

大学物理学习指导

大连理工大学

姜东光 李雪春 余虹 等 编著

科学出版社

(O-1559.0101)

责任编辑: 张邦固

ISBN 7-03-009890-0



9 787030 098900 >

ISBN 7-03-009890-0/O · 1559

定 价: 25.00 元

大学物理学习指导

大连理工大学

姜东光 李雪春 余虹 等编著

科学出版社

2002

内 容 简 介

本书是与《大学物理学》(大连理工大学余虹教授等编著、科学出版社出版)配套的学习辅导书。书中结合教材内容,通过要点提示、问题讨论和习题解答启发读者思维,引导学生提出问题,提高学生分析问题、解决问题的能力。为加强练习,还设置了模拟试题供学生自我检测。本书还在解题中注重提供多种思路、多种解法,以使读者能更好地领会和掌握教材的相关知识。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习指导/姜东光、李雪春、余虹等编著. —北京:科学出版社,2002.

ISBN 7-03-009890-0

I. 大… II. 余… III. ①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(2001)第 084014 号

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>

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年2月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2002年2月第一次印刷 印张:20 1/4

印数:1—5 000 字数:386 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

前 言

物理学在 19 世纪、20 世纪取得了举世瞩目的辉煌成就. 21 世纪, 它仍将是一门充满生机的科学. 过去、现在和将来它都是许多高新技术发展的基础. 学好物理学已成为 21 世纪高素质的工程研究人员和工程技术人员的基本要求, 因此理工科大学学生在校学习期间面临着学习物理学的挑战.

根据几十年从教的经验, 我们认为理工科大学的学生学习物理, 首先要掌握物理学的基本概念、基本规律, 学会科学地思维、有效地建立物理图像, 学会提出问题、分析问题、解决问题. 因此, 作者曾根据教育部对大学物理课程的基本要求, 结合在长期物理教学中积累的经验和教学改革的体会, 编写了《大学物理学》. 本书是与《大学物理学》配套的辅助教材, 对《大学物理学》各章作了要点提示, 为书后的习题作了详细解答, 并就教学中经常出现的问题和容易混淆思路的地方进行了讨论. 对训练学生的发散思维和创新意识有积极的引导作用.

本书的作者都是长期工作在教学第一线的教师, 具有丰富的教学经验. 其中第 1 章由张殿凤完成; 第 2、3 章由梁秀萍、张殿凤完成; 第 4、6、11~14 章由余虹、张殿凤完成; 第 5 章由李淑凤、王文春完成; 第 7 章由牟宗信、王雪莹合作完成; 第 8~10 章的作者是李雪春、李淑凤和姜东光; 第 15、17 章的作者是王文春和姜东光; 第 16 章的作者是郑殊和李雪春; 第 18~21 章由姜东光、余虹完成; 模拟试题由李雪春、姜东光完成.

本书是在校大学生学习物理的良师益友, 也可供大学物理教师备课参考, 或供中学教师进修学习使用. 由于水平有限、时间仓促, 书中可能有误, 敬请各位读者批评指正.

编 者

2001 年 10 月

目 录

第 1 章	质点运动学	(1)
第 2 章	质点和质点系动力学	(11)
第 3 章	刚体的转动	(37)
第 4 章	振动	(48)
第 5 章	波动	(66)
第 6 章	相对论基础	(83)
第 7 章	静电场和恒定电场	(101)
第 8 章	恒定磁场	(133)
第 9 章	电磁感应	(151)
第 10 章	麦克斯韦方程组 电磁场	(166)
第 11 章	光的干涉	(174)
第 12 章	光的衍射	(185)
第 13 章	光的偏振	(198)
第 14 章	光与物质相互作用	(211)
第 15 章	温度和物质聚集态	(216)
第 16 章	气体动理论	(220)
第 17 章	热力学第一定律	(236)
第 18 章	热力学第二定律	(254)
第 19 章	量子物理实验基础与基本原理	(267)
第 20 章	薛定谔方程	(276)
第 21 章	量子物理的应用	(286)
模拟试题		(293)
模拟试题参考答案		(301)

第 1 章 质点运动学

【本章要点】

一、基本概念

1. 位置矢量、位移、路程

质点作机械运动时,为了确定质点在空间的位置,需要引入位置矢量,在直角坐标系中位置矢量和坐标的关系是

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

质点运动时,其位置随时间变化,位矢是时间的函数,即

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

上式叫做质点的运动函数.

质点在 t_1 时刻的位矢为 $\boldsymbol{r}_1$, t_2 时刻的位矢为 $\boldsymbol{r}_2$,在 $t_2 - t_1$ 这段时间内质点的位移为

$$\Delta\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_2 - \boldsymbol{r}_1 = \Delta x\boldsymbol{i} + \Delta y\boldsymbol{j} + \Delta z\boldsymbol{k}$$

位移和路程是不同的两个概念.

2. 速度

为了描写质点运动的快慢程度,需要引进速度矢量,即

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\boldsymbol{i} + \frac{dy}{dt}\boldsymbol{j} + \frac{dz}{dt}\boldsymbol{k}$$

速度的大小叫速率,速率 $v = \frac{ds}{dt}$,它是路程对时间的导数.速度亦可作如下表示

$$\boldsymbol{v} = \frac{ds}{dt}\boldsymbol{\tau}$$

τ 表示质点运动轨迹上切线方向的单位矢量,用它来表示速度的方向.

3. 加速度

为了描写速度变化的快慢程度,需要引进加速度.其定义式为

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt}\mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt}\mathbf{k}$$

在自然坐标系中,加速度可分解为切向加速度和法向加速度,即

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_\tau + \mathbf{a}_n$$

切向加速度 $\mathbf{a}_\tau = \frac{dv}{dt}\boldsymbol{\tau}$,它是与速率随时间变化有关,而法向加速度 $\mathbf{a}_n = \frac{v^2}{\rho}\mathbf{n}$, ρ 为轨迹曲线在该处的曲率半径, $\mathbf{n}$ 表示该处指向曲率中心的单位矢量.它与速度的方向发生变化有关.

质点作匀速率圆周运动时,可引进角速度 ω ,它表示质点在单位时间内转过的角度,速率和角速度的关系为

$$v = R\omega$$

R 为圆轨道的半径,此时质点的切向加速度 $a_\tau = \frac{dv}{dt} = 0$,而法向加速度 $a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$,也叫向心加速度.

二、相对运动

当直角坐标系 K' 相对直角坐标系 K 平动时,在 K 系和 K' 系中所描写的运动质点的位矢、速度、加速度有以下关系:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{R}(t) + \mathbf{r}'(t)$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{v}'$$

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}'$$

$\mathbf{R}'(t)$ 表示 t 时刻 K' 系坐标原点 O' 对 K 系的位矢, $\mathbf{v}_0$ 、 $\mathbf{a}_0$ 表示 O' 相对于 K 系的速度和加速度也叫牵连速度和牵连加速度.

【问题讨论】

问题 1 (1) 位移和路程有何区别? (2) 瞬时速度和瞬时速率有何区别? (3) 瞬时

速度和平均速度的区别和联系是什么? (4)有人说:“平均速率等于平均速度的模”,又有人说: $\left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \frac{dr}{dt}$, 试论述两种说法是否正确?

讨论 如图 1.1 所示, 质点从 P_1 运动到 P_2 时, 路程为 P_1P_2 , 位移 $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$, 两者显然不同. 位移是一个矢量, 路程是一个标量. 只有当质点作匀速直线运动时, 位移的大小才等于路程.

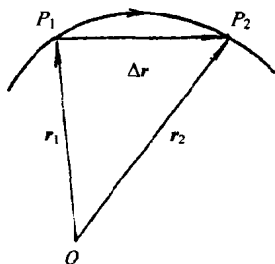


图 1.1

(2) 瞬时速度表示质点在某时刻的速度, 它是一个矢量. 既有大小又有方向, 它的表达式为 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$, 瞬时速率表示该时刻速度的大小, 它是一个标量, 它的表达式为 $v = \frac{ds}{dt}$, s 代表路程.

(3) 平均速度的定式为

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t}$$

它表示位移 $\Delta\mathbf{r}$ 在 Δt 时间内的平均变化率. 它只能粗略地反映运动的快慢程度和运动方向. 而瞬时速度能精确描写质点运动的快慢以及运动的方向. 瞬时速度是平均速度的极限, 即

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

(4) 上述两种说法皆不正确. 平均速率 $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, 它表示路程与时间的比值, 即平均来看, 单位时间内质点走了多少路程. 而平均速度的模为 $\left| \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} \right|$, 它是位移的大小与时间的比值, 即平均来看, 单位时间内位移的大小. 位移和路程是两个概念, 故平均速率不等于平均速度的模.

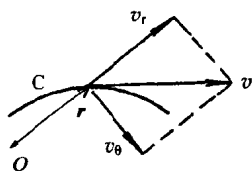


图 1.2

$\left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = v = \frac{ds}{dt}$, 它表示速率. 而 $\frac{dr}{dt}$ 只表示径向速率, 它是速度 $\mathbf{v}$ 的一个径向分量, 一般情况下两者不相等.

图 1.2 中 C 代表质点的运动轨迹, 径向速率 $v_r = \frac{dr}{dt}$, 与径向垂直的方向称为横向, 横向速率为 v_θ , 速率 v 和 v_r , v_θ 的关系是

$$v^2 = v_r^2 + v_\theta^2$$

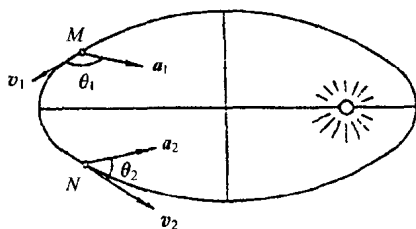


图 1.3

问题 2 行星轨道为椭圆, 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 1.3 中 M、N 两位置时, 它的速率分别是正在增大还是正在减小?

讨论 在 M 点加速度 a_1 的方向与速度 v_1 之间的夹角 $\theta_1 > \pi/2$, 说明 M 处切向加速度 $a_t < 0$ (即 a_t 与 v_1 方向相反), 速度正在减小.

小.

在 N 点加速度 a_2 与速度 v_2 之间夹角 $\theta_2 < \pi/2$, 说明切向加速度 $a_t > 0$, 所以行星通过 N 点的速率正在增大.

【习题解答】

1.1 在水平面上作任意曲线运动的质点, 当经过 A 点时, 速度为向东 12cm/s, 经过 4s 钟到达 B 点, B 点位于 A 点之东 24cm, 北 32cm 处, 此时速度为向北 16cm/s, 求质点在这 4s 内的平均速度和平均加速度.

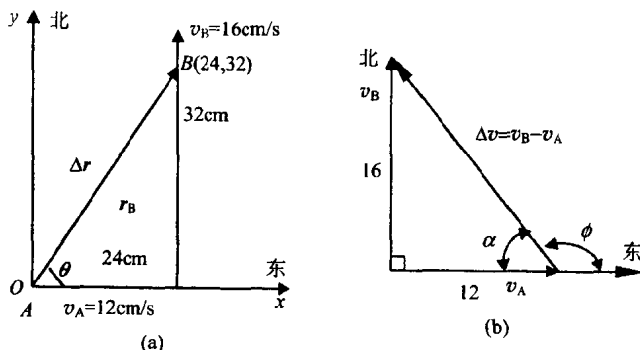


图 1.4

解 按题意画出图 1.4 的示意图, 取点 A 为坐标原点, 东为 x 轴正向, 北为 y 轴方向, 零时刻质点在 $A(0,0)$ 处, 速度分量 $v_{Ax} = 12\text{cm/s}$, $v_{Ay} = 0$; 4s 时质点在 $B(24,32)$ 处, 速度分量为 $v_{Bx} = 0$, $v_{By} = 16\text{cm/s}$.

根据位移的定义 $\Delta \mathbf{r} = \overrightarrow{AB}$, 即

$$\Delta \mathbf{r} = 24\mathbf{i} + 32\mathbf{j}(\text{cm})$$

平均速度

$$\mathbf{v} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{24}{4}\mathbf{i} + \frac{32}{4}\mathbf{j} = 6\mathbf{i} + 8\mathbf{j}(\text{cm/s})$$

速度的大小

$$v = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10(\text{m/s}) \quad \text{方向: } 53^\circ 8' \text{ 东偏北}$$

平均加速度

$$\mathbf{a} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\mathbf{i} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\mathbf{j} = -\frac{12}{4}\mathbf{i} + \frac{16}{4}\mathbf{j} = -3\mathbf{i} + 4\mathbf{j}(\text{cm/s}^2)$$

加速度的大小: $a = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5(\text{m/s}^2)$ 方向: $53^\circ 8'$ 西偏北

1.2 一质点在 Oxy 平面内运动, 沿两坐标轴的速度分别为

$v_x = (4t^3 + 4t)$, $v_y = 4t$, 已知当 $t=0$ 时, 位置坐标为 $(1, 2)$. 求质点的轨道方程.

解 已知质点运动的速度分量 v_x 和 v_y , 则

$$dx = v_x dt = (4t^3 + 4t)dt, \quad dy = v_y dt = 4t dt$$

$$x = \int (4t^3 + 4t)dt = t^4 + 2t^2 + c_1 \quad (1)$$

$$y = \int 4t dt = 2t^2 + c_2 \quad (2)$$

把边界条件 $t=0$ 时位置 $(1, 2)$ 代入式(1)和式(2), 得

$$c_1 = 1, \quad c_2 = 2$$

所以质点运动方程为

$$x = t^4 + 2t^2 + 1 = (t^2 + 1)^2$$

$$y = 2t^2 + 2 = 2(t^2 + 1)$$

合并式(3)和(4), 消去 t , 即得质点轨迹方程

$$x = \frac{y^2}{4}$$

1.3 在离水面高度为 h 的岸边上, 有人以 v_0 的速度收绳拉船靠岸, 如图 1.5 所示, 求船被拉到离岸边 x 处的速率和加速度的大小.

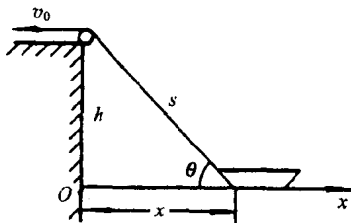


图 1.5

解 由题意知

$$v_0 = -ds/dt, \quad x = \sqrt{s^2 - h^2}$$

所以船的速率

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \sqrt{s^2 - h^2} = \frac{s}{\sqrt{s^2 - h^2}} \frac{ds}{dt} = -\frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{x} v_0$$

船的加速度

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(-\frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{x} v_0 \right) = -\frac{h^2 v_0^2}{x^3}$$

1.4 一质点沿半径为 R 的圆周按规律 $s = v_0 t - \frac{1}{2} b t^2$ 运动, v_0, b 都是恒量.

- (1) 求 t 时刻质点的加速度矢量;
- (2) t 为何值加速度在数值上等于 b ?
- (3) 当加速度为 b 时质点已沿圆周运动了多少圈?

解 (1) $s = v_0 t - \frac{1}{2} b t^2, \quad v = \frac{ds}{dt} = v_0 - b t$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = -b, \quad a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(v_0 - b t)^2}{R}$$

$$a = a_n + a_t = \frac{(v_0 - b t)^2}{R} \mathbf{n} - b \mathbf{t}$$

($\mathbf{n}$ 为沿径向指向圆心的单位矢量, $\mathbf{t}$ 为切向正向的单位矢量)

(2) 当 $a_n = 0$, 即 $v_0 - b t = 0, t = v_0/b$ 时, $|a| = b$

(3) $t = v_0/b$ 时, $s = v_0 \frac{v_0}{b} - \frac{1}{2} b \frac{v_0^2}{b^2} = \frac{v_0^2}{2b}$, 则转过圈数为

$$N = \frac{s}{2\pi R} = \frac{v_0^2}{4\pi R b}$$

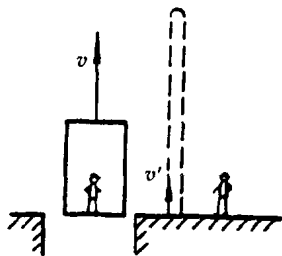


图 1.6

1.5 如图 1.6 所示, 已知升降机以恒定的速度 v 上升, 当升降机底面通过地平线时, 地面上一弹射器以初速 v' 向上弹出一小球, 地面上一人和升降机内一人同时观察小球的运动. 问

- (1) 二人看到小球达到最高点的时刻是否相同?
- (2) 二人看到小球达到最高点的高度是否相同?

以 $v = 4.9\text{m/s}$, $v' = 9.8\text{m/s}$, $g = 9.8\text{m/s}^2$ 作定量计算.

解 选向上为正方向, 升降机上升速度 $v = 4.9\text{m/s}$, 小球上升初速 $v' = 9.8\text{m/s}$. 地面人看到小球速度为零时的高度即最大高度. 令 $v' - gt_1 = 0$, $t_1 = v'/g = 1\text{s}$, 此时小球离地面的高度为

$$h_1 = v't_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 9.8 \times 1 - \frac{9.8 \times 1^2}{2} = 4.9(\text{m})$$

升降机人看到小球的初速为 $v' - v = 4.9\text{m/s}$, 他看到小球速度为零的时刻为

$$(v' - v) - gt_2 = 0, t_2 = \frac{v' - v}{g} = \frac{4.9}{9.8} = 0.5(\text{s})$$

此时小球离地面的高度为

$$h_2 = v't_2 - \frac{1}{2}gt_2^2 = 9.8 \times 0.5 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times (0.5)^2 = 3.68(\text{m})$$

1.6 设轮船以 $v_1 = 18\text{km/h}$ 的航速向正北航行时, 测得风是西北风(即风从西北吹向东南), 当轮船以 $v_2 = 36\text{km/h}$ 的航速改向正东航行时, 测得风是正北风(即风从北吹向南). 问地面上测得风速 v 如何?

解 根据速度合成定理

$$\boldsymbol{v}_{\text{风-地}} = \boldsymbol{v}_{\text{风-船}} + \boldsymbol{v}_{\text{船-地}}$$

单独用第一组条件, 因风对船的速度的大小不知, 不能求出 $\boldsymbol{v}_{\text{风-船}}$, 如图 1.7(a)所示:

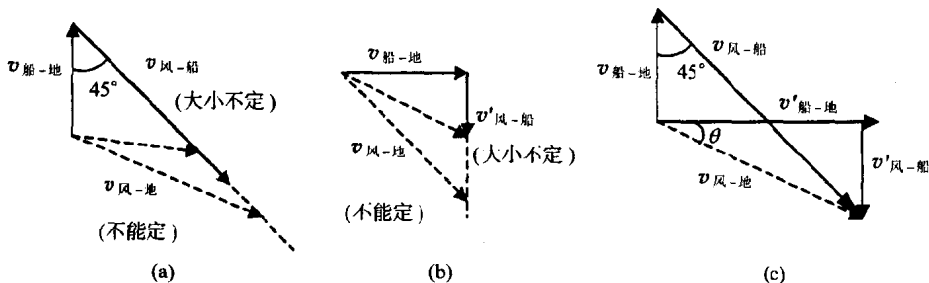


图 1.7

同理, 单独用第二组条件, 亦不能求出 $\boldsymbol{v}_{\text{风-地}}$, 如图 1.7(b)所示. 如将(a)和(b)两图合并为图(c), 根据几何关系可知

$$v'_{\text{风-船}} = 18\text{km/h}, v'_{\text{船-地}} = 36\text{km/h}$$

所以

$$v'_{\text{风-地}} = \sqrt{v'^2_{\text{风-船}} + v'^2_{\text{船-地}}} = \sqrt{18^2 + 36^2} = 18\sqrt{5} = 40.25(\text{km/h})$$

风向

$$\theta = \arctan \frac{18}{36} = 26^\circ 34' (\text{东偏南})$$

1.7 一枚在星际空间飞行的火箭,当它的燃料以恒定速率燃烧时,其运动函数可表示为 $x = ut + u(\frac{1}{b} - t)\ln(1 - bt)$, 其中常量 u 是喷出气流相对火箭体的速度, b 是与燃烧速率成正比的一个常量.

(1) 求此火箭的速度表示式;

(2) 求此火箭的加速度表示式;

(3) 设 $u = 3.0 \times 10^3 \text{m/s}$, $b = 7.5 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$, 并设燃料在 120s 内燃烧完, 求 $t = 0\text{s}$ 和 $t = 120\text{s}$ 时的速度;

(4) 求在 $t = 0\text{s}$ 和 $t = 120\text{s}$ 时的加速度.

解 (1) $v = \frac{dx}{dt} = -u \ln(1 - bt)$

(2) $a = \frac{dv}{dt} = \frac{ub}{1 - bt}$

(3) $t = 0\text{s}, v = 0$

$$\begin{aligned} t = 120\text{s}, v &= -3 \times 10^3 \ln(1 - 7.5 \times 10^{-3} \times 120) \\ &= 6.91 \times 10^3 (\text{m/s}) \end{aligned}$$

(4) $t = 0\text{s}, a = \frac{3 \times 10^3 \times 7.5 \times 10^{-3}}{1} = 22.5 (\text{m/s}^2)$

$$t = 120\text{s}, a = \frac{3 \times 10^3 \times 7.5 \times 10^{-3}}{1 - 7.5 \times 10^{-3} \times 120} = 225 (\text{m/s}^2)$$

1.8 一质点在 xy 平面上运动,运动函数为 $x = 2t$, $y = 4t^2 - 8(\text{SI})$.

(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 (1) 在运动函数中消去 t 可得轨道方程为

$$y = x^2 - 8$$

轨道曲线为一抛物线,如图 1.8 所示.

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

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = 2\mathbf{i} + 8t\mathbf{j} \quad (\text{m/s})$$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = 8\mathbf{j} \quad (\text{m/s}^2)$$

可得在 $t = 1\text{s}$ 时

$$\mathbf{r}_1 = 2\mathbf{i} - 4\mathbf{j}, \quad \mathbf{v}_1 = 2\mathbf{i} + 8\mathbf{j}, \quad \mathbf{a}_1 = 8\mathbf{j}$$

在 $t = 2\text{s}$ 时

$$\mathbf{r}_2 = 4\mathbf{i} + 8\mathbf{j}, \quad \mathbf{v}_2 = 2\mathbf{i} + 16\mathbf{j}, \quad \mathbf{a}_2 = 8\mathbf{j}$$

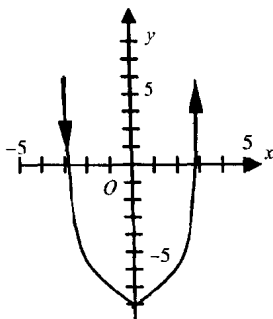


图 1.8

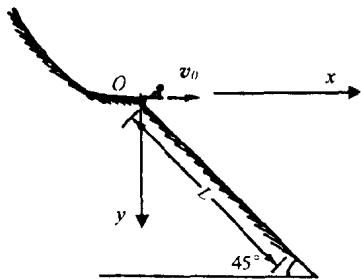


图 1.9

1.9 滑雪运动员离开水平滑雪道飞入空中的速率 $v_0 = 110\text{km/h}$, 着陆的斜坡与水平面夹角 $\theta = 45^\circ$ (见图 1.9).

(1) 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?

解 (1) 如图 1.9 选取坐标, 运动员着陆点的坐标为

$$x = L \cos 45^\circ = v_0 t, \quad y = L \sin 45^\circ = \frac{1}{2} g t^2$$

解方程, 得

$$t = \frac{2v_0}{g}$$

而运动员沿斜坡的位移为

$$L = \frac{v_0 t}{\cos 45^\circ} = \frac{2v_0^2}{g \cos 45^\circ} = \frac{2 \times 2}{9.8 \times \sqrt{2}} \left(\frac{110 \times 10^3}{3600} \right)^2 = 269(\text{m})$$

(2) 实际 L 的数值小于上述计算值, 是由于空气阻力对运动队的影响.

1.10 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 $v = 10\text{m/s}$, 切向加速度的大小为 $a_t = 0.2\text{m/s}^2$. 求汽车的法向加速度和总加速度

的大小和方向.

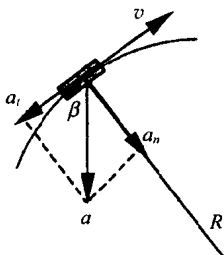


图 1.10

解 如图 1.10 所示, 汽车的法向加速度为

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{10^2}{400} = 0.25(\text{m/s}^2)$$

总加速度为

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = \sqrt{0.25^2 + 0.2^2} = 0.32(\text{m/s}^2)$$

总加速度与速度之间的夹角为

$$180^\circ - \beta = 180^\circ - \arctan \frac{a_n}{a_t} = 128^\circ 40'$$

1.11 如图 1.11 所示一个半径 $R=1.0\text{m}$ 的圆盘, 可以绕一水平轴自由转动. 一根轻绳绕在盘的边缘, 其自由端拴一物体 A. 在重力作用下, 物体 A 从静止开始匀加速地下降, 在 $\Delta t=2.0\text{s}$ 内下降的距离 $h=0.4\text{m}$. 求物体开始下降后 3s 末, 轮边缘上任一点的切向加速度与法向加速度.

解 物体 A 下降的加速度为

$$a = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \times 0.4}{2^2} = 0.2(\text{m/s}^2)$$

此加速度也等于轮缘上一点在 $t'=3\text{s}$ 时的切向加速度, 即

$$a' = 0.2\text{m/s}^2$$

在 $t'=3\text{s}$ 时的法向加速度为

$$a_n = \frac{v'^2}{R} = \frac{(a'_t)^2}{R} = \frac{(0.2 \times 3)^2}{1.0} = 0.36(\text{m/s}^2)$$

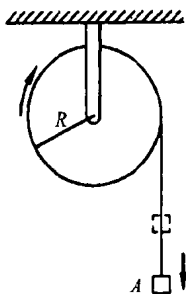


图 1.11

第 2 章 质点和质点系动力学

【本章要点】

一、牛顿定律

1. 第一定律

它包含两个重要的概念.

惯性 质点保持原来速度不变的性质.

力 力是质点受其它物体的作用.力是改变速度的原因.

2. 第二定律

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{P}}{dt}, \quad \mathbf{P} = m\mathbf{v}$$

(不考虑相对论效应) $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$

$\mathbf{F}$ 是质点所受的合外力, $\mathbf{P}$ 为质点的动量, $\mathbf{a}$ 为质点的加速度, m 为质点的质量, $\mathbf{v}$ 为质点运动的速度.

3. 第三定律

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$

作用力与反作用力是作用在两个物体上的力.

二、惯性力

惯性力是虚拟力,不是物体间的相互作用力,是为了在非惯性参考系中也能应用牛顿定律而引入的力.