

面向 21 世纪普通高等教育规划教材

# 简明普通物理学

卢新平 编著



同济大学出版社

TONGJI UNIVERSITY PRESS

面向 21 世纪普通高等教育规划教材

# 简明普通物理学

卢新平 编著



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书是面向 21 世纪普通物理学课程改革的教材建设研究的成果,包括了作者长期教学实践积累的教学经验和教学研究成果,吸收了国内外最新教材中的部分优秀内容,较大幅度地改革并简化了传统的普通物理学内容,在内容安排和处理等方面尤为注意学生创新能力的培养.全书分为三篇 13 章,分别讲述力、热、电、光、原子物理等方面的基础知识,内容紧紧围绕大学物理课程的基本要求,但在结构上有较大的变化:以时空、对称性概念为起点,以粒子与波、波粒二象性为线索,强调各知识分支之间的相互联系,力图构建一个现代化的、完整的、统一的、和谐的物理图像,以便让学生从整体概念上简单地、逻辑地把握整个物理学.

本书力求简明而不简单,深入而不深奥,删繁就简,突出重点,由浅入深,强化方法,力求易教易学;书中有颇多例题并且不少附有评注,有颇多英文习题,以适应 21 世纪对高校学生英文水平不断提高的要求;有颇多技术应用和理论扩展,还含有作者多年教学研究的成果;重视物理学史和科学家介绍,等等.这些对于激发学生的学习兴趣,培养学生的创新能力和科学精神是十分有益的.

本书可供综合性大学、师范大学和工科院校的理工科非物理类专业用作基础物理学课程的教材,也可供物理专业用作参考书,并可作为其他高等院校文科有关专业的教材或参考书.

## 图书在版编目(CIP)数据

简明普通物理学/卢新平编著. —上海:同济大学出版社,2007.2

面向 21 世纪普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5608-3462-7

I. 简… II. 卢… III. 普通物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 165299 号

---

## 面向 21 世纪普通高等教育规划教材

## 简明普通物理学

卢新平 编著

责任编辑 曹建 责任校对 谢惠云 封面设计 李志云

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 28

印 数 1—4100

字 数 560000

版 次 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3462-7/O·293

定 价 39.80 元

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

# 前 言

物理学是一门培养和提高学生科学素质、科学思维方法和科学研究能力的重要基础学科。科学的理论总是要发展的,随着物理学的发展,物理学的基本概念也在发生变化。大学物理学教材的不断更新换代,已经成为物理学教学改革永恒主题。物理学教学内容改革的重点是要实现物理学课程内容的现代化。所谓现代化就是要充分反映时代的特征,更加准确地把握物理学的基本概念,以现代物理学的思想、概念和方法改编经典物理学,加强近代物理。

本书较大幅度地改革并简化了传统的普通物理学内容,在内容安排和处理等方面具有一些特色,特别注意到了学生能力和素质的培养。我们以现代物理学知识为主导,贯穿以科学研究的思想、方法和语言,以利于培养创新型人才;以时空、对称性概念为起点,以物质与运动为核心,构筑以实物与场、粒子与波为结构特征的概念体系,力图建立一个现代化的、完整的、统一的、和谐的物理图像;用较小的篇幅,既阐明了经典物理的核心内容,又勾画了近、现代物理学中的重要内容,不仅把相对论和量子力学两大现代物理的主要点和结论及早呈现在读者面前,而且有关概念贯穿于全书,贯穿于物理学概念的现代化之中,力图在比较小的篇幅里,使学生对这一个绚丽多彩的物理学世界理解得更深刻一些,对现代物理学的内容了解得更多一些,还让他们知道:物理学各个部分的内容不是孤立的,而是相互交叉形成一条线链的。我们认为:应当把物理学的这种完整性和统一性放在首要的地位,应当把大学物理学作为一门统一的基础课,而不是分割成力学、热学、电磁学、光学和原子物理学这样五门各自独立的课程。学习物理学,除了学习事实、定律、方程和解题技巧外,还必须了解各分支之间的相互联系,从整体上逻辑地、和谐地把握物理学;学会区别理论和应用、物理思想和数学工具、一般规律和特殊事实、主要效应和次要效应、传统的推理方式和现代的推理方式,等等。

本书分为三篇,第1篇为时空观与粒子力学,内容包括:狭义相对论的时空观和狭义相对论运动学,牛顿力学,守恒定律与时空对称性,相对论动力学,分子热运动,热力学,原子、电子运动以及原子核反应;在研究宏观低速的机械运动的同时,我们融入了高速物体的运动规律,介绍了守恒定律与相对论在微观粒子运动中的应用;还创造性地提出了用广义坐标和 Dirac 符号表述的“动量原理”、“广义动量原理”和“广义动量-能量原理”。第2篇为场与波,内容包括:静电场,磁场,电磁感应,电磁场,振动与波。在这一篇中,我们将相对论延伸到电磁学中,

将电磁学延伸到原子物理学中.第3篇为波粒二象性,内容含有光的波动性和光的量子性,实物粒子的波粒二象性.在这一篇中,我们加强了量子力学和现代原子物理学的内容.

本书例题较多,不少例题末附有“评注”.习题按每一节设置,以方便教学,其中含有1~2道英文习题,以适应21世纪对高等院校学生英文水平不断提高的要求,以利于信息时代学生英语阅读能力的培养.

我们注意到物理理论与科学技术应用之间的关系,既考虑到经典物理学是学生学习后续课程的基础,也注意到在经典物理学内容中渗透工程技术的观点、概念和方法,我们重视理论的应用与创新,书中有颇多技术应用和理论扩展,还含有作者理论研究的成果;我们重视科学思想和方法论的介绍,重视物理学史和科学家的介绍,这些对于激发学生的学习兴趣和培养学生的创新能力、科学精神是十分有益的;对于近代物理学内容,我们突出其中的物理学原理,避免脱离学生的实际而照搬理论物理学的教材,尽量采取科学性与适教性相结合的做法.

在当今知识大爆炸的信息时代,快节奏生活的现代大学生没有太大的耐性啃厚厚的传统书本.与目前学校的教学课时相适应,本书力求简明而不简单,深入而不深奥,删繁就简,突出重点,由浅入深,强化方法,力求易教易学;书中带“\*”的部分,适用于物理学专业的学生参考.对于课时比较少的专业,可选择书中与专业相适应的内容进行教学.

本书是面向21世纪普通物理学课程改革和教材建设研究的成果,并且吸收了国内外最新教材中的部分优秀内容,吸收了多所扩招后本科院校和新升本科院校从事大学物理学教学的教师们的宝贵的教学经验和集体智慧,密切结合这些院校的学生基础和教学特点,使得本书尤其适合作为扩招后本科院校和新升本科院校的理工科普通物理学教材使用.

本书充分考虑到大多数高等院校不同专业开设普通物理学课程的课时特点和教学重点.例如,电子信息专业(约120学时)以第2篇场与波以及第3篇波粒二象性为重点,突出电磁学与量子物理;化学系(约96学时)重点为热学与原子物理学,要突出分子与原子、电子壳层结构与元素周期律、原子核放射性与核反应等;数学系和计算机系各专业(约96学时)以力学和电磁学为重点,突出计算方法,可以学习书中力学的矩阵动力学方程与矩阵计算方法等;交通工程专业(约96学时)以力学与热学为重点,突出热力学.对于课时更少的专业,可选择书中与专业相适应的内容进行教学.例如,服装设计专业(约64学时)可选学热学、静电场和光学;地理系信息系统、资源环境与城乡规划管理专业(52学时)可选学电磁学和光学;文科各专业(36学时选修课)可专挑书中物理学史、科学家简介、物理科学思想方法以及新鲜有趣味的内容进行介绍.

本书的编写得到李玉良主任和何书森教授的关心和指导.黄钦煌副教授、陈

曦曜副教授、郭鸣锵副教授、吴顺发副教授以及多年从事物理教学的唐一峰、陈胜钰、李雪梅、程敏、徐斌等老师认真审阅了书稿,提出许多具体建议,修改和订正了许多错误,保证了书稿的质量。学校教务处、教材科的领导对本书的编写和出版给予了极大的关心和支持,有关专业的1000多名学生在本教材讲义阶段的试用过程中给予了积极的配合,许多同学还提出了有意义的建议。在此向他们一并表示衷心的感谢!

限于作者水平,加之付梓仓促,书中错误和不妥之处难免,恳请各位专家、学者和广大读者批评指正。

卢新平

2007年2月

# 目 次

## 前 言

## 第 1 篇 时空观与粒子力学..... (1)

## 第 1 章 运动、时间与空间的相对性 ..... (2)

### § 1.1 运动的相对性 ..... (2)

#### 1.1.1 物体的运动和运动的物体 ..... (2)

#### 1.1.2 描述运动的基本物理量 ..... (5)

#### 1.1.3 经典时空观与伽利略变换 ..... (6)

### § 1.2 时间的相对性 ..... (8)

#### 1.2.1 经典的绝对时间概念 ..... (8)

#### 1.2.2 爱因斯坦的假设 ..... (9)

#### 1.2.3 时间的膨胀效应 ..... (11)

### § 1.3 长度的相对性..... (14)

#### 1.3.1 长度的洛伦兹收缩效应 ..... (14)

#### \* 1.3.2 科学幻想曲——星外旅行..... (16)

### § 1.4 洛伦兹变换 相对论运动学..... (18)

#### 1.3.1 洛伦兹坐标变换..... (18)

#### 1.3.2 相对论运动学..... (22)

## 第 2 章 运动变化和相互作用 ..... (24)

### § 2.1 质点运动学..... (24)

#### 2.1.1 质点运动的矢量描述..... (24)

#### 2.1.2 速度和加速度的相对性..... (28)

#### \* 2.1.3 研究与探索:广义坐标的运用 ..... (29)

### § 2.2 几种基本的运动学问题..... (32)

#### 2.2.1 由加速度到速度与坐标..... (32)

#### 2.2.2 匀加速运动..... (33)

#### 2.2.3 圆周运动..... (37)

#### 2.2.4 在给定轨道上的运动..... (39)

### § 2.3 牛顿运动定律..... (41)

#### 2.3.1 惯性定律..... (41)

#### 2.3.2 牛顿第二定律..... (44)

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 2.3.3 牛顿第三定律——作用与反作用原理               | (46)  |
| 2.3.4 几种常见的力                         | (46)  |
| § 2.4 质心的运动和外力                       | (50)  |
| 2.4.1 质心运动定理                         | (50)  |
| 2.4.2 质心运动守恒定律                       | (54)  |
| <b>第3章 时空对称性与守恒定律</b>                | (57)  |
| § 3.1 对称性原理与守恒定律                     | (57)  |
| 3.1.1 对称性                            | (57)  |
| 3.1.2 守恒定律                           | (60)  |
| § 3.2 空间平移对称性和动量守恒定律                 | (62)  |
| 3.2.1 空间均匀性和动量守恒                     | (62)  |
| 3.2.2 时空对称性破缺与动量定理                   | (64)  |
| * 3.2.3 研究与探索:用广义坐标和 Dirac 符号表述的动量原理 | (66)  |
| § 3.3 质心坐标系与二体系统                     | (70)  |
| 3.3.1 质心坐标系                          | (70)  |
| 3.3.2 二体系统相对于质心的运动                   | (70)  |
| 3.3.3 火箭的运动                          | (72)  |
| § 3.4 时间平移对称性与能量守恒定律                 | (75)  |
| 3.4.1 时间均匀性与能量守恒定律                   | (75)  |
| 3.4.2 动能定理                           | (77)  |
| 3.4.3 保守力与势能                         | (78)  |
| 3.4.4 机械能守恒定律及其应用                    | (83)  |
| § 3.5 科尼希定理 二体碰撞                     | (87)  |
| 3.5.1 科尼希定理                          | (87)  |
| 3.5.2 二体碰撞                           | (89)  |
| 3.5.3 二体碰撞应用技术                       | (92)  |
| * 3.5.4 理论预言与抓住机遇:中子的发现              | (93)  |
| § 3.6 相对论中的守恒定律                      | (96)  |
| 3.6.1 动量守恒与质速关系                      | (96)  |
| 3.6.2 相对论的能量与能量守恒定律                  | (97)  |
| * 3.6.3 相对论动量-能量四维矢量及其长度的不变性         | (100) |
| * 3.6.4 科学猜想:从零质量与负能量猜想负质量           | (102) |
| § 3.7 空间各向同性与角动量守恒                   | (104) |
| 3.7.1 描述转动的物理量                       | (104) |
| 3.7.2 角动量定理                          | (106) |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 3.7.3 角动量守恒定律 .....                  | (107) |
| § 3.8 刚体定轴转动 .....                   | (111) |
| 3.8.1 刚体的转动 .....                    | (111) |
| 3.8.2 刚体的角动量、转动动能和转动惯量 .....         | (113) |
| 3.8.3 刚体定轴转动动力学方法 .....              | (116) |
| * § 3.9 研究与探索:广义动量原理与广义动量-能量原理 ..... | (121) |
| 3.9.1 刚体的平面平行运动 .....                | (121) |
| 3.9.2 广义坐标表述的广义动量原理 .....            | (123) |
| 3.9.3 广义坐标表述的广义动量-能量原理 .....         | (125) |
| <b>第 4 章 分子热运动的统计描述</b> .....        | (128) |
| § 4.1 气体状态的描述 .....                  | (128) |
| 4.1.1 气体的平衡态 .....                   | (128) |
| 4.1.2 气体状态方程 .....                   | (131) |
| § 4.2 气体分子热运动的速率和能量分布 .....          | (134) |
| 4.2.1 麦克斯韦速率分布律 .....                | (134) |
| 4.2.2 玻耳兹曼分布 .....                   | (138) |
| 4.2.3 麦克斯韦-玻耳兹曼能量分布 .....            | (140) |
| § 4.3 气体温度和压强的统计意义 .....             | (141) |
| 4.3.1 温度的微观实质 .....                  | (141) |
| 4.3.2 理想气体压强公式 .....                 | (143) |
| § 4.4 能量按自由度均分定理 .....               | (144) |
| 4.4.1 能量均分定理的理论依据 .....              | (144) |
| 4.4.2 能量按自由度均分定理 .....               | (145) |
| 4.4.3 理想气体的内能 .....                  | (146) |
| § 4.5 分子的碰撞与气体内的迁移现象 .....           | (148) |
| 4.5.1 气体分子的平均自由程 .....               | (148) |
| 4.5.2 输运过程的宏观规律 .....                | (149) |
| 4.5.3 输运过程的微观解释 .....                | (151) |
| <b>第 5 章 能量转换的热力学定律</b> .....        | (154) |
| § 5.1 热力学第一定律 .....                  | (154) |
| 5.1.1 准静态过程的功 .....                  | (154) |
| 5.1.2 热力学第一定律 .....                  | (157) |
| § 5.2 热力学第一定律对理想气体的应用 .....          | (159) |
| 5.2.1 第一定律在三个等值过程中的应用 .....          | (159) |
| 5.2.2 理想气体的摩尔热容 .....                | (160) |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 5.2.3 绝热过程 .....                 | (162) |
| * 5.2.4 多方过程 .....               | (163) |
| § 5.3 循环过程 卡诺循环 .....            | (165) |
| 5.3.1 正循环过程 .....                | (165) |
| 5.3.2 逆循环过程 .....                | (168) |
| 5.3.3 应用技术 .....                 | (170) |
| § 5.4 热力学第二定律 卡诺定理 .....         | (173) |
| 5.4.1 热力学第二定律的开尔文表述 .....        | (173) |
| 5.4.2 热力学第二定律的克劳修斯表述 .....       | (174) |
| * 5.4.3 热力学第二定律两种表述的等效性 .....    | (175) |
| 5.4.4 热力学第二定律的意义与实质 .....        | (176) |
| 5.4.5 卡诺定理 .....                 | (177) |
| § 5.5 熵与熵增加原理 .....              | (179) |
| 5.5.1 熵是态函数 .....                | (179) |
| 5.5.2 系统熵变的计算 .....              | (181) |
| 5.5.3 熵增原理 .....                 | (182) |
| * 5.5.4 熵增加原理的本质 .....           | (183) |
| * 5.5.5 研究与探索:熵和信息、生命及其他 .....   | (185) |
| <b>第 6 章 原子与原子核</b> .....        | (188) |
| § 6.1 $\alpha$ 粒子散射与原子核式模型 ..... | (188) |
| 6.1.1 原子的基本性质 .....              | (188) |
| 6.1.2 卢瑟福原子模型 .....              | (190) |
| 6.1.3 卢瑟福散射公式 .....              | (193) |
| § 6.2 原子的量子态 .....               | (195) |
| 6.2.1 玻尔的量子态原子模型 .....           | (195) |
| 6.2.2 原子的角动量与原子态 .....           | (200) |
| § 6.3 原子核及其放射性衰变 .....           | (204) |
| 6.3.1 原子核的一般性质 .....             | (204) |
| 6.3.2 原子核的放射性 .....              | (206) |
| § 6.4 核反应中的守恒定律 .....            | (210) |
| 6.4.1 核反应中的守恒性 .....             | (210) |
| 6.4.2 应用技术——原子的裂变和聚变及其利用 .....   | (213) |
| <b>第 2 篇 场与波</b> .....           | (215) |
| <b>第 7 章 电荷与电场</b> .....         | (216) |
| § 7.1 电荷 电场和电场强度 .....           | (216) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 7.1.1 电荷及其守恒定律 .....         | (216) |
| 7.1.2 库仑定律 .....             | (218) |
| 7.1.3 电场与电场强度 .....          | (219) |
| * 7.1.4 静电应用与防范技术 .....      | (223) |
| § 7.2 静电场的环路定理和电势 .....      | (224) |
| 7.2.1 静电场的环路定理 .....         | (224) |
| 7.2.2 电势与电势差 .....           | (225) |
| 7.2.3 电势的计算 .....            | (226) |
| § 7.3 电场强度与电势梯度的关系 .....     | (229) |
| 7.3.1 电场与电势的几何描述 .....       | (229) |
| 7.3.2 电场强度与电势的关系 .....       | (231) |
| 7.3.3 用电势梯度计算电场强度 .....      | (232) |
| § 7.4 电介质 静电场的高斯定理 .....     | (234) |
| 7.4.1 电介质及其极化 .....          | (234) |
| 7.4.2 静电场的高斯定理 .....         | (236) |
| 7.4.3 用高斯定理计算电场强度 .....      | (238) |
| § 7.5 静电场中的导体 电容 .....       | (242) |
| 7.5.1 静电场中的导体 .....          | (242) |
| 7.5.2 导体空腔与静电屏蔽 .....        | (244) |
| 7.5.3 电容器及其电容 .....          | (245) |
| <b>第 8 章 磁 场</b> .....       | (249) |
| § 8.1 磁场和磁感强度 .....          | (249) |
| 8.1.1 磁性起源于电荷的运动——电流 .....   | (249) |
| 8.1.2 磁场的基本性质;对运动电荷的作用 ..... | (250) |
| 8.1.3 霍尔效应 .....             | (252) |
| 8.1.4 洛伦兹力的应用 .....          | (254) |
| § 8.2 毕奥-萨伐尔定律 .....         | (255) |
| 8.2.1 毕奥-萨伐尔定律 .....         | (255) |
| 8.2.2 毕奥-萨伐尔定律的应用 .....      | (256) |
| § 8.3 电磁场的相对论变换 .....        | (259) |
| 8.3.1 运动电荷的磁场 .....          | (259) |
| * 8.3.2 电磁场的相对论变换 .....      | (261) |
| * 8.3.3 相对论条件下运动电荷的电磁场 ..... | (262) |
| § 8.4 磁场的两个基本定理 .....        | (264) |
| 8.4.1 磁场的高斯定理 .....          | (264) |

|               |                       |       |
|---------------|-----------------------|-------|
| 8.4.2         | 磁场的安培环路定理 .....       | (264) |
| 8.4.3         | 安培环路定理的应用 .....       | (265) |
| § 8.5         | 磁场对电流的作用 .....        | (268) |
| 8.5.1         | 安培定律 .....            | (268) |
| 8.5.2         | 安培定律的应用 .....         | (268) |
| § 8.6         | 磁场中的磁介质 .....         | (273) |
| 8.6.1         | 磁介质及其磁化强度 .....       | (273) |
| 8.6.2         | 有磁介质时的安培环路定理 .....    | (275) |
| * § 8.7       | 磁场中的原子 .....          | (277) |
| 8.7.1         | 原子的磁矩 .....           | (277) |
| 8.7.2         | 外磁场对原子的作用 .....       | (278) |
| <b>第 9 章</b>  | <b>电磁感应与电磁场</b> ..... | (283) |
| § 9.1         | 电磁感应定律 .....          | (283) |
| 9.1.1         | 楞次定律 .....            | (283) |
| 9.1.2         | 法拉第电磁感应定律 .....       | (284) |
| § 9.2         | 动生电动势与感生电动势 .....     | (286) |
| 9.2.1         | 动生电动势 .....           | (286) |
| 9.2.2         | 感生电动势 .....           | (289) |
| 9.2.3         | 感生电场的应用 .....         | (290) |
| § 9.3         | 自感与互感 .....           | (291) |
| 9.3.1         | 自感 .....              | (291) |
| 9.3.2         | 互感 .....              | (293) |
| § 9.4         | 电磁场的能量 电磁场能量密度 .....  | (295) |
| 9.4.1         | 静电场的能量 .....          | (295) |
| 9.4.2         | 磁场的能量 .....           | (297) |
| § 9.5         | 麦克斯韦电磁场理论 .....       | (299) |
| 9.5.1         | 位移电流假设 .....          | (300) |
| 9.5.2         | 麦克斯韦方程组 .....         | (301) |
| <b>第 10 章</b> | <b>振动与波</b> .....     | (305) |
| § 10.1        | 简谐运动 相位 .....         | (305) |
| 10.1.1        | 简谐运动的特征 .....         | (305) |
| 10.1.2        | 简谐运动的描述 .....         | (309) |
| 10.1.3        | 计算本征频率的能量法 .....      | (312) |
| § 10.2        | 振动的合成 受迫振动 .....      | (315) |
| 10.2.1        | 振动的合成 .....           | (315) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 10.2.2 受迫振动                     | (318) |
| * 10.2.3 应用技术: 隔振与消振            | (320) |
| § 10.3 机械波                      | (323) |
| 10.3.1 固体弹性介质的力学性质              | (324) |
| 10.3.2 平面简谐波的波函数                | (326) |
| 10.3.3 波的能量与波的强度                | (329) |
| § 10.4 波的叠加和干涉 驻波               | (332) |
| 10.4.1 波的干涉                     | (332) |
| 10.4.2 驻波及其形成                   | (334) |
| § 10.5 电磁振荡与电磁波                 | (338) |
| 10.5.1 电磁振荡                     | (338) |
| 10.5.2 电磁波                      | (340) |
| § 10.6 声波 多普勒效应                 | (345) |
| 10.6.1 声 波                      | (345) |
| 10.6.2 声波的多普勒效应                 | (347) |
| 10.6.3 多普勒效应的应用                 | (349) |
| <b>第 3 篇 波粒二象性</b>              | (352) |
| <b>第 11 章 光的波动性</b>             | (353) |
| § 11.1 光的双缝干涉                   | (353) |
| 11.1.1 光的干涉的基本概念                | (353) |
| 11.1.2 杨氏双缝干涉                   | (355) |
| § 11.2 薄膜干涉 劈尖干涉 牛顿环            | (358) |
| 11.2.1 薄膜干涉                     | (358) |
| 11.2.2 劈尖干涉                     | (359) |
| 11.2.3 牛顿环                      | (360) |
| * 11.2.4 干涉在工程技术中的应用——测量某些气体含量  | (361) |
| § 11.3 光的单缝与圆孔衍射                | (362) |
| 11.3.1 夫琅和费单缝衍射                 | (362) |
| 11.3.2 圆孔衍射                     | (365) |
| § 11.4 光栅衍射 X 射线的衍射             | (367) |
| 11.4.1 衍射光栅                     | (367) |
| 11.4.2 关于光栅衍射的几个问题              | (368) |
| * 11.4.3 衍射在工程技术中的应用——晶体 X 射线分析 | (370) |
| § 11.5 光的偏振 马吕斯定律               | (371) |
| 11.5.1 自然光和偏振光                  | (372) |

|               |                  |              |
|---------------|------------------|--------------|
| 11.5.2        | 马吕斯定律            | (372)        |
| 11.5.3        | 反射光和折射光的偏振       | (374)        |
| <b>第 12 章</b> | <b>光的粒子性</b>     | <b>(376)</b> |
| § 12.1        | 黑体辐射和普朗克量子假设     | (376)        |
| 12.1.1        | 热辐射现象            | (376)        |
| 12.1.2        | 黑体辐射基本定律         | (377)        |
| 12.1.3        | 普朗克量子假设和普朗克公式    | (378)        |
| § 12.2        | 光电效应和爱因斯坦光子理论    | (381)        |
| 12.2.1        | 光电效应             | (381)        |
| 12.2.2        | 爱因斯坦光子理论         | (382)        |
| § 12.3        | 康普顿散射            | (384)        |
| 12.3.1        | 康普顿散射公式          | (384)        |
| * 12.3.2      | 电子与光子作用的理论研究与探索  | (388)        |
| § 12.4        | 光的波粒二象性          | (388)        |
| 12.4.1        | 对光的认识的历史回顾       | (388)        |
| 12.4.2        | 光波粒二像性的关系式       | (389)        |
| <b>第 13 章</b> | <b>粒子的概率波</b>    | <b>(391)</b> |
| § 13.1        | 物质的波粒二象性         | (391)        |
| 13.1.1        | 德布罗意的物质波假说       | (391)        |
| 13.1.2        | 德布罗意假设的实验验证      | (393)        |
| 13.1.3        | 德布罗意驻波思想和量子态     | (394)        |
| * 13.1.4      | 微观粒子在微观空间的运动没有轨道 | (394)        |
| § 13.2        | 波函数及概率概念 不确定关系   | (396)        |
| 13.2.1        | 物质波函数            | (396)        |
| 13.2.2        | 物质波是概率波          | (396)        |
| 13.2.3        | 态的叠加原理           | (398)        |
| 13.2.4        | 不确定度关系           | (398)        |
| § 13.3        | 薛定谔方程            | (401)        |
| 13.3.1        | 含时薛定谔方程          | (401)        |
| 13.3.2        | 定态薛定谔方程          | (402)        |
| 13.3.3        | 应用举例:一维无限深势阱     | (403)        |
| § 13.4        | 氢原子的量子力学模型       | (406)        |
| 13.4.1        | 氢原子的薛定谔方程        | (406)        |
| 13.4.2        | 量子化条件和量子数        | (407)        |
| 13.4.3        | 氢原子的波函数和电子的概率分布  | (408)        |

---

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| § 13.5 原子的壳层结构与元素周期律····· | (410) |
| 13.5.1 电子状态的描述·····       | (410) |
| 13.5.2 原子的电子壳层结构·····     | (412) |
| 13.5.3 元素周期律·····         | (413) |
| 13.5.4 激 光·····           | (414) |
| 习题参考答案·····               | (417) |

# 第 1 篇 时空观与粒子力学

物理学是研究物质结构和相互作用及其运动基本规律的学科。物质的存在有两种形式：实物粒子与场。实物粒子与场的运动构成了物质运动的全部内容。

本篇主要研究粒子的运动，包括宏观物体的低速（远小于光速）和高速（接近于光速）运动，包括分子的热运动以及热力学定律，并简单介绍原子与原子核。

力学研究物体的机械运动，讨论机械运动的描述、成因和规律。运动总是发生在一定的时间和空间中，对时间和空间的研究也就成为力学的一个重要课题。力学中所用的概念、物理量和方法，在物理学的其他分支或其他学科中常常被直接运用，这是因为机械运动是最基本的运动。

1687 年，牛顿发表了《自然哲学的数学原理》一书，这是一个重要的里程碑，自此开始了牛顿力学的时代。1905 年，爱因斯坦发表了狭义相对论，把力学的研究范围扩展到高能、高速情形，他的时空观也与牛顿不同。20 世纪 20 年代发展起来的量子力学，是研究微观客体运动规律的科学。相对论和量子力学被认为是现代物理学的核心，而牛顿力学也就被称为经典力学。这些理论没有一个被完全推翻过，也没有一个是永远正确的。例如，牛顿力学在高速情形下，应该用狭义相对论来代替，但是，在它的适用范围内仍然是精确的。

多达  $10^{23}$  的“多粒子系统”，即使有超级计算机算出所有个别粒子的运动，其“宏观行为”仍然是不知道的。统计物理或气体动理论(kinetic theory of gas)赋予宏观量以微观解释，在宏观与微观之间架起了桥梁。这种多粒子系统中个别粒子的统计不确定性启发了我们，使我们知道：牛顿力学的“决定论”理论不是物质世界的唯一描述方式，也不是最基本的方式。至少还有两种非决定论的性质存在：微观客体的量子力学不确定关系和非线性动力学系统中的不可预言性。

物理学的一个永恒主题是寻找各种有序状态、对称性和对称性破缺、守恒律或不变性。时空对称性与运动守恒定律是本篇研究的重点之一。

# 第1章 运动、时间与空间的相对性

从来如此，便对么？

——鲁迅《狂人日记》

本章研究机械运动的相对性，探讨时间和空间的性质，主要内容涉及狭义相对论运动学。

“四方上下曰宇，古往今来曰宙”，可将时间、空间以及其中包含的物质全体合称为宇宙。宇宙中的物质在永不停息地运动，空间和时间是运动的两个要素。

牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中写道：“我不给时间、空间、位置和运动下定义，因为那是大家所知道的。”其实，物理学的时间和空间并不是“大家所知道的”。空间和时间是力学的最基本概念，是无法定义的。这些最重要和最富有成果的、不可能给予确切意义的概念，需要用非语言思维（右脑）去开发。

在我们原来的生活概念里，空间是我们生活的范围和场所，时间是我们生命的进程和延续；在我们的文明里，空间是地域，时间是历史，空间、时间这二者是各自独立、互不相关的。

经典的概念是人们的直观概念，长期以来被认为是完全正确的。到了19世纪末，由精密的科学实验得到的结果，与传统概念不能协调，爱因斯坦敏锐地认识到需要重新认识时间、空间和物质。1905年，爱因斯坦以“相对性原理”和“光速不变原理”为基础，提出了新的时空观和物质观，进一步确定了物理学的基本定律，建立了狭义相对论。在相对论的观念里，时间与空间是对称和统一的，被四维间隔不变性联系在一起。

## § 1.1 运动的相对性

### 1.1.1 物体的运动和运动的物体

#### 1. 机械运动

在各种形态的物质运动中，最简单的一种是物体位置随时间的变动而变动。当一宏观物体相对于另一宏观物体（或宏观物体内部各部分之间）的相对位置、指向发生变化时，我们就说该物体在作机械运动（mechanical motion）。例如，各种交通工具的行驶、大气和河水的流动、天体的运行，等等，都称为机械运动。