

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 (上)

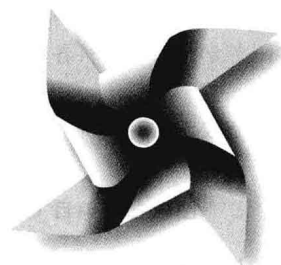


徐红霞 任莉 邵辉丽 季涛 王顺治 等 编

清华大学出版社

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（上）



季涛 王顺治 等 编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是按照高等学校非物理类专业物理基础课程教指委《非物理类理工学科大学物理课程教学基本要求》和“卓越工程师教育培养计划”要求而编写的。上册分为力学、热学和电磁学三篇,下册分为振动与波、波动光学、狭义相对论基础及量子物理基础四篇。为了满足“卓越计划”的要求,本书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;书中第一次出现的物理概念和物理定律都注明其英语名称;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。

本书可作为“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,也可作为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,上/徐红霞等编. --北京:清华大学出版社,2013.2

(卓越工程师教育培养计划配套教材·工程基础系列)

ISBN 978-7-302-30994-9

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(2012)第303922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:李红英

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:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.75

字 数:443千字

版 次:2013年2月第1版

印 次:2013年2月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00元

产品编号:048981-01

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	徐宝纲	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”的实施打下了坚实基础。

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 21 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必修的一门重要的通识性基础课。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,这是目前世界上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,下册分为振动与波、波动光学、狭义相对论基础及量子物理基础四篇。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语名称。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章~第4章);邵辉丽负责热学篇(第5章和第6章);任莉负责电学(第7章和第8章);季涛和王顺治负责磁学(第9章和第10章);张修丽负责振动与波(第11章和第12章);陈光龙负责光学篇(第13章);刘烨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参考和借鉴了许多国内外的相关教材,在此向所有给予启迪、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

2012年10月



第1篇 力 学

第1章 质点运动学	3
1.1 质点 参考系 坐标系	3
1.1.1 质点	3
1.1.2 参考系	5
1.1.3 坐标系	5
1.2 描述质点运动的物理量	6
1.2.1 描述质点在某时刻位置的矢量——位置矢量	6
1.2.2 运动方程	7
1.2.3 描述质点位置变化的大小和方向——位移矢量	8
1.2.4 位移对时间的变化率——速度	9
1.2.5 速度对时间的变化率——加速度	11
1.2.6 运动学的两类问题	12
1.3 圆周运动	14
1.3.1 圆周运动的平面极坐标(角量)描述	15
1.3.2 圆周运动的直角坐标系描述	16
1.3.3 圆周运动的自然坐标系描述	17
1.3.4 角量和线量的关系	19
1.4 相对运动	21
1.4.1 运动描述的相对性	21
1.4.2 伽利略变换	21
第2章 牛顿定律	23
2.1 牛顿运动定律	23
2.1.1 牛顿第一定律(惯性定律)	23
2.1.2 牛顿第二定律	24



2.1.3	牛顿第三定律	25
2.2	常见的几种力	25
2.2.1	万有引力和重力	26
2.2.2	弹性力	26
2.2.3	摩擦力	28
2.2.4	流体阻力	28
2.3	牛顿定律的应用	29
2.4	惯性参照系 力学相对性原理	33
2.4.1	惯性参照系	33
2.4.2	力学相对性原理	33
2.4.3	牛顿运动定律的适用范围	34
第3章	动量守恒定律和能量守恒定律	35
3.1	质点和质点系的动量定理	35
3.1.1	动量 冲量 质点的动量定理	36
3.1.2	质点系的动量定理	38
3.2	动量守恒定律	39
3.3	动能定理	42
3.3.1	功	42
3.3.2	质点的动能定理	44
3.3.3	质点系的动能定理	45
3.4	保守力与势能	48
3.4.1	一对万有引力的功	48
3.4.2	保守力	49
3.4.3	势能	49
3.4.4	常见保守力的势能	50
3.5	功能原理 机械能守恒定律	52
3.5.1	功能原理	52
3.5.2	机械能守恒定律	52
3.5.3	普遍的能量守恒定律	54
3.6	碰撞	55
3.6.1	弹性碰撞	55
3.6.2	完全非弹性碰撞	56
第4章	刚体和理想流体	59
4.1	刚体的运动简介	59
4.1.1	刚体的平动	60
4.1.2	刚体的转动	60
4.1.3	刚体定轴转动	60



4.2	力矩 转动定律 转动惯量	64
4.2.1	力矩	65
4.2.2	转动定律	66
4.2.3	转动惯量	67
4.2.4	刚体定轴转动定律的应用	70
4.3	角动量 角动量守恒定律	74
4.3.1	质点对固定点的角动量	74
4.3.2	质点的角动量定理	75
4.3.3	质点的角动量守恒定律	76
4.3.4	刚体对轴的角动量	77
4.3.5	刚体对轴的角动量定理	77
4.3.6	刚体对轴的角动量守恒定律	78
4.4	力矩做功 定轴转动的动能定理	81
4.4.1	力矩做功	81
4.4.2	转动动能	81
4.4.3	定轴转动的动能定理	82
4.5	陀螺仪 进动	83
4.5.1	陀螺的进动	84
4.5.2	回转效应与来复线	85
4.5.3	陀螺仪的定向性	85
4.6	流体力学简介	86
4.6.1	静止流体内的压强	87
4.6.2	理想流体的连续性方程	90
4.6.3	理想流体定常流动的伯努利方程	93
4.6.4	理想流体定常流动的伯努利方程的应用	94

第 2 篇 热 学

第 5 章	气体动理论	99
5.1	平衡态 理想气体状态方程	99
5.1.1	状态参量 平衡态	99
5.1.2	理想气体状态方程	100
5.2	理想气体的压强公式	101
5.2.1	理想气体的微观模型	102
5.2.2	大量气体分子组成的系统的统计假设	103
5.2.3	理想气体压强公式的推导	103
5.3	理想气体的温度公式	105
5.4	能量均分定理 理想气体的内能	107
5.4.1	自由度	107



5.4.2	能量均分定理	108
5.4.3	理想气体的内能	108
5.5	麦克斯韦分子速率分布律	110
5.5.1	速率分布函数	110
5.5.2	麦克斯韦气体分子速率分布律	112
5.5.3	三种统计速率	113
5.6	玻耳兹曼能量分布律	116
5.6.1	玻耳兹曼能量分布律	116
5.6.2	重力场中粒子按高度的分布	117
5.7	分子平均碰撞次数和平均自由程	118
5.7.1	分子的平均碰撞频率	118
5.7.2	分子的平均自由程	119
第6章	热力学基础	120
6.1	准静态过程 功 内能 热量	120
6.1.1	准静态过程	120
6.1.2	热力学第零定律	121
6.1.3	准静态过程的功 内能 热量	121
6.2	热力学第一定律	124
6.3	理想气体的定体摩尔热容和定压摩尔热容	125
6.3.1	气体的摩尔热容	126
6.3.2	定体摩尔热容 $C_{V,m}$	126
6.3.3	定压摩尔热容 $C_{p,m}$	126
6.4	理想气体的等体、等压、等温和绝热过程	127
6.4.1	等体过程	128
6.4.2	等压过程	128
6.4.3	等温过程	129
6.4.4	绝热过程	129
6.5	循环过程 卡诺循环	133
6.5.1	循环过程	133
6.5.2	卡诺循环	137
6.6	热力学第二定律	140
6.6.1	热力学过程的方向性	140
6.6.2	热力学第二定律的表述	141
6.7	热力学第二定律的统计意义 熵增加原理	143
6.7.1	热力学第二定律的统计意义	143
6.7.2	熵 熵增加原理	145
6.8	热学的应用	147
6.8.1	温室效应	147



6.8.2 热泵技术·····	147
6.8.3 低温技术·····	148
6.8.4 热处理技术·····	149

第3篇 电 磁 学

第7章 静电场·····	153
7.1 电荷的量子化 电荷守恒定律 ·····	153
7.1.1 摩擦起电·····	153
7.1.2 电荷的量子化·····	154
7.1.3 电荷的守恒性·····	154
7.1.4 电荷的相对论不变性·····	155
7.2 库仑定律 电场力叠加原理 ·····	155
7.2.1 点电荷·····	155
7.2.2 库仑定律·····	155
7.2.3 电场力叠加原理·····	156
7.3 电场 电场强度 ·····	157
7.3.1 电场·····	157
7.3.2 电场强度·····	158
7.3.3 场强叠加原理·····	158
7.3.4 场强的计算·····	159
7.4 电场强度通量 高斯定理 ·····	165
7.4.1 电场线·····	165
7.4.2 电场强度通量·····	166
7.4.3 高斯定理·····	167
7.4.4 高斯定理的应用·····	169
7.5 静电场的环路定理 电势能 ·····	174
7.5.1 静电场力的功·····	174
7.5.2 静电场的环路定理·····	175
7.5.3 电势能·····	176
7.6 电势 电势差 电势叠加原理 ·····	177
7.6.1 电势 电势差·····	177
7.6.2 电势的计算·····	178
7.7 电场强度与电势梯度 ·····	183
7.7.1 等势面·····	183
7.7.2 场强与电势的关系·····	183
第8章 静电场中的导体和电介质·····	186
8.1 静电场中的导体 ·····	186



8.1.1	静电感应 静电平衡	186
8.1.2	静电平衡时导体上电荷的分布	187
8.2	静电场中的电介质	193
8.2.1	电介质的分类	193
8.2.2	电介质的极化	193
8.2.3	极化强度矢量	194
8.2.4	介电常数	195
8.2.5	极化强度与束缚电荷面密度的关系	195
8.3	电位移 有电介质时的高斯定理	196
8.3.1	有电介质时的高斯定理	196
8.3.2	E 、 D 、 P 三矢量之间的关系	197
8.4	电容	198
8.4.1	孤立导体的电容	198
8.4.2	电容器及其电容	199
8.4.3	典型电容器的电容公式	199
8.4.4	电容器的串、并联	201
8.5	静电场的能量 能量密度	203
8.5.1	带电系统的能量	203
8.5.2	电场能量	203
8.6	静电的应用	205
8.6.1	电容式传感器	205
8.6.2	静电屏蔽	206
第9章	稳恒磁场	207
9.1	磁场 磁感应强度	207
9.1.1	基本磁现象	208
9.1.2	磁场	208
9.1.3	磁感应强度	209
9.2	磁场对运动电荷的作用	211
9.2.1	洛伦兹力	211
9.2.2	带电粒子在匀强磁场中的运动	211
9.3	毕奥-萨伐尔定律	215
9.3.1	毕奥-萨伐尔定律	215
9.3.2	毕奥-萨伐尔定律的应用	216
9.3.3	匀速运动的点电荷的磁场	221
9.4	磁通量 磁场的高斯定理	223
9.4.1	磁感线	223
9.4.2	磁通量	224
9.4.3	磁场中的高斯定理	224



9.5	安培环路定理及其应用	225
9.5.1	安培环路定理	226
9.5.2	安培环路定理的应用	228
9.6	磁场对载流导线的作用	232
9.6.1	安培定律	232
9.6.2	安培单位的定义	235
9.6.3	磁场对载流线圈的作用	235
9.7	磁场中的磁介质	239
9.7.1	物质的磁性	239
9.7.2	磁化强度 磁化电流	240
9.7.3	磁介质中的磁场 磁场强度	242
9.7.4	铁磁介质	242
第 10 章	电磁感应 电磁场	245
10.1	电动势 电磁感应定律	245
10.1.1	电源 电动势	245
10.1.2	电磁感应现象	246
10.1.3	法拉第电磁感应定律	247
10.1.4	楞次定律	248
10.2	动生电动势和感生电动势	250
10.2.1	动生电动势	250
10.2.2	感生电动势	252
10.3	自感和互感	255
10.3.1	自感	255
10.3.2	互感	257
10.4	自感磁能 磁场的能量	259
10.4.1	自感磁能	259
10.4.2	磁场的能量	260
10.5	位移电流 麦克斯韦方程组	261
10.5.1	位移电流 全电流安培环路定理	262
10.5.2	麦克斯韦方程组 电磁场	263
10.6	电磁感应的应用	264
10.6.1	交流发电机和交流(感应)电动机	264
10.6.2	涡电流及其应用	265
10.6.3	电子感应加速器	266
10.6.4	磁流体发电机	266
部分练习答案		268
参考文献		281



ARTICLE

第 1 篇

力 学

宇宙间所有的物体都是运动的,运动是永恒的。运动形式多种多样,我们知道的有机械运动、热运动、电磁运动,等等。其中物体之间或物体各部分之间发生的相对位置的变化称为机械运动(mechanical motion)。力学(mechanics)就是研究机械运动及其规律的物理学分支。

根据研究内容,力学可分为运动学(kinematics)、动力学(dynamics)和静力学(statics)。运动学研究物体运动的规律(第 1 章),动力学研究物体运动的原因(第 2 章和第 3 章),而静力学研究物体平衡时的规律(理论力学中讨论,本书不作专门讨论)。

根据研究对象,本书第 1 章~第 3 章为质点力学,研究对象为质点;第 4 章为刚体和流体力学,研究对象为刚体和理想流体。