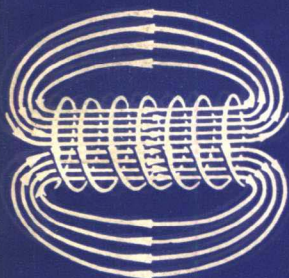
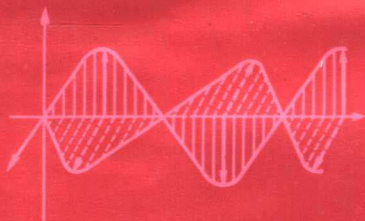


高中物理教学参考读物



电磁现象

上海教育出版社



物理学会中学物理教学研究委员会编

高中物理教学参考读物

电 磁 现 象

上 海 市 物 理 学 会
中学物理教学研究委员会编
上 海 教 育 出 版 社

高中物理教学参考读物

电 磁 现 象

上 海 市 物 理 学 会

中学物理教学研究委员会编

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.125 字数 85,000

1958年4月新知识第1版 1959年4月新1版

1981年10月新2版 1981年10月第11次印刷

印数 281,731—331,730本

统一书号: 7150·492 定价: 0.36元

修订版前言

上海市物理学会中学物理教学研究委员会从1956年开始所主编的一套《高中物理教学参考读物》共14册，先后经过四年的时间，到1959年陆续出齐。编写目的是以当时的《中学物理教学大纲》为依据、结合中学物理教学的需要，帮助教师更好地掌握教材，以提高教学质量。问世以来颇得读者的支持和关怀。在文化大革命前曾多次重复印刷，个别部分印数多达数十万册。其间也曾根据读者所提意见作过修订和适当补充，重新排版出了几次修订本。粉碎“四人帮”后，为了满足广大师生对物理参考书的需求，又重印了一次。但物理学近年来发展较快，它在社会主义建设和实现“四化”的过程中起着重要的作用，为了适应这些要求，原书不足之处很多，须作进一步的修订。为此，我们在维持原书面目不过多改变和原篇幅不过多扩大的前提下，根据教育部最近颁布的《中学物理教学大纲》（试行草案）和当前中学物理的教学情况，在内容上适当加深加广；处理教材的方法上力求新颖，以供教师备课时参考，并对学有余力的同学提供课外补充读物，加深理论和扩大知识面。单位制以SI制为主，如有必要亦适当介绍其他单位制。适当更新插图内容，增补一些比较有参考价值的例、习题。删去比较陈旧烦琐的内容，努力做到取材精练新颖，争取能够反映我们国家的新成就。

本书原由贾冰如、俞大年等同志编写，现参加修改的为张梦心同志。由于我们对中学物理的教学经验不足，又是在匆忙中完稿，疏忽和错误不妥之处在所难免。请读者随时予以指正。

引 言

在历史上很长一段时期中，电现象和磁现象的研究一直是彼此独立地发展着，人们认为电现象是由电荷引起的，而磁现象是由磁荷引起的，两者之间没有什么联系。

直到 1820 年，奥斯特才从实验中发现电流对磁体有力的作用，磁体对电流也有力的作用。1822 年，安培发现两根通有同向电流的平行导线互相吸引，反向电流的平行导线互相排斥，从而提出关于磁现象的电流本质的假设。此后，在 1831 年，法拉第发现电磁感应现象；接着楞次提出有关感应电流方向的定律，法拉第提出有关感应电动势大小的定律。在这一时期里，人们已从现象上看到电和磁的联系，积累一些实验知识，并找到一些基本规律。这一时期可说是对电磁现象获得感性认识的阶段。

十九世纪的下半期，经过法拉第和麦克斯韦的努力，把电和磁之间的相互关系归结为“任何电场的改变就会产生磁场，任何磁场的改变就会产生电场”。麦克斯韦更进一步综合前人的有关电磁现象的学说和规律，发表了统一的电磁场理论。这一理论是关于电磁现象的严密而系统的宏观理论，它不但统一地解释了已知的各种电磁现象，还导出了电磁波概念和光的电磁理论。这一时期可以认为是感性认识上升到理性认识的阶段。

经过二十多年后, 1887 年赫兹用电磁振荡器产生了电磁波, 并证明它的性质和光是相同的。这样, 麦克斯韦的理论就获得了实验的证明。接着, 人们就成功地将这理论应用于无线电通讯。近代的无线电和电视广播、雷达和微波等技术都是在这基础上发展起来的。

这就是人类认识电磁现象的发展历史, 本书也就是按这一顺序进行编写的。

目 录

引 言

第 1 章 磁场	1
一、磁的基本现象	2
(一)磁极	2
(二)磁的库仑定律	3
(三)磁场、磁场强度和磁感应强度	5
(四)磁力线和磁通量	7
二、电流的磁场	9
(一)电流周围的磁场	9
(二)安培磁性起源假说	12
(三)铁磁性物质的磁化	15
(四)电磁铁和它的应用	18
三、磁场对电流的作用	20
(一)磁场对直导线电流的作用(左手定则)	20
(二)磁场对通电线圈的作用	22
(三)电流之间的作用力	24
(四)带电质点在磁场中的运动	26
(五)电流计	28
(六)安培计	32
(七)伏特计	36

(八)应用安培计和伏特计测定电阻和电功率·····	39
第 2 章 电磁感应 ·····	43
一、电磁感应现象·····	43
(一)感生电流的产生·····	44
(二)感生电动势的方向·····	47
(三)电磁感应的功能转换·····	51
(四)感生电动势的大小·····	53
(五)互感和自感·····	56
(六)涡电流·····	60
二、交流电·····	62
(一)交变电流·····	62
(二)交流发电机大意·····	66
(三)直流发电机大意·····	68
(四)电子管整流·····	69
(五)直流电动机大意·····	72
(六)发电机和电动机的功能转变·····	76
(七)远距送电和变压器·····	78
第 3 章 电磁振荡和电磁波 ·····	83
一、电磁振荡·····	83
(一)高频率振荡电流的产生·····	83
(二)电磁振荡的周期·····	86
(三)电磁场·····	87
二、电磁波·····	92
(一)电磁波·····	92
(二)电磁波辐射的装置·····	93
(三)电磁波的传播·····	95
三、无线电的发送·····	98
(一)电子管振荡器·····	98
(二)调制器(调幅作用)·····	101

四、无线电的接收.....	103
(一)调谐(电谐振).....	104
(二)检波器.....	106
五、无线电的应用和发展.....	108
(一)无线电传真和电视.....	108
(二)无线电定位器(雷达).....	110
附录一 复习参考题.....	112
附录二 计算题.....	117

第 1 章

磁 场

一切磁的现象,和电的现象一样,是通过场的作用而产生的。在静电学的学习中,我们已经知道电荷和电场是不可分割的两个方面。在静电平衡状态下的电荷,我们称它为静电荷,它被不变的电场包围着;带电的过程就是电场的形成过程。至于运动着的电荷,已经理论和实验证明,不但在它的周围空间里有一个变动着的电场,还有一个磁场。从另一方面来讲,在磁场里面运动着的电荷要受到磁场的作用,这种作用我们叫它磁力。静电荷只能在它的周围形成电场,不能在它的周围形成磁场,磁场对静电荷也没有力的作用。这些事实很明显地告诉我们,磁作用就是磁场的作用,也就是运动着的电荷的作用;这就是一切磁现象的电本质。由于磁现象不能孤立于电现象之外,一切有关磁现象的知识也就不应孤立起来研究,所以在比较深入的学习中,研究磁现象往往是从研究电荷的运动(电流)开始的。在我们目前的情况下,为了照顾到中学生的接受水平,和我们认识事物的发展规律,还是采取

了按照人类对磁现象的认识历史过程来进行讨论，那就是从研究永久磁体着手。

一、磁的基本现象

磁现象和电现象一样，很早就被发现了。我国是发现和应用磁铁最早的一个国家，约在公元前 300 年，我们的祖先就发现了铁矿石的散块能吸引铁制物体的性质，它的成份是四氧化三铁(Fe_3O_4)，我们叫它**天然磁体**。在我国东北和其他许多地方都贮藏着很丰富的铁矿石。

磁体也可以人工制造。用钢和其他合金制成的人造磁体，叫做**人造磁铁**。人造磁铁一般做成条形、蹄形和针形。

天然磁体和人造磁体都有长期保持吸引铁片的性质，因此我们把它们叫做**永久磁体**。

磁体不但能够吸引铁和钢，还能吸引镍、钴和铬等物质。这种性质叫做**磁性**。这些被吸引的物质叫做**铁磁性物质**。

(一) 磁 极

在一个磁体上，一般总可以发现两个端点，磁性表现特别显著，这两点叫做**磁极**。

把一个条形或针形磁体悬挂起来，使它能在水平面里自由转动，就可以观察到，当它在静止时，总是一个磁极指北，另一个磁极指南(接近于地球的南北方向)，这说明磁体的两个磁极具有不同的磁性。我们叫指北的一个磁极做**北极**，用 N 表示，叫指南的一个磁极做**南极**，用 S 表示。

磁极不但和铁磁性物质之间有较显著的吸引力，磁极和磁极之间也有很显著的作用力。实验指出：**同性磁极互相推**

斥, 异性磁极互相吸引。

实验还指出: 当一个用铁磁性物质制成的棒被永久磁体吸引时, 棒本身也变成了磁体, 具有了磁性。如果我们故意地使棒的一端与永久磁体的一个磁极相接近或接触, 我们就可以检验出棒的另一端变成了一个磁极, 它的极性和上面所说的永久磁体的磁极相同, 如图 1-1 所示。根据一个磁体往往具有两个不同磁性的磁极的常识和异性极相吸的规律, 我们可以推想到, 与永久磁体靠近的一端一定也是一个磁极, 它的极性一定与它所靠近的那个永久磁体的磁极相反。这一种现象叫做磁化现象。凡是能被磁极吸引的物质都能被磁化。反过来说, 也是一样, 只有能够被磁化的物质才能够被磁极吸引。

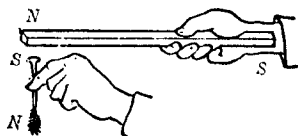


图 1-1

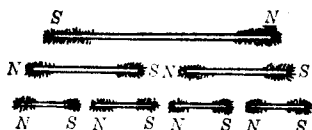


图 1-2

实验又指出: 如果把一个永久磁体折成两段, 在折断处出现了两个异性的磁极, 每一段都变成具有南北两极的条形磁体。再分也是这样, 如图 1-2 所示。倘使我们继续分下去, 这种情况总是存在的。每一小段都是一个完全的磁体, 这就说明了我们永远不可能把磁棒分割成为独立存在的单磁极。

(二) 磁的库仑定律

一切磁现象从本质上来分析, 都是由运动电荷或电流所引起的。因此, 有关磁现象的基本定律就是磁场与电流之间

的相互关系的定律。这些内容，我们将在本章第二和第三节中详细讨论。但在历史上，对磁现象的研究是从磁极开始的，所以我们对磁的库仑定律也作简单介绍，以供读者参考。

由于每一个磁体都具有两个不同性质的磁极，磁体的长短又有一定限度，因此在研究某一磁体的某一磁极与另一磁体的另一磁极之间的相互作用时，就无法排除其余两个磁极之间的影响。库仑和卡文笛许曾各自独立地使用很长而且很细的磁体进行过实验。这样在研究两个磁极之间的作用时，只要把它们之间的距离调整得相当近，则其他两极就距离它们比较远，影响很小，可以不计。又因为细磁体的磁极比较小，磁性比较集中，可以看成是点磁极。这和研究电力时的点电荷相似。

在定量地研究磁极之间的相互作用时，首先我们对磁极本身的磁性强弱要建立起一个量的概念，这和电荷的多少(电量)相似，叫做磁极强度，并用符号 m 来表示，正值表示 N 极的磁极强度，负值表示 S 极的磁极强度。同一个磁体的两个磁极强度相等，不同磁体的磁极强度不一定相等。

通过实验，库仑总结出以下的定律：两个磁极间的引力或斥力的方向在两极的连线上，大小跟它们的磁极强度的乘积成正比，跟它们之间的距离的平方成反比。

用公式来表示：

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}。$$

当 m_1 和 m_2 为同性极时， F 是正值，表示斥力；当 m_1 和 m_2 为异性极时， F 是负值，表示吸力。

式中磁极强度 m 、距离 r 的单位及比例常数 K 的数值都与采用的单位制有关。由于这一公式在一般情况下很少应

用,因此我们不予深入讨论。

(三) 磁场、磁场强度和磁感应强度

在静电学中,我们知道电荷之间的相互作用是通过电场来完成的。与此相似,磁极之间的相互作用是通过磁场来完成的。任何磁极的周围都存在着磁场,这一磁场对另外的磁极有磁力的作用。

磁场是一种特殊物质所构成的,它和电场一样,也有两种性质的表现:第一种是力的表现;第二种是能的表现。在本章里将集中讨论磁场的力的性质,而在下两章“电磁感应”及“电磁振荡”里集中研究磁场的能的性质。

为了研究磁场,我们首先需要定义一个能够表示磁场的强弱和方向的物理量。在历史上,首先是用磁场强度这一概念来表示的,而目前是普遍采用磁感应强度这一概念来表示。

最初对于磁场强度的定义,完全采用了类似于定义电场强度的方式。设想我们用一个很长很细的磁体,并把它的一极(符合强度较小的点磁极的要求)放在磁场里的某一个位置,由于它对磁场的影响是很小的,它本身在磁场里所占的位置也是很小的——接近于一点,这就具备了一个检验磁极的条件。检验磁极在磁场里某一给定位置所受磁场力的大小和它本身的磁极强度的比是一个常数,不因为它的磁极强度的改变而有所改变。这一个比值在同一个磁场里的不同位置上,或在不同磁场里,并不相同,因此这一个比值就可以用来量度磁场的性质,这种性质我们叫它磁场的力的性质。量度这种性质的物理量叫做**磁场强度**。磁场强度是一个矢量;为了表明这个矢量的方向,我们规定用磁北极来检验磁场强度。

磁场中某一点的强度,等于放在那一点的磁北极所受的

磁场力跟它的磁极强度的比：磁场强度的方向就是磁北极所受磁场力的方向。

用来表示磁场强度的公式是：

$$H = \frac{F}{m},$$

磁场中各点强度相同的磁场称为匀强磁场，各点强度不相同的磁场称非匀强磁场。一般磁体周围的磁场都是非匀强磁场。匀强磁场是很少的。当两个异性的很大的磁极平行相对而距离很近时，这两极间的磁场才接近均匀。

任何一个磁极强度 m 的磁极在磁场中任何一点（场强等于 H ）所受磁力的大小，可以用下式表示：

$$F = mH.$$

目前普遍采用的表示磁场强弱的另一个物理量是磁感应强度 B 。它是根据电流在磁场中所受的作用力来定义。

实验表明，通有电流的导线在磁场中要受磁力作用。这力的大小，除了跟磁场强弱、电流大小以及导线的长度有关外，还要决定于电流的方向。当电流方向和磁场垂直时，所受力为最大。这些关系，我们将在本章第三节中，作详细讨论。这里为了定义磁感应强度，先作简单说明。

设想将一段通有电流 I 、长度为 l 的很短的导线（简称“电流元”），放在磁场中某一点，并使电流方向垂直于磁场方向，如果它所受的力为 F ，那么这一点的磁感应强度的大小就定义为

$$B = \frac{F}{Il}.$$

也就是说：磁场中某一点磁感应强度 B 的数值等于放在该点的电流元所受的最大力跟电流强度和导线长度的乘积之比。

B 的方向和 H 相同, 就是指磁针放在该点时, N 极所受力的方向。

磁感应强度的单位在国际单位制中称特斯拉, 它与过去有些书本上所用的单位韦伯/米² 是相同的。在实用中还有一种常用的单位称高斯,

$$1 \text{ 特斯拉} = 10^4 \text{ 高斯}, \quad 1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 特斯拉}。$$

关于磁场强度 H 的单位及其换算关系, 对初学者来说, 并不是主要的。但为了便于参考, 这里也作简单介绍。

在国际单位制中, H 的单位是安培/米。另一种常用单位称奥斯特,

$$1 \text{ 奥斯特} = \frac{10^3}{4\pi} \text{ 安培/米}。$$

磁场强度 H 为 1 奥斯特的真空中的磁场, 如果用磁感应强度 B 来表示, 就是 10^{-4} 特斯拉, 即 1 高斯。

(四) 磁力线和磁通量

我们已经知道, 电力线可以用来形象地表示电场里电场强度变化的情况。同样, 我们也可以用磁力线形象地表示磁场里磁场强度变化的情况。磁力线上任何一点的切线方向就是这一点处的磁感应强度 B 的方向。如果我们在磁场中任意一点放一个能自由转动的小磁针 (把磁针的中点放在这一点上), 那么磁针的北极所指的方向就是这一点处的磁感应强度的方向 (如图 1-3 所示)。如果我们在磁场里排列着很多的小磁针, 我们就可以根据各个小磁针的方向, 近似地估计出磁力线分布的情况。用一个很小的磁针把它放在磁场

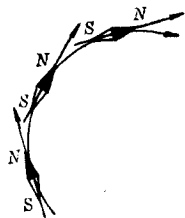


图 1-3