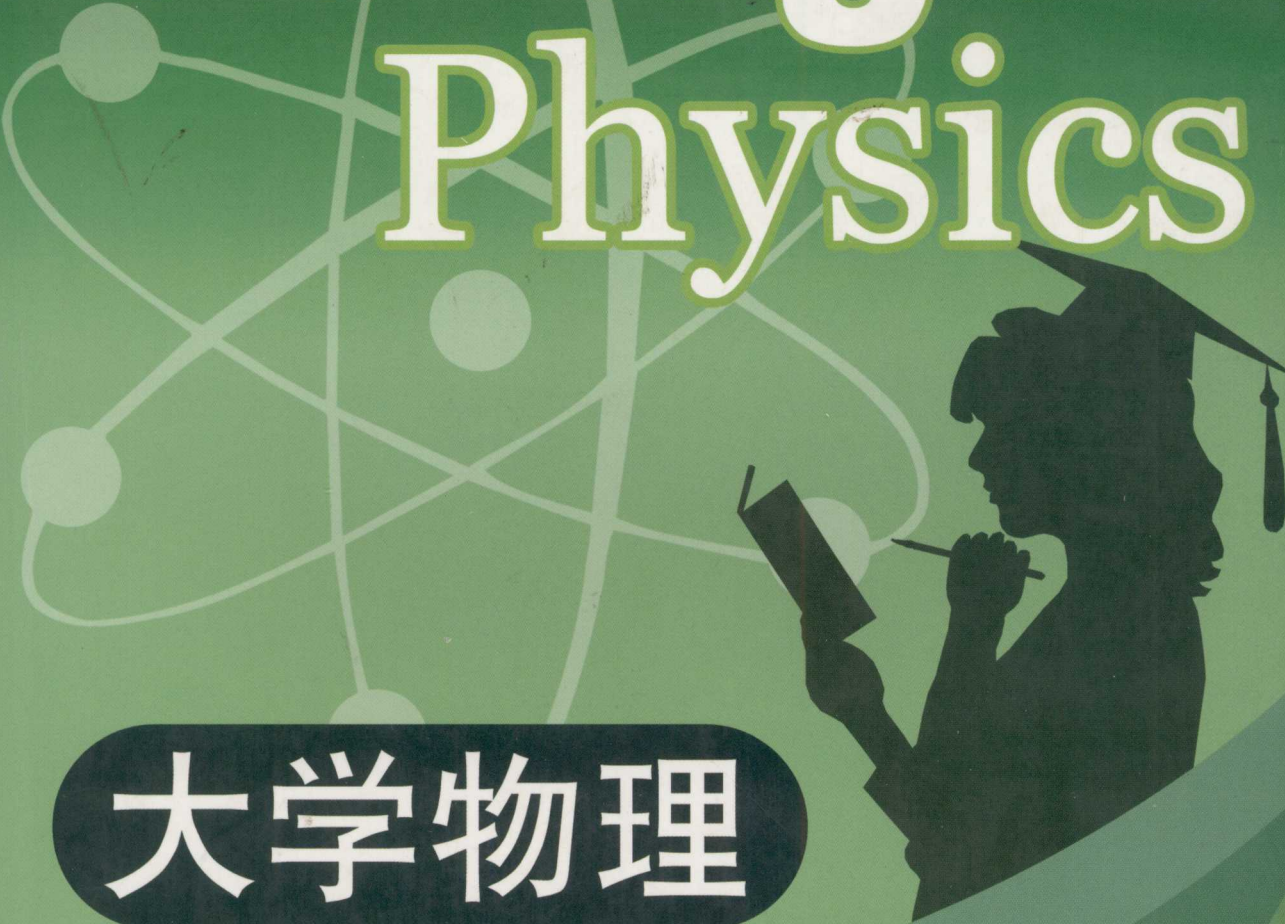


全国高等教育精选系列辅导教材

刘凤智 郭红 王莉 / 主编

徐铁军 / 主审

College Physics



大学物理

学习指导与习题

(修订版)



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

江南大学图书馆



91314376

大学物理学习指导与习题

(修订版)

刘凤智 郭 红 王 莉 主 编
徐铁军 主 审



中国经济出版社
www.economyph.com

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理学习指导与习题/刘凤智等编著. —北京: 中国经济出版社, 2005. 8

ISBN 978-7-5017-7130-1

I. 大... II. 刘... III. 物理学-高等学校-教学参考资料

IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 080149 号

出版发行: 中国经济出版社 (100037 · 北京市西城区百万庄北街 3 号)

网 址: www.economyph.com

责任编辑: 王中梅 (010-68319110)

责任印制: 石星岳

封面设计: 中子画

经 销: 各地新华书店

承 印: 北京东光印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 18

字 数: 416 千字

版 次: 2009 年 1 月第 2 版

印 次: 2009 年 1 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5017-7130-1/G · 1266

定 价: 24.50 元

版权所有 盗版必究 举报电话: 68359418 68319282

服务热线: 68344225 68369586 68346406 68309176

前言

Foreword

大学物理是高等学校理工科的一门重要的基础课，在大学物理教学中，通过习题这一教学环节，可使学生正确理解物理概念，掌握基本原理和方法，提高学生分析问题和解决问题的能力，为此，我们编写《大学物理学习指导与习题》以供学生学习《大学物理》的辅导用书。

全书包括大学物理各章节的基本要求、知识框图、内容提要、典型例题、思考题及习题。基本要求指出了本章的知识点，有利于学生在学习中分清主次，抓住要点；知识框图是教师根据多年对本章教学内容的理解和体会提炼而出，使学生对本章内容的知识体系一目了然；典型例题经过多次筛选，反复推敲后编辑，在知识内容、解题方法和概念的理解及运用方面具有典型意义。全书所选的题目难易层次分明，目的明确，内容覆盖全面，便于教师根据学生实际情况和不同教学要求选择使用，同时附有习题参考答案和部分题解供师生参阅。

参加本书编写的编者有：王莉（第一章、第二章、第三章），张艳华（第四章、第五章），刘凤智（第六章、第七章、第十九章），赵杰（第八章、第九章、第十章），许星光（第十一章、第十二章），李向荣（第十三章、第十四章），裴芳芳（第十五章、第十六章），郭红（第十七章、第十八章、第二十章），全书由刘凤智组织编写、统稿，徐铁军教授主审。

本书自出版以来在教学中受到师生的欢迎。本版保持了原版的体系结构，对一些不足和不妥之处进行了修改。在编写过程中吸取了我校教师和其他院校教师的教学经验和成果，编者在此向他们表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免有不当之处，请读者不吝指正。

编者

2008年12月

目 录

Contents

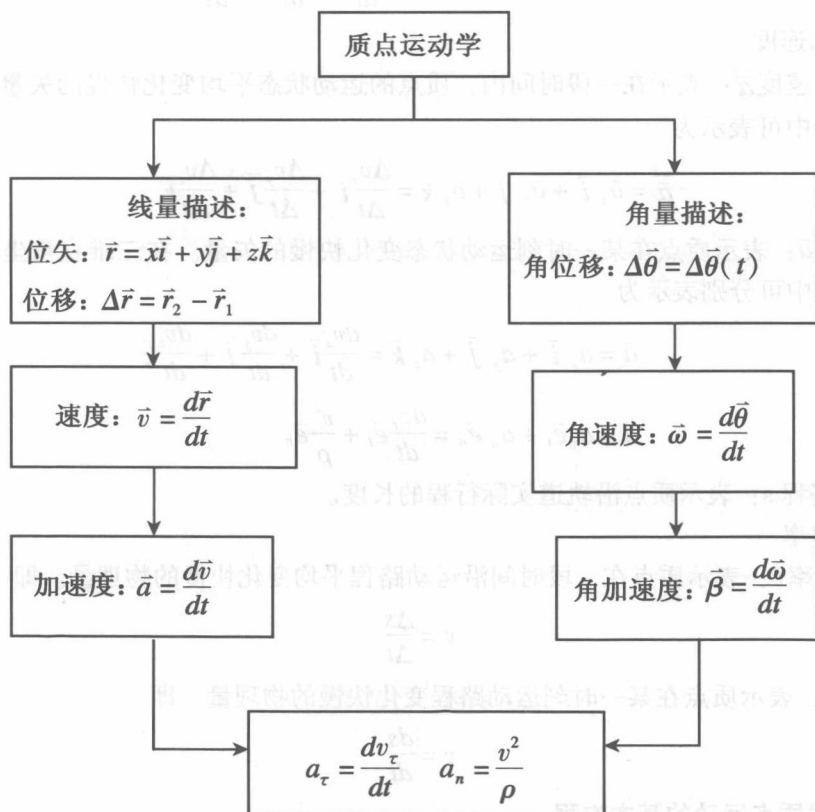
第一章 质点运动学	(1)
第二章 牛顿运动定律	(11)
第三章 动量与质点角动量	(21)
第四章 功和能与质点力学综合	(30)
第五章 刚体的定轴转动	(50)
第六章 振动学	(62)
第七章 波动学	(73)
第八章 光的干涉	(87)
第九章 光的衍射	(98)
第十章 光的偏振	(108)
第十一章 气体分子运动论	(115)
第十二章 热力学基础	(124)
第十三章 真空中的静电场	(140)
第十四章 导体和电介质中的静电场	(155)
第十五章 真空中的稳恒磁场	(166)
第十六章 磁介质中的磁场	(189)
第十七章 电磁感应	(194)
第十八章 麦克斯韦方程组与电磁波	(210)
第十九章 狭义相对论	(218)
第二十章 量子物理基础	(225)
习题答案	(237)

第一章 质点运动学

一、基本要求

1. 掌握位矢、位移、速度、加速度和角加速度等物理量。
2. 能借助于直角坐标系熟练计算质点在平面内运动时的速度及加速度。
3. 能计算质点作直线运动时的速度、加速度、路程、位移等物理量。
4. 能计算质点作圆周运动时的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度。

二、知识框图



三、内容提要

1. 描写质点运动的基本物理量

(1) 位置矢量 $\vec{r}$: 表示质点位置状态的矢量。在三维直角坐标系中, 可表示为

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

(2) 位移 $\Delta\vec{r}$: 表示质点位置状态变化的矢量。在三维直角坐标系中可表示为

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j} + (z_2 - z_1)\vec{k}$$

(3) 速度

平均速度 $\bar{\vec{v}}$: 表示在 Δt 一段时间内, 质点的位置状态平均变化快慢的矢量。在三维直角坐标系中可表示为

$$\bar{\vec{v}} = \bar{v}_x\vec{i} + \bar{v}_y\vec{j} + \bar{v}_z\vec{k} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t}\vec{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t}\vec{k}$$

速度 $\vec{v}$: 表示质点在某一时刻位置状态变化快慢的矢量。在三维直角坐标系中可表示为

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

(4) 加速度

平均加速度 $\bar{\vec{a}}$: 表示在一段时间内, 质点的运动状态平均变化快慢的矢量。在三维直角坐标系中可表示为

$$\bar{\vec{a}} = \bar{a}_x\vec{i} + \bar{a}_y\vec{j} + \bar{a}_z\vec{k} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\vec{i} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\vec{j} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\vec{k}$$

加速度 $\vec{a}$: 表示质点在某一时刻运动状态变化快慢的矢量。在三维直角坐标系中和自然坐标系中可分别表示为

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k} = \frac{dv_x}{dt}\vec{i} + \frac{dv_y}{dt}\vec{j} + \frac{dv_z}{dt}\vec{k}$$

$$\vec{a} = a_\tau\vec{e}_t + a_n\vec{e}_n = \frac{dv_\tau}{dt}\vec{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\vec{e}_n$$

(5) 路程 s : 表示质点沿轨道实际行程的长度。

(6) 速率

平均速率 $\bar{v}$: 表示质点在一段时间沿运动路程平均变化快慢的物理量。即

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

速率 v : 表示质点在某一时刻运动路程变化快慢的物理量。即

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

2. 描述质点运动的基本方程

(1) 轨道方程: 表示质点在轨道上的运动的空间坐标之间所满足的函数式。

(2) 运动方程: 表示质点在轨道上的运动的空间坐标随时间变化的函数式。

3. 几种特殊运动的基本公式

(1) 匀变速直线运动

$$v_x = v_{0x} + a_x t,$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$v_x^2 - v_{0x}^2 = 2a_x(x - x_0)$$

(2) 抛体运动

$$a_x = 0, \quad a_y = -g$$

$$v_x = v_0 \cos \theta, \quad v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

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

(3) 匀变速圆周运动

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}, \quad \beta = \frac{d\omega}{dt}, \quad \omega = \omega_0 + \beta t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2,$$

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta(\theta - \theta_0)$$

4. 线量和角量的关系式

$$v_t = \rho \omega \quad a_t = \rho \beta \quad a_n = \rho \omega^2$$

5. 相对运动基本公式

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{u} t, \quad \vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}, \quad \vec{a} = \vec{a}' + \vec{a}'_0$$

四、典型例题

本章习题大致分为两大类型: 第一种类型是已知质点的运动方程, 求速度 (或角速度)、加速度 (或角加速度) ——用微分方法解; 第二种类型是已知加速度 (或角加速度) 及初始条件, 求质点的速度 (或角速度)、位移 (或角位移)、路程、运动方程或给定速度 (或角速度) 和初始条件, 求质点的位移 (角位移)、路程、运动方程——用积分方法求解。

例 1: 一质点从静止开始作直线运动, 开始时加速度为 a_0 , 此后加速度随时间均匀增加, 经过时间 τ 后, 加速度为 $2a_0$, 经过时间 2τ 后, 加速度为 $3a_0$, …… , 求经过时间 $n\tau$ 后, 该质点的速度和走过的距离。

解:

设质点的加速度为 $a = a_0 + \alpha t$

$\because t = \tau$ 时, $a = 2a_0$

$\therefore \alpha = a_0/\tau$ 即 $a = a_0 + a_0 t/\tau$,

由 $a = dv/dt$, 得 $dv = a dt$, 两边积分

$$\int_0^v dv = \int_0^t (a_0 + a_0 t/\tau) dt \quad \therefore v = a_0 t + \frac{a_0}{2\tau} t^2$$

由 $v = ds/dt$, $ds = v dt$, 两边积分

$$\int_0^s ds = \int_0^t v dt = \int_0^t (a_0 t + \frac{a_0}{2\tau} t^2) dt$$

解得

$$s = \frac{a_0}{2} t^2 + \frac{a_0}{6\tau} t^3$$

$t = n\tau$ 时, 质点的速度

$$v_{n\tau} = \frac{1}{2} n(n+2) a_0 \tau$$

质点走过的距离

$$s_{n\tau} = \frac{1}{6} n^2(n+3) a_0 \tau^2$$

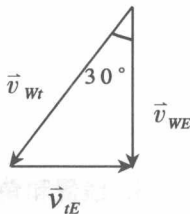
例 2: 当一列火车以 36km/h 的速率水平向东行驶时, 相对于地面匀速竖直下落的雨滴, 在列车的窗子上形成的雨迹与竖直方向成 30° 角。

(1) 雨滴相对于地面的水平分速有多大? 相对于列车的水平分速有多大?

(2) 雨滴相对于地面的速率如何? 相对于列车的速率如何?

解:

(1) 题给雨滴相对于地面竖直下落, 故相对于地面的水平分速为零。雨滴相对于列车的水平分速与列车速度等值反向为 10m/s, 正西方向。



(例 2 图)

(2) 设下标 W 指雨滴, t 指列车, E 指地面, 则有

$$\vec{v}_{WE} = \vec{v}_{Wt} + \vec{v}_{tE}, \quad v_{tE} = 10\text{m/s}$$

v_{WE} 竖直向下, v_{Wt} 偏离竖直方向 30° , 由图求得

雨滴相对于地面的速率为 $v_{WE} = v_{tE} \cot 30^\circ = 17.3\text{m/s}$

雨滴相对于列车的速率 $v_{Wt} = \frac{v_{tE}}{\sin 30^\circ} = 20\text{m/s}$

例 3: 一质点沿半径为 R 的圆周运动。质点所经过的弧长与时间的关系为 $S = bt + \frac{1}{2}ct^2$, 其中 b 、 c 是大于零的常量, 求从 $t=0$ 开始到切向加速度与法向加速度大小相等时所经历的时间。

解:

$$v = dS/dt = b + ct$$

$$a_t = dv/dt = c$$

$$a_n = (b + ct)^2/R$$

根据题意: $a_t = a_n$

即 $c = (b + ct)^2/R$

解得

$$t = \sqrt{\frac{R}{c}} - \frac{b}{c}$$

例 4: 一飞机相对于空气以恒定速率 v 沿正方形轨道飞行, 在无风天气其运动周期为 T 。若有恒定小风沿平行于正方形的一对边吹来, 风速为 $V = kv (k \ll 1)$ 。求飞机仍沿原正方形 (对地) 轨道飞行时周期要增加多少。

解:

设正方形边长为 L , 则无风时

$$L = vT/4$$

在有风天气为使飞机仍在正方形轨道上飞行, 飞机在每条边上的航行方向 (相对于空气的速度方向) 和飞行时间均须作相应调整, 如图 (图中风速从左向右)。

$$\text{令 } L = (v + V) t_1 = (v - V) t_2 = v' t_3$$

$$\text{其中 } v'^2 + V^2 = v^2$$

则新的运动周期为

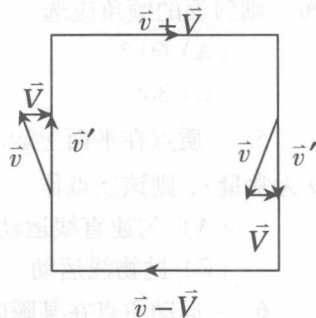
$$T' = t_1 + t_2 + 2t_3 = \frac{L}{v+V} + \frac{L}{v-V} + \frac{2L}{\sqrt{v^2 - V^2}}$$

$$\approx \frac{L}{v} \left[(1 - k + k^2) + (1 + k + k^2) + 2 \left(1 + \frac{1}{2} k^2 \right) \right]$$

$$= \frac{4L}{v} + \frac{3k^2 L}{v} = T \left(1 + \frac{3k^2}{4} \right)$$

∴

$$\Delta T = T' - T = 3k^2 T/4$$



(例 4 图)

五、习 题

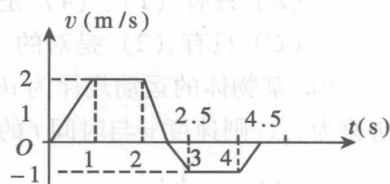
(一) 选择题

1. 某质点作直线运动的运动学方程为 $x = 3t - 5t^3 + 6$ (SI), 则该质点作 []

- (A) 匀加速直线运动, 加速度沿 x 轴正方向
- (B) 匀加速直线运动, 加速度沿 x 轴负方向
- (C) 变加速直线运动, 加速度沿 x 轴正方向
- (D) 变加速直线运动, 加速度沿 x 轴负方向

2. 一质点沿 x 轴作直线运动, 其 $v-t$ 曲线如图所示, 如 $t=0$ 时, 质点位于坐标原点, 则 $t=4.5\text{s}$ 时, 质点在 x 轴上的位置为 []

- (A) 5m
- (B) 2m
- (C) 0
- (D) -2m
- (E) -5m



(题 2 图)

3. 图中 p 是一圆的竖直直径 pc 的上端点, 一质点从 p 开始分别沿不同的弦无摩擦

下滑时, 到达各弦的下端所用的时间相比较是 []

- (A) 到 a 用的时间最短 (B) 到 b 用的时间最短

- (C) 到 c 用的时间最短 (D) 所用时间都一样

4. 几个不同倾角的光滑斜面, 有共同的底边, 顶点也在同一竖直面上。若使一物体 (视为质点) 从斜面上端由静止滑到下端的时间最短, 则斜面的倾角应选 []

- (A) 60°

- (B) 45°

- (C) 30°

- (D) 15°

5. 一质点在平面上运动, 已知质点位置矢量的表示式为 $\vec{r} = at^2 \vec{i} + bt^2 \vec{j}$ (其中 a 、 b 为常量), 则该质点作 []

- (A) 匀速直线运动

- (B) 变速直线运动

- (C) 抛物线运动

- (D) 一般曲线运动

6. 一运动质点在某瞬时位于矢径 $\vec{r}(x, y)$ 的端点处, 其速度大小为 []

- (A) $\frac{dr}{dt}$

- (B) $\frac{d\vec{r}}{dt}$

- (C) $\frac{d|\vec{r}|}{dt}$

- (D) $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$

7. 质点沿半径为 R 的圆周作匀速率运动, 每 T 秒转一圈。在 $2T$ 时间间隔中, 其平均速度大小与平均速率大小分别为 []

- (A) $2\pi R/T, 2\pi R/T$

- (B) $0, 2\pi R/T$

- (C) $0, 0$

- (D) $2\pi R/T, 0$

8. 以下五种运动形式中, $\vec{a}$ 保持不变的运动是 []

- (A) 单摆的运动

- (B) 匀速率圆周运动

- (C) 行星的椭圆轨道运动

- (D) 抛体运动

- (E) 圆锥摆运动

9. 质点作曲线运动, $\vec{r}$ 表示位置矢量, $\vec{v}$ 表示速度, $\vec{a}$ 表示加速度, S 表示路程, a_t 表示切向加速度, 下列表达式中, []

- (1) $dv/dt = a_t$

- (2) $dr/dt = v$

- (3) $dS/dt = v$

- (4) $|d\vec{v}/dt| = a_t$

- (A) 只有 (1)、(4) 是对的

- (B) 只有 (2)、(4) 是对的

- (C) 只有 (2) 是对的

- (D) 只有 (3) 是对的

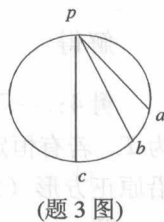
10. 某物体的运动规律为 $dv/dt = -kv^2 t$, 式中的 k 为大于零的常量。当 $t=0$ 时, 初速为 v_0 , 则速度 v 与时间 t 的函数关系是 []

- (A) $v = \frac{1}{2}kt^2 + v_0$

- (B) $v = -\frac{1}{2}kt^2 + v_0$

- (C) $\frac{1}{v} = \frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$

- (D) $\frac{1}{v} = -\frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$



(题3图)

11. 一物体从某一确定高度以 $\bar{v}_0$ 的速度水平抛出, 已知它落地时的速度为 $\bar{v}_t$, 那么它运动的时间是 []

(A) $\frac{v_t - v_0}{g}$

(B) $\frac{v_t - v_0}{2g}$

(C) $\frac{(v_t^2 - v_0^2)^{1/2}}{g}$

(D) $\frac{(v_t^2 - v_0^2)^{1/2}}{2g}$

12. 质点作半径为 R 的变速圆周运动时的加速度大小为 (v 表示任一时刻质点的速率) []

(A) $\frac{dv}{dt}$

(B) $\frac{v^2}{R}$

(C) $\frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{R}$

(D) $\left[\left(\frac{dv}{dt} \right)^2 + \left(\frac{v^2}{R} \right)^2 \right]^{1/2}$

13. 在高台上分别沿 45° 仰角方向和水平方向, 以同样速率投出两颗小石子, 忽略空气阻力, 则它们落地时速度 []

(A) 大小不同, 方向不同

(B) 大小相同, 方向不同

(C) 大小相同, 方向相同

(D) 大小不同, 方向相同

14. 在相对地面静止的坐标系内, A 、 B 两船都以 2m/s 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系方向相同的坐标系 (x 、 y 方向单位矢用 $\bar{i}$ 、 $\bar{j}$ 表示), 那么在 A 船上的坐标系中, B 船的速度 (以 m/s 为单位) 为 []

(A) $2\bar{i} + 2\bar{j}$

(B) $-2\bar{i} + 2\bar{j}$

(C) $-2\bar{i} - 2\bar{j}$

(D) $2\bar{i} - 2\bar{j}$

15. 一条河在某一段直线岸边同侧有 A 、 B 两个码头, 相距 1km 。甲、乙两人需要从码头 A 到码头 B , 再立即由 B 返回。甲划船前去, 船相对河水的速度为 4km/h ; 而乙沿岸步行, 步行速度也为 4km/h 。如河水流速为 2km/h , 方向从 A 到 B , 则 []

(A) 甲比乙晚 10 分钟回到 A

(B) 甲和乙同时回到 A

(C) 甲比乙早 10 分钟回到 A

(D) 甲比乙早 2 分钟回到 A

16. 一飞机相对空气的速度大小为 200km/h , 风速为 56km/h , 方向从西向东。地面雷达站测得飞机速度大小为 192km/h , 方向是 []

(A) 南偏西 16.3°

(B) 北偏东 16.3°

(C) 向正南或向正北

(D) 西偏北 16.3°

(E) 东偏南 16.3°

(二) 填空题

1. 两辆车 A 和 B , 在笔直的公路上同向行驶, 它们从同一起始线上同时出发, 并且由出发点开始计时, 行驶的距离 x 与行驶时间 t 的函数关系式:

$$x_A = 4t + t^2, \quad x_B = 2t^2 + 2t^3 \quad (\text{SI}),$$

(1) 它们刚离开出发点时, 行驶在前面的一辆车是 _____;

(2) 出发后, 两辆车行驶距离相同的时刻是_____;

(3) 出发后, B 车相对 A 车速度为零的时刻是_____。

2. 一质点沿 x 方向运动, 其加速度随时间变化关系为

$$a = 3 + 2t \text{ (SI)},$$

如果初始时质点的速度 v_0 为 5m/s , 则当 t 为 3s 时, 质点的速度 $v =$ _____。

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

4. 一辆作匀加速直线运动的汽车, 在 6s 内通过相隔 60m 远的两点, 已知汽车经过第二点时的速率为 15m/s , 则

(1) 汽车通过第一点时的速率 $v_1 =$ _____;

(2) 汽车的加速度 $a =$ _____。

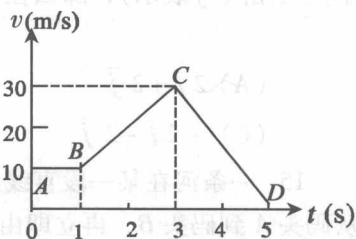
5. 在 x 轴上作变加速直线运动的质点, 已知其初速度为 v_0 , 初始位置为 x_0 , 加速度 $a = Ct^2$ (其中 C 为常量), 则其速度与时间的关系为 $v =$ _____, 运动学方程为_____。

6. 一质点沿 x 轴作直线运动, 它的运动学方程为 $x = 3 + 5t + 6t^2 - t^3$ (SI) 则

(1) 质点在 $t = 0$ 时刻的速度 $\bar{v}_0$ _____;

(2) 加速度为零时, 该质点的速度 v _____。

7. 一质点作直线运动, 其 $v-t$ 曲线如图所示, 则 BC 和 CD 段时间内的加速度分别为_____。



8. 一物体在某瞬时, 以初速度 $\bar{v}_0$ 从某点开始运动, 在 Δt 时间内, 经一长度为 S 的路径后, 又回到出发点, 此时速度为 $-\bar{v}_0$, 则在这段时间内:

(1) 物体的平均速率是_____;

(题 7 图)

(2) 物体的平均加速度是_____。

9. 一质点作半径为 0.1m 的圆周运动, 其角位置的运动学方程为:

$$\theta = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}t^2$$

则其切向加速度为 $a_t =$ _____。

10. 质点沿半径为 R 的圆周运动, 运动学方程为 $\theta = 3 + 2t^2$ (SI), 则 t 时刻质点的法向加速度大小为 $a_n =$ _____; 角加速度 $= \beta$ _____。

11. 一质点从静止出发沿半径 $R = 1\text{m}$ 的圆周运动, 其角加速度随时间 t 的变化规律是 $\beta = 12t^2 - 6t$ (SI), 则质点的角速度 $\omega =$ _____; 切向加速度 $a_t =$ _____。

12. 一质点沿半径为 0.1m 的圆周运动, 其角位移 θ 随时间 t 的变化规律是 $\theta = 2 + 4t^2$ (SI)。在 $t = 2\text{s}$ 时, 它的法向加速度 $a_n =$ _____; 切向加速度 $a_t =$ _____。

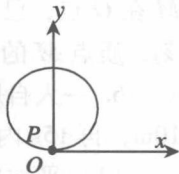
13. 在半径为 R 的圆周上运动的质点, 其速率与时间关系为 $v = ct^2$ (式中 c 为常量), 则从 $t=0$ 到 t 时刻质点走过的路程 $S(t) =$ _____; t 时刻质点的切向加速度 $a_t =$ _____; t 时刻质点的法向加速度 $a_n =$ _____。

14. 在 Oxy 平面内有一运动质点, 其运动学方程为:

$$\vec{r} = 10\cos 5t \vec{i} + 10\sin 5t \vec{j} \quad (\text{SI})$$

则 t 时刻其速度 $\vec{v}$ _____; 其切向加速度的大小 a_t _____; 该质点运动的轨迹是 _____。

15. 一质点从 O 点出发以匀速率 1cm/s 作顺时针转向的圆周运动, 圆的半径为 1m , 如图所示。当它走过 $2/3$ 圆周时, 走过的路程是 _____, 这段时间内的平均速度大小为 _____, 方向是 _____。



(题 15 图)

16. 一质点沿半径为 0.10m 的圆周运动, 其角位移 θ 可用下式表示

$$\theta = 2 + 4t^3 \quad (\text{SI})$$

(1) 当 $t=2\text{s}$ 时, 切向加速度 $a_t =$ _____;

(2) 当 a_t 的大小恰为总加速度 $\vec{a}$ 大小的一半时, $\theta =$ _____。

17. 一质点在 Oxy 平面内运动。运动学方程为 $x = 2t$ 和 $y = 19 - 2t^2$ (SI), 则在第 2 秒内质点的平均速度大小 $\bar{v}$ _____, 2 秒末的瞬时速度大小 v_2 _____。

18. 飞轮作加速转动时, 轮边缘上一点的运动学方程为 $S = 0.1t^3$ (SI), 飞轮半径为 2m 。当此点的速率 $v_2 = 30\text{m/s}$ 时, 其切向加速度为 _____, 法向加速度为 _____。

19. 当一列火车以 10m/s 的速率向东行驶时, 若相对于地面竖直下落的雨滴在列车的窗子上形成的雨迹偏离竖直方向 30° , 则雨滴相对于地面的速率是 _____; 相对于列车的速率是 _____。

(三) 计算题

1. 一质点沿 x 轴运动, 其加速度 a 与位置坐标 x 的关系为

$$a = 2 + 6x^2 \quad (\text{SI})$$

如果质点在原点处的速度为零, 试求其在任意位置处的速度。

2. 有一质点沿 x 轴作直线运动, t 时刻的坐标为 $x = 4.5t^2 - 2t^3$ (SI)。试求:

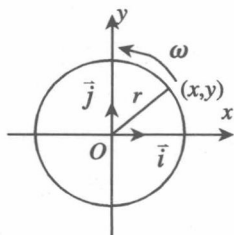
(1) 第 2 秒内的平均速度;

(2) 第 2 秒末的瞬时速度;

(3) 第 2 秒内的路程。

3. (1) 对于在 xy 平面内, 以原点 O 为圆心作匀速圆周运动的质点, 试用半径 r 、角速度 ω 和单位矢量 $\vec{i}$ 、 $\vec{j}$ 表示其 t 时刻的位置矢量。已知在 $t=0$ 时, $y=0$, $x=r$, 角速度 ω 如图所示;

(2) 由 (1) 导出速度 $\vec{v}$ 与加速度 $\vec{a}$ 的矢量表示式;



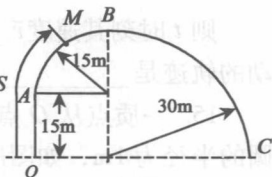
(题 3 图)

常式(3) 试证加速度指向圆心。

4. 由楼窗口以水平初速度 $\bar{v}_0$ 射出一发子弹, 取枪口为原点, 沿 $\bar{v}_0$ 方向为 x 轴, 竖直向下为 y 轴, 并取发射时刻 t 为 0, 试求:

- (1) 子弹在任一时刻 t 的位置坐标及轨迹方程;
- (2) 子弹在 t 时刻的速度, 切向加速度和法向加速度。

5. 质点 M 在水平面内的运动轨迹如图所示, OA 段为直线, AB 、 BC 段分别为不同半径的两个 $1/4$ 圆周。设 $t=0$ 时, M 在 O 点, 已知运动学方程为 $S=30t+5t^2$ (SI)。求 $t=2$ s 时刻, 质点 M 的切向加速度和法向加速度。



(题 5 图)

6. 一人自原点出发, 25s 内向东走 30m, 又 10s 内向南走 10m, 再 15s 内向正西北走 18m。求在这 50s 内:

- (1) 平均速度的大小和方向;
- (2) 平均速率的大小。

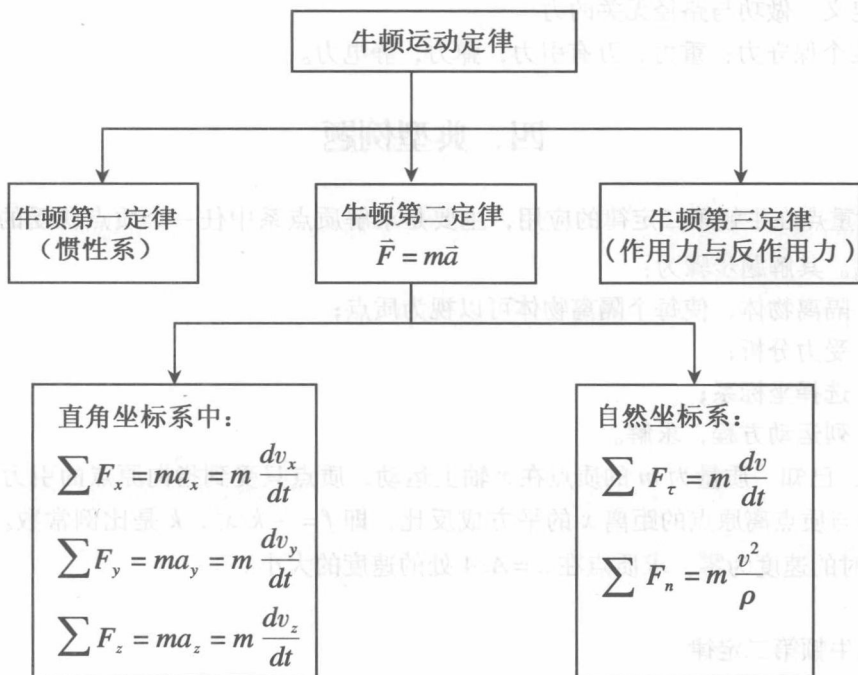


第二章 牛顿运动定律

一、基本要求

1. 掌握牛顿三定律及其适用条件。
2. 理解惯性系和非惯性系的概念。

二、知识框图



三、内容提要

1. 基本定律

(1) 第一定律

$$\text{若 } \vec{F} = \sum_j \vec{F}_j = 0 \quad \text{则 } \vec{v} = \text{恒量}$$

(2) 第二定律

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

(3) 第三定律

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

2. 适用条件

a. 质点 b. 低速 c. 惯性系

3. 常见力

重力, 压力, 张力, 支撑力, 弹力, 摩擦力, 库仑力, 洛伦兹力, 安培力和万有引力等。

4. 惯性力

为了使牛顿第二定律在非惯性系中成立而引进的一个虚构的力

$$\vec{F} = -m\vec{a}_0$$

$\vec{a}_0$ 为非惯性系相对与惯性系的加速度。

5. 保守力

a. 定义: 做功与路径无关的力

b. 几个保守力: 重力, 万有引力, 弹力, 静电力。

四、典型例题

本章重点在牛顿第二定律的应用, 主要是求解质点系中任一质点所受的力 $\vec{F}_j$ 和加速度 $\vec{a}_j$ 。其解题步骤为:

- (1) 隔离物体, 使每个隔离物体可以视为质点;
- (2) 受力分析;
- (3) 选择坐标系;
- (4) 列运动方程, 求解。

例 1: 已知一质量为 m 的质点在 x 轴上运动, 质点只受到指向原点的引力的作用, 引力大小与质点离原点的距离 x 的平方成反比, 即 $f = -k/x^2$, k 是比例常数。设质点在 $x=A$ 时的速度为零, 求质点在 $x=A/4$ 处的速度的大小。

解:

根据牛顿第二定律

$$f = -\frac{k}{x^2} = m \frac{dv}{dt} = m \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = mv \frac{dv}{dx}$$

$$\therefore v dv = -k \frac{dx}{mx^2}, \quad \int_0^v v dv = -\int_A^{A/4} \frac{k}{mx^2} dx$$

$$\frac{1}{2}v^2 = \frac{k}{m} \left(\frac{4}{A} - \frac{1}{A} \right) = \frac{3}{mA}k$$

$$\therefore v = \sqrt{6k/(mA)}$$