高等教育“十二五”规划教材

主编 魏京花／副主编 苏欣纺 余丽芳 聂传辉 王俊平 马黎君／主审 黄伟

普通物理教程

第2版

（上册）

清华大学出版社

普通物理教程 上册

第2版

主编／魏京花
副主编／苏欣纺 余丽芳 聂传辉 王俊平 马黎君

清华大学出版社
北京

内容简介

《普通物理教程》(上、下册)是根据教育部最新修订的"高等学校理工科非物理类专业大学物理课程基本要求"和国内工科物理教材改革动态,并结合编者多年从事工科物理教学的经验编写而成的。其中上册为力学篇和电磁学篇,下册为热学篇,振动与波动篇,波动光学篇,量子物理基础篇及专题选讲篇,全书共计7篇15章内容。每章由教学基本内容、例题、章节要点、习题四部分组成,书后附有习题答案。

本书可作为高等学校非物理专业学生物理课程的基础教材,也可作为高校物理教师、学生和相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理教程. 上册/魏京花主编. --2版. --北京:清华大学出版社,2016
ISBN 978-7-302-42403-1

Ⅰ. ①普… Ⅱ. ①魏… Ⅲ. ①普通物理学-高等学校-教材 Ⅳ. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第287852号

责任编辑: 邹开颜 赵从棉
封面设计: 常雪影
责任校对: 赵丽敏
责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社
网 址: http://www.tup.com.cn, http://www.wqbook.com
地 址: 北京清华大学学研大厦A座 **邮 编:** 100084
社 总 机: 010-62770175 **邮 购:** 010-62786544
投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者: 三河市春园印刷有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 185mm×260mm **印 张:** 16.25 **字 数:** 394千字
版 次: 2012年9月第1版 2016年1月第2版 **印 次:** 2016年1月第1次印刷
印 数: 1~3000
定 价: 30.00元

产品编号:061005-01

前言

FOREWORD

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式及其相互作用和转化规律的科学。它的基本理论渗透在自然科学的各个领域，广泛应用于生产技术，是自然科学和工程技术的基础。大学物理课程是高等学校理工科各专业学生一门重要的必修基础课。它是为提高学生的现代科学素质服务的，在培养学生科学的自然观、宇宙观和辩证唯物主义世界观，培养学生的探索、创新精神，培养学生的科学思维能力、掌握科学方法等方面，都具有其他课程不可替代的重要作用。

本书在内容上遵循教育部最新修订的“高等学校理工科非物理类专业大学物理课程基本要求”，在编写中力求使读者掌握物理学的基本概念和规律，建立较完整的物理思想，同时渗透人文社会科学知识，让读者活用所学知识，加强应用能力，实现知识、能力与素质协调发展。全书共分7篇：力学、电磁学、热学、振动与波动、波动光学、量子物理基础及专题选讲，分上、下两册出版。为了帮助学生掌握各篇内容的体系结构与脉络，每章均编有章节重点并附有部分习题。书中最后附有物理学常用数据、常用数学公式以及习题答案，以方便学生查阅和使用。书中还选有少量的阅读材料以开阔学生视野，拓展知识面，激发学生的学习兴趣，并启迪学生的创造性。全书讲授约需120学时。

本书由魏京花、黄伟、余丽芳、苏欣纺、聂传辉、王俊平、马黎君、宫瑞婷和陈蕾9位教师共同编写完成。全书分为7篇15章，其中第1章、第9章和第10章由魏京花编写，第2章由王俊平编写，第3章由马黎君编写，第4章由黄伟编写，第5章、第6章由苏欣纺编写，第7章由聂传辉编写，第8章、第11～13章由余丽芳编写，第14章、第15章由陈蕾编写，专题选讲部分由宫瑞婷编写，全书由魏京花负责统稿，黄伟教授主审并定稿。

本教材第1版于2012年9月出版，经过北京建筑大学和部分院校使用3年，基本体现了编者的初衷：难度合适、深入浅出、篇幅不大、易教易学。根据使用者反映的情况和编者在这几年使用本书授课的经验，保留原有教材框架，对原书的部分内容进行了增补修订，调整了部分习题，出版了第2版。

本书在编写过程中参考了近年来出版的部分优秀大学物理教材（见参考文献），同时得到北京市优秀教学团队——北京建筑大学大学物理教学团队全体教师的大力支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，修订后书中仍不免存在错误和疏漏，恳请使用本教材的读者随时提出批评指正。

编　者

2015年9月

目录

CONTENTS

第1篇　力　　学

第2篇 电 磁 场

第1篇

力　　学

第1章

质点运动学

物体之间或同一物体各部分之间相对位置的变动称为机械运动(简称运动)。机械运动是自然界中最简单、最普遍的一种运动形式,物理学中把研究机械运动的规律及其应用的学科称为力学。力学成为一门科学理论是从17世纪伽利略(Galileo Galilei,1564—1642)论述物体的惯性运动开始的,继而牛顿(Isaac Newton,1643—1727)提出了三个运动定律,以牛顿定律为基础的力学称为牛顿力学或经典力学。

质点是力学中的理想模型之一,是为了研究问题的方便,突出主要矛盾、忽视次要矛盾而抽象出来的理想模型。它是有质量而无线度的物体。任何物体都有一定的大小,但当其线度对所讨论的问题影响很小,且物体内部运动状态差别可忽略时,可把物体看作质点。描述质点运动状态变化的物理量有:位置矢量、位移、速度和加速度等。本章主要研究这4个物理量之间的相互关系及如何用它们来描述物体的机械运动。研究物体位置随时间的变化或运动轨道的问题,而不涉及物体发生运动变化的原因的学科称为运动学。

1.1 位置矢量和位移

1.1.1 参考系与坐标系

物体的机械运动是指它的位置随时间的改变。位置总是相对的,这就是说任何物体的位置总是相对于其他物体或物体系来确定的。这个其他的物体或物体系就叫做确定运动物体位置的参考系。简而言之:被选做参考的物体或物体系称为参考系。

例如:确定车辆的位置时,我们用固定在地面上的一些物体,如房子或路牌作参考系,这样的参考系通常称为地面参考系。在物理实验中,确定某一物体的位置时,我们就用固定在实验室内的物体,如周围的墙壁或固定的实验桌作参考系,这样的参考系就称为实验室参考系。

经验告诉我们,相对于不同的参考系,同一物体的同一运动会表现为不同的运动形式。例如:一自由落体的运动,在地面参考系中观察时,它是竖直向下的直线运动;如果在近旁驶过的车厢内观察,即以一行进的车厢为参考系,则物体将作曲线运动。物体的运动形式随参考系的不同而不同,这个事实就是运动的相对性。由于运动的相对性,当我们确定一个物

体的运动时就必须指明是相对于哪个参考系来说的。宇宙中的所有物体都处于永不停止的运动中，这就是与之相对应的运动的绝对性。

当确定了参考系后，为了确切地、定量地说明一个质点相对于此参考系的位置，就得在此参考系上固结一个坐标系。最常见的是笛卡儿（René Descartes，1596—1650）直角坐标系，但有时为了研究问题的方便还选用平面极坐标系、球坐标系、柱坐标系和自然坐标系等。对于笛卡儿直角坐标系而言，称一固结点为坐标原点，记作 O，从此原点沿三个相互垂直的方向引三条固定的且有刻度和方向的直线作为坐标轴，通常记作 x、y、z 轴，如图 1-1 所示。于是在这样的坐标系中，一个质点在任意时刻的位置将会准确给出，如 P 点就可以用坐标 $P(x,y,z)$来表示。

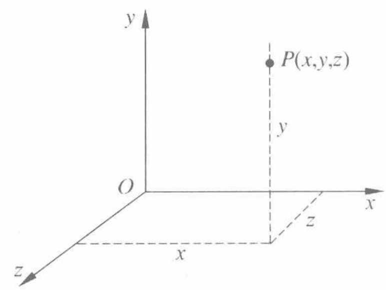

图 1-1　质点的位置表示

1.1.2　位置矢量(即运动方程)

由于运动与时间有关，在不同的时刻，质点的位置不同，也就是说位置是随时间而变化的，用数学函数的形式来表示，即

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \tag{1-1}$$

这样的一组函数称为质点的运动方程。将质点的运动方程消去时间参数 t，得到坐标相关的方程称为质点的轨道方程

$$f(x,y,z) = 0 \tag{1-2}$$

在坐标系中可画出相应的函数曲线即质点运动的运动轨迹。

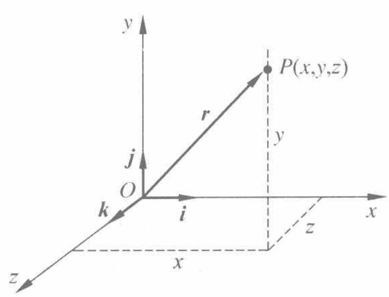

图 1-2　位置矢量

为了确定质点在空间的位置，我们可以使用位置矢量这一更简洁、更清楚的概念。图 1-2 中质点 P 的位置，可以用笛卡儿坐标系中的三个坐标 x、y、z 确定，如果从原点 O 向 P 作有向线段 $\boldsymbol{r}$，显然，有向线段 $\boldsymbol{r}$ 与 P 点的位置(x,y,z)有一一对应的关系，因此可以借用从参考点 O 到 P 的有向线段 $\boldsymbol{r}$ 来表示 P 点的位置，我们称 $\boldsymbol{r}$ 为 P 点的位置矢量，若以 $\boldsymbol{i}$，$\boldsymbol{j}$，$\boldsymbol{k}$ 分别表示沿 x、y、z 轴的单位矢量，则在笛卡儿坐标系中，P 点的位置矢量为

$$\boldsymbol{r} = x(t)\boldsymbol{i} + y(t)\boldsymbol{j} + z(t)\boldsymbol{k} \tag{1-3}$$

式(1-1)中各函数表示质点位置的各坐标值随时间的变化情况，可以看作是质点沿各个坐标轴的分运动表示式。质点的实际运动由式(1-1)中的三个函数的总体式(1-3)表示。同时式(1-3)也表明：质点的实际运动是各分运动的矢量和，这个由空间的几何性质所决定的各分运动和实际运动的关系称为运动叠加原理。

在国际单位制(SI)[①]中,位置矢量的量纲单位为 m(米),大小和方向分别用其模和方向余弦来表示,即

$$r=|\boldsymbol{r}|=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$$

$$\cos(\boldsymbol{r},\boldsymbol{i})=\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$$

$$\cos(\boldsymbol{r},\boldsymbol{j})=\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$$

$$\cos(\boldsymbol{r},\boldsymbol{k})=\frac{z}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$$

如：若质点 P 的位置为(2,3,4),则质点 P 的位置矢量为

$$\boldsymbol{r}=2\boldsymbol{i}+3\boldsymbol{j}+4\boldsymbol{k}$$

质点 P 的位置矢量大小为

$$r=|\boldsymbol{r}|=\sqrt{2^2+3^2+4^2}=\sqrt{29}(\mathrm{m})$$

质点 P 的位置矢量的方向余弦为

$$\cos(\boldsymbol{r},\boldsymbol{i})=\frac{2}{\sqrt{29}},\quad \cos(\boldsymbol{r},\boldsymbol{j})=\frac{3}{\sqrt{29}},\quad \cos(\boldsymbol{r},\boldsymbol{k})=\frac{4}{\sqrt{29}}$$

1.1.3　位移矢量

从运动质点初始时刻所在位置指向运动质点任意时刻所在位置的有向线段称为在对应时间内的位移矢量(简称位移)。如图 1-3 所示,质点 P 沿图中曲线运动,t 时刻位于 P_1 点,$t+\Delta t$ 时刻位于 P_2 点。P_1,P_2 两点的位置矢量分别为 $\boldsymbol{r}(t)$ 和 $\boldsymbol{r}(t+\Delta t)$,在时间 Δt 内质点的空间位置变化可用矢量 $\Delta\boldsymbol{r}$ 来表示,其关系式为

$$\boldsymbol{r}(t+\Delta t)-\boldsymbol{r}(t)=\Delta\boldsymbol{r} \tag{1-4}$$

$\Delta\boldsymbol{r}$ 是描述质点空间位置变化的物理量,它同时也表示了质点位置变化的距离和方向。

位移不同于位置矢量。在质点运动过程中,位置矢量表示某时刻质点的位置,它描述该时刻质点相对于坐标原点的位置状态,是描述状态的物理量。位移则表示某段时间内质点位置的变化,它描述该段时间内质点状态的变化,是与运动过程相对应的物理量。

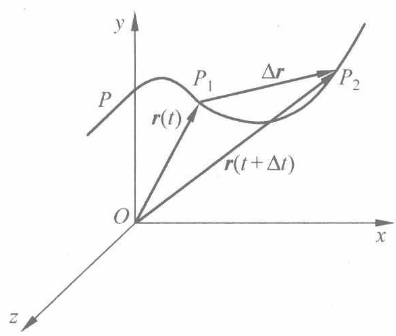

图 1-3　位移矢量

位移也不同于路程。质点从 P_1 运动到 P_2 所经历的路程 Δs 是图 1-3 中从 P_1 到 P_2 的一段曲线长。路程是标量,恒取正值。在一般情况下,路程 Δs 与位移的大小$|\Delta\boldsymbol{r}|$(图 1-3 中 P_1 和 P_2 之间的弦长)并不相等。只有当质点作单向的直线运动时,路程和位移的大小才是相等的。此外,在时间间隔 $\Delta t\to 0$ 的极限情况下,P_2 无限靠近 P_1,弦 P_1P_2 与曲线 P_1P_2 的长度无限接近,这时,路程 $\mathrm{d}s$ 与位移的大小$|\mathrm{d}\boldsymbol{r}|$才相等,即 $\mathrm{d}s=|\mathrm{d}\boldsymbol{r}|$。在

① 国际单位制(SI)见附录 B。

笛卡儿坐标系中,位移 $\Delta\boldsymbol{r}$ 的表达式为

$$\begin{aligned}\Delta\boldsymbol{r} &= \boldsymbol{r}_2 - \boldsymbol{r}_1 = (x_2\boldsymbol{i} + y_2\boldsymbol{j} + z_2\boldsymbol{k}) - (x_1\boldsymbol{i} + y_1\boldsymbol{j} + z_1\boldsymbol{k}) \\ &= (x_2 - x_1)\boldsymbol{i} + (y_2 - y_1)\boldsymbol{j} + (z_2 - z_1)\boldsymbol{k} \\ &= \Delta x\boldsymbol{i} + \Delta x\boldsymbol{j} + \Delta z\boldsymbol{k}\end{aligned}$$

如:若 P_1 点的位置矢量为 $\boldsymbol{r}_1=\boldsymbol{i}+3\boldsymbol{j}+5\boldsymbol{k}$,$P_2$ 点的位置矢量为 $\boldsymbol{r}_2=2\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j}+6\boldsymbol{k}$,则 P_1 与 P_2 间的位移为 $\Delta\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}_2-\boldsymbol{r}_1=\boldsymbol{i}+\boldsymbol{j}+\boldsymbol{k}$。

在实际应用中,常用坐标系还有平面极坐标系和自然坐标系等。平面极坐标系是在描述点 A 的位置由该点与选取的坐标原点 O 的距离 $r(r=|\boldsymbol{r}|)$ 及位矢 $\boldsymbol{r}$ 与某选定的射线矢量 $\overline{Ox}$(极轴)的有向 θ(幅角)共同决定。自然坐标系是在质点运动轨迹已知的情况下,选定轨迹上任意一点 O 为原点,并沿轨迹规定一个正方向,于是点 P 的位置可由该点到原点的轨迹长度 s(再加上正、负号)来确定。在讨论圆周运动时,由于质点运动轨迹是已知的圆周,因此选用自然坐标系就比较方便。

1.2 速度与加速度

1.2.1 速度

质点的位置随着时间变化产生了位移,而位移一般也是随时间变化的。那么位移 $\Delta\boldsymbol{r}$ 和产生这段位移所用的时间 Δt 之间有怎样的关系呢? $\Delta\boldsymbol{r}/\Delta t$ 是一个怎样的物理量呢?

从物理意义上来看,它描述的是质点位置变化的快慢和位置变化的方向。由于它对应的是时间间隔而不是某一时刻或位置,所以我们称其为在 Δt 时间内的平均速度,以 $\bar{\boldsymbol{v}}$ 表示,即

$$\bar{\boldsymbol{v}} = \frac{\Delta\boldsymbol{r}}{\Delta t} \tag{1-5}$$

平均速度是矢量,它的方向就是相应位移的方向,如图 1-4 所示。

实际上当 Δt 趋近于零时,式(1-5)的极限就是质点位置矢量对时间的变化率,将其定义为质点在 t 时刻的瞬时速度(简称速度),以 $\boldsymbol{v}$ 表示,即

$$\boldsymbol{v} = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\boldsymbol{r}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} \tag{1-6}$$

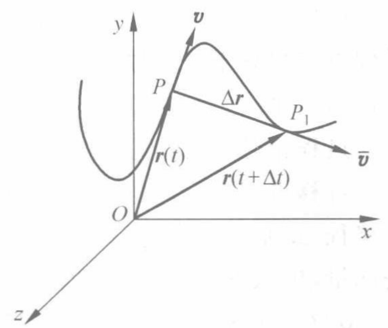

图 1-4 平均速度与速度

速度的方向就是 Δt 趋近于零时 $\Delta\boldsymbol{r}$ 的方向,如图 1-4 所示。当 Δt 趋近于零时 P_1 点向 P 点趋近,而 $\Delta\boldsymbol{r}$ 的方向最后将与质点运动轨迹在 P 点的切线方向一致。因此质点在时刻 t 的速度方向沿着该时刻质点所在处运动轨迹的切线指向运动的前方。可见它能够反映某一时刻或某一位置时质点的运动快慢和运动方向。这就是速度与平均速度的区别所在。

速度的大小定义为速率,以 v 表示,即

$$v = |\ \boldsymbol{v}\ | = \left|\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}\right| = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{|\ \Delta\boldsymbol{r}\ |}{\Delta t} \tag{1-6a}$$

以 Δs 表示在 Δt 时间内质点沿轨迹所经历的路程。当 Δt 趋近于零时，由于 $|\Delta \boldsymbol{r}|$ 和 Δs 将趋于相同，因此可以得到

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{|\Delta \boldsymbol{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} \tag{1-6b}$$

这就是说速度的大小又等于质点所走过的路程对时间的变化率（即速率）。因此以后对速率和速度的大小不再区别。

注意：位移的大小 $|\Delta \boldsymbol{r}|$ 与 $\Delta \boldsymbol{r}$ 是有区别的，一般来讲

$$v = \left|\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}\right| \neq \frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$$

若将式(1-3)代入式(1-6)，由于三个坐标轴上的单位矢量都不随时间变化，所以有

$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i} + \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j} + \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{k} = v_x\boldsymbol{i} + v_y\boldsymbol{j} + v_z\boldsymbol{k} \tag{1-6c}$$

从式(1-6c)可以看出：质点的速度 $\boldsymbol{v}$ 是各分速度的矢量和，这一关系式是式(1-3)的直接结果，也由空间几何性质所决定，这一关系式称为速度叠加原理（一般来讲，各分速度不一定相互垂直）。

由式(1-6c)知各分速度相互垂直，所以 $\boldsymbol{v}$ 的大小和方向由下式决定：

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

$$\cos(\boldsymbol{v}, \boldsymbol{i}) = \frac{v_x}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}}$$

$$\cos(\boldsymbol{v}, \boldsymbol{j}) = \frac{v_y}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}}$$

$$\cos(\boldsymbol{v}, \boldsymbol{k}) = \frac{v_z}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}}$$

在国际单位制(SI)中速度的单位为 m/s。

1.2.2　加速度

当质点的运动速度随时间改变时，常常要搞清速度的变化情况，速度的变化情况常以另一个物理量加速度来表示。若以 $\boldsymbol{v}(t)$ 和 $\boldsymbol{v}(t+\Delta t)$ 分别表示质点在 t 时刻和 $t+\Delta t$ 时刻的速度，如图 1-5 所示，则在 Δt 时间内的平均加速度 $\boldsymbol{a}$ 由下式来定义：

$$\bar{\boldsymbol{a}} = \frac{\boldsymbol{v}(t+\Delta t) - \boldsymbol{v}(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t} \tag{1-7}$$

当 Δt 趋近于零时，此平均加速度的极限，即速度对时间的变化率，称为质点在 t 时刻的瞬时加速度（简称加速度），以 $\boldsymbol{a}$ 表示，即

$$\boldsymbol{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t} \tag{1-8}$$

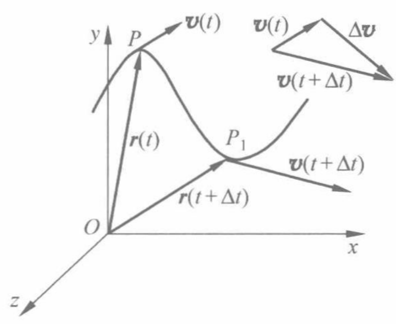

图 1-5　平均加速度矢量

加速度也是矢量，由于它是速度对时间的变化率，所以不管是速度的大小发生变化，还是速度的方向发生变化，都有不为零的加速度存在。利用式(1-6)，则有

$$\boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}^2\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t^2} \tag{1-8a}$$

将式(1-6c)代入式(1-8a)可得加速度的分量表示式如下：

$$\begin{aligned}\boldsymbol{a} &= \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i} + \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j} + \frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{k} \\ &= a_x\boldsymbol{i} + a_y\boldsymbol{j} + a_z\boldsymbol{k}\end{aligned} \tag{1-8b}$$

加速度的大小和方向分别为

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

$$\cos(\boldsymbol{a},\boldsymbol{i}) = \frac{a_x}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$$

$$\cos(\boldsymbol{a},\boldsymbol{j}) = \frac{a_y}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$$

$$\cos(\boldsymbol{a},\boldsymbol{k}) = \frac{a_z}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$$

在国际单位制(SI)中加速度的单位为 $\mathrm{m/s^2}$。

在定义速度和加速度时，都用到了求极限的方法。这种做法在物理学中经常用到。求极限是人类对物质和运动作定量描述时在准确程度上的一次重大飞跃。实际上极限概念是牛顿在 17 世纪对物体的运动作定量研究时提出的，可见微积分学的创立是与对物体运动的定量研究分不开的。微积分学是数学的一个重要分支，也是研究物理学不可缺少的重要工具。

例 1-1 已知一质点的运动方程为 $x=2t$，$y=18-2t^2$，其中 x、y 以 m 计，t 以 s 计。求：(1)质点的轨道方程并画出其轨道曲线；(2)质点的位置矢量；(3)质点的速度；(4)前 2s 内的平均速度；(5)质点的加速度。

解 (1) 将质点的运动方程消去时间参数 t，得质点轨道方程为 $y=18-\frac{x^2}{2}$，质点的轨道曲线如图 1-6 所示。

(2) 质点的位置矢量为

$$\boldsymbol{r} = 2t\boldsymbol{i} + (18 - 2t^2)\boldsymbol{j}$$

(3) 质点的速度为

$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} = 2\boldsymbol{i} - 4t\boldsymbol{j}$$

(4) 前 2s 内的平均速度为

$$\begin{aligned}\bar{\boldsymbol{v}} &= \frac{\boldsymbol{r}(2) - \boldsymbol{r}(0)}{2-0} = \frac{1}{2}\{[2\times 2\boldsymbol{i} + (18 - 2\times 2^2)\boldsymbol{j}] - 18\boldsymbol{j}\} \\ &= 2\boldsymbol{i} - 4\boldsymbol{j}(\mathrm{m/s})\end{aligned}$$

(5) 质点的加速度为

$$\boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}^2\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t^2} = -4\boldsymbol{j}(\mathrm{m/s^2})$$

例 1-2 如图 1-7 所示，A、B 两物体由一长为 l 的刚性细杆相连，A、B 两物体可在光滑轨道上滑行。若物体 A 以确定的速率 v 沿 x 轴正向滑行，α 为杆与 y 轴的夹角，当 $\alpha=\pi/6$ 时，物体 B 沿 y 轴滑行的速度是多少？