

大学物理

DAXUE WULI

主 编 骆成洪 刘笑兰
副主编 辛 勇 胡爱荣
黄国庆 邓新发

(上册)

修订版



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

大学物理(上册)

修订版

主 编	骆成洪	刘笑兰
副主编	辛 勇	胡爱荣
	黄国庆	邓新发



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 简 介

本书是在《大学物理》第1版的基础上,根据教育形势的发展,结合编者多年的教学实践修订而成的。全书分上下两册,上册包括力学、狭义相对论力学基础和电磁学,下册包括振动和波、波动光学、气体动理论及热力学和量子物理基础。教材编写力求简明凝练,深广度适当,适用面宽,便于教学。

本书可作为普通高等院校非物理类专业的本科生教材,也可供相关专业的师生选用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理.上册 / 骆成洪, 刘笑兰主编. --修订本. --北京: 北京邮电大学出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5635-3768-6

I. ①大… II. ①骆… ②刘… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 281274 号

书 名: 大学物理(上册)修订版

主 编: 骆成洪 刘笑兰

责 任 编 辑: 刘春棠

出 版 发 行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 17.5

字 数: 379 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2012 年 1 月第 1 版 2013 年 12 月第 2 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-3768-6

定 价: 35.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用和转化规律的学科,它的基本理论渗透在自然科学的各个领域,应用于生产技术的许多部门,是自然科学和工程技术的基础。

以经典物理、近代物理和物理学在科学技术中的初步应用为内容的大学物理课程是高等学校理工科各专业学生一门重要的必修基础课,这些物理基础知识是构成科学素养的重要组成部分,更是一个科学工作者和工程技术人员所必备的。

大学物理课程在为学生较系统地打好必要的物理基础,培养学生的现代科学的自然观、宇宙观和辩证唯物主义世界观,培养学生的探索、创新精神,培养学生的科学思维能力,掌握科学方法等方面,都是有其他课程不能替代的重要作用。通过大学物理课程的教学,应使学生对物理学的基本概念、基本理论、基本方法能够有比较全面和系统的认识和正确的理解,为进一步学习打下坚实的基础。在大学物理的各个教学环节中,都必须注意在传授知识的同时着重培养分析问题和解决问题的能力,努力实现知识、能力、素质的协调发展。

本教材是在编者原先编写的《大学物理》第1版的基础上,根据教育形势的发展,重新修订而成的。修订中体系未作大的改动,注意保持原有的风格和特点,包括重物理基础理论,重分析问题、解决问题能力的培养和训练,以及结合教学实践经验,使教材便于教和学。在此基础上,力图在不增加教学负担的情况下,多介绍一些新知识,扩大学生的视野,提高学生的科学素养。

修订中,精选和充实了少量例题和习题,对例题的求解过程注意了解题思路和方法的引导;改正了原书中出现的错误和个别表达欠确切的内容和词句,对文字进行了进一步的润色,力求语言流畅,通俗易懂,并按照全国科学技术名词审定委员会公布的《物理学名词》,对全书的物理学名词进行了核实。

修订后,全书仍分上下两册,上册包括力学和电磁学,下册包括振动和波、波动光学、气体动理论及热力学和量子物理基础。书中除阅读材料供学生选读外,凡冠以*号的章节供教师根据课时数和专业的需求选用。

本书可作为普通高等院校非物理类专业的本科生教材,也可供相关专业的师生选用

和参考。

本书由骆成洪、刘笑兰任主编,辛勇、胡爱荣、黄国庆、邓新发任副主编。参加本书编写工作的有:骆成洪、刘笑兰、胡爱荣、黄国庆、邓新发、吴评、辛勇、刘崧、廖清华、徐雪春、杨蓓、魏昇、于天宝、陈华英、赵书毅、姜卫群、陈国云、章冬英、于洋等。

本书在编写过程中还参考了大量兄弟院校的教材以及其他相关书籍和文献,在此对相关的作者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有瑕疵之处,恳请读者批评指正。

编 者

第 1 版前言

本书是为适应当前教学改革的需要,参照新颁布的教育部《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2008 年版),结合编者多年的教学实践编写而成的,是一套实用、现代的大学物理教材。

“大学物理”课程是高等院校理工科各专业的一门重要必修基础课。学习这门课程不仅能使学生对物理学的基本概念、基本理论和基本方法有比较系统的认识和理解,增强他们分析问题、解决问题的能力,而且能使学生树立科学的世界观,培养其探索精神和创新意识,提高科学素养。

本书是以目前多数高等学校的物理课程教学学时数 64~120 学时为参考配置的,面向新时期应用型人才培养,基本概念、基本规律突出,充分考虑学生学习物理知识的认知规律,构建了合理的知识框架,使读者由浅入深、系统地学习大学物理的基本内容和科学方法,力求便于教、便于学。全书分上下两册,上册包括力学、狭义相对论力学基础和电磁学,下册包括振动和波、波动光学、气体动理论及热力学和量子物理基础。在此基础上,对教学内容作了部分调整。对例题和习题进行了精选,注意了题型的多样化,既注意尽量用到高等数学的知识求解,减少了与中学物理的重复,又能较好地配合理解核心内容。并在不过多增加教学负担的情况下,增加了阅读材料,这些内容对于扩大学生的知识面、激发学生学习物理的兴趣是非常有益的。

本书由骆成洪、刘笑兰任主编,胡爱荣、黄国庆、邓新发任副主编。参加本书编写工作的有:骆成洪、刘笑兰、胡爱荣、黄国庆、邓新发、吴评、辛勇、刘崧、廖清华、徐雪春、杨蓓、魏昇、于天宝、陈华英、赵书毅、姜卫群、陈国云、章冬英、于洋等。

本书在编写过程中还参考了大量兄弟院校的教材以及其他相关书籍和文献,在此对相关的作者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有瑕疵之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 质点运动学	1
1.1 参考系、坐标系和质点	1
1.1.1 参考系和坐标系	1
1.1.2 质点模型	2
1.2 位置矢量和质点的运动学方程	3
1.2.1 位置矢量	3
1.2.2 质点的运动学方程	4
1.3 质点的位移、速度和加速度	5
1.3.1 位移与路程	5
1.3.2 速度和速率	6
1.3.3 加速度	8
1.3.4 质点运动学中的两类题型	10
1.4 圆周运动	12
1.4.1 圆周运动的速度	12
1.4.2 圆周运动的加速度	12
1.4.3 圆周运动的角量描述	16
1.5 相对运动	19
思考题	23
练习题	23
第 2 章 质点动力学	26
2.1 牛顿运动定律	26
2.1.1 牛顿第一定律	26
2.1.2 牛顿第二定律	27
2.1.3 牛顿第三定律	28

2.1.4 牛顿运动定律的应用	28
2.2 非惯性系与惯性力	31
2.3 动量定理与动量守恒定律	32
2.3.1 冲量与动量	32
2.3.2 动量定理	33
2.3.3 动量守恒定律	37
2.4 能量守恒	40
2.4.1 功和功率	40
2.4.2 动能定理	42
2.4.3 保守力的功	45
2.4.4 势能	47
2.4.5 机械能守恒定律	49
思考题	53
练习题	53
第3章 刚体的定轴转动	59
3.1 刚体的运动	59
3.1.1 刚体	59
3.1.2 刚体的平动和转动	59
3.1.3 刚体定轴转动的描述	60
3.1.4 角速度矢量	61
3.2 刚体定轴转动的转动定律与转动惯量	62
3.2.1 力矩	62
3.2.2 转动定律	63
3.2.3 转动惯量	65
3.2.4 转动惯量的计算	65
3.3 角动量和角动量守恒定律	70
3.3.1 力矩的冲量矩	70
3.3.2 角动量	71
3.3.3 角动量定理	71
3.3.4 角动量守恒定律	72
3.4 转动动能定理	74

3.4.1 力矩的功和功率·····	74
3.4.2 转动动能·····	75
3.4.3 转动动能定理·····	76
3.4.4 刚体的重力势能·····	76
思考题·····	80
练习题·····	81
第4章 狭义相对论力学基础 ·····	86
4.1 经典力学的相对性原理和伽利略变换·····	86
4.1.1 经典力学的相对性原理·····	86
4.1.2 伽利略变换·····	87
4.1.3 经典力学的时空观·····	89
4.2 狭义相对论基本原理和洛伦兹坐标变换·····	90
4.2.1 狭义相对论基本原理·····	90
4.2.2 洛伦兹坐标变换·····	91
4.3 狭义相对论的时空观·····	95
4.3.1 同时的相对性·····	95
4.3.2 时间间隔的相对性·····	96
4.3.3 空间间隔的相对性·····	98
4.4 狭义相对论质点动力学·····	100
4.4.1 动量、质量与速度的关系·····	100
4.4.2 质量和能量的关系·····	102
4.4.3 动量和能量的关系·····	104
4.5* 广义相对论简介·····	105
思考题·····	109
练习题·····	109
第5章 真空中的静电场 ·····	112
5.1 电荷和库仑定律·····	112
5.1.1 电荷·····	112
5.1.2 库仑定律·····	114
5.2 电场强度和场强叠加原理·····	115

5.2.1 电场	115
5.2.2 电场强度	116
5.2.3 点电荷电场的电场强度	117
5.2.4 场强叠加原理	118
5.3 电通量和静电场中的高斯定理	122
5.3.1 电场线	122
5.3.2 电通量	124
5.3.3 高斯定理	126
5.4 静电场的环路定理和电势	131
5.4.1 静电场的环路定理	131
5.4.2 电势能与电势	133
5.5 电势与电场强度的微分关系	140
5.5.1 等势面	140
5.5.2 电势与电场强度的微分关系	141
思考题	145
练习题	145
第 6 章 静电场中的导体和电介质	150
6.1 静电场中的导体	150
6.1.1 导体的静电平衡	150
6.1.2 静电平衡时导体上的电荷分布	151
6.1.3 静电屏蔽	154
6.1.4 有导体存在时静电场的分析与计算	155
6.2 电容和电容器	157
6.2.1 孤立导体的电容	157
6.2.2 电容器	158
6.3* 静电场中的电介质	163
6.3.1 电介质的极化	163
6.3.2 电极化强度及其与极化电荷的关系	166
6.3.3 有介质时的高斯定理和电位移矢量	167
6.4 静电场的能量	169
6.4.1 电容器的电能	169

6.4.2 静电场的能量	170
思考题	174
练习题	174
第 7 章 稳恒磁场	179
7.1 恒定电流和电动势	179
7.1.1 电流和电流密度	179
7.1.2 电源及其电动势	181
7.2 磁场和磁感应强度	182
7.3 毕奥-萨伐尔定律	184
7.4 磁场中的高斯定理	189
7.5 安培环路定理	191
7.6 磁场对载流导线的作用	195
7.6.1 载流导线在磁场中所受的磁力	195
7.6.2 载流线圈在磁场中所受的磁力矩	198
7.6.3 磁场力的功	200
7.7 磁场对运动电荷的作用	202
7.7.1 洛伦兹力	202
7.7.2 带电粒子在均匀磁场中的运动	203
7.7.3 带电粒子在非均匀磁场中的运动	204
7.7.4 带电粒子在电场和磁场中的运动	205
7.7.5 霍尔效应	206
7.8* 磁场中的磁介质	207
7.8.1 磁介质及其磁化	207
7.8.2 磁化强度	209
7.8.3 有磁介质时的安培环路定理和磁场强度	210
7.8.4 铁磁质	211
思考题	214
练习题	215
第 8 章 变化的电磁场	218
8.1 电磁感应	218

8.1.1 电磁感应现象	218
8.1.2 楞次定律	219
8.1.3 法拉第电磁感应定律	220
8.2 动生电动势和感生电动势	222
8.2.1 动生电动势	222
8.2.2 感生电动势	225
8.3 自感和互感	227
8.3.1 自感	227
8.3.2 互感	229
8.4 磁场的能量	231
8.4.1 通电螺线管中的磁能	231
8.4.2 磁场的能量	231
8.5* 位移电流和麦克斯韦电磁场方程组	233
8.5.1 位移电流和全电流安培环路定理	233
8.5.2 电磁场和麦克斯韦电磁场方程组	237
思考题	242
练习题	242
附录 A 矢量	247
习题答案	257
参考文献	266

第1章 质点运动学

机械运动是指物体在空间的位置随时间变化,或者一个物体内部各部分之间的相对位置随时间变化,是物质运动最简单、最基本和最普遍的运动形式。研究机械运动规律的学科称为力学。物质运动的所有形式中都包含机械运动,因此力学是物理学的重要组成部分,也是许多工程技术学科的基础。

本章的主要任务是掌握机械运动的描述方法。首先介绍参考系、坐标系和质点模型,引入描述质点运动的物理量,如位置矢量、位移、速度、加速度及运动学方程;继而讨论圆周运动的角量表示以及角量与线量的关系;最后介绍不同参考系中速度和加速度的变换。

1.1 参考系、坐标系和质点

任何一个物理过程都是很复杂的,为了清楚地描述物体的运动,给出其在任意时刻的数学表达,必须选择参考系,建立坐标系,提出物理模型。

1.1.1 参考系和坐标系

物体的运动是绝对的,但对于运动的描述却是相对的。描述同一个物体的运动,不同的人往往得出不同的结论。例如,研究列车茶几上茶杯的运动,列车上的乘客认为茶杯是静止的,但站在站台上的人则认为茶杯是运动的。为什么对于同一个物体的运动,不同的人会得出不同的观察结果呢?原因就是这两个人在描述茶杯运动情况时选择了不同的参考物体,列车上的乘客以茶几为参考物体,得出茶杯静止的结论;而站台上的人以地面为参考物体,则得出茶杯运动的结论。再比如,从匀速上升电梯的顶棚落下一枚钉子,在电梯中的人看来,这枚钉子做的是自由落体运动,钉子直接下落到电梯的地面上;而在地面上的人看来,这枚钉子则在做一个有一定初速度的竖直上抛运动,钉子是先上升一段高度,然后再下落。这两个人描述同一枚钉子的运动却得出不同的结论,仍然是因为他们选择了不同的物体作为参考物体,电梯中的人是以电梯的地面作为参考物体,而地面的人则是以电梯外的地面作为参考物体。

可见,描述物体运动时,必须选择另一个物体作为参考物,离开所选择的参考物去描述某一个运动是没有意义的,这个运动也是无法描述的。在描述物体运动时,选作参考的

物体称为**参考系**。在以后描述物体运动时,必须事先指出选择什么物体作为参考系。参考系的选择可以是任意的,可视问题的性质和研究问题的方便而定。例如,研究地面附近物体的运动时,一般选择地球或相对于地球静止的物体为参考系(如不加特殊说明,在本书中都是以地球或相对于地球静止的物体为参考系讨论问题);而如果研究天体的运动,则一般选择太阳为参考系。

在选择合适的参考系之后,要定量地描述物体相对于参考系的运动情况,还需要在选定的参考系中建立适当的**坐标系**,坐标系是参考系的数学表示。坐标系有许多种,如直角坐标系、极坐标系、自然坐标系等。坐标系的选择也是任意的,一般视问题的性质和方便而定,无论选取哪类坐标系,物体运动性质都不会改变。当然,如果选取的坐标系适当,可以使问题的研究得以简化。

最常用的坐标系是直角坐标系(也称笛卡儿坐标系)。坐标系的原点 O 与参考系固定在一起,沿相互垂直的方向选取 3 个坐标轴,分别记为 x 、 y 、 z 轴,这样的坐标系称为空间直角坐标系,记为 $Oxyz$ 坐标系;如果所研究的物体做平面运动,也可以在平面内沿相互垂直的方向建立两个坐标轴,分别记为 x 、 y 轴,这样的坐标系称为平面直角坐标系,记为 xOy 坐标系;如果所研究的物体做直线运动,则只需建立一个坐标轴,记为 Ox 轴。在具体问题中,需要建立几个坐标轴,坐标轴的正向指向哪里,同样视解决问题的方便而定。

1.1.2 质点模型

实际问题中的物理过程往往都是比较复杂的,在讨论问题的过程中,经常把实际的问题进行适当的简化,抓住问题的主要矛盾,从实际的问题中抽象出可以进行数学描述的理想物理模型,从而找出问题中最基本、最本质的规律。

质点就是力学中常用的一种理想物理模型。如果在某些运动中,有大小和形状的物体的各个组成部分具有相同的运动规律,或者物体的大小和形状对于所研究的问题没有影响,或者即使有影响,其影响也可以忽略不计,这时就可以把物体视为一个没有大小和形状而有质量的点,这个点即为质点。一般地,在以下两种情形中可以把物体视为质点。

(1) 物体运动时,其上所有点的运动情况都相同,物体的大小和形状对于所研究的问题没有影响。例如,在桌面上平移一个杯子,组成杯子的各点运动情况相同,此时如果了解了杯子上任意一个点的运动情况,那么杯子上其他点的运动情况也就清楚了。因此,可以用这一个点来代替其他所有的点,通过研究这个点的运动来了解整个杯子的运动。也就是说,此时在研究杯子的运动时把整个杯子视为一个有质量的点——质点,而没有必要去考虑杯子的大小和形状。

(2) 物体的大小和形状对所讨论问题的影响可以忽略不计。例如,在研究地球绕太阳的公转时,虽然地球自身尺度和形状会使地球上各点的运动情况不尽相同,但相比较地球到太阳的距离(约 1.5×10^8 km)而言,地球的尺度(约 6 370 km)太小了,地球尺度造成

的各点运动情况的差异也太小了,这个差异不会影响对公转运动的研究,因此也可以把地球视为一个质点来研究其绕太阳的公转问题。

需要指出的是,一个物体是否可以视为质点还要视具体问题而定。例如,同是地球,在研究地球绕太阳的公转时可以把它视为质点,但如果要研究地球自转问题,地球则不可以视为质点。因为此时地球自身的大小和形状所引起的各点运动情况的差异是不可以忽略的,正是这种差异才使地球能够自转,如果忽略了这种差异,那么地球的自转是无法解释的。

建立理想物理模型是物理学中常用的研究方法之一。在以后的学习中,还会接触到质点系、刚体、弹簧振子、理想气体等理想物理模型。

1.2 位置矢量和质点的运动学方程

1.2.1 位置矢量

我们知道,当质点处于空间某一位置时,这个位置与所建立的坐标系中的一组坐标值是一一对应的,如图 1-1 所示,因而可以用这一组坐标值 (x, y, z) 来描述质点的位置。

还可以用一个矢量来描述这个点的位置。如图 1-1 所示,对于坐标系中的一个点 P ,可以从原点 O 引一条指向该点的有向线段 $\overrightarrow{OP}$,有向线段可以用来表示矢量, $\overrightarrow{OP}$ 所表示的矢量可以记为 $\mathbf{r}$ 。在坐标系中,点的位置与有向线段是一一对应的,而有向线段与矢量也是一一对应的。因而,可以说,点的位置与矢量是一一对应的,可以用矢量 $\mathbf{r}$ 来描述质点的位置。这个用来描述质点位置的矢量称为位置矢量(简称位矢,又称径矢)。相应地,质点在坐标系中的坐标 x, y, z 称为位置矢量在对应坐标轴上的分量。

如图 1-2 所示,在直角坐标系中,位置矢量 $\mathbf{r}$ 可以表示成

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

式中, $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ 分别表示沿 x, y, z 这 3 个坐标轴方向的单位矢量,它们的方向分别与 3 个坐标轴的正向一致,大小都为 1。式(1-1)称为位置矢量在坐标系中的分量形式。

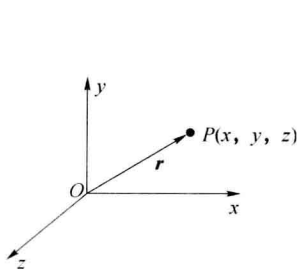


图 1-1 位置矢量

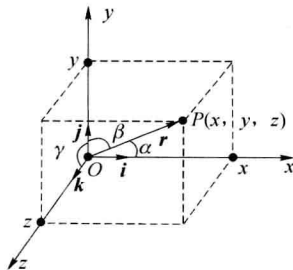


图 1-2 位置矢量的坐标表示

位置矢量的大小为

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

位置矢量的方向可以用矢量与坐标轴夹角的余弦表示,分别为

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}, \cos \beta = \frac{y}{r}, \cos \gamma = \frac{z}{r} \quad (1-3)$$

需要说明的是,在直角坐标系中,由于存在关系 $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$,所以以后说明矢量方向时,仅使用其中的两个角度即可。

例 1-1 如图 1-3 所示,试写出 A 点对应位置矢量的分量形式,并求出其大小和方向。

解 在平面直角坐标系中,A 点对应位置矢量的分量形式可写为

$$\mathbf{r}_A = (i + 2j) \text{ m}$$

位置矢量的大小为

$$r_A = \sqrt{1^2 + 2^2} \text{ m} = \sqrt{5} \text{ m}$$

与 x 轴正向夹角的余弦为

$$\cos \alpha = \frac{x}{r} = \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5}$$

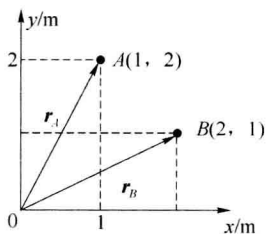


图 1-3 例 1-1 图

1.2.2 质点的运动学方程

质点的机械运动是质点的空间位置随时间变化的过程。这时质点的坐标 x, y, z 和位矢都是时间 t 的函数。表示运动过程的函数式称为**运动方程**,可以写成

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t) \quad (1-4a)$$

或

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

知道了运动方程,就能确定任一时刻质点的位置,从而确定质点的运动。力学的主要任务之一正是根据各种问题的具体条件,求解质点的运动方程。

质点在空间的运动路径称为**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。从式(1-4a)中消去 t 即可得到**轨道方程**,式(1-4a)就是轨道的参数方程。

轨道方程和运动方程最明显的区别就在于轨道方程不是时间 t 的显函数。例如,某质点的运动方程为

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

式中, t 以 s 计, x, y, z 以 m 计。从 x, y 两式中消去 t 后,得到轨道方程

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

这表明质点是在 $z=0$ 的平面内,做以原点为圆心、半径为 3 m 的圆周运动。

1.3 质点的位移、速度和加速度

1.3.1 位移与路程

1. 位移

在质点运动的过程中,曲线 AB 是其运动轨迹的一部分,如图 1-4(a)所示。设 t 时刻质点位于 A 点处,位矢为 $\mathbf{r}_A$; $t+\Delta t$ 时刻质点运动到 B 点处,位矢为 $\mathbf{r}_B$ 。在 Δt 时间内,质点位置的变化可用从 A 指向 B 的有向线段 $\Delta \mathbf{r}$ 来表示, $\Delta \mathbf{r}$ 称为质点的位移。由图 1-4(a)可得

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \quad (1-5a)$$

根据式(1-1), A 、 B 两点的位矢 $\mathbf{r}_A$ 与 $\mathbf{r}_B$ 分别写成

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

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

则位移 $\Delta \mathbf{r}$ 可表示为

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{r} &= \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A = (x_B - x_A) \mathbf{i} + (y_B - y_A) \mathbf{j} + (z_B - z_A) \mathbf{k} \\ &= \Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j} + \Delta z \mathbf{k} \end{aligned} \quad (1-5b)$$

位移的大小为

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2} \quad (1-6)$$

位移的方向由起点 A 指向终点 B 。

位移的模(大小)只能记作 $|\Delta \mathbf{r}|$, 不能写成 Δr , Δr 通常表示位置矢量大小的增量。如图 1-4(b)所示, 有

$$\Delta r = |\mathbf{r}_B| - |\mathbf{r}_A|$$

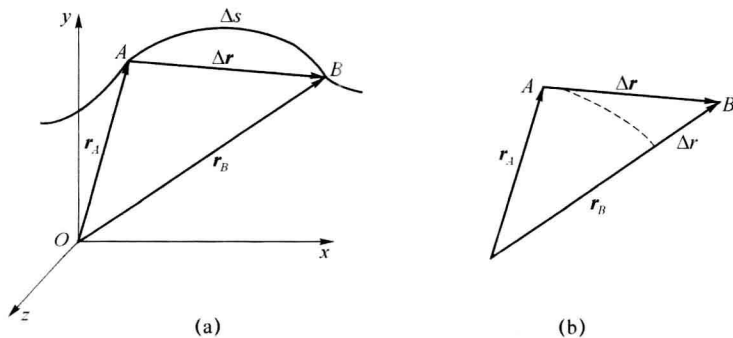


图 1-4 位移