

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 小 組

作品名稱：看誰的吸管飛最遠——簡易飛機改造

關 鍵 詞：簡易飛行器、虎克定律、速率

編 號：080105

學校名稱：

臺北縣永和市秀朗國民小學

作者姓名：

陳璿宇、沈昇勳、林杰熹、謝秉堯

指導老師：

余秀琴、鄭正麗



看誰的吸管飛最遠——簡易飛機改造

壹、摘要

飛行是門兒很奇妙的學問，它牽涉到力、氣流、飛行器的構造等因素。在這次的科展中，我們想透過紙、吸管等簡單的器具，使飛行器飛起來，看哪種飛行器飛最遠。

我們先參照對照組，改良出四種類型的飛行器，再以手試飛，計算各架飛行器的平均飛行距離、觀察飛行狀態，且由各類型飛行器中挑選一飛行距離最遠的優良飛行器並互相比較。

事後大家發現，由於每個人的身高不同，加上每次用力的大小、發射的角度不一，造成變因太多，所測得的飛行距離不夠客觀。所以，我們根據虎克定理，設計了一種能控制發射力量及角度的發射器。

透過客觀的發射器，我們試飛了對照組飛行器、四優良飛行器，比較其平均飛行距離與飛行速率。

再者，試飛時我們發現各類型飛行器的飛行狀態皆不同，所以我們又利用錄影機、電腦動畫技術來了解、模擬各飛行器的飛行狀態。

貳、研究動機

有一次我們在一本科學書上，找到一個又有趣又好玩的實驗——簡易飛行器，而且只要用一些日常用品就可以做成。所以，我們就對簡易飛行器非常的有興趣，並且在自然課本第 8 冊中學到彈簧彈力大小的知識，而且也在暑假中做過一些有關於飛行的實驗，為了讓吸管飛行比賽更準確，我們自製發射台看誰的吸管飛機飛得最遠。

參、研究目的

- 一、了解不同形狀飛行器的製作方法。
- 二、了解圓形飛行器和其他形狀飛行器的比較。
- 三、了解虎克定理對飛行器的應用。
- 四、製作準確度高的發射器。
- 五、找出最好的飛行器。

肆、研究問題

- 問題一：篩選出一種對照組的機型？
- 問題二：吸管加倍、機翼加多與移動中翼位置，飛行的變化？
- 問題三：吸管加長、前翼彎成異同波浪型，會影響飛行數據嗎？
- 問題四：長方形中翼的長短與位置，飛行變化？
- 問題五：尾翼增加不同形狀的紙片，哪種飛得比較遠？
- 問題六：應用虎克定律製作發射器？
- 問題七：試飛各組優良飛行器，與對照組做比較？

伍、研究器材

長短不同的吸管、雲彩紙、雙面膠、剪刀、捲尺、膠帶、牙籤、影印紙、厚紙板、圖畫紙、照相機、錄影機、標籤、磁片、電腦、天秤、砝碼、夾子、彈簧、壓線條、鋁片、塑膠管、焊槍、碼錶、木板、紙板、長方體紙盒。

陸、研究過程

問題一：篩選出一種對照組的機型？

方法（一）：根據網路上資料，用最理想的尺寸做兩種機型。

1. 吸管長 16 公分，圓圈寬 2 公分

前周長 24 公分，後周長 24 公分。

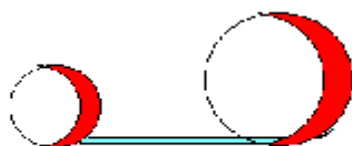
2. 吸管長 16 公分，圓圈寬 2 公分

前周長 16 公分，後周長 24 公分。

方法（二）：試飛(請見附錄：照片 1，照片 2)

每人每種機型投 10 次，再求出平均數。

方法（三）：比較每個人兩種機型試飛距離的平均數，看哪一種飛的遠？



機型：前小後大



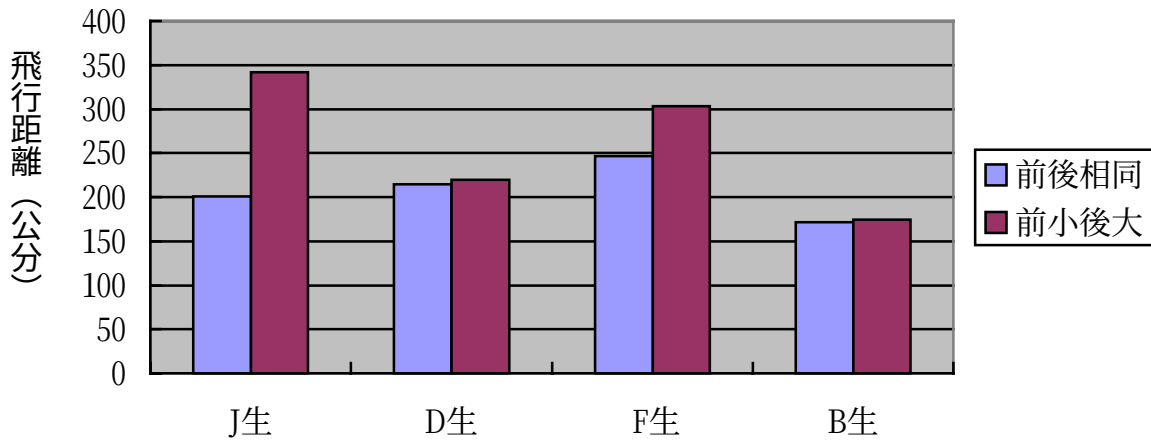
機型：前後相同

表一之（一）：兩種機型試飛比較表

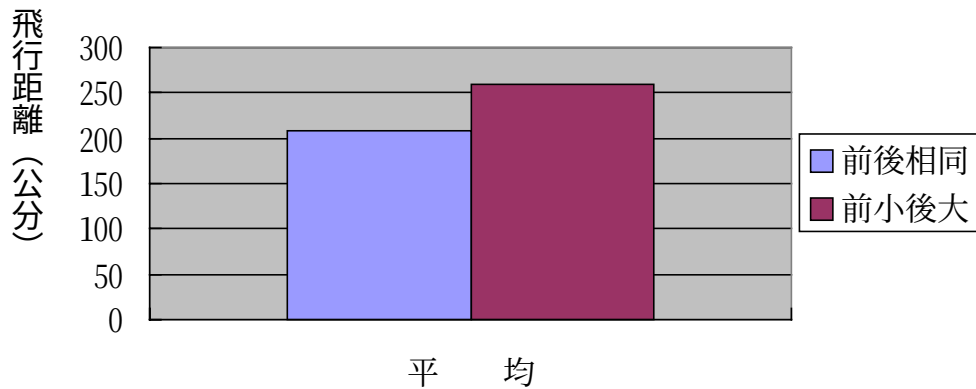
姓名 機型 飛行 次數 距離	J 生		D 生		F 生		B 生	
	前後 相同	前小 後大	前後 相同	前小 後大	前後 相同	前小 後大	前後 相同	前小 後大
1	150cm	590cm	91cm	257cm	230cm	462cm	170cm	191cm
2	110cm	620cm	183cm	536cm	150cm	560cm	174cm	120cm
3	240cm	330cm	124cm	266cm	330cm	188cm	88cm	181cm
4	266cm	290cm	315cm	50cm	157cm	267cm	174cm	92cm
5	140cm	320cm	266cm	166cm	272cm	404cm	299cm	86cm
6	116cm	354cm	246cm	170cm	173cm	235cm	135cm	195cm
7	325cm	154cm	268cm	232cm	386cm	183cm	220cm	110cm
8	195cm	245cm	215cm	267cm	140cm	243cm	114cm	184cm
9	300cm	268cm	283cm	190cm	290cm	293cm	142cm	250cm
10	166cm	244cm	133cm	154cm	334cm	196cm	197cm	337cm

表一之（二）：四人平均數據比較

姓名	前後相同（公分）	前小後大（公分）
J 生	200.8	341.5
D 生	214.2	219.6
F 生	246.2	303.1
B 生	171.3	174.6



圖一之（一）：每人試射兩架不同飛機的比較圖



圖一之（二）：兩架飛機數據比較

表一之（三）：兩架飛機平均數據

前 後 相 同（公分）	前 小 後 大（公分）
208.1	259.6

結果分析：由於機型「前小後大」飛行距離較遠，所以選它為對照組，和組員們做的飛機作比較，有什麼相同處及不同處，並看哪一架飛行的距離較遠。機型「前後相同」雖然能飛一段距離，但因為不及「前小後大」的機型，所以被淘汰。

問題二：吸管加倍、機翼加多與移動中翼位置，飛行的變化？

方法（一）：根據問題一的對照組做延伸，中翼與前翼的距離有五組相同，

如：3、5、7、9、11 公分，機翼寬度不同。

1. 吸管長度：前長 18 公分、後長 16 公分

2. 紙長：前 21 公分、中 23 公分、後 25 公分

3. 材質：雲彩紙

4. 共分為五類機型 B1 組、B2 組、B3 組、B4 組、B5 組，每類機型再分成 5 種不同機翼寬度，共做成 25 架飛機，每架試射 10 次，總計 250 次。

(請見下頁照片與附錄中照片 3、照片 4)

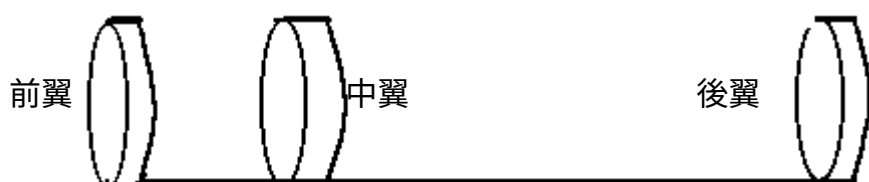
5. 由 25 架飛機裡選出 2 架飛行距離最遠的，再來比較。

方法（二）：機翼寬度相同的有五組，中翼與前翼距離不同。

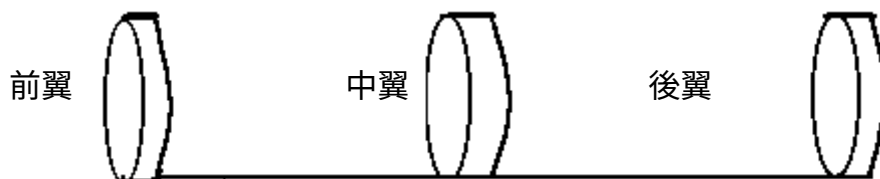
第一類機型 B1 組：把中翼移動，離前翼 3 公分的地方。



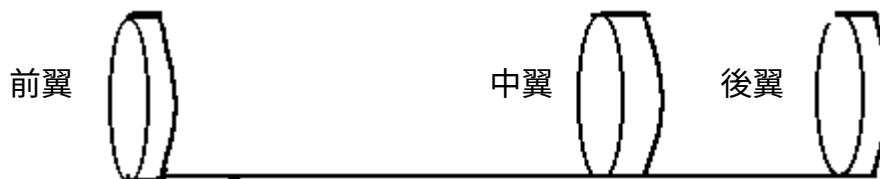
第二類機型 B2 組：把中翼移動，離前翼 5 公分的地方。



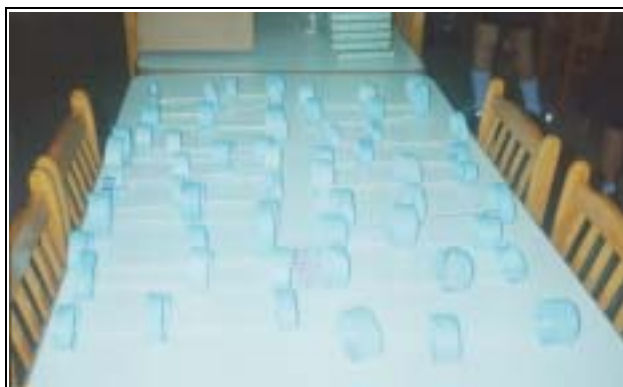
第三類機型 B3 組：把中翼移動，離前翼 7 公分的地方。



第四類機型 B4 組：把中翼移動，離前翼 9 公分的地方。



第五類機型 B5 組：把中翼移動，離前翼 11 公分的地方。



共分為五種機型 B1、B2、B3、B4、B5，
每種機型再分成 5 種不同機翼寬度，共做成
25 架飛機



試飛 B 種機型的各種飛機

表二之（一）：各種機型的質量

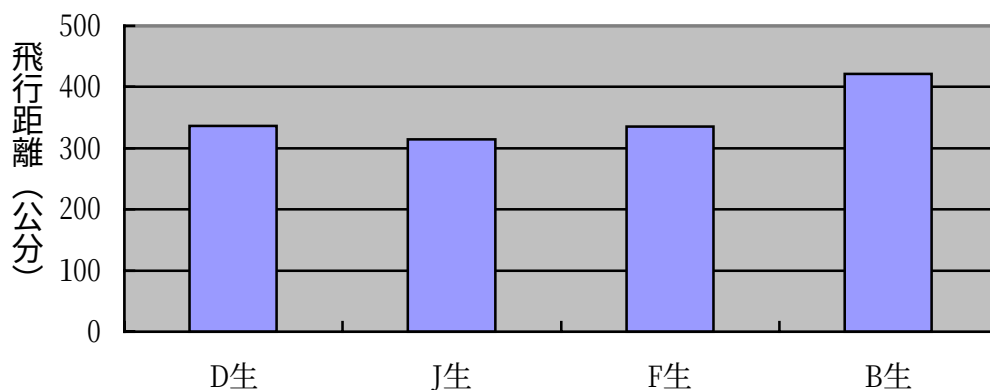
B1 (寬 2cm)	3.1g	B2 (寬 2cm)	3.1g
B1-1 (寬 2.5cm)	3.2g	B2-1 (寬 2.5cm)	3.2g
B1-2 (寬 3cm)	4g	B2-2 (寬 3cm)	4g
B1-3 (寬 3.5cm)	4.2g	B2-3 (寬 3.5cm)	4.2g
B1-4 (寬 4cm)	4.5g	B2-4 (寬 4cm)	4.5g

B3 (寬 2cm)	3.1g	B4 (寬 2cm)	3.1g	B5 (寬 2cm)	3.1g
B3-1 (寬 2.5cm)	3.2g	B4-1 (寬 2.5cm)	3.2g	B5-1 (寬 2.5cm)	3.2g
B3-2 (寬 3cm)	4g	B4-2 (寬 3cm)	4g	B5-2 (寬 3cm)	4g
B3-3 (寬 3.5cm)	4.2g	B4-3 (寬 3.5cm)	4.2g	B5-3 (寬 3.5cm)	4.2g
B3-4 (寬 4cm)	4.5g	B4-4 (寬 4cm)	4.5g	B5-4 (寬 4cm)	4.5g

首先，自己先將 25 架飛機都試飛幾次，發現 B1 和 B2 是 25 架飛機裡飛得最遠的。
所以，選出 B1 和 B2，和其他組員一起試飛。

表二之（二）：組員飛行數據表（B1 飛行器）

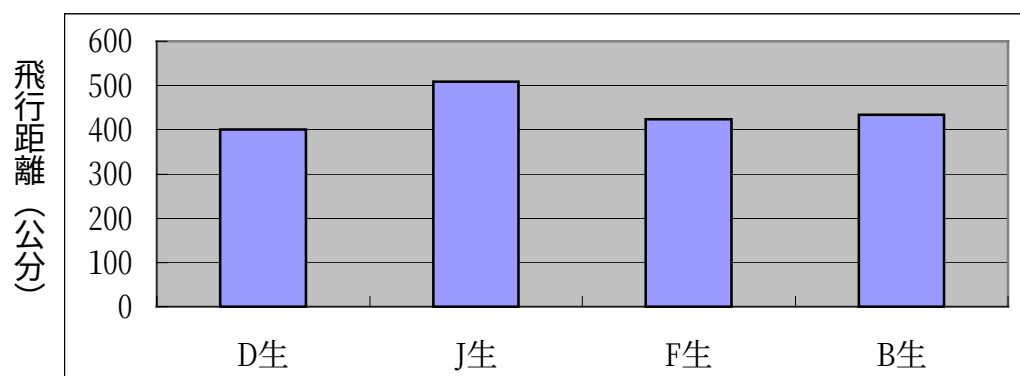
	D 生	J 生	F 生	B 生
第 1 次	351cm	297cm	306cm	478cm
第 2 次	388cm	325cm	504cm	392cm
第 3 次	387cm	246cm	389cm	356cm
第 4 次	280cm	297cm	187cm	469cm
第 5 次	378cm	406cm	290cm	410cm
平均	336.4cm	314.1cm	335.1cm	421cm



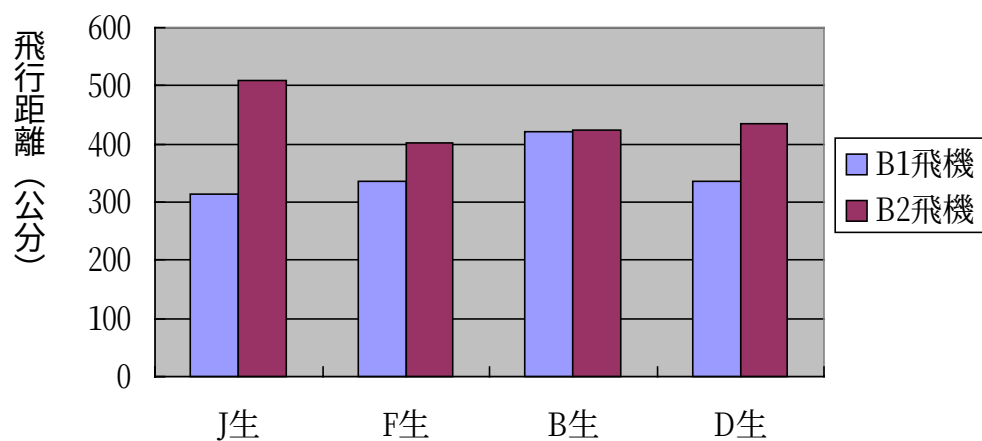
圖二之（一）：個人飛行距離平均值比較（B1 飛行器）

表二之（三）：組員飛行數據表（B2 飛機）

	D 生	J 生	F 生	B 生
第 1 次	351cm	506cm	270cm	465cm
第 2 次	522cm	490cm	396cm	367cm
第 3 次	500cm	564cm	473cm	470cm
第 4 次	396cm	495cm	397cm	352cm
第 5 次	405cm	491cm	470cm	462cm
平均	401.1cm	509.1cm	423.1cm	434.4cm



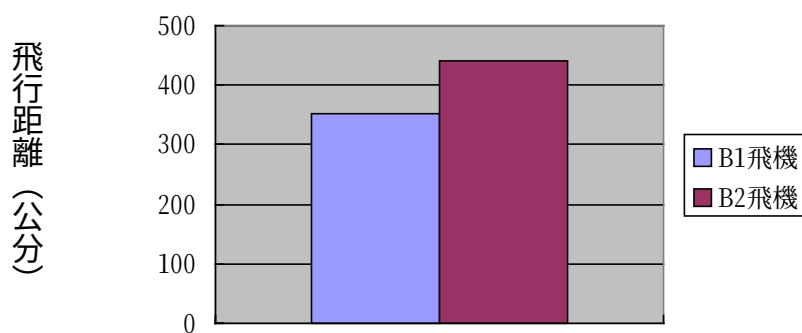
圖二之（二）：個人飛行距離平均值比較（B2 飛行器）



圖二之（三）：B1、B2 飛行距離比較圖

表二之（四）：四人數據比較表

姓名	B1 飛機	B2 飛機
J 生	314.1cm	509.1cm
D 生	336.4cm	401.1cm
F 生	335.1cm	423.1cm
B 生	421cm	434.4cm
平均	351.65cm	441.925cm



圖二之（四）：B1、B2 平均飛行距離比較圖

結果分析：

1. 由上的實驗，可知機型 B2 飛的最好，所以決定把它和其他組員做的飛機、對照組一起做比較。
2. 雖然機型 B1 飛的很好，但是機型 B2 飛的更好，所以把機型 B1 給淘汰掉。

問題三：吸管加長、前翼彎成波浪型，會影響飛行數據嗎？

方法（一）：根據對照組做延伸，吸管長度不同，其他都相同。

1. F1：吸管長 19 公分，波浪型前機翼長 19 公分。
圓形後機翼長 19 公分，兩機翼寬度 2 公分。
2. F2：吸管長 17 公分，波浪型前機翼長 19 公分。
圓形後機翼長 19 公分，兩機翼寬度 2 公分
3. 每人把兩架飛機各試射 5 次，總計試射 40 次。
(請見附錄中：照片 5、照片 6)
4. 比較每個人兩種機型的飛行距離平均數，看哪一種飛得最遠？

方法（二）：繼續作 F3~F12 的飛機，吸管長度不同，其他也有變化，並和 F1、F2 做比較。

1. **A 組飛機**共五架，分別為：

- F3：吸管長 20 公分 F4：吸管長 18 公分
F5：吸管長 21 公分 F6：吸管長 17 公分
F11：吸管長 19 公分

以上飛機的前翼均為 19 公分，呈波浪型左上右下，如：

飛機的後翼均為 19 公分，呈圓形狀，前後翼寬度皆為 2 公分。

2. **B 組飛機**共五架，分別為：

- F7：吸管長 20 公分 F8：吸管長 18 公分
F9：吸管長 21 公分 F10：吸管長 17 公分
F12：吸管長 19 公分

以上飛機的前翼均為 19 公分，呈波浪型左下右上，如：

飛機的後翼均為 19 公分，呈圓形狀，前後翼寬度皆為 2 公分。

3. 每架飛機各試射 5 次，共計試射 50 次。(請見本頁照片)

4. 比較 A、B 兩組機型的飛行距離，有何不同。

5. 測量 A、B 兩組飛機的重量，並記錄下來。



A 組飛機共五架：F3、F4、F5、F6、F11

B 組飛機共五架：F7、F8、F9、F10、F12

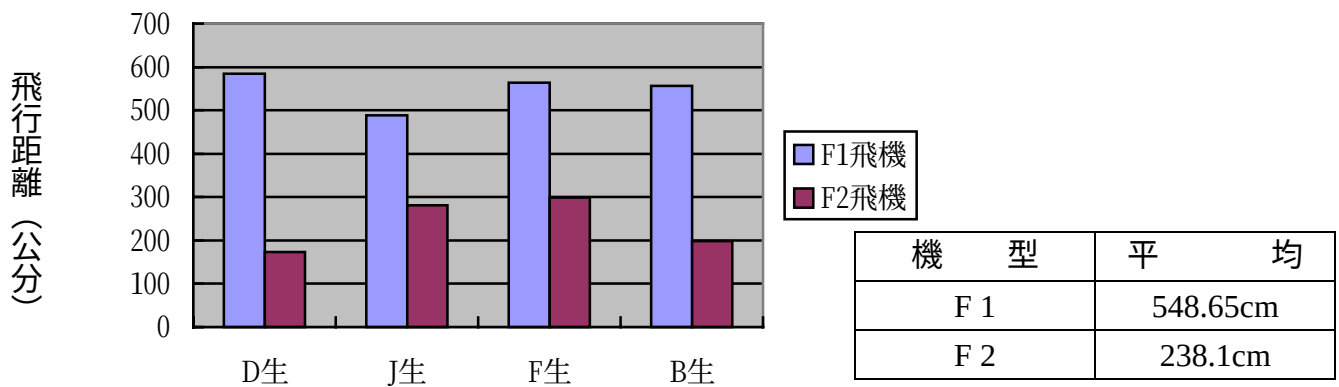
試飛 F 種機型的各種飛機

表三之（一）：個人數據

姓名 飛機 飛行 次數 距離	D 生		J 生		F 生		B 生	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
1	517cm	141cm	390cm	322cm	561cm	259cm	490cm	107cm
2	523cm	193cm	615cm	246cm	574cm	246cm	500cm	153cm
3	569cm	196cm	550cm	324cm	563cm	286cm	640cm	256cm
4	726cm	184cm	500cm	205cm	525cm	376cm	530cm	209cm
5	590cm	153cm	390cm	310cm	596cm	326cm	624cm	270cm

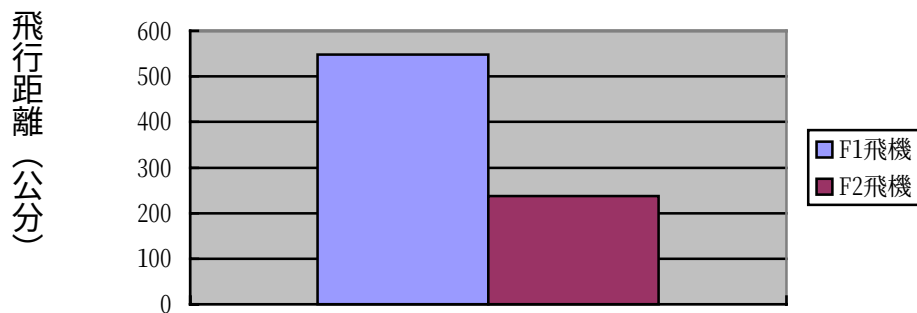
表三之（二）：4 人平均數據比較表

姓名	F1 飛機	F2 飛機
J 生	489cm	281.4cm
D 生	585cm	173.4cm
F 生	563.8cm	298.6cm
B 生	556.8cm	199cm



圖三之（一）：個人平均飛行數據

表三之（三）：兩架飛機平均數據：



圖三之（二）：平均飛行距離比較圖

所以，由上面的比較表，可以知道，F1 飛機飛得比 F2 飛機遠。

表三之（四）：飛機質量表（公克）

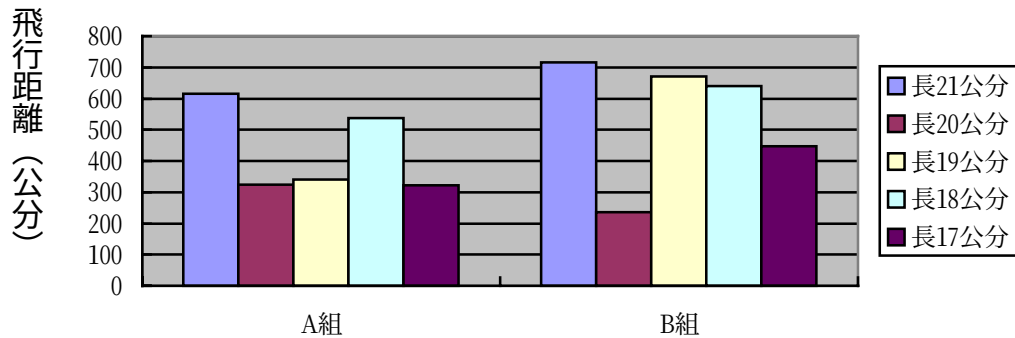
A 組	編號	F 5	F 3	F 11	F 4	F 6	B 組	編號	F 9	F 7	F 12	F 8	F10
	質量	2.8	2.8	3.1	2.7	2.7		質量	2.8	2.9	3.1	2.8	2.9

表三之（五）：飛行距離表（公分）

A 組						B 組				
編號 次數 距離	F 5	F 3	F 11	F 4	F 6	F 9	F 7	F 12	F 8	F 10
1	556	290	310	476	338	424	369	710	368	613
2	502	368	292	720	308	920	263	691	400	401
3	770	390	337	355	246	850	202	780	704	338
4	590	305	398	674	373	780	194	758	880	550
5	657	266	368	460	347	602	150	410	850	338

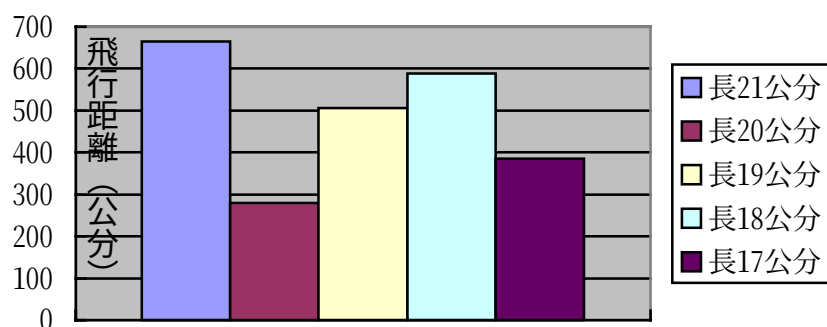
表三之（六）：各架飛機的平均飛行距離

編 號		平 均 (公分)	編 號		平 均 (公分)
A 組	F 5	615	B 組	F 9	715.2
	F 3	323.8		F 7	235.6
	F11	341		F12	669.8
	F 4	537		F 8	640.4
	F 6	322.4		F10	448



表三之（七）：飛機機身同長的平均飛行距離

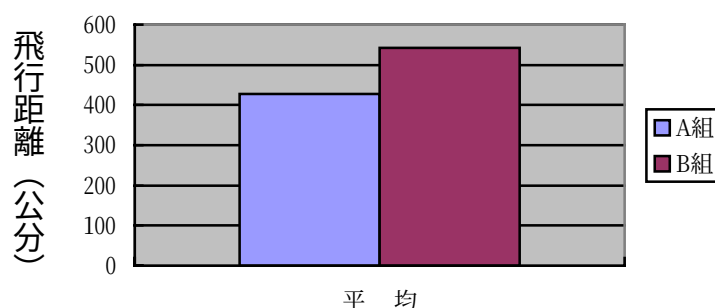
長 度	長 21 公分	長 20 公分	長 19 公分	長 18 公分	長 17 公分
平均（公分）	665.1	279.7	505.4	588.7	385.2



圖三之（四）：飛機機身同長的平均數據

表三之（七）：兩組飛機的平均數據

組 別	A 組	B 組
平均（公分）	427.84	541.8



圖三之（五）：兩組飛機的平均數據

結果分析：

1. 試射完這兩組的飛機後，波浪型的前翼，不論彎成「左上右下」或是「左下右上」，飛行的狀態依然沒有很穩定，通常不會直直往前飛，而呈「不規則」飛行，然而我也發現，波浪型的前翼彎成「左下右上」會飛得比較遠，但飛行狀態卻不太規則，而「左上右下」的前翼則飛得比較有規律，大多是往右飛行。但是，用手射飛機得來的數據不太準確，因此，我們也想出一種能試射較為準確的飛行發射器。
2. 由上的實驗，可知機型 F9 飛的最好，所以決定把它和其他組員做的飛機、對照組一起做比較。

問題四：長方形中翼的長短與位置，飛行變化？

方法（一）：根據對照組作延伸，以長方形中翼的位置比較。

1. 吸管長 18 公分，前圓形機翼長 15 公分，寬 1.5 公分，後圓形機翼長 24 公分，寬 1.5 公分，長方形中翼長 5 公分，寬 1 公分。
2. 飛機機型共五種，如下：

D1：長方形中翼離後翼 3 公分。	D2：長方形中翼離後翼 6 公分。
D3：長方形中翼離後翼 9 公分。	D4：長方形中翼離後翼 12 公分。

D5：長方形中翼離後翼 15 公分。

3. 每架飛機各試射 5 次，總計試射 25 次。(請見本頁照片)

方法 (二)：根據對照組作延伸，以長方形中翼的長度比較。

1. 吸管長 18 公分，前圓形機翼長 15 公分，寬 1.5 公分，後圓形機翼長 24 公分，寬 1.5 公分，長方形中翼寬 1 公分，距離後翼 3 公分。

2. 飛機機型共五種，如下：

D6：長方形中翼長 5 公分。

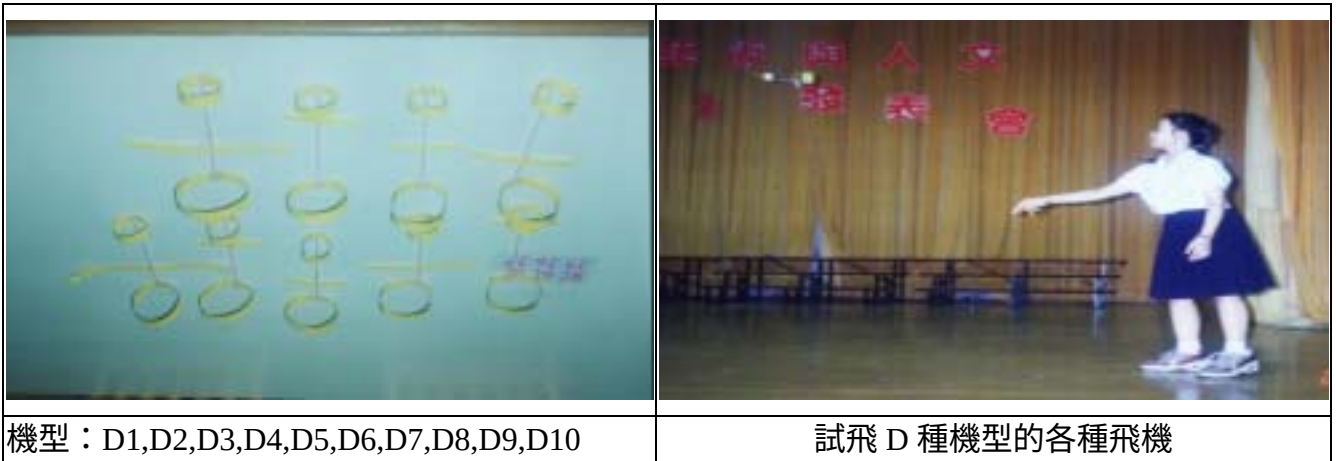
D7：長方形中翼長 7 公分。

D8：長方形中翼長 9 公分。

D9：長方形中翼長 11 公分。

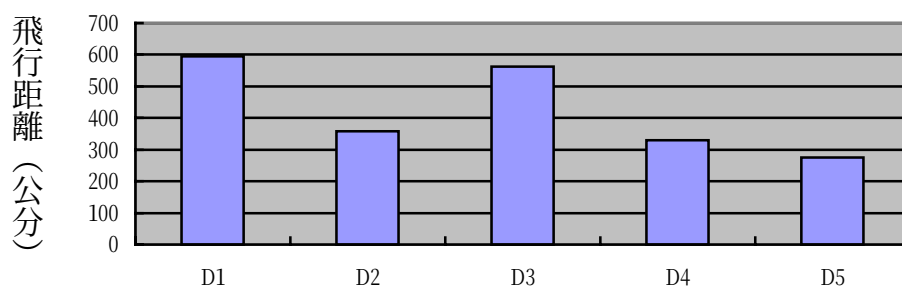
D10：長方形中翼長 13 公分。

3. 每架飛機各試射 5 次，總計試射 25 次。(請見本頁照片)



表四之 (一)：飛行距離比較

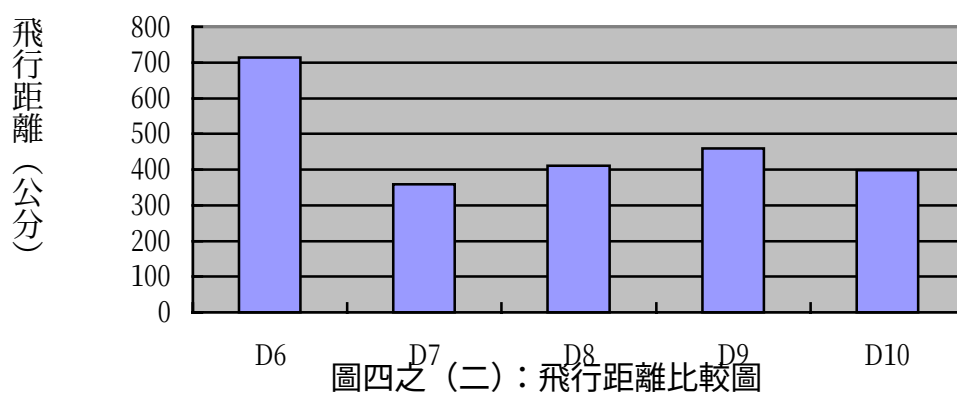
	D1	D2	D3	D4	D5
第一次	660 cm	282 cm	458 cm	213 cm	277 cm
第二次	644 cm	322 cm	645 cm	403 cm	334 cm
第三次	560 cm	455 cm	428 cm	376 cm	263 cm
第四次	644 cm	356 cm	744 cm	385 cm	263 cm
第五次	465 cm	377 cm	539 cm	271 cm	243 cm
平 均	594.6 cm	358.4 cm	562.8 cm	329.6 cm	276 cm



圖四之 (一)：飛行距離比較圖

表四之（二）：飛行距離比較

第一次 第二次 第三次 第四次 第五次 平 均	D6	D7	D8	D9	D10
第一次	700 cm	412 cm	480 cm	460 cm	334 cm
第二次	645 cm	411 cm	310 cm	415 cm	315 cm
第三次	575 cm	326 cm	547 cm	374 cm	480 cm
第四次	783 cm	373 cm	355 cm	595 cm	430 cm
第五次	864 cm	404 cm	358 cm	448 cm	435 cm
平 均	713.4 cm	385.2 cm	410 cm	458.4 cm	398.8 cm



表四之（三）：飛機質量表（公克）

編號	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
質量	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9

結果分析：1.長方形中翼越靠近後翼，飛的越遠。

2.長方形中翼越短就飛得越遠。

3.由上的實驗，可知機型 D6 飛的最好，所以決定把它和其他組員做的飛機、對照組一起做比較。

問題五：尾翼增加不同形狀的紙片，哪種飛得比較遠？

方法（一）：

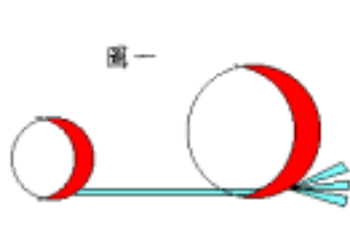
1.製作兩種尾巴不同的飛機

◎J1 的尺寸：吸管長 19 公分

圓圈寬 2 公分

周長前 16 公分

後 24 公分



三片三公分長的風車形尾巴。(如圖一)

◎J2 的尺寸：吸管長 19 公分

圓圈寬 2 公分

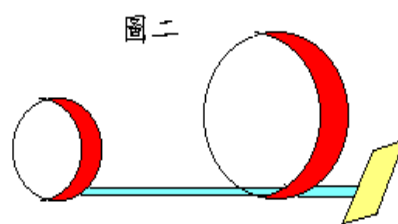
周長前 16 公分

後 24 公分

尾巴 2 公分×6 公分。(如圖二)

2.試飛 J1、J2 飛機，每架試飛 10 次。

3.比較兩架飛機看誰飛的比較遠。

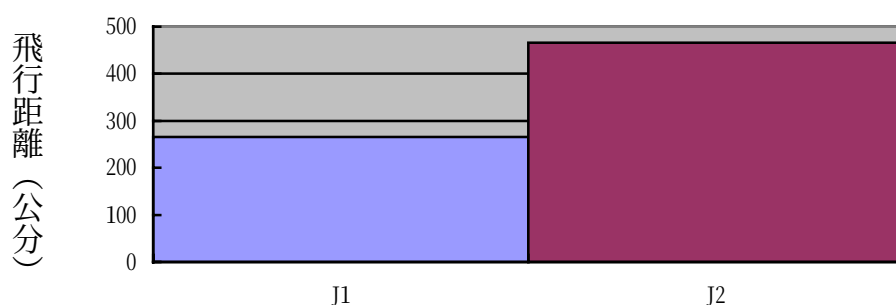


五之（一）：試飛 J1 的數據

次數	飛行距離（公分）
1	270
2	410
3	227
4	278
5	305
平均	266

表五之（二）：試飛 J2 的數據

次數	飛行距離（公分）
1	517
2	463
3	499
4	345
5	407
平均	446.2



圖五之（一）：J1、J2 平均距離比較圖

結果分析：一片翅膀的飛機比扇形尾巴的飛機飛得遠，所以決定用 J2 機型再深入研究。

方法(二)：尾巴多長多寬的飛機飛的比較遠？

1.做各種尺寸尾巴的飛機，尺寸與編號如表五之（三）。

2.再作了 24 架試飛，各 5 次，共計試飛 120 次。(請見本頁照片)

3.測量各種飛機的質量，以便分析。

表五之（三）

長 \ 寬	2cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm
6 cm	J2	J7	J12	J17	J22
7 cm	J3	J8	J13	J18	J23
8 cm	J4	J9	J14	J19	J24
9 cm	J5	J10	J15	J20	J25
10 cm	J6	J11	J16	J21	J26

表五之（四）：各飛機的質量

長 X 寬 (尾巴) cm	編號	質量(公克)	長 X 寬 (尾巴) cm	編號	質量(公克)
2X6	J2	1.7	4X9	J15	1.95
2X7	J3	1.8	4X10	J16	1.95
2X8	J4	1.9	5X6	J17	2.0
2X9	J5	1.95	5X7	J18	1.95
2X10	J6	1.9	5X8	J19	2.0
3X6	J7	1.9	5X9	J20	2.05
3X7	J8	1.8	5X10	J21	2.05
3X8	J9	1.95	6X6	J22	2.0
3X9	J10	1.95	6X7	J23	2.0
3X10	J11	2.0	6X8	J24	2.05
4X6	J12	1.9	6X9	J25	2.2
4X7	J13	1.95	6X10	J26	2.25
4X8	J14	2.0			



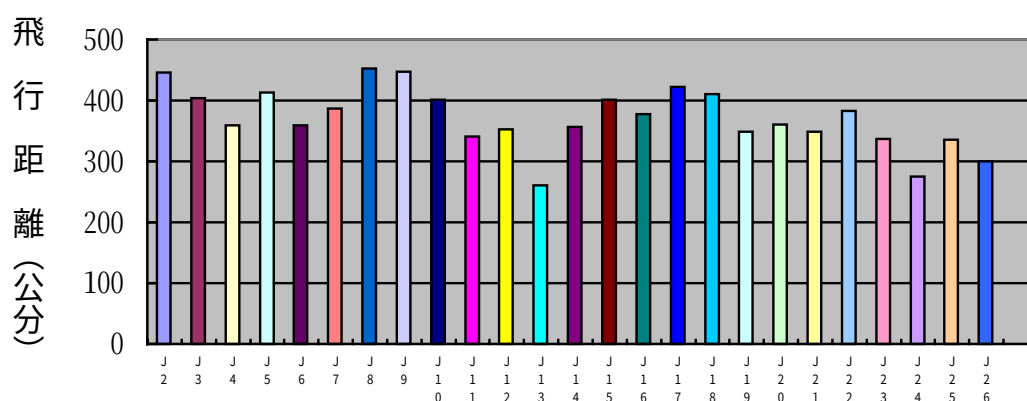
機型：J1、J2、.....、J26 共 26 架飛機

試飛各 J 種型飛機

表五之（五）：各機型的飛行距離與平均距離（單位：公分）

編號 \ 次數	1	2	3	4	5	平均
J2	517	463	499	345	407	446.2
J3	469	502	308	340	401	404
J4	417	576	366	190	244	358.6
J5	455	330	393	370	520	413.6
J6	291	315	362	487	339	358.8
J7	462	448	404	318	305	387.4
J8	358	376	569	482	480	453
J9	432	528	530	336	410	447.2

J10	423	528	244	362	452	401.8
J11	442	422	358	238	242	340.4
J12	317	385	383	272	407	352.8
J13	261	270	234	242	296	260.6
J14	187	508	496	254	338	356.6
J15	304	381	463	405	452	401
J16	289	288	434	466	410	377.4
J17	477	424	411	389	412	422.6
J18	458	419	236	507	434	410.8
J19	300	264	432	427	318	348.2
J20	371	386	329	266	448	360
J21	368	184	351	423	418	348.8
J22	377	453	392	430	262	382.8
J23	495	229	303	333	326	337.2
J24	475	220	230	273	177	275
J25	350	219	475	283	353	336
J26	324	282	396	287	211	300



圖五之(二)飛行平均距離長條圖

結果分析：1. J8（尾巴長 7 公分寬 3 公分）飛的最遠，平均距離是 453 公分

2. 尾巴長寬比例 2.0~3.0 飛行效果較好，重量不可超過 2.0 公克否則尾巴太重，影響飛行。

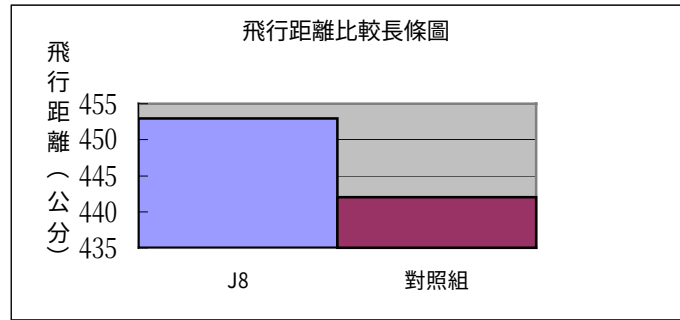
3. 選擇 J8 和對照組做比較。

方法（三）：J8 和對照組比較誰飛的比較遠？：

（請見本頁照片及附錄中照片 7、照片 8）

表五之（六）飛行距離比較

編號	飛行距離（公分）
J8	453
對照組	442



圖五之（三）飛行距離比較

- 結果分析：
1. 飛機尾巴可以增加飛機的穩定度，有利於滑行，但是尾巴必須保持水平狀態，否則容易造成旋轉狀態。
 2. 如果尾巴太重（機身總重大於 2 公克），或長寬比例太小（低於 1.2），會造成飛機機頭往上並且拖回墜地。
 3. 增加飛機尾巴有助於飛機的飛行距離。

問題六：應用虎克定律製作發射器？

實驗時，由於我們四人身高不同、發射角度不容易控制、用力也大小不一，造成同一架機型每個人射的距離都差很多，甚至同機型同一個人，因為每次投射的力道和角度不同，數據都會有很大的差別，所以我們想設計一個發射器，可控制力的大小、發射角度與發射時的高度位置。

方法（一）：1. 原理：利用橡皮筋的彈力來發射飛行器。

2. 材料：保利龍塊、黑色髮夾、橡皮筋

3. 製作過程：（1）把橡皮筋套進髮夾。

（2）把髮夾插進保利龍塊。

（3）完成發射器一號。

4. 用對照組、J8、F9、D6、B2 飛行器分別試射。（請參閱附錄照片 7）

5. 發現：（1）優點：可以控制發射的上下角度。

（2）缺點：飛行器不容易套在橡皮筋上。

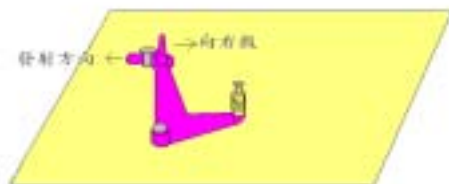
飛行器會被前面的髮夾卡住。

不容易控制飛行器的左右角度。

6. 結論：必須改進。



圖六之（一）發射器一號



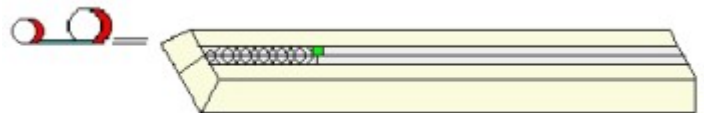
圖六之（二）發射器二號

方法（二）：1. 原理：利用彈簧的彈力來發射飛行器。（從夜市的打彈珠得到靈感）

- 2.材料：玩具店賣的迷你打彈珠機、甘蔗板、螺絲釘。
- 3.製作過程：(1) 把迷你打彈珠機拆開。拆下發射彈珠的組件。
(2) 用螺絲把它固定甘蔗板上。
(3) 完成發射器二號。
- 4.用對照組、J8、F9、D6、B2 飛行器分別試射。
- 5.發現：(1) 優點：可以控制發射的上下角度。
不會被任何東西卡住，可以直接發射出去
(2) 缺點：彈簧太短、發射力太小。
不容易控制飛行器的左右角度。
- 6.結論：必須改進。

方法（三）：1.原理：根據虎克定律：「彈簧在彈性限度內彈簧的伸長量和外力的大小成正比」

- 2.材料：彈簧、壓線條、砝碼、鐵條。
- 3.製作過程：(1) 把壓線條上方挖空一長條形空洞。
(2) 拿一根彈簧且測量它的長度。
(3) 把彈簧的一端固定在切割後的壓線條中。另一端分別掛上 200 公克、400 公克的砝碼。
(4) 在壓線條外側分別標示出彈簧掛上 200 公克、400 公克的砝碼後，彈簧伸長後的總長。
(5) 用 L 形長鐵條固定在彈簧一端來推動飛行器。
(6) 作出一支可用力 200 公克或 400 公克，長約 1 公尺的彈簧發射器。
(7) 完成發射器三號。
- 4.用對照組、J8、F9、D6、B2 飛行器分別試射。
(請參閱附錄照片 8)
- 5.發現：(1) 優點：可以控制發射的上下角度。
不會被任何東西卡住，可以直接發射出去
可以統一發射力的大小
(2) 缺點：不容易控制飛行器的左右角度。
太窄了飛行器放上去容易滑掉。
- 6.結論：必須改進。



圖六之（三）發射器三號

方法（四）：1.原理：

根據虎克定律：「彈簧在彈性限度內，彈簧的伸長量和外力的大小成正比」。

- 2.材料：塑膠棒、原長四公分的彈簧、紙盒、鋁板。
- 3.製作過程：(1) 在紙盒上割一條寬 2 公分，長 51 公分的發射軌道。
(2) 分別測量彈簧加掛 100 公克、150 公克、200 公克、

250 公克、300 公克重的砝碼的全長。

表六之（一）：彈簧伸長量和加掛物重的關係表

彈簧原長 ($L_0=4\text{ cm}$)			
加掛物重 (g)	全長 (cm)	伸長量 (cm)	
100	10.7	$10.7-4=6.7$	
150	15	$15-4=11$	
200	19.5	$19.5-4=15.5$	
250	23.8	$23.8-4=19.8$	
300	28.8	$28.8-4=24.8$	測量彈簧伸長量和加掛物重的關係

(3) 在紙盒前端鑽兩個洞再把長 4 公分的彈簧掛上去。

(4) 用塑膠棒做成 I 形，鑽兩個洞，並掛在彈簧上。

(5) 在 I 形推進器所經過的路線加上鋁片。(減少阻力)

(6) 在鋁片上貼上長度的刻度表。

(7) 使用塑膠棒，製作出 H 形的支架。

(8) 把發射器支架黏在發射器的底盤。

(9) 完成發射器四號

(請參閱附錄照片 11、12、13)

4. 用對照組、J8、F9、D6、B2 飛行器分別試射。

(請參閱附錄照片 9、10、14)

5.發現：(1) 優點：可以控制發射的上下角度。

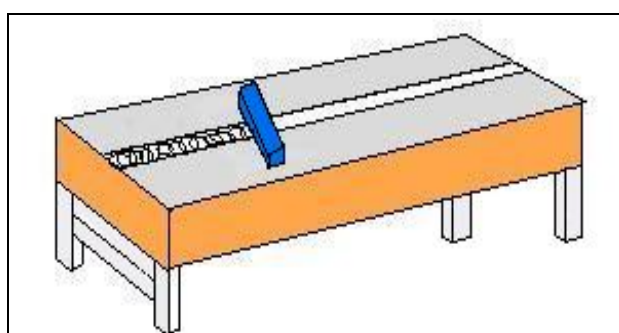
不會被任何東西卡住，可以直接發射出去

可以統一發射力的大小。

飛行器可以穩穩放在上面。

(2) 缺點：有時飛行器會偏向。

6.缺點可以在發射時以小心保持把手左右平衡來改進，所以決定採用發射器四號繼續實驗。



發射器設計圖



發射器完成圖

結果分析：1. 我們需要的發射器要有以下優點：

(1) 可以控制發射的上下角度。

(2) 不會被任何東西卡住，可以直接發射出去

- (3) 可以統一發射力的大小。而且進一步可以控制發射力的大小。
- (4) 飛行器可以穩穩放在上面。
- (5) 飛機直直往前飛，不會偏左或偏右。
- 2.發射器四號可以做到上面 (1) (2) (3) (4) 點，第 (5) 點必須靠發射的人小心才可以。

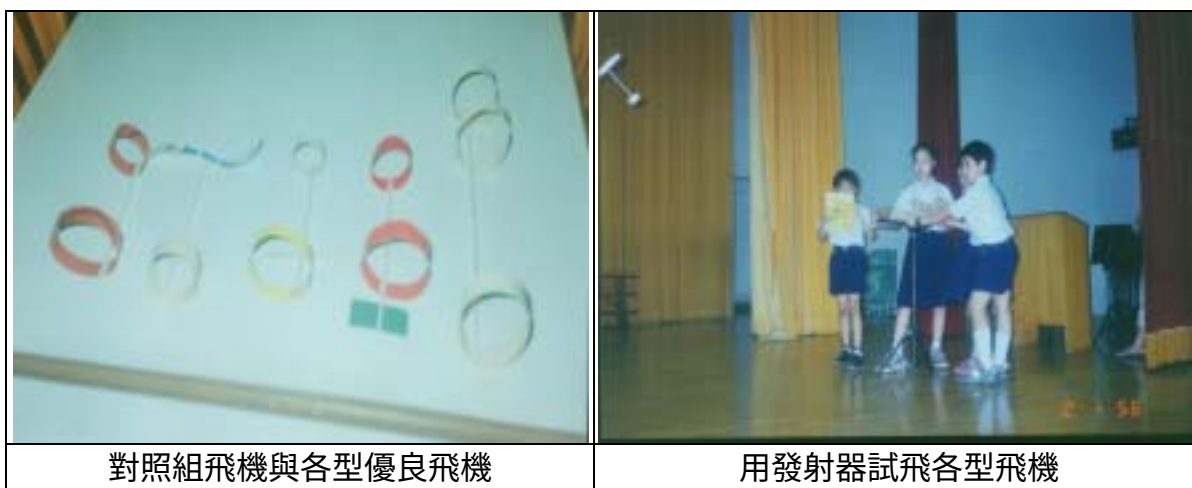
問題七：試飛各組優良飛行器，與對照組做比較？

方法（一）：每人選出自己飛得最遠的一架飛機。

方法（二）：利用製作好的發射器試射飛機，用不同大小的力量來試射，並求出平均數。（發射時，發射器架在離地 85 公分的台子上）。

方法（三）：比較哪一種力量能使飛行器飛最遠。

方法（四）：因飛機長久實驗下來，會有凹折，所以我們重做飛機，再用發射器試飛與測量飛行速度。



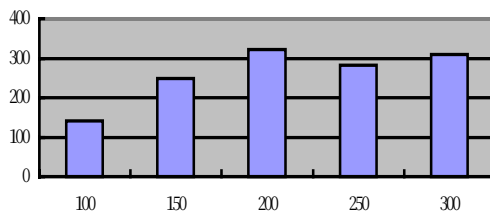
(請見附錄中照片 15、照片 16、照片 17、照片 18)

1、這是第一次用發射器試飛的結果：

表七之（一）D6 飛機的數據

機 次 數 g	D6			平 均
	1	2	3	
100	137 cm	140 cm	147 cm	141.33 cm
150	235 cm	289 cm	220 cm	248 cm
200	370 cm	279 cm	320 cm	323 cm
250	275 cm	330 cm	240 cm	281.67 cm
300	378 cm	286 cm	266 cm	310 cm

飛行距離
(公分)



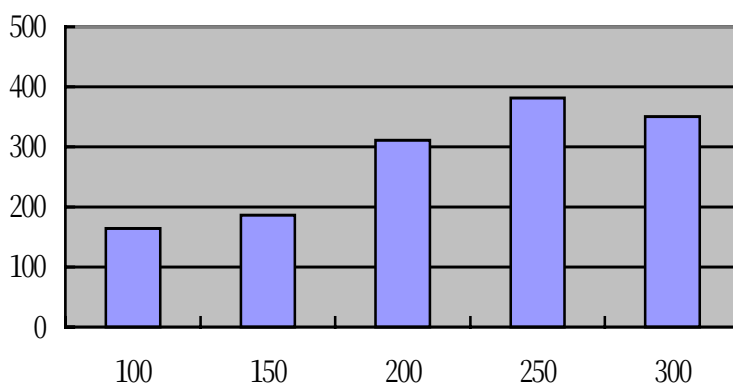
彈簧的拉力 (公克)

圖七之 (一)：D6 飛機的平均數據

表七之 (二)：B2 飛機的數據

機 型 推 力 g	B2			平 均
	1	2	3	
100	158 cm	180 cm	155 cm	164.33 cm
150	190 cm	210 cm	157 cm	185.87 cm
200	253 cm	370 cm	310 cm	311 cm
250	417 cm	326 cm	400 cm	381 cm
300	302 cm	340 cm	410 cm	350.67 cm

飛行距離
(公分)

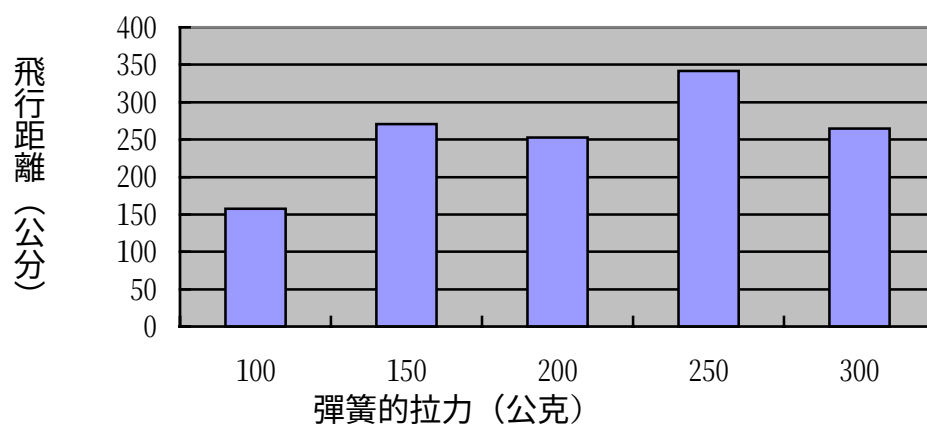


彈簧的拉力 (公克)

圖七之 (二)：B2 飛機的平均數據

表七之 (三)：J8 飛機的數據

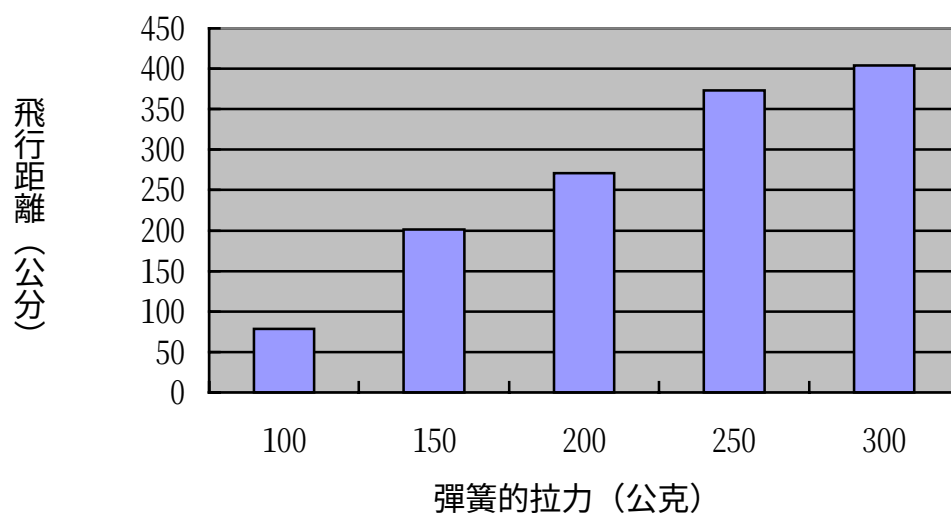
機 型 推 力 g	J8			平 均
	1	2	3	
100	176 cm	170 cm	128 cm	158 cm
150	272 cm	287 cm	253 cm	270.67 cm
200	272 cm	244 cm	242 cm	252.67 cm
250	281 cm	352 cm	392 cm	341.67 cm
300	211 cm	280 cm	304 cm	265 cm



圖七之 (三)： J8 飛機的平均數據

表七之 (四)： F9 飛機的數據

機 型 次 數 推 力 g	F9			平 均
	1	2	3	
100	55 cm	150 cm	170 cm	78.33 cm
150	193 cm	200 cm	210 cm	201 cm
200	193 cm	330 cm	290 cm	271 cm
250	322 cm	390 cm	407 cm	373 cm
300	415 cm	408 cm	390 cm	404.33 cm

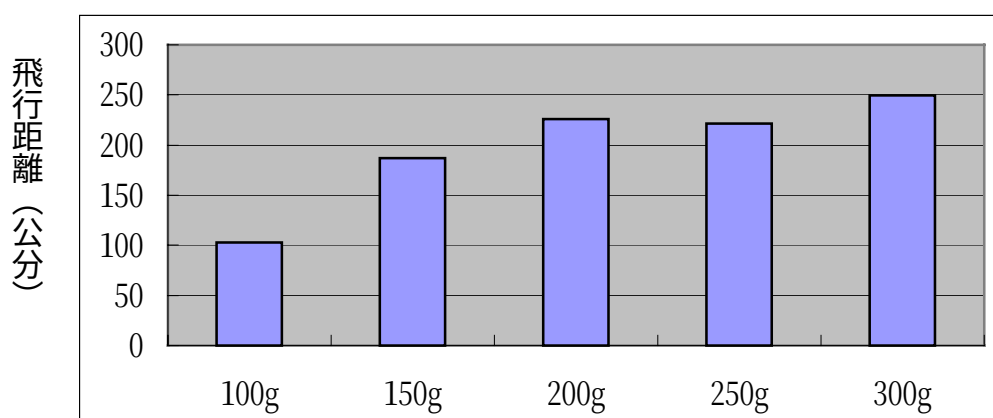


圖七之 (四)： F9 飛機的平均數據

2、這是第二次用發射器試飛的結果：

表七之（五）對照組飛機的數據

機型 推 次 力 數	對 照 組							
	1		2		3		平均速度 (cm/秒)	平均距 離
	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離		
100g	0.59 秒	99cm	0.51 秒	130cm	0.53 秒	80cm	191.214	103.00
150g	0.67 秒	150cm	0.77 秒	227cm	0.67 秒	184cm	264.4376	187.00
200g	0.77 秒	205cm	0.76 秒	230cm	0.81 秒	242cm	289.2103	225.67
250g	0.78 秒	231cm	0.77 秒	213cm	0.82 秒	220cm	280.3566	221.33
300g	0.81 秒	227cm	0.86 秒	232cm	0.91 秒	289cm	289.1989	249.33

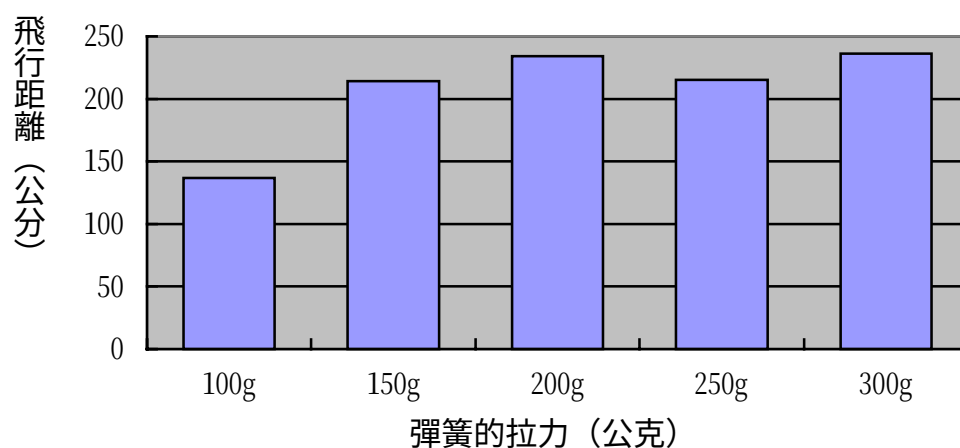


彈簧的拉力 (公克)

圖七之（五）：對照組飛機的平均數據

表七之（六）D6 飛機的數據

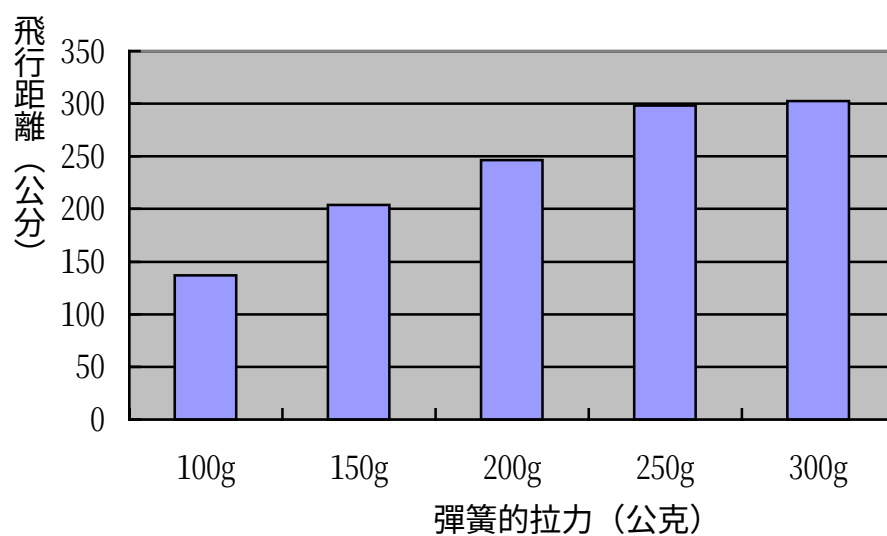
機型 推 次 力 數	D 6							
	1		2		3		平均速度 (cm/秒)	平均距 離
	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離		
100g	0.66 秒	124cm	0.57 秒	139cm	0.72 秒	147cm	211.97	137
150g	0.72 秒	220cm	0.78 秒	203cm	0.78 秒	220cm	282.76	214.3
200g	0.69 秒	244cm	0.75 秒	213cm	0.72 秒	246cm	326.43	234.3
250g	0.72 秒	207cm	0.87 秒	194cm	0.69 秒	245cm	288.52	215.3
300g	0.69 秒	227cm	0.69 秒	187cm	0.81 秒	294cm	320.99	236



圖七之 (六)：D6 飛機的平均數據

表七之 (七)：B2 飛機的數據

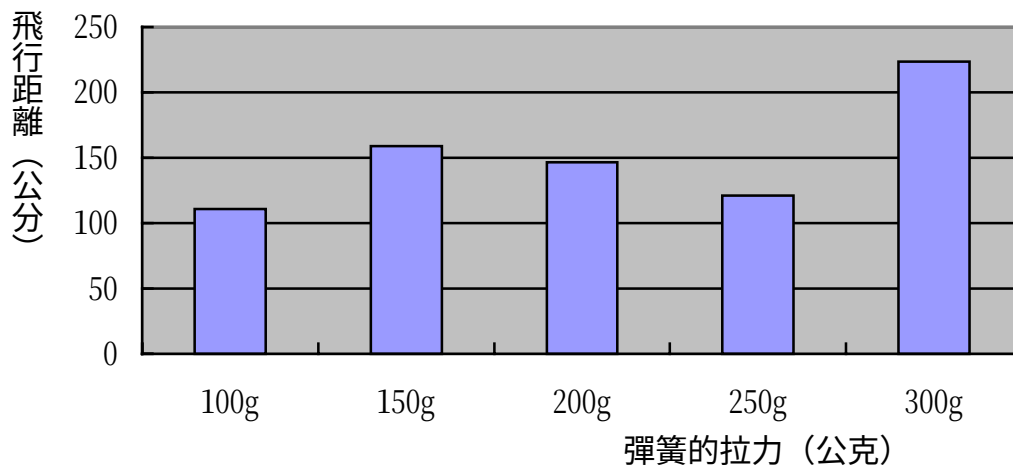
機 型 推 次 力 數	B						2	
	1		2		3		平均速度 (cm/秒)	平均距 離
	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離		
100g	0.62 秒	153cm	0.63 秒	121cm	0.69 秒	137cm	212.46	136.6cm
150g	0.87 秒	219cm	0.94 秒	204cm	0.68 秒	202cm	255.26	208.3cm
200g	1.12 秒	250cm	0.87 秒	233cm	1.00 秒	256cm	249.01	246.3cm
250g	1.22 秒	288cm	1.00 秒	283cm	1.28 秒	323cm	257.14	298.0cm
300g	1.28 秒	297cm	1.37 秒	300cm	1.43 秒	310cm	222.60	302.3cm



圖七之 (七)： B2 飛機的平均數據

表七之（八）： J8 飛機的數據

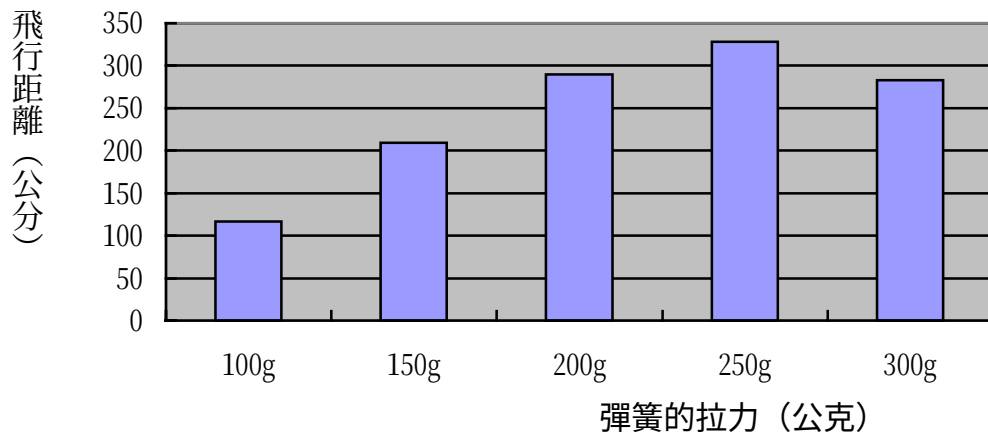
機 型 推 力 次 數	J 8						平均速度 (cm/秒)	平均距離
	1		2		3			
	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離		
100g	0.47 秒	85cm	0.55 秒	140cm	0.59 秒	107cm	205.59	110.6cm
150g	0.75 秒	155cm	0.56 秒	142cm	0.81 秒	180cm	227.49	159cm
200g	1.12 秒	165cm	0.60 秒	160cm	0.90 秒	115cm	180.59	146.6cm
250g	0.69 秒	130cm	0.59 秒	108cm	1.00 秒	125cm	164.82	121cm
300g	1.22 秒	210cm	1.13 秒	290cm	0.88 秒	170cm	207.32	223.3cm



圖七之（八）： J8 飛機的平均數據

表七之（九）： F9 飛機的數據

機 型 推 力	F 9						平均速度 (cm/秒)	平均距離
	1		2		3			
	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離	飛行 時間	飛行 距離		
100g	0.31 秒	60cm	0.84 秒	140cm	0.75 秒	150cm	186.74	116.6cm
150g	1.22 秒	210cm	0.97 秒	210cm	0.84 秒	209cm	212.48	209.6cm
200g	1.07 秒	280cm	1.03 秒	260cm	1.31 秒	330cm	255.34	290cm
250g	1.25 秒	330cm	1.25 秒	320cm	1.25 秒	335cm	262.67	328.3cm
300g	1.53 秒	300cm	1.41 秒	260cm	1.50 秒	290cm	191.27	283.3cm

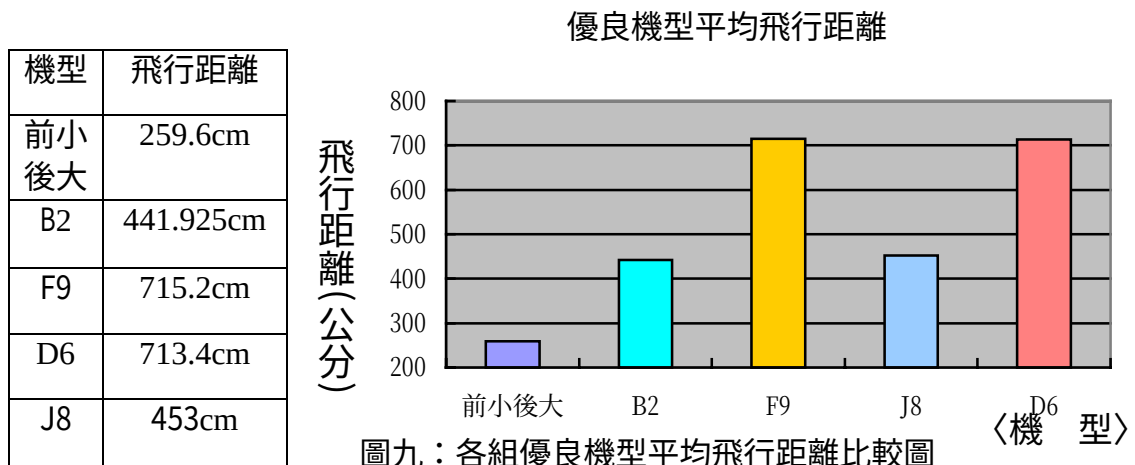


圖七之 (九)：F9 飛機的平均數據

結果分析：在第一次用發射器試射時，只有 F9 的飛行距離和推力成正比，但因為飛機長久實驗下來，機翼已經變形、損毀，飛行距離的差異很大，所以我們把飛機重做，再一次用發射器試飛，現在 B2 飛機反而飛得比 F9 飛機飛的遠。第一次試飛共 60 次，第二次試飛共 60 次，而兩次共試飛 120 次。

柒、研究結果

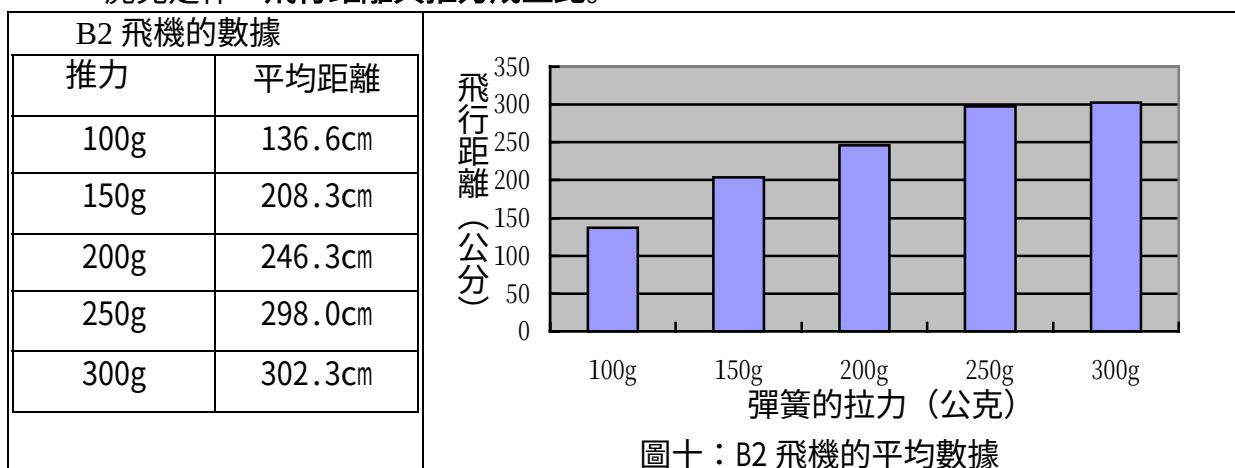
- 一、機型「前小後大」飛行距離較遠，所以選它為對照組。
- 二、機型 B2〈二枝吸管連結，三個圓圈機翼〉飛的較同組其他機型遠，所以決定把它和組員做的飛機、對照組一起做比較。
- 三、機型 F9 飛機〈前波浪形機翼，後圓圈機翼〉飛得較同組其他機型遠，因此取它和對照組、組員做的飛機一起做比較。
- 四、機型 D6〈二個圓圈機翼加一長方形中翼〉飛的較同組其他機型遠，所以決定把它和組員做的飛機、對照組一起做比較。
- 五、機型 J8〈二個圓圈機翼加一長方形紙片尾翼〉飛的較同組其他機型遠，所以決定把它和組員做的飛機、對照組一起做比較。
- 六、用手試飛各組優良機型平均飛行距離：



圖九：各組優良機型平均飛行距離比較圖

- 七、在第一次用發射器試射時，只有 F9 的飛行距離和推力成正比，但因為飛機長久實驗下來，機翼已經變形、損毀，飛行距離的差異很大。
所以，我們把飛機重做，再一次用發射器試飛，結果是 B2 飛機符合

虎克定律：飛行距離與推力成正比。



捌、結論及討論

- 一、我們以前都以為問題一中成為對照組的飛行器——前小後大的機翼，飛得比所有飛行器遠，因為它最遠能飛到 620 公分，飛得也很穩定。在問題二中，我們又製作了另一類型飛行器，它能飛得比對照組遠，更可以穩定的飛行，但在製作上，由於需要連接吸管，所以不一定能夠平行成為一直線，試飛時也因為吸管往上翹，造成機頭朝上往回飛行並墜地，後來我們試著用膠帶捆住吸管連接處，雖然重了點，但也因為重量使它飛得更遠。
- 二、大家只要有點子，就製作飛機試射，後來再慢慢改良。問題三及問題五的飛機也是這樣，波浪型的前翼使它飛得很遠，但也使它飛得不穩定。降落時也常損壞到飛機的前翼，射久了就會略有差異。而且，波浪型的前翼是用手彎成的，不具準確性，每架的彎度都有些有差異，也影響到飛行，這是目前唯一想不到方法解決的問題。
- 三、另外還有一種飛機，命名為 J1 J26，風車式的附加尾翼調節飛行器的飛行，但是，飛機質量及附加尾翼長寬的比例互相配合後，才能飛得遠，不然就會造成機頭朝上往回飛行並墜地。
- 四、後來，我們發現，由於每次試射的用力大小及角度的不同，造成變因太多，無法準確的控制，所以，我們設計了一種發射器，可控制發射力量大小、發射角度及發射時的高度位置利用彈簧瞬間的彈力，可將飛行器發射出去，這就好比我們用手射時，先將它拖曳一段距離後再投射出去的動作，因此我們採用彈力發射器來彈射飛機。而發射時，我們又設計了一種用鋼鐵或鋁製成的凹槽形發射軌道，如此效果較好，可控制飛行高度及角度。
- 五、後來，我們把每個人自製的飛行器中挑出飛最遠的一架，再利用發射器以不同大小的力量試射，看看飛行距離會不會與推力成正比，並利用碼錶測出時間以計算飛行速度（公式：距離除以時間等於速度），來改良每種飛機的缺點。
- 六、我們發現，B2 飛機由於前翼比後翼小，造成頭輕腳重，推力較大時，會使機頭朝上往回飛行並墜地。所以必須讓前翼與後翼相互平衡，才能使飛機避免這種缺點。J8 飛機也有這種困擾。D6 飛機則是因為機身太輕，推力較大時可能還會造成一種阻力，使它飛的不遠。F9 飛機的前翼由於是用厚紙板製的，因此比後翼重，造成頭重腳輕，推力較小反而還會使其垂直墜地。

七、從發射器了解簡易飛行器的問題尚需改造，希望從發射以後的飛行路徑作為比較參考，發現最大的問題在於重心，我們以錄影方式並以小畫家畫出路徑圖互相比較，希望找出其他人的優點，拼出一架最遠又最穩定的滑翔飛行器。

玖、參考資料：

書名	作者	出版社	出版日期	出版地	頁數
飛機與火箭	莊朝根	世一文化事業有限公司	民國 72 年	台南市	P 36
機械大百科	大衛．麥考利	貓頭鷹出版社	民國 83 年	台北市	P 118
飛行	H．蓋福特．斯蒂弗	貓頭鷹出版社	民國 64 年	台北市	全部
應用科學	洪建全	書評書目社	民國 63 年	台北市	P 65~72
漢聲小百科	漢生雜誌社	英文漢聲出版有限公司	民國 66 年	台北市	P 66~69
機械的功能	徐素玫主編	人類文化事業有限公司	民國 87 年	台北縣	全部
發現科學之應用科學	吳宗遠譯	遠哲基金會	民國 89 年	台北市	全部

拾、附錄——簡易飛行器活動照片集錦



照片 1： 日期：90 年 10 月 23 日
地點：教育大樓五樓的圖書館門口
內容：試射問題一對照組的「前小後大」



照片 2： 日期：90 年 10 月 23 日
地點：教育大樓五樓的圖書館門口
內容：試射問題一對照組的「前小後大」



照片 3： 日期：90 年 11 月 20 日
地點：教育大樓五樓的大禮堂
內容：上方是 B1 飛機，下方是 B2 飛機



照片 4： 日期：90 年 11 月 20 日
地點：教育大樓五樓的大禮堂
內容：試飛 B1 飛機



照片 5： 日期：90 年 11 月 13 日
地點：四年 27 班 114 教室
內容：左下方是 F1 飛機，右下方是 F2



照片 6： 日期：90 年 12 月 8 日
地點：教育大樓一樓
內容：試射 F2 飛機並測量飛行距離



照片 7： 日期：91 年 2 月 21 日
地點：四年 27 班 114 教室的走廊
內容：用發射器一號來試射對照組



照片 8： 日期：91 年 3 月 10 日
地點：穿堂階梯上
內容：用發射器三號來試射對照組



照片 9： 日期：91 年 3 月 26 日
地點：四年 27 班 114 教室的走廊
內容：利用製作完成發射器來試射 J8 飛機



照片 10： 日期：91 年 3 月 26 日
地點：四年 27 班 114 教室
內容：利用製作完成發射器來試射 J8 飛機



照片 11： 日期：91 年 3 月 26 日
地點：四年 27 班 114 教室
內容：分成兩組個別研究、製作發射器



照片 12： 日期：91 年 4 月 2 日
地點：四年 27 班 114 教室
內容：為了減少阻力，替發射器包上鋁片



照片 13： 日期：91 年 4 月 24 日
地點：四年 27 班 114 教室
內容：應用虎克定律製作發射器



照片 14： 日期：91 年 5 月 10 日
地點：四年 27 班 114 教室
內容：試一試我們的發射器有多強



照片 15： 日期：91 年 5 月 14 日
地點：教育大樓五樓的大禮堂
內容：利用發射器來試射各種機型飛機



照片 16： 日期：91 年 5 月 14 日
地點：教育大樓五樓的大禮堂
內容：利用發射器來試射各種機型飛機飛機



照片 17： 日期：91 年 5 月 14 日
地點：教育大樓五樓的大禮堂
內容：利用發射器來試射各種機型飛機



照片 18： 日期：91 年 5 月 14 日
地點：教育大樓五樓的圖書館
內容：討論試射飛機的狀況並記錄下來

(第三名)

1. 能夠細心研究，但希望加強深度、廣度，未來的飛機就是你們發明的
2. 表達生動活潑而有重點。