

教育部111學年度中小學科學教育專案期末報告

計畫名稱：開發風能教育課程、教材、教具與評量

主持人：吳明德 E-mail：author@gmail.com

共同主持人：張良肇

執行學校：臺北市立麗山高級中學

一、計畫執行摘要

1.是否為延續性計畫？是 否

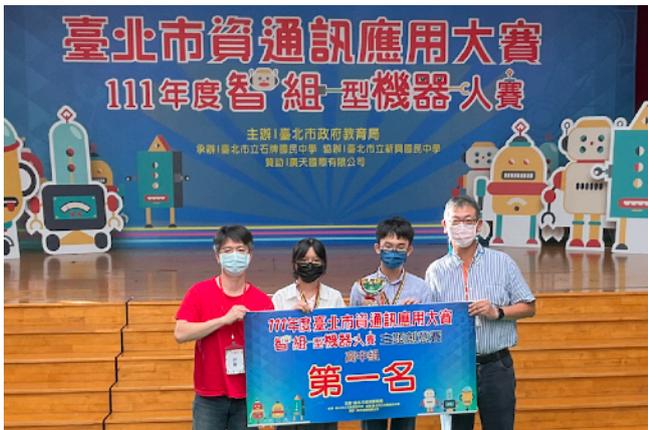
2.執行重點項目：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3.辦理活動或研習會等名稱：

學生活動

指導學生以都市高樓建築集風，並以超級電容儲能的風能議題，以及以重力位能儲能塔，將再生能源不穩定的狀態，透過儲能加以運用為題，參加資通訊大賽，榮獲第一名與特別獎。



臺北市資通訊大賽/石牌國中/2022,07,3/智組機器人第一名/麗山吳明德、馬灝、李芷萱



參訪祥儀基金會/2022,08,5/臺北市資通訊大賽智組機器人，重力儲能塔//祥儀基金會執行長王瑋璇、麗山吳明德、董道衡、于永秩、黃柏翰



祥儀基金會舉辦的航海王競賽研習活動/共計20隊
60多人，國中小及高中職同學們參加/2022,9,22/
吳明德 講師



2022 KidWind 風力能源亞洲聯賽/長榮大學與工業
技術研究院、台電舉辦/全台與國際學校國、高中小
學生80組300多人參賽/2022,10,24/吳明德 擔任裁
判，楊雅茹老師帶隊

教師研習



麗山高中自然科學教學研究會研習，22位教師參加/2023,1,19/ 講題：我的風能之旅，吳明德 講師



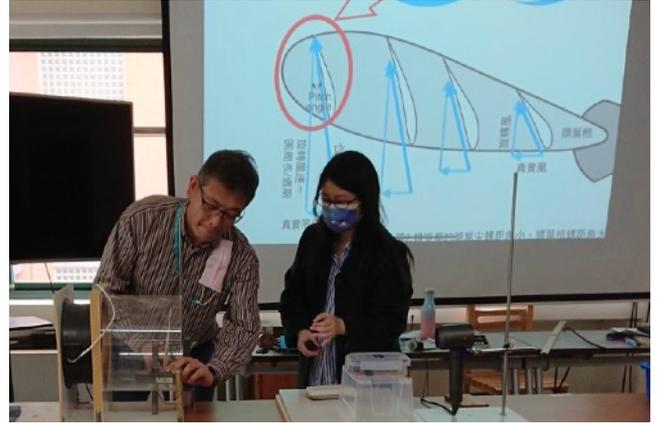
技高自然科學教師藍芽帆船研習，30位教師參加/
台中大安海邊風力發電場內里民活動中心由達德
能源建置與維護/2022,10,27/吳明德 講師



STEAM探究實作-遙控帆船實作研習工作坊，共計17
位老師參加/麗山高中 M401/2022,10,4/物理平台：
徐志成主持，吳明德講師



台北市物理平台研習籌備會/麗山高中物理辦公室，12位教師參加/2023,3,28/物理平台：徐志成主持，吳明德講師



風能在探究課程的教學與實作素養評量，12位教師參加/2023,3,28/物理平台：徐志成主持，吳明德講師

記者會、展覽與廣播



推廣能源教育台電發表風車綠能教具/電幻1號所記者會/2022,6,11/雜學校蘇仰志校長、麗山高中吳明德老師



受邀參加臺灣教育科技展，展示風力渦輪機/台北世貿一館/2022, 11,10~11.13/洪容、馬灝、董道衡、吳明德、吳原旭老師。



校慶活動攤位：我是航海王/麗山高中南棟一樓，帆船、藍芽控制動力船、風場水槽、海報/2022,11,5/吳明德老師，李維栩、吳建華同學



教育廣播電台/2023,07,11 /生活 In Design /告白地球：能量爆表！KidWind風力能源亞洲聯賽又來啦！/主持Ola、來賓麗山吳明德、李建國

5.參加活動或研習會人數：

活動名稱	時間	活動/單位/師生	參加活動人數
發表風能三件教具	2022/6/11	台電電幻一號所、雜學校與麗山團隊	50
祥儀基金會舉辦的航海王競賽研習活動	2022/6/11	祥儀基金會與麗山團隊	60
STEAM探究實作-遙控帆船實作研習工作坊	2022/9/22	台北市高中物理平台與麗山團隊	17
桃園小巨蛋Tirt航海王競賽	2022/10/16	祥儀基金會與麗山團隊	60
Kidind風能亞洲聯賽	202210/23~24	麗山團隊任裁判與指導老師	300
技高自然科教師藍芽帆船研習	2022/10/27	技高自然科輔導團、麗山團隊、達德能源	30
校慶活動攤位	2022/11/5	麗山團隊	30
受邀參加臺灣教育科技展，展示風力渦輪機	2022/11/10~13	台北電腦公會、麗山團隊、麗山家長	200
我的風能之旅簡報分享	2023/1/19	麗山自然科老師	22
風能在探究課程的教學與實作素養評量	2023/3/28	台北市高中物理平台與麗山團隊	12
告白地球：能量爆表！KidWind風力能源亞洲聯賽又來啦！	2023/7/12	教育廣播電台、麗山團隊、亞太機器人	難以計數

6.參加執行計畫人數：

本計畫執行共計四人，其分工如下。

主持人：吳明德老師，擔任研習講師、開發教材與教案，出席記者會與廣播。指導學生參加風能、教具、科展等相關風能活動，並規劃相關設備與機具，例如由國教署經費申購雷射切割機。

共同主持人：張良肇主任，負責協調校內、外研習、活動與申購事項。

徐志成老師：擔任台北市高中物理平風負責教師，協助舉辦教師研習。

楊雅茹主任：提供生活科技專業教室設備，帶隊指導學生參加KidWind亞洲聯賽。

7.辦理/執行成效：（以300字以內為原則）

風能計畫包含帆船與風力渦輪機兩部份。吳明德老師擔任 KidWind 裁判。而張良肇、徐志成、楊雅茹都曾擔任指導老師，積極參與及推廣風力發電活動。吳老師結合祥儀基金會創辦帆船競賽。且指導學生以風能為題，參加台北市資通訊大賽、科學教具、仰望盃、北市與全國科展，都能榮獲佳績。

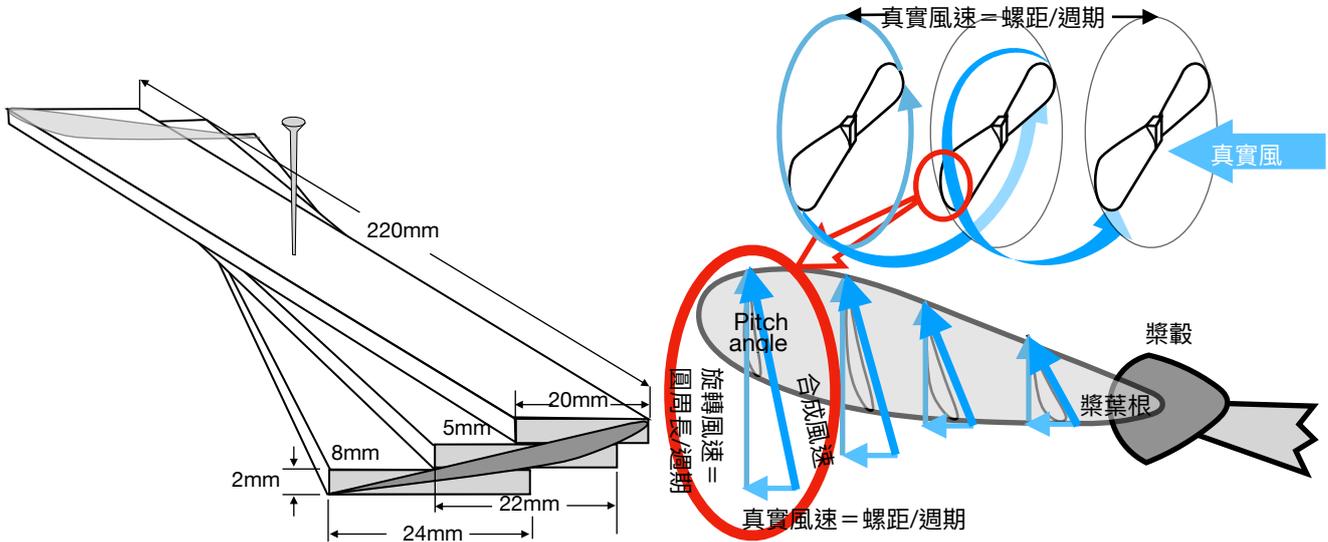
在開發風能教具與教案方面，已開發藍芽控制帆船、大力士風車、螺旋教具、音源線測轉速、發電機教具模組、壓力風速計等各式各樣教具。其中部分教具過去已舉辦大量研習，參加科學教具競賽，或在物理教育學刊、科學研習等刊物公開發表。

公關媒體方面，本團隊不遺餘力，結合雜學校為台電的電幻一號所，開發三種風能教具。麗山校慶時也公開展示以風驅動的藍芽帆船。此外近日在教育廣播電台，也宣傳即將到來的KidWind風能競賽，期望有更多有師生參與風能活動。

二、計畫目的

1. 風力渦輪機以數學螺線、簡單機械螺旋概念結合：

利用多層木片疊成的螺旋教具，十分簡單說說明螺旋的概念。配合旋轉風向量加上真實風向量，形成合成風向量，而葉片各段的角度設計，與此有關。



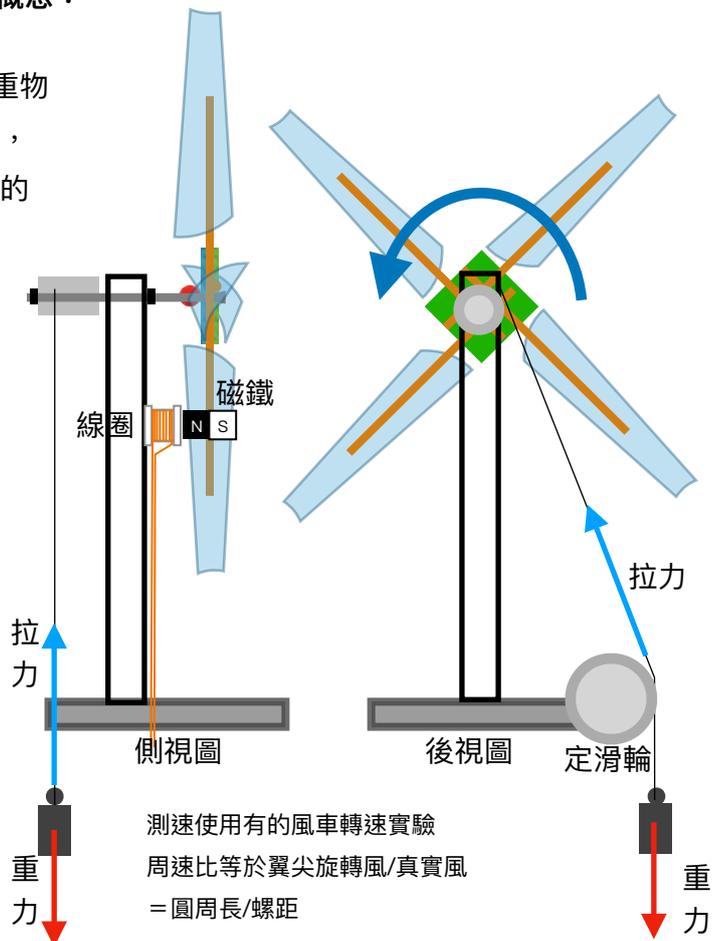
2. 藉風車舉重說明「作功」、「功率」等知識概念：

利用紙杯風車，也就是大力士風車，拉起重物至高處。風車的輪軸捲動細線，將重物往上拉，所作的功等於重力位能的增加，以及加上動能的增加。

而瞬時功率在直線運動，為力與速度做內積。在轉動方面，瞬時功率等於力矩乘上角速度。而大力士風車的平均功率，重力位能的增加，以及加上動能的增加除以為上升的時間內。

測量渦輪機的角速度，可以利用鑲嵌在槳轂的小磁鐵，通過裝在塔柱的小線圈時，會產生電磁感應，此訊號藉由音源線轉接至手機、平板的音源接口。

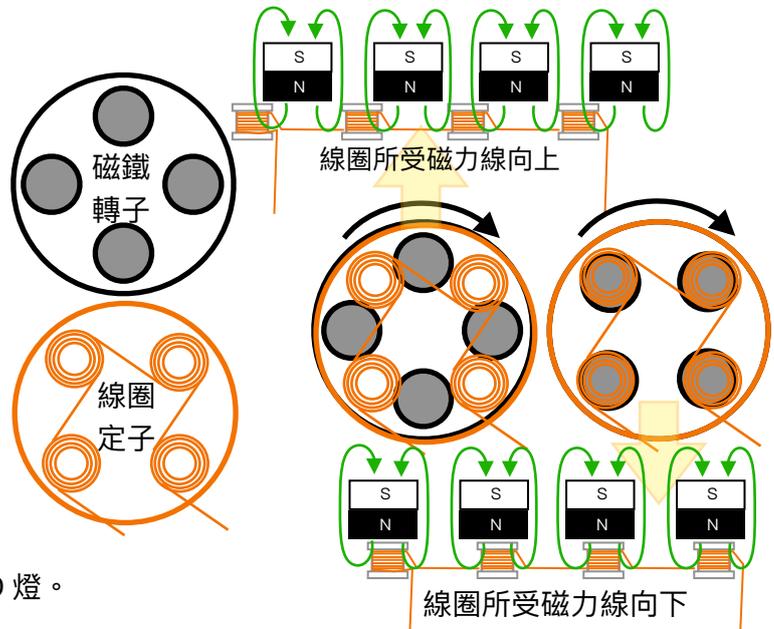
藉由錄音軟體App分析，可以紀錄每轉10轉需要多少時間？可計算出轉速。再知重物的重量，就可能計算出粗略的功率。



3.藉由自製發電機教具模組，說明法拉第電磁感應定律：

風力發電機常使用盤式發電機，可以分為兩部分：分別是多組線圈的定子，以及多顆磁鐵的轉子。當磁鐵旋轉時，磁鐵所產生的磁力線分別通過線圈向上，緊接著磁力線向下。

當磁鐵轉子快速旋轉時，線圈所受磁力線快速變化，依據法拉第電磁感應定律產生應電動勢。多組線圈串聯後，電壓逐一相加，最後還可以點亮 LED 燈。

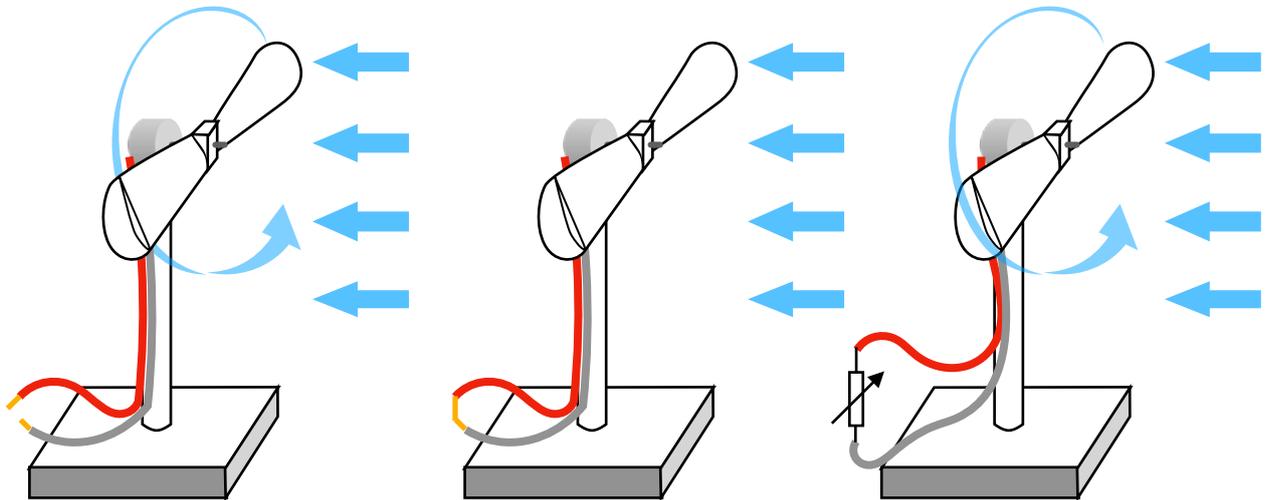


4.觀測風力發電機短、斷路後轉速變化說明楞次定律：

將風力發電機的輸出端，進行斷路。即可明顯觀察到渦輪葉片的轉速變快，這是因為斷路線圈沒有電流通過，欠缺斥力讓轉速增快。依據法拉第電磁感應定律產生的電壓升高，但卻因沒有電流絲毫沒有功率輸出。

但是將風力發電機的輸出端短路，觀察到渦輪葉片的轉速減慢，因為短路讓線圈通過大量電，產生斥力讓轉速減慢，便導致發電機轉速降低，導致產生的電壓降低。所以風力發電機就是楞次定律最佳驗證教具。

風力發電機在啟動的時候，希望能負載越少越好，採取斷路沒有電流通過，也沒有斥力。想要煞車停機時是短路，要產生最大電功率則要適量調整負載的阻抗，也就是合適的電阻值。



發電機輸出斷路，沒有電流通過線圈，不產生斥力，發電機無阻力高速轉動，電壓高但無功率輸出。

發電機輸出短路，大量的電流通過線圈，產生斥力，發電機轉動變慢，產生極低的電壓。

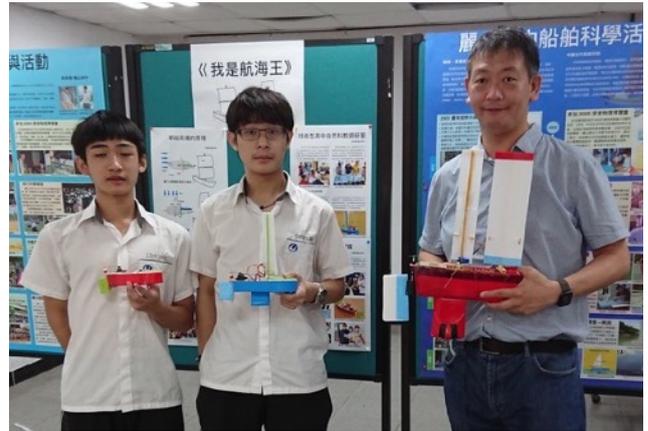
輸出負載阻抗調整適當，適量電流斥力不會過大，發電機維持相當轉速，最佳功率輸出。

5.發展中小學風能教育教材、教具與評量方式：

關於此項研究目的的詳細內容，請參閱研究成果部分。



2022年10月16日桃園小巨蛋航海王競賽



2022年10月16日桃園小巨蛋航海王競賽

四、研究成果

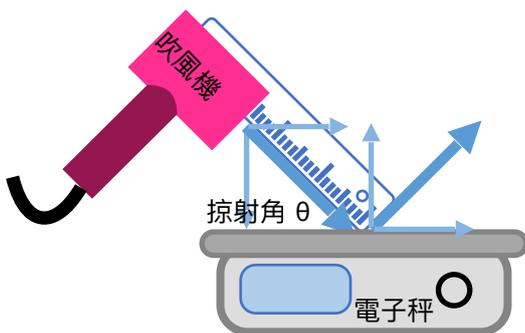
本「風能教育計畫」的成果可以分為幾大項目，首先第一、是對老師的研習與分享，其次第二、舉辦學生的競賽活動，以及對學生指導科學活動如科展、科學教具等，接著第三、透過公開記者會、廣播直播節目，快速推廣教具或是活動。最後第四、整理多年來的風能資料，以期刊、影片及出版書籍方式加以記錄保存。

舉辦教師研習

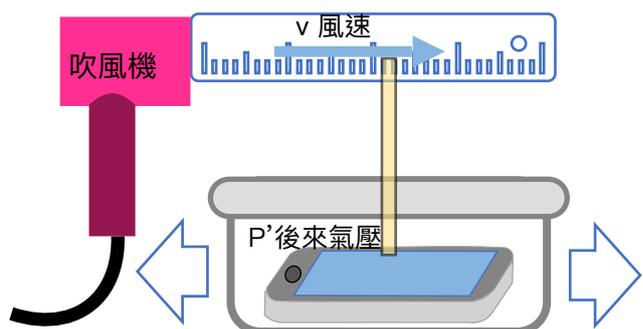
關於風能教育的教師研習，主要是與本計畫團隊的徐志成老師，所負責的臺北市高中物理平台合作，舉辦兩場教師研習小組籌備會，以及兩場教師研習工作訪。另位也配合本校的教學研究會，對本校的自然科教師公開分享，本校歷年在風能教育上的歷程與經驗。

在物理平台研習，參與的老師都是物理老師，所以並非只強調動手實作或是風力發電等知識，而是添加許多物理關於流體力學原理與小實驗。例如以電子秤及吹風機重現「牛頓正弦平方定律」，這個實驗是將空氣視為風吹過的細砂粒，就像是物理書本內的考題。

另外也會利用氣密保鮮盒，放入智慧手機，並在盒蓋上鑽小孔，插入細管進行白努利實驗，看看風速越大，是否氣壓會越低。



吹向電子秤檯面，改變掠射角量測受風力數值



測量盒內氣壓，並壓氣壓差計算其風場分佈

另外與技術型高級中等學校自然科學領域的輔導團合作，這部分是與負責的北門農工接洽，此次已經是第二次合作。2022年 3月23日，在台南歸仁高鐵站旁的資安暨智慧科技大樓，也舉辦過風能教師研習，當時是以紙杯裁剪出風力發電的渦輪葉片，再加裝發電機進行電能測試。

本次於2022年10月27日，在台中大安區海邊風力發電場，附近的里民活動中心，舉辦藍芽帆船教師研習。這場域是由達德能源建置與維護，共計有30位教師參加。帆船與風力發電，依靠風力驅動深具備環保概念。最後每位教師都要動手製作出屬於自己的小帆船，利用手機或平板控制帆面或方向舵，小心翼翼的通過順風航行、側風航行，甚至航行行駛繞回原來的出發地點。

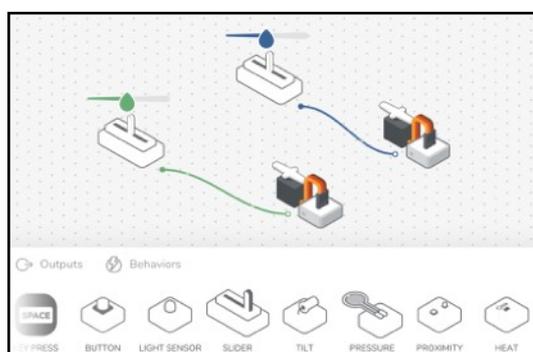
許多機器人課程，使用樂高控制器。但有共同問題：「電源、處理器與輸入或輸出不同元件，體積大連接麻煩」；此外「程式設計介面不夠直覺與圖像，造成學習困難」。航海王競賽與技高教師研習，使用兩個SamLabs 伺服器模組，分別操縱帆面角度以及船舵方向。「使用藍芽控制通過平板就能撰寫程式，平板也是搖控主機」。

依據參與研習的教師回饋反應，其中有一位物理王立文代理教師說：「請問吳老師應該不是在唸大學或碩士班的時候，學會這些技能與知識？請問是如何學會這些關於風能知識與技能？」。當時我是這樣回答：「我是在唸高中搞模型飛機社團的時候，短短三年就作了近千架的航空模型，手削了許多螺旋槳，在製作這些螺旋槳之前，當時還是高中生的我，已經到大學圖書館查閱好多本相關書籍。」

本團隊的徐志成老師，也在研習中不斷的深入提問，徐老師也是資深物理老師，也帶領過不少次風能相關的科學活動，也對於研習表達看法：「雖然指導過許多次風力發電科學競賽，但是科學老師們之間，還是需要彼此交流，相互學習不足的地方。」



藍芽控制帆船的實際照片



SamLabs App的圖形化伺服器控制帆船介面



研習過程中播放本團隊拍攝的科學影片



徐志成老師主持物理平台籌備會議

風能競賽

風能競賽包含風力發電與帆船。KidWind亞洲風能聯賽，已經舉辦了三屆，本團隊吳明德老師均擔任裁判。評審需要做甚麼呢？Kidwind風能競賽過程中可以分三部分：

第一部分賽前評審要針對工程筆記做審核，了解每一組隊伍風力發電機的設計理念，以及製作工序與組裝過程，還有測試的結果與修正方向，由設計圖與簡單的理論估算。

第二部分是在各組攤位前，各組展示風機與海報，先簡短報告，再接受評審詢問，確認選手對自己作品的了解程度。

第三部分也是佔比最高的部分佔比到60%，每一支隊伍參賽報名時，會購置大會規定的發電機。量測風力發電機發出電能。

張良肇主任、徐志成老師、楊雅茹主任均擔任過指導老師，其中以身為生活科技老師的楊雅茹主任，2021 KidWind競賽所指導的隊伍，榮獲銀牌獎。並在2022 KidWind競賽所指導的隊伍，榮獲第二名及兩項佳作。



來自台北麗山高中參賽隊伍，打造風力渦輪機之前下足苦功，爬梳很多文獻資料，計算出葉片能夠發揮最佳效能轉速的角度。2021/11/20 中時 曹婷婷



楊雅茹老師在2022 KidWind競賽，所指導的隊伍榮獲第二名及兩項佳作

風能競賽的另一部分是帆船競賽，早在在2014年麗山高中物理科吳明德老師，與師大科技教育所合作，舉辦「乘風而行機器人暑期研習營」，活動橫跨兩週的六、日為期四天。本校共有30位高一新生參加。與祥儀基金會合作的航海王競賽，採用科技寶積木製作帆船骨架，珍珠板製作船殼，並採用SamLabs作為藍芽控制伺服器。選手們發揮藝術天份，創造出五顏六色的各式帆船。



2014乘風而行帆船機器人暑期新生營
光敏電阻操控船舵，帆布依風向自動調整



2022年10月16日桃園小巨蛋航海王競賽，
選手在賽前準備SamLabs控制程式

研發教具

本計畫的特色之一，就是開發出便宜而且具有教育意義的風能教具。下面分別說明：

1.大力士風車教具

藉由簡單的紙杯、卡點西德貼膜、塑膠瓦楞、竹籤、螺絲與螺帽、棉線、滑輪與磁磚配重。就能製作簡單好玩風車，並且還能調整增減風機葉片數量、螺距角等變因。

營隊活動的玩法，可以舉辦競賽，讓各隊伍短時間內（例如兩分鐘），看哪一隊能拉起最多的小磁磚。這包含功率的概念，以及要提高轉速或增加力矩的抉擇（功率=力矩×角速度）。



大力士風車教具

2.冰棒棍螺旋教具

數學裡的螺旋，既要旋轉，同時又要前進，實在是過於立體空間，一般沒有看過的學生，實在很難想像其外形。所以利用文具店內所購買的許多冰棒棍，重疊後鑽孔插上長螺桿。並將每一片冰棒棍與相鄰冰棒棍稍微錯開一點角度，所排列的形狀就是螺旋。

例如從第一片冰棒棍到最後一片冰棒棍，總共旋轉90度，所以是1/4週期，第一片冰棒棍到最後一片冰棒棍高度差就是1/4螺距高度。

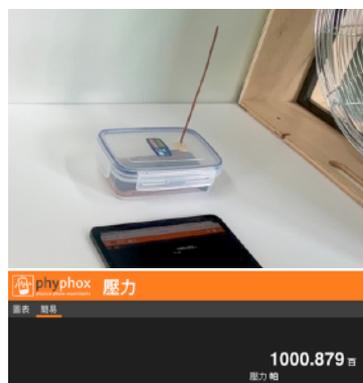


棒棍螺旋教具

3.壓力風速計教具

將手機開啟PhyPhox App的氣壓感測器軟體，放置密封保鮮盒內，蓋上預先鑽上小孔與導管的盒蓋，就能測量管頂的氣壓變化。當然蓋上蓋子不容易觀測手機內的數值變化，於是利用另一台平板進行遠端監控。

開啟風扇產生風場，就能以白努利原理，由壓力差計算出實際風場的流速。

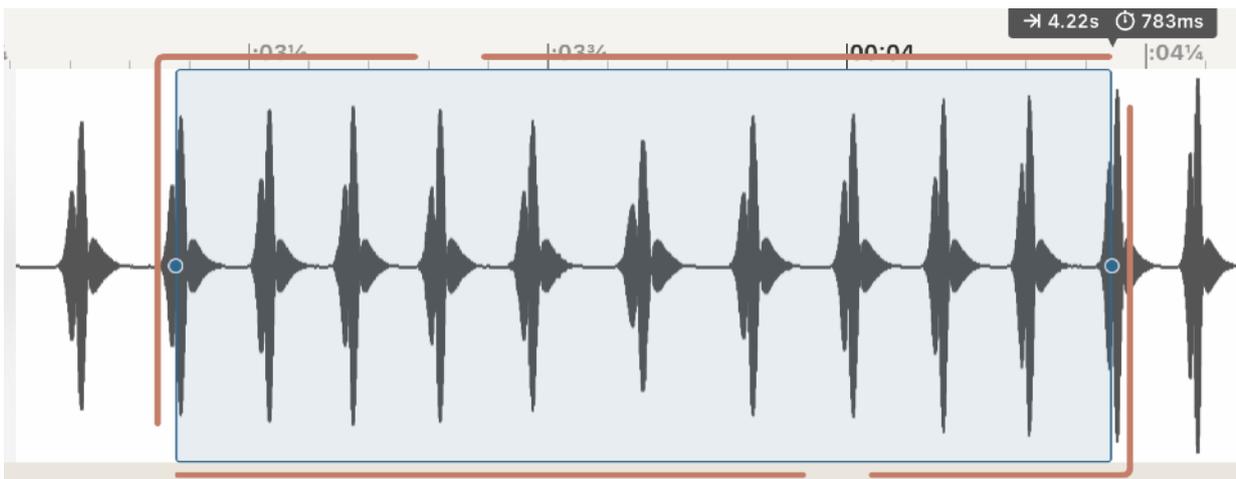
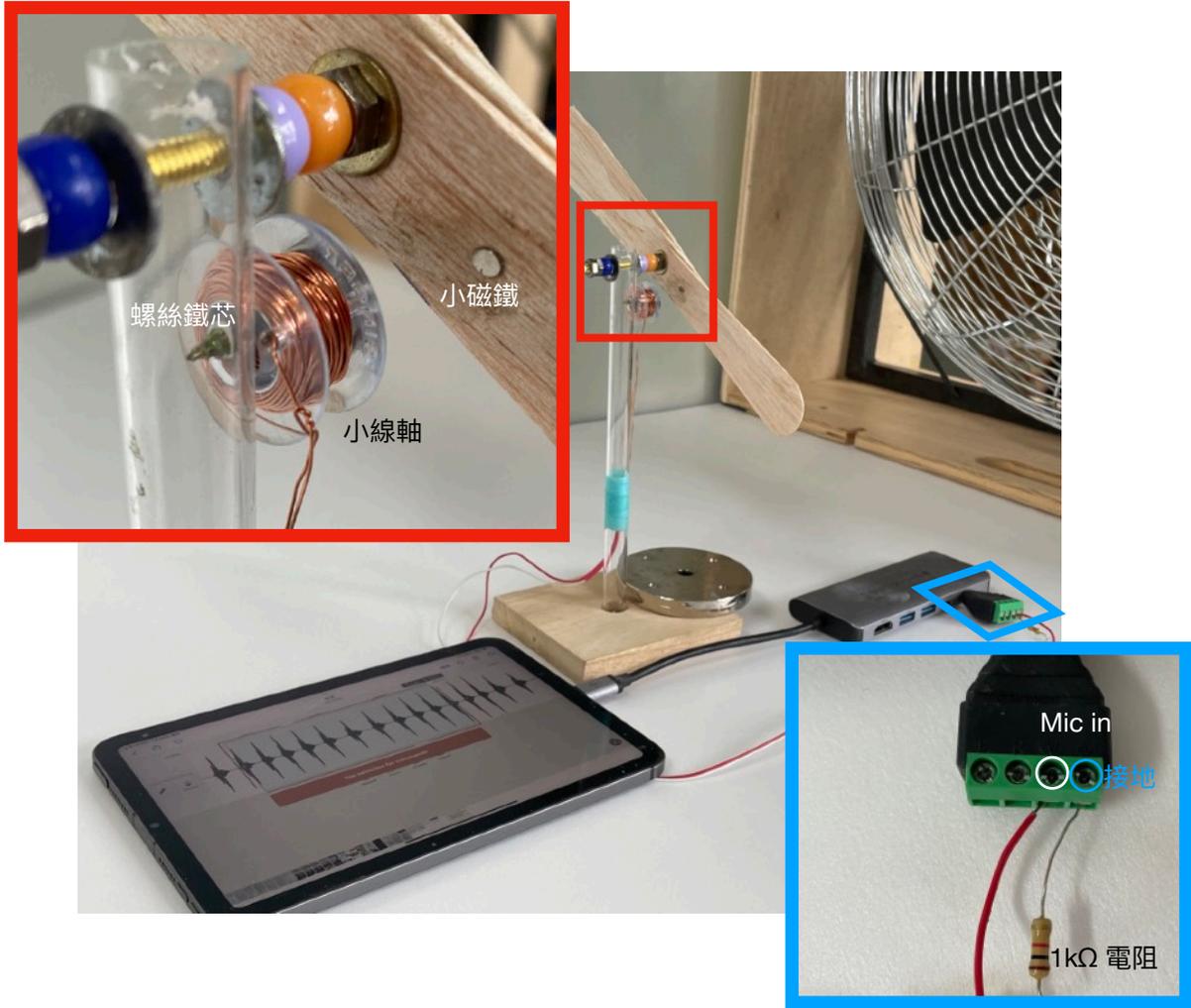


壓力風速計教具

4.電磁鐵測量轉速教具

將數片飛機木薄片，疊成扇形風力雙槳的渦輪葉片，並在槳殼附近安裝一枚小磁鐵，以及對應位置的塔柱附近安裝小線軸與漆包線製作的小線圈。當葉片處的小磁鐵，旋轉至線圈處會發出應電壓，此應電壓連接至音源接頭的麥克風輸入端，再開啟錄音軟體後，就能計算出其週期後，得到轉速。

例如10個週期歷時783毫秒，得到每個週期約為78.3毫秒，即為0.0783秒，計算得到此渦輪葉片的轉速為12.8 rps 或 12.8Hz。



10個週期歷時783毫秒，得每個週期78.3毫秒約0.0783秒，計算得到此渦輪葉片的轉速為12.8 rps 或12.8Hz

5.水桶、麵粉濾網與大吸管製作風洞教具

為了要能測量風力發電機的數據，如果還是使用電風扇就不夠準確。在本計畫中嘗試以水桶、濾網與送風機製作簡易風洞裝置。



半透明的塑膠水桶，底部挖出圓孔，安裝送風機，並在桶口處尋找合適大小的麵粉濾網，最後在濾網圓孔處加上大小管，作為穩定風場的功能



使用價格便宜僅需100~200元新台幣的調光器，作為控制風洞內的風速大小的裝置。

6.發表文章、廣播與直播與出版風能書籍

風能科普方面

在大愛電視台播出的生活裡的科學，兩集節目分別是在2018年1月19日的「風力發電潛力無限」以及在同年2月2日的「風車超給力」節目中播放。提供一般民眾對風能的科普知識。

在臺北酷客雲線上教學影片中，在高中物理的單元裡，張良肇主任拍攝「水平軸能力發電機」。吳明德老師拍攝「風能」、「帆船」線上教學影片。

期刊方面：

吳明德在物理教育學刊 Chinese Physics Education. 2012, 13(1)，發表「風力渦輪機葉片原理與實作」，說明了渦輪機與螺旋槳的不同，還提出製作渦輪葉片的方法，以飛機木經模具固定、加溫烘烤後定型技術。在2018年吳明德同樣在物理教育學刊，發表用手機做氣體壓力實驗，其中就提到壓力風速計的設計。

此外在科學研習刊物，在2023年2月刊出由本團隊吳明德老師所撰「我的船舶科學旅程」，提到關於船隻尤其是帆船的相關活動。在龍騰所出版的物理搜查線25期，刊出由吳明德老師撰寫的「風力發電科學營」。



大愛播出生活裡的科學風車超給力



物理搜查線25期「風力發電科學營

在記者會與廣播電台方面：

本團隊吳明德老師與台電的及雜學校合作，開發出三套風能教具，在2022年的 6 月 11 日在電幻一號所展示館發表記者會。

此記者會邀請科學教育工作者、媒體記者與台電各級主管，其中公服處袁梅玲處長，是本團隊在拍攝台北酷課雲能源議題時，所接洽的台電長官。

此對應國小、國中、高中的三套風能教具，經本團隊教育訓練後，隨即由國中自然科輔導教師，推廣到各地中小學使用。

雖然現在是網路世代，但是廣播與聲音的傳播魔力仍不可忽視。在2023年7月12日，國立教育廣播電台邀請本團隊吳明德老師，與KidWind裁判長李建國先生接受訪問。

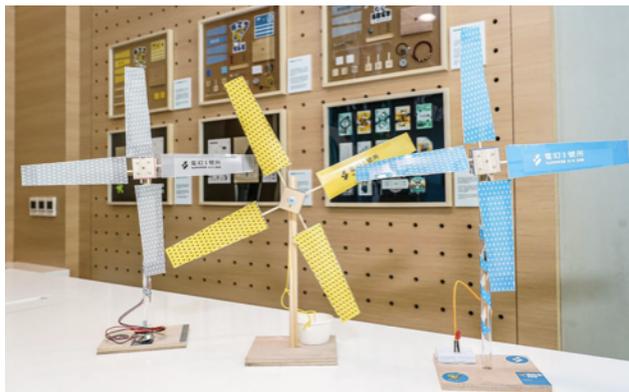
因為當場是網路直播型態，直播的分割畫面，有一半是風力發電的圖解，另一半是直播的現場，彷彿是風能科普教育節目。

出版書籍方面：

本計畫的一大部分經費，是用在撰稿與印刷出版方面。目前的風能書籍，多為大專用書，屬性都偏於原理與發展介紹，很少是針對高中師生為對象，尤其是探究與實作課程，急需風能方面教材。

加上各地方政府以及KidWind所舉辦的風能競賽，也欠缺由原理介紹到動手實作完成風力發電機的入門書籍。

目前暫定書名為：「風力發電真好玩」，目標在七月底會完成100~120頁。目前本團隊已完成超過70頁，並完成超過100張自己繪製圖片或拍攝照片。關於出版社部份已聯繫五南出版社，由張毓芬主編負責，預計印製200本，而 ISBN 書籍編碼已在申請中。而此風能專業書籍，發送給需要的師生。預計在12月底 KidWind 風能競賽的獲獎隊伍，會贈送一本提供參考。



對應國小、國中、高中開發出三套風能教具



教育廣播電台主持人Ola與吳明德、李建國合影



在板橋高中與物理、地科、科技老師合作製作十個風洞作為風力發電探究課程教具

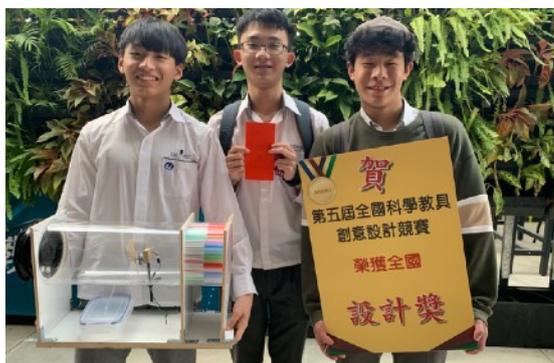
五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

關於計畫中執行程度低的部份：應該是運用本計畫經費舉辦相關研習活動，而非支援其他單位協助舉辦研習活動，限於在實施此計畫前的十餘年間，本團隊已舉辦非常多次教師研習活動，所以並未將教師研習列最高優先順序。

對於開發風能教具部分，除部分大力士風車有大量實際教學運用，還有些教具已運用在學生參加科學教具競賽，但是還要更簡化風能教具的設計，才能普及推廣。

另外原始計畫中並未考量評量部分，但是在提出計畫時，經由教授們建議，開發課程與教材之後，就需要加入評量的部分。而實際執行計畫上，對於成熟的知識內容，開發教材都是件不容易的工作，更何況對於各學科的統整性極高，製作技術手藝要求層次高，參考資料少的風能教育，更是十分困難。

所以本計畫後期修正，發展風能教育的教材之前，應該先要有本風能教育的科普書，也就是這本「風力發電真好玩」。至於評量的概念，是將風能教育視為一門學科與知識，評量即為檢核的方式，但是若將風能教育視為學生要親自完成一座風力發電機，並參與風能競賽活動。而競賽的成績就是評量，同儕與評審的回饋就是評量。



獲獎學生由左自右為洪容、馬灝、李育寬