

# 物 理 学

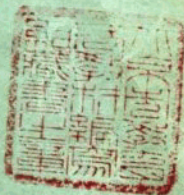
第三册

贈 閱

請 提 意 見 請 交 流

西安交通大學

1974年



# 物 理 学

第 三 册

西安交通大学

1974年

---

物理学（第三册）

编写：西安交通大学物理教研组

排印：西安交通大学印刷厂

1974年3月出版

---

《物理学》和《物理实验讲义》是根据学校确定的1953年入学学员所用物理大纲编写的。编写时参考了部分兄弟院校新编的物理学教材和一些省、市所编的中学物理教材，并考虑了和数学课进度的配合。全课程约需课内学时177，大体安排如下：简单机械(4)；直线运动(8)；力和牛顿运动定律(12)；匀速圆周运动(6)；动量和冲量(4)；功和能(8)；液体的力学性质(4)；基本热现象(5)；分子热运动的基本概念(3)；气体的性质(5)；物态变化(3)；几何光学基础(10)；电荷与电场(12)；静电场中的导体和电介质(7)；直流电(10)；磁场(3)；电磁感应(10)；振动的物理基础(7)；波动(5)；波动光学(6)；近代物理(10)；物理实验(30)。在执行中可以根据各专业的不同需要和教学的实际情况对内容和学时略有增减，各章末附有习题，可由任课教师掌握选择。加上\*号的内容和各种附录、资料，一般不在课内学习，某些系和专业还将根据需要另编补充教材。

## 第三册 目 录

<b>第十三章 电荷和电场</b> .....	1
第一节 电荷 导体和绝缘体.....	2
(一)电荷 电荷守恒定律.....	2
(二)导体和绝缘体.....	6
第二节 库仑定律.....	7
第三节 电场 电场强度.....	13
(一)电场.....	13
(二)电场强度.....	15
(三)电场的描绘.....	23
(四)静电场的应用.....	26
第四节 电势能 电位.....	28
(一)静电力是保守力.....	29
(二)在点电荷电场中电场力做功的计算.....	31
(三)电势能.....	32
(四)电位(电势).....	36
(五)电位差.....	38
(六)等位面.....	42
(七)电场强度和电位的关系.....	47
小结.....	50
习题.....	53
<b>第十四章 静电场中的导体和电介质</b> .....	60
第一节 导体的静电平衡条件.....	60

第二节 带电导体的电荷分布	62
第三节 静电感应 静电屏蔽	66
(一) 静电感应	66
(二) 静电屏蔽	68
第四节 静电场中的电介质	70
第五节 电容器 电容	72
(一) 电容器	72
(二) 电容器的电容	74
第六节 电容器的串联和并联	76
(一) 并联	77
(二) 串联	78
第七节 电场的能量	82
小结	85
习题	87
<b>第十五章 直流电</b>	<b>90</b>
第一节 电流	91
(一) 电流产生的原因	91
(二) 电流强度和电流密度	93
(三) 恒定电流 电流的连续性原理	96
第二节 电阻	99
(一) 欧姆定律 电阻和电导	99
(二) 电阻率和电导率	102
(三) 电阻温度系数	108
(四) 电阻的串联和并联	112
第三节 电功和电功率 电流的热效应	128

(一)电功和电功率.....	123
(二)电流的热效应.....	125
第四节 电动势 全电路欧姆定律	
*一段含源电路欧姆定律.....	129
(一)电动势.....	129
(二)全电路欧姆定律.....	138
*(三)一段含源电路欧姆定律.....	140
*第五节 电子的逸出功 接触电位差	
温差电动势.....	146
(一)电子的逸出功.....	146
(二)接触电位差.....	147
(三)温差电动势.....	148
小结.....	151
习题.....	153
<b>第十六章 磁场.....</b>	<b>162</b>
第一节 基本磁现象.....	162
(一)磁极.....	163
(二)磁场与磁力线.....	164
(三)电流的磁场.....	167
*(四)磁现象的本质.....	171
第二节 磁感应强度.....	172
(一)磁感应强度的定义.....	172
(二)磁通量.....	174
(三)长直螺线管与环形螺线管的磁感应强度	
磁导率.....	176

第三节 磁场对载流导线的作用·····	180
(一)匀强磁场对载流导线的作用力·····	180
(二)匀强磁场对载流线圈的力矩·····	184
*(三)磁电式电流表·····	189
*(四)直流电动机·····	191
第四节 磁场对运动电荷的作用·····	193
(一)洛仑兹力的方向·····	194
(二)洛仑兹力的大小·····	195
*(三)质谱仪·····	197
*(四)霍尔效应·····	199
小结·····	200
习题·····	203
<b>第十七章 电磁感应·····</b>	<b>210</b>
第一节 电磁感应现象及其规律·····	210
(一)电磁感应现象·····	210
(二)感生电流的方向 楞次定律·····	212
(三)感生电动势 法拉弟电磁感应定律·····	215
第二节 动生电动势 发电机原理·····	220
(一)动生电动势·····	220
(二)发电机原理·····	224
第三节 涡电流 电磁阻尼·····	226
(一)涡电流·····	226
(二)电磁阻尼·····	228
第四节 自感和互感·····	229
(一)自感·····	229



(二)互感·····	238
第五节 磁场能量·····	241
第六节 电磁场·····	245
小结·····	248
习题·····	250
<b>第十八章 振动的物理基础·····</b>	<b>255</b>
第一节 物体的形变 弹性力·····	256
第二节 简谐振动·····	260
(一)弹簧振子·····	260
(二)简谐振动的振幅 周期 频率和位相·····	265
第三节 单摆的振动·····	278
第四节 简谐振动的参考圆表示法 旋转矢量表示法·····	280
第五节 弹性力的功 简谐振动的能量·····	285
*第六节 简谐振动的合成·····	290
第七节 阻力对振动的影响·····	301
第八节 受迫振动 共振·····	304
(一)受迫振动的产生·····	304
(二)受迫振动的一些规律性 共振·····	306
附录 振动的测量·····	308
(一)拾振器·····	310
(二)指示记录仪器·····	316
小结·····	323
习题·····	325

<b>第十九章 波动</b> .....	329
<b>第一节 机械波的产生和传播</b> .....	329
(一)波源和媒质.....	329
(二)横波和纵波实验演示.....	330
(三)简谐波.....	333
<b>第二节 平面简谐波方程</b> .....	337
<b>第三节 平面波和球面波 波的能量</b> .....	342
(一)平面波和球面波.....	342
(二)波的能量.....	343
(三)波的吸收.....	345
<b>第四节 波的衍射 *惠更斯原理</b> .....	346
(一)波的衍射.....	346
*(二)惠更斯原理.....	348
<b>第五节 波的叠加原理 波的干涉 *驻波</b> .....	351
(一)波的叠加原理.....	351
(二)波的干涉.....	352
*(三)驻波.....	355
* <b>第六节 电磁波</b> .....	358
(一)电磁波的产生与传播.....	358
(二)电磁波谱.....	363
<b>附录 超声波</b> .....	368
(一)超声波的产生和接收.....	369
(二)超声波的应用.....	370
<b>小结</b> .....	375
<b>习题</b> .....	377

<b>第二十章 波动光学</b> .....	380
<b>第一节 光的干涉 双缝干涉 光栅</b> .....	381
(一)双缝干涉.....	382
(二)光栅.....	388
(三)相干光.....	392
<b>第二节 薄膜干涉</b> .....	393
(一)劈尖干涉实验.....	394
(二)光程差.....	395
(三)干涉条纹的分布.....	397
(四)空气劈尖的干涉 半波损失.....	400
* <b>第三节 干涉仪</b> .....	405
(一)迈克尔逊干涉仪.....	405
(二)激光比长仪.....	407
<b>第四节 光的衍射</b> .....	409
(一)光的衍射.....	410
(二)显微镜的分辨本领.....	412
* <b>第五节 光的偏振</b> .....	414
(一)天然光和偏振光.....	414
(二)双折射.....	417
(三)偏振光的干涉.....	420
(四)偏振光的应用.....	425
<b>小结</b> .....	428
<b>习题</b> .....	430

## 第十三章 电荷和电场

人类在很遥远的古代就发现了一些电磁现象，例如，被毛皮或丝绸摩擦过的一些物体能够吸引轻小物体；天然磁铁能够指向南北等等。但是因为电磁现象当时与生产活动的直接联系很少，缺乏有关的实践；又由于生产力发展水平的限制，不可能提供比较精密的仪器设备进行科学研究，电磁学的发展一直很缓慢。直到19世纪后半期，电磁现象才在生产生活中开始得到广泛的应用。大量的生产实践，为电磁学的发展提供了丰富的实际资料，正如恩格斯所说：“关于电，只是在发现它能应用于技术上以后，我们才知道一些合理的东西。”人们对电磁规律的认识，又进一步推动了生产力的发展。在现代工农业生产、国防科学和日常生活中，几乎都不能离开电，伟大导师列宁曾把“全国电气化”作为生产力发展的重要标志和建成共产主义的必要条件。

电之所以能在社会主义建设中起这样重大的作用，是由于它具有以下的特点：(1) 电能很容易转换为其他形式的能量，是比较方便的能源；(2) 电能可以迅速地作远距离输送，而且损耗较少；(3) 电能能以电磁波的形式传播；(4) 许多物理量都可以转变为电学量，然后加以测定，电测仪器仪表具有较高的灵敏度。电测的方法比较简便。

电磁运动是比机械运动、热运动更复杂的运动形式。电磁运动规律的研究不仅对生产技术有很大关系，而且对自然

科学的许多部门都有重要意义。恩格斯曾经指出“地球上几乎没有一种变化发生而不同时显示出电的现象。”因为物质之间的电磁相互作用是一种极为普遍的现象，特别是深入到物质的微观结构时更是如此，了解电磁现象的本质可以使我們更深入地认识周围的物质世界。

从本章起，我们开始研究电磁学。在本章中首先研究静电学，讨论电荷、电场、电场强度、电位等重要概念。在以下各章中，继续讨论电磁运动的其他规律。

## 第一节 电荷 导体和绝缘体

### (一) 电荷 电荷守恒定律

在生产实践和日常生活中，经常遇到大量和电有关的现象。当我们接通电源，电灯就发光，电炉就发热，收音机发出声音，电动机开始带动其他机器运行等等。伟大领袖毛主席教导我们：“我们看事情必须要看它的实质，而把它的现象只看作入门的向导”，现在我们就从电的各种现象来研究它的实质。

早先人类接触电，除了自然界的雷电等现象之外，首先是通过摩擦起电。例如用丝绸摩擦玻璃棒，丝绸和玻璃棒就都能吸引纸屑等轻的物体。同样地，用毛皮摩擦硬橡胶棒，毛皮和硬橡胶棒也都能吸引轻的物体。丝绸、玻璃棒等为什么能吸引轻的物体呢？这是因为它们带了电，或者说带了电荷的缘故。

把两个通草球分别用丝线挂起来，使每个小球都与用丝

绸摩擦过的玻璃棒接触，分别得到一部分玻璃棒上的电荷；（或者使每个小球都与用毛皮摩擦过的硬橡胶棒接触，分别得到一部分硬橡胶棒上的电荷）。在这种情况下，两个小球上都带有同一起来源因而是同性质质的电荷，当两个小球接近时，我们看到它们互相排斥，如图（13-1甲、乙）所示。

如果使一个小球与用丝绸摩擦过的玻璃棒接触，得到一部分玻璃棒上的电荷，另一个小球与用毛皮摩擦过的硬橡胶棒接触，得到一部分硬橡胶棒上的电荷，当两个小球接近时，我们看到它们互相吸引，如图（13-1丙）所示。由此可见，用丝绸摩擦过的玻璃棒上所带电荷与用毛皮摩擦过的硬橡胶棒上所带电荷的性质是不相同的。

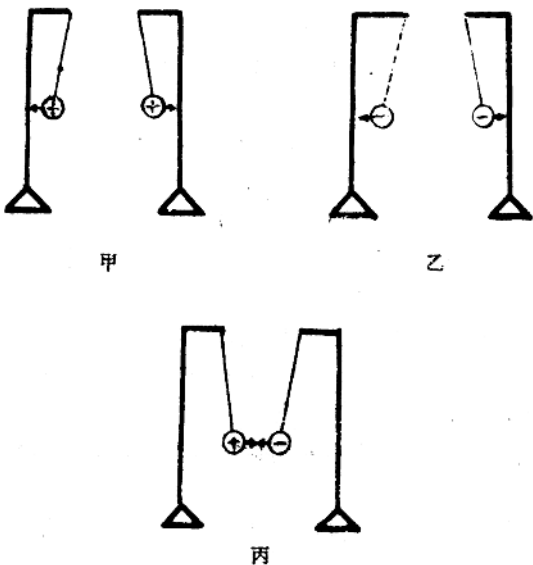


图 13-1 电荷间相互作用：同性电荷相斥，异性电荷相吸

为了区分两类不同的电荷，我们把用丝绸摩擦过的玻璃棒上所带电荷叫做正电荷（即阳电荷）。把用毛皮摩擦过的硬橡胶棒上所带电荷叫做负电荷（即阴电荷）。根据大量实验，人们得到结论：在自然界中只有正电荷和负电荷两种电荷。带同性电荷的物体互相排斥，带异性电荷的物体互相吸引。

为什么两种物体相互摩擦以后会带电呢？为了了解这一点，我们介绍关于物质结构的部分概念。

在第九章中讲过，气态、液态、固态物质是由许许多多分子组成的，分子则是由不同数量的原子组成的。

在原子的中心是体积很小的原子核，原子核的半径大约是原子半径的十万分之一（原子半径约为  $10^{-10}$  米，原子核半径约为  $10^{-15}$  米）。原子核由带正电的质子（符号  $p$ ）和不带电的中子（符号  $n$ ）组成。例如  ${}_1H^1$  原子核就是 1 个质子， ${}_1H^2$  原子核是由 1 个质子和 1 个中子所组成的； ${}_8O^{16}$  原子核是由 8 个质子和 8 个中子组成的。原子核外面则是按一定层次排列和运动的电子（符号  $e$ ）。电子带负电。每个原子的原子核中有多少个质子，它的外面就有多少个电子。例如氢和氦的原子有 1 个电子，氧原子有 8 个电子等。

根据精确实验，电子的质量为  $9.1083 \times 10^{-31}$  公斤，质子的质量要大得多，为  $1.67240 \times 10^{-27}$  公斤，约为电子质量的 1836.1 倍，中子的质量又比质子稍大些，等于  $1.67470 \times 10^{-27}$  公斤。可见，原子核的体积虽小，但是却具有原子的绝大部分质量。

电子和质子所带的电荷虽然异性，但数值是相等的。根据已有实验测定，人们发现，带电物体所带电荷都是电子

(或质子)所带电荷的整数倍,而不存在几分之一电子电荷。因此,电子或质子的电荷是一种量度电荷的天然单位。

那么,通过摩擦为什么能够使物体带电呢?我们知道,原子内部所带正电荷的总量和负电荷的总量相等,对外界不明显地表现出电性,可是当人们用摩擦或其他方法使组成某一物体的部分原子失去它的外层电子,这样物体内部的质子数就多于电子数,因而就显示出带正电,物体失去的电子越多,它带的正电量就越大;这些失去的电子转移到了另一物体上,使它的电子数多于质子数,从而另一物体就带负电,物体得到的电子越多,它带的负电量也就越大。

在上面所举的例子中,当用丝绸摩擦玻璃棒时,玻璃棒上的一些电子转移到了丝绸上,这时,玻璃棒带正电,而丝绸就带负电;当用毛皮摩擦硬橡胶棒时,毛皮上的一些电子转移到了硬橡胶棒上,这时,硬橡胶棒带负电,而毛皮就带正电。

根据以上事实,我们可以得出这样的结论:当通过摩擦或其他方法使中性物体分别带电时,正电荷和负电荷一定是成对出现的,即一个物体带正电,另一个物体就带负电,而且正电的量和负电的量一定彼此相等。

物体带电的多少叫作电量,常用 $q$ 表示。正电荷的电量取正值,负电荷的电量取负值。电量的常用单位叫做库仑。如果导体中通过1安培的电流,则在1秒内通过导体横截面的电量等于1库仑。安培是电磁学中的一个基本单位(在第十五、十六章中要讲到),库仑这个单位也叫安培·秒。

1库仑的电量;约等于 $6.25 \times 10^{18}$ 个电子所带的电量,电子所带电量是 $-1.60206 \times 10^{-19}$ 库仑,质子所带电量则是



$+1.60206 \times 10^{-19}$  库仑。

一般地说，不论各物体原来的带电情况怎样，经过摩擦或其他过程，能使部分电子从一些物体转移到另一些物体，因而使各物体的带电状况发生变化，但是各物体所带正负电荷的代数和保持不变。这称为电荷守恒定律。它是自然界普遍适用的规律之一。

## (二) 导体和绝缘体

上节中讲到玻璃棒和丝绸摩擦后，玻璃棒带正电荷，而丝绸带负电荷。硬橡胶棒和毛皮摩擦后，硬橡胶棒带负电荷而毛皮带正电荷。如果用金属棒接触这些带电物体，或者人手握住这些物体，那末这些物体上的电荷就会改变，这说明金属或人身能传导电荷。但是如果以另一些物体，如玻璃、橡胶、陶瓷、云母、丝、有机玻璃等等接触带电体，则带电体上电荷就不会改变，这说明玻璃等等这些物体不会传导电荷。我们把能传导电荷的物体称为电的导体，如金属、电解液等。把不能传导电荷的物体称为电的绝缘体，又称电介质，如玻璃、橡胶、陶瓷、云母、丝、有机玻璃等等。

在各种电器设备中，就是利用导体来传导电流，利用绝缘体来隔绝电流。如绕变压器用的漆包线，外面的漆是绝缘体，内部的铜线是导体，两层线圈间夹的黄蜡绸或其他绝缘薄膜都是绝缘体。

那末为什么导体能导电，而绝缘体不能导电呢？下面我们用物质结构的理论加以解释。

在第十一章中讲过，金属材料都是多晶体。在金属晶体中，有由失去了外层电子的阳离子所组成的空间点阵，还有