

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080803

「風」華再現-風力發電的探索

學校名稱：桃園縣蘆竹鄉錦興國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃浩晟	張鈺媛
小六 謝家任	謝佳容
小六 林奕臻	
小六 姚俊辰	

關鍵詞：電流、扇葉、風力

摘要

風力發電是目前全世界成長最快的能源科技，雖然風力發電仍遭受成本高、效率不夠的批評，風力發電場甚至被形容成醜陋、噪音驚人、又危害生態，但專家們依然努力改良風力發電的裝置及設計，試圖設計出氣體流動性能良好的葉片，將動力傳導給發電機以開發能源。本研究的目的就是在探討扇葉設計與氣流之間所產生的互動關係，運用生活中垂手可得的材料，和實驗室中現成的實驗器材，設計一套簡易裝置來探索扇葉與風的神祕關係。

研究動機

上過牛頓版自然生活與科技第四冊與第八冊中有關能源的認識，再加上面對地球暖化的議題，讓我們重新思考乾淨能源的重要性。去年發生能源危機，油價節節高漲，讓仰賴石油進口的國家飽受壓力。台灣由於地緣的關係，沿海風力資源極為豐富，在桃園縣沿海觀音鄉一帶，矗立著數十支風力發電機，顯示政府也注意到利用取之不竭、用之不盡的風力發電。因此，我們決定以這為主題，進行研究討論。

觀察著那些高聳巨大的風力葉片，我們思考著什麼是扇葉最佳的迎風受力角度、長度、寬度、厚度、重量？我們將以模擬的扇葉進行實驗，從實驗數據來探討、瞭解「扇葉」與「風」之間的關係。



<http://www.wretch.cc/blog/janee/13864392> 大園觀音風力發電

貳、研究目的

- 一、扇葉的（摺角）角度是否影響產生電流的強弱。
- 二、扇葉的長度是否影響產生電流的強弱。
- 三、扇葉的寬度是否影響產生電流的強弱。
- 四、扇葉的厚度是否影響產生電流的強弱。
- 五、扇葉的重量是否影響產生電流的強弱。
- 六、微量的電流可以發揮的作用。

參、研究設備及器材

一、工具：

			
三用電表	美工刀	鐵鎚	切割墊
			
鐵釘	砂紙（粗、細）	量角器和尺	筆
			
剪刀	上皿天秤	砝碼、鑷子	電線
			
小馬達	電風扇	支架	粉筆
			
書	碼表	照相機	收藏盒

二、材料：

			
冰棒棍	白膠	瞬間膠、保麗龍膠	膠帶

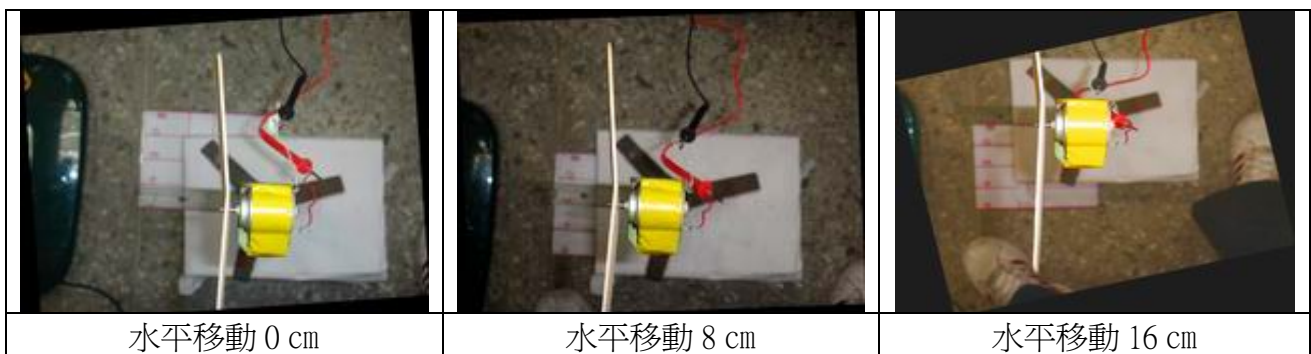
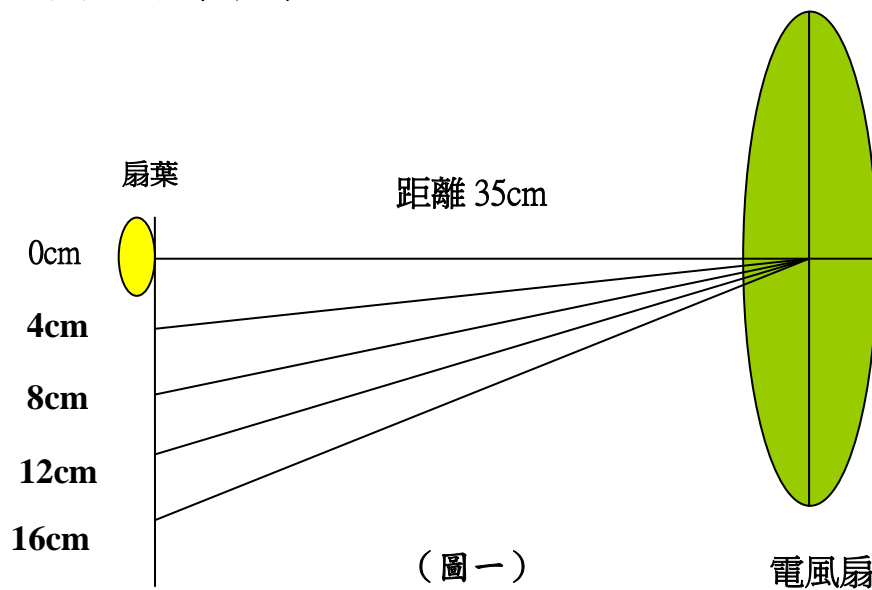
肆、研究過程或方法

- 一、討論擬訂研究計畫。
- 二、準備所有實驗器材。
- 三、討論並製作所需規格之扇葉。
- 四、擬訂實驗步驟

(一) 第一階段測試：

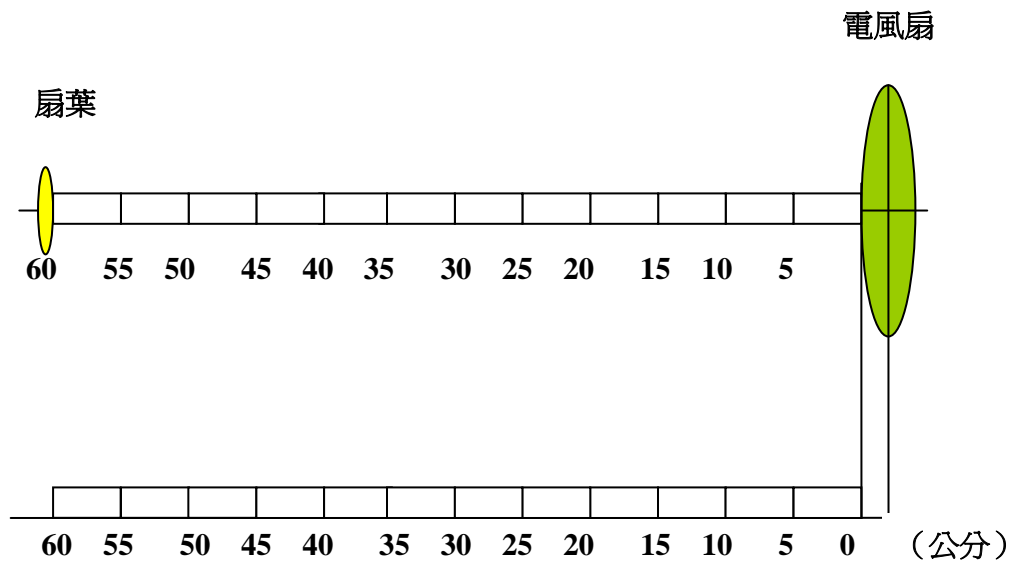
實驗一：

1. 裝置實驗設備。
2. 畫出距離電風扇軸心 35 cm，水平移動 0 cm、4 cm……一直到 16 cm 的標記定位表。
3. 從 0 cm 開始啓動「弱風」來做實驗。
4. 一直測量到 16 cm，同時記錄；測量 3 次並算出平均值。
5. 實驗裝置如下 (圖一)



實驗二：

- 1.在地板上 0cm、5cm、10cm、15cm、……等距離到 60cm 處，分別作好標記定位表。
- 2.把馬達安裝在支架上，並用膠帶與支架固定。
- 3.安裝扇葉到馬達的前端。
- 4.調整支架在最好的位置，開始啓動電風扇，加以測量、觀察、記錄並算出平均。
- 5.裝置如（圖二）



（圖二）

<p>裝置實驗設備。</p>	<p>檢視啓動步驟</p>	<p>檢視扇葉與風扇距離</p>
<p>確定電風扇與扇葉相對位置</p>	<p>三用電表歸零</p>	<p>讀取電表上的數據</p>

(二) 第二階段實測：

- 1.裝置實驗設備，根據第一階段的實驗，調整最佳位置。
- 2.安裝實驗設計扇葉在小馬達的前端，並檢視實驗控制變因。
- 3.啓動「弱風」開始實驗。
- 4.角度、長度、寬度、厚實驗均設計兩組扇葉，第一組（未控制重量）測試三次；第二組（控制重量相同）測試五次、重量部分測試五次，記錄並算出數據的平均值。

(三) 設置增強電流裝置：將多組小馬達裝置上扇葉串聯，測試 LED 燈泡是否發亮。

伍、研究結果

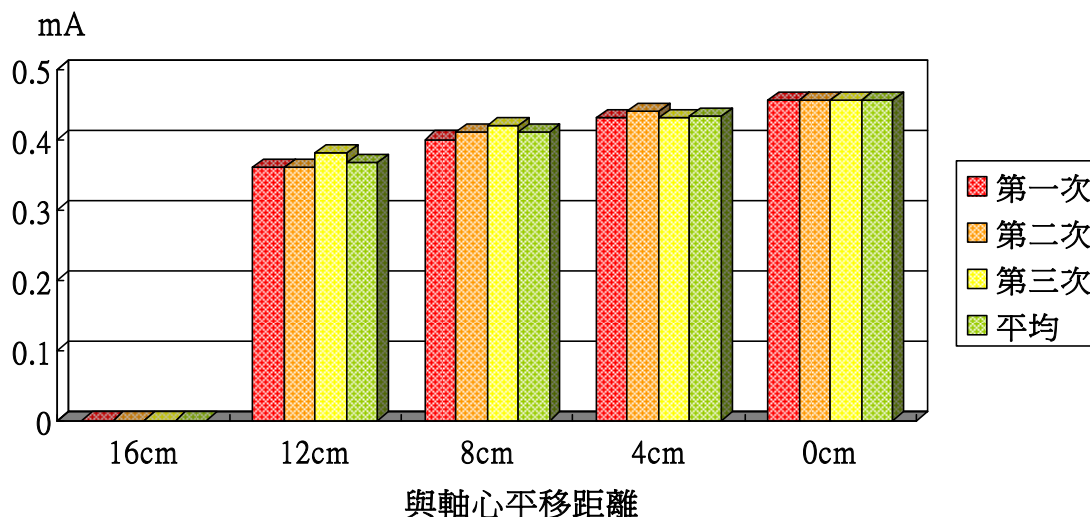
一、第一階段測試：

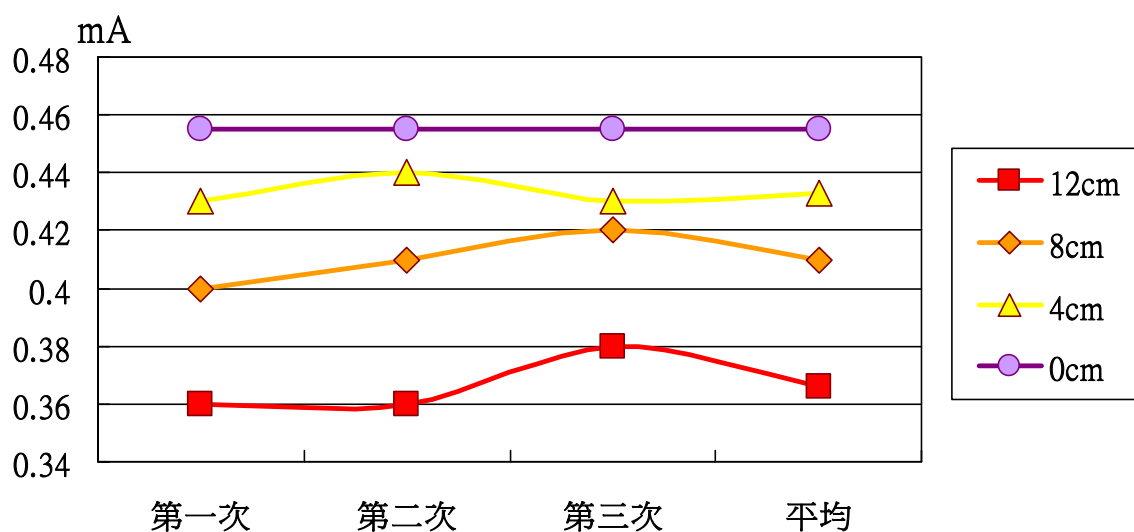
實驗一：

控制變因：扇葉長度 15cm、扇葉寬度 1.9cm、扇葉（摺角）角度 15 度、扇葉形狀 ○，與電扇距離 35cm，啓動「弱風」來進行實驗。

操縱變因：與風扇的軸心平移距離。

與軸心平移距	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均
16cm	0	0	0	0
12cm	0.36	0.36	0.38	0.366
8cm	0.4	0.41	0.42	0.41
4cm	0.43	0.44	0.43	0.433
0cm	0.455	0.455	0.455	0.455





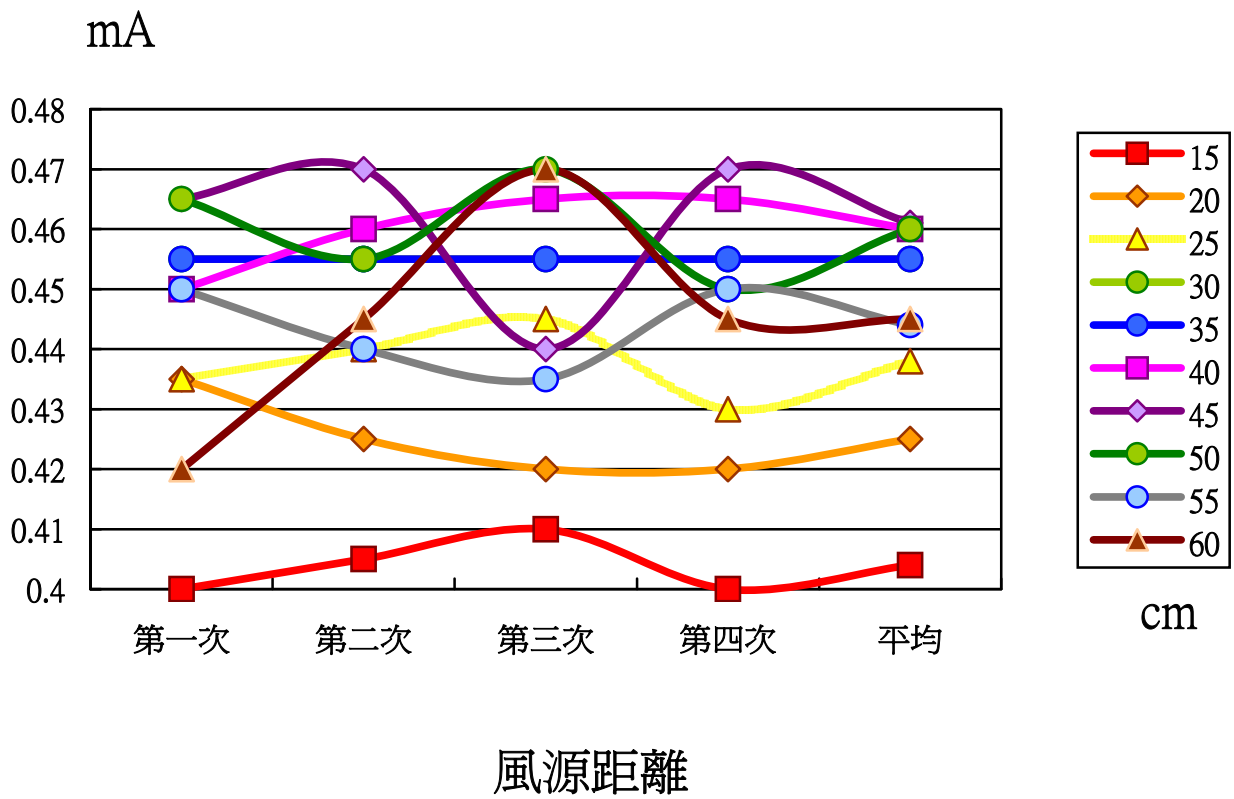
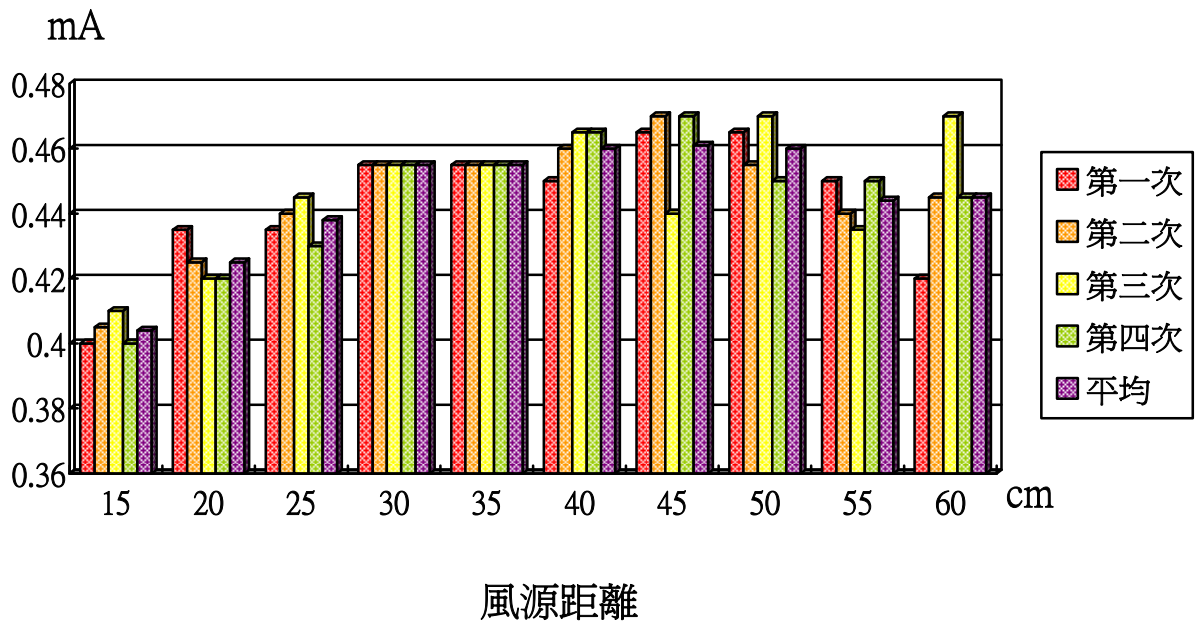
與軸心平移距離

實驗二：

我們用 110 伏特驅動的電風扇為單一風力來源，啟動「弱風」，以長 15 公分、寬 1.9 公分、厚 0.2 公分、角度 15 度規格的扇葉，控制馬達使其轉軸對準風扇中心，並與風扇扇面呈現平行（從側面看）來進行實驗測試，逐次改變前後距離，觀測在不同距離所能呈現最穩定的受風情形。


實驗結果如下表：

距離 (cm)	第一次測試	第二次測試	第三次測試	第四次測試	平均
15	0.4	0.405	0.41	0.4	0.404
20	0.435	0.425	0.42	0.42	0.425
25	0.435	0.44	0.445	0.43	0.438
30	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455
35	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455
40	0.45	0.46	0.465	0.465	0.460
45	0.465	0.47	0.44	0.47	0.461
50	0.465	0.455	0.47	0.45	0.460
55	0.45	0.44	0.435	0.45	0.444
60	0.42	0.445	0.47	0.445	0.445



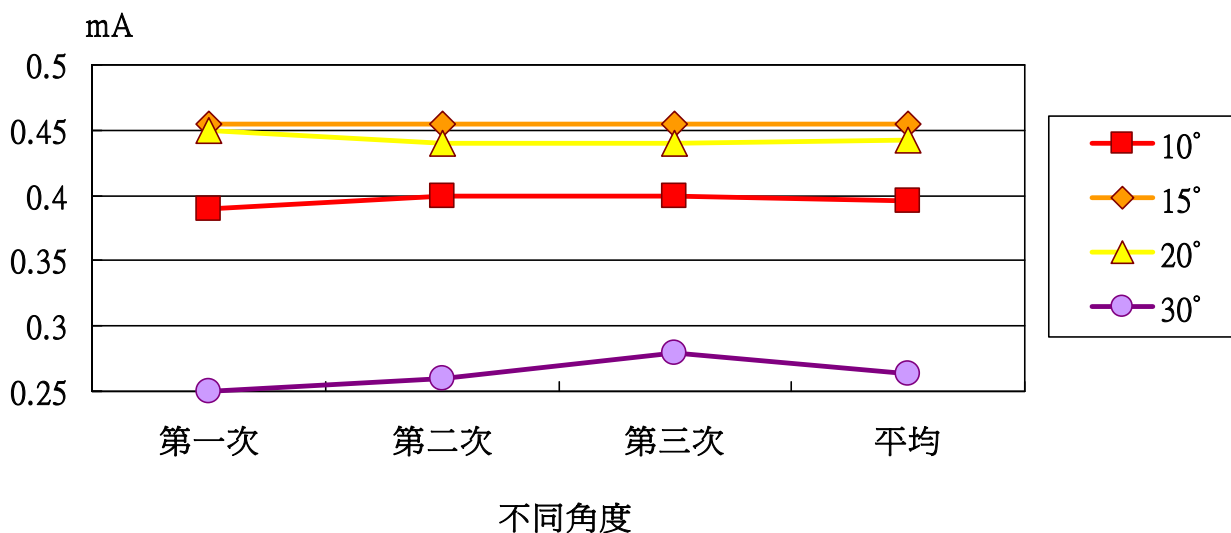
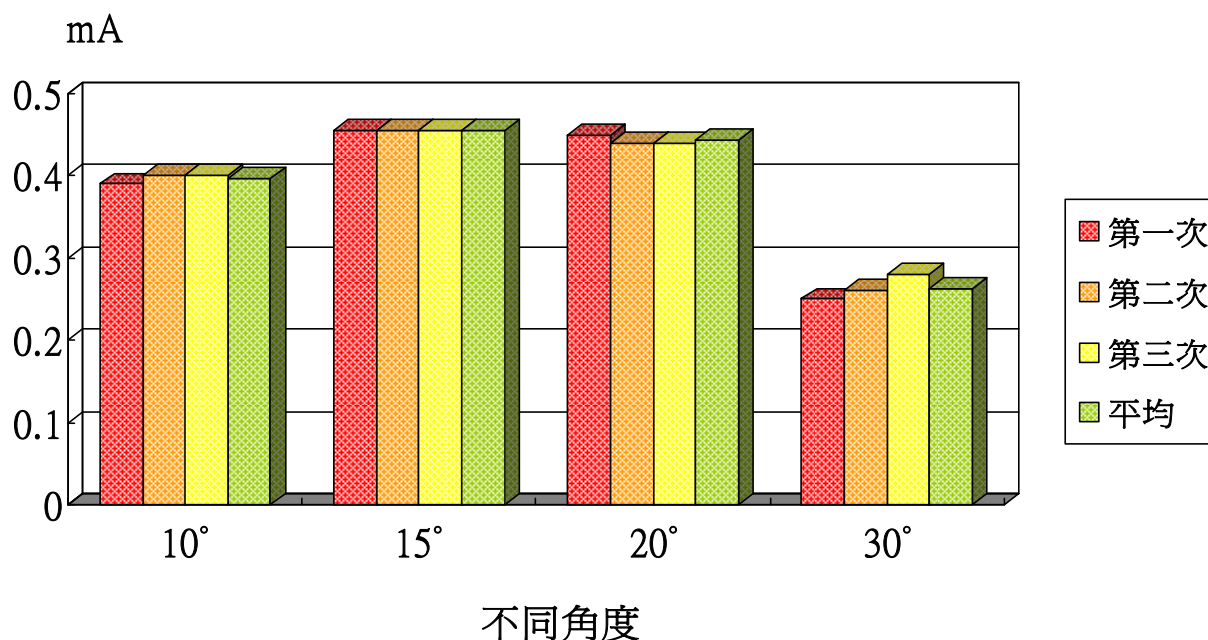
二、第二階段實測：

(一) 實驗一--1：(未控制重量)


控制變因：扇葉長度 15cm、扇葉寬度 1.9cm、扇葉厚度 0.2cm、扇葉形狀 ，
與電扇距離 35cm，啓動「弱風」進行實驗。

操縱變因：扇葉（摺角）角度不同。

編號	扇葉（折角）角度	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	平均
1--1	10°	0.39	0.4	0.4	0.396
1--2	15°	0.455	0.455	0.455	0.455
1--3	20°	0.45	0.44	0.44	0.443
1--4	30°	0.25	0.26	0.28	0.263

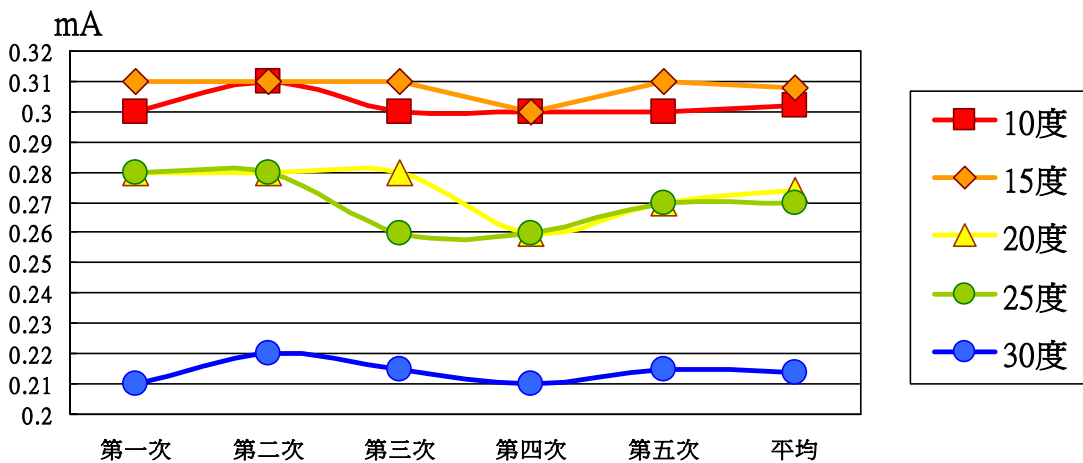
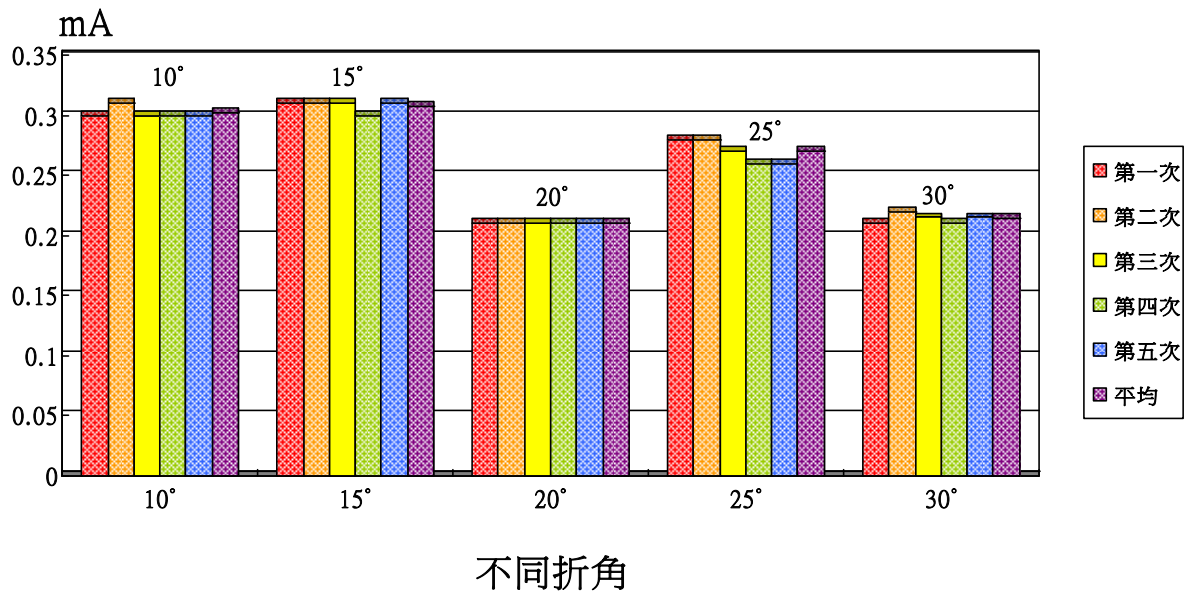


實驗一一2 (控制重量相同)

控制變因：扇葉長度 15cm、扇葉寬度 1.9cm、扇葉厚度 0.2cm、扇葉形狀 
與電扇距離 35cm，重量一樣 (2.95g)，啟動「弱風」進行實驗。

操縱變因：扇葉 (摺角) 角度不同。

編號	折角	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
1--1	10°	0.3	0.31	0.3	0.3	0.3	0.302
1--2	15°	0.31	0.31	0.31	0.3	0.31	0.308
1--3	20°	0.28	0.28	0.28	0.26	0.27	0.274
1--4	25°	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26	0.270
1--5	30°	0.21	0.22	0.215	0.21	0.215	0.214

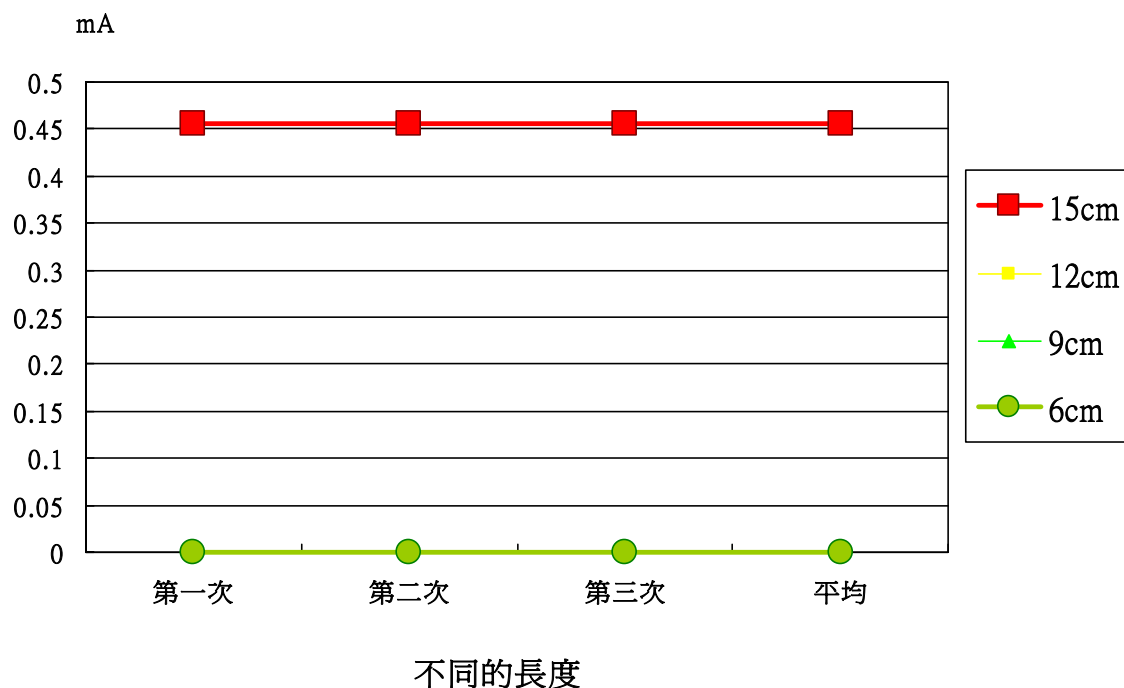
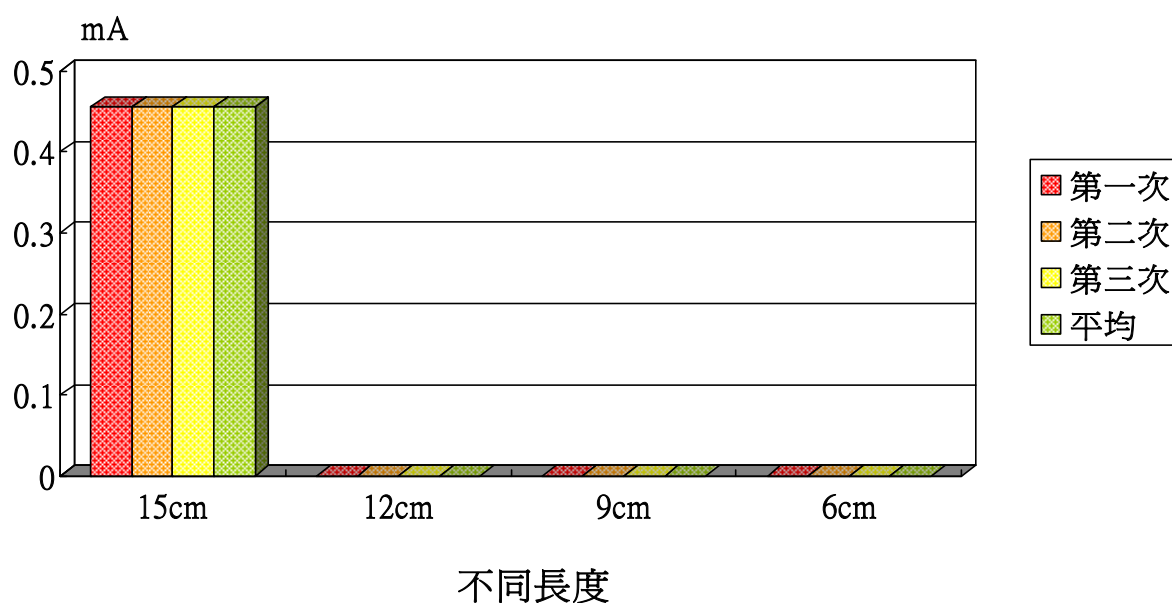


(二) 實驗二--1：(未控制重量)

控制變因：扇葉（摺角）角度 15 度、扇葉寬度 1.9cm、扇葉厚度 0.2cm、扇葉形狀 ○，與電扇距離 35cm，啓動「弱風」來進行實驗。

操縱變因：扇葉長度不同。

編號	扇葉長度	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	平均
2--1	15cm	0.455	0.455	0.455	0.455
2--2	12cm	0	0	0	0
2--3	9cm	0	0	0	0
2--4	6cm	0	0	0	0

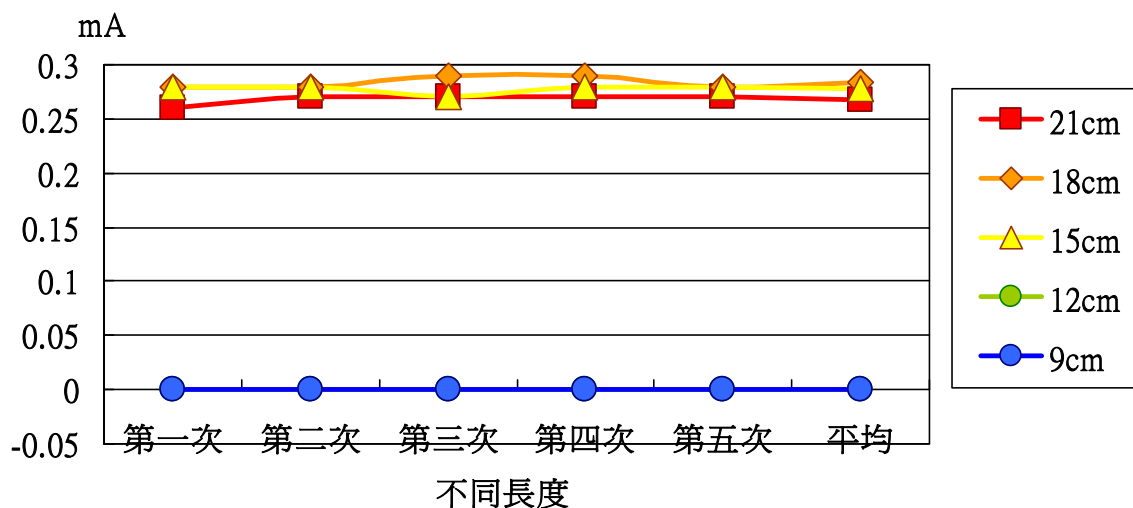
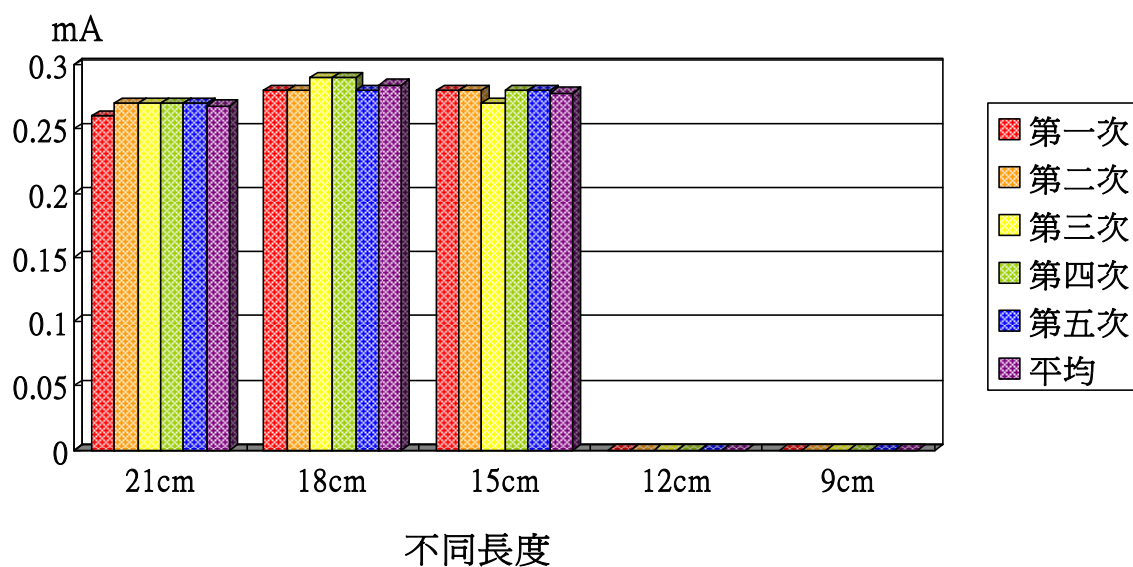


實驗二--2：(控制重量相同)

控制變因：扇葉(摺角)角度 15 度、扇葉寬度 1.9cm、扇葉厚度 0.2cm、扇葉形狀 ○，與電扇距離 35cm，重量一樣 (4.68g)，啟動「弱風」來進行實驗。

操縱變因：扇葉長度不同。

編號	長度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2--1	21cm	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.268
2--2	18cm	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.284
2--3	15cm	0.28	0.28	0.27	0.28	0.28	0.278
2--4	12cm	0	0	0	0	0	0
2--5	9cm	0	0	0	0	0	0

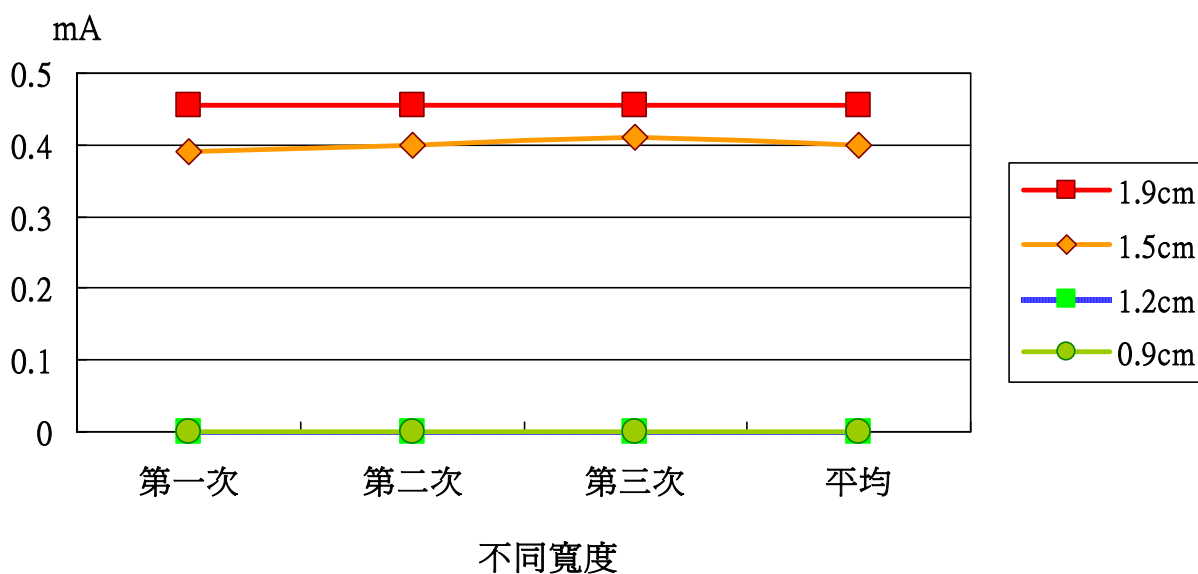
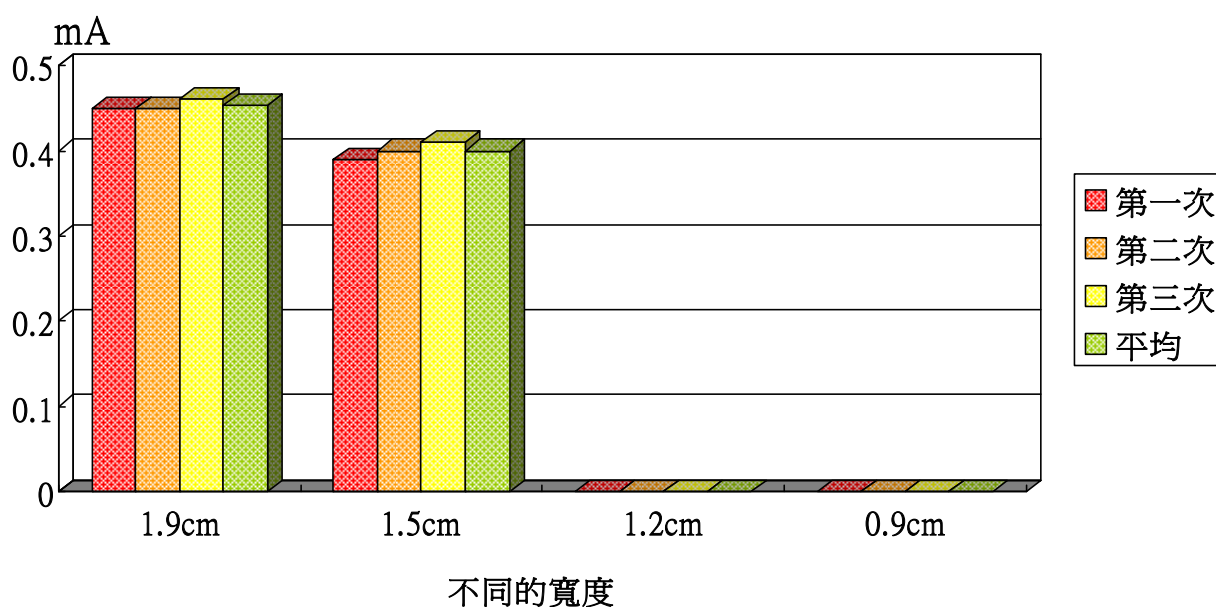


(三) 實驗三--1：(未控制重量)

控制變因：扇葉長度 15cm、扇葉厚度 0.2cm、扇葉（摺角）角度 15 度、扇葉形狀 ○，與電扇距離 35cm，啟動「弱風」來進行實驗。

操縱變因：扇葉寬度不同。

編號	扇葉寬度	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	平均
3--1	1.9cm	0.45	0.45	0.46	0.453
3--2	1.5cm	0.39	0.4	0.41	0.4
3--3	1.2cm	0	0	0	0
3--4	0.9cm	0	0	0	0

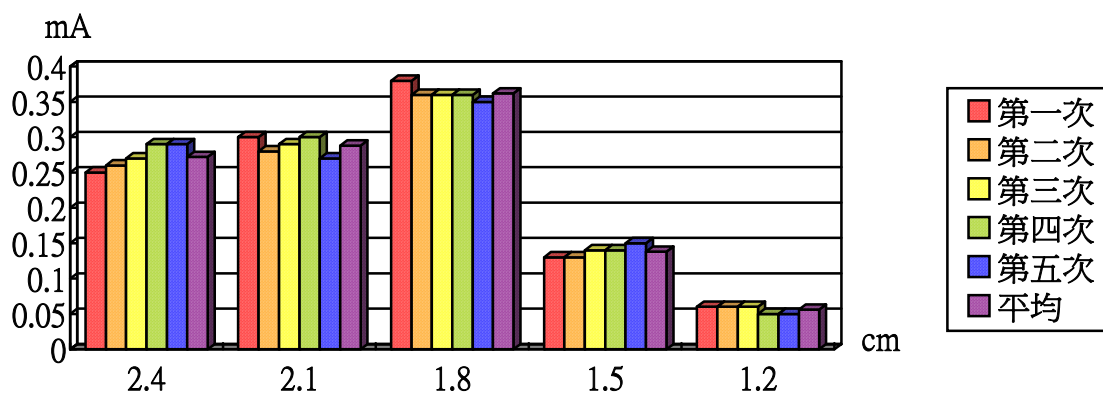


實驗三--2：(控制重量相同)

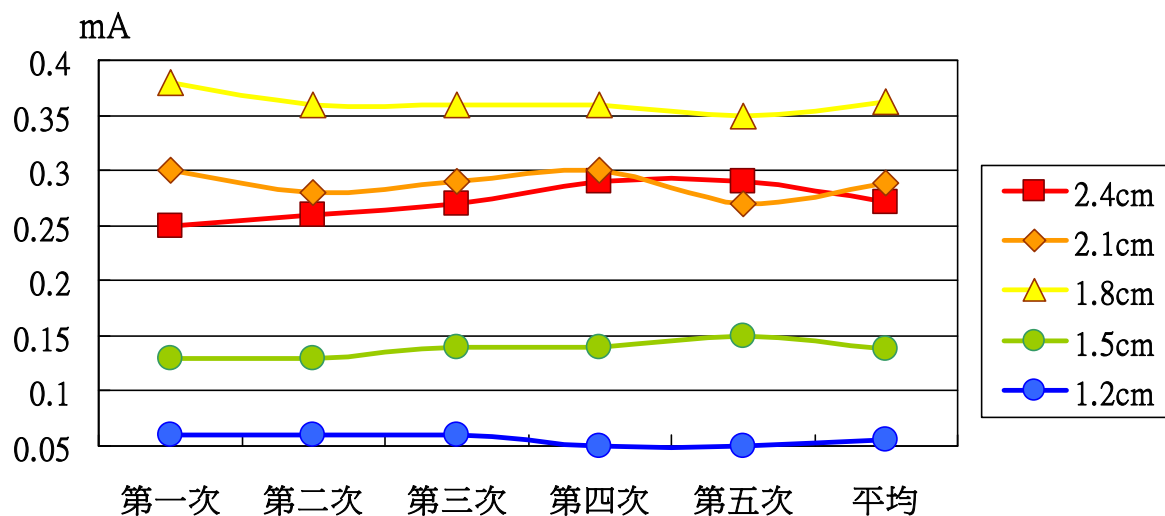
控制變因：扇葉長度 15cm、扇葉厚度 0.2cm、扇葉（摺角）角度 15 度、扇葉形狀 ○，與電扇距離 35cm，重量一樣（4.3g），啟動「弱風」來進行實驗。

操縱變因：扇葉寬度不同。

編號	寬度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
3--1	2.4cm	0.25	0.26	0.27	0.29	0.29	0.272
3--2	2.1cm	0.3	0.28	0.29	0.3	0.27	0.288
3--3	1.8cm	0.38	0.36	0.36	0.36	0.35	0.362
3--4	1.5cm	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.138
3--5	1.2cm	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.056



不同寬度



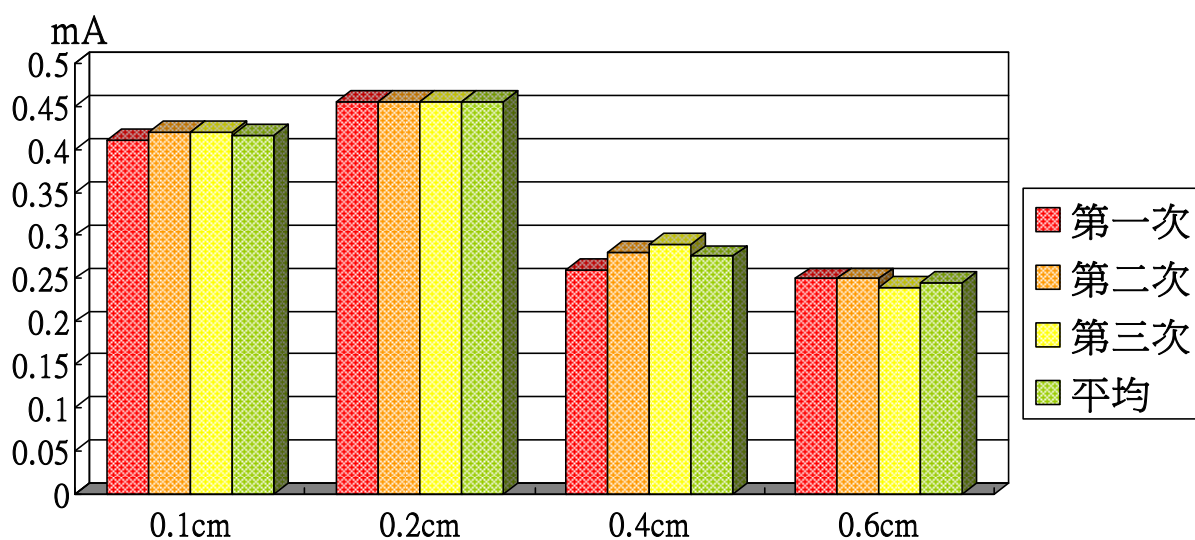
不同寬度

(四) 實驗四--1：(未控制重量)

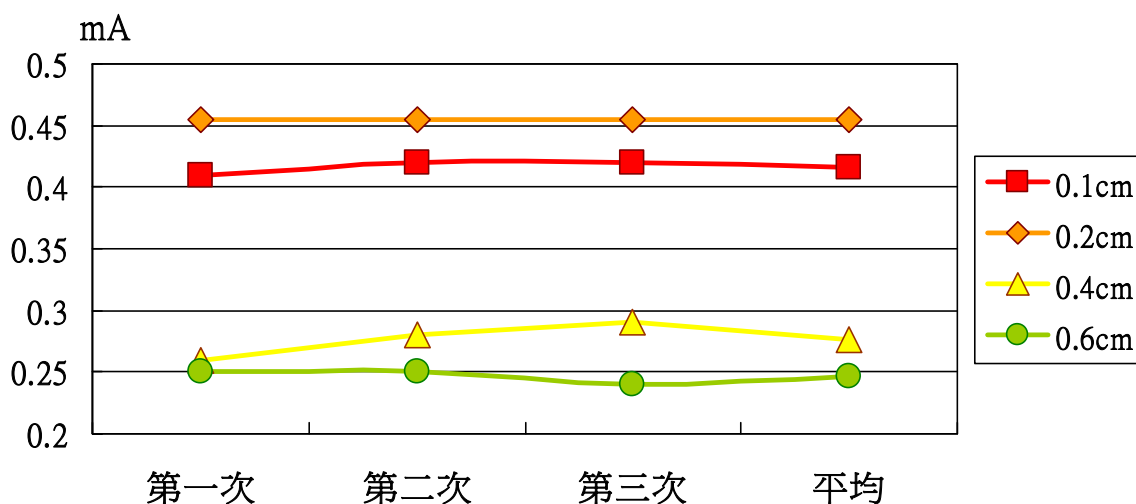
控制變因：扇葉長度 15cm、扇葉寬度 1.9cm、扇葉（摺角）角度 15 度、扇葉形狀 ○，與電扇距離 35cm，啓動「弱風」來進行實驗。

操縱變因：扇葉厚度不同。

編號	扇葉厚度	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	平均
4--1	0.1cm	0.41	0.42	0.42	0.416
4--2	0.2cm	0.455	0.455	0.455	0.455
4--3	0.4cm	0.26	0.28	0.29	0.276
4--4	0.6cm	0.25	0.25	0.24	0.246



不同厚度



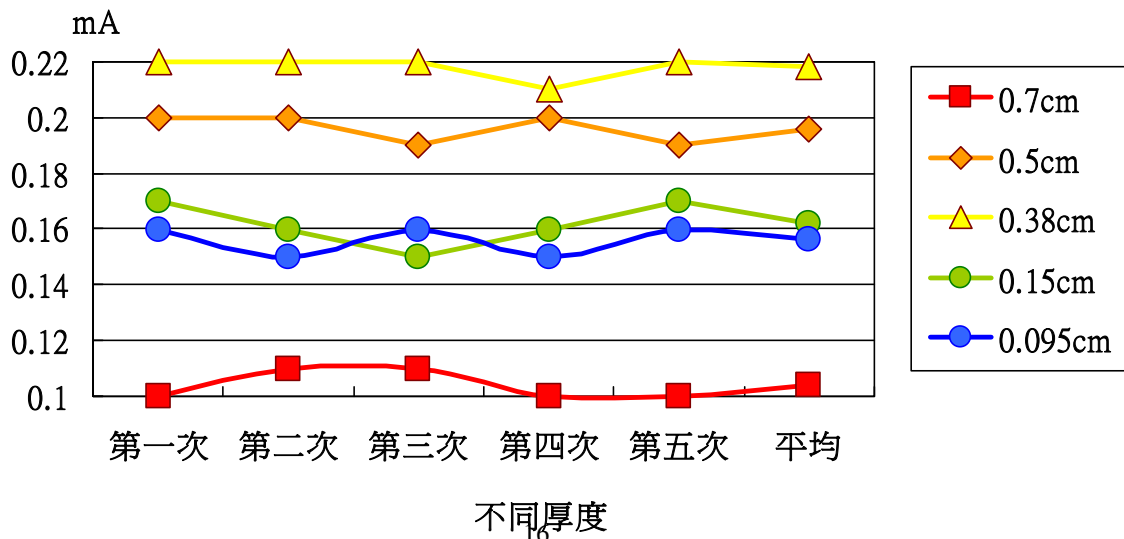
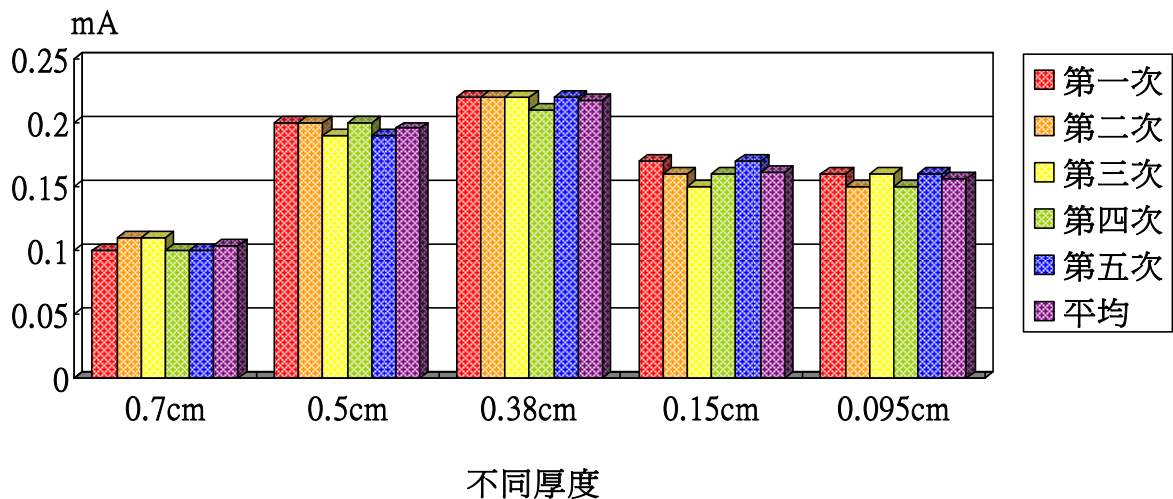
不同厚度

實驗四--2：(控制重量相同)

控制變因：扇葉長度 15cm、扇葉寬度 1.9cm、扇葉（摺角）角度 15 度、扇葉形狀 ○，與電扇距離 35cm，重量一樣（14.09g），啓動「弱風」來進行實驗。

操縱變因：扇葉厚度不同（表面均有打磨過）。

編號	厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
4--1	0.7cm	0.1	0.11	0.11	0.1	0.1	0.104
4--2	0.5cm	0.2	0.2	0.19	0.2	0.19	0.196
4--3	0.38cm	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22	0.218
4--4	0.15cm	0.17	0.16	0.15	0.16	0.17	0.162
4--5	0.095cm	0.16	0.15	0.16	0.15	0.16	0.156

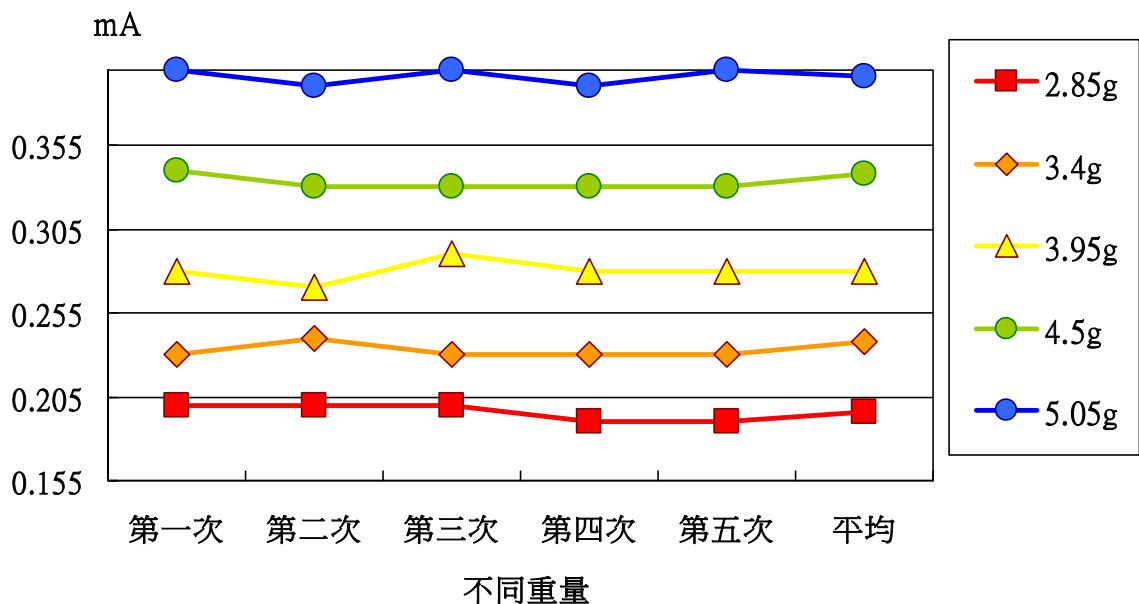
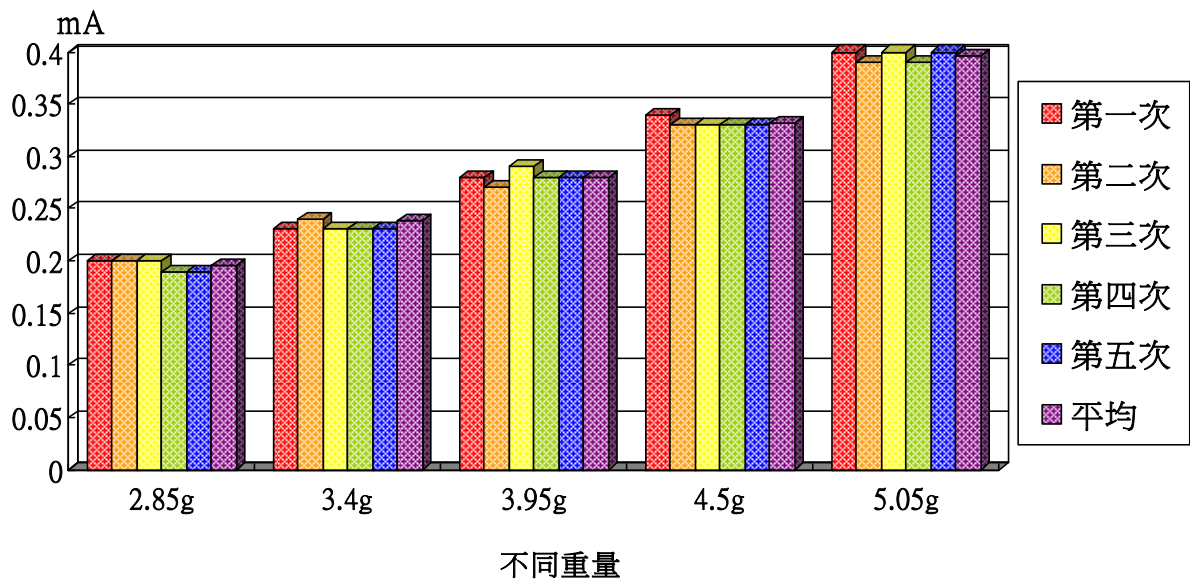


(五) 實驗五：

控制變因：扇葉長度 15cm、扇葉寬度 1.9cm、扇葉（摺角）角度 15 度、扇葉形狀 ○，與電扇距離 35cm，啟動「弱風」來進行實驗。

操縱變因：扇葉重量不同。

編號	重量	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
5--1	2.8g	0.2	0.2	0.2	0.19	0.19	0.196
5--2	3.5g	0.23	0.24	0.23	0.23	0.23	0.238
5--3	4.3g	0.28	0.27	0.29	0.28	0.28	0.28
5--4	5g	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.332
5--5	5.6g	0.4	0.39	0.4	0.39	0.4	0.396



陸、討論

一、電風扇的出風點在每個角度風力都會一樣？

我們經過實驗的發現：每個角度的風力都不一樣，而電風扇的軸心（水平移動 0cm）所呈現的是最穩定的，所以我們決定將扇葉對準電風扇的軸心。

二、扇葉與電風扇的相對位置會影響扇葉轉動嗎？

實驗測試發現：扇葉須與電風扇扇面平行擺放最能直接受風，如（圖一），所以我們把實驗的小馬達對準電風扇的軸心來做實驗。

三、三用電表的擺放方式會影響結果判讀嗎？

三用電表一定要平放，如果沒有放平，三用電表的指針會呈現晃動現象而不準，就很難精準的判讀實驗數據。

四、小馬達的中心點和電風扇的扇面要平行？

實驗測試發現，扇葉與電風扇的扇面要平行，小馬達的中心點和電風扇的扇面也要平行，否則會造成扇葉受風不平均，導致實驗結果不穩定。

五、實驗中，三用電表晃動會影響實驗嗎？

實驗中發現移動電表，甚至有人從電表旁邊晃動，指針也會跟著晃動而影響實驗判讀。

六、實驗過程中，實驗環境的改變會引響實驗嗎？

實驗進行中，當周遭物體有所變動時，電表指針即出現晃動情形。可能是發生了一些我們不清楚的改變，像是氣流、磁場、、、等因素而影響實驗的結果。

七、連接電線的長短會影響電表上電流的大小嗎？

操作實驗的過程中發現：只用一段電線時較用兩倍、三倍、四倍長的電線時所得到的電流強度大。因此電線一定要短一些，因為利用風扇帶動氣流使小馬達轉動所產生的電流已經夠小了，如果使用太長的電線，可能在電流傳達的過程中已經消耗逮半，從電表上呈現數據就更為微弱，不易觀察。

八、扇葉擺放垂直或水平比較容易啓動？

經由實驗發現，放水平的似乎比較容易轉動。可能因為扇葉的傾斜角度適合氣流流動的方向，而使氣流更能順暢通過，啓動扇葉順利轉動。

九、測試時間的長短會影響實驗結果嗎？

原本以為判讀數據時觀察久一些，電流會更趨於穩定；會增加數據的可靠度，但實際操作的結果，卻因為小馬達轉動過久而過熱，使小馬達燒壞掉，而影響實驗產生的電流，造成電表指針擺動劇烈，或甚至完全不動。為了維持小馬達的穩定性，決定每次測試完，務必休息一下，讓小馬達恢復一下。

十、什麼時間點判讀電表數據較佳？

扇葉初開始轉動時，速度並未到達最穩定階段，經過實驗發現，扇葉開始轉動後需約 10 秒左右，速度才漸趨穩定。因為扇葉轉動的速度是隨著電風扇的風速，由弱至強而趨於穩定的跟著變化。

十一、扇葉的摺角角度所造成扇葉向左旋或向右旋的情形，電錶的連接方式會有不同嗎？

經過實驗發現，扇葉右旋時，帶動小馬達呈順時針轉動，此時小馬達右邊應連接電錶的正極，左邊接負極，左旋扇葉則相反。因為小馬達是隨著右旋的扇葉而向右轉；左旋時而左轉，而使電流方向有所不同，連接電錶時必須注意正負極連接方式，摺角 0 度時扇葉不會轉動。

十二、能不能為了節省時間而同時利用多組小馬達進行實驗？

不能。因為每個小馬達都會有些許誤差，同時測量，可能無法測出每個扇葉所產生電流的大小，同時，每一個小馬達的位置，無法掌控在固定點上，使得變因增加，誤差就更大。

十三、從側面看的扇葉出現兩片影子是什麼原因？

扇葉轉動中，從側面看得扇葉出現兩片影子時，電錶上的指針也出現晃動嚴重的情形，為了排除此現象，從新檢視實驗裝置及所設計製作之扇葉，或擺放位置、角度。一一確認後，扇葉出現兩片影子的情形排除，電錶上的指針也趨於穩定。

十四、可以在戶外做實驗嗎？

實際操作後發現是不行的。戶外有太多變因控制不易，自然風的影響，使實驗操縱的風力不穩定。在室內操做，也要注意上述種種因素，因此我們所有實驗控制使用同一小馬達、同一電錶、同一電風扇、同樣的裝置（包含空間、位置）、同一人操作。

十五、厚而長的扇葉會因為重量比較重一些而不能轉動嗎？

厚而長的扇葉不但可以轉動，風力一啟動還可以自行運轉，所以我們認為重量比較重一些會不易轉動的想法是不太正確的。

十六、厚度會影響實驗結果嗎？

實驗發現，扇葉較厚，不太方便安裝到小馬達上面，由於我們所使用的是小馬達，厚度超過小馬達的軸心長度時，嚴重影響扇葉轉動。

十七、打洞時要採用馬達軸心當依據？

爲了防止在實驗時扇葉洞太大，而造成扇葉空轉，所以我們都是先用鐵釘打一個小洞後，再用小馬達穿洞。

十八、同組實驗扇葉，控制重量一樣時會有影響嗎？

爲了控制同組扇葉重量一樣，轉動時比「沒有控制重量的扇葉」還差，產生的電流也比較小，可見加重後會產生相對的影響因素。

柒、結論

一、第一階段測試：

- (一) 扇葉與電風扇距離 35cm，水平移動 0cm 時，扇葉的受風情形最佳。
- (二) 扇葉與電風扇的距離從 15 公分到 45 公分時，電流強度 (mA) 呈現「爬升」的情形，45 公分至 60 公分，電流強度 (mA) 則呈現動盪不穩定的情形。扇葉與電風扇的距離在 30、35 公分時呈現最穩定的狀態。

二、第二階段實驗：

- (一) 之 1：摺角角度 15 度的扇葉轉動得最好。
之 2：摺角角度 15 度的扇葉轉動得較好。
- (二) 之 1：長度 15cm、寬度 1.9cm、厚度 0.2cm、摺角角度 15 度的扇葉轉動得最好（最穩定）；長度小於 12 公分的扇葉，完全不會轉動。
之 2：長度加長至 18cm、21cm 轉動效果均不錯，證明扇葉太短，嚴重影響實驗結果。
- (三) 之 1：寬度較窄的扇葉產生的電流較弱；寬度低於 1.2 公分的扇葉不會轉動。
之 2：寬度 1.8cm 的扇葉產生的電流最強，在加寬，效果又變差。
- (四) 之 1：較薄及較厚的扇葉，轉動都不比原始材料規格的好。
之 2：厚度 0.38cm 的扇葉最佳，較厚與較薄的產生的電流均較弱。
- (五) 重量 5.6g 的扇葉產生的電流較強。

三、將多組小馬達裝置扇葉串聯方式連接，以三用電錶量測，電流值有明顯增加，然而並未達到讓 LED 燈發亮的預期結果。

捌、檢討

- 一、實驗四中，操縱扇葉厚度改變的實驗，使用厚度 0.2cm（原始材料規格），以黏貼方式加厚，或以磨除方式使其變薄均未得到更好的實驗數據。增厚可能因在風力固定的情況下，重量增加而使實驗產生的電流強度趨弱；磨薄的實驗，經由同組夥伴分別提出自己的觀點，再進行討論，認為可能是側面變薄、或表面經琢磨過而變得光滑、或表面磨得不夠均勻等因素而影響風阻，結果使得實驗產生的電流變弱。
- 二、由於我們的實驗器材完全取自學校實驗教室，無法應有盡有，然而，實驗四中的扇葉厚度會愈來愈大，需要軸心較長的馬達來安裝，我們卻無法取得，而使實驗產生更多困境，同時也讓我們產生另一個疑問：扇葉厚度與扇葉本身材質是否與轉動效益有密切的關係。
- 三、第二組實驗旨在操縱重量變因；使用敲扁（為了控制厚度的變因）的大頭釘貼在扇葉後，所得結果並沒有比第一次不考慮重量所得之結果好，可能是因為貼上大頭釘的同時，也影響了風阻，但重量增加，轉動效果是提升的。本研究讓我們發現扇葉轉動和扇葉長度、寬度、厚度、折角與重量以及扇葉的材質，是一複雜的共變關係。
- 四、企圖以串聯方式，擴大電流讓 LED 燈發亮沒有實現，但我們堅信微量電流若能搭配較理想的集電裝置，應有機會讓 LED 燈發亮的。

玖、參考資料及其他

小牛頓科學百科 4（Sciences Little Newton Encyclopedia）

KEEP 能源教材

工研院能環所 風力與太陽能研究室 蘇永明（95） 經濟部能源局 線上學習 再生能園-風力-風力發電技術與應用 網址：<http://www.re.org.tw/elearning/>

經濟部能源局-能源報導電子月刊（2008 3 月）（2008 5 月）（2008 4 月）（2008 8 月）（2008 6 月） 網址：<http://energymonthly.tier.org.tw/index.asp?ReportIssue=200803>

國民小學自然生活與科技領域 牛頓開發教科書（2008 2 月）第四冊 第八冊

【評語】 080803

- 1、 研究動機為節能減碳立意佳。
- 2、 所作旋翼之造型違反一般習用方式，致影響試驗結果，並可能使結果導致錯誤之設計觀念。