

基础

基础物理学

习题集

主编 高锦英

兰州大学出版社

第二十二章
介 容 内

基础物理学习题集

主编 高锦英

编委 邓剑波 胡显茹

邵佳锋 张之珪

- 22-1 ^{12}C 核子数为 12, 质子数为 6, 中子数为 6.
- 22-2 ^{14}N 核子数为 14, 质子数为 7, 中子数为 7.
- 22-3 ^{23}U 核子数为 23, 质子数为 11, 中子数为 12.
- 22-4 ^{238}U 核子数为 238, 质子数为 92, 中子数为 146.
- 22-5 ^{235}U 核子数为 235, 质子数为 92, 中子数为 143.
- 22-6 ^{238}U 核子数为 238, 质子数为 92, 中子数为 146.
- 22-7 核子的平均结合能为 7.62 MeV.
- 22-8 核子的平均结合能为 7.68 MeV.
- 22-9 该聚变反应释放的总能量为 $2.30079 \times 10^{12} \text{ J} = 23.8464 \text{ MeV}$.
- 22-10 所释放出的总能量为 $2.30079 \times 10^{12} \text{ J} = 23.8464 \text{ MeV}$.
- 22-11 25%.
- 22-12 $1.69 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$, 1.19×10^{22} .
- 22-14 1.14×10^4 年.
- 22-15 $6.06 \times$
- 22-16 与两粒子的质量
- 22-17 2.7K.
- 22-18 $E_k =$
- 22-22 核磁矩 $E = -g$
- 22-24 μ 原子
- 22-25 $3.11 \times$
- 22-29 (1) 1.
- 22-30 光子的动量为 h/λ
- 22-31 (1) 奇
- 22-32 (1) 奇



兰州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础物理学习题集/高锦英等编. —兰州:兰州大学出版社,2003.8

ISBN 7-311-02220-7

I. 基... II. 高... III. 物理学—高等学校—习题
IV. 04.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 069237 号

基础物理学习题集

主编 高锦英

编委 邓剑波 胡显茹

邵佳锋 张之桂

兰州大学出版社出版发行

兰州市天水路 308 号 电话:8617156 邮编:730000

E-mail: press@onbook.com.cn

<http://www.onbook.com.cn>

兰州大学出版社激光照排中心照排

西北师范大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16

印张:8.5

2003 年 8 月第 1 版

2003 年 8 月第 1 次印刷

字数:196 千字

印数:1~6000 册

ISBN7-311-02220-7

定价:12.50 元

内 容 简 介

本习题集是在重点课程建设项目——题库建设的基础上选编而成的。全书共有二十二章,收集了 780 道基础物理学的典型题,书末附有部分习题参考答案。

本书可作高等理工科院校非物理专业基础物理课程的教学参考书,也可供电视大学、成人高等教育有关专业的教师、学生参考。

前 言

物理学是一门重要的基础科学,是整个自然科学的基础和当代技术发展中最主要的源泉。因此,在高等理工院校培养高素质人才的过程中,基础物理学是一门重要的基础理论课程,在培养学生的创新意识和科学素养中具有重要的作用和地位。

要学好基础物理学,除了课堂上的学习和训练之外,还需要结合教学要求,做一定数量的习题,通过独立思考和反复练习,才能不断地巩固和深化知识,真正提高分析和解决问题的能力。为此目的选编了这本和基础物理课程相配套的习题集。考虑到不同层次的学生学习基础物理学的需求,我们从深度和广度上,对选题做了较全面的考虑。力求突出典型性、应用性、新颖性和习题的层次性。

本书第1章~第5章由张之珪老师编写,第6章~第7章由邵佳锋老师编写,第8章~第14章由高锦英老师编写,第15章~第18章由胡显茹老师编写,第19章~第22章由邓剑波老师编写。

由于编者水平所限和时间仓促,错误和不妥之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编 者
2003年7月

目 录

| | |
|---------------------|-------|
| 第一章 质点运动学 | (1) |
| 第二章 质点动力学 | (5) |
| 第三章 守恒定律 | (9) |
| 第四章 刚体力学 | (16) |
| 第五章 振动与波 | (22) |
| 第六章 热力学基础 | (26) |
| 第七章 气体动理论 | (31) |
| 第八章 真空中的静电场 | (35) |
| 第九章 静电场中的导体和电介质 | (42) |
| 第十章 稳恒电流 | (49) |
| 第十一章 稳恒磁场 | (53) |
| 第十二章 磁介质 | (60) |
| 第十三章 电磁感应与麦克斯韦电磁场理论 | (63) |
| 第十四章 交流电路 | (69) |
| 第十五章 光的干涉 | (74) |
| 第十六章 光的衍射 | (78) |
| 第十七章 光的偏振 | (81) |
| 第十八章 光的吸收、色散和散射 | (84) |
| 第十九章 狭义相对论 | (86) |
| 第二十章 光的量子理论 | (89) |
| 第二十一章 原子的量子理论 | (92) |
| 第二十二章 原子核和粒子 | (97) |
| 部分习题参考答案 | (100) |

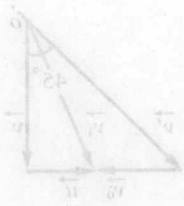


图 01-1 图

第一章 质点运动学

1-1 某质点运动时运动学方程为 $\vec{r} = \alpha \vec{A}(\beta t + \gamma t^2) \vec{B}$, α, β, γ 为常数, \vec{A}, \vec{B} 为常矢量。试证明它作匀加速直线运动, $t=0$ 时坐标原点不在质点运动轨迹之上。

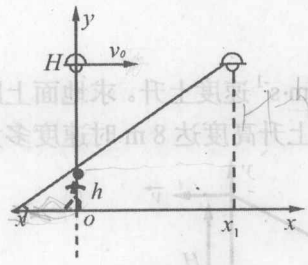
1-2 质点的运动学方程为 $\vec{r} = 3t\vec{i} + 6t^2\vec{j} + 8\vec{k}$ (m), 求质点的速度和加速度 (单位均为国际单位制)。

$\vec{v} = 3\vec{i} + 12t\vec{j}$ $\vec{a} = 12\vec{j}$

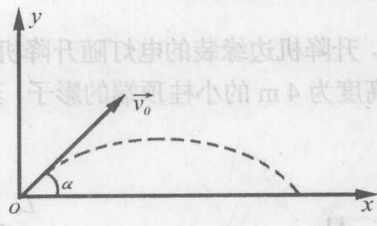
1-3 质点在 x 轴上作周期运动且 $x = 2\sin\frac{\pi}{4}t$, 所有单位均为国际单位制。试求:

- (1) 什么时刻质点对原点位移数值最小?
- (2) 什么时刻质点运动速度数值最小? 在什么位置上?

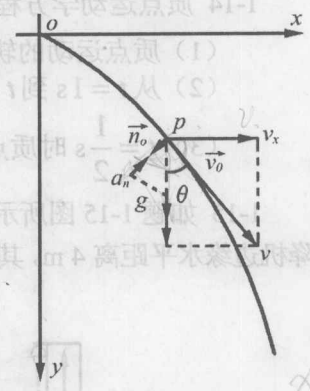
1-4 如题 1-4 图所示, 某人身高 h , 站在离地面 H 的塔吊灯下, 当塔吊灯以速度 v_0 沿水平方向开走, 灯从人头顶掠过, 人头顶在地上的影子运动速度多大?



题 1-4 图



题 1-5 图



题 1-6 图

1.5 如题 1-5 图所示, 质点在原点以 \vec{v}_0 初速度斜抛出去, \vec{v}_0 与 x 轴夹角 α , 求斜抛质点的运动。

1-6 如题 1-6 图所示, 求平抛体抛出 t 秒时该处轨迹曲线的曲率半径。已知平抛体初速度为 v_0 。

1-7 质点作匀速率圆周运动, $\omega = \omega_0$, 知初始条件 $\theta(0) = \theta_0$ 。求 t 时刻质点的角位置 $\theta(t)$ 。

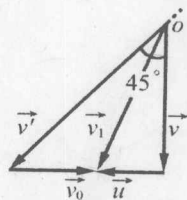
1-8 质点作匀角加速圆周运动, $\beta = \beta_0$, 知初始条件 $\omega(0) = \omega_0$, $\theta(0) = \theta_0$ 。求: $\theta(t)$ 。

1-9 半径为 1 m 的轮子以匀角加速度从静止开始转动, 20 s 末角速度达到 $100 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 。求: (1) 角加速度及 20 s 内转过的角度; (2) 第 20 s 末轮边缘上一点的切向和法向加速度。

$\omega = \omega_0 + \beta t$ $\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{100 - 0}{20} = 5 \text{ rad/s}^2$

$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2 = 0 + 0 + \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 20^2 = 1000 \text{ rad}$

*1-10 电车以速度 $v_0 = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 向东行驶, 风裹着雨使雨有 $u = 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 向西的分速度。坐在行驶的电车中的人看见刮风时窗面的雨与竖直方向成 45° 角下落, 求无风时车外人见雨对地速度 \bar{v} 多大?



题 1-10 图

1-11 说明以下各组物理量的区别: $|\Delta \bar{r}|$ 与 $|\Delta \bar{r}|$; $|\Delta \bar{r}|$ 与 Δr ; $\Delta \bar{r}$ 与 Δr ; $\Delta \bar{v}$ 与 Δv ; $|\Delta \bar{v}|$ 与 $|\Delta v|$ 。

1-12 质点的运动学方程为 $x = x(t), y = y(t)$; 计算质点的速度和加速度时, 甲先求 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, 再求出 $v = \frac{dr}{dt}, a = \frac{d^2 r}{dt^2}$; 乙先求:

$v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}$ 得 $v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$; 再求 $a_x = \frac{d^2 x}{dt^2}, a_y = \frac{d^2 y}{dt^2}$ 得:

$a = \sqrt{\left(\frac{d^2 x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2 y}{dt^2}\right)^2}$ 。你认为甲、乙两人谁的做法对?

1-13 汽车以 $x = t^2 + 2t$ 规律沿直线运动, 式中 x 单位为 m , t 单位为 s 。试计算汽车:

(1) 在 2.0 s 到 2.1 s ;

(2) 在 2.00 s 到 2.01 s ;

(3) 在 2.0000 s 到 2.0001 s , 以上三个时间内的平均速度。再计算 2 s 时刻的瞬时速度。

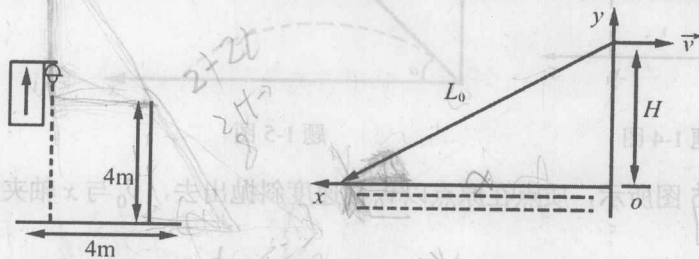
1-14 质点运动学方程为 $x = 2t, y = -3t^2 + 4t, x, y$ 单位均为 m , t 单位为 s , 求:

(1) 质点运动的轨迹方程;

(2) 从 $t = 1 \text{ s}$ 到 $t = 2 \text{ s}$ 内质点的位移;

(3) $t = \frac{1}{2} \text{ s}$ 时质点的速度和加速度。

1-15 如题 1-15 图所示, 升降机边缘装的电灯随升降机以 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 速度上升。求地面上距升降机边缘水平距离 4 m , 其高度为 4 m 的小柱顶端的影子, 当灯上升高度达 8 m 时速度多大?



题 1-15 图

题 1-16 图

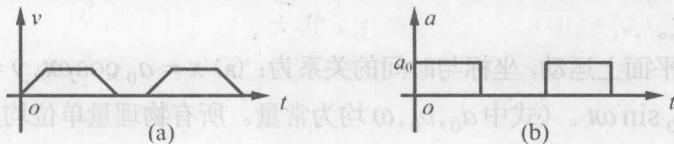
1-16 如题 1-16 图所示, 高出水面 H 的河岸上, 人以 v_0 速度拉拴在船头上的绳。设开始收绳时绳长为 L_0 。

(1) 求从 $t_0 = 0 \text{ s}$ 到 $t = 1 \text{ s}$ 内船的平均速度;

(2) 求开始收绳时船的速度。

1-17 如题 1-17 图所示, (1) 速度-时间关系曲线如图 (a), 用图表示加速度-时间关系;

(2) 加速度~时间关系曲线如图(b), 知 $t_0 = 0$ 时 $x_0 = 0, v_0 = 0$ 。求: $v-t$ 图、 $x-t$ 图。



题 1-17 图

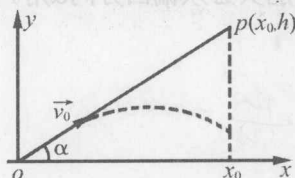
1-18 某质点运动速度与时间关系为 $v = \frac{21}{4+t} \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。求:

- (1) 该质点从 $t = 0 \text{ s}$ 开始走 21 km 需多长时间?
- (2) 该质点从 $t = 0 \text{ s}$ 开始走到速度达 $3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时, 走了多少路程?

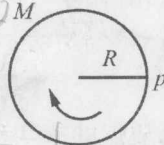
1-19 以初速度 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 竖直上抛一物体后又以 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 初速度自同一点竖直上抛第二物体。观测出两物在抛出点上方 $h = 4 \text{ m}$ 处碰撞。

- (1) 求抛出两物的时间差? 有几个答案?
- (2) 作 $h-t$ 图说明碰撞的发生。

1-20 如题 1-20 图所示, 某射手的汽枪瞄准了位于 (x_0, h) 点的 p 靶, 开枪射击同时靶 p 坠落。试证明, 只要汽枪子弹速度 \vec{v}_0 满足 $v_0^2 \geq \frac{x_0 g}{\sin 2\alpha}$, 枪弹总能击中 p 靶。



题 1-20 图



题 1-23 图

1-21 以初速度 $v_0 = 19.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 斜抛出一石块。其轨迹最高点测得曲率半径为 $\rho_0 = 9.8 \text{ m}$ 。求石块落地点的曲率半径。

1-22 以 \vec{v}_0 初速度平抛出一物体, 抛出点离地面足够高, 求某时刻 t ,

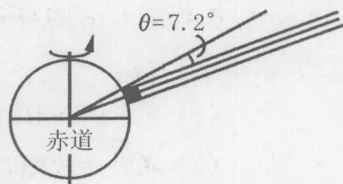
- (1) 速度 \vec{v} 与水平方向间的夹角;
- (2) 轨道的曲率半径 ρ ;
- (3) 切向、法向加速度各为多大?

1-23 如题 1-23 图所示, 质点沿半径 $R = 1 \text{ m}$ 的圆周顺时针从 p 点运动到 M 点走完 $\frac{2}{3}$ 周。

试求:

- (1) 位移多大? 路程多大?
- (2) 若质点匀速率 $v = 2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 运动, 走这段圆弧平均速度多大? 在任一点瞬时速度多大?

1-24 公元前 225 年尼罗河口亚历山大城的埃拉托色尼 (Eratosthenes), 通过观测分析出地球的半径为 R_e 。他在仲



题 1-24 图

夏日中午观察太阳光线知光线与亚历山大城竖直线成 7.2° 角；而他令人同时在其南边 804.5 km 处的赛尼（现今阿斯旺大坝所在地）测太阳光线与竖直方向夹角为 0° 。试由此数据计算他测得的地球半径值。

1-25 质点在 xy 平面上运动，坐标与时间的关系为：(a) $x = a_0 \cos \omega t, y = a_0 \sin \omega t$ ；(b) $x = a_0 \cos \omega t, y = b_0 \sin \omega t$ 。（式中 a_0, b_0, ω 均为常量。所有物理量单位均用 SI 单位制）。试分别求出：

- (1) 质点运动的轨迹方程；
- (2) 质点运动的速度与加速度。

1-26 质点在半径为 0.2 m 的圆轨道上运动，它对于圆心的角速度为 $\omega = kt^2$ (k 为常数)， t 为时间，各物理量单位均用 SI 制。设第 2 s 末测得质点的线速度为 $v = 3.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，求 $t = 0.5 \text{ s}$ 时质点的速度和加速度。

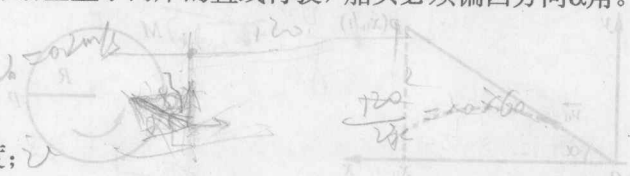
1-27 质点沿半径为 0.2 m 的圆周运动，角位置-时间关系为 $\theta = 2 + 2t^3$ (rad)， t 单位为 s 。问：(1) 在 $t = 2 \text{ s}$ 时质点的法向、切向加速度各为多大？

(2) 加速度与法向成 45° 角时，质点的角位置 θ 多大？

*1-28 甲船向东以 $v_1 = 15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 匀速直线行驶，乙船垂直于甲船向北以 $v_2 = 20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 匀速直线行驶。问：在甲船上看到乙船的速度怎样？

*1-29 某船渡河时船身垂直于河岸划行 10 min 到达正对岸下游偏东 120 m 处。船对水速度大小不变，若让船正好沿垂直于河岸的直线行驶，船头必须偏西方向 α 角。并已知经过 12.5 min 到达对岸。求：

- (1) 水流速度；
- (2) 河宽；
- (3) 船对水速度；
- (4) 偏角 α 。



*1-30 一人向东跑的速度为 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，他感到风从正南方向吹来。当他奔跑的速度达到 $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时，又觉风从东南方向吹来。已知风速没变，求风速。

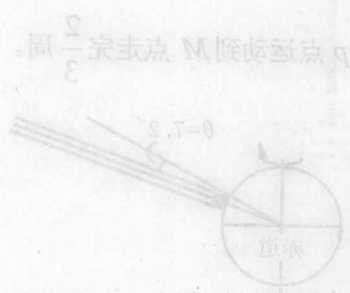
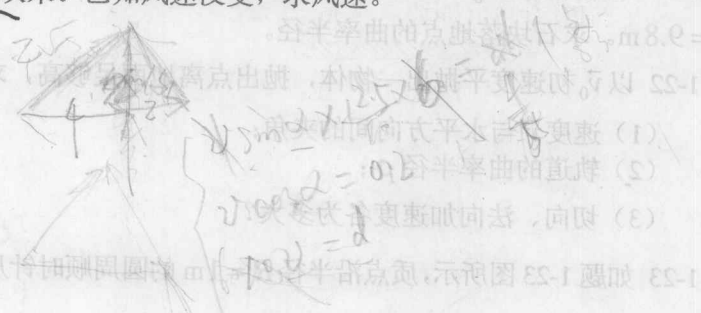


图 1-24 题

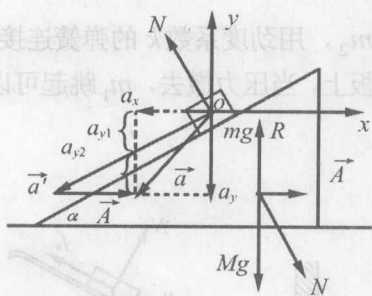
$$\begin{cases} 1.96 - T = 0.2a_1 \\ 0.98 - T = 0.1(2a_1) \\ T = 0.2 \times 9.8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.5 = 0.15a_2 - 0.05a_1 \\ T - 1 = a_1(a_2 + a_1) \\ T = 0.2a_1 \\ 2 - T = 0.2(a_2 - a_1) \\ a_2 = a_1 \end{cases}$$

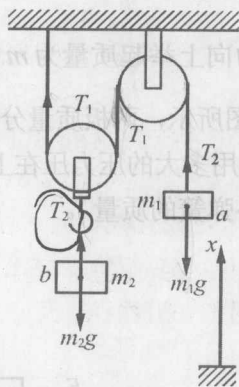
$$2 - T = 0.2(a_2 - a_1) \\ a_2 = a_1$$

第二章 质点动力学

2-1 如题 2-1 图所示,光滑水平面上放一个质量为 M 的尖劈,其斜面与水平面夹角为 α ,质量为 m 的物体放在斜面上可以无摩擦地下滑。以地面为参考系,建立一个固定的坐标系 xoy 。求这两物体各自的加速度及相互作用力。



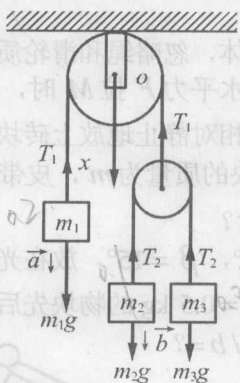
题 2-1 图



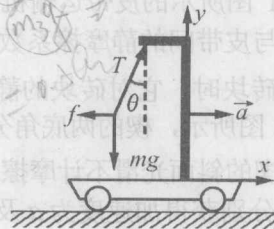
题 2-2 图

2-2 如题 2-2 图所示,滑轮和绳的质量可以忽略,求质量分别为 m_1 和 m_2 的两物体的加速度及绳中张力。

2-3 如题 2-3 图所示,忽略摩擦,并设绳子柔软不伸长。知 $m_1 = 200\text{g}$, $m_2 = 100\text{g}$, $m_3 = 50\text{g}$ 。求 m_1 , m_2 , m_3 各自的加速度及绳中的张力。



题 2-3 图



题 2-4 图

2-4 如题 2-4 图所示,车上悬一单摆,摆锤质量为 m ,车静止时摆线竖直向下为平衡位置,当车以 \vec{a} 加速度前进时,求摆线的平衡位置与竖直方向的夹角。

$$T - mg = m \frac{v^2}{r} = m \frac{g}{4}$$

$$N - Mg - m \frac{v^2}{r} = M \frac{g}{4}$$

$$N = M \frac{5}{4} g + m \frac{g}{4}$$

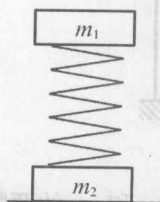
2-5 用量纲分析方法确定:

- (1) 从高 H_0 处自由下落到地面过程中质点的速度 v 与下落距离 s 及重力加速度 g 的关系;
- (2) 匀速率 v 作圆周运动的向心加速度 a 与半径 R 及速率 v 之间的关系;
- (3) 流体对在流体内运动的物体产生的压差阻力 F 与流体的密度 ρ , 物体在流体中运动速度 v 及物体的线度 l 之间的关系。

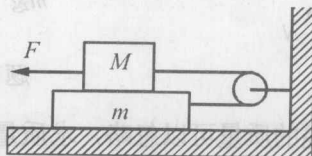
2-6 A、B 两物体质量分别为 $m_A = 2 \text{ kg}$, $m_B = 10 \text{ kg}$ 。将它们带到月球上挂到阿特伍德机两边悬线上, 测得由静止开始在 3 s 末质量大的 B 物体下降 4.9 m。试求月球上的重力加速度 g' 。

*2-7 电梯中质量为 M 的人在电梯向上加速为 $a = \frac{1}{4}g$, 并向上运动时相对于电梯用加速度为 $b = \frac{1}{2}g$ 的力向上举起质量为 m 的重物。试求这时人对地板的正压力。

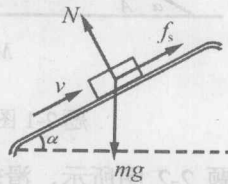
2-8 如题 2-8 图所示, 两板质量分别为 m_1 和 m_2 , 用劲度系数 k 的弹簧连接后竖直放在水平桌面上, 求: 要用多大的压力压在上面一块木板上, 当压力撤去, m_1 跳起可以稍微把 m_2 也提离桌面。(忽略弹簧的质量)。



题 2-8 图



题 2-10 图



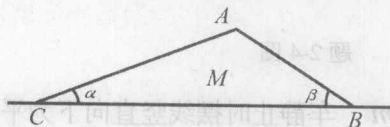
题 2-11 图

2-9 木板放在光滑水平桌面上, 质量为 $M = 5 \text{ kg}$ 。木板上放质量为 $m = 500 \text{ g}$ 的物体, 它们之间的摩擦系数为 $\mu = 0.1$, 用水平作用力 $F = 7 \text{ N}$ 拉木板, 则木板及在其上面的物体的加速度各是多大? 木板能否被拉出来?

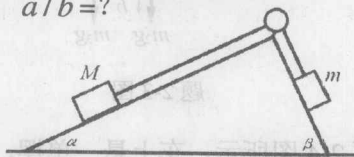
2-10 如题 2-10 图所示, 质量为 m 和 M 的连接体, 忽略绳和滑轮质量, 物块之间以及物块与桌面之间摩擦系数均为 μ , 绳不伸长。求: 用水平力 F 拉 M 时, m 的加速度多大?

2-11 如题 2-11 图所示的皮带运输机, 其皮带上相对静止地放上砖块, 由皮带拉着砖块向上运输, 设砖块与皮带间的静摩擦系数为 μ_s , 砖块的质量为 m , 皮带的倾斜角为 α 。求皮带向上匀速输送砖块时, 它对砖块的静摩擦力多大?

2-12 如题 2-12 图所示, 楔的两底角分别为 $\alpha = 6^\circ$, $\beta = 15^\circ$, 放在光滑水平桌面上, 其质量为 $M = 1 \text{ kg}$ 。楔的斜面光滑不计摩擦, 将质量 $m = 0.5 \text{ kg}$ 的物块先后放在左右斜面上沿 AC, AB 滑下, 楔分别获得加速度为 a 及 b , 求: $a/b = ?$



题 2-12 图

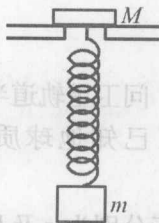


题 2-13 图

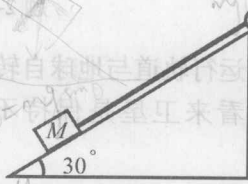
2-13 如题 2-13 图所示, 质量分别为 $m=50 \text{ mg}$, $M = 30 \text{ mg}$ 质点连接后通过滑轮放在固定的楔形物两边, 楔底角 $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$, 物体与斜面之间的摩擦系数为 $\mu = 0.25$, 试问系统如何运动?

2-14 如题 2-14 图所示, 重物质量为 m , 悬挂在不计质量的弹簧下端, 弹簧劲度系数为 k , 上端拴在木块中央, 木块质量为 M 放在桌子上, 当重物在平衡位置附近作 $x = A \cos \omega t$ 振动时, 求:

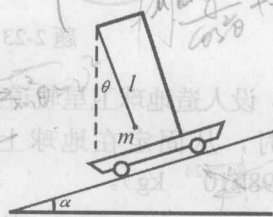
- (1) 弹簧对板的作用力;
- (2) 桌面对板的支撑力?



题 2-14 图



题 2-15 图



题 2-19 图

2-15 如题 2-15 图所示, 楔底角 $\theta = 30^\circ$ 固定, 其斜面上放质量为 $M = 8 \text{ kg}$ 的重物, 拴线绕过定滑轮悬质量为 $m = 3 \text{ kg}$ 的物体, M 和斜面间摩擦系数 $\mu = 0.1$, 求: M 的加速度, 并问改变 θ 角至何值, 运动可以反向?

*2-16 公路拐弯处曲率半径为 ρ , 路面的倾斜是按照车速 v_0 设计的, 汽车轮与公路摩擦系数为 μ , 拐弯时汽车速度在什么范围内变动, 车行驶才是安全的?

2-17 用长为 l 的轻线拴一质量为 m 的质点使线与铅直线夹 θ 角, 质点在水平面内作等速率圆周运动, 称为圆锥摆。求质点转一周需要的时间。

2-18 设小球竖直上抛和下落过程中受阻力的大小不变, 则小球从某初速上抛升到最高点的时间与从最高点下落回到出发点的时间, 哪一个长?

2-19 如题 2-19 图所示, 车架上挂质量为 m , 摆长为 l 的单摆, 车沿与水平面成 α 角的斜面, 分别就

- (1) 自由下滑时;
- (2) 以加速度 $b \neq g \sin \alpha$ 下滑时;
- (3) 以加速度 b 向斜面上方平行于斜面运动时; 求摆线的方向及线中张力。

2-20 竖直向上发射质量为 m 的子弹, 初速率为 v_0 , 子弹受的空气阻力与速率平方成正比, 比例系数为 k_0 。求子弹到达最高点所需的时间。

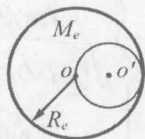
2-21 质量为 m 的轮船以速率 v_0 前进, 当发动机停止后它受水的阻力与速度成正比, 比例系数为 k , 问轮船在水中还能前进多远? 假设忽略水流速度。

2-22 星体自转的最大转速发生在其赤道上的物质所受向心力正好全部由引力提供时。

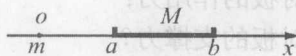
- (1) 证明: 星体可能的最小自转周期为 $T_{\min} = \sqrt{3\pi / G\rho}$, 其中 ρ 为星体的密度。
- (2) 行星密度一般约为 $3.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 求其可能最小自转周期。
- (3) 有个中子星自转周期为 1.6 ms , 若它的半径为 10 km , 则该中子星的质量至少多

大 (以太阳质量为单位)?

2-23 如题 2-23 图所示, 设想地球为真正质量均匀分布的球, 且知图中已挖去直径等于半径的球, 空穴与地表相切, 在地球心 O 到空穴心 O' 连线上距地心为 D ($> R$) 处放一质量为 m 的小球。地球质量为 M_e , 半径 R_e 。试求: 带空穴的地球与 m 小球间的万有引力大小。



题 2-23 图



题 2-25 图

2-24 设人造地球卫星轨道是圆且卫星运行轨道与地球自转方向相同, 问卫星轨道半径 r 为多大时, 从固定在地球上的观测者看来卫星是保持不动的? (已知地球质量为 $M_e = 5.98 \times 10^{24}$ kg)。

2-25 如题 2-25 图所示, 均匀细棒质量为 M 放在 x 轴上, 两端点坐标分别为 a 及 b 。原点处有一质点质量为 m 。求棒对 m 质点作用的万有引力。

2-12 题图 2-12 所示, 一质量为 $m = 3$ kg 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-13 如图 2-13 所示, 一质量为 $m = 20$ mg, $M = 30$ mg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-14 如图 2-14 所示, 一质量为 $m = 3$ kg 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-15 如图 2-15 所示, 一质量为 $m = 3$ kg 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-16 如图 2-16 所示, 一质量为 $m = 3$ kg 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-17 如图 2-17 所示, 一质量为 m 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-18 如图 2-18 所示, 一质量为 m 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-19 如图 2-19 所示, 一质量为 m 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-20 如图 2-20 所示, 一质量为 m 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-21 如图 2-21 所示, 一质量为 m 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

2-22 如图 2-22 所示, 一质量为 m 的物体, M 为斜面质量, $M = 0.1$ kg, 求: (1) 物体对斜面的作用力; (2) 斜面对物体的作用力。

(1) 证明: 星体可能的最小自转周期为 $T_{\min} = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$, 其中 ρ 为星体的密度。

(2) 行星密度一般约为 $3.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 求其可能最小自转周期。

(3) 有一个中子星自转周期为 1.6 ms , 若它的半径为 10 km , 则它的质量至少为多少?

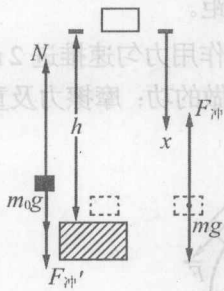
$$(u+v) \cdot dm = (M-dm) dv$$

第三章 守恒定律

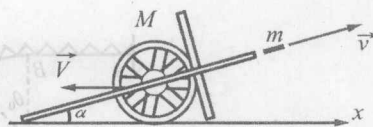
3-1 试求在地球表面发射一个飞行器，能够脱离地球引力范围（成为行星）所需要的最小速度？

3-2 弹簧下悬挂质量为 m 的质点，弹簧伸长 l 而平衡。若将质点以初速度 v 突然向下运动，质点可以从平衡位置再降至何处？

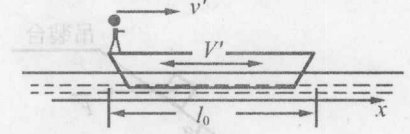
3-3 如题 3-3 图所示，质量为 $m = 3 \times 10^3 \text{ kg}$ 的铁锤，从高 $h = 1.5 \text{ m}$ 处自由下落打击在锻件上，如果打击的时间 $\Delta t = 10^{-3} \text{ s}$ ，求：锻件受的平均冲力。



题 3-3 图



题 3-4 图



题 3-5 图

3-4 如题 3-4 图所示，质量为 M 的炮车放在不计摩擦的水平地面上，它以仰角 α 发射质量为 m 的炮弹，当炮弹出口速度为 \vec{v} 时，试求炮车的反冲速度。

3-5 如题 3-5 图所示，质量 $m = 50 \text{ kg}$ 的人在长为 $l = 3.5 \text{ m}$ ，质量为 $M = 125 \text{ kg}$ 的小船上，船静止于池中水面，设水不流动，人从船尾走到船头，求他相对于池岸走了多少米？

*3-6 火箭发射时喷气推进力很大，忽略重力和空气阻力。知喷出气体相对于火箭速度为 \vec{u} 且方向与前进方向相反，火箭原来总质量为 M_0 ，速度为 \vec{v}_0 ，垂直于地面，求当喷气毕，火箭总质量减小成 M_1 时的速度 \vec{v}_1 的大小。

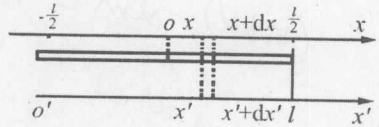
3-7 以两个位置确定的质点组成的体系为例，证明质心位置相对于体系是确定的，不随坐标选择而变化。

3-8 你自己身体的质心是固定在身体内某一点吗？你能把你的身体的质心移到身体外面吗？

3-9 在双子座飞船环绕地球飞行时，一宇航员出舱“走”到离船 8 m 处。他有一根轻质（忽略质量）的长绳与船体相连，当他拉绳回到舱内时，船体向他移动了多远？设船体质量为 3500 kg ，宇航员连衣物总质量为 140 kg 。

3-10 如题 3-10 图所示, 分别就下面两种情况, 求质量均匀分布的细棒质心。

- (1) 建立如图 x 坐标, 取中点为坐标原点;
- (2) 另选坐标系, 原点 O' 在棒端。

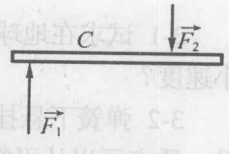


题 3-10 图

3-11 将 N 个质点组成的质点体系分成两组, 各组质量分别为 $M_1 = m_1 + m_2 + \dots + m_j$; $M_2 = m_{j+1} + m_{j+2} + \dots + m_N$, 各组质心的位置分别在 \vec{r}_{c1} 和 \vec{r}_{c2} 。求证: 总质点体系的质心在 \vec{r}_c 处, 而 $\vec{r}_c = (M_1\vec{r}_{c1} + M_2\vec{r}_{c2}) / (M_1 + M_2)$ 。

3-12 射出的炮弹在空中爆炸, 问质心如何运动?

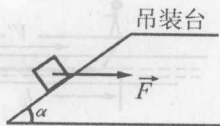
3-13 质量为 M 的均匀长棒放在光滑水平面上, 沿水平面平行方向垂直于棒作用以大小相等、方向相反而不一直在一直线上的两作用力 \vec{F}_1 及 \vec{F}_2 , 见图。(这样一对作用力称为力偶) 求质心的加速度。



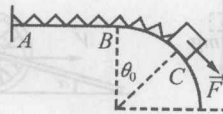
题 3-13 图

3-14 炮弹以 \vec{v}_0 速度与水平方向成 α 角射出, 达到最高点时爆炸, 水平分裂为质量为 m 和 M 的两块。炮弹爆炸转化为机械能的能量为 Q , 求落地时两弹片的间距。

3-15 如题 3-15 图所示, 装卸工沿斜面将质量为 20 kg 的行李用水平作用力匀速推进 2 m 而推上高 1 m 的吊装台, 斜面与行李的摩擦系数为 0.2 , 试计算水平推力做的功; 摩擦力及重力所做的功; 并说明是正功还是负功?



题 3-15 图



题 3-17 图

3-16 汽车功率一定, 斜坡倾角 $\theta = 18^\circ$, 上山速度为 $v_1 = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 返回时速度可达 $v_2 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 问汽车以同样功率在相同摩擦系数的水平公路上行驶时速度可达多少?

3-17 如题 3-17 图所示, 弹簧劲度倔强系数为 k , 原长 AB , A 端固定, B 端拴一质量为 m 的物体, 靠在水平放置光滑的半径为 R 的 $1/4$ 个圆柱表面, 在横剖面内作用一切向变力 \vec{F} , 使物体极缓慢而匀速 ($v \approx 0$) 地沿表面从 B 位置移动至 θ_0 角度的 C 点, 试就

(I) (1) 用功的定义积分; (2) 用功能原理, 求外力 \vec{F} 做功;

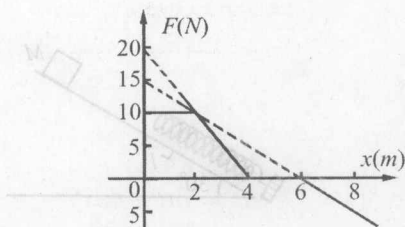
(II) 若圆柱体表面与物体之间摩擦系数为 μ , 求外力做的功?

3-18 两小球质量分别为 M 及 m ($\ll M$), 当它们在万有引力作用下球心间距从 a 变为 b 时, 万有引力做多少功?

3-19 如题 3-19 图所示, 质量为 $m = 5 \text{ kg}$ 的质点在外力作用下沿光滑水平面上作直线运动, 力随位置变化曲线如图。试求:

(1) 物体从原点运动到 $x = 8 \text{ m}$ 时作用在物体上的力做的功;

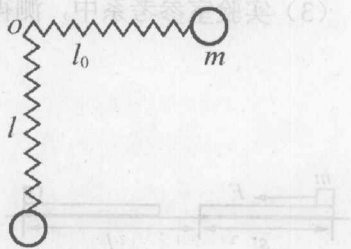
(2) 质点在原点时速度为 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 在 $x = 8 \text{ m}$ 处速度多大?



题 3-19 图



图 02-3 题



题 3-21 图

3-20 木块与桌面之间的摩擦系数为 μ ，开始木块以速度 v_0 运动。

(1) 用牛顿定律和运动学方程；

(2) 用功能原理；就上述两种方法分别计算木块从开始到停止运动时所移动的距离。

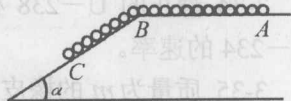
3-21 小球质量为 $m = 200 \text{ g}$ ，拴在弹簧一端，弹簧可绕另一端 O 在竖直平面内自由转动，弹簧劲度系数为 $k = 9.8 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ 。原长 $l_0 = 0.8 \text{ m}$ ，开始被支在水平位置，见图 3-21 图所示。

然后释放让其自由摆下，至竖直位置时弹簧长 $l = 1.0 \text{ m}$ 。求：球速大小。

3-22 子弹在枪筒中受合力可表示为： $F = 400 - \frac{8000}{9}x$ （式中所有物理量均用 SI 制单位）， x 为子弹在枪筒内运动的距离。测得子弹的质量为 $m = 2 \text{ g}$ ，子弹出枪筒时的速度为 $300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。试计算外力对子弹做的功以及枪筒的长度。

3-23 设铁锤敲打钉子时的能量与每次转化为钉子钉入木板的能量部分相同；设木板对铁钉的阻力与铁钉进入木板的深度成正比，铁锤第一次打钉子使钉子钉入木板的深度为 l_1 ，问第二次、第三次分别再能钉入木板多深。

3-24 一条长为 l 的细软绳，放在光滑的平面和与之相衔接的斜面上，见图 3-24 图所示，原来 BC 长 a ，斜面倾角为 α ，绳由静止开始下滑。求：当 A 端到 B 点时绳子的速度。



题 3-24 图

3-25 半径为 R 的光滑球面的顶点，一个质点由静止开始沿竖直面与球面的交线自由滑下，问它在离顶点高度为多少处离开球面？

3-26 质量为 m 的质点，被长为 l 的细绳拴着在竖直平面内作圆周运动，质点在最高点的速度使绳内张力为零。求质点从最高点转过 θ 角时质点的速度和绳中的张力。

3-27 用机械能守恒解第二章习题 (2-8)。

3-28 劲度系数为 k 的弹簧下挂着一个质量为 m 的砝码后达到平衡。试证明：砝码在平衡位置附近沿竖直方向位移 A ，重力势能及弹性势能改变量之和为 $\frac{1}{2}kA^2$ 。

3-29 如题 3-29 图所示，小物体质量为 m 放在质量为 M 的板上，板放在桌面上，板与桌面之间摩擦可忽略，在平行于桌面的外力 F 作用下，小物体从板的一端移到另一端，板长 S ，物体与板之间摩擦系数为 μ ，在小物体移动过程中，板移动了 l 一段距离。问：

(1) 板为什么能移动？使板移动的力做了多少功？正功还是负功？

(2) 外力做了多少功？耗散内力做了多少功？