

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

□國中組 □普高組 ■技高組 成果報告格式

題目名稱：流動電源

一、摘要

當水流經扇葉時會帶動齒輪旋轉，透過調整齒輪之間的配對方式以及改變扇葉半徑，我們可以優化整體的發電效率。從實驗結果得知：當扇葉半徑變大，力臂隨之增加，所產生的扭矩也更大，因此更能克服高齒數比所帶來的阻力，使其在齒比較大的情況下仍能順利驅動馬達，產生穩定且較高的輸出功率。但對於小半徑扇葉而言，雖然其力臂較短、扭矩較小，但若適當降低齒輪比，可以減少馬達端的負載阻力，提升轉速，藉此在一定程度上彌補其扭矩不足的缺點，達成較佳的旋轉效率與發電效果。

二、探究題目與動機

台灣在夏季及天災期間，經常面臨停電或限電的困境，加上整體用電需求逐年攀升，使得尖峰時段的電費負擔亦日益沉重。為了響應節能減碳的目標，同時兼顧日常用電的經濟性，我們希望透過結合生活中隨手可得的資源與簡易的物理原理，設計出一款**簡易、實用的家庭用水力發電機**。

此裝置可於短時間內供應微量電力，應用於緊急或臨時的小型電器設備上，不僅減少對市電的依賴，更能在特定情況下提供即時且環保的備援電力，達到節能、省錢又具備實用性的理想效果。

三、探究目的與假設

探討目的:

探討扇葉大小及齒數比造成發電量大小的關係

實驗假設:

- 1.不同流速是否會對發電功率產生影響？
- 2.扇葉之半徑大小是否會影響裝置產生功率？
- 3.不同齒數比是否會影響裝置產生功率？

四、探究方法與驗證步驟

探究方法:

實驗動機→設計實驗→進行實驗時操與測量→分析實驗結果→得出結論

實驗儀器:

扇葉、三用電表、arduino 紅外線感測器、齒輪

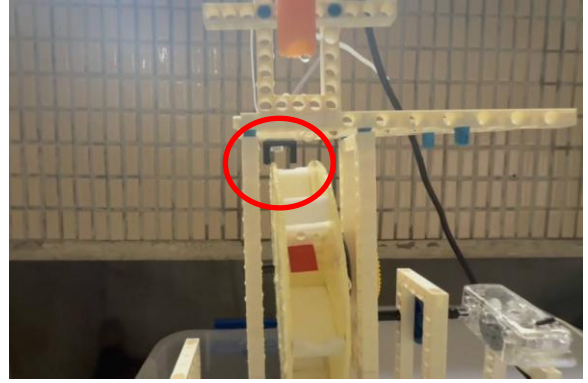
驗證步驟:

實驗 1:

利用發電機、arduino 紅外線感測器及三用電表來確定水流流速與發電功率的關係

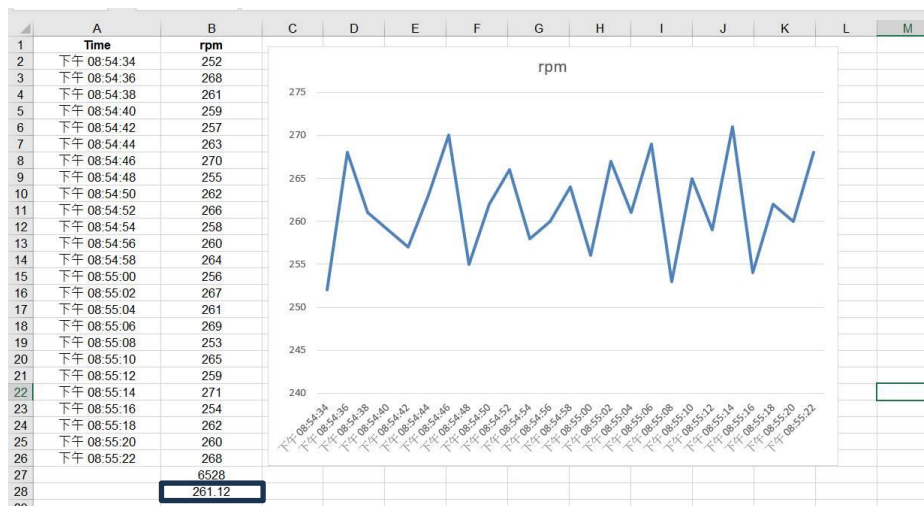


圖一:實驗過程

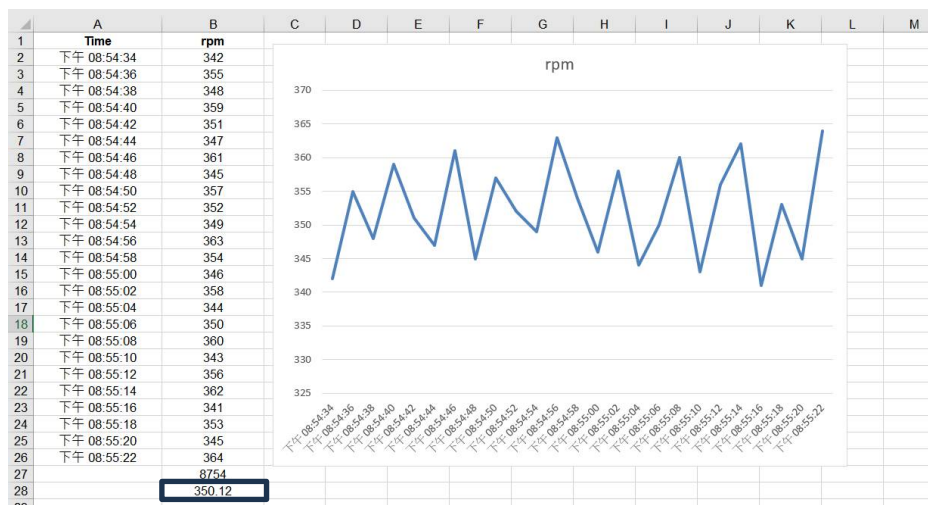


圖二:arduino 紅外線感測器

水流流速計算公式:流速(V)=流量(Q)/水管截面積(A)



表一:流速(V)=53.6cm/s 扇葉的轉速變化(平均取中間 18 個數值)



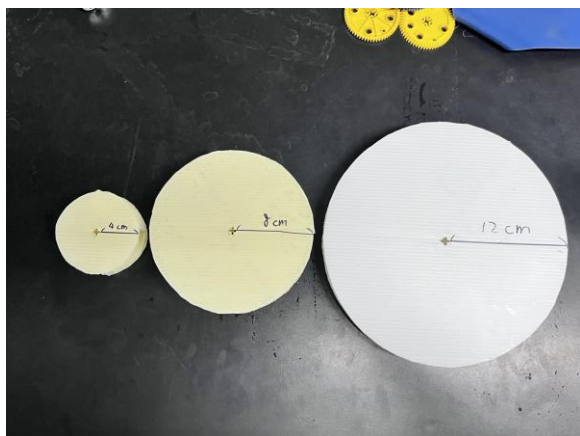
表二:流速(V)=70.7cm/s 扇葉的轉速變化(平均取中間 18 個)

實驗後發現當我們的流速為 53.6cm/s 時其轉速約為 261.12rpm 功率為 1182.6 μ w，而流速到達 53.6cm/s 時其轉速增加到 261.12rpm 功率為 1554.8 μ w，證實了當流速越快，扇葉旋轉越快

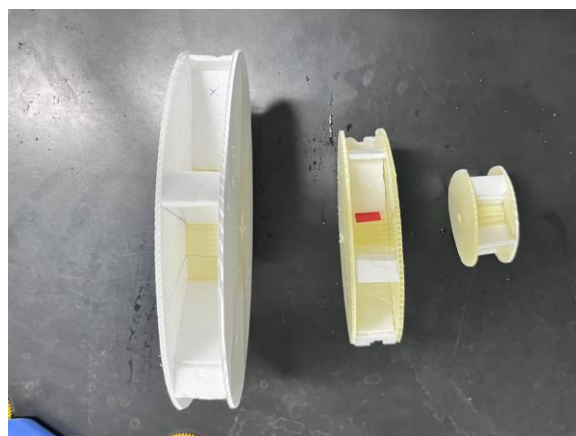
帶動馬達的發電功率就越高。這說明水流動能轉換效率與流速密切相關。根據實驗結果我們可以將流速固定為水龍頭流量 max 並進行後續實驗。

實驗 2:

製作半徑不同的扇葉(4cm / 8cm / 12cm)，並直接與發電機進行連接(齒數比為 1:1)。實驗後發現當我們的流速相同時發電機之發電功率在半徑 4cm 時約為 $712\mu\text{W}$;半徑 8cm 時約為 $1554\mu\text{W}$;半徑 12cm 時約為 $1391\mu\text{W}$ ，但發現無法確認改變扇葉半徑是否對功率有一定的關係。為了找出半徑到底對發出功率有甚麼關係，我們將實驗做改進以及更進一步的測量。



圖三:三種半徑不同的扇葉正面照



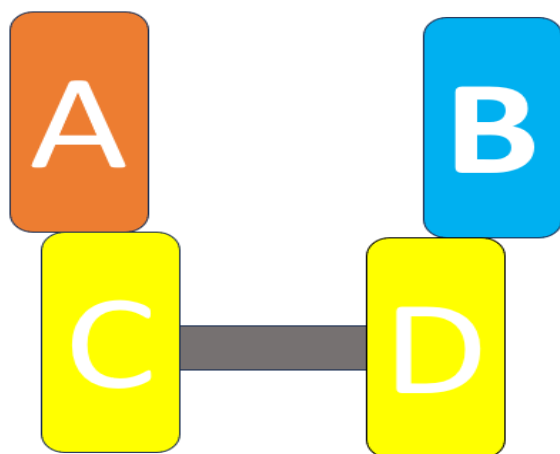
圖四:三種半徑不同的扇葉側面照

實驗 3:

將扇葉與馬達連接處增加齒輪組，分為加速齒輪組&減速齒輪組，將三個扇葉分別與不同的齒數比連接，得到以下結論:

功率計算公式:功率(W)=電流(I) x 電壓(V)

齒數比計算公式:



圖五:齒輪連接方式



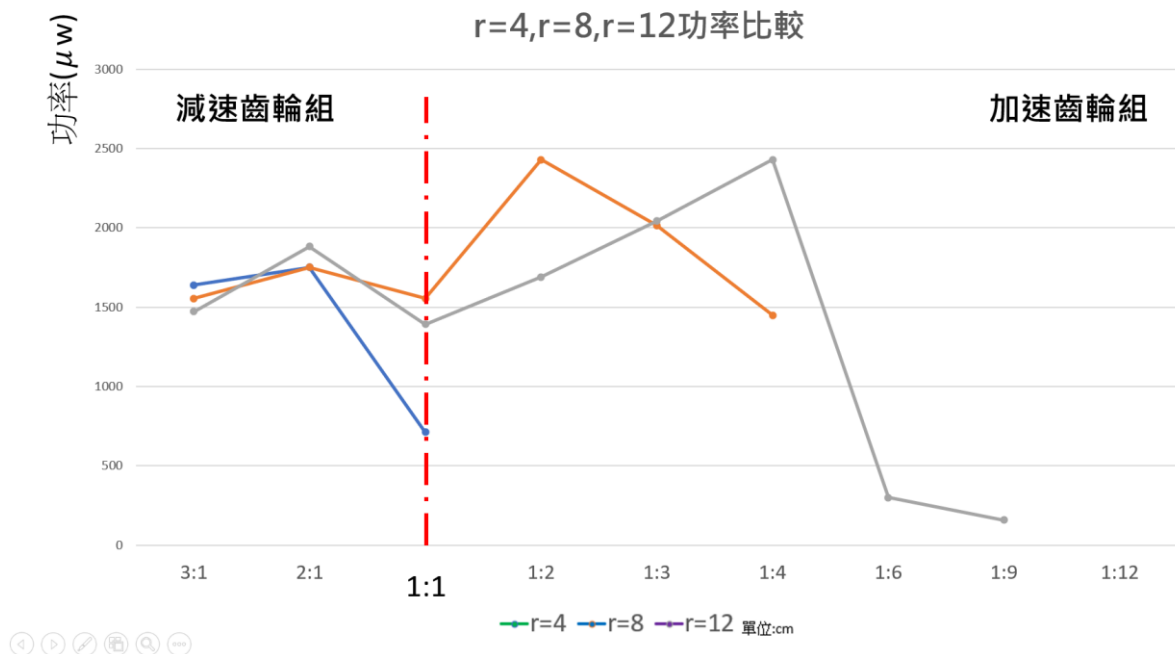
圖六:齒輪正面照

(若為四個齒輪)

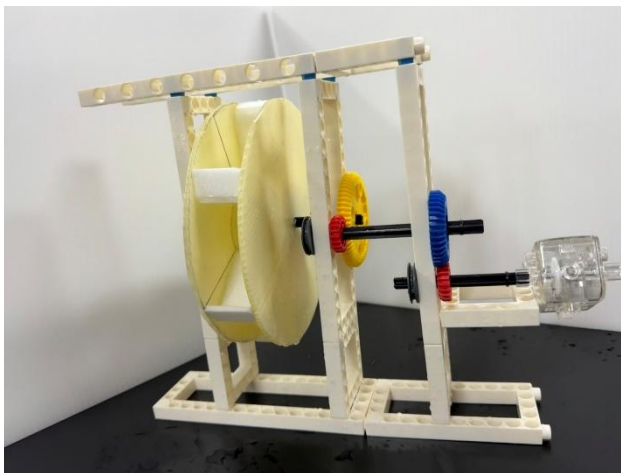
A:與扇葉相接；B 與馬達相接 齒數比= $(A \div C) \times (D \div B)$

功率比較 齒數比	(μw)								
	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:6	1:9	1:12
r=4	1639.65	1752.05	712.448						
r=8	1554.8	1752.05	1554.8	2429.38	2015.17	1449.02			
r=12	1472.21	1881.31	1391.87	1689.14	2042.49	2429.38	298.908	158.447	

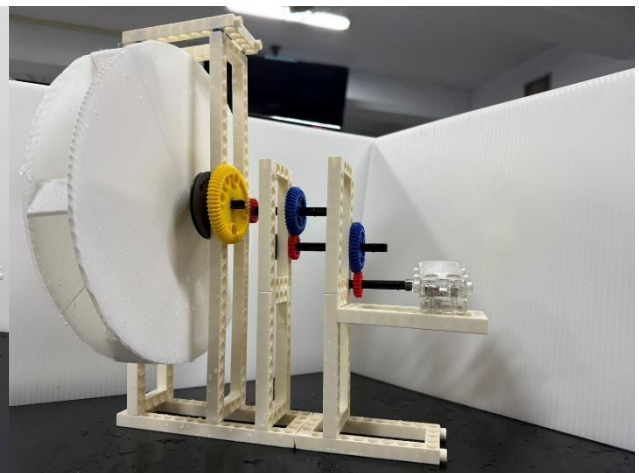
表三:半徑不同的扇葉與齒數比對功率



圖七: r=4,r=8,r=12 功率比較



圖八:扇葉 r=8 齒數比 1:6



圖九:扇葉 r=12 齒數比 1:12

結合實驗 2 的結果，我們可以確認增加齒輪能提高發電機的效率，但是越大的齒輪所產生的阻力越大，所以當我們的半徑變大時，力臂也會變長，可承受之阻力越大進而能帶動齒數比更大的齒輪組。

利用以上結論，我們也可以試著推測出為甚麼在實驗 2 中增加扇葉半徑但發電量並不會因此成規律變化？

這有可能是因為雖然水的力矩變大，但同時也會產生更高的水阻與慣性。在轉速比 1:1 下，如果扇葉太大，水流無法快速地推動馬達，導致轉速下降進而導致所發功率下降。所以有時候只靠扭力不夠，轉速也要高才会有高功率。

五、結論與生活應用

根據實驗數據顯示，流速越快產生的功率也會越大，而當我們的扇葉半徑越大，較容易在大齒數比的齒輪組中旋轉，但只要過了截止極限(threshold)後，所產生功率就會下降，直至無法旋轉。且加速齒輪及減速齒輪皆會發生此種現象，但是兩者形成因素卻不同。加速齒輪組中產生原因為：齒數比增加讓其阻力上升，導致扇葉無法克服阻力，故無法旋轉生電；減速齒輪組產生原因則是因為齒輪組將馬達轉速降低，導致馬達無法有效發電。

在半徑過小之扇葉中（此次測量為半徑 4 公分之扇葉）我們測量後發現將其與加速齒輪連接後，無法旋轉；但將其與減速馬達連接後所產生的功率卻可大於未連接齒輪之功率。

綜上所述得知：當扇葉之力臂越大，所產生的扭矩越大，可承受阻力也越大；反之則越小。所以我們可以推測當半徑過小之扇葉連接後產生較大的功率原因可能是利用齒數減少其旋轉阻力，讓其旋轉效率增加以彌補其力臂小之缺點。

理論上同一扇葉所產生之功率應會隨著齒數比逐步升且為一斜直線，直至達到功率最高點，但在實驗結果中卻有波動，我們推測是因為我們再連接齒輪時，會分為許多階，階數越多齒輪之間的摩擦力會越大，最後造成扇葉旋轉阻力增加導致實驗數據的偏差。

參考資料

<https://youtu.be/2Nud0vvTclQ?feature=shared>

<https://youtu.be/-V10K9iOTqo>

<https://atceiling.blogspot.com/2020/10/arduino85voltage-sensor.html>

<https://www.nmns.edu.tw/ch/exhibitions/galleries/human-cultures-hall/chinese-science-and-technology/water-powered-clock/index.html>

<https://www.ntsec.gov.tw/article/detail.aspx?a=460>