

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 物理科

080102

竹蜻蜓的奇幻飛行

學校名稱：屏東縣鹽埔鄉鹽埔國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳冠佑	李采襄
小六 凌凡茵	賴信甫
小六 凌宇威	
小六 王譯陞	
小六 連玟凌	
小六 羅宥杰	

關鍵詞：竹蜻蜓、葉片、升力

## 研究摘要：

為探究童玩竹蜻蜓的飛行，我們利用簡單的馬達及電池組設計升力測量器，由電子磅秤測量旋轉前後的重量差，推算出竹蜻蜓升力大小，並利用冰棒棍來製作各種竹蜻蜓葉片，以探討形狀、寬度、長度及葉片的角度對竹蜻蜓飛行的影響。結果發現葉片提供升力，使竹蜻蜓飛行，而葉片的長寬及角度均影響升力。其中以長寬均為 4 公分的正方形，15 度摺角的葉片升力最大，做成的竹蜻蜓飛得最高最遠。

## 壹、研究動機：

趁著假日到旗山老街逛逛，我們在老街的攤位中看到了許多古早味的童玩，其中用小小竹片製成的竹蜻蜓，根本就是動畫裡哆啦 A 夢穿梭任意門的螺旋槳嘛！

我們買了幾個竹蜻蜓當紀念品實際玩玩看，有時竹蜻蜓飛得又高又遠，有時卻不大飛得起來，因此引發我們好奇，決定動手探究一下這個趣味童玩的飛行奧秘。



## 貳、研究目的：

我們希望藉由研究，探討影響竹蜻蜓飛行的因素，因此訂定研究目的如下：

- 一、動手製作簡易竹蜻蜓。
- 二、設計比較升力大小的竹蜻蜓測量器。
- 三、葉片「長度」對竹蜻蜓升力的影響。
- 四、葉片「寬度」對竹蜻蜓升力的影響。
- 五、葉片「形狀」對竹蜻蜓升力的影響。
- 六、葉片「角度」對竹蜻蜓升力的影響。
- 七、設計出適合讓竹蜻蜓實際飛行的發射器



## 參、研究器材及設備：

### 一、研究器材：

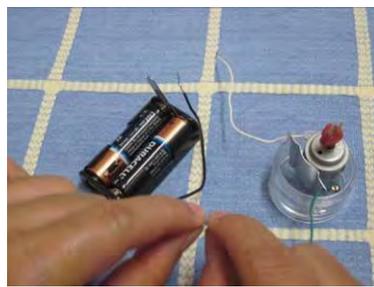
馬達、電池組、牙籤、快乾膠、冰棒棍、鑽孔器、切割墊、厚紙板、木棒、直尺、細線、美工刀、剪刀、膠帶台、鬆緊帶、量角器、吸管、碼錶。

### 二、研究設備：

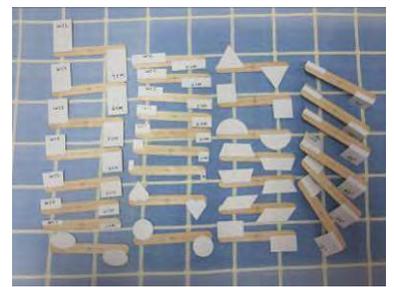
電子磅秤、廢棄書桌、電鑽、數位相機



本研究的設備、器材



連接馬達和電池組



研究所使用的葉片

## 肆、研究流程與結果：



裁切厚紙板作簡易竹蜻蜓



利用吸管作竹蜻蜓轉軸

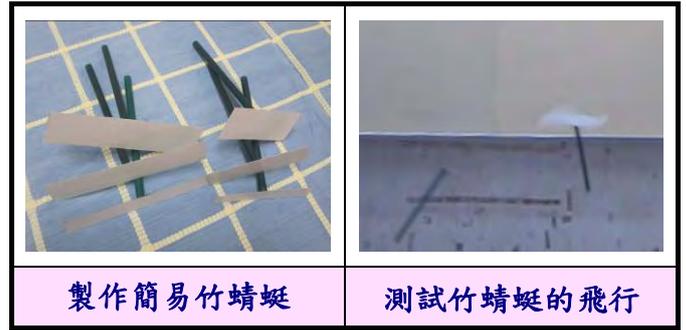


黏貼及成簡易竹蜻蜓

## 研究一：製作簡易竹蜻蜓

我們試著用厚紙板和吸管製作簡易竹蜻蜓，觀察飛行情形。

- 一、厚紙板裁成長方形紙條做為葉片。
- 二、吸管統一長度 15cm，將前面 1cm 處剪開。黏貼吸管及葉片中心點，即成簡易竹蜻蜓。
- 三、試飛，測量竹蜻蜓在空中停留的時間並觀察飛的狀況。



製作簡易竹蜻蜓

測試竹蜻蜓的飛行

### 結果：

翅翼長×寬 飛行時間	10cm × 2cm	10cm × 3cm	15cm × 2cm	15cm × 3cm
第一次 (sec)	1.5	1.03	0.61	0.48
第二次 (sec)	1.58	0.98	0.53	0.52
第三次 (sec)	1.46	1.07	0.57	0.43
飛行情形	轉動快，上升高度高	轉動快，商升高度稍微降低	轉動較慢，上升高度較低	轉動較慢，上升高度較低，飛行不平穩

### 討論：

簡易竹蜻蜓大致能順利飛行，我們觀察到：

- 一、竹蜻蜓從離手到落地的時間太短暫，僅能大致觀察到：較長、較寬的葉片轉動較慢，飛行高度較低，也較早落地。
- 二、以厚紙板和吸管製作的竹蜻蜓，在飛行上並不十分穩定，黏貼吸管時我們常無法掌握葉片中心點，黏得有些歪歪斜斜，僅能觀察到厚紙板葉片的長、寬確實會影響竹蜻蜓飛行時間及高度。
- 三、我們注意到：每次試飛時「手轉動吸管轉動次數」，及「起飛的高度」……這些因素無法完全控制，是否會影響實驗的結果？



雖然已盡量注意，但是手製的葉片，不可能每一張裁切的一樣平整，而葉片又是影響竹蜻蜓飛行的重要因素！為改進這些缺點，我們嘗試用文具店販售的馬達及電子磅秤設計測量儀器，並用冰棒棍製作葉片，進一步觀察竹蜻蜓的飛行。

## 研究二：設計比較升力大小的竹蜻蜓測量器

竹蜻蜓是靠著快速旋轉帶動葉片提供升力上飛，於是我們運用自然課常用的馬達帶動冰棒棍，製成的葉片製造升力測量器。

### 製作升力測量器



1. 用瞬黏膠將 2 段牙籤黏在馬達轉軸上，作發射台軸心。
2. 牙籤寬度 (0.4cm)，用鑽孔器在冰棒棍上鑽 2 個小孔。
3. 馬達連接三號電池的電池組，通電後產生快速旋轉。

### 實測：



## 討論：

- 一、放上葉片後，才轉了幾圈冰棒棍便連牙籤一起彈飛，於是我們逐步改進，發現：軸心的牙籤長度以 2cm 最佳，並用橡皮筋固定，會使軸心更穩定。
- 二、通電後，馬達高速轉動產生跳動甚至位移，需用手扶著底座，操作不方便。

我們想到：旋轉的冰棒棍是否產生升力？產生多少升力？要如何測量？

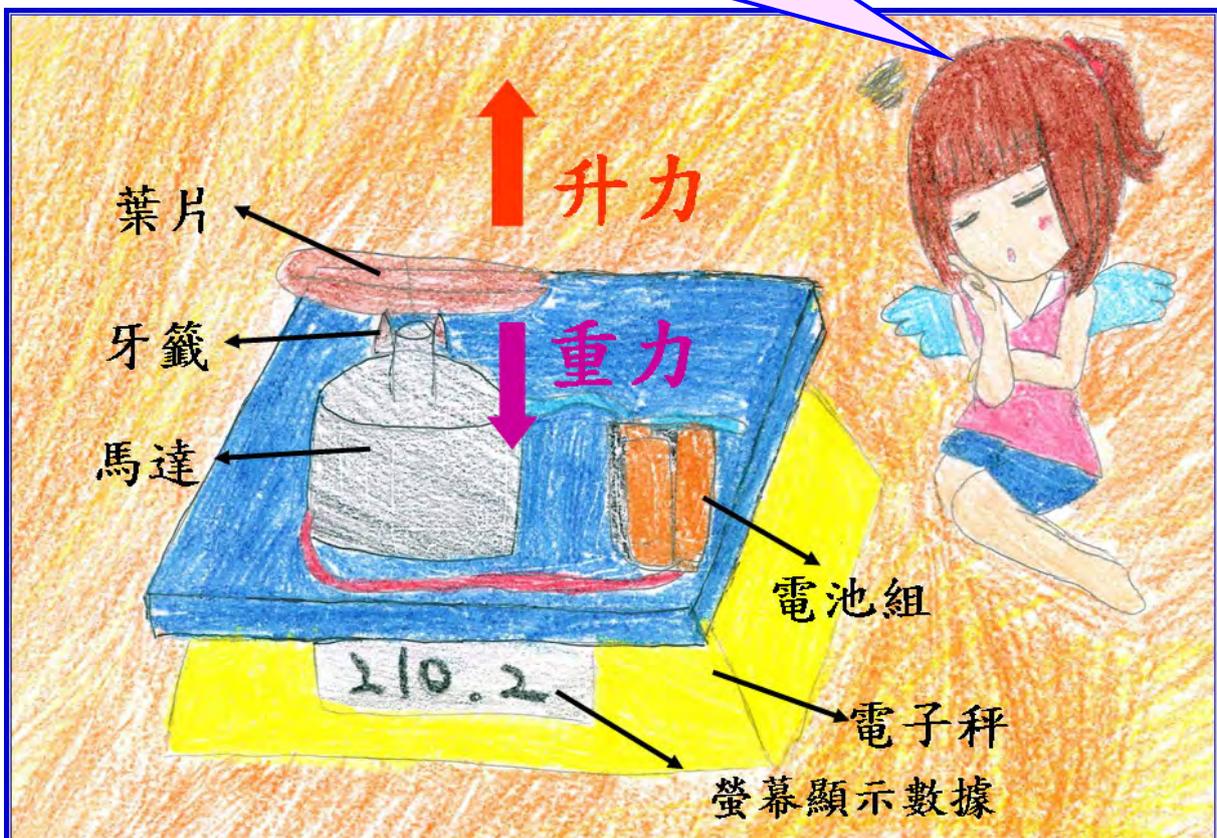
經討論後，我們試著將馬達以底座加以固定，並加入電子秤，設器測量升力的裝置。

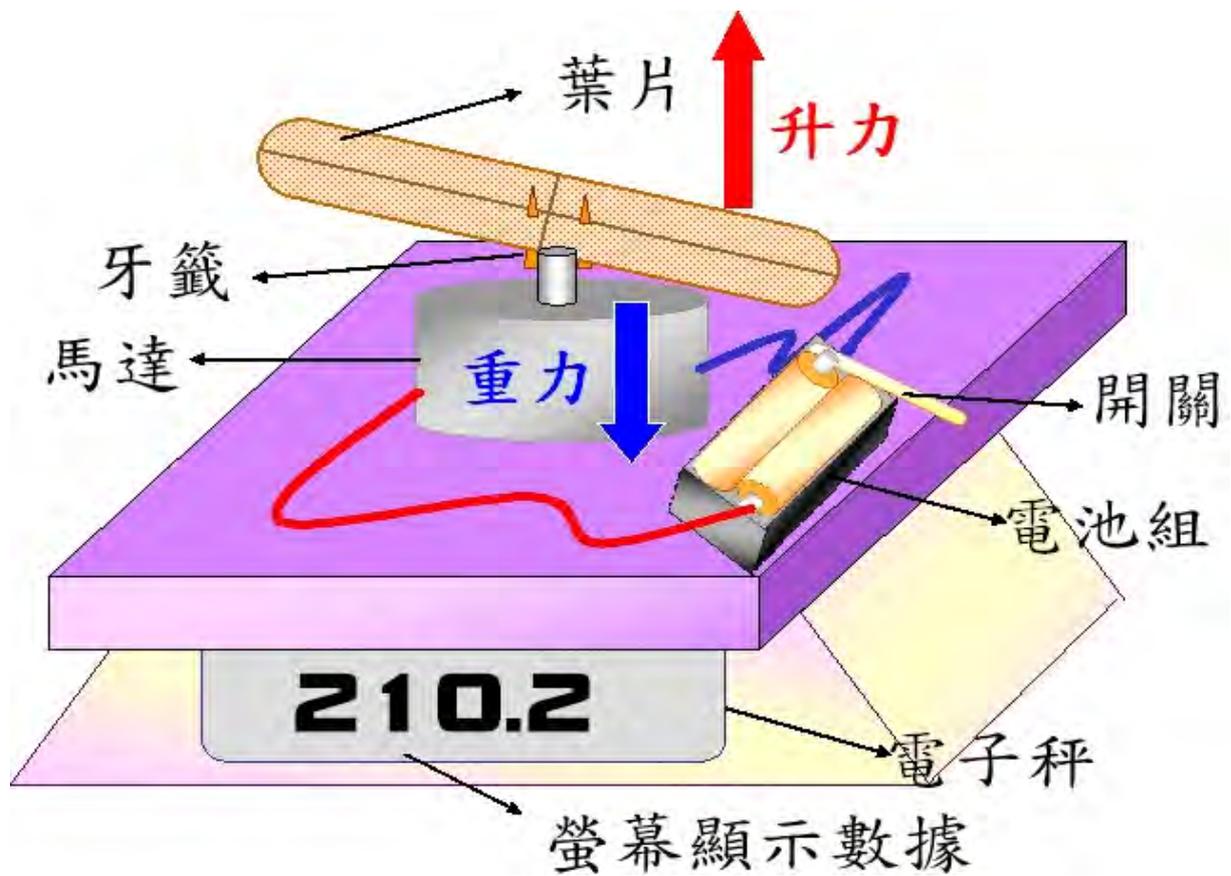


纏繞橡皮筋使軸心穩定

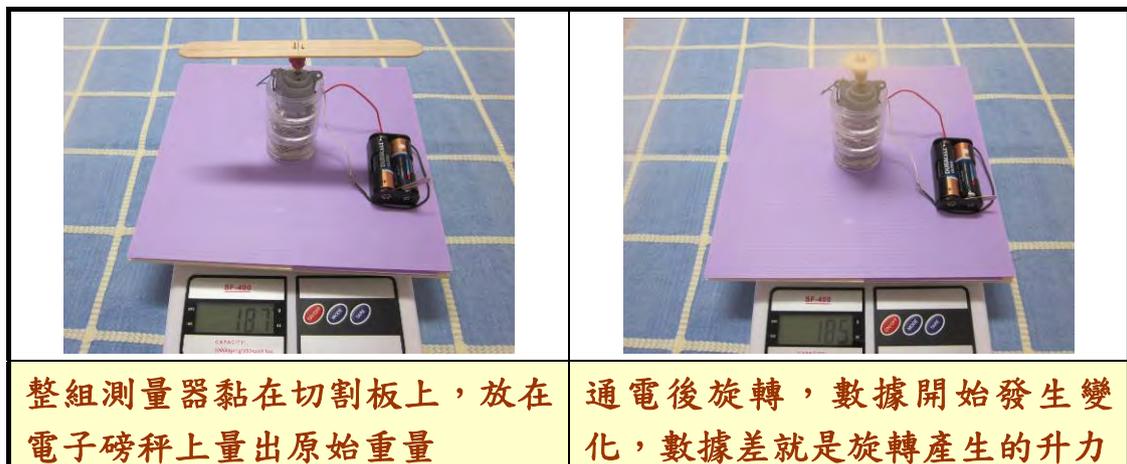
## 改良版升力測量器設計圖

通電前只有電池馬達組的重量，通電後因為旋轉產生升力，升力大於葉片的重力，重量就會減輕！





實測：



## 討論：

一、馬達固定在底座後，跳動問題獲得解決，電子秤同時也將結果數據化變得容易比較。

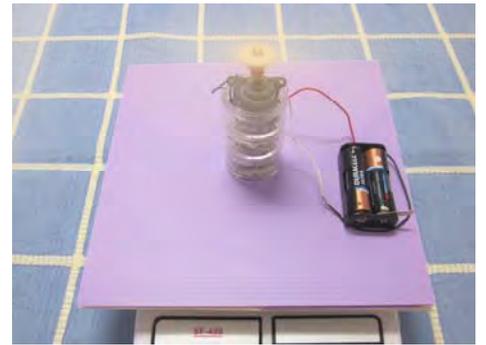
二、測試過程中，我們發現以下因素可能產生誤差，並改善：

1. 葉片常因為晃動而影響磅秤數據，推測可能因葉片兩側重量不平均，使旋轉時晃動。

2. 因此我們做了以下調整：

(1) 測量冰棒棍的長寬，並用鉛筆描繪長寬的中線，方便確認中心點位置。

(2) 確認中心點的位置後，配合牙籤寬度(0.4cm)在葉片上鑽孔，讓兩孔洞盡可能對稱。

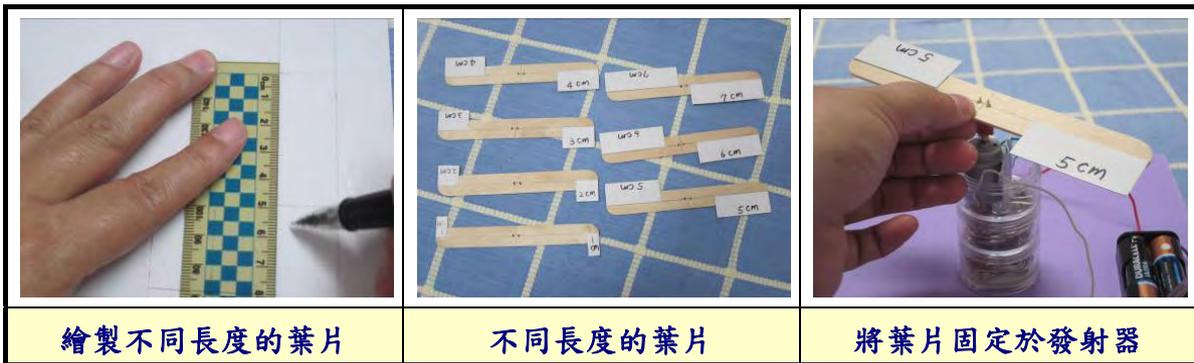
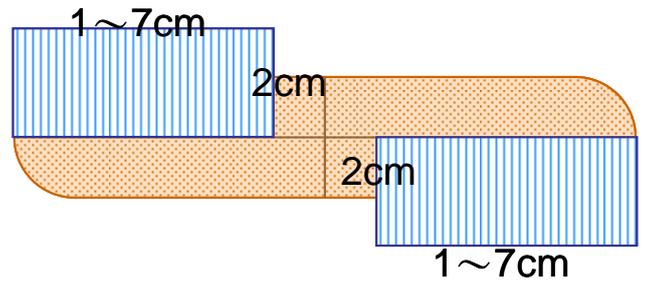


測量軸心牙籤距離



### 研究三：葉片「長度」對竹蜻蜓升力的影響

1. 厚紙板剪成「長方形」貼在冰棒棍上：葉片寬度固定為 2cm，長度則分別為 1cm、2cm、3cm、4cm、5cm、6cm、7cm。
2. 固定在升力測量器，記錄重量的變化。



繪製不同長度的葉片

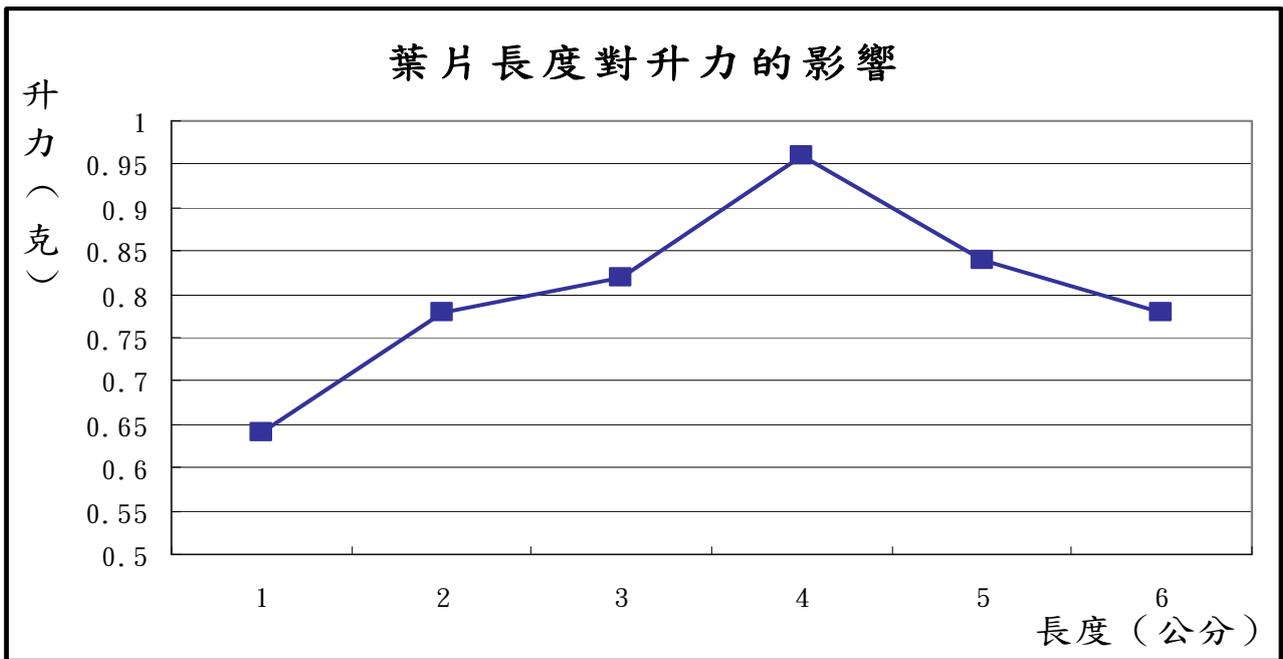
不同長度的葉片

將葉片固定於發射器

### 結果：

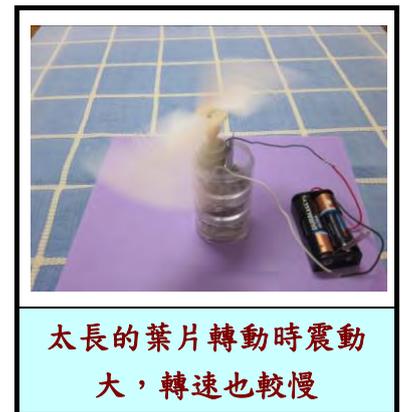
長度	重量	測量結果					平均	升力	
		A	B	C	D	E			
1cm	318	317.3	317.5	317.4	317.3	317.3	317.36	0.64	
2cm	318.7	318	317.8	317	317.1	316.3	317.24	1.46	
3cm	318.2	317.5	317.4	316.5	316.5	315.7	316.72	1.48	
4cm	318.8	317.8	317.9	316.8	316.9	316.1	317.1	1.7	
5cm	318.9	318	318.1	317.3	317.2	316.4	317.4	1.5	
6cm	319.2	318.5	318.4	317.5	317.6	316.9	317.78	1.42	
7cm	319.5	數據變化太大，無法觀測							

(單位：公克)



#### 討論：

- 一、葉片長度影響竹蜻蜓升力。葉片長 4cm 時升力最大，其次是 5cm 時。
- 二、各種葉片的升力依序排列為：4cm > 5cm > 3cm > 2cm > 6cm > 1cm。
- 三、長度 7cm 的葉片，旋轉後因為重量較重旋轉振動過大，所以磅秤數據跳動，無法確定數值。

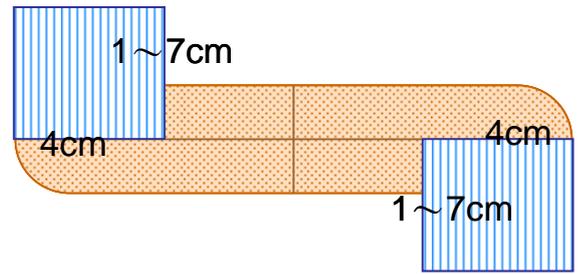


我們試著將接在馬達兩側的電線調換，葉片旋轉的方向會由逆時針方向變成順時針方向。葉片轉動方向相反，電子秤數據不但沒有減輕反而增加，也就是原本的升力變成下沈力。因此，配合葉片黏貼的方向，本研究固定葉片往逆時針方向旋轉，讓葉片產生升力。



## 研究四：葉片「寬度」對竹蜻蜓升力的影響

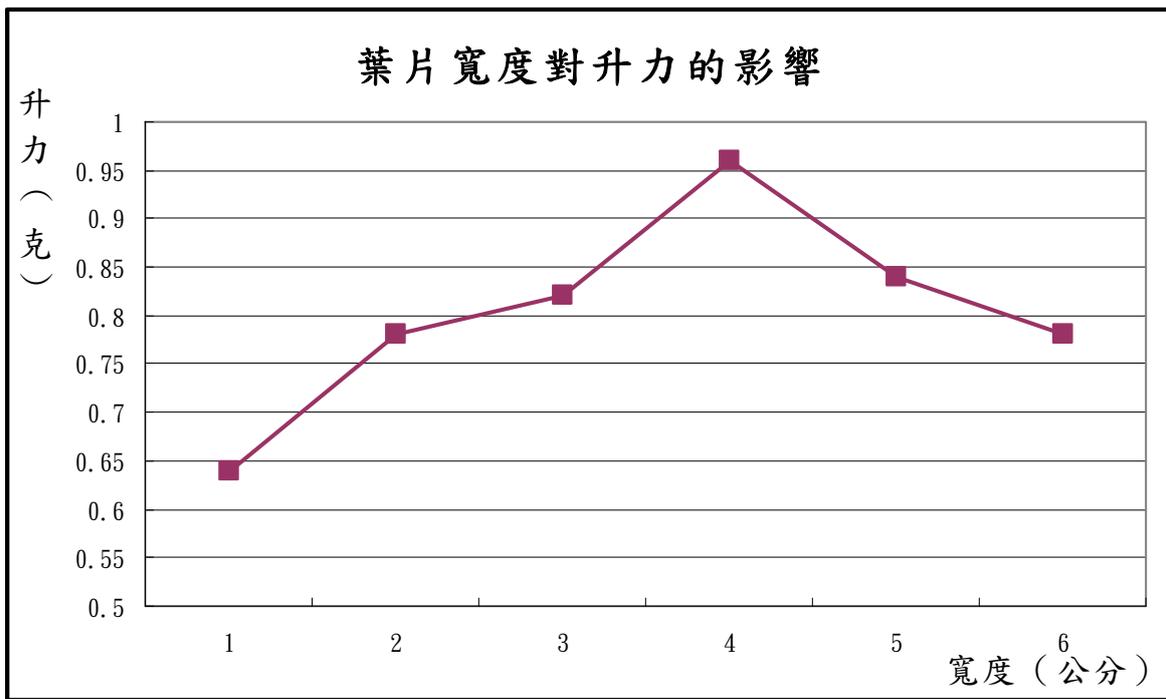
1. 將葉片長度固定為 4cm。
2. 寬度裁成 1cm、2cm、3cm、4cm、5cm、6cm、7cm。
3. 固定在升力測量器，記錄重量變化。



### 結果：

寬度	重量	測量結果					平均	升力
		A	B	C	D	E		
1cm	316.5	315.9	315.7	315.1	315.1	314.4	315.24	1.26
2cm	317.2	316.4	316.5	315.8	315.9	315.1	315.94	1.26
3cm	318.1	317.3	317.2	316.5	316.3	315.5	316.56	1.54
4cm	319.3	318.3	318.4	317.5	317.3	316.3	317.56	1.74
5cm	320.5	319.8	319.6	318.6	318.5	317.7	318.84	1.66
6cm	321.3	320.6	320.5	319.9	319.8	319	319.96	1.34
7cm	318.5	數據變化太大，無法觀測						

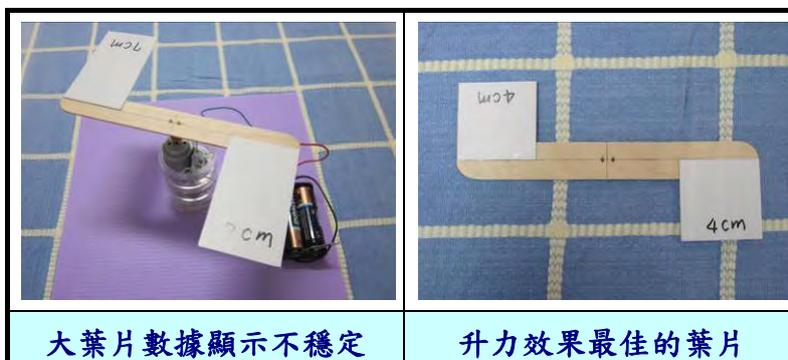
(單位：公克)



#### 討論：

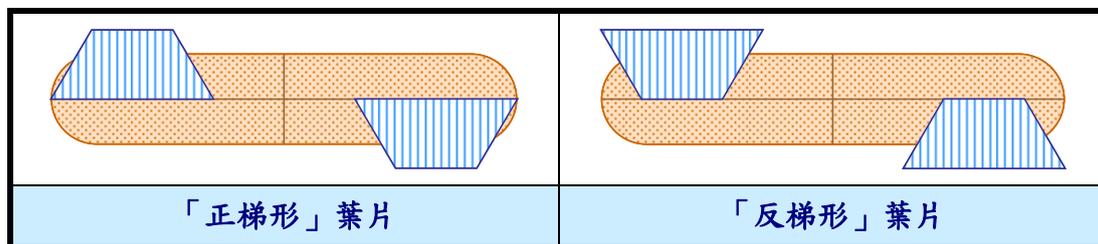
- 一、葉片寬度影響升力，隨著寬度增加，升力逐漸上升，其中寬度 4cm 的葉片升力最大（升力 0.98 公克），但各組之間測量出來的數據仍相當接近。
- 二、升力由大到小分別是：4cm > 5cm > 3cm > 6cm > 2cm = 1cm。
- 三、寬度 7cm 的葉片重量較重，旋轉之後振動過大，所以磅秤數據顯不穩定，無法測得確定數值。

對照研究三，我們發現長度 4cm，寬度 4cm 的葉片（恰為正方形）是所有葉片中升力最大的，適合後續研究。



## 研究五：葉片的「形狀」對竹蜻蜓升力的影響

1. 利用面積公式，讓各形狀葉片的面積相等（15 平方公分）。
2. 用厚紙板製作「長方形(3×5cm)」、「正方形」、「平行四邊形」、「正梯形」、「反梯形」、「半圓形」、「三角形」、「橢圓形」及「心形」等形狀葉片。



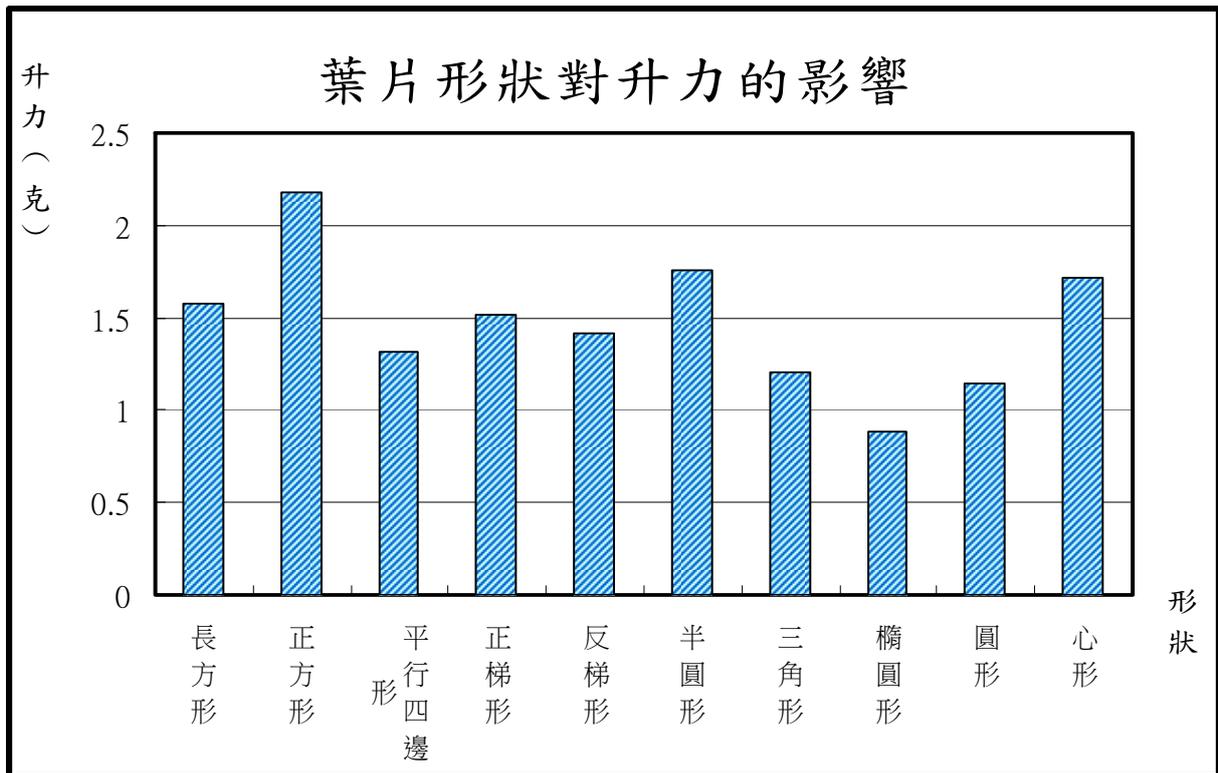
3. 將剪下來的葉片黏貼在冰棒棍上後，固定在升力測量器，記錄重量變化。



### 結果：

形狀	重量	測量結果					平均	升力
		A	B	C	D	E		
長方形	319.2	318.4	318.3	317.2	317.5	316.7	317.62	1.58
正方形	317.6	316.4	316.3	315.1	315.2	314.1	315.42	2.18
平行四邊形	319.3	318.6	318.5	317.7	317.9	317.2	317.98	1.32
正梯形	319.2	318.4	318.3	317.7	317.4	316.6	317.68	1.52
反梯形	318.9	318.3	318	317.2	317.3	316.6	317.48	1.42
半圓形	317.2	316.1	316.2	315.3	315.4	314.2	315.44	1.76
三角形	319	318.3	318.4	317.6	317.7	317	317.8	1.2
橢圓形	316.8	316.4	316.3	315.9	315.7	315.3	315.92	0.88
圓形	317.9	317.4	316.8	316.7	316.7	316.2	316.76	1.14
心形	316	315.1	315	314.2	314	313.1	314.28	1.72

(單位：公克)



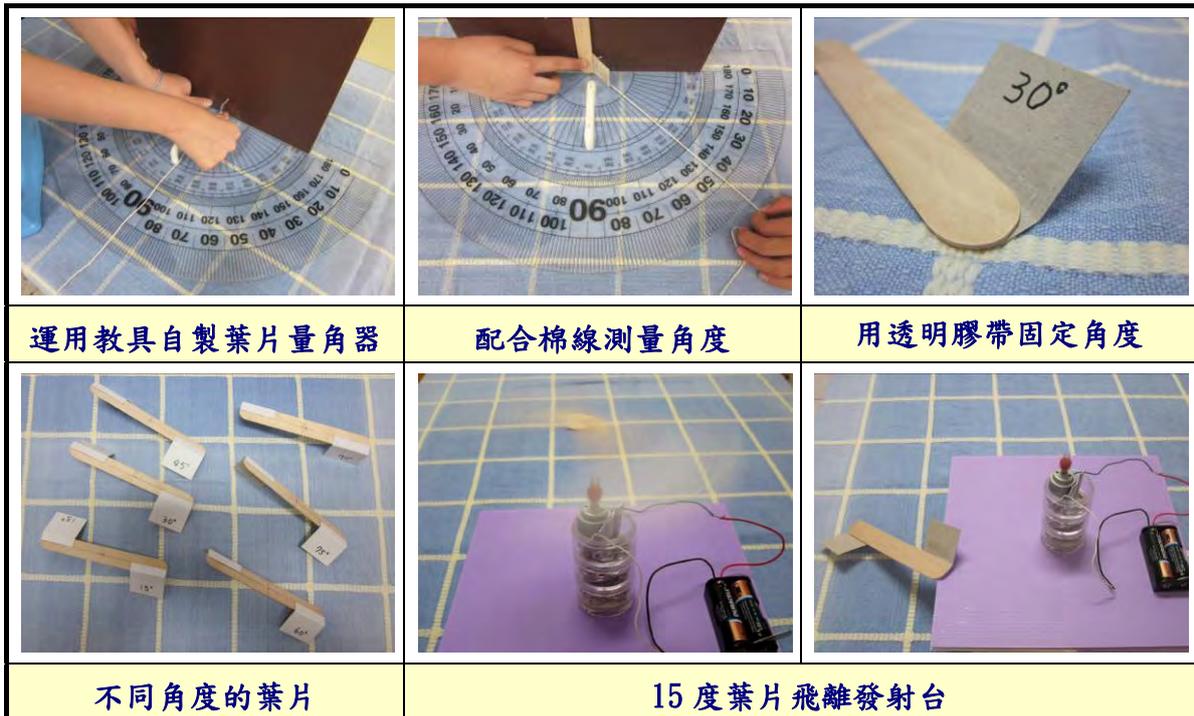
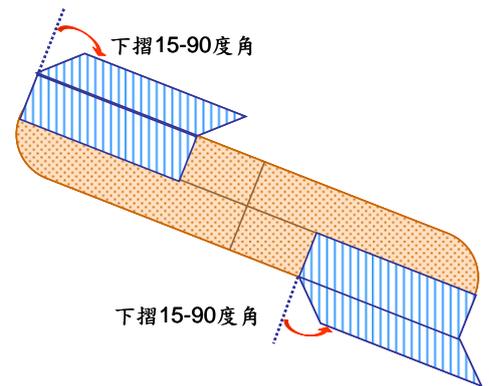
#### 討論：

- 一、 由於需控制葉片面積相同，因此我們利用面積公式計算，以及 WORD 的快取圖案輔助我們繪製，比手繪更加精確。
- 二、 由於圓周率的關係，因此心形、橢圓、圓形葉片面積會略少，每個葉片的重量會有些微的不同。
- 三、 葉片形狀會影響升力，各種形狀的葉片之升力由大到小分別為：  
正方形 > 半圓形 > 心型 > 長方形 > 正梯形 > 反梯形 > 平行四邊形 > 三角形 > 圓形 > 橢圓形。
- 四、 正方形葉片升力效果最好，此結果與前面研究三、四相呼應。
- 五、 不同形狀的葉片升力雖然有一點差異，但差異不大。



## 研究六：葉片「角度」對竹蜻蜓升力的影響

1. 將葉片大小固定為 4cmx4cm。
2. 如圖調整葉片角度，為「15 度」、「30 度」、「45 度」、「60 度」、「75 度」和「90 度」。
3. 固定在升力測量器，記錄重量變化。

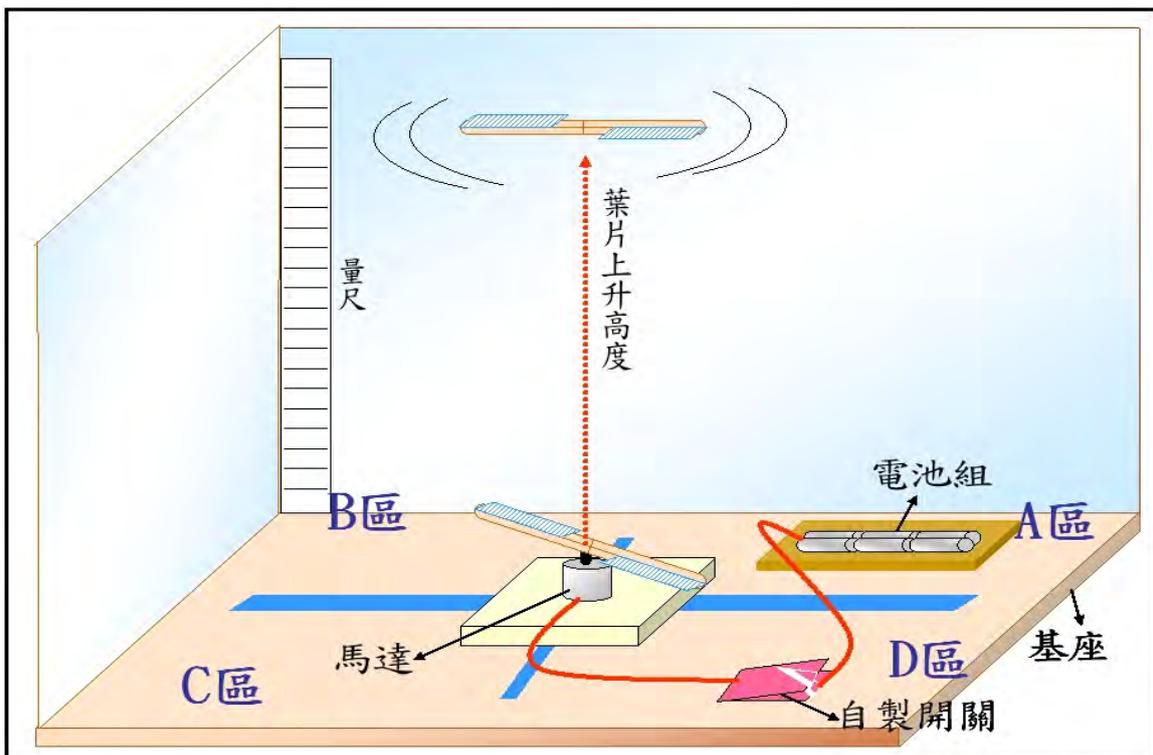
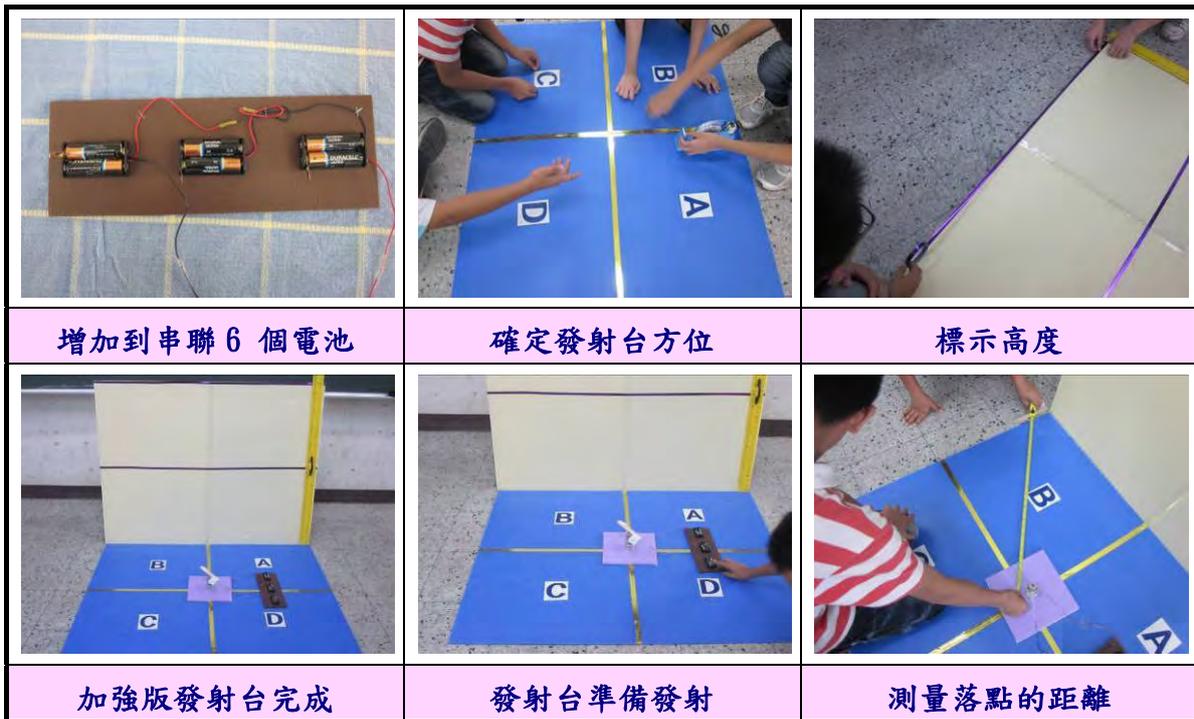


### 結果：

葉片角度	原重 (g)	測量結果	飛離發射台
15 度	211.4	數據變化大，無法觀測	○
30 度	211.5	數據變化大，無法觀測	○
45 度	211.2	數據變化大，無法觀測	×
60 度	211.2	數據變化大，無法觀測	×
75 度	211.4	數據變化大，無法觀測	×
90 度	211.2	數據變化大，無法觀測	×

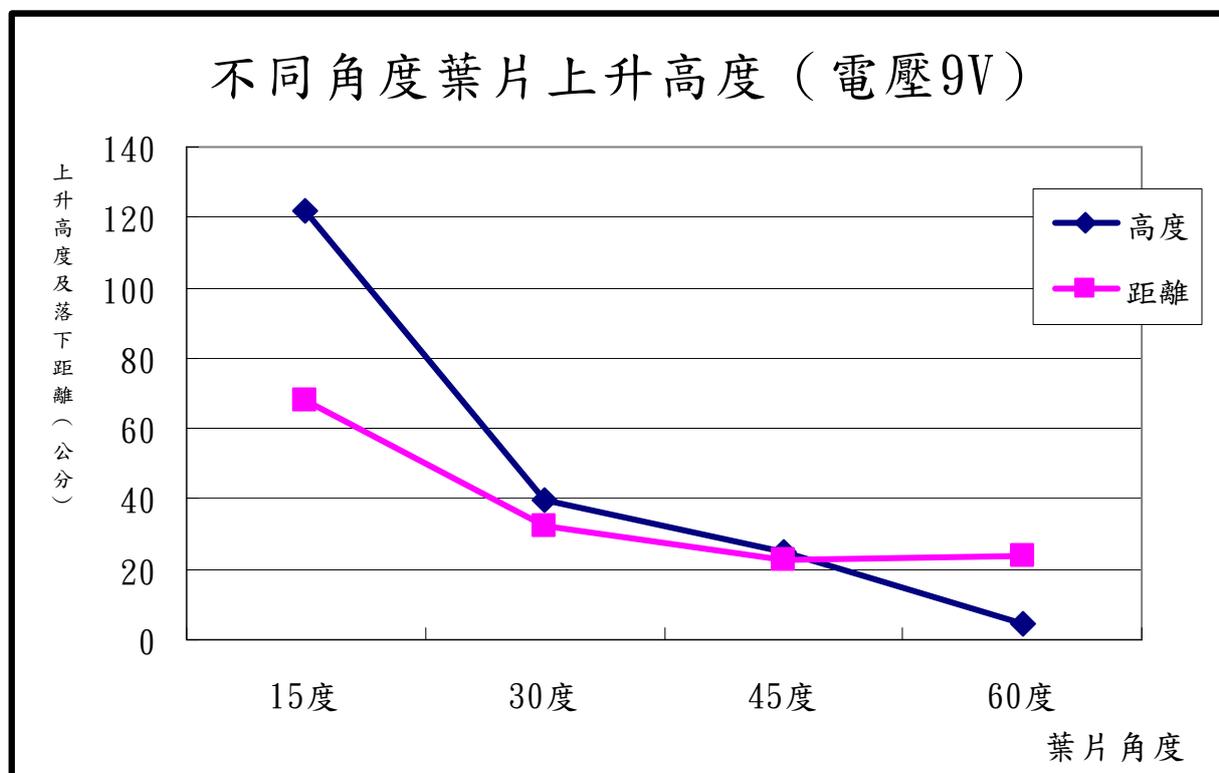
## 討論：

- 一、改變角度的葉片開始旋轉後，磅秤的數據並不穩定，有時甚至還會變得比原本重，無法正確測量。試飛後發現，只有 15 度和 30 度的葉片會略為飛離發射台，其他角度的葉片都不會。
- 二、經討論後，我們試著將原先的串聯 2 個電池（3V）改為串聯 6 個電池（9V），增加馬達的轉速，試試看能否產生更大的升力，方便我們觀察。



結果：

		高度	距離	降落方位			高度	距離	降落方位
15 度	A	112	95	A 區	30 度	A	34	28	D 區
	B	130	83	C 區		B	42	40	D 區
	C	128	78	C 區		C	36	27	D 區
	D	120	30	A 區		D	40	24	D 區
	E	118	55	B 區		E	45	43	D 區
	平均	121.6	68.2	無固定方向		平均	39.4	32.4	D 區
45 度	A	25	12	D 區	60 度	A	3	16	A 區
	B	24	15	B 區		B	5	28	B 區
	C	23	27	C 區		C	6	27	B 區
	D	28	32	C 區		D	5	29	D 區
	E	26	28	A 區		E	3	18	C 區
	平均	25.2	22.8	無固定方向		平均	4.4	23.6	無固定方向
75 度	未離開發射台			90 度	未離開發射台				



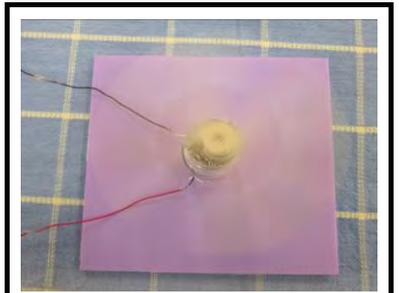
## 討論：

串聯 6 個 1.5V 電池(共 9V)，可使馬達產生更高速的轉動，葉片旋轉速度更快，能很輕易地就離開發射台且上升到一定的高度，我們觀察到：

- 一、15 度的葉片上升平均高度為 121.6cm，明顯比其他角度的葉片飛得高。而 75 度與 90 度葉片則完全未離開發射台。
- 二、15 度的葉片升得較高外，掉落位置也明顯距離基座較遠（68.2cm），上升高度越高的葉片，就會飛得越遠。
- 三、大部分葉片均無固定降落方位，僅 30 度的葉片偏向 D 區，推測可能與葉片兩側的平衡有關。
- 四、角度大的葉片（75 度、90 度）旋轉的速度會明顯減慢，推測可能與葉片造成的「阻力」有關。

「葉片的角度」影響是竹蜻蜓上升，升得越高就飛得越遠，但如果葉片角度太大卻也會變成旋轉起飛的負擔！

但童玩的竹蜻蜓並不是依靠電力旋轉上升，而是由雙手搓動製造快速旋轉讓竹蜻蜓上升起飛。要如何設計一個可以固定拉力竹蜻蜓呢？我們從竹蜻蜓另一個的「分身」得到靈感，決定動手做做看。



串連六個電池的  
葉片旋轉較快

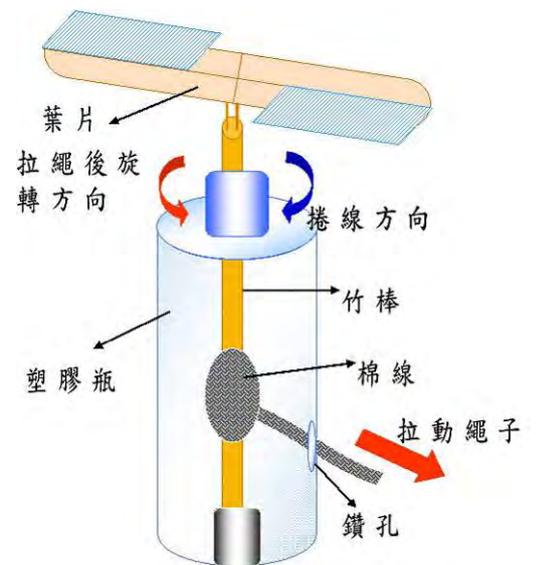


用繩子拉力提供  
升力的竹蜻蜓

## 研究七：設計出適合讓竹蜻蜓實際飛行的發射器

### 方法：

1. 竹棒上綁上 2 段牙籤作為旋轉中心軸。
2. 塑膠瓶底部黏貼泡棉，並在竹棒綁棉線，使竹棒能在瓶中旋轉。
3. 瓶側鑽孔，利用手的拉力帶動中心軸產生快速旋轉。
4. 在小孔的下方套上一小段塑膠軟管，防止竹棒往下滑動。



### 實測：

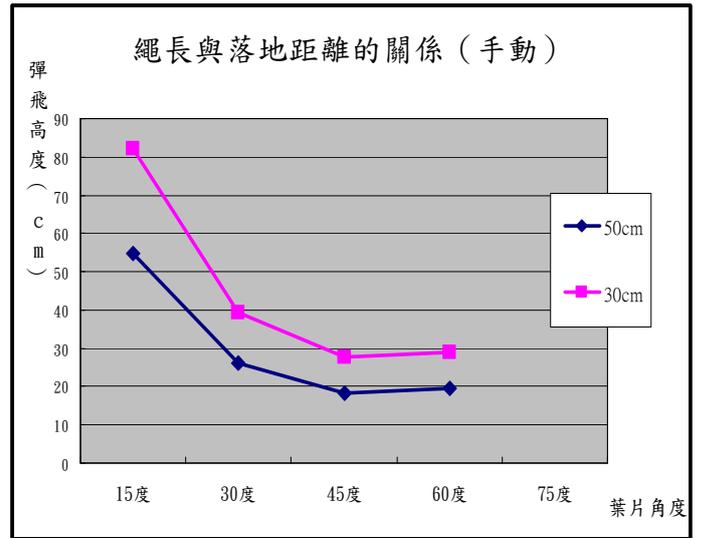
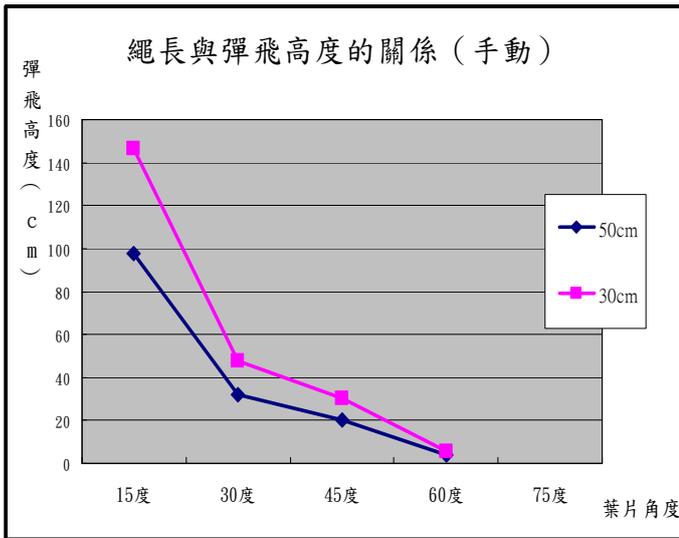
【繩長與竹蜻蜓飛行的關係，以 15 度葉片測試】

繩長	A	B	C
10cm	×	×	×
20cm	×	×	○
30cm	○	○	○
40cm	○	○	○
50cm	○	○	○
60cm	○	○	○

○：飛離發射台

×：未彈飛

## 【不同繩長對各角度葉片的飛行結果】



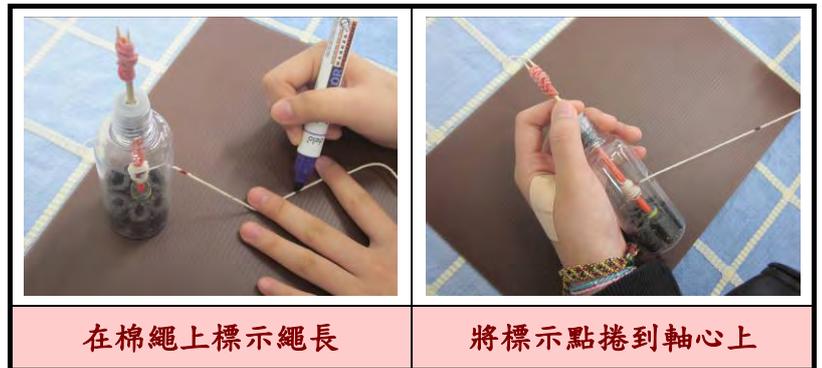
### 討論：

拉動繩子產生拉力確實能使葉片轉動，也可以產生升力讓葉片飛起，我們觀察到：

- 一、拉繩長度 > 20 公分，即可使 15 度的葉片飛行。
- 二、拉繩長度越長，提供旋轉的動力較大，竹蜻蜓彈飛高度越高，落地位置也越遠。
- 三、各角度葉片飛行的高度及距離均為 15 度 > 30 度 > 45 度 > 60 度。
- 四、75 度、90 度的葉片旋轉明顯較慢，也不會彈飛。

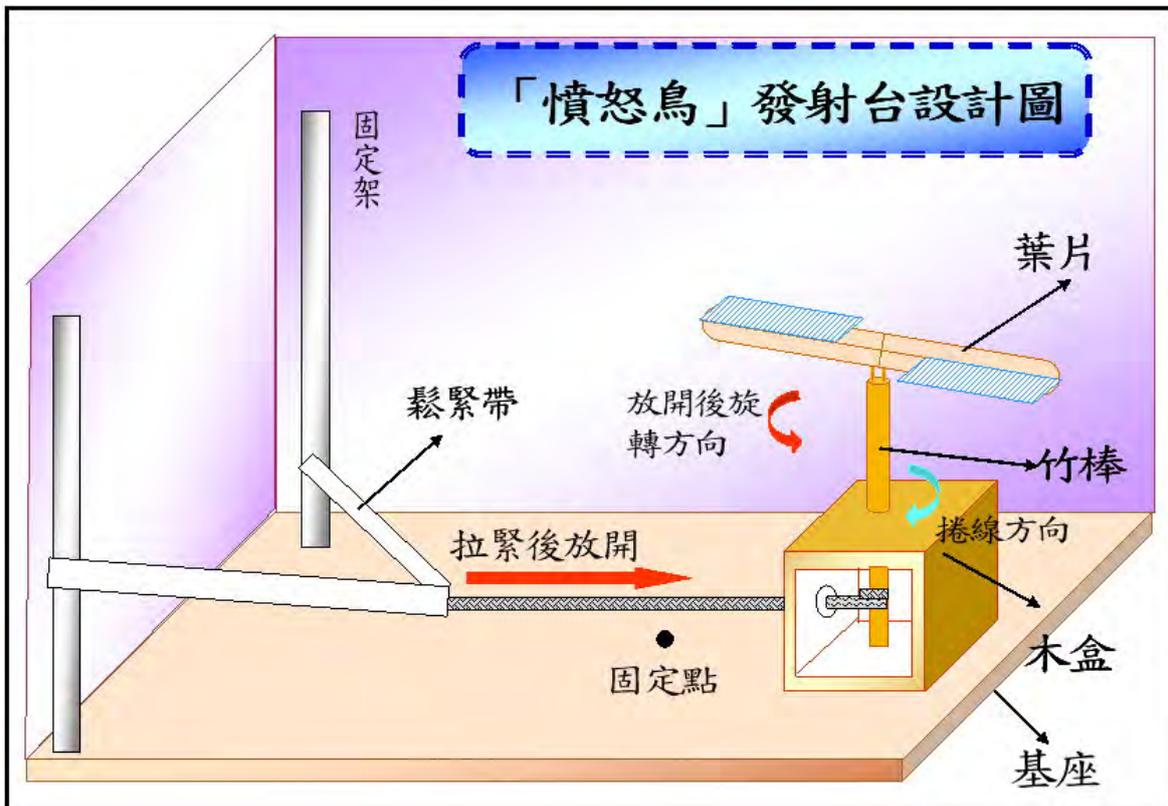
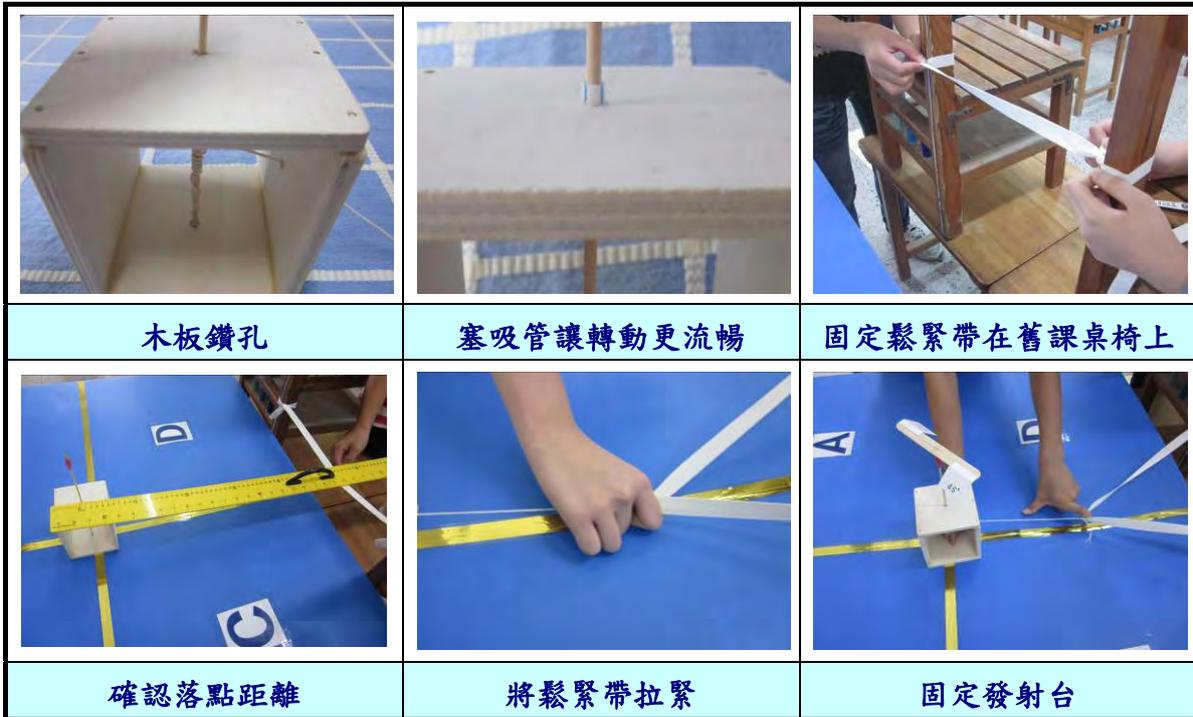
但是由於我們使用的瓶子較小，容易在拉繩中位移，因此必須一人固定瓶子，一人快速往外拉，實在不大方便。

我們無法確定每次拉動繩子的速度是否固定，而拉繩速度不同，拉力大小是否固定？會不會因此影響每次葉片飛行的高度和距離？這時有同學提議：可不可以像 APP 遊戲的「憤怒鳥」一樣，利用彈力來讓葉片轉動呢？



方法：

1. 配合木棒的粗細，在木片鑽孔，黏貼成為固定架。
2. 以固定架為旋轉的底座，固定鬆緊帶在鐵架上，再利用鬆緊帶的彈性，帶動捲在木棒上的細線產生旋轉。
3. 將鬆緊帶拉至固定點後放開，發射後測量葉片飛行的數據。

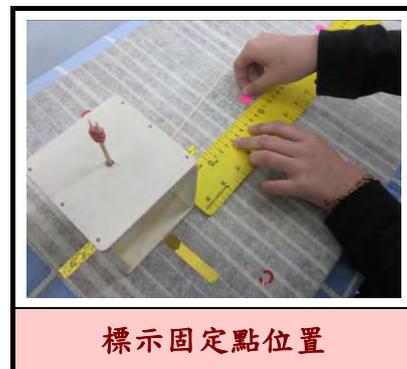


## 結果：

### 【固定點位置與竹蜻蜓飛行的關係，以 15 度葉片測試】

固定點位置	A	B	C
10cm	×	×	×
20cm	○	○	○
30cm	○	○	○
40cm	○	○	○
50cm	○	○	○

○：飛離發射台      ×：未彈飛

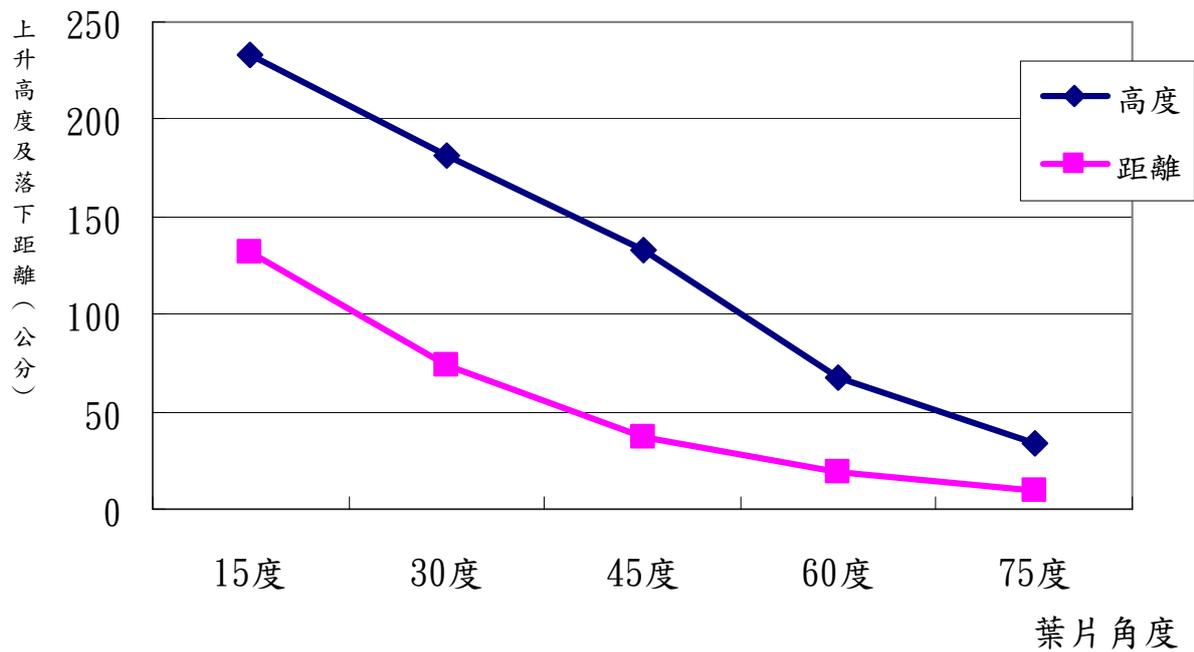


標示固定點位置

### 【固定點距離 50 公分對各角度葉片的飛行結果】

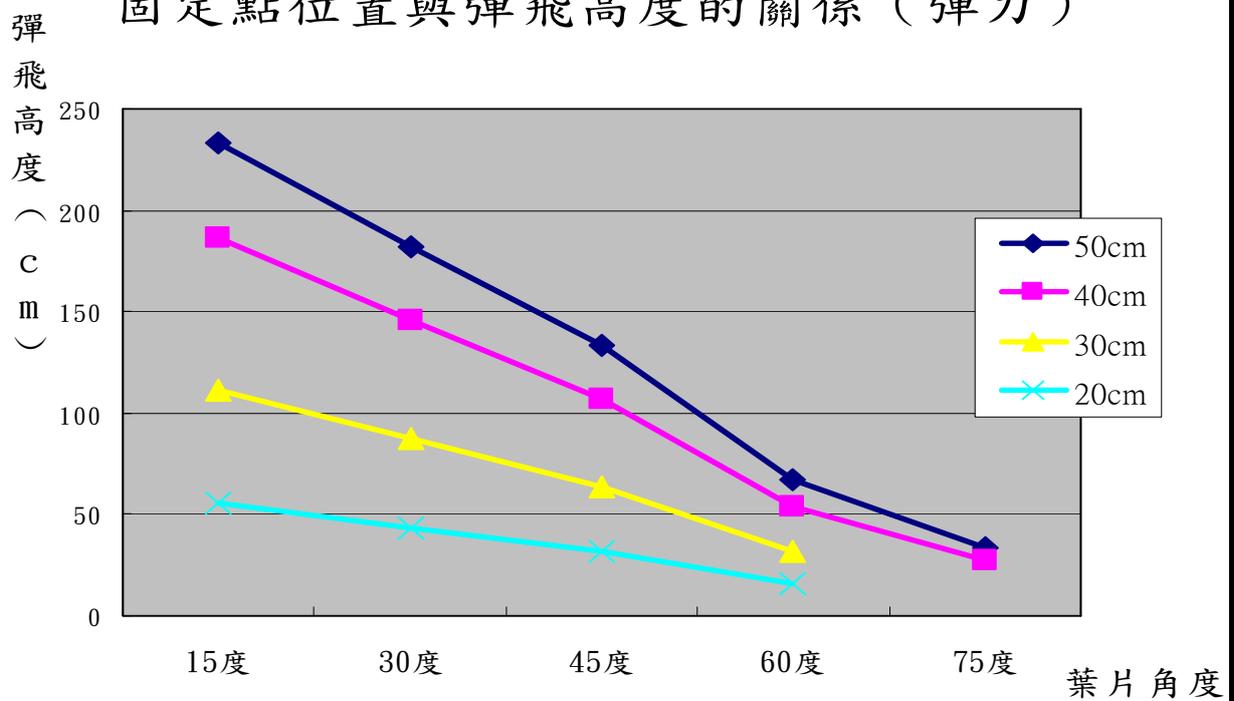
		高度	距離	降落方位			高度	距離	降落方位
15 度	A	230	130	A 區	30 度	A	185	80	D 區
	B	238	135	C 區		B	180	72	D 區
	C	225	128	D 區		C	183	74	A 區
	D	235	132	A 區		D	178	68	A 區
	E	236	134	B 區		E	183	73	D 區
	平均	232.8	131.8	無固定方向		平均	181.8	73.4	偏 AD 區
45 度	A	126	32	A 區	60 度	A	68	20	A 區
	B	132	35	A 區		B	63	15	A 區
	C	135	37	D 區		C	67	19	D 區
	D	138	41	C 區		D	72	23	C 區
	E	136	38	B 區		E	65	18	D 區
	平均	133.4	36.6	無固定方向		平均	67	19	無固定方向
75 度	A	32	8	A 區	75 度	D	37	11	D 區
	B	38	12	C 區		E	33	9	B 區
	C	30	10	D 區		平均	34	10	無固定方向
90 度	未離開發射台								

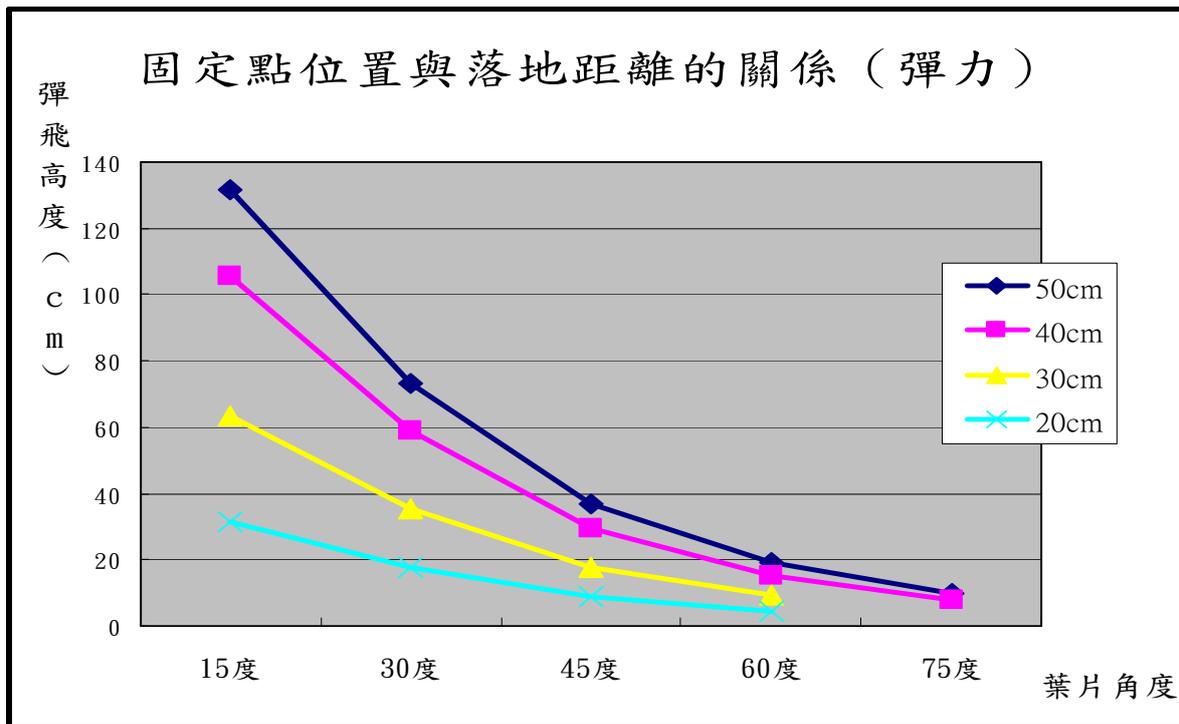
不同角度葉片上升高度（彈力50cm）



【固定點距離對各角度葉片的飛行結果】

固定點位置與彈飛高度的關係（彈力）





### 討論：

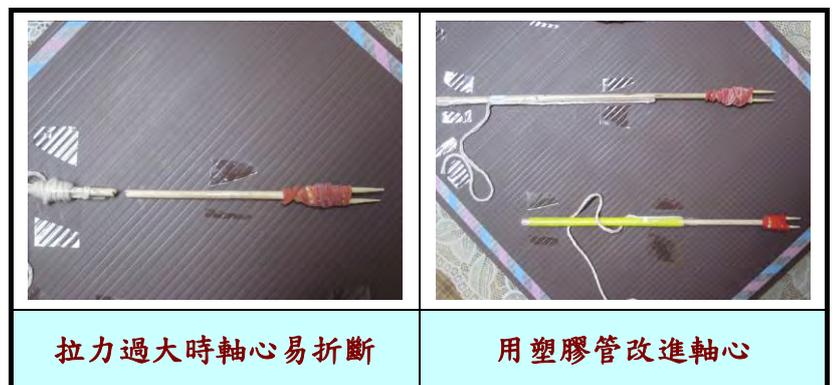
以塑膠瓶製作的發射台，雖能使竹蜻蜓葉片飛起，但是每次拉繩的速度不同連帶拉力無法確定，因此我們持續改進。

各種角度的葉片使用我們所設計的「拉繩」、「憤怒鳥」發射台，發射所上升的高度，都比電力版發射台 (9V) 還要高。角度 15 度的葉片上升高度的平均值，竟然高達 232.8cm，實在太厲害了！

角度 90 度的葉片仍完全未離開發射台，可能是阻力太大，旋轉的速度也明顯較慢，可見角度太大的確會變成葉片起飛的負擔。

「憤怒鳥」發射台主要是依靠鬆緊帶的彈性帶動葉片旋轉，因此每次實驗前一定要先確定鬆緊帶是否固定好，同時也要讓作為固定架的桌腳有一定的重量，才能保持固定，不會影響到實驗數據的準確性。

但是定位點 > 30cm 時，拉力變大，雖然葉片順利彈飛，但軸心也因此斷掉。我們嘗試以麥香紅茶的吸管及氣球的塑膠管套在軸心上增加硬度改進，發現氣球塑膠管硬度較大，果然能提供軸心足夠的支撐，同時也能讓棉繩順利連動旋轉。



## 伍、研究結論：

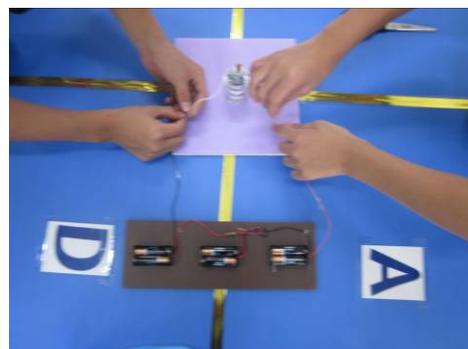
研究中，我們發現竹蜻蜓的飛行與葉片所提供的升力息息相關，升力越大竹蜻蜓就飛得越高越遠。

一、從紙製簡易竹蜻蜓，我們發現竹蜻蜓的葉片影響飛行。但因施力方式，及飛行高度無法定量，所以我們尋求利用馬達製作的升力測量器的方法。

二、設計竹蜻蜓升力測量器：

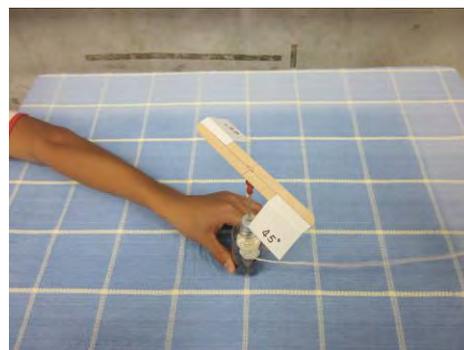
1. 我們改良裝置製作的升力測量器中，電子秤所測量的「減輕重量」就是帶動竹蜻蜓葉片上升的升力。
2. 實驗時常會因為葉片晃動而影響電子秤數據，我們推測可能原因是：葉片兩側重量不平均，導致旋轉時晃動不順暢。因此我們做了以下的調整：

- (1) 軸心牙籤以橡皮筋固定。
- (2) 標示冰棒棍中心點，再配合牙籤的寬度(0.4cm)挖洞，讓兩個洞孔盡可能對稱。



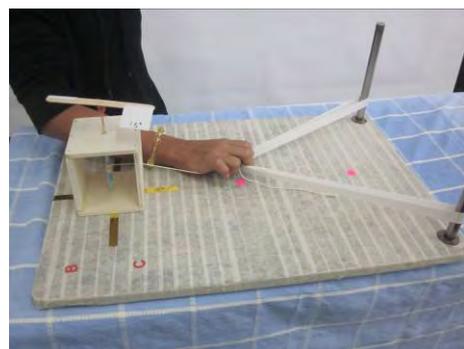
三、葉片的「長度」、「寬度」、「形狀」，以及葉片「摺起角度」確實影響竹蜻蜓的升力。

1. 固定葉片的寬度(2cm)，改變葉片長度得知——升力最大的是4cm，過長的葉片反而因數據跳動無法觀察。
2. 固定葉片的長度(4cm)，改變葉片寬度得知——升力最大的是4cm，過寬的葉片也無法觀測。
3. 整合「長度」和「寬度」結果發現——正方形升力最大，而長度4cm、寬度4cm的葉片，飛行效果最佳！
4. 葉片摺起角度，也會影響升力，其中15度葉片升得最高飛得最遠，可見所產生的升力最大，而75度與90度的葉片則完全未離開發射台。
5. 角度越大的葉片旋轉的速度會明顯減慢，推測可能與葉片造成的「阻力」有關。



#### 四、設計出適合讓竹蜻蜓實際飛行的發射器

1. 以塑膠瓶製作的發射台，雖能使竹蜻蜓葉片飛起，但是若要能彈得高，繩長需  $> 30$  公分。
2. 雖然拉繩長度越長，葉片彈飛的高度及落地的距離越大，但拉繩的發射台無法確定每次拉繩速度是否相同，因此容易造成實驗誤差。
3. 各種角度的葉片使用我們所設計的「拉繩」、「憤怒鳥」發射台，發射所上升的高度，都比電力版發射台（9V）還要高。15 度的葉片上升高度的平均值，高達 232.8cm！
4. 90 度的葉片仍未離開發射台，可能是阻力太大，旋轉時的速度也明顯的減慢許多，可見角度太大的確會變成起飛的負擔。



葉片轉動引發空氣流動，提供竹蜻蜓上升的動力。在我們的研究中，這個動力數值雖不大，卻足以使竹蜻蜓飛得高、飛得遠。透過研究，我們發現「竹蜻蜓」這古早味童玩，當中隱含許多運動及力學的科學現象，讓我們收穫滿滿！



#### 陸、參考書目：

1. 簡單機械（康軒版自然與生活科技，第八冊第一單元）。
2. 力與運動（康軒版自然與生活科技，第五冊第四單元）
3. 哆啦 A 夢的時光機—雙翼反轉直升機（第 47 屆全國科展說明書，國小組自然科）。
4. 會來回轉動的竹蜻蜓（第 48 屆全國科展說明書，國小組自然科）。
5. 竹蜻蜓

（[http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2004/phantom/02\\_file/0214/021401.htm](http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2004/phantom/02_file/0214/021401.htm)）。

## 【評語】 080102

本作品根據常見的竹蜻蜓加以改良，討論葉片形狀、寬度、長度及角度對竹蜻蜓升力的影響，整體實驗的設計及實作都有很好的表現，實驗結果也很完備，唯相關題目在文獻中已多有敘述，本作品若能在定量分析方面再加強一些，一定能有更亮眼的表現。