

大学物理 (上册)

DAXUE WULI

主 编 刘 博 赵德林

副主编 王祖松 詹 煜 陈玉林



科学出版社

大学物理

(上册)

主 编 刘 博 赵德林

副主编 王祖松 詹 煜 陈玉林

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书依照教育部大学物理课程教学指导委员会的基本要求编写, 全书分上、下两册, 涵盖了大学物理课程的各知识点, 并包含 7 个“气象物语”专栏。上册内容包括质点运动学、质点动力学、运动的守恒量和守恒定律、刚体力学、机械振动、波动、狭义相对论、气体动理论和热力学基础以及 4 个专栏(大气的运动、大气动力学、流体力学简介、相变热力学简介)。本书不仅可以让学生学习物理学的基本原理和方法, 而且通过将物理学基本原理与大气科学结合, 加深学生对物理学原理在大气科学中应用的认识。

本书可作为高等学校理工科非物理类本科专业的教材, 也可以供其他相关专业选用, 并可供中学教师进修或其他读者自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理. 上册/刘博, 赵德林主编. —北京: 科学出版社, 2019.1

ISBN 978-7-03-060266-4

I. ①大… II. ①刘… ②赵… 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(2018) 第 291826 号

责任编辑: 王腾飞 曾佳佳 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 师艳茹 / 封面设计: 许 瑞

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

天津文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2019 年 1 月第一次印刷 印张: 20 3/4

字数: 488 000

定价: 79.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

大学物理课程是高等学校非物理类理工科专业学生必修的一门重要基础课程。本教材立足系统化夯实本科生的物理基础,全面提升学生的现代化科学素质,加强大学物理知识在大气科学领域和其他工程技术领域中的应用。

教材翔实系统地阐述了物质的基本结构、基本运动形式及相互作用的科学规律;充分结合各类物理规律的发现过程、物理模型的构建、严密的理论推导、开创性的科学预言与实验验证、近代物理与经典物理的冲击与发展等的翔实介绍,训练学生的科学思维方法与科学实验验证的理念,逐步培养学生现代科学的自然观、宇宙观和辩证唯物主义的世界观,提升学生解决各类物理问题的能力和创新技能;通过采用“气象物语”专栏有机融入相关气象元素,物理原理在大气科学中的应用和实现,这些内容包含了大气动力学、流体力学、大气热力学、大气电磁学、大气光学、大气辐射等知识,充分体现大学物理在气象学领域的基础地位和应用,使本书具有鲜明的气象特色。本书不仅让学生学习物理学的基本原理,还能让学生了解物理学与大气科学知识的融合,进一步加深对物理学的认识。

依据教育部最新颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》,教材内容涵盖了力学、振动与波动、热学、电磁学、光学和近代物理六大体系。结合教学需求,全书分为上、下两册,上册内容包括质点运动学、质点动力学、运动的守恒量和守恒定律、刚体力学、机械振动、波动、狭义相对论、气体动理论和热力学基础;下册内容包括真空中的静电场、静电场中的导体和电介质、电流和恒定磁场、电磁感应电磁场、几何光学简介、光的干涉、光的衍射、光的偏振及吸收、波与粒子、量子力学基础。习题设计合理,学生通过习题训练,加强重要知识点的巩固学习,达成课程的学习目标。

教材编写特色主要体现在:夯实基础、突出重点、融入气象、强化应用。

(1) 在经典力学部分,结合质点运动的描述方法,将大气微团抽象为理想化的空气质点模型,大气的运动就是所有空气质点运动的集体表现。各空气质点的速度矢量分布及随时间的变化规律实质就是大气风场随时间的变化规律,简要描述大气运动的拉格朗日法和欧拉法;大气动力学问题的研究几乎都是基于转动的地球参考系进行分析的,这与牛顿运动定律只适用于惯性参考系不一致,所以在质点动力学这一章,有针对性地加强转动非惯性参考系的介绍,不仅分析惯性离心力对重力或重力加速度的影响,而且定性研究科里奥利力对大气运动的效应。例如,北半球的气旋及信风的成因,并详细给出了转动非惯性参考系的质点运动的动力学方程。

(2) 空气状态的变化和大气中所进行的各种热力学过程都遵循热力学的一般规律,所以在教材的热力学基础部分,首先从能量的观点出发,详细地分析热力学变化过程中有关热功转化的关系和条件,将能量转化和守恒定律应用于热力学过程得出热力学第一定律,并具体分析热力学系统的等体、等压、等温、绝热过程及循环过程;为了科学准确地理解热力学自发过程进行的方向性,介绍热力学第二定律,引入系统的状态函数:熵,并利用熵增原理解

释热力学第二定律的统计意义。

(3) 静电场、稳恒磁场、电磁感应与电磁场理论既是大学物理的重要组成部分，同时又是大气电磁学重要的理论基础。晴天低层大气电场就是静电场，大学物理中阐述的静电场的各种性质及分析方法完全适用于大气电场。所以在静电场章节部分：一方面系统介绍静电场的知识体系，另一方面还适当增加大气电场、大气离子、大气电导率、大气电流的知识的讲述，拓展学生对大气电学的了解和认识，并强化静电学的实际应用。巨大、迅变的雷电流的泄放，必将在其周围激发强变的感应电磁场，即雷击电磁脉冲，二次雷击的原理与电磁感应规律及麦克斯韦电磁场理论紧密联系，故本教材较全面地介绍稳恒磁场及性质，强化电场与磁场的相互关系及其在气象领域的应用分析。

(4) 光学部分，在简单介绍几何光学的基础上，着力专注于光的本性，重点讨论光的干涉、衍射、偏振、吸收、色散现象。并结合光学理论简单介绍光与大气的相互作用产生的多种大气光学现象，如雾、霾、海市蜃楼、暮曙光等。

本书由刘博、赵德林任主编，王祖松、詹煜、陈玉林、张成义、张雅男任副主编。此次编写工作过程中，还得到了徐飞、李庆芳、雷勇、丁留贯、孙婷婷、刘战辉、蒋晓龙等老师的帮助和指导，在此表示衷心感谢。在本书编写过程中还借鉴了部分优秀教材和相关文献，特在此一并表示感谢。

本书受到下列课题的资助：

南京信息工程大学大学物理教材建设项目资助，项目号：1214071801010

南京信息工程大学教改课题项目资助，项目号：1214071701028

本书的编写出版还得到了科学出版社王腾飞等编辑的帮助，在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者和同行专家批评指正。

刘 博 赵德林

2018年8月8日

目 录

前言

第 1 部分 力学

第 1 章 质点运动学	3
1.1 质点和参考系	3
1.1.1 质点	3
1.1.2 参考系	4
1.1.3 坐标系	4
1.2 描述质点运动的物理量	5
1.2.1 时间和空间	5
1.2.2 过程量和状态量	6
1.2.3 位置矢量	6
1.2.4 位移矢量和路程	7
1.2.5 瞬时速度矢量	8
1.2.6 瞬时加速度矢量	10
1.2.7 位矢、速度、加速度的关系	12
1.3 抛体运动	14
1.3.1 运动叠加原理	14
1.3.2 运动方程和运动轨迹	15
1.4 质点的圆周运动	17
1.4.1 匀速率圆周运动	17
1.4.2 变速率圆周运动	17
1.4.3 圆周运动的角量描述	19
1.4.4 角量和线量的转换关系	21
1.5 一般平面曲线运动和自然坐标系	23
1.5.1 一般平面曲线运动	23
1.5.2 自然坐标系	25
习题	28
气象物语 A 大气的运动	29
A.1 空气质点模型	29
A.2 空气质点的运动描述	30
第 2 章 质点动力学	32
2.1 牛顿运动定律	32

2.1.1	牛顿第一定律 (惯性定律)	32
2.1.2	牛顿第二定律	33
2.1.3	牛顿第三定律	35
2.2	国际单位制和量纲	36
2.2.1	单位制	36
2.2.2	量纲	36
2.3	常见的力	37
2.3.1	基本的自然力	37
2.3.2	常见技术上的力	39
2.4	牛顿运动定律的应用	41
2.4.1	质点动力学的两类问题	41
2.4.2	质点动力学问题解题步骤	41
2.4.3	例题	41
2.5	相对运动和非惯性系力学	46
2.5.1	运动描述的相对性	46
2.5.2	力学相对性原理 (伽利略相对性原理)	50
2.5.3	平动加速运动参考系中的惯性力	51
2.5.4	匀角速转动参考系中的惯性力	53
	习题	58
	气象物语 B 大气动力学	61
B.1	作用于空气的力	61
B.2	大气运动动力学方程	65
第 3 章	运动的守恒量和守恒定律	67
3.1	质点和质点系的动量定理	67
3.1.1	动量 冲量 质点动量定理	67
3.1.2	质点系动量定理	71
3.2	动量守恒定律	73
3.3	功 功率 动能定理	75
3.3.1	功	75
3.3.2	功率	78
3.3.3	动能定理	79
3.4	保守力与非保守力 势能	81
3.4.1	保守力做功特点	81
3.4.2	保守力与非保守力 保守力做功的数学表达式	83
3.4.3	势能	84
3.4.4	势能与保守力的微分关系	85
3.4.5	势能曲线	86
3.5	质点系功能原理 机械能守恒定律	87

3.5.1	质点系动能定理	87
3.5.2	质点系功能原理	89
3.5.3	机械能守恒定律	89
3.6	碰撞	90
3.6.1	弹性碰撞	91
3.6.2	完全非弹性碰撞	91
3.6.3	非弹性碰撞	92
3.7	能量守恒定律	94
3.8	角动量 角动量守恒定律	95
3.8.1	角动量	95
3.8.2	力矩	96
3.8.3	角动量定理	96
3.8.4	质点系角动量定理	97
3.8.5	角动量守恒定律	98
	习题	99
第 4 章	刚体力学	105
4.1	刚体运动学	105
4.1.1	刚体	105
4.1.2	平动和转动	105
4.1.3	定轴转动	107
4.1.4	定轴转动的角量描述	107
4.1.5	定轴转动角量和线量的关系	110
4.2	定轴转动的转动定理	112
4.2.1	力对轴的力矩	112
4.2.2	定轴转动的转动定理推导	113
4.2.3	转动惯量	115
4.3	定轴转动的动能定理	121
4.3.1	力矩的功	122
4.3.2	力矩的功率	123
4.3.3	转动动能	123
4.3.4	定轴转动的动能定理	123
4.4	质心与质心运动定理	124
4.4.1	质心	124
4.4.2	质心运动定理及质心运动守恒定律	127
4.5	刚体系统的功能原理及机械能守恒定律	129
4.5.1	刚体的重力势能	129
4.5.2	刚体系统的机械能	129
4.5.3	刚体系统的功能原理	129

4.5.4 刚体系统的机械能守恒定律	129
4.6 定轴转动的角动量定理及角动量守恒定律	131
4.6.1 角动量定理	131
4.6.2 角动量守恒定律	133
4.7 刚体的平面运动	137
4.7.1 平动	137
4.7.2 转动	138
4.7.3 纯滚动条件(无滑滚动)	138
4.7.4 刚体平面运动的动能	141
习题	141
气象物语 C 流体力学简介	144
C.1 理想流体模型	144
C.2 理想流体的连续性方程	145
C.3 伯努利方程	146
第 2 部分 振动与波动	
第 5 章 机械振动	151
5.1 简谐振动	151
5.1.1 振动的基本概念	152
5.1.2 简谐振动	152
5.1.3 简谐振动的特征量及计算	157
5.1.4 旋转矢量法和复数法	166
5.1.5 简谐振动的能量	170
5.2 简谐振动的叠加	174
5.2.1 同一直线上两个同频率简谐振动的合成	174
5.2.2 同一直线上 n 个同频率简谐振动的合成	177
5.2.3 同一直线上两个频率相近的简谐振动合成	178
5.2.4 同一振子同时参与两个相互垂直的简谐振动的合成	179
5.2.5 振动的分解频谱	183
5.3 阻尼振动、受迫振动和共振	186
5.3.1 阻尼振动	186
5.3.2 受迫振动和共振	188
习题	190
第 6 章 波动	193
6.1 关于波动的基本概念	193
6.1.1 波的产生和传播	193
6.1.2 横波与纵波	194
6.1.3 波面和波线	195

6.1.4	波速、波长以及波的周期和频率	196
6.1.5	波动的特征	198
6.2	简谐波	198
6.2.1	平面简谐波和波函数	198
6.2.2	波函数的物理意义	199
6.3	波动方程和波的能量	204
6.3.1	一维波函数的二阶微分形式	204
6.3.2	一维波动方程的动力学推导	204
6.3.3	波的能量	205
6.3.4	能流和能流密度	208
6.3.5	波的吸收	210
6.3.6	声波 超声波 次声波	211
6.4	惠更斯原理与波的传播	212
6.4.1	惠更斯原理	212
6.4.2	波的衍射	213
6.4.3	波的反射和折射	213
6.5	波的干涉	214
6.5.1	波的叠加原理	214
6.5.2	波的干涉现象 相干波 相干波源	215
6.5.3	驻波	218
6.6	多普勒效应	223
6.6.1	多普勒现象	223
6.6.2	机械波的多普勒效应	224
6.6.3	其他波中的多普勒效应	227
	习题	227

第 3 部分 近代物理学 I

第 7 章	狭义相对论	233
7.1	伽利略变换与经典力学的时空观	233
7.1.1	伽利略变换	233
7.1.2	绝对时空观	234
7.2	狭义相对论基本原理 洛伦兹变换	235
7.2.1	狭义相对论产生的历史背景	235
7.2.2	狭义相对论基本原理	236
7.2.3	洛伦兹变换	237
7.3	狭义相对论的时空观	239
7.3.1	同时的相对性	239
7.3.2	时间延缓效应	240

7.3.3 长度收缩效应	240
7.3.4 相对论速度变换	242
7.4 狭义相对论动力学	244
7.4.1 质速关系	244
7.4.2 相对论力学基本方程	246
7.4.3 质量和能量的关系	246
7.4.4 能量和动量的关系	248
习题	249

第 4 部分 热学

第 8 章 气体动理论	253
8.1 平衡态理想气体物态方程	253
8.1.1 物质的微观特征	253
8.1.2 气体的状态参量	255
8.1.3 气体系统的平衡态	256
8.1.4 理想气体状态方程	256
8.2 理想气体的压强和温度	259
8.2.1 理想气体的压强公式	259
8.2.2 温度的微观解释	261
8.2.3 气温和气压	262
8.3 能量均分原理 理想气体的内能	263
8.3.1 自由度	263
8.3.2 能量均分原理	265
8.3.3 理想气体的内能	265
8.4 麦克斯韦速率分布律	267
8.4.1 速率分布函数	267
8.4.2 麦克斯韦速率分布律	269
8.4.3 麦克斯韦分布律下三种特征速率	270
8.5 气体分子的平均自由程	271
*8.6 范德瓦耳斯方程	274
8.6.1 分子自身体积引起的修正	274
8.6.2 分子间引力引起的修正	274
8.7 气体内的迁移现象	276
8.7.1 黏滞现象	276
8.7.2 热传导现象	277
8.7.3 扩散现象	278
习题	279

第 9 章 热力学基础	281
9.1 功 热量和内能	282
9.1.1 准静态过程	282
9.1.2 功热量与内能	282
9.2 热力学第一定律	284
9.3 摩尔热容 理想气体的等容过程和等压过程	284
9.3.1 热容量	284
9.3.2 等容过程	285
9.3.3 等压过程	286
9.4 理想气体的等温过程和绝热过程	287
9.4.1 等温过程	287
9.4.2 绝热过程	287
9.5 循环过程 卡诺循环	290
9.5.1 循环过程	290
9.5.2 卡诺循环	291
9.6 热力学第二定律	294
9.6.1 热力学第二定律的两种表述	294
9.6.2 可逆过程和不可逆过程	295
9.6.3 卡诺定理	296
9.7 熵 熵增原理	297
9.7.1 熵	297
9.7.2 熵增原理	298
9.8 热力学第二定律的统计意义	299
9.8.1 热力学第二定律的统计意义	299
9.8.2 熵的微观意义	301
习题	301
气象物语 D 相变热力学简介	305
D.1 相变的一般特征	305
D.2 气液的相变	306
D.3 固液的相变	308
D.4 固气的相变	309
D.5 克拉佩龙方程	310
部分习题参考答案	311
参考文献	318

第1部分

力 学

力学是物理学的重要组成部分，也是物理学大厦的基础。整个世界都是物质的，一切物质都在做永不停息的运动。物质的运动是绝对的，运动是物质的存在方式。力学是研究物质机械运动规律的一门科学。机械运动既是自然界中最简单、最普遍的一种运动形式，同时又是一种最基本的运动形式。**机械运动**是指物体的位置随时间改变，或物体内部某一部分相对于其他部分的位置随时间变化的过程。例如，大气气团的移动和变形、车辆的行驶、机器的运转、宇宙飞船的航行、天体的斗转星移等都是物体的机械运动。

经典力学研究的是在弱引力场中宏观物体的低速运动。根据研究的需要，通常把力学分为运动学、动力学和静力学三部分。**运动学**的任务是描述物体在空间的位置随时间的变化规律，而不涉及运动状态变化的原因。**动力学**则研究物体的运动与物体间相互作用的内在联系。**静力学**研究物体在相互作用下的平衡问题。

力学是许多自然科学学科的基础，特别是大气科学的重要学科基础，与其有着密切的理论联系并提供强有力的专业支撑。

科学解释天气演变的规律必须研究大气运动的力学规律，一系列重大的灾害性天气(如风暴、寒潮、台风、暴雨)也都是大气运动的直接或间接产物。大气动力学就是以流体力学和热力学基本原理为基础，根据地球大气的特点，运用数学分析方法，研究大气运动和天气演变规律的一门大气科学的分支。

数学是物理学的自然语言。为简明准确地描述力学规律，引入矢量这一数学工具是完全科学和必然的，将矢量和微积分结合起来刻画物体的运动规律，既简明准确，又具有普遍性。

第1章 质点运动学

质点运动学是大气运动学的基础。在大气科学中,大气的宏观机械运动就是大量空气分子所组成的空气微团的机械运动。相对于大气运动的规模,每个空气微团的几何尺寸是充分小的,可以把空气微团看成具有一定质量的几何点,称为**空气质点**。在大气运动学中,常常引入空气质点的流线和轨迹来描述大气运动状况。科学分析大气运动的力学规律必须掌握普通质点的运动描述方法。

1.1 质点和参考系

1.1.1 质点

由于客观物体是多种多样的,物体的运动形式又是复杂多变的,所以在描述物体的具体运动时,必须结合一定的物理条件,建立一些理想的物理模型,凸显出物体运动的主要规律,这样的处理方式能够使被研究的问题变得简单。

对于物质的机械运动,首先要确定从哪类物体开始研究。科学认识论告诉我们,对事物的认识总是从简单到复杂。因为复杂的事物往往是由简单的事物组成的。在机械运动中的一般物体可看作是由最简单的物体对象组成的,这些物体对象称为**质点**。质点就是在一定的条件下,将物体抽象为一个具有一定质量的几何点,是物体的一种理想化模型。被视为质点的物体,它的形状和大小可以忽略不计,但必须考虑该物体的质量,且质量全部集中在这个几何点上。在力学中还有一些类似的理想化模型,如刚体模型、谐振子模型等。

在实际物理问题的研究中,什么样的物体可以作为质点模型?

第一,自然界的一切物体都有一定的大小和形状,但在所研究的物理问题中,当一个物体的大小和形状相对于其运动的空间尺度小很多时,该物体就可以近似地当作质点处理。但要注意的是,对于同一物体,由于研究问题的不同,有时可以看作质点,有时则不能。例如,研究地球围绕太阳的公转,地球的几何尺度远远小于公转轨道的尺度(约 10^{-4} 倍),地球上的各点相对于太阳的运动可以认为是近似相同的,此时地球可看作质点。而研究地球的自转,地球上的各个不同部分在运动过程中具有不同的轨道,且任何一个瞬间不同部分的运动快慢以及这种快慢变化也都是不同的,此时地球就不能看成质点,而应看成质点系。

第二,如果物体是刚性的且所做的运动是平动(物体上任意一条直线的空间取向始终保持不变),即物体内所有点的运动规律完全相同,所有点的运动轨迹相互平行,物体整体运动规律与物体内任意点运动规律相同,那么平动中的刚体可看成一个质点。例如,在水平地面上平动的箱子,虽然箱子运动的空间尺度可能并不比箱子的空间尺度大很多,但由于箱子是在平动,所以箱子的运动可看成箱子所有质量集中在与其相关的任意一个点(即质点)的运动,这一点常常取箱子的质心。

第三,在实际的研究中,物体往往不能看成质点,但却可看成由许多质点组成的质点系。

掌握了质点力学的研究方法,就可以进一步去研究质点系力学和刚体力学,这种关系体现了科学认识和科学研究的层次性和递进性。

从这三方面可以看出研究质点机械运动的重要意义。对于非质点的物体对象,还可以继续建立起相似意义的理想模型,方便问题的研究。

在物理学中处理一些较为复杂的问题时,在保证所研究问题性质不变的前提下,往往采用一些简化的处理方式,即依据问题的性质,抓住事物的主要矛盾,忽略一些次要因素,建立一个理想化的模型来代替实际的研究对象,进而使问题大大简化。这是一种常用的科学研究方法。质点模型就是这种科学方法在本章的一个实际应用。刚体是另一个理想化的力学模型,即质点间距离始终保持不变的质点系。真实物体受力以后都会变形,当物体的变形和运动尺度相比小得多时,则可简化为刚体。刚体机械运动研究比质点的机械运动研究复杂,但比流体力学的研究要简单一些。

1.1.2 参考系

所有的物质都是以运动的形式存在的,这表明物质运动的绝对性。但相对不同的物体去描述同一物体的运动却是不一样的,这是运动描述的相对性。为了避免描述上的混乱,在描述一个物体的运动时必须选定另一个物体或几个相互间保持相对静止的物体群作为参考物。只有先选定了参考物,才能明确地描述被研究物体的运动情况。这些被选作参考的物体或物体群,称为**参考系**。例如,研究地球相对于太阳的运动,常将太阳作为参考系;研究气团的运动,常选地面或相对地面静止的建筑物群作为参考系。

在描述质点运动时,参考系的选择往往是任意的。对同一物体的同一运动,选择不同的参考系,对该运动的描述是不同的,运动的描述与参考系的选择有关,即运动的描述是相对的。在研究物体运动时,往往根据问题的性质、计算和处理的方便来决定参考系的选择。例如,对于人造卫星的运动描述,既可以选择地球为参考系,这时卫星的运动轨迹是圆或椭圆;当然也可以选太阳作为参考系,则卫星的运动轨迹是以地球公转轨迹为轴线的螺旋线。显然,对于同一卫星同一运动的描述,参考系选择的不同,运动的描述是不相同的。但在这个问题中,人们往往会优先考虑选择地球作为参考系,因为这样选择,会使卫星运动的描述较为简单,方便问题的计算和处理。

1.1.3 坐标系

为了定量描述被研究物体的空间位置,就必须在参考系上建立**坐标系**。参考系确定后,在参考系上选择适宜的坐标系,便于用数学方式描述物体在空间的相对位置。在力学中常见的坐标系有直角坐标系、平面极坐标系、柱坐标系、球坐标系、自然坐标系等。

如果坐标系相对于参考系固定不动,称该坐标系与参考系**固连**。经常令坐标系与参考系固连,这时可用坐标系来表征参考系。

常用的直角坐标系的原点 O 可取在参考系的一个固定点上,从 O 点顺次引出三个相互垂直的坐标轴,按右旋关系的次序分别标以 x 、 y 、 z 轴,在每一轴上分别取单位矢量 \hat{i} 、 \hat{j} 、 \hat{k} 作为基矢,如图 1-1 所示。坐标系的选择和参考系的选择类似,它们的选择都是任意的,当然应该选择方便问题分析的坐标系。

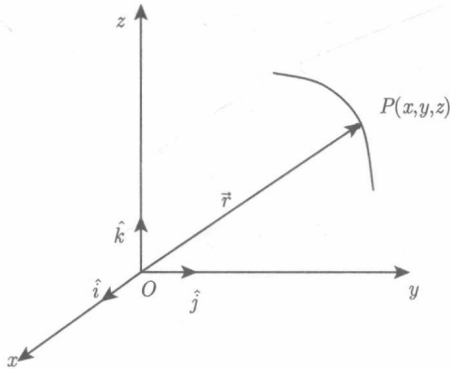


图 1-1 直角坐标系

应当注意,在描述质点的运动时,当参考系确定后,该质点的运动规律就确定了。但在该参考系中建立起的不同坐标系,对该运动规律描述的变量及变量随时间变化的表达式是不同的。

1.2 描述质点运动的物理量

1.2.1 时间和空间

研究物体的机械运动,首先要解决物体机械运动的描述问题,然后才能进一步研究物体机械运动的物理机制。物体的机械运动总是发生在一定的时间、空间中,时间表征了物体运动的持续性,而空间则表征了物体运动的广延性。

1967年,第十三届国际计量大会决定采用铯原子钟作为新的时间计量基准,定义1s的长度等于与铯133原子基态两个超精细能级之间跃迁相对应的辐射周期的9192631770倍。这个跃迁频率测量的准确度达到 $10^{-12} \sim 10^{-13}$ Hz。时间的测量精度还在不断提高,这对研究物质的运动具有重要的科学意义和技术价值。

宇宙是在大约 $(1.0 \sim 2.0) \times 10^{10}$ 年前的一次大爆炸中诞生的。用秒来表示,宇宙的年龄具有 10^{17} 的数量级。太阳的年龄约 5×10^9 年,地球的年龄为 4.6×10^9 年,即 10^{17} 秒的数量级。在距今 $(3.1 \sim 3.2) \times 10^9$ 年前,出现了能够进行光合作用的原始藻类,距今 $(7 \sim 8) \times 10^8$ 年(10^{16} s)前形成了富氧的大气层。古人类出现在距今 $(2.5 \sim 4) \times 10^6$ 年(10^{14} s)前,而人类的文明史只有5000年(10^{11} s)。人的寿命通常不到一百年(10^9 s)。在微观世界,中子寿命约15min(10^3 s数量级), μ 子寿命的数量级为 10^{-6} s, π^\pm 介子为 10^{-8} s, τ 子为 10^{-13} s, π^0 介子为 10^{-17} s。 Z^0 介子的寿命最短,为 10^{-25} s的量级。宇宙间各种事物的时间标度跨越了43~44个数量级。

1889年,第一届国际计量大会通过:将保藏在法国国际计量局中铂铱合金棒在 0°C 时两条刻线间的距离定义为1m,这是长度计量的实物基准。1960年,第十一届国际计量大会决定用氪86原子的橙黄色光波来定义“米”,规定米为这种光的波长的1650763.73倍,实现了长度的自然基准。1983年10月,第十七届国际计量大会通过:1m是光在真空中在 $1/299792458$ s的时间间隔内运行路程的长度,同时规定了真空中的光速值 $c = 299792458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。