

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030814

秤秤有磁

學校名稱：高雄縣立橋頭國民中學

|                                                             |                             |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 作者：<br><br>國一 邱姿穎<br><br>國一 許政皓<br><br>國一 何季謙<br><br>國一 林怡儂 | 指導老師：<br><br>梁珠華<br><br>許金生 |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|

關鍵詞： 電流磁效應、磁浮現象、強力磁鐵

# 秤秤有磁

## 壹、摘要

運用電流磁效應的原理，使強力磁鐵磁浮在繞著線圈的試管中，來測量線圈的疏密、漆包線的粗細、圈數、試管的口徑、磁鐵重量、個數和流經線圈的電壓、電流之間的關係。藉由實驗結果來定量測出電與磁的關係，並得到線性圖形，提供驗證電磁理論。由磁鐵重量和電壓之間成正比的關係，發展出可測量重量的磁力秤。經過不斷的改良，不但增加自製磁力秤的準確度，由於花費不高，且方便攜帶可以作為小重量物品的簡易量具。

## 貳、研究動機

國小時，和同學在玩漆包線的科學實驗時，意外發現一個有趣的現象。我們將漆包線繞在軟片盒上後，接上電池時，結果放入的強力磁鐵居然就浮起來了。後來升上國中，我做給朋友們看時，大家都覺得很神奇，也很想知道到底是什麼原因造成的？於是就問老師，老師認為這是個很好的研究題目，鼓勵我們一起來探討。

## 參、研究目的

- 一、探究強力磁鐵可浮在纏有線圈的底片盒的原因。
- 二、利用磁浮原理來研究電壓的大小和線圈的圈數、直徑、距離、磁鐵重量和個數的關係。
- 三、以簡便的材料改良自製的磁力秤。

## 肆、研究設備及器材

- 一、試管(口徑 1.3cm，1.7cm，2.6cm)、底片盒、漆包線 0.1、0.2、0.5、1mm、強力磁鐵  
直徑 1.0 公分高 1 公分、可變電壓電源供應器、鱷魚夾
- 二、吸管、鐵架、安培計、伏特計、電工膠帶、三用電表
- 三、木盒、可變電阻、鉛蓄電池，開關、LED 燈泡，100 歐姆電阻

## 伍、研究過程或方法

國小時自然與生活科技課本的「奇妙的電磁世界」中，學到通電的導線會產生磁性，而將漆包線繞在鐵棒上，也會使鐵棒成為電磁鐵。使強力磁鐵浮起的原因，可能是通電後線圈產生的磁力所造成。於是我們希望利用磁浮的原理來探討電壓大小、線圈圈數、漆包線的粗細及疏密、口徑的大小、強力磁鐵的個數、電的形式（直流或交流）和磁力大小的關係。

## 一、底片盒的磁浮現象：

- (一) 我們將底片盒外繞 50 圈漆包線，外接電壓 3 伏特的直流變壓器(黑色)，通上電源，將強力磁鐵 S 極那一端作上記號(塗黑)，放入底片盒中，觀察現象。
- (二) 外接電源供應器，分別通入直流電及交流電，觀察現象。
- (三) 外接兩顆 3 號電池所串聯組成 3V 電源，觀察現象。

觀察現象如下：

1. 強力磁鐵果然如先前實驗一樣，浮在空中。
2. 不管磁鐵放下去的是 N 極向上或 S 極向上，強力磁鐵都會以 N 極向上那一面磁浮著。就算一開始將 S 極向上放入，磁鐵也會自動反轉成 N 極向上那一面磁浮。
3. 使用電源供應器的交流電時，磁鐵會上下劇烈跳動。
4. 使用變壓器和電源供應器的直流電時，磁鐵會磁浮，但有一些小小的震動。
5. 用電池串聯的 3V 電源時，磁浮的磁鐵完全不會震動，並且保持靜止不動的磁浮現象。



圖 1.強力磁鐵浮在底片盒



圖 2 .利用電源供應器測試

結果：

1. 我們以安培右手定則判斷出所繞的線圈其磁場方向向上，和磁鐵內部磁場方向相同，所以判斷強力磁鐵是被吸引住而磁浮在半空中的。
2. 交流電時產生的劇烈跳動，可能是因為交流電使線圈的磁場轉換所造成。
3. 變壓器和電源供應器的直流電所造成的震動，我們推測可能是因為變壓器將家用交流電 110V 降壓成 3V 後再整流成直流電時，電壓不穩定，而導致震動產生，若改用電池則不會有這種情況發生。
4. 大口徑的底片盒，在排斥時會反轉。若要避免反轉，就需使用小口徑的試管。

## 二、線圈使強力磁鐵浮起的原因：

為了進一步了解強力磁鐵在線圈中的磁浮現象是否只有相吸狀況，我們使用了口徑比強力磁鐵大一些的玻璃試管繞漆包線 150 圈(漆包線徑 0.2mm、試管直徑 1.3cm)，避免強力磁鐵自動反轉。試驗時將強力磁鐵依不同方向置入試管中，同時使用可改變電壓大小的直流電電源供應器，和一組伏特計(三用電表) 並聯，來測量強力磁鐵掉落時電壓的大小。

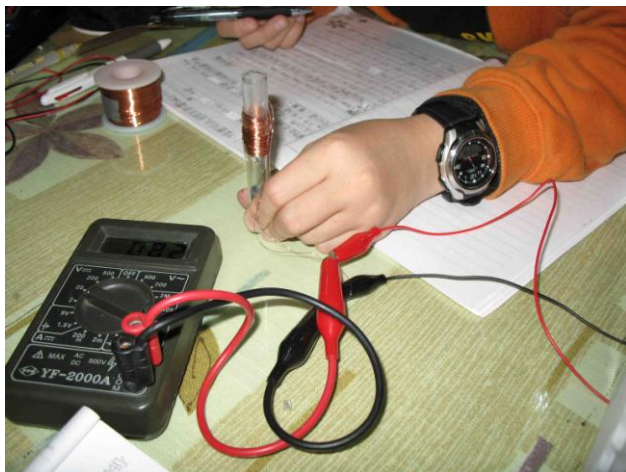


圖 3.線圈試管和三用電表



圖 4.強力磁鐵和線圈相斥的現象

結果：

1. 我們發現強力磁鐵的磁浮方式有兩種：相吸和相斥這兩種。
2. 當線圈內通過電流所產生的磁場向上時，若將強力磁鐵的 N 極向下 S 極向上放入試管中，我們可以觀察到強力磁鐵會被排斥在線圈上端，呈現排斥現象，如上圖 4。
3. 相反的，若將強力磁鐵的 S 極向下 N 極向上放入試管中，則觀察到強力磁鐵被吸引在線圈裡面，呈現吸引現象，如下圖 5。



圖 5. 強力磁鐵和線圈相吸的現象

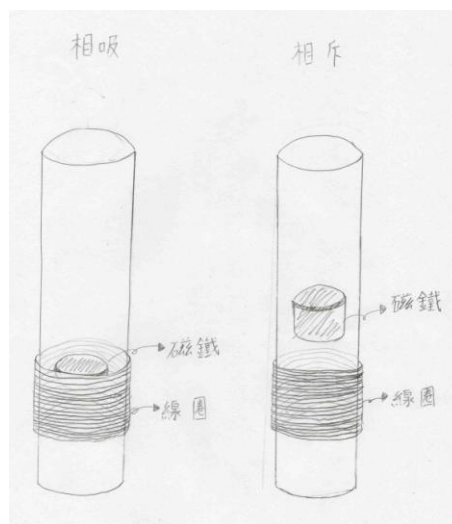


圖 6. 強力磁鐵與線圈相斥和相吸現象

三、試管線圈的疏密是否影響磁力大小：

我們利用口徑 1.3cm 的試管，分別在距離 8、6、4、2 cm 範圍內各繞 200 圈的漆包線圈，來改變線圈疏密程度，所採用的漆包線粗細一致為 0.2mm。隨著電壓的增加，線圈所產生的磁力會使強力磁鐵浮起，當電壓減小至磁力無法支撐強力磁鐵的重量時，強力磁鐵就會落下，紀錄此時的最小電壓，分別重複 5 次，求平均值。

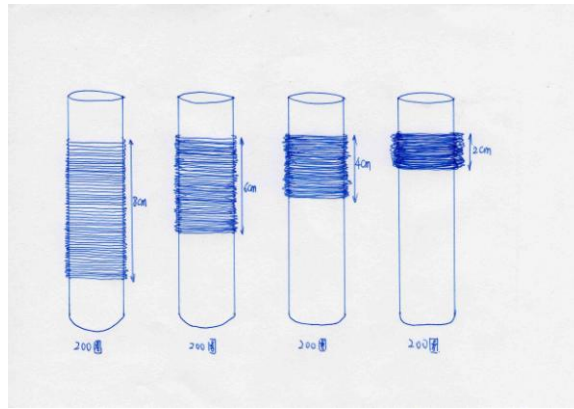


圖 7. 線圈的疏密的範圍

表 1. 測量不同疏密的線圈和支持強力磁鐵不掉下的最小電壓(伏特 )

| 線圈疏密<br>電壓 (v)<br>次數 | 8cm   | 8cm   | 6cm   | 6cm   | 4cm   | 4cm   | 2cm   | 2cm   |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | 相斥(n) | 相吸(s) | 相斥(n) | 相吸(s) | 相斥(n) | 相吸(s) | 相斥(n) | 相吸(s) |
| 第一次                  | 1.69  | 1.83  | 1.61  | 1.57  | 1.19  | 0.77  | 0.55  | 0.54  |
| 第二次                  | 1.66  | 1.71  | 1.66  | 1.51  | 1.14  | 0.74  | 0.58  | 0.52  |
| 第三次                  | 1.7   | 1.75  | 1.57  | 1.52  | 1.12  | 0.76  | 0.53  | 0.57  |
| 第四次                  | 1.67  | 1.88  | 1.59  | 1.52  | 1.13  | 0.77  | 0.56  | 0.53  |
| 第五次                  | 1.74  | 1.84  | 1.6   | 1.53  | 1.13  | 0.74  | 0.52  | 0.53  |
| 平均                   | 1.69  | 1.80  | 1.61  | 1.53  | 1.14  | 0.76  | 0.55  | 0.54  |

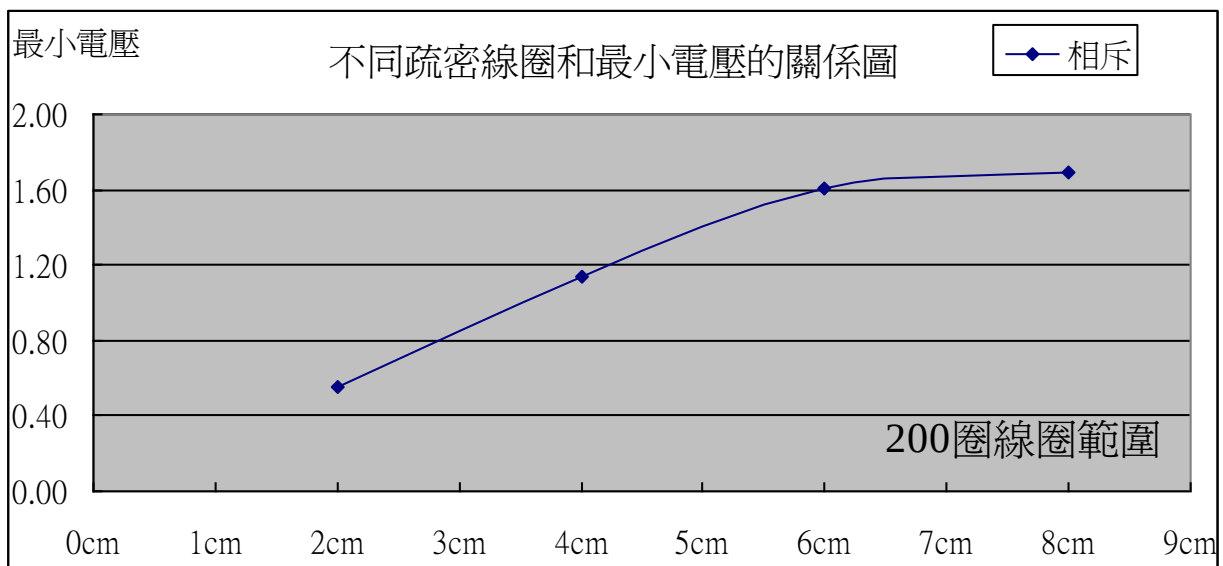


圖 8.不同疏密線圈和支持強力磁鐵不掉下的最小電壓關係圖(在相斥的情形下)



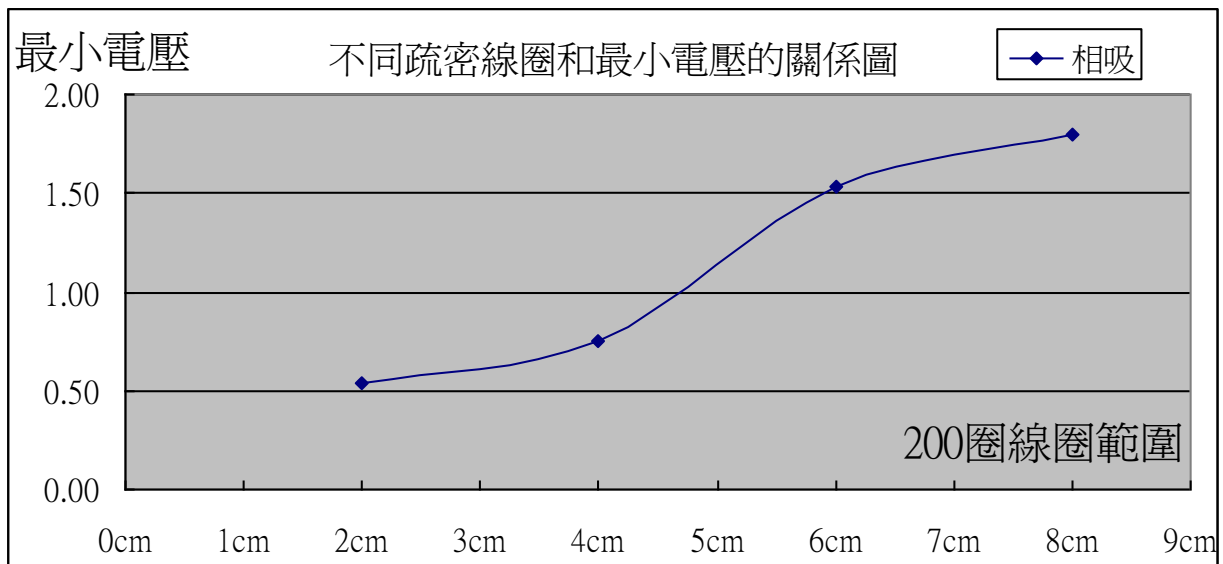


圖 9.不同疏密線圈和支持強力磁鐵不掉下的最小電壓關係圖(在相吸的情形下)

結果：

- 1.以上圖表顯示，當線圈越密集時，只需很小的電壓就可以產生足夠的磁場來支撐強力磁鐵，可見線圈越緊密，所產生的磁場就越集中使磁力越強。
- 2.當線圈分布範圍越大，產生的磁場越分散，用來產生相同磁場所需的最小電壓就越大。
- 3.不管磁鐵是相吸或相斥狀態下，疏密程度和電壓大小都是相反。

#### 四、測量不同圈數下產生磁浮的最小電壓。

以同一隻試管先繞 200 圈線圈於 2cm 範圍內，再每次拆下 20 圈線圈，使線圈圈數減少為 180、160、140...直到 20 圈為止。將多餘的線圈繞在另一隻試管上，不剪斷漆包線，使電阻保持不變，分別測量強力磁鐵掉落時所需的最小電壓，測量 5 次，求平均值。

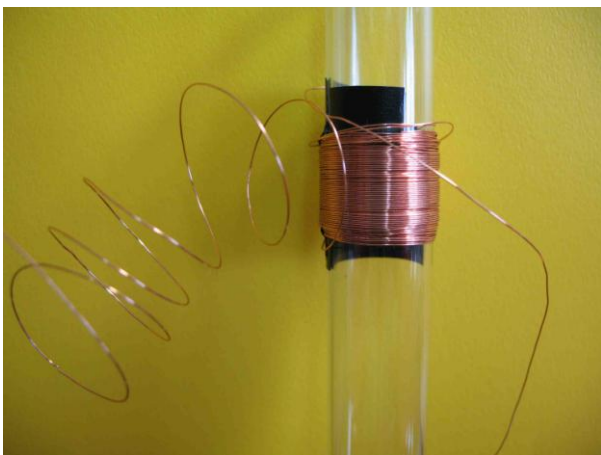


圖 10.線圈減少圈數

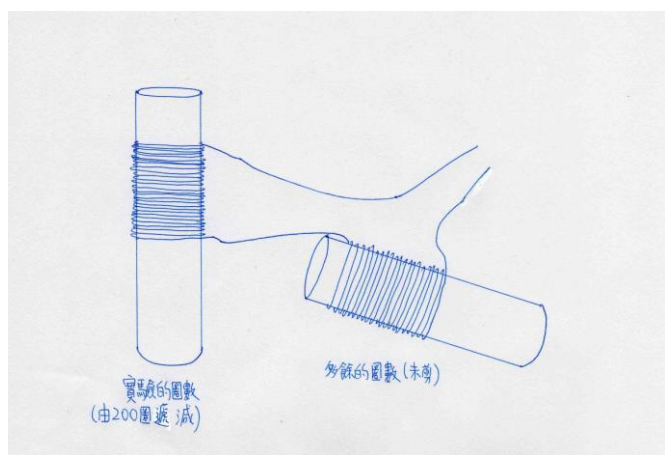


圖 11. 將多餘的線圈繞在另一隻試管上

表 2.測量不同圈數的線圈和磁鐵能支持強力磁鐵不掉下的最小電壓(V) (在相斥情況下)  
(漆包線徑 0.2mm、試管直徑 1.3cm)

| 圈數     | 200 圈 | 180 圈 | 160 圈 | 140 圈 | 120 圈 | 100 圈 | 80 圈 | 60 圈 | 40 圈 | 20 圈 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 第一次    | 0.49  | 0.47  | 0.52  | 0.61  | 0.66  | 0.73  | 0.96 | 1.35 | 1.60 | 2.20 |
| 第二次    | 0.50  | 0.49  | 0.53  | 0.58  | 0.68  | 0.75  | 0.98 | 1.31 | 1.62 | 2.18 |
| 第三次    | 0.46  | 0.49  | 0.56  | 0.60  | 0.66  | 0.76  | 1.00 | 1.26 | 1.60 | 2.13 |
| 第四次    | 0.46  | 0.53  | 0.54  | 0.59  | 0.64  | 0.80  | 0.99 | 1.28 | 1.60 | 2.11 |
| 第五次    | 0.45  | 0.51  | 0.51  | 0.57  | 0.65  | 0.83  | 0.94 | 1.31 | 1.62 | 2.15 |
| 平均電壓 V | 0.47  | 0.50  | 0.53  | 0.59  | 0.66  | 0.77  | 0.97 | 1.30 | 1.61 | 2.15 |

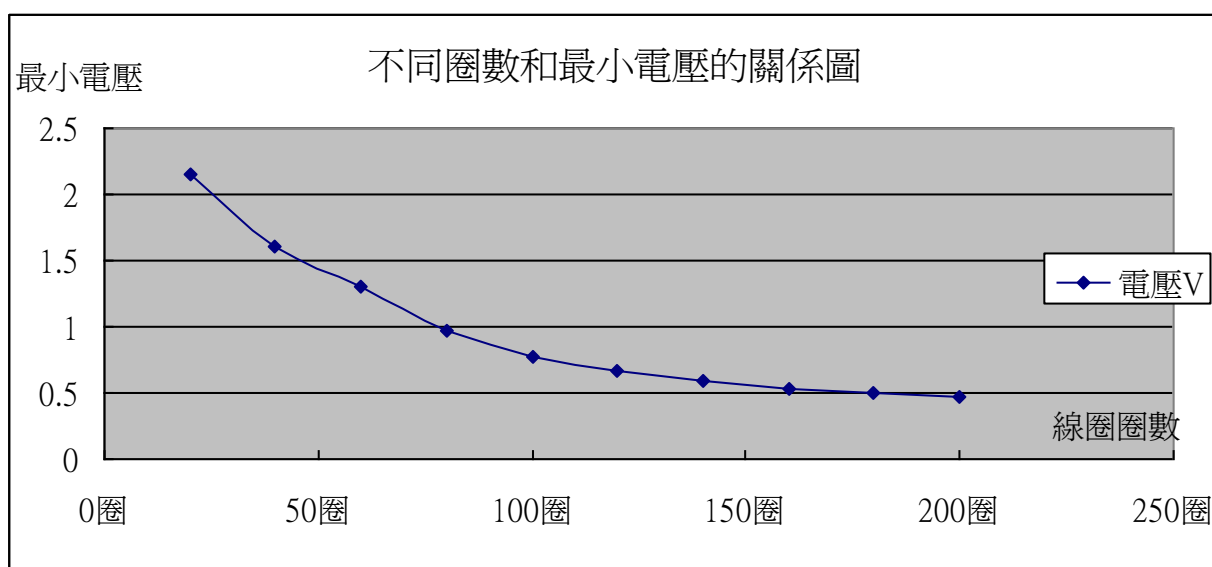


圖 12. 測量不同圈數線圈和最小電壓的關係圖(V) (在相斥情況下)

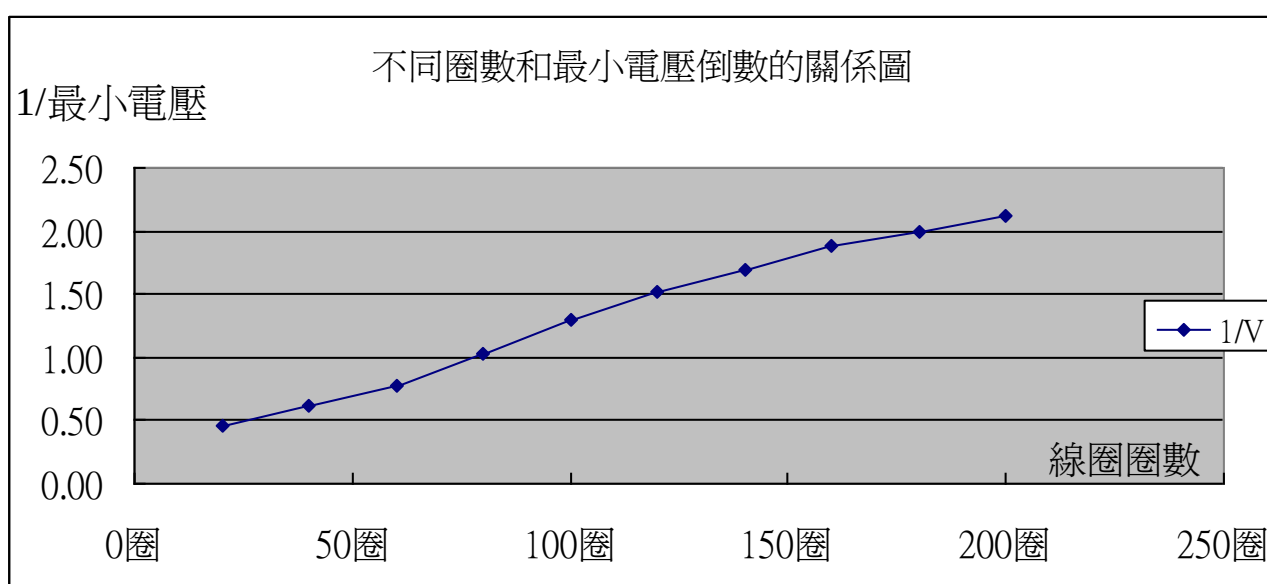


圖 13. 測量不同圈數線圈和最小電壓倒數的關係圖(V) (在相斥情況下)

結果：

1. 由圖 13 所示，線圈圈數越多時，所需要的電壓較小。這代表線圈數越多時產生的磁場越大，要支撐相同重量的磁鐵所需的電壓就越小。
2. 當線圈越多圈時，較小的電壓就可產生相同的磁力來支撐強力磁鐵的重量。
3. 當我們把最小電壓倒數( $1/V$ )和圈數作成如圖 14 關係圖時，發現兩者接近一正比直線，可見得電壓 $\times$ 圈數是固定值，也就是支撐強力磁鐵的電壓大小和線圈圈數成反比。

##### 五、測量不同粗細漆包線各繞圈數 50 圈產生磁浮的最小電壓。

使用 1.0、0.5、0.2、0.1mm 四種規格的漆包線來繞相同口徑的試管，因 1.0mm 的漆包線繞 50 圈總寬度已達 5cm，所以我們只繞 50 圈來實驗。其中 0.5mm 線圈總寬度為 2.5 cm，0.2mm 總寬度為 1.0cm，0.1mm 總寬度為 0.5cm，所以線圈密度不同，而本身的電阻也不同。



圖 14.不同粗細的漆包線

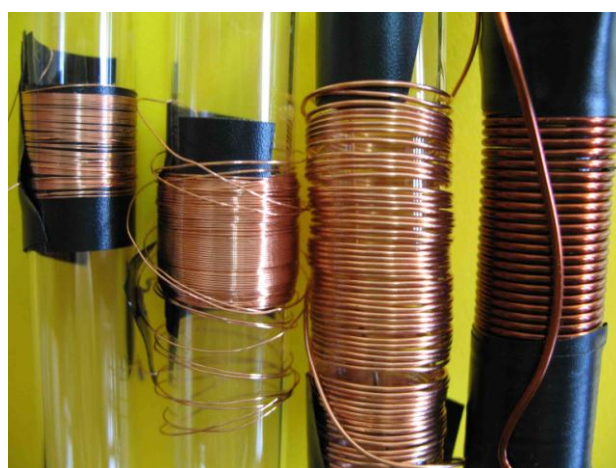


圖 15.不同粗細的漆包線

表 3.測量不同粗細的漆包線圈繞 50 圈後使強力磁鐵不掉下的最小電壓和電流(相斥情況下)(試管直徑 1.1cm)

| 線圈直徑寬度<br>次數 | 1.0mm  |       | 0.5mm  |       | 0.2mm |       | 0.1mm |       |
|--------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | 電壓 V   | 電流 mA | 電壓 V   | 電流 mA | 電壓 V  | 電流 mA | 電壓 V  | 電流 mA |
| 第一次          | 0.081  | 1300  | 0.179  | 770   | 0.475 | 300   | 0.97  | 260   |
| 第二次          | 0.094  | 1420  | 0.162  | 780   | 0.47  | 290   | 0.95  | 250   |
| 第三次          | 0.094  | 1340  | 0.163  | 790   | 0.51  | 290   | 0.99  | 260   |
| 第四次          | 0.094  | 1410  | 0.165  | 740   | 0.45  | 280   | 0.98  | 260   |
| 第五次          | 0.096  | 1440  | 0.163  | 740   | 0.45  | 300   | 1.02  | 260   |
| 平均           | 0.0918 | 1382  | 0.1664 | 764   | 0.471 | 292   | 0.982 | 258   |



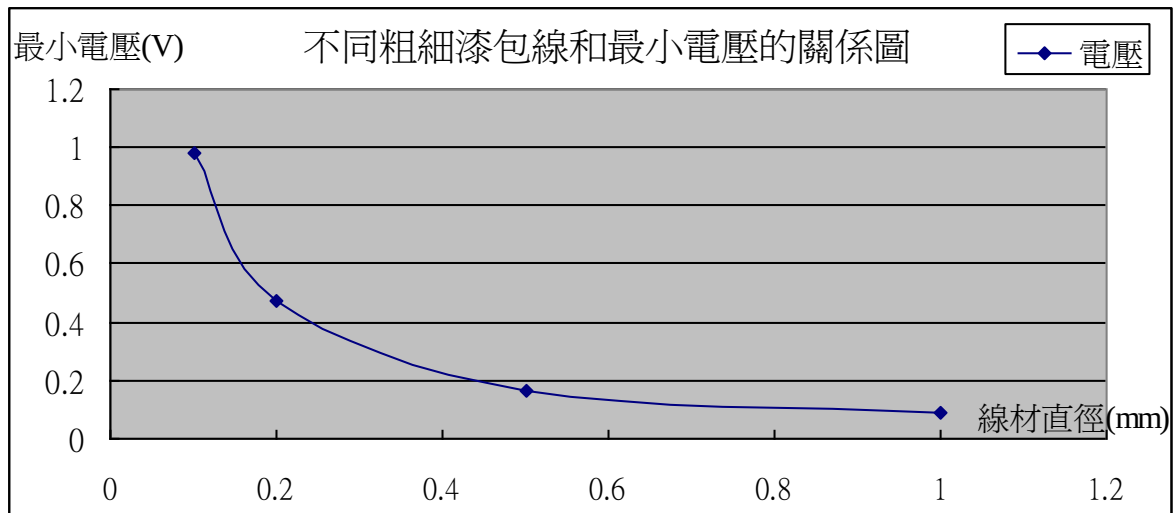


圖 16. 測量不同粗細的漆包線圈繞 50 圈後使強力磁鐵不掉下的最小電壓 (相斥情況下)

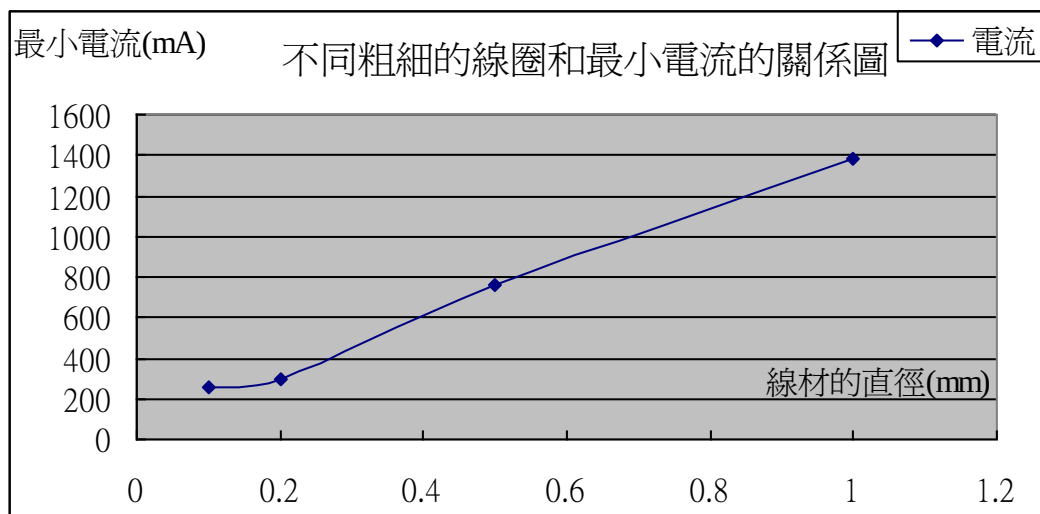


圖 17. 測量不同粗細的漆包線圈繞 50 圈後使強力磁鐵不掉下的最小電流 (相斥情況下)

結果：

1. 我們發現在電壓相同的情況下，因為粗漆包線的電阻較小，所以造成電流變大。
2. 這 4 隻試管雖然各繞 50 圈，但粗的漆包線所繞成的線圈範圍較長(密度較疏)，所以磁力也相對減弱些，要產生相同磁力支撐強力磁鐵所需的電流就比較大。

#### 六、測量不同口徑試管產生磁浮的最小電壓。

在不同口徑的試管上，以漆包線(漆包線徑 0.2mm)各繞圈數 200 圈，測量電壓。我們發現試管口徑太大時，強力磁鐵在相斥時會翻轉成相吸狀態，故無法測相斥的數據，只測相吸。

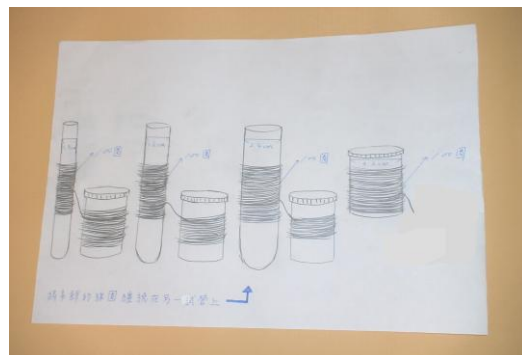


圖 18.

不同粗細口徑的試管

表 4.測量不同口徑的試管、相同長度（1035cm）、圈數繞 100 圈（單位長度相同）漆包線後，支持強力磁鐵不掉下的最小電壓（相吸的情況）

| 試管直徑(外徑) | 外徑 1.3cm | 外徑 1.7cm | 外徑 2.6cm | 外徑 3.2cm |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 次數       | 電壓 V     | 電壓 V     | 電壓 V     | 電壓 V     |
| 第一次      | 1.49     | 1.78     | 2.23     | 2.69     |
| 第二次      | 1.44     | 1.81     | 2.21     | 2.71     |
| 第三次      | 1.45     | 1.84     | 2.23     | 2.59     |
| 第四次      | 1.49     | 1.85     | 2.26     | 2.52     |
| 第五次      | 1.49     | 1.88     | 2.2      | 1.62     |
| 平均       | 1.472    | 1.832    | 2.232    | 2.626    |

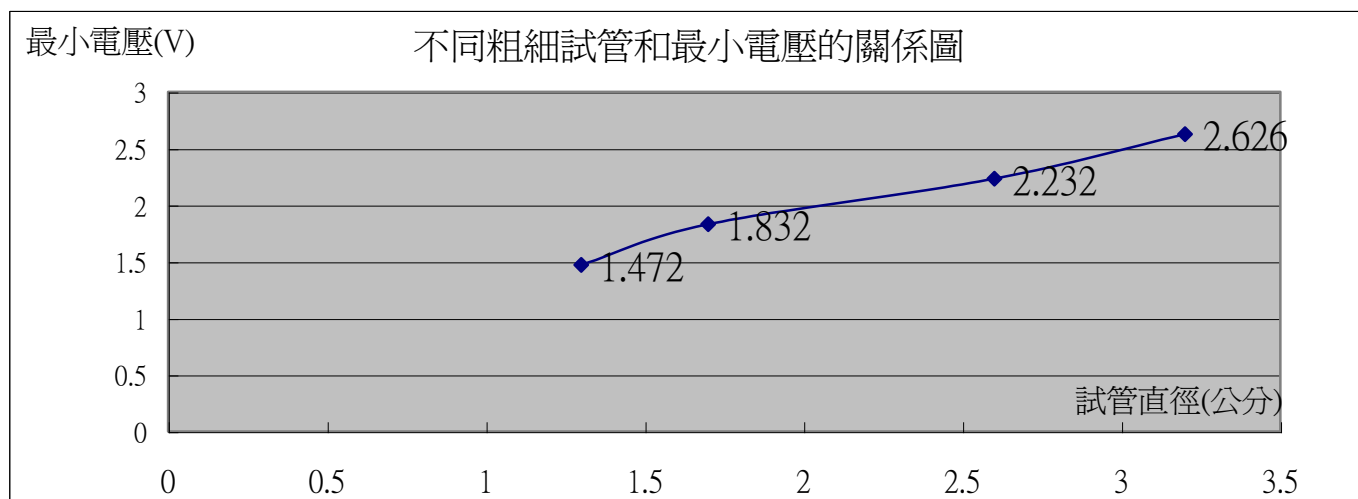


圖 19. 測量不同粗細的試管和最小電壓(相吸時)的關係圖

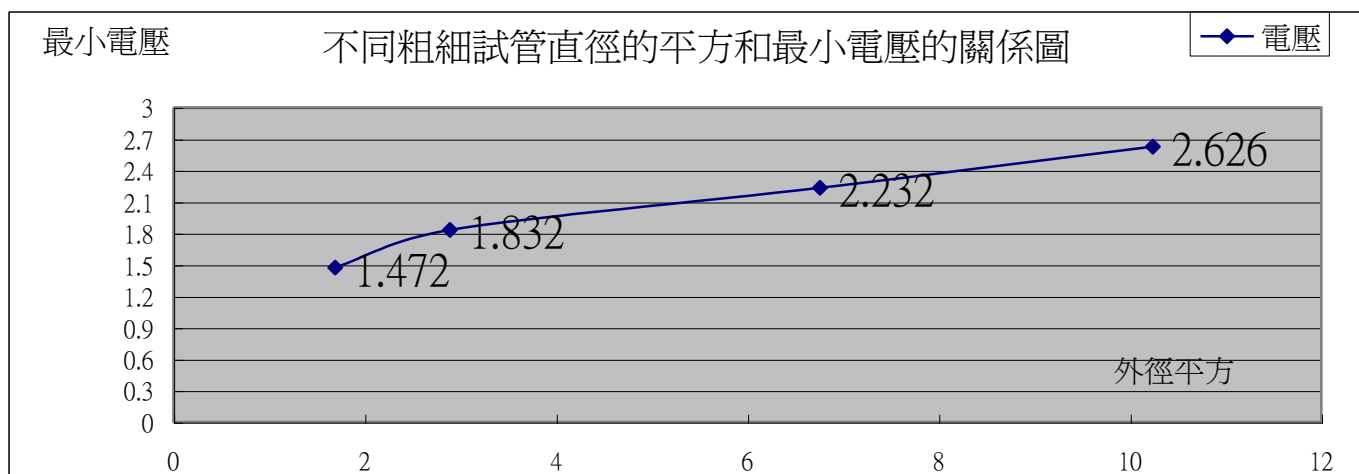


圖 20. 測量不同粗細的試管直徑的平方和最小電壓(相吸時)的關係圖

結果：

1. 由以上圖表顯示，當試管口徑越大時，所需要的最小電壓就越大。這代表口徑越大時，就必須以更大的電壓來產生大小相同磁力來支撐強力磁鐵重量。
2. 當我們把最小電壓(V)和口徑平方作成關係圖二時，發現有直線增加關係，幾乎電壓和口徑大小平方成正比。
3. 我們發現距離越遠所產生的磁場就越弱，所以就必須增加電壓以產生相同的磁力來支撐強力磁鐵。
4. 在較粗的試管中，強力磁鐵在相斥的情況下，會自動翻轉成相吸狀態，故無法測得相斥的數據。

#### 七、強力磁鐵上升不同高度所需的電壓。

我們以 200 圈線圈繞試管，以掉落時的最小電壓為基準，此時強力磁鐵的位置為 0cm(最低高度)，逐步增加電壓使強力磁鐵上升，測量每上升 0.1 cm 所需電壓。

當電壓增至 3 伏特以上時，由於線圈會發熱太燙，故最高只能做到 1.1 cm 的測量。

(0cm 代表強力磁鐵磁浮在空中所需最小電壓時的位置)

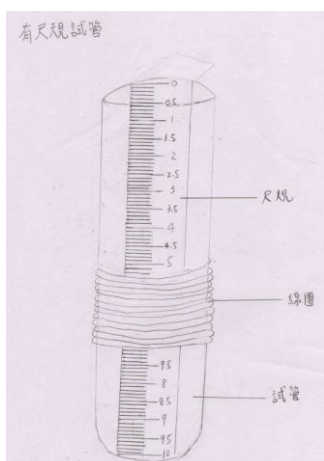


圖 21. 試管內貼紙尺

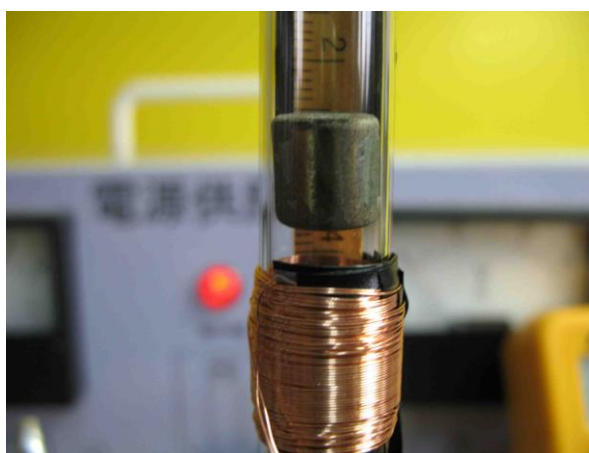


圖 22. 試管內貼紙尺(相斥)

表 5. 測量線圈使強力磁鐵上升不同高度所需的電壓(相斥情況)

(漆包線徑 0.2mm、試管直徑 1.3cm)

| 上升高度(cm)<br>電壓 (v)<br>次數 | 0    | 0.1  | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1    | 1.1  |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 第一次                      | 0.44 | 0.48 | 0.53 | 0.6  | 0.7  | 0.84 | 1.04 | 1.32 | 1.62 | 2.1  | 2.61 | 3.13 |
| 第二次                      | 0.39 | 0.47 | 0.52 | 0.6  | 0.7  | 0.85 | 1.05 | 1.32 | 1.54 | 1.97 | 2.43 | 2.97 |
| 第三次                      | 0.39 | 0.45 | 0.53 | 0.58 | 0.69 | 0.86 | 1.06 | 1.34 | 1.61 | 1.93 | 2.55 | 3.15 |
| 第四次                      | 0.36 | 0.48 | 0.52 | 0.56 | 0.69 | 0.83 | 1.05 | 1.27 | 1.55 | 1.93 | 2.46 | 2.94 |
| 第五次                      | 0.4  | 0.48 | 0.51 | 0.58 | 0.65 | 0.86 | 1    | 1.34 | 1.59 | 1.99 | 2.46 | 3.18 |
| 平均                       | 0.4  | 0.47 | 0.52 | 0.58 | 0.69 | 0.85 | 1.04 | 1.32 | 1.58 | 1.98 | 2.5  | 3.07 |

表 6. 測量線圈使強力磁鐵上升高度的平方及所需的電壓(相斥情況)

| 上升高度平方 | 0    | 0.01 | 0.04 | 0.09 | 0.16 | 0.25 | 0.36 | 0.49 | 0.64 | 0.81 | 1    | 1.21 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 電壓     | 0.40 | 0.47 | 0.52 | 0.58 | 0.69 | 0.85 | 1.04 | 1.32 | 1.58 | 1.98 | 2.50 | 3.07 |

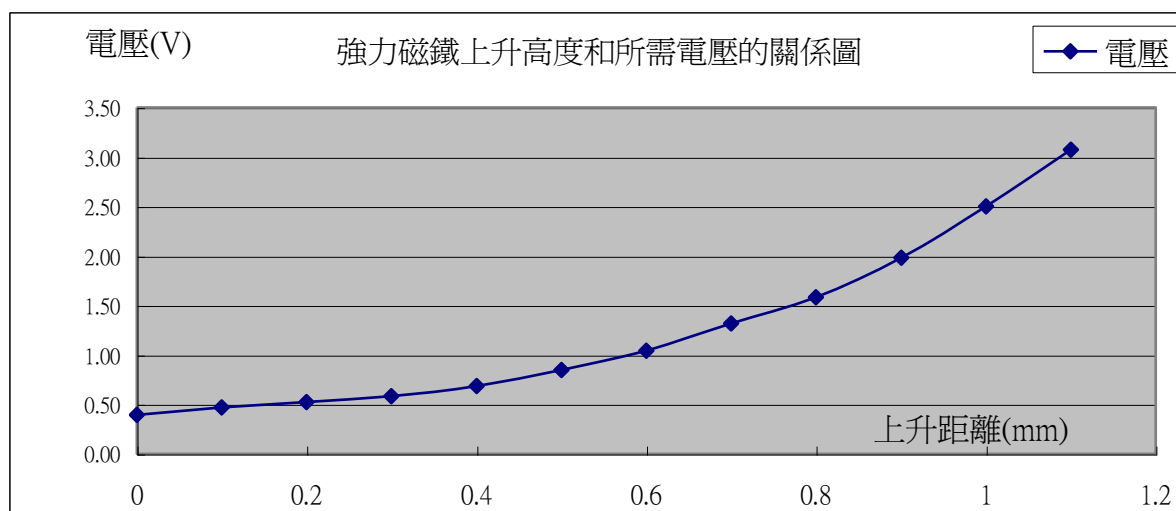


圖 23. 線圈使強力磁鐵上升高度和所需電壓的關係圖(相斥)

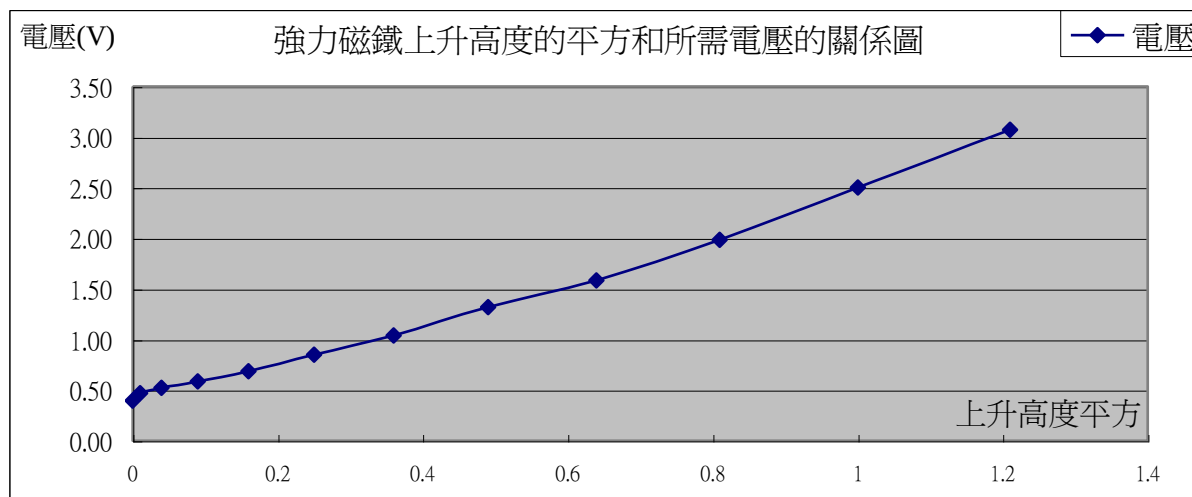


圖 24. 線圈使強力磁鐵上升高度的平方和所需電壓的關係圖(相斥)

結果：

1. 由以上圖表顯示，當強力磁鐵上升距離越高，所需要的最小電壓就越大，呈現越來越高趨勢。這代表上升距離越高時，就必須以更大的電壓來產生大小相同磁力來支撐強力磁鐵重量。
2. 當我們把最小電壓(V)和上升距離平方作成關係圖二時，發現有直線增加關係，即電壓和上升距離平方成正比。
3. 我們發現距離越遠所產生的磁場就越弱，所以就必須增加電壓以產生相同的磁力來支撐強力磁鐵，磁力大小和距離平方成反比。

#### 八、不同磁鐵個數所需最小電壓。

我們將磁鐵由一個相吸串成二個、三個…、六個，放入繞有 200 圈漆包線徑 0.2mm 直徑 1.3cm 的玻璃試管，測量掉落時的最小電壓。強力磁鐵 7 個以上電壓超過 3V 使線圈發燙，所以只測量到 6 顆磁鐵。

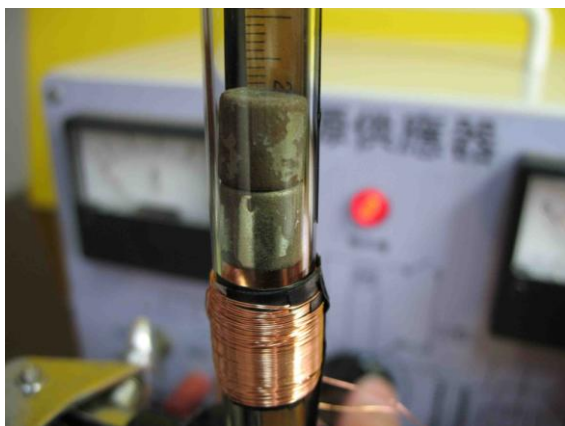


圖 25.測量 2 個強力磁鐵



圖 26.測量多個強力磁鐵

表 7. 測量線圈使不同個數的強力磁鐵掉下的最小電壓

| 強力磁鐵個數<br>電壓 (V)<br>次數 | 1 個  |      | 2 個  |      | 3 個  |      | 4 個  |      | 5 個  |      | 6 個  |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 相斥   | 相吸   | 相斥   | 相吸   | 相斥   | 相吸   | 相斥   | 相吸   | 相斥   | 相吸   | 相斥   | 相吸   |
| 第一次                    | 0.55 | 0.54 | 0.84 | 0.82 | 1.16 | 1.27 | 1.55 | 1.66 | 2.12 | 2.08 | 2.59 | 2.84 |
| 第二次                    | 0.58 | 0.52 | 0.87 | 0.88 | 1.2  | 1.28 | 1.55 | 1.67 | 2.13 | 2.08 | 2.54 | 2.83 |
| 第三次                    | 0.55 | 0.57 | 0.88 | 0.86 | 1.18 | 1.29 | 1.55 | 1.68 | 2.11 | 2.09 | 2.56 | 2.94 |
| 第四次                    | 0.56 | 0.53 | 0.84 | 0.85 | 1.15 | 1.27 | 1.58 | 1.64 | 2.08 | 2.09 | 2.58 | 2.90 |
| 第五次                    | 0.52 | 0.53 | 0.85 | 0.87 | 1.2  | 1.27 | 1.59 | 1.66 | 2.13 | 2.14 | 2.55 | 2.84 |
| 平均                     | 0.55 | 0.54 | 0.86 | 0.86 | 1.18 | 1.28 | 1.56 | 1.66 | 2.11 | 2.1  | 2.56 | 2.87 |



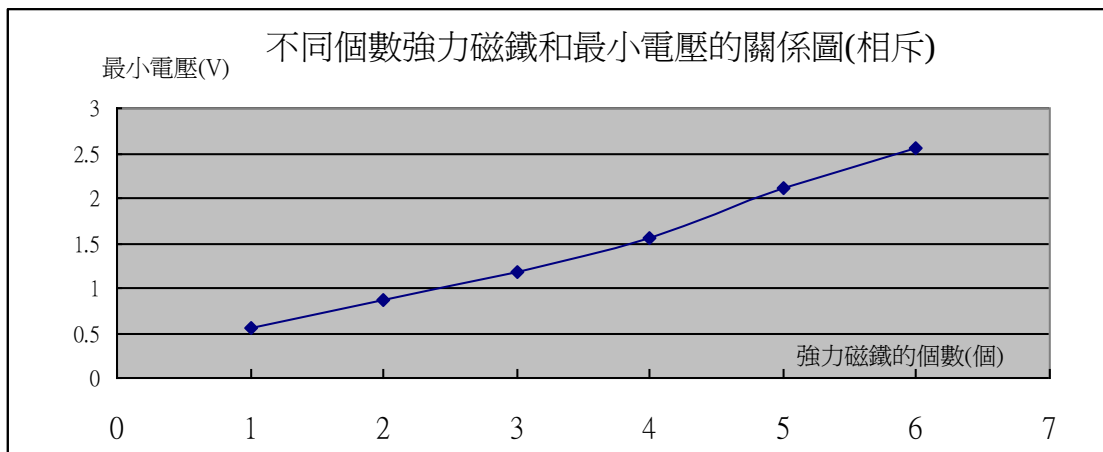


圖 27.強力磁鐵個數和最小電壓的關係圖(相斥情況)

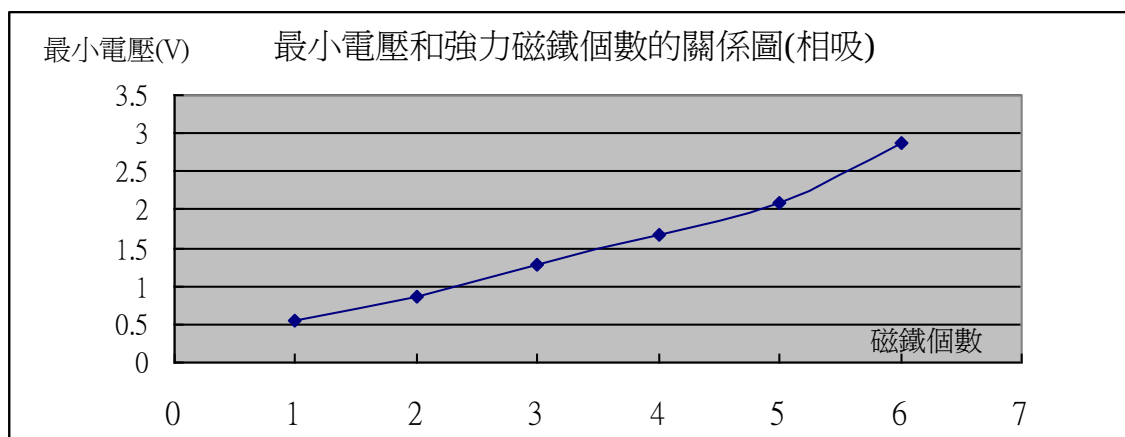


圖 28.強力磁鐵個數和最小電壓的關係圖(相吸情況)

結果：

1. 我們發現串聯強力磁鐵數目越多，重量也就越大，所測到的掉落最小電壓也就越大。
2. 雖然串聯強力磁鐵數目越多，本身的磁力會增加，但並非增加為 2 倍，所增加的幅度並無法完全抵銷磁鐵所增加的重量，所以外加磁場所需的電壓會增加。

九、測量不同質量的砝碼在強力磁鐵上不掉下的最小電壓。

在強力磁鐵上加不同質量的砝碼，放入繞 200 圈漆包線的試管中，測量不同質量砝碼掉落時的最小電壓，因砝碼能放入試管中的質量最大只有 10 公克，所以只測量到 10 公克數據。



圖 29.砝碼和強力磁鐵



圖 30.多個砝碼在強力磁鐵上掉下

表 8.線圈 200 圈(50\*4)可使強力磁鐵承載砝碼重量與電壓的關係  
(漆包線線徑 0.2mm，玻璃試管直徑 1.3cm)

| 電壓(直流 V) \ 砝碼重(克) | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 第一次               | 0.45 | 0.53 | 0.63 | 0.68 | 0.77 | 0.84 | 0.92 | 1.02 | 1.12 | 1.18 | 1.29 |
| 第二次               | 0.47 | 0.56 | 0.59 | 0.69 | 0.78 | 0.85 | 0.94 | 1    | 1.09 | 1.18 | 1.3  |
| 第三次               | 0.46 | 0.54 | 0.6  | 0.7  | 0.78 | 0.85 | 0.92 | 0.99 | 1.12 | 1.22 | 1.3  |
| 第四次               | 0.47 | 0.53 | 0.59 | 0.71 | 0.76 | 0.86 | 0.93 | 1.04 | 1.1  | 1.21 | 1.28 |
| 第五次               | 0.44 | 0.55 | 0.62 | 0.68 | 0.75 | 0.85 | 0.93 | 1.03 | 1.1  | 1.2  | 1.32 |
| 平均                | 0.46 | 0.54 | 0.61 | 0.69 | 0.77 | 0.85 | 0.93 | 1.02 | 1.11 | 1.2  | 1.3  |

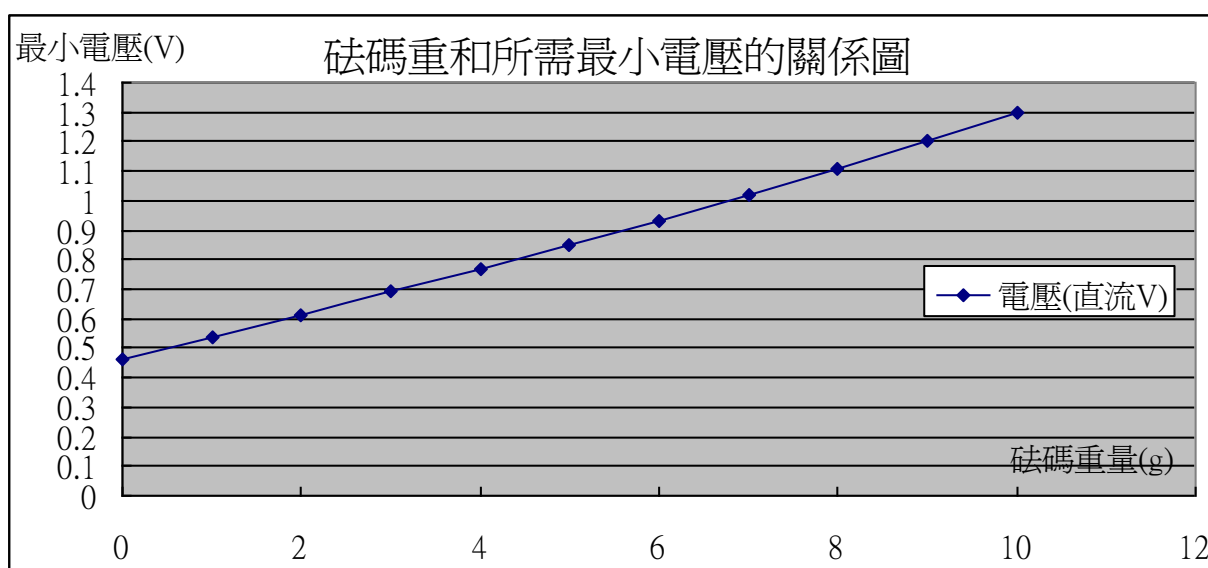


圖 31.線圈 200 圈(50\*4)可使強力磁鐵承載砝碼重量與電壓的關係圖

結果：

1. 我們將所得的電壓和質量作圖，結果頗令人振奮，兩者成一直線關係，誤差極小。
2. 因為玻璃管和強力磁鐵之間的摩擦力很小，所以實驗效果很好。
3. 我們將強力磁鐵用天平秤重，得到磁鐵重量作圖，發現有通過原點。
4. 外加法碼的重量和磁鐵掉落的最小電壓兩者成正比，隨著質量的增加，磁鐵掉落的最小電壓也會增加。

#### 十、利用強力磁鐵的磁浮特性，自製第一代磁力秤

由實驗九中，我們發現強力磁鐵磁浮時的載重圖形，圖 33，很像彈簧秤的彈性圖形，所以我們利用此原理自製了第一代磁力秤。

將強力磁鐵黏在珍珠奶茶的吸管上，擷取適當的長度後，吸管的另一端黏住免洗碗盤的小塑膠盤，做為秤盤，所採用的試管外徑為 1.3cm。將試管外繞 300 圈 0.2mm 的漆包線，

作為外加磁場。在線圈兩端並聯一組伏特計，使用數位三用電表，最大可測 20V。再利用電源供應器調整電流，尋找可支持秤盤不掉下的最小電壓。



圖 32. 第一代自製秤盤（大吸管）



圖 33. 第一代線路裝置

結果：

1. 我們發現利用電源供應器，會引起秤盤振動，使秤盤非常不穩定。
2. 珍珠奶茶吸管和玻璃管壁因為很接近，所以會產生摩擦力，而使秤盤常會因摩擦力而卡住不掉下，造成數據不準確。如圖 32。
3. 因玻璃管不易固定，開始測量時，我們利用鐵夾來固定試管，結果發現測出的數據，變動差距非常大，後來推測可能是因為鐵夾對強力磁鐵所造成的影響，所以在製作磁力秤時要注意鐵製品和試管的距離。但若用手拿不但會因為振動而造成誤差，而且不易操作。

#### 十一、 改良後的第二代磁力秤。

根據以上缺點我們做了幾項改良：

- (一) 考慮電源供應器所提供的直流電會使強力磁鐵產生跳動情況而產生誤差，故改用一個 6V 的鉛蓄電池供應電源，並串聯一個可變電阻，改變可變電阻的大小來調整通過線圈的電壓強弱。
- (二) 秤盤下的珍珠奶茶吸管，改用細的吸管，在吸管上緣部份以小鐵釘刺入成十字取成和試管口徑剛好的長度來支撐，以避免塑膠盤晃動及減少摩擦。如圖 34、36、37。
- (三) 利用上面器材測試，結果發現利用電壓來測量重量非常準確。所以我們發現利用此一特性來設計一組磁浮秤，以所測得的最小電壓來求物體重量是可行的。為了固定試管，我們將試管固定在木盒上，電池、可變電阻、伏特計等都裝在木盒中，以方便攜帶。
- (四) 在線路中加入一組開關及 LED 燈泡組，以控制電源開啓及確認通路。
- (五) 所用的線路圖及構造如下：

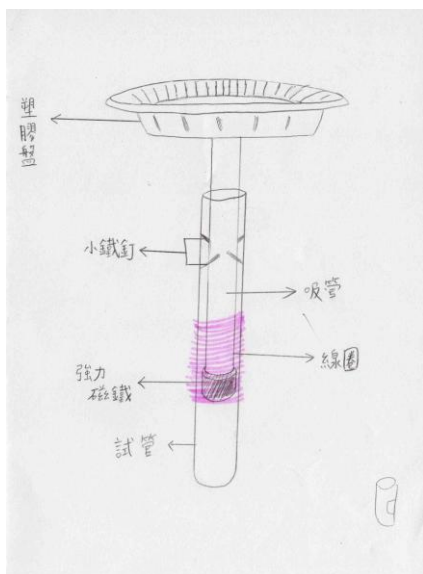


圖 34. 改良後的秤盤

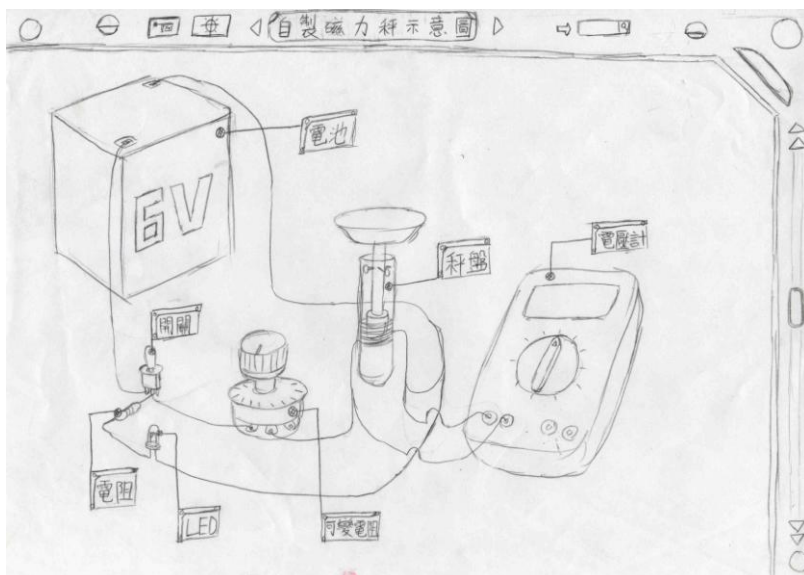


圖 35. 自製磁力秤的線路圖



圖 36. 小鐵釘刺入細吸管中成十字照片

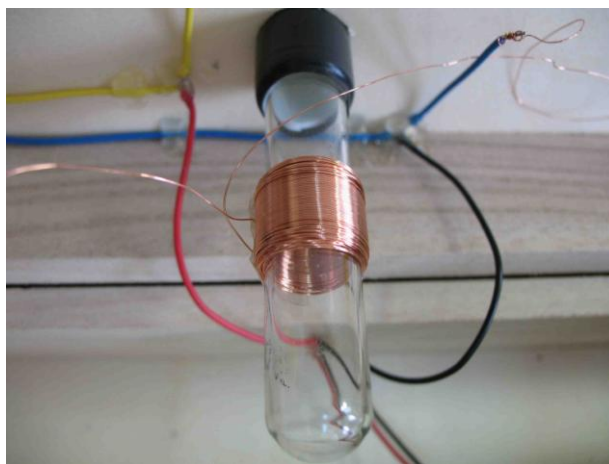


圖 37. 試管固定在木盒中

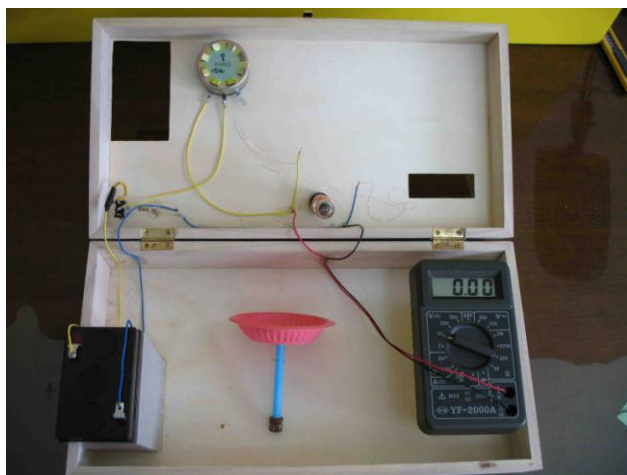


圖 38. 自製磁力秤內部線路照片



圖 39. 第二代自製磁力秤外觀

#### (六) 測量物品的方式

1. 先找出秤盤電壓、某一重量的砝碼電壓。
2. 再測量物品電壓。
3. 將所測電壓帶入下列公式：

$$\text{物品重量} = (\text{物品電壓} - \text{秤盤電壓}) \times \frac{\text{砝碼重量(克)}}{(\text{砝碼電壓} - \text{秤盤電壓})}$$

4. 利用天平來比較物品重量的準確度。

表 9.比較自製磁力秤和天平所測的結果：

秤盤電壓：0.49V，20 克砝碼電壓 1.98V。(20 克砝碼電壓－秤盤電壓=1.49v)

| 測量物品名稱 | 一元硬幣  | 五元硬幣  | 十元硬幣  | 五十元硬幣 | 塑膠花片  | 布丁湯匙  | 二號橡皮塞 | 三號鹼性電池 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 物品電壓   | 0.77v | 0.82v | 1.05v | 1.22v | 0.57v | 0.58v | 0.82v | 2.22v  |
| 算出物品重量 | 3.76  | 4.43  | 7.52  | 9.80  | 1.07  | 1.21  | 4.43  | 23.22  |
| 天平所測重量 | 3.7   | 4.45  | 7.5   | 9.9   | 0.85  | 1.1   | 4.3   | 22.65  |

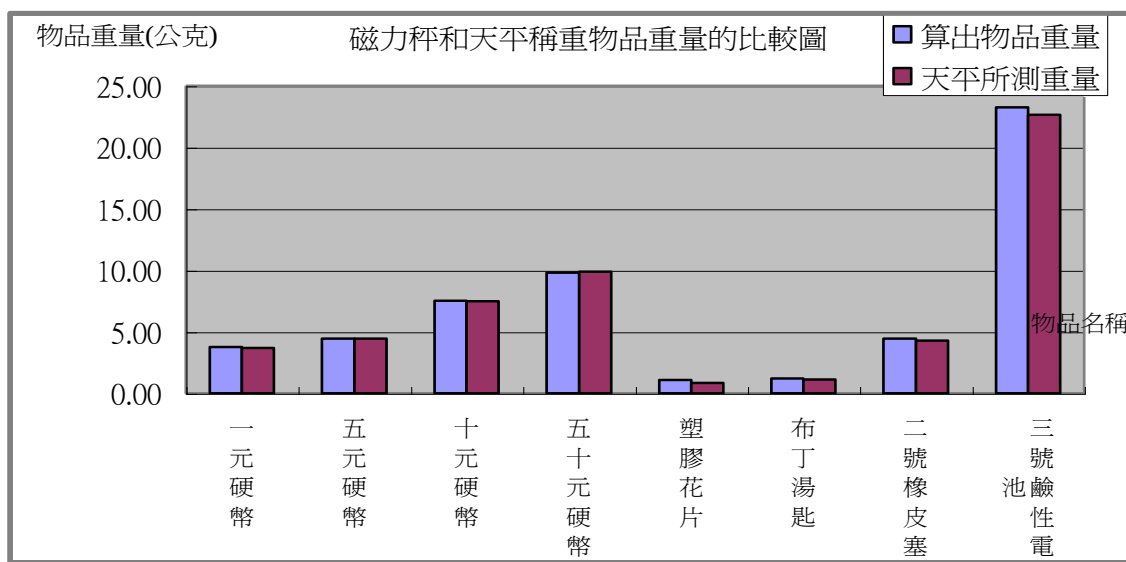


圖 40.磁力秤和天平重量的比較圖

結果：

1. 因秤盤裝置也有重量，所以先求秤盤最小電壓為 0.49V。我們還需某一重量砝碼的電壓，作為參考值，才可將不同質量物品的最小電壓換算成重量。但我們發現參考數的砝碼重量如果太輕，會使換算後的重量有很大的偏差，所以將砝碼重設定為 20 公克。
2. 電壓換算重量的公式由來：磁力秤在使用前，需先測出秤盤和某一砝碼的電壓，是因為必須先扣除秤盤本身重量所造成的電壓，再求出相對比例，如下：

$$(\text{物品電壓} - \text{秤盤電壓}) : (\text{20 克砝碼電壓} - \text{秤盤電壓}) = \text{物品重量} : \text{20 克砝碼重量}$$



才可得到換算後的物品重量公式：

$$\text{物品重量} = (\text{物品電壓} - \text{秤盤電壓}) \times \frac{20 \text{ 克}}{(20 \text{ 克砝碼電壓} - \text{秤盤電壓})}$$
$$\frac{20 \text{ 克}}{(20 \text{ 克砝碼電壓} - \text{秤盤電壓})} = \text{基準值} = 13.4$$

3. 在實驗中我們有測量電流的大小，但發現一個問題，三用電表的刻度為 200mA 及 20A 兩種，經常需要切換這兩種線路造成斷路而使磁鐵掉下，所以我們捨棄測量電流大小而改以測電壓的大小。
4. 整個裝置體積縮小，攜帶方便，實用性高，所測的重量準確度也很高，最小可達 0.1 克的重量。
5. 我們將電壓換算重量的公式輸入電腦 Excel 試算表中，便可快速的找出物品的重量。

## 陸、討論

- 一、磁鐵反轉問題：磁鐵在線圈試管中，以與線圈相吸引的方式存在最穩定，若是以相斥的方向放入在大口徑的試管中，就會有反轉的情形發生。所以若要避免反轉，就需使用小口徑的試管。
- 二、如果線圈試管使用變壓器通電，就會造成震動，我們推測可能是因為交流電降壓成 3V 後再整流成直流電時，電壓並不穩定，如圖 41，所以產生震動，若改用電池則不會有這種情況發生。

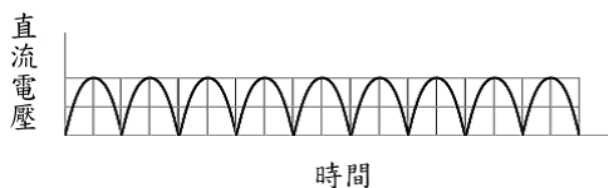


圖 41. 交流電轉直流電時, 電壓的變化圖

- 三、當線圈內通過電流所產生的磁場向上時，若將強力磁鐵的 N 極向上 S 極向下放入試管中，我們可以觀察到強力磁鐵被吸引在線圈裡面，呈現吸引現象，如下圖 42。相反的，若將強力磁鐵的 S 極向上 N 極向下放入試管中，則觀察到強力磁鐵會被排斥在線圈上端，呈現排斥現象。

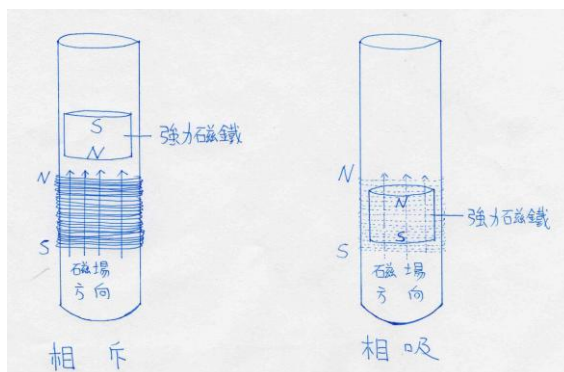


圖 42. 強力磁鐵在線圈中排斥和吸引的原理



- 四、當線圈越密集時，所產生的磁場就越集中，磁力也會越強。相反的越疏散時，磁場就越分散，磁力也會越弱。
- 五、當線圈越多圈時，產生的磁力就愈強，以較小的電壓就可支撐住強力磁鐵重量。因為支撐的電壓和線圈圈數成反比，所以線圈所產生的磁性會和線圈圈數成正比。
- 六、粗的漆包線因為線材粗，電阻小，產生電流大，所以電壓就降低。細漆包線則電流小，電壓大，但線材容易過熱而燒斷。
- 七、當試管口徑越大時，所需要的小電壓就越大。電壓和口徑大小平方成正比。距離越遠所產生的磁場就越弱，所以就必須增加電壓以產生相同的磁力來支撐強力磁鐵。
- 八、強力磁鐵上升距離越高，所需要的小電壓就越大，電壓和上升距離平方似乎有成正比的情形，可見線圈所產生的磁力會和距離平方成反比。
- 九、串聯強力磁鐵數目越多，雖然強力磁鐵本身的磁力和重量會增加，但所增加的程度並無法完全抵銷磁鐵所增加的重量，所以磁場所需的電壓也會跟著增加。
- 十、在強力磁鐵上外加砝碼時，砝碼的重量會和小電壓兩者成正比，所以可藉此特性來測量物品的重量。
- 十一、自製磁力秤時需可考慮到軸心摩擦力、電源供應的穩定性、其他鐵製品對稱重準確性的影響。
- 十二、秤重電壓和未知質量之間的關係及公式的換算，以及秤盤基本質量的電壓關係：  
**物品重量 = (物品電壓 - 秤盤電壓) × 20 克 ÷ (20 克砝碼電壓 - 秤盤電壓)**
- 十三、將公式帶入電腦 Excel 試算表中，可快速算出未知物品的重量。但在測量前最好先將秤盤電壓、20 克砝碼電壓求出，以做基準值。因 20 克砝碼為參考數，也可改用其他重量的砝碼代替，但需注意參考數不要太輕以免誤差值過大。

## 柒、結論

- 一、在國中實驗課程中，關於線圈電流大小和磁力關係，只有討論磁針偏轉角度大小和電流大小關係（康軒版，96 年），我們的實驗設計可進一步討論電流大小和磁力線性關係。在課本中關於線圈距離圈數和磁力大小的關係，只以課文加以描述，並沒有適當實驗加以證明，本實驗可以加入課程中。
- 二、我們在自然與生活科技課本中所介紹的電磁鐵都是纏繞在鐵釘上，而使鐵釘產生磁力。這次實驗我們發現繞在試管的線圈不但能產生磁性，同時對強力磁鐵相斥時，會產生磁浮的情形，相吸時則會吸附於線圈上。同時會隨著電壓的增加和減少而影響線圈所產生的磁場大小。
- 三、藉由測量支持強力磁鐵重量的最小電壓，我們發現了線圈的疏密、漆包線的粗細、圈數、試管的口徑等都會影響電磁鐵的磁場大小，老師說以這樣的實驗方式，在課程中就可不需要使用昂貴的高斯計，而得到相當準確的數據，並得到線性圖形，使實驗能夠量化。
- 四、我們曾在網站中查到在大陸曾有人利用電流的控制來製作磁力秤，利用線圈上的電

流大小變化來測重量，號稱精確度達到 $10^{-5}$ ，最小質量測到 $10^{-11}$ g。而我們是利用電壓控制來測量物體的重量，雖然結果精確度沒有他們那麼高，但是我們相信只要減少誤差的發生，應可以提高精確度。

五、在纏繞線圈時，常因為線圈繞得很亂，而使實驗結果產生誤差。我們曾經重新纏繞後，發現所得的結果更準確。所以若能以機器纏繞線圈，相信所得到的數據會更接近理想值。

六、我們測量不同重量的砝碼時，發現磁浮的強力磁鐵竟能像彈簧一樣，做出一直線的線性圖形。使我們想到可以此原理測量物重，並且所秤得的重量和天平所測重量誤差不大。我們找到鉛蓄電池不但可穩定電壓同時攜帶方便，使測量更準確、更方便。

七、我們最後所設計的儀器，只能利用三用電表得到電壓值，再來換算重量的大小。如果能夠將儀器連接小型可程式化的計算器（或個人小型電腦），將可省略計算的步驟，這是我們希望努力的目標。

#### 捌、參考資料及其他

- 一、 國小六年級自然與生活科技(民 95)。奇妙的電磁世界。台南市：南一。
- 二、 鄭經叡、林雨韻…（民 92）。打造一個磁力樂園。中華民國第四十四屆中小學科展作品說明書（國小組報告編號：080116）。
- 三、 劉冠廷、高敏修…（民 93）。無電力磁動車之研究。中華民國第四十五屆中小學科展作品說明書（國小組報告編號：081506）。
- 四、 國中自然與生活科技第六冊磁力（民 96）。磁鐵與磁場。台北縣：康軒。
- 五、 台秤、分析天平與電子天平的使用。化學實驗教學網路課程。（民 96 年 3 月 16 日）。  
<http://202.117.147.100/teachweb/lab/newlab/inorgan/content/content3.html>。

**【評語】 030814**

該作品利用磁鐵重量與電壓的關係，發展出可測量重量的磁力秤。對於實測的誤差上與金屬物質的量測，應可運用團隊的研發能力，加以改進與提昇。