

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 物理科

最佳(鄉土)教材獎

080108

來不來電~發電機製作與研究

學校名稱：桃園縣蘆竹鄉南崁國民小學

作者： 小六 陳昱安 小六 丁倍敏 小六 林湘岭 小六 王鉉滄	指導老師： 黃建彰
---	--------------

關鍵詞：腳踏車、發電機、線圈

摘要

現今全球暖化越來越嚴重，許多環保人士開始利用大自然的現象（例如：風、太陽…）來製造電力。因此決定自製發電機，在實驗以前，我們把幾台手壓式手電筒拆開以便觀察，發現發電機主要是由線圈、磁鐵所組成並觀察它的運轉方式和如何製造電力，我們改變線圈及磁鐵各種變因的實驗，以了解影響發電機發電的主要因素有哪些。實驗結果發現影響發電機發電的因素有線圈的圈數、多寡、線徑、串並聯方式、距離、形狀，磁鐵的材質、磁力、數量等，及整流二極體的數量等。

壹、研究動機

六年上學期有學到關於電磁的課程(六上第四單元)，老師引導我們製作簡易電動機，我們上網查資料搜尋相關知識，發現手壓式手電筒裡有可以發電的裝置！使我們決定藉由這次科展製作一台「腳踏車發電機」，希望能為地球出一份心力，不但能一邊騎腳踏車享受運動的樂趣，還能一邊發電，節能減碳。

貳、研究目的

- 一、了解發電機的構造及原理。
- 二、觀察發電機哪樣零件可以轉換電流。
- 三、線圈是否會影響發電機發電。
- 四、磁鐵是否會影響發電機發電。
- 五、轉動速度是否和電力有關。
- 六、製作腳踏車發電機實體。
- 七、進行試騎，觀察其發電量是否足夠。

參、研究設備及器材

表1、研究設備及器材

編號	名稱	數量	說明
1	強力磁鐵	4 個	提供磁力，和其他磁鐵做比較。
2	普通磁鐵	4 個	提供磁力，和其他磁鐵做比較。
3	方形磁鐵	4 個	提供磁力，和其他磁鐵做比較。
4	漆包線	3 捆	線圈繞線之材料。
5	風扇馬達	1 個	代替人力轉動。
6	電源供應器	1 台	提供風扇馬達電源。
7	單項整流二極體	4 個	讓電壓都成一定的極性。

8	三用電表	1 只	測量電池電壓用。
9	沙紙	1 塊	刮除漆包線的漆。
10	電夾	1 對	夾住漆包線通電用。
11	腳踏車	1 台	測試發電機。
12	Led 燈	數個	當頭燈及後警示燈用

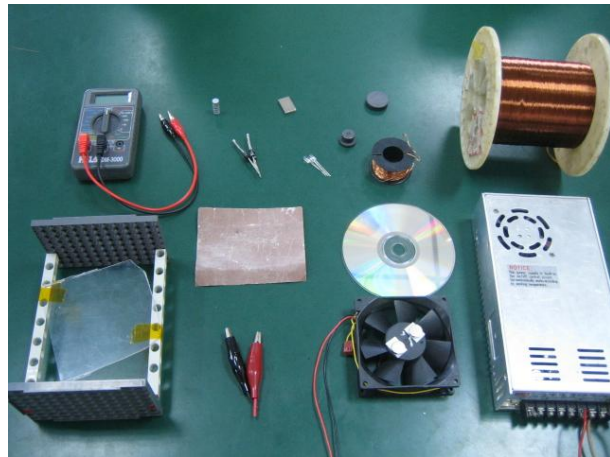


圖 1、設備器材

肆、研究方法與流程

一、研究流程

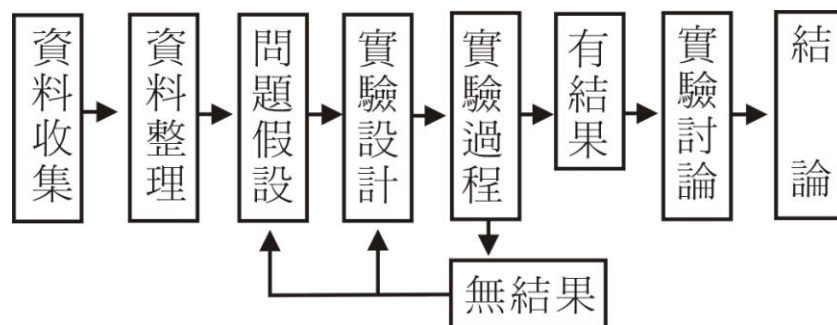


圖 2、研究流程

二、文獻探討

(一)、發電機的原理

發電機係由引擎傳動，負責轉動磁場中的導線，或轉動固定導線中的磁場，使導線與磁場發生相對運動，而在導線中產生電動勢（電壓），其電動勢之方向可藉由弗來明右手定則來判斷，大姆指表示導線運動方向，如下圖 3 所示，導線在與磁力線垂直方向由內往外移動，則其電流會由右向左流出。簡單的就是說電線和磁力線做垂直方向的運動可產生電力。

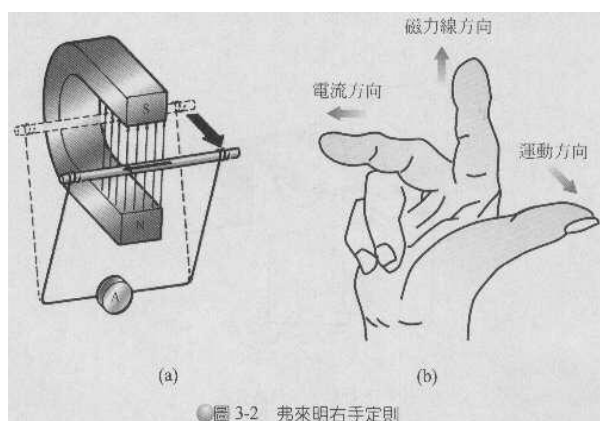


圖 3、弗來明右定則

(二)、發電機構造

最後我們發現發電機基本發電的構造有：轉子(旋轉的軸心)裝有線圈（或磁鐵），定子(固定不動的部分)裝有永久磁鐵（或線圈），當線圈轉動時線圈與磁鐵的相對位置不斷改變時，線圈就會接受到強弱不斷變化之磁場產生電流。

三、實驗設計與過程

(一) 實驗一：線圈圈數與電壓電流的關係

實驗方法：

- 1、將繞好的線圈去除兩端的絕緣漆並放置在桌上。
 - 2、以電表的正負極接觸線圈的兩端以測量電壓大小。
 - 3、移動磁鐵通過線圈上方，使線圈能產生電壓及電流。
- 準備材料：如右圖，電表、線圈(50 圈)和(100 圈)、磁鐵

實驗 1：磁鐵靠近線圈時，電流的數據

實驗 2：磁鐵離開線圈時，電流的數據

實驗 3：線圈 50 圈與 100 圈的電壓

表 2、50 圈線圈實驗結果

電壓 (50 圈)	電流 (50 圈)
0.04	0.11
0.05	0.05
0.06	0.08
0.03	0.18
0.05	0.23
0.06	0.32
0.07	0.12
平均：0.06v	平均：0.16mA

表 3、100 圈線圈實驗結果

電壓 (100 圈)	電流 (100 圈)
0.02	0.44
0.14	0.41
0.03	0.34
0.04	0.28
0.01	0.33
0.03	0.37
0.08	0.34
平均：0.05 v	平均：0.36 mA

討論問題：我們發現，電壓及電流的數據，會影響到發電機發電，而我們做這個實驗時常常會遇到數據差距很大的狀況，這讓我覺得用我們的手拿著磁鐵來測試，會不會不準確，會不會有誤差。

1. 線圈圈數的差距應該更大，不然很容易測不出來它們的差別。
2. 改用機器操作，這樣一來可以讓實驗比較不會有誤差。

(二) 實驗二：固定轉速與電壓電流的關係

因為發電機要裝上車輪上是以旋轉的方式運動，而風扇也是用旋轉的，這樣測量後的數據可能會比較準確。於是，我們拿了一個電腦冷卻風扇和一個電源供應器來代替人力。

實驗方法：

- 1、在風扇馬達上貼上兩個磁鐵。
- 2、以夾子夾住 200 圈線圈然後將線圈靠近黏有兩顆磁鐵的風扇馬達。
- 3、接上電源共應器，風扇馬達開始旋轉。
- 4、線圈盡量靠近旋轉中的磁鐵，觀察電表上的數據。

實驗結果：在電表上並沒有量到任何數據，原因是因為當我們磁鐵靠近電表時電壓是正極，但當我們把磁鐵拿開，就變成負極，一正一負，電錶測出來的電壓都是 0。

(三) 實驗三：2 個單向二極體實驗

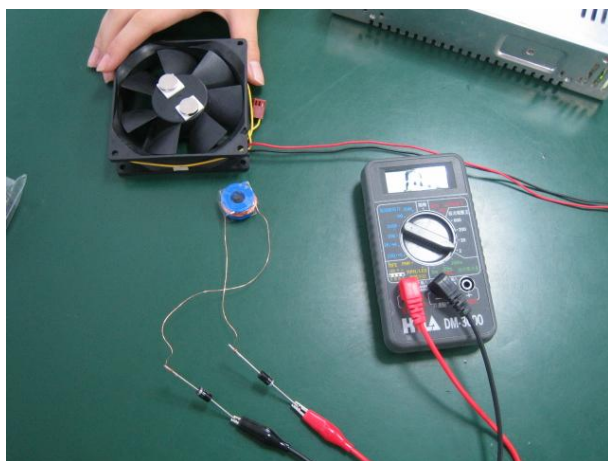


圖 4、單向二極體

實驗方法：

- 1、將實驗的線圈接上 2 個單向二極體。
- 2、檢查單向 2 極體的方向是否正確。
- 3、以夾子夾住線圈然後將線先靠近黏有兩顆磁鐵的風扇馬達。
- 4、測試是否有電壓(電流)。
- 5、磁鐵靠近線圈時，電壓(電流)的數據，每 5 秒記錄 1 次**下列實驗皆相同**。

準備材料：電表、線圈 200 圈、磁鐵、烙鐵、風扇馬達、2 單項二極體

實驗結果：我們發現，使用單項整流二極體確實能讓電流都成一定的極性，而電流及電壓的大小也都可以測的出來，如下表。為了讓實驗單純化，以下的實驗都以記錄電壓為主，因為要讓 3 v 的 LED 發亮，先以達到可運作的電壓為首到的目標。

表 4、單向二極連接 200 圈線圈實驗結果

平均:0.072 v

(四) 實驗四：4 個單項二極體實驗

實驗方法：

- 1、將實驗的線圈接上 4 個用過烙鐵黏在一起的單向二極體。
- 2、檢查 4 個二極體的方向是否擺放正確。
- 3、檢查並調整線圈與馬達需平行。
- 4、將負極夾子夾緊線圈，注意是否有電壓(電流)。
- 5、磁鐵靠近線圈時，電壓(電流)的數據。

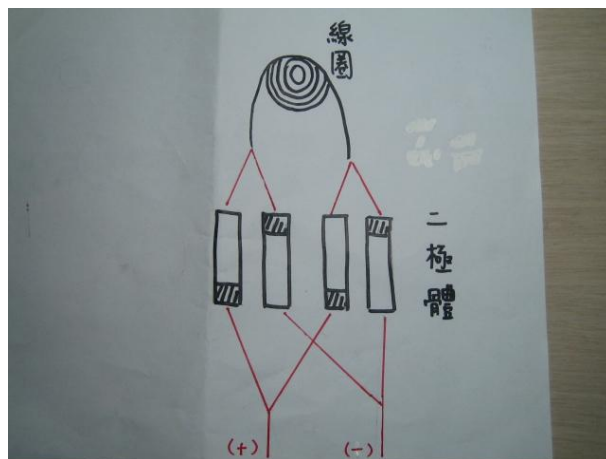


圖 5、4 個單向二極體的接法

實驗結果：4 個單項二極體的電流的確比 2 個單項二極體的電流還要多。

表 5、單向二極連接 200 圈線圈實驗結果

平均：0.138 v

(五)實驗五：100、200、300 線圈實驗

實驗方法：

- 1、用漆包線繞好 100 圈、200 圈和 300 圈的線圈。
- 2、將電表正負極夾在線圈兩端。
- 3、磁鐵靠近線圈時，記錄電壓電(流)的數據。

準備材料：電表、線圈 100、200 圈、300 圈、磁鐵、四個單項二極體和風扇馬達

實驗結果：最後我們發現線圈的圈數越多，電流就越大現象。

平均:0.055 v

200 圈線圈實驗結果參考表 5

平均：0.138 v

表 7、300 圈線圈實驗結果

平均：0.211 v

(六)、實驗六：線徑大小與電壓的關係

實驗方法：

- 1、準備 300 圈的較細小的線圈。
- 2、將電表正、負極夾子夾緊線圈。
- 3、線圈靠近磁鐵時，觀察並記錄電壓的數據。

實驗結果：

平均：0.122 v

300 圈粗線圈實驗結果參考表 7

平均：0.211 v

(七)、實驗七：150x2 與 300 圈的差別

實驗方法：

- 1、準備 150 圈的線圈兩圈和 300 圈的線圈。
- 2、將電表正、負極夾子夾緊線圈。
- 3、線圈靠近磁鐵時，觀察並記錄電壓的數據。

實驗結果：150x2 的線圈，會比 300 圈線圈的電流大，300 圈可能只有下面的 150~200 圈感應的到，而上面卻感應不到，而我們把 300 圈分成兩等份，這樣就能讓更多線圈感應的到了。

平均：0.289 v

300 圈線圈實驗結果參考表 7

平均：0.211 v

(八)、實驗八：磁鐵磁力大小實驗

找了兩個大小相同，但種類不同的磁鐵，分別在白板上做拉力測試，由下圖中可看出，圓形黑色磁鐵的拉力為 25g，實驗六之前所使用的是圓形釹鐵硼磁鐵，其拉力為 150g。



圖 6、不同磁鐵磁力大小的測試

實驗方法：

- 1、將磁力較小黑色磁鐵黏在風扇馬達上
- 2、將負極夾子夾緊 200 線圈
- 3、觀察電錶的數據

實驗結果：實驗後發現，我們使用的強力磁鐵磁力最強，而且電流數據也最大，討論之後，我們的論是磁力越強，數據就越大

平均：0.042 v

200 圈線圈實驗結果參考表 5

平均：0.138 v

(九)、實驗九：磁鐵個數實驗

實驗方法：

- 1、將 2 顆 3 顆 4 顆磁鐵分別黏在風扇馬達上。
- 2、將電表之正、負極夾緊 200 線圈的線端。
- 3、觀察電表上出現的電壓數據。

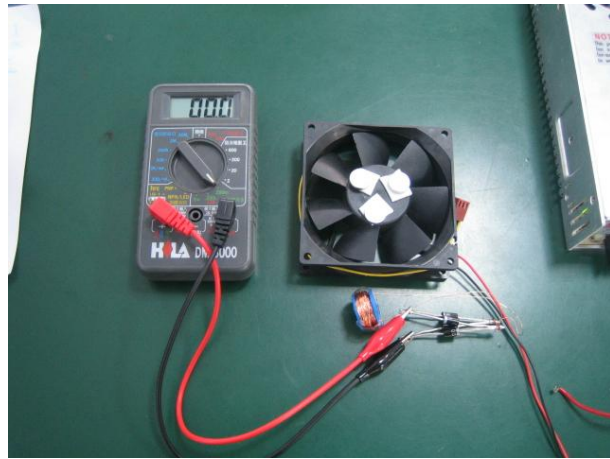


圖 7、三顆磁鐵數磁力大小的測試

200 圈線圈 2 個磁鐵實驗結果參考表 5

平均：0.138 v

表 11、3 個磁鐵實驗結果

平均：0.262 v

表 12、4 個磁鐵實驗結果

平均:0.398 v

實驗結果：我們發現，我們每增加一個磁鐵，電流數據就越大。

(十)、實驗十：線圈與磁鐵距離實驗

實驗方法：

- 1、將 2 mm 透明壓克力板固定架子上，並置於風扇馬達的上面。
- 2、將圈線圈放在壓克力板的上面，並測量出與磁鐵的高度差。
- 3、觀察電表上出現的電壓數據。
- 4、每次增加一片 2 mm 壓克力板，就是增加線圈高度，並測量電壓。

實驗結果：磁鐵和線圈的距離越遠，電壓越小，而距離遠近，電壓越大。

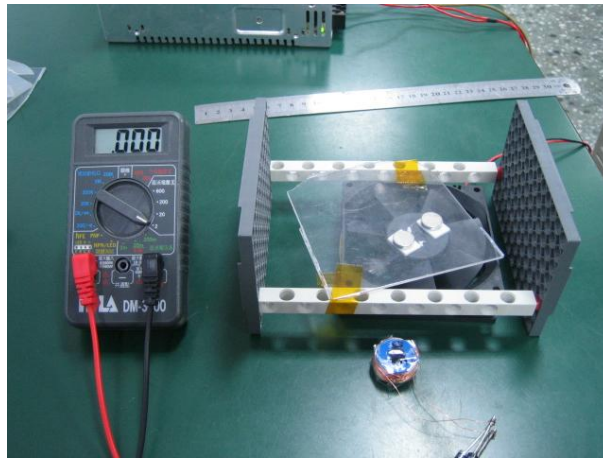


圖 8、線圈高度與電壓測試

表 13、4mm 高實驗結果

平均:0.145 v

表 14、6mm 高實驗結果

平均:0.069 v

表 15、8mm 高實驗結果

平均:0.031 v

表 16、10mm 高實驗結果

平均:0.015 v

(十一)、實驗十一：方形釹磁鐵不同磁極實驗

為了了解不同形狀的磁鐵是否有不同的電壓關係，於是我們買了一些 25*15*2mm 的方形釹磁鐵，而對應的線圈也會繞成方形，再和 200 圈的線圈及圓形磁鐵做比較。另外，順便將兩個同極的磁鐵反向，看看電壓是否有所變化。

實驗方法：

- 1、將方形磁鐵黏在風扇馬達上。
- 2、將負極夾子夾緊 200 線圈。
- 3、觀察電表上出現的電流數據。

實驗結果：磁極不相同時，電壓會愈大。

表 17、方形磁鐵同極實驗結果

平均:0.262 v

表 18、方形磁鐵不同極實驗結果

平均: 0.393 v

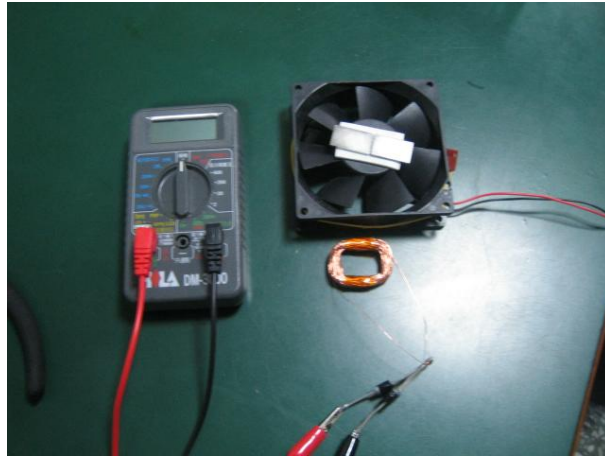


圖 9、方形線圈與磁鐵電壓測試

(十二)實驗十二：線圈串聯和電壓的關係

為了讓數據和 150 線圈的兩個線圈串聯有所不同，將實驗過的 200 圈及 300 圈的線圈拿來做串聯實驗，再和之前的數據做比較，這樣會比較簡單。

實驗方法：

- 1、將 200 圈(0.094v、4mm 高)及 300 圈(0.145v、4mm 高)兩捆同向或反向串聯在一起。
- 2、放置於 4mm 高的壓克力板上，將兩線圈固定。
- 3、觀察電表所出現的數據

實驗結果：當線圈串聯時，同向的數據比不同向時數據還要大。

表 19、串聯線圈同向實驗結果

平均：0.238 v

表 20、串聯線圈不同向實驗結果

平均：0.041 v

(十三)實驗十三：線圈並聯和電壓的關係

實驗方法：

- 1、將 200 及 300 繞線的線圈並聯在一起。
- 2、放置於距離磁鐵 4mm 高透明壓克力板上，並固定。
- 3、觀察電表所出現的電壓數據。

實驗結果：並聯時線圈同向比線圈反向的電流還大。

表 21、並聯線圈同向實驗結果

平均：0.15 v

表 22、並聯線圈不同向實驗結果

平均：0.017 v

(十四)、實驗十四：發電機設計製作

經過一連串的實驗及測試，研究小組對於發電機終於有一些基本了解及認識，每一個因素都有可能影響發電機發電的好壞。在還沒測試腳踏車車輪轉速前，先預估其轉速會很低，於是先繞 4 個 200 圈的線圈來測試看看。

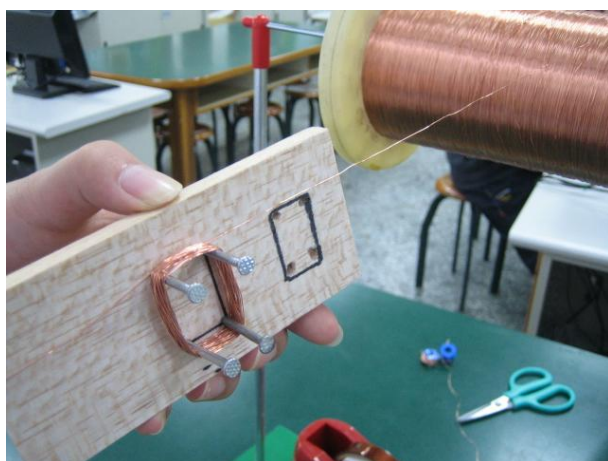


圖 10、200 圈繞線的線圈

製作方法：

- 1、一共繞 4 個 200 圈的線圈，只要繞的線不剪斷就可以把線圈串聯起來。
- 2、將 4 個 200 線圈放置於，並用膠帶固定起來。

- 3、將 4 個磁鐵利用雙面膠以同極的方式固定於另一片光碟上，位置一樣是在四的方位。
- 4、在碟鐵光碟上鑽洞，方便以束帶固定在前輪，因後輪有齒輪，所以暫時不考慮。
- 5、將前輪拆下，安置碟鐵光碟並將線圈光碟放入輪軸中，再將前輪裝回。
- 6、先把腳踏車倒著放，連接單向二極及電表，用手轉動前輪，記錄電流。

4 個 200 線圈



圖 11、4 個圈繞線的線圈固定於光碟



圖 12、4 個磁鐵固定於光碟上

實驗結果：用手轉動前輪時如圖 14 所示，可測得約 1.53v 的電壓，但這樣的電力要 3v 的 led 燈點亮是不夠的。

改進方法：觀察線圈及磁鐵光碟上，因有一部分被前插擋住，加入後再做測試。



圖 13、光碟發電機固定輪及軸上



圖 14、轉動前輪可產出約 1.53v 的電壓

改進後結果：用手轉動前輪時如圖 15 所示，可測得約 2.64v 的電壓，相當於二個乾電池的電力，這樣的電力可以接上 led 燈，如圖 16，可以成功點亮 2 顆較亮的 led 燈。



圖 15、轉動前輪可產出約 2.64v 的電壓



圖 16、轉動前輪可讓 2 顆 led 燈亮

伍、研究結果與討論

(一)、線圈圈數與電壓電流的關係

線圈 50 圈電流，而線圈 100 圈電流 0.80mA，所以 100 圈的電流較大，但線圈 50 圈電壓 0.05 v 反而線圈 100 圈電壓，所以得到的結果線圈圈數越多，電壓越小，但電流越大，這個結果並非是預期的。

表 23、線圈圈數所產生的電壓電流

電力\圈數	50 圈	100 圈
電流	0.25 mA	0.80mA
電壓	0.05 v	0.02v

(二)、固定轉速與電壓電流的關係

線圈靠近固定轉速的磁鐵時，在電表上並沒有量到任何數據，可能的原因可以由實驗(一)中及文獻探討中得到一些想法，因為磁鐵靠近及離開時所產生一正一負的電壓電流讓測直流的電錶測出來的電壓都是 0。

(三)、2 個單向二極體整流的效果

使用單向整流二極體確實能讓電流都成一定的極性，而電流及電壓的大小也都可以測的出來。整流二極可以將正或負的波型阻擋掉，雖然研究小組並不了解單向二極體的運作方式，但確實有達到整流的效果。

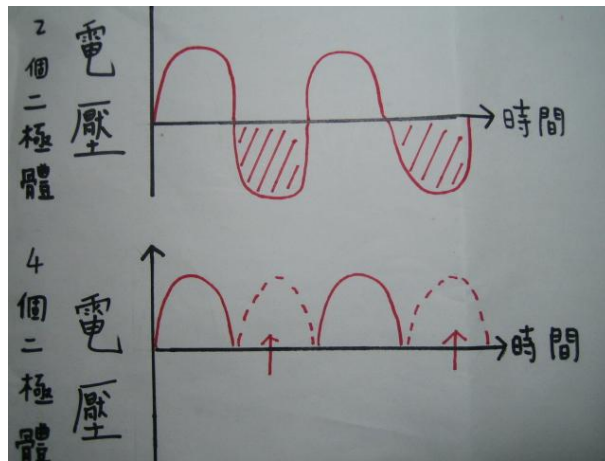


圖 17、單向二極體整方式

(四)、4 個單向二極體的整流效果

4 個單向二極體可將正、負向的電壓都整合出來，從數據上可大略看出有倍數的關係，雖然並不是很精確。

表 24、單向二極體的整流效果

電壓\二極體個數	2 個二極體	4 個二極體
電壓	0.072v	0.138v

(五)、100、200、300 線圈實驗結果

經過以上四個實驗的初步結果及改進，才進入線圈圈數的實驗，統整表 5 到表 7 的平均數據，可以從下面的折線圖中看到線圈圈數和電壓有略有正比的關係，線圈的圈數越多，電壓就越大現象。

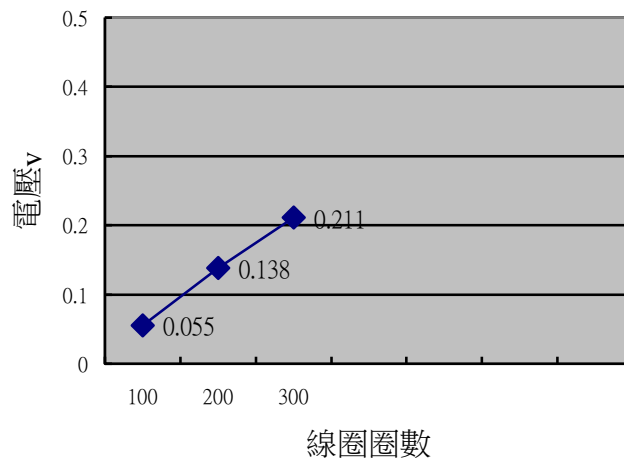


圖 18、線圈圈數與電壓的關係

(六)、線徑大小與電壓的關係

實驗結果：較粗的線圈會比較細圈線圈的電壓大，可能的原因是較粗的線圈可以流通的電流很較多，而且阻礙可能會較小。

表 25、線徑大小與電壓的關係

電壓\二極體個數	細線圈	粗線圈
電壓	0.122v	0.211v

(七)、150x2 與 300 圈的差別

實驗結果讓人出乎意料之外，原本以為應該會有一樣的數據，但 150x2 的線圈，會比 300 圈線圈的電壓大，300 圈可能只有下面的 150~200 圈感應的到，而上面其餘的線圈離磁鐵較遠卻感應不到。

增加電壓效率百分比： $(0.289-0.211)/0.211=0.37=37\%$

表 26、150x2 與 300 圈的差別

電壓\線圈數	150x2 圈	300 圈
電壓	0.289v	0.211v

(八)、磁鐵磁力大小與電壓的關係

使用的磁鐵磁力愈強，電壓數據也會愈大，但由數據看不出有倍數增加的關係。

表 27、磁鐵磁力大小與電壓的關係

電壓\種類	黑色磁鐵	釹磁鐵
拉力	25g	150g
電壓	0.042v	0.138v

(九)、磁鐵個數與電壓之關係

實驗結果發現，我們每增加一個磁鐵，電壓數據就愈大。觀察下圖三個點形成的線段很直，可以說成正成。

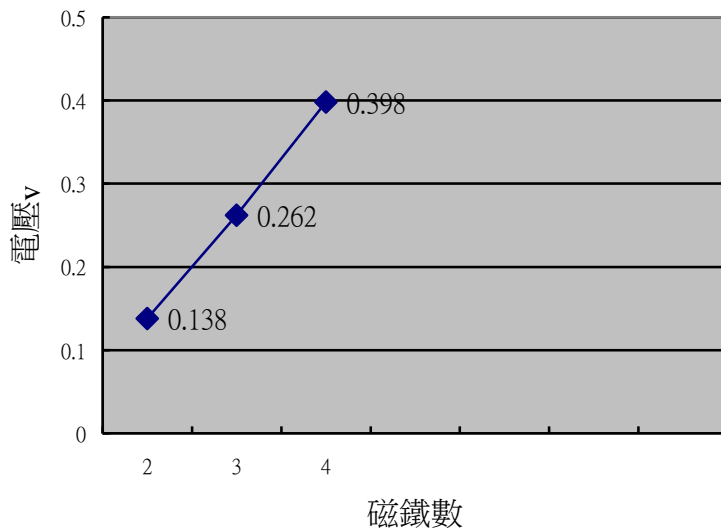


圖 19、磁鐵數與電壓的關係

(十)、線圈與磁鐵距離關係

實驗結果：磁鐵和線圈的距離愈遠，電壓越小，而距離愈近，電壓越大。但從下面的折線圖看得出有反向的關係，但並非是反比。

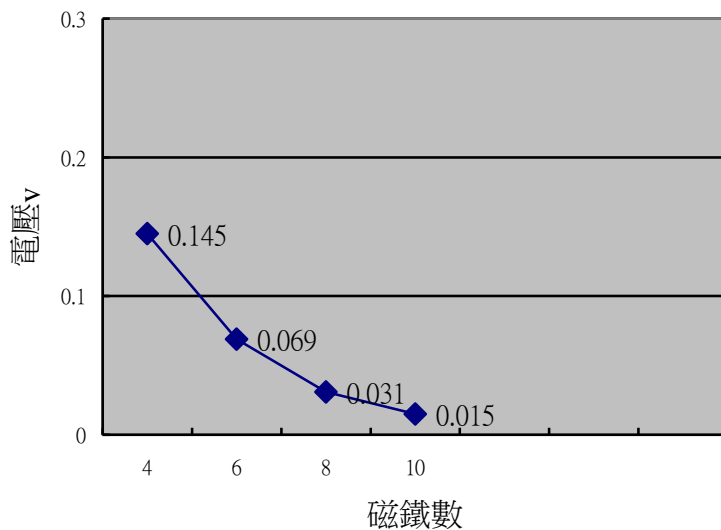


圖 20、線圈與磁鐵距離關係圖

(十一)、方形磁鐵磁極與電壓大小之關係

實驗結果當磁極相同的時，所得到的電壓數據是 0.262v；當磁極不相同的時，所得到的電壓數據是 0.393v，將是多了 50%的電壓。

表 28、方形磁鐵磁極與電壓

線圈\磁鐵	同極	不同極
200 圈方形線圈	0. 262v	0.393v
200 圈圓形線圈	0.042v	—

(十二)線圈串聯和電壓的關係

表 29、線圈串聯電壓統計表

數據\方向	同向	反向
200 圈	0.094	-0.094
300 圈	0.145	0.145
合計	0.239v	0.051v
實驗數據	0.238v	0.041v

這個實驗結果的結果讓人很訝異，所得到的實驗數據分別是兩個線圈個別實驗數據的相加和相減，雖然反相串聯的數據差距較多，但這個實驗是相當有意思的。當線圈串聯時，同向的數據比不同向時數據還要大。

(十三)線圈並聯和電壓的關係

表 30、線圈並聯電壓統計表

數據\方向	同向	反向
200 圈	0.094	-0.094
300 圈	0.145	0.145
合計	0.239	0.051
實驗數據	0.15v	0.017v

這個實驗結果可以看出，並聯的方式其實驗電壓的數據為 0.15v，和原本 300 圈的電壓很接近，所以同向並聯並不會增加電壓。

(十四)發電機設計製作

在製作發電機的過程中，遇到了許多要克服的點，例如如何將光碟安裝上去，還有線圈和磁鐵的距離要很靠近等。另外，當電壓不足時，可以增加線圈的總線長或磁鐵來提高電壓，但車輪轉速慢下來時，我們發現電壓值也降下來，因此，增加轉速也可以幫助提高電壓。

陸、結論

- 一、在實驗中我們發現，離開線圈和靠近線圈產生的電流方向性是有一正一負為交流電，這和和我們查的資料是一樣的。
- 二、線圈靠近固定轉速的磁鐵時，在電表上並沒有量到任何數據，因為磁鐵靠近及離開時所產生一正一負的電壓讓測直流的電錶測出來的電壓都是 0。
- 三、而 4 個單向二極體的電壓值比 2 個單向二極體的還要來得高，原因是 4 個單向二極體可將正、負向的電壓都整合出來。
- 四、線圈圈數和電壓有略有正比的關係，線圈的圈數越多，電壓就越大現象。
- 五、較粗的線圈會比較細圈線圈的電壓大，可能的原因是較粗的線圈可以流通的電流很多，而且阻礙可能會較小。
- 六、150x2 的線圈，會比 300 圈線圈的電壓大，300 圈可能上面的線圈離磁鐵較遠而感應不到，而 300 圈分成 150 圈所增加出來的電壓效能約多了 37%。
- 七、使用的磁鐵磁力愈強，電壓數據也會愈大，但由數據看不出有倍數增加的關係。
- 八、每增加一個磁鐵，電壓數據就愈大，可以說成正成。
- 九、磁鐵和線圈的距離愈遠，電壓越小，而距離愈近，電壓越大，但並非是反比。
- 十、當磁鐵磁極不相同時會比磁極相同的時多了約 50%的電壓，可能的原因是不同磁極會造成反向的電流，是正和正相接；負和負相接，而提高效率。
- 十一、當線圈同向串聯時，其電壓會有相加的效果，相反的，不同向串聯會相減的結果。但同向並聯並不會增加電壓。
- 十二、利用上述的實驗結果，自製的發電機已經可以點亮 led 燈，但還是有許多要克服的地方，例如讓手機邊騎邊充電或風力發電等，這些都是接下來要研究的內容。

柒、參考資料及其他

http://www.ymvs.mlc.edu.tw/tealearn/t7/new_page_5.htm

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1205081704577>

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1509111804744>

http://ma.wnps.tcc.edu.tw/~stf/edu_serche/mada/index.htm

小牛頓科學百科（民93）。台北市：牛頓出版股份有限公司。

牛頓科學研習百科（民82）。台北市：牛頓出版股份有限公司。

科學研習（民97）。台北市：國立臺灣科學教育館。

自然與生活科技六上（電磁鐵）。南一出版社

【評語】 080108

- 1.對原理了解深入，實驗器材有創意。
- 2.器材簡單，可做為示範教材。
- 3.研究的樣本可以再增加些。
- 4.要注意科展要有系統化設計。
- 5.根據原理加以討論改良可做一般教材。