

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030115

臺南市立後甲國民中學

指導老師姓名

林麗華

吳采坪

作者姓名

張庭樵

余明翰

王聆

林伯昱

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：失重及任意重力下的靜電力測量

關 鍵 詞： 雷射、任意重力、靜電力（最多三個）

編 號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由國立臺灣科學教育館統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

失重及任意重力下的靜電力測量

壹、摘要：

利用雷射與磁片的「對話」，測量微弱的靜電力，並進而找出失重及任意重力下(例如高山上或加速中的升降機內或月球、火星等其他星球上)的靜電力測量方法。更進一步，設計並製作「失重及任意重力下的靜電力測量器」。

貳、研究動機：

一、去年我們的作品「雷射與磁片的對話」於全國科展中榮獲佳作，我們利用雷射與磁片，測量出微弱的靜電力，但必須在正常重力下才能使用。我們想進一步找出失重及任意重力下(例如高山上或加速中的升降機內或月球、火星等其他星球上)的靜電力測量方法。最好是能更進一步，設計並製作「失重及任意重力下的靜電力測量器」。

二、作品與理化教材相關性

- (一) 4-2 光的反射與平面鏡
- (二) 4-5 雷射
- (三) 6-1 力是什麼
- (四) 6-2 如何測量力
- (五) 8-4 正電與負電
- (六) 11-1 靜電感應
- (七) 16-2 力矩與槓桿原理

參、研究目的：

- 一、找出失重狀態下，靜電力的測量方法。
- 二、找出任意重力下(例如高山上或加速中的升降機內或月球、火星等其他星球上)的靜電力測量方法。
- 三、設計並製作「失重及任意重力下的靜電力測量器」。

肆、實驗器材：

雷射筆、磁片、白膠、書架、塑膠棒、布、方格紙、尺、電腦、電子天平、美工刀、水平儀、壓克力板、氣仿。

伍、實驗方法及步驟：

實驗一：磁片水平放置作靜電力的測量

(一) 剝開外殼，取出磁片，用白膠黏在木板上，如圖 1 及照片 1。

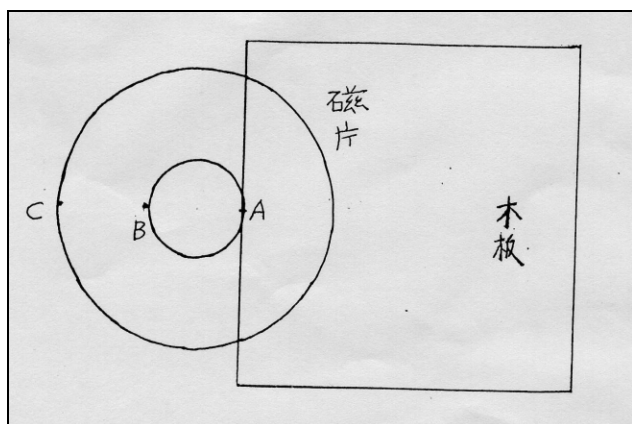
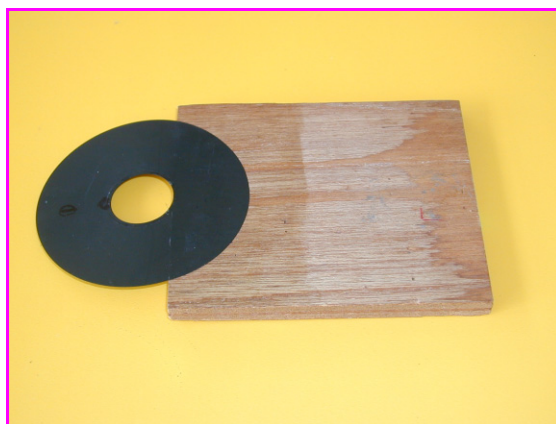


圖 1：固定在木板上的磁片



照片 1：磁片與木板的另類組合

(二) 方格紙貼在書架橫隔層板的向下那一面上。

(三) 雷射筆、貼有磁片的木板、銅片、書架、貼有方格紙的橫隔層板，裝置如圖 2 及照片 2，以水平儀調整，使方格紙及貼磁片的木板皆成水平。

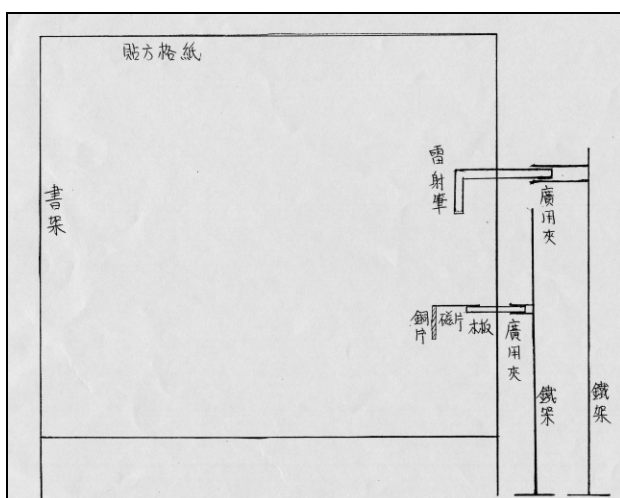
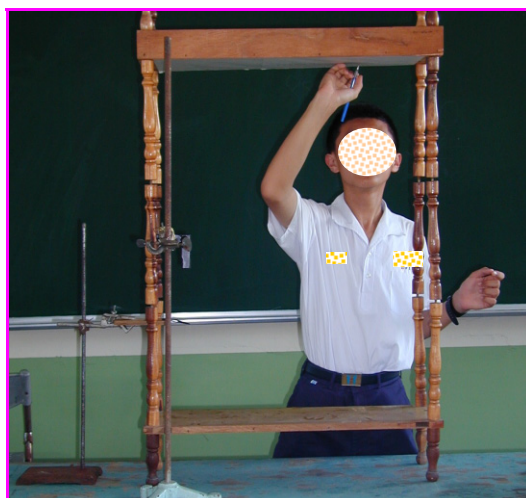


圖 2：雷射、磁片反射光的「捕捉」



照片 2：雷射、磁片反射光的「捕捉」

(四) 量出貼在木板上的磁片到方格紙的垂直距離。

(五) 雷射反射後，畫出反射光在方格紙上的位置。

(六) 從尾端剪掉一小塊銅片，用電子天平秤出此銅片的重。

(七) 繼續每次剪一塊銅片，記錄雷射反射的位置及剪下銅片的重，直至銅片完全剪光為止。

(八) 數據紀錄於表 1、表 2、表 3。

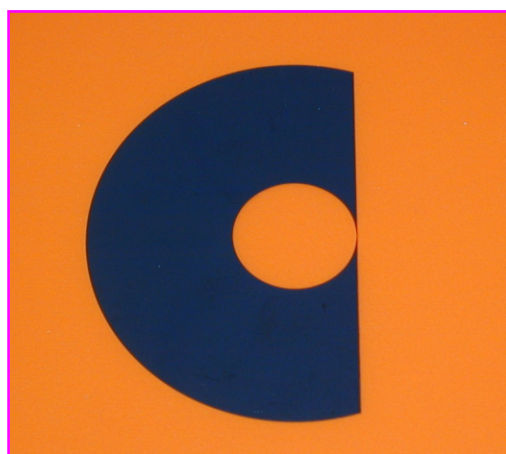
(九) 數據輸入電腦，找出關係式，如圖 3、圖 4、圖 5。找出磁片水平放置的「狀態方程式」。

(十) 用布摩擦塑膠管或寶特瓶，把塑膠管或寶特瓶靠近磁片，觀察並紀錄雷射光反射的位置 X。

(十一) 把 X 代入狀態方程式，即可直接求出靜電力幾 gw。

實驗二：磁片的「影響重量」

- (一) 取另一片同品牌的磁片，比照圖 1 木板外的部分，如照片 3，沿內環切線割下，以原子筆筆尖，單點支撐，找出重心位置。
- (二) 用電子天平秤出此割下的磁片的重量。
- (三) 再取另兩片同品牌的磁片，沿內環切線割下並秤重，記錄如表 4。
- (四) 用直尺分別測量圖 1，AB 之間的距離、AC 之間的距離。
- (五) 以槓桿原理算出磁片的「影響重量」，如表 4。



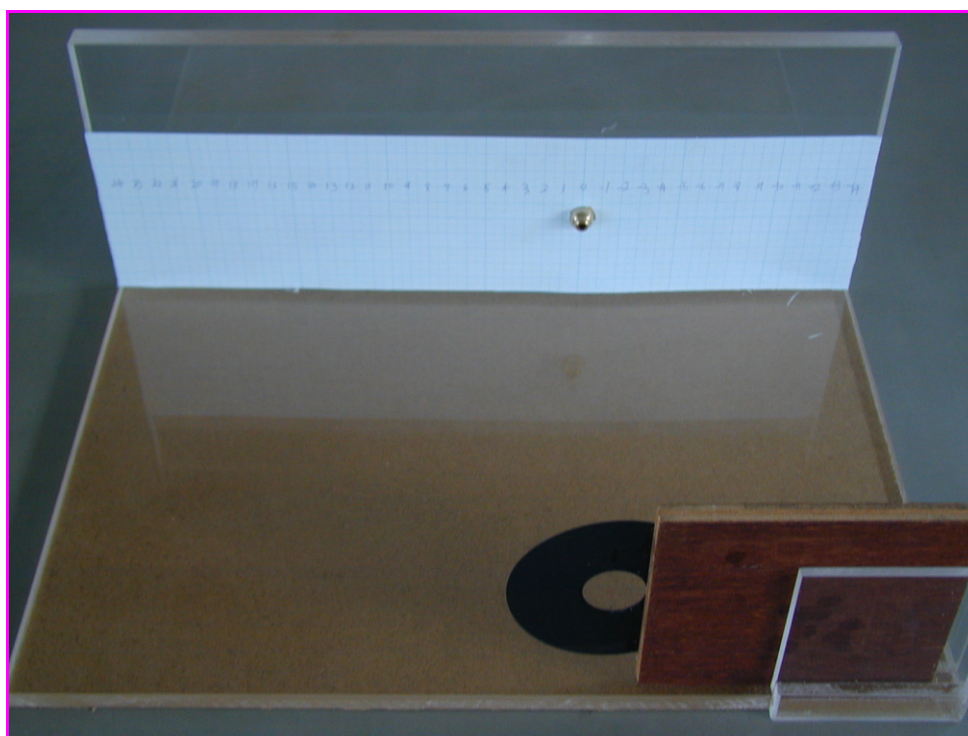
照片 3：切割下來的磁片

實驗三：磁片垂直放置作靜電力的測量

- (一) 把磁片的「影響重量」考慮進去後，把表 1、表 2、表 3 修正為表 5、表 6、表 7。
- (二) 數據輸入電腦，找出關係式，如圖 6、圖 7、圖 8。並找出磁片垂直放置的「狀態方程式」。
- (三) 把磁片垂直放置，雷射光垂直照射磁片，用布摩擦塑膠管或寶特瓶，把塑膠管或寶特瓶靠近磁片，觀察並紀錄雷射光反射的位置 X。
- (四) 把 X 代入磁片垂直放置的「狀態方程式」，即可直接求出靜電力幾 gw。

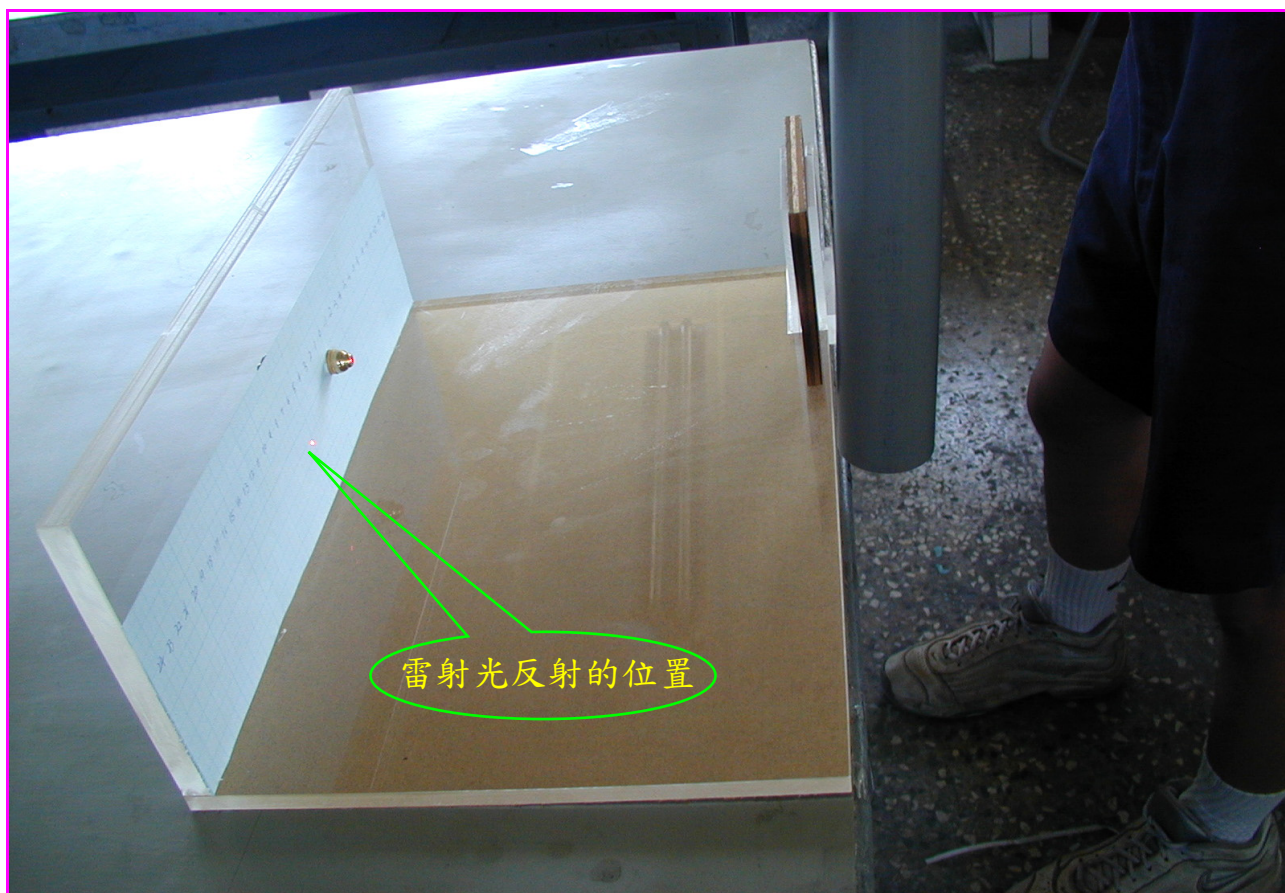
實驗四：「失重及任意重力下的靜電力測量器」製作及使用

- (一) 設計並製作「失重及任意重力下的靜電力測量器」，如照片 4。



照片 4：失重及任意重力下的靜電力測量器

- (二) 取水平儀置於「失重及任意重力下的靜電力測量器」底盤，只要底盤水平，則磁片垂直。
- (三) 用布摩擦塑膠管或寶特瓶，把塑膠管或寶特瓶靠近磁片，觀察並紀錄雷射光反射的位置 X，如照片 5。
- (四) 把 X 代入磁片垂直放置的「狀態方程式」，即可直接求出靜電力幾 gw。



照片 5：使用中的「失重及任意重力下的靜電力測量器」

陸、實驗數據及結果：

實驗一：

磁片到方格紙的垂直距離 56.30 cm

表 1

第一次實驗				
次數	銅片原重(gw)	每次剪掉的銅片重(gw)	銅片重(gw)	雷射反射的位置(cm)
1	0.3766	0.0000	0.3766	30.40
2	0.3766	0.0178	0.3588	29.75
3	0.3766	0.0324	0.3442	29.35
4	0.3766	0.0554	0.3212	27.75
5	0.3766	0.0677	0.3089	26.80
6	0.3766	0.0824	0.2942	25.70
7	0.3766	0.0991	0.2775	24.45
8	0.3766	0.1230	0.2536	22.45
9	0.3766	0.1358	0.2408	20.15
10	0.3766	0.1505	0.2261	19.90
11	0.3766	0.1637	0.2129	18.75
12	0.3766	0.1841	0.1925	16.75
13	0.3766	0.2038	0.1728	14.85
14	0.3766	0.2216	0.1550	13.15
15	0.3766	0.2419	0.1347	11.20
16	0.3766	0.2544	0.1222	9.85
17	0.3766	0.2691	0.1075	8.45
18	0.3766	0.2887	0.0879	6.95
19	0.3766	0.3043	0.0723	5.35
20	0.3766	0.3178	0.0588	4.15
21	0.3766	0.3315	0.0451	2.95
22	0.3766	0.3489	0.0277	1.75
23	0.3766	0.3766	0.0000	0.00

圖 3

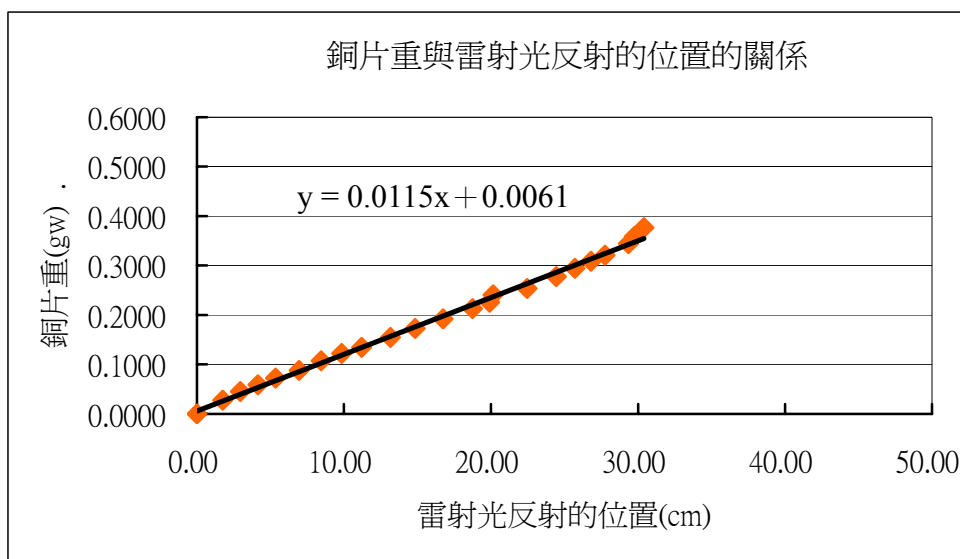


表 2

第二次實驗				
次數	銅片原重(gw)	每次剪掉的銅片重(gw)	銅片重(gw)	雷射反射的位置(cm)
1	0.2827	0.0000	0.2827	26.30
2	0.2827	0.0098	0.2729	25.65
3	0.2827	0.0242	0.2585	24.75
4	0.2827	0.0388	0.2439	23.45
5	0.2827	0.0505	0.2322	22.65
6	0.2827	0.0658	0.2169	21.55
7	0.2827	0.0731	0.2096	20.85
8	0.2827	0.0805	0.2022	20.25
9	0.2827	0.0939	0.1888	19.05
10	0.2827	0.1152	0.1675	17.05
11	0.2827	0.1298	0.1529	15.95
12	0.2827	0.1489	0.1338	13.95
13	0.2827	0.1669	0.1158	12.15
14	0.2827	0.1872	0.0955	10.25
15	0.2827	0.2045	0.0782	8.55
16	0.2827	0.2186	0.0641	7.05
17	0.2827	0.2304	0.0523	5.85
18	0.2827	0.2419	0.0408	4.65
19	0.2827	0.2566	0.0261	3.55
20	0.2827	0.2827	0.0000	0.00

圖 4

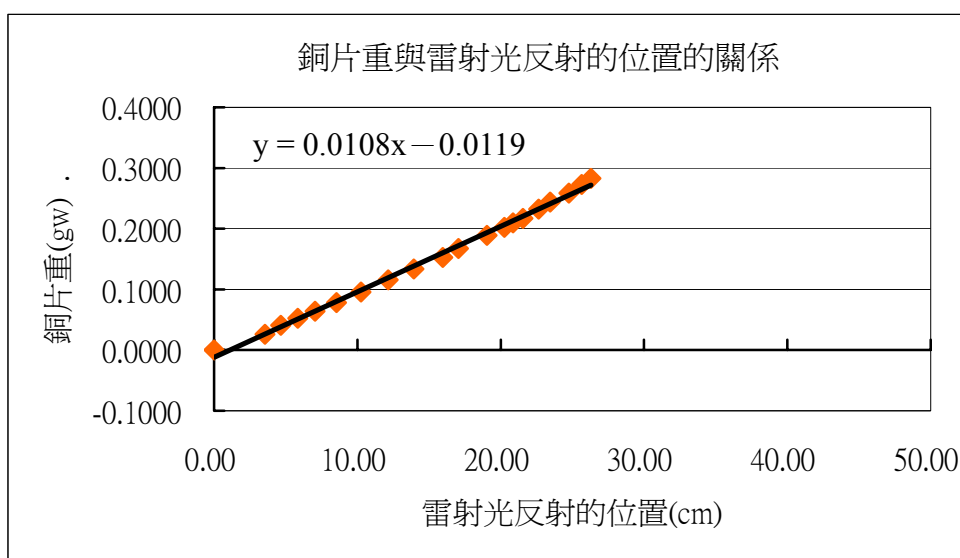
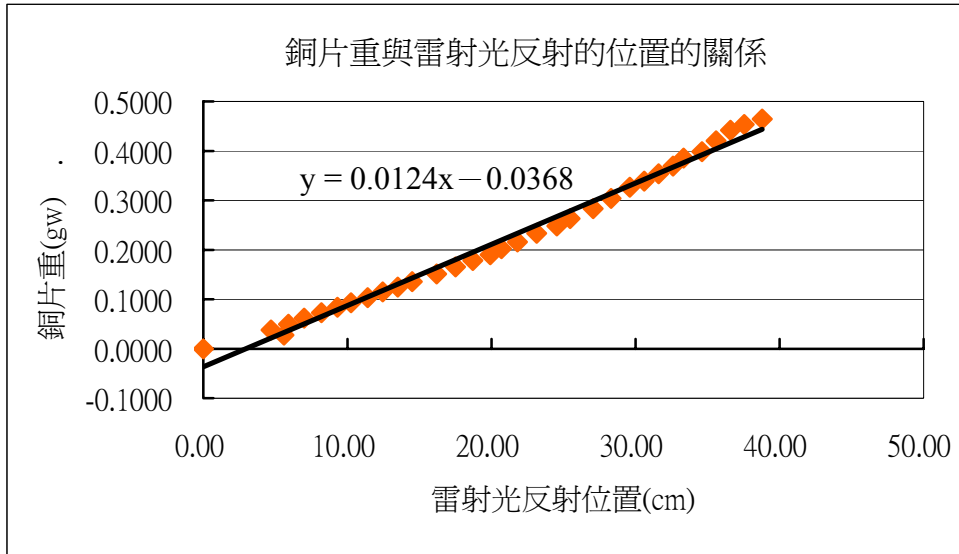


表 3

第三次實驗				
次數	銅片原重(gw)	每次剪掉的銅片重(gw)	銅片重(gw)	雷射反射的位置(cm)
1	0.4643	0.0000	0.4643	38.80
2	0.4643	0.0109	0.4534	37.55
3	0.4643	0.0223	0.4420	36.60
4	0.4643	0.0440	0.4203	35.60
5	0.4643	0.0662	0.3981	34.60
6	0.4643	0.0791	0.3852	33.35
7	0.4643	0.0950	0.3693	32.60
8	0.4643	0.1109	0.3534	31.60
9	0.4643	0.1256	0.3387	30.60
10	0.4643	0.1376	0.3267	29.60
11	0.4643	0.1603	0.3040	28.30
12	0.4643	0.1809	0.2834	27.05
13	0.4643	0.2010	0.2633	25.45
14	0.4643	0.2161	0.2482	24.55
15	0.4643	0.2309	0.2334	23.15
16	0.4643	0.2485	0.2158	21.80
17	0.4643	0.2618	0.2025	20.70
18	0.4643	0.2743	0.1900	19.90
19	0.4643	0.2862	0.1781	18.70
20	0.4643	0.2991	0.1652	17.50
21	0.4643	0.3129	0.1514	16.20
22	0.4643	0.3289	0.1354	14.50
23	0.4643	0.3396	0.1247	13.50
24	0.4643	0.3497	0.1146	12.45
25	0.4643	0.3613	0.1030	11.40
26	0.4643	0.3712	0.0931	10.25
27	0.4643	0.3804	0.0839	9.30
28	0.4643	0.3912	0.0731	8.20
29	0.4643	0.4024	0.0619	7.00
30	0.4643	0.4147	0.0496	5.90
31	0.4643	0.4264	0.0379	4.70
32	0.4643	0.4368	0.0275	5.60
33	0.4643	0.4643	0.0000	0.00

圖 5



磁片水平放置的「狀態方程式」為
 $Y=0.0116X-0.0142$

實驗二：

表 4

實驗次數	切割後磁片重量(gw)	圖 1 的 AB 長度(cm)	圖 1 的 AC 長度(cm)
1	0.3752	5.40	2.69
2	0.3623	5.40	2.72
3	0.3761	5.39	2.69
平均	0.3712	5.40	2.70

$$0.3712 \times 2.70 = 5.40 \times X$$

$$X = 0.186 \text{ gw}$$

磁片的「影響重量」為 0.186 gw

實驗三：

表 5

第一次實驗		
次數	磁片影響重量加銅片總重(gw)	雷射光反射的位置(cm)
1	0.563	44.20
2	0.545	43.55
3	0.530	43.15
4	0.507	41.55
5	0.495	40.60
6	0.480	39.50
7	0.464	38.25
8	0.440	36.25
9	0.427	33.95
10	0.412	33.70
11	0.399	32.55
12	0.379	30.55
13	0.359	28.65
14	0.341	26.95
15	0.321	25.00
16	0.308	23.65
17	0.294	22.25
18	0.274	20.75
19	0.258	19.15
20	0.245	17.95
21	0.231	16.75
22	0.214	15.55
23	0.186	13.80
24	0.000	0.00

圖 6

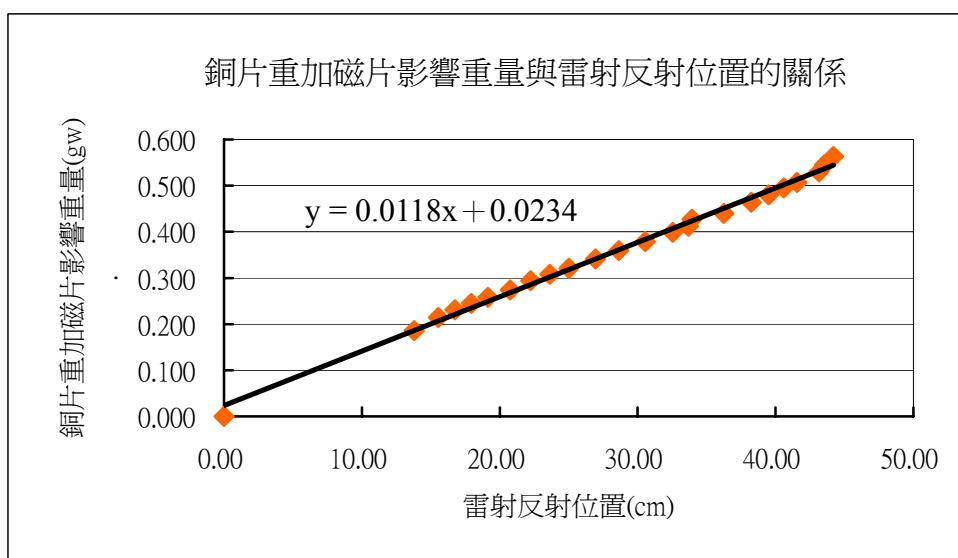


表 6

第二次實驗		
次數	磁片影響重量加銅片總重(gw)	雷射光反射的位置(cm)
1	0.469	41.80
2	0.459	41.15
3	0.445	40.25
4	0.430	38.95
5	0.418	38.15
6	0.403	37.05
7	0.396	36.35
8	0.388	35.75
9	0.375	34.55
10	0.354	32.55
11	0.339	31.45
12	0.320	29.45
13	0.302	27.65
14	0.282	25.75
15	0.264	24.05
16	0.250	22.55
17	0.238	21.35
18	0.227	20.15
19	0.212	19.05
20	0.186	15.50
21	0.000	0.00

圖 7

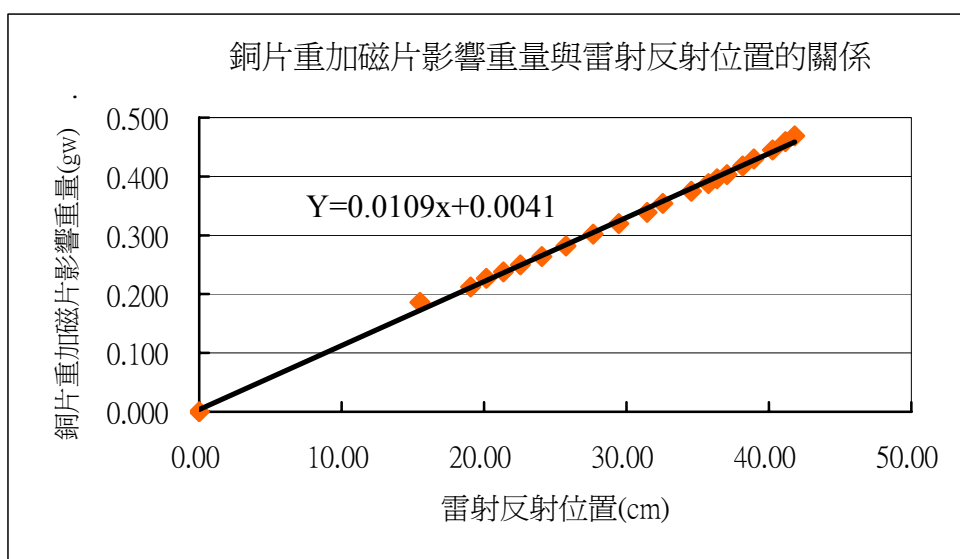
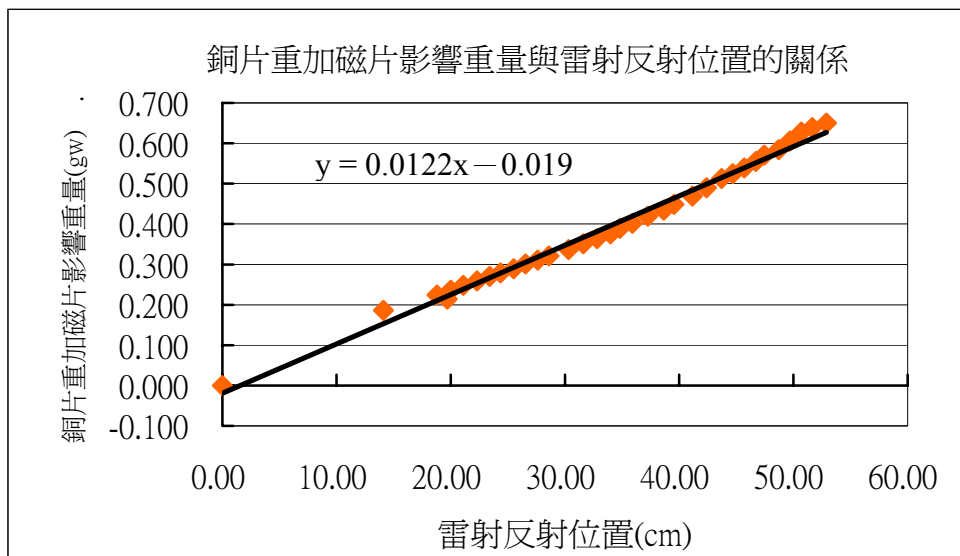


表 7

第三次實驗		
次數	磁片影響重量加銅片總重(gw)	雷射光反射的位置(cm)
1	0.650	52.90
2	0.639	51.65
3	0.628	50.70
4	0.606	49.70
5	0.584	48.70
6	0.571	47.45
7	0.555	46.70
8	0.539	45.70
9	0.525	44.70
10	0.513	43.70
11	0.490	42.40
12	0.469	41.15
13	0.449	39.55
14	0.434	38.65
15	0.419	37.25
16	0.402	35.90
17	0.389	34.80
18	0.376	34.00
19	0.364	32.80
20	0.351	31.60
21	0.337	30.30
22	0.321	28.60
23	0.311	27.60
24	0.301	26.55
25	0.289	25.50
26	0.279	24.35
27	0.270	23.40
28	0.259	22.30
29	0.248	21.10
30	0.236	20.00
31	0.224	18.80
32	0.214	19.70
33	0.186	14.10
34	0.000	0.00

圖 8



磁片垂直放置的「狀態方程式」為

$$Y = 0.0116X + 0.0028$$

柒、總結論及總討論：

實驗一：

(一) 使用磁片的好處是：

- 1.磁片對靜電力相當「敏感」。
- 2.磁片可反射雷射光。
- 3.磁片可自然彎曲，不會像鏡子硬梆梆不能彎曲；磁片反映現況時，較不會「失真」。

(二) 若入射線不變，鏡面轉動 θ ，則反射線轉動 2θ ，利用此原理，把磁片受力形變的效果「放大」。

(三) 拉大磁片與方格紙的距離，把磁片受力形變的效果再「放大」。

(四) 磁片水平放置的狀態方程式為 $Y = 0.0116X - 0.0142$

(五) 未知的靜電力，只要帶電體放在磁片下方，讀出雷射光反射位置 X 值，即可直接算出靜電力 Ygw

(六) 若靜電力太大，雷射光反射超出方格紙外，可把方格紙高度下降，量出磁片到方格紙距離，再利用相似三角形，比出當磁片與方格紙距離為 56.30 cm 時的數值 X，即可代入「狀態方程式」，直接求出靜電力幾 gw。

(七) 實驗三及實驗四，若磁片到方格紙的距離改變，都可比照上述利用相似三角形比出數值後，代入磁片垂直的「狀態方程式」，直接求出靜電力幾 gw。

實驗二及實驗三：

- (一) 磁片的「影響重量」為 0.186 gw
- (二) 磁片垂直放置的「狀態方程式」為 $Y=0.0116X+0.0028$
- (三) 從磁片水平放置，藉著磁片的「影響重量」，推進到磁片垂直放置也能測靜電力。
- (四) 磁片垂直放置，除了裝置上較方便之外，更重要的是：
 - 1. 可在失重狀態下直接測量靜電力幾 gw。
 - 2. 可在任意重力下(例如高山上或加速中的升降機內，或月球、火星等其他星球上)直接測量靜電力幾 gw。
- (五) 在正常重力($g=9.8m/s^2$)、失重、任意重力下，測量靜電力時，磁片要如何放置？要使用那一個狀態方程式？請看下表：

重力狀態	磁片裝置情形	使用的「狀態方程式」
正常重力	水平放置	用磁片水平的「狀態方程式」
	垂直放置	用磁片垂直的「狀態方程式」
失重	水平放置	用磁片垂直的「狀態方程式」
	垂直放置	
	任意角度放置	
任意重力	垂直放置	用磁片垂直的「狀態方程式」

註：無論磁片怎麼放置，雷射光都要與貼磁片的木板垂直照射，且方格紙(刻度面)與貼磁片的木板要平行。

實驗四：

- (一) 我們訪問的儀器行都只有能測出帶電量多寡的「靜電」測量器，沒有能測出靜電力大小的「靜電力」測量器。
- (二) 所以我們覺得有必要設計並製作，可直接測出靜電力幾 gw 的「失重及任意重力下的靜電力測量器」，我們的作品如照片 4，使用中如照片 5。
- (三) 登陸月球或火星等星球，欲測量飛行器產生的靜電，歡迎使用我們的「失重及任意重力下的靜電力測量器」。

捌、參考資料：

- 一、趣味科學攜遊記 第一、二冊 林麗華著 建宏出版社
- 二、國中理化課本第一、二、三、四冊
- 三、物理發展史上的里程碑 馬文蔚、唐玄之、周永平主編 凡異出版社

評語

030115 國中組物理科 佳作

失重及任意重力下的靜電力測量

巧妙的使用簡易器材，將靜電力對微小物品的吸引力進行測量，頗具巧思。