

中華民國第五十三屆中小學科學展覽會

類別：物理類

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：自然界的魔術師 - 應證電與磁的實驗

關鍵詞：電流、線圈、指北針

實驗工具與器材：



題目：自然界的魔術師 - 應證電與磁的實驗

摘要

電與磁的相互關係，一般在高中已經是眾所皆知的基本知識，甚至對國中學生受過學校的物裡教學者也多有所了解。然而電與磁的關係對我們國小學生而言似乎是個抽象名詞，甚至會讓人覺得好像是在變魔術般的神奇。為了讓我們經由老師的講解與輔導並能藉由親手做實驗來驗證電流與磁場的關係，於是設計了此一連串的實驗，希望透過此簡單的實驗並加以闡述這來了解這神奇的關係，加強我們日後對科學上的追求與認證態度。

壹、實驗動機：

我在學習國小自然科六上第三單元電磁作用時，自然老師教我們做通電的電線具有磁力，我覺得很納悶：如果不是一顆電池通電，又會有什麼改變？那時學校老師正打算指導學生做科展，於是我和另一位學妹決定去找老師指導我們做科展，而過程當中，我們也找了好幾個題目，我們上網去科展群傑廳看，發覺很多題目都有人做，於是和老師討論，老師說她的朋友是學電子，也許可以就妳們原本的想法去擴展，於是在多次的討論裡，他的朋友引導我們一起決定探討一些主題，透過實驗來證明一些想法，只是不同於我們六上做實驗的方法，我們的實驗是利用週六來學校完成，還好有我以前的同學陪我們一起實驗，還有老師和她的朋友一同陪伴指導，否則可能無法順利完成。

其實我們都知道電磁的應用在日常生活上是隨處可見，諸如風扇、冰箱、洗衣機、電子錶... 幾乎無所不是電流與電磁的應用。因為電流與電磁是不可見的對我們而言是個抽象物體，看不到也摸不到，這對我們而言幾乎是個魔術世界裡的東西(知名魔術師劉謙也常用磁力來變魔術的)。為了讓自己了解到電流與磁場的相互關係，請教了老師學電子的朋友，他建議我們可以藉由簡單的設備建構出一套簡易實驗，讓我們國小學生充分了解電與磁的相互關係，所以我們經過討論設計了這七個研究主題。

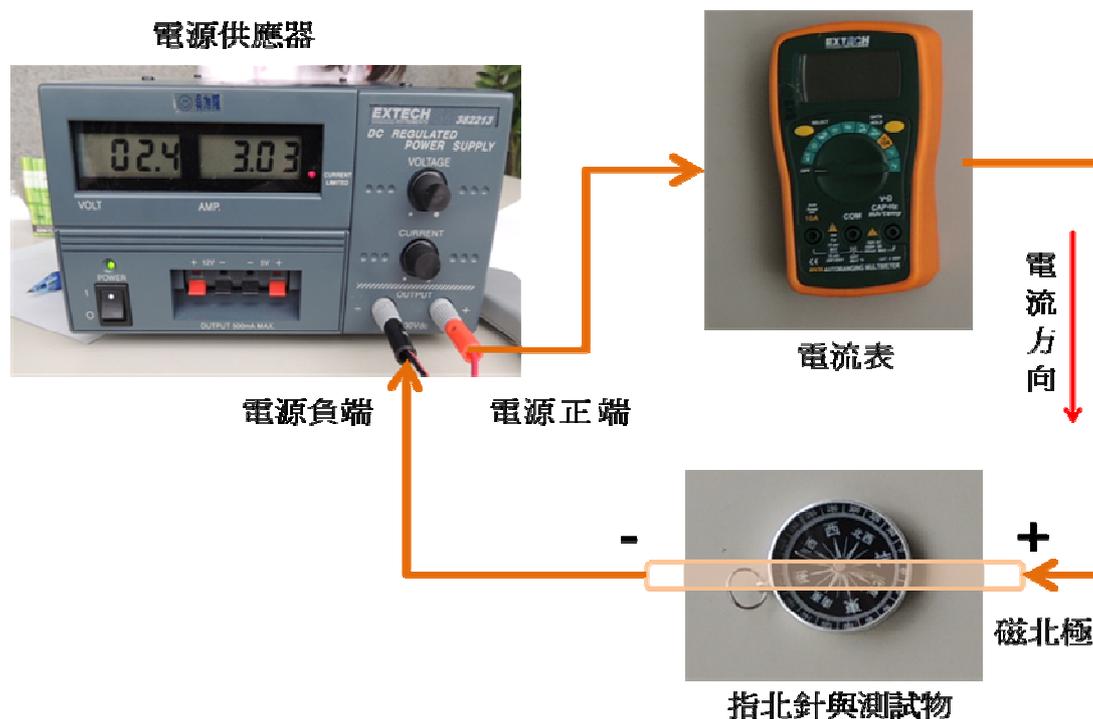
貳、研究主題：

- 一、基本理論與知識導讀
- 二、導線粗、細對電磁(指北針)的影響。
- 三、導線電流大小對電磁(指北針)的影響。
- 四、在相同的電流下，磁場如何變得更強？
- 五、使用螺旋式線圈，加入一熟鐵棒(電磁鐵)後的變化。
- 六、電磁鐵吸取迴紋針數量與電流大小的關係。
- 七、電磁與日常生活的關係

參、 研究設備與器材：

指北針，電線，漆包線，熟鐵棒，鐵粉、迴紋針，放大鏡，剝線鉗，供電器，數位式電流表，相機。

實驗中器材電路連結的方式，本實驗與以往的電磁實驗不同的地方是使用可調整電流大小的電源供應器來提供可調整及穩定的電流，以取代使用電池供電的不確定因素（電流大小）及電池發熱的危險問題。電源供應器的正端輸出接到一個10安培電流表做電流的量測，電流表負端輸出再接至待測物在磁北極的那一端。待測物的另一端再接回電源供應器的負端。這樣就可以構成完整的電流迴路，只要調整電源供應器電流控制旋鈕就可以輕易的控制流經待測物的電流了。



肆、 研究過程：

1. 基本理論與知識導讀：

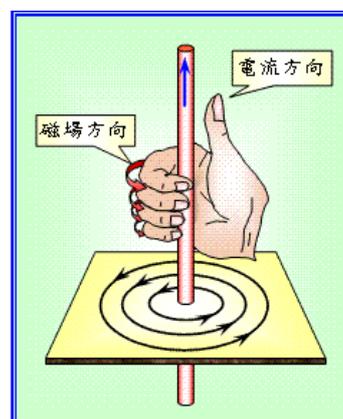
磁的應用最早可追溯到航海使用的羅盤，數千年來人類靠著指北針來指引方向，但對於指北針為何會指向北方始終無法有合理的解釋。真正有理論研究也不過是在 17 世紀以後的事了。其中最早提出理論報告的當屬最有名的丹麥物理學家奧斯特（Oersted）在 1820 年 4 月發現的。

在 1820 年 4 月的一個晚上，奧斯特正在給一些學生講電學課，當課快結束時，他的靈感突然來了，他在一個伏打電堆的兩極之間接上一根很細的鉛絲，在鉛絲正下方放置一個能自由轉動的小磁針，當接通開關時，它驚喜地發現，小磁針向垂直於導線的方向大幅度地轉過去。別人並沒有注意到這個小小的插曲，而對於奧斯特來說實在是太重要了，它敏感地意識到，電流與磁針的轉動一定存在密不可分的聯繫。

奧斯特為了進一步弄清楚電流對磁針的作用，一鼓作氣，用了3個月的時間做了60多個實驗。他把磁針放在導線的上方、下方、前面、後面，寫了電流對磁針作用的方向；把磁針放在距導線不同的距離，考察電流對磁針作用的強弱；把玻璃、金屬、木頭、石頭、瓦片、松脂、水等物質放在磁針與導線之間，發現它們都不妨礙電流對磁針的偏轉作用……

1820年7月21日，奧斯特發表了題為『關於電流對磁針影響的實驗』的論文。這篇只有4頁紙論文，宣佈了電學上一個重大發現，轟動了整個歐洲。

還有一位偉大的科學家也要提一下那就是安培(Ampere)，安培研讀此論文後重複了奧斯特的實驗，並將實驗擴充為電流與電流之間的相互作用。提出了電磁入門的基本理論：安培右手定則。這理論對小學生而言是複雜點，不過透過此理論可以知道電流與磁場方向的關係，因用文字描述學生無法了解故使用圖解方式來闡述安培右手定則（如圖一所示）。



圖一：長直導線—磁力線分佈

磁場是有方向性的，依據安培右手定則可以判斷導線所產生的磁場方向，運用於「長直導線」類型的判斷上，長直導線通以直流電時，其周圍會產生圓形磁場分佈情形繪製成磁力線。

底下我們就要像奧斯特一樣，透過不斷的實驗來驗證電與磁的關係，讓自己能深深體會動手做實驗的重要性與樂趣。

2. 導線粗、細對電磁(指北針)的影響。

實驗目地：由以上的理論可以知道電流流經的導線會產生磁場，本實驗用來驗證電線的粗細是否會改變電磁的大小。

實驗方法：在粗、細兩根導線至於指北針上方，施以固定的電流（1 安培）後量測指北針偏移的角度，驗證電磁與導線粗、細的相互關係。

實驗中的圖片結果顯示：



電流 - 0A
偏移角度 0度

先將指北針指向北方

做指針歸零校正



電流 - 1A
偏移角度 22度
(1.6mm 線徑)



電流 - 1A
偏移角度 22度
0.2mm 線徑)

實驗結果：

由本實驗可以看出，當導線不論粗或細只要流過的電流固定在 1 安培的大小，指北針偏移的角度都在 22 度的地方。所以由實驗可以得知：磁場大小與導線的粗細並無明顯的關係。

3. 導線電流大小對電磁(指北針)的影響。

實驗目地：由上一實驗得知，磁場大小與導線的粗細無直接的關係。但電流大小是否會影響到磁場大小。本實驗要來驗證電流大小與磁場的關係。環顧類似的實驗報告幾乎都是以電池來當作電流源，因為電池只能靠並聯方式增加電流，而且在做此實驗時，電池幾乎是短路輸出的，這種情況下電池容易瞬間發熱而且無法持續的連接做實驗。所以跟家長借用乙台 0A ~ 3A 可調電流輸出的直流電源供應器來當做電磁實驗的電流源。

實驗方法：將指北針固定在導線下方，並調整指本針的指針 N 指向正北方(0度方位)。將電流表與待測導線串接。測試電流為 0A, 0.5A, 1A, 2A 及 3A 時的指北針偏移的角度分別記錄下來如表 3-1 所示。

實驗中的圖片結果顯示：

示：



電流 - 0A
偏移角度 0度



電流 - 0.5A
偏移角度 12度



電流 - 1.0A
偏移角度 22度



電流 - 2.0A
偏移角度 34 度



電流 - 3.0A
偏移角度 42 度

表 3-1：導線電流大小與指北針偏移角度(磁場強度)的實驗結果

| 電流大小(安培) | 0.2A | 0.5A | 1.0A | 1.5A | 2.0A | 2.5A | 3.0A | 3.3A |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 指北針偏移角度 | 8 | 12 | 22 | 30 | 34 | 48 | 42 | 44 |

實驗結果：

由此實驗可以明顯看出，導線流過的電流越大，指北針偏移的角度也越大且呈現正比的關係，足可證明電流大小直接影響到磁場的大小。

4. 在相同的電流下，磁場如何變得更強？

實驗原理概述：依據安培右手定則的理論，在導線上通電後，導線周圍會產生磁場。磁場的方向與電流方向成垂直同心圓方式呈現（如圖 4-1）。如果導線以螺旋式方式捲繞，電流剛好是右手四指握拳的方向，拇指代表磁場 N 極的方向（如圖 4-2）。



圖 4-1 單導線電流所產生的同心圓磁場

實驗目地：由實驗三可以知道，單一導線的磁場大小由電流量來決定。是否還有其他方式也可以增加磁場的強度？這個實驗將使用螺旋線圈繞線方式來測量在固定的電流（2A）下螺旋線圈圈數的多寡否與磁場強度的關係。

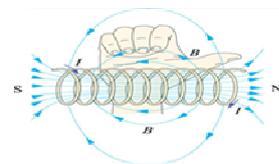


圖 4-2 螺旋線圈電流所產生的磁場分布

實驗中的圖片結果顯示：



線圈 0 圈
偏轉角 40 度



線圈 3 圈
偏轉角 40 度



線圈 7 圈
偏轉角 44 度

表4-1：在固定電流下，線圈圈數與指北針偏移角度的實驗結果

| | | | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|----|----|------|
| 電流大小 | 2A | 3.3A |
| 線圈圈數 | 0 | 3 | 7 | 12 | 15 | 24 | 30 | 30 |
| 偏移角度 | 40 | 40 | 44 | 52 | 58 | 68 | 76 | 84 |

實驗結果：



線圈 15 圈
偏轉角 58 度



線圈 30 圈
偏轉角 76 度

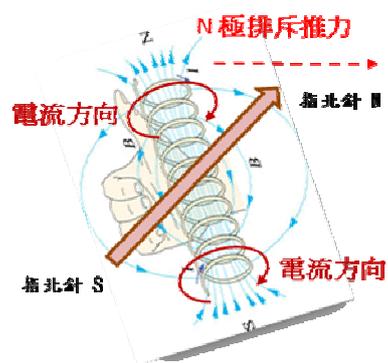


圖 4-3 電流方向與磁極

經由上面簡易實驗中可以知道，螺旋線圈給予固定的 2 安培電流，改變螺旋線圈的圈數可以改變磁場的大小。由實驗中可以知道線圈的圈數越多圈產生的磁場就比較強。依據安培右手定則，電流以螺旋方式行進(如圖 4-3 電流方向) 拇指方向將產生一 N 極的磁場，這時與指北針的 N 極指針就會產同極相斥的排斥推力，依據推力大小所產生的偏移就可以得知磁場的大小了。

5. 使用螺旋式線圈，加入一熟鐵棒(電磁鐵)後的磁力變化。

實驗原理概述：由以上的實驗可以知道增加螺旋線圈的圈數可以增加磁場的強度，但這時的強度還不足以吸住迴紋針或細鐵砂。單由螺旋線圈所產生的磁力是比較鬆散的分佈，如何將這些磁力線集中已增強磁力會是這次實驗所要討論的議題。

實驗目地：由以上的實驗，我們可以了解電流大小及線圈的圈數為主要影響磁場強度的兩項因素。在此時驗之前嘗試用螺旋線圈來觀察細鐵粉的磁力線排列(螺旋線圈放在細鐵法盤底下)，但怎樣擺放都無法吸引細鐵粉如圖 5-1 所示，這與當初的想法不一樣，為何單獨使用螺

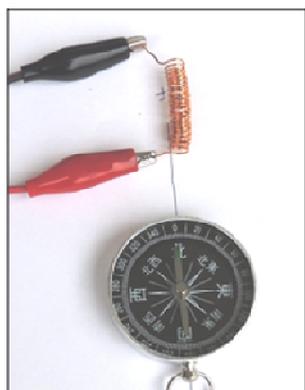


圖 5-1



旋線圈所產生的磁力會如此的小呢! 在線圈中間加入一鐵釘後放在細鐵粉盤底下，這時很明顯的看到細鐵粉的排列發生了變化(如圖 5-2 所示)，從細鐵粉的排列方式可以看出磁力線分布的圖型。很明顯的加入鐵釘以後磁力似乎增強了許多，接下來藉由線圈與鐵釘的結合來做磁場強度變化的實驗。

實驗中的圖片結果顯示:



螺旋線圈距離較遠
指北針的指針不移動



螺旋線圈加入鐵釘後
指北針移動 70 度



鐵釘距離靠近
指北針移動 170 度

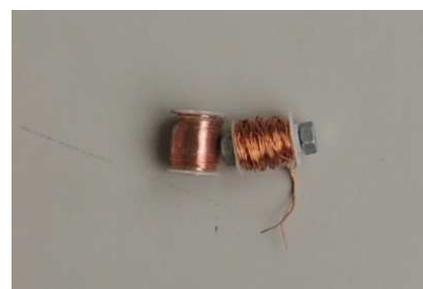
實驗結果:

經由上面簡易實驗中可以知道在線圈裡加入一鐵釘後磁力強度大大增強，原先無法有規律排列出圖形的細鐵粉有成線規則的磁力線分布圖。在做指北針移動實驗時，只要用固定的 1A 電流就可以使指北針偏轉到最大的角度，遠比之前的實驗只使用螺旋線圈的磁力大小明顯的增強很多。

6. 電磁鐵吸取迴紋針數量與電流大小的關係。

實驗原理概述: 1. 電流的大小。 2. 螺旋線圈的圈數。 3. 加入磁性物質(如:鐵、鎳等)可以增加磁場的強度。如果將這三種因素都加進來做成一個圈數很多的電磁鐵來測試一下其磁力的大小。

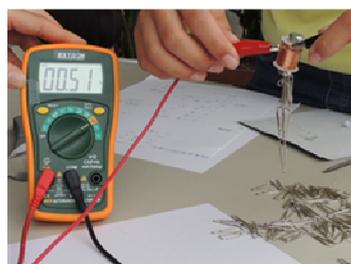
實驗目地: 製作出一個簡易的電磁鐵來測式磁吸力的大小。將漆包線緊緊纏繞在一個塑膠上，在其中心部位插入一隻熟鐵製的螺絲棒製成電磁鐵來做吸引迴紋針的實



實驗六的電磁鐵

驗。因為在此之前所做的實驗都因磁力太小無法直接吸住迴紋針，所以本實驗以較多圈的線圈纏繞以製作出磁力較強的電磁鐵來實驗。注意：因漆包線外圍有圖一層漆做絕緣用，所以需用美工刀輕輕刮除電磁鐵尾端接線的絕緣漆後方可使用。

實驗中的圖片結果顯示：



電流0.5A
吸 9 個迴紋針



電流1.0A
吸 17 個迴紋針



電流2.0A
吸 32 個迴紋針

表 6-1：電磁鐵的電流大小與吸引迴紋針數量(磁力強度)的實驗

| 電流大小 | 0.5A | 1A | 2A | 3A |
|---------|------|----|----|----|
| 吸住迴紋針數量 | 9 | 17 | 32 | 42 |

實驗結果：

在本實驗中可以得知線圈加入熟鐵棒成為電磁鐵後其磁力將大大增強，其磁力大小與流過的電流成正比。而且此電磁鐵是有電就有磁力，斷電後磁力消失的特性。

在此實驗中也將熟鐵棒抽出測試是否可以吸取迴紋針，結果是沒有熟鐵棒的電磁鐵的磁力變得很小無法有效的吸取迴紋針的（圖 6-1）。



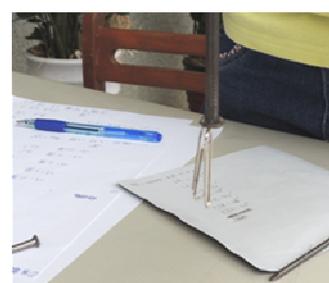
只有線圈的電磁鐵
無法吸著迴紋針

圖 6-1



改用鐵釘的電磁鐵
一樣吸著迴紋針

圖 6-2



變成一般磁鐵的鐵釘
一樣可以吸著迴紋針

圖 6-3

熟鐵棒取出後改用生鐵做的鐵釘加上 3A 電流來磁化鐵釘後（圖 6-2）。這時的鐵釘就神奇的變成一般的磁鐵可以自行吸著迴紋針(圖6-3)。

7. 電磁與日常生活的關係

在發現電之前，以前的磁鐵一定是天然磁鐵這時的主要的應用在於航海上的羅盤做為方向判斷。十九世紀科學家們發現電能生磁，將線圈通電之後就變成了人工磁鐵，一樣有 N、S 極，差別是如果通以較大的電流就可以有遠大於天然磁鐵的磁性，而且一斷電就可以消除磁性。再接著科學家也發現磁生電的規則，從此人類可以藉由磁力來產生電力，發電機的發明改變了人類的生活習慣更改變了人類的歷史。

電生磁的應用雖然單從這簡單的特性上看來好像是很稀鬆平常的事件，用漆包線在鐵蕊外部纏繞的線圈，藉著與定子（場磁鐵）磁極互相吸引和排斥而可以自由轉動，也就是我們說的馬達。馬達可以說是動力之母，電力送給的馬達，馬達產生動力，這是一最基本的應用，但它所延伸出來的應用則不盡其數，底下所舉用的只是在日常生活中常見的應用而已：

家用電器：電風扇、吸塵器、電鈴、吹風機、抽水機、洗衣機、果汁機、攪拌機、電冰箱、冷氣機、洗碗機、抽油煙機 ..等，這些器具都是由電生磁的應用 - 馬達所產生的動力的應用。

大型應用：磁浮列車、電磁鐵起重機，電動車、捷運電聯車，電梯 ..等，無一不是電生磁的應用。

想一想如果人類沒有發現 [電生磁、磁生電] 那現在的生活至少會倒退 200 年前回到十九世紀初的生活，動力還是靠水力及蒸氣機在當地的使用，無法像使用電力那樣方便只要透過電線就可以做長距離的傳送。

參考資料：

1. 安培右手定則及右手開掌定則 …… 科學研習雜誌45卷第4期 台中縣自然科輔導團 林宣安
2. 電生磁的神奇魔法—法拉第電磁感應定律 …… 台北市大安高工。電機科指導老師：湯郁豪
3. 最早發現磁針會受到通電導線附近的磁力而偏向的厄斯特實驗 ………
http://mail.ljfh.tc.edu.tw/~csy/EI-mag/_1.html
4. 安培右手定則的電流與磁場變化 ………
http://mail.ljfh.tc.edu.tw/~csy/EI-mag/_2.html
5. [電與磁總復習] 磁性物質、磁力線、安培右手和開掌定則 視訊教學 ……
http://www.youtube.com/watch?v=T_mkTRknSYY
6. 磁力線 視訊教學 …… <http://www.youtube.com/watch?v=DgMcznhtN18>
7. 電磁鐵及電與磁的科學家故事 …… http://163.24.143.143/magnet/_12.html
8. 教育部中小學教師專業發展整合平台-教學影帶網站 ……
<http://teachernet.moe.edu.tw/TAPE/index.aspx>
9. 自然與生活科技領域(D)】力、簡單機械、電與磁：力的作用與形式 ……
<http://teachernet.moe.edu.tw/TAPE/TapeInfo.aspx?tapeid=762&mode=&fit=0&fid=all&Vmode=DivWP&sh=電與磁&ppage=1&wpage=1>

10. 維基百科 (磁) …… <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81>
11. 維基百科 (電) …… <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB>
12. 電池的種類與特性 ……
<http://www.ccweb.com.tw/chemistry/webpages/Ch104/Ch10404/Ch1040402.htm>