

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 理化科

031605

磁的拉力與磁場的奧妙

學校名稱：臺中縣立潭秀國民中學

作者：  國二 吳昭儀  國二 劉芳瑜  國二 彭佳筠  國二 曾俊諭	指導老師：  黃之新  張哲凱
---	-----------------------------

關鍵詞： 磁力、磁場

## 摘要

在生活上有各式各樣與『磁浮』息息相關的應用，但是想要利用磁鐵使物體浮起來就必須先了解磁鐵附近磁力(排斥力)大小的關係。

我們利用電子秤來測量磁力(排斥力)的大小，測量對於磁鐵中心不同角度及不同距離時磁力的大小變化。在實驗當中發現要將排斥力轉換成為吸引力並不需要將磁鐵完全翻轉到另外一極，約在 30 度以下時排斥力就已經轉換成了吸引力。另外也發現當距離越近時磁力的變化量也就越大，而且在任意角度時這種變化的趨勢是一致的，磁力(排斥力)大小約與距離的二點八次方成反比。最後，我們再利用所量測到的數值來作「磁浮」相關的基本設計。

## 壹、研究動機

生活當中處處都可以看到磁鐵的應用，國外的【磁浮列車】、科博館當中的【磁浮地球儀】以及國三自然課本當中有介紹到的磁浮娃娃玩具，一個看起來一點都不起眼的磁鐵竟然可以有這麼多的用途；原本我們想自製一個磁浮地球儀，但是在實驗過程中屢屢失敗，總是沒有辦法克服在改變角度及距離時磁力的變化，過程當中我們發現磁力在空間中的變化並不是相當有規律的，因此讓我們不禁好奇想知道磁力的大小到底是如何分佈，若是可以知道磁力在空間中的分佈情形，那往後在製作任何「磁浮」相關應用時就更加便利。

## 貳、研究目的

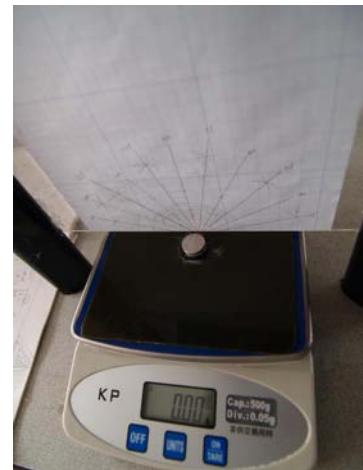
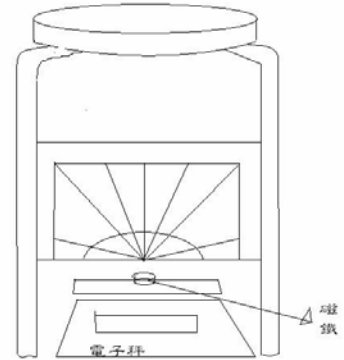
- 一、測量不同角度、距離下磁鐵的磁力(排斥力)大小。
- 二、分析同一角度下不同距離時磁力(排斥力)的變化。
- 三、分析同一距離下不同角度時磁力(排斥力)的變化。
- 四、了解磁力在空間中的分佈情形。
- 五、利用實驗數據來作簡易「磁浮」設計。

## 參、研究設備及器材

名稱	數量	備註
強力磁鐵	數個	直徑 = 1.4cm、厚度 = 0.5cm
厚、薄壓克力板	各 1 個	
電子秤	1 個	可測量最大值為 500 公克
方格紙	1 張	每一格間距為 1(mm)
強力膠	1 罐	
椅子	1 張	椅腳必須要垂直於地面

## 肆、研究過程或方法

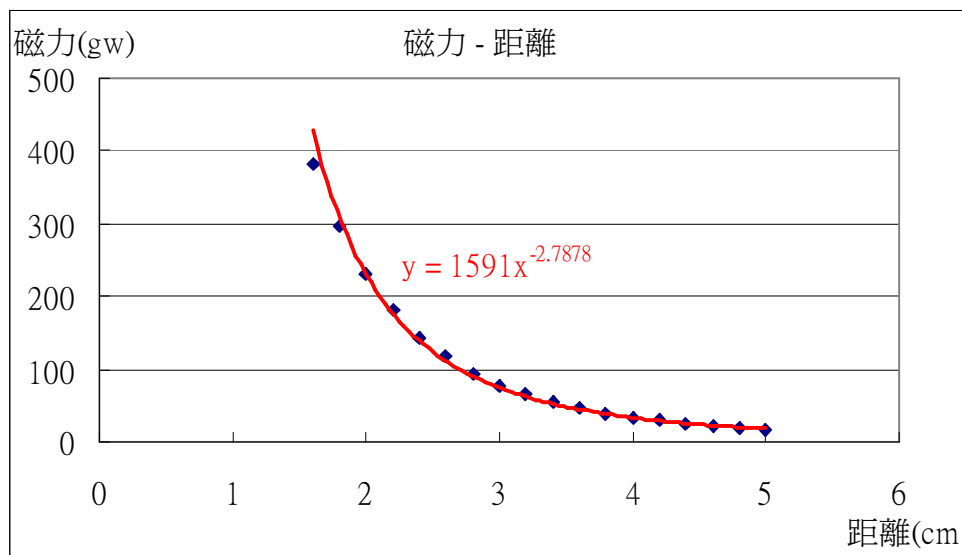
- 一、在椅腳的中間黏上一塊壓克力板，並且測量壓克力板下端到桌面的距離。〈測量結果為 5 公分〉
- 二、在方格紙上定基準點，以每 15 度畫上基準線以方便測量角度，並以每 0.2 公分畫上同心圓(由 0 公分畫到 14 公分)，以方便測量距離。
- 三、在電子秤上黏上一塊薄壓克力板，再將磁鐵以強力膠黏在電子秤的中間。
- 四、測量出磁鐵中心與桌面的距離〈測量結果為 4.35 公分〉，取適當長度〈磁鐵中心到壓克力板底端的距離 = 0.65 公分〉裁切方眼紙，並將方眼紙黏於壓克力板上，最後把電子秤放在壓克力板下方(如右圖)。
- 五、將電子秤歸零後將另一組磁鐵(7 個)放在距離磁鐵中心 14 公分處，並紀錄此時的電子秤讀數，以每 0.2 公分的距離接近電子秤並記錄下不同距離時的讀數。(要以同極相斥)
- 六、根據步驟 5，每 15 度都測量出不同距離下的磁力數值(由 15 度做到 90 度)，每個角度都作 3 次實驗。(定磁鐵的法線為 90 度)



## 伍、研究結果

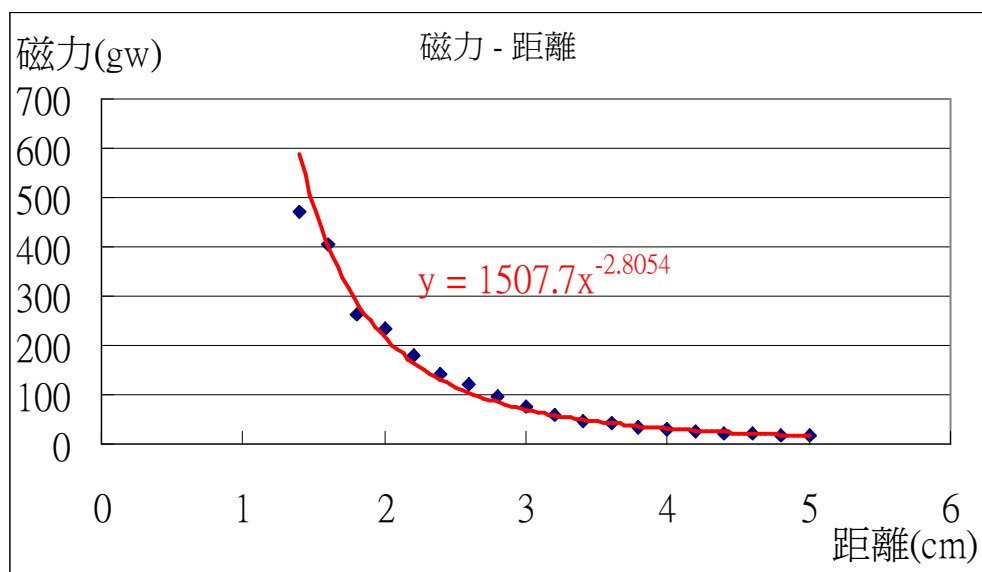
一、 90 度時距離對磁力的關係：

距離(cm)	正向排斥力 / sin 90° (g)	正向排斥力 / sin 90° (g)	正向排斥力 / sin 90° (g)	平均值(g)	歸一化 normalize(%)
5	17.25	16.4	16.8	16.81	4.3
4.8	19.55	18.8	19	19.11	4.9
4.6	22.2	21.25	21.5	21.65	5.6
4.4	25.75	24.5	25.1	25.11	6.5
4.2	30.35	28.35	28.55	29.08	7.5
4	34.6	32.95	33.1	33.55	8.7
3.8	39.05	38.4	39.7	39.05	10.1
3.6	46.2	45	45.45	45.55	11.8
3.4	55.9	53.4	53.2	54.16	14.1
3.2	67.05	64	64.5	65.18	17
3	79.1	76.15	76.9	77.38	20.2
2.8	95.35	95.15	93.5	94.66	24.7
2.6	123.25	116.95	113.6	117.93	30.7
2.4	145.1	143.75	142.5	143.78	37.5
2.2	184.6	182.3	178.5	181.8	47.4
2	235.8	228.95	225.6	230.11	60
1.8	303.2	292.95	290.5	295.55	77
1.6	405	396.25	348	383.08	100



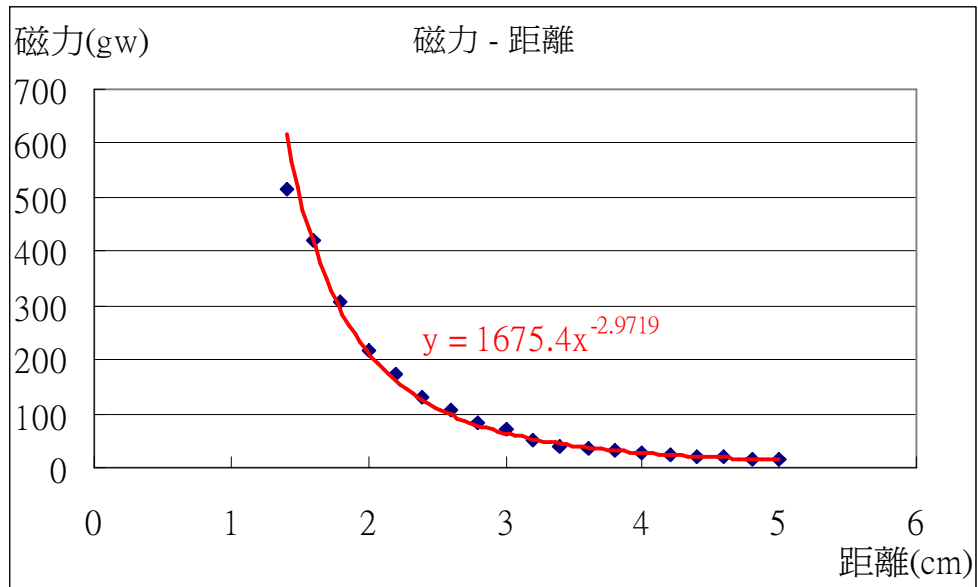
二、75 度時距離對磁力的關係：

距離(cm)	正向排斥力 / sin 75° (g)	正向排斥力 / sin 75° (g)	正向排斥力 / sin 75° (g)	平均值 (g)	歸一化 normalize(%)
5	15.63	15.22	16.05	15.63	3.32
4.8	18.58	17.08	18.38	18.01	3.82
4.6	20.55	19.88	21.17	20.53	4.36
4.4	22.41	21.12	24.43	22.66	4.81
4.2	25.68	24.69	26.97	25.78	5.47
4	29.45	29.51	30.54	29.83	6.33
3.8	36.13	33.13	34.37	34.54	7.33
3.6	38.67	40.01	40.48	39.72	8.43
3.4	47.52	48.04	46.38	47.31	10
3.2	57.25	58.75	57.67	57.89	12.3
3	78.94	70.4	79.46	76.27	16.2
2.8	98.66	85.57	98.87	94.37	20
2.6	127.29	107.1	124.44	119.61	25.4
2.4	147.12	129.83	149.03	141.99	30.1
2.2	189.05	164.04	187.23	180.11	38.2
2	242.68	217.93	242.47	234.36	49.7
1.8	312.77	269.18	206.18	262.71	55.7
1.6	423.34	361.74	428.31	404.46	85.8
1.4		487.94		471.3	100



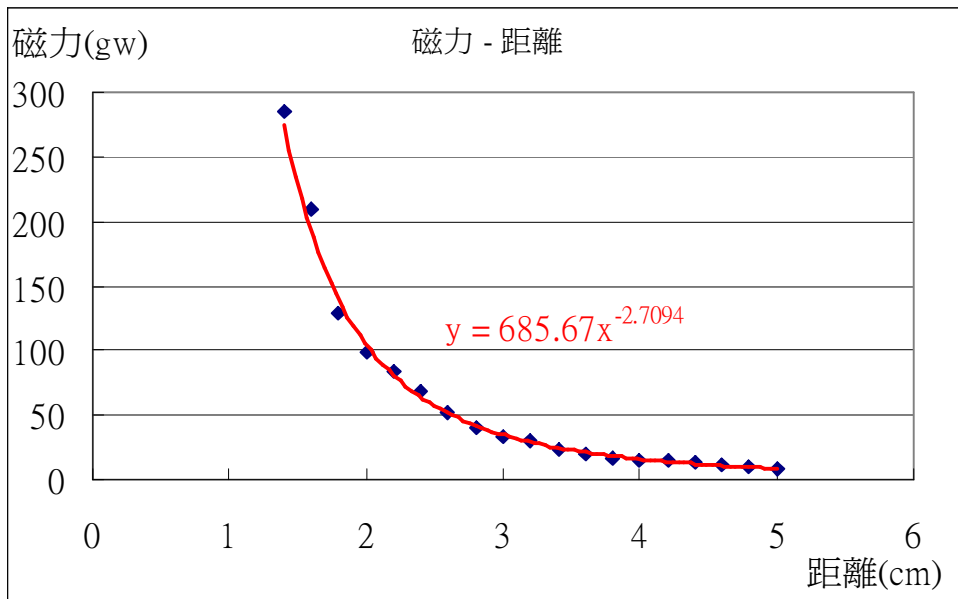
三、60 度時距離對磁力的關係：

距離(cm)	正向排斥力 / sin 60° (g)	正向排斥力 / sin 60° (g)	正向排斥力 / sin 60° (g)	平均值 (g)	歸一化 normalize(%)
5	14.61	14.55	15.24	14.8	2.9
4.8	15.01	16.69	15.94	15.88	3.1
4.6	16.34	18.71	18.48	17.84	3.5
4.4	17.9	21.07	21.3	20.09	3.9
4.2	21.36	23.96	23.73	23.02	4.5
4	25.46	29.85	25.75	27.02	5.2
3.8	26.62	33.43	29.91	29.98	5.8
3.6	29.73	36.95	34.35	33.68	6.5
3.4	33.37	43.59	44.63	40.53	7.9
3.2	40.53	55.02	54.91	50.15	9.7
3	70.84	65.82	73.21	69.96	14
2.8	82.97	78.23	91.74	84.31	16
2.6	106.93	99.25	115.65	107.27	21
2.4	136.2	122.86	135.68	131.58	26
2.2	173.2	162.93	182.97	173.03	34
2	216.8	200.17	236.84	217.94	42
1.8	274.02	326.1	321.19	307.1	60
1.6	371.36	460.05	436.09	422.5	82
1.4	494.75	536.14		515.44	100



四、45 度時距離對磁力的關係：

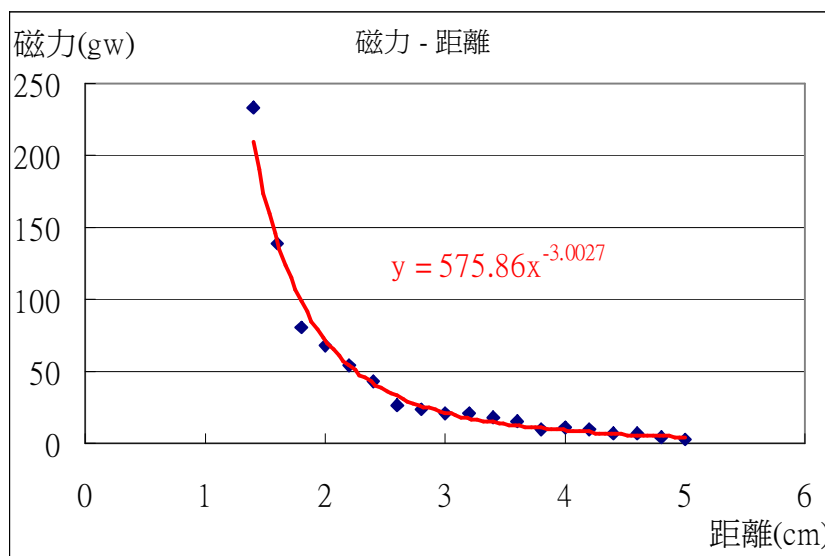
距離 (cm)	正向排斥力 / sin 45° (g)	正向排斥力 / sin 45° (g)	正向排斥力 / sin 45° (g)	平均值 (g)	歸一化 normalize(%)
5	8.98	7.07	9.76	8.6	3
4.8	10.75	8.84	10.61	10.07	3.5
4.6	12.31	10.4	12.09	11.6	4.1
4.4	13.15	12.38	14.43	13.32	4.7
4.2	14.29	13.86	15.35	14.5	5.1
4	16.83	14.14	16.48	15.82	5.6
3.8	17.47	16.27	17.89	17.21	6.1
3.6	19.38	18.6	23.55	20.51	7.2
3.4	22.84	21.22	28.5	24.19	8.5
3.2	27.09	27.23	33.95	29.42	10
3	27.51	38.19	33.52	33.07	12
2.8	33.07	48.8	36.92	39.59	14
2.6	48.59	60.25	48.3	52.38	18
2.4	61.03	77.65	66.12	68.27	24
2.2	64.85	96.61	88.76	83.4	29
2	63.22	123.2	109.62	98.68	35
1.8	105.37	165.06	118.1	129.5	46
1.6	214.85	215.28	195.9	208.7	73
1.4	231.26	276.24	345.83	284.4	100



五、30 度時距離對磁力的關係：

距離 (cm)	正向排斥力 / sin 30° (g)	正向排斥力 / sin 30° (g)	正向排斥力 / sin 30° (g)	平均值 (g)	歸一化 normalize(%)
5	-2.8	-2.2	-2.8	-2.5	1.1
4.8	-3.7	-5.5	-3.7	-4.6	2
4.6	-5.9	-6.9	-5.9	-6.4	2.7
4.4	-8.4	-6.1	-8.4	-7.25	3.1
4.2	-11.6	-8.5	-11.6	-10.1	4.3
4	-12.1	-10.7	-12.1	-11.4	4.9
3.8	-11.8	-8.9	-11.8	-10.4	4.4
3.6	-13	-16.2	-13	-14.6	6.3
3.4	-15.5	-19.6	-15.5	-17.6	7.5
3.2	-18.1	-23.9	-18.1	-21	9
3	-23.6	-25.6	-13	-20.7	8.9
2.8	-30	-29.1	-11.4	-23.5	10
2.6	-32.1	-31.9	-17	-27	12
2.4	-34.2	-42.2	-52	-42.8	18
2.2	-55.1	-52	-56.5	-54.5	23
2	-62.8	-81.8	-59.1	-67.9	29
1.8	-70.2	-104.4	-65.3	-80	34
1.6	-111.5	-110.2	-193.1	-138	59
1.4	-167.1	-300		-234	100

此時電子秤的讀數變成負值，因為此時的磁力並非排斥力而是吸引力，所以作圖時將排斥力改為吸引力作圖以方便比較。

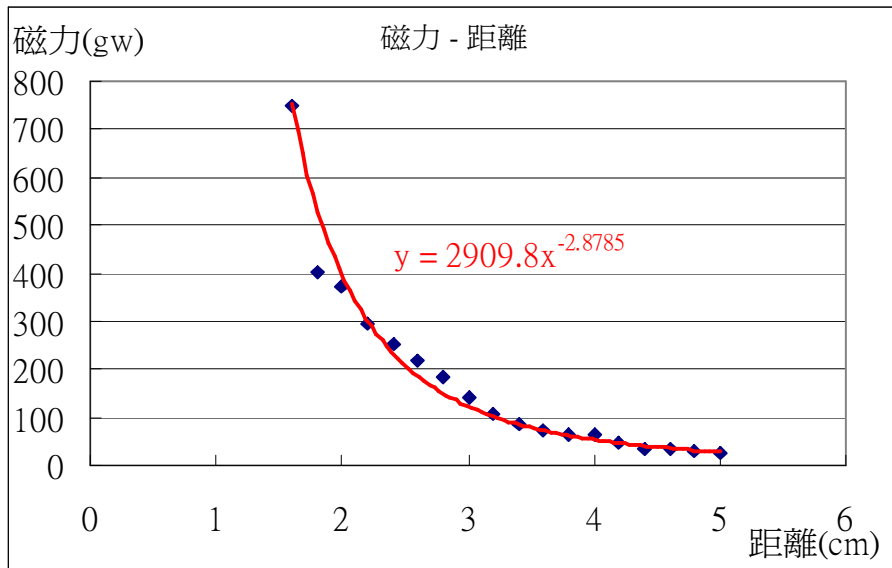




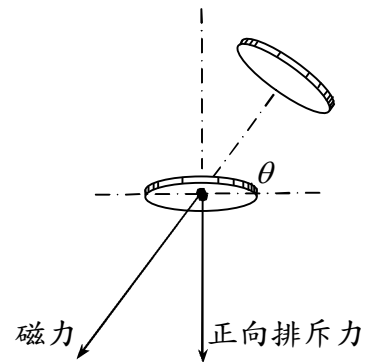
六、15 度時距離對磁力的關係：

距離 (cm)	正向排斥力 / sin 15° (g)	正向排斥力 / sin 15° (g)	正向排斥力 / sin 15° (g)	平均值 (g)	歸一化 normalize(%)
5	-25.89	-20.89	-30.89	-25.89	3.5
4.8	-28.01	-23.01	-33.01	-28.01	3.7
4.6	-33.42	-28.42	-38.42	-33.42	4.5
4.4	-35.16	-30.16	-40.16	-35.16	4.7
4.2	-48.1	-43.1	-53.1	-48.1	6.4
4	-62.4	-57.4	-67.4	-62.4	8.3
3.8	-63.94	-58.94	-68.94	-63.94	8.6
3.6	-73.02	-68.02	-78.02	-73.02	9.8
3.4	-85.58	-80.58	-90.58	-85.58	11
3.2	-108.61	-103.6	-113.6	-108.61	15
3	-144.7	-131.94	-145.85	-140.83	19
2.8	-189.51	-170.2	-189.13	-182.95	24
2.6	-224.29	-204.58	-226.41	-218.43	29
2.4	-276.06	-215.79	-266.79	-252.88	34
2.2	-304.65	-220.42	-355.85	-293.64	39
2	-320.69	-424.81	-366.28	-370.59	50
1.8	-410.71	-448.19	-341.55	-400.15	54
1.6	-686.19	-888.07	-668.03	-747.43	100

此時電子秤的讀數變成負值，此時的磁力並非排斥力而是吸引力，所以作圖時將排斥力改為吸引力作圖以方便比較。



由於我們所量測到的是正向的排斥力並非真正的磁力大小，所以根據右圖分析可以得知  
磁力 = 正向排斥力 /  $\sin \theta$ ，因此我們將所測得的數據除以  $\sin \theta$  再加以作圖，如此才可以得到磁力對距離的真正關係圖。



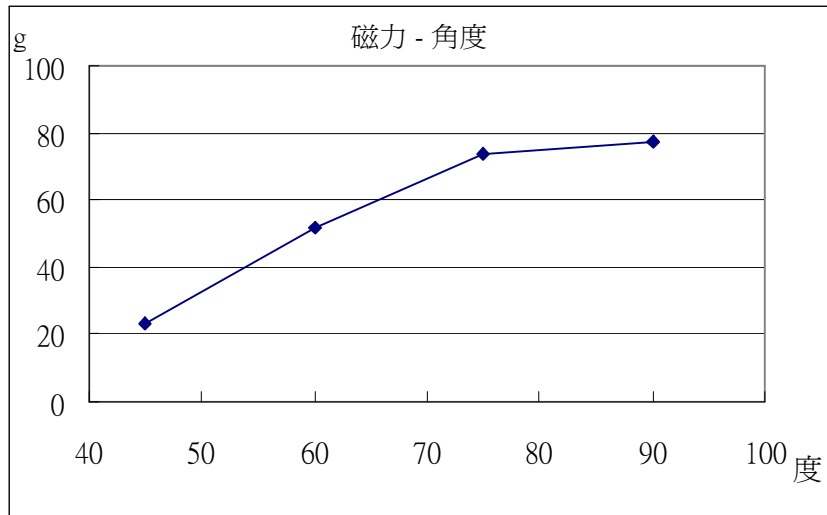
由以上六個角度下所作出來的距離對於磁力的關係當中，可以很明顯的發現不只是距離越近磁力(排斥力)就越大而已，當兩者之間的距離越來越近時磁力(排斥力)的變化幅度也更大，距離約在 2 公分左右到 1.4 公分左右時磁力(排斥力)就增加了 50%。而且也發現了異性相吸並不需要把磁鐵整個翻過去，在 30 度以及 15 度時已經由排斥力變成了吸引力了。

比較六個角度下所繪出的關係圖發現，每組數據變化的趨勢非常的接近，磁力在相同角度下的變化公式大約為  $Y = aX^{-2.8}$  (a 為常數，會隨著角度不同而相異)。

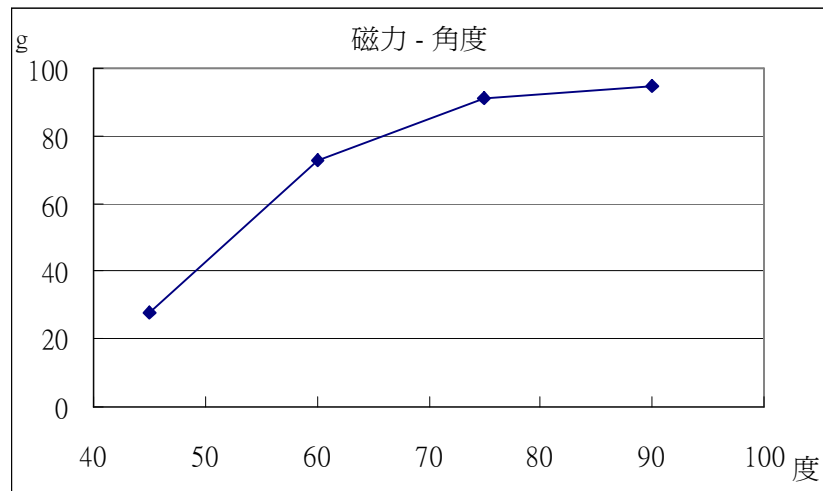
二、相同距離時不同角度對磁力(斥力)的關係：

距離(cm)	90度正向 排斥力 (g)	75度正向 排斥力 (g)	60度正向 排斥力 (g)	45度正向 排斥力 (g)
3	77.38	73.66	51.58	23.38
2.8	94.66	91.15	73.016	27.99
2.6	117.93	115.53	92.9	37.03
2.4	143.78	137.15	113.95	48.26
2.2	181.8	173.96	149.84	58.96
2	230.11	226.36	188.73	69.76
1.8	295.55	253.75	265.95	91.56
1.6	383.08	390.66	365.88	147.53

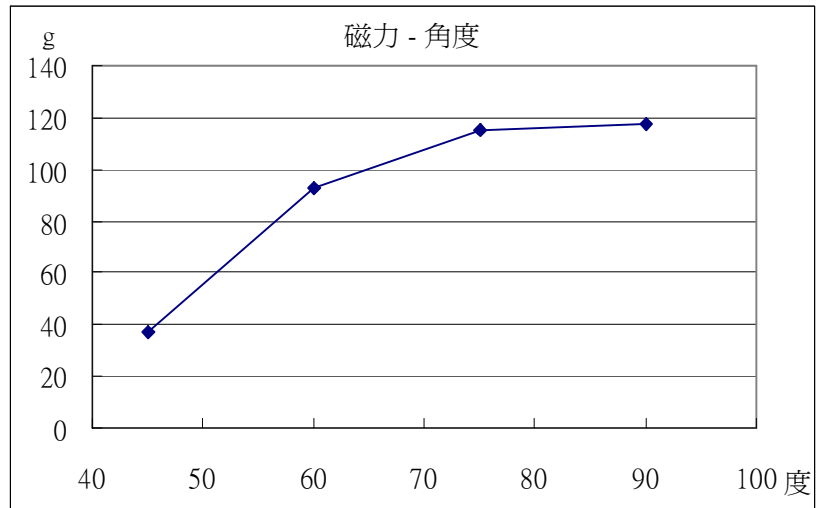
(一) 3公分時：



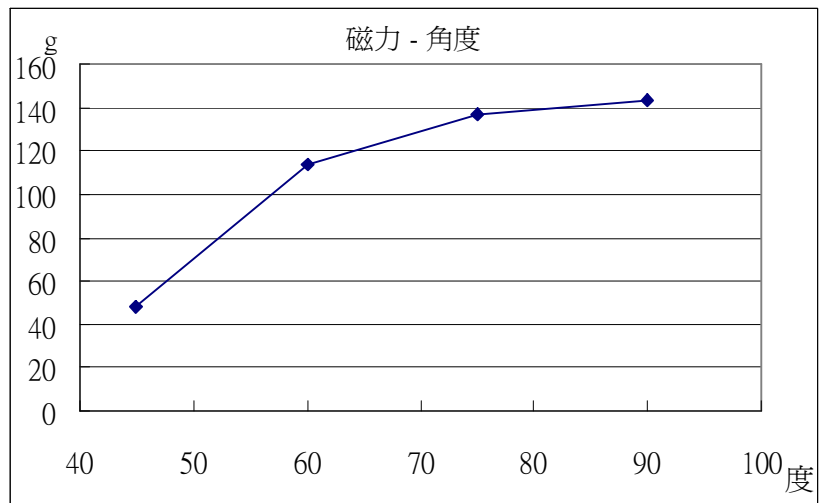
(二) 2.8公分時：



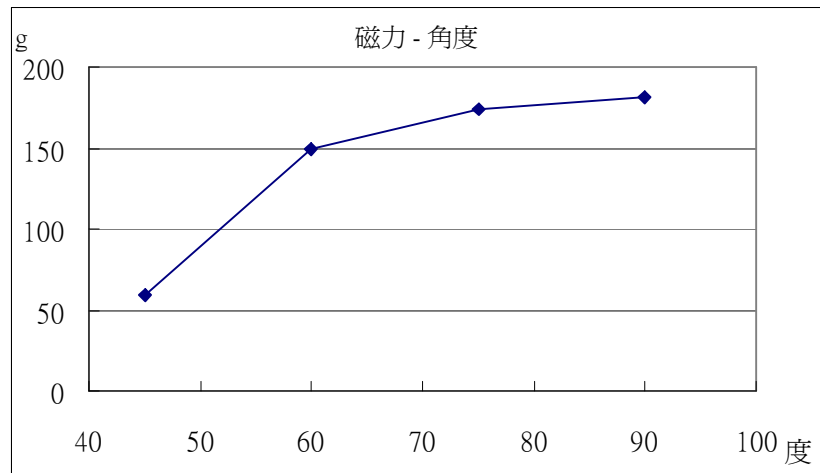
(三) 2.6 公分時：



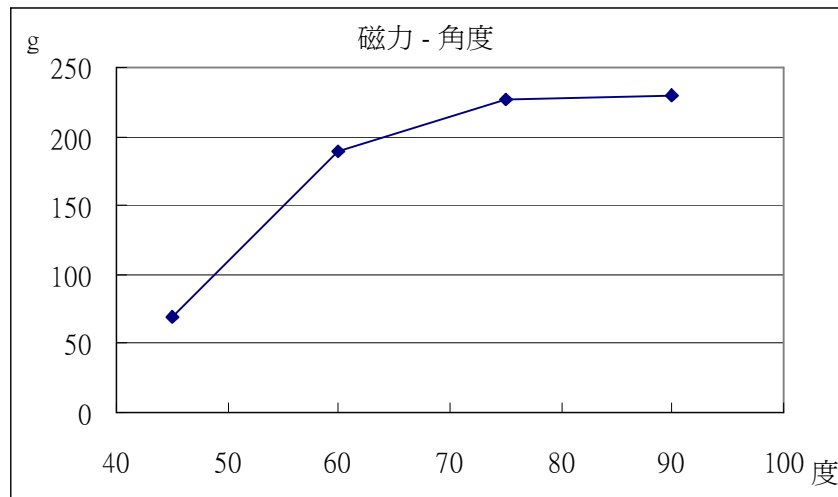
(四) 2.4 公分時：



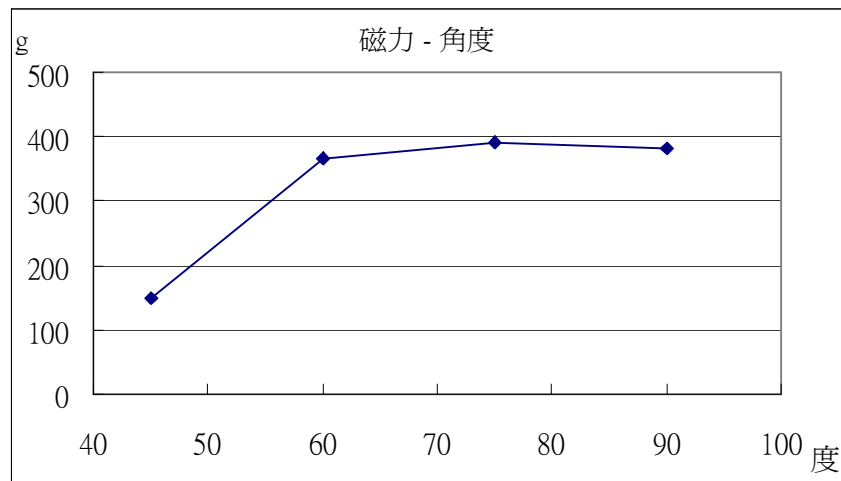
(五) 2.2 公分時：



(六) 2.0 公分時：



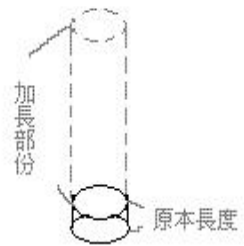
(七) 1.6 公分時：



我們將 7 組在相同距離下、不同角度的磁力(排斥力)大小作比較，在數據中發現當角度越大時磁力(排斥力)就越小，變化幅度也隨著角度變化越來越大，甚至會變成了吸引力；比較 7 組磁力對角度的關係圖後發現，每一組磁力的變化趨勢相當相近，由此可推斷在相同的距離下改變角度時，磁力(排斥力)的變化(減小)是有一定的趨勢。

## 陸、討論

- 一、一開始我們原本是要採用水平的方式測量，但後來因磁鐵不容易固定而放棄，最後採用這種直立式的測量法是因為量測排斥力情況下，磁鐵較容易固定在壓克力板上；但是磁鐵有時會因磁力過強而使整個電子秤移位，因此必須固定好電子秤，避免產生過大的誤差。
- 二、選擇電子秤時必須確定電子秤本身材質不會與磁鐵產生吸引或是排斥，並且在一個無風的條件下進行實驗，以確保實驗的準確性。
- 三、為了測量方便以及讀到更精確的距離值，我們用 7 個相同的強力磁鐵來測量此實驗的數值，如此可以增加可握面積〈如圖〉。

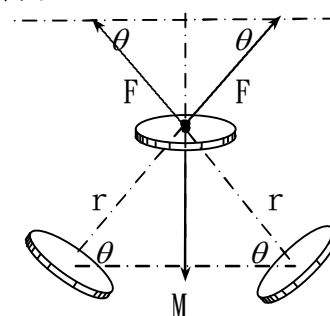


- 四、實驗進行前我們有將 0 到 180 度之間每 15 度測量其磁力數值，發現在 15 度及 165 度時數據並不好量測且容易有誤差，所以捨棄這兩點的量測；結果發現磁力的數值有對稱性(90 度的兩邊互相對稱)，因此我們才決定取 15 度到 90 度的磁力數值代表空間中的磁力分佈。
- 五、我們的距離是到磁鐵中心的距離，因此在實驗步驟當中才需要先測量壓克力板到桌面的距離 A、電子秤高度 B 以及磁鐵厚度 C，如此就可以得知壓克力板到磁鐵中心的距離 =  $A - B - C/2$ ，再將畫好的方格紙割掉  $(A - B - C/2)$  後貼到壓克力板上，就可輕易的在方格紙上讀到與磁鐵中心的距離。
- 六、實驗結果中我們推論出磁力(排斥力)大小與距離的二點八次方成反比，此一推論是由實驗中所繪出的關係圖中的趨勢線公式所得，由於每一條趨勢線的次方數皆不相同，因此我們找出六組關係圖當中最接近其次方數的整數值。
- 七、實驗當中所使用的磁鐵厚度=0.5 公分的強力磁鐵，因為我們希望得到的是對於磁鐵中心的磁力(排斥力)，因此不可取厚度太厚的磁鐵。

## 柒、結論

綜合以上所得到的結果可以知道在相同角度下磁力(排斥力)大小與距離的三次方成反比： $Y = aX^{-2.8}$ ，Y 為磁力(公克)、X 為距離(公分)、a 為一常數(隨角度不同而有差別)，所以我們知道磁鐵在任意角度時磁力(排斥力)的變化趨勢是一定的；另外又得知在相同距離、不同角度時磁力(排斥力)大小的差異，磁鐵的磁力(排斥力)不但在中間時為最大值，並且慢慢往兩端移動時磁力是一定的趨勢在遞減，而且到了 30 度以下時排斥力會轉換成了吸引力。

由於我們希望可以利用所量測到的數值來作一些「磁浮」的假設，於是我們向老師請教要讓一個重物浮在兩個磁鐵中間，而此時兩塊磁鐵的距離以及磁鐵浮的高度應該為何？我們由右圖推導出  $2F \cdot \sin \theta = 2 \times \text{正向排斥力} = M$



以上公式可以應用在我們的數據上，於是我們利用實驗所得的數據來加以推算讓一個 214.55 公克的磁鐵浮起來時下方兩塊磁鐵的距離以及磁鐵浮起的高度：

我們取適合的角度及距離來作運用，並計算其(2×正向排斥力)的值，如表：

距離(cm)	2×正向排斥力 (90°)	2×正向排斥力 (75°)	2×正向排斥力 (60°)	2×正向排斥力 (45°)
3	154.77	152.53	139.92	66.15
2.8	189.33	188.74	168.63	79.19
<b>2.6</b>	235.87	239.22	<b>214.55</b>	104.8
2.4	287.57	283.98	263.16	136.5
2.2	363.6	360.22	346.07	166.8
2	460.23	468.72	435.87	197.4
1.8	591.1	525.42	614.2	259
1.6	766.17	808.92	845	417.4

由圖表當中可以得知，要將 214.55 公克的磁鐵浮起來時  $r = 2.6$  公分、 $\theta = 60^\circ$ ，因此推算出兩磁鐵應該要相距  $2 \cdot r \cdot \cos \theta = 2 \times (2.6 \times \cos 60^\circ) = 2.6$  公分，以及磁鐵浮在桌面上  $r \cdot \sin \theta = (2.6 \times \sin 60^\circ) \cong 2.25$  公分的半空中。如此依照本實驗的方法就可以做任何「磁浮」的相關設計。

## 捌、參考資料及其它

- 一、國中自然與生活科技第五冊
- 二、國中自然與生活科技第六冊
- 三、高中數學第二冊



**【評語】** 031605

1. 本作品討論磁力大小與距離的關係，發現磁力約與距離的 2.8 次方成反比，實驗方法與數據分析尚屬得宜。
2. 從 15°至 30°由吸引力變成了排斥力，代表在這角度範圍內可能有不受力的情形，這部分作品中並未探討，造成作品的完整性稍嫌不足。