



高等学校理工类课程学习辅导丛书

大学物理学 习题分析与解答

College Physics
Student Solutions Manual

饶瑞昌 时钟涛 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

013028463

04-44
202



高等学校理工类课程学习辅导

大学物理学 习题分析与解答

Daxue Wulixue Xiti fenxi yu Jieda

饶瑞昌 时钟涛 主编



北航

C1634881



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

839890810

大学物理学习题分析与解答/饶瑞昌, 时钟涛主编



内容提要

本书是与饶瑞昌、时钟涛主编的《大学物理学》配套的教学辅导书。《大学物理学》是供普通高等学校理工科专业“大学物理”课程使用的教材。本书按章节顺序对主教材中的习题作了相应解答,并对每章的基本概念和公式给予了简单的梳理,以帮助学生全面系统地理解主教材的内容,巩固所学知识。

本书可供以《大学物理学》或同类教材作为主要授课教材的师生使用,也可供其他读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习题分析与解答/饶瑞昌, 时钟涛主编.

-- 北京: 高等教育出版社, 2013.4

ISBN 978 - 7 - 04 - 036981 - 6

I. ①大… II. ①饶… ②时… III. ①物理学 - 高等学校 - 题解 IV. ①O4 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 032056 号

策划编辑 程福平
插图绘制 尹莉

责任编辑 程福平
责任校对 刘丽娟

封面设计 于涛
责任印制 赵义民

版式设计 王莹

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 100120
印刷 北京印刷一厂
开本 787mm × 960mm 1/16
印张 17.75
字数 330 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
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 2013 年 4 月第 1 版
印 次 2013 年 4 月第 1 次印刷
定 价 28.00 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 36981-00

前 言

“大学物理”是理工科高校开设的一门必修的重要基础理论课程,对培养学生的科学素质、科学思维方法以及科学研究能力具有其他课程不可替代的重要作用。

在大学物理的学习过程中,习题求解是一个不可缺少的重要环节,它既是学生巩固在课堂上所学知识的必要途径,也是运用所学知识解决实际问题的一种训练。只有做一定数量的习题,才能加深对基本概念、基本规律的理解,才能融会贯通、举一反三,才能切实提高分析问题和解决问题的能力。然而,多年来的教学实践表明,学生在学习大学物理过程中存在着一定的困难,在习题求解这一环节困难更为突出,面对习题,他们往往束手无策,无所适从,这说明他们在分析问题、解决问题的能力上还有待进一步提高。

针对学生在学习大学物理课程中存在的各种问题和困难,为使学生在学习过程中少走弯路,在短时间内掌握好大学物理的基本概念、基本规律和基本方法,灵活运用各种方法求解大学物理习题,我们依据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),在总结多年教学实践经验的基础上,编写了这本《大学物理学习题分析与解答》。

本书本着力求概念准确、思路清晰、推理严密、方法简捷、适用性强的指导思想,对覆盖大学物理课程全部内容的习题逐一给出了较为详尽的解答,有的习题还给出了多种解法,以引导学生建立起合理的解题思路,深入理解相关的大学物理问题和规律。

任何辅导书都只能起参考作用,绝不可能代替个人的独立思考和刻苦学习,因此希望学生们在使用本书时能够边阅读,边练习,边思考,并用本书介绍的方法和技巧去解答更多的大学物理习题,去思考更好的解题方法。

在本书的编写过程中,得到了东华理工大学物理系以及宁波工程学院大学物理教研室全体同仁的支持和帮助,在此,谨致以衷心的感谢,并欢迎大家在使用过程中提出宝贵意见。

编 者

2012年11月

目 录

第 1 篇 力 学

第 1 章 质点运动的基本规律 (3)

基本要求 (3)

内容提要 (3)

习题解答 (6)

第 2 章 守恒定律 (27)

基本要求 (27)

内容提要 (27)

习题解答 (28)

第 3 章 刚体的定轴转动 (46)

基本要求 (46)

内容提要 (46)

习题解答 (47)

第 2 篇 波 动 学

第 4 章 机械振动 (63)

基本要求 (63)

内容提要 (63)

习题解答 (66)

第 5 章 机械波 (81)

基本要求 (81)

内容提要 (81)

习题解答 (83)

第 6 章 波动光学 (97)

基本要求 (97)

内容提要 (97)

习题解答 (101)

第 3 篇 热 学**第 7 章 气体动理论** (119)

基本要求 (119)

内容提要 (119)

习题解答 (121)

第 8 章 热力学基础 (133)

基本要求 (133)

内容提要 (133)

习题解答 (135)

第 4 篇 电 磁 学**第 9 章 真空中的静电场** (153)

基本要求 (153)

内容提要 (153)

习题解答 (155)

第 10 章 静电场中的导体和电介质 (173)

基本要求 (173)

内容提要 (173)

习题解答 (175)

第 11 章 恒定磁场 (187)

基本要求 (187)

内容提要 (187)

习题解答 (190)

第 12 章 变化的磁场和电场 (210)

基本要求 (210)

内容提要 (210)

习题解答 (213)

第 5 篇 近代物理学**第 13 章 狭义相对论** (231)

基本要求 (231)

内容提要 (231)

习题解答 (233)

第 14 章 早期量子论 (242)

基本要求 (242)

内容提要 (242)

习题解答 (245)

第 15 章 量子力学初步 (255)

基本要求 (255)

内容提要 (255)

习题解答 (257)

*** 第 16 章 现代科学与高新技术物理基础专题** (267)

基本要求 (267)

内容提要 (267)

习题解答 (269)

第1篇 力 学

- ☐ 第1章 质点运动的基本规律
- ☐ 第2章 守恒定律
- ☐ 第3章 刚体的定轴转动

第1章 质点运动的基本规律

基本要求

1. 掌握描述质点运动基本物理量(r 、 Δr 、 v 、 a)的定义及物理意义.
2. 明确质点运动方程的物理意义及作用,熟练掌握利用质点运动方程处理质点运动学问题的方法.
3. 深入理解牛顿运动定律的基本内容,明确牛顿运动定律的适用范围和条件,掌握运用牛顿运动定律解题的一般方法和步骤.
4. 理解两个不同平动参考系之间的位移、速度和加速度变换关系,学会计算与平动有关的相对运动问题.

内容提要

1. 参考系和坐标系

描述物体运动时用作参考的其他物体或物体系称为参考系. 为了定量地说明物体相对参考系的位置,需要在该参考系中建立固定的坐标系. 常用的坐标系有直角坐标系和自然坐标系.

2. 描述质点运动的物理量

(1) 位矢

$$\boldsymbol{r}$$

(2) 位移

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

(3) 速度

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt}$$

(4) 加速度

$$\boldsymbol{a} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2}$$

3. 描述质点运动的坐标系

(1) 直角坐标系

$$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k}$$

大小

$$|\boldsymbol{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

方向

$$\cos \alpha = \frac{x}{|\boldsymbol{r}|}, \quad \cos \beta = \frac{y}{|\boldsymbol{r}|}, \quad \cos \gamma = \frac{z}{|\boldsymbol{r}|}$$

$$\Delta \boldsymbol{r} = \Delta x\boldsymbol{i} + \Delta y\boldsymbol{j} + \Delta z\boldsymbol{k}$$

大小

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$$

方向

 $\Delta \mathbf{r}$ 的方向

$$\mathbf{v} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k}$$

大小

$$|\mathbf{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

方向

沿曲线在该点的切线方向,并指向质点前进的一侧

$$\mathbf{a} = \frac{dv_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt}\mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt}\mathbf{k}$$

大小

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

方向

 $\Delta \mathbf{v}$ 的极限方向

(2) 自然坐标系

$$\mathbf{v} = \frac{ds}{dt}\mathbf{e}_t \quad (\text{方向沿轨道的切线方向,并指向质点前进的一侧})$$

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

切向加速度 $\mathbf{a}_t$ 的大小 $a_t = \frac{dv}{dt}$ 表示质点速度大小的改变,方向沿轨道的切线

方向.

法向加速度 $\mathbf{a}_n$ 的大小 $a_n = v^2/\rho$ (ρ 为曲率半径) 表示质点速度方向的改变,方向沿曲率半径指向瞬时圆心.

加速度 $\mathbf{a}$ 的大小

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

方向

$$\theta = \arctan \frac{a_n}{a_t} \quad (\theta \text{ 为 } \mathbf{a} \text{ 与 } \mathbf{a}_t \text{ 之间的夹角})$$

4. 运动方程

质点的位矢随时间变化的函数关系 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ 称为质点的运动方程. 在直角坐标系中,运动方程的分量式为

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

从运动方程中消去 t , 便得到质点的轨道方程.

5. 圆周运动的角量描述

(1) 角位置

 θ

(2) 角位移

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

(3) 角速度

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

工程上, $\omega = 2\pi n$ (n 为转速).

(4) 角加速度

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

(5) 角量与线量的关系 $v = R\omega$, $a_n = R\omega^2$, $a_t = R\alpha$

6. 几种典型的质点运动

(1) 匀速直线运动

$$a = 0, \quad v = \text{常量}, \quad x = x_0 + vt$$

(2) 匀变速直线运动

$$a = \text{常量}, \quad x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2, \quad v = v_0 + at, \quad v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$$

(3) 抛体运动

$$a_x = 0, \quad a_y = -g, \quad v_x = v_0 \cos \theta, \quad v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

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

(4) 匀速圆周运动

$$\alpha = 0, \quad \omega = \text{常量}, \quad \Delta\theta = \omega t$$

(5) 匀变速圆周运动

$$\alpha = \text{常量}, \quad \theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2, \quad \omega = \omega_0 + \alpha t, \quad \omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

7. 相对运动

在两个做相对平动的参考系间存在的变换关系为

$$(1) \text{坐标变换} \quad \mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{r}'$$

$$(2) \text{速度变换} \quad \mathbf{v} = \mathbf{u} + \mathbf{v}'$$

$$(3) \text{加速度变换} \quad \mathbf{a} = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}'$$

式中 $\mathbf{r}$, $\mathbf{v}$ 和 $\mathbf{a}$ 分别为质点相对于静止参考系的绝对位矢、绝对速度和绝对加速度, $\mathbf{r}'$, $\mathbf{v}'$, $\mathbf{a}'$ 分别为质点相对于运动参考系的相对位矢、相对速度和相对加速度, $\mathbf{r}_0$, $\mathbf{u}$, $\mathbf{a}_0$ 分别为运动参考系相对静止参考系的牵连位矢、牵连速度和牵连加速度.

8. 牛顿运动定律

(1) 第一运动定律 $\mathbf{F} = 0$ 时, $\mathbf{v} = \text{常矢量}$

(2) 第二运动定律 $\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a}$

在具体应用时,通常用其分量式. 以平面运动为例,在直角坐标系及自然坐标系中,其分量式为:

① 对于直角坐标系,有 $F_x = ma_x$, $F_y = ma_y$

$$\text{或} \quad \begin{aligned} F_t &= m \frac{dv}{dt} \\ F_n &= mv^2/R \end{aligned}$$

② 对于自然坐标系,有 $F_t = m \frac{dv}{dt}$, $F_n = m \frac{v^2}{R}$

(3) 第三运动定律 $\mathbf{F} = -\mathbf{F}'$

牛顿运动定律是物体做低速运动 ($v \ll c$) 时所遵循的动力学基本规律, 是经典力学的基础.

9. 力学中常见的几种力

(1) 万有引力 两物体(质点)间的相互吸引的作用力.

$$\mathbf{F} = G_0 \frac{m_1 m_2}{r^2} \mathbf{e}_r, \quad (G_0 = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg})$$

地球对地面附近物体的万有引力称为重力, 用 $\mathbf{G}$ 表示.

$$\mathbf{G} = m\mathbf{g} \quad (g = 9.8 \text{ m/s}^2)$$

(2) 弹力 属电磁力, 具有多种形式, 常见的有弹簧的弹力 ($F = -kx$)、正压力、绳子的张力等.

(3) 摩擦力 两个互相接触的物体间有相对滑动或相对滑动趋势时, 在接触面上产生的阻碍物体发生相对滑动的力.

① 滑动摩擦力(有相对滑动)

$$F_f = \mu F_N$$

② 静摩擦力(有相对滑动趋势)

$$F_s \leq \mu_s F_N$$

式中 μ 为滑动摩擦因数, μ_s 为最大静摩擦因数, F_N 为物体的正压力.

* 10. 非惯性系中的力学定律

$$\mathbf{F} + \mathbf{F}^* = m\mathbf{a}'$$

$$\mathbf{F}^* = -m\mathbf{a}_0$$

式中 m 为物体质量, $\mathbf{a}_0$ 为非惯性系相对惯性系的加速度, $\mathbf{a}'$ 为物体相对于非惯性系的加速度, $\mathbf{F}$ 为物体受的合外力, $\mathbf{F}^*$ 为假想的惯性力(此力无相应的反作用力).

习 题 解 答

1-1 选择题

(1) 一质点做平面曲线运动, 某一瞬时的位矢为 $\mathbf{r}(x, y, t)$, 则它该时刻的速度大小为().

(A) $\frac{d\mathbf{r}}{dt}$ (B) $\frac{d\mathbf{r}}{dt}$ (C) $\frac{d|\mathbf{r}|}{dt}$ (D) $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$

解 在直角坐标系中, 速度大小可由公式 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$

求解.

本题正确答案为(D).

(2) 下列表述中正确的是().

(A) 质点沿 x 轴运动, 若加速度 $a < 0$, 则质点必做减速运动

(B) 在曲线运动中, 质点的加速度必定不为零

(C) 若质点的加速度为常矢量, 则其运动轨道必为直线

(D) 当质点做抛体运动时, 其法向加速度 a_n 、切向加速度 a_t 是不断变化的, 因此 $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$ 也是不断变化的

解 判断质点做加速运动还是做减速运动, 不能只看加速度的正负号, 而要根据速度 v 和加速度 a 的正负号共同来决定. v 与 a 同号 (同正、同负皆可) 为加速运动, v 与 a 异号为减速运动, 因此 (A) 错误.

在曲线运动中, 至少可以肯定速度的方向是变化的, 既然速度在变化, 那么就必定有加速度, 因此 (B) 正确.

当 a 为常矢量时, 质点不一定做直线运动, 例如抛体运动, 加速度为重力加速度, 运动轨道却为抛物线, 因此 (C) 错误.

抛体运动的法向加速度 a_n 、切向加速度 a_t 是不断变化的, 但它们的矢量和却是恒定不变的, 恒等于重力加速度, 即

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

$a = g$, 因此 (D) 错误.

本题正确答案为 (B).

(3) 在相对地面静止的坐标系内, A、B 两船都以 2 m/s 的速率匀速行驶, A 船沿 x 轴正向, B 船沿 y 轴正向. 今在 A 船上设置与静止坐标方向相同的坐标系 (x, y 方向的单位矢量用 i, j 表示), 那么在 A 船的坐标系中, B 船的速度 (以 m/s 为单位) 为().

(A) $2i + 2j$ (B) $-2i + 2j$ (C) $-2i - 2j$ (D) $2i - 2j$

解 取地面为静止参考系 (S 系), A 船为运动参考系 (S' 系), B 船为运动物体, 则

绝对速度为 $v = 2j$

牵连速度为 $u = 2i$

而相对速度为 $v' = v - u = 2j - 2i$, 即 $v' = -2i + 2j$

本题正确答案为 (B).

(4) 一个质点在做圆周运动时, 有().

(A) 切向加速度一定改变, 法向加速度也改变

(B) 切向加速度可能不变, 法向加速度一定改变

(C) 切向加速度可能不变, 法向加速度不变

(D) 切向加速度一定改变, 法向加速度不变

解 加速度的切向分量 a_t 起改变速度大小的作用,而法向分量 a_n 起改变速度方向的作用.质点做圆周运动时,由于速度方向不断改变,相应法向加速度的方向也在不断改变,因而法向加速度是一定改变的.至于 a_t 是否改变,则要视质点的速率情况而定.质点做匀速率圆周运动时, a_t 恒为零;质点做匀变速率圆周运动时, a_t 为一不为零的常量;质点做一般的变速圆周运动时, a_t 为一个不为零的变量.

本题正确答案为(B).

(5) 用水平力 F_N 把一个物体压着靠在粗糙的竖直墙面上保持静止.当 F_N 逐渐增大时,物体所受的静摩擦力 F_s 的大小().

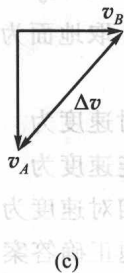
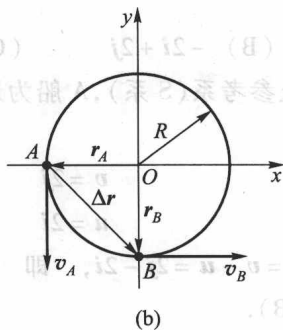
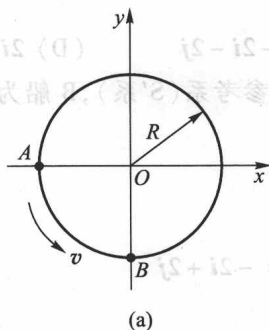
- (A) 不为零,但保持不变
- (B) 随 F_N 成正比地增大
- (C) 开始随 F_N 增大,达到某一最大值后,就保持不变
- (D) 无法确定

解 与滑动摩擦力不同的是,静摩擦力可在零与最大值 $\mu_s F_N$ 范围内取值.当 F_N 增加时,静摩擦力可取的最大值成正比地增加,但具体大小则取决于被作用物体的运动状态.依题意知,物体一直保持静止状态,故静摩擦力与重力大小相等,方向相反,并保持不变.

本题正确答案为(A).

1-2 填空题

(1) 如图(a)所示,质点做半径为 R 、速率为 v 的匀速率圆周运动.由点 A 运动到点 B ,则位移 $\Delta r =$ _____,路程 $s =$ _____, $\Delta v =$ _____, $|\Delta v| =$ _____, $\Delta v =$ _____.



习题 1-2(1)图

解 由图(b)可知:

位移为 $\Delta r = r_B - r_A = (-Rj) - (-Ri) = Ri - Rj$

路程为 $s = \widehat{AB} = \frac{1}{2} \pi R$

由图(c)可知:

速度增量为 $\Delta \boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_B - \boldsymbol{v}_A = v\boldsymbol{i} - (-v\boldsymbol{j}) = v\boldsymbol{i} + v\boldsymbol{j}$

速度增量的大小为 $|\Delta \boldsymbol{v}| = \sqrt{v^2 + v^2} = \sqrt{2}v$

速率的增量为 $\Delta v = v - v = 0$

(2) 一质点沿 x 轴运动, 其运动方程为 $x = 4t^2 - 2t^3$ (SI 单位), 当质点再次返回原点时, 其速度 $v =$ _____, 其加速度 $a =$ _____.

解 由 $x = 4t^2 - 2t^3$ 得速度、加速度方程分别为

$$v = \frac{dx}{dt} = 8t - 6t^2, \quad a = \frac{dv}{dt} = 8 - 12t$$

当再次回到原点时, 有

$$x = 4t^2 - 2t^3 = 0$$

故

$$t = 0 \quad \text{和} \quad t = 2 \text{ s}$$

可知, 经过 $t = 2 \text{ s}$ 后再次回到原点. 此时

$$v = 8t - 6t^2 = -8 \text{ (m/s)}, \quad a = 8 - 12t = -16 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

(3) 一质点沿直线运动, 其运动学方程为 $x = 6t - t^2$ (SI 单位), 则在 t 由 0 至 4 s 的时间间隔内, 质点的位移大小为 _____, 在 t 由 0 到 4 s 的时间间隔内, 质点走过的路程为 _____.

解 由 $x = 6t - t^2$ 得

$$x|_{t=4\text{ s}} = 6 \times 4 \text{ m} - 4^2 \text{ m} = 8 \text{ m}, \quad x|_{t=0} = 0$$

质点在 0 到 4 s 时间内质点的位移大小为

$$\Delta x = x|_{t=4\text{ s}} - x|_{t=0} = 8 \text{ m}$$

求路程要注意在题设时间内运动方向发生了改变, 由 $\frac{dx}{dt} = 0$ 得

$$6 - 2t = 0$$

解得

$$t = 3 \text{ s}$$

t 由 0 至 3 s 内的位移为

$$\Delta x_1 = x|_{t=3\text{ s}} - x|_{t=0} = 9 \text{ m}$$

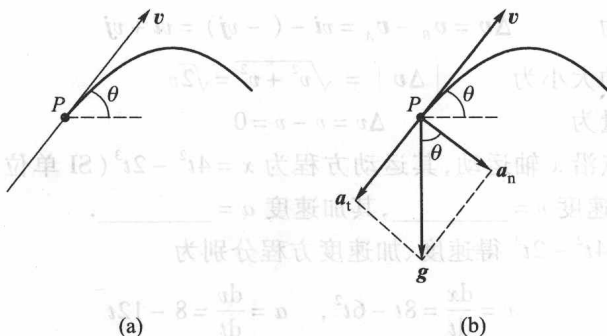
t 由 3 s 至 4 s 内的位移为

$$\Delta x_2 = x|_{t=4\text{ s}} - x|_{t=3\text{ s}} = -1 \text{ m}$$

故所求路程为

$$s = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| = 10 \text{ m}$$

(4) 如图所示, 一质点做抛体运动, 在轨道的点 P 处, 速度为 $\boldsymbol{v}$, $\boldsymbol{v}$ 与水平面的夹角为 θ , 则在该时刻质点的 $\frac{dv}{dt} =$ _____, 轨道在点 P 处的曲率半径 $\rho =$ _____.



习题 1-2(4)图

解 如图(b)所示,抛体运动的加速度就是重力加速度 g , 它的切向分量大小为

$$a_t = \frac{dv}{dt} = -g \sin \theta$$

式中负号表示点 P 处切向加速度的方向与该处速度方向相反. 法向加速度分量大小为

$$a_n = g \cos \theta = v^2 / \rho$$

由此知点 P 处的曲率半径为

$$\rho = \frac{v^2}{g \cos \theta}$$

(5) 一质点半径为 R 的圆周运动, 其角坐标与时间的函数关系 (以角量表示的运动方程) 为 $\theta = 10\pi t + \frac{1}{2}\pi t^2$ (SI 单位), 则质点的角速度 $\omega =$ _____, 角加速度 $\alpha =$ _____, 切向加速度 $a_t =$ _____, 法向加速度 $a_n =$ _____.

解 已知 $\theta = 10\pi t + \frac{1}{2}\pi t^2$, 则

$$\text{质点的角速度为 } \omega = \frac{d\theta}{dt} = 10\pi + \pi t$$

$$\text{角加速度为 } \alpha = \frac{d\omega}{dt} = \pi$$

$$\text{切向加速度为 } a_t = R\alpha = \pi R$$

$$\text{法向加速度为 } a_n = R\omega^2 = R(10\pi + \pi t)^2$$

1-3 一质点在水平面内运动, 已知其运动方程为 $x = at^2, y = bt^2$, 求该质点的位置矢量 r 和轨道方程, 并判断该质点做何种运动.

解 位置矢量为