

實 驗 理 論

物 理 學 講

卷 三

陳 學 鄧 編

商 務 印 書 館 發 行

戊申年十月初版
中華民國二十四年七月國難後第二版

(52176C)

中學適用

實驗物理學講義三冊

卷三定價大洋壹元伍角

外埠酌加運費匯費

版權所
翻印必究

編纂者 陳學鄧

印刷者 上海河南路
商務印書館

發行所 上海及各埠
商務印書館

物理學講義下卷目錄

第六編 磁氣學

第一章 磁石之作用

節	頁	節	頁
1	磁石.....1	2	磁石之相互作用... 6
3	磁氣量..... 7	4	庫倫之法則.....8

第二章 磁氣感應

5	磁場..... 12	6	磁氣感應..... 12
7	指力線..... 13	8	製造磁石法..... 16
9	磁石保存法..... 19	10	磁氣分子說..... 20

第三章 地磁氣

11	論地球所以爲磁石者..... 25	12	地球磁氣僅呈指向力之理.....26
13	地磁氣之三要素...27	14	羅經..... 32
15	羅經差.....33	16	等磁線..... 35
17	地磁氣之變動..... 37		第六編問題..... 39

第七編 電氣學

第一部 靜電學

第一章 電氣之基礎現象

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1 帶電..... 41 | 2 良導體及不良導體..... 42 |
| 3 二種之電氣..... 45 | 4 電氣量..... 48 |
| 5 庫倫之法則..... 49 | 6 電氣之配布..... 52 |
| 7 電場..... 55 | 8 指力線..... 56 |
| 9 電氣感應..... 57 | 10 尖點之作用..... 59 |
| 11 正負之電氣量..... 61 | |

第二章 電氣器械

- | | |
|------------------|------------------|
| 12 電氣盆..... 63 | 13 摩擦發電機..... 64 |
| 14 蒸汽發電機..... 65 | 15 感應發電機..... 67 |

第三章 電位

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 16 電位..... 75 | 17 電氣容量..... 76 |
| 18 電位之單位容量之單位..... 71 | 19 電位之測法..... 79 |
| 20 電氣之聚積..... 84 | 21 來頓瓶..... 88 |
| 22 帶電氣物體之能力..... 92 | 23 電氣放散之作用..... 94 |
| 24 火花之形狀..... 99 | |

第四章 空中電氣

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 25 雷雨之電氣..... 105 | 26 空中電源..... 105 |
| 27 電光雷鳴閃電及電氣發光..... 106 | 28 電光之作用..... 108 |

29 避雷鍼…………… 110

30 電霞…………… 111

第二部

動電學

第五章

電流及電池

31 接觸電氣…………… 115

32 電流…………… 117

33 電動力…………… 119

34 電池之衰弱…………… 120

35 二液電池…………… 121

36 熱電池…………… 127

第六章

電氣之化學作用

37 電氣分解…………… 132

38 葛氏之理論…………… 136

39 法拉特之定律…………… 137

40 電氣化學當量…………… 141

41 伊洪說…………… 144

42 電池之理論…………… 145

43 電鑄術…………… 147

41 電鍍術…………… 148

45 分極…………… 150

46 蓄電池…………… 152

第七章

關於電氣之定律

47 電流之強…………… 156

48 奧氏之試驗及安
氏之規則…………… 157

49 導線之抵抗…………… 159

50 電池之抵抗…………… 160

51 歐姆之定律…………… 160

52 蕉魯之定律…………… 62

53 測定電氣之單位…………… 165

54 比抵抗…………… 170

55 導線之結法…………… 171

56 電池固有定數之
測定…………… 176

57 電槽之聯法…………… 178

58 惠士頓橋…………… 183

第八章

電流與磁氣

- | | | | |
|------------------|-----|---------------------|-----|
| 59 電流所起之磁場 | 186 | 60 電流表 | 189 |
| 61 電流磁石相互之
作用 | 200 | 62 電流相互之作用 | 201 |
| 63 地球對於電流之
作用 | 208 | 64 度電圈(或名鎖列
諾衣德) | 210 |
| 65 安培之分子電流
說 | 212 | 66 電磁石 | 213 |

第九章

感應電流

- | | | | |
|-----------------|-----|------------|-----|
| 67 感應電流 | 215 | 68 林慈之定律 | 220 |
| 69 感應電流之電動
力 | 222 | 70 電流之自己感應 | 223 |
| 71 凌可富感應器 | 224 | 72 放電之現象 | 226 |
| 73 X線 | 230 | | |

第十章

電磁氣學於工藝上之應用

- | | | | |
|------------|-----|-------------|-----|
| 74 電信機 | 237 | 75 電鈴 | 245 |
| 76 電氣時辰鐘 | 246 | 77 電話機 | 247 |
| 78 磁電器 | 253 | 79 發電機「代那模」 | 219 |
| 80 電動機 | 264 | 81 電車 | 267 |
| 82 自動車及電氣船 | 272 | 83 電氣燈 | 273 |

第十一章

電氣波

- | | | | |
|--------|-----|---------|-----|
| 84 電氣波 | 283 | 95 無線電信 | 285 |
| 第七編問題 | 290 | | |

第六編

磁氣學 MAGNETISM

第一章 磁石之作用

1. 磁石 Magnet 有養化鐵(Fe_3O_4)組成之礦物名爲磁鐵礦者。有吸引鐵之性質。若置此礦物於鐵粉之中。則鐵粉聚集於其上。又以磁鐵礦兩三回摩擦鋼鐵棒。其棒亦吸引鐵粉。凡有能吸鐵之性質者。皆名曰磁石。指其性質曰『磁石性』名其原因曰『磁氣』

磁石之有吸鐵性。古代希臘人已知之。而其所名爲「麻姑涅德」者。因於小亞細亞之一部麻姑涅西亞 Magnesia 近傍。初發見磁石礦。故取其市名而名之。

磁石又分爲二種。如上所述。由各地之鐵坑所產之磁鐵礦。出自天然者。稱曰『天然磁石』。依人工賦此特性於鋼鐵者。曰『人造磁石』。而人造磁石。有種種之形狀。更別之爲『磁石針』『磁石鍼』及『蹄鐵磁石』三種。

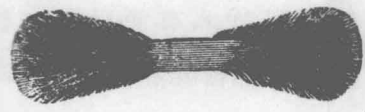
『磁石之吸引力』 磁石與鐵間之吸引力者相互引力也。譬如以一片之鐵。或鐵線。懸垂之。使得自由旋動。若近之以磁石。則其鐵被吸引。又反之繫磁石於絲懸垂之。近以一片之鐵亦然。又磁石吸引之力。未必鐵與磁石相直觸之際。方起此現象。其間即隔以薄紙木片玻璃板之物。亦尙逞其作用也。此事易由實驗證明。如磁石與鐵近接之際。即不以他

物隔之。其間固隔有空氣。是可知其間縱有間隔物。亦逞其吸引力。又於薄木板上。或一紙片上。或玻璃板上。置鐵粉。或縫針。而動磁石於其物體下時。鐵體向磁石而運動。

但磁石之吸引力。非於磁石之各部分。有均等之強度者。通常於其兩端最強。漸近於中央而漸弱。於其中央之部。毫不現其力。此事視所附着於磁石上之鐵粉而可知也。取磁石針沒入於鐵粉中。更取出之。

第 1 圖

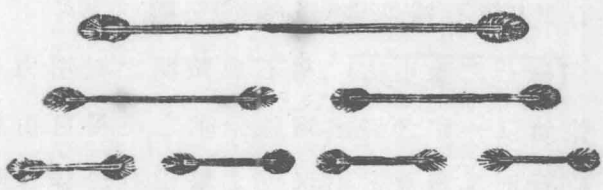
其粉屑最多附着於兩極。漸近中央。逐次減少。其狀殆如第一圖。其吸引力最強之部分。名曰



磁石之極。Poles 毫無吸鐵之部分。名曰『中立線』就第1圖之景況觀之。人或疑若以一片之磁石截斷其中央。則各片已非完全之磁石。必其僅以一端能吸鐵。他端無作用者。但由實驗觀之。其成績全不然。蓋各片皆具有兩極。與中立線。成完全之磁

第 2 圖

石也。若更截其一片。則仍得完全之小磁石片。如第



2 圖所示。(其理詳於後) 又由次之實驗。亦可知於兩極引力最強。如以小鐵丸繫絲而垂之。近以磁石針。視磁石針之位置。鐵丸與磁石針之距離。或遠或近。譬如以磁石針之中

央置於鐵丸之傍。則兩者之距離毫無變化。漸次以磁石之各部分對向鐵丸。則見其惟於兩極向丸時。吸引最強。

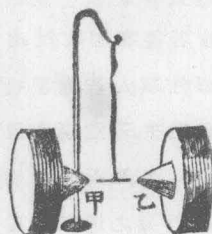
弱力之磁石。雖僅能吸鐵。強力之磁石。即鎳。鈷。亦被吸引。但不如鐵之強盛耳。至最強力之磁石。并能吸引銻。錳。白金。螢石。木炭等。此等能受磁石吸引之物體。名曰 **親磁性體**

Paramagnetic Substance 反之亦有多數物體。不特不能受強力之磁石吸引。且此等物體。遇磁石之兩極。反被逐斥者。此等物體。名曰 **反磁性體** Diamagnetic Substance 實驗之可以物體之小杆。用細絲懸垂之。近之以最大之磁石。使其兩極近於小杆時。在親磁性之物體。則其杆軸與連結兩極之直線。取同一直線之位置。反之於反磁性之物體。其杆軸對兩極之連結線。取直角之方向而靜止。但實驗之際。每虞空氣動搖。須在小玻璃盒中實驗之。

驗各種物質親磁或反磁之法 (一)物質之爲固體者。須以其物作一長

條或一長方塊。或盛一器。而置於磁條兩反對極之間。極上各鎮軟鐵一塊。如第3圖甲乙。若物條爲親磁性。則其軸與甲乙線同向。如第3圖。若物條爲反磁性。則其軸與甲乙線成九十度之角。如第4圖。驗得紙。火漆。鈣弗石。筆鉛。炭。有親磁性。磁。鎳。錳。錫。水銀。鉛。銀。銅。金。鈾。水晶。玻璃。磷。碘。硫黃。糖等物。有反磁性。

第 3 圖



(二)物質之爲流體者。可以其少許盛於玻璃管。而置於電磁兩極之間。而觀其對磁極之位置。若管軸與極線成九十度之角。則知其液體有反磁

性大概各液體除含鐵者外，皆有反磁性。惟血雖含鐵，而有反磁性，或以液體少許，盛於玻璃之薄片，而置於電磁兩極之上。如第 5 圖通電流，則軟鐵之兩端顯磁性。凹玻璃上之液體，因磁性而生變形。試驗時，若用水或硫酸，則

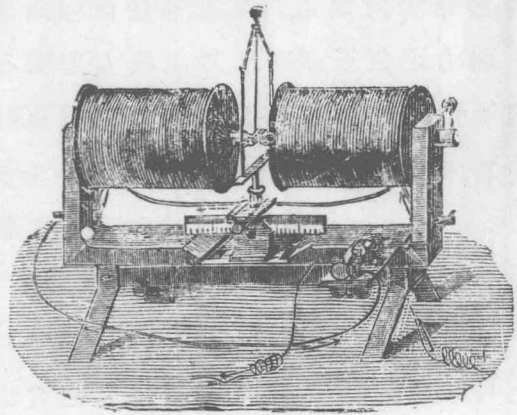
水點凸起，如甲圖，蓋為磁力所推也。若試以微有磁性之液體如綠化鐵，則中間凹下，如乙圖，蓋為磁力所吸也。惟其凸凹之形甚微，須以鏡顯之。

(三) 物質之為氣體者，以之畧雜有色之氣，或吹氣泡使在電磁兩極之間上升，以察其被吸或被推之現象。若試驗以碘氣或輕氣，則被推。若試驗以養氣，則養氣微有磁性當被吸。惟養氣之熱度若甚高，則有反磁性，而被推。養之為液體者，觀磁性頗大，若近置磁極之旁，則飛粘磁上，俄而化氣散去。若燃燭而置於電磁兩極之間，則被推如第 6 圖。凡火皆然，而被推有大小之別，松香火及其所發之煙被推最甚。

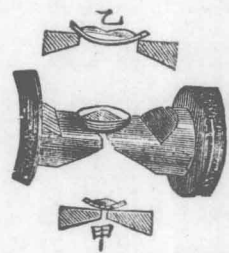
磁石之指向力

得自由旋轉之磁石，其一極常指北方，他一極常指南方，故其前者為北極 North pole 後者為

第 4 圖



第 5 圖



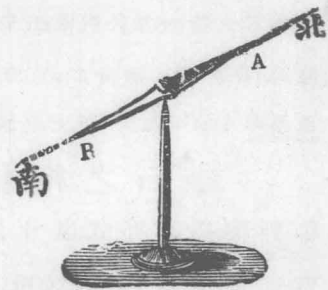
第 6 圖



南極 South pole 亦嘗稱曰 N 極 S 極。

自由旋轉之磁石。或如第 7 圖所示。於磁石鐵之重心。以黃銅或瑪瑙製小帽。安置於直立杆之尖端上。一極指南。一極指北。又或以瓶塞木片浮水面。置磁石鍼於其上者亦然。此等磁石。即由其指南北之方向。移於他方向。二三回振動之後。仍復故位。

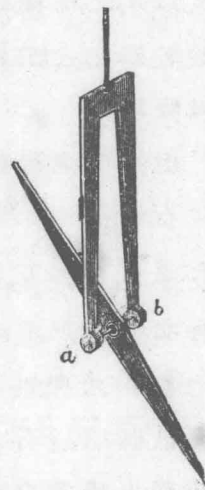
第 7 圖



自由旋轉之磁石。非必直指北方者。或稍偏於西。或稍偏於東。磁石鍼常因子午線變其指向。是名曰偏倚。

又不止南北之方向。不能定其位置。亦因地方。其北極稍向下方者。即比地平面傾斜。地平面與磁針之間。生角。是名曰『傾斜角。』於北京傾斜角約六十一度。於英國約六十七度。第 8 圖即示磁石鍼之傾斜者。以絲繫黃銅製之叉板垂之。(第 8 圖)其下端設水平軸 a b 。使貫通磁石針之重心。今此磁石針沿水平軸使得上下旋轉。至靜止時針之方向。比水平總不免略有傾斜。

第 8 圖



磁石之偏倚及傾斜。非於同一地方常

均等者。因時而變。常各異。又即兩者共在同一之時間。因地而變亦各異。

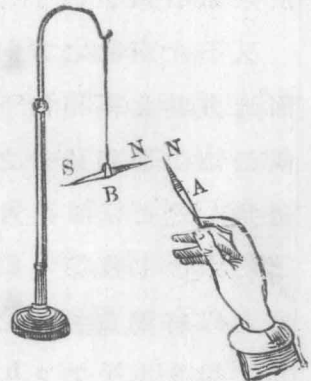
磁石之指向力。於我國三千年來已知之。故在陸上旅行遠路者。皆用羅盤鍼。(詳於後文偏倚之節)於歐洲至紀元後千二百年始發見。其羅盤鍼亞墨非 Amalfi地方(伊太利國之一市)之商人。始用以航海。

2. 磁石之相互作用 磁石不止於鐵有作用。即對他磁石亦逞其作用。凡磁石之同名極(北極與北極或南極與南極)互相推斥。異名極(北極與南極)互相吸引。是於千五百五十年德國赫脫曼 Hartmann氏所發見也。

實驗之可以 A B 磁石針二個。 第 9 圖

吊 B 以絲。水平垂之。若以 A 之北極。近於 B 之北極。則見其互相斥。又以 A 之南極。近於 B 之南極亦然。若以之近於他之北極時。則互相吸引。

由推吸之理觀之。自由迴轉之磁石。恆指南北者。必地球當爲一大磁石。其北方有南極磁氣。南方有北極磁氣者也。

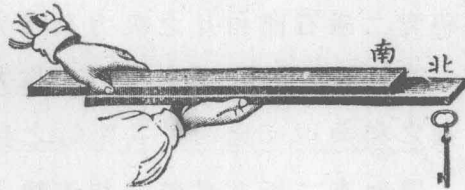


應用此理。則磁石兩極。有不明其南北者。得判明之。即以所欲試驗磁石之兩端。近於能自由旋轉磁石針之兩極。例如所近磁石之一端。推斥針之北極時。乃該端含有北極性

磁氣之證也。推斥南極時。乃該端含有南極性磁氣之證也。但若近於磁石之兩極者為鐵片。則近磁針之極。悉被吸引。不能決定其鐵為關於磁氣之何極。故欲檢鐵之已成磁石與否。可以鐵之一端近於磁石之極。見其吸引。再以鐵之他端。更近於同一極。若能推斥。則足徵其鐵為磁石。若亦被吸引。則此鐵非磁石之證也。

以磁石針之同名極相重疊時。互幫助其強。若使其異名極重疊。則兩極均和。而吸引力漸小。即如兩極之強若均等。則全均和。一極或比他一極弱時。其弱極因強極而均和。強極衰弱蓋其一部分因弱極而均和也。實驗之。如第10圖以磁條一。吸一鐵鑰於其上。近以與吸鐵鑰之極同強之反對極。至兩極漸近。吸鑰之力遂漸小。及兩極併在同處。全均和而無力。鐵鑰下墜。

第 10 圖



3. 磁氣量 研究磁石之作用。於各磁石之兩極。要定磁氣之量。以北極與南極互呈反對之作用。故若以一方為正量。則他方為負量。通例以北極之方為正。以南極之方為負。

測磁氣量之法 比較二磁石之極磁氣量之多少。可由此兩磁石之一極。作用於第三磁石之一極者。費力之大小

而比較之。例如有甲乙丙三磁石。觀測其甲之北極。與乙之北極。及於丙一極之力。若其於同距離時不論吸引與推斥。常呈同樣之現象者。則甲乙二極所有之磁氣量互相等。若甲及於丙之力。為乙及於丙之力之十倍時。(此理亦如第一編測力及質量之方法)則甲之磁氣量。為乙之磁氣量十倍。

又由此方法。實驗一磁石南極之磁氣量。與其北極之磁氣量。可知其相等也。

注意 於上之實驗。用以測磁氣量之磁石。要細長。蓋一磁石必有南北兩極。欲除去其一極。固勢所不能。但磁石兩極之距離遠者。其作用殆消滅。故 S 極與丙磁石之距離。比 N 極與丙磁石之距離遠者。可看作 S 極無作用。得專驗 N 極之作用。

4. 庫倫之法則 *Coulomb's law* 庫倫由種種實驗。研究二磁石間相互之吸力及推力。得次之定律。

二磁極互相作用之引力及推力。正比例於其二極磁氣量之相乘積。反比例於其距離之自乘。

譬如有二極。其磁氣量相等於 1 糵之距離。以 1 功之力作用時。則各極以所有之磁氣量為磁氣量之單位。依上之法則。以數學的表之如次。

$$f = \frac{mm'}{r^2}$$

m 及 m' 為於任意二極之磁氣量。 r 為其間之距離。 f 為其時作用於二極間之吸力或推力。

就上式思之。二磁極互相作用之引力及推力。其正比例

於二極磁氣量之相乘積。尚易推及其理。其反比例於距離之自乘者。殊難知其所以然。茲就庫倫所行之實驗舉之如次。

凡使振子振動。其力之強。正比例於其振動數之自乘方。庫倫氏即應用此理。如第11圖所示。用一小磁石鍼 $n s$ 。繫以細絲懸垂之。使得於水平面自由振動。今先使單獨振動。與他磁石毫無關係。得一定之振動數 Z 。然後距振子之中央點一粉之處。以約一米突長之磁石釘 N 極對磁針之 S 極置之。更使振動振子。於同時間中得不同之振動數 Z_1 。是蓋前雖僅有地球磁氣力。(詳於後)後加之以磁石釘之力故也。茲示地球磁氣力以 f 。加磁石釘作用時為 f' 。則 f 與 f' 之比如次。

第 11 圖



$$f' : f = Z_1^2 : Z^2$$

更引磁石釘於二倍(2粉之處)之距離。使振子 $n s$ 振動。又得不同之振動數 Z_2 。示此時之力以 f'' 。則得下式。

$$f'' : f = Z_2^2 : Z^2$$

是故於一之距離磁石釘之強。與於二之距離磁石釘之強之比。當等於其差之比。

$$f'' - f : f' - f$$

今於一分時間 Z 爲 15 振, Z_1 爲 41 振, Z_2 爲 24 振, 以之代入上式之值當如次。

$$\frac{f' - f}{f'' - f} = \frac{41^2 - 15^2}{24^2 - 15^2} = \frac{1456}{351} \text{ 約 } \frac{4}{1} \text{ 即 } \frac{2^2}{1^2}$$

(注意) 就庫倫之法則所定磁氣量之單位, 亦如第一編所定力之單位者, 故上所表之數學式, 詳細言之當如次。

$$f \propto \frac{mm'}{r^2}$$

$$f = k \frac{mm'}{r^2}$$

惟以二極之磁氣量相等, 且於一種之距離, 以一功之力作用之, 故以二極之磁氣量, 爲磁氣量之單位, 則

$$r = 1, \quad f = 1, \quad m = m' = 1,$$

故代入上式, 則

$$1 = k \times \frac{1 \times 1}{1} \quad \therefore k = 1$$

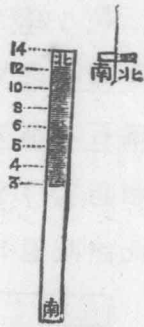
是當制定磁氣量之單位時, 常數 k 爲 1, 乘 1 與不乘等, 故

$$f = \frac{mm'}{r^2}$$

依法拉特之實驗, 二極間之力, 因在其間物質之種類而異, 上所記磁氣量之單位, 不過由於空氣中之磁力而定者。

f 爲推力時, 則以 $m m'$ 爲同符號, 故 f 爲正, f 爲引力時, 則以 $m m'$ 爲異符號, 而 f 爲負。

磁石中遊離磁氣之配布 庫倫又以振動法測定於磁石各點之磁石力，據其試驗之結果，於中央部位無磁力，其近傍磁力仍弱，惟近於兩端，磁力則強，茲仍如前法以磁針在磁石針之端振動時，其振動數每分設為十四次，次移磁針於稍下處，更使振動，設為每分十二次，復稍移下而得十次，如是者若干次，所移下之遠近皆相等，末移至中點，磁針每分振動三次，蓋此時磁石針雖毫無作用之力，而有地磁力也，設移去磁石針而磁針仍振動如故，因磁力之強，正比例於振動數之自乘方，故應用前式。



於第 1 點 磁力與	$14^2 - 3^2$	即	187	為正比例
於第 2 點 ,, ,,	$12^2 - 3^2$,,	135	,, ,,
於第 3 點 ,, ,,	$10^2 - 3^2$,,	91	,, ,,
於第 4 點 ,, ,,	$8^2 - 3^2$,,	55	,, ,,

設於磁石針南北極之點起至中央，劃等點作直線，而以 187, 135, 91, 55,

等數代其長，連結直線，末端所得之曲線，如第 13 圖，則知磁石力各點之強弱，又由其長短之各垂線，求其南北之合力，此兩合力之著力點，當有一定之處，且并不在其兩端，如右圖之著力點 a, b 即磁石之極也。

