

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080808

超級發電王～設計一款實用的綠能發電設備

學校名稱：高雄市三民區東光國民小學

作者：	指導老師：
小六 林湛悅	楊宜倫
小六 方子豪	陳為志
小六 黃博揚	
小六 劉柏志	
小六 林品汝	
小六 任沛渝	

關鍵詞：電磁感應、冷次定律、綠能發電

超級發電王～設計一款實用的綠能發電設備

摘要：

本實驗主要在探究運用風力轉動貼有強力磁鐵的排風球，感應電動機發電的可能。實驗分為兩部分：一是感應線圈的探討，得到以垂直於磁鐵的方向進行感應、感應線圈與磁鐵距離越近、導磁棒越粗、漆包線圈數越多、漆包線纏繞位置越接近磁鐵、感應範圍越大發電效果越好。而轉速夠快時，磁通量大，較粗的 1mm 產生的電流最大。轉速較慢時，磁通量小，同樣匝數 1mm 粗的漆包線因為使用長度長，內電阻大，因此產生的電壓反而比 0.5mm 小。

另一個探究內容為磁場變化：得到磁極以 NSNS 排列、磁鐵感應面積越大、顆數越多磁力越強效果越好。經過一連串實驗，我們運用最佳結果設計出來的作品，接上 4.5V 的 LED，可以產生 13.1672V 的電壓、184.812mA 的電流，如果接上蓄電池，實際被運用的可能性極高喔！

壹、研究動機

最近核四該不該繼續興建的議題吵得沸沸揚揚，連政府都傷腦筋的希望透過公投來解決，可見能源短缺的危機實在不容忽視。我們也常常在思考這個問題，如果家裡能有一個自動發電的設備，不但可以節能減碳，也可以節省開銷，這是一舉多得的事情啊！基於這樣的理由，我們努力發想以什麼方法可以達到發電的效果。有一天，看到工廠屋頂上旋轉不停的排風球，便突發奇想，如果結合老師上課提到的電磁感應原理，來做一個發電設備，或許可以被實際運用於生活中呢！這樣的想法經由同學提出後，大家便展開一連串的研究。



貳、研究目的

- 一、設計實驗找出磁鐵發電的可能性。
- 二、透過實驗，找出影響磁鐵發電效果的最佳條件。
- 三、嘗試設計一種利用自然風發電的簡易設備。
- 四、發展成實用性的發電裝置。



我們在課堂上提出構想

參、研究器材與設備

- 一、發電的主要設置：



排風球

感應線圈，由漆包線纏繞粗螺絲所製成。

強力磁鐵，以雙面膠緊黏在排風球上旋轉

數位三用電表，用來測量電壓與電流。

二、轉動的主要設置：

鱷魚夾，夾住三用電表測量電壓與電流。



白色光碟片，上面貼一塊黑色膠布，旋轉後讓光電感應器感應旋轉圈數。

光電感應器，每經過一次黑點就會自動計數，以測量轉動圈數。

小風扇，藉由調整角度控制排風球的轉動速度

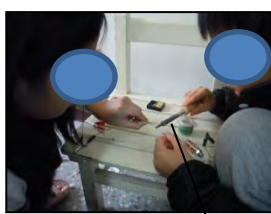
木架，置放排風球發電機設備與光電感應器。

程式計數器，先寫好程式，可記錄經過光電感應器的轉動圈數。

高斯計，測量磁鐵的強度。



電鑽，纏繞漆包線用。

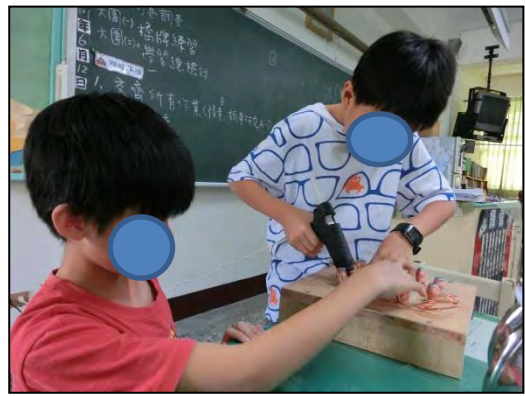
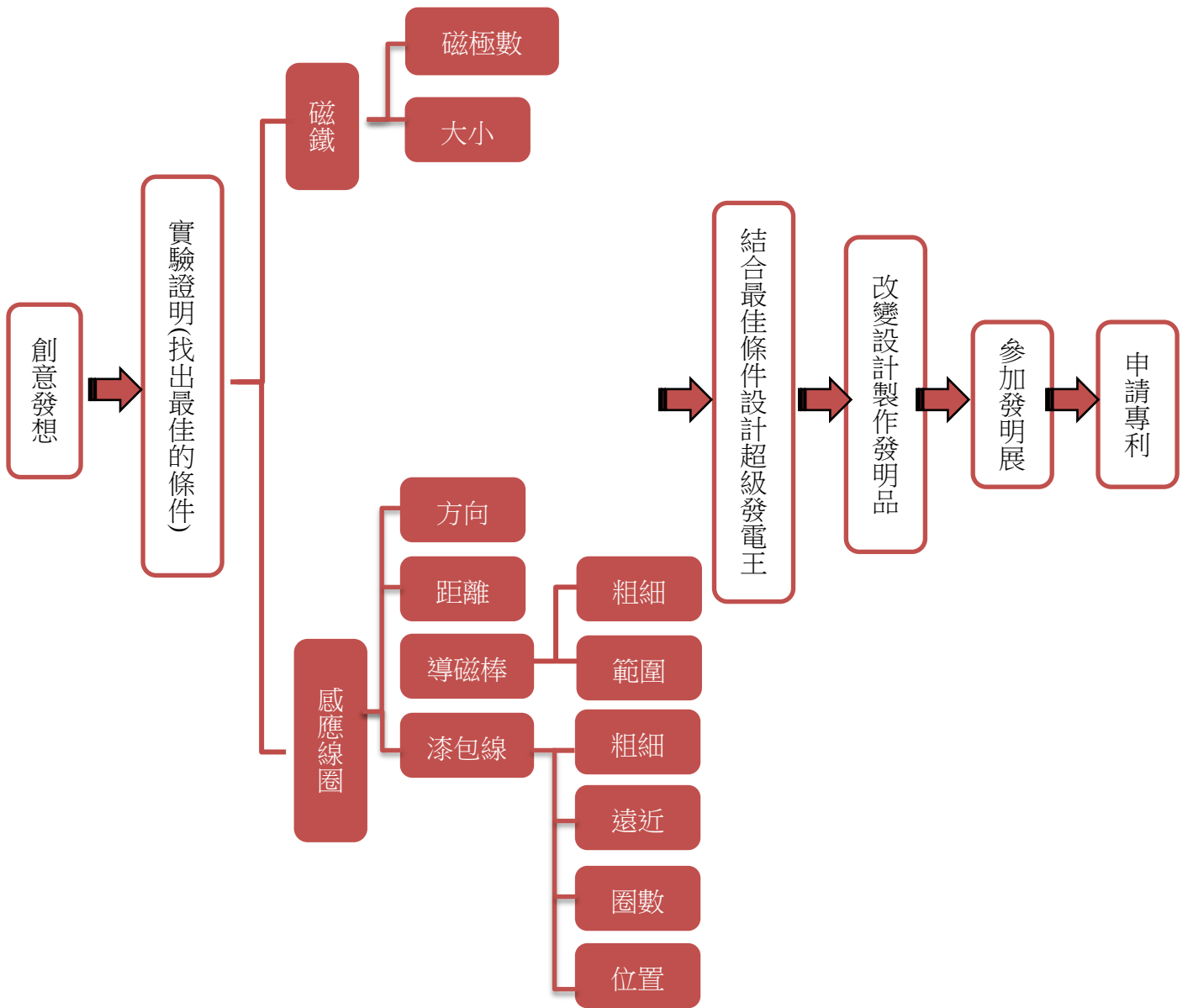


焊錫槍、焊錫線、焊錫油、電氣膠布等，電焊漆包線用。

※研究二之四以後的實驗器材說明：

	
<p>將訂做好的壓克力環固定於排風球上</p>	<p>將磁鐵依不同磁極相鄰排列並黏貼</p>
	 <p>整流二極體</p>
<p>將感應線圈鎖上實驗座台</p>	<p>接上電路板(附有導線與整流二極體)</p>
 <p>測量交流電壓</p> <p>4.5 伏特 LED</p>	 <p>下方有 3cm*3mm 強力磁鐵 13 顆</p> <p>測量直流電流</p>
<p>接上電線測量電壓</p>	<p>插上 LED 燈測量電流</p>
	
<p>以風速計測量風速</p>	<p>風速計會顯示 公尺/秒 的風速</p>

肆、研究過程與方法

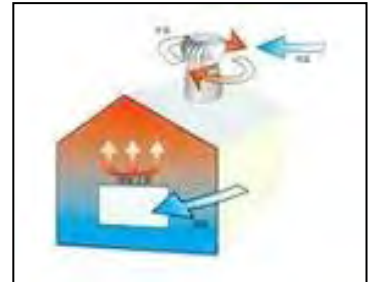


※ 相關科學原理的應用與文獻探討：

一、排風球：

為了更加了解排風球運轉的原理，老師利用一個上午的時間帶我們到排風球工廠參觀，透過解說明白排風球的轉動原理有下列三點：

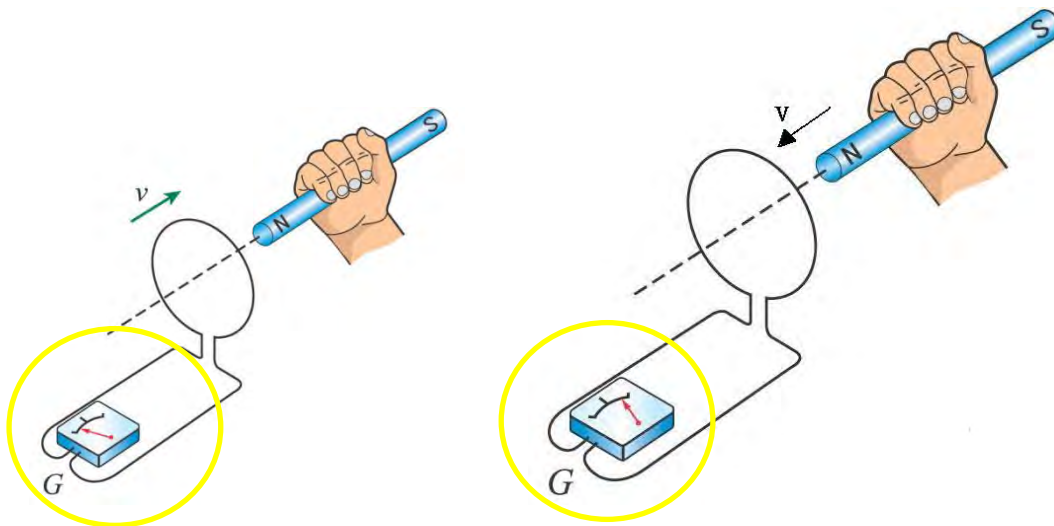
- (一) 藉由室內熱氣上升，熱氣自葉片縫隙外排，驅動主機體運轉。
- (二) 室內氣流外排，形成室內外溫差壓及氣壓差，氣流對流造成動能。
- (三) 室外的風或雨滴形成壓力驅動。



※ 想法：所以，排風球如果在沒有風的情況下，也可以透過熱對流自然旋轉，不斷旋轉的排風球，加上感應線圈變成一個發電機是可能的。

二、電磁感應：

英國物理學家法拉第，發現一種新的電和磁之間的交互作用現象：若一封閉線圈中的磁力線數有變化時，導線上就會產生電流，這稱為電磁感應，所生的電流稱為感應電流。



※ 感應電流在過去的研究中曾被應用於腳踏車上(第48、50屆中華民國科展國小生活應用科)，但腳踏車發電的效能與應用性有限，於是我們想運用現有又常見的排風球，透過自然的動能來設計發電機，應該會更具實用效果。

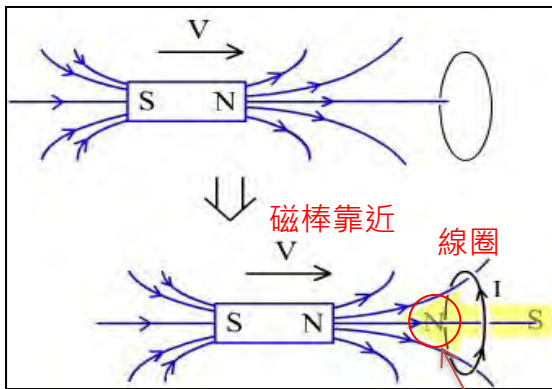
三、磁路與磁通量：磁力線所經過的路徑為磁路，在磁路中所有磁力線的總數量稱為磁通量。

四、冷次定律：感應而生的電流其所生磁場恆抵抗原磁場變化量。

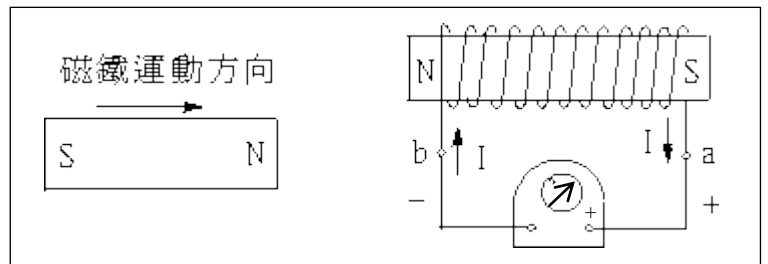
五、螺旋定則：此定則用於判斷載流螺線形線圈磁場的方向，其方法為右手握住線圈，四指彎曲順勢指向電流方向，則大拇指所指方向即為N極端，也就是線圈內部的磁場方向。



依據冷次定律，線圈為了阻止磁鐵靠近，故線圈左端應成為N極，而右端應為S極；又由螺旋定則知線圈所感應的電流應自b流入而由a流出。

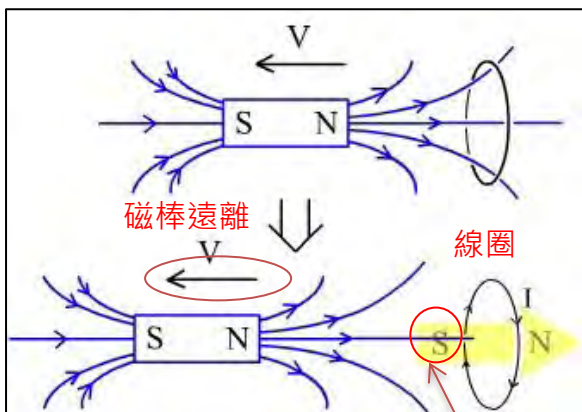


磁棒向右靠近線圈，此端為N極

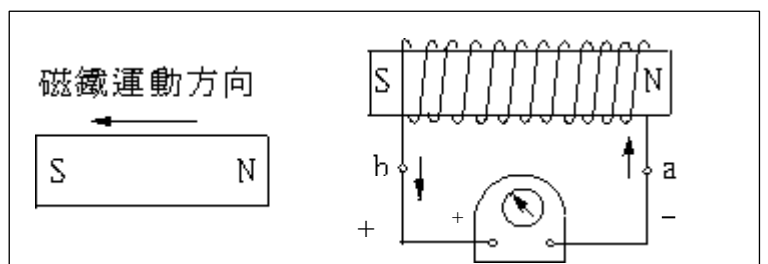


磁棒向右靠近線圈，電流自b經螺管線圈流至a

當磁鐵向左方移動時，依據冷次定律，線圈因感應電流所生的磁場極性應為反對磁鐵的離開，故線圈左端應為S極，而右端應為N極，此時依據螺旋定則知線圈所感應的電流應自a流入而由b流出。



磁棒向左遠離線圈，此端為S極



磁棒向左遠離線圈，電流自a經螺管線圈流至b

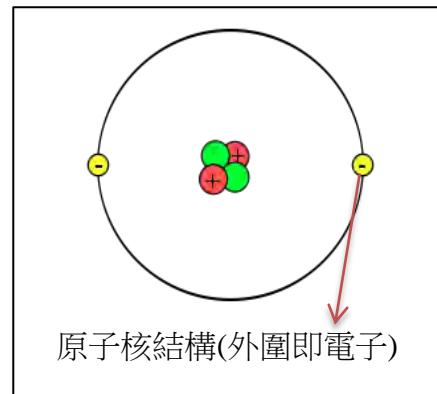
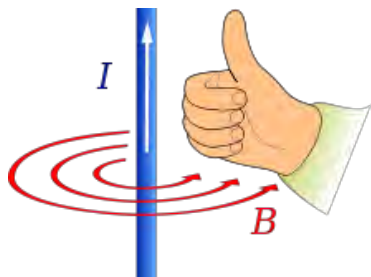
※基於這樣的原理探討，我們所設計的超級發電王，產生的應該是交流電。

六、交流電與直流電：

交流電：兩電極的正負極性會規律性變動，**電流流動的方向也會隨兩電極方向做來回不斷的週期性變動**，每秒來回一週為一赫茲，如家庭插座用電。另外，**磁場強度是個向量，其大小或方向只要有一個改變，都可以使它附近的導體產生感應電流，所以也是交流電。**

直流電：沿著單一方向流動的電流，如電池即為直流電。

七、安培右手定則：將右手的大拇指指向電流 I 方向，再將四根手指握緊電線，則彎曲的方向決定磁場 B 的方向



八、電壓、電流與電阻：

金屬由一群依一定規則排列的原子構成，每顆原子均有一層（或多層）由電子組成的外殼。有些在最外層的電子能脫離原子核的吸引力而到處流動，形成自由電子，是金屬能導電的主要原因。當金屬兩端產生電位差（即為電壓）時，電子因電場的影響而做規則的流動，是為電子流。在現實中，電子在導體中移動時會跟周圍的原子碰撞，而形成電阻。

高溫加速電子運動，電子的動能變大，增加電子與原子間的碰撞機會，故溫度高的金屬導體電阻較高。橫切面積大(較粗)的金屬有較多空間予電子流動，故電阻較小。電子流過較長的金屬時一般會發生較多的碰撞，故較長的金屬電阻較大。

※說明：經過資料蒐集，我們找到師大黃坤福教授的這段發表：

感應線圈產生的是電壓，電流大小要由負載電阻決定，若是不接任何負載根本不會有電流。

(取自：

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=11540>)



而在我們的實驗裝置中，感應線圈出來的漆包線直接接電表，負載電阻很小，因此以下的實驗僅先以電壓來討論。

另外，也有一段說明：滿足歐姆定律的導體電壓與電流成正比，因此電流會隨著電壓的增加而增加。(一般金屬或導體大多滿足歐姆定律。)

九、歐姆定律：導電體兩端的電壓與通過導電體的電流成正比，以方程式表示：

$$V \text{ 電壓} = I(\text{電流}) * R(\text{電阻})$$

十、法拉第定律： $N \frac{d\phi}{dt} = -V_{emf}$ 其中 N 為匝數、 ϕ 為磁通量， V_{emf} 為感應電壓。

上述負號為輸出電壓極性，在交流環境中不會影響。所以，當轉速越快，

$\frac{d\phi}{dt}$ 越大，感應電壓越大。而匝數 N 越多，感應電壓也越大。

十一、內電阻公式：發電機線圈（導線）的內電阻公式為 $R_{line} = \frac{\ell}{\rho A}$ ，其中 ℓ 為線圈長度、

A 為線圈截面積、 ρ 是線材導電係數。今如線長 ℓ 固定，粗線的截面積 A 大， R_{line} （內電阻）小，越接近理想線材。又發電機實際輸出電壓 V_0 為感應電壓減掉電流流過導線造成之電壓降，如右所示： $V_0 = V_{emf} - I_0 R_{line}$ 理想時 R_{line} 被忽略，故線圈粗細對 V_0 不會有影響，但實作時線材非超導體， R_{line} 出現，故發電機連接 LED 等負載時有電流 I_0 流動時，則輸出電壓 V_0 會減少。



伍、研究結果

研究一：磁場如何影響發電效果？

實驗（一）：探討磁極的不同對輸出電壓的影響。

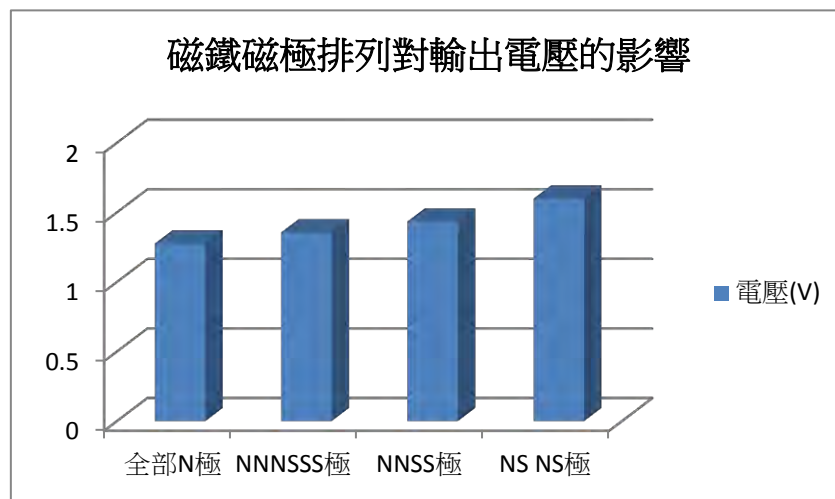
1. 操縱變因：磁鐵磁極的不同

2. 固定變因：漆包線直徑 0.5mm、圈數 300 圈、漆包線平均纏繞、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 3cm 厚 3mm、磁鐵 12 顆、轉速每分鐘 185 圈、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.8cm。

結果：

輸出電壓 實驗次數	磁極排列	全部 N 極	NNNSSS 極	NNSS 極	NS NS 極
1		1.273	1.369	1.435	1.616
2		1.259	1.376	1.469	1.585
3		1.292	1.345	1.397	1.634
4		1.290	1.330	1.414	1.567
5		1.264	1.356	1.453	1.591
平均		1.2756	1.3552	1.4336	1.5986

單位：v



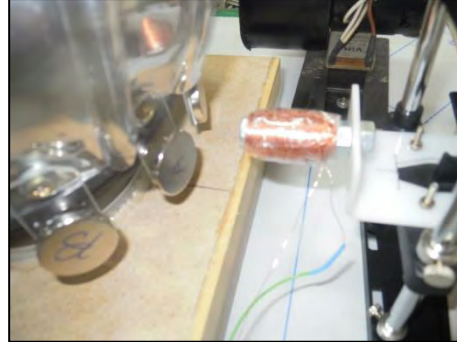
發現：磁極排列不同輸出電壓的影響為：NSNS 極 > NNSS 極 > NNNSSS 極 > 全部 N 極

推論：感應電磁發電的原理是藉由磁場變化而產生，因此，當磁鐵排列為 NSNS 時，其磁場變化的次數最多，因此產生的電壓最大。

實驗（二）：改變磁鐵大小對輸出電壓的影響

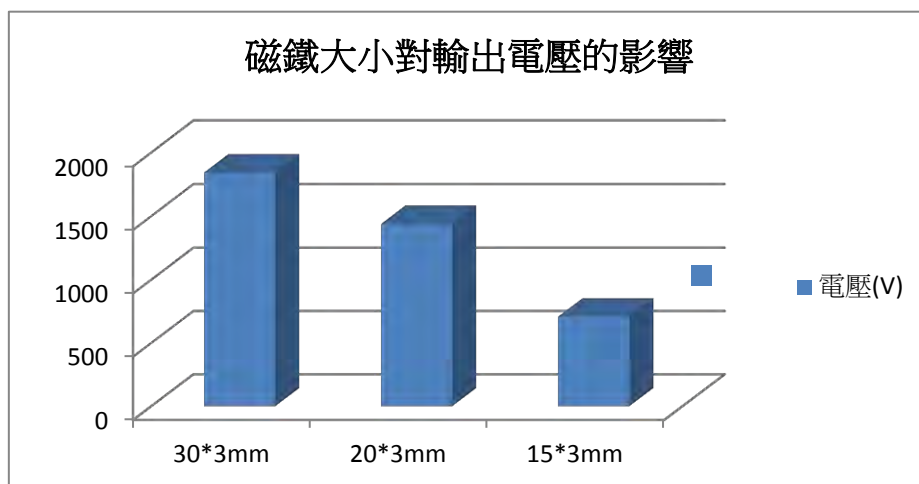
1. 操縱變因：**磁鐵的大小**

2. 固定變因：漆包線直徑 0.5mm、圈數 300 圈、漆包線平均纏繞、導磁棒直徑 0.8cm、個數 12 顆、轉速每分鐘 185 圈、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.5cm、磁鐵 NSNSNS 排列。



電 壓 次 數	磁 鐵 大 小	30*3mm	20*3mm	15*3mm
	1		1702	1433
2		1777	1434	725
3		1878	1442	714
4		1897	1450	705
5		1963	1439	707
平均		1843.4	1439.6	708.6

單位：mv



發現：磁鐵大小對輸出電壓的影響依序為：30*3mm>20*3mm>15*3mm。

推論：當排風球與磁鐵距離固定時，磁鐵愈大，則輸出電壓愈強。

實驗（三）：探討磁鐵個數對輸出電壓的影響

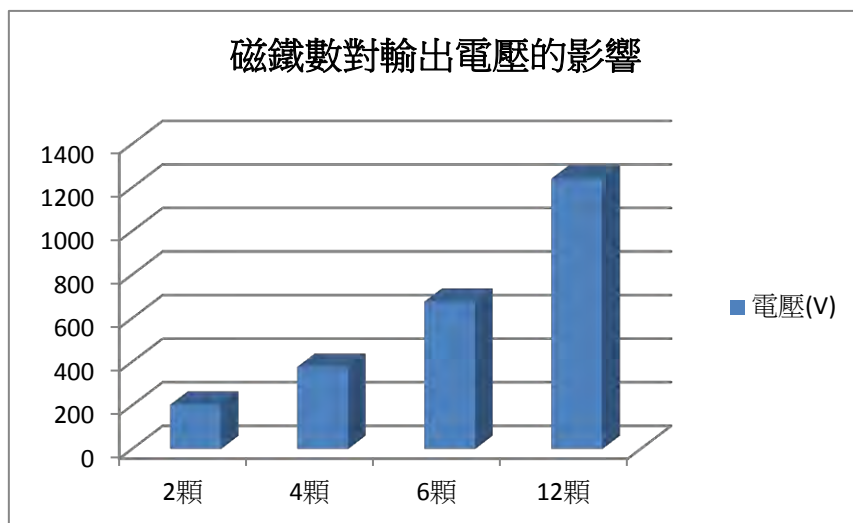
1.操縱變因：磁鐵個數

2.固定變因：漆包線直徑 0.5mm、圈數 300 圈、漆包線平均纏繞、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 2cm 厚 3mm、轉速每分鐘 185 圈、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.5cm、磁鐵 NSNSNS 排列。

結果：

電 壓 次 數	磁 鐵 數	2 顆	4 顆	6 顆	12 顆
1		202	375	674	1301
2		213	373	676	1248
3		196	388	675	1269
4		209	382	675	1162
5		194	365	678	1224
平均		202.8	376.6	675.6	1240.8

單位:mv



發現：磁鐵顆數對輸出電壓的影響為：12 顆>6 顆>4 顆>2 顆。

推論：磁鐵顆數越多，輸出電壓越強。

※思考：前面的兩個實驗告訴我們：磁鐵越大、磁鐵個數越多，輸出電壓就越強。但是，磁鐵越大、磁鐵個數越多是否就代表著磁力越強？為了求證，我們接著進行下面的實驗：

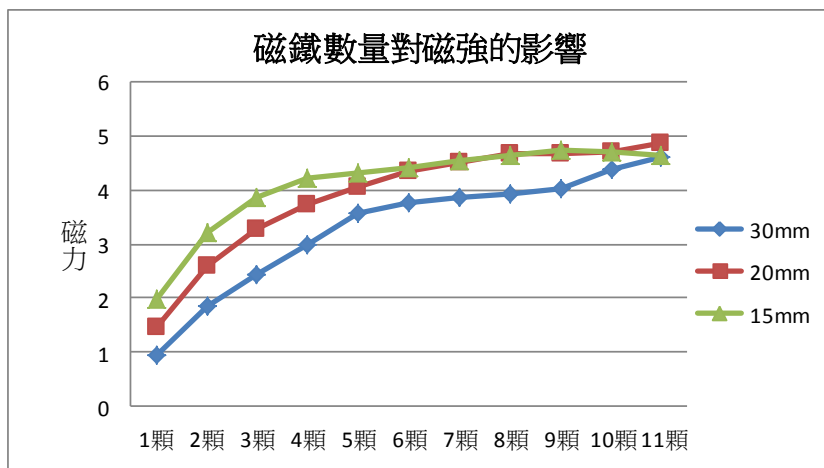
實驗（四）：磁鐵的大小與顆數不同，如何影響磁場強度？

方法： 1. 以高斯計測量不同大小、相同厚度磁鐵的強度。
 2. 改變不同數量，以同樣的方法測量磁場強度變化。

結果：

磁鐵顆數	磁鐵		
	30*3mm	20*3mm	15*3mm
1 顆	0.95	1.38	1.98
2 顆	1.85	2.59	3.22
3 顆	2.45	3.29	3.85
4 顆	2.99	3.73	4.23
5 顆	3.57	4.06	4.33
6 顆	3.77	4.34	4.41
7 顆	3.85	4.52	4.55
8 顆	3.94	4.67	4.64
9 顆	4.04	4.68	4.74
10 顆	4.38	4.71	4.71
11 顆	4.62	4.88	4.66

單位：高斯



發現：1. 以一顆強力磁鐵來說，磁鐵的大小 $30*3mm > 20*3mm > 15*3mm$ ，但磁場的強度卻為 $15*3mm > 20*3mm > 30*3mm$ 。

2. 磁場強度大小與顆數的關係，前三顆時幾乎有倍數關係，但超過三顆時，磁強的大小反而增加得比較不顯著。



3.由以上的實驗可以知道：在感應線圈的轉動過程中，磁鐵大小對發電量的影響遠比磁場強度來得大，因為當磁鐵為 30*3mm 時，磁場強度是最小的 0.95 高斯，其發電量卻是其中最大的 1.8434V；而當磁鐵大小為 15*3mm 時，磁場強度是最大的 1.98 高斯，其發電量卻是最小的 0.7086V。

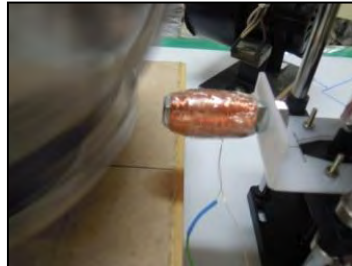
研究二：感應線圈如何影響發電效果？

實驗（一）：探討感應線圈方向對輸出電壓的影響

- 1.操縱變因：感應線圈的方向
- 2.固定變因：漆包線直徑 0.5mm、漆包線平均纏繞、導磁棒直徑 0.8cm、圈數 300 圈、強力磁鐵直徑 2cm 厚 3mm、個數 12 顆、感應線圈與磁鐵距離 0.5cm、轉速每分鐘 185 圈、磁鐵 NSNSNS 排列。



直立



直臥

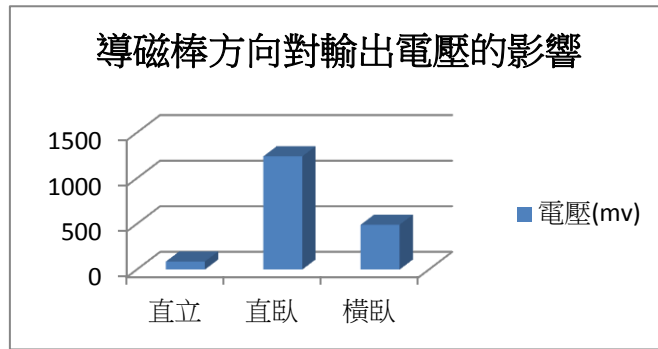


橫臥

結果：

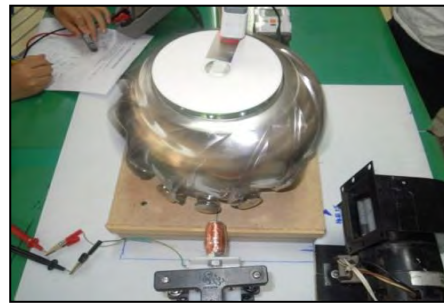
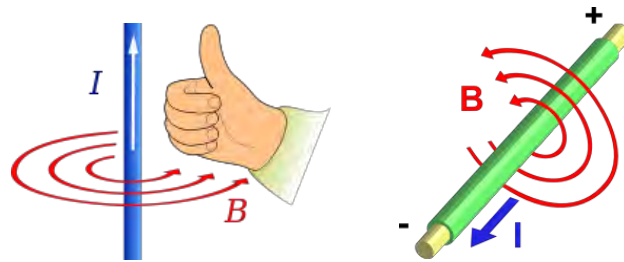
電 次 數	方 向 壓	直立	直臥	橫臥
1		89.61	1301	498.8
2		88.18	1248	484.3
3		87.15	1269	488.8
4		88.23	1162	496.1
5		87.88	1224	488.8
平均		88.21	1240.8	491.36

單位：mv



發現：感應線圈的設置方向，其影響電壓的大小依序為直臥>橫臥>直立。

推論：依據安培右手定則，直臥的電線方向與電流方向呈現垂直狀態，因此發電效果最好。



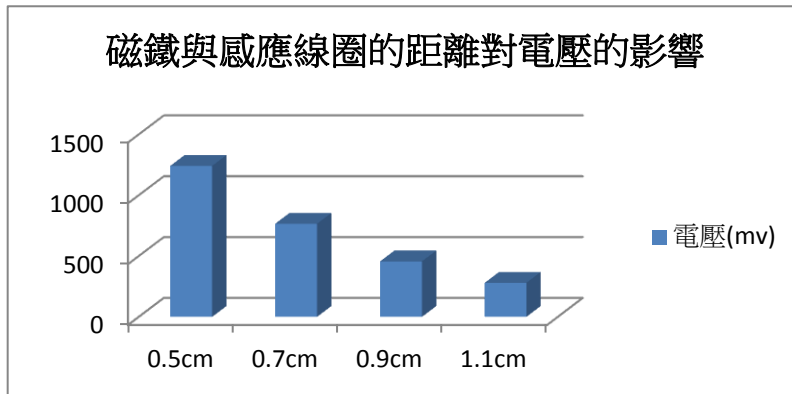
實驗（二）：探討感應線圈與磁鐵的距離對輸出電壓的影響

1. 操縱變因：感應線圈與磁鐵距離
2. 固定變因：漆包線直徑 0.5mm、漆包線平均纏繞、導磁棒直徑 0.8cm、圈數 300 圈、強力磁鐵直徑 2cm 厚 3mm、個數 12 顆、轉速每分鐘 185 圈、感應線圈方向直臥、磁鐵 NSNSNS 排列。

結果：

電壓次數 \ 距離	0.5cm	0.7cm	0.9cm	1.1cm
1	1301	766	458	271
2	1248	762	461	280
3	1269	774	450	276
4	1162	769	451	282
5	1224	754	459	288
平均	1240.8	765	455.8	279.4

單位：mv

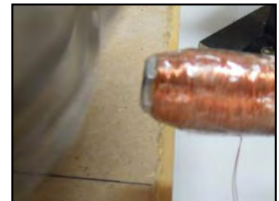
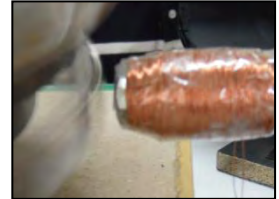


發現：

- 1.距離影響電壓的大小依序為： $0.5\text{cm} > 0.7\text{cm} > 0.9\text{cm} > 1.1\text{cm}$ 。
- 2.當感應線圈與磁鐵距離為 0.3cm 時，電壓與 0.5cm 時差不多，但感應線圈會發生劇烈晃動，呈現不穩定的狀態。

推論：**感應線圈與磁鐵距離越近，感應電壓越強，發電量也越強。**

討論：若感應線圈與磁鐵的距離太近（相距 0.3cm ）時，因為吸力太強，磁鐵轉動時會導致感應線圈嚴重晃動，影響實驗進行，且會使轉速變慢，因此我們放棄以相距 0.3cm 來進行實驗。

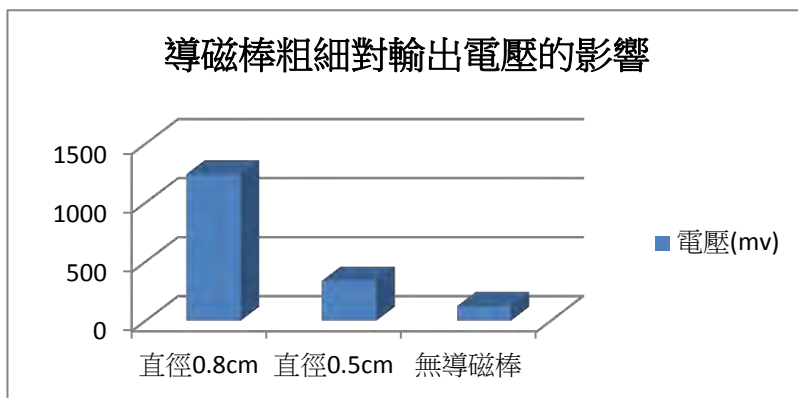


實驗（三）：探討導磁棒的粗細對電壓的影響

- 1.操縱變因：**導磁棒粗細(無導磁棒是將漆包線纏繞於同樣直徑的壓克力棒上面)**
- 2.固定變因：漆包線直徑 0.5mm 、漆包線平均纏繞、圈數 300 圈、強力磁鐵直徑 2cm 厚 3mm 、個數 12 顆、轉速每分鐘 185 圈、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.5cm 、磁鐵 NSNSNS 排列。

電 壓 次 數	導 磁 棒		
	直徑 0.8cm	直徑 0.5cm	無導磁棒
1	1301	337.0	124
2	1248	336.9	122
3	1269	337.2	127
4	1162	338.7	119
5	1224	335.7	124
平均	1240.8	337.10	123.2

單位：mv



發現：導磁棒越粗，產生的電壓越強。

推論：導磁棒越粗，導磁效果越佳，與磁鐵感應效果越好，電壓就越強。



實驗(四) 探討漆包線纏繞位置對電壓的影響

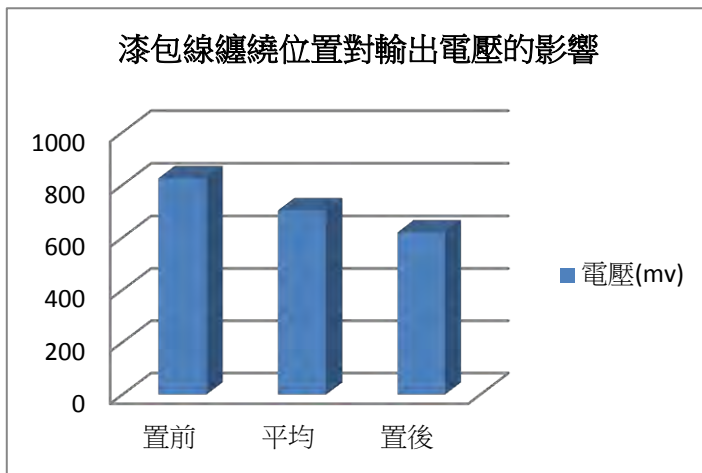
1. 操縱變因：漆包線纏繞位置

2. 固定變因：漆包線 0.5mm、圈數 300 圈、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 3cm 厚 3mm、個數 13 顆、轉速每分鐘 185 圈、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.8cm、磁鐵 NSNSNS 排列。

(二)結果：

電 壓 次 數	漆 包 線 位 置	置前	平均	置後
		1	817.1	705.3
2		814.3	708.0	634.7
3		812.3	707.7	619.7
4		832.8	699.1	610.8
5		848.5	697.6	615.5
平均		825.00	703.54	619.66

單位：mv



發現：改變漆包線的位置對產生電壓的影響大小：置前>平均>置後

推論：漆包線的位置比較靠近磁鐵，輸出的電壓較大。

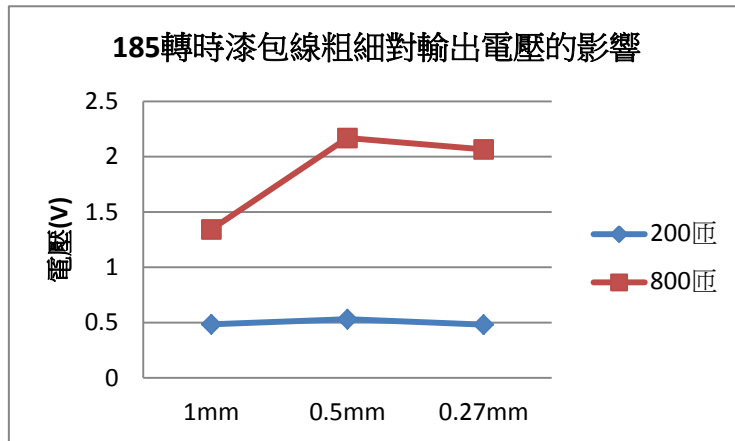


實驗（五）：不同匝數時，漆包線粗細對輸出電壓的影響。

1. 操縱變因：漆包線粗細(以漆包線平均纏繞 200 匝、800 匝兩組實驗來比較)。
2. 固定變因：、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 3cm 厚 3mm、個數 13 顆、轉速每分鐘 185 轉、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.8cm、磁鐵 NSNSNS 排列、接上 4.5V LED。

電 壓 次 數	漆 包 線	200 匝 185 轉			800 匝 185 轉		
		1mm	0.5mm	0.27mm	1mm	0.5mm	0.27mm
1		0.4788	0.5348	0.4867	1.3388	2.244	2.0793
2		0.4854	0.5327	0.4836	1.3329	2.1185	2.0731
3		0.4839	0.5351	0.4800	1.3595	2.1384	2.0562
4		0.4902	0.5274	0.4809	1.3604	2.1873	2.0681
5		0.4883	0.5268	0.4766	1.3216	2.1562	2.0541
平均		0.48532	0.53136	0.48156	1.34264	2.16888	2.06616

單位：v

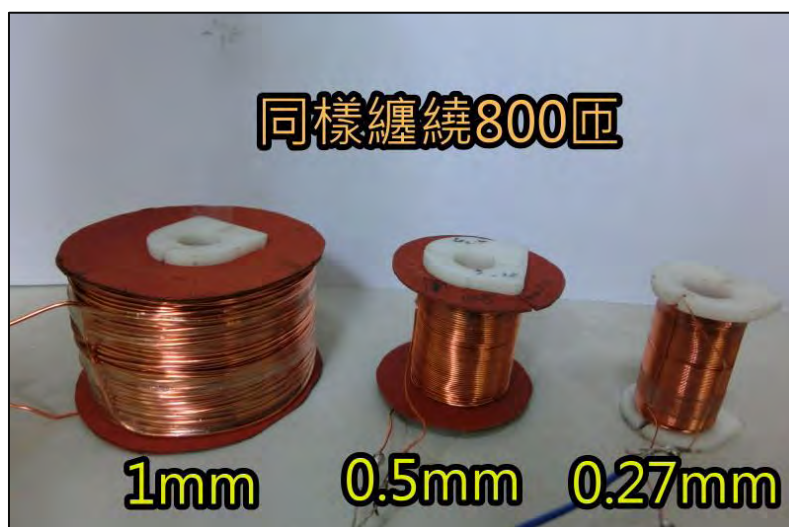


說明：因為 185 圈時轉速不夠快，無法點亮 4.5V 的 LED，因此本實驗先測量電壓。

結果：同樣是 185 轉時，漆包線纏繞 800 匝，漆包線粗細對電壓大小的影響依序為 0.5mm>0.27mm>1mm(結果差異較明顯)；纏繞 200 匝時，漆包線粗細對電壓大小的影響依序為 0.5mm>1mm>0.27mm(結果差異較不明顯)。

推論：

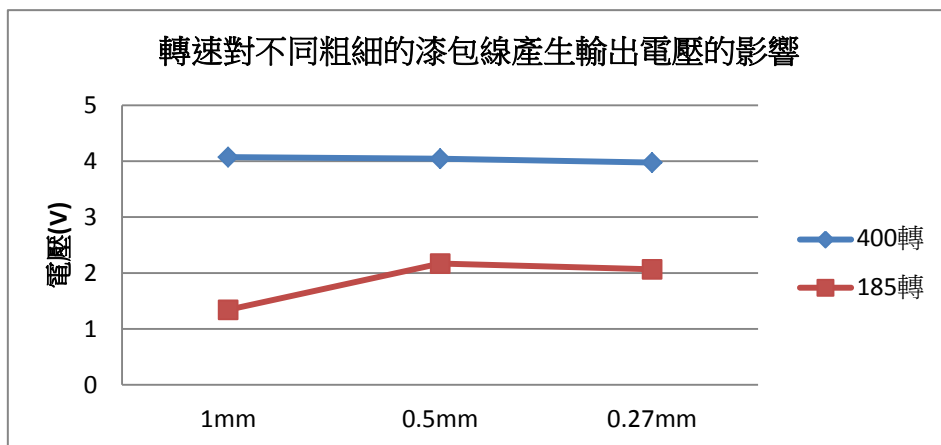
- 1.因為導線的內電阻大小與直徑成反比、和長度成正比。當纏繞匝數為 800 圈時，1mm 的漆包線使用的長度明顯長很多，因此電阻也明顯增加，產生的電壓明顯變小。而匝數 200 圈時，長度的差異較不明顯，因此電壓影響也較小。
- 2.當漆包線粗細為 0.5mm 時，在同樣匝數的情況下，產生的感應電壓較大，可能是導線內電阻較小的緣故。



實驗（六）：接上 LED 負載增加轉速時，漆包線粗細對輸出電壓的影響。

1. 操縱變因：漆包線粗細 (以轉速每分鐘 400 轉與 185 轉做比較)
2. 固定變因：漆包線平均纏繞 800 匝、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 3cm 厚 3mm、個數 13 顆，感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.8cm、磁鐵 NSNSNS 排列、接上 4.5VLED。

電 壓 次 數	漆 包 線	800 匝 400 轉			800 匝 185 轉		
		1mm	0.5mm	0.27mm	1mm	0.5mm	0.27mm
1		4.0613	4.0575	3.9473	1.3388	2.244	2.0793
2		4.0542	4.0352	3.9993	1.3329	2.1185	2.0731
3		4.0842	4.0331	3.9811	1.3595	2.1384	2.0562
4		4.0851	4.0547	3.9695	1.3604	2.1873	2.0681
5		4.0875	4.0507	3.9902	1.3216	2.1562	2.0541
平均		4.07446	4.04624	3.97748	1.34264	2.16888	2.06616



單位：v

發現：轉速 400 圈時，感應電壓的大小分別為 $1\text{mm} \approx 0.5\text{mm} > 0.27\text{mm}$ ，而轉速為 185 圈時，輸出電壓的大小分別為 $0.5\text{mm} > 0.27\text{mm} > 1\text{mm}$ 。

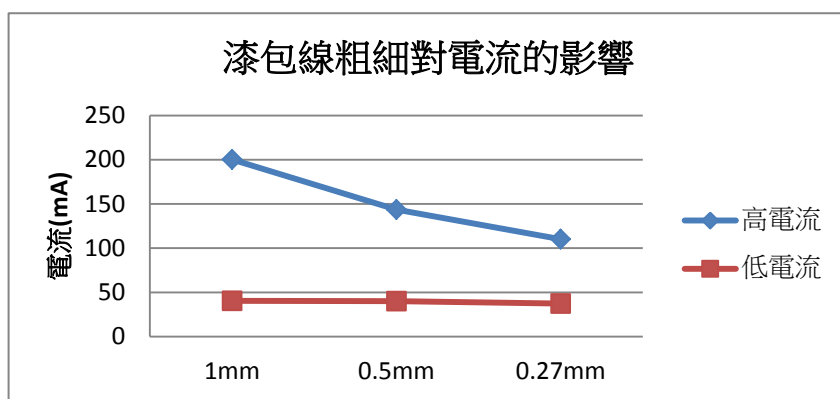
推論：當轉速高達 400 圈時，磁鐵感應次數多磁通量大，其影響遠大於導線的內電阻，因此產生的輸出電壓較大。而當轉速為 185 圈時，磁鐵感應次數少磁通量小，相對的 1mm 漆包線內電阻的影響比較大，因此感輸出壓明顯變小。



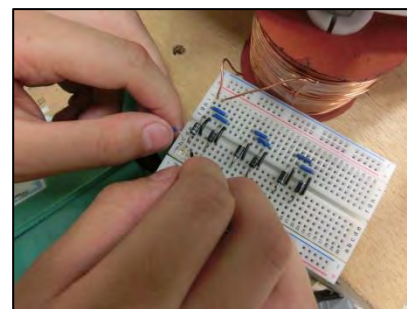
實驗（七）：增加轉速接上 LED 負載時，漆包線粗細對電流的影響。

1. 操縱變因：漆包線粗細
2. 固定變因：漆包線平均纏繞 800 匝、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 3cm 厚 3mm、個數 13 顆、轉速每分鐘 400 轉、接上 4.5V LED，感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.8cm、磁鐵 NSNSNS 排列。

電 次	漆 包 線 流 數	高電流			低電流		
		1mm	0.5mm	0.27mm	1mm	0.5mm	0.27mm
1		198.23	138.26	109.29	41.409	40.086	37.242
2		199.01	141.81	110.07	41.243	40.163	37.791
3		199.86	142.59	109.99	39.93	40.054	37.983
4		198.97	147.22	108.91	39.935	40.091	37.485
5		204.99	147.77	112.17	39.526	40.383	36.718
平均		200.212	143.53	110.086	40.4086	40.1554	37.4438



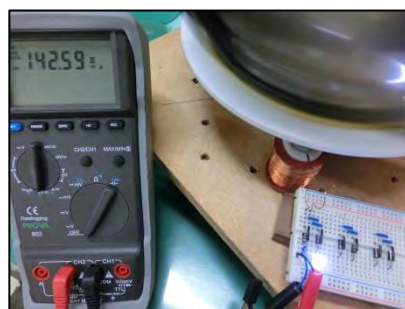
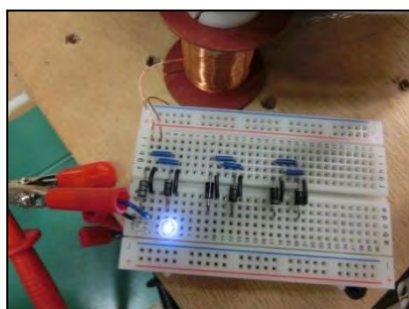
單位：mA



發現：1. 我們發現不管是哪一種直徑的漆包線，接上 4.5V 的 LED 燈後，電流數值穩定出現在兩個範圍，且是交替的出現。

2. 漆包線越粗產生的電流越大，漆包線越細產生的電流越小，尤其以高電流最明顯。

討論：為何會有高低兩個電流範圍的產生？我們推測可能是機械結構手工製作因素或電路因素造成的感應電壓大小呈現變化所導致。



實驗（八）：改變漆包線的圈數對輸出電壓的影響

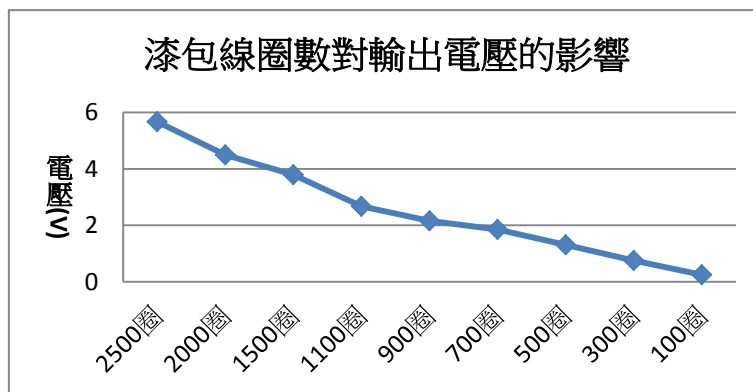
1. 操縱變因：漆包線圈數

2. 固定變因：漆包線 0.5mm、漆包線平均纏繞、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 3cm 厚 3mm、個數 13 顆、轉速每分鐘 185 圈、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.8cm、磁鐵 NSNSNS 排列。

結果：

電 次 數	圈 數	2500 圈	2000 圈	1500 圈	1100 圈	900 圈	700 圈	500 圈	300 圈	100 圈
1		5.6094	4.5045	3.7999	2.6353	2.1664	1.8571	1.3024	0.7595	0.2485
2		5.5547	4.5127	3.7901	2.7314	2.1515	1.8564	1.3112	0.7528	0.2508
3		5.6440	4.4068	3.7784	2.6464	2.1441	1.8465	1.3057	0.7559	0.2493
4		5.6960	4.4546	3.7704	2.7289	2.1557	1.8513	1.3267	0.7543	0.2471
5		5.8223	4.6000	3.8114	2.6385	2.1732	1.8562	1.3031	0.7576	0.2484
平均		5.66528	4.49527	3.79004	2.67606	2.15818	1.85350	1.30982	0.75570	0.24882

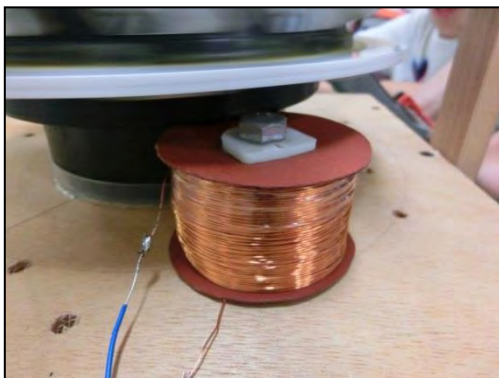
單位：v



發現：漆包線的圈數對產生電壓的影響依序為：2500 圈>2000 圈>1500 圈>1100 圈>900 圈>700 圈>500 圈>300 圈>100 圈。

推論：1. 漆包線圈數越多，產生的磁通量越大，感應電壓也越強。

2. 100 圈的漆包線產生的磁通量較少，產生的電壓也最小。

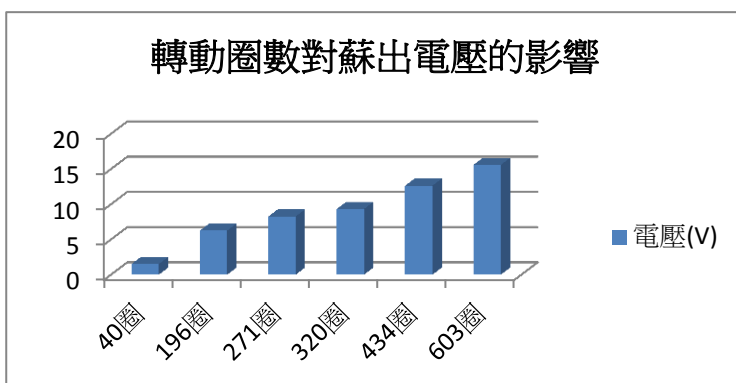


實驗（九）：探討改變轉速對輸出電壓的影響。

1. 操縱變因：磁鐵轉動圈數(並以風速計測量當時風速)
2. 固定變因：漆包線直徑 0.5mm、圈數 2500 圈、漆包線平均纏繞、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 3cm 厚 3mm、13 顆、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.8cm、磁鐵 NSNSNS 排列。

電 壓 次 數	轉 速	40 圈 (風速 每秒 1.9m)	196 圈 (風速 每秒 13.8m)	271 圈 (風速 每秒 14.2m)	320 圈 (風速 每秒 15.5m)	434 圈 (風速 每秒 15.9m)	603 圈 (風速 每秒 16.1m)
1		1.503	6.650	8.222	9.283	12.429	15.223
2		1.479	6.145	8.312	9.342	12.561	15.248
3		1.475	6.160	8.335	9.318	12.672	15.750
4		1.577	6.170	8.390	9.364	12.741	15.910
5		1.532	6.158	8.0283	9.289	12.759	15.811
平均		1.5132	6.2566	8.25746	9.3192	12.6324	15.5884

單位：V



級數	風的名稱	速度 秒公尺(m/s)
0	無 風	0~0.2
1	軟 風	0.3~1.5
2	輕 風	1.6~3.3
3	微 風	3.4~5.4
4	和 風	5.5~7.9
5	清 風	8.0~10.7
6	強 風	10.8~13.8
7	疾 風	13.9~17.1

發現：每分鐘的轉動圈數越多，其發電電壓越強，當風速為每秒 16.1 公尺(相當於 7 級風)時，最多可達 15.910 伏特。而即使風速只有每秒 1.9 公尺(相當於 1 級風)時，2500 匝的漆包線仍可產生 1.577 的電壓。

推論：每分鐘轉動次數越多，代表磁場的變化次數越多，因此輸出電壓就越大。



以風速計測量風速。



旋轉最快可達每秒 16.1 公尺。



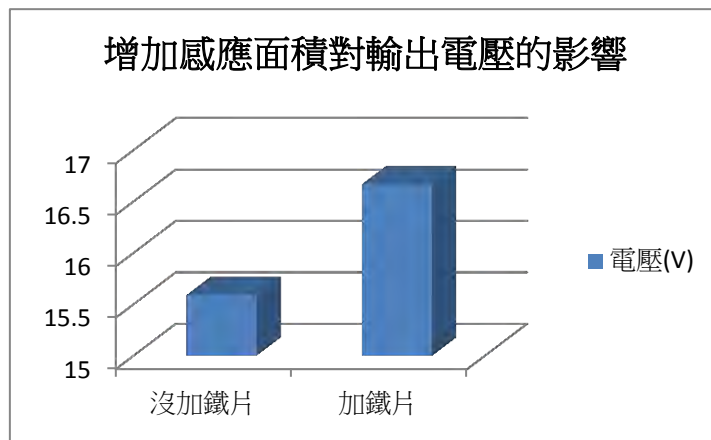
此時可產生 15.91V 的電壓。

實驗(十)：增加感應範圍電壓會改變嗎？

1. 操縱變因：感應範圍(導磁棒上方加裝鐵片)
2. 固定變因：漆包線直徑 0.5mm、漆包線平均纏繞 2500 圈、轉數每分鐘 603 圈、導磁棒直徑 0.8cm、強力磁鐵直徑 3cm 厚 3mm、13 顆、感應線圈方向直臥、感應線圈與磁鐵距離 0.8cm、磁鐵 NSNSNS 排列。

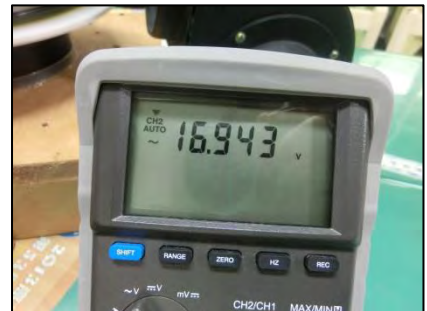
電 壓 次 數	感 應 面	
	沒加鐵片	加鐵片
1	15.223	16.524
2	15.248	16.244
3	15.750	16.811
4	15.910	16.814
5	15.811	16.943
平均	15.5884	16.6672

單位：V



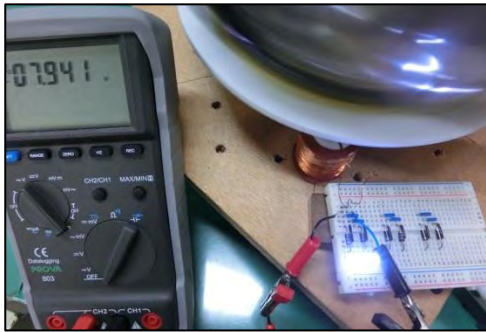
發現：加了一塊鐵片與磁鐵的感應面積增加，則可提升感應電壓。

推論：當感應範圍增加，磁通量也會跟著增加，因此產生的輸出電壓也會增大。

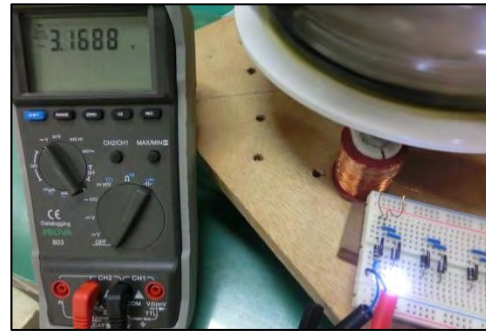


實驗(十一): 採用矽鋼片效果如何?

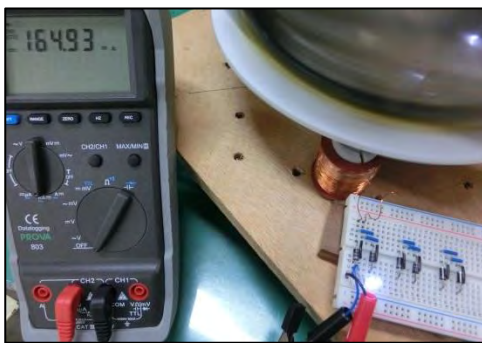
※說明: 前面實驗得知, 感應範圍變大, 發電效果會更好。因此我們去請教賣變壓器的老闆, 老闆建議我們採用導磁性強的矽鋼片來當導磁棒, 並纏繞 0.5mm 的漆包線 1500 圈(受限於線架)。為了證明比較矽鋼片的效果, 我們與原先漆包線纏繞 1500 圈的做比較。



導磁材質為鋼釘的交流電壓。



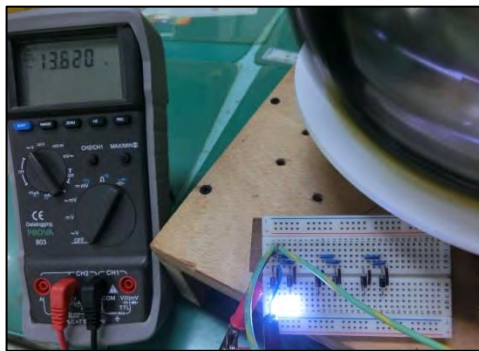
接上 4.5VLED 的直流電壓。



接上 4.5VLED 的直流高電流。



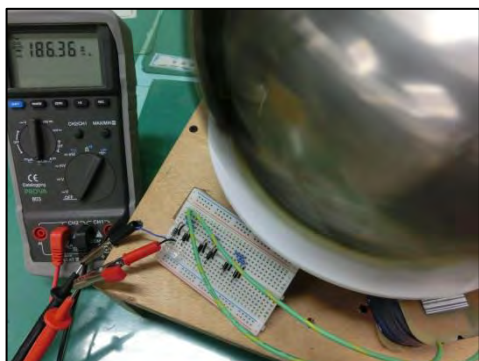
接上 4.5VLED 的直流低電流。



導磁材質為矽鋼片的交流電壓。



接上 4.5VLED 的直流電壓。



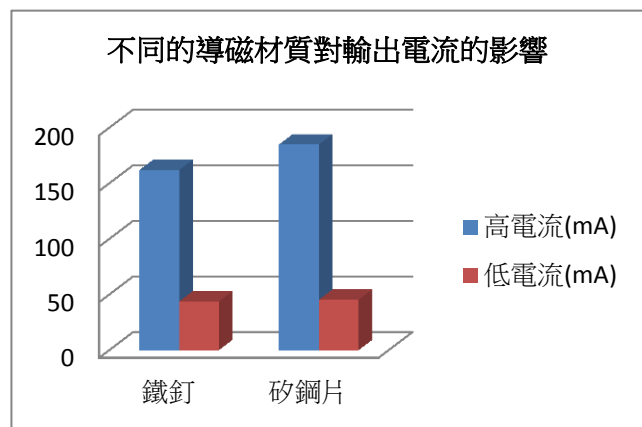
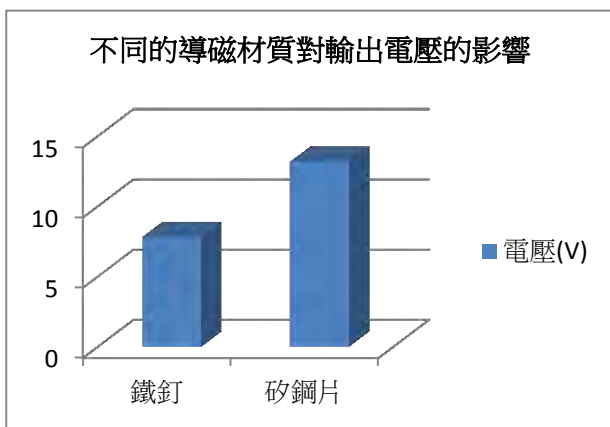
接上 4.5VLED 的直流高電流。



接上 4.5VLED 的直流低電流。

※結果：

發 電 次 數	交流電壓		高電流		低電流	
	鋼釘 (V)	矽鋼片 (V)	鋼釘 (mA)	矽鋼片 (mA)	鋼釘 (mA)	矽鋼片 (mA)
1	7.886	13.104	164.93	183.7	44.522	44.456
2	7.941	13.075	163.06	183.3	43.18	45.003
3	7.649	13.151	162.2	183.45	44.435	45.046
4	7.736	13.277	159.43	186.36	43.176	45.659
5	7.831	13.229	159.55	187.25	43.519	46.201
平均	7.8086	13.1672	161.834	184.812	43.7664	45.273



發現：1.同樣是 1500 匝的漆包線，**矽鋼片的輸出電壓遠大於鋼釘**。(13.1672V>7.8086V)

2.同樣是 1500 匝的漆包線，接上 4.5V 的 LED 燈後，**矽鋼片的感應電流大於鋼釘**(184.812mA>161.834mA)。

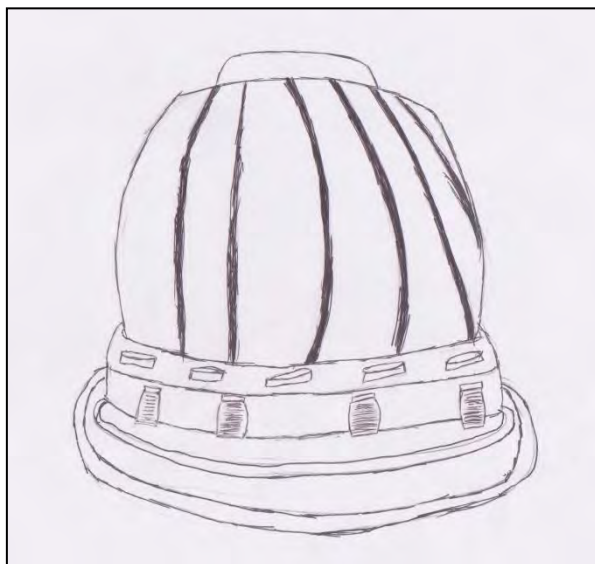
推論：1.**增加感應範圍的矽鋼片，導磁效果明顯優於鋼釘，是做感應發電機的好材料。**

2.**因為發電機的實際輸出電壓=感應電壓-電流*內電阻，所以發電機連接 LED 燈為負載且有電流流動時，輸出電壓會減少。**



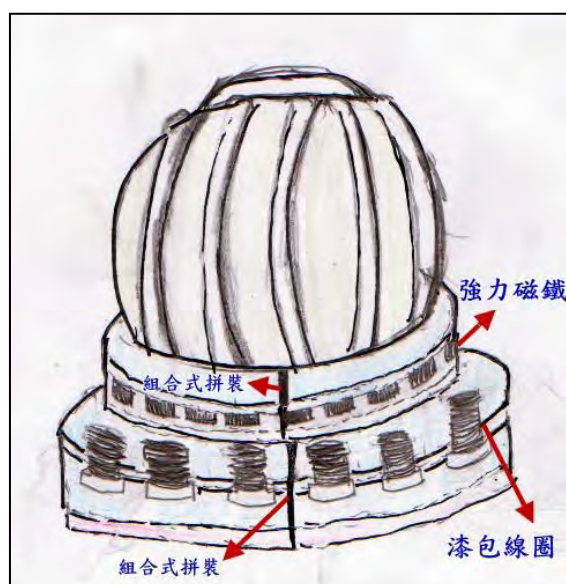
研究三：運用實驗結果，嘗試設計一種利用自然風發電的簡易設備。

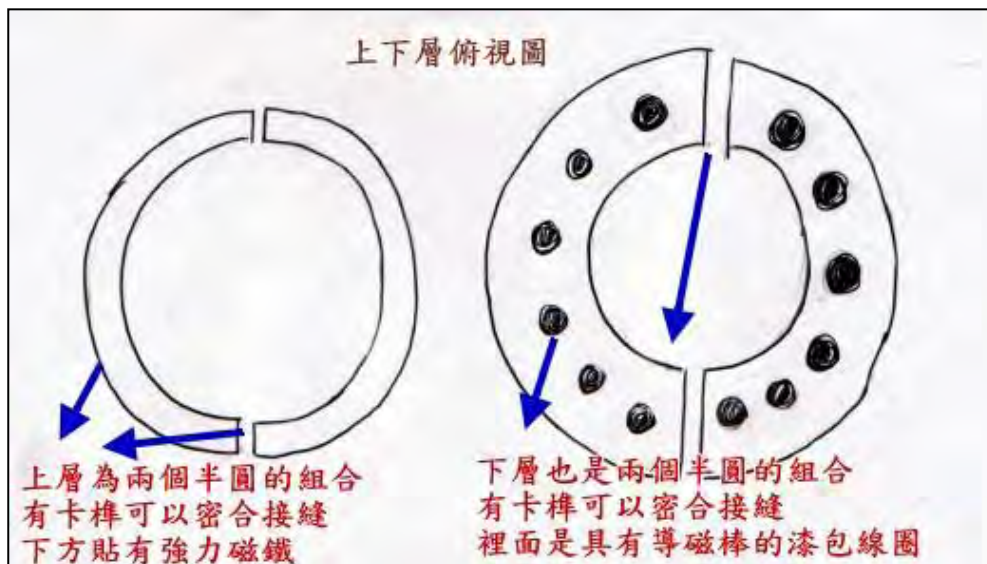
※說明：經過一連串的實驗，我們得知應用感應電流結合排風球來發電，是十分可行的一種綠能發電設備，其持續轉動的動能可以提供家庭或工廠降溫與發電的效果，真是一舉兩得。於是，我們嘗試畫出設計圖，未來如果能做出多個感應線圈的裝置，發電效果應該會更佳！！



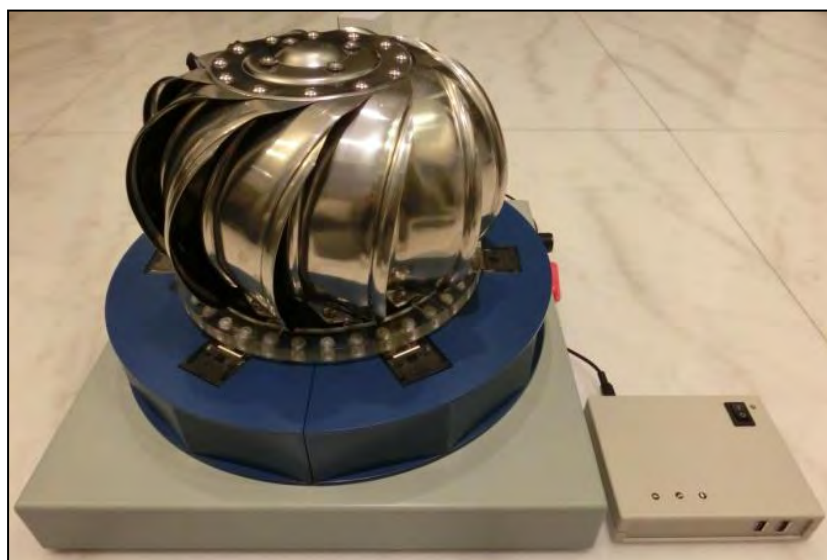
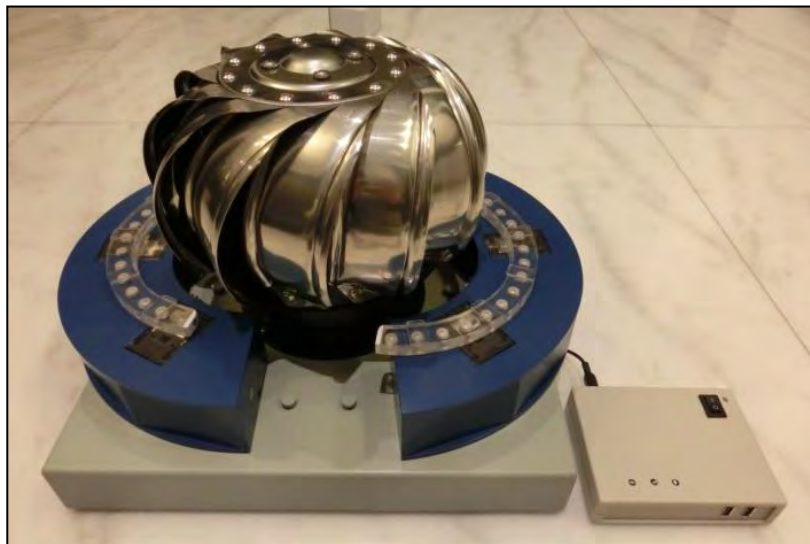
研究四：改變設計，發展成實用性的發電裝置。

※說明：由於現在很多工廠或家庭頂樓，都已經裝設了自然通風設備排風球，來降低室內溫度，我們想，如果按照上面的設計，每個排風球都要拆下來重新安裝，是一件傷本耗時的事情。因此，為了更能符合實用性的需求，我們將原來黏置於排風球底下的強力磁鐵，變成套件式，且具防水效果，底座的感應線圈也可以用套件式拼裝，這樣一來，大家只要購買四片組裝起來的「超級發電王」，就可以輕鬆組裝在現有的排風球上了！





※說明：我們手部的操作能力有限，但為了更加接近我們做創意發明的夢想，老師特地將這樣的設計圖，交給模具廠商協助製作，發展成這樣的一款拼裝式綠能感應線圈組，這樣一來使用上又更加方便了！



- ※ 這件作品有下列優點：
 - 1.方便拆卸、組裝。
 - 2.有蓄電池可以儲存電力。
 - 3.套件組為密封設計，具有防水的效果。

※說明：我們的作品，目前已經申請了專利。期盼這件透過科學實驗研發出來的作品，未來可以真正商品化出現在我們的生活中，為人類、為地球盡一份心力！

陸、結論

一、經過以上的實驗我們得到以下結果：



二、我們的作品接上 4.5V 的 LED 燈，可以產生 13.1672V 的電壓、184.812mA 的電流，如果接上蓄電池，實際被運用的可能性極高喔！

三、經過問題解決，改良的套件式設計，將使成品被廣泛運用，其優點有：**1.方便拆卸、組裝。2.有蓄電池可以儲存電力。3.套件組為密封設計，具有防水的效果。**是很實用且對人類、對地球有幫助的綠能產品。

柒、討論

- 一、纏繞漆包線時，要力求均勻以減少實驗誤差。
- 二、一樣大小的強力磁鐵，有時磁力會有落差，實驗時應該慎選。
- 三、要控制轉速相當不容易，因此實驗時我們必須再三調整，以減少實驗誤差。
- 四、磁力太強時，距離的選擇很重要，也要再三調整，才能找到最佳結果。
- 五、做這個實驗要很小心，不然很容易被強力磁鐵夾傷，手指頭會流血。

捌、心得感想

在能源短缺的現實生活中，如何尋找綠能發電的方法，是刻不容緩的一件事。透過這個實驗，我們完成一個創新發明的可能，希望這樣的實驗結果可以應用在生活中，讓家家戶戶透過這樣的裝置產生電力，以達到節能減碳的目的。

而在這個實驗中，我們學習到如何使用焊錫槍焊錫，如何連接線路，如何使用電鑽轉動螺絲纏繞漆包線等，都是一個非常難得的學習經驗。

玖、參考資料

- 一、維基百科
- 二、http://video.ee.ntu.edu.tw/~funlearn/doc_download/BY_S0_B16016_080125.pdf
- 三、絕妙好磁：中華民國第 49 屆科學展覽作品。
- 四、閃電二號--水平感應感應線圈之研究與應用：中華民國第 48 屆科學展覽作品
- 五、MIT 一號一腳踏車發電照明之研究：中華民國第 50 屆科學展覽作品
- 六、「蒲福風級表」：http://content.edu.tw/senior/earth/yl_ld/content/6-5/b03.htm



【評語】 080808

學生對於實驗的熱情值得鼓勵，但本實驗對於可預知結果的試驗偏多，然而，科學研究的價值與目的在於解決問題。另外，在應用面完成的作品並未做實際發電量的量測，此為較可惜的部分。