

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：磁力「現」形術—看不見，但一直都在的磁力線

一、摘要：

你是否曾經將磁鐵敲碎呢？當磁鐵受到破壞後，磁場強度會就此減弱嗎？該如何觀測磁場強度呢？觀測磁場強弱的方法有很多，最常見的方法是在磁鐵周圍撒上磁粉，便可即時窺得該磁鐵磁場強度分布的情形，然而在此方式中的磁粉並不容易清理且僅可見到現象而無數據加以證實。因此在本研究中，我們使用磁力觀測片與高斯計進行磁場量測，探究磁鐵的磁場強度分布是否與理論描述相符與不同形式的排列是否會影響磁場強度？

透過彩色磁力觀測片，我們印證了磁力線分布就如書本所描述；外觀看似相同的磁鐵或將相同磁鐵以不同方式排列時，磁場分布情形也會有所差異。透過高斯計量測後，我們發現碎裂後磁鐵的磁場強度並不會與其大小與形狀呈正比關係。

二、探究題目與動機

1. 探究歷程總述

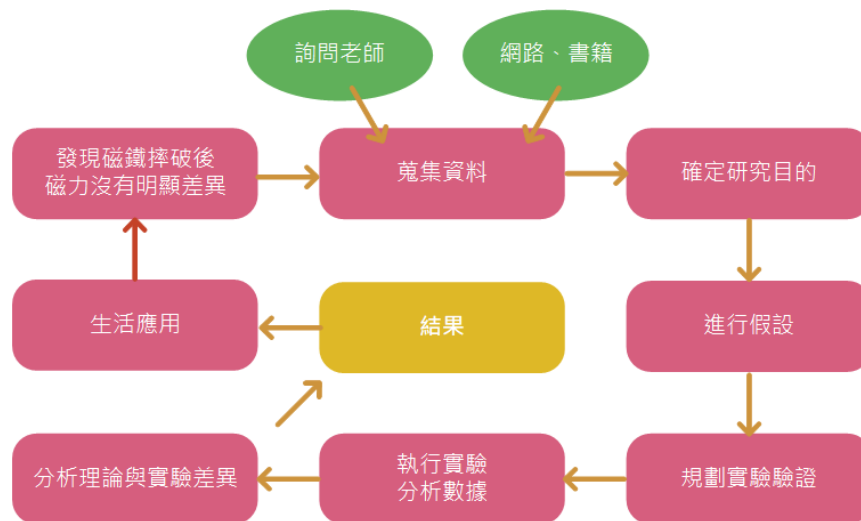


圖 1 探究歷程概述

2. 探究動機

當磁鐵受到破壞後，磁場強度會就此減弱嗎？直覺下會認為磁力會因破裂而變弱，然而我們卻發現，碎裂的磁鐵除仍具有磁性外，其磁力強度方面也沒有顯著差異，因此觸動我們強烈的好奇心，決定透過科學的方式研究**磁鐵碎裂前後磁場強度的變化**。在蒐集許多文獻與詢問老師過後；我們利用磁力觀測片與高斯計來觀察並測量各式磁鐵的磁力分布與磁場強度；許多磁鐵在肉眼看來都十分類似，但透過磁力觀測片後發現與我們的認知不完全相同，例如單面多極¹或單面單極²的磁鐵是無法透過肉眼辨識，但磁力觀測片卻可將其現形，因此我們將磁力觀測片**觀測不同類型磁鐵**所得到的結果列入實驗。

¹ 磁鐵單面多極就是指磁鐵同一面上有多對磁極。

² 磁鐵單面單極就是指磁鐵同一面上僅有一對磁極。

三、探究目的與假設

1. 探究目的

- (1) 探究不同類型永久磁鐵的磁場分布情形
- (2) 探究磁鐵在不同排列組合與堆疊下磁場分布情形
- (3) 探究切割前後磁鐵之磁場分布與磁力強度變化情形

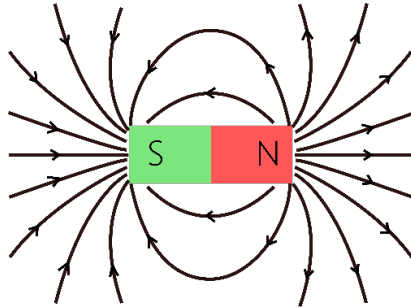


圖 2 磁力線分布示意圖

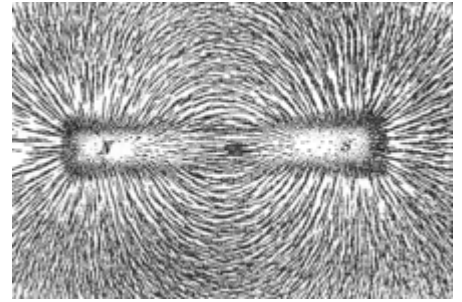


圖 3 模擬磁粉圍繞磁鐵(維基共享資源)

2. 科學原理

- (1) **磁場**即磁場為磁感應的強度，為向量場，其方向由北極指向南極。單位是特斯拉，簡稱 T。
- (2) **磁力線**是人類想像出來描述磁場的抽象概念，磁鐵外部磁場線是由 N 極指向 S 極而內部是由 S 極指向 N 極，磁力線越密集的地方，磁場強度就越強。
- (3) **磁極**永遠成對存在，當一塊完整磁鐵被分散成小塊時，每塊磁鐵會產生新的 N 極與 S 極且磁極無法單獨存在，永遠成對。

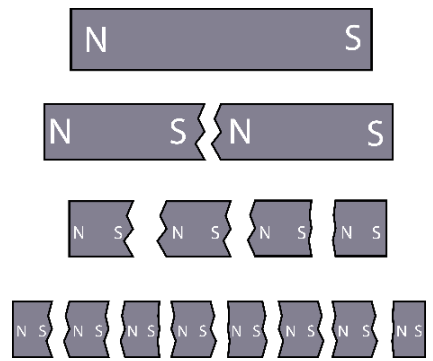


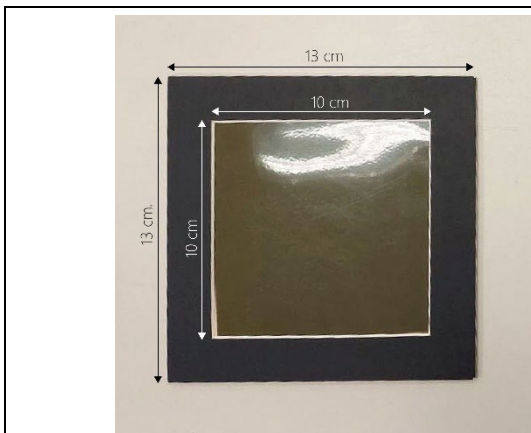
圖 2 磁極成對存在示意圖

3. 實驗假設

- (1) 根據以上理論描述，磁鐵兩端的磁力較強。
- (2) 根據以上理論，假設，若磁鐵受切割，應使得磁力強度衰弱。

四、探究方法與驗證步驟

1. 測量設備



彩色磁力探測片
Magnetic (Flux) Viewing Film



磁場感應器(高斯計)
型號：MG-BTA(單位：mT)

使用磁力探測片觀察磁場強度方法：將磁鐵靠近磁力探測片如圖 5 所示，即可由顯示的顏色對應磁場強度如圖 6。

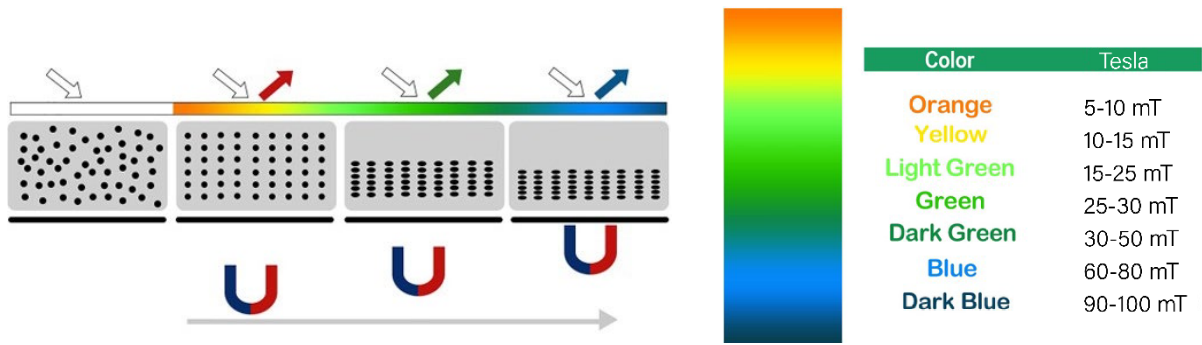


圖 5 磁力觀測片使用方式

圖 6 磁力觀測片顯示顏色與磁場強度對應表

2. 實驗方法說明

實驗 A、B、C：將磁鐵置於彩色磁力觀測片後觀測磁鐵磁力強弱分布情形。

實驗 D：使用高斯計測量磁鐵切割前後的磁場強度。

3. 實驗結果

實驗 A：不同類型磁鐵分別透過彩色磁力觀測片顯示與高斯計測量磁場強度的結果

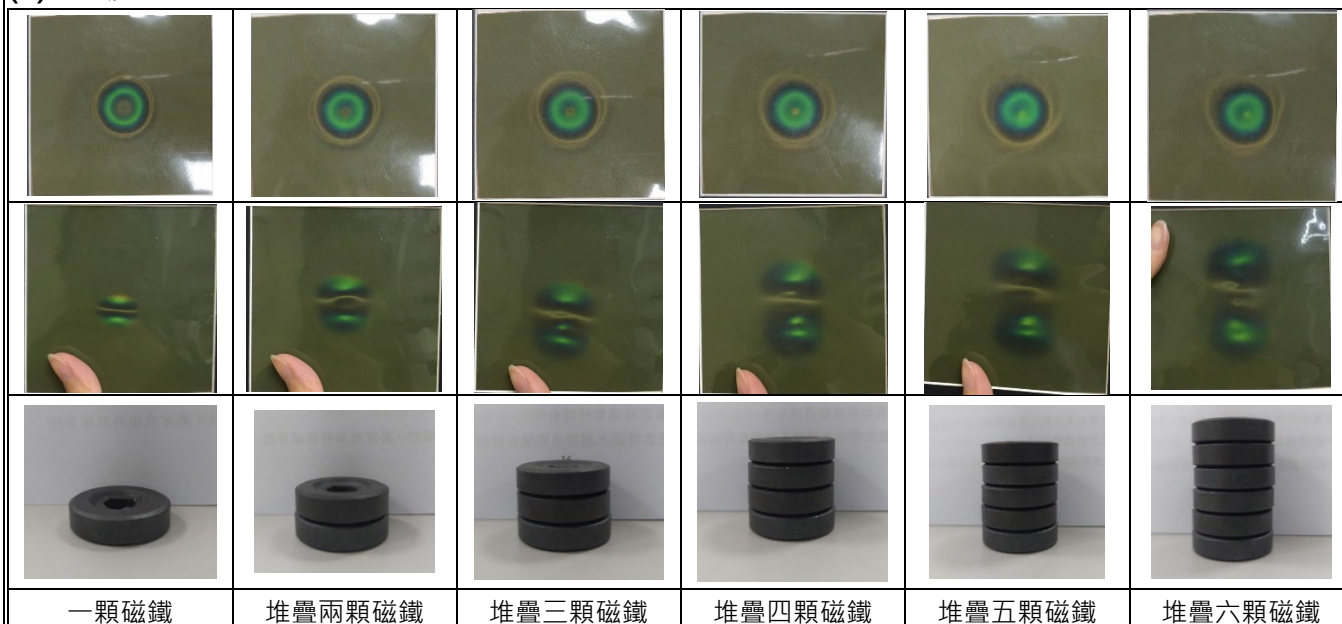
1 號圓形磁鐵 (單面單極)	2 號圓形磁鐵 (單面多極)	1 號釹鐵鵬磁鐵 B=7.998 mT	2 號釹鐵鵬磁鐵 B=7.898 mT	1 號 O 型磁鐵 B=6.580 mT	2 號 O 型磁鐵 B=5.916 mT
指尖環	U 型磁鐵	I 型磁鐵		軟磁鐵條 (單面多極)	

總結：

由不同類型磁鐵在磁力觀測片下顯示可發現，圓形磁鐵具有單面單極與單面多極兩種排列方式；以 U 型磁鐵與 I 型磁鐵兩端磁力較強，符合磁力線分布方式。

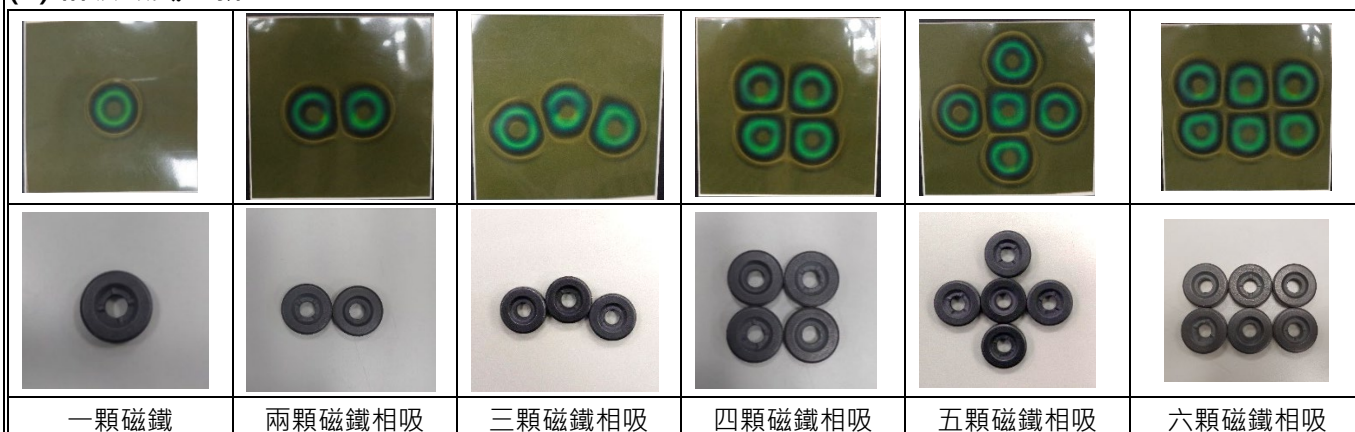
實驗 B：不同排列組合磁鐵透過彩色磁力觀測片顯示磁場強度的結果

(a) 磁鐵相疊



總結：磁鐵相疊實驗中，可發現將兩個磁鐵重疊時會與 U 型、I 型磁鐵一樣，兩端的磁力較強。符合假設中的磁力線分布方式。

(b) 相吸磁鐵並排



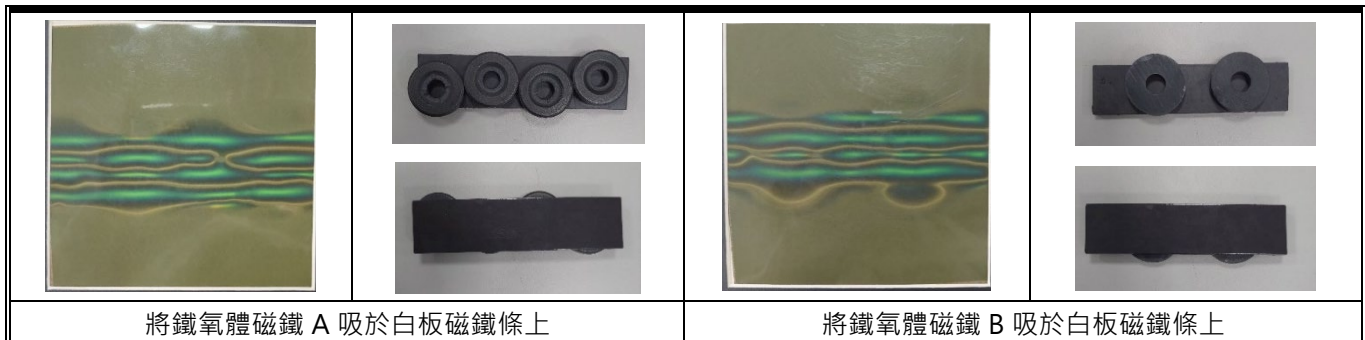
總結：若為相吸放置 (即兩塊磁極相異放置)，相鄰兩磁鐵其相吸處 (接觸點) 磁力較弱。

(c) 相斥磁鐵並排



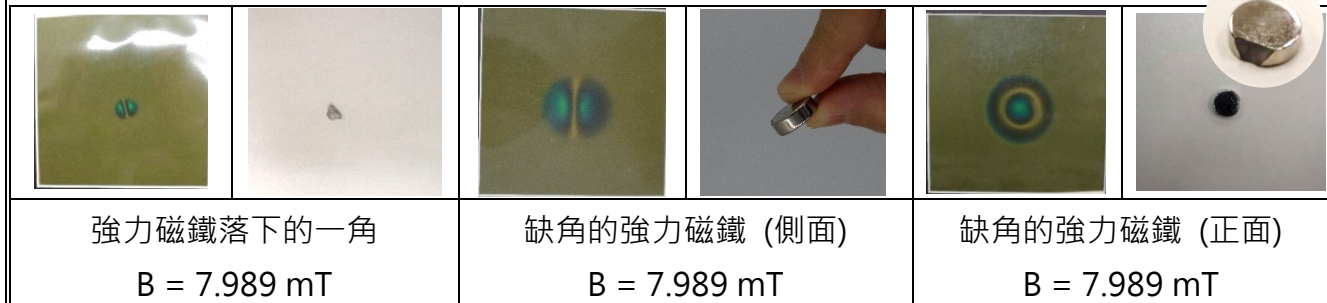
總結：若為相斥放置 (即兩塊磁極相同放置)，相鄰兩磁鐵其相吸處 (接觸點) 磁力增強。

(d) 其他狀態下磁鐵並排



總結：於單面多極磁鐵下放置環型磁鐵，會發現原本整齊排列的磁力線會形成波浪型。

實驗 C：破碎磁鐵透過彩色磁力探測片顯示之結果



總結：可發現在磁鐵落下的一角中，顯示類似由側面觀測之磁鐵，具有兩極，此點符合理論與實驗假設，磁鐵受切割後，將具有兩極，而不會有單極的磁鐵；並且依高斯計測量結果，且兩者磁場強度相同。藉由磁力觀測片可發現落下一角的強力磁鐵、完整體或缺角的另一體

實驗 D：破碎磁鐵透過磁場感應器偵測之磁力強度

實驗說明：

本實驗使用強力磁鐵 A 進行實驗，其為厚度 2 mm 及 4 mm，直徑皆為 20 mm，每次切除 2 mm。

總結：經實驗可發現，經切割後不完整的磁鐵，與切割前完整的磁鐵磁場強度非常接近，近乎沒有差距，所得數值差距僅 ± 0.001 mT，應為人為誤差，可忽略不計，可發現磁鐵**磁場強度不受磁鐵受切割程度影響**。

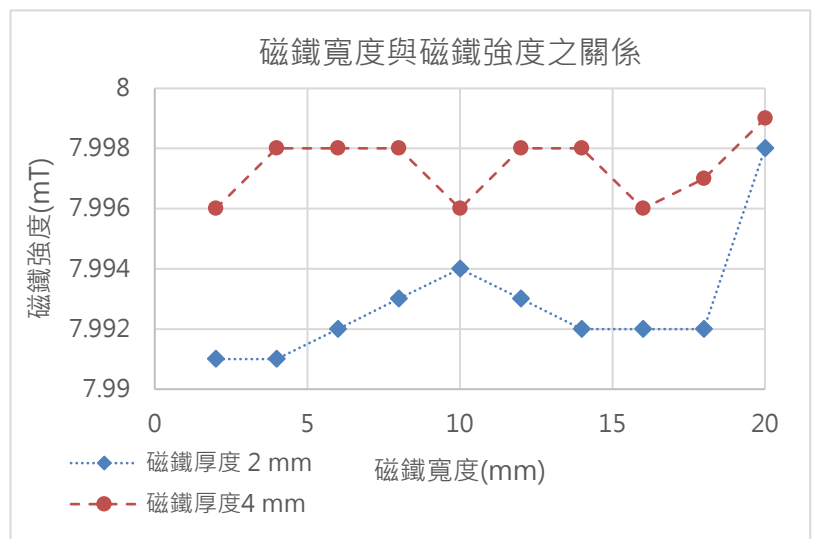


圖 3 實驗 4 結果

五、結論與生活應用

1. 研究結論

- 實驗 A：在實驗 1 當中可看出，各式磁鐵在磁力觀測片觀測下，將顯示不同的結果。例如：U 型磁鐵整體由相同材質製作，但僅有兩端具有磁性。且可透過磁力觀測片進行具體觀察。
- 實驗 B：相疊磁鐵將形成同 I 型磁鐵之結果，僅有兩端顯示磁力，在 U 型磁鐵當中也可以看見相同的結果；相斥的兩塊磁鐵透過觀測片上出現的綠色部分將相融，相吸的兩塊磁鐵透過觀測

片上出現的綠色部分將不相融；若將兩塊磁鐵相吸，將影響到整體觀測的顯示結果。並出現更為複雜的畫面。

- (3) 實驗 C：強力磁鐵 B 的磁極於上下，故可發現由側面方向觀測即可出現成對磁極；並在磁鐵破碎後，可發現碎落磁鐵亦形成成對磁極，可知沒有磁單極，若磁鐵破碎，將即刻形成 S 極與 N 極，並可透過觀測片顯示。
- (4) 實驗 D：使用高斯計測量，可發現磁場強度不受切割程度影響；但平均來看，若是完整的磁鐵，磁力將略強於破碎磁鐵，但僅有 ± 0.006 mT 之差距，若在生活使用中，將幾乎察覺不到其差異，主要差異來源因是因為面積的關係。若接觸面積過小，容易脫離磁力有效範圍。

2. 延伸實驗

(1) 自立筆

自立筆如圖 8，由三塊磁鐵排列後，使用相斥或相吸的力讓其旋轉，在實驗過程中可發現，無論使用碎掉的磁鐵或完整的磁鐵旋轉的能力與轉速並無明顯差異，可藉此驗證本研究結果。



圖 4 自立筆

3. 生活應用

(1) 指尖環

常見的單面單極磁鐵以水平方式置於平面上排列時，在三個磁鐵的排列組合下，若不借助外力，必然有兩顆磁鐵為同極並相斥，但三個指尖環無論怎麼排列都能相互吸引，該原理與單面多極磁鐵相似，因內部並非一整塊大磁鐵，而是由六個小磁鐵組合而成，其內部照片如圖 9。

(2) 馬蹄型磁鐵 (U 型磁鐵)

馬蹄鐵形狀磁鐵試圖拉近兩個磁極之間的距離，藉以產生能夠吸引沉重鐵磁體的強烈磁場。其磁力線分布如圖 10。可看見因兩個磁極距離相近，形成了較強的磁場。

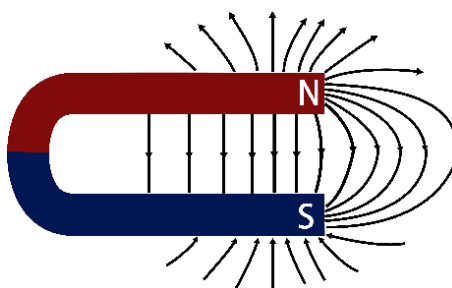


圖 6 馬蹄型磁鐵磁力線



圖 5 指尖環內部(來源自網路)

參考資料

- 觀念物理 V 電磁學·核物理
- 科學人 磁鐵斷開來後，為什麼翻面才會相吸？ 台灣大學物理系張慶瑞教授
<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=709>
- 磁鐵怎麼斷了(1) 強力磁鐵相吸相斥篇 <http://n.sfs.tw/content/index/13531>
- 電磁學 張啟揚 東華書局