

十五

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



中国科学技术大学 精品教材

“十二五”国家重点图书出版规划项目

徐克尊 陈向军 陈宏芳 / 编著

近代物理学

Modern Physics

第3版

中国科学技术大学出版社

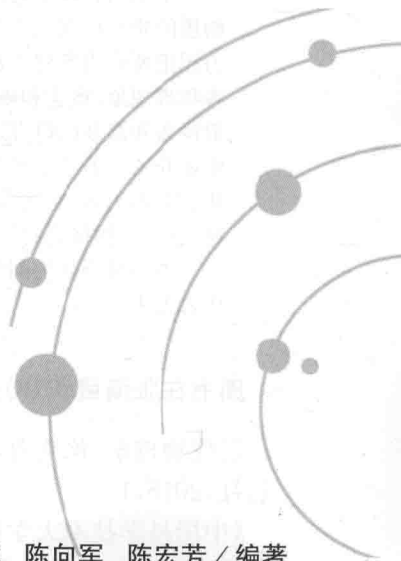


普通高等教育“十一五”国家级规划教材



中国科学技术大学精品教材

“十二五”国家重点图书出版规划项目



徐克尊 陈向军 陈宏芳 / 编著

Modern Physics

近代物理学

第3版

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”和“中国科学技术大学精品教材”，曾于1995年获得“国家教育委员会高等学校优秀教材奖二等奖”。

本书内容涉及近代物理学的原子物理、分子物理、原子核物理、粒子物理和射线与物质的相互作用几个方面。本书以实验事实为基础，同时引进量子力学的基本内容，力图把所有内容建立在实验和量子力学的概念和方法基础上，从而使近代物理学的基本物理现象、概念和规律阐述得更清楚、更透彻。书中还简要介绍了近代物理的一些最经典和最新的研究进展，试图把许多科技新成果和应用有机地结合到有关章节。书中还介绍了若干诺贝尔物理学奖获得者的工作，适当加入一些他们的思想方法和科学研究艺术内容，对培养学生的创新思维能力会有帮助。书中各章还配有一些例题和习题，这对掌握概念有帮助。

本书适合作为高等学校物理专业的教材或参考书，亦可供有关专业师生及科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

近代物理学/徐克尊,陈向军,陈宏芳编著. —3版. —合肥:中国科学技术大学出版社,2015.1

(中国科学技术大学精品教材)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-312-03556-2

I. 近… II. ①徐… ②陈… ③陈… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 167879 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

合肥学苑印务有限公司印刷

全国新华书店经销

开本:710×960 1/16 印张:28.5 插页:2 字数:545千

1993年4月第1版 2015年1月第3版 2015年1月第3次印刷

印数:9001—13000册

定价:52.00元



编审委员会

主 任 侯建国

副主任 窦贤康 陈初升
张淑林 朱长飞

委 员 (按姓氏笔画排序)

方兆本	史济怀	古继宝	伍小平
刘 斌	刘万东	朱长飞	孙立广
汤书昆	向守平	李曙光	苏 淳
陆夕云	杨金龙	张淑林	陈发来
陈华平	陈初升	陈国良	陈晓非
周学海	胡化凯	胡友秋	俞书勤
侯建国	施蕴渝	郭光灿	郭庆祥
奚宏生	钱逸泰	徐善驾	盛六四
龚兴龙	程福臻	蒋 一	窦贤康
褚家如	滕脉坤	霍剑青	

总 序

2008年,为庆祝中国科学技术大学建校五十周年,反映建校以来的办学理念 and 特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

五十周年校庆精品教材系列于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,共出书50种,在学生、教师、校友以及高校同行中引起了很好的反响,并整体进入国家新闻出版总署的“十一五”国家重点图书出版规划。为继续鼓励教师积极开展教学研究与教学建设,结合自己的教学与科研积累编写高水平的教材,学校决定,将精品教材出版作为常规工作,以《中国科学技术大学精品教材》系列的形式长期出版,并设立专项基金给予支持。国家新闻出版总署也将该精品教材系列继续列入“十二五”国家重点图书出版规划。

1958年学校成立之时,教员大部分来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。虽然现在外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养

前 言

本书是根据作者给中国科学技术大学本科学生讲授“原子物理”课程和给“CUSPEA”班讲授“原子核物理”课程的讲稿,经不断修改和补充而成的。第1版由高等教育出版社约稿,作为汪克林教授主编的《普通物理学教程》的第五分册,由徐克尊、周子舫和陈宏芳教授编写,在1993年4月出版,1995年获得“国家教育委员会高等学校优秀教材奖二等奖”。在此基础上,根据作者长期讲授“原子物理”课程和几十年进行原子分子物理、原子核物理和粒子物理研究工作的教学和科研经验,第2版作为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”和“中国科学技术大学精品教材”,由徐克尊、陈向军和陈宏芳教授重新编写,删去“固体物理”一章,于2008年9月由中国科学技术大学出版社出版。

本次第3版又作了较大修改。除了大量的小段落内容、文字和图表的修改外,内容上主要有以下几方面大的改动:

(1) 对第6~8章的次序作了调整,第6章改名为“射线与物质的相互作用”,移后作为第8章,从内容上看这样更合理。

(2) 鉴于从原子、分子和原子核物理发展出来的一系列技术已获得广泛应用,特别是近几十年在医学诊断和癌症治疗方面取得的巨大进展,在第8章增写了一节“射线的重要应用技术”。

(3) 对如下内容和段落作了较大修改:摩尔、原子的质量和原子量,作用截面,位置和动量不确定关系,量子力学中的测量,力学量的算符表示、本征值和平均值,氢原子的 R 方程式的解,总角动量,角动量相加法则,氢原子能级结构的精细修正,兰姆移位实验,拉曼散射,壳层模型能级图,指数衰变规律, β 跃迁分类,重离子束应用,中子源,裂变反应堆和核电站,聚变反应堆,正电子湮灭,卢瑟福散射,非弹性散射,跃迁寿命,跃迁类型和选择定则,介子和重子的夸克组成,弱电统一,强相

使学生能了解近代物理研究前沿及与相关学科和部门的联系,增加学生学习的兴趣,扩大学生的知识面;书中还给出了许多著名科学家的实验和理论,通过介绍他们的物理思考和研究方法,以便培养学生创新思维以及进行科研和独立解决问题的素质和能力。希望通过这些学习以利于学生在更宽广的领域从事研究、教学、应用和其他工作。

本书编写分工如下:陈向军教授编写第3~5章,陈宏芳教授编写第9章,徐克尊编写其余各章和附录,并负责总审和串联。本书作为教材有部分章节内容较深、较广,是作为学生开阔眼界和深入探讨的参考,也是为了适应各学校各专业教学要求的不同,教师在教学中可以根据实际情况进行安排。附录给出了基本的物理和化学常数、10的幂词头、原子单位制、诺贝尔物理学奖获得者及其主要工作;书末给出了各章习题答案,并附名词索引和人名索引以方便查找。最后也给出了主要参考书目。若正文中有引用则在所处的右上方加方括号标注;若正文中是引用参考文章,则在当页下方用脚注形式给出。

本书初稿由中国科学技术大学汪克林教授、中国科学技术大学北京研究生院汤拒非教授和北京大学高崇寿教授进行了审阅,高等教育出版社编辑奚静平先生审读全书,均提出很多中肯的修改意见。第2、第3版得到中国科学技术大学出版社编辑的帮助,同时朱林繁教授在教学中发现了书中一些错误。作者要对所有参与审阅和评奖的先生和给过帮助及进行过讨论的老师、编辑和同学表示衷心的感谢。书中肯定还会存在缺点和不妥之处,敬请读者提出批评和建议,以便再版或重印时改正。

徐克尊

2014年8月

目 次

总序	(i)
前言	(iii)
第 1 章 原子模型和单电子原子	(1)
1.1 原子的经典性质和汤姆孙原子模型	(1)
1.1.1 原子的经典性质	(1)
1.1.2 光子的粒子特征	(3)
1.1.3 电子的发现	(6)
1.1.4 电子的电荷与大小	(8)
1.1.5 汤姆孙原子模型	(11)
1.2 α 粒子散射实验和卢瑟福原子模型	(12)
1.2.1 α 粒子散射实验	(12)
1.2.2 卢瑟福原子模型及散射公式	(13)
1.2.3 卢瑟福散射公式与实验的比较	(16)
1.2.4 作用截面	(18)
1.3 氢原子光谱和玻尔原子模型	(21)
1.3.1 氢原子光谱和光谱项	(21)
1.3.2 玻尔原子模型	(23)
1.3.3 轨道图和能级图	(26)
1.3.4 跃迁和原子光谱	(28)
1.4 类氢离子光谱和原子的激发实验	(31)
1.4.1 类氢离子光谱	(31)
1.4.2 原子核质量的影响	(32)
1.4.3 激发电势的测量	(34)

2.5.4 电子的空间概率密度分布	(84)
2.6 对应原理和普朗克常数的物理意义	(91)
2.6.1 对应原理	(91)
2.6.2 作用量判据	(92)
2.6.3 精确度的极限	(93)
习题	(94)
第3章 电子自旋和原子能级的精细结构	(97)
3.1 原子的轨道磁矩和施特恩-格拉赫实验	(97)
3.1.1 原子的轨道磁矩	(97)
3.1.2 磁矩与磁场的相互作用	(99)
3.1.3 施特恩-格拉赫实验	(100)
3.2 电子自旋和自旋-轨道相互作用	(102)
3.2.1 电子自旋	(102)
3.2.2 自旋-轨道相互作用	(104)
3.2.3 总角动量	(107)
3.2.4 角动量相加法则	(108)
3.3 氢原子能级的精细结构和超精细结构	(110)
3.3.1 氢原子能级的精细结构修正	(110)
3.3.2 氢原子光谱的精细结构	(115)
3.3.3 兰姆移位和电子的反常磁矩	(116)
3.3.4 超精细结构	(119)
3.4 碱金属原子的能级与光谱	(122)
3.4.1 碱金属原子的能级及量子数亏损	(122)
3.4.2 碱金属原子的光谱	(123)
3.4.3 碱金属原子光谱的精细结构	(125)
3.5 外场中的原子	(127)
3.5.1 外磁场中的原子:塞曼效应	(127)
3.5.2 电子顺磁共振	(134)
3.5.3 外电场中的原子:斯塔克效应	(136)
习题	(138)

5.3.3	双原子分子的振动能级和振动光谱	(198)
5.3.4	双原子分子的电子结构	(203)
5.3.5	双原子分子的电子振动转动光谱	(208)
5.4	拉曼散射	(213)
	习题	(219)
第6章	原子核的基本性质和结构	(220)
6.1	原子核的一般性质	(220)
6.1.1	原子核的电荷及质子与中子的组成	(220)
6.1.2	原子核的质量和核素	(222)
6.1.3	原子核的大小和密度	(224)
6.2	原子核的量子性质	(226)
6.2.1	自旋、磁矩和电四极矩	(226)
6.2.2	核磁共振	(228)
6.2.3	宇称和统计性	(230)
6.3	原子核的稳定性和结合能	(232)
6.3.1	核素图和 β 稳定线	(232)
6.3.2	结合能	(234)
6.3.3	液滴模型和半经验公式	(236)
6.4	核力	(238)
6.4.1	核力的性质	(238)
6.4.2	核力的介子场论和交换作用	(242)
6.5	核结构模型	(243)
6.5.1	壳层模型	(244)
6.5.2	集体模型	(247)
	习题	(251)
第7章	核衰变和核反应	(253)
7.1	放射性衰变的基本规律	(253)
7.1.1	指数衰变规律和活度	(254)
7.1.2	级联衰变	(256)
7.1.3	核素生产	(258)

8.2.1	正电子和反粒子	(308)
8.2.2	电子对效应	(311)
8.2.3	电子偶素	(312)
8.2.4	正电子湮灭	(314)
8.3	带电粒子的弹性和非弹性散射	(317)
8.3.1	卢瑟福散射和莫特散射	(318)
8.3.2	非弹性散射	(322)
8.3.3	多次散射	(325)
8.4	带电粒子的电离损失和射程	(326)
8.4.1	电离损失	(326)
8.4.2	径迹和射程	(329)
8.5	热碰撞激发和退激发	(331)
8.5.1	热激发和布居	(331)
8.5.2	无辐射碰撞退激发	(333)
8.6	能级、跃迁和谱线的特性	(336)
8.6.1	跃迁速率和寿命	(336)
8.6.2	谱线和能级宽度	(338)
8.6.3	谱线增宽和线形	(341)
8.6.4	跃迁类型和选择定则	(343)
8.7	射线的重要应用技术	(347)
8.7.1	简单的能谱技术	(348)
8.7.2	影像技术	(350)
8.7.3	放射治疗	(355)
	习题	(358)
第9章	粒子物理	(360)
9.1	粒子的基本性质和分类	(361)
9.1.1	粒子的基本性质	(361)
9.1.2	粒子的分类	(363)
9.2	强子的夸克模型	(373)
9.2.1	夸克的引入	(373)

9.2.2 介子和重子的夸克组成	(375)
9.2.3 夸克的基本性质	(377)
9.3 守恒定律与对称性	(383)
9.3.1 相加性量子数的守恒律	(384)
9.3.2 相乘性量子数的守恒律	(385)
9.4 粒子物理的标准模型及其他物理模型	(391)
9.4.1 粒子物理的标准模型	(391)
9.4.2 标准模型面临的挑战	(402)
9.4.3 标准模型以外的理论	(406)
习题	(408)
附录 I 基本的物理和化学常数	(411)
附录 II 10 的幂词头	(413)
附录 III 原子单位制	(414)
附录 IV 诺贝尔物理学奖获得者及其主要工作	(415)
习题答案	(424)
主要参考书目	(431)
中英文名词索引	(433)
人名索引	(440)