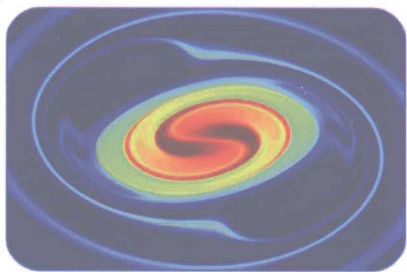




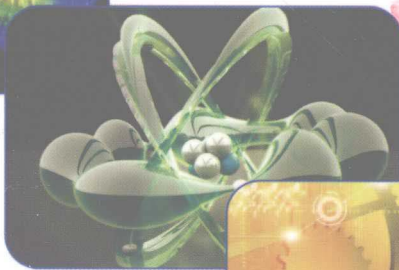
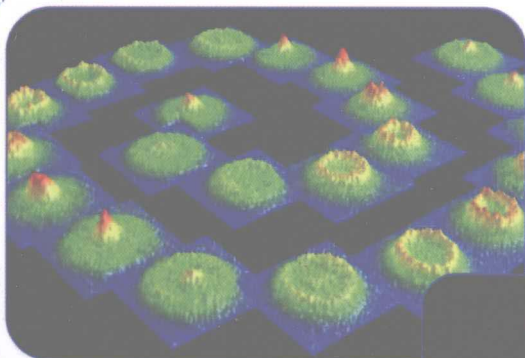
普通高等教育“十二五”规划教材



大学物理解题指导与练习

(第二版)

周宏宇 张勇 韦娜 徐美华 编 沈才康 审核



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理解题指导与练习

(第二版)

周宏宇 张 勇 编
韦 娜 徐美华
沈才康 审核

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在参考原国家教委的《高等工科院校大学物理课程教学基本要求》基础上,针对理工科院校的大学物理教学要求和学生特点而编写的教学辅助参考书。全书主要由内容小结和解题指导部分、自测题部分以及练习作业题三部分组成。内容小结和解题指导能够帮助学生系统复习各章节物理知识要点;自测题(附有答案)可以让学生作为自我检查学习效果用;作业题设计为单元练习,方便学生交批作业。作为课堂教学的补充,本书对学生平时学习和考试前复习有一定帮助。

本书可作为普通高等理工科院校、民办学院和成人类院校的大学物理学习辅助参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理解题指导与练习/周宏宇等编. —2 版. —北京:科学出版社, 2012

(普通高等教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-03-033184-7

I. ①大… II. ①周… III. ①物理学-高等学校-教学参考资料
IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 275560 号

责任编辑:沈力匀/责任校对:刘莹
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 二 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 1 月第一次印刷 印张:11 3/4

字数:280 000

定价:20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(骏杰))

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135235(HP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

第二版修订说明

本书出版已 5 年,为使这本《大学物理解题指导与练习》更适合教学的需要,在这段时间里,我们在自己教学实践的同时,又征求了同行和学生的意见与建议,对第一版教材做了修改。修订工作主要包括以下两个方面的内容:

(1)订正了原版中疏漏和错误。

(2)调整了部分习题,使其与相应内容之间搭配更加科学合理。

希望通过此次修订,能在第一版的基础上更加完善,更加适合教学一线的需要。

第一版前言

大学物理是理工科学生的重要基础课。为了帮助学生解决学习中遇到的一些问题，便于学好本课程必须掌握的基本知识，我们编写了这本教学辅助书。

全书主要由解题指导、自测题和同步练习作业题三个内容组成。由周宏宇、张勇、韦娜、徐美华老师编写。其中周宏宇编写了第一部分、第二部分、第三部分。张勇编写了第五部分、第六部分。韦娜编写了第四部分、第七部分。徐美华编写了第八部分、第九部分、第十部分。全书由周宏宇老师负责统稿。沈才康老师对全书做了仔细的审核。在编写本书的过程中，还得到了沈临江和蔡永明老师的指导。南京工业大学应用物理系的部分老师也对编写本书提出了许多宝贵意见，在此向他们表示感谢。

目 录

第一部分 质点运动学和动力学	1
一、质点运动学内容提要	1
二、质点动力学内容提要	2
三、解题指导	3
四、自测题	7
第二部分 动量和能量守恒	10
一、内容提要	10
二、解题指导	11
三、自测题	13
第三部分 刚体力学	16
一、内容提要	16
二、解题指导	17
三、自测题	19
第四部分 热学	22
一、气体动理论内容提要	22
二、热力学基础内容提要	23
三、解题指导	25
四、自测题	28
第五部分 电学	34
一、真空中的静电场内容提要	34
二、静电场中的导体和电介质内容提要	35
三、解题指导	37
四、自测题	39
第六部分 磁学	45
一、稳恒磁场内容提要	45
二、电磁感应内容提要	46
三、解题指导	47
四、自测题	51
第七部分 振动和波动	60
一、振动内容提要	60
二、波动内容提要	62
三、解题指导	63
四、自测题	65
第八部分 波动光学	72
一、光的干涉内容提要	72

二、光的衍射内容提要	73
三、光的偏振内容提要	74
四、解题指导	74
五、自测题	76
第九部分 相对论	82
一、内容提要	82
二、解题指导	82
三、自测题	83
第十部分 量子物理	86
一、内容提要	86
二、解题指导	87
三、自测题	87
第十一部分 练习题	91
练习一 质点运动学	93
练习二 牛顿力学	95
练习三 动量守恒和能量守恒	99
练习四 刚体力学	105
练习五 气体动理论	109
练习六 热力学基础	113
练习七 真空中的静电场	117
练习八 静电场中的导体和电介质	123
练习九 稳恒磁场	127
练习十 电磁感应和电磁场	133
练习十一 振动	139
练习十二 波动	143
练习十三 光的干涉	149
练习十四 光的衍射	153
练习十五 光的偏振	157
练习十六 相对论	159
练习十七 量子物理	161
附录	165
一、自测题答案	165
二、练习题部分答案	175

质点运动学和动力学

一、质点运动学内容提要

1. 描述质点运动状态的几个物理量

(1) 位置矢量 $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ (m) $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ 为单位矢量。

(2) 位移 $\Delta\vec{r}$, 路程 Δs 。

(3) 速度。

平均速度
$$\bar{\vec{v}} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t},$$

平均速率
$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

注意: 平均速度的大小和平均速率不一定相等。

瞬时速度
$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt},$$

瞬时速率
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}.$$

注意: 瞬时速度的大小和瞬时速率相等。

(4) 加速度。

平均加速度
$$\bar{\vec{a}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t},$$

瞬时加速度
$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

(5) 运动方程。

运动方程
$$\vec{r} = \vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k},$$

分量式
$$x = x(t), y = y(t), z = z(t),$$

轨迹方程
$$f(x, y, z) = 0.$$

2. 直线运动

建立坐标轴, 有 $x = x(t), v = \frac{dx}{dt}, a = \frac{d^2x}{dt^2}.$

(1) 匀速直线运动: $a = 0, v$ 为常量, $x_t = x_0 + vt.$

(2) 匀变速直线运动: a 为常量

$$\begin{cases} v_t = v_0 + at \\ x_t = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \\ v_t^2 - v_0^2 = 2a(x_t - x_0) \end{cases}$$

(3) 变速直线运动:

$$\begin{cases} x = x_0 + \int_0^t v dt \\ v = v_0 + \int_0^t a dt \end{cases}$$

3. 圆周运动

(1) 匀速率圆周运动:

$$a = \frac{v^2}{R}, \text{方向: 指向圆心。是变加速运动。}$$

(2) 变速率圆周运动:

$$\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n} + \frac{dv}{dt} \vec{\tau}, \quad a = \sqrt{\left(\frac{v^2}{R}\right)^2 + \left(\frac{dv}{dt}\right)^2}$$

注意:

① $a \neq a_n + a_\tau$;

② $a \neq \frac{dv}{dt}$ 。

(3) 角量表示:

角位置: θ ;

角位移: $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$;

角速度: 平均角速度 $\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$, 瞬时角速度 $\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$;

角加速度: 平均角加速度 $\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$, 瞬时角加速度 $\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$,

匀速率圆周运动: $\alpha = 0$, 则有 $\begin{cases} \omega = C \\ \theta = \theta_0 + \omega t \end{cases}$ 形同匀速直线运动;

匀变速率圆周运动: $\alpha = \text{常量}$, 则有 $\begin{cases} \omega = \omega_0 + \alpha t \\ \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \\ \omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha(\theta - \theta_0) \end{cases}$ 形同匀变速直线运动。

(4) 线量和角量的关系:

$$v = R\omega, \quad a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2, \quad a_\tau = \frac{dv}{dt} = R\alpha.$$

二、质点动力学内容提要

动力学主要讨论质点运动状态变化与受力的联系。

1. 牛顿运动三定律

牛顿第一定律:任何物体都保持静止或匀速直线运动状态,直到外力迫使它改变这种状态为止。

牛顿第二定律:物体受到外力作用时,物体所获得的加速度的大小与合外力的大小成正比,与物体的质量成反比;加速度的方向与合外力的方向相同。

牛顿第三定律:作用力与反作用力大小相等,方向相反,在同一直线上。

适用范围:

- (1) 质点。
- (2) 低速运动的宏观物体。
- (3) 惯性系(由牛顿第一定律确定惯性系,牛顿第二定律只对惯性系适用)。

2. 常见力

(1) 重力:由于地球的吸引而使物体受到的力。

(2) 弹性力:弹簧弹力、支持力、压力、张力等。

方向:压力、支持力垂直于接触面,弹簧弹力、绳的张力沿弹簧或绳。

大小:对满足胡克定律的弹性力,有: $F = -kx$ 。

(3) 摩擦力:静摩擦力、滑动摩擦力。

方向:总是和相对运动(或趋势)的方向相反。

大小: $f_{\text{静max}} = \mu_{\text{静}} \cdot N$, $f_{\text{滑}} = \mu_{\text{滑}} \cdot N$ 。

注意: N 为正压力。

三、解题指导

1. 质点运动学

质点运动学主要讲述质点运动状态随时间变化的关系。与中学阶段的内容相比较,本章的学习更强调:

- (1) 掌握质点运动的矢量性、瞬时性及相对性。
- (2) 注意培养用数学语言来表达和处理物理问题的能力。

质点运动学的问题主要有:

(1) 已知运动学方程,求速度和加速度。这类问题只需将 $\vec{r}(t)$ 函数对时间 t 求导数即可得解。

(2) 已知速度求运动学方程,或已知加速度求速度和运动学方程。这类问题可用积分法来计算。

(3) 圆周运动的角速度、角加速度以及曲线运动中质点的切向加速度、法向加速度的计算。

【例 1.1】 一质点的运动方程为 $\vec{r}(t) = 3\vec{i} + 4t^2\vec{j} + 2t\vec{k}$,式中 r, t 分别以 m、s 为单位。试求:(1)它的速度与加速度;(2)它的轨迹方程。

分析 本题属于典型的质点运动学第一类问题,由定义可直接求出速度、加速度,但

应注意位移、速度和加速度的矢量性。由运动方程,可知各分量式 $x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $z(t)$,从中消去 t ,即得质点的轨迹方程。

解 (1) 速度 $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d}{dt}(3\vec{i} + 4t^2\vec{j} + 2t\vec{k}) = 8t\vec{j} + 2\vec{k} \quad (\text{m/s}),$

加速度 $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(8t\vec{j} + 2\vec{k}) = 8\vec{j} \quad (\text{m/s}^2)。$

(2) 由 $\vec{r}(t) = 3\vec{i} + 4t^2\vec{j} + 2t\vec{k}$, 可知 $x(t) = 3, y(t) = 4t^2, z(t) = 2t$, 消去 t , 得轨迹方程

$$x = 3(\text{m}), \quad y = z^2(\text{m}).$$

这是 $x=3$ 平面上的一条抛物线。

注意:

(1) 进行矢量微积分运算时,通常将矢量按坐标轴方向分解为几个互相垂直的分量进行运算;

(2) 书写时,注意是否有矢量号。

【例 1.2】 一质点沿 x 轴做加速运动,开始时质点位于 x_0 处,初速度为 v_0 。

(1) 当 $a=kt+c$ 时,求任意时刻质点的速度及位置。

(2) 当 $a=kv$ 时,求任意时刻质点的速度及位置。

(3) 当 $a=kx$ 时,求质点在任意位置时的速度。以上各式中 k, c 是常量。

分析 本题属于典型的质点运动学第二类问题,即已知加速度(或速度),求质点的速度(或运动学方程),因此需用积分法计算。

解 (1) 由 $a = \frac{dv}{dt}$, 得 $dv = a dt$, 积分

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

得

$$v = v_0 + ct + \frac{1}{2}kt^2。$$

而由 $v = \frac{dx}{dt}$, 得 $dx = v dt$, 积分

$$\int_{x_0}^x dx = \int_0^t v dt = \int_0^t \left(v_0 + ct + \frac{1}{2}kt^2 \right) dt,$$

得

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}ct^2 + \frac{1}{6}kt^3。$$

(2) 由 $a = \frac{dv}{dt} = kv$, 得 $\frac{dv}{v} = k dt$, 积分

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = \int_0^t k dt,$$

得

$$v = v_0 e^{kt}。$$

而由 $v = \frac{dx}{dt}$, 得 $dx = v dt = v_0 e^{kt} dt$, 积分

$$\int_{x_0}^x dx = \int_0^t v_0 e^{kt} dt,$$

得

$$x = x_0 + \frac{v_0}{k}(e^{kt} - 1).$$

(3) 由 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx}$, 得 $a dx = v dv$, 将 $a = kx$ 代入并积分

$$\begin{aligned} \int_{x_0}^x kx dx &= \int_{v_0}^v v dv, \\ \frac{1}{2} kx^2 - \frac{1}{2} kx_0^2 &= \frac{1}{2} v^2 - \frac{1}{2} v_0^2, \\ v &= \sqrt{v_0^2 + k(x^2 - x_0^2)}. \end{aligned}$$

注意: 本题给出了三种类型的加速度, 即 $a = a(t)$, $a = a(v)$ 及 $a = a(x)$, 后两种情况求解时需通过分离变量后再积分求解。第三种情况中, 要灵活运用公式 $a dx = v dv$ 。

【例 1.3】 如图 1.1 所示, 在离水面高度为 h 的岸边, 有人用绳子拉船靠岸, 收绳的速率恒为 v_0 , 求船在离岸边的距离为 s 时的速度和加速度。

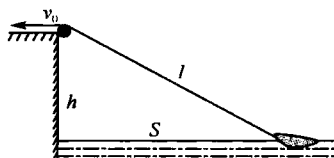


图 1.1

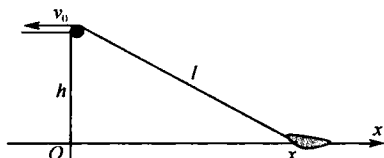


图 1.2

分析 运动学中第一类问题是由运动方程求速度和加速度。但在实际问题中, 通常要先根据已知条件写出质点的运动方程, 然后对其求导。本题可将小船看成质点, 做的是直线运动。根据已知条件写出小船的运动方程, 对其求导, 即可得到船的速度和加速度。

解 如图 1.2 所示建立坐标, 则在任一时刻, 船的运动方程为 $x = \sqrt{l^2 - h^2}$ 。则

(1) 船的速度为

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d\sqrt{l^2 - h^2}}{dt} = \frac{2l \frac{dl}{dt}}{2\sqrt{l^2 - h^2}} = -\frac{v_0 l}{\sqrt{l^2 - h^2}},$$

(设绳原长为 l_0 , 有 $l = l_0 - v_0 t$, 两边求导, 则有 $\frac{dl}{dt} = -v_0$ 。)而: $l^2 = h^2 + s^2$, 代入得

$$v = -\frac{\sqrt{h^2 + s^2}}{s} v_0, \text{ 负号表示船速和 } x \text{ 轴正方向相反。}$$

(2) 船的加速度为

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left[-\frac{v_0 l}{\sqrt{l^2 - h^2}} \right] = -\frac{h^2 v_0^2}{(l^2 - h^2)^{3/2}} = -\frac{h^2 v_0^2}{s^3}.$$

负号表示船的加速度和 x 轴正方向相反。小船做变加速运动。

2. 质点动力学

本章主要是学习用牛顿运动定律求解物体的运动方程, 包括求解变力在内的简单的

质点动力学方程。

运用牛顿运动定律解题步骤：

- (1) 选研究对象,画出受力图(包括隔离体图);
- (2) 建立坐标系,应用 $\vec{F}=m\vec{a}$,列方程,一般写分量式;
- (3) 补充联系方程;
- (4) 解方程,取合适解。

【例 1.4】 如图 1.3 所示,重物质量为 m_1 和 m_2 ,绳与滑轮的质量不计,轴承摩擦不计,绳不可伸长。求重物释放后物体的加速度及绳对物体的拉力。

解 (1) 将 m_1 和 m_2 视作两质点,分别做隔离体图,如图 1.4 所示。

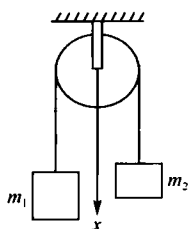


图 1.3

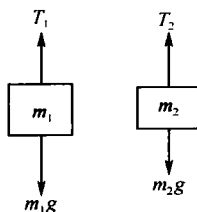


图 1.4

(2) 选地面为参考系。建立坐标系,取向下方向为正方向。 T_1 和 T_2 表示绳对质点的拉力, a_1 和 a_2 表示两质点的加速度,根据牛顿第二定律,有:

$$m_1g - T_1 = m_1a_1, \quad m_2g - T_2 = m_2a_2 \quad (1-1)$$

(3) 补充联系方程。因滑轮为理想滑轮,故两侧张力大小相等:

$$T_1 = T_2 \quad (1-2)$$

又因为绳不可伸长, m_1 和 m_2 的位移总是大小相等、方向相反,将位移对时间二次求导,可知, m_1 和 m_2 的加速度也大小相等、方向相反,即

$$a_1 = -a_2 \quad (1-3)$$

(4) 解方程组式(1-1)~式(1-3)得

$$a_1 = -a_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}g, \quad T_1 = T_2 = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2}g。$$

注意: 计算结果中 a 若为正值,表明其方向与选定的正方向相同,若为负值,则方向相反。

【例 1.5】 试计算一质量为 m 的小球在水中竖直沉降的速度。已知小球的质量为 m ,水对小球的浮力为 $F_{\text{浮}}=B$ (不变),水对小球的黏滞阻力为 $\vec{F}_{\text{阻}}=-k\vec{v}$,式中 k 是和水的黏性、小球半径有关的一个常量。

解 做受力图如图 1.5 所示,小球受重力、浮力和黏滞阻力的作用。设向下方向为 x 轴正方向,取小球由静止开始下落处为原点,并开始计时,则: $t=0$ 时 $x_0=0, v_0=0$ 。

小球所受合力为 $F = mg - F_{\text{浮}} - F_{\text{阻}} = mg - B - kv$,

则加速度为

$$a = \frac{mg - B - kv}{m},$$

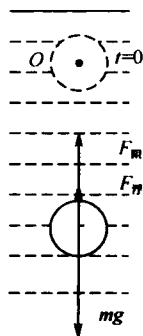


图 1.5

而 $a = \frac{dv}{dt}$, 代入得

$$\begin{aligned}\frac{m}{mg - B - kv} dv &= dt, \\ \int_0^v \frac{m}{mg - B - kv} dv &= \int_0^t dt, \\ v &= \frac{mg - B}{k} (1 - e^{-\frac{k}{m}t}).\end{aligned}$$

则

讨论: 当 $t \rightarrow \infty$ 时, $v = \frac{mg - B}{k}$ 叫极限速度, 又叫收尾速度。极限速度与 k 即球半径和水的黏性有关, 常用此法分离大小不同的球形微粒。

四、自测题

1. 质点做曲线运动, $\vec{r}$ 表示位置, $\vec{v}$ 表示速度, $\vec{a}$ 表示加速度, s 表示路程, a_τ 表示切向加速度。对下列表达式, 判断正确的是:

(1) $\frac{dv}{dt} = a$; (2) $\frac{dr}{dt} = v$; (3) $\frac{ds}{dt} = v$; (4) $\left| \frac{d\vec{v}}{dt} \right| = a_\tau$ 。

[]

2. 做平抛运动的质点, 其不变的物理量是:

(1) v ; (2) $\vec{v}$; (3) $\frac{dv}{dt}$; (4) $\frac{d\vec{v}}{dt}$ 。

[]

3. 一质点做直线运动, 某时刻的瞬时速度 $v = 5\text{m/s}$, 瞬时加速度 $a = -3\text{m/s}^2$, 则 1s 后质点的速度为:

(1) 等于 2m/s ; (2) 等于 5m/s ; (3) 等于 8m/s ; (4) 不能确定。

[]

4. 对于做曲线运动的物体, 以下几种说法中正确的是:

- (1) 切向加速度必不为零;
- (2) 法向加速度必不为零(拐点处除外);
- (3) 由于速度沿切线方向, 法向分速度必为零, 因此法向加速度必为零;
- (4) 若物体做匀速率运动, 其总加速度必为零;
- (5) 若物体的加速度为恒矢量, 它一定做匀变速率运动。

[]

5. 一气球的总质量为 M , 以大小为 a 的加速度竖直下降, 今欲使它以大小为 a 的加速度坚直上升, 设气球在升降时的空气阻力不计、空气浮力不变, 则应从气球中抛掉压舱沙袋的质量为:

(1) $\frac{2Ma}{(a+g)}$; (2) $\frac{Ma}{(a+g)}$;
(3) $\frac{2Ma}{g}$; (4) $\frac{Ma}{g}$ 。

[]

6. 一光滑圆环半径为 R , 位于竖直平面内, 且以匀角速度 ω 绕竖直直径旋转, 一小球 m 穿在圆环上, 当小球相对于圆环静止时, 偏离竖直轴的角度为:

- (1) $\frac{\pi}{2}$; (2) $\arccos\left[\frac{g}{R\omega^2}\right]$;
(3) $\arccos\left[\frac{mg}{R\omega^2}\right]$; (4) $\arctan\left[\frac{R\omega^2}{g}\right]$ 。

[]

7. 一物体在某瞬时, 以初速度 $\vec{v}_0$ 从某点开始运动, 在 Δt 时间内, 经过一长度为 s 的曲线路径后, 又回到出发点, 此时物体的速度为 $-3\vec{v}_0$, 则这段时间内物体的平均速度为 _____, 平均加速度为 _____。(用矢量表示)

8. 一质点做平面运动, 其运动方程为: $\vec{r} = (3t - 4t^2)\vec{i} + (-6t^2 + t^3)\vec{j}$ (SI)。从 $t=0$ 到 $t=3s$, 质点的位移为 _____; 前 3s 内平均速度为 _____, 在 $t=3s$ 时瞬时速度为 _____; 前 3s 内平均加速度为 _____, 在 $t=3s$ 时瞬时加速度为 _____。(要求均用矢量表示)

9. 一质点做平面运动, 其运动规律为 $\vec{r} = 5\cos 10t \vec{i} + 5\sin 10t \vec{j}$ (SI), 则 t 时刻该质点的速度 $\vec{v} =$ _____; 速率为 _____; 加速度 $\vec{a} =$ _____; 其大小 $a =$ _____; 该质点的轨迹方程为 _____。

10. 一质点做直线运动, 加速度 $a = 4 - t^2$ (SI), 已知 $t=3s$ 时, $v=2m/s$, $x=9m$, 则此质点的速度 _____, 运动方程为 _____。

11. 飞轮半径为 $0.4m$, 自静止时起动, 角加速度为 $\alpha = 0.2t$ (rad/s²), 则 $t=2s$ 时边缘上各点的 $v =$ _____, $a_n =$ _____, $a_\tau =$ _____, 已转过的角度为 _____。

12. 质量分别为 m_1 和 m_2 的木板 A 和 B 叠放在光滑的水平面上, A 和 B 之间的静摩擦因数为 μ , 如图 1.6 所示, 如用拉力 $\vec{F}$ 拉 B 板, 要使 B 板从 A 板下抽出, 作用在 B 上的拉力至少为 _____。

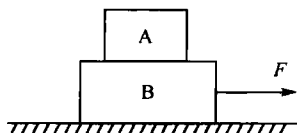


图 1.6

13. 一个刚性圆球 m 放在倾角为 θ 的斜面上, 如图 1.7 所示, 挡板垂直于水平面, 圆球处于静止状态。则圆球对斜面的正压力为 _____; 对挡板的正压力为 _____。

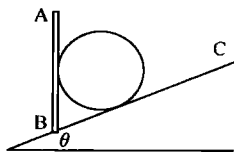


图 1.7

14. 如图 1.8 所示, 质量为 M 的小车, 在光滑轨道上受恒力 $\vec{F}$ 作用, 有一质量为 m 的物块放在车上, 随小车一起运动, 则小车运动的加速度为 _____; 物块受到的摩擦力为 _____。

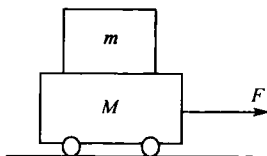


图 1.8

15. 如图 1.9 所示, 长为 l 的圆锥摆, 如果摆角为 θ , 摆的周期为_____。

16. 如图 1.10 所示, 一个擦窗工人利用滑轮-吊桶装置上升, 已知人和吊桶的总质量为 75kg , 若工人自己慢慢匀速上升, 他需拉绳的力的大小为_____; 如果他的拉力在此基础上增大 10% , 他的加速度大小为_____。

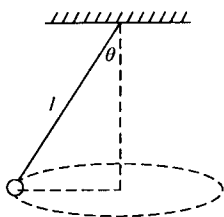


图 1.9

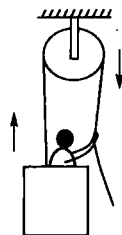


图 1.10

17. 沿半径为 R 的半球形碗的光滑的内面, 质量为 m 的小球以角速度 ω 在一水平面内做匀速圆周运动, 则该小球做匀速圆周运动的水平面离碗底的高度为_____。

18. 质点沿 x 轴做直线运动, 速度为 $v=1+t^2+t^4$ (SI), 已知 $t=0$ 时, $x=x_0$, 求该质点的加速度和运动方程。

19. 如图 1.11 所示, 梯子 AB, 长为 l , 顶端 B 斜靠在竖直的墙上, 底端 A 以恒定的速率 v_0 向右滑行, 当 $\alpha=60^\circ$ 时, 顶端 B 的速率为多少?

20. 一质点沿半径为 0.20m 的圆周运动, 其角位置为 $\theta=5+4t^2$ (SI)。求:

(1) 当 $t=2\text{s}$ 时, 切向加速度、法向加速度的大小;

(2) 角位置为多少时, 切向加速度的大小恰好为总加速度大小的一半。

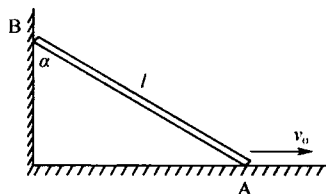


图 1.11

21. 一质量为 $2 \times 10^{-3}\text{kg}$ 子弹, 在枪筒中前进时所受到的合力: $F=400-\frac{8000}{9}x$ (N), 子弹在枪口时的速度为 300m/s 。试计算枪筒的长度。

22. 质量为 m 的轮船, 发动机能产生恒定的推力 F_0 , 船前进时受到水的阻力为 $f=-kv$, k 是常量, 轮船在 $t=0$ 时起动, 做直线运动。求任意 t 时刻船的速度及前进的距离。

动量和能量守恒

一、内容提要

1. 冲量与动量、动量定理

冲量是力在时间过程中的积累,是过程量;动量是描述物体运动状态的状态量。冲量、动量均为矢量。冲量是对力而言,动量是对物体而言。

(1) 力的冲量:恒力的冲量 $\vec{I} = \vec{F} \Delta t$;变力的冲量 $\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$ 。

(2) 质点的动量: $\vec{P} = m \vec{v}$ 。

(3) 质点的动量定理: $\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}_{\text{合}} dt = \Delta \vec{P}$ 。

(4) 质点组(系统)的动量定理: $\vec{I}_{\text{合}} = \int_{t_1}^{t_2} \sum \vec{F}_{\text{外}} dt = \Delta \vec{P}_{\text{总}}$ 。

注意:质点组的内力可以改变每个质点的动量,但不能改变质点组的总动量。

(5) 系统的动量守恒定律:合外力为零时,系统的总动量守恒。即 $\sum \vec{F}_{\text{外}} = 0$, $\vec{P}_{\text{总}} = \vec{C}$ 。

注意:

- ① 系统的总动量守恒,但系统内任一物体的动量可能会改变;
- ② 如果系统的合外力在某个方向上的分量为零,则系统的总动量在这个方向上的分量保持不变;
- ③ 当外力为有限大小,作用时间又极短时,可近似认为系统的总动量保持不变;
- ④ 动量守恒定律只在惯性系中成立。

2. 功与能、机械能守恒定律

功是力在空间过程中的积累,是过程量;能量是物体运动状态的函数,是状态量。功和能均为标量。

(1) 功 恒力的功: $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}$;变力的功: $W = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}$ 。

注意:

① 此处位移指力的作用点的位移。选择不同的参考系,位移不一定相同,功的大小不一定相等。

② 作用力和反作用力的功不一定等值异号。

(2) 质点的动能定理: $W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \Delta E_K$ 。