

·高等学校理工大专教学用书·

物理学

WU LI XUE

(第二版)

曾远文 杨自觉 等编



SICHUAN DAXUE
CHUBANSHE

四川大学出版社

高等学校理工大专教学用书

物 理 学

(第二版)

曾远文 杨自觉 等编

四川 大学 出版 社
一九九六年·成都

(川)新登字 014 号

责任编辑: 杨守智

封面设计: 冯先洁

技术设计: 杨守智

责任校对: 周明松

责任印制: 李 平

物 理 学 (第二版)

曾远文 杨自觉 等编

*

四川大学出版社出版发行

(四川大学校内)

四川省新华书店经销

郫县犀浦印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本

29 印张 650 千字

1997 年 1 月第 2 版

1997 年 1 月第 1 次印刷

印数: 19000—23000 册

ISBN7-5614-0483-2/O·61

定价 25.00 元

编者的话

我国的高等教育事业已发展成为多层次的体系。大学专科成为了培养“四化”建设人才的一个重要方面。由于大学专科层次的物理学教材目前尚缺乏，因此，我们组织力量编写了这套教材。全书分上、下两册：上册内容为力学、机械振动和机械波、气体分子运动论和热力学基础；下册为电磁学、波动光学、近代物理学基础。

为了有利于教学，书中的每一章均指出了本章基本内容和重点内容的要求，并配有与要求相应的例题和习题；书末还附有各章习题的参考答案。

我们编写的原则是：(1) 体现大专层次的要求，内容少而精并注意实际应用；(2) 内容的处理上重视概念和基础，不过份求全求深，叙述上明晰易懂；(3) 考虑到高科技的发展对教育提出的要求，我们适度地增多了近代物理学的基本内容，除有相对论、光的量子性、玻尔氢原子理论、原子核和粒子物理的内容外，对量子力学、激光、半导体、超导体等也分别列章作了介绍，以适应教学对近代物理基础知识增长的要求。书中凡带有“*”符号的内容，它们之间是相对独立的，可根据需要选用。

参加编写的人员有曾远文、杨自觉、陶必友、胡国斌、许印方、李显富、朱本安。全书由杨自觉、曾远文修改并定稿。

我们对支持和关心本书的编写和出版的所有同志和单位表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中不足不妥之处难免，欢迎批评指正。

编 者
于四川大学物理系
1991 年 12 月

再版前言

高等学校理工大专教学用书《物理学》自 1992 年春季出版发行以来，得到省内外各高校物理界同行们的重视与支持，先后被省内外数十所高等院校选定为物理课大专教材或大专主要教学用书。对于高校同仁们在教学实践中所反馈回的宝贵信息，编者借此表示衷心的感谢！

由于目前多数高等院校均在压缩大学物理课大专教学学时的现实情况，我们在本书再版时按教学总学时 100—120 学时要求对原书作了以下修改与调整：(1) 精简物理规律的阐述，并适当删减物理规律的数学推证过程。对于无方法论指导意义与学科发展历史上无代表性的推证则全部删去；(2) 适当将部分非基础性内容调整为选讲部分，并使之相对独立。这些部分仍以带“*”号标出，供使用者选用。我们还编有《物理学指导与题解》，该书为《物理学》配套用书，供使用者选用。

再版书由原来的上、下两册改为 16 开本一册。全书仍由杨自觉修编并定稿。

欢迎所有使用本书的各界同仁对书中不足不妥之处批评指正。

编 者

于四川大学物理系

1996 年 6 月

绪 论

物理学是自然科学庞大体系中的一门基础学科。从 17 世纪至今，物理学一直是迅速发展、门类浩繁的自然科学体系中的带头学科。物理学的研究对象是物质的基本结构与属性、物质间的基本相互作用与规律，物质的基本运动形式与规律，以及物理规律的应用等。其研究领域极其广泛：在空间标度上，从基本粒子的亚核范围 (10^{-18}m) 直到整个宇宙 (200 亿光年)；在时间标度上，从 10^{-24}s 的短寿命过程直到整个宇宙纪元 (约 150 亿年)。

物理学所建立的基本规律和研究方法，深刻地影响着自然科学的其他学科与工程技术，甚至影响着社会科学的发展。许多新学科的建立，工程技术上许多重要的发明和创造，都来源于物理学。可以认为，人类历史上的三次技术革命，都是物理学研究成果的推广和应用。17、18 世纪中，由于牛顿力学的建立和热力学的发展而研究成功的蒸汽机和其它机械，以及它们的广泛应用，引起了第一次技术革命；到了 19 世纪，由于电磁理论的建立而研制成功的电力机械和电讯设备，使人类进入广泛应用电能和无线电通讯的时代，引起了第二次技术革命；20 世纪以来，由于相对论、量子论的建立，对原子、原子核以及其它微观粒子运动的研究日益深入，促进了半导体、合成材料、核能应用、激光技术、空间技术和计算机技术等一系列新技术、新材料、新能源以及相应的新兴学科的蓬勃兴起和发展，引起了现在所谓的第三次技术革命，总之，科学与技术的发展，与物理学这门基础与带头学科的研究和应用是分不开的。

当前我国正进行四个现代化的建设，四个现代化的关键是科学技术现代化，发展高科技的任务正摆在我国人民面前。要想在这方面有所创造，有所发明、有所前进，学好物理学这门基础课是有重要意义的。

目 录

第一编 力 学

第一章 质点运动学	(2)
§ 1-1 参照系 时间	(2)
§ 1-2 位移	(3)
§ 1-3 速度	(5)
§ 1-4 加速度	(7)
§ 1-5 直线运动	(9)
§ 1-6 平面曲线运动	(10)
§ 1-7 圆周运动的角量描述	(15)
习 题	(17)
第二章 质点动力学	(20)
§ 2-1 牛顿运动定律	(20)
§ 2-2 力学中常见的三种力和受力分析	(22)
§ 2-3 牛顿定律的应用	(25)
§ 2-4 力学量的单位和量纲	(29)
§ 2-5 惯性系和非惯性系	(30)
习 题	(32)
第三章 功、能和动量	(36)
§ 3-1 功 功率	(36)
§ 3-2 动能 动能定理	(39)
§ 3-3 物体系的势能	(41)
§ 3-4 功能原理和机械能守恒定律	(44)
§ 3-5 动量 冲量 质点的动量定理	(47)
§ 3-6 质点系的动量定理 动量守恒定律	(50)
§ 3-7 碰撞问题	(52)
习 题	(56)
第四章 刚体的定轴转动	(60)
§ 4-1 刚体的平动和定轴转动	(60)
§ 4-2 力矩 转动定律 转动惯量	(62)
§ 4-3 力矩作功 定轴转动的动能定理	(67)
§ 4-4 角动量与角动量守恒定律	(70)

§ 4-5 经典力学的适用范围	(74)
习 题	(74)

第二编 机械振动和机械波

第五章 机械振动	(79)
§ 5-1 简谐振动	(79)
§ 5-2 简谐振动的旋转矢量表示法	(84)
§ 5-3 谐振动系统的能量	(85)
§ 5-4 阻尼振动 受迫振动和共振	(86)
§ 5-5 同振动方向同振动频率的简谐振动的合成	(89)
* § 5-6 同振动方向不同振动频率的简谐振动的合成	(90)
* § 5-7 振动方向相互垂直的简谐振动的合成	(91)
习 题	(94)
第六章 机械波	(97)
§ 6-1 机械波的产生和传播	(97)
§ 6-2 平面简谐波	(100)
§ 6-3 波的能量 波的强度	(104)
§ 6-4 惠更斯原理	(107)
§ 6-5 波的干涉 驻波	(109)
§ 6-6 声波 超声和次声	(114)
习 题	(116)

第三编 气体分子运动论和热力学基础

第七章 气体分子运动论	(121)
§ 7-1 分子运动论的基本概念	(121)
§ 7-2 气体的状态参量 平衡态	(123)
§ 7-3 理想气体的状态方程式	(125)
§ 7-4 理想气体的压强公式	(128)
§ 7-5 温度与分子平均平动动能的关系	(131)
§ 7-6 能量按自由度均分定理 理想气体的内能	(133)
§ 7-7 气体分子的速率分布律	(137)
§ 7-8 分子的平均碰撞次数及平均自由程	(142)
* § 7-9 气体内的迁移现象	(144)
* § 7-10 实际气体 范德瓦尔斯方程	(147)
习 题	(151)
第八章 热力学基础	(154)
§ 8-1 系统的内能 功和热量	(154)
§ 8-2 热力学第一定律	(157)
* § 8-3 理想气体的等容过程和等压过程	(158)

§ 8-4	理想气体的等温过程和绝热过程	(161)
§ 8-5	循环过程	(166)
§ 8-6	卡诺循环	(171)
§ 8-7	热力学第二定律	(174)
* § 8-8	热力学第二定律的统计意义	(176)
* § 8-9	卡诺定理	(177)
* § 8-10	熵和热力学第二定律	(178)
	习 题	(179)

第四编 电磁学

第九章 静电场	(185)
§ 9-1 电荷守恒定律 库仑定律	(185)
§ 9-2 电场 电场强度	(187)
§ 9-3 电场强度的计算	(189)
§ 9-4 电力线 电通量	(193)
§ 9-5 真空中的高斯定理	(195)
§ 9-6 电场力的功 电势	(198)
§ 9-7 等势面 场强和电势的微分关系	(204)
习 题	(206)
第十章 静电场中的导体和电介质	(209)
§ 10-1 静电场中的导体	(209)
§ 10-2 静电场中的电介质	(215)
§ 10-3 电位移矢量 有电介质时的高斯定理	(218)
§ 10-4 电容 电容器	(220)
§ 10-5 电场的能量	(224)
§ 10-6 静电的应用	(227)
习 题	(229)
第十一章 恒稳电流	(231)
§ 11-1 恒稳电流 电流连续性原理	(231)
§ 11-2 均匀电路的欧姆定律 欧姆定律的微分形式	(233)
§ 11-3 电动势 闭合电路与一段含源电路的欧姆定律	(235)
§ 11-4 电功和电功率 焦耳定律及其微分形式	(239)
* § 11-5 金属导电的经典电子理论的基本概念	(240)
习 题	(242)
第十二章 真空中的磁场	(245)
§ 12-1 基本磁现象	(245)
§ 12-2 磁场 磁感应强度	(247)
§ 12-3 磁通量 磁场中的高斯定理	(249)
§ 12-4 毕奥—萨伐尔定律	(251)

§ 12-5 定培环路定律	(254)
习 题	(257)
第十三章 磁场对电流及运动电荷的作用	(261)
§ 13-1 磁场对运动电荷的作用 洛仑兹力	(261)
§ 13-2 带电粒子在电磁场中的运动	(262)
§ 13-3 磁场对载流导线的作用	(266)
§ 13-4 均匀磁场对载流线圈的作用	(268)
§ 13-5 平行载流导线间的相互作用力	(269)
习 题	(270)
第十四章 物质的磁性	(273)
§ 14-1 磁场中的磁介质	(273)
§ 14-2 磁场强度 磁介质中的安培环路定律	(275)
§ 14-3 铁磁质	(277)
习 题	(280)
第十五章 电磁感应	(281)
§ 15-1 电磁感应的基本规律	(281)
§ 15-2 动生电动势	(284)
§ 15-3 感生电动势 涡电流	(287)
§ 15-4 自感和互感	(290)
§ 15-5 磁场的能量	(293)
习 题	(295)
第十六章 电磁场和电磁波	(298)
§ 16-1 位移电流和全电流	(298)
§ 16-2 麦克斯韦电磁场理论	(300)
§ 16-3 电磁振荡和电磁波	(302)
§ 16-4 电磁波谱	(304)
习 题	(305)

第五编 波动光学基础

第十七章 光的干涉	(308)
§ 17-1 相干光源	(308)
§ 17-2 相干光的获得	(311)
§ 17-3 光程和光程差	(313)
§ 17-4 薄膜干涉	(317)
§ 17-5 劈尖干涉 牛顿环	(321)
§ 17-6 迈克耳逊干涉仪	(324)
习 题	(325)
第十八章 光的衍射	(328)
§ 18-1 光的衍射现象	(328)

§ 18-2	惠更斯-菲涅耳原理	(329)
§ 18-3	夫琅和费单缝衍射	(330)
§ 18-4	衍射光栅 光栅光谱	(334)
§ 18-5	光学仪器的分辨率	(337)
	习 题	(339)
第十九章 光的偏振		(341)
§ 19-1	自然光与偏振光	(341)
§ 19-2	反射和折射时光的偏振	(342)
§ 19-3	偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	(344)
* § 19-4	光的双折射现象	(346)
* § 19-5	偏振光的干涉	(349)
	习 题	(351)
第六编 近代物理学基础		
第二十章 相对论		(355)
§ 20-1	狭义相对论的基本原理	(355)
§ 20-2	狭义相对论的时空观	(356)
§ 20-3	狭义相对论动力学的一些结论	(361)
* § 20-4	广义相对论简介	(365)
	习 题	(366)
第二十一章 光的量子性		(368)
§ 21-1	热辐射和绝对黑体辐射	(368)
§ 21-2	普朗克的量子假设	(370)
§ 21-3	光电效应	(372)
§ 21-4	光的波粒二象性	(374)
* § 21-5	康普顿效应	(375)
	习 题	(376)
第二十二章 玻尔的氢原子理论		(378)
§ 22-1	原子的有核模型	(378)
§ 22-2	氢原子光谱的规律性	(379)
§ 22-3	玻尔的氢原子理论	(380)
§ 22-4	半经典理论的缺陷	(383)
	习 题	(384)
第二十三章 量子力学		(385)
§ 23-1	德布罗意假设 实物粒子的二象性	(385)
§ 23-2	测不准关系	(386)
§ 23-3	波函数及其统计解释	(389)
§ 23-4	薛定谔方程	(391)
§ 23-5	薛定谔方程的应用	(393)

§ 23-6	电子自旋量子数	(398)
* § 23-7	原子的壳层结构 元素周期表	(399)
	习 题	(401)
* 第二十四章	激光简介	(403)
§ 24-1	激光的特性	(403)
§ 24-2	产生激光的基本原理	(404)
§ 24-3	激光全息照相	(406)
	习 题	(407)
* 第二十五章	半导体	(408)
§ 25-1	固体的能带	(408)
§ 25-2	导体 绝缘体和半导体	(409)
§ 25-3	半导体的导电机理	(411)
§ 25-4	P-n 结	(412)
	习 题	(413)
* 第二十六章	超导体	(414)
§ 26-1	超导体的基本性质	(414)
§ 26-2	超导电性的起因	(415)
§ 26-3	约瑟夫森效应	(417)
§ 26-4	超导电性的应用和前景	(418)
	习 题	(419)
* 第二十七章	原子核和基本粒子	(420)
§ 27-1	原子核的组成和核结合能	(420)
§ 27-2	原子核的衰变	(422)
§ 27-3	核反应 裂变和聚变	(425)
§ 27-4	加速器和对撞机	(428)
§ 27-5	基本粒子	(430)
	习 题	(434)
附录 I	矢量	(435)
附录 II	国际单位制 (SI) 简介	(438)
习题参考答案		(441)

第一编 力 学

在物理学研究的各种运动形式中，最简单、最基本的是物体位置的变化。这种变化，可以是各物体之间相对位置的变化，也可以是一个物体的某些部分相对于其它部分位置的变化。这种位置的变化叫做机械运动。例如，通讯卫星的运行、机械加工使工件产生的形变等等，都是机械运动。力学就是研究机械运动规律的学科，也是学习物理学的基础。力学规律的核心是牛顿运动定律和守恒定律（机械能守恒、动量守恒及角动量守恒等）。

第一章 质点运动学

任何物体都有大小和形状。物体作一般机械运动时，物体上各部分的运动规律是十分复杂的，如果在所研究的问题中，物体的大小和形状对我们所研究的问题不起作用或所起作用甚小而可以忽略时，为了突出问题的主要方面，可以将物体视为只有质量的一个几何点，称为质点。它是物体的一种理想化模型。例如，在研究地球绕太阳公转时，由于地球的直径远远小于日、地之间的平均距离，地球上各点对太阳的运动差异很小，可以将地球看作质点，从而突出了公转这一问题的主要方面。但在研究地球的内部构造或地球自转等问题时，就不能再将地球当作质点了。可见，质点模型的应用，是有条件的，应视具体情况而定。

在本章的讨论中，都把物体简化为质点，只研究质点的空间位置随时间变化的关系，而不涉及运动的原因，这部分内容称为质点运动学。学完本章，要求：

- (1) 熟悉运动方程的矢量形式及其坐标分量形式，能用已知的运动方程求速度、加速度和简单的轨道方程；
- (2) 了解运动的绝对性与描述运动的相对性；明确位置、速度、加速度的瞬时性、矢量性和相对性。正确理解切向加速度和法向加速度的物理意义并能进行简单的计算；
- (3) 在直线运动和平面运动中，学会用建立坐标的方法解决有关问题；掌握圆周运动中角量与线量的关系。

§ 1—1 参照系 时间

一、参照系和坐标系

任何物体都处在永恒的运动中。地球上看来不动的房屋、树木等，实际上都跟随着地球自转和绕太阳公转而运动，不但如此，太阳还带着它周围的九大行星以很高的速度绕着银河系的中心旋转……，因此，对宇宙中的任何物体来说，运动是绝对的。

力学中为了描述物体的运动，需要选定另外的物体作为参考，这些被选定来作为参考的物体称为参照物或参照系。例如，为了描述火车的运动，既可以选取铁路两旁的站台或电杆作为参照系，这时火车相对于站台或电杆是运动的；也可以选取火车车厢内的地板或行李架作为参照系，由于地板或行李架跟随车厢同步运动，所以以地板或行李架为参照系，火车并没有运动。可以看出，描述物体的同一运动，选取不同的参照系会得到不同的结果，就是说，物体运动的描述是相对的，称为描述运动的相对性，简称运动的相对性。在具体问题中如何选定参照系，应视描述运动的需要和是否方便而定。

为了定量地描述物体在各时刻的运动情况，还需要在参照系上建立一个坐标系。具体

作法是，将坐标原点固定在参照系上，按物体作直线运动或平面运动，相应地建立一维或二维坐标系；描述物体的空间运动，就需要建立三维坐标系。

二、时间和时刻

时间是各事件发生的先后次序所组成的序列。例如，飞机 20 时 25 分从成都起飞，途经各地，于 22 时 15 分在广州降落。飞机途中飞经各地是一系列事件，它们按先后次序相继发生，这就是时间的流逝。乘客则是通过飞机上的挂钟或手表，得知时间流逝的快慢。起飞 20 时 25 分那一瞬间是个时刻，降落 22 时 15 时那一瞬间是另一个时刻。在这两个时刻之间，就是从成都飞到广州所经历的时间间隔。

任何物体的运动，任何自然现象的演变，都是在空间、时间中进行的。定量描述物体的运动，就在于确定各个物体在空间的位置以及位置随时间的变化情况。

应当注意，1 秒末和 2 秒初实际上是指同一个时刻，表示为 $t=1$ 秒；第 2 秒钟则是指 2 秒初到 2 秒末之间的一段时间间隔。

在国际单位制（代号为 SI，详见附录）中，时间和时刻的单位为秒（s）。常用的单位还有分（min）、小时（h）等。

§ 1—2 位置矢量 位移

一、位置矢量、运动方程

定量描述质点的运动，关键在于确定各个时刻质点的位置。今选取一个参照系，并在参照系上固定一个直角坐标系，参见图 1—1。 t 时刻质点在某点 P 的位置，可以用 P 点的坐标 x 、 y 表示，也可以用坐标原点 O 指向 P 点的有向线段 r 来表示。 r 叫做位置矢量，也称为矢径或位矢。在图 1—1 中，位矢 r 的长短表示质点与原点的距离，其箭头表示质点的空间方位。

什么是矢量？矢量是同时具有大小和方向，而且它们的合成运算遵从平行四边形法则的量。

质点的位置坐标 x 、 y 是质点的位矢 r 在直角坐标系的 X 轴、 Y 轴上的投影或分量。 x 、 y 两个量是标量，只有大小、正负之分。它们服从标量运算法则。

如果在 X 、 Y 轴的正方向上，取长度为 1 个单位长度的矢量 i 、 j （它们称作单位矢量），则质点的位矢 r 在直角坐标系中可表示为

$$r = xi + yj \tag{1-1}$$

上式表明， r 是两个正交分矢量 xi 、 yj 的矢量和。

位矢 r 的大小可由图 1—1 中的几何关系求是

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{1-2}$$

r 的方向可由 r 与 X 轴、 Y 轴夹角的余弦确定

$$\cos\alpha = \frac{x}{r} \quad \text{与} \quad \cos\beta = \frac{y}{r} \tag{1-3}$$

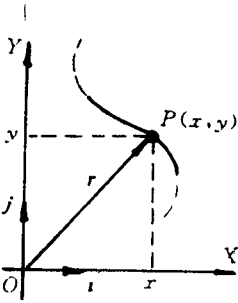


图 1—1

质点在运动过程中,其位置随时间的变化,可以用位矢 $\mathbf{r}$ 是时间的函数 (r 的大小、方向都可能随时间变化) 来表示,即

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-4)$$

或

$$\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} \quad (1-5)$$

(1-4) 或 (1-5) 式称为质点运动方程的矢量形式。在平面直角坐标系内的坐标分量方程为

$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad (1-6)$$

(1-6) 式通常称为质点的运动方程式。将 (1-6) 式中的二分量方程联立消去时间 t , 就得到质点实际运动的轨道方程式

$$f(x, y) = 0 \quad \text{或} \quad y = g(x) \quad (1-7)$$

如果质点作直线运动, 将其运动的直线轨道选为 X 坐标, 则运动方程成为

$$x = x(t) \quad (1-8)$$

在不同的坐标系内, 描述质点的同一位置, 其位矢 $\mathbf{r}$ 有不同的表达形式, 所以位矢 $\mathbf{r}$ 具有相对性。这是描述运动的相对性的具体体现。

例题 1-1 已知某质点的运动方程为

$$\mathbf{r} = a\cos\omega t\mathbf{i} + b\sin\omega t\mathbf{j}$$

式中 a 、 b 、 ω 均为常数。求质点距坐标原点的距离 r 及轨道方程。

解 由题给条件, 写出平面直角坐标分量方程式为

$$x = a\cos\omega t, \quad y = b\sin\omega t$$

所求距离为

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{a^2\cos^2\omega t + b^2\sin^2\omega t}$$

因为 $r = r(t)$, 表明质点与坐标原点的距离将随时间而改变。由上述两个运动方程消去时间 t , 得到质点的轨道方程为

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

此为典型的椭圆方程式。由此判知, 质点作椭圆运动。如果 $a = b$, 则得 $x^2 + y^2 = a^2$, 为圆方程式, 表示质点作圆周运动。

三、位移

质点位置的变化应用位移矢量来描述。设质点在 t 时刻从 p_1 点沿曲线运动, $t + \Delta t$ 时刻到达 p_2 点。质点在 p_1 、 p_2 两点的位矢分别为 $\mathbf{r}_1$ 、 $\mathbf{r}_2$, 如图 1-2 所示。这样, 在 Δt 时间间隔内质点位置的改变量为 $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ 。根据矢量运算知, $\Delta\mathbf{r}$ 应为 P_1 点指向 P_2 点的有向线段 $\overline{P_1P_2}$ 。将 $\Delta\mathbf{r}$ 称为质点从 t 到 $t + \Delta t$ 时间间隔内的位移矢量, 简称位移。位移 $\Delta\mathbf{r}$ 同时表示了质点空间位置改变的大小和位置改变的方向。

应当注意, 位移和路程是两个不同的概念。在图 1-2 中, 质点沿轨道 $\widehat{P_1P_2}$ 运动, 实际走过的路程是 $\widehat{P_1P_2}$ 的弧长 ΔS , 是标量。而位移 $\Delta\mathbf{r}$ 则是矢量, 其方向从 p_1 指向 p_2 , 大小等于割线的长度 $\overline{P_1P_2}$, 常用 $|\Delta\mathbf{r}|$ 表示。在一般情况下, $|\Delta\mathbf{r}| \neq \Delta S$ 。

在直线运动中,如选用 X 轴正方向 i 为统一正方向,则质点的始、末位矢 r_1 、 r_2 可简化为 x_1 、 x_2 ,位移 Δr 相应简化为 $\Delta x = x_2 - x_1$ 。位矢、位移的国际单位为米(m)。常用的单位还有千米(km)、厘米(cm)等。

位移 Δr 的大小、方向往往因时刻 t 的不同、时间间隔 Δt 的长短而具有不同的结果,这就是位移的瞬时性。

例题 1—2 已知某质点作圆周运动,运动的矢量方程为

$$r = R\cos\omega t i + R\sin\omega t j$$

其中 $R = 3\sqrt{2}$ (m) 为圆的半径, ω 为常数。使质点经 $\frac{1}{4}$ 圆周从 A 点运动到 B 点,如图1—3所示。若 A 点的位矢为

$$r_A = -\sqrt{2}i + 4j(\text{m})$$

求:①质点在 B 点的位矢 r_B ;②在此过程中的位移 Δr ;③在此过程中质点所走过的路程 ΔS 。

解 ①求 r_B 按题条件知 $\widehat{AB}$ 为 $\frac{1}{4}$ 圆周,得 r_B 如图1—3中 OB 示。过 A 点作 Y 轴垂线交 Y 轴于 C ,从 B 点作 X 轴垂线交 X 轴于 D ;由图中几何关系判知, $\triangle AOC \cong \triangle BOD$,所以 $\overline{OD} = \overline{OC} = 4$ (m), $\overline{DB} = \overline{AC} = 2$ (m)。因此

$$r_B = 4i + \sqrt{2}j(\text{m})$$

②求 Δr 由位移定义与矢量的坐标分量表示法,可得

$$\begin{aligned}\Delta r &= r_B - r_A = (4i + \sqrt{2}j) - (-\sqrt{2}i + 4j) \\ &= (4 + \sqrt{2})i - (4 - \sqrt{2})j(\text{m})\end{aligned}$$

③求 ΔS

$$\Delta S = \frac{1}{4} \times 2\pi R = \frac{1}{4} \times 2 \times 3.14 \times 3\sqrt{2} = 6.69(\text{m})$$

§ 1—3 速 度

描述质点运动的快慢程度和运动方向的物理量是速度矢量。

在匀速直线运动中,质点速度的大小和方向都不随时间变化。设 t 时刻,质点从 p_1 经过时间间隔 Δt 沿直线运动到 p_2 处,位移为 Δr ,如图1—4所示。质点运动的快慢程度和运动方向可用比值表示为

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

v 就是匀速直线运动中的速度矢量,简称速度。由于大小恒定、方向不变,所以 v 是恒矢量。

在变速直线运动中,沿用图1—4,设质点从时刻 t 到 $t + \Delta t$,从 p_1 点变速地运动到 p_2

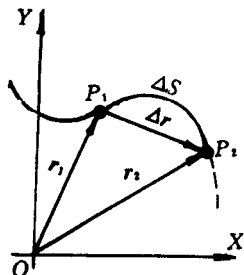


图 1—2

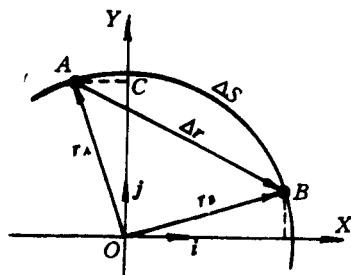


图 1—3

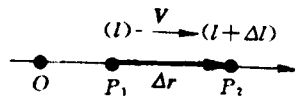


图 1—4