

密爾根 蓋爾

實用物理學

下 冊

周昌壽 高銛譯

商務印書館發行

密爾根 孟剛

實用物理學

下 冊

PRACTICAL PHYSICS

MILLIKAN AND GALE

商務印書館發行

1940

第十二章 磁^①

磁石之一般性質

264. 磁石.

鐵礦之一種曰磁鐵礦(Magnetite (Fe_3O_4)) 者,能吸引銅鐵細屑,此事實數百年前已爲人知,此種礦物,最初發見於德沙利 (Thessaly) 之瑪革尼西亞 (Magnesia) 省,故名 Magnetite. 凡具有此種引力性質之礦片,稱爲自然磁石 (Natural magnet).

取鋼一塊,用自然磁石磨之,即可得人造磁石 (Artificial magnet),亦自古已知,至若懸掛之磁石可指南北方向之一事實,直至十二世紀始爲人所發見,因具此性,天然磁石始得其指南石 (Lodestone) 之名,各種磁鐵,不問其爲天然與人造,因此遂應用之以決定方向,於1190年歐洲始有羅盤 (Compass),係由中國輸入(參閱第249頁對面插圖旋迴羅盤).

現今之磁石多用鋼條製成,其法係用一磁石沿同一方向在鋼條上摩擦若干次,或以電流通過鋼條之周

① 在教授此章之前,或同時須課以磁場及磁石之分子性之實驗,參照著者實驗書中之實驗25及26.

圖,其詳細見後.圖 205 爲棒磁石(Bar magnet).圖 206 爲蹄形磁石



圖 205. 棒磁石



圖 206. 蹄形磁石

形磁石 (Horse-shoe magnet). 此種蹄形磁石最爲普通而又最便於舉重.

如以磁石入鐵屑,則見屑粘磁棒,兩端最多,近中漸少(圖 207). 棒之兩端近傍爲引

力最強之處,名之曰磁石之極

(Pole of magnet). 將一磁石懸

住,任其自由旋轉,其指北方之一端 N 稱爲指北極(North-seeking pole),或略稱北極(North pole),其指南方之一端 S 稱爲指南極(South-seeking pole),

或略稱南極(South pole). 羅盤指針 (Compass needle) 所指之方向,謂之磁子午線 (Magnetic meridian).



圖 207. 棒磁石吸引鐵屑

265. 磁力定律.

由上述鐵屑之試驗,兩極之作用間並無差異,實則不然,如用兩磁石,即可見之.將兩者之中任取其一懸之,如圖 208. 如以兩 N 極接近,則互相斥;同樣,以兩 S 極相

接近,亦然.但若以一磁石之 N 極與他一磁石之 S 極接近,則互相引.由此實驗得一般定律曰:同極相斥,異極相引.

兩極在空氣中互相作用之力,等於極強 (Pole strength) 之乘積以距離之平方除之所得之商.

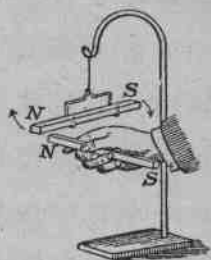


圖 208. 磁石之相引及相斥

完全同樣之兩磁極,彼此距離一吋,相互作用之斥力等於一達時,此種磁極,稱為單位磁極 (Unit pole).

266. 磁性物質.

鋼鐵等物質,磁性(Magnetic property)獨著.鎳與鈷惟強磁石稍能吸引.至若鋁,錫及少數物質,則不特不呈吸引性質,轉被斥退,不過其力亦甚微弱而已.近世發明由完全不具磁性之數種物質,造成一種齊 (Alloy),可以得極強之磁性.例如銅 65%, 錳 27%, 鋁 8% 混合而成之齊,具有極強之磁性.此種齊稱為惠斯勒齊 (Heusler alloy).然在實用上,則惟鐵與鋼為惟一之磁性物質 (Magnetic materials).

267. 磁誘導.

以棒磁石之一端，吸一小鐵釘，釘即成為磁石，其下又可吸第二釘，以至第三，第四皆可次第連接，如圖 209。但如用力由磁棒將第一小釘分開，則各小釘皆立脫落。可知鐵釘須與磁棒附着時，方有磁性，離之即無。無論何種軟鐵片，皆可以使其與永久磁石 (Permanent magnet) 接觸，即變成暫時磁石 (Temporary magnet)。且不必實在

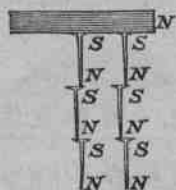


圖 209. 由接觸而生之磁誘導

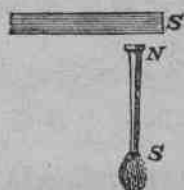


圖 210. 不由接觸而生之磁誘導

附着，即在永久磁石之近傍，亦可成磁石。如以鐵釘持近磁極之一端，則其他端亦可吸取鐵屑，如圖 210，即其明證。雖有玻璃片銅片以及鐵以外之他種物質，介在 S 與 N 之間，對於 S' 端所吸住之鐵屑數並不生變化。由此可知磁石之磁力可透過非磁性之物質。然若一旦將永久磁石取去，大多數之鐵屑，亦隨即落下。

凡僅因隣近有磁石存在而生之磁，不問其與原有之磁石接觸與否，通謂之誘導磁 (Induced magnetism)。如就圖 210 所誘導之鐵釘，用一羅盤針 (Compass needle) 檢

之，則見與磁棒相隔較遠之 S' 端，與磁棒之 S 極為同極；與磁棒相隔較近之 N 端，與磁棒之 S 極為異極。此即誘導磁之一般定律也。

由上述之磁誘導可以說明磁石能吸引未曾磁化 (Unmagnetized) 之鐵片之理。因當鐵片接近磁石時，先受誘導作用，亦具磁性，故其與原有之磁石接近之一端成為與原有磁極異性之極，其較遠之一端成為同性之極。因異性之極與原有磁極相隔之距離，較同性者為近，故引力勝過斥力，鐵片乃被吸至原有之磁極上。磁誘導又可說明圖 207 所示之鐵屑被吸之現象。因各鐵屑與磁石接近後，受誘導作用，化為暫時磁石；其與原有磁石接近之端成為異極，他端成為同極。其尾部之所以成為叢狀者，實由其外端自由之極彼此互相斥逐所致。

268. 保磁性及透磁性

軟鐵受磁誘導作用，可立成為甚強之暫時磁石，但若一旦將原有之磁石移開，立即全失磁性。反之，硬鋼之誘導不如軟鐵遠甚，然一旦受誘導以後，雖取去磁石，仍能保持磁性之大部分。此種阻礙磁化及保留磁化之性，曰保磁性 (Retentivity)。鋼鐵較鑄鐵之磁性大，而鋼鐵愈堅硬者，其保磁性亦愈大。

凡受永久磁石之誘導作用，成爲強磁性之物質無論其保磁性之大小何如，皆稱之爲具有高度之透磁性 (Permeability)。例如鐵則較鎳之透磁性爲高。

269. 磁力線。

若能將小磁石之極 N, S 分開，使 N 極單獨存在，則將此單獨之 N 極接近磁棒之 N 極時，必沿一曲線之路，如圖 211，而行至 S 極，其所以能沿一曲線運動之理，實因此獨立之 N 極同時既受磁棒 N 極之斥力，又受其 S 極之引力所致，此兩極作用之兩力關係，視其與兩極所隔之距離之遠近而定。

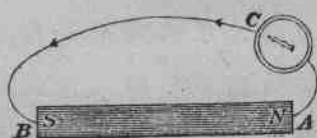


圖 211. 磁石所生之力線

欲確定此理，可用一磁化之縫針，穿插軟木塞，漂浮水盤內，更用一磁棒置於盤底或盤上，如圖 212。此針可視爲與一單獨之磁極相似，因其其他一端之磁極，與磁棒相隔之距離既較遠，故其所受之力亦必甚小，木塞在水面即沿曲線由 N 運動至 S 。



圖 212. 在磁石近傍之獨立磁極運動之方向

凡獨立之 N 極從 N 至 S 所經過之路線，謂之力線 (Line of force)。欲尋出磁石近傍任何一點之力線之方

向,最簡便之方法係用一羅針,置於所求之點,此時羅針之方向必爲沿一獨立磁極所欲運動之方向,即經過此點之力線(見圖 211, C)。

270. 力場.

磁石周圍,凡爲磁力所及之空間,謂之力場(Field of force).若欲知磁力場內力線佈置形狀,最便之方法,即置紙於磁石下,而篩鐵屑於紙上,鐵屑受誘導作用而成暫時磁石,各沿其力線方向排列,一如磁針然。圖 213 示磁

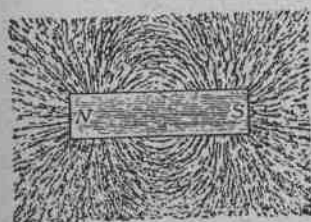


圖 213. 磁石附近之鐵屑排列狀況

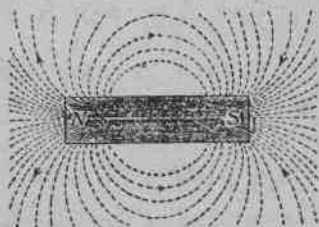


圖 214. 棒磁石之磁場理想圖

棒週圍之鐵屑形狀。圖 214 乃一理想圖,表示力線由 N 極出發經由曲線通路以達 S 極之狀況。習慣上想像此種力線皆由 S 極經過磁石內部復回 N 極,即各曲線莫不成爲閉曲線(Closed curve)。法刺對(Faraday)首創此說,對於說明磁學上各種現象頗得其助。

單位強度之磁場(Magnetic field) 即單位磁極在場

內受 1 達之力作用時之磁場，習慣上多用圖示法，即在磁場內作一平面 $ABCD$

(圖 215)，使與力線之方向成垂直，在此平面上每一平方厘米中作一力線，如是之磁場謂之單位磁場。如在圖 215 之 N 與 S 之間，置一單位磁極 N ，而此單

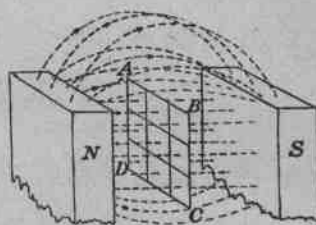


圖 215. 磁場強弱以每平方厘米中所含之力線數表之

位磁極受 1000 達之力被推向 S 極，則磁場之強度當為 1000 單位，當於每一平方厘米內作 1000 力線表之。

271. 磁之分子性質.

用一試驗管，內充鐵屑，更用一磁石自管之一端至他端沿同一方向摩擦若干次，全管隨即成一磁石。但若將管略微振盪，磁性即失。如以磁化後之縫針入火燒至紅熱，亦即全失其磁性。即不用火燒熱，僅用錘擊之，又或絞或扭之後，其能吸之鐵屑之量亦銳減，即其磁極之強度，亦因之而減。

由此可知物體之磁性，與其分子之佈置狀況，大有關係。因磁石之分子，一受激烈之振盪，其磁性即減弱故也。又如將磁針折斷，則各段皆成一完全磁石。斷處現為

兩新極。原有 S 極之一段，其新極為 N 極，原有 N 極之一段，其新極為 S 極，如是折而又折，以至無窮，而效果仍同，如圖 216。由此可知磁石分子，必自



圖 216. 磁石折斷後之結果

成一小磁石，平行排立，各以異端相接。

若以未受磁化之硬鋼一片，置於磁石之中央，用力錘擊之，或燒紅後置於其中央以俟其冷，鋼即磁化。由此可知全鋼雖未經磁化，而其各分子則本為磁石，故磁化 (Magnetization) 作用，不過使其分子排列成一整齊之行，各異極互相啣接而已，正與試管中之鐵屑成為特殊之排列狀況同。

272. 磁之理論。

未經磁化以前之鋼條，其各分子雖皆各為一小磁石，但其排列狀況，錯亂萬般，如圖 217，以致全條之異同



圖 217. 未磁化之鐵棒之分子排列

各極之作用，恰相抵消，若移近磁石，則其分子受外磁力作用，旋轉其排列狀況，如圖 218。僅中央之各分子之相

反之極互相抵銷，由此可知加熱與打擊可使磁石減少

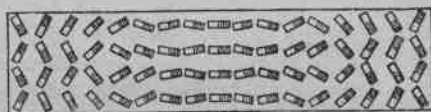


圖 218. 磁化後鐵棒之分子排列

其磁性者，實因其分子被震後，排列狀況，由整而亂所致。然若將鋼條置於兩極之間，然後加熱，或打擊之時，即能助外界之磁力，使鋼條內之分子之排列，由錯雜而整齊，故足以助磁化之作用。軟鐵之透磁性較硬鋼為大者，不過其分子易於改變方向而已。鋼之分子既已排列成行後，即不易錯亂，故其保磁性較軟鐵為高。

273. 飽和。

更有一事足以證明前節所述，即鋼鐵等質之磁化程度，各有一定之界限，既達此限後，無論用若何強大之

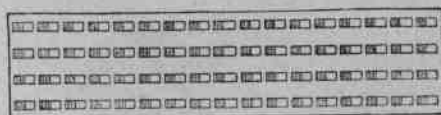


圖 219. 飽和磁石分子之排列

磁化力，亦不能使其更進一步。此界限大約即在各分子之軸盡成平行之時，如圖 219 所示，既達此限，謂之飽和

(Saturation),因磁化已達其所能達之極限故也。

地磁

274. 地球之磁性.

由磁針恒指南北之事實,可以推知地球自身亦必爲一大磁石.其 S 極在地理的北極 (Geographic north pole) 近傍,其 N 極在地理的南極 (Geographic south pole) 近傍.蓋地球之極與懸掛之磁針之極必互相反;便利上既定磁石指地球北極之極名爲 N 極,故地球自身之北極,必爲 S 極也.在地理的北極近傍之地磁極係於 1831 年 洛斯 (Sir James Ross) 所測定者,在 加拿大之布剔亞腓力士 (Boothia Felix) 地方,即北緯 $70^{\circ}30'$, 西經 95° 處.其後於 1905 年,更經 亞夢德森 上校 (Captain Amundsen) (即地理的南極之發見者, 1912 年) 測定其點,較前所測定者略西,爲北緯 $70^{\circ}5'$, 西經 $96^{\circ}46'$, 或係地球之磁極漸次移動所致.

275. 方位角.

往昔用羅盤者,已知磁針非指正北,當 哥倫布 首次往 美洲 時,始發見羅針方向,因地而異.當時同行者莫不爲之震驚.磁針變易其方向之主要原因,即在磁極與地

球兩極並非完全一致，他如附近之鐵礦，對於磁針有時亦生局部的影響，磁針與正南北線之偏差度數，謂之方位角 (Declination)，在地表面上將方位角相等之各點連結而成之線，謂之等方位線 (Isogonic lines)。

276. 伏角。

取一未經磁化之縫針 a (圖 220)，穿過軟木塞，再穿一針 b ，與針 a 成直角，務使兩針互相緊接，再以針 c 釘於適當處，使 a 指東西方向時，全部恰平衡於軸 b 上，然後以強磁石之 N 極輕磨針 a 一端，而以同磁石之 S 極磨其彼端，磨法皆自中央出發達於端為止，後再將支架移轉，使針 a 指南北方向，即見 N 極下俯，而與水平線成一角度，其角度在 60° 與 70° 之間。

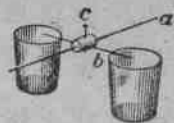


圖 220. 示伏角之裝置

由此試驗，可知地球磁線於此緯度與地面成一大角，地球與磁線方向所成之角曰伏角 (Dip 或 inclination)，其角在華盛頓為 $71^\circ 5'$ ；在芝加哥為 $72^\circ 50'$ ；若在磁極處，當然等於 90° ；若在磁赤道 (Magnetic equator) 處，則為 0° 。磁赤道為一不規則之曲線，即在地球赤道近傍。

277. 地球之誘導作用。

地球之作用正如一磁石，更可以下法證之。

取一銅棒或三足棒持定之，便與地球磁線平行(即將向

北之一端傾下，約成 70° 或 75° ，用錘擊之數次後，即見棒成磁石，較高之一端成爲 S 極，與地球北極相同，而較低之一端則成爲 N 極。若將棒之方向顛轉，再用錘擊之，則其磁極亦反其方向。如將棒置於東西方向擊之，則失其磁性，蓋其兩端均受磁針之吸引故也。軟鐵之保磁性較鋼爲小，故此試驗以軟鐵棒爲之，較用鋼棒，當更覺滿意。

問 題

1. 試繪圖以示下二者之力線：(1)兩棒之異極間，(2)同極間。
2. 試設法作一試驗，使鐵之吸磁石正如磁石之吸鐵。
3. 用磁石驗針之已否磁化，何以必先見其相斥而後始能確知其磁化？
4. 將釘頭置於磁石之北極近傍，試繪此釘與磁石之圖，並由北極畫一閉線通過此釘，以表示力線。
5. 試用磁誘導作用作基電，說明磁石吸軟鐵之程序。
6. 蹄形磁石之兩極間，若加一軟鐵片，則磁性之經久較未加鐵片爲佳，試由誘導作用說明之（見圖 218）。
7. 第 276 節實驗所用之針，於未磁化之前，必東西置之，使其平衡，其故何在？
8. 置普通磁針於地球之磁極上，當顯何作用？置測伏角之磁針於此點，又當顯何作用？
9. 以磁針之南極接近蒸汽輻射器 (Steam radiator) 之上端，則受斥力作用，然則蒸汽輻射器上端必爲一 S 磁極可知，究係何故？
10. 試舉二事，證明地球爲一磁石。
11. 設有一磁極，其極強爲 80 單位，與另一 30 單位強之同極之間，相距 20 呎，其間作用之力爲若干？

第十三章 靜電

帶電之一般事實

278. 摩擦起電。

取一硬橡皮(Ebonite)棍或火漆(Sealing wax)棒,用法蘭絨或貓皮摩擦數次後,持至乾木髓球(Pith ball)或紙屑近傍,則皆飛附於其上。此種引力現象,於冬日用膠皮梳(Rubber comb)梳髮時,亦常見之。此類事實,紀元前600年即已知之。該時希臘人泰利斯(Thales)謂以絲絹擦琥珀,即能吸取輕物。其後直至1600年,近世電磁學之鼻祖,依利薩伯女王(Queen Elizabeth)之御醫,吉爾伯特始發見不僅絲絹擦琥珀如此,其他物質,如絲絹與玻璃,火漆與絨布,硬橡皮與貓皮等相擦莫不皆然。

吉爾伯特(見第248頁對面插圖)名此效應曰帶電(Electrification),係由希臘字 Electron 得來,其意即琥珀(Amber)也。凡物如琥珀之類,由摩擦而生吸取輕物之現象,謂之帶電,或曰充電(Charged with electricity)。然此並未論及電(Electricity)自身之性質,所謂充電之物體,不過謂物體具吸引輕物體之狀態,如曾受擦過之琥珀或火漆而已。吾人至今尚不能確知電之性質,然支配其作用

之定律，則已熟知之，以下各節即此等定律。

279. 陽電及陰電。

取一木髓球用絲線懸之，如圖221所示，以絹絲擦過之玻璃棒觸之，該球即受有作用，與玻璃棒相斥甚烈。其次更以貓皮或法蘭絨擦過之火漆棒或膠皮棒近之，則爲狀恰相反，不特不受斥力作用，且轉受引力作用。同樣，若先用火漆棒接觸木髓球，則對於火漆棒即生斥力作用，而對於玻璃棒則生引力作用。又若用兩木髓球實驗，如兩球皆係與玻璃棒接觸過者，則彼此相斥；如其一係與膠皮棒接觸，其他係與玻璃棒接觸過者，則彼此相引。

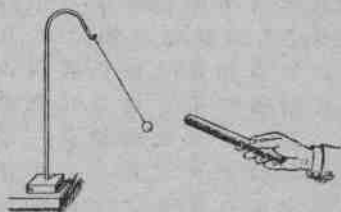


圖 221. 木髓球檢電器

由此可知用絹絲擦過之玻璃棒上所生之電，與用法蘭絨擦過之火漆棒上所生之電，性質相反；帶電體之受引力作用於此者，必受斥力作用於彼。故知帶電現象共有互相反對之兩種，對於此兩種吾人名其一曰陽電 (Positive electricity)，名其他曰陰電 (Negative electricity)。即帶陽電之物體對於其他帶電體所生之作用，與曾經用絹絲擦過之玻璃棒相同，帶陰電之物體對於其他帶電體所生之作用，與曾經用法蘭絨擦過之火漆棒相同。更可換言之如下：同類之電彼此相斥，異類之電，彼此相引。至