中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組　生活與應用科學(一)科

探究精神獎

第一名

082802

3D 列印葉片對電力及風力生成的影響

學校名稱：臺南市安平區安平國民小學

作者：	指導老師：
小六 郭偉謙 小六 高宗佑 小六 李澔昀	石明龍 楊佳雯

關鍵詞：3D 列印、葉片、風力發電

得獎感言

科學探究~我們做到了

當表演結束，頒獎開始時，心裡想說以我們參加的科別，應該還要等一陣子，才會獲知我們的成績；當大會公布我們獲得學校團體獎第三名時，毫無預警的傳進耳裡時，大家開心地顯得措手不及，在大家沉浸在喜悅中，耳邊又接二連三的聽到學校的名字，真的是驚喜連連，最後在這次的競賽中，我們獲得了四個獎項，很感謝評審老師對我們作品的肯定，讓我們對科學研究這一個領域，未來能更有自信的往前邁進。

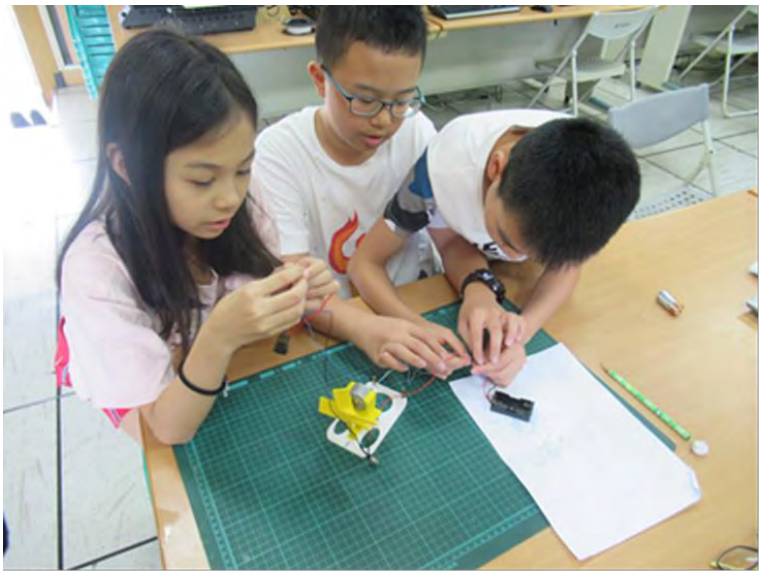
這次的作品發想起源於學校有幾台 3D 印表機，我們常常在報導中看到它神奇的功能，身體器官能印，現在也有人拿來印房子，而且還真的能住人。在學校，老師讓我們拿來設計及列印手繪的書籤、鑰匙圈和機器人的骨架等，它可以應用在生活中的層面包羅萬象，我們查詢科展的歷屆作品，使用它來做應用的還很少，這是很可惜但也是我們很好的機會。在台南，教室沒有冷氣，多數同學都有一台隨身電風扇，我們發現拿它來做我們 3D 列印的應用很適合，骨架及葉片的設計和列印都沒有問題，找出最好的葉片的樣式就是我們實驗的主要目標，過程中老師覺得單做電風扇少了一些創意，想說有沒有可能再做一些變化，後來經過大家的腦力激盪、討論及複習自然課教過的東西，我們知道馬達是電動機，但也可以是發電機，而且電風扇和風力發電都需要葉片，因此就把風力發電的功能加進來，只是發的電要拿來做甚麼呢?從風的來源看,風力發電一般在室外,但夏天室內常見一種風,那就是電扇的風，因此風力發電產生的電用來點亮 LED 燈，讓我們的作品再變身成小夜燈的功能，就是順理成章的事了。

實驗過程中讓我們覺得最困難的事，是不斷的畫及修正葉片的樣式，我們總共設計了三十多種不同的葉片，過程中為了確保結果的正確性，控制變因的穩定性很重要，只要遇到有不合理的狀況，就必須重新修正及列印葉片，並且不斷地重複進行相同的實驗，最後，我們丟掉的葉片和留下的一樣多，實驗的過程非常辛苦，也有意見不合的時候，難免有一些抱怨，但在成品完成的那一剎間，先前所有的負面情緒也都拋諸腦後了。

這次參與科展學習到很多課本無法提供的知識及能力，我們細細地體會到，科學研究真的就是一個講究細節及嚴謹的過程，這個過程很辛苦，如果沒有恆心與毅力，就有可能半途而廢或草率的完成它，也讓我們有機會和不同的人互相交流甚至欣賞，在練習和比賽中建立和同學的革命情感，也了解到團隊合作的重要，榮獲分組第一名，為我們帶來很多新奇的體驗，進總統府接受表揚的榮耀，和世界一流的科學家在中央研究院座談，這些經驗會是我們未來更成長茁壯的養分。

團隊在科展現場合影

透過 3D 列印的實驗平台進行實驗及記錄



跟據設計圖及接線圖組裝最後的成品

壹、 摘要

3D 印表機正夯，號稱能啟動第三次工業革命，什麼都能印；綠色能源是人類未來能永續生存的重要條件，風力發電非常適合台灣發展；南部的天氣，夏天異常炎熱，人手一台小電風扇。本研究在探討用簡單的 3D 繪圖工具，利用 3D 印表機，製作不同葉片數、寬度、角度的葉片，裝在市售的馬達上，在固定的風速下，找出可產生最大電壓的葉片，並反過來探討能產生最大電壓的葉片，在給馬達相同的電壓下，是不是也可以產生較快的風速，並利用實驗素材製作出一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈的功能。

貳、 研究動機

自然課本、媒體、及旅遊時常看見台灣海邊有一些風力發電機，長得都差不多，葉片白色，然後配上三個長長的葉片。

南部的夏天天氣非常炎熱，學校教室又沒有冷氣，常見人手一台小型電風扇，我們見過的電風扇大大小小很多，電風扇的葉片形式很多樣，感受到的風速也不盡相同。

我們知道電動機及發電機的原理相同，只是能量的轉換方向不同，風力發電及電風扇都必須藉助葉片才能發揮功能，而葉片又各有不同的形式。而剛好學校目前有幾台 3D 印表機，用來製作 Arduino 機器人的骨架、學生的手繪 3D 書籤、鑰匙圈等教學，我們也常常在思考還可以應用在什麼地方？藉著這次的科展，我們利用簡易的 3D 繪圖軟體，製作不同重量、葉片數、寬度、長度、角度的葉片，裝在市售的馬達上，探討對發電電壓的影響，並反過來驗證能產生較大發電電壓的葉片，在給予固定的電壓下，是不是也能產生較快的風速？最後再利用實驗結果找出最好的葉片，做出一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈。

參、 研究目的

研究一：探討如何透過 3D 列印及 Arduino 控制板建立實驗平台。

研究二：探討「風源位置」，對生成電壓的影響。

研究三：探討不同的「葉片數」，對生成電壓及風速的影響。

研究四：探討「角度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

研究五：探討「長度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

研究六：探討「寬度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

研究七：製作一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈。

肆、 研究設備及器材

一、設備:

設備名稱	設備名稱
3D 印表機(CR-8/CR-10)	風速計(GM816A)
三用電錶	桌上型風扇

二、軟體

軟體名稱	軟體名稱
Tinkercad	Arduino IDE
OpenSCAD	Word 2013

三、材料

材料名稱	材料名稱
Arduino Nano 及擴充板	直流馬達
LED 燈	3D 列印線材(1.75mm PLA)
電線	洛克開關(3 腳 2 段)
麵包板	銅柱及螺絲
1 及 2 顆的 AA 電池座	桌墊（帶量尺）
黏土	

伍、 研究過程及方法

建立實驗平台

- 研究一：探討如何透過3D列印及Arduino控制板建立實驗平台
  - 實驗一：尋找適合繪製葉片的3D軟體及方法
  - 實驗二：探討使用Arduino硬體測量電壓的方法
  - 實驗三：建立實驗平台
- 研究二：探討「風源位置」，對生成電壓的影響

探討葉片樣式

- 研究三：探討不同的「葉片數」，對生成電壓及風速的影響
- 研究四：探討「角度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響
- 研究五：探討「長度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響
- 研究六：探討「寬度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響

製作成品

- 研究七：製作一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈

研究一：探討如何透過 3D 列印及 Arduino 控制板建立實驗平台

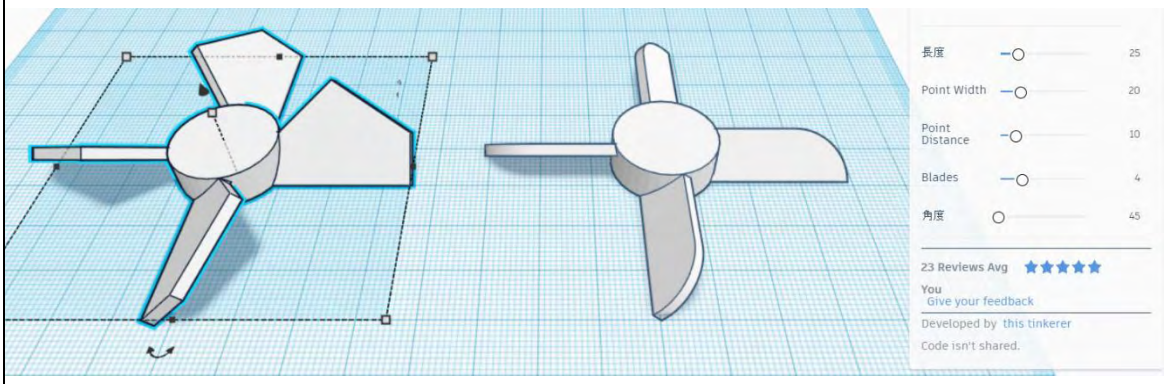
實驗一：尋找適合繪製葉片的 3D 軟體及方法

一、實驗說明

3D 繪圖軟體，族繁不及備載，目前在學校使用中的有 123D Design 及 Tinkercad。123D Design 使用的畫面都是英文，提供的功能又不容易理解，也只有少數幾種基本的圖形，因此畫葉片一開始就不考慮它。

<Tinkercad 軟體>

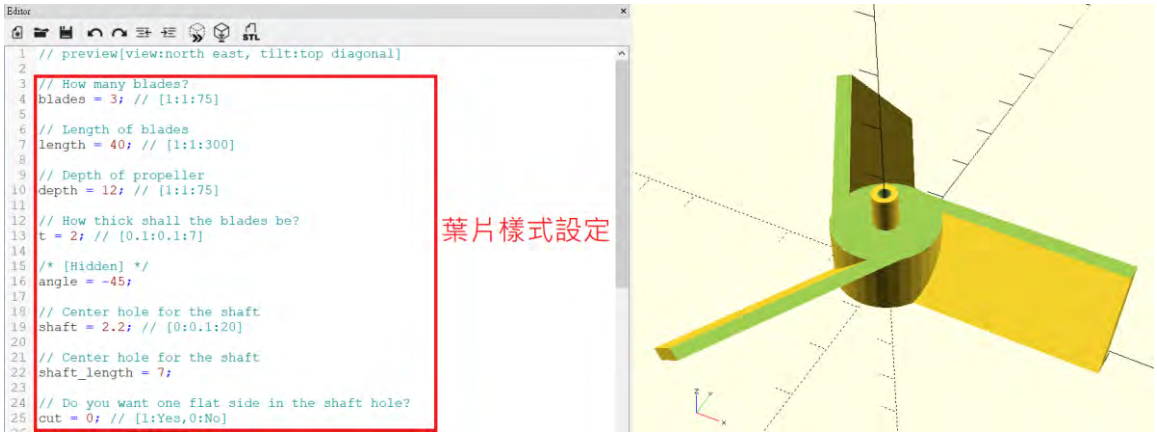
Tinkercad 很容易畫出一個複雜的 3D 圖形，因為裡面提供了很多常見的圖形，比如說愛心、甜甜圈等等，而且要挖個「洞」時，只要做組合的動作就可以了，這是畫葉片的好選擇。後來也在 Tinkercad 裡面，找到兩種已經設計好的葉片圖形，只要調整畫面中的設定，比如葉片數、角度，就可以畫出需要的葉片樣子，非常方便，但缺點無法做修改，比如說有角度的葉片，是懸空的，列印的時候會比較有問題，因此想說是不是用一些基本的圖形，如圓柱、立方體我們自己重頭畫會比較好？



左邊圖案名稱:	右邊圖案名稱:
pointed windmill	rounded windmill

<OpenSCAD 軟體>

後來我們在網路上搜尋資料時，在 Thingiverse 這個網站，找到一個別人分享繪製葉片的方式，是用 OpenSCAD 軟體，這是一種用程式來設計 3D 圖的方式，裡面的程式碼我們不懂，但如果我們不管程式碼，只要理解裡面變數的意思，更改它，就和 Tinkercad 一樣，可以很快的畫出我們需要的葉片樣式，但是它也不是沒問題。



二、實驗做法

依據以上的狀況說明，我們根據實驗需要的葉片樣式、條件及未來發展，逐條的來探討，要用那個軟體、那種方法來製作葉片是最適合的，以下是測試的方法及要測試的條件：

- 要測試的繪製葉片方法有 4 種：

  方法 1：Tinkercad 軟體-使用基本圖形

  方法 2：Tinkercad 軟體-使用 pointed windmill 圖形

  方法 3：Tinkercad 軟體-使用 rounded windmill 圖形

  方法 4：OpenSCAD 軟體

- 要測試以上方法是否能做到：
  - ✓ 是不是能調整角度、長度、寬度、葉片數。
  - ✓ 繪製角度 45、長度 30mm、寬度 12mm 葉片所需的時間。
  - ✓ 是否能更改葉片形狀。
  - ✓ 葉片中間的形狀是否能更改。

三、實驗記錄

軟體名稱	Tinkercad			OpenSCAD
繪圖方法	方法 1: 使用基本圖形	方法 2: 使用 pointed windmill 圖形	方法 3: 使用 rounded windmill 圖形	方法 4:
能調整「**角度**」	○	○	○	△ 可調整角度，但寬度會不同
能調整「**長度**」	○	○	○	○
能調整「**葉片數**」	○ 擺放葉片的位置需要一些技巧	○	○	○
能調整「**寬度**」	○	○	○	○ 不能直接設定，由高度決定
繪製角度 45、長度 30mm、寬度 12mm、4 個葉片所需的時間。	40 分	5 分鐘	5 分鐘	1 分鐘內

四、實驗發現

- 能畫出實驗所需葉片的方法有：Tinkercad 軟體的方法 1、2、3。方法 4 使用 OpenSCAD 會有更改葉片角度，沒辦法讓葉片寬度固定的問題。
- 以繪製葉片所需的時間來看：方法 4>方法 3 = 方法 2>方法 1。

實驗二：探討使用 Arduino 硬體測量電壓的方法

一、實驗說明

測量電壓時，一般使用三用電錶，但由於本次實驗的電壓是由風力所生成，測量過程中電壓值是會不斷地跳動，若用觀看的方式來記錄數值會不夠精準，因為剛好學校有在使用 Arduino Nano 進行機器人教學，因此想說是否可以利用它來進行電壓的測量。

二、實驗方法

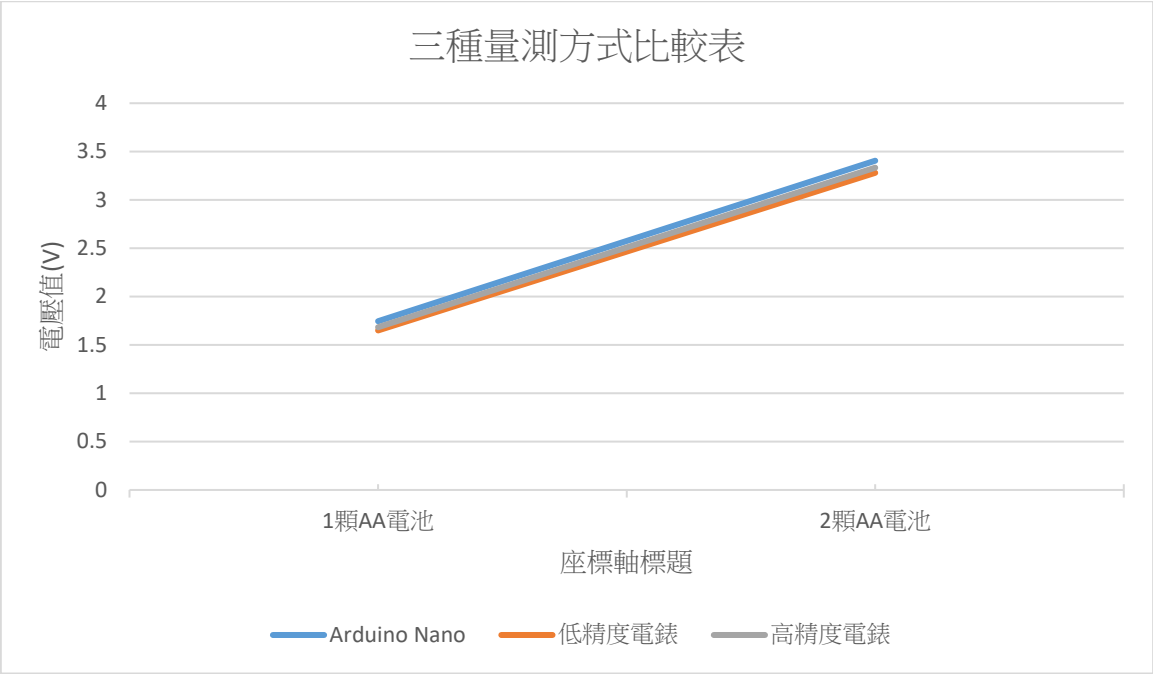
1. 使用 Arduino Nano 及兩種型號的三用電錶，同時來測量 1 顆及 2 顆 AA 電池。
2. Arduino Nano 和電池盒的接線方式如下表:

電池盒	Arduino 腳位編號
紅線	A0-S
黑線	A0-G

3. Arduino 程式計算方式:
   - 每 5ms(毫秒)，記錄電壓一次。
   - 累積 1000 次電壓值後(即 5 秒)，計算平均電壓值。

三、實驗紀錄

電池數	量測電壓的方式(單位:V)		
	Arduino Nano	電錶 2(DM-6005) (低精度)	電錶 1(DE-240C) (高精度)
1 顆 AA	1.745	1.65	1.683
2 顆 AA	3.405	3.28	3.333



三種測量電壓的方式比較表

四、實驗發現

- 測量到的電壓高低為：Arduino Nano > 高精度電錶 > 低精度電錶。
- 若以中間的高精度電錶為準，Arduino Nano 的誤差大約在 0.06V~0.07V 之間，低精度電錶大約在-0.03V ~ -0.05V 之間。

實驗三：建立實驗平台

一、實驗平台說明

實驗平台的骨架，使用 Tinkercad 3D 繪圖和 3D 列印來設計及製作，底盤的設計來自於學校 Arduino 大腳丫機器人的部分骨架。馬達使用市售的太陽能馬達，0.6V 就可以讓馬達動起來，並使用 Arduino 來測量實驗的電壓。

二、實驗平台的做法

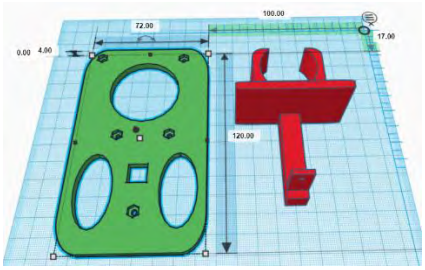
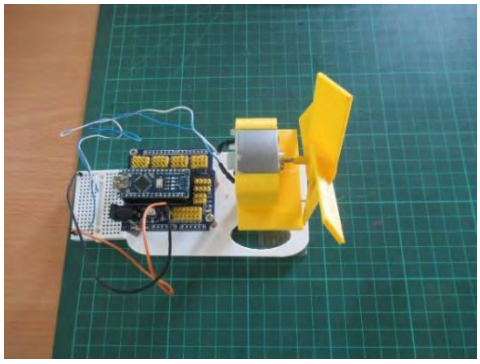
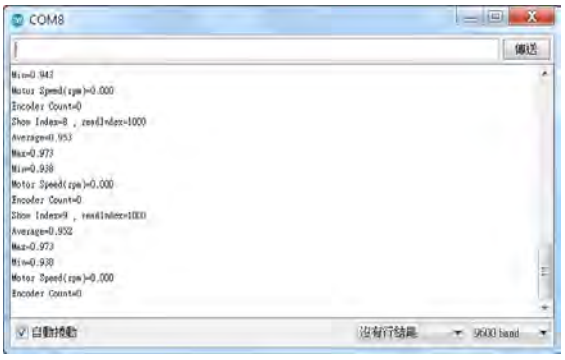
1. 用 Tinkercad 來畫骨架及列印出來，這部分有:底盤、馬達支架、實驗的葉片。
2. 安裝方式：
   - 將馬達安裝在支架上，支架安裝在底盤上，用螺絲固定。

- 用螺絲、螺帽及銅柱將 Arduino Nano 固定在底盤上。
- 將 Arduino Nano、馬達透過麵包板及杜邦線連接起來，接線表如下:

接線表		Arduino 腳位	
		量測馬達生成的電壓時	給馬達電壓，測量生成的風速時
馬達腳位	藍線	A0-G	11S
	藍白線	A0-S	A0-G

3. 實驗過程中透過 Arduino IDE 序列埠監控視窗，顯示電壓的數值。

三、實驗平台製作後的成品

3D 繪圖	
	
實驗平台	資料監看視窗
	

研究二：探討「風源位置」，對生成電壓的影響。

一、實驗說明

在研究的過程中，發現風源的位置不是越近越好，風吹進實驗平台的角度也影響很大，因此想透過這個實驗來確定往後的實驗，風源要擺在哪個位置。

二、實驗步驟

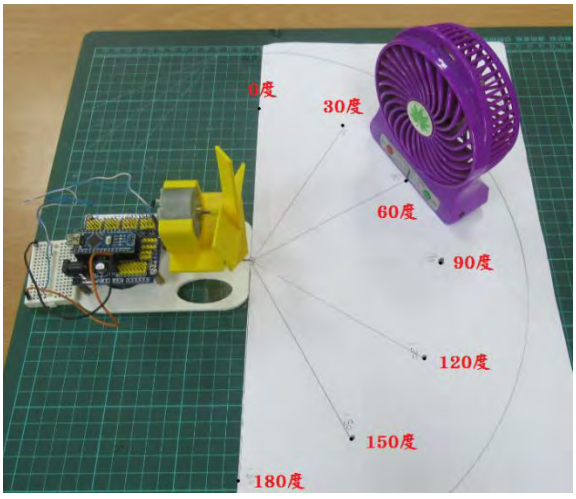
1. 控制的實驗葉片條件為：

葉片數	長度	寬度	角度
4 片	38 mm	16mm	60 度

2. 將風源放置在和實驗平台夾角為 90 度的位置，依序調整和實驗平台的距離為 2cm、4cm、6cm、8cm、10cm、12cm、14cm、16cm、18cm、20cm，測量各個位置產生的電壓值。

3. 將風源放置在和實驗平台的距離為 14cm 處，依序調整和實驗平台的角度為 0 度、30 度、45 度、60 度、90 度，測量各個位置產生的電壓值。

4. 風源和實驗平台的距離及夾角說明：

風源和實驗平台的距離
風源和實驗平台間的夾角


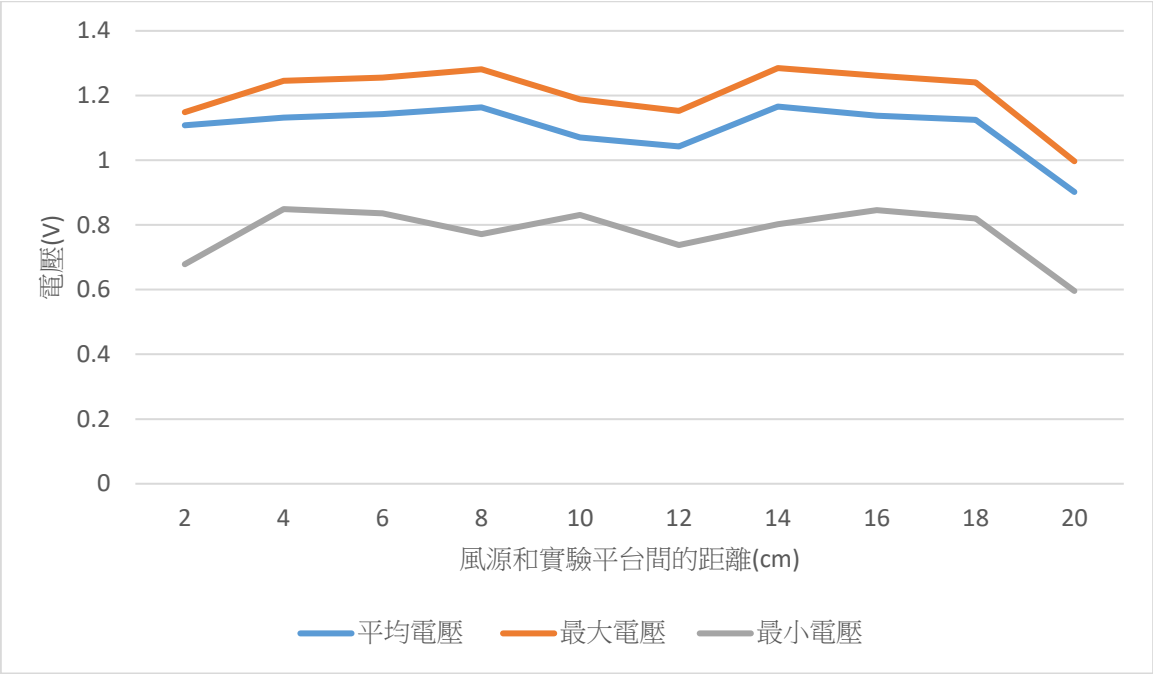
三、實驗記錄

風源和實驗平台的夾角為 90 度			
距離(cm)	平均電壓(V)	最大電壓(V)	最小電壓(V)
2	1.108	1.149	0.679
4	1.132	1.246	0.849
6	1.143	1.256	0.836
8	1.163	1.281	0.772
10	1.070	1.188	0.831
12	1.043	1.153	0.738
14	1.166	1.285	0.802
16	1.138	1.261	0.846
18	1.125	1.241	0.820
20	0.902	0.997	0.596

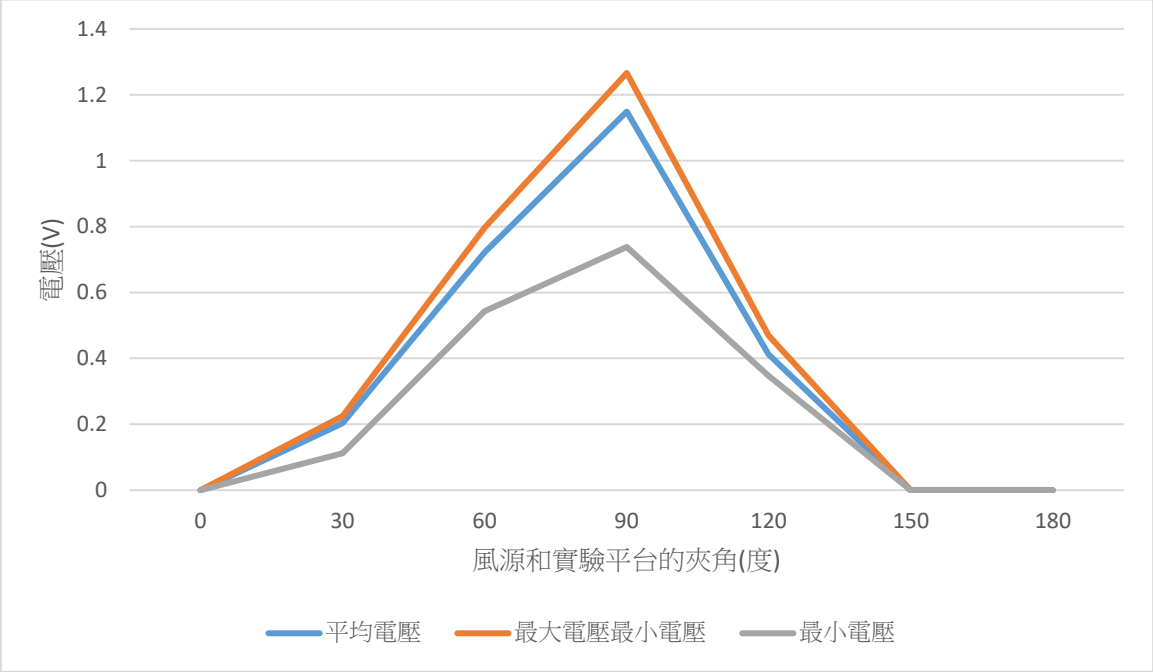
風源和實驗平台間的距離對生成電壓的關係表

風源和實驗平台的距離為 14cm			
夾角(度)	平均電壓(V)	最大電壓(V)	最小電壓(V)
0	0	0	0
30	0.203	0.225	0.112
60	0.722	0.797	0.543
90	1.149	1.266	0.738
120	0.412	0.469	0.347
150	0	0	0
180	0	0	0

風源和實驗平台間的夾角對生成電壓的關係表



風源和實驗平台間的距離對電壓生成的關係圖



風源和實驗平台的夾角對電壓生成的關係圖

四、 實驗發現

- 在這個實驗中，最好的風源位置是距離實驗平台 14cm，但 8cm 位置生成的電壓和 14cm 差不多，而且這兩個位置中間生成的電壓反而變小了。
- 風源和平台的夾角 90 度，可以生成最大的電壓。

研究三：探討不同的「葉片數」，對生成電壓及風速的影響。

一、實驗說明

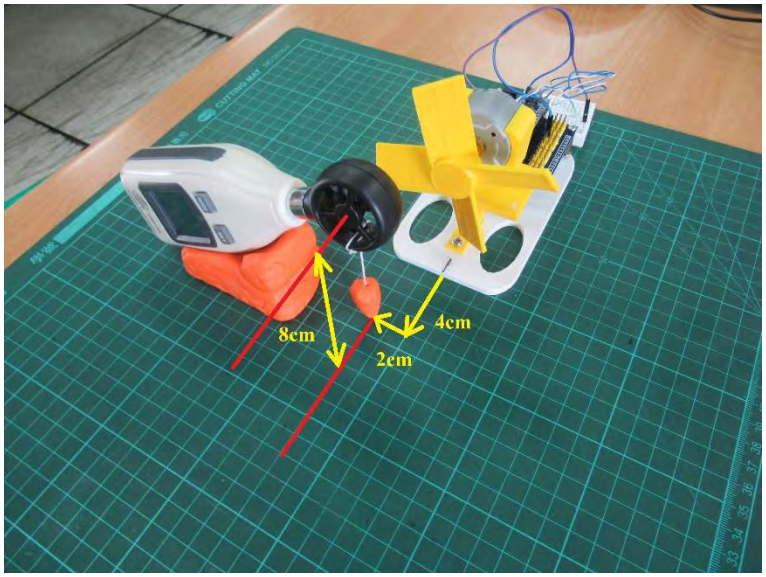
固定葉片的長度、寬度、角度及風源位置，改變葉片的數量，測量生成電壓的變化。移除風源，給予馬達固定的電壓值，在固定的風源位置，測量不同葉片數量的葉片所產生的風速。

二、實驗步驟

1. 控制的實驗葉片條件為：

長度	寬度	角度(度)
38 mm	16 mm	60 度

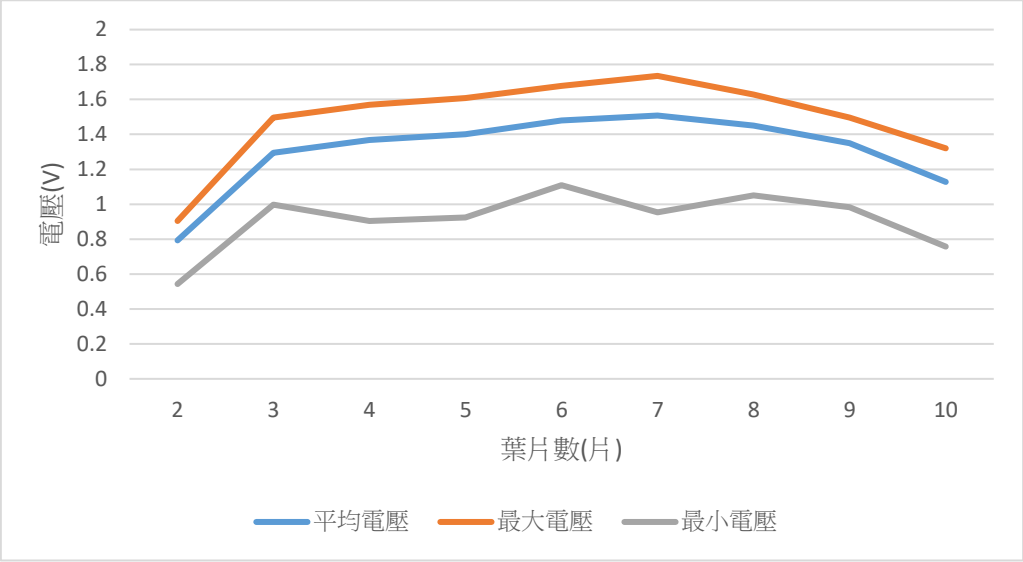
2. 控制風源和實驗平台的距離為 14 cm。
3. 利用 Tinkercad 繪製葉片數為 2、3、4、5、6、7、8、9、10 片的葉片並列印出來。
4. 將葉片分別安裝到實驗平台，測量所產生的平均、最大及最小電壓值。
5. 移除風源，安裝不同長度的葉片 ，給馬達 5V 電壓，利用風速計測量風速。風速計使用黏土當固定座，利用棉線及黏土做成垂針，綁在風速計的風扇下，用來定位風速計的位置，說明如下：



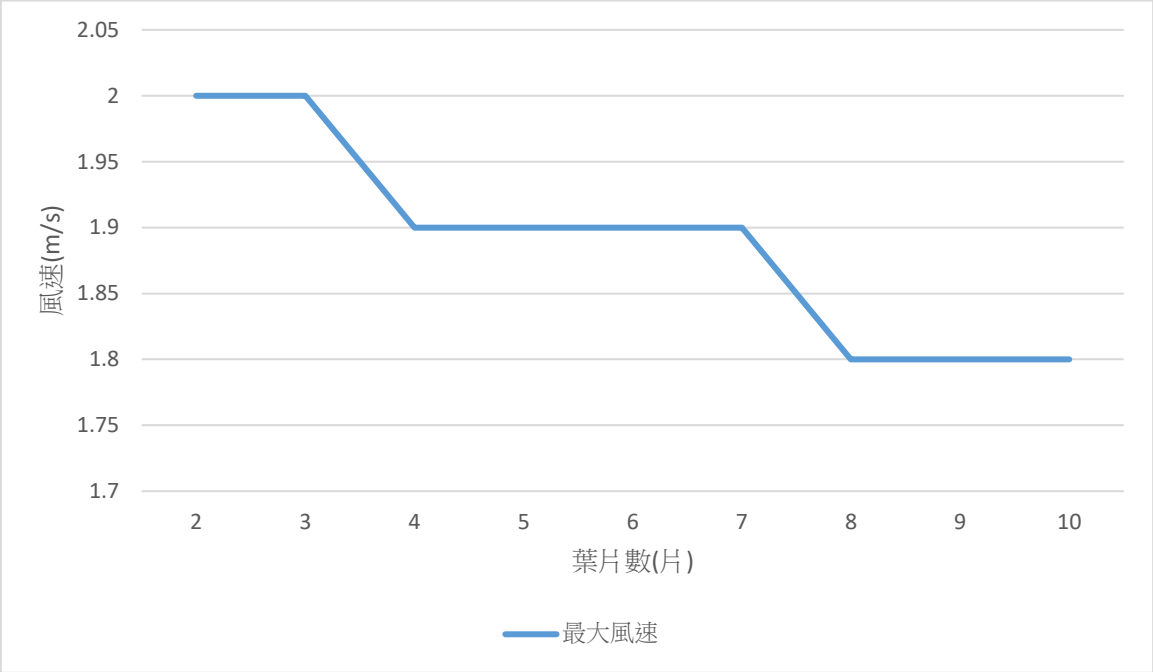
三、 實驗記錄

測量電壓				測量風速
葉片數(片)	平均電壓(V)	最大電壓(V)	最小電壓(V)	最大風速(m/s)
2	0.793	0.904	0.543	2.0
3	1.294	1.496	0.997	2.0
4	1.368	1.569	0.904	1.9
5	1.400	1.608	0.924	1.9
6	1.479	1.677	1.109	1.9
7	1.508	1.735	0.953	1.9
8	1.451	1.628	1.051	1.8
9	1.349	1.496	0.982	1.8
10	1.128	1.320	0.758	1.8

葉片數對生成電壓及風速的關係表



葉片數對生成電壓的關係圖



葉片數對生成風速的關係圖

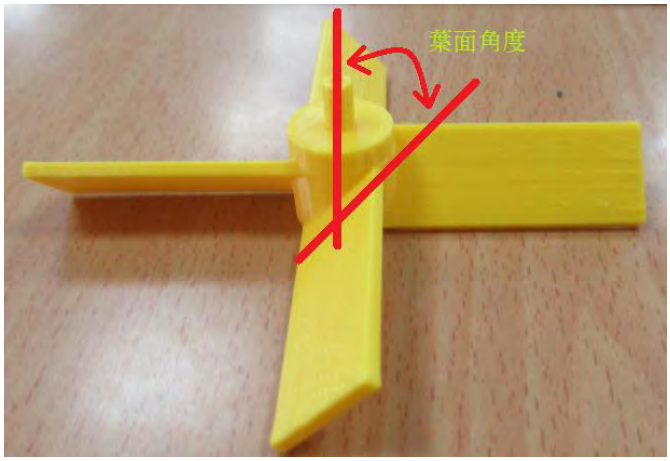
四、實驗發現

- 可生成最大電壓的葉片數量是 7 片。
- 2 和 3 片的葉片可以產生最大的風速。
- 這個實驗生成最大電壓和最大風速的葉片數量是不同的。

研究四：探討「角度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

一、實驗說明

固定葉片的數量、長度、寬度及風源位置，改變葉片的角度，測量生成電壓的變化。移除風源，給予馬達固定的電壓值，在固定的位置，測量不同角度的葉片所產生的風速。葉片的角度是指葉面和中心軸的夾角，如下：

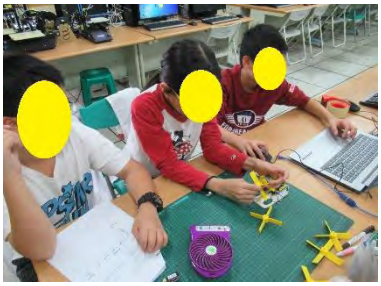


二、實驗步驟

1. 控制的實驗葉片條件為：

葉片數	長度	寬度
4 片	38 mm	16 mm

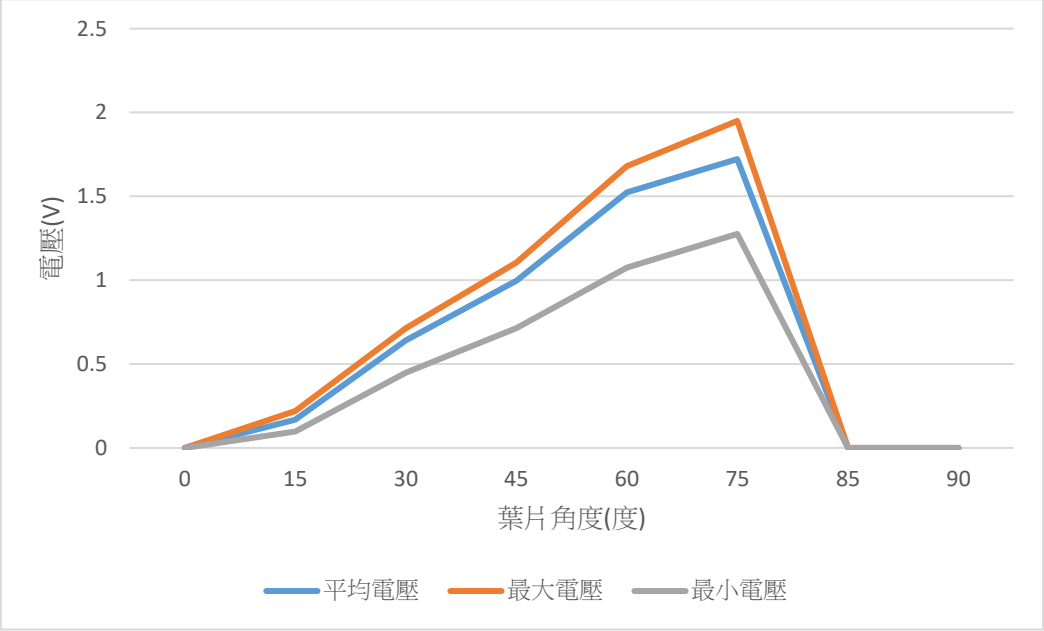
2. 控制風源和實驗平台的距離為 14 cm。
3. 利用 Tinkercad 分別繪製角度為 0、15、30、45、60、75、85、90 度的葉片並列印出來。
4. 將葉片分別安裝到實驗平台，量所產生的平均、最大及最小電壓值。
5. 移除風源，安裝不同角度的葉片，給馬達 5V 電壓，利用風速計測量風速值，風速計放置位置，如同研究三。



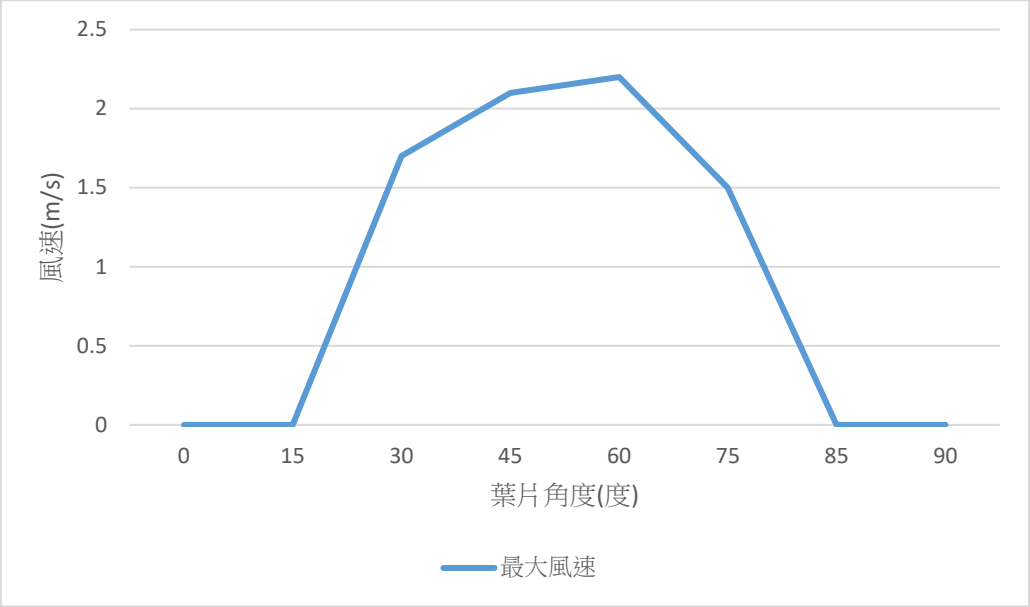
三、實驗記錄

測量電壓值				測量風速
葉片角度(度)	平均電壓(V)	最大電壓(V)	最小電壓(V)	最大風速(m/s)
0	0	0	0	0
15	0.169	0.220	0.098	0
30	0.642	0.714	0.449	1.7
45	0.996	1.105	0.714	2.1
60	1.524	1.681	1.075	2.2
75	1.722	1.950	1.276	1.5
85	0	0	0	0
90	0	0	0	0

葉片角度對生成電壓及風速的關係表



葉片角度對生成電壓的關係圖



葉片角度對生成風速的關係圖

四、 實驗發現

- 可以生成最大電壓的葉片角度是 75 度
- 可以生成最大風速的葉片角度是 60 度
- 這個實驗可以生成最大電壓和最大的風速的葉片是不同的。

研究五：探討「長度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

一、 實驗說明

固定葉片的數量、寬度、角度及風源位置，改變葉片的長度量測生成電壓的變化。移掉除風源，給予馬達固定的電壓值，在固定的風源位置，測量不同長度的葉片所產生的風速。

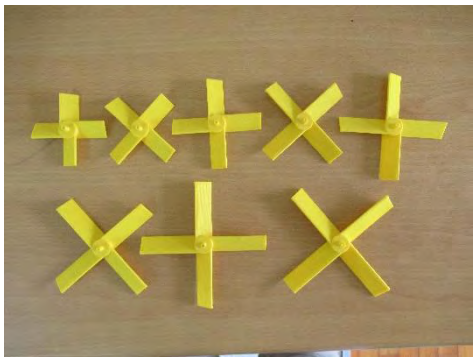
二、 實驗步驟

1. 控制的實驗葉片條件為：

葉片數	寬度	角度
4 片	16 mm	60 度

2. 控制風源和實驗平台的距離為 14 cm。

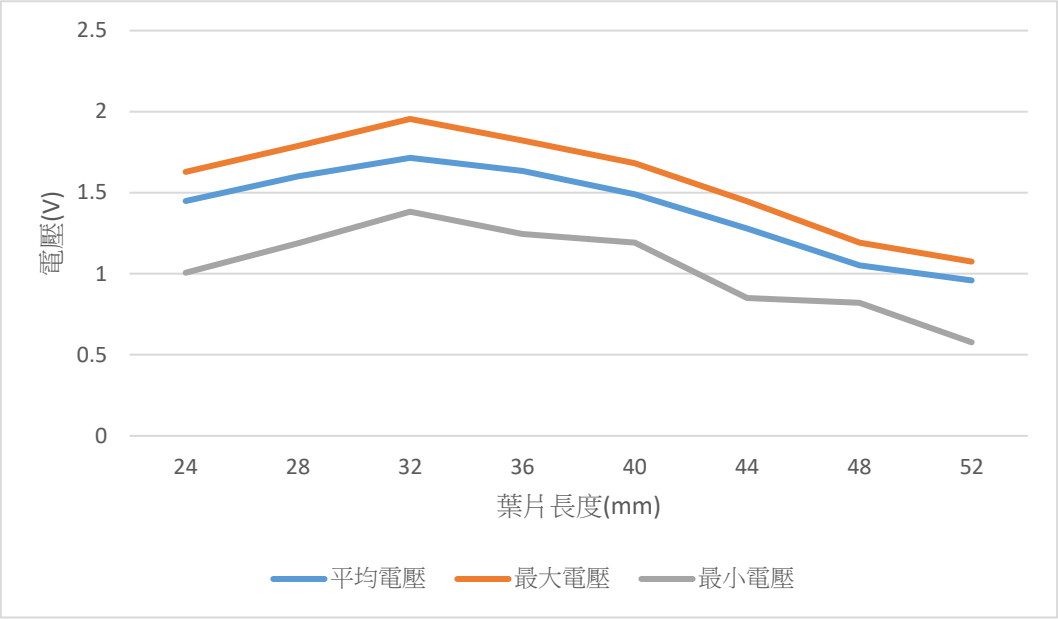
3. 利用 Tinkercad 分別繪製寬度為 24mm 、28mm、32mm、36mm、40mm、44mm、48mm、52mm 的葉片並列印出來。
4. 將葉片分別安裝到實驗平台，量測所產生的平均、最大及最小電壓值。
5. 移除風源，安裝不同長度的葉片 ，給馬達 5V 電壓，利用風速計測量風速值，風速計放置位置，如同研究三。



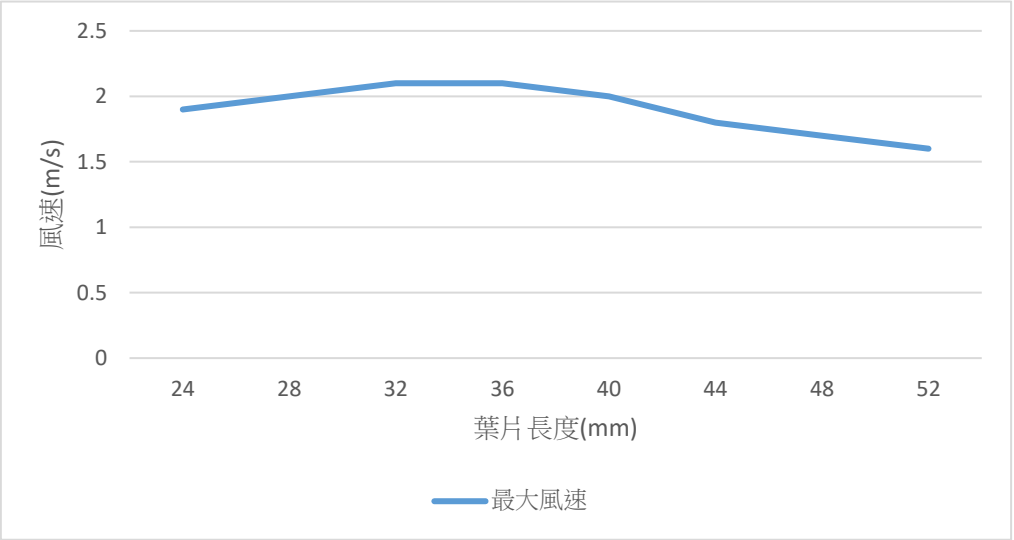
三、實驗記錄:

測量電壓值				測量風速
葉片長度(mm)	平均電壓(V)	最大電壓(V)	最小電壓(V)	最大風速(m/s)
24	1.449	1.628	1.007	1.9
28	1.600	1.789	1.188	2.0
32	1.715	1.955	1.383	2.1
36	1.635	1.822	1.246	2.1
40	1.490	1.681	1.193	2.0
44	1.279	1.447	0.850	1.8
48	1.052	1.193	0.821	1.7
52	0.959	1.075	0.577	1.6

葉片長度對生成電壓及風速的關係表



葉片長度對生成電壓的關係圖



葉片長度對生成風速的關係圖

四、實驗發現

- 生成最大電壓的葉片長度是 32mm。
- 生成最快風速的葉片長度是 32mm 及 36mm
- 這個實驗 32mm 長度的葉片可以生成最大電壓及最快風速。

研究六：探討「寬度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

一、實驗說明

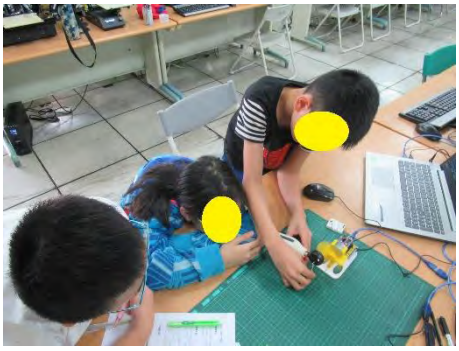
固定葉片的數量、長度、角度及風源位置，改變葉片的寬度，測量生成電壓的變化。移除風源，給予馬達固定的電壓值，在固定的風源位置，測量不同寬度的葉片所產生的風速。

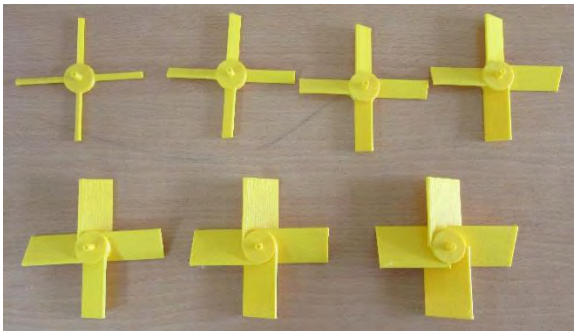
二、實驗步驟

1. 控制的實驗葉片條件為：

葉片數	長度	角度
4 片	32 mm	60 度

2. 控制風源和實驗平台的距離為 14 cm。
3. 利用 Tinkercad 繪製寬度為 4mm、8mm、12mm、16mm、20mm、24mm、28mm 的葉片並列印出來。
4. 將葉片分別安裝到實驗平台，量測所產生的平均、最大及最小電壓值。
5. 移除風源，安裝不同角度的葉片，給馬達 5V 電壓，利用風速計量測風速值，風速計放置位置，如同研究三。



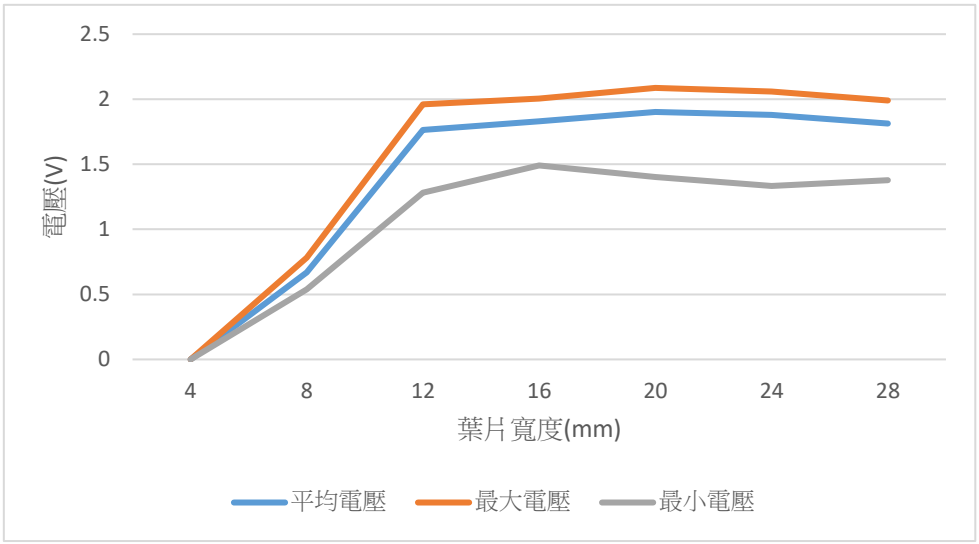


三、實驗記錄:

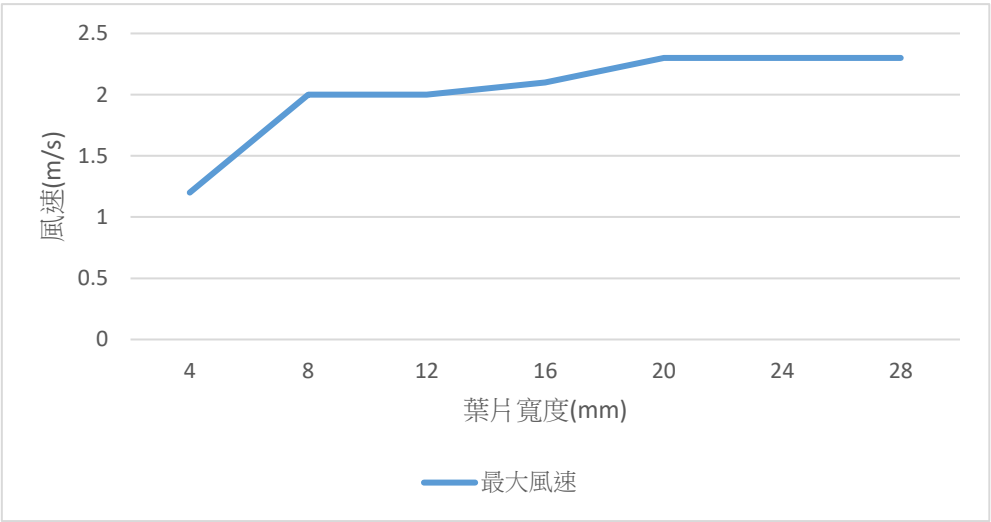
測量電壓值				測量風速
葉片寬度(mm)	平均電壓(V)	最大電壓(V)	最小電壓(V)	最大風速(m/s)
4	0	0	0	1.2

8	0.669	0.782	0.538	2.0
12	1.765	1.960	1.281	2.0
16	1.830	2.004	1.491	2.1
20	1.902	2.087	1.403	2.3
24	1.880	2.058	1.334	2.3
28	1.813	1.989	1.378	2.3

葉片寬度對生成電壓及風速的關係表



葉片寬度對生成電壓的關係圖



葉片寬度對生成風速的關係圖

四、 實驗發現

- 生成最大電壓的葉片寬度是 20mm。
- 生成最快風速的葉片寬度是 20mm、24mm 及 28mm
- 這個實驗 20mm 寬度的葉片可以生成最大電壓及最快風速。

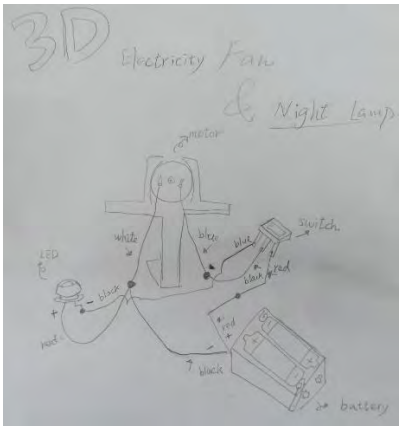
研究七：製作一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈。

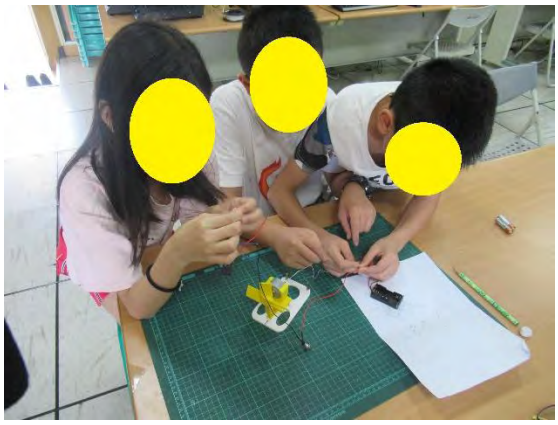
一、 製作說明

3D 列印的實驗平台及葉片，想說實驗完成後，可以加上 2 顆 AA 電池，把它變成一台小型的桌上電風扇，晚上也可以放在大型電風扇吹得到的地方，變身成一個不用電池發電的風力小夜燈，兩個功能的切換，就透過一個開關來完成。

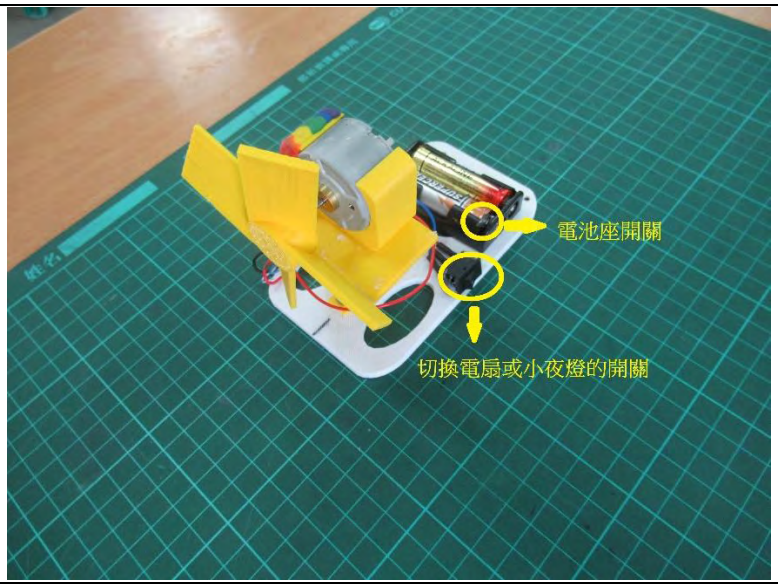
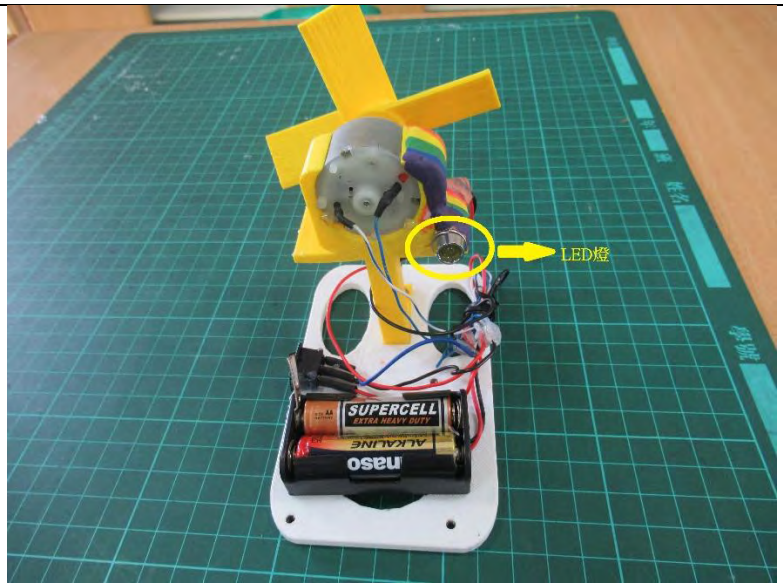
二、 製作方式

1. 使用實驗過程中的馬達及 3D 列印骨架：底盤、馬達支架、實驗的葉片。
2. 其他材料： 2 顆的 AA 電池座、洛克開關(3 腳 2 段)、LED 燈、電線、黏土、熱融槍
3. 安裝方式：
   - 將馬達安裝在支架上，支架安裝在底盤上，用螺絲固定。
   - 使用熱熔槍將 AA 電池座固定在底盤上。
   - 使用熱熔槍將洛克開關固定在底盤的側邊。
   - 用黏土將 LED 固定在馬達座的側邊，LED 燈面向後方。
   - 依據下面的接線圖將馬達、洛克開關、LED 燈用電線連接起來。





三、製作的結果及成品

成品前側圖

成品後視圖


陸、 討論

一、 探討如何透過 3D 列印及 Arduino 建置實驗平台。

(1) 尋找適合繪製葉片的 3D 軟體及方法

使用 Tinkercad 的方法 1，雖然要花最多的時間，但根據下表的延伸測試，這是最沒有限

制的做法，也可以讓我們比其他的方式學習到更多 Tinkercad 的技巧，所以我們捨棄方法 2、3 這種可以快速畫出葉片的做法，實驗中的葉片都使用方法 1 來繪製。

軟體名稱	Tinkercad			OpenSCAD
繪圖方法	方法 1: 使用基本圖形	方法 2: 使用 pointed windmill 圖形	方法 3: 使用 rounded windmill 圖形	方法 4:
能更改葉片「**形狀**」	○	○ 形狀有限制	X	○ 沒有限制 (要寫程式)
能更改**葉片中間的形狀**	○	X	X	○ 沒有限制 (要寫程式)

(2) 探討使用 Arduino 硬體測量電壓的方法

如果以高精度電錶為準，Arduino Nano 量測的電壓值，雖然有偏高的現象，但誤差變化並不大，在 0.06V~0.07V 之間，所以實驗中都使用 Arduino Nano 來進行電壓的測量，因為可以使用很多筆(1000 筆)的電壓紀錄來做平均，會比較準確。

(3) 建立實驗平台

使用 3D 列印建立的實驗平台，確實能讓我們能順利展開整個實驗，使用 Arduino Nano 來讀取電壓值，電壓的紀錄也方便及明確許多。

二、 探討「風源位置」，對生成電壓的影響

- 風源和實驗平台的距離不是越近，生成的電壓越大。從這個實驗來看，兩個旋轉的葉片間，距離太近，會產生阻力，影響葉片的轉動及電壓的生成。
- 風源位置在 8cm 和 14cm 生成的電壓差不多，但是二個位置的中間，生成電壓會變小，這是個很奇特的現象，不同的葉片是不是也有相同的現象，或許是未來可以繼續探討的部分，但不在這個實驗探討的範圍。
- 透過這個實驗，往後的所有實驗，風源的位置固定在 14cm、角度 90 度的位置。

三、 探討不同的「葉片數」，對生成電壓及風速的影響

- 葉片數從 2 片到 3 片，生成的電壓有非常明顯的提升。提升葉片數，發電效能的提升很明顯。
- 葉片數 7 片可以生成最大的電壓，但葉片 4 ~ 9 片生成的平均電壓，其實相差並不大，最大只相差約 0.15 左右，提升葉片數，發電效能的提升並不明顯。
- 葉片 9 片到 10 片，生成的電壓下降的非常明顯，應該是受重量或風阻的影響。
- 從實驗結果來看，葉片數越小可以生成的風速越大，但也最大也只相差 0.2m/s，所以葉片數對風速的影響並不大。

四、 探討「角度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響

- 在生成電壓的部分：最好的角度是在 75 度。45 度到 60 度，有很好的電壓提升。
- 在生成風速的部分：最好的角度是 60 度。75 度生成的風速，有很明顯地下降。
- 列印 75 度以上的葉片時，發現因為傾斜的角度太大，列印出來的葉面會不太平整，這會是未來使用 3D 印表機列印葉片，需要再克服的問題。

五、 探討「長度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響

- 在生成電壓的部分：最好的長度是 32mm，葉片大於 44mm，電壓很明顯地降低，應該是受到重量的影響。
- 在生成風速的部分：最好的長度是 32mm 和 36mm，和生成電壓一樣，葉片大於 44mm 風速有明顯地降低，應該是受到重量的影響。

六、 探討「寬度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響

- 在生成電壓的部分：寬度 8mm 到 12mm 生成的電壓有很明顯的提升，最好的葉片寬度在 20mm，但和 16mm 及 24mm 生成的電壓差距並不大。
- 在生成風速的部分：寬度增加，風速也變大，寬度大於 24mm，生成的電壓開始減少，但生成的風速並沒有受影響，還是能維持在最大。

七、 製作一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈

這個簡單的設計，利用 3D 列印，透過一個開關及馬達，再加上一個適當的葉片，確實是可以做到，兩用功能的小風扇及風力發電小夜燈。但還是有些以下缺點：

- 葉片的部分由於材質是比較硬的，也沒有設計風罩，安全上是個問題。
- 小夜燈的部分，由於產生的電力只夠一顆 LED 發亮，亮度是不夠的。

柒、 結論

1. 3D 列印讓葉片的製作品質穩定，且可以快速地生產所需要的葉片；用 Arduino Nano 來測量生成的的電壓，可以改善用電錶讀值的問題，讓實驗進行的更容易、準確。
2. 可以生成最大電壓的葉片條件為：

葉片數	角度	長度	寬度
7 片	75 度	32mm	20mm

3. 可以生成最大風速的葉片條件為：

葉片數	角度	長度	寬度
2、3 片	60 度	32、36mm	20、24、28mm

4. 生成最大電壓和生成最大風速的葉片條件是不同的，因此沒辦法製作一個葉片，能同時生成最大電壓及最大風速。
5. 未來發展:
   - 如討論二所說，風源和實驗平台間的距離對電壓生成的關係圖中，有兩個波峰，是否所有的葉片都有這種現象及為何會有這種現象，很需要再繼續追根究底下去。
   - 葉片可以設計不同的形狀繼續進行實驗，如設計像市售電扇的曲面造型，但要用 Tinkercad 畫出來，將會是一大挑戰。
   - 3D 列印角度大的葉片時，葉面不平整的問題，要如何改善。
   - 兩用的小風扇暨風力發電小夜燈，可以根據討論中的缺點，再進行改進如使用發電效率更高的馬達等，整個構造的設計也可全部用 3D 列印來完成，如風罩、LED 燈及開關的固定方式等。

捌、 參考資料

- 網站

1. Thingiverse

   https://www.thingiverse.com/thing:1765338/#files

- 歷屆科展作品

2. 余昕儒、顏詩樺、蘇紜禾、朱珮綸、黃丞瑜、林致宇（2016）。舞風高手－垂直軸風力發電機之研究與應用。中華民國第五十六屆中小學科學展覽會作品。

【評語】082802

利用 3D 列印機來列印各種形狀尺寸的風扇葉片，來測試其產生的風壓和電量，實驗設計觀念正確，具有良好的科學精神，整個實驗和製作過程完整，精神可佳。

本作品能綜合不同領域的觀念及技法，針對疑問進行探究，值得鼓勵。

建議針對所設計的結構與現有葉片的結構有何異同？進行比較。

作品海報

壹、摘要

3D印表機正夯，號稱能啟動第三次工業革命，什麼都能印；綠色能源是人類未來能永續生存的重要條件，風力發電非常適合台灣發展；南部的天氣，夏天異常炎熱，人手一台小電風扇。本研究在探討用簡單的3D繪圖工具，利用3D印表機，製作不同葉片數、寬度、角度的葉片，裝在市售的馬達上，在固定的風速下，找出可產生最大電壓的葉片，並反過來探討能產生最大電壓的葉片，在給馬達相同的電壓下，是不是也可以產生較快的風速，並利用實驗素材製作出一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈的功能。

貳、研究動機

我們知道電動機及發電機的原理相同，只是能量的轉換方向不同，風力發電及電風扇都必須藉助葉片才能發揮功能，而葉片又各有不同的形式。而剛好學校目前有幾台3D印表機，用來製作Arduino機器人的骨架、學生的手繪3D書籤、鑰匙圈等教學，我們也常常在思考還可以應用在什麼地方？藉著這次的科展，我們利用簡易的3D繪圖軟體，製作不同重量、葉片數、寬度、長度、角度的葉片，裝在市售的馬達上，探討對發電電壓的影響，並反過來驗證能產生較大發電電壓的葉片，在給予固定的電壓下，是不是也能產生較快的風速？最後再利用實驗結果找出最好的葉片，做出一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈。

參、研究設備及器材

一、設備：3D印表機(CR-8/CR-10)、風速計(GM816A)、三用電錶、桌上型風扇。
二、軟體：Tinkercad、Arduino IDE、OpenSCAD、Word 2013。
三、材料：Arduino Nano及擴充板、直流馬達、LED燈、3D列印線材(1.75mm PLA)、電線、洛克開關(3腳2段)、麵包板、銅柱及螺絲、 AA電池座、桌墊（帶量尺）、黏土。

肆、研究目的

建立實驗平台

研究一：探討如何透過3D列印及Arduino控制板建立實驗平台
實驗一：尋找適合繪製葉片的3D軟體及方法
實驗二：探討使用Arduino硬體測量電壓的方法
實驗三：建立實驗平台
研究二：探討「**風源位置**」，對生成電壓的影響

探討葉片樣式

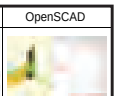
研究三：探討不同的「**葉片數**」，對生成電壓及風速的影響
研究四：探討「**角度**」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響
研究五：探討「**長度**」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響
研究六：探討「**寬度**」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響

製作成品

研究七：製作一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈

伍、研究過程及方法

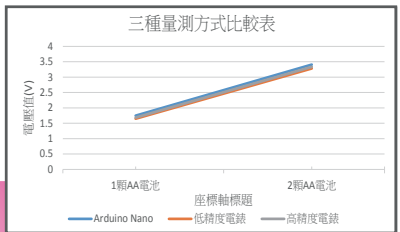
研究一：探討如何透過3D列印及Arduino控制板建立實驗平台。
實驗一：尋找適合繪製葉片的3D軟體及方法
一、實驗方法
使用二套軟體四種繪製葉片的方法測試是否能做到調整角度、長度、葉片數、寬度及計算繪製角度45、長度30mm、寬度12mm葉片所需的時間。
二、實驗結果

軟體名稱	Tinkercad			OpenSCAD
設計畫面				
繪圖方法	方法 1: 使用基本圖形	方法 2: 使用 pointed windmill 圖形	方法 3: 使用 rounded windmill 圖形	方法 4: 寫程式碼
能調整「角度」	○	○	○	△ 可調整角度 但寬度不能固定
能調整「長度」	○	○	○	○

繪圖方法	方法 1: 使用基本圖形	方法 2: 使用 pointed windmill 圖形	方法 3: 使用 rounded windmill 圖形	方法 4: 寫程式碼
能調整「葉片數」	○ 葉片的位置需要一些技巧	○	○	○
能調整「寬度」	○	○	○	○ 不能直接設定由高度決定
繪製角度 45、長度 30mm、寬度 12mm、4個葉片所需的時間	40分	5分鐘	5分鐘	1分鐘 內

實驗二：探討使用Arduino硬體測量電壓的方法
一、實驗方法
1.用Arduino Nano及兩種型號的三用電錶，同時來測量1顆及2顆AA電池。
2.Arduino程式計算方式:每5ms(毫秒)，記錄電壓一次，累積1000次電壓值後(即5秒)，計算平均電壓值、及找出最小及最大電壓值。

二、實驗結果



實驗三：建立實驗平台

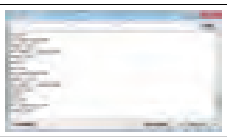
一、實驗平台的做法

1.3D列印的部分：底盤、馬達支架、實驗的葉片。

2.透過NB的USB連接Arduino控制板

3.實驗過程中透過Arduino IDE序列埠監控視窗，紀錄電壓的數值。

二、實驗平台製作後的成品

3D繪圖 Tinkercad	
實驗平台	Arduino IDE 資料監看視窗
	

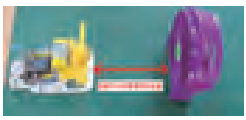
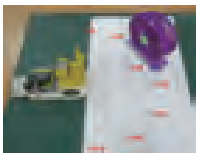
研究二：探討「風源位置」，對生成電壓的影響。

一、實驗方法

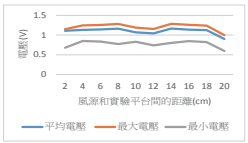
1、 控制的實驗葉片條件為：

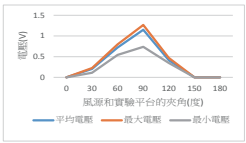
葉片數（片）	長度（mm）	寬度（mm）	角度（度）
4	38	16	60

2、 風源和實驗平台的距離及夾角說明：

風源和實驗平台的距離定義	風源和實驗平台間的夾角定義
	

二、實驗 結果



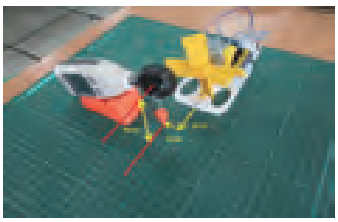


最佳的風源位置	
距離（cm）	夾角（度）
14	90

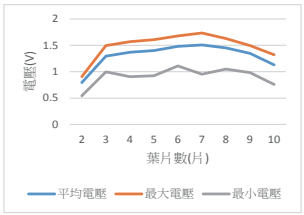
研究三：探討不同的「葉片數」，對生成電壓及風速的影響。

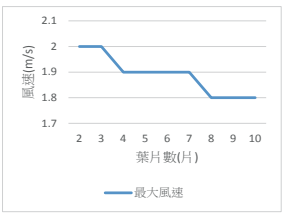
一、實驗方法:

1、測量風速的方式：



二、實驗 結果：





能產生最大電壓
7 片

能產生最大風速
2、3片

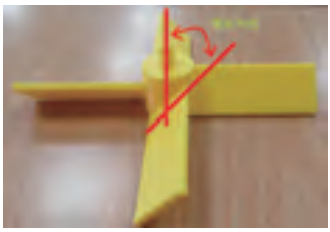
2、實驗的葉片條件為：

長度（mm）	寬度（mm）	角度（度）	葉片數（片）
38	16	60	2、3、4、5、6、7、8、9、10

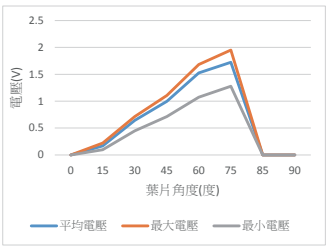
研究四：探討「角度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

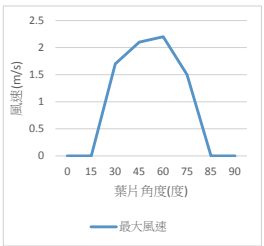
一、實驗方法

1、葉片的角度是指葉面和中心軸的夾角，如下



二、實驗結果





能產生最大電壓
75 度

能產生最大風速
60 度

2、 實驗的葉片條件為：

葉片數（片）	長度（mm）	寬度（mm）	角度（度）
4	38	16	0、15、30、45、60、75、85、90

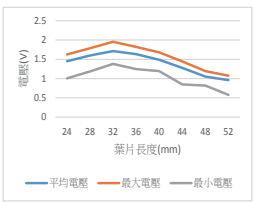
研究五：探討「長度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

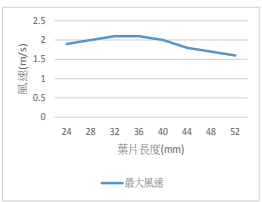
一、實驗方法

實驗的葉片條件為：

葉片數（片）	寬度（mm）	角度（度）	長度（mm）
4	16	60	24、28、32、36、40、44、48、52

二、實驗結果





能產生最大電壓
32mm

能產生最大風速
32、36mm

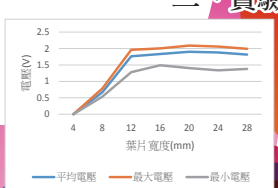
研究六：探討「寬度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響。

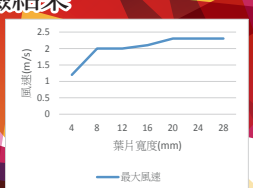
一、實驗方法

控制的實驗葉片條件為：

葉片數（片）	長度（mm）	角度（度）	寬度（mm）
4	32	60	4、8、12、16、20、24、28

二、實驗結果





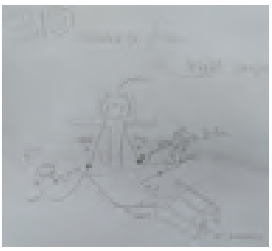
能產生最大電壓
20mm

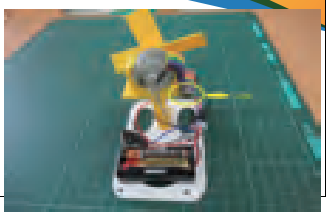
能產生最大風速
20、24、28mm

研究七：製作一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈。

一、製作材料及接線圖

1. 實驗過程中使用的材料：馬達、3D列印骨架包刮底盤、馬達支架、實驗的葉片。
2. 其他額外增加的材料： 2顆的AA電池座、洛克開關(3腳2段)、LED燈、電線、黏土、熱融槍。
3. 接線圖及成品如下：



成品前側圖	成品後視圖
	

陸、討論

軟體名稱	Tinkercad			OpenSCAD
繪圖方法	方法 1: 使用基本圖形	方法 2: 使用 pointed windmill 圖形	方法 3: 使用 rounded windmill 圖形	方法 4:
能更改葉片「形狀」	○	○ 形狀有限制	X	○ 沒有限制 (要寫程式)
能更改葉片中間的形狀	○	X	X	○ 沒有限制 (要寫程式)

一、探討如何透過3D列印及Arduino建置實驗平台

(1)根據下表的延伸測試，方法1這是最沒有限制的做法，雖然要花最多的時間，但可以讓我們學習到更多繪製3D圖的技巧，所以實驗中的葉片都使用方法1來繪製。

(2)以高精度電錶為準，Arduino Nano測量的電壓值，雖有偏高的現象，但在高低電壓測量時，誤差都在0.06V~0.07V之間，所以使用Arduino Nano來測量電壓是沒有問題的。

(3)3D列印建立的實驗平台，確實能讓我們能順利展開整個實驗，使用Arduino Nano來讀取電壓值，電壓的紀錄也方便及明確許多。

二、探討「風源位置」，對生成電壓的影響

●風源和實驗平台的距離不是越近生成的電壓越大。從這個實驗來看，兩個旋轉的葉片間，距離太近，會產生阻力，影響葉片的轉動及電壓的生成。

●實驗中發現的奇特現象：風源位置在8cm和14cm生成的電壓差不多，但是二個位置的中間，生成的電壓又會變小，另外，不同的葉片是不是也有相同的現象，是未來可以繼續探討的部分。

三、探討不同的「葉片數」，對生成電壓及風速的影響

●葉片數從2片到3片，生成的電壓有非常明顯的提升，提升葉片數，發電效能的提升很明顯。

●葉片數7片可以生成最大的電壓，但葉片4 ~ 9片生成的平均電壓，其實相差並不大，最大只相差約0.15左右，提升葉片數，發電效能的提升並不明顯。

●葉片9片到10片，生成的電壓下降的非常明顯，應該是受重量或風阻的影響。

●葉片數越小可以生成的風速越大，但最大也只相差0.2m/s，所以葉片數對風速的提升效益並不大。

四、探討「角度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響

●生成電壓的部分：最好的角度是在75度。45度到60度，有很好的電壓提升。

●生成風速的部分：最好的角度是60度。75度生成的風速，有很明顯地下降。

●列印75度以上的葉片時，發現因為傾斜的角度太大，列印出來的葉面會不太平整，這會是未來使用3D印表機列印葉片，需要再克服的問題。

五、探討「長度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響

●生成電壓的部分：最好的長度是32mm，葉片大於44mm，電壓很明顯地降低，應該是受到重量的影響。

●生成風速的部分：最好的長度是32mm和36mm，葉片大於44mm風速有明顯地降低，應該也是受到重量的影響。

六、探討「寬度」不同的葉片，對生成電壓及風速的影響

●生成電壓的部分：寬度8mm到12mm生成的電壓有很明顯的提升，最好的葉片寬度在20mm，但和16mm及24mm的差距並不大。

●生成風速的部分：寬度增加，風速也變大，寬度大於24mm，生成的電壓開始減少，但生成的風速並沒有改變。

七、製作一台簡易的小風扇暨風力發電小夜燈利用3D列印

透過一個開關及馬達，再加上一個適當的葉片，確實成功地做出兩用功能的風力發電小夜燈及風扇。但還是有些缺點：

●葉片的部分由於材質是比較硬的，也沒有設計風罩，安全上是個問題。

●小夜燈的部分，由於產生的電力只夠一顆LED發亮，亮度是不夠的。

柒、結論

1.3D列印讓葉片的製作品質穩定，用Arduino Nano來測量生成的的電壓，可以改善用電錶讀值的問題，讓實驗進行的更容易、準確。

2.可以生成最大電壓的葉片條件為：

葉片數	角度	長度	寬度
7 片	75 度	32mm	20mm

3.可以生成最大風速的葉片條件為：

葉片數	角度	長度	寬度
2、3 片	60 度	32、36mm	20、24、28mm

4.生成最大電壓和生成最大風速的葉片條件是不同的，因此沒辦法製作一個葉片，能同時生成最大電壓及最大風速。

捌、未來發展

●如討論二所說，風源和實驗平台間的距離對電壓生成的關係圖中，有兩個波峰，是否所有的葉片都有這種現象及為何會有這種現象，很需要再繼續追根究底下去。

●葉片可以設計不同的形狀繼續進行實驗，如設計像市售電扇的曲面造型，但要用Tinkercad畫出來，將會是一大挑戰。

●3D列印角度大的葉片時，葉面不平整的問題，要如何改善。

●兩用的小風扇暨風力發電小夜燈，可以根據討論中的缺點，再進行改進如使用發電效率更高的馬達等，整個構造設計也可全部用3D列印來完成，如風罩、LED燈及開關的固定方式等。