

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080106

探討電磁鐵裝置中線圈纏繞的形狀與磁力大小之關係

學校名稱：澎湖縣馬公市馬公國民小學

作者：	指導老師：
小五 吳舒婷	林鈺坤
小四 楊美荷	陳河開
小四 康維真	
小五 蕭沛函	
小五 吳季庭	

關鍵詞：電磁鐵、磁力大小

探討電磁鐵裝置中線圈纏繞的形狀與磁力大小之關係

摘要

本作品目的在於探討小學自然與生活科技教材有關電磁鐵裝置之內容，其線圈纏繞的形狀與電磁鐵磁力之關係。實驗小組利用自行設計之實驗設備操作實驗，自製 4 種外圍周長相同、但形狀不同的中空柱體，分別以相同長度之導線纏繞相同的圈數做成各式電磁鐵，再利用砝碼及迴紋針做為測量磁力之工具，得到「相同線圈數之情形下，所繞的線圈之形狀愈靠近圓形者，其產生的磁力愈強」之結論。實驗小組並針對線圈纏繞之中空管的粗細大小對磁力的影響提出現象的探討，得到「磁力的大小與中空管的粗細並無直接關聯，透過電阻與電流的測量，通過線圈之電流大小才是影響磁力最重要的因素」之另一結論。最後，實驗小組利用穩定之電源供應控制，設計一嚴謹之操作步驟，以維持實驗結果之穩定性。最後針對電磁鐵各種變因與磁力的影響，提出了現象的觀察心得。

壹、研究動機

在自然生活與科技課裡頭，「電磁作用」單元內容提到通電的線圈可以產生磁力，課本製作的電磁鐵所產生的磁力強弱主要受到二個因素影響：1. 電池的串聯數量；2. 線圈數的多寡。去年的學長姊曾經以此為主題做過類似的科學實驗參加科展，並且得到「相同線圈數之情形下，導線曲率愈大者(纏繞的吸管愈細者)，其產生的磁力愈強」之結論。但我們對於這樣的結論感到懷疑！因為將線圈纏繞於不同粗細的吸管中，雖然纏繞圈數的變因受到控制，但是對於線圈所纏繞的長度並未受到控制，因此所得到以愈細的吸管纏繞線圈所產生的磁力愈大的結論可能是有問題的。

有了去年學長姊的經驗做知識，影響磁力大小的因素除了電池串聯數量與線圈數多寡以外，在整個實驗裝置及過程中還包含了什麼因素？為此，我們在班上成立了科展小組，並進行熱烈的討論，最後提出假設：電磁鐵的磁力大小可能與線圈纏繞的截面積有關，




但必須將線圈的長度予以固定。為了驗證假設，我們設計並操作了許多實驗，製作了相同的外圍周長、但不同形狀中空角柱（正三角柱、正四角柱、正六角柱、圓柱）做為變因的操控，希望能夠發現線圈環繞不同形狀之角柱與磁力大小的關係。

貳、研究目的

- 一、探討電磁鐵線圈導線所纏繞形狀對磁力的影響。
- 二、分析電磁鐵中影響磁力之因素。
- 三、學會設計科學實驗對變因的控制觀念及方法。
- 四、培養「大膽假設、小心求證」的科學研究態度與方法。

參、研究設備及器材

名稱及樣式	照片	數量
中空角柱 (纏繞 1 圈周長 2.4cm)		正三角柱、正四角柱、正六角柱、 圓柱各 1 個
電子秤(500g/0.1g)		1 部
三用電表		1 部
電源供應器		1 部
漆包線(0.3mm)		1 網
鐵棒(10cm ; 2cm ³)		9 根

名稱及樣式	照片	數量
迴紋針		200 根
小砝碼		20 個
固定架		1 組
其他物品	計算機、棉繩、膠帶、剪刀、碼錶、試管	

肆、研究過程及方法

為了觀察電磁鐵線圈導線所纏繞的截面積對磁力的影響，我們設計了 4 個活動，做為逐步觀察產生磁力的影響的實驗步驟。

一、活動一：製作各種形狀中空角柱並計算底面積

操作方法：取繞行 1 圈總長 2.4cm、4.8cm、6cm 的長度，利用透明投影片製作出正三角柱、正四角柱、正六角柱、圓柱體，並計算底面積。

二、活動 2：變因及實驗流程的控制

操作方法：將鐵芯(電磁鐵中的鐵棒)材質及長度；電源供應器；漆包線的材質；導線圍繞的圈數列為控制變因，討論將這些變因保持不變之辦法，建立本實驗之標準操作流程。

三、活動 3：探討測量磁力的設計裝置與磁力的測量物

操作方法：探討衡量電磁鐵產生磁力後判斷磁力強弱的方式與測量磁力的工具，並設計方便操作的實驗裝置來操作實驗。

四、活動 4：比較纏繞在不同角柱之導線所形成之電磁鐵所產生的磁力關係

操作方法：分別以不同粗細之正三角柱、正四角柱、正六角柱、圓柱為材料，為其繞上 120 圈的漆包線，利用本實驗裝置在通電後開始測量磁力，最後並繪製出導線纏繞形狀與磁力的關係圖。為了講求結果的可信度，我們固定由 1 位成員統一操作迴紋針與砝碼的擺放，每組從 7 次當中去除最高

與最低的 2 次，從剩餘之 5 次數據中觀察發現。

五、活動 5：比較相同長度、但纏繞在不同粗細圓柱之導線所產生的磁力關係

操作方法：取相同長度的導線 3 條，將其各自繞在不同粗細的圓柱上，觀察所產生的磁力大小關係。

伍、研究結果


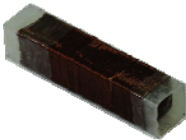


一、角柱的製作與底面積的測量

為了讓纏繞每一種角柱使用相同長度的漆包線，我們取 3、4、6 的最小公倍數 12 做為製作角柱的基礎，考量角柱中能夠插入鐵棒為原則，所製作的角柱並不能太細，因此最後決定以 2.4cm、4.8cm 為主，製作出正三角柱（每邊長 0.8cm、1.6cm）；正四角柱（每邊長 0.6cm、1.2cm）；正六角柱（每邊長 0.4cm、0.8cm）；圓柱（周長 2.4cm、4.8cm）。

由於各類柱體形狀的不同，最明顯的特徵在於其底面積不同，也就是線圈環繞的截面積不同。因此，本實驗小組一併針對柱體底面積進行計算。

由已知的邊長去推算面積，我們的能力只能算到正方形及圓形，因此，正三角形及正六邊形的面積就是上網蒐尋公式，再代入公式而得。各種角柱及底面積如下表 1 所示。

表 1：本實驗所採用角柱照片及底面積

名稱	角柱照片	周長 2.4cm 之底面積 (cm ²)	周長 4.8cm 之底面積 (cm ²)	周長 6.0 之底面積 (cm ²)
正三角柱		0.277	1.109	1.732
正四角柱		0.360	1.440	2.25
正六角柱		0.416	1.663	2.598
圓柱		0.458	1.833	2.866



由表 1 可得知，在底面周長相等的情形下，圓柱的底面積最大；正三角柱的底面積最小。

二、變因及實驗流程的控制

(一) 羅列控制變因：

本實驗將鐵芯材質及長度；電源供應器；漆包線的材質；導線圍繞的圈數列為控制變因（即課本「保持不變的變因」），並且討論保持其不變的狀態，整理成如下表 2：

表 2 本實驗控制變因及其內容

變因名稱	照片	規格及控制方式
鐵芯材質		蒐集教材廠商撥發實驗材料之鐵棒，並確認本身不具磁力
鐵芯長度		鐵棒長 10cm，全部採用同一廠商撥發之教具材料(軟鐵材質)
電源供應器		確保輸出的電壓保持穩定，不會產生像電池隨著時間衰減的問題
漆包線		全部皆用相同之漆包線(寬約 0.3mm)
導線圈數		配合鐵棒僅有 10cm 之限制，導線圈數為 120 圈，並置中於吸管中央

(二)其他變因的控制

1. 電源供應器的控制：由於學校設備添購為簡易式電源供應器，為了觀察電源供應是否穩定，我們以三用電表測量電源供應器開啟後之電壓(皆轉至 1.5V)，每 10 秒記錄一次，由於每次實驗皆不超過 1 分鐘，故以 1 分鐘為限，得到資料如表 3 所示。

表 3 持續通電之輸出電壓一覽(單位：伏特)

經過時間	10 秒	20 秒	30 秒	40 秒	50 秒	60 秒
電壓選擇						
1.5V	5.68	5.65	5.66	5.59	5.58	5.58

由表 3 可知，**電源供應器供應電壓屬於穩定**(尤其在 30 秒後達穩定)，本實驗不會因電壓輸出不同而導致影響結果。

2. 實驗流程的控制：為了確保每 1 次實驗的穩定性，將實驗步驟做如下的控制：
 - (1) 每一次實驗前，先利用三用電表測量電磁鐵線圈中的電流，所測得數據皆須保持一致。
 - (2) 在做完每 1 次實驗後，皆立即將電源供應器關掉。
 - (3) 每 1 次測量後，利用迴紋針測試鐵芯是否已磁化，若鐵芯未通電具有磁力時，則以敲打方式使其磁力消失後繼續。

三、探討測量磁力的設計裝置與磁力的測量物

- (一) 測量磁力的裝置：為了避免鐵芯與吸管間的移動會影響磁力，我們設計了分別固定兩者的實驗裝置，如圖 1 所示，將人為操作的誤差減至最小。



圖 1 實驗裝置圖

(二)磁力的測量：以實驗室的小砝碼(每個重約 2 公克)與迴紋針來做為測量磁力大小的工具。鐵芯所能懸掛的砝碼迴紋針代表磁力能吊起的重量，實驗步驟以先懸掛砝碼、再懸掛迴紋針的方式進行磁力的測量，直至所有的懸掛物掉落為止，測量方式如圖 2 所示。



圖 2 砝碼測量磁力示意圖

由圖 1、圖 2 可知，本實驗測量磁力的方法是採取懸掛重量多寡來做為磁力大小的判定，利用電子秤可以秤出該組電磁鐵可懸掛的重量。

四、比較不同形狀及截面積的柱體對磁力的影響

(一)底邊周長為 4.8cm、不同形狀的角柱所形成之 120 圈電磁鐵，分別所產生的磁力能吸起的重量如表 4 所示。

表 4 不同形狀的柱體纏繞之電磁鐵吸起的重量(單位：公克)【底邊周長為 4.8cm】

操作次數 \ 角柱	正三角柱	正四角柱	正六角柱	圓柱
1	7.1	8.7	9.9	12.1
2	7.4	9.9	10.9	14
3	7.4	9.9	10.1	14.6
4	7.8	9.9	11.8	12.4
5	8.1	9.9	9.9	12.1
平均	7.56	9.66	10.52	13.04

由表 4 可得知，圓柱為材料的電磁鐵，所產生的磁力可吸起較重的重量，平均可吸起 13.24 公克重；正六角柱次之，平均可吸起 10.52 公克重；依序為正四角柱(平均可吸起 9.66 公克重)及正三角柱(平均可吸起 7.56 公克重)。

(二)底邊周長為 2.4cm、不同形狀的角柱所形成之 120 圈電磁鐵，分別所產生的磁力能吸起的重量如表 5 所示。

表 5 不同形狀的角狀纏繞之電磁鐵吸起的重量(單位：公克)【底邊周長為 2.4cm】

操作次數 \ 角柱	正三角柱	正四角柱	正六角柱	圓柱
1	15.5	15	16	18
2	17.3	18	17	17.4
3	18.2	17.8	16.9	18.2
4	15.5	17.4	18.2	18
5	16.5	16.9	17.2	18.1
平均	16.6	17.02	17.06	17.94

由表 5 可得知，在底部周長為 2.4cm 的角柱及圓柱，所能吸起的平均重量差距在 ± 1 公克，並沒有明顯的差異。但仍舊具有「愈接近圓形，所產生的磁力愈大」之現象。

然而比較表 4 與表 5 之結果，有二點重大發現：

1. 表 4 及表 5 各自有截面積愈大者(愈接近圓形)，具有愈大的磁力。
2. 比較表 4 與表 5，卻產生截面積小的(愈細)，具有愈大的磁力。

外圍周長較小之角柱及圓柱(截面積較小)，比外圍周長較大之角柱及圓柱(截面積較大)具有較大的磁力。此一現象即推翻了本實驗上述的假設！意即：導線纏繞的截面積愈大，所製作之電磁鐵磁力**不一定**愈大。

比較表 4 與表 5，截面積與磁力之關係只能在特定條件的狀況下成立。由上述 1、2 之結果，推翻本次實驗之假設，並顯示出電磁鐵的磁力與線圈所纏繞中空管之粗細**沒有直接關聯**。僅僅呈現「愈靠近圓形，所製作之電磁鐵具有較大磁力」之現象。

(三)為了看出磁力的規律性，研究小組再進一步製作底部周長為 6cm 的各式柱體，同樣以漆包線纏繞 120 圈，電磁鐵分別所產生的磁力能吸起的重量如表 6 所示。

表 6 不同形狀的角狀纏繞之電磁鐵吸起的重量(底邊周長為 6cm)

角柱 操作次數	正三角柱	正四角柱	正六角柱	圓柱
1	1.6	3.5	4.8	7.0
2	1.3	3.7	4.6	7.4
3	2	3.2	4.2	7.0
4	1.2	3.2	5	6.8
5	1	3.3	4.5	6.6
平均	1.42	3.38	4.62	6.96

由表 6 可得知，圓柱為材料的電磁鐵，所產生的磁力可吸起較重的重量，平均可吸起 6.96 公克重；正六角柱次之，平均可吸起 4.62 公克重；依序為正四角柱(平均可吸起 3.38 公克重)及正三角柱(平均可吸起 1.42 公克重)。與上述(一)之結果相同。

(四)綜合(一)、(二)、(三)之結果，雖然證明了電磁鐵磁力的大小與所纏繞的中空管之截面積無直接關聯，但仍可約略看出以下幾點規律：

1. 線圈纏繞的形狀愈靠近圓形，所製作的電磁鐵磁力愈強。恰巧圓形之面積大於任何一周長相等之多邊形面積。是否是因為截面積之關係，則有待進一步討論。
2. 外圍周長愈小的中空角柱或圓柱所製作之電磁鐵，皆比外圍周長較大之中空角柱及圓柱所製作之電磁鐵具有較大磁力。

五、比較相同長度、但纏繞在不同粗細圓柱之導線所產生的磁力關係

上述步驟已對導線纏繞的形狀與磁力的大小有了規律的結論，但是纏繞不同粗細的柱體所用掉的漆包線並不相同；愈粗的柱體繞 120 圈的漆包線長度自然比細的柱體繞 120 圈的長度還要長得多。因此，倘若固定住漆包線的長度，再將其纏繞在不同粗細的柱體上，為了方便觀察，我們只取磁力最強的圓柱，以底邊周長 2.4cm 的圓柱纏繞 120 圈之長度為主，分別繞在底邊周長 4.8cm 與 6cm 的圓柱上觀察。所測得磁力結果如表 7 所示。

表 7 相同長度纏繞不同粗細圓柱之電磁鐵吸起的重量(單位：克)

圓柱 操作次數	底邊周長 2.4cm (120 圈)	底邊周長 4.8cm (60 圈)	底邊周長 6cm (48 圈)
1	13.1	4.1	1.7
2	10.3	4.2	1.6
3	13.0	3.9	2
4	11.1	4.0	2
5	15.0	3.9	1.5
平均	12.5	4.02	1.76

由表 7 可得知，當纏繞的漆包線長度相同時，底邊周長 2.4cm 的圓柱平均可吸起 12.5 公克重的砝碼；底邊周長 4.8cm 的圓柱平均可吸起 4.02 公克重的砝碼；底邊周長 6cm 的圓柱平均只能吸起 1.76 公克重的砝碼。纏繞在愈細的圓柱之電磁鐵所產生的磁力愈大。

陸、討論

一、回顧已知影響電磁鐵磁力大小的因素

1820 年，丹麥人厄司特 (Hans Christian Oersted, 1777-1851) 所發現的電流磁

效應，顯示了電與磁的關聯性。在電流磁效應被發現後不久，大約在 1825 年，英國人斯特金 (William Sturgeon, 1783-1850) 將通有電流的金屬線纏繞在絕緣的鐵棒上，發明了電磁鐵。電磁鐵通電時便有磁性，不通電就沒有磁性，電磁鐵和一般永久磁鐵最大的差別，是電磁鐵可以藉由改變通過線圈的電流大小及線圈的匝數來控制磁性的大小，而一般磁鐵的磁性則是固定的。而根據課本內容所得到的結論為：1. 串聯電池的數量愈多，則電磁鐵的磁力愈強；2. 環繞的線圈數愈多，則磁力愈強。因此電磁鐵通電所產生的磁力大小與電池的數量以及線圈數有關。電池的數量即是代表供應的電壓。

去年學長姊所操作的科展實驗，並未控制漆包線的使用量，而讓實驗結果出現推論上的不足，本實驗小組特別在此次實驗中將漆包線的數量予以控制。

二、本實驗對於導線纏繞角柱形狀的探討與定義

(一) 控制漆包線的使用量：

由於去年的學長姊在定義導線曲率時，並沒有考慮到粗與細的吸管，其用掉的漆包線是不一樣的。因此，有可能會產生「以粗的吸管纏繞所形成的電磁鐵磁力較強是因為纏繞相同圈數的情況下，粗的吸管將用掉較多的漆包線，因此，磁力變強的原因可能是漆包線的使用量，而非導線的曲率」這樣的結論。

有鑑於此，本研究小組決定將漆包線的使用量當成控制變因予以固定，而最直接的方法便是讓所纏繞的每一圈漆包線用掉相同的長度，也就是說，被纏繞的物體本身外圍的周長要一樣。透過控制成相同長度的漆包線，還可以觀察不同形狀的中空角柱所製作的電磁鐵是否具有不同磁力，而驗證「影響的因素是否是截面積的緣故」之假設。

(二) 形狀的差別—纏繞形成的截面積之計算：

本實驗利用了 4.8cm、2.4cm、6cm 三種底邊周長做成各式角柱，選擇正多邊形角柱的原因在於正多邊形較容易藉由邊長算出底面積，也就是線圈纏繞所形成的截面積。根據跟老師討論以及上網查詢，本實驗所用到的角柱，其底面積公式計算如下：

1. 假設每邊長為 a ，正三角形的面積為 $\frac{\sqrt{3}}{4}a^2$ 。

2. 假設每邊長為 b ，正方形的面積為 b^2 。

3. 假設每邊長為 c ，正六邊形的面積為 $\frac{3}{2}\sqrt{3}c^2$ 。【因為正六邊形可切割為 6 個邊長為 c 的正三角形】

4. 假設周長為 d 的圓形，其面積為 $\frac{1}{4\pi}d^2$ 。

當周長皆為 k 時，正三角形的面積為 $\frac{\sqrt{3}}{36}k^2$ ；正方形的面積為 $\frac{1}{16}k^2$ ；正六邊形為

$\frac{\sqrt{3}}{24}k^2$ ；圓形為 $\frac{1}{4\pi}k^2$ 。當 $\pi = 3.14$ 代入時，可得到面積大小依序為圓形 > 正六邊形 > 正

方形 > 正三角形。

三、變因的控制與實驗流程的控制

(一) 變因的控制：由於我們所學到的只有串聯電池的數量與增加線圈數，因此為了觀察其他影響磁力的因素，必須先將電池與線圈的相關影響因素全部控制住。從鐵芯

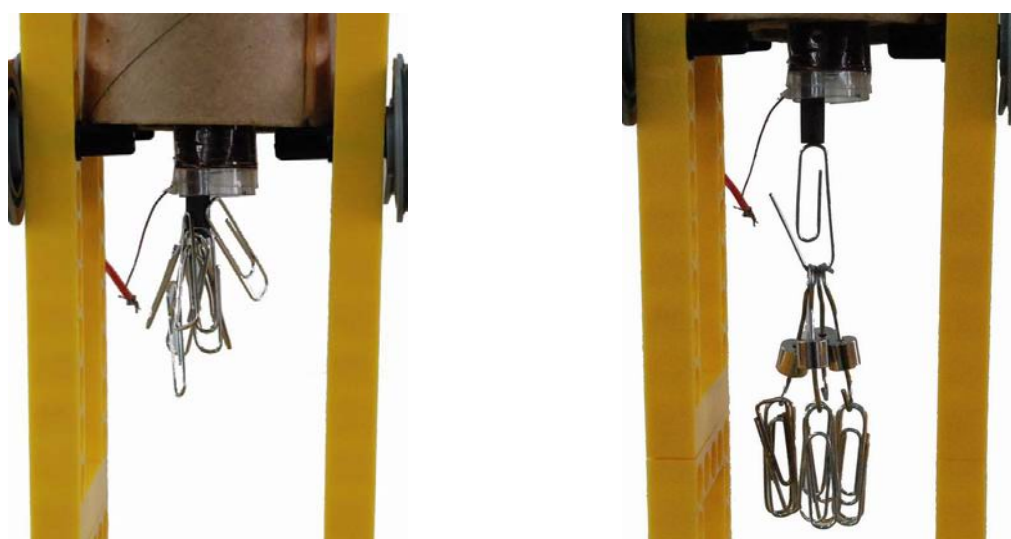
材質及長度；電池的品牌及數量；漆包線的材質；導線圍繞的圈數，全部統一。

(二)線圈數的決定：礙於鐵芯長度僅有 10 公分的限制，最多只能繞到約 150 圈，在考量線圈數有限之情形下，本實驗設計只取 120 圈做為觀察。但是在繞正六角柱及正四角柱的過程中，非常需要纏繞的技巧，才能使角柱不致於變形。

(三)電壓輸出的控制：老師說：「電流的輸出大小，是依據每一個線圈組所形成的電阻所決定」。因此只要控制住輸出的電壓一致，那麼連接在相同長度的線圈組，所輸出的電流將會一致。而表 3 即顯示本實驗之電源供應器具有穩定輸出電壓之功能。

四、磁力大小的測量：

依課本內容，我們亦利用電磁鐵吸取物質的多寡(重量)來做為測量磁力的標準，但為了避免迴紋針的數量過多而致使鐵芯吸附面積不足或是迴紋針的數量不夠，我們採用了實驗室的小砝碼(每個重約 2 公克)，以迴紋針先懸掛砝碼、再懸掛迴紋針的方式進行磁力的測量，懸掛的方式如圖 2 所示。



過多的迴紋針排列不整齊，容易影響磁力

統一以懸掛方式測量

圖 2 本實驗懸掛砝碼示意圖

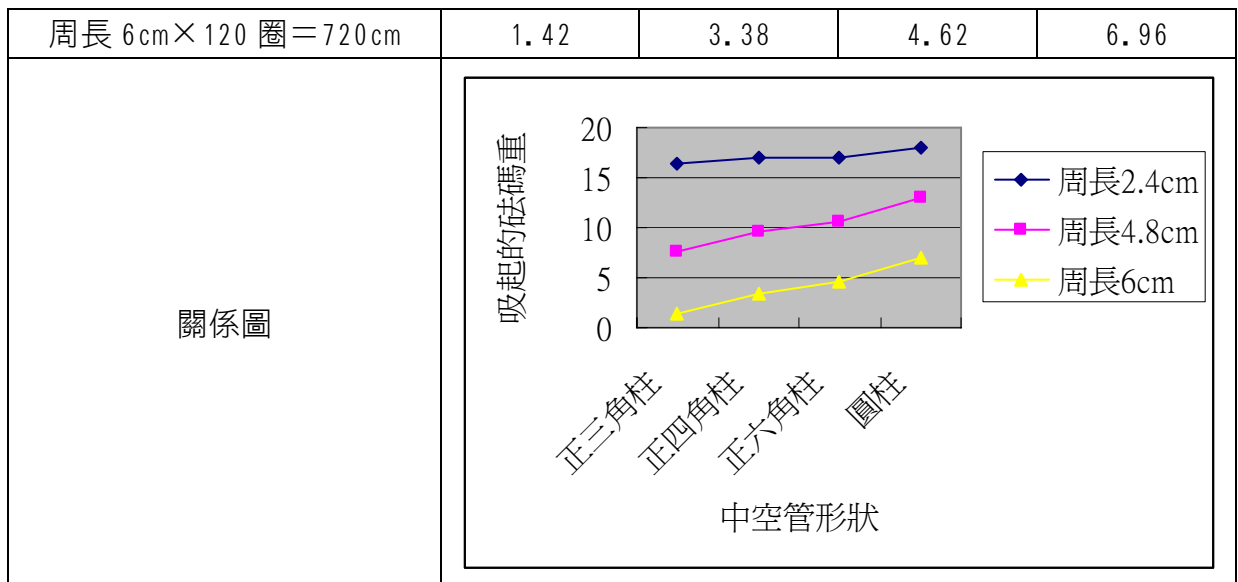
五、實驗裝置：按照教材內容，吸管與鐵芯以徒手拿取為主，但為了穩定測出磁力能吸取的重量，有必要設計能夠固定吸管與鐵芯，使其不會晃動的裝置。我們取材自實驗室，將可以利用的器材利用上，設計出一個將鐵棒以棉線與膠帶固定於下、以橡皮筋固定吸管的裝置，實驗操作者只須將迴紋針及砝碼向下懸掛即可。

六、比較導線纏繞之不同形狀對磁力的影響

根據表 4、5、6 可得知，纏繞線圈的方式愈靠近圓形，所產生的磁力愈大；在不同粗細的角柱之間，因為纏繞相同線圈所用掉的漆包線不同，因此，不能夠代表愈細的角柱產生的磁力愈大。再進一步將表 4、5、6 整理成下表 8：

表 8 纏繞的形狀與磁力大小之關係(單位：公克)

線圈組合	角柱			
	正三角柱	正四角柱	正六角柱	圓柱
周長 2.4cm×120 圈=288cm	16.4	17.02	17.06	18.04
周長 4.8cm×120 圈=576cm	7.56	9.66	10.52	13.04



根據表 8，在角柱底面周長與線圈數固定的情形下，纏繞的形狀愈靠近圓形，所產生之電磁鐵的磁力愈強；反之，則愈弱。

七、相同長度、但纏繞在不同粗細圓柱之導線所產生的磁力關係

由於我們對於學長姊去年科展的結論仍然存在有疑問：如果將導線的長度固定住，那麼纏繞不同粗細的柱體之電磁鐵，仍然會有纏繞的圈數愈多(柱體愈細—導線曲率愈大)，磁力愈強的結論嗎？而根據表 7 的結果顯示，同樣是 298cm 的導線(頭尾各留 5cm 連接電源供應器)所製作出來的電磁鐵，仍是繞著較細的圓柱者具有較大的磁力，而其纏繞的圈數是最多的。

八、真正影響磁力的因素：

在課本的實驗當中，漆包線的長度與所環繞的圈數必須保持不變，而本實驗將每一分組中的各種角柱及圓柱控制為外圍周長相等，恰可保持在 120 圈的纏繞下，所使用的漆包線長度皆一樣。

進一步探討不同周長的角柱與圓柱的磁力大小，本實驗小組觀察到周長愈小的角柱與圓柱，其產生的磁力愈強。但是並不能以此下結論證明纏繞愈細的物體會產生愈強的磁力，**原因就在於使用的漆包線數量並不相同。**

實驗小組進一步查詢資料，得到通電裝置通常符合公式：電壓＝電流×電阻，意即相同的電壓之下，電阻愈大，通過的電流愈小，也因此產生較小的磁力。因此，電磁鐵的磁力大小，仍是與電壓、電流的大小有關。

漆包線的長度代表著某種程度的電阻大小，長度不同，電阻自然不同。本實驗可推演得知：相同圈數下，細的中空管纏繞較少的漆包線，因此電阻較小，單位時間內通過的電流較大，產生的磁力較強。而漆包線用掉愈長，因電阻大，所產生的磁力愈弱，我們利用三用電表測量各組別之漆包線纏繞後之電阻，製成表 9，以利說明。

表 9 漆包線長度與電阻關係表(電阻單位：歐姆)

底邊周長	中空柱	正三角柱	正四角柱	正六角柱	圓柱
周長 2.4cm×120 圈=288cm		0.48	0.53	0.5	0.48

底邊周長 \ 中空柱	正三角柱	正四角柱	正六角柱	圓柱
周長 4.8cm×120 圈=576cm	0.8	0.82	0.8	0.9
周長 6cm×120 圈=720cm	1.1	1.24	1.3	1.1

由表 9 可看出以下結果：

- (一)纏繞愈粗的中空管，所測量到的電阻愈大。也就是說在相同的電源供應下，愈粗的中空管所纏繞的線圈形成較大的電阻，所產生的電流是愈小的。
- (二)電磁鐵磁力的大小與而相同底邊周長、形狀不同的中空管所纏繞出來的線圈，其電阻大小是差不多的，並沒有明顯差異(差異皆在±0.2 歐姆上下)。
- (三)中空管粗細並無關聯，而始終與線圈內的電流大小有關，線圈內的電流愈大，所形成的磁力愈強。
- (四)相同長度的線圈，纏繞形狀愈靠近圓形者，所產生的磁力愈強。其真正的原因頗值得進一步設計實驗來探討。

柒、結論與建議

- 一、磁力的大小與線圈纏繞的形狀有關，而與線圈纏繞的截面積無直接關聯。
- 二、電磁鐵磁力的大小與線圈中的電流量大小有關，電流愈大的產生的磁力也較大。在相同圈數下，線圈用量愈少，電流愈大，磁力也愈大。
- 三、電磁鐵裝置中，線圈纏繞的形狀愈靠近圓形，愈能夠產生較大的磁力。
- 四、本實驗以電磁鐵能夠吸取最大重量為其定義，將可吸取最大量的砝碼稱重，即為磁力大小，是一種可以測量磁力大小的方法。
- 五、為了保持測量的穩定性，本實驗所設置之實驗裝置，操作結果尚具穩定性。

捌、參考書目

- 天母書城(民 82)。十萬個為什麼？物理篇。台北縣：鐘文出版社。
- 方洲主編(2005)。科學知識全知道。台北市：風車圖書。
- 曾耀寰編審(2006)。自然科學圖解百科—能量與物理 II。台北縣：泛亞文化。
- 婦幼家庭出版社(民 80)。兒童小百科·科學篇。台北市：婦幼家庭出版社。
- 蔡春桂、劉大紋、劉其之(民 88)。科學小常識。台北縣：泉源出版社。
- 奈爾·阿爾德利(Neil Ardley)(民 86)。打開科學大門 101。台北市：台灣麥克。

【評語】 080106

- 1、 科展作品能引發大家對科學的興趣。
- 2、 建議對作品說明及傳達上的表現，可以再多練習。