

普通高等学校教材

GONGKE WULI JIAOCHENG

工科物理教程

(第3版) 上册

宋士贤 文喜星 吴平 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

工 科 物 理 教 程

(第 3 版)

上 册

宋士贤 文喜星 吴平 主编
吴平 郭晓枫 余乐年 宋士贤 编

國防工業出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

工科物理教程. 上册 / 宋士贤等主编. —3 版. —北京: 国防工业出版社, 2005. 11

ISBN 7-118-03906-3

I. 工... II. 宋... III. 物理学—高等学校—教材
IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 053386 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 30½ 557 千字

2005 年 11 月第 3 版 2005 年 11 月北京第 1 次印刷

印数: 1—6000 册 定价: 33.00 元

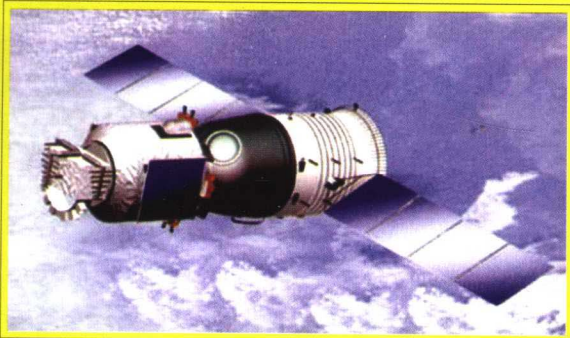
(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764



“神州” 5号在飞行中



杨利伟在空中展示国旗



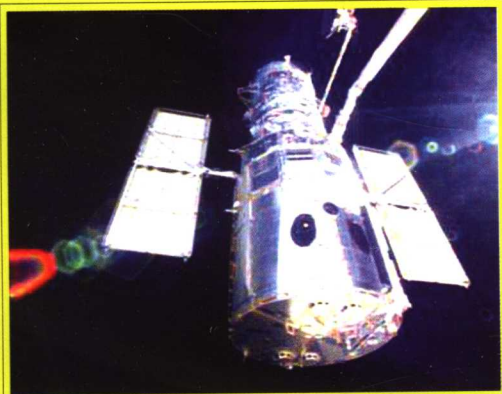
航天员费俊龙进入轨道舱



“神州” 5号成功返回



“神州” 6号飞船在酒泉卫星发射中心升空



哈勃望远镜



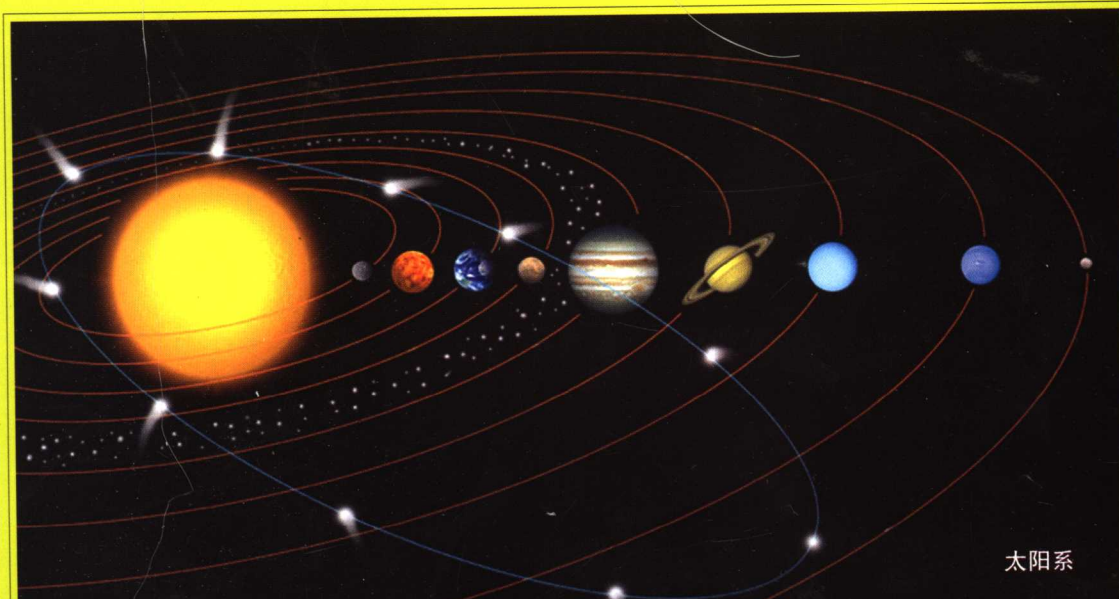
欧美科学家声称火星上存在生命



深度撞击“坦普尔”1号彗星



“哈勃”拍摄的宇宙深处



太阳系

人类总要不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。

——毛泽东

前 言

《工科物理教程》从 1995 年的讲义第 1 稿至今,历经 10 个年头,其间根据教育发展形势,与时俱进,并听取了试用院校师生的意见,八易其稿,先后于 2000 年和 2002 年出版了第 1 版和第 2 版。为了顺应教育形势的发展,在第 3 版编写过程中,我们力争以科学发展观为指导,遵循教学规律和科学发展的规律,认真贯彻国家对本课程的基本要求精神,从教学实际需要出发,坚持在教学实践中研究、探索,在研究的基础上改革,并不断将经过实践考验的改革成果充实到教材中来,以形成《工科物理教程》自身的特色与风格。

编写本教程的指导思想和主要创新点是:

1. 课程任务的定位——为工科的培养目标服务

大学物理课程是工科院校所有非物理专业学生必修的一门基础理论课。其任务是:为培养面向 21 世纪具有创新能力的工程技术人才打好必需的物理基础,提高人才素质,开阔思路,激发探索和创新精神,增强学习、掌握和研究开发新产品、新材料、新工艺、新技术、新设备的能力。

本教程既立足于知识的传授,更着眼于能力、素质的培养与提高。全书内容均围绕“框架、概念、思路、方法”展开,着重论述基本的物理现象、物理概念,加强对物理过程的分析和建立正确的物理图象的论述,使学生对整个物理框架有所认识,并注意介绍物理学发展过程中一些重大转折的产生和演变过程,使学生受到物理思维的熏陶,提高物理素质,努力为工科的培养目标服务。

2. 加强两个“有机渗透”,突显教材现代化和工科物理特色

现行教材的内容体系,是经过国内外几代物理工作者努力研究和反复实践

而逐步形成并不断完善的,并且至今仍在不断发展。本教程参照“教学基本要求”(2004年11月正式报告稿),仍以经典与近代物理的基本理论、基本概念和研究方法为主干构架课程内容体系,且有所发展,有所更新。例如,增加了导论篇,介绍物理世界的概貌;把波动光学与机械波合为波动篇,形成统一的波动图象;在热学中,突出了热运动物理图象和统计方法等。特别是,本教程运用了加强“两个有机渗透”的思路,来突显教材现代化和工科物理的特色,即适度把一些近代物理概念、方法及前沿成果,有机地渗透到全书相关部分,并从普通物理的角度予以讨论;同时将一些物理原理促进近代工程技术发展的内容,有机地渗透到教材中。这样,既扩大了教学内容的信息量,增强学生的工程观念,也提高了学生学习、研究物理学的兴趣。

3. 遵循教学规律,确保教材的实用性

“教材是教出来的,不是编出来的”;另一方面,出版教材的目的是为了教学使用。本教程充分反映了作者群体在多年教学中行之有效的改革经验。在内容安排上,撷取精华,保证基础,加强近代;合理确定起点和要求,做到既不与中学物理简单重复,又不跨入后续课程的范围,该扩充的就扩充,该删减的内容也毫不吝啬;针对当前教学现状,还选配了237道不同难度的典型例题供教师和学生选用,并尽量考虑与现行学时相适应,确保教材的实用性,同时,本教程有配套的《工科物理大作业》、《工科物理教程解题指导及练习题选解》、《工科物理教程教师参考书》和电子教案,实现了教材系列化建设。既便于教师能顺利实施讲授方案,也有利于学生学习和研究。

4. 增强了教材的趣味性

“在任何行业中,走向成功的第一步,是对它产生兴趣”,对低年级学生学习物理课程也不例外。本教程除了在选材和行文中注意启迪思维,引起兴趣,唤起共鸣外,还有意开辟了“趣味物理”、“课间小憩”、“物理学家”等46个小窗口,包括介绍牛顿、爱因斯坦等9位物理学家的科学人生轨迹;引入包括夸克、“渐近自由”现象、纳米技术、超声悬浮、STM、暗物质和暗能量等15项最新研究进展,以及从斜拉桥、水坝弧形闸门到相控阵雷达、阿尔法磁谱仪等22项应用类和知识类题目;并将本校先进的科研成果引进了教材。同时,还精心选录了42条有关治学态度和治学方法的名家铭言,按内容和不同阶段的教学需求,穿插在全书的各部分。这样,学生在阅读中,从内容到形式都有新鲜感,增强学习兴趣,更重要的是能扩大知识面,并从中得到启迪。

5. 对习题作业作了大幅度改革

本教程采用了作者经过 20 多年研究、试验,并被不少院校和其他课程移植、引用的《基础练习题和大作业》的习题作业方式,即习题作业由“基础练习题”与“工科物理大作业”两部分组成,并穿插物理小论文(含科技期刊阅读心得)。

“基础练习题”共 470 道,列在本书各章的最后,它紧密结合教学内容,以内容为单元归类选编,并冠以相应的标题。题目从对有关的基本概念和规律的分析讨论,到处理问题的一般思路、方法,再到具体问题的求解和应用,一个层次一个层次地展开,形成一个完整的框架结构。这些练习题一般不要求学生做到作业本上,主要供学生课后复习、自学研究之用,因此,它实际上相当于一份自学指导提纲。

“工科物理大作业”是某一部分教学内容结束后完成的综合性作业,全年共 16 次,合计 400 道题。它覆盖了相应部分教学基本要求的内容,题型包括选择题、填空题、计算题、问答题、证明题和自选题,以利于从各个侧面检验学生掌握知识的程度和能力水平。由于它带有阶段总结的性质,故称为“大作业”。学生可直接在其上答题,不需另备作业本。“工科物理大作业”分次装订,便于教师与学生携带和保存。另外,由于“工科物理大作业”是按教学基本要求编选的,且分次装订,因此,扩展了其适用面,不仅可与本教程配套使用,也可与其它版本的大学物理教材配套使用,且不受教学内容的顺序和教学进度不同的限制。

本教程共 6 篇 17 章,分上、下两册。上册包括导论(第 1 章)、力学(第 2~5 章)和电磁学(第 6~8 章)共 3 篇,下册有热学(第 9~10 章)、波动(第 11~13 章)和近代物理(第 14~17 章)共 3 篇。全书统一采用《中华人民共和国法定计量单位》和 1994 年实施的《量和单位》的国家标准,以及全国自然科学名词审定委员会 1996 年公布的《物理学名词》。

本教程可作为各类高等理工院校(本科)非物理专业 116 学时~140 学时大学物理课的教材,也可作为自学考试辅导班及自考生的主要参考书,并可供报考硕士学位的考生以及有关工程技术人员、大中学教师和管理干部等参考。

本教程由宋士贤、文喜星、吴平任主编,参加编写工作的有:侯建平、宋士贤(第 1、14、15 章、附录)、郭晓枫(第 2~5 章)、吴平、余乐年(第 6~8 章)、文喜星(第 9、10、16、17 章)、郑建邦、杨雁南(第 11~13 章)。由宋士贤负责统稿、定稿。

在编写和修订过程中,得到了西北工业大学理学院各级领导和同仁们的关怀和支持;空间材料科学实验室解文军博士为本书撰写了介绍研究成果的专文;

周王民、王济民等老师也提出了不少中肯的修改建议,并提供了一些有价值的图片;化工系 18021 班曹中林同学在学习过程中,验算、校对了练习题答案;南京航空航天大学理学院各级领导和蓝信悌等老师也给予了具体的支持和指导。在编写过程中,得到了国内物理教学界的资深教授吴百诗(西安交通大学)、马文蔚(东南大学)、严导淦(同济大学)、汤毓骏(东华大学)、徐绪笃(西北工业大学)、**陈大鹏**(长安大学)以及邓新元(清华大学)、王小力(西安交通大学)等教授的指导和具体帮助。第 3 版书稿由马文蔚(主审)、徐绪笃、邓新元三位教授审稿,西安交通大学王小力教授审阅了《工科物理大作业》,他们细致地审阅了全稿,并逐章逐段提出了许多中肯的修改意见,使本书增色不少。西安交通大学李普选高级工程师为本书精心绘制了全部插图。在此,一并表示衷心的感谢。

还要特别感谢中国科学院院士,西安交通大学侯洵教授和中国工程院院士、西北工业大学傅恒志教授对本教程的关怀,以及西北工业大学教材建设科和西北工业大学出版社对本教程的热心扶持、细心呵护和所发挥的孵化作用,同时,也衷心感谢《现代物理知识》、《物理与工程》、《科学》和《科学画报》等杂志社和 Sina 科技时代网给予的支持,以及为本教程的出版付出辛勤劳动的孙卫东、崔松霞、张鹏、徐宏来、宋载飞等同志。

由于编者的学识和经验所限,书中难免有不当甚至错误之处,恳请广大读者特别是使用本教程的教师和同学们指正。

编者

2005 年 3 月

一本新书像一艘船,带领着我们
从狭隘的地方驶向生活的无限广阔
的海洋。

——凯勒

目 录

(上册)

关于“大学物理”课学习方法的对话

第 I 篇 工科物理导论

〈物理之窗〉新中国 55 年来的重大科技成果·····	10
第 1 章 物理世界	13
§ 1.1 物理学导论·····	14
一、物理学理论	14
二、物理学理论的统一	15
三、支配宇宙运行的四种基本相互作用	17
四、粒子物理的标准模型	18
〈热门话题〉夸克及“渐近自由”现象	20
§ 1.2 物理学与工程技术·····	22
一、物理学为技术的形成提供科学原理	22
二、物理学影响技术进行的路线	23
三、物理学左右技术的实施方案	23
§ 1.3 物质的物理图象·····	23
一、宏观、微观、介观、宇观	23
〈课间小憩〉梦幻神奇的纳米技术	25
二、物质形态的分类	27

三、实物与场	32
§ 1.4 中华人民共和国法定计量单位	33
一、法定计量单位的构成	34
二、量纲和量纲分析	37
内容提要	40
练习 1 物理世界	40

第Ⅱ篇 力 学

第 2 章 时间 空间与运动学	45
§ 2.1 质点运动学的基本概念	46
一、理想模型 模型化方法	46
二、参考系 坐标系	47
三、时间	49
四、空间	49
五、速度	54
六、加速度	60
§ 2.2 质点运动的描述	68
一、运动描述的相对性 伽利略变换	68
二、描述运动的一般方法	72
§ 2.3 质点运动学的解题思路方法	77
一、运动学的两类问题	77
二、运动学的解题方法	77
〈趣味物理〉枪打落猴	81
§ 2.4 圆周运动的角量描述	88
一、圆周运动的角量描述	88
二、角量和线量的关系	90
三、角量和线量的矢量关系	91
内容提要	94
练习 2 时间、空间与运动学	96
第 3 章 牛顿运动定律	105
§ 3.1 物体运动状态变化的原因	106
一、力的概念	106
二、介绍几种常见的力	107
〈趣味物理〉斜拉桥的奥妙	111

§ 3.2 牛顿运动定律	112
一、牛顿第二定律	112
〈物理学家〉 I. 牛顿	114
二、物体具有保持运动状态不变的属性	116
三、力的相互作用性	116
四、牛顿运动定律的适用范围	117
§ 3.3 质点动力学的两类问题及解题方法	119
〈趣味物理〉摩擦的巧用	130
内容提要	133
练习 3 牛顿运动定律	135
第 4 章 守恒定律	140
§ 4.1 力的时间累积效应	141
一、质点的动量定理	141
二、质点系的动量定理	146
三、动量守恒定律	147
四、质心	148
五、动量守恒定律在高科技发展中的应用	149
§ 4.2 质点的动量矩定理和动量矩守恒定律	156
一、质点对定点的动量矩	156
二、外力对定点的力矩	156
三、质点对定点的动量矩定理	157
四、质点的动量矩守恒定律	158
五、动量矩守恒与行星运动	159
〈课间小憩〉彗-木世纪相撞	162
§ 4.3 力的空间累积效应	164
一、功的概念	164
二、质点的动能定理	167
三、保守力的功 势能	171
四、质点系的功能原理	178
五、机械能守恒与转换定律	182
〈物理之窗〉对称性和守恒定律	183
六、普遍能量守恒与转换定律	184
内容提要	192
练习 4 守恒定律	194
第 5 章 刚体的定轴转动	203

§ 5.1 刚体运动的基本概念	204
一、刚体模型	204
二、刚体的运动	204
三、转动惯性的量度——转动惯量	206
§ 5.2 刚体定轴转动的运动学规律	209
一、刚体定轴转动的特点与研究思路	209
二、刚体定轴转动的运动学规律	210
§ 5.3 刚体定轴转动的动力学规律	214
一、刚体定轴转动的转动定律	214
〈趣味物理〉水利工程中的弧形闸门	219
二、刚体定轴转动的动量矩定理 动量矩守恒定律	221
三、刚体定轴转动的功能原理 机械能守恒定律	226
〈课间小憩〉旋进与导航	234
内容提要	236
练习 5 刚体的定轴转动	238

第Ⅲ篇 电磁学

第 6 章 静电场	247
§ 6.1 电荷及其相互作用	248
一、电荷的量子化	248
二、起电 电荷守恒定律	249
三、点电荷间的相互作用规律	250
§ 6.2 从力的观点描述电场的物质性——电场强度 E	251
一、电场强度 E	252
二、电场线	253
三、电场强度的计算方法	254
§ 6.3 静电场的高斯定理	263
一、电场强度通量 Φ_e	263
二、高斯定理	265
三、运用高斯定理简便计算 E 的思路和方法	267
§ 6.4 从功能观点描述电场的物质性——电势 U	272
一、静电场力做功的特性	272
二、电势 U	273
三、静电场的环路定理	274

四、电势的计算方法	275
五、等势面	281
六、电场强度和电势的关系 电势梯度	282
§ 6.5 静电场中的导体	286
一、静电感应与静电平衡	286
二、表面电荷的分布特性	287
三、静电屏蔽	289
〈课间小憩〉等电势与高压带电作业	291
§ 6.6 静电场中的电介质	298
一、电介质的极化	298
〈课间小憩〉导电性塑料	300
二、电极化强度	300
三、电介质中的电场强度	301
四、有电介质时的电场基本定理	302
〈物理之窗〉新型智能材料——电流变液	305
§ 6.7 导体的电容 电场能量	307
一、孤立导体的电容	307
二、电容器	307
三、电容器的串、并联	310
四、电场能量	313
内容提要	321
练习 6 静电场	325
第 7 章 恒定磁场	336
§ 7.1 恒定电流的基本概念	337
一、电流的形成	337
二、电流密度	338
三、欧姆定律的微分形式	339
四、电源电动势	340
§ 7.2 磁场	341
一、磁现象	341
二、激发磁场的场源	341
三、从力的观点描述磁场的物质性——磁感强度 B	344
〈课间小憩〉地磁场	346
§ 7.3 电流激发磁场的基本规律	347
一、毕奥-萨伐尔定律	347

二、运动电荷产生的磁场	354
§ 7.4 表述磁场性质的两条定理	355
一、高斯定理	356
二、安培环路定理	357
三、运用安培环路定理简便计算 B 的思路和方法	359
§ 7.5 磁场对运动电荷和载流导线的作用	364
一、带电粒子在磁场中的运动	364
二、霍耳效应	366
三、磁场对载流导线的作用 安培定律	369
四、磁场对载流线圈的作用 磁力矩	373
五、磁力(磁力矩)的功	375
〈趣味物理〉电磁轨道炮	377
§ 7.6 磁介质对磁场的影响	379
一、三类磁介质	379
二、磁介质的磁化	380
三、介质中的安培环路定理	381
四、铁磁质	382
内容提要	385
练习 7 恒定磁场	386
第 8 章 电磁感应及电磁场	398
§ 8.1 电磁感应的实验研究	399
一、实验现象观察	399
二、实验结果分析	400
§ 8.2 电磁感应的基本定律	401
一、法拉第电磁感应定律	401
〈物理学家〉M. 法拉第	404
二、楞次定律	408
§ 8.3 动生电动势	409
§ 8.4 感生电动势	413
一、感应电场 感生电动势	413
二、涡电流	420
〈物理之窗〉电磁悬浮技术	423
§ 8.5 互感与自感	424
一、互感	424
二、自感	428

§ 8.6 磁场的能量	431
〈物理之窗〉阿尔法磁谱仪	434
§ 8.7 麦克斯韦电磁场理论	435
一、位移电流	436
二、全电流安培环路定理	438
〈物理学家〉J. 麦克斯韦	441
三、麦克斯韦方程组	442
内容提要	445
练习 8 电磁感应及电磁场	447
附录	456
附录 I 基本物理常量及有关数据的计算用值	456
附录 II 常用数学公式	457
索引	461

(下 册)

第IV篇 热 学

第 9 章 热运动的统计描述	2
§ 9.1 热现象与热运动	3
一、热现象	3
二、热现象的宏观规律	4
〈物理趣闻〉壮观的“和平”号“流星雨”	4
三、分子热运动的物理图象	6
§ 9.2 统计规律	10
一、统计规律的概念	10
二、生活中的统计规律	11
三、统计规律的描述	12
四、统计规律的特点	15
§ 9.3 理想气体状态方程	17
一、平衡态与状态参量	17
二、理想气体状态方程	18
〈课间小憩〉真实气体的范德瓦耳斯方程	19
§ 9.4 压强和温度的微观意义	20
一、理想气体的微观模型	20

二、压强的微观本质	21
三、温度的微观本质	23
§ 9.5 理想气体的内能	25
一、运动自由度	26
二、能量均分定理	27
三、理想气体的内能	28
§ 9.6 麦克斯韦速率分布律	30
一、分子速率分布的实验测定	30
二、麦克斯韦速率分布律	32
三、三种统计速率	35
〈趣味物理〉方均根速率与大气成分	37
四、麦克斯韦速度分布律	37
§ 9.7 玻耳兹曼能量分布律	38
一、玻耳兹曼能量分布律	38
二、重力场中粒子按高度的分布	39
§ 9.8 平均自由程与碰撞频率	40
内容提要	43
练习 9 热运动的统计描述	44
第 10 章 热力学	50
§ 10.1 准静态过程	51
一、准静态过程	52
二、准静态过程的功	53
三、热量 Q	56
§ 10.2 热力学第一定律	57
一、等体过程	58
二、等压过程	59
三、等温过程	62
四、绝热过程	64
五、多方过程	66
〈物理之窗〉液化气体	68
§ 10.3 循环过程	70
一、循环过程的一般概念	70
二、卡诺循环	74
§ 10.4 热力学第二定律	78
一、自然过程的不可逆性	79