

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

最佳創意獎

080107

空氣的流動主宰著飛機的上升、下降和停止

學校名稱：臺南市東區東光國民小學

作者：	指導老師：
小六 戴佑丞	王雅麗
小六 劉軒廷	謝溫仁
小六 王崇祺	
小五 施玠丞	

關鍵詞：飛機、機翼、擋風板

摘要

今年有一架飛機從松山機場起飛，不久就墜入河中，因而死傷不少。於是我們便進行不同變因的飛機實驗，來驗證飛機在起飛、下降時會受到哪些因素影響。

飛機的機翼是上面凸下面平的；也利用這樣的設計來製作、模擬機翼，並用各種方法來實作，結果機翼真的會上升。

設計各種不同的擋風板貼在機翼上，並且設計飛機滑行的軌道（14m），結果測出了飛機降落滑行時的時間，也就是不同的擋風板，會使飛機下降滑行時受到阻擋而慢下來。

壹、研究動機：

今年初，有一架民航機從台北松山機場起飛，沒多久就掉到基隆河裡。奇怪！乘坐飛機不是最安全的嗎？起飛時怎麼會爬不起來？降落時又怎麼會衝出跑道呢？

我們學校舉行科學闖關，正好有一個活動是「飛飛飛！飛多遠，飛多高」，我玩了好多次，可是還是不知道飛機為什麼會升起來？也不知道飛機降落在跑道滑行時，怎樣才會停下來呢？正好學校在午休時間有「科展的研究活動」，就在老師的指導下，我們從設計、製作、試飛，經過半年的努力，終於找到了答案，飛機怎麼會飛上天！又怎麼會滑行停止在跑道上。

- 教材之相關性；康軒：自然與生活科技四上第四單元運輸工具，六下第一單元簡單機械。

貳、研究目的：

- 一、從設計、製作、試飛飛機的活動中，我學會了什麼是操縱變因，什麼是控制變因和什麼是應變變因。
- 二、從觀察飛機圖片及影片中，我們發現飛機的機翼是上面凸下面平的；利用這樣的特徵來設計製作，模擬機翼，並用各種方法來實作，結果機翼真的會上升。
- 三、我們設計、製作各種上凸下平的機翼的模擬飛機，並且設計飛機上升多高的實驗裝置，結果我們驗證飛機上升的原理。
- 四、設計各種不同的擋風板貼在機翼上；並且設計飛機滑行的軌道（14m），測出了飛機降落滑行的時間；也就是不同的擋風板，會使飛機下降滑行時受到阻擋而慢下來。

參、研究問題：

一、哪些變因會影響飛機飛行的距離

- (一) 飛機前翼的位置不同時，會不會影響飛機飛行的距離。
- (二) 飛機前翼的長度不同時，會不會影響飛機飛行的距離。
- (三) 飛機前翼的寬度不同時，會不會影響飛機飛行的距離。
- (四) 飛機前翼的角度不同時，會不會影響飛機飛行的距離。
- (五) 飛機前翼的傾斜角度不同時，會不會影響飛機飛行的距離。

二、哪些變因會影響模擬機翼的升降

- (一) 模擬機翼的操縱變因
- (二) 模擬機翼在不同風力下的上升與下降

三、模擬流線型機翼（機翼凸起）行進時的變化。

- (一) 飛機機翼凸起的高度，會不會影響飛機飛行上升的高度。
- (二) 飛機機翼凸起的高度相同，彈出去的力量大小不同，會不會影響飛行上升的高度。
- (三) 飛機機翼的弧度一定，寬度不同時，會不會影響飛機飛行時上升的高度。

四、飛機機翼上檔風板的變化，對飛機在跑道上滑行時間的比較。

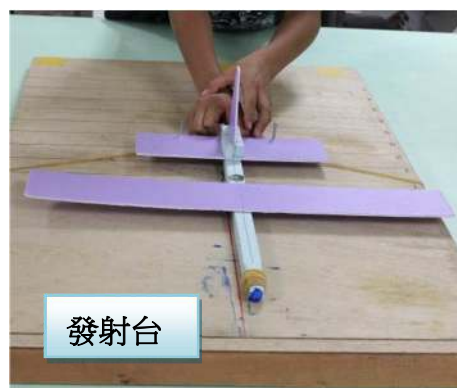
肆、研究器材（設計與製作）：

一、發射台

- (一) 材料：木板、鐵釘、橡皮筋、墊高物

- (二) 製作方法：

- 1.將木板鋸成適當的大小（長：92cm；寬：54cm）。
- 2.分別在木板兩邊釘上鐵釘。
- 3.把橡皮筋（長：24cm）套在鐵釘上。
- 4.從木板上橡皮筋的位置，每 5 公分畫一條橫線。
- 5.把墊高物墊在木板下方的前端，使木板傾斜約 6 度。



二、機翼升降架及模擬機翼的製作

(一) 材料：厚珍珠板、木板、圓柱

(二) 製作方法：

- 1.利用木板、木條釘出一個支架（如右圖）。
- 2.將厚珍珠板裁切成長方形當模擬機翼的底座；再利用薄的軟塑膠板做成弧狀。
- 3.把弧狀的軟塑膠板貼在厚珍珠板上，就成了模擬機翼。
- 4.在中間位置鑽兩個洞。（可以讓木條容易穿梭）

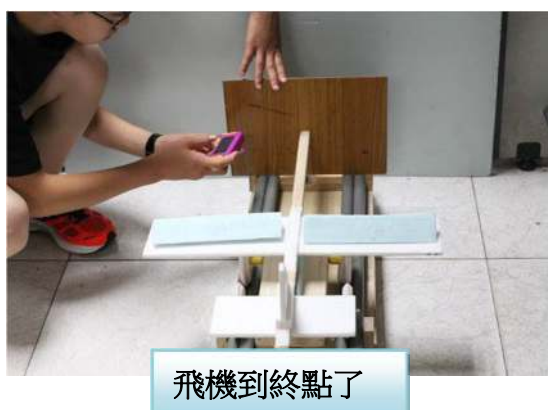


三、飛機滑行軌道

(一) 材料：南亞塑膠管 16 條、木條、木塊、圓柱

(二) 製作方法：

- 1.利用木塊、木條做成像枕木的固定器。
- 2.每四條水管連接成一條長水管，交接的地方用圓木條連接。
- 3.將自製的長方形木箱鋪在高低不同的椅子上，形成一個適當的斜坡。
- 4.將自製枕木依序排在斜坡的木箱上。
- 5.再把塑膠管鋪在枕木上，就形成了飛機滑行的軌道了。
- 6.利用四輪車在軌道上試試看，並且多次的調整才完成。



四、捲筒衛生紙實驗測量器

(一) 材料：捲筒衛生紙、竹竿、大夾子、木椅

(二) 製作方法：

- 1.將木椅架設在桌面上。
- 2.將長竹竿放置在椅子上。
- 3.捲筒衛生紙穿入竹竿上。
- 4.衛生紙下垂到地面，底端用大夾子拉直，並接觸地面。



捲筒衛生紙實驗

伍、研究過程：

一、活動一：哪些變因會影響飛機飛行的距離。

(一) 實驗 1：飛機前翼的位置不同，會不會影響飛機飛行的距離。

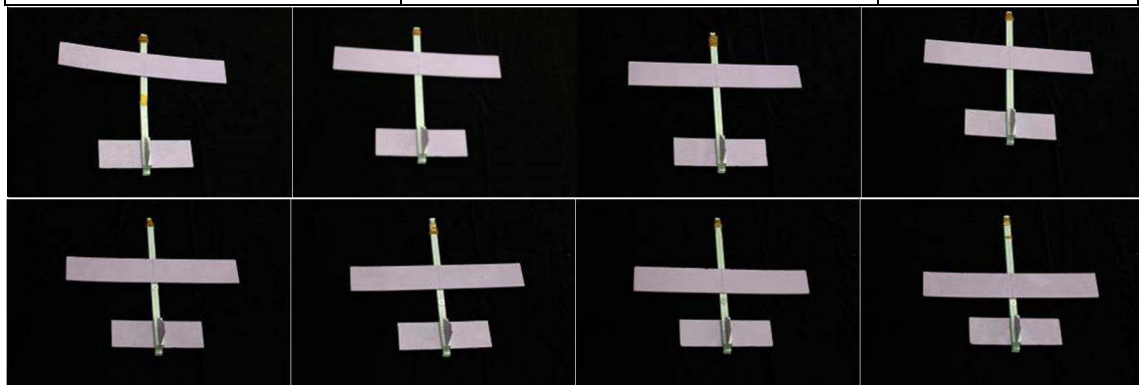
1.目的：

- (1) 想知道飛機的前翼位置離飛機尾端距離不同時，飛行的距離。
- (2) 想利用這個方法找到適當的前翼位置，來做下面的各項實驗。

2.材料：發射臺、自製飛機八架

3.變因方面：

操縱變因	控制變因	應變變因
飛機前翼的位置不同 (前翼和尾端間的距離分別為：30、28、26、24、22、20、18、16cm)	同一個發射台 飛機的尺寸材質相同(機翼長度) 機翼的角度相同，重量也相同。 飛行的環境相同(同在大教室內)	飛機飛行的距離



4.方法：

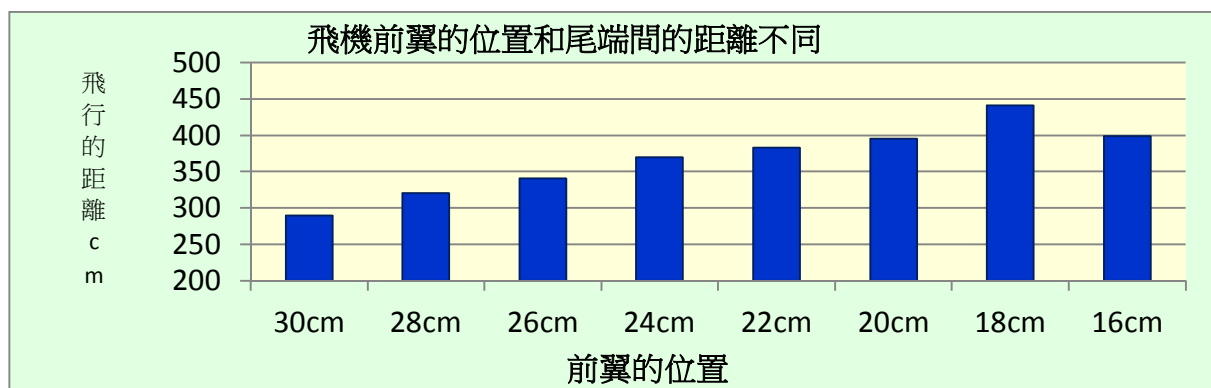
- (1) 製作前翼位置不同的飛機共八台（前翼位置參考前面材料）。
- (2) 在飛機前端綁上橡皮筋，放置在發射台上。
- (3) 在飛機前端（頭部）塗上藍色廣告顏料（方便辨認降落地點）。
- (4) 把橡皮筋和飛機一起後拉到第三格。
- (5) 放開橡皮筋，使飛機飛起。
- (6) 仔細觀察飛機降落時再地面著地的位置。
- (7) 利用捲尺測量飛機飛行的距離。
- (8) 分別實驗前翼位置不同的飛機。
- (9) 相同的飛機各實驗 15 次，選擇距離比較相近的位置，共 10 次。

5.結果：

飛行距離：cm

機翼的位置 實驗次數	30cm	28cm	26cm	24cm	22cm	20cm	18cm	16cm
1	288	315	343	368	388	398	440	392
2	275	316	334	358	378	396	446	396
3	274	305	336	378	369	394	448	396
4	296	329	339	376	386	392	435	395
5	283	318	336	378	383	398	424	408
6	294	323	340	370	384	395	440	402
7	297	324	345	353	386	396	436	395
8	295	320	348	368	385	390	439	402
9	294	325	347	375	383	398	448	403
10	303	326	343	376	386	395	458	395
合計	2899	3201	3411	3700	3828	3952	4414	3984
平均	290	320	341	370	383	395	441	398

6.比較：



7.發現與討論：

- (1) 飛機的前翼位置離飛機尾端 18~16cm 時，飛機飛得距離最遠，可是在 16cm 飛行的時候飛機會搖晃，有點不平穩。
- (2) 飛機前翼的位置離飛機尾端的距離從 30cm 到 16cm 飛機飛行的距離，會由近到遠，而且是漸漸增加飛行距離。
- (3) 機翼的位置越後面飛機的重心偏後，飛機容易上揚，機翼的位置越前面飛機的重心偏前，飛機則會容易下墜。

(二) 實驗 2：飛機機翼長度不同，會不會影響飛機飛行的距離。

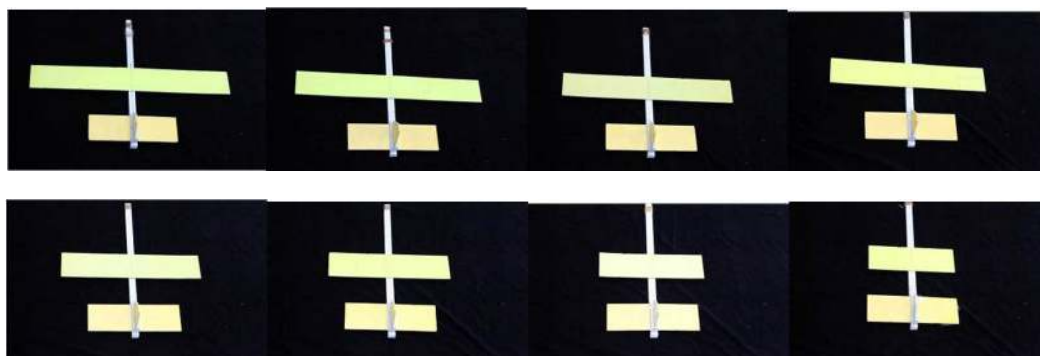
1.目的：

- (1) 想知道飛機的機翼長度在幾公分時，才能使飛機飛行的距離最長也最平穩。
- (2) 想從實驗結果中，知道機翼的長度是多少時，可以做為下面實驗的參考。

2.材料：自製機翼長度不同的飛機（25、30、35、40、45、50、55、60cm，共 8 架）

3.注意事項：在不同長短機翼的飛機機身上，貼上不同數量的金屬墊片，並測量重量，使每一架飛機重量相同。

4.變因方面和方法：參考（活動一）

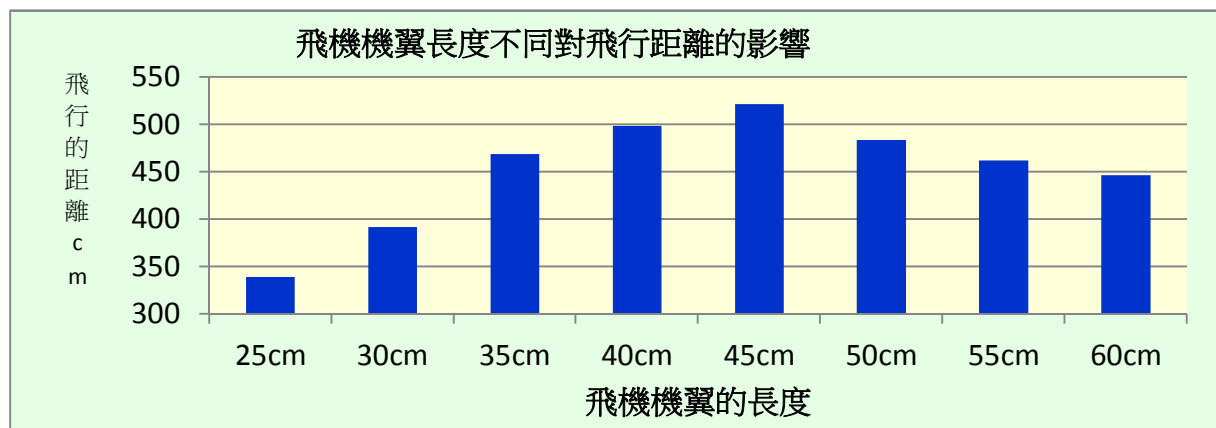


5.結果：

飛行距離：cm

機翼長度 次數	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm	55cm	60cm
1	333	388	458	498	506	488	466	450
2	348	386	466	493	524	482	464	454
3	326	396	468	506	498	486	453	454
4	335	395	452	510	506	478	456	442
5	354	398	474	506	521	486	466	438
6	335	396	474	494	525	482	470	444
7	340	386	472	500	543	488	458	434
8	338	385	474	498	548	480	456	440
9	334	390	476	490	526	484	464	456
10	344	394	471	492	514	482	466	452
合計	3387	3914	4685	4987	5211	4836	4619	4464
平均	339	391	469	499	521	484	462	446

6.比較：



7.發現與討論：

- 從飛行實驗的結果和比較中，發現飛機機翼的長短會影響飛機飛行的距離。
當機翼長度由 25cm 到 60cm 時，飛機飛行距離由近而遠，在機翼長度為 45cm 時飛行得最遠，接著又漸漸變近了。
- 我們做實驗時，觀察到前翼的長度越短時，飛機容易搖晃；前翼的長度越長時，飛機就可以飛得較平穩。
- 機翼的長度變長，重量就會變重，造成機翼長度越長飛機的重心就越偏前的現象；機翼的長度變短飛機會越輕，所以我們在機身上貼上墊片，調整飛機重量，使實驗更公平。

(三) 實驗 3：飛機機翼的寬度不同時，會不會影響飛機飛行的距離。

1.目的：

- (1) 想知道飛機機翼的寬度在幾公分時，才能使飛機飛行的距離最遠。
- (2) 從實驗結果，我們可以決定下面的實驗飛機的機翼該用多寬才適當。

2.材料：自製機翼寬度不同的飛機（2、4、6、8、10、12 公分，共 6 架）

3.調整飛機重量，機翼的寬度不同重量也會不同，所以先測量機翼寬度在 12cm 時的飛機重量；再把其他不同機翼寬度的飛機，在機身上貼上墊片，調整到重量都相同。

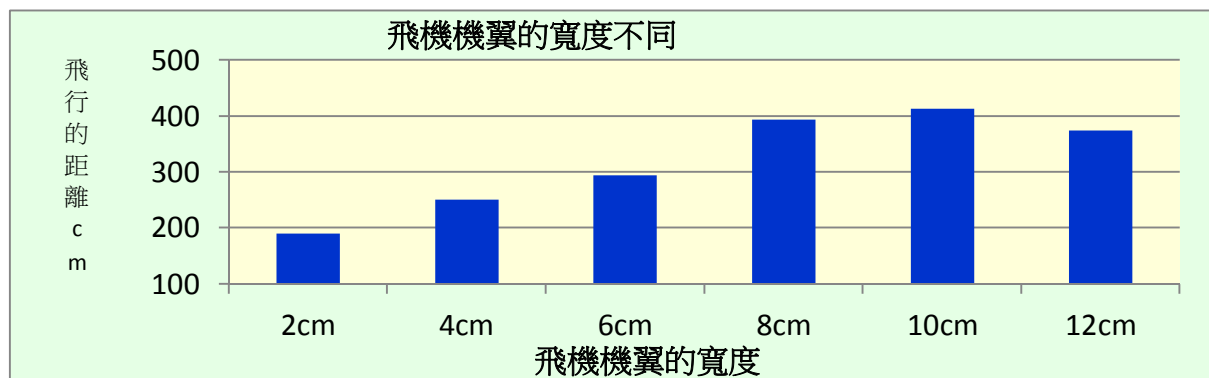
4.變因方面和方法：參考（活動一）

5.結果：

飛行距離：cm

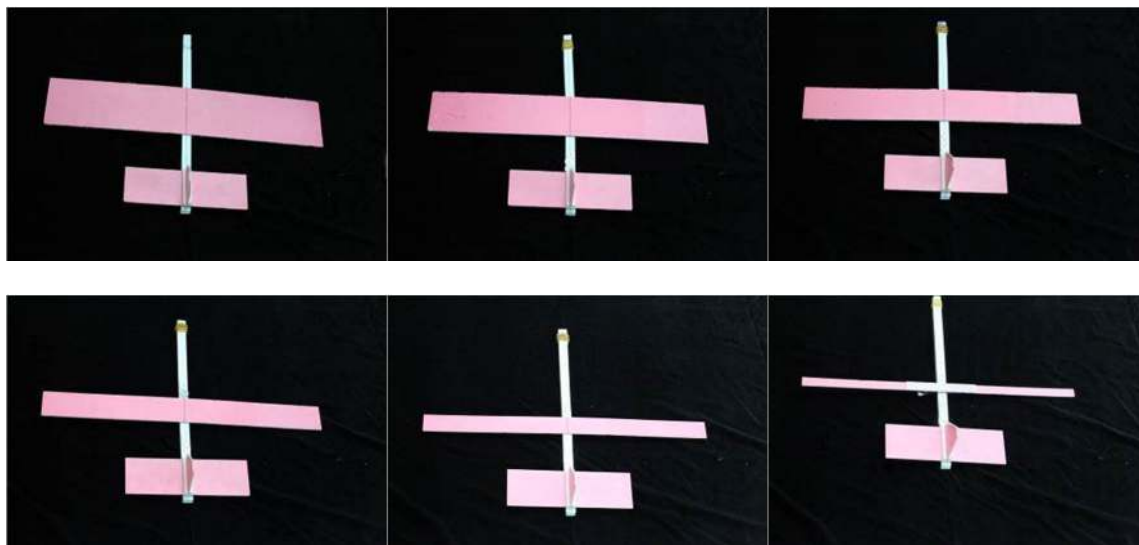
機翼寬度 實驗次數	2cm	4cm	6cm	8cm	10cm	12cm
1	189	252	292	388	399	376
2	188	254	296	396	398	368
3	190	246	293	385	426	378
4	192	247	296	388	415	375
5	193	248	300	399	414	378
6	186	245	296	396	415	384
7	191	246	294	393	418	371
8	189	251	295	396	422	374
9	194	253	287	398	424	372
10	187	266	298	395	408	372
合計	1899	2508	2947	3934	4139	3748
平均	190	251	295	393	414	375

6.比較：



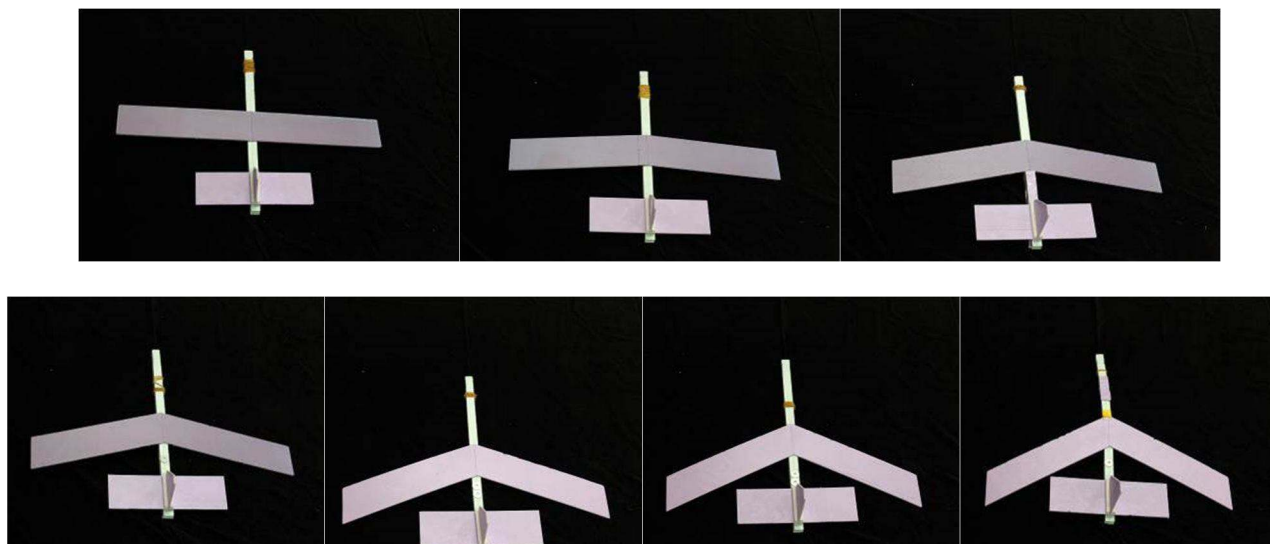
7.發現與討論：

- (1) 機翼寬度在 8、10 和 12cm 時，飛機的飛行距離都很遠，約在 390~410cm 間。
- (2) 機翼的寬度太窄不好，太寬也不好。寬度太窄時，容易使飛機飛行時不平穩；飛機機翼太寬時，機翼部分會太重，使飛機不能飛得更遠，就著地了。
- (3) 我們認為前翼的寬度越寬時，前端須要的橡皮筋數量要往後移，可能是因為重心越偏前面，前端就要更多的橡皮筋來維持前後的平衡。



(四) 實驗 4：飛機機翼的角度不同時，角度多少才使飛機飛得最遠。

- 1.目的：想知道飛機前翼的角度幾度時，才能使飛機的飛行距離最長。
- 2.材料：自製機翼角度不同的飛機（0、5、10、15、20、25、30 度）、發射臺、墊高物、橡皮筋
- 3.變因方面和方法：參考（活動一）

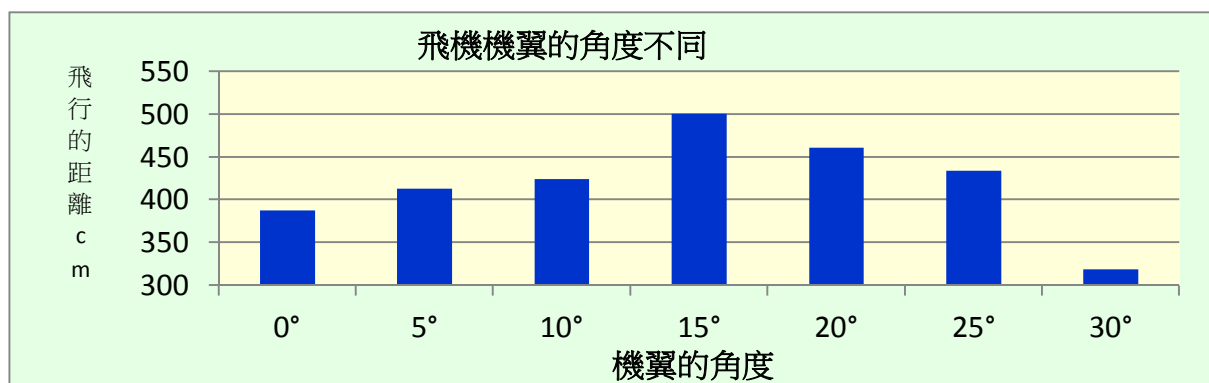


4.結果：

飛行距離：cm

機翼角度 次數	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
1	392	416	428	496	468	436	330
2	390	410	426	498	457	438	332
3	383	418	424	494	468	435	324
4	392	418	428	493	463	436	319
5	385	406	418	498	454	433	321
6	380	416	419	495	454	432	318
7	386	415	421	518	466	432	299
8	376	409	422	498	459	438	309
9	396	413	426	517	456	427	316
10	394	412	428	500	465	436	321
合計	3874	4133	4240	5007	4610	4343	3189
平均	387	413	424	501	461	434	319

5.比較：



6.發現與討論：

- (1) 從飛機飛行的結果和比較，我們發現飛機飛行的距離隨著機翼角度的增加而飛得遠；以機翼角度 15°時為最遠；接著又隨機翼角度的增加而飛得越來越近了。
- (2) 機翼角度越小時，前端所綁的橡皮筋數量就須要往前移，代表機翼角度越小時，重心越前面，前端的橡皮筋須要往後移來平衡前後重心。
- (3) 除了橡皮筋的數量，橡皮筋的位置也會影響飛機的重心。橡皮筋越前面時，重心越前面，而橡皮筋越後面，飛機的重心也就越後面。

(五) 實驗 5：飛機機翼的傾斜角度朝上時，會不會影響飛機飛行的距離。

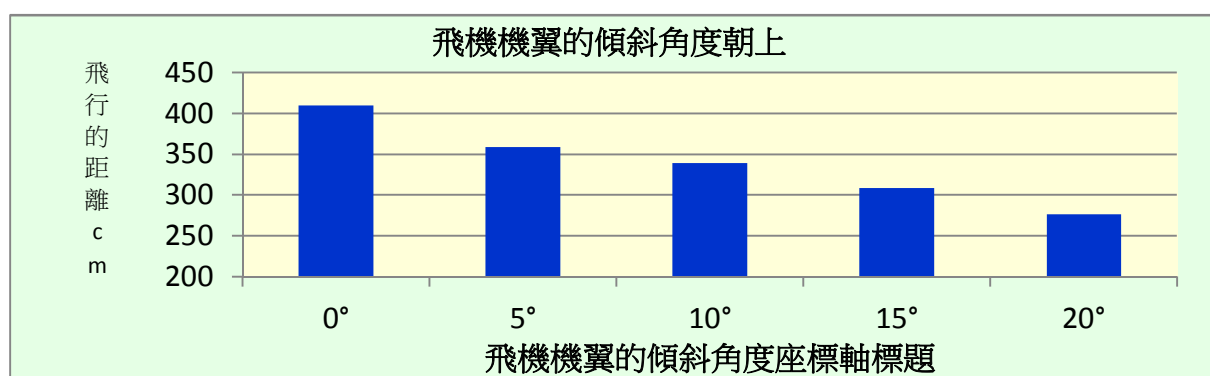
- 1.目的：想知道機翼的傾斜角度朝上時，傾斜角度在多少時，會影響飛行距離。
- 2.材料：自製機翼傾斜角度不同的飛機（0、5、10、15、20 度）、發射臺、墊高物
- 3.變因方面和方法：參考（活動一）

4.結果：

飛行距離：cm

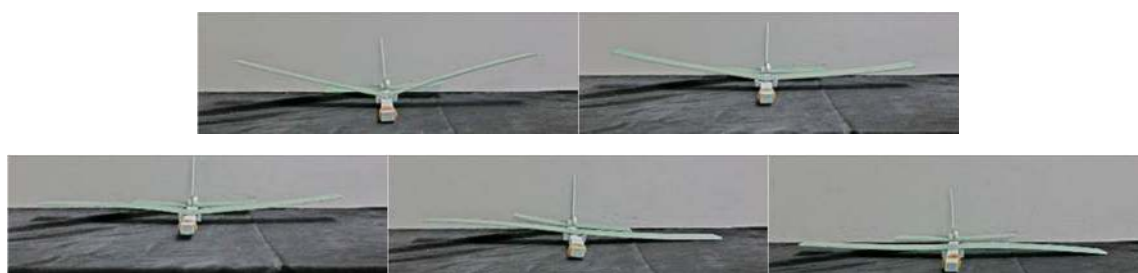
實驗次數 傾斜角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計	平均
0°	395	396	394	418	415	416	416	418	412	418	4098	410
5°	364	358	356	356	364	365	357	356	358	356	3590	359
10°	338	338	336	338	337	346	339	334	336	345	3387	339
15°	310	316	314	310	292	298	318	292	319	318	3087	309
20°	288	278	280	288	276	278	268	266	270	268	2760	276

5.比較：



6.發現與討論：

- (1) 從實驗中可以明顯看出飛機前翼的傾斜角度在 0 度時，飛機飛行距離最遠，飛行的也很平穩；而前翼的傾斜角度在 20 度時，飛機飛行距離是最近的。
- (2) 飛機前翼的傾斜角度在 5 度時，飛行狀態是最平穩的，而且機身幾乎都沒有晃動，但飛行距離不是最遠；前翼傾斜角度 20 度時，飛機飛行時容易晃動。



二、活動二：哪些變因會影響模擬機翼的升降

（一）實驗 1：模擬機翼的操縱變因和模擬機翼上升下降的關係。

1.實驗項目：

- （1） 模擬機翼的寬度（珍珠板）（2） 模擬機翼的長短（珍珠板）
- （3） 模擬機翼側面凸起的高度（4） 模擬機翼的材質（巴沙木、珍珠板）

2.目的：

- （1） 想知道模擬機翼的不同變因，會不會影響模擬機翼的升降時間。
- （2） 想從模擬機翼的實驗結果，應用在模擬飛機設計時的機翼結構。

3.材料：

- （1） 模擬機翼的寬度（8、9、10、11、12cm）
（機翼上面的長度 / 機翼下面的長度=8.5/8、9.5/9、10.5/10、11.5/11、12.5/12）
- （2） 模擬機翼的長短（10、12、14、16、18、20cm）
（機翼上面的長度 / 機翼下面的長度=10.5/10）
- （3） 模擬機翼側面凸起的高度（10.0、10.5、11.0、11.5、12.0cm）
（10.0/10、10.5/10、11.0/10、11.5/10、12.0/10）
- （4） 模擬機翼的材質（巴沙木、珍珠板）（機翼上面的長度 / 機翼下面的長度=8.5/8）

4.變因方面：

項目 編號	操縱變因	控制變因	應變變因
1	模擬機翼的長短不同	機翼的升降實驗器	模擬機翼上升到 最高點的時間
2	模擬機翼的寬度不同	圓柱粗細（直徑：1.6cm）	
3	模擬機翼側面凸起的高度不同	圓柱位置（兩支圓柱相距 7cm）	
4	模擬機翼的材質不同	風力大小（電風扇 1 級強風）	
		離電風扇的距離（150cm）	
		模擬機翼長短（18cm）	
		模擬機翼寬度（10cm）	
		模擬機翼凸起高度 （上面長度/下面長度=10.5/10.0）	
		模擬機翼材質	

5.實驗方法：

- (1) 把模擬機翼升降實驗架放置在固定位置。
- (2) 把洞道風箱安裝在實驗桌面上，離電風扇 150cm。
- (3) 把實驗的模擬機翼分別套入實驗架的圓木上（模擬機翼的長短、寬度、凸起的高度、位置等的不同）。
- (4) 分別放入實驗架的圓木上。
- (5) 轉動風扇（風力一級）
- (6) 觀察模擬機翼上升到最高點的時間（秒）。
- (7) 每一個實驗做 10 次，選擇其中 5 次（升降時間比較一致的）。



洞道式風箱

模擬機翼的長度	模擬機翼的寬度	模擬機翼凸起高度	模擬機翼的材質

6.實驗結果：

- (1) 模擬機翼的寬度（珍珠板）

單位：秒

次數 模擬機翼的寬度	1	2	3	4	5	合計	平均
8cm	6.18	7.42	6.25	7.39	7.05	34.29	6.86
9cm	5.59	6.14	6.30	5.42	5.83	29.28	5.86
10cm	3.18	4.26	4.82	3.43	4.77	20.46	4.09
11cm	2.05	2.08	3.63	2.42	3.06	13.24	2.65
12cm	7.54	8.31	8.62	9.08	7.92	41.47	8.29

(2) 模擬機翼的長短 (珍珠板)

單位：秒

次數 模擬機翼的長度	1	2	3	4	5	合計	平均
10cm	7.13	6.93	8.64	7.36	9.88	39.94	7.99
12cm	6.88	5.42	5.91	5.06	6.38	29.65	5.93
14cm	5.31	4.62	4.13	4.15	4.74	22.95	4.59
16cm	3.63	3.57	3.18	3.60	3.44	17.42	3.48
18cm	4.03	4.57	4.24	4.03	4.00	20.87	4.17
20cm	7.15	8.43	8.56	9.84	8.77	42.75	8.55

(3) 模擬機翼側面凸起的高度

單位：秒

次數 模擬機翼上方距離	1	2	3	4	5	合計	平均
10/10	沒有超過	沒有超過	沒有超過	沒有超過	沒有超過		
10.5/10	8.15	8.35	8.58	9.14	9.65	43.87	8.77
11/10	5.38	5.56	4.93	4.60	5.86	26.33	5.27
11.5/10	3.55	3.28	3.05	3.76	3.65	17.29	3.46
12/10	3.68	2.58	2.78	3.06	3.44	15.54	3.11

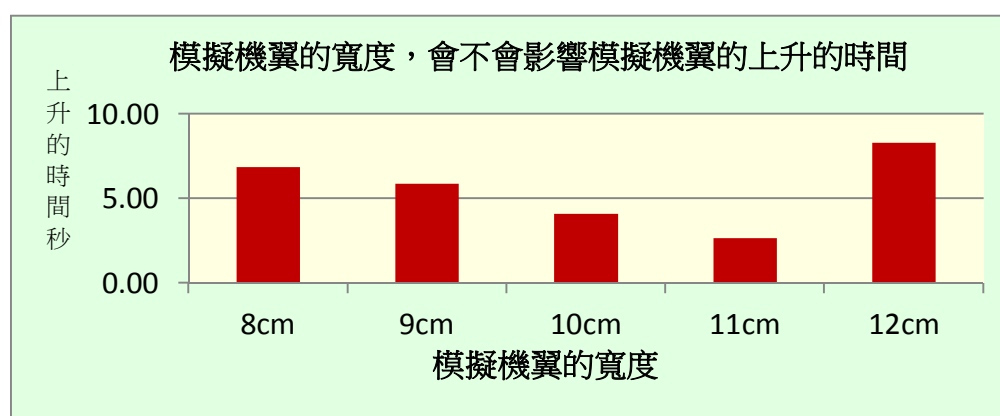
(4) 模擬機翼的材質 (巴沙木、珍珠板)

單位：秒

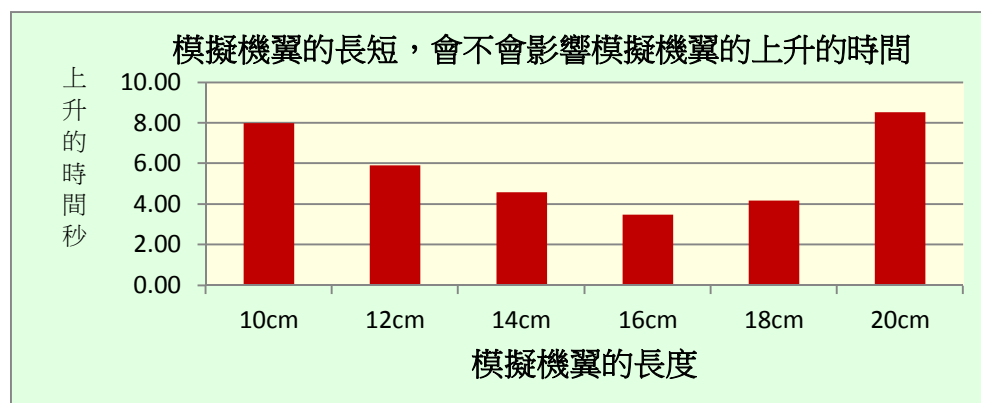
次數 模擬機翼的材質	1	2	3	4	5	合計	平均
巴沙木	15.59	11.88	12.34	13.65	11.57	115.03	23.01
珍珠板	7.12	8.19	7.03	7.85	8.69	70.88	14.18

7. 實驗比較：

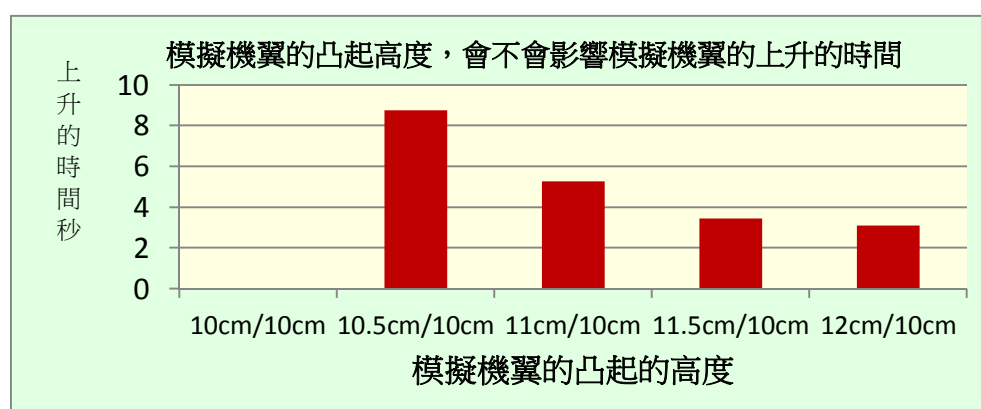
(1) 比較 1：模擬機翼寬度



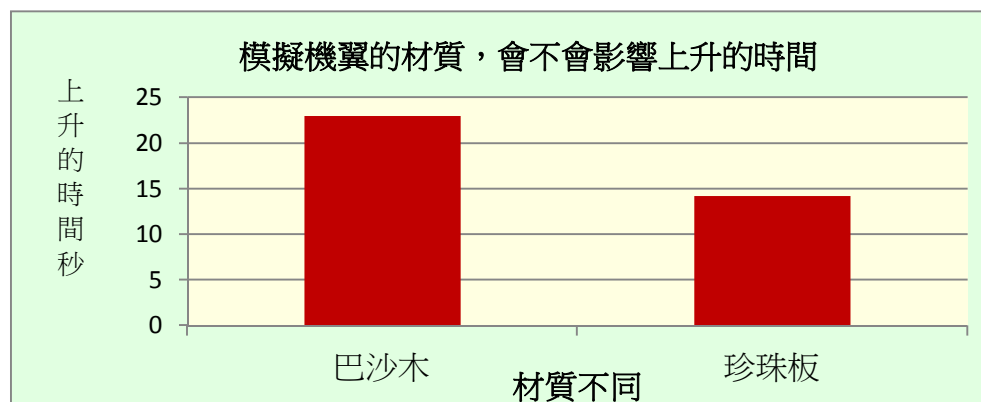
(2) 比較 2：模擬機翼的長短（珍珠板）



(3) 比較 3：模擬機翼的凸起的高度



(4) 比較 4：模擬機翼的材質



2.討論：

- (1) 當機翼的材質不同時，巴沙木的機翼上升比較慢，可能是洞的摩擦力較大。
- (2) 模擬機翼側面凸起的高度會影響機翼上升的時間，當凸起高度愈高時，機翼上升的愈快；當機翼上面和下面的寬度一樣時，也就是側面凸起高度為 0 時，模擬機翼在實驗器上也會上升，可是上升到一定高度時就不再上升，只會不停的晃動。

- (3) 當模擬機翼的寬度為 8cm，而上面軟珍珠板的長度為 8.5cm 時，把它套在實驗器的木棒上，放在洞道風箱的出口，風扇一吹就可以上升到頂端，我們也計算出機翼上面的珍珠板長度÷下面的長度=1.0625。
- (4) 機翼長度太短時（10cm），上升到頂端所需的時間較長，可能是造成上升的推力不足；其中以長度在 16、18cm 時，模擬機翼上升得最快。
- (5) 模擬機翼上升的快慢和模擬機翼的寬度也有相關，機翼太寬、太窄上升都比較慢；而以寬度 10cm、11cm 時上升最快。

(二) 實驗 2：模擬機翼實驗器圓柱的操縱變因和模擬機翼上升和下降的關係

1. 實驗項目：

- (1) 圓柱粗細（直徑 1.0、1.3、1.6、2.0cm）
- (2) 圓柱材料（不鏽鋼管、圓木條、竹筒、壓克力管、玻璃試管）

2. 變因方面：參考（實驗 1）

3. 實驗方法：參考（實驗 1）

4. 實驗結果：

(1) 圓柱粗細

單位：秒

粗細 \ 次數	1	2	3	4	5	合計	平均
1.0cm	8.46	9.56	9.34	8.55	9.36	45.27	9.05
1.3cm	5.94	6.35	5.83	6.45	6.33	30.90	6.18
1.6cm	4.12	4.85	4.73	4.64	4.68	23.02	4.60
2.0cm	3.45	3.98	3.02	3.26	3.47	17.18	3.44

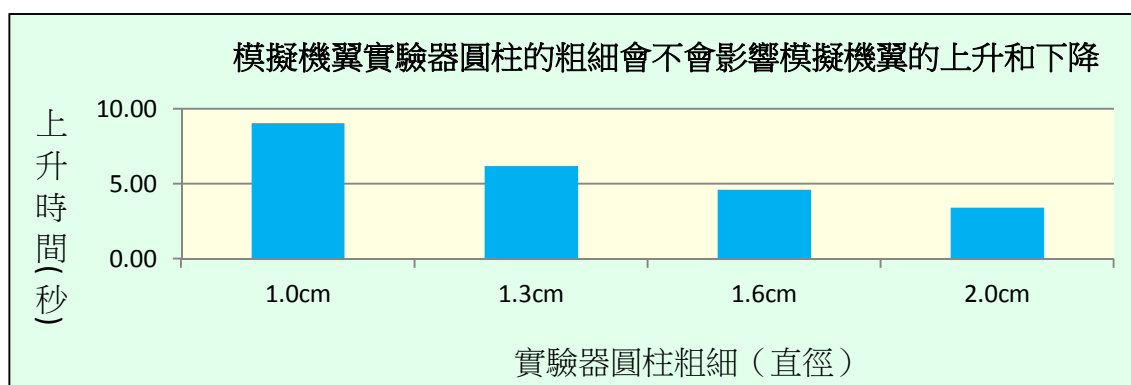
(2) 圓柱材料

單位：秒

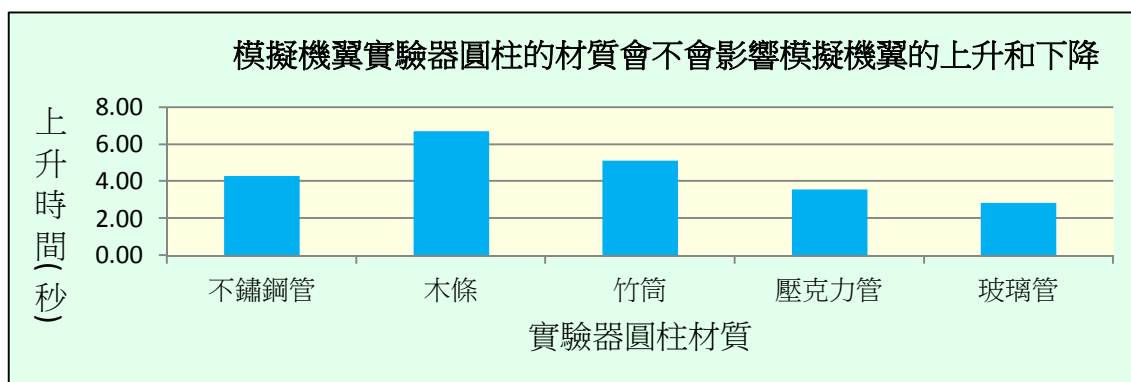
材料 \ 次數	1	2	3	4	5	合計	平均
不鏽鋼管	3.66	4.28	4.54	4.26	4.78	21.52	4.30
木條	6.36	6.95	6.96	6.83	6.42	33.52	6.70
竹筒	4.12	5.18	5.04	5.72	5.48	25.54	5.11
壓克力管	3.12	3.38	3.65	3.73	3.94	17.82	3.56
玻璃管	2.45	2.96	2.57	3.03	3.12	14.13	2.83

5.比較：

(1) 比較 1：模擬實驗器圓柱粗細



(2) 比較 2：模擬實驗器圓柱的材質



6.討論：

- (1) 模擬機翼在越光滑的圓柱表面如玻璃試管、壓克力管及不鏽鋼管上，上升的速度較快；在外表較粗的木棒及竹筒上，上升速度較慢。
- (2) 圓柱的粗細也會影響模擬機翼上升的快慢；木棒直徑在 1.0、1.3cm 時，因為太細上升時機翼容易卡住；而在直徑 1.6、2.0cm 時，上升就比較順暢了。

（三）實驗 3：模擬機翼在不同風力下的上升下降。

1.目的：想從不同的風力來源的大小，使模擬機翼上升下降的變化。

2.風力來源：風力、斜坡（地心引力）

3.器材：

（1）電風扇（2）行駛中的腳踏車（3）行駛中的機車（4）斜坡的軌道

4.實驗方法：

（1）把模擬機翼放在實驗架上。

（2）再把實驗架安置在洞道式風箱的出口，距離風扇 150cm 的地方。

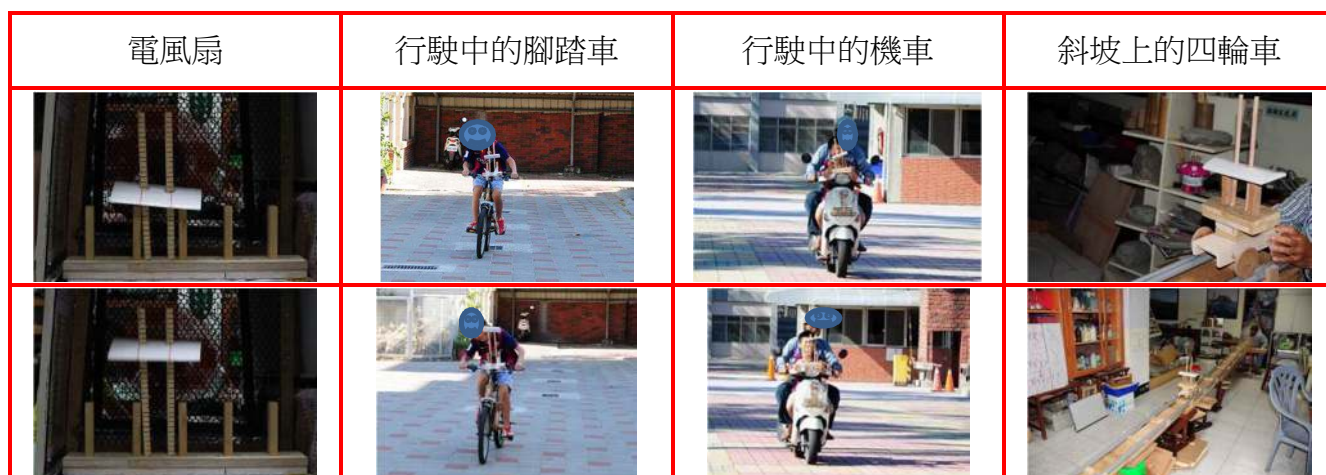
（3）打開電風扇使產生風力，按照實驗的強弱調整。

（4）第（2）（3）（4）是放置在車的前端，請老師把機車、腳踏車的速度調整改變。

（5）斜坡上的四輪車，可調整斜坡的傾斜角度。

（6）觀察每一種實驗，各做 10 次以上，把模擬機翼上升的運動記錄下來。

5.結果：



6.討論：

（1）當風扇速度愈快，模擬的機翼上升的時間愈短；相對的速度愈慢，上升的時間也就愈長，甚至無法上升。

（2）當我騎著腳踏車時，剛開始啟動時，模擬機翼會有一些震動，隨著我騎的腳踏車越快，它就漸漸往上升起，一個不小心整片機翼就飛出去了；在摩托車試試看，效果更顯著，一下子模擬機翼就往上飛起，不到三公尺就飛走了。

（3）斜坡的軌道模擬機翼，可能傾斜的角度不夠，模擬機翼只有微微的震動。

三、活動三：模擬流線型飛機的機翼（機翼凸起）在行進時的變化

以前，我乘坐飛機時，發現飛機的機翼上面是微微的彎曲，下面是平的。我不太敢相信飛機飛行時上升是這個原因，於是我們利用發射台來發射飛機飛行，哇！它真得會上升。

前面實驗製作的飛機，機翼上下都是平的，所以當實驗時，飛機都不會有上升的感覺，只會向前滑行；因此我們想利用模擬機翼上升的原理，來製作飛機的機翼。

（一）實驗 1：飛機機翼凸起的高度，會不會影響飛機飛行上升的高度

1.目的：

- （1） 想知道飛機機翼凸起的高度不同，會對飛行有什麼影響。
- （2） 想利用實驗結果，選擇機翼凸起的最佳高度來製作飛機。

2.材料：發射臺、木製飛機、珍珠板、衛生紙、竹竿、夾子、絕緣膠帶、顏料、水彩筆、橡皮筋

3.變因方面：

操縱變因	控制變因	應變變因
飛機機翼起伏的幅度不同（機翼上面珍珠板寬度不同：8、8.5、9cm）可以製作不同凸起的高度。	同一台發射臺（水平的） 相同發射力道（橡皮筋拉到第 6 格） 相同射程（發射臺和衛生紙間的距離相同 300cm） 相同飛機	飛機上升的高度（飛機飛行撞到衛生紙的高度（cm）-桌面的高度（70cm））

4.操作方法：

- （1） 把捲筒衛生紙（5 捲）套在長竹竿上，再懸掛在 180cm 高的架子上。
- （2） 把測量高度的捲筒衛生紙用夾子拉直並且著地。
- （3） 飛機的機頭塗上藍色的廣告顏料。
- （4） 把測試的飛機模型放置在發射台。
- （5） 調整發射台的位置。
- （6） 把橡皮筋拉長到第 6 格的位置，並且扣住飛機的尾端。
- （7） 放開飛機，橡皮筋會把飛機往前方彈出去，飛機就會向前飛行。

- (8) 觀察飛機撞到衛生紙留下來的痕跡。
- (9) 測量顏色痕跡到地面的長度，就是飛機飛行時撞到衛生紙的高度。
- (10) 飛機飛行的真實上升高度＝飛機飛行撞到衛生紙的高度－桌面高度(70cm)。
- (11) 按照上面的方法，重複操作 10 次。

		
飛機模型放置在發射台	放開飛機向前飛行	測量顏色痕跡到地面的高度

5.測量的注意事項：

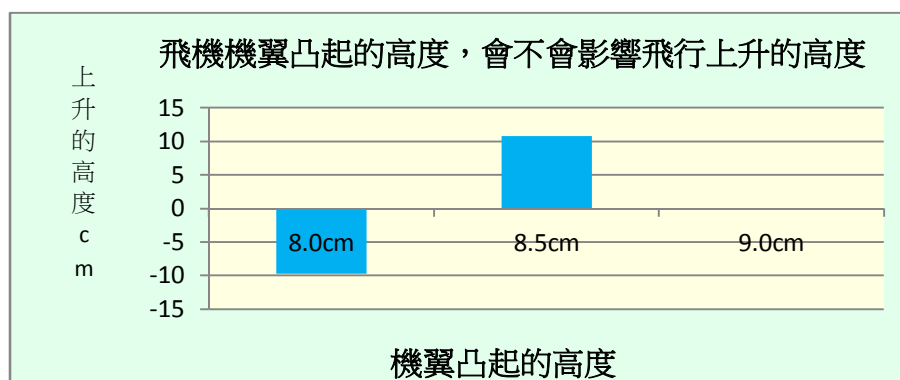
- (1) 飛機飛行時撞到衛生紙的高度，如果高於 70cm 時，表示飛機飛行是上升的。
- (2) 當飛機飛行時撞到衛生紙的高度，如果低於 70cm 時，表示飛機飛行時是下降的（以一表示）。

6.實驗結果：

飛行高度：cm

次數 寬度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計	平均
8.0cm	-10	-10	-6	-8	-6	-15	-12	-12	-10	-8	-97	-9.7
8.5cm	5	5	8	5	8	10	19	4	23	21	108	10.8
9.0cm	著地	著地	著地	著地	著地	著地	著地	著地	著地	著地		

7.比較：



8.討論：

- (1) 飛機機翼的起伏高度會影響飛行的上升和下降，而以機翼上面珍珠板的寬度為 8.5cm 時的起伏，飛行高度最高。
- (2) 機翼的幅度並不是越高越好；也不是越平越好，而是在適當的幅度最適合（寬 8.5cm），太高或太平都容易使飛機下降。
- (3) 我們算出「平均飛行高度最高的」是機翼上方寬度的距離是下方寬度的距離的 1.0625 倍，也就是 $8.5\text{cm} \div 8\text{cm} = 1.0625$ 是最好的。
- (4) 當機翼上方的珍珠板的寬度是 8cm 和 9cm 時，平均飛行高度都是下降的，只有上方珍珠板寬度是 8.5cm 時，平均高度是上升的。

(二) 實驗 2：飛機機翼凸起高度相同時，彈出去的力量大小不同，會不會影響飛機飛行上升的高度。

- 1.目的：想知道機翼凸起高度相同時，彈出的力量大小不同，飛機飛行時有什麼變化。
- 2.材料：飛機、發射臺、衛生紙、顏料、竹竿、夾子、絕緣膠帶、橡皮筋、水平儀、水彩筆、椅子、小木塊、珍珠板、桌子
- 3.變因方面：參考實驗 1，操縱變因：發射的力道（橡皮筋拉的格數：5、6、7、8）。
- 4.實驗方法：

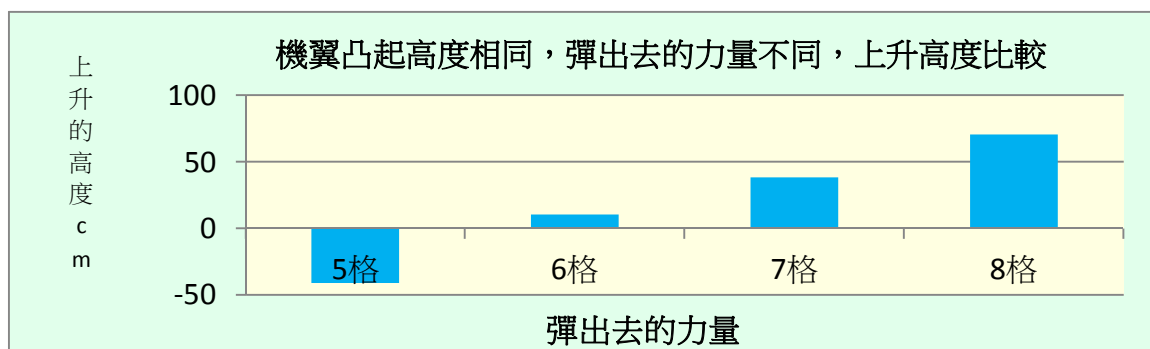
- (1) 在飛機的機翼上面貼上 8.5cm 的軟珍珠板，變成幅度固定的機翼。
- (2) 在竹竿上套住衛生紙，再把竹竿掛在疊在桌面上的椅子上（高度才會更高）。
- (3) 將橡皮筋卡進凹槽，分別拉到 5~8 格，其餘同實驗 1。
- (4) 飛行高度＝飛機飛行撞到衛生紙的高度－桌面高度（70cm）

5.實驗結果：

飛行高度：cm

格數 次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計	平均
5 格	-45	-35	-40	-42	-34	-35	-50	-42	-51	-38	-412	-41
6 格	10	8	12	12	9	8	12	13	12	9	105	11
7 格	45	37	45	35	35	31	36	36	40	44	384	38
8 格	65	62	76	70	69	68	70	78	75	76	709	71

6.比較：



7.討論：

- (1) 模型飛機的機翼下面是 8.0cm，上面的寬度是 8.5cm 所組合的機翼是弧形時，分別再飛行台上的第 5、6、7、8 格飛出去，飛機上升的高度會受到力量大小的影響。當橡皮筋拉力在第 6 格時，產生的彈力小，飛機飛行慢，加上飛機的重量，所以飛不高。這個現象和模擬機翼在風速慢時上升的現象一樣，不會上升；可是當飛機在第 7、8 格的位置打出去時，飛機飛得快，撞到衛生紙的高度也變得升高，這也和模擬機翼在風速較快時，也會上升得高。
 - (2) 從實驗中，我們發現，飛機飛得很快時，機翼的弧度會影響飛機的上升高度。
- (三) 實驗 3：飛機機翼的弧度一定，而寬度不同時，會不會影響飛機飛行時上升的高度。

1.目的：

- (1) 想知道機翼的寬度不同，會不會影響飛機飛行時上升的高度。
- (2) 想從實驗中，找到一架機翼寬度最適當的飛機。

2.材料：發射臺、珍珠板的飛機、夾子、竹竿、捲筒衛生紙、橡皮筋、椅子、木塊、顏料、水彩筆、絕緣膠帶、水平儀

3.怎樣使飛機機翼的弧度一定：

- (1) 機翼上面珍珠板寬度 8.5cm，飛機機翼為 8cm，上面珍珠板寬度÷下面機翼寬度 = $8.5\text{cm} \div 8\text{cm} = 1.0625$
- (2) 以上面的倍數可以換算出，當機翼寬度 10cm、12cm 時，上面的珍珠板寬度分別為：10.63cm、12.75cm。

4.裝置：



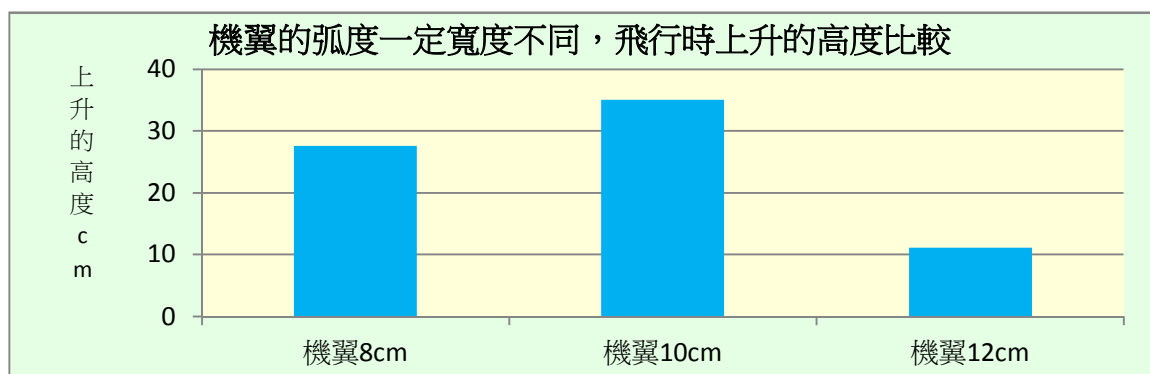
5.變因方面：和（實驗 1）的操作方法相同

6.實驗方法：和（實驗 1）的操作方法相同

7.實驗結果：飛行高度＝飛機飛行撞到衛生紙的高度－桌面高度（70cm） 單位：cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計	平均
機翼 8cm 珍珠板 8.5cm	30	28	30	29	26	28	27	25	26	27	276	27.6
機翼 10cm 珍珠板 10.63cm	36	32	35	38	39	32	33	34	36	35	350	35
機翼 12cm 珍珠板 12.75cm	10	9	9	12	11	12	13	12	12	1	111	11.1

8.比較：



9.討論：

- 當機翼的寬度分別為：8.0、10.0、12.0cm，它們上面的機翼寬度分別為 8.5、10.63、12.75cm 時，所組合的機翼弧度是一樣的。我們把 8.5/8、10.63/10.0、12.75/12 的比值都是一樣的 1.0625（約）。
- 當機翼的寬度為 10cm，飛機飛行距離為 300cm 時，飛機飛行上升的高度是最高為：35cm，機翼為 8.0cm，飛機飛行 300cm 時，上升高度為 27.6cm；而機

翼為 12cm，飛機飛行 300cm 時，上升高度為 11.1cm。從上面的比較，我們知道當機翼的弧度一樣時，寬度為 10cm，飛機從第 5 格彈出去時上升的高度最高，而機翼寬度在 12cm 時，上升最少。



四、活動四：飛機機翼上擋風板的變化，對飛機停止在跑道上的影響。

- (一) 目的：想利用珍珠板做成的三角柱擋風板，固定在模型飛機的機翼上，測量飛機在軌道上滑行的時間比較。
- (二) 器材：模型飛機（巴沙木、珍珠板製作）、珍珠板切成的三角柱（當做擋風板）、滑行軌道（塑膠管）、木板、計時器
- (三) 裝置：



(四) 實驗方法：

- 1.把飛機的滑行軌道固定在科學中心的地板上，並關上窗戶（沒有風力干擾）。
- 2.把測試的模型飛機放置在起點，出發計時（計時口令：預備—ㄅ—ㄅ—）。
- 3.當模型飛機抵達終點的一瞬間（機頭撞到木板，發出聲音），立刻停止並測出時間。
測出飛機滑行的時間。
- 4.每一項擋風板都各做 15 次的滑行實驗，再選 10 次相近的時間。

（五）變因方面：

操縱變因	控制變因	應變變因
①擋風板的長度	飛機滑行軌道的長度一定	飛機在軌道上滑行的時間
②擋風板的位置	飛機滑行軌道的傾斜度一定	
③擋風板的高低	飛機滑行軌道的寬度一定	
④擋風板的排列方向	飛機的重量相同 ②④①擋風板的高度一定 ②③④擋風板的長度一定 ①②③擋風板的排列一定	

（六）實驗結果：

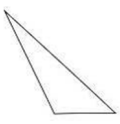
1.結果 1：擋風板的長度不同

單位：秒

長度 實驗次數	5cm	10cm	15cm	20cm
1	10.35	10.78	11.28	11.00
2	10.13	10.79	10.94	11.10
3	10.40	10.72	11.25	11.41
4	10.13	11.12	10.89	11.22
5	10.41	10.50	11.06	11.53
6	10.05	10.75	11.16	11.50
7	10.28	11.21	10.90	11.44
8	10.15	10.90	10.98	11.16
9	10.10	10.83	10.90	11.53
10	10.23	10.88	10.90	11.07
合計	102.23	108.48	110.26	112.96
平均	10.22	10.85	11.03	11.30

2.結果 2：擋風板的排列方向

單位：秒

長度 實驗次數	無				
1	9.91	12.93	11.66	12.28	11.65
2	10.04	13.69	11.69	12.19	11.66
3	9.89	12.99	11.47	11.97	11.71
4	9.92	12.31	11.72	12.15	11.54
5	9.90	13.63	11.87	12.47	11.45
6	9.87	13.22	11.75	12.10	11.58
7	10.40	12.86	11.53	12.15	11.67
8	10.37	13.53	11.70	12.53	11.53
9	9.90	13.47	11.58	12.40	11.44
10	9.72	12.62	11.44	12.33	11.51
合計	99.92	131.25	116.41	122.57	115.74
平均	9.99	13.13	11.64	12.26	11.57

3.結果 3：擋風板的高低不同

單位：秒

高低 實驗次數	4.5cm	3.5cm	2.5cm	1.5cm
1	13.62	13.13	11.75	10.31
2	13.65	13.21	11.57	10.56
3	13.69	13.25	11.66	10.25
4	13.62	13.08	11.68	10.41
5	13.53	13.24	11.63	10.60
6	13.57	13.05	11.77	10.50
7	13.66	13.08	11.75	10.43
8	13.70	12.94	11.68	10.62
9	13.55	12.88	11.73	10.58
10	13.63	13.00	11.64	10.38
合計	136.22	130.86	116.86	104.64
平均	13.62	13.09	11.69	10.46

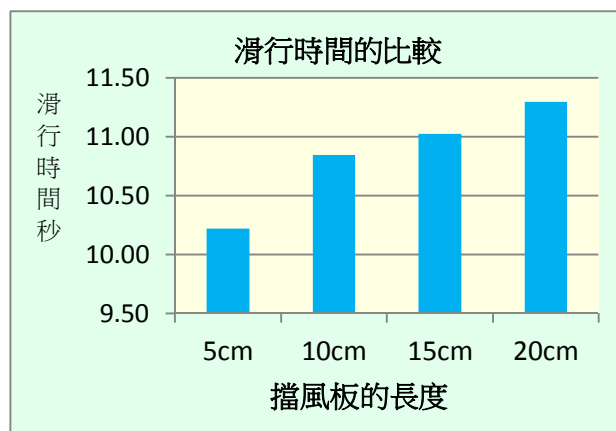
4.結果 4：擋風板的排列位置不同

單位：秒

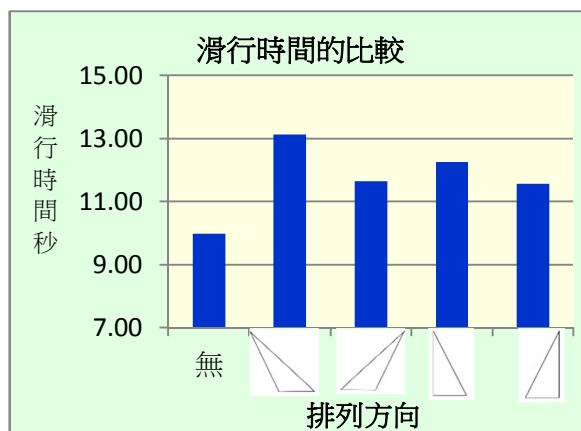
位置 實驗次數	第一條線	第二條線	第三條線	第四條線
1	13.25	13.21	13.42	12.90
2	13.44	13.16	13.15	13.16
3	13.40	13.00	13.85	13.03
4	13.10	13.24	13.72	12.94
5	13.25	13.08	13.97	13.14
6	13.30	13.15	13.44	13.72
7	13.45	13.43	13.56	13.06
8	13.29	13.25	13.05	13.08
9	13.38	13.28	13.08	13.26
10	13.27	13.14	13.24	13.37
合計	133.13	131.94	134.48	131.66
平均	13.31	13.19	13.45	13.17

5.實驗比較：

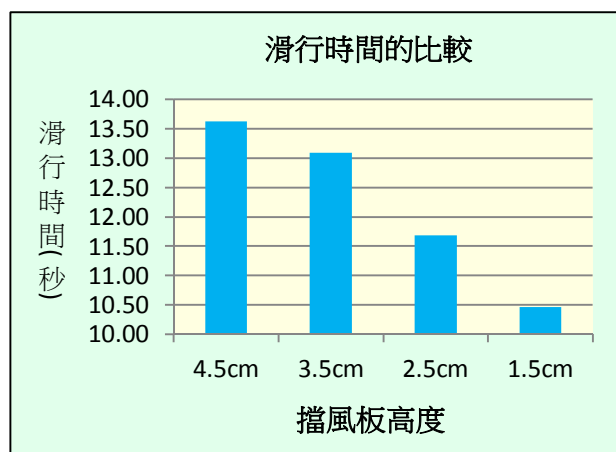
比較 1：擋風板的長度不同



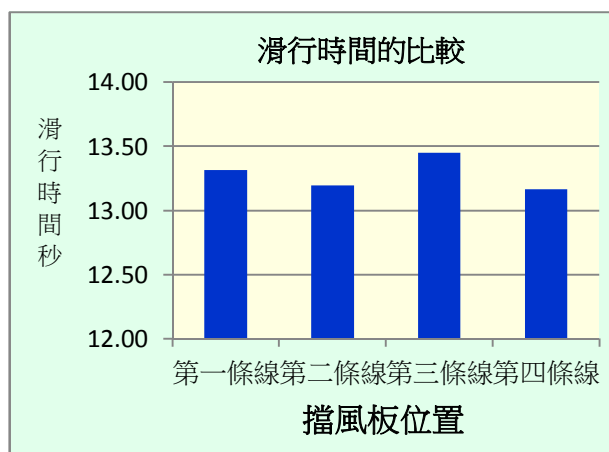
比較 2：擋風板的排列方式不同

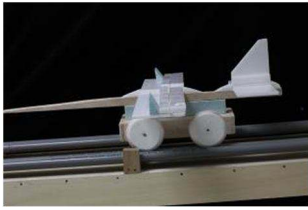
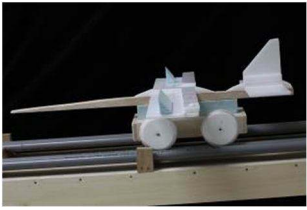
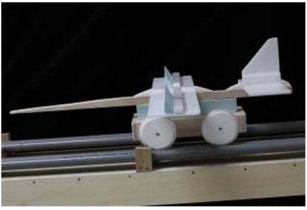
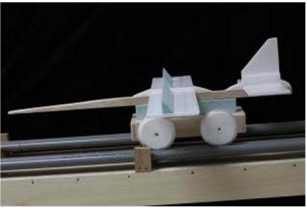
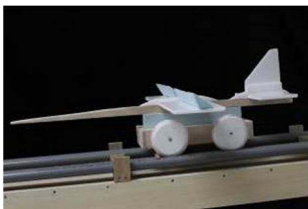
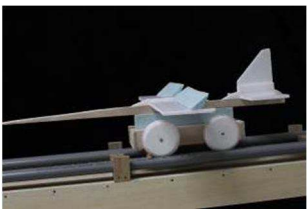
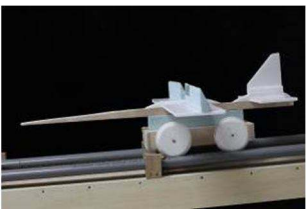
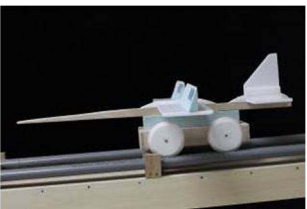
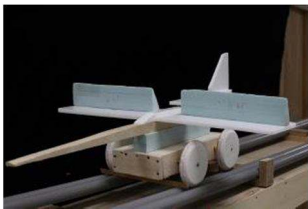
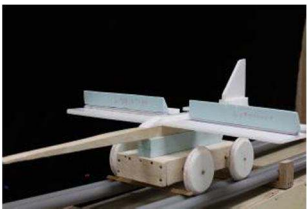
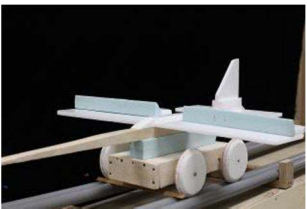
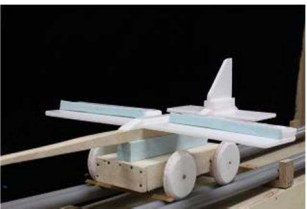
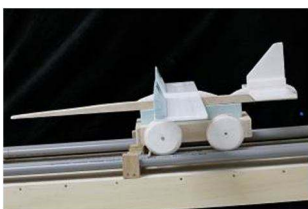
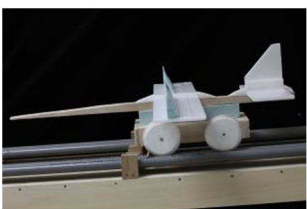
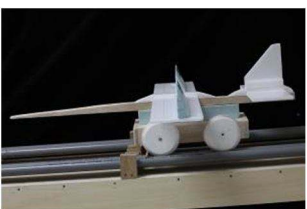
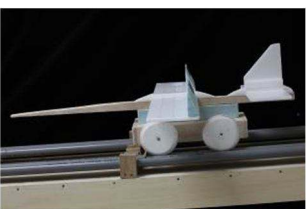


比較 3：擋風板的高低不同



比較 4：擋風板的排列位置不同



			
5cm	10cm	15cm	20cm
擋風板的長度不同			
			
擋風板的排列方向不同			
			
4.5cm	3.5cm	2.5cm	1.5cm
擋風板的高低不同			
			
第一條線	第二條線	第三條線	第四條線
擋風板的排列位置不同			

(七) 討論：

- 1.飛機機翼上擋風板的試驗是非常有趣的，而且實驗中的數據也非常精確。我們在老師的協助下設計、製作一個飛機滑行的軌道，先使飛機固定在一台四輪車上，再使四輪車從最高點滑下來；當四輪車撞到底邊的木板終點時，就會發出聲音，也就可以測出飛機滑行的時間。飛機滑行時間的快慢，也就是擋風板擋住空氣的阻力大小。當擋風板把空氣擋住時，飛機滑行時間會較久。
- 2.在這個試驗中，擋風板的長度和擋風板的高度都會影響飛機滑行的時間。尤其是擋風板越高時（4.5cm），飛機在軌道上滑行得最久，而擋風板越低時（1.5cm），滑行

時間較快，相差約 3 秒。而在擋風板的位置和排列方式試驗時，試驗結果顯示擋風板放置位置和排列的前後順序，對飛機在軌道上的滑行時間影響不明顯，也就是影響不大。

3.試驗中，擋風板排列的方向性也會影響模型飛機滑行時間，其中以 、 形成的阻力最大，飛機滑行時間比較長；以 、 阻力比較小，飛機滑行時間比較短。

陸、結論：

一、從學校的科學闖關活動中，我參加了飛機的設計、製作和飛行，產生濃厚的興趣，並從參加科展的飛行研究中，學習了飛機飛行的變因問題。

（一）我們利用操縱變因的基本原則，設計各種的飛機；用珍珠板製作不同機翼的長短、寬度、厚度、角度、傾斜度等，並利用控制變因的約束，使實驗更公平、精確，達到應變變因的不同飛行距離。

（二）我們用木板做發射台，橡皮筋的彈力為動力，並以拉長橡皮筋的不同格數，產生不等的彈力使飛機飛得高、飛得遠。

二、用珍珠板做的飛機，機翼是平面的，飛機飛行時只會向前飛，不會自己升高，只有把發射台的前端升高，射出去的飛機才會向上飛。所以在老師的指導下，我們設計有弧度的模擬機翼來試驗。

（一）從試驗中發現模擬機翼的寬度是 8cm 時，機翼上方的起伏在寬 8.5cm 時，上升越快也越高；模擬機翼的長度是 15cm 時，在升降實驗架上上升到最高點的時間最快；至於材料方面，以珍珠板做成的模擬機翼效果最佳。

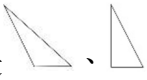
（二）我們把長 15cm 的模擬機翼放在升降實驗架上，並且固定在腳踏車、機車上；當腳踏車、機車都快速前進時，模擬機翼會很快上升，甚至會飛掉。

（三）在老師的指導和實作的結果，我們了解了當空氣吹過流線型的模擬機翼時，吹過上方的空氣，會造成密度小而下方的空氣密度大，所以會有一股力量把機翼浮起來。

三、模擬流線型機翼的飛機，在水平的發射台上起飛時：

- (一) 當機翼的弧度在 8.5cm 時，飛機上升得最高。
- (二) 當彈出的力量越大時，飛機上升的高度越高。
- (三) 機翼的寬度比（機翼上面/機翼下面）一定時（1.0625），機翼的寬度為 10cm，飛機飛行距離為 300cm 時，飛機飛行上升的高度是最高的。

四、飛機下降到機場的跑道時，是怎麼停下來呢？我坐過飛機，也注意到機翼的後方有擋風板，是擋風板使飛機停下來嗎？

- (一) 我們用珍珠板設計擋風板，當擋風板越高，擋風板排列的方向是  及擋風板越長時，都會使模擬飛機在設計的軌道上滑行時間越長；而擋風板在機翼的不同位置，對飛機滑行速度的影響不大。

柒、我們的建議：

一、實驗的結果告訴我們，飛機的上升下降最主要的是機翼的形狀是流線型；當空氣流過時，造成機翼上方的空氣密度小，下方的空氣密度大，所以有一股向上的力量；而且空氣流動越快，上升越快。所以我們有下面的建議：

- (一) 「建議一」：飛機場的跑道要長一點，才能使飛機在跑道滑行時的速度，由慢漸漸的加快，使飛機上升時是漸漸的上升；如果飛機起飛時，速度突然增加太快，飛機就會突然上升，仰角就很大，坐在飛機裡面的客人就會不舒服。
- (二) 「建議二」：飛機下降時，擋風板翹起的角度，要漸漸增加，飛機才不會突然變慢，好像坐在車內緊急煞車一樣，很不舒服。

捌、參考資料：

雷鼓出版社（1992）。飛機與火箭。台北市：雷鼓。

【評語】 080107

能自製軌道與升降器具有創意，並用影片與實際操作器材來呈現科展結果，值得嘉許。