

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031603

設計簡易實驗—探討電磁鐵的磁力與其變因
的關係

苗栗縣私立建台高級中學

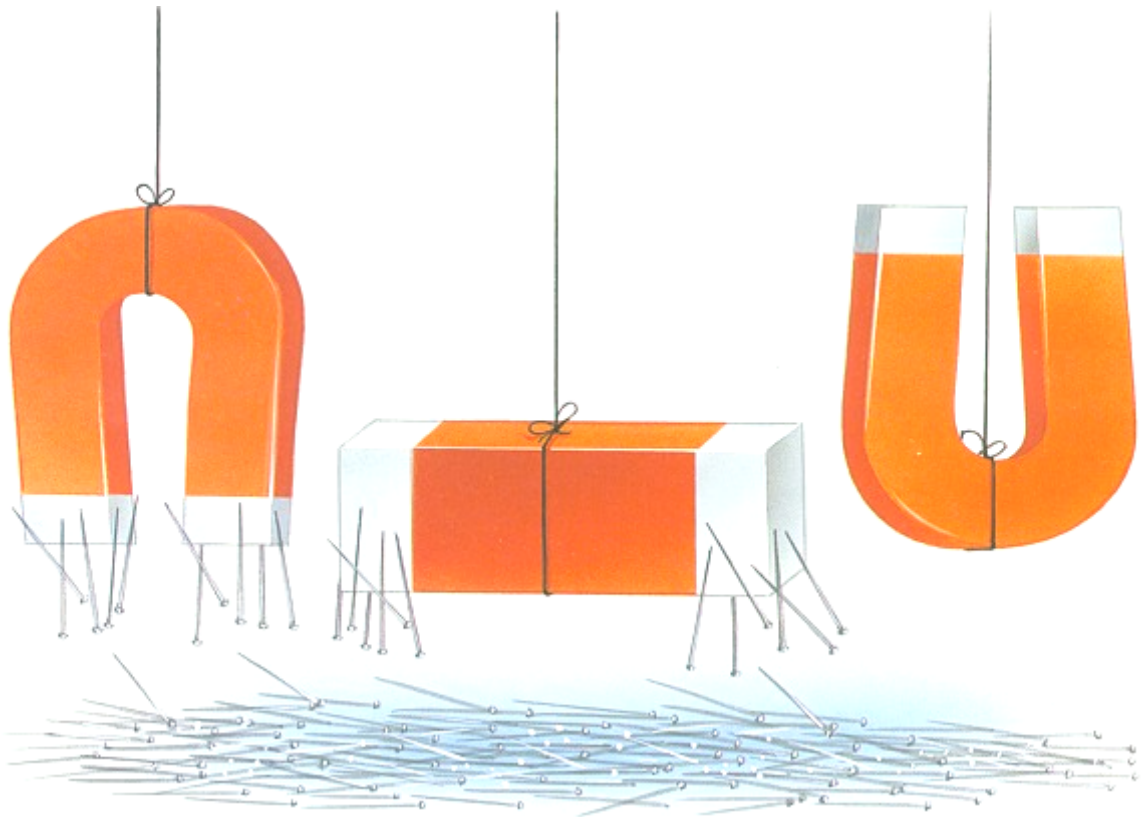
作者姓名：

國三 徐國仁 國三 陳冠廷 國三 張皓淳
國三 劉哲綸

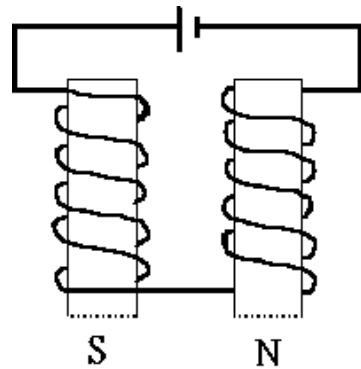
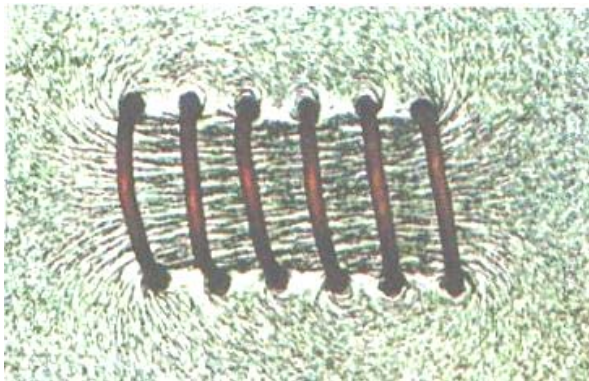
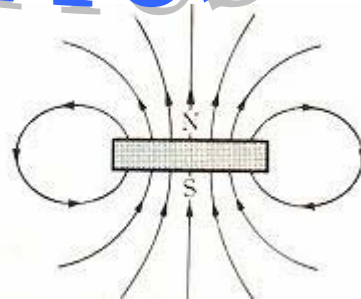
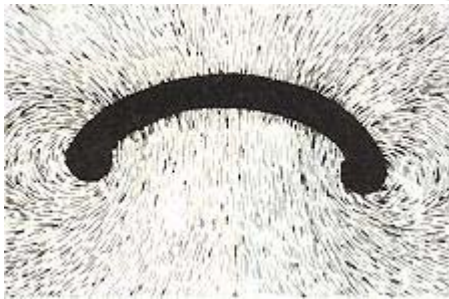
指導老師：

陳世明

探索神秘的磁世界



MAGNETICS



目錄

壹、	摘要	1
貳、	研究動機	1
參、	研究目的	1
肆、	研究設備及器材	1
伍、	研究過程或方法	2
陸、	研究結果	3
柒、	討論	11
捌、	結論	11
玖、	參考資料及其他	12

設計簡易實驗－探討電磁鐵的磁力與其變因的關係

壹、摘要

經過了一兩個月的研究討論與重覆的實驗，歷經無數次嘗試錯誤，我們終於從懵懂無知，進而瞭解，原來複雜的科學現象，可經由不斷地實驗與科學方法將其一一剖析，變成簡單而合理的解釋。最後的結果，讓我們深深地體會：我們好像科學家，找到一把簡單開啓通往神秘自然界的鑰匙，我們相信這顆種子已深植在我們心中。將來一定會茁壯，在人生的道路上，我們一定會用這種方法去找到通往成功的簡單之鑰-----一定有方法只是你找不到。

貳、研究動機

從小我們就對磁鐵充滿著好奇，每每到了碼頭邊，看著吸貨櫃的大磁鐵時更是驚嘆不已，怎麼會有這麼大塊的磁鐵。國三下學期，在自然與生活科技第六冊第一章第三節學到電流的磁效應，更勾起了我們兒時的回憶。課本中只有現象的描述，沒有實際的實驗，尤其在電磁鐵的磁力大小這方面更是闕如，我們認為，既然叫做磁力，就應該是力的一種，它的值一定可以量測，而且，一定有某些變因影響它的大小，他們的關係又是如何呢？於是，我們便開始討論，如何利用書本上所學過的理化知識，經由實驗證明，進而解決我們的疑問。

參、研究目的

利用槓桿原理，設計簡易實驗，量測電磁鐵與磁鐵產生的磁力，探討電磁鐵的磁力與各項變因的關係。

- 一、載流直導線的磁力與電流、距離的關係。
- 二、單匝圓形線圈的磁力與電流、距離和直徑的關係。
- 三、螺線管的磁力與電流、距離、單位長度匝數的關係。

肆、研究設備及器材

- 一、直流電源供應器
- 二、螺線管 長度 11.5cm 管徑 2cm 線徑 1mm (230 匝 460 匝) 各一支
長度 15.2cm 管徑 4.2cm 線徑 1.2mm (500 匝) 一支
- 三、銅質墊片 (20 塊) (厚度 1cm)
- 四、直導線長 (20cm) (線徑 2mm)
- 五、槓桿 1 支 (長度 60cm)

- 六、電子天秤(最小值 0.001gw)
- 七、圓形磁鐵 (直徑 3cm)厚度 0.4cm
- 八、砝碼 1 個 (50 克)
- 九、單匝圓形線圈數個 (直徑 3.54cm~9.12cm 不等) (線徑 1mm)
- 十、鐵架 1 支
- 十一、一般鱷魚夾導線 數條。
- 十二、銅線 數條(長 20cm)。

伍、研究過程或方法

一、用控制變因實驗方法，將電磁鐵與磁鐵產生的磁力，運用槓桿原理在電子天秤上讀出。

(一)載流直導線與磁鐵

- 1.將砝碼懸掛在槓桿左邊，置於電子天平上，磁鐵懸掛在槓桿右邊並懸空。
- 2.將導線與磁鐵水平距離固定 2cm 調整電流(0.5~2.5A)。
- 3.將電子天平歸零。
- 4.在電子天平上讀出讀數,讀三次平均值並紀錄。
- 5.調整導線與磁鐵的水平距離(2~4cm)每次調整 0.5cm 重複上述步驟 2~4。

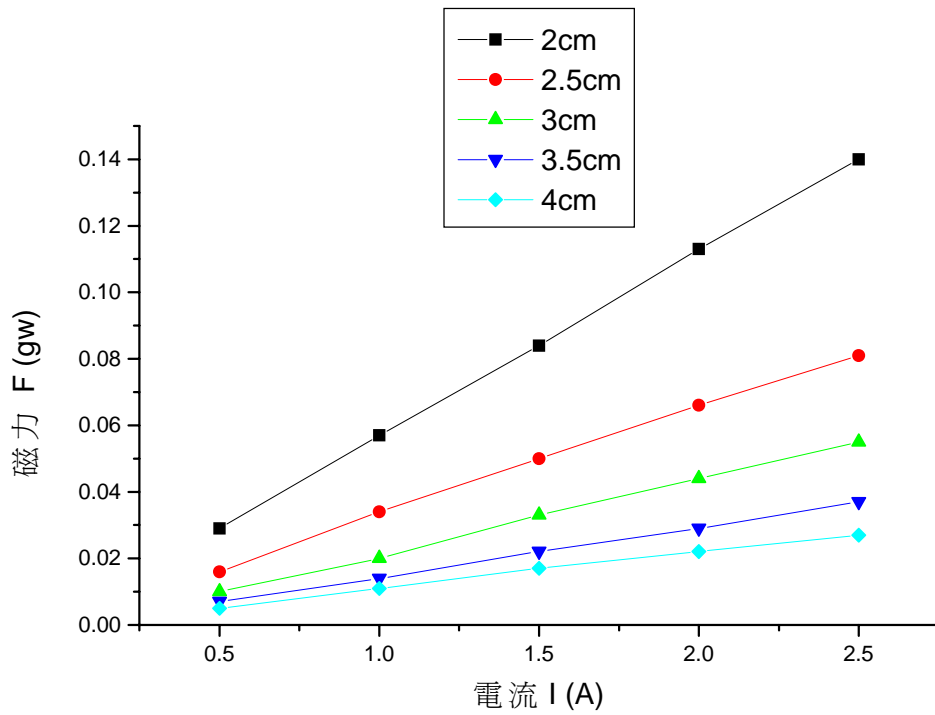
(二)單匝圓形線圈與磁鐵

- 1.重複步驟(一)-1。
- 2.將線圈直徑 3.54cm 與磁鐵垂直距離固定 0cm 調整電流(0.5~2.5A)。
- 3.將電子天平歸零。
- 4.在電子天平上讀出讀數,讀三次平均值並紀錄。
- 5.調整線圈與磁鐵的距離(0~4cm)每次調整 1cm,重複上述步 2~4。
- 6.改變線圈直徑(3.54cm~9.12cm)分別重複上述步驟 2~5。

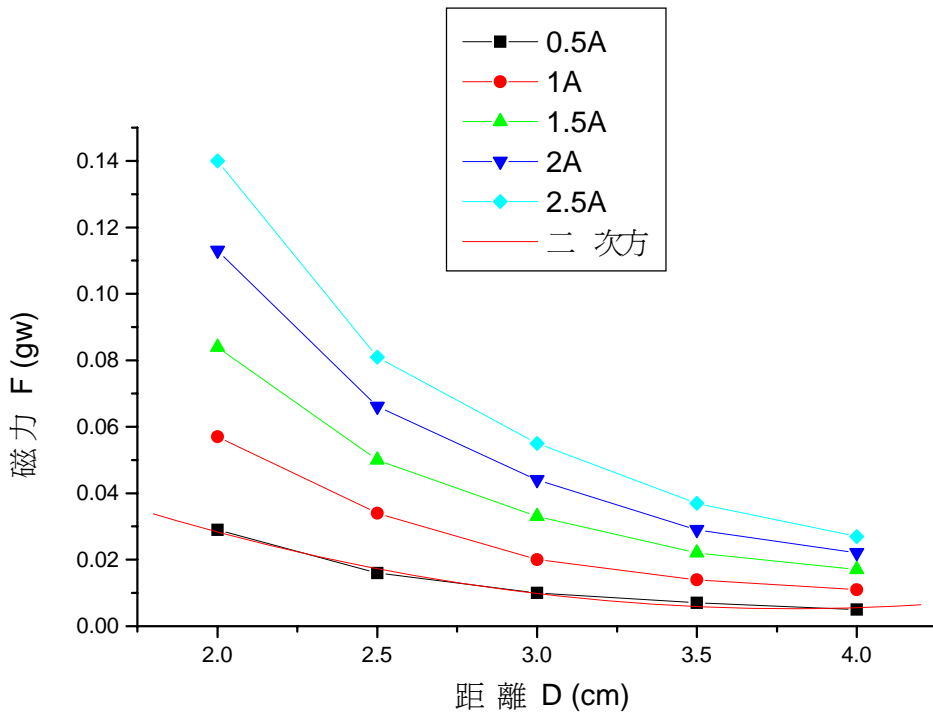
(三)螺線管與磁鐵

- 1.重複步驟(一)-1。
- 2.將螺線管(230 匝)與磁鐵垂直距離固定 1cm，調整電流(0.5~2.5A)。
- 3.將電子天平歸零。
- 4.在電子天平上讀出讀數,讀三次平均值並紀錄。
- 5.調整螺線管與磁鐵的距離(1~15cm)每次調整 1cm,重複上述步驟 2~4。
- 6.改變螺線管(460 匝) 重複上述步驟 2~5。

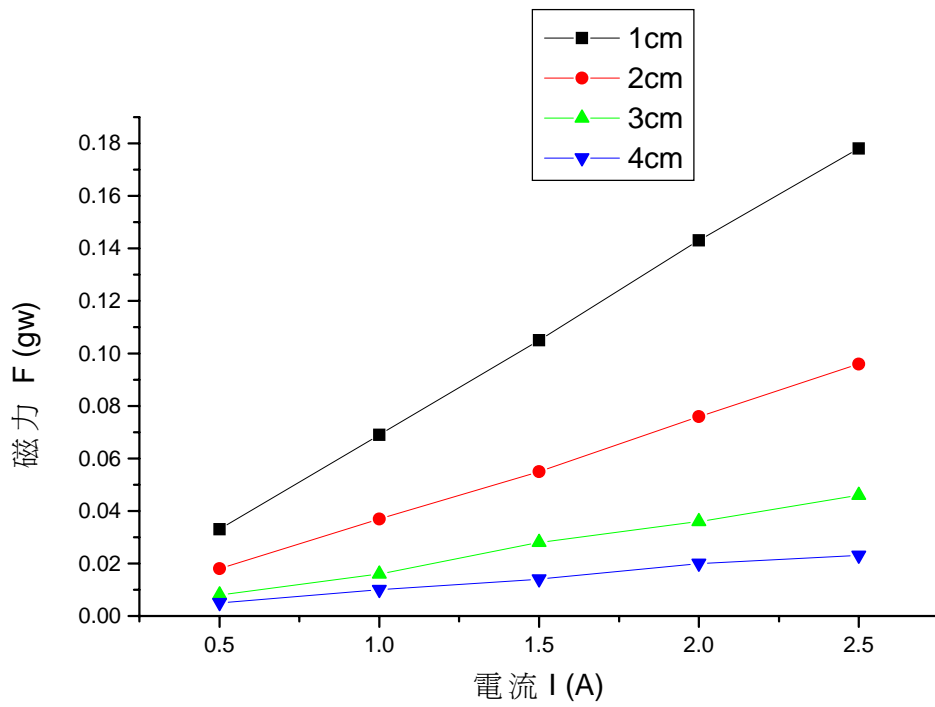
陸、研究結果：



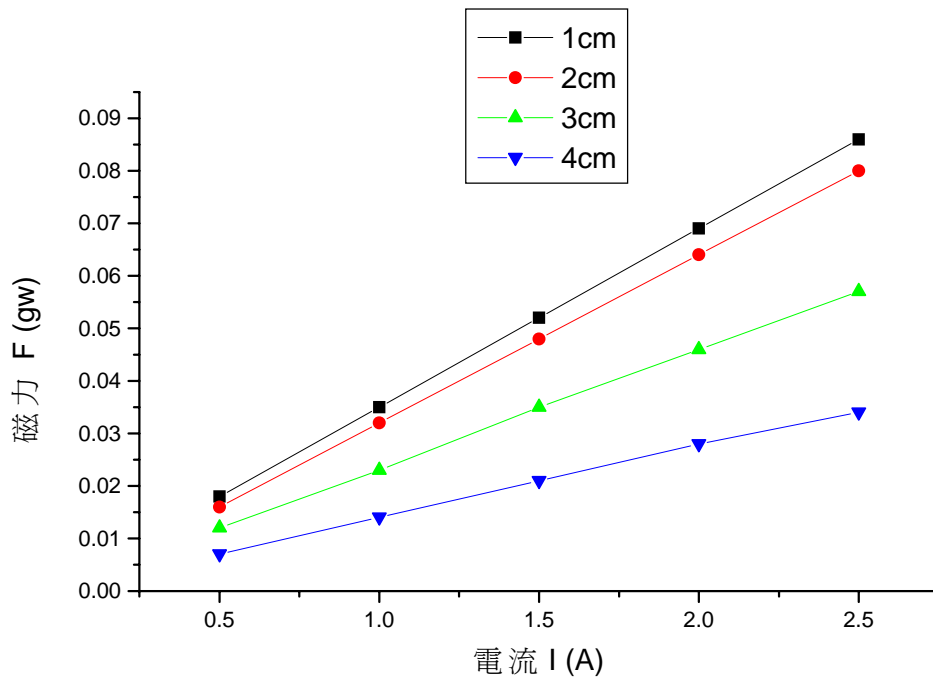
圖一、載流直導線，距磁鐵(2~4)cm， $F \propto I$ 。



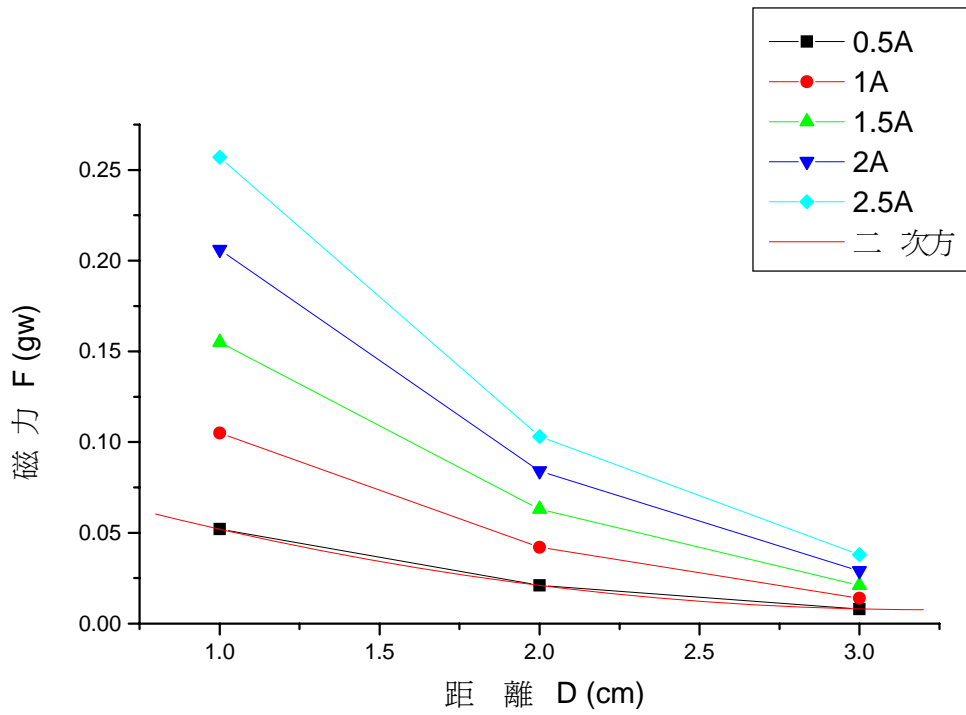
圖二、載流直導線，電流(0.5~2.5A)， $F \propto \frac{1}{D^2}$ 。



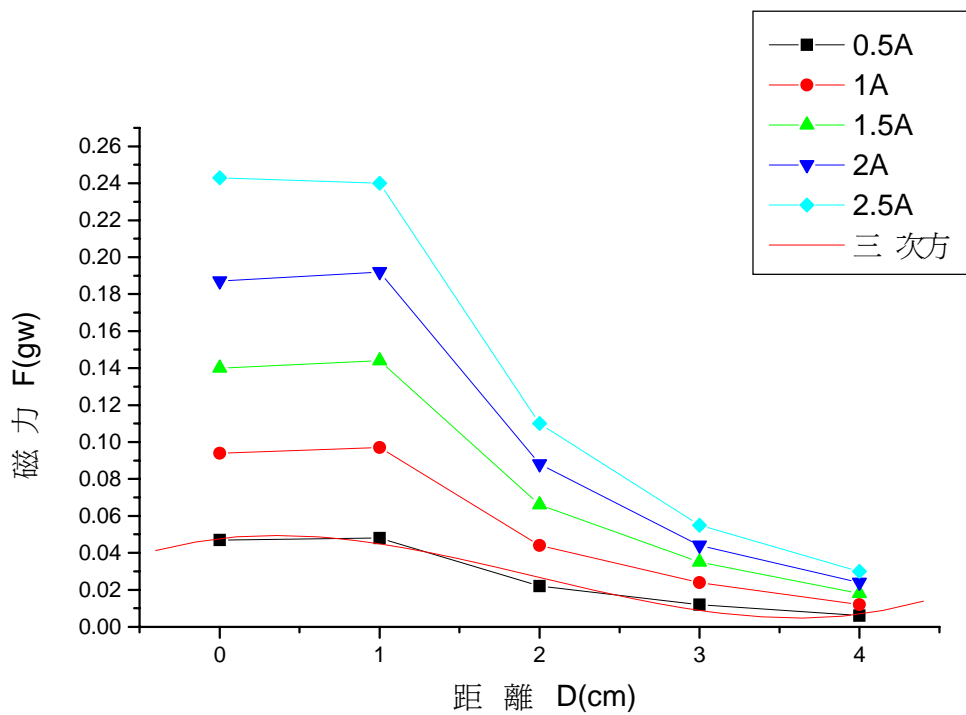
圖三、單匝圓形線圈(直徑 5.25cm)與磁鐵距離(1~4cm)， $F \propto I$ 。



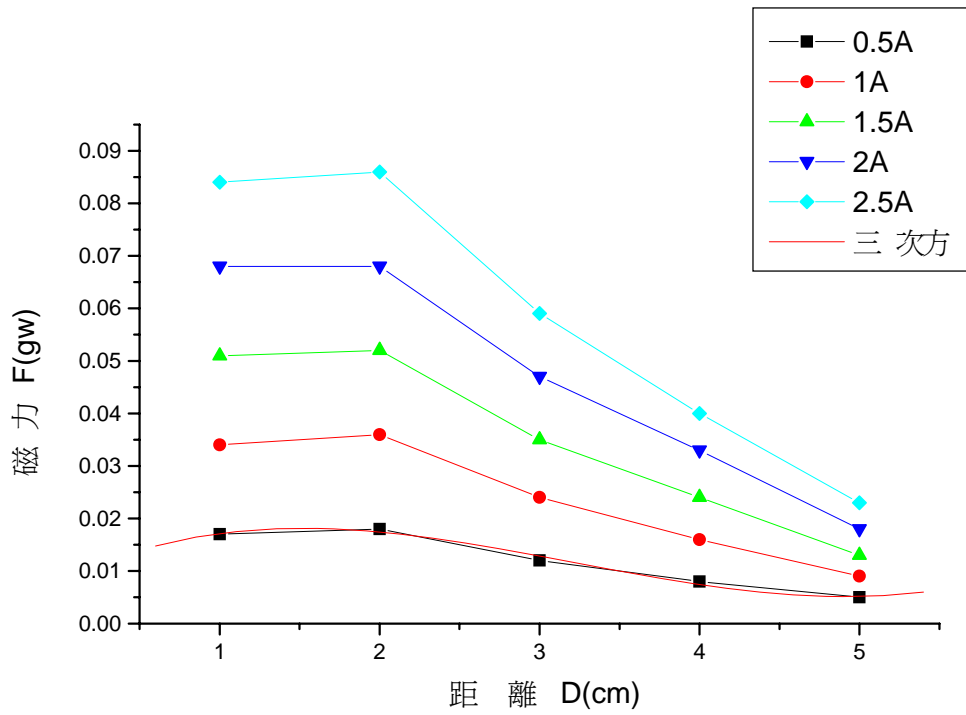
圖四、單匝圓形線圈(直徑 7.25cm)，與磁鐵距離(1~4cm)， $F \propto I$ 。



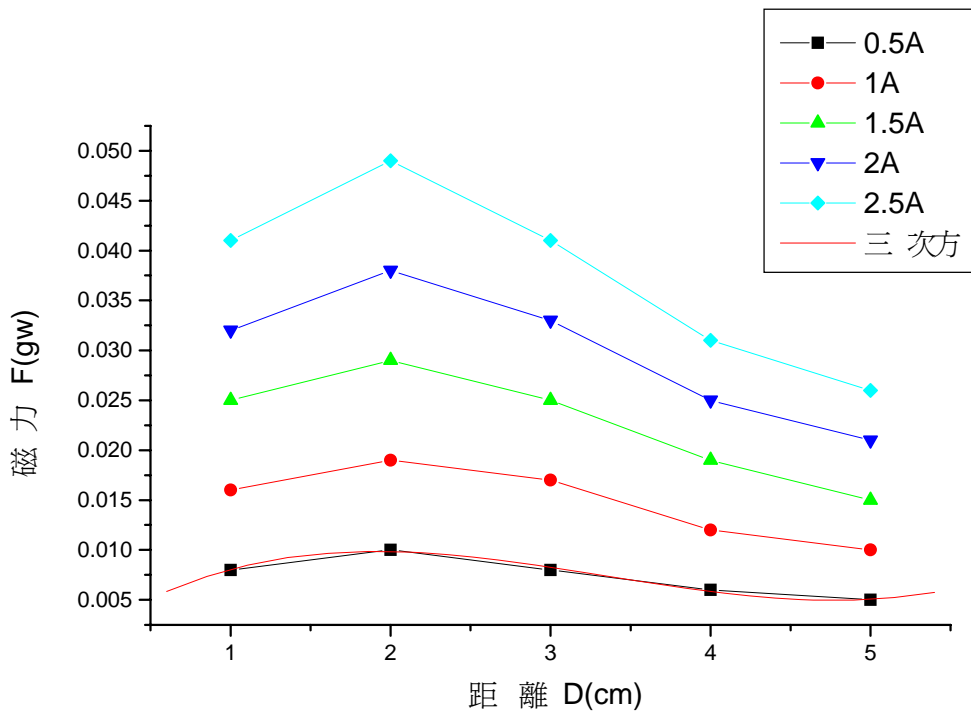
圖五、單匝圓形線圈(直徑=3.54cm)與磁鐵距離(1~3cm), $F \propto \frac{1}{D^2}$ 。



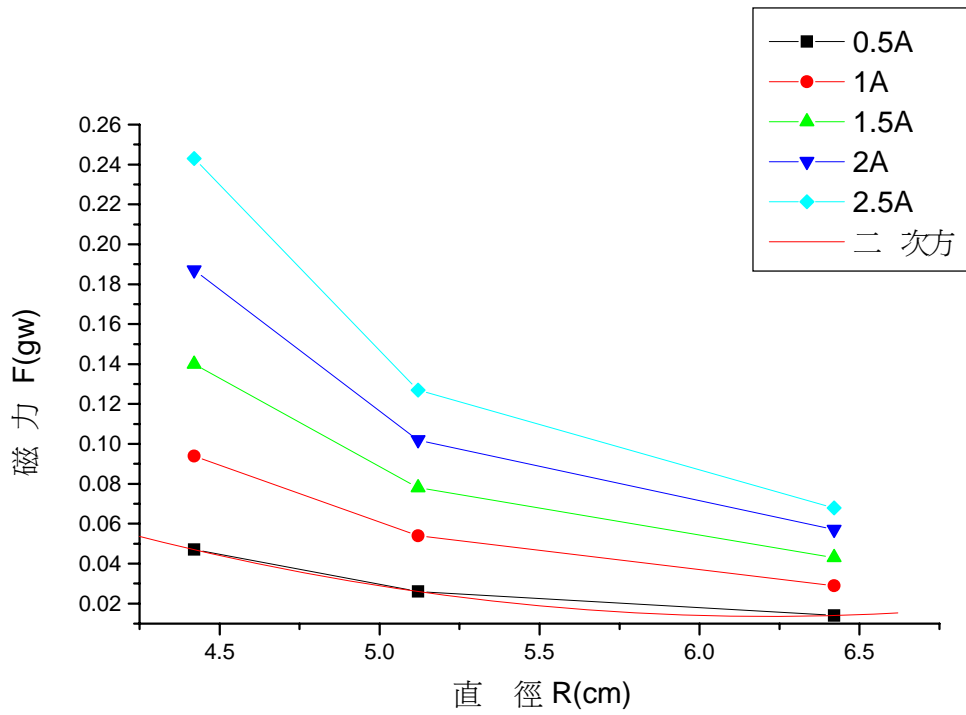
圖六、單匝圓形線圈(直徑 4.42cm), 電流(0.5~2.5A), $F \propto \frac{1}{D^3}$ 。



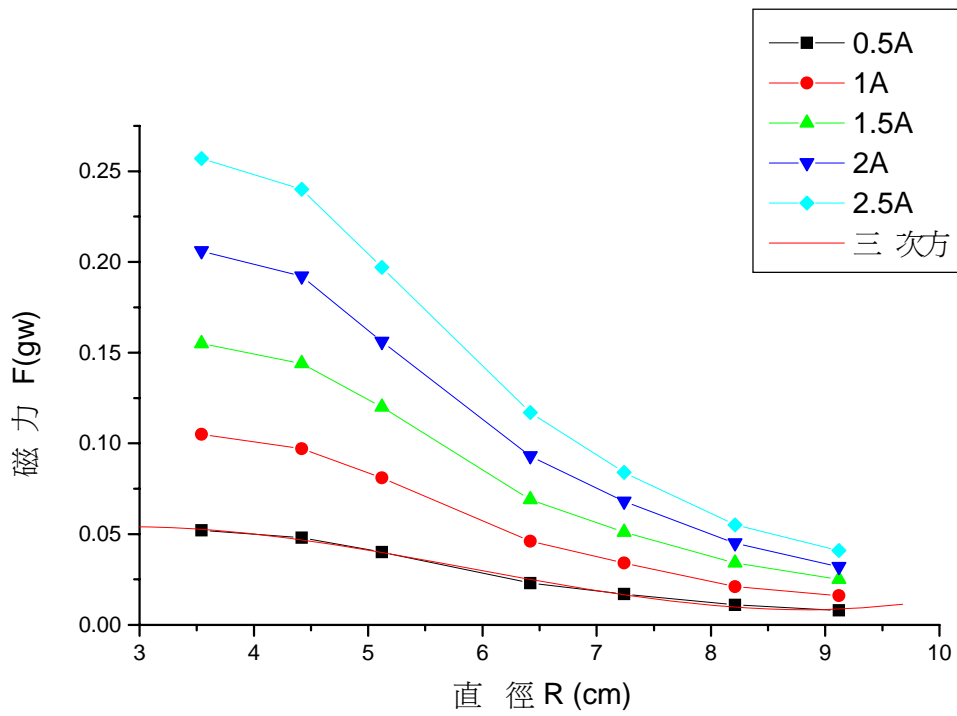
圖七、單匝圓形線圈(直徑 7.24cm)，電流(0.5~2.5A)， $F \propto \frac{1}{D^3}$ 。



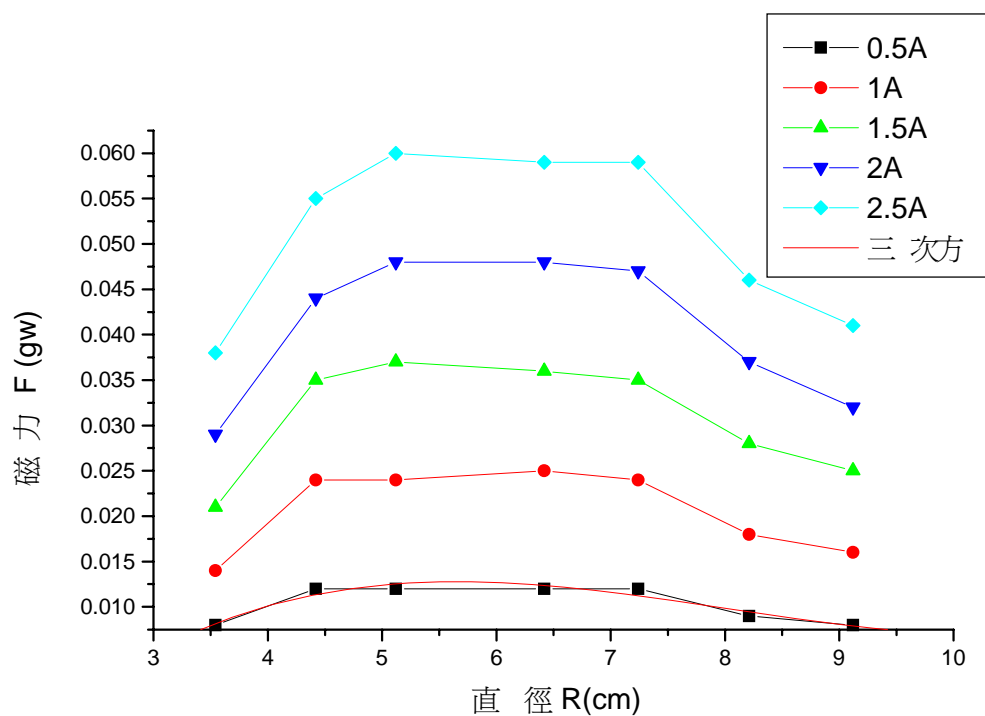
圖八、單匝圓形線圈(直徑 9.12cm)，電流(0.5~2.5A)， $F \propto \frac{1}{D^3}$ 。



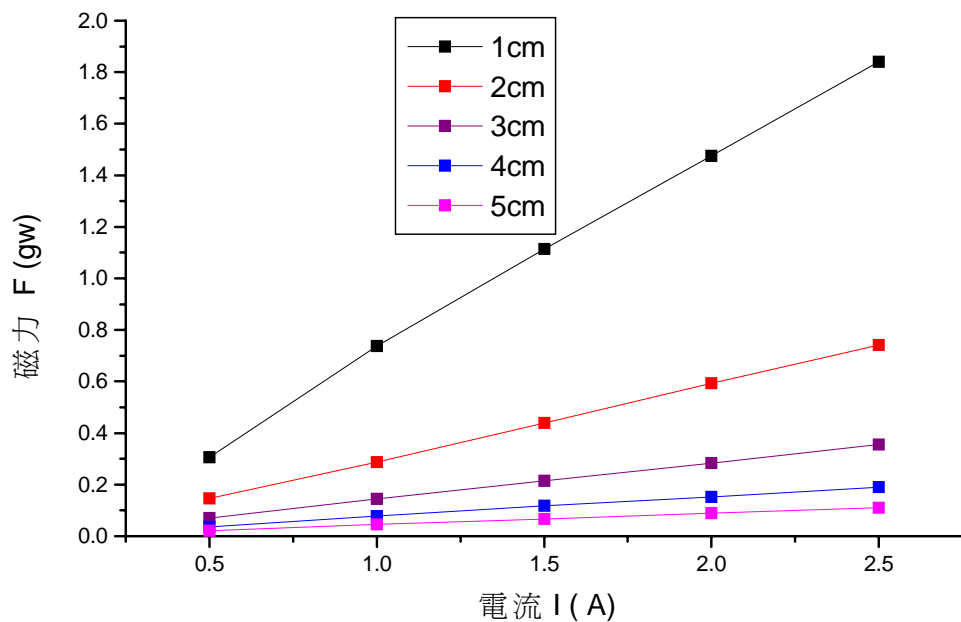
圖九、單匝圓形線圈與磁鐵 $D (=0\text{cm})$ 固定， $F \propto \frac{1}{R^2}$ 。



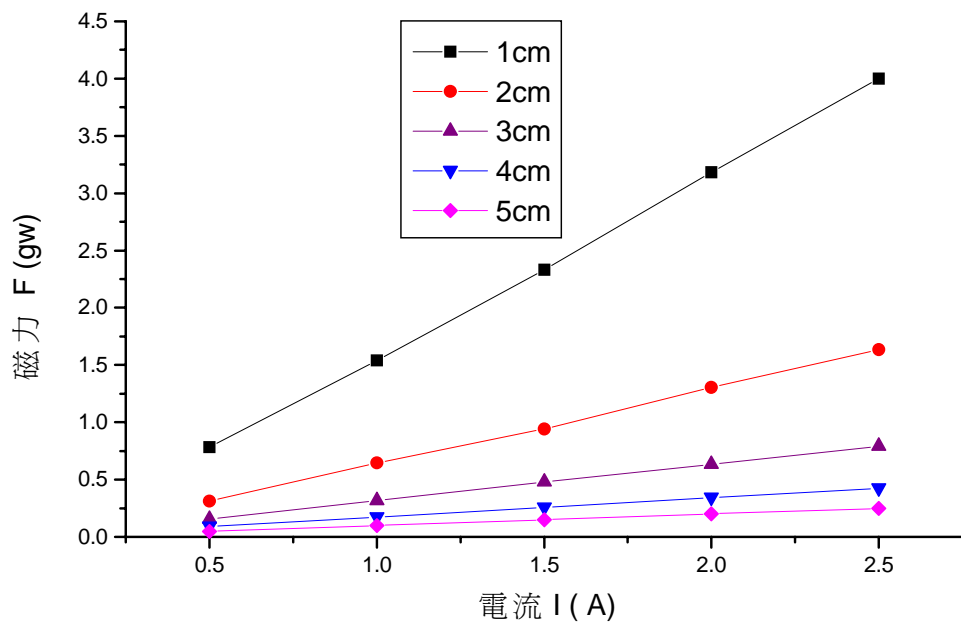
圖十、單匝圓形線圈與磁鐵 $D (=1\text{cm})$ 固定， $F \propto \frac{1}{R^3}$ 。



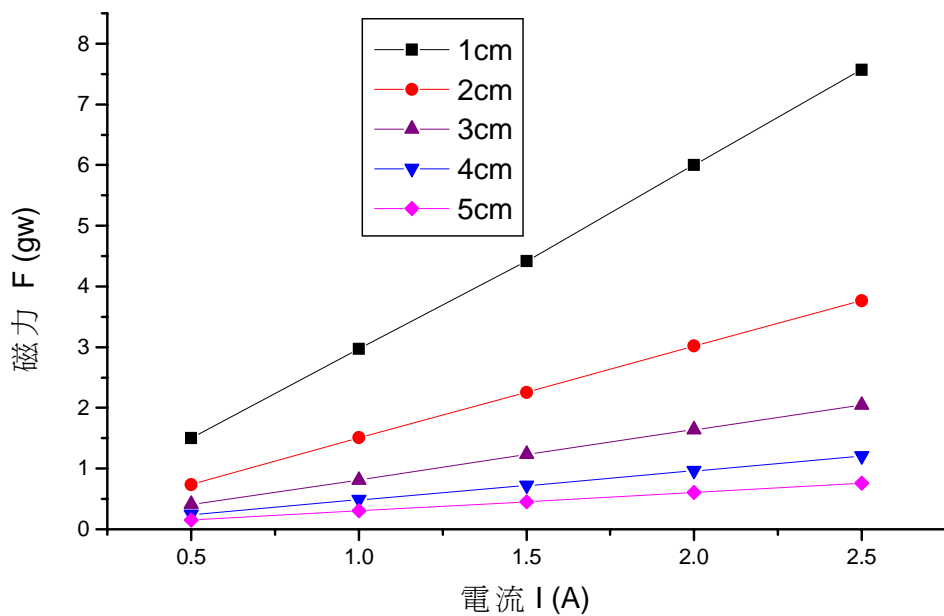
圖十一、單匝圓形線圈與磁鐵距離 $D(=3\text{cm})$ 固定， $F \propto \frac{1}{R^3}$



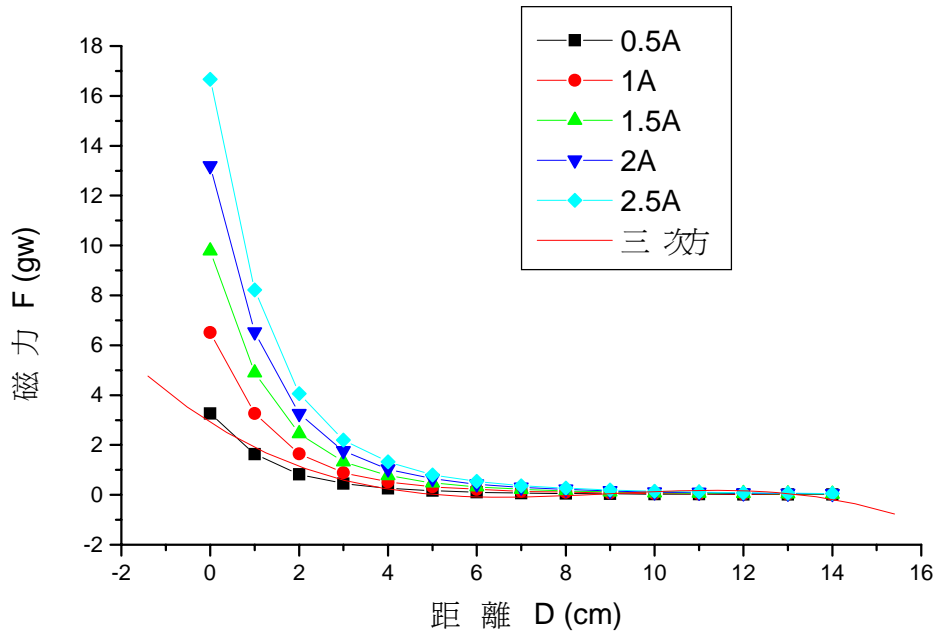
圖十二、螺線管(230 匝)，與磁鐵距離(1~5cm)， $F \propto I$ 。



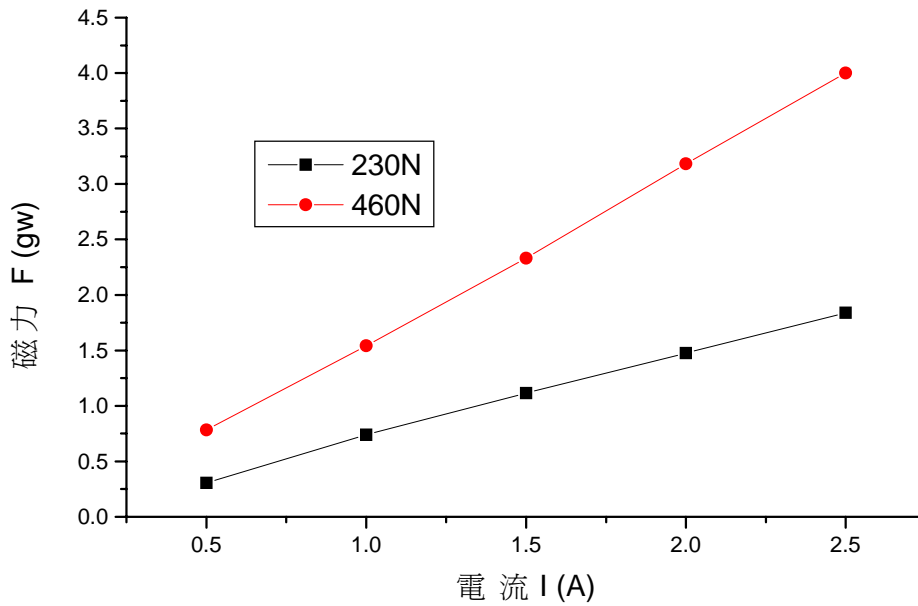
圖十三、螺線管(460 匝)，與磁鐵距離(1~5cm)， $F \propto I$ 。



圖十四、螺線管(500 匝)，與磁鐵距離(1~5cm)， $F \propto I$ 。



圖十五、螺線管(500 匝)，電流(0.5~2.5A)， $F \propto \frac{1}{D^3}$ 。



圖十六、螺線管與磁鐵 D 固定，電流(0.5~2.5A)， $F(460N)=2F(230N)$ 。

柒、討論

- 一、使用的電子天平最小讀數 0.001gw，所量測的數據除極少部份小於 0.01gw，絕大部份均大於 0.01gw，實驗數據與結果，準確性與實用性幾乎可達百分之百。
- 二、由圖一和圖二可得：載流直導線與圓形磁鐵的磁力 $F \propto \frac{I}{D^2}$ 。
- 三、由圖三、圖四和圖九可得：單匝圓形線圈與圓形磁鐵磁力 $F \propto \frac{I}{R^2}$ （當 $D = 0 \text{ cm}$ ）。
- 四、由圖三、四、五、十和十一可得：單匝圓線圈與圓形磁鐵磁力 $F \propto \frac{I}{R^3 \times D^2}$ （當 $R < 4 \text{ cm}$ ）。
- 五、由圖三、四、六、七、八、十和十一，可得：單匝圓形線圈與圓形磁鐵磁力 $F \propto \frac{I}{R^3 \times D^3}$ （當 $R > 4 \text{ cm}$ ）。
- 六、由圖十二、十三、十四、十五和十六，可得：螺線管與圓形磁鐵磁力 $F \propto \frac{N_0 \times I}{D^3}$ （ N_0 ：單位長度匝數）。
- 七、由討論三、四、五中的結果可看出，單匝圓形線圈的磁力 F 與 R 和 D 的關係並非只是單一關係。當 $D=0 \text{ cm}$ 時是一種特殊狀況，當 $D \neq 0 \text{ cm}$ 它們的關係又因 R 的不同而不一樣。此結果可驗證參考資料所述單匝圓形線圈的磁場與距離和直徑的關係，會隨 R 與 D 的變化呈現不同的關係。本實驗中 R 的關鍵值為 4 cm ，是一個估計值，若要精算，已超出國中範圍，可留待高中繼續討論。
- 八、討論六中螺線管的 F 與 D 的關係，和討論五中單匝圓形線圈的關係都是 $F \propto \frac{1}{D^3}$ ，這個結論讓我們欣喜，因為 N 匝的螺線管就好像是 N 個單匝圓形線圈堆積而成，它們的結論當然是相同的。
- 九、重力有重力場、磁力有磁場，課本中提過電磁鐵的磁場，其磁力線有同心圓、有散射狀，由本實驗可驗證電磁鐵產生的磁場，其磁力線的複雜性，在此可以得到驗證。不像重力場只有散射狀，所以重力場產生的重力與距離的關係（ $F \propto \frac{M \times m}{D^2}$ ），相對磁場產生的磁力與距離的關係就單純了許多。

捌、結論

- 一、我們用所學，設計簡單的實驗，驗證課本中的理論與觀念。
- 二、實驗所得數據與各項比值與理論完全一致。
- 三、實驗可應用於理化教材上，對老師的教學與學生對磁力的具體瞭解，應有相當地貢獻。

玖、參考資料及其他

- 一、郭重吉-自然與生活科技(第六冊)-初版-台南市-南一書局-p5~p40- (民 94)。
- 二、林明瑞-高級中學物理(上冊)-初版-台南市-南一書局-p214~p229-(民 90) 。
- 三、褚德三-物理(上)-初版-台北縣-龍騰文化-p133~p147(民 90)。

國中組 理化科

031603

設計簡易實驗—探討電磁鐵的磁力與其變因的關係

苗栗縣私立建台高級中學

評語：

1. 本實驗利用槓桿原理，測量電磁鐵磁力與各項變因的關係，然距離變因之數據太少（只有 5 個）而逕以已得一方程式之關係，稍嫌武斷。而直徑變因只有 3 個數據，太少了。
2. 誤差分析亦缺，使本實驗之可信度降低。
3. 槓桿之設計稍嫌粗糙，實驗之精確度不足以推論出方程式。