

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 物理科

080105

誰是大力士—線圈斥力的研究

學校名稱：桃園市桃園區建國國民小學

作者：	指導老師：
小四 吳丞哲	許秀桃
小四 范綺真	韓桂娟
小四 周秉寬	
小四 楊萬榆	
小四 卓彥好	
小五 楊詒婷	

關鍵詞：漆包線圈、電流磁效應

## 摘要

我們發現 5-35 圈之間，線圈數越多、通電線圈與磁鐵間排斥力越大，成線性正比關係，因增加線圈的圈數所增加的排斥力與線圈重量增加的速度約略相同。電流量與線圈斥力呈線性正比關係。通電線圈與磁鐵間距離越近排斥力增加越快。線圈形狀則以橢圓形和圓形的效果較好。以電池提供的電流流量來看，鎳氫充電電池〈鹼性電池〉碳鋅電池。鎳氫充電電池和鹼性電池輸出的電流較穩定，而碳鋅電池會隨著時間而持續下降，較不穩定。磁鐵數量越多、磁鐵與線圈角度越小，這些因素都會使排斥力增加。漆包線長度固定時，線圈直徑略大於磁鐵直徑的排斥力會較大。

## 壹、研究動機

在上課時，老師有教我們做簡易電動機和電報機，我們發現通電的線圈會和磁鐵產生排斥力，所以可以製作成電動機或電報機，真有趣！但是做的時候發現，好像不一定線圈數最多的，效果一定最好。這個現象引起了我們的興趣，我們想了解影響通電線圈和磁鐵之間的排斥力大小和什麼因素有關，可以做為製作簡易電動機時的參考，於是決定用這個主題來做為科展的研究題目。



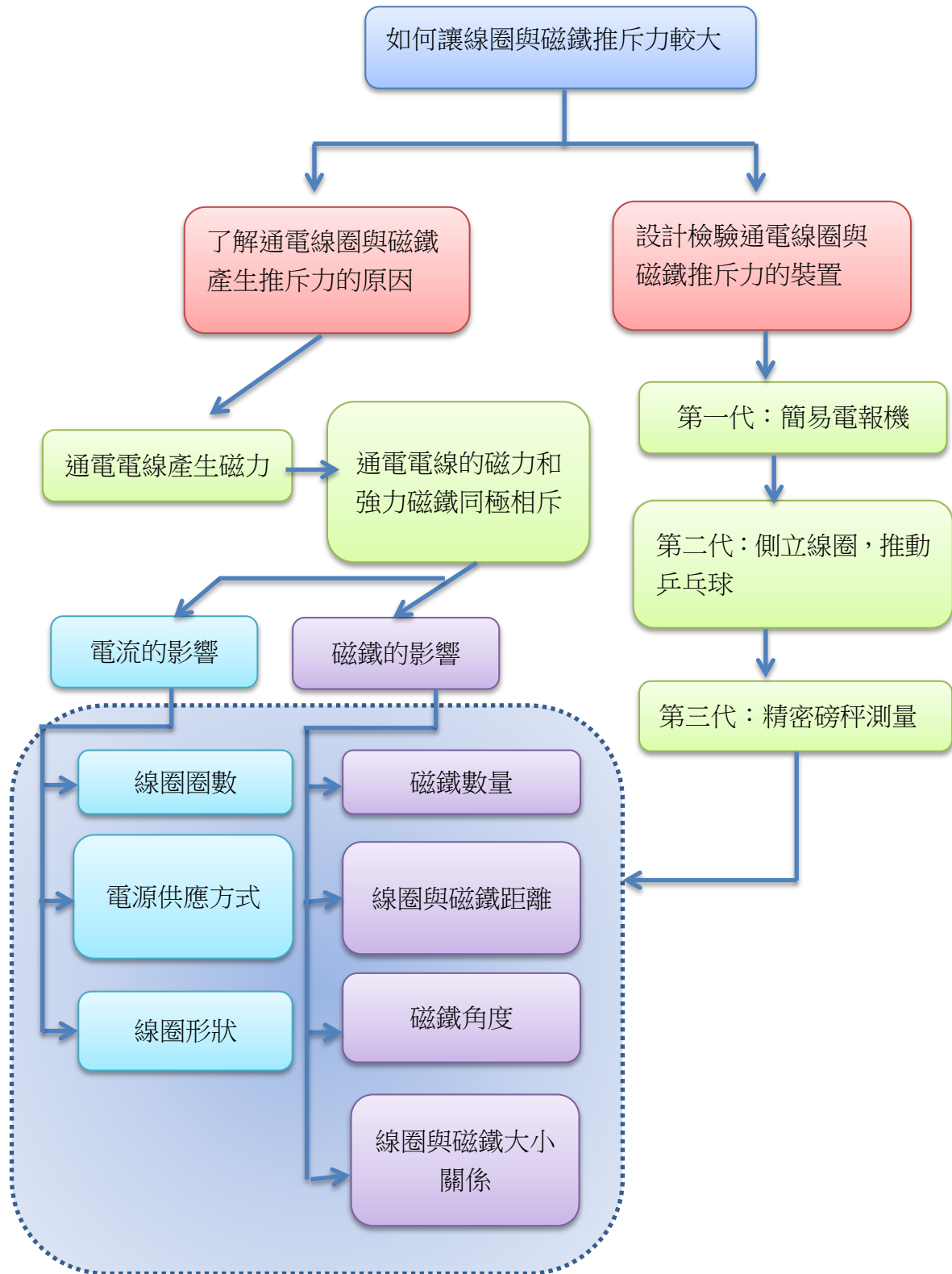
## 貳、研究目的

- 一、比較不同線圈圈數與磁鐵的推斥力變化
- 二、比較不同電流的線圈與磁鐵的推斥力變化
- 三、比較使用不同電池的線圈與磁鐵的推斥力變化
- 四、比較不同磁鐵數量與線圈的推斥力變化
- 五、找出線圈與磁鐵距離不同的推斥力變化
- 六、比較不同線圈形狀與磁鐵的推斥力變化
- 七、比較不同磁鐵角度與磁鐵的推斥力變化
- 八、比較不同大小線圈與磁鐵的推斥力變化

## 參、研究設備及器材

		
三用電表	直流電源供應器	精密電子秤
		
強力磁鐵	充電、碳鋅、鹼性電池	電池座、砂紙、漆包線、直尺、木板、砂紙、膠帶

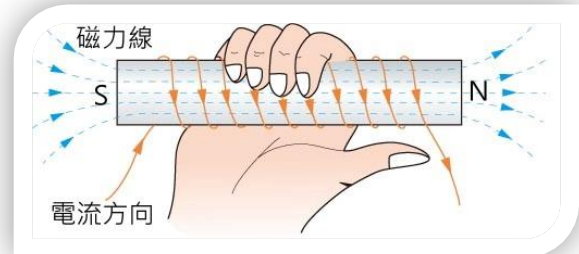
## 肆、研究流程



## 伍、研究過程與結果

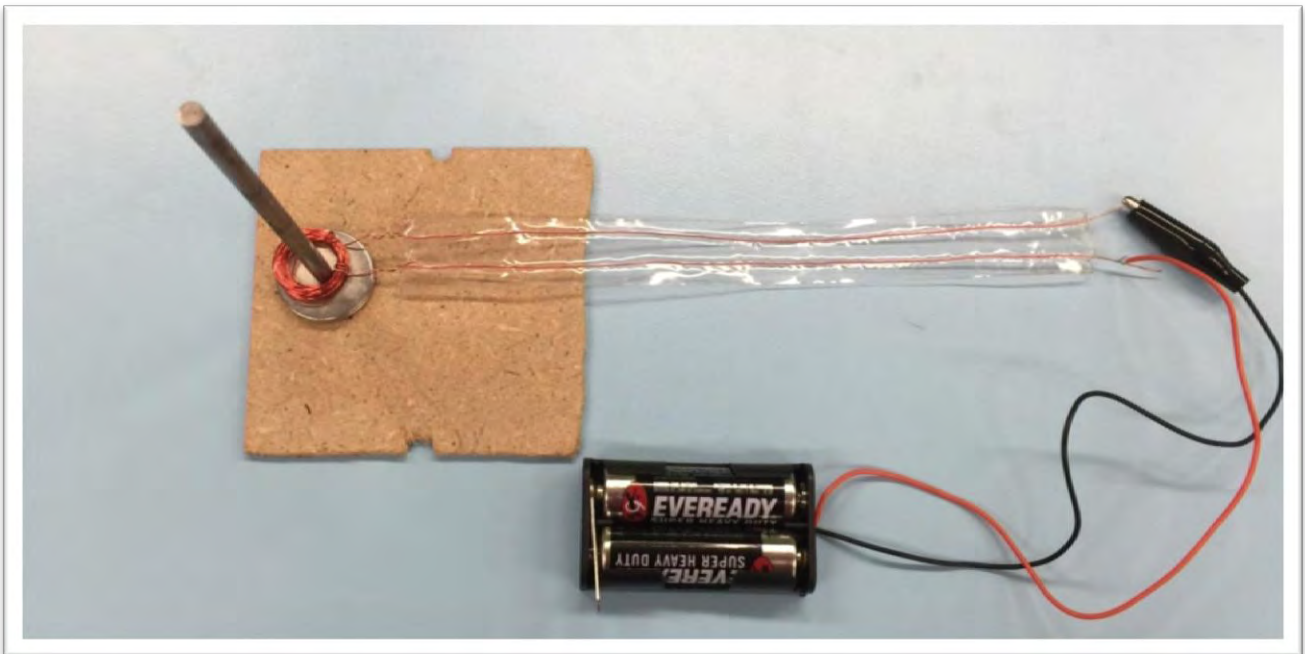
### 一、了解通電線圈與磁鐵產生推斥力的原因

根據電流磁效應的原理，通電的電流會在周圍產生磁場，如果將線圈彎成圓形纏繞，通電後產生的磁場就如同一個圓柱形磁鐵所生的磁場。所以當我們在通電的線圈前後放置磁鐵，則會產生異極相吸或同極相斥的力量。我們想要探討的就是當通電線圈與磁鐵產生同極相斥時的力量大小。



### 二、設計檢驗通電線圈與磁鐵推斥力的裝置

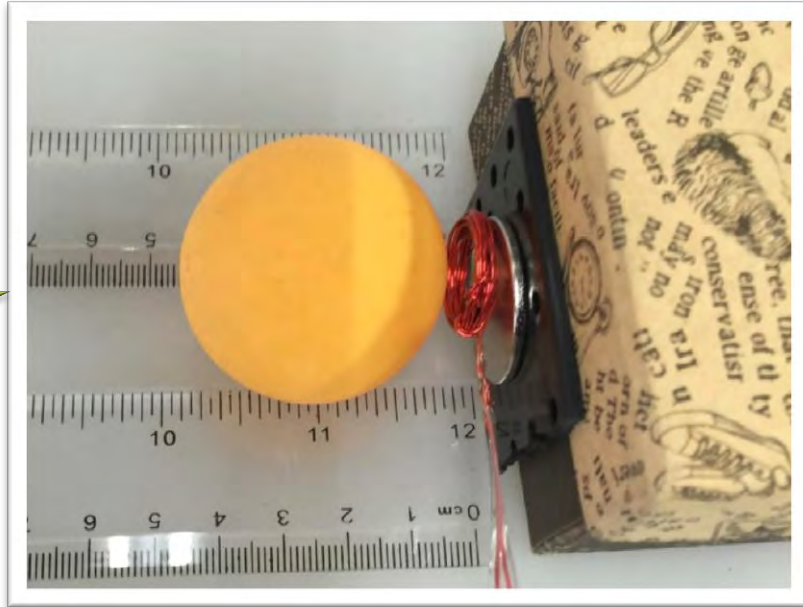
第一代：我們一開始的設計如下圖，是想利用電報機的原理，看看通電線圈能被磁鐵推多高，以推的高度來判斷推斥力的大小，但是發現彈起的線圈容易有歪斜的現象，高度不易測量，也不太一致，且彈起的高度有限，不容易看出區別。



簡易電報機

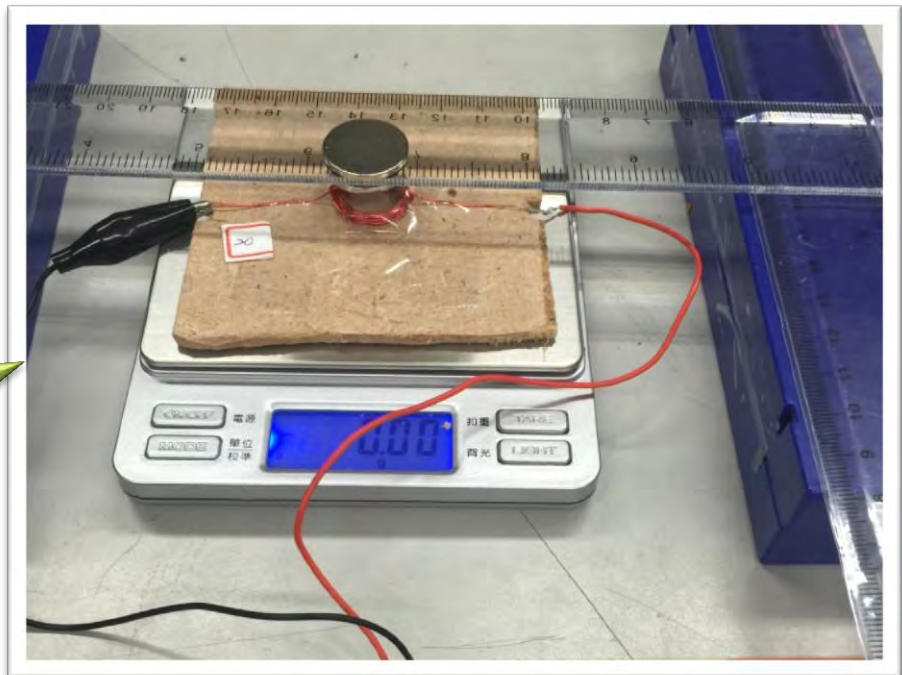
第二代：我們想良測量方式為側立線圈，以推動乒乓球的距離來判斷線圈斥力的大小，但是我們發現乒乓球的滾動與桌面水平有很大關係，而教室的實驗桌面都不是完全水平，所以我們再次改變測量方式。

側立線圈，  
推動乒乓球



第三代：最後我們決定將線圈黏在木板上，放置於精密磅秤上(準確至 0.01 克)，將磁鐵吸附於塑膠尺上，置於線圈正上方，測量通電時磁鐵推斥線圈而作用在磅秤上的重量，這樣我們就可以比較不同因素時的推斥力大小了。

精密磅秤測量

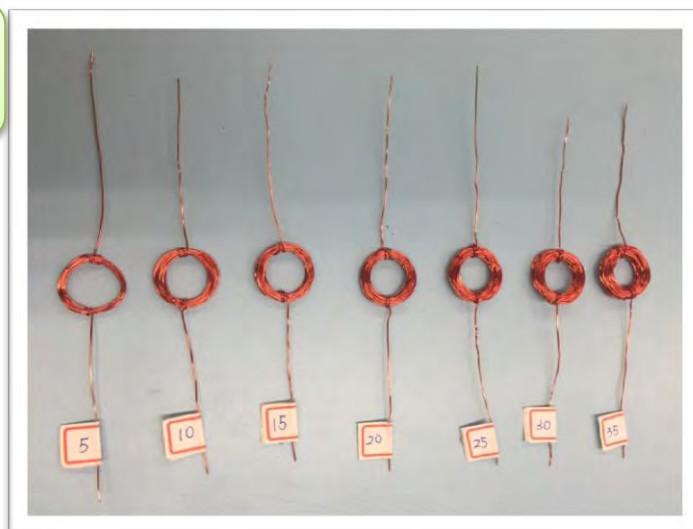
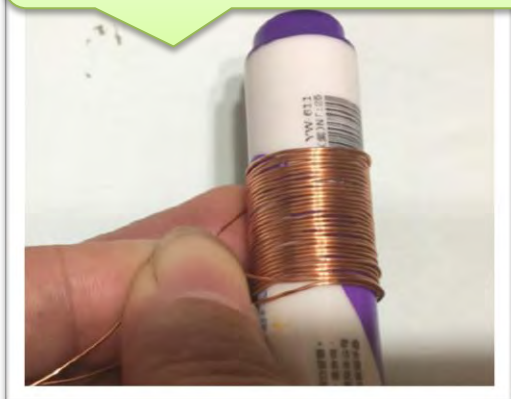


## 實驗一：比較不同線圈圈數與磁鐵的推斥力變化

### 實驗方法：

1. 用漆包線分別纏繞成 5、10、15、20、25、30、35 圈直徑 15mm 的線圈，兩端各留約 5cm 後，在兩端纏繞三圈，將漆包線圈綁緊。
2. 用砂紙將兩邊末端各約 3cm 的漆磨除。
3. 用膠帶將線圈固定在木板上，兩端接上電池座的正負極，放在磅秤上。
4. 將直徑 25mm、厚度 1.5mm 的強力磁鐵吸附在直尺上，架在線圈上方 20mm 高的地方。
5. 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的推斥力。

纏繞成 5、10、15、20、25、30、35 圈直徑 15mm 的線圈



### 實驗結果：

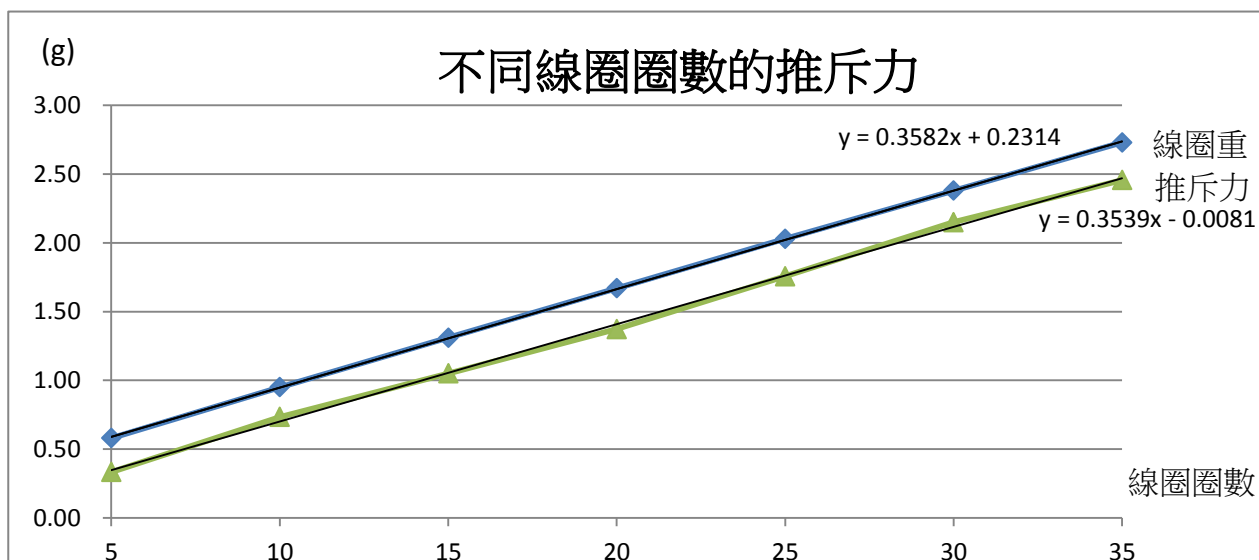
#### 1. 實驗變因整理

線圈數	磁鐵	距離	線圈形狀	線圈大小	角度	電力供應
5~35 圈	直徑 25mm 厚度 1.5mm 數量*2	20mm	圓形	直徑 15mm	平行 0 度	鎳氫充電電池*2

## 2. 實驗紀錄

線圈圈數	線圈重(g)	電池電壓(v)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
5	0.58	2.75	0.35	0.33	0.32	0.33
10	0.95	2.73	0.74	0.79	0.67	0.73
15	1.31	2.73	1.06	1.04	1.05	1.05
20	1.67	2.69	1.39	1.36	1.37	1.37
25	2.03	2.67	1.78	1.76	1.73	1.76
30	2.38	2.64	2.19	2.11	2.15	2.15
35	2.73	2.62	2.48	2.43	2.46	2.46

## 3. 繪製成折線圖



## 發現與討論：

- 線圈數越多，推斥力越大，呈現性正比關係，若圈數  $X$ ，推斥力  $Y$  克，兩者關係約為  $Y=0.3539X-0.0081$ ，而線圈圈數與線圈重的關係也呈現性正比關係，若圈數  $X$ ，線圈重  $Y$  克，兩者關係約為  $Y=0.3582X+2314$ 。
- 在我們設定的實驗條件中，增加線圈的圈數所增加的推斥力與線圈重量增加的速度約略相同。
- 鎳氫電池的電壓會隨著實驗進行而持續降低，所以每次使用的電壓有些微差距 (2.75V~2.62V)。



- 我們覺得要固定電力的大小，可以更精準的了解不同線圈數的排斥力，老師告訴我們可以使用直流電源供應器，我們決定改用電源供應器供電，再做一次。

## 實驗二：固定電流比較不同線圈圈數與磁鐵的排斥力變化

### 實驗方法：

- 將直流電源供應器的電壓設為 2.8V，最大允許電流為 3A。
- 分別將不同大小線圈固定在木板上，強力磁鐵架在線圈上方 20mm 高的地方。
- 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的排斥力。

### 實驗結果：

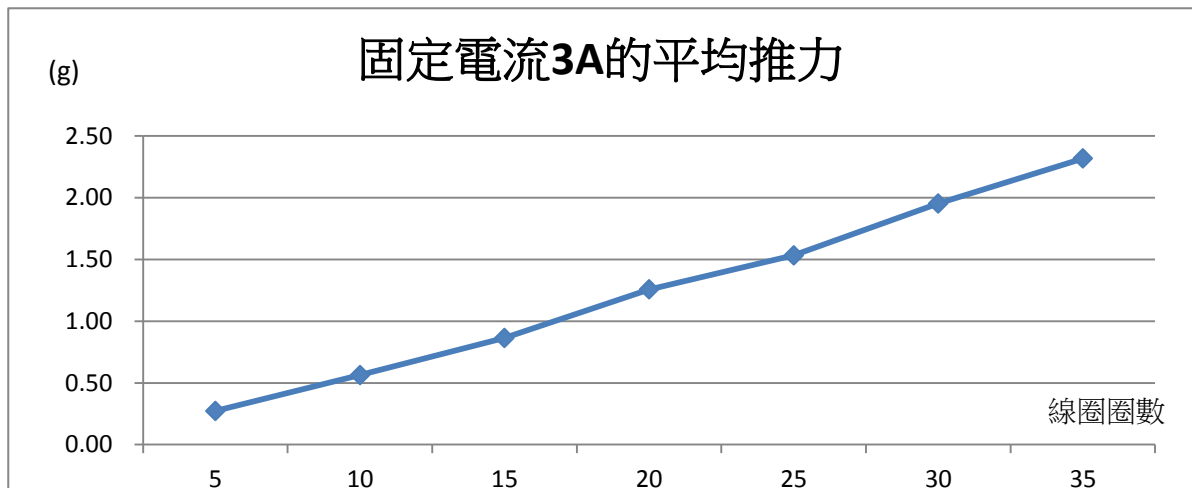
#### 1. 實驗變因整理

線圈數	磁鐵	距離	線圈形狀	線圈大小	磁鐵角度	電力供應
5~35 圈	直徑 25mm 厚度 1.5mm 數量*2	20mm	圓形	直徑 15mm	平行 0 度	直流電源供應器 電壓 2.8V 最大允許電流 3A

#### 2. 實驗紀錄

線圈圈數	實供電壓(V)	實供電流(A)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
5	0.3	3	0.27	0.29	0.26	0.27
10	0.4	3	0.58	0.56	0.55	0.56
15	0.4	3	0.86	0.85	0.88	0.86
20	0.5	3	1.28	1.24	1.25	1.26
25	0.6	3	1.53	1.55	1.52	1.53
30	0.7	3	1.96	1.96	1.94	1.95
35	0.8	3	2.31	2.3	2.34	2.32

#### 3. 繪製成折線圖



#### 發現與討論：

1. 電壓設為 2.8V，最大允許電流為 3A 固定時，線圈數越多，推斥力越大。
2. 直流電源供應器在線圈的電流量達到最大允許電流 3A 時，所需電壓不到 2.8V，圈數越多(5~35 圈)所需電壓越大(0.3V 上升到 0.8V)。
3. 由直流電源供應器的輸出情形，我們覺得使用電池時的應該有最大的輸出電流限制，所以我們決定使用不同的電池來測試供電情形。

### 實驗三：不同電池對線圈通電的電流變化

#### 實驗方法：

1. 準備各 2 顆新的 AA 規格碳鋅電池、鹼性電池和充飽電的鎳氫充電電池，放入電池座。
2. 將纏繞 20 圈的線圈使用不同的電池通電，使用三用電表測量一開始和結束的電壓。
3. 將通電 10 秒線圈的電流變化用三用電表測量，並用手機的慢速攝影拍攝，分析 10 秒內的電流變化。



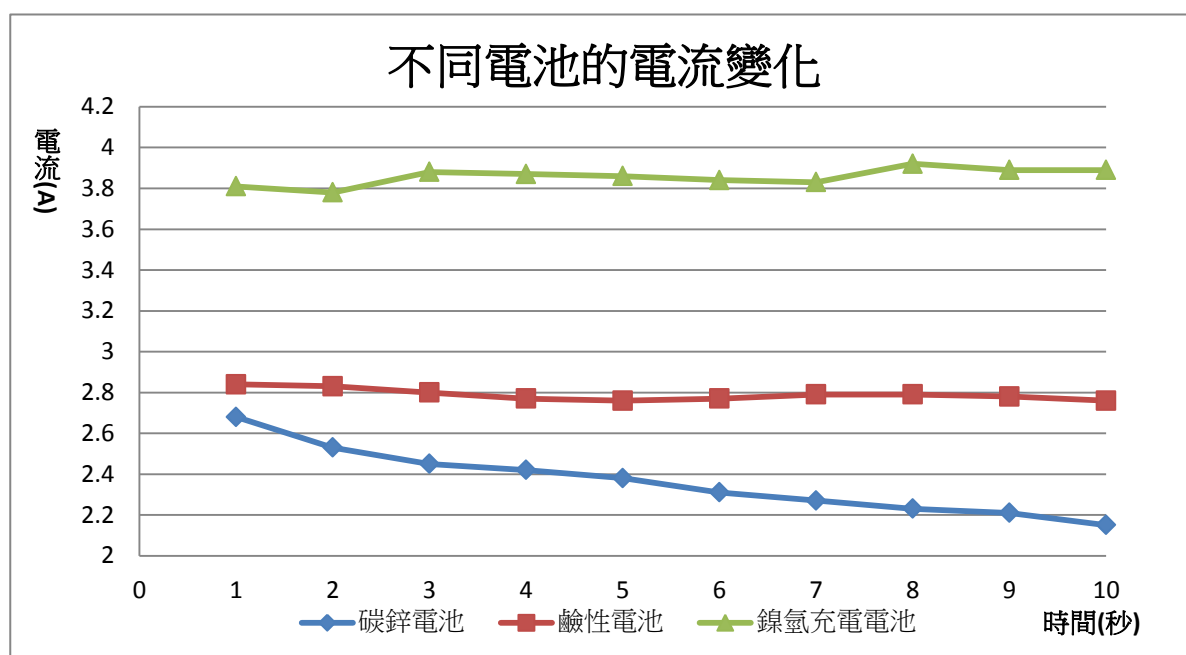
慢速攝影，記錄 10 秒內的電流變化。

## 實驗結果：

### 1. 實驗記錄

電池種類	開始電壓(V)	結束電壓(V)	通電 10 秒內電流變化(A)									
			1 秒	2 秒	3 秒	4 秒	5 秒	6 秒	7 秒	8 秒	9 秒	10 秒
碳鋅電池	3.33	3.20	2.68	2.53	2.45	2.42	2.38	2.31	2.27	2.23	2.21	2.15
鹼性電池	3.08	3.00	2.84	2.83	2.8	2.77	2.76	2.77	2.79	2.79	2.78	2.76
鎳氫充電電池	2.69	2.65	3.81	3.78	3.88	3.87	3.86	3.84	3.83	3.92	3.89	3.89

### 2. 繪製成折線圖



## 發現與討論：

1. 以電壓的下降程度來看，碳鋅電池下降 0.13V > 鹼性電池下降 0.08V > 鎳氫充電電池下降 0.04V。
2. 以三種電池提供的電流流量來看，鎳氫充電電池 > 鹼性電池 > 碳鋅電池。
3. 以電流的變化來看，鎳氫充電電池和鹼性電池輸出的電流較穩定，而碳鋅電池會隨著時間而持續下降，較不穩定。
4. 以三種電池的供電情形來看，我們要有較穩定和較高輸出電流，以鎳氫充電電池最好，其次是鹼性電池。

## 實驗四：不同電流的推斥力

### 實驗方法：

1. 將纏繞 25 圈的線圈固定在木板上，接上直流電源供應器，電壓固定 2.8V，調整最大允許電流 0.5A~5A，強力磁鐵架在線圈上方 15mm 高的地方。
2. 改變最大允許電流，每增加 0.5A，記錄一次。
3. 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的推斥力。

### 實驗結果：

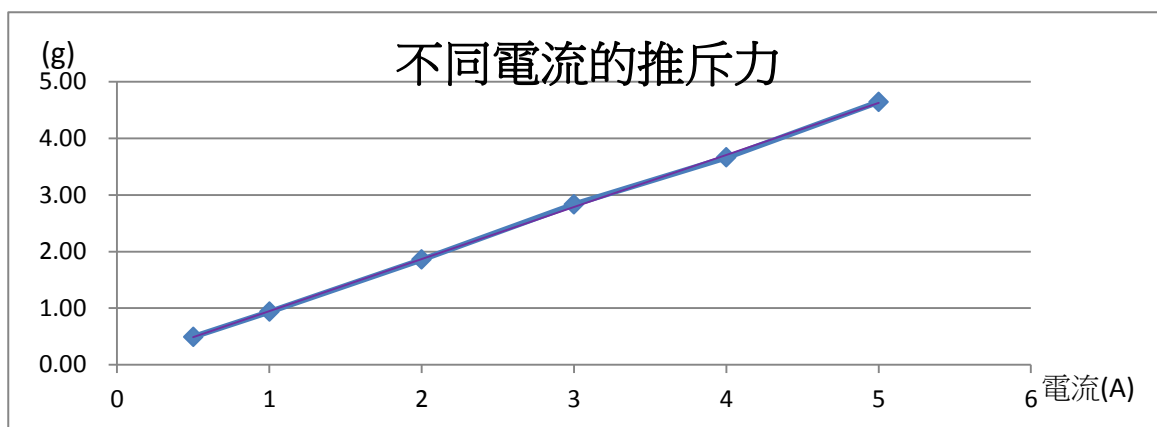
#### 1. 實驗變因整理

線圈數	磁鐵	距離	線圈形狀	線圈大小	磁鐵角度	電力供應
25 圈	直徑 20mm 厚度 1.5mm 數量*2	15 mm	圓形	直徑 15mm	平行 0 度	直流電源供應器 電壓 2.8V 最大允許電流 0.5~5A

#### 2. 實驗紀錄

電流大小(A)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
0.5	0.49	0.49	0.49	0.49
1	0.93	0.92	0.96	0.94
2	1.87	1.85	1.85	1.86
3	2.84	2.84	2.82	2.83
4	3.67	3.67	3.65	3.66
5	4.64	4.63	4.66	4.64

#### 3. 繪製成折線圖



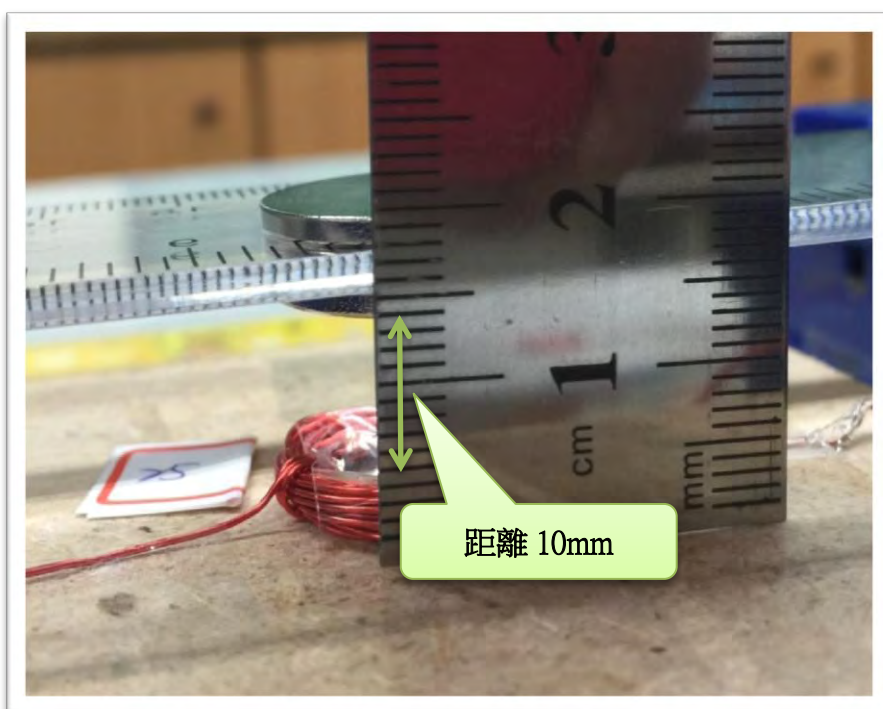
#### 發現與討論：

1. 電流越大，通電線圈與磁鐵間推斥力愈大，且呈正比關係。
2. 所以我們想要線圈推斥力較大，應該選用能輸出較強電流的電池，例如鎳氫充電電池。

### 實驗五：不同距離的推斥力

#### 實驗方法：

1. 最將纏繞 25 圈的線圈固定在木板上，接上直流電源供應器(電壓 2.8V 大允許電流 3A)，強力磁鐵架在線圈上方 5~35mm 高的地方，間隔 5mm 記錄一次。
2. 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的推斥力。



## 實驗結果：

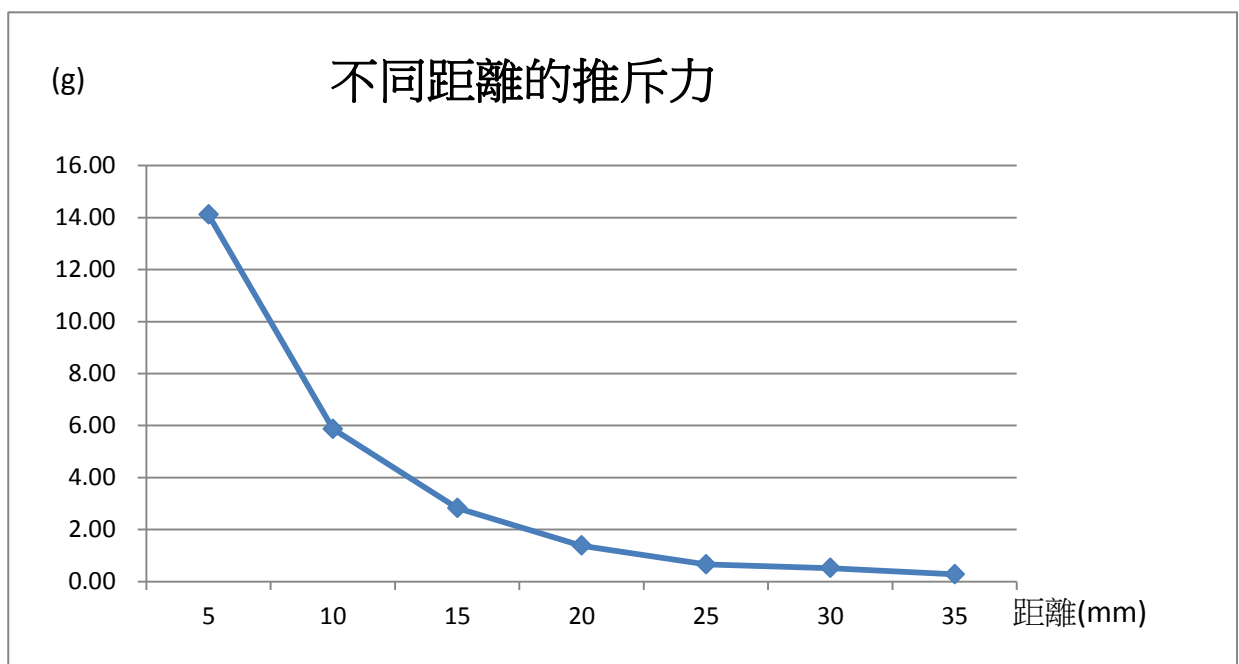
### 1. 實驗變因整理

線圈數	磁鐵	距離	線圈形狀	線圈大小	磁鐵角度	電力供應
25 圈	直徑 20mm 厚度 1.5mm 數量*2	5~35 mm	圓形	直徑 15mm	平行 0 度	直流電源供應器 電壓 2.8V 最大允許電流 3A

### 2. 實驗紀錄

距離(mm)	實供電壓(V)	實供電流(A)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
5	1	3	14.15	14.08	14.09	14.11
10	1	3	5.88	5.88	5.84	5.87
15	1	3	2.85	2.83	2.8	2.83
20	1	3	1.38	1.36	1.4	1.38
25	1	3	0.65	0.64	0.68	0.66
30	1	3	0.51	0.51	0.53	0.52
35	1	3	0.28	0.27	0.28	0.28

### 3. 繪製成折線圖



## 發現與討論：

1. 距離越遠，通電線圈與磁鐵間排斥力愈小，且越近變化越大，所以我們應該在可能的範圍內線圈接近磁鐵，排斥力可達到最大

## 實驗六：不同磁鐵數量的排斥力

### 實驗方法：

1. 將纏繞 25 圈的線圈固定在木板上，接上直流電源供應器(電壓 2.8V 大允許電流 3A)，並將強力磁鐵架在線圈上方 20mm 高的地方。
2. 改變磁鐵的數量，從 2 個開始，每增加 1 個磁鐵，記錄一次。
3. 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的排斥力。

### 實驗結果：

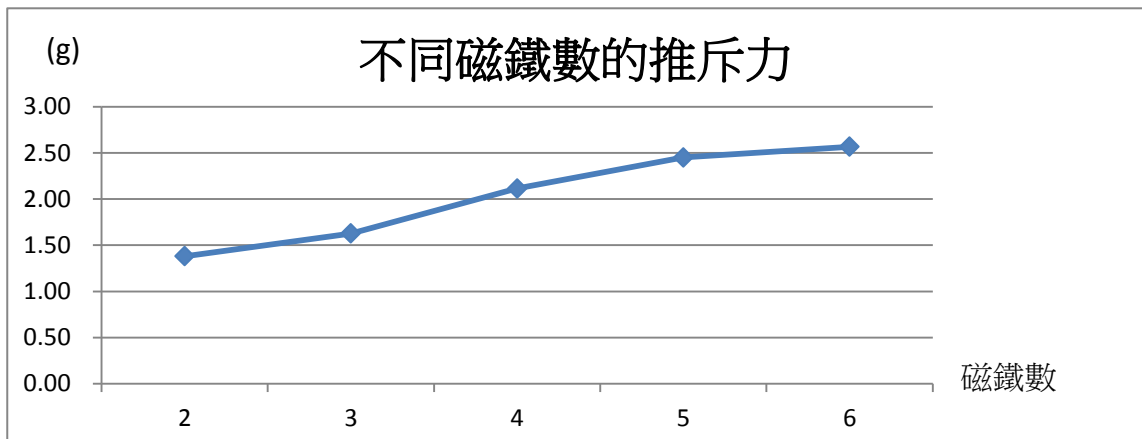
1. 實驗變因整理

線圈數	磁鐵	距離	線圈形狀	線圈大小	磁鐵角度	電力供應
25 圈	直徑 20mm 厚度 1.5mm 數量*2~6	20 mm	圓形	直徑 15mm	平行 0 度	直流電源供應器 電壓 2.8V 最大允許電流 3A

2. 實驗紀錄

磁鐵數量	實供電壓(V)	實供電流(A)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
2	1	3	1.38	1.36	1.4	1.38
3	1	3	1.64	1.63	1.61	1.63
4	1	3	2.1	2.12	2.12	2.11
5	1	3	2.46	2.43	2.46	2.45
6	1	3	2.55	2.57	2.58	2.57

### 3. 繪製成折線圖



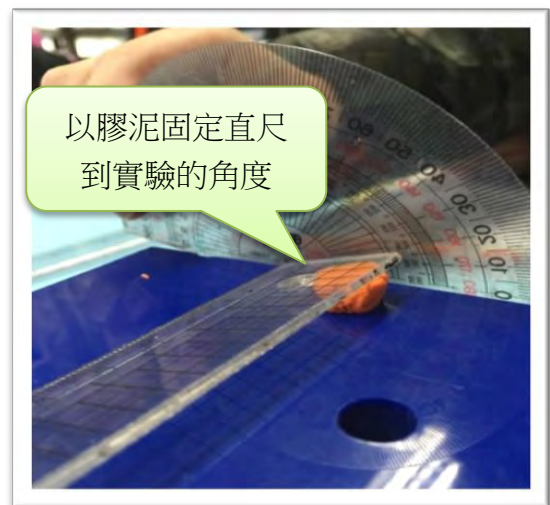
#### 發現與討論：

1. 磁鐵數量越多，通電線圈與磁鐵間推斥力愈大。但增加到 6 顆時，推斥力的增加就較不明顯。我們推想應該與磁鐵磁力大小有關，所以我們應該選用較強力的磁鐵，和較多顆磁鐵，推斥力可以較大。

### 實驗七：不同角度的推斥力

#### 實驗方法：

1. 將纏繞 25 圈的線圈固定在木板上，接上直流電源供應器(電壓 2.8V 大允許電流 3A)，強力磁鐵架在線圈上方 20mm 高的地方(磁鐵下緣與線圈距離)。
2. 利用油土固定直尺，改變磁鐵的角度，每增加 15 度，記錄一次。
3. 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的推斥力。





## 實驗結果：

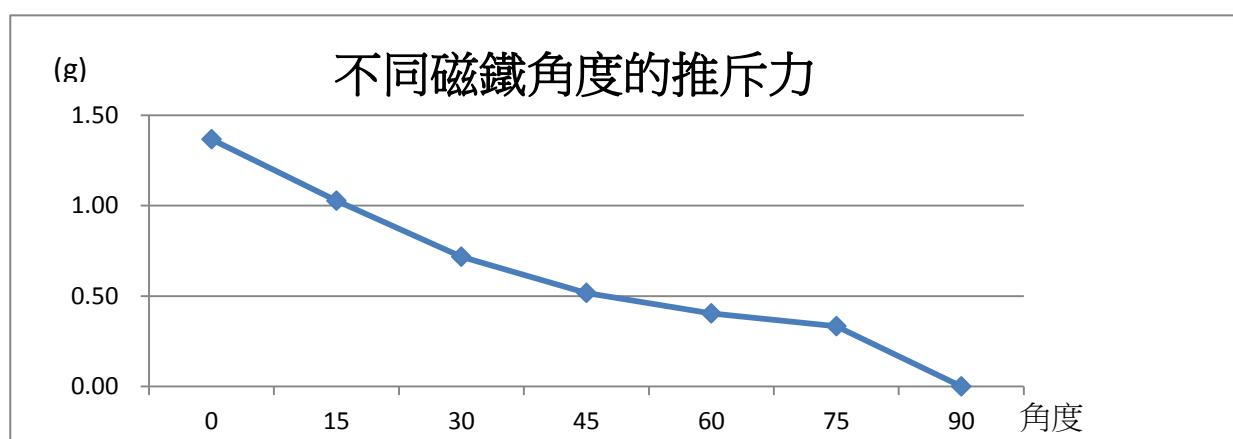
### 1. 實驗變因整理

線圈數	磁鐵	距離	線圈形狀	線圈大小	磁鐵角度	電力供應
25 圈	直徑 20mm 厚度 1.5mm 數量*2	20 mm	圓形	直徑 15mm	平行 0 度 ~垂直 90 度	直流電源供應器 電壓 2.8V 最大允許電流 3A

### 2. 實驗紀錄

磁鐵角度(度)	實供電壓(V)	實供電流(A)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
0	1	3	1.36	1.36	1.38	1.37
15	1	3	1.02	1.01	1.05	1.03
30	1	3	0.71	0.72	0.72	0.72
45	1	3	0.53	0.51	0.51	0.52
60	1	3	0.4	0.41	0.4	0.40
75	1	3	0.3	0.35	0.35	0.33
90	1	3	0	0	0	0.00

### 3. 繪製成折線圖



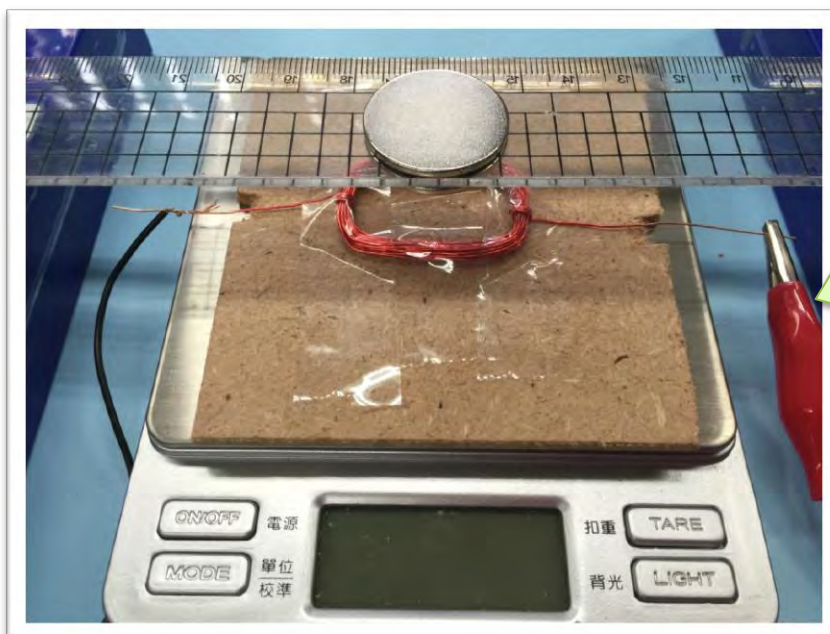
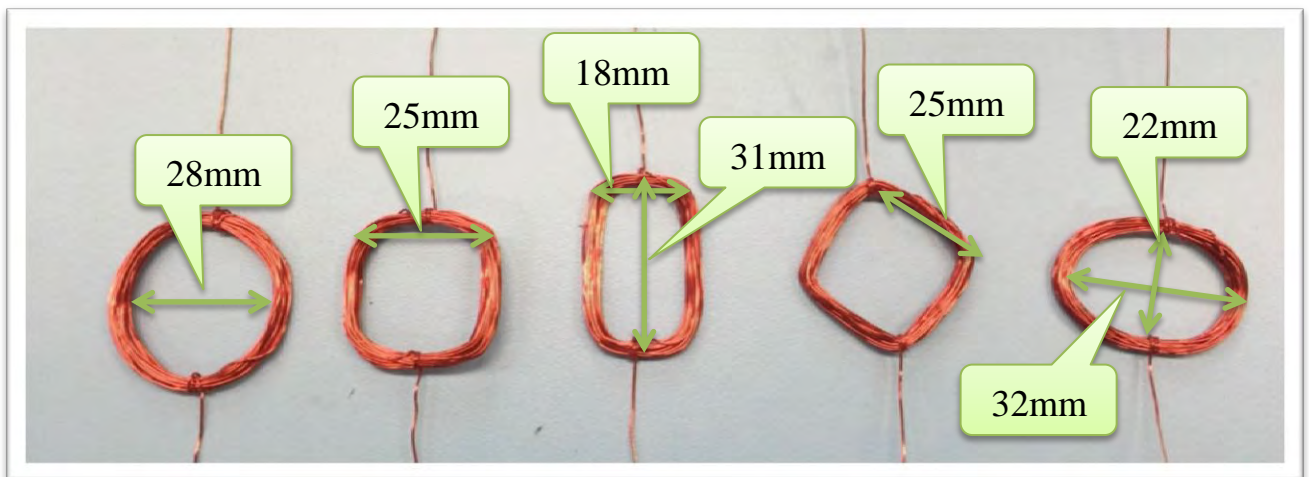
## 發現與討論：

1. 磁鐵與線圈角度越小，越接近平行時，通電線圈與磁鐵間推斥力愈大。當磁鐵與線圈呈垂直時，推斥力為 0，所以我們應該將磁鐵與線圈平行放置，推斥力可以較大。

## 實驗八：不同形狀的線圈推斥力

### 實驗方法：

1. 纏繞 20 圈，直徑 28mm 的圓形線圈 5 個，再將形狀調整成對稱的圓形、正方形、長方形、菱形、橢圓形。
2. 將線圈固定在木板上，強力磁鐵架在線圈上方 15mm 高的地方。
3. 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的推斥力。



長方形線圈  
斥力測量

## 實驗結果：

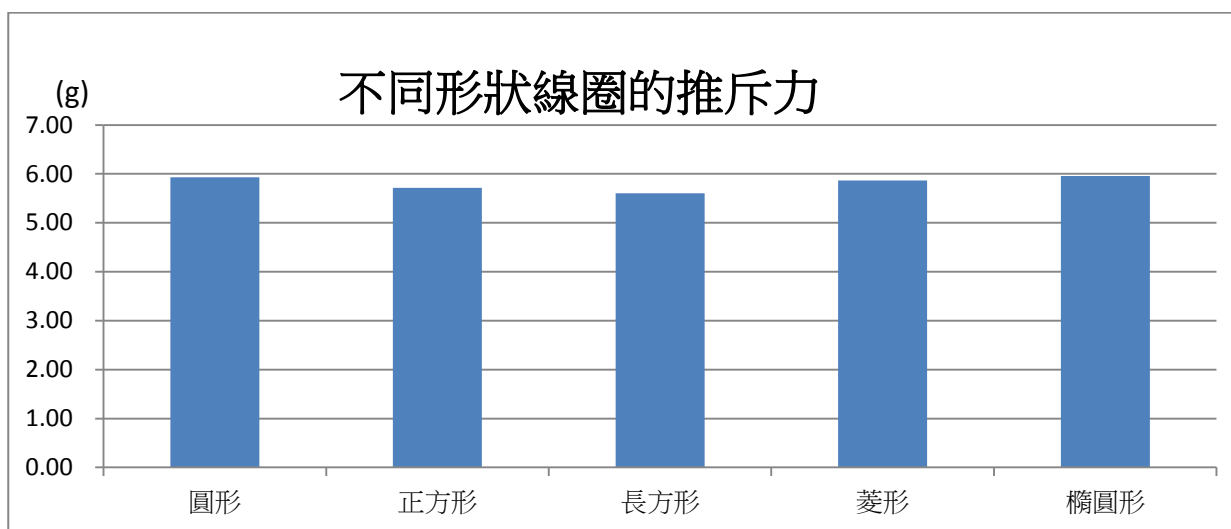
### 1. 實驗變因整理

線圈數	磁鐵	距離	線圈形狀	線圈大小	磁鐵角度	電力供應
20 圈	直徑 20mm 厚度 1.5mm 數量*2~6	15 mm	圓形、正方 形、長方形、 菱形、橢圓形	直徑 28mm	平行 0 度	直流電源供應器 電壓 2.8V 最大允許電流 3A

### 2. 實驗紀錄

線圈形狀	實供電壓(V)	實供電流(A)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
圓形	1.2	3	5.92	5.93	5.94	5.93
正方形	1.2	3	5.7	5.71	5.74	5.72
長方形	1.2	3	5.61	5.6	5.61	5.61
菱形	1.2	3	5.85	5.89	5.85	5.86
橢圓形	1.2	3	5.95	5.96	5.97	5.96

### 3. 繪製成長條圖



## 發現與討論：

1. 圓形、正方形、長方形、菱形、橢圓形的線圈推斥力差異不大，以橢圓形的效果最好，圓形次之。所以我們製作電動機時應該將線圈繞成橢圓形或圓形，推斥力可以較大。

## 實驗九：線圈大小對排斥力的影響

### 實驗方法：

1. 取等長 180cm 的漆包線纏繞成不同大小的線圈(直徑：10mm、15mm、20mm、25mm、30mm)。
2. 將線圈固定在木板上，分別將直徑 20、25mm 強力磁鐵 2 個架在線圈上方 20mm 的地方。
3. 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的排斥力。

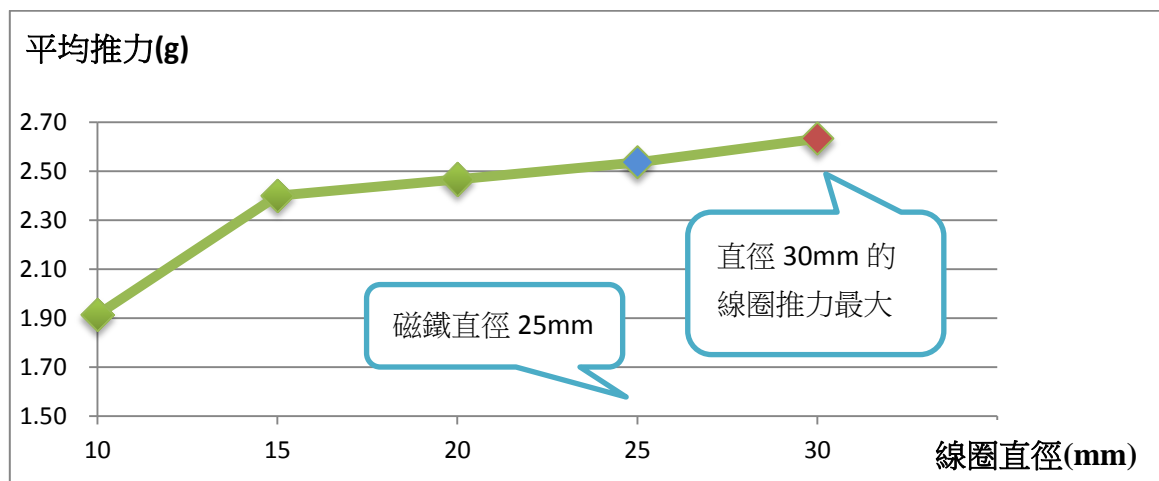
### 實驗結果：

#### 1. 實驗變因整理

漆包線長	磁鐵直徑	距離	線圈形狀	線圈大小	磁鐵角度	電力供應
180cm	20、25mm 厚度 1.5mm 數量*2	20mm	圓形	直徑 10-30mm	平行 0 度	直流電源供應器 電壓 2.8V 最大允許電流 3A

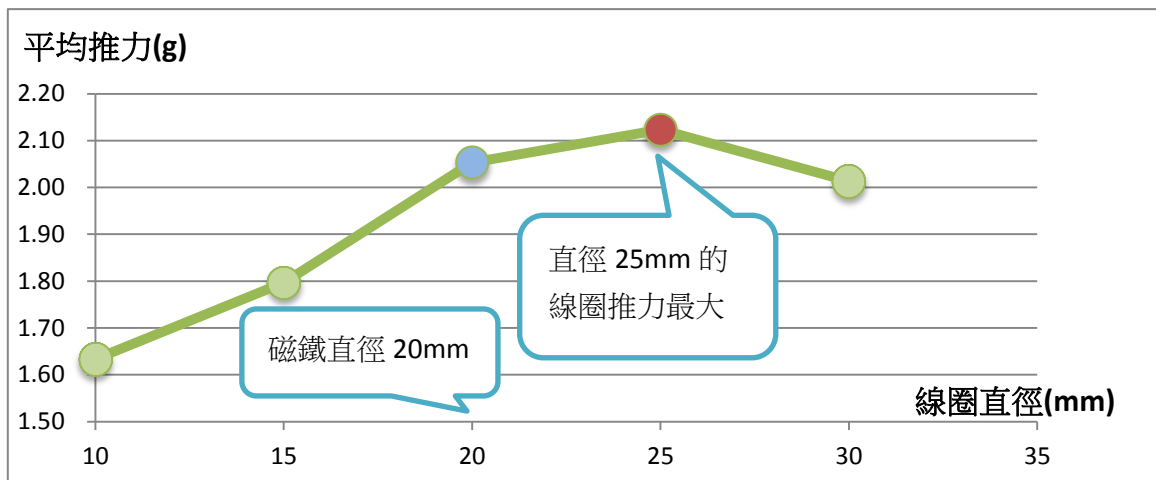
#### 2. 直徑 25mm 磁鐵對不同大小線圈的實驗

線圈直徑(mm)	實供電流(A)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
10	3	1.91	1.92	1.91	1.91
15	3	2.39	2.4	2.41	2.40
20	3	2.45	2.48	2.47	2.47
25	3	2.55	2.51	2.55	2.54
30	3	2.63	2.64	2.63	2.63



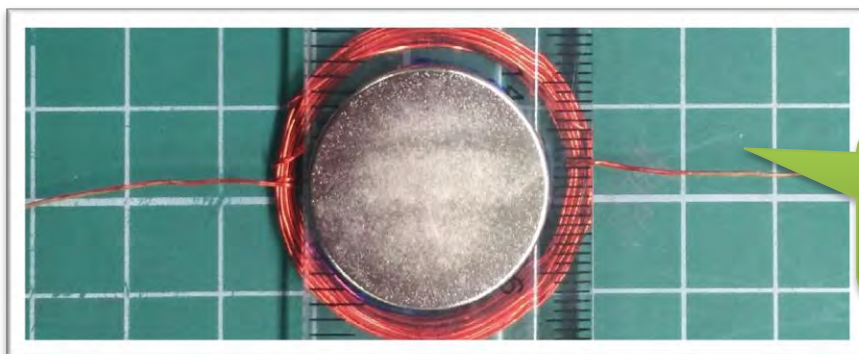
### 3. 直徑 20mm 磁鐵對不同大小線圈的實驗

線圈直徑(mm)	實供電流(A)	第一次(g)	第二次(g)	第三次(g)	平均推力(g)
10	3	1.64	1.61	1.65	1.63
15	3	1.78	1.81	1.8	1.80
20	3	2.05	2.07	2.04	2.05
25	3	2.15	2.1	2.12	2.12
30	3	2.01	2.02	2.01	2.01



#### 發現與討論：

1. 在固定漆包線長度的情形下，磁鐵直徑 25mm 下，線圈直徑 30mm 的推力最大，磁鐵直徑 20mm 下，線圈直徑 25mm 的推力最大。
2. 小於磁鐵直徑的線圈，則直徑越小，推斥力越小。
3. 在磁鐵直徑 20mm 下，線圈直徑而大磁鐵直徑 10mm 的 30mm 線圈，推斥力又變小，所以我們覺得製作線圈時，將線圈直徑略大於磁鐵直徑的推斥力可以較大。



線圈直徑略大於磁鐵直徑的推斥力較大

## 陸、結論

- 一、 線圈數 5-35 圈之間，線圈數越多、通電線圈與磁鐵間排斥力越大，呈現性正比關係，因增加線圈的圈數所增加的排斥力與線圈重量增加的速度約略相同。
- 二、 直流電源供應器在線圈的電流量達到最大允許電流 3A 時，所需電壓不到 2.8V，圈數越多(5~35 圈)所需電壓越大(0.6V 上升到 1.2V)。
- 三、 三種電池提供的電流流量來看，鎳氫充電電池〉鹼性電池〉碳鋅電池。
- 四、 以電流的變化來看，鎳氫充電電池和鹼性電池輸出的電流較穩定，而碳鋅電池會隨著時間而持續下降，較不穩定。
- 五、 電流越大，通電線圈與磁鐵間排斥力愈大，且呈線性關係。以我們使用的 25 圈的線圈來看，若排斥力為 G 克，電流為 A 安培，則關係式為  $G = 0.9209A + 0.025$ 。
- 六、 距離越遠，通電線圈與磁鐵間排斥力愈小，且越近變化越大，所以我們應該在可能的範圍內線圈接近磁鐵，排斥力可達到最大
- 七、 磁鐵數量越多，通電線圈與磁鐵間排斥力愈大。所以我們應該選用較強力的磁鐵，和較多顆磁鐵，排斥力可以較大。
- 八、 磁鐵與線圈角度越小，越接近平行時，通電線圈與磁鐵間排斥力愈大。
- 九、 圓形、正方形、長方形、菱形、橢圓形的線圈排斥力，以橢圓形的效果最好，圓形次之。
- 十、 在固定漆包線長度的情形下，將線圈直徑略大於磁鐵直徑的排斥力可以較大。

## 柒、參考資料

- 一、 康軒文教事業(2015 年 9 月)。電磁作用 國小自然與生活科技第七冊
- 二、 大愛電視(2014 年 12 月 25 日)。生活裡的科學--振振有磁的電磁鐵。取自 <http://www.youtube.com/watch?v=e9vx8qYknWw>

## 【評語】 080105

1. 這個工作討論通有電流的線圈產生的磁力大小。整個工作討論了外加電流大小，距離因素，線圈多寡，不同角度等機制對於磁力大小的影響。
2. 能採用以精密磅秤測量通電流線圈與磁鐵之間之斥力。

# 研究動機

在上課時，老師有教我們做簡易電動機和電報機，我們發現通電的線圈會和磁鐵產生排斥力，所以可以製作成電動機或電報機，真有趣！但是做的時候發現，好像不一定線圈數最多的，效果一定最好。這個現象引起了我們的興趣，我們想了解影響通電線圈和磁鐵之間的排斥力大小和什麼因素有關，可以做為製作簡易電動機時的參考，於是決定用這個主題來做為科展的研究題目。

# 研究目的

1. 比較不同線圈圈數與磁鐵的排斥力變化
2. 比較不同磁鐵數量與線圈的排斥力變化
3. 找出線圈與磁鐵距離不同的排斥力變化
4. 比較不同線圈形狀與磁鐵的排斥力變化
5. 比較不同磁鐵角度與磁鐵的排斥力變化
6. 比較通過不同電流的線圈與磁鐵的排斥力變化
7. 比較使用不同電池的線圈與磁鐵的排斥力變化
8. 比較線圈與磁鐵不同大小的排斥力變化



簡易電動機

# 研究設備及器材



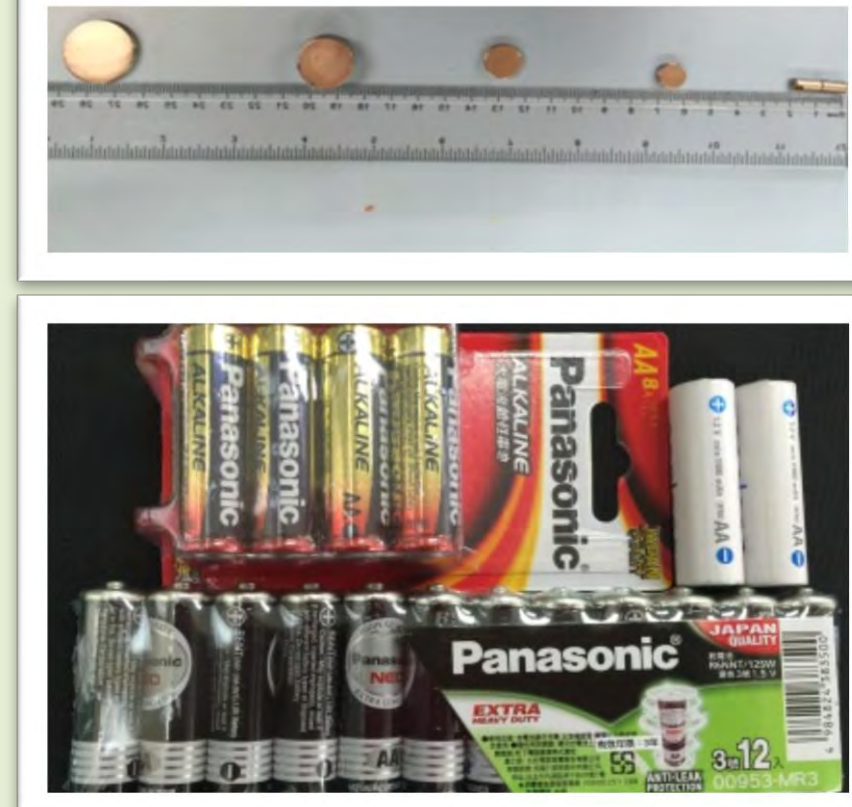
三用電表



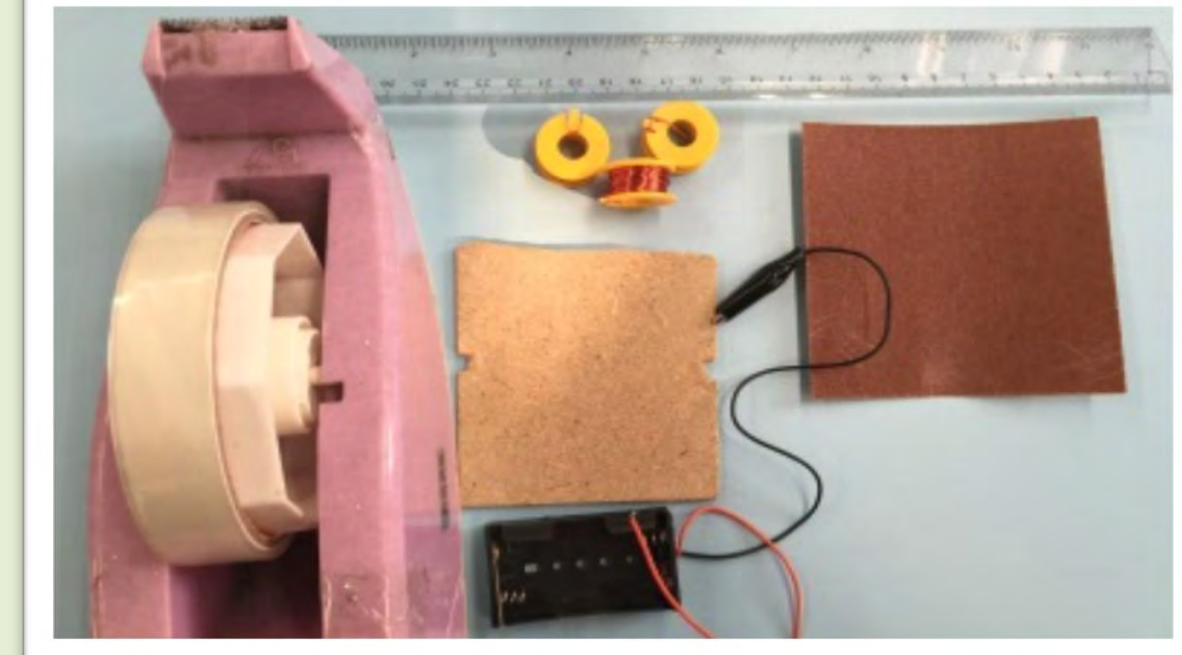
直流電源供應器



精密電子秤



強力磁鐵、充電、碳鋅、鹼性電池



電池座、砂紙、漆包線、直尺、木板、砂紙、膠帶

# 研究流程

如何讓線圈與磁鐵排斥力較大

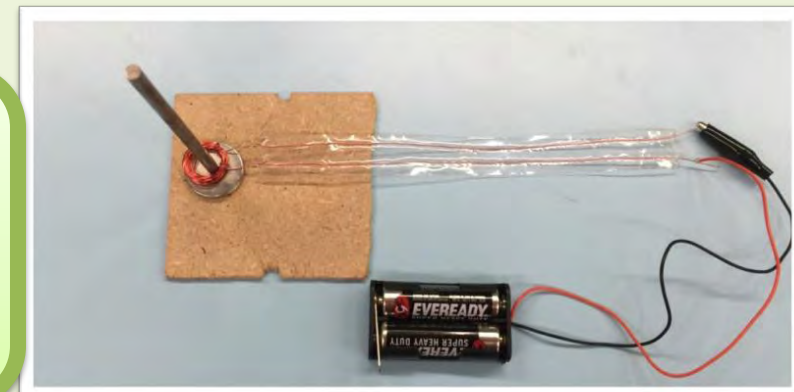
了解通電線圈與磁鐵產生排斥力的原因

設計檢驗通電線圈與磁鐵排斥力的裝置

通電電線→磁力

通電電線的磁力和強力磁鐵同極相斥

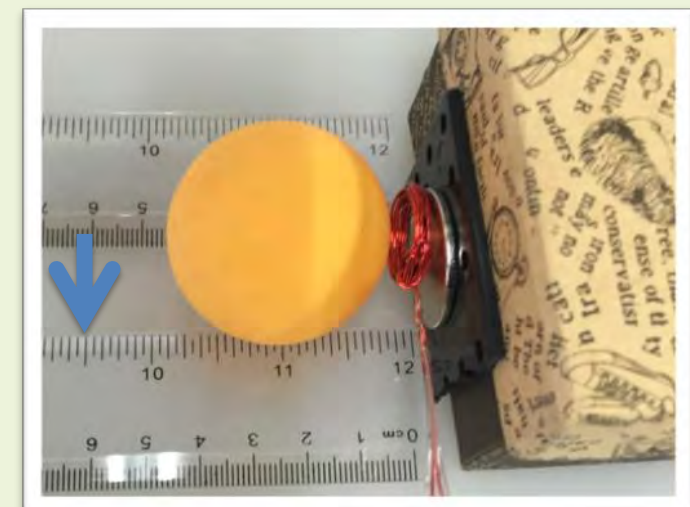
第一代簡易電報機



電流的影響

磁鐵的影響

第二代側立線圈，推動乒乓球



線圈圈數

電源供應方式

線圈形狀

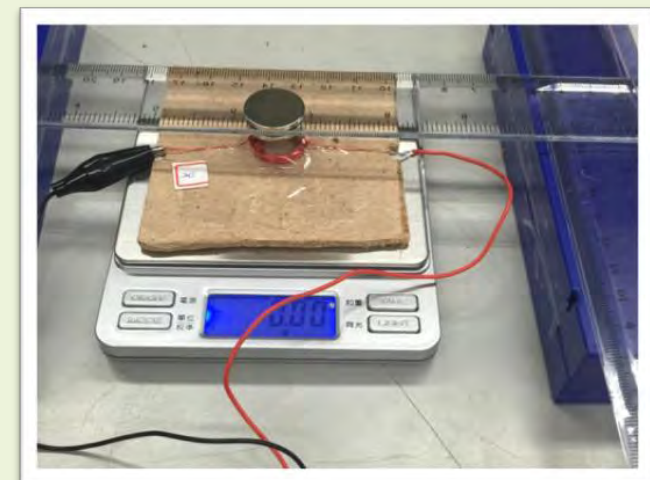
磁鐵數量

線圈與磁鐵距離

磁鐵角度

線圈與磁鐵大小關係

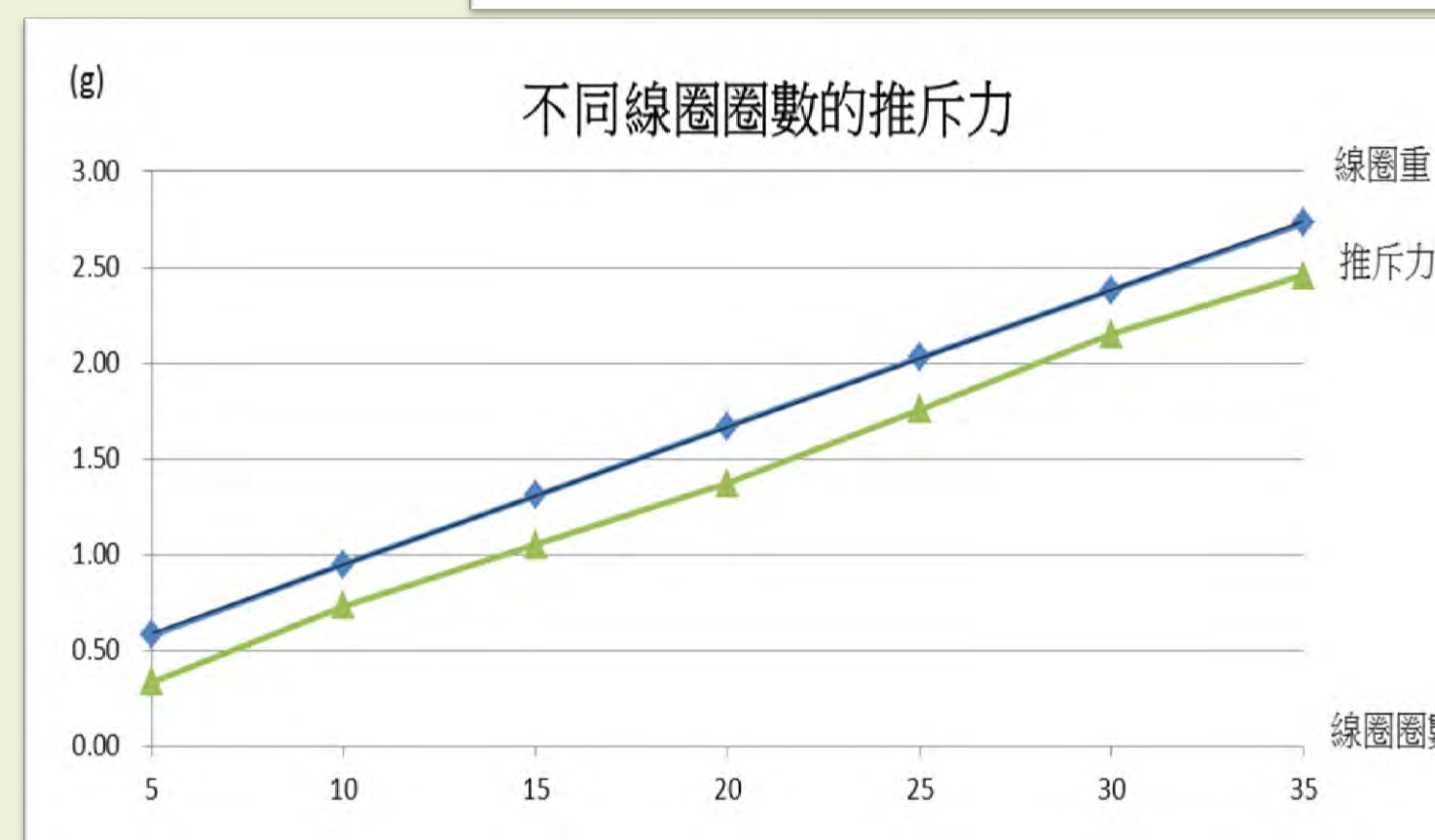
第三代精密磅秤測量



# 研究過程與結果

實驗一、二：比較不同線圈圈數與磁鐵的排斥力變化  
 方法：1.用漆包線分別纏繞不同圈數的線圈，將兩邊末端各約3cm的漆磨除。2.用膠帶將線圈固定在木板上，兩端接上電池座，放在磅秤上。3.將直徑25mm、厚度1.5mm的強力磁鐵吸附在直尺上，架在線圈上方20mm高的地方。4.磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量，即為此時磁鐵對線圈的排斥力。

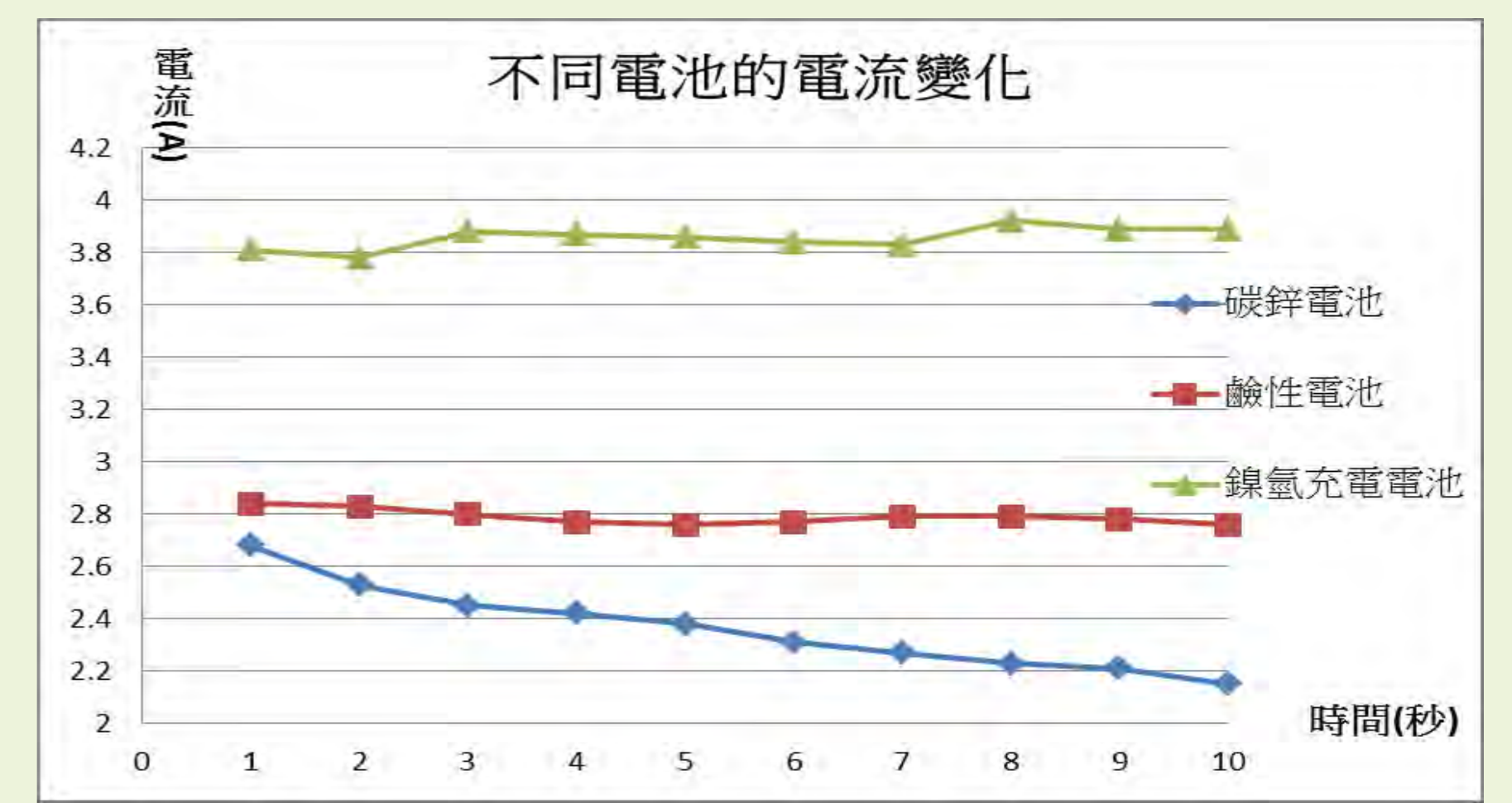
纏繞成5、10、15、20、25、30、35圈直徑15mm的線圈





### 實驗三：不同電池對線圈通電的電流變化

**方法：**1.準備各2顆新的AA規格碳鋅電池、鹼性電池和充飽電的鎳氫充電電池，放入電池座。  
2.將纏繞20圈的線圈使用不同的電池通電，使用三用電表測量一開始和結束的電壓。  
3.將通電



10秒線圈的電流用三用電表測量，用手機的慢速攝影拍攝，分析電流變化。

**結果：**1.以電壓的下降程度來看，碳鋅電池下降0.13V > 鹼性電池下降0.08V > 鎳氫充電電池下降0.04V。

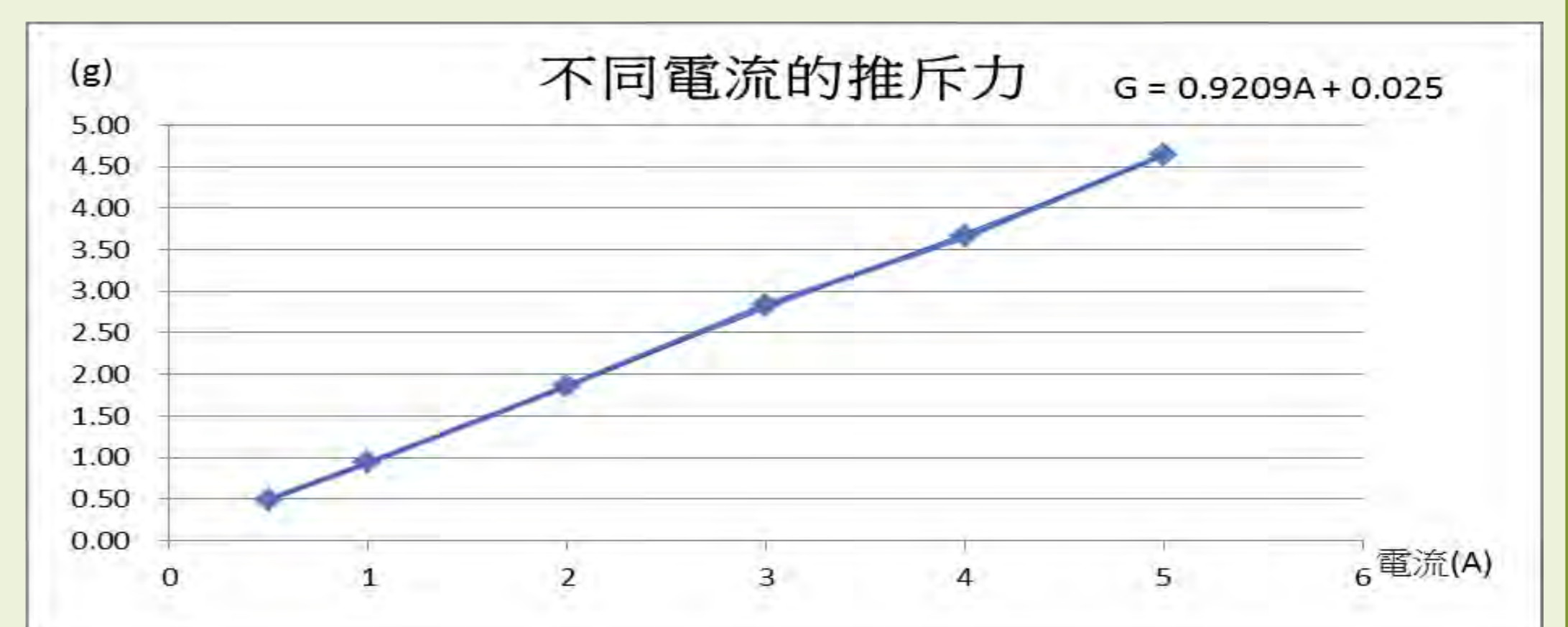
2.提供的電流流量，鎳氫充電電池 > 鹼性電池 > 碳鋅電池。  
3.鎳氫充電電池和鹼性電池輸出的電流較穩定，碳鋅電池會持續下降，較不穩定。  
4.要有較穩定和較高輸出電流，以鎳氫充電電池最好，其次是鹼性電池。



慢速攝影，記錄10秒內的電流變化

### 實驗四：不同電流的推斥力

**方法：**1.利用直流電源供應器，電壓固定2.8V，調整最大允許電流0.5A~5A，強力磁鐵架在線圈上方15mm高的地方。

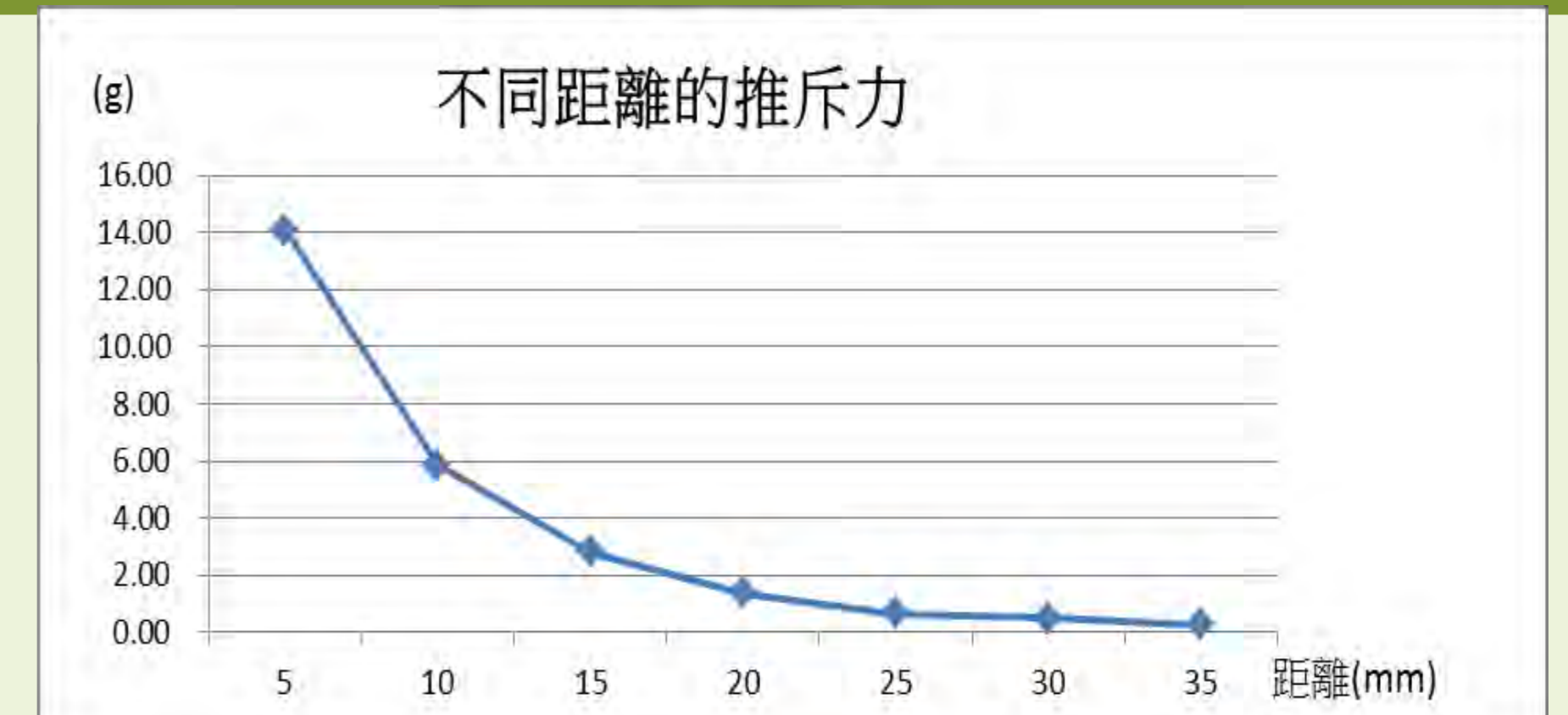
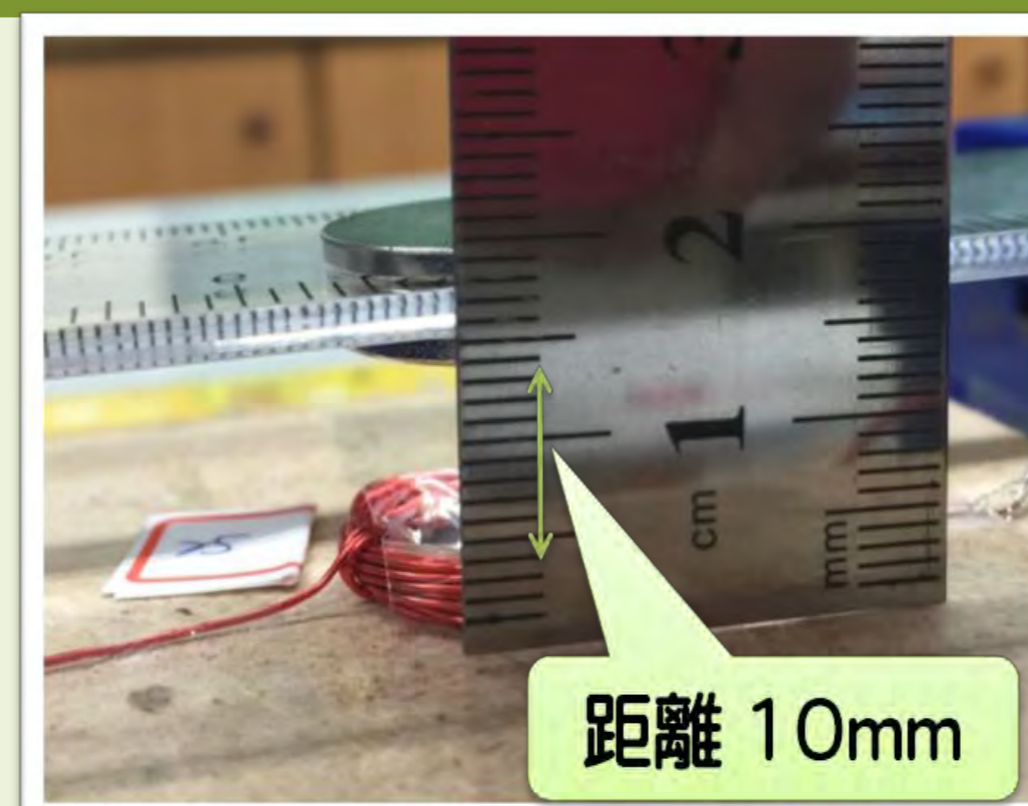


2.改變最大允許電流，每增加0.5A，記錄一次。

**結果：**電流越大，通電線圈與磁鐵間推斥力愈大，且呈線性關係，若推斥力為G克，電流為A安培，則關係式為 $G = 0.9209A + 0.025$ 。

### 實驗五：不同距離的推斥力

**方法：**最將纏繞25圈的線圈固定在木板上，接上直流電源供應器(電壓2.8V大允許電流3A)，強力磁鐵架在線圈上方5~35mm高的地方，間隔5mm記錄。



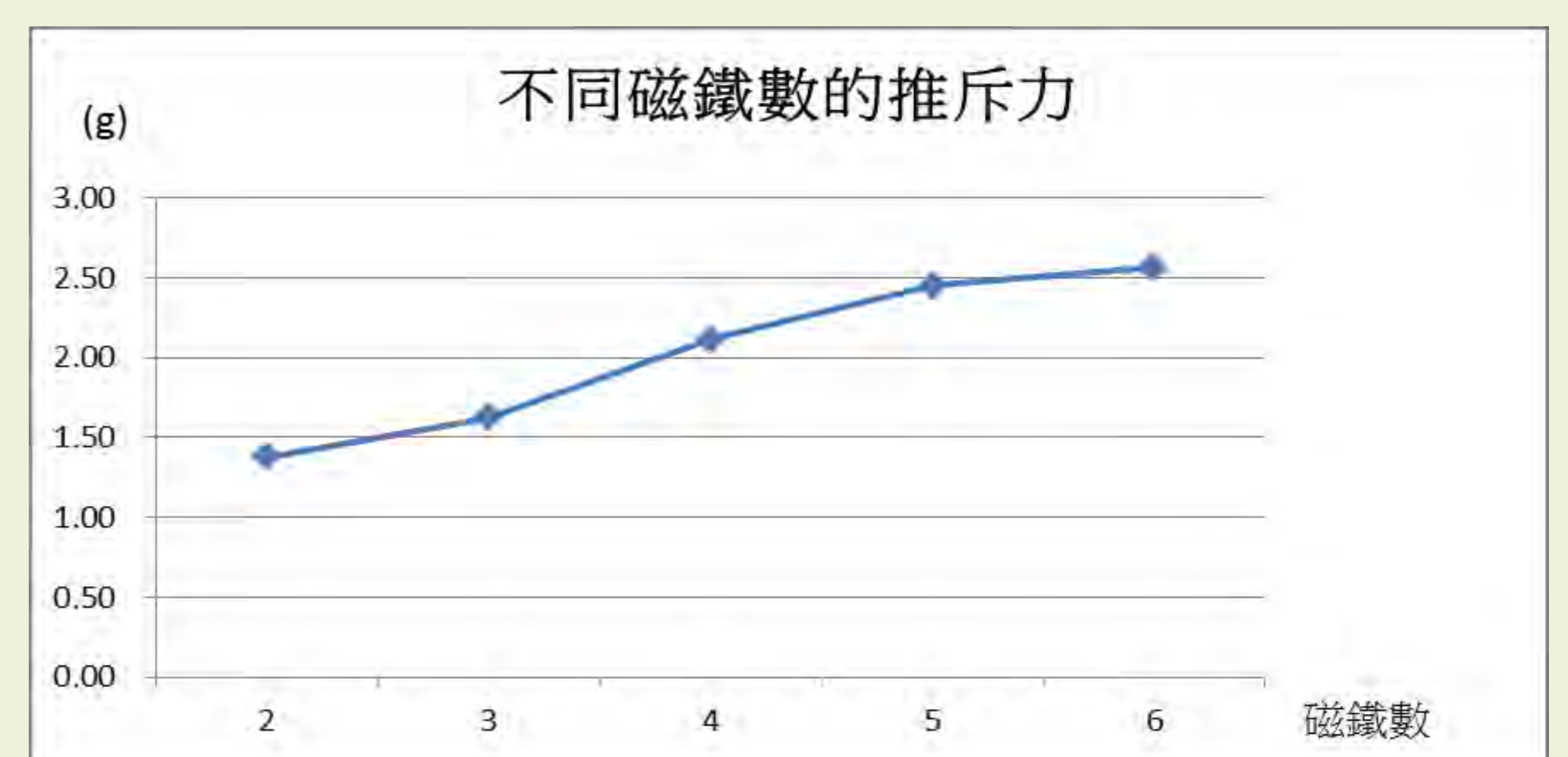
強力磁鐵架在線圈上方5~35mm高的地方，間隔5mm記錄。

**結果：**距離越遠，通電線圈與磁鐵間推斥力愈小，且越近變化越大，所以我們應該在可能的範圍內線圈接近磁鐵，推斥力可達到最大。

### 實驗六：不同磁鐵數量的推斥力

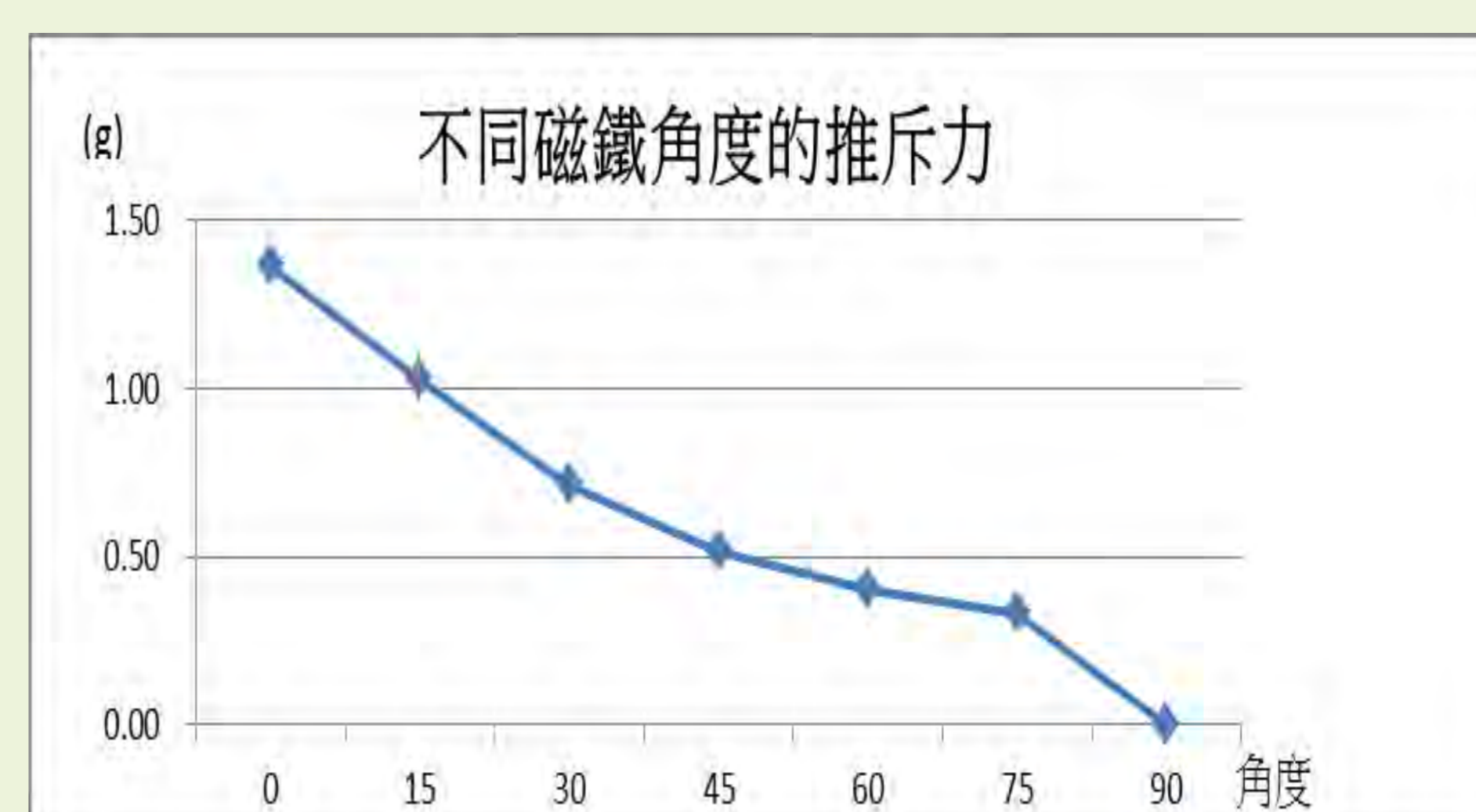
**方法：**改變磁鐵的數量，從2個開始，每增加1個磁鐵，記錄一次。

**結果：**磁鐵數量越多，通電線圈與磁鐵間推斥力愈大。增加到6顆時，較不明顯。



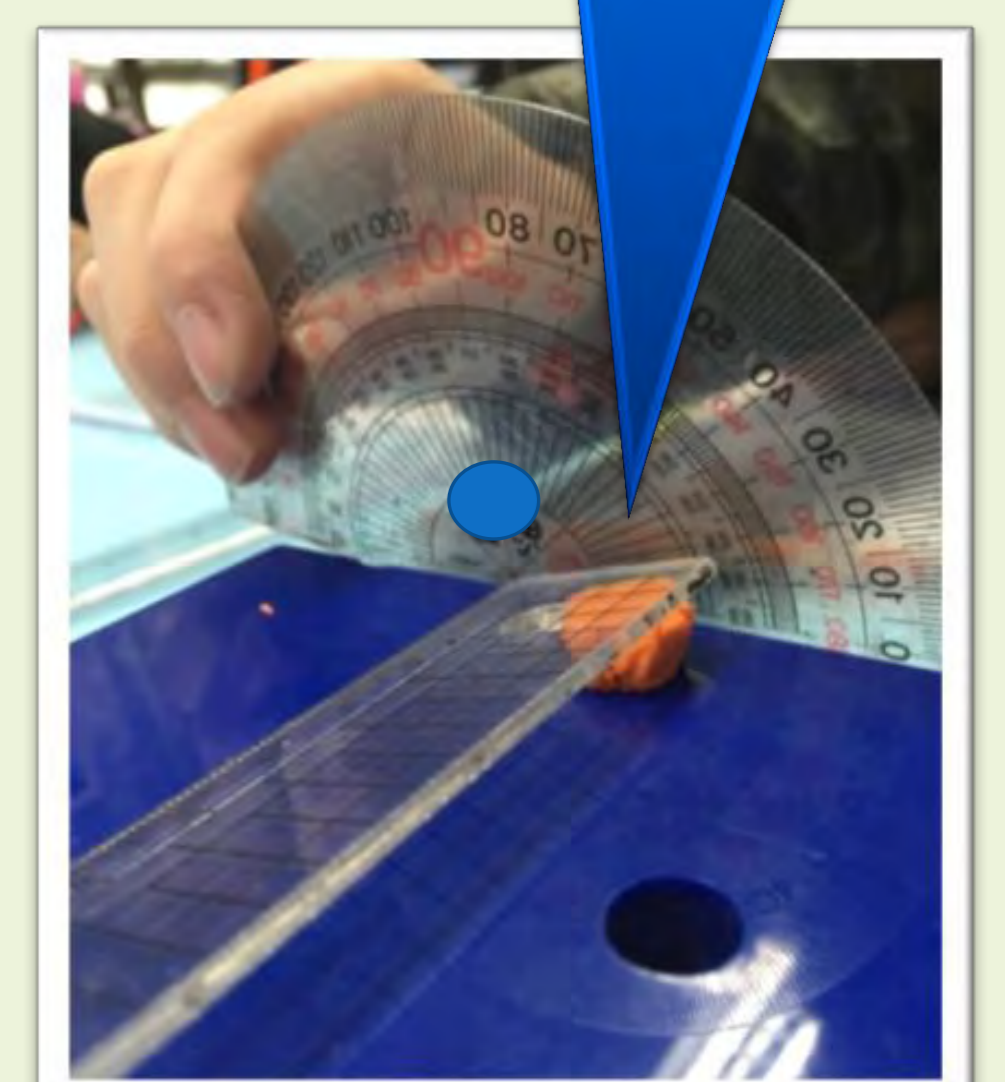
### 實驗七：不同角度的推斥力

**方法：**利用油土固定直尺，改變磁鐵的角度，每增加15度，記錄一次。**結果：**磁鐵與線圈角度越小，越接近平行時，通電線圈與磁鐵間推斥力愈大。



當磁鐵與線圈呈垂直時，推斥力為0。

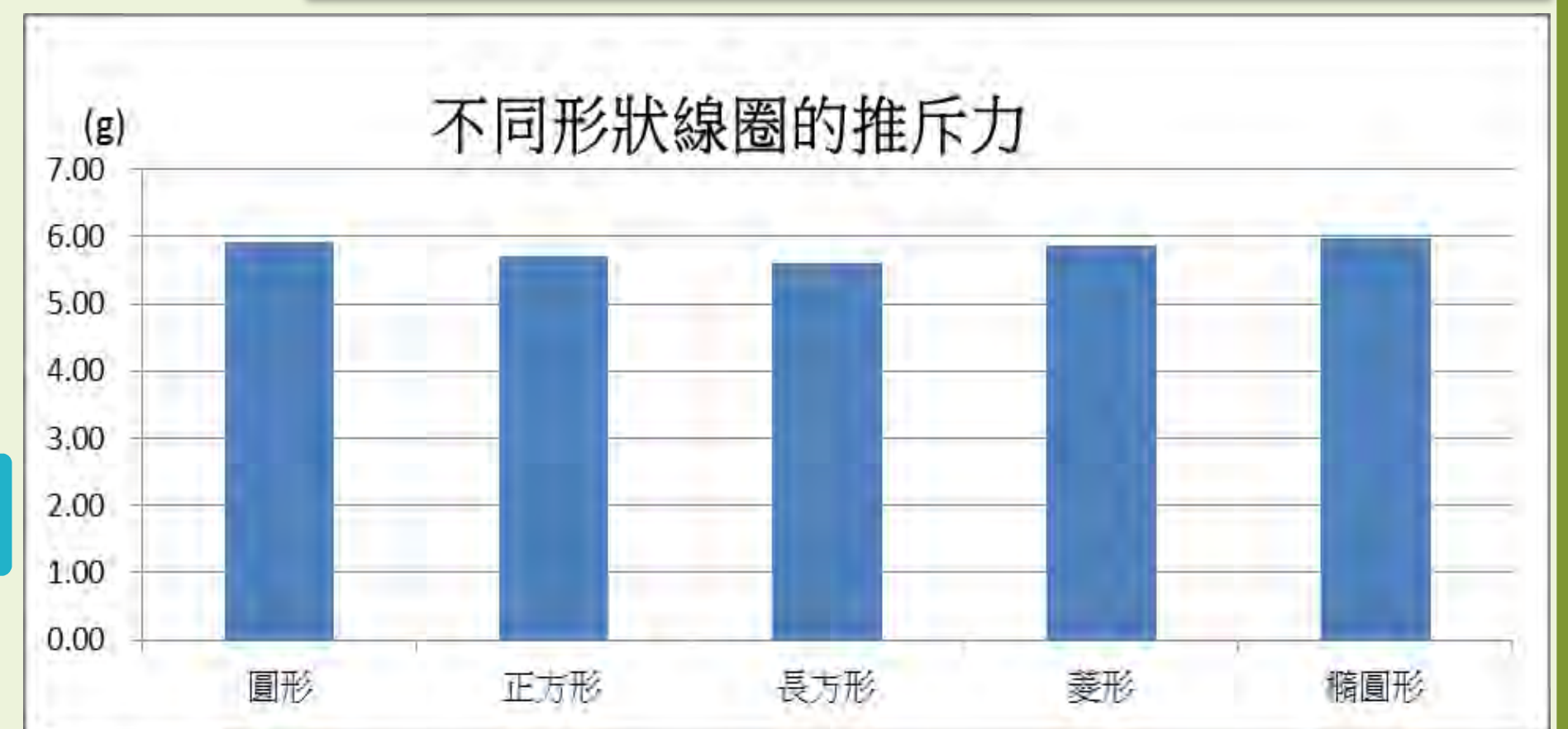
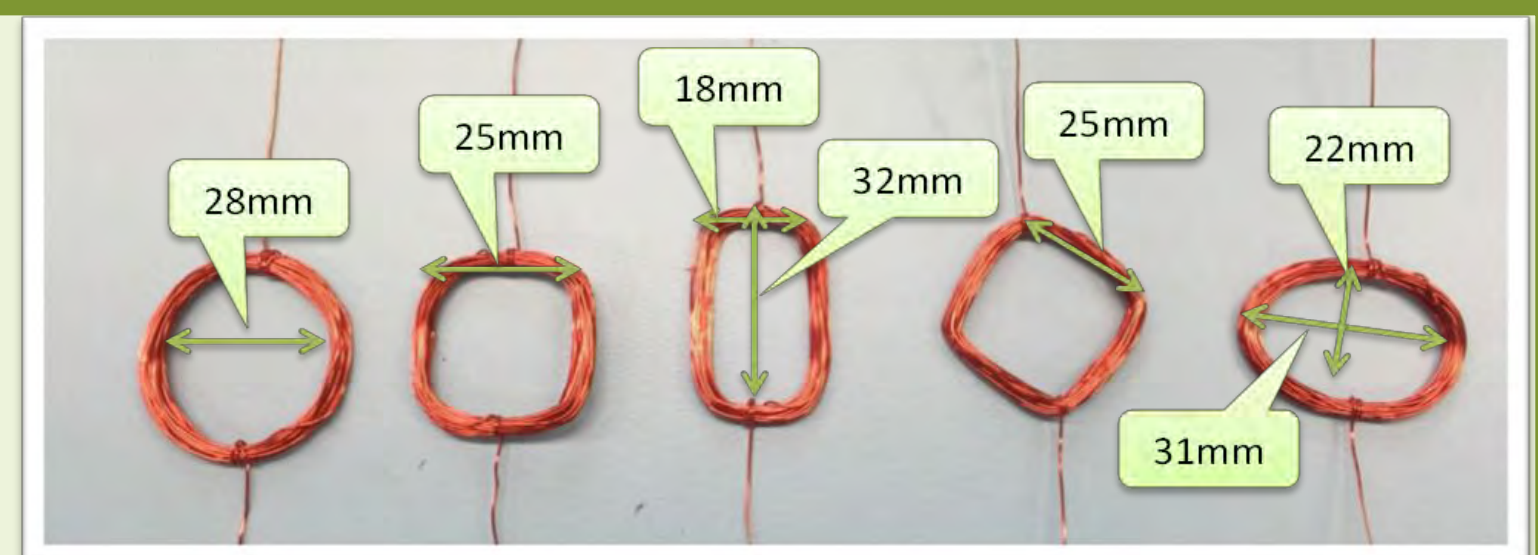
以膠泥固定直尺到實驗的角度



## 實驗八：不同形狀的線圈排斥力

**方法：**纏繞20圈，直徑28mm的圓形線圈5個，再將形狀調整成對稱的圓形、正方形、長方形、菱形、橢圓形。

**結果：**圓形、正方形、長方形、菱形、橢圓形的線圈排斥力差異不大，以橢圓形的效果最好，圓形次之。

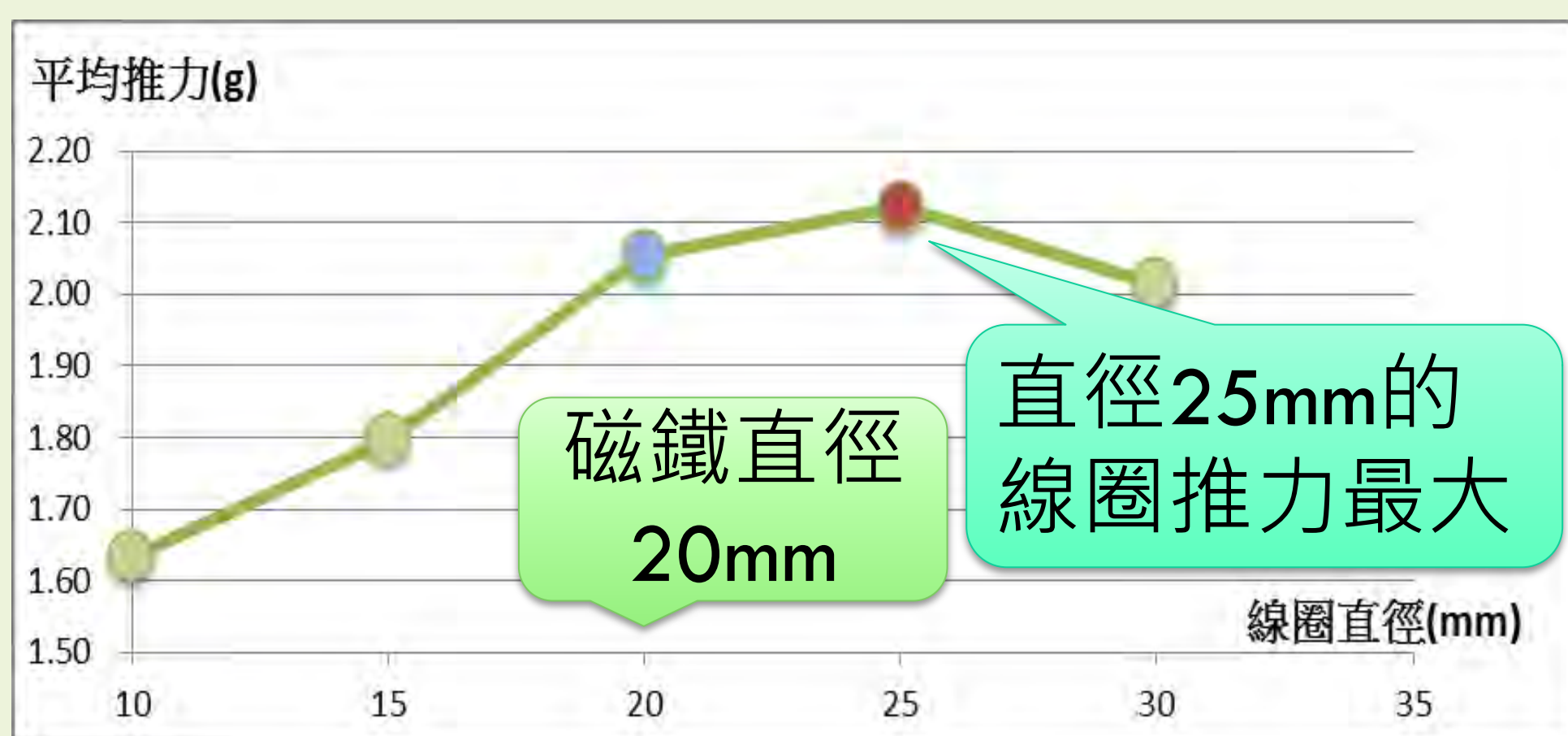


## 實驗九：線圈大小對排斥力的影響

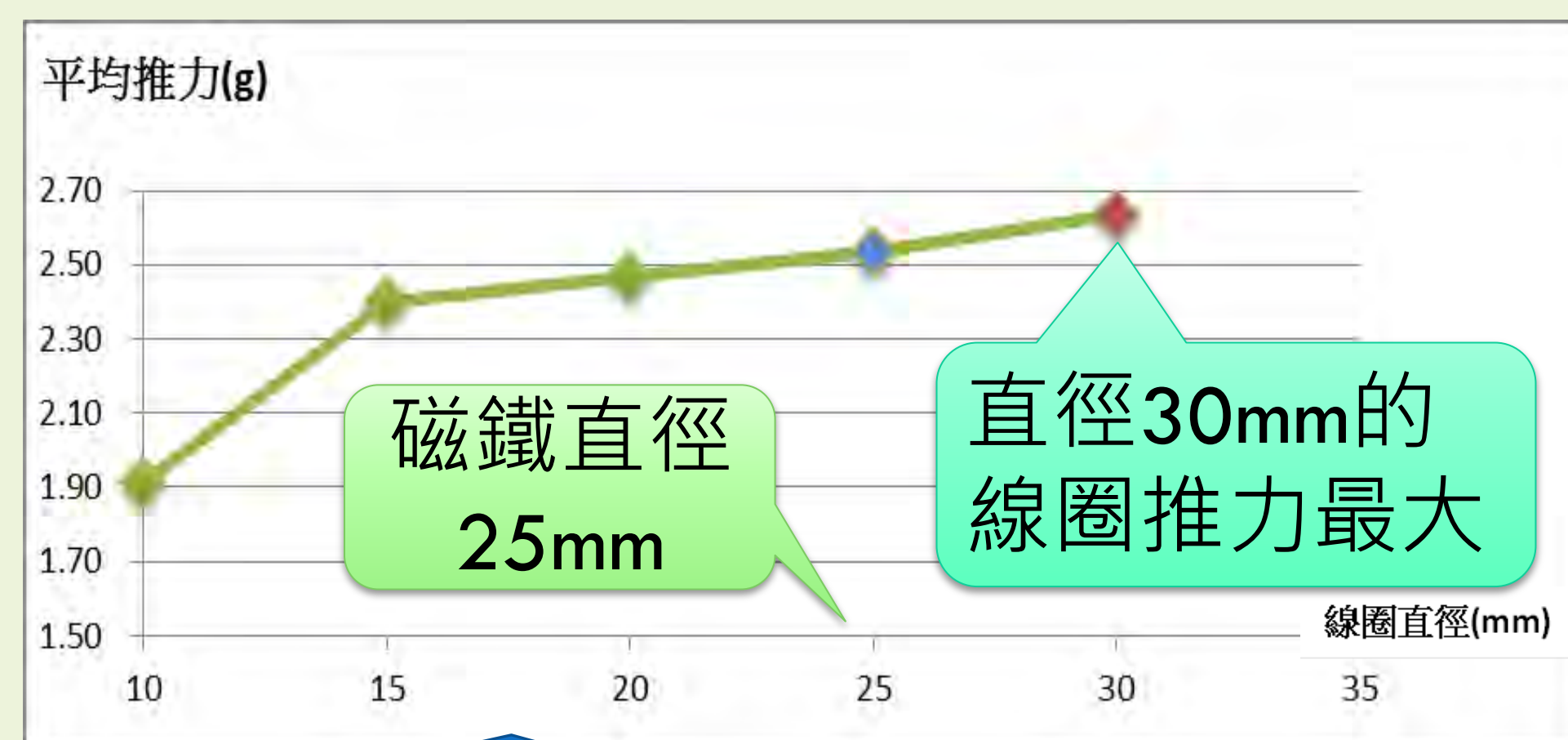
**方法：**1. 取等長180cm的漆包線纏繞成不同大小的線圈(直徑：10mm、15mm、20mm、25mm、30mm)。2. 將線圈固定在木板上，分別將直徑20、25mm強力磁鐵2個架在上方20mm的地方。3. 磅秤歸零後，將線圈通電，記錄磅秤上測得的重量。

**結果：**1. 在固定漆包線長度的情形下，磁鐵直徑25mm下，線圈直徑30mm的推力最大，磁鐵直徑20mm下，線圈直徑25mm的推力最大。2. 小於磁鐵直徑的線圈，直徑越小，排斥力越小。而線圈直徑大於磁鐵直徑10mm的線圈，排斥力又變小。

3. 製作線圈時，將線圈直徑略大於磁鐵直徑的排斥力較大



直徑20mm磁鐵對不同大小線圈的推力



直徑25mm磁鐵對不同大小線圈的推力



線圈直徑略大於磁鐵直徑的排斥力較大

## 結論

1. 電流固定時，線圈數越多，排斥力越大。
2. 利用直流電源供應器發現供應電流3A時，圈數越多(5~35圈)所需電壓越大(0.6V上升到1.2V)。
3. 電池提供的電流流量來看，鎳氫充電電池〉鹼性電池〉碳鋅電池。鎳氫充電電池和鹼性電池輸出的電流較穩定，而碳鋅電池會隨著時間而持續下降，較不穩定。
4. 電流越大，通電線圈與磁鐵間排斥力愈大，且呈線性關係。距離越遠，通電線圈與磁鐵間排斥力愈小，且越近變化越大。
5. 磁鐵數量越多，通電線圈與磁鐵間排斥力愈大。
6. 磁鐵與線圈角度越小，越接近平行時，通電線圈與磁鐵間排斥力愈大。
7. 圓形、正方形、長方形、菱形、橢圓形的線圈排斥力，以橢圓形的效果最好，圓形次之。
8. 在固定漆包線長度的情形下，將線圈直徑略大於磁鐵直徑的排斥力可以較大。