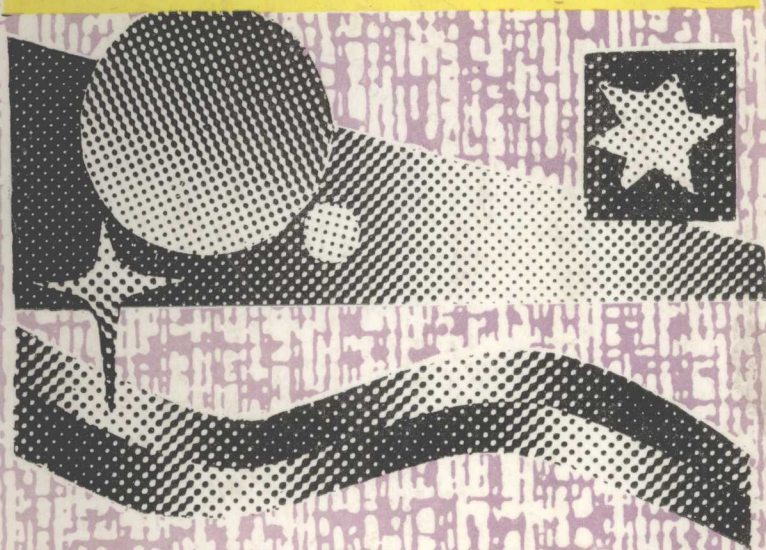


PU TONG WU LI XUE
JIAN MING JIAO CHENG

普通物理学 简明教程

阎金铎 李 椿 王殖东 主编



中央广播电视大学出版社

普通物理学简明教程

阎金铎 李 椿 王殖东 主编

中央广播电视大学出版社出版

(京)新登字 163 号

普通物理学简明教程

阎金铎 李椿 王殖东 主编

普通物理学简明教程

阎金铎 李椿 王殖东 主编

*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

一二〇二印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 千字 504

1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—25000

定价:9.30 元

ISBN 7-304-00707-9/O · 55

前 言

根据中央广播电视大学新的教学计划,原“普通物理学”课程更名为“大学物理”(理论部分),课内学时由 138 学时调整为 72 学时,此计划自 1992 级开始施行.为此,中央电大物理教研室在有关专家、教授的指导下重新制定了教学大纲并开始编写新教材,预计于 94 级可提供使用.在新教材未到位之前,我们将原教材“普通物理学讲义”第一、二、三册(分别由阎金铎教授、李椿教授、王殖东教授主编)的内容对照新审定的“大学物理”课程的教学大纲和 92 级的教学要求进行了删减,编写成这本《普通物理学简明教程》,作为过渡时期(92 级、93 级)“大学物理”课程的教材.与此同时,中央电大物理教研室还编写了配套教材——《大学物理学习指导书》.该书详细说明了新的教学基本要求,并对教学重点、难点进行了具体分析.

本书由阎金铎教授、李椿教授和王殖东教授主编,由中央电大物理教研室修订.其中第一篇力学、第二篇分子物理学和热力学由吴铭磊执笔;第三篇电磁学由蔡枢执笔;第四篇波动光学和第五篇量子物理学基础由金天允执笔.

由于编写时间仓促,并限于修订者的业务水平,本书在教材体系以及内容选取方面都还存在一些缺点,望广大读者给予批评指正.

编 者

1992.7.

目 录

第一篇 力 学

第一章 运动的描述	(1)
§ 1-1 质点运动的描述.....	(1)
§ 1-2 直线运动.....	(7)
§ 1-3 平面曲线运动.....	(9)
习题.....	(14)
第二章 质点动力学	(16)
§ 2-1 牛顿运动定律.....	(16)
§ 2-2 力学中常见的几种力 物体受力分析.....	(20)
§ 2-3 运用牛顿运动定律的思路和方法.....	(23)
§ 2-4 动量 冲量 动量定理.....	(26)
§ 2-5 质点组动量定理 动量守恒定律.....	(31)
§ 2-6 功的概念.....	(33)
§ 2-7 动能 动能定理.....	(36)
§ 2-8 势能 功能原理.....	(39)
§ 2-9 机械能守恒定律.....	(45)
§ 2-10 碰撞.....	(47)
习题.....	(50)
第三章 振动学基础	(55)
§ 3-1 简谐振动的特点及其表述.....	(55)
§ 3-2 简谐振动的运动方程.....	(56)
§ 3-3 简谐振动的图象.....	(60)
§ 3-4 简谐振动的能量.....	(63)
§ 3-5 简谐振动的合成.....	(65)
习题.....	(67)

第二篇 分子物理学和热力学

第四章 气体分子运动论	(70)
§ 4-1 理想气体状态方程.....	(70)
§ 4-2 分子运动论的基本概念.....	(73)
§ 4-3 理想气体压强公式.....	(74)

§ 4-4	温度与分子平均平动能的关系	(77)
§ 4-5	气体分子的速率分布律	(79)
§ 4-6	能量按自由度均分定理	(85)
§ 4-7	分子力 范德瓦耳斯方程	(88)
	习题	(92)
第五章	热力学的物理基础	(94)
§ 5-1	准静态过程	(94)
§ 5-2	功和热量	(95)
§ 5-3	内能 热力学第一定律	(99)
§ 5-4	热力学第一定律对理想气体的应用	(101)
§ 5-5	循环过程和卡诺循环	(106)
§ 5-6	热力学第二定律	(112)
§ 5-7	可逆过程与不可逆过程	(114)
§ 5-8	热力学第二定律的统计意义和适用范围	(117)
	习题	(118)

第三篇 电 磁 学

第六章	静电场	(121)
§ 6-1	静电的基本现象	(121)
§ 6-2	库仑定律	(123)
§ 6-3	电场 电场强度矢量	(126)
§ 6-4	电通量 高斯定理	(132)
§ 6-5	电场力的功 电势	(138)
	习题	(147)
第七章	静电场中的导体和电介质	(150)
§ 7-1	静电场中的导体	(150)
§ 7-2	电容和电容器	(157)
§ 7-3	静电场中的电介质	(160)
§ 7-4	电位移矢量 有介质存在时的高斯定理	(167)
§ 7-5	静电场的能量	(170)
	习题	(172)
第八章	稳恒磁场	(173)
§ 8-1	磁性的起源	(173)
§ 8-2	磁感应强度矢量	(176)
§ 8-3	毕奥-萨伐尔定律	(178)
§ 8-4	磁场的高斯定理和安培环路定理	(182)
	习题	(187)
第九章	磁场对电流和运动电荷的作用	(189)

§ 9-1 磁场对载流导线的作用力	(189)
§ 9-2 磁场对运动电荷的作用力——洛伦兹力	(195)
§ 9-3 带电粒子在均匀磁场中的运动	(198)
习题	(199)
第十章 电磁感应	(203)
§ 10-1 获得感应电流的方法	(203)
§ 10-2 感应电流的方向	(204)
§ 10-3 法拉第电磁感应定律	(206)
§ 10-4 动生电动势	(209)
§ 10-5 感生电动势 感生电场	(213)
§ 10-6 自感现象	(217)
§ 10-7 涡电流	(219)
习题	(220)
本章附录 电源及其电动势	(223)
第十一章 物质的磁性	(226)
§ 11-1 磁介质的磁化	(226)
§ 11-2 磁化电流	(227)
§ 11-3 有介质时的安培环路定理	(228)
§ 11-4 铁磁质	(230)
习题	(232)
第十二章 电磁场理论的基本概念和电磁波	(233)
§ 12-1 麦克斯韦方程组	(233)
§ 12-2 电磁场的传播——电磁波	(238)
§ 12-3 赫兹实验	(241)
§ 12-4 电磁波谱	(242)
习题	(244)

第四篇 波动光学

第十三章 波动学基础	(246)
§ 13-1 机械波及波的一些基本概念	(246)
§ 13-2 行波的波动方程	(248)
§ 13-3 波的能量与能流	(254)
§ 13-4 惠更斯原理	(255)
§ 13-5 波的叠加原理	(256)
§ 13-6 波的干涉	(256)
§ 13-7 驻波	(260)
习题	(262)
第十四章 光的干涉	(265)

§ 14-1 普通光源及相干条件	(265)
§ 14-2 历史上获得相干光的著名方法	(268)
§ 14-3 光程	(271)
§ 14-4 薄膜干涉	(274)
习题	(279)
第十五章 光的衍射	(282)
§ 15-1 衍射	(282)
§ 15-2 夫琅和费单缝衍射	(284)
§ 15-3 光栅衍射	(289)
习题	(292)
第十六章 光的偏振	(294)
§ 16-1 自然光和偏振光	(294)
§ 16-2 起偏和检偏	(297)
§ 16-3 反射偏振和折射偏振	(299)
§ 16-4 双折射现象	(302)
习题	(303)

第五篇 量子物理学基础

第十七章 光的量子性	(305)
§ 17-1 普朗克量子假说	(305)
§ 17-2 光电效应	(306)
§ 17-3 爱因斯坦方程 光子	(310)
§ 17-4 伦琴射线的散射 康普顿效应	(315)
习题	(320)
第十八章 原子的量子理论	(321)
§ 18-1 玻尔的氢原子理论	(321)
§ 18-2 实物粒子的波粒二象性	(322)
§ 18-3 波函数及其统计诠释	(327)
§ 18-4 测不准关系(不确定关系)	(330)
习题	(334)
附录 1 常用的重要物理常量	(336)
附录 2 常用的重要物理性质	(337)
附录 3 常用的重要换算因子	(337)
习题答案	(339)

第一篇 力学

力学是普通物理学中重要组成部分。那么，力学所研究的内容是什么呢？首先让我们观察一下我们周围的事物，例如火车在行驶，起重机起吊重物，天体在运行，甚至人在走路、劳动等，在这些现象中，尽管它们的具体性质不同，但却有一个共同的特征，那就是：物体在空间的位置在随时间变动，这种变动叫做机械运动，通常简称为运动。在日常生活中和工农业生产上，无时无刻都能看到这种运动，因此它是一切运动形式中最基本、最普遍的运动形式。力学就是研究机械运动的客观规律及其应用的科学。

第一章 运动的描述

自然界中的一切物体都在运动，大到地球、太阳等天体，小到分子、原子等各种基本粒子都在时时刻刻地运动，所以物体的运动是普遍的、绝对的。但是，对运动的描述却是具有相对性。为了描写物体的运动，就必须选择另一个其他物体作为标准，这个被选作标准的物体，叫做参照系。对同一个运动，选择不同的参照系，描述的结果一般不相同。究竟选择哪个物体为参照系，主要取决于问题的性质、需要和研究的方便。在今后的讲述中如果不特别指明，就是以地球作为参照系。

物体的运动有两种基本类型：平动和转动。物体在作平动时，其上各个点的运动情况完全相同，所以，可用任意一个点来代表，因而可以把物体看作是一个没有大小的质点。物体在做转动时，不能把物体视为质点。为简单起见，把它看作有大小和形状，但形状不变化的刚体。

质点和刚体都是理想的模型，它们都是实际物体在一定条件下的抽象。把复杂的、具体的物体用简单的模型来代替，可以简化它的条件，突出主要矛盾，便于找出其中的规律，因此，这是一种科学的研究方法。

本章主要讲述如何描写质点的运动。

§ 1-1 质点运动的描述

对于一个质点的运动，应当从以下几个方面来描写。

一、描写质点在空间中的位置——位置矢量

定量地描写质点的位置,必须在选定的参照系上建立坐标系.通常采用直角坐标系,如图 1-1 所示.描写空间任一质点 P 的位置,可以从原点向 P 点引一有方向的线段 r (即图中的 OP), r 叫做位置矢量,也叫矢径.矢径的端点就是质点的位置.矢径在 OX 轴、 OY 轴和 OZ 轴上的投影(即坐标)分别为 x 、 y 和 z .因此,位置矢量可表示为

$$r = xi + yj + zk$$

式中 i 、 j 、 k 分别为沿 x 、 y 、 z 轴的单位矢量,位置矢量的大小为

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

位置矢量的方向余弦可由下式确定

$$\cos\alpha = \frac{x}{r}$$

$$\cos\beta = \frac{y}{r}$$

$$\cos\gamma = \frac{z}{r}$$

式中 α 、 β 和 γ 分别是 r 与 X 轴、 Y 轴和 Z 轴之间的夹角.

所谓运动,实际上就是位置随时间的变化,即位置矢量 r 为时间 t 的函数

$$\begin{aligned} r &= r(t) \\ &= x(t)i + y(t)j + z(t)k \end{aligned}$$

上式叫做质点的运动方程.

当质点在选定的 XOY 平面内运动时,运动方程可简化为两个标量函数式

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

如果质点沿一直线运动,则运动方程可简化为一个标量函数式

$$x = x(t)$$

质点运动时在空间中运动所经过的路径叫做轨道.例如,质点在 XOY 平面上运动,从运动方程中消去时间 t ,就得到

$$y = f(x)$$

或

$$x = f(y)$$

这就是质点平面运动的轨道方程.

例如:一质点的运动方程为

$$r = R\cos\omega t i + R\sin\omega t j$$

其标量函数式为

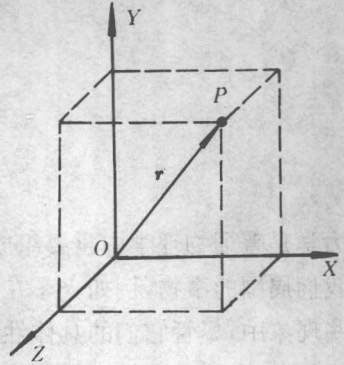


图 1-1

$$x = R \cos \omega t$$

$$y = R \sin \omega t$$

消去 t 后就得到轨道方程

$$x^2 + y^2 = R^2$$

这个圆心在坐标原点、半径为 R 的圆(圆面在 XOY 平面内)。

位置矢量 r 不仅有大小,而且有方向,即具有矢量性。质点在运动过程中,不同时刻的位置矢量是不相同的,也就是说,位置矢量是描写质点在某时刻的位置,即位置矢量还具有瞬时性。

二、描写质点位置变动的大小和方向——位移

参阅图 1-2,图中曲线 \widehat{AB} 是质点轨道的一部分,在时刻 t 质点在 A 点处,在时刻 $t + \Delta t$,质点已到达 B 点处。 A 、 B 两点的位置矢量分别用矢径 r_1 和 r_2 来表示。在 Δt 时间内,质点位置的变化可以用从 A 点到 B 点的有向线段 Δr (或 \overrightarrow{AB}) 来表示,叫做质点的位移。且

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

Δr 的大小就是 A 、 B 两点间的距离,其方向由 A 指向 B 。

位移是矢量,既有大小,也有方向。位移表示物体位置的改变,并不是质点所经历的路程,路程是指质点在其轨道上经过的路径的长度。例如,在图 1-3 中的质点,从 A 沿曲线运动到 B 。位移是由 A 指向 B 的有向线段 \overrightarrow{AB} ;而路程是曲线 \widehat{AB} 的长度 Δs ,显然 $\Delta s \neq |\Delta r|$ 。又如,在图 1-4 中,质点从 A 点经 C 点到达 B 点,位移是由 A 指向 B 的有向线段 \overrightarrow{AB} ,而路程则是 $AC + CB$ 。只有在质点作直线直进运动的情况下,位移的大小才等于路程。

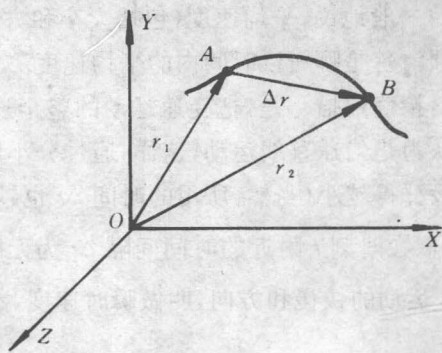


图 1-2

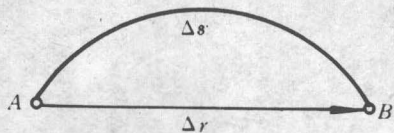


图 1-3

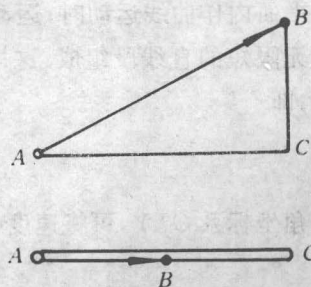


图 1-4

位置矢量和位移在量值上都表示长度,在国际单位制中,都用米来表示,国际符号是 m 。常用的单位还有厘米(cm)、千米(km)等。

三、描写质点位置变动的快慢和方向——速度

最简单的运动是质点始终在一直线上的直进运动,而且在任意相等的时间内通过相等的位移,这种运动叫做匀速直线运动.其特点是任何一段位移 Δr 与通过该位移所用的时间 Δt 的比值为—恒量,该恒量可以反映质点运动的快慢和方向.因此,这个恒量是描写质点运动快慢和方向的物理量,叫做速度,用符号 v 表示,即

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

对于质点在任何相等时间内通过的位移不相等的运动(变速直线运动或曲线运动),怎样描写质点运动的快慢和方向呢?我们的处理方法是:粗略地描写是把它与效果相同的匀速直线运动进行对比,即用某一相同时间通过相同位移的匀速直线运动“代替”真实的变速运动,这样,速度仍可表示为位移与时间的比值,这时的速度叫做在这段时间(或这段位移)内的平均速度,即

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

一般地说,平均速度(包括大小和方向)与所取的时间长短有关,所以在计算平均速度时,必须清楚是哪一段时间内的平均速度.

精确地描写是,把变速运动的整个过程分成许多无限小的小段,在每个小段里,可以近似地认为是匀速直线运动,这样,通过分小段的办法,把“变”的看成是许许多多“不变的”所组成.小段分得越小(当然,所用的时间 Δt 也越小),求出的速度就越接近这段时间内的实际情况.这样,取在时刻 t 附近的时间间隔 Δt 为无限小,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\frac{\Delta r}{\Delta t}$ 的极限值,就能描写质点在该时刻 t 运动的快慢和方向,叫做瞬时速度,数学表示为

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

也就是说,质点在某时刻或某位置的瞬时速度,等于当时间趋近于零时平均速度的极限值,或瞬时速度等于矢径对时间的一阶导数.

质点在平面内作曲线运动时,运动的快慢和方向如何描写呢?我们可以把一条曲线看作是由无限多个无限短的直线段组成.这样就可以按直线运动的方法来描写质点各个时刻运动的快慢和方向,即

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

建立平面直角坐标系 OXY ,可将速度 v 表示为

$$v = \frac{dx}{dt}i + \frac{dy}{dt}j$$

式中 $\frac{dx}{dt} = v_x$, $\frac{dy}{dt} = v_y$, 则速度的大小为

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

速度的方向可用图 1-5 中的 θ 角表示

$$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{v_y}{v_x}$$

速度是矢量,既有大小,又有方向.速度的合成与分解,应遵循平行四边形法则.

应当指出,描述质点运动时,有时也用到一个“速率”的物理量.速率是标量,参阅图 1-6,在 Δt 时间内,质点通过的路程为曲线 AB ,设 AB 长为 Δs ,那么,平均速率就可表示为

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

而平均速度为

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

可见,平均速度与平均速率是两个不同的概念,切不可混淆.例如,图 1-7 中,在某段时间内,质点从 A 点到达 B 点,又返回 A 点,很明显,质点的位移等于零,平均速度也为零,而质点的平均速率应该等于两倍的 A 到 B 的长度除以从 A 点又返回到 A 点的时间间隔.

还可以通过平均速率引入瞬时速率.当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,弦长 $|\Delta \mathbf{r}|$ 无限接近于对应的路程 Δs ,即

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

或 $|\mathbf{v}| = v$

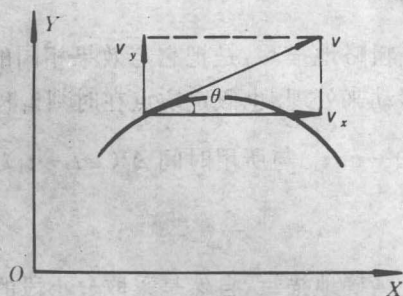


图 1-5

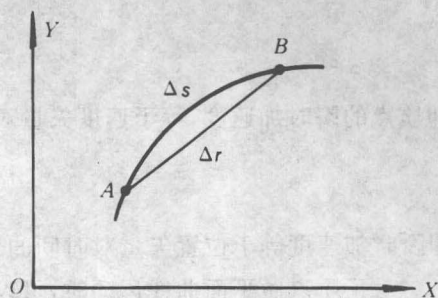


图 1-6

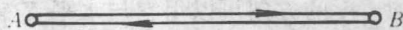


图 1-7

速度和速率在量值上都是长度与时间之比,在国际单位制中,其单位名称是米/秒,符号是 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,读作“米每秒”.常用的单位还有厘米/秒 ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$),千米/时 ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) 等.

速度描写的是某时刻的速度.所谓匀速直线运动,实际上是各个时刻的速度都相同而已.

四、描写质点运动速度变化的快慢——加速度

当质点运动的时候,瞬时速度的大小和方向都可能随着时间而变化,加速度就是描述速度随时间而变化的快慢和变化的方向的一个物理量.

最简单的变速直线运动是,在任意相等的时间内速度的增量都相同,这种运动叫做匀变速直线运动.其特点是速度的增量 Δv 与所用的时间 Δt 的比值为—恒量,这一恒量可以反映质点速度变化的快慢,叫做加速度,用符号 a 表示,即

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

在一般运动中,任意相等时间内速度的增量并不一定相同,这时,怎样描写速度变化的快慢呢?

粗略地描写,是把它与效果相同的匀变速直线运动来对比,也就是说,把它当作匀变速直线运动来处理,也假定质点在时刻 t_1 时的速度是 v_1 ,在时刻 t_2 时的速度是 v_2 ,则速度增量 $\Delta v = v(t_2) - v(t_1)$ 与所用时间 $\Delta t (=t_2 - t_1)$ 之比 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$,叫做这段时间内的平均加速度,用 \bar{a} 表示,则有

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

精确地描写,自然是采取分小段的办法,取在时刻 t 附近的时间间隔 Δt 为无限小,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 的极限值,就能描写质点在该时刻 t 速度变化的快慢,叫做瞬时加速度,数学表示为

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

即质点的瞬时加速度,等于速度矢量对时间的一阶导数. 又因为瞬时速度 $v = \frac{dr}{dt}$, 所以

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

即瞬时加速度等于位置矢量对时间的二阶导数.

对于质点做平面曲线运动时,可以建立平面直角坐标系 OXY ,将加速度 a 表示为

$$a = \frac{dv_x}{dt} i + \frac{dv_y}{dt} j$$

式中 $\frac{dv_x}{dt} = a_x, \frac{dv_y}{dt} = a_y$, 则加速度的大小为

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

加速度的方向可以用它与水平 X 轴方向的夹角 β 来表示

$$\beta = \text{tg}^{-1} \frac{a_y}{a_x}$$

加速度的单位由速度和时间的单位决定,速度单位为米/秒,时间单位为秒,则加速度的单位为米/秒²,读作“米每秒平方”,单位符号为 $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$,常用的单位还有厘米/秒² ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$) 等.

加速度是矢量,其方向就是速度增量 Δv 的方向.

在直线运动的情况下,加速度的方向可用正、负(+、-)表示. 加速度的方向与选定的正方向一致时, $a > 0$; 加速度的方向与选定的正方向相反时, $a < 0$. 但是,应当注意: $a > 0$ 不一定是加速运动, $a < 0$ 也不一定是减速运动. 如果初速

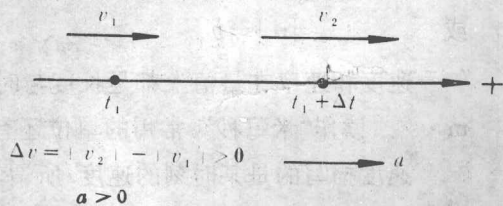


图1-8

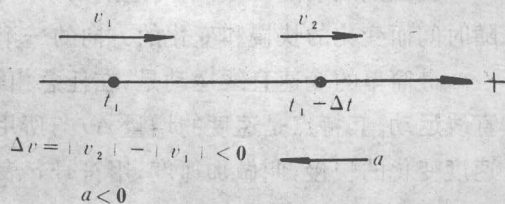
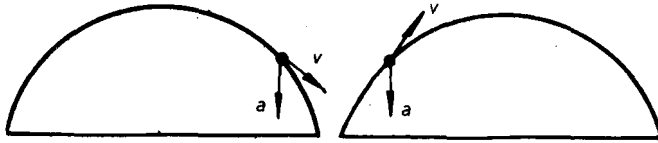


图1-9

度 $v > 0$, 而 $a > 0$, 即表示加速运动; 如果初速度 $v < 0$, 而 $a < 0$, 也就是说, 加速度与初速度同号, 为加速运动(图1-8); 加速度与初速度异号, 为减速运动。(图1-9).

质点作曲线运动时, 加速度总是指向曲线凹的一边的. 如果速度的大小随着时间的增大而增大, 即 $\Delta|v| > 0$, 则加速度的方向与速度的方向的夹角为锐角(图1-10); 如果速度的大小随着时间的增大而减小, 即 $\Delta|v| < 0$, 则加速度的方向与速度的方向的夹角为钝角(图1-11); 如果速度的大小不变, 即



a 与 v 成锐角

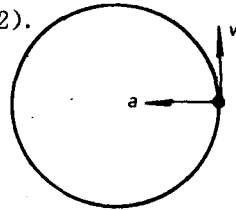
图1-10

a 与 v 成钝角

图1-11

$\Delta|v| = 0$, 则加速度的方向与速度的方向的夹角为直角(图1-12).

加速度描写的是某时刻的加速度. 所谓匀加速运动, 实际上是各个时刻的加速度都相同而已.



a 与 v 成直角

图1-12

§ 1-2 直线运动

物体(质点)的轨迹是直线的运动叫直线运动.

在直线运动中, 位移、速度、加速度各矢量全部都在同一直线上, 所以, 可以把有关各量当作标量来处理. 为此, 我们建立一个与运动轨迹相重合的一维坐标系. 选一适当的原点 O , 并规定一个坐标轴的正方向. 在这个一维坐标系内, 用坐标 x 来描写质点在任一时刻的位置. 质点运动时, 它的位置坐标 x 是时间 t 的函数, 即

$$x = x(t)$$

上式就是质点做直线运动的运动方程.

已知质点的运动方程, 用微分的方法, 可以求出质点在各个时刻的位置、速度和加速度, 以及某时间间隔内的位移.

例1 已知质点的运动方程为

$$x = 5 + 2t - 2t^2$$

式中 t 以秒计, x 以米计, 试求:

(1) 质点在第2秒末时的速度和加速度;

(2)质点在第2秒内的位移;

(3)质点作什么运动.

解 取质点为研究对象. 已知它的运动方程为

$$x=5+2t-2t^2 \quad (1)$$

用微分法可求得速度和加速度的表示式分别为

$$v=\frac{dx}{dt}=2-4t \quad (2)$$

$$a=\frac{dv}{dt}=-4 \quad (3)$$

(1)第2秒末表示 $t=2$ (注意:第2秒末与第3秒初的含义是相同的). 由式(2)和式(3)可得

$$v_2=2-4\times 2=-6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$a_2=-4\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

(2)第2秒内是指 $t=1$ 到 $t=2$ 这个时间间隔. 求位移时, 可将 $t_1=1, t_2=2$ 分别代入方程(1), 求出 t_1, t_2 时刻的坐标分别为

$$x_1=5+2t_1-2t_1^2=5+2-2=5\text{m}$$

$$x_2=5+2t_2-2t_2^2=5+2\times 2-2\times 4=1\text{m}$$

所以, 第2秒内的位移为

$$\Delta x=x_2-x_1=1-5=-4\text{m}$$

(3)由式(1)、(2)、(3)得知:

在 $t=0$ 时

$$x_0=5\text{m}$$

$$v_0=2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$a=-4\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

由于初速度 v_0 与加速度 a 异号, 从而得知, 在 0.5 秒内质点沿 X 轴正方向作匀减速运动; 在 0.5 秒以后, 质点沿 X 轴负方向作加速运动.

例2 已知质点的运动方程为

$$x=5t+2t^2-4t^3$$

式中 t 以秒计, x 以米计, 试说明该质点的运动情况.

解

因为

$$x=5t+2t^2-4t^3$$

所以

$$v=5+4t-12t^2$$

$$a=4-24t$$

当 $t=0$ 时, 初坐标 $x_0=0$, 初速度 $v_0=5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 可见, 质点从原点开始, 以 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的初速度作变速直线运动, 其加速度与时间的关系为

$$a=4-24t \quad \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

§ 1-3 平面曲线运动

物体(质点)的轨迹是在一个平面内的曲线运动,叫做平面曲线运动。

如何研究平面曲线运动呢?让我们观察一个实验事实。

实验装置如图1-13所示。A、B 为在同一高度的两个小球,拉动小锤 C,打击弹簧片 D,此时,A 球自由落下,同时 B 球向水平方向射出。我们看到,虽然 A 球的运动轨道是直线,B 球的运动轨道是抛物线,但两球却同一时刻落地。实验事实说明:在同一时间间隔内,A、B 两球在竖直方向的位移是相同的。B 球同时还有水平方向的运动。但水平方向的运动对于竖直方向的运动没有影响。可见,抛体运动正是竖直方向和水平方向两种直线运动迭加的结果。

利用振动合成演示仪,可以将两个直线运动迭加,得到圆运动、椭圆运动。也就是说,一个平面曲线运动都可以看作是简单的两个直线运动的合成。

可见,研究平面曲线运动的方法是,把它看作为几个较为简单的直线运动的合运动。

当然,质点的平面曲线运动方程,仍然是:位置矢量是时间的函数,即

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

如果建立一个平面直角坐标系,则

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

一、抛体运动

在地球表面附近,在忽略空气阻力的情况下,抛射物体的运动,都是匀变速曲线运动。下面,我们用上述的方法,讨论平抛、斜抛运动。

1. 平抛运动

设有一质点,以初速度 v_0 被水平抛射出去,它做平抛运动。

取抛点为坐标原点,水平向右为 X 轴正方向,竖直向下为 Y 轴正方向。质点的平抛运动,可以看作是由速度为 v_0 的水平匀速运动和竖直的自由落体运动的合运动,它们的运动方程可写为

$$x=v_0t$$

$$y=\frac{1}{2}gt^2$$

2. 斜上抛运动

设有一质点,以初速度 v_0 被斜向上抛出去,它作斜上抛运动,为图1-14所示。

取抛点为坐标原点,水平向右为 X 轴正方向,竖直向上为 Y 轴正方向。初速度 v_0 在水平方向和竖直方向的分量,分别为 $v_0\cos\theta$ 和 $v_0\sin\theta$ 。因此,质点的斜抛运动可以看作是水平方向初

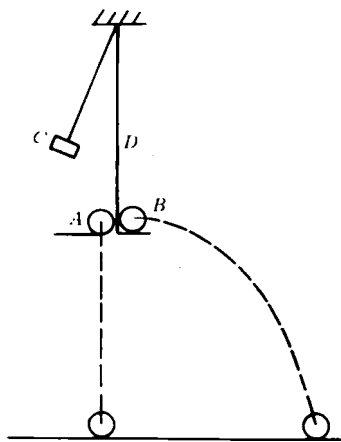


图1-13