

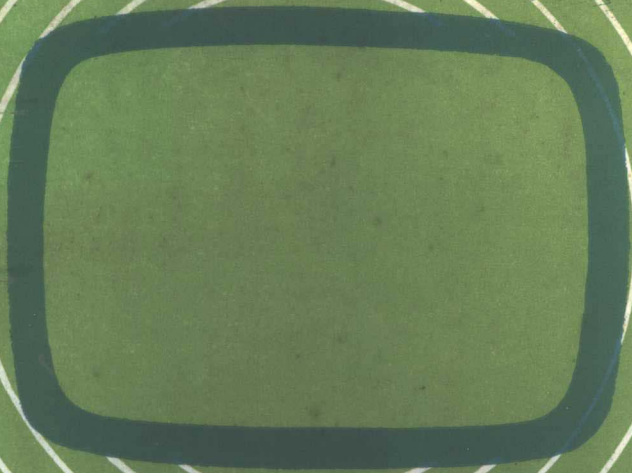
789607

杨胜伟 马世言 杨枫 编

33

4672

T.1



职大·电大·函授·夜大·自学

普通物理学辅导书

上册

高等教育出版社

72

789607

33

4672

T·1

33
4672
T·1

职大·电大·函授·夜大·自学

普通物理学辅导书

上册

杨胜伟 马世言 杨枫 编

高等教育出版社

内 容 简 介

本书是根据原教育部一九八三年十一月审定的《职工高等工业专科学校普通物理学教学大纲》(草案)和中央广播电视大学普通物理教学计划编写的。全书分上、中、下三册。本书为上册,其内容为力学、机械振动和机械波、气体分子运动论和热力学基础等三篇共九章。每章都由“主要内容的轮廓”、“基本概念和基本规律”、“解题指导”和“复习题”四部分组成。书后附有中央广播电视大学和北京市职工大学统考试题和四组综合练习题,并附有答案和解答。全书采用国际单位制。

本书为适应成人学习的需要,根据成人学习的特点编写而成。本书的特点为:对每章的主要内容以图表形式联系起来;对一些基本概念和规律采用对比的方法,并结合思考题加以深入阐述;对习题进行归纳分类,并按解题程序解题,以帮助读者更好地掌握基本内容和培养读者的解题能力。

本书可供职工大学、广播电视大学、函授大学、夜大学及自学者使用,也可供理工类普通高等专科学校学生以及教师参考。

责任编辑 黄勇

职大·电大·函授·夜大·自学

普通物理学辅导书

上 册

杨胜伟 马世言 杨枫 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京第二新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 402,000

1986年9月第1版 1985年9月第1次印刷

印数 00,001—12,500

书号 13010·01312 定价 2.95元

78018<

前 言

作为成人教育工作者,我们深知成人教育事业的重要性,又深为学员们的刻苦学习精神所感动。为他们的学习创造更好的条件,是我们共同的愿望。

根据原教育部于1983年11月审定的《职工高等工业专科学校普通物理学教学大纲》(草案)和中央广播电视大学普通物理学教学计划的要求,结合多年从事成人高等教育的教学体会,我们编写了此书。全书分上、中、下三册。上册包括力学、机械振动和机械波、气体分子运动论和热力学基础。中册的内容为电磁学。下册包括波动光学、近代物理基础。为配合中央广播电视大学讲播《普通物理学》的计划,满足读者能在1985年初使用此书的要求,本书先出版中册,再出版下册,最后出版上册。

在编写过程中,承蒙罗纪伟、金占旺、林玉华、薛俊卿、彭喜东、顾萍等同志的大力帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,时间仓促,某些方面仅是初步尝试,书中不妥和错误之处在所难免,请读者批评指正。

编 者

1986年2月于北京

目 录

第一篇 力 学

第一章 运动的描述3

§ 1-1 主要内容的轮廓3

§ 1-2 基本概念和基本规律3

一、质点和刚体3

二、参照系和坐标系4

三、时刻和时间4

四、描述质点运动的四个基本物理量5

五、直线运动的图线13

六、直线运动的规律14

七、平面曲线运动17

八、描述刚体定轴转动的四个基本物理量19

九、角量和线量的关系20

§ 1-3 解题指导22

一、已知运动方程求各量22

二、已知速度或加速度求运动方程25

三、关于匀变速运动的习题27

四、关于曲线运动的习题29

复习题33

第二章 牛顿运动定律35

§ 2-1 主要内容的轮廓35

§ 2-2 基本概念和基本规律36

一、牛顿第一定律36

二、牛顿第二定律37

三、牛顿第三定律38

四、力39

§ 2-3 解题指导43

一、物体的受力分析43

二、牛顿运动定律的应用47

三、力和运动的关系58

复习题61

第三章 动量 动量守恒定律65

§ 3-1 主要内容的轮廓65

§ 3-2 基本概念和基本规律66

一、动量和冲量66

二、动量定理67

三、动量守恒定律70

§ 3-3 解题指导71

一、动量定理的应用71

二、动量守恒定律的应用76

复习题81

第四章 功和能83

§ 4-1 主要内容的轮廓84

§ 4-2 基本概念和基本规律84

一、功 功率84

二、动能88

三、动能定理90

四、势能91

五、功能原理95

六、机械能守恒定律95

七、碰撞96

八、动力学小结97

§ 4-3 解题指导97

一、功的计算97

二、动能定理的应用101

三、功能原理的应用104

四、机械能守恒定律的应用107

五、关于质点动力学的综合题111

六、质点动力学解题小结114

复习题117

第五章 刚体定轴转动动力学119

§ 5-1 主要内容的轮廓119

§ 5-2 基本概念和基本规律119

一、刚体的定轴转动119

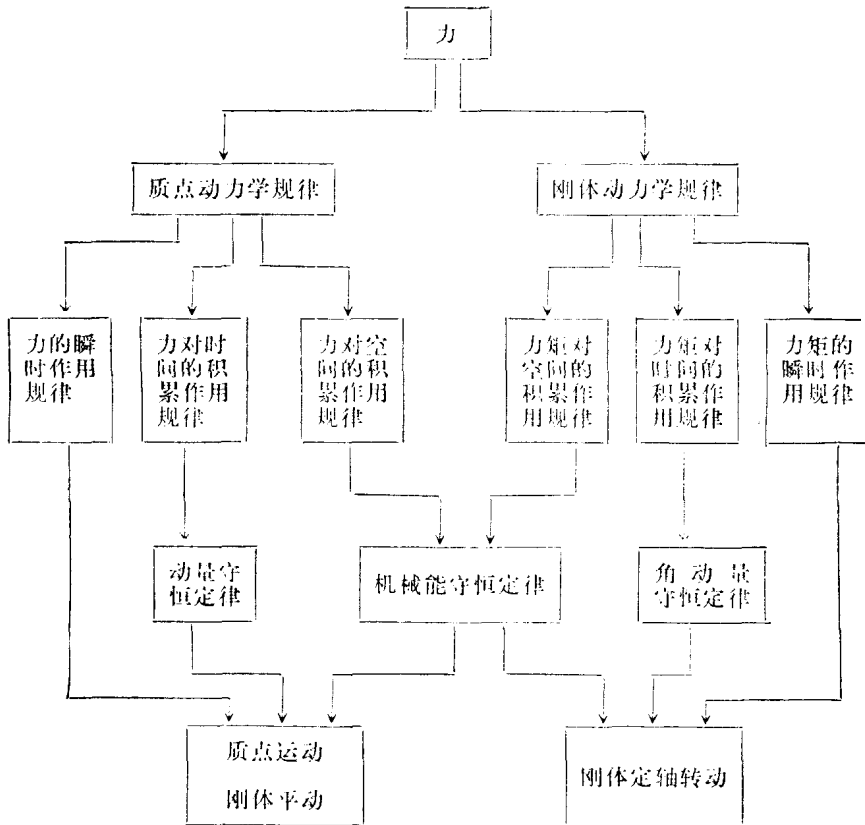
| | | | |
|----------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 一、关于热力学第一定律的简单计算····· | 221 | 四、北京市职工大学八四级力学、 热学统考试题····· | 242 |
| 二、热力学第一定律对理想气体在四个过 程中的应用····· | 221 | [附录II] 综合练习题 ····· | 245 |
| 三、热机效率的计算····· | 228 | 第一组综合练习题····· | 245 |
| 四、热力学综合题····· | 229 | 第二组综合练习题····· | 248 |
| 复习题····· | 232 | 第三组综合练习题····· | 250 |
| [附录I] 电大、职大统考试题 ····· | 234 | 第四组综合练习题····· | 252 |
| 一、中央广播电视大学八二级力学、 热学试题····· | 234 | [附录III] 答案 ····· | 255 |
| 二、中央广播电视大学八四级力学、 热学试题····· | 236 | 复习题答案····· | 255 |
| 三、北京市职工大学八三级力学、 热学统考试题····· | 238 | [附录I]答案····· | 260 |
| | | [附录II]答案····· | 268 |

第一篇 力 学

在物质的各种运动中,最简单、最基本的运动形式是机械运动,即一物体相对于其他物体位置的移动。研究机械运动规律的学科叫力学。

本篇只讨论质点的平动和刚体的定轴转动,关于振动和波的内容放在下一篇中单独讨论。

力学内容包括运动学和动力学两部分。动力学部分是本篇重点内容,着重研究质点动力学和刚体动力学规律。本篇内容的总轮廓如下图所示。



力学是普通物理学的重要组成部分之一,是普通物理学的基础,它与其它自然科学有着密切的联系,因此,认真学好力学是十分必要的。学习本篇内容,需要具备必要的微积分、矢量等数学知识。

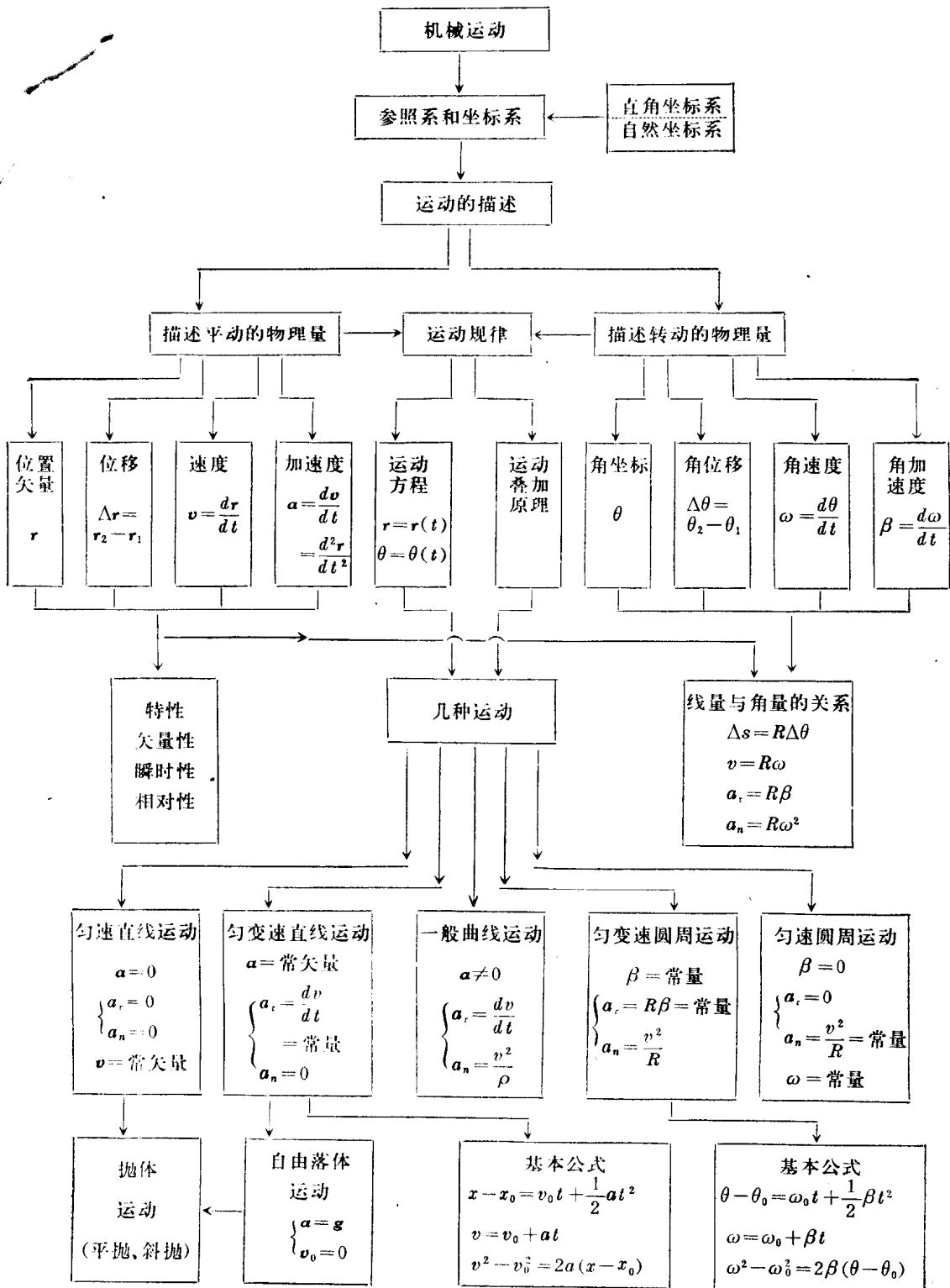


图 1-1

第一章 运动的描述

本章包括质点运动学、刚体的平动和刚体的定轴转动等。这里只讨论物体的运动现象以及运动物体的位置随时间变化的规律，不涉及物体为什么做这种或那种运动的力学实质。本章着重加强基本概念的阐述，因为正确理解几个基本概念(速度、加速度等)，是学好本章和本篇内容的基础。

§1-1 主要内容的轮廓

本章指出要描述物体的运动，必须建立参照系和坐标系，指出为描述平动和转动引入理想模型——质点和刚体概念的重要意义。主要介绍描述平动的四个重要物理量，即位置矢量(坐标)、位移、速度和加速度，并由速度定义导出描述运动的基本规律——运动方程。根据运动方程讨论了几种常见的运动。还用比较的方法引入描述转动的四个重要物理量(角坐标、角位移、角速度和角加速度)，导出描述转动的基本规律。本章主要内容的轮廓如图 1-1 所示。

§1-2 基本概念和基本规律

一、质点和刚体

质点和刚体都是从实际中抽象出来的一种力学研究对象。有质量而无形状和大小的理想物体，称为质点。在运动过程中，各部分的大小和形状都不会改变的物体，称为刚体。刚体可视为任意两质点间的距离保持不变的质点组。质点和刚体是物理学中最基本的理想模型。

关于质点和刚体，我们应明确以下几点：

1. 把物体理想化是物理学中常用的一种科学研究方法。客观事物是复杂的，拿一个物体来说，它具有位置、形状、颜色、温度、内部物质结构等性质。在研究某一方面问题时，只有保留其主要性质，忽略次要性质，建立一个理想模型，才容易找到规律。也只有建立不同的模型，才能找到事物各个方面的规律，才能认识复杂的事物，可以说离开了理想模型，物理学的发展寸步难行。尽管理想模型是抽象的，但它是从真实物体或物理现象中抽象出来的，并不脱离实际。物理学中的理想模型，比如，点电荷、理想气体等都经得住实践的检验。

2. 理想模型是科学的抽象。实际的质点和刚体是不存在的。一个物体在这个问题中，可以当做质点或刚体；在另一个问题中，就不一定能当做质点或刚体。一般说来，在所研究的问题中，可以不考虑与物体转动有关的问题，不涉及物体内部各部分的相对运动，那么这个物体就可以当做质点。譬如，在研究发射的炮弹，飞多高、打多远时，可以将炮弹看成质点，而在研究炮弹飞行过程中的旋转问题时，炮弹的形状和大小起着关键作用，因而就不能把炮弹再看做质点。

二、参照系和坐标系

(一) 参照系

无论从机械运动,还是从其它运动形式来说,自然界中的一切物质都处于永恒的运动之中。运动和物质是不可分割的,运动是物质存在的形式,是物质的固有属性,这就是运动本身的绝对性。在错综复杂的运动中,要描述一个物体的机械运动,总得选择另一个物体或几个彼此之间相对静止的物体作为参考,然后研究这个物体相对于这些物体是如何运动的。被选作参考的物体,称为参照系。这里我们应明确:

1. 同一物体的运动,由于我们所选取的参照系不同,对其运动的描述就会不同。比如,在作匀速直线运动的车厢中,有一个自由下落的物体,以车厢为参照系,物体做直线运动;以地面为参照系,物体做平抛运动。在不同的参照系中,对同一个物体的运动可以作不同描述的事实,称为运动的相对性。因此,今后研究物体运动时,必须首先明确是以哪一个物体作为参照系。

2. 从运动的描述来说,参照系的选择可以是任意的。究竟选择哪个物体为参照系,主要看问题的性质和研究的方便与否来决定。在研究地球上各种物体的运动时,往往选取地面,或者地面上静止的厂房、机座等作为参照系比较方便。一般不作明确说明时,参照系就是地面或相对于地面静止的物体。也可以选取相对于地面作匀速直线运动的物体作为参照系。

3. 在描述任一物体的运动时,如果不假定参考物是静止的,我们就不能判断这个物体是不是在运动。因为这时观察的结果有两种可能:或者是对参考物没有位置变化,即被研究物体随着参考物用同样速度在运动;或者有位置变化,那么可能是被研究物体以另一速度在运动,也可能是被研究的物体不动,而只有参考物在运动,这样便得不出定论。假定参考物静止虽然便于确切地判定与描述物体的运动,但实际情况中往往同时还需要考虑参考物本身的运动,这时“物体相对于参照系的运动”一语,又应如何理解呢?事实上,我们可以在所选定的参照系上,假设有一个相对于参照系静止的观察者,观察者所观察到的物体的运动就是“物体相对于参照系的运动”。

(二) 坐标系

为了定量地描述物体相对于参照系位置的变化,就需要在参照系上建立一个固定的坐标系。常用的坐标系有直角坐标系、自然坐标系、极坐标系等。本书我们常常采用直角坐标系和自然坐标系。

参照系是一个物理的实物,它是坐标系存在的基础,而坐标系是参照系的一个数学抽象。因此,选定了坐标系也就指明了参照系。同一个问题,由于所选择的坐标系不同,描述运动的方法也就不同,其表示形式也不同。但是物体本身的运动性质是确定的,不能因坐标系的选取而有所改变。

三、时刻和时间

任何物质的运动都是在空间和时间中进行的。运动不能脱离空间,也不能脱离时间。时间本身具有单向性和连续性。

时刻是指时间轴上的一个点,即指某一瞬间,或趋近于零的某一很短的时间。例如,8点上课,12点下课,这8点和12点就是时刻。又如,第3秒末的速度,第2秒初的加速度,第10秒末

的动能,这第3秒末、第2秒初和第10秒末也是时刻。

时间或时间间隔是指时间轴上的增量,是指某一过程,或者是两个时刻间的间隔。例如,8点钟到12点钟间的4小时为上课时间,这4小时就是时间或时间间隔。又如,物体开始运动的前3秒内的位移,这3秒是指时间。第5秒内通过的路程,是指第5秒这“一秒内”的时间所通过的路程。

时间轴的起点可以任意选定,常常选取研究问题开始的时刻不一定是物体开始运动的时刻。在这时刻以前,物体可能已经运动了。例如,以上午8点作为计时起点,以小时作为单位,那么上午8点便可用 $t_1=0$ 表示,当天上午11点半可以用 $t_2=3.5$ 小时表示,时间间隔为

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 3.5 - 0 = 3.5(\text{小时})$$

若以上午10点为计时起点,那么,上午8点可用 $t_1=-2$ 小时表示,11点半用 $t_2=1.5$ 小时表示,其时间间隔为

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 1.5 - (-2) = 3.5(\text{小时})$$

从时间和空间的关系来看,与时刻对应的是某一位置,而与时间对应的则是空间过程,即是一段位移。例如,火车从北京开出的瞬间,表示某一时刻;火车从北京开到上海,在这一段路程中所经历的是一段时间或时间间隔。起始时刻物体在空间具有的位置和速度,我们称它为初始位置和初速度;终了时刻的位置和速度,称为末位置和末速度。

四、描述质点运动的四个基本物理量

(一) 位置矢量

在某一时刻,从坐标原点 O 指向质点所在位置的有向线段,它满足平行四边形法则称为那一时刻质点的位置矢量,简称矢径(它的量值称为坐标),一般用 r 表示。如图1-2所示。在直角坐标系中,可表示为

$$r = xi + yj + zk$$

式中 i, j, k 分别表示沿 x, y, z 三个坐标轴正方向的单位矢量。

显然,描述质点 P 的位置,可以用 r 表示,也可以用坐标值 (x, y, z) 来表示。

质点运动时,它的位置矢量必定随时间变化。其位置矢量与时刻 t 之间的函数关系可以写成

$$r = r(t)$$

或写成分量形式

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

$$z = z(t)$$

上式叫做质点运动的运动方程。

若质点沿 x 轴方向做直线运动时,其运动方程为

$$x = x(t)$$

若质点在 xy 平面内做平面曲线运动时,其运动方程为

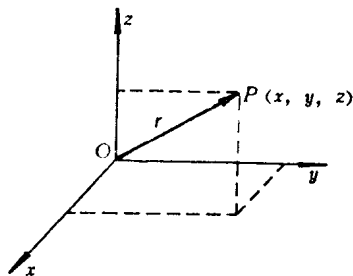


图 1-2

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

由 $x = x(t)$ 和 $y = y(t)$ 联立消去时间 t , 便可得到质点运动的轨道方程, 即

$$x = f(y)$$

关于位置矢量应当明确以下几点:

1. 位置矢量是矢量。它不仅具有大小, 而且具有方向。

某一时刻, 位置矢量的大小等于坐标原点到该时刻质点所在位置的距離, 即

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

某一时刻, 位置矢量的方向是由坐标原点指向该时刻质点所在位置, 可用方向余弦来表示,

即

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

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

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

2. 运动质点在各个不同时刻的位置矢量具有不同的量值和方向, 即位置矢量具有瞬时性。

3. 同一个运动质点, 在某一时刻的位置矢量, 用不同的参照系来描述, 其结果是不同的, 即位置矢量具有相对性。

(二) 位移

位移是描述运动质点在某段时间内相对于坐标系位置矢量变化状况的物理量。在某段时间内, 由运动质点的起始位置指向终止位置的有向线段, 称为该段时间内的位移, 即终止时刻的位置矢量 \mathbf{r}_2 与初始时刻的位置矢量 \mathbf{r}_1 的矢量差。如图 1-3 所示, 在直角坐标系中, 可表示为

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

在沿 x 轴方向作直线运动时, 位移等于

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

关于位移应当明确以下几点:

1. 位移是矢量。它的大小等于

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

它的方向是由质点的初始位置指向终止位置, 可用方向余弦表示, 即

$$\cos \alpha = \frac{x_2 - x_1}{\Delta r}$$

$$\cos \beta = \frac{y_2 - y_1}{\Delta r}$$

$$\cos \gamma = \frac{z_2 - z_1}{\Delta r}$$

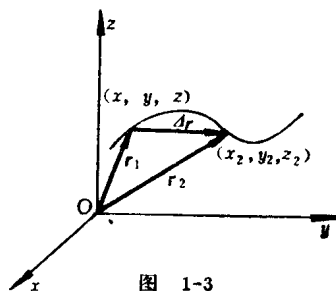


图 1-3

在实际应用时,必须严格按照位移的定义列式,即

$$\begin{aligned}\Delta r &= r_2 - r_1 \\ &= r_{末} - r_{初}\end{aligned}$$

$r_{末}$ 与 $r_{初}$ 的顺序绝不能颠倒。

2. 对运动质点来说,位移也是时间的函数,在不同的时间间隔内,位移具有不同的大小和方向。因此,在谈到位移时,一定要明确是对哪一段时间间隔的位移。

3. 位移的大小和方向也与参照系的选择有关。对同一个质点的运动,在同一个时间间隔内,对不同的参照系其位移的大小和方向是不同的。

4. 在直线运动中,位移 Δx 有正负之分。当位移 $\Delta x > 0$ 时,表示位移方向与所取坐标轴的正方向一致,在图 1-4 中,因 $x_2 > x_1$, $\Delta x = x_2 - x_1 > 0$, 故位移方向与 x 轴正方向一致;当位移 $\Delta x < 0$ 时,表示位移方向与所取坐标轴的正方向相反。在图 1-5 中,因 $x_2 < x_1$, $\Delta x = x_2 - x_1 < 0$, 故位移方向与 x 轴正方向相反。

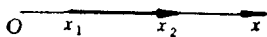


图 1-4

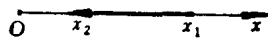


图 1-5

[思考题 1] 位移和路程有什么区别?

[答] 位移是在一定时间内,从起始位置引向终止位置的有向直线段,它是矢量;而路程是在这段时间内,运动物体所经过的轨迹(可能是直线,也可能是曲线)的长度,它是标量。

例如,在桌面 A 点处上抛一物体,经 1 秒到达 B 点,经 2 秒到达 C 点,经 3 秒又回到 B 点,经 4 秒落到 A 点,经 5 秒落到地面 D 点,如图 1-6 所示。则 1 秒内位移大小和路程都是 AB ; 2 秒内的位移大小和路程都是 AC ; 3 秒内的位移大小是 AB , 而路程是 $AC + CB$; 4 秒内的位移是零, 而路程是 $2AC$; 5 秒内的位移是 \overrightarrow{AD} , 它的量值为负, 而路程则是 $AC + CD$ 。

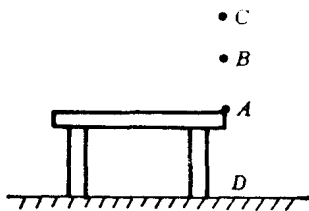


图 1-6

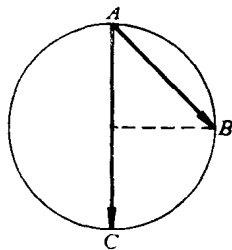


图 1-7

显然,路程和位移是两个不同的物理量。如果物体一直沿直线前进,在同一时间间隔内的位移和路程在数值上是相同的;如果物体向前运动一段时间后又往回运动,那么,位移和路程就不相同了。作曲线运动的物体,位移和路程的区别就更明显了。如图 1-7 所示,作匀速圆周运动的小球,周期为 4 秒。从 A 点开始计时,则 1 秒内的位移为 \overline{AB} , 而路程为 \widehat{AB} 。2 秒内的位移为直径 \overline{AC} , 而路程为 \widehat{ABC} 。当小球回到 A 点时,位移为零, 而路程为圆周长。

[思考题 2] 位移和位置矢量有什么区别?

[答] 位移和位置矢量虽然都是矢量,但它们的物理意义是不同的。位置矢量与时刻相对应,而位移与时间间隔相对应。若物体初始时刻的位置正好在坐标原点,那么物体运动到某一位置的位置矢量和这段时间内的位移为同一有向线段。比如,在曲线运动中,如 $\mathbf{r}_1=0$, 则 $\Delta\mathbf{r}=\mathbf{r}_2$; 在直线运动中,如 $x_1=0$, 则 $\Delta x=x_2$ 。但需注意,坐标原点不一定是质点运动的出发点,坐标轴的正方向也不一定就是质点运动的方向。

(三) 速度

速度是描述运动质点位置变动快慢和方向的物理量,也是描述质点运动状态的一个参量。

速度分平均速度和瞬时速度。

1. 平均速度

运动质点的位移与完成这段位移所需的时间之比,称为该段时间内的平均速度,即

$$\begin{aligned}\bar{\mathbf{v}} &= \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} \\ &= \frac{\Delta x}{\Delta t}\mathbf{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t}\mathbf{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t}\mathbf{k}\end{aligned}$$

质点沿 x 轴做直线运动时,其平均速度为

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

显然,平均速度表示质点在一段时间内位置的平均变化率。在一般情况下,质点运动的快慢是变化的,因此,用平均速度描写质点的运动是比较粗糙的;而不能反映各个不同时刻该质点位置变化的细节。

2. 瞬时速度

为了精确地描写质点在某一时刻 t (或某一位置处)的运动情况,我们令 Δt 趋于零,而把 $\Delta t \rightarrow 0$ 的平均速度 $\frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t}$ 的极限值叫做质点在时刻 t 的瞬时速度,即

$$\begin{aligned}\mathbf{v} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \\ &= \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k}\end{aligned}$$

令式中 $\frac{dx}{dt}=v_x$, $\frac{dy}{dt}=v_y$, $\frac{dz}{dt}=v_z$, 则

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

关于速度的概念,除上所述外,我们还应明确以下几点:

1) 速度是矢量,即有大小,又有方向。质点在平面内做曲线运动时,其速度大小为

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

速度的方向可用图 1-8 中的 θ 角表示,即

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

在直线运动中,速度的正负表示运动的方向,速度的方向和位移的方向是一致的。如果 $\Delta x > 0$, 则 $v > 0$, 表示速度方向与所选取的坐标轴正方向一致; 如果 $\Delta x < 0$, 则 $v < 0$, 表示速度方向与所选取的坐标轴正方向相反。

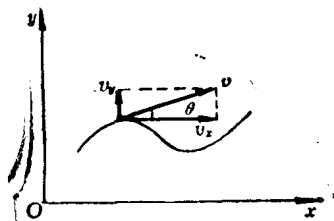


图 1-8

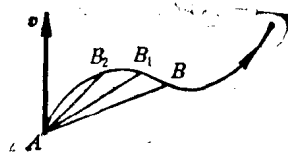


图 1-9

在曲线运动中,速度的方向就是当 Δt 趋近于零时平均速度 $\frac{\Delta r}{\Delta t}$ 或位移 Δr 的极限方向。如图 1-9 所示,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, B 点趋近于 A 点,相应的割线 AB 的方向就趋近于 A 点的切线方向,所以,质点做曲线运动时,质点速度的方向是轨道上质点所在点的正切线方向(正切线方向是指与质点运动方向同侧的切线方向)。

2) 速度具有瞬时性。瞬时速度反映物体在某一时刻(或某一位置)运动的快慢和方向。所谓匀速直线运动,实际上是各个时刻的速度都相同而已。所谓平均速度,是指各个时刻速度的平均值。

3) 速度具有相对性。对于不同的参照系,速度的大小和方向是不相同的。

[思考题 3] 平均速度和瞬时速度有何区别和联系?

[答] 瞬时速度是当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时平均速度的极限值。平均速度只是对质点运动的粗糙描述,而瞬时速度则精确地描述了质点的运动状态。在变速运动中,讲平均速度,必须要指明哪一段路程或哪一段时间的平均速度;讲瞬时速度时,必须指明哪一时刻或哪一位置的瞬时速度。

在匀变速直线运动中,由于在任意相等的时间内有相同的速度变化,所以它在某一段时间内或某一段路程上的平均速度,可以用相应的初速度 v_0 和末速度 v 求得,即

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

但要注意,这一关系式只适用于匀变速直线运动。

[思考题 4] 速度和速率有何区别?

[答] 速率只反映物体运动的快慢,是标量;而速度是反映物体运动的快慢和方向,是矢量。瞬时速度和瞬时速率的大小是相同的,即瞬时速度的大小就是瞬时速率。但平均速度和平均速率的大小并不一定相同。因为两者的定义不同。平均速率是运动质点所经过的路程 Δs 和完成这段路程所需时间 Δt 的比值 $\frac{\Delta s}{\Delta t}$;而平均速度的大小则是运动质点的位移 Δr 和完成这段位移



图 1-10

所需时间 Δt 之比的绝对值 $\left| \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right|$ 。

例如,在图 1-10 中,在某段时间内,质点从 A 点到达 B 点,又返回到 A 点。显然,质点的位移等于零,平均速度也为零,而质点的平均速率不等于零,它应等于两倍的 A 到 B 的长度除以从 A 点又返回到 A 点所需的时间。

所谓匀速圆周运动,是指其速率不变而言。如从速度方向来考虑,是随时间变化的。故匀速圆周运动应是变速运动。显然物体做匀速圆周运动时,一周期内的平均速度应当等于零,而平均速率不等于零。

[思考题 5] 一物体具有恒定的速率,但仍有变化的速度是否可能? 一物体具有恒定的速度,但仍有变化的速率,是否可能?

[答] 速度是矢量,即有大小又有方向,两者中有一个变化,速度就有变化。当速度的大小不变而方向变化时,就是具有恒定的速率,但仍有变化的速度。例如匀速圆周运动。

物体具有恒定的速度,意味着速度大小、方向均不变化,因此速率也不变。这种速度恒定而速率变化的情况是不可能的。

(四) 加速度

加速度是描述物体运动速度变化快慢的物理量。加速度也分平均加速度和瞬时加速度。

1. 平均加速度

质点在轨道上的不同位置时,速度的大小、方向通常都是不相同的。如图 1-11 所示,设质点在时刻 t 、位置 A 处的速度为 \mathbf{v}_A ,在时刻 $t + \Delta t$ 、位置 B 处的速度为 \mathbf{v}_B ,因为在时间 Δt 内质点速度的大小和方向都发生了变化,

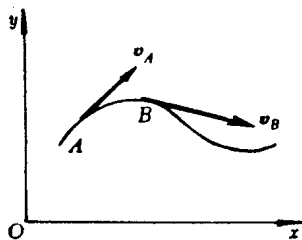


图 1-11

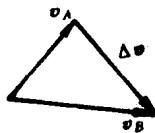


图 1-12

所以速度增量需用矢量的减法来求。从图 1-12 中可以看出,在 Δt 时间内质点的速度增量为

$$\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v}_B - \mathbf{v}_A$$

我们把速度增量 $\Delta \mathbf{v}$ 与时间 Δt 之比叫做在 Δt 时间内的平均加速度,即

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

2. 瞬时加速度

平均加速度是在时间 Δt 内速度的平均变化率,这种描写是比较粗糙的。为了精确地描述质点在某一时刻 t 速度的变化率,我们把 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的平均加速度的极限值叫做质点在某一时刻