

理工科考研辅导系列（物理力学类）

普通物理

「知识精要与 真题详解」

（含力热光电磁）

主 编 金圣才

副主编 王 彬

赠送
圣才学习卡
20元

圣才学习网: www.100xuexi.com
圣才考研网: www.100exam.com



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

理工科考研辅导系列(物理力学类)

普通物理 知识精要与真题详解

主 编 金圣才

副主编 王 彬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书包含普通物理中的力学、热学、光学、电磁学、机械波、电磁波、量子理论基础等各部分内容。全书分为十四章,每章基本包括三部分内容。第一部分是重点与难点解析,第二部分是名校考研真题详解,第三部分是名校期末考试真题详解。

本书精选了南京大学、北京大学、清华大学、浙江大学、吉林大学、北京师范大学、中国科学院、中国科学技术大学、复旦大学、上海交通大学、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、南开大学、中南大学、四川大学、西安交通大学、华中科技大学、兰州大学、山东大学、华南理工大学、厦门大学、北京交通大学、北京科技大学、郑州大学、湖南大学、南京航空航天大学、国防科学技术大学、北京工业大学、南京理工大学、西北工业大学、中国矿业大学、西北农林科技大学、电子科技大学等院校近年的普通物理考研真题(含普通物理综合、力学、光学、电磁学、热学等考研科目中的有关真题)及大学物理期末考试真题,并进行了解答。通过这些真题及其详解,读者可以了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法。

圣才考研网(www.100exam.com)是本书的支持网站。圣才学习网是圣才学习网(www.100xuexi.com)旗下的考研专业网站,提供全国各高校考研考博历年真题(含答案)、专业课笔记讲义及其他复习资料、网上辅导课程等全套服务的大型考研辅导平台。本书和配套网络课程特别适合备战考研和大学期末考试的读者,对于参加相关专业同等学力考试、自学考试、资格考试的考生也具有很高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理知识精要与真题详解 / 金圣才主编. — 北京:中国水利水电出版社, 2011.9
理工科考研辅导系列. 物理力学类
ISBN 978-7-5084-8936-0

I. ①普… II. ①金… III. ①普通物理学—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第170685号

| | |
|---------|---|
| 书 名 | 理工科考研辅导系列(物理力学类) 普通物理知识精要与真题详解 |
| 作 者 | 主 编 金圣才 副主编 王 彬 |
| 出 版 发 行 | 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(营销中心) |
| 经 售 | 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点 |
| 排 版 | 北京众和都乐文化发展有限公司 |
| 印 刷 | 北京纪元彩艺印刷有限公司 |
| 规 格 | 184mm×260mm 16开本 26.5印张 678千字 |
| 版 次 | 2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷 |
| 印 数 | 0001—3000册 |
| 定 价 | 52.00元 |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

编 委 会

主 编：金圣才

副主编：王 彬

编 委：（按姓氏笔画排序）

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 曹 坤 | 任泓雨 | 林少挺 | 曾 龙 |
| 兰 光 | 丁洁云 | 宋 涛 | 张兴振 |
| 辛灵轩 | 段 浩 | 宋云娥 | 辛灵暖 |
| 吴义东 | 潘丽繁 | 段辛云 | 卫少华 |
| 段辛雷 | 殷超凡 | 吕珍珍 | 张炳哲 |
| 徐新猛 | 章 勇 | 李 宏 | |

前 言

高校考研专业课的历年试题一般没有提供答案,虽然各校所用参考教材各异,但万变不离其宗,很多考题也是大同小异。我们参考相关教材和资料,收集和整理了众多高校历年考研真题和期末考试试题,并进行了详细的解答,以减轻考生寻找试题及整理答案的烦恼,让读者用最少的时间获得最多的重点题、难点题(包括参考答案),这是本书的目的所在。

本书精选了南京大学、北京大学、清华大学、浙江大学、吉林大学、北京师范大学、中国科学院、中国科学技术大学、复旦大学、上海交通大学、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、南开大学、中南大学、四川大学、西安交通大学、华中科技大学、兰州大学、山东大学、华南理工大学、厦门大学、北京交通大学、北京科技大学、郑州大学、湖南大学、南京航空航天大学、国防科学技术大学、北京工业大学、南京理工大学、西北工业大学、中国矿业大学、西北农林科技大学、电子科技大学等院校近年的普通物理考研真题(含普通物理综合、力学、光学、电磁学、热学等考研科目中的有关考研真题)及大学物理期末考试真题,并进行了详细解答。通过这些真题及其详解,读者可以了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法。

全书共十四章,每章基本包括三部分内容。第一部分主要是根据各高校的教学大纲、考试大纲等,对本章的重点和难点进行归纳,并进行简要解析;第二部分主要是精选知名院校近年的考研真题,并进行详细解答;第三部分主要是精选知名院校近年的本科期末考试真题,并进行详细解答。

本书具有如下主要特点:

(1)难点归纳,简明扼要。每章前面均对本章的重点、难点进行了整理和解析。综合众多参考教材,归纳了本章几乎所有的考点,便于读者复习。

(2)所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题,这些题目具有很强的有代表性。通过这些真题及其详解,读者可以在很大程度上判断和把握相关院校考研和大学期末考试的出题特点和解题要求等。

(3)对所有考试真题均进行了详细解答。了解历年真题不是目的,关键是要通过真题解答掌握和理解相关知识点。本书不但精选了真题,同时还对所有的真题均进行了详细解答。

(4)题量较大,来源广泛。主要选自近30余所高校的历年考研真题、名校题库,以及从众多教材和相关资料编写而成。可以说本书的试题都经过了精心挑选,博选众书,取长补短。

由于题量较大,解答详细,因此书中错误、遗漏之处不可避免,诚请读者指正,不妥之处和建议可与编者联系,不甚感激。

本书由圣才学习网(www.100xuexi.com)编辑部组织编写。圣才学习网是一家为全国各类考试和专业课学习提供名师网络辅导班、面授辅导班、在线考试等全方位教育服务的综合性

学习型门户网站,包括圣才考研网、中华工程资格考试网、中华经济学习网、中华证券学习网、中华金融学习网等 50 个子网站。

圣才考研网(www.100exam.com)是圣才学习网旗下的考研专业网站,是一家提供全国各个高校考研考博历年真题(含答案)、名校热门专业课笔记讲义及其他复习资料、网上辅导课程(专业课、经典教材)等全套服务的大型考研平台。

编者

2011 年 1 月

理工科考研辅导系列

- 电路名校考研真题详解
- 模拟电子技术名校考研真题详解
- 数字电子技术名校考研真题详解
- 自动控制原理名校考研真题详解
- 通信原理名校考研真题详解
- 数字信号处理名校考研真题详解
- 信号与系统名校考研真题详解
- 电磁场与电磁波名校考研真题详解
- 无机化学名校考研真题详解
- 有机化学名校考研真题详解
- 分析化学名校考研真题详解
- 化工原理名校考研真题详解
- 物理化学名校考研真题详解
- 生物化学名校考研真题详解
- 材料力学名校考研真题详解
- 理论力学名校考研真题详解
- 结构力学名校考研真题详解
- 运筹学知识精要与真题详解
- 机械设计知识精要与真题详解
- 机械原理知识精要与真题详解
- 细胞生物学知识精要与真题详解
- 分子生物学知识精要与真题详解
- 微生物学知识精要与真题详解
- 高等代数知识精要与真题详解
- 数学分析知识精要与真题详解
- 传热学知识精要与真题详解
- 工程热力学知识精要与真题详解
- 量子力学知识精要与真题详解
- 流体力学知识精要与真题详解
- 普通物理知识精要与真题详解

目 录

| | |
|-----------------------|-----|
| 前言 | |
| 第一章 力和运动 | 1 |
| 第一节 重点与难点解析 | 1 |
| 第二节 名校考研真题详解 | 4 |
| 第三节 名校期末考试真题详解 | 20 |
| 第二章 运动的守恒量和守恒定律 | 32 |
| 第一节 重点与难点解析 | 32 |
| 第二节 名校考研真题详解 | 35 |
| 第三节 名校期末考试真题详解 | 45 |
| 第三章 刚体和流体的运动 | 59 |
| 第一节 重点与难点解析 | 59 |
| 第二节 名校考研真题详解 | 62 |
| 第三节 名校期末考试真题详解 | 80 |
| 第四章 相对论基础 | 88 |
| 第一节 重点与难点解析 | 88 |
| 第二节 名校考研真题详解 | 91 |
| 第三节 名校期末考试真题详解 | 94 |
| 第五章 气体动理论 | 102 |
| 第一节 重点与难点解析 | 102 |
| 第二节 名校考研真题详解 | 106 |
| 第三节 名校期末考试真题详解 | 114 |
| 第六章 热力学基础 | 123 |
| 第一节 重点与难点解析 | 123 |
| 第二节 名校考研真题详解 | 126 |
| 第三节 名校期末考试真题详解 | 137 |
| 第七章 静止电荷的电场 | 150 |
| 第一节 重点与难点解析 | 150 |
| 第二节 名校考研真题详解 | 153 |
| 第三节 名校期末考试真题详解 | 179 |
| 第八章 恒定电流的磁场 | 201 |
| 第一节 重点与难点解析 | 201 |

| | | |
|-------------|----------------------------------|------------|
| 第二节 | 名校考研真题详解 | 204 |
| 第三节 | 名校期末考试真题详解 | 222 |
| 第九章 | 电磁感应和电磁场理论 | 237 |
| 第一节 | 重点与难点解析 | 237 |
| 第二节 | 名校考研真题详解 | 239 |
| 第三节 | 名校期末考试真题详解 | 253 |
| 第十章 | 机械振动和电磁振荡 | 267 |
| 第一节 | 重点与难点解析 | 267 |
| 第二节 | 名校考研真题详解 | 269 |
| 第三节 | 名校期末考试真题详解 | 274 |
| 第十一章 | 机械波和电磁波 | 280 |
| 第一节 | 重点与难点解析 | 280 |
| 第二节 | 名校考研真题详解 | 283 |
| 第三节 | 名校期末考试真题详解 | 292 |
| 第十二章 | 光学 | 304 |
| 第一节 | 重点与难点解析 | 304 |
| 第二节 | 名校考研真题详解 | 310 |
| 第三节 | 名校期末考试真题详解 | 324 |
| 第十三章 | 早期量子论和量子力学基础 | 355 |
| 第一节 | 重点与难点解析 | 355 |
| 第二节 | 名校考研真题详解 | 359 |
| 第三节 | 名校期末考试真题详解 | 369 |
| 第十四章 | 激光和固体的量子理论 | 381 |
| 第一节 | 重点与难点解析 | 381 |
| 第二节 | 名校考研真题详解 | 382 |
| 第三节 | 名校期末考试真题详解 | 383 |
| 附录 | | 384 |
| 1. | 南京大学 2007 年《普通物理》考研试题与答案 | 384 |
| 2. | 浙江大学 2009 年《普通物理》考研试题与答案 | 391 |
| 3. | 北京师范大学 2009 年《普物综合》考研试题与答案 | 397 |
| 4. | 吉林大学 2007 年《普通物理》考研试题与答案 | 403 |
| 5. | 厦门大学 2007 年《普通物理学》考研试题与答案 | 408 |

第一章 力和运动

第一节 重点与难点解析

一、质点

在某些问题中,可以忽略物体的形状和大小,将其看做一个只有质量、没有大小和形状的点,这样的物体可称为质点。

说明:①质点是在对实际物体进行简化的基础上,提出的理想模型;②物体能否被看做质点,决定于具体的研究问题;③一般情况下,除运动的刚体外,都可以将物体简化为质点。

二、参考系与坐标系

1. 运动关系的相对性

宇宙中的一切物体都在运动,没有绝对静止的物体。因此,静止是相对的,运动是绝对的。

2. 参照物与参考系

由于运动关系的相对性,为了描述一个物体的机械运动,必须选另一个物体作为参照。起参照作用的物体称为参考系。

3. 坐标系

为研究研究物体的运动,要选择一个与参考系相对静止的坐标系。常用的坐标系有直角坐标系、柱坐标系和球坐标系。

在圆周运动中常用自然坐标系,如图 1-1 所示, \vec{e}_t 、 \vec{e}_n 分别为 A 点切向及法向的单位矢量。以 A 为原点, \vec{e}_t 切向和 \vec{e}_n 法向为坐标轴,由此构成的参考系为自然坐标系。

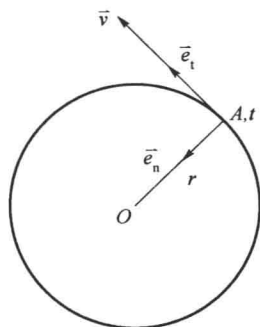


图 1-1

三、运动学方程

1. 位置矢量

(1)定义:在三维空间坐标系中,质点的位置可以用从原点到质点所在位置的矢量表示,即 $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$,称为质点的位置矢量。

(2)运动方程。在三维空间运动中,物体的位置随时间的变化规律称为物体的运动方程,即:

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

2. 位移与路程

质点位置矢量的增量称为位移,如图 1-2 所示。

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

注意位移既有大小,也有方向,是矢量。

路程是指质点运动轨迹的长度,是标量,如图中 ΔS 。

3. 速度与速率

质点位移的变化量与相应的时间变化量的比称为速度,

即:

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

速度是矢量,速度的大小称为速率。

4. 加速度

质点的速度变化量与对应的时间变化量的比称为质点的

加速度,即:

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

加速度也是矢量。

在直角坐标系中:

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

在自然坐标系中: $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}_0 + \frac{v^2}{\rho} \vec{n}_0 = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$

式中: \vec{a}_τ 为切向加速度; \vec{a}_n 为法向加速度。

四、力和牛顿运动定律

1. 力

力是两个物体间的相对作用。常见的力有万有引力、重力、弹性力、摩擦力等。

(1)重力。物体所受重力: $G = mg$ 。式中: m 为物体质量; g 为重力加速度。

(2)弹力。包括弹簧弹性形变产生的弹力,以及桌面受到的正压力等。对于弹簧力,在弹性形变范围内,弹簧弹力 $f = -kx$ 。

(3)摩擦力。两物体由于摩擦而产生的力。分为滑动摩擦力、静摩擦力。其中滑动摩擦力大小:

$$f_k = \mu_k N$$

2. 牛顿运动定律

(1)牛顿第一运动定律。

若物体不受外界作用,则其运动状态不变。牛顿第一定律也称惯性定律,它指出任何物体都有惯性,力不是维持物体运动状态的原因,力是改变物体运动状态的原因。

(2)牛顿第二定律。

物体加速度 \vec{a} 的大小与物体所受合外力 $\vec{F} = \sum \vec{F}_i$ 的大小成正比,与物体的质量 m 成反比,加速度的方向与合外力的方向相同,即:

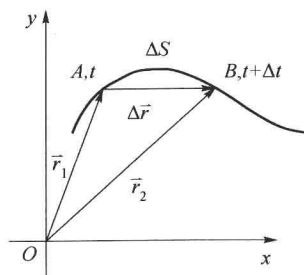


图 1-2

$$\vec{F} = m \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

牛顿第二定律确定了力与加速度之间的定量关系,是牛顿定律的核心部分。

牛顿第二定律常用的分量式有:

$$\text{在平面直角坐标系中} \quad \begin{cases} F_x = ma_x \\ F_y = ma_y \end{cases}$$

$$\text{在平面自然坐标系中} \quad \begin{cases} F_\tau = ma_\tau = m \frac{dv}{dt} \\ F_n = ma_n = m \frac{v^2}{R} \end{cases}$$

(3) 牛顿第三定律。

物体间的相互作用力总是大小相等、方向相反,且在同一直线上,即:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

牛顿第三定律也被称为作用力与反作用力定理。它指出作用力与反作用力总是成对出现的,作用力与反作用力是属于同一性质的。

注意:牛顿定律只适用于惯性系中低速运动的宏观质点模型。

五、惯性系与非惯性系、伽利略相对性原理

1. 惯性系与非惯性系

惯性定律成立的参考系或相对于它静止或作匀速直线运动的参考系称为惯性系。最常用的惯性系是地球,伽利略就是在地球上发现惯性定律的。但精确观察表明,地球不是严格的惯性系。以太阳为原点,以太阳与其他恒星的连线为坐标轴的太阳参考系是一个精确度很好的惯性系。

惯性定律不成立的参考系或相对于它作变速运动的参考系称为非惯性系。常见的非惯性系包括自由下落的物体、加速上升的电梯、作平抛运动的物体等。

2. 伽利略相对性原理及伽利略变换

绝对时空观:时间与空间之间彼此独立、互无联系,且与物质的分布和物质的运动状态无关。力学相对性原理:任何惯性系在牛顿动力学规律面前都是等价的。

设 S' 系相对于惯性系 S 以匀速 u 沿共同的 x, x' 轴正方向运动。当 $t=0$ 时, O' 点与 O 点重合。

(1) 坐标变换:

$$\begin{cases} x' = x - ut \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} x = x' + ut' \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

(2) 速度变换:

$$\begin{cases} v'_x = v_x - u \\ v'_y = v_y \\ v'_z = v_z \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} v_x = v'_x + u \\ v_y = v'_y \\ v_z = v'_z \end{cases}$$

第二节 名校考研真题详解

【1-1】 (南京大学 2006 年考研试题) 一雨滴的初始质量为 m_0 , 在重力的影响下由静止开始下落, 假定此雨滴从云中吸收水汽增大质量, 其质量的增长率正比于它的瞬时质量和瞬时速度的乘积, $\frac{dm}{dt} = kmv$, 式中 k 为常量。试证明雨滴的速率实际上最后成为常量, 并给出终极速率的表达式。忽略空气的阻力。

证明: 对雨滴, 由动量定理可得:

$$mg = \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt}$$

即

$$m \frac{dv}{dt} = mg - v \frac{dm}{dt} = m(g - kv^2)$$

由此可见, 雨滴速度先是不断增大, 加速度不断减小; 在某一时刻, $g - kv^2 \rightarrow 0$, 雨滴加速度变为零; 此后, 雨滴匀速下落, 终极速度 $v = \sqrt{g/k}$ 。

【1-2】 (南京大学 2005 年考研试题) 一辆汽车驶入曲率半径为 R 的弯道, 弯道倾斜一角度 θ , 轮胎与路面之间的摩擦系数为 μ 。求汽车在路面上不作侧向滑动的最大和最小速率。

解: 当车具有向下滑动的趋势时, 由牛顿第二定律可得:

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = m \frac{v_{\min}^2}{R}$$

解得最小速度为:

$$v_{\min} = \sqrt{gR(\sin \theta - \mu \cos \theta)}$$

当车具有向上滑动的趋势时, 由牛顿第二定律可得:

$$mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = m \frac{v_{\max}^2}{R}$$

解得最大速度为:

$$v_{\max} = \sqrt{gR(\sin \theta + \mu \cos \theta)}$$

【1-3】 (南京大学 2004 年考研试题) 套管 A 质量 m , 它由绕过定滑轮 B 的绳索索引, 而沿无摩擦导轨竖直上升。滑轮中心与导轨间的距离为 d 。设绳索以等速 v_0 移动到转动的鼓轮 C 上, 如图 1-3 所示。忽略摩擦及 B 的大小, 求:

- (1) A 的速度。
- (2) A 的加速度。
- (3) 绳索拉力 T 。

这三者都用距离 OA (以 y 表示) 的函数表示。

解: (1) 对绳进行速度分解, 得 A 的速度为:

$$v_A = v_0 \frac{y}{\sqrt{d^2 + y^2}}$$

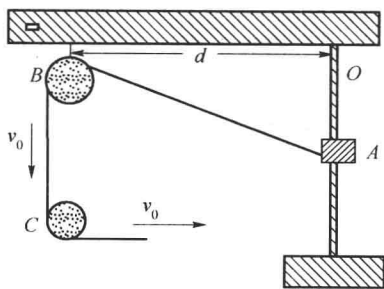


图 1-3

(2)对速度求导,得加速度为:

$$a = \dot{v}_A = v_0 \left[\frac{\dot{y}}{\sqrt{d^2 + y^2}} - y^2 \dot{y} (d^2 + y^2)^{-3/2} \right]$$

(3)由牛顿第二定律得:

$$T \frac{y}{\sqrt{d^2 + y^2}} = ma = mv_0 \left[\frac{\dot{y}}{\sqrt{d^2 + y^2}} - y^2 \dot{y} (d^2 + y^2)^{-3/2} \right]$$

可得绳索拉力 T 为:

$$T = mv_0 \left[\frac{\dot{y}}{y} - y \dot{y} (d^2 + y^2)^{-1} \right]$$

【1-4】 (北京师范大学 2008 年考研试题) 倾角为 θ , 质量为 M 的斜面放在光滑水平面上, 一质量为 m 的物体自斜面顶端滑下, 已知物体与斜面间摩擦系数为 μ , 求下滑过程中 m 对 M 所施加的正压力。

解: 对 M 、 m 进行受力分析, 如图 1-4 所示。

可知, m 受到自身重力, M 对其支持力和摩擦力; M 受 m 对其正压力、摩擦力, 自身重力和地面的支持力。

$$\text{对 } m \text{ 有: } \begin{cases} N \sin \theta - f \cos \theta = ma_1 & \text{①} \\ f = N \mu & \text{②} \end{cases}$$

$$\text{对 } M \text{ 有: } N' \sin \theta - f' \cos \theta = Ma_2 \quad \text{③}$$

对 m 可知: m 在非惯性系, 则可加上惯性力考察, 如图 1-5 所示。

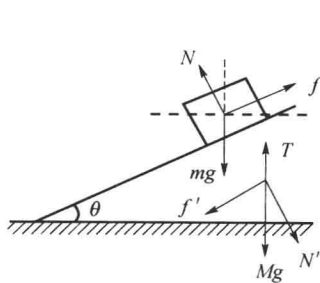


图 1-4

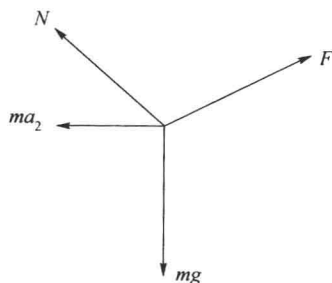


图 1-5

$$\text{则 } m \text{ 对斜面的加速度为 } a_x: \begin{cases} mg \sin \theta - f + ma_2 \cos \theta = ma_x \\ a_x \cos \theta = a_1 + a_2 \end{cases}$$

$$\text{则有 } mg \sin \theta - f = ma_1 \cos \theta \quad \text{④}$$

将①式、②式代入④式, 得

$$mg \sin \theta - N \mu = (N \sin \theta - \mu N \cos \theta) \cos \theta$$

则可得

$$N = \frac{mg \sin \theta}{\sin \theta \cos \theta + \mu (1 - \cos^2 \theta)} = \frac{mg}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$$

【1-5】 (北京师范大学 2006 年考研试题) 一质点以初速度 v_0 作直线运动, 所受阻力与其速度成正比, 试求当质点速度减为 $\frac{v_0}{n}$ ($n > 1$) 时, 质点经过的距离与质点所能行经的总距离之比。

解: 设某一时刻质点的速度为 v , 则所受的阻力为 $f = kv$ 。由于质点只受阻力作用, 列出动力学方程(以速度方向为正, 沿 x 轴方向):

$$-kv = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

则上式可化为
$$-k \frac{dx}{dt} = m \frac{dv}{dt}, \quad dx = -\frac{m}{k} dv$$

当速度减为 $\frac{v_0}{n}$ 时, 所行的距离 x_1 为:

$$x_1 = \int_{v_0}^{\frac{v_0}{n}} -\frac{m}{k} dv = -\frac{m}{k} \left(\frac{v_0}{n} - v_0 \right)$$

当速度减为 0 时, 所行的距离 x_2 为:

$$x_2 = \int_{v_0}^0 -\frac{m}{k} dv = \frac{mv_0}{k}$$

所以
$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{n-1}{n}$$

【1-6】 (浙江大学 2008 年考研试题) 一个质量为 m 的质点, 沿 x 轴作直线运动, 受到的作用力为 $\vec{F} = F_0 \cos \omega t \vec{i}$ (SI), $t=0$ 时刻, 质点的位置坐标为 x_0 , 初速度 $\vec{v} = 0$ 。试写出质点的位置坐标和时间的关系式。

解: 由牛顿第二定律:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{F_0}{m} \cos \omega t \vec{i}$$

又 $\frac{d\vec{v}}{dt} = a$, 所以:

$$\vec{v} = \int_0^t \frac{F_0}{m} \cos \omega t \vec{i} dt = \frac{F_0}{m\omega} \sin \omega t \vec{i}$$

又 $\frac{d\vec{x}}{dt} = v$, 所以:

$$x - x_0 = \int_0^t \frac{F_0}{m\omega} \sin \omega t \vec{i} dt = \int_0^t -\frac{F_0}{m\omega^2} \cos \omega t \vec{i} = \left(-\frac{F_0}{m\omega^2} \cos \omega t \Big|_0^t \right) \vec{i} = \frac{-F_0}{m\omega^2} (\cos \omega t - 1) \vec{i}$$

得
$$\vec{x} = \left(x_0 - \frac{F_0}{m\omega^2} \cos \omega t + \frac{F_0}{m\omega^2} \right) \vec{i}$$

【1-7】 (浙江大学 2008 年考研试题) 什么是量纲? 量纲与单位的关系如何? 使举例说明。

解: 将一个物理导出量用若干个基本量的乘方之积表示出来的表达式, 称为该物理量的量纲式, 简称量纲(dimension)。在国际单位制(SI)中, 七个基本物理量长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量、发光强度的量纲符号分别是 L 、 M 、 T 、 I 、 Q 、 N 和 J 。

量纲与单位的关系: 量纲即为导出单位对基本单位的依赖关系。

如 $[W] = FS = maS = ML^2 T^{-2}$ 。

【1-8】 (浙江大学 2007 年考研试题) 已知某质点的运动方程为 $\vec{r} = (10 - 5t^2)\vec{i} + 10t\vec{j}$ (SI), 则在 $t=1s$ 时该质点的切向加速度和法向加速度大小各为多少?

解:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = -10t\vec{i} + 10\vec{j}$$

则:

$$\vec{v}|_{t=1} = -10\vec{i} + 10\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -10\vec{i}$$

则:

$$a_t = a_n = 5\sqrt{2}\text{m/s}^2$$

【1-9】(浙江大学 2007 年考研试题)有一质量为 $m = 5\text{kg}$ 的物体,在 0 到 10 秒内,受到如图 1-6 所示的变力 F 的作用,由静止开始沿 x 轴正向运动,而力的方向始终沿 x 轴的正方向,则 10 秒内变力 F 做的功为多大?

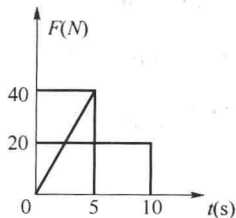


图 1-6

解:由动量定理可得:

$$I = \int F dt = m\Delta v \Rightarrow \int_0^5 8t dt = m\Delta v \Rightarrow \Delta v = \frac{8 \times \frac{1}{2} t^2}{5} \Big|_{t=5} = 20\text{m/s}$$

$$0 \sim 5\text{s}: \quad W = \Delta E_k = \frac{1}{2} m (\Delta v)^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 400 = 1000\text{J}$$

$$5 \sim 10\text{s}: \quad a = \frac{F}{m} = 4\text{m/s}^2$$

$$v_{10} = v_5 + at = 40\text{m/s} \Rightarrow S_{5 \sim 10} = \bar{v}t = 30\text{m/s} \times 5\text{s} = 150\text{m}$$

$$W = 150\text{m} \times 20\text{N} = 3000\text{J}$$

所以

$$W_{\text{总}} = 1000 + 3000 = 4000\text{J}$$

【1-10】(浙江大学 2006 年考研试题)已知某质点的运动方程为 $x = 3\cos 4t, y = 3\sin 4t$ (SI),该质点的切向加速度和法向加速度大小各为多少?

$$\text{解: } \begin{cases} x = 3\cos 4t \\ y = 3\sin 4t \end{cases} \Rightarrow x^2 + y^2 = 3$$

即质点作 $R = 3\text{m}$ 的圆周运动。

$$\begin{cases} \dot{x} = -12\sin 4t \\ \dot{y} = 12\cos 4t \end{cases} \Rightarrow u = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{144(\sin^2 4t + \cos^2 4t)} = 12\text{m/s}$$

所以切向加速度为:

$$a_{\tau} = \frac{du}{dt} = 0$$

法向加速度为:

$$a_n = \frac{u^2}{R} = 48\text{m/s}^2$$

【1-11】(浙江大学 2006 年考研试题)一质量 $m = 10\text{kg}$ 的物体在合力 $F = 3 + 4x$ (SI) 的作用下,沿 x 轴运动。设物体开始时静止在坐标原点,则该物体经过 $x = 3\text{m}$ 处时的速度为多少?

解: $W_F = \Delta E_k$, 则 $\int_0^3 F dx = \frac{1}{2} m v^2 - 0$, 即:

$$\int_0^3 (3 + 4x) dx = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = 2.3\text{m/s}$$

【1-12】(吉林大学 2009 年考研试题)车以速度 v 在地面上匀速形式,其轮胎与地面间的摩擦系数为 μ ,为保证车无滑动行驶,求:

- (1)车转弯时轨道的最小曲率半径。
- (2)车与铅垂线之间的最大倾角。

解:(1)转弯时摩擦力提供向心力 $f = \frac{mv^2}{r}$,所以 $r = \frac{mv^2}{f}$ 。则 $r_{\min} = \frac{mv^2}{f_{\max}}$,且 $f_{\max} = \mu mg$,因此可得最小曲率半径为:

$$r_{\min} = \frac{mv^2}{\mu mg} = \frac{v^2}{\mu g}$$

(2)如图 1-7 所示,设汽车重心高 $AB=h$ 。

由受力平衡 $f \cdot h \cos\theta = G \cdot h \cdot \sin\theta$,所以有:

$$\tan\theta = \frac{f}{G}$$

则

$$\tan\theta_{\max} = \frac{f_{\max}}{G} = \frac{mg\mu}{G} = \mu$$

因此,所求的车与铅垂线之间最大倾角为:

$$\theta_{\max} = \arctan\mu$$

【1-13】(吉林大学 2006 年考研试题)如图 1-8 所示,一长为 L 的密闭水平圆管道绕过其一端的竖直轴以恒定的角速度 ω 旋转。管内装有密度为 ρ_0 的液体,液体内有一密度为 ρ ,半径为 R 的小球(小球的直径略小于管道的直径;忽略粘滞阻力)。开始时小球紧靠管的轴端并相对管道静止。试就 $\rho < \rho_0$ 和 $\rho > \rho_0$ 两种情况分析小球的运动情况,并求当小球刚好到达管末端时,小球的质心相对固定转轴的速度大小以及该处管道壁受到小球的作用力 F 。

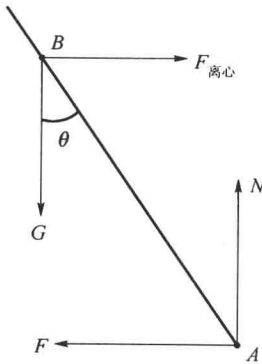


图 1-7

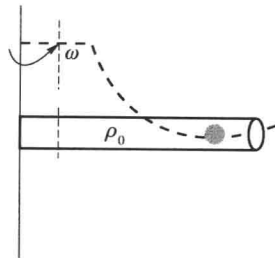


图 1-8

解:对小球进行受力分析。

竖直方向:

$$mg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g, F_{\text{浮}} = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_0 g$$

水平方向:

$$F_c = m\omega^2 r, \text{指向试管底端}$$

$$F_{\text{cor}} = 2m\omega v, \text{方向指向小球运动方向的右方。}$$

由 $F_c = ma$ 得:

$$a = \omega^2 r$$

即

$$r'' = \omega^2 r$$

边界条件:

$$t=0, r'=r=0$$

解上述常微分方程得:

$$r(t) = e^{\omega t}, v(t) = r'(t) = \omega e^{\omega t}$$

当小球刚好到达管末端时, 满足 $r(t) = e^{\omega t} = L$, 解得:

$$r(t) = e^{\omega t} = \frac{1}{\omega} \ln L$$

小球的质心相对固定转轴的速度大小:

$$v_{\text{end}} = \omega L$$

管道壁受到小球的作用力 F :

(1) 当 $\rho < \rho_0$ 时, 重力小于浮力, 管道受到球向上的压力:

$$N = F_{\text{浮}} - mg = \frac{4}{3} \pi R^3 (\rho_0 - \rho) g$$

管道受的合力为:

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{N^2 + F_{\text{cor}}^2} = \sqrt{\left[\frac{4}{3} \pi R^3 g (\rho_0 - \rho) \right]^2 + (2m\omega^2 L)^2} \\ &= \sqrt{\left[\frac{4}{3} \pi R^3 g (\rho_0 - \rho) \right]^2 + \left(2 \times \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \omega^2 L \right)^2} \\ &= \frac{4}{3} \pi R^3 \sqrt{[g(\rho_0 - \rho)]^2 + (2\rho\omega^2 L)^2} \end{aligned}$$

方向指向小球运动方向右上方。

(2) 当 $\rho > \rho_0$ 时, 合力大小不变, 方向为指向小球运动方向右下方。

【1-14】 (吉林大学 2005 年考研试题) 半径为 R 的圆盘, 绕过其中心的竖直固定轴在水平面上作匀速度转动 (转动角速度为 ω)。一质量为 m 的小虫, 从圆盘的中心开始出发 (相对圆盘的初始速度为零), 沿着圆盘的某一直径相对圆盘作匀加速直线运动 (相对加速度为 a)。求: 为使小虫能够爬到盘的边缘, 小虫与盘之间摩擦系数的取值应在什么范围。

解: 小虫在圆盘上爬行, 其所受摩擦力为静摩擦力。在非惯性系中对小虫进行受力分析, 可分为指向圆心的离心力, 垂直于半径方向的科氏力。

$$\text{离心力: } \vec{f}_c = m \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) = m r \omega^2$$

$$\text{科氏力: } \vec{f}_{\text{cor}} = 2m \vec{\omega} \times \vec{v}' = m r \omega v'$$

对小虫使用牛顿第二定律:

$$\sqrt{f_c^2 + f_{\text{cor}}^2} - f = ma$$

得

$$f = \sqrt{f_c^2 + f_{\text{cor}}^2} - ma$$

小虫能够爬到盘的边缘, 必须满足静摩擦力小于滑动摩擦力, 即:

$$f = \sqrt{f_c^2 + f_{\text{cor}}^2} - ma \leq \mu mg$$

小虫作匀加速运动, 其初速度和末速度满足:

$$v'^2 - v_0^2 = 2ar$$

其中

$$v_0 = 0$$