

風中毛毛蟲（平面飛行翼浮力探討）

高小組應用科學科第一名

鳳山市鳳西國民小學

作者：徐重元、鍾孟廷、羅士庭、陳孟祺

指導教師：王世充、王鶴翔

一、研究動機

暑假中，由於家住公寓十六樓，白天南風吹過電線與樹梢的呼嘯聲，晚上鳥瞰五甲社區夜景，得天獨厚的居家環境。唯一美中不足的是爸媽每天上班。無暇陪我們去學校或中正文化中心，比較寬廣的都市綠地，放放風箏。上學期暑假的社團活動中，老師教我們如何在風箏主繩放猴子的遊戲。我們兄弟倆想靠南邊的紗窗口，放起原地起降的風箏遊戲，回到學校後我們就跟老師說明這個構想，老師認為不妨拿來做科展研究素材，於是研究之旅於焉展開。

二、研究目的

- (一) 翼面角度與浮力關係。
- (二) 浮力與水平推力的相互關係。
- (三) 不同面積的浮力比較。
- (四) 線的材質與浮力關係。
- (五) 葉片形狀與浮力關係。
- (六) 葉面面積相同但放置不同比較。
- (七) 滑管長短是否影響浮力。
- (八) 活動鈕距的長短是否影響浮力。
- (九) 支架的長短與翼面位置是否和支架的夾角有關。
- (十) 如何做一個會浮升、爬行的毛毛蟲。

三、研究器材

- | | | | |
|----------|---------------------|------------|---------|
| 1.透明投影片 | 2.吸管 | 3.熱熔膠槍及熱熔膠 | 4.釣魚線 |
| 5.電鑽、鑽頭 | 6.各類的繩、線（棉線、毛線、釣魚線） | | |
| 7.電扇（大型） | 8.鼓風機 | 9.電子計算機一台 | 10.量尺一支 |
| 11.迴旋針一盒 | 12.量角器 | | |

四、研究過程

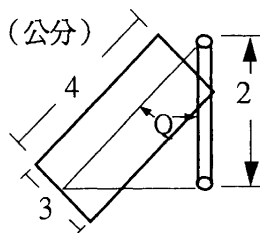
〔研究一〕：單翼面、單支架

〔實驗一〕：翼面角度與迴紋針數量的關係

我們首先把吸管切2公分長，透明投影片（3公分×4公分）固定於吸管上（如圖一）夾角各為 70° ， 65° ， 60° ， 55° ， 50° ， 45° ， 40° ， 35° ， 30° ， 25° ， 20° 在相同的風力，相同的距離之下，測量其最多所能浮起的迴紋針數量。

項次 角度 針數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
70°	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3.4
65°	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.9
60°	7	6	6	6	6	6	8	7	8	8	6.8
55°	9	9	9	11	10	9	9	8	8	9	9.1
50°	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10.2
45°	11	11	11	10	11	11	10	11	11	11	10.8
40°	9	10	10	10	10	9	10	10	10	11	9.9
35°	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
30°	8	8	8	8	8	9	8	8	8	8	8.1
25°	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
20°	5	6	6	6	7	6	6	6	7	6	6.1

（表一）翼面角度與迴紋針數量



（圖一）翼面示意圖

〔發現〕：

1. 40° 到 50° 可以提動（浮起）的迴紋針數量最多，約10個。
2. 65° 與 70° 已能浮起3到4個迴紋針。
3. 在風力作用下，吸管的前端有左右搖晃的現象。而管內徑上端右邊貼近線，下端左邊貼近線，藉此可以斷定其除了有向上浮力外，亦產生後仰的作用力。

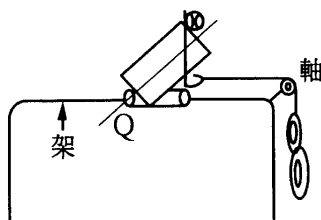
4.我們懷疑這些浮力是否與水平推力的作用有關。

〔實驗二〕：同樣的翼面角度其水平推力關係

我們懷疑 65° 、 70° 與 20° ，在空架不吊迴紋針時，還稍有浮起，但吊上迴紋針，為何不易浮上來，是否與水平推力與被吹的截面積有關？於是我們設計以下實驗：

項次 角度 針數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
70°	25	25	25	25	26	25	25	24	25	25	25
65°	23	24	23	23	23	24	23	23	23	23	23.2
60°	21	20	21	21	21	20	21	21	20	21	20.8
55°	19	19	19	18	19	19	19	19	19	18	18.8
50°	16	15	16	16	16	16	15	16	16	16	15.8
45°	15	15	15	15	15	15	15	16	15	15	15.1
40°	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13.9
35°	14	13	13	13	13	14	13	13	13	13	13.2
30°	12	12	13	12	12	12	12	12	12	12	12.2
25°	12	11	12	11	11	11	11	12	12	11	11.4
20°	10	11	10	9	10	10	10	10	10	10	10

(表一) 翼面角度與迴紋針數量



(圖二) 水平推力試驗

〔發現〕：

1. 70° 的翼面能拉動25個迴紋針，而 20° 最小。
2. 70° 的翼面由於迎面來的風力，大部分轉變為水平推力，只有少許浮力（由實驗一證明）
- 3.反之水平推力以 20° 最小，只能拉動10個迴紋針。

※推論：

- 1.按〔實驗一〕與〔實驗二〕→交叉思考，理應在上下浮力上是 20° 最大，但事實上不見得，我們懷疑 20° 時，迎風的截面積最小所至。

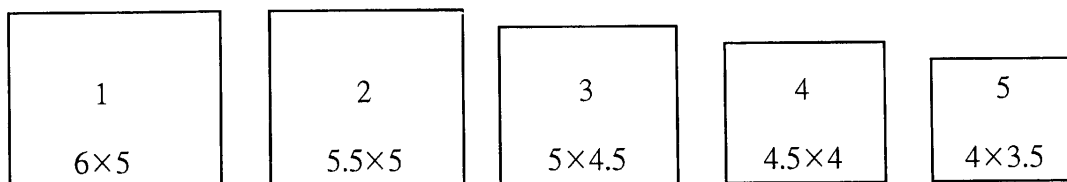
2.於是我們設計面積是不是影響浮力大小的因素。

〔實驗三〕：同一角度，不同翼面截面積比較。

由於翼面斜度，造成翼面截面減少或增加，首先我們以單翼面，做同一角度，不同面積的比較，其拉動迴紋針的多寡。

項次 面積	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
(1)6×5	34	35	34	34	34	34	34	35	35	34	34.3
(2)5.5×5	29	28	29	29	30	29	29	30	29	29	29.1
(3)5×4.5	23	22	23	23	24	23	23	22	23	23	23
(4)4.5×4	20	21	20	20	20	19	20	20	20	20	20
(5)4×3.5	14	14	15	14	14	14	14	14	14	14	14.1
(6)3.5×3	11	10	11	11	11	11	11	12	11	11	11
(7)3×2.5	9	8	9	9	9	9	9	10	9	9	9
(8)2.5×2	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4.2
(9)2×1.5	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2.3
(10)1.5×1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(表三) 面積大小與浮力關係



(圖三) 翼面不同面積 (單位：公分)

〔發現〕：

- 1.面積越大，浮力就越大，但過大時其飛浮力比較不平穩。
- 2.第10種1.5×1公分僅能吊起一個迴紋針。
- 3.證明大面積雖然較重，但相對浮力也較大。說明浮力可克服其本身的重量。

〔實驗四〕：線的材質與浮力的關係

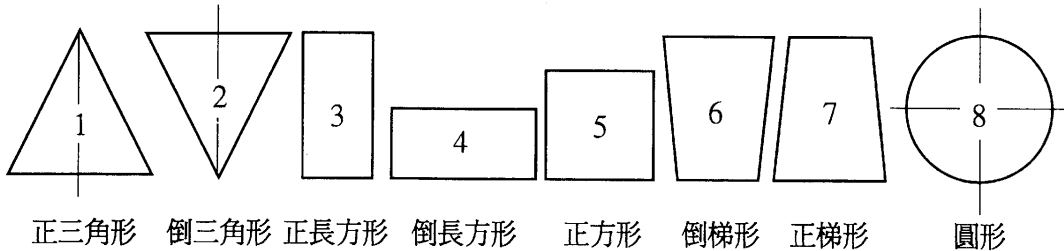
(省略)

〔實驗五〕：風力大小是否影響浮力

(省略)

〔實驗六〕：翼面形狀是否影響浮力大小

在前項實驗中，我們發現風在翼面上經過路徑。所造成風面摩擦也同時帶動翼面的上升與水平推力。因此，各用各種幾何形狀，相同的面積下，實驗其浮力。面積12平方公分、角度：45°、風距：50公分、風力：中級。



(圖六) 各種面積的幾何形狀

項次 形狀 針數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1型	14	14	14	13	13	13	13	13	14	14	13.5
2型	12	12	11	12	11	12	12	12	11	12	11.7
3型	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	15.1
4型	12	12	12	11	12	11	12	12	11	12	11.7
5型	14	13	12	13	13	12	13	13	14	13	13
6型	12	12	12	12	12	12	11	12	12	11	11.8
7型	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13.9
8型	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(表六) 幾何形狀與浮力

〔發現〕：

- 1.第3型及7型飛行浮力最佳，左右抖動較小，穩定度較佳。
- 2.以第3型與第4型做比較，直長方形與橫長方形，直的長方形，因距中心支架較近，強度較大，而第4型左右距離較遠，易受風力平衡因素，且風流在翼面擠推的時間也短。

〔實驗七〕：葉狀的長短與風在翼下摩擦的時間長短有關嗎？

結論：滑管長短要支架的扶持，否則沒焊住的部分在風力吹著下呈現扭曲狀。

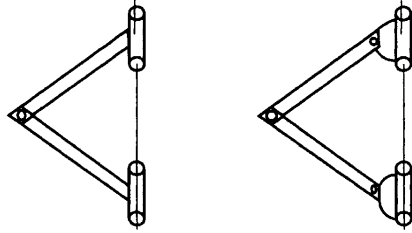
〔實驗八〕：翼面的位置是否影響飛行浮力

結論：翼面焊在支架越後面，其剪力較大。焊在越前面其飛浮力較佳。

〔研究二〕：單翼雙支架雙滑管式

〔實驗九〕：雙滑管固定式與活動式比較

在前面八個實驗中，我們一直在翼面浮力與載重量的關係，現在我們發現單滑管內壁與繩間的牴觸，造成翼面浮力所形成的剪力，因此我們做此滑管雙支架的翼面。



(圖九) 固定式雙滑管 (方法一) 與活動式雙滑管 (方法二)

〔方法1〕：

1. 上、下兩滑管在做角度變化時，因為管壁口產生剪力。開口無法太大。
2. 支架隨浮力做扇形展開，滑管無法展開。

〔方法2〕：

1. 活動式、支架展開、滑管的鈕軸也隨著調整角度。
2. 兩支架張開，後鈕到滑管的距離減少，但會隨角度而做調整。

〔實驗十〕：滑管的長短是否影響浮力

為了方便減輕浮力載重量，我們試圖把滑管剪短，看看會不會影響其浮力。因此我們做了以下的實驗。

項次 長度 針數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
4.0	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3.2
3.5	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	3.7
3.0	4	5	1	4	4	3	5	4	4	4	4
2.5	6	5	4	5	5	4	4	6	5	5	4.9
2.0	7	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6.2
1.5	6	5	6	5	5	5	5	6	5	5	5.3
1.2	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5.1
1.0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.8	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2.8
0.6	3	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2.6

(表十) 滑管的長短是否影響浮力

〔發現〕：

- (1)滑管過長活動鈕抗力大。浮力受影響。
- (2)滑管過短時，翼面支架提起滑管壁時，和繩面抵觸。
- (3)其浮動時以滑管長2公分最好。

〔實驗十一〕：滑管活動鈕到滑管的距離

在〔實驗十一〕中，當滑管鈕臂過長，當翼面受風往上提，此時觀察其提起動作，先翼面浮動，再帶動滑管。因此我們懷疑滑管臂長也是影響浮力大小。

〔發現〕：

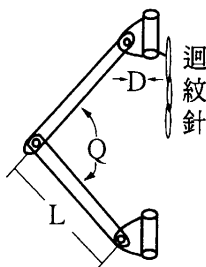
- 1.鈕距0.5公分理應抗力臂最小。但支架活動過窄，容易卡住。
- 2.鈕距越長，造成扭力臂過長，抗力也隨之增加。

〔實驗十二〕：支架的長短是否影響雙支架雙滑管的浮力。

(鈕距0.8公分，支架長：4.0、4.5、4.8、5.0、5.2、5.4、5.6、6.0公分，滑管長2.0公分)

項次 長度 針數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
4.0	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3.2
4.5	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2.7
4.8	2	2	3	2	3	3	2	2	3	3	2.5
5.0	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2.3
5.2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2.1
5.6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6.0	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2.2
6.2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2.4
6.5	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2.8
7.0	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1.9

(表十二) 支架長與浮力的大小



(圖十二) 支架長與浮力

〔發現〕：

- 1.支架長的，整體的重量不變，力臂長，力矩大，載重量減少。

2. 支架長，兩支架角度也大，也就是無法像短支架那樣輕巧，但在6.2公分及6.5公分，造成翼面成45度和50度，故浮力又略增。

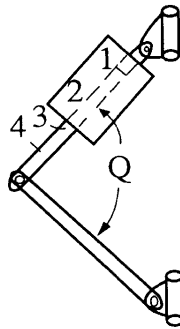
〔實驗十三〕：雙支架上翼面位置是否影響兩支架臂夾角及載重量

我們在〔實驗十二〕中，發現當翼面受風力作用下，翼面受水平推力時，下支架及滑管往上提，兩支架的夾角也受影響。

滑管距：0.8公分，滑管長2公分，支架臂5公分，翼面長4公分，寬3公分，放置不同位置，觀察其支架夾角與載重量。

項次 位置 夾角	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		平均	
	1#	6	125	6	120	6	120	6	125	6	125	6	125	6	125	6	120	6	120	6	125	6
2#	5	120	5	125	5	120	5	118	5	120	5	120	5	115	5	120	5	120	5	115	5	119.3
3#	4	90	4	80	4	90	4	80	4	90	4	90	4	95	4	90	4	95	4	95	4	90
4#	3	80	3	90	3	75	3	80	3	85	3	75	3	85	3	80	3	80	3	85	3	81.5

(表十三) 翼面位置與夾角



(圖十三) 翼面位置

〔發現〕：

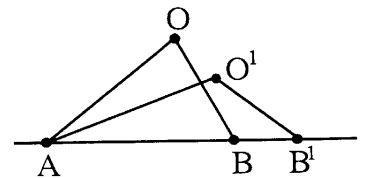
1. 4#位置角度最小，1#位置夾角最大。
2. 4#位置距離兩支架鈕較近，當翼面受水平推力，使翼面向後拉，使夾角變小。

〔研究三〕：如何做一個會爬升的風中「毛毛蟲」。

我們觀察毛毛蟲的爬行A端不動，B端向前爬行，當B端到底即停止，接著A端反覆運動，如圖A

〔觀察構想〕

1. 無論二滑管或三滑管在電扇的風力下，上翼面與下翼面的動作，



(圖A) 毛毛蟲爬行路線

同時做上、下浮動。

- 2.翼面受力，仰角變小，且有向後拉力，直到與本身重力平衡。
- 3.但浮動時成上、下動，不是直線上浮現象，證明電扇的風是斷續性。
- 4.想要爬升動作，除非有一外力。使A不動B動，或B不動A動。

〔實驗十四〕：固定V型器

〔原理〕：

1. A點上揚，定夾在BO中線上，整個翼面上浮。
2. A點上揚，定夾在BO中線下，A、C兩滑管開到某一角度時，B、D定夾頂住線時，翼面停止上浮。
- 3.當C點上揚到兩支架夾角小於某一角度時，BD夾小於BO中線距，即翼再上浮。

〔優點〕：可防止翼面繼續往上升升

〔缺點〕：

- 1.定夾在中心線之上時，即沒有固定作用。
- 2.定夾在中心線之下時，整個翼面不會往上升升。
- 3.由於定夾與線接觸部分是一平面，受風時也容易上升。

〔實驗十五〕：活動翼面

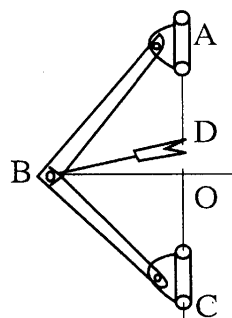
〔原理〕：(省略)

〔優點〕：1.上、下兩支架有開關兩個動作。

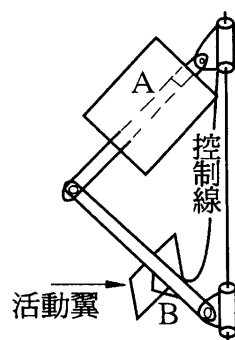
〔缺點〕：

- 1.沒有上翼完成動作，下翼才開始動作。
- 2.當上翼面浮力大於下翼面向下推力，整個翼面繼續往上升。

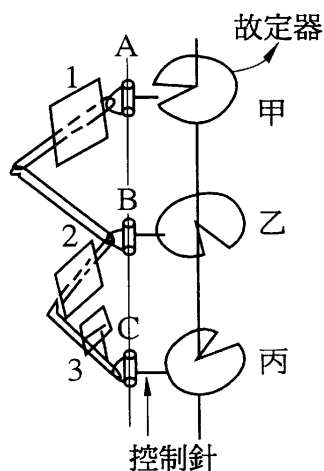
〔實驗十六〕：開口固定器：



(圖十四) 固定v型器



(圖十五) 活動翼面



(圖十六) 開口式故定器

從以上的兩個實驗中得知，我們思考模式一直停留在利用飛行器本身的阻力或推力。想達到上升、停止、再上升動作，士庭提議利用三十七屆作品的「風阻器原理」，如圖十六。

〔原理〕：

- 1.當第一翼浮升到甲固定器、開口對A滑管上控制針，可順利上浮。此時B、C都閉鎖。
- 2.當乙固定器轉到開口朝B滑管時，B浮上，此時A、C閉鎖。
- 3.但開口固定器的轉軸須由固定器的葉片做定向轉動。

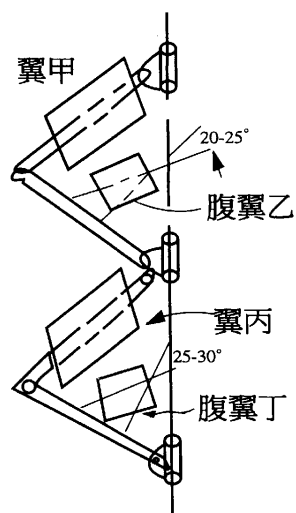
〔實驗十七〕：主翼與副翼式

由〔研究三〕〔實驗十二〕〔實驗十三〕得知主翼浮動，可帶動下支架的往上爬升。

如果支架成負斜角，則兩支架角度愈來愈大。在兩支架的角度空架是100到120度，載重物時成45到50度。於是加上副翼。

〔動作說明〕：

- 1.當翼面甲上升時，腹翼由20度增加到35到45度，浮力增加，瞬間腹翼往上浮。
- 2.由腹翼乙的浮力，使翼面丙同時往上提。
- 3.翼面丙往上浮、腹翼丁也由30度增加到45度，瞬間往止浮。
- 4.此動作周而復始，看似毛毛蟲的爬升動作。



(圖十七) 主翼與腹翼式

五、討論與研究

- 1.由〔研究一〕的〔實驗一〕到〔實驗八〕中得知，翼面成 45° 時垂直推力與截面積大時浮力較大。而水平推力無須克服重力問題，截面積大水平推力就大。以形狀而言長方形及正梯形浮動較穩定。而翼面越接近滑管則抗力較小，浮力較佳。
- 2.由〔研究二〕中的〔實驗九〕到〔實驗十三〕中得知：滑管長要隨翼面大小做適當的調整。活動鈕距以0.8公分最佳。支架長增加重量。兩支架夾角變大。翼面位置愈後面，夾角愈小。

- 3.〔研究三〕中的〔實驗十四〕到〔實驗十七〕得知，固定V型器。可控制翼面往上飛，但沒有預期效果。活動翼面可以產生支架爬升，但上支架無法做停的動作。其必藉助於開口固定器，上支架通、下支架不通。最後由上翼的浮動可帶動腹翼的角度變化，浮力增強，即可得甲管先上、再乙管、再丙管的爬升現象。

六、結論

- (一) 此次長達十個月的研究，我們曾失敗灰心過，也有半夜起來無法突破而睡不著，也有共同完成實驗後的歡笑。
- (二) 為了比較各種影響浮力大小的因素，漫長的暑假及課餘王老師與鄭老師都陪我們研究，指導我們於此表達十二萬分謝意。

七、參考書目

- 1.國小自然課本
- 2.光復科學圖鑑
- 3.大美百科全書
- 4.有趣的物理世界（國家出版社）

評語

本作品除了藉實驗了解翼面角度與浮力關係外，並且設計並實做一個會浮升、爬行的「毛毛蟲」。這隻毛毛蟲借著電風扇的風力可沿著一根柱子往上爬，而且其爬行模式與真的毛毛蟲很像，乃藉著一直列等距之開口式旋轉轉盤控制毛毛蟲的運動節奏。這種複雜的半週期性運動，完全用簡單的材料黏貼而成，用到了水平翼浮力的原理，既有原創性，又有學術性，同時又非常好玩，值得獎勵。