

作品名稱：磁力的秘密

壹、摘要

使用天平的桿槓原理來量測磁鐵磁力。天平的一邊是磁鐵的吸力，另一邊是塑膠瓶裝水，當天平達到平衡時，水的重量就代表磁鐵的吸力，我們利用這個自己做的工具，進行了許多有關磁力的研究。首先我們用塑膠間隔墊片架高磁鐵和鐵片的距離，發現距離愈小磁力愈大，但並不是等比例的變化；探討不同材料對磁力的阻隔，發現有磁性反應的鐵片，最能阻隔磁力，而無磁性反應的材料，反而不會阻擋磁力；而阻隔鐵片的面積、厚度增加時，阻隔磁力的效果就越好，但並不是一直增加，就可以完全阻隔，有趣的是，到達一定的面積和厚度時，磁力就不再減弱了。

貳、研究動機

三年級下學期曾上過「日新月異的交通工具」單元，當時以磁鐵的排斥力，讓玩具車動起來。在玩磁鐵時，雖然知道距離愈遠磁力會變小，但是好像磁鐵靠近時，突然磁力會變得很大，而馬上會吸在一起，感覺距離接近一些，磁力會很快增大許多，所以我想實驗看看不同距離的磁力大小。另一方面，磁鐵隔著塑膠板吸住鐵片，磁力會變小，但不知道是塑膠板厚度增加磁鐵與鐵片的距離的影響？還是塑膠板會阻隔磁力？如果能找到一種材料來阻隔磁力，它真的可以完全阻擋磁力嗎？這些都是我想要探討的內容。

參、研究目的

- 一、探討不同距離，磁鐵對鐵片的磁力如何改變。
- 二、實驗不同材料對磁力的阻隔，找出能阻隔磁力的材料。
- 三、探討阻隔磁力的材料，是不是和阻隔面積有關。
- 四、探討阻隔磁力的材料，是不是和厚度有關，可不可以完全阻擋磁力。

肆、研究設備及器材

一、設備

(一) 量筒：500 mL

(二) 燒杯：300 mL

(三) 自製天平：使用木板製作天平，平衡器的中心點使用培林來增加天平的靈敏度。

(四) 製作磁力測試基座：使用 AB 膠將磁鐵黏在木板上，用螺絲鎖在天平基座上。

二、材料

整體天平實驗器的材料包括：磁鐵、鐵片、塑膠片、木板、塑膠空瓶、鋼絲線、AB 膠、鉛錘。

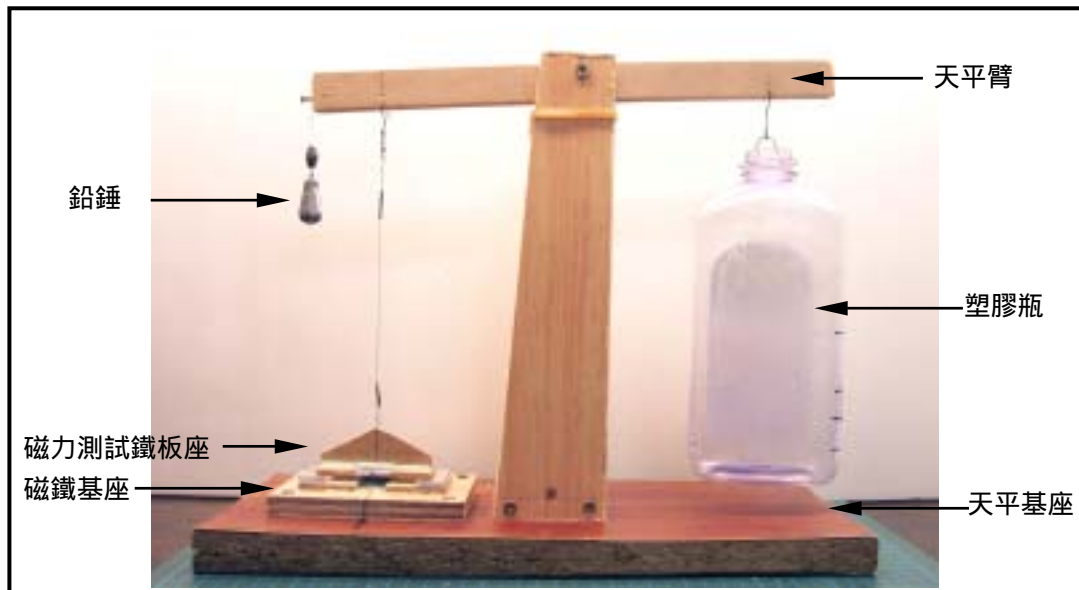


圖 4-1 整體天平實驗器

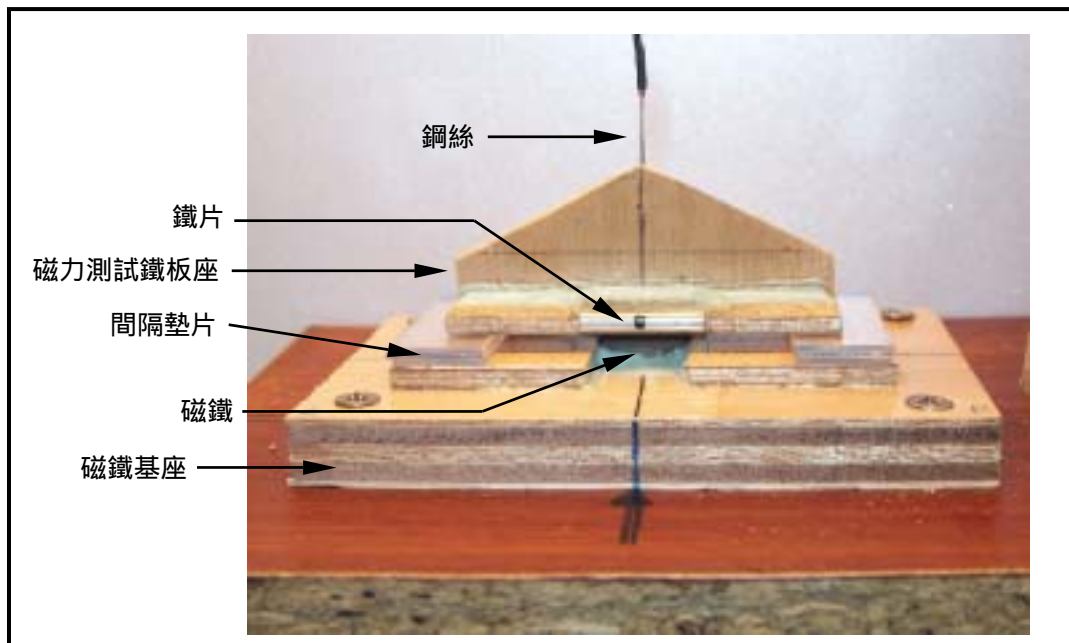


圖 4-2 磁力測試基座

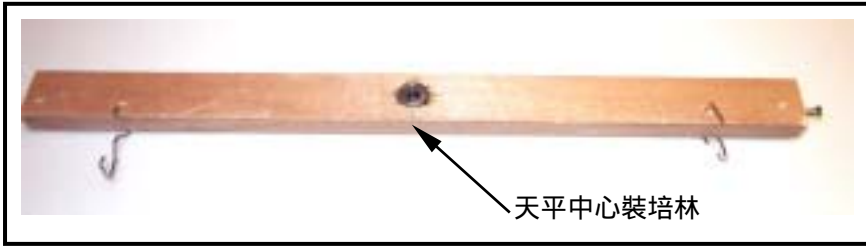


圖 4-3 天平平衡器



圖 4-4 500mL 量筒

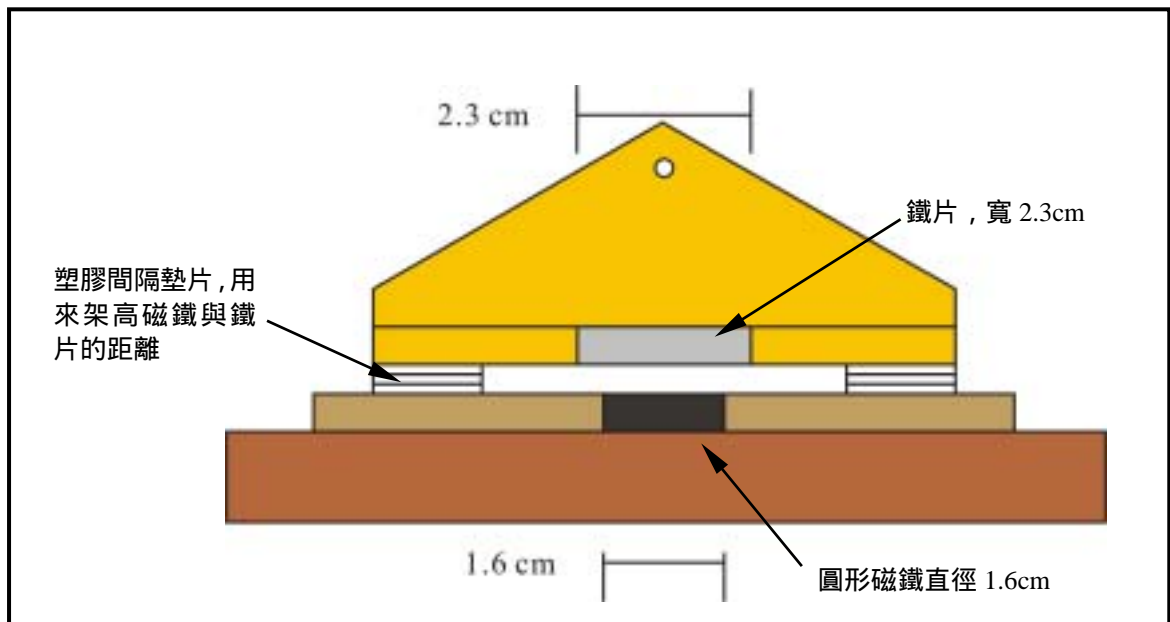


圖 4-5 磁力測試基座剖面示意

伍、研究過程、方法與結果

我想利用天平的桿槓原理，一端是磁鐵的吸力，另一端是所加入水的重量，以達到平衡來進行下列幾項實驗內容：

一、實驗設備校正

為了確定天平能正確測量出磁鐵的磁力，而且加入塑膠瓶的水重要等於磁力，因此實驗設備校正應該有二項重點：

- (一) 使用等重的鉛錘，分別標示 A 與 B，掛在天平兩邊時，確定可以平衡，而且交換位置後仍然能維持平衡，這可以證明天平的力矩是相同。如圖 5-1 所示。

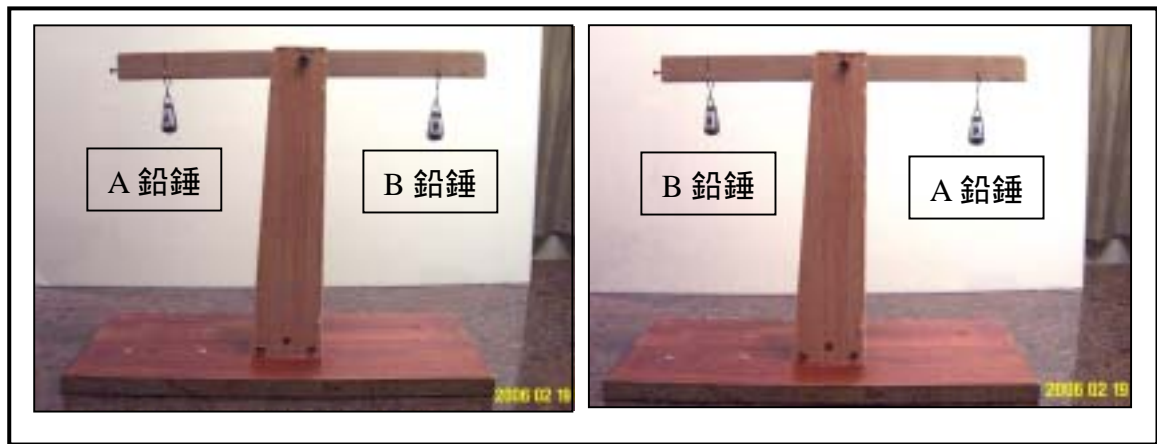


圖 5-1 天平實驗器確實平衡

- (二) 為了純粹得到水量與磁力的關係，必須扣除空瓶、鐵片(包括磁力測試鐵板座)的重量，因此在天平兩邊分別掛上塑膠空瓶及鐵片後，在輕的一邊加掛鉛錘，調整到天平平衡。如圖 5-2



圖 5-2 無磁力時天平實驗器能平衡

二、探討不同距離的磁力大小

- (一) 將磁鐵黏在木板上，使用間隔墊片放在磁鐵兩側，來架高磁鐵與鐵片的距離，在天平一邊掛塑膠空瓶，另一邊掛鋼絲鐵片。
- (二) 在塑膠空瓶中慢慢加水，一直到水的重量克服了磁力，而將鐵片拉起來。再將塑膠瓶中的水，倒入量筒中測量水體積，這個時候水的重量應該等於磁力。以下直接將加水體積 mL 換算成加水重量 g，以此表示磁力。
- (三) 為了測試間隔墊片的厚度，以及每片厚度是不是一樣。任意選擇 10 片間隔墊片，測量它們的厚度為 1.3cm，因此每片間隔墊片約 1.3mm，為了避免產生測量的誤差，重複做了 2 次，所得到的數據也都相同，由此可知，間隔墊片的厚度理論上應該都相同。



圖 5-3 加上間隔墊片架高磁鐵與鐵片的距離



圖 5-4 加水直到磁鐵脫離

(四) 分別進行間隔墊片 1 片、2 片、3 片、4 片、5 片、6 片、7 片及 8 片共 8 組的實驗，每組實驗重複做 3 次，並且平均實驗結果，實驗紀錄整理如表 5-1。

表 5-1 不同距離的磁力試驗

間隔墊片數	換算距離(mm)	實驗次數	加水體積(mL)	加水重量平均(g)
1	1.3	1	923	921.0
		2	920	
		3	920	
2	2.6	1	608	605.7
		2	605	
		3	604	
3	3.9	1	387	387.3
		2	390	
		3	385	
4	5.2	1	240	240.0
		2	240	
		3	240	
5	6.5	1	155	153.7
		2	153	
		3	153	
6	7.8	1	100	99.0
		2	97	
		3	100	
7	9.1	1	75	75.0
		2	75	
		3	75	
8	10.4	1	40	40.7
		2	40	
		3	42	

註: 每一個間隔墊片厚度 1.3mm

三、探討不同材料對磁力的阻隔

- (一) 使用間隔墊片 3 片，來架高磁鐵與鐵片的距離，因為由前面的實驗知道，3 片墊片大約需要水重 387.3g，比較容易觀察，而且架高的空間有 3.9mm，可以方便放入各種阻隔測試的材料。架高的間隔墊片只是用在磁鐵兩側，不做為阻隔磁鐵與鐵片之間磁力的用途。
- (二) 在磁鐵與鐵片之間，分別進行無阻隔，以及放入塑膠片、一元錢幣、五元錢幣、十元錢幣、橡皮擦、厚紙片、鋁片及鐵片等不同材料的阻隔實驗。每種阻隔材料，除錢幣外在厚度及面積上盡量相近。
- (三) 每樣阻隔材料重複做 3 次，並且平均實驗結果，實驗紀錄整理如表 5-2。

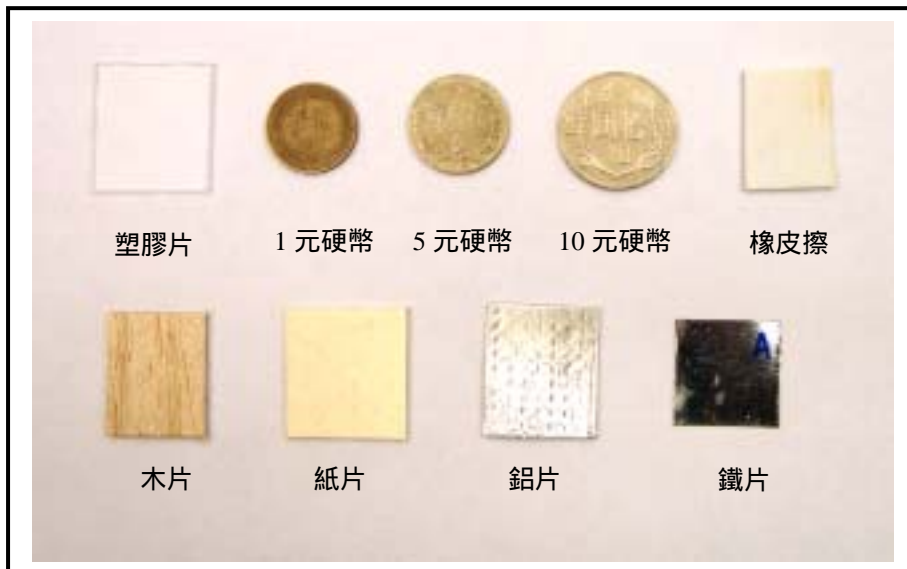


圖 5-5 各項阻隔材料

表 5-2 不同材料對磁力的阻隔實驗

材料	實驗次數	加水體積(mL)	加水重量平均(g)
無阻隔	1	388	387.0
	2	388	
	3	385	
塑膠片	1	387	387.7
	2	388	
	3	388	
一元錢幣	1	360	361.7
	2	365	
	3	360	
五元錢幣	1	360	360.3
	2	360	
	3	361	
十元錢幣	1	360	362.7
	2	363	
	3	365	
橡皮擦	1	387	387.0
	2	385	
	3	389	
木片	1	387	385.0
	2	385	
	3	383	
紙片	1	386	386.7
	2	386	
	3	388	
鋁片	1	388	387.0
	2	387	
	3	386	
鐵片	1	250	252.0
	2	251	
	3	255	

四、探討鐵片面積對磁力的阻隔

- (一) 使用間隔墊片 3 片，來架高磁鐵與鐵片的距離，間隔墊片只是用在磁鐵兩側，不做為阻隔磁鐵與鐵片之間磁力的用途。
- (二) 在磁鐵與鐵片之間，分別進行無阻隔，以及放入邊長分別為 1cm、1.5cm、2cm、2.3cm、3cm、3.5cm 及 5cm 正方形鐵片阻隔的實驗(2.3cm 為磁力測試鐵板座之鐵片的大小)。
- (三) 每項阻隔都重複做 3 次，並且平均實驗結果，實驗紀錄整理如表 5-3。

表 5-3 不同鐵片面積對磁力的阻隔實驗

阻隔鐵片大小 邊長cm*邊長cm		面積 cm ²	實驗次數	加水體積 (mL)	加水重量平均 (g)
0	0	0	1	387	387
			2	390	
			3	385	
1	1	1	1	365	365
			2	360	
			3	370	
1.5	1.5	2.25	1	315	317
			2	320	
			3	315	
2	2	4	1	275	268
			2	260	
			3	270	
2.3	2.3	5.29	1	247	251
			2	250	
			3	255	
3	3	9	1	260	263
			2	270	
			3	260	
3.5	3.5	12.25	1	265	265
			2	260	
			3	270	
5	5	25	1	280	280
			2	280	
			3	280	

五、探討鐵片厚度對磁力的阻隔

- (一) 使用間隔墊片 3 片，來架高磁鐵與鐵片的距離，間隔墊片只是用在磁鐵兩側，不做為阻隔磁鐵與鐵片之間磁力的用途。
- (二) 在磁鐵與鐵片之間，分別進行無阻隔，及放置 1 片 6 片鐵片阻隔的實驗。
- (三) 每項阻隔都重複做 3 次，並且平均實驗結果，實驗紀錄整理如表 5-4。

表 5-4 鐵片厚度對磁力的阻隔實驗

阻隔鐵片數	換算厚度 (mm)	實驗次數	加水體積 (mL)	加水重量平均 (g)
0	0	1	387	387
		2	390	
		3	385	
1	0.26	1	250	251
		2	250	
		3	253	
2	0.52	1	160	157
		2	157	
		3	155	
3	0.78	1	85	84
		2	85	
		3	82	
4	1.04	1	65	63
		2	60	
		3	63	
5	1.3	1	35	35
		2	35	
		3	35	
6	1.56	1	38	39
		2	39	
		3	40	

陸、討論

一、不同距離的磁力大小

(一)使用 Excel 軟體來整理實驗數據，並畫出磁力與距離的關係圖，如圖 6-1。

(二)由圖 6-1 可看出，距離愈小磁力愈大，在距離減少一半，間隔墊片由 8 片 (10.4mm) 減少成 4 片 (5.2mm) 時，水重由 40.7g 增加到 240g，約為 6 倍，但是間隔墊片 6 片 (7.8mm) 減少成 3 片 (3.9mm) 時，水重由 99g 增加到 387.3g，約為 4 倍，而間隔墊片 4 片 (5.2mm) 減少成 2 片 (2.6mm) 時，水重由 240g 增加到 605.7g，約為 2.5 倍，而間隔墊片 2 片 (2.6mm) 減少成 1 片 (1.3mm) 時，水重由 605.7g 增加到 921g，約為 1.5 倍。所以雖然距離愈小磁力愈大，但是它的變化並不是等比例關係。

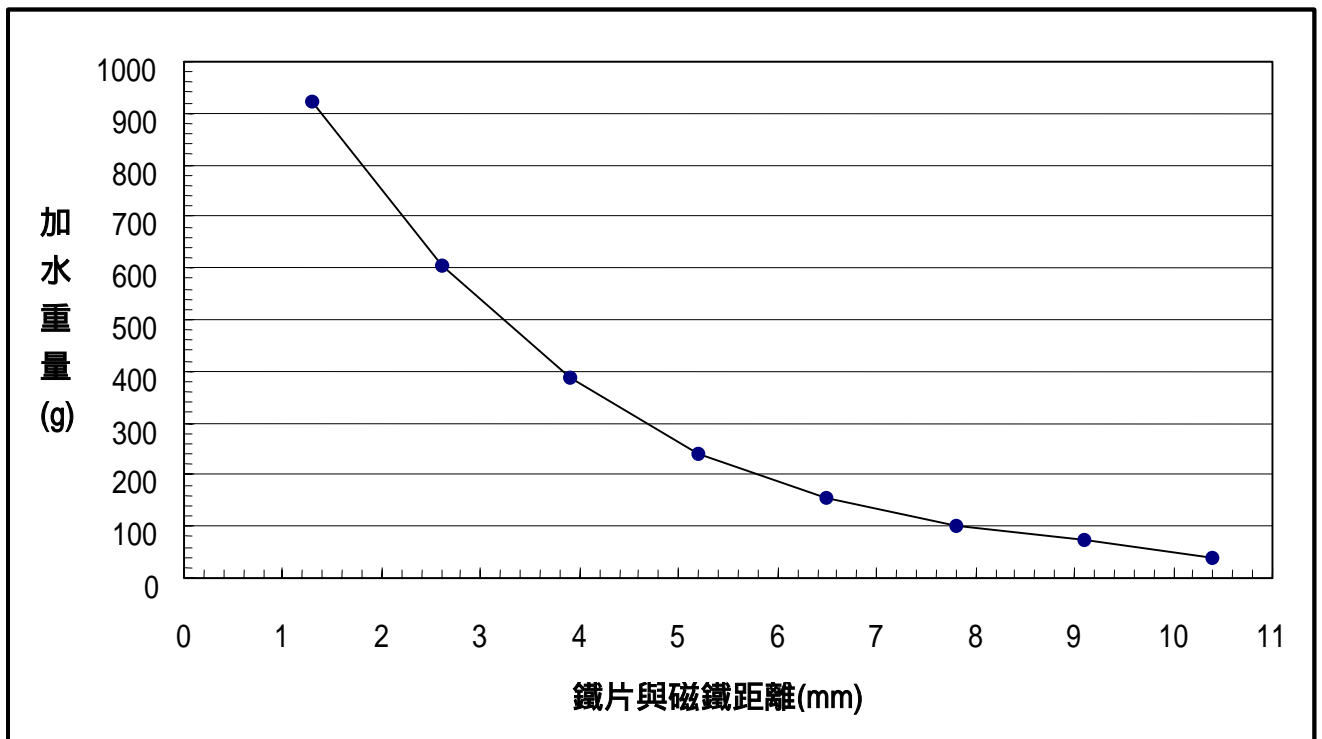


圖 6-1 鐵片與磁鐵距離和加水體積的折線圖

(三)如果從 8 片間隔墊片開始，一片一片的減少，我們發現磁鐵與鐵片的距離越少時，每減少 1 片間隔墊片，磁力會增加許多，例如 8 片變成 7 片，磁力增加等於 34.3g 的水重，但是 2 片變成 1 片，同樣是減少 1 片，但是磁力增加等於 315.3g 的水重，因為這樣的磁力變化，所以磁鐵與鐵片靠近到某個距離時，會忽然互相吸住，同樣地，我們拔開磁鐵的時候，一開始要分開會比較費力。如圖 6-2

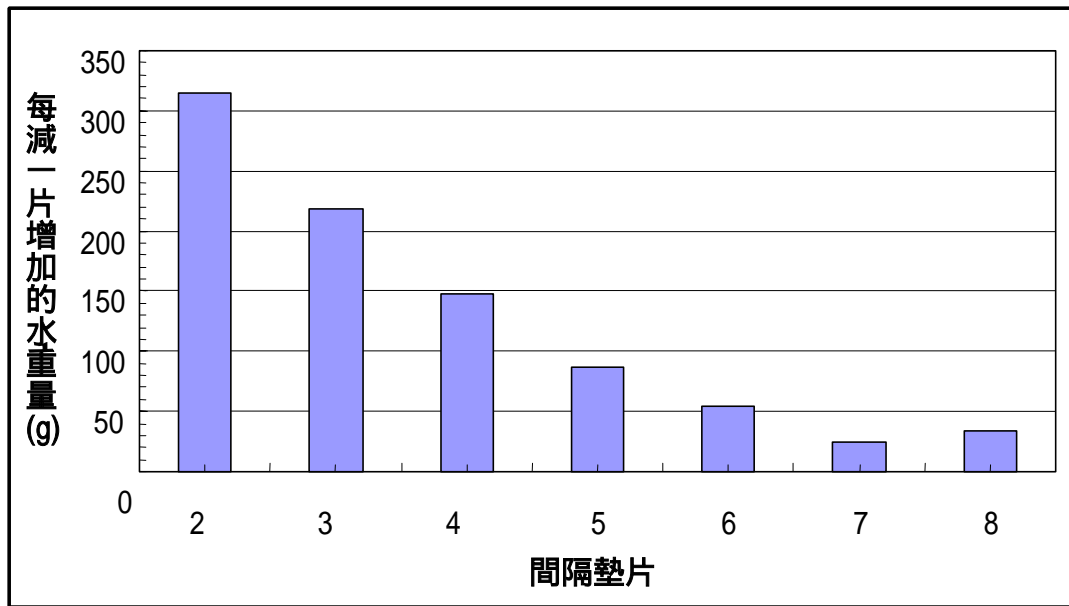


圖 6-2 不同距離（間隔墊片）每減少 1 片間隔墊片增加的水重量

(四)距離與磁力的關係，依據實驗的數據，使用 Excel 軟體的回歸分析功能，計算、分析出鐵片與磁鐵距離和加水重量的關係式為 $[加水重量(g)=1426.8 * e^{(-0.3372*鐵片與磁鐵距離)}]$ ，以公式畫出一條平滑的回歸線，如圖 6-3。

(五)可以利用公式計算預測，間隔墊片 0 片時，水重約 1426.8g。

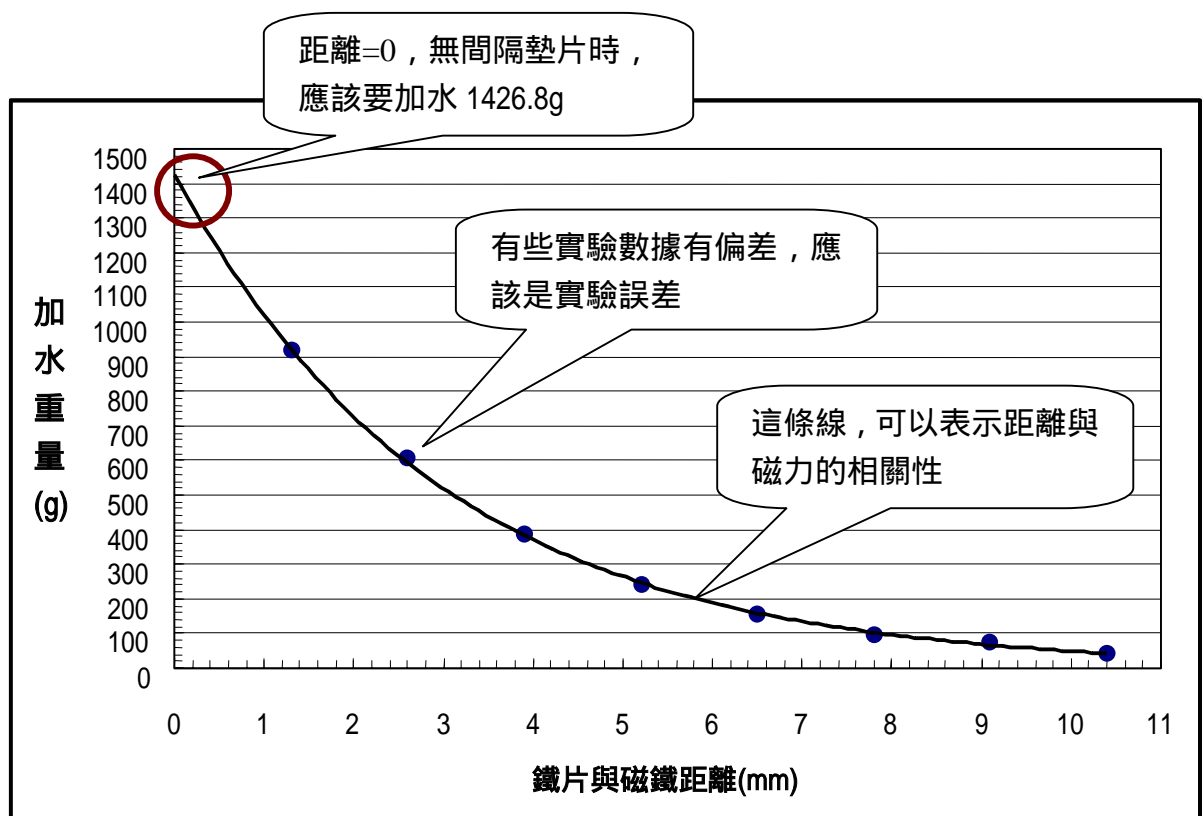


圖 6-3 鐵片與磁鐵距離和加水體積的預測圖

二、探討不同材料對磁力的阻隔

(一)使用 Excel 軟體來整理實驗數據，並以長條圖表示不同材料對磁力的影響，如圖 6-4。

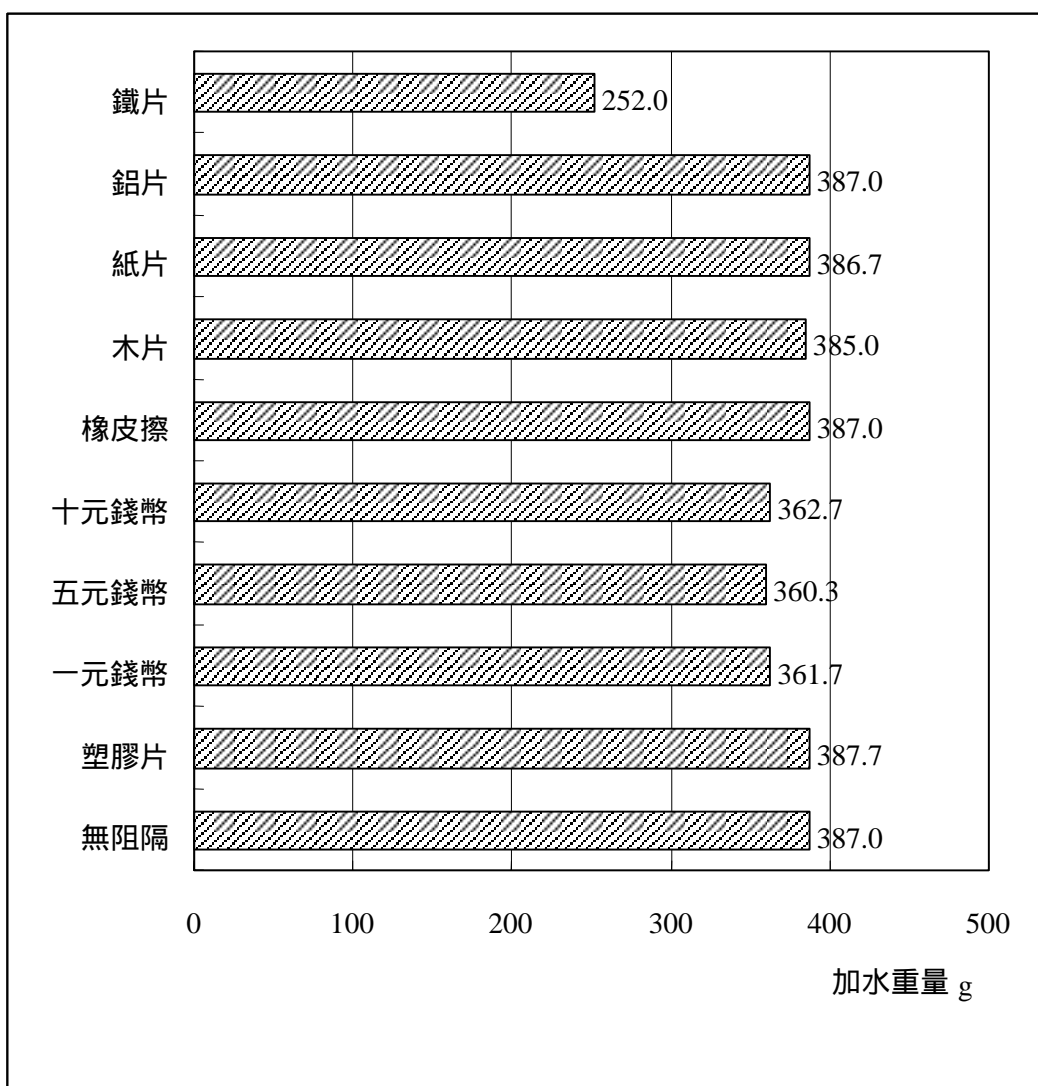


圖 6-4 不同阻隔材料所測得磁力的長條圖

(二)由圖 6-4 可以知道，鐵片對於磁力的阻隔效果最明顯(所測磁力最小)；錢幣也有稍微的影響效果，而且 1 元、5 元及 10 元影響程度相似；而其他材料阻隔時，與無阻隔所測的磁力相同，磁力並沒有減弱。

(三)九種材料中，錢幣、鋁片及鐵片都是金屬，只有錢幣及鐵片會阻隔，不是所有的金屬物質都會阻隔磁力。經過資料的查詢，知道鐵、鎳、鉻、鈷及銅等金屬具有磁性反應，中央銀行所提供的資料，1 元、5 元及 10 元錢幣含有鎳金屬，因此應該具有微小磁性反應。由此可以知道，我們所使用的阻隔材料中，鐵和錢幣具有磁性反應，所以可以發揮阻隔磁力的效果。

三、探討鐵片面積對磁力的阻隔

(一)使用 Excel 軟體來整理實驗數據，以阻隔鐵片邊長與加水重量的關係做成折線圖，可比較鐵片邊長與磁鐵直徑的關係，如圖 6-5。

(二)阻隔鐵片面積越接近磁鐵面積時，阻隔效果越明顯，即使當阻隔鐵片大於磁鐵面積時，仍有很明顯的阻隔效果。

(三)阻隔鐵片面積等於磁力測試鐵板（2.3cm*2.3cm）時，阻隔磁力的效果是最好的，當阻隔鐵片大於磁力測試鐵板時，阻隔磁力的效果反而減弱了些。

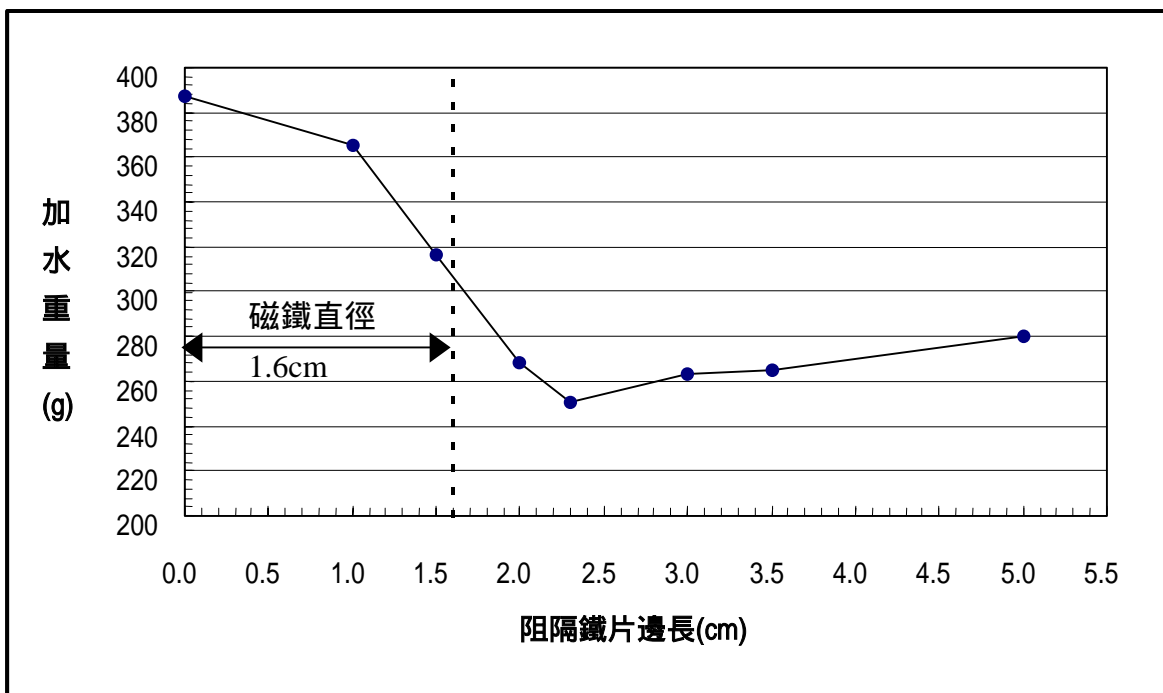


圖 6-5 阻隔鐵片邊長與平衡加水量關係

四、探討鐵片厚度對磁力的阻隔

(一)使用 Excel 軟體來整理實驗數據，並畫出磁力與阻隔鐵片厚度的關係圖，如圖 6-6。

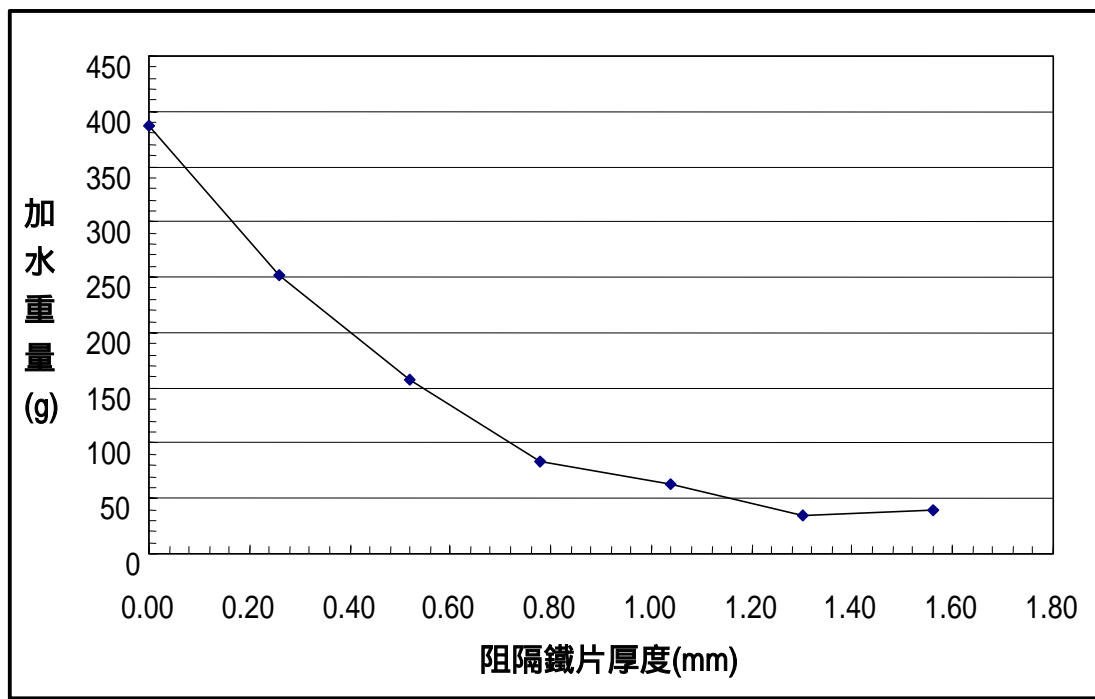


圖 6-6 阻隔鐵片厚度與加水重量的折線圖

(二)在 4 片鐵片(總厚 1.04 mm)以內時，隨著鐵片數的增加(厚度愈大)，阻隔效果愈好，磁力愈小，但是在 4 片鐵片以後，甚至達到 6 片鐵片時，所測得的磁力不再持續減弱，仍然可以測得微弱磁力，加水重量為 40g。

(三)雖然磁力測試鐵片與磁鐵，一直保持 3 片間隔墊片的距離(3.9mm)，但是磁力阻隔鐵片的阻隔效果；也就是阻隔鐵片厚度與磁力的相關性，由圖中得知，它的特性與研究(一)距離與磁力的關係圖相似。

(四)查詢有關磁力線的資料，磁力線是連續的，無法切斷的。目前常用的磁力阻隔材料都是有鐵磁性的物質。它的理論根據是，磁場在從磁導率低的介質向磁導率高的介質傳播時，磁力線會像光線一樣“折射”，磁導率越高，磁力線越偏向介質邊界面。我們能找到磁導率比空氣或真空高上萬倍的鐵磁性材料，這樣空氣中的磁力線絕大部分在進入此鐵磁性材料以後，沿材料表面傳播。適當地設計鐵磁性材料形狀，就能讓磁力線很少能穿過這個材料而到達另一面。我們用的電腦音箱，之所以不會影響顯示器(傳統電子槍式)，就是使用了這一原理設計的“防磁喇叭”。

柒、結論

- 一、磁鐵與鐵片的距離愈大磁力愈小，但是磁力的變化與距離並不是等比例改變（非線性關係），我們發現在愈接近磁鐵的時候，磁力會快速增加，可以使用一種方程式來表示磁力與距離的關係。
- 二、塑膠片、木片、橡皮擦、鋁片及厚紙片，是屬於無磁力反應的材料，並不會阻擋磁力，而鐵片對於磁力的阻隔有很明顯的效果，錢幣因為含有具磁性反應的鎳金屬，因此也有一些阻隔效果。鐵片對磁鐵磁力的影響，可能是具有磁力反應的金屬，會改變磁力線分布，也就是磁力傳導到鐵片上，導致磁力分散而變弱。
- 三、阻隔磁力要注意磁力線的分布和繞流現象，並不像阻擋光線，只要在光的直線路徑上阻隔就好了，因為實驗證明，當阻隔鐵片大於磁鐵時，仍有增加阻隔效果。
- 四、用鐵片阻隔磁力，雖然愈厚效果愈好，但是達到某一厚度後，效果就不明顯了，還是會有微弱磁力傳出，因為，磁力線的阻隔並不是被切斷，磁力是因分散而變弱，要完全斷絕磁力是不容易的，還好研究（一）的結果顯示，磁力會因為距離變遠，而很快的減弱，要不然磁力對我們日常生活的影響就很麻煩了，馬達、指北針、電鈴等可能都無法正常使用了。
- 五、從實驗過程中，我們發現有些誤差，因此要多做幾次，來算出平均數值，才能得到正確的數據，本次實驗的主要誤差來源，可能是加水的操作所產生的，避免的訣竅就是很慢很慢的加水。

捌、心得

日常生活中經常可以看到磁鐵的應用，這次仔細研究磁鐵的特性，發現它有許多好玩的地方。在實驗的過程中，相同的實驗要重複做幾次，有時覺得好辛苦，但是當完成每一項實驗，從中得到一些新的結果、新的發現時，心中真的好快樂、好有成就感。

在實驗設備的製作和操作中，曾經有多次的結果並不理想，因為誤差太大，無法看出微小的磁力變化，因此努力要修正設備。後來我們仔細觀察，發現加水到快要平衡時，就在磁力測試鐵板被拉起來的那一剎那，如果用來架高的塑膠間隔墊片有一點點的晃動，就會發生鐵片提早被拉起的問題，而得到偏低的數據。於是改善磁力測試鐵板，以及加大塑膠間隔墊片，當穩定度提高後，由以前重複實驗可能有 25mL 的差異，到後來重複實驗的差異都小於 5mL，甚至三次實驗數據都相同。由於整個實驗設備的精密度提高了許多，因此可以測量出微小的磁力改變，才能深入探討本次實驗的結果，揭開磁力秘密的面紗。

感謝老師的指導與爸媽督促，使我能夠仔細的研究每一個細節，一步一步累積有關磁力的種種知識。

玖、參考資料

- 一、珍妮絲 派特，林怡芬譯，不可思議的科學實驗室-物理篇，初版，台北縣，世茂出版社，頁 26，民 88 年。
- 二、陳卓，力和運動，2 版，台北市，圖文出版社，頁 12-15，民 85 年。
- 三、羅煥耿，有趣的科學實驗 100，初版，台北縣，世茂出版社，頁 84-85，民 92 年。
- 四、Neil Ardley，趙映雪譯，進入科學世界的圖畫書-磁鐵，初版，台北市，上誼文化實業股份有限公司，頁 22-23，民 81 年。

081504

1.

2.

3. ()

4.