

屏東縣第61屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：物理

組別：國中組

作品名稱：「富」二代的秘密—探討鋁箔紙排列方式對富蘭克林馬達的影響

關鍵詞：富蘭克林馬達、靜電、萊頓瓶

編號：B2002

摘要

這次的研究的內容，主要是探討鋁箔紙的各種排列方式對富蘭克林馬達的影響，但最後發現影響馬達轉速的主因是馬達上靜電的多寡，所以我們的實驗大多數研究是馬達上的鋁箔紙排列方式以及電刷擺放角度。根據實驗結果發現，鋁箔紙的大小、長度、寬度皆與轉速成正比，而電刷則是力矩愈大，轉速愈快。

壹、前言

一、研究動機

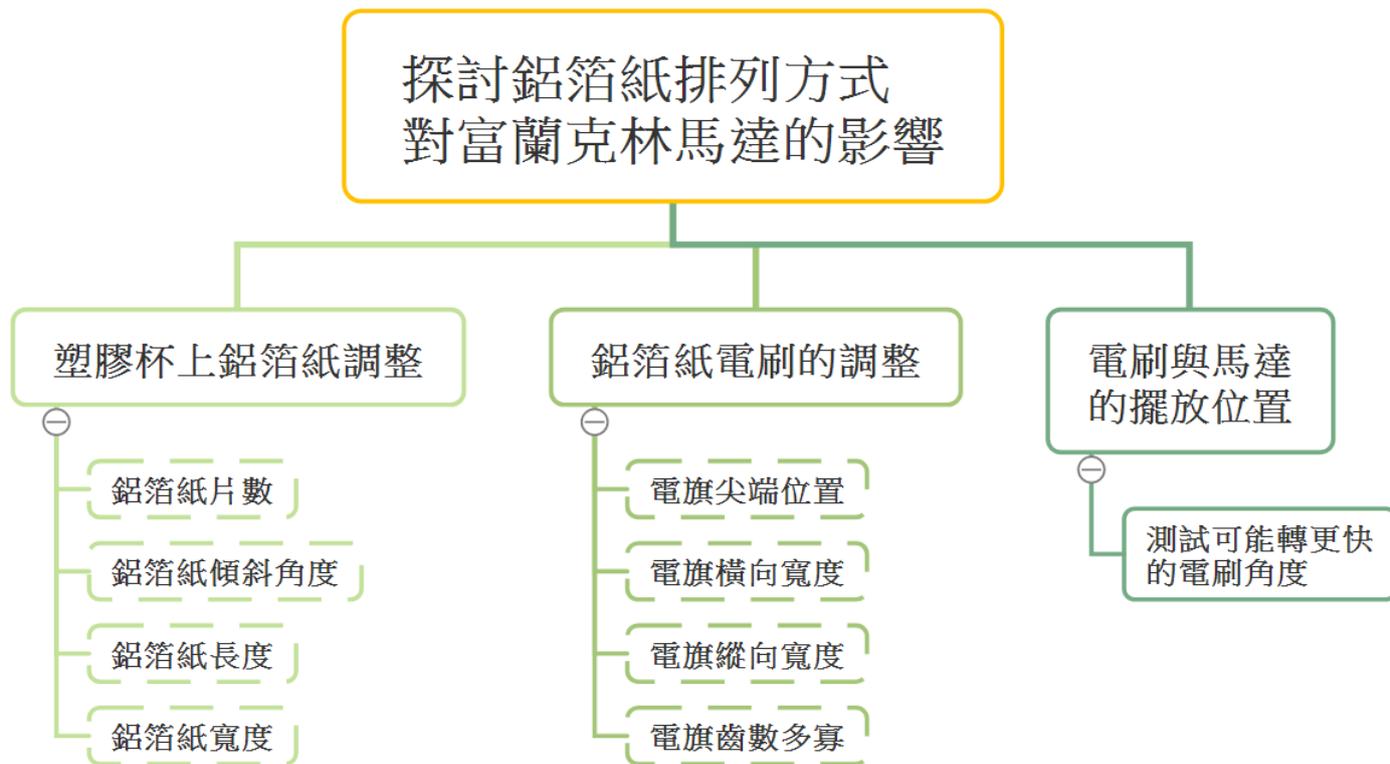
某次看電視時，看到一個「不用插電就可轉動的馬達」影片，電視中的馬達竟然不用插電就可以轉動，原來這叫富蘭克林馬達。這引起了我的興趣，並上網更進一步的搜尋製作方式。影片中的馬達製作起來看起來輕鬆又簡單，但實際操作起來時，卻發現並沒有想像中的容易。網路上有很多研究作品都是有關最高轉速的研究，但是我們發現仍有許多變因可探討，因此我們將資料蒐集完整後，會再與網路上前人研究出來的馬達進行比較。

二、研究目的和架構

(一)目的:探討鋁箔紙排列方式對富蘭克林馬達轉速的影響

1. 塑膠杯上黏貼的鋁箔紙片數變因
2. 塑膠杯上的鋁箔紙傾斜角度變因
3. 塑膠杯上的鋁箔紙長度變因
4. 塑膠杯上的鋁箔紙寬度變因
5. 放電旗尖端位置變因
6. 放電旗橫向寬度變因
7. 放電旗縱向寬度變因
8. 放電旗齒數多寡變因
9. 電刷與馬達的擺放位置變因
10. 比較網路上轉速最快的馬達

(二)架構



三、文獻回顧

1. 2020年_國小組_第三名_富蘭克林與靜電馬達

網址:<https://www.youtube.com/watch?v=u8F4DK8D4ho>

第一，此研究中進行實驗的靜電棒是使用電池，但電池在使用第一次後，無法確定之後每次釋放電壓皆保持相同。

第二，製作不夠精細，探究三中，塑膠杯上鋁箔紙黏貼高度並未完全相同。

第三，探究九改變杯子材質，同時也會影響杯子大小、重量等，無法確定是否為材質所造成的影響。

2. 設計最高轉速 Franklin moto

網址:<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2019/09/2019092323470654.pdf>

第一此研究使用慢動作錄影，計算圈數時可能有疏失，耗時，無法得知轉速的最大值。

第二實驗設計中有提到濕度較低較容易成功，所以我們會先使用除濕機降低至 60 ± 5 的濕度，再關閉除濕機進行實驗。

第三馬達上的鋁箔黏貼精細，且實驗內容頗為完整。

貳、研究設備和器材

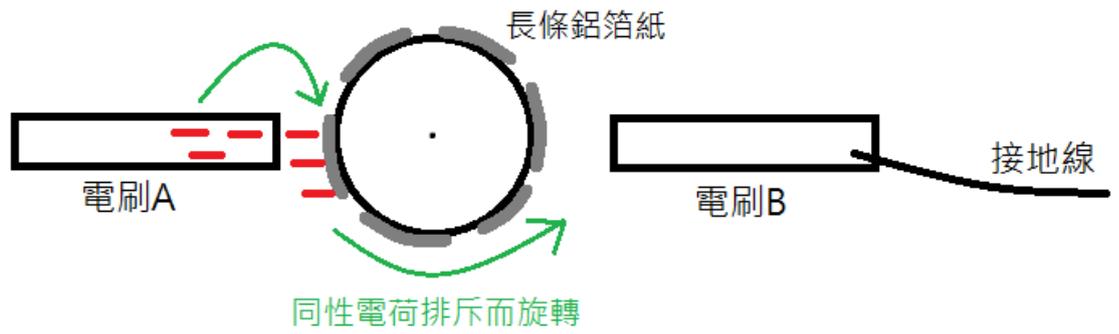
<p>塑膠杯</p> 	<p>鋁箔紙</p> 	<p>靜電棒</p> 	<p>電源供應器</p> 
<p>氣球棍</p> 	<p>轉速計</p> 	<p>溫濕度計(記錄用)</p> 	

參、研究過程或方法

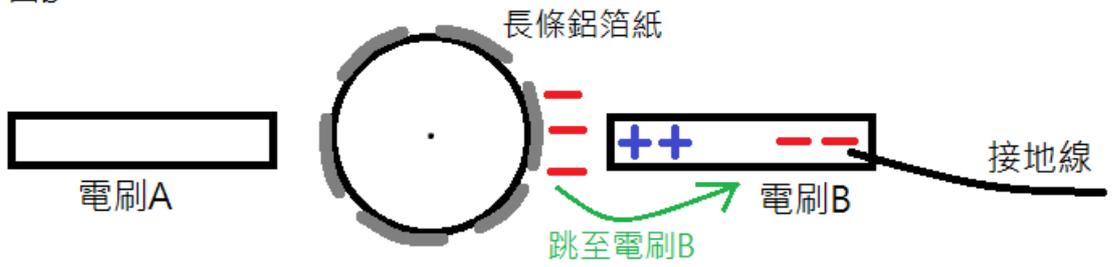
一、原理

1. 首先，靜電棒產生負電荷，接觸A電刷使電刷A充滿負電，而電刷A的鋸齒狀邊緣產生尖端放電，使A電刷的負電荷跳至塑膠杯上的鋁箔紙使其充滿負電。由於同性相斥，而推動塑膠杯旋轉產生力矩。(圖a)
2. 當塑膠杯帶負電的鋁箔紙旋轉靠近B電刷時，由於靜電感應使得異性電荷相吸所以塑膠杯上鋁箔紙的負電荷會不停移動至B電刷，使鋁箔紙上電荷達到最初的狀態。(圖b)
3. 而此時B電刷上多餘的負電則經由接地線而流失達到平衡，並不斷重複以上步驟使馬達不斷轉動。(圖c)

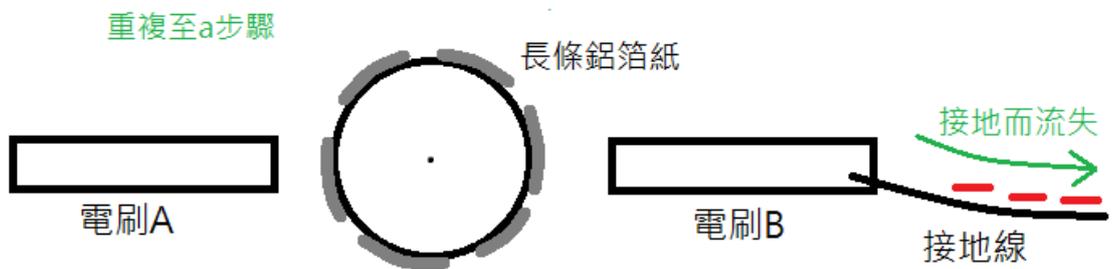
圖a



圖b



圖c



二、實驗及測量方法

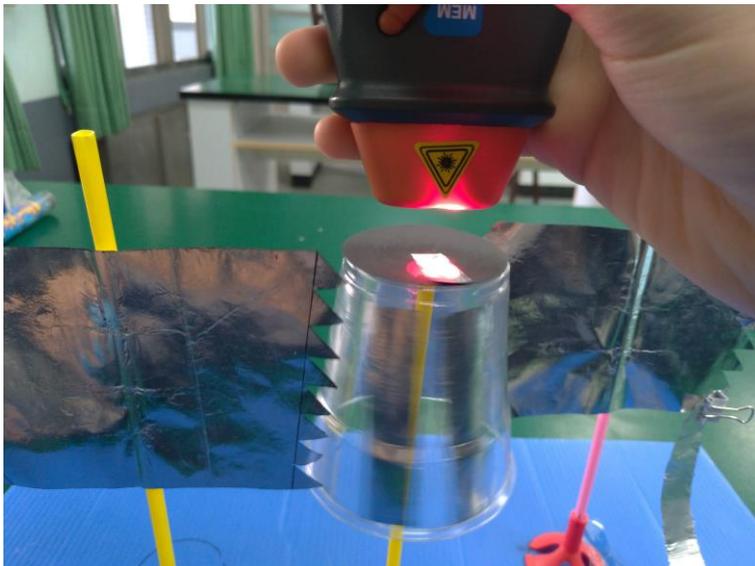
1. 最高轉速測量

最高轉速指的是在給予相同電力、供給電力時間相同下，從開始轉動到完全停止之間出現的轉速最高值。本研究報告中皆以3V供電20秒(經簡略測試後，發現20秒即可達到一定的轉動效果)做為固定電量供給。

測量步驟:

(1)在馬達開始轉動前，將轉速計的雷射光對準杯底的反光貼紙(杯底先黏貼黑紙再貼上反光貼紙，以避免其他反射干擾)

(2)當馬達開始加速20秒，轉速計即可測量出馬達開始加速至停止之間，RPM的最高值



2. 電源供應的穩定

當靜電棒在使用多次後，靜電棒中電池的電力會耗損，則可能造成供電電壓不穩定的情況，造成實驗誤差。為減少實驗誤差，因此使用電源供應器取代電池，連接正負極的線至靜電棒，則可穩定供電。本研究報告中供電電壓皆以3V(一顆3號電池電壓為1.5V，靜電棒使用兩顆3號電池，故控制為3V電壓)做為固定電量供給。

3. RPM值

RPM = revolutions per minute(平均每分鐘的轉動圈數)

三、實驗過程

(事前準備) 富蘭克林馬達實驗原型

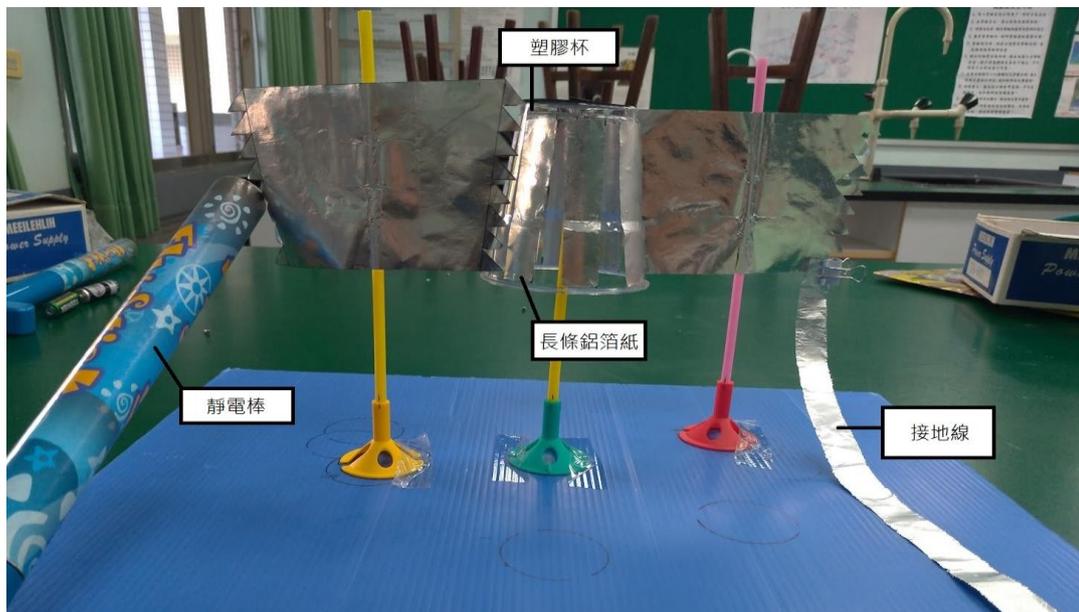
製作器材:塑膠杯、氣球棍、鋁箔紙、靜電棒。

說明:1.後續馬達裝置的實驗皆以馬達原型進行修改

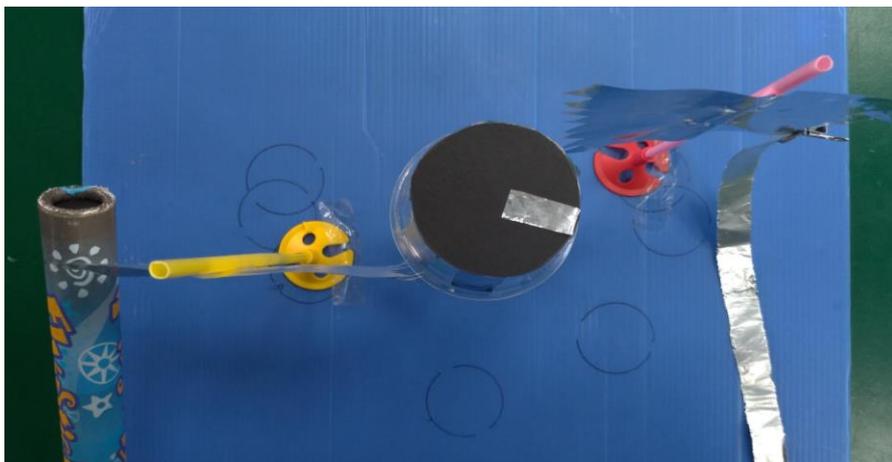
2.靜電棒與接地線直接碰觸電刷(圖一)

3.兩側電刷與塑膠杯擺放位置根據可能產生的最大力矩進行擺放(圖二)

4.兩側電刷與塑膠杯擺放距離依照前人研究出的結論(距離越近其轉速越大，但若距離過於靠近，杯體與電刷摩擦可能產生摩擦而損失能量，造成轉速降低)進行擺放



▲圖一、富蘭克林馬達原型示意圖



▲圖二、電刷擺放角度

實驗一、探討鋁箔紙排列方式對富蘭克林馬達的影響

[1—1]馬達中塑膠杯上黏貼鋁箔紙片數產生轉動速度差異之探討

步驟1:分別取2片、4片、6片、8片7x 1.5公分的鋁箔紙各別以90度貼在不同塑膠杯上(每個杯子上鋁箔紙的間隔皆平均分配)。

步驟2:測量馬達用靜電棒皆以3V供電20秒的情況下，每種黏有不同鋁箔片數的塑膠杯從馬達開始加速至停止之間，RPM的最高值。

步驟3:比較何組RPM的值最高，即可比較出何組的轉動效果最佳。

[1—2]塑膠杯上的鋁箔紙傾斜角度對於馬達轉速影響之探討

步驟1:根據1-1實驗結果，以最佳轉動片數進行接續研究:先於塑膠杯杯上畫上記號，再各取8片7x1.5公分的鋁箔紙在各別以1對1(對照組)、1對2貼在不同塑膠杯上。

步驟2:測量馬達用靜電棒皆以3V供電20秒的情況下，每種不同鋁箔黏貼角度的塑膠杯從馬達開始加速至停止之間，RPM的最高值。

步驟3:比較何組RPM的值最高，即可比較出何組的轉動效果最佳。

[1—3]塑膠杯上的鋁箔紙長度對馬達轉速影響之探討

步驟1:分別取7x1.5公分、5x1.5、3x1.5、1x1.5的鋁箔紙8片各別以90度貼在不同塑膠杯上(每個杯子上鋁箔紙的間隔皆平均分配)。

步驟2:測量馬達用靜電棒皆以3V供電20秒的情況下，每種黏有不同鋁箔片數的塑膠杯從馬達開始加速至停止之間，RPM的最高值。

步驟3:比較何組RPM的值最高，即可比較出何組的轉動效果最佳。

[1—4]塑膠杯上的鋁箔紙寬度對馬達轉速影響之探討

步驟1:分別取7x1.5公分、7x1、7x0.5的鋁箔紙8片各別以90度貼在不同塑膠杯上(每個杯子上鋁箔紙的間隔皆平均分配)。

步驟2:測量馬達用靜電棒皆以3V供電20秒的情況下，每種黏有不同鋁箔片數的塑膠杯從馬達開始加速至停止之間，RPM的最高值。

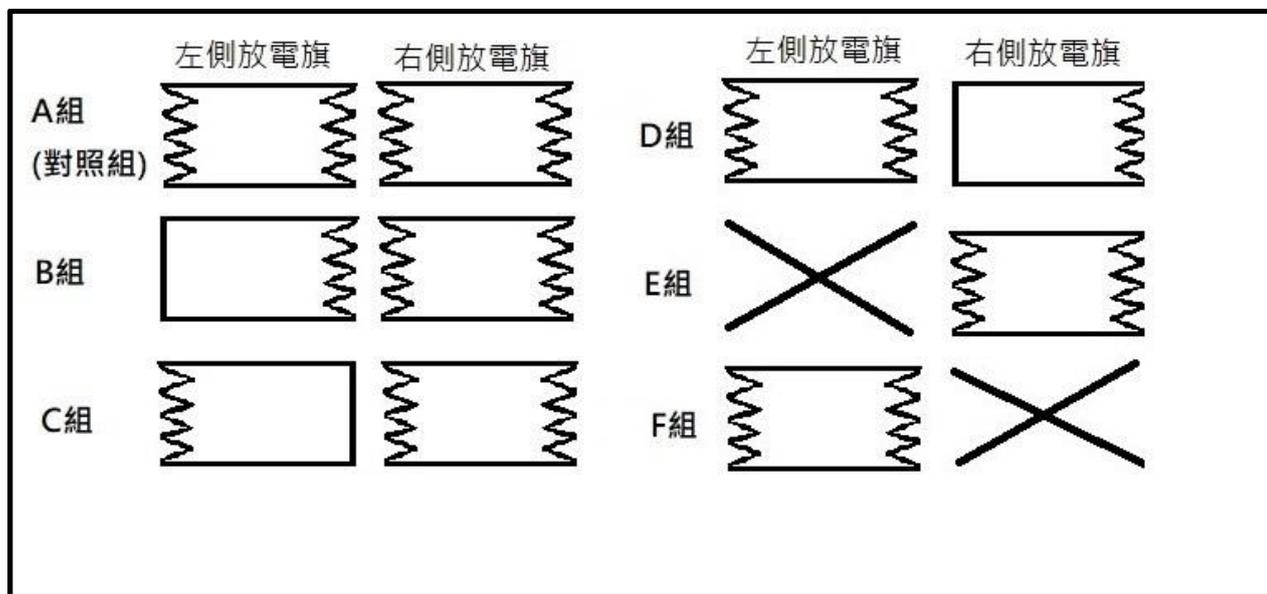
步驟3:比較何組RPM的值最高，即可比較出何組的轉動效果最佳。

[1—5]裝置中的放電旗尖端位置影響裝置轉動效果之探討

步驟1:設計出幾組尖端位置不同的電刷(圖三)

步驟2:逐一將裝置中電刷改為設計好的A、B、C、D、E、F組，並分別以3V供電20秒及測量每組馬達從開始加速至停止之間，RPM的最高值。

步驟3:比較何組RPM的值最高，即可分析出放電旗尖端的位置對馬達轉速造成的影響。



▲圖三、兩側電刷尖端位置實驗設計組

[1—6]裝置中放電旗橫向寬度影響裝置轉動效果之探討

步驟1:分別製作15*8公分、13*8公分(對照組)、11*8公分、9*8公分的電旗

步驟2:逐一將裝置中電刷改為15*8公分、13*8公分(對照組)、11*8公分、9*8公分的電旗，並分別以3V供電20秒及測量每組馬達從開始加速至停止之間，RPM的最高值。

步驟3:比較何組RPM的值最高，即可分析出放電旗橫向寬度對馬達轉速造成的影響。

[1—7]裝置中放電旗縱向寬度影響裝置轉動效果之探討

步驟1:分別製作縱向寬度15*10公分、15*8公分(對照)、15*6公分的電旗。

步驟2:記錄每組馬達各別以3V供電20秒的情況下，各組從開始加速至停止之間，RPM的最高值。

步驟3:比較何組RPM的值最高，即可分析出放電旗縱向寬度對馬達轉速造成的影響。

響。

[1—8]裝置中放電旗齒數多寡影響裝置轉動效果之探討

步驟1:將每組長15寬8的電刷，分別裁切為16齒、8齒、4齒、2齒的邊緣齒數

步驟2:記錄每組電刷各別以3V供電20秒的情況下，馬達從開始加速至停止之間，RPM的最高值。

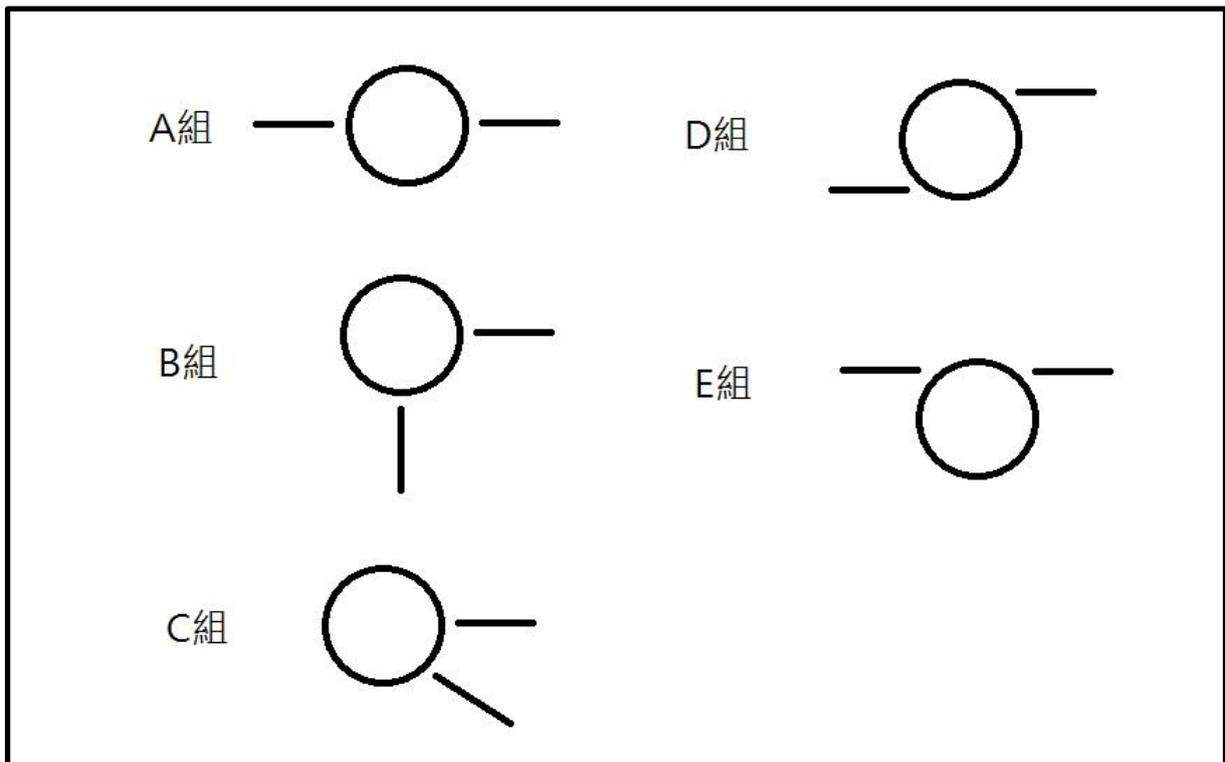
步驟3:比較何組RPM的值最高，即可分析出放電旗齒數多寡對馬達轉速造成的影響。

[1—9]電刷與馬達的擺放位置角度影響轉動效果之探討

步驟1:設計出幾組電刷與馬達之間的擺放角度(圖四)

步驟2:逐一測量每組皆在以3V供電20秒的情況下，測試各組從開始加速至停止之間，記錄RPM的最高值及轉動狀況。

步驟2:比較各組RPM的值，即可分析出電刷與馬達的擺放位置角度對馬達轉速造成的影響。



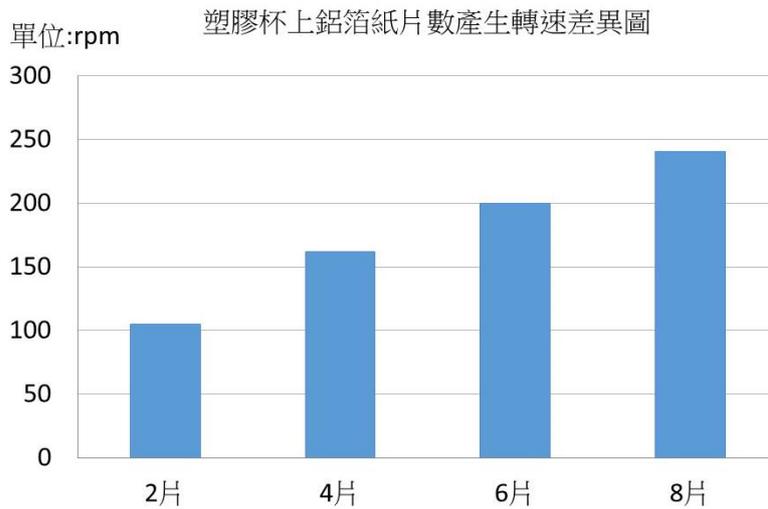
▲圖四、電刷與馬達之間的擺放角度實驗設計

(註:直線分別代表兩側電刷，圓形代表塑膠杯)

肆、研究結果

一、馬達中塑膠杯上黏貼鋁箔紙片數產生轉動速度差異之探討

片數	rpm值
2片	105.27
4片	162.15
6片	199.8
8片	240.92



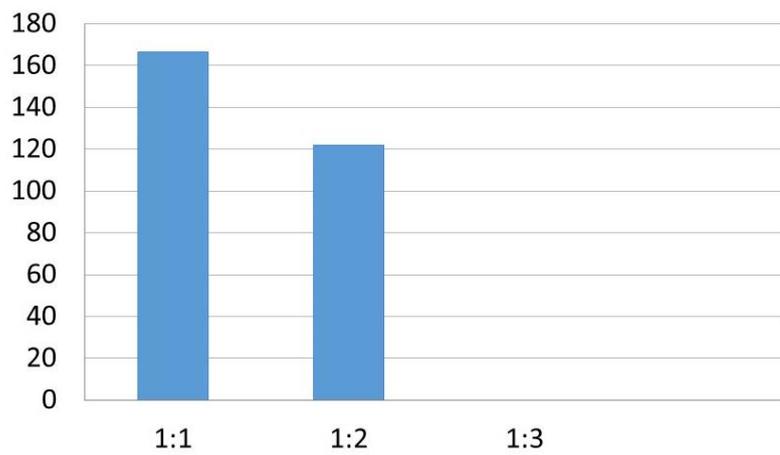
小結:

1. 從2片到8片之間，可以看出片數越高轉速越快
2. 此實驗可看出貼8片的鋁箔紙效果最佳。

二、塑膠杯上的鋁箔紙傾斜角度對於馬達轉速影響之探討

傾斜記號	rpm值
1:1	166.59
1:2	121.88
1:3	0

單位:rpm 塑膠杯上鋁箔紙傾斜角度產生轉速差異圖

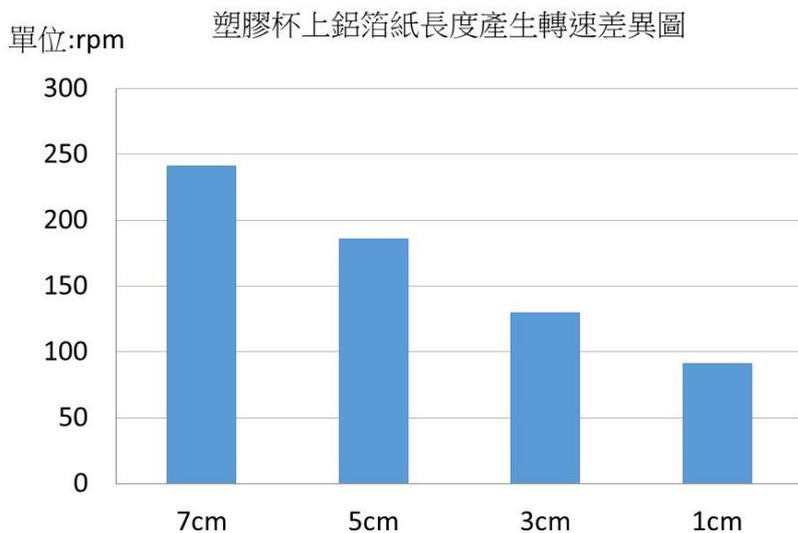


小結:

1. 1對1到1對3之間以1對2效果最佳
2. 1對3 由於鋁箔之間距離過近，因此無法轉動。

三、塑膠杯上的鋁箔紙長度對馬達轉速影響之探討

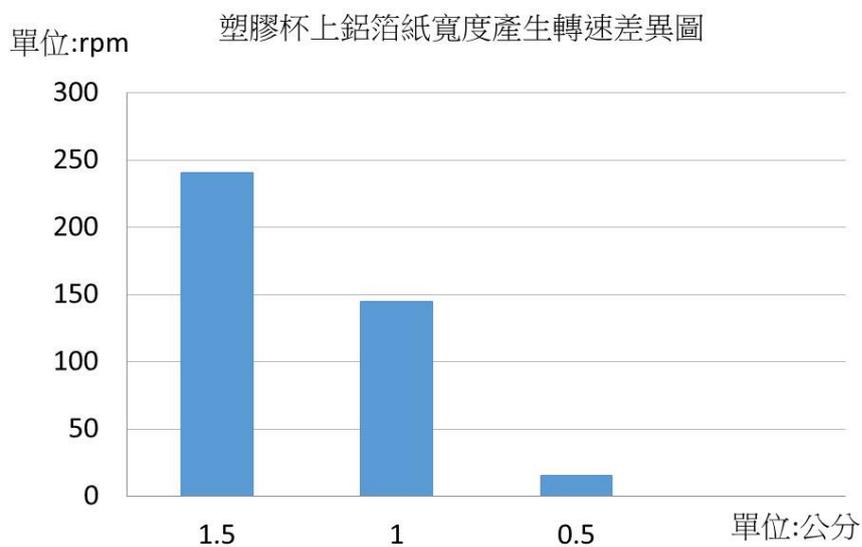
鋁箔長度	rpm值
7cm	240.92
5cm	186.08
3cm	129.94
1cm	91



1. 在鋁箔紙長度1公分至7公分之間，以7公分長的鋁箔紙效果最佳。
2. 1公分長的鋁箔紙轉動不穩，可能是因為受力不平均所致。

四、塑膠杯上的鋁箔紙寬度對馬達轉速影響之探討

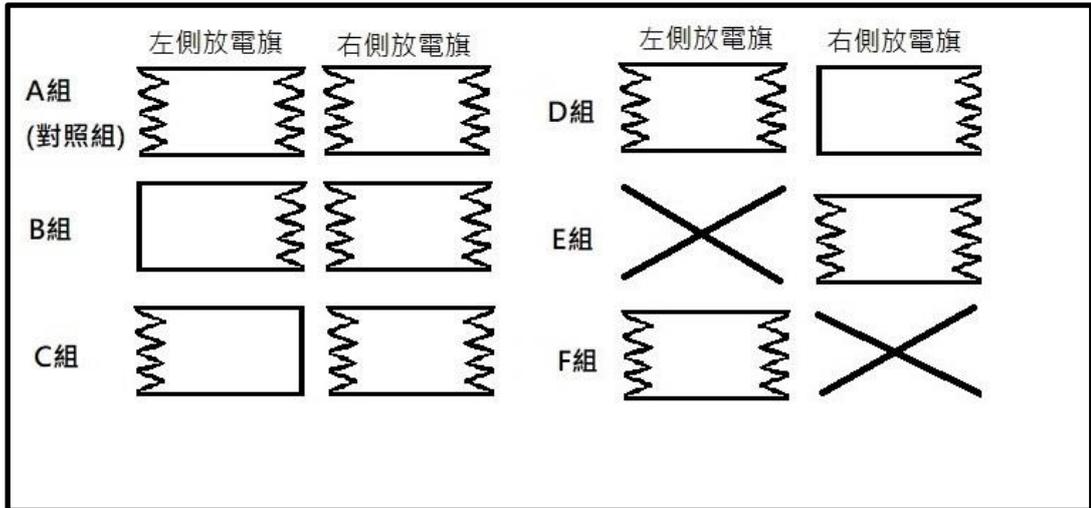
鋁箔紙寬度	rpm值
1.5	240.92
1	144.62
0.5	15.7



1. 寬度1.5到0.5公分寬度的鋁箔紙之間，以寬度1.5公分的鋁箔紙效果最佳。

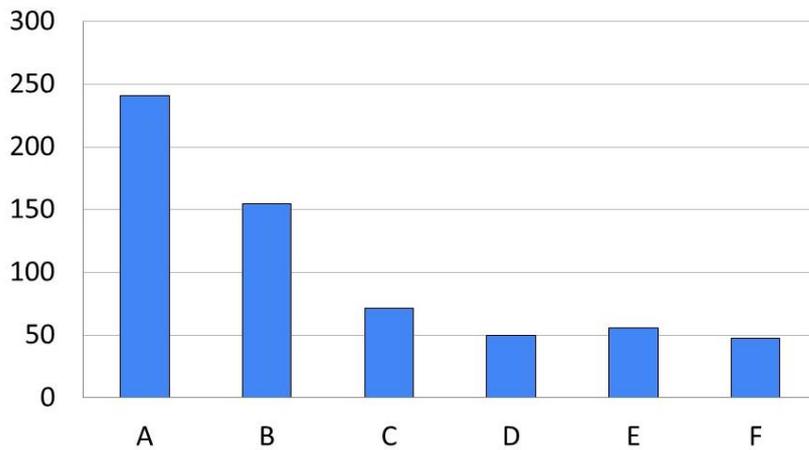
2. 0.5公分寬的鋁箔紙由於轉動極不穩定，以致數據無法測量比較。

五、裝置中的放電旗尖端位置影響裝置轉動效果之探討



組別	rpm值
A(對照組)	240.92
B	154.87
C	71.54
D	49.48
E	55.4
F	47.4

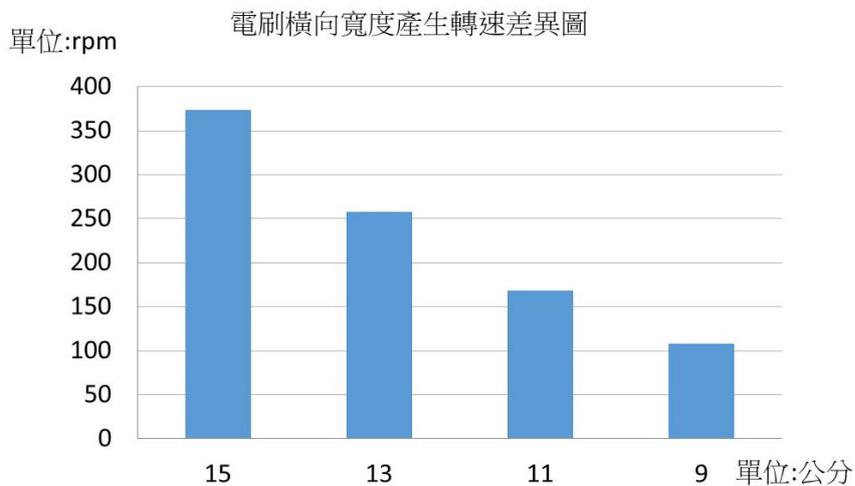
單位:rpm 放電齊各種尖端位置產生轉速差異圖



1. A組2測皆有電刷，為6組中轉速最高者。
2. B組轉動速度有些微下降，推斷是可接收靜電的尖端較少
3. C組轉速較A組低，但仍可轉動
4. D、E、F三組可能因為靜電的放電與接收不平均，轉動皆不穩定

六、裝置中放電旗橫向寬度影響裝置轉動效果之探討

橫向寬度	rpm值
15	373.1
13	256.75
11	167.75
9	107.53



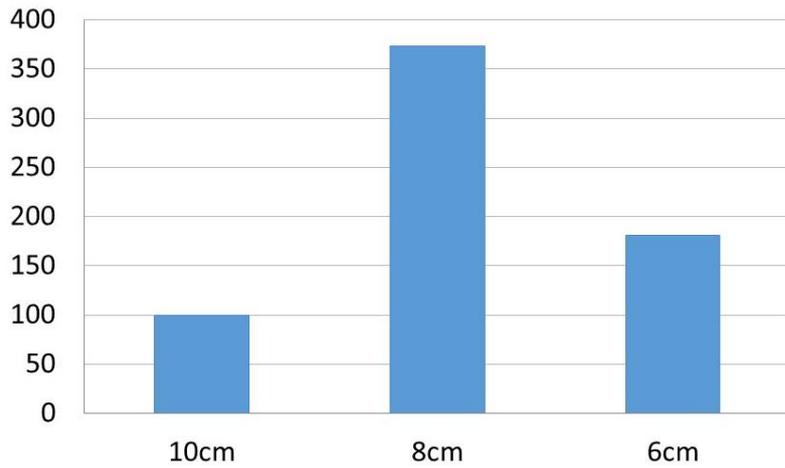
1. 電刷橫向寬度在15至9公分中，以15公分寬的電刷效果最佳。

七、裝置中放電旗縱向寬度影響裝置轉動效果之探討

縱向寬度	rpm值
10cm	99.48
8cm	373.1
6cm	180.74

電刷縱向寬度產生轉速差異圖

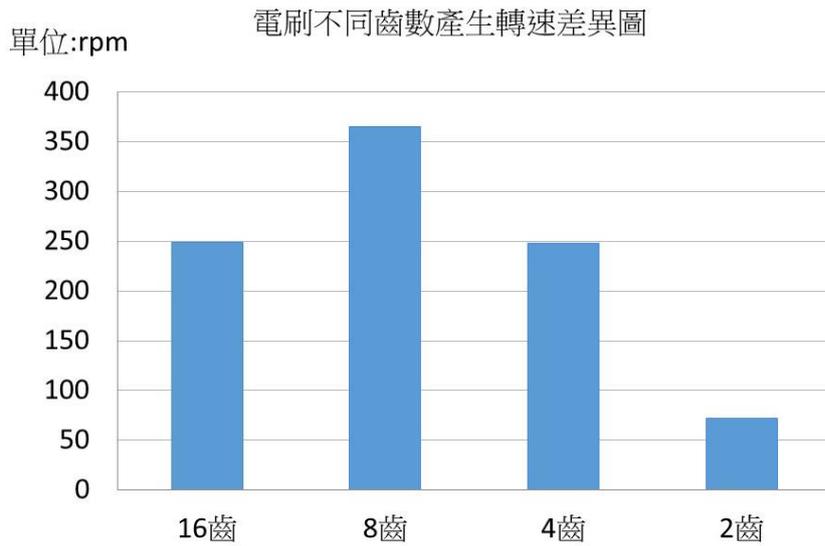
單位:rpm



1. 電刷縱向寬度10到6公分之間，以15公分轉速最快
2. 6公分寬的電刷比8公分寬的電刷轉速還慢，但轉動穩定
3. 10公分寬的電刷轉動不穩定

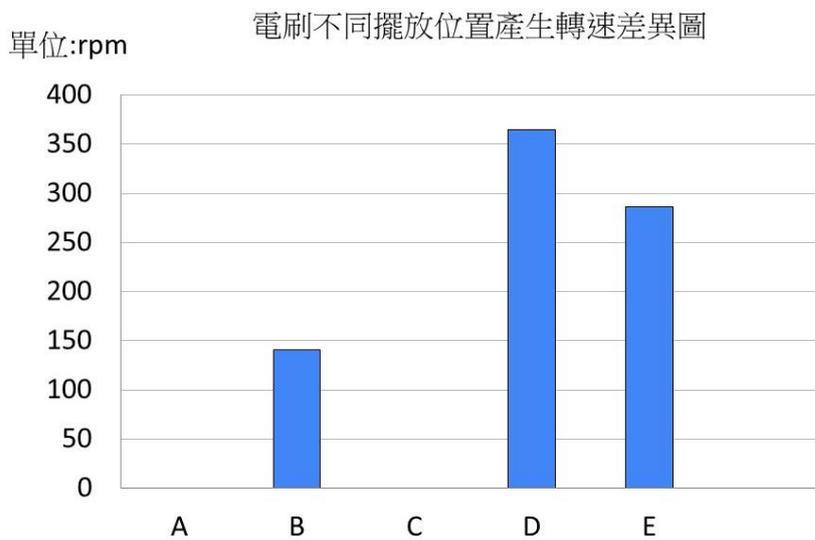
八、裝置中放電旗齒數多寡影響裝置轉動效果之探討

電刷齒數	rpm值
16齒	249.26
8齒	365.03
4齒	247.96
2齒	72.18

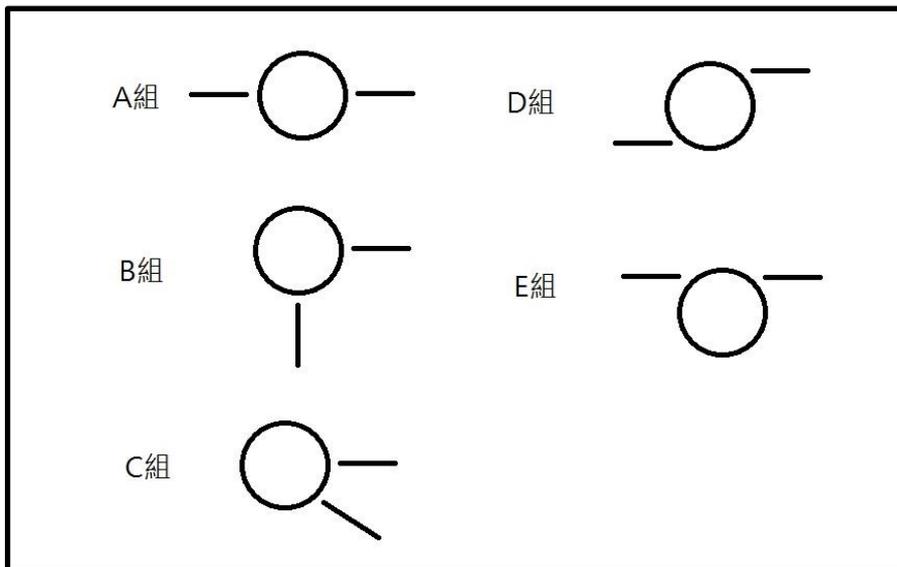


1. 在2齒至16齒的電刷中，齒數越高不代表轉越快
2. 其中以8齒的電刷轉速最快

九、電刷與馬達的擺放位置角度影響轉動效果之探討



組別	rpm值
A	0
B	140.61
C	0
D(對照組)	365.03
E	286.41



1. A組可能因不易產生力矩，而造成馬達幾乎無法轉動
2. B組的轉動方向為順時針轉動
3. C組因電刷過近，電刷會相互吸引，靜電就無法導至馬達上，因此無法轉動
4. E組仍可轉動，只是加速距離較長。

伍、討論

- 一、從2片到8片之間，片數與轉速成正比，所以片數越高，轉速高，由此得知，黏貼8片鋁箔紙的轉速最高。
- 二、鋁箔紙黏貼角度，1對1到1對2呈現下降狀態，因為1對2的鋁箔紙間隔相較1對1較近，以致些微靜電直接跳到另一片鋁箔紙上，因此轉動效果不佳。
1對3因距離過近，靜電會直接跳到另一片鋁箔紙上，無法轉動。
- 三、在鋁箔紙長1~7公分中，7公分轉最快，而1公分在轉動時的狀況穩不穩定，推測可能是因為受力不平均。
- 四、鋁箔紙寬度1.5公分~0.5公分中，1.5公分轉速最高。0.5公分轉動狀況極不穩定也致無法測量。
- 五、A組2側皆有鋸齒狀，因此轉速最高；B組接收靜電效果略為下降，主要是因為左側接收靜電處較少；C組較A組低，因為左側尖端數較少，導致放電效果不佳；D組右側尖端數較少，因此接電效果較不完整；E組左側無電刷，以致靜電無法集中在馬達上；F組接收點只有接地線一條，所以接收面積較少，以致靜電無法完全排完。
- 六、放電旗橫向寬度9公分~15公分中，15公分轉速最高，因為15公分可儲存靜電量較多。
- 七、放電旗縱向寬度10cm、8cm、6cm的實驗中10cm轉速較8cm、6cm最低且不穩8cm轉最快再來是6cm且2組較為穩定，由此推測8cm施力較為平均所以最快其餘2組由於施力不均所以較慢。
- 八、放電旗齒數2齒、4齒、6齒、8齒、16齒中8齒轉最快2齒極不穩定，推測可能是8齒較容易累積靜電。
- 九、A組較不易產生力矩、而B組卻會往反方向旋轉、C電刷距離過近會和馬達相吸、D組則是對照組相較A、B、C組穩定。

陸、結論

- 一、雖然我們做過許多變因對富蘭克林馬達的影響，但最後發現其實最直接影響富蘭克林馬達轉速的原因是靜電傳到馬達上的多寡，靜電傳到馬達上的多寡會直接影響到馬達轉速，所以我們的實驗大多數的變因是如何讓靜電順利的傳到馬達上，同樣一隻靜電棒為甚麼每個馬達轉速不一樣，這便足以說明靜電傳到馬達上的多寡會直接影響到馬達轉速。
- 二、此作品對於轉最快的富蘭克林做了許多詳細的分析與研究，所以在對於未來展望的部分我們希望可以進行深入探討富蘭克林馬達對於發電、抽水等應用，且將其實際呈現出來，並應用於世。

柒、參考資料及其他.

NTCU科學遊戲實驗室

<http://scigame.ntcu.edu.tw/electric/electric-033.htm>

富蘭克林馬達.MOV

<https://www.youtube.com/watch?v=c0BUYO5XC-Y>

設計最高轉速 Franklin moto

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2019/09/2019092323470654.pdf>

影片 <https://www.youtube.com/watch?v=nqLU50oubA8>

全國科學探較競賽 國小組_第三名_富蘭克林與靜電馬達

<https://www.youtube.com/watch?v=u8F4DK8D4ho>

科技大觀園 富蘭克林馬達

<https://www.youtube.com/watch?v=On08u4M1490>

Electrostatic Motor

[Electrostatic Motor - YouTube](#)

[2021第27屆遠哲科學趣味競賽-競賽項目 富蘭克林馬達\(校內初賽參考影片\) - YouTube](#)

256期目錄 富蘭克林馬達

[http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/92\(256-265\)/263-PDF/2003-263-06\(45-47\).pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/92(256-265)/263-PDF/2003-263-06(45-47).pdf)

靜"殿"神來，與灰"臣"說拜拜！ <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=13325>

pm2.5遠離我 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=12975>