

刘启华 主编

大学物理学习指导

国防工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习指导/刘启华主编. - 北京:国防工业出版社, 1999.1

ISBN 7-118-02056-7

I. 大… II. 刘… III. 物理学-高等学校-学习参考资料
IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 00524 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23 523 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

工院校的“大学物理”课是一门重要的基础课。为了帮助学习本课程的广大读者更好地掌握“大学物理”的基本内容,我们参照国家教委(1995年)颁布的高等工业学校“大学物理课程教学基本要求”,并结合我们多年来在大学物理教学实践过程中积累的经验,编写了《大学物理学习指导》一书。本书主要具有以下两个特点:

1. 书中每章都包括:基本要求、基本内容、典型例题和习题四个部分。从明确要求到习题,自成体系。书后附有习题答案,便于读者检查自己对基本内容的理解和掌握的程度。

2. 本书重点放在基本概念与基本规律的阐述与解释上。为了帮助读者掌握这些基本内容,在各章中精心选择了许多具有代表性的各类典型例题,通过解题方法的示范、说明和讨论,有益于读者加深对基本概念和基本规律的正确理解和应用,有利于加强对解题思路和解题方法的指导,提高读者分析问题和解决问题的能力。

本书由中国人民公安大学刘启华主编,并编写了力学(第一章~第五章)、电学(第十章~第十一章)和波动光学部分(第十六章~第十八章)。参加本书编写的还有:中国人民公安大学王照明(副主编),编写了磁学部分(第十二章~第十五章),尹晓英编写了机械振动和机械波部分(第六章~第七章),田方编写了热学部分(第八章~第九章)、近代物理基础部分(第十九章~第二十章),最后由刘启华统稿。另外,彭喜东、唐宁和王薇审阅了本书的部分书稿,宋春庆、刘铭和张颖参加了其中的部分工作。

本书在编写中参考了一些教材和其他书籍,在此谨对原书的编著者表示谢意。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1998年10月

内 容 简 介

本书是参照国家教委(1995年)颁布的高等工业学校“大学物理课程教学基本要求”编写的。全书共二十章,具体内容为:质点运动学、质点动力学、功和能、动量、刚体的转动、机械振动、机械波、气体动理论、热力学基础、真空中的静电场、导体和电介质中的静电场、真空中的恒定磁场、电磁感应、磁介质中的磁场、电磁场理论的基本概念和电磁波、光的干涉、光的衍射、光的偏振、狭义相对论基础和量子物理基础。书中每章按基本要求、基本内容、典型例题和习题等四个部分编写。

本书对大学物理的基本概念和基本规律进行了重点分析与解释,并精心选择了许多具有代表性的各类典型例题。该书在帮助学生掌握大学物理的基本概念、基本规律和基本方法以及培养学生分析问题和解决问题的能力上具有指导性的作用。因此,它对工科院校的大学生,电大、职大和夜大的学员以及自学大学物理课程的读者和从事大学物理课程教学的青年教师都具有一定的参考价值。

目 录

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	(1)
一、基本要求	(1)
二、基本内容	(1)
(一)描述质点运动的基本物理量.....	(1)
(二)直线运动.....	(4)
(三)平面曲线运动.....	(4)
(四)相对运动.....	(6)
三、典型例题	(6)
四、习题.....	(11)
第二章 质点动力学	(14)
一、基本要求.....	(14)
二、基本内容.....	(14)
(一)力	(14)
(二)牛顿三定律	(15)
(三)惯性参考系和非惯性参考系	(16)
三、典型例题.....	(17)
四、习题.....	(24)
第三章 功和能	(27)
一、基本要求.....	(27)
二、基本内容.....	(27)
(一)功	(27)
(二)保守力	(27)
(三)势能	(28)
(四)动能定理	(29)
(五)功能原理	(29)
(六)机械能守恒定律	(30)
三、典型例题.....	(30)
四、习题.....	(38)
第四章 动量	(41)
一、基本要求.....	(41)
二、基本内容.....	(41)

(一)动量	(41)
(二)冲量	(41)
(三)动量定理	(42)
(四)动量守恒定律	(43)
三、典型例题	(43)
四、习题	(49)
第五章 刚体的转动	(52)
一、基本要求	(52)
二、基本内容	(52)
(一)力矩	(52)
(二)转动惯量	(52)
(三)角动量	(53)
(四)转动定律	(54)
(五)转动动能定理和机械能守恒定律	(54)
(六)角动量定理和角动量守恒定律	(55)
三、典型例题	(56)
四、习题	(63)

第二篇 机械振动和机械波

第六章 机械振动	(67)
一、基本要求	(67)
二、基本内容	(67)
(一)简谐振动	(67)
(二)简谐振动的旋转矢量表示法	(69)
(三)简谐振动的能量	(70)
(四)简谐振动的合成	(70)
三、典型例题	(71)
四、习题	(80)
第七章 机械波	(83)
一、基本要求	(83)
二、基本内容	(83)
(一)机械波的产生与传播	(83)
(二)简谐波函数表达式	(84)
(三)波的能量	(86)
(四)波的干涉	(87)
(五)驻波	(89)
(六)多普勒效应	(90)
三、典型例题	(91)

四、习题	(96)
------	------

第三篇 热 学

第八章 气体动理论	(101)
一、基本要求	(101)
二、基本内容	(101)
(一)理想气体状态方程	(101)
(二)压强公式	(102)
(三)气体分子平均平动动能与温度的关系	(103)
(四)能量按自由度均分原理	(104)
(五)麦克斯韦速率分布定律	(105)
(六)分子碰撞与平均自由程	(108)
三、典型例题	(108)
四、习题	(114)
第九章 热力学基础	(117)
一、基本要求	(117)
二、基本内容	(117)
(一)热力学第一定律	(117)
(二)热力学第一定律对理想气体等值过程的应用	(118)
(三)循环过程 卡诺循环	(119)
(四)热力学第二定律	(121)
三、典型例题	(123)
四、习题	(131)

第四篇 电场和磁场

第十章 真空中的静电场	(134)
一、基本要求	(134)
二、基本内容	(134)
(一)库仑定律	(134)
(二)电场强度	(135)
(三)高斯定理	(136)
(四)静电场的环路定理	(137)
(五)电势	(138)
(六)电场强度与电势的关系	(140)
三、典型例题	(140)
四、习题	(156)
第十一章 导体和电介质中的静电场	(159)

一、基本要求	(159)
二、基本内容	(159)
(一)静电场中的导体	(159)
(二)静电场中的电介质	(160)
(三)电容器的电容	(162)
(四)电场的能量	(163)
三、典型例题	(165)
四、习题	(179)
第十二章 真空中的恒定磁场	(182)
一、基本要求	(182)
二、基本内容	(182)
(一)磁场	(182)
(二)磁感应强度	(182)
(三)磁通量	(183)
(四)磁学中的高斯定理	(184)
(五)毕奥-萨伐尔定律	(184)
(六)运动电荷所产生的磁场	(185)
(七)真空中的安培环路定理	(186)
(八)安培定律	(186)
(九)磁场对载流导线的作用	(187)
(十)磁场对运动电荷的作用力——洛伦兹力	(188)
三、典型例题	(189)
四、习题	(209)
第十三章 电磁感应	(215)
一、基本要求	(215)
二、基本内容	(215)
(一)电磁感应现象	(215)
(二)楞次定律	(215)
(三)法拉第电磁感应定律	(215)
(四)动生电动势	(216)
(五)感生电动势	(218)
(六)自感	(220)
(七)互感	(220)
(八)磁场能量	(221)
三、典型例题	(222)
四、习题	(234)
第十四章 磁介质中的磁场	(241)
一、基本要求	(241)
二、基本内容	(241)

(一)磁介质及其分类·····	(241)
(二)磁介质磁化的微观解释·····	(241)
(三)磁化强度 $\mathbf{M}$ ·····	(242)
(四)磁化电流·····	(243)
(五)磁场强度·····	(243)
(六) $\mathbf{H}$ 与 $\mathbf{B}$ 的关系 ·····	(245)
三、典型例题 ·····	(245)
四、习题 ·····	(247)
第十五章 电磁场理论的基本概念和电磁波 ·····	(249)
一、基本要求 ·····	(249)
二、基本内容 ·····	(249)
(一)位移电流·····	(249)
(二)电磁场的基本概念·····	(250)
(三)麦克斯韦方程组的积分形式·····	(250)
(四)电磁波·····	(252)
三、典型例题 ·····	(254)
四、习题 ·····	(256)

第五篇 波动光学

第十六章 光的干涉 ·····	(257)
一、基本要求 ·····	(257)
二、基本内容 ·····	(257)
(一)光的相干条件·····	(257)
(二)光程和光程差·····	(257)
(三)杨氏双缝干涉·····	(258)
(四)薄膜干涉·····	(259)
(五)劈尖干涉·····	(261)
(六)牛顿环·····	(262)
(七)增透膜和增反膜·····	(263)
(八)迈克耳逊干涉仪·····	(264)
三、典型例题 ·····	(264)
四、习题 ·····	(272)
第十七章 光的衍射 ·····	(275)
一、基本要求 ·····	(275)
二、基本内容 ·····	(275)
(一)惠更斯-菲涅耳原理 ·····	(275)
(二)单缝夫琅和费衍射·····	(275)
(三)光栅衍射·····	(278)

(四)圆孔夫琅和费衍射·····	(280)
(五)X射线衍射·····	(280)
三、典型例题·····	(281)
四、习题·····	(288)
第十八章 光的偏振 ·····	(291)
一、基本要求·····	(291)
二、基本内容·····	(291)
(一)自然光和偏振光·····	(291)
(二)偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律·····	(292)
(三)反射和折射时光的偏振 布儒斯特定律·····	(293)
(四)光的双折射现象·····	(294)
(五)偏振光的干涉·····	(296)
三、典型例题·····	(297)
四、习题·····	(303)

第六篇 近代物理基础

第十九章 狭义相对论基础 ·····	(306)
一、基本要求·····	(306)
二、基本内容·····	(306)
(一)力学相对性原理和伽利略坐标变换·····	(306)
(二)狭义相对论的基本假设和洛伦兹坐标变换·····	(307)
(三)狭义相对论时空观·····	(308)
(四)洛伦兹速度变换·····	(310)
(五)狭义相对论动力学基础·····	(311)
三、典型例题·····	(313)
四、习题·····	(317)
第二十章 量子物理基础 ·····	(319)
一、基本要求·····	(319)
二、基本内容·····	(319)
(一)玻尔的氢原子理论·····	(319)
(二)光的波粒二象性·····	(321)
(三)实物粒子的波粒二象性·····	(322)
(四)薛定谔方程·····	(324)
(五)原子的电子壳层结构·····	(325)
(六)激光·····	(326)
三、典型例题·····	(327)
四、习题·····	(334)

附录 习题答案.....	(336)
参考文献.....	(352)

第一篇 力 学

第一章 质点运动学

一、基本要求

(1) 掌握位矢、位移、速度、加速度、角速度和角加速度等描述质点运动和运动变化的物理量。

(2) 能借助于直角坐标系计算质点在平面内运动的运动学问题,包括由运动方程求速度和加速度以及由加速度和初始条件求运动方程。能计算质点作圆周运动时的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度。

二、基本内容

(一) 描述质点运动的基本物理量

1. 位置矢量

(1) 位置矢量 由坐标原点指向质点 P 的有向线段,称为位置矢量,简称位矢或矢径,记为 $\mathbf{r}$ 。位矢是描述质点在空间位置的物理量。质点在空间运动的实际路径称为轨迹或轨道。

(2) 运动方程 位矢随时间的变化关系式,称为运动方程。在直角坐标系中,如图 1-1 所示,位置矢量可表示为

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

式中 $\mathbf{i}$ —— x 轴单位矢量;

$\mathbf{j}$ —— y 轴单位矢量;

$\mathbf{k}$ —— z 轴单位矢量。

x, y, z 为 P 点的坐标,位矢 $\mathbf{r}$ 和坐标 x, y, z 都是时间 t 的函数,即

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-2)$$

或

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1-3)$$

上述关系式称为运动方程。位矢的大小为

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-4)$$

方向余弦为

$$\cos\alpha = \frac{x}{r}, \cos\beta = \frac{y}{r}, \cos\gamma = \frac{z}{r} \quad (1-5)$$

式中 α —— r 与 x 轴正向间的夹角;

β —— r 与 y 轴正向间的夹角;

γ —— r 与 z 轴正向间的夹角。

由式(1-3) 消去参数 t , 便得到质点运动的轨迹方程。即

$$f(x, y, z) = 0$$

2. 位移

(1) 位移 由初始位置 P_1 引向终点位置 P_2 的有向线段, 称为位移。它等于位矢的增量, 即

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

位移描述质点空间位置的改变。

位移是矢量, 在直角坐标系中, 其分量式为

$$\begin{aligned} \Delta r &= (x_2 - x_1)i + (y_2 - y_1)j + (z_2 - z_1)k \\ &= \Delta x i + \Delta y j + \Delta z k \end{aligned} \quad (1-6)$$

(2) 位移与路程 两者概念不同。路程 S 是质点沿轨迹运动所经路径的长度, 是一个标量。质点在 Δt 时间内, 由 P_1 点到 P_2 点的路程, 用 ΔS 表示, 如图 1-2 所示, 图中 $|\Delta r|$ 表示位移的大小, 显然 $|\Delta r| \neq \Delta S$ 。注意 Δr 表示质点终点位矢的大小与初始位矢大小改变量的绝对值, 即 $\Delta r = |r_2 - r_1|$, 由图 1-2 可见, $\Delta r \neq |\Delta r|$ 。当时间间隔 Δt 趋于零时, $\Delta r \rightarrow dr$, $\Delta S \rightarrow dS$, $\Delta r \rightarrow dr$, 这时, $|dr| = dS$, 但 $|dr| \neq dr$ 。

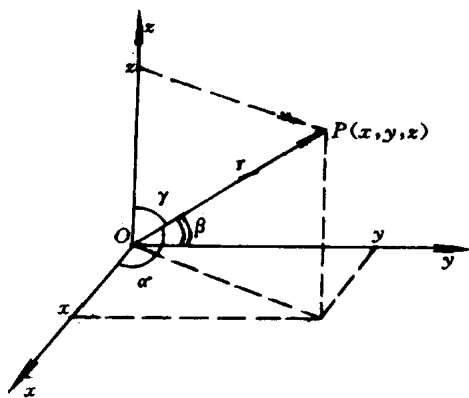


图 1-1 位置矢量

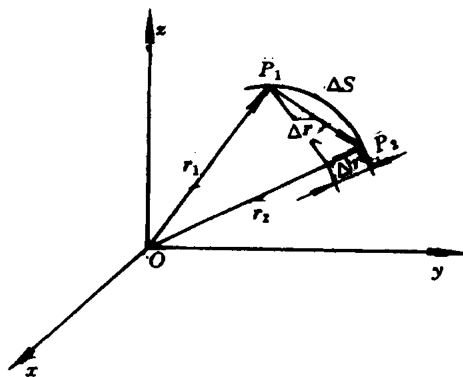


图 1-2 位移和路程

3. 速度

(1) 平均速度 位移 Δr 与时间 Δt 之比, 定义为平均速度, 即

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

平均速度是一个矢量。平均速度与平均速率不同。平均速率是路程 ΔS 与时间 Δt 之比, 即

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

平均速率是一个标量。

(2) 瞬时速度 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 平均速度的极限叫做质点在 t 时刻的瞬时速度, 简称速度, 即

$$\mathbf{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (1-7)$$

速度等于位矢对时间的一阶导数, 它描述质点运动的快慢和方向。速度的大小称为速率, 由式(1-7) 有

$$v = |\mathbf{V}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \frac{dS}{dt} \quad (1-8)$$

速度的方向沿轨道切线指向质点运动的方向。速度在直角坐标系中的分量式为

$$\begin{aligned} \mathbf{V} &= V_x \mathbf{i} + V_y \mathbf{j} + V_z \mathbf{k} \\ &= \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k} \end{aligned} \quad (1-9)$$

式中

$$V_x = \frac{dx}{dt}, V_y = \frac{dy}{dt}, V_z = \frac{dz}{dt}$$

速度大小为

$$v = |\mathbf{V}| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

4. 加速度

(1) 平均加速度 速度增量 $\Delta \mathbf{V}$ 与时间 Δt 之比, 定义为平均加速度, 即

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

(2) 瞬时加速度 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 平均加速度的极限, 叫做质点在 t 时刻的瞬时加速度, 简称加速度, 即

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{V}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{V}}{dt} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} \quad (1-10)$$

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。它描述速度变化的快慢和方向。加速度在直角坐标系中的分量式为

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k} \\ &= \frac{dV_x}{dt} \mathbf{i} + \frac{dV_y}{dt} \mathbf{j} + \frac{dV_z}{dt} \mathbf{k} \\ &= \frac{d^2 x}{dt^2} \mathbf{i} + \frac{d^2 y}{dt^2} \mathbf{j} + \frac{d^2 z}{dt^2} \mathbf{k} \end{aligned} \quad (1-11)$$

式中 $a_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}, a_y = \frac{dV_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}, a_z = \frac{dV_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}$

加速度的大小为

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

加速度在自然坐标系中的分量式为

$$\mathbf{a} = a_n \mathbf{n} + a_t \mathbf{t} = \frac{v^2}{\rho} \mathbf{n} + \frac{dv}{dt} \mathbf{t} \quad (1-12)$$

式中 $\mathbf{n}$ —— 主法线方向的单位矢量, 简称法向单位矢量;

$\mathbf{t}$ —— 切线方向的单位矢量, 简称切向单位矢量;

ρ ——曲率半径。

式中 a_n 为法向加速度, 它反映速度方向的变化, a_t 为切向加速度, 它反映速度大小的变化。加速度的大小为

$$a = |\mathbf{a}| = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$$

(二) 直线运动

(1) 匀变速直线运动 质点的直线运动是一维运动, 若取此直线为 X 轴, 则描述质点运动的各物理量均只有 x 分量, 其表达式为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i}$$

$$\Delta \mathbf{r} = \Delta x\mathbf{i}$$

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

$$\mathbf{a} = \frac{dV_x}{dt}\mathbf{i} = \frac{d^2x}{dt^2}\mathbf{i}$$

利用 $a = \text{恒量}$ 的特点, 可导出三个常用的公式:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1-13)$$

$$v = v_0 + at \quad (1-14)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \quad (1-15)$$

上述公式中的各物理量均为代数量。在匀变速直线运动中, 是作匀加速运动还是匀减速运动, 要看加速度与速度两者的正负号, 两者符号相同, 作匀加速运动, 反之, 作匀减速运动。

(2) 直线运动的图示 直线运动的规律, 不仅可以用解析式表示, 还可用图线表示, 常见的图线有 $x-t$ 图线和 $v-t$ 图线, 分别如图 1-3 和图 1-4 所示。

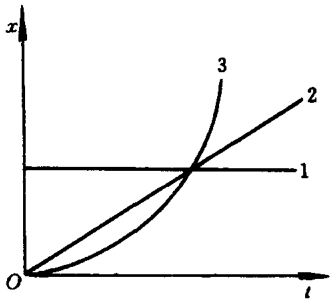


图 1-3 $x-t$ 图线

1—静止; 2—匀速运动; 3—匀变速运动。

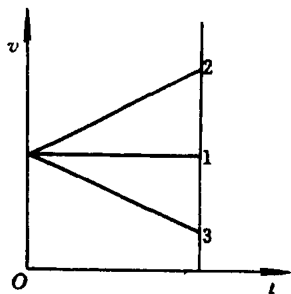


图 1-4 $v-t$ 图线

1—匀速运动; 2—匀加速运动; 3—匀减速运动。

(三) 平面曲线运动

抛体运动和圆周运动是两种典型的平面曲线运动。

1. 抛体运动

在直角坐标系中, 若以抛出点为坐标原点, 抛出时刻为初始时刻, 则抛体运动方程为

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \theta_0 t \\ y = v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \quad (1-16)$$

式中 v_0 ——初速度；

θ_0 —— v_0 与水平面间的夹角；

g ——重力加速度。

当 $\theta_0 = 0$ 时, 表示平抛运动; $\theta_0 > 0$ 时, 表示斜上抛运动; $\theta_0 < 0$ 时, 表示斜下抛运动; $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$ 时, 表示竖直上抛运动。经过计算, 可推导出抛体落回地面所需要的时间 t , 抛体所能达到的最大高度 H , 水平射程 R 和轨迹方程, 它们分别为

$$t = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g}; \quad H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g}$$

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}; \quad y = x \tan \theta_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0}$$

2. 圆周运动

圆周运动可以用角量来描述运动状态。

(1) 角位移 在 Δt 时间内, 质点从 P 点运动到 Q 点, 半径 OQ 与 OP 之间的夹角 $\Delta\theta$ 称为质点在 Δt 时间内的角位移。如图 1-5 所示。角位移的单位是弧度, 符号是 rad。

(2) 角速度 设在 Δt 时间内质点的角位移为 $\Delta\theta$, 定义 $\Delta\theta$ 与 Δt 之比的极限叫做 t 时刻质点的角速度, 用 ω 表示, 即

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \quad (1-17)$$

角速度是描述质点绕某点转动快慢的物理量。角速度的单位是 rad/s。

(3) 角加速度 设在 Δt 时间内, 质点角速度的增量为 $\Delta\omega$, 定义 $\Delta\omega$ 与 Δt 之比的极限叫做 t 时刻质点的角加速度, 用 β 表示, 即

$$\beta = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \quad (1-18)$$

角加速度是描述角速度变化快慢的物理量, 角加速度的单位是 rad/s^2 。

质点作匀变速圆周运动时, 运动方程为

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2 \quad (1-19)$$

角速度公式为

$$\omega = \omega_0 + \beta t \quad (1-20)$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\beta(\theta - \theta_0) \quad (1-21)$$

式中 θ_0 ——初始角位置；

ω_0 ——初始角速度；

β ——角加速度。

(4) 线量与角量的关系

$$v = R\omega \quad (1-22)$$

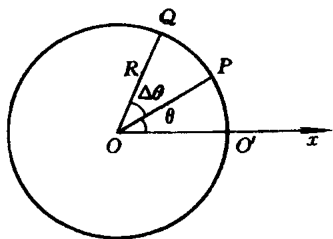


图 1-5 圆周运动

$$a_t = R\beta \quad (1-23)$$

$$a_n = R\omega^2 \quad (1-24)$$

式中 v ——线速度;
 ω ——角速度;
 R ——圆周运动的半径;
 a_t ——切向加速度;
 a_n ——法向加速度;
 β ——角加速度。

(四) 相对运动

同一个物体的运动, 相对于不同的参考系, 其位矢、速度和加速度之间有一定的关系, 这就是相对运动问题。设有两个参考系 S 和 S' , 它们的坐标系分别为 $OXYZ$ 和 $O'X'Y'Z'$ 。假定相应的坐标轴互相平行, S' 系相对 S 系以 $V_{O'O}$ 的速度沿 OX 轴正方向运动, 如图 1-6 所示。设一质点运动到 P 点时, 相对于 S 系 O 点的位矢为 r_{PO} , 相对于 S' 系 O' 点的位矢为 $r_{PO'}$, 两者的关系为

$$r_{PO} = r_{PO'} + r_{O'O} \quad (1-25)$$

式中 $r_{O'O}$ —— O' 点相对于 O 点的位矢。

式(1-25)两边对时间求导, 得

$$V_{PO} = V_{PO'} + V_{O'O} \quad (1-26)$$

式中 V_{PO} ——质点相对于 S 系的速度, 称为绝对速度;

$V_{PO'}$ ——质点相对于 S' 系的速度, 称为相对速度;

$V_{O'O}$ —— S' 系中与动点重合的点相对于 S 系的速度, 称为牵连速度。

式(1-26)称为速度合成定理。

式(1-26)两边对时间求导, 得

$$a_{PO} = a_{PO'} + a_{O'O} \quad (1-27)$$

式中 a_{PO} ——质点相对于 S 系的加速度, 称为绝对加速度;

$a_{PO'}$ ——质点相对于 S' 系的加速度, 称为相对加速度;

$a_{O'O}$ —— S' 系相对于 S 系的加速度, 称为牵连加速度。

式(1-27)称为加速度合成定理。

上述速度合成定理和加速度合成定理仅适用于动参考系对定参考系作平动的情况。

三、典型例题

(一) 已知运动方程求速度和加速度

例1 一质点沿 OX 轴作直线运动, 已知运动方程为 $x = 4.5t^2 - 2t^3$ (SI制) 试求:

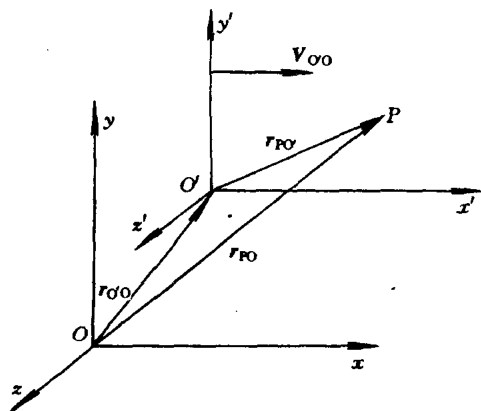


图 1-6 相对运动