

2023年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：豈有「磁」理——探討磁場改變對鐵棒磁力的影響

一、摘要

因為老師總是說，磁力會受到外界影響，我們想進行實驗來進行驗證並且讓改變量化。整個過程分為兩個部分。

第一部分為使用單擺垂吊磁棒，使鐵棒摩擦磁化，改變摩擦鐵棒的長度和次數，找出和鐵棒磁力值變化的關係。當磁鐵滑動距離為 $1/4$ ，所測得的磁力值皆為正值。當磁鐵滑動距離為 $2/4$ ，所測得的磁力值皆最靠近零。當磁鐵滑動距離為 $3/4$ 、 $4/4$ ，所測得的磁力值不相上下。滑動的第一次時，各種距離磁力的絕對值皆較少，第二次會些微增加，但隨後繼續增加次數，磁力值並無明顯改變。

第二部分為磁化後的鐵棒放入消磁器的時長對磁力變化量的影響。經過實驗發現，磁鐵放入消磁器的時長對磁力減弱變化量影響很小，所以我們推測影響磁力變化量的是磁鐵抽出消磁器的速度而非時長。

二、探究題目與動機

我們的研究題目是鐵棒被磁化及消磁的量化，將被磁化的鐵棒消磁，及製作出「磁力相等」的鐵棒。此題目的發想是因為小時候，老師總是告誡我們，鐵棒不能和磁鐵放在一起，否則會被磁化；將針和磁鐵摩擦，可以製造出暫時磁鐵，當作指北針；除了將磁鐵加熱，還有哪些方法可以達到消磁的效果呢？而這些方法在操作過程中又有哪些因素會影響結果？我們想知道「被磁化」及「被削弱」的程度與各種人為干擾的關聯。

三、探究目的與假設

(一)、探究目的：探討磁鐵摩擦鐵棒對鐵棒磁化前後磁力大小的影響，以及磁化後的鐵棒放入消磁器的時長對磁力變化量的影響

(二)、假設：

- 1.用磁鐵單向摩擦鐵棒，可使鐵棒磁化。
- 2.相同規格的鐵棒，磁力越大，可吸起的鐵粉越多。
- 3.鐵棒放入消磁器中的時長不同，可使鐵棒有不同程度的磁力值變化，且相同時間所產生的磁力值變化相同。

四、探究方法與驗證步驟

(一)、第一部分

1.探究方法

一開始，我們手握磁棒單向摩擦無磁力的鐵棒，量測鐵棒磁化後，一端可吸起的鐵粉質量，並用手機軟體中的磁力計量測其磁力絕對值。我們發現在同一次實驗中，使用相同的鐵棒，在與手機的相對位置大致相同處，時間差只有數秒，量測到的磁力絕對值卻相差極大；以磁鐵吸起鐵粉的重量來判斷磁力大小，卻發現當磁鐵摩擦鐵棒次數少時，鐵棒磁力過小，可吸起的鐵粉質量過小，電子秤無法量測，無法準確地記錄並比較。即使重複多次吸起鐵粉測量後取平均，電子秤依然難以量測。再加上，鐵棒裹上保鮮膜後，附著在保鮮膜上的鐵粉，有一部分是因為保鮮膜的靜電力、摩擦力、卡在膜上而附著的，一部分是因為鐵棒的磁力而附著的。我們嘗試在測量鐵粉質量前，將保鮮膜和鐵棒輕輕分離，保留在保鮮膜上的鐵粉是因靜電力、摩擦力、卡在膜上的，而掉落的鐵粉才是受鐵棒磁力而附著的，我們測量掉落的鐵粉，以盡量減少其他原因附著之鐵粉對實驗數據的影響。但由於保鮮膜上附著的鐵粉占鐵棒所吸起之鐵粉的質量比例過大，導致測量結果不準確。由於手機軟體檢測和鐵粉質量量測的不準確，我們上網搜尋測量磁力的儀器，最終決定使用Vernier的磁力感測器以及LABQuestMINI(資料收集器)來測量鐵棒的磁力值，並固定鐵棒和磁力感測器的相對位置，讓實驗數據更加準確。

由於手握磁棒的移動速率不同，施力也不同，且手機軟體或手機檢測器的準確度不高，而導致實驗結果規律不明顯。因此，為了減少影響鐵棒摩擦磁化的變因，我們透過單擺裝置使我們改用單擺裝置垂吊磁棒，利用重力使磁棒的受力和加速度固定，進而使每次摩擦時的速度與距離相同，避免因手動方式而產生誤差，增加實驗的不準確性。但單擺裝置上的磁棒若在摩擦後吸住鐵棒，分離兩者時，容易使磁棒摩擦到鐵棒，產生相對移動，若磁棒和鐵棒的最短距離過遠，則會使鐵棒磁力改變不明顯。調整過後，我們決定使磁棒和鐵棒的最短距離為1公分。

一開始，我們藉由固定磁棒高度，使磁棒摩擦鐵棒時的速度相同，但由於垂吊磁棒的棉線彎曲，棉線和磁棒不在同一條直線上時，每次磁棒落下前的角度不同，會使磁棒在摩擦鐵棒時的速度不同，而影響鐵棒摩擦磁化後的磁力。因此，我們改為固定磁棒拉起的角度，並且藉由手握磁棒，調整棉線和磁棒的角度，確定棉線和磁棒在同一直線上。而在實驗設計的部分，原先的實驗設計是將整隻鐵棒劃1/4、2/4、3/4、全部，但如此鐵棒的前1/4處就會一直重複被磁化，所以我們更改實驗設計，改為同一支鐵棒固定劃過的距離，更改畫過的次數，避免有區段被重複劃過，而影響我們想要得到的結果：磁棒和鐵棒摩擦不同長度對鐵棒磁力的影響。

一開始，我們使用磁棒反向摩擦鐵棒，使鐵棒消磁。使鐵棒靠近指北針，觀察指針的指向以確定鐵棒磁化後的磁極。反向摩擦鐵棒，可使磁化的磁極和原來的磁極相抵消，反向摩擦後，使鐵棒兩端分別靠近指北針，若指針皆未反向偏轉，則可推知鐵棒已消磁。但多次嘗試後，

我們發現即使鐵棒接近指針，並未使指針偏轉，鐵棒仍然可以吸起鐵粉，因此，用磁棒反向摩擦鐵棒，難以使鐵棒完全消磁。查詢資料後，我們決定使用充消磁器為鐵棒消磁，解決手動無法完全消磁的問題。並且在進行實驗前，透過LABQuestMINI儀器量測初始磁力，並使用其搭配的logger lite軟體進行歸零。

在使鐵棒消磁的實驗中，我們發現反向摩擦鐵棒，可使鐵棒快速改變磁極，因此將單擺的磁棒設計成只可單向擺動至垂直桌面，才不會因為反向摩擦，磁棒遠離鐵棒，而造成鐵棒磁力減弱，甚至磁極方向改變。我們發現要量測鐵棒磁力時，拿走鐵棒的方向必須和桌面平行，且和磁棒摩擦鐵棒的方向垂直，否則會造成磁棒和鐵棒有相對距離的改變，或者使磁棒再次摩擦鐵棒，導致鐵棒的磁力改變，放置鐵棒時亦然。在使磁棒停止的部分，一開始我們使用木板擋住磁棒，但磁棒因為反作用力會彈回，造成磁棒反向摩擦鐵棒。因此，我們改用黏土，希望能讓磁棒黏在木板上的黏土，但磁棒依然會彈回。經過不同材料的嘗試，我們最後決定使用強力雙面膠黏住磁棒，經過實作的驗證後，我們發現強力雙面膠的黏性會隨著實驗的進行減少，所以我們重複地黏雙面膠在木板上，並且發現隨著雙面膠越黏越多層，一片雙面膠可以使用越久。

2. 驗證步驟

- (1) 將磁棒的一端利用細棉繩綁住，垂吊在鐵桿上。
- (2) 將量角器黏貼在直立的木板上，並將量角器原點對準磁棒垂吊的點，也就是棉線綁住鐵桿處，單擺裝置的圓心。
- (3) 將無磁力的鐵棒水平放在桌上，並使棉線所綁的圓心和磁棒單向擺動停止處，在同一直線上。
- (4) 將鐵棒利用充消磁器消磁後，利用直尺將鐵棒的長度平均分為4等份，並做上記號。
- (5) 在另一塊木板上黏貼強力雙面膠，貼著磁棒自然垂吊時的方向放置，對齊鐵棒的均分線。將磁棒拉至45°後放開，使磁棒滑過鐵棒，停在均分線處。若雙面膠未黏住磁棒，則視為實驗失敗，兩者最短距離為1公分，避免磁棒吸住鐵棒。
- (6) 每次磁鐵擺盪後，將鐵棒以「與磁鐵擺盪方向垂直」並「平行於桌面」的方向拿出，將鐵棒與磁力感測器放置於同一直線上，並於桌上黏上非鐵製的直尺幫助對齊，搭配logger lite軟體量測鐵棒磁力並記錄數據。

3. 實驗數據與結果

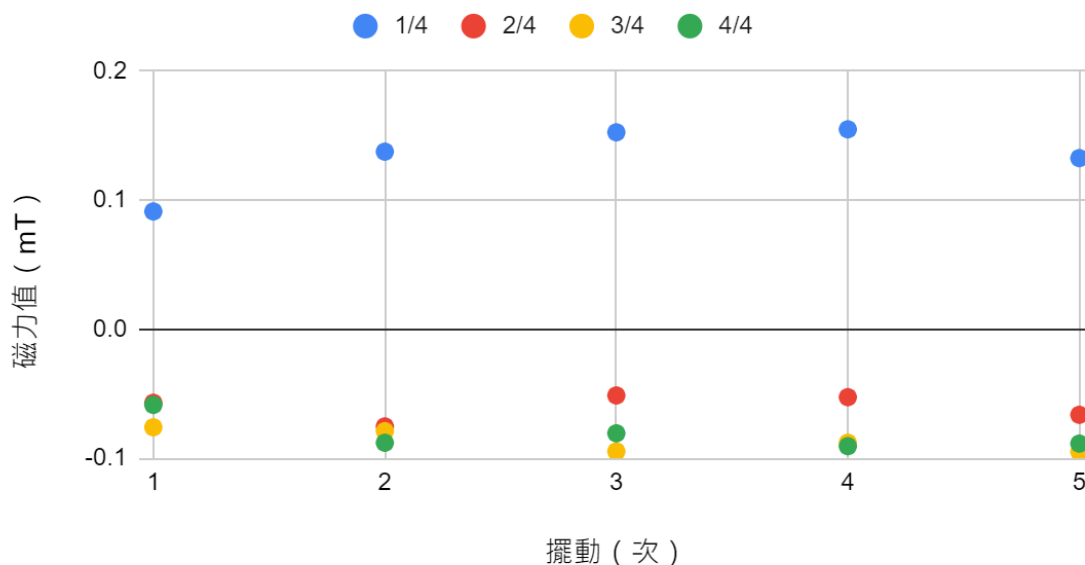
- (1) 實驗數據(單位:微特斯拉)

表一：鐵棒磁力平均值

單擺(mT/次)	1	2	3	4	5
1/4	0.091	0.138	0.153	0.155	0.133
2/4	-0.057	-0.075	-0.051	-0.053	-0.066
3/4	-0.076	-0.079	-0.095	-0.088	-0.095

4/4	-0.059	-0.088	-0.081	-0.091	-0.089
-----	--------	--------	--------	--------	--------

(2) 結果



圖一：磁

力值(平均)與擺動次數的散佈圖

1. 當磁鐵滑動距離為1/4, 所測得的磁力值皆為正值。
2. 當磁鐵滑動距離為2/4, 所測得的磁力值皆最靠近零。
3. 當磁鐵滑動距離為3/4、4/4, 所測得的磁力值不相上下。
4. 滑動的第一次時, 各種距離磁力的絕對值皆較少, 第二次會些微增加, 但隨後繼續增加次數, 磁力值並無明顯改變。

(二) 第二部分

1. 探究方法

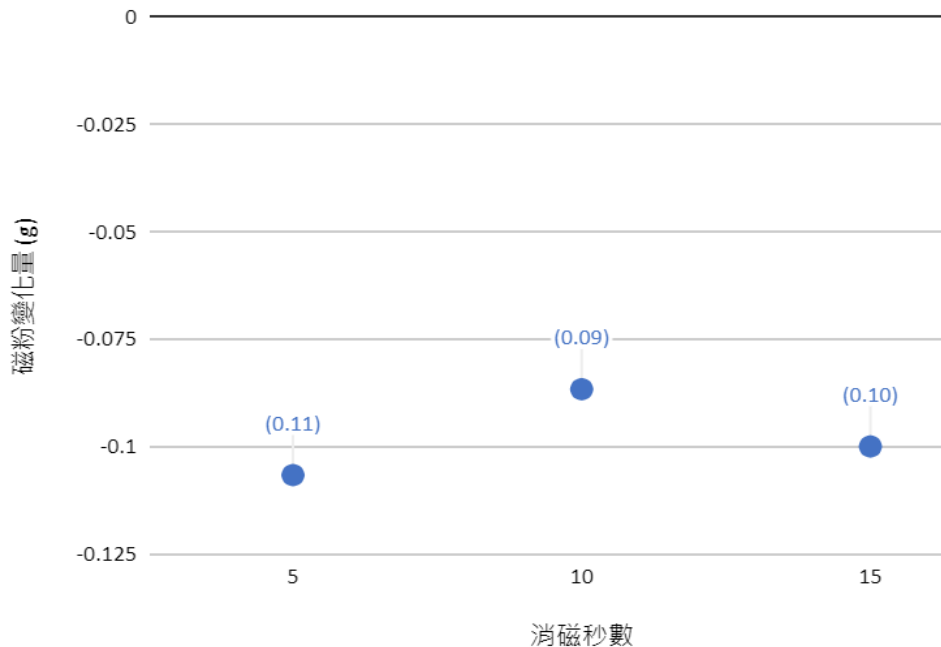
一開始, 我們打算研究磁化後之鐵棒的加熱時長對磁力變化量的影響, 但是除了很難控制環境變因外, 將鐵棒消磁的溫度也難以使用酒精燈達到, 因此我們決定更改實驗方法。我們改為使用消磁器來進行實驗, 研究磁鐵放入消磁器的時長對磁力減弱的變化量。首先, 我們將已消磁的鐵棒包覆保鮮膜, 插入鐵粉中並量測重量a, 這樣可以避免保鮮膜本身的靜電力吸起的微量鐵粉影響結果。接著放入充磁器充磁一分鐘, 使各組的鐵粉帶有相同的磁力。再次插入鐵粉中量測重量b。放入消磁器讓鐵棒消磁, 並且在不同組實驗中改變鐵棒放入消磁器的時間來檢測放入消磁器時間長短對磁力的影響, 消磁完畢後再次量測重量c, 由各項數據間的差異來判斷磁力變化的大小。

2. 驗證步驟

- (1) 用充消磁器將鐵棒完全消磁。
- (2) 插入鐵粉並測量重量a。
- (3) 充磁一分鐘。

- (4) 將已經磁化的鐵棒再次插入鐵粉中並測量重量b。
- (5) 將吸著鐵粉的鐵棒消磁，消磁的秒數為操縱變因。
- (6) 測量消磁後的重量c。
- (7) 重量c剪掉重量a就是應變變因。

3.結果



圖二：不同消磁秒數下的磁粉變化量

由上圖可發現，無論是5秒、10秒還是15秒，鐵粉掉落量(磁力的減少量)都是差不多的，皆為0.1公克左右。因此我們認為放入消磁器的時長對磁力減弱的變化量影響不大。經過討論後我們推測影響磁力變化量的關鍵可能是拉出消磁器的速度而非放入消磁器的時間。

五、結論與生活應用

(一)、結論

- 1.磁鐵摩擦鐵棒時，接觸的長度會影響磁力的分佈，包括磁力的大小和方向。
- 2.當磁鐵的滑動距離為1/4時，磁力值為正。
- 3.無論何種距離，在滑動兩次以後磁力值皆無明顯改變。
- 4.由實驗結果得知，磁鐵放入消磁器的時長對磁力減弱變化量影響很小，是故我們推測影響磁力變化量的是磁鐵抽出消磁器的速度。

(二)、生活應用

- 1.用磁鐵單向摩擦鐵棒，很容易使鐵棒磁化，反向摩擦，會很快使鐵棒的磁極改變方向。因此若將鐵棒和磁鐵放在一起，會很容易使鐵棒磁化。因此，若要使鐵棒保持在無磁力的狀態，放置時要確保鐵棒周圍無磁性物質。
- 2.無論磁鐵和鐵棒摩擦的長度為何，在滑動兩次以後磁力值皆無明顯改變。我們推測鐵棒在

被磁化後的磁力有上限，原因可能是鐵棒中的磁矩都已排列整齊。因此，我們無法讓鐵棒磁化到磁力和與其摩擦的磁棒大小相同。

3.其實日常生活中，很少碰到 100°C 以上的高溫，而 100°C 以下，不致於讓磁鐵消磁，因此，我們不用擔心磁鐵在戶外曝曬，會讓磁力減弱。

參考資料

logger lite軟體下載處, <https://www.vernier.com/downloads/logger-lite-updates/>