

最新版21世纪高等院校教材



大学物理学

DAXUEWULIXUE

(上册)

主编 黄新民 潘宏利

陕西科学技术出版社

最新版 21 世纪高等院校教材

大学物理学

(上册)

主 编 黄新民 潘宏利
副主编 何军锋 赵文英 高荣发 任亚杰 徐立邦
编著者 (以姓氏笔画为序)
王玉梅 冉 文 任亚杰 刘宝盈 李 英 何军锋
陈德胜 杨 萍 赵文英 徐立邦 高荣发 黄新民
崔富刚 熊晓军 翟保清 潘宏利

陕西科学技术出版社

内 容 简 介

本书以普通物理学教学大纲(非物理专业)为依据,系统地论述了普通物理学的基本内容,全书分力学、振动与波、热学、电磁学、光学和近代物理共五篇.全书内容丰富,观点明确,注重物理思想方法,注意启发思维,培养能力.特别是对基本概念、基本理论、基本规律和方法的叙述严密、准确,重点突出,脉络分明.尤其对定理和公式的推导、分析、应用,表述简明、清晰;对易错或混淆之处讲述详尽.

本书可作为理工科、师范院校及各类高职院校、成人大学普通物理课程的教材,也可供有关科技人员及广大青年自学者参考.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理/黄新民,潘宏利编著. - 西安:陕西科学技术出版社,2005.8
ISBN 7-5369-3995-7

I. 大… II. ①黄…②潘… III. 物理学 - 高等学校 - 教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 083424 号

出 版 者	陕西科学技术出版社
	西安北大街 131 号 邮编 710003
	电话(029)87211894 传真(029)87218263
	http://WWW.snstp.com
发 行 者	陕西科学技术出版社
	电话(029)87212206 87260001
印 刷	陕西省汉中印刷厂
规 格	787 × 960mm 1/16
印 张	19.875
字 数	350 千字
版 次	2005 年 8 月 1 日第 1 版
	2005 年 8 月 1 日第 1 次印刷
定 价	52.00 元(上、下册)

版权所有 翻印必究

前 言

物理学是一门自然科学.它是研究宇宙间物质存在的各种基本形式,即它们的性质、运动和转化以及内部结构,从而认识这些结构的组元及其相互作用、运动和转化的基本规律的科学.范围大到星系团的集合(即宇宙的已知部分约 10^{26} m),小到微观粒子(约 10^{-15} m 以下).

自然界是由形态不同的物质所组成,物质的固有属性是运动,一切物质都在永恒不停地运动着,宇宙间一切现象都是物质运动的表现.物质的运动形式是多种多样的.物理学研究的最基本最普遍的运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、分子、原子、原子核及基本粒子的运动等.这些运动形式,普遍地存在于如化学运动、生物运动等更高级、更复杂的运动形式之中.从应用观点来看,它几乎为所有领域提供了可用的理论、实验手段和研究方法.以它的普遍性、基本性以及与其它学科的相关性,使它在自然科学中占有独特的地位.实践证明,研究一切现代科学技术都离不开物理学的知识,所以物理学是一门重要的基础科学.

物理学的发展过程,是人类对客观世界不断认识的过程,物理学的理论是由一系列概念、定律和定理组成的.定律和定理好比是理论的骨骼,概念、分析和形象化的图形好比是理论的血和肉,概念是具有特殊意义的,它是文字说明、数学表达及实验事实联系起来的链条.物理学的定律都是从生产实践和科学实验中由观察、经验和实验等归纳而总结出来的.但更多的物理定律和理论是建立在大量科学实验的基础上,通过对物理现象的观察、分析、假设、抽象和总结等步骤建立起来的.定理是根据定律用数学知识推导出来的.从科学实验中得到理论,再回到实践中去检验,以上升为公认的理论,由此不但能解释已知的事实,而且还具有预见性.所以,生产实践和科学实验是物理学发展的动力和源泉.因而,物理学的研究方法主要是观察和实验,在观察和实验的基础上,对物理现象进行分析、抽象和概括,从而建立物理定律,形成物理理论,再回到实践中去检验.

纵观物理学的内容,由两大部分组成,一个是以 Newton 力学,Maxwell 电磁学及热力学为基础而构成的经典物理学;一个是以相对论及量子力学为主要基础而构成的近代物理学.近代物理学是更为普遍的理论,它可以把经典物理作为一种特例包括进去.但是,对宏观领域内的绝大多数研究现象来说,经典物理不仅仍然适用,所得的结论的正确程度与近代物理的处理并无差异,而且方法更为简便方便,所以经典物理并没有丧失其独立存在的价值,而且还在不断地取得新的进展和应用.从教材编排上来讲,我们采取了保证基础、加强现代物理的原则.以经典物理为基础,但注意精炼经典物理内容,注重新知识,新理论的建立和发展;以现代物理为导向,但注意精炼相对论中的抽象理论,注重量子物理学的发展及应用.在编写过程中,以黄新民主编的《大学物理学》(陕西科学技术出版社,1998 年版)为基础,该教材获陕西省人民政府优秀教学成果奖.在内容的具体安排上,以普通物理学教学大纲(非物理专业)为依据,确保作为一门基础课的普通物理学自身的系统性,把重点放在基本概念、基本原理和基本方法的阐述上,充分注意实验事实和方法.对物理概念和物理规律的叙述,力求严密、准确、重点突出,脉络分明,便于形成知识框架;对定理、公式的表述,简明、清晰,给出它们的作用、使用条件、范围、联系、区别及其推论,对易错或混淆之处给予重点说明,注意启发思维,创新精神和综合能力的培养.

由于作者水平所限,在内容的编排结构和叙述的方法上肯定存在不少不妥之处,恳请专家及读者不吝指正.

编 著 者

2005 年 8 月

目 录

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	(1)
1.1 参照系和坐标系	(1)
1.2 质点 位矢和位移	(2)
1.3 速 度 加速度	(4)
1.4 直线运动	(6)
1.5 曲线运动	(10)
1.6 相对运动	(17)
思考题	(19)
习 题	(20)
第二章 质点动力学	(22)
2.1 Newton 运动三定律	(22)
2.2 力学的单位制和量纲	(25)
2.3 Newton 定律的应用	(28)
2.4 圆周运动的向心力	(37)
2.5 惯性系和非惯性系	(40)
思考题	(44)
习 题	(44)
第三章 功和能	(47)
3.1 功及功率	(47)
3.2 动能定理	(50)
3.3 势 能	(53)
3.4 机械能守恒定律	(58)
3.5 行星的运动 宇宙速度	(61)
思考题	(62)
习 题	(63)
第四章 动量定理	(66)
4.1 动量定理	(66)
4.2 动量守恒定律	(70)
4.3 火箭的运动	(73)

4.4 碰 撞	(75)
思考题	(79)
习 题	(80)
第五章 刚体力学	(82)
5.1 刚体的基本运动	(82)
5.2 质心运动定理	(87)
5.3 刚体的转动惯量	(89)
5.4 转动定律	(93)
5.5 力矩的功 刚体定轴转动的动能定理	(98)
5.6 动量矩守恒定律	(102)
思考题	(105)
习 题	(106)

第二篇 振动与波

第六章 机械振动	(111)
6.1 简谐振动	(111)
6.2 初始条件 谐振子的能量	(115)
6.3 同方向简谐振动的合成	(117)
6.4 相互垂直的简谐振动的合成	(120)
6.5 阻尼振动 受迫振动 共振	(122)
思考题	(125)
习 题	(125)
第七章 机械波	(128)
7.1 机械波的产生和传播 简谐波	(128)
7.2 波速 波长 波的周期和频率	(129)
7.3 波动方程	(132)
7.4 波的能量和能流	(135)
7.5 Huygens 原理 波的反射和折射	(138)
7.6 波的叠加原理 波的干涉	(140)
7.7 驻 波	(143)
7.8 Doppler 效应	(145)
7.9 声波 超声波 次声波	(146)
思考题	(148)
习 题	(149)

第三篇 热 学

第八章 气体动理论	(151)
8.1 平衡态 状态参量	(151)
8.2 气体分子动理论	(154)
8.3 理想气体的压强公式	(158)
8.4 气体分子的平均动能	(161)
8.5 能量均分定理	(164)
8.6 Maxwell 分子速率分布率	(168)
8.7 分子平均碰撞次数与平均自由程	(173)
8.8 气体的迁移现象	(175)
8.9 真空的获得	(179)
思考题	(183)
习 题	(184)
第九章 热力学基础	(186)
9.1 内能 功 热量	(186)
9.2 热力学第一定律	(187)
9.3 摩尔热容量	(190)
9.4 等温过程 绝热过程	(192)
9.5 循环过程	(199)
9.6 热力学第二定律	(202)
9.7 可逆过程和不可逆过程	(205)
9.8 Carnot 循环 Carnot 定律	(206)
9.9 热力学第二定律的统计意义	(211)
9.10 低温物理简介	(213)
思考题	(216)
习 题	(217)

第四篇 电 磁 学

第十章 静电场的基本规律	(219)
10.1 电荷 电场	(219)
10.2 Coulomb 定律	(222)
10.3 电场强度 场强叠加原理	(225)
10.4 Gauss 定理	(236)
10.5 静电场力的功 电势	(243)

10.6 电场强度与电势的关系	(253)
思考题	(255)
习 题	(256)
第十一章 静电场中的导体和电介质	(259)
11.1 静电场中的导体	(259)
11.2 电容 电容器	(265)
10.3 电介质中的静电场 电位移	(271)
11.4 电场的能量	(278)
思考题	(282)
习 题	(283)
第十二章 稳恒电流和稳恒电场	(285)
12.1 电流密度 电流的连续性方程	(285)
12.2 电阻 Ohm 定律	(289)
12.3 电功和电功率 Joule 定律	(293)
12.4 电 动 势	(294)
12.5 Kirchhoff 定律及其应用	(300)
12.6 电子的脱出功 温差电现象	(304)
思考题	(307)
习 题	(308)

第一篇 力学

第一章 质点运动学

自然界中,物质的运动形式是多种多样的,而最基本又最简单的运动是物体相对位置的改变,称之为机械运动.如行星绕太阳的运动,太阳绕银河中心的运动,以及车、船的运动,水和空气等流体的流动等都属于机械运动.在描述机械运动时,常用位移、速度、加速度等物理量来描述.在研究位移、速度、加速度等物理量随时间的变化规律时,若不考虑引起变化的原因,则称之为运动学,若考虑物体的相互作用对物体运动的影响,则称之为动力学.本章讨论质点的运动学.

1.1 参照系和坐标系

一、参照系

宇宙间的一切物体都在不停地运动着.大到天体,小到原子、分子以及核子,它们都无时无刻不在运动.因此,运动是普遍的、绝对的.虽然运动是绝对的,但就一定物体的运动而言,则具有相对性.例如,地球上的桥梁、山脉在地球上看来是静止的,而从太阳上看来,它们都在随地球一起运动;在地面上看来是竖直下落的雨滴,而从匀速行驶的列车上看来,雨滴却在作斜下抛运动.由此可见,运动具有相对性.因此,我们在描述一个物体的运动时,必须明确它是相对于另外一个物体或物体系而言的.在描述物体运动时被选作参照标准的物体或物体系(物体系中的物体没有相对运动)称之为参照系,或参考系.

在运动学中,参照系的选择可以是任意的,但选取参照系的原则只有一个,什么参照系描述物体的运动最简洁、最方便,就选什么参照系.例如,研究地球上物体的运动,最好就以地球为参照系,若以太阳为参照系,则就显得复杂.

二、坐标系

有了参照系,我们只能定性地描述物体的运动.要定量描述物体的运动,还必须在参照系上建立坐标系.坐标系的选取也是依描述问题的方便为准,通常选用直角坐标系,也用极坐标系、自然坐标系等.坐标系是固定于参照系上的,因此,坐标系的实质是参照系的数学抽象,明确了坐标系也就明确了参照系.故而

在运动学中如无特别要求,一般只明确坐标系即可。

三、时间与时刻

任何物体的运动都发生在一定的时间和空间.时间是衡量事物发展变化过程长短的一个物理量.在现实生活中,所发生的一切过程均不可逆,故我们常说时间具有单方向性的特点。

在描述物体运动时,我们也常用时刻的概念.所谓时刻指时间流逝中的一刹那,又称“瞬时”.物体运动到某一位置时均与一定的时刻相对应.时刻与时刻之间的间隔即为时间。

1.2 质点 位矢和位移

一、质点

任何物体都有一定的大小和形状.在物体运动时,物体上各点的位置变化一般各不相同,故而要描述一个物体的运动状态常常是很复杂的.为使问题简化,我们常采用抽象的方法,当物体的形状大小在所研究的问题中不起作用或起次要作用时,通常把物体看作是一个没有大小和形状,只具有质量的理想物体,称之为质点。

一个物体能否看作质点,要依所研究问题的具体情况而定,与物体的大小没有关系.当我们在同一参照系内研究同一物体时,如果只考虑平动,就可把物体看成没有大小和形状的点.物体的质量就集中在此点上,它依然具有动量、能量等所有物理属性,但当研究此物体的转动时,就不能把此物体看成质点,如研究地球绕太阳的公转时,由于地球的直径与公转轨道的直径相比要小得多,即可认为地球上各点相对太阳的运动是相同的,故可将地球视为一质点.但若研究地球的自转时,就不能将地球看作质点来处理了。

二、位置矢量

为了描述质点的位置,在参照系上选一参考点 O ,从参考点 O 指向质点所在位置 P 的矢量,称之为质点的位置矢量,简称位矢,也称矢径.如图 1-1 所示,通常记作 r .即

$$r = OP$$

在参照系上建立直角坐标系 $O-XYZ$,令坐标原点与参考点 O 重合,则位置矢量在直角坐标系中的表示形式为

$$r = xi + yj + zk \quad (1-1)$$

如图 1-2 所示. i, j, k 分别为 x, y, z 轴方向的单位矢量, x, y, z 为质点的位置坐标.位矢 r 的大小为

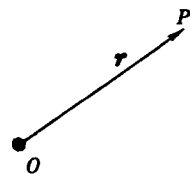


图 1-1 质点的位矢图示

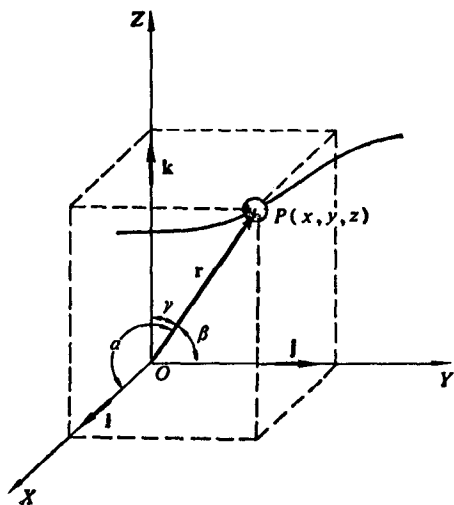


图 1-2 位矢在直角坐标系的投影

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

位矢的方向余弦为

$$\cos \alpha = \frac{x}{r} \quad \cos \beta = \frac{y}{r} \quad \cos \gamma = \frac{z}{r}$$

质点运动过程中,其空间位置是随时间发生变化的,即质点的坐标 x, y, z 和位矢 $\mathbf{r}$ 都是关于时间 t 的函数.表示质点运动过程的函数关系常称之为运动方程,通常写为

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \quad (1-2)$$

或

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

由上可见,若知(1-2)式,则(1-3)式亦知,反之亦然.常称(1-2)式为质点运动方程的标量形式.

当质点作平面运动时(运动限定在某一平面内),总可使 $O-XY$ 面与质点运动所在的平面重合.其运动方程可简化为

$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad (1-4)$$

当质点作直线运动时,其运动方程可简化为

$$x = x(t) \quad (1-5)$$

若知道了运动方程,则质点在任一时刻的位置(何时在何处)就可以确定,从而就确定了质点的运动状态.因此,探讨运动方程是力学的中心问题.

质点运动在空间所经过的路径称为运动轨迹或轨道,质点的运动轨迹依赖

于参照系的选取. 轨迹方程可从(1-2)中消去参数 t 而得到.

例题 1.1 一质点的运动方程为

$$\mathbf{r} = R\cos t\mathbf{i} + R\sin t\mathbf{j}$$

试求其轨迹方程.

解 由运动方程可知

$$x = R\cos t \quad y = R\sin t$$

$$\text{消去参数 } t, \text{ 则有 } x^2 + y^2 = R^2.$$

显然, 这是一个圆心在坐标原点, 半径为 R 的一个圆的方程, 故其运动轨迹为一圆.

三、位移

位移是指位置矢量的改变量, 通常用 $\Delta\mathbf{r}$ 表示. 如图 1-3 所示, 图中 $OA = \mathbf{r}(t)$, 表示 t 时刻的位置矢量, $OB = \mathbf{r}(t + \Delta t)$, 表示 $(t + \Delta t)$ 时刻的位置矢量, 则

$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t) \quad (1-6)$$

可见, 位移表示的是质点位置的改变, 而并非质点所经路径, 质点所经路径的长度通常称之为路程, 常用 Δs 或 s 表示, 其为一标量, 如图

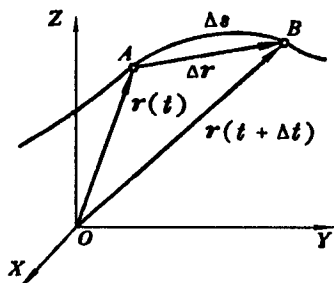


图 1-3 位移和路程

1-3 中 $\widehat{AB}$ 所示. 一般而言, 总有

$$|\Delta\mathbf{r}| \leq \Delta s \quad (1-7)$$

位置矢量、位移和路程在量值上都表示长度, 其常用的单位为千米(km)、米(m)和厘米(cm).

1.3 速度 加速度

一、速度

为了描述质点的位置随时间变化的快慢, 我们引入速度的概念. 如图 1-3 所示, 在 Δt 时间内, 质点的位移为 $\Delta\mathbf{r}$, 则 $\Delta\mathbf{r}$ 与 Δt 的比值称为质点在 Δt 时间内的平均速度, 记作 $\bar{\mathbf{v}}$. 即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} \quad (1-8)$$

平均速度的方向与位移 $\Delta\mathbf{r}$ 方向相同. 平均速度只反映在 Δt 时间内质点的位置的平均变化快慢程度, 要准确地描述质点在某一时刻(或某一位置)的运动状态, 则用平均速度的极限值—瞬时速度(通常简称为速度)来描述, 即质点在某一时刻

刻(或某一位置)的瞬时速度等于当时间 Δt 趋近于零时平均速度的极限,记作

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} \quad (1-9)$$

即速度等于位矢对时间的一阶导数。

速度是一个矢量,既有大小,又有方向.速度的方向就是平均速度或位移的极限方向.如图 1-4 所示,在 Δt_3 时间内,位移为 $\Delta r_3 = AD$,其平均速度的方向沿 AD ,当时间缩短为 Δt_2 时, Δt_2 时间内的平均速度沿 AC 方向,时间缩短为 Δt_1 时, Δt_1 时间内的平均速度沿 AB 方向,当 Δt 继续减小趋近于零时,平均速度的方向沿轨道上 A 点的切线方向,并指向质点运动的一方,此即为 A 点的速度的方向。

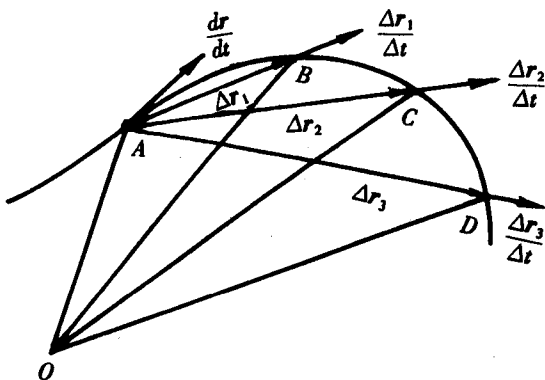


图 1-4 A 点的速度方向

在描述质点运动时,也常用到速率的概念,速率为一标量,它反映了质点所经路程随时间变化的快慢.如图 1-3 所示,在 Δt 时间内,质点所经路程为 Δs , Δs 与 Δt 的比值称为 Δt 时间内质点的平均速率,即

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1-10)$$

平均速率只反映了在一段时间内路程的平均变化快慢,要描述在某一时刻(或某一位置)路程随时间变化的快慢,则要用瞬时速率(简称速率)来描述,用 v 表示.速率等于平均速率的极限值,即

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (1-11)$$

由于,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\Delta s \approx |\Delta r|$, 即 $ds = |dr|$. 故

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = \frac{|dr|}{dt} = |v| \quad (1-12)$$

即速率就是速度的大小。

必须注意,平均速率和平均速度的区别,瞬时速率与瞬时速度的联系。

二、加速度

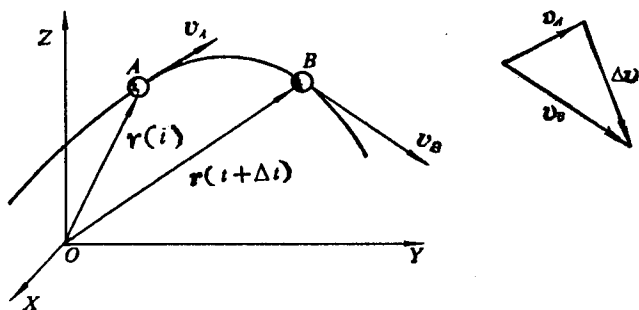


图 1-5 速度的增量

为了描述质点的位置随时间变化的快慢,我们引入了速度的概念.同样,为了描述质点的速度随时间变化的快慢,我们引入加速度的概念.如图 1-5 所示,在 Δt 时间内,速度的增量为 $\Delta v = v_B - v_A$,与平均速度相类似,我们称 Δv 与 Δt 的比值为在 Δt 时间内质点的平均加速度,记作 $\bar{a}$,即

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1-13)$$

平均加速度亦为一矢量,它只反映在 Δt 时间内速度的平均变化快慢.为了描述质点在任一时刻的速度变化情况,则需用瞬时加速度的概念.与瞬时速度的定义相类似,我们用平均加速度的极限值表示瞬时加速度.

质点在某时刻或某位置的瞬时加速度(简称加速度)等于当时间趋近于零时平均加速度的极限,用数学式表示为

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2} \quad (1-14)$$

亦即,加速度等于速度对时间的一阶导数,或位矢对时间的二阶导数.加速度的方向与速度增量的方向一致.

在国际单位制中,加速度的单位是米·秒⁻²($m \cdot s^{-2}$),常用的单位还有厘米·秒⁻²($cm \cdot s^{-2}$).

1.4 直线运动

一、直线运动中的速度

质点在运动过程中,若其运动轨迹为一直线,则称之为直线运动.直线运动

的运动方程为

$$x = x(t) \quad \text{或} \quad \mathbf{r} = x(t)\mathbf{i}$$

由速度定义式(1-9)得,质点作直线运动的速度为

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} \quad (1-15)$$

由于质点作直线运动,故可用 $\frac{dx}{dt}$ 的正负来描述速度的方向,省略掉表示方向的

单位矢量 $\mathbf{i}$.当 $\frac{dx}{dt} > 0$ 时,质点沿 x 轴正向运动;当 $\frac{dx}{dt} < 0$ 时,质点沿 x 轴负向运

动.故常将直线运动的速度记为 $v = \frac{dx}{dt}$,而其速率则为 $\left| \frac{dx}{dt} \right|$.

例题 1.2 一质点沿 x 轴作直线运动,其运动方程为 $x = 5t^2$,式中 x 的单位是米, t 的单位是秒.试求:(a)质点在2秒到2.1秒之间的平均速度的值;(b)质点在2秒到2.001秒之间的平均速度的值;(c)质点在2秒到2.00001秒之间的平均速度的值;(d)质点在2秒时的速度值.

解 (a)在 $t = 2$ 秒和 $t_1 = 2.1$ 秒时,物体的位置坐标分别为

$$x = 5 \times 2^2 = 20\text{m}$$

$$x_1 = 5 \times 2.1^2 = 22.05\text{m}$$

故

$$v = \frac{x_1 - x}{\Delta t} = \frac{22.05 - 20}{2.1 - 2} = 20.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(b)在 $t = 2.001\text{s}$ 时

$$x_2 = 5 \times (2.001)^2 = 20.020005\text{m}$$

$$v = \frac{x_2 - x}{t_2 - t} = \frac{20.020005 - 20}{2.001 - 2} = 20.005\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(c)在 $t_3 = 2.00001\text{s}$ 时

$$x_3 = 5 \times (2.00001)^2 = 20.0002000005\text{m}$$

$$v = \frac{x_3 - x}{t_3 - t} = \frac{20.0002000005 - 20}{2.00001 - 2} = 20.00005\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(d)在 $t = 2\text{s}$ 时的速度

由

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(5t^2) = 10t$$

所以

$$v = 10t = 10 \times 2 = 20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

此题表明,当时间间隔逐渐缩小时,平均速度逐渐接近于瞬时速度.

二、直线运动中的加速度

质点在作直线运动时,其速度可表示为

$$v = \frac{dx}{dt}$$

故此,由加速度定义可得质点作直线运动的加速度,即

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (1-16)$$

加速度的大小为 $\left| \frac{dv}{dt} \right|$ 或 $\left| \frac{d^2x}{dt^2} \right|$, 加速度的方向由 $\frac{dv}{dt}$ 或 $\frac{d^2x}{dt^2}$ 的正负决定. $\frac{dv}{dt} > 0$,

加速度沿 x 轴正向, $\frac{dv}{dt} < 0$, 加速度沿 x 轴负向, 此即表明, 若知道了质点的速度或位置随时间的变化关系, 则可通过求导求出加速度; 反之若知道了质点运动的加速度及初始条件, 则可通过积分求得速度和位置随时间的变化关系.

三、匀变速直线运动

质点在作直线运动的过程中, 若加速度 a 为一常量, 则该质点所作的运动称之为匀变速直线运动. 对匀变速直线运动, 若已知其加速度 a 及初始条件 v_0 和 x_0 , 则其运动速度和位置可通过积分求得. 例如, 某一质点作匀变速直线运动, 即其加速度 a 为一常量, 当 $t = 0$ 时, 其位置坐标和速度分别为 x_0 和 v_0 . 则其速度和位置随时间变化的关系如下

$$v = v_0 + at \quad (v = v_0 + \int_0^t a dt) \quad (1-17)$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (x = x_0 + \int_0^t v dt) \quad (1-18)$$

由(1-17)和(1-18)消去时间 t , 则得

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (1-19)$$

若初始条件 $x_0 = 0$, 则上式变为

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \quad (1-20)$$

上式中 v 为任一时刻之速度, x 为相应时刻之位移, a 为加速度, v_0 为初速度.

质点在运动过程中, 若 $a = 0$, 则由(1-17)式可知, $v = v_0$. 即质点在任一时刻的速度都与初速度相同, 此时质点所作的运动称之为匀速直线运动.

例题 1.3 一质点以 $v_0 = 2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的初速度从坐标原点开始作匀加速运动, 其加速度为 $a = 0.5\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 试求其在任一时刻的速度和位移.

解 由题知其初始条件为

$$t_0 = 0 \text{ 时} \quad x_0 = 0 \quad v_0 = 2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(1) 由 $a = \frac{dv}{dt}$ 可得 $dv = a dt$, 两边积分