

余汝官等 编

大学物理 (大专)

浙江大学出版社

大学物理

(大 专)

余汝官等 编

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理 / 余汝官等编. —杭州: 浙江大学出版社, 1999. 7

ISBN 7-308-02121-1

I. 大... II. 余... III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 22763 号

责任编辑: 陈晓嘉

出版发行: 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 者: 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷: 金华市地质彩印厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 29.5

字 数: 752 千

版 印 次: 1999 年 7 月第 1 版 2001 年 8 月第 2 次印刷

印 数: 1601—3600

书 号: ISBN 7-308-02121-1/O · 234

定 价: 33.00 元

前 言

物理学是高等工科院校各专业的一门重要基础课程,主要研究物质最基本、最普遍的运动形式。这些最基本的运动形式包括:机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内部的运动等,它们普遍地存在于其他较高级的运动形式之中,因此可以认为物理学是一切自然科学的基础,也是当代工程技术的重要支柱。通过物理学的学习,不仅能够学到丰富的知识,了解掌握客观实际规律的方法,更重要的是能够学到科学思维的方法,培养我们分析问题和解决问题的能力。

本教材是依据编者多年的教学实践,按照大学专科的要求,参考曹莹龄等编的《物理学》的部分内容编写而成的。在编写过程中,注重教材的系统性、科学性和基本概念의阐述,并配以较多的例题以适应学生阅读;各章后面都有思考题帮助复习思考,还有针对教学要求配备的习题。

由于物理学是一门理论性较强、概念较多、前后联系紧密的学科,因此在学习过程中,掌握学习方法是十分重要的。下面就学习过程中的几个主要环节提出一些看法供大家参考。

阅读教材

仔细地阅读教材,是最基本也是最重要的环节,不少人存在“一看就懂,看过就忘,一用就错,一考就慌”的问题,就是因为没有反复阅读、深入思考的缘故。因此在阅读时,必须先仔细地把教材看懂,然后进行思考,想一想这一部分叙述的是什么内容,基本要求是什么,哪些是重点,前后有什么联系,如何运用它们来解决问题等。经过这样的反复阅读思考后,概念掌握就比较牢固,就能运用相应定律和定理较顺利地解答习题。

做习题

在认真阅读教材的基础上,为了进一步巩固、掌握理论知识,做习题是很重要的。在做习题之前,要注意教材中的例题,最好独立做一遍,再想一想这个例题要求达到的目的是什么,突出了哪些概念,强调了哪些理论,介绍了哪些方法。在做习题时,要求每做一道题都能够讲清解题的原理、依据和思路,而不是乱套公式;并且注意下列要求:①根据题意列出已知量和未知量,尽可能画出草图;②根据问题要求,决定解题途径所依据的定律和定义的数学表示式;③运算时宜先用文字符号代替物理量,算出最后表示式后再将数字代入,这样便于自己检查,不应一开始就直接用数字运算;④注意各物理量的单位(本教材采用国际单位制)。

除此以外,在解题时还应注意多种解法。用不同的方法处理同一问题,对加深理解题意是很有帮助的。

总结复习

每章结束后最好能有个小结,列出基本概念和基本理论,同时要注意前后章节的联系。

对基本概念应该注意:①概念的物理意义;②概念的定义;③概念所涉及的方向、单位;④

与概念相联系的基本定律、定理的重要应用。

对基本理论应注意：①它所反映的物理本质；②主要内容和文字叙述；③数学形式；④适用范围和条件；⑤主要应用。

实验

物理实验是物理教学中的重要环节之一，通过实验可以使我们巩固和验证所学的知识，熟悉实验方法和训练实验技能，培养严肃认真、实事求是的科学作风。

长期的教学实践告诉我们，要学好物理学这门课程必须付出辛勤的劳动。只有经过严格训练，才能为今后学习专业知识、在各种工程技术岗位上发挥聪明才智打下扎实的基础。

本书内容共分6篇：第1篇力学、第2篇机械振动和机械波、第3篇分子物理和热力学基础、第4篇电磁学、第5篇波动光学、第6篇量子物理基础。参加本书编写的有：任鸿耀（第1篇、第5篇、第6篇）、余汝官（第2篇、第3篇、第4篇、第6篇）、陆道芳（第1篇、第3篇）、林玉塘（第1篇、第2篇、第5篇）、鲍世综（第4篇）。

编 者

1997 年于浙江大学

目 录

第 1 篇 力 学

1. 质点运动学	2
1.1 质点·参照系	2
1.2 位移	4
1.3 速度	6
1.4 加速度	8
1.5 相对速度·相对加速度	18
思考题	21
习题	22
2. 牛顿运动定律	24
2.1 牛顿运动三定律	24
2.2 力学的单位制和量纲	27
2.3 力学中常见的三种力的特性	30
2.4 牛顿运动定律的应用	34
2.5 惯性系与非惯性系	42
思考题	44
习题	45
3. 动量原理与动量守恒	49
3.1 动量和冲量·动量原理	49
3.2 动量守恒定律	54
3.3 质心及其运动	58
思考题	63
习题	64
4. 功与能	66
4.1 功与功率	66
4.2 动能与动能定理	73
4.3 势能	77

4.4 功能原理·机械能守恒和转换定律·····	82
思考题·····	88
习题·····	89
5. 刚体转动 ·····	92
5.1 刚体的定轴转动·····	92
5.2 刚体定轴转动定律·····	96
5.3 定轴转动中的功和能·····	102
5.4 刚体的角动量和角动量守恒定律·····	105
5.5 经典力学的适用范围及狭义相对论的概念·····	107
思考题·····	111
习题·····	112

第2篇 机械振动和机械波

6. 机械振动 ·····	116
6.1 谐振动·····	116
6.2 谐振动中的几个物理量·····	119
6.3 谐振动的旋转矢量图示法·周相差·····	124
6.4 谐振动的能量·····	128
6.5 阻尼振动·受迫振动与共振·····	129
6.6 谐振动的合成·····	131
思考题·····	135
习题·····	136
7. 机械波 ·····	139
7.1 机械波的产生和传播·····	139
7.2 波速·波长·波的周期和频率·····	141
7.3 波动方程·····	143
7.4 波的能量·····	148
7.5 惠更斯原理·····	150
7.6 叠加原理与波的干涉·····	152
7.7 多普勒效应·····	156
思考题·····	157
习题·····	158

第3篇 分子物理和热力学基础

8. 分子物理 ·····	162
8.1 分子运动的基本概念·····	162

8.2	理想气体状态方程	163
8.3	分子热运动的基本特征和基本规律	166
8.4	理想气体的压强	170
8.5	理想气体的能量	172
8.6	能量按自由度均分原则与理想气体的内能	174
8.7	气体中的迁移现象	178
8.8	真实气体	181
	思考题	183
	习题	185
9.	热力学基础	187
9.1	热力学第一定律	187
9.2	准平衡过程	188
9.3	热力学第一定律在理想气体等值过程中的应用	190
9.4	气体的热容量	193
9.5	绝热过程	196
9.6	循环过程	199
9.7	卡诺循环	202
9.8	热力学第二定律简介	205
	思考题	206
	习题	208
 第 4 篇 电磁学 		
10.	静电场	212
10.1	电荷与物质	212
10.2	库仑定律	214
10.3	静电场·电场强度	216
10.4	电力线	224
10.5	高斯定理	226
10.6	高斯定理的应用	229
10.7	电场力的功	232
10.8	电势能·电势	234
10.9	电场强度与电势的关系	238
10.10	带电粒子在电场中的运动	241
	思考题	245
	习题	246
11.	静电场中的导体与电介质	249
11.1	静电场中的导体	249

11.2	电容·电容器	255
11.3	静电场中的电介质	261
11.4	电介质中的高斯定理及电位移矢量	264
11.5	静电场的能量	267
	思考题	269
	习题	270
12.	直流电	272
12.1	电流·欧姆定律	272
12.2	电流的功与功率	276
12.3	稳恒电场·电动势	278
12.4	一段含源电路和闭合电路的欧姆定律	281
	思考题	284
	习题	285
13.	磁场	287
13.1	基本磁现象	287
13.2	磁场	289
13.3	洛伦兹力	293
13.4	带电粒子在电场和磁场中的运动	294
13.5	磁场对电流的作用	302
13.6	磁场对载流线圈的作用	304
13.7	电流的磁场——毕奥-沙伐尔定律及其应用	307
13.8	安培环路定律	312
13.9	运动电荷的磁场	316
13.10	“安培”的定义	318
	思考题	319
	习题	321
14.	物质的磁性	327
14.1	物质的磁性	327
14.2	磁场强度·磁介质中的安培环路定律和毕奥-沙伐尔定律	330
14.3	铁磁性物质	332
14.4	超导电性及其应用	334
	思考题	336
	习题	337
15.	电磁感应	339
15.1	电磁感应现象	339
15.2	楞次定律·法拉第电磁感应定律	341

15.3	电磁感应现象和能量守恒与转换定律的关系	344
15.4	动生电动势	345
15.5	自感现象	348
15.6	互感现象	352
15.7	磁场的能量	353
	思考题	355
	习题	358
16.	电磁场理论的基本概念和电磁波	361
16.1	涡旋电场	361
16.2	位移电流	363
16.3	麦克斯韦电磁场理论的基本概念·麦克斯韦方程	364
16.4	电磁振荡	366
16.5	电磁波的辐射和传播	370
16.6	电磁场的能量	372
16.7	电磁波谱	373
	思考题	374
	习题	375

第五篇 波动光学

17.	光的干涉	378
17.1	光的相干性	378
17.2	分波阵面法获得相干光	378
17.3	光程和光程差	381
17.4	薄膜干涉	382
17.5	劈尖·牛顿圈	385
	思考题	388
	习题	388
18.	光的衍射	390
18.1	光的衍射现象	390
18.2	单缝衍射	391
18.3	光栅衍射	394
18.4	光学仪器的分辨率	396
18.5	X射线的衍射	397
18.6	全息照相	398
	思考题	403
	习题	403

19. 光的偏振	404
19.1 自然光和偏振光	404
19.2 起偏振和检偏振	405
19.3 反射和折射时光的偏振	407
19.4 光的双折射现象	408
思考题	409
习题	410

第六篇 量子物理基础

20. 光的量子性	412
20.1 热辐射·基尔霍夫定律	412
20.2 绝对黑体的辐射定律	414
20.3 普朗克量子假设	416
20.4 光电效应	419
思考题	423
习题	423
21. 原子物理学基础	425
21.1 原子光谱	425
21.2 玻尔氢原子理论	427
21.3 德布罗意波	431
21.4 量子力学的基本概念	432
21.5 激光	434
思考题	441
习题	441

附 录

I 国际单位制七个基本单位的定义	443
II 基本物理常数	444
III 有关地球、月球、太阳的数据	445
IV 常用物理常数	446
V 各单位制中电磁量的换算关系	447
VI 一些单位换算因子	448
习题答案	449

第 1 篇 力 学

在物体的各种运动形式中,最简单、最基本的一种是物体位置的变化,这种变化或者是一个物体相对于另一个物体,或者是一个物体的某些部分相对于其他部分。我们把这种位置的变化称为**机械运动**。如行星围绕太阳的运动,人造卫星绕地球的运动,车辆、船只、飞机的运动,各种机器的运动,弹簧的伸长和压缩等等,都是机械运动。力学就是要研究机械运动所遵循的客观规律。为研究方便起见,常把力学分为运动学和动力学。前者研究物体在运动过程中位置和时间关系,后者研究物体运动变化的原因和规律。我们先讨论运动学,然后讨论动力学。

和其他自然科学一样,力学是在实践的基础上逐渐发展起来的。人类在社会实践中,特别是在生产实践中,随时随地都要接触到机械运动,所以在物理学中,力学最先得到发展。16~17世纪,牛顿集前人在力学方面的成就,同时经他自己的观察和实验,运用概括、抽象、判断和推理的方法,总结出三条运动定律和万有引力定律,奠定了经典力学(或牛顿力学)的基础。牛顿以后,在18~19两世纪中,许多物理学家在牛顿定律的基础上,把经典力学发展成为一门理论严密、体系完整的科学。经典力学以大量分子组成的物体为研究对象,这种物体小到一颗细沙,大到一个星体,都被称为**宏观物体**;而且在所研究的运动中,物体的速度都远比光速($3 \times 10^8 \text{m/s}$)为小。这种速度一般称为**常速**。所以,总的来说,经典力学研究的是在常速情况下宏观物体的机械运动。

19世纪末叶以来,物理学的进一步发展,不但揭示了复杂的高级的物质运动都有自己的规律,不能用机械运动的规律来解释;而且暴露出经典力学在新的研究领域内,有加以修正的必要。于是,产生了研究高速物体运动规律的相对论力学和研究微观物体运动规律的量子力学,以适用于描述接近光速物体的运动和分子、原子等微粒的运动。

在力学的发展过程中,经典力学虽已被扩展和修正,但并非废弃不用,相反,它对于描写和解决一定范围内的力学现象和问题,仍然是正确和必要的。事实上,相对论力学对于低速物体的运动,量子力学对于质量较大物体的运动,都给出和经典力学完全相同的结果。因此,我们可以说,经典力学中各定律在一定范围内是足够精确的,本篇的内容也将以说明经典力学中的主要物理基础为主。

1. 质点运动学

质点运动学讨论质点的各种运动(机械运动),即说明质点运动时在空间所占位置和时间
的关系。

描写运动的重要概念是位移、速度和加速度。这些概念都具有相对性、瞬时性和矢量性。本章用这些概念来描述几种简单的质点运动,如直线运动、圆周运动等。通常所见物体的运动是很复杂的,而简单的质点运动是了解复杂运动的基础。

1.1 质点·参照系

1.1.1 质 点

由于物体有大小和形状,运动时物体上各点的位置变化在一般情况下是各不相同的,所以要详细描写物体的运动,并不是一件容易的事。但在某些情形中,根据我们所要研究的问题的性质,物体的大小和形状可以略去不计。这样,我们可以把物体近似地看成没有大小和形状、质量集中的点,称为质点。

例如,当我们研究地球绕太阳的公转时,因地球的直径(约 $1.3 \times 10^7\text{m}$) 比它离太阳的距离(约 $1.5 \times 10^{11}\text{m}$) 小得多而可以将其略去不计,即我们可把地球看成质点。又如,在研究炮弹的飞行时,只要我们粗略地知道炮弹飞行的情况,我们也可以把炮弹当成质点。

当然,我们不能在所有问题中都把物体看成质点。例如,当我们研究地球自转或空气阻力对于炮弹飞行的影响时,就不能把地球或炮弹看成质点。所以,同一物体是否能被看成质点,完全决定于我们所要研究的问题的性质。只有当物体的形状、大小在所研究的问题中影响很小而可以略去不计时,才能把物体当成质点,用一点的运动来代替整个物体的运动。

把物体看成质点是在一定条件下的科学抽象,它是简化了的研究方法,也是基本的研究方法。因为我们进一步研究物体运动时,可把物体看成由许多质点所组成,分析这些质点的运动,就可弄清整个物体的运动,所以研究质点运动是研究一般物体运动的基础。

1.1.2 参照系和坐标系

宇宙间一切物体都处在永恒不停的运动中,运动是绝对的,静止是相对的。如静止在地面上的物体——房屋、桥梁等似乎是不动的,但地球既在自转,又在绕太阳公转,因此房屋、桥梁

等相对太阳来说,也在运动。在人们看来,太阳似乎也是不动的,但从整个银河系来看,太阳也是运动的。就是一个银河系,相对其他银河系或星云来看,其也在运动着。因此,要研究一个物体的运动,必须选择另一个也在运动的物体作为参考,这个作为参考的物体称为**参照系**。对同一个物体在不同的参照系里运动的描述是不同的。例如一个人坐在公共汽车里,当汽车在公路上行驶时,若以地面为参照系,这个人的位置在不断变化;若以汽车为参照系,这个人是静止的。这种同一物体的运动对于不同的参照系,运动描述不相同的性质,称为**运动描述的相对性**。显然,要研究物体的运动,首先要选取参照系。参照系如何选择,主要看问题的性质和研究是否方便。例如研究物体对地面的运动,选地球作参照系最为方便。

为了定量地描述物体(质点)的机械运动,在参照系选定后,可在其中选择一个固定的坐标系。最常用的坐标系为直角坐标系。这种坐标系是在参照系中选一固定点 O 作为坐标原点,经过这一点,作三个互相垂直的 x 轴、 y 轴和 z 轴。质点在直角坐标系中 P 点的位置可用 x, y, z 三个坐标来表示,也可用有向线段 r (其大小等于 OP , 方向由 O 指向 P) 来表示,如图 1.1 所示, r 称为位置矢量或矢径。若以 i, j, k 分别表示沿正 x, y, z 轴的单位矢量,则位置矢量可写成

$$r = xi + yj + zk \quad (1.1)$$

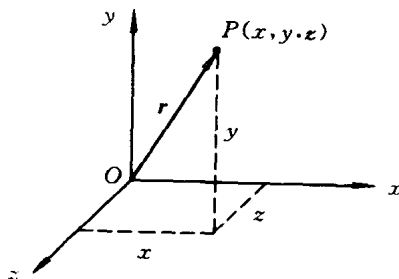


图 1.1 位置矢量

式中 x, y, z 既是 P 点相对原点 O 的坐标,也是矢径 r 在三个坐标轴上的分量大小。显然,矢径 r 的大小为

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

r 的方向由方向余弦确定:

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

式中, α, β 和 γ 分别为 r 与 x, y 和 z 轴的夹角。

若我们讨论的运动在平面内进行,则位置矢量可写成

$$r = xi + yj \quad (1.2)$$

1.1.3 运动方程

质点运动时,某一时刻必在一定位置上。位置变化时,时间也在流逝,所以质点的运动既在空间中进行,也在时间中进行。研究质点的运动,不但要选取空间坐标系,还要选时间坐标的原点,即要确定从什么时刻开始计算时间。随着时间的变化,质点的位置也在变化。位置随时间变化的函数式,如 $r(t)$ 或 $x(t), y(t), z(t)$ 等称为**运动方程**。知道了运动方程,就能确定任意时刻

质点的位置,从而确定质点的运动。

运动质点在空间所经过的路径称为轨道。质点的运动轨道为直线时,称为直线运动。质点的运动轨道为曲线时,称为曲线运动。从运动方程中消去 t 后,可得轨道方程。例如,已知某质点的运动方程为

$$x = 3\sin \frac{\pi}{6}t, \quad y = \cos \frac{\pi}{6}t, \quad z = 0$$

式中 t 以秒计, x, y, z 以米计。从 x, y 两式中消去 t 后,得轨道方程为

$$x^2 + y^2 = 9, \quad z = 0$$

以上两式表示质点在 $z = 0$ 的平面内,作以原点为中心、半径为 3m 的圆周运动。

由上可知,运动方程表明位置矢量 $\mathbf{r}$ 与时间 t 的函数关系,而轨道方程则只是位置坐标 x, y, z 之间的关系式,两者是不同的。

1.2 位移

质点运动时,相对某一参照系的位置在不断变化。下面我们说明怎样描述质点位置的变化。设一质点沿曲线 $\widehat{AB}$ 运动(图 1.2),若在时刻 t ,质点位于 A 点;时刻 $t + \Delta t$,质点到了 B 点,矢量 $\overrightarrow{AB}$ 便表示质点的位置变化,称为质点在 Δt 时间内的位移。位移是一个矢量,其大小用 AB 的长度表示,其方向由初位置 A 指向末位置 B 。位移 $\overrightarrow{AB}$ 并不是质点所经过的路程,质点运动的路程是曲线 $\widehat{AB}$ 。若质点在 A 点的矢径为 $\mathbf{r}_A$,在 B 点的矢径为 $\mathbf{r}_B$,由矢量三角形合成可见

$$\mathbf{r}_A + \overrightarrow{AB} = \mathbf{r}_B$$

或

$$\overrightarrow{AB} = \Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \quad (1.3)$$

所以位移也可用矢径的矢量差来表示,即等于末位置矢量减去初位置矢量。根据式(1.1)得到

$$\mathbf{r}_A = x_A \mathbf{i} + y_A \mathbf{j} + z_A \mathbf{k}$$

$$\mathbf{r}_B = x_B \mathbf{i} + y_B \mathbf{j} + z_B \mathbf{k}$$

位移

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A = (x_B - x_A) \mathbf{i} + (y_B - y_A) \mathbf{j} + (z_B - z_A) \mathbf{k}$$

其大小为

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$$

位移的方向由质点的初位置指向末位置,可用方向余弦来表示,即

$$\cos \alpha = \frac{x_B - x_A}{|\Delta \mathbf{r}|}, \quad \cos \beta = \frac{y_B - y_A}{|\Delta \mathbf{r}|}, \quad \cos \gamma = \frac{z_B - z_A}{|\Delta \mathbf{r}|}$$

在直线运动中,物体不是沿直线的这一方向运动,就是沿直线的另一方向运动,我们把这

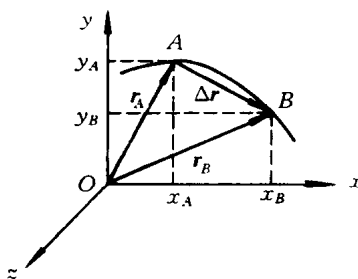


图 1.2 位移

一直线取为 x 坐标轴。若 O 为坐标轴的原点, 则坐标 x 表示质点在该直线上的位置, 如图 1.3 所示。设质点在时刻 t 经过 A 点, 其坐标为 x_A ; 在时刻 $t + \Delta t$, 运动到 B 点, 坐标为 x_B 。这段时间内, 质点位移 $\overrightarrow{AB}$ 的大小为 $\Delta x = x_B - x_A$ 。如图 1.3(a) 所示, 当 Δx 为正值时, 质点的位移与 x 轴同向, 表示质点向 x 轴正方向有一位移; 如图 1.3(b) 所示, 当 Δx 为负值时, 质点的位移与 x 轴反向, 表示质点向 x 轴负方向有一位移。可见, 在直线运动中, 位移的方向只要用 Δx 的正、负表示就可以了。因此, 在直线运动中, 位移矢量的大小和方向完全可以用相应的标量 Δx 来表示。

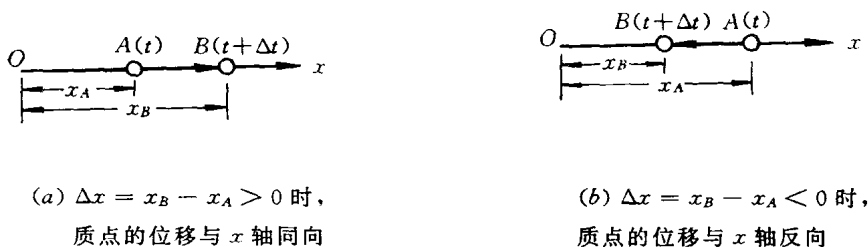


图 1.3 直线运动中的位移

在直线运动中, 若物体的运动方向保持不变, 则位移的大小和路程相等。如汽车沿笔直的公路向右行驶 10km (图 1.4(a) 中的 OC), 这时汽车位移矢量 $\overrightarrow{OC}$ 的大小和路程相等, 都是 10km。但在直线运动中, 若运动的方向有变化, 位移的大小和路程一般就不相等了。如汽车向右行驶 20km 后, 再返回向左行驶 11km (图 1.4(b) 中的 OB 和 BA), 汽车通过的路程是 $20\text{km} + 11\text{km} = 31\text{km}$, 而汽车的位移 $\overrightarrow{OA}$ 的大小则是 9km, 其方向向右。



图 1.4

位置矢量和位移的单位, 常用 km, m, cm 表示。

例 1 在匀速前进的火车中, 从离车厢底板 2m 高处自由落下一物体。当物体到达底板时, 火车前进了 5m, 求物体的位移。

解 取地面为参照系, 物体开始落下处为坐标原点, 以火车前进方向为 x 轴, 铅直向下为 y 轴 (如图 1.5)。当物体落到底板时, 在 x 方向的位移为 5m, 在 y 方向的位移为 2m。

$$\begin{aligned}\therefore OP &= \sqrt{x^2 + y^2} \\ &= \sqrt{5^2 + 2^2} = \sqrt{29} = 5.4(\text{m})\end{aligned}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{2}{5} = 0.4$$

$$\theta = 21^\circ 50'$$

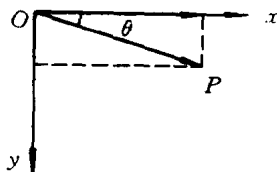


图 1.5

例 2 若一质点在平面中运动, 初位置矢量 $r_1 = 3i + 5j$, 末位置矢量为 $r_2 = 8i + 4j$ 。求该质点的位移。

解 由图 1.6 可知,位移为

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = (8 - 3)\mathbf{i} + (4 - 5)\mathbf{j} = 5\mathbf{i} - 1\mathbf{j}$$

$$\Delta r = \sqrt{5^2 + (-1)^2} = 5.2(\text{m})$$

$$\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = -\frac{1}{5}$$

$$\theta = -11^\circ 20'$$

式中负号表示质点在第四象限。

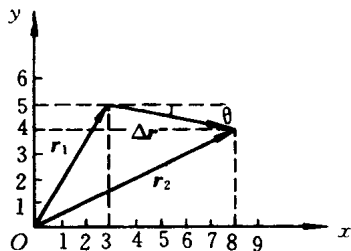


图 1.6

1.3 速度

研究物体运动时,不但要知道任何时刻物体在参照系中的位置,还要知道每一时刻物体运动的方向和快慢程度,也就是要知道它的速度。

1.3.1 平均速度和瞬时速度

设一质点沿曲线 $\widehat{AB}$ 运动,如图 1.7 所示。

在时刻 t ,质点经过 A 点;时刻 $t + \Delta t$,质点运动到 B 点,则在时间 Δt_1 内的位移为 $\Delta \mathbf{r} = \overrightarrow{AB}$ 。我们定义

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\overrightarrow{AB}}{\Delta t_1} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t_1}$$

为质点在 Δt_1 时间内的平均速度,平均速度是矢量,其方向即位移 $\overrightarrow{AB}$ 的方向。而路

程与时间 Δt_1 之比,即 $\frac{\widehat{AB}}{\Delta t_1}$,称为 Δt_1 时间内的

平均速率,平均速率是标量。应注意,速度和速率是两个不同的概念,不仅前者是矢量后者是标量,而且平均速度的大小一般也与平均速率不同。但是,无论是平均速度还是平均速率,它们都不能反映质点运动的瞬时情况,因为质点运动可能有时快些,有时慢些,而且方向也在不断变化,那么怎样表示质点在时刻 t (或在 A 点)的速度呢?在图 1.7 中,如 $\overrightarrow{AC}$ 和 $\overrightarrow{AD}$ 分别表示 $t + \Delta t_2$ 和 $t + \Delta t_3$ 时的位移,且 $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3$,则从图上可明显看出, Δt 取得越小,位移大小与路程也就越接近,而且位移的方向也越接近路程曲线在 A 点的切线方向,因此平均速度 $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ 也就越接近 A 点的真实速度。当 Δt 趋于零时,平均速度的极限值就定义为时刻 t (或 A 点)的瞬时速度 $\mathbf{v}$,其数学表达式为

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (1.4)$$

所以瞬时速度就是矢径对时间的一阶导数。 $\mathbf{v}$ 的数值也即等于 A 点的瞬时速度。 $\mathbf{v}$ 的方向即 A 点的切线方向。瞬时速度简称速度,单位为 m/s 。

将式(1.1)代入上式得到

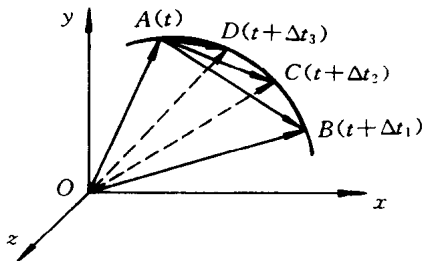


图 1.7 平均速度和瞬时速度