



普通高等教育“十二五”规划教材
21世纪高等学校物理学精品教材

大学物理学 第三卷 大学物理学学习指导

黄致新 潘武明 王建中 熊水兵 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
21 世纪高等学校物理学精品教材

大学物理学 第三卷
大学物理学习指导

黄致新 潘武明
王建中 熊水兵 主编

科学出版社

北 京

版权所有，侵权必究

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

内 容 简 介

本书是《大学物理学》(第一、二卷)、《大学物理》(上、下)的配套教材，全书根据教育部制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学的基本要求》，结合编者多年的教学经验编写而成。全书按照《大学物理》(上、下)的知识内容体系进行编排，每章包括学习要求、学习内容、重难点分析、典型例题以及习题解答，旨在加强学生对相关物理内容的学习，帮助巩固和深化知识，提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书可以作为理工科大学以及师范院校非物理专业学生大学物理课程学习的辅导教材，也可以作为参加研究生考试以及自学考试学生的学习辅导用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学. 第3卷, 大学物理学习指导/黄致新等主编. —北京: 科学出版社, 2014.12

普通高等教育“十二五”规划教材 21世纪高等学校物理学精品教材
ISBN 978-7-03-042998-8

I. ①大… II. ①黄… 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(2014)第309616号

责任编辑: 王雨舸/责任校对: 胡小洁

责任印制: 高 嵘/封面设计: 蓝 正

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>

武汉市普鲁印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年1月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015年1月第一次印刷 印张: 20 1/4

字数: 466 000

定价: 43.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

物理学是研究宇宙间物质存在的基本形式，以及物质的性质、运动、相互作用、相互转化等基本规律的科学。由于其研究的对象是普遍的，研究的规律是基本的，物理学成为自然科学的带头学科。近代科学技术发展的历史表明，物理学也是技术革命的先导，因为人类历史上几次技术革命均由物理学引发。另外，以相对论和量子论为基础的物理学描绘了物质世界的一幅完整图像，揭示各种运动形式的相互联系与相互转化，充分体现了世界的物质性与物质的统一性，因此物理学也是科学的世界观和方法论的基础。

对于理工科（非物理专业）大学低年级本科生来说，全面系统地学习物理学的基本知识，掌握物理学的基本规律和基本的研究方法，将会使其科学素养得到进一步提升，科学思维方法得到更好的掌握，科学思维能力得到进一步加强。因此，大学物理学已成为综合性大学以及高等师范院校理工科（非物理专业）大学低年级本科生的一门重要的基础课程。

但是，由于受应试教育的影响，学生从中学进入大学之后存在诸多的不适应性：一是不适应大学课堂的大知识容量，相对于高中，大学课堂所讲的知识点多，知识容量大，学生一下子难以很好地消化吸收；二是不适应大学老师的教学方式，跟不上老师的教学节奏，总希望老师在课堂上多讲例题，而老师在课堂上讲的题目，学生好像听懂了，但一做题就容易犯错；三是习惯于用中学的那一套方法去解题，不能很好地运用微积分等高等数学工具。为了帮助学生学好大学物理课程，了解大学物理教学的基本要求，加深对基本物理概念和物理规律的理解，有效地掌握物理学的思想和方法，提高学生分析问题和解决问题的能力，编者在总结教学经验的基础上，编写了本书。

作为学习《大学物理》（上、下）的学习辅助教材，本书力求做到对学习者的有效指导。书中各章内容分别从学习要求、学习内容、重难点分析、典型例题与习题解答五个方面进行归纳整理。学习要求部分对每章的知识点从了解、理解、掌握及运用四个层次进行了区分，从而使读者明确每章内容的基本要求。学习内容部分对每章的知识点进行梳理、归纳、总结，从而使读者对每章的内容有一个宏观的把握。重难点分析部分对每章的重点和难点进行分析说明，从而使读者知道每章的学习重点，并对需要克服的学习困难有所准备，也能帮助读者有的放矢地进行有效学习。典型例题部分对每章涉及的典型例题进行详细分析，对解题方法进行详细指导，力图帮助读者学会分析问题和解决问题，合理地运用数学工具，有效地掌握物理学的思想和方法。习题解答部分是为了帮助学生增强解题的规范性、灵活性，提高解题的正确率。

参与本书编写的教师有潘武明（力学及热学）、王建中（电磁学）、熊水兵（光学）、黄致新（近代物理基础）。全书由黄致新负责统稿和定稿。华中师范大学物理科学与技术

学院的部分研究生（课程与教学论专业的学科教学（物理）方向）也参与了本书的插图绘制等工作。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 10 月

于武昌桂子山

目 录

前言

第 1 章 质点运动学	1
1.1 学习要求	1
1.2 学习内容	1
1.3 重难点分析	2
1.4 典型例题	3
第 1 章习题解答	5
第 2 章 质点动力学	14
2.1 学习要求	14
2.2 学习内容	14
2.3 重难点分析	16
2.4 典型例题	16
第 2 章习题解答	19
第 3 章 刚体力学基础	32
3.1 学习要求	32
3.2 学习内容	32
3.3 重难点分析	33
3.4 典型例题	34
第 3 章习题解答	36
第 4 章 理想流体	45
4.1 学习要求	45
4.2 学习内容	45
4.3 重难点分析	46
4.4 典型例题	46
第 4 章习题解答	47
第 5 章 振动和波	52
5.1 学习要求	52
5.2 学习内容	52
5.3 重难点分析	54
5.4 典型例题	54
第 5 章习题解答	58
第 6 章 真空中的静电场	71
6.1 学习要求	71

6.2 学习内容	71
6.3 重难点分析	75
6.4 典型例题	76
第6章习题解答	79
第7章 静电场中的导体与电介质	99
7.1 学习要求	99
7.2 学习内容	99
7.3 重难点分析	104
7.4 典型例题	104
第7章习题解答	110
第8章 稳恒磁场	127
8.1 学习要求	127
8.2 学习内容	127
8.3 重难点分析	133
8.4 典型例题	134
第8章习题解答	140
第9章 电磁感应	159
9.1 学习要求	159
9.2 学习内容	159
9.3 重难点分析	162
9.4 典型例题	163
第9章习题解答	167
第10章 电磁场与电磁波	181
10.1 学习要求	181
10.2 学习内容	181
10.3 重难点分析	185
10.4 典型例题	185
第10章习题解答	188
第11章 直流电与交流电	195
11.1 学习要求	195
11.2 学习内容	195
11.3 重难点分析	200
11.4 典型例题	201
第11章习题解答	205
第12章 热力学基础	217
12.1 学习要求	217
12.2 学习内容	217
12.3 重难点分析	219

12.4 典型例题	219
第 12 章习题解答	221
第 13 章 分子运动论	231
13.1 学习要求	231
13.2 学习内容	231
13.3 重难点分析	232
13.4 典型例题	233
第 13 章习题解答	234
第 14 章 几何光学基础	242
14.1 学习要求	242
14.2 学习内容	242
14.3 重难点分析	247
14.4 典型例题	247
第 14 章习题解答	250
第 15 章 波动光学基础	263
15.1 学习要求	263
15.2 学习内容	263
15.3 重难点分析	268
15.4 典型例题	269
第 15 章习题解答	271
第 16 章 相对论基础	286
16.1 学习要求	286
16.2 学习内容	286
16.3 重难点分析	290
16.4 典型例题	290
第 16 章习题解答	294
第 17 章 量子理论基础	298
17.1 学习要求	298
17.2 学习内容	298
17.3 重难点分析	302
17.4 典型例题	303
第 17 章习题解答	308

第 1 章 质点运动学

1.1 学 习 要 求

- (1) 掌握速度与加速度在直角坐标中的表示, 并能按定义计算。
- (2) 在已知直线运动的运动学方程时, 利用速度及加速度的定义, 找出直线运动过程中速度与加速度的变化规律。反过来, 已知质点运动过程速度或加速度的变化规律, 能求解质点的运动学方程。
- (3) 掌握自然坐标系中如何表达位置、速度与加速度, 学会将各种矢量(如力、速度、加速度)沿轨道曲线进行切向与法向分解, 掌握自然坐标系下圆周运动的应用。
- (4) 正确理解角速度与角加速度矢量, 掌握转动过程中质点角速度与线速度、角加速度与线加速度之间的关系, 并能在实际问题中正确应用。
- (5) 掌握绝对运动、相对运动与牵连运动之间的关系, 并能进行各种运动之间的相互变换。
- (6) 了解惯性参考系之间的伽利略变换及意义。

1.2 学 习 内 容

- (1) 速度与加速度的定义以及第一类运动学问题求解(基本公式)。

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}, \quad \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

- (2) 直角坐标系下, 第二类运动学问题及求解方法(基本公式)。

$$x = \int v dt, \quad v = \int a dt$$

- (3) 自然坐标系下质点运动的描述方法(基本公式)。

$$\mathbf{v} = v\mathbf{e}_t = \frac{ds}{dt}\mathbf{e}_t, \quad \mathbf{a} = \frac{dv}{dt}\mathbf{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\mathbf{e}_n$$

- (4) 质点转动过程中角量的描述方法(基本公式)。

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}, \quad \beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}, \quad \theta \text{ 为角坐标}$$

- (5) 转动过程中角量与线量的转换关系(基本公式)。

$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{R}, \quad a_t = \beta R, \quad a_n = \omega^2 R, \quad R \text{ 为转动半径}$$

(6) 伽利略坐标变换 (基本公式)。

$$x = x' + v_0 t', \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t'$$

(7) 经典平动参考系之间的速度与加速度变换 (基本公式)。

$$\mathbf{v}_{\text{绝}} = \mathbf{v}_{\text{牵}} + \mathbf{v}_{\text{相}}, \quad \mathbf{a}_{\text{绝}} = \mathbf{a}_{\text{牵}} + \mathbf{a}_{\text{相}}$$

(8) 知识结构图如图 1-1 所示。

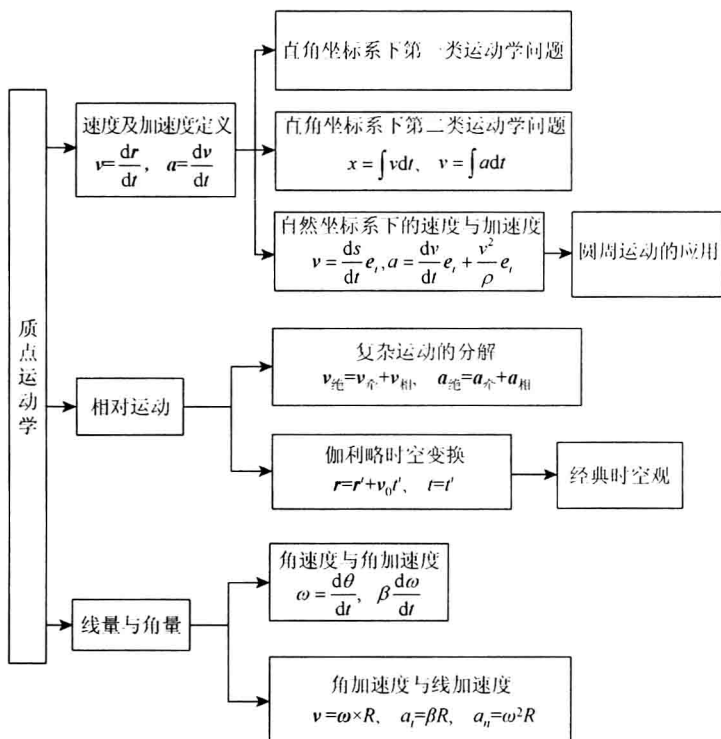


图 1-1 第 1 章知识结构图

1.3 重难点分析

本章重点在于学好描述机械运动的方法, 包括下面几个方面。

- (1) 速度、加速度在不同坐标系下的表示, 重点放在直角坐标系与自然坐标系。
- (2) 角速度与角加速度的定义, 角量与线量之间的换算关系。
- (3) 相对运动的描述方法、复杂运动的分解。

本章难点主要集中在下面几个方面。

(1) 由于本章在高等数学的基础上引入新的物理概念 (速度、加速度、矢量表示法等), 所以这些概念有一定的抽象性, 理解起来有一定的难度。另外, 学生中学阶段物理课程也培养了一些固定的思维模式, 形成了一定的思维惯性, 这些思维惯性也会对理解新知识有一定的阻碍作用。

(2) 本章的另一个难点是用微积分工具来求解运动学的问题。这是因为学生第一次

利用高等数学知识解决实际问题，面对新的工具时还有一个逐渐完善的过程，最后才能实现学习能力上质的飞跃。

1.4 典型例题

例 1-1 一小环套在半径为 1m 的圆环上转动，假设小环从环上的 B 点由静止开始出发，求：

(1) 若小环的运动学方程为 $\theta=2t$ (单位: rad)，求 2s 后小环运动的速度与加速度的大小。

(2) 若小环运动的角加速度为 $\beta=\sqrt{3}$ rad/s，求 2s 后小环的速度与加速度，并找出其运动学方程。

解 (1) 这是一个典型的第一类运动学问题。

解法一 选取图 1-2 所示的直角坐标系，小环的运动学方程为

$$\begin{aligned}x &= R \cos \theta = \cos 2t \\y &= R \sin \theta = \sin 2t\end{aligned}$$

由速度的定义

$$\begin{aligned}v_x &= \frac{dx}{dt} = -2 \sin 2t \\v_y &= \frac{dy}{dt} = 2 \cos 2t\end{aligned}$$

所以速率为

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(2 \sin 2t)^2 + (2 \cos 2t)^2} = 2 \text{ m/s}$$

再由加速度定义

$$\begin{aligned}a_x &= \frac{dv_x}{dt} = \frac{d(-2 \sin 2t)}{dt} = -4 \cos 2t \\a_y &= \frac{dv_y}{dt} = \frac{d(2 \cos 2t)}{dt} = -4 \sin 2t\end{aligned}$$

因此加速度为

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(4 \sin 2t)^2 + (4 \cos 2t)^2} = 4 \text{ m/s}^2$$

解法二 取自然坐标系，以 B 点为坐标原点，小环的运动学方程为

$$s = R\theta = 2t$$

所以速率为

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(2t)}{dt} = 2 \text{ m/s}$$

由于角速度与加速度分别为

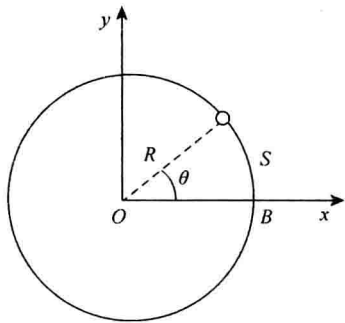


图 1-2

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = 2\text{rad/s}, \quad \beta = \frac{d\omega}{dt} = 0$$

所以切向加速度与法向加速度为

$$a_t = R\beta = 0, \quad a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{2^2}{1} = 4(\text{m/s}^2)$$

从而加速度为

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = a_t = 4\text{m/s}^2$$

比较上面两种解法不难看出, 在质点运动轨迹已知的情况下, 采用自然坐标系求解往往显得更简单。

(2) 这是一个典型的第二类运动学问题, 取自然坐标系求解。

将角加速度定义改写成 $d\omega = \beta dt$, 两边同时积分得

$$\int d\omega = \int \beta dt = \beta \int dt = \sqrt{3} \int dt$$

完成积分后 $\omega = \sqrt{3}t + c$, 其中, c 是积分常数, 将小环开始运动的时刻取为 $t=0$ (初始条件), 那么当 $t=0$ 时, $\omega=0$, 于是要求 $c=0$ 。所以角速度随时间变化的关系为

$$\omega = \sqrt{3}t$$

再根据角速度定义

$$d\theta = \omega dt = \sqrt{3}t dt$$

求出

$$\theta = \int \sqrt{3}t dt = \sqrt{3} \int t dt = \frac{\sqrt{3}}{2} t^2 + c$$

由于当 $t=0$ 时, $\theta=0$ 。所以 $c=0$ 。

利用线量与角量关系得到如下结论。

线速度为

$$v = R\omega = \sqrt{3}t$$

切向加速度为

$$a_t = R\beta = 1 \times \sqrt{3} = \sqrt{3}(\text{m/s}^2)$$

法向加速度为

$$a_n = v^2 / R = (\sqrt{3}t)^2 = 3t^2(\text{m/s}^2)$$

所以当 $t=2\text{s}$ 时, 速度为

$$v = \sqrt{3} \times 2 = 2\sqrt{3}(\text{m/s})$$

加速度为

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{3 + (3 \times 2^2)^2} = 7\sqrt{3}(\text{m/s}^2)$$

而自然坐标系中运动学方程为

$$s = R\theta = \frac{\sqrt{3}}{2} t^2$$

例 1-2 一半径为 b 的轮子在平直的地面沿直线滚动, 轮心以速度 v_0 前进。求轮子边缘上最高点处相对地面的速度与加速度。

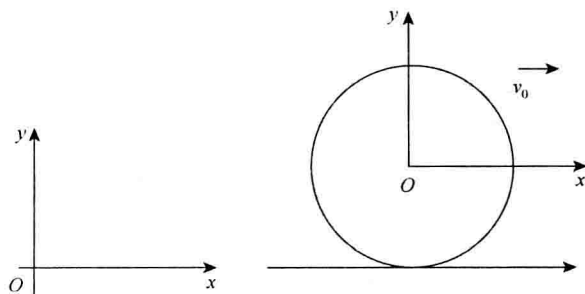


图 1-3

解 本题可用相对运动理论与运动叠加原理来求解。如图 1-3 所示, 取一套运动坐标系与车轮一同运动, 这样地面上看到的运动可以分解成两个独立的运动叠加。一个是运动坐标系自身的运动(牵连运动), 另一个是车轮边缘相对运动坐标系的运动(相对运动)。运动坐标系自身的运动是直线运动, 而车轮边缘相对运动坐标系的运动是匀速圆周运动, 其角速度 $\omega = v_0/b$ 。因此, 对轮边缘上最高点有

$$v_{\text{牵}} = v_0, \quad v_{\text{相}} = \omega b = v_0$$

所以地面上看到最高点的速度为

$$v_{\text{绝}} = v_{\text{牵}} + v_{\text{相}} = 2v_0$$

很明显运动坐标系做匀速直线运动, $a_{\text{牵}} = 0$ 。由于相对运动是匀速圆周运动, 角加速度 $\beta = 0$, 因此有

$$a_t = \beta b = 0, \quad a_n = \frac{v_0^2}{b}$$

即相对运动加速度为

$$a_{\text{相}} = a_t + a_n = \frac{v_0^2}{b}, \quad \text{指向轮心}$$

于是地面看到的加速度为

$$a_{\text{绝}} = a_{\text{牵}} + a_{\text{相}} = \frac{v_0^2}{b}, \quad \text{指向轮心}$$

第1章习题解答

1-1 质点沿直线运动, 其运动学方程为 $x = 6t - 2t^2$ (t 以 s 为单位, x 以 m 为单位), 求:

- (1) 质点 1~2s 内的位移, 以及这段时间的平均速度;
- (2) 质点第 3s 末的瞬时速度与加速度;
- (3) 画出质点运动的 $v-t$ 图。

解 (1) 1s 末与 2s 末质点的位置分别为

$$x_1 = 6 \times 1 - 2 \times 1^2 = 4(\text{m}), \quad x_2 = 6 \times 2 - 2 \times 2^2 = 4(\text{m})$$

所以位移为

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 4 - 4 = 0$$

(2) 根据定义, 质点的速度、加速度分别为

$$v = \frac{dx}{dt} = 6 - 4t, \quad a = \frac{dv}{dt} = -4 \text{ m/s}^2$$

所以 $t=3\text{s}$ 时, 有

$$v = 6 - 4 \times 3 = -6 (\text{m/s})$$

(3) $v-t$ 图如习题 1-1 图所示。

1-2 质点的运动学方程为 $r=3ti+(-2+2t^2)j$ (t 以 s 为单位, x 以 m 为单位), 求

(1) 质点的轨道方程;

(2) 质点在 $1\sim 2\text{s}$ 的位移;

(3) $t=1\text{s}$ 时的速度以及加速度。

解 (1) 由已知

$$x = 3t \quad (1)$$

$$y = -2 + 2t^2 \quad (2)$$

由式 (1) 求出 t , 代入式 (2) 得到轨道方程为

$$y = -2 + \frac{2}{9}x^2$$

(2) 质点 $1\sim 2\text{s}$ 末的位置分别为

$$r_1 = 3i, \quad r_2 = 6i + 2j$$

这段时间位移为

$$\Delta r = r_2 - r_1 = 3i + 2j$$

(3) 由定义

$$v = \frac{dr}{dt} = 3i + 4j, \quad a = \frac{dv}{dt} = 4j$$

$t=1\text{s}$ 时, 有

$$v = 3i + 4j (\text{m/s})$$

1-3 一质点在半径为 10m 的圆周上运动(如习题 1-3 图所示), 以 p 点为自然坐标的起点, 质点从 p 点出发, 走过的弧长随时间变化关系为 $s=2t^2$ (t 以 s 为单位, s 以 m 为单位), 求:

(1) $t=1\text{s}$ 时质点运动的角位移与角速度(大小及方向);

(2) $t=1\text{s}$ 时, 质点运动的速度与加速度;

(3) $t=5\text{s}$ 时质点在圆周上转了多少圈。

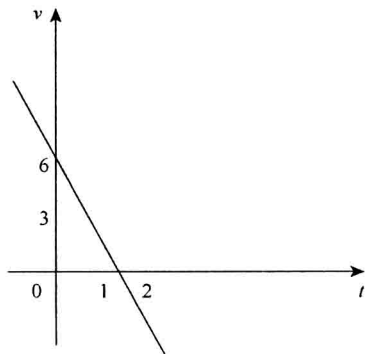
解 (1) 转过角度为

$$\theta = \frac{s}{r} = \frac{2t^2}{10} = \frac{1}{5}t^2$$

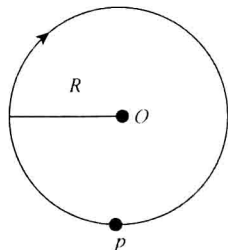
$t=1\text{s}$ 时角位移为

$$\Delta\theta = \frac{1}{5} \times 1^2 - 0 = \frac{1}{5} (\text{rad})$$

角速度为



习题 1-1 图



习题 1-3 图

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{2}{5}t$$

$t=1\text{s}$ 时

$$\omega = \frac{2}{5}\text{rad/s}$$

(2) 由角量与线量关系

$$v = \omega r = \frac{2}{5} \times 10 = 4(\text{m/s})$$

由定义角加速度

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{2}{5}\text{rad/s}^2$$

而切向加速度

$$a_t = \beta r = \frac{2}{5} \times 10 = 4(\text{m/s}^2)$$

法向加速度

$$a_n = \omega^2 r = \left(\frac{2}{5}\right)^2 \times 10 = 1.6(\text{m/s}^2)$$

所以加速度为

$$\mathbf{a} = 4\mathbf{e}_t + 1.6\mathbf{e}_n$$

(3) 转数

$$\frac{\theta}{2\pi} = \frac{0.2 \times 5^2}{2\pi} \approx 0.8 \quad (\text{圈})$$

1-4 一质点沿半径为 0.1m 的圆周转动, 其角位移 θ 由下式表示

$$\theta = 2 + 4t^3$$

式中, θ 的单位是 rad , t 的单位是 s 。问:

(1) 在 $t=2\text{s}$ 时, 此质点的法向加速度和切向加速度各是多少?

(2) 当 t 等于多少时, 加速度和半径成 45° ?

解 (1) 本题中角速度与角加速度分别为

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = 12t^2, \quad \beta = \frac{d\omega}{dt} = 24t$$

2s 末时, $\omega = 48\text{rad/s}$, $\beta = 48\text{rad/s}^2$, 由此得到

$$a_t = \beta r = 48 \times 0.1 = 4.8(\text{m/s}^2), \quad a_n = \omega^2 r = 48^2 \times 0.1 = 230.4(\text{m/s}^2)$$

(2) 当加速度与半径成 45° 时, 有

$$\tan 45^\circ = \frac{a_t}{a_n} = 1$$

即

$$\frac{24t \times 0.1}{(12t^2)^2 \times 0.1} = 1$$

求得

$$t = (\sqrt[3]{6})^{-1} \text{s}$$

1-5 一飞轮的角加速度为常数 2rad/s^2 ，该轮由静止开始转动，经过某一时间间隔后开始计时，在 5s 内飞轮转过 75rad 。问在开始计时以前，飞轮已转动了多长的时间？

解 已知角加速度 $\beta = 2\text{rad/s}^2$ ，设由开始运动计时，注意到匀加速转动 $\omega = \beta t$ 。

$$\theta = \int_t^{t+5} \omega dt = \int_t^{t+5} \beta t dt = 2 \int_t^{t+5} t dt = t^2 \Big|_t^{t+5} = (t+5)^2 - t^2 = 75$$

由此求得

$$t = 5\text{s}$$

1-6 物体绕某轴以匀角加速度自静止开始转动，试证该物体上任一点的法向加速度与其角位移成正比。又问物体转过多大角度时，合加速度与法向加速度的方向成 60° ？

解 由定义 $a_n = \omega^2 r$ ，对于初速为零的匀角加速度 $\omega^2 = 2\beta\theta$ ，故有

$$a_n = 2\beta r\theta$$

即法向加速度与角位移成正比。

又当合加速度与法向加速度成 60° 时，有

$$\tan 60^\circ = \sqrt{3} = \frac{a_t}{a_n} = \frac{\beta r}{2\beta r\theta} = \frac{1}{2\theta}$$

即当转过 $\theta = (2\sqrt{3})^{-1}\text{rad}$ 时，满足要求。

1-7 一人骑自行车以速率 3m/s 自西向东行驶，观察到雨滴以 4m/s 竖直落下。地面上看到雨滴下落的速度与方向各是多少？

解 取坐标系 x 轴向东， y 轴垂直地面竖直向上，以人为动参考系，则有 $\mathbf{v}_{\text{雨}} = -4\mathbf{j}$ ， $\mathbf{v}_{\text{牵}} = 3\mathbf{i}$ 。由相对运动关系式 $\mathbf{v}_{\text{绝}} = \mathbf{v}_{\text{牵}} + \mathbf{v}_{\text{相}}$ 知道地面看到的速度为

$$\mathbf{v}_{\text{绝}} = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$$

所以地面上看到雨滴速率为 $v = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5(\text{m/s})$ ，方向与水平向东夹角为

$$\theta = \arctan(4/3)$$

1-8 一电梯以 2m/s 的速度上升，当电梯底板距离地面 10m 时，从电梯底板上竖直向上以相对电梯 5m/s 的速度抛出一小球，求：

(1) 以地面为参考系，小球能上升的最大高度；

(2) 经过多长时间小球又回到电梯上。

解 (1) 以地面为参考系时小球的初始抛出速度

$$v = 2 + 5 = 7(\text{m/s})$$

从初始抛出算起能上升的最大高度为

$$h_1 = v^2 / 2g = 7^2 / 20 = 2.45(\text{m})$$

故从地面上看小球上升的最大高度为

$$h = h_1 + 10 = 12.45(\text{m})$$

(2) 从抛出点算起，电梯与小球分别做匀速运动与匀减速运动，位移规律如下。

小球

$$x_1 = v_0 t - gt^2 / 2 = 7t - 5t^2$$

电梯

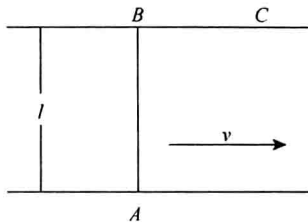
$$x_2 = vt = 2t$$

相遇时两者位移相同, 令 $x_1 = x_2$, 得

$$7t - 5t^2 = 2t$$

由此解出 $t = 1\text{s}$ 后小球回到电梯上。

1-9 河的两岸互相平行, 如习题 1-9 图所示。一船由 A 点朝与岸垂直的方向匀速驶去, 经 10min 到达对岸 C 点。若船从 A 点出发仍按第一次渡河速率不变但垂直到达彼岸 B 点, 需要 12.5min 。已知 $BC = 120\text{m}$, 求:



习题 1-9 图

(1) 水流速度 v ;

(2) 河宽 l ;

(3) 第二次渡河时船的速度 u 。

解 取 x 轴平行河岸, y 轴垂直于河岸。按照相对运动速度合成原则, 从第一次渡河知道水流速度为

$$v = \frac{BC}{\Delta t} = \frac{120}{10 \times 60} = \frac{1}{5} (\text{m/s})$$

而船的航行速率为

$$u = \frac{l}{\Delta t} = \frac{l}{10 \times 60} = \frac{l}{600} \text{ m/s}$$

第二次渡河时由于垂直到岸, 于是有

$$u = \frac{l}{12.5 \times 60} j - \frac{1}{5} i$$

注意到两次渡河船的速率不变, 得

$$\frac{l}{600} = \sqrt{\left(\frac{l}{750}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2}$$

由此求得河宽 $l = 200\text{m}$ 。将结果代回第二次渡河速度表达式求出船速为

$$u = \sqrt{\left(\frac{200}{750}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2} = \frac{4}{15} (\text{m/s})$$

1-10 站台上送行的人, 在火车开动时站在第一节车厢的最前面, 火车开动后经过 $\Delta t = 26\text{s}$, 第一节车厢的末尾从此人的面前通过。问第七节车厢驶过他面前需要多长时间? 假设火车做匀加速运动。

解 设一节车厢的长度为 L , 车的加速度为 a 。对于匀加速运动, 第一节车厢通过时, 有

$$L = \frac{1}{2} a t_1^2$$

同理, 第七节车厢通过时, 有

$$7L = \frac{1}{2} a t_2^2$$