

高校经典教材同步辅导丛书

配套清华版·张三慧主编

九章丛书

大学基础物理学

第二版

同步辅导及习题全解

主 编 刘东星 边文思

- ◆ 知识点窍 ◆ 逻辑推理 ◆ 习题全解
- ◆ 全真考题 ◆ 名师执笔 ◆ 题型归类



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

上下册合订本
新版

高校经典教材同步辅导丛书

大学基础物理学（第二版）

同步辅导及习题全解

主 编 刘东星 边文思

编 委（排名不分先后）

程丽园	李国哲	陈有志	苏昭平
郑利伟	罗彦辉	邢艳伟	范家畅
孙立群	李云龙	刘 岩	崔永君
高泽全	于克夫	尹泉生	林国栋
黄 河	李思琦	刘 闯	侯朝阳



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据清华大学出版社出版、张三慧编著的教材《大学基础物理学》(上、下)编写,书中对教材中各章的思考题做了深刻的分析,对各章的习题做了全面的解析。本书可作为教材辅助用书,也可供其他高等院校工科专业的师生和社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

大学基础物理学(第二版)同步辅导及习题全解/刘东星,边文思主编.—北京:中国水利水电出版社,2009
(高校经典教材同步辅导丛书)
ISBN 978-7-5084-6332-2

I. 大… II. ①刘…②边… III. 物理学—高等学校—教学参考资料 IV.O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 031531 号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:张玉玲 封面设计:李佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书
作 者	大学基础物理学(第二版)同步辅导及习题全解
出版 发行	主编 刘东星 边文思 中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话:(010) 63202266(总机)、68367658(营销中心)、82562819(万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市梦宇印务有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 19印张 455千字
版 次	2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷
印 数	0001—8000册
定 价	19.50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

前言

物理学是一门重要的基础学科,是整个自然科学的基础和现代技术发展最主要的源泉。因此,在高等理工科院校培养高素质人才的过程中,大学物理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有重要的作用和地位。

要学好大学物理,就要透彻地掌握所学的课本知识。本书根据张三慧编著的教材《大学基础物理学》(上、下册)编写,对教材中各章的思考题做了深刻的分析,对各章的习题做了全面的解析。除了有传统习题集的解题过程外,还有以下特点:

- ◆ **知识点窍**:运用公式、定理及定义来点明知识点。
- ◆ **逻辑推理**:阐述习题的解题过程。
- ◆ **解题过程**:概念清晰、步骤完整、数据准确、附图齐全。

把“**知识点窍**”、“**逻辑推理**”、“**解题过程**”串起来,做到融会贯通,最后给出教材课后习题的答案,在解题思路和解题技巧上进行精练分析和引导,巩固所学,达到举一反三的效果。

“**知识点窍**”和“**逻辑推理**”是本书的精华所在,是由多位著名教授根据学生答题的弱点进行分析而研究出来的一种新型的拓展思路的训练方法。“**知识点窍**”提纲挈领地抓住了题目的核心知识,让学生清楚地了解出题者的意图,而“**逻辑推理**”则注重引导学生思维,旨在培养学生科学的思维方法及掌握答题的思维技巧。本书在此基础上,还提供了详细的“**解题过程**”,使学生熟悉整个答题过程。

本书在编写过程中,参考了张三慧老师编写的《大学物理学》(第二版)学习指导与习题解答一书,并借鉴了书中部分插图,在此深表感谢。

由于编者水平有限及编写时间仓促,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2008年12月

目 录

前言

第 1 篇 力学

第 1 章 质点运动学	1
思考题解答	1
习题解答	3
第 2 章 牛顿运动定律	12
思考题解答	12
习题解答	15
第 3 章 动量与角动量	29
思考题解答	29
习题解答	31
第 4 章 功和能	40
思考题解答	40
习题解答	44
第 5 章 刚体的定轴转动	58
思考题解答	58
习题解答	60
第 6 章 狭义相对论基础	72
思考题解答	72
习题解答	74

第 2 篇 热学

第 7 章 温度	84
思考题解答	84
习题解答	85

第 8 章 气体动理论	90
思考题解答	90
习题解答	93
第 9 章 热力学第一定律	101
思考题解答	101
习题解答	103
第 10 章 热力学第二定律	115
思考题解答	115
习题解答	117

第 3 篇 电磁学

第 11 章 静止电荷的电场	124
思考题解答	124
习题解答	125
第 12 章 电势	136
思考题解答	136
习题解答	138
第 13 章 有导体和电介质存在时的静电场	148
思考题解答	148
习题解答	150
第 14 章 电流和磁力	162
思考题解答	162
习题解答	164
第 15 章 磁场的源	175
思考题解答	175
习题解答	177
第 16 章 有磁介质存在时的磁场	187
思考题解答	187
习题解答	189

第 17 章 电磁感应	193
思考题解答	193
习题解答	194
第 18 章 麦克斯韦方程组和电磁波	204
思考题解答	204
习题解答	205

第 4 篇 波动与光学

第 19 章 振动	210
思考题解答	210
习题解答	211
第 20 章 波动	223
思考题解答	223
习题解答	227
第 21 章 光的干涉	241
思考题解答	241
习题解答	243
第 22 章 光的衍射	252
思考题解答	252
习题解答	253
第 23 章 光的偏振	260
思考题解答	260
习题解答	261

第 5 篇 量子物理基础

第 24 章 量子物理的基本概念	264
思考题解答	264
习题解答	266



第 25 章 原子中的电子	273
思考题解答	273
习题解答	276
第 26 章 固体中的电子	284
思考题解答	284
习题解答	285
第 27 章 核物理	290
思考题解答	290
习题解答	291



第 1 篇 力学

第 1 章

质点运动学

思考题解答

- 1.1 说明做平抛实验时小球的运动用什么参考系?说明湖面上游船运动用什么参考系?说明人造卫星的椭圆运动以及土星的椭圆运动又各用什么参考系?

【解】 实验室参考系;地面参考系;地心参考系和太阳参考系。

- 1.2 有人说,考虑到地球的运动,一幢楼房的运动速率在夜里比在白天大。这是对什么参考系说的?

【解】 太阳参考系,如图 1.1 所示,在太阳参考系中,物体的运动速度就是地球绕太阳的公转速度 $v_{\text{公}}$ 与地球的自转速度 $v_{\text{自}}$ 之和,即 $v = v_{\text{公}} + v_{\text{自}}$ 。

白天时,自转速度 $v_{\text{自}}$ 与公转速度 $v_{\text{公}}$ 方向夹角大于 90° ,故楼房的速率低些;黑夜时,自转速度 $v_{\text{自}}$ 与公转速度 $v_{\text{公}}$ 方向夹角小于 90° ,故楼房的速率高些。

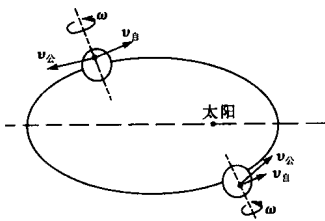


图 1.1 思考题 1.2 用图

- 1.3 回答下列问题:

- (1) 位移和路程有何区别?
- (2) 速度和速率有何区别?
- (3) 瞬时速度和平均速度的区别和联系是什么?

【解】 (1) 位移是矢量,既有大小又有方向,只与始末位置有关,与具体运动轨道无关;而路程是标量,只有大小而没有方向,与运动轨道有关。

(2) 速度是矢量,是位置矢量随时间的变化率, $v = \frac{dr}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t}$;而速率是标量,是弧长随时间的变化率, $v = \frac{ds}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$ 。

(3) 平均速度的定义为 $v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$,其方向为 Δr 的方向,大小与时间 t 有关,它表示的是 Δt 的时间间隔内位置矢量的平均变化率;瞬时速度是在时间间隔趋于零时的平均速度的极

限,即 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$, 方向沿着质点运动轨道的切线方向。

1.4 回答下列问题并举出符合你的答案的实例:

- (1) 物体能否有一不变的速率而仍有一变化的速度?
- (2) 速度为零的时刻,加速度是否一定为零?加速度为零的时刻,速度是否一定为零?
- (3) 物体的加速度不断减小,而速度却不断增大,这可能吗?
- (4) 当物体具有大小、方向不变的加速度时,物体的速度方向能否改变?

【解】 (1) 可以,例如匀速圆周运动。

(2) 不一定,例如竖直上抛运动;不一定,例如匀速直线运动。

(3) 可能,例如加速度不断减小但方向始终与物体运动方向一致的加速直线运动。

(4) 可以改变,例如平抛运动(忽略空气阻力)。

1.5 圆周运动中质点的加速度是否一定和速度的方向垂直?如不一定,这加速度的方向在什么情况下偏向运动的前方?

【解】 不一定,当质点做加速圆周运动时,该加速度的方向偏向运动的前方。

1.6 任意平面曲线运动的加速度的方向总指向曲线凹进那一侧,为什么?

【解】 因为在平面曲线运动中,法向加速度永远指向其曲率圆的中心,而曲率圆心在该段曲线的凹侧,所以无论切向加速度与速度的方向相同还是相反,合加速度 $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t$ 的方向必指向曲线凹侧。

1.7 质点沿圆周运动,且速率随时间均匀增大,问 a_n 、 a_t 、 a 三者的大小是否都随时间改变?总加速度 a 与速度 $\mathbf{v}$ 之间的夹角如何随时间改变?

【解】 设质点做半径为 r 的圆周运动,则 $a_n = \frac{v^2}{r}$, $a_t = \frac{dv}{dt}$, $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$, 且总加速度

a 与 $\mathbf{v}$ 之间的夹角为 $\alpha = \arctan \frac{a_n}{a_t}$, 由已知得 a_t 为常量,

且 a_n 不断增大,因而 a 不断增大,且 α 亦不断增大。

1.8 根据开普勒第一定律,行星轨道为椭圆(图1.2)。已知任一时刻行星的加速度方向都指向椭圆的一个焦点(太阳所在处)。分析行星在通过图中 M 、 N 两位置时,它的速率分别应正在增大还是正在减小?

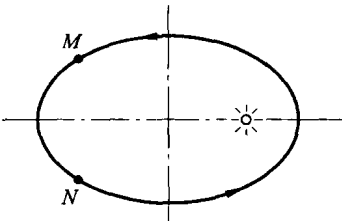


图 1.2 思考题 1.8 用图

【解】 行星通过 M 点时,正在远离太阳,它的切向加速度与速度方向相反,故速率正在减小;通过 N 点时,正在靠近太阳,它的切向加速度与速度方向相同,故速率正在增大。

1.9 一斜抛物体的水平初速度是 v_{0x} , 它的轨道的最高点处的曲率圆的半径是多大?

【解】 当斜抛物体在最高点时,它的速度等于水平运动方向的速度,由 $a_n = \frac{v^2}{R}$ 且

$$a_n = g \text{ 知 } R = \frac{v^2}{a_n} = \frac{v_{0x}^2}{g}.$$

1.10 自由落体从 $t = 0$ 时刻开始下落。用公式 $h = gt^2/2$ 计算,它下落的距离达到 19.6m 的时刻

为 $+2s$ 和 $-2s_0$ 这一 $2s$ 有什么物理意义?该时刻物体的位置和速度各如何?

【解】 $-2s$ 的物理意义为该运动物体在下落 $19.6m$ 的位置开始做竖直上抛运动,经过 $2s$ 秒到达最高点,即自由下落开始下落处。 $-2s$ 时物体的位置是上述自由落体下落 $19.6m$ 时的位置,速度为 $-19.6m/s$,负号表示运动方向向上。

- 1.11 山上和山下两炮各瞄准对方,同时以相同初速各发射一枚炮弹,如图 1.3(a) 所示,这两枚炮弹会不会在空中相撞?为什么?(忽略空气阻力。)

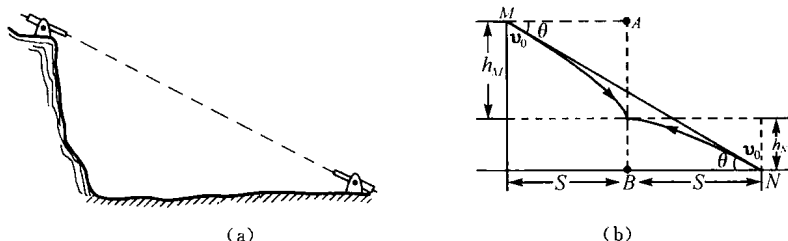


图 1.3 思考题 1.11 用图

【解】 如图 1.3(b) 所示,设两枚炮弹的发射方向均与水平方向成 θ 角,且初速度均为 v_0 。它们发射出去后均做斜抛运动,由于不计空气阻力,水平合外力均为零,二者在水平方向均做匀速直线运动,所以两炮弹到达直线 AB 的时间相等且只有可能在线段 AB 上相遇。

$$\text{炮弹到达 } AB \text{ 的时间: } t_M = \frac{S}{v_0 \cos \theta}, \quad h_M = v_0 \sin \theta \cdot t_M + \frac{1}{2} g t_M^2$$

$$\text{同理:} \quad t_N = t_M = \frac{S}{v_0 \cos \theta}, \quad h_N = v_0 \sin \theta \cdot t_N - \frac{1}{2} g t_N^2$$

$$\text{故} \quad h_M + h_N = 2v_0 \sin \theta \frac{S}{v_0 \cos \theta} = 2S \tan \theta$$

又由几何关系 $\frac{AB}{2S} = \tan \theta$, $AB = 2S \tan \theta$ 得 $AB = h_M + h_N$, 可以判断两炮弹会相遇。

习题解答

- 1.1 蟹状星云被认为是一次超新星爆发后的遗迹。1920 年已发现它的范围正在以 $0.21''/a$ ($''$ 为 [角] 秒, a 为年) 的速率膨胀, 当时蟹状星云的范围为 $180''$ 。假定膨胀速率是恒定的, 试问该超新星是哪一年爆发的?(计算结果与我国《宋会要》上记载的一次“客星”出现的年代 1054 年相符。举世公认该记载的权威性。)

【解题过程】 所求年代为 $1920 - \frac{180''}{0.21''/a} = 1063$ 年, 与记载基本相符。

- 1.2 观察发现: 离我们越远的星系正以越大的速率远离我们飞去。例如牧夫座内一星云离我们银河系的距离为 $2.74 \times 10^9 \text{ l. y.}$ (l. y. 为光年, $1 \text{ l. y.} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$), 它正以 $3.93 \times 10^7 \text{ m/s}$ 的速率飞离。假定飞离速率是恒定的, 试问它是多少年前和我们的银河系分离的?(根据宇宙产生于一次大爆炸的学说, 可以认为这一段时间就是宇宙的年龄。)

$$\begin{aligned} \text{【解题过程】 } t &= \frac{s}{v} = \frac{9.46 \times 10^{15} \times 2.74 \times 10^9}{3.93 \times 10^7} \\ &= 6.60 \times 10^{17} \text{ s} = 2.09 \times 10^{10} \text{ a} \end{aligned}$$

- 1.3 木星的一个卫星——木卫1上面的珞玑火山喷发出的岩块上升高度可达200km,这些石块的喷出速度是多大?已知木卫1上的重力加速度为 1.80m/s^2 ,而且在木卫1上没有空气。

【知识点窍】 匀加速直线运动: $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 。

【解题过程】 当石块喷出后到最高点的过程中,有

$$-v_0^2 = 2ax = 2 \times (-1.80) \times 200 \times 10^3 \quad v_0 \approx 849\text{m/s}$$

- 1.4 一种喷气推进的实验车,从静止开始可在1.80s内加速到1600km/h的速率。按匀加速运动计算,它的加速度是否超过了人可以忍受的加速度 $25g$?这1.80s内该车跑了多大距离?

【知识点窍】 初速度为零的匀加速直线运动: $a = \frac{v}{t}, s = \frac{1}{2}at^2$ 。

$$\text{【解题过程】 } a = \frac{v}{t} = \frac{1600 \times \frac{10^3}{3600}}{1.80} = 2.47 \times 10^2 \text{ m/s}^2 \approx 25g$$

接近人可以忍受的加速度 $25g$ 。

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 2.47 \times 10^2 \times 1.80^2 \approx 400\text{m}$$

- 1.5 一辆卡车为了超车,以 90km/h 的速度驶入左侧逆行道时,猛然发现前方80m处一辆汽车正迎面驶来。假定该汽车以 65km/h 的速度行驶,同时也发现了卡车超车。设两司机的反应时间都是0.70s(即司机发现险情到实际启动刹车所经过的时间),他们刹车后的减速度都是 7.5m/s^2 ,试问两车是否会相撞?如果相撞,相撞时卡车的速度多大?

【知识点窍】 匀加速直线运动 $v^2 - v_0^2 = 2ax, x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 。

【逻辑推理】 先求出假设不相撞时它们需要的最小距离,即卡车与汽车从发现对方到都停住所行驶的路程之和,再与题目中所给距离比较即可判断是否相撞。

【解题过程】 已知 $v_{01} = 90\text{km/h} = 25\text{m/s}, v_{02} = 65\text{km/h} = 18\text{m/s}$

$$\Delta t = 0.7\text{s}, a_1 = a_2 = 7.5\text{m/s}^2$$

两车若不相撞所需的最小距离

$$s = \Delta s + s_1 + s_2 = (v_{01} + v_{02})\Delta t + \frac{v_{01}^2}{2a} + \frac{v_{02}^2}{2a}$$

$$= 30\text{m} + 41.7\text{m} + 21.7\text{m} > s_0 = 80\text{m}, \text{所以两车会相撞。}$$

设卡车从开始刹车到相撞所经历时间为 t ,相撞时速度为 v_1 ,则有

$$s_0 - \Delta s = v_{01}t - \frac{1}{2}at^2 + v_{02}t - \frac{1}{2}at^2$$

代入已知数据得: $50 = 43t - 7.5t^2$,解得 $t = 1.62\text{s}, 4.11\text{s}$ (舍)

所以: $v_1 = v_{01} - at = 25 - 7.5 \times 1.62 = 12.9\text{m/s} = 46\text{km/h}$

- 1.6 跳伞运动员从1200m高空下跳,起初不打开降落伞作加速运动。由于空气阻力的作用,会加速到一“终极速率”200km/h而开始匀速下降。下降到离地面50m处时打开降落伞,很快速率会变为18km/h而匀速下降着地。若起初加速运动阶段的平均加速度按 $g/2$ 计,此跳伞运动员在空中一共经历了多长时间?

【知识点窍】 匀加速运动: $v = v_0 + at$, $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 。

【逻辑推理】 跳伞运动员从高空下跳至地面共经历3个运动阶段: $a_1 = \frac{g}{2}$ 的匀加速直线运动、以 $v_2 = 200\text{km/h}$ 的速度匀速下降运动和以 $v_3 = 18\text{km/h}$ 的速度匀速下降至地面。

【解题过程】 $s_0 = 1200\text{m}$, $v_2 = 200\text{km/h} = 55.6\text{m/s}$, $v_3 = 18\text{km/h} = 5\text{m/s}$

第一阶段:

$$t_1 = \frac{v_2}{\frac{g}{2}} = \frac{55.6}{\frac{g}{2}} = 11.34\text{s}, s_1 = \frac{1}{2}a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times \frac{g}{2} \times 11.3^2 = 315\text{m}$$

$$\text{第二阶段: } t_2 = \frac{s_0 - s_1 - s_3}{v_2} = \frac{1200 - 315 - 50}{55.6} = 15.0\text{s}$$

$$\text{第三阶段: } t_3 = \frac{s_3}{v_3} = \frac{50}{5} = 10.0\text{s}$$

所以运动员在空中总共的时间为 $t = t_1 + t_2 + t_3 = 11.3 + 15.0 + 10.0 = 36.3\text{s}$

- 1.7 由消防水龙带的喷嘴喷出的水的流量是 $q = 280\text{L/min}$, 水的流速 $v = 26\text{m/s}$ 。若这喷嘴竖直向上喷射, 水流上升的高度是多少? 在任一瞬间空中有多少升水?

【知识点窍】 竖直上抛运动: $v_0^2 = 2gh$, $T = \frac{2v_0}{g}$ 。

【逻辑推理】 水流上升过程可以看做竖直上抛运动, 由给出的初速度可以求得水流上升的高度和一滴水从喷出到落地所需的时间 T , 进而求出任一瞬间空中水的体积。

$$\text{【解题过程】 } h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{26^2}{2 \times 9.8} \approx 34.5\text{m}$$

$$T = \frac{2v_0}{g} = \frac{2 \times 26}{9.8} = 5.31\text{s}$$

$$V = qT = \frac{280 \times 5.31}{60} = 24.7\text{L}$$

- 1.8 一质点在 xy 平面上运动, 运动函数为 $x = 2t$,
 $y = 4t^2 - 8$ (采用国际单位制)。

(1) 求质点运动的轨道方程并画出轨道曲线。

(2) 求 $t_1 = 1\text{s}$ 和 $t_2 = 2\text{s}$ 时, 质点的位置、速度和加速度。

【解题过程】 (1) 消去 t 得轨道方程 $y = x^2 - 8$, 轨道曲线如图 1.4 所示。

(2) $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} = 2t\mathbf{i} + (4t^2 - 8)\mathbf{j}$

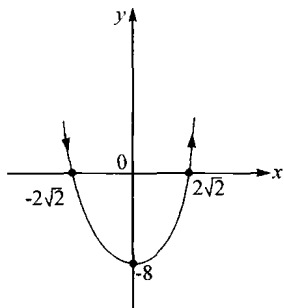


图 1.4 习题 1.8 用图

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = 2\boldsymbol{i} + 8t\boldsymbol{j} \quad \boldsymbol{a} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = 8\boldsymbol{j}$$

$$t_1 = 1\text{s 时}, \boldsymbol{r}_1 = 2\boldsymbol{i} - 4\boldsymbol{j}, \boldsymbol{v}_1 = 2\boldsymbol{i} + 8\boldsymbol{j}, \boldsymbol{a}_1 = 8\boldsymbol{j}$$

$$t_2 = 2\text{s 时}, \boldsymbol{r}_2 = 4\boldsymbol{i} + 8\boldsymbol{j}, \boldsymbol{v}_2 = 2\boldsymbol{i} + 16\boldsymbol{j}, \boldsymbol{a}_2 = 8\boldsymbol{j}$$

- 1.9 如图 1.5 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。

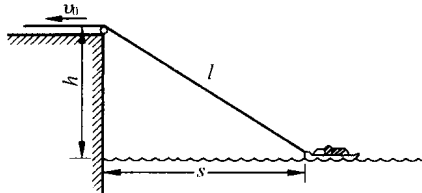


图 1.5 习题 1.9 用图

【知识点窍】 瞬时速度 $v = \frac{ds}{dt}$, 瞬时加速度

$$a = \frac{dv}{dt}.$$

【逻辑推理】 船的速度为船在水面上向岸边运动的速度,与人收绳的速度 v_0 并不相等,它们之间存在着一定的关系,找到这个关系即可求解。

【解题过程】 如图 1.5 所示,有几何关系 $l^2 = h^2 + s^2$, 其中 l, s 均为时间 t 的函数,故两边对 t 求导得 $2l \frac{dl}{dt} = 2s \frac{ds}{dt}$

$$\text{又: } \frac{dl}{dt} = -v_0, \frac{ds}{dt} = v,$$

$$\text{所以: } v = -\frac{l}{s}v_0 = -\frac{\sqrt{s^2 + h^2}}{s}v_0 \quad a = \frac{dv}{dt} = -\frac{h^2 v_0^2}{s^3}$$

负号表示船的速度和加速度的方向均指向岸边。

- 1.10 滑雪运动员离开水平滑雪道飞入空中时的速率 $v = 110\text{km/h}$, 着陆的斜坡与水平面夹角 $\theta = 45^\circ$, 如图 1.6(a) 所示。

(1) 计算滑雪运动员着陆时沿斜坡的位移 L 是多大?(忽略起飞点到斜面的距离)

(2) 在实际的跳跃中,滑雪运动员所达到的距离 $L = 165\text{m}$, 这个结果为什么与计算结果不符?

【知识点窍】 平抛运动: $a_x = 0, a_y = g, v_x = v_0, v_y = gt, x = v_0 t, y = \frac{1}{2}gt^2$ 。

【逻辑推理】 滑雪运动员离开水平滑雪道飞入空中时的运动为平抛运动,它落在斜坡上的某一点必为抛体运动曲线与斜坡所表示的斜线的交点。

【解题过程】 如图 1.6(b) 所示,建立平面直角坐标系。

$$(1) \text{ 斜坡表示的曲线方程为 } y = x, \text{ 抛体运动曲线方程为 } \begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$$\text{消去 } t \text{ 得: } y = \frac{1}{2}g \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

与 $y = x$ 联立可知滑雪运动员在斜坡上某处的坐标为 $\left(\frac{2v_0^2}{g}, \frac{2v_0^2}{g}\right)$ 。

$$L = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{2}x = \frac{2\sqrt{2}v_0^2}{g} = \frac{2\sqrt{2}(110 \times 10^3/3600)^2}{9.8} \approx 269\text{m}$$

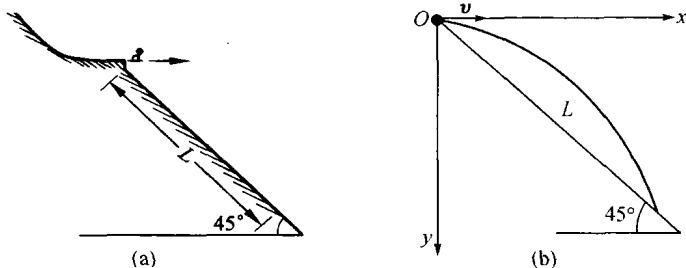


图 1.6 习题 1.10 用图

(2) 滑雪运动员还受到空气阻力的作用,故在实际跳跃中所达距离为 $L = 165\text{m}$, 小于计算值。

1. 11 一个人扔石头的最大出手速率 $v = 25\text{m/s}$, 他能击中一个与他的手水平距离 $L = 50\text{m}$ 、高 $h = 13\text{m}$ 处的一个目标吗? 在这个距离内他能击中的目标的最大高度是多少?

【知识点窍】斜抛运动: $x = v_0 \cos\theta \cdot t$, $y = v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$ 。

【逻辑推理】判断能否击中目标, 就是判断是否存在一个角度 θ (出手速度与水平方向夹角), 使其轨道方程经过目标点。

【解题过程】假设存在角度 θ , 使目标被击中, 则有

$$L = v \cos\theta \cdot t, h = v \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

消去 t 得轨道方程: $\frac{gL^2}{2v^2} \tan^2\theta - L \tan\theta + (\frac{gL^2}{2v^2} + h) = 0$

$$\tan\theta = \frac{v^2}{gL} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{2g}{v^2} \left(h + \frac{gL^2}{2v^2} \right)} \right]$$

若要使方程有解, 则必须有 $1 - \frac{2g}{v^2} \left(h + \frac{gL^2}{2v^2} \right) \geq 0$, 即

$$h \leq \frac{v^2}{2g} - \frac{gL^2}{2v^2} = \frac{25^2}{2 \times 9.8} - \frac{9.8 \times 50^2}{2 \times 25^2} = 12.3\text{m}$$

即在 $L = 50\text{m}$ 这个距离上, 他能击中的目标最大高度为 12.3m 。

显然, 若 $L = 50\text{m}$, $h = 13\text{m}$, 则方程无解, 即不能击中目标。

1. 12 为迎接香港回归, 柯受良 1997 年 6 月 1 日驾车飞越黄河壶口。东岸跑道长 265m , 柯驾车从跑道东端起, 到达跑道终端时速度为 150km/h , 他随即以仰角 5° 冲出, 飞越跨度为 57m , 安全落到西岸木桥上。

(1) 按匀加速运动计算, 柯在东岸驱车的加速度和时间各是多少?

(2) 柯跨越黄河用了多长时间?

(3) 若起飞点高出河面 10.0m , 柯驾车飞行的最高点离河面几米?

(4) 西岸木桥桥面和起飞的高度差是多少?

【知识点窍】 初速度为零的匀加速直线运动: $a = \frac{v^2}{2s}$, $t = \frac{v}{a}$ 。

$$\text{斜抛运动: } x = v_0 \cos\theta \cdot t, y = v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2, h = \frac{(v_0 \sin\theta)^2}{2g}.$$

【逻辑推理】 直接将已知数据代入公式即可求解。

$$\text{【解题过程】 } (1) a = \frac{v^2}{2s} = \frac{(\frac{150 \times 10^3}{3600})^2}{2 \times 265} = 3.28 \text{ m/s}^2$$

$$t_1 = \frac{v}{a} = \frac{\frac{150 \times 10^3}{3600}}{3.28} = 12.7 \text{ s}$$

$$(2) t_2 = \frac{x}{v_0 \cos\theta} = \frac{57 \times 3600}{150 \times 10^3 \cos 5^\circ} = 1.37 \text{ s}$$

$$(3) H = h_0 + h = h_0 + \frac{(v_0 \sin\theta)^2}{2g} = 10.0 + \frac{(150 \times 10^3)^2 \times \sin^2 5^\circ}{3600^2 \times 2 \times 9.8} = 10.67 \text{ m}$$

(4) 建立平面直角坐标系, 从起飞点为原点、 v_0 的水平分量方向为 x 轴正向、竖直向上为

$$y \text{ 轴正方向, 则有 } \begin{cases} x = v_0 \cos\theta \cdot t & \text{①} \\ y = v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 & \text{②} \end{cases}$$

$$\text{将 ① 代入 ②, 得 } y = x \cdot \tan\theta - \frac{1}{2}g(\frac{x}{v_0 \cos\theta})^2$$

令 $x = 57$, 得

$$y = 57 \times \tan 5^\circ - \frac{1}{2} \times 9.8 \times (\frac{57 \times 3600}{\cos 5^\circ \times 150 \times 10^3})^2 = -4.22 \text{ m}$$

负号表示起飞点的高度比西岸木桥桥面要高 4.22m。

- 1.13 在核物理实验中用来分离不同种类分子的超级离心机的转速是 $6 \times 10^4 \text{ r/min}$ 。在这种离心机的转子内, 离轴 10cm 远的一个大分子的向心加速度是重力加速度的几倍?

【知识点窍】 向心加速度 $a_n = R\omega^2$ 。

$$\text{【解题过程】 } a_n = R\omega^2 = 4\pi^2 n^2 r = \frac{4\pi^2 \times (6 \times 10^4)^2 \times 0.1}{60^2} = 3.9 \times 10^6 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{a_n}{g} = \frac{3.9 \times 10^6}{9.8} \approx 4 \times 10^5$$

- 1.14 北京天安门所处纬度为 39.9° , 求它随地球自转的速度和加速度。

【知识点窍】 匀速圆周运动: $v = r\omega$, 向心加速度: $a_n = r\omega^2$ 。

地球半径 $R_E = 6378 \times 10^3 \text{ m}$, 地球的自转周期 $T = 8.616 \times 10^4 \text{ s}$ 。

【解题过程】 天安门处离地球自转轴的距离 $r = R_E \cos\theta$, $\theta = 39.9^\circ$

$$v = r\omega = r \cdot \frac{2\pi}{T} = 6378 \times 10^3 \times \cos 39.9^\circ \times \frac{2\pi}{8.616 \times 10^4} = 356 \text{ m/s}$$

$$a_n = r\omega^2 = r \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = 6378 \times 10^3 \times \cos 39.9^\circ \times \left(\frac{2\pi}{8.616 \times 10^4}\right)^2$$

$$= 2.59 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

- 1.15 按匀速圆周运动计算,地球公转的速度和加速度各是多少?

【知识点窍】 匀速圆周运动: $v = r\omega$, 向心加速度: $a_n = r\omega^2$, 地球公转周期 $T = 3.16 \times 10^7 \text{ s}$, 公转半径 $R = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$.

【解题过程】 $v = \frac{2\pi}{T} \cdot R = \frac{2\pi}{3.6 \times 10^7} \times 1.5 \times 10^{11} = 2.98 \times 10^4 \text{ m/s}$

$$= 29.8 \text{ km/s}$$

$$a = \omega^2 R = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R = \left(\frac{2\pi}{3.16 \times 10^7}\right)^2 \times 1.5 \times 10^{11} = 5.93 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

- 1.16 太阳在我们的银河系中离银河系中心(银心)的距离为 $2.9 \times 10^4 \text{ l.y.}$ ($1 \text{ l.y.} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$).它绕银河系中心运动的速度和加速度各是多少?

【知识点窍】 匀速圆周运动: $v = r\omega$, 向心加速度: $a_n = \omega^2 r$.

【解题过程】 $v = \frac{2\pi}{T} \cdot R = \frac{2\pi \times 2.9 \times 10^4 \times 9.46 \times 10^{15}}{2.5 \times 10^8 \times 3.16 \times 10^7} = 2.2 \times 10^5 \text{ m/s}$

$$a = R\omega^2 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R = \frac{(2\pi)^2 \times 2.9 \times 10^4 \times 9.46 \times 10^{15}}{(2.5 \times 10^8 \times 3.16 \times 10^7)^2} = 1.8 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$$

- 1.17 按玻尔模型,氢原子处于基态时,它的电子围绕原子核做圆周运动.电子的速率为 $2.2 \times 10^6 \text{ m/s}$,离核的距离为 $0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$.求电子绕核运动的频率和向心加速度.

【知识点窍】 匀速圆周运动: 频率 $f = \frac{v}{2\pi r}$, 向心加速度 $a_n = \frac{v^2}{r}$.

【解题过程】 $f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{2.2 \times 10^6}{2 \times 3.14 \times 0.53 \times 10^{-10}} = 6.6 \times 10^{15} \text{ Hz}$

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{(2.2 \times 10^6)^2}{0.53 \times 10^{-10}} = 9.1 \times 10^{22} \text{ m/s}^2$$

- 1.18 北京正负电子对撞机的储存环的周长为 240 m ,电子要沿环以非常接近光速的速率运行.这些电子运动的向心加速度是重力加速度的几倍?

【知识点窍】 圆周运动: 向心加速度 $a_n = \frac{v^2}{R}$.

【解题过程】 $a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{2\pi c^2}{C}$

$$\frac{a_n}{g} = \frac{2\pi c^2}{gC} = \frac{2 \times 3.14 \times (3 \times 10^8)^2}{240 \times 9.8} = 2.4 \times 10^{14}$$

- 1.19 汽车在半径 $R = 400 \text{ m}$ 的圆弧弯道上减速行驶.设在某一时刻,汽车的速率为 $v = 10 \text{ m/s}$,切向加速度 a_t 的大小为 0.20 m/s^2 .求汽车的法向加速度和总加速度的大小和方向.

【知识点窍】 圆周运动: 向心加速度 $a_n = \frac{v^2}{R}$.

【逻辑推理】 利用公式求得法向加速度之后,再和切向加速度矢量合成,可得总加速度的大