

馬克尼斯現出原形

高小組物理科第三名

桃園縣潛龍國民小學

作者：周瑞芳、陳筱雯
劉永麟、劉嘉璿
指導教師：陳國強、徐兆俊

一、研究動機

有一天，到圖書館看課外讀物，看到一篇有關於馬克尼斯發現大磁鐵的童話故事，使我聯想到五年級自然科學到磁場分布，心想，如果能夠看到磁鐵在立體空間的磁力線分佈該多好，但是我找遍了所有的書籍，都找到平面的分布及平面籠統的磁力線方向分布及那一點是最強？最弱？從此以後，我和三位同學一起做實驗。

二、研究目的

- (一)測量環形及馬蹄形磁鐵在單位面積內磁力大小找出磁通量大小分布？
- (二)假設空間的磁場，可以分割再組合，把磁場分割後同一平面切割的磁力分布方向，出經旋轉另一平面做另磁力分布，最後組合成一立體空間磁力分布圖形？
- (三)測量環形磁鐵表面點的磁力大小，找出最大及最小？
- (四)測量馬蹄形磁鐵表面點的磁力大小和端點磁力比較？
- (五)利用麥芽糖克服地心引力求馬蹄形、環形、圓形、長方體等磁鐵在空間中磁力分布模型？
- (六)利用不同金屬材料做成環狀，並用交流電磁場求磁力對不同材質的影響？
- (七)觀察直流及交流電磁場和永久磁鐵磁場比較？

三、研究器材

- (一)彈簧秤、自製拉力裝置、一平方公分掛鉤、磁鐵（環形、馬蹄形）。
- (二)自製馬蹄形磁力分布器、噴膠、透明板。
- (三)大頭針、迴紋針、天秤、各種磁鐵、鐵板。
- (四)同(一)器具。
- (五)麥芽糖、熱水、釣魚線、照像機。
- (六)鉛環、銅環、鐵環各四個、清水、溫度計、桶子、交流電磁鐵。
- (七)自製交流電磁鐵、各種磁鐵、白板、噴膠、固定器、胡椒瓶。

四、研究過程

- (一)
 - 1.先把一平方公分底面吸附在環形磁鐵上，利用彈簧秤把底面鉤子鉤住向上拉，並注意刻度長度，直到底面脫離磁鐵彈上去，固定位置高底再做一次觀察彈簧刻度並紀錄。（圖1-1）
 - 2.另做完之後再做另一面。（圖1-2）。（上下面做完再做環形曲面。（圖1-3））
 - 3.把環形磁鐵外圈跟內圈各畫 $\frac{1}{2}$ 平方公分的面積若干個，讓1平方公分的底面自然吸附在外圈（或內圈），依順序做步驟(1)鉤住的重力，並紀錄。（圖1-4和1-5）
 - 4.依步驟①~③再做馬蹄形磁鐵，並紀錄。（圖1-6、1-7、1-8、1-9、1-10）。（以上步驟1平方公分面每做一次必須就消磁一次）。
- (二)
 - 1.把馬蹄形磁鐵裝製平放桌上，並調整角度至 90° 。
 - 2.把事先做好 $16 \times 16 \text{ cm}^2$ 的透明板平放桌面。
 - 3.在透明板上撒下均勻鐵粉。
 - 4.把上例透明板放進馬蹄形中間，並放到開口的底部。
 - 5.利用噴膠固定鐵粉形狀，約一分鐘後取出透明板靜置。
 - 6.再做另一透明板，並依①~⑤步驟做，但調整角度至 80° ，以後再做到 40° 及 $100^\circ \sim 130^\circ$ 等透明板。（圖2-1~8）

- (三) 1. 把環形磁鐵依 1 平方公分面積的四個端點都要測量，在磁鐵面上畫上點的紀錄，並編號。
2. 利用一根大頭針對到磁鐵並垂直磁鐵面，吸附後連接迴紋針，直到接不上，改用大頭針或半根大頭針到完全吸不上為止。
3. 再取下吸附的大頭針及迴紋針，利用天秤稱重，並紀錄。(圖 3-1)
4. 把環形磁鐵一面做完，再依步驟 1~3 做反面，並紀錄。(圖 3-2)
5. 做完步驟 4 後，再做環形磁鐵的曲面，依步驟①~③並紀錄。(圖 3-3)
- (四) 1. 依步驟(三)的方法做馬蹄形磁鐵。(圖 4-1 和 4-2)
2. 馬蹄形兩極的四端點畫對角線，取中心點做測量。(圖 4-3 和 4-4)。
3. 馬蹄形的邊緣依每一公分畫一端點做測量。(圖 4-5~7)
- (五) 1. 把麥芽糖瓶放入熱水中軟化，加入鐵粉攪拌，並倒入透明盒中，除去氣泡。
2. 把馬蹄形磁鐵用釣魚線繩四邊平放入麥芽糖中，固定釣魚線，靜置一天應用照相機取底面兩側面上面磁力照像存證。
3. 依步驟 1~2 做環形、長方形、圓柱形等實驗。(照片 5-1、5-2、5-3)
- (六) 1. 把鋁環依一個、二個、三個、四個分別用天秤稱重，紀錄。(表 6-1~4)
2. 打開交流磁場，放入一個鋁環於磁場中，靜置五分鐘，並量其平均高度。
3. 準備 100 毫升清水，量其水溫並紀錄。
4. 五分鐘後迅速把一個鋁環夾起，投入清水中，並紀水溫 $^{\circ}\text{C} / 5$ 秒。
5. 依步驟再做二個鋁環、三個鋁環、四個鋁環等相同做法。
6. 再銅環、鐵環做法相同。(表 6-5~12)
- (七) 1. 把白塑膠板平放在電磁鐵器上充磁(用 110 V、5A)，並撒上

鐵粉，打開電源觀察鐵粉分布，再照像存證，並紀錄所觀察到的。

五、研究結果

(一)由圖 1 - 1 (平均磁力) 上環 = $6160 \div 16 = 385$

(平均磁力) 上環 = $2880 \div 10$ 外圈

內圈 = 288

由圖 1 - 2 (平均磁力) 上環 = $3550 \div 16 = 221.9$

外圈

(平均磁力) 下環 = $2330 \div 10 = 233$

內圈

由圖 1 - 3 (平均磁力) 環形 = $9420 \div 25 = 376.8$

曲面

結果：發現環形磁鐵外圈磁力較強，內圈磁力較弱，另一方面環形面每單位面積磁力不均勻排列。

由圖 1 - 4 以 9" 為中心分兩半各磁力平均比較：

藍 (指南極) S = $61 \div 8 = 7.625$

結果：1 - 4 發現靠近兩極者的磁力最大，靠近馬蹄形中央磁力趨近零。1 - 5 發現與圖 1 - 4 結果一致。

紅 (指北極) N = $68 \div 8 = 8.5$

由圖 1 - 5 : 藍 (指南極) S = $65 \div 8 = 8.125$

紅 (指北極) N = $65 \div 8 = 8.125$

由圖 1 - 6 : 藍 (指南極) S = $(48 + 49) \div 18 = 5.35$

1 - 6 發現 N 極與 S 極磁力相當。

紅 (指北極) N = $(54 + 54) \div 18 = 6$

由圖 1 - 7 : 藍 (指南極) S = $73 \div 5 = 14.6$

1 - 7 及 1 - 8 所得磁力大小一致。但兩極總和比 1 - 6 面兩極磁力大甚多。

由圖 1 - 8 : 紅 (指北極) N = $70 \div 5 = 14$

(二)發現圖 2 - 1 ~ 8 結果：鐵粉往磁力強處偏轉，及靠近磁極處鐵

粉集中且密，並有築高直立，但互相排斥。

(三)由圖 3 - 1 及 3 - 2 發現環形磁鐵正反面上都有磁力，但最大與最小磁力點非常靠近，找不到有零磁力點。

由圖 3 - 3 環形曲面上發現每點都有磁力，但最大與最小磁力點都分散，並且曲面中間的點會受兩邊緣點吸引而靠邊。

結果：環形磁鐵的正反面磁力比曲面強，並且磁力線最強出現面上，最弱出現在曲面上。

(四)圖 4 - 1 兩極的磁力點的平均磁力略相等，愈往馬蹄形中央則磁力趨向零。

$$\text{圖 4 - 1 (平均磁力)} \frac{\text{上}}{\text{N}} = 5.7 \div 12 = 0.475$$

$$\text{(平均磁力)} \frac{\text{上}}{\text{S}} = 5.8 \div 12 = 0.483$$

$$\text{圖 4 - 2 (平均磁力)} \frac{\text{下}}{\text{N}} = 9.2 \div 12 = 0.767$$

$$\text{(平均磁力)} \frac{\text{下}}{\text{S}} = 5.3 \div 12 = 0.442$$

$$\text{圖 4 - 3 (平均磁力) N} = (0.66) \text{ 邊} + (0.32) + (0.16) + (0.38) \text{ 邊} = 0.38$$

$$\text{(平均磁力) S} = (0.28) \text{ 邊} + (0.36) + (0.29) + (0.51) \text{ 邊} = 0.42$$

$$\text{圖 4 - 4 (平均磁力) N} = (0.8 + 0.66) \div 2 = 0.73$$

$$\text{圖 4 - 5 (平均磁力) S} = (0.73 + 0.66) \div 2 = 0.695$$

(五)由透明盒可知各種磁鐵的立體空間磁場分布，用以證明步驟一到步驟四的數據作佐證。

(六)結果：由表 6 - 1 及圖 6 - 1 可知，做磁浮實驗時浮起的高度：鋁環 > 銅環 > 鐵環；產生熱量：銅環 > 鋁環 > 鐵環；環匝數浮起的高度：四個 > 三個 > 二個 > 一個。

(七)結果：電壓電流愈小則電磁場使鐵粉變化小，電壓提高電磁場使鐵粉吸附變化大，造成疏密變化大；至於使用交流電以改

變電磁場變化，結果圖形大至直流電的電磁場圖案相同，只是一極鐵粉甚密且直立，另一極鐵粉卻甚疏且有激烈跳動趨向另一極吸附去。

六、結 論

- (一)環形磁鐵外圈磁場往圓外方向下走，而內圈往圓心方向向下走，而內圈以外圓之間有互相排斥，故整個磁場外圈大於內圈，形狀兩個一大一小的甜甜圈，而圓心處磁場為零。
- (二)磁力線互相之間有力的平衡排斥現象，故磁力線一條一條視為各則獨立集合，且與極面有自然垂直效應，若依每次 1° 角度旋轉把磁場切面組合，可明顯看出磁力線的旋轉，及單位面積內磁力線大約數目。（磁通量）。
- (三)環形磁鐵與一般磁鐵不同之處除形狀磁場為零。
- (四)馬蹄形的中間帶磁場為零，兩極磁力最強，兩極又以南北極的邊緣點為最強，兩極的對角線中點反而磁力最弱。
- (五)由透明盒中可發現磁力線與磁鐵的面呈垂直，故可把磁力線視為磁鐵面的法線，但有漸漸彎曲向另一極去。另一方面，磁鐵一定有一個部份區域最強趨近弱最後有區域磁力是為零。（由本實驗可做為步驟二實驗的佐證）。
- (六)由磁浮實驗中可知銅環產生熱量最高，磁浮的高度則是鋁環最高。甚至一兩分鐘之內手就不能去拿，否則有燙傷之慮。另外，環的匝數增加，雖然也增加重量，但反而浮的愈高。至於電阻質鋁、銅、鐵三者視為控制變因，故要求阻質一致。
- (七)利用直流電與交流電造就電磁場比較結果，直流電有穩定磁場故鐵粉一形成圖案既不再改變，但交流電所造的電磁場可發現其中有一些變化，例如，鐵粉跳動於趨近其中的一極，並且直立的鐵粉一致方向，且在極中央均勻分布，不像磁流電的電磁場雖靠近兩極，但在兩極的中央鐵粉較少，大多數集中在兩極的邊緣。總之，直流電的電磁場較像一般磁鐵的磁場分布。

七、討論

- (一)由實驗可知任何磁鐵的磁場都有兩區域磁場最強；且在兩強磁場之間會有最弱磁場出現。
- (二)在最強磁場區域中，磁鐵的表面磁場分佈並非均勻，而是在端點或角落尖數磁場才是最大。
- (三)假設磁力線是有彎曲的，並且對曲率半徑愈小的磁力線而言，實驗因是與磁鐵表面垂直做拉力及吸力，就有較大的誤差。
- (四)利用外物來顯示磁場大小及強弱，若取點測量愈多則磁場類比愈完整。
- (五)永久磁鐵及直流電的磁場分布形狀固定，證明磁力線在空間中分布位置固定。所以可以用直流電所產生的電磁場來代替永久磁鐵，但要注意形狀不同時，磁場也不同。
- (六)交流電的磁場造成鐵粉有振動及趨向強磁場集中，證明交流電的磁力線在每次變換磁極時，磁力線的路線有更動或移位，造成有推動鐵粉現象。
- (七)磁浮現象發現只有鐵環比較不會產生熱量，證明目前變壓器的磁蕊都用鐵質，是正確的。但若爲了要熱量，如電磁爐則取用銅質材料產生熱量最高，但若要是爲了浮起則可考慮採用鋁質材料。

八、建議

- (一)預防磁化鐵及 1 平方公分平面鈎，每用完必須消磁，以防磁滯影響實驗結果。
- (二)（步驟二）的自製裝置器也可改用電磁鐵及各種形狀尋求相異的磁場。
- (三)利用麥芽糖好處是加溫溶化，遇冷凝結但非固化可減少地心引力影響。
- (四)求實驗最大目的是在尋求立體的磁場，也可由空間中求單位面積的磁通量大小做磁浮實驗，鐵環可說是無熱量及無浮起。
- (五)若依本實驗中所假設磁力線爲磁鐵表面的法線，則步驟(一)、(三)、

(四)所做的實驗數據有誤差是可接受的，因距離長磁力愈彎。

九、參考資料

(一)自然科學辭典，華視出版，151～156頁。

(二)中華兒童百科全書，教育廳，3777～3780頁。

(三)自然科第八冊單元，58～74頁。

教學活動舉例

(四)有趣的物理實驗，69～73頁。

(五)自然科實驗，128～135頁。

(六)小實驗大啟發，34～65頁。

評 語

- 利用麥芽糖的緩慢凝固將排列於磁場中的鐵屑固定住，以展示三度空間的磁場分布，構思頗具創意。其缺點是對於部分實驗，例如磁極部分之特性未能作詳細觀察。