

大学基础物理学 (第2版)

学习辅导与习题解答

张三慧 编著

Zhang Sanhui

清华大学出版社

大学基础物理学 (第2版)

学习辅导与习题解答

张三慧 编著

Zhang Sanhui

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是《大学基础物理学(第2版)》(张三慧编著,清华大学出版社2007年出版)的学习辅导用书。本书按原教材(上、下册)5篇25章的结构安排,书中各章均设置了4个板块,其中“内容提要”为该章基本概念、原理和公式的扼要总结,“解题思路”介绍了解答该章习题的一般思路和应注意之处,“思考题选答”是典型思考题的参考答案,“习题解答”为章末部分习题的详细解答。

本书可作为学习《大学基础物理学(第2版)》的学生以及其他自学该书的读者的辅导用书,也可供其他学习大学物理课程的读者参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

大学基础物理学(第2版)学习辅导与习题解答/张三慧编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-302-15714-4

I. 大… II. 张… 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(2007)第107915号

责任编辑:朱红莲 石磊

责任校对:焦丽丽

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015

客户服务:010-62776969

印刷者:北京密云胶印厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:12.25 字 数:261千字

版 次:2008年1月第2版

印 次:2008年1月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:17.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:024475-01

前言

FOREWORD

在多年的教学中,常听到有学生反映物理概念太多,公式太多,面对很多思考题与习题束手无策,总之物理难学。那么究竟怎样才能学好物理呢?相信广大读者能在《大学基础物理学(第2版)》(张三慧编著,清华大学出版社2007年出版)及本辅导用书中得到启迪与帮助。

作为一门系统的自然科学,物理学的概念原理的确“太多”。学好物理要求首先理解并掌握有关的概念原理,这“太多”就容易使人望而生畏。但是要知道,物理学中的这些概念原理并不是杂乱地堆积,而是系统地组织起来的,其中有主有次,有基础的,有衍生的。学习物理除了要弄清每个概念原理的意义外,还要分清主次,搞清楚各概念原理之间的关系,这样就能从整体上更全面而深刻地掌握某一确定范围的物理规律。物理概念和原理系统化了,学习难度也就降低了。为此本书做了有益的尝试,在每篇开始绘制了关于该篇内容的知识系统图。

学习概念原理重在理解。但是对于叙述原理、定义的一些科学语句必须记忆,而且能说出来和写下来,因为这些科学语言正是我们正确描述、分析、思考以及解决物理问题的基础。没有基本的科学语言储备,就谈不上学好物理,更谈不上科学交流。本书各章的“内容提要”给出了基本的重要的物理概念和原理的叙述,希望读者能熟悉并记住它们。

物理学中公式多根源于概念多。公式多但不是胡乱地堆积的,而是有主有次,有基本的,有导出的。学习公式不能单记符号的组合,而且要注意公式适用的条件,还要能从基本的公式,根据概念原理导出一些其他的重要公式。只是把所有的公式罗列在一张纸上“备查”而不了解其中的推理,并不是好的学习方法。

学习物理的一个重要方式是解答物理问题或习题。解题要有正确的思路。这要求先要对有关的概念原理有一定的正确理解。为此需要做题之前

先对有关内容包括原理和例题进行复习,然后再根据题目所给的具体情况应用概念原理求解。解题不在“多”,而在“精”。要对自己做的每个题的每一步都能做到有根有据,思路清晰,表达(包括图、文字说明、公式演算等)明晰。把做每一个习题都当作一次科学论文的微型训练,会对自己科学素质的提高有很大的帮助。

本书各章的“思考题选答”和“习题解答”是为了帮助读者应用概念原理分析解答问题和习题而设计的,其中给出了《大学基础物理学(第2版)》中部分思考题和序号为单数的习题的参考答案。每个题目都要自己先设法解答,有困难时可找同学讨论或参看本书的解答,但一定要自己弄清楚解题的思路,求得自己的解答。切不可照抄应付,学习是来不得半点虚假的。

学习物理,要加强自学能力的培养。在这方面首先要做到仔细阅读教材,领会其基本内容,有时也要寻找一些参考书帮助学习。在校内也要注意向老师学习,课堂上注意听讲。对于教学内容,老师在课堂上总会有重点的、独到的分析。聆听老师的讲解是难得的学习机会,应该自觉地珍惜把握并从中获得教益。在自学的基础上,就老师的讲解有重点地记一些心得体会是一种很好的学习方法。

物理是一门基础学科,只要学习得法,刻苦认真,从中不仅能学到大量知识,而且能培养科学思想与方法,提高科学素质和激发创新能力。

本次再版,对部分新增的习题做了解答,也对原第1版的部分习题或思考题做了一些修正,以期更加清晰。

张三慧

2007年7月于清华园

目 录

CONTENTS

第 1 篇 力 学

第 1 章	质点运动学	3
第 2 章	牛顿运动定律	12
第 3 章	动量与角动量	23
第 4 章	功和能	29
第 5 章	刚体的定轴转动	39
第 6 章	相对论	46

第 2 篇 热 学

第 7 章	温度和气体动理论	55
第 8 章	热力学第一定律	64
第 9 章	热力学第二定律	72

第 3 篇 电 磁 学

第 10 章	静电场	81
第 11 章	电势	88
第 12 章	电容器和介电质	96

第13章	电流和磁场	102
第14章	磁力	108
第15章	物质的磁性	115
第16章	电磁感应和电磁波	119

第4篇 波动与光学

第17章	振动	131
第18章	波动	139
第19章	光的干涉	149
第20章	光的衍射	155
第21章	光的偏振	161

第5篇 量子物理基础

第22章	量子物理的基本概念	167
第23章	原子中的电子	174
第24章	固体中的电子	181
第25章	核物理	185

第

1

篇

力

学

质点运动学

1.1 内容提要

1. **参考系**: 描述物体运动时用作参考的其他物体和安排在各处的一套同步的钟。固定于参考物建立一坐标系(如直角坐标系)就可定量地描述质点的空间位置,它到达各位置的时刻则由各位置处的同步的钟指出。

2. **运动函数**: 表示运动中的质点的位置随时间变化的函数。质点的位置用位矢(从坐标原点到质点所在点的矢量线段) $\boldsymbol{r}$ 表示,运动函数为

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t)$$

用直角坐标表示则有

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

其中 $\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}, \boldsymbol{k}$ 分别为沿 x, y 和 z 轴的单位矢量。上式也表示质点的运动是沿3个坐标方向的运动的合成。

质点在时间间隔 t 到 $t + \Delta t$ 的位移矢量为

$$\Delta \boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t + \Delta t) - \boldsymbol{r}(t)$$

Δr 是位矢大小(即位矢长度)的差 $[\boldsymbol{r}(t + \Delta t) - \boldsymbol{r}(t)]$ 。在曲线运动中,

$$|\Delta \boldsymbol{r}| \neq \Delta r$$

Δs 指质点沿轨道经过的路程,

$$|\Delta \boldsymbol{r}| \approx \Delta s, \quad |\mathrm{d}\boldsymbol{r}| = \mathrm{d}s$$

3. 速度和加速度定义

速度为

$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$$

速率为

$$v = \left| \frac{dr}{dt} \right| = \frac{ds}{dt}$$

加速度为

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

在直角坐标系中的分量的合成的表示式

$$\boldsymbol{v} = v_x \boldsymbol{i} + v_y \boldsymbol{j} + v_z \boldsymbol{k}$$

$$\boldsymbol{a} = a_x \boldsymbol{i} + a_y \boldsymbol{j} + a_z \boldsymbol{k}$$

4. 匀加速直线运动: 质点运动所沿的直线选作 x 轴。设质点的初位置为 $x_0=0$, 初速度为 v_0 , 则由于加速度恒定, 就有

$$v = v_0 + at, \quad x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2, \quad v^2 - v_0^2 = 2ax$$

式中, v, a 为正时, 表示它们的方向沿 x 轴正向; v, a 为负时, 表示它们的方向沿 x 轴负向。二者同号时, 质点的速率增大; 二者反号时, 质点的速率减小。

5. 抛体运动: 质点以初速 v_0 抛出, 仰角为 θ 。以抛出点为原点, 取水平方向为 x 轴方向, 竖直向上为 y 轴方向, 则被抛出质点的加速度 $a_x=0, a_y=-g$ 。在抛出后任意时刻,

$$v_x = v_0 \cos \theta, \quad v_y = v_0 \sin \theta - gt, \quad x = v_0 \cos \theta \cdot t, \quad y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

质点的轨道方程为

$$y = x \tan \theta - \frac{1}{2} \frac{gx^2}{v_0^2 \cos^2 \theta}$$

6. 圆周运动: 以 R 表示质点运动所沿的圆周的半径, 则它的线速度(即速率)为 v , 而角速度为

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{R}$$

角加速度为

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

加速度为

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_n + \boldsymbol{a}_t$$

其中, $\boldsymbol{a}_n$ 为法向加速度, 其大小为 $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$, 方向指向圆心; $\boldsymbol{a}_t$ 为切向加速度, 其数值为

$a_t = \frac{dv}{dt} = R\alpha$, 方向沿切线方向。注意, $\frac{dv}{dt}$ 是速率的变化率。总加速度的大小为 $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$ 。

7. 伽利略速度变换: 设 S' 参考系在 S 参考系中以速度 u 匀速运动, 在 S' 系中质点的速度为 v' , 则在同一时刻它在 S 系中的速度为

$$v = v' + u$$

1.2 解题思路

1. 解题的一般原则是先仔细审题, 了解题意, 构思出题述的物理图像, 明确已知和要求; 然后根据题目给出的条件选择合适的数学公式求解。解题时如涉及数字运算, 要注意有效位数, 一般取三位有效数字即可。还要注意公式中各量的单位。本教材的公式与计算都用国际单位制的单位。对计算的数字结果要判断其是否合乎实际。对不合乎实际的结果, 要仔细审查解题的过程以纠正其错误。

2. 本章题目只涉及质点的运动, 题目中所指的物体都当质点看待。对直线运动或其合成, 一般要画出坐标系以帮助表达和思考。本章习题所涉及的直线运动(或直线分运动)都是匀加速的, 即加速度保持不变。代公式时要注意这一条件。

3. 对圆周运动除会计算法向(向心)加速度外, 还要会计算切向加速度。注意切向加速度 dv/dt 是速率的变化率, 即速率对时间的导数, 而速率又是时间的函数。

4. 在速度变换的计算中, 要十分明确各个速度是“谁对谁”的速度, 要会用速度变换的“串联”法则(即伽利略变换):

$$v_{SE} = v_{SV} + v_{VE}$$

5. 在本章和以后的力学题目的分析与计算中要特别注意矢量与标量的区别, 并能用适当的文字标志来表示它们: 矢量在书中用黑斜体表示, 手写体请在相应字符的正上方标以箭头。

6. 解题要能正确表达思路, 写出各步骤的根据, 不能只写公式和数字。这样做可以训练自己正确的文字表达能力, 也能帮助自己真正理解物理概念和定律。

1.3 思考题选答

1.7 根据开普勒第一定律, 行星轨道为椭圆(图 1.1)。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?

答 行星越过 M 点时, 其切向加速度 a_t 沿轨道的切线方向而和其速度方向相反, $dv/dt < 0$, 所以速率在减小。行星越过 N 点时, a_t 的方向与速度的方向相同, $dv/dt > 0$, 速率在增大。

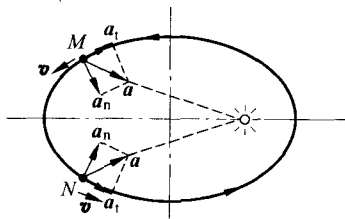


图 1.1 思考题 1.7 答用图

1.8 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?

答 斜抛物体的轨道最高点处的斜率是水平的, 该处的曲率圆的半径沿竖直方向, 该处物体的速度方向为水平方向。由于物体在水平方向没有加速度, 所以在此处物体的切向加速度为零。物体的总加速度即法向加速度沿竖直方向向下, 此加速度就是重力加速度 g 。由法向加速度公式 $a_n = \frac{v^2}{R}$ 可得所求曲率圆的半径为

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

1.4 习题解答

1.1 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 200 km, 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 1.80 m/s^2 , 而且在木卫1上没有空气。

解
$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 1.80 \times 200 \times 10^3} = 849 \text{ m/s}$$

1.3 一辆卡车为了超车, 以 90 km/h 的速度驶入左侧逆行道时, 猛然发现前方 80 m 处一辆汽车正迎面驶来。假定该汽车以 65 km/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 0.70 s (即司机发现险情到实际刹车所经过的时间), 他们刹车后的减速度都是 7.5 m/s^2 , 试问两车是否会相撞? 如果会相撞, 相撞时卡车的速度多大?

解
$$\begin{aligned} v_{10} &= 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}, & v_{20} &= 65 \text{ km/h} = 18 \text{ m/s}, \\ s_0 &= 80 \text{ m}, & \Delta t &= 0.70 \text{ s}, & a &= 7.5 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

两车开始刹车时, 它们之间的距离为

$$s'_0 = s_0 - (v_{10} + v_{20})\Delta t = 80 - (25 + 18) \times 0.70 = 50 \text{ m}$$

卡车到停止需继续开行的距离

$$s_1 = \frac{v_{10}^2}{2a} = \frac{25^2}{2 \times 7.5} = 41.7 \text{ m}$$

汽车到停止需继续开行的距离

$$s_2 = \frac{v_{20}^2}{2a} = \frac{18^2}{2 \times 7.5} = 21.7 \text{ m}$$

因为 $s_1 + s_2 > s'_0$, 所以两车会相撞。

以 t 表示两车刹车后到相撞所用的时间, 则有

$$s'_0 = v_{10}t - \frac{1}{2}at^2 + v_{20}t - \frac{1}{2}at^2 = (v_{10} + v_{20})t - at^2$$

代入已知数, 为

$$50 = (25 + 18)t - 7.5t^2$$

解此方程可得

$$t = 1.62 \text{ s}, \quad t = 4.11 \text{ s (舍去)}$$

由此得碰撞时卡车的速度为

$$v_1 = v_{10} - at = 25 - 7.5 \times 1.62 = 12.9 \text{ m/s} = 46 \text{ km/h}$$

1.5 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 $v_0 = 26 \text{ m/s}$ 。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?

解 水流上升的高度

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{26^2}{2 \times 9.8} = 34.5 \text{ m}$$

同一滴水在空中运动的时间

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

在时间 t 内喷嘴喷出的水即在任一瞬间空中所有的水。这些水的总体积是

$$V = qt = 280 \times 5.31/60 = 24.7 \text{ L}$$

1.7 女子排球的球网高度为 2.24 m , 球网两侧的场地大小都是 $9.0 \text{ m} \times 9.0 \text{ m}$ 。一运动员采用跳发球, 其击球点高度为 2.8 m , 离网的水平距离是 8.5 m 。球以 28.0 m/s 的水平速度被击出。(1) 此球能否过网? (2) 此球是否落在了对方场地界内(忽略空气阻力)?

解 (1) 排球离手后到达网顶所用时间为

$$\Delta t_1 = \frac{8.5}{28.0} = 0.304 \text{ s}$$

在此时间内球落下距离为

$$\Delta h_1 = \frac{1}{2} g (\Delta t_1)^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times (0.304)^2 = 0.452 \text{ m}$$

击球点到网上沿的高度差为 $\Delta H = 2.8 - 2.24 = 0.56 \text{ m}$ 。由于 $\Delta H > \Delta h_1$, 所以球可以过网。

(2) 球离手后到达对方底边线所用时间为

$$\Delta t_2 = \frac{8.5 + 9.0}{28.0} = 0.625 \text{ s}$$

在此时间内球落下的距离为

$$\Delta h_2 = \frac{1}{2} g (\Delta t_2)^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times (0.625)^2 = 1.91 \text{ m}$$

由于 Δh_2 小于击球点高度 2.8 m , 所以球将继续飞行一段时间并落在对方界外。

1.9 一个人扔石头的最大出手速率 $v=25\text{ m/s}$, 他能把石头扔过与他的水平距离 $L=50\text{ m}$, 高 $h=13\text{ m}$ 的一堵墙吗? 在这个距离内他能将石头扔过墙的最高高度是多少?

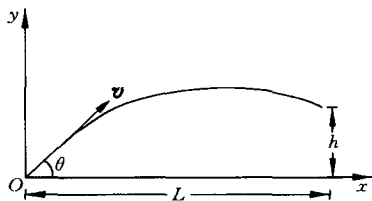


图 1.2 习题 1.9 解用图

解 如图 1.2 所示, 石头的轨道方程为

$$y = x \tan \theta - \frac{1}{2} \frac{gx^2}{v^2 \cos^2 \theta}$$

以 $\cos^2 \theta = (1 + \tan^2 \theta)^{-1}$ 代入可得

$$\frac{gx^2}{2v^2} \tan^2 \theta - x \tan \theta + \left(\frac{gx^2}{2v^2} + y \right) = 0$$

能扔过墙的 θ 角需满足上式, 即条件为

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

将已知数据代入后, 可得上式根号中的值, 即有

$$1 - \frac{2g}{v^2} \left(h + \frac{gL^2}{2v^2} \right) = -0.022 < 0$$

由此可知 θ 无实数解, 所以轨道不可能越过墙, 即石头不可能被扔过墙。

只有当

$$1 - \frac{2g}{v^2} \left(h + \frac{gL^2}{2v^2} \right) \geq 0$$

时, θ 才有解, 由此得

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

所以在 $L=50\text{ m}$ 这个距离上, 他能把石头扔过墙的最高高度为 12.3 m 。附带算出相应的

$$\theta = \arctan \frac{v^2}{gL} = \arctan \frac{25^2}{9.8 \times 50} = 51.9^\circ$$

1.11 山上和山下两炮各瞄准对方并同时以相同初速各发射一枚炮弹(图 1.3)。这两枚炮弹会不会在空中相碰(忽略空气阻力)? 为什么? 如果山高 $h=50\text{ m}$, 两炮相隔的水平距离为 $s=200\text{ m}$, 要使这两枚炮弹相碰, 它们的速率至少应等于多少?

解 两炮弹有相同的水平初速率 v_{0x} 与竖直初速率 v_{0y} , 如果能相碰, 则相碰点必在两炮水平距离的中点。从炮弹出口算起, 相碰时刻为

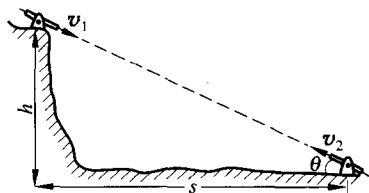


图 1.3 习题 1.11 解用图

$$t_c = \frac{s}{2v_{0x}} = \frac{s}{2v \cos \theta}$$

此时两炮弹的竖直坐标分别为

$$y_1 = h - \left(v_{0y} t_c + \frac{1}{2} g t_c^2 \right)$$

$$y_2 = v_{0y} t_c - \frac{1}{2} g t_c^2$$

由于 $v_{0y} t_c = \frac{v_{0y} s}{2v_{0x}} = \frac{s \sin \theta}{2 \cos \theta} = \frac{s \tan \theta}{2} = \frac{h}{2}$, 所以有 $y_1 = y_2$ 。这样, 在时刻 t_c , 两炮弹的水平 and 竖直坐标均相同, 就说明二者能在空中相碰。但要在空中相碰要求 $y_2 > 0$, 即 $v_{0y} > \frac{1}{2} g t_c^2$, 由此可得

$$v > \sqrt{\frac{gs}{4 \cos \theta \sin \theta}} = \sqrt{\frac{g(h^2 + s^2)}{4h}} = \sqrt{\frac{9.8 \times (50^2 + 200^2)}{4 \times 50}} = 45.6 \text{ m/s}$$

又: 由于两炮弹出口后同时自由下落, 所以可设想一随两炮弹自由下落的参考系, 在此系内观测, 两炮弹将沿同一直线相向运动, 因而必然能相碰(仍需满足 $y_2 > 0$ 的条件)。

1.13 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。

解 所求速度为

$$v = \frac{2\pi R_E}{T} \cos \lambda = \frac{2\pi \times 6378 \times 10^3}{86400} \cos 39.9^\circ = 356 \text{ m/s}$$

所求加速度为

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R_E \cos \lambda = \left(\frac{2\pi}{86400} \right)^2 \times 6378 \times 10^3 \times \cos 39.9^\circ \\ &= 2.59 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

1.15 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?

解 所求倍数为

$$\frac{v^2}{Rg} = \frac{(3 \times 10^8)^2 \times 2\pi}{240 \times 9.8} = 2.4 \times 10^{14}$$

1.17 一张致密光盘(CD)音轨区域的内半径 $R_1 = 2.2 \text{ cm}$, 外半径为 $R_2 = 5.6 \text{ cm}$

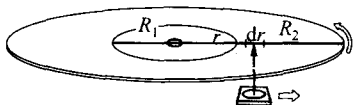


图 1.4 习题 1.17 解用图

(图 1.4), 径向音轨密度 $N = 650 \text{ 条/mm}$ 。在 CD 唱机内, 光盘每转一圈, 激光头沿径向向外移动一条音轨, 激光束相对光盘是以 $v = 1.3 \text{ m/s}$ 的恒定线速度运动的。

(1) 这张光盘的全部放音时间是多少?

(2) 激光束到达离盘心 $r = 5.0 \text{ cm}$ 处时, 光盘转动

的角速度和角加速度各是多少?

解 (1) 以 r 表示激光束打到音轨上的点与光盘中心的距离, 则在 dr 宽度内的音轨长度为 $2\pi r N dr$. 激光束划过这样长的音轨所用的时间为 $dt = 2\pi r N dr / v$. 由此得光盘的全部放音时间为

$$\begin{aligned} T &= \int dt = \int_{R_1}^{R_2} \frac{2\pi r N dr}{v} = \frac{\pi N}{v} (R_2^2 - R_1^2) \\ &= \frac{\pi \times 650 \times 10^3 \times (0.056^2 - 0.022^2)}{1.3} \\ &= 4.16 \times 10^3 \text{ s} = 69.4 \text{ min} \end{aligned}$$

(2) 所求角速度为

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{1.3}{0.05} = 26 \text{ rad/s}$$

所求角加速度为

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{d\omega}{dt} = -\frac{v}{r^2} \frac{dr}{dt} = -\frac{v}{r^2} \frac{v}{2\pi r N} = -\frac{v^2}{2\pi N r^3} \\ &= -\frac{1.3^2}{2\pi \times 650 \times 10^3 \times 0.05^3} = -3.31 \times 10^{-3} \text{ rad/s}^2 \end{aligned}$$

1.19 一个人骑车以 18 km/h 的速率自东向西行进时, 看见雨点垂直下落, 当他的速率增至 36 km/h 时, 看见雨点与他前进的方向成 120° 角下落, 求雨点对地的速度。

解 $v_{m1} = 18 \text{ km/h}$, $v_{m2} = 36 \text{ km/h}$, $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 120^\circ$.

以 v_{rm1} 和 v_{rm2} 分别表示前后两次人看到的雨点的速度, 以 v_r 表示雨点对地的速度。由题设可得各速度之间的关系如图 1.5 所示。

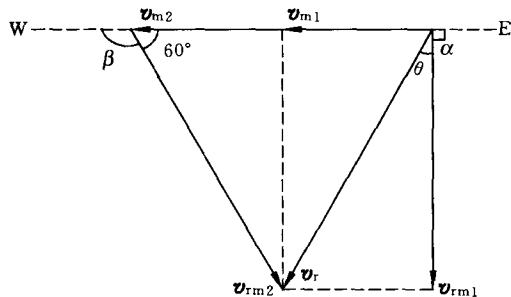


图 1.5 习题 1.19 解用图

由于

$$v_{rm1} + v_{m1} = v_r = v_{rm2} + v_{m2}$$

所以就有

$$v_r = v_{m2} = 36 \text{ km/h}$$