

卓越工程师教育培养计划配套教材

工程基础系列

大学物理学 (下)



徐红霞 陈光龙 张修丽 汪丽莉 刘烨 编

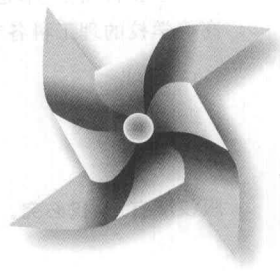
清华大学出版社

013061927

04-43
201
V2

卓越工程师教育培养计划配套教材

工程基础系列



大学物理学 (下)

徐红霞 陈光龙 张修丽 汪丽莉 刘焯 编



04-K3
201
V2

清华大学出版社



北航

C1669845

0130613010

内 容 简 介

本教材是按照国家教指委《非物理类理工学科大学物理课程教学基本要求》和“卓越计划”要求而编写。教材内容按照工科优秀物理教材的体系,上册分为力学、热学和电磁学三篇,下册分为波动与波动光学和近代物理学基础两篇。为了满足卓越计划的要求,本教材力求具有工程应用特色,尽力平衡物理理论的学习和技术应用介绍间的矛盾。在每一部分,增加了若干个物理工程的实际应用;教材中第一次出现的物理概念和物理定律都注明其英语名称;教材中增添了节前思考模块和节后讨论模块,习题中增添了部分开放性习题。

本教材用于“卓越工程师教育培养计划”试点理工科各专业的“大学物理”课程教材,同样可用于普通高等学校的理工科各专业的“大学物理”教材。对于爱好高等物理的读者,本书也有一定的参考价值。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.下/徐红霞等编. —北京:清华大学出版社,2013

(卓越工程师教育培养计划配套教材.工程基础系列)

ISBN 978-7-302-32988-6

I. ①大… II. ①徐… 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(2013)第147744号

责任编辑:庄红权 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:14

字 数:330千字

版 次:2013年8月第1版

印 次:2013年8月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00元

产品编号:048982-01

卓越工程师教育培养计划配套教材

总编委会名单

主任：丁晓东 汪泓

副主任：陈力华 鲁嘉华

委员：(按姓氏笔画为序)

丁兴国	王岩松	王裕明	叶永青	刘晓民
匡江红	余粟	吴训成	张子厚	张莉萍
李毅	陆肖元	陈因达	徐宝钢	徐新成
徐滕岗	程武山	谢东来	魏建	

卓越工程师教育培养计划配套教材

——工程基础系列编委会名单

主任：徐新成 程武山

副主任：张子厚 刘晓民 余 粟

委员：(按姓氏笔画为序)

王明衍 刘立厚 朱建军 汤 彬 吴建宝

张学山 张敏良 张朝民 李 路 陈建兵

林海鸥 范晓兰 胡义刚 胡浩民 唐觉民

徐红霞 徐滕岗



《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》明确指出“提高人才培养质量。牢固确立人才培养在高校工作中的中心地位,着力培养信念执著、品德优良、知识丰富、本领过硬的高素质专门人才和拔尖创新人才。……支持学生参与科学研究,强化实践教学环节。……创立高校与科研院所、行业、企业联合培养人才的新机制。全面实施‘高等学校本科教学质量与教学改革工程’。”教育部“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”)是为贯彻落实党的“十七大”提出的走中国特色新型工业化道路、建设创新型国家、建设人力资源强国等战略部署,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》实施的高等教育重大计划。“卓越计划”对高等教育面向社会需求培养人才,调整人才培养结构,提高人才培养质量,推动教育教学改革,增强毕业生就业能力具有十分重要的示范和引导作用。

上海工程技术大学是一所具有鲜明办学特色的地方工科大学。长期以来,学校始终坚持培养应用型创新人才的办学定位,以现代产业发展对人才需求为导向,努力打造培养优秀工程师的摇篮。学校构建了以产学研战略联盟为平台,学科链、专业链对接产业链的办学模式,实施产学合作教育人才培养模式,造就了“产学合作、工学交替”的真实育人环境,培养有较强分析问题和解决问题能力,具有国际视野、创新意识和奉献精神的高素质应用型人才。

上海工程技术大学与上海汽车集团公司、上海航空公司、东方航空公司、上海地铁运营有限公司等大型企业集团联合创建了“汽车工程学院”、“航空运输学院”、“城市轨道交通学院”、“飞行学院”,校企联合成立了校务委员会和院务委员会,企业全过程参与学校相关专业的人才培养方案、课程体系和实践教学体系的建设,学校与企业实现了零距离的对接。产学合作教育使学生每年都能够到企业“顶岗工作”,学生对企业生产第一线有了深刻的了解,学生的实践能力和社会适应能力不断增强。这一系列举措都为“卓越工程师教育培养计划”的实施打下了扎实基础。

自2010年教育部“卓越工程师教育培养计划”实施以来,上海工程技术大学先后获批了第一批和第二批5个专业8个方向的试点专业。为此,学校组成了由企业领导、业务主管与学院主要领导组成的试点专业指导委员会,根据各专业工程实践能力形成的不同阶段的特点,围绕课内、课外培养和学校、企业培养两条互相交叉、互为支撑的培养主线,校企双方共同优化了试点专业的人才培养方案。试点专业指导委员会聘请了部分企业高级工程师、技术骨干和高层管理人员担任试点专业的教学工作,参与课程建设、教材建设、实验教学建设等教学改革工作。



“卓越工程师教育培养计划配套教材——工程基础系列”是根据培养卓越工程师“具备扎实的工程基础理论、比较系统的专业知识、较强的工程实践能力、良好的工程素质和团队合作能力”的目标进行编写的。本系列教材由公共基础类、计算机应用基础类、机械工程专业基础类和工程能力训练类组成,共 22 册,涵盖了“卓越计划”各试点专业公共基础及专业基础课程。

该系列教材以理论和实践相结合作为编写的理念和原则,具有基础性、系统性、应用性等特点。在借鉴国内外相关文献资料的基础上,加强基础理论,对基本概念、基础知识和基本技能进行清晰阐述,同时对实践训练和能力培养方面作了积极的探索,以满足卓越工程师各试点专业的教学目标和要求。如《高等数学》适当融入“卓越工程师教育培养计划”相关专业(车辆工程、飞行技术)的背景知识并进行应用案例的介绍。《大学物理学》注意处理物理理论的学习和技术应用介绍之间的关系,根据交通(车辆和飞行)专业特点,增加了流体力学简介等,设置了物理工程的实际应用案例。《C 语言程序设计》以编程应用为驱动,重点训练学生的编程思想,提高学生的编程能力,鼓励学生利用所学知识解决工程和专业问题。《现代工程设计图学》等 7 本机械工程专业基础类教材在介绍基础理论和知识的同时紧密结合各专业内容,开拓学生视野,提高学生实际应用能力。《现代制造技术实习题集》是针对现代化制造加工技术——数控车床、数控铣床、数控雕刻、电火花线切割、现代测量等技术进行编写。该系列教材强调理论联系实际,体现“面向工业界、面向世界、面向未来”的工程教育理念,努力实践上海工程技术大学建设现代化特色大学的办学思想和特色。

这种把传统理论教学与行业实践相结合的教学理念和模式对培养学生的创新思维,增强学生的实践能力和就业能力会产生积极的影响。以实施卓越计划为突破口,一定能促进工程教育改革和创新,全面提高工程教育人才培养质量,对我国从工程教育大国走向工程教育强国起到积极的作用。

陈关龙

上海交通大学机械与动力工程学院教授、博士生导师、副院长
教育部高等学校机械设计制造及自动化教学指导委员会副主任
中国机械工业教育协会机械工程及自动化教学委员会副主任



物理学研究物质世界的基本结构、基本相互作用和最普遍的运动规律,是一切自然科学和工程技术的基础。以物理学为基础的大学物理课程,是高等学校理工科各专业学生一门重要的通识性必修基础课。该课程所讲授的基本概念、基本理论和基本方法是构成学生科学素养的重要组成部分,是每个科学工作者和工程技术人员以及管理人员所应必备的。

物理学是一门古老的、基础的学科,它的发展经历了很长的一段历史。无论是从古代物理学发展到经典物理学,还是再发展到现代物理学,物理学的每一个发展、每一次革命都对人类的文明和科技进步起到了不可估量的作用。从历史上看,物理学对世界三次大的技术革命都起到了非常关键的作用。17—18 世纪的第一次工业革命是建立在牛顿力学和热力学发展的基础上,其标志是以蒸汽机为代表的一系列机械的产生和应用。19 世纪的第二次工业革命是建立在电磁理论发展的基础上,其标志是发电机、电动机、无线电通信设备的出现和应用。20 世纪的第三次工业革命是建立在相对论和量子力学发展的基础上,其标志是以信息技术为代表的一系列新学科、新材料、新能源、新技术的兴起和发展。因此,物理学是科技人才素质教育的基础。物理学为科学技术提供科学原理,能够指导技术路线的选择和技术方案的改进,有助于培养技术人员的科学品格和创新能力。物理学的学习能使技术人员的眼光远、层次高且后劲足。全世界工科大学无一例外将物理作为重要的基础课。

为了让物理走近大众,让世界拥抱物理,联合国第 58 次会议通过了 2005 年为“国际物理年”的决议,这是目前唯一以学科命名的年份,表明物理学科对社会发展起着巨大的推动作用,得到了国际社会的充分认可。

“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”),是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020 年)》的重大改革项目,也是促进我国由工程教育大国迈向工程教育强国的重大举措。该计划就是要培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。

由于“卓越计划”刚刚开始实施,相关的优秀教材比较少。而且,各个学校的“卓越计划”专业也不尽相同。现有的国内优秀新教材很多,但在结合工程实际方面做得还不是很好;结合工程技术多的教材大都是高职院校编写的,技术应用较多,但物理理论介绍较少。所以,本书力求具有我校专业特色和工程应用特色,尽力平衡物理理论的学习和技术应用介绍间的矛盾。



本书的编写依据有两个:一是满足非物理类理工学科大学物理课程教学基本要求;二是根据我校“卓越计划”专业特点和“卓越计划”要求。教材内容按照工科优秀物理教材的体系,上册分为力学、热学和电磁学三篇,下册分为波动与波动光学和近代物理学基础两篇。在每一部分,增加了若干个物理工程的实际应用,主要是物理原理的典型应用、最新发展以及与我校“卓越计划”专业相关的应用。为了和国际物理教育接轨,本书中第一次出现的物理概念和物理定律都注明其英文名称。研究性教学是“卓越计划”推崇的教学方式,在本书中的体现是增添了节前思考模块和节后讨论模块,同时在习题中增添了部分开放性习题。

本书由上海工程技术大学物理教学部的“卓越计划”教学团队的教师编写完成。参与编写的教师有:徐红霞负责力学篇(第1~4章);邵辉丽负责热学篇(第5、6章);任莉负责电学(第7、8章);季涛和王顺治负责磁学(第9、10章);张修丽负责振动与波(第11、12章);陈光龙负责光学(第13章);刘焯负责狭义相对论基础(第14章);汪丽莉负责量子物理基础(第15章)。全书由徐红霞负责策划和统稿,卫邦达老师在退休之后发挥余热,对全书进行了审阅和校对。我们被卫老师认真负责的工作态度和治学严谨的作风深深感动并由衷地钦佩。

在本书的选编过程中我们参考和借鉴了许多国内外的相关教材,在此向所有给予我们启迪、提供素材的作者们表示谢意。

鉴于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,欢迎广大读者提出宝贵意见。

编者

2013年5月



第4篇 波动与波动光学

第 11 章 机械振动	3
11.1 简谐振动	3
11.1.1 简谐振动的特征及其表达式	4
11.1.2 简谐振动的振幅、周期及频率	5
11.1.3 简谐振动的 $x-t$ 图线	6
11.1.4 简谐振动的速度和加速度	6
11.1.5 简谐振动的相位	7
11.2 旋转矢量法	11
11.3 简谐振动系统的能量	14
11.4 简谐振动的合成	16
11.4.1 同方向同频率的简谐振动的合成	17
11.4.2 同方向不同频率简谐振动的合成	18
11.5 阻尼振动 受迫振动	21
11.5.1 阻尼振动	22
11.5.2 受迫振动	23
11.6 共振及其应用	24
11.6.1 共振	25
11.6.2 共振的防止	26
11.6.3 共振的应用	26
第 12 章 机械波	28
12.1 机械波的几个概念	28
12.1.1 机械波的产生	29
12.1.2 机械波的分类	30
12.1.3 波动的几何描述	30
12.1.4 波动的物理描述	31



12.2	平面简谐波的波函数	33
12.2.1	平面简谐波的波函数表达式	33
12.2.2	波函数的物理意义	34
12.3	波的能量 能流密度	40
12.3.1	波的能量	40
12.3.2	能量密度	42
12.3.3	波的能流	42
12.4	惠更斯原理 波的衍射、反射和折射	44
12.4.1	惠更斯原理 波的衍射现象	44
12.4.2	波的折射与反射	45
12.5	波的叠加 波的干涉	47
12.5.1	波的叠加原理	47
12.5.2	波的干涉	47
12.6	驻波	52
12.6.1	驻波现象及其特点	52
12.6.2	驻波的形成	53
12.6.3	驻波方程	53
12.6.4	驻波能量	54
12.6.5	半波损失	55
12.6.6	弦线上的驻波	56
12.7	多普勒效应	59
12.7.1	多普勒公式	60
12.7.2	冲击波	61
12.7.3	电磁波的多普勒效应	62
12.8	超声波与次声波技术	63
12.8.1	超声波	64
12.8.2	次声波	65
12.9	电磁波简介	67
12.9.1	电磁波谱的产生	67
12.9.2	电磁波谱	68
第 13 章 波动光学		70
13.1	相干光	70
13.1.1	光源	71
13.1.2	普通光源获得相干光的途径	73
13.2	杨氏双缝干涉实验 菲涅耳双镜和洛埃镜	73
13.2.1	杨氏双缝干涉实验及其干涉条纹分析	73
13.2.2	杨氏双缝干涉条纹的光强分布	76
13.2.3	菲涅耳双面镜和洛埃镜实验	77



13.3	光程 薄膜干涉	78
13.3.1	光程和光程差	78
13.3.2	透镜不会产生附加相位差	81
13.3.3	薄膜干涉	81
13.3.4	增透膜和增反膜	83
13.4	劈尖 牛顿环	85
13.4.1	劈尖	86
13.4.2	牛顿环	89
13.5	光的衍射	93
13.5.1	光的衍射现象	94
13.5.2	惠更斯-菲涅耳原理	94
13.5.3	菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射	95
13.6	单缝夫琅禾费衍射	95
13.6.1	单缝夫琅禾费衍射分析——半波带法	95
13.6.2	单缝夫琅禾费衍射条纹光强分布	97
13.6.3	单缝夫琅禾费衍射条纹分布特征	98
13.7	圆孔的夫琅禾费衍射与光学仪器的分辨本领	102
13.7.1	圆孔夫琅禾费衍射	102
13.7.2	光学仪器的分辨本领	102
13.8	光栅衍射	104
13.8.1	光栅	104
13.8.2	光栅的夫琅禾费衍射	105
13.8.3	光栅的多光束干涉	105
13.8.4	光栅衍射的光强分布	106
13.8.5	光线斜入射时的光栅方程	107
13.8.6	光栅光谱	108
13.9	光的偏振 马吕斯定律	110
13.9.1	自然光 偏振光	111
13.9.2	线偏振光的获得和检验	112
13.9.3	马吕斯定律	113
13.10	反射光和折射光的偏振	115
13.10.1	反射和折射时光的偏振	116
13.10.2	布儒斯特定律	117
13.11	双折射现象	120
13.11.1	光的双折射现象	120
13.11.2	波片	121
13.12	光学在工程中的应用	122
13.12.1	光学瓦斯(CO)检测器	122
13.12.2	光栅光谱仪	123

第 5 篇 近代物理学基础

13.12.3	激光的调 Q 技术	123
13.12.4	激光加工技术应用简介	124
第 14 章 狭义相对论基础		
14.1	经典时空观及其局限性	127
14.1.1	伽利略相对性原理	127
14.1.2	绝对时空观	128
14.1.3	光速不变与迈克耳孙-莫雷实验	129
14.2	狭义相对论时空观	130
14.2.1	相对论的基本假设	131
14.2.2	同时的相对性	131
14.2.3	时间膨胀效应	132
14.2.4	长度收缩效应	133
14.2.5	洛伦兹变换	134
14.2.6	洛伦兹速度变换	135
14.2.7	狭义相对论的时空观	136
14.3	相对论动力学	138
14.3.1	相对论质量	138
14.3.2	相对论动量及动力学方程	139
14.3.3	质能关系	140
14.3.4	核能	140
14.3.5	核技术应用	141
第 15 章 量子物理基础		
15.1	黑体辐射 普朗克量子假设	144
15.1.1	热辐射 黑体	145
15.1.2	黑体辐射的实验定律	146
15.1.3	黑体辐射的经典理论与实验曲线的矛盾	147
15.1.4	普朗克量子假说	148
15.2	光电效应 光的波粒二象性	150
15.2.1	光子	150
15.2.2	光电效应	151
15.2.3	光电方程	153
15.2.4	光的波粒二象性	154
15.2.5	光电效应在近代技术中的应用	155
15.3	康普顿效应	157
15.3.1	康普顿散射实验	157
15.3.2	康普顿效应的理论解释	159



15.3.3	康普顿散射的意义和讨论	160
15.4	氢原子的玻尔理论	161
15.4.1	玻尔理论的实验基础	162
15.4.2	玻尔的理论及其困难	164
15.4.3	玻尔的氢原子理论的意义和困难	166
15.5	弗兰克-赫兹实验	168
15.6	德布罗意波 实物粒子的二象性	168
15.6.1	实物粒子的波动性——德布罗意假设	169
15.6.2	对粒子波动性的实验验证	170
15.6.3	物质波的解释——概率波	171
15.7	海森堡不确定关系	174
15.8	量子力学简介	177
15.8.1	波函数和概率密度	177
15.8.2	薛定谔方程	178
15.8.3	一维势阱问题	180
15.9	氢原子的量子理论	184
15.9.1	氢原子的薛定谔方程	185
15.9.2	量子化条件和量子数	185
15.9.3	多电子原子	187
15.10	近代物理技术在工程中的应用	188
15.10.1	扫描隧道显微镜	188
15.10.2	激光技术	190
15.10.3	超导技术	192
15.10.4	核磁共振技术	193
	部分练习题答案	197
	参考文献	206



ARTICLE

第 4 篇 ●

波动与波动光学

振动的传播过程称为波动。波动是自然界中一种常见的物质运动形式。声波、水面波、绳中的波以及地震波等都是机械振动在媒质中的传播过程,统称为机械波。光波是电磁振动(变化的电磁场)在空间的传播过程,属于电磁波。可见,波是自然界中极广泛的现象。

尽管各种波的性质不同,但所有的波动都具有一些共同的特征和相似的规律。本篇将讨论波动所遵从的一些基本规律。在第 11 章中从讨论简谐振动的规律入手,进而讨论振动的合成等问题;在第 12 章中主要通过简谐波讨论机械波的传播、能量、干涉和衍射等,最后简单介绍声波的多普勒效应;在第 13 章中讨论光波,主要内容有光源、光波的传播,以及光波的干涉、衍射和偏振等。



机械振动

我们生活的世界中,物质运动的形式多种多样,振动是常见的一种运动形式。物体在平衡位置附近作来回往复的运动,称为**机械振动(mechanical vibration)**,简称**振动**。振动现象非常普遍:拨一下琴弦,可以看到琴弦在平衡位置附近往复运动;一阵微风吹过,能够感觉到树梢在微风中来回摇摆运动;此外,心脏的跳动、海浪的起伏、钟摆的运动、固体晶格点阵中的原子或分子的运动,都是振动。

值得注意的是,振动并不限制在机械运动范围以内。任一物理量(如位移、电流等)在某一数值附近反复变化,称为**广义振动**。虽然各种振动的本质不同,但形式上它们遵循类似的规律,描写它们所需要的数学形式都是相同的。振动作为一种普遍的运动形式,其基本原理是声学、光学、电工学、无线电学等科学技术的理论基础。

为了研究这些复杂振动的特点,引进“**简谐振动**”(simple harmonic motion)这个理想模型。这个理想模型的意义在于许多振动接近于简谐振动,如弹簧振子在阻力很小时的振动、单摆在摆角很小时的振动、音叉的振动、弦的振动、轮船在海上的颠簸,等等。而那些复杂的振动往往可以分解成许多简谐振动。这种从简单到复杂,从特殊到一般的研究方法,是我们在学习物理时经常使用的。

11.1 简谐振动

【思考 11-1】

(1) 分析下列三类运动的特点,说一说它们是不是振动。想一想生活中你都接触了哪些振动,并分析形成振动有哪些必要因素。

- ① 拍皮球的运动;
- ② 荡秋千;
- ③ 经过敲击后的鼓面。

(2) 在中学物理中学过的弹簧振子的运动和单摆的运动有哪些共同点?

简谐振动是最简单、最基本的振动,常见的振动常可近似视为简谐振动,许多复杂振动也都可以看作是许多简谐振动合成的结果。因此,掌握简谐振动的特征和规律非常重要。例如研究一个作直线运动质点的简谐振动时,应结合动力学特征分析:①在怎样的力(或力