



普通高等教育“十五”国家级规划教材

大学物理教程

上册

钟韶 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

大學與社會

大學與社會

普通高等教育“十五”国家级规划教材

大学物理教程

上册

钟 韶 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是根据教育部非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会 2004 年制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》,吸取了国内外同类教材的优点,着重针对地方本科院校教学实际,在总结编者长期教学经验的基础上编写的。全书不要求有较高的数学内容,力图将最基本的物理概念讲清楚,使学生能在较少的学时内学到物理学的精髓。本书在体系上与传统教材相比变化不大,但在内容选取上有一定创新,在例题习题的选取中则尽可能反映工程实际和科技成就。全书分上、下两册,上册包括力学(含狭义相对论)、热学、波动学;下册包括电磁学、量子物理基础、现代科学与高新技术物理基础专题。本教材的学习指导书及习题解答将另册出版。

本书可作为地方本科院校理工科各专业的大学物理课程的教材,也可作为各类普通高等学校非物理类专业、各类成人高校物理课程的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程.上册/钟韶主编. —北京:高等教育出版社,2005.6

ISBN 7-04-016763-8

I. 大... II. 钟... III. 物理学-高等学校-教材
IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 029742 号

策划编辑 胡凯飞 责任编辑 王文颖 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱 静
版式设计 胡志萍 责任校对 金 辉 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×960 1/16

印 张 20.5

字 数 380 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2005 年 6 月第 1 版

印 次 2005 年 6 月第 1 次印刷

定 价 21.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16763-00

前 言

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用和转化规律的学科。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,也是高新技术发展的源泉和先导。物理学在其发展中,展现了一系列科学的世界观和方法论,深刻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。

以物理学基础为内容的大学物理课程,是高等学校理工科学生的一门重要的基础课。该课程在为学生打好必要的物理基础,培养学生良好的科学素质等方面,具有其他课程不能替代的重要作用。

在高等教育逐步实现大众化的过程中,普通地方工科院校这一层次的学校越来越多,学生数量越来越大。为了适应这种变化,从这一层次院校教学实际出发,要有一套更适用的教材。本教材是根据教育部非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会 2004 年制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》,吸取了国内外同类教材的优点,着重针对普通地方工科院校教学实际,在总结编者长期教学经验的基础上编写的。为此,我们将本教材定位为普通地方工科本科院校大学物理教材。我们追求的目标是一套适应这一层次的高质量教学需要的实用、好用的教材。首先,我们力求教材内容简明扼要,基本概念、基本规律表述明确,物理图像清晰,重点突出,既便于教,也便于学。第二,我们注意用现代观点审视和改造传统的教学内容。例如为了克服学生学习了牛顿力学后形成的对自然现象确定论的可预测性的认识,我们简要地介绍了混沌现象。为了让学生更好地理解近代物理的内容,在量子物理一篇中以量子世界的基本特征为中心,组织教学内容。第三,本书精选例题,并在每一章后都附有习题,注意了题型的多样化,包括思考题、选择题、计算题等,本着不贪多、要求精的原则,只编选比规定学时内能完成的稍多的习题。

全书约 70 万字,分上、下两册出版,适用于 110~130 学时或更少学时的教学。上册包括力学(含狭义相对论)、热学、波动学;下册包括电磁学、量子物理基础、现代科学与高新技术物理基础专题。

全书由钟韶主编,具体分工为第一篇:钟韶;第二篇:刘守操;第三篇:张春华;第四篇第 13 章、第 14 章:陈丽;第 15 章、第 16 章:林清华;第五篇:邓

II 前 言

文基;全书习题由范仰才编写。参加编写的还有邓颖宇、苏成悦等。

由于编者的水平有限,书中难免存在不少缺点错误,诚恳地希望使用本书的师生批评指正。

编 者

2005年1月

目 录

◎第一篇 力 学

第 1 章 质点运动学	2
1.1 参考系和坐标系 质点.....	2
1.2 质点运动的描述.....	3
1.3 质点运动学的基本问题.....	16
1.4 不同参考系中速度和加速度的变换关系.....	21
第 2 章 牛顿运动定律	28
2.1 牛顿运动定律.....	28
2.2 牛顿运动定律的应用.....	33
2.3 非惯性系 惯性力.....	41
2.4 混沌运动.....	44
第 3 章 机械运动的守恒定律	51
3.1 力的空间累积效应.....	51
3.2 保守力的功 势能.....	56
3.3 机械能守恒定律.....	60
3.4 力对时间的累积效应.....	66
3.5 动量守恒定律.....	70
3.6 质心 质心运动定律.....	74
3.7 质点的角动量和角动量守恒定律.....	76
3.8 对称性与守恒定律.....	80
第 4 章 刚体的定轴转动	92
4.1 刚体及刚体定轴转动的描述.....	92
4.2 转动定律.....	94
4.3 刚体转动中的功和能.....	101
4.4 刚体的角动量定理和角动量守恒定律.....	103
第 5 章 狭义相对论基础	111
5.1 伽利略变换与力学相对性原理.....	111
5.2 狭义相对论的基本假设与洛伦兹变换.....	113
5.3 狭义相对论的时空观.....	117
5.4 相对论质量、动量和能量.....	124

◎第二篇 热 学

第 6 章 热力学基础	132
6.1 平衡态 态参量和理想气体物态方程	132
6.2 准静态过程 过程的功、热和内能	134
6.3 热力学第一定律及其在理想气体等值过程的应用	138
6.4 绝热过程和多方过程	143
6.5 循环过程 卡诺循环	146
6.6 热力学第二定律	151
6.7 可逆过程与不可逆过程	152
6.8 热力学第二定律的微观意义	153
6.9 卡诺定理	155
6.10 熵和熵增加原理	157
第 7 章 气体动理论	169
7.1 气体分子热运动及其统计概念	169
7.2 理想气体的压强公式	171
7.3 理想气体的温度公式	173
7.4 能量按自由度均分 理想气体的内能	174
7.5 麦克斯韦速率分布律	177
7.6 玻耳兹曼分布律	184
7.7 气体分子的平均自由程	185
7.8 气体内迁移现象	187
7.9 范得瓦耳斯方程 真实气体	190

◎第三篇 波 动 学

第 8 章 振动	200
8.1 简谐振动及其描述	200
8.2 简谐振动的旋转矢量表示法	204
8.3 简谐振动的动力学方程	207
8.4 简谐振动的能量	211
8.5 简谐振动的合成	214
8.6 阻尼振动 受迫振动 共振	220
第 9 章 波动概述	228
9.1 机械波的产生和传播	228
9.2 平面简谐波及其描述	233
9.3 波的能量	237
9.4 声波	240
9.5 多普勒效应	242

第 10 章 波的干涉	248
10.1 波的叠加与干涉	248
10.2 分波阵面干涉	251
10.3 光程与光程差	254
10.4 分振幅干涉	256
10.5 驻波	263
第 11 章 波的衍射	272
11.1 惠更斯-菲涅耳原理	272
11.2 单缝夫琅禾费衍射	274
11.3 圆孔衍射 光学仪器分辨率	277
11.4 光栅衍射	280
11.5 X 射线衍射	284
第 12 章 波的偏振	289
12.1 偏振态的描述	289
12.2 线偏振光的获得与检验 马吕斯定律	291
12.3 反射和折射时光的偏振	293
12.4 光的双折射现象	294
12.5 椭圆偏振光和圆偏振光	298
12.6 偏振光的干涉	300
附录 1 国际单位制	305
附录 2 常用物理常量的值	307
习题答案	312

第一篇 力学

机械运动是物质运动的最简单的形式,它是指物体的空间位置随时间变化的过程.力学就是研究机械运动的规律及其应用的学科.力学是物理学的重要组成部分,它是物理学最早形成的学科,也是至今仍充满活力的学科.经过 300 多年的发展,力学形成了严谨的理论体系和完备的研究方法.它的许多概念和原理具有广泛的适用性,从而使力学成为了物理学和许多工程技术的理论基础.20 世纪以来,量子力学、相对论的建立以及对混沌问题的研究,对经典力学带来了巨大的冲击,使人们对力学的认识发生了重大的改变.

本篇主要讨论经典力学,包括质点力学和部分刚体力学,以牛顿定律为基础展开,着重阐明能量、动量、角动量等概念及相应的守恒定律.在第 5 章简要介绍狭义相对论的基本概念和原理.

第 1 章 质点运动学

1.1 参考系和坐标系 质点

1. 参考系

物体是运动还是静止是相对而言的. 为了描述一个物体的机械运动, 必须选择另一个物体作参考, 然后研究这个物体相对于被选作参考的物体的运动. 这个被选作参考的物体称为参考系. 同一物体的运动, 相对于不同的参考系, 会有不同的描述. 例如, 在行驶中的车厢里, 有一个物体从车窗落下, 坐在车厢里的人以车厢为参考系观察, 物体作直线运动, 站在地面上的人以地面为参考系观察, 物体作曲线运动. 物体的运动对不同的参考系有不同的描述, 这个事实称为运动的相对性. 因此, 在研究任一物体的运动时, 都必须明确所选定的参考系. 在运动学中, 参考系的选择原则上是可以任意的, 通常要看问题的性质和研究的方便. 例如研究地面上物体的运动, 通常选择地球作为参考系; 研究太阳系中行星的运动, 选择太阳作为参考系更方便.

2. 坐标系

为了定量地描述物体相对于选定的参考系的运动, 需要在该参考系上建立一个固定的坐标系. 如图 1-1 中的直角坐标系 $Oxyz$, 坐标系建立后, 物体的位置就可以用它在这个坐标系中的坐标来描述. 除了直角坐标系外, 还有常用的平面极坐标系、柱面坐标系、球坐标系等, 如图 1-2 所示.

机械运动是物体的空间位置随时间变化的过程, 因此描述物体的运动还必须确定时间. 一般地说, 时间是表示事件之间的顺序. 可以选定某种周期性重复的运动过程作为参考标准, 把

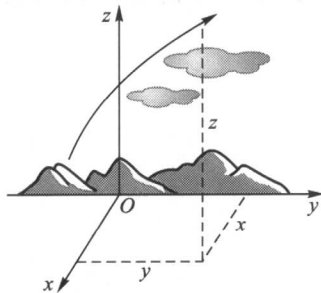


图 1-1 建立直角坐标系

其他的运动过程与这个选定的过程进行比较, 判别和排列各个事件发生的先后顺序及间隔的大小. 如可以利用时钟来量度. 也就是说, 描述机械运动参考系的概念要扩充, 在建立空间坐标系的同时, 还须建立时间坐标轴. 坐标原点为计时起点. 计时起点的选择原则上是可以任意的, 视问题的方便而定. 时刻对应于时

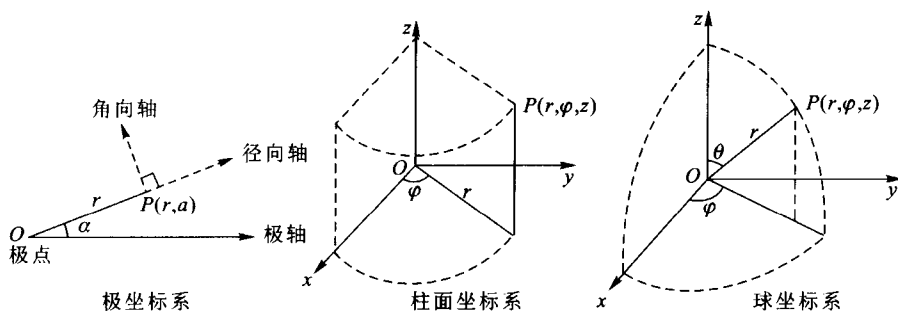


图 1-2 常用坐标系

间轴上的一点.时刻为正或负表示该时刻在计时起点的以后或以前.时间间隔对应于时间轴上一个区间.“时间”一词有时指时间变量,有时指时间间隔.

3. 质点

物质世界是错综复杂、丰富多彩的.在物理学中,为了突出研究对象的主要性质,经常建立一些理想模型来代替实际的物体.通过对理想模型行为的描述,揭示自然规律.

力学中的质点就是一种理想模型.质点是指具有质量的点.一个物体能否看作质点,要视问题的具体情况而定.一般说来,若在所研究的问题中,不涉及物体的转动和形变,物体的形状和大小对运动的影响可以忽略,就可把物体看作质点.当我们研究一些比较复杂的物体的运动时,虽然不能把整个物体看成质点,但在处理方法上常可把复杂物体看成由许多质点组成的,在解决质点运动问题的基础上来研究这些复杂物体的运动.

1.2 质点运动的描述

1. 描述质点运动的一般方法

对运动的描述有多种方式.常用的有列表法、图线法和解析法三种.我们以大家熟悉的自由落体运动为例,介绍这三种方法.为方便计,设 x 轴向下为正, $t=0$ 时物体由原点开始下落.

列表法就是以表格形式列出有关物理量之间的对应变化关系.下表列出了自由落体的位置与时间的对应关系.

t/s	0	1	2	3	4	5	6	...
x/m	0	4.9	19.6	44.1	78.4	122.5	176.4	...

列表法不仅可以直接给出质点什么时刻在什么位置,而且还可据此进一步研究质点运动的规律.

图线法就是把某些相关物理量的对应关系在给定的坐标系中画成曲线,直观形象地表示质点的运动.图 1-3 是表示自由落体下落的曲线.自由落体的 $x-t$ 曲线是一条抛物线.

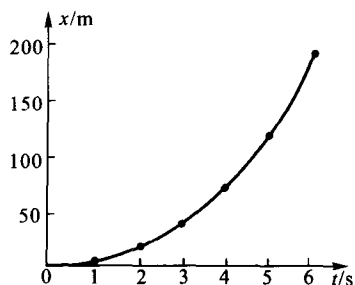


图 1-3 自由落体的 $x-t$ 曲线

用图线法可以通过对曲线的形状、趋势、极值、斜率、相关的面积及与其他曲线的交点等的分析研究,找到质点的运动状态变化、运动特征、各物理量的关系等.

解析法就是用函数形式表示质点运动的方法.如自由落体位置随时间的变化关系,可以用方程 $x = \frac{1}{2}gt^2$ 表示.

解析法比较抽象,但它能更完整、确切地描述质点的运动状况和变化规律.

三种描述运动的方法各有优点,因此在不同情况下可采用不同的方法.在我们的课程中将更多的采用解析法.

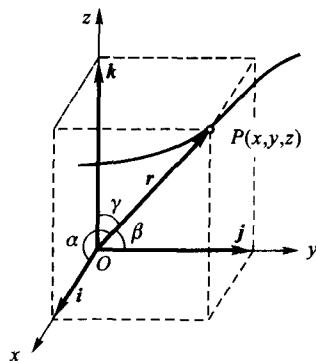


图 1-4 质点的空间坐标和位置矢量

2. 位置矢量 运动学方程

描述一个质点的运动,首先要确定它的空间位置.为此,我们在参考系上建立一个坐标系 $Oxyz$,质点 P 对于这坐标系的位置由坐标 x, y, z 确定,如图

1-4所示. 质点的位置随时间而变化, 因此三个坐标是时间 t 的函数:

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1-1)$$

(1-1)式给出了质点在任一时刻 t 的位置, 所以它表示质点的运动规律, 称为质点的运动学方程. 运动状态随时间变化, 这就是运动的瞬时性. 因此, 描述质点运动状态的物理量常是以时间为自变量的函数. 由(1-1)式中消去时间 t , 可以得到质点的轨迹方程.

质点的位置可以用矢量更简洁地表示出来, 如图 1-4 所示. 从原点 O 向质点 P 引一有向线段 \overrightarrow{OP} , 记作矢量 \boldsymbol{r} . \boldsymbol{r} 的方向表明 P 点相对于坐标轴的方位, (\boldsymbol{r} 与 x, y, z 坐标轴的夹角分别为 α, β, γ), \boldsymbol{r} 的大小(即它的模)表明了 P 点到原点的距离, 从而确定了质点的位置. \boldsymbol{r} 称为质点的位置矢量, 简称位矢. 质点运动时, 它的位矢随时间而改变, 即

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t) \quad (1-2)$$

这就是质点运动学方程的矢量表示式.

质点 P 的坐标 x, y, z 是位矢 \boldsymbol{r} 在坐标轴 x, y, z 上的分量, 位矢与坐标之间的关系为

$$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k} \quad (1-3)$$

其中 $\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}, \boldsymbol{k}$ 为 x, y, z 轴上的单位矢量. 由(1-1), (1-2)式, 上式可表示为

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

(1-4)式表明, 质点的运动可看作质点沿各坐标轴的分运动的矢量合成. 运动具有方向性, 而且运动可以叠加, 其叠加符合矢量加法法则, 这就是运动的矢量性, 因此常用矢量方法来描述质点的运动. 必须明确指出: 质点的任何一个运动都可以分解为几个运动, 或者说一个运动可以看成是几个分运动的叠加, 但这几个分运动不一定相互独立, 只有当外力满足一定条件时, 这些分运动才相互不影响.

例 1-1 一质点沿半径为 r 的圆形轨道匀速运动, 角速度为 ω . 试分别写出在直角坐标系中用位矢表示的质点运动学方程, 并写出在直角坐标系中质点的轨迹方程.

解 以圆心 O 为原点, 建立直角坐标系 Oxy , 如图 1-5 所示. 取质点经过 x 轴上 A 点的时刻为计时起始时刻, 即 $t = 0$. 设 t 时刻质点位于 P , P 点的直角坐标为 x, y , 质点作匀速圆周运动, $\angle AOP = \omega t$, 用直角坐标表示的质点运动学方程为

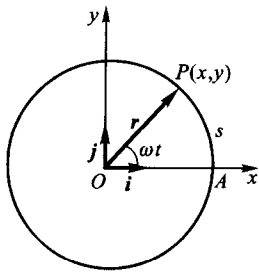


图 1-5 例 1-1 用图

$$x = r \cos \omega t$$

$$y = r \sin \omega t$$

从圆心 O 向 P 点作位矢, 用位矢表示的质点运动学方程为

$$\mathbf{r} = x \mathbf{i} + y \mathbf{j} = r \cos \omega t \mathbf{i} + r \sin \omega t \mathbf{j}$$

从直角坐标系中质点运动学方程消去 t 即可得到质点的轨迹方程:

$$x^2 + y^2 = r^2$$

3. 位移

位移是描述质点位置变化的大小和方向的物理量. 设质点沿曲线运动, t 时刻质点在 A 点, 位矢为 $\mathbf{r}(t)$, $t + \Delta t$ 时刻质点运动到 B 点, 位矢为 $\mathbf{r}(t + \Delta t)$, 如图 1-6 所示, 则由 A 点引向 B 点的矢量 $\Delta \mathbf{r}$ 叫做质点在 t 到 $t + \Delta t$ 这段时间内的位移. 由图可知

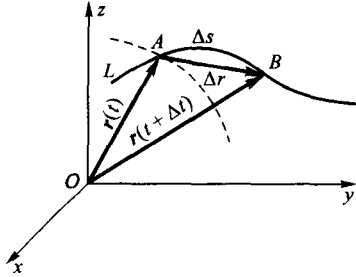


图 1-6 位置矢量

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t) \quad (1-5)$$

即质点在某一时间内的位移等于同一时间内位矢的增量.

显然, 位移不同于位矢. 还应当注意也不同于路程. 位移是表示在一段时间始末位置的变化, 是矢量(如图 1-6 中的 $\Delta \mathbf{r}$), 它并未给出质点是沿什么路径由起点运动到终点的. 路程 Δs 表示质点在一段时间内经过的运动轨迹的长度, 是标量(如图 1-6 中弧线 \widehat{AB} 的长度). 一般情况下, 某段有限时间内, 质点位移的大小 $|\Delta \mathbf{r}|$ 不等于这段时间内质点所经历的路程 Δs , 当且仅当 Δt 趋于零时, 两者的极限值相同. 还要注意位移即位矢增量的大小 $|\Delta \mathbf{r}|$ 与位矢大小的增量 Δr 的区别.

4. 速度

速度是描述质点位置变化的快慢和方向的物理量. 设一质点 P 沿曲线运动, Δt 时间内的位移为 $\Delta \mathbf{r}$ (见图 1-6), 可以用 $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ 来粗略描述 P 在 Δt 内位置变化的快慢和方向, 称为质点在 Δt 内的平均速度, 即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (1-6)$$

显然,平均速度只是质点位置矢量在 Δt 内的平均变化率.

为了精确地描述质点在某一时刻的运动状态,可以把 Δt 取得很短,并使之趋近于零,此时质点的平均速度 $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ 会趋近于一个确定的极限值,这个极限值称为质点在 t 时刻的瞬时速度,简称速度.即

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (1-7)$$

由此可知,速度是位置矢量对时间的一阶导数.速度是矢量,其大小反映了 t 时刻质点运动的快慢,其方向就是 t 时刻质点运动的方向.在图 1-7 中可以看出,当 Δt 趋近于零时, B 点无限地向 A 靠近, $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ 的极限方向即质点运动轨迹在 A 点的切线方向.因此质点速度的方向是沿轨迹上质点所在处的切线方向,指向质点前进的一方.历史上,牛顿和莱布尼兹就是根据力学问题的需要,创立了微积分这门新的数学分支.这不仅使物理概念得以准确地表述,而且也大大丰富了数学本身.

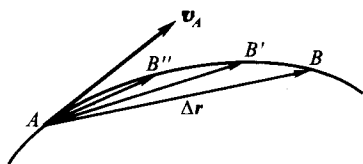


图 1-7 位移矢量在 Δt 趋于零时的极限方向

在直角坐标系中,速度矢量可以表示为

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k} \quad (1-8)$$

速度的大小

$$|\mathbf{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (1-9)$$

在描述质点运动的快慢时,还常用到平均速率和速率这两个物理量.若质点在 Δt 时间内通过的路程为 Δs ,质点在 Δt 时间内的平均速率为

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1-10)$$

质点在 t 时刻的速率为

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (1-11)$$

应注意到一般情况下 $|\Delta \mathbf{r}| \neq \Delta s$,所以一般情况下平均速率并不等于平均速度的大小,即 $\bar{v} \neq |\bar{\mathbf{v}}|$,而在 Δt 趋近于零时, $|\Delta \mathbf{r}| = \Delta s$,所以速率与速度的大小

相等,即 $v = |\boldsymbol{v}|$.

例 1-2 质点作平面曲线运动,运动学方程为 $x=2t, y=8-t^2$, 求(1) 轨迹方程,并画出轨迹曲线;(2)质点在 $t_1=1\text{ s}$ 到 $t_2=3\text{ s}$ 内的 $\Delta\boldsymbol{r}, \Delta r$ 和 $\bar{\boldsymbol{v}}$; (3) 3 s 末的速度 \boldsymbol{v} 和速率 v .

解 (1) 从运动学方程消去参量 t , 得轨迹方程

$$y = 8 - \frac{1}{4}x^2$$

(2) 质点的位矢为

$$\boldsymbol{r} = 2t\boldsymbol{i} + (8 - t^2)\boldsymbol{j}$$

将 $t=1\text{ s}$ 和 $t=3\text{ s}$ 代入上式得

$$\boldsymbol{r}_1 = 2\boldsymbol{i} + 7\boldsymbol{j}$$

$$\boldsymbol{r}_3 = 6\boldsymbol{i} - 1\boldsymbol{j}$$

1 s 到 3 s 内质点的位移为

$$\Delta\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_3 - \boldsymbol{r}_1 = 4\boldsymbol{i} - 8\boldsymbol{j}$$

1 s 到 3 s 内质点位矢大小的增量为

$$\begin{aligned}\Delta r &= r_3 - r_1 = \sqrt{6^2 + (-1)^2}\text{ m} - \sqrt{2^2 + 7^2}\text{ m} \\ &= -1.20\text{ m}\end{aligned}$$

1 s 到 3 s 内质点的平均速度为

$$\bar{\boldsymbol{v}} = \frac{\Delta\boldsymbol{r}}{\Delta t} = 2\boldsymbol{i} - 4\boldsymbol{j}$$

1 s 到 3 s 内质点的平均速度的大小为

$$|\bar{\boldsymbol{v}}| = \sqrt{2^2 + (-4)^2}\text{ m/s} = 4.47\text{ m/s}$$

(3) 质点的速度为

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = 2\boldsymbol{i} - 2t\boldsymbol{j}$$

将 $t=3\text{ s}$ 代入得

$$\boldsymbol{v}_3 = 2\boldsymbol{i} - 6\boldsymbol{j}$$

$$v_3 = |\boldsymbol{v}_3| = \sqrt{2^2 + (-6)^2}\text{ m/s} = 6.32\text{ m/s}$$

5. 加速度

加速度是描述质点速度随时间变化情况的物理量. 设质点沿曲线运动, Δt 时间内由 A 到 B, 速度增量为 $\Delta\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}(t + \Delta t) - \boldsymbol{v}(t)$, 如图 1-9 所示. 可以用 $\frac{\Delta\boldsymbol{v}}{\Delta t}$ 来粗略描述质点在 Δt 内速度的变化, 称为质点在 Δt 时间内的平均加速度, 即

$$\bar{\boldsymbol{a}} = \frac{\Delta\boldsymbol{v}}{\Delta t} \quad (1-12)$$

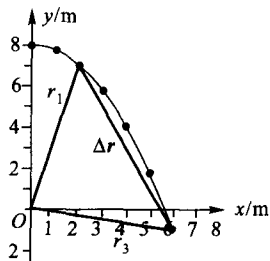


图 1-8 例 1-2 的轨迹曲线