

高等学校教材

大学物理基础

下 册

金绍琦 主编 李锐锋 副主编

兵器工业出版社

大学物理基础

下 册

金绍琦 主编 张锐锋 副主编
张靖武 统编

兵器工业出版社

DW56/10
内容简介

本书是根据国家教委颁布的大学专科物理课程教学基本要求编写而成。全书共分上、下两册；上册包括力学、振动和波、热学；下册包括电磁学、光学和近代物理基础。

本书可作为各类工科院校专科物理课教材，可作为成人教育、夜大、函大的工科本科和专科物理教材或教学参考，亦可作为中学物理教师、科技人员参考书和青年自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理基础下册/金绍琦主编 --北京:兵器工业出版社,1996.10

ISBN 7-80132-018-2

I. 物… I. 金… II. 物理学 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 08058 号

兵器工业出版社出版发行
(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

蓟县燕山印刷厂印刷

※

开本:787×1092 1/32 印张:19 千字:423

1996年6月第1版 1996年6月第1次印刷

印数:0001~3000册

定价:上册 10.00元 全书 21.50元
下册 11.50元

出版说明

遵照国务院国发〔1978〕23 号文件精神,中国兵器工业总公司承担全国高等学校兵工类专业教材的规划、编审、出版的组织工作。自 1983 年兵总材料编审室成立以来,在广大教师的积极支持和努力下,在国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的积极配合下,已完成两轮兵工类专业教材的规划、编审、出版任务,共出版教材 211 种。这批教材出版对解决兵工专业教材有无问题、稳定教学秩序、促进教学改革及提高教学质量都起到了积极作用。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设需要,特别是国防现代化培养人才的需要,反映国防科技的先进水平,达到打好基础、精选内容、逐步更新及利于提高教学质量的要求,我们以提高教材质量为主线,完善编审制度、建立质量标准及明确岗位职责,制订了由主审人审查、责任编委复审和教编室审定等 5 个文件。并根据兵工类专业的特点,成立了十个专业教学指导委员会,以更好地编制兵工类专业教材建设规划,加强对教材的评审和研究工作。

为贯彻国家教委提出的“抓好重点教材,全面提高质量,适当发展品种,力争系统配套,完善管理制度,加强组织领导”的“八五”教材建设方针。兵总教材编审室在总结前两轮教材编审出版工作的基础上,于 1991 年制订了 1991~1995 年兵

工类专业教材编写出版规划。共列入教材 220 种。这些教材都是从学校使用两遍以上、实践证明是比较好的讲义中遴选的,专业教学指导委员会从兵工专业教材建设的整体考虑对编写大纲进行了审查,认为符合兵工专业培养人才要求,符合国家出版方针。这批教材的出版必将为兵工专业教材的系列配套,为教学质量的提高和培养国防现代化人才,为促进兵工类专业科学技术的发展,都将起到积极的作用。

本教材由华北工学院张靖武教授主审、统编,经中国兵器工业总公司兵总教材编审室审定。

限于水平和经验,这批教材的编审出版难免有缺点和不足之处,希望使用本教材的单位和广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司教材编审室

1994 年 3 月

前 言

本书根据国家教委工科物理课程指导委员会制定的《高等学校工程专科物理学课程基本要求》教学基本要求、由兵器工业总公司教材编辑室牵头组织北京理工大学、南京理工大学、华北工学院和重庆工业管理学院等四所院校编写而成，系兵总统编教材。

编者根据自己多年的教学经验，遵照“掌握概念，强化应用，培养技术应用能力为主线”的精神，参考并吸收了其它院校优秀教材的优点编写而成。编写时力求简明扼要、概念清楚、定义严谨；编写中考虑了与中学物理的衔接，注意了与工程技术和兵器专业相结合，加强了高等数学的应用，更新了部分例题，精选了一定数量、难易适度的各类习题。高于基本要求的内容用 * 号标出，以供参考之用。

为贯彻“工程专科物理教学必须加强理论联系实际，强调课程的应用性”，除各篇、章中注重了与工程实际相结合外，还编写了“物理学与技术”专题。

本书可作工程专科各专业的物理课程教材或参考书，也可供电视大学、夜大学和函授大学工程专科物理课程作教材或参考。全书分上、下册，总时数以 72~90 学时为宜。各校可根据专业特点，适当地增、减部分内容后，同样适用于 50~100 学时的教学。

全书编写大纲的制定和内容的安排，是经全体编者共同

讨论后确定的。编写的具体分工如下：南京理工大学潘国顺执笔绪论、一、二、三、四、五章，北京理工大学金绍琦执笔七、八、九章，华北工学院张旭峰执笔六、十三、十四、十五章，重庆工业管理学院李锐锋执笔十、十一、十二章，并请张靖武教授编写了“物理学与技术”专题。

全书由张靖武教授统稿审定。张靖武教授对初稿提出了许多指导性的宝贵建议和具体的修改意见，在此一并致以由衷的感谢。

由于编者水平有限，缺点错误在所难免，热诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

1996 年 4 月

目 录

第四篇 电磁学

第七章 静电学

7.1 电荷 库仑定律	2
7.2 静电场 电场强度	6
7.3 电力线 电通量和高斯定理	14
7.4 电场力的功 电势	28
7.5 静电场中的导体	39
7.6 电容 电容器 电场的能量	47
7.7 电介质的极化现象	55
习题	58
物理学与技术	66
VI 电容式传感器	66
VII 静电复印技术	69

第八章 稳恒磁场

8.1 基本磁现象 磁感应强度	73
8.2 毕奥-萨伐尔定律	77
8.3 磁力线 磁通量和磁场中的高斯定理	86
8.4 安培环路定理	90
8.5 安培定理	97
8.6 洛伦兹力公式及其应用	106
8.7 磁介质的磁化现象	112
习题	124

物理学与技术	133
VII 磁流体发电技术	133
第九章 电磁感应	
9.1 电磁感应的基本定律	136
9.2 动生电动势	143
9.3 感生电动势 涡旋电场	151
9.4 自感应和互感应 磁场的能量	157
9.5 电磁场理论的基本概念	168
习题	175
物理学与技术	183
IX 电感式传感器	183
X 电磁发射技术	185

第五篇 波动光学基础

第十章 光的干涉

10.1 光波 相干光的获得	191
10.2 杨氏双缝干涉	193
10.3 薄膜干涉	197
10.4 等厚干涉	203
10.5 光干涉的应用	210
习题	212

第十一章 光的衍射

11.1 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	215
11.2 单缝衍射 光栅衍射	217
11.3 光学仪器的分辨率	227

习题	230
第十二章 光的偏振	
12.1 自然光和偏振光	234
12.2 反射和折射时光的偏振	237
12.3 晶体的二向色性 马吕斯定律	240
12.4 偏振光的应用	244
习题	247
物理学与技术	250
XI 全息照相技术	250

第六篇 近代物理学基础

第十三章 狭义相对论基础

13.1 伽利略变换和经典力学时空观	256
13.2 迈克尔逊-莫雷实验	259
13.3 狭义相对论基本原理 洛伦兹变换	261
13.4 狭义相对论运动学效应	265
13.5 狭义相对论的动力学关系	268
习题	273

第十四章 光量子论基础

14.1 热辐射 普朗克能量子假说	275
14.2 光电效应 爱因斯坦光子假说	281
习题	286

第十五章 原子量理论基础

15.1 氢原子光谱的实验规律	288
15.2 玻尔氢原子理论	290

15.3 实物粒子的波粒二象性·····	294
15.4 波函数 薛定谔方程·····	296
15.5 激光原理·····	300
习题 ·····	307
下册习题参考答案·····	309

第四篇 电磁学

电磁运动是物质的一种基本运动形式,自然界中的一切现象,几乎都与电和磁相关联。所以,研究电磁运动的电磁学是深入认识物质世界的重要学科。

目前,电磁学已渗透到现代科学技术的各个领域,是一系列重要学科,如电工学、无线电电子学、自动控制、电子计算机、信息与通信、物质结构等的重要理论基础。因此,学习和掌握电磁运动的基本规律,在理论和实践上都具有重要的意义。

电磁学研究的主要内容是电磁现象规律以及电磁场与物质的相互作用。本篇主要介绍电磁学的基本概念、重要实验规律以及它们的简单应用。

第七章 静电场

7.1 电荷 库仑定律

两种电荷 两种不同材料的物体例如丝绸与玻璃棒,经过互相摩擦后都能吸引羽毛、纸屑等轻小物体。具有这种性质的物体就称为带了电或有了电荷。带了电的物体通常叫做带电体。实验证明,物体所带的电只有两种,称为正电和负电。历史上把玻璃棒上所带的电称为正电,丝绸上所带的电称为负电。同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。电荷的量值称为“电量”应为“电荷[量]”简称电荷,国际单位制中电量的单位为库仑,用符号是C表示。

物质电结构的理论指出,世界上一切实物都是由带正电的原子核和带负电的电子组成,若物体中可带正、负电荷的数量相等,则不显示电性,称为电中性。当两种物体摩擦时,有些电子就从一个物体转移到另一个物体,使失去电子的物体有了多余的正电荷而带正电;得到电子的物体有了多余的负电荷,因此带了负电。

实验证明,自然界中,电荷总是以一个基本单元的整数倍出现。电荷的基本单元就是一个电子所带电量的绝对值,通常用 e 表示

$$e=1.602\times 10^{-19}\text{C}$$

所有带电体的电量只能是 e 的整数倍, 这就是电荷的量子性。本章主要讨论电磁现象的宏观规律, 涉及的电量是电荷基本单元的许许多多倍; 因此, 可忽略电荷的量子性而视电量为连续变化。

电荷守恒定律 通过摩擦或其它方法使物体带电, 其效果总是出现了等值异号电荷, 例如用丝绸与玻璃棒摩擦时, 玻璃棒带了正电, 丝绸带了等量负电, 它们所带电荷的代数和为零。无论用什么方法使物体带电, 实际上都是物体上两种电荷的分离或转移过程, 通过大量的实验人们总结出了一条规律: 若系统没有净电荷出入其边界, 则系统内, 无论进行怎样的物理过程, 系统内电量的代数和总是保持不变。这个规律称为电荷守恒定律。电荷守恒定律是自然界的基本定律之一。

库仑定律 1785 年库仑通过实验总结出电荷之间作用力的规律称为库仑定律。其内容是: 真空中两个静止点电荷 q_1 和 q_2 之间的相互作用力的大小与 q_1 和 q_2 的乘积成正比, 与它们之间的距离的平方

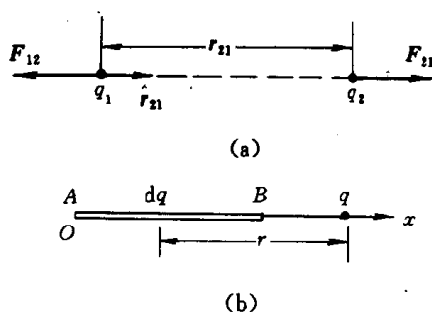


图 7-1 库仑定律

成反比, 作用力的方向沿着它们的连线。其数学表达式是:

$$\mathbf{F}_{21} = K \frac{q_1 q_2}{r_{21}^2} \hat{\mathbf{r}}_{21} = -\mathbf{F}_{12} \quad (7-1)$$

式中 $\hat{\mathbf{r}}_{21}$ 为单位矢经, 如图 7-1(a) 所示, 其意义是 $\hat{\mathbf{r}}_{21} = \frac{\mathbf{r}_{21}}{|\mathbf{r}_{21}|}$ 。显然 q_1 和 q_2 为同号点电荷时, 相互作用力为斥力; q_1 和 q_2 异号时, 相互作用力为吸力。 K 为比例系数, 它的取值决定于电

量 q 、距离 r 、电力 F 等物理量的单位,在国际单位制中 K 的实验值是:

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

在国际单位制中可将 K 写成:

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

式中 ϵ_0 是真空中介电常数

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

实验证实,真空中的库仑定律在空气中近似成立,常数 K 可用上述数值。

库仑定律是静止的点电荷间相互作用电力的规律。如果带电体的大小和它们之间的距离相比很小,就可以忽略带电体的形状和大小,将它们看成是具有一定电量的几何点,称为点电荷。点电荷的概念是理想模型,是对实际问题的一种数学抽象,与力学中质点、刚体等模型一样。

长期实验证实,库仑定律是一适应范围很广的基本定律。对于很小的范围,卢瑟福 α 粒子散射实验(1910年)证实小到 10^{-15}m 的范围,现代高能电子散射实验更证实小到 10^{-17}m 的范围,库仑定律仍然精确地成立。通过人造地球卫星研究地球磁场时得到库仑定律适用的范围大到 10^7m 。

静电力的叠加原理 实验证实,空间 n 个静止点电荷 $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n$ 对另一静止点电荷 q 的作用电力的合力是各个点电荷单独存在时,对 q 的作用力 $F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n$ 的矢量和,即

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_i + \dots + \mathbf{F}_n = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i \quad (7-2)$$

这就是静电力的叠加原理。应用库仑定律后,上式可写作

$$\mathbf{F} = \sum_{i=1}^n \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$

若研究带电量 Q 的连续带电体对点电荷 q 的作用电力,只需将带电体看作是由无穷多个无限小的电荷元 dq 组成即可。这样,电荷元对点电荷的电力及带电体对点电荷作用的合电力可用下面的矢量表示

$$d\mathbf{F} = \frac{q dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

$$\mathbf{F} = \int_Q \frac{q dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (7-3)$$

根据静电力的叠加原理和库仑定律,原则上可处理任何宏观带电体间的相互作用电力问题。(7-1)、(7-2)、(7-3)等式都是矢量式,实际应用时往往用其分量式。

例题 7-1 已知,长为 l 的细棒 AB 上均匀分布着电荷 Q ,在其延长线上距 B 端为 a 处有一点电荷 q 如图 7-1(b)所示。

试求: q 受到 AB 的作用力?

解 首先将 AB 分割成无穷多个无限小的电荷元,每个电荷元可视为点电荷,其所带电量 $dq = \frac{Q}{l} dx = \lambda dx$,坐标选取如图 7-1(b)所示,则电荷元 dq 与 q 之间距离 $r = l + a - x$ 。由式(7-1),它们之间作用力是

$$d\mathbf{F} = K \frac{q dq}{(l + a - x)^2} \hat{\mathbf{i}}$$

AB 上每个电荷元对 q 的作用力都是斥力且沿 $\hat{\mathbf{i}}$ 方向,因此 AB 棒上电荷 Q 对 q 的作用力大小可用如下的标量积分求

得:

$$F = \int dF = \int_0^l K \frac{\lambda q}{(l + a - x)^2} dx = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 a(a + l)}$$

力 F 的方向与 i 相同。其中 $\lambda = \frac{Q}{l}$ 称为电荷线密度, 表示单位长度的电荷。可见, 电荷连续分布的带电体之间作用力的计算, 应用(7-3)式对带电体的电量进行矢量积分即可。由于带电体形状、大小的不同, 积分有以下几种情况:

① 如果电荷 Q 均匀分布在一条曲线 l 上, 则电荷元 $dq = \lambda dl$ 。其中 $\lambda = \frac{Q}{l}$ 是电荷的线密度, 表示曲线上单位长度所带的电量, 对 Q 积分时进行曲线积分。

② 如果电荷 Q 均匀分布在一个曲面 S 上, 则 $dq = \sigma dS$ 。其中 $\sigma = \frac{Q}{S}$ 是单位面积上的电量, 称为电荷面密度, 对 Q 积分则是对曲面积分。

③ 如果 Q 均匀分布在一个体积 V 内, 则 $dq = \rho dV$ 。其中 $\rho = \frac{Q}{V}$ 是单位体积的电荷, 称为电荷的体密度, 对 Q 积分则是对体积积分。

7.2 静电场 电场强度

静电场 实践证明电荷周围存在电场, 相对观察者静止的电荷产生的场称为静电场。显然, 静电场是不随时间变化的。场与由分子、原子组成的实物不同, 它是看不见, 摸不着的特殊物质。正因如此, 研究静电场往往是通过静电场对外部的表现。主要有: