙環的兩側會變成方向舵，導引紙環飛機轉彎飛行。另外，紙環飛機能夠輕易切穿空氣，而且本身又呈現流線型，可減少空氣阻力的作用，但若發射仰角過大，則此特性會消失並因空氣阻力影響而下墜。

四、製作發射器與使用來發射飛機時可能會有什麼誤差?

本次實驗是利用彈簧秤來製作發射器，根據虎克定律，彈簧的伸長量與其受力為正比的關係，所以可以利用來控制力道大小，並利用量角器測量發射仰角。但這實驗有誤差存在，因為飛機本身難以做到左右平衡，故在擺放在發射器的軌道上時，會向左右靠在軌道上，甚至有時會直接掉下，需要重新放置，可能是紙環飛機與發射器軌道的摩擦力及其本身的不平衡，會導致飛機射出時並不一定會向前直飛，常需重覆進行實驗，以過濾不合理的誤差結果。

五、紙環飛行器與飛鏢遊戲有何關聯性?

基本上紙環飛行器最重要的部分在於後環，後環可增進機體的飛行穩定度，其作用類似飛鏢的鏢尾，可固定飛鏢的飛行姿態，使之射出時不易向左右歪斜，也可提供升力對抗地心引力，讓鏢身平穩不至太快下落。

柒、結論

- 一、實驗一中得知：雙紙環飛機在製作時，通常前面放置小環，後面黏貼大環，讓飛機的重心偏後，飛行時微微向上傾斜，可利用紙環上下空氣的流動速率的不同，而產生升力，得以向前穩定滑翔。
- 二、實驗二中得知：製作飛機時應使之左右平衡，尤其在黏貼前、後環時，應注意使它們保持在吸管的同一側，在發射前也可做些微調，才不會因為重量不均而向左右偏移行進。
- 三、實驗三中得知：雙環飛機飛行時主要的作用部位在於後環，後環的半徑若是夠大，即使前環不存在，飛機仍可向前直飛。
- 四、實驗四中得知：發射的仰角對紙環飛機的飛行有不小的影響，發射的仰角若是過大，會使飛機向上斜飛，進而增加其所受的空氣阻力，會迅速下墜。在實驗中發現，仰角為 0 時，紙環飛機飛行的距離最長。
- 五、實驗五中得知：未裝置紙環尾翼的竹筷鏢，在射中圓形靶後幾乎很難固定其上，但尾端裝上紙環後，停留在靶上的機率大幅增加，可見得紙環尾翼有穩定飛行的功用。

捌、參考資料及其他

【網站資源】

國立台中教育大學科學應用與推廣系-科學遊戲實驗室。**怪怪飛行器**。取自：

http://scigame.ntcu.edu.tw/game_air6.html

【書中的一篇文章】

麗貝卡·吉爾平、麗歐尼·普瑞特。**60 創意科學遊戲**。出版社：小天下。

【科展作品】

全國中小學科展第 42 屆--民國 91 年--物理科第三名。**看誰的吸管飛最遠—簡易飛機改造**。臺北縣永和市秀朗國民小學。