



江苏省精品教材配套辅导书
普通高等教育“十三五”规划教材

大学物理 学习指导与习题

DAXUEWULI XUEXIZHIDAO YU XITI

主编 孙厚谦 刘雨龙



湖南师范大学出版社

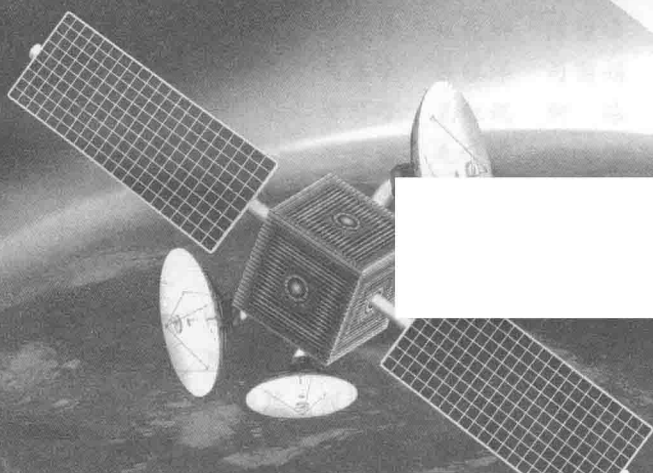


江苏省精品教材配套辅导书
普通高等教育“十三五”规划教材

大学物理学习指导与习题

DAXUEWULI XUEXIZHIDAO YU XITI

主编 孙厚谦 刘雨龙
编者 俞晓明 史友进 郝玉华
柏于杰 曹玉娟



湖南师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理学习指导与习题 / 孙厚谦, 刘雨龙主编. -- 长沙: 湖南师范大学出版社, 2017. 1

ISBN 978-7-5648-1064-1

I. ①大… II. ①孙… 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 010983 号

大学物理学习指导与习题

主编: 孙厚谦

◇全程策划: 刘 伟

◇组稿编辑: 朱 胜

◇责任编辑: 周玉波

◇责任校对: 王旭中

◇出版发行: 湖南师范大学出版社

地址/长沙市岳麓山 邮编/410081

电话/0731. 88853867 88872751 传真/0731. 88872636

网址/http: //press. hunnu. edu. cn

◇经 销: 全国新华书店 北京志远思博文化有限公司

◇印 刷: 北京俊林印刷有限公司

◇开 本: 787mm×1092mm 1/16

◇印 张: 20. 25

◇字 数: 700 千字

◇版 次: 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 3 次印刷

◇书 号: ISBN 978-7-5648-1064-1

◇定 价: 38. 00 元

精品课程配套教材 编审委员会

双创型人才培养优秀教材

主任：王汝志

副主任：张俊竹 鲁春燕 倪元相 黄 电 姜 庆 郝德鸿 徐顺志 黄群瑛 刘仁芬
 杜海玲 黄 芸 崔 芸 刘 晖 胡 建 张敏杰 陈柏明 宋国顺 唐 靖
 孙新国 李奇志 寇朝辉 李 奇 陈 娟 李 晓 田 莉 毕春晖 隋 兵
 杜春雷 田富阳 田 华 魏晓娅 钱晓芳 舒 安 唐克岩 曾华林 何春梅

委员：(名次不分先后顺序)

马超平	胡延华	唐志刚	伍建海	冯光明	曾庆良	吴倍贝	杨 希	曾昭江
兰长明	赵蓓蕾	姜炳春	杨云兰	邱州鹏	谭洪溢	刘平胜	王金良	刘妙玲
周 冲	王德礼	陈 明	朱超才	汪洪斌	钱黎春	陈起凤	张 璐	汪 丽
张治俊	张春来	李琚陈	王国体	夏 松	王 强	张 娜	杨世河	丁 辰
周 宇	杨智良	高立峰	凌烈锋	申永刚	汪作琳	邓光明	阳玉秀	杨勇军
黎利辉	文 竹	曾利明	黄汝广	梁满朝	蒙 敏	温任平	秦 艳	李 杰
庞江峰	孙永震	高启明	王建立	吴剑锋	王久霞	王志新	赵 静	潘 军
林秀芝	王永芳	殷永生	江 毅	陈 芳	陈金山	周金羊	孔 丽	黄爱科
郑小平	姜 楠	高明华	宛 燕	陈淑萍	刘德华	郭明德	萨其尔	方 煜
刘 军	程宝鑫	王艳丽	运乃通	朱卫娟	李占仓	格 桑	苏迅帆	吴丽娜
杨丽君	田荣燕	秦国华	刘 云	王子国	魏洪超	刘兆军	魏玉芝	达娃次仁
李 阳	杨 亮	李 伟	李丽艳	于善波	付广敏	常 虹	吴彦文	徐 军
郑 玲	姜 健	王 钧	毛用春	马 毅	席俊生	陈 微	王志强	蔡玉云
曹其英	林金澜	杨 迪	毛爱云	彭佑元	宁晓青	孙润霞	高文伟	梁双升
苏少虹	张艳英	李建清	林俊卿	陈俊峰	贾 檀	汪 琴	王玉林	马妙娟
何阳英	陈晓川	马春晓	吕镇洋	司丽娟	张惠芳	江 彬	张建春	陈 科
吴章土	熊 林	吉玲峰	王红记	何 伟	谢晓杰	王 军	李元杰	任 丽
魏 宁	熊晓亮	范学谦	毛洪涛	许立强	黄孝斌	罗 勇	胡郑重	高双喜
徐斌华	徐晓晗	周 军	董 惠	刘婷婷	蔡改成	汪 峰	汪中华	徐兰兰
余红珍	梁月飞	李春侠	田正佳	吴小伟	张 薇	仲崇高	包耀东	高国生
王湘蓉	蒋秀莲	徐明川	郑道东	张元越	朱 力	芦书荣	袁 鸿	包佃清
陈存英	赵彩虹	胡海婧	王金国	张 晶	周 蓓	徐 舫	李 宁	顾海华
谢鑫建	陈丽佳	罗 杰	涂春莲	欧蔓丽	刘蔚倩	谭德喜	王继良	唐启涛
邓 杰	刘怡然	刘坤城	于肖飞	康永平	郑明望	彭 杰	李凯贤	石梅兰
刘 慧	薛亚卓	李金伟	杨春旺	刘卫东	张 涛	王艳芹	靖麦玲	岳士凯
王 玲	刘玉国	张秀芳	耿禧则	王永照	王长青	付坤伟	孙宁宁	常 苏
刘 峰	黎维红	田海生	李付忠	宋珊珊	丛 颖	封 岚	安永红	杜 垚
张 华	李 奇	潘宏斌	王 磊	袁 新	陈劲松	林秋实	万 福	蔡昭君
杨 决	李 巨	李 芳	张 曼	姜百瑞	余龙江	郑 峰	韩 勇	卫玉成
千 彦	郑 涛	牛荣建	顾 伟	周 洁	刘建国	向洪玲	张红波	田航周
何朝良	刘 洋	卜长明	吴建荣	蒲 冰	成志平	谭 波	谢晓明	黎付兵

前 言

为了帮助读者更好地掌握教材的主要内容，我们编写了这本辅助教材作为学习指导。

本书按教材篇章次序，分为十六章，第1章-第15章均由“基本要求”、“学习指导”、“问题解答”三部分组成，每一章附有自测题，书后有参考解答。

基本要求 按“掌握”、“理解”、“了解”三个层次向读者指明在该章中要学习的主要内容，可以成为读者判断该章内容的主与次、重点与一般的依据。

学习指导 分“内容提要”与“重点难点提示”。“内容提要”列出了本章的基本内容，有的地方进行了归纳、对比。“重点难点提示”主要归纳本章的基本原理在解决具体问题时的应用。

问题解答 在教材中，在一个主要知识点或基本计算方法讲授后，从掌握基本公式、领悟物理思想、抓住解题要点、熟悉解题元素（如常见研究对象的物理量表示、解题时积分元等）、把握知识体系、综合应用和引申知识等角度，设计了一些问题。对这些问题的分析与解答，一方面比较全面地解读课程的基本内容，帮助学生完成学习任务；另一方面，不限于大纲要求和教材内容，专题式地讨论某些问题，引导对物理有兴趣的学生学习更多的物理知识。

自测题 内容由深入浅，难度适宜，供读者自行检测学习效果。对计算题进行了比较详细的解答，同时对部分选择题、填空题加以提示。

本书决不满足于对教材进行简单的提炼和总结，而是力求将老师们多年的教学经验和体会，尽可能地融入其中。

本书由盐城工学院教材基金资助出版。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2017年1月

目 录

第一篇 力学

第 1 章 运动学	(3)
1.1 基本要求	(3)
1.2 学习指导	(3)
1.3 问题解答	(8)
自测题 1	(12)
自测题 2	(15)
第 2 章 牛顿运动定律 刚体定轴转动定律	(19)
2.1 基本要求	(19)
2.2 学习指导	(19)
2.3 问题解答	(21)
自测题 3	(24)
第 3 章 动量 角动量	(28)
3.1 基本要求	(28)
3.2 学习指导	(28)
3.3 问题解答	(32)
自测题 4	(36)
第 4 章 功和能	(40)
4.1 基本要求	(40)
4.2 学习指导	(40)
4.3 问题解答	(43)
自测题 5	(49)
自测题 6	(52)
第 5 章 狭义相对论基础	(57)
5.1 基本要求	(57)
5.2 学习指导	(57)
5.3 问题解答	(60)
自测题 7	(63)

第二篇 电磁学

第 6 章 静电场	(69)
6.1 基本要求	(69)
6.2 学习指导	(69)
6.3 问题解答	(75)
自测题 8	(85)
自测题 9	(90)
第 7 章 稳恒磁场	(97)
7.1 基本要求	(97)
7.2 学习指导	(97)
7.3 问题解答	(101)
自测题 10	(108)
自测题 11	(112)
第 8 章 电磁感应	(116)
8.1 基本要求	(116)
8.2 学习指导	(116)
8.3 问题解答	(120)
自测题 12	(126)
自测题 13	(130)

第三篇 热学

第 9 章 气体动理论	(137)
9.1 基本要求	(137)
9.2 学习指导	(137)
9.3 问题解答	(140)
自测题 14	(144)
第 10 章 热力学基础	(149)
10.1 基本要求	(149)
10.2 学习指导	(149)
10.3 问题解答	(153)
自测题 15	(158)
自测题 16	(162)

第四篇 振动与波动

第 11 章 机械振动	(169)
11.1 基本要求	(169)

11.2 学习指导	(169)
11.3 问题解答	(172)
自测题 17	(178)
自测题 18	(181)
第 12 章 机械波	(184)
12.1 基本要求	(184)
12.2 学习指导	(184)
12.3 问题解答	(188)
自测题 19	(197)
自测题 20	(201)
第 13 章 几何光学简介	(205)
13.1 基本要求	(205)
13.2 学习指导	(205)
13.3 问题解答	(208)
自测题 21	(212)
第 14 章 波动光学	(214)
14.1 基本要求	(214)
14.2 学习指导	(214)
14.3 问题解答	(221)
自测题 22	(231)
自测题 23	(237)
自测题 24	(240)
 第 五 篇 量 子 物 理 与 新 技 术	
第 15 章 量子物理基础	(245)
15.1 基本要求	(245)
15.2 学习指导	(245)
15.3 问题解答	(251)
自测题 25	(257)
自测题 26	(259)
第 16 章 新技术的物理基础	(262)
16.1 问题解答	(262)
自测题参考解答	(265)
参考书目	(314)

第一篇

力学

第1章 运动学

1.1 基本要求

1. 深刻理解描述质点运动及运动变化的基本物理量:位置矢量 $\boldsymbol{r}$ 、位移 $\Delta \boldsymbol{r}$ 、速度 $\boldsymbol{v}$ 和加速度 $\boldsymbol{a}$ 等,掌握它们的矢量定义;掌握它们在直角坐标系中、自然坐标系中的表示;掌握质点做圆周运动时的角量描述以及角量与线量之间的关系。
2. 理解运动方程的概念,熟练掌握用微积分的方法处理质点运动学的两类基本问题。
3. 掌握刚体定轴转动的描述方法;了解物体运动的自由度的概念。
4. 了解质点在两相对运动坐标系中的位矢、速度之间的变换关系。

1.2 学习指导

一、内容提要

1. 参照系 坐标系

为描述一个物体的运动,必须选择另一物体或一组彼此相对静止的物体作参照。被选作参照的物体称为参照系。为了把运动物体相对于参照系的位置定量表示出来,需要在参照系上建立适当的坐标系。坐标系是数学化、量化的参照系。

2. 位矢、位移、速度和加速度的矢量表示(定义)

(1) 位置矢量(位矢) $\boldsymbol{r}$ 。在参照系中任选一固定点 O ,从点 O 引向质点 P 所在处的有向线段 $\overrightarrow{OP}$ 。

运动方程。质点运动时,位置随时间的变化关系 $\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t)$

(2) 位移 $\Delta \boldsymbol{r}$ 。由质点起始位置指向终止位置的有向线段,即位矢的增量

$$\Delta \boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_2 - \boldsymbol{r}_1$$

路程 Δs 。质点在某一运动过程中在空间所经历的轨迹的长度。

(3) 速度 $\boldsymbol{v}$ 。描述质点运动快慢和方向的物理量

$$\boldsymbol{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt}$$

方向为质点所在处轨道切线方向并指向质点前进的一侧。

速率 v 。与速度相联系的物理量,其等于速度的大小

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = \left| \frac{dr}{dt} \right|$$

(4) 加速度 a 。描述质点速度变化的物理量。

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2}$$

3. 位矢、位移、速度和加速度的直角坐标表示

(1) 位矢

$$r = xi + yj + zk$$

运动方程

$$r(t) = x(t)i + y(t)j + z(t)k$$

或

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$$

上式也称为轨迹的参数方程,消去时间 t ,可得到质点的轨迹方程

$$f_1(x, y, z) = 0, f_2(x, y, z) = 0$$

(2) 位移

$$\Delta r = (x_2 - x_1)i + (y_2 - y_1)j + (z_2 - z_1)k$$

(3) 速度

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{dx}{dt}i + \frac{dy}{dt}j + \frac{dz}{dt}k = v_x i + v_y j + v_z k$$

(4) 加速度

$$a = \frac{dv_x}{dt}i + \frac{dv_y}{dt}j + \frac{dv_z}{dt}k = \frac{d^2 x}{dt^2}i + \frac{d^2 y}{dt^2}j + \frac{d^2 z}{dt^2}k = a_x i + a_y j + a_z k$$

(5) 直线运动

① 运动方程

$$x = x(t)$$

② 速度

$$v = \frac{dx}{dt}$$

③ 加速度

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

在直线运动中,各量的方向通过正负号来反映。

4. 自然坐标系中的速度和加速度

(1) 自然坐标系。坐标轴的定义:某一点的切向坐标轴通过该点沿轨迹的切线方向并指向质点前进的一侧,该方向的单位矢量用 e_t 表示;法向坐标轴通过该点沿轨迹的法线方向并指向曲线的凹侧,该方向的单位矢量用 e_n 表示。

(2) 速度

$$v = v e_t = \frac{ds}{dt} e_t$$

(3) 加速度

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_t + \boldsymbol{a}_n = a_t \boldsymbol{e}_t + a_n \boldsymbol{e}_n = \frac{dv}{dt} \boldsymbol{e}_t + \frac{v^2}{\rho} \boldsymbol{e}_n$$

加速度的大小

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{\rho}\right)^2}$$

式中的 ρ 是轨迹曲线的曲率半径,如果是圆周运动,则为圆的半径。

方向用 $\boldsymbol{a}$ 与 $\boldsymbol{e}_t$ 的夹角 θ 来表示

$$\tan \theta = \frac{a_n}{a_t}$$

5. 圆周运动的角量表示

(1) 角坐标

$$\theta$$

(2) 角速度

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

(3) 角加速度

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

(4) 角量与线量的关系

$$v = R\omega$$

$$a_t = R\alpha, a_n = v\omega = R\omega^2$$

6. 运动学的两类基本问题

(1) 由质点的运动方程,用求导数的方法,求出质点的速度和加速度。

(2) 已知加速度函数及初始条件($t=0$ 时质点的位置、速度),或已知速度函数和初始条件($t=0$ 时质点的位置),求质点的运动方程。这类问题主要应用积分的方法加以求解。

7. 相对运动

设有两个参照系,一个为 K 系(即 Oxy 坐标系),另一个为 K' 系(即 $O'x'y'$ 坐标系)。 K' 系沿 Ox 轴以速度 $\boldsymbol{u}$ 相对 K 系运动。开始时(即 $t=0$)这两个参照系相重合,同一质点在两坐标系中的位矢、速度之间的变换关系为

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_O + \boldsymbol{r}'$$

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}' + \boldsymbol{u}$$

8. 刚体定轴转动的描述

(1) 刚体。在外力作用下,形状和大小均保持不变的物体。

(2) 刚体的定轴转动 刚体上所有的质点都绕一固定不动的直线(转轴)作圆周运动。

(3) 刚体的定轴转动方程。定义垂直于转轴的平面为转动平面。任意选取一个转动平面,以转轴与转动平面的交点 O 为原点,过点 O 在转动平面内作一射线为参考方向(Ox 轴),这样刚体的方位可由原点 O 到转动平面上任一点 P 的位矢 $\boldsymbol{r}$ 与 Ox 的夹角 θ 来确定, θ 称为刚体定轴转动的角坐标。角坐标随时间变化的函数式

$$\theta = \theta(t)$$

为刚体定轴转动的转动方程。

二、重点难点提示

质点运动学的基本问题主要有两类,在教材 1.4 节中以直线运动为例已作了详细的讨论,并在该节和第 1 章的其它部分给出了较多的例题,本章的大部分习题也是针对这两类问题的,其基本精神就是运用微积分求解物理问题。掌握好这方面的方法,对于研究力学、机械振动和机械波、电磁场等有至关重要的意义。下面我们以直线运动为例更详细地介绍解决第二类基本问题的一般程序。

1. 已知加速度 $a = a(t)$ 和初始条件 $t = 0$ 时的 x_0, v_0 , 则由

$$a = \frac{dv}{dt}, dv = a dt$$

有

$$\int_{v_0}^v dv = \int_0^t a(t) dt$$

得速度

$$v(t) = v_0 + \int_0^t a(t) dt$$

又由

$$v = \frac{dx}{dt}, dx = v dt$$

有

$$\int_{x_0}^x dx = \int_0^t v(t) dt$$

得运动方程

$$x(t) = x_0 + \int_0^t v(t) dt$$

如教材例 1-10, 习题 1-9, 10。

2. 已知加速度是时间 t 的隐函数和初始条件 $t = 0$ 时的 x_0, v_0 。

(1) 加速度 $a = a(v)$, 根据需要可以有两种不同的分离变量的方法。

① 由

$$a(v) = \frac{dv}{dt}, dt = \frac{dv}{a(v)}$$

有

$$\int_0^t dt = \int_{v_0}^v \frac{dv}{a(v)}$$

可求得 $v(t)$ 。如果可以解出速度作为时间 t 的显函数, 则可求出 $x(t)$ 。如教材例 1-11, 习题 1-12。

② 由

$$a(v) = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx}, dx = \frac{v dv}{a(v)}$$

有

$$\int_{x_0}^x dx = \int_{v_0}^v \frac{v dv}{a(v)}$$

可求得 $x(v)$ 。如果可以解出速度作为坐标 x 的显函数,则可求出 $x(t)$ 。如教材例 1-12。

(2) 加速度 $a = a(x)$ 。由

$$a(x) = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx}, v dv = a(x) dx$$

有

$$\int_{v_0}^v v dv = \int_{x_0}^x a(x) dx$$

可求得 $v(x)$ 。再由

$$v(x) = \frac{dx}{dt}, dt = \frac{dx}{v(x)}$$

有

$$\int_0^t dt = \int_{x_0}^x \frac{dx}{v(x)}$$

可求得 x 与 t 的函数关系。如教材例 1-13,习题 1-14。

上述方法可以推广到(1)质点的二维、三维运动;(2)质点的圆周运动;(3)刚体的定轴转动。

对于矢量性质的物理量的计算结果的表示形式,以加速度的表示为例,作如下说明。

1. 矢量形式。如在二维直角坐标系中

$$\mathbf{a} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j}$$

在自然坐标系中

$$\mathbf{a} = a_t \mathbf{e}_t + a_n \mathbf{e}_n$$

2. 分别给出大小和方向。如在二维直角坐标系中,大小

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

与 Ox 轴的夹角 θ

$$\tan \theta = \frac{a_y}{a_x}$$

在自然坐标系中,大小

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

$\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{e}_t$ (即 $\mathbf{v}$) 的夹角 θ

$$\tan \theta = \frac{a_n}{a_t}$$

如果没有明确要求,结果表示成两种形式中的任一种都可以。如果要求分别给出大小和方向,注意与图示相结合说明方向。

1.3 问题解答

问题 1-1 质点作曲线运动,在时刻 t ,质点的位矢为 $\boldsymbol{r}$,速度为 $\boldsymbol{v}$,速率为 v , t 至 $t + \Delta t$ 时间内的位移为 $\Delta \boldsymbol{r}$,路程为 Δs ,位移的大小的变化量为 Δr (或记为 $\Delta |\boldsymbol{r}|$),平均速度为 $\bar{\boldsymbol{v}}$,平均速率为 $\bar{v}$ 。

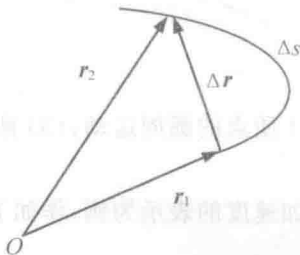
(1) 根据题意,必定有(B)

(A) $|\Delta \boldsymbol{r}| = \Delta s = \Delta r$

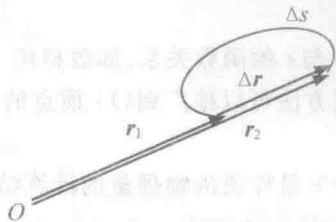
(B) $\Delta s > |\Delta \boldsymbol{r}| \geq \Delta r$, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $|\mathrm{d}\boldsymbol{r}| = \mathrm{d}s$

(C) $\Delta s > |\Delta \boldsymbol{r}| \geq \Delta r$, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $|\mathrm{d}\boldsymbol{r}| = \mathrm{d}r$

(D) $\Delta s > |\Delta \boldsymbol{r}| \geq \Delta r$, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\mathrm{d}s = \mathrm{d}r$



问题 1-1 解用图 1



问题 1-1 解用图 2

答 正确回答该题的关键是明确有关量的定义。

(1) 首先看 Δs 、 $|\Delta \boldsymbol{r}|$ 、 Δr 的关系。这三个量都与有限时间间隔相联系。如问题 1-1 解用图 1 所示, $|\Delta \boldsymbol{r}| = |\boldsymbol{r}_2 - \boldsymbol{r}_1|$ 是位矢的增量(即位移)的模, $\Delta r = |\boldsymbol{r}_2| - |\boldsymbol{r}_1|$ 是位矢的模的增量, Δs 是一段时间内所经历的路程。题中讲明质点作曲线运动, $\Delta s > |\Delta \boldsymbol{r}|$ 是显然的。在一般情况下, $|\boldsymbol{r}_1|$ 、 $|\boldsymbol{r}_2|$ 、 $|\Delta \boldsymbol{r}|$ 构成三角形, $\Delta r = |\boldsymbol{r}_2| - |\boldsymbol{r}_1|$ 是三角形两边之差, 其必然小于第三边 $|\Delta \boldsymbol{r}|$, 而且 Δr 可以小于零。在特殊情况下, 如质点作单向直线运动, $\Delta s = |\Delta \boldsymbol{r}|$; $\boldsymbol{r}_1$ 、 $\boldsymbol{r}_2$ 共线同向, 并有 $|\boldsymbol{r}_2| \geq |\boldsymbol{r}_1|$, $|\Delta \boldsymbol{r}| = \Delta r$ (问题 1-1 解用图 2); 质点作单向直线运动, $\boldsymbol{r}_1$ 、 $\boldsymbol{r}_2$ 共线同向, 并有 $|\boldsymbol{r}_2| \geq |\boldsymbol{r}_1|$, $\Delta s = |\Delta \boldsymbol{r}| = \Delta r$ 。但本题讲明质点作曲线运动, 从而排除了这些情况。从上分析知 $\Delta s > |\Delta \boldsymbol{r}| \geq \Delta r$ 正确, 选项 A 错误。再看 $\mathrm{d}s$ 、 $|\mathrm{d}\boldsymbol{r}|$ 、 $\mathrm{d}r$ 的关系, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $|\mathrm{d}\boldsymbol{r}| = \mathrm{d}s$ 这是光滑曲线(曲线上每一点处都具有切线, 且切线随切点的移动而连续转动)的基本性质, 同时 $\mathrm{d}r$ 必小于 $|\mathrm{d}\boldsymbol{r}|$ 、 $\mathrm{d}s$ 。选项 B 正确。

(2) 根据题意, 必定有(C)

(A) $|\boldsymbol{v}| = v$, $|\bar{\boldsymbol{v}}| = \bar{v}$

(B) $|\boldsymbol{v}| \neq v$, $|\bar{\boldsymbol{v}}| \neq \bar{v}$

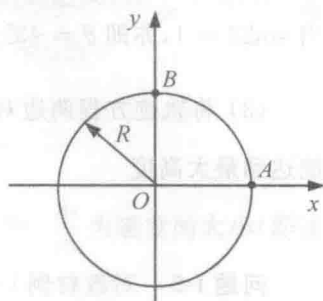
(C) $|\boldsymbol{v}| = v$, $|\bar{\boldsymbol{v}}| \neq \bar{v}$

(D) $|\boldsymbol{v}| \neq v$, $|\bar{\boldsymbol{v}}| = \bar{v}$

答 $|\boldsymbol{v}| = \left| \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} \right|$ 为 $\boldsymbol{v}$ 的大小, $v = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$ 为速率, 由 $|\mathrm{d}\boldsymbol{r}| = \mathrm{d}s$ 知两者恒相等; $|\bar{\boldsymbol{v}}| =$

$\left| \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right|, \bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, 由解用图 1 知对曲线运动必不相等。选项 C 正确。

问题 1-2 如图所示, 质点沿逆时针方向作半径为 R 、周期为 T 的匀速圆周运动, 从点 $A(R, 0)$ 运动到点 $B(0, R)$ 。求该过程中, 质点的 (1) 路程 Δs ; (2) 位移 $\Delta \mathbf{r}$ 的矢量表达式; (3) 平均速度 $\bar{\mathbf{v}}$ 矢量表达式; (4) 平均速率 $\bar{v}$ 。



问题 1-2 图 (教材图 1-8)

解 (1) $\Delta s = \frac{\pi}{2} R$;

(2) $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A = R(\mathbf{j} - \mathbf{i})$;

(3) $\bar{\mathbf{v}} = \frac{\mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A}{\frac{T}{4}} = \frac{4R(\mathbf{j} - \mathbf{i})}{T}$;

(4) $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\frac{T}{4}} = \frac{2\pi R}{T}$

问题 1-3 作平面运动的质点在某瞬时位矢为 $\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j}$, 对其速度大小的表达式有四种意见

(1) $\frac{dr}{dt}$; (2) $\frac{d\mathbf{r}}{dt}$; (3) $\frac{ds}{dt}$; (4) $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$ 。下列叙述正确的是 (D)

(A) 只有 (1)、(2) 正确

(B) 只有 (2) 正确

(C) 只有 (2)、(3) 正确

(D) 只有 (3)、(4) 正确

答 $\frac{dr}{dt}$ 表示位矢的模的变化率。在直角坐标系中, $r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$

$$\frac{dr}{dt} = \frac{x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt}}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}}{r} = \mathbf{v} \cdot \mathbf{e}_r$$

$\mathbf{e}_r$ 是 $\mathbf{r}$ 方向的单位矢量, 该式表明 $\frac{dr}{dt}$ 是速度沿 $\mathbf{r}$ 方向的分量, 而 $\frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 是速度, $\frac{ds}{dt}$ 是速率,

$\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$ 是速度大小在直角坐标系中的表示。

问题 1-4 对教材例 1-4 的抛体运动, (1) 求抛体的轨迹方程并判断是何种曲线; (2) 定义抛体回到 $y = 0$ 的点 (落点) 与原点 O 间的距离为射程 H (教材图 1-9), 讨论 θ 为何值时射程最大, 最大射程 $H_{\max}$ 是多少; (3) 求抛体在空中飞行时所能达到的最大高度 h (教材图 1-9)。

解 (1) 由抛体运动方程的分量形式

$$x = v_0 t \cos \theta, y = v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2$$

消去时间 t 得轨迹方程

$$y = x \tan \theta - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x^2$$

此表达式代表抛物线。