

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-應用科學科

科 別：生活與應用科學

組 別：國小組

作品名稱：奧斯特法拉第聊天室

關鍵詞：電生磁、磁生電、電磁波

編 號：080819

學校名稱：

臺北市內湖區碧湖國民小學

作者姓名：

鍾介恆、鄒運政、許天瑜、高雅婷

指導老師：

詹秀玉、林淑如



作品名稱：奧斯特法拉第聊天室

摘要

本研究的目的是有三個：一、怎樣用『奧斯特電生磁』的原理做出好玩的超強電磁鐵？二、怎樣用『法拉第磁生電』的原理做出好玩的發電機？三、怎樣才會產生電磁波？

做『好玩的超強電磁鐵』實驗時，我們自組實驗台，以螺絲、天平等測量磁力大小，探討線圈數、線徑、電壓、電流和溫度之間關係。

做『好玩的發電機』實驗時，我們用落地生電、手搖生電、搖搖樂自動發電機和伽利略生電台的方法，觀察電力大小與磁鐵個數、磁鐵運動速度、線圈數、繞線範圍之間關係。好玩的超強電磁鐵和發電機分別以數位玩具 D3 測量，是否會發出電磁波。

本研究發現：

- (一) 好玩的超強電磁鐵是由線圈數、線徑和電壓高低，相互配合設計出來的，不是課本說的，越多圈磁力就越強。電壓越高磁力越強，但線圈很快發燙，磁力卻會變小。
- (二) 好玩的發電機中，磁鐵和線圈要相對運動才會生電；運動速度越快、個數越多、線繞得越集中，電力就越大，但發現也有極限。速度是否也存在極限？我們會繼續研究。
- (三) 好玩的發電機會發出電磁波。

一、研究動機

學習國小五上自然第七單元「聽話的磁鐵」後，我們對奧斯特『電生磁』的原理非常好奇，線圈數越多，電池越多，磁力就越強嗎？照課本方法，做出來的電磁鐵，只能吸引兩三支迴紋針，磁力太小不好玩，很想做一個超強電磁鐵來玩，看有多神奇！

在研讀奧斯特『電生磁』相關資料時，又發現另一個電磁科學家法拉第『磁生電』的故事，究竟磁鐵和線圈如何生出電力？好玩的發電機要怎樣做？我們更想一試！

另外，數位玩具 D3 的說明書中說：有電流通過的地方就有電磁波，D3 感應得到，那麼好玩的超強電磁鐵和發電機會不會發出電磁波？

二、研究目的

- (一).怎樣用『奧斯特電生磁』的原理，做出好玩的超強電磁鐵？
- (二).怎樣才能讓磁鐵和線圈發電，做出好玩的發電機？
- (三).怎樣才會產生電磁波？

三、研究設備及器材

工具：三用電表、測試線、螺絲起子、尖嘴鉗、斜口鉗、鋸子、熱熔槍、資訊配備、上皿天平、電腦、示波器；

材料：漆包線、鐵心、電池盒、電池、砂紙、電線、小馬達、電線。

四、研究過程或方法

研究一：基礎研究、觀察電與磁鐵特性，應證『奧斯特電生磁』的原理。

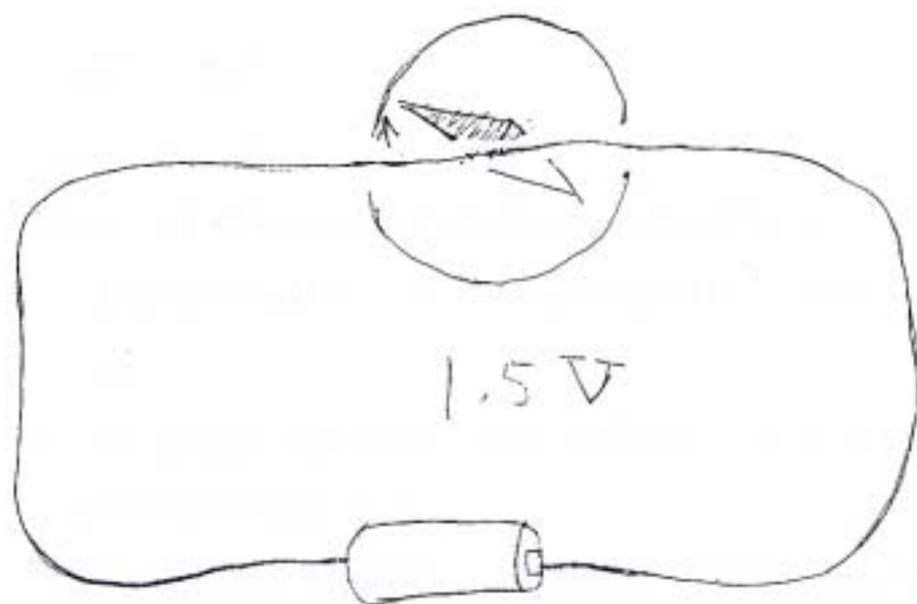
(一)方法：（圖一~二；附件照片 1~3）

1. 自製指北針。
2. 通電導線與指北針接近觀察變化。

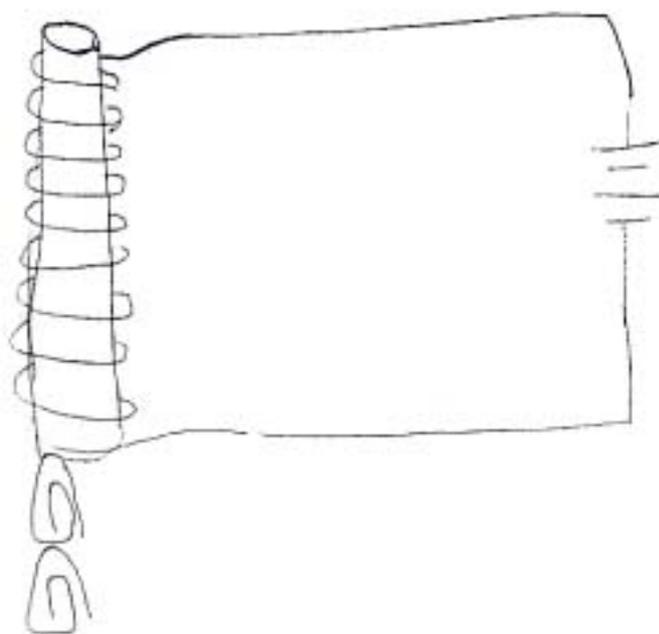
(二)結果(附件照片 1~3)

(三)討論：

1. 自製指北針漂浮在水上，尋找地球北方的位置。
2. 通電的導線產生磁力，牽引指北針偏轉快速漂移。
3. 如果磁針很細，磁力太小，偏轉不明顯。
4. 應證了『奧斯特電生磁』的原理。



圖一 通電導線與指北針接線圖



圖二 電磁鐵試驗接線圖

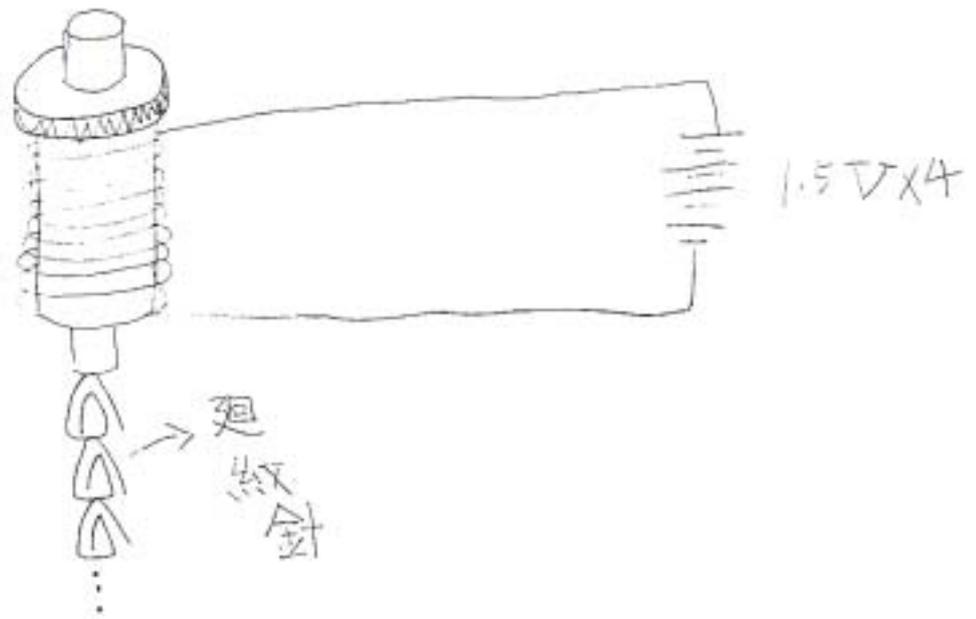
研究二：組裝一個實驗台，觀察不同材質的軸心，放進線圈通電後，磁力有何不同？

(一) 方法：(圖三-四)

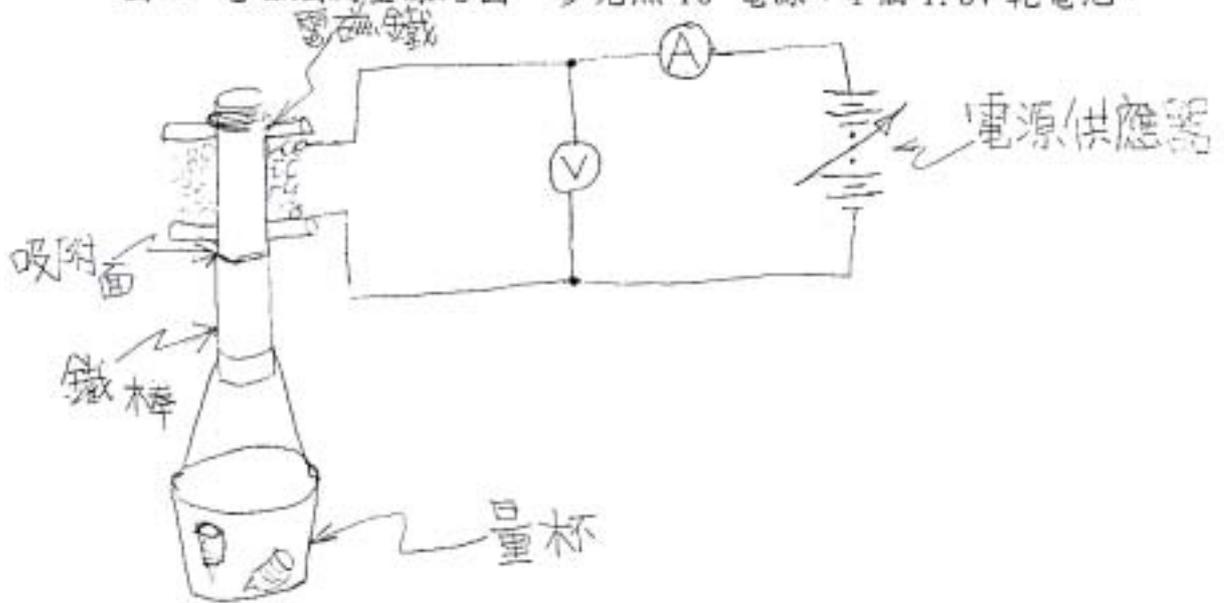
1. 應用『奧斯特電生磁』的原理自製電磁鐵(附件照片 4-6)。
2. 去年科展製作『萬獸之王』的加工技術和剩餘材料，組裝實驗台進行實驗(附件照片 10)。
3. 手工繞一線圈(1111 圈，線徑 0.3mm，吸管直徑 1.2cm 長 5cm 為軸，把線圈固定在實驗台上(附件照片 13-14)。
4. 將不同材質的軸心，依編號放入線圈中通電，觀察記錄能吸引幾個迴紋針(附件照片 15-22)。

(二) 結果與討論：(附件照片 16-22)

1. 電磁鐵軸心應為鐵材質且不能有殘磁；編號 1、2、3、4、7、13、26 有殘磁。
2. 編號 17、21、22 斷面有銳利邊，磁力線聚集銳利處。螺紋越多磁力越小。
3. 同直徑的鐵心越長，磁力越小。乾電池通電中，電壓隨時間下降，線圈越來越熱，磁力變小。
4. 怎樣控制電壓與溫度以維持磁力大小？線圈數和磁力大小的關係？漆包線直徑大小和磁力有無關係？線圈的疏密程度會影響磁力？
5. 影響磁力因素太多，無法都研究；到光華商場買銅線時，發現已有賣不同線徑的線圈及鐵心，為了讓實驗更精確，我們決定買已規格化的線圈及鐵心做材料，減低變因控制的困難度，也縮小研究範圍，以探討不同電壓、線徑、線圈數與磁力大小的關係為研究重點。



圖三 電磁鐵測量線路圖，參見照 16 電源：4 個 1.5V 乾電池。



圖四 電磁鐵測量線路圖，參見照片 23、25、26-30 電源：1.5V 階段。

研究三：36 號線圈磁力、電壓、線圈數、線徑、溫度的關係，並用上皿天平校正力量。

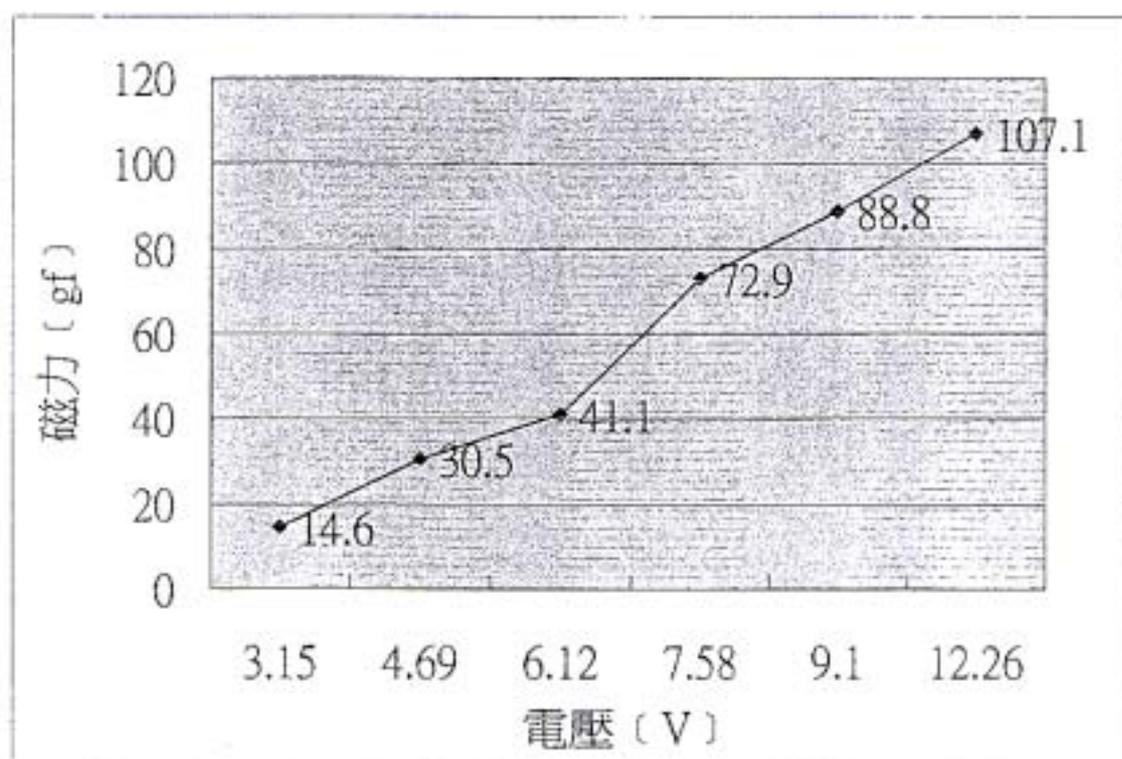
(一)方法：(附件照片 23-38)

- 1.用家裡現有的小電源供應器(小收音機或電子琴用的)當電源；把 36 號線圈放在實驗台，插入直徑 0.8cm 的鐵心；接通電路 (圖四)測試電阻、電壓、電流。
- 2.由小而大依序調整 6 段電壓，進行實驗。觀察紀錄通電鐵心可以吸引多少迴紋針、螺帽、鐵棒；同時紀錄溫度、電壓、電流、通電時間；以上皿天平稱出每次實驗所吸附之迴紋針、螺帽、鐵棒的重量 (附件照片 35-37) 校正成力量單位，並將實驗數據分析以方格紙畫折線圖 (附件照片 38)。
- 3.線圈數對我們的研究很重要，到光華商場買線圈時，只有線徑規格，沒註明線圈數，老闆也不知道。我們想到用手工每次減少 100 圈的方法，直到整個線圈脫完，就可以知到總線圈數了。以 D3 測量看看有沒有電磁波反應。

(二)結果(圖五-十三)

(三)討論：

- 1.除電壓 12V 外，其餘電壓圈數在 625~925 間出線高磁力；電流剛開始很高，之後隨圈數增加慢慢降低。
- 2.通電時間越久，線圈溫度越高，超過 60 度時燙手有焦味。電壓越高電流和磁力都變大。D3 沒有測到電磁波。



36 號線 1725 圈鐵心直徑 0.8cm 漆包線直徑 0.19mm。

圖 五實驗數據分析轉成電腦繪圖：磁力與電壓折線圖

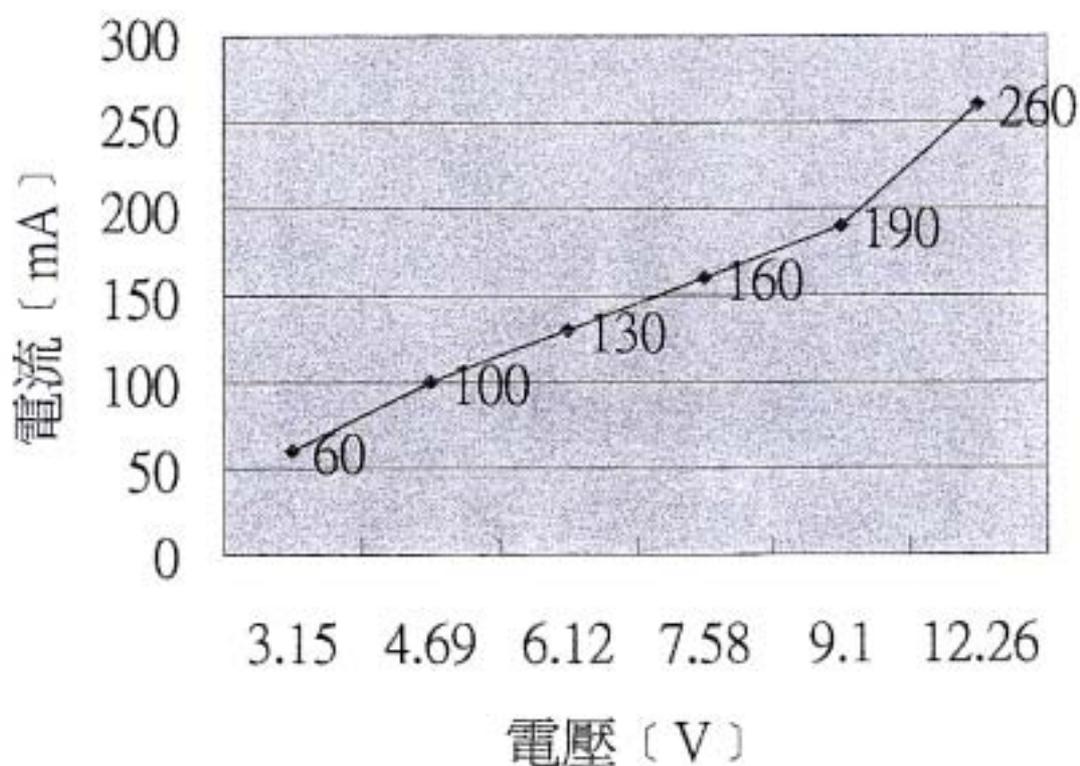
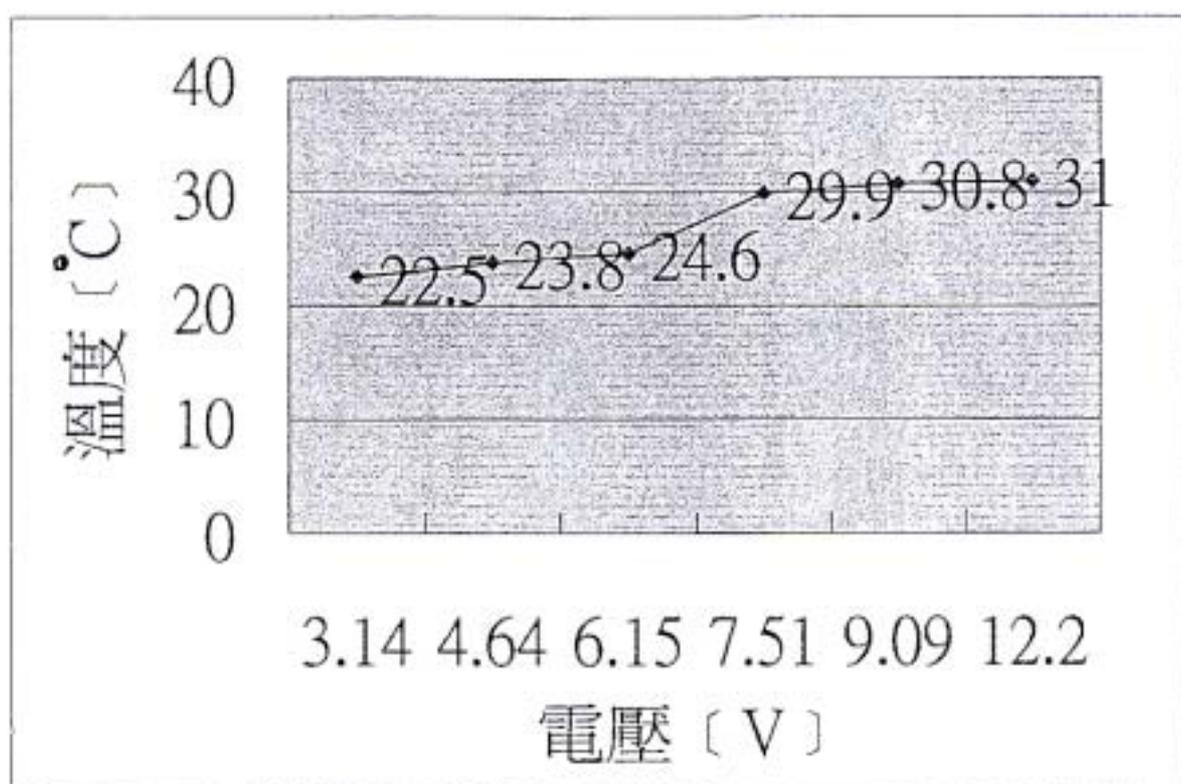
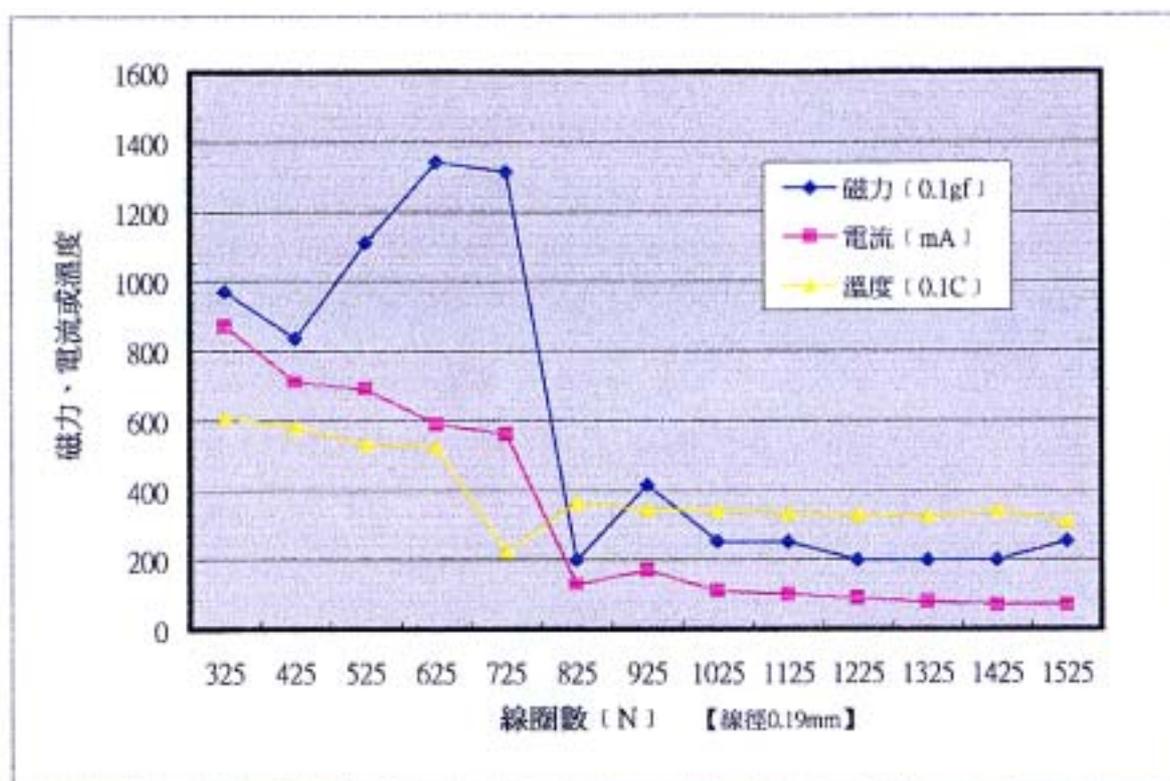


圖 六實驗數據分析轉成電腦繪圖：電流與電壓折線圖。
36 號線 1725 圈鐵心直徑 0.8cm, 漆包線直徑 0.19mm。

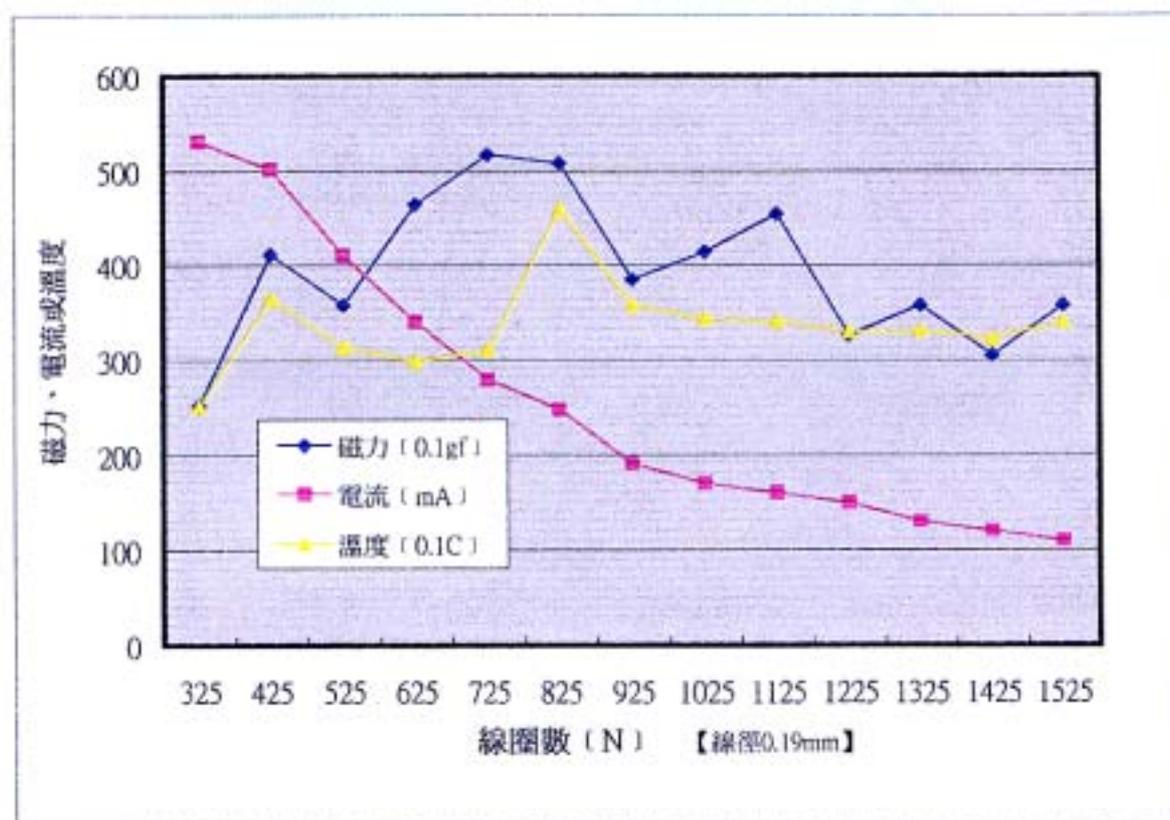


36 號線 1625 圈鐵心直徑 0.8cm 漆包線直徑 0.19mm。

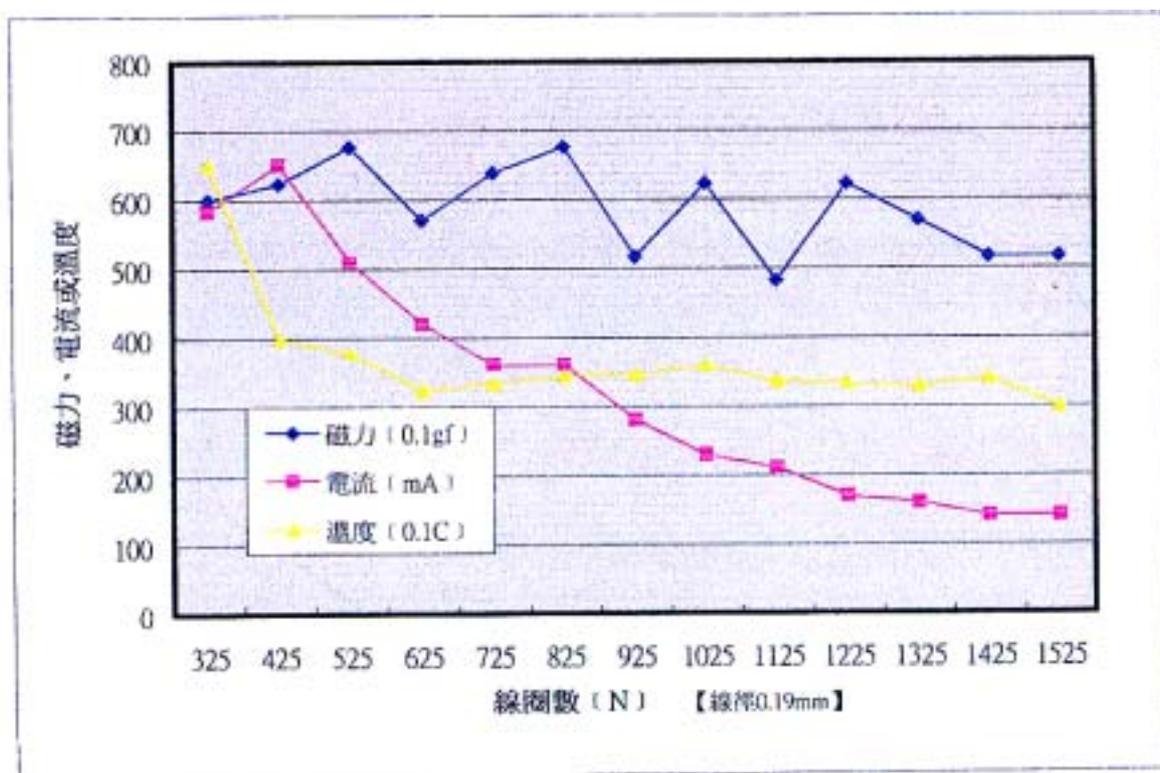
圖七 實驗數據分析轉成電腦繪圖：溫度與電壓折線圖。



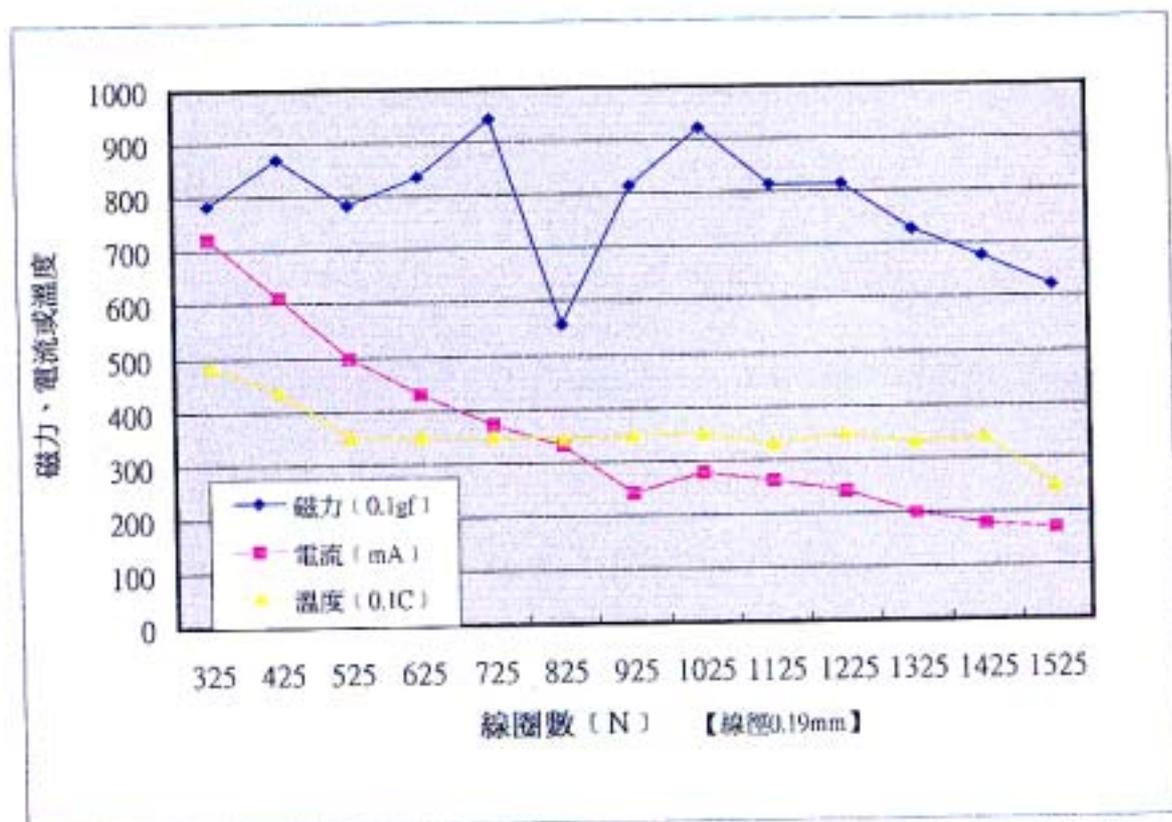
圖八 定電壓：3V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔36號〕。



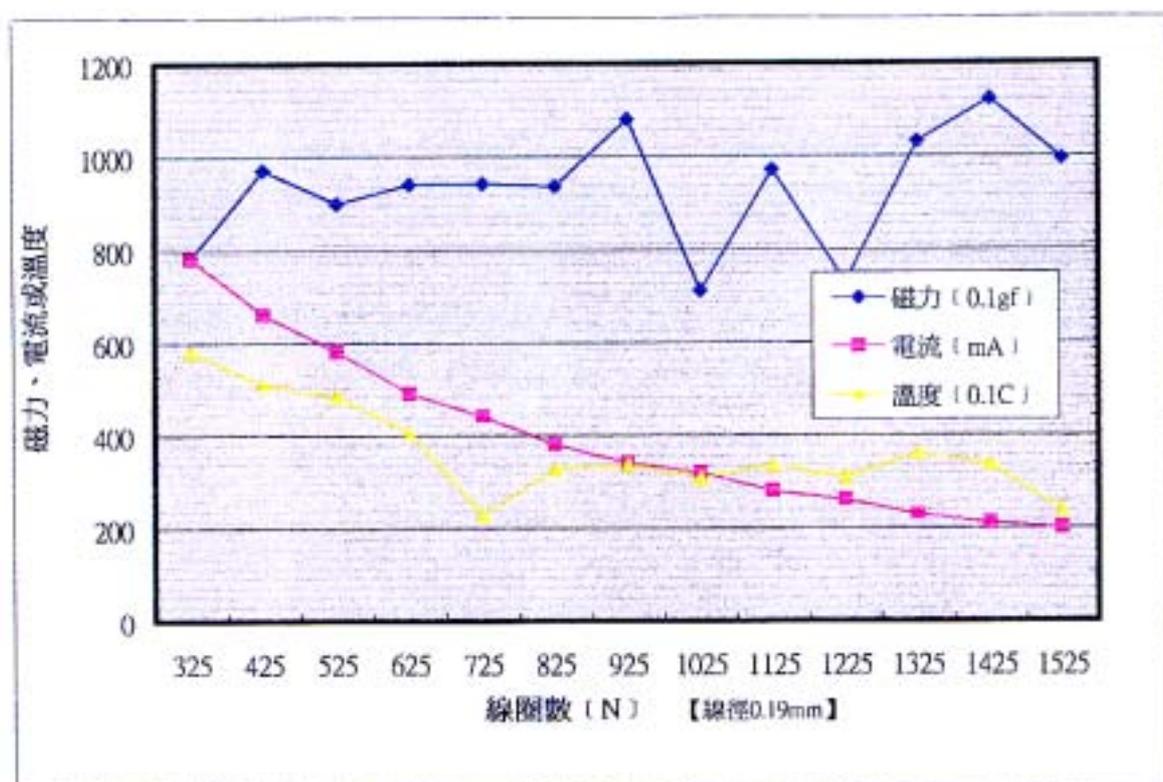
圖九 定電壓：4.5V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔36號〕。



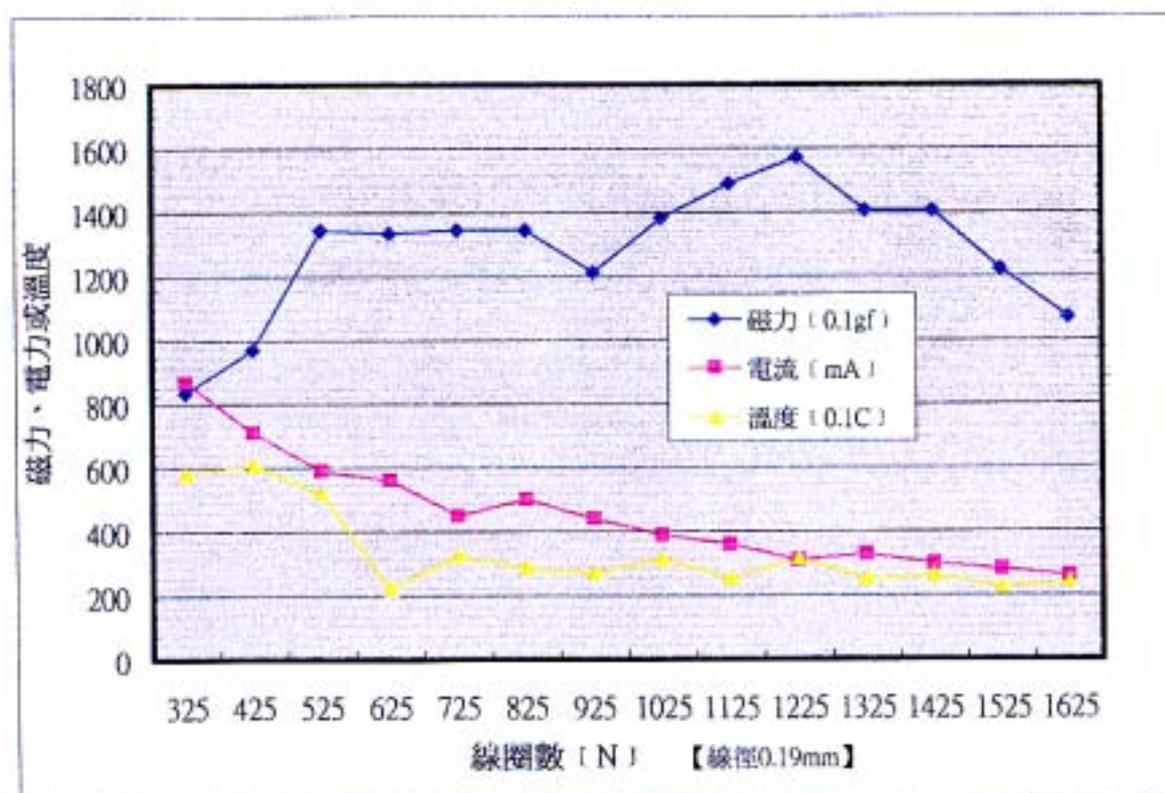
圖十 定電壓：6V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔36號〕。



圖十一 定電壓：7.5V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔36號〕。



圖十二 定電壓：9V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔36號〕。



圖十三 定電壓：12V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔36號〕。

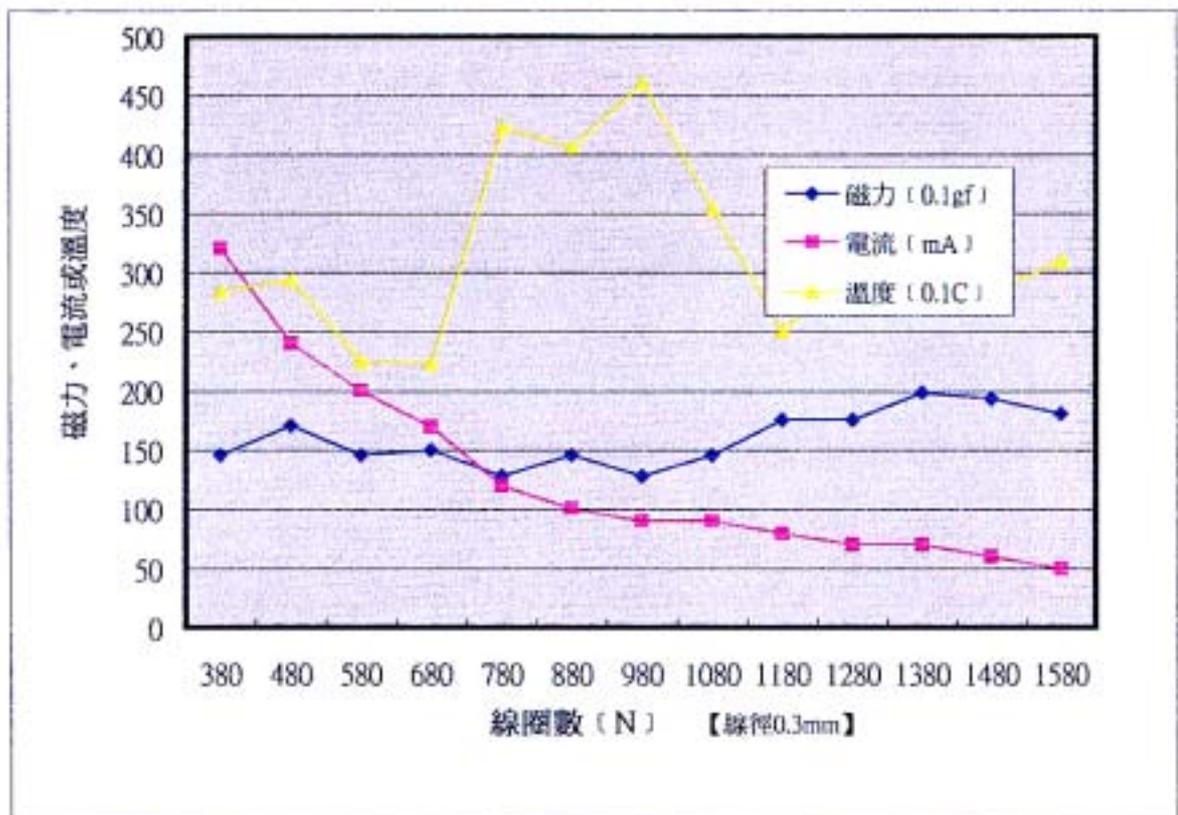
研究四 30 號線圈磁力、電壓、電流、圈數和線徑大小的關係。

(一)方法同研究三

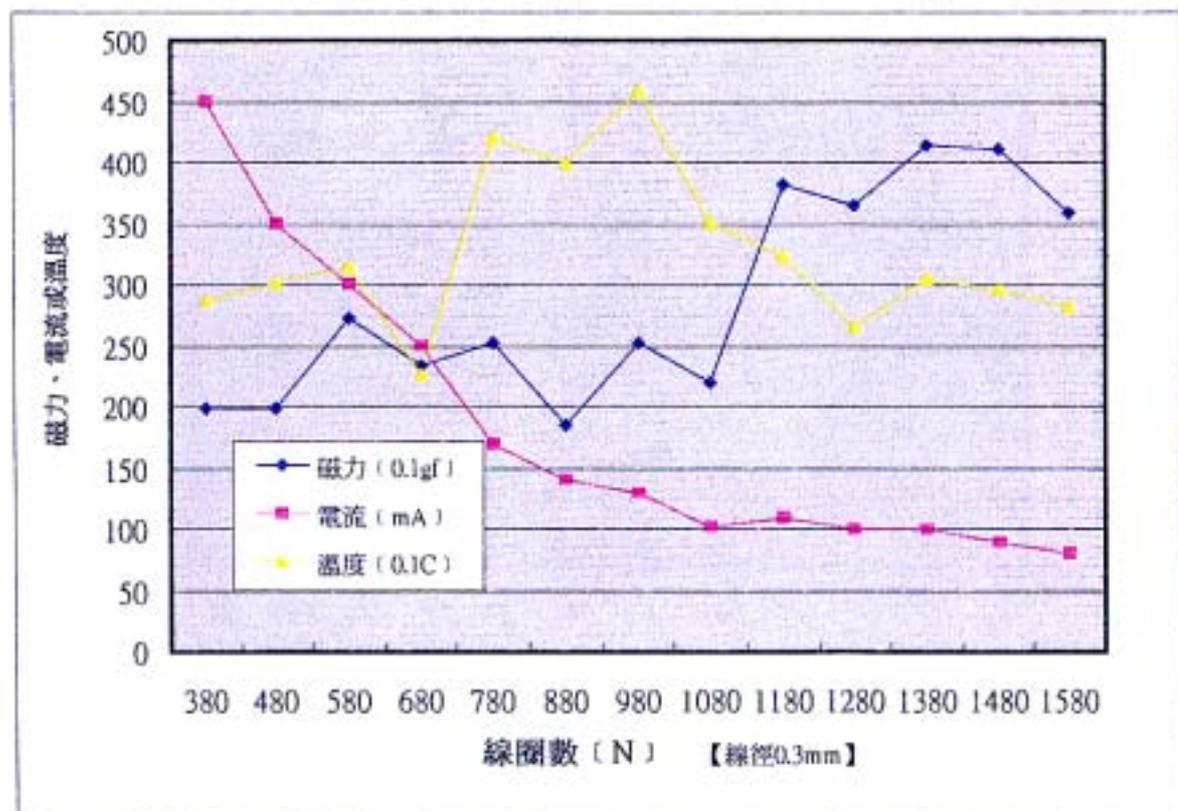
(二)結果：(圖十四-十九)

(三)討論：

- 1.除電壓 12V，高磁力出現在線圈數 1480 外，其餘電壓，高磁力都出現在 1180 圈；
電流起先快速下降，之後隨圈數增加下降速度漸慢。
- 2.溫度的變化看不出規則，因為每次我們沒有讓線圈回溫再做實驗，每天氣溫也不同；只看出溫度越高磁力變弱，而且電壓越高電流越大線圈很快就發燙。
- 3.電阻隨著圈數減少越小，電阻越小電流越大。比較磁力的大小必須單位統一，應用上皿天平秤迴紋針等單位配重的重量（附件照片 35-37）校正成力量單位，並將實驗數據分析以方格紙畫折線圖（附件照片 38）。



圖十四 定電壓：3V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔30號〕。



圖十五 定電壓：4.5V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔30號〕。

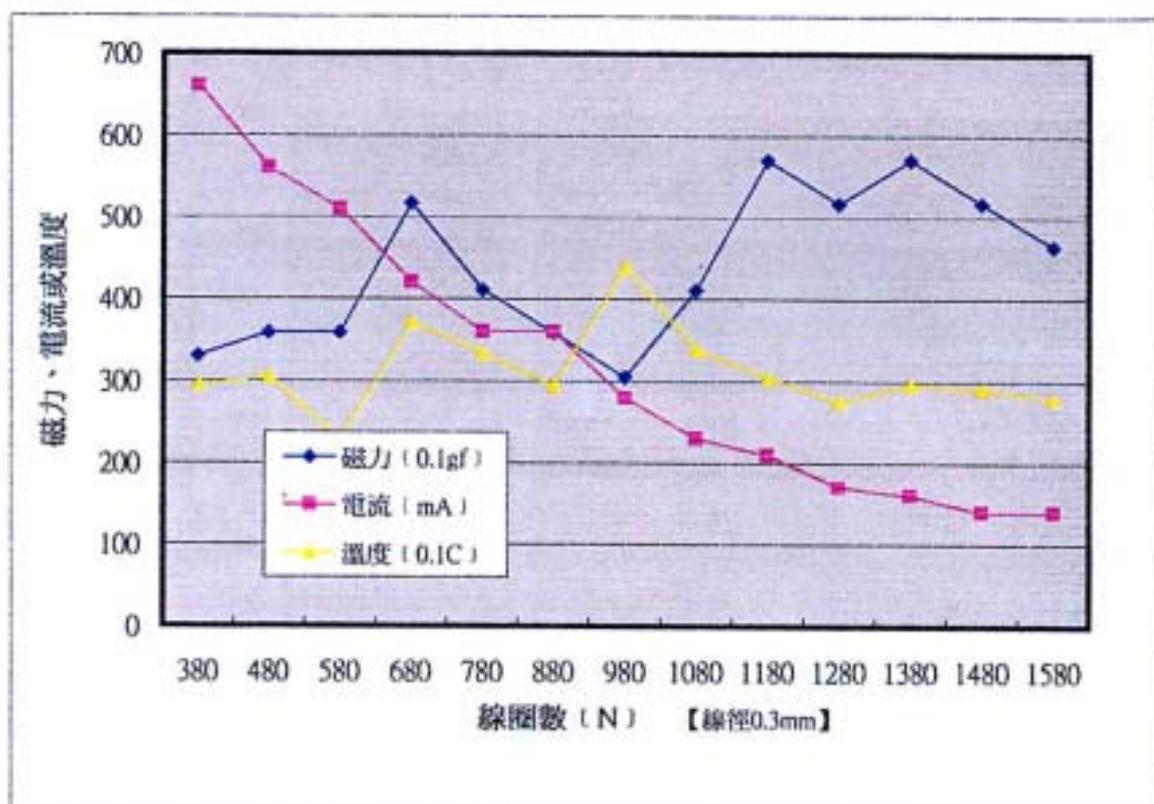


圖 十六 定電壓：6V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖（30 號）。

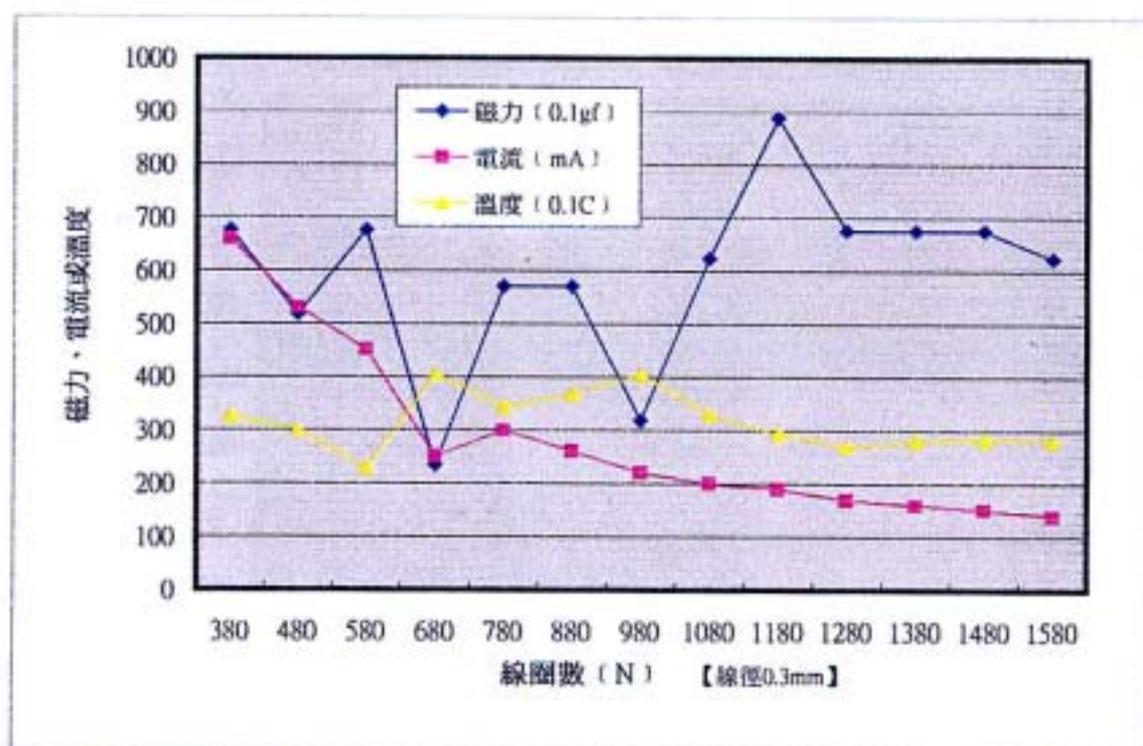


圖 十七 定電壓：7.5V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖（30 號）。

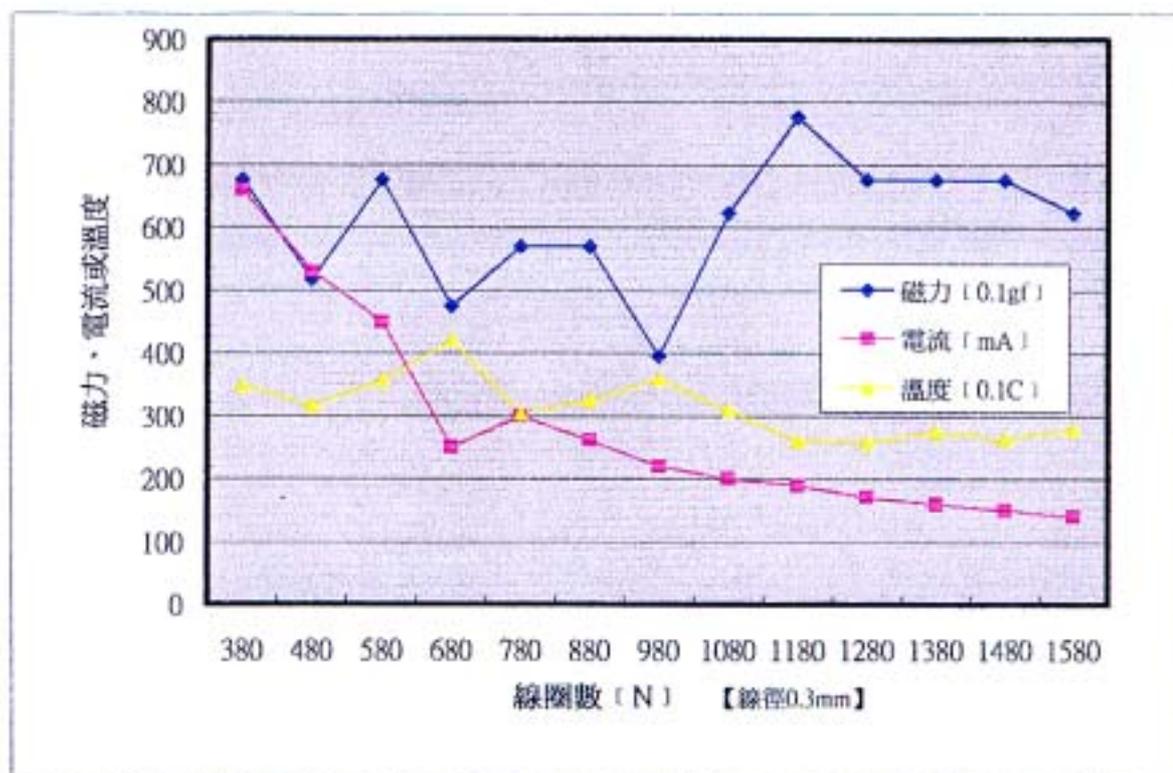


圖 十八 定電壓：9V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔30號〕。

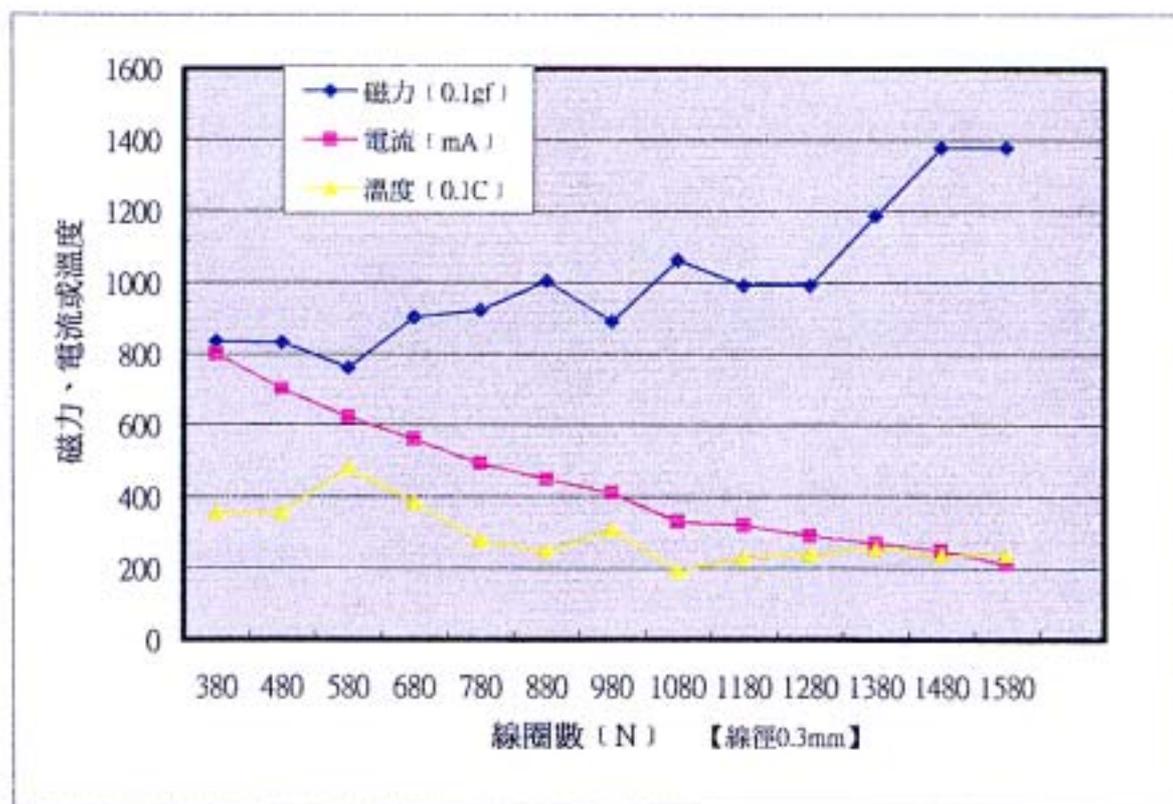


圖 十九 定電壓：12V，磁力、電流、溫度與線圈數折線圖〔30號〕。

研究五 分析線圈線徑大小和磁力的關係怎樣？

(一)方法：

1.觀察分析比較研究三和研究四的折線圖以發現規則。

(二)結果(請看討論)

(三)討論：

1.線徑小(0.19mm)的36號線圈，在625~925圈，電流近400mA時，出現高磁力；

線徑大(0.3mm)的30號線圈在1180圈電流近200mA時才出現高磁力。

2.超強電磁鐵是由線徑、線圈數和電流的大小相互配對設計出來的。D3測不到電磁鐵有產生電磁波。

3.以上我們驗證了奧斯特電生磁的奇妙現象，也找到了超強電磁鐵的秘笈，既然電能生磁，那線圈繞在磁鐵上可能可以產生電流喔！真的嗎？

研究六 漆包線繞在磁鐵上會生電嗎？

(一)方法：(圖二十二，附件照片 39)

1.將 30 號線繞在磁鐵上，繞 100 圈，線頭兩端連接三用電表測量是否有電？

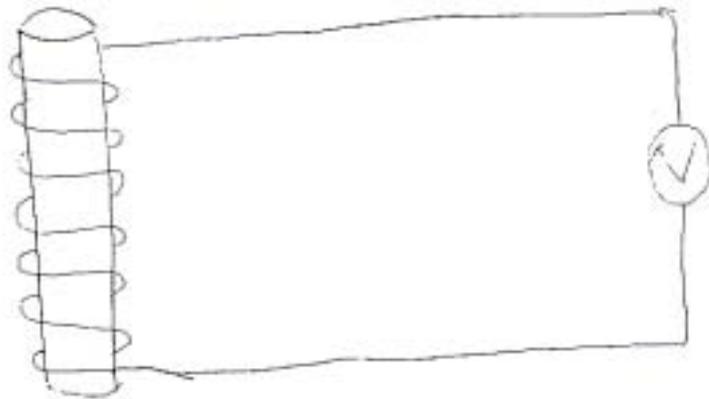
(二)結果：

1.電表不會動，沒有產生電。

(三)討論：

1.參考文獻「2」，才知道磁鐵與線圈要「相對運動」才會生電，就是法拉第大半輩子研究的問題。

2.怎樣才能讓磁鐵和線圈相對運動？首先我們想到『落地生電』。【8】



圖二十二 磁生電試驗接線圖。

研究七、(落地生電)線圈不動，磁鐵從上而下通過線圈，能否生電？

(一)方法：(圖二十三，附件照片 40)

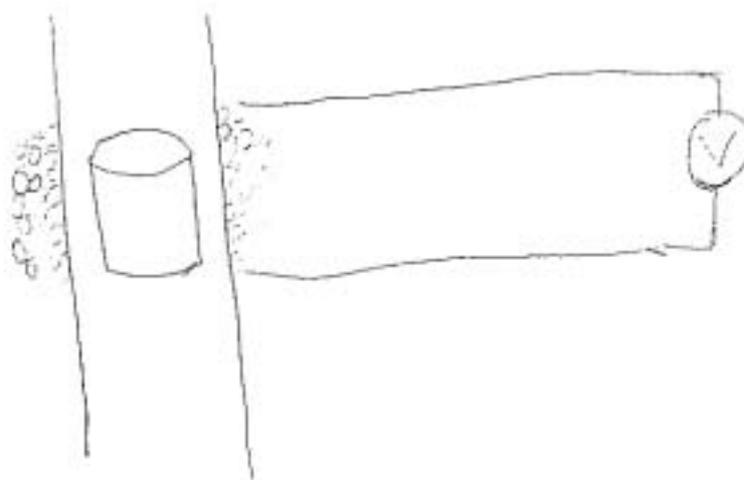
- 1.膠管繞 30 號線圈 100 圈，立在桌上，讓磁鐵從上放入線圈內落下，看是否會產生電？線圈兩線頭連接三用電表測量並紀錄。
- 2.同時操作 D3 看是否測到電磁波。

(二)結果：

- 1.電表擺動一下，發出了少量的電。

(三)討論：

- 1.『法拉第終於和我們聊天了』；鱷魚夾一直被磁鐵吸住，漆包線容易扯斷。
- 2.問題如何解決？每一次要將磁鐵撿起來放入管子很麻煩。如何讓磁鐵和線圈連續相對運動？手搖生電試試看！



圖二十三 磁生電試驗接線圖

研究八、手搖能生電嗎？

(一)方法：(圖二十四，附件照片 47)

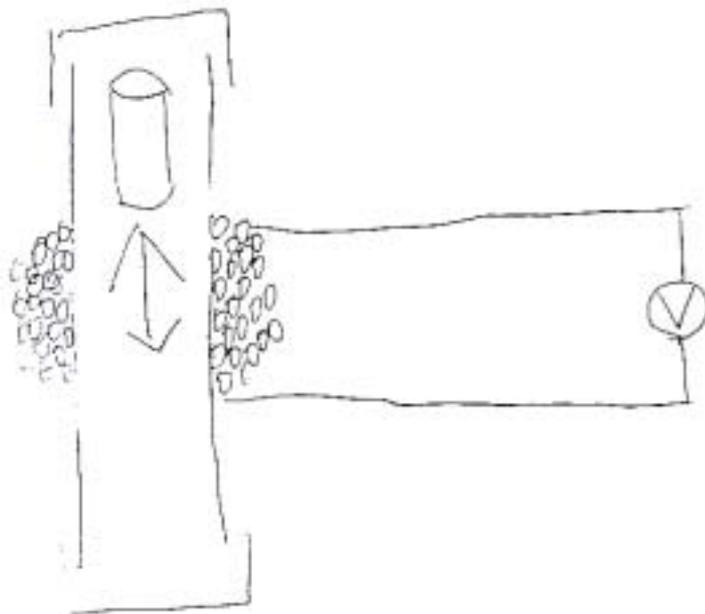
- 1.將線圈管子兩端黏起來磁鐵放在管子內，手搖管子，磁鐵在管子內可以來回滑動。
- 2.線圈兩線頭連接三用電表測量並紀錄；同時操作 D3 看是否測到電磁波。

(二)結果：

- 1.電表指針跟著搖擺。
2. D3 測到電磁波。

(三)討論：

- 1.電表指針跟著搖擺很有趣；D3 測到電磁波。
- 2.搖久了手好累？有沒有可以省力又能生電的好的方法？



圖二十四 磁生電試驗測量接線圖

研究九、做一台『搖搖樂自動發電機』試試看！

(一)方法：(圖二十五，附件照片 42)

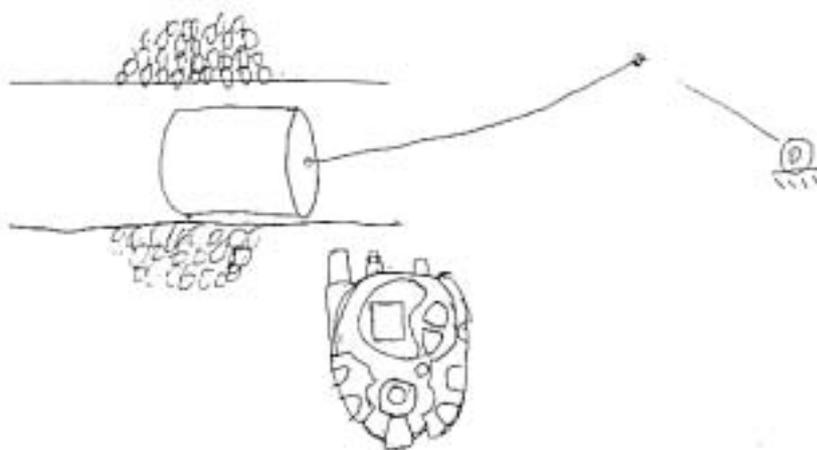
- 1.利用我們去年做『萬獸之王』剩下的材料，以兩曲柄軸接合方向 0 度的功能，及冰棒棍、馬達、電池等，用熱熔槍拼湊成一台『搖搖自動發電機』，連接動力，帶動磁鐵在線圈內往復運動。
- 2.線圈兩線頭連接三用電表測量並紀錄。同時操作 D3 看是否測到電磁波。

(二)結果：

- 1.三用電表會一直左右擺動。
- 2.D3 會測到電磁波。
- 3.(照片 43)磁鐵在管子來回運動越快，電表的指針也擺得越快。

(三)討論：

- 1.我們想將發出來的電接小馬達，但是小馬達不會轉；接小燈泡也不會亮，應該是電壓太小了吧！以上實驗只觀察到落地生電、手搖生電、搖搖樂自動生電，三用電表指針來回擺動之快慢，與擺幅大小。
- 2.若想比較之間電壓大小，該如何做？
- 3.和指導老師討論及參考文獻【9】後，改用 LED 試試看。



圖二十五 玩具 D-3 發現發生“可怕的電磁波”，一定要繼續研究，預防電磁波傷害

研究十、怎樣用 LED 取代三用電表測量『落地生電』、『手搖生電』、『搖搖樂自動發電機』發出的電力？

(一)方法：(附件照片 48)

- 1.將紅、綠、白、黃等 LED 焊在端子台上，連接線圈兩端線頭。
- 2.依次將『落地生電』、『手搖生電』、『搖搖樂自動發電機』的線圈兩頭用鱷魚夾與 LED 端子台連接。
- 3.依次起動以上三種發電法，觀察紀錄 LED 發光的情況；拿 D3 測看看發現有電磁波。

(二)結果：

- 1.紅色最亮，白色最易故障。
- 2.小馬達不會轉，小燈泡不會亮
- 3.搖搖樂自動發電機，D3 可測到電磁波

(三)討論：

- 1.決定使用紅色 LED。搖越快越亮，紅光也閃爍越快。線圈數比較多，LED 是否較亮？
- 2.LED 會亮，表示 LED 很省電，難怪現在很多紅綠燈改成 LED【9】。
- 3.搖搖樂自動發電機時，LED 一個都不會亮，可見電壓太小了；手搖發電的效果最好。
- 4.但發的電量有多少，很難比較，從以上實驗得知，應該可用 LED 來測量比較。而且以紅色效果最佳。

研究十一：LED 發電量校正試驗。

(一)方法：(附件照片 49-50)

- 1.利用乾電池串聯使 LED 發亮，用 1 個乾電池對一個 LED，再用 2 個一個乾電池對一個 LED；3 個乾電池串聯對三個 LED；4 個乾電池串聯對四個 LED。

(二)結果：

- 1.一個 LED 需 2V 才會亮

(三)討論：

- 1.查文獻【9】知，一個 LED 會亮，需 1-4V，20mA。LED 省電，電量測量比三用電表靈敏很多。
- 2.怎樣發更多電？發電量的多少和磁鐵運動速度應該有關？怎樣利用 LED 來測量？和指導老師討論，怎樣控制磁鐵滑下來的速度，大家一起思考問題幾天，終於在史地芬·霍金的書上看到伽利略用斜坡控制球滾動的速度，我們得到靈感【10】，想到了用傾斜角度來控制磁鐵的速度解決方法。
- 3.用去年作萬獸之王的材料，加上橡皮筋、量角器做出如(照片 51)像蹺蹺板的實驗台，取名『伽利略蹺蹺板生電台』。

研究十二:利用伽利略蹺蹺板生電台測量磁鐵運動速度與 LED 發亮的關係

(一)方法:(附件照片 51-54)

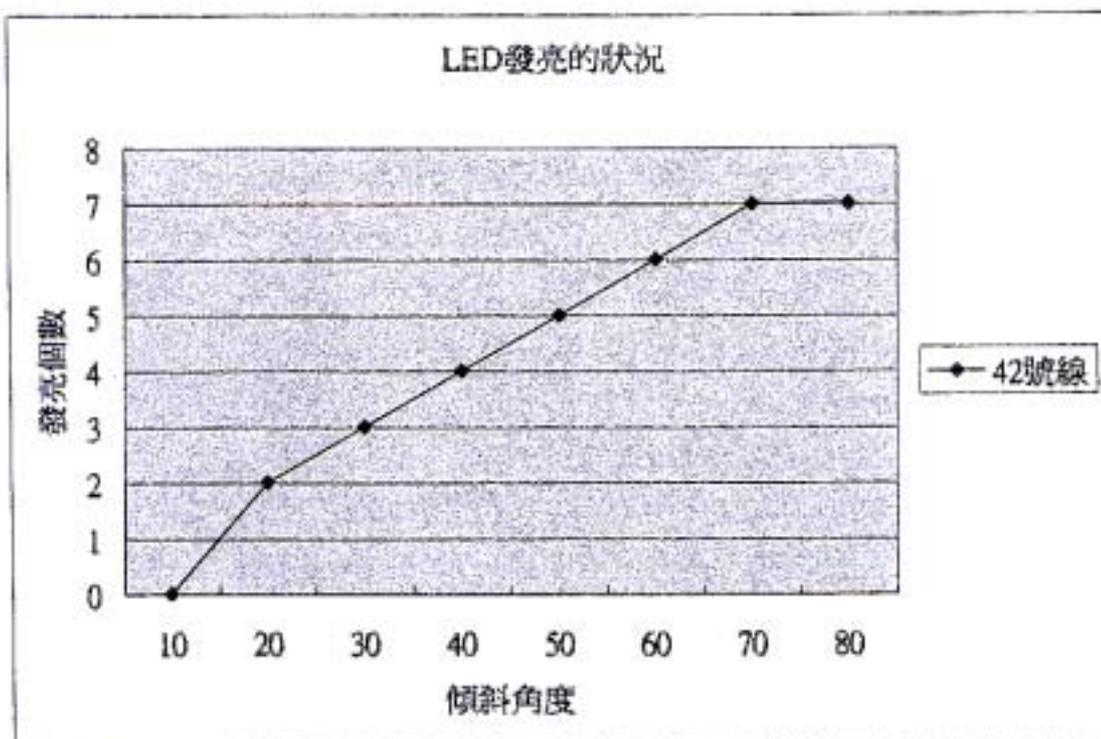
- 1.把線圈管繞上不同線圈圈數,放在自製的伽利略實驗台上;將紅色 LED 焊在端子上,連接線圈兩端線頭。
- 2.調整不同傾斜角度,讓裝著磁鐵的線圈管傾斜,磁鐵從線圈中心溜過;拿 D3 測看看發現有電磁波;觀察紀錄 LED 發亮的狀況。

(二)結果

- 1.角度越大,電壓越高 LED 量的越多。可見磁鐵的速度越快電壓會越高。

(三)討論:(圖 二十)

- 2.LED 在 1-4V, 20mA 就會亮實在太省電了。



圖二十 伽利略蹺蹺板生電台傾斜角度與 LED 發亮的個數折線圖

研究十三、利用伽利略蹺蹺板生電台，測量同角度 70 度，不同的線圈數，
和 LED 發亮的關係。

(一)方法：(附件照片 51-54)

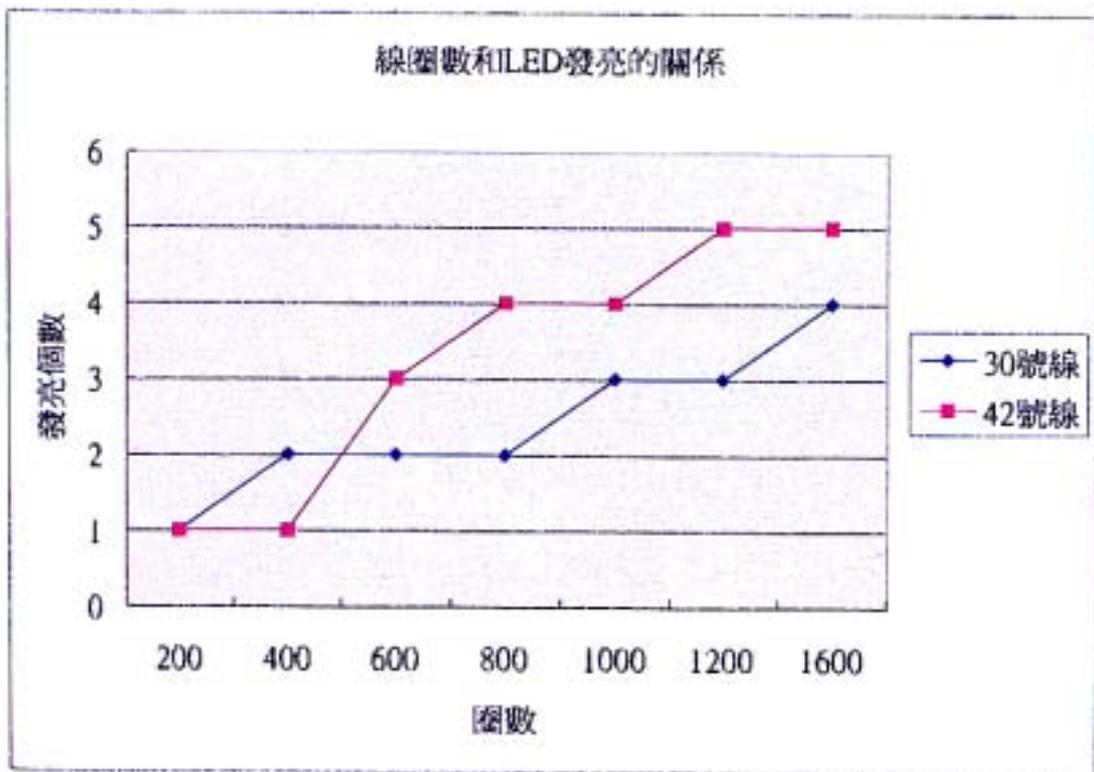
- 1.將不同線圈數的實驗管，依次同研究六方法，放在伽利略蹺蹺板生電台上，依次實驗。
- 2.拿 D3 測看看發現有電磁波。

(二)結果：(圖二十一)

- 1.線圈數越多電壓越大，LED 亮的個數越多。
- 2.都能測到電磁波。

(三)討論：

- 1.磁鐵的線圈數是不是有極限呢？我們想做做看。



圖二十一 線圈數和LED發亮的關係

研究十四、利用伽利略蹺蹺板生電台改變磁鐵的個數，觀察與電壓大小關係。

(一)方法：

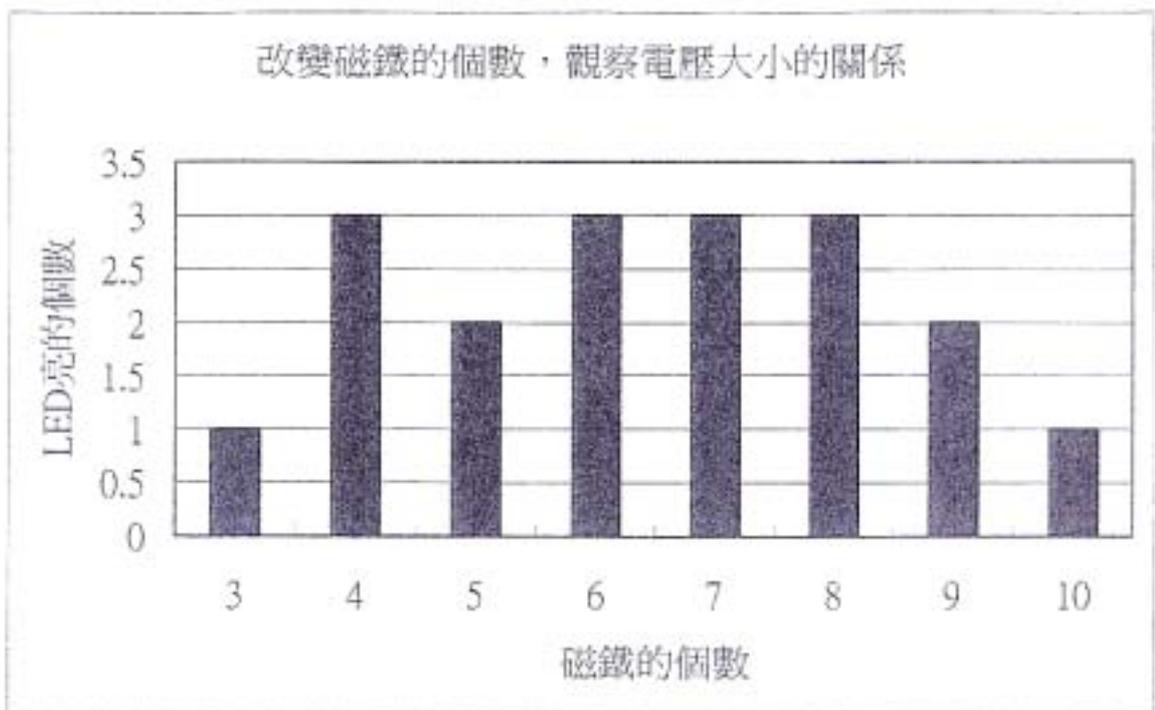
- 1.以 42 號線圈繞 600 圈，分次放入 1 到 10 個磁鐵。
- 2.用伽利略蹺蹺板生電台讓直徑 1.2 磁鐵在管子內相對運動，產生電力，再以 LED 測量。

(二)結果：

- 1.用 1 和 2 個磁鐵在線圈裡無法運動，因為太輕了；8 個時磁力最大；9 個之後電壓就減少。

(三)討論：(圖 二十七)

- 1.所以磁鐵個數也有極限。



圖二十七 磁鐵直徑 1.2 cm，改變磁鐵的個數，觀察與 LED 亮的個數關係。

研究十五、線圈繞的範圍與電壓大小的關係

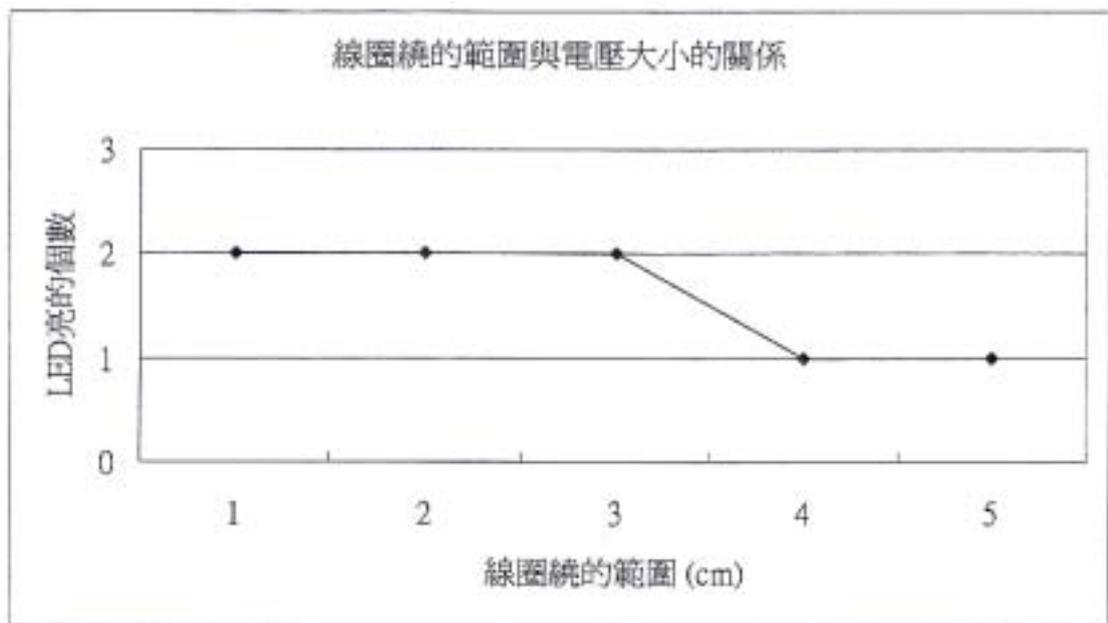
(一)方法：

- 1.固定線圈數(600 圈)，將線圈纏的範圍以 1-5 公分的寬度，纏在管子。
- 2.再利用伽利略蹺蹺板生電台讓直徑 1.2 的磁鐵交互運動產生電壓並測量。

(二)結果：(圖二十六)

(三)討論：

- 1.圈數越集中電力越大，應該也有極限？



圖二十六 磁鐵直徑 1.2 cm，線圈繞的範圍與電壓大小的關係。

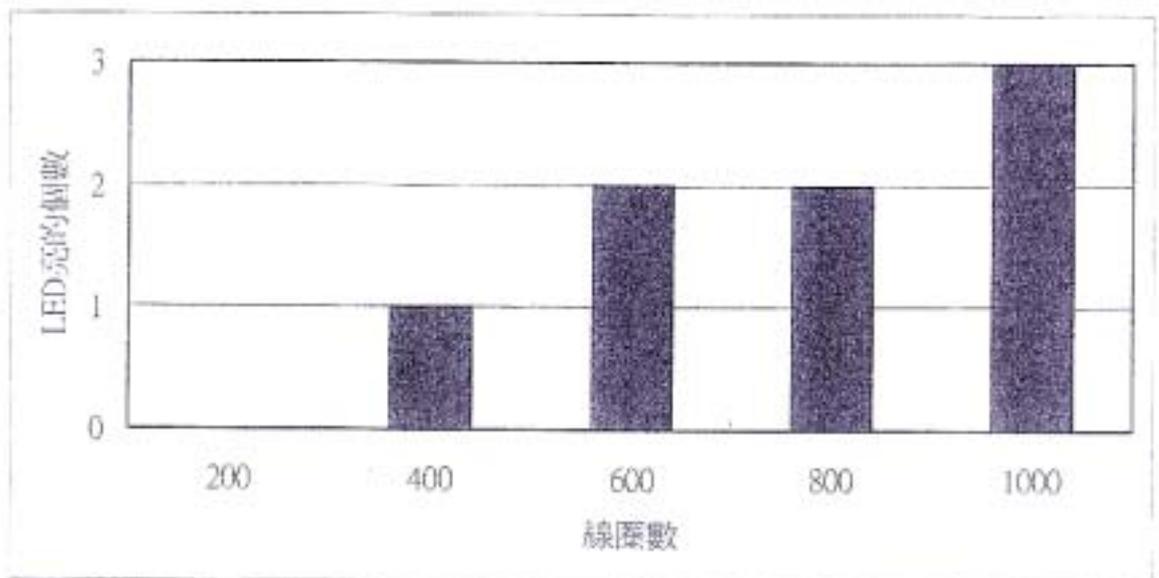
研究十六、固定 3 個磁鐵，繞線範圍 3 公分，改變線圈數，與電壓大小的關係

(一)方法：同上

(二)結果：(圖二十八)

(三)討論：

- 1.圈數越多發出來的電壓越高。
- 2.我們想，既然『奧斯特電生磁』線圈數有極限，那『法拉第磁生電』應該也有極限，極限在哪？



圖二十八 磁鐵直徑 1.2 cm，固定 3 個磁鐵，繞線範圍 3 公分，改變線圈數，與電壓大小的關係。

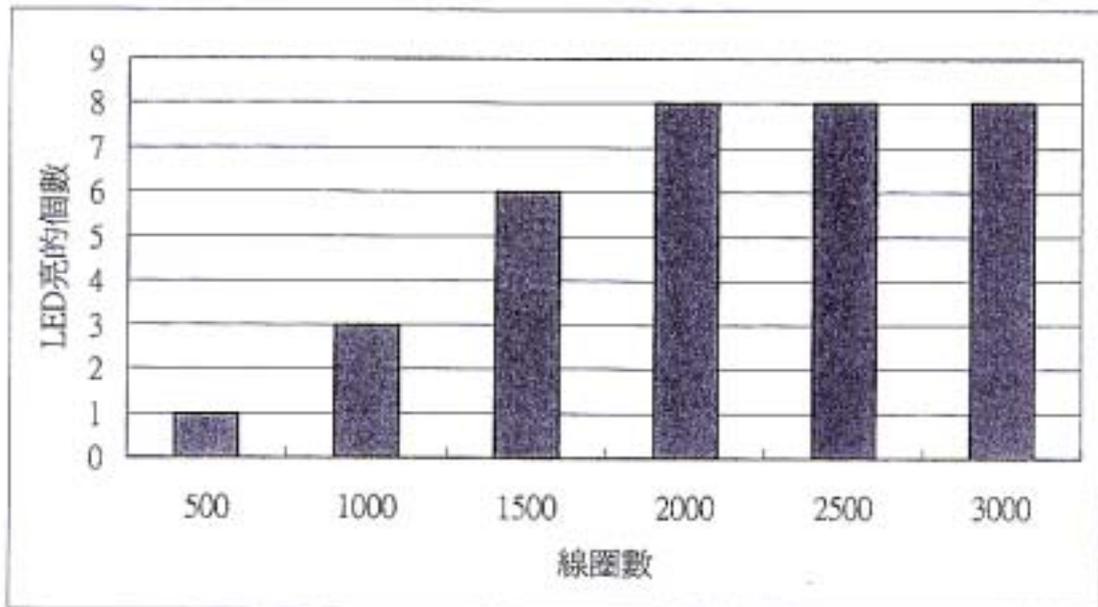
研究十七、固定 4 個磁鐵，繞線範圍 1 公分，改變線圈數，與電壓大小的關係

(一)方法：同上

(二)結果：(圖二十九)

(三)討論：

- 1.圈數多至 2000 以上，電壓不再增加。
- 2.極限找到了。
- 3.大家的手都運動傷害。發明一台實驗用繞線機應該很有用。



圖二十九 磁鐵直徑 1.2 cm，固定 4 個磁鐵，繞線範圍 1 公分，改變線圈數，與電壓大小的關係。

五、結 論

要做一個功能很好的電磁鐵和發電機，不是一件簡單的事，更深入的理論與方法，也不是小五的我們短時間內所能理解的。不過盡我們所能，透過自製酷似電磁效應對話聊天室的實驗台：一端設計成『奧斯特電生磁』的超強電磁鐵(馬達)，另一端設計成『法拉第磁生電』的搖搖機(發電機)，聊出了以下結論：

『奧斯特電生磁』的部份

- (一) 超強電磁鐵是由線圈數、線徑和電壓高低，相互配合設計出來的。線徑 0.19mm 的 36 號線圈，高磁力出現在 625~925 圈，電流接近 400mA 時，線徑 0.3mm 的 30 號線圈，高磁力出現在 1180 圈電流接近 200mA 時。
- (二) 線圈數越多，電阻太大，電流越小，磁力就會下降，不是課本說的越多圈磁力就越強。
電壓高磁力強，但線圈很快發燙，磁力反而變小。
- (三) 鐵材質的軸心通電時才會產生磁力，沒有殘磁的鐵心，才能當聽話的電磁鐵。
- (四) 溫度變高磁力變小，實驗過程中溫度很難控制。
- (五) 線圈數越少，電路越短，電阻越小，電流越大，線圈很快發燙，就會短路保險絲或電源供應器會燒掉。
- (六) 超強電磁鐵不會產生電磁波，因乾電池或電源供應器供的電是直流電。

『法拉第磁生電』的部份

- (一) 磁鐵和線圈要相對運動才会有電；速度越快電力越大 LED 亮的個數越多。
- (二) 玩具發電機能發出電磁波，因為磁鐵來回運動電壓忽高忽低；正好驗證了交流電才會產電磁波，直流電因電壓平穩不會產生電磁波的理論。
- (三) 圈數繞得越集中發出的電壓越高，LED 亮的個數越多，但也有極限，在 2000 圈附近。
- (四) 磁鐵個數也有極限，9 個之後電壓就一直減少。

六、展望

- (一) 要做功能很好的電磁鐵，溫度控制是大學問，要怎樣才能解決溫度升高，磁力下降的問題？
- (二) 如何增進磁鐵和線圈相對運動速度，發出更多電，做更有趣的科學玩具？
- (三) 有交流電通過的地方就有電磁波，手機電磁波很強，可能是人類健康的殺手，怎樣預防電磁波的危害，值得深入探討。

七、心得與感想

- (一) 『奧斯特電生磁』的實驗，常將串聯接成並聯，電流過大，電表很容易壞掉，已經壞了五個了。
- (二) 繞線圈真是苦工，發明一座學生實驗用的繞線機應該很有用。
- (三) 科展作品不是一朝一夕可以完成的，意志力、企圖心與積極主動與老師和專家討論問題，小組團隊通力合作，不斷的實驗改進創新，才能完成有創意的作品。
- (四) 這個作品從五上 10 月初開始至今，過程漫長，感謝我們的指導教授和老師的引導、父母親的支持，也為自己能堅持到全國科展競賽的最後一刻感到自信。

八、參考資料

- 1.萬福國小網站，電與磁的奇妙世界。http://www.tp.edu.tw/
- 2.光復科學圖鑑，電氣，光復書局，民國 76。
- 3.國編版五上自然第七單元聽話的磁鐵課本，民國 90。
- 4.小牛頓科學百科 4，牛頓，民國 88。
- 5.鄭成宗譯，電的魅力，維科，民國 83。
- 6.小山壽，恐怖電磁波，世茂，民國 89。
- 7.怪獸對打機 D-3 完全攻略本，群英社，p102、103，民國 89。
- 8.張文亮 法拉第的故事，文經社，p167，民國 90。
- 9.稻晃辰夫，葉隆吉博士審定，圖解電子回路，第二、三章，世茂，民 90。
- 10.史蒂芬霍金原著，時間簡史，藝文，p13，民國 88。
- 11.曾煥華，電磁波是什麼，將門，民國 79。
- 12.葛瑞賓著，蔡信行譯，國民科學需知，天下文化，p72-76 民國 91 。