高中物理读本

第三册



人民教育出版社

（京）新登字 113 号

高中物理读本
第 三 册
人民教育出版社物理室编
*
人民教育出版社出版发行
北京联华印刷厂印装
*
开本 787×10921/32　印张 12　插页 1　字数 245000
1993 年 2 月第 1 版 1996 年 5 月第 7 次印刷
印数 425，001—550，000
ISBN7—107—01704—7
G·3234 定价 7.80 元

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本厂联系调换.

说明

本书是一套学生课外读物（共三册），供爱好物理的高中学生在学习物理必修课和选修课时参考阅读，期望有助于发展这部分学生的爱好和特长．

本书是将我社原高中物理课本（甲种本）作必要修订而成．原甲种本的编者有：张同恂，方玉珍，马淑美，郭连璧，李福利．审订者是雷树人．此次的修订者是：张同恂，扈剑华．

人民教育出版社

目　录

第一章　磁场 1
一、磁场 1
二、磁场的方向磁力线 3
三、磁现象的电本质磁性材料 6
四、磁感应强度 10
五、磁通量 13
六、直线电流的磁场 15
七、磁场对电流的作用力 16
阅读材料：电流强度的单位——安培 19
八、电流天平* 23
九、电流表的工作原理 25
十、磁场对运动电荷的作用力 28
十一、带电粒子在磁场中的运动 32
十二、荷质比的测定质谱仪 35
十三、回旋加速器 39
第二章　电磁感应 48
一、电磁感应现象 48
阅读材料：法拉第电磁感应的发现 51
二、感生电流的方向楞次定律 55
三、楞次定律的应用 57
四、法拉第电磁感应定律 61
阅读材料：寻找磁单极子 65
五、电磁感应现象中能量的转化 68
六、直流电动机的反电动势* 71
七、自感 73
八、自感现象的应用 75
九、涡流* 78
第三章　交流电 87
一、交流电的产生 87
二、交流电的变化规律 89
三、表征交流电的物理量 93
四、纯电阻电路 98
五、纯电感电路 101
六、纯电容电路 105
七、电感和电容对交流电相位的影响* 109
八、交流电的功率* 111
九、变压器 113
十、电能的输送 118
阅读材料：直流输电 122
十一、交流电的整流 124
十二、滤波 128
十三、三相交流电 131

十四、三相电路的连接 134
十五、感应电动机 138
阅读材料：直线电机和磁悬浮列车 141
第四章　电磁振荡和电磁波 148
一、电磁振荡 148
二、电磁振荡的周期和频率 151
三、电磁场 153
四、电磁波 155
五、赫兹实验 158
六、电磁波的发送（一）开放电路 160
七、电磁波的发送（二）调制 163
八、电磁波的接收（一）电谐振 165
九、电磁波的接收（二）检波 167
十、传真电视雷达* 170
十一、电磁波的传播 175
十二、电子技术一瞥 177
第五章　光的反射和折射 182
一、光的直线传播 182
二、光的速度 184
三、光的反射平面镜 188
四、球面镜 192
五、光的折射 197
六、折射率 199
七、全反射 205
阅读材料：海市蜃楼 208
八、棱镜 211
九、透镜 214
十、透镜成像 217
十一、透镜成像作图法 219
十二、透镜成像公式 224
十三、眼睛 228
十四、显微镜和望远镜 232
阅读材料：电子显微镜和射电望远镜 235
第六章　光的波动性 242
一、光的微粒说和波动说 242
二、光的干涉 243
三、薄膜干涉及其应用 248
阅读材料：全息照相 251
四、光的衍射 253
五、光的偏振 258
阅读材料：偏振光与立体电影 262
六、光的电磁说 263
七、电磁波谱 265
八、光谱 269

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第七章　光的粒子性 274
一、光电效应 274
二、爱因斯坦对光电效应的解释光子 277
三、光电效应的应用 279
四、光的波粒二象性 282
五、物质波* 285
第八章　原子结构 290
一、电子的发现 290
二、原子的核式结构的发现 292
三、玻尔的原子理论 296
四、玻尔原子理论对氢光谱的解释 300
阅读材料：定态存在的实验证明——夫兰克—赫兹实验 . 303
五、玻尔原子理论的困难和量子力学 305
六、原子的受激辐射激光* 307
第九章　原子核 312
一、天然放射现象 312
二、探测放射线的方法 316
三、原子核的人工转变原子核的组成 320
四、放射性同位素及其应用 325
五、原子核的结合能 330
六、重核的裂变 334
七、轻核的聚变 340
八、基本粒子* 342
学生实验 348
一、观察磁铁对电流的作用 348
二、研究电磁感应现象 349
三、用示波器观察交流电的波形 350
四、用示波器观察交流电的整流和滤波 353
五、研究变压器的作用 355
六、安装简单的收音机 356
七、测定玻璃的折射率 357
八、测定凸透镜的焦距 359
九、组成显微镜模型 361
十、利用双缝干涉测定光波的波长 362
十一、观察光的衍射现象 363
课外实验活动 365
一、自制指南针 365
二、验证环形电流的磁场 365
三、验证通电螺线管的南北极 366
四、观察磁化现象 366
五、判断指南针的偏转方向 367
六、自制测电笔 367
七、测定水的折射率 368
八、测定凹透镜的焦距 369

附录一　常用电磁学量的国际制单位 371
附录二　常用的物理恒量 372
附录三　用于构成十进倍数和分数单位的词头　373

第一章　磁场

一、磁场

我们在初中学过，把一根磁铁放在另一根磁铁的附近，两根磁铁的磁极之间会产生相互作用的磁力：同名磁极互相推斥，异名磁极互相吸引．我们知道，两个电荷之间相互作用的电力，不是在电荷之间直接发生的，而是通过电场传递的．同样，磁极之间相互作用的磁力，也不是在磁极之间直接发生的，而是通过磁场传递的．磁极在周围的空间里产生磁场，磁场对处在它里面的磁极有磁场力的作用．

磁铁并不是磁场的唯一来源．1820 年丹麦物理学家奥斯特（1777～1851）做过下面的实验：把一条导线平行地放在磁针的上方，给导线通电，磁针就发生偏转（图 1－1）．这说明不仅磁铁能产生磁场，电流也能产生磁场，电和磁是有密切联系的．

电流能产生磁场，反过来，磁场会不会对电流产生磁场力的作用呢？我们在初中做过的图 1－2 所示的实验回答了这个问题．把一段直导线放在磁铁的磁场里，当导线中通过电流时，可以看到导线因受力而发生运动．这个实验使我们进一步知道电和磁的联系，磁场不仅对磁极产生磁场力的作用，对电流也产生磁场力的作用．这是一个重要实验，后面我们常要提到它．

实验表明：电流和电流之间也会通过磁场发生相互作用．图 1—3 是两条平行的直导线，当通以相同方向的电流时，它们相互吸引；当通以相反方向的电流时，它们相互推斥．这时每个电流都处在另一个电流产生的磁场里，因而受到磁场力的作用．这就是说，电流和电流之间，就象磁极和磁极之间一样，也要通过磁场而发生相互作用．

磁场跟电场一样，是一种物质．磁极或电流在自己周围的空间里会产生磁场，而磁场的基本特性就是对处在它里面的磁极或电流有磁场力的作用．这样，我们对磁极和磁极之间、磁极和电流之间、电流和电流之间的相互作用获得了统一的认识，所有这些相互作用都是通过同一种场——磁场来传递的．

二、磁场的方向磁力线

把小磁针放在磁极或电流磁场中的任一点，我们看到小磁针因受磁场力的作用，它的两极静止时不再指向南北方向，而指向一个别的方向．在磁场中的不同点，小磁针静止时指的方向一般并不相同．这个事实说明，磁场是有方向性的．我们规定，在磁场中的任一点，小磁针北极受力的方向，亦即小磁针静止时北极所指的方向，就是那一点的磁场方向．正象在电场中可以利用电力线来形象地描写各点的电场方向一样，在磁场中可以利用磁力线来形象地描写各点的磁场方向．所谓磁力线，是在磁场中画出的一些有方向的曲线，在这些曲线上，每一点的切线方向都跟该点的磁场方向一致（图 1－4）．

实验上常用铁屑在磁场中被磁化的性质，来显示磁力线的形状．在磁场中放一块玻璃板，在玻璃板上均匀地撒一层细铁屑，细铁屑在磁场里被磁化成“小磁针”．轻敲玻璃板使铁屑能在磁场作用下转动，铁屑静止时有规则地排列起来，就显示出磁力线的形状．

图 1－5 是条形磁铁和蹄形磁铁的磁力线分布情况．磁铁外部的磁力线，都是从磁铁的北极出来，进入磁铁的南极．图 1－6 是直线电流的磁场．直线电流磁场的磁力线，是一些以导线上各点为圆心的同心圆，这些同心圆都在跟导线垂直的平面上．实验表明，改变电流的方向，各点的磁场方向都变成相反的方向，即磁力线的方向随着改变．直线电流的方向跟它的磁力线方向之间的关系可以用安培定则（也叫右手螺旋定则）来判定：用右手握住导线，让伸直的大拇指所指的方向跟电流的方向一致，弯曲的四指所指的方向就是磁力线的环绕方向．

图 1－7 是环形电流的磁场．环形电流磁场的磁力线，是一些围绕环形导线的闭合曲线．在环形导线的中心轴线上，磁力线和环形导线的平面垂直．环形电流的方向跟它的磁力线方向之间的关系，也可以用安培定则来判定：让右手弯曲的四指和环形电流的方向一致，伸直的大拇指所指的方向就是环形导线中心轴线上磁力线的方向．

图 1－8 是通电螺线管的磁场．

螺线管通电以后表现出来的磁性，很象是一根条形磁铁，一端相当于北极，另一端相当于南极．改变电流的方向，它的南北极就对调．通电螺线管外部的磁力线和条形磁铁外部的磁力线相似，也是从北极出来，进入南极的．通电螺线管内部具有磁场，内部的磁力线跟螺线管的轴线平行，方向由南极指向北极，并和外部的磁力线连接，形成一些闭合曲线．通电螺线管的电流方向跟它的磁力线方向之间的关系，也可用安培定则来判定：用右手握住螺线管，让弯曲的四指所指的方向跟电流的方向一致，大拇指所指的方向就是螺线管内部磁力线的方向，也就是说，大拇指指向通电螺线管的北极．

三、磁现象的电本质磁性材料

磁现象的电本质磁极和电流同样能够产生磁场，磁场对磁极和电流同样有磁场力的作用．通电螺线管和条形磁铁又那么相似．这些现象使我们想到：磁极的磁场和电流的磁场是不是有相同的起源？这个问题现在已经有了明确的回答．这个相同的起源就是电荷的运动．

导体中的电流是由电荷的运动形成的，因而我们不难理解通电导线的磁场是由电荷的运动产生的．那么，能不能进一步用实验直接证实：原来静止的电荷，当它运动起来的时候就会产生磁场呢？这个问题早在一百多年以前就提出来了．1876 年美国图 1—9 罗兰实验的示意图的罗兰用实验证实了这一点．罗兰把大量的电荷加在一个橡胶圆盘上，然后使盘绕中心轴高速转动．在盘的附近用小磁针来检验运动电荷产生的磁场（图 1－9）．结果他发现：当带电盘转动时，小磁针果然发生了偏转，而且改变盘的转动方向或者改变所带电荷的正负时，小磁针的偏转方向也改变，磁针的偏转方向跟运动电荷所形成的电流方向间的关系同样符合安培定则．这个实验证明了运动电荷确实产生磁场，进一步揭示了磁现象的电本质．

磁铁的磁场是否也是由电荷的运动产生的呢？法国科学家安培（1775～1836），从奥斯特实验得到启示，提出了著名的分子电流的假说．他认为：在原子、分子等物质微粒内部存在着一种环形电流，叫做分子电流，分子电流使每一个物质微粒都成为一个微小的磁体，它的两侧相当于两个磁极（图 1－10），这两个磁极跟分子电流不可分割地联系在一起．

安培的假说能够解释各种磁现象．一根软铁棒，在未被磁化的时候，内部各分子电流的取向是杂乱无章的（图 1－11 甲），它们的磁场互相抵消，对外界不显磁性．当软铁棒受到外界磁场的作用时，各分子电流的取向变得大致相同（图 1－11 乙），软铁棒就被磁化了，两端对外界显示出较强的磁作用，形成磁极．

磁体受到高温或猛烈的敲击会失去磁性．这是因为在激烈的热运动或机械运动的影响下，分子电流的取向又变得杂乱了．

在安培所处的时代，人们对物质内部为什么会有分子电流还不清楚．直到二十世纪初，人类了解了原子的结构，才知道分子电流是由原子内部电子的运动形成的．这样看来磁极的磁场和电流的磁场，它们的来源相同，都来源于电荷的运动．

运动的电荷（电流）产生磁场，磁场对运动的电荷（电流）有磁场力的作用．所有的磁现象都可以归结为运动电荷（电流）之间通过磁场而发生的相互作用．这就是磁现象的电本质．

磁性材料实验表明，任何物质在磁场中都能够或多或少地被磁化，只是磁化的程度不同．象铁、钴、镍那样能够被强烈磁化的物质，叫做铁磁性材料．磁化后的铁磁性物质，它们的磁性并不因外磁场的消失而完全消失，仍然剩余一部分磁性，叫做剩磁．

铁磁性物质按剩磁的情形分为软磁性材料和硬磁性材料．软磁性材料的剩磁弱，而且容易退磁．软磁性材料适用于需要反复磁化的场合，可以用来制造变压器、交流发电机、电磁铁和各种高频电磁元件的铁心．软铁、硅钢、坡莫合金（镍铁合金）等是软磁性材料．硬磁性材料的剩磁强，而且不易退磁，适合于制成永久磁铁，应用在磁电式仪表、扬声器、话筒、永磁电机等电器设备中．常见的金属硬磁性材料有碳钢、钨钢、铝镍钴的合金等．

还有一种磁性材料，叫做铁氧体，它是由氧化铁和二价金属（如 Ni，Co，Mn，Mg 等）的氧化物组成的，在电性能上与半导体相似，在磁性上与铁磁性材料相似．铁氧体在电子技术中已经成为不可缺少的磁性材料．在电子计算机中利用铁氧体作记忆元件．在电子线路中广泛利用铁氧体作电感线圈的磁心

练习一

（1）磁体的北极在磁场中所受的磁场力跟磁场方向同向，南极所受的磁场力跟磁场方向反向．图 1－12 是放在磁场中的小磁针．试根据小磁针所受的力说明，它将怎样转动以及静止在哪个方向．

（2）在图 1—13 中，当电流通过导线时，导线下面的磁针北极转向读者．试判断 AB 中电流的方向．

（3）在图 1－14 中，当电流通过线圈时，磁针的南极指向读者．试确定线圈中电流的方向．

（4）试确定图 1－15 中电源的正极和负极．（5）离开你向前运动的质子流产生的磁场是怎样的？向着你运动的电子流产生的磁场又是怎样的？

需要全本请访问 www.ertongbook.com

四、磁感应强度

磁场不仅有方向性，而且有强弱的不同．巨大的电磁铁能够吸起成吨的钢铁，小的磁铁只能吸起小铁钉．我们怎样来表示磁场的强弱呢？

电场的基本特性是对其中的电荷有电场力的作用，研究电场强弱的时候，我们从分析电荷在电场中的受力情况着手，得出电场强度这个物理量来表示电场的强弱．磁场的基本特性是对其中的电流有磁场力的作用，研究磁场的强弱，我们可以从分析电流在磁场中的受力情况着手，找出表示磁场的强弱的物理量．为此，我们需要把一小段通电导线放在磁场中的某处，来研究它的受力情况．

把一小段通电导线放在磁场中的某处，我们发现，当导线方向跟该处的磁场方向一致时，通电导线所受的力最小，等于零．当导线方向跟该处的磁场方向垂直时，所受的力最大．当导线方向跟磁场方向斜交时，所受的力介于零和最大值之间．下面，为了确定起见，我们总是把一小段通电导线垂直放入磁场，也就是放在与该处磁场方向垂直的方向上．

垂直放入磁场的通电导线所受的磁场力不仅跟其中的电流强度有关，而且跟导线的长短有关．如图 1－2 那样，把一段通电导线垂直地放入磁场中．实验指出：导线长度一定时，电流强度 I 越大，导线受到的磁场力 F 也越大；电流强度一定时，导线 l 越长，导线受到的磁场力 F 也越大．精确的实验表明：通电导线受到的磁场力 F 跟通过的电流强度 I 和导线的长度 l 成正比，或者说，F 跟乘积 Il 成正比．这就是说，把通电导线垂直放入磁场中的某处，无论怎样改变电流强度 I 和导线长度 l，乘积 Il 增大多少倍，F 也增大多少倍．比值 F／Il 跟乘积 Il 无关，是一个恒量．在磁场中不同的地方，这个比值可以是不同的值．这个比值越大的地方，表示一定长度的通电导线受到的磁场力越大，即那里的磁场越强．因此我们可以用这个比值来表示磁场的强弱．

在磁场中垂直于磁场方向的通电导线，所受的磁场力 F 跟电流强度 I 和导线长度 l 的乘积 Il 的比值叫做通电导线所在处的磁感应强度[1]．如果用 B 表示磁感应强度，那么，

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

磁感应强度是一个矢量，它的大小如上式所示，它的方向就是该点的磁场方向．

磁感应强度 B 的单位由 F、I 和 l 的单位决定．在国际单位制中，磁感应强度的单位是特斯拉，简称特，国际符号是 T．1 米长的导线，通过 1 安的电流，受到的磁场力为 1 牛时，磁感应强度就是 1 特．

$$1\text{特}=1\frac{\text{牛}}{\text{安}\cdot\text{米}}.$$

一般永磁铁的磁极附近的磁感应强度大约是 0．4～0．7 特，在电机和变压器的铁心中，磁感应强度可达 0.8～1.4 特，通过超导材料的强电流的磁感应强度可高达　1000 特，而地面附近地磁场的磁感应强度大约只有 0.5×10^{-4} 特．正象用电力线的疏密程度可以形象地表示电场强度的大小一样，用磁力线的疏密程度也可以形象地表示磁感应强度的大小．在磁感应强度大的地方磁力线密一些，

---

[1] ①这个物理量所以叫做磁感应强度，而没有叫做磁场强度，是由于历史上磁场强度一词已用来表示另外一个物理量．

在磁感应强度小的地方磁力线稀一些．

如果在磁场的某一区域里，磁感应强度的大小和方向都相同，这个区域就叫做匀强磁场．匀强磁场的磁力线，方向相同，疏密程度也一样，是一些分布均匀的平行直线．匀强磁场是最简单但又是很重要的磁场，在电磁仪器和科学实验中常常要用到它．通电长螺线管内部的磁场，距离相当近的两个平行的异名磁极间的磁场，都是身强磁场（图 1－16）．

五、磁通量

在电学和电工学里常常要讨论穿过某一个面的磁场.为此需要引入一个新的物理量——磁通量，在下一章里就要用到它．设在匀强磁场中有一个与磁场方向垂直的平面（图 1—17），磁场的磁感应强度为 B，平面的面积为 S．我们定义磁感应强度 B 与面积 S 的乘积，叫做穿过这个面的磁通量（简称磁通）．如果用 ϕ 表示磁通量，那么

$$\phi=BS.$$

磁通量的意义也可以用磁力线形象地加以说明．我们知道，磁力线越密的地方，也就是穿过单位面积的磁力线条数越多的地方，磁感应强度 B 越大．因此，B 越大，S 越大，穿过这个面的磁力线条数就越多．磁通量所表示的就是穿过磁场中某个面的磁力线条数.

当平面 S 不跟磁场方向垂直时（图 1－18），穿过这个面的磁力线条数比垂直时少，因此磁通量也小．设平面 S 在垂直于磁力线方向上的投影为 S_n.从图中可以看出，穿过平面 S 的磁力线条数等于穿过投影平面 S_n 的磁力线条数．所以穿过平面 S 的磁通量 $\phi=BS_n=BS\cos\theta$．如果平面跟磁场方向平行，则没有磁力线穿过这个面，这时 $\theta=90°$，$\cos\theta=0$，穿过这个面的磁通量为零.

在国际单位制中，磁通量的单位是韦伯，简称韦，国际符号是 Wb．在磁感应强度是 1 特的匀强磁场里，穿过跟磁场方向垂直的面积是 1 米^{2}的平面的磁通量，就是 1 韦.

1 韦=1 特·米^2

引入了磁通量这个概念,反过来我们也可以把磁感应强度看作是通过单位面积的磁通量，因此磁感应强度也常叫做磁通密度，并且用韦／米^{2}作单位.

练习二

（1）有人根据 B=F／Il 提出：磁场中某处的磁感应强度 B 跟磁场力 F 成正比，跟电流强度 I 和导线长度 l 的乘积 Il 成反比．这种提法有什么问题？错在哪里？

（2）能不能用一小段通电导线在磁场中所受磁场力的方向来定义磁感应强度的方向？讨论一下这个问题.

（3）长 10 厘米的导线，放入匀强磁场中，它的方向和磁场的方向垂直，导线中的电流强度是 3.0 安,受到的磁场力是 1.5×10^{-3} 牛.求该处的磁感应强度.

（4）把矩形线圈 abcd 放在匀强磁场中（图 1－19）．线圈面积为 5×10^{-2} 米^2，磁感应强度为 2×10^{-2} 特．①当线圈平面与磁场方向垂直时，穿过线圈的磁通量是多少？②线圈平面从图所示的位置绕 OO'轴转过 60° 时，穿过线圈的磁通量是多少？

（5）通电螺线管内部的磁感应强度大，还是管口外部的磁感应强度大？你是根据什么判断的？

六、直线电流的磁场

前面我们已经介绍了直线电流磁场的磁力线分布（图 1－6），从磁力线的分布就可以知道磁场中各点的磁感应强度的方向．那么，直线电流磁场中各点的磁感应强度的大小又是怎样的呢？

实验表明，磁感应强度的大小跟导线中的电流强度 I 有关系，也跟离开导线的距离 r 有关系．

如图 1－20 所示，在垂直于长直导线的平面上，放一个可以自由转动的小磁针．先让小磁针的位置不变，改变电路里的电流强度，来研究磁感应强度跟电流强度的关系．实验指出，电流强度越大，小磁针的偏转角度越大．这说明电流强度越大，磁感应强度就越大．再让导线中的电流强度不变，改变小磁针的位置，来研究磁感应强度跟离开导线的距离的关系．实验指出，小磁针离导线越近，偏转角度越大．这说明离导线越近，磁感应强度就越大．

可以证明：直线电流磁场的磁感应强度 B 的大小跟电流强度 I 成正比，跟离开导线的距离 r 成反比．写成公式就是

$$B = k\frac{I}{r}.$$

其中 k 是比例恒量．

严格说来，上式只适用于无限长的直线电流．但是实际上，当直导线的长度远大于离开导线的距离 r 时，除了导线两端附近，上式都是适用的．环形电流磁场和通电螺线管磁场的磁感应强度的大小也可以计算出来．它们的计算公式虽然跟直线电流不同，但有一点是相同的，即磁感应强度的大小都跟电流强度成正比．电流强度越大，磁感应强度也越大．

七、磁场对电流的作用力

前面我们研究磁感应强度的时候，对电流所受的磁场力已经作过一些讨论．电流所受的磁场力通常叫做安培力．这一节讨论安培力的大小和方向．

安培力的大小把一小段通电导线垂直放入磁场中，我们根据通电导线受的力F、导线中的电流强度I和导线长度l定义了磁感应强度$B=\frac{F}{Il}$．把这个公式变形，就得到电流所受的安培力的公式：

$$F=IlB.$$

严格说来，这个公式只适用于一小段通电导线的情形；导线较长时，导线所在处各点的磁感应强度矢量一般并不相同，

不能应用这个公式．如果磁场是匀强磁场，这个公式就适用于长的通电导线了．

如果电流方向不跟磁场方向垂直，电流受到的安培力又怎样呢？我们知道，电流方向跟磁场方向垂直时，电流受的力最大，其值可由公式F=IlB计算出；电流方向跟磁场方向平行时，电流根本不受力，即所受的力为零．知道了电流在这两种特殊情况下所受的力，我们不难求出电流在磁场中任意方向上所受的力．如图1－21所示，当电流方向与磁场方向间有一个夹角θ对，我们可以把磁感应强度矢量B分解为两个分量：一个是跟电流方向平行的分量$B_2=B\cos\theta$，另一个是跟电流方向垂直的分量$B_2=B\sin\theta$．前者对电流没有作用力，电流受到的力完全是由后者决定的，即$F=IlB_2$．代入$B_2=B\sin\theta$，我们得到$F=IlB\sin\theta$．

这就是电流方向与磁场方向成某一角度时安培力的公式．这就是说，安培力的大小等于电流强度I、导线长度l、磁感应强度B以及I和B间的夹角θ的正弦sinθ的乘积．从上式可以看出，当θ＝90°时，安培力最大，等于IlB；电流方向越偏离与磁场相垂直的方向，即θ越小，安培力也越小；当θ=0时，安培力最小，等于零．

在国际单位制中，上式中的各个物理量分别用牛顿、安培、米、特斯拉作单位．

安培力的方向上述公式给出了安培力的大小.安培力的方向是怎样的呢？怎样判定安培力的方向，同学们在初中已经学过，这里再讨论一下．在图1－2所示的实验中，如果把磁铁的两极调换位置来改变磁场方向，或者不改变磁场方向而改变电流方向，导线就向着相反的方向运动．可见通电导线在磁场中的受力方向跟磁场方向、导线中的电流方向都有关系．实验表明：电流所受安培力的方向既跟磁场方向垂直，又跟电流方向垂直；也就是说，安培力的方向总是垂直于磁力线和通电导线所在的平面．在图1－2的实验中，磁场方向跟电流方向也是垂直的，这时可以用左手定则来判定安培力的方向（图1－22）：伸开左手，使大拇指跟其余四个手指垂直，并且都跟手掌在一个平面内，让磁力线垂直进入手心，并使四指指向电流方向，这时手掌所在的平面跟磁力线和导线所在的平面垂直，拇指所指的方向就是通电导线在磁场中的受力方向。

我们再来看一下磁场方向不跟电流方向垂直的情形．把图1－2装置中的导线在竖直平面上转过一个角度，使磁场方向不再跟电流方向垂直，再进行观察.结果发现，导线受力的方向并没有改变，只是所受的力减小了．因此，我们仍旧可以用左手定则来判定力的方向，只是这时磁力线是倾斜进入手心的．

阅读材料：电流强度的单位——安培

在国际单位制中，基本单位有七个，我们已经知道其中的六个，这就是：米（长度的单位），千克（质量的单位），秒（时间的单位），安培（电流强度的单位），开尔文（热力学温度的单位），摩尔（物质的量的单位）．还有一个基本单位叫做坎德拉，是光学中发光强度这个物理量的单位．这个单位在中学课程中涉及不到．这里我们介绍一下安培这个单位是怎样确定的．以前我们是用电量的单位库仑来确定安培这个单位的，似乎库仑是一个基本单位．其实在国际单位制中库仑不是基本单位，而是导出单位，安培才是基本单位．以前所以那样讲，是因为我们的知识不够，不能先讲安培这个单位．安培是利用电流之间的相互作用力来确定的，学过直线电流的磁场和磁场对电流的作用力，现在我们有条件来介绍这个问题了。图 1－23 表示两根平行的直导线，其中通以大小和方向都相同的电流 I．导线 b 处于导线 a 的磁场中，因而受到这个磁场的安培力 F_1，从左手定则可以知道，F_1 在纸面内自左向右，指向导线 a，如图甲所示．设两导线的长度为 l，两导线间的距离为 r．导线 a 在导线 b 处产生的磁感应强度 $B=kI/r$，导线 b 所受的安培力 $F_1=IlB=kI^2l/r$．同样，导线 a 处于导线 b 的磁场中，受到的安培力 F^2 在纸面内自右向左，指向导线 b，如图乙所示．同样可以算出 F_2 的大小：$F_2=kI^2l/r$．可见两导线受到大小相等方向相反的引力，这个引力的大小 F 为

$$F = k\frac{I^2l}{r}.$$

其中 k 是比例恒量，它的数值跟选用的单位制以及导线周围的介质有关．

在国际单位制中，安培这个单位就是利用上式来定义的．

放在真空中的两根平行直导线，通以相同的稳恒电流，当两导线相距 1 米，每根导线在每米长度上所受的力等于 2×10^{-7} 牛顿时，这个稳恒电流就是 1 安培．

根据这个定义，由上式得到

$$2\times10^{-7}\text{牛} = k\frac{1\text{安}^2\times1\text{米}}{1\text{米}},$$

所以

$$k = 2\times10^{-7}\frac{\text{牛}}{\text{安}^2}.$$

有了安培的定义，根据公式 I=q／t 就可以定义电量的单位．如果导线中的电流为 1 安培，那么每秒内通过导线横截面的电量就是 1 库仑．所以 1 库=1 安·秒．

练习三

（1）图 1－24 表示一根放在磁场里的通电直导线．图中已分别标明电流、磁感应强度和安培力这三个量中两个的方向，试画出第三个量的方向．

（2）试解释为什么两根平行直导线中通以相反方向电流时，它们互相推斥．

（3）如图 1－25 所示，把一根通电的直导线放在蹄形磁铁的两个磁极上方．导线可以自由移动和转动．如果电流的方向如图所示，导线将产生怎样的运动？

需要全本请访问 www.ertongbook.com