

新北市 113 學年度秀朗國小資優班

獨立研究作品說明書

風神無雙

3D 風力扇葉發電效能之研究



研究者：吳旻育、李昊恩、林晉民、施冠傳、羅祉晴

目錄

摘要	1
壹、研究動機	1
貳、文獻探討	1
參、研究目的	2
肆、研究設備及器材	3
伍、研究過程及方法	4
一、研究架構圖	4
二、研究執行甘特圖	4
三、研究過程	5
研究目的一：認識 3D 建模軟體 (Tinkercad)	5
研究目的二：探討市售風扇扇葉對發電效果的影響	6
【實驗 2-1 風速測量實驗】	6
【實驗 2-2 市售三葉風扇扇葉對發電效果的影響】	7
【實驗 2-3 市售四葉風扇扇葉對發電效果的影響】	8
研究目的三：探討不同形式的 3D 風扇扇葉對發電效果的影響	10
【實驗 3-1：正方形 3D 風扇扇葉對發電效果的影響】	10
【實驗 3-2：S 型(大)3 風扇扇葉對發電效果的影響】	12
【實驗 3-3：S 型(小)3D 風扇扇葉對發電效果的影響】	13
研究目的四：探討市售風扇扇葉對充電效能的影響	14
【實驗 4-1：測試市售風扇扇葉的充電效能】	14
研究目的五：探討不同形式的 3D 風扇扇葉對充電效能的影響	16
【實驗 5-1：測試 3D 風扇扇葉的充電效能】	16
研究目的六：測量不同風扇扇葉的重量與轉速差距	17
【實驗 6-1：扇葉重量測量實驗】	17
【實驗 6-2：不同風扇扇葉轉速測量實驗】	17
陸、研究結果與討論	20
一、研究結果	20
二、結論	23
三、建議	23
柒、研究心得	25
捌、參考文獻與資料	26

摘要

本研究旨在探討不同形式風扇扇葉對發電及充電效能之影響。研究者先利用 **Tinkercad** 軟體設計並透過 **3D 列印** 技術製作 **正方形** 及 **S 型 (大、小)** 三種不同形式之風扇扇葉，並將此與市售塑膠風扇扇葉進行比較分析。

研究結果顯示，在發電效能方面，**市售三葉扇葉** 與 **自製 S 型 (小) 扇葉** 能產生較高的電壓與電流，但能將 **平板充電** 的僅有發電效能略弱的 **市售四葉扇葉** 與 **自製正方形 3D 扇葉**，進一步分析發現原因為這兩款扇葉的 **轉速較穩定**，故能提供 **較穩定的電壓供電**。

綜上所述，本研究探討了不同形式風扇扇葉在發電、充電及轉速特性上的差異。也為未來風力扇葉設計改良、實驗修正與生活上的應用提供了參考方向。

壹、研究動機

我們在上課時看了許多有關於風力發電的影片，影片中講到有不同形式的扇葉，也就是水平、垂直軸的風扇扇葉，另外我們也蒐集了不少文獻，裡面提到扇葉的迎風角度、形狀、數目、材質和面積大小等，都會影響發電的效果，這讓我們了解到風力發電是多麼的奇妙多樣，於是我們想要研究「**風力發電**」這個主題。

貳、文獻探討

研究題目	研究摘要	啟發
風力罩得住酷旋發電機	本研究探討垂直型風力發電機如何將各方吹來的風充分利用。製作出的風力發電機將來自四面八方的自然風有效利用，輸出電壓可達 30V 以上。	可探討水平式風力扇葉與不同馬達的電壓對發電效果的影響。
神「風」特攻隊 - 扇葉與風力發電實驗	研究者設計並實驗了扇葉長度的長短、扇葉數量、扇葉面對風力的角度、扇葉承軸厚度與扇葉材質。木片材質的發電效果最佳。	我們可以改用 3D 列印製作風扇。

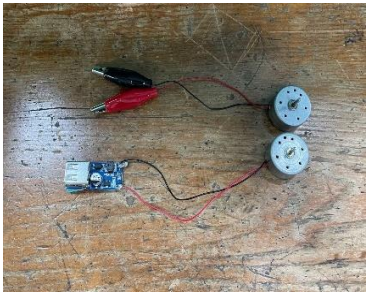
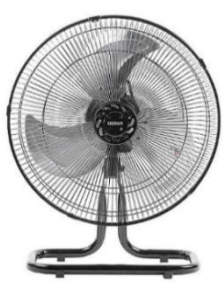
『隨風不轉舵』 - 垂直軸風力發電機之研究與應用	風力發電的類型中，垂直軸風力發電機最大優點是可接受來自任何方向的風。本研究將設計可供日常生活使用的小型電器用品，並對各項變因進行探究。	我們可以參考這份報告書的數據，改用 3D 列印製作風扇。
3D 列印葉片對電力及風力生成的影響	該研究用簡單的 3D 繪圖工具與印表機，製作不同葉片數、寬度、角度的葉片，在固定風速下，找出產生最大電壓的葉片。	可以改為討論發電效率最大的葉片，在給馬達相同的電壓下是否可產生較大的風。
「機」來運轉	研究發現機翼漸縮比 6:2 後掠 20 度角機翼運轉圈數最多。發電效能受運轉圈數影響，相同圈數下三機翼比二機翼效能高。	我們想探討風扇扇葉在不同的迎風角度、形狀、數目、材質和面積大小是否相同。
御風少年～探討水平軸風車與垂直軸風車對發電效能的影響	本研究主要在探討水平軸與垂直軸發電機的影響因素，與發電效能、啟動風速、風向範圍的比較，藉此找出較佳的發電模式	可改為探討葉片的不同對發電效果的影響。
全向型風力發電機設計研究	該研究整合水平和垂直型兩種導風裝置，可以將全向來風皆有效引導至推動 VWAT 之正向力矩，與於發電。	我們可利用 3D 軟體找出適合的葉片形狀、材質、型式與重量。
風力發電之葉片設計及其應用	探討葉片的迎風角度、形狀、數目、面積大小對發電效率的影響，並找出發電效率最佳的葉來製作風力發電的手機充電器。	我們想將本篇作品研究出來的比例再利用 3D 列印微調。

參、研究目的

- 一、認識 3D 建模軟體 (Tinkercad)
- 二、探討市售風扇扇葉對發電效果的影響
- 三、探討不同形式的 3D 風扇扇葉對發電效果的影響
- 四、探討市售風扇扇葉對充電效能的影響
- 五、探討不同形式的 3D 風扇扇葉對充電效能的影響
- 六、測量不同風扇扇葉的重量與轉速差距

肆、研究設備及器材

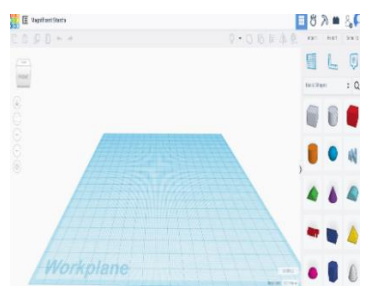
一、材料

		
市售塑膠風扇扇葉	自製 3D 風扇扇葉	3D 列印機
		
馬達	智高積木	風扇

二、測量工具

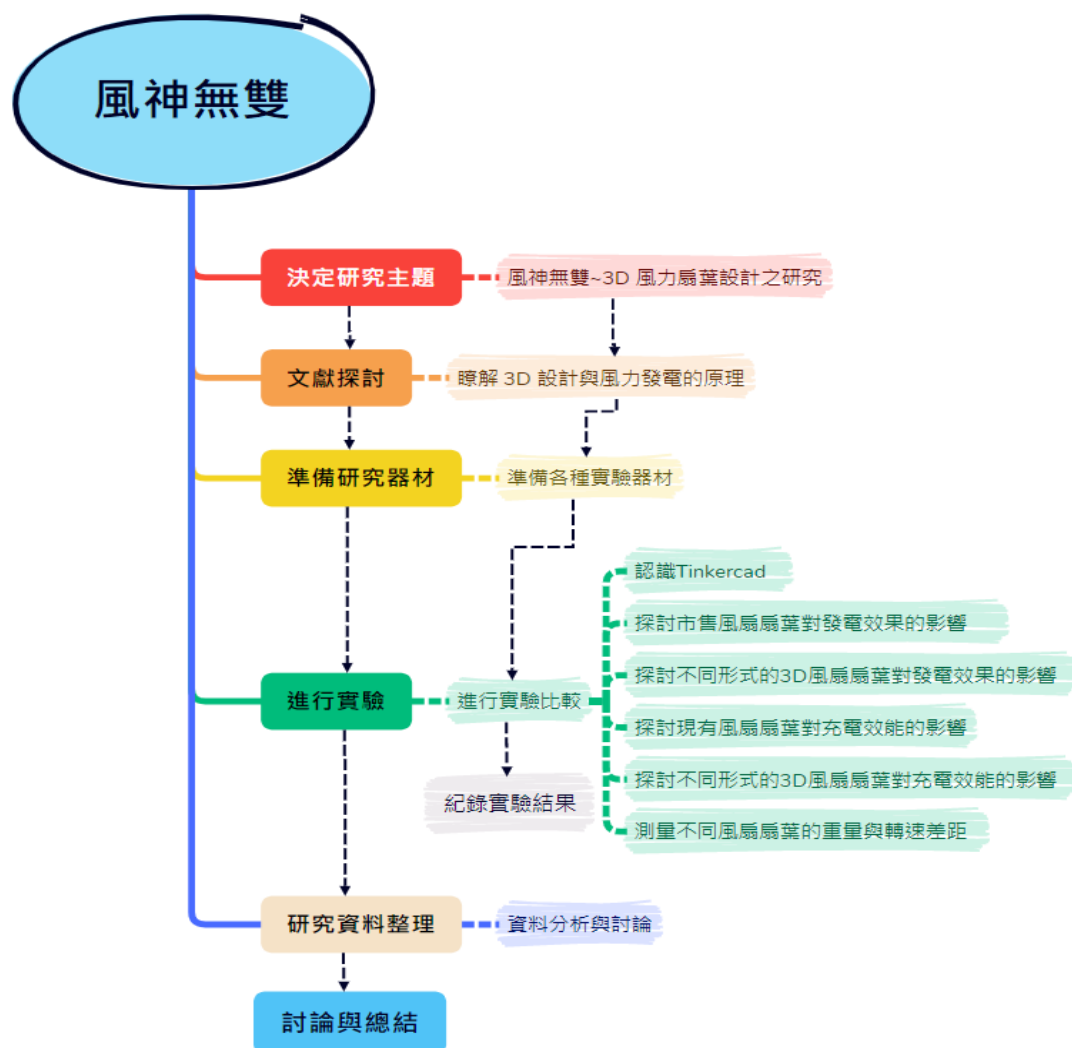
		
三用電表	風力計	非接觸式轉速計

三、應用程式與其他

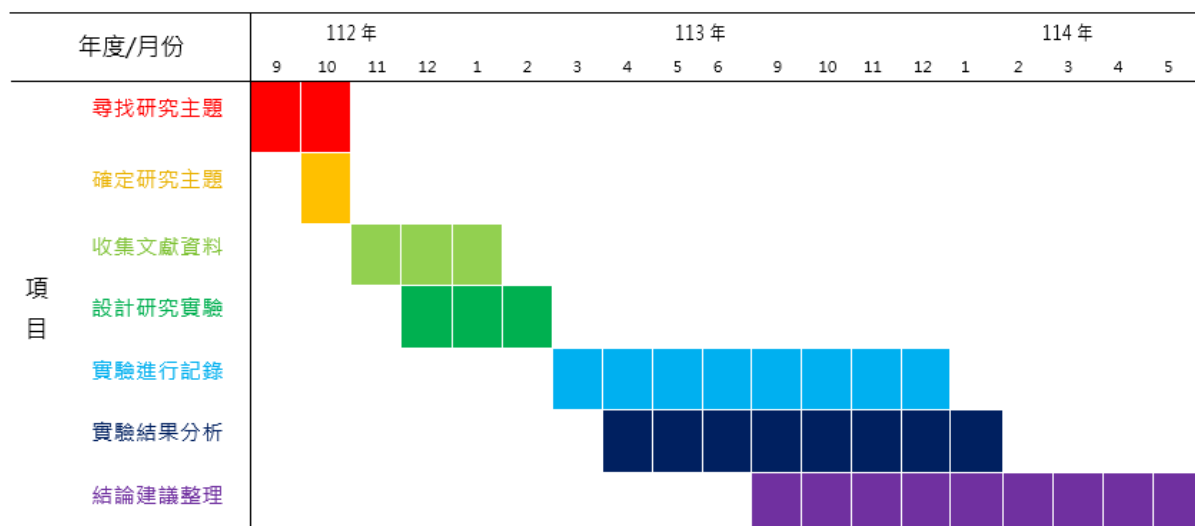
		
Tinkercad 軟體	Accubattery App	平板

伍、研究過程及方法

一、研究架構圖



二、研究執行甘特圖



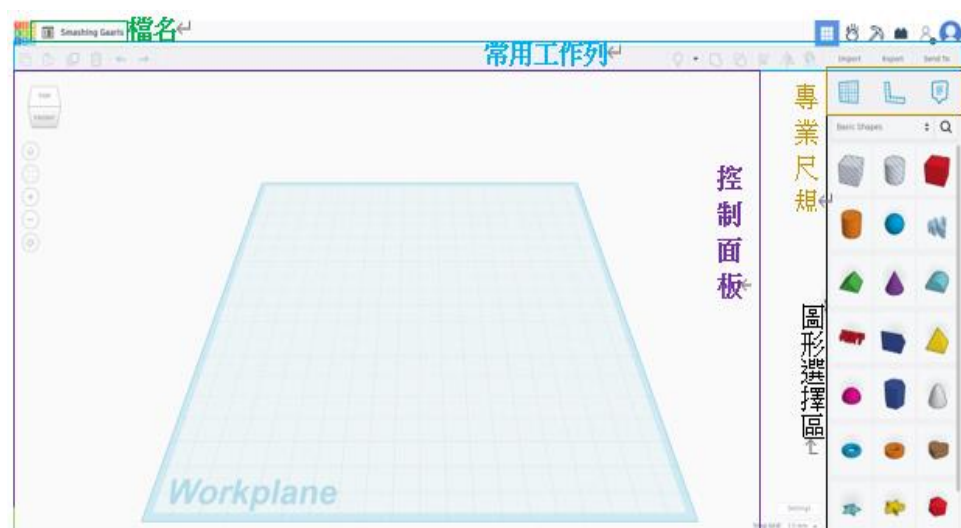
三、研究過程

研究目的一：認識 3D 建模軟體 (Tinkercad)

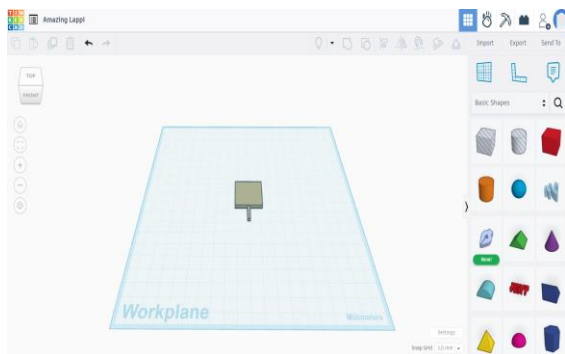
Tinkercad 是一款免費 3D 設計軟體，在網絡瀏覽器中運行，專門給初學者來建立 3D 模型，然後利用 3D 切片軟體進行打印。自 2011 年推出以來，它已成為創建 3D 打印模型的流行平台，也是學校中製作 3D 幾何模型的入門軟體。

Tinkercad 軟體中有多元的功能，可做 3D 設計、電路以及程式碼區塊。關於 3D 設計，完成後可以將模型匯出(STL 或 OBJ 格式)，匯出後再將 USB 插到 3D 列印機，即可進行 3D 打印，**本研究使用的 3D 風扇便是使用此功能完成設計**。在電路功能中，用戶可以在虛擬環境中設計電子電路並模擬其工作；而程式碼區塊功能是透過可用肉眼看見的編程工具來幫助使用者創建 3D 設計，可以進行簡單的編輯程式之練習。

在 Tinkercad 的 3D 設計操作頁面包括工作區、物件庫、設計工具等，簡單直觀。另也提供教學步驟，創作者看完後就可以試著探索軟體，並製作屬於自己的設計。



圖一：Tinkercad 3D 設計頁面簡介



圖二：利用 Tinkercad 設計正方形扇葉



圖三：利用 Tinkercad 設計正方形扇葉

研究目的二：探討市售風扇扇葉對發電效果的影響

實驗構想：在使用 Tinkercad 軟體設計扇葉之前，我們想先測得現有的市售風扇扇葉能產生電流和電壓，所以選用了相同大小但不同葉片數的扇葉進行測試。

【實驗 2-1 風速測量實驗】

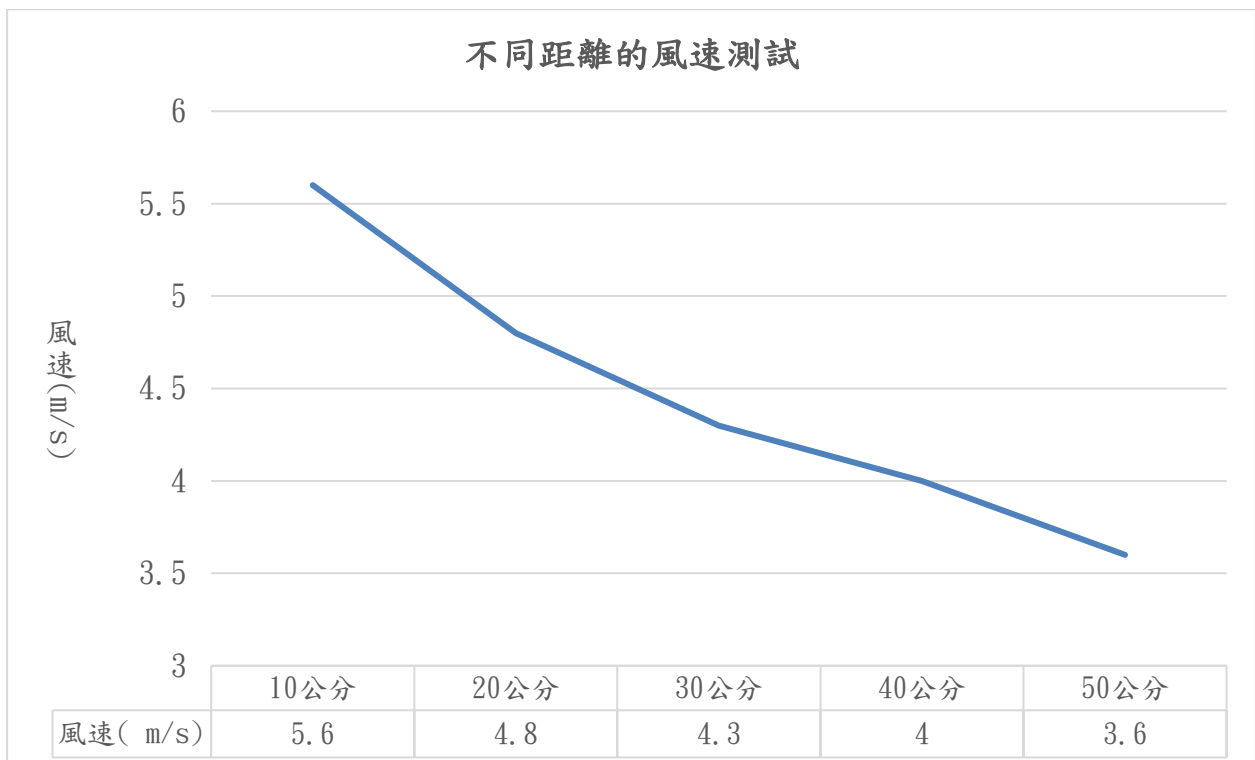
實驗材料：風速計、電風扇、智高積木

實驗步驟：

1. 用風速計找出電風扇風力最強的地方，用記號筆標示。
2. 用智高積木製作固定器，並將風速計固定在桌上。
3. 使風速計與風扇相隔 10 公分，記錄測得的風速，依序完成 20-50 公分的測試。

實驗照片與紀錄：

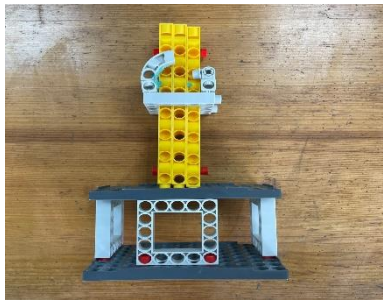
		
測量風速	距離 30 公分	距離 50 公分



【基本環境設定】

1. 用智高積木製作固定器，並將馬達固定在風力最強的地方。
2. 在地上用膠帶先標示出 10-50 公分，以 10 公分為 1 單位。
3. 把固定器用夾子固定在桌上。
4. 將桌子放在離風扇 10 公分處，
5. 連接三用電表，完成環境設定。

實驗照片：

		
製作固定器	在地上用膠帶標示距離	連接三用電表

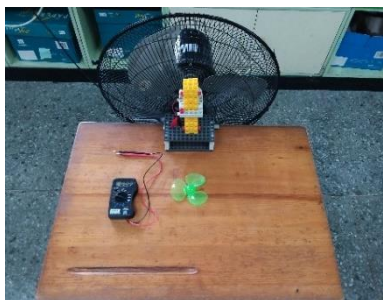
【實驗 2-2 市售三葉風扇扇葉對發電效果的影響】

實驗材料：市售三葉風扇扇葉、1.2v 馬達、電風扇、固定器、三用電表

實驗步驟：

1. 完成環境設定。
2. 將三葉扇葉固定在馬達上。
3. 扇葉在 10 秒前的數據很不穩定，因此 10 秒後才開始記錄連續五次的電壓與電流。
4. 維持一樣的環境設定，完成 20-50 公分的測試。

實驗照片與紀錄：

		
環境設定與扇葉	距離 10 公分	距離 20 公分

		
距離 30 公分	距離 40 公分	距離 50 公分

表 2-1 不同距離下市售三葉風扇產生的電壓(V)與電流(A)

次數	10 公分		20 公分		30 公分		40 公分		50 公分	
	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A
1	3.2	15.2	3	14.2	2.9	14.6	2.7	13.5	2.6	11.7
2	3.3	16.7	3.1	15.7	2.9	13.2	2.8	12.6	2.6	11.9
3	3.1	15.1	3.1	15.1	2.8	13.9	2.8	12.4	2.5	10.2
4	3.2	15	3.1	14.5	3	14.1	2.7	12.7	2.7	11.5
5	3.3	16.9	3	14.1	2.9	14	2.8	13.4	2.5	10.7
平均值	3.22	15.78	3.06	14.72	2.9	13.96	2.76	12.92	2.58	11.2

【實驗 2-3 市售四葉風扇扇葉對發電效果的影響】

實驗材料：市售四葉風扇扇葉(簡稱四葉扇葉)、1.2v 馬達、電風扇、固定器、三用電表

實驗步驟：

1. 完成環境設定。
2. 將四葉扇葉固定在馬達上。
3. 等待十秒穩定後開始記錄連續五次的電壓與電流。
4. 維持一樣的環境設定，完成 20-50 公分的測試。

實驗照片與紀錄：

		
環境設定與扇葉	距離 10 公分	距離 20 公分
		
距離 30 公分	距離 40 公分	距離 50 公分

表 2-2 不同距離下市售四葉風扇產生的電壓(V)與電流(A)

次數	10 公分		20 公分		30 公分		40 公分		50 公分	
	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A
1	3.1	15.1	2.8	12.7	2.7	10.7	2.5	8.5	2.2	6.8
2	3.2	15.5	2.9	12.3	2.7	10.6	2.4	9.1	2.3	6.7
3	3.1	15.4	2.9	12.7	2.8	10.1	2.5	8.3	2.2	6.8
4	3.2	14.8	2.8	12.6	2.8	10.5	2.5	8.7	2.2	7.3
5	3.1	15.7	3	11.9	2.7	10.3	2.4	8.6	2.3	7.4
平均值	3.14	15.3	2.88	12.44	2.74	10.44	2.46	8.64	2.24	7

目的二實驗小結：

1. 當距離風源的距離從 10 公分增加到 50 公分時，測得的風速從 5.6 m/s 下降到 3.6 m/s，表示距離風源越遠，風速就會越慢。
2. 實驗結果顯示，隨著距離的增加，電壓和電流數據均下降，表示風力隨著距離的增加而減弱，導致發電電效率低。
3. 在相同距離下，三葉扇葉能產生較高的電壓和電流，表示發電效果優於四葉扇葉。

研究目的三：探討不同形式的 3D 風扇扇葉對發電效果的影響

實驗構想：市售的電力發電扇葉形狀都大同小異，我們想了解不同形狀的扇葉對發電效果的影響，討論後我們認為有傾斜的正方形扇葉的發電效果應該不錯，所以設計了正方形的葉片，並利用插孔的角度讓葉片傾斜。除此之外，我們也將之前看過的水力發電機的風扇扇葉的形狀（S 型），結合 3D 列印創造出不同大小的葉片，想看看是否能「一葉兩用」。

【實驗 3-1：正方形 3D 風扇扇葉對發電效果的影響】

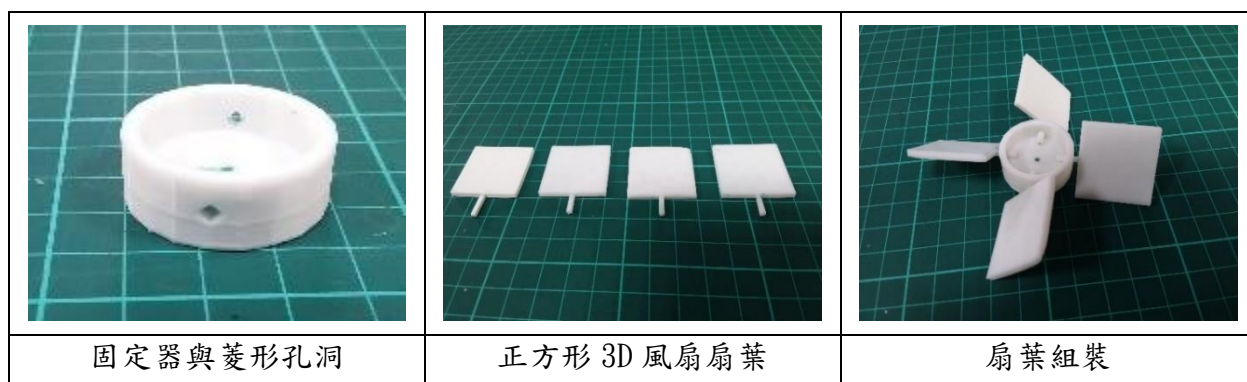
實驗材料：正方形 3D 風扇扇葉、1.2v 馬達、電風扇、固定器、三用電表

實驗步驟：

1. 延續實驗 2 的環境設定。
2. 設計正方形 3D 扇葉並用 3D 列印機印出成品。
3. 將正方形 3D 扇葉固定在馬達上。
4. 等待十秒穩定後開始記錄連續五次的電壓與電流。
5. 維持一樣的環境設定，完成 20-50 公分的測試。
6. 將扇葉換另一個角度安裝。
7. 維持相同設定，取得 10-50 公分的電流和電壓並記錄。

正方形 3D 風扇扇葉介紹

我們用 Tinkercad 做出一個瓶蓋形狀且可以固定正方形風扇扇葉的固定器。固定器底部有打洞能固定在馬達上。固定器旁有四個菱形的孔洞，可插入正方形 3D 風扇扇葉，組裝後就可以進行發電效果的測試。



實驗照片與紀錄：

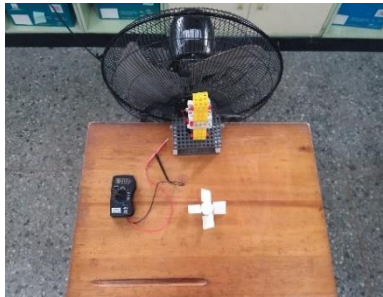
		
環境設定與扇葉	距離 10 公分	距離 30 公分
		
距離 50 公分	更換扇葉角度	維持相同設定、測量

表 3-1 不同距離下正方形 3D 風扇扇葉_A 款產生的電壓(V)與電流(A)

次數	10 公分		20 公分		30 公分		40 公分		50 公分	
	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A
1	2.9	11.9	2.9	11	2.5	8.8	2.1	7.9	1.9	5.5
2	2.8	12.3	2.8	10.6	2.5	8.5	2.2	7.8	1.8	5.9
3	2.9	11.7	2.9	10.3	2.5	8.1	2.1	7.3	1.8	5.4
4	2.9	12	2.9	10.5	2.4	8.3	2.1	7.4	1.8	5.1
5	2.8	11.5	2.8	10.4	2.4	8.2	2.2	8	1.8	5.2
平均值	2.86	11.88	2.86	10.56	2.46	8.38	2.14	7.68	1.82	5.42

表 3-2 不同距離下正方形 3D 風扇扇葉_B 款產生的電壓(V)與電流(A)

次數	10 公分		20 公分		30 公分		40 公分		50 公分	
	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A
1	2.4	7.9	2.2	7.5	2	6.8	1.8	4.9	1.6	3.5
2	2.3	8.3	2.2	7.6	1.9	6.5	1.8	4.8	1.6	3.3
3	2.3	7.7	2.1	7.3	2	7.1	1.7	5.3	1.6	3.4
4	2.5	8	2.1	7.5	2	7.1	1.8	5.1	1.5	3.1
5	2.4	8.2	2.1	7.4	1.9	7	1.7	4.7	1.6	3.2
平均值	2.38	8.02	2.14	7.46	1.96	6.9	1.76	4.96	1.58	3.3

【實驗 3-2：S 型(大)3 風扇扇葉對發電效果的影響】

實驗材料：S 型(大)3D 風扇扇葉、1.2v 馬達、電風扇、固定器、三用電表

實驗步驟：

1. 延續實驗 2 的環境設定。
2. 將 S 型(大)3D 風扇扇葉固定在馬達上。
3. 等待十秒穩定後開始記錄連續五次的電壓與電流。
4. 維持一樣的環境設定，完成 20-50 公分的測試。

實驗照片與紀錄：

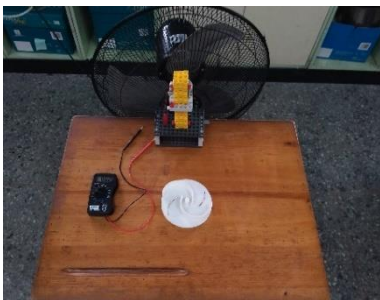
		
S 型(大)3D 風扇扇葉	環境設定與扇葉	距離 10 公分
		
距離 20 公分	距離 30 公分	距離 40 公分

表 3-3 不同距離下 S 型大 3D 風扇扇葉產生的電壓(V)與電流(A)

次數	10 公分		20 公分		30 公分		40 公分		50 公分	
	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A
1	2.4	11.3	1.9	9.3	1.7	6.8	1.2	5.2	1	4.2
2	2.1	11.2	2	9.6	1.7	7.9	1.3	5.8	1.2	4.6
3	2.4	10.2	2	8.7	1.5	6.8	1.3	5	1.1	3.8
4	2.4	11	1.8	9.5	1.4	7.2	1.3	5.2	0.9	3.4
5	2.2	11.3	2	8.8	1.7	7.1	1.3	5	1.2	3.9
平均值	2.3	11	1.94	9.18	1.6	7.16	1.28	5.24	1.08	3.98

【實驗 3-3：S 型(小)3D 風扇扇葉對發電效果的影響】

實驗材料：S 型(小)3D 風扇扇葉、1.2v 馬達、電風扇、固定器、三用電表

實驗步驟：

1. 延續實驗 2 的環境設定。
2. 將 S 型(小)3D 風扇扇葉固定在馬達上。
3. 等待十秒穩定後開始記錄連續五次的電壓與電流。
4. 維持一樣的環境設定，完成 20-50 公分的測試。

實驗照片與紀錄：

		
S 型(小)3D 風扇	環境設定與扇葉	距離 10 公分
		
距離 20 公分	距離 30 公分	距離 40 公分

表 3-4 不同距離下 S 型小 3D 風扇扇葉產生的電壓(V)與電流(A)

次數	10 公分		20 公分		30 公分		40 公分		50 公分	
	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A
1	3.1	12.9	2.8	10.3	2.5	8.8	2.2	7.8	1.9	7.2
2	3	13	2.7	10.8	2.6	8.5	2.3	7.5	2	7.3
3	3.1	11.7	2.9	10.5	2.6	9.6	2.1	6.7	1.7	6.4
4	3	12.1	2.7	11.4	2.5	9.8	2.3	8.4	1.8	6.2
5	3	12.5	2.8	11.5	2.4	9.9	2.3	8.3	2	5.9
平均值	3.04	12.44	2.78	10.9	2.52	9.32	2.24	7.74	1.88	6.6

目的三實驗小結：

1. 距離增加會使電壓和電流下降，表示距離越遠發電的效能越差。
2. 三款扇葉在 10 公分的電壓與電流都是最強的。
3. 實驗 3-1 測試了正方形扇葉兩種不同角度的電壓和電流，發現第一種扇葉插法(3-1a)產生的電壓和電流表現都較好，所以之後的測試都以這款扇葉為主。
4. 實驗結果顯示，在相同距離下，**S 型(小)扇葉**通常能產生**較高的電壓和電流**，所以它的發電效果最好，其次是正方形扇葉，最差的是 S 型(大)。

研究目的四：探討市售風扇扇葉對充電效能的影響

實驗構想：經過實驗，我們記錄了市售風扇三葉、四葉扇葉能產生電流和電壓並進行比較，但我們也很好奇風力產生的電能是否真的能被應用到生活中，所以我們利用平板和 Accubattery App 了解不同扇葉的**充電效能**。

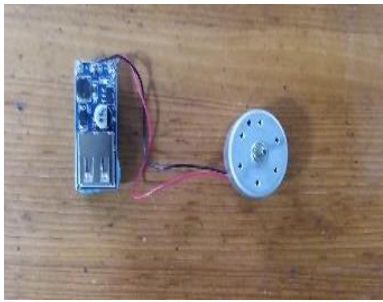
【實驗 4-1：測試市售風扇扇葉的充電效能】

實驗材料：市售三葉風扇扇葉、市售四葉風扇扇葉、1.2v 馬達、USB 電路板、電風扇、固定器、平板、充電線、Accubattery App

【環境設定】

1. 延續使用實驗二的固定器與環境設定。
2. 連接馬達和 USB 電路板
3. 增加一個層板，並將馬達和 USB 電路板裝在固定器上
4. 下載 Accubattery App 到平板裡。
5. 使用充電線連接 USB 電路板和平板。

實驗照片：

		
馬達和 USB 電路板	增加層板放置 USB 電路板	連接平板

實驗步驟：

1. 完成環境設定。
2. 將三葉扇葉固定在馬達上，並將固定器擺放在距離風扇 10 公分處。
3. 讓風扇運轉 10 分鐘後，記錄充電電流、電壓、平均充電速度以及充電量。
4. 將扇葉替換成四葉扇葉，維持一樣的環境設定。
5. 風扇運轉 10 分鐘後，記錄充電電流、電壓、平均充電速度以及充電量。

實驗照片與紀錄：

		
完成環境設定	三葉扇葉	四葉扇葉

表 4-1 不同市售扇葉的充電效能數據

	三葉扇葉	四葉風扇
充電電流	/	2.1w / 546mA
電壓	/	3828mV
平均充電速度	/	216mA
充電量	/	40mAh

目的四實驗小結：兩款扇葉中，只有**市售四葉風扇扇葉**能取得數據且讓平板充電。

研究目的五：探討不同形式的 3D 風扇扇葉對充電效能的影響

實驗構想：上一個實驗我們比較了市售風扇三葉、四葉扇葉的充電效能，接下來我們也想了解**不同形式 3D 風扇扇葉的充電效能**，所以用相同的環境設定繼續測試。

【實驗 5-1：測試 3D 風扇扇葉的充電效能】

實驗材料：正方形 3D 風扇扇葉、S 型(小) 3D 扇葉、S 型(大) 3D 扇葉、1.2v 馬達、電風扇、固定器、平板、充電線、Accubattery App

實驗步驟：

1. 延續實驗四的環境設定。
2. 將正方形 3D 風扇扇葉固定在馬達上，讓風扇運轉 10 分鐘後，記錄充電電流、電壓、平均充電速度以及充電量。
3. 依序完成 S 型(大) 3D 扇葉、S 型(小) 3D 扇葉充電 10 分鐘後的效能測試並記錄。

實驗照片與紀錄：

		
測試正方形 3D 扇葉	測試 S 型(大) 3D 扇葉	測試 S 型(小) 3D 扇葉

表 5-1 不同 3D 扇葉的充電效能數據

	正方形 3D 扇葉	S 型(大) 3D 扇葉	S 型(小) 3D 扇葉
充電電流	1.9w492mA	/	/
電壓	3882mV	/	/
平均充電速度	178mA	/	/
充電量	34mAh	/	/

目的五實驗小結：自製的三種 3D 扇葉只有**正方形 3D 扇葉**能取得數據且讓平板充電。

研究目的六：測量不同風扇扇葉的重量與轉速差距

實驗構想：從實驗五中我們發現五種扇葉中，只有**四葉與正方形扇葉可充電**，但它們卻不是發電效率最好的，我們想了解其中的原因，所以設計了重量與轉速測量的實驗。

【實驗 6-1：扇葉重量測量實驗】

實驗材料：市售三葉風扇扇葉、市售四葉風扇扇葉、正方形 3D 風扇扇葉、S 型(大)3D 風扇扇葉、S 型(小) 3D 風扇扇葉、電子秤

實驗步驟：使用電子秤依序測量不同扇葉，並將結果記錄下來。

實驗紀錄：

表 6-1 不同扇葉的重量

	市售扇葉		3D 扇葉		
	三葉	四葉	正方形	S 型(大)	S 型(小)
重量(g)	5.4	6.8	13.3	23.6	7

【實驗 6-2：不同風扇扇葉轉速測量實驗】

實驗材料：市售三葉風扇扇葉、市售四葉風扇扇葉、正方形 3D 風扇扇葉、S 型(大) 3D 風扇扇葉、S 型(小) 3D 風扇扇葉、非接觸式轉速計

實驗步驟：

1. 剪下反光貼紙，貼在扇葉上。
2. 將轉速計用平板架架設在 50 公分內，且接觸不到電扇和風扇的地方。
3. 按下轉速計「TEST」，使紅外線光束與貼紙成一直線。
4. 風扇運轉 10 秒後放開測量按鈕並記錄最大值和最小值。
5. 重複五次後取最大和最小值的平均值。
6. 將等待時間更換成 30 秒、50 秒、70 秒，重複一樣的實驗步驟。

實驗照片與紀錄：

		
貼反光貼紙	架設測速計	紅外線光束對準貼紙

表 6-2 不同葉扇的轉速最大值與最小值平均 (m/min)

轉速	10 秒		30 秒		50 秒		70 秒	
	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值
三葉扇葉	16312.6	455.86	19394.6	607.74	17540.4	588.46	17720.8	538.98
四葉扇葉	14609	2033.8	15846.2	2222.02	15683	2154.32	15718.6	2187.88
正方形 扇葉	12609.8	1068.52	13016.6	1177.48	12837.2	1141.6	12961.2	1110.32
S 型(大) 扇葉	6433.74	161.1	7626.06	208.4	7838.04	303.1	7604.46	270.74
S 型(小) 扇葉	13057	403.7	13408	500.08	14068.8	552.8	14040.8	502.82

目的六實驗小結：

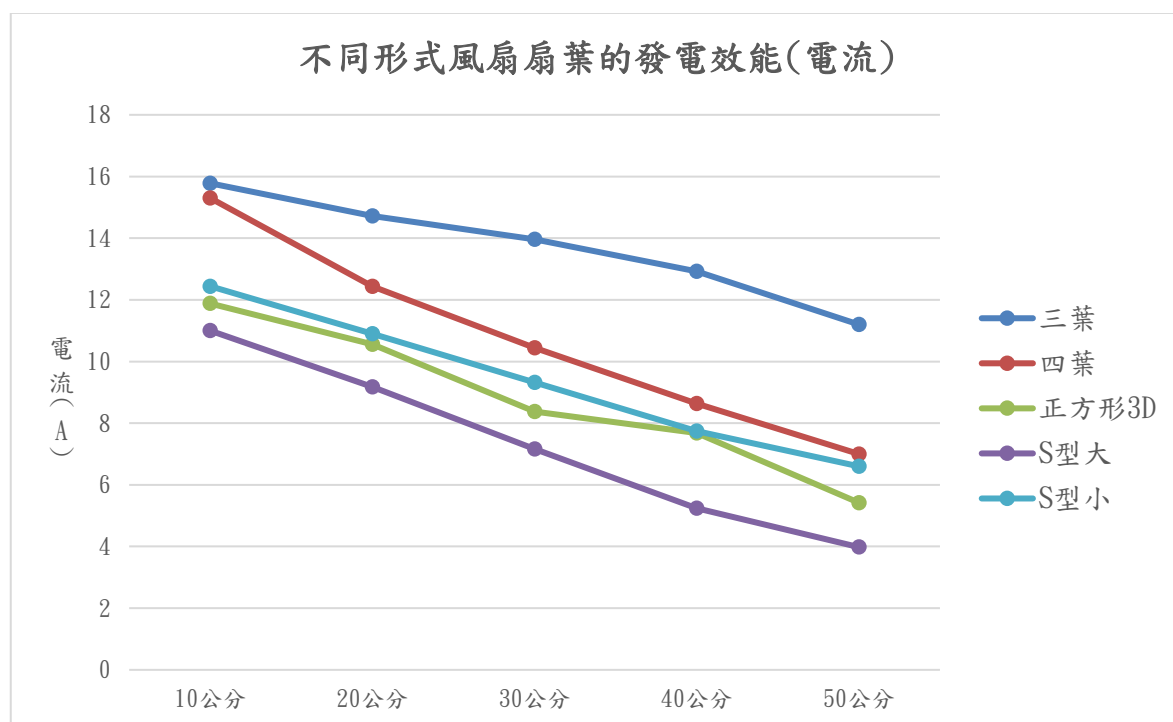
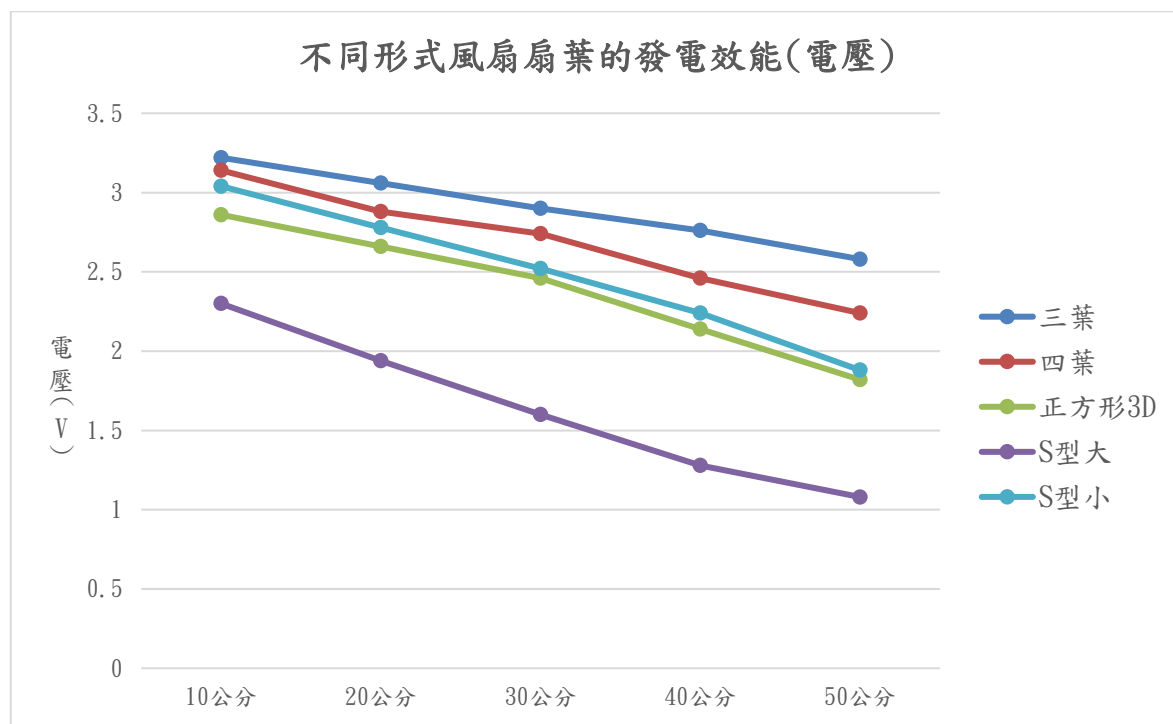
1. 扇葉重量輕到重為：三葉扇葉、四葉扇葉、S 型(小)3D 扇葉、正方形 3D 扇葉、S 型(大)3D 扇葉。
2. **轉速最大值平均表現最好的是三葉扇葉**，其次為四葉扇葉、S 型(小)3D 扇葉、正方形 3D 扇葉、S 型(大)3D 扇葉。
3. **轉速最小值平均表現最好的是四葉扇葉與正方形 3D 扇葉**，而三葉扇葉、S 型(小)3D 扇葉、S 型(大)3D 扇葉表現都不佳。

陸、研究結果與討論

一、研究結果

(一)不同形式風扇扇葉的發電效能研究結果

1. 不同形式風扇扇葉發電效能比較



2. 從圖表中可得知，無論是電壓還是電流，發電效能都隨著距離增加下降。
3. 就市售風扇扇葉相較，三葉扇葉的電流和電壓表現都比四葉扇葉佳，表示發電效能三葉扇葉優於四葉扇葉。
4. 就 3D 扇葉相較，電壓和電流表現由大到小為 S 型(小)3D 扇葉、正方形 3D 扇葉、S 型(大)3D 扇葉。
5. 若將五種扇葉一起比較，電壓和電流的表現最佳為三葉扇葉，其次是四葉扇葉、S 型(小)3D 扇葉、正方形 3D 扇葉、S 型(大)3D 扇葉。
6. 就電流穩定度來說，S 型(小)3D 扇葉下降幅度最大，電流較不穩定。

(二)不同形式風扇扇葉的充電效能研究結果

表 7-1 不同扇葉的充電效能數據

	三葉扇葉	四葉風扇	正方形 3D 扇葉	S 型(大) 3D 扇葉	S 型(小) 3D 扇葉
充電電流	/	2.1w / 546mA	1.9w / 492mA	/	/
電壓	/	3828mV	3882mV	/	/
平均充電速度	/	216mA	178mA	/	/
充電量	/	40mAh	34mAh	/	/

五款扇葉中，只有四葉風扇和正方形 3D 風扇能測得充電數據，且四葉風扇充電效能比正方形 3D 風扇能佳，而其他三款則測不到數據也無法對平板進行充電。

(三)不同形式風扇扇葉的重量對充電效能影響的研究結果

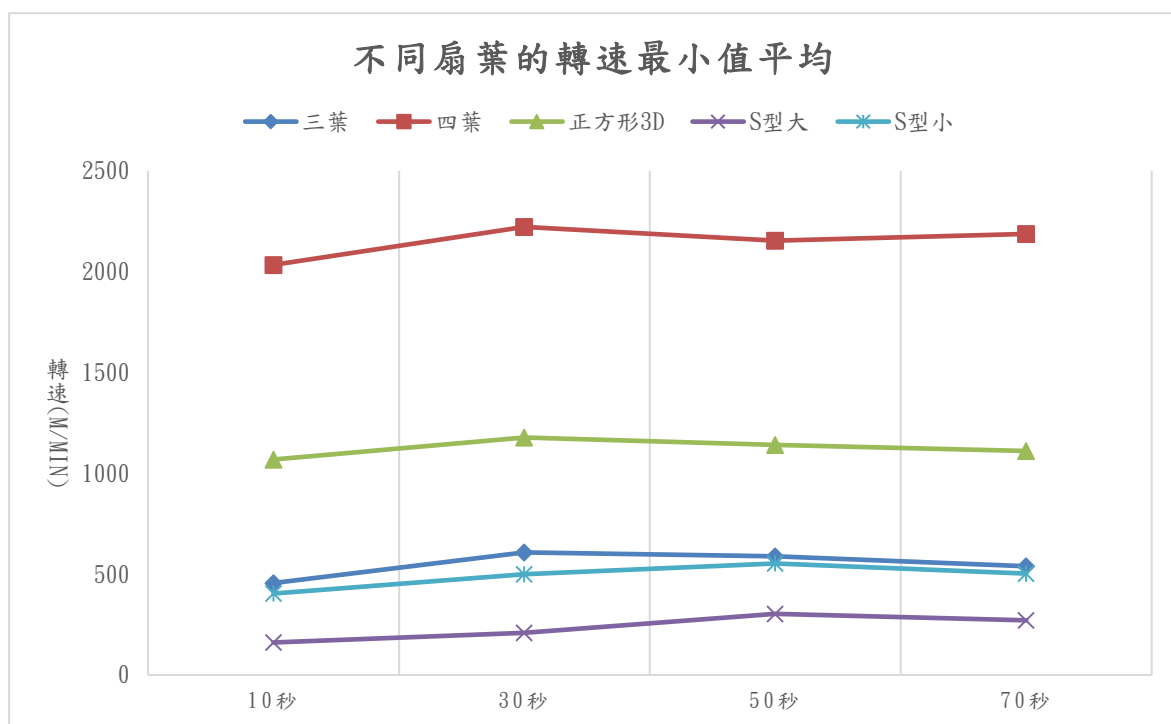
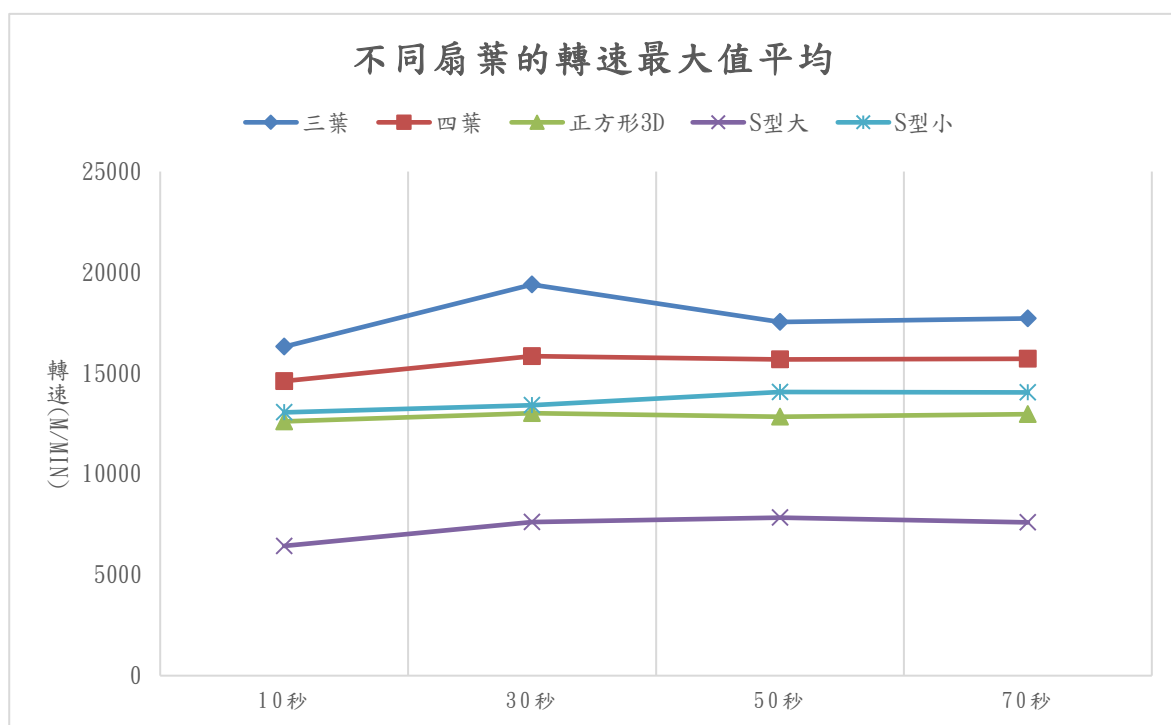
表 7-2 不同扇葉的重量對電壓的影響

	三葉扇葉	四葉風扇	正方形 3D 扇葉	S 型(大) 3D 扇葉	S 型(小) 3D 扇葉
重量(g)	5.4	6.8	13.3	23.6	7
平均電壓 (10 公分)	3.22	3.14	2.86	2.3	3.04

以離風源 10 公分的電壓數據比較扇葉重量與電壓表現，發現重量越輕，能產生的電壓越大。

(四)不同形式風扇扇葉的重量與轉速對充電效能影響的研究結果

1. 不同形式風扇扇葉的轉速最大值與最小值平均比較



2. 洪志明、歐庭嘉(2020)指出，……定速型風機。然而，當突然有一陣強風時，由於內部是使用機械控制方式，其特性會受機械控制的響應快慢而受影響，使得風力機之輸出功率也跟著變動，造成系統的電壓不穩定。同理可證，風力發電機會因為風力強弱改變影響轉速，轉速不穩也會造成電壓的不穩定。

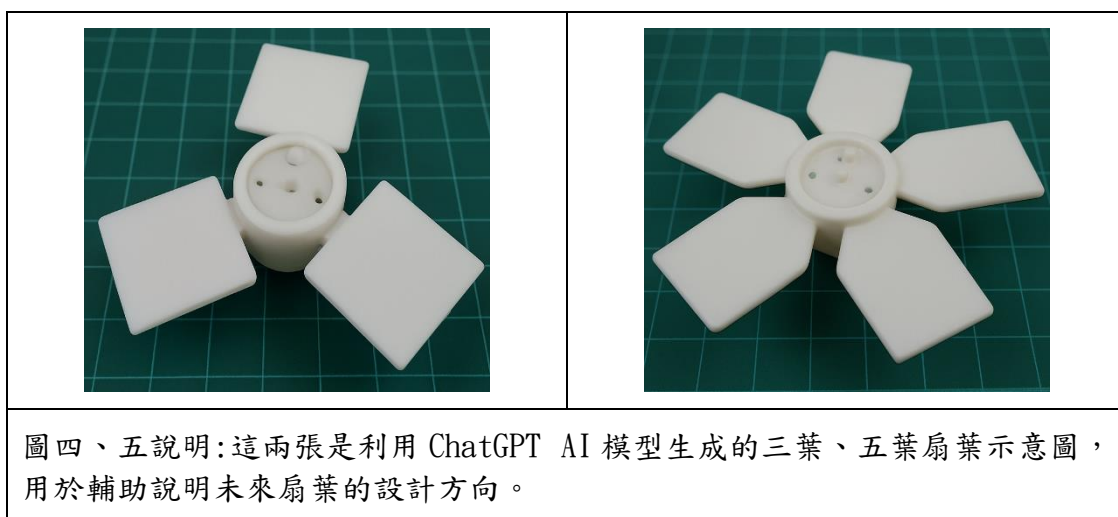
3. 在實驗中我們發現雖然風源相同，但五款扇葉的轉速的差距卻有很大的差別，**四葉扇葉和 3D 扇葉的轉速差距較小，應可得到較穩定的電壓**。另外，手機充電需要穩定的電壓，實驗也證明了轉速差距小的這兩款扇葉能充電，其他三種扇葉雖然有些發電效能佳，但可能因為轉速導致電壓的不穩定，無法順利將平板充電。

二、結論

- (一)我們從認識、嘗試操作 3D 建模軟體 (Tinkercad)，到能產出不同的 3D 扇葉作品，表示我們對 Tinkercad 已有一定程度的熟悉，還能加以應用與創造。
- (二)實驗發現，**扇葉重量越輕，發電效能(以電流、電壓表現衡量)越佳**。根據實驗數據，五款扇葉發電效能由高到低依序為：三葉扇葉、四葉扇葉、S 型(小)3D 扇葉、正方形 3D 扇葉、S 型(大)3D 扇葉。此排序也與扇葉重量由輕到重一致。
- (三)五款扇葉中只有**轉速差距較小的四葉扇葉和正方形 3D 扇葉能為平板充電**、取得相關數據，且四葉扇葉的充電效能略優於 3D 扇葉。

三、建議

- (一)雖然市售四葉扇葉的充電效能比我們自製的 3D 扇葉略佳，但差異不大，這也表示之後可以進行**更多的葉片設計與改良**(如嘗試尋找最佳角度，或製作三片、五片等不同數量的葉片)，以利產生更好的充電效能。



- (二)未來可以加入**更多扇葉變因**進行實驗與比較，如正方形、扇形、橢圓形等不同形狀，或改變扇葉的重量與數量，擴充研究廣度。
- (三)風速的變化可能會影響扇葉的表現，將來可以探討在**不同風速條件**下，哪一款扇葉能維持較穩定的轉速，提供較佳的發電、充電效能。
- (四)我們的實驗時間較短暫，風源、實驗場地固定，建議未來再擴大研究內容，如尋找數個**校園中適合的風場**，搭配不同的自製風力發電機，進行**較長時間的實驗測試**，希望從中找出充電效能最佳的組合，並嘗試**應用在校園生活**中。
- (五)綠能發電容易出現受自然影響導致發電量不穩定的狀況，我們認為可以嘗試將扇葉**固定在腳踏車上**，利用行進產生的風力提供電源**使車燈發亮**，就能解決因為晚間沒太陽或是風力不穩定而無法發電的問題。為了能更清楚地展示此想法，我們使用了Google的 Gemini AI 模型生成一張示意圖如下：



圖六:腳踏車的車燈利用風力發電裝置發光示意圖

柒、研究心得

祉晴：我們在做實驗時，遇到過很多問題，如製作扇葉或組裝時只要出現一點小失誤，就有很大的誤差，所以我們必須時時做出調整，來讓扇葉的運作維持穩定。在這個研究中，我也了解到全球對減碳的需求增加，3D 風力發電有望成為可再生能源的一個重要組成部分，希望我們能使用可再生的材質當作 3D 風力扇葉的材料，這樣不僅使用綠色能源發電，也不會因為材質而只造太多污染，能夠更加有效的響應環保。

冠傳：在今過這些實驗之後，我發現不管風扇的形式，只要風扇的重量較輕發電效能都比較好，而我們自製的 3D 風扇發電效能一率都比市售的風扇低，我想是因為材質以及重量的影響。以後風力發電的應用會越來越廣泛。

晉民：我發現扇葉的重量愈輕，發電效率愈好；扇葉的重量愈重，發電效率愈差。但海邊的風力發電機重量感覺很重，發電效率卻非常高，推測應該是風速的問題，就算重量很重，只要風夠大，發電效率也可以很好。

昊恩：我發現市售的塑膠扇葉都比自製的 3D 列印扇葉效果好市售的塑膠扇葉都比自製的 3D 列印扇葉效果好，我認為是因為重量與扇葉角度關係，做完實驗後發現扇葉的重量對於發電效果有很大影響，但海邊的風力發電機很重也轉的動，可能是因為海邊的風，比較大，如果將風力發電機改成適合城市來使用的樣子，以後風力發電機會越來越方便。

旻育：透過這次研究，我了解在推廣新技術時，必須平衡創新與實際應用的可行性，3D 風力發電可能可以降低製造過程產生的環境汙染，這對於環境保護而言是個正面的發展。另外，我們在製作 3D 扇葉時發現如果沒有精準測量的話，可能會出現誤差，如無法將扇葉和馬達結合，這也讓我體會到實驗精準的必要性。

捌、參考文獻與資料

1. 林儀恩、王宜琳、盧彥璋。御風少年～探討水平軸風車與垂直軸風車對發電效能的影響。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品說明書。
2. 陳亭儒、林玟葳、黃 翊。風力罩得住酷旋發電機。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書。
3. 陳亭儒。全向型風力發電機設計研究。2021 年臺灣國際科學展覽會優勝作品專輯。
4. 郭柏助、張毓宗、孫佳賢、郭庭耀。風力發電之葉片設計及其應用。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會。
5. 洪毅、王子豪、羅昀謙、蔡馥宇、黃秋蓉、許碩芬。隨風不轉舵。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。
6. 郭偉謙、高宗佑、李濤昀。3D 列印葉片對電力及風力生成的影響。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會作品說明書。
7. 莊旻澄、吳承澤、柯卓希。「機」來運轉。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書。
8. 郭耀嶸、洪熙陽。一路順風—多向式無扇葉風力發電。2023 年臺灣國際科學展覽會。優勝作品專輯。
9. 陳吟珍、張育豪、黃兆宇、陳芳琦、呂鎧均。神「風」特攻隊—扇葉與風力發電實驗。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會。
10. 洪志明、歐庭嘉(2020)。再生能源發電(第二版)。全華圖書。