

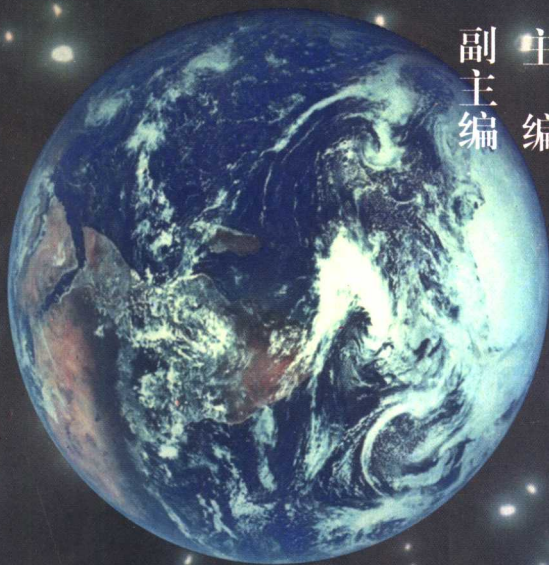
大学物理教程

(修订版)

下册

任兰亭 主编

贾瑞皋 副主编



石油大学出版社

04
 $23\frac{1}{2}=2$

高等学校试用教材

大学物理教程

(修订版)

下 册

任兰亭 主 编
贾瑞皋 副主编

石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程(下)/任兰亭主编,一2版,一东营:
石油大学出版社,1995.5(1999.1重印)

ISBN 7-5636-0599-1

I. 大… II. 任… III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 33335 号

高等学校试用教材

大学物理教程

(修订版)

下册

任兰亭 主编 贾瑞皋 副主编

出版者:石油大学出版社(山东 东营,邮编 257062)

印刷者:泰安师专印刷厂印刷

发行者:石油大学出版社(电话 0546—8392563)

开 本:850×1168 1/32 印张:20.25 字数:526 千字

版 次:1999 年 1 月第 2 版 1999 年 1 月第 2 次印刷

印 数:4101—9100 册

定 价:22.50 元

内 容 提 要

本书是以国家教委颁布的《高等工业学校物理课程教学基本要求》的基本精神为依据,结合高等学校工科大学物理课程指导小组制定的《重点高等学校工科大学物理课程教学改革指南》及目前教学改革的情况,吸取国内、外同类教材的优点编写而成。全书分上、下两册。上册包括力学、振动和波动、波动光学、热物理学三篇;下册包括电磁学、近代物理学和现代科学技术两篇。

本书在调整教材结构体系,提高起点,解决好与中学物理的衔接,加强近代物理的教学内容,理论联系实际,加强工程化教育,加强培养学生的能力和素质等方面作了一些探索。书中附有阅读材料和物理学家介绍。习题有所更新。

本书可作为理工科大学及专科院校非物理专业的教材或参考书,也可供电大、函大的师生及中学物理教师作为参考书。

目 录

第四篇 电 磁 学

第十章 真空中的静电场	(2)
§ 10-1 电荷 库仑定律	(2)
一、电荷 二、库仑定律的矢量形式 三、静电力的叠加原理	
§ 10-2 电场 电场强度	(10)
一、电场 二、电场强度 三、场强叠加原理 四、场强的计算	
§ 10-3 高斯定理	(21)
一、电场线 二、 E 通量 三、高斯定理 四、利用高斯定理求静电场的分布	
§ 10-4 电势	(31)
一、静电场的环路定理 二、电势能 三、电势 四、电势的叠加原理与电势的计算 五、等势面 六、场强与电势的微分关系	
本章小结	(45)
习题十	(46)
第十一章 静电场中的导体和电介质	(56)
§ 11-1 静电场中的导体	(56)
一、静电平衡 二、静电平衡条件下导体上的电荷分布 三、孤立导体的形状对电荷分布的影响	
§ 11-2 导体空腔	(63)

一、第一类导体空腔 二、第二类导体空腔	
§ 11-3 电容及电容器	(67)
一、孤立导体的电容 二、电容器 三、电容的计算	
四、电容器的串、并联	
§ 11-4 静电场中的电介质	(73)
一、有介质时的平行板电容器 二、电介质的极化 三、极化强度矢量 P 四、束缚电荷面密度与极化强度的关系	
§ 11-5 有电介质时的静电场方程	(79)
一、电介质中的场强 二、电位移矢量 D 有电介质时的高斯定理	
§ 11-6 静电场的能量	(84)
一、充电电容器的静电能 二、静电场的能量	
§ 11-7 静电危害及其应用	(88)
一、静电的危害 二、静电的应用 三、消除静电的措施	
本章小结	(92)
习题十一	(93)
第十二章 恒定电流	(100)
§ 12-1 电流 电流密度	(100)
一、电流 电流强度 电流密度 二、电流的连续性方程	
三、恒定电流与恒定电场	
§ 12-2 欧姆定律	(104)
一、直流电路 二、欧姆定律 电阻 三、欧姆定律的微分形式 四、焦耳定律的微分形式	
§ 12-3 电动势	(110)
一、非静电力 二、电动势 电源的路端电压 三、闭合电路和一段含源电路的欧姆定律	
§ 12-4 经典金属电子论	(114)
一、经典金属电子论 二、焦耳定律	
本章小结	(116)

习题十二	(117)
第十三章 稳恒磁场	(121)
§ 13-1 磁感应强度矢量 B	(121)
一、磁场 二、磁感应强度矢量 B 三、磁感应线(B 线)	
四、磁感应通量 五、磁场的高斯定理	
§ 13-2 毕奥-萨伐尔定律	(126)
一、毕奥-萨伐尔定律 二、毕奥-萨伐尔定律的应用	
三、运动电荷的磁场	
§ 13-3 安培环路定理	(139)
一、安培环路定理 二、安培环路定理的应用举例	
§ 13-4 磁场对运动电荷的作用	(149)
一、洛伦兹力 二、带电粒子在电磁场中的运动 三、霍耳效应	
§ 13-5 磁场对载流导体的作用	(160)
一、安培力公式 二、两平行长直载流导线间的相互作用	
安培的定义 三、均匀磁场中矩形载流线圈受到的磁力矩	
四、闭合载流线圈的磁矩和磁力矩	
本章小结	(171)
习题十三	(172)
阅读材料:磁流体发电	(179)
第十四章 磁介质	(181)
§ 14-1 磁介质存在时稳恒磁场的基本规律	(181)
一、磁介质的磁化 磁化强度矢量 二、磁化电流 三、磁场强度 H 磁介质中的安培环路定理和“高斯定理” 四、磁化率和磁导率 五、稳恒磁场与静电场的对比	
§ 14-2 磁介质的磁化规律	(189)
一、顺磁质和抗磁质 二、铁磁质	
§ 14-3 磁路定理	(197)
一、磁路 二、磁路定理 三、磁屏蔽	

本章小结.....	(200)
习题十四.....	(201)
第十五章 电磁感应	(205)
§ 15-1 法拉第电磁感应定律.....	(205)
一、法拉第电磁感应定律 二、楞次定律 三、涡电流和电 磁阻尼 四、趋肤效应	
§ 15-2 感应电动势.....	(215)
一、动生电动势 二、感生电动势 感应电场 三、电子感 应加速器	
§ 15-3 互感和自感.....	(226)
一、互感现象 二、自感现象 三、自感线圈的磁能 四、互感线圈的磁能 五、磁场的能量	
本章小结.....	(237)
习题十五.....	(239)
科学家介绍:法拉第	(245)
第十六章 电磁场与电磁波	(247)
§ 16-1 麦克斯韦电磁场理论.....	(247)
一、麦克斯韦电磁场理论的产生 二、位移电流 三、麦克 斯韦方程组	
§ 16-2 电磁波.....	(256)
一、电磁波的波动方程 二、平面电磁波 三、无阻尼自由 电磁振荡 四、振荡偶极子辐射的电磁波 五、电磁波谱	
§ 16-3 电磁场的能量、能流和动量	(272)
一、电磁场的能量和能流密度矢量 二、电磁波的动量、质 量和光压	
本章小结.....	(276)
习题十六.....	(278)
科学家介绍:麦克斯韦	(281)
阅读材料:磁单极子	(283)

传感器及其应用.....	(286)
同步辐射加速器.....	(291)

第五篇 近代物理学和现代科学技术

第十七章 狭义相对论.....	(297)
§ 17-1 伽利略变换 力学的相对性原理.....	(297)
一、绝对时空观 二、伽利略变换 三、力学的相对性原理	
§ 17-2 狭义相对论的两个基本假设 洛伦兹变换.....	(301)
一、狭义相对论产生的历史背景 二、狭义相对论的两个基本假设 三、洛伦兹变换 四、相对论速度变换式	
§ 17-3 狭义相对论的时空观.....	(310)
一、同时的相对性 二、长度收缩效应 三、时间膨胀效应	
§ 17-4 相对论质点动力学方程.....	(316)
一、极限速度 二、相对论质量 三、相对论动力学的基本方程	
§ 17-5 相对论能量.....	(319)
一、相对论动能 二、相对论能量 三、动量与能量的关系	
本章小结.....	(324)
习题十七.....	(325)
科学家介绍:爱因斯坦	(328)
阅读材料:宇宙学与天体物理学简介	(331)
第十八章 量子物理基础.....	(344)
§ 18-1 黑体辐射 普朗克量子假说.....	(344)
一、热辐射现象 二、黑体辐射 三、“紫外灾难”与普朗克量子假说	
§ 18-2 光电效应 爱因斯坦光子理论.....	(348)
一、光电效应及其实验规律 二、爱因斯坦光子理论 三、光电效应的应用	

§ 18-3 康普顿效应 光的波粒二象性	(353)
一、康普顿效应 二、光的波粒二象性	
§ 18-4 玻尔的氢原子理论	(358)
一、氢原子光谱的规律 二、原子的核式结构与经典物理学的矛盾 三、玻尔理论的基本假设 四、轨道半径量子化 五、能量量子化 六、氢原子光谱的波数公式	
§ 18-5 实物粒子的波粒二象性	(365)
一、旧量子论的缺陷 二、德布罗意假设 三、不确定[度]关系	
§ 18-6 波函数	(373)
一、波函数 二、波函数的统计解释	
§ 18-7 薛定谔方程	(378)
一、一维自由粒子的运动方程 二、一维粒子的薛定谔方程 三、三维情况下的薛定谔方程	
§ 18-8 薛定谔方程的简单应用	(381)
一、一维矩形势阱 二、一维势垒 隧道效应	
§ 18-9 氢原子	(386)
一、能量量子化 二、角动量量子化 三、角动量的空间量子化 四、电子的波函数	
§ 18-10 电子的自旋 四个量子数	(393)
一、施特恩-格拉赫实验 二、电子的自旋	
§ 18-11 多电子原子系统 元素周期表	(396)
一、泡利不相容原理 二、能量最小原理	
§ 18-12 核磁共振技术	(399)
一、引言 二、核磁共振原理 三、核磁共振实验装置 四、核磁共振的应用	
§ 18-13 穆斯堡尔谱学简介	(404)
一、引言 二、穆斯堡尔效应 三、穆斯堡尔实验装置 四、穆斯堡尔效应的应用	

§ 18-14 扫描隧道显微镜	(410)
一、引言 二、工作原理 三、扫描隧道显微镜的结构	
四、STM的应用举例 五、其它扫描探针显微术简介	
本章小结	(417)
习题十八	(419)
科学家介绍:玻尔	(423)
薛定谔	(427)
第十九章 凝聚态物理学简介	(430)
§ 19-1 晶体的结构和能带	(430)
一、晶体的结构 二、周期性势场与电子的共有化 三、能带的形成和能带结构	
§ 19-2 半导体和半导体技术	(436)
一、引言 二、半导体的能带 三、半导体的光学性质	
四、量子阱和超晶格 五、半导体器件原理 六、半导体技术应用前景	
§ 19-3 非晶态物理	(456)
一、非晶态和非晶态材料 二、非晶态材料的结构模型	
三、非晶态材料的特性和应用	
§ 19-4 液态物理	(462)
一、简单液体和复杂液体 二、液态半导体 三、熔化和界面	
§ 19-5 微结构物理	(468)
一、纳米材料 二、富勒烯 C_{60} 三、发光多孔硅	
§ 19-6 低维物理	(471)
§ 19-7 等离子体物理简介	(473)
一、引言 二、等离子的描述方法 三、等离子体物理的实验研究	
§ 19-8 超导体	(478)
一、引言 二、超导体的基本性质 三、高温超导体	

四、超导材料的应用

本章小结	(493)
第二十章 激光	(495)
§ 20-1 激光产生的物理基础	(496)
一、受激吸收 二、受激辐射 三、自发辐射 四、受激吸收、受激辐射和自发辐射的关系 五、粒子数反转和光放大	
§ 20-2 粒子数反转的实现及光振荡	(501)
一、粒子数反转的实现 二、光振荡和光学谐振腔 三、光振荡的阈值条件 四、形成激光的条件	
§ 20-3 激光的模式	(506)
一、纵模 二、横模	
§ 20-4 激光器	(509)
一、红宝石激光器 二、氦-氖激光器 三、氦离子激光器 四、二氧化碳激光器	
§ 20-5 激光技术应用	(515)
一、激光精密计量 二、激光信息处理 三、强激光的应用 四、激光医学 五、激光生物应用 六、激光武器 七、激光技术在科学实验中的应用 八、激光技术的发展	
§ 20-6 激光全息照相	(529)
一、全息照相的记录和再现 二、全息照相的基本原理 三、全息照相的应用	
本章小结	(534)
习题二十	(535)
阅读材料:自由电子激光	(536)
第二十一章 原子核物理	(543)
§ 21-1 原子核的基本性质	(543)
一、原子核的成分、核质量和核电荷 二、原子核的大小与密度 三、原子核的自旋与磁矩	
§ 21-2 原子核的结合能 核力和核模型	(547)

一、原子核的质量与亏损 二、原子核的结合能 三、核力和核模型	
§ 21-3 原子核的衰变	(551)
一、天然放射性现象 二、原子核的衰变规律	
§ 21-4 射线对物质的作用	(555)
一、 α 射线对物质的作用 二、 β 射线对物质的作用 三、 γ 射线对物质的作用	
§ 21-5 射线对人体的影响及其防护	(557)
一、射线的生物效应 二、辐射剂量 三、辐射的防护	
§ 21-6 放射性同位素的应用	(559)
一、示踪原子的应用 二、放射性射线的应用 三、放射性衰变规律的应用	
§ 21-7 核反应	(562)
一、核反应 二、核反应过程中的守恒定律	
§ 21-8 重核的裂变及其应用	
一、裂变现象 二、裂变的链式反应 三、原子弹 四、核反应堆	
§ 21-9 轻核的聚变及其应用	(568)
一、轻核的聚变 二、太阳能的来源 三、氢弹	
本章小结	(570)
习题二十一	(572)
阅读材料:对撞机	(575)
第二十二章 粒子物理	(583)
§ 22-1 粒子发现简况	(583)
§ 22-2 宇宙射线	(584)
§ 22-3 粒子的相互作用	(585)
一、引力相互作用 二、电磁相互作用 三、强相互作用 四、弱相互作用	
§ 22-4 粒子的分类	(587)

一、粒子和反粒子 二、粒子的分类	
§ 22-5 守恒定律	(589)
一、重子数守恒定律 二、轻子数守恒定律 三、奇异数守恒定律 四、同位旋 I 及同位旋分量 I_z 守恒定律 五、宇称守恒定律	
§ 22-6 强子结构的“夸克”模型	(592)
本章小结	(595)
习题二十二	(596)
科学家介绍:杨振宁	(598)
李政道	(601)
阅 读 材 料:正电子湮没技术	(604)
习题答案	(615)
附录:历年诺贝尔物理学奖获奖简表	(629)
参考文献	(635)

第四篇 电 磁 学

电闪雷鸣,每秒钟地球上大约有上千个雷暴在活动。磁石吸铁有如慈母恋子。黄帝雾天战蚩尤,用罗盘导向。早在公元前几百年,人们就分别对电现象和磁现象有所认识了。后来,人们把电现象和磁现象总结发展成彼此独立的两个学科——电学和磁学。1820年丹麦物理学家奥斯特(H. C. Oersted, 1777—1851)发现了电流的磁效应,敲开了“电转化为磁”的大门,揭示了电与磁之间的联系。继之,1831年英国科学家法拉第(M. Faraday, 1791—1867)发现了电磁感应现象,进一步揭示了电与磁之间的奥秘。直到1865年英国物理学家麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879)在总结前人研究成果的基础上,总结出了反映电磁变化规律的方程组,完成了物理学的第二次大综合,对电磁场理论作了全面、系统、严密的论述和完整的总结。这不仅为电磁学的研究和发展奠定了理论基础,而且在许多技术领域中产生了深远影响。电磁相互作用是自然界四种基本相互作用之一,遍及宇宙的一切物体。从巨大的恒星到地球上的山川和一切生物群体,其结构都与电磁相互作用密切相关。从近代科学技术的发展到人们的日常生活,到处都有电磁理论的应用成果。

目前,电与磁的研究已渗透到物理学和其它自然科学的各个领域,成为研究物质过程必不可少的基础。电磁学已成为研究电工学、无线电工学、遥控和自动控制学、电视学、固态电子学等学科所必须具备的基础知识。

本篇共分七章,首先讨论电现象,然后讨论磁现象以及电现象与磁现象之间的联系,最后讨论统一的电磁运动规律——电磁场与电磁波。

第十章 真空中的静电场

相对于观测者静止的电荷所产生的电场称为静电场。本章仅研究真空中的静电场。我们将从电荷在电场中受力和电荷在电场中移动时电场力对电荷作功这两个事实出发,引入描述电场的两个基本物理量:电场强度和电势。介绍静电场的两条基本实验规律——库仑定律和叠加原理,并由此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。最后讨论描述静电场的两个基本物理量之间的关系。

§ 10-1 电荷 库仑定律

一、电荷

电荷 在很早以前,人们就发现用毛皮摩擦过的琥珀能够吸引羽毛、发丝等轻小物体。物体具有这种性质时就称它带了电,或有了电荷。使物体带电称为起电。用摩擦方法使物体带电称为摩擦起电。历史上由于不明了电是物质的一种固有属性,所以称物体所带的电为电荷,有时也把带电体本身称为电荷,如运动电荷等。

电荷有正电荷与负电荷之分,正电荷也称为阳电荷,如质子所带的电荷,中性物体失去若干电子后所带的电荷为正电荷;负电荷也称为阴电荷,如电子所带的电荷,中性物体获得额外电子后所带的电荷为负电荷。

正、负电荷之间有作用力,它们是同性相斥、异性相吸。

电量是物体带电多少的量度。电量的单位是库仑(C)。电子电量是电量的最小单元,其值为

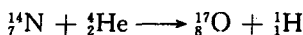
$$e = 1.602\,177\,33(49) \times 10^{-19} \text{C}$$

电荷的量子化 实验表明,一切带电体的电量都是 e 的整数倍,即 $q = ne$ 。由此可见,电量是不连续的,只能取基本电量 e 的整数倍,这就是电荷的量子化,电荷的量子就是 e 。

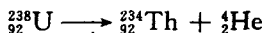
顺便指出,1964 年美国物理学家盖尔曼(M. Gell-Mann, 1929—)提出“夸克”(quark)模型,认为核子是由“夸克”组成的,“夸克”的电量为 $\frac{1}{3}e$ 或 $\frac{2}{3}e$ 。不过至今人们还没有在实验室中观察到自由“夸克”。

电荷守恒定律 电荷守恒定律是物理学中四个基本守恒定律(能量守恒定律、动量守恒定律、角动量守恒定律和电荷守恒定律)之一。它首先由美国物理学家弗兰克林于 1749 年所提出。定律指出:“在一个孤立系统内发生的任何变化过程(物理、化学、核裂变、核聚变等)中,电荷总数(即正、负电荷的代数和)保持不变。”

例如,用 α 粒子(${}^4_2\text{He}$)去轰击氮核,使氮核转变为氧核,并放出质子的过程



显然,反应前、后的电荷总数($+9e$)相等。又如,铀核的放射性衰变过程



即铀 238 自发地衰变为钍 234,同时发射一个 α 粒子。衰变前的电荷总数与衰变后的电荷总数相同,全过程遵守电荷守恒定律。

电荷的相对论不变性 通过实验可以比较处于电中性的氢分子和氮原子在运动状态不同时的电量变化,说明电荷的相对论不变性。它们都有两个电子作为核外电子,这些电子的运动状态相近。氢分子有两个原子核,每个原子核中含有一个质子,两个原子核在保持相互距离为 $0.7\text{\AA}$ 的情况下转动,如图 10-1 所示。而氮原子中也有两个质子和两个中子,组成一个原子核,它们依靠核力束缚在一起运动,如图 10-2 所示。而氮原子中的两个质子的能量