

科 別：自然科

組 別：國小組

作品名稱：電磁鐵的磁引力

參賽單位：嘉義縣竹崎鄉光華國民小學

參賽學生：劉柏甫、許楷翔、陳淑玲

指導教師：林家宏老師

# 電磁鐵的磁引力

## 一、研究動機：

由於四年級我們的級任老師讓我們接觸到科學課程，開始實驗。升上五年級後，我們仍常一起延續這項科學活動。利用午休時間，老師就帶我們去做一些小實驗，老師原本希望我們做有關『磁子紙』的研究（兒童可在這張紙上寫字塗鴉，再用長條磁鐵擦拭），在研究初期需碰到電磁鐵，了解之後才能再繼續往下設計我們的實驗，但光是電磁鐵這東西，就有一大堆疑惑和特性吸引住我們，所以我們就停下腳步，讓電磁鐵好好展現它的磁引力。

## 二、研究目的：

- (1) 製作電磁鐵，了解電磁鐵的基本特性。
- (2) 設計測量電磁鐵磁力的裝置。
- (3) 瞭解電磁鐵性質間的相互影響。

## 三、研究器材：

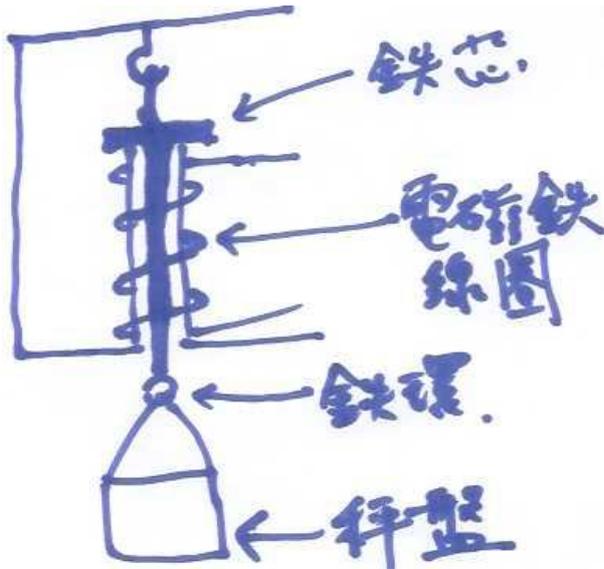
- (1) 漆包線 0.5mm
- (2) 三用電錶(2個)
- (3) 各式鐵釘（包含一支燒紅後再冷卻的長鐵釘）
- (4) 各式電池
- (5) 溫度計
- (6) 電線
- (7) 鱷魚夾
- (8) 開關
- (9) 電池座
- (10) 秤盤
- (11) 吸管
- (12) 自製電磁鐵磁力測量裝置

## 四、研究過程：

### 主題一：設計電磁鐵磁力測量裝置

- (一) 原因：每次測量電磁鐵的磁力，總是要有人拿著電磁鐵（含鐵芯），且會拉動到一些線路，實在很不方便；且有時若串接二、三顆電池，電磁鐵線圈的溫度會升到蠻高的溫度，很容易燙傷手。
- (二) 設計階段：我們與老師共同討論，先說出我們理想中的測量方式，大家提出一些構想來實現，當然考量我們的能力與經費也是必要的。

初步設計圖：



(三) 網路上蒐集資料：



(四) 製作階段：很幸運的，老師找到一個以前觀察蠟燭煙流動的壓克力箱，可以當作磁力測量裝置的外殼，我們利用工具將下面鑽個洞，可以讓鐵芯穿過，上面也鑽一小洞，鎖上鉤子，秤盤用杯水的空杯切半製作，用風箏線綁在鐵環上。

(五) 結論：在製作過程中，秤盤的設計是我們著重的地方，我們希望秤盤是輕且堅固，嘗試了不同的設計，總算建立起這個電磁鐵磁力測量裝置。

主題二：串聯電池數與磁力的關係

(一) 原因：原本我們要利用電磁鐵來當作『磁子紙』的列印裝置，所以當然需要對電磁鐵的磁力大小做個研究，我們認為串聯電池的數目越多，磁力會越強，但到底強多少呢？

(二) 步驟：

1. 製作電磁鐵：將漆包線（口徑 0.5mm）繞在普通的飲料吸管上，共繞了 200 圈，再將一支燒

紅後再冷卻的長鐵釘插入吸管内。

2. 測量裝置接線組合：電路中有接上 2 個三用電表，1 個測電壓，另 1 個測電流，並接上開關方便省電及控制，再將電磁鐵裝置在磁力測量裝置上，並且也接上溫度計測量電磁鐵線圈

的溫度，如下圖。

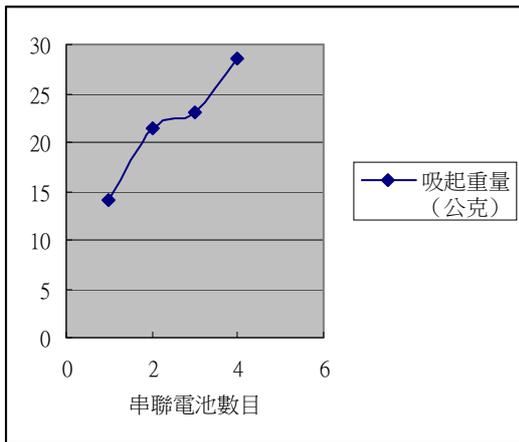


3.開始測量：換上不同數目的電池，測量電磁鐵的磁力、電流、電壓及溫度，因起初我們沒有天平砝碼可用，所以只用一些現成物品（3號電池、大鐵釘、小鐵釘）當作我們秤重的砝碼，之後我們有借到天平砝碼，我們仍沿用這些物品，只是測出它們個別的重量，將磁力轉成能吸起的重量。



(三) 結果：

線圈圈數	電池串聯數量	小	大	電池	吸起重量 (公克)	電壓 (V)	電流 (A)	電磁鐵溫度 (°C)
200	1	34	0	0	14.14	0.69	1.69	43.2
200	2	54	0	0	21.34	1.06	2.34	60.3
200	3	52	1	0	23.12	1.41	2.89	82
200	4	53	3	0	28.48	1.62	3.33	75.1



#### (四) 討論：

1. 電池數量越多，磁力越強，溫度、電流及電壓也越高。
2. 但是並沒有增加 1 顆電池，磁力就增加 1 倍，就數據看起來，1 顆吸起重量 14.14 公克，4 顆也才吸起 28.48 公克，相當於 2 倍。
3. 有位同學在操作的過程中，偶然發現在鐵芯的另一端（尖端）感覺磁力更強。
4. 在測量的過程中，托盤常會因鐵釘放入時，衝力太大而掉落，而有誤差，需要找出可改善的操作方式。

#### 主題三：鐵芯尖（平）端、線圈圈數及產生磁極 S/N 極對磁力的影響

(一) 原因：基於主題二（上面的實驗），我們覺得只做一組實驗，資料太少，且可能的誤差因素，我們還沒感受到，所以就做個多次且多向度的研究。

(二) 步驟：如上述實驗的方法，

1. 只是再多增加 100 圈線圈及 300 圈線圈，
2. 還有改變電流流動方向，讓鐵芯產生磁極 S 或 N 極，
3. 還有鐵芯平端或尖端

對電磁鐵磁力的影響，將這些因素做一綜合實驗。

#### (三) 結果：

##### 1. 線圈圈數 100 圈

線圈圈數	鐵芯端	電池串聯數量	N/S 極	小	大	電池	吸起重量 (公克)	電壓 (V)	電流 (A)	電磁鐵溫度 (°C)
100	平端	1	N 極	7	0	0	4.42	0.37	15.8	58.5
100	平端	1	S 極	7	0	0	4.42	0.44	1.81	47.2
100	平端	2	N 極	18	0	0	8.38	0.77	2.9	76.9
100	平端	2	S 極	22	0	0	9.82	0.67	2.59	55.2
100	平端	3	N 極	29	0	0	12.34	0.81	3.03	56.5

100	平端	3	S 極	30	0	0	12.7	0.66	2.66	52.8
100	平端	4	N 極	17	1	0	10.52	0.68	27.4	56.3
100	平端	4	S 極	0	3	0	9.4	0.65	26.1	58.5
100	尖端	1	N 極	18	0	0	8.38	0.38	1.65	40.1
100	尖端	1	S 極	23	0	0	10.18	0.35	1.58	34.1
100	尖端	2	N 極	0	1	1	22.1	0.53	2.19	46.2
100	尖端	2	S 極	7	6	0	19.42	0.52	2.16	91.9
100	尖端	3	N 極	3	3	1	28.18	0.65	2.63	53.2
100	尖端	3	S 極	18	2	1	31.08	0.66	2.62	56.9
100	尖端	4	N 極	3	4	1	30.68	0.7	2.77	56.9
100	尖端	4	S 極	9	4	1	32.84	0.7	2.77	61.3

## 2.線圈圈數 200 圈

線圈圈數	鐵芯端	電池串聯數量	N/S 極	小	大	電池	吸起重 量 (公 克)	電壓 (V)	電流 (A)	電磁鐵 溫度 (°C)
200	平端	1	N 極	34	0	0	14.14	0.69	1.69	43.2
200	平端	1	S 極	40	0	0	16.3	0.69	1.66	44.7
200	平端	2	N 極	54	0	0	21.34	1.06	2.34	60.3
200	平端	2	S 極	50	0	0	19.9	1.13	2.47	65.5
200	平端	3	N 極	52	1	0	23.12	1.41	2.89	82
200	平端	3	S 極	52	4	0	30.62	1.4	2.95	76.7
200	平端	4	N 極	53	3	0	28.48	1.62	3.33	75.1
200	平端	4	S 極	60	0	0	23.5	1.72	3.27	101
200	尖端	1	N 極	25	4	0	20.9	0.6	1.45	44.7
200	尖端	1	S 極	11	7	0	23.36	0.59	1.44	40.9
200	尖端	2	N 極	0	2	1	24.6	0.99	2.18	70
200	尖端	2	S 極	46	7	0	35.96	1.02	2.35	53.5
200	尖端	3	N 極	17	7	2	60.92	1.21	2.52	81.9
200	尖端	3	S 極	14	7	2	59.84	1.26	2.63	79.7
200	尖端	4	N 極	27	7	2	64.52	1.37	2.76	90.7
200	尖端	4	S 極	26	7	2	64.16	1.31	2.77	81.9

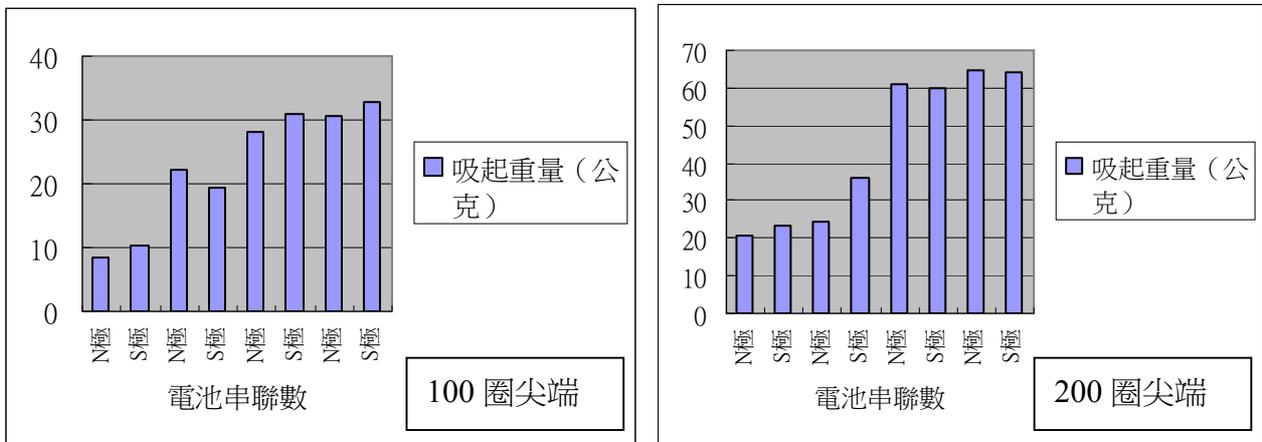
## 3.線圈圈數 300 圈

線圈圈數	鐵芯端	電池串聯數量	N/S 極	小	大	電池	吸起重 量 (公 克)	電壓 (V)	電流 (A)	電磁鐵 溫度 (°C)
300	平端	1	N 極	12	2	0	11.22	0.6	11	37.7

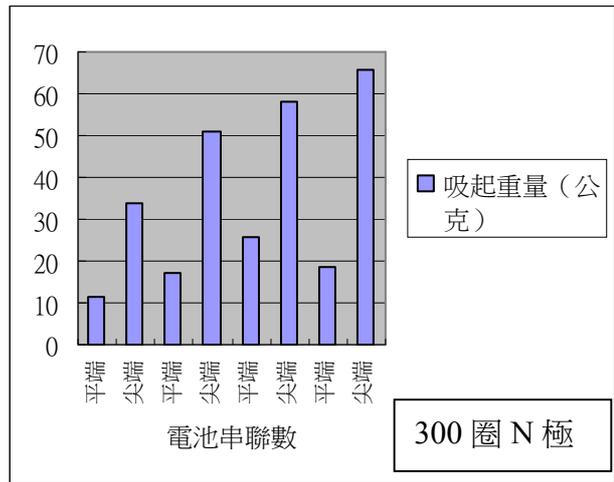
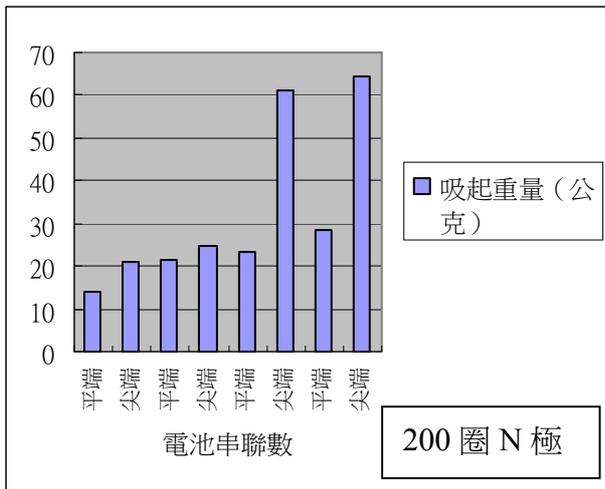
300	平端	1 S 極	13	2	0	11.58	0.6	11	39.7
300	平端	2 N 極	22	3	0	17.32	0.92	1.61	49
300	平端	2 S 極	34	3	0	21.64	0.92	1.6	49.6
300	平端	3 N 極	3	2	1	25.68	1.15	1.98	51.2
300	平端	3 S 極	0	1	1	22.1	1.15	1.87	64.1
300	平端	4 N 極	12	5	0	18.72	1.27	2.03	68
300	平端	4 S 極	14	6	0	21.94	1.21	2.1	48.9
300	尖端	1 N 極	5	5	1	33.9	0.55	1.01	39
300	尖端	1 S 極	14	7	1	42.14	0.56	1.02	41.2
300	尖端	2 N 極	39	7	1	51.14	0.79	1.4	46.8
300	尖端	2 S 極	7	7	1	39.62	0.82	1.46	46.9
300	尖端	3 N 極	9	7	2	58.04	1.02	1.77	48.4
300	尖端	3 S 極	9	7	2	58.04	1.01	1.69	59.8
300	尖端	4 N 極	30	7	2	65.6	1.16	1.88	67.4
300	尖端	4 S 極	19	7	2	61.64	1.23	2.02	64.3

(四) 討論：

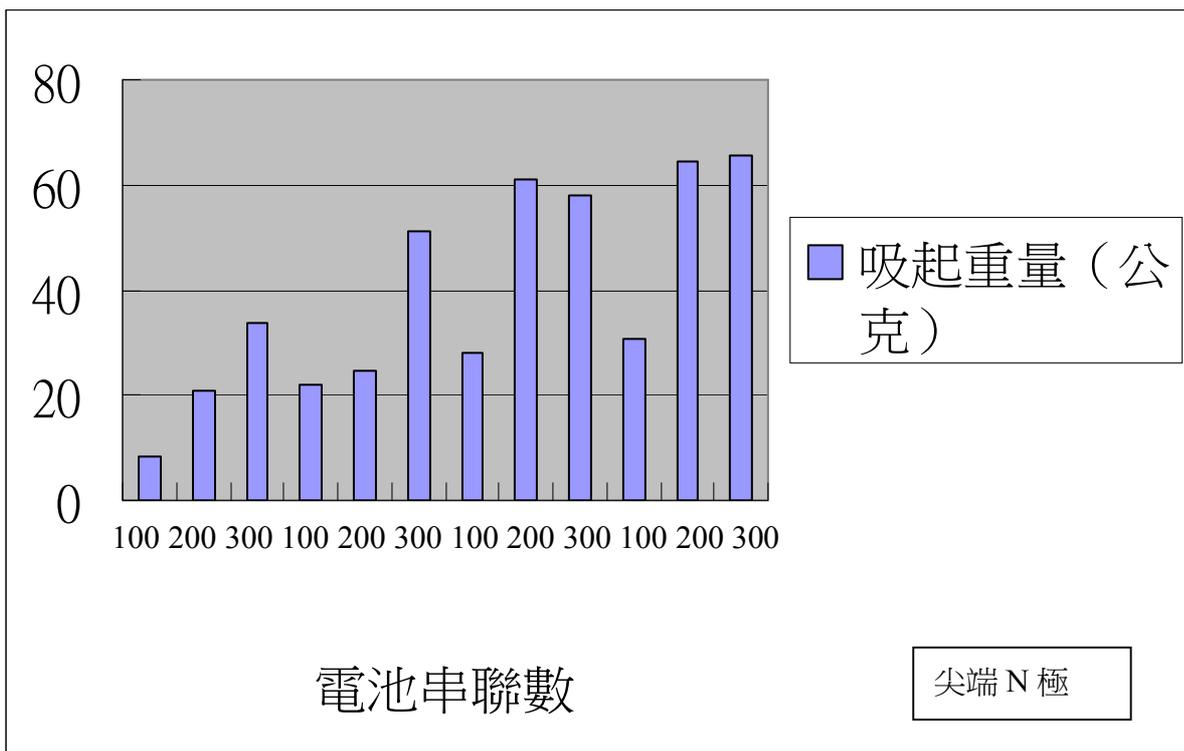
1. 電流方向改變導致產生的磁極 S/N 不同，對磁力沒有太大影響。



2. 尖端吸起的重量一定比平端吸起的還要重，最大甚至可差約 3 倍。



3.線圈圈數越多，磁力越強，從 100 圈改為 200 圈約增加 2 倍；但由 200 圈改為 300 圈，在電池串聯數是 1 或 2 個時，也有倍增現象，但是在電池串聯數是 3 或 4 個時，就不增加甚至稍微降低。我們覺得這可能是電池串聯數越多，電流雖越大，但增加的幅度已少了許多，且線圈溫度急遽上升，也可能影響。



4.大家測量磁力的手勢並沒有一致化，所以數據多少會出現個人操作的誤差，只是每個紀錄上去的數據至少都有測過三次以上。

5.秤盤上的鐵片越接近鐵芯(平端)的邊緣，吸起的重量越多，可能與鐵芯尖端效應很像。

主題四：電磁鐵的磁力線分布圖

(一) 原因：上個實驗發覺鐵芯尖端及平端邊緣，磁力都較強，若能利用鐵粉看一下磁力線分布圖，可以更認識鐵芯形狀對磁力的影響。

(二) 步驟：固態鐵粉要很平均地分布在平面上不容易，所以我們利用透明膠水摻入一些鐵粉攪拌均勻，倒入一透明容器，將電磁鐵擺在容器底部，觀看其磁力線分布。

(三) 結果：



(四) 討論：

1. 鐵粉在鐵芯尖端及平端邊緣比較密集，所以這些端點磁力較強。
2. 近照兩端磁力線分布很模糊且反光，拍照相機及技巧可改進。

#### 主題五：電磁鐵電流對磁力的影響

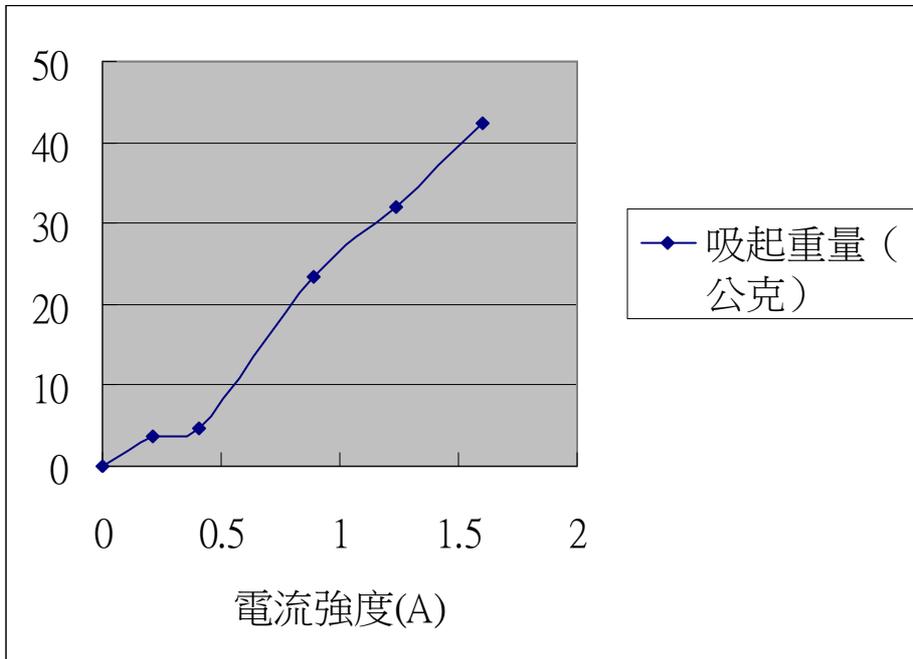
(一) 原因：從主題三可大致發覺電流可能是影響磁力的主要因素，而非電池數目，利用可變電阻調整電流大小，觀察其磁力變化。

(二) 步驟：如上述測磁力方式，只是在電路中加上一可變電阻來調整電流，以觀察其磁力變化。

(三) 結果：

線圈圈數	鐵芯端	電池串聯數量	N/S 極	小	大	電池	吸起重 量(公 克)	電壓 (V)	電流 (A)	電磁鐵 溫度 ( $^{\circ}$ C)
200	尖端	2	N 極	7	1	2	42.32	0.67	1.6	49.5
200	尖端	2	N 極	7	4	1	32.12	0.51	1.24	49.5

200	尖端	2	N 極	11	7	0	23.36	0.35	0.89	35
200	尖端	2	N 極	1	1	0	4.76	0.16	0.41	31.1
200	尖端	2	N 極	5	0	0	3.7	0.08	0.21	29.9
200	尖端	2	N 極	0	0	0	0.1	0	0	29.9



(四) 討論：

1. 電流強度越大，磁力越強，幾乎呈現直線上升。
2. 當開關關掉時，電流為 0，鐵芯仍有殘留磁力；鐵芯已稍微被磁化了，約能吸重 0.1g，還好殘留磁力很低，對我們之前的數據並沒有太大影響。

主題六：鐵芯尖端與線圈距離對磁力的影響

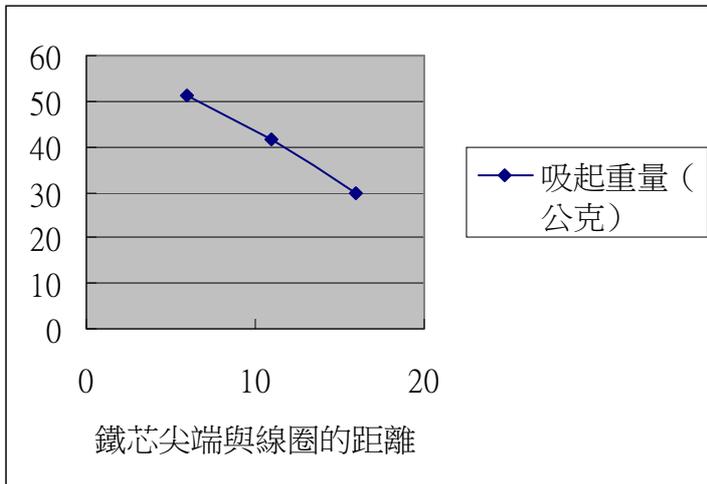
(一) 原因：之前實驗曾碰到若沒有將鐵芯勾住固定好，造成鐵芯位置移動，常會測出磁力較小的數據。

(二) 步驟：操作如上述，只是因為要調整鐵芯尖端與線圈距離，我們的磁力測量裝置操作上就比較不方便，所以就由人拿著並固定及調整距離，因為我們怕燙且也比較拿不穩，所以這個實驗就請老師客串演出了。



(三) 結果：

線圈圈數	鐵芯端	電池串聯數量	N/S 極	小	大	電池	吸起重量 (公克)	電壓 (V)	電流 (A)	電磁鐵溫度 (°C)	距離 (mm)
200	尖端	2	N 極	1	4	1	29.96	0.61	1.51	38.9	16
200	尖端	2	N 極	13	7	1	41.78	0.63	1.55	29.5	11
200	尖端	2	N 極	4	5	2	51.24	0.63	1.54	41.8	6



(四) 討論：

1. 鐵芯尖端與線圈距離越遠磁力越弱，幾乎成直線下降。

## 五、結論：

### 1.實驗過程遇到的問題與解決方法

遇到的問題	解決方法
1.在測量的過程中，從測量箱底部的洞口穿出來的鐵釘，常常會歪掉，這樣會讓托盤上的鐵片卡到測量箱的底部，導致實驗結果出現問題。	1.用手調整，並用風箏線加以固定。
2.在測量的過程中，托盤常會因鐵釘放入時，衝力太大而掉落。	2.鐵釘放入時，先用手扶著托盤，等鐵釘放入時，再慢慢的把手拿開。
3.在測量的過程中，溫度計的線常常會掉落。	3.用膠帶黏在電磁鐵的線圈上，便能固定住了。
4.在測量的過程中，電線會接的太緊或太鬆，導致拆裝時不方便或電線斷裂。	4.使用鱷魚夾，便可以使銅絲斷裂的機率大幅降低，因為鱷魚夾不但拆解容易，更不易斷裂。
5.在測量的過程中，電池常常沒電。	5.準備多一點的「鹼性 A1」備用電池，並且把沒電的電池隔開，以便辨別。

### 2.我們的發現：

(1) 電池數量越多，磁力越強，溫度、電流及電壓也越高。
(2) 電流方向改變導致產生的磁極 S/N 不同，對磁力沒有太大影響。
(3) 尖端吸起的重量一定比平端吸起的還要重，最大甚至可差約 3 倍。
(4) 鐵粉在鐵芯尖端及平端邊緣比較密集，所以這些端點磁力較強。
(5) 電流強度越大，磁力越強，幾乎呈現直線上升。
(6) 鐵芯尖端與線圈距離越遠磁力越弱，幾乎成直線下降。
(7) 線圈圈數越多，磁力越強，從 100 圈改為 200 圈約增加 2 倍；但由 200 圈改為 300 圈，在電池串聯數是 1 或 2 個時，也有倍增現象，但是在電池串聯數是 3 或 4 個時，就不增加甚至稍微降低。

## 六、參考資料：

- 1.牛頓出版社『小牛頓科學百科』