

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

佳作

080109

磁力與浮力的拔河

學校名稱：臺北市士林區蘭雅國民小學

作者： 小四 林煒翔 小四 王開禾	指導老師： 蔡依真
---------------------------------	------------------

關鍵詞：磁力、浮力原理、磁鐵

摘要

我們提出一個實驗方法，將測量浮力的原理應用到磁力大小的測量，這個方法可以測量磁鐵在不同距離下的磁力大小，彌補課本上利用迴紋針吸附只能測量到磁鐵表面磁力的不足。依照提出的方法，我們研究了磁鐵距離與磁力的關係，以及不同大小與材質的圓柱型磁鐵對磁力的影響。研究結果發現磁鐵直徑越大，磁力越大，而當磁鐵表面與鐵粉(被磁鐵吸引的目標物)距離固定時，磁鐵厚度增加，磁力作用也會增加，但是有一極限值。若把鐵粉量增加，則測量到的磁力也會增加。我們也發現釹鐵硼磁鐵的磁力與距離的 2.5 次方成反比的關係，而氧化鐵磁鐵則是成 2.4 次方反比關係。最後比較兩種不同材質的磁鐵，我們發現釹鐵硼磁鐵的磁力大約是氧化鐵的 5 倍。

壹、研究動機

在自然與生活科技課堂上學習神奇磁力單元時，我們學習到磁鐵的磁力大小可以根據磁鐵吸附迴紋針的多少或重量來比較，這時候我們測量的是磁鐵表面的磁力大小，但是生活中的觀察可以看到磁鐵在遠距離時就能夠對磁性物質產生吸引力，這時候用迴紋針的方式就無法測量出遠距離的磁力大小，因此我們開始思考，如何才能夠在不同的距離下測量出磁力的大小？經過討論後，想到利用浮力與磁力的拔河或許可以解決我們的問題，當磁性物質受到磁鐵向下吸引時，若有浮力向上與它抗衡，使得磁性物質無法向磁鐵接近而維持平衡的狀態，這時如果可以量到浮力的大小，那麼當時磁力的大小也就可以知道了。

思考如何測量浮力，我們想到幾個跟浮力有關的著名故事，一是古希臘時代阿基米德由溢出的洗澡水，得到測量真假金王冠靈感的故事，另一是三國時代曹沖觀察船沒入水中的深度，得到大象體重的故事。這兩個故事都告訴我們，浮力與物體排開水的體積有關，如果我們可以量到物體浮在水中時所排開水的重量，那我們就可以得到浮力的大小。

根據這樣的方式，我們便可以利用浮力大小來估計磁力作用的大小，特別是磁鐵在遠距離時的作用力。有了以浮力測量磁力的方法，我們好奇市面上各式各樣的磁鐵，是否會因為形狀大小的不同而有不一樣的磁力，以及目前市面上出現的超強磁鐵(釹鐵硼磁鐵)，與一般的氧化鐵磁鐵比較，在磁力上的差別有多少？為了對這些問題有進一步了解，因此我們設計了這個實驗，希望能夠找出解答。

貳、研究目的

- 一、 圓柱型磁鐵的直徑大小與磁力強弱的關係。
- 二、 磁鐵表面到鐵粉距離固定時，圓柱型磁鐵的厚度增加對磁力強弱的影響。
- 三、 磁鐵磁力大小與距離遠近的關係。
- 四、 被吸引鐵粉的多寡是否影響磁鐵磁力的測量？
- 五、 不同材質的磁鐵，產生的磁力大小是否不同？

參、研究設備及器材

- 一、 四種不同大小的圓柱形釹鐵硼磁鐵

(一) 直徑 10mm 厚度 10mm	(二) 直徑 12mm 厚度 10mm	(三) 直徑 15mm 厚度 10mm	(四) 直徑 12mm 厚度 2mm
			

- 二、 圓柱型氧化鐵磁鐵 (直徑 12mm；厚度 4mm)

- 三、 鐵粉

- 四、 大量杯 150cc

- 五、 小量杯 10cc

- 六、 盛裝鐵粉的小浮杯

- 七、 針筒

- 八、 珍珠板

- 九、 膠帶



十、 樂高製作的腳架

十一、 美工刀

十二、 油性筆

十三、 直角尺

十四、 電子秤



肆、 研究過程或方法

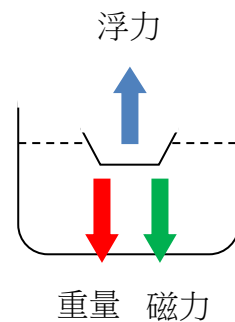
一、 把鐵粉(2 克重)裝在小浮杯(8 克重)中。



二、 將要測量磁力大小的磁鐵以膠帶黏貼於大量杯底部。

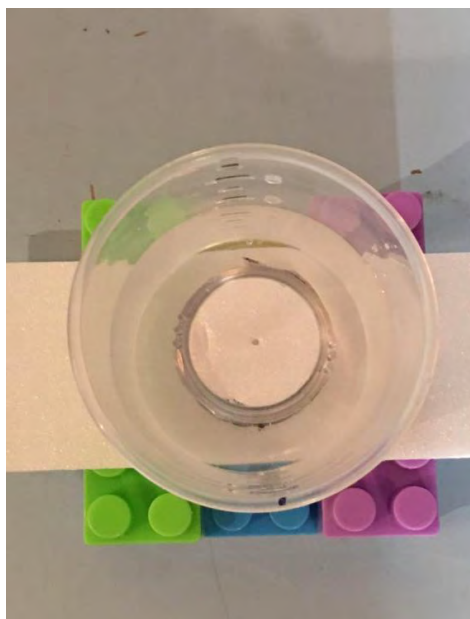


三、 把適當的水量倒入大量杯裡，並放入小浮杯，此時由於小浮杯與鐵粉的重量，以及磁鐵對鐵粉的磁力吸引作用，會使小浮杯向下沉，而浮力則是向上阻止小浮杯下沉，當重量與磁力大小大於浮力時，會使得小浮杯快速下沉並被磁鐵吸住，相反的，若是浮力大於重量與磁力時，小浮杯會自由漂浮在水面上，完全不受磁力的影響，一旦浮力等於重量與磁力時，可以看到小浮杯被磁鐵吸引住，位在大量杯中央，但是並不會被吸引沉沒到水底。

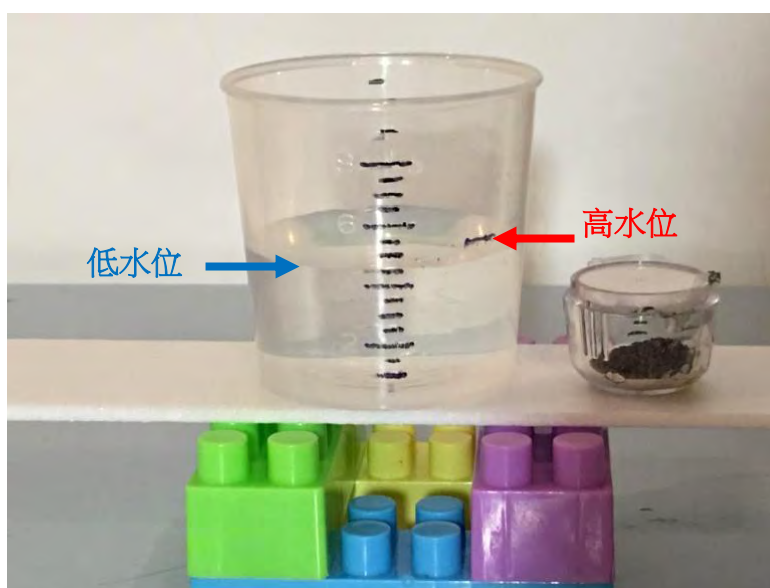


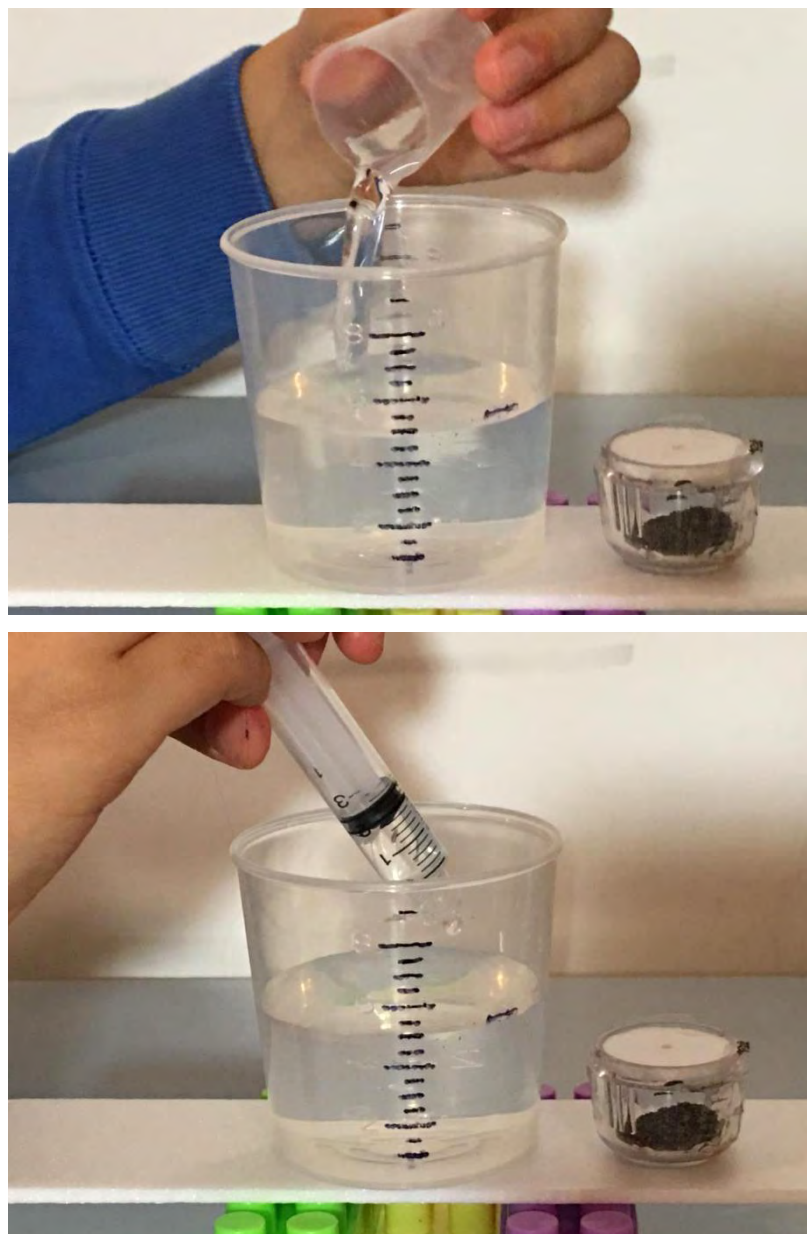
$$\text{浮力} = \text{重量} + \text{磁力}$$

四、 當小浮杯飄浮在水中並且被磁鐵吸引時，我們將此時的水面高度以油性筆在大量杯上做上記號，同時記錄小浮杯中鐵粉的位置。鐵粉位置到杯底距離即是磁鐵與鐵粉的距離，我們可以利用針筒吸取或注入水到大量杯中，來調整鐵粉與磁鐵的距離。



五、 將小浮杯取出，此時水面會下降，再以小量杯盛水加入大量杯中，並以針筒微調加減水量，使得水位再度回到油性筆所做記號處，此時記錄下加入的水量，此水量就是浮體排開水的體積。





六、 根據浮力的原理，浮力的大小是浮體排開水的重量，所以測出排開水的體積並量出重量，我們就得到浮力的大小。

七、 最後將浮力減去鐵粉與小浮杯的重量，我們可以得到磁力的大小。

伍、 研究結果

一、 比較不同直徑，同樣厚度的磁鐵磁力大小。

實驗比較三個直徑不同但厚度相同的圓柱型釹鐵硼磁鐵，直徑分別為 10mm、12mm、15mm，厚度均為 10mm，以 2 克重的鐵粉做為測試磁力大小的金屬，利用

針筒調整水位高低，使鐵粉在小浮杯中位在距離磁鐵表面 2.3cm 的位置。針對每個磁鐵進行 5 次的測量，分別記錄低水位、高水位、排開水的重量等數據，以此得到浮力的大小，並根據【浮力=重量+磁力】的關係計算磁力的大小，最後將 5 次排開水的重量和磁力做平均，得到磁鐵作用在 2 克重鐵粉的平均磁力大小。

實驗一的結果：

磁鐵大小: 直徑 10mm；厚度 10mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
排開水的重量(gw)	11.0	11.5	11.0	11.0	11.0	11.1
磁力(gw)	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.1
磁力測量偏差(gw)	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.16
磁力測量標準差(gw): 0.22						

表 1.1 測量直徑 10mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 10mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
排開水的重量(gw)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
磁力(gw)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 1.2 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 15mm ; 厚度 10mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw	
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均	
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
排開水的重量(gw)	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	
磁力(gw)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
磁力測量標準差(gw): 0.0							

表 1.3 測量直徑 15mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

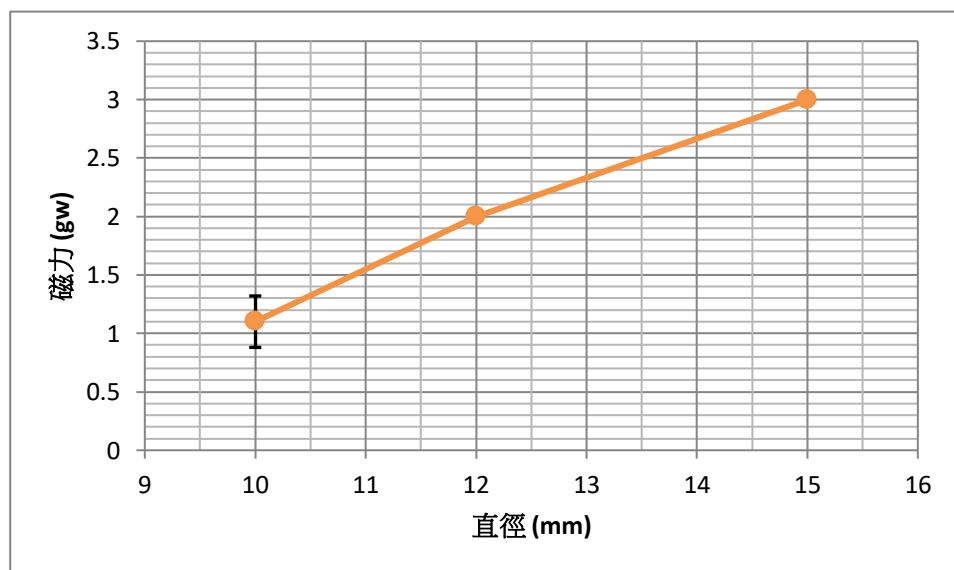


圖 1.1 不同直徑磁鐵的磁力變化(與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力)。

圖 1.1 的結果說明 2 克重鐵粉與磁鐵相距 2.3cm 時，磁力的大小與磁鐵直徑大小的關係。結果顯示當圓柱磁鐵直徑越大時，鐵粉受到的磁力作用越大。

二、 磁鐵表面到鐵粉的距離固定時，比較相同直徑的磁鐵，厚度增加對磁力的影響。

實驗利用四個直徑 12mm，厚度 2mm，和一個直徑 12mm，厚度 10mm 的圓形

釹鐵硼磁鐵，組成五組直徑相同但厚度不同的圓柱型釹鐵硼磁鐵，厚度分別為2mm、4mm、6mm、8mm、10mm，直徑均為12mm，再用2克重的鐵粉做為測試磁力大小的金屬，利用針筒調整水位高低，使鐵粉在小浮杯中位在距離磁鐵2.3cm的位置。針對每組磁鐵進行5次的測量，分別記錄低水位、高水位、排開水的重量等數據，以此得到浮力的大小，並根據【浮力=重量+磁力】的關係計算磁力的大小，最後將5次排開水的重量以及磁力分別做平均，得到磁鐵作用在2克重鐵粉的平均磁力大小。

實驗二的結果：

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 2mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
排開水的重量(gw)	10.2	10.5	10.3	10.3	10.3	10.32
磁力(gw)	0.2	0.5	0.3	0.3	0.3	0.32
磁力測量偏差(gw)	0.12	0.18	0.02	0.02	0.02	0.072
磁力測量標準差(gw): 0.11						

表 2.1 測量直徑 12mm，厚度 2mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
排開水的重量(gw)	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
磁力(gw)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 2.2 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 6mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
排開水的重量(gw)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
磁力(gw)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 2.3 測量直徑 12mm，厚度 6mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 8mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
排開水的重量(gw)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
磁力(gw)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 2.4 測量直徑 12mm，厚度 8mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 10mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
排開水的重量(gw)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
磁力(gw)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 2.5 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

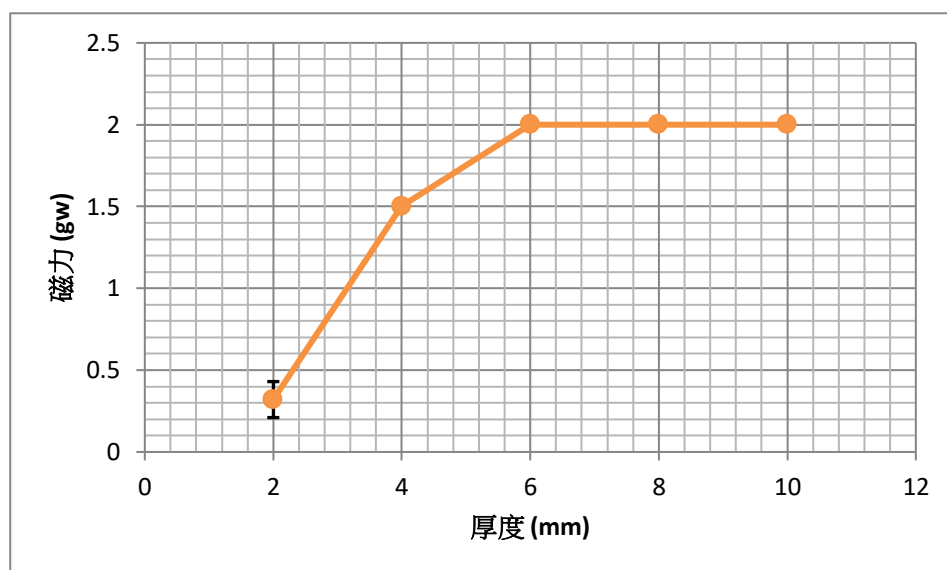


圖 2.1 固定磁鐵表面到鐵粉的距離，相同直徑的磁鐵，厚度增加對磁力的影響。

圖 2.1 的結果說明 2 克重鐵粉與磁鐵表面相距 2.3cm 時，磁力的大小與增加磁鐵厚度的關係。結果看到圓柱磁鐵厚度增加時，鐵粉受到的磁力作用也增加，但是厚度增加到 6mm 後，鐵粉受到的磁力作用就不再增加，測量不出差異了。

三、 磁鐵磁力大小與距離遠近的關係。

實驗測試直徑 12mm，厚度 10mm 的圓柱型釹鐵硼磁鐵，在不同的距離，1.0cm、1.2cm、1.4cm、1.6cm、1.8cm、2.0cm、2.3cm，以及直徑 12mm，厚度 4mm 的圓柱型釹鐵硼磁鐵，在不同的距離，1.0cm、1.2cm、1.4cm、1.6cm、1.8cm、2.0cm、2.2cm，2 克重的鐵粉受到的磁鐵作用力大小。利用針筒調整水位高低，使鐵粉在小浮杯中與磁鐵達到預期位置。針對每個距離進行 5 次的測量，分別記錄低水位、高水位、排開水的重量等數據，以此得到浮力的大小，並根據【浮力=重量+磁力】的關係計算磁力的大小，最後將 5 次排開水的重量和磁力分別做平均，得到磁鐵作用在 2 克重鐵粉的平均磁力大小。

實驗三的結果：

(一) 直徑 12mm，厚度 10mm 的圓柱型釹鐵硼磁鐵

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 10mm				浮杯重量: 1gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
排開水的重量(gw)	22.0	21.0	20.0	21.0	21.0	21.0
磁力(gw)	19.0	18.0	17.0	18.0	18.0	18.0
磁力測量偏差(gw)	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.4
磁力測量標準差(gw): 0.71						

表 3.1 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.0cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 10mm				浮杯重量: 1gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
排開水的重量(gw)	13.0	14.0	13.0	14.0	14.0	13.6
磁力(gw)	10.0	11.0	10.0	11.0	10.0	10.4
磁力測量偏差(gw)	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.48
磁力測量標準差(gw): 0.55						

表 3.2 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.2cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 10mm				浮杯重量: 1gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
排開水的重量(gw)	10.0	10.0	9.0	10.0	9.0	9.6
磁力(gw)	7.0	7.0	6.0	7.0	6.0	6.6
磁力測量偏差(gw)	0.4	0.4	0.6	0.4	0.6	0.48
磁力測量標準差(gw): 0.55						

表 3.3 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.4cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 10mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
排開水的重量(gw)	15.0	15.0	14.5	15.0	15.0	14.9
磁力(gw)	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	4.9
磁力測量偏差(gw)	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.16
磁力測量標準差(gw): 0.22						

表 3.4 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.6cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 10mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
排開水的重量(gw)	13.5	14.0	14.0	14.5	14.5	14.1
磁力(gw)	3.5	4.0	4.0	4.5	4.5	4.1
磁力測量偏差(gw)	0.6	0.1	0.0	0.5	0.5	0.34
磁力測量標準差(gw): 0.42						

表 3.5 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.8cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 10mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
排開水的重量(gw)	13.0	14.0	13.0	13.0	13.0	13.2
磁力(gw)	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.2
磁力測量偏差(gw)	0.2	0.8	0.2	0.2	0.2	0.32
磁力測量標準差(gw): 0.45						

表 3.6 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.0cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 10mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
排開水的重量(gw)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
磁力(gw)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 3.7 測量直徑 12mm，厚度 10mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.3cm 處的磁力。

(二) 直徑 12mm，厚度 4mm 的圓柱型釹鐵硼磁鐵

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 4mm				浮杯重量: 1gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
排開水的重量(gw)	15.0	14.0	15.0	15.0	14.0	14.6
磁力(gw)	12.0	11.0	12.0	12.0	11.0	11.6
磁力測量偏差(gw)	0.4	0.6	0.4	0.4	0.6	0.48
磁力測量標準差(gw): 0.55						

表 3.8 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.0cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 4mm				浮杯重量: 1gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
排開水的重量(gw)	12.0	10.0	9.0	10.0	9.0	10.0
磁力(gw)	9.0	7.0	6.0	7.0	6.0	7.0
磁力測量偏差(gw)	2.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.8
磁力測量標準差(gw): 1.2						

表 3.9 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.2cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 4mm				浮杯重量: 1gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
排開水的重量(gw)	8.0	8.0	8.0	9.0	8.0	8.2
磁力(gw)	5.0	5.0	5.0	6.0	5.0	5.2
磁力測量偏差(gw)	0.2	0.2	0.2	0.8	0.2	0.32
磁力測量標準差(gw): 0.45						

表 3.10 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.4cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
排開水的重量(gw)	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
磁力(gw)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 3.11 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.6cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
排開水的重量(gw)	12.4	12.4	12.6	12.6	12.6	12.5
磁力(gw)	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6	2.5
磁力測量偏差(gw)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
磁力測量標準差(gw): 0.11						

表 3.12 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 1.8cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
排開水的重量(gw)	12.0	12.2	12.0	12.2	12.2	12.1
磁力(gw)	2.0	2.2	2.0	2.2	2.2	2.1
磁力測量偏差(gw)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
磁力測量標準差(gw): 0.11						

表 3.13 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.0cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
排開水的重量(gw)	11.6	11.6	11.6	11.4	11.4	11.55
磁力(gw)	1.6	1.6	1.6	1.4	1.4	1.55
磁力測量偏差(gw)	0.05	0.05	0.05	0.15	0.15	0.09
磁力測量標準差(gw): 0.11						

表 3.14 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的磁鐵，與磁鐵表面距離 2.2cm 處的磁力。

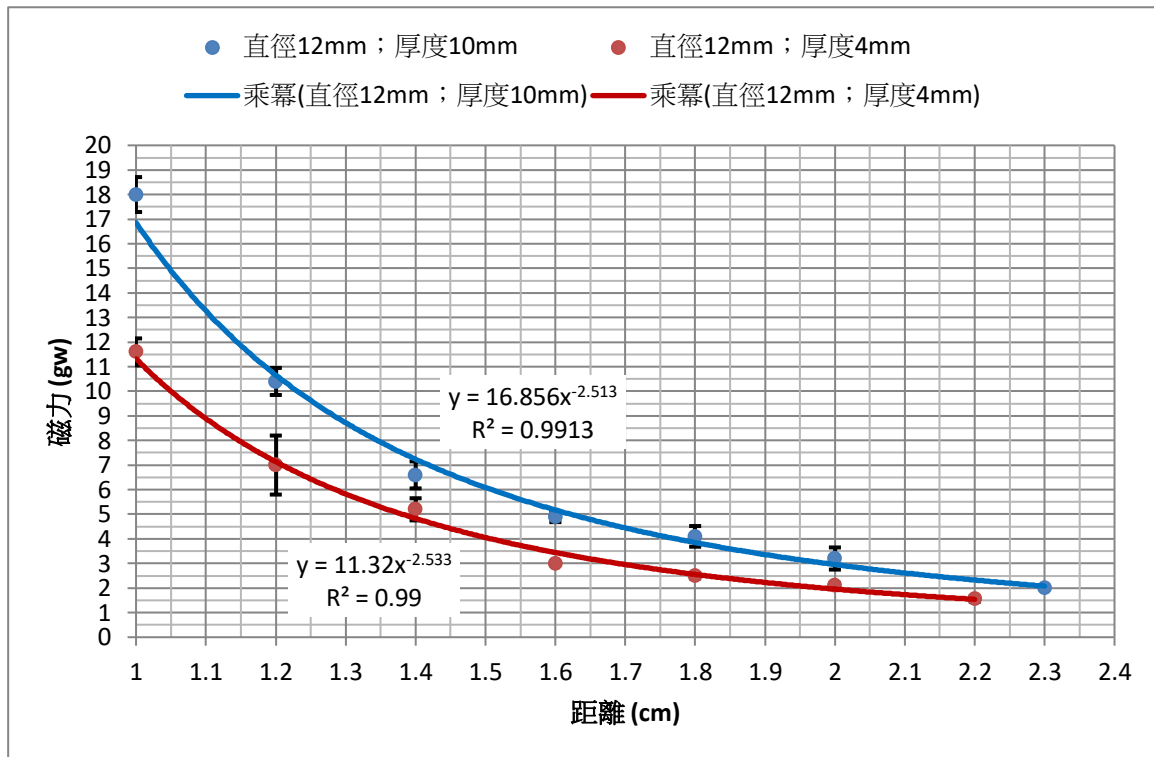


圖 3.1 直徑 12mm，厚度 10mm 與直徑 12mm，厚度 4mm 釹鐵硼磁鐵，磁力與距離的關係。

圖 3.1 的結果可以看到 2 克重鐵粉與磁鐵距離不同時，直徑 12mm，厚度 10mm 與直徑 12mm，厚度 4mm 的釹鐵硼磁鐵對鐵粉磁力大小的變化。隨著距離增加，鐵粉受到的磁力逐漸減少，我們以 EXCEL 的乘冪趨勢線去擬合實驗數據，得到磁力(y)與距離(x)的 2.5 次方具有反比的關係。

四、鐵粉重量與磁鐵對鐵粉作用的磁力關係。

實驗測試不同的鐵粉重量，3 克重、5 克重、7 克重，在直徑 12mm，厚度 2mm 圓柱型釹鐵硼磁鐵距離 1.6cm 的作用下，鐵粉受到的磁力大小。針對不同鐵粉重量進行 5 次的測量，分別記錄低水位、高水位、排開水的體積等數據，以此得到浮力的大小，並根據【浮力=重量+磁力】的關係計算磁力的大小，最後將 5 次排開水的重量和磁力分別做平均，得到磁鐵作用在鐵粉的平均磁力大小。

實驗四的結果：

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 2mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 3gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
排開水的重量(gw)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
磁力(gw)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 4.1 測量直徑 12mm，厚度 2mm 的磁鐵，吸引 3 克重鐵粉的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 2mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 5gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
排開水的重量(gw)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
磁力(gw)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 4.2 測量直徑 12mm，厚度 2mm 的磁鐵，吸引 5 克重鐵粉的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 2mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 7gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
排開水的重量(gw)	17.5	17.6	17.8	17.8	17.6	17.7
磁力(gw)	2.5	2.6	2.8	2.8	2.6	2.7
磁力測量偏差(gw)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.12
磁力測量標準差(gw): 0.13						

表 4.3 測量直徑 12mm，厚度 2mm 的磁鐵，吸引 7 克重鐵粉的磁力。

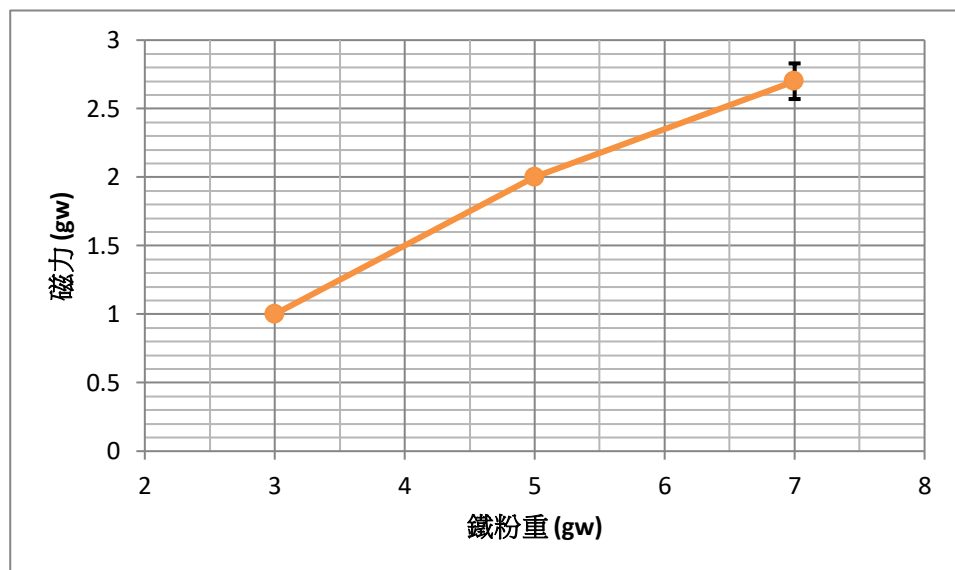


圖 4.1 鐵粉重量與受到磁力大小的關係。

圖 4.1 的結果顯示，當鐵粉重量增加，磁鐵作用在它上面的磁力也會隨著增加。

五、 釹鐵硼磁鐵與氧化鐵磁鐵磁力大小的比較。

實驗測試直徑 12mm，厚度 4mm 的圓柱型氧化鐵磁鐵，以 2 克重的鐵粉為測試金屬，在距離磁鐵 1.0cm、1.2cm、1.5cm、1.7cm 的位置，測量鐵粉受到的磁力作用大小。針對不同距離分別進行 5 次的測量，記錄低水位、高水位、排開水的重量等數據，以此得到浮力的大小，並根據【浮力=重量+磁力】的關係計算磁力的大小，最後將 5 次排開水的重量和磁力分別做平均，得到磁鐵作用在鐵粉的平均磁力大小。

因為在實驗三裡，我們已經有同樣大小的釹鐵硼磁鐵結果，一樣以 2 克重的鐵粉為測試金屬，所以比較這兩組實驗的結果，可以研究不同材質的磁鐵，磁力作用的大小有何不同？

實驗五的結果：

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
排開水的重量(gw)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
磁力(gw)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
磁力測量偏差(gw)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
磁力測量標準差(gw): 0.0						

表 5.1 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的氧化鐵磁鐵，與磁鐵表面距離 1.0cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm；厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
排開水的重量(gw)	11.4	11.6	11.6	11.4	11.4	11.5
磁力(gw)	1.4	1.6	1.6	1.4	1.4	1.5
磁力測量偏差(gw)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
磁力測量標準差(gw): 0.11						

表 5.2 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的氧化鐵磁鐵，與磁鐵表面距離 1.2cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
排開水的重量(gw)	10.8	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
磁力(gw)	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
磁力測量偏差(gw)	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.04
磁力測量標準差(gw): 0.089						

表 5.3 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的氧化鐵磁鐵，與磁鐵表面距離 1.5cm 處的磁力。

磁鐵大小: 直徑 12mm ; 厚度 4mm				浮杯重量: 8gw		鐵粉重量: 2gw
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
鐵粉與磁鐵表面距離(cm)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
排開水的重量(gw)	10.4	10.6	10.6	10.6	10.4	10.52
磁力(gw)	0.4	0.6	0.6	0.6	0.4	0.52
磁力測量偏差(gw)	0.12	0.08	0.08	0.08	0.12	0.096
磁力測量標準差(gw): 0.11						

表 5.4 測量直徑 12mm，厚度 4mm 的氧化鐵磁鐵，與磁鐵表面距離 1.7cm 處的磁力。

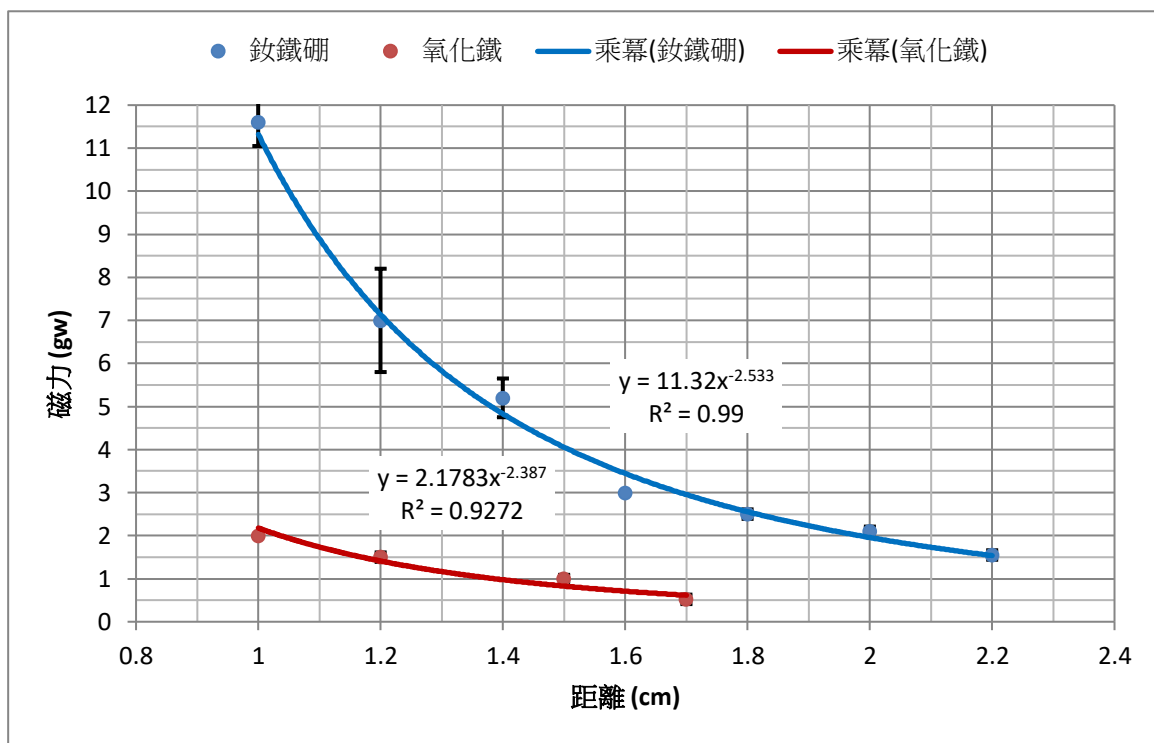


圖 5.1 比較釹鐵硼和氧化鐵兩種不同材質磁鐵的磁力大小。

圖 5.1 比較釹鐵硼和氧化鐵兩種不同材質磁鐵的磁力，結果明顯可以看出兩者的磁力同樣隨著距離增加而減少，我們以 EXCEL 的乘冪趨勢線去擬合實驗數據，得到氧化鐵的磁力(y)與距離(x)的 2.4 次方具有反比的關係，接近釹鐵硼磁鐵的 2.5 次方反比關係，以此估算出釹鐵硼磁鐵的磁力大約是氧化鐵磁力的 5 倍。

陸、討論

一、實驗一

實驗結果告訴我們，當圓柱磁鐵直徑越大時，鐵粉受到的磁力作用越大，這說明磁鐵的圓面積大小與鐵粉受到的磁力作用大小有直接相關，圓面積越大可以看成吸引鐵粉的磁性物質越多，因此作用在鐵粉的磁力總和也比較大。

二、實驗二

實驗結果告訴我們，磁鐵表面到鐵粉的距離固定時，圓柱磁鐵厚度增加時，鐵粉受到的磁力作用也增加，但是厚度增加到某一個程度後，鐵粉受到的磁力大小就不再變化了。當增加厚度時，等於增加了更多帶有磁性的物質，所以直覺認為應該

會造成鐵粉受到的磁力增加，但是為何會在增加到一個大小後，磁力就停止增加？由實驗三結果帶給我們的線索可以得到一個合理的解釋，因為磁力會隨距離增加而減少，甚至小的測量不到，所以當厚度增加到某一程度，使得增加的磁性物質與鐵粉的距離過大時，那這時增加的磁鐵就不再對鐵粉產生磁力的作用，自然也就不再增加鐵粉受到的磁力了。

三、 實驗三

由實驗結果可以知道，釹鐵硼磁鐵作用在鐵粉的磁力，會隨著距離增加，鐵粉受到的磁力逐漸減少，這與日常經驗一致，通常我們把磁鐵與金屬靠近時，若距離過遠，則金屬並不會被磁鐵吸引，但是一旦靠近到某一個距離內，則金屬物體立刻被磁鐵吸引過來，但是在這有效的吸引範圍內，磁力的大小變化我們並不清楚，實驗三的結果讓我們可以看到釹鐵硼磁鐵的磁力與距離的 2.5 次方具有反比的關係。

四、 實驗四

實驗結果顯示，鐵粉重量增加，磁鐵作用在它上面的磁力也會隨著增加，因為重量增加代表能夠被磁鐵吸引的物質變多了，因此實驗中裝載鐵粉的小浮杯受到的下拉磁力也會跟著增加，使得必須產生更大的浮力與它對抗。

五、 實驗五

根據實驗的結果，我們得知釹鐵硼的磁力遠大於氧化鐵的磁力，約有 5 倍的差距，這也是為何釹鐵硼磁鐵被稱為超強力磁鐵，由於兩者的磁力大小有段差距，我們不易在相同的距離範圍內測量兩種磁鐵的磁力，因為氧化鐵磁鐵的磁力較弱，在相對短的距離範圍內，磁力就測量不到了，但是釹鐵硼磁鐵卻可能在相同的距離範圍內，仍有著較大的磁力。所以我們測量的距離範圍，對於釹鐵硼磁鐵是在 1.0cm 到 2.2cm 之間，而氧化鐵磁鐵則是在 1.0cm 到 1.7cm 之間。然而無論是哪一種磁鐵，磁力隨距離增加而下降的變化趨勢是一樣的，氧化鐵的磁力與距離的 2.4 次方具有反比的關係，而釹鐵硼磁鐵則是 2.5 次方反比的關係。

柒、結論

我們利用浮力與磁力拔河的概念，設計可以測量磁鐵在不同距離時磁力大小的實驗，讓我們對磁鐵與被吸引金屬之間的距離和磁力的關係有更深的認識。我們從實驗結果中發現，一、磁鐵直徑越大時，鐵粉受到的磁力作用越大；二、當磁鐵表面到鐵粉的距離固定時，磁鐵厚度增加，鐵粉受到的磁力作用也會增加，但是有一極限；三、釹鐵硼磁鐵作用在鐵粉的磁力與距離的 2.5 次方具有反比的關係；四、鐵粉重量增加，磁鐵作用在它上面的磁力也會隨著增加；五、兩種不同材質的磁鐵，釹鐵硼的磁力約為氧化鐵磁力的 5 倍。從這次實驗的過程中，我們也發現目前設計的實驗器材，對於磁鐵與鐵粉非常接近距離的測量會有困難，因為距離太近，磁力與重力的總和很容易超過浮力，使得平衡不易達到，要解決這個問題，可能必須改進小浮杯的設計，想辦法增加浮力。另外，實驗器材的靈敏度還可以再改進，若能提高電子秤的精確度，同時讓計算浮力所測量的排開水的體積更加精確，例如縮小大量杯的口徑，讓水面的上升更明顯，則磁力大小的精確度必定能更加提高。

捌、未來展望

我們提出以浮力測量磁力的方法，可以對不同距離的磁鐵進行磁力大小的測量，並認識磁力是如何隨距離改變而產生變化，除此之外，又能同時學習浮力的概念，以及浮力測量的方法，若能作為日後學校課堂的實驗教材，將有助於學生對浮力與磁力的學習。未來的研究者也可以進一步改良我們的研究裝置，將強力磁鐵固定在軌道上，利用軌道的滑行將能以不同的方法測量出距離與磁力大小的關係；或是利用電磁鐵原理，以電磁鐵取代磁粉，在兩個電磁鐵之間，以通電的方式產生相吸或是相斥的現象，說不定還可以發展出可以運用在航空或是航海方面的垂直起降或是輪船進出港口的設備，使我們的實驗應用在生活之中，對人類交通方面提供幫助。

玖、參考資料及其他

王國銓 (譯) (民 87)。不可思議的科學實驗室-物理篇 (原作者：J. P. VanCleave)。臺北市：世茂。

黃佩俐 (譯) (民 96)。100 創意科學實驗 (原作者：G. Andrews and K. Knighton)。臺北市：小天下。

崔冬梅 (譯) (民 101)。科學名人一本通 (原作者：海明威編輯部)。新北市：幼福。

【評語】 080109

整體的實驗都集中在磁鐵產生的磁力。實驗中討論了不同尺寸，材料的磁鐵，還有不同距離下的磁力大小。利用浮力探究磁力與直徑、厚度、距離和磁鐵材質的關係。題目有趣創新，唯變因考量未加說明（能架構一種簡易測量磁力的裝置，測量距磁鐵不同距離時之相對磁力強度變化。宜注意數據點數，尤其呈現非直線的關係時，宜增加數據點，以取得可能最佳擬合曲線，例如氧化鐵磁力對距離之量測只有四點數據點，不易歸納出最佳擬合曲線）。

摘要

我們提出一個實驗方法，將測量浮力的原理應用到磁力的測量，這個方法可以測量磁鐵在不同距離下的磁力大小。依據這個方法，我們研究了磁鐵距離與磁力的關係，以及不同大小與材質的圓柱型磁鐵對磁力的影響。我們發現磁鐵直徑越大，磁力越大；當鐵粉(受吸引的磁性物質)與磁鐵表面距離固定時，磁鐵增加厚度會增加磁力的作用，但是有一極限值；若把鐵粉量增加，測量到的磁力也會增加；最重要地，我們發現鈹鐵硼磁鐵的磁力與距離的2.5次方成反比關係，而氧化鐵磁鐵則是2.4次方的反比關係，進一步比較兩種不同材質的磁鐵，我們也發現鈹鐵硼磁鐵的磁力大約是氧化鐵的5倍。

研究動機與目的

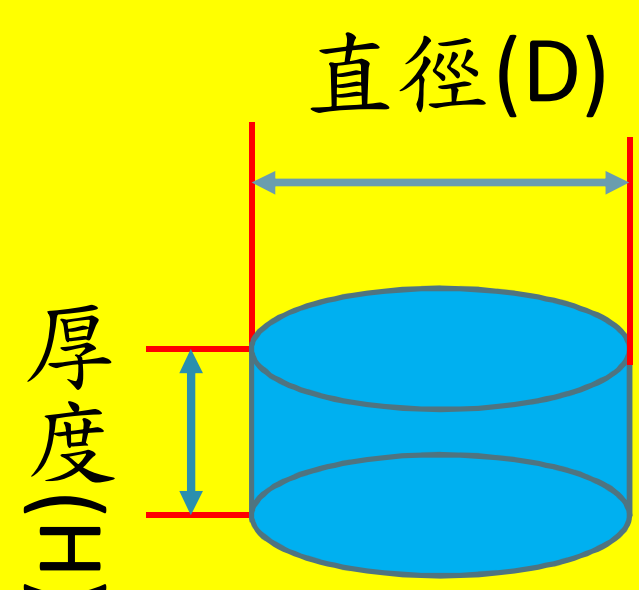
生活中使用磁鐵經驗可以發現，當被吸引的磁性物質與磁鐵越接近時，要將他們分開越費力，而距離太遠時，又完全感受不到磁鐵的吸引作用，想要了解磁力如何隨著距離變化，課本上學習到利用磁鐵吸附迴紋針的方法是不够的，因為它只能測量到磁鐵的表面磁力。所以我們想到利用浮力與磁力的拔河或許可以解決我們的問題，當磁性物質受到磁鐵向下吸引時，若有浮力向上與它抗衡，使得磁性物質無法向磁鐵接近而維持平衡的狀態，這時候磁力加上磁性物質的重力應該與浮力大小一樣，一但知道浮力與重力的大小，我們便可以由它們之間的平衡關係，得到磁力的大小。

目前市面上書局販賣的磁鐵主要有鈹鐵硼與氧化鐵磁鐵，而磁鐵本身又有不同直徑與厚度的差別，因此除了研究測量磁力隨距離變化的方法外，我們也好奇地想知道市售磁鐵磁力的差異，因此訂定了以下的研究目的：

- 1. 磁鐵磁力大小與距離遠近的關係？
- 2. 不同材質的磁鐵，產生磁力的差異？
- 3. 圓柱型磁鐵的直徑大小與磁力強弱的關係？
- 4. 磁鐵表面到鐵粉距離固定時，圓柱型磁鐵的厚度增加對磁力強弱的影響？
- 5. 被吸引鐵粉的多寡是否影響磁鐵磁力的測量？

研究設備及器材

氧化鐵磁鐵

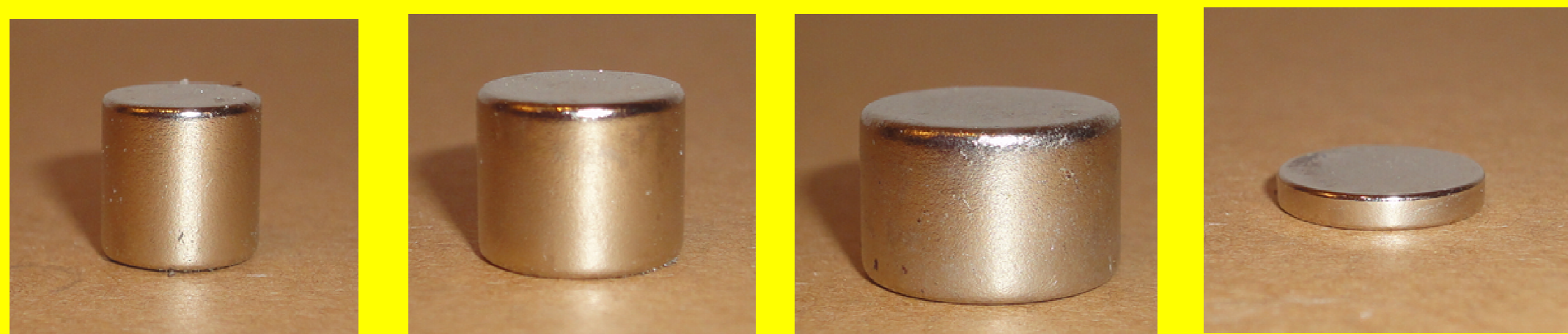


直徑(D)
厚度(H)



D: 12 mm
H: 4 mm

鈹鐵硼磁鐵



D: 10 mm H: 10 mm D: 12 mm H: 10 mm D: 15 mm H: 10 mm D: 12 mm H: 2 mm

電子秤





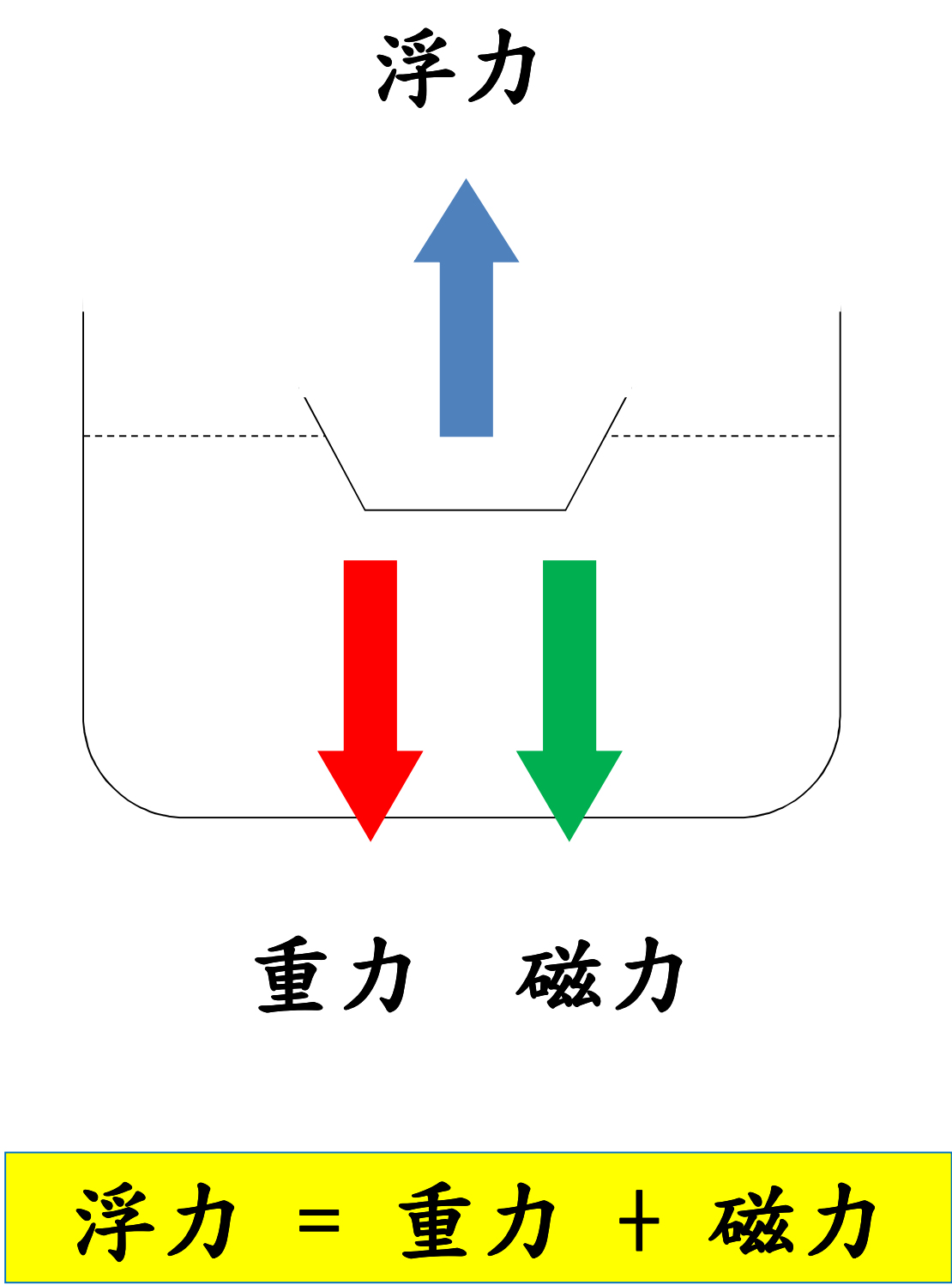
樂高製作的腳架 直角尺
膠帶 美工刀 油性筆



鐵粉 大量杯 (150 cc) 小量杯 (10 cc) 針筒
盛裝鐵粉的小浮杯

實驗設計原理

根據三國時代曹沖觀察船沒入水中的深度，秤得大象體重的故事，以及古希臘時代阿基米德由溢出的洗澡水，得到分辨真假金王冠靈感的故事，我們得知物體受到水的浮力等於物體排開水的重量。有了測量浮力的方法，以及已知的重力(鐵粉與小浮杯重量)，我們便可以由右圖受力平衡時的關係【浮力＝磁力＋重力】，得到磁力的大小。當【浮力<磁力＋重力】時，鐵粉與浮杯會被磁力吸引住而沉入水底；當磁力太小時，鐵粉與浮杯則會自由飄浮在水面上，不受磁力的約束。



實驗方法與步驟



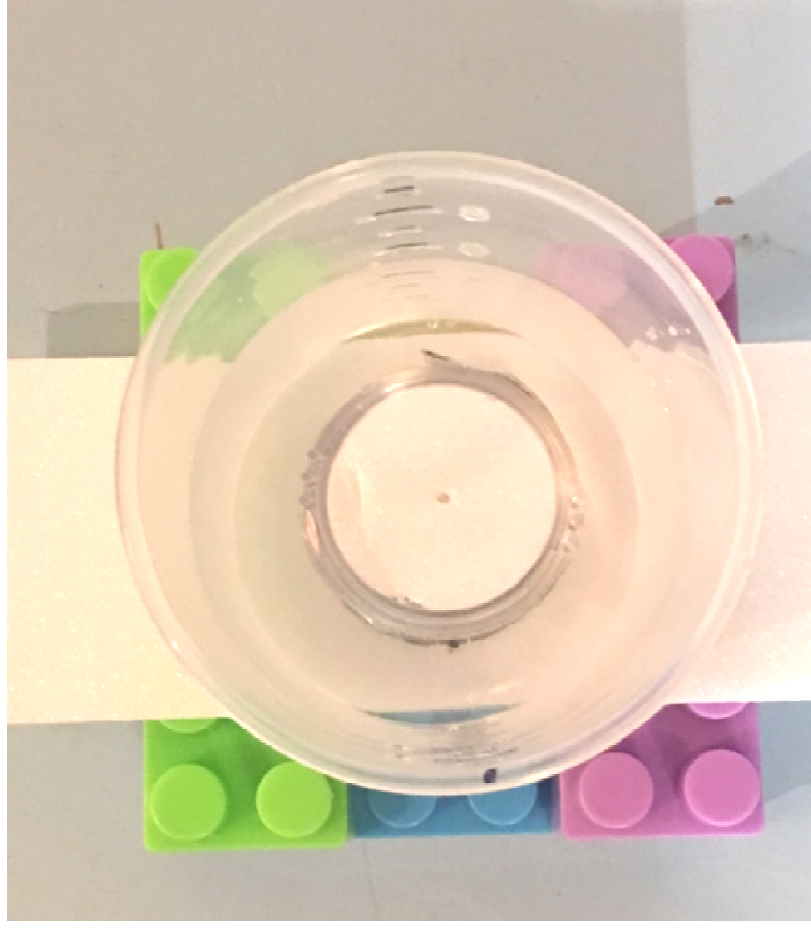
• 以電子秤測量鐵粉與小浮杯的重量。



• 將待測磁鐵以膠帶黏貼於大量杯底部。



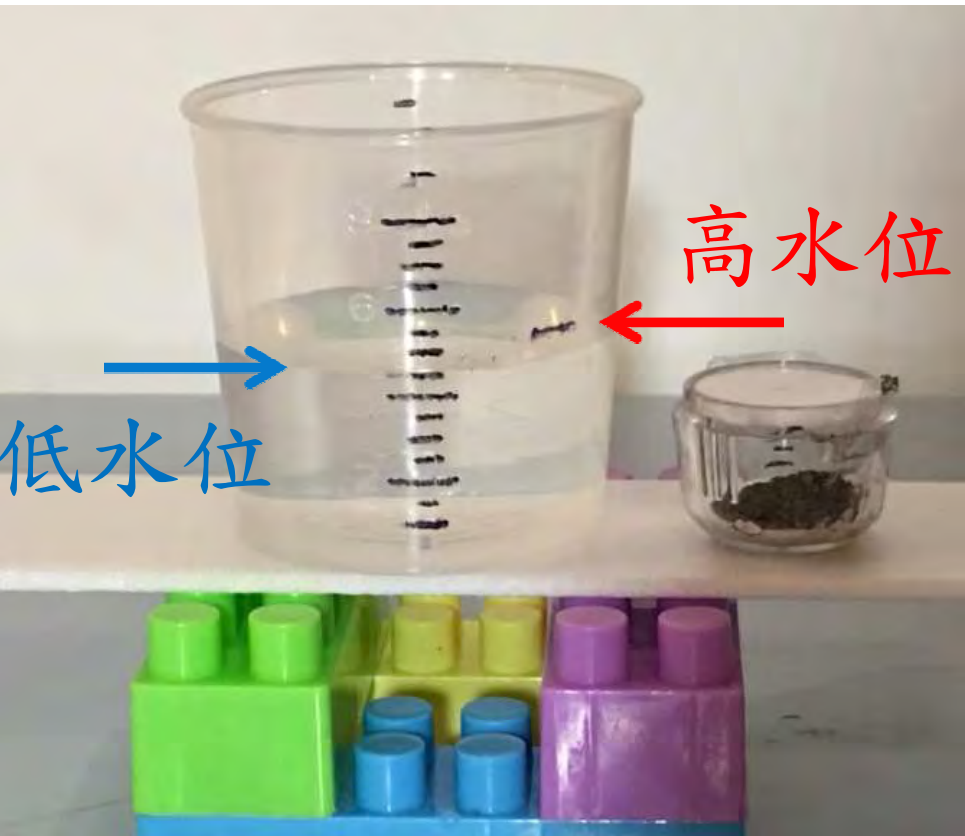
• 將裝有鐵粉的小浮杯放入大量杯裡，並以針筒調整水位至適當的高度。



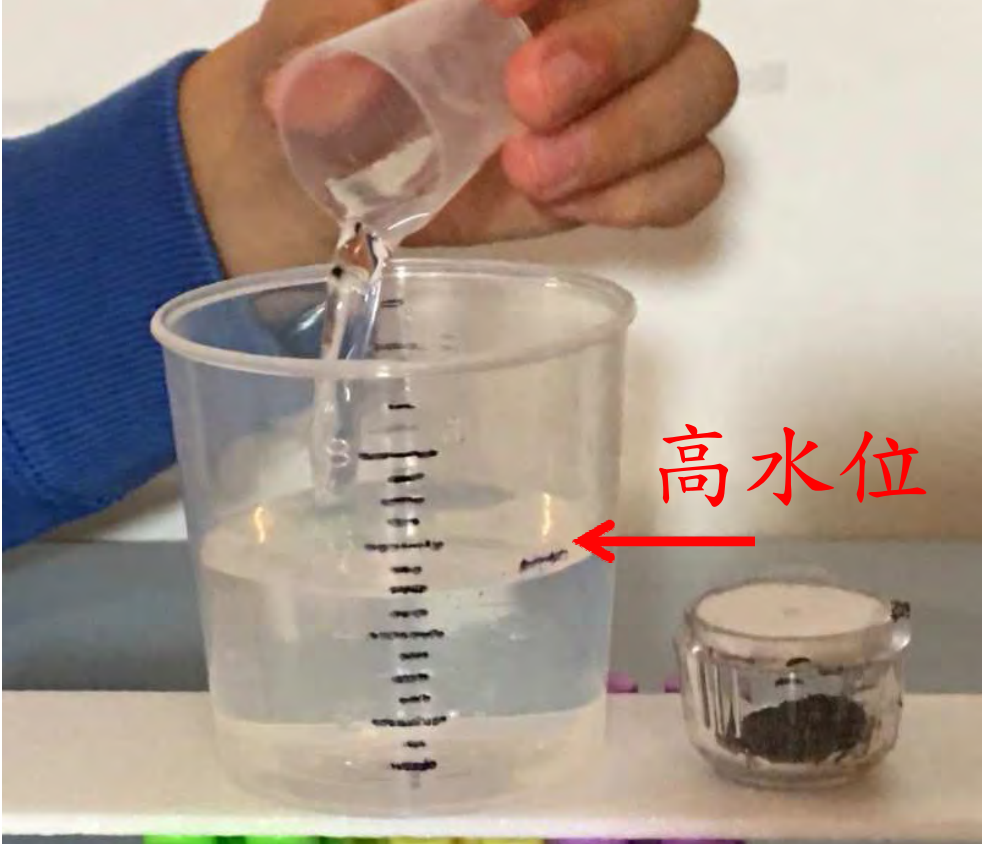
• 當浮力、重力與磁力平衡時，小浮杯會因磁力的作用而位在大量杯中央。



• 以油性筆標記此時的水位，同時記錄鐵粉與磁鐵距離。



• 當取出小浮杯時，水位下降。



• 以小量杯加水到大量杯中，使水位接近高水位標記處。



• 再以針筒微調加水直到高水位標記處，則由低水位至高水位所加入的全部水重，即為浮力的大小。

實驗結果

1. 磁鐵磁力大小與距離遠近的關係。

測量以下兩種不同大小的釹鐵硼磁鐵，它們的磁力與距離的關係：

- 直徑12mm，厚度10mm的釹鐵硼磁鐵，當磁鐵表面與2克重鐵粉相距1.0cm、1.2cm、1.4cm、1.6cm、1.8cm、2.0cm、2.3cm時，鐵粉受到的磁力大小。
- 直徑12mm，厚度4mm的釹鐵硼磁鐵，當磁鐵表面與2克重鐵粉相距1.0cm、1.2cm、1.4cm、1.6cm、1.8cm、2.0cm、2.2cm時，鐵粉受到的磁力大小。

針對每個距離進行5次的測量，測量結果以表-1的格式分別記錄，並以圖-1呈現磁力變化與距離的關係。我們以EXCEL的乘冪趨勢線去擬合實驗數據，得到釹鐵硼磁鐵的磁力(y)與距離(x)的2.5次方具有反比的關係。

磁鐵大小：直徑12mm；厚度10mm				浮杯重量：1gw		鐵粉重量：2gw	
	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均	
鐵粉與磁鐵表面距離 (cm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
排開水的重量 (gw)	22.0	21.0	20.0	21.0	21.0	21.0	
磁力 (gw)	19.0	18.0	17.0	18.0	18.0	18.0	
磁力測量偏差 (gw)	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.4	
磁力測量標準差 (gw)：0.71							

表-1 測量直徑12mm，厚度10mm的磁鐵，與磁鐵表面距離1.0cm處的磁力。

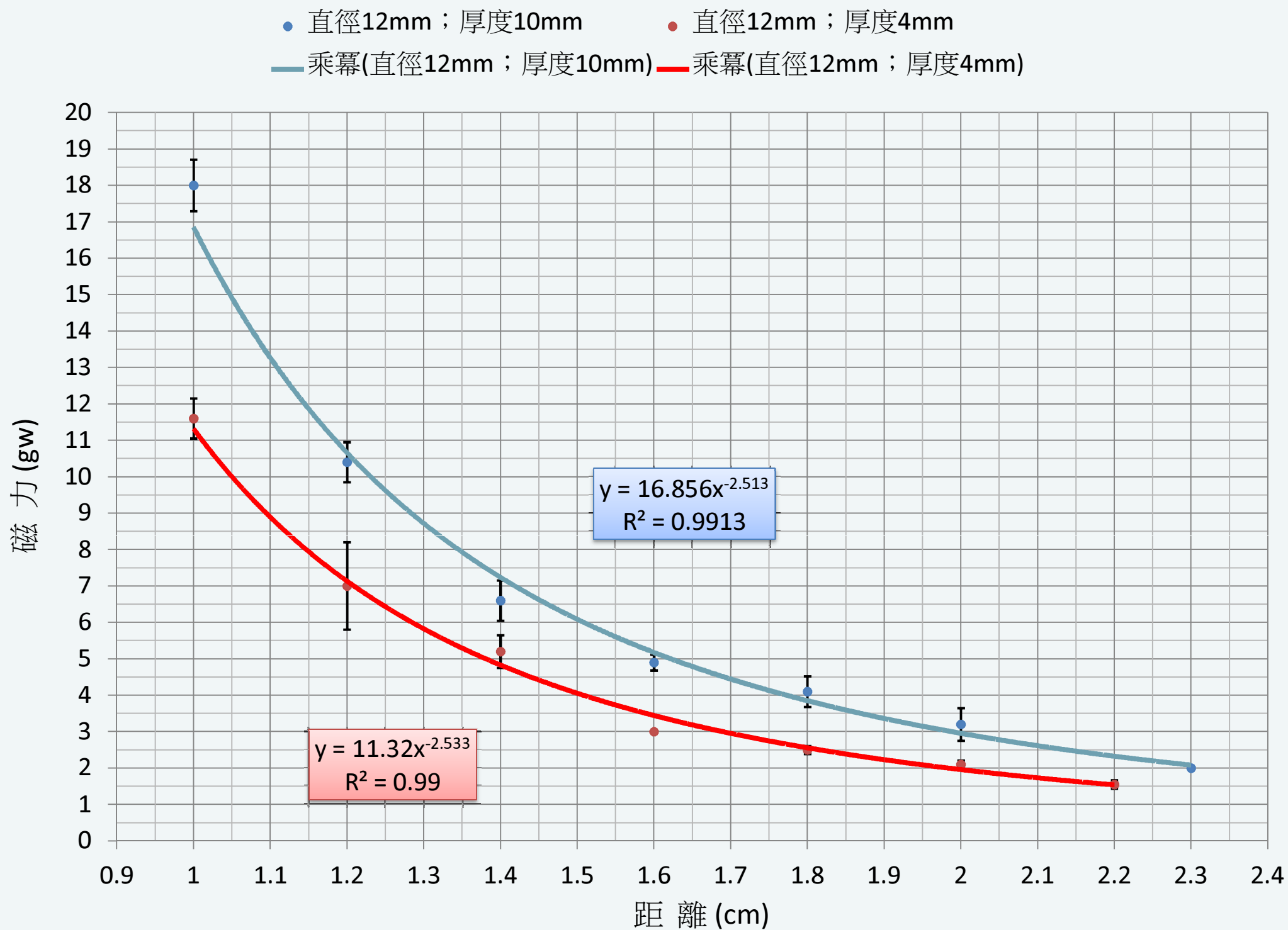


圖-1 釹鐵硼磁鐵的磁力與距離的關係。

2. 釹鐵硼磁鐵與氧化鐵磁鐵的磁力大小比較。

實驗測量直徑12mm，厚度4mm的圓柱型氧化鐵磁鐵，與2克重的鐵粉在距離磁鐵表面1.0cm、1.2cm、1.5cm、1.7cm的位置時，鐵粉受到的磁力大小。我們同樣以EXCEL的乘冪趨勢線去擬合實驗數據，得到氧化鐵磁鐵的磁力(y)與距離(x)的2.4次方成反比的關係。圖-2展示了氧化鐵磁鐵的磁力與距離的關係，同時與相同直徑，相同厚度的釹鐵硼磁鐵進行比較，可以估算出釹鐵硼磁鐵的磁力大約是氧化鐵磁力的5倍。

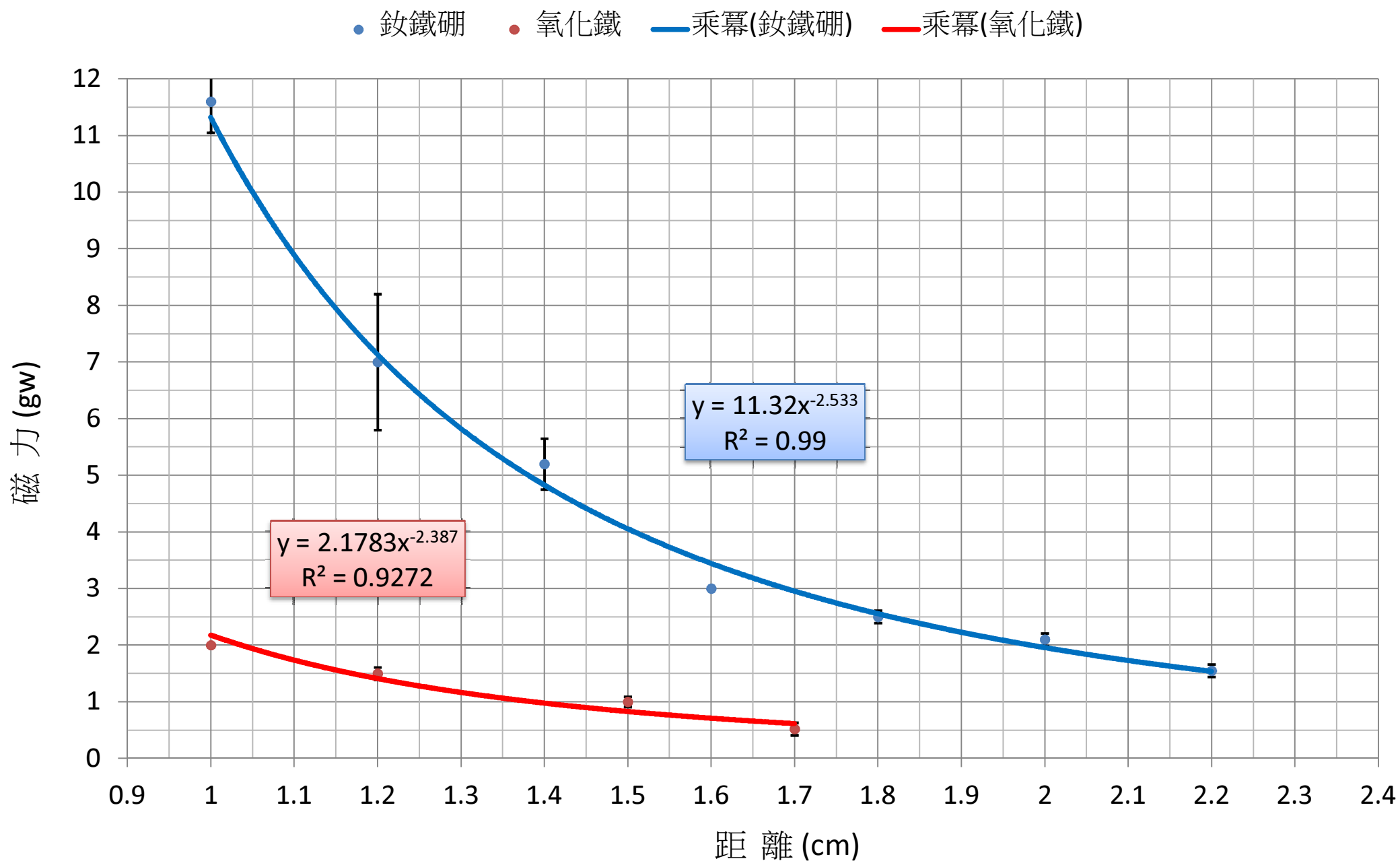


圖-2 氧化鐵磁鐵的磁力與距離的關係，並與釹鐵硼磁鐵做比較。

3. 比較不同直徑，同樣厚度的磁鐵磁力大小。

比較三個圓柱型釹鐵硼磁鐵，直徑分別為10mm、12mm、15mm，厚度均為10mm，以2克重的鐵粉做為測試磁力大小的磁性物質，利用針筒調整水位高低，使鐵粉在小浮杯中位在距離磁鐵表面2.3cm的位置。每個磁鐵經過5次的測量之後，將平均的結果與標準差畫在圖-3中，結果說明磁鐵直徑越大時，鐵粉受到的磁作用力越大。

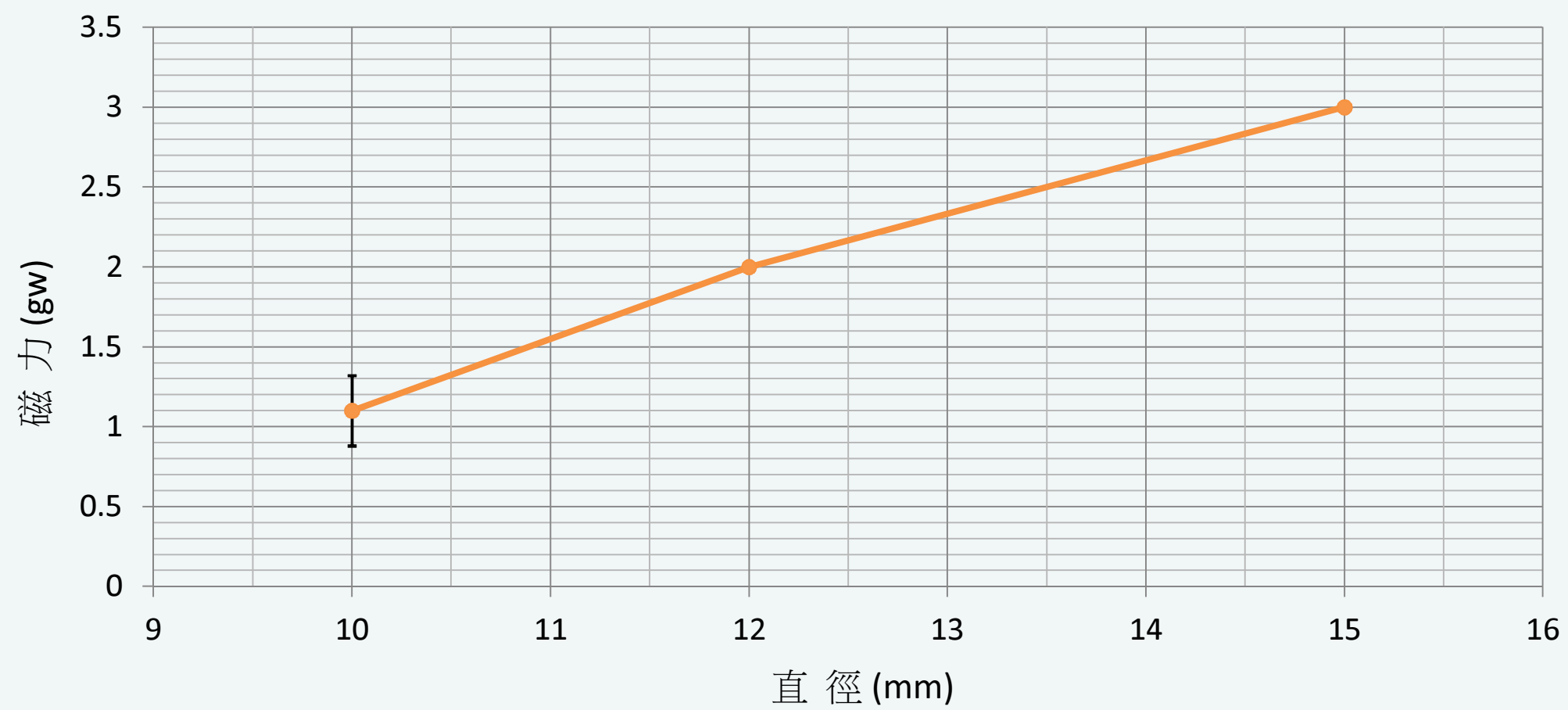


圖-3 不同直徑磁鐵的磁力變化(與磁鐵表面距離2.3cm處的磁力)。

4. **磁鐵表面到鐵粉的距離固定時，比較相同直徑的磁鐵，厚度增加對磁力的影響。**
實驗利用四個直徑12mm，厚度2mm，和一個直徑12mm，厚度10mm的圓形釹鐵硼磁鐵，組成五組直徑相同但厚度不同的圓柱型釹鐵硼磁鐵，厚度分別為2mm、4mm、6mm、8mm、10mm，再以2克重的鐵粉測試在距離磁鐵2.3cm位置時的磁力大小。圖-4可以看到磁鐵厚度增加時磁力的變化趨勢，結果顯示圓柱磁鐵厚度增加時，鐵粉受到的磁力作用也增加，但是厚度增加到6mm後，鐵粉受到的磁力作用就不再變化了。

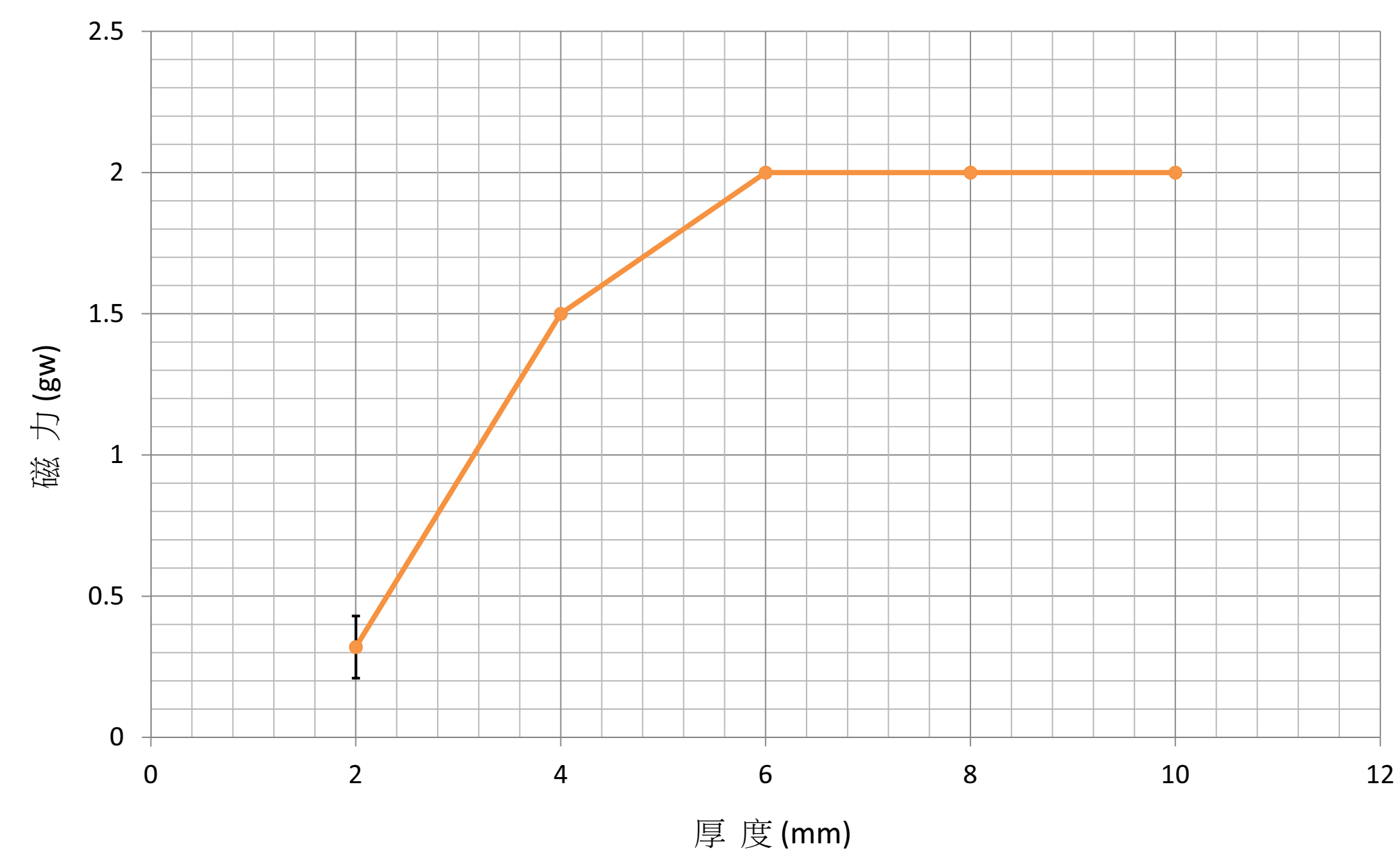


圖-4 相同直徑的磁鐵，增加厚度對磁力的影響。

5. **鐵粉重量與磁鐵磁力測量的關係。**
實驗以三種不同的鐵粉重量，包括3克重、5克重、以及7克重的鐵粉，測試在與圓柱型釹鐵硼磁鐵(直徑12mm，厚度2mm)距離1.6cm的情況下，鐵粉受到的磁力大小變化。我們將鐵粉重量增加時產生的磁力變化趨勢呈現在圖-5中，結果可以發現鐵粉受到磁鐵的磁力作用大小會隨著鐵粉重量的增加而逐漸變大。

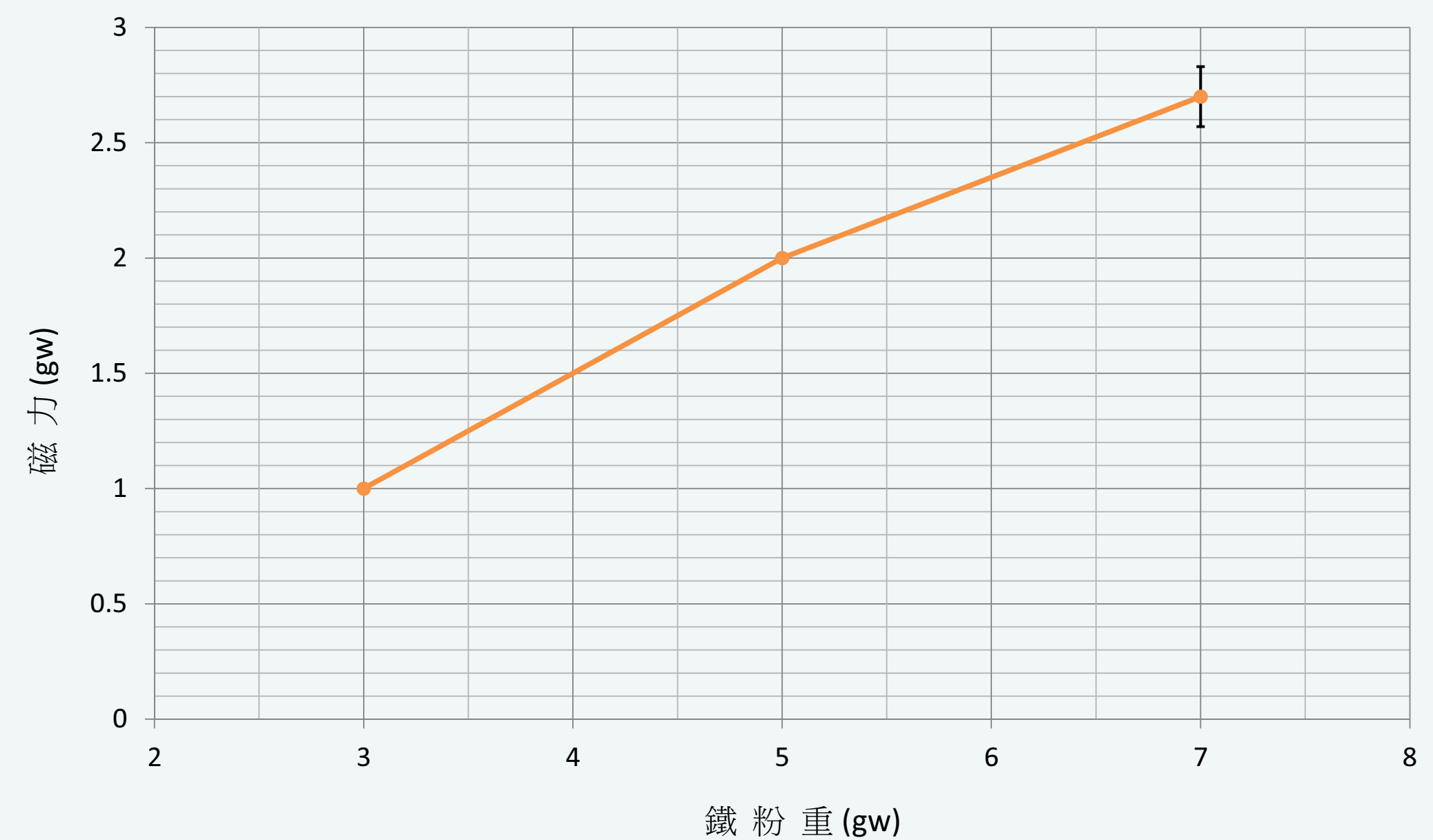


圖-5 鐵粉重量與受到磁力大小的關係。

結果討論與總結

1. 磁鐵磁力大小與距離遠近的關係？

由圖-1的結果我們發現直徑12mm，厚度10mm的釹鐵硼磁鐵，磁力(y)與距離(x)的關係為 $y=16.86x^{-2.51}$ ，而直徑12mm，厚度4mm的釹鐵硼磁鐵，磁力(y)與距離(x)的關係為 $y=11.32x^{-2.53}$ ，兩個結果都顯示釹鐵硼磁鐵的磁力與距離的2.5次方成反比的關係。

2. 不同材質的磁鐵，產生磁力的差異？

圖-2的結果顯示直徑12mm，厚度4mm的氧化鐵磁鐵，磁力(y)與距離(x)的關係為 $y=2.178x^{-2.39}$ ，與同樣直徑12mm，厚度4mm的釹鐵硼磁鐵比較，氧化鐵磁鐵的磁力大約與距離的2.4次方成反比，釹鐵硼磁鐵的磁力則是與距離的2.5次方成反比，比較這兩種材質磁鐵在相同距離下的磁力大小，我們可以估算出釹鐵硼磁鐵的磁力約為氧化鐵磁鐵的5倍。

3. 圓柱型磁鐵的直徑大小與磁力強弱的關係？

圖-3說明磁鐵的直徑大小與鐵粉受到的磁力大小成正比，直徑大代表圓面積大，可以看成吸引鐵粉的磁性物質越多，因此作用在鐵粉的磁力總和也比較大。

4. 磁鐵表面到鐵粉距離固定時，圓柱型磁鐵的厚度增加對磁力強弱的影響？

圖-4的結果告訴我們，當磁鐵表面與鐵粉的距離固定時，將圓柱磁鐵厚度由2mm開始增加，鐵粉受到的磁力作用也會增加，但是厚度增加到6mm之後，鐵粉受到的磁力大小就沒有太大變化。當增加厚度時，雖然直覺磁力會因為增加磁性物質而增加，但由圖-1的結果可以得知，磁力會隨距離增加而衰減，由於增加的磁鐵與鐵粉的距離逐漸變大，使得增加的磁力減小到可忽略，造成整體磁力不再有太大的變化。

5. 鐵粉的重量多寡是否影響磁鐵磁力的測量？

圖-5結果顯示，當鐵粉重量增加，磁鐵作用在它上面的磁力也會隨著增加，因為重量增加代表能夠被磁鐵吸引的物質變多了，因此實驗中裝載鐵粉的小浮杯受到的下拉磁力也會跟著增加，使得必須產生更大的浮力與它對抗。

未來展望

- 成為課堂學習磁力與認識浮力的實驗教材：**我們提出以浮力測量磁力的方法，可以測量磁鐵在不同距離下的磁力，認識磁力是如何隨距離改變而變化，同時又能學習浮力的概念，以及浮力測量的方法，若能作為日後學校課堂的實驗教材，將有助於學生認識浮力與磁力。
- 改進實驗器材，提升實驗精確度：**未來也希望可以進一步改良我們的研究裝置，例如第一，增加小浮杯底的面積，以此減少小浮杯的下沉深度，方便與磁鐵在近距離時的磁力測量；第二，利用滑行軌道裝設磁鐵，方便設定以及測量與磁鐵的距離；第三，使用精確度更高的電子秤。
- 將磁鐵特性應用於生活之中：**利用電磁鐵原理，以通電的方式產生相吸或是相斥的作用，可以發展協助船舶停靠與進出港口的設備，或是以磁力相斥的作用，協助飛行器的垂直起降。

參考資料

王國銓（譯）（民 87）。*不可思議的科學實驗室-物理篇*（原作者：J. P. VanCleave）。臺北市：世茂。
黃佩俐（譯）（民 96）。*100創意科學實驗*（原作者：G. Andrews and K. Knighton）。臺北市：小天下。
崔冬梅（譯）（民 101）。*科學名人一本通*（原作者：海明威編輯部）。新北市：幼福。