



高等学校教材

大学物理学

上册

黄祝明 吴 锋 主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

大学物理学

上册

黄祝明 吴 锋 主编

胡亚联 余仕成 李端勇 夏守之 编

化学工业出版社

教材出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理学. 上、下册/黄祝明, 吴锋主编. —北京:
化学工业出版社, 2002.9

高等学校教材

ISBN 7-5025-3918-2

I. 大… II. ①黄…②吴… III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 045743 号

高等学校教材

大学物理学

上、下册

黄祝明 吴 锋 主编

胡亚联 余仕成 李端勇 夏守之 编

责任编辑: 王文峡

责任校对: 郑 捷 陈 静

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 26½ 字数 727 千字

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3918-2/G·1069

定 价: 46.00 元 (上、下册)

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

物理学是整个自然科学的支柱，是人类文明、现代科技和工业的根基。纵观世界科技发展史，物理学的每一次重大突破，都极大地促进了社会生产力的发展。现代原子能、激光、航天、计算机、信息等新兴产业，都利用了 20 世纪物理学的最新成就。

物理学是一切自然科学的基础。物理学所研究的粒子和原子，构成了蛋白质、基因、器官、生物体、一切人造的和天然的物质、陆地、海洋和大气等等。在这个意义上，物理学构成了化学、生物学、材料科学和地球物理学等学科的基础，物理学的基本概念和技术被应用到了所有的自然科学。在这些学科和物理学之间的边缘领域中，形成了一系列新的分支学科和交叉学科，从而促使自然科学更加迅速地发展。

物理学一直是自然科学的带头学科。它与现代应用技术的广泛结合，为人类认识自然、改造自然、发展生产提供了强有力的武器。一方面，物理学为所有的科学领域提供了理论基础、实验手段和研究方法。现代物理学已发展到能够说明小到分子、原子、原子核、基本粒子、超弦，大到恒星、星系、宇宙的种种现象和规律。它能够说明种种线性的和非线性的复杂问题。物理学理论为自然科学和工程科学的大厦奠定了坚不可摧的基石；另一方面，物理学的重要作用还在于它利用其重要的理论框架，建立了许多相关学科或交叉学科，如生物物理、天体物理、化学物理、原子物理、量子化学、量子生物学、生物磁学等。

物理学决定着人们对物质世界的根本性看法。物理学发现的关于物质运动遵循的“决定论法则”、“随机性法则”以及“混沌性法则”，是迄今为止人类对自然认识的最高境界。物理学研究方法和思维也是无与伦比的。“理想模型法”、“实验方法”、“类比方

法”、“科学假说”、“思想实验”、“对称性思维”等，无一不闪耀着科学和智慧的光辉，对所有学科都有借鉴作用。

既然物理学对于自然科学的发展、社会生产力的进步起着如此巨大的带头和推动作用，大学物理学在高等教育中的地位就不言而喻了。在人类所有的才能之中，最重要最神奇的就是思维能力和创新能力。大学物理在人才的创新能力、思维能力的培养方面有着重要的不可替代的作用。大学物理通过物理学的基本思维方法、基本观念、基本实验的设计思想、方法、技能等的教学来实现对人才科学素质的培养。

21 世纪高等教育的观念正在发生转变，社会和市场需要高素质、有创新能力的“复合型”人才。因此，大学物理的教学目的，应当是培养和提高学生的科学素质、科学思维方法和科学研究的能力。人才培养是一个系统工程，大学物理教学必须为高等教育人才培养的总目标服务。大学物理教学的任务除了使学生掌握基本的物理知识及实际应用，并得到有关技术技能、技巧的训练外，更重要的是发展学生智力，提高学生能力，培养学生的科学世界观和科学素质。大学物理教学必须着重培养学生的观察和实验能力，科学思维能力，分析和解决实际问题的能力，自学能力等等；另外，大学物理还应把发展学生的非智力因素纳入自己的教学任务。主要是通过揭示物质运动规律培养学生辩证唯物主义的科学世界观，通过严格的实验训练培养学生实事求是的科学态度，通过物理学史的教学来激发学生的学习兴趣，通过物理学理论体系的整体介绍，使学生能够鉴赏什么是和谐、对称、统一的科学美，培养学生的科学情趣。

工科专业的学生为什么要学物理？在我国以前的看法是为专业课服务。于是专业课需要的内容就讲，不需要的内容就不讲或少讲。这种陈旧的观点显然不能适应 21 世纪人才培养的需要。著名理论物理学家，诺贝尔奖得主理查德·费曼说：“科学是一种方法，它教导人们：一些事物是怎样被了解的，什么事情是已知的，现在了解到什么程度（因为没有事情是绝对已知的），如何对待疑问和

不确定性,证据服从什么法则,如何去思考事物,做出判断,如何区别真伪和表面现象。”所以,大学物理课不仅仅是物理知识的教育,不仅仅是为专业课服务。大学物理学是学习一切工程技术知识,培养学生科学素质的最有效的基础课,是21世纪迎接新技术挑战的必修课,是科技和工程技术人员终身学习过程中必须要在大学阶段学习的重要理论课。大学物理课应当把对学生的科学素质教育作为自己的首要任务,应当使学生对物理学的内容和方法,工作语言,概念和物理图像,其历史现状和前沿等方面,从整体上有一个全面的了解。

国家教育部非常重视21世纪工科物理教材编写工作。目前国内新编大学物理教材数十余种,其侧重点各有千秋。有的突出了理论物理学的内容,有的将计算机物理引入教材,有的增加了物理技术应用方面的篇幅。这些教材由于把一些理论物理的内容引入了普通物理,使得教材难度增大,不适合一般工科本科院校使用,特别是不适宜学生自学。

教学内容的核心就是教材。21世纪大学物理教材一方面要在新内容、高起点、技术应用等方面有较大突破。另一方面也应具有易教易学的特点。一般工科本科院校的大学物理教学如何面向21世纪,教材又如何适应新世纪教学改革的需要?这些问题一直是我们教学研究和探讨的主题。1998年我们申报立项了省级《面向21世纪工科物理教学内容和方法的改革探讨》课题,三年来,我们按照“九五”国家级重点教材及教育部面向21世纪课程教材规划的要求和一般工科本科院校学生的实际情况,集多年教学之经验,在备课教案和讲义的基础上,编写了这本教材。本书仍基本保持传统模式,适当更新了教学体系和内容,深度和广度较适当,同时吸取了近年来国内出版的面向21世纪课程教材的一些先进的思想和出色的方法,力求做到“经典物理现代化,物理前沿普物化”,便于学生自学和教师教学。为适应不同的教学对象和不同专业类别的教学需要,还编入了一些打“*”号,并用小字排印的选学内容(其中第九章全章为选学内容,为便于阅读未用小字排印)。本书每章

后编有物理前沿和物理学史，可拓展学生的知识面，有利于提高学生的科学素质。

本书曾在武汉化工学院 2000 级部分专业中试用，受到学生的欢迎和好评。

本书由黄祝明、吴锋主编，他们负责制定本教材的编写提纲，提出要求，并进行全书的修改和统稿工作以及组织在教学中试用。各篇章的具体执笔人如下：第一篇力学：黄祝明；第二篇热学基础：吴锋；第三篇电磁学第十章到第十二章：胡亚联；第十三章至第十五章：余仕成；第四篇波动光学、近代物理第十六章、第二十章、第二十一章：李端勇；第十七章至第十九章夏守之、黄祝明。本书出版过程中，得到武汉化工学院教务处、物理与热能工程系和化学工业出版社的关心和支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免有缺点和错误，敬请老师和同学们在使用中提出宝贵的意见。

编者

2002 年 4 月于武汉化工学院

内 容 提 要

本书是省级重点教学研究项目《面向 21 世纪工科物理教学内容和方法的改革探讨》课题的成果之一。按照“九五”国家级重点教材及教育部面向 21 世纪课程教材规划的要求和一般工科本科院校学生的实际情况，在改革旧的工科大学物理教材的体系和内容方面进行了大胆地探索。本书仍基本保持传统模式，适当更新了教学体系和内容，深度和广度较适当，同时吸取了近年来国内出版的面向 21 世纪课程教材的一些先进的思想和出色的方法，力求做到“经典物理现代化，物理前沿普物化”，特别便于一般工科本科院校的学生自学和教学，具有可教性和可学性的使用价值。

全书分上、下两册，共四篇内容。第一篇力学；第二篇热学基础；第三篇电磁学；第四篇波动光学和近代物理。全书教学参考学时数为 120 学时左右，适用于一般工科本科院校。

本书可作为高等工科院校各专业和理科非物理学专业的大学物理课程的教科书，也可供其他专业选用和大学物理教师教学参考。

目 录

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	3
第一节 质点运动的描述	3
一、参考系、坐标系	3
二、质点、质点系	4
三、质点运动的矢量描述	5
第二节 常用坐标系的选用	9
一、直角坐标系、抛体运动	9
二、自然坐标系、切向加速度和法向加速度	12
* 三、平面极坐标系、横向速度和径向速度	14
第三节 相对运动	16
本章提要	18
物理学史	19
第二章 经典力学的守恒定律	21
第一节 牛顿运动定律和惯性系	21
一、牛顿运动定律的表述及其应用	21
二、惯性系与非惯性系	31
三、平动加速参考系中的惯性力	32
四、匀速转动参考系中的惯性离心力	33
第二节 动量定理和动量守恒定律	34
一、冲量和质点的动量定理	34
二、质点系动量定理	37
三、动量守恒定律	41
四、火箭飞行	43
* 五、质心及质心运动定理	46
第三节 动能定理和机械能守恒定律	49

一、功和质点的动能定理	49
二、保守力、非保守力和势能	53
三、势能曲线及应用	58
四、质点系的动能定理和功能原理	61
五、机械能守恒定律与能量守恒定律	63
六、两体碰撞	70
第四节 角动量和角动量守恒定律	76
一、质点的角动量	77
二、力矩和质点的角动量定理	78
三、质点角动量守恒定律	80
四、质点系的角动量定理	82
* 五、质心系的角动量定理	85
* 第五节 对称性和守恒定律	86
一、什么是对称性?	86
二、物理定律的对称性	88
三、时空对称性和动量、角动量和能量守恒定律	89
本章提要	91
物理学史	93
第三章 连续体力学	95
第一节 刚体运动学	95
一、刚体及研究方法	95
二、刚体的平动和定轴转动	96
三、描述刚体转动的物理量	97
四、匀变速转动公式	100
五、角量和线量的关系	101
第二节 刚体动力学	103
一、刚体绕定轴转动时对转轴的角动量	103
二、转动惯量	104
三、刚体定轴转动的转动定理和角动量定理	108
四、刚体定轴转动的动能定理	113
五、刚体的进动和回转效应	118
* 第三节 流体力学	120
一、理想流体的定常流动	121

二、粘滞流体的流动	124
本章提要	127
物理学史	128
第四章 相对论基础	131
第一节 从经典力学到狭义相对论	131
一、伽利略相对性原理	131
二、伽利略变换	132
三、经典力学的困难	134
第二节 狭义相对论的基本假设与洛伦兹变换式	137
一、狭义相对论的基本假设	137
二、洛伦兹变换	138
三、相对论速度变换公式	140
第三节 狭义相对论的时空观	141
一、同时的相对性	142
二、长度收缩	143
三、时间膨胀	145
第四节 狭义相对论动力学基础	147
一、动量和质量	148
二、力、功和动能	149
三、能量和质能关系	151
四、能量和动量的关系	153
本章提要	154
物理学史	156

第二篇 热 学 基 础

第五章 热学的预备知识	163
第一节 热力学系统的状态和过程	163
一、热力学系统	163
二、热力学状态	163
三、热力学过程	164
第二节 温度	165
一、热力学第零定律	165
二、温度计和温标	166

第三节 分子热运动与分子力	168
一、通常的物质是由大量分子(或原子)组成的	168
二、分子热运动	169
三、分子力	170
第四节 状态参量和物态方程	171
一、状态参量	171
二、物态方程	171
第五节 统计规律的基本概念	174
一、事件	174
二、几率	174
三、统计平均和统计规律	175
物理学史	177
今日物理	178
第六章 平衡态的统计规律	180
第一节 理想气体的压强和温度	180
一、理想气体的微观模型和统计假设	180
二、理想气体的压强公式	181
三、理想气体的温度公式	183
第二节 麦克斯韦速率分布律	185
一、速率分布律	185
二、速率分布函数	185
三、麦克斯韦速率分布律	188
四、三种速率	189
第三节 玻尔兹曼分布律	191
一、玻尔兹曼分布律	191
二、重力场中粒子按高度的分布	192
第四节 能量均分定理	193
一、自由度	193
二、能量均分定理	195
三、理想气体的内能	196
第五节 分子碰撞频率的统计规律	197
一、平均碰撞频率	198
二、平均自由程	199

本章提要	200
物理学史	201
今日物理	203
第七章 热力学第一定律	206
第一节 热力学第一定律	206
一、内能、功和热量	206
二、热力学第一定律	209
第二节 理想气体的等值过程	210
一、等容过程	211
二、等压过程	212
三、等温过程	214
第三节 理想气体的绝热过程和多方过程	216
一、绝热过程	216
二、多方过程	219
第四节 循环过程和卡诺循环	220
一、循环过程	220
二、热机和效率	221
三、制冷机及致冷系数	221
四、卡诺循环	222
本章提要	227
物理学史	228
今日物理	230
第八章 热力学第二定律	232
第一节 热力学第二定律的表述	232
一、可逆过程与不可逆过程	232
二、热力学第二定律的表述	233
第二节 卡诺定理	236
一、卡诺定理的内容	236
二、卡诺定理的证明	237
三、热力学温标	238
第三节 熵和熵增加原理	238
一、克劳修斯等式	238
二、熵	239

三、熵增加原理	241
四、温熵图	243
第四节 热力学第二定律的统计意义	244
一、理想气体自由膨胀不可逆性的统计意义	244
二、热力学几率和玻尔兹曼熵公式	246
三、热力学第二定律的适用范围	247
本章提要	247
物理学史	248
今日物理	249
*第九章 非平衡过程	255
第一节 气体中的输运过程	255
一、粘滞现象	255
二、热传导现象	257
三、扩散现象	257
第二节 线性不可逆过程热力学	258
一、线性不可逆过程的基本假设	259
二、不可逆的熵产生率	260
三、Onsager 理论	261
四、最小熵产生原理	263
第三节 有限时间热力学基础	264
一、C-A 效率	265
二、广义热力学势, 有限时间熵和有限时间热力学长度	267
三、热力装置性能指标的优化	269
第四节 耗散结构	270
一、两类有序结构	270
二、耗散结构的实例	271
三、耗散结构的熵特征	273
四、分支现象	274
五、涨落的作用	274
第五节 分形	275
一、什么是分形和分形维数?	275
二、相似维数	276
三、随机行走的分维	279

四、分形生长	280
本章提要	281

第三篇 电 磁 学

第十章 基本的电磁现象及其描述	285
第一节 静电的基本现象	286
一、电荷与电荷守恒定律	286
二、库仑定律	293
第二节 磁的基本现象	298
一、早期磁现象	299
二、近期磁现象	300
第三节 静电场及恒定磁场的描述	302
一、电场和电场强度	303
二、静止的点电荷的电场及其场强叠加原理	305
三、恒定电流	315
四、磁场和磁感应强度	321
五、毕奥-萨伐尔定律	323
本章提要	331
物理学史	332
第十一章 真空中的高斯定理和安培环路定理	336
第一节 真空中静电场和磁场的高斯定理	336
一、电场线与电通量	336
二、静电场的高斯定理及应用	340
三、磁场的高斯定理	352
第二节 静电场的环路定理和电势	355
一、静电场的环路定理	355
二、电势差和电势	259
三、电势叠加原理	362
四、电场强度与电势梯度的关系	368
第三节 磁场的环路定理	375
一、磁场的安培环路定理	375
二、利用安培环路定理求磁场的分布	379
本章提要	385

第十二章 电磁相互作用	387
第一节 磁相互作用	387
一、洛伦兹力	387
二、带电粒子在电磁场中的运动	390
三、霍尔效应	398
四、量子霍尔效应	402
第二节 磁场对电流的作用	405
一、安培力及安培定律	405
二、平行无限长载流直导线的相互作用力	410
三、载流线圈在均匀磁场中所受的力矩	414
四、磁力的功	417
第三节 运动电荷的电磁场	421
一、运动电荷的电场和磁场（非相对论的）	421
二、电磁场的相对论性变换	422
三、运动电荷的电磁场（相对论的）	425
四、两个运动电荷之间的相互作用	431
本章提要	434

第一篇 力学

力学 (mechanics) 是研究物体机械运动规律的一门学科。机械运动即物体位置随时间的变动。例如：天体的运行，大气和河水的流动，各种交通工具的行驶，各种机器的运转等等。

机械运动 (mechanical motion) 是物质运动最简单、最基本的初级运动形态。几乎在物质的一切运动形式中都包含有这种最基本的运动形式，因而力学是学习物理学和其他学科的基础，也是近代工程技术的理论基础。力学是古老的，历经无数人的工作，特别是伽利略、牛顿、拉普拉斯等人的工作。最早成为最完善的学科，被称为**牛顿力学**或**经典力学**。研究宏观物体（尺寸远大于原子尺度 10^{-10} m 的物体）的低速（远小于光速）运动的客观规律。在各种工程技术，特别是机械、建筑、水利、造船，甚至航空航天技术中，经典力学至今仍保持着充沛的活力而起着基础理论的作用。

本篇主要讲述经典力学的基础，包括质点力学和部分连续体力学。着重阐述动量、角动量、能量等概念及相应的守恒定律，最后一章介绍狭义相对论基础。