



DAXUE WULI JIAOCHENG

大学物理教程

陈国庆 何跃娟  主编

 苏州大学出版社

大学物理教程

主 编 陈国庆 何跃娟
副主编 陈 健 吴亚敏 张 薇
贾利群 卢鹏飞

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程/陈国庆,何跃娟主编. —苏州:
苏州大学出版社, 2012. 2
ISBN 978-7-81137-995-2

I. ①大… II. ①陈…②何… III. ①物理学—高等
学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 022417 号

内 容 简 介

本书依据教育部物理基础课程教学指导分委会制定的《理工科类大学物理课程教学基本要求》,在涵盖核心内容的基础上,作了部分取舍,编写而成。本书从教学实际出发,简洁明了,通俗易懂,方便教学。

本书可作为高等学校非物理类各本科专业 60~90 学时的大学物理教材,也可作为专科及成人高校有关专业的物理教材。

大学物理教程

陈国庆 何跃娟 主编

责任编辑 周建兰

苏州大学出版社出版发行

(地址:苏州市十梓街1号 邮编:215006)

宜兴市盛世文化印刷有限公司印装

(地址:宜兴市万石镇南漕河滨路58号 邮编:214217)

开本 787 mm×960 mm 1/16 印张 18.25 字数 346 千

2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81137-995-2 定价:31.50 元

苏州大学版图书若有印装错误,本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话:0512-65225020

苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>

前 言

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式及相互作用规律的自然科学. 物理学的基本理论渗透在自然科学的各个领域, 是自然科学的基础. 物理学的基本规律应用于生产技术的许多部门, 是工程技术的基础.

近年来, 高等教育发展迅猛, 已趋大众化, 高等学校中物理课程的设置和基本要求也呈多样化, 有些应用型专业大学物理的课时较少. 为适应新形势的要求, 江南大学理学院物理系教师在多年大学物理教学实践的基础上, 紧密结合教学实际和学生特点编写了这本大学物理教程.

本教材适用于高等学校本科各专业学生 60~90 学时的大学物理课程, 是高等学校本科和专科及成人高等院校都可选用的大学物理教材.

本书的编写, 以教育部物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科类大学物理课程教学基本要求》为依据, 内容上有所取舍, 以适应不同专业对大学物理课程的需求. 全书以适合大学物理课程教学、方便学生学习为目标, 力求条理清晰、简洁明了、通俗易懂. 每章后面配有精心设计的思考题和习题, 以考查学生对物理知识的理解和掌握.

全书内容包括力学、气体动理论和热力学、电磁学、简谐运动和简谐波、光的波动性和量子性, 共 9 章. 其中绪论由贾利群撰写, 第 1、2 章由张薇编写, 第 3、4 章由何跃娟编写, 第 5、8 章由陈健编写, 第 6、7 章由吴亚敏编写, 第 9 章由陈国庆编写, 卢鹏飞参加了体例和内容方面的讨论, 全书由陈国庆、何跃娟和吴亚敏定稿.

本书在编写过程中, 参考了国内外多种优秀物理教材并吸取了

其中的优点. 江南大学理学院物理系各位任课教师对本书的编写提出了许多很好的建议和设想,编者在此一并表示衷心的感谢. 同时,感谢江南大学教务处领导和江南大学理学院领导的大力支持,感谢苏州大学出版社周建兰、陈孝康编辑为本书的顺利出版付出的辛勤劳动.

由于编者水平有限,书中难免有不妥甚至错误之处,敬请读者批评指正,我们将在此基础上不断完善.

编 者

2011 年 10 月

Contents

目 录

绪论	(1)
第1章 质点力学 时间 空间	(5)
1-1 质点运动的描述	(5)
1-1-1 质点 参考系 运动方程	(5)
1-1-2 质点的位移 速度 加速度	(8)
1-1-3 质点的圆周运动	(14)
1-1-4 相对运动 时间 空间	(18)
1-2 牛顿运动定律	(20)
1-2-1 力学中常见的几种力	(20)
1-2-2 牛顿运动三定律及应用	(22)
1-3 动量和冲量	(27)
1-3-1 冲量和动量 质点动量定理	(27)
1-3-2 质点系动量定理 质点系动量守恒定律	(29)
1-4 功和能	(31)
1-4-1 功和功率	(31)
1-4-2 质点的动能定理	(34)
1-4-3 质点系的动能定理	(35)
1-4-4 保守力 系统的势能	(36)
1-4-5 质点系的功能原理 机械能守恒定律	(40)
1-4-6 能量守恒定律	(42)
思考题	(43)
习题	(44)
第2章 刚体的定轴转动	(47)
2-1 刚体的运动	(47)
2-1-1 刚体的平动	(47)
2-1-2 刚体的定轴转动	(48)

2-2 力矩 转动定律	(51)
2-2-1 力矩	(51)
2-2-2 刚体绕定轴转动时的转动定律	(53)
2-2-3 转动惯量	(54)
2-2-4 转动定律的应用	(55)
2-3 质点的角动量和角动量守恒定律	(57)
2-3-1 质点对定点的角动量	(57)
2-3-2 质点的角动量定理	(58)
2-3-3 质点的角动量守恒定律	(58)
2-4 刚体定轴转动的角动量和角动量守恒定律	(59)
2-4-1 刚体定轴转动的角动量	(59)
2-4-2 刚体定轴转动的角动量定理	(59)
2-4-3 刚体定轴转动的角动量守恒定律	(60)
* 2-5 力矩的功 刚体定轴转动的动能定理	(62)
2-5-1 力矩的功	(62)
2-5-2 力矩的功率	(62)
2-5-3 刚体的转动动能 定轴转动的动能定理	(63)
思考题	(65)
习题	(65)
第3章 气体动理论	(68)
3-1 宏观与微观 统计规律	(68)
3-1-1 宏观量与微观量 理想气体状态方程	(68)
3-1-2 分子热运动和统计规律性	(70)
3-2 理想气体的压强与温度	(72)
3-2-1 理想气体的微观模型	(72)
3-2-2 平衡态的统计假设	(73)
* 3-2-3 压强公式的推导	(73)
3-2-4 理想气体温度公式	(75)
3-3 能量均分定理 理想气体的内能	(76)
3-3-1 气体分子的自由度	(76)
3-3-2 能量按自由度均分定理	(77)
3-3-3 理想气体的内能	(78)
3-4 气体分子热运动的速率分布	(79)

3-4-1 分子的速率分布函数	(79)
3-4-2 统计平均值	(81)
3-4-3 麦克斯韦速率分布律	(83)
3-4-4 气体分子速率分布的实验测定	(83)
3-4-5 气体分子的特征速率	(85)
* 3-5 气体分子的平均碰撞次数和平均自由程	(86)
思考题	(88)
习题	(89)
第4章 热力学基础	(91)
4-1 热力学第零定律 准静态过程	(91)
4-1-1 热力学第零定律	(91)
4-1-2 准静态过程	(92)
4-2 热力学第一定律	(92)
4-2-1 热量 功 内能	(92)
4-2-2 热力学第一定律	(94)
4-2-3 热力学第一定律的应用	(94)
4-3 循环过程 卡诺循环	(100)
4-3-1 循环过程	(100)
4-3-2 热机和制冷机	(100)
4-3-3 卡诺循环	(103)
4-4 可逆和不可逆过程 热力学第二定律	(106)
4-4-1 可逆过程和不可逆过程	(106)
4-4-2 卡诺定理	(107)
4-4-3 热力学第二定律的描述	(107)
4-4-4 热力学第二定律的数学表示 熵	(109)
思考题	(109)
习题	(110)
第5章 静电场	(113)
5-1 库仑定律 电场 电场强度	(113)
5-1-1 库仑定律	(113)
5-1-2 电场 电场强度	(115)
5-1-3 电场强度叠加原理	(116)
5-1-4 电场强度的计算	(117)

5-1-5 电场线	(122)
5-2 高斯定理与环路定理	(123)
5-2-1 电场强度通量	(123)
5-2-2 高斯定理	(124)
5-2-3 电场力的功	(129)
5-2-4 静电场的环路定理 电势能	(130)
5-3 电势 电场强度与电势梯度	(132)
5-3-1 电势 电势差	(132)
5-3-2 电势叠加原理 电势的计算	(133)
5-3-3 等势面 * 电场强度与电势梯度	(136)
5-4 静电场中的导体与电介质	(138)
5-4-1 静电场中的导体	(138)
5-4-2 静电场中的电介质	(143)
5-5 电容 电容器 静电场的能量	(148)
5-5-1 电容 电容器	(148)
5-5-2 静电场的能量	(154)
思考题	(155)
习题	(156)
第 6 章 稳定磁场	(158)
6-1 磁场 磁感应强度	(158)
6-1-1 磁现象	(158)
6-1-2 磁感应强度	(158)
6-2 磁通量 磁场的高斯定理	(160)
6-2-1 磁感线	(160)
6-2-2 磁通量 磁场的高斯定理	(161)
6-3 毕奥-萨伐尔定律	(163)
6-3-1 毕奥-萨伐尔定律	(163)
6-3-2 毕奥-萨伐尔定律应用举例	(164)
6-4 安培环路定理及其应用	(166)
6-4-1 安培环路定理	(166)
6-4-2 安培环路定理的应用	(168)
* 6-5 带电粒子在磁场中所受作用及其运动	(171)
6-5-1 洛伦兹力	(171)

6-5-2 带电粒子在均匀磁场中的运动	(172)
6-5-3 霍耳效应	(174)
6-6 磁场对载流导线的作用	(175)
6-6-1 安培定律	(175)
6-6-2 磁场对载流线圈的作用	(177)
6-7 磁介质中的磁场	(179)
6-7-1 磁介质 * 磁化强度	(179)
6-7-2 磁介质中的安培环路定理 磁场强度	(181)
思考题	(184)
习题	(186)
第 7 章 电磁感应 电磁场	(189)
7-1 电磁感应定律	(189)
7-1-1 电磁感应现象	(189)
7-1-2 电磁感应定律	(190)
7-2 动生电动势和感生电动势	(191)
7-2-1 动生电动势	(192)
7-2-2 感生电动势和感生电场	(193)
* 7-3 自感和互感	(195)
7-3-1 自感	(195)
7-3-2 互感	(197)
7-4 磁场的能量	(199)
* 7-5 位移电流 电磁场基本方程的积分形式	(202)
7-5-1 位移电流 全电流安培环路定理	(203)
7-5-2 电磁场 麦克斯韦电磁场方程的积分形式	(207)
7-5-3 电磁波的产生及基本性质	(207)
思考题	(208)
习题	(210)
第 8 章 简谐运动 简谐波	(213)
8-1 简谐运动	(213)
8-1-1 简谐运动	(213)
8-1-2 简谐运动的旋转矢量表示法	(218)
8-1-3 几种常见的简谐运动	(221)
8-1-4 简谐运动的能量	(222)

8-1-5 简谐运动的合成	(223)
* 8-1-6 阻尼振动 受迫振动 共振	(225)
8-2 简谐波	(226)
8-2-1 机械波的产生和传播	(226)
8-2-2 平面简谐波的波动方程	(229)
* 8-2-3 波的能量	(232)
8-2-4 惠更斯原理与波的叠加原理	(233)
8-2-5 波的干涉与驻波	(235)
思考题	(240)
习题	(241)
第9章 光的波动性和量子性	(243)
9-1 光的相干性	(243)
9-1-1 光源	(243)
9-1-2 相干光	(244)
9-2 分波阵面双光束干涉	(244)
9-3 分振幅薄膜干涉	(247)
9-3-1 光程和光程差	(247)
9-3-2 半波损失	(249)
9-3-3 薄膜干涉	(249)
9-3-4 等厚干涉	(251)
9-4 光的衍射	(255)
9-4-1 光的衍射现象	(255)
9-4-2 菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射	(256)
9-4-3 惠更斯-菲涅耳原理	(256)
9-5 夫琅禾费单缝衍射	(257)
9-6 平面衍射光栅	(260)
9-6-1 光栅	(260)
9-6-2 光栅衍射	(261)
9-6-3 光栅光谱	(263)
9-7 自然光 偏振光	(264)
9-8 起偏和检偏 马吕斯定律	(265)
9-8-1 偏振片 起偏和检偏	(265)
9-8-2 马吕斯定律	(266)

9-9 反射和折射时光的偏振	(267)
9-10 光电效应 光子	(269)
9-10-1 光电效应及其实验规律	(269)
9-10-2 光的波动理论的困难	(270)
9-10-3 爱因斯坦光子理论	(270)
9-11 康普顿效应	(272)
9-11-1 康普顿效应	(272)
9-11-2 经典电磁理论的困难	(272)
9-11-3 光子理论的解释	(273)
9-12 光的波粒二象性	(274)
思考题	(274)
习题	(276)
参考书目	(280)

绪 论

当今社会发展令人眼花缭乱,目不暇接.我们每时每刻在享用着科学研究所带来的前所未有的技术成果,通信、计算机、物联网、交通、医疗、保险等大大提高和改善了我们的生活质量.然而,这一切都离不开基础科学的研究和发展.如果把数学理解为“数学是关于科学技术研究工具的科学”.那么,这个基础科学就是物理学.

翻开历史可以清晰地看到,近 400 年,尤其是近一百多年,人类社会的进步超过了过去的几千年.而这段时期,也正是物理学飞速发展的时期.时至今日,物理学已成为一棵参天大树,正以它特有的魅力,影响和推动着社会的飞速发展,并日益展现出其强大的基础学科、核心学科和带头学科的功能.可以说,物理学是现代社会发展的一个重要的基本动力.

很多大学生在学习大学物理课程之前,都非常关心这样两个问题:(1) 什么是物理学?(2) 学习物理学可以干什么?

“物理学”(即英语“physics”),最早见于古希腊亚里士多德的《物理学》一书,这本早期的《物理学》是以自然界为特定研究对象的哲学.它与此后传统的物理学不同,它包括了传统的物理学、化学、生物学、天文学、地学等.总之,它涉及整个自然科学,它只研究自然界总的原理,是自然哲学.传统的物理学是早期自然哲学的重要内容.

传统的物理学是自然科学中与自然界的基本规律关系最为直接的一门学科.它以研究宇宙间物质各层次的结构、相互作用和运动规律以及它们的实际应用前景为自己的任务.由于一切物理现象都在时间、空间中表现出来并发生运动和转化,所以传统的物理学也要研究时间和空间的性质、联系等.从 17 世纪牛顿力学的建立到 19 世纪电磁学基本理论的奠定,传统物理学逐步发展成为独立的学科,当时的主要分支有力学、声学、热力学和统计物理学、电磁学和光学等,称为经典物理.20 世纪初,相对论和量子论的出现,标志着近代物理学的建立.它促使物理学各个领域向纵深发展,不但传统物理学的各个分支学科在新的基础上深入发展,而且又形成了许多新的分支学科,如原子物理、分

子物理、核物理、粒子物理、凝聚态物理、等离子体物理等。

在近代物理学发展的基础上,还萌发了许多技术学科,如核能与其它能源技术、真空技术、半导体电子技术、激光和现代光学技术、光电子技术、信息技术等。此外,还有一些新技术学科,如纳米和材料技术、计算机和信息技术等都是近代物理学和其它学科相结合发展起来的。这些新的技术科学有力地促进了生产技术和变革,并成为目前现代物理学的重要内容。

当代,物理学科研究的突破导致技术变革所经历的时间正在缩短,从而在现代物理学与许多高技术学科之间形成一片相互交叠的基础性研究与应用性研究相结合的宽广领域。物理学科与技术学科各自根据自身的特点,从不同的角度对这一领域的研究,既促进了物理学的发展和应用,又加速了高技术的开发和提高。

在物理学基础研究过程中形成和发展起来的基本概念、基本理论、基本实验手段和精密测量方法,已成为其它学科诸如天文学、化学、生物学、地学、医学、食品科学、农业科学等学科的组成部分,并推动了这些学科的发展。物理学也是各种技术学科和工程学科的共同基础,物理量测量的规范化和标准化已成为计量学的一个重要研究内容。

物理学还与其它学科相互渗透,产生了一系列交叉学科,如化学物理、生物物理、大气物理、海洋物理、地球物理、天体物理等。这种相互渗透过程一直在进行之中。例如,量子计算是当前一个研究热点,有可能对信息科学产生重要影响。

当代物理学的发展变化极为迅速。1995年,在我国厦门召开的第19届国际统计物理大会的论文摘要中,出现很多按传统的观念来说不像物理名词的一些词汇:细菌生长、生物进化、生物膜、轮轴藻细胞、细胞色素C、厄尔尼诺、南方振荡、血红蛋白、心率、鸟儿为什么一起飞、免疫网络、曲折的河流、神经网络、沙堆模型、交通流量等。类似的情况也出现在我国物理学的一些重要期刊上。鉴于这种现象,我国著名物理学家、教育家赵凯华教授指出:“今天已不可能再用研究对象来界定什么是物理学,物理学是所有自然科学和工程技术的理论基础,物理学代表着一套获得知识、组织知识和运用知识的有效步骤和方法。把这套方法运用到什么问题这问题就变成了物理学。”

1996年,美国马里兰大学召开的国际大学物理教育学术研讨会上发布的统计数据表明,美国有超过60%的物理专业毕业生进入了各工业部门,获得学士学位的毕业生中有超过2/3的人不从事传统物理方面的工作。英国的统计数据与美国大体相似。在我国也存在这一现象。按传统看法,这种用非所学

的“改行”现象是人才培养上的浪费。赵凯华教授认为这是正常现象。他说：“一个人学了物理学之后干什么都可以，他的物理学没有白学……在我看来，对于学物理学的人无所谓‘改行’……”应当讲，上述各工业部门都是物理学的用武之地。

2005年是“世界物理年”，我国著名理论物理学家、中科院院士、中国科协主席周光召于2005年4月15日在北京人民大会堂举行的世界物理年纪念大会上指出：“虽然爱因斯坦从事的是基础研究，他并不知道这些研究有什么实用价值，但是，越是基本的规律，覆盖的现象越广泛，潜在应用的面越广，产生的价值也越大。在光电子、激光、原子能、GPS、传感器、加速器、信息保密等广泛应用的技术中，都可以看到爱因斯坦研究成果的影响。”

物理学作为自然科学的基础学科、核心学科和带头学科，在人类社会的发展过程中曾经并且仍在起着重要的作用。19世纪以来，人类历史上的四次工业革命都是以对物理学某些领域的基本规律认识的突破为前提的：（1）力学和热力学的理论和实践导致了人类历史上第一次工业革命时代——蒸汽机时代的到来。蒸汽机代替人力和畜力，使社会生产力得到极大的解放和发展，推动了人类社会的进步，同时也为科学的发展提供了更为良好的环境。（2）电磁学的理论和实践促使人类跨入第二次工业革命时代——电气时代。电气时代是人类以电力作为动力、照明，以电磁波作为通讯媒介的时代。电磁学的理论和实践进一步解放了社会生产力，拉近了人类各民族之间的距离，极大地改变了人类社会的面貌，改变了人类生产、生活方式，并促使社会高速前进。（3）近代物理学带领人类进入第三次工业革命时代——原子电子时代。以近代物理学革命为先导，以原子能和电子计算机为主要标志的第三次工业革命，全方位促进和带动了材料科学与技术、微电子科学与技术、新能源科学与技术、激光科学与技术、空间科学与技术以及生物科学与技术等高科技的产生与发展，物理学已成为推动工业革命的主导力量。物理学的创新，又一次促进了社会生产力的解放与发展，极大地改变了人类的生活、生产方式，也改变了人类认识和改造自然的方式，并且深刻地改变了人类的思维方式。（4）现代物理学引导人类进入第四次工业革命时代——信息时代。由于现代物理科学与技术的发展，使得原子分子物理、光物理、声学物理以及激光技术、近代光学技术、光电子技术、材料科学技术等科学技术得到飞速发展，对现代信息技术产生了巨大影响，构成了信息通讯技术的基础，促进了通讯信息科学的飞速发展，引导人类进入信息时代。信息时代的到来，极大地加快了社会进步的步伐，进一步改变了人们的思维方式、工作方式和生活方式。我们正在看到，现代物理科学与技

术的发展与创新,再一次促进了社会生产力的解放与发展.

从历史上看,物理学对世界四次大的工业革命起到了非常关键的作用,从目前和未来看,物理学对基础理论的深入研究,对超导、新能源、信息、纳米材料等科学技术的进一步研究以及与生命科学等学科的交叉研究,也必将为第五次工业革命打下坚实基础,从而促使人类进入一个如梦如幻的更新的时代.毫无疑问,我们的世界将因物理学的发展而变得越来越美好.

第1章

质点力学 时间 空间

质点力学包括质点运动学和动力学. 本章在讨论质点运动学的基础上转入动力学的研究, 由牛顿(I. Newton)第二运动定律导出质点动力学的三个基本定理(质点动量定理、质点角动量定理、质点动能定理), 从不同的方面建立起动力学特征量与作用力累积效应之间的普遍联系. 质点力学是研究质点系(包括刚体)运动规律的基础.

1-1 质点运动的描述

1-1-1 质点 参考系 运动方程

1. 质点

任何实际物体都具有一定的形状、大小和内部结构, 物体运动时, 其大小、形状一般会发生变化, 故其内部各点的运动状态各不相同. 若在我们研究的问题中, 物体的线度、形变所起的作用可忽略不计, 就可以把物体当成一个有质量的几何点来处理, 这样抽象出的理想模型被称为质点.

质点是一个十分有用的物理模型, 它的应用可以使研究的问题得到简化. 但能否将研究的对象当成质点, 要对研究的问题具体分析后再确定. 把研究的物体抽象为质点来处理, 在理论上和实际应用中都有着重要意义. 例如, 当不能把研究的物体整个看成一质点时, 可以把它看成是由许多质点组成的, 弄清楚各质点的运动, 也就可以了解整个物体的运动规律. 因此, 研究质点的运动是研究一般物体运动的基础.

物理学中还有一些其它理想模型, 以后还将陆续介绍, 如刚体、理想气体、点电荷等. 这种在一定条件下, 把复杂的、具体的物体抽象为一个简单的理想