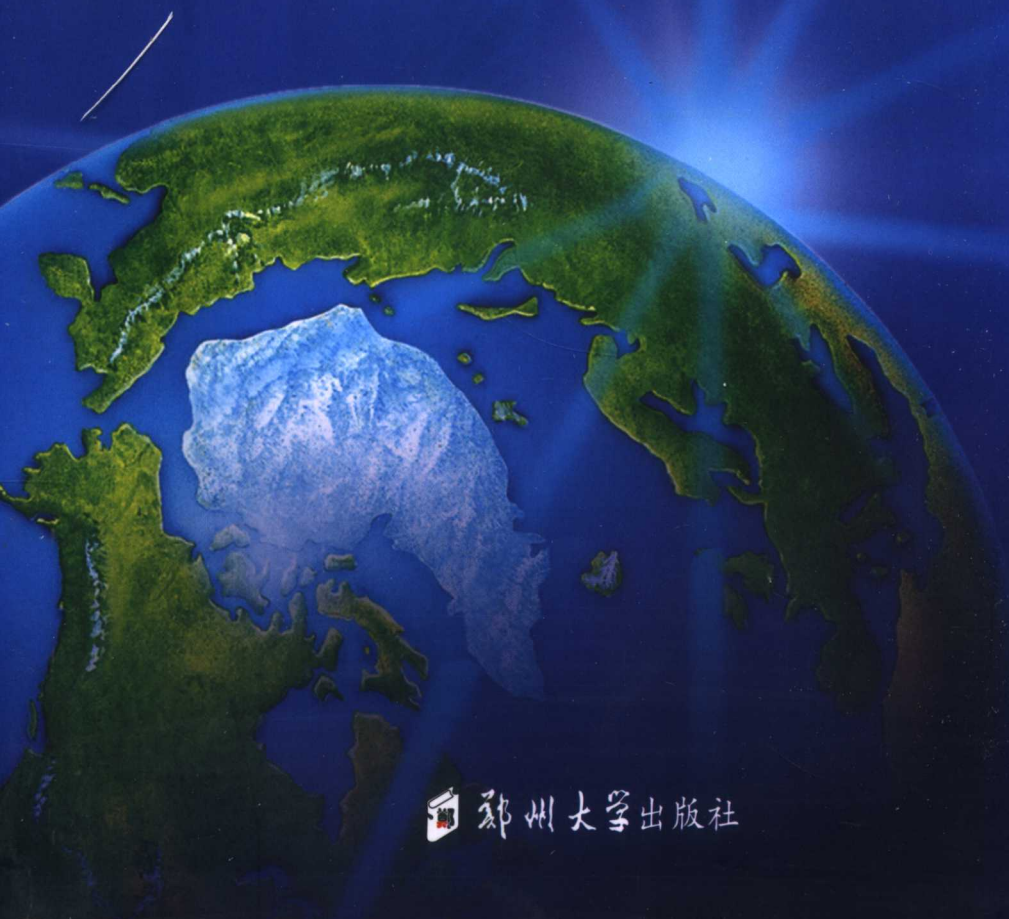



大学物理教程

DAXUEWULI JIAOCHENG

(上册)

■ 主编 姚乾凯
梁富增



 郑州大学出版社

河南省“十一五”重点图书出版规划高等院校理工科专业教材

大学物理教程

DAXUEWULI JIAOCHENG

(上册)

■主编 姚乾凯
梁富增



图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程(上册)/姚乾凯,梁富增主编. —郑州:
郑州大学出版社,2007.5
ISBN 978 - 7 - 81106 - 465 - 0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 003808 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

郑州文华印务有限公司印制

开本:710 mm × 1 010 mm

印张:24.875

字数:518 千字

版次:2007 年 5 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2007 年 5 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 81106 - 465 - 0

定价:35.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换



编 委 名 单

bianwei mingdan

主 编 姚乾凯 梁富增

副主编 富笑男 孟 杰 陈兰莉

编 委 (以姓氏笔画为序)

刘平安 刘向阳 陈兰莉

孟 杰 孟 静 赵慧玲

姚乾凯 郭 浩 梁富增

鲁占灵 富笑男



内 容 提 要

neirong tiyao

本教程是根据国家教育部基础教学指导委员会最新制定的理工科大学物理课程教学的基本要求编写而成的。在编写上本教程没有沿袭传统的方法,而是采用一种新的知识体系,从物质结构层次上介绍大学物理的教学内容,尤其是强调从物质运动水平,以及场与波的观点来探讨物理学的规律。

本教程分上、下两册。本书为上册,共有三部分内容。其中,第一部分为第一次物理革命的成果——牛顿力学理论,这个理论以令人信服的观念告诉人们,如何描述发生在可见范围内从地面物体到宇宙天体的运动。第二部分则是来自牛顿力学在高速运动以及非惯性运动领域的发展与延伸,即相对论;相对论以富有创造性的思想作出论断,时空一体且与运动有关、引力场等价于加速运动场、宇宙源于一次大爆炸的创生。本书最后是物质的相互作用与场部分,主要讲述在已知电荷或电流分布的情况下,物理学确立电磁场空间结构的方法,以及现代物理学有关物质世界基本相互作用的场论图像。

本书可选作理工科院校的大学本科物理教材,对物理专业学生也有一定的参考价值。



前 言

q i a n y a n

物理学是研究物质结构、物质基本运动形式和物质之间相互作用的自然科学,它的基本理论目前已经渗透到自然科学乃至社会科学的各个领域,并应用于生产技术的许多部门,是其他学科的基础。物理学经过几百年的发展,深刻地影响着人类对物质世界的基本认识、人类的思维方式和社会生活,是人类文明发展的基石。以物理学基础为内容的大学物理课程,是高等学校理工科各专业学生的一门重要的通识性必修课程。该课程所教授的基本概念、基本理论和基本方法是构成学生科学素养的重要成分,是一个科学工作者和工程技术人员所必备的基础知识。

大学物理教材改革要体现现代化,是当今物理学教育的一个共识,也是目前大学物理教师正在积极探索解决的课题。作为一门公共基础课,大学物理教材的现代化建设,是我国理工科本科教育现代化的迫切需要,是培养 21 世纪高素质科技人才的迫切需要。《大学物理教程》是在教育部教学指导委员会颁布的大学物理课程的教学基本要求基础上,结合河南省自己的教学改革实践,由郑州大学、河南大学、河南工业大学、河南理工大学、河南教育学院、郑州轻工业学院、中原工学院、南阳理工学院等单位长期工作在大学物理教学一线的专家、学者编写而成的。在编写过程中我们立足于河南省理工科物理的教学实际,着重体现地方大学物理学的教学特色,从编写的体系结构到对课程要求的难易程度都作了很大的改革尝试,并力图把现代的教育思想、教育理念注入整个教材中,使教材充满了浓厚的现代气息。

重要的是,本教材并没有按传统模式,将普通物理学的知识体系分解为力学、热学、电磁学、光学和近代物理学等 5 个部分,而是依据物质运动水平与结构层次重新整合了相应的教学内容,使教材在知识体系上更加趋于完整。具体地说,我们首先依据物体运动水平组织安排了有关宏观低速物体运动规律和宏观高速物体运动规律的内容。其中,在第一篇宏观低速物体运动规律中,主要介绍了牛顿运动学、牛顿动力学、刚体以及物质的周期性运动等。同时,考虑到相对论是近

代物理学的基础,我们又将狭义相对论、广义相对论和宇宙学等知识作为统一内容在宏观高速物体运动规律中作了部分介绍。

其次,我们着重强调了两个物理学的基本图像,即基本相互作用的场论图像和物质世界的波动图像。在场论图像中,我们介绍了自然界中的4种基本相互作用,以及有关这些作用的场论机制,以此作为物理学统一性的一个标志。尤其需要指出的是,在物质世界的波动图像中,我们通盘策划了物质的波动理论部分,并重点突出了物质世界运动的波动线索,即突出了波动理论在描述物质世界运动规律中的特殊地位,具体地说,就是把有关机械波、电磁波、光波和物质波等内容用波动线索统一地串接起来,以便帮助学生能进一步了解自然界波的共性,并建立完整的波动理论的知识框架。

另外,为了能够与单质点物质运动规律的知识内容相呼应,我们还综合介绍了以大量分子、原子为研究对象的复杂体系的运动规律,其内容主要包括气体分子统计规律、流体运动规律和固体能带结构等。最后一篇是有关近代物理知识的部分内容。

本教材另一个特点是注重将一些前沿课题介绍给学生,在每一章的后面都附有一个与本章相关的前沿课题知识或者技术专题。这有助于学生及时了解当今科技的发展前沿,从而激发他们学习物理学的兴趣。与此同时,我们还在每篇篇首和每章章末配有相应的知识框图,以便使学生能够对相关章节的知识内容有一个整体的了解。

本教材的编写得到了郑州大学、河南大学、河南教育学院等院校的领导的支持和关心。在教材编写过程中,郑州大学物理工程学院李玉晓院长、河南教育学院刘金海院长多次询问教材编写情况,并给予很多有益的指导。全书由贾瑜、姚乾凯策划,分上、下两册出版。上册由姚乾凯、梁富增任主编;参加编写的人员有:中原工学院梁富增(第一、二、四章),南阳理工学院陈兰莉(第三章),郑州大学鲁占灵(第五章)、姚乾凯(第六章),河南工业大学富笑男(第七、十二章),河南大学孟杰(第八章)、郭浩(第九章第一、二节)、刘平安(第九章第三至五节、第十一章)、赵慧玲(第十章第一至四节)、刘向阳(第十章第五至七节)。下册由贾瑜、沈岩任主编,参加编写的人员有:郑州轻工业学院沈岩(第十三、十四章,附录),郑州大学贾瑜(第十五章)、赵维娟(第二十一章),河南教育学院赵先林(第十六章)、宋友林(第二十二章),河南理工大学张培峰(第十七、十八章)、崔燕岭(第十九、二十章)。

郑州大学出版社对本书的编写和出版给予了极大关心和支持。郑州大学物理工程学院张逸民教授、李新建教授,河南工业大学孟静副教授在教材编写过程中提出了很多具体的建议,在此,表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2007年1月



第一篇 宏观低速物体运动规律

第一章 质点运动学	3
第一节 牛顿力学时空观	3
第二节 运动的描述体系	5
一、质点	5
二、参考系与坐标系	6
三、位置矢量	6
第三节 质点运动的速度、加速度	7
一、位移	7
二、速度	8
三、加速度	10
第四节 质点的几种特殊运动	15
一、直线运动	15
二、抛体运动	16
三、圆周运动	18
第五节 相对性原理	22
第二章 质点力学	35
第一节 牛顿运动定律	35
一、牛顿第一定律	35
二、牛顿第二定律	36
三、牛顿第三定律	37
四、牛顿运动定律的应用	38
五、惯性系和非惯性系 惯性力	43
第二节 力对时间的积累效应	46
第三节 动量守恒定律	49
一、质点系的动量定理	49

二、动量守恒定律	50
第四节 火箭飞行原理与我国航天技术的发展	52
第五节 力对空间的积累效应	55
一、功	56
二、质点的动能定理	57
第六节 位能 机械能守恒定律	60
一、几种常见力的功	60
二、保守力	61
三、势能	62
四、质点系动能定理	63
五、机械能守恒定律	65
第七节 两体碰撞	68
第八节 能量守恒定律	71
第三章 刚体的转动	83
第一节 刚体的运动	83
一、刚体运动的基本形式	83
二、刚体定轴转动的描述	85
第二节 转动定律 转动惯量 平行轴定理	87
一、力矩	87
二、转动定律	88
三、转动惯量	90
四、转动定律应用举例	92
第三节 角动量 角动量守恒定理	95
一、角动量	95
二、力矩对时间的积累效应——角动量定理	96
三、角动量守恒定律	98
第四节 刚体转动动能定理	100
一、力矩对空间的积累效应——力矩的功	100
二、转动动能	100
三、定轴转动的动能定理	101
第五节 刚体的一般运动	104
一、刚体的平面运动	104
二、不受外力矩作用时陀螺仪的回转运动	106
三、受到外力矩作用时陀螺仪的回转效应	107
四、岁差(进动)和章动	107

第四章 物体的周期性运动	122
第一节 质点振动的力学根源	122
第二节 简谐振动与振动参量	124
第三节 简谐振动方程及其解	130
第四节 简谐振动的能量	132
第五节 简谐振动的合成	134
一、两个同方向同频率简谐振动的合成	134
二、多个同方向同频率简谐振动的合成	136
三、两个同方向不同频率简谐振动的合成 拍	138
四、两个相互垂直简谐振动的合成 利萨如图	139
第六节 阻尼振动与受迫振动	141
一、阻尼振动	141
二、受迫振动 共振	143

第二篇 宏观高速物体运动规律

第五章 狭义相对论基础	159
第一节 经典力学的危机与相对论问题的提出	160
一、绝对时空观	160
二、伽利略速度合成律的失效	161
三、相对论的实验基础	165
第二节 相对论的基本假设与洛伦兹变换	167
一、狭义相对论的基本假设	167
二、洛伦兹变换	169
第三节 相对论效应	172
一、同时的相对性与因果关系的绝对性	172
二、长度的收缩	174
三、时间延滞	176
第四节 相对论动力学	178
一、狭义相对论力学的基本方程	178
二、质量与能量的关系	179
第六章 广义相对论简介	188
第一节 广义相对论原理	188
一、等效原理	188
二、广义相对论原理	190

第二节 广义相对论时空观	191
一、非欧几里得几何	191
二、爱因斯坦转盘与弯曲时空	192
三、施瓦西场中固有时与真实距离	193
四、爱因斯坦引力场方程	195
第三节 广义相对论的实验检验	195
一、水星进动	195
二、光线的引力偏折	196
三、光的引力频移	196
四、黑洞	197
第四节 宇宙学	199
一、牛顿宇宙学的困难	199
二、现代宇宙学	200
三、宇宙学原理	203
四、大爆炸宇宙模型	204

第三篇 物质的相互作用与场

第七章 场论基础	217
第一节 经典场概念	217
第二节 标量场与矢量场	219
一、概述	219
二、矢量场的通量与环量	220
第三节 场量分析	224
一、标量场的梯度	224
二、矢量场的散度与旋度	225
第八章 真空中的静电场	233
第一节 电荷 库仑定律	234
一、电荷	234
二、库仑定律	234
第二节 电场 电场强度	237
一、电场	237
二、电场强度	237
三、场强叠加原理	238
四、场强的计算	238

五、点电荷和带电体在外电场中所受的作用	244
六、电场的图示法——电场线	244
第三节 静电场的高斯定理	245
一、电通量	245
二、静电场的高斯定理	246
三、高斯定理的应用	248
第四节 静电场的环路定理 电势	250
一、静电场的环路定理	250
二、电势	251
三、电势的计算	252
四、电势的图示法——等势面	254
五、电场强度与电势梯度的关系	254
第九章 静电场中的导体和电介质	263
第一节 静电场中的导体	263
一、导体的静电平衡条件	263
二、导体上的电荷分布	264
三、静电屏蔽	266
四、有导体存在时静电场的分析与计算	267
第二节 电介质的极化	268
一、两类电介质	268
二、电介质的极化	269
三、电极化强度及其与极化电荷的关系	271
第三节 电位移矢量 有电介质时的高斯定理	272
一、概述	272
二、电容率 电介质的性质方程	273
三、有电介质时的高斯定理的应用	273
第四节 电容 电容器	274
一、孤立导体的电容	274
二、电容器的电容	275
三、电容器的连接	278
第五节 静电场的能量	279
一、电容器的储能	279
二、电场能量 电场能量密度	279
第十章 运动电荷的磁场	290

第一节 电流密度 稳恒电流	290
一、电流强度	290
二、稳恒电流的连续性方程	291
三、电流密度矢量	291
第二节 欧姆定律 电动势	293
一、欧姆定律及其微分形式	293
二、电源	294
三、电动势	295
四、闭合电路的欧姆定律	295
第三节 磁感应强度 磁场的高斯定理	296
一、磁现象及其本质	296
二、磁感应强度	297
三、磁感线 磁通量	298
四、磁场的高斯定理	299
第四节 毕奥-萨伐尔定律	300
一、概述	300
二、磁感应强度叠加原理	301
三、毕奥-萨伐尔定律的应用	301
第五节 安培环路定理	304
一、概述	305
二、安培环路定理的应用	306
第六节 安培定律 磁力矩 洛伦兹力	309
一、磁场对载流导线的的作用力 安培定律	309
二、磁场对载流线圈的作用 磁力矩	311
三、两无限长平行载流直导线间的相互作用力	313
四、洛伦兹力	314
五、霍尔效应	316
第七节 磁介质	317
一、磁介质的分类	317
二、顺磁质与抗磁质的磁化机理	318
三、磁场强度矢量	319
四、磁介质中的安培环路定理	320
五、铁磁质与磁滞现象	323
第十一章 电磁场的统一理论	336
第一节 电磁感应的的基本定律	336

一、法拉第电磁感应定律·····	336
二、楞次定律·····	337
三、考虑方向后法拉第电磁感应定律的表达式·····	338
第二节 动生电动势和感生电动势 涡旋电场·····	341
一、动生电动势与洛伦兹力·····	341
二、动生电动势的计算·····	343
三、感生电动势与涡旋电场·····	345
四、感生电动势的计算·····	347
五、电子感应加速器·····	350
第三节 自感和互感 磁场的能量·····	351
一、自感·····	351
二、互感·····	353
三、磁场的能量·····	357
第四节 位移电流 全电流环路定律·····	359
一、位移电流假设及其本质·····	359
二、全电流环路定律·····	361
第五节 麦克斯韦方程组·····	363
第十二章 物质世界的场论图像·····	372
第一节 粒子与场·····	372
第二节 相互作用的场论机制·····	374
第三节 基本相互作用·····	376

注:加“*”者为选学内容。

第一篇

宏观低速物体运动规律

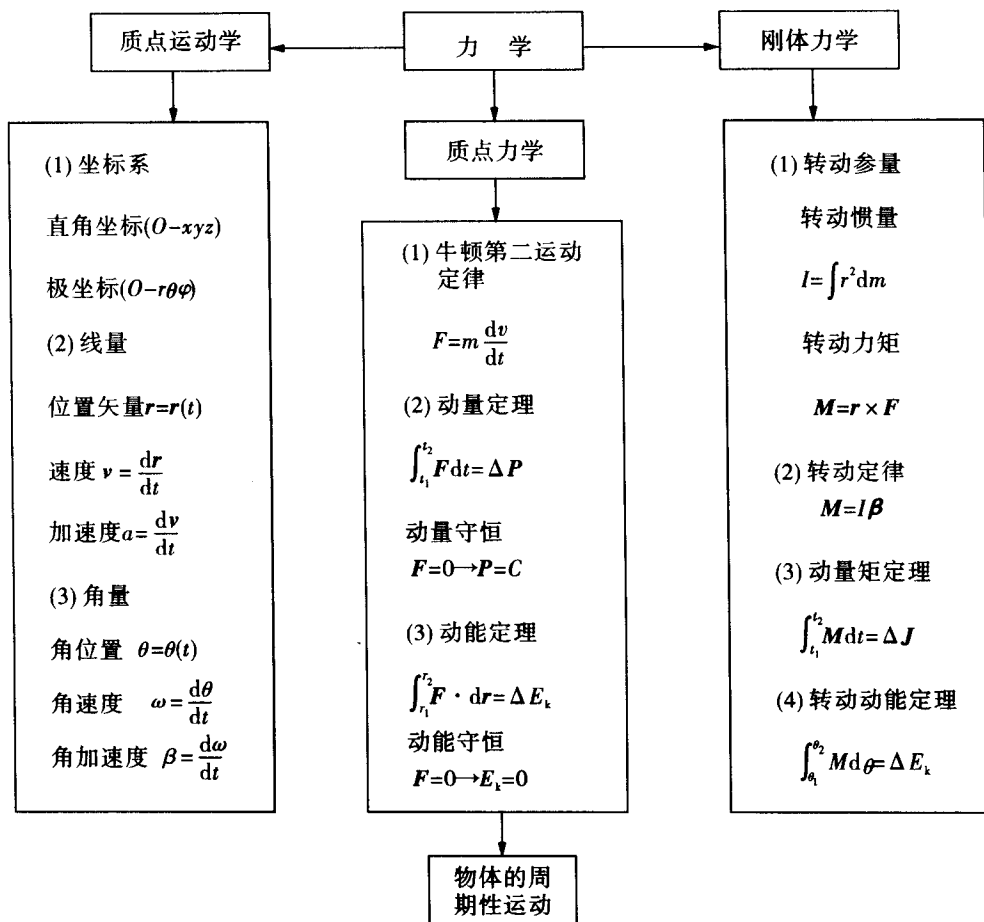
力学是物理学中最古老、发展最为完美的学科。它可追溯到公元前4世纪古希腊学者亚里士多德对运动的描述,以及我国《墨经》对杠杆原理的论述。但其中对运动概念的论述都是混乱的或是错误的。直到17世纪,牛顿在伽利略、开普勒等人的工作的基础上,建立了完整的经典力学理论,即牛顿力学。

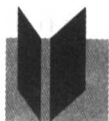
力学的研究对象是机械运动。它是各种形态的物质运动中最简单、最基本的一种运动形式。机械运动描述的是物体的位置随时间的变化。例如,各种天体的运行,飞机在空中的飞行,火车、汽车的行驶,河水、空气的流动等,这些都属于机械运动。

牛顿力学研究的是宏观低速物体的机械运动规律。因此,它的适用范围是宏观物体的低速运动,即物体的运动速度远远小于光速,尺度在大于分子、远小于星系的范围,超出这个范围牛顿力学的结论与实验事实明显不符,也就是说,在高速和微观领域牛顿力学不再适用,取而代之的是相对论和量子力学。但是在一般的工程技术中,如航空航天、土木建筑、机器制造、信息工程、材料工程等工程技术中,经典力学仍充满活力,是它们必不可少的基础理论。

本篇主要讲述经典力学基础,包括质点运动学、质点力学、刚体力学以及机械振动基础;着重阐述动量、角动量、能量等概念及其相应的守恒定律。

本篇知识结构框图





第一章

质点运动学

运动学研究描述物体在空间的运动规律,并说明其运动特征。它不涉及物体的质量及其运动状态改变的原因。本章讨论质点运动学,在引入参考系、坐标系和质点等概念的基础上,介绍位移、速度、加速度、运动方程,讨论质点的直线运动和圆周运动等,最后一节简单介绍相对运动。

在讲述基本概念时,我们普遍加强了矢量概念和微积分等数学方法,使大家在中学已经学习过的很多概念、公式更加准确、更加全面、更加系统化。

第一节 牛顿力学时空观

时空观是人们对时间和空间的物理性质的看法。人们所从事的一切活动都是在一定的时间、空间范围内进行的。任何物理过程都脱离不开空间、时间,这是两个基本的概念。

在远古时代,人们认为大地是一个平面,太阳从东方升起到西方落下,周而复始,年复一年。因而关于东南西北,上、下的概念是绝对的。后来古希腊科学家亚里士多德(Aristotle)为了解释当时所观测到的天文现象,提出了“地心说”,主张地球是圆形的。他认为地球是整个宇宙的中心,所有的星球都绕着地球在运动。地球是圆的,就没有绝对的“上”和“下”。从时空观的角度来看,这是对古老时空观的革命,是对“上、下”的绝对观念的否定,认为上、下是相对的。空间各方向都是等价的,没有任何一个方向比其他方向更优越。

1543年哥白尼(Copernicus)提出了“日心说”,否定了亚里士多德的“地心说”。“日心说”的提出,引起了“地心说”派与“地动说”派的激烈争论。“地心说”派反对“地动说”的重要论据之一,就是如果地球在运动,地球上的人为什么感觉不到呢?如