

第三卷

物理器械實驗
法及其原理

顧燮光書

物理器械實驗及其原理

第八編

磁 氣 學

磁 鐵 礦

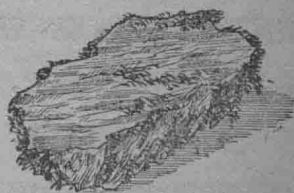
Magnetite, or Lodestone.

用途 磁鐵礦，舊稱慈石。俗名吸鐵石。又名天然磁鐵。供證明磁鐵具有磁性之事實。並為製作人工磁鐵之始基。

產地及形性 磁鐵礦為製鐵最佳之原料。世界各地。蘊藏極富。而尤以歐洲之瑞典挪威，及北美之坎拿大，紐約等處為最著名。我國產量亦極豐。如遼寧本溪湖之廟兒溝，山東益都之金嶺鎮。安徽之銅陵，繁昌，當塗等處。皆為磁鐵礦之著名出產地。並已着手開採者。

磁鐵礦屬等軸晶系。常成塊狀或粒狀之八面體。外觀為鐵黑色。略具金屬光澤。條痕亦為黑色。硬度五，五——六，五。比重四，九——五，二。熱以吹管。僅能熔其稜角。遇鹽酸則全被溶解。其唯一特徵。即為具有磁性。惟入氧化焰中熱之。即失去其現磁性之力。其成分為 Fe_3O_4 。即 FeO 與 Fe_2O_3 相和之混合物。如第四六四圖。即天然磁鐵礦之形狀也。

第四六四圖



實驗法 置磁鐵礦於鐵粉中。則鐵粉即緣附其上。不易脫落。又

以熟鐵之小片段移近其旁。即被吸引。若以磁鐵置於鋼鐵條之上。依同一方向連續摩擦數次。則此鋼鐵條。亦遂變成一種磁鐵。能吸引鐵粉及小鐵片。

發明歷史及原理說明

考磁力之最初發明者。實爲吾國。相傳黃帝與蚩尤戰於涿鹿之野。遇大霧不辨方向。黃帝乃製指南車以禦之。成周之初。越裳氏重譯來朝。歸時迷其路途。周公乃作指南針以贈之。則是磁鐵之功用。在數千餘年以前。早已由吾國發明矣。其後希臘時代。小亞細亞人得此法於中國。乃更傳之於歐洲。至於利用活動旋轉之磁鐵藉以辨別南北方向之事實。直至十二世紀時。始爲歐人所發見。而意大利之亞瑪爾飛商人用羅盤以航海。聞其器亦係由中國輸入云。(按磁鐵礦西名瑪格奈脫。其命名之由來。乃緣最初發見此礦物之處爲小亞細亞之瑪格奈西亞 Magnesia 地方也。)

磁鐵礦所以能吸引鐵質之原理。目前雖尙未能與以充分之說明。惟其本質既屬於鐵。故知凡係通常之鐵。亦定能使之變成人工磁鐵。令其效力與天然磁鐵無異。或且過之。物理學家對於各種磁鐵。無論其爲天然產出。或係人工製成。凡具有此種特異之力者。概稱之曰磁力。名此特異性質。即謂之磁性。推論其所以具有此特異性質之原因。即謂之磁氣。

磁鐵礦所能吸引之物。除鐵以外。尙有鈷，鎳，錳，等數種。就中以鐵爲最富於此性。鈷，鎳，錳，等次之，凡此等金屬能被磁鐵所引者。概稱之曰親磁性體。反之，如鉍與銻等。一遇磁鐵。不惟不能被吸引。且反爲所排斥。故此等金屬，即謂之反磁性體。下列之表。即示磁性之大小。凡位置在前方者。其磁性最大。在後方者則漸次減弱。例如親磁性體。鐵爲最大。白金爲最小。反磁性體以鉍爲最大。砒爲最小也。

(A)親磁性體 鐵 鎳 鈷 錳 最良灰鹼 玻璃 白金

(B)反磁性體 鉍 銻 水銀 含鉛玻璃 水 金 酒精 砒

磁 鐵 條

Bar Magnets,

用途 磁鐵條，又名棒磁石。爲人工磁鐵之一種。供試驗關於磁氣上學各種現象之用。

構造 物理學上所用磁鐵條。分圓形及方形二種。以二條爲一組。

如第四六五圖。係以長短厚薄

第四六五圖

相等之方形磁鐵條兩條。平行

裝入於木箱中者。其每一鋼條

之兩端。各鑿有 N 及 S 字樣。

用以表明磁鐵之兩極。並於兩

鋼條各端齊頭處。均附以熟鐵一小塊。使之相接觸。如圖中之 (A) (B)。

是名啣鐵。



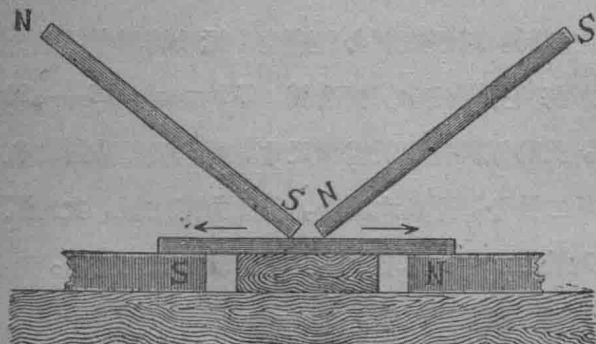
製作法 製磁鐵之原料。以鋼鐵中含有適度之錳及磷質者最爲合宜。如欲製耐久磁鐵。宜於每百分鋼鐵中。使含錳 (Tungsten) 16—20 分。稱曰錳鋼。製作之前。先將原料截成所需要尺寸。(通常供試驗用之磁鐵條。長約二十公分。寬約二公分。厚約六公釐。)令成方形之條。次入爐火中煨之至薄赤色。復投入於冷水中。俾增加其堅度。取出拭乾備用。

製磁鐵以摩擦法最爲簡便。而摩擦法中。又有一磁單摩與兩磁分摩之別。所謂一磁單摩法者。狀如第四六六圖。取鋼鐵條橫置於桌上。以一手

執(C)磁鐵條中段。令保持其垂直之勢。將其一端。(例如N極之端)與鋼鐵條之(A)端相切。次乃用力在鋼鐵條之面。向下摩擦之。迨達至(B)端時。即將(C)磁鐵條舉起。重復如前行之。約至三四十次為止。再將鋼鐵條翻轉。仍依前法行之。其摩擦次數必須與正面相同。則此時鋼鐵條之(A)端。即成S極性。(B)端則成N極性。而第二之磁鐵條於以製成。至於兩磁分摩法。狀如第四六七圖。先置磁鐵兩個於桌上。相距約十公分。須

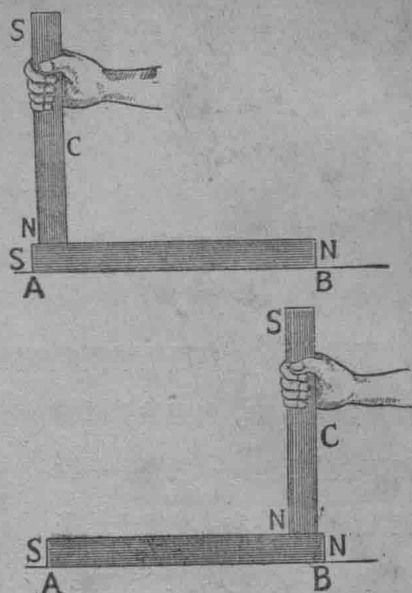
令NS兩極相對。並於中間隔以木塊。次乃以鋼鐵條架於其上。於是以兩手各執一強力之磁鐵條。其一以N極向下。其一以S極向下。分切於鋼鐵

第四六七圖



條之中段。惟不可使互相接觸。乃依矢形所示方向。分向左右兩端摩擦數十次。再將鋼鐵條翻轉。如前法行之。則其所得磁力。當較一磁單摩法為強。

第四六六圖



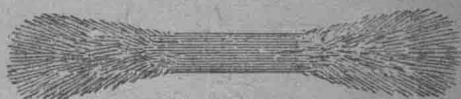
外。將鋼鐵條納入圓筒中。乃通強電流於導線之兩端。則鋼鐵條即變成磁鐵。於是暫時停止通電。旋復通以電流。如是廣續行之數次。則此鋼鐵條即成一強力之磁鐵。且其磁力能永久不失。

實驗法 (第一)取鐵絲或鐵條，懸垂於架上。以磁鐵條近之。則鐵絲或鐵條。忽被吸引。反之，若將磁鐵懸垂於架上。而以鐵絲或鐵條近之。則磁鐵條之被吸引。亦同於前。

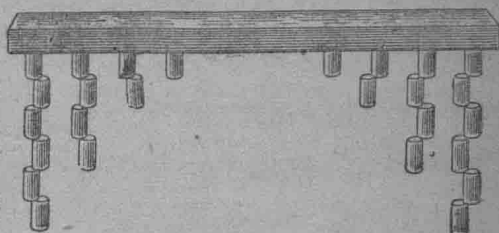
(第二)將磁鐵條投入鐵粉中。旋即取出。則見鐵粉之附着。以兩端為最多。漸至中央。即漸次減少。至正中央處。幾全不附着。

狀如第四六八圖。又以短圓柱形熟鐵條數枚。使觸於磁鐵條之各部。則在其兩端處吸引之數最多。至中央處殆全不能吸引。狀如第

第四六八圖



第四六九圖

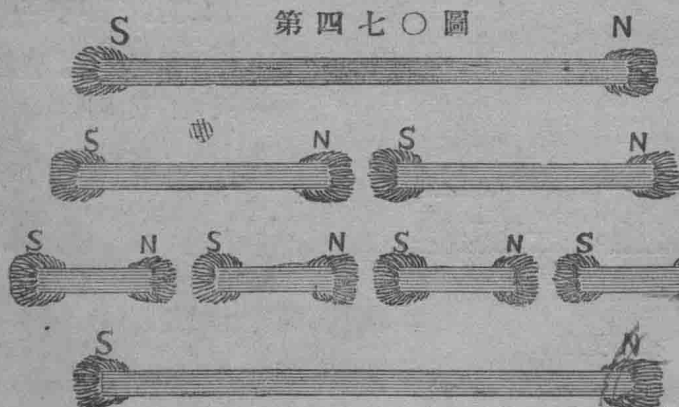


第四七〇圖

四六九圖。

(第三)將

整個磁鐵條，由其中央部截成兩半段。則此兩半段之各端。仍能吸鐵粉或熟鐵條。

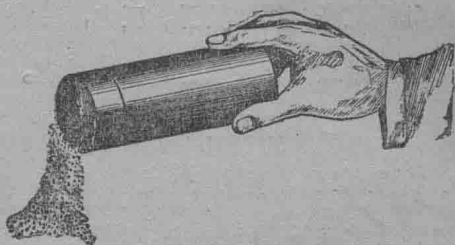


其試驗結果。初不因截成兩半段而有改變。狀如第四七〇圖。

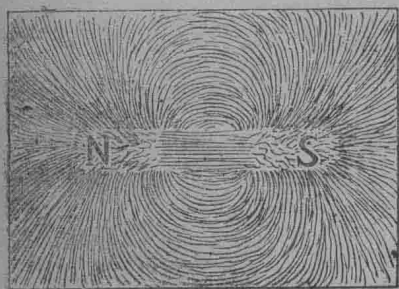
(第四)置磁鐵條於玻片或紙片之下。另於玻片或紙片上置小鐵片，則當小鐵片之位置與其下磁鐵條稍稍相接近時。亦能被其吸引。初不因玻片或紙片之間隔而失其作用。

第四七一圖

(第五)置磁鐵條一枚於玻片或紙片之下如前。另取鐵粉若干投入篩管中。(如第四七一圖。係用細眼銅絲布。緊張於圓筒之一端者。)篩鐵粉於玻片或紙片之上。令成一薄



第四七二圖



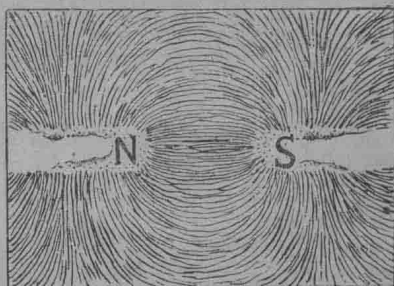
層。以指輕輕擊之。則見玻片或紙片上之鐵粉。當整列為無數之曲線。狀如第四七二圖。次以磁鐵條二枚。令N S兩極相對。如前法為之。則其曲線整列之狀。當如第四七三圖。次又以兩磁鐵同種之極相對。(如N與N或S與S相對)則其曲線整列之狀。當如

第四七三圖

第四七四圖。

原理說明 (第一實驗)係證明磁鐵與鐵間所有之引力。為一種互引之力。蓋不獨磁鐵能引鐵使之相接近。即鐵亦能引磁鐵使之相接近也。

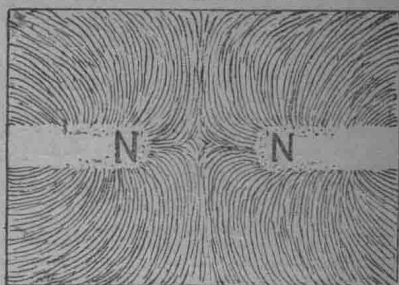
(第二實驗)係證明磁鐵之吸引力。



初非各部均等者。依常例在其兩端爲最大。稱之曰極。漸近中央則漸弱。至中央則全無。稱之曰中帶。

(第三實驗)係證明截成爲數段之磁鐵。能各自成爲一獨立之磁鐵者。故即使再由此析成極細片段。其每一片段。

第四七四圖



亦仍爲一獨立磁鐵。經多數學者研究。均承認，凡磁鐵之各分子皆爲一磁鐵。其南北兩極。係向一定之方向而整齊排列者。

(第四實驗)係證明磁鐵之吸引力。不獨與鐵直接相切時始能發現。即中間隔以任何物質。(除鐵以外)其磁力亦仍能照常透過。毫無阻礙。

(第五實驗)係用鐵粉隔玻片或紙片撒布於磁鐵上，藉此以測知磁場之狀況者。蓋在磁鐵之周圍，凡受其磁力作用之處。謂之磁場。而如第四七〇圖等鐵粉所示之整列曲線。即爲示磁場內磁氣之指力線。凡指力線之集合。以極之近傍爲最密。去極漸遠。則其集合亦漸疏。故視指力線集合之密或疏。即可測知其部磁力之強與弱。又指力線之出發，必始於一種之磁氣所在處。而終於他種之磁氣所在處。凡屬兩個異種之極相對時。其指力線必互相連結。反之，若係兩個同種之極相對時。則由兩極發出之指力線。互相排斥而不連接。觀於第四七三圖及第四七四圖之狀。自可知之。

又鐵粉在磁場內，所以能沿指力線之方向連續而成線狀者。實由於磁力之感應而來。蓋在指力線上之無數鐵粉。此時已各成爲獨立之小磁鐵。其南北兩極。均正在指力線之方向上。且每一鐵粉之北極與其隣近鐵粉之南極相吸引。故能連續而成一線也。

蹄形磁鐵

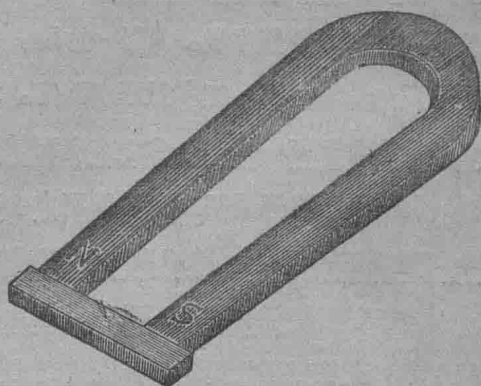
Horse-shoe Magnet,

用途 蹄形磁鐵，舊稱馬掌形磁鐵。亦爲人工磁鐵之一種。其用途與磁條同。惟其磁力則較大。

第四七五圖

構造及製作法

蹄形磁鐵狀如第四七五圖。乃以磁鐵條就其中段屈曲之令其兩極相接近者。因其形有類於馬蹄所裝之鐵。故錫以此名。製作之法。與磁鐵條同。可用同大之強力蹄形磁鐵。就其頂端爲摩擦之起點。自此達於末端。

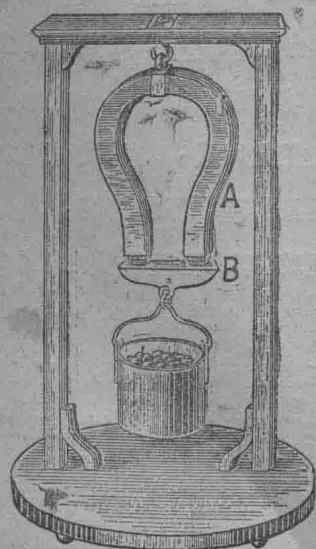


先摩擦其一面繼復摩擦其他一面。兩面摩擦次數：約須三四十次之間。俟其磁氣飽充時。始行停止。

實驗法

蹄形磁鐵，關於磁氣學上各種現象。與磁鐵條全屬相同。故即可用磁鐵條各種實驗法施之於蹄形磁鐵。惟蹄形磁鐵之引重力。遠過於磁鐵條。其實驗裝置。如第四七六圖。取蹄形磁鐵(A)。於其頂端。綴以圓環。懸之於木架上。另以熟鐵一塊如(B)。令被吸附於蹄形磁鐵之兩極。作爲唧

第四七六圖



鐵，更於啣鐵之下。懸一圓形之桶。乃逐漸加入適量之物碼於其中。俟其啣鐵脫落爲止。所得圓桶與物碼之全重。卽蹠形磁鐵之引重力也。凡蹠形磁鐵上啣鐵之引重力。較諸其兩極各引一鐵之引重力之和爲大。又測得蹠形磁鐵。其本身之重若爲一磅者。則其引重之力。可達至二十五磅。

原理說明 蹠形磁鐵。本係由磁鐵條屈曲而成。故對於磁氣學上諸現象。自當與磁鐵條全然相同。惟以其兩極在同一位置。且距離極近。故能以兩極之引力。同時併合於一處。因之其引重之力。視磁鐵條之僅以一極相吸引者。自必增加若干無疑。至於蹠形磁鐵上啣鐵之引重力。所以能較兩極各引一鐵之引重力之和爲大者。則因磁鐵之北極。當其與啣鐵接觸時。其啣鐵之一端。本已誘起其南極性。同時更有被磁鐵南極所推之一種南極磁性。自他端來集。由磁鐵達於啣鐵，以增加啣鐵之力。又磁鐵之南極。當其與啣鐵之另一端相接觸時。亦已誘起其北極性。同時更有被磁鐵北極所推之一種北極磁性。亦自他端來集。由磁鐵達於啣鐵。以增加啣鐵之力。基此理由。故在啣鐵兩極之引重力。自不得不較兩極各引一鐵之力爲更大也。

又在蹠形磁鐵之啣鐵下。當其引重力已達極度時。若暫行放置。不再加重。直至第二日乃始再行加重若干。則其啣鐵必仍能被磁鐵所吸引。不致脫落。若至第三日。又復加重若干。其結果亦復相同。如是繼續行之數次。驗得其所加之總重量。較諸第一次所謂極度之引重力。必超過若干。此時若將所引之重物取下。再令如前懸之。則其引重之力。仍復與最初所謂極度者相等。此種奇異現象。目前尙未能予以充分之解釋云。

磁 針

Magnetis Needle,

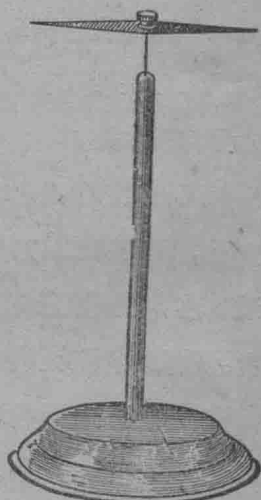
用途 磁針，俗名指南針。亦屬人造磁鐵之一種。可用以指定南北方向。在物理學中，則供試驗磁氣學上各種現象之用。

構造及製作法 磁針亦用鋼鐵製成。其法取鋼鐵薄片，截成長約十公分之條。令兩端作尖銳形。於其正中之重心所在處。嵌入瑪瑙或黃銅製之小帽。然後將鋼鐵片平置桌上。取強力之磁鐵條。以 NS 兩極。分切於鋼鐵片之中央。作為起點。向左右同時摩擦。俟其磁量飽充後。即行停止。並於北極之一端。染以藍色。藉供識別。次將此已成之磁針。裝載於銅製直柱之尖端。則磁針當保其水平位置。且能在水平面內向各方自在活動旋轉。狀如第四七七圖。

第四七七圖

實驗法 (第一)置磁針於直柱尖端之上。無論何時。其所指之方向。恆有一定。始終不變。即其一端常指北方。他端則常指南方也。其指北方之一極。謂之北極。指南方之一極，謂之南極。若一時施以外力。雖亦能改變其南北之方向。然外力一去。則經數次往復擺動後。必仍行回復其原有位置。

(第二)如第四七八圖。當磁針(A)正指南北時。試以另一磁針(B)，移近其旁。若(A)(B)兩磁針相接之一端同係北極或南極。則兩磁針必互相斥逐。反之，若(A)磁針之



一端爲南極。而(B)磁一端爲北極。又或(A)又或(A)磁針之一端爲北極。而(B)磁針之一端爲南極。則兩磁針必互相吸引。

原理說明 磁針之向。在未受何種外力之作用時。其北極所以恆

指北方，南極恆指南

方之故。實由於地球

爲一大磁鐵所致。惟

所謂地球大磁鐵者。

其極之位置。適與普

通磁鐵相反。即地球

之北半球，具有南極

之磁性。其位置在北

美洲之北玻細亞半島

附近。反之，地球之

南半球却具有北極磁

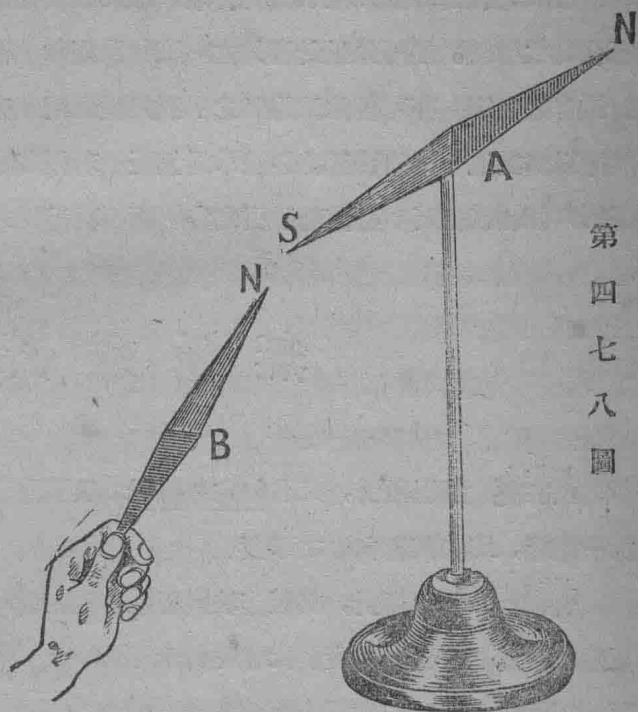
性。其位置在澳洲及

紐西蘭之南。夫地球

之磁極。既與磁針之

磁極適相反對。故知磁針之南北兩極所以恆指南方或北方者。實由地球之南北磁極強之使然也。

磁針不獨遇鐵能現吸引之力。卽遇他磁鐵亦能互顯其功用。惟鐵與磁鐵。外觀雖屬相同。而內容則全異。即一則不含磁性。一則含有磁性也。且無論何種磁鐵。其中必含有二種相反之磁性。此二種相反之磁性。各分



第四七八圖

處於南北兩極間。其在北極者。即謂之北極磁性。在南極者。即謂之南極磁性。德人赫德曼氏(Hurlmann)曾於一五五〇年時，發明一種定律如下。

同種之極相斥。異種之極相引。

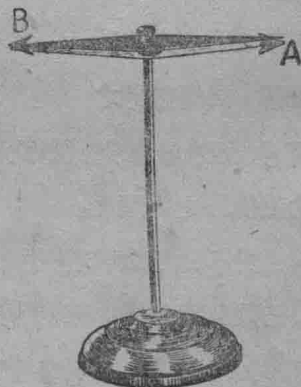
(第二實驗)即所以證明此定律者。故凡遇某種磁鐵不能辨明其孰為南極孰為北極時。即可用磁針審知之。又如欲測知一種鐵片。是否為磁鐵，抑係普通之鐵。亦可賴此法證明之。蓋凡磁鐵則在磁針之一極雖能吸引。然持以與其他一極相接近。必被斥逐無疑。若係普通之鐵。則無論與磁針任何一極相接近時。必僅現吸引之力。而不現斥逐之力。此即其區別之點也。

無極磁針

Astatic Magnet Needle,

用途 無極磁針，又名無定位磁針。供試驗以兩磁針異種之極並列於一端時，即失其指向力之事實。

構造 無極磁針，其製作法與普通磁針相同，係於第一磁針之上。更附加一第二磁針而成者。此兩磁針上下相距約四公釐許。均以銅製小帽為中軸。安置於直柱之尖端。惟第二磁針。可向各方撥轉。故上下兩磁針南北極之位置。得以自在變易。或將同極並列於一端。或使之分處於左右兩端。如第四七九圖。即示上下兩磁針之南北極分處於左右兩端之狀。(A)為第一磁針。



第四七九圖

(B)即第二磁針也。

實驗法 將位於上方之第二磁針(B)撥轉之。令其南北兩極，與下方第一磁針(A)之南北兩極相並。仍安置於直柱之尖端。則見磁針所指方向。必有一定。與普通磁針曾無少異。反之若將第二磁針繼續撥轉。令其北極與第一磁針之南極相並。南極與第一磁針之北極相並。仍如前安置於直柱之尖端。則見磁針兩端所指方向，並不限於南北。得隨意改變之。無論何種方向。均能使之安定不動。

原理說明 凡磁鐵或磁針之兩極。其所含磁氣。本屬完全相反。物理學家常以正負符號區別二種磁氣。北極為正(十)。南極為負(一)。因之稱北極性之磁氣為正磁氣。南極性之磁氣為負磁氣。凡以兩磁鐵同極之正磁氣或負磁氣並列於一端。其磁力固因合作而益增其強度。反之，若以含有等量正負兩磁氣之異極。並列於一端。則其兩種異性之磁氣。即因互相平均而消滅。其磁鐵之兩極完全等於不含磁氣。與普通之鋼鐵條無異。蓋磁針之所以具有指向力者。無非因自身兩極含有正負磁氣。乃能受地磁力之吸引或斥逐。今茲正負兩種磁氣既因互相平均而消滅。則地磁自無從施其吸引或斥逐之力。故當其在水平面時。無論任何方向。均得保持其安定狀態。與普通磁針之專指南北者固自不同也。

浮 磁 針

Meyer's floating magnets,

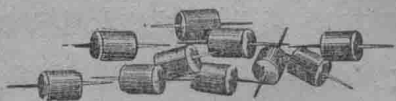
用途 浮磁針，為美耶爾氏所創製。其用與普通磁針相同。

構造 取長約五公分之鋼針。以強力磁鐵依法摩擦之，令成磁針。並

於北極之一端，染以藍色。藉供識別。然後直貫於小形軟木塞之中心即成。以十枚爲一組。狀如第四八〇圖。

第四八〇圖

實驗法 (第一)將各磁針同時投入水中。則因軟木塞比重極小。故能浮於水面。不致沈沒。且各磁針之北極均指北方。南極均指南方。即使以外力撥動之使變易方向。然外力既去。仍回復其原有之位置。



(第二)將兩個磁針移令相接近。則當其兩磁針之異極相遇時。忽互相吸引。反之，若令同極相遇。則立互相斥逐。故各磁針在水中離合之狀。一似含有理智，能自行選擇伴侶者。殊可觀也。

(第三)取磁針兩條。以同種之極並列一端。同時貫於軟木塞之中心。則當其浮於水面時。仍能以北極指北方。南極指南方。與普通磁針無異。反之，若以兩磁針異種之極並列一端。則其所指方向。即不限於南北。在任何方向中。均能安定。

按上述各種實驗法。其原理已分見於磁針及無極磁針條下。茲不贅。

熟鐵條及鋼鐵條

Soft iron bar and steel bar,

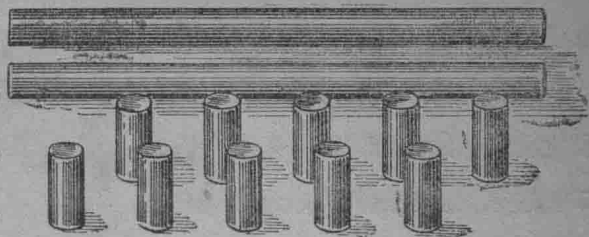
用途 熟鐵條及鋼鐵條。供試驗磁氣感應之用。並用以說明暫時磁鐵與永久磁鐵不同之點。

構造 取熟鐵與鋼鐵各製成圓形之條。其直徑均爲一公分。熟鐵條以十二枚爲一組。就中二枚長須十五公分。其餘十枚長各二公分。狀如第四八一圖。鋼鐵條則僅爲一枚。長須二十公分。

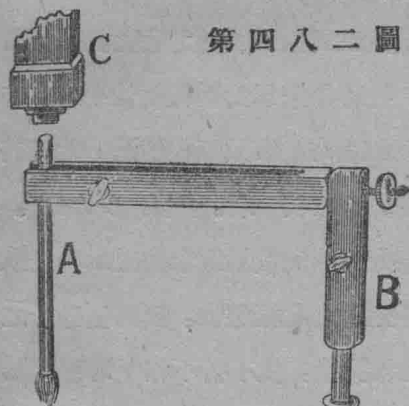
實驗法 (第一)

第四八一圖

取長形熟鐵條(A)。用木架(B)挾持之。令其下端插入盛鐵粉之盒內。另以具有強力磁鐵之一極(C)。



令與(A)熟鐵條之上端相接近。則鐵粉即附着於其下端。不易脫落。繼將上端之(C)磁鐵取去。則下端附着之鐵粉。立即紛紛脫落。狀如第四八二圖。



第四八二圖

(第二) 取具有強力之磁鐵

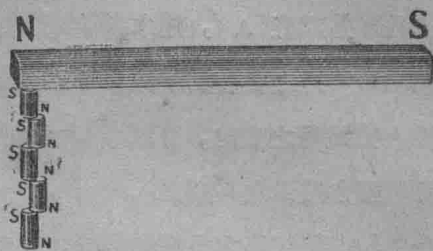
條。令其一極與短形熟鐵條相接觸。則熟鐵條即為磁鐵所吸。同時亦變成一磁鐵。假令其磁鐵接觸之一極為北極。則熟鐵條之上端即為南極。而其下端則為北極。且由此第一熟鐵條。更能吸着第二熟鐵條。以至第三第四熟鐵條。可使聯接不絕。至於第二及第三第四等熟鐵條。其磁性之分配。均以上端為南極。下端為北極。與第一熟鐵條無異。狀如第四八三圖。今若將第一熟鐵條令與磁鐵之端分離。則第二第三第四等

熟鐵條。失其磁性。亦即各自分離。

第四八三圖

蓋已還其本性。復為普通之熟鐵條矣。

(第三)依第二實驗法。另以鋼鐵製之縫針代熟鐵條。其結果亦當與第二實驗相同。惟鋼針與磁鐵之極分離後。其吸力雖驟然減小。但仍留有磁



性若干。對於第二及第三第四等鋼針。尚有極微之吸力也。

原理說明

就上記各種實驗觀之。無論熟鐵與鋼鐵。一經與磁鐵之極相近或相觸時。均能變成磁鐵。則是熟鐵與鋼鐵所得之磁性。一似由磁鐵所分與者。然按之實際。則殊不然。物理學家以為兩種磁性平時在普通熟鐵或鋼鐵中。因其各處向反之力。互相平均。遂致互相消滅。此時其各分子間所含之兩種磁性。必係分別散處。不相統一者。如第四八四圖。

第四八四圖



乃以意想推測熟鐵或鋼鐵未成磁鐵時之狀態。即各分子之北極磁性。因與他分子之南極磁性相隣接。故不得不相平均而消滅也。若將此熟鐵或鋼鐵。一旦使之與強力

磁鐵之極相接近或相觸。例如磁鐵之一極。假定為北極。則熟鐵或鋼鐵中之各分子。即起旋轉。此時其南極磁性。因被吸而羣集於與磁鐵相遠之他端。遂成一第二磁鐵。如第四八五圖。

第四八五圖

即以意想推測熟鐵或鋼鐵既成磁鐵之狀態者。名此現象。謂之磁氣之感應。



又熟鐵條與磁鐵之一極相遇時。