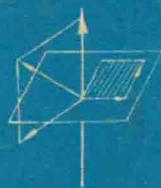
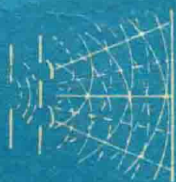


高等学校试用教材

物理学基础教程

(下册)

主编 郑新灵 周丰群 刘德星
顾问 漆安慎 杜婵英



中国科学技术出版社

物理学基础教程

下 册

顾 问 漆安慎 杜婵英
主 编 郑新灵 周丰群 刘德星
副主编 冯培成 尹中文 连洪运

中国科学技术出版社

(京)新登字 175 号

图书在版编目(CIP)数据

物理学基础教程/郑新灵等编. -北京:中国科学技术出版社,1994.9

ISBN 7-5046-1914-0

I. 物…

II. 郑…

III. 物理学-基础理论-高等学校-教材

IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 12307 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码:100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

三河市新艺印刷厂印刷

※

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:14.8 字数:325 千字

1994 年 9 月第 1 版 1994 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:11.00 元

内 容 提 要

该书作为高等专科学校学生普通物理教材。主要内容包括：力学、热学、电磁学、光学和近代物理学各个部分。全书准确体现物理学理论的科学性、系统性，注意理论联系实际和各种能力的培养，内容充实、体系严谨、易教易学，是一本普通物理的好教材。

责任编辑:平 珍
封面设计:刘恢银
正文设计:刘亦镇

周学时5

目 录

第三篇 电磁学

第十二章 真空中的静电场	10月22日	周三	2
§ 12.1 库仑定律			2
§ 12.2 电场 电场强度			6
§ 12.3 电力线与电通量			18
§ 12.4 高斯定理			23
§ 12.5 静电场的环路定理 电势			30
§ 12.6 电势与场强的关系			41
本章提要			44
思考题十二			45
习题十二			46
第十三章 静电场中的导体与电介质	11月19日		48
§ 13.1 静电场中的导体			48
§ 13.2 静电场中的电介质			57
§ 13.3 电容和电容器			65
§ 13.4 静电场的能量			73
本章提要			75

中学时

思考题十三	76
习题十三	77
第十四章 直流电	80
§ 14.1 电流强度和电流密度	80
§ 14.2 电阻 一段电路的欧姆定律	84
§ 14.3 电功和电功率 焦耳—楞次定律	88
§ 14.4 电动势 闭合电路和一段含源电路的欧姆 定律	90
§ 14.5 基尔霍夫定律及其应用	101
本章提要	106
思考题十四	106
习题十四	107
第十五章 稳恒磁场	111
§ 15.1 磁场	111
§ 15.2 毕奥——萨伐尔定律及其应用	119
§ 15.3 安培环路定理及其应用	126
§ 15.4 带电粒子在磁场中的运动	132
§ 15.5 磁场对电流的作用	139
本章提要	146
思考题十五	147
习题十五	148
第十六章 物质的磁性	151
§ 16.1 磁介质的磁化 磁化强度	151
§ 16.2 磁介质存在时的安培环路定理	156
§ 16.3 铁磁质	160
本章提要	166
思考题十六	166

习题十六	167
第十七章 电磁感应 电磁场与电磁波	169
§ 17.1 电磁感应现象及其基本规律	169
§ 17.2 动生电动势和感生电动势	174
§ 17.3 自感现象和互感现象	186
§ 17.4 磁场的能量	190
§ 17.5 电磁场理论的基本概念 麦克斯韦方程组	193
§ 17.6 电磁振荡和电磁波	199
本章提要	209
思考题十七	210
习题十七	212
第十八章 交流电	216
§ 18.1 交流电路的基本概念	216
§ 18.2 三种理想电路	222
§ 18.3 串联和并联电路	227
§ 18.4 交流电的功率 功率因数	239
§ 18.5 变压器	244
本章提要	247
思考题十八	249
习题十八	249

第四篇 光 学

第十九章 几何光学	251
------------------	------------

§ 19.1	几何光学中的基本定律和原理	252
§ 19.2	棱镜的折射与色散	255
§ 19.3	光在单球面上的折射和反射	257
§ 19.4	薄透镜	266
	本章提要	271
	思考题十九	272
	习题十九	272
第二十章	光的干涉	274
§ 20.1	光的单色性和相干性	274
§ 20.2	光程 双缝干涉	276
§ 20.3	薄膜干涉	282
	本章提要	289
	思考题二十	290
	习题二十	291
第二十一章	光的衍射	292
§ 21.1	光的衍射现象 惠更斯——菲涅耳原理	292
§ 21.2	单缝的夫琅和费衍射	294
§ 21.3	圆孔的夫琅和费衍射 光学仪器的分辨率	301
§ 21.4	衍射光栅	303
§ 21.5	X射线的衍射 布喇格方程	309
	本章提要	312
	思考题二十一	313
	习题二十一	314
第二十二章	光的偏振	315
§ 22.1	光的横波性 自然光和偏振光	315

§ 22.2	双折射现象	319
§ 22.3	偏振仪器 起偏和检偏	322
§ 22.4	旋光现象 旋光仪原理	327
	本章提要	329
	思考题二十二	329
	习题二十二	329

第五篇 近代物理学

第二十三章	相对论基础	332
§ 23.1	伽俐略变换和绝对时空观	333
§ 23.2	迈克耳逊—莫雷实验	337
§ 23.3	洛仑兹变换和狭义相对论时空观	339
§ 23.4	狭义相对论动力学基础	351
§ 23.5	广义相对论简介	356
	本章提要	358
	思考题二十三	359
	习题二十三	360
第二十四章	光的量子性	362
§ 24.1	黑体辐射 普朗克能量子假设	362
§ 24.2	光电效应	367
§ 24.3	康普顿效应	373
	本章提要	377
	思考题二十四	377
	习题二十四	378

第二十五章 原子的量子理论	379
§ 25.1 物质波 波函数的统计解释.....	379
§ 25.2 不确定关系.....	386
§ 25.3 薛定谔方程.....	389
§ 25.4 原子的核式结构和原子光谱的实验规律	395
§ 25.5 玻尔的氢原子理论.....	402
§ 25.6 量子力学对氢原子的处理.....	409
§ 25.7 电子的自旋 原子的壳层结构.....	414
本章提要.....	422
思考题二十五.....	424
习题二十五.....	424
第二十六章 原子核和粒子简介	426
§ 26.1 原子核的基本性质.....	426
§ 26.2 原子核的结合能.....	432
§ 26.3 放射性元素及其衰变规律.....	439
§ 26.4 粒子简介.....	448
本章提要.....	458
思考题二十六.....	459
习题二十六.....	459
附录	461
附录一 希腊字母表.....	461
附录二 物理学常用常数.....	462

第三篇 电磁学

电磁运动是物质的一种基本的运动形式，自然界里的所有变化，几乎都与电和磁相联系。电磁学就是研究电磁运动的基本规律及其应用的一门基础性学科。

人类对电现象和磁现象的认识，从公元前六世纪就开始了，但电磁学的发展却是十分缓慢的。直到十九世纪，由于生产和科学技术的迅速发展，电磁学才获得了重大进展。1819年奥斯特发现了电流的磁效应，此后，安培又提出了分子电流假说，使人们认识到磁现象的本质是电荷的运动。1831年法拉第发现了电磁感应的规律，使人们进一步认识到电磁现象的内在联系。从此，人类步入了大规模利用电能的时代。到十九世纪80年代麦克斯韦在前人工作的基础上，把电磁规律归纳成对迅变电磁场也适用的麦克斯韦方程组，确立了电荷、电流、电场和磁场之间的普遍关系，建立了经典电磁场理论。

电磁学研究问题的基本途径是“场”和“路”的观点。在实验规律的基础上，通过对电场、磁场、电路和交变电磁场的描述，来揭示电磁运动的基本性质和内在规律。本篇先讨论电现象，然后讨论磁现象以及电现象和磁现象的相互联系，最后介绍统一的电磁场理论。

第十二章 真空中的静电场

静电场是相对于观察者静止的电荷所产生的电场。本章只研究真空中的静电场。从静电场的两条最基本的实验规律库仑定律和场强叠加原理出发,推导出反映静电场性质的两条基本定理——高斯定理和环路定理;为了描述静电场的性质,从静电场对电荷有力的作用和电荷在电场中移动时电场力对它作功,引入描述静电场性质的两个重要物理量——电场强度和电势,还将进一步讨论场强与电势的关系。

§ 12.1 库仑定律

一、电荷

人们对于电的认识最初来自摩擦起电。人们发现用丝绸摩擦过的玻璃棒和用毛皮摩擦过的硬橡胶棒都具有吸引轻小物体的性质,处于这种特殊状态的物体就被称为带电体,或说物体带上了电荷。使物体带电叫作起电,用摩擦的方法使物体带电叫做摩擦起电。

实验发现,自然界中只存在两种性质不同的电荷,一种叫正电荷,另一种叫负电荷。电荷与电荷之间存在相互作用力,同号电荷相互排斥,异号电荷相互吸引。物体中所带电荷的多少,叫做电量。根据物质的电结构可知,组成物质的原子是由带正电的原子核和带负电的电子所构成,通常原子核所带的正电荷和所有核外电子带的负电荷是相等的,原子呈电中性。

所以,在正常情况下物体呈电中性。当由于某种原因破坏了物体的电中性(获得电子或失去电子)状态时,物体就带上了负电荷或正电荷。

大量的事实表明:电荷既不能被创造,也不能被消灭,只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分。也就是说,一个孤立系统的总电荷是不变的,即在任一时刻存在于系统中的正电荷和负电荷的代数和保持不变。这个原理称为电荷守恒定律。它是自然界中的基本守恒定律之一。

密立根油滴实验和无数其它的实验表明,在自然界中,任何带电体的电量都只能是某一基本单元的整数倍。这个基本单元就是一个电子所带的电量,叫做电子电量,记作 $-e$ 。质子的电量与电子电量等值异号,所以是 $+e$ 。我们就可以把带电体的电量 q 写成: $q = \pm ne$, n 只能取正整数。显然,如果带电体上的电量发生变化,它也只能按电子电量的整数倍变化,而不能任意变化。电荷的这些特点称为电荷的量子化。近代物理从理论上预言有一种电量为 $\pm(1/2)e$ 或 $\pm(2/3)e$ 的基本粒子(称为夸克)存在,并认为质子和中子等许多粒子是由夸克组成。但迄今为止,单独存在的夸克尚未在实验中发现。值得说明的是,在电磁学范围内所遇到的电量要比电子电量大很多,电荷的量子化是显示不出来的。

二、库仑定律

库仑定律是由法国科学家库仑,于1875年通过扭秤实验,直接测定两个电荷之间的相互作用力而建立起来的。

1. 点电荷

实验发现,带电体之间具有相互作用力,而这种相互作用力和带电体间的距离以及所带的电量有关,同时与带电体的

大小、形状以及电荷在带电体上的分布有关。但当带电体本身的几何线度比带电体间的距离小很多时，在测量的精度范围内，带电体的形状与其上的电荷分布对作用力没有影响，此时，作用力仅与带电体间的距离以及所带的电量有关。针对这样的事实，我们引入点电荷的概念。当带电体的大小和带电体间的距离相比小很多时，我们把这样的带电体看作是点电荷。点电荷与力学中的质点相似，是从实际的带电体中抽象出来的，只具有相对的意义，它本身不一定是很小的带电体。对于不能当作点电荷处理的带电体，我们可以把它当作多个点电荷所组成的体系来处理。

2. 库仑定律

库仑定律的内容是：在真空中两个静止的点电荷之间有相互作用力，作用力的大小与两电荷电量的乘积成正比，与两电荷之间距离的平方成反比；作用力的方向沿着两电荷的连线，同号相斥，异号相吸。

如图 12-1 所示， \hat{r}_{12} 表示从点电荷 q_1 指向点电荷 q_2 的单位矢量，于是， q_1 对 q_2 的作用力为

$$F_{12} = K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

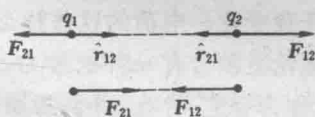


图 12-1

式中 K 为比例系数。当 q_1 和 q_2 同号时，两者乘积为正， F_{12} 与 \hat{r}_{12} 方向相同，这是斥力；当 q_1 与 q_2 异号时，两者乘积为负， F_{12} 与 \hat{r}_{12} 反向，这是引力。

同理， q_2 对 q_1 的作用力为

$$F_{21} = K \frac{q_1 q_2}{r_{21}^2} \hat{r}_{21}$$

式中 \hat{r}_{21} 是由 q_2 指向 q_1 的单位矢量。显然, $\hat{r}_{12} = -\hat{r}_{21}$, $r_{12} = r_{21} = r$, 所以

$$F_{12} = -F_{21}$$

这一结果表明, 两个点电荷之间的作用力的大小相等、方向相反, 服从牛顿第三定律。相互作用力的大小 $F (F = F_{12} = F_{21})$ 为

$$F = K \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} \quad (12-1)$$

比例系数 K 的值, 决定于上式中各量所选取的单位。

在国际单位制(SI制)中, 电量是导出量, 电量的单位是库仑, 代号为C。库仑是导出单位, 与基本单位的关系为

$$1 \text{ 库仑} = 1 \text{ 安培} \times 1 \text{ 秒} \quad (1\text{C} = 1\text{As})$$

在电磁学中, 为了使由式(12-1)所导出的其他方程在形式上简便些, 以便于使用, 在SI制中取 K 为

$$K = 1/4\pi\epsilon_0$$

其中 ϵ_0 叫做真空中的介电常数。必须指出, 采用这种单位制时, 式(12-1)中的力 F 、电量 q 和距离 r 的单位, 已分别取为牛顿(N)、库仑(C)和米(m), 所以比例系数 K 的数值以及 ϵ_0 的数值, 不能再任意指定, 必须通过实验来测定。由实验测得

$$\epsilon_0 = 8.854187818(71) \times 10^{-12} \text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

通常取其近似值

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

相应的

$$K = 8.99 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \approx 9 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

所以, 在SI制中, 库仑定律可写作

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (12-2)$$

其中 F 为所考察的电荷受到另一电荷的作用力, \hat{r} 为受力电

荷相对施力电荷的单位矢量。作用力的大小为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (12-3)$$

在所给出的库仑定律的数学表达式中,电量 q 是代数量,当 $q > 0$ 时,为正电荷;当 $q < 0$ 时,为负电荷。

库仑定律是静电学的基本定律。它虽然是在宏观带电体之间的相互作用中发现的,但大量近代物理实验表明,库仑定律在 10^{-17} m 到 10^7 m 的巨大范围内是精确可靠的。

3. 静电力满足叠加原理

库仑定律讨论的是两个点电荷之间的静电力,实验证实,静电力满足叠加原理。当空间有 n 个点电荷时,若引入另一个点电荷 q_0 ,各个点电荷对 q_0 的作用力是彼此独立的,均满足库仑定律。 q_0 受到的合力,等于各个点电荷单独存在时,对 q_0 的作用力 F_1 、 F_2 、 \dots 、 F_n 的矢量和,即

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n = \sum \mathbf{F}_i \quad (12-4)$$

任何宏观带电体都可以分成无限多个带电元,将这些带电元视为点电荷,利用库仑定律和力的叠加原理,原则上可以解决静电学的全部问题。

§ 12.2 电场 电场强度

一、电场

库仑定律揭示了电荷之间相互作用的规律,提供了定量计算静电力的基本方法。但是,并没有告诉我们电荷之间的相互作用是怎样传递的。力学中我们熟知的摩擦力、弹力都是接触力,但两个电荷并没有直接接触,那么,电荷之间存在的静