

大众科学识丛

磁是什么

〔苏联〕K.П.别洛夫



科学普及出版社

大众科学译丛之1

磁 是 什 么

[苏联]K. П. 别洛夫著

尚祝绶译

鍾建安校

科学普及出版社

1957年·北京

本書提要

磁是現代一切動力的源泉。許多近代的工業技術都在某種程度上利用着磁性材料和磁現象。本書着重指出了磁現象對現代人類生活的重要意義，揭露了磁性的本質，說明了对磁性的實際利用，足以啟發讀者對磁的“秘密”的研究，并在各種工業技術部門中更好地利用它。

總號：501

磁是什麼

ЧТО ТАКОЕ МАГНЕТИЗМ

原著者：К. П. БЕЛОВ

原出版者：ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ, 1955

譯者：尙 祝 綬

校訂者：鍾 建 安

出版者：科學普及出版社
(北京市西便門外都家溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

發行者：新 華 書 店

印刷者：北 京 市 印
(北京市西便門南口)

開本：787 × 1092 1/32 印
1957年7月第1版 字
1957年7月第1次印刷 印

統一書號：13051·4

定 價：(9) 2 角

目 次

緒言	1
一、磁的本質	1
1. 什么是磁場	1
2. 磁場的來源	6
3. 物体为什么会磁化	9
4. 磁性是物質的通性	11
5. 鉄磁性物質	14
6. 鉄磁性材料的磁化是怎样进行的	21
7. 磁化对鉄磁体物理性質的影响	29
8. 鉄磁性材料在交变磁場中的性狀	32
二、磁的实际应用	35
1. 电磁的能量变换器	35
2. 磁力檢驗法	39
3. 磁致伸縮变换器	41
4. 磁性录音	44
5. 磁性水雷	45
6. 磁力探矿	46
7. 磁力种子清选机	47
結束語	48

緒 言

大家都知道，磁鐵具有吸引鐵質物体的性質。磁鐵的这种奇妙的特性，人們老早就已經知道了。远在紀元前很久的时候，中國人和希臘人就对某些鐵矿石能吸引同类小矿石的性質感到惊奇。这一現象在当时被認為是神秘莫測的現象，因而會引起各种神話和迷信。

在古代，磁石的另一种性質也已經被大家所熟悉。那就是說，如果把一小条細長形的鐵矿石吊在綫上，或放在盛着水的器皿中的小軟木塞上，或放在針尖上，那末它在圍繞着本身的軸摆动几次之后，就停止在和南北向相近的方向上。

这种自由轉动的細長形磁鐵，通常叫做磁針。磁針被人們用来确定东南西北的方向。磁針指向北方的一端叫做北極，指向南方的一端叫做南極。这种簡單的磁鐵方向指示器叫做指南針。指南針是磁性最早的極重要的实际应用，这种用途从远古时代起就被人們所知道了。指南針在地球考察史和地理發現中，都曾經起过巨大的作用。

在我們今天，关于磁的学說乃是近代物理学中很重要的一个部門。物質的磁性应用很广；沒有磁性材料，沒有关于磁現象的知識，人們就不会有發電、远距离輸电、仪器制造、自动技术、電話和無綫电之类的重要科学部門和技术部門。現代工業的許多部門都或多或少地利用着磁性材料和磁現象。

在这本小冊子中，我們要談談物質的磁性和磁的本質，以及它的某些实际应用。

一、磁 的 本 質

1. 什么是磁場

大家都知道：磁鐵的同名二極（例如北極和北極）互相推斥，而異名二極則互相吸引；靠近磁鐵的小鐵塊會被磁鐵吸過去，同時被“磁化”，也就是它本身也變得和磁鐵一樣。引力或斥力的大

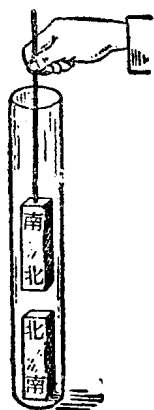


圖 1 在磁鐵的同名二極間存在着斥力。

小，隨磁鐵和另一磁鐵或鐵塊的距離以及另一磁鐵或鐵塊所处的位置而不同。通常說磁鐵在自己的周圍造成磁力場，或簡稱磁場。換句話說，在磁鐵周圍的空間內有磁力在起着作用。磁鐵附近空間內某點的磁場強度，看放在該點的磁鐵或鐵塊所受引力的大小而定：引力愈大，磁場就愈強。我們可以利用普通天秤之類來測量這種力量的大小：在天秤的一個盤內放上鐵塊，而在另一個盤內放砝碼，就可以測定磁鐵對鐵塊的吸引力。

磁場的存在可用這樣一個明顯的實驗來証實。如果把兩塊條形磁鐵放入直立的玻璃圓筒中，使它們的同名二極相向（圖 1），那末由於斥力的緣故，上面一塊磁鐵就

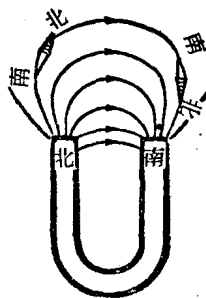
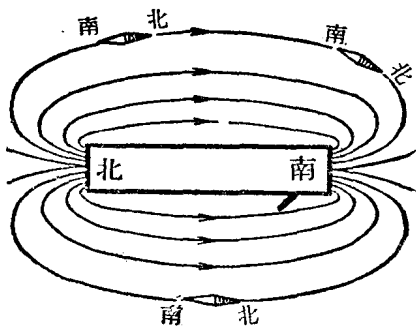


圖 2 条形磁鐵和馬蹄形磁鐵周圍的磁力綫。磁針順着磁力綫停下來。

会“悬空”在下面一块磁铁的上面。要想使两块磁铁靠拢，就感到在它们之间有一种弹力。这个实验说明：在圆筒内的两块磁铁之间，除了空气之外，还存在着某种物质。这种特种物质就叫做“磁场”。

在磁场周围画上所谓磁力线，也就是斥力或吸力的作用路线，就能够十分清楚地把磁场表示出来。图2表示条形磁铁和马蹄形磁铁周围磁

力线的分布情况，磁力线从北极出来进入南极。放在这个磁场里的磁针将顺着磁力线的方向停下来。

在19世纪初期，丹麦科学家奥斯特（1777—1857）得出了一项非常重要的发现，这一发现大大改变了并发展了关于磁的学说。奥斯特注意到，磁针放在通有直流电的导体附近时，也会发生偏转。这说明电流能在自己的周围建立磁场（图3）。实验表明，绕成螺旋形的导线（线圈）也在它的周围造成磁场，这个磁场和磁铁的磁场非常相似（图4）。如果电流被切断，磁场也就消失；重新接通电流，磁场又会出现。因此，凡是有电流的地方，也就一定有磁场。

因为有电流通过的线圈（绕成螺旋形的导线）和磁铁相

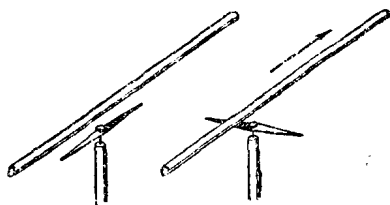


图3 磁针在通有电流的导线附近发生偏转；这证明电流能建立磁场。

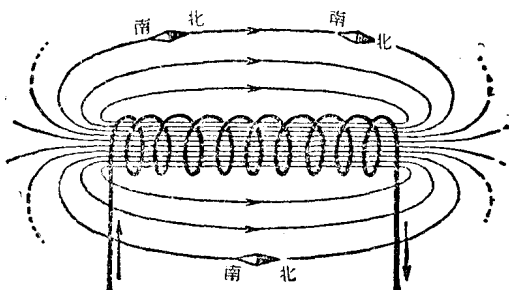


图4 有电流通过的线圈在自己周围建立的磁场，和永久磁铁的磁场相似。

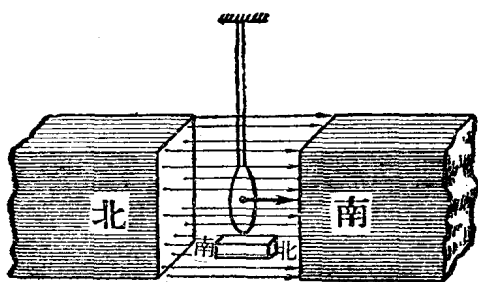


圖 5 帶有圓電流的綫圈在磁場中轉動，
使磁矩和磁場方向一致。

似，所以我們可以利用它來研究磁力場。為了簡單起見，我們先看由導綫繞一圈而成的綫圈。如果把這個綫圈懸在磁場內，並給它通上電流（我們將把這個電流叫做圓電流），那末，在磁力的作用下，綫圈的

平面就轉動而使引入綫扭轉（圖 5）。測量扭力的大小，我們就可以估計出磁場的強度。不难看出，當磁力綫和綫圈的平面垂直時，綫圈就得到穩定平衡。可是我們知道，磁場中的磁針是在磁力綫的方向上得到穩定平衡的。因此我們可以把帶電流的綫圈（或者說是圓電流）看成一個非常短的磁鐵，它的南極和北極位於綫圈的相對兩平面上（這個磁鐵在圖 5 中畫在綫圈的旁邊）。

圓電流的磁性作用，在物理學中通常用一個叫做“磁矩”的殊物理量來量度。磁矩可以用來確定相應“短磁鐵”的強弱和方向。通過綫圈的電流和綫圈的面積愈大，磁矩和相應的“短磁鐵”也就愈強。在圖版上通常以垂直於圓電流平面的箭頭來表示磁矩（見圖 5）。由此可知，當磁矩——“短磁鐵”——的方向是沿着力綫時，載着圓電流的綫圈在磁場中將處於穩定位置。

電流一開始流動，就一定產生磁場，這是什麼原因呢？現在已經完全肯定：電流無非是電荷的運動。這種電荷在金屬導體中是最小的物質粒子——電子，而在液體和氣體中則是離子——帶電的粒子^①。于是就發生這樣一個問題：磁場的出現是電荷運動的結果嗎？實驗證明確是如此。靜止電荷的周圍是沒有磁場的，但只要電荷剛一開始運動，就一定產生磁場。

俄国物理学家 A. A. 爱亨华尔德 (1863—1944) 曾做过这样一个实验。他使一个物体带正电 (例如把用呢绒擦过的玻璃棒去碰触物体, 就可以做到这一点), 并在物体旁边放一个非常灵敏的指南针。当物体静止时, 指南针的磁针一点也不偏转。可是当这位科学家很快地移动带电体、也就是使电荷在空间移动时, 指南针的磁针便立刻偏转一定角度, 这说明有磁场出现了。爱亨华尔德根据这个实验, 作出结论说: 不管电荷的大小和符号怎样, 它只要运动, 就一定产生磁场。

著名的英国科学家法拉第 (1794—1867) 曾发现: 在一定的条件下, 磁场会在线圈内引起电流。也就是说, 他发现了和上段所述的相反的现象。为了产生这样的电流, 必须使线圈附近的磁场起变化, 并且使它的磁力线贯穿线圈。例如, 当我们把磁铁插入线圈或从线圈中抽出来的时候 (图 6 甲), 就产生这种情况。

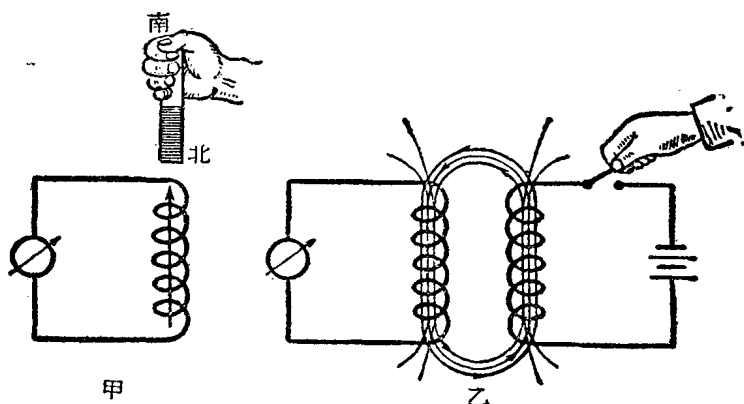


图 6 当线圈附近的磁场起变化时, 线圈中就产生感应电流。

④ 有关电流的详细讨论, 可参看 D. H. 阿吉洛维契著“电流”, 开明书店 1951 年出版。

法拉第把这时产生的短暂电流叫做感应电流。如果在綫圈附近另外放一个通有电流的綫圈，并且改变它的电流强度（例如圖 6 乙右边的电路在接通或切断时），那末在这种情况下，也会产生感应电流。

俄国楞次院士（1804—1865）在詳細研究了法拉第所發現的現象以后指出，感应电流也产生自己的磁場，这一磁場和引起感应电流的磁場的方向相反（如圖 6 甲上的箭头所表示的）。利用这个規律，楞次确立了用来确定感应电流方向的定則。

后来，英国物理学家麦克斯韋（1831—1879）根据奥斯特、法拉第和其他研究者的研究結果，建立了所謂电磁場理論。从这个理論得出，空間某个地方的磁場的任何变化，都会在同一地方引出电场，反过来說，电場的变化也会引出磁場。因此，空間里的磁場和电场总是互相联系着的。麦克斯韋把这种复杂的場叫做电磁場。

麦克斯韋的理論在科学和技术上起着巨大的作用。因为無綫电波和光都不外是在空間內傳播的电磁場。

2. 磁場的来源

古时候在馬格涅斯城（在小亞細亞）附近發現了能吸引鉄質物体的鉄矿石。据說“磁”这个詞就是由此而来^①。具有磁性的鉄矿，現在世界上許多地方都找得到。例如，在烏拉尔地方，整座整座的山都是由这种矿石構成的。这种矿石叫做磁鉄矿。磁鉄矿是用来煉鉄和煉鋼的最好的鉄矿之一。

在头几个五年計劃时期內，在烏拉尔的那座几乎整个是由磁鉄矿構成的馬格尼特山附近，建立了一个巨大的冶金联合企業。而且圍繞着这个企業，产生出一座大城市馬格尼托哥尔斯克。

① 俄文的“磁”（Магнетизм）和“馬格涅斯”（Магнесс）發音相近。——譯者

除了天然磁鐵——磁鐵礦——以外，還有所謂人造磁鐵。人造磁鐵是這樣做成的：取一條淬化鋼棒，沿着它兩端反復移動兩塊磁鐵礦石，在這樣做的時候，必須使兩塊礦石以不同名的極和鋼棒的兩端相接觸（參看圖7）。這樣，鋼棒就會變成磁鐵。

科學家們也煉成了許多種特種合金，用這些合金可以制成很“強”的磁鐵。這通常是鐵、鎳和鋁的合金（有時還附加其他金屬，例如鈷）。用這種材料制成的小磁鐵就能夠吸引很大的鐵塊。

人造永久磁鐵最好不做成條形和短棒形，而彎成弧形。這樣得到的吸力要大得多。

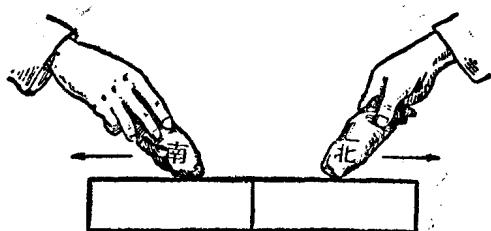


圖 7 鋼棒可以用來做人造磁鐵。

現在有各種不同形狀和不同大小的永久磁鐵，在各種各樣的儀器和機器中被用作永久磁場的來源。

磁化綫圈用得更加廣泛。給綫圈通上直流電，就可以在綫圈中得到永久磁場；不但如此，給綫圈通上交流電，還可以在綫圈中得到在大小和方向上不斷改變的交流磁場。因此磁化綫圈既可以用作永久磁場的來源，也可以用作交流磁場的來源。

綫圈中的電流愈強，綫圈中所產生的磁場也愈強。但是不能讓太大的電流長時間地通過綫圈，因為綫圈的導線會強烈受熱而終于燒斷。

蘇聯科學家 П. А. 卡皮查院士曾使非常強的電流在短時間內（持續不到 0.1 秒）通過綫圈。在這個短促的時間內，導線來不及強烈地灼熱。他用這個方法得到了極強的磁場。

如果在綫圈中心放一根軟鐵心，鐵心就會磁化而使磁場加強。這樣，即使綫圈內通過的電流不很大，也能獲得相當強的磁場。這種有鐵心的綫圈叫做電磁鐵。和普通磁鐵一樣，這裡鐵心

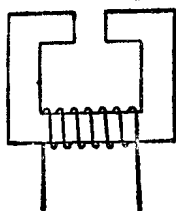
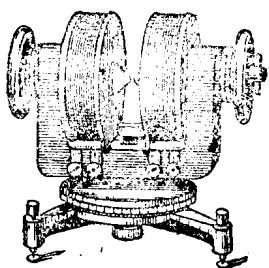


圖 8 實驗室用的電磁鐵和它的簡化示意圖。

也最好做成馬蹄形。
圖 8 所画出的是科學研究實驗室所常用的一種普通電磁鐵，右邊是它的簡化示意圖。

電磁鐵在各種技術部門中廣泛用作永久磁場和交變磁場的來源。如果沒有電磁鐵，很多設備、機器和儀器就不能動作。

電磁鐵在各種技術部門中廣泛用作永久

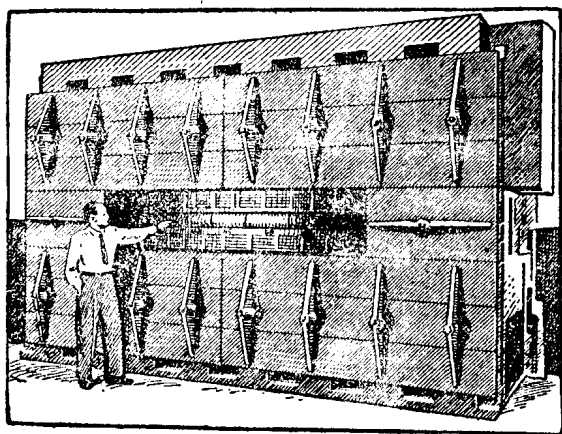


圖 9 用來研究原子核的巨型電磁鐵。

圖 9 是一個巨型電磁鐵的照片，這種電磁鐵用在原子核結構的科學研究工作中。產生高速基本粒子（高速電子、質子等用來破壞原子核的“核炮彈”）的電子加速器和回旋加速器，就以這種巨型電磁鐵作為主要部分。

地球也是磁場的源泉。早就已經肯定，不僅某些礦物具有磁性，而且整個地球也象是一個巨大的磁鐵（圖 10）。這個大磁鐵的

兩極和地球的地理極並不一致，而是稍微偏開一些。

地球的磁場不很強。根據羅盤指針的偏轉，或用別種灵敏的磁性儀器，都可以發現地球的磁場。

關於地磁場的來源，科學家們還沒有能完全弄清楚。有一個假設說，地磁場可以用深深埋藏在地球內部的鐵礦的磁性來解釋。而另一個假設卻認為地球的磁性是它內部流過的電流所造成的。至於究竟哪一個假設是正確的，科學上還沒有得出結論。

蘇聯有許多機構專門從事地磁的研究（研究地球各點上的地磁的大小、方向和地磁隨時間的變化等）。地磁的研究對於航海和航空具有重大的意義。

科學家已經確定，其他天體（太陽、行星和恆星）也產生磁場。可是這些天體的磁場目前還研究得很少。

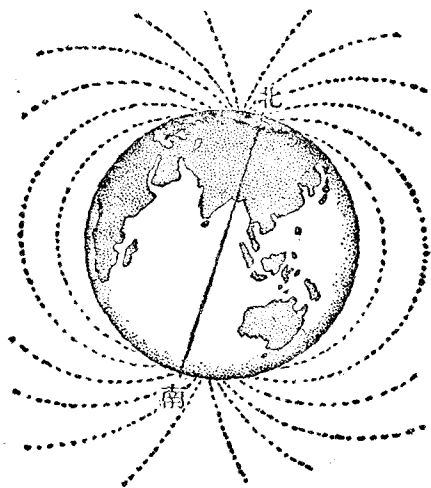


圖 10 地球好像是一個巨大的磁鐵。

3. 物體為什麼會磁化

我們已經知道，用軟鐵做成的物體被磁鐵吸住以後，它本身也就有了磁性。當永久磁鐵移去以後，軟鐵的磁性就幾乎完全消失。把軟鐵心放入通有電流的綫圈中，軟鐵也變成有磁性的；它也能吸引鐵質物體。但是電流切斷後，鐵心的磁性也就幾乎完全消失。這就產生一個問題：軟鐵內發生了什麼變化呢？它在磁場

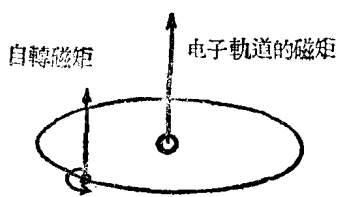


圖 11 电子在原子中一面圍繞原子核旋轉，一面又繞自身的軸旋轉，因而产生兩種圓电流和兩種磁矩。

中为什么会具有磁性呢？換句話說，磁化的原因是什么呢？

磁化的原因在于鉄的原子具有磁性。讓我們來談一談原子的構造。原子是由帶正电的核和繞核旋轉的电子構成的。原子愈复杂，它的电子数和核內的电荷就愈多。

我們先看一种最簡單的原子，这就是由原子核和一个电子所組成的氫原子（圖 11）。可以想象，电子在沿着团曲綫軌道旋轉时，就好象形成圓电流一样，因而和小磁鉄相似，也就是具有磁矩。但实际上問題并不这么簡單。科学家們發現，电子不仅繞核旋轉，同时还繞自身的軸旋轉，就和地球圍繞太陽的运动相似。电子圍繞自身的軸的旋轉，我們同样可以看作是圓电流，这个圓电流造成另外的磁矩。把电子的兩種运动所产生的磁矩相加（要考虑到它們的方向），我們便可以得出原子的总磁矩。由此可見，我們可以把原子設想为最小的磁鉄，也就是磁場最基本的来源。

科学家們已經确定，原子核同样具有一定的磁矩。但是原子核所造成的磁矩比起电子的磁矩来是很小的。因此原子核磁矩对原子的磁性不起显著影响（但是最近科学家非常重视原子核磁性的研究，因为从这里可以得到关于原子核構造的更詳細的知識）。

現在我們再来看一看那些不止有一个电子、却有好几个电子的原子吧。研究結果表明：电子的軌道运动所造成的磁矩和自轉所造成的磁矩，既可以指向一个方向，也可以指向不同方向。結果就可能出現原子的总磁矩等于零的情况。而事实上也的确有許多这样的物質，它們的原子是沒有磁矩的。例如气体氦和氖以及金屬銅、鋅、鎳等就是这样的。在另一些物質中，各个电子所

造成的磁矩并不完全地互相平衡，因而每个原子都是一个微小的磁鉄。而且往往有这种情况：各个电子繞原子核运动所产生的磁矩，几乎完全地互相平衡，而原子磁鉄主要地是由电子自轉所产生的磁矩来形成。属于这类物質的有鉄、鎳、鈷、錳等。在这类物質中，并不是全部电子都参加“建立”基本磁鉄，而只有那些处在原子外軌道上的电子才参加“建立”基本磁鉄。

研究表明，本身沒有磁矩的原子，由于外磁場的作用，也会获得磁矩。这又是什么原因呢？

研究表明，如果把这样的一个原子放在磁場里，它就会繞着磁力綫象陀螺一样地旋轉起来。这种轉动等于产生了額外的圆电流，因而引起磁矩。这里原子旋轉的特点是：它所产生的磁矩的方向，和外磁場的方向相反。这和楞次所發現的現象相仿。因此这样的磁矩叫做感应磁矩。

本身具有磁矩的原子落在外磁場中也要旋轉起来。由此可見，任何原子在磁場內都得到感应磁矩，这和他内部的电子磁矩是否平衡并無关系。

我們現在既然已經明白了單个原子的磁性，那末也就不难了解由許多原子構成的物体为什么会磁化。

在磁場中，物質的基本磁鉄（原子和分子）不論是本来的还是感应出来的，都竭力沿着磁力綫的方向排列。这样，所有單个原子的磁矩就相加起来，結果形成物体的总磁矩。磁化的实質就是这样。

为了說明各种物質的磁性，通常要标出物質單位体积（例如一立方厘米）的总磁矩。这个量叫做磁化强度。

4. 磁性是物質的通性

自然界中所有的物体按照各自的磁性可以分为兩大类：順磁性的和反磁性的。

一百多年以前，法拉第用純粹实验的方法对許多种物質第一次进行了这种分类工作。他把各种物質的小塊吊在电磁鐵的兩極之間。当接通电流时，有些物質，例如鉑、錳、鉻等，就被吸引到磁場里，并且順着磁場的方向停止下来。法拉第把这种物質叫做順磁性物質。

順磁性物質的这种“性能”可以解釋如下：順磁性物質的原子有它自己的磁矩，因此这些物質就和磁鐵一样被吸入磁場內，并順着磁力綫的方向停止下来。

法拉第把鐵、鎳、鈷和它們的合金也归入順磁性物質一类中。这些物質即使在电磁鐵中仅通过微弱的电流时，也会被猛烈地吸入磁場中。它們好象是具有“超順磁性”似的，因此以后便把它們划为鉄磁性物質这一特殊类。

还有一些物質，在电磁鐵接通时就由磁極空間內被排斥出去，或者在磁極空間內打横停下来，法拉第把这些物質归成另外一类。这就是反磁性物質。反磁性物質的原子本身沒有磁矩，而它的感应磁矩照我們前面所說是和磁場的方向相反的，因此这类物質在磁場內处于不稳定状态。

具有反磁性的物質有銅、鋁、銀，特別是鉍和鎢。

液体和气体有順磁性的，也有反磁性的。

圖12表示氯化鉄溶液被磁場所吸引（因为这种液体是順磁性的）以及蜡燭的火焰被磁場所排斥的情形（因为熾烈的气体具有

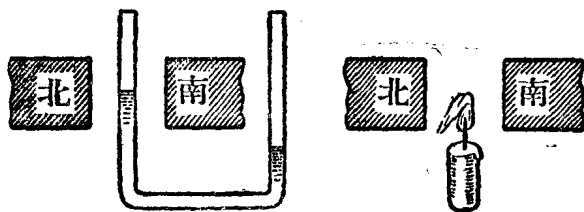


圖 12 氯化鉄溶液在磁場中被吸引，而火焰則被排斥。

反磁性)。

应当注意：順磁性物質被吸引以及反磁性物質被排斥大都是很微弱的。要發現這些現象，需要特別灵敏的天平和大的电磁鐵。

因为大多数物質的磁性只有利用極其灵敏的仪器才能發現，所以有許多人錯誤地認為，除了鐵、鎳、鈷和某些合金以外，其他物質都沒有磁性。我們已經看到，实际上并非如此。磁是物質的不可分离的一种通性，因为自然界中的一切物体都或多或少地具有磁性。

我們再来談談順磁性物体磁化的詳細情况。法国科学家皮埃尔·居里(1859—1906)在19世紀末确定，順磁性物体的磁化和温度有密切的关系。居里曾發現，如果把順磁性物体加热，它被吸入电磁鐵磁場中的强度就减弱。这也就是说，随着温度的升高，順磁性物体的磁化强度減小了。后来，皮埃尔·居里的同胞、科学家、共产主义者——郎之万(1872—1946)从理論上說明了这个現象。当順磁性物体处在磁場中时，磁矩的整齐排列要受到原子的热扰动的妨碍。在热运动和磁場之間，象是展开了一場爭相影响原子(“小磁鐵”)的斗争。結果原子的磁矩就采取和磁場方向相近的方向(圖13)，而在未放入磁場以前，原子磁矩在物体中的排列是極其紊乱的。温度愈高，热运动就愈剧烈，因而它对磁矩排列的“扰乱作用”也愈大。

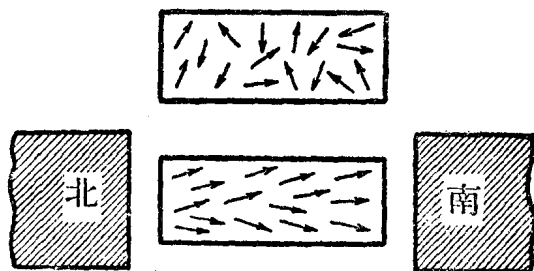


圖 13 順磁性物質磁化的示意圖。