

近代物理专题

J I N D A I W U L I Z H U A N T I

■ 主编 宋友林
姚乾凯

 郑州大学出版社

041/54

2010

近代物理专题

J I N D A I W U L I Z H U A N T I

■ 主编 宋友林
姚乾凯

 郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

近代物理专题/宋友林,姚乾凯主编. —郑州:郑州大学出版社,
2010.3

ISBN 978 - 7 - 5645 - 0060 - 3

I. 近… II. ①宋…②姚… III. 物理学 - 高等学校 - 教学
参考资料 IV. 041

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 170819 号

林文宗 宋友林
姚乾凯

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

黄委会设计院印刷厂印制

开本:710 mm × 1 010 mm

印张:27.5

字数:570 千字

版次:2010 年 3 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2010 年 3 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 5645 - 0060 - 3

定价:46.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换



作者名单

主 编 宋友林 姚乾凯

副主编 张红卫 宋家友

编 委 (以姓氏笔画为序)

王三军 吴旌贺 宋友林

宋家友 张红卫 张君德

赵先林 姚乾凯

内 容 提 要



本书是为物理类各专业本科生介绍近代物理知识而编写的一部教材,共精选了近代物理概论、激光技术、超导物理、纳米科技、现代通信、核物理、粒子物理以及天体物理等近代物理学内容。本书本着循序渐进的原则,从最为基础的部分展开相关知识的内容,书中既有对物理学基本概念和基本原理的阐述,也有对物理前沿问题的剖析,从而有利于读者学习近代物理学知识和体会物理学研究的方法。

本书可作为高等院校物理类各专业学生的近代物理学教材,也可供物理教师以及有关研究人员参阅。

郑君明 王瑞明 袁家荣

周建康 林永松

近代物理学的发展带动了其他自然学科的发展,催生了大量的高新技术,极大地改变了当代社会、经济的各个方面。为了使高年级物理专业学生更好地掌握现代物理学知识,我们为物理专业的学生开设了近代物理专题课程。并在近几年教学实践的基础上,逐步建立和完善了自己富有特色的教学知识体系,使之更能反映现代物理的信息。

物理科学的诞生和发展,几乎与人类认识自然和利用自然的历史共久远;未来物理学的发展,仍将与人类文明的进步共生同行,它永远是人类文化系统中最重要子系统之一。在现代物理学的各个研究领域中,历来都有人作出发现已近尾声的预言,但这些预言无一不遭到历史的揶揄,每一个研究领域都不断涌现出激动人心的新发现。在过去的几十年里,总有一些新物理现象和方法被发现,它们是人们当初所未曾预料到的。可以断言,在今后的年代里,也一定会更加频繁地出现一些难以预料的新发现,以研究物质结构和运动在各个层次上的基本规律,提出新概念、建立新理论为目标的物理学理论研究,将始终处于整个自然科学发展的前沿;物理学中那些和应用技术密切结合的分支学科,将会有更多发展与突破的机会。在本书中,我们特设专门篇章对近代物理学的发展作一个比较全面的概述,以便使读者更加准确地了解这些成就。本书可用做物理专业本科学生的教材。

本书具体参编人员如下:河南教育学院赵先林(第一篇)、宋友林(第二篇)、王三军(第三篇)、吴旌贺(第四篇);郑州大学宋家友(第五篇);河南工业大学张君德(第六篇)、姚乾凯(第八篇);郑州师范高等专科学校张红卫(第七篇)。全书由宋友林、姚乾凯任主编,张红卫、宋家友任副主编。赵先林、宋友林、姚乾凯负责统稿。河南教育学院刘金海教授、李金铭教授审阅了全书并提出很多宝贵建议。

在编写本书的过程中,编者查阅了大量网络资料和最新的论

文、专著,这里不再一一列出,同时也得到郑州大学物理工程学院副院长贾瑜教授和河南教育学院理论物理重点学科的大力支持,编者特在此致谢!编者也欢迎读者对本书提出宝贵的意见,以便于进一步的修改与完善。

编者

本书在编写过程中,得到了许多同志的帮助,特别是得到了郑州大学物理工程学院副院长贾瑜教授和河南教育学院理论物理重点学科的大力支持,编者特在此致谢!编者也欢迎读者对本书提出宝贵的意见,以便于进一步的修改与完善。

2009年10月



目 录

第一篇 物理学概述

第一章 物理学发展概况	3
第二章 物理学的研究尺度及分支	8
第一节 物理学研究尺度	8
第二节 物理学的分支	10

第二篇 激光与激光技术

第三章 激光发展史	21
第四章 辐射理论和激光产生的条件	25
第一节 原子的能级和辐射跃迁	25
第二节 受激辐射	30
第三节 激光形成的条件	36
第五章 典型激光器介绍	41
第一节 固体激光器	41
第二节 气体激光器	48
第三节 染料激光器	56
第四节 半导体激光器	59
第五节 其他激光器	65
第六章 激光技术应用	68
第一节 激光干涉测长	68
第二节 激光测距	74

第三节	激光多普勒测速	81
第四节	激光全息三维显示	85
第五节	激光冷却	90

第三篇 超导物理

第七章	超导现象	95
第一节	超导态的电性质	95
第二节	超导态的磁性质	96
第三节	超导态的热性质	97
第四节	同位素效应	98
第五节	超导能隙	98
第八章	超导理论简介	99
第一节	第一类超导体的理论	99
第二节	第二类超导体的理论	101
第三节	二流体模型	102
第四节	Ginzburg - Landau 理论	109
第五节	BCS 理论	110
第六节	非理想第二类超导体及其机理	112
第九章	超导技术的应用及材料制备	114
第一节	超导电性及其材料的应用	114
第二节	超导磁悬浮应用	123
第三节	超导量子电子学应用(约瑟夫森效应的应用)	124
第四节	集成电路的应用	133
第五节	军事方面的应用	135
第六节	其他领域的应用	139
第七节	超导材料的主要制备技术	140

第四篇 纳米科技

第十章	纳米技术概述	145
-----	--------------	-----

第一节	纳米科技的基本内涵	145
第二节	纳米科技的研究内容	147
第三节	纳米科技的发展史	149

第十一章 纳米材料 158

第一节	纳米材料概述	158
第二节	纳米材料的分类	159
第三节	纳米材料的基本效应	163
第四节	纳米材料的制备与测量	165

第十二章 纳米技术的应用及其前景 169

第一节	纳米技术在材料与制造方面的应用	169
第二节	纳米技术在化工领域的应用	171
第三节	纳米技术在环保和能源领域中的应用	175
第四节	纳米技术在纳米生物工程中的应用	177
第五节	纳米技术在电子领域的应用	181
第六节	纳米技术在军事及航空航天领域中的应用	184
第七节	纳米材料走进生活	189

第五篇 现代通信技术及其发展

第十三章 电话网 199

第一节	概述	199
第二节	本地电话网	203
第三节	国内长途电话网	207
第四节	国际电话网	208
第五节	电话交换系统	209
第六节	IP 电话	210

第十四章 微波与卫星通信 212

第一节	微波与卫星通信概述	212
第二节	微波与卫星通信系统	215
第三节	微波与卫星通信技术的发展	221

第十五章 光纤通信技术 225

第一节	概述	225
第二节	SDH 光同步数字传输网络	229
第三节	WDM/DWDM/CWDM	232
第四节	全光纤网	233
第五节	光纤通信发展趋势	234
第十六章	移动通信	235
第一节	概述	235
第二节	移动通信的主要技术	238
第三节	GSM 数字蜂窝移动通信系统	241
第四节	CDMA 数字蜂窝移动通信系统	243
第五节	第三代移动通信系统	245
第十七章	计算机网络	247
第一节	概述	247
第二节	计算机网络体系结构	250
第三节	局域网和广域网	255
第四节	计算机网络安全	256
第五节	计算机网络的未来发展	258

第六篇 原子核

第十八章	原子核的基本性质	263
第一节	原子核的发现	263
第二节	原子核的电荷	266
第三节	原子核的质量	267
第四节	原子核的大小	268
第五节	原子核内的作用力	269
第六节	原子核的结合能	270
第十九章	原子核结构模型	274
第一节	费米气体模型	274
第二节	液滴模型	275
第三节	壳层模型	278

第四节	集体模型	281
第二十章	原子核放射性衰变	284
第一节	原子核衰变的一般规律	285
第二节	递次衰变规律 放射系	287
第三节	α 衰变	290
第四节	β 衰变	293
第五节	γ 衰变	297
第二十一章	原子核反应	300
第一节	核反应的途径、分类及守恒条件	300
第二节	核反应的能量	302
第三节	核反应截面	303
第四节	核反应的过程与理论模型	304
第二十二章	核能的利用	307
第一节	原子核裂变	308
第二节	原子核聚变	313

第七篇 粒子物理

第二十三章	粒子的发现	323
第一节	第一代基本粒子	323
第二节	反粒子和奇异粒子	327
第三节	共振态粒子和新粒子	331
第四节	强子的夸克模型和轻子家族	333
第五节	粒子的分类与性质	339
第六节	粒子探测器	344
第二十四章	粒子的相互作用	349
第一节	粒子的基本相互作用	349
第二节	对称性与守恒定律	352
第三节	弱电相互作用的统一	356
第四节	强相互作用理论	359
第五节	标准模型 大统一及其他理论	360

第八篇 天体物理与宇宙学

第二十五章 天体物理概述	367
第一节 物质世界的尺度层次	367
第二节 宇宙中的物态	371
第二十六章 天体物理测量方法	375
第一节 天体观测方法	375
第二节 天体测量与光谱分析	381
第三节 天体测距方法	384
第二十七章 恒星的结构与演化	388
第一节 太阳物理	388
第二节 恒星的形成与演化	392
第三节 致密星	395
第四节 黑洞物理	397
第二十八章 宇宙中的星系	402
第一节 银河系	402
第二节 河外星系	405
第三节 活动星系	407
第四节 活动星系核	409
第二十九章 宇宙学	415
第一节 现代宇宙学的观测基础	415
第二节 现代宇宙学的发展	417
第三节 标准宇宙学模型	418
参考文献	422

第一篇

物理学概述

物理学是研究物质与运动基本规律的科学,其内容包括物质的结构、物质间的各种基本相互作用和物质的基本运动形态等。从根本上讲,近代物理学的理论体系主要来源于20世纪初的物理学三大成就,即爱因斯坦的相对论、量子理论以及原子核与粒子物理,它们决定了20世纪以后的科学技术的全貌。物理学的各分支学科是按物质的不同存在形式和不同运动形式划分的。概括起来主要包括理论物理、粒子物理与原子核物理、原子和分子物理、凝聚态物理、等离子体物理、天体物理、无线电物理以及声学与光学等分支。随着人们对自然界认识的不断深入,物理学的知识内容也不断得到深化与发展,并且已全面渗透到各个技术领域,成为推动当前科技进步的主导力量。

本篇首先对物理学进行概述,然后再介绍物理学的分支及其发展状况。



第一章

物理学发展概况

20 世纪以来,以相对论与量子力学的创立为标志的现代物理学的巨大成功,对人类认识自然和社会发展起到了难以估量的作用。物理学理论的发展,在三个层次上把人类对自然界的认识推进到了前所未有的深度和广度。在微观领域内,已经深入到基本粒子的亚核世界(10^{-15} cm),并建立起统一描述电磁、弱、强相互作用的标准模型。在宇观领域内,研究的探针已达到 10^{28} cm 的空间标度和 10^{18} s 的宇宙纪元;广义相对论的理论预言,在巨大的时空尺度上得到了证实,引起了人们时空观、宇宙观的深刻变革。在宏观领域内,关于物质存在状态和运动形式的多样性、复杂性的探索,也取得了突破性的进展。凝聚态物理层出不穷、令人眼花缭乱的新成果和混沌现象奇特规律的惊人发现,给人类原有的知识体系以巨大的冲击,在动力学系统长期行为的确定性与随机性、决定性描述与概率性描述等方面,引起了认识上的深刻变革。

现代物理学的发展导致了原子能的释放和应用,导致了半导体、光通讯等新兴工业的崛起,为激光技术、新材料研制、新能源开发开辟了新的技术途径,并推动了计算机革命的发展。现代物理学在推动能源科学、空间科学、材料科学、信息科学、环境科学、海洋科学的发展中起到了关键性的作用,成为 20 世纪下半叶以来蓬勃发展的现代科学技术革命的重要科学基础。

20 世纪 50 年代以来的当代物理学已经发展成为一个相当庞大的学科群,包括了理论物理、粒子与原子核物理、原子和分子物理、凝聚态物理、等离子体物理、声学、光学以及无线电物理等主体学科以及数量庞大的分支学科。物理学内部各个分支学科的渗透和交叉,物理学和化学、生物学、材料科学、天文学等其他学科的渗透和交叉,又产生了许多新的、富有生命力的边缘学科,形成了众多极有发展前途的科学前沿。当代物理学还呈现出高速发展的趋势,现代物理学中 90% 的知识是 1950 年以后取得



的。其发展之快、分支之多、变化之大,已使人们很难及时作出全面的概括。当代物理学研究的综合性、深入性、复杂性、创新性和可应用性,都呈现出鲜明的时代特点。

自 1932 年发现中子以来,原子核物理学取得了举世瞩目的长足进步。近几十年来,随着核探针能量和种类的增加,核物理学在新的自由度和新的层次上不断取得新成果。对非核子(特别是夸克)自由度、更高能量自由度、质子-中子比自由度、角动量自由度的研究,将是今后的一个重要方向。特别是 20 世纪 80 年代末出现的放射性核束,使核反应探针在核素图上从稳定核素发展到不稳定核素。远离稳定线的新核素,特别是滴线核以及超重核、奇特核的合成和研究,将会对原子核物理学的发展起到积极的推动作用。

激光是 20 世纪以来,继原子能、计算机、半导体之后,人类的又一重大发明。它的原理早在 1916 年已被著名的物理学家爱因斯坦发现,但是直到 1958 年激光才被首次成功制造。激光是在有理论准备和生产实践迫切需要的背景下应运而生的,它一问世,就获得了异乎寻常的飞快发展,激光的发展不仅使古老的光学科学和光学技术获得了新生,而且导致整个一门新兴产业的出现。激光可使人们有效地利用前所未有的先进方法和手段,去获得空前的效益和成果,从而促进了生产力的发展。

超导物理作为一个有近百年历史的学科,它是随着对超导电性的研究、认识不断发展起来的,特别是 20 世纪 50 年代以来取得了一系列重大突破,引发了今天的“高温”超导电性机理及超导材料研究的热潮。

纳米材料与纳米技术是 20 世纪末才逐步发展起来的新兴科学领域,其迅猛发展将在 21 世纪促使几乎所有工业领域产生一场革命性的变化。纳米材料是未来社会发展极为重要的物质基础,许多科技新领域的突破迫切需要纳米材料和纳米科技支撑,传统产业的技术提升也急需纳米材料和技术的支持。

翻开历史的长卷,人们不难发现通信与人类相伴已倏忽几千年,无论是古时候的烽火狼烟、驿站,还是近现代的电磁技术、计算机、卫星、光纤等,都是人们传递信息的手段和工具。如今,通信技术融入了更为宏大的信息产业,电信技术和计算机技术趋向融合,信息产业正从一个先导产业走向主导产业,与经济发展和社会进步的关系更为密切,成为造福人类社会的一个重要支柱。回顾现代通信技术的百年发展历程,展望 21 世纪前景,也许更会让人们感受到通信技术赋予人类社会的无限魅力。

以研究复杂多体系统为主的凝聚态物理学,是当代物理学中内容最丰富、应用最广泛的一门分支学科;也是当前物理学研究中最活跃、最能激发人类创造智力的研究领域。这一领域的一系列发现,已经并正在对其他学科(包括化学、生物学、数学等)产生了重大影响;并通过它所诱发的高新技术进展,对人类生活产生了巨大影响。凝聚态物理前沿研究发展迅速,其发展趋势将是现有分支领域强化研究,又不断开拓出新的领域,制备出更多更高性能的新材料,发现令人意想不到的新现象。超导电性物理、晶体学、磁学、表面物理、固态发光物理、液态物理、生命现象中的物理问题、极端条