

第六編

電磁學

目 錄

第六編	電磁學	
第一章	靜電學	6 - 3
第一節	靜電力	6 - 3
①	起電棒之力	6 - 3
②	起電棒與電擺間之作用力	6 - 6
③	庫倫定律之實驗	6 - 8
④	摩擦電與帶電列	6 - 12
第二節	靜電感應	6 - 14
①	僅用一個金箔驗電器之實驗	6 - 14
②	同時用兩個驗電器之實驗	6 - 16
③	用兩個金屬球之實驗	6 - 18
④	應用棒狀導體之方法	6 - 21
⑤	起電盤	6 - 22
第三節	電力線	6 - 23
①	以浮在液層間的種子顯示電力線	6 - 23
②	研成細沙之方法	6 - 26
③	使用纖維石膏之方法	6 - 27
第四節	等電位面	6 - 29
①	依電解質直接測定	6 - 29
②	錫箔	6 - 31
③	吸水紙法	6 - 34
第五節	電之分佈	6 - 36
①	試驗板與箔驗電器	6 - 36
②	哈密爾頓風車	6 - 38
第六節	靜電屏蔽	6 - 38

①	鐵絲網與箔驗電器	6—39
②	電力線法	6—40
③	鐵絲網與晶體收音機	6—41
第七節	電容器	6—42
①	電容器的原理	6—42
第八節	靜電與電流	6—43
①	直流電源使驗電器之箔片張開	6—43
②	木棉絲之導電	6—44
③	電容器之放電	6—45
④	范德格喇夫起電機點亮日光燈	6—46
⑤	電鈴	6—46
第九節	應用人體之靜電實驗	6—48
①	人體發電	6—48
②	人體電容器	6—49
③	電電震	6—49
第十節	尖端放電	6—49
①	漢彌爾頓電風扇	6—49
②	火燄閃動之實驗	6—52
第二章	電 流	6—53
第一節	電流之基本實驗	6—53
①	串聯電阻之電流相等	6—53
②	總電流等於分電流之和	6—54
③	電流模式實驗	6—55
④	導線的長度，斷面積與電阻	6—57
第二節	歐姆定律	6—58
①	電流、電壓和電阻的關係	6—59
②	佈朗管示波器之使用方法	6—63
第三節	電阻測定	6—66
①	歐姆定律，即依 V 和 I 之測定	6—66
②	使用三用電表	6—67
③	使用絕緣試驗計	6—67

④	使用惠斯頓電橋 (P O 型) 測量電阻的原理 ...	6 - 68
第四節	電阻係數之測定	6 - 73
①	以測微計測量導線之直徑	6 - 73
②	吸水紙法	6 - 75
第五節	電阻之溫度變化	6 - 77
①	使用鐵線的方法	6 - 77
②	使用鎢絲線的方法	6 - 79
③	燈泡之電壓與電流的測定	6 - 80
④	溫度係數之測定	6 - 82
第六節	電池之電動勢與內電阻	6 - 84
①	電池之電動勢與內電阻之測定	6 - 84
第七節	電池之電動勢的測定	6 - 85
①	電壓計法	6 - 85
②	標準電池法	6 - 87
第八節	熱電流	6 - 90
①	熱電偶測定溫度差與熱電勢	6 - 90
②	使用熱電流之電磁鐵	6 - 91
③	電子冷熱	6 - 93
第九節	半導體	6 - 95
①	溫度上升電阻減少之實驗	6 - 95
②	曝光電阻減少之實驗	6 - 96
③	整流特性	6 - 97
第三章	磁	6 - 99
第一節	磁感應	6 - 99
①	磁感應	6 - 99
第二節	磁力線	6 - 100
①	具有磁性斷面的磁力線	6 - 100
②	磁鐵的方向顯示垂直的斷面	6 - 101
③	磁針法	6 - 102
第三節	磁化與去磁	6 - 104
①	摩擦法	6 - 104

②	加熱法.....	6 — 105
③	電流法.....	6 — 105
第四節	磁 滯.....	6 — 108
①	磁針測定磁滯曲線.....	6 — 108
②	示波器測定法.....	6 — 110
第五節	活用橡膠磁鐵之實驗.....	6 — 115
①	標識之利用.....	6 — 115
②	實驗器具吸着在黑板面的方法.....	6 — 117
③	做為磁鐵之應用.....	6 — 119
第三章	電流的作用.....	6 — 121
第一節	電流產生的磁場.....	6 — 121
①	直流電的磁場.....	6 — 121
②	圓電流的磁場.....	6 — 122
③	流通螺線管內的電流之磁場.....	6 — 123
第二節	電磁鐵.....	6 — 124
①	鐵心的作用.....	6 — 124
②	強力電磁鐵.....	6 — 125
③	電磁鐵的應用.....	6 — 126
第三節	電磁力.....	6 — 128
①	導體棒所受之力.....	6 — 128
②	長方形線圈所受之力.....	6 — 130
③	電流間之力.....	6 — 131
④	電解液所受之力.....	6 — 132
⑤	線圈垂吊.....	6 — 133
⑥	U字型導線跳高之實驗.....	6 — 134
⑦	線圈內磁場強度之測定.....	6 — 135
⑧	羅歇 (Roget) 之跳躍蛇線.....	6 — 138
⑨	揚聲器的原理.....	6 — 139
第四節	電 池.....	6 — 140
①	伏打電池.....	6 — 140
②	鉛蓄電池.....	6 — 141

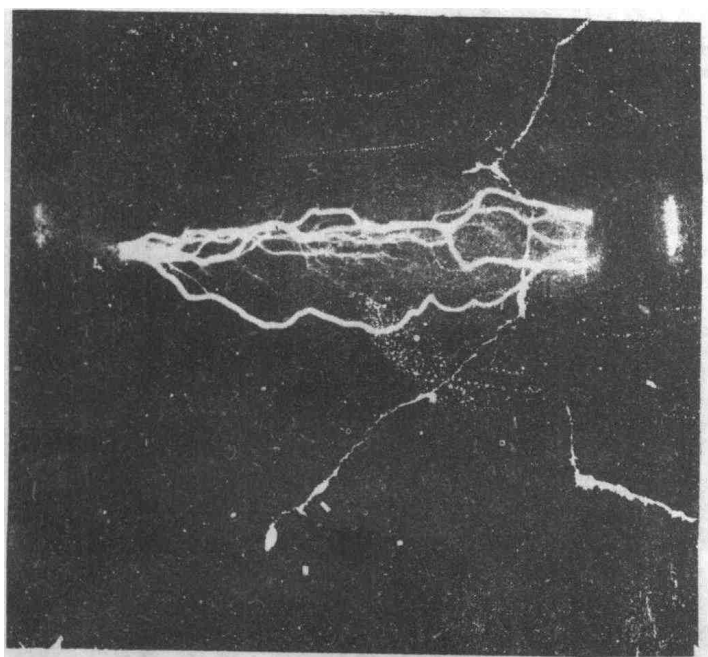
第五節	電 鍍	6 — 142
①	鍍銀	6 — 142
②	鍍銅	6 — 144
③	鍍鋅	6 — 146
第六節	電 解	6 — 148
①	法拉第定律	6 — 148
②	水之電解	6 — 150
第七節	焦耳熱之測定	6 — 155
①	焦耳熱之測定	6 — 155
第八節	熱作用	6 — 158
①	熱作用	6 — 158
第五章	電磁感應	6 — 161
第一節	電磁感應	6 — 161
①	關於線圈與棒磁鐵之實驗	6 — 161
②	用導體棒切割磁力線之實驗	6 — 162
第二節	互感應	6 — 162
①	放入鐵心之實驗	6 — 162
②	不放入鐵心之實驗	6 — 164
第三節	自 感	6 — 168
①	用電池點亮日光燈	6 — 168
②	用有直流放大之示波器之實驗	6 — 169
第四節	渦電流	6 — 171
①	磁石之迴轉	6 — 171
②	瓦爾天氏擺	6 — 172
③	U型磁鐵對迴轉圓板之制動	6 — 174
④	橡膠磁鐵之方法	6 — 175
第五節	直流與交流之比較	6 — 176
①	用揚聲器之方法	6 — 176
②	利用示波器（能放大DC）之方法	6 — 177
③	利用化學反應之方法	6 — 178
④	利用旋轉鏡之方法	6 — 179

⑤	利用頻閃觀測器之實驗	6 -- 180
⑥	利用氙燈之方法	6 -- 182
第六節	交流週率數之測定	6 -- 183
①	利用示波器之方法	6 -- 183
②	利用永久磁和導線之測定	6 -- 185
③	利用交流蜂音器與鐵線之方法	6 -- 186
④	利用 dekatron 之方法	6 -- 187
第七節	交流之阻抗	6 -- 188
①	電阻可滿足歐姆定律之實驗	6 -- 188
②	線圈之感抗	6 -- 189
③	電容器之容抗	6 -- 192
第八節	交流電壓和電流之相差	6 -- 194
①	電容器	6 -- 194
②	線圈	6 -- 197
第九節	電力輸送	6 -- 198
①	電力輸送	6 -- 198
第十節	直流馬達	6 -- 199
①	轉速與電流	6 -- 199
②	反電動勢	6 -- 202
第十一節	交流發電機	6 -- 203
①	利用示波器觀察波形	6 -- 203
第十二節	感應電動機之原理	6 -- 204
①	單相交流	6 -- 204
②	三相交流	6 -- 205
③	轉動磁場	6 -- 207
第十三節	感應電動機	6 -- 211
①	滑脫	6 -- 211
②	轉速與電流	6 -- 214
第十四節	累積電力計	6 -- 216
①	累積電力計	6 -- 216
第六章	電振盪與電波	6 -- 219

第一節	阻尼電振盪	6 — 219
(1)	緩慢掃描之方法	6 — 219
(2)	電子開關之方法	6 — 220
第二節	電波之發生檢出及性質	6 — 222
(1)	超高頻率波	6 — 223
第三節	共 振	6 — 241
(1)	共振	6 — 241
第四節	調制與檢波	6 — 244
(1)	調制與極波	6 — 244
第七章	真空管	6 — 249
第一節	二極管	6 — 249
(1)	特性	6 — 249
(2)	整流與平滑	6 — 253
第二節	三極管	6 — 261
(1)	特性曲線	6 — 261
(2)	放大作用	6 — 262
(3)	振盪作用	6 — 265
第三節	五極管	6 — 266
(1)	五極管	6 — 266
第四節	晶體二極管	6 — 270
(1)	晶體二極管之特性	6 — 270
第五節	電晶體	6 — 271
(1)	特性	6 — 271
(2)	放大作用	6 — 273
(3)	收音機	6 — 275
	參攷關於生物物理學電子順磁性共振	6 — 278

第六編

電磁學



空気中の放電

第一章 靜電學

第一節 靜電力

① 起電棒之力

【目的】 檢驗兩種物體摩擦時如何產生正電和負電，並測定二者間作用力之大小及情形。

1. 以絹絲懸掛起電棒，使其在水平面上運動。(中)(高)
2. 載於轉動架上而令其在水平面上轉動。(中)(高)
3. 利用天平測量靜電力。(高)

【準備】 硬橡膠、毛皮、玻璃棒、絲絹、鐵架、轉動架、天平、砝碼。

【方法】 1. 以絹絲懸掛起電棒而使其在水平面上運動。

- (1) 以毛皮用力摩擦硬橡膠棒，然後將其載於以絹絲懸掛之鐵架上。
- (2) 取另一橡膠棒，以毛皮摩擦而令其帶電，然後移近懸掛於絹絲之橡膠棒帶電端而觀察兩棒相斥之作用。
- (3) 取一玻璃棒以絲絹摩擦之，然後將其移近懸掛於絹絲之橡膠棒帶電端而觀察其相引之作用。
- (4) 檢驗兩帶電棒互相靠近時，二者間之距離與其作用力之關係。
2. 載於轉動架而使其在水平面上轉動。
 - (1) 取二橡膠棒，以毛皮摩擦之。將一棒置於轉動架上，然後手持一棒移近架上之棒，則兩棒互相排斥。

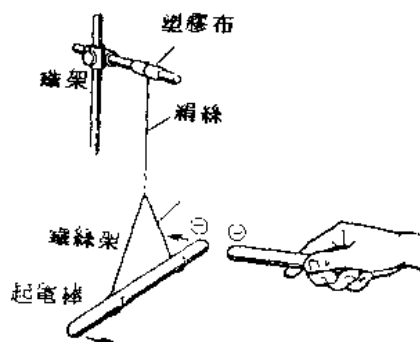


圖 1

(2)將以絲絹摩擦過之另一玻璃棒移近上項橡膠棒，則兩棒因具相異之電，故將互相吸引。

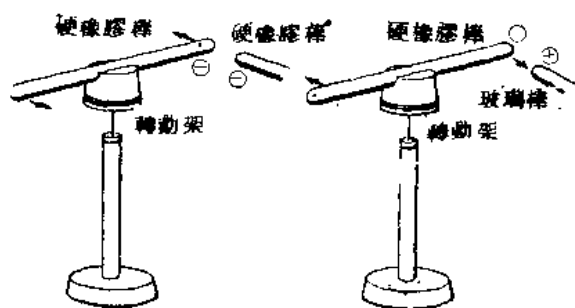


圖 2

- 【要點】
1. 此實驗在天晴乾燥時行之，結果較佳。此外，用電熱器、炭火、赤外線燈、頭髮乾燥器等使空氣乾燥，亦可得良好結果。
 2. 由摩擦而得之靜電，其量甚小且易逃逸。故當以絹絲懸掛或裝於轉動架時應留意避免濕氣。
 3. 儘量讓學生觀察兩帶電體間之作用力隨距離之增大而急速減小之情形。

【參考】 1. 以毛皮摩擦硬橡膠棒時，該棒所帶者為負電，而以絹

布摩擦玻璃棒時，該棒所帶者為正電。

2. 通常用毛皮摩擦硬橡膠棒可得較多之靜電量，唯用絹布摩擦玻璃棒時，生電較不容易。做實驗時應儘量保持器材乾燥而迅速地反復摩擦。
3. 摩擦生電，在日常生活中常可見到；例如用乾燥的梳子梳頭髮，脫下尼龍襯衫時，用刷子刷西裝時，以頭髮摩擦鋼筆時均可生電。
4. 至於轉動架，富有現成商品，唯亦可照圖 3 所示自製之。



圖 3

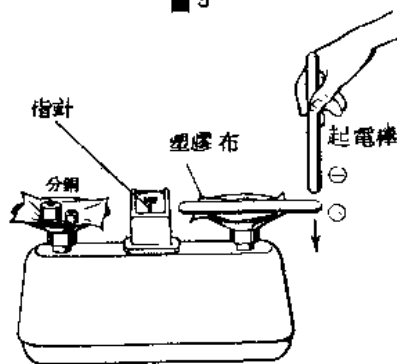


圖 4

【方法】 3. 用天平測量靜電力

- (1) 在天平左右兩盤上各置一塑膠布，做為絕緣之用。
- (2) 將硬橡膠棒置於右盤上，並將砝碼置於左盤上以平衡之。
- (3) 拿起盤上橡膠棒，以毛皮用力摩擦後放回原處，並查看天平

是否平衡。

(4)取另一橡膠棒，以毛皮摩擦後，逐漸移近盤上橡膠棒之帶電端上面。此時帶同性電之兩棒必然互相排斥，故天平右邊會下降。

(5)取適當量之砝碼置於左盤使天平再呈平衡狀態，然後檢驗兩帶電棒端間之距離與砝碼重量之關係。

(6)改變帶電端間之距離並觀察每次所需砝碼重量。

【要點】 1. 本實驗並無意對帶電體間之距離和作用力間之關係做一精密測定，而僅欲得一大概數值而已。先將砝碼置於左盤，然後以帶電棒間之力使其平衡並測量兩帶電端間之距離，亦可得同樣結果。

2. 實際帶電體上之電量極小，其值約在數靜電單位至數十靜電單位左右。加之起電量常隨天氣而變，故於開始實驗前，應先確定大概數值。

3. 注意，不可使盤上帶電體之電荷逃走。帶電體和盤子間應夾以絕緣體以減少接觸面積。

4. 天平之靈敏度愈高愈佳。用物理天平亦可，即以絹絲懸掛帶電棒，此法之效率較高。

【參考】 1. 經毛皮摩擦過之兩硬橡膠棒間之斥力，由實驗知在距離0.5~1.0厘米時，其值約為1.0~0.3克重。

2. 本實驗之主要目的乃欲使學生理解重力如何能代表電學上之斥力，而非欲做一精密之定量實驗。因此，本實驗適合做為教員教學說明之用。

② 起電棒與電擺間之作用力

【目的】 使起電棒帶電後令其向電擺移近或與之接觸而觀察並討論此時二者間之作用力。(中)(高)

【準備】 電擺材料(絲絹或尼龍絲，軟木塞或浮泡型膠小球，錫箔，塗有碳負之乒乓球，架子)，起電材料(玻璃棒及硬橡膠棒或苯乙烯(styrol)棒與聚乙烯(polyethylene)棒，毛皮，絹

絲，尼龍等）。

【參考】 自製電擺之方法

本實驗所使用之電擺可應用現成商品，亦可自製；自製時可參考下列簡單之方法：

1. 將軟木塞或浮泡塑膠小球繫於尼龍絲端（若不易繫牢，可用高級膠合劑固定之）。
2. 亦可吊下錫箔當作小片導體（但因不穩定，難以保管）。
3. 取一直徑約1厘米之賽璐珞球形浮標，將一竹叉繫於其上，然後將其繫結處浸於賽璐珞之丙酮溶液中，取出後再放入碳頁中。如不能取得碳頁，可將乾電池之碳棒用乳鉢磨細使用。如因金屬粉具導電性，而使用鋁粉，則小球表面絕緣極佳，遂告無用。
4. 教員採用乒乓球可以同樣方法使碳頁附着於小球上，然後以絹絲懸掛而應用之。

【方法】 1. 硬橡膠棒用毛皮摩擦而帶電後，將其移近電擺，電擺必受吸引而致接觸，但旋即分離（因具同性電）。

2. 將同一帶電棒再移近電擺時，必受排斥。
3. 將摩擦過橡膠棒之毛皮移近電擺時，電擺將被吸引。
4. 以絲絹摩擦玻璃棒而令其帶電後，將其移近電擺，電擺將受吸引。

【要點】 1. 當帶電棒接近電擺時，依靜電感應之原理，電擺將被吸引；當二者接觸後因同種電可傳至電擺，致相排斥。但若用非導電性物質製成之電擺作試驗時，因接觸點以外之部分尚帶有異種感應電，不易相斥。故電擺表面用導體製成爲佳。

2. 實驗時應設法避免電擺之漏電，故須注意乾燥問題；但如使用尼龍絲或聚乙烯則不成問題。

【參考】 關於起電棒

以前吾人常用玻璃棒和硬橡膠棒；如以苯乙烯（styrol）棒代替玻璃棒而以聚乙烯（polyethylene）棒代替硬橡膠棒，則兩天實驗時可減少許多失敗的機會。

③ 庫侖定律之實驗

【目的】 用兩質輕球形帶電體間之作用力證明庫侖定律成立。(高)

【原理】 測量以兩條細尼龍線懸掛之帶電塑膠球電擺A與以一極佳絕緣棒支持之帶電塑膠球B間之作用力，以證明庫侖定律「兩極小帶電球（點電荷）間之作用力 f 與兩球間距離 r 之平方成反比」。即

$$f \propto \frac{1}{r^2} \dots \dots \dots (1)$$

今電擺之質量為 mg ，電擺受作用力前之靜止位置 A_0 ，受B球作用力後電擺之位置為A，此時電擺與垂線間之夾角為 θ ，故在A點之作用力 f 為

$$f = mg \tan \theta$$

當 θ 甚小時 $f \propto \theta$

又因 θ 等於 $\overline{AA_0}/l$ ，故上式亦可寫成

$$f \propto \overline{AA_0}$$

因此，(1) 式變成

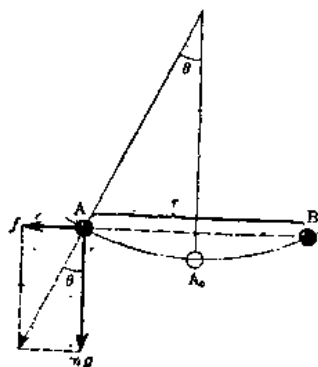


圖 1

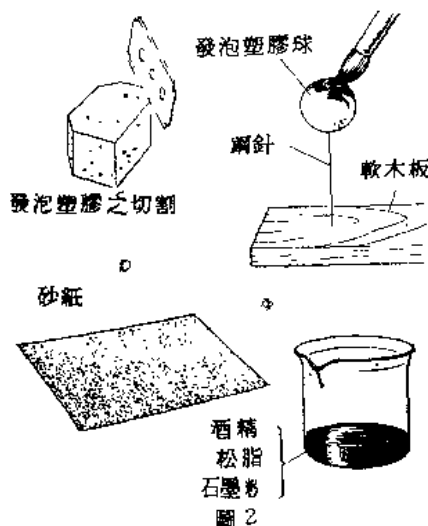


圖 2

$$\overline{AA_0} \times (\overline{AB})^2 = \text{常數} \dots\dots\dots (2)$$

如直接測量距離 $\overline{AA_0}$ 及 $\overline{AB}$ ，則因尺與帶電球接觸，易導致漏電。故將一光源置於電擺兩條掛線之延長面上約 1 至 2 厘米處，令兩球投影於半透明之尺上。若 A，A₀ 及 B 之投影位置分別為 A'，A'₀ 及 B'，則 (2) 式可寫成

$$\overline{A'A_0'} \times (\overline{A'B'})^2 = \text{常數} \dots\dots\dots (3)$$

如以實驗方法先側得這些投影之距離，而證明 (3) 式成立，則 (1) 式之庫侖定律即得證。

【準備】 1. 浮泡塑膠球

取包裝精密器械或絕熱器材所用之質輕浮泡塑膠，以刀切出約 1.5 立方厘米之立方體，將其修成一球形後再以砂紙磨成一均勻球體。

2. 浮泡塑膠球表面之導電性。

將樹脂 2~3 克，石墨粉約 20 克共沒於酒精中，混合成泥狀物後將其塗在塑膠球表面。塗時以紋針支持着小球較為方便。此外，墨水亦可供給導電性，但事先應將塑膠球以清潔劑徹底洗淨，並以水沖洗，俟半乾時將墨水塗於其上，如此可得塗沫較均勻的表面。

3. 具兩條掛線之電擺。

以儘量細之尼龍絲兩條懸掛上述具導電性之塑膠球。至於尼龍絲，可由布織商品之搓合線解開而取出其中之一根應用，或由女用尼龍襪中抽出。總之，儘可能用細小者，以防止靜電荷由帶電球逃漏。球與尼龍絲之接着通常利用少量接合劑塗於球面之一小部分，然後將兩尼龍絲端壓於其上，俟乾後即成。石墨表面較厚之部分，通常甚易脫落，故最好先削去約一平方毫米而後接着於此。如用混合型接合劑 (Super-cemedine)，則因該劑不溶解塑膠可獲良好效果。尼龍絲之長度以 30~50 厘米為佳，將此兩條尼龍絲分開約 20~40 厘米後以賽璐珞帶