

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

第三名

031609

片面之磁

臺北縣立海山高級中學

作者姓名：

國二 黃琪禎

指導老師：

王聰章 柯文賢

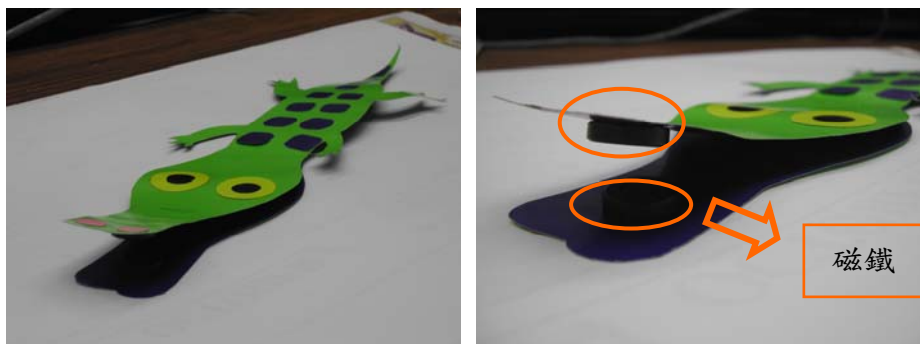
片面之磁

摘要

本研究是對磁鐵同極相斥特性、磁通密度加成性、磁性材料導磁特性進行研究。由實驗發現，非金屬都不會被磁鐵吸引，但也不是金屬就可以被磁鐵吸引，如銅、鋁就不會被磁鐵吸引。另外，由實驗發現，磁鐵的排斥距離與靠近磁鐵物品的種類、形狀、大小與放置位置都有關。靠近磁鐵的鐵線越粗、鐵線排列越緻密與鐵線在 4.50 cm 以內時鐵線的長度越長，越能縮短磁鐵的排斥距離。在本研究中亦發現，(1)磁鐵排斥距離與 10.00 cm 長導磁材料的線徑呈線性減少關係；(2)在 10.00 cm 14#鐵線相距 180 度下，磁鐵排斥距離與磁鐵的磁通密度呈線性增加關係(3)當 14#鐵線長度小於 4.50 cm 時，鐵線排列距 180 度、90 度、45 度時，磁鐵排斥距離與鐵線長度亦呈線性減少關係。另外，由本實驗也可了解鐵線如何影響磁鐵磁力線分佈。最後，本研究選擇磁通密度為 3000 高斯的磁鐵，加上磁鐵同極相斥及片狀導磁材料導磁易形成『片面之磁』的特性及水的浮力原理成功做成『上升水位監測系統』及『下降水位監測系統』，這兩個系統可應用於河川水位警示。

壹、研究動機：

這學期我上完「自然與生活科技」第二冊(2上)第三章「常見的力」(力與平衡、超距力、接觸力)(1)及第四章 4-2「物體的浮沉」(2)後，對超距力的磁力及浮力有初步的認識，又看見妹妹正在做「磁力玩具」，因此對磁鐵的磁力、導磁材料及磁力應用深感興趣。最近台灣河水氾濫、水災連連，北台灣民眾生命財產受到重創，因此引起我的科學研究奇想，若能結合磁力及水的浮力來研發出水位監測系統，不但可學以致用，更能造福河水氾濫沿岸居民，因此進行本研究。



圖一：利用磁力相斥的原理使鱷魚嘴巴常開的磁力玩具

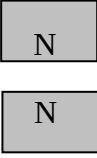
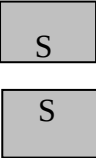
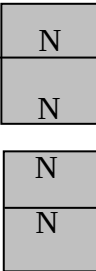
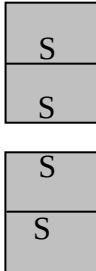
貳、研究目的：

- 一、認識磁鐵。
- 二、認識磁力。
- 三、認識磁力線。
- 四、磁通密度有加成性嗎？
- 五、認識斥力與吸力。
- 六、認識導磁物質。
- 七、認識導磁物質的導磁特性。
- 八、結合磁鐵的「磁力」與水的「浮力」研發水位監測系統。

參、研究設備及器材：

剪刀、美工刀、衣架、玻棒、塑膠尺、塑膠原子筆、鉛筆、鋁片、銅棒、螺絲起子、攪拌磁石、玻璃管、磁鐵、支架、捲尺、數位相機、磁力玩具、鐵線、投影片、膠帶、螺絲墊片、螺絲帽、燒杯、甘油、鐵粉、保麗龍、塑膠置物盒、鐵線、鐵尺、鐵架、金屬塊、棉繩、極限開關、電線、錄音機、膠帶、A4 白紙、噴膠。

表一：磁鐵組合符號說明表

符號	N1-N1	S1-S1	N2-N2	S2-S2
磁鐵排列方式				

註：各磁鐵組合皆放入封底玻璃管中。

表二：不同編號鐵線直徑一覽表

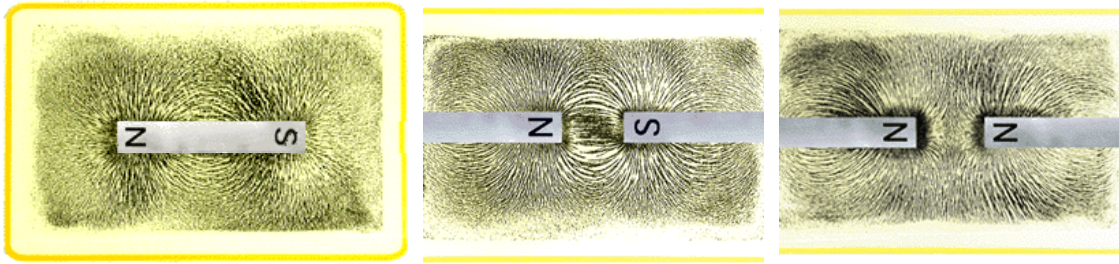
鐵線編號(#)	14	16	18	20	22	24
鐵線直徑 (mm)	1.980	1.585	1.165	0.885	0.720	0.555

肆、研究過程與方法：

磁力線、磁場、磁通量、磁通密度：(3、4)

磁力線是看不見也摸不到的，一條磁力線稱為一馬克思威爾 (Maxwell)。通過某一定面積的所有磁力線總數即被稱為磁通量 (Magnetic Flux)。在垂直於磁場方向的平面上，單位面積內磁通量稱為磁通密度 B ，其單位元為高斯 (Gauss)。1 高斯 = 1 馬克思威爾/cm²。磁場定義為磁力作用的空間。磁力線為封閉曲線，在磁鐵內由 S 極往 N 極，磁鐵外由 N 極歸向 S 極。磁力線為不相交的平滑曲線，互相排斥。

磁力線示意圖：(5)



實驗方法：

(一)認識磁鐵吸引與排斥

實驗：磁鐵如表一組合排列用來觀察磁鐵相斥及相吸現象。

(二)實驗方法穩定性檢驗

實驗：將不同磁通密度(1000、2000、3000、4000 高斯)的磁鐵依 N1-N1 組合放入管底，量測磁鐵排斥距離是否相同，以檢驗本實驗法中磁鐵排斥距離的穩定性。測定一次後搖動玻璃管再進行下次量測。

(三)磁力實驗

1.實驗一：磁力排斥實驗

將不同磁通密度(1000、2000、3000、4000 高斯)的磁鐵依 N1-N1 及 S1-S1 組合放入管底使磁鐵間產生斥力，再量取磁鐵間距離。

2.實驗二：磁通密度加成檢驗

將上述實驗一的 N1-N1 及 S1-S1 改為 N2-N2 及 S2-S2 進行實驗，與實驗一所量得的距離做比較。

(四)週遭環境中物品有哪些會被磁鐵吸引實驗

實驗：拿剪刀、美工刀、衣架、塑膠筆、鉛筆、塑膠叉、鋁片、玻棒、銅棒、塑膠尺、螺絲起子、攪拌磁石，以磁鐵吸引，觀察哪個會被磁鐵吸引？

(五)物品影響磁鐵排斥距離實驗

實驗：實驗方法與磁力實驗的實驗一、二相同，取上述（四）的物品靠近玻璃管外兩磁鐵中間部，量測兩磁鐵間的距離變化。

(六)導磁性材料導磁特性實驗

由(五)物品影響磁鐵排斥距離實驗得知，物品的種類、形狀、大小、放置位置都會影響磁鐵排斥距離，因此進行這個實驗。

1.實驗一：鐵線線徑對磁鐵排斥距離影響實驗

將不同磁通密度的磁鐵依 N1-N1 組合放入管底，拿 10 cm 長不同線徑的圓形鐵線垂直放在玻璃管外對稱兩側的磁鐵正中央，再量取兩磁鐵間距離變化。(註：5000, 6000 高斯磁鐵只進行 14#鐵線研究)

2..實驗二：鐵線排列緻密度對磁鐵排斥距離影響實驗

由於(五)物品影響磁鐵排斥距離實驗中衣架對磁鐵排斥距離影響最大，且衣架靠近磁鐵時為二支鐵線(衣架尾端轉角 )，所以進行本實驗。

將 3000 高斯的磁鐵依 N1-N1 組合放入管底，取 10 cm 14#及 16#鐵線依相距 180、90、45 度垂直置於玻璃管外的磁鐵中央，再量取兩磁鐵間距離變化。

3.實驗三：環狀螺絲墊片對磁鐵排斥距離影響實驗

由於實驗二得知，鐵線排列越緻密，磁鐵間的排斥距離越小，所以以螺絲墊片(外徑 3.0 cm，內徑 1.7 cm)進行本實驗。將磁通密度為 3000 高斯的磁鐵依 N1-N1 組合置入管底，取一螺絲墊片垂直置於玻璃管外的磁鐵中央，再量取兩磁鐵間的距離變化。

4.實驗四：鐵線長度對磁鐵排斥距離影響實驗

由於實驗三螺絲墊片(外徑 3.0 cm，內徑 1.7 cm)縮短磁鐵排斥距離遠小於 10 cm 14#鐵線縮短磁鐵排斥距離，所以進行實驗四。

磁鐵如(六)的實驗二所列，取長度為 0.65、1.50、2.25、3.00、4.50、6.00、10.00 及 15.00 cm 的鐵線相距 45 度垂直放在玻璃管外的磁鐵中央，再量取兩磁鐵間的距離變化。

5.實驗五：鐵線長度對磁力線分佈影響實驗

(1) 500 ml 燒杯中加入 500 c.c.甘油再加入約 4 g 鐵粉攪拌均勻。在甘油中靠近磁鐵中央處放入不同長度(0.00 cm、0.65 cm、1.50 cm、3.00 cm、6.00 cm)鐵線，將 3000 高斯的磁鐵依 N1-N1 組合放入管底，再垂直靠近燒杯，觀察鐵粉在甘油中移動的情形。

(2)將 3000 高斯的磁鐵依 N1-N1 組合放入管底，兩磁鐵距離分別為 4.5、4.2、3.9、2.8、2.1、2.1 cm，再平放於桌面，拿長度為 0.65、1.50、2.25、3.00、6.00、10.00 及 15.00 cm 的鐵線垂直放在管外的磁鐵中央，再拿 A4 紙平蓋於玻璃管上，均勻灑下鐵粉，以噴膠固定依磁力線分佈排列的鐵粉後護貝保留以觀察鐵粉排列用來了解鐵線長度對磁力線分佈影響。

6.實驗六：螺絲墊片位置對磁鐵排斥距離影響實驗

由於進行實驗三時，墊片置於靠近上方磁鐵時，磁鐵會由慢而快下降至吸住墊片，因此進行本實驗。

實驗裝置如實驗三，圖七所示，移動墊片觀察並紀錄上方磁鐵

下降的情形。

(七)水位監測系統實驗

1. 上升水位監測系統

- (1)取 3000 高斯 N1-N1 組合磁鐵置於玻璃管中，管外底部置一小螺絲墊片（圖十五(a)），以膠帶纏封固定（圖十五(b)）。
- (2)製做長、寬、高為 10 cm×10 cm×7.2 cm 的保麗龍，保麗龍下方正中央黏上外徑 3.0 cm 內徑為 1.7 cm 的螺絲墊片，並將螺絲墊片中空處保麗龍挖空（圖十五(c)）並放入玻璃管中（圖十五(d)）。
- (3)玻璃管內上方磁鐵上端以黏膠黏著棉繩（圖十五(e)），並將棉繩固定於保持於不通電狀態的極限開關（圖十五(f)），二磁鐵保持自然排斥狀態，這樣可減少極限開關上的彈簧承受磁鐵重量所造成的彈性疲乏。
- (4)保麗龍由靜止位置（圖十五(g)，(為實物縱剖圖)）受水浮力帶動上升並帶動墊圈上升，墊圈上升至適當位置，上方磁鐵會迅速下降吸住墊圈（圖十五(h)），此時磁鐵牽引棉繩啟動極限開關使通電（圖十五(i)），這時廣播系統自動啟動，並播出「**住在基隆河岸的居民請注意，現在基隆河水位已上漲至距警戒線三公尺，請沿岸居民迅速撤離**」的警語。
- (5)若水位繼續上升，墊圈帶動上方磁鐵上移，此時極限開關將恢復成不通電狀態（圖十五(j)），這時廣播系統自動切斷。
- (6)保麗龍繼續上升至適當位置（圖十五(k)），保麗龍由於受到阻力後停止上升。

2. 下降水位監測系統

- (1)如 1. (1)。
- (2)如 1. (2)。保麗龍兩側黏著可盛水 250g 的容器。
- (3)如 1. (3)。
- (4)保麗龍預先置放位置如圖十五(k)。
- (5)當水位下降時，保麗龍側方荷重（圖十五(l)）將使墊圈帶動上方磁鐵下移到適當位置時，棉繩牽引極限開關，又如圖十五(i)形成通電狀態，這時廣播系統再度自動啟動，並廣播「**住在基隆河岸的居民請注意，基隆河水位已下降至離警戒線三公尺，請沿岸居民放心作息**」的通知語
- (6)當水位繼續下降時，由於保麗龍側方有荷重，磁鐵與墊圈將由圖十五(h)變為圖十五(g)型態，這時極限開關受本身彈簧彈開又形成不通電的圖十五(f)型態，廣播自動停止。

3. 這兩個系統可按照上面所說明的模式重複循環使用。

伍、研究結果：

(一)認識磁鐵吸引與排斥

表三：磁鐵 N 極及 S 極排斥及吸引現象

組合 吸引狀況	N1-N1	N2-N2	S1-S1	S2-S2	N1-S1	S1-N1	N2-S2	S2-N2
吸引或排斥	相斥	相斥	相斥	相斥	吸引	吸引	吸引	吸引

結論：1. 磁鐵同極相斥、異極相吸。

2. 排斥距離(d)與磁通密度的關係為： $d_{4000 \text{ 高斯}} > d_{3000 \text{ 高斯}} > d_{2000 \text{ 高斯}} > d_{1000 \text{ 高斯}}$

(二)實驗方法穩定性檢驗

表四：磁鐵依 N1-N1 組合排列多次量測磁鐵排斥距離

量測次數 磁通密度 (高斯) \ 磁鐵距離 (cm)	第一次	第二次	第三次	第四次	平均
1000(15 號-16 號)	2.40	2.40	2.40	2.35	2.39
2000(2 號-3 號)	3.90	3.90	3.95	3.90	3.91
3000(12-13 號)	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
4000(1 號-2 號)	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60

結論：1. 經多次實驗後磁鐵排斥距離相近，實驗穩定性佳。

2. 後續實驗均測試四次，取多次出現的實驗數據。

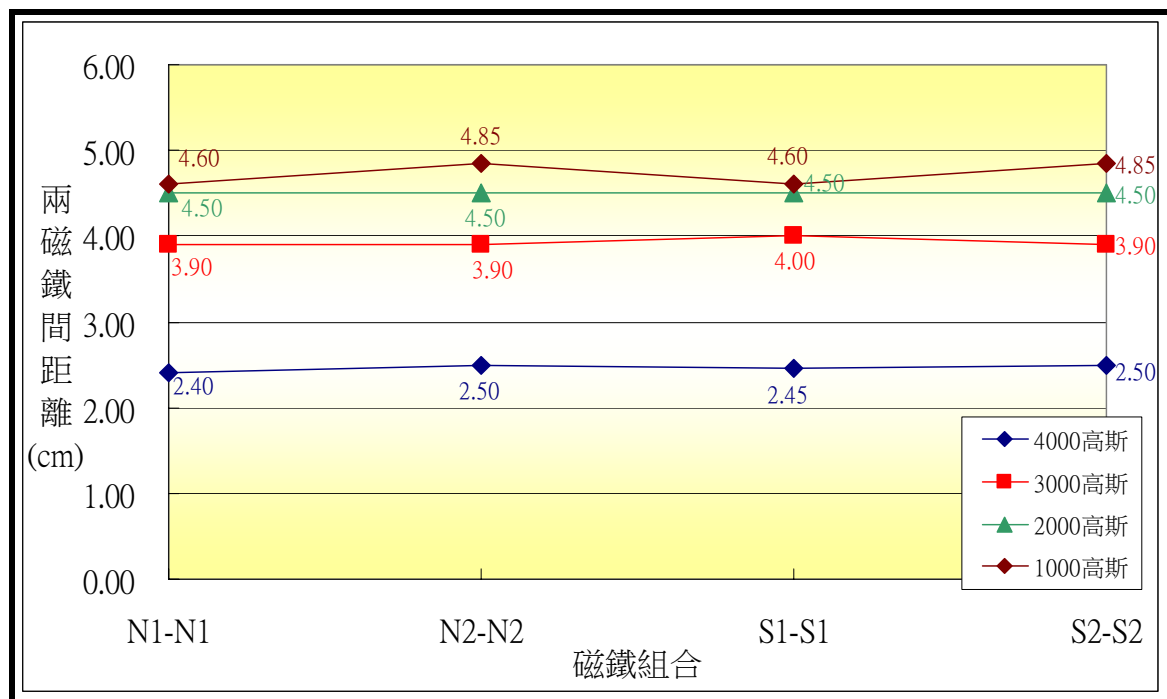
(三)磁力實驗

1.實驗一：磁力排斥實驗

2.實驗二：磁通密度加成檢驗

表五：不同磁通密度磁鐵 N-N 組合、S-S 組合排斥距離影響表

磁鐵組合 磁鐵距離 磁通密度 (cm)	N1-N1	N2-N2	S1-S1	S2-S2
4000 高斯	4.60	4.85	4.60	4.85
3000 高斯	4.50	4.50	4.50	4.50
2000 高斯	3.90	3.90	4.00	3.90
1000 高斯	2.40	2.50	2.45	2.50



圖二：不同磁通密度磁鐵 N-N 組合、S-S 組合排斥距離圖

- 結論：
1. N-N 間的排斥距離與 S-S 間的排斥距離幾乎一至。
 2. 本實驗中，磁通密度並無所謂 $1+1=2$ 的加成性。
 3. 磁通密度越大時，磁鐵間排斥距離越大。
 4. 後續研究只拿 N1-N1 進行實驗。

(四)週遭環境中物品有哪些會被磁鐵吸引實驗

實驗所使用會被磁鐵吸引的物品：

剪刀、美工刀、衣架、螺絲起子、攪拌磁石。

實驗所使用不會被磁鐵吸引的物品：

塑膠筆、鉛筆、塑膠叉、鋁片、玻棒、銅棒、塑膠尺。

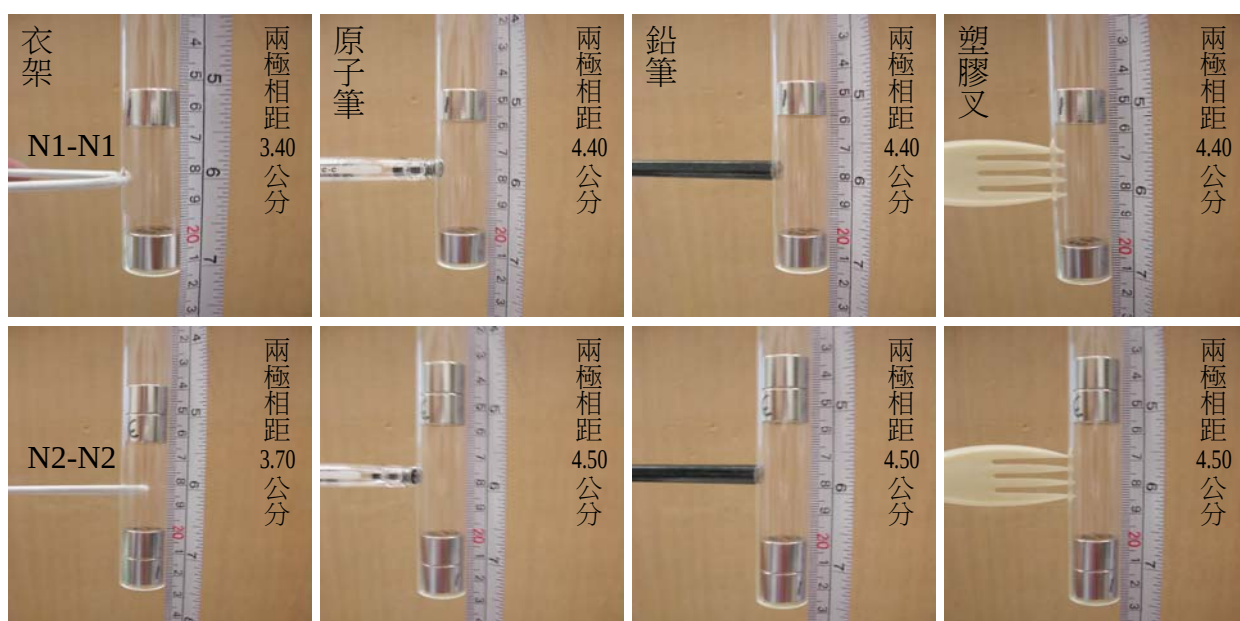
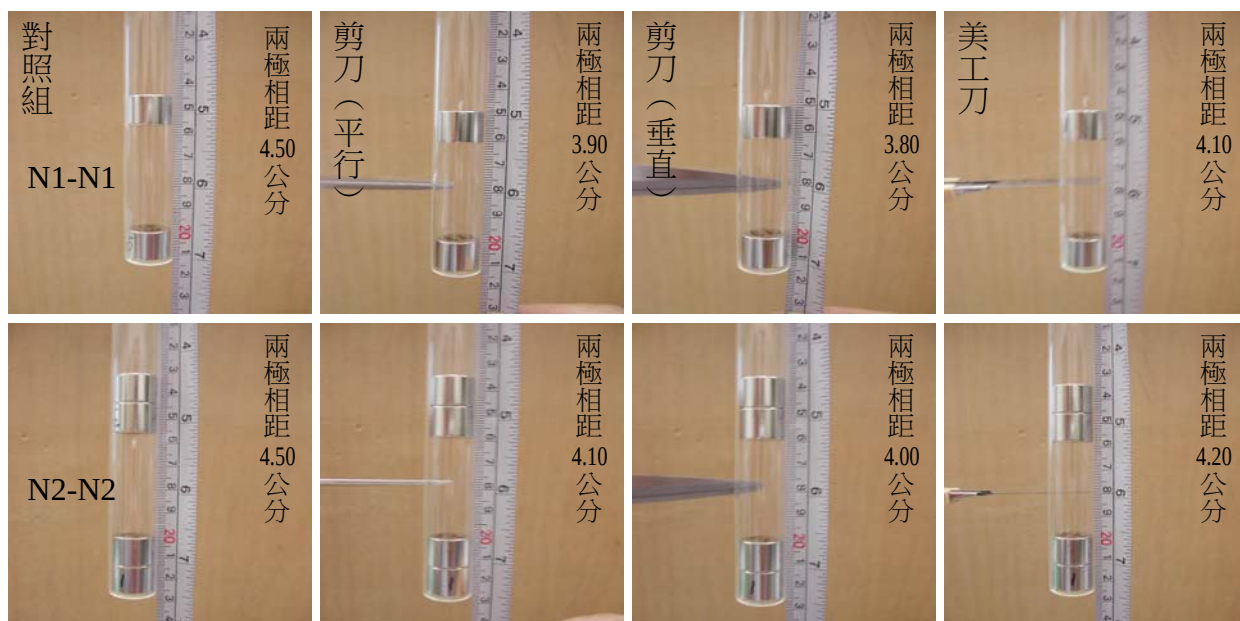
結論：1. 非金屬都不會被磁鐵吸引。

2. 不是所有的金屬都會被磁鐵吸引，例如鋁片、銅棒都不會被磁鐵吸引。

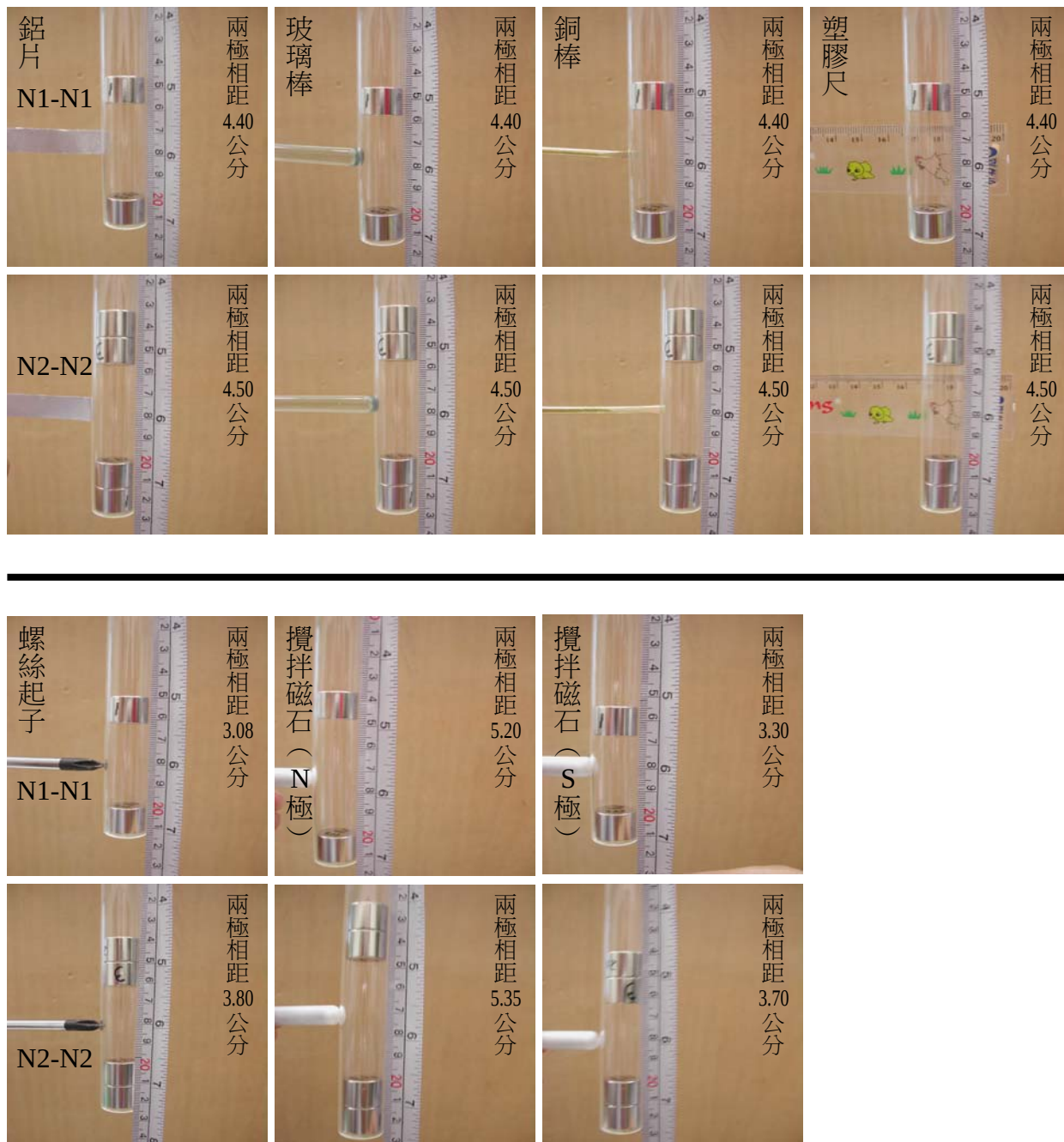
(五)物品影響磁鐵排斥距離實驗

表六：影響磁鐵排斥距離的因素

影響因素 磁鐵距離	物品種類	物品形狀	物品大小	物品位置	磁鐵磁極	被磁鐵吸引物品	不被磁鐵吸引物品
會改變或 不會改變	會	會	會	會	會	會	不會



接第 10 頁



圖三：不同物品對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 及 N2-N2 組合排斥距離影響操作圖

表七：會被磁鐵吸引物品對不同磁通密度磁鐵排斥距離影響表

磁鐵磁通密度 (高斯)	磁鐵組合	對照組	剪刀(直)	剪刀(平)	美工刀片	衣架	螺絲起子	磁石(N極)	磁石(S極)
1000	N1-N1	2.40	1.80	2.10	2.10	1.90	2.05	2.80	1.95
	N2-N2	2.50	1.50	2.00	2.20	2.00	2.00	2.90	2.00
	S1-S1	2.45	1.80	2.10	2.20	1.95	2.20	2.10	3.00
	S2-S2	2.50	1.80	2.00	2.20	1.90	2.20	2.15	3.00
2000	N1-N1	3.90	3.30	3.50	3.60	3.20	3.35	4.90	3.00
	N2-N2	3.90	3.35	3.45	3.60	3.20	3.20	4.50	3.00
	S1-S1	4.00	3.35	3.50	3.70	3.30	3.30	3.15	5.00
	S2-S2	3.90	3.30	3.45	3.70	3.20	3.50	3.20	4.60
3000	N1-N1	4.50	3.80	3.90	4.10	3.40	3.80	5.20	3.30
	N2-N2	4.50	4.00	4.10	4.20	3.70	3.80	5.35	3.70
	S1-S1	4.50	3.85	3.90	4.10	3.40	3.90	3.00	5.25
	S2-S2	4.50	3.95	4.00	4.25	3.70	4.00	3.60	5.25
4000	N1-N1	4.60	4.20	4.30	4.40	3.90	4.00	5.60	3.40
	N2-N2	4.85	4.50	4.60	4.50	4.00	4.15	5.50	3.80
	S1-S1	4.60	4.20	4.30	4.30	3.75	4.00	3.60	5.50
	S2-S2	4.85	4.35	4.40	4.55	4.05	4.20	3.80	5.80

單位：公分

表八：不會被磁鐵吸引物品對不同磁通密度磁鐵排斥距離影響表

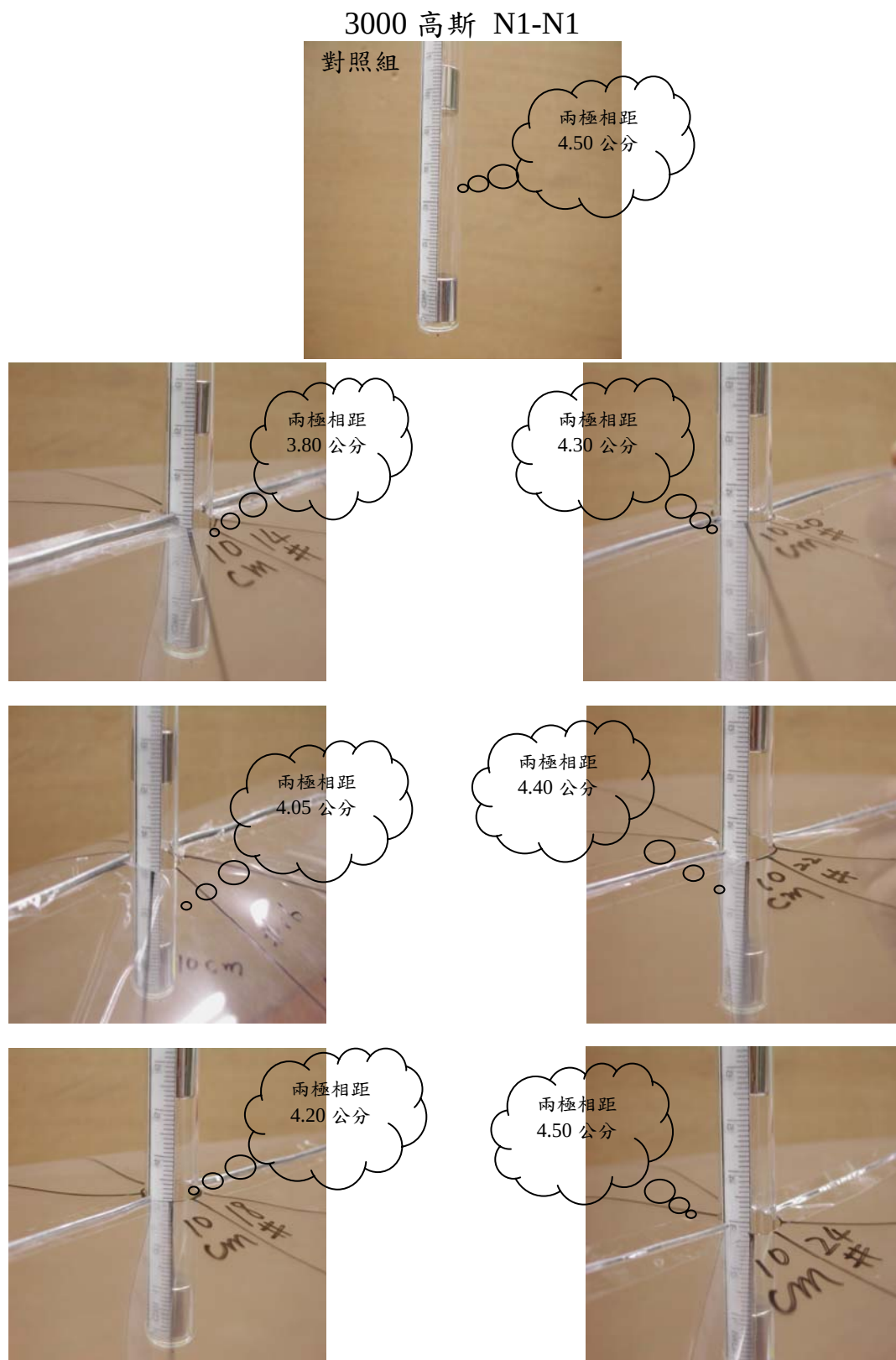
磁鐵磁通密度 (高斯)	磁鐵組合	對照組	塑膠筆	鉛筆	塑膠叉	鋁片	玻璃棒	銅棒	塑膠尺
1000	N1-N1	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
	N2-N2	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
	S1-S1	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
	S2-S2	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2000	N1-N1	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90
	N2-N2	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90
	S1-S1	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	S2-S2	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90
3000	N1-N1	4.50	4.50	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40
	N2-N2	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	S1-S1	4.50	4.50	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40
	S2-S2	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
4000	N1-N1	4.60	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
	N2-N2	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85
	S1-S1	4.60	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
	S2-S2	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85

單位：公分

- 結論：
1. 會被磁鐵吸引的物品會縮短磁鐵排斥的距離。
 2. 不會被磁鐵吸引的物品不會縮短磁鐵排斥的距離。
 3. 會被磁鐵吸引的物品的種類、形狀、大小、位置不同時，磁鐵排斥的距離就不同。

(六) 導磁性材料導磁特性實驗

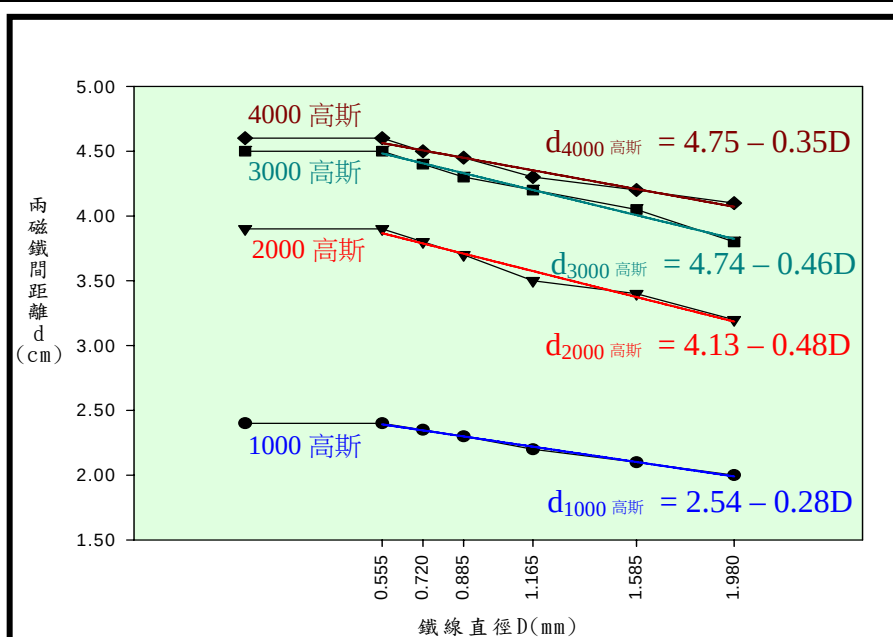
1. 實驗一：鐵線線徑對磁鐵排斥距離影響



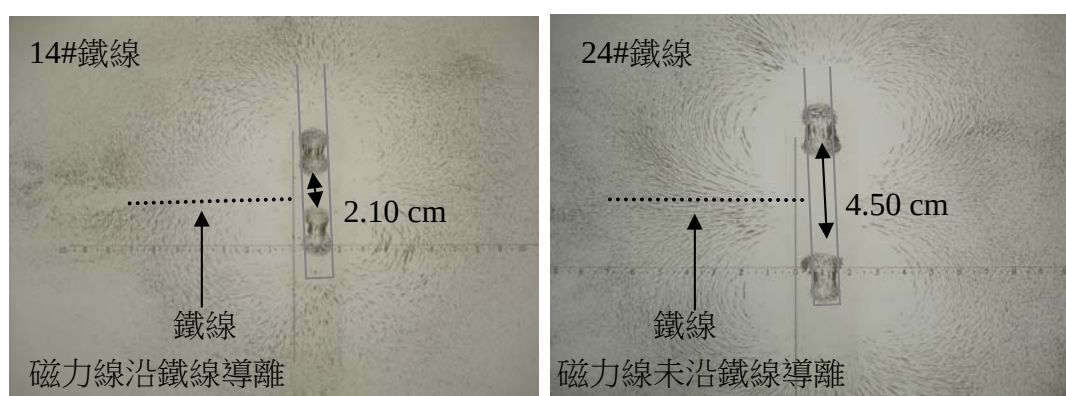
圖四：不同線徑鐵線相距 180 度下對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響操作圖

表九：不同線徑 10cm 鐵線相距 180 度下對不同磁通密度磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響表

鐵線編號 鐵線距離 (cm)	磁通密度			
	1000 高斯	2000 高斯	3000 高斯	4000 高斯
對照組 (0 mm)	2.40	3.90	4.50	4.60
24# (0.555 mm)	2.40	3.90	4.50	4.60
22# (0.720 mm)	2.35	3.80	4.40	4.50
20# (0.885 mm)	2.30	3.70	4.30	4.45
18# (1.165 mm)	2.20	3.50	4.20	4.30
16# (1.585 mm)	2.10	3.40	4.05	4.20
14# (1.980 mm)	2.00	3.20	3.80	4.10



圖五：不同線徑 10cm 鐵線相距 180 度下對不同磁通密度磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響圖

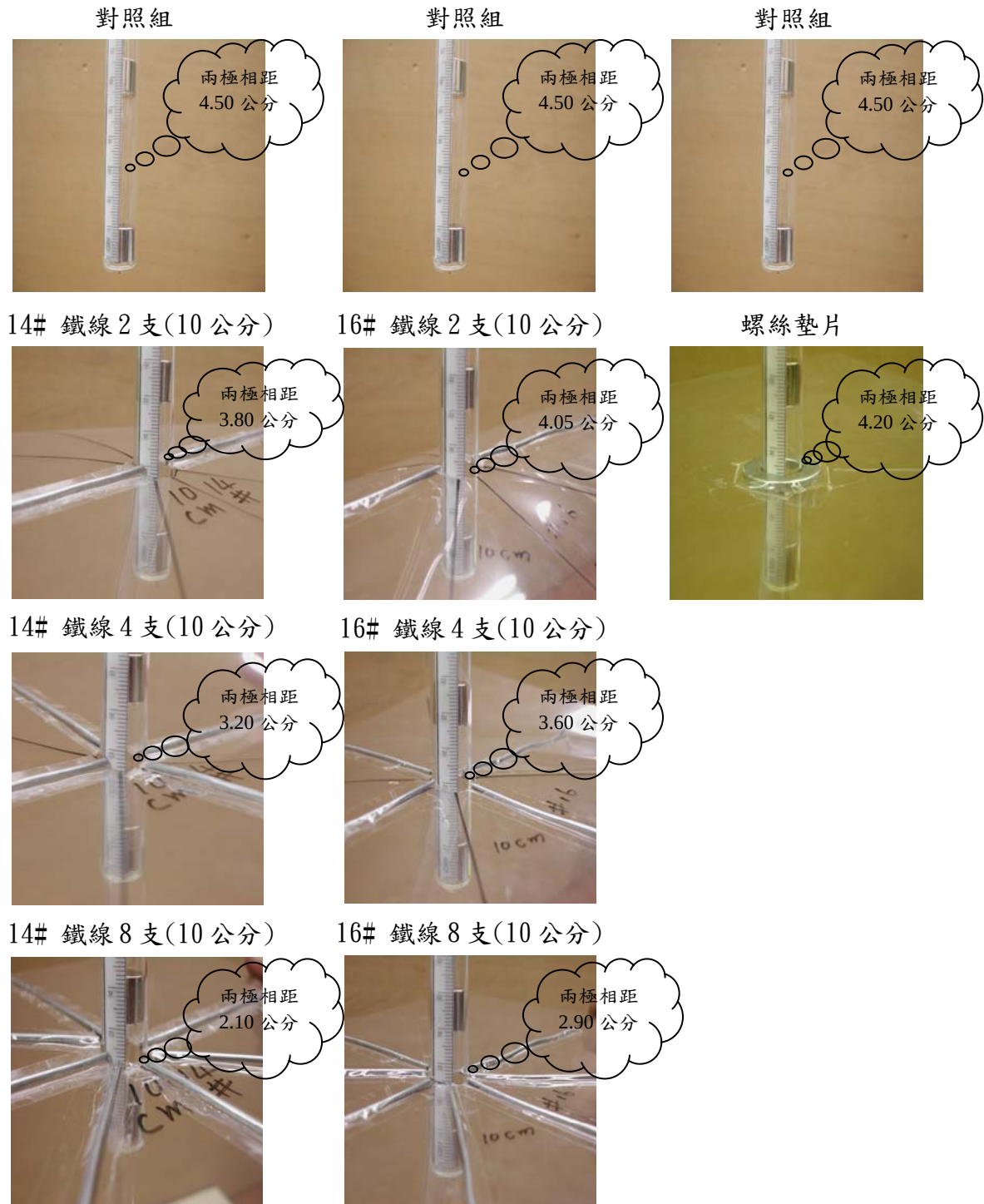


圖六：14#、24#鐵線對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合磁力線分佈影響圖

結論：1. 直徑較大的鐵線可使兩磁鐵間距離縮小較多。
 2. 粗鐵線 (14#) 可將磁力線沿鐵線導離。
 3. 在本研究中，兩磁鐵間距離(d)與鐵線直徑(D)呈線性減少關係：
 $d_{4000 \text{ 高斯}} = 4.75 - 0.35D$; $d_{3000 \text{ 高斯}} = 4.74 - 0.46D$;
 $d_{2000 \text{ 高斯}} = 4.13 - 0.48D$; $d_{1000 \text{ 高斯}} = 2.54 - 0.28D$

2. 實驗二：鐵線排列緻密度對磁鐵排斥距離影響
3. 實驗三：環狀螺絲墊片對磁鐵排斥距離影響

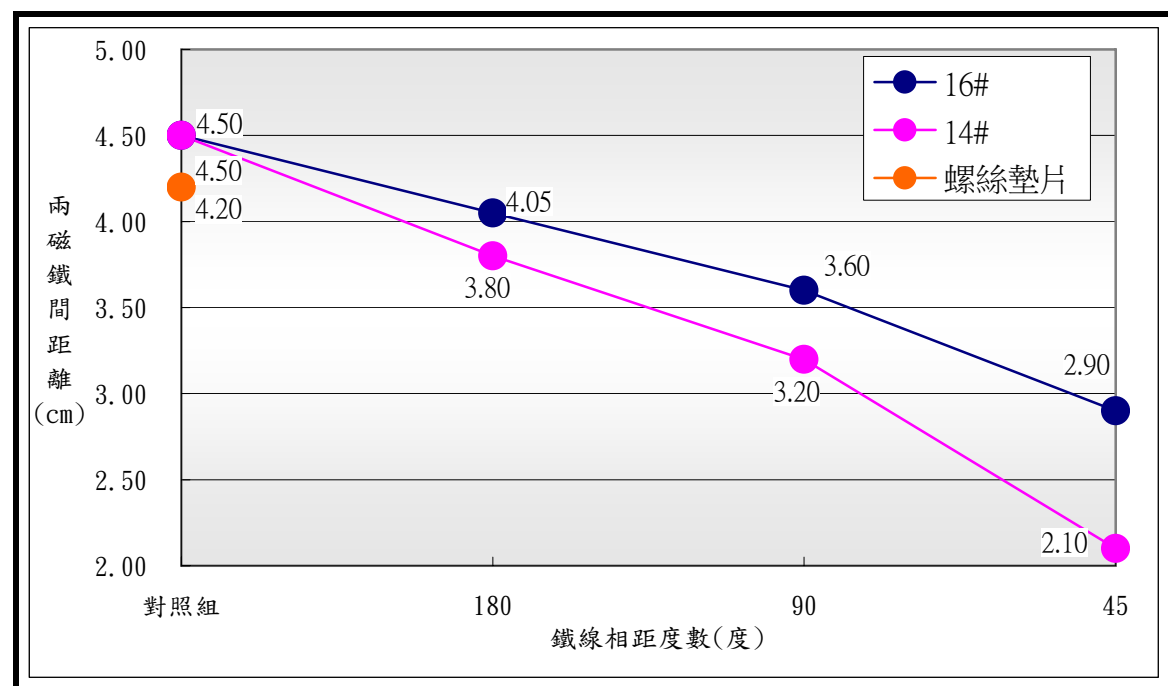
3000 高斯 N1-N1



圖七：14#、16# 鐵線排列緻密度及螺絲墊片對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響操作圖

表十：不同鐵線及螺絲墊片對磁通密度為 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響表

鐵線編號 \ 相距角度(度)	對照組	180	90	45
鐵線距離(cm)				
16#	4.50	4.05	3.60	2.90
14#	4.50	3.80	3.20	2.10
螺絲墊片	4.2			

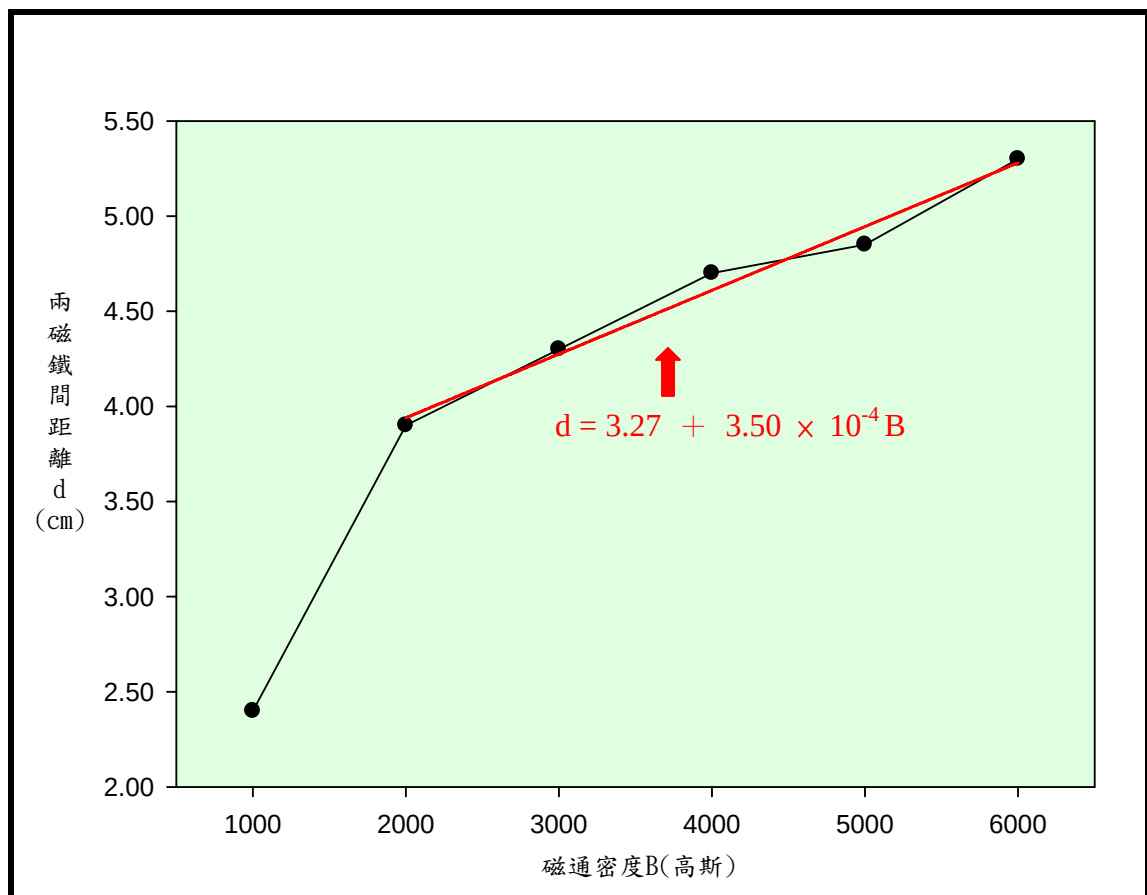


圖八：14#、16#鐵線及螺絲墊片對磁通密度為 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響圖

- 結論：
1. 較粗的鐵線可使磁鐵排斥距離較小。
 2. 鐵線排列較緻密時磁鐵排斥距離較小。
 3. 中空環狀螺絲墊片只使磁鐵距離縮短 0.3 cm。

表十一：10 cm 14#鐵線相距 180 度下對不同磁通密度磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響表

磁通密度 (高斯)	1000	2000	3000	4000	5000	6000
磁鐵距離 (cm)	2.40	3.90	4.30	4.70	4.85	5.30



圖九：10 cm 14#鐵線相距 180 度下對不同磁通密度磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響圖

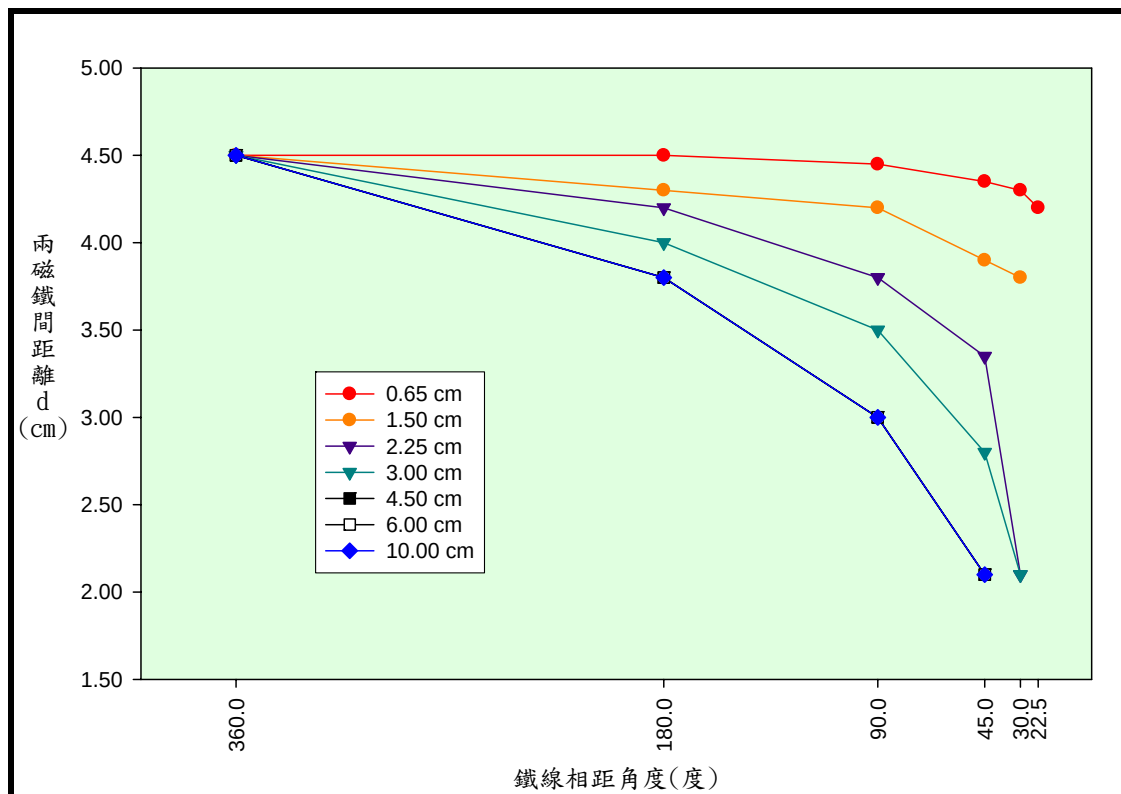
結論：1. 1000 高斯磁鐵排斥力較小，所以受磁鐵重力影響較大，兩磁鐵間的距離無法與其他磁鐵形成線性關係。
2. 本研究中，磁通密度在 2000~6000 高斯時，兩磁鐵間距離(d)與磁通密度(B)可得到下列線性關係：

$$d = 3.27 + 3.50 \times 10^{-4} B$$

4. 實驗四：鐵線長度對磁鐵排斥距離

表十二：不同長度 14#鐵線在不同角度排列下對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響表

鐵線長度 磁鐵 相距角度 距離(cm)	0.65	1.50	2.25	3.00	4.50	6.00	10.00
對照組(360 度)	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
180 度	4.50	4.30	4.20	4.00	3.80	3.80	3.80
90 度	4.45	4.20	3.80	3.50	3.00	3.00	3.00
45 度	4.35	3.90	3.35	2.80	2.10	2.10	2.10
30 度	4.30	3.80	2.10	2.10			
22.5 度	4.20						

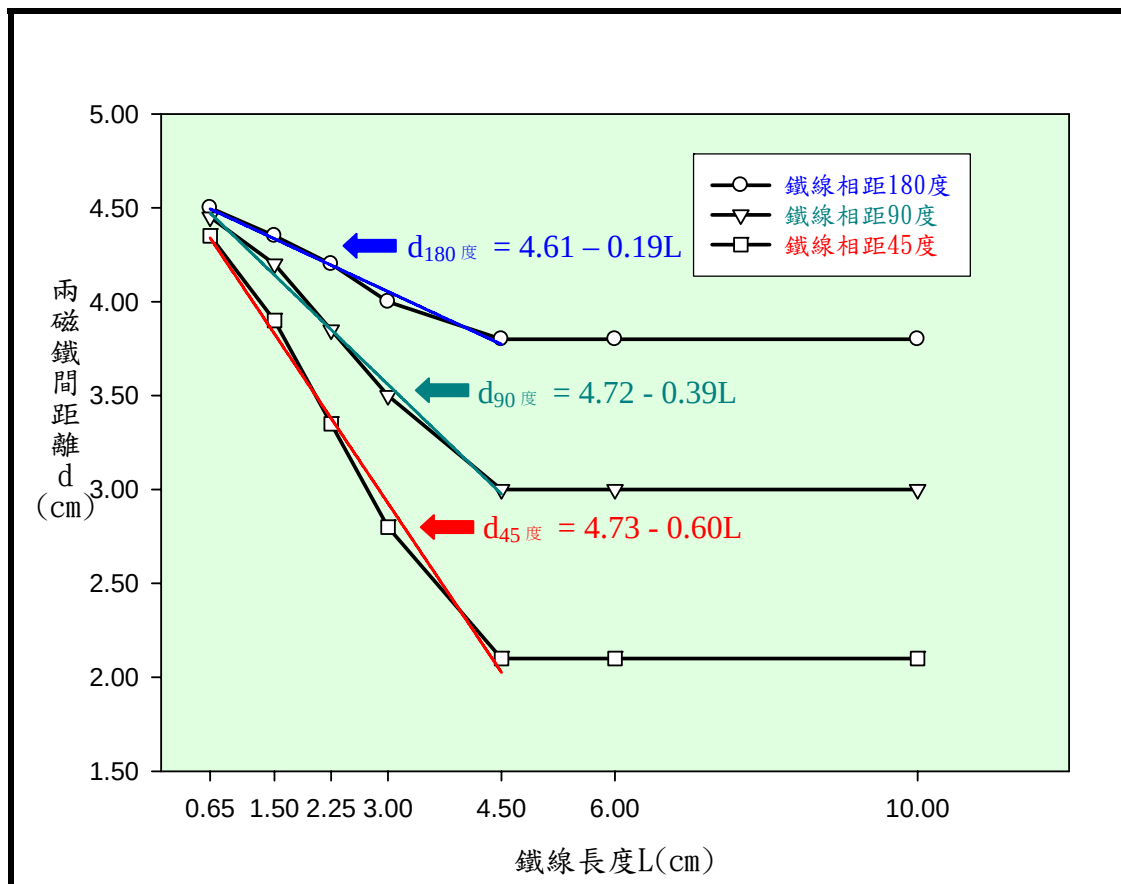


圖十：不同長度 14#鐵線在不同角度排列下對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響圖

- 結論：
1. 鐵線長度 ≤ 4.50 cm 時，整體而言，d 隨著鐵線長度的增加而縮短。
 2. 4.50 cm $<$ 鐵線長度 ≤ 10.00 cm 時，d 並無變化。
 3. 整體而言，d 隨著鐵線排列越緻密而越縮短。

表十三：不同長度 14#鐵線在相距 180、90、45 度下對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響表

鐵線長度 (cm) 鐵線 相距角度 兩磁鐵 間距離(cm)	0.00	0.65	1.50	2.25	3.00	4.50	6.00	10.00
180 度	4.50	4.50	4.35	4.20	4.00	3.80	3.80	3.80
90 度	4.50	4.45	4.20	3.85	3.50	3.00	3.00	3.00
45 度	4.50	4.35	3.90	3.35	2.80	2.10	2.10	2.10



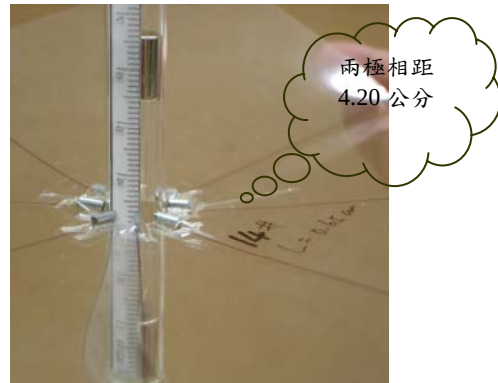
圖十一：不同長度 14#鐵線在相距 180、90、45 度下對 3000 高斯 N1-N1 組合磁鐵排斥距離影響圖

結論：1. $L \leq 4.50$ cm 時，兩磁鐵間的距離(d)隨著鐵線長度的增長而縮小。
 2. 本實驗： $d_{180 \text{ 度}} > d_{90 \text{ 度}} > d_{45 \text{ 度}}$ 。
 3. 當 $L \leq 4.50$ cm 時， d 與 L 呈線性減少關係：
 $d_{180 \text{ 度}} = 4.61 - 0.19L$
 $d_{90 \text{ 度}} = 4.72 - 0.39L$
 $d_{45 \text{ 度}} = 4.73 - 0.60L$

3000 高斯 N1-N1

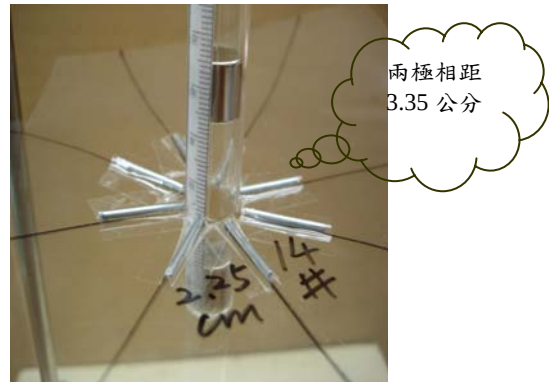
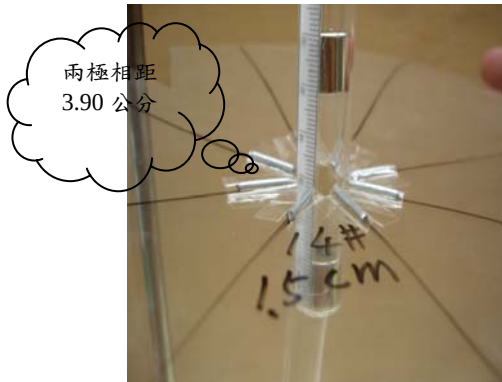
對照組(L=0.0cm)

14# 鐵線(L=0.65cm)



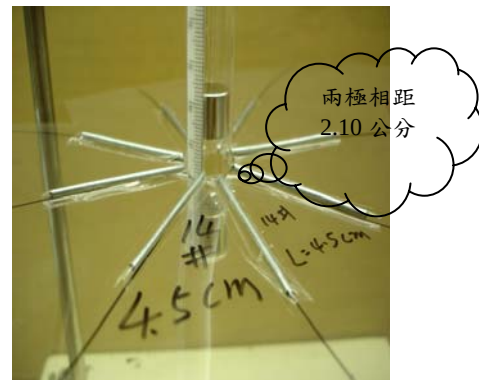
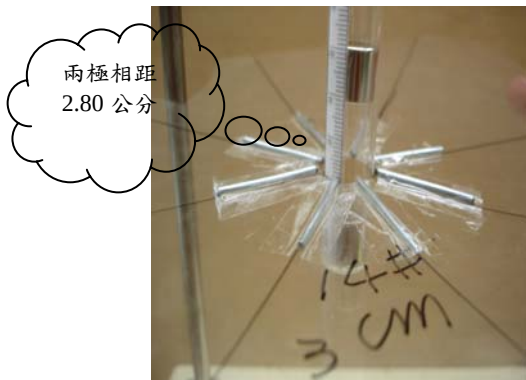
14# 鐵線(L=1.5cm)

14# 鐵線(L=2.25cm)



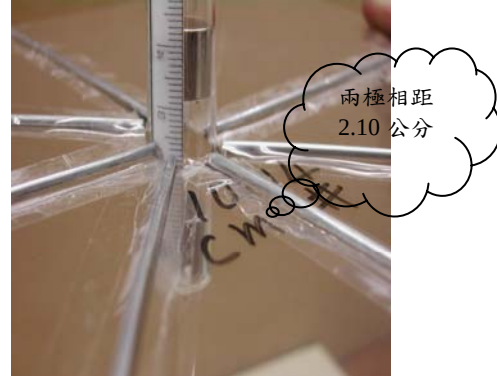
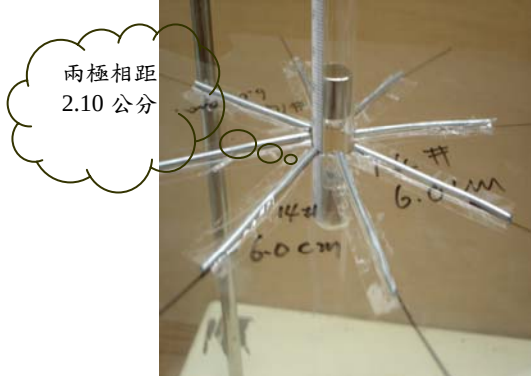
14# 鐵線(L=3.0cm)

14# 鐵線(L=4.5cm)



14# 鐵線(L=6.0cm)

14# 鐵線(L=10.0cm)



圖十二：不同長度 14#鐵線相距 45 度對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響
操作圖

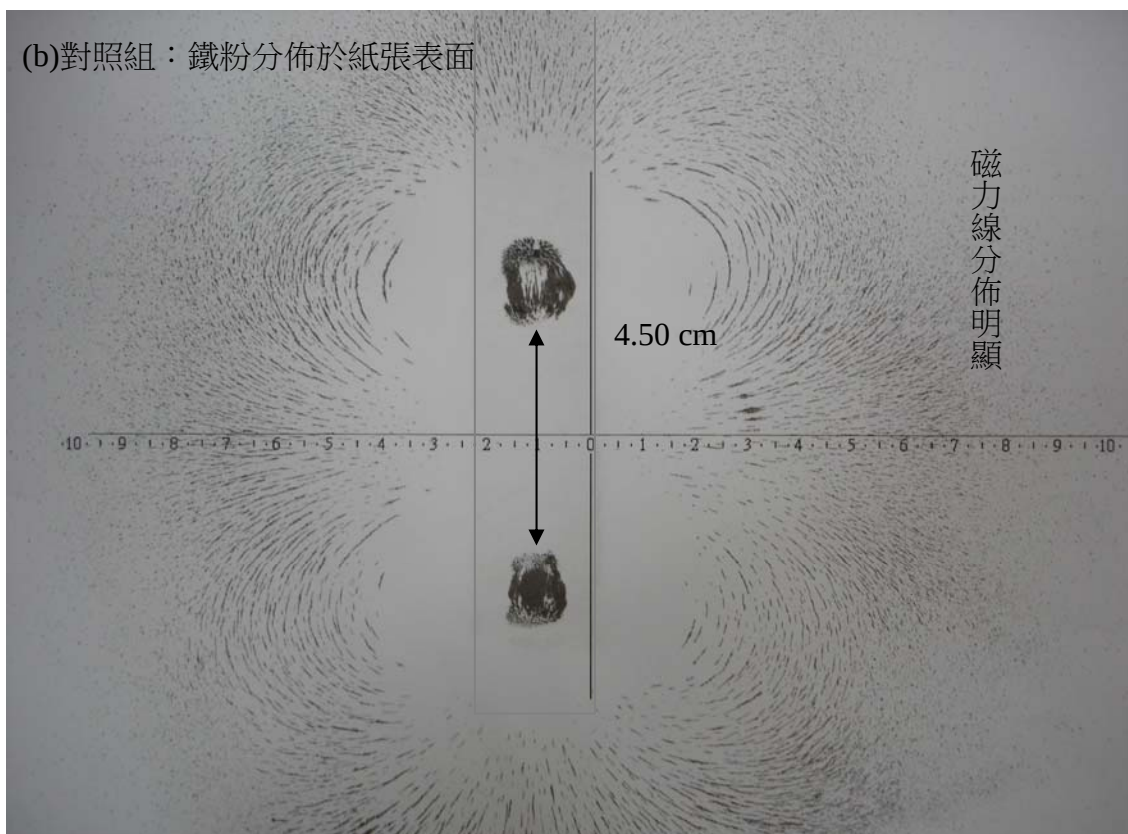
5. 實驗五：鐵線長度對磁力線分佈影響

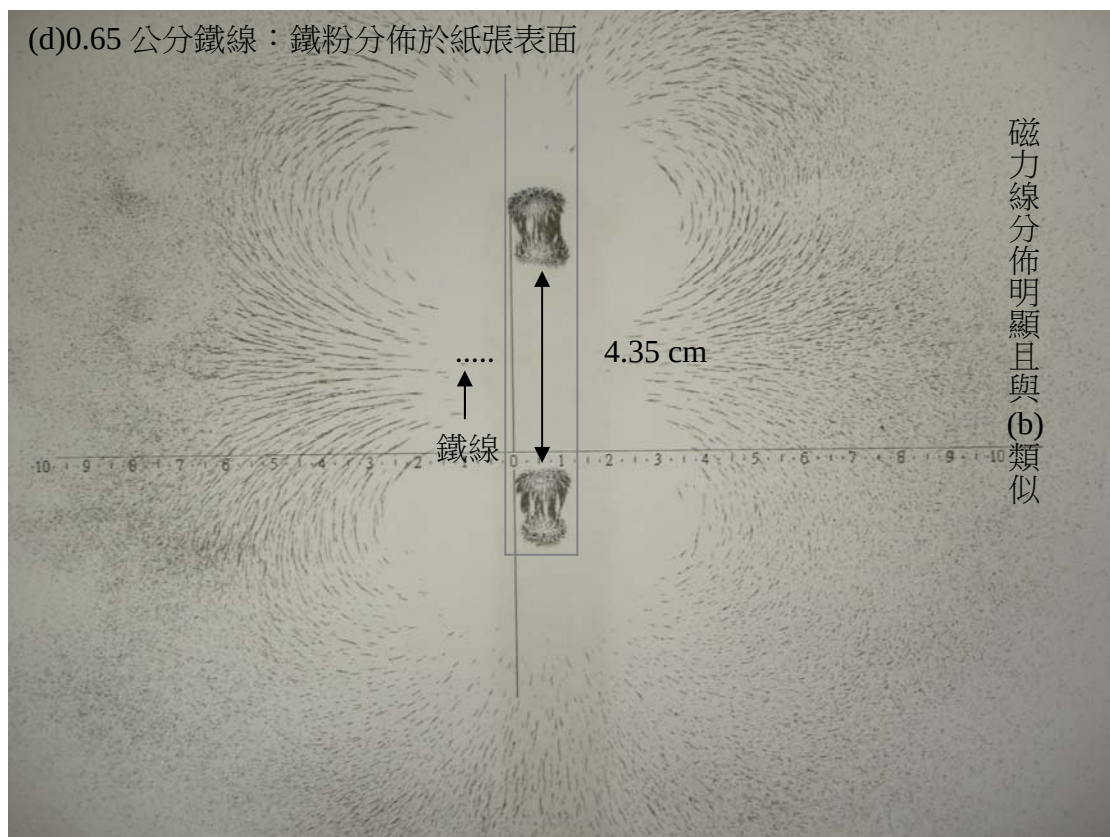
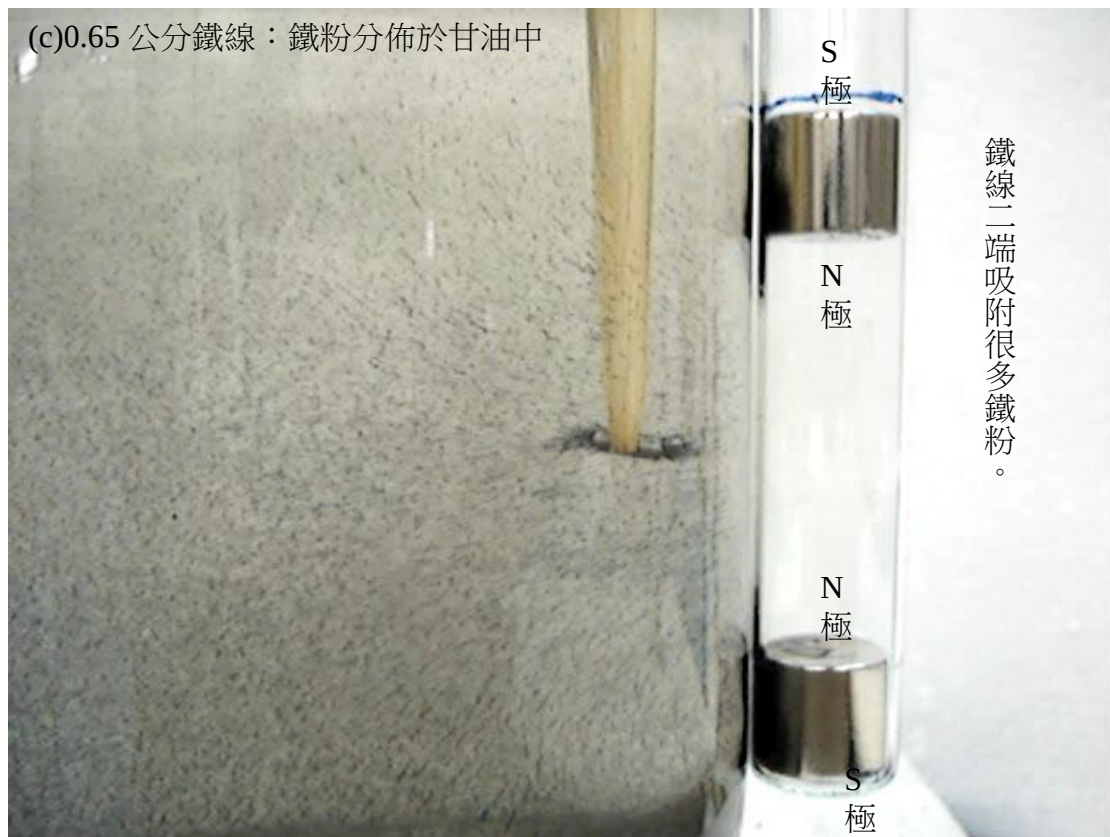
圖十三：不同長度鐵線對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合影響鐵粉分佈圖

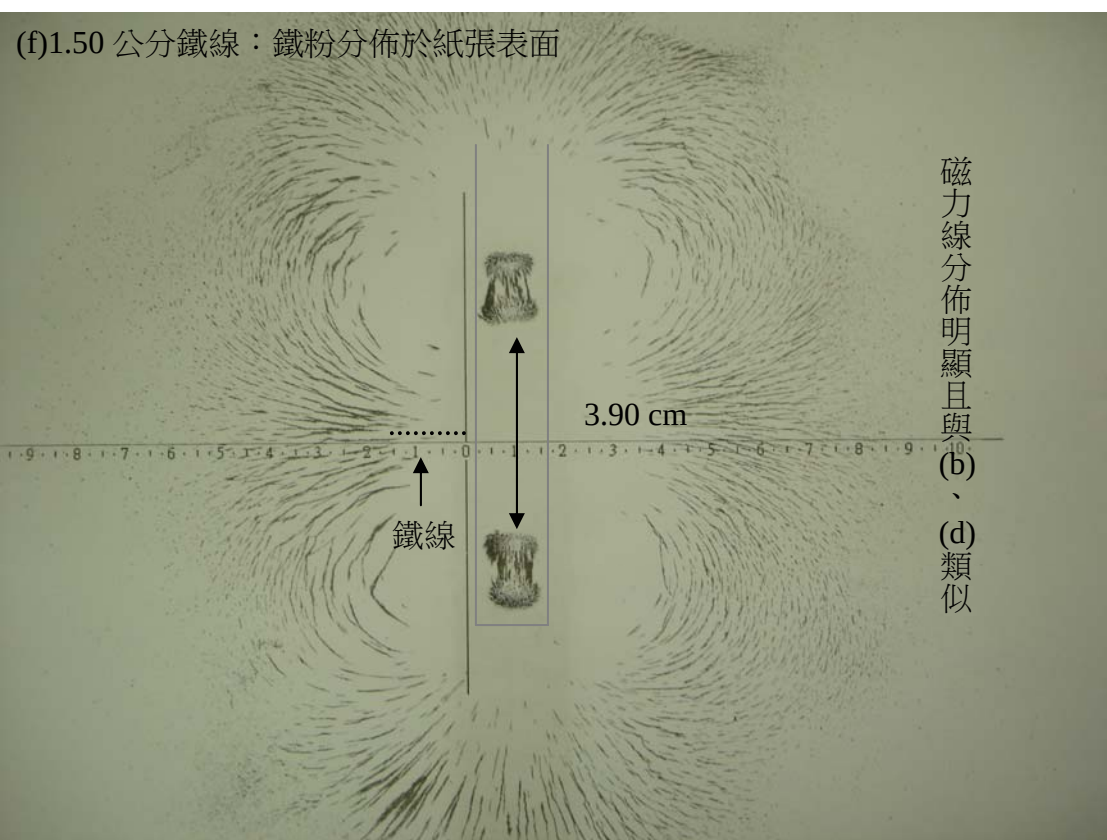
(a)對照組：鐵粉分佈於甘油中

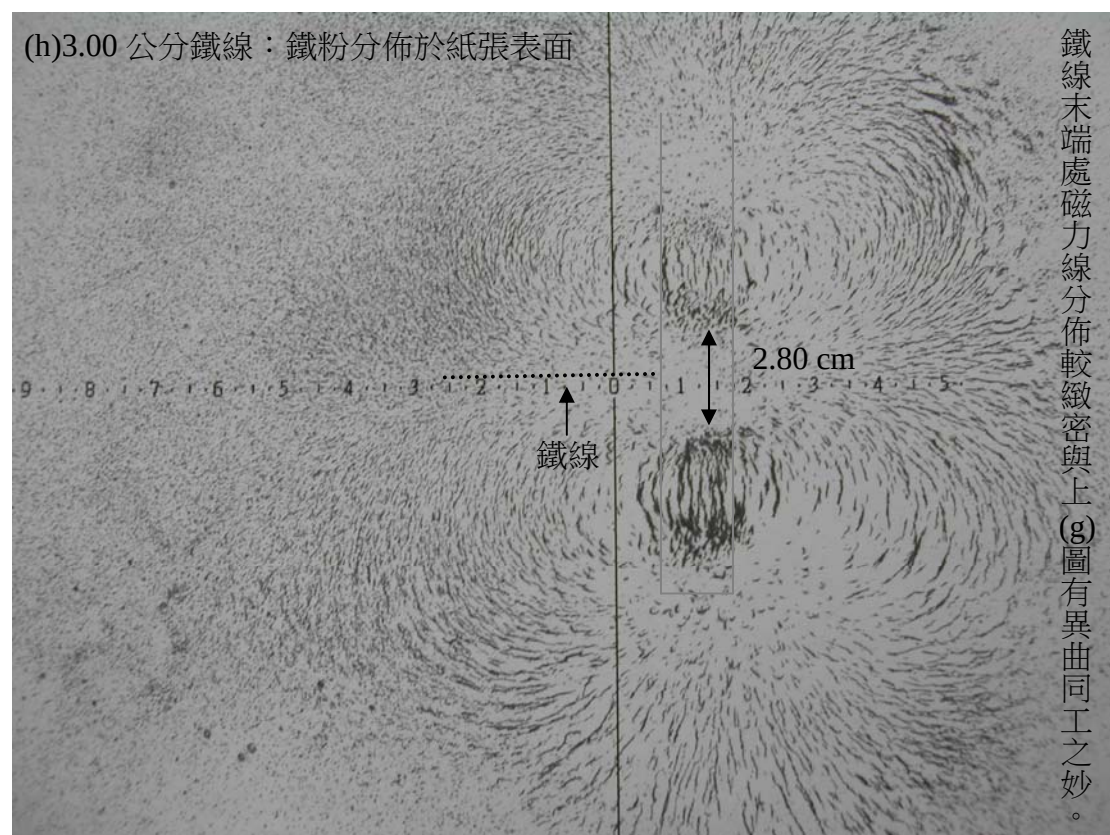
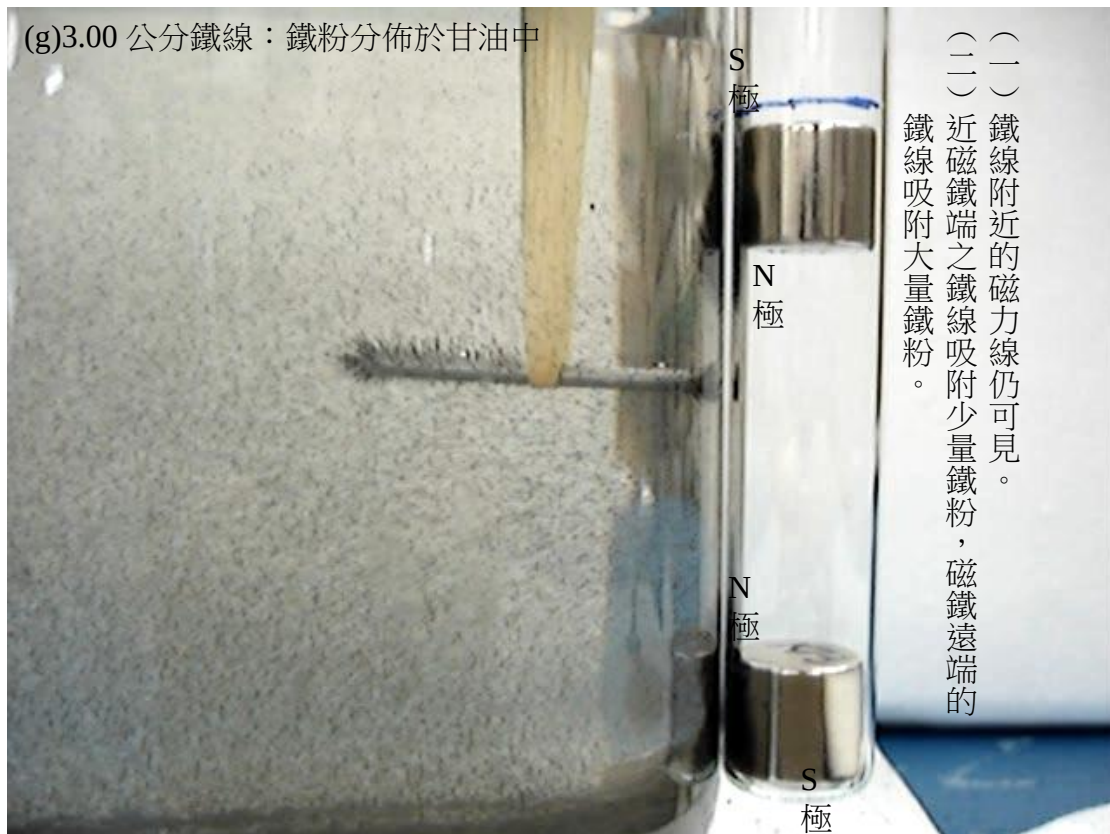


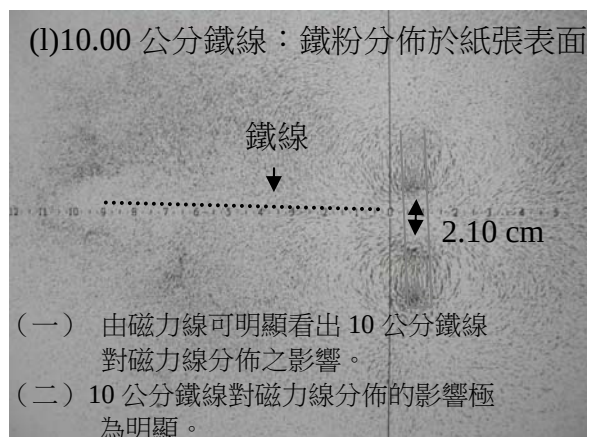
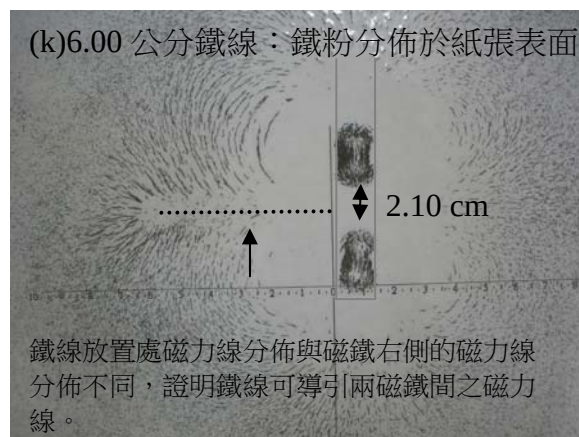
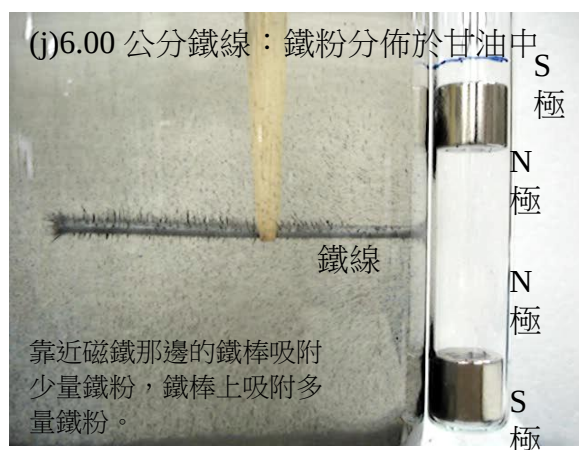
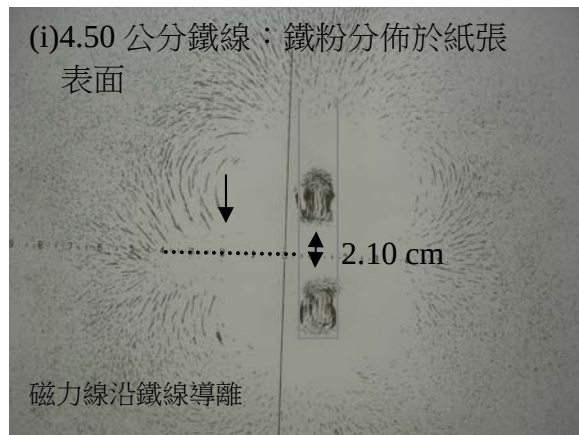
(b)對照組：鐵粉分佈於紙張表面



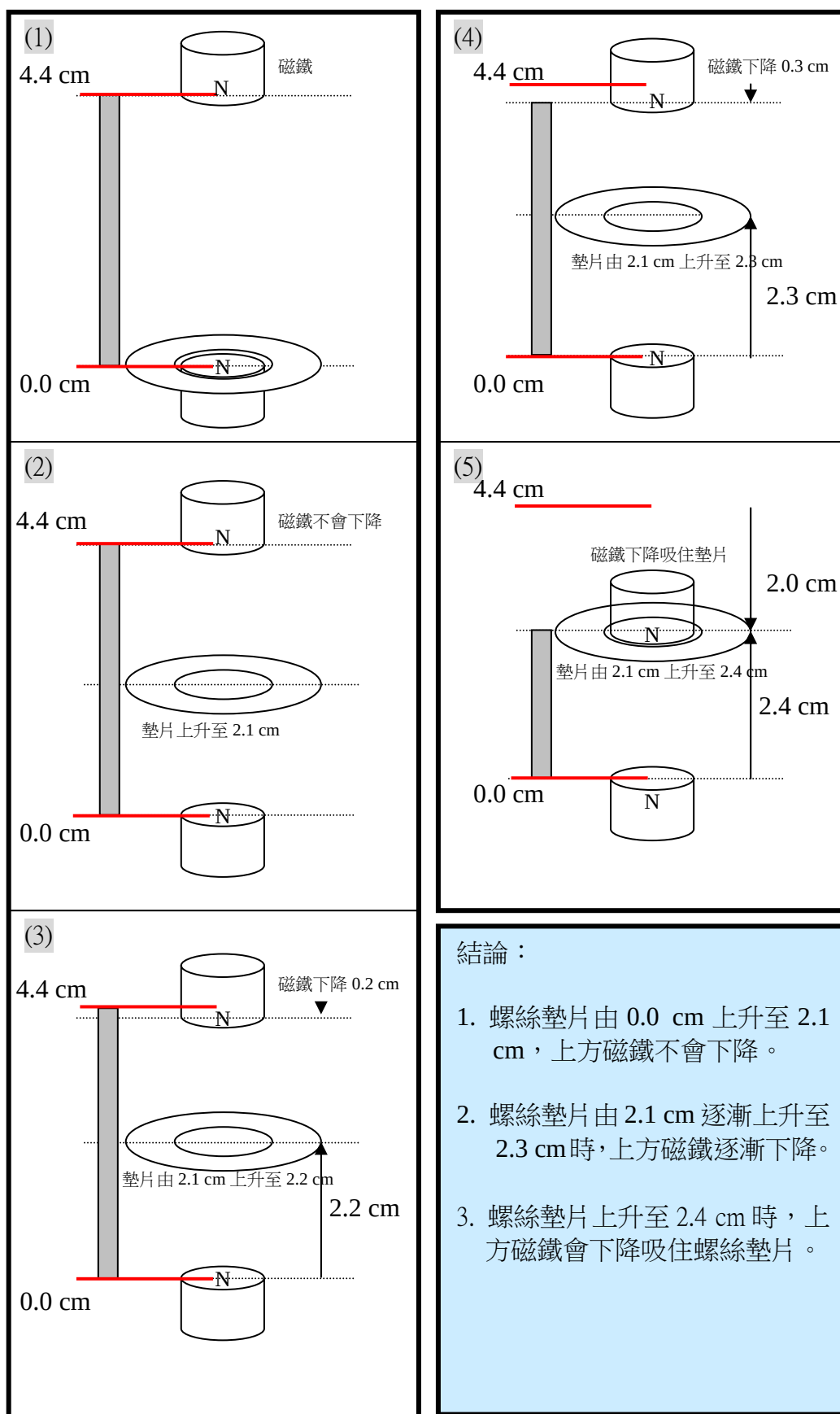




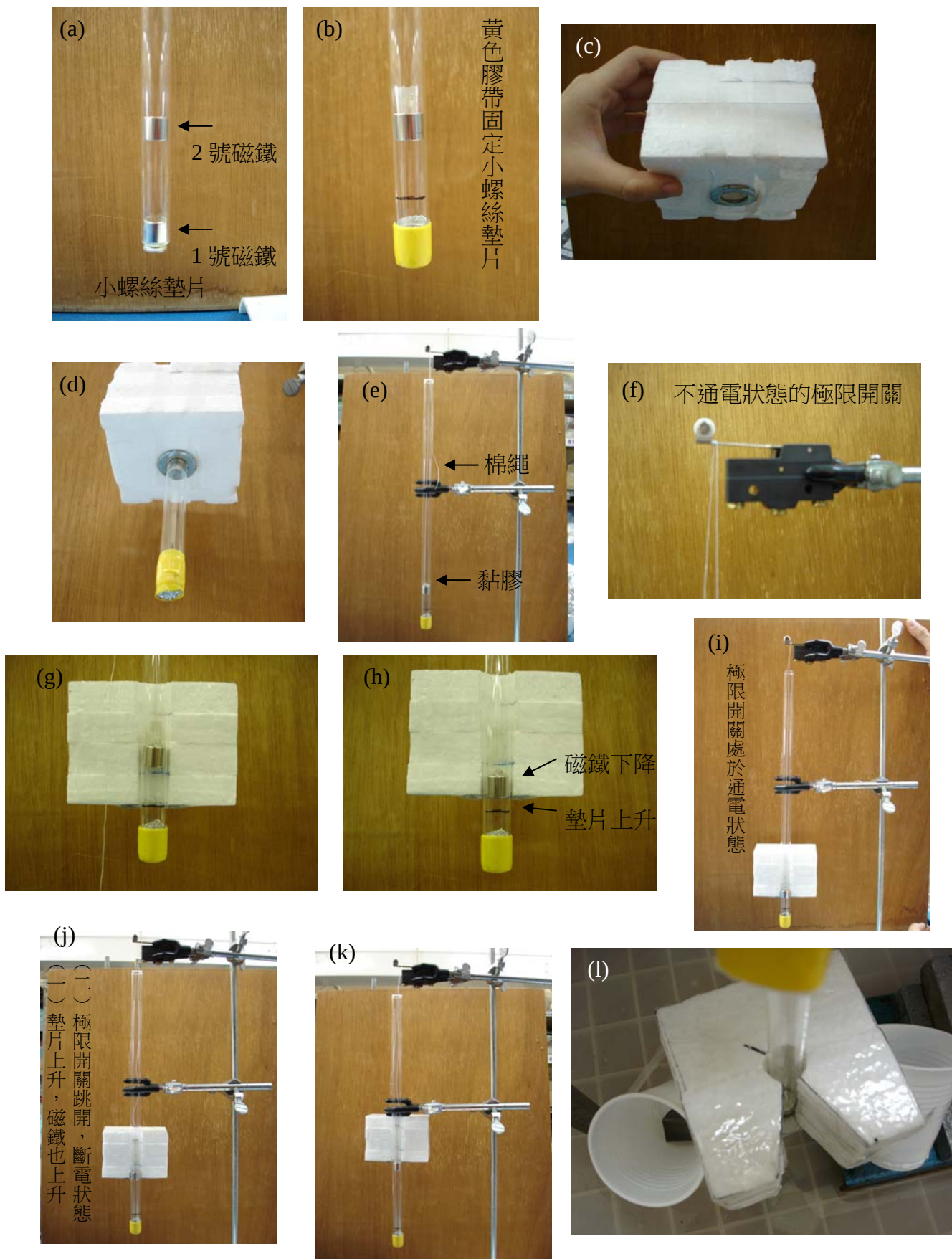




6. 實驗六：螺絲墊片位置對磁鐵排斥距離影響



圖十四：螺絲墊片位置對 3000 高斯磁鐵 N1-N1 組合排斥距離影響圖



圖十五：水位監測系統分解圖



圖十六：水位監測系統

陸、討論：

(一)磁力實驗

由圖二知，兩磁鐵間排斥距離隨著磁鐵磁通密度的增加而增加，但排斥距離並非呈線性增加，這是因為受磁鐵重量、磁鐵與玻璃管摩擦的影響。圖二也顯示，N2-N2 間的磁鐵距離與 N1-N1 間的磁鐵距離相近，將 N-N 組合改成 S-S 組合的實驗結果也相同，這可說明磁通密度在本實驗中並沒有加成性。

(二)導磁材料驗證實驗

由圖三及表七和表八知，非金屬都不會改變磁鐵間排斥的距離。但也不是金屬都可改變磁鐵間的排斥距離，因為鋁片及銅棒並不會改變磁鐵間排斥的距離，這兩種金屬的共同特性是不會被磁鐵吸引。在本實驗中，**會被磁鐵吸引的材料才會改變磁鐵間的排斥距離。**

(三)導磁性材料導磁特性檢驗

由圖三及表七和表八得知，**物品的種類、形狀大小、放置位置、金屬材質不同**時，會改變磁鐵排斥距離。為求更精確瞭解導磁材料對磁鐵排斥距離影響，本實驗取用同一品牌不同線徑的鐵線進行研究。由實驗知，**磁鐵間的排斥距離(d)與鐵線線徑(D)呈線性減少關係** ($d_{4000 \text{ 高斯}} = 4.75 - 0.35D$ ； $d_{3000 \text{ 高斯}} = 4.74 - 0.46D$ ； $d_{2000 \text{ 高斯}} = 4.13 - 0.48D$ ； $d_{1000 \text{ 高斯}} = 2.54 - 0.28D$) (圖四、五)，**因為粗鐵線可將較多的磁力線導引開 (圖六)。且各線徑鐵線都可均勻的將磁力線導離。**

由圖七、八得知，不管是 14#或 16#鐵線，**鐵線排列越緻密，可以將越多的磁力線導離，所以 N1-N1 間互相排斥的磁力線密度降低，故磁鐵的排斥距離減少。實驗也得知，磁鐵的四面八方都有磁力線。**

但是，螺絲墊片實驗組的磁鐵兩極相斥距離為 4.20 公分，似乎與上述結論不符。原因是，實驗中鐵線長度為 10 公分而螺絲墊片的外徑為 3 公分、內徑為 1.70 公分，所以無法將 N-N 遠距的排斥的磁力線導離。為證明這個推論，所以進行以下實驗。

由圖九及表十一知，在 10.00 cm 14#鐵線相距 180 度下，磁通密度在 2000~6000 高斯時，**兩磁鐵間距離(d)與磁通密度(B)可得到 $d = 3.27 + 3.50 \times 10^{-4}B$ 之線性增加關係。**這是因為磁通密度大所以磁鐵排斥力大之故。

由圖十及表十二知，14#鐵線長度 ≤ 4.50 cm 時，整體而言，d 隨著 L 增長而縮短。當 $4.50 \text{ cm} \leq L \leq 10.00 \text{ cm}$ 時，d 並無變化。d 會隨著鐵線排列越緻密而越縮短。

圖十一、十二是不同長度 14#鐵線在相距 180、90、45 度下對磁鐵排斥距離影響圖及操作圖，結果列於表十三。由圖十一知，當鐵線長度為 0.65 cm (恰等於螺絲墊片[(外徑-內徑)的一半])且相距 45 度時，N1-N1 兩磁鐵相距與螺絲墊片使 N1-N1 磁鐵排斥的距離相同。由圖十一又發現，**當鐵**

線長度小於 4.50 cm 時，兩磁鐵間的距離(d)隨著鐵線長度(L)呈線性減少關係 ($d_{180^\circ} = 4.61 - 0.19L$ 、 $d_{90^\circ} = 4.72 - 0.39L$ 、 $d_{45^\circ} = 4.73 - 0.60L$)，這證明較長的鐵線可導離較多磁力線，使兩磁鐵間排斥距離變小，進而使兩磁鐵間距離變短。當鐵線長度大於 4.50 cm 時，鐵線長度不會影響磁鐵排斥距離，但 $d_{180^\circ} > d_{90^\circ} > d_{45^\circ}$ ，這也說明，在本實驗中磁力線無法無限制受鐵線長度影響，且磁鐵周圍都有磁力線分佈。為瞭解鐵線長度對磁力線分佈的影響，我進行了鐵線長度對磁力線分佈影響的實驗。

由圖十三(a)、(b)可明顯看到磁力線分佈。圖十三(c)，鐵線末端吸附鐵粉，圖十三(d)的磁力線分佈很明顯而且與圖十三(b)類似。圖十三(e)中，鐵線兩端吸附很多鐵粉；圖十三(f)顯示鐵線側的磁力線較靠近玻璃。圖十三(g)，鐵線近磁鐵端吸附少量鐵粉，磁鐵遠端的鐵線吸附大量鐵粉；圖十三(h)顯示，磁鐵遠端的鐵線末端處有較緻密的鐵粉，此與圖十三(g)有異曲同工之妙。圖十三(i)顯示磁力線沿鐵線導離。圖十三(j)顯示，6.00 cm 鐵線近磁鐵端處只吸附少量鐵粉，鐵線上吸附多量鐵粉；圖十三(k)顯示，磁鐵左側鐵線附近的磁力線分佈比磁鐵右側磁力線分佈來得緻密，且可明顯看出，鐵線兩側有緻密的磁力線分佈，排列的長度約為 6.00 cm，與鐵線長度吻合。這個現象在圖十三 (l)中也可明顯觀察到。

由圖十三可證明鐵線確實可導引磁力線。由圖十三(i)、(k)、(l)推論，若導磁材料不是一根鐵線而是一個片狀導磁材料，此時磁力線易形成『片面之磁』。

在實驗中發現，鐵線或螺絲墊片若較靠近磁鐵時，磁鐵會迅速移動並吸住鐵絲或墊片，然而對螺絲墊片的吸引尤其迅速，故進行圖十四螺絲墊片位置對磁鐵排斥距離影響實驗。由實驗知，墊片由 2.30 cm 上升至 2.40 cm 時，N1-N1 上方磁鐵迅速下降並吸住墊片。因此利用墊片上升及磁鐵下吸的『片面之磁』特性，設計水位監測系統。

(四)水位監測系統設計與製作

1. 水位監測系統設計與建構時問題解決

- (1)玻璃管外下方放置一小螺絲墊片（圖十五(a)），防止下方磁鐵上吸。
- (2)小墊片易偏離於一邊，故用黃色膠帶纏繞以固定（圖十五(b)）。
- (3)為使大螺絲墊片（外徑 3.0 cm）能自由上下移動且能承受浮力作用，所以將大墊片固定於保麗龍上（圖十五(c)），
- (4)當玻璃管放入保麗龍中央（圖十五(d)）時，黃色膠帶可防止大墊片及保麗龍下滑而被磁鐵組合下方磁鐵吸引。
- (5)玻璃管內磁鐵以黏膠黏著棉繩（圖十五(e)），並將棉繩固定於極限開關，此時開關保持於不通電狀態（圖十五(f)），兩個磁鐵處於自然排斥狀態，這樣可減少極限開關的彈簧承受磁鐵重量所造成的彈性疲乏。
- (6)在下降水位監測系統實驗中的步驟 5，當水位下降時，保麗龍需要荷重（圖十五(l)）才可使保麗龍帶動大墊片下移並且脫離上方磁鐵，由圖十五(h)恢復至圖十五(g)的位置。初期只在保麗龍上方荷重一個約 83 g 金屬條，但無法使保麗龍由圖十五(h)作動至圖十五(g)，直至荷重約 83 x3 g，才可使保麗龍由圖十五(h)作動至圖十五(g)，因此在保麗龍兩側斜

放兩個容器足以容納 250 g 的水，直至此時完成水位監測系統的製作。

2. 成功設計由「**上升水位監測系統**」與「**下降水位監測系統**」組合做成的『**水位監測系統**』（圖十六）。

柒、結論：

本研究中，N-N 或 S-S 的排斥特性相近，磁鐵的排斥距離隨著磁鐵磁通密度的增加而增大但沒有加成性。靠近磁鐵的鐵線越粗、鐵線排列越緻密與鐵線在 4.50 cm 以內時鐵線的長度越長，越能縮短磁鐵的排斥距離。在本研究中亦發現，(1)**磁鐵排斥距離**與 10.00 cm 長導磁材料的**線徑**呈**線性減少關係**；(2)在 10.00 cm 14#鐵線相距 180 度下，**磁鐵排斥距離**與**磁鐵的磁通密度**呈**線性增加關係**(3)當 14#鐵線長度小於 4.50 cm 時，鐵線排列距 180 度、90 度、45 度時，**磁鐵排斥距離**與**鐵線長度**亦呈**線性減少關係**。這個研究利用磁鐵同極相斥、導磁材料導磁易形成『**片面之磁**』的特性、水的浮力及物品的重力成功做成「**上升水位監測系統**」與「**下降水位監測系統**」，而且這兩個系統可重複使用。

捌、參考資料及其他：

1. 自然與生活科技，康軒第三冊(2 上)：第三單元第三章 3-2「超距力」，93 年 9 月。
2. 自然與生活科技，康軒第三冊(2 上)：第三單元第四章 4-2「物體的浮沉」，93 年 9 月。
3. <http://material.aero.fcu.edu.tw/nondestruction/17.htm>
4. http://www.chjhs.tpc.edu.tw/YiChih/new_page_17.htm
5. <http://www.rakuten.co.jp/magnet/456257/456241/>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 理化科
第三名

031609

片面之磁

臺北縣立海山高級中學

評語：

1. 作者對自己的研究及實驗充份了解並有信心。
2. 實驗的設計極具應用價值，雖然應用上並不一定在作者指出的水位監測，但在其他部份可有應用價值。
3. 觀測磁力線的設計具巧思，在教學中有很好的利用潛力。
4. 作者對科學研究的堅持與投入，值得鼓勵。
5. 對啟動水位監測系統的水位無量測，具較缺誤差(如磁場)之討論分析。