

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 物理科

佳作

040102

它抓不住我-鐵片磁化的探討與研究

學校名稱：國立新竹高級中學

作者： 高一 楊上遠	指導老師： 吳思鋒 林茂成
---------------	---------------------

關鍵詞：磁場、磁化、矯頑力

它抓不住我

— 鐵片磁化的探討與研究

摘要

磁鐵會將磁性物質吸引到兩極磁力最強處，這是我們熟悉的模式，然而在實驗中我們卻發現了不同的現象：鐵片會被吸引至磁鐵側邊而非一般所認為的磁鐵的中央。因此自製了磁力測量計探討此現象，結果發現鐵片與磁鐵之間吸引力不單會受到磁場影響，還會因為鐵片不同的放置方向而有截然不同的受力結果。因此構想了一連串的實驗深入的探討鐵片磁化與磁場的關聯。實驗中看到單一薄鐵片之 NS 極殘磁無法分佈於上下兩面，但當鐵片增厚鐵片磁化方式又符合我們所熟悉的模式：距離磁鐵較近的一端會產生異相吸。我們從這實驗得知磁化非課本所教 NS 極會順著磁力線走，而是一種金屬內部相斥力和外加磁場所達成的平衡。

壹、研究動機

偶然中，想到了一個完美的永動器架構圖，詢問幾位老師，並沒推翻這理論，難道我發現了永動器的製作的方法？在一個實驗中證明我構想的並不完整，雖然永動器沒做成，卻發現了一個奇妙的現象：薄鐵片在磁鐵下方時會被排斥至磁鐵側邊，並非課本所說的在正下方！因此做了一連串的實驗來探討問題的癥結，尋找疑問的真相。

貳、目的

- 一、鐵片在不同磁場分佈所受磁力變化之探討
- 二、磁化鐵片，鐵片表面磁場分佈及殘磁之探討。
- 三、簡易測量鐵片磁化之磁極變化
- 四、由鐵片磁化之現象探討磁鐵充磁、生物羅盤、地磁反轉及生活上之應用。

參、研究器材

各種磁鐵	各種鐵片	瓦斯噴槍	玻璃板	游標卡尺	C 型夾
雷射筆	電子天秤	保麗龍板	熱熔膠槍	高斯計 F.W. BELL 5170	

肆、研究過程與討論

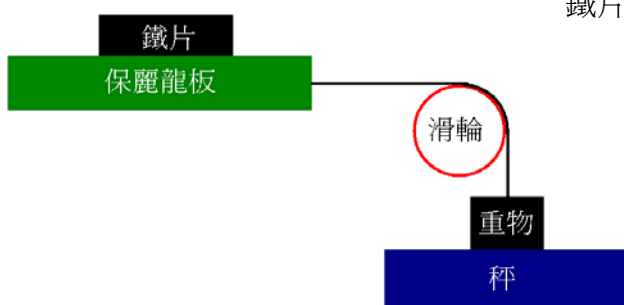
實驗一 鐵片在不同磁場分佈所受磁力變化之探討

在發現薄鐵片會被排斥至磁鐵側邊而非吸引至正下方後，希望自置一個簡易的磁力測量計，能清楚的知道是否真有一股力，將鐵片拉置磁鐵側邊，於是我想了一個方法，將一般用來測量重量的電子秤，搖身一變成爲精準的測力裝置。

一、實驗一 裝置及步驟

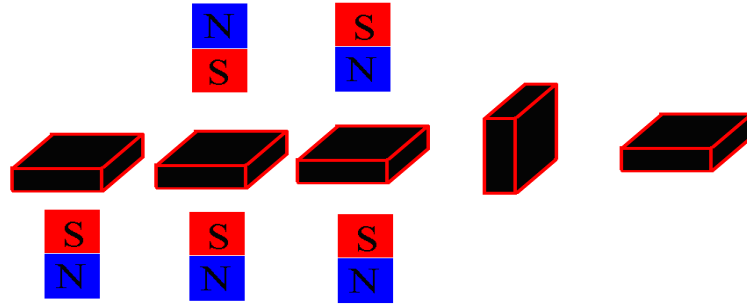
(一) 自製測力裝置

- 1 將鐵片固定於漂浮的保麗龍板上。
- 2 將繩子接至電子天秤測量其拉力，如右圖及下方示意圖。



(二) 測量薄鐵片(長 30mm 寬 30mm 高 2mm)與平衡點(鐵片所受合力等於零之點)不同距離所受磁鐵吸引力的改變，並改變磁場之南北極再做測量。

- 1 將鐵片與磁鐵之水平距離固定為 35mm。
- 2 測量當水平方向(如 P1-1-5)及垂直方向(如 P1-1-4)薄鐵片，上下為同極磁場時(如 P1-1-2)，與磁鐵不同距離所受引力變化。
- 3 測量當水平方向及垂直方向薄鐵片，上下為異極磁場時(如 P1-1-3)，與磁鐵不同距離所受引力變化。
- 4 測量當水平方向薄鐵片，只受單一磁鐵影響時(如 P1-1-1)，與磁鐵不同距離所受引力變化。



P1-1-1 P1-1-2 P1-1-3 P1-1-4 P1-1-5

二、實驗一 結果

(一) 測量薄鐵片與平衡點(鐵片合力為零的點)不同距離所受磁鐵吸引力的改變，並改變磁場之南北極再做測量。

- 1 垂直或水平之邊長為 30mm 方形厚 2mm 鐵片距磁鐵 35mm 在不同磁域中，所受磁鐵之吸引力變化。 單位：公克、毫米

與平衡點距離	上下同為 S 極磁場		上下為異極磁場		只有下方 S 及磁場	
	水平鐵片	垂直鐵片	水平鐵片	垂直鐵片	水平鐵片	垂直鐵片
0	0	0	0	0	0	0
1	0.51	0.31	0.11	0.89	2.91	0.54
2	1.25	2.35	0.43	2.42	6.12	1.51
3	3	5.78	0.77	3.14	12.82	7.23
4	8.53	9.84	1.27	7.19	13.1	16.3
5	18.23	12.57	1.95	14.26	15.97	18.5
6	31	15.23	3.11	21.6	16.12	24.1
7	43.5	18.27	4.49	31.23	15.43	31.2
8	62	13.41	7.4	39.65	9.61	43.5
9	80	7.89	5.12	42.12	6.1	68.1
10	100	4.21	5.36	65.2	5.11	87.2
11	122.5	1.08	0	74.12	0	51.2
12	125	0	0	93.43	0	42.4
13	130	0	0	129.81	0	23.13
14	149	0	0	157	0	3.21
15	92.5	0	0	192	0	0

表 1-1-1

三、實驗一 討論

(一) 由表 1-1-1 繪製出的圖 1-1-1 可以得知，水平面向之薄鐵片，在上下為同極磁鐵時，所受磁鐵吸引力為最大(深藍圓形線)，而在上下為異極磁場時，所受磁鐵之吸引力則最小(藍色三角形線)。推論磁化薄鐵片 NS 極分佈於兩端不受外加磁場方向影響，因此薄鐵片上下為同極磁鐵產生最大的吸引力；上下為異極磁鐵與一磁鐵吸引與另磁鐵排斥，故所受吸引力最小。此推論亦可解釋垂直向薄鐵片在上下為同極磁鐵受力最小(橘色圓形線)；上下為異極磁鐵受力最大的現象(紅色方形線)。

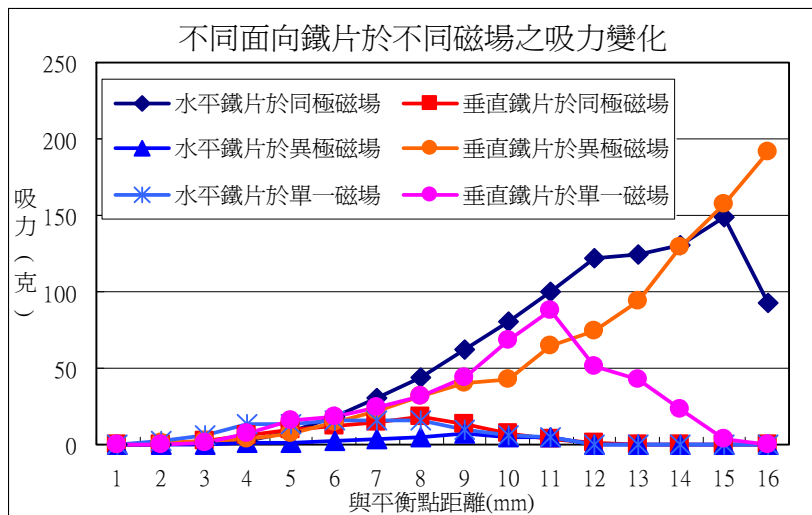


圖 1-1-1

實驗二 磁化鐵片，鐵片表面磁場分佈及殘磁之探討。

實驗一推論薄鐵片磁化不受外加磁場方向影響，這個理論和課本上所提到鐵片磁化會順著磁力線走不同，因此設計實驗二詳細的探討鐵片的磁化與磁力線分佈之關係。

一、實驗二 裝置及步驟

(一) 片磁場的變化及磁化方法

1. 用高斯計測量鐵片磁場。由於高斯計的探針測量範圍約為 0.5 公分(根據高斯計利用高斯計測量鐵片磁場。由於高斯計的探針測量範圍約為 0.5 公分(根據高斯計說明書)，因此在(3x3)公分的鐵片上平均分割成九個點，並逐一測量，由左上至右下依序編號為一到九如 P2-1-1 所示。(P.S.以下數據均以此方式呈現)



P2-1-1

2. 將鐵片及強力磁鐵分別固定在 C 型夾的兩側，接觸一分鐘後移開磁鐵，使鐵片具有殘磁。

3. 再次利用高斯計測量殘磁。
4. 強力磁鐵(高 4 公分寬 3 公分之圓柱體磁鐵)之磁場分佈如 P2-1-2 所示，其標示點如 P2-1-3 所示。

單位：高斯（負為 S 極）

5780	-5980	-5610
-5310	-5670	-5670
-5120	-5540	-5180

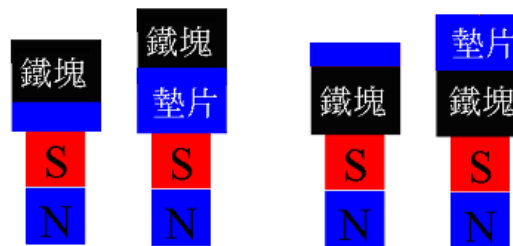


P2-1-2

P2-1-3

(二) 探討不同測量方式與其數據代表意義之關係(使用 P2-1-2 之磁鐵)

1. 比較以圓柱形磁鐵圓心及以指北針尋找磁鐵中心做為鐵片對準之中心點，其鐵片磁場分佈之差異
 - (1) 將指南針放置於磁鐵上，並將其指針所指之點標示，另標示圓柱型磁鐵之圓心。
 - (2) 將圓形鐵片之圓心及方型鐵片之中心分別對上述二點一一做測量。
 - (3) 測量邊長為 30mm 方形厚 2mm 之鐵片，有殘磁及無殘磁，將之放置於磁鐵上時之差異。
2. 固定鐵片與磁鐵距離及固定鐵片與測量點距離其數據所代表意義如 P2-2-1 所示(S 及上方藍色為墊片)



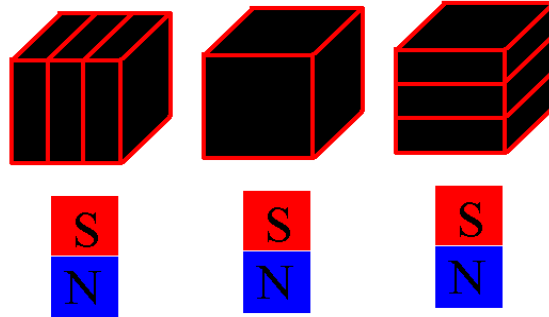
P2-2-1

3. 探討鐵片磁化後殘磁與時間之關係，以及磁化前殘磁對磁化之影響
 4. 了解以長 30mm 寬 30mm 厚 2mm 鐵片組合之鐵塊在移除強力磁鐵磁場後，是否會因彼此殘磁干擾而再次磁化。
 - (1) 由一方形長 30mm 寬 30mm 厚 2mm 之鐵片組合成的厚度 20mm 的長方體鐵塊，利用強力磁鐵磁化。
 - (2) 移除強力磁鐵後再測量一次，並將鐵片拆開為一片片又原樣跌回後再測量一次，觀察鐵塊磁場分佈的改變。
- (三) 以數片長 30mm 寬 30mm 厚 2mm 鐵片組合成之鐵塊磁化後之殘磁變化
1. 探討正方體鐵塊中薄鐵片平行於磁鐵磁力線磁化後之殘磁變化。如 P2-4-1 之左圖所示(使用直徑 15mm 高 3mm 中央磁場-550 高斯邊緣磁場-762 高斯之磁鐵)
 - (1) 將方形鐵塊放置於磁鐵之上
 - (2) 移除磁鐵後分別測量每片鐵片之殘磁
 2. 探討正方體鐵塊中薄鐵片垂直於磁鐵磁力線磁化後之殘磁變化。如 P2-4-1 之右圖所示(使用磁鐵同上)

3. 探討堆疊薄鐵片時整體殘磁的變化(使用 P2-1-2 之磁鐵)
 - (1) 將由薄鐵片堆疊而成之鐵塊磁化使之殘磁為整體南北極兩面分佈
 - (2) 一片一片拿走鐵片，觀察其整體殘磁變化

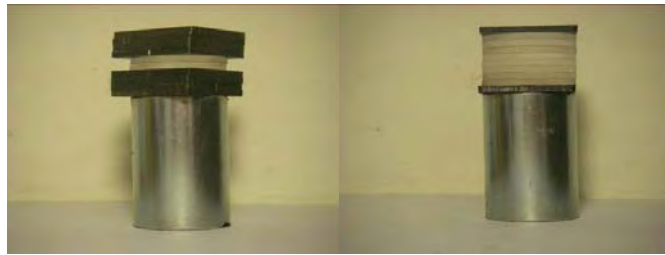
(四) 探討不同結構之鐵塊對磁場遮蔽效果之差異(使用 P2-1-2 之磁鐵)

1. 探討以一體成型、水平面向長 30mm 寬 30mm 厚 2mm 鐵片組成、垂直面向鐵片組成之正方體鐵塊對其磁場遮蔽效果改變之探討如 P2-4-1 所示



P2-4-1

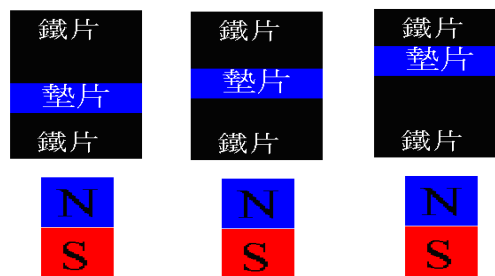
2. 固定厚度為 20mm 之鐵塊中塑不同膠墊片厚度對其磁場遮蔽效果改變之探討如 P2-4-3 及 P2-4-3 所示



P2-4-2

P2-4-3

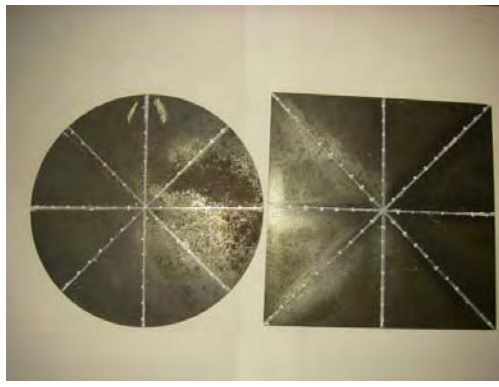
3. 改變塑膠墊片位置對其磁場遮蔽效果改變之探討如 P2-4-4 所示



P2-4-4

(五) 探討不同材質、形狀、厚度、寬度之鐵片磁遮效應之差異

1. 比較不同大小及形狀之鐵片之阻磁效果(使用 P2-1-2 之磁鐵)
 - (1) 將厚度為 2mm 直徑分別為 50mm、100mm、150mm 之圓形鐵片及邊長為 50mm、100mm、150mm 以八方位每點間格一公分之方式，取數個點如 P2-5-1 所示。
 - (2) 將鐵片放置於磁鐵上，並將鐵片中心對正磁鐵中心後測量數據



P2-5-1

2. 探討不同材質之鐵片其阻磁效果差異(使用 P2-1-2 之磁鐵)
 - (1) 利用和上述實驗相同方式,標示不同材質之直徑 100mm 厚 2mm 之圓形鐵片
3. 固定鐵片頂端與磁鐵之距離,並探討不同厚度,直徑為 100mm 之鐵片阻磁效果差異(利用直徑 15mm 中央磁場-4970 之磁鐵)
4. 探討厚度為 1mm,不同直徑之圓形鐵片阻磁效果差異(利用直徑 15mm 中央磁場-4970 之磁鐵)

(六) 探討不同強弱磁鐵對鐵片磁化之差異

1. 將磁鐵固定直徑為 15mm 利用增加磁鐵厚度已增加磁場(即將許多顆直徑相同之磁鐵疊合)
2. 將直徑為 100mm,厚度為 1mm 之圓形鐵片,放置於磁鐵上,並測量磁場分佈

(七) 模仿高斯計之歸零室(有效阻隔磁場之物)探討其磁阻效果及原理

1. 將一距離磁鐵 18mm 之 30mm 方形厚 2mm 鐵片上方加鐵片圍成一中空方形(如 P2-7-1 所示)比較沒有加上方之方形鐵片之差異。



P2-7-1

(八) 探討鐵片與磁鐵之磁化關係,是否等比放大後磁場分佈相同

1. 利用直徑為 15mm 高 3mm 及直徑 30mm 高 6mm 之磁鐵和直徑 30mm 厚 1mm 及直徑 60mm 厚 2mm 之鐵片做一等比放大之磁化實驗,並比較其磁場分佈。
2. 將上述鐵片改為邊長為由邊長 30mm 厚 2mm 及邊長 60mm 厚 4mm 之組合正方體,以與磁力線平行之方式磁化,比較其中每片鐵片之殘磁分佈。

二、實驗二 結果

(一) 探討不同測量方式與其數據代表意義之關係

1. 以磁針指向的點為中心,上、右上、右、右下、下、下左、左、左上表達鐵片八方位(如 P2-5-1)

單位：毫米、高斯

與中心距	0	10	20	30	40	50
上	-1800	-2280	388	-66	-172	-502
右上	-1800	-2600	353	-45	-176	-513
右	-1800	-1470	231	-74	-176	-480
右下	-1800	-2890	377	-34	-174	-503
下	-1800	-2260	460	16	-152	-481
左下	-1800	-1820	-912	108	-142	-504
左	-1800	-1830	-824	155	-124	-463
左上	-1800	-2310	547	33	-156	-494

表 2-1-1

2. 以圓柱為中心所測得的磁場分佈

單位：毫米、高斯

與中均距	0	10	20	30	40	50
上	-1700	-2640	296	-54	-166	-528
右上	-1700	-2530	297	-18	-157	-517
右	-1700	-2630	321	14	-152	-527
右下	-1700	-2710	273	29	-168	-523
下	-1700	-2750	284	-52	-174	-520
左下	-1700	-2520	291	-31	-182	-530
左	-1700	-2640	311	-28	-162	-532
左上	-1700	-2680	302	7	-175	-529

表 2-1-2

3. 由 30mm 厚度 2mm 之方形鐵片組成厚 20mm 之鐵塊與磁鐵不同距離之磁場分佈

單位：高斯、毫米

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
距離磁鐵 0	-2340	-1600	-2400	-1640	-928	-1630	-2390	-1630	-2390
2	-1920	-1333	-1880	-1380	-808	-1342	-1930	-1410	-1920
4	-1680	-1170	-1578	-1236	-727	-1127	-1640	-1650	-1710
6	-1490	-1103	-1450	-1030	-650	-1120	-1388	-1148	-1670
8	-1358	-982	-1317	-990	-576	-957	-1212	-858	-1213
10	-1272	-900	-1169	-876	-523	-795	-1166	-832	-1153

表 2-1-3

4. 上述鐵塊與磁鐵貼合將探針遠離鐵塊之磁場分佈單位：高斯、毫米

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
距鐵塊 0	-2340	-1600	-2400	-1640	-928	-1630	-2390	-1630	-2390
2	-1535	-1283	-1563	-1256	-926	-1272	-1538	-1260	-1548
4	-1090	-1027	-1114	-1025	-890	-1028	-1125	-1122	-1090
6	-847	-876	-872	-881	-841	-890	-887	-860	-884
8	-722	-763	-709	-730	-750	-776	-750	-764	-723
10	-612	-677	-623	-685	-726	-644	-656	-672	-608

表 2-1-4

5. 由相同薄鐵片組合成之鐵塊，將下方 4mm 換成塑膠墊片（即 4mm 墊片加上 16mm 鐵塊）此鐵塊與磁鐵不同距離之磁場分佈。

單位：高斯、毫米

五

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
距離鐵片 0	-2000	-1410	-1930	-1367	-822	-1305	-1940	-1360	-1910
2	-1770	-1220	-1730	-1310	-734	-1155	-1940	-1294	-1730
4	-1560	-1140	-1520	-1080	-653	-1102	-1463	-1150	-1533
6	-1480	-1000	-1270	-990	-588	-1055	-1308	-980	-1490
8	-1250	-950	-1180	-932	-538	-950	-1190	-850	-1190
10	-1032	-772	-1059	-820	-467	-773	-1084	-765	-1098

表 2-1-5

6. 上述鐵塊與磁鐵貼和將探針遠離鐵塊之磁場分佈單位：高斯、毫米

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
距鐵塊 0	-2000	-1410	-1930	-1367	-822	-1305	-1940	-1360	-1910
2	-1279	-1092	-1327	-1072	-804	-1050	-1350	-1074	-1242
4	-968	-901	-1026	-895	-731	-908	-1013	-900	-982
6	-728	-738	-750	-736	-717	-728	-736	-747	-690
8	-574	-653	-614	-629	-664	-654	-635	-637	-559
10	-585	-515	-585	-547	-580	-621	-585	-549	-569

表 2-1-6

7. 比較不同殘磁分佈鐵片在磁化時之差異（取三次平均）單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
磁化前	0.2	0.1	0	-0.1	0.3	0.1	0	0	-0.2
磁化時	-3080	-3530	-2860	-3970	-2230	-3850	-3130	-4000	-3120
磁化前	7.2	1.6	-2.7	5.8	1.5	-3.5	4.1	0.4	-5.1
磁化時	-3130	-3540	-2850	-3900	-2240	-3680	-3110	-3910	-3300

表 2-1-7

8. 未磁化鐵片之殘磁變化

單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
一分鐘	0.6	-0.1	0.2	0.5	0.2	0.1	0	0	-0.1
十分鐘	0.7	0.2	0.2	0.5	0.2	0.1	0	0	-0.1
三十分鐘	0.5	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0	0.1	0.2

表 2-1-8

9. 磁化後鐵片之殘磁變化

單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
一分鐘	2.6	-0.9	3.8	-0.9	-2.8	-0.9	0.4	-1.5	2.5
十分鐘	2.5	-0.2	3.4	-0.8	-2.8	-0.1	0.5	-1.5	0.7
三十分鐘	2.6	-0.1	3.6	-0.8	-2.8	-0.1	0.5	-1.5	1.2

表 2-1-9

10. 表 2-1-10 為鐵塊頂部之磁場分佈，拆開一次即將由數片鐵片疊合之鐵塊拆開後在——疊回 單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
未拆開	0	-1	-0.8	-1.1	-0.7	-1.8	-1	-1.8	-2.9
拆開一次	0.8	-0.4	-1.1	-2.3	-1.4	-1.1	-2.8	-2	-2.8
拆開二次	-0.2	-1.5	-1	-1.1	-0.7	-1.4	-2	-1.2	-2.3

表 2-1-10

(二) 以數片長 30mm 寬 30mm 厚 2mm 鐵片組成之正方體鐵塊磁化後之殘磁變化

1. 探討正方體鐵塊中薄鐵片平行於磁鐵磁力線磁化後之殘磁變化(編號一為最左邊之鐵片，一號磁區及該鐵片之左上角) 單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
編號一	1.3	-0.5	-0.8	0.7	-0.8	-2.5	0.6	0	-2.3
編號二	-4.3	-2.4	-2.6	-2	-0.5	-1.1	1.5	2.4	4.2
編號三	2.2	1.4	2	-0.3	0	-0.5	-1.5	-1.1	-0.4
編號四	4.2	0	-3.1	1.9	0	-3.1	-0.1	-2.1	-2.8
編號五	-3.6	-3.5	-3	-1.3	-1	-0.2	2.1	1.7	2.9
編號六	1.3	-2	-1	-0.2	-0.6	-1.7	-0.6	-1.2	-1.8
編號七	2.5	-1.9	-3.6	1.2	-1.3	-2.5	1.5	1.2	0.6
編號八	-3.2	-1	0.4	-1.5	-0.2	0.3	-1.6	-0.4	0.5
編號九	0.2	-1.2	-1.2	-0.1	-0.8	-1.2	0	-1.2	-1.2
編號十	-1.2	-2.4	-2.7	-0.5	-1	-1.2	1.8	0.7	1.3
編號十一	-4.4	-2.3	-0.4	-2.7	-1.7	-0.9	-1.1	-0.6	1.8
編號十二	-2.9	-1.8	-2.3	-1.7	-1.2	-1.3	-0.7	-0.6	0.7
編號十三	0.7	0	0.2	0.3	-0.6	-0.8	-0.1	-0.7	-0.4
編號十四	0	0.2	1.3	-0.5	-1.1	-0.7	-2.7	-2.6	-1.8
編號十五	-1.8	-2	-4.4	-0.2	-1.8	-1.5	2.4	1.7	1.5

表 2-2-1

2. 探討正方體鐵塊中薄鐵片垂直於磁鐵磁力線磁化後之殘磁變化(編號一為最上方之鐵片) 單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
編號一	-1.5	-1	-2.2	0.5	2.2	-0.5	1.2	-0.1	-0.4
編號二	-3.2	-2.3	-2.7	-1.3	0.2	0.8	1.2	1.6	2.7
編號三	0.2	-1.1	-0.4	0.4	0.1	0.1	1.4	0.8	0.2
編號四	-1.1	0.9	3.5	-0.1	0.7	1.7	-2	-0.2	-1.7
編號五	2.2	-0.3	-3.7	1.6	-0.4	-2	2.4	0.6	-2
編號六	-3.6	0.5	2.3	-2.7	-0.3	1.6	-0.8	0.6	1.6
編號七	3.5	-0.5	-3	2.7	0	-3.4	3.8	0	-1.9
編號八	1.2	-0.1	0.2	0.5	0.2	-1.7	-0.1	-1.3	-1.4
編號九	1.7	-1.3	-4.9	2.2	0.4	-3.4	4.3	1.5	-1.9
編號十	3.6	0.3	-2.9	2.1	-0.5	-5.4	3.5	1	-4

編號十一	1	1.1	0.1	0.8	-0.7	0.1	-0.3	0.1	0
編號十二	1.7	0.4	0.4	1.5	-0.3	-1.2	-0.7	-1.3	-2.8
編號十三	0	-1.2	-1.3	0.2	0	-0.3	1.1	-0.1	0.3
編號十四	1.8	1.3	2.4	-0.1	-0.1	-0.9	1	-1.8	-1.9
編號十五	0.4	-0.2	-0.9	0.1	2	-0.8	0.2	0.7	-1

表 2-2-2

3. 長寬 30mm 厚度 20mm 之組合鐵塊每片鐵片個別磁場分佈 (編號一為最上方之鐵片) 單位：高斯

編號一			編號二			編號三		
5	0.4	0	-1.1	1.8	7.5	-3.4	-0.4	1.1
2.2	0	-1.8	-2.4	0.5	4.2	-2.1	0.2	0.8
1.6	-0.7	-2.3	-3.8	-0.5	2	-0.6	0.3	2.3
編號四			編號五			編號六		
3.5	0.3	0.8	6.4	1.7	-2	-7	-0.7	4.6
2.6	0.6	-0.7	4.2	0.2	-2.6	-3.9	0	3.8
1.6	-0.3	-0.4	1.7	0.7	-4.8	-2.6	0.6	5.5
編號七			編號八			編號九		
3.9	0	-3.2	1.4	-0.6	-2.3	4.4	1.6	1.4
2.4	0.5	-1.2	-1.4	-0.4	-2.7	2.7	-0.2	-0.7
0.6	0.7	-2.3	2.8	-0.4	-0.6	-0.3	-1.3	-3.5
編號十			編號十一			編號十二		
-7.1	-0.6	3.5	-2.4	-1.6	1	6.6	3.3	7.7
-4.3	-0.8	1.9	-2.5	-0.9	-0.7	1.7	-0.1	1.4
-3	0.5	3.8	-0.6	0.2	2.1	-0.8	-2.1	-2.5

表 2-2-3

4. 鐵片疊加時之磁場變化 例：厚度四毫米即為表 2-2-3 中編號十二加上編號十一之鐵片疊合而成 單位：高斯

厚度 24 毫米			厚度 22 毫米			厚度 20 毫米		
0	-0.7	-0.8	-3.6	-0.7	-1	-1.9	-1.8	-2.8
-1	-0.3	-1.6	-3	-0.4	0.7	-1.8	-0.9	-2.1
-1.3	-1.7	-2.2	-3.2	-0.7	0	-1.2	-0.5	-1.8
厚度 18 毫米			厚度 16 毫米			厚度 14 毫米		
0.6	-0.8	-3.2	-0.8	-1.9	-3.3	-4.4	-2	-1.1
0.2	-0.3	-2.1	-0.1	-0.6	-2.6	-2.7	-0.9	-0.4
0	-0.8	-2.4	-0.7	-1.2	-3.5	-2.1	-0.9	0.3
厚度 12 毫米			厚度 10 毫米			厚度 8 毫米		
0.3	-0.8	-2.4	0	-0.7	-0.3	0.3	0.2	1.2
-0.5	-0.2	-2.3	-1.8	-0.5	-2.5	-0.7	-0.3	-0.7
-0.8	-0.4	-2.3	-0.5	-0.2	-1.4	-1	-0.9	-0.9

厚度 6 毫米			厚度 4 毫米			厚度 2 毫米		
-3	-2	2	0.7	-0.4	1.8	6.6	3.3	7.7
-3.2	-1	0.7	-2.2	-0.9	-0.2	1.7	-0.1	1.4
-2.6	-0.4	1.3	-1.8	-0.9	-0.7	-0.8	-2.1	-2.5

表 2-2-4

(三) 探討不同結構之鐵塊對磁場遮蔽效果之差異

1. 邊長為 30mm 之正方體鐵塊，鐵塊均用邊長為 30mm 厚度為 2mm 之鐵片組成。 單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
一體成型	-1940	-1470	-1850	-1350	-789	-1360	-1860	-1430	-1960
水平方向 鐵片組成	-1640	-1340	-1640	-1350	-746	-1330	-1850	-1330	-1880
垂直方向 鐵片組成	-2120	-1690	-1900	-1380	-848	-1370	-1930	-1590	-1960

表 2-3-1

2. 邊長為 30mm 厚度為 20mm 之方形鐵塊 單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
一體成型	-2360	-1680	-2450	-1690	-965	-1690	-2420	-1690	-2410
水平方向 鐵片組成	-2340	-1600	-2400	-1640	-928	-1630	-2390	-1630	-2390

表 2-3-2

3. 邊長為 30mm 厚度為 10mm 之方形鐵塊 單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
一體成型	-3160	-2250	-3260	-2320	-1300	-2340	-2930	-2230	-3080
水平方向 鐵片組成	-3080	-2170	-3010	-2170	-1230	-2190	-2850	-2180	-2960

表 2-3-3

4. 間隔墊片放置於長方體中央，長方體厚度為 20mm 方形邊長 30mm 單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
墊片厚 0	-2340	-1600	-2400	-1640	-928	-1630	-2390	-1630	-2390
4	-1464	-998	-1460	-1203	-681	-1130	-1530	-1146	-1454
8	-1436	-1104	-1350	-1070	-648	-1044	-1307	-1104	-1347
12	-1238	-996	-1235	-879	-581	-834	-1147	-892	-1156
16	-1129	-756	-1070	-772	-522	-801	-1038	-778	-1134
無鐵片 20	-530	-642	-514	-646	-974	-734	-656	-812	-566

表 2-3-4

5. 鐵塊厚度為 20mm 方形寬 30mm 加上 4mm 之墊片，並改變其墊片位置(距磁鐵即墊片底部與磁鐵之間的距離) 單位：高斯、毫米

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
距磁鐵 20	-1090	-1027	-1114	-1025	-890	-1028	-1125	-1122	-1090
16	-1558	-1225	-1542	-1123	-678	-1080	-1440	-1414	-1750
12	-1550	-1223	-1501	-1111	-677	-1055	-1460	-1120	-1410
8	-1464	-998	-1460	-1080	-675	-1130	-1530	-1098	-1360
4	-1590	-1150	-1570	-1156	-694	-1172	-1546	-1152	-1547
0	-1680	-1170	-1578	-1236	-727	-1127	-1640	-1650	-1710

表 2-3-5

(四) 探討不同材質、形狀、厚度、寬度之鐵片磁遮效應之差異

1. 不同直徑之圓形鐵片厚度均為 2mm。每一組最後數據為鐵片邊緣所測得磁場 (反面為與磁鐵接觸之面) 單位：高斯、毫米

直徑	距中心	0	10	20	30	40	50	60	70	80
50	正面	-1780	-2800	-791	-1630					
50	反面			-867	-1740					
100	正面	-1700	-2640	296	-54	-166	-528			
100	反面			-16	-497	-500	-549			
150	正面	-1630	-25	611	146	7	-38	-63	-111	-254
150	反面			-263	-231	-203	-242	-307	-368	-131

表 2-4-1

2. 不同邊長之方形鐵片厚度均為 2mm。每一組最後數據均為鐵片邊緣所測得磁場，並非同前幾測量點為等間距離。表格說明；S 正即為方形鐵片邊長 50mm 量側面為正面。斜為正方形之斜邊

單位：高斯、毫米

中心距	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
S 正	-1840	-2660	-258	-1056								
斜	-1840	-2740	-256	-1219								
S 反			-166	-1260								
斜			-829	-1370								
10 正	-1640	-2600	596	64	-88	-302						
斜	-1640	-2560	573	55	-66	-132	-247	-614				
10 反			-26	-406	-404	-478						
斜			213	-373	-391	-357	-390	-633				
15	-1620	-270	688	125	17	-13	-33	-70	-126			

正												
斜	-1620	-262	560	116	19	-12	-27	-38	-51	-75	-140	-311
15 反				42	-331	-303	-233	-191	-250			
斜				31	-270	-289	-231	-179	-150	-132	-165	-301

表 2-4-2

3. 以直徑為 100mm 厚度為 3mm 不同材質之金屬放至於磁鐵上所測得知磁場分佈 單位：高斯、毫米

材質	距離中心	0	10	20	30	40	50
SPC (熟鐵)	正面	-787	-1352	-25	-137	-221	-531
	背面			-680	-553	-546	-291
S45C	正面	-785	-1260	55	-127	-211	-482
	背面			-682	-532	-530	-200

表 2-4-3

4. 不同厚度直徑為 100mm 之鐵片阻磁效果差異 單位：高斯、毫米

距離圓心	0	10	20	30	40	50
厚度 1	-1500	-2000	-28	64	-120	-450
厚度 2	-627	-940	36	-91	-186	-480
厚度 3	-272	-357	-106	-162	-227	-492
厚度 4	-173	-189	-135	-163	-217	-506
厚度 5	-158	-166	-154	-171	-215	-486

表 2-4-4

5. 厚度為 1mm 不同直徑之圓形鐵片組磁效果差異(每一組最後一個數據為其鐵片邊緣測得數據) 單位：高斯、毫米

距離圓心	0	10	20	30	40	50
直徑 50	-1480	400	-117	-285		
直徑 60	-1379	402	-30	-189		
直徑 70	-1339	412	3.7	-66	-136	
直徑 80	-1325	322	22	-26	-35	-84
直徑 90	-1316	359	28	-18	-38	-78
直徑 100	-1302	424	30	-10	-25	-64

表 2-4-5

(五) 探討不同強弱磁鐵對鐵片磁化之差異

1. 磁鐵直徑為 15mm 鐵片直徑為 100mm 厚 1mm 單位：高斯、毫米

距離圓心	0	10	20	30	40	50
磁鐵磁場-4970	-1302	424	30	-10	-25	-64
磁鐵磁場-4730	-1156	339	29	-5	-15	-40
磁鐵磁場-3630	-562	216	8.9	-3.3	-7.9	-21
磁鐵磁場-2610	-77	10	-8	-10	-11	-27
磁鐵磁場-1960	-19	-8	-10	-12	-17	-37

磁鐵磁場-1563	-19	-16	-14	-15	-19	-45
磁鐵磁場-1161	-7.5	-5	-3.7	-3	-3	-6

表 2-5-1

(六) 模仿高斯計之歸零室(有效阻隔磁場之物)探討其磁阻效果及原理

1. 測量點距離磁鐵 20mm

單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
單一鐵片	-1205	-835	-1146	-853	-512	-782	-1017	-762	-1126
方形鐵圈	-212	-213	-241	-136	-102	-133	-201	-169	-185
無鐵片	-530	-642	-514	-646	-974	-734	-656	-812	-566

表 2-6-1

(七) 探討鐵片與磁鐵之磁化關係，是否等比放大後磁場分佈相同

1. 等比放大之圓形鐵片及磁鐵(磁鐵直徑為 15、30mm 厚度為 3、6mm)之磁場分佈

單位：高斯、毫米

距離圓心	0	10	20	30	40	50
鐵片直徑 50		-9.2	-8.6	-10	-23	
鐵片直徑 100		-9.1	-10	-8.7	-8.6	-12

表 2-7-1

2. 利用直徑為 15mm 高 3mm 之磁鐵和由直徑 30mm 厚 1mm 之鐵片組成之正方體鐵塊，其每片鐵片所測得殘磁。結果同表 2-2-1

3. 利用直徑為 30mm 高 6mm 之磁鐵和由直徑 30mm 厚 1mm 之鐵片組成之正方體鐵塊，其每片鐵片所測得殘磁

單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
編號一	3	0.2	-2.1	-1.3	-0.6	-0.8	-1.9	0.1	4.1
編號二	3.6	1.9	3	-0.9	0.3	-1.1	-3.6	-0.6	0.2
編號三	-2.6	0	2.1	-1.3	0.00	0.70	1.4	0.5	-1.2
編號四	0	-3.4	-9.8	1.7	0	-2.1	4.2	1.8	2
編號五	2.9	0.4	4	1.1	0.2	-0.9	0	-0.4	-2.6
編號六	-2.3	-1.3	-1.1	1.5	-0.3	1	1.8	0.8	-1.6
編號七	3.5	-0.1	1.7	0.8	0	-0.8	-0.6	0	-2.9
編號八	0.7	-1.9	-2.7	1	-0.3	-0.7	3.1	1.9	0.7
編號九	-2.4	-3.2	-1.9	-0.7	-0.5	1.2	1.5	2.1	3.9
編號十	0.3	-0.6	1.2	0.3	-0.2	0.2	0	1	0.2
編號十一	4.5	0.5	-3.7	2.4	0	-3.4	2.2	-0.1	-1.7
編號十二	1.2	0.7	1.4	0	-0.4	-0.1	-0.4	-0.2	-0.5
編號十三	3.3	-0.6	-1.3	2.1	0	-2	2.3	0.3	-0.7
編號十四	2.9	1.5	4.2	-1.6	0.4	0.3	-1.9	-1.8	-0.2
編號十五	-1.8	-2	-4.4	-0.2	-1.8	-1.5	2.4	1.7	1.5

表 2-7-2

三、實驗二 討論

(一) 探討不同測量方式及其數據代表意義之關係討論

1. 因為市面上幾乎不可能買到磁場分佈均勻的永久磁鐵，而磁場分佈不均的磁鐵，可能會對實驗造成誤差，所以想了一個方法試著解決此問題：標示出指南針指向磁鐵之點，推測該點四周磁場均勻分佈。表 2-1-1 以及表 2-1-2 與圓心距離相同之各點利用 Excel 中 STDEVP 函數算出標準差，彙整可得下表 2-1-1。由此表可知以磁鐵圓柱圓心為中心對齊，所測得數據均勻分佈在圓型鐵片上，而以指南針所找出之磁鐵中心則否。推論以指南針找到之中心點僅代表該點四週磁力相同，不表示磁力線從該點均勻擴散。表中中心點距離 10 及 20 毫米所測得之數據標準差較大，推論原因為該點於正負極之交接處，因此探針有極細微的移動數據即會有很大的影響。而在以圓柱型磁鐵圓心當作對其點所測得之數據分佈相當均勻，故實驗僅需測量鐵片上一條線之數據，則可推得圓形鐵片的磁場分佈。

四捨五入取到小數兩位

單位：高斯、毫米

與中均距	0	10	20	30	40	50
指南針中心之標準差	0.00	458.25	590.90	83.64	19.06	16.54
圓柱中心之標準差	0.00	80.31	15.02	30.62	9.93	5.23

表 2-1-11

2. 若要改變被磁化鐵片之厚度，在測量時其測量點與磁鐵距離也會有所改變(如此就算拿不同厚度塑膠片也會測出不同磁場)，因此必須固定測量點與磁鐵之間的距離，以下為將墊片墊在鐵片之下與鐵片之上數據叉異的討論。將表 2-1-3、表 2-1-4、表 2-1-5 及表 2-1-6 中鐵片四角磁場(即 1、3、6、9 號磁區)取平均值及中央磁場繪製出圖 2-1-1 及圖 2-1-2(為了方便判讀將代表 S 極的負號改為正號，故數據都為正值)。二圖中相同情況下(即同色系、同形狀之線條)20mm 厚鐵片之磁場均比 16mm 薄鐵片來得強，因此得知鐵片越厚並不表示會有越好的磁遮效果。從圖 2-1-1 可看出鐵片距離測量點較近時(即下加墊片也就是三角形圖示)其磁場較強，然而在圖 2-1-2 則反之。因此可以得知在磁場中加入鐵片，鐵片會將中央的磁場集中到鐵片四角，故會出現當鐵片貼近測量點時中央磁場減弱而四周磁場增強的狀況。從圖中也可得知只要將鐵塊上方加入一薄墊片即可大幅提升其磁遮效果。

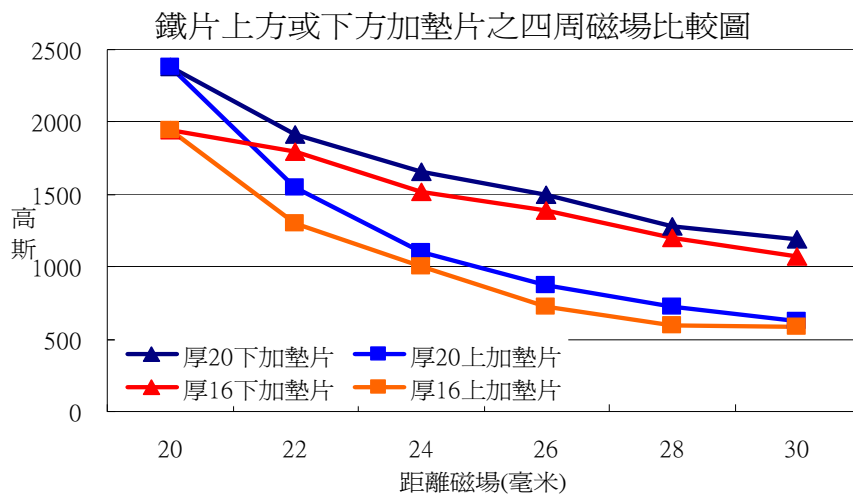


圖 2-1-1

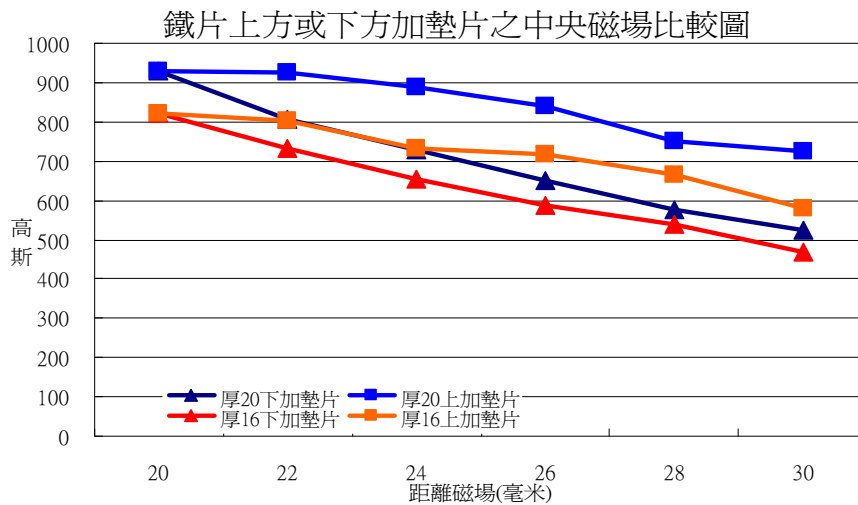


圖 2-1-2

3. 鐵片磁化前若須將有殘磁之鐵片消磁(高溫)會使實驗複雜許多,故做以下討論此步驟之必要性。將表 2-1-7 之磁化前磁場相減算出磁化前磁場差異,磁化時磁場差異的算法亦同,得出表 2-1-12。從此表可明顯看出磁化前之磁場不影響磁化結果,推論其原因是鐵片之矯頑力很小故進入一強大磁場時,磁區會完全重新排列。

單位:高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
磁化前差異	-7	-1.5	2.7	-5.9	-1.2	3.6	-4.1	-0.4	4.9
磁化時差異	50	10	-10	-70	10	-170	-20	-90	180

表 2-1-12

4. 將表 2-1-8 及表 2-1-9 利用 Excel 中 STDEVP 函數算出標準差彙整可得下表 2-1-13。從表 2-1-13 可以明顯看出，鐵片磁化後在三十分鐘內不會因地磁影響而有可測出之磁場變化。因此只需在三十分鐘內測量完鐵片之殘磁，即可直接代表鐵片脫離磁場後的殘磁。

四捨五入取到小數兩位

單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
未磁化	0.10	0.21	0.06	0.12	0.00	0.12	0.00	0.06	0.17
磁化	0.06	0.44	0.20	0.06	0.00	0.46	0.06	0.00	0.93

表 2-1-13

5. 將表 2-1-10 利用 Excel 中 STDEVP 函數算出標準差彙整可得下表 2-1-14。從表 2-1-14 可以明顯看出，鐵片並不會應拆開後重組而殘磁有變化，即鐵片與鐵片間殘磁極微弱無法互相干擾。因此便可研究一由薄鐵片組合而成的鐵塊其磁場分佈和其中每片鐵片的殘磁。

四捨五入取到小數兩位

單位：高斯

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
標準差	0.53	0.55	0.15	0.69	0.40	0.35	0.90	0.42	0.32

表 2-1-14

(二) 探討不同測量方式與其數據代表意義之關係討論

1. 在實驗一中得知薄鐵片之殘磁會分佈於鐵片兩端，然而數片薄鐵片疊合厚磁場卻分佈於上下兩面跟原先分佈於兩端不同，因此做以下討論了解其原因。將表 2-2-1 中磁鐵上方及下方(其中上方下方見圖 2-2-1)所測得之數據平均得知，上方磁場為-1.1 高斯而下方磁場則為 0.03 高斯。由此推論此鐵塊之殘磁南即在上方北極在下方，然而從圖 2-2-4 可看出不同鐵片相同磁區中磁場為正負來回變化。因此可推論鐵塊雖整體為南北極上下方分佈，但每一片鐵片南北極分佈均不同如圖 2-2-2 所示。表 2-2-2 利用相同的推論可得知其磁化如圖 2-2-3 所示。從圖 2-2-4 也可看出角的磁場變化最大，邊次之，中央最小，因此得知鐵片殘磁分佈較容易南北極分佈於鐵片中相對二角處。推論其原因，若要將博鐵片磁化成南北極上下分佈的情況如圖 2-2-5，這時將博鐵片看成有許多小磁鐵組成的即會發現其內部小磁鐵與小磁鐵之間會產生極大的相斥力，但若磁化成南北極分佈於兩端的情況如圖 2-2-6 則其中小磁鐵與小磁鐵之間的相斥例會大幅的下降，因此鐵片磁化不能只看磁力線（即磁鐵磁場）的走向，還需考慮鐵片內部的相斥力。

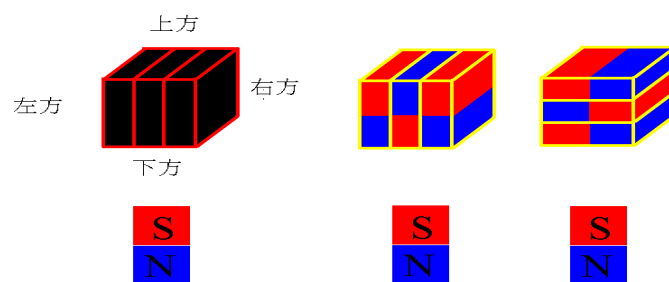


圖 2-2-1

圖 2-2-2

圖 2-2-3

鐵塊中個別鐵片磁場分佈比較圖

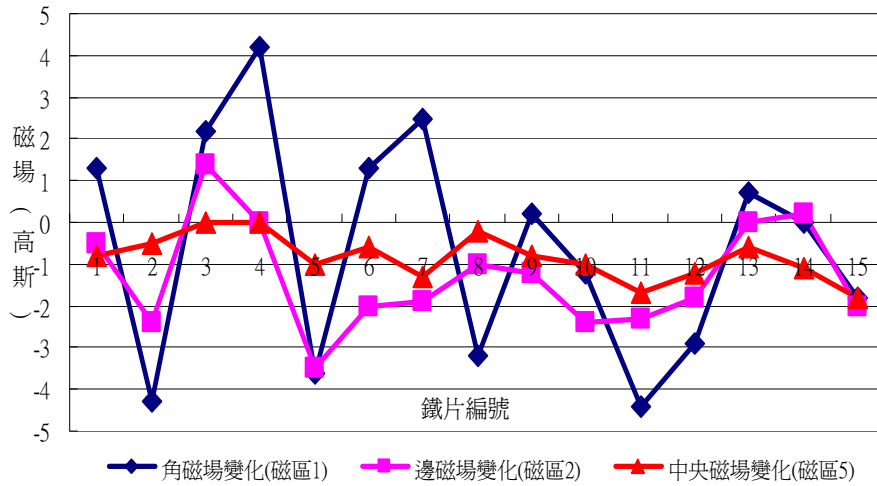


圖 2-2-4



圖 2-2-5



圖 2-2-6

2. 由上述討論得知薄鐵片在疊合後，即可磁化為整體南北極兩面分佈的鐵塊，為了瞭解將其鐵塊拆開一片片鐵片堆疊時其磁場是如何變化做了以下討論。由表 2-2-3 以及表 2-2-4 中取編號十二、編號十一鐵片疊加之磁場變化得表 2-2-5。從表中可看出鐵片疊加後之綜合磁場確實受到二鐵片之影響，即所測得鐵塊之磁場為每片鐵片之綜合磁場。由表 2-2-4 繪製出圖 2-2-7 可看出，當鐵片漸漸變薄時磁場由原先整體是負的趨向於磁場平均分佈。因此可推論當鐵片疊加時，由原先南北極左方右方磁化漸漸轉成南北極上方下方磁化。

磁區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
原先磁場	6.6	3.3	7.7	1.7	-0.1	1.4	-0.8	-2.1	-2.5
加入磁場	-2.4	-1.6	1	-2.5	-0.9	-0.7	-0.6	0.2	2.1
綜合磁場	0.7	-0.4	1.8	-2.2	-0.9	-0.2	-1.8	-0.9	-0.7

表 2-2-5

鐵片疊加時各磁區之磁場變化圖

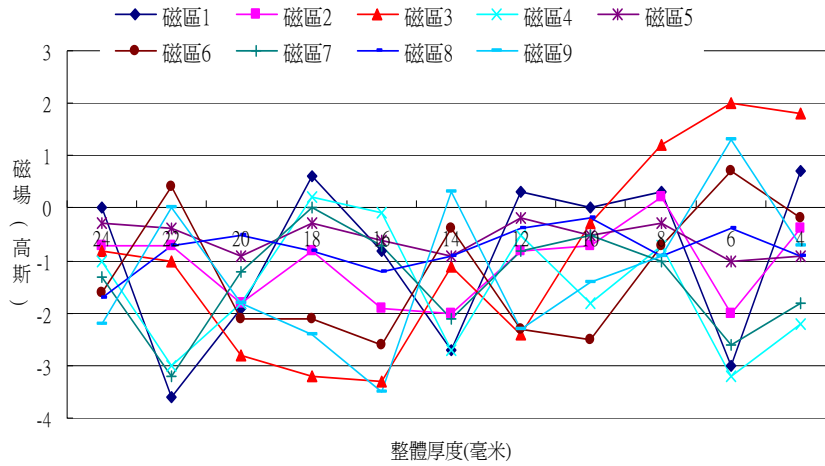


圖 2-2-7

(三) 探討不同結構之鐵塊對磁場遮蔽之效果差異

- 由以上實驗得知，一整體為南北極兩面分佈之鐵塊其中每片鐵片南北極卻分佈於兩邊，因此產生好奇，若將鐵片水平擺放和垂直擺放是否會有不同的磁阻效果，對此做了以下討論。將表 2-3-1、表 2-3-2 及表 2-3-3 中鐵塊四角(即 1、3、7、9 號磁區)及四邊(即 2、4、6、8 號磁區)數據平均繪出圖 2-3-1(為了方便判讀將代表 S 極的負號改為正號，故數據都為正值)。從圖中可看出垂直面向鐵片(如圖 2-2-2 下圖中綠色系點)之磁場最大，一體成型鐵塊次之(下圖藍色線條)，而水平面向組成之鐵塊(下圖紅色系線條)最小。由此可知利用相同體積之鐵塊遮蔽磁場，會因其排列方式不同而有差異。

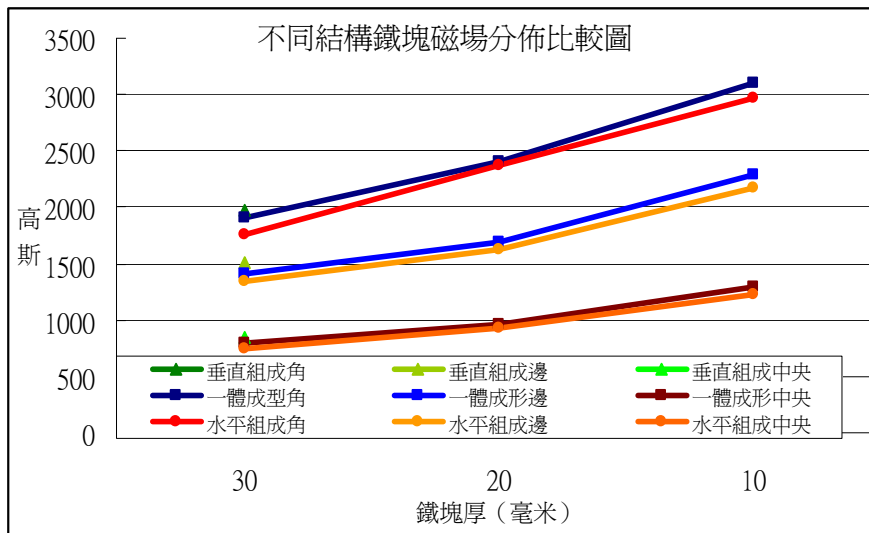


圖 2-3-1

- 由上述討論得知，相同體積不同結構之鐵塊，會有不同的組磁效果，因此做了以下二討論更深入探討不同結構鐵塊其對磁場屏蔽效應的不同。將表 2-3-4 中鐵塊四角(即 1、3、7、9 號磁區)及四邊(即 2、4、6、8 號磁區)數據平均繪出圖 2-3-2(為了方便判讀將代表 S 極的負號改為正號，故數據都為正值)。從圖中可看出從無墊與加到 4 毫米之墊片，磁場快速的下降，因此只要將鐵塊與磁鐵中加如約 4

毫米之墊片即可大幅提升其磁遮效果。而圖中最後交叉的部份與圖 2-2-1 及圖 2-2-2 中討論原因相同。

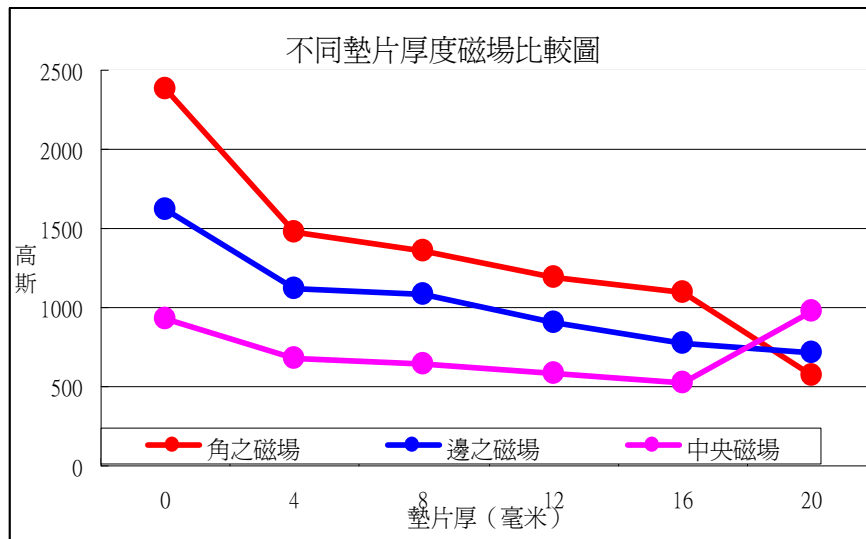


圖 2-3-2

- 將表 2-3-5 中鐵塊四角(即 1、3、7、9 號磁區)及四邊(即 2、4、6、8 號磁區)數據平均繪出圖 2-3-3(為了方便判讀將代表 S 極的負號改為正號,故數據都為正值)。從圖中可以得知當墊片位於整個鐵塊之中央時(即墊片抵距離磁鐵 8 毫米)其磁場最弱,因此推論相鄰鐵片(有互相接觸之鐵片)總厚度越厚,磁場遮蔽效果越差。而在墊片位於頂部時(即墊片抵距離磁鐵 20 毫米)四周磁場下降而中央磁場卻上升,由此推測鐵塊會將磁力線引導至鐵塊四角,之後磁力線又聚合如圖 2-3-4,故會產生中央磁場上升而四周磁場下降之情形。

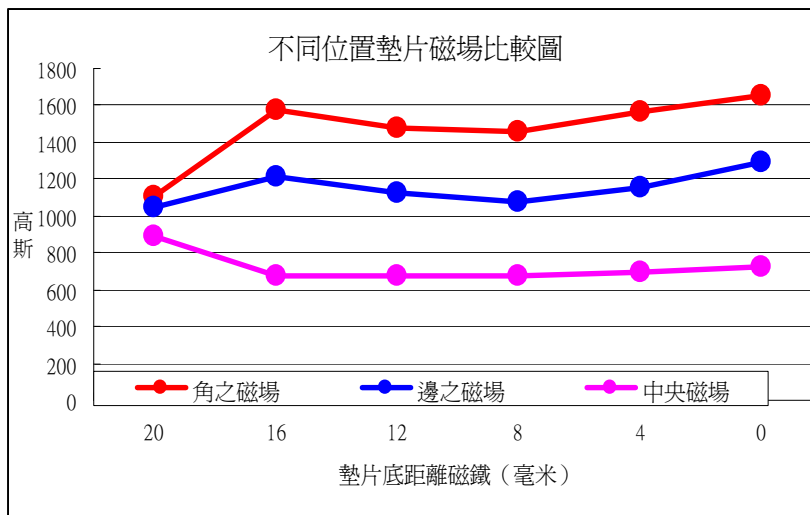


圖 2-3-3

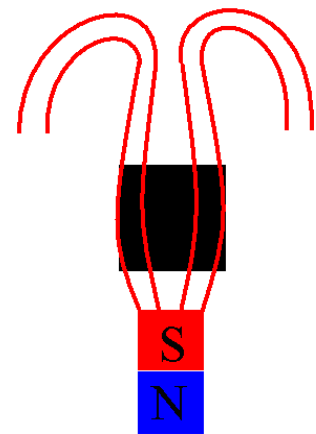


圖 2-3-4

(四) 探討不同材質、形狀、厚度、寬度之鐵片磁遮效應之差異

- 從上實驗了解,在相同質量、體積下改變鐵塊組成方式會有截然不同的磁阻效果。因而對磁遮蔽產生了興趣,做下討論探討影響鐵片阻磁之因素。由表 2-4-1 彙整出圖 2-4-1,從直徑 100mm 之鐵片磁場分佈可看出鐵片中央磁場較四周弱,以及在距離圓心 20mm 處磁場由 S 極轉為 N 極推論其磁力線如圖 2-4-2。如此便可合理解釋中央磁場較弱以及距離圓心 20mm 處磁場會由 S 極轉為 N 極的現象。

不同大小圓形鐵片之磁場分佈圖

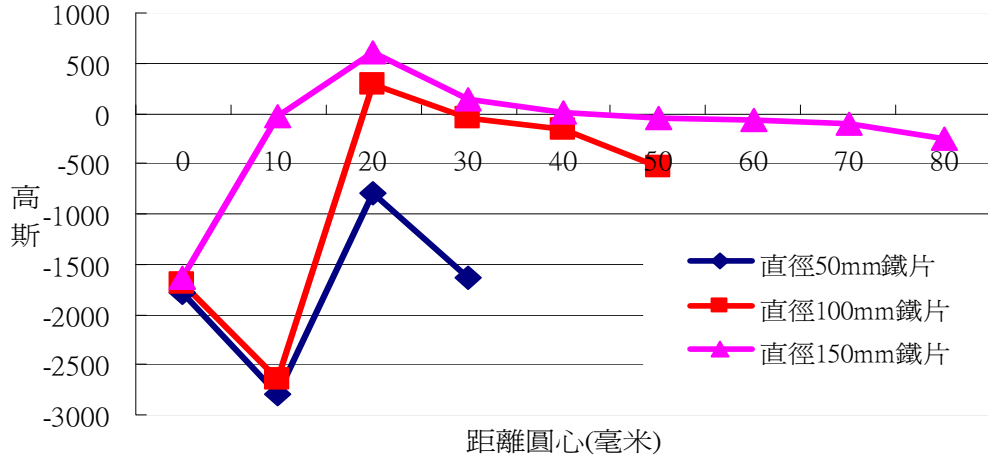


圖 2-4-1

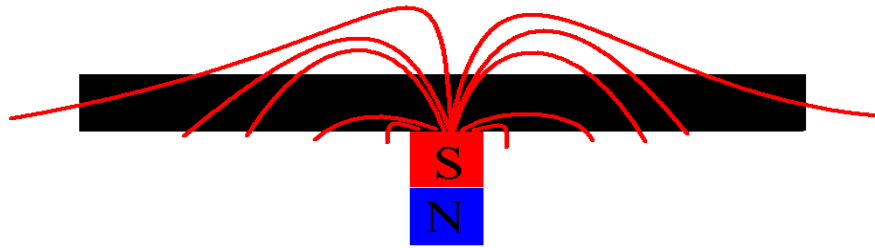


圖 2-4-2

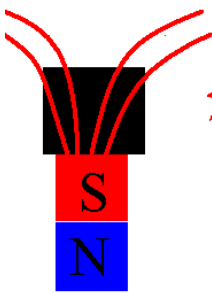


圖 2-4-3

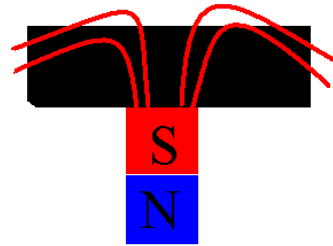


圖 2-4-4

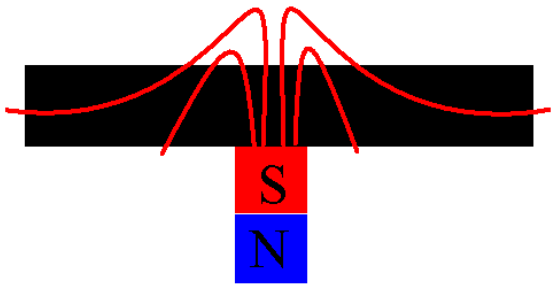


圖 2-4-5

單位：毫米、高斯

鐵片直徑	50	60	70	80	90	100
中央磁場	-1480	-1379	-1339	-1325	-1316	-1302

表 2-4-6

2. 由表 2-4-2 繪製出圖 2-4-6 從中可以看出斜邊外部之磁場較側邊外部磁場大，故推論一方形鐵片會將磁力線從中央聚集至四角。

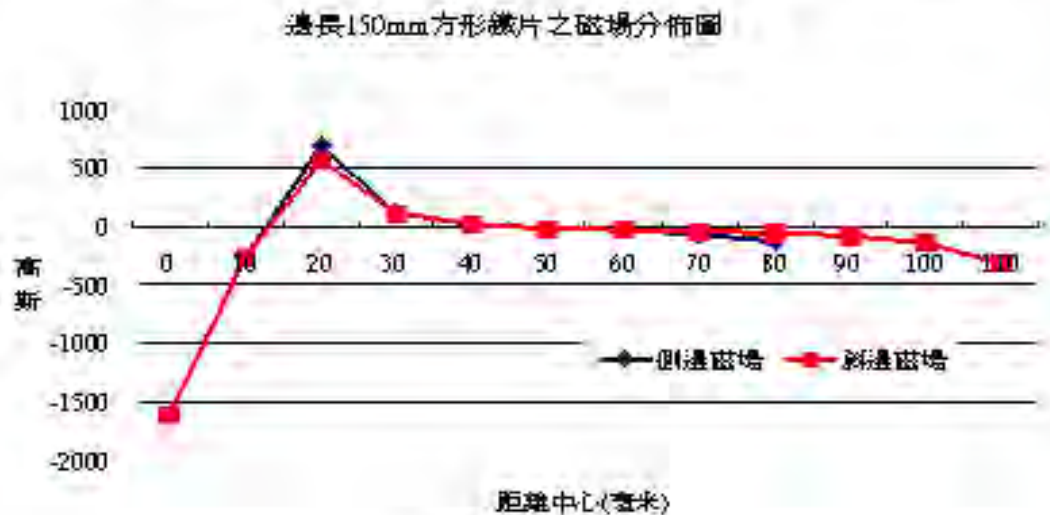


圖 2-4-6

3. 由表 2-4-3 繪製出圖 2-4-7 從圖中可以看出鐵含量較高之金屬(SPC)並沒有較好的磁遮效果，由此得知鐵鐵含量高不代表有較好的阻磁效果。推論其原因是熟鐵如同一厚鐵片故較容易上下磁化，因此不會有較好的磁阻效果。

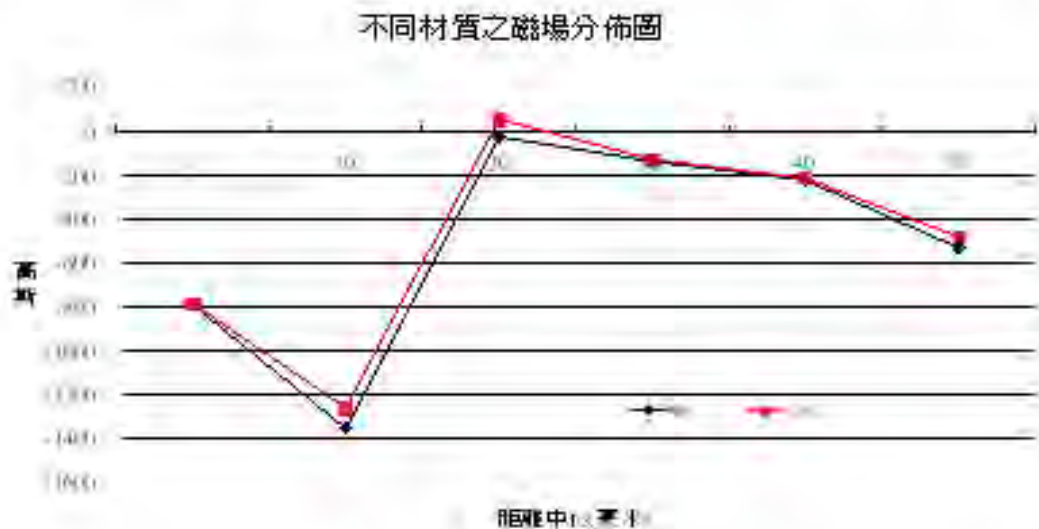


圖 2-4-7

4. 由表 2-4-4 可以看出鐵片厚度為 1mm 以及 2mm 分別測得 N 及磁場於與中心距離 30mm 以及 20mm 處，由此推論其磁力線改變如圖 2-4-8。



圖 2-4-8

(五) 探討不同強弱磁鐵對鐵片磁化之差異

1. 由表 2-5-1 可推論出其磁力線分佈如圖 2-5-1，故當磁場加強時會在較貼近圓心處測量出 N 極磁場。



圖 2-5-1

(六) 模仿高斯計之歸零室(有效阻隔磁場之物)探討其磁阻效果及原理

1. 地球磁場在生活空間中可看成平行的磁力線如圖 2-6-1 無論鐵片在大也無法將其磁力線導回，因此只能力用鐵片始中央磁力線集中在四周如圖 2-6-2 四周的磁力線對高斯計還是會有一定程度的影響，但高斯計在做校正時需要一個幾乎無磁場的環境：歸零室，因此做此討論探討其原因。由表 2-6-1 可知一封閉鐵片有極佳的阻磁效果，推測是因為下方的鐵片將磁力線引導致四周如圖 2-6-3，在由兩邊鐵片引導致上方，如同磁力線沿著鐵片繞開，因此鐵片所圍成的空間中只有極微弱磁場，有非常顯著的磁場遮蔽效果。



圖 2-6-1

圖 2-6-2

圖 2-6-3

(七) 探討鐵片與磁鐵之磁化關係是否可以等比推廣

1. 為了瞭解以上實驗是否可以等比放大推廣以增加其應用性故做了以下討論。由表 2-7-1 整理得表 2-7-2 從此表可以看出不同大小鐵片其相對位置之對應點磁場均相若，然而在邊緣所測得之磁場則否，推測其原因是在邊緣之磁場變化較大(因磁力線大多由邊緣散出)故在測量小磁鐵時其數據代表整的邊緣的平均值磁場較弱，然而測量大磁鐵時則代表邊緣中最邊的磁場所以磁場較大。由此推論鐵片被磁化是可等比放大推廣。

單位：毫米，高斯

鐵片直徑 50	-9.2	-8.6	-10	-23
鐵片直徑 100 之對應點	-9.1	-8.7	-12	-30

表 2-7-2

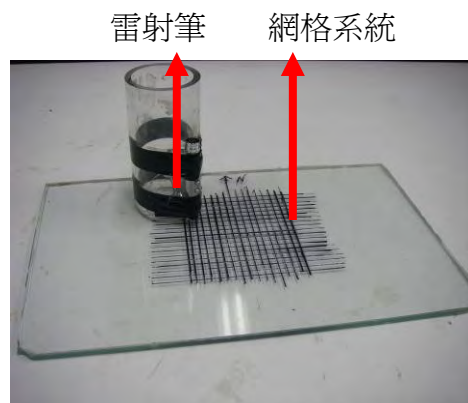
實驗三 簡易測量鐵片磁化之磁極變化

從實驗二得知薄鐵片之殘磁 NS 極分佈於左右兩端，而厚鐵片其磁場則會分佈上下兩面，是否有辦法設計一種裝置可直接測得鐵片磁化之磁場分佈呢？因此想了一個簡單的方法，利用保麗龍板及雷射筆即可製作一個簡單且不必透過昂貴的高斯計就可測量鐵片磁極分佈的裝置。

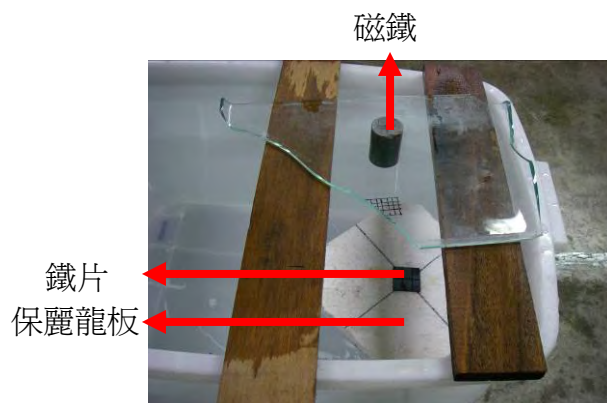
一、實驗三 裝置及步驟

(一) 自製移動平台以及座標定位系統，測量鐵片與磁鐵之水平距離。

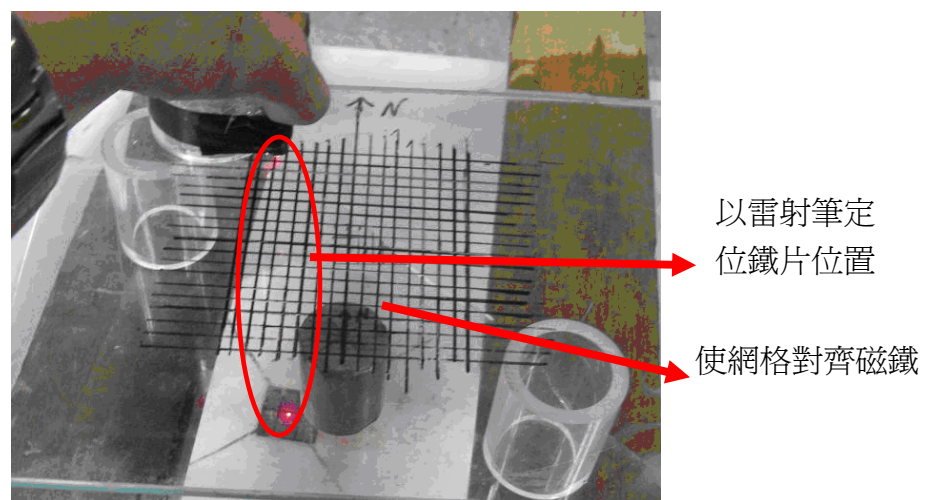
1. 利用雷射筆與網格製作一水平定位系統，使雷射筆與網格垂直，如 P3-1-1
2. 待測鐵片放置於保麗龍板上，使之自由漂浮於水槽中，如 P3-1-2
3. 在水槽上方架設磁鐵，並在磁鐵上方架設水平定位系統，使之與磁鐵上之標示對齊，如圖 P3-1-3



P3-1-1



P3-1-2



P3-1-3

(二) 不同厚度鐵片與磁鐵之平衡點測量

1. 測量鐵片磁場分佈。
2. 測量鐵片在平衡點時與磁鐵的水平距離及磁場分佈。

二、實驗三 結果

(一) 不同厚度鐵片與磁鐵之平衡點測量結果

1. 距離為磁鐵與鐵片之水平距離。向磁角為鐵片最接近磁鐵之磁區編號
單位：高斯、毫米

項目		磁場分佈			項目		磁場分佈		
厚 20	磁化中	-73.4	-76.3	-90.7	厚 20	磁化後	1.8	0.5	0.9
距離	0	-72.1	-73.1	-76.6			0.4	0.2	0.1
向磁角	5	-81.3	-80.6	-80.3			0.3	0.3	-0.1
厚 18	磁化中	-60	-60	-46.6	厚 18	磁化後	1.2	0.5	0.8
距離	4.4	-94.1	-65	-53.7			0.4	0	0.1
向磁角	7	-91.4	-70.4	-62.2			0	-0.1	-0.4
厚 16	磁化中	-43.5	-47.5	-62.7	厚 16	磁化後	1.8	0.2	0.5
距離	11	-43.6	-55.1	-68.5			0.2	-0.2	-0.3
向磁角	9	-50.5	-63.8	-83.8			0	-0.5	-1.7
厚 14	磁化中	-22	-45.6	-83.7	厚 14	磁化後	1.4	0.5	0.2
距離	18	-31	-43.7	-91.8			0.2	0.1	-0.3
向磁角	6	-42.2	-60.5	-74.4			0	-0.2	-0.7
厚 12	磁化中	-18.8	-33.1	-44.6	厚 12	磁化後	1.7	0.5	1
距離	26.15	-27.5	-45.8	-58.9			-0.1	0	0
向磁角	9	-40.8	-55.3	-75			-0.6	-0.5	-0.5
厚 10	磁化中	-86.3	-64.8	-39.3	厚 10	磁化後	2	1	1
距離	31.9	-68.1	-46	-27.9			0.1	0	0.1
向磁角	1	-57.3	-37.9	-19.6			-0.5	-0.4	-0.7
厚 8	磁化中	-23.8	-3.2	20.9	厚 8	磁化後	1.4	0.4	0.6
距離	41	-40.8	-22.1	-8.5	距離		0	0	-0.3
向磁角	7	-54.3	-35.6	-19.7	向磁角		-0.8	-0.4	-0.6
厚 6	磁化中	-18	-4.7	15.7	厚 6	磁化後	1.4	0	-0.1
距離	42.8	-32.7	-19.8	-7.1			0	-0.3	-0.5
向磁角	7	-50.2	-33.9	-21.3			-0.1	-0.3	-0.8
厚 4	磁化中	25.2	-2.8	-17.1	厚 4	磁化後	2.4	1.8	1.3
距離	48.7	-1	-17.5	-35.1			1.8	0.9	0.9
向磁角	9	-3.9	-21.7	-42.9			1.7	1.3	0.5
厚 2	磁化中	20.3	-3.4	-24.3	厚 2	磁化後	1.5	0.8	-0.6
距離	53.75	2.7	-14.9	-27.9			1.2	0.6	-0.1
向磁角	9	-9	-26.1	-51			0.8	0.3	-0.2

表 3-1-1

(二) 磁鐵與長、寬 3cm 厚 2mm 之鐵片不同垂直距離之平衡點變化結果

1. 平衡點位置為鐵片停止飄動後與磁鐵之水平距離，而與磁鐵距離為鐵片和磁鐵之垂直距離。
單位：公分、高斯

與磁鐵距離	5	6	7	8	9	10	11	12
平衡點位置	32.45	35.9	42.65	44.9	50.6	53.75	59.9	63.6
向磁角	7	9	9	7	7	9	7	7

表 3-2-1

(三) 厚度為 2mm、20mm 寬度為 3cm 之方形鐵片與磁鐵垂直距離 10cm 之磁化差異果

1. 厚度 2 mm

單位：高斯

磁化前			磁化時(磁鐵存在)			磁化後(殘磁)		
1.2	0.8	0.7	-7.5	4.7	28.1	1.3	1.7	2.6
0.9	0	0.6	-28	-15.4	6.8	0.3	0.5	1.7
0.3	1	0.4	-48.6	-21.4	-4.1	0	0.4	1.5

表 3-3-1

2. 厚度 20 mm(由十片長、寬 30mm 厚 2mm 之鐵片組成) 單位：高斯

磁化前			磁化時(磁鐵存在)			磁化後(殘磁)		
0	0.5	0.8	-55.8	-52	-48.8	0.2	0.4	0.3
-0.1	0.2	0.7	-60.7	-51.4	-44.8	0	0.3	0.7
0	0.2	0.9	-65.5	-55.4	-54.9	-0.1	0.3	0.6

表 3-3-2

一、實驗三 討論

(一) 由表 3-1-1 可以得知鐵塊在磁鐵存在時之磁力分佈與將磁鐵移開後之殘磁有直接的關係。由圖 3-1-1 可以推知鐵片漸漸加厚磁極會由原先的 NS 水平分佈轉成 NS 垂直分佈，因此平衡點會由磁鐵的側邊轉到磁鐵的正下。此平衡點可應用在磁鐵充磁的方向推估，例如薄鐵片平衡點在磁鐵測邊，故水平向充磁薄鐵片可得最大的飽和充磁。

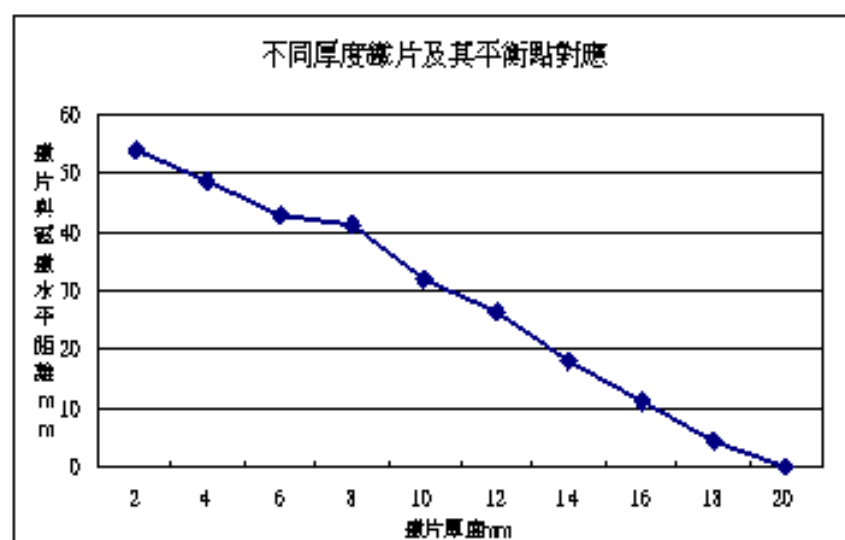


圖 3-1-1

(二) 由圖 3-2-1 得知雖然薄鐵片會在磁鐵側邊，而當鐵片與磁鐵距離逐漸縮短時，鐵片與磁鐵水平距離會縮小。推測磁鐵遠離鐵片磁鐵對鐵片之磁場較弱，而鐵片中內部相斥力相對較大，故鐵片形成 NS 極分佈於兩端。反之鐵片接近磁鐵，磁鐵磁場較強，內佈相斥力相對弱，故磁化為 NS 極上下兩面分佈。

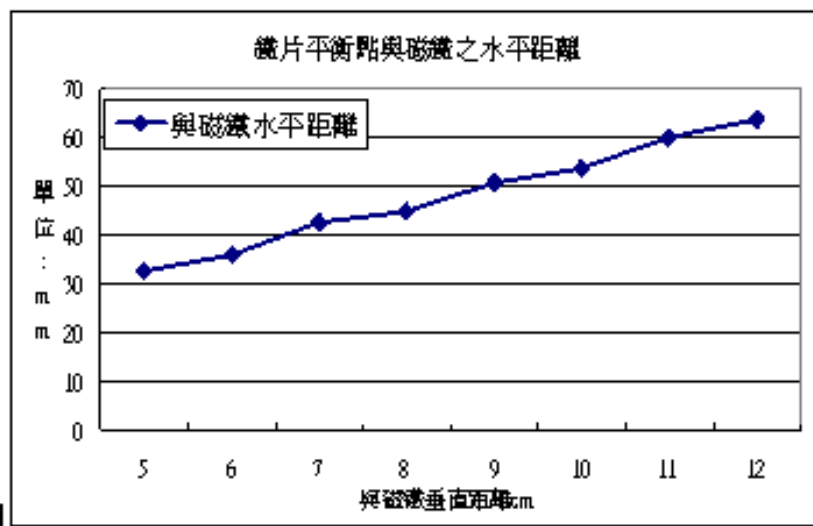


圖 3-2-1

(三) 由表 3-3-1 以及表 3-3-2 得知，厚鐵片外加磁場時磁力較薄鐵片強，而殘磁卻較薄鐵片弱。推論厚鐵片外加磁場內佈相斥力較小，故磁場較強。薄鐵片在移除外加磁場後，磁極分佈轉為內部相斥力最小之排列，故薄鐵片之最小內佈相斥力小於厚鐵片。由此實驗推論不同方向磁場，對應鐵片之內佈相斥力不同。

實驗四 由鐵片磁化之現象探討磁鐵充磁、生物羅盤、地磁反轉及生活上之應用

在了解鐵片磁化與與磁場之關聯後，發現在生活或課程上有許多有趣的現象或推論，實驗四即為此實驗結論在生或上之應用。

一、實驗四 步驟及裝置

(一) 探討不同形狀磁鐵之飽和磁場 (飽和充磁後的殘磁)

1. 購買不同大小之飽和充磁氧化鐵磁鐵
2. 測量其磁場分佈

二、實驗四 結果

(一) 探討不同形狀磁鐵之飽和磁場 (飽和充磁後的殘磁)

1. 不同形狀厚度均為 6mm 之磁鐵飽和磁場之比較 單位：毫米、高斯

圓柱型磁鐵直徑	15	22	30
中央磁場	-1154	-980	-720
邊緣磁場	-1220	-1115	-935

表 4-1-1

三、實驗四 討論

(一) 探討不同形狀磁鐵之飽和磁場 (飽和充磁後的殘磁)

1. 從表 4-1-1 可以得知相同材質之磁鐵若寬度越大所得之飽和充磁越小，推測其原因與示實驗二中寬度越大的鐵片越難上下兩面磁化同理。市面上販售的軟磁鐵磁化方式為橫格狀磁化如圖 4-1-1 所示，然而卻會因每個磁區如同一扁平磁鐵而磁力較弱，其實只需將磁化方式改為網格狀磁化如圖 4-1-2 即可大幅提昇其磁力。

圖 4-1-1

圖 4-1-2

(二) 對浴室中磁性浴缸塞子的改良

1. 圖 4-3-1 是一浴缸中的塞子在塞入下方孔洞時會發生相斥的現象而使得塞子無法順利塞入，其中原因是塞子是一南北極分布於上下的磁鐵而浴缸孔洞則是一薄鐵片。所以當塞子要進入孔洞時會因為該孔洞(薄鐵片)被左右磁化而使得塞子被相斥置測邊無法塞進。若要改進只需將塞子改為左右向磁化即可順利塞入。



圖 4-3-1

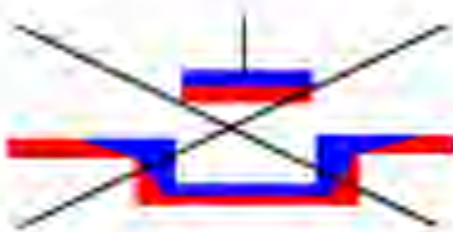


圖 4-3-2



圖 4-3-3

(三) 此實驗結論在生物上之應用

1. 在實驗三得知在相同的磁場下會因為鐵片形狀的不同或擺放方向的不同而產生不同的受力方向。推論許多靠地球磁場回游的生物，其體內有不同形狀的磁性組織(生物羅盤)。因此不同生物會感測到不同的磁場強弱，有不同的回游路線。

(四) 此實驗結論在地球科學上之應用

1. 在地球科學課本中有提到地球磁場曾經反轉過，而證據則是探測船在中洋脊板塊上有測得不同方向之磁場如圖 4-4-3 所示。然而從實驗二中表 2-2-1 以及表 2-6-1 可得知當一垂直排列的鐵塊有外加磁場時，整體南北極會分佈於上下兩面如圖 4-4-1 所示，然而每一片鐵片的磁場分佈卻是如圖 4-4-2，且此結論是可以等比放大的。因此若將磁鐵視為地球磁場，而由數個薄鐵片組成的鐵塊視為中洋脊板塊如此板塊與板塊之間的磁場應如圖 4-4-3 所示。故中洋脊板塊交互分佈不因作為地球磁場曾經反轉之推論證據。



圖 4-4-1



圖 4-4-2



圖 4-4-3

伍、研究結論

- 一、利用滑輪、水槽、電子天秤即可設計精確測量磁力的測力計。
- 二、鐵片在磁場中所受磁力之大小與磁場的分佈及鐵片形狀有關，其中鐵片水平放置受同極形成之磁場作用力最大，若鐵片垂直放置受異極形成之磁場作用力最大。
- 三、薄鐵片受磁場磁化，鐵片上磁場之分佈與外加磁場之方向無關。
- 四、以指南針所找出的磁鐵中心僅代表該點四周磁場相同並不代表磁力線由該點均勻發散。
- 五、磁力線在穿出鐵片後會向鐵片中央收縮，故測量點只有在接觸鐵片才可代表該點之磁場。
- 六、從實驗二得知厚度為 16mm 之鐵塊阻磁效果較厚度為 20mm 佳、厚度為 2mm 之鐵片阻磁效果較 1mm 佳，故鐵片在一適當厚度會有最佳的磁阻效果，而非越後越佳。
- 七、鐵片殘磁不會在短時間內、或磁化前殘磁不同而有所改變。
- 八、鐵片的磁化是外加磁場與內部相斥的的平衡，因此在推論鐵片如何被磁化時不能只看磁力線還需顧及鐵片形狀、材質。
- 九、一由薄鐵片組合而成的鐵塊無論其磁化方向為何，內部相鄰之薄鐵片南北極均相異排列。
- 十、鐵片的阻磁效果會因材質、長寬比、形狀及結構而有所不同。其中在鐵片與鐵片間等距加入塑膠片能大幅提昇其磁阻效果。
- 十一、鐵片漸漸加厚時其殘磁會由原先的南北極兩邊分佈漸漸轉成南北極上下兩面分佈。
- 十二、一鐵塊的殘磁是由每一片鐵片所疊合而成，並不會因磁場微弱而下方鐵片磁場被阻隔使得鐵塊只表現最上方鐵片之磁場。
- 十三、高斯計之歸零室因可將磁場由側邊鐵片引導開而在中空圓柱形鐵片中產生一幾乎沒有磁場之空間。
- 十四、鐵片之磁阻效果並不會因鐵含量越高而有越好得效果。
- 十五、利用實驗三的裝置讓鐵片漂移至平衡點，此時可直接看出鐵片內部斥力以及外加磁場達成平衡後的磁化方向。
- 十六、鐵片在有外加磁場時之磁場分佈，其中磁場較強一端在外加磁場移除後磁極不會改變，而磁場較弱一端在外加磁場移除後則會反轉。
- 十七、許多靠地球磁場回游的生物體內有一磁性組織稱為生物羅盤，其形狀呈長條型，推測和穩定磁性組織之磁場有關。
- 十八、將浴缸中的塞子由原先 NS 極兩面磁化改為 NS 極兩端分佈，即可解決塞子塞入浴缸中孔洞會產生斥現象的問題。
- 十九、軟磁鐵改為網格狀磁化，磁場強度將較原先橫橫格狀磁化增強許多。
- 二十、鐵塊磁化後其磁極交互分佈的現象，與海地板塊磁極交錯分佈的測量結果相似，故由海地板塊之磁極交互分佈不因作為地球磁場曾經反轉之推論證據。

陸、參考資料

- 一、觀念物理 5 磁學 作者：休伊特
- 二、<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%A3%81%E5%A0%B4&variant=z>

- 三、 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E9%90%B5>
- 四、 <http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%A3%81%E5%8C%96&variant=zh-tw>
- 五、 <http://www.micromeg.com.tw/index2>
- 六、 <http://tamweb.tam.gov.tw/news/2007/200703/07031302.htm>
- 七、 <http://scitech.people.com.cn/BIG5/39327/3525770.html>
- 八、 <http://nano.nstm.gov.tw/02nature/nature02.asp>
- 九、 <http://science.ylps.tp.edu.tw/article.asp?id=38>
- 十、 <http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%9C%B0%E7%A3%81%E5%8F%8D%E8%BD%89&variant=zh-tw>
- 十一、 <http://www.shs.edu.tw/works/essay/2006/10/2006103121050596.pdf>
- 十二、 <http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%9C%B0%E7%A3%81&variant=zh-tw>
- 十三、 <http://fhsh.tp.edu.tw/sub/subject04/handout/h1/6-4.pdf>

【評語】 040102

作者探討磁鐵與鐵片間相互作用的關係利用不同鐵片數目磁鐵的排列分別分析不同狀況下鐵片受力的表象，並歸納出鐵片磁區可能的排列方式，是一件完整的研究工作，惟在解釋所觀測現象時可多參考相關的磁學理論，使討論及結論部份更充實及合理。