

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國小組

物理科

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：奇妙的磁力現象

關鍵詞：庫倫磁力、磁鐵退磁

編號：080108

學校名稱：

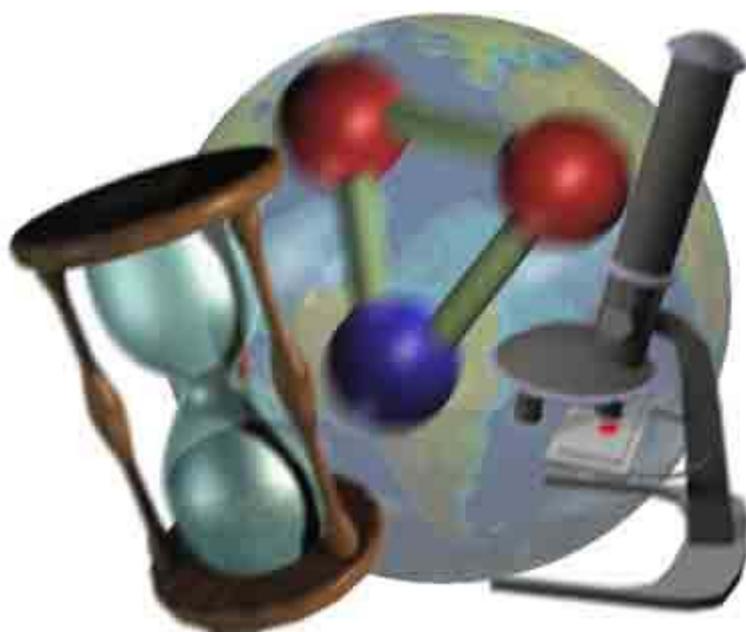
高雄市鹽埕區鹽埕國民小學

作者姓名：

柯若霖、蘇庭慧

指導老師：

鄭文生、藍光炤



壹、研究動機

我們四年級自然科用的課本是康軒版，上學期第二單元是「**磁力玩具**」，裡面有一個主題是說：“將一個小磁鐵放入試管中，再將一個磁鐵從試管底端靠近，試一試有什麼現象？試管內的磁鐵在什麼情況下會升高？”老師先說明完之後讓我們自己操作，結果我們都覺得很新奇，我們實際操作的情形如照片。



爲了對磁鐵的特性有更進一步的認識，我們利用下課時間去找老師討論，希望可以多了解一點磁力現象。經過討論之後，我們決定用「**奇妙的磁力現象**」來作爲這次科展的主題。

貳、研究目的

◆ 研究一：磁鐵相吸後的磁力倍數

增加磁鐵個數可以增加磁力，但是要怎樣才能知道磁鐵數目的增加和磁力增加的關係呢？（比如說：2 顆磁鐵的磁力是 1 顆磁鐵的幾倍？3 顆磁鐵的磁力是 1 顆磁鐵的幾倍？……）原本我們預測 2 顆是 1 顆的 2 倍，3 顆是 1 顆的 3 倍……不知道這個結果對不對，我們就設計了兩種實驗方法來證明。

◆ 研究二：磁鐵單擺

磁鐵加熱後磁力會減弱，我們想要做一個不需要馬達，也不用電池，而且可以一直擺動的「磁鐵單擺」玩具。

◆ 研究三：磁鐵吸引鋼珠加速

- 壹、 我們發現利用強力磁鐵可以讓軌道上的鋼珠越跑越快，在這個研究當中，我們還想研究磁鐵和鋼珠怎樣組合會讓鋼珠跑得最快？
- 貳、 如果不用強力磁鐵，改用一般的磁鐵，是不是也可以使鋼珠加速？

參、研究其財及製作過程

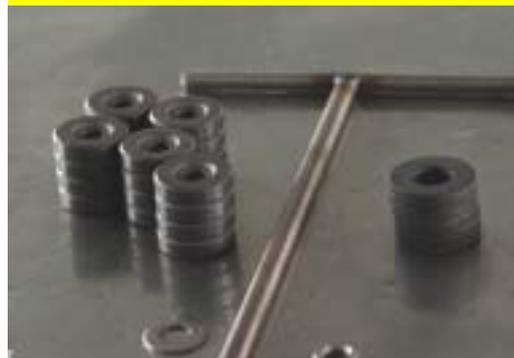
因為老師常常說九年一貫課程強調解決生活問題的能力，所以我們選擇實驗器材時就特別注意，找一些容易買到，而且便宜的器材來做實驗用具，各種用具以及完成圖如下：

◆ 研究一：磁鐵相吸後的磁力倍數

- 壹、器材：木板、長條螺絲（焊接成 T 字形）、螺帽、甜甜圈磁鐵（扁圓形，中間有孔的磁鐵）、釹鐵硼磁鐵、捲尺、迴紋針。



甜甜圈磁鐵有厚的、薄的兩種



貳、製作過程：



◆ 研究二：磁鐵單擺

壹、器材：木板、銅線、甜甜圈磁鐵、掛鉤、蠟燭。

貳、製作過程：

- 一、切好木板，用釘子釘牢。
- 二、把掛勾固定在上面。
- 三、用銅線把甜甜圈磁鐵吊在掛勾上面，讓磁鐵可以像單擺一樣自由擺動。
- 四、把蠟燭固定在木板做的平台上。



完成圖



◆ 研究三：磁鐵吸引鋼珠加速

壹、 器材：鋁管、強力磁鐵（釹鐵硼磁鐵）、一般磁鐵（黑色的氧化鐵磁鐵）、小鋼珠、軟片盒、橡皮擦。

貳、 製作過程：

- ▲ 用鋁管當作鋼珠滾動的軌道。
- ▲ 在距離最右邊 3cm 的地方用簽字筆畫一條線，在這條線左邊 20cm 的地方再畫第二條線。
- ▲ 在第一條線及第二條線的左邊各放一顆釹鐵硼磁鐵和一顆鋼珠。



在距離鋁管最左邊 14cm 的地方畫一條線，在這條線的左邊放一個軟片盒，軟片盒裡放一塊橡皮擦。



肆、研究步驟及結果

◆ 研究一：磁鐵相吸後的磁力倍數

這個研究我們用兩種不同的方法來測量磁鐵相吸後的磁力倍數，第一種方法比較簡單，第二種方法可是我們和老師一起上網查到的方法喔。

■ 步驟：

● 第一種方法

拿一顆厚的甜甜圈磁鐵，用它來吸迴紋針，試一試能吸起幾支迴紋針。



再加上一顆磁鐵，變成 2 顆磁鐵，用它來吸迴紋針，試一試能吸起幾支迴紋針。



- ▲ 「2 顆磁鐵能吸起幾支迴紋針」除以「1 顆磁鐵能吸起幾支迴紋針」，就可以知道 2 顆磁鐵的磁力是 1 顆磁鐵的幾倍了。
- ▲ 再做 3 顆、4 顆、5 顆……，算一算是 1 顆磁鐵磁力的幾倍。

● 第二種方法

- ▲ 方形木架下面中間的地方放一顆釹鐵硼磁鐵。
- ▲ T 形螺絲內放一顆厚的甜甜圈磁鐵。
- ▲ 把螺絲慢慢往下轉，一直轉到下面的磁鐵被吸上來之後馬上停止。





用捲尺量一量下面磁鐵被吸上來的一瞬間，下面那顆釹鐵硼磁鐵和上面黑色磁鐵的最近距離。我們的量法是從下面木板的表面，量到上面黑色磁鐵的底部，再減去下面那顆釹鐵硼磁鐵的厚度（0.58cm），就等於是上下兩邊磁鐵的最近距離。

▲ 把上面的磁鐵換成 2、3、4、5、6 顆……，依照相同的步驟再做一次。

把厚磁鐵換成薄磁鐵，重複一樣的實驗，用來比較厚、薄磁鐵有什麼不一樣？



★ 結果：

● 第一種方法

壹、原本我們想用“能吸起幾支迴紋針來相除”就可以算出磁力倍數，但是沒想到 1 顆磁鐵能吸起 3 支迴紋針，2 顆磁鐵還是只能吸起 3 支迴紋針，這樣看來，1 顆磁鐵的磁力和 2 顆磁鐵的磁力大小沒辦法比出來，所以第一種方法不好用，但是我們在實驗的時候意外發現一件事，把它寫在下面第貳點。

貳、我們這組的男組員很頑皮，他一開始就用很多顆磁鐵來吸迴紋針，等到老師說不能一次用太多顆磁鐵時，他才換回 1 顆磁鐵，但是換回 1 顆之後，他發現 1 顆磁鐵竟然可以吸起 4 支迴紋針，這個結果和我們之前做出來的結果怎麼差這麼多呢？



● 第二種方法

厚的甜甜圈磁鐵（以下的數據除了最後一列以外，全部的數據都是上下兩邊磁鐵的最近距離《已經減去 0.58cm，所以有兩位小數》，單位是「cm」。最後一列是磁力倍數。）

《表一》

	1 顆磁鐵	2 顆磁鐵	3 顆磁鐵	4 顆磁鐵	5 顆磁鐵	6 顆磁鐵	7 顆磁鐵	8 顆磁鐵
第 1 次	3.22	3.77	4.12	4.27	4.37	4.52	4.62	4.62
第 2 次	3.22	3.77	4.12	4.27	4.37	4.47	4.62	4.72
第 3 次	3.22	3.77	4.12	4.27	4.37	4.52	4.57	4.62
第 4 次	3.22	3.77	4.12	4.27	4.37	4.52	4.62	4.62
平均	3.22	3.77	4.12	4.27	4.37	4.51	4.61	4.65
是 1 顆磁鐵磁力的幾倍	1	1.37	1.64	1.76	1.84	1.96	2.05	2.09

薄的甜甜圈磁鐵（以下的數據除了最後一列以外，全部的數據都是上下兩邊磁鐵的最近距離《已經減去 0.58cm，所以有兩位小數。》，單位是「cm」。最後一列是磁力倍數。）

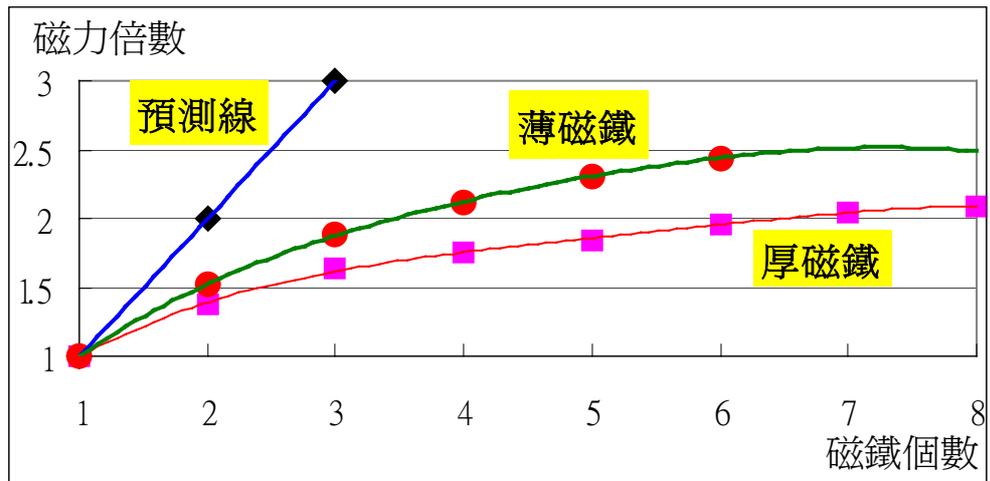
《表二》

	1 顆磁鐵	2 顆磁鐵	3 顆磁鐵	4 顆磁鐵	5 顆磁鐵	6 顆磁鐵
第 1 次	3.02	3.72	4.22	4.42	4.62	4.72
第 2 次	3.12	3.72	4.17	4.37	4.62	4.77
第 3 次	2.97	3.72	4.12	4.42	4.62	4.72
第 4 次	3.02	3.72	4.12	4.42	4.57	4.72
平均	3.03	3.72	4.16	4.41	4.61	4.73
是 1 顆磁鐵磁力的幾倍	1	1.52	1.88	2.12	2.31	2.44

不論是厚、薄磁鐵的磁力倍數和我們一開始的預測都完全不一樣，2 顆不是 1 顆的 2 倍，3 顆也不是 1 顆的 3 倍……

● 將數據畫成圖表

《圖一》 厚、薄的甜甜圈磁鐵相吸後的磁力倍數圖



◆ 研究二：磁鐵單擺

■ 步驟：

用方形大磁鐵
把單擺磁鐵往
右邊吸引



點燃蠟燭，火
焰對準被吸引
的單擺磁鐵，
注意觀察有什
麼結果



把蠟燭換成酒精燈，
重複實驗，比較一下
酒精燈和蠟燭有什麼
不同。



★ 結果：

剛開始的時候，單擺磁鐵
的擺長太長，所以方形磁
鐵離太遠時，不能吸引單
擺磁鐵，但是一接近就和
單擺磁鐵吸在一起了



縮短擺長，問
題就解決了



單擺磁鐵受到蠟燭火焰的熱之後，過幾秒鐘就會擺向左邊，再過幾十秒鐘，它又會被吸引，又和火焰接觸，幾秒鐘之後又擺回去。像這樣一直重複發生，在整個過程中，我們完全沒有接電池或馬達，這種磁鐵單擺就可以一直來回擺動。



▲ 我們用碼表計算磁鐵連續兩次接觸火焰的間隔時間(我們把它叫做『單擺週期』)，結果如《表三》：

《表三》 蠟燭的單擺週期

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	平均
單擺週期 (秒)	45 秒	56.4 秒	1 分	1 分 6.8 秒	57.1 秒

▲ 移開蠟燭，換成酒精燈，重複一樣的實驗，結果如《表四》：

《表四》 酒精燈的單擺週期

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	平均
單擺週期 (秒)	56.4 秒	53.0 秒	48.0 秒	48.2 秒	51.4 秒

▲ 我們發現蠟燭和酒精燈都會使磁鐵單擺來回擺動，蠟燭的平均單擺週期比較長，但是四次的數據差很多；酒精燈的平均單擺週期比較短，四次的數據比較接近。我們把它合併成《表五》：

《表五》 蠟燭和酒精燈的單擺週期

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	平均
蠟燭單擺週期 (秒)	45 秒	56.4 秒	1 分	1 分 6.8 秒	57.1 秒
酒精燈單擺週期 (秒)	56.4 秒	53.0 秒	48.0 秒	48.2 秒	51.4 秒

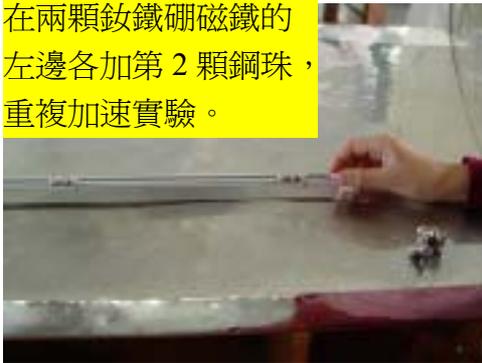
◆ 研究三：磁鐵吸引鋼珠加速

■ 步驟：

在鉛管最右邊把鋼珠輕輕放掉，讓鋼珠從靜止開始慢慢加速，試一試磁鐵左邊的鋼珠會不會加速跑出來。(一開始釹鐵硼磁鐵左邊只吸一顆鋼珠)



在兩顆釹鐵硼磁鐵的左邊各加第 2 顆鋼珠，重複加速實驗。



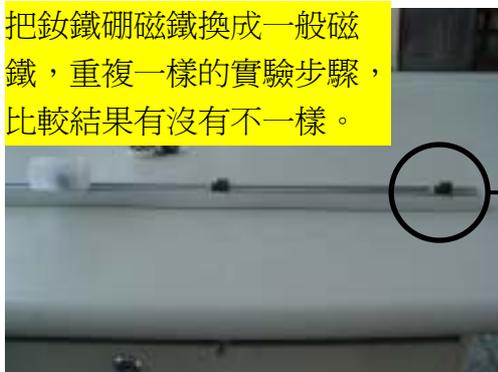
測量軟片盒移動的距離



再加第 3、4、5、6、7 顆鋼珠，重複加速實驗，紀錄軟片盒移動的距離。

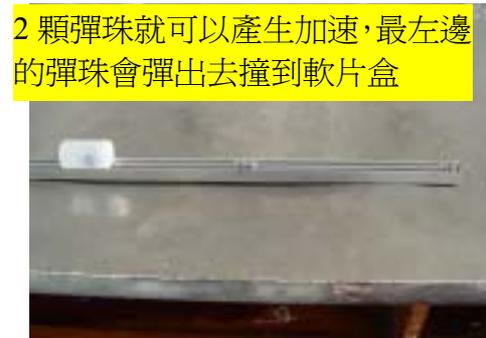


把釹鐵硼磁鐵換成一般磁鐵，重複一樣的實驗步驟，比較結果有沒有不一樣。

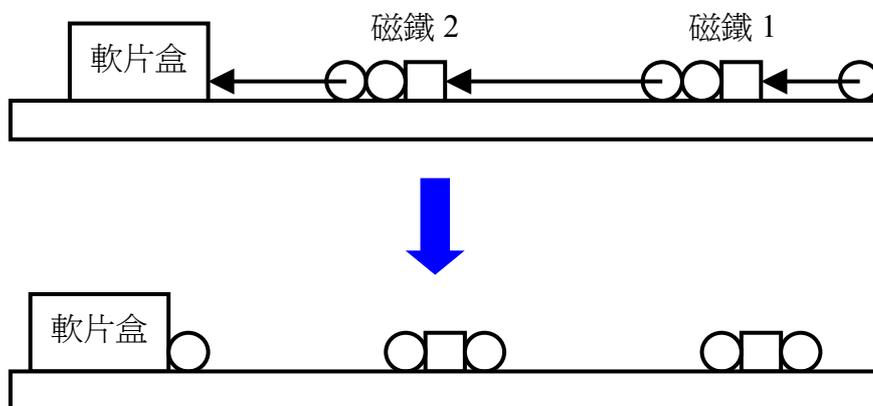


★ 結果：

● 使用釹鐵硼磁鐵



我們用下面兩個圖來說明：



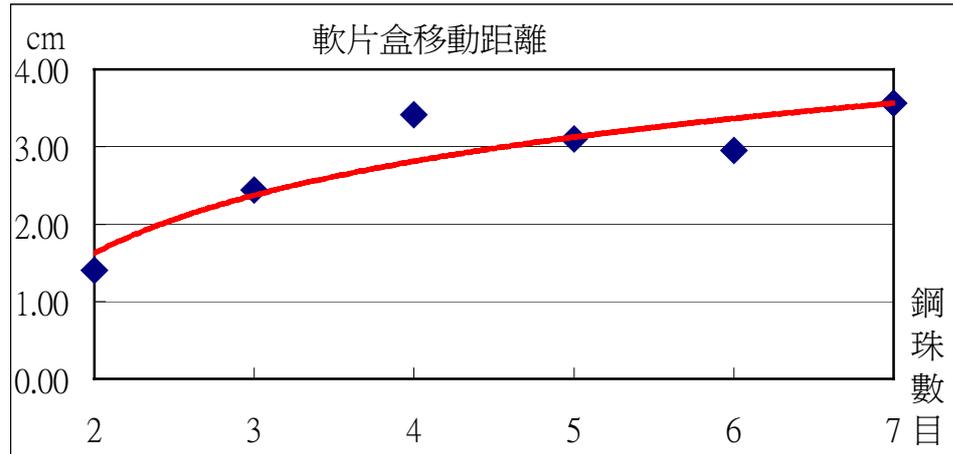
〈說明〉上圖：撞擊的順序是從上圖最右邊的鋼珠開始，它受到磁鐵的磁力開始向左邊加速移動，撞到磁鐵 1 以後，磁鐵 1 左邊第二顆鋼珠會彈出去往左邊跑，當這顆鋼珠撞到磁鐵 2 之後，磁鐵 2 左邊第 2 顆鋼珠會彈向左邊撞擊軟片盒。

下圖：撞擊後，兩顆磁鐵的左右兩邊各有一顆鋼珠，最左邊那顆鋼珠撞到軟片盒以後就停下來了。

《表六》 軟片盒移動的距離

		1 顆 鋼珠	2 顆 鋼珠	3 顆 鋼珠	4 顆 鋼珠	5 顆 鋼珠	6 顆 鋼珠	7 顆 鋼珠
軟片盒 移動的 距離 (cm)	第 1 次	鋼珠不 會彈出 來	1.35	2.3	2.95	3.5	2.9	3.5
	第 2 次		1.45	2.2	3.4	3.2	2.8	3.65
	第 3 次		1.5	2.45	3.5	2.85	2.95	3.5
	第 4 次		1.3	2.8	3.8	2.85	3.15	3.6
	平均		1.40	2.44	3.41	3.10	2.95	3.56

《圖二》 軟片盒移動距離圖



● 改用一般磁鐵

一般磁鐵的實驗步驟也要和釹鐵硼磁鐵一樣才能比較，所以一開始我們用 1 顆磁鐵和 1 顆鋼珠相吸，但是磁鐵一直都歪歪的，弄直後不久又斜一邊，這樣沒辦法做實驗。



直接用 2 顆磁鐵和 1 顆鋼珠相吸，再拿 1 顆鋼珠從右邊放開，從靜止開始加速，結果沒辦法讓左邊的鋼珠彈出來。



在磁鐵左邊再加 1 顆鋼珠，變成磁鐵左邊有 2 顆鋼珠，重新做實驗，結果磁鐵左邊第 2 顆鋼珠會彈出來，但是彈出來的速度很慢很慢，重複做了幾次，有時彈出來的鋼珠還沒撞到左邊的磁鐵就停止了，速度就是沒辦法像使用釹鐵硼磁鐵時那麼快，所以就算造成鋼珠加速，最後撞到軟片盒的速度也很慢，軟片盒根本沒有移動。



- ▲ 我們猜想加第 3 顆鋼珠情況應該會比較好，沒想到結果還是一樣，彈出來的鋼珠跑得好慢；再加第 4、第 5 顆鋼珠也是一樣。
- ▲ 我們又想，可能是磁鐵磁力不夠強，如果用 3 顆磁鐵來增加磁力，應該就可以了，沒想到用 3 顆、4 顆磁鐵，左邊不管放幾顆鋼珠，當最右邊的鋼珠撞到磁鐵後就停止了，左邊完全不會有鋼珠彈出來。

伍、研究結果說明

◆ 研究一：磁鐵相吸後的磁力倍數

■ 磁力倍數計算

● 第一種方法

壹、1 顆磁鐵能吸起 3 支迴紋針，2 顆磁鐵還是只能吸起 3 支迴紋針，但是我們確定 2 顆磁鐵的磁力一定比較強，只是多出來的磁力不能再吸第 4 支迴紋針，所以這個方法不能用來計算磁力倍數。

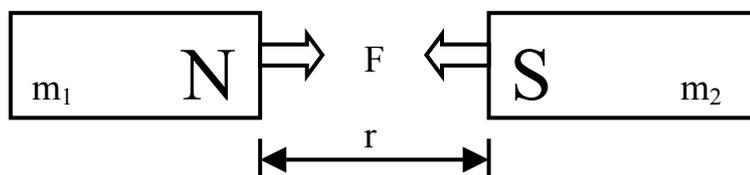
貳、我們對於意外的發現解釋如下：

因為一開始用很多顆磁鐵去吸迴紋針，後來雖然把磁鐵拿掉，可是迴紋針經過磁化，裡面有「殘磁」（殘餘沒有完全消失的磁力），所以後來用 1 顆磁鐵去吸的時候，吸上來 4 支迴紋針，有一部份是因為迴紋針裡面的殘磁，並不完全是上面那顆磁鐵的磁力。（「殘磁」是我們在南一版自然科五上第二單元的錄影帶看到的。）

● 第二種方法

壹、為了解答我們對於磁力倍數的迷惑，我們和老師約好利用中午午休時間一起查資料，我們查到“庫倫磁力定律”的資料：

兩個磁極間的作用力 F 與兩磁極強度的乘積成正比，而與磁極間的距離平方成反比，如下圖：



$$F = \frac{k \times m_1 \times m_2}{r^2}$$

在上面的公式中， k 是比例常數，在空氣或真空中 $k=1$

m_1 、 m_2 是兩顆磁鐵的強度

r 是兩顆磁鐵之間的距離

◎ 資料來源：內湖高工 教材資源中心

網址：http://content.edu.tw/vocation/control/tp_nh/ee/tp_nh/8/2.htm

所以，我們把一顆釹鐵硼磁鐵放在下面，上面用一顆磁鐵慢慢往下降，當下面的磁鐵受磁力往上飛的時候，磁力剛好是下面那顆磁鐵的重量；上面再換成 2 顆磁鐵做相同的實驗，當下面的磁鐵往上飛的時候，磁力也一樣是下面那顆磁鐵的重量，所以公式中的 F 是相等的（等於下面那顆釹鐵硼磁鐵的重量），還有，下面那顆釹鐵硼磁鐵的強度 m_1 是固定的；而且 $k=1$ ，最後就剩下『上面磁鐵的強度 m_2 』，和『上、下磁鐵的距離平方 r^2 』的問題了。最後我們可以得到

結論：

『上面磁鐵的磁力強度 m_2 和上下兩邊磁鐵的距離平方 r^2 成正比』，也就是說，『距離平方變成幾倍，上面磁鐵的磁力就變成幾倍』。所以，我們只要算出距離平方變成幾倍，就知道磁力變成幾倍了。

貳、厚、薄甜甜圈磁鐵的數據如下

厚的甜甜圈磁鐵（和表一相同）

	1 顆磁鐵	2 顆磁鐵	3 顆磁鐵	4 顆磁鐵	5 顆磁鐵	6 顆磁鐵	7 顆磁鐵	8 顆磁鐵
平均	3.22	3.77	4.12	4.27	4.37	4.51	4.61	4.65
是 1 顆磁鐵磁力的幾倍	1	1.37	1.64	1.76	1.84	1.96	2.05	2.09

2 顆磁鐵的磁力是 1 顆磁鐵的 $3.77^2 \div 3.22^2 = 1.37$ 倍

3 顆磁鐵的磁力是 1 顆磁鐵的 $4.12^2 \div 3.22^2 = 1.64$ 倍

4、5、6、7、8 顆的算法相同。

薄的甜甜圈磁鐵（和表二相同）

	1 顆磁鐵	2 顆磁鐵	3 顆磁鐵	4 顆磁鐵	5 顆磁鐵	6 顆磁鐵
平均	3.03	3.72	4.16	4.41	4.61	4.73
是 1 顆磁鐵磁力的幾倍	1	1.52	1.88	2.12	2.31	2.44

2 顆磁鐵的磁力是 1 顆磁鐵的 $3.72^2 \div 3.03^2 = 1.52$ 倍

3 顆磁鐵的磁力是 1 顆磁鐵的 $4.16^2 \div 3.03^2 = 1.88$ 倍

4、5、6 顆的算法相同。

參、從上面的說明我們可以看出，厚的甜甜圈磁鐵要 7 顆才到達 2.05 倍；而薄的甜甜圈磁鐵只要 4 顆就已經達到 2.12 倍了。再從《圖一》『厚、薄的甜甜圈磁鐵相吸後的磁力倍數圖』兩條曲線可以看出來薄磁鐵的曲線一直都在厚磁鐵的上面，這表示相同的磁鐵個數，薄磁鐵的磁力倍數會增加得比厚磁鐵還快；但是兩條曲線最後都會接近水平，這表示再增加磁鐵，磁力也不太會增加了。

肆、為什麼厚的甜甜圈磁鐵相吸後磁力增加較少，而薄的甜甜圈磁鐵卻增加較多呢？我們的結論是：

磁鐵的總厚度會影響磁力，總厚度太厚的話，最上面的磁鐵因為距離最下面的磁鐵太遠了，最上面的磁鐵根本無法將磁力傳到最下面。這個道理我們可以舉個例子來說明，“要 1 顆磁鐵隔很遠的距離吸引物體根本是不可能的事”，厚的甜甜圈磁鐵不就是這樣的道理嗎？所以，相同的磁鐵個數，薄磁鐵的總厚度比較薄，當然磁力倍數會增加比較多。

伍、不管是厚或薄的磁鐵，相吸之後都不像我們以前所想像的「磁力可以一直增加下去」，看來一般的磁鐵相吸再多顆磁力都無法達到 3 倍。

◆ 研究二：磁鐵單擺

壹、單擺磁鐵接觸火焰時，磁鐵溫度會一直升高，當磁鐵溫度升高時，磁力會慢慢減弱，直到右邊的磁鐵吸不住就會擺回垂直的位置，這時單擺磁鐵已經離開火焰，溫度會開始下降，磁力會慢慢恢復，恢復到一定程度時，又會被右邊的磁鐵吸過去，就這樣來來回回，都不用接電池或馬達，只要火焰就可以了。

貳、再重複一次 **〈表五〉**：

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	平均
蠟燭單擺週期 (秒)	45 秒	56.4 秒	1 分	1 分 6.8 秒	57.1 秒
酒精燈單擺週期 (秒)	56.4 秒	53.0 秒	48.0 秒	48.2 秒	51.4 秒

表面上看起來，蠟燭的平均單擺週期好像比較長，但是仔細觀察每一次的數據，我們發現第一次的週期最短，以後三次的結果一次比一次長，我們每個人做出來的結果都是這樣。我們認為這個現象怪怪的，應該要仔細研究一下，所以我們又回過頭去檢查每一個步驟，看能不能找出任何蛛絲馬跡。最後發現經過蠟燭燃燒過的磁鐵，上面黑黑的，是「碳」卡在上面，於是我們恍然大悟，**可能是因為燃燒久了以後，磁鐵表面的碳越來越厚，燃燒的熱越來越不容易傳到裡面的磁鐵；還有，擺回去以後，因為磁鐵表面有一層碳，會讓磁鐵的熱比較不容易傳出來，所以單擺週期就會越來越長。**我們認為，第一次的數據「45 秒」應該比較接近正確的蠟燭單擺週期，以後三次都受到磁鐵上面卡碳的影響。

經過蠟燭燃燒過的磁鐵表面有一層厚厚的碳，所以磁鐵看起來非常的黑，如果用衛生紙去擦，白色的衛生紙上面會有黑色的碳。



參、改用酒精燈之後，因為酒精燃燒比較完全，只會產生二氧化碳和水蒸氣，不會有碳產生，所以單擺磁鐵上面不會卡碳，四次的數據就比較接近。

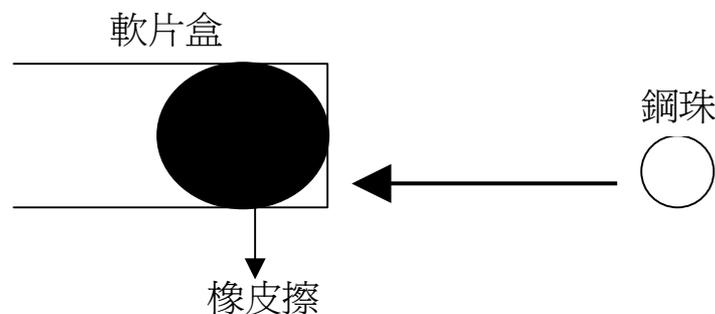
肆、再來比較一下蠟燭的單擺週期 45 秒和酒精燈的平均單擺週期 51.4 秒，酒精燈的週期稍微長了一點，原因可能有兩種：

一、因為差距不大，所以可能只是實驗誤差。

二、酒精燈的熱度比較高，可以讓單擺磁鐵溫度上升比蠟燭快，所以在磁鐵磁性減弱擺回去的時候，酒精燈可以讓磁鐵的最高溫度比用蠟燭的時候高一點點，當然擺回去的磁鐵要降到恢復足夠磁力的溫度，就要多花幾秒的時間。但是，因為我們沒有精密的實驗儀器可以驗證擺回去以後的磁鐵溫度，所以這個原因只是我們所能想到的可能推測。

◆ 研究三：磁鐵吸引鋼珠加速

- 壹、我們發現使用釹鐵硼磁鐵時，磁鐵左邊的鋼珠至少要有 2 顆才能讓鋼珠產生加速，只放 1 顆鋼珠的話，鋼珠根本不會彈出來。原因是因為釹鐵硼磁鐵的磁力太強了，右邊的鋼珠撞到磁鐵，磁鐵再把這個撞擊的力量傳給左邊的鋼珠，鋼珠接受到的撞擊力比磁鐵吸引它的磁力還小，所以沒辦法脫離磁鐵彈出去。
- 貳、但是，如果磁鐵左邊放 2 顆鋼珠就不一樣了，因為第 2 顆鋼珠離磁鐵比較遠，受到的磁力比較小，所以接受到的撞擊力量會比磁鐵吸引它的磁力還大，當然就會跑出去了，而且因為一開始最右邊的鋼珠是被磁鐵一直吸引，直到撞到磁鐵為止，已經被加速過了，所以磁鐵左邊第 2 顆鋼珠彈出去的速度用眼睛看起來感覺蠻快的，這顆鋼珠再經過下一顆磁鐵吸引，又會加速，撞到磁鐵的力量比之前第 1 次撞擊磁鐵的力量還大，所以最後彈出去的鋼珠就像子彈一樣，速度快得連眼睛都來不及看就撞到軟片盒了，只聽到鋼珠撞到軟片盒“咚”一聲。
- 參、從第 2 顆鋼珠開始會有加速現象，但是，我們想比較 2 顆、3 顆、4 顆……到底是不是鋼珠越多顆就會加速得越快，所以我們在最左邊放一個軟片盒讓鋼珠撞，鋼珠加速得越快就會把軟片盒撞得越遠，只要量一量軟片盒移動的距離就知道誰加速得最快了。
- 肆、在軟片盒裡放橡皮擦是要增加重量，否則鋼珠一碰軟片盒就飛出去了。如下圖：



- 伍、我們原本的想法是：磁鐵左邊的鋼珠越多，距離磁鐵越遠，受到磁鐵的磁力就越小，所以彈出去的速度應該越快，但是我們的實驗結果卻不是這樣。我們想來想去，想到了一個原因：最右邊的鋼珠因為磁鐵的吸引加速撞到磁鐵，再由磁鐵把撞擊力量往左邊傳，傳了太多鋼珠，就會有一部份的力量消失了，也就是說，不是所有的撞擊力量都可以百分之百傳到最左邊的鋼珠，傳越多顆，力量就消失越多，所以雖然最左邊的鋼珠受到的磁力很小，但是它接受到的撞擊力量已經減弱，這兩個因素剛好互相抵銷掉，所以不是鋼珠越多顆就能使鋼珠速度越來越快。

陸、改成一般磁鐵沒辦法加速的原因是：一般磁鐵的磁力太小，加很多顆之後，磁力也不能和鈹鐵硼磁鐵相比，而且加太多顆磁鐵以後重量太重，鋼珠好像是撞到一個重物，力量不能傳到左邊去，當然左邊的鋼珠不會彈出來。

陸、研究結果說明

綜合以上三個磁鐵實驗，我們把結論整理如下：

- 壹、磁鐵相吸以後的磁力不可能一直不斷的增加，任何磁鐵相吸太多顆，總厚度太厚的時候，磁力就不會再增加了，而且越厚的磁鐵相吸後的磁力增加得越少。(這對我們小學生來講，真是一大發現，我們終於知道，上課時向老師要太多磁鐵是沒有用的。)
- 貳、電、磁、光、力……都是不同的能量，「熱」也是能量的一種。在研究二的實驗裡，磁鐵受熱磁力會減弱，所以我們利用蠟燭或酒精燈的熱讓磁鐵的磁性減弱，單擺磁鐵磁力減弱之後就會擺回垂直的位置，等到溫度降低，磁力恢復以後，又會被吸引過去，就這樣一直重複不停。雖然我們沒有用電池或馬達，但是「熱」是讓磁鐵單擺來回擺動的關鍵因素。
- 參、利用鈹鐵硼磁鐵可以使鋼珠加速，改用一般磁鐵就沒辦法加速，所以鈹鐵硼磁鐵所具有的強勁磁力是這個實驗的重要關鍵，但是和我們想法不同的是“不是鋼珠越多，速度就會越來越快”。從《表六》及《圖二》可以知道，鋼珠超過 4 顆以上，速度增加就不多了。
- 肆、在這次實驗當中，雖然大家都有操作，但是數據都採用同一個人的數據，而且相同的實驗步驟都重複做 4 次，這樣才符合科學精神，「同一個人重複操作多次可以減少實驗誤差」。

柒、感想

真沒想到磁鐵這麼好玩，而且我們只用這麼簡單的實驗器材就可以做出這種成果，做完之後不僅對於自然科學的知識有更深的瞭解，我們更覺得做實驗真是一件很有趣的事，尤其學校常常說九年一貫注重我們學生的生活體驗能力，而且自然課本的內容有很多都改成讓我們學生自己動手操作，這樣一來，我們一定會更喜歡自然科。

捌、參考資料

1. <http://www.scitoys.com>
2. 內湖高工 教材資源中心
http://content.edu.tw/vocation/control/tp_nh/ee/tp_nh/8/2.htm
3. 南一版五上第二單元“奇妙的電磁世界”。

評語

學生能了解其中的原理，同時，實驗的設計很簡單，但功能示範磁分子受熱後磁力的變化，這一點很值得讚美。