

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

第三名

082803

風馳電生

學校名稱：屏東縣鹽埔鄉振興國民小學

作者： 小六 黃詩云 小六 吳佳芸 小六 王俞傑 小六 洪宜婷	指導老師： 王智勇 蘇純慧
---	-----------------------------

關鍵詞：風力發電、蓄電

摘要：

本研究藉由先前製作太陽能庭園燈的經驗，想從市售庭園燈—太陽能發電(蓄電)的材料與原理為出發點，開發出風力發電(蓄電)的小模型；將風所產生的動能透過齒輪組的傳輸產生電力，並進而把電儲存於超級電容，等到風力靜止時，超級電容裡的電力即能提供 LED 發亮。從探究的實驗中動手製作小模型，讓課本所學的知識能融會貫通。

壹、研究動機

六上的自然課時，老師帶領我們了解馬達是電磁鐵在日常生活的應用，通電後的風扇會讓葉片轉動；但有沒有可能會—先轉動葉片後產生電力…？這令我們覺得好奇與不可思議！立刻想到核三廠旁的風力發電機好像是這樣發電的，但是電呢？「跑」哪裡去了？它可以存起來嗎？一連串的疑問讓我和 3 位同學一起找老師來探尋答案。

去年夏天老師辦理科學育樂營活動，我們找到能將電「存起來」的庭園燈，老師指導利用簡單的電子 IC 組裝成庭園燈，並成功的蓄電。藉由此次成功的經驗我們嘗試著把上次太陽能發電的原理與材料，改成用風力來發電，相信對於風力發電的理解會更上一層樓喔！

貳、研究目的

- 一、從實驗中了解電能與動能原來可以互相轉換
- 二、利用太陽能庭園燈的材料也能運用於風力發電上
- 三、了解超級電容如同蓄電池一樣可以把電存起來
- 四、驗證自然與生活科技課本所學之齒輪組與電磁鐵等理論

參、研究設備及器材

器材：風車玩具、市售玩具馬達 A~D、太陽能專用馬達 E(0.5v~6v)、木片(7cm*7cm)、

大齒輪、小齒輪、橡皮筋、led(紅光)、杜邦線、超級電容(2.7v、25F)、太陽能光控小夜燈電路板、3 號電池(1.5v)、電池盒、三用電錶、透明硬吸管、市售風車材料包(山采風車行研發)

肆、研究過程與結果

實驗一：通電後的馬達讓葉片轉動，但是轉動馬達葉片能產生電嗎？

方法：一、將市售玩具馬達(A)固定於木板，並接上電池後將電源開關關閉。

二、另一組玩具馬達(B)不接電池，但接上 LED。

三、將玩具馬達(A)與另一組玩具馬達(B)分別利用橡皮筋串接、鏈條串接與相互咬合的方式組裝，並打開電源開關，觀察 LED 是否會因馬達轉動而發亮(產生電力)。

四、在上一步驟中同時利用大、小齒輪的互換了解 LED 的亮度變化。




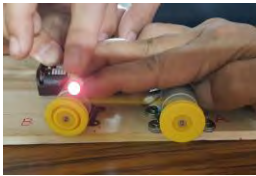








結果：一、剛開始轉動或接觸不良導致轉速不快時，LED 的亮度較暗，橡皮筋也常脫落，接觸正常後馬達轉動較穩定，對照表整理如(表 1)。

二、利用橡皮筋串接大小齒輪時，玩具馬達(B)的 LED 燈亮，可知道玩具馬達(B)產生電流，只是小齒輪接大齒輪的 LED 亮度較弱。

三、利用鏈條串接大小齒輪時，不同的齒輪組合都不會讓 LED 發亮。

四、利用齒輪相互咬合時，只有<大齒輪接小齒輪>及<小齒輪接小齒輪>會讓 LED 發亮。

表 1 不同的串接方式是否讓 LED 發亮

齒輪組 串接方式	大齒輪接小齒輪	小齒輪接大齒輪	大齒輪接大齒輪	小齒輪接小齒輪
橡皮筋串接 2 齒輪				
LED 發亮	V	V (亮度較弱)	V	V
鏈條串接 2 齒輪				
LED 發亮	×	×	×	×
2 齒輪 相互咬合				
LED 發亮	V	×	×	V

討論：一、鏈條所帶動的齒輪組無法點亮 LED，然而相互咬合的小齒輪竟可以點亮 LED，評估可能是鏈條與齒輪的摩擦力過大所造成。

二、從實驗結果驗證了自然課本所學：大齒輪帶動小齒輪時，大齒輪轉動一圈時，小齒輪會轉動大於一圈(轉速較快)，大多部分能點亮 LED，表示轉動馬達葉片可以產生電，故後續實驗將以橡皮筋串接大小兩齒輪的方式進行。

實驗二：不同型式的馬達也有同樣的效果嗎？

方法：一、分別將市售馬達(B)、市售馬達(C)、市售馬達(D)與太陽能馬達(E)接上 LED。

二、在實驗一接上電源 6v 的市售馬達(A)套上大齒輪，市售馬達(B)套上小齒輪，馬達之間的時間隔為 6 公分，並以橡皮筋串接大小齒輪的方式，觀察電源啟動時馬達(B)的 LED 是否亮起(圖 1)。

三、產生感應電流的過程中每隔 5 秒記錄一次電壓，取 6 次的平均值。

四、市售馬達(C)、市售馬達(D)與太陽能馬達(E)的操作同<方法二>。



圖 1 測試不同馬達的發電情形

五、計算整體電壓轉換率公式為(6 次電壓平均值/電源電壓 6v)

結果：一、電源啟動時，玩具馬達(B)(C)(D)的轉速較快、噪音較大，太陽能專用馬達(E)的轉速較慢、噪音較小。

二、太陽能專用馬達(E)產生的電壓較高，高達 1.91v，是所有馬達中整體電壓轉換效率最好的，結果如(表 2)；輸出電壓整合如(圖 2)。

三、馬達(B)(D)(E)的 LED 都有發亮，馬達(C)產生的電壓不足，LED 並沒有發亮。

討論：一、從馬達(B)(C)(D)(E)所產生的感應電壓中，E 馬達生電的整體電壓轉換效率為 31.83%，LED 也最亮；C 馬達生電的整體電壓轉換效率為 12.17%，LED 不亮。

二、為了解馬達感應生電是否和漆包線的粗細與纏繞的圈數有關，我們分別拆開馬達(B)(C)(D)(E)，測量粗細及點數漆包線的纏繞圈數，結果如(表 3)。

三、從表 2 與表 3 的結果發現，線圈數越多感應出來的電壓也越高，整體電壓轉換效率越高。

四、由於太陽能專用馬達(E)的整體電壓轉換效率較高，安裝與固定上也比較容易，所以後續的實驗裝置採用太陽能專用馬達進行操作。

表 2 不同型式馬達的發電測試

產生電壓 時間	電池型式				
		市售馬達(B)	市售馬達(C)	市售馬達(D)	太陽能馬達(E)
5 秒		1.25v	0.66v	1.80v	1.96v
LED 是否發亮		V	×	V	V
10 秒		1.24v	0.62v	1.76v	1.93v
LED 是否發亮		V	×	V	V
15 秒		1.34v	1.10v	1.68v	1.91v
LED 是否發亮		V	×	V	V
20 秒		1.46v	0.68v	1.44v	1.82v
LED 是否發亮		V	×	V	V
25 秒		1.16v	0.65v	1.43v	1.93v
LED 是否發亮		V	×	V	V
30 秒		1.30v	0.67v	1.63v	1.89v
LED 是否發亮		V	×	V	V
平均		1.29v	0.73v	1.62v	1.91v
整體電壓 轉換效率		21.5%	12.17%	27%	31.83%

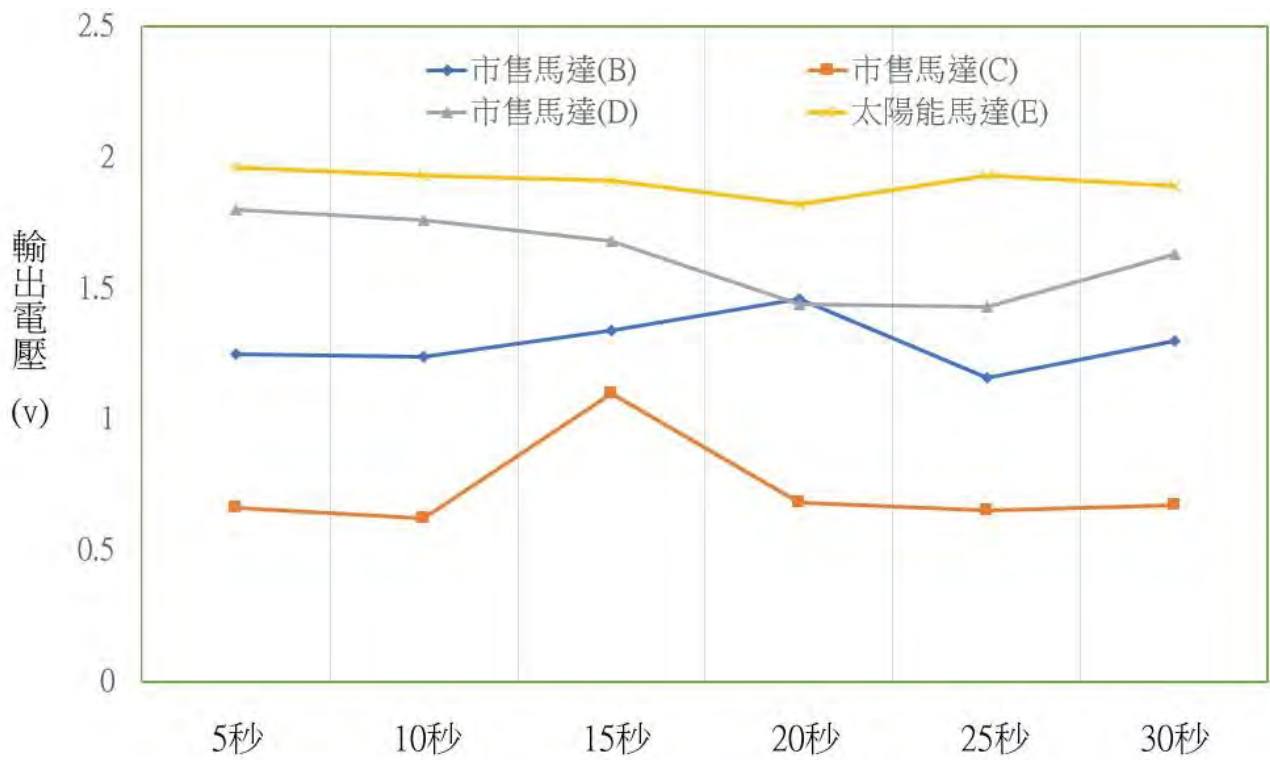


圖 2 不同型式馬達輸出電壓整合

表 3 不同型式馬達的發電測試

產生電壓 時間	電池型式				
		市售馬達(B)	市售馬達(C)	市售馬達(D)	太陽能馬達(E)
漆包線粗細		粗 (0.19 mm)	粗 (0.17 mm)	粗 (0.13 mm)	細 (0.07 mm)
纏繞圈數(圈)		225	177	636	1050

實驗三：進行風車發電模型的組裝與測試

材料：市售風車材料包、太陽能專用馬達、木片 2 片、LED(紅光)、杜邦線、大齒輪、小齒輪、橡皮筋、塑膠束帶

步驟：一、將風車材料包組裝成風車成品。

二、取硬吸管套入風車葉片與大齒輪之軸心，並黏貼固定，調整葉片旋轉之靈活性。

三、將木片與太陽能專用馬達分別固定在風車的主支架上(圖 3)，以橡皮筋套住大小齒輪，並調整橡皮筋的鬆緊度(兩端拉長長度為 12 cm)。

四、馬達上的電線接上 LED，完成風車發電機的組裝(圖 4)。

五、轉動電風扇進行風力測試，觀察風車發電機的葉片是否轉動，LED 是否發亮(圖 5)。

結果：隨著風力的啟動，帶動葉片的轉動，產生電力使 LED 發亮。

討論：一、我們發現卡住大、小齒輪的橡皮筋拉得越緊，葉片越不容易轉動，LED 不亮。

二、從此裝置發現只要有足夠的風力，就可能帶動馬達轉動而發電，但是如果只是發電而沒有儲存起來，萬一沒有風的時候可能就無電可用了，於是我們想到是否也可利用<市售庭園燈>中利用太陽能板把發的電儲存起來的方式呢？於是持續進行儲電的試驗，儲電的裝置把鎳鎘電池改為超級電容，老師說它具有快充電與快放電的特性，適合我們觀察。

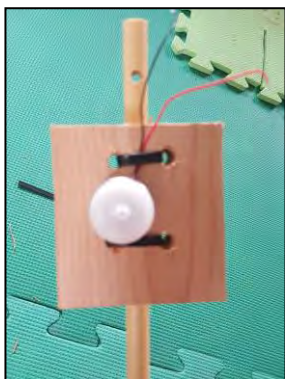


圖 3 馬達固定

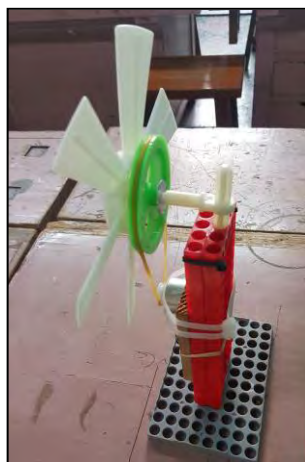


圖 4 組裝完成



圖 5 測試風力發電情形

實驗四：進行風車發電與蓄電的測試

材料：風車發電模型、超級電容(2.7v、25F)、太陽能光控小夜燈電路板

步驟：一、將組裝完成的風車發電模型與太陽能光控小夜燈電路板的線路串接(圖 6、圖 7)。

二、轉動電風扇進行風力測試，觀察風車馬達的葉片是否轉動，LED 在葉片轉動的狀態下不會發亮，發電轉存在超級電容中。

三、當風力停止時，即由超級電容供電使 LED 發亮。

結果：隨著風力的啟動，帶動葉片的轉動，產生電力無法使 LED 發亮；但風力停止時，LED 就亮了(圖 8、圖 9)。

討論：一、實驗時在電容的正負極接上三用電表，發現電壓持續的增加，老師說這就是風車發電後蓄電到電容器中。

二、當風力停止時，LED 也跟著亮起來，但是電壓也降得很快，在超級電容電壓 0.93v 時 LED 燈就熄滅了(圖 10)。

三、超級電容充放電電壓隨時間的變化如(表 4)及(圖 11)所示。

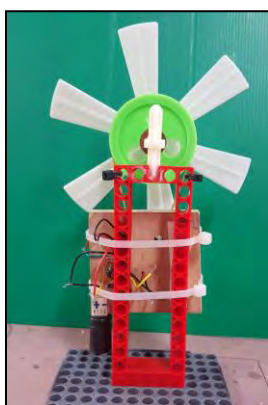


圖 6 風車發電反面



圖 7 風車發電正面



圖 8 風車運作時 LED 不亮

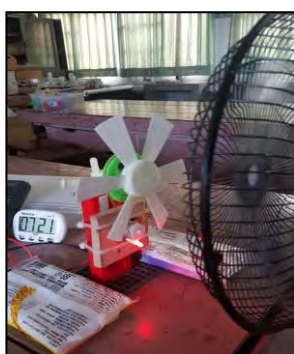


圖 9 風車停止後 LED 亮起



圖 10 LED 熄滅時超級電容的電壓

表 4 超級電容充放電表

時間(分)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
充電(v)	0	0.11	0.23	0.34	0.45	0.56	0.67	0.77	0.86	0.95	1.03	1.11	1.18	1.23	1.25	1.26
放電(v)	1.26	1.20	1.13	1.07	1.01	0.95	0.93									

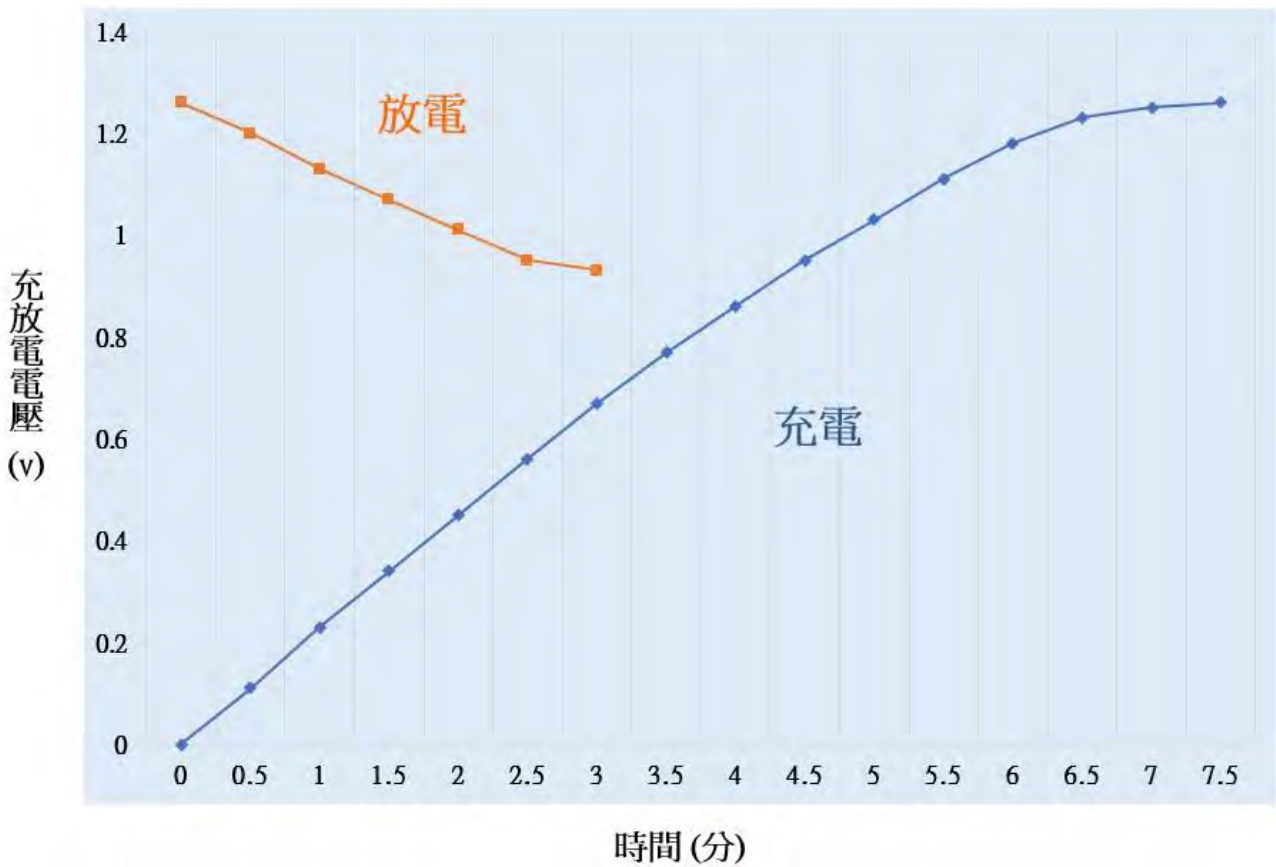


圖 11 超級電容充放電折線圖

伍、結論

- 一、轉動小馬達，當轉速到達一定量時，LED 燈會發亮，證明轉動馬達也會產生電流。
- 二、市售玩具馬達與太陽能專用馬達轉動時，都會產生電，讓 LED 發亮。
- 三、當開啟電風扇進行測試時，LED 的亮度會隨者風力強弱而有不同，風力越強，LED 越亮。
- 四、加了蓄電的超級電容後，LED 反而因風力啟動而熄滅，而超級電容的電壓卻持續增加，待風力停止後，LED 就點亮。
- 五、當電容的蓄電量越高，LED 就越亮，然而電壓下降的速度也很快，很快就不亮了；我們體認到電力得之不易，實在要好好珍惜。

陸、參考資料及其他

- 一、自然與生活科技課本(第七、八冊)，康軒版教科書
- 二、光能節源科技有限公司（無日期）。民國 107 年 4 月 1 日，取自：
<http://www.light-energy.hipages.tw/>
- 三、繁星育成科學實驗室（無日期）。民國 107 年 4 月 1 日，取自：<http://tssc-edu.com/>
- 四、教育雲-教育大市集（無日期）。電動機的運轉及應用。民國 107 年 4 月 1 日，取自：
https://market.cloud.edu.tw/content/senior/life_tech/tc_t2/enerage/p_motor1.htm
- 五、教育雲-教育大市集（無日期）。電動機。民國 107 年 4 月 1 日，取自：
https://market.cloud.edu.tw/content/senior/life_tech/tc_t2/enerage/p_motor.htm
- 六、通訊博物館（無日期）。電容的充電與放電。民國 107 年 4 月 1 日，取自：
http://macao.communications.museum/chi/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_3_5_ChargingCapacitor.htm

【評語】 082803

1. 本作品探討利用馬達結構作為風力發電機以產生電能,針對不同種類的馬達與蓄電等因素進行探討，值得鼓勵。
2. 建議針對馬達與發電機的結構有何異同？進行比較。
3. 建議針對不同馬達帶動與齒輪組合的發電效益,可作進一步說明。
4. 建議針對重要關鍵參數進行討論,例如:對於圈數對於效率的量化關係，或對於充放電時間比可以作進一步分析。

摘要：

本研究藉由先前製作太陽能庭園燈的經驗，想從市售庭園燈—太陽能發電(蓄電)的材料與原理為出發點，開發出風力發電(蓄電)的小模型；將風所產生的動能透過齒輪組的傳輸產生電力，並進而把電儲存於超級電容，等到風力靜止時，超級電容裡的電力即能提供 LED發亮。從探究的實驗中動手製作小模型，讓課本所學的知識能融會貫通。



壹、研究動機

六上的自然課時，老師帶領我們了解馬達是電磁鐵在日常生活的應用，通電後的風扇會讓葉片轉動；但有沒有可能會—先轉動葉片後產生電力…？這令我們覺得好奇與不可思議！立刻想到核三廠旁的風力發電機好像是這樣發電的，但是電呢？「跑」哪裡去了？它可以存起來嗎？一連串的疑問讓我和3位同學一起找老師來探尋答案。

去年夏天老師辦理科學育樂營活動，我們找到能將電「存起來」的庭園燈，老師指導利用簡單的電子IC組裝成庭園燈，並成功的蓄電。藉由此次成功的經驗我們嘗試著把上次太陽能發電的原理與材料，改成用風力來發電，相信對於風力發電的理解會更上一層樓喔！

貳、研究目的

- 一、從實驗中了解電能與動能原來可以互相轉換。
- 二、利用太陽能庭園燈的材料也能運用於風力發電上。
- 三、了解超級電容如同蓄電池一樣可以把電存起來。
- 四、驗證自然與生活科技課本所學之齒輪組與電磁鐵等理論。

參、研究設備及器材

器材：風車玩具、市售玩具馬達A~D、太陽能專用馬達E(0.5v~6v)、木片(7cm*7cm)、大齒輪、小齒輪、橡皮筋、LED(紅光)、杜邦線、超級電容(2.7v、25F)、太陽能光控小夜燈電路板、3號電池(1.5v)、電池盒、三用電錶、透明硬吸管、市售風車材料包(山采風車行研發)

肆、研究過程與結果

實驗一：通電後的馬達讓葉片轉動，但是轉動馬達葉片能產生電嗎？

- 方法：
- 一、將市售玩具馬達(A)固定於木板，並接上電池後將電源開關關閉。
 - 二、另一組玩具馬達(B)不接電池，但接上LED。
 - 三、將玩具馬達(A)與另一組玩具馬達(B)分別利用橡皮筋串接、鏈條串接與相互咬合的方式組裝，並打開電源開關，觀察LED是否會因馬達轉動而發亮(產生電力)。
 - 四、在上一步驟中同時利用大、小齒輪的互換了解LED的亮度變化。
- 結果：
- 一、剛開始轉動或接觸不良導致轉速不快時，LED的亮度較暗，橡皮筋也常脫落，接觸正常後馬達轉動較穩定，對照表整理如(表1)。
 - 二、利用橡皮筋串接大小齒輪時，玩具馬達(B)的LED燈亮，可知玩具馬達(B)產生電流，只是小齒輪接大齒輪的LED亮度較弱。
 - 三、利用鏈條串接大小齒輪時，不同的齒輪組合都不會讓LED發亮。
 - 四、利用齒輪相互咬合時，只有<大齒輪接小齒輪>及<小齒輪接小齒輪>會讓LED發亮。



討論：一、鏈條所帶動的齒輪組無法點亮 LED，然而相互咬合的小齒輪竟可以點亮 LED

二、從實驗結果驗證了自然課本所學：大齒輪帶動小齒輪時，大齒輪轉動一圈時，小齒輪會轉動大於一圈（轉速較快），大部分能點亮 LED，表示轉動馬達葉片可以產生電，故後續實驗將以橡皮筋串接大小兩齒輪的方式進行。

實驗二：不同型式的馬達也有同樣的效果嗎？

- 方法：一、分別將市售馬達(B)、市售馬達(C)、市售馬達(D)與太陽能馬達(E)接上LED。
- 二、在實驗一接上電源6v的市售馬達(A)套上大齒輪，市售馬達(B)套上小齒輪，馬達之間的間隔為6公分，並以橡皮筋串接大小齒輪的方式，觀察電源啟動時馬達(B)的LED是否亮起(圖1)。
- 三、產生感應電流的過程中每隔5秒記錄一次電壓，取6次的平均值。
- 四、市售馬達(C)、市售馬達(D)與太陽能馬達(E)的操作同〈方法二〉。
- 五、計算整體電壓轉換率公式為(6次電壓平均值/電源電壓6v)。

- 結果：一、電源啟動時，玩具馬達(B)(C)(D)的轉速較快、噪音較大，太陽能專用馬達(E)的轉速較慢、噪音較小。
- 二、太陽能專用馬達(E)產生的電壓較高，高達1.91v，是所有馬達中整體電壓轉換效率最好的，結果如(表2)；輸出電壓整合如(圖2)。
- 三、馬達(B)(D)(E)的LED都有發亮，馬達(C)產生的電壓不足，LED並沒有發亮。

- 討論：一、從馬達(B)(C)(D)(E)所產生的感應電壓中，E馬達生電的整體電壓轉換效率為31.83%，LED也最亮；C馬達生電的整體電壓轉換效率為12.17%，LED不亮。
- 二、為了解馬達感應生電是否和漆包線的粗細與纏繞的圈數有關，我們分別拆開馬達(B)(C)(D)(E)，測量粗細及點數漆包線的纏繞圈數，結果如(表3)。
- 三、從表2與表3的結果發現，線圈數越多感應出來的電壓也越高，整體電壓轉換效率越高。
- 四、由於太陽能專用馬達(E)的整體電壓轉換率較高，安裝與固定上也比較容易，所以後續的實驗裝置採用太陽能專用馬達進行操作。

實驗三：進行風車發電模型的組裝與測試

材料：市售風車材料包、太陽能專用馬達、木片2片、LED(紅光)、杜邦線、大齒輪、小齒輪、橡皮筋、塑膠束帶。

- 步驟：一、將風車材料包組裝成風車成品。
- 二、取硬吸管套入風車葉片與大齒輪之軸心，並黏貼固定，調整葉片旋轉之靈活性。
- 三、將木片與太陽能專用馬達分別固定在風車的主支架上(圖3)，以橡皮筋套住大小齒輪，並調整橡皮筋的鬆緊度(兩端拉長度為12cm)。

表1 不同的串接方式是否讓LED發亮

齒輪串接方式	大齒輪接小齒輪	小齒輪接大齒輪	大齒輪接大齒輪	小齒輪接小齒輪
橡皮筋串接2齒輪				
LED發亮	√	√(亮度較弱)	√	√
橡皮筋串接2齒輪				
LED發亮	×	×	×	×
2齒輪相互咬合				
LED發亮	√	×	×	√

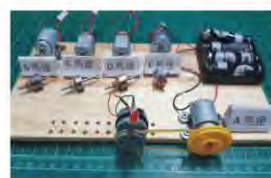


圖1 測試不同馬達的發電情形

表2 不同型式馬達的發電測試

產生電壓時間	市售馬達(B)	市售馬達(C)	市售馬達(D)	太陽能馬達(E)
5秒	1.25v	0.66v	1.80v	1.96v
LED發亮	√	×	√	√
10秒	1.24v	0.62v	1.76v	1.93v
LED發亮	√	×	√	√
15秒	1.34v	1.10v	1.68v	1.91v
LED發亮	√	√	√	√
20秒	1.46v	0.68v	1.44v	1.82v
LED發亮	√	×	√	√
25秒	1.16v	0.65v	1.43v	1.93v
LED發亮	√	×	√	√
30秒	1.30v	0.67v	1.63v	1.89v
LED發亮	√	×	√	√
平均	1.29v	0.73v	1.62v	1.91v
整體電壓轉換效率	21.5%	12.17%	27%	31.83%

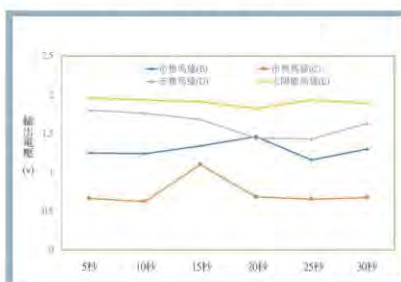


圖2 不同型式馬達輸出電壓整合

表3 不同型式馬達的發電測試

產生電壓	市售馬達(B)	市售馬達(C)	市售馬達(D)	太陽能馬達(E)
漆包線粗細	0.19 mm	0.17 mm	0.17 mm	0.07 mm
纏繞圈數	225	177	636	1050



四、馬達上的電線接上LED，完成風車發電機的組裝(圖4)。

五、轉動電風扇進行風力測試，觀察風車發電機的葉片是否轉動，LED是否發亮(圖5)。

討論：一、我們發現卡住大、小齒輪的橡皮筋拉得越緊，葉片越不容易轉動，LED不亮。

二、從此裝置發現只要有足夠的風力，就可能帶動馬達轉動而發電，但是如果只是發電而沒有儲存起來，萬一沒有風的時候可能就無電可用了，於是我們想到是否也可利用〈市售庭園燈〉中利用太陽能板把發的電儲存起來的方式呢？於是持續進行儲電的試驗，儲電的裝置把鎳鎘電池改為超級電容，它具有快充電與快放電的特性，適合我們觀察。

實驗四：進行風車發電與蓄電的測試

材料：風車發電模型、超級電容(2.7v、25F)、太陽能光控小夜燈電路板

步驟：一、將組裝完成的風車發電模型與太陽能光控小夜燈電路板的線路串接(圖6、圖7)。

二、轉動電風扇進行風力測試，觀察風車馬達的葉片是否轉動，LED在葉片轉動的狀態下不會發亮，發電轉存在超級電容中。

三、當風力停止時，即由超級電容供電使LED發亮。

結果：隨著風力的啟動，帶動葉片的轉動，產生電力無法使LED發亮；但風力停止時，LED就亮了(圖8、圖9)。

討論：一、實驗時在電容的正負極接上三用電表，發現電壓持續的增加，這就是風車發電後蓄電到電容器中。

二、當風力停止時，LED也跟著亮起來，但是電壓也降得很快，在超級電容電壓0.93v時LED燈就熄滅了(圖10)。

三、超級電容充放電電壓隨時間的變化如(表4)及(圖11)所示。



圖3 馬達固定



圖4 組裝完成



圖5 測試風力發電情形



圖6 風車發電反面



圖7 風車發電正面



圖8 風車運作時LED不亮



圖9 風車停止後LED亮起



圖10 LED熄滅時超級電容的電壓

表4 超級電容充放電表

時間(分)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
充電(V)	0	0.111	0.223	0.334	0.445	0.556	0.667	0.777	0.888	0.999	1.110	1.221	1.332	1.443	1.554	1.665
放電(V)	1.26	1.20	1.13	1.07	1.01	0.95	0.89									

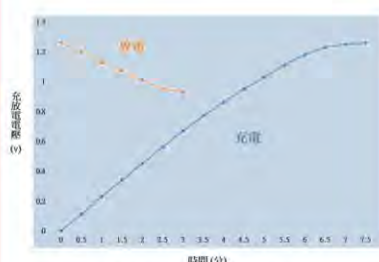


圖11 超級電容充放電折線圖

伍、結論

一、轉動小馬達，當轉速到達一定量時，LED燈會發亮，證明轉動馬達也會產生電流。

二、市售玩具馬達與太陽能專用馬達轉動時，都會產生電，讓LED發亮。

三、當開啟電風扇進行測試時，LED的亮度會隨著風力強弱而有不同，風力越強，LED越亮。

四、加了蓄電的超級電容後，LED反而因風力啟動而熄滅，而超級電容的電壓卻持續增加，待風力停止後，LED就點亮。

五、當電容的蓄電量越高，LED就越亮，然而電壓下降的速度也很快，很快就不亮了；我們體認到電力得之不易，實在要好好珍惜。

陸、參考資料及其他

一、自然與生活科技課本(第七、八冊)，康軒版教科書

二、光能節源科技有限公司(無日期)。民國107年4月1日，取自：

<http://www.light-energy.hipages.tw/>

三、繁星育成科學實驗室(無日期)。民國107年4月1日，取自：<http://tssc-edu.com/>

四、教育雲-教育大市集(無日期)。電動機的運轉及應用。民國107年4月1日，取自：

https://market.cloud.edu.tw/content/senior/life_tech/tc_t2/energe/p_motor1.htm

五、教育雲-教育大市集(無日期)。電動機。民國107年4月1日，取自：

https://market.cloud.edu.tw/content/senior/life_tech/tc_t2/energe/p_motor.htm

六、通訊博物館(無日期)。電容的充電與放電。民國107年4月1日，取自：

http://macao.communications.museum/chi/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_3_5_ChargingCapacitor.htm



E=MC²