



面向“十二五”普通高等教育（精品）规划教材

普通物理学

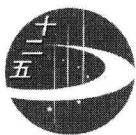
General physics

General physics

郭涛 程素君 梁彦天 主编



南京大学出版社



面向“十二五”普通高等教育(精品)规划教材

普通物理学

主 编 ◆ 郭 涛 程素君 梁彦天
副主编 ◆ 赵红枝 蒋利娟



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学/郭涛等主编. -- 南京:南京大学出版社,2011.2

面向“十二五”普通高等教育(精品)规划教材

ISBN 978-7-305-08115-6

I. ① 普… II. ① 郭… III. ① 普通物理学-高等学校-教材 IV. ① 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 023643 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

网 址 <http://www.NjupCo.com>

出 版 人 左 健

丛 书 名 面向“十二五”普通高等教育(精品)规划教材

书 名 普通物理学

主 编 郭 涛 程素君 梁彦天

责任编辑 郭同桢 编辑电话 010-61224515

审读编辑 孟庆生

照 排 华兴同盟

印 刷 高碑店市鑫宏源印刷包装有限责任公司

开 本 787×1092 1/16 印张 21.25 字数 530 千字

版 次 2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-08115-6

定 价 39.80 元

电子邮箱 Press@NjupCo.com

Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购图书销售部门联系调换

前 言

为满足理工科各专业使用本教材,我们在编写过程中突出了以下几个方面:

1. 注重本教材的科学性、实用性。
2. 注重本教材的系统性、连贯性。
3. 注重理论联系实际。
4. 注重培养学生的科学素养和综合素质。
5. 注重习题和内容的匹配。
6. 注重理工科各专业对普通物理学内容的要求。

经审定,本书的使用对象为高等院校理工科开设普通物理学课程的各个专业的学生或教师,也可作为物理教育工作者的参考书。

参加本教材编写的人员和分工如下:

蒋利娟、汪晓晨负责力学部分的通稿,程素君、吴花蕊负责热学部分的通稿,赵红枝、郭涛、梁彦天负责电磁学部分的通稿,徐彦、刘增平负责光学部分的通稿,梁彦天负责全书的通稿。具体分工为:蒋利娟(新乡学院物理系)编写第一章、第二章和第三章约 72 万字;汪晓晨(新乡学院物理系)编写第四章约 36 万字;程素君(新乡学院物理系)编写第八章和第九章约 74 万字;吴花蕊(新乡学院物理系)编写第六章和第七章约 72 万字;赵红枝(新乡学院物理系)编写第十章和第十一章约 67 万字;徐彦(新乡学院物理系)编写第九章 151-1511 节约 69 万字;梁彦天(新乡学院物理系)编写第五章 5.3-第五章习题约 28 万字;郭涛(新乡学院物理系)编写第十二章、第十三章和第五章 51-524 节约 78 万字;刘增平(新乡学院物理系)编写第九章 15.12-第十五章习题约 31 万字。

全书由郭涛、程素君、梁彦天校阅定稿。

由于编者水平有限,不当之处一定存在,敬请使用本书的同行和同学们批评指正,以便再版时修订和完善。

编 者

2011 年 1 月

目 录

第一编 力学

第1章 质点运动学	3
1.1 质点运动的描述	3
1.1.1 参考系 质点	3
1.1.2 位置矢量 运动学方程 位移	4
1.1.3 速度	5
1.1.4 加速度	7
1.2 圆周运动	10
1.2.1 平面极坐标	10
1.2.2 圆周运动的角速度	10
1.2.3 圆周运动的切向加速度、法向加速度和角加速度	11
1.2.4 匀速率圆周运动和匀变速率圆周运动	13
习题	16
第2章 质点动力学	19
2.1 牛顿定律	19
2.1.1 牛顿第一定律	19
2.1.2 牛顿第二定律	20
2.1.3 牛顿第三定律	21
2.2 力学中的几种常见的力	22
2.2.1 万有引力	22
2.2.2 弹性力	23
2.2.3 摩擦力	23
2.3 牛顿定律的应用举例	24
2.4 非惯性系 惯性力	29
习题	30
第3章 动量守恒定律	33
3.1 质点的动量定理	33
3.1.1 动量 冲量	33
3.1.2 质点的动量定理	34

3.2 质点系的动量定理·····	35
3.3 动量守恒定律·····	37
习题·····	39
第4章 功和能 机械能守恒定律 ·····	41
4.1 功 动能·····	41
4.1.1 功·····	41
4.2 质点的动能定理·····	43
4.3 保守力与非保守力 势能·····	46
4.3.1 万有引力、重力、弹性力做功·····	46
4.3.2 保守力与非保守力·····	48
4.3.3 势能 势能曲线·····	49
4.4 功能原理·····	50
4.4.1 质点系的动能定理·····	50
4.4.2 质点系的功能原理·····	51
4.5 机械能守恒定律·····	53
4.6 碰撞·····	54
4.6.1 完全弹性碰撞·····	54
4.6.2 完全非弹性碰撞·····	56
习题·····	56
第5章 刚体的转动 ·····	60
5.1 刚体运动的基本形式·····	60
5.1.1 刚体的平动·····	60
5.1.2 刚体的定轴转动·····	60
5.2 转动定律·····	64
5.2.1 力矩·····	64
5.2.2 转动定律·····	66
5.2.3 转动惯量·····	67
5.2.4 转动定律的应用举例·····	68
5.3 角动量·····	70
5.3.1 质点的角动量·····	70
5.3.2 刚体绕定轴转动的角动量·····	71
5.4 角动量定理·····	71
5.5 角动量守恒定律·····	72
5.6 定轴转动的动能定理·····	76
5.6.1 力矩对空间的积累效应——力矩的功·····	76
5.6.2 转动动能·····	77
5.6.3 刚体绕定轴转动的动能定理·····	77

习题	79
第6章 机械振动	84
6.1 简谐运动	84
6.1.1 机械振动	84
6.1.2 简谐振动	85
6.2 简谐振动的描述——振幅 周期 频率和相位	87
6.2.1 周期 频率	87
6.2.2 相位	88
6.2.3 常数 A 和 φ 的确定	88
6.2.4 旋转矢量法	90
6.3 简谐振动的能量	95
6.4 两个同方向同频率简谐运动的合成	97
习题	99
第7章 机械波	102
7.1 机械波的形成	102
7.2 机械波的描述 波长 周期和波速	103
7.3 平面简谐波	105
7.3.1 平面简谐波的波函数	105
7.3.2 波函数的物理含义	107
7.4 波的能量 声强级	111
7.4.1 波动能量的传播	111
7.4.2 声强级超声波和次声波	112
7.5 惠更斯原理 波的干涉	114
7.5.1 惠更斯原理	114
7.5.2 波的干涉	116
习题	119

第二编 热学

第8章 热力学基本定律	125
8.1 描述热力学系统的基本概念	125
8.1.1 热力学系统	125
8.1.2 平衡态 状态参量	125
8.2 理想气体的物态方程	126
8.2.1 热力学第0定律	126
8.2.2 理想气体的物态方程	127
8.2.3 $p - V$ 图	128

8.3 准静态过程 功 热量	128
8.3.1 准静态过程	128
8.3.2 准静态过程的功	129
8.3.3 热量	130
8.4 热力学第一定律 内能	130
8.4.1 热力学第一定律	130
8.4.2 内能	131
8.5 理想气体的等体过程和等压过程 摩尔热容	131
8.5.1 等体过程定体 摩尔热容	131
8.5.2 等压过程 定压摩尔热容	133
8.6 理想气体的等温过程和绝热过程	136
8.6.1 等温过程	136
8.6.2 绝热过程	136
8.6.3 绝热线和等温线	137
8.7 循环过程 卡诺循环	139
8.7.1 循环过程	139
8.7.2 热机和致冷机	141
8.7.3 卡诺循环	142
8.8 热力学第二定律的表述 卡诺定理	145
8.8.1 热力学第二定律的两种表述	145
8.8.2 可逆过程与不可逆过程	147
8.8.3 卡诺定理	148
8.9 熵 熵增加原理	148
8.9.1 熵	149
8.9.2 熵变的计算	150
8.9.3 熵增加原理	152
8.9.4 熵增加原理与热力学第二定律	153
习题	155
 第9章 气体动理论	 158
9.1 物质的微观模型统计规律性	158
9.1.1 分子数密度和线度	158
9.1.2 分子力	158
9.1.3 分子热运动的无序性及统计规律性	159
9.2 理想气体的压强公式	159
9.2.1 理想气体的基本微观假设	160
9.2.2 理想气体的压强公式	161
9.3 理想气体分子的平均平动动能与温度的关系	162
9.3.1 理想气体分子的平均平动动能与温度的关系	162

9.3.2 温度的微观解释	163
9.4 能量均分定理 理想气体内能	164
9.4.1 自由度	164
9.4.2 能量均分定理	165
9.4.3 理想气体的内能	166
9.5 麦克斯韦气体分子速率分布律	167
9.5.1 测定气体分子速率分布的实验	167
9.5.2 麦克斯韦气体分子速率分布定律	168
9.5.3 三种统计速率	169
9.6 分子平均碰撞次数和平均自由程	171
习题	172

第三编 电磁学

第10章 真空中的静电场	177
10.1 电荷守恒定律	177
10.1.1 电荷 物质的电结构	177
10.1.2 电荷守恒定律	178
10.2 库仑定律	178
10.3 电场 电场强度	179
10.3.1 电场	179
10.3.2 电场强度	179
10.3.3 电场强度的计算	180
10.4 高斯定理	183
10.4.1 电场线	183
10.4.2 电通量	184
10.4.3 高斯定理及其应用	186
10.5 静电场中的环路定理	190
10.5.1 静电场力所做的功	190
10.5.2 环路定理	191
10.5.3 电势能	191
10.6 电势	192
10.6.1 电势	192
10.6.2 等势面	194
10.6.3 电势与电场强度的关系	194
习题	196
第11章 静电场中的导体和电介质	198
11.1 静电场中的导体	198

11.1.1 静电平衡条件	198
11.1.2 静电平衡时导体上电荷的分布	199
11.1.3 静电屏蔽	201
11.2 静电场中的电介质	204
11.2.1 电介质对电场的影响 相对电容率	205
11.2.2 电介质的极化	205
11.2.2 电极化强度	207
11.2.3 极化电荷对电场的影响	207
11.2.4 电介质中的高斯定理	209
11.3 电容	211
11.3.1 孤立导体的电容	211
11.3.2 电容器	212
11.3.3 电容器的串联和并联	214
11.4 静电场的能量	215
习题	217
第 12 章 稳恒电流	220
12.1 电流 电流密度	220
12.2 电流的连续性方程和稳恒电流条件	221
12.3 导体的电阻和电阻率	222
12.4 欧姆定律	224
12.5 电功率和焦耳定律	224
12.6 电源 电动势	225
12.7 基尔霍夫定律	226
12.7.1 基尔霍夫第一定律	227
12.7.2 基尔霍夫第二定律	227
12.7.3 基尔霍夫定律的应用	228
习题	229
第 13 章 稳恒磁场	232
13.1 磁场 磁感应强度	232
13.2 毕奥 - 沙伐尔定律	233
13.2.1 毕奥 - 萨伐尔定律	233
13.2.2 毕奥 - 萨伐尔定律应用举例	234
13.3 磁感线	239
13.4 磁通量 磁场的高斯定理	240
13.5 安培环路定理	242
13.5.1 安培环路定理	242
13.5.2 安培环路定理的应用举例	243

13.6 载流导线在磁场中受的力——安培力	244
13.6.1 安培力	244
13.6.2 磁场作用于载流线圈的磁力矩	247
13.7 运动电荷在磁场中受的力——洛伦兹力	250
13.7.1 洛伦兹力的数学表达式	250
13.7.2 带电粒子在磁场中的运动	251
13.7.3 霍耳效应	252
13.8 磁场中的磁介质	254
13.8.1 磁介质 磁化强度	254
13.8.2 磁介质中的安培环路定理 磁场强度	255
13.8.3 铁磁质	257
习题	259
第14章 电磁感应	263
14.1 电磁感应现象	263
14.2 电磁感应定律	264
14.3 楞次定律	265
14.4 动生电动势 感生电动势	267
14.4.1 动生电动势	268
14.4.2 感生电动势	269
14.5 自感和互感	269
14.5.1 自感电动势 自感	269
14.5.2 互感电动势 互感	271
14.6 RL 电路	273
习题	275

第四编 光学

第15章 光学	279
15.1 光源 光的相干性	279
15.2 杨氏双缝干涉实验	280
15.2.1 杨氏双缝干涉实验装置	280
15.2.2 定量分析杨氏双缝干涉条纹的形成	281
15.2.3 缝宽对干涉条纹的影响 空间相干性	283
15.3 光程与光程差	284
15.3.1 光程	284
15.3.2 透镜不引起附加的光程差	285
15.4 薄膜干涉	286
15.5 迈克耳逊干涉仪	289

15.6	光的衍射	291
15.6.1	光的衍射现象	291
15.6.2	惠更斯-菲涅耳原理	292
15.6.3	菲涅耳衍射和夫琅和费衍射	292
15.7	单缝衍射	293
15.8	圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	297
15.9	衍射光栅	301
15.9.1	光栅	301
15.9.2	光栅衍射条纹的形成	303
15.9.3	衍射光谱	305
15.10	光的偏振	307
15.10.1	偏振光	307
15.10.2	偏振片 起偏与检偏	309
15.11	反射光和折射光的偏振	310
15.12	几何光学	312
15.12.1	几何光学基本定律	313
15.12.2	光在球面上的反射和折射成像	314
15.12.3	光在球面上的反射和折射成像	315
15.12.4	薄透镜	318
15.12.5	显微镜、望远镜和照相机	321
	习题	323

第一编

力学

物理学是研究物质最普遍、最基本的运动形式的基本规律的一门学科，这些运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核运动，以及其他微观粒子运动等。力学是以机械运动规律及其应用为研究对象的。所谓机械运动，是一个物体相对于另一个物体的位置，或一个物体内部的一部分相对于其他部分的位置随时间变化的过程。宇宙中天体的运行，导弹弹道的计算，人造地球卫星轨道的设计，以及气泡室中显示粒子径迹的分析等，都属于力学的范畴。机械运动是这些运动中最简单、最常见的运动形式，其基本形式有平动和转动。在平动过程中，若物体内部各点的位置没有相对变化，那么各点所移动的路径完全相同，可用物体上任一点的运动来代表整个物体的运动。在力学中，研究物体的位置随时间而改变的内容称为质点运动学。

第 1 章 质点运动学

1.1 质点运动的描述

1.1.1 参考系 质点

1.1.1.1 参考系

在自然界中所有的物体都在不停地运动，绝对静止不动的物体是没有的。在观察一个物体的位置及位置的变化时，总要涉及和其他物体的相互关系，所以，要选取其他物体作为标准，选取的标准物不同，对物体运动情况的描述也就不同。不同的描述反映了物体相互之间的不同关系。这就是运动的相对性。

为描述物体的运动而选的标准物叫做参考系。参考系的选择是任意的，但不同的参考系对同一物体运动情况的描述是不同的。因此，在讲述物体的运动情况时，必须指明是对什么参考系而言的。在讨论地面上物体的运动时，通常选地球作为参考系。

1.1.1.2 质点

实际的物体都有一定的大小和形状，物体上各点的位置是不同的，在运动中，物体上各点的位置变化一般也不相同。但是，在许多情况下，运动物体的形状、大小和结构与所研究的问题无关，或影响很小，这时可以把运动的物体看做一个点，为此，引入了质点的概念。

所谓质点是指具有一定质量而不考虑其大小和形状的物体。质点是经过科学抽象而形成的物理模型。把物体当做质点是有条件的、相对的，而不是无条件的、绝对的，例如在研究行星绕太阳运动时，行星与太阳的距离比行星的直径要大得多，行星自转的影响可以忽略，此时行星就可以看成是质点。表 1-1 给出了一些物体的质量和长度的数量级。

表 1-1 一些物体的质量和长度的数量级

质量 m/kg		长度 l/m	
电子质量	10^{-30}	质子核的半径	10^{-15}
质子质量	10^{-27}	原子的半径	10^{-10}
血红蛋白质量	10^{-22}	病毒的线度	10^{-7}
流感病毒质量	10^{-19}	人的身长	10^0
雨滴质量	10^{-6}	珠穆朗玛峰的高度	10^4
人的质量	10^1	地球半径	10^7
金字塔质量	10^{10}	太阳半径	10^9
地球质量	10^{24}	太阳系半径	10^{13}
太阳质量	10^{30}	地球与最近恒星的距离	10^{16}
银河系质量	10^{41}	银河系的尺度	10^{21}

应当指出,把物体抽象为质点的研究方法,在实践上和理论上都是有重要意义的。即使我们所研究的运动物体不能视为质点时,仍可把整个物体看成是由许多质点组成的,弄清楚这些质点的运动,就可以弄清楚整个物体的运动。所以,研究质点的运动是研究物体运动的基础。

1.1.2 位置矢量 运动学方程 位移

1.1.2.1 位置矢量

对物体运动的描述必须首先选定参考系,选定参考系以后,在参考系上选择一个坐标系。常用的坐标系有直角坐标系、极坐标系和自然坐标系等。当选择直角坐标系时,如图1-1所示,任一时刻 t ,质点 P 在坐标系里的位置,可以用一个引自原点 O 到质点 P 的有向线段来表示,用位置矢量 $\mathbf{r}(t)$ 来定义。位置矢量简称位矢,它是一个有向线段,其始端位于坐标系的原点 O ,末端则与质点 P 在 t 时刻的位置相重合。将位矢 $\mathbf{r}$ 在 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴三个轴上进行投影。投影结果分别为 x , y 和 z 。因此,质点 P 在 t 时刻在 $O-xyz$ 坐标系中的位置,可以通过位矢 $\mathbf{r}$ 来表示,同时也可用坐标 x , y 和 z 来说明。由矢量知识可知,如取 $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$ 和 $\mathbf{k}$ 分别是 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴的单位矢量,那么可以把位矢 $\mathbf{r}$ 表示为

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

其值为

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

位矢 $\mathbf{r}$ 的方向,可以通过方向余弦来确定:

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

式中 α , β , γ 分别是 $\mathbf{r}$ 与 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴之间的夹角。

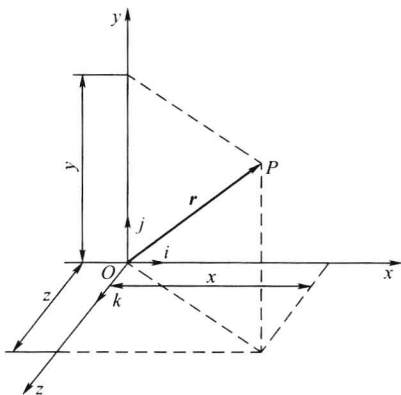


图1-1 位置矢量

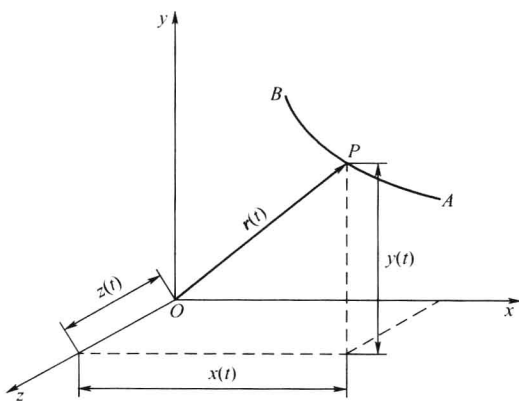


图1-2 运动方程

1.1.2.2 运动方程

当质点运动时,质点在任一时刻的位矢 $\mathbf{r}$ 是随时间变化的,位矢 $\mathbf{r}$ 是时间的函数,如图1-2所示,即满足:

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k} \quad (1-2)$$

式(1-2)叫做质点的运动方程, 而 $x(t)$, $y(t)$ 和 $z(t)$ 则是运动方程的分量, 从中消去参数 t 便得到了质点运动的轨迹方程, 所以它们也是轨迹的参数方程。应当指出, 运动学的重要任务之一就是找出各种具体运动所遵循的运动方程。

1.1.2.3 位移

为了描述在一段时间内质点位置的改变, 引入了位移。如在图 1-3 的平面直角坐标系中, 在时刻 t_1 , 质点位于点 A , 位矢为 $\mathbf{r}_A$; 在时刻 t_2 , 质点位于点 B , 位矢为 $\mathbf{r}_B$ 。显然, 在时间间隔 $\Delta t = t_2 - t_1$ 内, 位矢的长度和方向都发生了变化。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。由图 1-3 可以看出, 质点从点 A 到点 B 的位移为

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \quad (1-3)$$

位移是描述质点位置变化的物理量, 它反映了时间内质点位置变动的总效果。应当注意的是, 位移不同于质点在这段时间内走过的路程。路程是质点运动轨迹的长度, 是一个标量。如在图 1-3 中, 弧长 AB 表示质点经过此路径所走的路程, 而位移则是 $\Delta \mathbf{r}$ 。当质点经一闭合路径回到原来的起始位置时, 其位移为 0, 而路程则不为 0。所以, 质点的位移和路程是两个完全不同的概念。只有在 Δt 取得很小的极限情况下, 位移的大小 $d\mathbf{r}$ 才视为与路程 AB 没有区别。

应当注意, 当参考系确定后, 质点的位矢 $\mathbf{r}$ 依赖于坐标系的选取, 而它的位移 $\Delta \mathbf{r}$ 则与坐标系的选取无关。这一点可容易从图 1-4 中得出, 图中有一质点在坐标 xOy 中, 处于点 A 和点 B 的位矢分别为 $\mathbf{r}_A$ 和 $\mathbf{r}_B$, 而在 $x'O'y'$ 坐标中的位矢则为 $\mathbf{r}'_A$ 和 $\mathbf{r}'_B$ 。若 O 和 O' 位矢为 $\mathbf{b}$ 那么在这两个坐标系中的位矢之间的关系则为 $\mathbf{r}_A = \mathbf{r}'_A + \mathbf{b}$ 和 $\mathbf{r}_B = \mathbf{r}'_B + \mathbf{b}$, 即 $\mathbf{r}'_A = \mathbf{r}_A - \mathbf{b}$ 和 $\mathbf{r}'_B = \mathbf{r}_B - \mathbf{b}$ 。于是可得在 $x'O'y'$ 坐标系中, 质点从点 A 到点 B 的位移则为 $\mathbf{r}'_B - \mathbf{r}'_A = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A = \Delta \mathbf{r}$ 。这就是说, 质点的位矢取决于坐标系原点的选取, 而位移则与坐标系原点的选取无关。

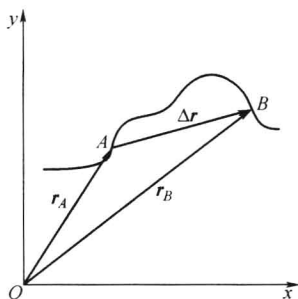


图 1-3 位置矢量

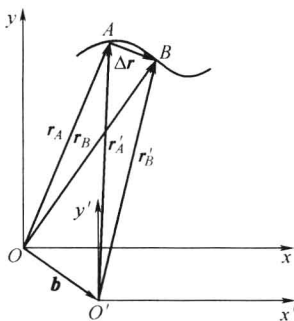


图 1-4 位移与坐标原点的选择无关

1.1.3 速度

设两个质点发生了同样的位移, 但所用的时间不同, 也就是说, 它们位置变动的快慢