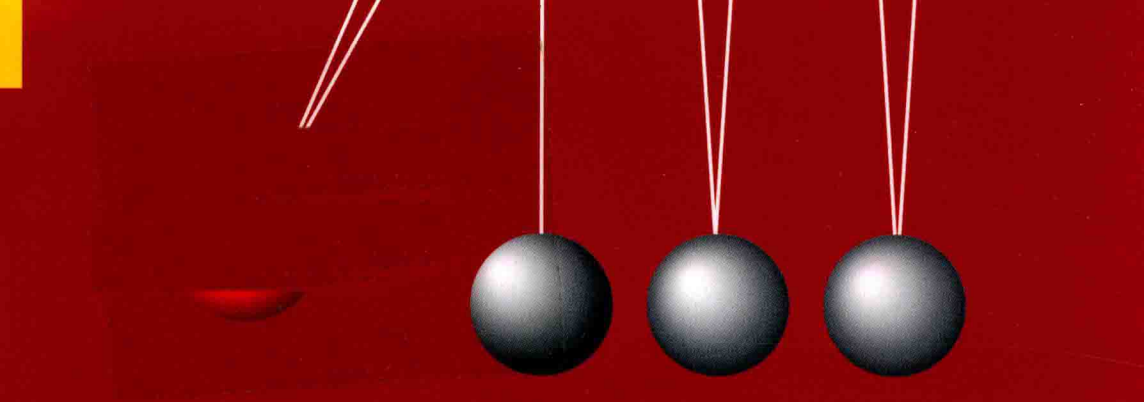




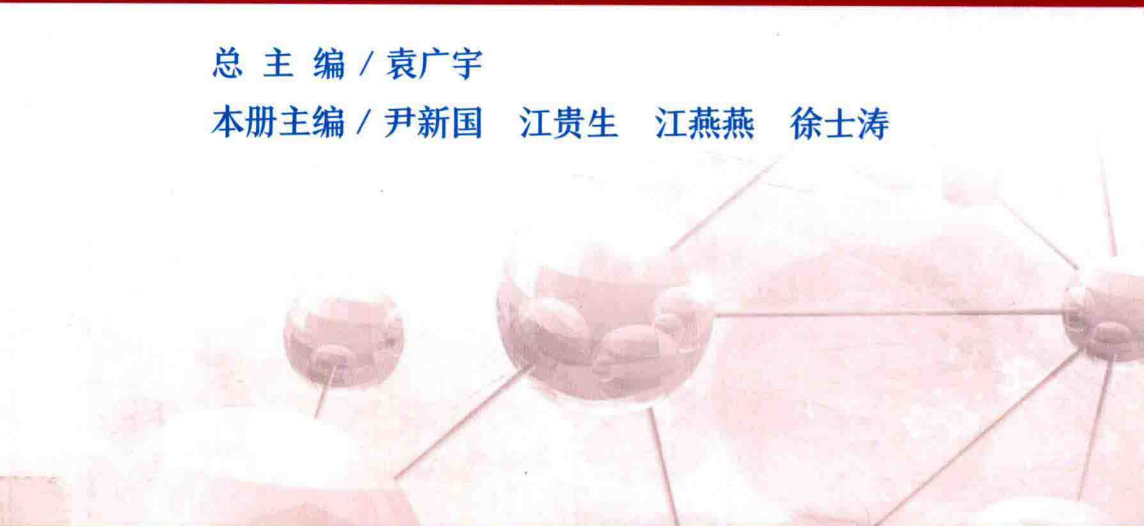
普通高等学校省级规划教材

大学物理学 上册

University Physics

总 主 编 / 袁广宇

本册主编 / 尹新国 江贵生 江燕燕 徐士涛



中国科学技术大学出版社

学校省级规划教材

大学物理学 上册

University Physics

总主编 / 袁广宇

本册主编 / 尹新国 江贵生 江燕燕 徐士涛

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是根据教育部 2006 年颁发的“非物理类理工学科大学物理课程教学基本要求”,结合目前大学物理课程学时设置的实际情况编著的.在编著过程中秉承了体系完整、结构合理、简明扼要、化难为易以利于学生理解接受的原则.

《大学物理学》分上、下两册.上册包括力学(1~5 章)、气体动理论和热力学基础(6~7 章),下册包括电磁学(8~13 章)、光学(14~16 章)和量子力学基础(17~19 章).本书为上册,建议安排 108~126 学时.

本书可作为高等学校理工科非物理专业全日制大学生大学物理课程的教材,也可作为有关教师和相关技术人员的参考书.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册/尹新国,等主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2018.2
ISBN 978-7-312-04289-8

I. 大… II. 尹… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 324564 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<https://zgkxjsdxcs.tmall.com>
印刷 安徽国文彩印有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 11
字数 222 千
版次 2018 年 2 月第 1 版
印次 2018 年 2 月第 1 次印刷
定价 25.00 元

《大学物理学》编委会

总 主 编 袁广宇

副 主 编 尹新国 江贵生

编 委 (以姓氏笔画为序)

马业万	王 玮	公丕峰	尹训昌
刘万芳	刘建军	刘树龙	江燕燕
李 兵	李 宏	李 娟	吴义恒
吴兆旺	何君琦	何 敏	张丽琴
张金峰	张 峰	陈春霞	赵春然
袁五届	徐士涛		

前 言

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式以及相互作用的自然科学,它的基本理论渗透在自然科学的各个领域,应用于生产技术的许多部门,是其他自然科学和工程技术的基础.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一门重要的通识性必修基础课.

通过大学物理课程的教学,应使学生对物理学的基本概念、基本理论和基本方法有比较系统的认识 and 正确的理解,为学生进一步学习打下坚实的基础.在大学物理课程的各个教学环节中,都应在传授知识的同时,注重学生分析问题和解决问题能力的培养,注重学生探索精神和创新意识的培养,努力实现学生知识、能力、素质的协调发展.

本书编著者长期从事大学物理教学及其研究工作,熟悉大学物理的教学内容、教学体系和教学规律.本书借鉴了国内外近年出版的相关教材的优点,吸纳了编著者多年来的教学研究成果,既注重对基础理论的阐述,又注重对近现代物理学知识和观点的介绍.全书的篇、章、节结构,在保证理论体系完整的基础上,力求简明扼要,难度适中;在内容的阐述和分析上,将抽象演绎与定性归纳相结合,降低了数学计算难度,增加物理内涵分析,适当增加定性分析与半定量的分析;例题的选取注重代表性,习题的选取注重题型的多样性和知识点的覆盖面;节选的阅读材料有助于拓展学生的视野,激发学生的学习兴趣.

全书单位采用国际单位制,书中物理量的名称和符号尽量采用国家现行标准.

本书由淮北师范大学和安庆师范大学联合编著,具体编写分工如下:第1、2、3、4章由尹新国和徐士涛编著,第5章由江燕燕编著,第6、7、8、9、10、11、12、13章由江贵生和袁广宇编著,第14、15、16章由李娟编著,第17、18、19章由刘树龙编著.袁广宇、尹新国、江贵生共同审阅了全部书稿.

本书在出版过程中得到了淮北师范大学物理与电子信息学院、安庆师范大学物理与电气工程学院、中国科学技术大学出版社的大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢.

由于编著者的学识水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请广大读者不吝赐教,以便再版时修改.

作者

2017年6月18日

目 录

前言	(i)
----------	-------

第一篇 力学

第 1 章 运动学	(2)
1.1 质点运动的描述	(2)
1.1.1 参考系	(2)
1.1.2 质点模型	(3)
1.1.3 位置矢量	(3)
1.1.4 运动学方程	(4)
1.1.5 位移	(5)
1.1.6 速度	(7)
1.1.7 加速度	(10)
1.2 直线运动、圆周运动和一般曲线运动	(12)
1.2.1 直线运动	(12)
1.2.2 抛体运动	(14)
1.2.3 圆周运动	(16)
1.2.4 一般曲线运动	(19)
1.3 相对运动	(21)
1.3.1 平动参考(照)坐标系	(21)
1.3.2 绝对速度、牵连速度和相对速度	(22)
1.3.3 伽利略变换	(24)
习题 1	(25)
第 2 章 质点(系)动力学	(27)
2.1 牛顿运动定律	(27)
2.1.1 常见的力	(27)
2.1.2 四种基本力	(30)
2.1.3 牛顿运动定律	(31)
* 2.2 非惯性系质点动力学	(34)
2.3 动量定理与动量守恒定律	(35)

2.3.1 质点的动量定理与动量守恒定律	(36)
2.3.2 质点系的动量定理与动量守恒定律	(38)
2.3.3 质心运动定理	(39)
2.4 动能定理、功能原理和机械能守恒	(41)
2.4.1 功、功率、质点的动能定理	(41)
2.4.2 保守力与势能	(43)
2.4.3 质点系的动能定理	(45)
2.4.4 功能原理和机械能守恒定律	(46)
2.5 碰撞	(47)
2.5.1 完全弹性碰撞	(48)
2.5.2 完全非弹性碰撞	(48)
2.6 角动量(动量矩)定理与角动量守恒定律	(49)
2.6.1 质点的角动量(动量矩)定理与角动量守恒	(50)
2.6.2 质点系的角动量定理与角动量守恒	(52)
习题2	(53)
第3章 刚体动力学	(56)
3.1 刚体运动的分析	(56)
3.1.1 描述刚体位置的独立变量	(56)
3.1.2 刚体运动的分类	(56)
3.2 定轴转动刚体的转动惯量	(57)
3.2.1 转动惯量的定义	(57)
3.2.2 转动惯量的计算	(58)
3.2.3 刚体的定轴转动定理	(60)
3.3 定轴转动的角动量定理与角动量守恒定律	(63)
3.3.1 定轴转动的角动量定理	(63)
3.3.2 定轴转动刚体的角动量守恒定律	(63)
3.4 定轴转动的动能定理与机械能守恒	(64)
3.4.1 定轴转动的动能定理	(64)
3.4.2 刚体的重力势能 机械能守恒定律	(66)
习题3	(68)
第4章 狭义相对论基础	(72)
4.1 经典力学时空观 力学相对性原理	(72)
4.1.1 伽利略相对性原理	(72)
4.1.2 经典力学时空观	(73)
4.2 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	(75)
4.2.1 爱因斯坦狭义相对论基本假设	(75)

4.2.2 洛伦兹变换	(75)
4.2.3 洛伦兹变换的推导	(76)
4.3 狭义相对论的时空观	(78)
4.3.1 关于测量	(78)
4.3.2 狭义相对论的时空观	(78)
4.3.3 狭义相对论的速度变换关系	(81)
4.4 狭义相对论动力学	(82)
4.4.1 相对论质量和动量	(82)
4.4.2 相对论力学的基本方程	(84)
4.4.3 相对论力学中质量和能量的关系	(84)
4.4.4 动量和能量的关系	(86)
习题4	(86)
阅读材料	(89)
三体问题	(89)
第5章 振动和波	(94)
5.1 简谐振动	(94)
5.1.1 简谐振动的动力学特征和运动学特征	(94)
5.1.2 简谐振动的描述	(97)
5.1.3 简谐振动的图示法	(99)
5.1.4 简谐振动的能量	(102)
5.2 简谐振动的合成	(102)
5.2.1 两个同方向、同频率简谐振动的合成	(103)
5.2.2 多个同方向、同频率简谐振动的合成	(104)
5.2.3 两个同方向、不同频率简谐振动的合成	(105)
5.2.4 两个相互垂直、同频率简谐振动的合成	(106)
5.2.5 两个相互垂直、不同频率简谐振动的合成	(107)
* 5.3 阻尼振动 受迫振动 共振	(108)
5.3.1 阻尼振动	(108)
5.3.2 受迫振动	(109)
5.3.3 共振	(110)
5.4 机械波的形成和基本特征	(111)
5.4.1 机械波的形成	(111)
5.4.2 波长 波的周期和频率 波速	(112)
5.4.3 波线 波面 波前	(113)
5.5 平面简谐波	(113)
5.5.1 平面简谐波的波函数	(114)

5.5.2 平面简谐波函数的物理含义	(114)
5.6 波的能量、能流密度	(115)
5.6.1 能量密度	(116)
5.6.2 能流 平均能流密度	(116)
5.7 波的干涉和衍射	(117)
5.7.1 惠更斯原理	(117)
5.7.2 波的叠加原理	(118)
5.7.3 波的干涉	(118)
5.7.4 驻波	(119)
5.7.5 波的衍射	(121)
5.8 多普勒效应	(121)
习题 5	(123)

第二篇 气体动理论和热力学基础

第 6 章 气体动理论基础	(127)
6.1 分子动理论的基本观念	(127)
6.1.1 物质由大量分子组成	(127)
6.1.2 分子在永不停息地做无规则热运动	(127)
6.1.3 分子之间存在相互作用力	(128)
6.2 平衡态 理想气体状态方程	(129)
6.2.1 平衡态	(129)
6.2.2 理想气体状态方程	(130)
6.2.3 混合理想气体状态方程	(131)
6.3 理想气体压强公式 温度的微观意义	(131)
6.3.1 理想气体压强公式	(131)
6.3.2 温度的微观意义	(132)
6.4 麦克斯韦速率分布律	(133)
6.4.1 麦克斯韦速率分布律	(133)
6.4.2 三种特征速率	(134)
习题 6	(135)
第 7 章 热力学基础	(137)
7.1 能量按自由度均分定理 理想气体的内能	(137)
7.1.1 能量按自由度均分定理	(137)
7.1.2 理想气体的内能	(138)
7.2 热力学第一定律及其应用	(139)
7.2.1 热力学过程	(139)

7.2.2 功和热量	(139)
7.2.3 热力学第一定律	(141)
7.3 循环过程 卡诺循环	(142)
7.3.1 循环过程	(142)
7.3.2 卡诺循环	(143)
7.4 热力学第二定律	(143)
7.4.1 热力学第二定律的两种表述	(144)
7.4.2 两种表述的等效性	(144)
7.4.3 热力学第二定律的实质	(145)
7.5 卡诺定理 熵	(146)
7.5.1 卡诺定理	(146)
7.5.2 熵	(147)
习题 7	(148)
阅读材料	(151)
1978 年诺贝尔物理学奖——低温研究和宇宙背景辐射	(151)
负熵的简介	(154)
习题参考答案	(157)

第一篇 力学

自然界中一切物体都在永不停息地运动着,运动形式多种多样,而在这些运动形式中,最简单、最普遍的一种运动形式是物体之间的位置变化,即一个物体相对于其他物体,或物体的一部分相对于其他部分的位置变化,这种形式的运动称为机械运动.力学是一门独立的基础学科,是专门研究物体机械运动规律的学科.

在力学中,研究物体运动的位置随时间变化关系的内容属于运动学,而研究物体在运动中和周围其他物体之间相互作用关系的内容则属于动力学.力学的内容体现了牛顿力学的两个显著特点:第一,牛顿力学是质点力学,处理质点系,需用隔离体法;第二,牛顿力学是用矢量表示的,描述质点运动的物理量如速度、加速度、动量、力等都是矢量,因此,微积分和矢量是我们的两个最基本的数学工具,这就要求我们在学习过程中必须熟悉微积分和矢量运算的一些基本规则和方法.

本篇介绍经典力学中有关质点(组)运动的一些基本概念和规律,包括在物理学中有着广泛应用和重要作用的能量守恒定律、动量守恒定律和角动量守恒定律等,并介绍了狭义相对论力学的基本内容.

第1章 运 动 学

运动学是力学的一个重要分支学科,它是运用几何学的方法来研究物体的运动,通常不考虑力和质量等因素的影响.运动学在发展的初期从属于动力学,随着动力学的发展而发展.古代,人们通过对地面物体和天体运动的观察,逐渐形成了物体在空间中位置变化和时间变化的概念.我国战国时期,《墨经》中已有关于运动和时间先后的描述.古希腊时期,亚里士多德在《物理学》中讨论了落体运动和圆运动,已有了速度的概念.

用几何方法描述物体的运动必须先确定一个参考系,因此,单纯从运动学的观点看,对任何运动的描述都是相对的.这里,先引入有关运动学的一些基本概念,在此基础上定义描述质点运动的物理量,如速度、加速度,并讨论平面上的圆周运动等曲线运动和相对运动.

1.1 质点运动的描述

1.1.1 参考系

宇宙万物,大至日、月、星、辰,小至原子内部的粒子,都在不停地运动着.自然界一切物体没有绝对静止的.这就是运动的绝对性.但是对运动的描述却是相对的.例如,坐在运动着的火车上的乘客看同车厢的乘客是“静止”的,看车外地面上的人却是运动的;反过来,在车外路面上的人看见车内乘客随车前进,而路边一同站着的人静止不动.这是因为车内乘客是以“车厢”为标准进行观察的,而路面上的人是以“地面”为标准来观察的.即选取不同的标准物对同一物体的运动进行描述时,所得到的结论是不同的.我们把相对于不同的标准物所描述物体运动情况不同的现象叫运动的相对性,而把被选为描述物体运动的标准物(或一组相对位置不改变的物体)叫参考系(或参照系).参考系是可以任意选取的,同一个物体的确定的运动,对于不同的参考系可表现为不同的运动,选择合适的参考系可以简化对物体运动的描述,便于探索运动的规律.在研究地面上物体的运动时,人们通常选择地

面或相对于地面静止的物体作为参考系.

1.1.2 质点模型

物体总有一定的大小和形状,它在运动时各部分的运动可能不一样.实际的运动往往是复杂的,有整体的运动,也有其内部各部分之间的相对运动.在研究物体运动规律的时候,为了便于研究,往往要突出问题中的主要矛盾,重点考虑主要因素,而有意识地忽略那些不重要的因素.如果物体的大小和形状不起作用,或者所起的作用并不显著而可以忽略不计,我们可以近似地把该物体看作一个只具有质量而其体积、形状可以忽略不计的几何点,这种有质量、无大小和形状的点称为质点.

质点是从实际物体中抽象出来的简化模型,是运动物体的一个最基本的理想模型.一个物体能否看成质点,由所研究的物理问题来确定.研究行星围绕太阳的公转运动,半径数千千米的行星,跟它们绕太阳公转的轨道相比,完全可以看作空间中的质点.研究物体的平动运动时,物体内部各点的运动状态完全相同,故也可以把它看成质点.在研究物体的转动(如地球的自转)或形变时,物体的几何尺寸就不可忽略了,因而不能再把物体看作质点.

1.1.3 位置矢量

在选定参考系后,为了定量地描述物体的位置,位置随时间的变化以及质点运动的快慢、方向等,需要在参考系上建立适当的坐标系,该坐标系称为参考坐标系.坐标系的选取多种多样,如直角坐标系、极坐标系、自然坐标系、球坐标系以及柱坐标系等.本书中主要考虑直角坐标系.

取直角坐标系 $O-xyz$ 固连在参考系上,如图 1.1 所示, O 为坐标原点, P 为质点.定义由坐标原点到质点所在位置的矢量 $\overrightarrow{OP}$ 为位置矢量(简称位矢或径矢),用 $\mathbf{r}$ 表示.设质点在直角坐标系中的位置坐标为 (x, y, z) ,以 $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 分别表示沿 x 、 y 、 z 轴正方向上的单位矢量,则 $\mathbf{r}$ 就可用沿三个坐标轴的分量的和矢量表示为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k} \quad (1.1.1)$$

位矢的大小即它的模为

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1.1.2)$$

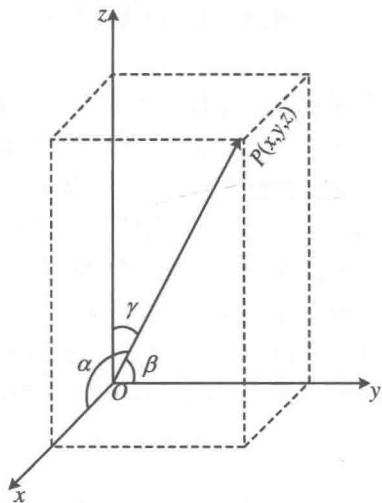


图 1.1 位置矢量和坐标

位矢的方向余弦为

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}, \quad \cos \beta = \frac{y}{r}, \quad \cos \gamma = \frac{z}{r} \quad (1.1.3)$$

其中 α, β, γ 分别为位矢与 x, y, z 轴的夹角, 且 $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$.

1.1.4 运动学方程

由式(1.1.1)可知, 若质点静止不动, 则位矢 $\mathbf{r}$ 就是不变的常矢量, 位置坐标 x, y, z 都是常数; 当质点运动时, 它的位置必然随时间变化, 位置坐标 x, y, z 就是时间的函数, 位矢 $\mathbf{r}$ 也是时间的函数, 即

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k} \quad (1.1.4)$$

我们把这个表达式叫作质点的运动学方程. 这是矢量形式的运动学方程, 在处理具体问题时, 通常把矢量方程通过质点的位置坐标与时间的函数关系表示成标量形式:

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \quad (1.1.5)$$

通常我们定义: 从标量形式的运动学方程式(1.1.5)中消掉时间变量 t , 得出的 x, y, z 之间的关系式叫作质点的运动轨迹(道)方程.

例 1.1 质点在 $z=0$ 平面上运动, 矢量形式的运动学方程为

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = t\mathbf{i} + t^2\mathbf{j}$$

运动学方程的标量形式是

$$x = t, \quad y = t^2, \quad z = 0$$

为了得到轨迹方程, 消去时间变量 t , 有

$$y = x^2, \quad z = 0$$

它是抛物面与平面 $z=0$ 的交线, 也就是在 $z=0$ 平面上的抛物线.

事实上, 运动学方程用位置-时间图像来表示, 可以更简捷地得到直观的物理图像. 运动学方程本身就是以 t 为参量的表示质点运动的轨迹方程, 并不需要消去时间变量, 只是在质点轨迹(道)为平面上的曲线时, 我们往往习惯于消去时间变量而得到两个坐标变量之间的关系式, 并称这个关系式为质点的运动轨迹(道)方程.

例 1.2 示波器屏幕上一亮点的运动学方程为 $x = 3\sin(500t)$, $y = 2\cos(500t)$, 试求亮点的轨迹方程, 并画出图形, 标出亮点的运动方向.

解 消去时间变量 t , 得到轨迹方程为

$$\left(\frac{x}{3}\right)^2 + \left(\frac{y}{2}\right)^2 = 1$$

当 $t=0$ s 时, 得到亮点 A 的坐标为

$$x_A = 0, \quad y_A = 2$$

当 $t=0.0001$ s 时, 得到亮点 B 的坐标为

$$x_B = 0.15, \quad y_B \approx 2$$

亮点是随着时间移动的,且时间的改变很小,故亮点的运动是由 A 沿着短路径移到 B 的,因此其方向是顺时针方向.参见图 1.2 中的箭头标示.

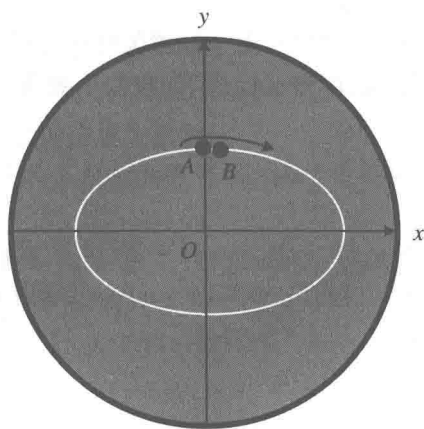


图 1.2 屏幕上一亮点的轨迹

1.1.5 位移

给出质点的运动学方程 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, 设质点在 $t = t_1$ 时刻, 其初始位置在 A 处, 对应的位矢为 $\mathbf{r}_1 = \mathbf{r}(t_1)$; 质点在 $t = t_2$ 时刻, 其末位置在 B 处, 对应的位矢为 $\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}(t_2)$, 定义质点的位移就是从 A 到 B 的有向线段 $\overrightarrow{AB}$ (参见图 1.3), 其大小就是 $\overrightarrow{AB}$ 的长度, 方向由 A 指向 B , 这里位移 $\overrightarrow{AB}$ 与发生该位移的时间间隔 $\Delta t = t_2 - t_1$ 相对应. 一般来说, 在不同的时间间隔内位移有不同的大小和方向, 因此位移是不同的. 由于 $\overrightarrow{AB} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = \mathbf{r}(t_2) - \mathbf{r}(t_1)$, 故位移就是位置矢量函数 $\mathbf{r}(t)$ 的增量, 可以用 $\Delta \mathbf{r}$ 表示.

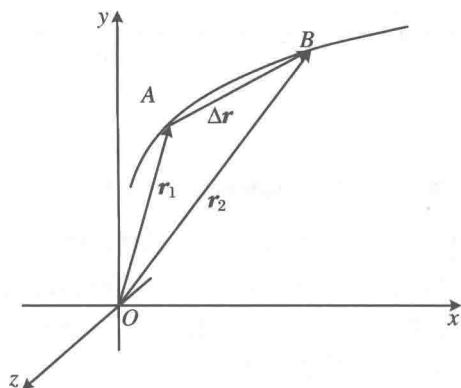


图 1.3 质点位移示意图

设 $t_1 = t$ 时, 质点位矢是 $\mathbf{r}(t)$, 而 $t_2 = t + \Delta t$ 时, 质点位矢是 $\mathbf{r}(t + \Delta t)$, 则得到从 t 至 $t + \Delta t$ 时间间隔内质点的位移是

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t) \quad (1.1.6)$$

位移就是位置矢量函数 $\mathbf{r}(t)$ 的增量, 由于位置矢量 $\mathbf{r}(t)$ 与标量函数有关, 则位移应与标量函数的增量有关. 在直角坐标系下, 我们不难得到这个关系. 由式(1.1.4), 在 t 时刻, 有

$$\mathbf{r}_1 = \mathbf{r}(t) = x_1 \mathbf{i} + y_1 \mathbf{j} + z_1 \mathbf{k} = x(t) \mathbf{i} + y(t) \mathbf{j} + z(t) \mathbf{k}$$

在 $t + \Delta t$ 时刻, 有

$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}(t + \Delta t) = x_2 \mathbf{i} + y_2 \mathbf{j} + z_2 \mathbf{k} = x(t + \Delta t) \mathbf{i} + y(t + \Delta t) \mathbf{j} + z(t + \Delta t) \mathbf{k}$$

将以上两式代入式(1.1.6), 得到在 $\Delta t = (t + \Delta t) - t$ 间隔内位矢的增量即位移为

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{r} &= \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = (x_2 - x_1) \mathbf{i} + (y_2 - y_1) \mathbf{j} + (z_2 - z_1) \mathbf{k} \\ &= \Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j} + \Delta z \mathbf{k} \end{aligned} \quad (1.1.7)$$

式中 $\Delta x = x(t + \Delta t) - x(t)$, $\Delta y = y(t + \Delta t) - y(t)$, $\Delta z = z(t + \Delta t) - z(t)$; 位移的大小为 $r = |\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2}$. 图 1.4 中给出了当质点在 $z = 0$ 的平面上运动时位移与标量函数的增量的关系示意图.

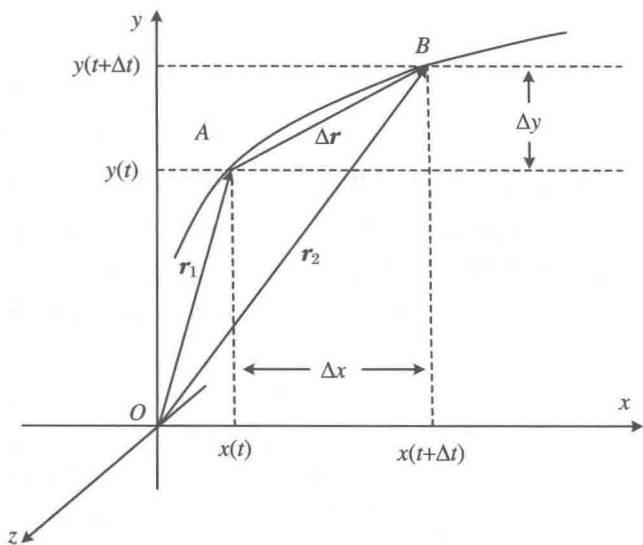


图 1.4 质点位移与函数增量关系示意图

位矢和位移虽然都是矢量, 但二者是两个不同的概念. 位矢是在某一时刻, 以坐标原点为起点, 以运动质点所在位置为终点的有向线段; 而位移是在一段时间间隔内, 从质点的起始位置引向质点的终止位置的有向线段. 位矢描述的是某一时刻运动质点在空间中的位置, 而位移描述的是某一时间间隔内运动质点位置变动的大小和方向. 位矢与时刻相对应, 位移与时间间隔相对应.

例 1.3 写出例 1.2 中示波器屏幕上一亮点的运动学方程的矢量形式, 并计算

亮点在 $t=0$ 到 $t=0.0001\text{ s}$ 的时间间隔内的位移.

解 亮点矢量形式的运动学方程是

$$\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} = 3\sin(500t)\mathbf{i} + 2\cos(500t)\mathbf{j}$$

当 $t=0$ 时,得到亮点的位置矢量为

$$\mathbf{r}_A = \mathbf{r}(0) = x(0)\mathbf{i} + y(0)\mathbf{j} = 0\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$$

当 $t=0.0001$ 时,得到亮点的位置矢量为

$$\mathbf{r}_B = \mathbf{r}(0.0001) = x(0.0001)\mathbf{i} + y(0.0001)\mathbf{j} \approx 0.14494\mathbf{i} + 1.9975\mathbf{j}$$

所求位移是

$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \approx 0.14494\mathbf{i} - 0.0025\mathbf{j}$$

前面介绍了位移,现在我们来讨论一下路程.如前所述,设质点由图 1.4 的初始位置 A 运动到 B 处,所经历的时间间隔为 Δt ,定义质点在这段时间内所经历的轨道的长度大小为路程,记为 ΔS .显然,路程与相应的位移的大小是不相等的.但由高等数学知识可知,当 Δt 趋于零时,其路程和位移的大小就趋于相等了.

位移与路程是两个不同性质的物理量,位移为矢量,有大小和方向,而路程是标量,即没有方向只有大小.在直线运动中,路程是直线轨迹的长度;在曲线运动中,路程是曲线轨迹的长度.当物体在运动过程中经过一段时间后回到原处,路程不为零,位移则等于零.位移与路程的区别和联系如表 1.1 所示.

表 1.1 位移与路程的区别和关系

		位 移	路 程
区别	物理定义	是一条有向线段,表示质点的位置变化	表示物体运动轨迹的长度
	大小和方向	(1) 是矢量,有大小和方向. (2) 由起始位置到末位置的方向为位移的方向. (3) 这一矢量线段的长为位移的大小. (4) 遵守平行四边形法则	(1) 是标量,只有大小,没有方向. (2) 物体运动轨迹的长短,即为路程的大小. (3) 遵从算术计算
联系		(1) 都是长度单位,国际单位都是米(m). (2) 都是描述质点运动的物理量. (3) 同一运动过程的路程大小,不小于位移大小;在单向直线运动中,位移大小等于路程	

1.1.6 速度

在某一运动过程中,物体通过的位移和所用时间的比值称为平均速度.它是物体位移跟发生这个位移所用的时间间隔之比,只能大体反映变速运动物体运动的