

磁與電的對話

國中組物理科第三名

新竹市立光華國民中學

作者：徐欣怡、黃瑞婷、蕭福尹、鄭佳瑋

指導教師：張秀澂、蘇碧卿

一、研究動機

在國中第四冊理化課本裡有一個實驗是觀察載流導線在與其垂直的磁場中之受力情形。但此實驗只能觀察出受力方向與相對大小。讓我們聯想到何不利用第二冊學到的槓桿定律，將電磁間之受力大小測定出來，並進一步探討其它的電磁相互關係。因此，我們便著手設計本實驗。

二、研究目的

1. 探討載流導線在馬蹄形磁鐵中受力的情形。
2. 探討載流導線在螺狀線圈內的磁場中受力情形。
3. 探討兩載流線圈間的交互作用。
4. 探討各種隔板（玻璃、壓克力、銅片、鋅、生鐵）對兩載流線圈間作用力的影響。
5. 探討在兩載流螺狀線圈軸心，放置不同圓柱體物質（如鐵棒、銅棒、鉛棒、碳棒、竹棒）時，對兩線圈間交互作用之影響。

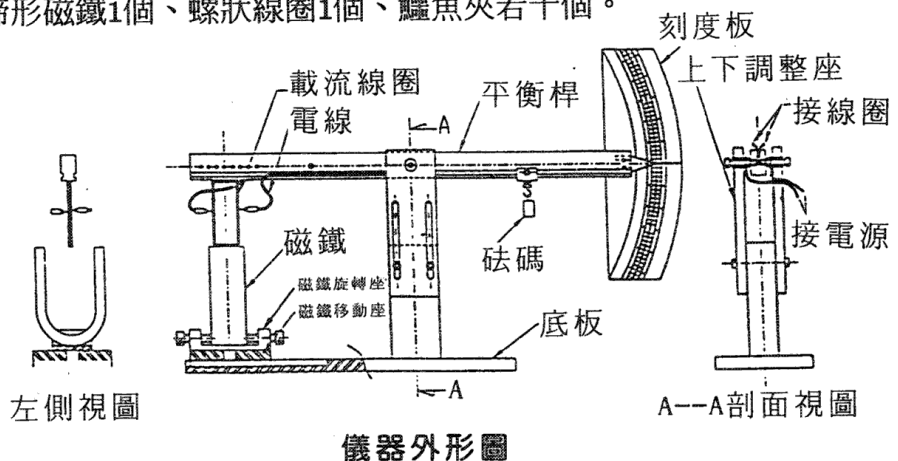
三、研究器材

電源供應器2台、電錶（安培計）2台、砝碼若干個、漆包線1捆（直徑1.1mm）（製線圈若干個）、馬蹄形磁鐵1個、螺狀線圈1個、鱷魚夾若干個。

四、儀器設計

(-)天平：

因為想應用曾學過的槓桿定律來測量力的大小，所以我



們便製作天平來作為測定儀器。

應用原理：槓桿原理

(二)線圈：

為實驗完全數據化，我們自己設計，配合實驗需要，纏繞不同線圈。規格如下：

方形線圈

編號	1	2
規格（圈數×長度）（cm）	3×2	4×3

U型導線

編號	3	4	5	6
規格（三邊長）（cm）	7, 3, 7	7, 2, 7	7, 1, 7	7, 4, 7

螺狀線圈：（直徑×圈數）（cm）

4×10、5×30、3×50、4×1、4×5、4×15、4×20、2×75、6×25

五、研究步驟

【實驗一】探討載流導線與馬蹄形磁鐵之間的交互作用。

1. 探討載流導線受力與所通電流之關係。

(1) 把線圈1固定在天平一端適當位置，如下圖示（並與馬蹄形磁鐵保持適當距離），並使等臂天平成水平，即指針歸零。

(2) 分別調整電流當指針指向1格、2格、3格、4格時，觀察其電流強度，並記錄之。

2. 探討載流導線受力與載流導線長度之關係。

(1) 同 1.-(1)（將線圈1改為3）。

(2) 調整電流固定為2A，再觀察指針所指的數字，並記錄之。

(3) 再依序把線圈3換成456，重覆步驟 1.、2.。

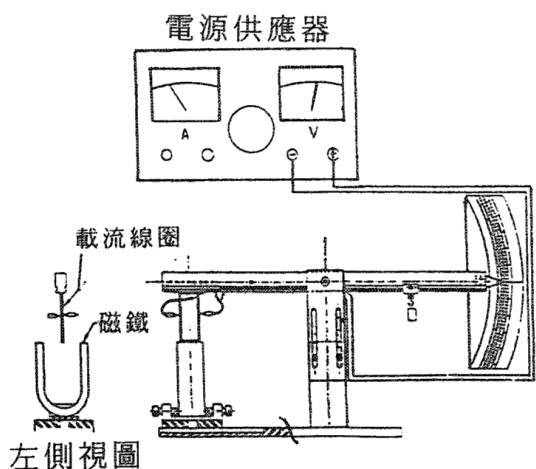
3. 探討載流導線和兩磁極間磁力線夾角的大小與彼此間受力的關係。

(1) 同 1.~(1)（將線圈1改為2）。

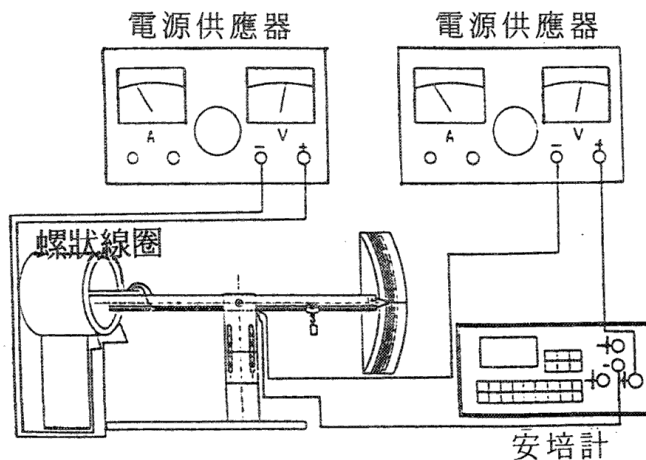
(2) 同 1.~(2)。

(3) 依序調整與方形線圈平面的交角為 60° ， 30° ， 45° ， 0° 。再重覆步驟 1.、2.。

實驗一裝置圖



實驗二裝置圖

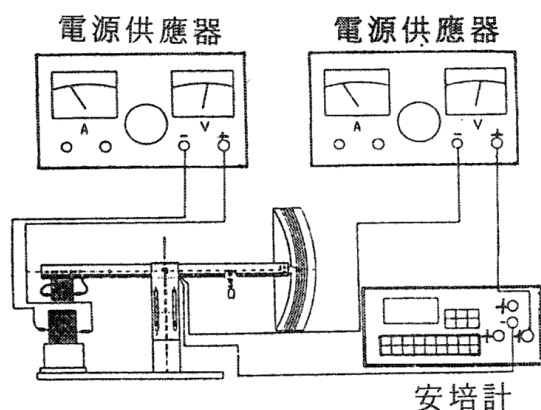


【實驗二】探討載流導線與螺狀線圈的交互作用。(步驟省略)。

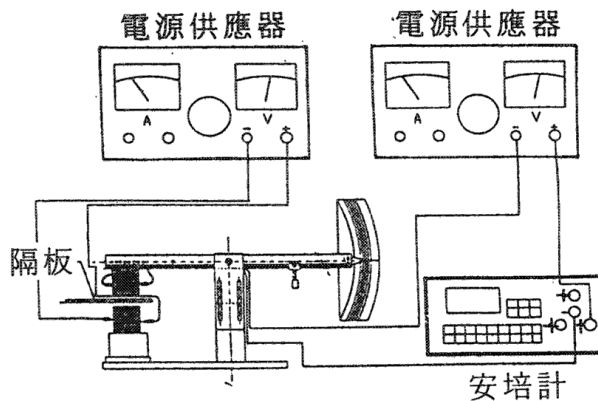
分別探討在固定螺狀線圈內載流導線受力大小和其長度、通入之電流大小及螺狀線圈通入不同電流的關係。

【實驗三】探討兩螺狀載流線圈間的交互作用。(步驟省略)

實驗三裝置圖



實驗四裝置圖



【實驗四】隔板對兩載流

螺線形線圈之

間的影響。

(步驟省略)

【實驗五】探討在兩載流

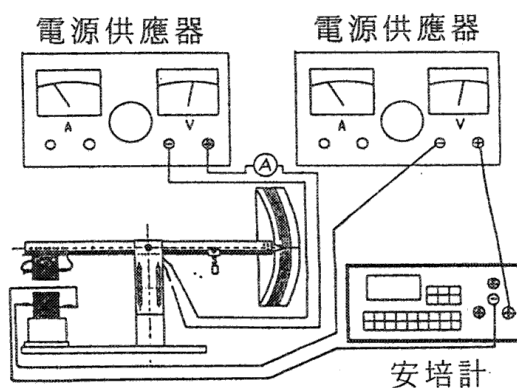
螺狀線圈軸心，

放置不同圓柱

體物質(如鐵

棒、銅棒、鉛

實驗五裝置圖



棒、碳棒、竹棒)時，對兩線圈間交互作用之影響。(步驟省略)

六、實驗結果與討論

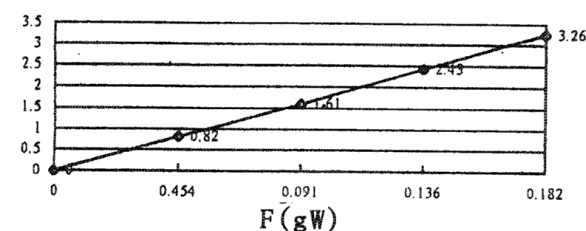
【實驗一1】

固定長度 $3 \times 2\text{cm}$ 之載流導線與馬蹄形磁鐵磁極間的磁場呈垂直時，通入電流的大小與磁場間之作用力成正比，即 $F \propto I$ 。

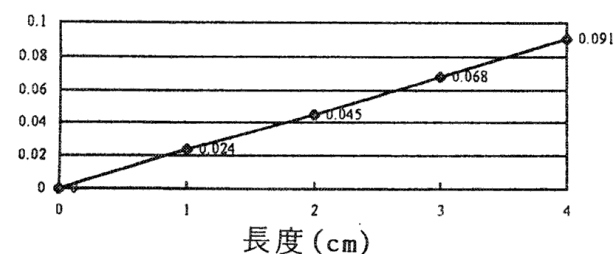
【實驗一2】

固定電流 2A 之載流導線與馬蹄形磁鐵之磁極間的磁場呈垂直時，知載流導線長度大小與磁場間之作用力成正比，即 $F \propto L$ 。

【實驗一1】



【實驗一2】



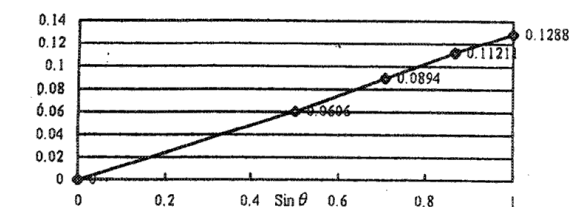
【實驗一3】

固定長度 $4 \times 3\text{cm}$ 和電流的載流 2A 導線與馬蹄形磁鐵互相作用時，改變受力的角度為 θ (旋轉磁鐵角度)， $\text{Sin } \theta$ 值和磁場間之作用力成正比，即 $F \propto \text{Sin } \theta$ 。

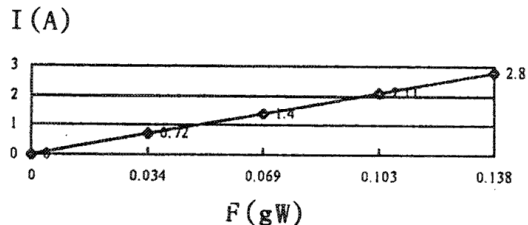
【實驗二1】

固定長度之載流U型導線與螺狀線圈的磁場呈垂直時，通入電流的大小與磁場間之作用力成正比，即 $F \propto I$ 。

【實驗一3】



【實驗二1】



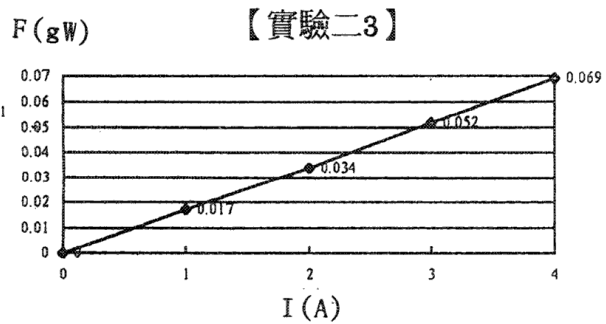
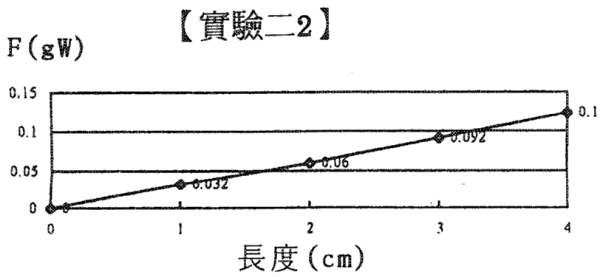
【實驗二2】

固定電流的載流U型導線和螺狀線圈的磁場呈垂直時，載流導線度的大小與磁場間之作用力成正比，即 $F \propto L$ 。

【實驗二3】

固定電流 3A 和長度的載流U型導線之載流導線與螺狀線圈磁場呈垂直時。

通入螺狀線圈的電流大小與磁場間之作用力成正比。即 $F \propto B$ 。

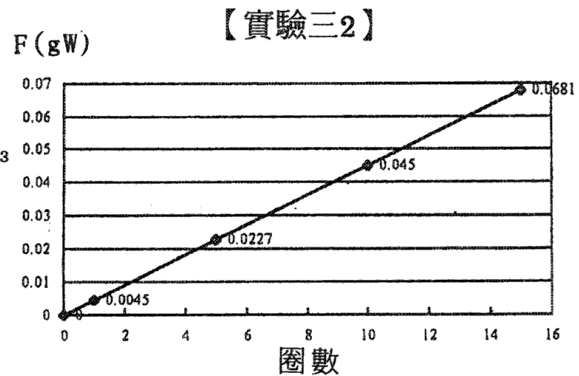
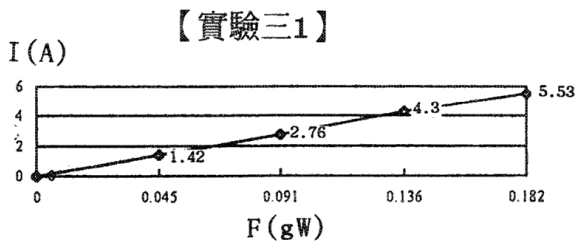


【實驗三1】

當兩載流螺狀線圈之間相距1cm，當一方磁場固定4A，另一線圈通入電流的大小與磁場間的作用力成正比，即 $F \propto I$ 。

【實驗三2】

兩載流螺狀線圈，當其一線圈磁場固定4A，另一線圈直徑4cm、電流4A不變時，兩線圈相距1cm，此一線圈之圈數與另一磁場間的作用力成正比，即 $F \propto$ 圈數。

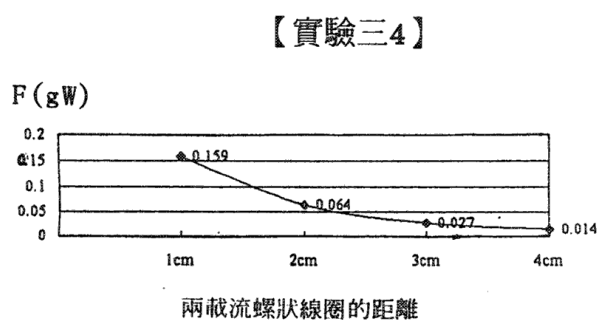
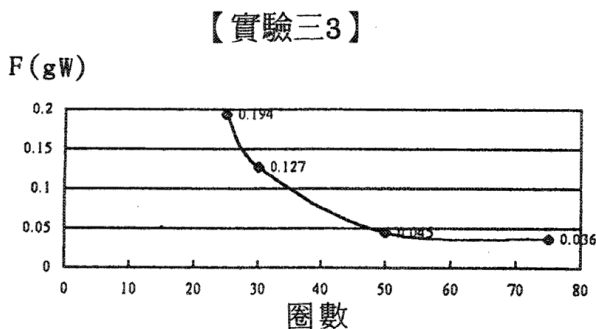


【實驗三3】

通有4A的兩螺狀線圈相距1cm，其一線圈磁場固定，改變另一總長471cm線圈的圈數，圈數越少（直徑越大），磁場間作用力也越大。

【實驗三4】

兩載流螺狀線圈（磁場電流均為2A）之間的距離越小，磁力越大；距離越大，磁力越小。



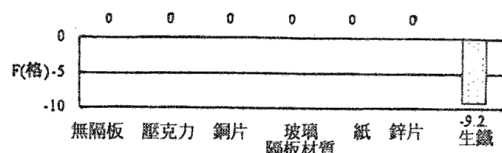
【實驗四1】

1. 壓克力、銅片、玻璃、紙、鋅片、不影響兩載流線圈之作用。
2. 生鐵會影響兩載流線圈間之作用。

【實驗四2】

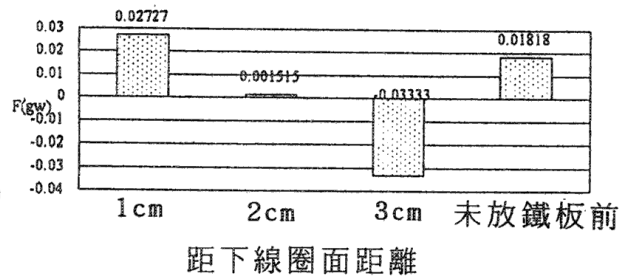
1. 鐵板在兩線圈正中央（距下線圈面2cm），指針不偏轉。表示鐵板有阻隔兩線圈間的作用力。
2. 當鐵板靠近下線圈距下線圈面1cm時，指針往下偏，即平衡桿上線圈往上斥，兩線圈間距離變大。
3. 當鐵板距下線圈面3cm時，指針往上偏，即平衡桿上線圈往下吸，兩線圈間距離變小。

【實驗四1】



($\Delta F = \text{實驗組斥力} - \text{對照組斥力}$)

【實驗四2】



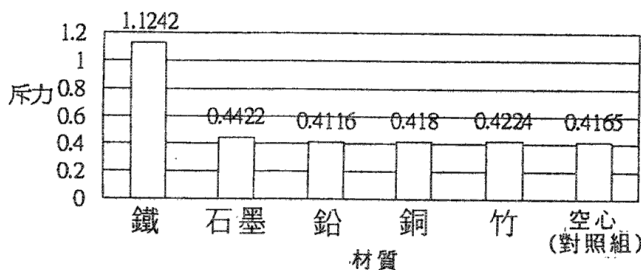
【實驗五1】

1. 石墨、鉛、銅、竹棒放在線圈內軸心時，並不影響兩載流螺狀線圈之間的作用。
2. 鐵棒放在螺狀線圈內軸心時，會使兩載流螺狀線圈之間的作用力變大。

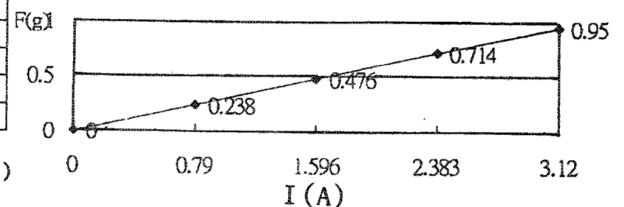
【實驗五2】

兩個繞有線圈的鐵棒（電磁鐵），相距2cm，當一方磁場固定（電流固定4A），另一線圈其通入電流大小與兩磁極間之作用力呈正比，即

【實驗五1】



【實驗五2】



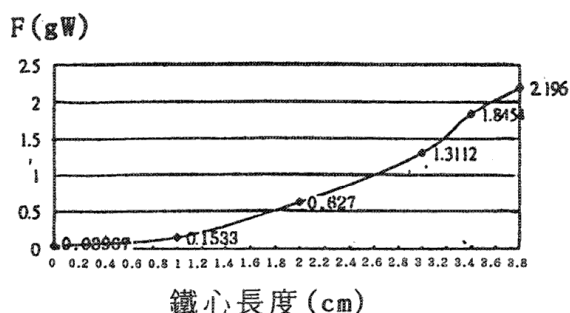
【實驗五3】

當兩載流螺狀線圈均通入電流4A及相距2cm，軸心內所放鐵棒直徑一樣時，鐵心的長度越大（甚至超出線圈外），兩磁極間的作用力也隨之愈大。

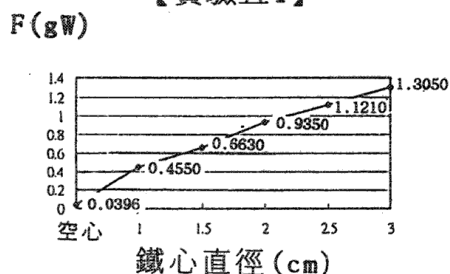
【實驗五4】

當兩載流線圈通入4A電流及相距4cm時，軸心內所放鐵棒長度3cm，則鐵棒的直徑越大（在直徑1cm至3cm的範圍內），兩磁極間的作用力也隨之越大。

【實驗五3】



【實驗五4】



七、結 論

1. 載流導線在馬蹄形磁鐵磁極間的磁場中受力的情形：

- (1) 固定長度之載流導線與磁場成垂直時，通入電流的大小與磁場間的作用力成正比。即 $F \propto I$ 。
- (2) 固定電流之載流導線與磁場成垂直時，載流導線之長度與磁場間的作用力成正比。即 $F \propto L$ 。
- (3) 改變固定長度和電流的載流導線與兩磁極間磁力線的夾角成 θ 時，載流導線與磁場的作用力與 $\sin \theta$ 成正比。即： $F \propto \sin \theta$ 。故知： $F \propto (I \times L \times \sin \theta)$

2. 載流U型導線在螺狀線圈內的磁場中受力的情形：

- (1) 固定長度之載流導線與螺狀線圈的磁場成垂直時，通入載流導線電流的大小與磁場間的作用力成正比。即 $F \propto I$ 。
- (2) 固定電流的載流導線與螺狀線圈的磁場成垂直時，載流導線長度的大小與磁場間的作用力成正比。即 $F \propto L$ 。
- (3) 固定電流和長度的載流U型導線和螺狀線圈的磁場成垂直時，則螺狀線圈磁場大小（通入其內電流大小）與載流導線間之作用力成正比。即 $F \propto B$ 。
故知： $(F \propto (I \times L \times B))$

3. 兩載流的螺狀線圈排列成一直線時之交互作用：

- (1) 保持短距離的兩線圈，將一個線圈磁場固定改變另一線圈的磁場大小。
 - a. 利用添加圈數或電流，則圈數越多或電流增大，兩線圈間的磁力越大，且有成正比的關係。
 - b. 等長的載流導線做成直徑不同的線圈，直徑越大（圈數越少），兩線圈

磁力越大，反之，直徑越小（圈數越多），磁力越小。

(2)兩載流螺狀線電流固定即磁場均固定，則兩螺狀線圈管口的距離越小（1~4cm），兩者之間的磁力越大；反之，距離越大，磁力越小。

4.不同隔板對兩載流線圈作用力的影響：

(1)壓克力、銅片、玻璃、紙、鋅片不影響兩載流螺狀線圈之作用；生鐵會影響兩載流螺狀線圈之作用。

(2)兩完全相同的螺狀線圈（通入電流相同）且同名極相對時，若放入隔板鐵，鐵板立即被兩線圈磁化。

a. 鐵板放在兩線圈的正中央，則兩線圈的距離不變。

表示鐵板有阻隔線圈間的作用力。

b. 鐵板遠離槓桿上的線圈，則兩線圈的距離變大。

c. 鐵板靠近槓桿上的線圈，則兩線圈的距離變小。

5.在保持1cm短距離的兩載流螺狀線圈的軸心，放置不同圓柱體物質對兩電流5A的載流線圈面間作用力的影響：

(1)石墨棒、鉛棒、銅棒、竹棒不影響兩載流螺狀線圈面間之作用。而鐵棒則會使兩線圈管外近管口處之間的作用力增加，也就是使螺狀線圈的管口磁場增大。

(2)兩完全相同的螺狀線圈（通入電流相同），放入軸心的鐵棒，若長度越長或直徑越大，兩線圈面間的作用力也隨之愈大。

(3)兩保持短距離且軸心都置有鐵棒之載流螺狀線圈固定其一磁場（即固定電流）則另一線圈的電流增大，兩線圈面間的作用力越大，且有成正比的關係。

八、參考資料

- 1.國中理化第四冊 國立編譯館出版
- 2.電流的磁效應及電磁感應（P25-28） 吳文政編著 一流出版社
- 3.高中高標準物理[3]（17-16~17-63） 楊鍾賢等著 南一書局
- 4.高中物理[3]、[4] 國立編譯館出版
- 5.電工學 許益恬編著 大海文化事業股份有限公司
- 6.物理 李田井主編 世界書局印行
- 7.高中精講物理[4] 劉俊雄編著
- 8.電磁學 官得樣等譯

評 語

本作品是探討兩載流螺狀線圈之作用力與載流導線在馬蹄形磁鐵中受力的情形。以天平測量力的大小以增加測力的靈敏度，其中以點接觸減少旋臂與轉軸的摩擦，或將導線拉直埋設在旋臂中減少導線產生的磁場干擾，均為有意義的設計。同時本作品考慮各種組態以及以各種材質物體以不同形態與位置存在於線圈中對於電磁場與作用力的影響，對各種因素的影響考慮周詳。實為一完整漂亮的實驗。