



工程教育系列教材
教育部CDIO工程教育试点教材

物理学

■ 陈 敏 代 群 朱兴华 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



工程教育系列教材
教育部CDIO工程教育试点教材

物理学

Wulixue

■ 主编 陈敏 代群 朱兴华



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是参照教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科大学物理课程教学基本要求(2010年版)》编写的。在保证完整的大学物理知识体系的前提下,全书加载了一个物理知识的应用背景。本书具有“体系完整,极具创新性”、“内涵丰富,极具应用性”、“面向应用,极具教育性”和“形式独特,极具启发性”等特点。

本书适合普通高等学校理工科类专业学习大学物理课程的学生使用,也可供社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

物理学 / 陈敏, 代群, 朱兴华主编. — 北京: 高等教育出版社, 2012. 12

ISBN 978-7-04-033961-1

I. ①物… II. ①陈… ②代… ③朱… 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 256258 号

策划编辑 忻 蓓
责任校对 陈旭颖

责任编辑 高聚平
责任印制 朱学忠

封面设计 李卫青

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 涿州市星河印刷有限公司
开 本 787mm × 960mm 1/16
印 张 20
字 数 370 千字
彩 插 5
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.cn>
版 次 2012 年 12 月第 1 版
印 次 2012 年 12 月第 1 次印刷
定 价 31.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 33961-00

工 程 教 育 系 列 教 材
—— 教育部 CDIO 工程教育试点教材

编审委员会

顾 问 李茂国 顾佩华

主任委员 周定文

副主任委员 谢明元 陆小华

委员 (按姓氏笔画)

王天宝 王建波 巨 辉 包能胜

朱 明 何 晋 何建新 吴四九

杨 玲 杨明欣 赵永生 熊光晶

总 序

近年来,针对工程教育与产业需求严重脱节等问题,我国各高等学校积极探索工程教育的新模式,力争从教育观念、目标、内容到方法对工程教育进行整体改革。教育部推进的“卓越工程师教育培养计划”和 CDIO 工程教育模式试点,旨在“面向工业界、面向未来、面向世界”培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的后备工程师,引导各高等学校积极探索工程人才培养的规律,为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源基础。

CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) 工程教育模式是由美国麻省理工学院会同瑞典三所著名大学倡导,与工业界共同合作创建的工程教育模式,并获得 2011 年度美国国家工程院 (NAE) 颁布的“戈登奖”。这种模式强调工程教育必须回归工程,坚持工程人才“知识、能力、素质”的协调发展,着重基础知识、个人能力、人际团队能力和工程系统能力四个层面的能力培养,突破了传统的以学科知识传授为主的人才培养模式,更加适应产业界对工程人才的需求。CDIO 模式与工程专业认证的华盛顿协议 (EC2000) 具有高度的一致性。

我们在长期的 CDIO 工程教育改革过程中,组织编写了一批适应 CDIO 模式的教材,通过试用与修订,拟在统一规划的基础上正式出版。本系列教材在编写过程中,贯彻实施工程教育一体化改革的思路,将理论与实践有机结合、课内与课外有机结合、知识传授与能力培养有机结合、学习习惯与创新思维培养有机结合,实现知识、能力、素质的一体化培养,提高学生综合应用系统知识的能力。在注重学科知识体系完整的同时,特别强调知识的应用和工程问题分析,力求做到将理论学习和工程应用集成于同一学习空间,通过基于案例的、基于问题的和基于工程项目的驱动,使学生提高学科知识学习的目的性和应用能力。教材采用基本原理结合典型工程应用实例的结构,以学生理解与应用知识为目标,精选内容、引入新技术,将配套实验与能力培养统筹考虑,突出工程应用能力的培养。每章有贯穿始终的典型工程应用案例,有目标设定、目标测评、思考题、实践与提高、工程训练项目和习题,并有小结和英文术语表。

根据试用情况,我们首先出版《电路分析基础》、《模拟电子技术基础》、《数字逻辑设计基础》、《信号与系统》、《单片微型计算机原理及接口技术》、《物理学》六本教材。因为编写中突破了原有教材的模式,编写者感到具有很大的挑战,

我们欢迎使用这套教材的读者及时向我们提出意见与建议,以便我们今后对教材进行修订和完善。

CDIO 系列教材的编写,始终得到教育部高等教育司理工处和教育部 CDIO 试点工作组的关注与支持,并得到高等教育出版社的大力帮助,我们在此表示衷心的感谢。

“工程教育系列教材——教育部 CDIO 工程教育试点教材”编审委员会
2011 年 12 月于成都

前 言

高等教育承担着培养高级专门人才、发展科学技术文化、促进现代化建设的重大任务,为全面提高高等教育质量和提升人才培养水平,创新人才培养模式势在必行。为适应现代化社会对工程技术人才的需求,包括我校在内的一些工科院校正在推行工程教育改革,转变教学理念,创新教学模式,倡导启发式、探究式、讨论式、参与式教学方法,“大学物理”作为工科院校学生的一门必修基础课程,在培养科学思维方式与科学素养、工程能力与工程素养等方面起着引领性作用,它必须进行面向工程教育的教学改革。如何将工程教育模式与“大学物理”课程相结合,怎样在“大学物理”课程中引入工程教育理念与工程教学方法,怎样才能以“大学物理”课程为载体去实现学生物理知识、工程能力与科学素质的培养……面对这些问题,我们试图从理论知识与工程应用的联系入手,以工程与应用为教学背景,编写一本能体现工程教育理念和工程教育方法的工科大学物理教材。

同时,物理学是源于自然与生活的科学,它有着许多生动而有趣的物理现象,与整个世界和人们生活都密切相关,与各种科学技术与工程应用紧密联系,这使我们在教学中不断地思考如下的一些问题:如何将现实的生活与应用和物理课本相结合,如何使学生感受到鲜活的物理,如何让学生学会以物理的眼光来审视自然与生活,如何在讲述物理知识的同时告诉学生科学的思维方式、研究方法与应用途径……于是,我们尝试着在这些方面做一些努力,试图让学生在生活与应用的背景中学习物理,将学到的物理知识用来解决身边的问题,这样既能收获物理知识,又能体会知识的乐趣,更能感受知识带来的启示。

基于上述缘由,本教材以工科院校学生对知识、能力与素质培养的要求为指导,以运动、场和波为主线构建了“大学物理”课程教学体系,将物理学中的力学、热学、电磁学、光学、狭义相对论以及量子物理分成三个部分:

(1) 第一篇“物质的运动”:包括宏观物体的运动和微观粒子的运动,前者包括牛顿力学研究的低速机械运动和爱因斯坦狭义相对论研究的高速运动,后者包括热学研究的气体分子热运动和量子力学研究的微观粒子概率运动。这些内容将使学生看清自然界和生活中的物质运动的本质,目睹科学发展的进程,感受物理学给人们的震撼。

(2) 第二篇“场”: 通过电场、磁场、电磁场的讲述, 使学生充分认识“场”这种特殊物质, 同时通过展现电磁理论的建立过程以及电磁技术引起的人们生活的巨大变化与科学技术上的重大突破, 帮助学生理解物理学与应用的联系。

(3) 第三篇“波动”: 包括机械波、光波与电磁波。人们每时每刻都处于这些波的包围之中, 波的存在使人们的生活“有声有色”, 给人们带来许多惊喜, 同时也给人们带来一些潜在的危害。通过这部分的学习, 让学生学会用物理的眼光来看待这些问题。

为了体现工程教育特色, 充分展示物理与工程的关系以及物理知识的应用性, 本教材在内容编排与撰写方面具有以下几个特点:

(1) 开篇问题: 几乎每个章节的开端都设置了基于某种现象或应用的介绍, 以此来引入知识的讲述, 并在相关知识的讲解后进行解答或讨论。

(2) 趣味应用: 编写了一些实际应用解析的章节, 增加教材的趣味性和物理学的应用性。

(3) 实用例题: 尽量选择与某个实际应用相结合的例子, 使例题达到“应用知识、拓展视野、体现方法”三个目的。

(4) 工程问题或科学问题解析: 每章结束后, 都编写有一个工程(科学)问题解析, 为教师和学生提供讨论课的素材。

(5) 设计型习题: 针对每章的物理知识, 在作业中设置了专门的设计题, 为开展的课程项目提供内容。

(6) 全书图文并茂, 在阐明物理思想和物理规律的同时, 还将学生带到物理学以外的领域, 让学生领会科学和科学方法的相通性, 启发学生用物理的、科学的方式去欣赏这个世界。

本教材可作为各类工科院校理工科类专业 60~100 学时大学物理课程的教材。与教材配套的多媒体课件和教材中思考题与工程(科学)问题解析的参考资料, 便于教师教学, 利于学生开展学习和讨论。

本教材由陈敏、代群、朱兴华主编, 由陈敏统稿、定稿, 参与编写工作的有: 陈敏(第 1、第 3、第 5、第 6 章)、苏礼坤(第 2、第 3 章)、李乐中(第 4、第 5、第 6 章)、高秀英(第 7、第 10、第 12 章)、代群(第 8、第 10、第 12 章)、李旭(第 9、第 10、第 12 章)、陈锋(第 11 章)、朱兴华(第 12 章)。

在教材编写过程中, 得到了成都信息工程学院领导、老师以及高等教育出版社同志的帮助和支持, 在此表示衷心的感谢! 西北工业大学宋士贤教授在主审本教材时, 非常详细地、逐字逐句地进行了审阅, 并提出了许多宝贵的修改意见, 使本教材完善了许多, 在此特别感谢他对本教材的支持、关心与鼓励!

由于编者的经验、见地和学识的限制,本教材在编写中存在着不足,敬请同仁、教师 and 同学们批评指正,谢谢!

陈 敏

2012 年 6 月于成都

目 录

第一篇 物质的运动

第一部分 物体的机械运动

第一章 质点运动	6
1.1 物理基准	6
1.1.1 长度、时间和质量标准	6
1.1.2 参考系	7
1.2 质点运动的描述	8
1.3 相对运动	13
1.4 牛顿运动定律	14
1.4.1 力	15
1.4.2 牛顿运动定律	15
1.4.3 牛顿定律的应用	17
1.5 动量	20
1.5.1 动量与冲量	20
1.5.2 动量定理与动量守恒定律	21
1.5.3 火箭的发射	23
1.6 能量	25
1.6.1 功	25
1.6.2 功与能量	29
1.6.3 机械能守恒	31
1.6.4 普遍的能量守恒与转化定律	32
1.6.5 赛车胜负的关键	33
科学问题解析 万有引力定律及其应用	34
习题	35
第二章 刚体转动	39
2.1 转动的描述	39
2.2 力矩与转动定律	42

2.3 角动量与角动量守恒定律	47
2.4 刚体绕定轴转动的动能定理	51
2.5 工程中的刚体转动	53
工程问题解析 汽车制动器	55
习题	56
第三章 狭义相对论	59
3.1 牛顿的绝对时空观	59
3.2 狭义相对论的基本原理	61
3.3 相对论性的时空观	64
3.4 核能及其工程应用	70
科学问题解析 核武器	75
习题	75
第二部分 气体分子的热运动	
第四章 气体动理论	78
4.1 理想气体的微观模型与统计理论	78
4.2 压强、温度与内能公式	80
4.2.1 压强公式	80
4.2.2 温度公式	83
4.2.3 内能公式	83
4.3 气体分子的速率分布统计规律	85
4.3.1 分子的速率分布	85
4.3.2 分子的特征速率	86
4.3.3 太阳风的成分	86
科学问题解析 礁湖星云的压强	87
习题	88
第五章 热力学基础	89
5.1 理想气体状态与状态的改变	89
5.2 热力学第一定律	91
5.2.1 热力学第一定律	92
5.2.2 热力学第一定律在典型过程中的应用	93
5.2.3 人体新陈代谢的能量转化	98

5.3 循环过程在工程中的应用	99
5.4 热力学第二定律	103
5.5 熵与无序	106
5.5.1 熵与熵增加原理	106
5.5.2 无序度	107
工程问题解析 陶瓷内燃机	110
习题	111

第三部分 微观粒子的概率运动

第六章 量子物理	114
6.1 量子与量子化规律	114
6.1.1 量子与量子化	115
6.1.2 黑体辐射与能量子假说	115
6.1.3 光电效应与光量子学说	117
6.1.4 量子化规律的应用	119
6.2 物质的波粒二象性	120
6.2.1 光的粒子性	121
6.2.2 物质波 —— 德布罗意波	121
6.3 粒子运动的不确定性	123
6.4 粒子运动的薛定谔方程	126
6.5 扫描隧穿显微镜	128
6.6 量子信息技术	131
工程问题解析 太阳能电池	135
习题	136

第二篇 场

第七章 静电场	139
7.1 静电场的描述	139
7.1.1 电荷与电场	139
7.1.2 电场强度	141
7.1.3 电场线	145
7.2 静电场的高斯定理	146
7.2.1 电场强度通量	146
7.2.2 真空中的高斯定理	147

7.2.3 高斯定理在计算电场强度分布中的应用	148
7.3 静电场的环路定理	151
7.3.1 电场力的功	151
7.3.2 真空中的环路定理	151
7.4 电势	152
7.4.1 电势能与电势	153
7.4.2 等势面	156
7.4.3 电势梯度	156
7.5 电场与物质的作用	157
7.5.1 静电场中的导体	158
7.5.2 静电场中的电介质	160
7.5.3 电容器及其应用	163
7.6 静电场的能量	166
7.7 静电场的应用	167
工程问题解析 等离子显示器	169
习题	169
第八章 恒定磁场	172
8.1 磁场的描述	172
8.2 毕奥 - 萨伐尔定律	175
8.3 磁场的高斯定理	178
8.4 磁场的安培环路定理	179
8.5 磁场对运动电荷的作用	182
8.5.1 带电粒子在电场和磁场中的运动	182
8.5.2 霍耳效应及应用	185
8.5.3 磁场对电流的作用	187
8.6 磁场与物质的作用	191
8.6.1 磁介质的磁化	191
8.6.2 铁磁质及应用	194
8.6.3 磁悬浮列车	196
工程问题解析 巨磁阻效应及其应用	198
习题	199
第九章 电与磁的联系	202
9.1 电磁感应	203
9.1.1 电磁感应现象	203
9.1.2 楞次定律	204

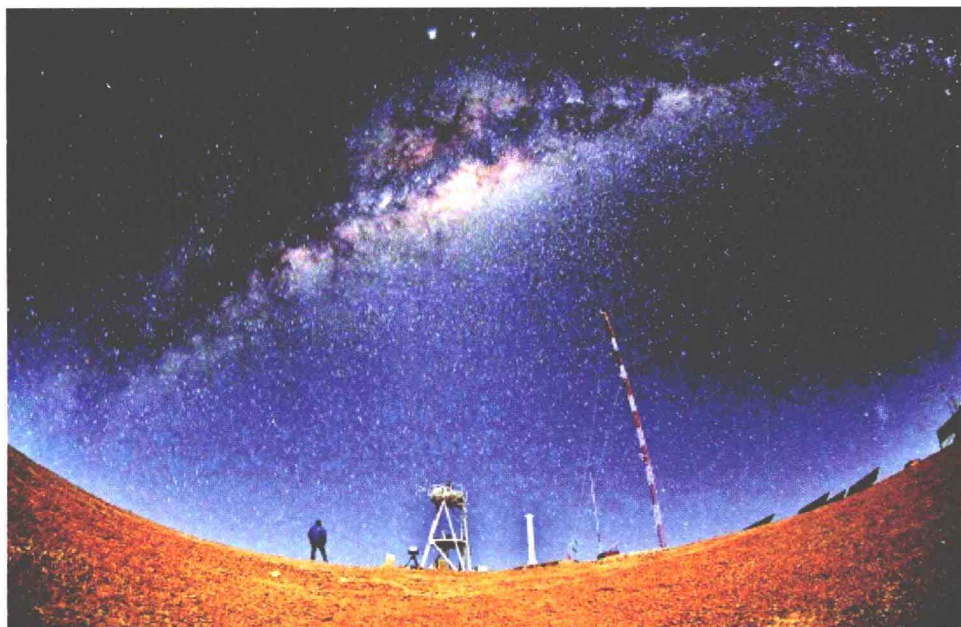
9.1.3 法拉第电磁感应定律	205
9.1.4 发电机	210
9.1.5 自感和互感	212
9.2 感生电场	216
9.3 位移电流	219
9.4 电磁场	222
9.5 电磁场在工程中的应用	225
工程问题解析 金属探测器	227
习题	228

第三篇 波 动

第十章 机械波	235
10.1 机械振动	236
10.1.1 简谐运动的描述	236
10.1.2 受迫振动和共振	240
10.1.3 简谐运动的合成	241
10.1.4 机械波的形成	242
10.2 机械波的描述	243
10.2.1 机械波的分类与特征物理量	243
10.2.2 平面简谐波的波函数	245
10.2.3 地震产生的波动	249
10.3 机械波的传播规律	250
10.3.1 衍射现象与惠更斯原理	250
10.3.2 干涉现象与波的叠加	251
10.3.3 驻波现象及应用	254
10.4 声波	257
10.4.1 声波的特征与种类	258
10.4.2 多普勒效应	260
10.4.3 多普勒雷达与多普勒彩超	261
工程问题解析 声呐技术	264
习题	264
第十一章 光波	266
11.1 光的本质	266
11.2 光的相干特性	267
11.2.1 干涉与光程	268

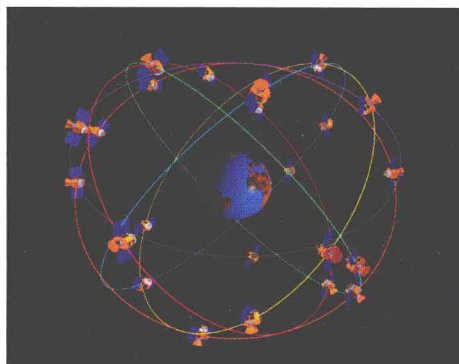
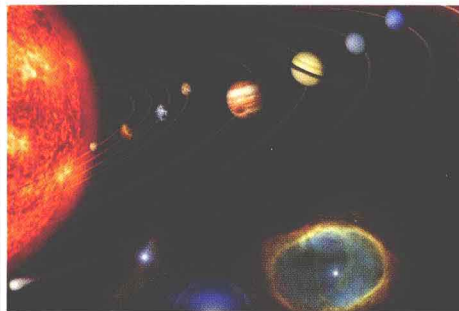
11.2.2	杨氏双缝干涉	269
11.2.3	薄膜干涉	271
11.2.4	迈克耳孙干涉仪	275
11.2.5	干涉现象在工程精密测量中的应用	276
11.3	光的衍射特性	278
11.3.1	惠更斯-菲涅耳原理	278
11.3.2	单缝衍射	279
11.3.3	圆孔衍射	281
11.3.4	光栅衍射	283
11.3.5	衍射现象与 DNA 的研究	286
11.4	光的偏振特性	287
11.4.1	偏振光的描述	287
11.4.2	布儒斯特定律	289
11.4.3	双折射现象	289
11.4.4	三维电影	290
	工程问题解析 全息技术	291
	习题	292
第十二章	电磁波	295
12.1	电磁波的形成与特性	296
12.2	电磁波的能量与电磁辐射	299
12.3	电磁波谱	300
12.4	工程中的电磁波	302
	科学问题解析 宇宙起源探秘	303
	习题	304
	习题答案	306

第一篇 物质的运动



运动是物质存在的一种基本形式,事实证明不存在绝对静止的物体,世界之大、物质之多、运动形式之广,使我们对物质运动的研究不能穷尽,但从运动物体尺度的角度,运动可以有两类:宏观物体的运动和微观粒子的运动,前者包括我们能观察到的物体的机械运动,后者包括原子、分子的热运动与微观粒子(如电子等)的概率运动,这些不同形式的运动分别遵循不同的运动规律,人们也分别采用了不同的研究方式,最后发现这两类运动在物质中得到统一,所有物体在做宏观运动的同时,构成它的微观粒子都在进行着热运动或概率运动。

本篇主要讲述:牛顿力学研究的低速机械运动,爱因斯坦狭义相对论研究的高速运动,热学研究的气体分子热运动,以及量子力学研究的微观粒子概率运动,这些内容将使人们了解基本的运动规律,掌握物理学研究运动的基本方法,看清自然界和人们生活中的物质运动的本质,理解物理与应用的联系。



2	3	2 风筝与质点	3 航天器
4	5	4 石磨	5 行星运动
6	7	6 核爆炸	7 GPS 卫星