



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

大学物理学

DAXUE WULIXUE

刘向锋 王乐新 主编



 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

大学物理学

刘向锋 王乐新 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理学 / 刘向锋, 王乐新主编. —北京: 中国农业出版社, 2013. 8

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-17875-5

I. ①大… II. ①刘… ②王… 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 150911 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 薛 波

文字编辑 卫 洁

北京中

2013

开

京发行所发行

第 1 次印刷

张: 16.75

(凡本版图

出版社发行部调换)

内容简介

本书根据教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会制定的《工科类本科物理学课程教学基本要求》，结合作者多年从事大学物理教学的经验编写而成，入选普通高等教育农业部“十二五”规划教材、全国高等农林院校“十二五”规划教材。

本教材内容主要包括力学、热学基础、电与磁、波动光学、量子物理学及狭义相对论基础，共12章。每章按基本内容、阅读材料、内容提要及习题的结构编排。在编写过程中，力求做到文字规范、图表清晰、表述精练、条理清楚。

结合教学实际，本书内容的选择上除了包括经典基本内容外，还注意适时插入现代物理概念与物理思想。通过对暗物质、量子反常霍尔效应等前沿物理成果以及著名科学家的介绍，扩大学生的视野，强化物理学在培养学生正确的世界观、自然观和科学的发展观中的作用。

本书可作为高等农林院校理、工科专业大学物理课程教材及教学参考书。

DAXUEWULIXUE

编写人员

主 编 刘向锋 王乐新

副主编 张欣艳 马冠雄

参 编 (按姓名笔画排序)

王 畅 王传杰 王昌军

左春英 任师兵

物理学是整个自然科学的基础,是人类认识自然、改造自然和推动社会进步的动力和源泉。大学物理课程是大学阶段一门重要的基础课,它是为提高学生的现代科学素质服务的。

非物理类专业的大学生学习物理学的目的在于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 and 正确的理解,并为进一步学习打下必要而坚实的基础。同时,着力培养学生树立科学的世界观,增强学生分析问题和解决问题的能力,培养学生的探索精神和创新意识,以实现学生知识、能力、素质的协调发展。

本书是为高等农林院校理工类各专业开设的大学物理公共基础课编写的教材。本教材在编者多年对该课程特点深刻理解的基础上,总结了近年教学改革的经验,精心选取素材,努力搭建合理结构,力求做到:

1. 内容少而精,结构紧凑,脉络清晰,满足实际需要。
2. 本书除了包括经典基本内容外,还适时插入现代物理概念与物理思想及前沿物理成果,使学生了解物理学在生产、生活和科学研究中具有广泛的应用领域,强化物理学在培养学生正确的世界观、自然观和科学的发展观中的作用。
3. 运用生动活泼、通俗易懂的形象化语言,从自然现象和物理实例入手,克服物理课程的抽象、枯燥对学生产生的畏难影响。
4. 精选例题和课后习题。

本书由刘向锋(沈阳农业大学)编写前言、第1章、第2章,王乐新(黑龙江八一农垦大学)编写第3章,第5章的5.1、5.2、5.3,张欣艳(黑龙江八一农垦大学)编写第5章的5.4、5.5、5.6,第8章,马冠雄编写第6章、第7章,王畅(黑龙江八一农垦大学)编写第9章,左春英(黑龙江八一农垦大学)编写第10章,任师兵(沈阳农业大学)编写第4章,王传杰(沈阳农业大学)编写第11章,王昌军(辽宁医学院)编写第12章。刘向锋、王乐新任主编。

本书在编写过程中借鉴、参阅了许多相关教材和文献内容。在此,我们谨对这些资料的作者表示衷心的感谢。

限于时间紧迫,编者水平有限,教材中的缺点、错误及不当之处,敬请专家、同行、读者批评指正。

编者

2013年5月

前言

第 1 章 质点力学	1
1.1 描述质点运动的物理量	1
1.1.1 质点 参考系 坐标系	1
1.1.2 描述质点运动的物理量	2
1.2 牛顿运动定律	5
1.2.1 牛顿第一定律	5
1.2.2 牛顿第二定律	6
1.2.3 牛顿第三定律	6
1.3 动量 动量守恒定律	6
1.3.1 冲量 质点的动量定理	6
1.3.2 质点系的动量定理	7
1.3.3 动量守恒定律	8
1.4 能量守恒定律	9
1.4.1 恒力的功	9
1.4.2 变力的功	9
1.4.3 功率	10
1.4.4 动能定理	10
1.4.5 保守力与非保守力 势能	12
1.4.6 机械能守恒定律	13
阅读材料 地球同步通信卫星	15
内容提要	15
思考题	16
习题	17
第 2 章 刚体的定轴转动	19
2.1 刚体运动的描述	19
2.1.1 刚体的平动和转动	19
2.1.2 刚体的定轴转动状态的描述	20
2.2 刚体的定轴转动定律	21
2.2.1 转动惯量	21
2.2.2 力矩	24
2.2.3 刚体定轴转动的转动定律	25
2.3 力矩的功与转动动能	25

2.3.1 力矩的功	25
2.3.2 转动动能	26
2.3.3 转动动能定理	26
2.3.4 重力矩做功与质心势能改变	26
2.4 冲量矩与角动量 角动量守恒定律	28
2.4.1 角动量	28
2.4.2 冲量矩	29
2.4.3 角动量定理	29
2.4.4 角动量守恒定律	29
阅读材料 轴承与润滑	30
内容提要	30
思考题	31
习题	32
第3章 气体动理论	34
3.1 气体动理论的基础和方法	34
3.1.1 气体动理论的基础	34
3.1.2 研究分子运动的统计方法	35
3.2 理想气体在平衡态下的状态方程	35
3.3 理想气体的压强和温度的公式	37
3.3.1 理想气体的压强	37
3.3.2 理想气体的温度	39
3.4 理想气体的内能	40
3.4.1 分子的自由度	40
3.4.2 能量均分定理	41
3.4.3 理想气体的内能	42
3.5 麦克斯韦速率分布律	42
3.5.1 麦克斯韦速率分布函数	43
3.5.2 三种统计速率	44
3.6 气体分子的平均碰撞次数和平均自由程	45
3.6.1 平均碰撞次数	46
3.6.2 平均自由程	46
阅读材料 温室效应	47
内容提要	48
思考题	49
习题	49
第4章 热力学基础	51
4.1 热力学的基本概念	51
4.1.1 热力学系统	51
4.1.2 准静态过程	52

4.1.3 功 热量 内能	53
4.2 热力学第一定律及其在理想气体等值过程中的应用	54
4.2.1 热力学第一定律	54
4.2.2 热力学第一定律对于理想气体准静态过程的应用	55
4.3 循环过程 卡诺循环	59
4.3.1 循环过程	59
4.3.2 循环效率	59
4.3.3 卡诺循环	60
4.4 热力学第二定律	62
4.4.1 热力学过程的方向性	62
4.4.2 热力学第二定律及其微观意义	63
4.5 熵和熵增加原理	64
4.5.1 熵	65
4.5.2 熵变与过程热温比的关系	65
4.5.3 熵增加原理	67
阅读材料 高空的气温为什么低?	67
内容提要	68
思考题	69
习题	69
第5章 静电场	71
5.1 电荷与库仑定律	71
5.1.1 电荷守恒及其量子化	71
5.1.2 库仑定律	72
5.2 电场和电场强度	73
5.2.1 电场	73
5.2.2 电场强度	73
5.2.3 电场强度的计算	74
5.3 静电场的有源性	77
5.3.1 电力线数密度	77
5.3.2 电场强度通量	78
5.3.3 高斯定理	79
5.4 静电场的环路定理 电势	82
5.4.1 静电场力的功 静电场的环路定理	82
5.4.2 电势能和电势	83
5.5 电势梯度	86
5.5.1 等势面	86
5.5.2 电势梯度	86
5.6 静电场中的导体和电介质	87
5.6.1 静电场中的导体	87
5.6.2 静电场中的电介质	90

5.7 电场能量	93
阅读材料 静电应用	94
内容提要	94
思考题	95
习题	96
第6章 稳恒电流	97
6.1 电源及其电动势	97
6.2 温差电动势	98
6.2.1 扩散电动势	98
6.2.2 温差电动势	99
6.3 稳恒电场与电流	102
6.4 基尔霍夫定律	102
6.4.1 基尔霍夫第一定律	102
6.4.2 基尔霍夫第二定律	103
6.4.3 基尔霍夫定律的应用	103
阅读材料 大气电场	105
内容提要	106
思考题	106
习题	106
第7章 稳恒磁场	108
7.1 电流及运动电荷的磁场	108
7.1.1 磁场的产生	108
7.1.2 磁感应强度	109
7.1.3 磁场与电流及运动电荷的关系	111
7.2 磁场的无源性	113
7.2.1 磁感应线	113
7.2.2 磁场的无源性 磁场的高斯定理	114
7.3 磁场的非保守性 安培环路定理	115
7.3.1 安培环路定理	115
7.3.2 安培环路定理的证明	115
7.3.3 安培环路定理应用举例	116
7.4 磁场对电流和电荷的作用	117
7.4.1 磁场对载流导线的作用	117
7.4.2 磁场对运动电荷的作用	119
7.4.3 磁场对载流线圈的作用	121
7.5 物质的磁性	122
7.5.1 磁介质的分类	122
7.5.2 介质的磁化	123
阅读材料 量子反常霍尔效应 神奇的磁化水	124

内容提要	125
思考题	126
习题	126
第 8 章 电磁感应	129
8.1 法拉第电磁感应定律	130
8.1.1 电磁感应现象	130
8.1.2 法拉第电磁感应定律	131
8.1.3 楞次定律	131
8.2 动生电动势和感生电动势	132
8.2.1 动生电动势	132
8.2.2 感生电动势	133
8.2.3 涡电流	135
8.3 自感和互感	135
8.3.1 自感	135
8.3.2 互感	137
8.4 磁场的能量	138
8.5 麦克斯韦方程组 电磁波	139
8.5.1 麦克斯韦的两个假说	139
8.5.2 麦克斯韦方程组	140
8.5.3 电磁波	141
阅读材料 微波技术	144
内容提要	145
思考题	146
习题	146
第 9 章 振动与波	148
9.1 简谐振动	148
9.1.1 简谐振动的动力学方程	149
9.1.2 简谐振动规律的三种表示形式	150
9.1.3 简谐振动的特征量及决定因素	151
9.1.4 简谐振动的能量	153
9.2 阻尼振动 受迫振动 共振	154
9.2.1 阻尼振动	154
9.2.2 受迫振动与共振	155
9.3 简谐振动的合成	156
9.3.1 同方向同频率简谐振动的合成	156
9.3.2 同方向不同频率简谐振动的合成 拍	157
9.3.3 两个互相垂直的简谐振动的合成	158
9.4 简谐波	160
9.4.1 机械波的形成	160

9.4.2 描述机械波的概念	160
9.4.3 简谐波的波函数	162
9.5 波的能量	164
9.5.1 波的能量	164
9.5.2 能流密度(波的强度)	166
9.5.3 声强的分级	166
9.6 波的衍射和干涉	167
9.6.1 波的衍射 惠更斯原理	167
9.6.2 波的叠加与干涉	168
9.7 多普勒效应	169
9.7.1 波源静止、接收器运动	170
9.7.2 波源运动、接收器静止	170
9.7.3 波源和接收器同时运动	171
阅读材料 超声波及其应用	172
内容提要	173
思考题	175
习题	175

第10章 波动光学 178

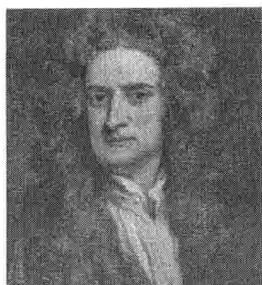
10.1 光源 单色光	179
10.1.1 光源	179
10.1.2 单色光	179
10.2 相干光的产生	180
10.3 光的干涉	181
10.3.1 杨氏双缝干涉	181
10.3.2 薄膜干涉	182
10.4 光的衍射	186
10.4.1 惠更斯-菲涅尔原理	186
10.4.2 夫琅禾费单缝衍射	187
10.4.3 圆孔衍射	190
10.4.4 瑞利判据	191
10.5 光栅分光	192
10.5.1 光栅衍射的主极大	193
10.5.2 光栅衍射光的极小和次极大	193
10.5.3 缺级	194
10.5.4 主极大条纹宽度和光栅的分辨本领	194
10.5.5 光栅光谱	195
10.6 光的偏振	196
10.6.1 光的偏振状态及其表示	196
10.6.2 偏振光的产生及检验	197
10.6.3 马吕斯定律	199

10.6.4 旋光色散和圆二色性	200
阅读材料 立体电影	202
内容提要	203
思考题	204
习题	204
第 11 章 狭义相对论	206
11.1 牛顿的绝对时空观 伽利略变换	206
11.1.1 牛顿的绝对时空观	206
11.1.2 伽利略变换 经典力学相对性原理	207
11.2 狭义相对论基本原理与时空观	208
11.2.1 狭义相对论基本原理	208
11.2.2 狭义相对论的时空观	208
11.3 洛伦兹变换	209
11.3.1 洛伦兹坐标变换	209
11.3.2 洛伦兹速度变换	210
11.4 时间、空间的相对论效应	211
11.4.1 同时的相对性	211
11.4.2 时间延缓	213
11.4.3 长度收缩	213
11.5 质量、能量、动量的相对论效应	214
11.5.1 质量的相对论效应	214
11.5.2 相对论能量	215
11.5.3 动量和能量的关系	216
11.6 狭义相对论的实验例证	216
11.6.1 光速不变原理的验证	216
11.6.2 尺缩钟慢效应的验证	217
11.6.3 质能关系式的验证	217
11.6.4 质量对速度依赖关系的验证	217
阅读材料 暗物质和暗能量 孪生子佯谬	218
内容提要	221
思考题	222
习题	222
第 12 章 量子力学基础	224
12.1 黑体辐射 普朗克量子假设	224
12.1.1 黑体辐射	224
12.1.2 黑体辐射定律	226
12.1.3 普朗克能量量子化假设与普朗克辐射公式	227
12.2 光电效应	228
12.2.1 光电效应	228

12.2.2 爱因斯坦的量子解释	229
12.3 氢原子光谱 玻尔的氢原子理论	230
12.3.1 氢原子光谱	230
12.3.2 玻尔的氢原子理论	231
12.4 物质的波动性质	233
12.4.1 德布罗意波	233
12.4.2 德布罗意波的实验验证	234
12.4.3 不确定关系	234
12.5 波函数 薛定谔方程	236
12.5.1 波函数及其统计解释	236
12.5.2 薛定谔方程	237
阅读材料 扫描隧道显微镜	238
内容提要	239
思考题	240
习题	240
习题参考答案	242
附录	250
附录 I 国际单位制的基本单位	250
附录 II 常用物理常量	250
主要参考文献	252

科学家简介

牛顿 (Newton, 1643—1727) 是英国伟大的数学家、物理学家、天文学家和自然哲学家, 其研究领域包括物理学、数学、天文学和自然哲学等。他在 1687 年 7 月 5 日发表的不朽著作《自然哲学的数学原理》里用数学方法阐明了宇宙中最基本的法则——万有引力定律和三大运动定律。这四条定律构成了一个统一的体系, 被认为是“人类智慧史上最伟大的一个成就”, 由此奠定了之后三个世纪中物理界的科学观点, 并成为现代工程学的基础。为了纪念牛顿在经典力学方面的杰出成就, “牛顿”后来成为衡量力的大小的物理单位。



第 1 章 质点力学

力学是物理学的一个分支, 研究物体做机械运动的规律及其应用就是力学的内容。早在公元前 4 世纪, 中国的墨子及其弟子在他们的著作《墨经》中就论述了时空概念, 力、杠杆原理等许多力学知识。科技发展日新月异的今天, 在载人飞船的发射、机械制造和天体运行等方面的探索中, 力学规律仍然是诸多研究的基础和有力工具。

机械运动是日常生活中最常见的一种运动形式。我们把一个物体相对于另一个物体的位置的变化, 以及一个物体的某些部分相对于其他部分位置的变化称为**机械运动**。例如风吹树叶的摆动、弹簧的伸长和压缩、各种机器的运动等都是机械运动。

本章介绍力学中的基础部分——质点力学。它可以分为质点运动学和质点动力学两部分。质点运动学着重于描述质点的运动, 探究质点的位置、速度、加速度等量和质点轨道的变化规律。质点动力学则以牛顿运动定律为基础, 给出质点运动状态变化的原因及其所遵循的规律。

1.1 描述质点运动的物理量

1.1.1 质点 参考系 坐标系

1. 质点

自然界的一切物体都有一定的大小、形状和质量。一般地说, 物体做机械运动时, 情形都是比较复杂的, 物体的大小和形状可能也会发生变化, 这就会给我们描述物体机械运动带来困难。但是, 如果我们所研究的问题中, 物体大小和形状不起主要作用, 就可以近似将物体看作为只具有质量而忽略其大小和形状的理想物体, 被称为**质点**。

2. 参考系 坐标系

在自然界中, 所有物体都随着地球一起围绕太阳转动, 绝对静止不动的物体是没有的,

这就是**运动的绝对性**。而运动又是相对的。当船在江河中平稳航行时,如果不看岸边的景物,往往不能确定船是否在航行。所以,要说明一个物体发生了运动,必须选另一个物体作为参照,为了描述物体的运动而选的参照物叫做**参考系**。对于同一个物体的运动来说,选取的参考系不同,对物体运动情况的描述也就不同。显然,物体的运动是相对于参考系而言的,这就是**运动的相对性**。

描述物体的运动必须选定参考系,在参考系选定以后,为定量地描述质点的位置和位置随时间的变化,要在参考系上建立适当的**坐标系**。坐标系有直角坐标系、极坐标系和自然坐标系等。

1.1.2 描述质点运动的物理量

1. 位置矢量与运动方程

在选定了坐标系以后,我们可以以坐标系的原点 O 作为参考点,画一条有向线段来表示质点在空间的位置,如图 1-1 所示,这条有向线段称为**位置矢量**,简称**位矢**,用 $\boldsymbol{r}$ 表示。

在直角坐标系 $Oxyz$ 中位置矢量的表达式为

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

式中, $\boldsymbol{i}$ 、 $\boldsymbol{j}$ 、 $\boldsymbol{k}$ 分别是沿坐标轴 x 、 y 、 z 正方向的**单位矢量**。 $x\boldsymbol{i}$ 、 $y\boldsymbol{j}$ 、 $z\boldsymbol{k}$ 分别是位矢 $\boldsymbol{r}$ 在三个坐标轴方向的分矢量。

位矢的大小为

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

设位矢 $\boldsymbol{r}$ 与 x 、 y 、 z 轴之间的夹角分别为 α 、 β 、 γ , 那么位矢 $\boldsymbol{r}$ 的方向可由下列的方向余弦来确定, 即

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

如图 1-2, 当质点运动时, 它相对坐标原点的位矢 $\boldsymbol{r}$ 是随时间而变化的, 因此, $\boldsymbol{r}$ 是时间的函数, 即

$$\boldsymbol{r}(t) = x(t)\boldsymbol{i} + y(t)\boldsymbol{j} + z(t)\boldsymbol{k} \quad (1-4)$$

式 (1-4) 叫做**质点的运动方程**。 $x=x(t)$ 、 $y=y(t)$ 、 $z=z(t)$ 是运动方程的分量式, 从中消去参数 t 便得到了质点运动的**轨迹方程**。

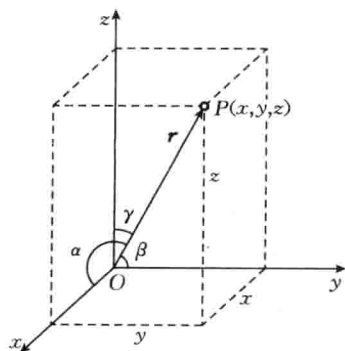


图 1-1 质点位置矢量

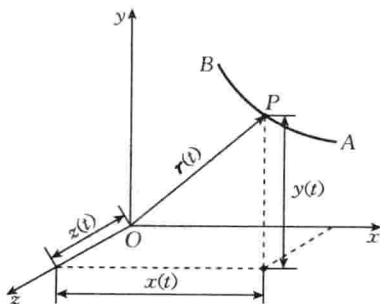


图 1-2 轨迹方程

2. 位移与路程

质点在运动时,它的位置在不断地变化,设质点沿图 1-3 所示的曲线运动, t 时刻质点在 A 点,它的位矢是 $\mathbf{r}_A$, 经过 Δt 时间后,质点运动到 B 点,这时位矢是 $\mathbf{r}_B$, 我们将由始点 A 指向终点 B 的有向线段 $\Delta \mathbf{r}$ 称为点 A 到点 B 的位移矢量,简称位移。位移 $\Delta \mathbf{r}$ 反映了质点位矢的变化,其表达式为

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

在直角坐标系 $Oxyz$ 中,位移 $\Delta \mathbf{r}$ 可表示为

$$\Delta \mathbf{r} = (x_B - x_A)\mathbf{i} + (y_B - y_A)\mathbf{j} + (z_B - z_A)\mathbf{k} = \Delta x\mathbf{i} + \Delta y\mathbf{j} + \Delta z\mathbf{k} \quad (1-6)$$

则位移的大小为

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2} \quad (1-7)$$

在图 1-3 中,曲线 AB 所示的路径是质点实际运动的轨迹,轨迹的长度称为路程,记作 Δs 。质点的位移和路程是两个不同的概念,当质点经一闭合路径回到原来的起始位置时,其位移为零,而路程则不为零。

3. 速度

为了进一步描述质点运动的快慢和运动方向,引入速度这个物理量。在图 1-3 中,质点在 Δt 时间内,完成了位移 $\Delta \mathbf{r}$, 我们把质点发生的位移 $\Delta \mathbf{r}$ 与所经历的时间 Δt 之比,定义为质点在这段时间内的平均速度,记作 $\bar{\mathbf{v}}$, 即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (1-8)$$

从图 1-3 可知,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $B \rightarrow A$, 此时质点的平均速度就越是接近它在 A 点的速度。当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,平均速度的极限值叫做瞬时速度(简称速度),有

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (1-9)$$

由 $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$, 上式还可写成

$$\mathbf{v} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k} = \mathbf{v}_x + \mathbf{v}_y + \mathbf{v}_z \quad (1-10)$$

式中, v_x 、 v_y 和 v_z 是速度 $\mathbf{v}$ 在 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴上的分量。

由式 (1-9) 可见,速度 $\mathbf{v}$ 的方向与 $\Delta \mathbf{r}$ 在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的极限方向一致。从图 1-3 可见,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\Delta \mathbf{r}$ 趋于和轨迹相切,即与点 A 的切线重合,所以当质点做曲线运动时,质点在某一点的速度方向就是沿该点的切线方向。

同样,我们把质点发生的位移 Δs 与所经历的时间 Δt 之比,定义为质点在这段时间内的平均速率。用 $\bar{v}$ 来表示。

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

当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,质点平均速率的极限称为瞬时速率(简称速率),有

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (1-11)$$

在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,有 $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta s = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} |\Delta \mathbf{r}|$, 即 $ds = |d\mathbf{r}|$, 因此有 $v = |\mathbf{v}|$ 。这表明质点的瞬时

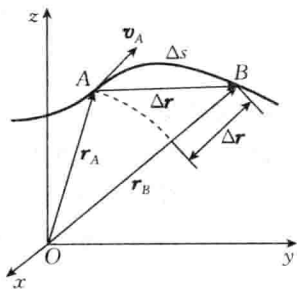


图 1-3 位移矢量