



全国高等农林院校“十三五”规划教材

大学物理 及辐射技术应用

张文辉 / 主编



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位



全国高等农林院校『十三五』规划教材



大学物理 及辐射技术应用

张文辉 / 主编



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

大学物理及辐射技术应用/张文辉主编. —厦门:厦门大学出版社,2017.12

ISBN 978-7-5615-6687-9

I. ①大… II. ①张… III. ①物理学-高等学校-教材②辐射技术-高等学校-教材
IV. ①O4②TL8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 239505 号

出 版 人 蒋东明

责任编辑 李峰伟

封面设计 蒋卓群

技术编辑 许克华

出版发行 厦门大学出版社

社 址 厦门市软件园二期望海路 39 号

邮政编码 361008

总 编 办 0592-2182177 0592-2181406(传真)

营销中心 0592-2184458 0592-2181365

网 址 <http://www.xmupress.com>

邮 箱 xmupress@126.com

印 刷 厦门市万美兴印刷设计有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 15

字数 366 千字

版次 2017 年 12 月第 1 版

印次 2017 年 12 月第 1 次印刷

定价 42.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社
微信二维码



厦门大学出版社
微博二维码

内容简介

本书是依据 2010 年教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委会发布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》编写的。全书内容主要包括两大部分,第一部分是理论篇,即大学基础物理部分,包含牛顿力学、力学基本定律、刚体的转动、热学基础、静电场、恒定磁场、电磁感应、振动、波动、波动光学等内容;第二部分是应用篇,主要介绍辐射技术的应用,包含概述、紫外辐射技术及其应用、微波辐射技术的原理及其应用和 γ 辐射技术及其应用等内容。每章之后有本章的习题,书末备有习题参考答案。

本书可作为工科类专业大学物理教材,也可作为其他专业高等院校师生的教学或自学参考书。

前 言

本书是依据 2010 年教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委会发布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)编写的。它有如下特点:

(1)按《基本要求》精选和组织内容。教材力求突出主干,删除枝节;对物理概念和物理规律的阐述力求做到准确、简洁,便于学生阅读和理解。

(2)贯彻与学生认知能力相适应的原则,教材的深浅度力求适中,并注意由易到难,由简到繁。

(3)教材在有关内容中采用了模型法、对比法、综合分析法等。此类方法有利于学生对物理规律的理解,也有利于培养学生的科学思维能力和创造性能力。

本书采用以国际单位制(SI)为基础的我国法定计量单位,物理学名词按 1996 年全国自然科学名词审定委员会公布的《物理学名词》表述,按国家标准(GB)的规定表示物理量的符号和单位的符号。

本书由张文辉任主编,吴义炳、胡启昌、龙博、林睿任副主编。各编者分工如下:张文辉编写绪论,第一部分理论篇的第一、二、三、四、五、六、七、九、十章和第二部分应用篇的全部,胡启昌编写第一部分理论篇第八章的第一节,龙博编写第一部分理论篇第八章的第二节,林睿编写第一部分理论篇第八章的第三节,吴义炳编写第一部分理论篇第八章的第四节。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请使用本书的教师和读者批评指正,以便再版时完善。

编 者

2017 年 7 月

绪 论	(1)
-----------	-----

第一部分 理论篇

第一章 牛顿力学	(9)
第一节 位置矢量和运动方程	(9)
第二节 位移、速度和加速度	(11)
第三节 圆周运动	(17)
第四节 牛顿运动定律	(21)
习 题	(27)
第二章 力学基本定律	(30)
第一节 功及质点的动能定理	(30)
第二节 保守力与非保守力及势能	(34)
第三节 功能原理和机械能守恒定律	(39)
第四节 动量定理	(40)
第五节 动量守恒定律	(42)
习 题	(44)
第三章 刚体的转动	(46)
第一节 刚体定轴转动的动能定理和转动定律	(46)
第二节 定轴转动的动量矩定理和动量矩守恒定律	(54)
习 题	(57)
第四章 热学基础	(59)
第一节 平衡态及理想气体物态方程	(59)
第二节 理想气体的压强公式及温度的微观本质	(61)
第三节 能量均分定理及理想气体的内能	(64)
第四节 热力学第一定律及内能	(66)

第五节	理想气体的几个典型过程	(69)
第六节	循环过程和热机	(74)
第七节	热力学第二定律的表述及卡诺定理	(78)
第八节	熵及熵增加原理	(80)
习 题		(83)
第五章	静电场	(86)
第一节	库仑定律	(86)
第二节	电场强度	(88)
第三节	电场强度通量及高斯定理	(93)
第四节	静电场的环路定理及电势能、电势.....	(99)
第五节	静电场中的导体.....	(105)
第六节	电容及电容器.....	(107)
第七节	静电场中的电介质.....	(108)
第八节	静电场的能量.....	(110)
习 题		(111)
第六章	恒定磁场.....	(114)
第一节	磁感应强度及毕奥-萨伐尔定律	(114)
第二节	磁场的高斯定理和安培环路定理.....	(117)
第三节	磁场对运动电荷的作用.....	(121)
第四节	磁场对载流导线的作用.....	(122)
第五节	磁介质.....	(124)
习 题		(127)
第七章	电磁感应.....	(130)
第一节	电源和电动势.....	(130)
第二节	电磁感应定律.....	(131)
第三节	动生电动势和感生电动势.....	(134)
第四节	自感和互感.....	(135)
第五节	磁场的能量和能量密度.....	(137)
习 题		(139)
第八章	振 动.....	(140)
第一节	简谐运动.....	(140)
第二节	旋转矢量.....	(143)
第三节	简谐运动的能量.....	(145)
第四节	简谐运动的合成.....	(146)

习 题	(147)
第九章 波 动	(149)
第一节 机械波的几个概念	(149)
第二节 平面简谐波的波函数	(151)
第三节 惠更斯原理及波的叠加和干涉	(154)
第四节 驻 波	(157)
习 题	(158)
第十章 波动光学	(160)
第一节 相干光	(160)
第二节 杨氏双缝干涉实验及光程	(162)
第三节 薄膜干涉	(166)
第四节 劈尖和牛顿环	(169)
第五节 惠更斯-菲涅耳原理和单缝衍射	(173)
第六节 圆孔衍射及光学仪器的分辨率	(177)
第七节 衍射光栅	(179)
第八节 光的偏振性及马吕斯定律	(182)
第九节 反射光和折射光的偏振	(185)
习 题	(186)

第二部分 应用篇

第十一章 概 述	(191)
第十二章 紫外辐射技术及其应用	(194)
第一节 紫外线的基本性质	(194)
第二节 人工紫外线光源的原理及设计	(196)
第三节 紫外辐射对植物生长特性的影响	(198)
第十三章 微波辐射技术的原理及其应用	(202)
第一节 微波的特点与微波能的产生	(202)
第二节 微波与物质的相互作用	(203)
第三节 真空与微波辐射在木材干燥中的应用	(206)
第十四章 γ 辐射技术及其应用	(211)
第一节 γ 射线的发现和产生	(211)
第二节 γ 射线与物质的相互作用	(212)
第三节 γ 射线对木材的辐射改性作用	(214)

习题参考答案..... (219)

附 录..... (223)

 附录 I 矢量的标积和矢积..... (223)

 附录 II 常用基本物理常量..... (225)

 附录 III 关于地球和太阳的一些常用数据..... (226)

参考文献..... (227)

绪 论

一、微观、宏观和宇观

物理学是研究物质的基本结构、相互作用和运动形式的基本规律的学科,目的在于认识物质运动的普遍规律和揭示物质各层次的内部结构。

物理科学涉及范围极广,它既研究人们身旁发生的物理现象,也研究宇宙中天体的运动及构造,还研究微观领域中物质的运动规律。

宏观物体,虽然形式多样,五光十色,但它们都是由各种分子和原子组成的。各种不同元素的原子又都由质子、中子和电子构成。而质子和中子还有内部结构,它们由更基本的粒子——夸克构成。按照现在的粒子物理标准模型,目前还没有发现具有内部结构的粒子约有三大类共 62 种,包括构成物质基本“砖石”的 18 种夸克和电子、 μ 子、中微子等 6 种轻子及其反粒子共 48 种,传递各种相互作用的粒子如光子、胶子等 13 种,以及一种理论上预言的特殊粒子——希格斯粒子。除希格斯粒子和引力子外,其余都被实验证实。这些粒子是最“基本”的吗? 还有没有新的层次? 大千世界就是由这些“基本粒子”构成的吗? ……科学家们正进一步努力探索着。

从整个宇宙来看,我们的太阳系只是该宇宙中的沧海一粟。太阳系是银河系的一小点,而银河系之外,还有河外星系,银河系也只是宇宙的极小一部分。宇宙有多大? 宇宙的历史有多长? 这既是科学家感兴趣的问题,也是哲学家热衷的课题。对天体及其运动规律的研究似乎是天文学家的事情。然而,对于天体(主要是行星)的运动规律的研究曾总结出万有引力定律,大大促进了物理学的发展。直到今天,天文学和物理学仍然是既合作又互相促进的兄弟学科。遥远的天体传来的信息(星光或无线电波)表明,天体也是由在地球上发现的一样的原子和基本粒子构成的;在地球上发现的物理规律又有助于我们理解来自天体的信号。

现在,关于宇宙起源、演化的理论——“大爆炸宇宙模型”已被普遍接受。根据这一模型,宇宙大约在 140 亿年前的一次大爆炸中创生,时空和物质也由此创生。随着宇宙的不断膨胀,宇宙从早期高温高密度的一片混沌中一步步演化发展出复杂、有序、多样化的结构:从微粒子、原子核、原子、分子,乃至构成生物体细胞的生物大分子;从星云、星系,乃至太阳、地球、人类等。按照这一模型,宇宙的演化所经历的几个主要阶段列在表 0-1 中。

表 0-1 宇宙的演化所经历的几个主要阶段

时间/s	阶 段
0	大爆炸开始
10^{-6}	粒子处于热力学平衡
10^0	平衡中止
10^3	氢形成,开始形成化学元素
10^{12}	复合
$10^{12} \sim 10^{16}$	星系形成
2×10^{17}	太阳系形成
4×10^{17}	今天

据估计,宇宙半径的数量级为 10^{27} m。表 0-2 中列出了客观世界各种实物的尺寸的数量级。

表 0-2 客观世界的空间尺度

空间尺度/m	实 物
...	
10^{27}	宇宙半径
10^{24}	地球到最近的河外星系的距离
10^{21}	地球到银河系中心的距离
10^{18}	地球到最近的恒星的距离
10^{15}	冥王星的轨道半径
10^{12}	地球到太阳的距离
10^8	地球到月球的距离
10^6	人造卫星的高度
10^0	一个小学二年级孩子的高度
10^{-3}	一颗细沙粒
10^{-6}	病毒
10^{-11}	波尔半径
10^{-15}	原子核半径
...	

从宏观到微观,从宏观到宇观,我们对物理世界的认识已达到如此细微和遥远。表 0-3 中列出了广大范围内各种实物的质量的数量级。

表 0-3 客观世界各种实物的质量的数量级

质量/kg	物 体
...	
10^{44}	银河系
10^{30}	太阳
10^{24}	地球
10^{22}	月球
10^7	一艘巨轮
10^0	一个人
10^{-4}	一枚邮票
10^{-27}	一个质子
10^{-30}	一个电子
...	

宏观物体由大量的分子、原子等微观粒子组成。不同物体的微观构成及环境的差异使其表现出迥然不同的宏观特性。就物质形态而言,可分为固态、液态、气态、等离子态等。固态和液态现在常统称为凝聚态。

固态物质中的分子、原子或离子有相对固定的位置,因而整个物体有固定的形状,其中按一定规律排列者称为晶体,否则称为非晶体。

液态物质中的分子没有固定的位置,可以相对移动,所以液体没有一定的形状。但液体分子之间的距离仍较近,分子间的作用力使得液体总是凝聚在一起,形成一定的表面。

气态物质分子间的距离很大,分子间的作用力极弱,分子可以自由行动,因此气体总是充满整个容器。

在一定条件下,中性原子将全部离解为正、负离子,物质的此种形态称为等离子态。例如,在太阳和恒星的内部,温度达到几百万甚至几千万开尔文,其中的物质就处于等离子体状态。极高的温度给不间断的热核反应创造了极好的条件,太阳及其他恒星正是依靠连续的热核反应维持极高的温度,向外辐射能量。

有趣的是,宇宙中还存在着质子态和中子态的物体。晚期的恒星在耗掉大量能量之后,星体的巨大质量引起的万有引力把全部核子(中子和质子)集中在一起,相当于一个巨大的原子核。星体被压缩成密度极大的天体,原子的构造被破坏,众多的电子包围着这种天体,天文学家称之为白矮星。质量更大的晚期恒星的巨大压力甚至可将电子压入原子核,与核中质子结合成中子,整个星体主要由中子构成,称为中子星。

上面只给出自然界中的无生命物质图景的基本轮廓。应该指出,不要把上述图景看成是静止的。无论是深入原子内部,还是扩展到宇宙中的天体,所有物体都处在不停息的运动中。

二、基本作用

通常把物体之间的相互作用称为力。现在,人们认识的自然界中的基本作用力共 4 种,它们是引力相互作用、电磁相互作用、强相互作用和弱相互作用。

引力相互作用和电磁相互作用在 20 世纪以前已被认识,强相互作用和弱相互作用则是在研究原子核和基本粒子过程中认识的。这 4 种相互作用的相对强度(以强相互作用的强度为 1)和作用范围的比较见表 0-4。

表 0-4 4 种相互作用的相对强度

力的种类	强相互作用	电磁相互作用	弱相互作用	引力相互作用
相对强度	10^0	10^{-2}	10^{-12}	10^{-40}
作用范围/m	10^{-16}	长	$<10^{-17}$	长

强相互作用是发生在核子(中子、质子)之间,使原子核结合在一起的力,它不像万有引力和电磁作用那样与距离平方成反比。当两个核子的距离大于 10^{-14} m 时,它们之间的强相互作用微弱到可以忽略不计;而当它们的距离小于 10^{-14} m 时,相互吸引的强相互作用骤然增大;然而,当两个核子靠得更近些,达到 2×10^{-16} m 时,核子之间的作用又变成巨大的斥力。参与强相互作用的基本粒子,称为强子。一切强子都参与弱相互作用。此外,参与弱相互作用的有电子、中微子等轻子。弱相互作用的范围更小,小于 10^{-17} m,万有引力在 4 种作用中最弱,只有在研究天体运动时,由于其质量巨大,万有引力才起主要作用。有电荷和磁矩的粒子之间都有电磁作用。电磁作用在宏观领域和微观领域都起着重要作用。

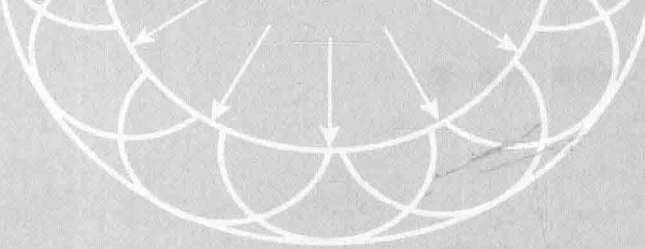
爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)生前追求统一场论,他企图建立一个包括引力场和电磁场的统一场理论。而建立 4 种基本作用之间的统一的理论是物理学界追求的目标。爱因斯坦奋斗 30 年,未能成功,他带着热切的希望和必定成功的信念离开人世。1961 年,美国物理学家格拉肖(S. L. Glashow, 1932—)首先提出弱相互作用和电磁相互作用统一的基本模型。1967 年,美国物理学家温伯格(S. Weinberg, 1933—)和巴基斯坦物理学家萨拉姆(A. Salam, 1926—1996)独立地对该模型进行了发展和完善。随后,该理论得到实验证实,标志着物理学向“统一场论”迈出了坚实的一步。

三、物理学的不断进步

历史表明,物理学的重大突破都会带来社会的进步,并深刻地影响人类的生产和生活,可以说物理学成为人类社会文明的重要源泉。历史上的 3 次技术革命都与物理学的重大突破密切相关。以蒸汽机的广泛应用为主要标志的第一次技术革命,是牛顿力学和热力学发展的结果;以电力的广泛应用和无线电通信的实现为主要标志的第二次技术革命,是电磁学发展的结果;20 世纪 40 年代以来,以原子能、激光、半导体和计算机技术为标志的第三次技术革命,是以相对论和量子力学两大理论为基础的物理理论发展的结果。物理学的这些成就,首先应归功于实验。实验是科学知识的源泉,又是科学理论的唯一鉴定者。当新发现的实验事实无情地违背旧有的理论时,就能促使新理论的诞生。这种情况在物理学的发展过程中屡见不鲜。

物理理论大体分为两大部分:20 世纪以前物理学的成就称为经典物理学,它包括经典力学(牛顿力学)、经典统计力学、经典电磁理论等。20 世纪初以来物理学发生的革命性的成就均归功于近代物理学,它的主要支柱是相对论和量子理论。理论是实验事实的升华,它作为一种观念指导人们科学地进行思考;它又为研究科学、推动技术进步和处理实际问题提供了有效方法。

回顾历史,我们对那些为物理学发展贡献毕生精力乃至生命,做出伟大成就的物理学家怀着深深的敬意。他们中有坚持真理、为科学献身的布鲁诺(G. Bruno, 1600 年被烧死于火刑柱上)和伽利略(G. Galileo, 1564—1642),有经典理论的奠基人牛顿(I. Newton, 1642—1727)和麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879),有相对论的大师爱因斯坦(1897—1955)和量子理论的启蒙者普朗克(M. V. Planck, 1858—1947);有近几十年在近代物理的研究和实验中,因有重大发现、成绩卓越获得诺贝尔物理学奖的华裔物理学家杨政宁、李政道、丁肇中、崔琦、朱棣文……一代接一代,许许多多物理学家的辛勤劳动,创造了人类的共同财富——物理学,为现代物质文明奠定了重要的理论基础。



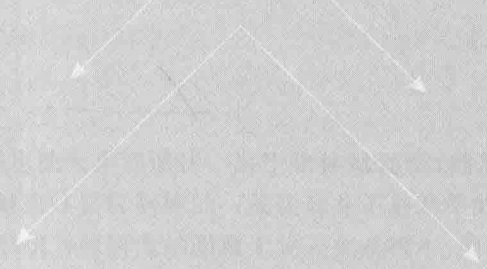
第一章 力学

第一部分

理论篇



第一章 力学



一、引言

力学是研究物体运动规律的一门科学。它主要研究物体在力的作用下的运动规律。力学是物理学的一个分支，也是工程科学的基础。力学的发展经历了漫长的历史过程，从古代的力学到现代的力学，经历了多次革命性的变革。现代力学的发展，使得人类对自然界的认识更加深入，也为人类的生产生活提供了有力的支持。

力学的发展，使得人类对自然界的认识更加深入，也为人类的生产生活提供了有力的支持。力学的发展，使得人类对自然界的认识更加深入，也为人类的生产生活提供了有力的支持。力学的发展，使得人类对自然界的认识更加深入，也为人类的生产生活提供了有力的支持。

