

PHYSICS

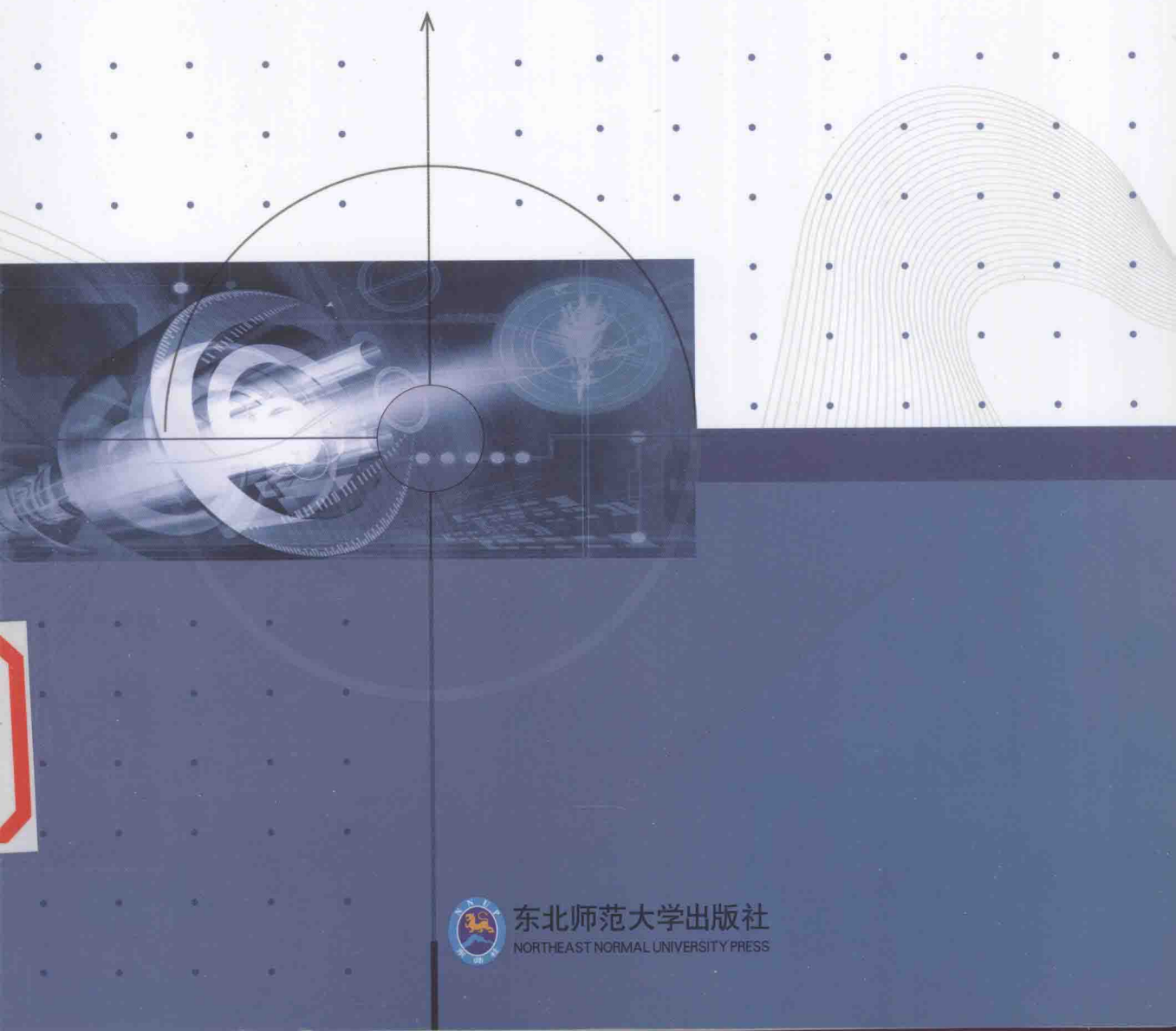


普通高等教育“十二五”创新型规划教材

物 理

许燕新 主 编

冯国良 李 健 董彦辉 崔石买 副主编



东北师范大学出版社
NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

物 理

主 编 许燕新
副主编 冯国良 李 健
董彦辉 崔石买

东北师范大学出版社
长 春

图书在版编目(CIP)数据

物理 / 许燕新主编. —长春: 东北师范大学出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5681 - 1142 - 3

I. ①物… II. ①许… III. ①物理学—高等职业教育—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 198696 号

☐责任编辑: 贾 音 ☐封面设计: 创智时代
☐责任校对: 王志茹 ☐责任印制: 刘兆辉

东北师范大学出版社出版发行
长春净月经济开发区金宝街 118 号(邮政编码: 130117)

电话: 0431-85687213 010-82893125

传真: 0431-85691969 010-82896571

网址: <http://www.nenup.com>

东北师范大学出版社激光照排中心制版

北京市彩虹印刷有限责任公司印装

北京市顺义区顺平路南彩段 5 号(邮政编码: 101300)

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 15.25 字数: 386 千

定价: 30.00 元

前 言

物理学是研究物质的基本结构、相互作用和物质最基本最普遍的运动形式及其相互转化规律的科学。它所阐述的基本规律和基本方法，不仅是学生继续学习专业课程和其他学科技术的基础，而且也是培养和提高学生科学素质、科学思维方法和科学研究能力的重要内容。

物理学是高职高专学生的一门重要的公共基础课。为了满足五年制高职高专教育教学需要，我们从五年制高职高专教育教学的特点、培养目标和素质教育出发，在参照教育部颁布的《中等职业学校物理教学大纲》和“高等学校工程专科物理学课程教学基本要求”的基础上编写了本书。

本书力求以简明、准确的语言阐述物理学中的定义、原理、定律和定理，引导、启发学生理解物理学的基本概念和基本规律。在保证全书必要的系统性、科学性和实用性的基础上，做到内容简单、结构精炼、语言通俗、知识够用。

编写本书的主要目的是：

满足五年制高职高专工科、医科等专业教育教学需要。

引导学生形成科学的实验方法、思维方法。

激发学生探索自然的兴趣，引导学生利用理论知识分析和解决生活中和学习中遇到的自然现象和实际问题。

面向学生的就业岗位要求，加强职业能力培养，突出职业教育特色。

编 者

目 录

第一章 直线运动	1
第一节 机械运动 质点	1
第二节 机械运动的描述	2
第三节 匀速直线运动	3
第四节 变速直线运动	4
第五节 匀变速直线运动	6
第六节 匀变速直线运动的速度和位移	7
第七节 匀变速直线运动的公式	8
第八节 自由落体运动	10
第二章 牛顿运动定律	14
第一节 牛顿第一定律 力	14
第二节 重力 弹力 摩擦力	16
第三节 牛顿第三定律	18
第四节 物体受力分析	19
第五节 力的合成	21
第六节 力的分解	23
第七节 牛顿第二定律	25
第八节 力学单位制 牛顿力学的适用范围	26
第九节 牛顿定律的应用	27
第三章 冲量与动量	31
第一节 动量 冲量 动量定理	31
第二节 动量守恒定律	33
第四章 功和能	37
第一节 功	37
第二节 功 率	39
第三节 动能 动能定理	40

第四节 势 能	42
第五节 机械能守恒定律	44
第五章 曲线运动 万有引力定律	47
第一节 曲线运动的概念	47
第二节 运动叠加原理 平抛运动	48
第三节 匀速圆周运动	50
第四节 向心力 向心加速度	52
第五节 力矩与力矩平衡条件	53
第六节 万有引力定律 人造地球卫星	54
第六章 机械振动与机械波	58
第一节 简谐振动	58
第二节 单摆的振动	60
第三节 受迫振动 共振	62
第四节 机械波	64
第五节 波的干涉与衍射	66
第七章 分子运动论 理想气体	71
第一节 分子运动论的基本论点	71
第二节 固 体	74
第三节 液 体	76
第四节 气 体	78
第八章 流体力学基础知识	86
第一节 液体内部的压强 帕斯卡定律	86
第二节 理想流体 稳流	87
第三节 流体连续性方程	88
第四节 伯努利方程	89
第五节 伯努利方程的简单应用	91
第九章 热量与功	93
第一节 内能热传递热量	93
第二节 物态变化时的潜热	95
第三节 热力学第一定律	98

第四节 能量守恒定律	100
第五节 低温技术简介	101
第六节 能源的开发、利用和节约	102
第十章 静电场	106
第一节 真空中的库仑定律	106
第二节 电场 电场强度 电场线	108
第三节 电势能 电势 电势差	111
第四节 等势面 电场强度与电势差的关系	114
第五节 带电粒子在电场中的运动	116
第六节 静电场中的导体与电介质	118
第七节 电容器 电容	122
第八节 静电在工程上的应用	125
第十一章 稳恒电流	128
第一节 电 流	128
第二节 部分电路的欧姆定律 电阻率	129
第三节 串联与并联电路	132
第四节 电功及电功率 焦耳定律	135
第五节 电源的电动势 闭合电路欧姆定律	137
第六节 电源的输出功率	140
第七节 电阻的测量	142
第十二章 磁 场	146
第一节 磁现象 磁场	146
第二节 磁感应强度 磁通量	149
第三节 匀强磁场对通电导线的作用	151
第四节 磁场对运动电荷的作用力	154
第十三章 电磁感应	160
第一节 电磁感应现象	160
第二节 法拉第电磁感应定律	163
第三节 互感与自感	164

第十四章 电磁振荡和电磁波	171
第一节 电磁振荡	171
第二节 电磁场与电磁波	174
第三节 电磁波的发射	176
第四节 电磁波的接收 电谐振	179
第十五章 光学基础知识及应用	181
第一节 光的折射 全反射	181
第二节 透镜成像	184
第三节 眼 睛	186
第四节 医用光学仪器	189
第十六章 光的本性	193
第一节 光的干涉	193
第二节 光的衍射	195
第三节 光的偏振	197
第五节 光的粒子性	198
第六节 光的波粒二象性	201
第十七章 原子物理基础知识及其医学应用	203
第一节 原子结构	203
第二节 原子光谱和分子光谱	205
第三节 激 光	207
第四节 X 射线	209
第五节 原子核的放射性	211
附录 I 国际单位制	220
附录 II 常用基本物理常量	222
参考文献	223
参考答案	224

第一章 直线运动

自然界中的一切物体，大到日月星辰，小到分子、电子等微观粒子都处于永不停息的运动状态中，即运动是普遍的、绝对的。本章介绍机械运动及其相关概念，并对直线运动的规律作分析研究。

第一节 机械运动 质点

一、机械运动

自然界中的一切物体都处于运动之中，如地球的自转与公转、刺破夜空的流星、飞翔于蓝天的鸟儿、自由运动的电子等。尽管这些运动的属性各不相同，但却有一个共同的特征，即物体的位置随时间在变动。一个物体相对于另一个物体的位置变动称为机械运动，简称运动。运动物体通过的实际路径称为物体运动的轨迹。物体运动的轨迹是直线的运动称为直线运动；物体运动的轨迹是曲线的运动称为曲线运动。

二、参考系

运动是普遍的、绝对的，而静止是相对的，即描述一个物体的运动状态时必须选定另一个物体作为标准。例如，一辆行驶在公路上的大客车，客车上的乘客认为客车是静止的，而路边的行人看到客车是运动的……在描述物体运动状态时，被选作参考的另一物体称为参考系（参照物）。一般选地球或静止在地球上的物体为参考系，此时参考系可以不用说明；若选地球上运动的物体为参考系，参考系必须加以说明。

三、质点

任何物体都有质量、大小和形状。一般情况下由于物体上各点的运动状态不同，物体的大小和形状不能忽略。但当物体平动时，如矿车、火车的运动；或当物体公转且转动物体距转轴的距离 d 远大于物体本身的几何尺寸 φ ($d \gg \varphi$) 时，如地球绕太阳公转的运动，地球与太阳间的距离 $d \approx 1.5 \times 10^{12}$ km 远大于地球的直径 $\varphi \approx 1.3 \times 10^4$ km。此时由于物体上各点的运动情况几乎相同，则可以用一个只有质量的点来代替整个物体。这种只有质量而没有大小和形状的点称为质点。

一个物体能否当作质点，要根据具体问题而定。研究地球绕太阳公转时可以将地球当作质点；而研究地球自转时就不能将地球当作质点。

质点是抽象化的理想模型，突出了物体的质量这一主要特征，而忽略了其形状与大小等次要特征，使得问题的研究简单化。本章所研究的物体除特别说明外都可以当作质点。

第二节 机械运动的描述

任何物体的运动都是在一定的时间和空间中进行的,因此,描述物体的机械运动就是对运动作时间与空间的描述.

一、标量与矢量

只有大小而没有方向的量称为标量,如时间 t 、质量 m 、体积 V 、路程 s 等. 求标量的和采用代数和运算,两个标量只要其数值相同则相等.

既有大小又有方向的量称为矢量,如力 F 、位移 x 、速度 v 、加速度 a 等. 矢量可以用一条带箭头的线段来表示,线段按一定的比例画出,线段的长度表示矢量的大小,箭头的指向表示矢量的方向,如图 1-1 所示. 当选定了坐标正方向后,与坐标正方向相同的矢量取正值,而与坐标正方向相反的矢量取负值,这样矢量的大小和方向可用一个带正号或负号的数值来表示. 求矢量的和采用平行四边形法则. 两个矢量只有当其大小相等且方向相同时才相等.



图 1-1 矢量的表示

二、位置、路程与位移

要描述质点的运动,首先必须确定质点所处的位置. 当质点做直线运动时,可建立坐标系 Ox ,则质点在任一点 P 的位置就由点 P 的坐标 $P(x)$ 唯一确定,如图 1-2(a)所示;当质点在某一平面内做曲线运动时,可建立平面直角坐标系 xOy ,则质点在任一点 P 的位置就由点 P 的坐标 $P(x, y)$ 唯一确定,如图 1-2(b)所示.

质点运动开始时所处的位置称为初位置;运动终止时所处的位置称为末位置.

当质点由初位置 O 沿曲线运动到末位置 M 时,质点通过的实际路径(弧线 OM)的长度称为路程,由初位置 O 指向末位置 M 的有向线段 $\overrightarrow{OM}$ 称质点在这段时间内的位移,如图 1-3 所示.

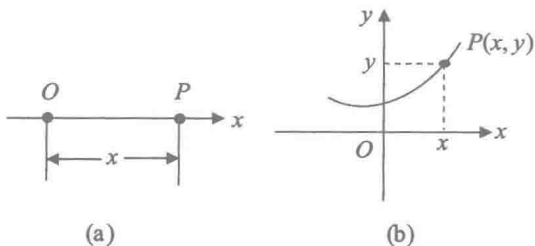


图 1-2 质点位置的确定

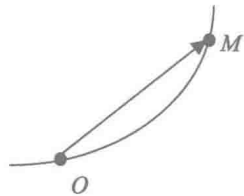


图 1-3 路程与位移

路程只有大小没有方向,是标量,其不仅与始末位置有关而且与路径有关. 位移不仅有大小而且有方向,是矢量,其只与始末位置有关而与路径无关. 图 1-3 中的有向线段 $\overrightarrow{OM}$ 的长度表示位移的大小,其方向表示位移的方向. 只有做单向直线运动的质点,其位移的大小才与路程相等. 在国际单位制中,路程和位移的单位是“米(m)”.

三、时间与时刻

在描述质点运动时,时间、时刻是常用而又容易混淆的两个概念.时刻是指某一瞬间;时间是指某两个时刻之间的间隔.一段时间的起始时刻称为初时刻,终止时刻称为末时刻.例如,火车 6:00 从天津站开出,7:15 到达北京站,这里的 6:00 和 7:15 就是火车开出和到达的时刻,即初时刻和末时刻,这两个时刻之间相隔的 74 分钟就是火车运行的时间.即时刻与位置对应,时间与位移对应.在国际单位制中,时间的单位是“秒(s)”.

思考与练习(1.2)

1. 判断题(正确的打√,错误的打×).

(1)矢量为正值时,表明该矢量的方向与坐标正方向相同. ()

(2)两个矢量符号相反,表明这两个矢量方向相反. ()

(3)标量求和采用代数和,矢量求和采用平行四边形法则. ()

(4)位移的大小就是路程. ()

(5)若质点的末位置与初位置在同一位置,则该质点通过的位移一定为零. ()

(6)若质点的末位置与初位置在同一位置,则该质点通过的路程一定为零. ()

2. 下述说法中,表示时刻的有_____ ;表示时间的有_____.

- ①第 1 秒末 ②第 1 秒内 ③第 3 秒初 ④前 3 秒 ⑤后 2 秒 ⑥凌晨 3 点
⑦半夜三更 ⑧午时三刻

3. 质点沿半径为 2 m 的圆形轨道运动一周,该质点的路程是_____m,位移的大小是_____m.

第三节 匀速直线运动

直线运动按速度划分为匀速直线运动和变速直线运动,而变速直线运动又分为匀变速直线运动和非匀变速直线运动.本节介绍匀速直线运动.

一、匀速直线运动

在一条直线上运动的质点,如果在任意相等的时间内通过的位移都相等,则这一质点的运动称为匀速直线运动.

二、速度

在匀速直线运动中,质点的位移与发生此位移的时间成正比,其比值是一个恒量(矢量).在不同的匀速直线运动中,这个比值是不同的,该比值越大表示质点运动越快.因此,可以用这个比值来描述质点运动的快慢和方向.

在匀速直线运动中,质点通过的位移 x 与发生该位移所用的时间 t 之比称为该匀速直线运动的速度 v ,即

$$v = \frac{x}{t}$$

速度的方向与位移的方向相同.在国际单位制中,速度的单位是“米/秒(m/s)”.

三、速度-时间图像($v-t$ 图像)

速度与时间的关系也可以用图像来表示, 这种图像称为速度-时间图像($v-t$ 图像).

匀速直线运动的 $v-t$ 图像如图 1-4 所示, 由此图像不仅可以看出质点运动的速度的大小, 而且可以求出位移的大小. $v-t$ 图像的几何意义是: 质点在时间 t 内通过的位移的大小等于图 1-5 中阴影部分的面积. 可以证明此结论对变速直线运动也成立.

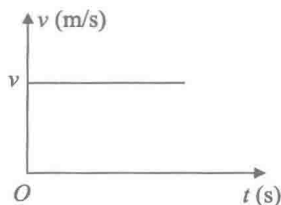


图 1-4 匀速直线运动的 $v-t$ 图像

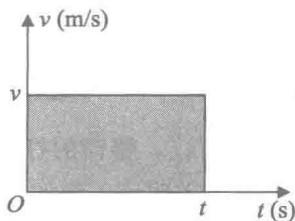


图 1-5 匀速直线运动的位移

思考与练习(1.3)

1. 判断题(正确的打√, 错误的打×).

(1) 匀速直线运动就是速度不变的运动. ()

(2) 匀速直线运动就是位移相等的运动. ()

(3) 匀速直线运动的速度方向就是质点的运动方向. ()

(4) 匀速直线运动在任一时刻的速度大小相等, 方向可能相反. ()

2. 一质点做匀速直线运动, 在 5 s 内的位移大小是 10 m, 则在 10 s 内的位移大小是 _____ m, 其速度大小是 _____ m/s.

第四节 变速直线运动

一、变速直线运动

匀速直线运动在现实中基本见不到, 而变速直线运动在现实中随处可见.

在一条直线上运动的质点, 如果在相等的时间内通过的位移不相等, 这一质点的运动就称为变速直线运动.

为了描述变速直线运动的快慢和方向, 下面引入平均速度和瞬时速度概念.

二、平均速度

做变速直线运动的质点通过的位移 x 与发生这一位移所用时间 t 的比值, 称为质点在该位移或该时间内的平均速度 $\bar{v}$, 即

$$\bar{v} = \frac{x}{t}$$

平均速度的大小反映了做变速直线运动的质点在某一段位移或某一段时间内运动的平均快慢程度. 很多时候, 在不强调方向的前提下, 平均速度也常用 $\bar{v}$ 来表示.

在变速直线运动中, 不同位移或不同时间内的平均速度不同, 因此, 表述平均速度时必

须说明是哪段位移或哪段时间内的平均速度.

例 1 矿车沿一直线轨道运动, 若已知该矿车在第 1 s、第 2 s、第 3 s 内通过的位移分别为 2 m、4 m 和 6 m, 求矿车前 2 s、后 2 s 及前 3 s 内平均速度的大小.

解 依题意, 矿车在前 2 s、后 2 s 及前 3 s 内平均速度的大小分别为

$$\bar{v}_{0-2} = \frac{2+4}{2} = 3 \text{ m/s}$$

$$\bar{v}_{1-3} = \frac{4+6}{2} = 5 \text{ m/s}$$

$$\bar{v}_{0-3} = \frac{2+4+6}{3} = 4 \text{ m/s}$$

答: 矿车前 2 s、后 2 s 及前 3 s 内平均速度的大小分别为 3 m/s、5 m/s 和 4 m/s.

三、瞬时速度

平均速度反映了做变速直线运动的质点在某一段位移或某一段时间内运动的平均快慢程度, 而要描述质点在某一时刻或某一位置运动的快慢程度就需要引入瞬时速度. 做变速直线运动的质点在某一时刻或某一位置的速度称为瞬时速度, 简称速度.

如图 1-6 所示, 质点在位置 P 或时刻 t 的瞬时速度为

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

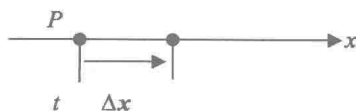


图 1-6 瞬时速度

瞬时速度的大小称为瞬时速率, 简称速率, 反映质点在该位置或该时刻运动的快慢程度; 瞬时速度的方向与质点在该位置或该时刻运动的方向相同.

在国际单位制中, 平均速度、瞬时速度的单位是“米/秒(m/s)”.

思考与练习(1.4)

1. 判断题(正确的打√, 错误的打×).

- (1) 变速直线运动就是速度随时变化的运动. ()
- (2) 变速直线运动在任意相等时间内的位移不相同. ()
- (3) 变速直线运动在任意相等时间内的平均速度都相同. ()
- (4) 匀速直线运动在任意时间内的平均速度都相同. ()
- (5) 匀速直线运动在任意时刻的瞬时速度都相同. ()
- (6) 匀速直线运动的平均速度与瞬时速度相同. ()

2. 子弹以 700 m/s 的速度从枪口射出, 指的是_____速度; 飞机从北京飞到上海的飞行速度是 600 m/s, 指的是_____速度; 公路旁的速度限制牌限制的是汽车的速度.

3. 一质点从 A 点出发经 0.5 s 沿正西方向运动了 4 m 到达 B 点, 然后再经 0.5 s 沿正东方向运动了 3 m 到达 C 点, 则该质点在第一个 0.5 s 内的平均速度大小是_____, 其方向是_____; 第二个 0.5 s 内的平均速度大小是_____, 其方向是_____; 整个 1 s 内的平均速度大小是_____, 其方向是_____.

第五节 匀变速直线运动

一、匀变速直线运动

变速直线运动的特点是速度随时间而变，其形式包括两类：一类是匀变速直线运动，另一类是非匀变速直线运动。匀变速直线运动是一种最简单、最基本的变速直线运动。

在一直线上运动的质点，如果在任意相等的时间内速度的改变量都相同，则这一质点的运动称为匀变速直线运动。

匀变速直线运动分为匀加速直线运动和匀减速直线运动。质点的速度大小随时间均匀增加的运动称为匀加速直线运动；质点的速度大小随时间均匀减少的运动称为匀减速直线运动。

二、加速度

运动员投掷铅球时，铅球的速度由零增加到 17 m/s 需要用时 0.2 s ；而迫击炮发射时，炮弹在短暂的 0.05 s 内速度就由零增加到 250 m/s ，说明不同的变速直线运动其速度变化的快慢不同。为描述变速直线运动速度变化的快慢，下面引入加速度的概念。

做变速直线运动的质点，其速度的改变量 Δv 与发生这一改变量所用时间 t 之比称为该变速直线运动的加速度 a ，即

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_t - v_0}{t}$$

在国际单位制中，加速度的单位是“米/秒² (m/s^2)”。

加速度是矢量，其大小等于单位时间内速度的改变量，反映变速直线运动速度变化的快慢；若选初速度 v_0 的方向为坐标正方向，则当 $a > 0$ 时，加速度方向与初速度方向相同；当 $a < 0$ 时，加速度方向与初速度方向相反(如图 1-7 所示)。

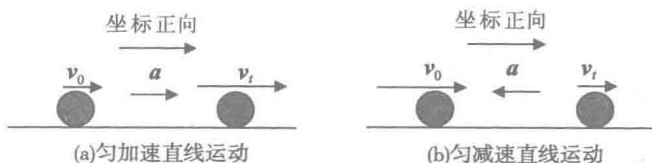


图 1-7 加速度方向

在匀变速直线运动中，加速度的大小、方向都不变，即匀变速直线运动的特征是加速度不变；匀速直线运动的特征是加速度为零。

值得注意的是，加速度的大小只与速度变化的快慢有关，而与速度改变量的大小及速度的大小无关。

例 2 矿车制动后，其速度在 2 s 内由 8 m/s 均匀减小为零，求矿车制动后的加速度。

解 选矿车初速度方向为坐标正方向

由已知 $v_0 = 8 \text{ m/s}$ ， $v_t = 0$ ， $t = 2 \text{ s}$ 得矿车制动后的加速度为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0 - 8}{2} = -4 \text{ m/s}^2$$

答：矿车制动后的加速度的大小为 4 m/s^2 ，其方向与初速度的方向相反。

思考与练习(1.5)

1. 判断题(正确的打√, 错误的打×).

- (1) 匀变速直线运动的加速度不变. ()
- (2) 匀变速直线运动的速度越大其加速度越大. ()
- (3) 匀变速直线运动的速度改变量越大其加速度越大. ()
- (4) 匀变速直线运动的速度变化越快其加速度越大. ()
- (5) 加速度 $a_1 = -5 \text{ m/s}^2$ 小于 $a_2 = 3 \text{ m/s}^2$. ()
- (6) 匀变速直线运动的加速度方向与初速度方向相同. ()
- (7) 匀减速直线运动的加速度方向与初速度方向相反. ()

2. 加速度 $a = -3 \text{ m/s}^2$ 的物理意义是什么?

第六节 匀变速直线运动的速度和位移

一、匀变速直线运动的速度

由匀变速直线运动加速度定义可得

$$v_t = v_0 + at$$

上式就是匀变速直线运动的速度公式, 它反映了匀变速直线运动的速度与时间的关系. 这一关系的图像称为速度-时间图像($v-t$ 图像)(如图 1-8 所示).

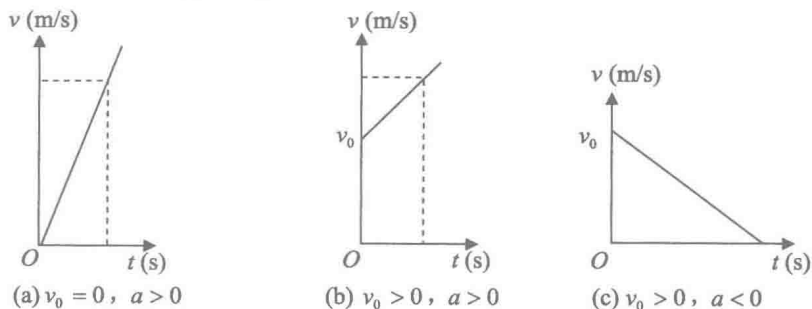


图 1-8 匀变速直线运动的 $v-t$ 图像

例 3 矿车紧急制动时的加速度大小是 3 m/s^2 , 如果必须在 2 s 内停下来, 矿车行驶的最大允许速度是多少?

解 由题义, 已知 $a = -3 \text{ m/s}^2$, $t = 2 \text{ s}$, $v_t = 0$.

求 $v_0 = ?$

$$\because v_t = v_0 + at,$$

$$\therefore v_0 = v_t - at = 0 - (-3) \times 2 = 6 \text{ m/s}.$$

答: 矿车行驶的最大允许速度是 6 m/s .

二、匀变速直线运动的位移

由匀变速直线运动 $v-t$ 图像的几何意义知, 做匀变速直线运动的质点在时间 t 内的位移在数值上等于图 1-9 中阴影部分的面积, 即

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

上式就是匀变速直线运动的位移公式，它反映了匀变速直线运动位移的大小与时间之间的关系。

例 4 一质点以 1 m/s^2 的加速度做匀加速运动，在 12 s 内通过的位移是 180 m 。求该质点开始加速时的速度。

解 由题义，已知 $a = 1 \text{ m/s}^2$ ， $t = 12 \text{ s}$ ， $x = 180 \text{ m}$ 。

求 $v_0 = ?$

$$\because x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2,$$

$$\therefore v_0 = \frac{x - \frac{1}{2} a t^2}{t} = \frac{180 - \frac{1}{2} \times 1 \times 12^2}{12} = 9 \text{ m/s}.$$

答：质点开始加速时的速度是 9 m/s 。

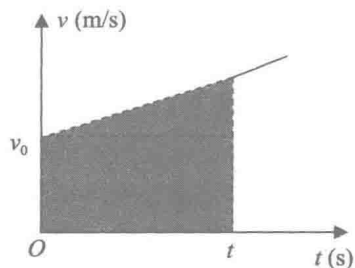


图 1-9 匀变速直线运动的位移

思考与练习(1.6)

1. 判断题(正确的打√，错误的打×)。

(1) 匀变速直线运动的末速度 v_t 与初速度 v_0 的方向相同。 ()

(2) 匀变速直线运动的位移方向与初速度方向相同。 ()

(3) 匀减速直线运动的速度越来越小，位移越来越小。 ()

(4) 匀减速直线运动的速度越来越小，位移越来越大。 ()

(5) 匀加速直线运动的速度越来越大，加速度越来越大。 ()

(6) 匀减速直线运动的速度越来越小，加速度越来越大。 ()

2. 某质点由静止开始做匀加速直线运动，在第 1 s 内的位移是 3 m ，则它在前 3 s 内的位移是 _____ m ，第 3 s 内的位移是 _____ m ，第 2 s 末的速度是 _____ m/s ，第 3 s 初的速度是 _____ m/s ，整个运动过程的加速度是 _____ m/s^2 。

3. 矿车由静止开始以 0.2 m/s^2 的加速度沿斜井加速下行，经过 20 s 矿车抵达井底，则斜井长度是 _____ m 。

第七节 匀变速直线运动的公式

匀变速直线运动的公式分为基本公式与导出公式。

一、两个基本公式

上节介绍的匀变速直线运动的速度公式与位移公式称为匀变速直线运动的基本公式，即

$$v_t = v_0 + at$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

二、两个导出公式

由匀变速直线运动的两个基本公式推导出的公式称为匀变速直线运动的导出公式，即

$$v_t^2 - v_0^2 = 2ax$$

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

当质点由静止开始做匀加速直线运动时, 即 $v_0=0$ 时, 上述公式简化为

$$v_t = at, \quad x = \frac{1}{2}at^2$$

$$v_t^2 = 2ax, \quad \bar{v} = \frac{v_t}{2}$$

上述基本公式与导出公式揭示了匀变速直线运动的运动规律.

例 5 火车以 5 m/s 的初速度在平直铁轨上匀加速行驶了 500 m 后, 其速度增大为 15 m/s, 求火车行驶的时间.

解 依题意, 已知 $v_0=5$ m/s, $v_t=15$ m/s, $x=500$ m.

求 $t=?$

法一: $\because v_t^2 - v_0^2 = 2ax,$

$$\therefore a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2x} = \frac{15^2 - 5^2}{2 \times 500} = 0.2 \text{ m/s}^2.$$

又 $\because v_t = v_0 + at,$

$$\therefore t = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{15 - 5}{0.2} = 50 \text{ s}.$$

法二: $\because \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} = \frac{5 + 15}{2} = 10 \text{ m/s},$

$$\text{又} \because \bar{v} = \frac{x}{t}, \therefore t = \frac{x}{\bar{v}} = \frac{500}{10} = 50 \text{ s}.$$

答: 火车行驶的时间是 50 s.

思考与练习(1.7)

1. 判断题(正确的打√, 错误的打×).

(1) 公式 $\bar{v} = \frac{x}{t}$ 适用于任何变速直线运动. ()

(2) 公式 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 适用于任何变速直线运动. ()

(3) 公式 $v_t^2 - v_0^2 = 2ax$ 只适用于匀变速直线运动. ()

(4) 公式 $v_t = at$ 、 $x = \frac{1}{2}at^2$ 、 $v_t^2 = 2ax$ 、 $\bar{v} = \frac{v_t}{2}$ 只适用于初速度为零的匀变速直线运动. ()

(5) 公式 $v_t = v_0 + at$ 、 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 、 $v_t^2 - v_0^2 = 2ax$ 、 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 只适用于匀变速直线运动. ()

2. 一质点以 1 m/s² 的加速度行驶了 1.9×10^2 m 用时 12 s, 则该质点开始加速时的速度是_____, 12 s 末的速度是_____.

3. 汽车以 10 m/s 的速度运动, 制动后的加速度是 -5 m/s², 则汽车滑行的距离是_____.