

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081502

搖搖樂

學校名稱：彰化縣福興鄉大興國民小學

作者：	指導老師：
小六 梁哲維	許正源、蘇恆斌
小六 曾凱彥	
小六 梁家瑜	
小六 王盈翔	
小六 許惠盈	
小六 梁雅珊	

關 鍵 詞：磁生電、發電機

作品名稱：搖搖樂

摘要

我們在五下有學到關於電磁鐵的課程，電磁鐵的原理是「電生磁」，後來我們偶然發現發電機的原理剛好和電磁鐵相反，是「磁生電」。面對能源即將匱乏的新環境，環保能源正是流行的議題。

我們選擇手搖式手電筒為主題，先查詢相關資料，再針對發電機的各项變因著手實驗，以驗證隱藏在電磁鐵和發電機背後神奇的科學原理。

研究過程中，我們漸漸瞭解各項變因與產生結果之間的關係，更學習到如何解決困難，也建立起對自己的信心與團隊成員彼此間的信任感，相互之間的合作情形也越來越順暢。最後，我們組裝麵包板(電路板)，完成驚奇的手搖式發電機！希望大家可以多利用環保方式來發電，以減少能源資源的耗損，這樣人類的未來才能永續發展。

壹、研究動機

五年級時，學校以手搖生電的手電筒作為獎品，仔細一瞧，手電筒中只有一塊小磁鐵就能發電，這使我們非常好奇。只記得五下自然科學的第三單元「力的世界」，其中有「電能生磁」這個探索活動，使我們對電生磁有了粗淺的認識，但是手電筒卻能以磁鐵生電發亮，真是不可思議，難道電可以無中生有嗎？如果是這樣我們就不缺電了，不是嗎？

於是，我們在研讀『磁生電』的相關資料，發現磁鐵和線圈的搭配可以生出電力。但是，好玩的手搖發電機要怎樣做？線圈數越多，電池越多，磁力就越強嗎？如何讓電量更多呢？於是我們決定做一個實用的手搖式手電筒來玩，看看磁生電的神奇力量！

貳、研究目的

- (一). 影響手搖發電機的變因有哪些呢？
- (二). 怎樣才會讓磁鐵與線圈產生較大的電力？
- (三). 電生磁，磁生電。用電磁鐵來替代磁鐵，是否能搖出更大的電力呢？

參、研究設備及器材

工具：三用電表、測試線、螺絲起子、尖嘴鉗、直流變壓器、焊槍、焊錫、砵碼。

材料：漆包線、鐵釘、電池、電線、鱷魚夾、LED、白熾燈泡、膠管、廢棄光碟片、二段式開關、二極體、寶特瓶、電容、電路板。

材料說明：LED（右圖）是發光二極體，LED 與一般電泡比較後有以下優點：體積小、反應快、壽命長、低電壓、低電流、量產容易、環保等。



肆、研究方法

一、用 LED 取代三用電表測量『手搖生電』發出的電壓。

(一)方法：(照片 1、2)

- 1.以 1.5V 乾電池及直流變壓器，測試及觀察 LED 發光的情況，求得 LED 發亮所需的電壓。
- 2.先以回收的光碟片製作平台上，嵌入十顆紅色 LED，並加以串聯，製成 LED 電壓測試器。
- 3.再以另一回收的光碟片製作平台上，嵌入二十顆綠色 LED，加以並聯，製成 LED 電流測試器。
- 4.製作線圈與 LED 連接的端子台。

(二) 結果

1. 以 1.5V 乾電池無法點亮 LED，無法點亮；串聯二顆 1.5V 乾電池可點亮 LED。
2. 由表 1，知道一顆 LED 所需的電壓大於 1.5V 小於 3.0V。
3. 由表 2，一顆 LED 所需的電壓約等於 1.75V 會亮。

【表一】以乾電池測試 LED

電池數量	1 顆 1.5V 電池	2 顆 1.5V 電池
LED 發亮燈數	0	1
電壓平均值	0V	3V

【表二】以直流變壓器測試及觀察 LED 發光的情況

電壓數值	4.5V	6V	7.5V	9V	10.5V
點亮燈數	2	3	4	5	6
平均值	2.25V	2V	1.87V	1.8V	1.75V

(三)：製作 LED 電壓及電流測試器。

1. 製作 LED 電壓測試器。【如照片 1】

(1) 先在廢棄光碟片上標示 LED 的位置

(2) 再以鑽孔機在標示處鑽孔。

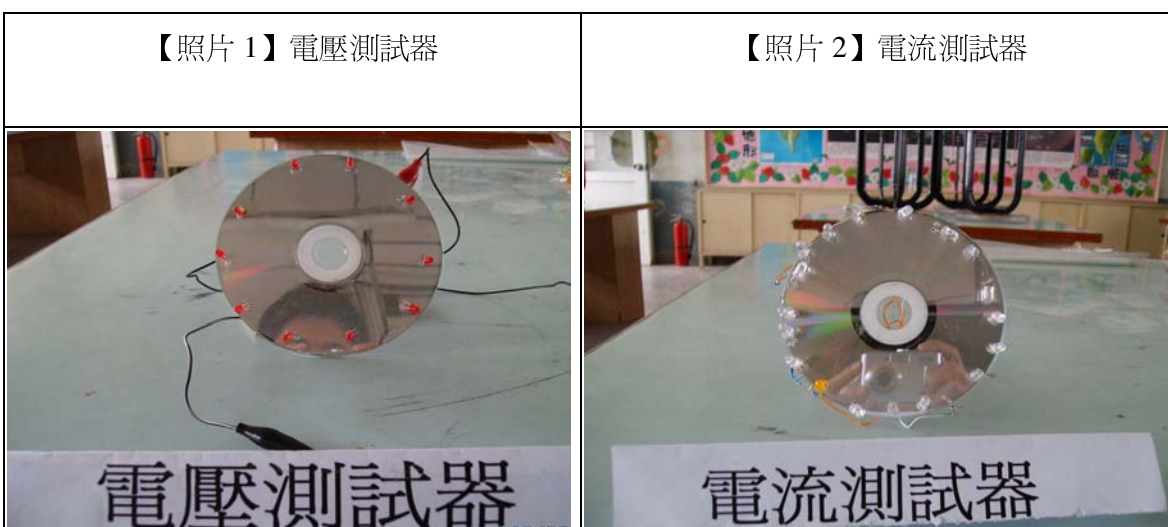
(3) LED 放入光碟片中的小孔，共串聯十顆 LED，製成測試平台，總電壓 $1.75V \times 10$ 約等於 $17.5V$ 。

2. 製作 LED 電流測試器。【如照片 2】

(1) 先在廢棄光碟片上標示 LED 的位置

(2) 再以鑽孔機在標示處鑽孔。

(3) LED 放入光碟片中的小孔，共並聯二十顆 LED，製成測試平台，總電流 $20mA \times 20$ 約等於 $400mA$ 。



二、研究影響手搖發電的變因（如表三）

（表三）

實驗	操縱變因	不變變因								應變變因
		磁鐵 磁力	磁鐵 置放 方向	磁鐵 個數	漆包 線粗 細	線圈 圈數 （長 度）	線圈 纏繞 方式	線圈 纏繞 範圍	二線 圈並 聯、 串聯	
一	磁鐵磁力	—	○	○	○	○	○	○	○	LED 燈數
二	磁鐵置放方向	○	—	○	○	○	○	○	○	三用電表
三	磁鐵個數	○	○	—	○	○	○	○	○	電壓測試 器中 LED 發亮燈數
四	漆包線粗細	○	○	○	—	○	○	○	○	
五	線圈圈數	○	○	○	○	—	○	○	○	
六	線圈纏繞方式	○	○	○	○	○	—	○	○	
七	線圈纏繞範圍	○	○	○	○	○	○	—	○	
八	二線圈並聯、串聯	○	○	○	○	○	○	○	—	

實驗一：以不同磁鐵來測試磁力和 LED 發亮的關係。(如照片 8、9)

操縱變因	磁鐵種類
不變變因	40 號漆包線的長度 200m、順時針纏繞方式、範圍 3cm、磁鐵放置方向、磁鐵個數
應變變因	LED 發亮燈數

(一)方法：

1. 準備二種不同性質的磁鐵及 25g 重的砝碼，測試各種磁鐵所能吸住的砝碼數量，以確定各種磁鐵磁力的大小。
2. 測量不同種類的磁鐵在長度 200m 的 40 號線圈中，手搖發電時 LED 發亮的燈數，重覆做五次。

實驗二：磁鐵放置的方向是否與電壓大小有關？(如照片 10、11)

操縱變因	磁鐵放置的方向
不變變因	強力磁鐵、漆包線粗細、線圈數 600 圈、順時針纏繞方式、範圍 3cm、磁鐵個數
應變變因	三用電表顯示的電壓

(一)方法：

1. 手搖發電時，電表要調到最小電壓（0.25V）指針才有明顯的擺動。所以，將電表刻度劃分成 50 小格，每一格約有 0.005V，測試 5 次平均值紀錄。
2. 左手持膠管右手以順時針纏繞線圈，將磁鐵先後以 N、S 極置入膠管左邊管口內測試來回電壓。
3. 以三用電表測試一顆 1.5V 3 號電池，觀察及比較指針擺動的情形。

實驗三：磁鐵個數是否影響電壓大小關係。(如照片 13)

操縱變因	磁鐵個數
不變變因	一般磁鐵、40 號漆包線、線圈數 2000 圈、順時針纏繞方式、纏繞範圍 3cm、磁鐵放置的方向
應變變因	LED 發亮燈數（電壓）

(一)方法：

1. 準備 16 個直徑 2.2cm 的一般磁鐵，測試吸附在一起後的磁力。(一個直徑 2.2cm 磁鐵厚度約 0.5cm。)
2. 分次放入 1 到 16 個磁鐵進入線圈寬度 3cm。
3. 以 LED 電壓測試器測量 LED 發亮燈數。

實驗四：漆包線的粗細，與電壓大小的關係（如照片 14）

操縱變因	漆包線的粗細
不變變因	強力磁鐵、40 號漆包線、纏繞方式、1000 圈、纏繞範圍 3cm、磁鐵放置的方向、磁鐵個數
應變變因	LED 發亮燈數（電壓）

(一)方法：

1. 分別將 40 號、35 號、30 號漆包線纏繞成 1000 圈的線圈
2. 以 LED 電壓測試器測量 LED 發亮燈數。

實驗五：線圈數與電壓大小的關係（如照片 15）

操縱變因	線圈數
不變變因	磁鐵種類、40 號漆包線、繞線範圍 3cm、順時針纏繞方式、磁鐵放置的方向
應變變因	LED 發亮燈數（電壓）

(一)方法：

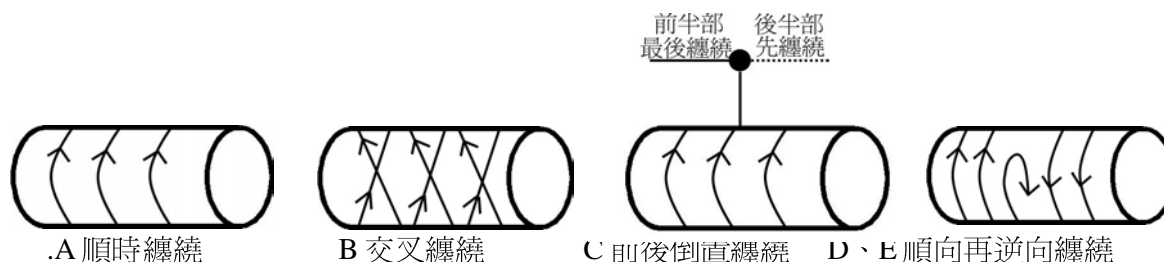
- 1.將 40 號線圈纏繞成範圍 3 公分的寬度，分別以強力及一般磁鐵置入膠管內來回搖動。
- 2.分別以 LED 電壓測試器測量 LED 發亮燈數。
- 3.將 30 號線繞在磁鐵上，繞 500 圈，線頭兩端連接三用電表測量是否有電？

實驗六：線圈不同纏繞方式和電壓大小的關係。(如照片 16、17)

操縱變因	線圈纏繞方式不同
控制變因	強力磁鐵、40 號漆包線、線圈數 1000 圈、繞線範圍 3cm、磁鐵放置的方向、磁鐵個數
應變變因	LED 發亮燈數

(一)方法：

1. A 膠管順時纏繞：以順時針交叉相繞。
2. B 膠管交叉纏繞：斜向交叉纏繞。
3. C 膠管前後倒置纏繞：先順時 500 圈再反向 500 圈纏繞。
4. D 膠管順向再逆向纏繞：從中間開始順時針纏繞，先繞完後半部 500 圈，再繞前半部 500 圈。
5. 依次將 LED 電壓測試器鱷魚夾夾住線圈前後兩端，重覆測試五次。
6. E 膠管：如前實驗中的 D 膠管，將 40 號線圈，繞線 2000 圈的膠管 3CM，前 1000 圈以順時針纏繞線圈，後 1000 圈逆時針繞圈。
7. 依次解開 E 膠管線圈 200 圈，以電壓測試器測試及觀察電壓的改變。



實驗七：線圈纏繞範圍與電壓大小的關係。(如照片 18)

操縱變因	線圈纏繞範圍
不變變因	強力磁鐵、40 號漆包線、線圈數 1000 圈、順時針纏繞、磁鐵放置的方向、磁鐵個數
應變變因	LED 發亮燈數

(一)方法：

- 1.固定線圈數，將線圈纏繞的範圍分別以 1、3、5 公分的寬度纏繞在管子。
- 2.讓強力磁鐵置入膠管內交互運動，以 LED 電壓測試器測量電壓的變化。

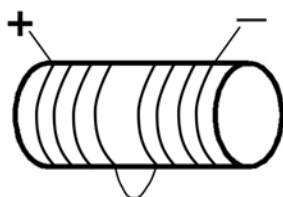
實驗八：二線圈串聯或並聯在一起，電量是否會比單一線圈還大呢？（如照片 19、20）

操縱變因	二線圈串聯或並聯
不變變因	強力磁鐵、40 號漆包線、1500 圈、線圈順時針纏繞、繞線範圍 1cm、磁鐵放置的方向、磁鐵個數
應變變因	LED 發亮燈數

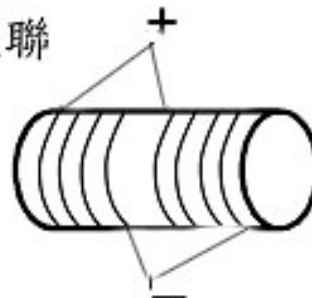
(一)方法：

- 1.將 40 號線圈，以順時針纏繞二個線圈，每個線圈繞線範圍 1cm，各繞 1500 圈。
- 2.二線圈間隔 1CM、3CM、5CM 並串聯。
- 3.將電壓測試器測試磁鐵來回運動的電壓值，再紀錄。
- 4.二個線圈並聯、間隔 3CM。
5. 將電壓測試器測試磁鐵來回運動的電壓值，再紀錄。

串聯



並聯



三、電生磁，磁生電嗎？以電磁鐵代替磁鐵測量生電情形。(如照片 3)

(一)方法：

1. 膠管上有 30 號漆包線纏繞 400 圈，纏繞在六根鐵釘上，製成電磁鐵。
2. 串聯二顆 1.5V 電池，置放於膠管線圈內。
3. 將電壓測試器測試電磁鐵來回運動的電壓值，再紀錄。

四、製作簡易手搖電筒

(一)方法：

1. 準備材料：LED、膠管、電容、二極體、鋁箔紙、二段式開關、40 號線圈、鉚錫、強力磁鐵、寶特瓶。
2. 準備工具：電表、焊槍、尖嘴鉗、剪刀。
3. 以 40 號漆包線順時針纏繞線圈 1500 圈、繞線範圍 1cm。
4. 再裁剪保特瓶上部，貼上鋁箔紙製作成手電筒的聚光頭。
5. 在手電筒上安裝線圈、二極體與電容。
6. 一起組裝電路板上，完成「驚奇的手搖手電筒」成品。

伍、研究結果

一、由實驗一：不同磁鐵和 LED 發亮的關係，所得到結果

1.各種磁鐵的磁力比較，強力磁鐵 > 一般磁鐵，如表四。

【表四】各種磁鐵的磁力比較

磁鐵種類	強力磁鐵	一般磁鐵
吊掛砝碼數	30 個	2 個
導電性	良好	差

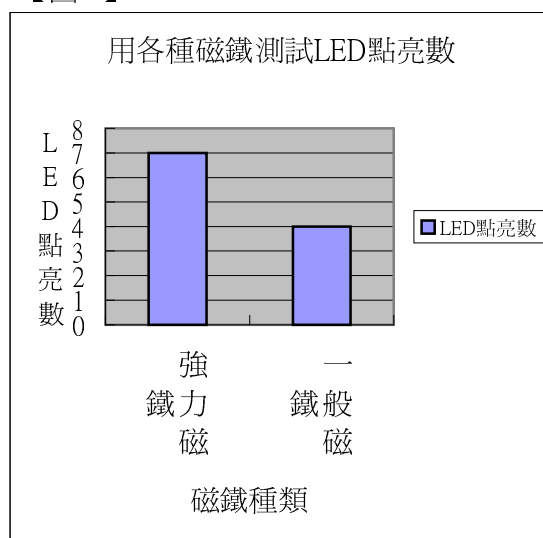
2. 上述二種磁鐵在手搖發電時，磁力愈強，LED 亮的個數越多，表示電壓越大。如

表五、圖 1。

【表五】各種磁鐵點亮的 LED 數

磁鐵種類	強力磁鐵	一般磁鐵
LED 點亮數	7 顆	4 顆

【圖 1】



3. 手搖發電只能驅動 LED，而且電流測試器中所並聯的 20 顆 LED 皆能亮。但是，無法點亮白熾燈泡，可見手搖發電的電流量並不大，大約是 400mA，如表六。

【表六】手搖發電點亮的燈泡種類

點亮 燈別 \ 磁鐵	強力磁鐵	一般磁鐵
白熾電燈泡	×	×
LED	○	○

二、由實驗二：磁鐵放置的方向，所得到結果

1. 當線圈是順時針纏繞時，測試 10 次平均值紀錄，磁鐵 S 極先置入比磁鐵 N 極先置入大約多 0.025V。如表七。



【表七】磁鐵以 N 極或 S 極先置入測得電壓數

電壓 磁別 \ 線圈	25 號線圈	30 號線圈	35 號線圈	平均值
N 極先置入左邊	0.075V	0.08V	0.1V	0.085V
S 極先置入左邊	0.1V	0.11V	0.12V	0.11V

2. 我們也發現磁鐵以 N 極或 S 極先置入測得三用電表指針擺動情形不大一樣。

（最後我們在附件一，有補充的實驗及討論）

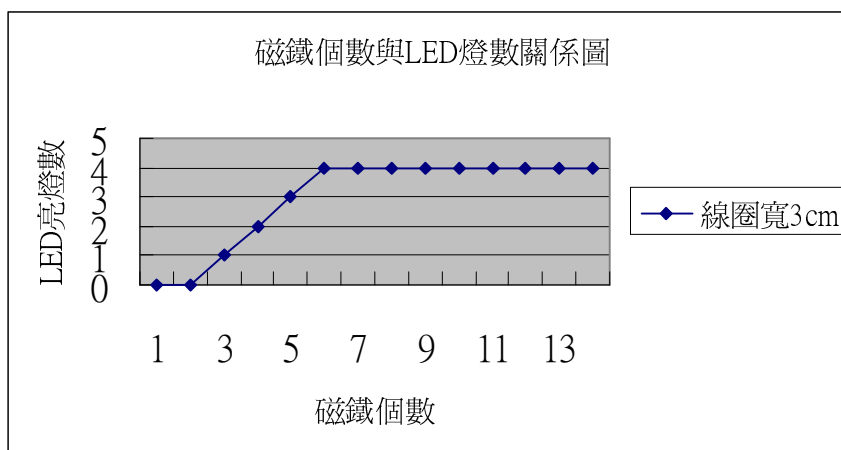
三、由實驗三：改變一般磁鐵的個數，所得到燈數（電壓）

1. 在線圈範圍 3cm 下，磁鐵增加會增加電量，但是到了磁鐵數到了 7 顆就不再增加。如表八、圖 2。

【表八】磁鐵的個數與燈數（電壓）關係

燈數 磁鐵數 線圈寬	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3cm	0	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4

【圖 2】



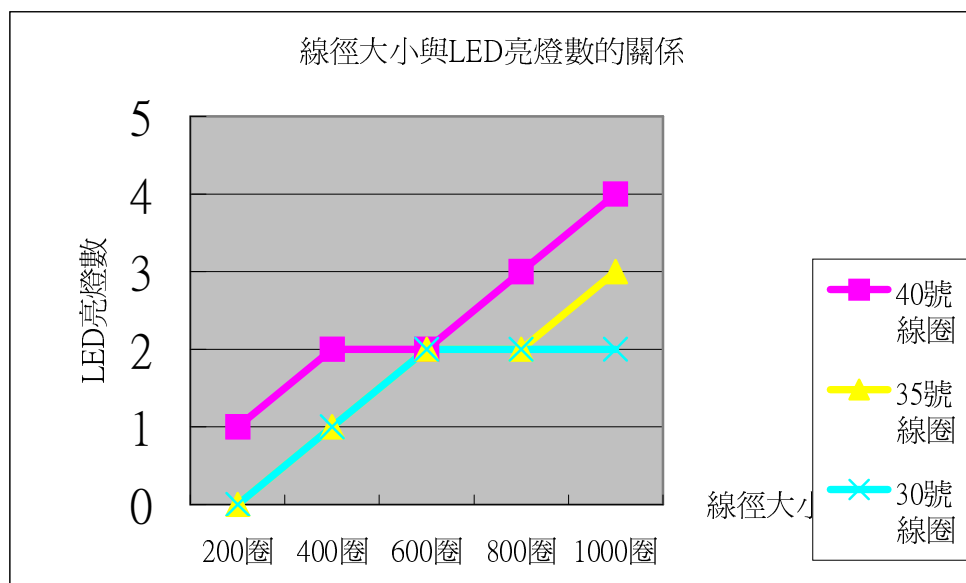
四、由實驗四：改變漆包線的粗細，所測得燈數（電壓）

1. 漆包線的粗細測得電壓大小是：**40 號線圈** > **35 號線圈** > **30 號線圈**。如表九、圖 3。

【表九】漆包線的粗細測得 LED 燈數

燈數 線徑	圈數	200 圈	400 圈	600 圈	800 圈	1000 圈
40 號線圈		1	2	2	3	4
35 號線圈		0	1	2	2	3
30 號線圈		0	1	2	2	2

【圖 3】

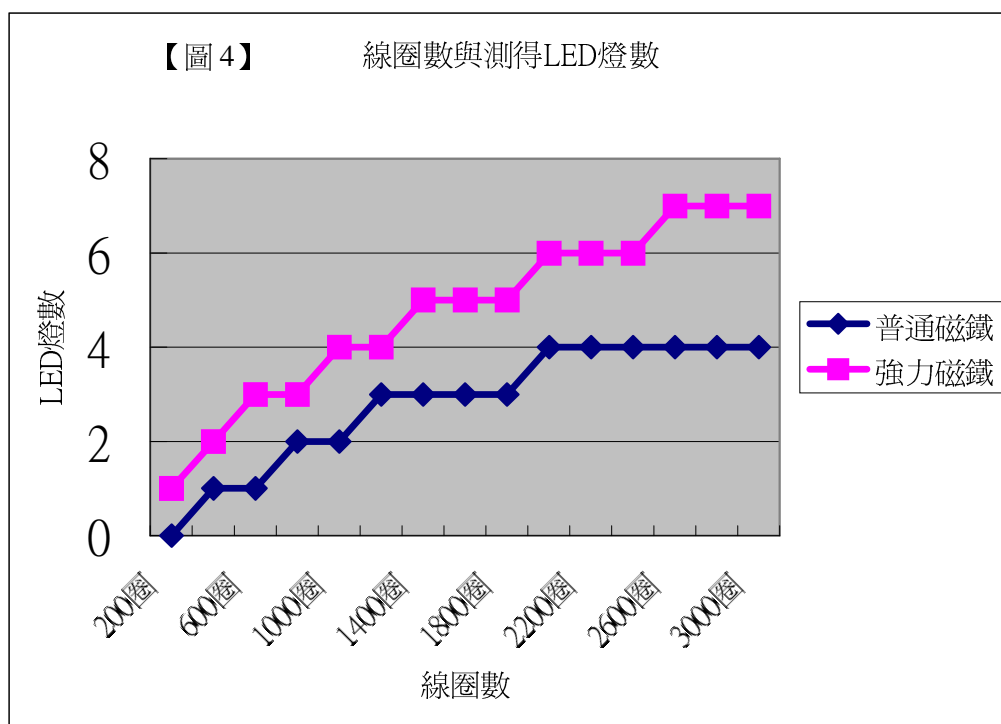


五、由實驗五：線圈數與電壓的關係所測得的結果

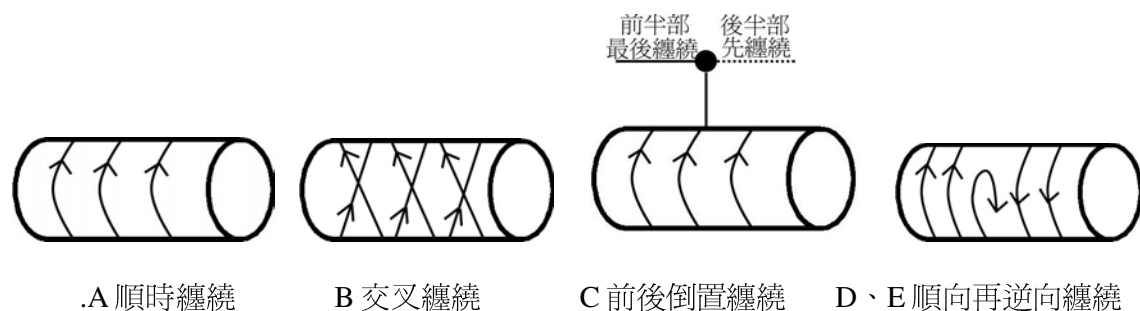
1. 線圈數愈大所測得的電壓愈大，但是線圈數隨著 LED 燈數的增加有一定極限：如表十、圖 4。
2. 以強力磁鐵置入 40 號線圈中搖動，燈數最大值在 2600 圈時 LED 亮 7 顆，電壓約為 12.5V。
3. 以普通磁鐵置入 40 號線圈中搖動，燈數最大值在 2000 圈時 LED 亮 4 顆，電壓約為 7V。
4. 磁鐵靜置線圈中，LED 不會發亮。

【表十】線圈數與測得 LED 燈數

燈數 磁鐵 圈數	200 圈	400 圈	600 圈	800 圈	1000 圈	1200 圈	1400 圈	1600 圈	1800 圈	2000 圈	2200 圈	2400 圈	2600 圈	2800 圈	3000 圈
普通磁鐵	0	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
強力磁鐵	1	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7



六、由實驗六：線圈纏繞方式不同所測得 LED 燈數（電壓）結果



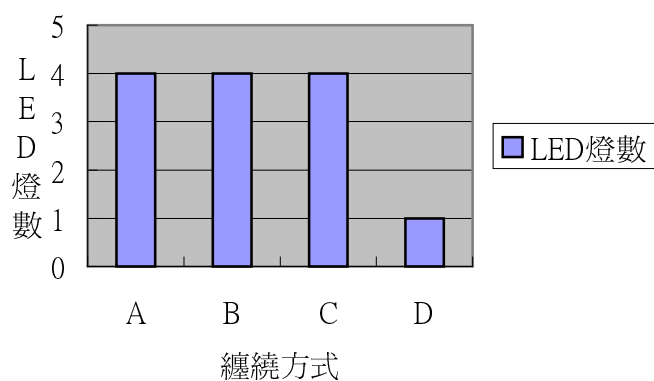
1. A、B、C 膠管等三種測試後 LED 亮的個數皆為 4 個，電壓約為 7V，如表十一、圖 5。

2.D 膠管前五百圈順時針繞圈，後五百圈逆時針繞圈所測得的結果只亮一個燈。

【表十一】 線圈纏繞方式與所測得 LED 燈數

	對照組	實驗組		
纏繞方式	A 順時針	B 交叉相繞	C 前後倒置纏繞	D 順向再逆向纏繞
LED 燈數	4	4	4	1

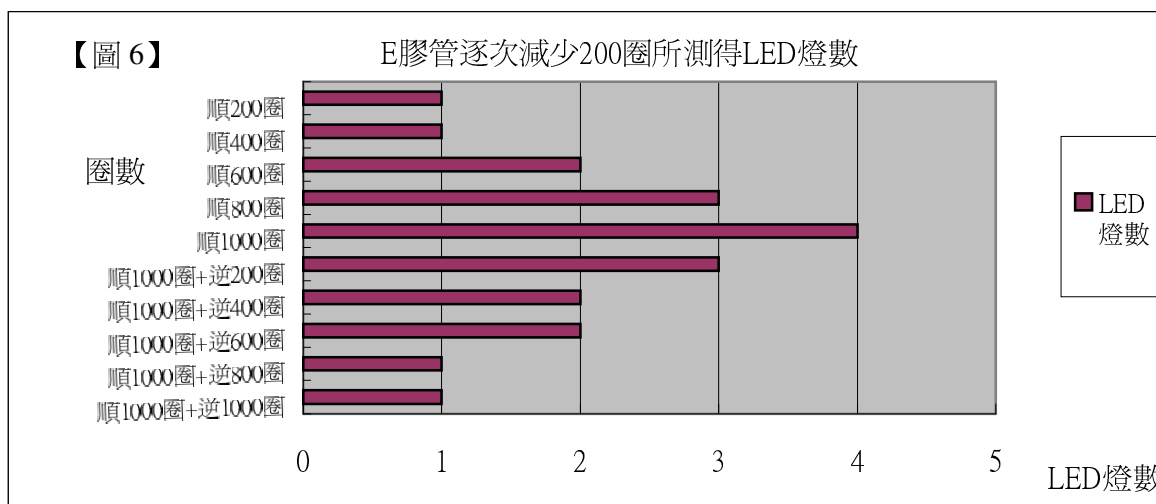
【圖 5】 線圈纏繞方式所測得 LED 燈數



3. E 膠管前 1000 圈順時針繞圈，後 1000 圈逆時針繞圈逐次減少 200 圈後，LED 亮的燈數會隨著反向纏繞的圈數減少而增加。如表十二、圖 6。

【表十二】 E 膠管逐次減少 200 圈後，LED 亮的燈數

總圈數	2000 圈	1800 圈	1600 圈	1400 圈	1200 圈	1000 圈	800 圈	600 圈	400 圈	200 圈
順時針	1000 圈	1000 圈	1000 圈	1000 圈	1000 圈	1000 圈	800 圈	600 圈	400 圈	200 圈
逆時針	1000 圈	800 圈	600 圈	400 圈	200 圈	0 圈	0 圈	0 圈	0 圈	0 圈
LED 燈數	1	1	2	2	3	4	3	2	1	1

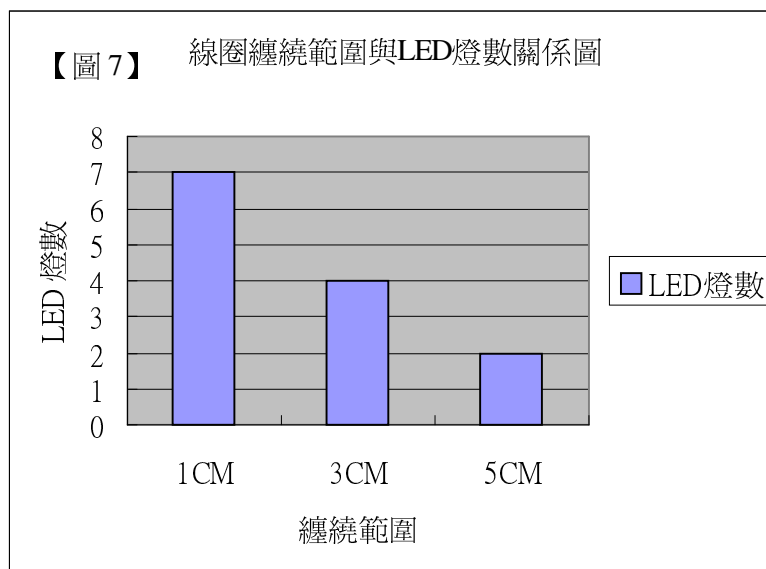


七、由實驗七：纏繞圈數範圍與 LED 燈數（電壓）的關係

1. 纏繞圈數範圍愈小，線圈愈密集，所測得的 LED 燈數愈多。如表十三、圖 7。

【表十三】線圈纏繞範圍

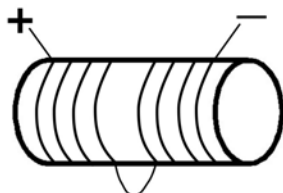
線圈纏繞範圍	1CM	3CM	5CM
LED 燈數	7	4	2



八、由實驗八：二線圈串聯或並聯在一起，電量是否會比單一線圈還大呢？

1. 二線圈串聯一起，電壓量比單一線圈還小。雖然總圈數一樣但是 LED 亮的燈數反而減少。如表十四、圖 8。

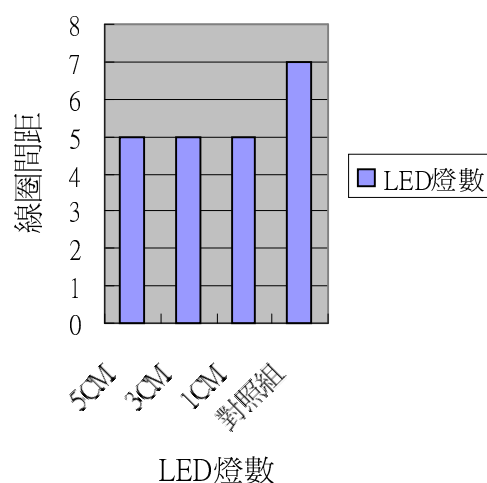
串聯



【表十四】線圈串聯

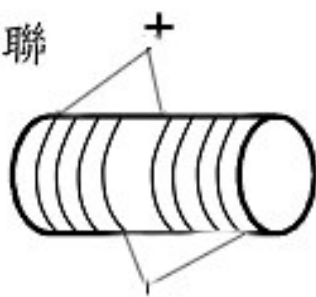
	實驗組 (1500 圈 + 1500 圈)			對照組 (3000 圈)
間隔距離	5CM	3CM	1CM	×
LED 燈數	5	5	5	7

【圖 8】線圈串聯的 LED 燈數



2. 二線圈並聯一起，電壓量比串聯還小呢。雖然總圈數一樣，但是 LED 亮的燈數反而減少。如表十五、圖 9。

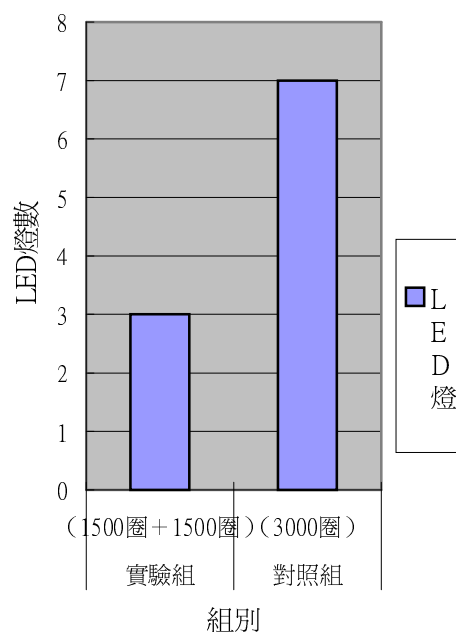
並聯



【表十五】線圈並聯

	實驗組 (1500 圈 + 1500 圈)	對照組 (3000 圈)
LED 燈	3	7

【圖 9】線圈並聯測得 LED 亮燈數



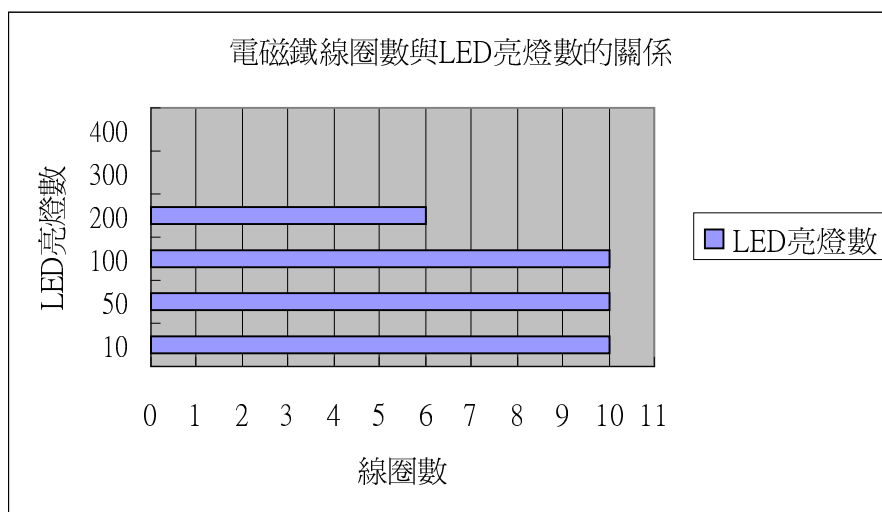
九、以電磁鐵代替磁鐵測量生電情形

1. 電磁鐵通電後放進膠管中上下搖晃，無法點亮 LED。
2. 電磁鐵靜置在膠管線圈中，**電磁鐵斷電瞬間才能點亮 LED**。此時，線圈數只要 10 圈就可以點亮 LED，但是電線溫度高；線圈到 300 圈就無法點亮 LED。如表十六、圖 10。
3. 電磁鐵溫度隨著線圈數減少而升高。

【表十六】 電磁鐵瞬間放電所測得 LED 亮燈數

線圈數	10	50	100	200	300	400
LED 亮燈數	10	10	10	6	0	0
白熾燈泡	×	×	×	×	×	×

【圖 10】



【照片 3】



十、製作手搖手電筒

1. 請教老師，討論與設計電路。
2. 畫出手電筒構造圖及電路設計圖。
3. 焊接零組件。
4. 分工合作，組裝完成，再測試。

照片 4



照片 5



照片 6



照片 7



陸、討論

1. 用三用電表所測得手搖發電的電壓極小，大約 0.1V 左右，是不是有誤差呢？因為手搖發電所產生的電量較少，又容易被電表內的電子元件所耗損，所以不容易做出比較。於是，想到用耗電量較少的 LED 製作成電壓測試器、電流測試器。
2. 為什麼磁鐵通過線圈會產生電流？查得資料（2），原來，當磁鐵通過一線圈內的磁場就會發生變化時，就會產生感應電流。
3. 磁力大小是決定手搖發電的因數之一，磁力越大發電量越強，燈泡越亮。
4. 當線圈是順時針纏繞時，發現以 S 極從左邊管口放進順時針的線圈得到多一些的電壓值，但差距僅約多 0.025V。磁鐵以 N 或 S 極置入膠管測試後，電表指針擺動幅度及過程都不一樣，在附件一我們有更深入的探討。
5. 實驗三中，增加磁鐵數量會增加電量。這讓我們思考到磁鐵的長度會影響到手搖生電的電量。
6. 實驗四中，漆包線的直徑愈細，發出來的電壓越高，顛覆了我們以粗大為好的觀念。既然漆包線的直徑愈細，發出來的電壓越高。所以，以下的實驗就用 40 號漆包線來實驗。
7. 以強力磁鐵測得線圈數愈多電壓愈大，但不是成正比例。
8. 線圈數隨著 LED 燈數的增加是有極限。以普通磁鐵置入 40 號線圈中搖動，燈數最大值在 2000 圈時 LED 亮 4 顆，電壓約為 7V。
9. 實驗六中，我們用 40 號漆包線以不同的纏繞方式來觀察 LED 發亮的情形。如果從頭到尾都同方向纏繞膠管，則產生的亮燈數一樣是 4 顆 LED 的，表示電壓大致相等。
10. 如果以 D 的方式先順時針繞膠管再逆時針繞膠管，這樣會減少電壓量。
11. 逐次解開 E 膠管線圈的漆包線，LED 燈數反而會先增加。可見更明確的解釋出，纏繞方向是影響磁生電的因素之一。
12. 實驗七中，只要纏繞線圈範圍 1CM 既可達到纏繞線圈範圍 5CM 的 3.5 倍的電量。
13. 實驗八中，在圈數總和相同下，二線圈串聯或並聯並沒有比單一線圈有更強的發電量。
14. 為什麼在並聯情形下，所測得的 LED 燈數明顯的減少，而且 LED 燈會閃爍兩次。這

有待我們更進一步的實驗。

15. 研究三中，電也能生磁，磁能生電。就像是兩的要好的兄弟難捨難分，不過電要生磁，再經由磁生電最終得到的電量是不如原來的電量。
16. 研究三中，電磁鐵線圈數愈多為什麼會無法點亮 LED 呢?這與我們先所學的概念不同。經查得資料（8），發現線圈數愈多當然所需的電流量必須大幅提昇才能增強電磁鐵的磁力，我們串聯二顆 1.5V 電池的電量是太小了。只有當電磁鐵通電及斷電當時才會產生極大的電壓，才可以點亮 LED。

柒、結論

經過漫長的探索與研究，我們由實驗中得到了科學探究的樂趣。而且經由細心的觀察以及嚴謹的思辯，讓我們獲得更可信的知識。我們知道要做一個功能很好的發電機，不是一件簡單的事，他須要更深入的理論與方法，也不是小六的我們短時間內所能理解的。不過我們認真去做了，並且得到以下結論：

- (一) 好玩的手搖手電筒中，磁鐵和線圈要相對運動才會生電。磁鐵進出線圈會產生不同的電流方向，這是因為線圈在磁鐵進入時會產生阻擋的磁力；在磁鐵移出時會產生吸引的磁力。
- (二) 好玩的手搖手電筒中，手搖發電的電壓最大值是必須兼具以下因素：
 - (1) 以 LED 燈泡代替一般白熾燈泡。
 - (2) 磁鐵磁性愈強，發電量愈多。
 - (3) 漆包線愈細，發電量愈多。
 - (4) 纏繞線圈愈多，發電量愈多，但有一定的極限。
 - (5) 線圈纏繞方向要固定。
 - (6) 纏繞範圍以愈窄，發電量愈多。
 - (7) 以磁鐵 S 極進入膠管左邊（順時針纏繞線圈）；或者是以磁鐵 N 極進入膠管右邊（順時針纏繞線圈），發電量有比較多。

(三) 本研究中製作手搖發電的最佳組合：

(1) LED 燈泡

(2) 強力磁鐵

(3) 40 號漆包線

(4) 纏繞線圈 1500 圈

(5) 線圈纏繞方向要固定

(6) 纏繞範圍以 1CM 為佳

(7) 以磁鐵 S 極進入膠管左邊（順時針纏繞線圈）；或者是以磁鐵 N 極進入膠管右邊（順時針纏繞線圈）。

所測得 9 個 LED 燈亮，電壓大約等於 15.75V。

(四) 以電磁鐵替代磁鐵所發出的電壓量太小了，不符合節能的原則。

捌、參考資料

1. 佘曉清 教授網站。電磁感應。http://sciedu.cc.nctu.edu.tw/practice/threehair/page_1.htm。
2. 光復科學圖鑑（民國 92）。電氣（8-35 頁）。光復書局。
3. 五下自然第三單元「力的世界」（民國 94），「電能生磁」單元。牛頓。
4. 小牛頓科學百科 4（民國 88），牛頓。
5. 胡裕民等譯（民國 94）。電磁感應。物理（579-612 頁）。高利。
6. 小山壽（民國 89）。恐怖電磁波。世茂。
7. 周秋香（民國 94）。電與磁。自然科學與生活科技概論（127-134 頁）。心理出版社。
8. 張文亮（民國 90）。法拉第的故事，文經社，167。
9. 涂維聖網站。冷次定律。<http://www.sljhs.ylc.edu.tw/bandit/teach2.htm>
10. 台北市內湖國小。奧斯特法拉第聊天室。第 42 屆中小學科展。

附件一：

補充實驗：磁鐵放置的方向是否影響電表指針擺動及電壓？

操縱變因	磁鐵放置的方向（先以 N 極或 S 極置入膠管）
不變變因	強力磁鐵、漆包線粗細、線圈數 600 圈、順時針纏繞方式、範圍 3cm
應變變因	三用電表顯示的電壓

（一）方法：

- 1.先用指北針測試強力磁鐵的 N、S 極，並標示出來。
- 2.左手持膠管右手以順時針纏繞線圈，將磁鐵先以 N 極置入膠管左邊管口內測試來回電壓，再以 S 極置入膠管內測試來回電壓。
- 3.以三用電表測試一顆 1.5V 3 號電池，觀察及比較指針擺動的情形

（二）結果

1. 當線圈是順時針纏繞時，磁鐵以 N 極或 S 極先置入手搖發電，測得電表指針擺動過程不一樣，幅度也有差異，如表十七、附件照片 10、11、12。
- （1）**N 極**先置入左邊管口，當磁鐵進入線圈時**指針會先向後擺動**，當磁鐵移出線圈時指針會**迅速往前擺動**，再慢慢移回零點。
- （2）**S 極**先置入左邊管口，當磁鐵進入線圈時**指針會直接往前擺動**，當磁鐵移出線圈時指針會**迅速往後擺回**。

【表十七】電表指針擺動情形

擺動方式 \ 線圈 磁別	25 號線圈	30 號線圈	35 號線圈
N 極先置入左邊	先後擺再前擺	同左	同左
S 極先置入左邊	先前擺再後擺	同左	同左

（三）討論

1. 當線圈以順時針纏繞時，不管磁鐵是 N 或 S 極先置入左邊進入線圈時，指針都會有向前擺及向後擺兩種情形，只是先後順序不同。查得資料（9），知道這是因為當磁鐵若以 N 極向左靠近線圈時，所產生的感應電流想把磁鐵斥開，指針往後擺動（這好像是媽媽在身邊時靠近你，對你無微不至照顧你時，你常會嫌煩，希望媽媽不要煩你，抗拒媽媽的靠近。）；當磁鐵以 S 極向右遠離線圈時，所產生的感應電流想把磁鐵拉回，指針往前擺動。（這好像是當你離家，出外求學，媽媽要離開身邊時，又會想到「世上只有媽媽好」。）
2. 手搖磁鐵生電發現電表指針會先上後下，或者先下後上，這表示電流的方向會有改變。因為我們以三用電表測試一顆 1.5V 三號電池，若電表正極接電池正極則指針只往前擺動；若電表正極接電池負極（電表負極接電池正極）則指針只往後擺動。

（四）結論

1. 實驗時應該固定纏繞線圈的方式。

附件二：實驗照片

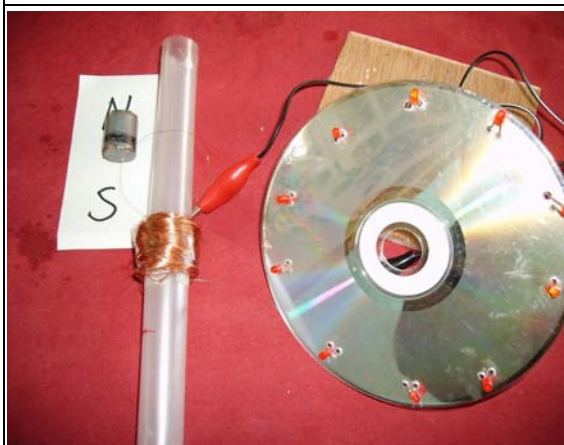
照片 8



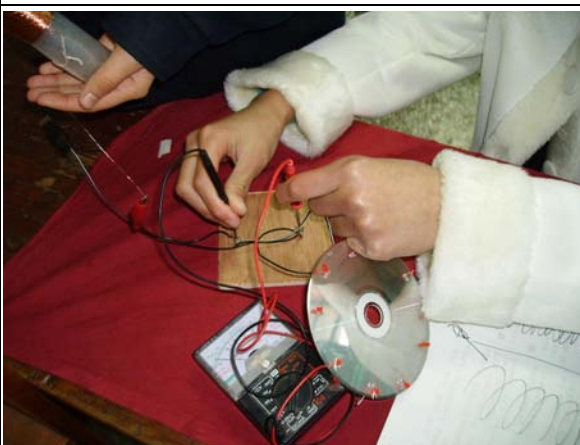
照片 9



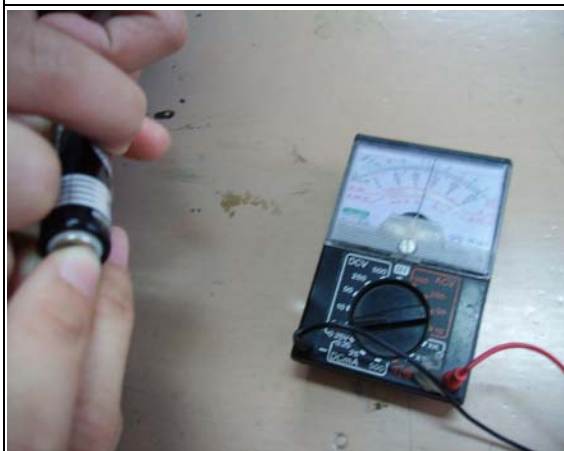
照片 10



照片 11



照片 12



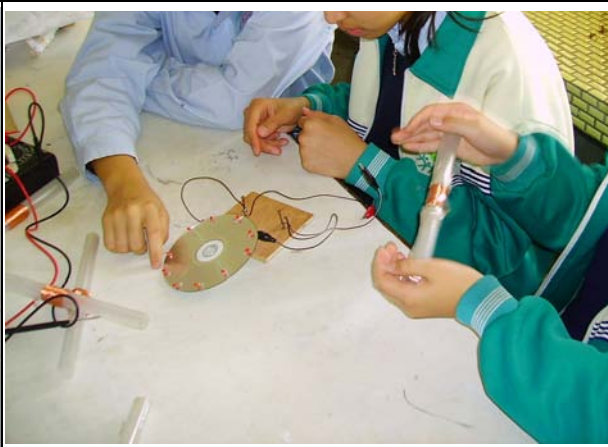
照片 13



照片 14



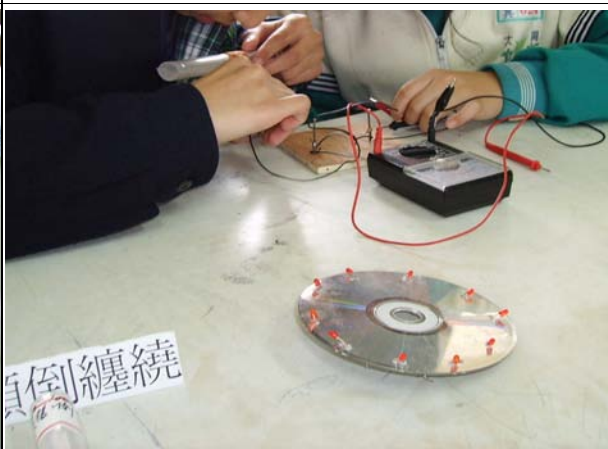
照片 15



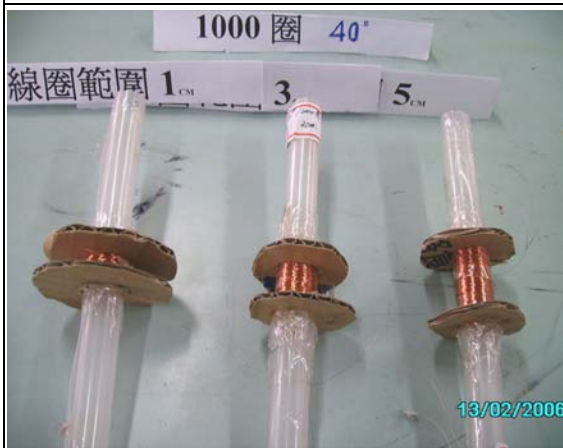
照片 16



照片 17



照片 18



照片 19



照片 20



照片 21



照片 22



評語

081502 搖搖樂

1. 自信心略顯不足。
2. 表達能力待加強。
3. 態度認真。
4. 參展報告內容可再加強。