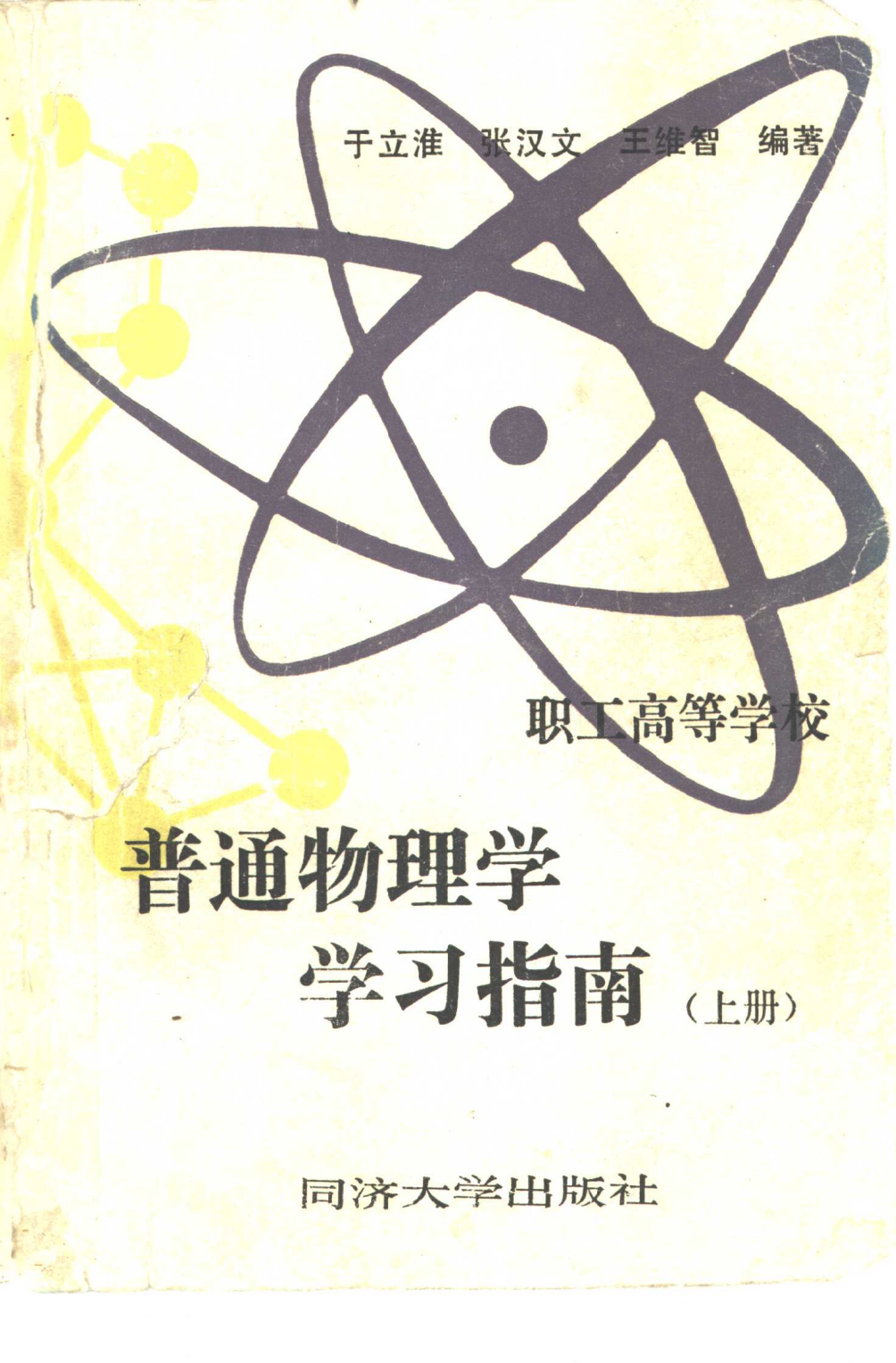




于立淮 张汉文 王维智 编著

职工高等学校

普通物理学 学习指南 (上册)

同济大学出版社

职工高等学校

普通物理学学习指南

上册

于立淮 张汉文 王维智 编著

同济大学出版社

期 限 表

责任编辑 方 芳

封面设计 王肖生

职工高等学校 普通物理学学习指南

上 册

于立淮 张汉文 王维智 编著

☆

同济大学出版社出版
新华书店上海发行所发行
同济大学印刷厂印刷

☆

开本 787×1092 1/32 印张 14.625 字数 374 千

1986年9月第1版 1986年9月第1次印刷

印数 1—21,000 科技新书目 125—184

统一书号 13335·028 定价 2.45 元

370341

内 容 提 要

本书是按照中央教育部(1983年)颁布的职工高等学校普通物理学教学大纲的要求,根据成人高等学校教学的特点而编写的。全书分上、下两册,上册包括质点运动学、质点动力学、功和能、动量、刚体的转动、简谐振动、机械波、气体分子运动论和热力学基础等九章。下册包括真空中的静电场、静电场中的导体和电介质、直流电、电流的磁场、电磁感应、波动光学、量子物理初步等七章。每章按下述四个部分编写:

1. 学习要求; 2. 学习重点和难点; 3. 例题分析; 4. 习题。

本书对普通物理的基本概念、基本理论和基本规律进行了较详尽地叙述,并分析了较多数量的各种类型的例题,帮助读者更深刻地理解物理概念、理论、规律、提高分析问题、解决问题的能力,加深和巩固所学的理论。

本书可供职工大学、业余大学、广播电视大学、函授大学、工科院校广大学生和自学普通物理的读者学习参考,也可供从事普通物理学教学的教师教学参考。

前 言

本书是按照中央教育部（1983年）颁布的职工高等学校普通物理学教学大纲的要求；根据成人高等学校教学的特点；结合多年来在普通物理教学实践过程中积累的经验而编著的。

全书共分十六章，每章包括下述四个部分：

1. 学习要求，明确指出读者学习时应该达到的要求。
2. 学习重点和难点，通过对重点和难点的讨论，帮助读者加深对基本概念，基本理论和基本规律的理解，掌握本章的基本内容。
3. 例题分析，通过数量较多的各种类型的例题分析，说明解题方法、步骤和技巧，提高读者分析问题、解决问题的能力，加深和巩固所学的理论。
4. 习题，包括一定数量的思考题和计算题，并附有答案，便于读者自我检查。

本书可供职工大学、业余大学、广播电视大学、函授大学、工科院校广大学生和自学普通物理的读者学习参考。也可供从事普通物理学教学的教师教学参考。

本书在编写过程中，得到具有丰富教学经验的汪遵强、赵钧杰、朱思强、张传学、江伯陶、徐树云、陈炜等同志的热情帮助，并给我们提出了很多宝贵的意见和建议；同时得到殷明发、余成照，戴万章、黄午阳等同志的热情支持，在此一并表示感谢。

由于我们的业务水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1986年2月于上海

本书使用的单位及符号

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示式例	备 注
长 度	微 米	μm		$1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$
	毫 米	mm		$1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$
	厘 米	cm		$1\text{cm}=10^{-2}\text{m}$
	米	m		
	千 米	km		$1\text{km}=10^3\text{m}$
时 间	秒	s		
	分	min		$1\text{min}=60\text{s}$
	时	h		$1\text{h}=3600\text{s}$
平 面 角	弧 度 度	rad $(^\circ)$		$1^\circ = \left(\frac{\pi}{180} \right) \text{rad}$
转 速	转 每 分	$\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$		$1\text{r} \cdot \text{min}^{-1} = 1/60 \text{s}^{-1}$
体 积 容 积	立方厘米	cm^3		$1\text{cm}^3=10^{-6}\text{m}^3$
	升	l		$1\text{l}=10^{-3}\text{m}^3$
	立 方 米	m^3		
质 量	克	g		$1\text{g}=10^{-3}\text{kg}$
	千 克	kg		
力; 重力	牛 顿	N	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	
压强; 应力	帕[斯卡]	Pa	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$	
功; 热	焦[耳]	J	$\text{N} \cdot \text{m}$	
能 量	焦[耳]	J		
	电子伏特	eV		$1\text{eV}=1.602 \times 10^{-19}\text{J}$
功 率	瓦[特]	W	$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$	
频 率	赫[兹]	Hz	s^{-1}	
热力学温度	开[尔文]	K		
摄氏温度	摄 氏 度	$^\circ\text{C}$		
物质的量	摩[尔]	mol		

注: 本书采用的物理量单位及符号均为中华人民共和国法定计量单位。

目 录

上 册

第一章 质点运动学.....	(1)
一 学习要求.....	(1)
二 学习重点和难点.....	(1)
1 位置矢量 运动方程.....	(1)
2 位移.....	(3)
3 速度.....	(6)
4 加速度.....	(9)
三 例题分析.....	(13)
四 习题.....	(41)
第二章 质点动力学.....	(53)
一 学习要求.....	(53)
二 学习重点和难点.....	(53)
1 牛顿第一运动定律.....	(53)
2 牛顿第二运动定律.....	(55)
3 牛顿第三运动定律.....	(56)
4 运用牛顿运动定律解决具体问题时的基本思路和基本方法.....	(58)
三 例题分析.....	(59)
四 习题.....	(86)
第三章 功和能	(101)
一 学习要求	(101)
二 学习重点和难点	(102)
1 功	(102)
2 动能 质点动能定理	(104)
3 势能	(106)
4 功能原理	(109)

5 机械能转化和守恒定律	(111)
6 能量转化和守恒定律	(111)
三 例题分析	(112)
四 习题	(144)
第四章 动量	(160)
一 学习要求	(160)
二 学习重点和难点	(160)
1 冲量	(160)
2 动量	(162)
3 动量原理	(163)
4 质点系动量原理	(164)
5 动量守恒定律	(165)
6 动量与动能	(167)
7 碰撞	(167)
三 例题分析	(169)
四 习题	(191)
第五章 刚体的转动	(207)
一 学习要求	(207)
二 学习重点和难点	(207)
1 描述刚体转动的物理量	(207)
2 刚体转动的运动学规律	(209)
3 力矩	(211)
4 刚体的转动惯量	(212)
5 转动定律	(212)
6 转动动能定理	(215)
7 刚体的角动量 角动量守恒定律	(216)
8 平动与转动的主要公式对照	(219)
三 例题分析	(220)
四 习题	(239)
第六章 简谐振动	(257)
一 学习要求	(257)

二 学习重点和难点	(257)
1 谐振动	(257)
2 谐振动方程 $\omega = A \cos(\omega t + \varphi)$ 的意义	(259)
3 位相差	(262)
4 谐振动中的位移、速度和加速度	(263)
5 谐振动的能量	(264)
6 谐振动中的两类问题	(264)
7 同方向同频率谐振动的合成	(268)
8 两个相互垂直的同频率谐振动的合成	(271)
三 例题分析	(273)
四 习题	(305)

第七章 机械波 (323)

一 学习要求	(323)
二 学习重点和难点	(324)
1 机械波的产生和传播	(324)
2 波的传播速度、波长、波的周期和频率	(326)
3 简谐波的波动方程	(328)
4 波的能量 能流密度	(333)
5 惠更斯原理	(336)
6 波的干涉	(336)
三 例题分析	(339)
四 习题	(360)

第八章 气体分子运动论 (373)

一 学习要求	(374)
二 学习重点和难点	(374)
1 理想气体的状态方程	(374)
2 物质分子运动论的三个基本观点 理想气体的分子模型	(378)
3 理想气体的压力公式	(379)
4 气体分子平均平动动能与温度的关系	(380)
5 能量按自由度均分原理 理想气体的内能	(382)
6 麦克斯韦速度分布律	(384)

7 分子的平均碰撞次数和平均自由程	(386)
三 例题分析	(387)
四 习题	(394)
第九章 热力学基础	(404)
一 学习要求	(404)
二 学习重点和难点	(404)
1 热力学第一定律	(404)
2 内能	(406)
3 热量	(407)
4 系统的功	(409)
5 热力学第一定律对理想气体几个过程的应用	(412)
6 循环过程 热机效率	(416)
7 卡诺循环	(418)
热力学第二定律	(419)
三 例题分析	(420)
四 习题	(440)

第一章 质点运动学

质点运动学是研究可以被看作质点的物体在空间的位置随时间变化的规律。

一、学 习 要 求

1. 深刻理解描述质点运动的四个基本物理量——位置矢量、位移、速度和加速度。
2. 掌握由运动方程求质点在任一时刻的位置、速度、加速度，和由初始条件建立运动方程的方法。
3. 熟练掌握和运用匀变速直线运动及曲线运动的规律。

二、学习重点和难点

1. 位置矢量 运动方程

位置矢量是描述质点在空间位置的物理量，它是一个状态参量。

例如在直角坐标系中，某质点位于 P 点，它的位置可用坐标 X 、 Y 、 Z 来确定，也可由从坐标原点 O 向 P 点作一有向线段 r 来表示，见图 1—1。矢量 r 称为 P 点的位置矢量，又称矢径。它的矢量表达式为

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

式中 $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 为分别沿 X 、 Y 、 Z 轴的单位矢量。位置矢量 $\mathbf{r}$ 的

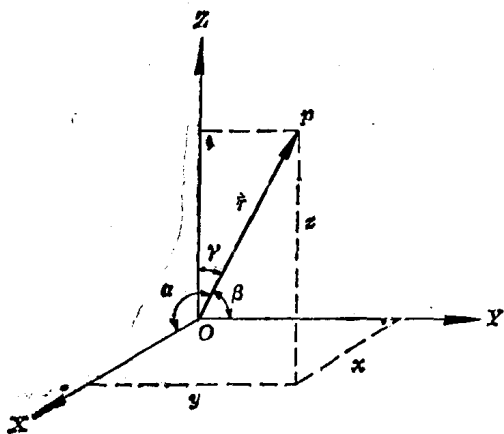


图 1-1

大小为

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

方向可用方向余弦来表示

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

位置矢量是一个有方向的物理量，它和质点运动过程中某一时刻相对应。采用不同的坐标系来描述质点的位置，显然 $\mathbf{r}$ 有不同的表达式。

质点运动时，位置矢量 $\mathbf{r}$ 随时间的变化而变化，所以它是时间 t 的函数，即 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ ，这一函数关系式称为质点的运动方程。运动方程的分量形式为

$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad z = z(t)$$

$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ 是运动方程的一般表达式，对于不同的运动其函数的形式不同。例如

$$x = vt \quad \text{为匀速直线运动}$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \text{ 为匀加速直线运动}$$

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \text{ 为简谐振动}$$

知道了质点的运动方程，就可确定质点在任一时刻的运动状态（位移、速度、加速度）。

2. 位移

位移是描述质点空间位置变化的物理量。

如图 1—2，在直角坐标系中，质点从初始位置 p_1 运动到末位置 p_2 ，其矢径由 $\mathbf{r}_1$ 变为 $\mathbf{r}_2$ ，从 p_1 指向 p_2 的有向线段 $\overrightarrow{p_1 p_2} = \Delta \mathbf{r}$

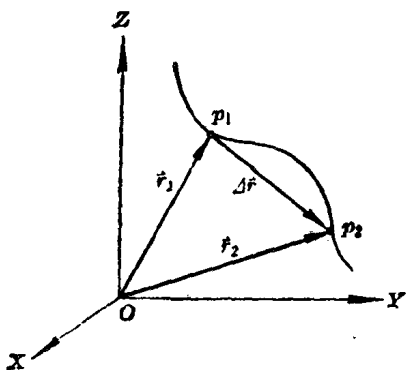


图 1—2

称为位移。显然

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 \quad (1-2)$$

它的矢量表达式为

$$\Delta \mathbf{r} = (x_2 - x_1)\mathbf{i} + (y_2 - y_1)\mathbf{j} + (z_2 - z_1)\mathbf{k}$$

位移 $\Delta \mathbf{r}$ 的大小为

$$\Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

其方向用方向余弦表示为

$$\cos \alpha = \frac{x_2 - x_1}{\Delta r} \quad \cos \beta = \frac{y_2 - y_1}{\Delta r} \quad \cos \gamma = \frac{z_2 - z_1}{\Delta r}$$

关于位移必须注意以下几点:

(1) 位移是矢量, 其方向总是由质点运动的起点指向质点运动的终点。若质点沿 X 轴运动, 则位移可表示为

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

式中 x_1 为起点的坐标, x_2 为终点的坐标。见图 1—3, 当 Δx 为正时, 表示位移方向与所取坐标轴的正方向一致; 当 Δx 为负时, 表示位移方向与所取坐标轴的正方向相反。

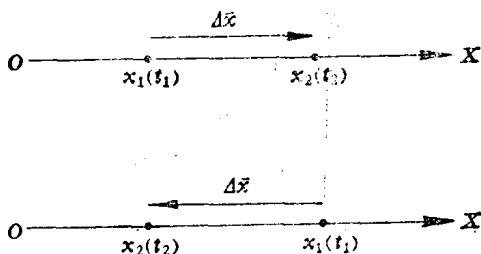


图 1—3

(2) 位移和位置矢量的区别

位移反映了质点在运动过程中位置的变化, 它总是和某一段“时间间隔”相对应的; 位置矢量反映了质点在空间的位置, 它总是和某一“时刻”相对应的。

(3) 位移和路程的区别

位移和路程是两个不同的概念。位移是矢量, 方向由质点运动的起点指向终点, 大小为起点和终点间的直线段长度; 路程是标量, 没有方向, 其大小为质点运动的起点到终点的轨迹长度。

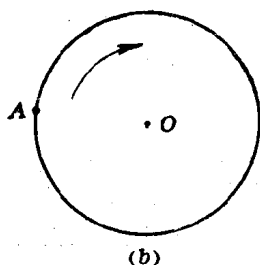
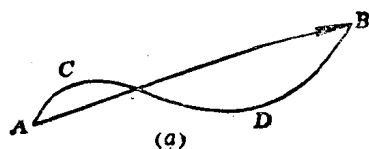


图 1-4

在一般情况下,位移和路程在数值上并不相等。例如在图 1—4(a) 中,质点从 $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$, 位移的大小 $\Delta r = |\overrightarrow{AB}|$, 路程 $\Delta s = ACDB$ 曲线长度, 显然位移大小不等于路程; 在图 1—4(b) 中, 质点从 A 沿圆周运动到 A , 位移大小 $\Delta r = 0$, 路程 $\Delta s =$ 圆周长, 这时位移大小也不等于路程。

只有当质点作方向不变的直线运动时, 位移和路程在数值上才相等。例如在图 1—5 中, 若质点由 $p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow p_3$, 位移大小 $\Delta r = |\overrightarrow{\Delta x}| = x_3 - x_1$, 路程 $\Delta s = |\overline{p_1 p_3}| = x_3 - x_1$, 这时位移大小等于路程。但是如果质点由 $p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow p_3 \rightarrow p_2$, 则位移大小 $\Delta r = |\overrightarrow{\Delta x}| = x_2 - x_1$, 路程 $\Delta s = |\overline{p_1 p_2}| + |\overline{p_2 p_3}| + |\overline{p_3 p_2}| = |x_2 - x_1| + |x_3 - x_2| + |x_2 - x_3|$, 显然, 质点虽作直线运动, 但运动方向改变时, 其位移和路程在数值上并不相等。

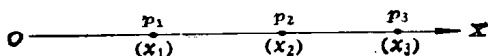


图 1-5

3. 速度

速度是描述质点的位移（大小、方向）随时间变化的物理量，或者说是描述物体运动快慢的物理量，它是矢量。

平均速度

如图 1-6 所示，设 t_1 时刻，质点位于 p_1 点（矢径为 $\mathbf{r}_1$ ）， t_2 时刻，质点位于 p_2 点（矢径为 $\mathbf{r}_2$ ），在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 这段时间内，质点的位移 $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ ，则在这段时间内的平均速度定义为

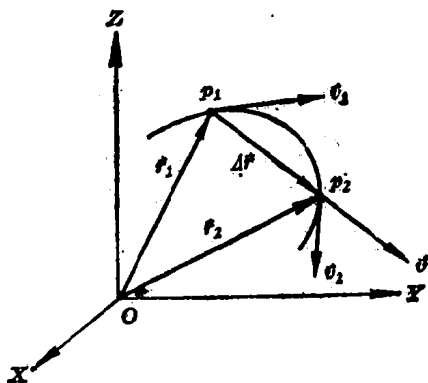


图 1-6

$$\mathbf{v} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (1-3)$$

其方向即为 $\Delta \mathbf{r}$ 的方向。

瞬时速度

用平均速度描述质点的运动并不能精确地反映质点在各个时

刻的运动情况。为此，我们缩短时间间隔 Δt ，显然， Δt 取得越短，则在 Δt 时间内的平均速度就越是接近真实情况。当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时，平均速度的极限值就能表达质点在某一时刻（或某一位置）的运动情况，这个平均速度的极限值称为瞬时速度，简称速度。其数学表达式为

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

从数学形式上来说，速度等于矢径函数 $\mathbf{r}$ 对时间的一次求导。瞬时速度的方向就是运动轨迹曲线在该点的切线方向，并指向前进的一侧，如图 1—6 中的 v_1 、 v_2 。

在直角坐标系中，速度可写作

$$\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k}$$

式中 v_x 、 v_y 、 v_z 为速度 $\mathbf{v}$ 在 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴上的分量，分别为

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad v_y = \frac{dy}{dt} \quad v_z = \frac{dz}{dt}$$

速度的大小

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

当物体作平面曲线运动时， $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ ，其方向 $\theta = \arctg \frac{v_y}{v_x}$ 。

质点在作直线运动时，如果速度（大小、方向）保持不变，这种运动称为匀速直线运动，如果速度的大小或方向改变，则称为变速直线运动。

关于速度，必须注意以下几点：

(1) 速度是矢量，具有方向，若物体沿 x 轴作直线运动，则

$v = \frac{dx}{dt}$ 。当 v 为正值时，即 $\frac{dx}{dt} > 0$ ，表示速度的方向（即质点