



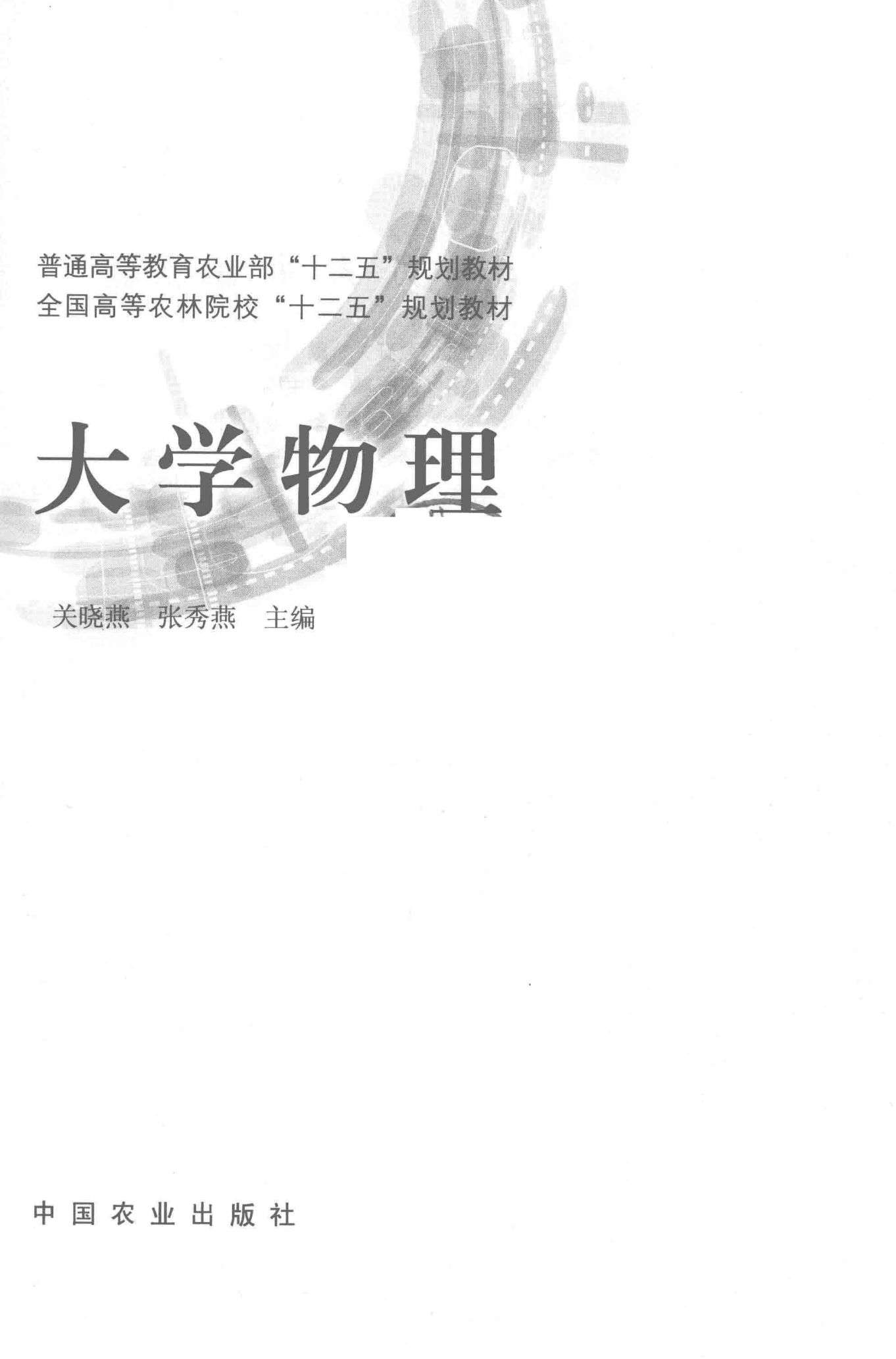
普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

大学物理

D A X U E W U L I

关晓燕 张秀燕◎主编

 中国农业出版社



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

大学物理

关晓燕 张秀燕 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理 / 关晓燕, 张秀燕主编. —北京: 中国农业出版社, 2013. 8

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-17420-7

I. ①大… II. ①关… ②张… 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 145980 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 薛 波

文字编辑 薛 波

北京中新伟业印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.75

字数: 415 千字

定价: 34.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



编 审 人 员

主 编 关晓燕 张秀燕

副主编 赵 达 张 宇

参 编 (按姓名笔画排序)

王 薇 朱文霞 刘祥楼

陈丽梅 陈佰树 富 岩

审 稿 王乐新

前言

FOREWORD

物理学是研究宇宙中物质存在的基本形式、基本性质、内部结构组成及物质世界的相互作用、相互运动和相互转化的基本规律的科学，它是自然科学中最重要的基础学科之一。物理学的基本概念、方法和知识被广泛应用到各个领域，因此大学物理是一门不可替代的基础课程。课程建设过程中，教材建设是至关重要的一部分，正如凯勒说的那样“一本书像一艘船，带领我们从狭隘的地方，驶向生活的无限广阔的海洋”。

大学物理课程是比较成熟的课程，优秀教材很多，但大部分是针对于理工科学学生的。本书是专为农林类专业学生编写的大学物理教材，我们在编写过程中秉承以下原则：

一、注重基本概念，突出物理图像。大学物理属于非物理专业的一门公共基础课，为学生进一步学习专业课打基础，因此在编写中精选内容，舍弃了一些繁琐的推导，强调基本概念，突出物理图像。

二、确立“以人为本”的新理念。我们在编写教材的过程中，摒弃传统的“以本为本”的编写教材方式，在教材中体现出以学生为主体、以教师主导的教学理念，把注重学生发展作为教材编写的主要任务之一，使教材更适合学生阅读和自主学习。

三、注重农林专业相关知识的拓展。教材中加入了流体力学部分及农林科学的新动态、新发现，使之更适合农林类专业学生的学习与知识拓展。

黑龙江八一农垦大学的农科大学物理课程 2010 年被评为黑龙江省省级精品课程，2013 年建成校级资源共享课程。本教材是近年来大学物理教学改革成果的体现，是广大教职工辛勤努力的结晶。教学是创造性工作，每一位教师都有自己独特的授课方式。因此，本教材在按照上述原则编写的同时，还参考多本国内外教材，吸收各类教材的长处，形成了自己的特色。

特色一：本教材注重从自然现象或科学故事引入物理问题，通过探究寻找规律，让学生掌握知识并应用到社会实践中，从自然走向物理，从物理走向社会。全书编排遵循由浅入深、循序渐进的原则。在编排方面注重教材的启发性，重点和难点内容后配有问题提问，有利于提高学生探索物理规律的热情和积极性，培养他们的创新思维。

特色二：本教材语言上通俗易懂，生动有趣。利用实物图片、实验图片传授物

理知识,图文并茂,注重物理思想和物理图像的构建,有利于学生对知识的掌握。

特色三:教材从单纯的知识传授转变为探究式学习,从强调结果转变为重视过程的体验,将科学探究的各个环节渗透于不同的章节。让学生在科学探究的过程中,不仅仅学习到了物理知识,还将体验到科学探究的乐趣,掌握科学探究的方法。

特色四:本教材注重学科间的渗透,注重人文精神和自然科学的融合,培养学生的科学精神和科学态度。

参加本书编写的教师多年来一直从事大学物理教学,对大学物理课程的教学有深刻的认识和丰富的教学经验。参与编写教材的有:关晓燕(黑龙江八一农垦大学,前言、第一章、第六章的第一节、第二节、第三节),张秀燕(沈阳农业大学,第三章、第八章),赵达(黑龙江八一农垦大学,第六章的第四节,第十一章),张宇(沈阳农业大学,第二章、第九章),陈佰树(黑龙江八一农垦大学,第四章),朱文霞(黑龙江八一农垦大学,第五章),陈丽梅(黑龙江八一农垦大学,第七章),富岩(沈阳农业大学,第十章),王薇(沈阳农业大学,第十二章),刘祥楼,(东北石油大学,第六章的第五节、第六节、第七节)。全书由王乐新担任审稿,最后由关晓燕统稿、定稿。

在本书编写过程中,我们切实感受到编写出一本真正适合教学、适合学生阅读的教材是一件艰难的工作,在此对所有参与教材编写的工作人员表示感谢。本教材在历年所用大学物理教材的基础上,吸收了近年来大学物理教学改革成果和国内兄弟院校教学的经验;参考了国内大量的文献资料,也参考了大量网上的相关资料和图片,在此向原作者表示感谢。正是由于以如此广泛充实的参考资料为基础,才能为学生呈现出一本内容丰富、形式生动的教材。另外,在本教材编写过程中,还得到了各编者所在学校、院系和中国农业出版社的大力支持和热情帮助,在这里也一并致谢。由于作者学识水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者和同行批评指正,以便日后进一步完善和提高。

编者

2013年6月

目 录

CONTENTS

前言

第一章 质点力学	1
第一节 描述质点运动	1
一、质点 参考系 坐标系	1
二、描述质点运动的物理量	2
第二节 牛顿运动定律	6
一、牛顿第一定律	6
二、牛顿第二定律	7
三、牛顿第三定律	8
第三节 动量 动量守恒定律	8
一、冲量 质点的动量定理	8
二、质点系的动量定理	9
三、动量守恒定律	10
第四节 角动量守恒定律	11
一、质点的角动量	12
二、力矩	12
三、角动量定理	13
四、角动量守恒定律	13
第五节 能量守恒定律	13
一、恒力的功	14
二、变力的功	14
三、功率	15
四、动能定理	15
五、保守力与非保守力 势能	16
六、机械能守恒定律	18
本章内容提要	19
习题	21
阅读材料 火箭飞行的力学原理 失重和宇宙开发 人造卫星 “静止轨道”卫星实现全球通信	23
第二章 液体表面性质	27
第一节 表面张力	27

一、液体表面的收缩性	27
二、液体表面收缩性的微观机理	28
三、表面张力及其描述	28
第二节 弯曲液面下的附加压强	31
一、弯曲液面下的压强差	31
二、球形液面的附加压强	31
三、任意形状弯曲液面的附加压强	32
第三节 毛细现象	32
一、润湿与不润湿	33
二、毛细现象	34
三、气体栓塞现象	36
本章内容提要	36
习题	37
阅读材料 土壤的保水性 表面活性剂	38
第三章 流体力学	39
第一节 静止流体内的压强	40
一、静止流体内的压强	40
二、静止流体内的压强分布	40
第二节 理想流体的连续性方程	41
一、流体流动的基本概念	41
二、连续性方程	42
第三节 理想流体定常流动的伯努利方程	43
一、理想流体伯努利方程	43
二、伯努利方程的应用举例	44
第四节 黏滞流体的运动	46
一、黏滞流体的伯努利方程	46
二、牛顿黏滞定律	47
三、泊肃叶公式	47
四、斯托克斯定律	49
本章内容提要	51
习题	52
阅读材料 足球中的香蕉球 飞机为什么会飞	53
第四章 气体动理论	55
第一节 热运动的描述 理想气体模型和状态方程	55
一、宏观量与微观量	55
二、平衡态	56
三、温度	57

四、理想气体的状态方程	58
第二节 分子的热运动和统计规律	59
一、分子的热运动	60
二、分子热运动的统计规律性	60
第三节 理想气体压强和温度的公式	61
一、理想气体的压强	61
二、理想气体的温度	63
第四节 能量均分定理	64
一、分子的自由度	64
二、能量均分定理	65
三、理想气体的内能	66
第五节 麦克斯韦速率分布律	67
一、麦克斯韦速率分布律	67
二、三种统计速率	69
三、气体分子速率分布统计规律的实验验证	70
第六节 分子碰撞和平均自由程	71
一、分子的平均碰撞频率	71
二、平均自由程	72
第七节 气体的输运过程	73
一、扩散现象	73
二、热传导现象	74
三、黏滞现象	74
本章内容提要	75
习题	77
阅读材料 温室效应	78
第五章 热力学基础	80
第一节 热力学第一定律	80
一、准静态过程	80
二、功 热量 内能	81
三、热力学第一定律	83
第二节 热力学第一定律在准静态过程中的应用	84
一、等体过程 摩尔定体热容	84
二、等压过程 摩尔定压热容	85
三、等温过程	86
四、绝热过程	87
第三节 循环过程 卡诺循环	89
一、循环过程	89
二、热机效率和制冷系数	90

三、卡诺循环	90
第四节 热力学第二定律	93
一、热力学过程的方向性	93
二、热力学第二定律	93
三、卡诺定理	94
第五节 熵增加原理 热力学第二定律的统计原理	95
一、熵	95
二、熵增加原理	96
三、热力学第二定律的统计原理	97
本章内容提要	99
习题	100
阅读材料 高空的气温为什么低 永动机的神话	102
第六章 静电场	104
第一节 电荷与库仑定律	104
一、电荷及其量子化性质	105
二、库仑定律	105
第二节 电场和电场强度	106
一、电场	106
二、电场强度	107
三、点电荷的电场强度及电场强度叠加原理	108
第三节 静电场的有源性	111
一、电场线数密度与电场强度	111
二、电场强度通量	111
三、静电场中的高斯定理	112
第四节 静电场的保守性	115
一、静电场力的功 静电场的环路定理	115
二、电势和电势能	116
第五节 电场强度与电势的关系	118
第六节 静电场中的导体和电介质	120
一、静电场中的导体	120
二、静电场中的电介质	123
第七节 电容器 静电场的能量	125
一、电容器	125
二、电场能量	127
本章内容提要	128
习题	130
阅读材料 放电现象 电泳技术 静电的应用	133

第七章 稳恒电流的磁场	136
第一节 磁感应强度	136
一、基本磁现象概述	136
二、磁感应强度	137
第二节 毕奥-萨伐尔定律及应用	139
一、毕奥-萨伐尔定律	139
二、毕奥-萨伐尔定律的应用	140
三、运动电荷的磁场	141
第三节 磁场的无源性	142
一、磁感线	142
二、磁通量	143
三、磁场中的高斯定理	143
第四节 磁场中的安培环路定理及应用	144
一、安培环路定理	144
二、安培环路定理应用举例	145
第五节 带电粒子在磁场中的运动	147
一、洛伦兹力	147
二、霍尔效应	148
第六节 磁场对载流导体的作用	150
一、安培定律	150
二、磁场对载流线圈的作用	151
第七节 物质的磁性	152
一、磁介质的分类	152
二、介质的磁化	152
本章内容提要	154
习题	155
阅读材料 生物磁现象	156
第八章 电磁感应 电磁场理论	159
第一节 法拉第电磁感应定律	159
一、电磁感应现象	159
二、法拉第电磁感应定律	160
三、楞次定律	161
第二节 动生电动势	162
第三节 感生电动势	163
一、感生电动势	163
二、涡电流	165
第四节 自感与互感	165

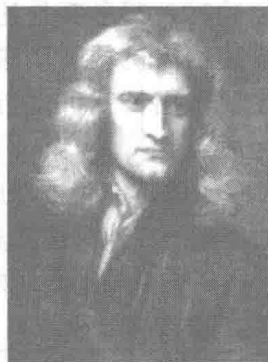
一、自感	165
二、互感	167
第五节 磁场的能量	168
第六节 麦克斯韦方程组 电磁波	169
一、位移电流	169
二、麦克斯韦方程组	170
三、电磁波	170
本章内容提要	173
习题	174
阅读材料 微波的应用	176
第九章 机械振动	179
第一节 简谐振动	179
一、简谐振动的描述	179
二、简谐振动的能量	182
第二节 阻尼振动 受迫振动 共振	185
一、阻尼振动	185
二、受迫振动 共振	186
第三节 同方向同频率简谐振动的合成	187
第四节 同方向不同频率简谐振动的合成 拍	189
本章内容提要	190
习题	191
阅读材料 乐音和音阶 伏尔加河大桥离奇的蛇形共振 叩诊法的由来	192
第十章 机械波	195
第一节 机械波的产生和传播	195
一、机械波的形成	196
二、描述波动的物理量	197
第二节 平面简谐波的波函数	198
一、平面简谐波的波函数	198
二、波函数的物理意义	199
第三节 波的能量 波的强度	201
一、波的能量	201
二、波的强度	202
第四节 惠更斯原理 波的衍射	203
一、惠更斯原理	203
二、波的衍射	204
第五节 波的干涉	205
一、波的叠加原理	205

二、波的干涉	206
第六节 多普勒效应	207
一、波源静止, 观察者运动	208
二、波源运动, 观察者静止	208
三、波源和接收器同时运动	209
第七节 驻波 半波损失	210
本章内容提要	211
习题	212
阅读材料 次声波及其应用 超声波及其应用	214
第十一章 波动光学	217
第一节 光源 相干光	217
一、光源	217
二、单色光	218
三、相干光	218
四、相干光的获得方法	219
第二节 杨氏双缝干涉实验	219
第三节 光程	221
一、光程	221
二、光程差	222
三、透镜的等光程性	223
四、劳埃德镜实验与半波损失	223
第四节 薄膜干涉	224
一、等倾干涉	224
二、增透膜和增反膜	225
三、等厚干涉	226
第五节 迈克尔逊干涉仪	229
一、迈克尔逊干涉仪原理	229
二、干涉图样	229
第六节 光的衍射 惠更斯-菲涅耳原理	230
一、光的衍射现象	230
二、惠更斯-菲涅耳原理	231
三、单缝夫琅禾费衍射	232
第七节 光的偏振	235
一、自然光 偏振光	235
二、起偏和检偏	236
三、马吕斯定律	236
四、反射和折射时的偏振	237
第八节 物质的旋光性	238

本章内容提要	239
习题	241
阅读材料 立体电影 偏振片在摄影中的作用	243
第十二章 量子物理基础	245
第一节 黑体辐射和普朗克能量子假设	246
一、黑体辐射	246
二、普朗克能量子假设	248
第二节 光电效应和爱因斯坦光量子理论	249
一、光电效应实验的规律	249
二、爱因斯坦的光量子理论	251
第三节 氢原子光谱和玻尔理论	252
一、氢原子光谱的规律	252
二、玻尔的氢原子理论	253
第四节 德布罗意物质波	255
一、德布罗意物质波假设	256
二、德布罗意波的实验验证	256
三、不确定关系	258
第五节 波函数 薛定谔方程	259
一、波函数	259
二、薛定谔方程的一般形式	260
三、一维定态不含时薛定谔方程	261
本章内容提要	262
习题	263
阅读材料 扫描隧道显微镜	264
参考文献	266

科学家简介

艾萨克·牛顿 (Isaac Newton, 1643—1727), 英国杰出的物理学家、数学家和哲学家, 经典物理学的奠基人。他在 1687 年 7 月 5 日发表的不朽著作《自然哲学的数学原理》里用数学方法阐明了宇宙中最基本的法则——万有引力定律和三大运动定律。这四条定律构成了一个统一的体系, 被认为是“人类智慧史上最伟大的一个成就”。他由于发现了万有引力定律创立了天文学, 由于提出了二项式定理和无限理论创立了数学, 由于认识了力的本性创立了力学。他是人类认识自然界漫长历程中的一个重要人物, 他的科学贡献已成为人类认识自然的里程碑。他在光学研究中也取得了丰硕成果。牛顿逝世后被安葬于威斯敏斯特大教堂, 成为在此长眠的第一位科学家。



第一章 质点力学

物理学是研究物质最普遍、最基本的运动形式的一门科学。这些运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核运动以及其他微观粒子运动等。在物质的各种运动形式中, 机械运动是这些运动中最简单、最常见的运动形式, 研究物体做机械运动的规律及其应用就是力学的内容。航天飞机、宇宙飞船、各种卫星的发射和回收的最基本依据就是宏观物体做机械运动都遵守牛顿运动定律。2005 年 10 月我国神舟六号载人航天飞船的成功发射和返回, 令全球华人为之欢欣鼓舞, 也受到全世界人民的关注, 又一次验证了牛顿运动定律的正确性。

物理学界一般把力学分为运动学、动力学和静力学。运动学研究的是物体位置变化的各种情况, 以几何观点研究物体位置随时间的变化规律; 动力学研究的是物体机械运动和物体间相互作用的关系; 静力学研究物体相互作用下的平衡问题, 也可以认为它是动力学的一部分。

本章重点讨论质点的运动学问题、运动状态的变化与物体间相互作用的关系, 并从牛顿运动定律出发推导质点(系)运动的动能定理、功能原理和机械能守恒定律等。

第一节 描述质点运动

一、质点 参考系 坐标系

机械运动是日常生活中最常见的一种运动形式。我们把一个物体相对于另一个物体的位置的变化, 或者物体的某一部分相对于其他部分位置的变化称为机械运动。例如行星绕恒星的运动、风吹树叶的摆动、汽车在路上行驶, 等等, 都是机械运动。为了研究物体的机械运动, 我们不仅需要确立描述运动的方法, 还需要对复杂的问题进行简单化处理, 提出物理

模型。

1. 质点 自然界的一切物体都有一定的大小、形状和质量，一般地说，物体做机械运动时，情形都是比较复杂的，物体的大小和形状可能也会发生变化，这就会给我们描述物体机械运动带来困难。但是，如果我们所研究的问题中，物体大小和形状不起主要作用，就可以近似将物体看作为只具有质量而忽略其大小和形状的理想物体，称为质点。

一个物体能否被看成是质点，和物体本身大小没有关系，而和所研究的具体问题有关。例如，当研究地球围绕着太阳公转时，地球就可以看成是仅有质量而忽略其大小和形状的质点；当研究地球的自转时，地球就不可以看成是质点。

2. 参考系 坐标系 我们都有这样的经验，当船在平静的江河中平稳航行时，如果不看岸边的树、山等景物，往往不能确定船是否在航行。于是，为了观察物体的运动，就要选择一个或几个其他物体作为参考，假定它们不动，相对于它们来描述物体的运动。为了描述物体的运动而选的标准物叫作参考系。对于同一个物体的运动来说，选取的参考系不同，对物体运动情况的描述也就不同。显然，物体的运动是相对于参考系而言的，这就是运动的相对性。因此，在讲物体的运动情况时，必须指明是对什么参考系而言的。参考系的选择是任意的，通常选地球为参考系。

描述物体的运动必须选定参考系，在参考系选定以后，为定量地描述质点的位置和位置随时间的变化，要在参考系上建立适当的坐标系。坐标系有直角坐标系、极坐标系和自然坐标系等。

二、描述质点运动的物理量

2012年6月16日18时37分，神舟九号飞船在酒泉卫星发射中心发射升空。2012年6月18日约11时左右转入自主控制飞行，14时左右与天宫一号实施自动交会对接，如图1-1所示。这是中国实施的首次载人空间交会对接。我们知道，要使天宫一号与神舟九号成功交会对接，科研人员必须获知它们在每一时刻的空间位置、运动方向和运动快慢以及运动快慢的变化程度。这样，也就能够全面掌握神舟九号和天宫一号的全部运动情况。

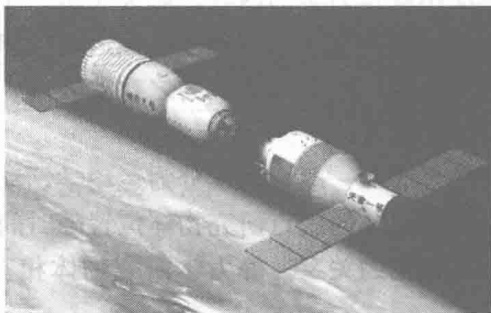


图 1-1 神舟九号与天宫一号交会对接

1. 位置矢量与运动方程 生活中，我们经常浏览地图看各个城市的方位。比如上海在北京南偏东约 30° 的方向上，两地相距大约 1 067 km，根据这句描述就可以在坐标系中确定上海的位置，如图 1-2 所示。

由此看来，在选定了坐标系以后，我们可以以坐标系的原点 O 作为参考点，画一条有向线段来表示质点在空间的位置，这条有向线段称为位置矢量，简称位矢，用 $\mathbf{r}$ 表示。

图 1-3 给出了运动质点（足球）在某一时刻的位矢 $\mathbf{r}$ ，在直角坐标系 $Oxyz$ 中位置矢量的表达式为

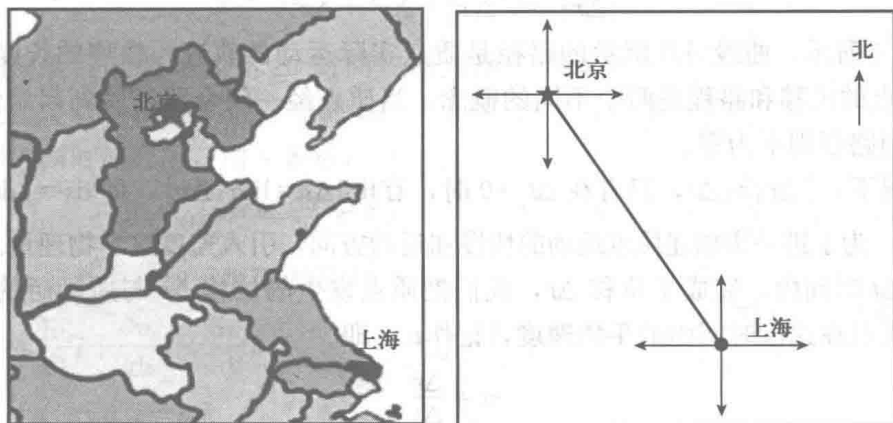


图 1-2 地图

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k} \quad (1-1)$$

式中, $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 分别是沿坐标轴 x 、 y 、 z 正方向的单位矢量。 $x\mathbf{i}$ 、 $y\mathbf{j}$ 、 $z\mathbf{k}$ 分别是位矢 $\mathbf{r}$ 在三个坐标轴方向的分矢量。

位矢的大小为

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-2)$$

设位矢 $\mathbf{r}$ 与 x 、 y 、 z 轴之间的夹角分别为 α 、 β 、 γ , 那么位矢 $\mathbf{r}$ 的方向可由下列的方向余弦来确定, 即

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}, \quad \cos \beta = \frac{y}{r}, \quad \cos \gamma = \frac{z}{r} \quad (1-3)$$

当质点运动时, 它相对坐标原点的位矢 $\mathbf{r}$ 是随时间而变化的, 因此, $\mathbf{r}$ 是时间的函数, 即

$$\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k} \quad (1-4)$$

式 (1-4) 叫作质点的运动方程。 $x=x(t)$ 、 $y=y(t)$ 、 $z=z(t)$ 是运动方程的分量式, 从中消去参数 t 便得到了质点运动的轨迹方程。

2. 位移与路程 质点在运动时, 它的位置在不断地变化。设质点沿如图 1-4 所示的曲线运动, t 时刻质点在 A 点, 它的位矢是 $\mathbf{r}_A$, 经过 Δt 时间后, 质点运动到 B 点, 这时位矢是 $\mathbf{r}_B$, 我们将由始点 A 指向终点 B 的有向线段 $\Delta \mathbf{r}$ 称为点 A 到点 B 的位移矢量, 简称位移。位移 $\Delta \mathbf{r}$ 反映了质点位矢的变化, 其表达式为

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \quad (1-5)$$

在直角坐标系 $Oxyz$ 中, 位移 $\Delta \mathbf{r}$ 可表示为

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{r} &= (x_B - x_A)\mathbf{i} + (y_B - y_A)\mathbf{j} + (z_B - z_A)\mathbf{k} \\ &= \Delta x\mathbf{i} + \Delta y\mathbf{j} + \Delta z\mathbf{k} \end{aligned} \quad (1-6)$$

则位移的大小为

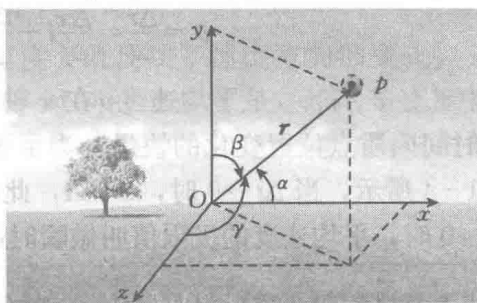
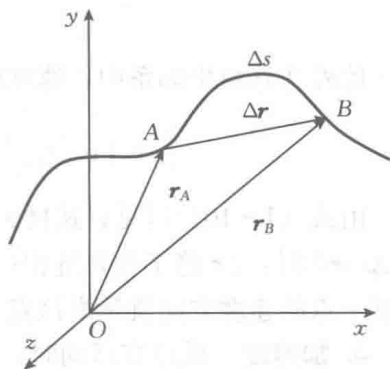
图 1-3 足球的位置矢量 $\mathbf{r}$ 

图 1-4 位移矢量