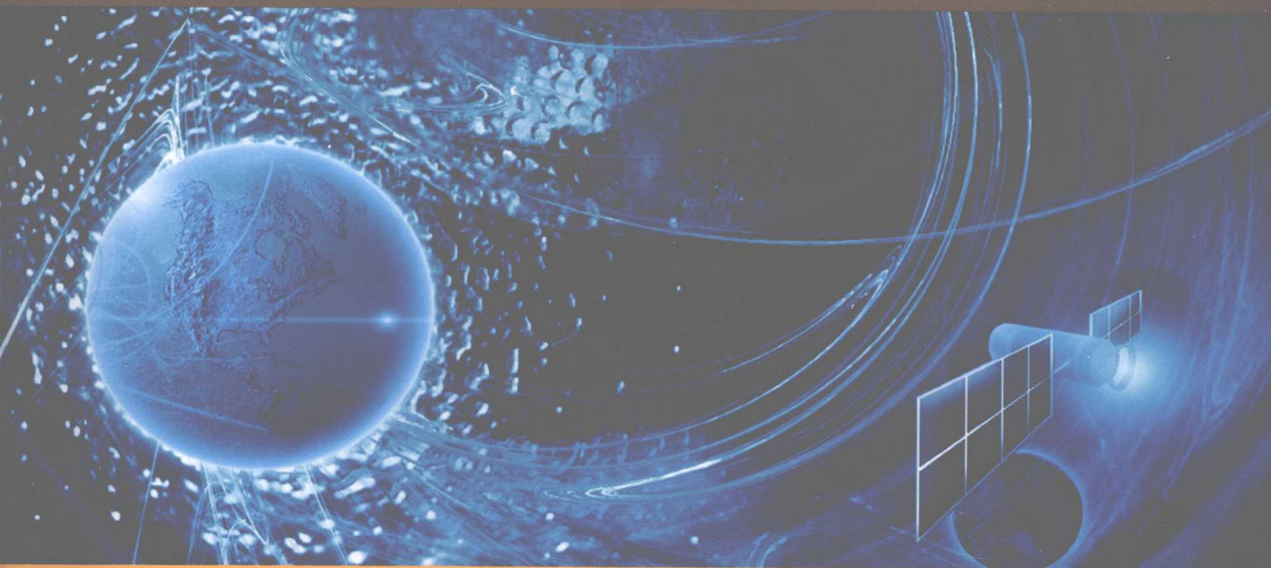




普通高等教育“十一五”规划教材



普通物理教程

(上册)

宋庆功 主编



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

普通物理教程

(上册)

主 编 宋庆功

副主编 谭红革 张小娟
徐 舟 梁春恬

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是编者在多年教学实践的基础上,结合近几年的教学成果,根据《理工科类大学物理课程教学基本要求、理工科类大学物理实验课程教学基本要求(2008年版)》编写的,全书分为上、下两册。上册包括力学基础、振动与波动学基础、光学基础、热学基础四篇。下册包括电磁学、近代物理基础、物理学与高新技术专题三篇。配套的学习辅导教材——《普通物理学习辅导精析》同期出版。

本书适合普通高等院校理工科非物理专业学生学习使用,也可作为教师参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理教程.上册/宋庆功主编. —北京:科学出版社,2009
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-03-023008-9

I. 普… II. 宋… III. 普通物理学-高等学校-教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 142198 号

责任编辑:胡云志 / 责任校对:张 琪
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009 年 1 月第一次印刷 印张: 18 1/2

印数: 1—8 000 字数: 348 000

定价: 56.00 元(全两册)

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

编 委 会

编委会主任

中国民航大学:宋庆功

编委会委员单位及委员

中国民航大学:朱 晨 徐 舟 谭红革 郭松青

天津城市建设学院:王振坡 梁春恬

河北建筑工程学院:王瑞军 苏景顺

天津商业大学:王 瑞

前 言

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用及其转化规律的自然科学分支。作为基础学科,它的基本概念、基本理论与基本方法总是毫无例外地成为其他学科和工程技术领域的基础。物理学的新发现及其引发的新概念、新理论常常为新的学科或学科分支的发展指明方向。人类历史上重要的技术革命都是以物理学革命引发的科学革命为先导的。因此,在众多科学和工程技术学科中,物理学始终发挥着独特的、不可替代的作用。2004年6月,联合国大会通过决议,将2005年定为“世界物理年”。国际纯粹与应用物理联合会(IUPAP)和各国于2005年举办了全球性的纪念活动。这无论在世界历史上,还是在物理学发展史上都是绝无仅有的。这也表明,物理学的基础地位是毋庸置疑的。

以物理学基础知识为主要内容的大学物理(或普通物理)课程,是普通高等学校非物理类理工科专业的重要基础课。它的作用一方面在于为学生较系统地打好必要的物理基础;另一方面在于使学生初步学习科学的思维方法和发现问题、研究问题的方法。对学生而言,这些都起着建立较完整的物质世界图像和科学的世界观,提高科学素质,培养创新意识和探索精神,增强实践能力的重要作用。大学物理课程的学习,不仅对学生在校学习和发展起着重要作用,而且对他们毕业后的工作、学习和发展都将产生深远的影响。

本教程是编者在多年教学实践的基础上,根据教育部教学指导委员会最新公布的“理工科类大学物理课程教学基本要求”编写的,可供非物理类理工科专业教学使用。在编写中力求做到:

(1) 根据当代科学技术的发展和人才培养的需要,确保了经典物理内容的覆盖面和深度,适当地加强了近代物理和高新技术内容及教学要求,有选择地介绍一些物理学前沿知识和发展动态,以拓宽学生的视野,激发他们的求知欲望。

(2) 科学、准确地阐述物理学基本概念、基本规律和基本方法。同时,尽可能多地介绍物理学在科学技术的应用,以展示物理学在科学技术发展中的重要作用,以及它与生产和生活实际的紧密联系。对典型的解题思路与方法进行概括和总结,培育学生运用物理学知识解决实际问题的能力。

(3) 在尽可能地加强与中学物理的衔接、与相关大学数学课程协同的前提下,根据教学内容的可接受性难易程度,设计教学内容顺序。例如,将光学放在波动学之后;将气体动理论放在了热力学之后;将相对论和量子物理基础单独作为一篇;

将激光、分子与固体、半导体、超导体、液晶和亚原子物理等作为物理学与高新技术专题一篇。

(4) 在对物理学内容的阐述中,以状态量与过程量的性质与区别为主线,尝试将物理学规律按因果关系进行表述,即将系统状态变化视为结果,将相应的物理过程视为产生结果的原因。试图由此展示物理学规律与事物发生、发展的普遍规律的相似性,引导学生消除对“物理学”的神秘感、初步理解“悟物及理”的深刻内涵。

(5) 物理框架清晰而完整,逻辑推理简捷而严谨,名词术语、插图表格科学规范,文字简明,语言流畅,增强内容的可读性。既有利于教师教,更有利于学生学。

本教程分为上、下两册,并配有学习辅导教材——《普通物理学习辅导精析》。上册包括:力学基础、振动与波动学基础、光学基础、热学基础四篇。下册包括:电磁学、近代物理基础、物理学与高新技术专题三篇。各章配有难易程度不同的习题,供教学选用。标有*号的章节是供选择学习的内容。《普通物理学习辅导精析》包括:各章的学习基本要求、内容概述、重点与难点分析、典型例题与解题指导、练习题。书后附练习题参考答案,教材习题答案。全书和学习辅导教材均采用国际单位制(SI)。

全书由宋庆功提出编写计划,由中国民航大学、天津城市建设学院、河北建筑工程学院、天津商业大学的教师联合编写。参加本册编写的有:谭红革、武爱青、徐舟、姚橙、梁春恬、张小娟、杨广武、冯志辉、李灵侠、李文清、康建海。谭红革、张小娟、徐舟、梁春恬任副主编,参加了本册书部分章节的统稿定稿;宋庆功任主编,负责全书的统稿定稿。

本书编写过程中得到中国民航大学、天津城市建设学院、河北建筑工程学院、天津商业大学教务处的的大力支持,特致谢意。

由于编者学识所限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2008年5月



科学出版社 高等教育出版中心

教学支持说明

科学出版社高等教育出版中心为了对教师的教学提供支持，特对教师免费提供本教材的电子课件，以方便教师教学。

获取电子课件的教师需要填写如下情况的调查表，以确保本电子课件仅为任课教师获得，并保证只能用于教学，不得复制传播用于商业用途。否则，科学出版社保留诉诸法律的权利。

地址：北京市东黄城根北街 16 号，100717

科学出版社 高等教育出版中心数理出版分社 昌盛（收）

联系方式：010-64015178 010-64033787(传真)mph@mail.sciencep.com

登陆科学出版社网站：www.sciencep.com “教材天地”栏目可下载本表。

请将本证明签字盖章后，传真或者邮寄到本社，我们确认销售记录后立即赠送。

如果您对本书有任何意见和建议，也欢迎您告诉我们。意见一旦被采纳，我们将赠送书目，教师可以免费赠书一本。

证 明

兹证明 _____ 大学 _____ 学院 / _____ 系
第 _____ 学年 上 下学期开设的课程，采用科学出版社出版的
_____ / _____（书名/作者）作为上课教
材。任课老师为 _____ 共 _____ 人，学生 _____ 个
班共 _____ 人。

任课教师需要与本教材配套的电子教案。

电 话： _____

传 真： _____

E-mail： _____

地 址： _____

邮 编： _____

学院/系主任： _____（签字）

（学院/系办公室章）

_____ 年 _____ 月 _____ 日

目 录

前言

第一篇 力学基础

第 1 章 质点运动学	3
1.1 质点 参考系 坐标系 时间	3
1.2 位置矢量 运动学方程 位移和路程	4
1.3 速度和加速度	6
1.4 直线运动	9
1.5 平面曲线运动 运动叠加原理.....	11
1.6 法向加速度和切向加速度 圆周运动.....	14
1.7 相对运动.....	19
习题 1	21
第 2 章 牛顿运动定律	23
2.1 牛顿运动定律.....	23
2.2 几种常见的力.....	25
2.3 牛顿运动定律的应用.....	27
2.4 惯性系与非惯性系 伽利略相对性原理.....	30
习题 2	33
第 3 章 动量与角动量	35
3.1 动量定理.....	35
3.2 动量守恒定律.....	38
* 3.3 质心运动定理.....	41
* 3.4 火箭飞行原理.....	42
3.5 质点的角动量.....	44
习题 3	49
第 4 章 机械能	51
4.1 功与功率.....	51
4.2 动能定理.....	54

4.3 保守力 势能	57
4.4 功能原理 机械能守恒定律	62
习题 4	66
第 5 章 刚体与流体的运动	68
5.1 刚体运动的描述	68
5.2 刚体的角动量和转动惯量	71
5.3 转动定律及其应用	75
5.4 转动中的功和机械能	78
5.5 角动量守恒定律	80
* 5.6 进动	83
5.7 流体的压强	84
5.8 流体静力学	86
5.9 理想流体的定常流动	87
5.10 经典力学的局限性	90
习题 5	91

第二篇 振动与波动学基础

第 6 章 机械振动	97
6.1 简谐振动的基本特征	97
6.2 描述简谐振动的物理量	99
6.3 简谐振动的描述方法	104
6.4 简谐振动的能量	106
6.5 简谐振动的合成	107
6.6 阻尼振动 受迫振动	112
习题 6	114
第 7 章 机械波	117
7.1 机械波的产生和传播	117
7.2 描述波的物理量	119
7.3 简谐波及波函数	120
7.4 波的能量密度和能流密度	126
7.5 惠更斯原理 波的衍射	128
7.6 波的叠加原理 波的干涉	130
7.7 驻波	132
* 7.8 声波	135

7.9 多普勒效应	137
习题 7	138

第三篇 光学基础

第 8 章 几何光学基础	143
8.1 几何光学的基本定律和费马原理	143
8.2 光在单球面上的近轴成像	145
8.3 薄透镜	151
8.4 常用光学仪器	153
习题 8	156
第 9 章 光的干涉	157
9.1 相干光	157
9.2 波阵面分割法双光束干涉	159
* 9.3 时间相干性和空间相干性	164
9.4 振幅分割法薄膜干涉(一)等厚干涉	166
9.5 振幅分割法薄膜干涉(二)等倾干涉	172
9.6 干涉仪 干涉现象的应用	177
习题 9	181
第 10 章 光的衍射	183
10.1 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	183
10.2 单缝的夫琅禾费衍射	185
10.3 圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	189
10.4 光栅衍射	191
10.5 X 射线的晶体衍射	197
10.6 全息照相原理	199
习题 10	201
第 11 章 光的偏振	203
11.1 自然光与偏振光	203
11.2 起偏器和检偏器 马吕斯定律	205
11.3 反射光和折射光的偏振态	207
11.4 光的双折射	210
* 11.5 偏振光的干涉	214
* 11.6 旋光现象	218
* 11.7 光的吸收 色散和散射	219

习题 11	221
-------------	-----

第四篇 热学基础

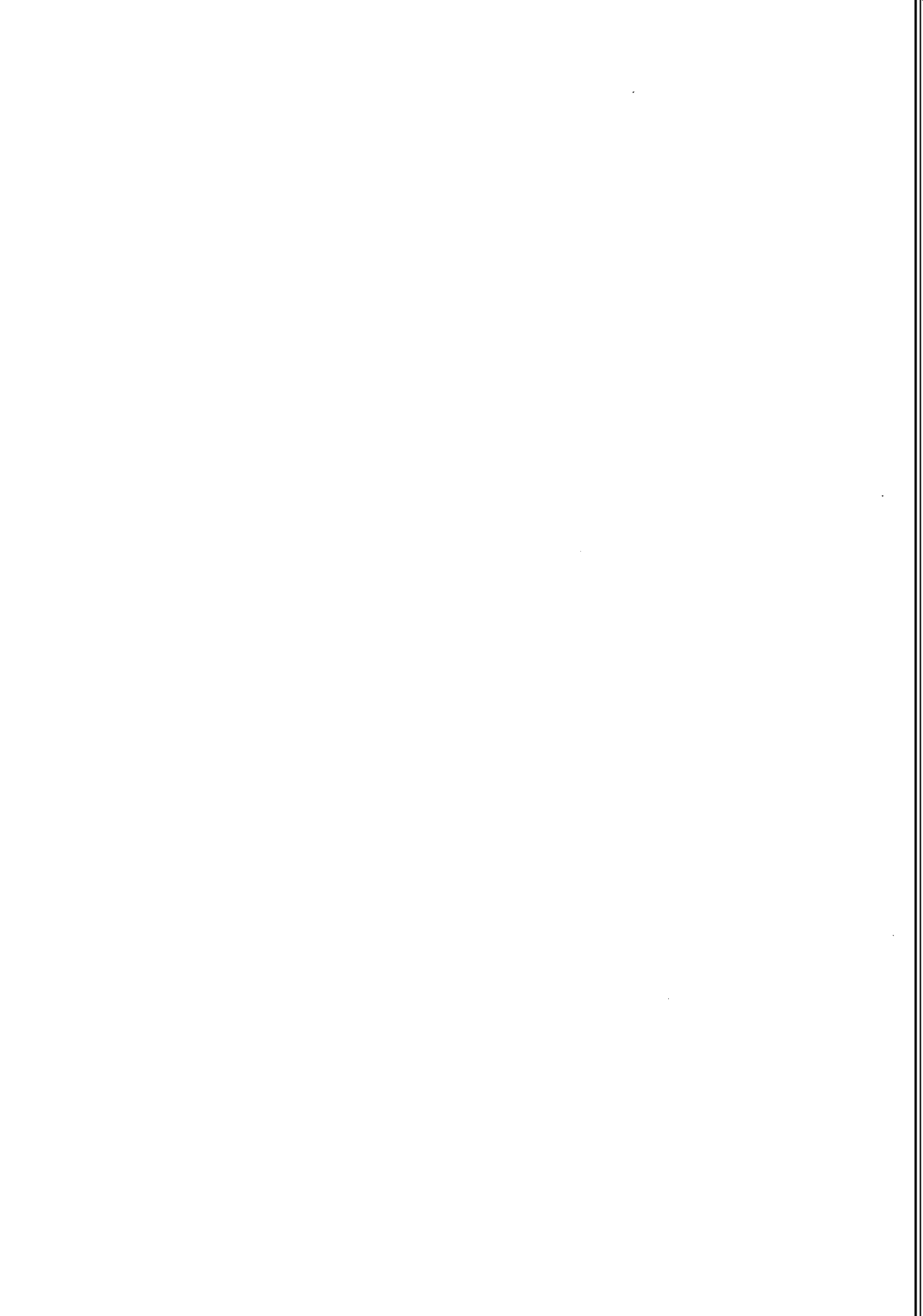
第 12 章 热力学基础	225
12.1 平衡态 理想气体状态方程	225
12.2 功 热量 内能	227
12.3 热力学第一定律	229
12.4 气体的摩尔热容	230
12.5 热力学第一定律对理想气体的应用	232
12.6 绝热过程	234
12.7 循环过程 卡诺循环	237
12.8 热力学第二定律	240
12.9 可逆过程与不可逆过程 卡诺定理	242
12.10 熵增加原理	245
12.11 真实气体的性质	248
习题 12	251
第 13 章 气体动理论	255
13.1 理想气体的压强	255
13.2 理想气体的温度与分子平均平移动能的关系	257
13.3 能量均分定理 理想气体的内能	259
13.4 麦克斯韦速率分布	263
13.5 玻尔兹曼分布	267
13.6 热力学第二定律和熵的统计意义	269
13.7 碰撞频率和平均自由程	271
13.8 气体的输运现象与规律	273
习题 13	276
参考文献	278
附录 A 国际单位制 量纲	279
A.1 国际单位制	279
A.2 量纲	281
附录 B 常用基本物理常量和银河系常用参量	283

第一篇 力学基础

在物质的千变万化、各式各样的运动中,有一类是人们经常遇到的最简单、最基本的运动形式,这就是机械运动.机械运动是指物体间或物体各部分之间的相对位置的变化.力学是研究机械运动规律及其应用的物理学分支.

力学与人们的生活和生产实践有非常密切的联系.在物理学的发展进程中,力学是最先发展起来、理论体系最为完整的分支之一.在古代,我国劳动人民就积累了相当丰富的关于力学知识的生产技术经验,对力学的某些科学概念、原理就有了一定认识.在《墨经》、《论衡》、《天工开物》等书中,就已经有力、滚动摩擦、功等概念的记载.但在中世纪,生产发展缓慢,力学发展几乎停滞不前.到了16~17世纪,在欧洲力学开始发展成为一门系统的、独立的学科.17世纪后期,在生产的推动下,经过开普勒、伽利略、笛卡儿、惠更斯等的努力,力学的实验基础已经建立起来.17世纪牛顿出版了力学的集大成之作《自然哲学的数学原理》,这标志着力学理论体系的基本确立.经过牛顿的分析、总结和概括,提出了力学的基本定律,奠定了经典力学基础.在牛顿以后的100余年里,力学在物理学中一直占据支配地位,并逐步开辟了流体力学、刚体力学、弹性力学和分析力学等一系列新的力学分支.到了20世纪,又诞生了一些新的力学分支,如量子力学、相对论力学等.

本篇所讨论的力学是指经典力学.通常把力学分为运动学、动力学、静力学.运动学只研究物体在运动过程中位置及其变化与时间的关系;动力学所研究的是物体的运动与物体间相互作用的关系;静力学则研究物体在相互作用下的平衡问题,本书只按动力学的特例处理,不做专门讨论.



第 1 章 质点运动学

质点运动学主要研究质点的运动状态及状态变化的描述方法、不涉及状态变化的原因. 本章要求掌握位置矢量、位移、速度和加速度等描述质点运动状态和运动状态变化的物理量, 能熟练地计算质点做曲线运动的速度、加速度, 能计算质点圆周运动的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度, 理解相对速度和相对加速度.

1.1 质点 参考系 坐标系 时间

1.1.1 质点

任何实际的物体, 大至宇宙中的天体, 小至分子、原子以及基本粒子等, 都具有一定的体积和形状. 在所研究的问题中, 如果物体的体积和形状无关紧要, 就可以把该物体抽象成为一个只有质量而无大小和形状的理想模型, 这种理想模型称为质点. 一个物体能否视为质点, 要根据物体运动的具体情况来确定. 例如, 研究地球绕太阳公转时, 因地球到太阳的距离是地球直径的一万多倍, 故可忽略地球上各点在公转运动中的差异, 将地球视为质点; 而在研究分子热运动的各种能量时, 尽管分子很小, 却不能将其视为质点.

当一个物体不能视为质点时, 如已知组成物体的各质点的运动情况, 则可将其叠加起来, 便可得到整个物体的运动规律. 因此, 质点力学是整个力学的基础.

质点总是占据一定的空间位置, 而且它的位置随时间而变化. 要想准确描述质点的运动, 必须确定参考系, 选定空间坐标系和时间坐标系.

1.1.2 参考系 坐标系

宇宙中的一切物体都在永不停息地运动着, 没有绝对静止的物体, 这就是物质运动的绝对性. 然而, 对于同一物体的同一运动, 由于选取的参考物体不同, 物体的运动状态就会有不同的特点, 这就是运动描述的相对性. 因此, 为了描述一个物体的运动情况, 必须指明该物体的运动是相对于哪一个物体的. 这个被选作参考的物体或物体系称为**参考系**. 参考系的选取, 原则上是任意的. 在实际问题中, 究竟选哪一个物体作参考系, 要根据具体运动的性质和研究问题的方便而定.

为了定量确定物体相对于参考系的位置, 还需在参考系中选择一个与之固定在一起的空间坐标系. 恰当地选取空间坐标系, 可使问题得以简化. 在运动学中, 经常采用的坐标系是直角坐标系. 此外还有平面极坐标系、柱坐标系和球坐标系等, 如图 1-1 所示.

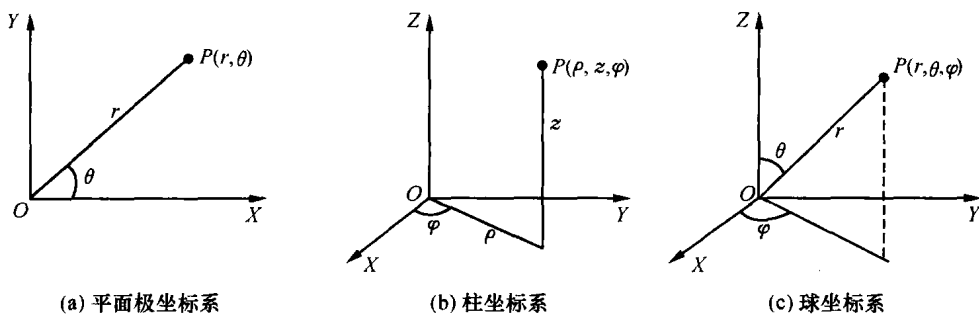


图 1-1 常用坐标系

1.1.3 时刻与时间

在物理学中, 时刻和时间是既有密切联系、又有明显区别的两个不同概念. 常用时间坐标系描述时间. 在时间坐标轴上, 时刻对应一点; 时间对应一段, 即两个时刻的间隔表示一段时间. 在运动学中, 时刻与质点的某一位置对应; 而时间(或说时间间隔)与质点所走过的某一段路径对应.

1.2 位置矢量 运动学方程 位移和路程

1.2.1 位置矢量

在选定参考系和坐标系之后, 就可以定量地描述质点在空间的位置. 由坐标原点指向质点位置的有向线段称为位置矢量, 简称位矢. 在直角坐标系中, 如图 1-2 所示, 位矢 r 的大小代表质点所处位置 P 到原点 O 的距离, r 的方向代表质点相对坐标轴的方位.

设 P 点的坐标为 x, y, z , 则位置矢量 r 在直角坐标系中可表示为

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

式中, $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ 分别为沿 X, Y, Z 轴的单位矢量. 位置矢量 r 的大小为

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

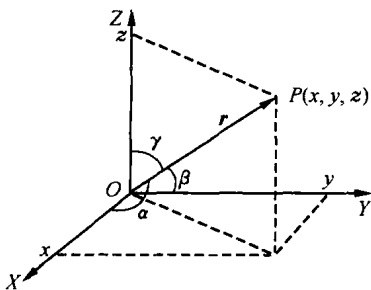


图 1-2 位置矢量

方向余弦为

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

式中 α, β, γ 分别是 r 与 X, Y, Z 轴正方向之间的夹角.

1.2.2 运动学方程

质点在空间运动时,其位矢 r 是随时间 t 变化的,即

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-4)$$

在直角坐标系中,其分量形式为

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \quad (1-5)$$

质点位矢随时间变化的函数关系式(1-4)或式(1-5)称为**运动学方程**.其矢量式(1-4)和分量式(1-5)所反映的物理内容是相同的.用矢量式描述物理规律,不仅方程式的形式比较简洁,而且方程式的形式具有不变性;分量式则更便于具体问题的计算.由式(1-5)消去 t ,便可得到质点运动的**轨道方程**.质点运动轨道为直线时,称为**直线运动**;轨道为曲线时,称为**曲线运动**.

1.2.3 位移和路程

为了描述质点在一段时间内位置的变化,引入位移矢量.设质点沿任意曲线 AB 运动,如图 1-3 所示.在时刻 t 质点位于点 A ,位矢为 r_A ;经过时间 Δt ,质点运动到点 B ,位矢为 r_B .从点 A 到点 B 所引的矢量 \overrightarrow{AB} 称为质点在时间 Δt 内的**位移**.从图 1-3 可以看出,位矢 r_B 与 r_A 之差就是位移,记作 Δr ,即

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \quad (1-6)$$

位移是矢量,既有大小又有方向,其方向由质点初位置指向末位置,其大小记做 $|\Delta r|$,表示质点的末位置与初位置的距离.这一数量不能简写为 Δr ,即 $|\Delta r| \neq \Delta r$,如图 1-4 所示.即使取极限时, $|dr|$ 也不等于 dr .

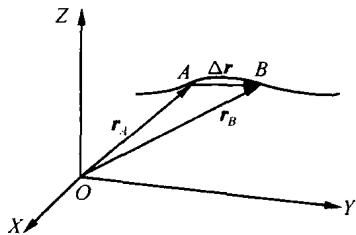


图 1-3 位移

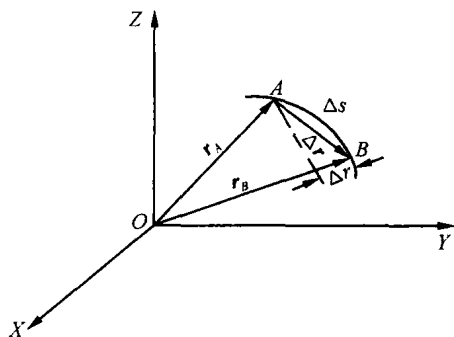


图 1-4 位移和路程

在直角坐标系中,位移 $\Delta \mathbf{r}$ 可用分量表示为

$$\Delta \mathbf{r} = (x_B - x_A)\mathbf{i} + (y_B - y_A)\mathbf{j} + (z_B - z_A)\mathbf{k} \quad (1-7)$$

式中 x_A, y_A, z_A 和 x_B, y_B, z_B 分别为点 A 和点 B 的坐标. 式(1-7)表明位移可由位置坐标的增量来表示. 位移的大小和方向余弦可以用类似于式(1-2)和式(1-3)的公式求出. 在国际单位制(SI)中,位移的单位是米(m). 在本套书后面所述各物理量的单位,如无特别说明,均为国际单位制.

路程是质点运动经过的路径的长度. 质点沿曲线 AB 运动(如图 1-4 所示)时,路程就是 Δs .

位移和路程是两个不同的物理量. 位移 $\Delta \mathbf{r}$ 是矢量,表示质点位置的变化情况,位移大小只取决于始末位置,是质点实际移动的直线距离;而路程 Δs 是标量,表示运动质点所经路径的长度,与初态和末态之间的过程有关. 如果一个人沿 200m 跑道跑了一圈,他在这段时间走过的路程为 200m,位移却为零.

如图 1-4 所示,质点由 A 沿曲线运动到 B,质点在这段时间的路程为弧长 \widehat{AB} ,而它在这段时间的位移大小为线段 AB 的长度. 因而,位移的大小 $|\Delta \mathbf{r}|$ 和路程 Δs 是不相等的,即 $|\Delta \mathbf{r}| \neq \Delta s$. 在特殊情况下,质点做单方向直线运动时,才有 $|\Delta \mathbf{r}| = \Delta s$. 若质点做一般运动,只有当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\Delta \mathbf{r} \rightarrow d\mathbf{r}$, $\Delta s \rightarrow ds$, 才有 $|d\mathbf{r}| = ds$.

1.3 速度和加速度

1.3.1 速度

速度是描述质点运动快慢程度和运动方向的物理量. 为了描述质点在各个时刻的速度,首先引入平均速度的概念.

如果质点在 t 到 $t + \Delta t$ 时间内的位移为 $\Delta \mathbf{r}$,则质点在这段时间内的平均速度定义为

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

显然,平均速度是矢量,它描述了质点在一段时间内位移的平均变化,其方向和位移 $\Delta \mathbf{r}$ 的方向相同,其大小为 $|\Delta \mathbf{r}|/\Delta t$.

平均速度只反映了质点在一段时间内或一段位移内运动的平均快慢程度和方向. 如果想知道质点在某一时刻或某一位置的运动状态,须引入瞬时速度的概念. 在平均速度定义式中, Δt 越小,则在这段时间里的平均速度就越接近时刻 t 的真实速度. 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,平均速度的极限就是质点在时刻 t 的瞬时速度,简称速度,即

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (1-8)$$