



# 大学物理

朱 峰 主编

(第2版)

清华大学出版社



# 大学物理

(第2版)

主编：朱 峰

编委：朱 峰 肖胜利 郑好望

任文辉 路铁牛

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书涵盖了教育部新制定的《非物理类理工学科大学物理课程教学基本要求》中的核心内容,并精选了相当数量的拓展内容.本书在修订过程中继承了第1版的特色,采取压缩经典、简化近代、突出重点的方法精选和组织内容.

全书共13章,涉及力学、热学、电磁学、振动和波、波动光学、狭义相对论和量子物理基础等.每章包括基本内容之外,还包括阅读材料、复习与小结、练习题.内容深浅适当,讲解正确清晰,叙述引人入胜,例题指导详尽,全书联系实际,特别是注意介绍物理知识和物理思想在实际中的应用.本书有电子教材和学习辅导书等配套资料.

本书可作为高等院校非物理类专业本科少学时的大學物理教材和教学参考书,也可用作高等职业教育各专业的物理教材,还可以供其他有关专业选用和广大读者阅读.

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售.

版权所有,侵权必究.侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

大学物理/朱峰主编. —2版. —北京:清华大学出版社,2008.11  
ISBN 978-7-302-18639-7

I. 大… II. 朱… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第148623号

责任编辑:朱红莲

责任校对:赵丽敏

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:22.5

字 数:542千字

版 次:2008年11月第2版

印 次:2008年11月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:34.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。  
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:029606-01

清华大学出版社

北京

## 第2版前言

大学物理(第2版)

《大学物理》立体化教材包括主教材、电子教案、学习辅导,均由清华大学2004年出版。由于主教材紧紧围绕教育部制定的《非物理类理工学科大学物理课程教学基本要求》,内容简练,重点突出,深广度适当,物理概念清晰,因而受到许多高等学校的欢迎,不仅本科少学时大学物理课程广为选用,而且专科物理课程也较多选用。为了更好地满足广大读者的需要,我们对原书作了修订。

根据使用本教材的教师和读者的建议,在保留原书总体结构和风格的基础上,对原书作了如下的补充和删减。

(1) 增添了开普勒定律、热力学第零定律和激光简介等内容,特别是注意介绍物理知识和物理思想在实际中的应用,补充编写了一些读者感兴趣的知识点。

(2) 在近几年的教学实践中,再次比较了某些章节的不同讲法,我们认为有必要对原书作适当的改动,改动较大的部分为第12章狭义相对论。

(3) 删去了较少应用和理论复杂的内容,如第0章绪论、第4章的玻耳兹曼分布率和第11章的光波叠加的电磁场理论等。

本书共13章,涉及力学、热学、电磁学、振动和波、波动光学、狭义相对论和量子物理基础。每章除了包括基本内容外,还包含阅读材料、复习与小结和练习题,涵盖了《理工科非物理专业物理课程教学基本要求》中的核心内容,并精选了相当数量的拓展内容。

本教材适用于高等学校非物理专业70~90学时的大学物理课程,是高等学校少学时本科、专科及成人高等院校的大学物理教材。本书中加“\*”部分为选讲内容,教师可根据本校物理课程的教学要求自行选取。本书有电子教材和学习辅导书等配套资料。

本次修订由肖胜利负责第1、2、3、13章,郑好望负责第4、5章,朱峰负责第6、7、8、12章及附录,路铁牛负责第9、10章,任文辉负责第11章,最后由朱峰完成统稿工作。

编者衷心感谢西安通信学院对本书编写和出版给予的大力支持和帮助,感谢广大教师和读者在使用本教材过程中提出的宝贵意见。

由于编者水平有限,书中难免有不恰当之处,请读者不吝指正。

编者

2008年9月

# 第1版前言

大学物理(第2版)

本教材是依据国家教育部《高等学校非物理专业物理课程教学基本要求》而编写的专科物理教材,也可作为本科物理教材(少学时).本教材配有电子教案光盘一张,《大学物理学习辅导》一书同步配合使用,便于教学.

本教材共13章,涉及力学、热学、电磁学、振动和波、波动光学、狭义相对论和量子物理基础,内容深广度适当,物理概念清晰.每章包括基本内容、阅读材料、本章摘要和练习题、相关著名物理学家简介.电子教案利用Office办公软件——PowerPoint为平台,分为课堂教学、例题讲解、3D动画演示和影视资料三部分,使物理中抽象的、难以理解的内容变得生动、直观.该软件操作简单,播放流畅,易于掌握,便于教师授课和学生自学.《大学物理学习辅导》分为基本要求、基本内容、典型例题、习题精解、综合自我检测题五部分,题型丰富多样,内容全面新颖,便于学生更好地掌握所学知识.

本教材在编写中力求使读者掌握物理学的基本概念和规律,建立较完整的物理思想,同时渗透人文社会科学知识,让读者活用所学知识,加强应用能力,实现知识、能力与素质协调发展.此外还有少量的选学内容以拓展知识面,选学内容标以“\*”号.全书讲授约100学时.

本教材绪论和第1~3章由肖胜利执笔,路铁牛审阅;第4、5章由郑好望执笔,朱峰审阅;第6~8章和附录由朱峰执笔,任文辉审阅;第9、10章由路铁牛执笔,肖胜利审阅;第11章由任文辉执笔,郑好望审阅;第12章由房鸿执笔,朱峰、路铁牛审阅;第13章由肖胜利执笔,翟学军审阅.全书由朱峰统稿.特别感谢清华大学出版社、西安通信学院、西安工程科技学院、西安工业学院和西安通信学院物理教研室全体同志对本书编写和出版给予的大力支持和帮助.

由于编者水平有限,书中难免有不恰当之处,请读者不吝指正.

编者

2004年5月

# 目 录

## 大学物理(第2版)

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第1章 质点运动学                | 1  |
| 1.1 位置矢量和位移              | 1  |
| 1.1.1 参照系与坐标系            | 1  |
| 1.1.2 位置矢量(运动方程)         | 2  |
| 1.1.3 位移矢量               | 3  |
| 1.2 速度和加速度               | 4  |
| 1.2.1 速度                 | 4  |
| 1.2.2 加速度                | 5  |
| 1.3 运动的相对性               | 7  |
| 1.3.1 直线运动               | 7  |
| 1.3.2 相对运动               | 8  |
| 1.4 平面曲线运动               | 9  |
| 1.4.1 抛体运动               | 9  |
| 1.4.2 圆周运动               | 10 |
| 阅读材料1 科学家简介 伽利略          | 14 |
| 阅读材料2 全球定位系统和质点运动学       | 15 |
| 复习与小结                    | 17 |
| 练习题                      | 18 |
| 第2章 质点动力学                | 20 |
| 2.1 牛顿运动定律               | 20 |
| 2.1.1 牛顿运动定律的内容          | 20 |
| 2.1.2 牛顿运动定律所涉及的基本概念和物理量 | 20 |
| 2.1.3 常见的几种力             | 21 |
| 2.1.4 牛顿运动定律的应用          | 23 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| 2.2 动量 动量守恒定律        | 27        |
| 2.2.1 质点的动量及动量定理     | 27        |
| 2.2.2 质点组的动量定理       | 28        |
| 2.2.3 动量守恒定律及其意义     | 29        |
| 2.3 动能 动能定理          | 32        |
| 2.3.1 功              | 32        |
| 2.3.2 功率             | 33        |
| 2.3.3 质点的动能定理        | 33        |
| 2.3.4 质点组的动能定理       | 34        |
| 2.4 势能 机械能转化及守恒定律    | 38        |
| 2.4.1 保守力及保守力的功      | 38        |
| 2.4.2 势能             | 39        |
| 2.4.3 功能原理           | 40        |
| 2.4.4 机械能转化和机械能守恒定律  | 40        |
| 2.4.5 能量转化和能量守恒定律    | 40        |
| 阅读材料3 科学家简介 牛顿       | 44        |
| 阅读材料4 火箭与宇宙速度        | 45        |
| 复习与小结                | 48        |
| 练习题                  | 50        |
| <b>第3章 刚体的定轴转动</b>   | <b>53</b> |
| 3.1 刚体定轴转动的运动学       | 53        |
| 3.2 刚体定轴转动的动力学       | 55        |
| 3.2.1 刚体定轴转动的转动定律    | 55        |
| 3.2.2 刚体定轴转动的动能定理    | 61        |
| 3.2.3 刚体定轴转动的角动量守恒定律 | 63        |
| 3.2.4 开普勒定律          | 66        |
| 阅读材料5 科学家简介 开普勒      | 68        |
| 阅读材料6 人造地球卫星         | 69        |
| 复习与小结                | 71        |
| 练习题                  | 72        |
| <b>第4章 气体动理论</b>     | <b>76</b> |
| 4.1 理想气体的压强和温度       | 76        |
| 4.1.1 状态参量 平衡态       | 76        |

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 4.1.2 | 理想气体模型            | 76  |
| 4.1.3 | 理想气体状态方程          | 77  |
| 4.1.4 | 统计假设              | 77  |
| 4.1.5 | 理想气体的压强           | 78  |
| 4.1.6 | 理想气体的温度           | 80  |
| 4.2   | 能均分定理 理想气体的热力学能   | 81  |
| 4.2.1 | 自由度               | 81  |
| 4.2.2 | 能量按自由度均分定理        | 82  |
| 4.2.3 | 理想气体的热力学能         | 83  |
| 4.3   | 麦克斯韦速率分布律 三种统计速率  | 83  |
| 4.3.1 | 麦克斯韦速率分布律         | 83  |
| 4.3.2 | 最概然速率、平均速率和方均根速率  | 85  |
| * 4.4 | 气体分子碰撞和平均自由程      | 86  |
| 4.4.1 | 分子的平均自由程和碰撞频率     | 86  |
| 4.4.2 | 平均自由程和平均碰撞频率的关系   | 86  |
|       | 阅读材料 7 科学家简介 克劳修斯 | 88  |
|       | 阅读材料 8 真空的获得      | 89  |
|       | 复习与小结             | 92  |
|       | 练习题               | 93  |
| 第 5 章 | 热力学基础             | 95  |
| 5.1   | 热力学第零定律 温度        | 95  |
| 5.1.1 | 热力学第零定律           | 95  |
| 5.1.2 | 温度和温标             | 96  |
| 5.1.3 | 热力学温标             | 97  |
| 5.1.4 | 摄氏温标和华氏温标         | 98  |
| 5.2   | 热力学第一定律及其应用       | 98  |
| 5.2.1 | 热量、功和热力学能         | 98  |
| 5.2.2 | 热力学第一定律           | 99  |
| 5.2.3 | 准静态过程             | 99  |
| 5.2.4 | 理想气体的等体、等压和等温过程   | 101 |
| 5.2.5 | 气体的摩尔热容           | 102 |
| 5.2.6 | 理想气体的绝热过程         | 104 |
| 5.3   | 循环过程 卡诺循环         | 106 |
| 5.3.1 | 循环过程              | 106 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 5.3.2 卡诺循环          | 107 |
| 5.4 热力学第二定律 卡诺定理    | 109 |
| 5.4.1 热力学第二定律       | 109 |
| 5.4.2 可逆过程和不可逆过程    | 111 |
| 5.4.3 卡诺定理          | 111 |
| 阅读材料 9 科学家简介 开尔文    | 112 |
| 阅读材料 10 “熵”简介       | 113 |
| 复习与小结               | 116 |
| 练习题                 | 118 |
| <b>第 6 章 静电场</b>    | 121 |
| 6.1 库仑定律 电场强度       | 121 |
| 6.1.1 电荷的量子化        | 121 |
| 6.1.2 电荷守恒定律        | 121 |
| 6.1.3 库仑定律          | 122 |
| 6.1.4 电场强度          | 123 |
| 6.1.5 由点电荷引起的电场     | 124 |
| 6.1.6 由连续电荷分布引起的电场  | 124 |
| 6.1.7 喷墨打印          | 125 |
| 6.2 高斯定理及其应用        | 129 |
| 6.2.1 电场线           | 129 |
| 6.2.2 电场强度通量        | 130 |
| 6.2.3 高斯定理          | 131 |
| 6.2.4 高斯定理的应用       | 132 |
| 6.3 电势              | 135 |
| 6.3.1 静电场力是保守力      | 135 |
| 6.3.2 静电场的环路定律      | 136 |
| 6.3.3 电势能 电势        | 137 |
| 6.3.4 由点电荷引起的电势     | 137 |
| 6.3.5 由连续电荷分布引起的电势  | 138 |
| 6.4 静电场中的导体和电介质     | 140 |
| 6.4.1 导体的静电平衡       | 140 |
| 6.4.2 静电平衡时导体上的电荷分布 | 141 |
| 6.4.3 尖端放电 静电屏蔽     | 141 |
| 6.4.4 从原子观点看电介质     | 143 |

|                     |            |
|---------------------|------------|
| 6.4.5 电介质中的高斯定理     | 144        |
| 6.5 电容 电场能量         | 145        |
| 6.5.1 电容器的电容        | 145        |
| 6.5.2 电容的计算         | 146        |
| 6.5.3 电容器的充电        | 148        |
| 6.5.4 心脏除颤器         | 148        |
| 6.5.5 静电场的能量 能量密度   | 148        |
| 阅读材料 11 科学家简介 库仑    | 150        |
| 阅读材料 12 静电的应用       | 151        |
| 复习与小结               | 154        |
| 练习题                 | 155        |
| <b>第 7 章 稳恒磁场</b>   | <b>159</b> |
| 7.1 磁场 磁感应强度        | 159        |
| 7.1.1 磁场            | 159        |
| 7.1.2 磁感应强度         | 160        |
| 7.1.3 洛伦兹力          | 161        |
| 7.2 毕奥-萨伐尔定律及其应用    | 161        |
| 7.2.1 毕奥-萨伐尔定律      | 161        |
| 7.2.2 毕奥-萨伐尔定律应用举例  | 162        |
| 7.3 磁场的高斯定理和安培环路定理  | 164        |
| 7.3.1 磁感线           | 164        |
| 7.3.2 磁通量 高斯定理      | 164        |
| 7.3.3 安培环路定理        | 165        |
| 7.3.4 安培环路定理应用举例    | 167        |
| 7.4 磁场对运动电荷和载流导线的作用 | 169        |
| 7.4.1 带电粒子在磁场中的运动   | 169        |
| 7.4.2 霍耳效应          | 170        |
| 7.4.3 回旋加速器         | 172        |
| 7.4.4 安培定律          | 172        |
| 7.4.5 电磁轨道炮         | 173        |
| 7.4.6 均匀磁场对载流线圈的作用  | 174        |
| * 7.5 磁介质中的磁场       | 176        |
| 7.5.1 磁介质的分类        | 176        |
| 7.5.2 磁介质中的安培环路定理   | 178        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 7.5.3 铁磁质                 | 179 |
| 阅读材料 13 科学家简介 法拉第         | 181 |
| 阅读材料 14 超导                | 182 |
| 复习与小结                     | 184 |
| 练习题                       | 185 |
| <b>第 8 章 电磁感应</b>         | 189 |
| 8.1 电磁感应的基本定律             | 189 |
| 8.1.1 电磁感应现象              | 189 |
| 8.1.2 法拉第电磁感应定律           | 189 |
| 8.1.3 楞次定律                | 190 |
| 8.1.4 电吉他                 | 190 |
| 8.2 动生电动势 感生电动势           | 192 |
| 8.2.1 动生电动势               | 192 |
| 8.2.2 感生电动势               | 194 |
| 8.3 自感 互感 磁场的能量           | 195 |
| 8.3.1 自感现象                | 195 |
| 8.3.2 互感现象                | 196 |
| 8.3.3 磁场的能量               | 197 |
| 8.4 麦克斯韦方程组               | 198 |
| 8.4.1 位移电流 全电流安培环路定律      | 198 |
| 8.4.2 麦克斯韦方程组的积分形式        | 200 |
| 阅读材料 15 科学家简介 麦克斯韦        | 201 |
| 阅读材料 16 电磁波               | 202 |
| 复习与小结                     | 205 |
| 练习题                       | 206 |
| <b>第 9 章 振动学基础</b>        | 209 |
| 9.1 简谐振动                  | 209 |
| 9.1.1 弹簧振子的振动             | 209 |
| 9.1.2 简谐振动的定义             | 210 |
| 9.1.3 单摆的运动规律             | 210 |
| 9.1.4 LC 振荡回路中电容器上电量的变化规律 | 211 |
| 9.2 简谐振动的规律               | 211 |
| 9.2.1 简谐振动的运动学方程、速度、加速度   | 211 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 9.2.2 简谐振动的三要素           | 212 |
| 9.2.3 简谐振动的能量            | 212 |
| 9.2.4 简谐振动的旋转矢量表示        | 214 |
| * 9.2.5 阻尼振动 受迫振动 共振     | 215 |
| 9.3 简谐振动的合成              | 216 |
| 9.3.1 同方向同频率简谐振动的合成      | 216 |
| 9.3.2 两个互相垂直的同频率的简谐振动的合成 | 217 |
| 阅读材料 17 科学家简介 惠更斯        | 219 |
| 阅读材料 18 混沌               | 220 |
| 复习与小结                    | 222 |
| 练习题                      | 223 |
| <b>第 10 章 波动学基础</b>      | 226 |
| 10.1 机械波的产生及描述           | 226 |
| 10.1.1 机械波的产生            | 226 |
| 10.1.2 波振面 波射线           | 227 |
| 10.1.3 波的频率、波长和波速        | 227 |
| 10.2 平面简谐波               | 228 |
| 10.2.1 平面简谐波的波动方程        | 228 |
| 10.2.2 波的能量 能流密度 波的吸收    | 231 |
| 10.3 波的衍射和干涉             | 233 |
| 10.3.1 惠更斯原理             | 233 |
| 10.3.2 波的衍射              | 233 |
| 10.3.3 波的叠加原理            | 234 |
| 10.3.4 波的干涉              | 234 |
| 10.3.5 驻波                | 235 |
| 10.3.6 多普勒效应             | 237 |
| 阅读材料 19 科学家简介 多普勒        | 239 |
| 阅读材料 20 超声波简介            | 240 |
| 复习与小结                    | 241 |
| 练习题                      | 242 |
| <b>第 11 章 波动光学</b>       | 245 |
| 11.1 光源 光的相干性            | 245 |
| 11.1.1 光学发展简史            | 245 |

|         |                     |     |
|---------|---------------------|-----|
| 11.1.2  | 光的电磁波性质             | 246 |
| 11.1.3  | 光源                  | 247 |
| 11.1.4  | 光的相干性               | 248 |
| 11.1.5  | 光程 光程差              | 249 |
| 11.2    | 分波阵面干涉              | 250 |
| 11.2.1  | 杨氏双缝干涉              | 250 |
| 11.2.2  | 洛埃镜实验               | 251 |
| 11.2.3  | 光的空间相干性和时间相干性       | 252 |
| 11.3    | 薄膜干涉                | 253 |
| 11.3.1  | 平行平面薄膜产生的干涉         | 254 |
| 11.3.2  | 楔形平面薄膜(劈尖)干涉        | 256 |
| 11.3.3  | 牛顿环                 | 257 |
| 11.3.4  | 迈克耳孙干涉仪             | 259 |
| 11.4    | 光的衍射                | 259 |
| 11.4.1  | 光的衍射现象              | 259 |
| 11.4.2  | 惠更斯-菲涅耳原理           | 260 |
| 11.4.3  | 夫琅禾费单缝衍射            | 261 |
| 11.5    | 光栅衍射                | 264 |
| 11.5.1  | 光栅的构造               | 264 |
| 11.5.2  | 光栅衍射的主极大条纹          | 264 |
| 11.5.3  | 光栅光谱                | 266 |
| 11.5.4  | X射线的衍射              | 267 |
| * 11.6  | 圆孔的夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨本领 | 268 |
| 11.6.1  | 圆孔的夫琅禾费衍射           | 268 |
| 11.6.2  | 光学仪器的分辨本领           | 269 |
| 11.7    | 光的偏振现象              | 270 |
| 11.7.1  | 偏振光和自然光             | 270 |
| 11.7.2  | 偏振片起偏和检偏            | 272 |
| 11.7.3  | 马吕斯定律               | 272 |
| 11.7.4  | 光的反射和折射起偏           | 273 |
| * 11.8  | 激光简介                | 275 |
| 11.8.1  | 激光的基本原理             | 275 |
| 11.8.2  | 氦氖激光器               | 278 |
| 11.8.3  | 激光的特点及应用            | 279 |
| 阅读材料 21 | 科学家简介 菲涅耳           | 279 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 阅读材料 22 全息照相 .....            | 280 |
| 复习与小结 .....                   | 282 |
| 练习题 .....                     | 284 |
| <b>第 12 章 狭义相对论</b> .....     | 289 |
| 12.1 经典时空观及其局限性 .....         | 289 |
| 12.1.1 伽利略坐标变换 .....          | 289 |
| 12.1.2 经典时空观 .....            | 290 |
| 12.1.3 力学相对性原理 .....          | 290 |
| 12.2 狭义相对论时空观 .....           | 291 |
| 12.2.1 狭义相对论产生的历史背景 .....     | 291 |
| 12.2.2 狭义相对论的基本原理 .....       | 291 |
| 12.2.3 洛伦兹坐标变换 .....          | 292 |
| 12.2.4 狭义相对论时空观 .....         | 292 |
| 12.3 相对论动力学 .....             | 295 |
| 12.3.1 相对论的质速关系 .....         | 295 |
| 12.3.2 相对论的质能关系 .....         | 295 |
| 12.3.3 能量动量关系 .....           | 296 |
| 阅读材料 23 科学家简介 爱因斯坦 .....      | 297 |
| 阅读材料 24 广义相对论简介 .....         | 298 |
| 复习与小结 .....                   | 301 |
| 练习题 .....                     | 302 |
| <b>第 13 章 量子物理基础</b> .....    | 304 |
| 13.1 量子论的形成 .....             | 304 |
| 13.1.1 黑体辐射和普朗克能量子假设 .....    | 304 |
| 13.1.2 光电效应和爱因斯坦光子假设 .....    | 306 |
| 13.1.3 原子结构与原子光谱 玻尔的量子论 ..... | 309 |
| 13.2 物质波 不确定关系 .....          | 313 |
| 13.2.1 物质波 .....              | 313 |
| 13.2.2 物质波的统计解释 .....         | 314 |
| 13.2.3 不确定关系 .....            | 315 |
| * 13.3 波函数 薛定谔方程 .....        | 317 |
| 13.3.1 波函数 .....              | 317 |
| 13.3.2 薛定谔方程 .....            | 318 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 13.3.3 一维无限深方势阱中运动的粒子 | 319 |
| 13.3.4 氢原子的薛定谔方程      | 320 |
| 阅读材料 25 科学家简介 普朗克     | 321 |
| 阅读材料 26 黑洞简介          | 322 |
| 复习与小结                 | 324 |
| 练习题                   | 325 |
| 附录                    | 327 |
| 附录 A 国际单位制(SI)        | 327 |
| 附录 B 常用物理常量           | 328 |
| 附录 C 数学公式             | 329 |
| 参考答案                  | 332 |

物体之间或同一物体各部分之间相对位置的变动称为**机械运动**(简称为**运动**)。机械运动是自然界中最简单、最普遍的一种运动形式,物理学中把研究机械运动的规律及其应用的学科称为**力学**。

**质点**是力学中的理想模型之一,是为了研究问题的方便,突出主要矛盾,忽视次要矛盾而抽象出来的理想模型,它是有质量而无线度的物体。任何物体都有一定的大小,但当其线度对所讨论的问题影响很小,且物体内部运动状态差别可忽略时,可把物体看作质点。描述质点运动状态变化的物理量有:位置矢量、位移、速度和加速度等。本章主要研究这4个物理量之间的相互关系及如何用它们来描述物体的机械运动。研究物体位置随时间的变化或运动轨道问题而不涉及物体发生运动变化原因的学科称为**运动学**。

## 1.1 位置矢量和位移

### 1.1.1 参照系与坐标系

物体的机械运动是指它的位置随时间的改变。位置总是相对的,这就是说任何物体的位置总是相对于其他物体或物体系来确定的。这个其他的物体或物体系就叫做确定运动物体位置的参照系,简而言之:被选做参照的物体或物体系称为**参照系**。

例如:确定交通车辆的位置时,我们用固定在地面上的一些物体,如房子或路牌作参照系,这样的参照系通常称为**地面参照系**。在物理实验中,确定某一物体的位置时,我们就用固定在实验室内的物体,如周围的墙壁或固定的实验桌作参照系,这样的参照系就称为**实验室参照系**。

经验告诉我们,相对于不同的参照系,同一物体的同一运动会表现为不同的运动形式。例如,一自由落体的运动,在地面参照系中观察时,它是竖直向下的直线运动,如果在近旁驶过的车厢内观察,即以一行进的车厢为参照系,则物体将作曲线运动。物体的运动形式随参照系的不同而不同,这个事实就是**运动的相对性**。由于运动的相对性,当我们确定一个物体的运动时就必须指明是相对于哪个参照系来说的。宇宙中的所有物体都处于永不停止的运动中,这就是与之相对应的**运动的绝对性**。

当确定了参照系之后,为了确切地、定量地说明一个质点相对于此参照系的位置,就得在此参照系上固结一个坐标系.最常见的是笛卡儿直角坐标系,但有时为了研究问题的方便还选用极坐标系、球坐标系、柱坐标系和自然坐标系等.对于笛卡儿直角坐标系而言,称一固结点为坐标原点,记作  $O$ ,从此原点沿三个相互垂直的方向引三条固定的且有刻度和方向的直线作为坐标轴,通常记作  $x, y, z$  轴,如图 1-1 所示.于是在这样的坐标系中,一个质点在任意时刻的位置将会准确给出,如  $P$  点就可以用坐标  $(x, y, z)$  来表示.

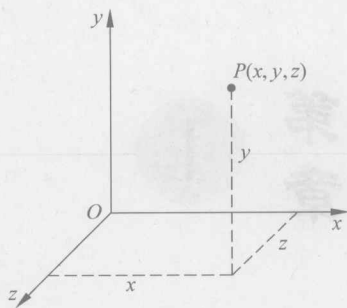


图 1-1 质点的位置表示

### 1.1.2 位置矢量(运动方程)

由于运动是与时间有关的,在不同的时刻,质点的位置不同,也就是说位置是随时间而变化的,用数学函数的形式来表示,即

$$\left. \begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

这样的一组函数称为质点的运动函数(或运动方程).将质点的运动方程消去时间参数  $t$ ,得到坐标相关的方程称为质点的轨道方程,在坐标系中可画出相应的轨道曲线.

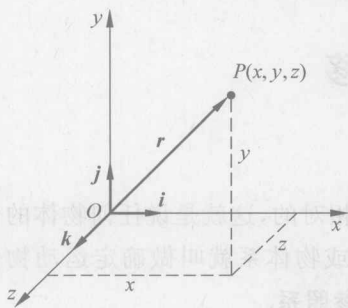


图 1-2 位置矢量

为了确定质点在空间的位置,我们可以使用位置矢量这一更简洁、更清楚的概念.图 1-2 中质点  $P$  的位置,可以用笛卡儿坐标系中的三个坐标  $x, y, z$  确定,如果从原点  $O$  向  $P$  作有向线段  $r$ ,显然,有向线段  $r$  与  $P$  点的位置  $(x, y, z)$  有一一对应的关系,因此可以借用从参考点  $O$  到  $P$  的有向线段  $r$  来表示  $P$  点的位置,我们称  $r$  为  $P$  点的位置矢量.若以  $i, j, k$  分别表示沿  $x, y, z$  轴的单位矢量,则在笛卡儿坐标系中,  $P$  点的位置矢量为

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

式(1-1)中各函数表示质点位置的各坐标值随时间的变化情况,可以看作是质点沿各个坐标轴的分运动表示式.质点的实际运动是由式(1-1)中的三个函数的总体式(1-2)表示.同时式(1-2)也表明:质点的实际运动是各分运动的矢量和,这个由空间的几何性质所决定的各分运动和实际运动的关系称为运动叠加原理.

在国际单位制(SI)中,位置矢量的量纲单位为  $m$ ,大小和方向分别用其模和方向余弦来表示,即

$$\begin{aligned} r &= |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \cos(\mathbf{r}, \mathbf{i}) &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}, \quad \cos(\mathbf{r}, \mathbf{j}) = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}, \end{aligned}$$