



高校21世纪师范类规划教材

大学物理学

(下册)

白少民 马宇晓 主编

陕西人民出版社

高校**21**世纪师范类规划教材

大学物理学

(下册)

主 编 白少民 马宇晓

副主编 刘雅君 任新成 张玉强

参 编 宋家鳌 苏芳珍 薛琳娜

陕 西 人 民 出 版 社

高校21世纪师范类规划教材

编 委 会

编 委 会 主 任

郝 瑜 朱 玉

编委会副主任

姚书志 李晓锋

编 委 会 委 员

罗增儒 苗庆霞 黄新民

傅志军 王玉鼎 李道尧

杨小庆 张富林 罗文谦

高荣发 李玉悌

出版说明

这套《高校21世纪师范类规划教材》，是适应培养21世纪社会经济发展所需要的人才，必须有大量、新型、合格的人民教师的需要，由陕西人民出版社发起，陕西省教育厅和陕西人民出版社共同组织和策划，省内十余所师范院校上百位知名专家学者和骨干教师联合编写的。

全套教材第一批共15本，分别为：《普通教育学》《心理学》《大学语文》《高等数学》《大学体育与健康教育》《计算机应用基础》（文科）《计算机应用基础》（理科）《人文科学概论》《自然科学概论》《现代教育技术》《艺术欣赏》《行为科学》《大学物理学》（上下册）《大学物理实验》以及《〈普通教育学〉辅助教材》，涵盖了师范院校各专业大部分基础课程，集中体现了师范院校学科建设和教材建设的最新科研成果和未来发展趋势，是一套立足师范教育，着眼新型教师培养，追踪未来，不断更新教材内容和体系，具有长期应用价值和品牌效应的师范类新型教材。

这套教材与其他同类教材相比，主要有以下三个突出特点：

(1) 注重对学生各种能力的培养。大量研究和社会现实表明，进入21世纪，随着科学技术的飞速发展，旧的产业不断融合和新型产业大量涌现，使得社会越来越重视，也越来越需要大量具有多思维能力、创新能力和动手能力的复合型、应用型人才。师范院校是教师的摇篮，教师是人才成长的工程师。没有适应这一要求的合格教师，就不可能培养出大量符合社会需要的新型人才。教材在这方面进行了有益的探索，注重加强对学生思维能力、创新能力和动手能力的培养。

(2) 强调“三基”教育。“三基”教育主要是指教材的编写主要围绕“基本概念、基本理论、基本技能”这三个最基本的方面来进行。凡是专业课要深入讲述的内容，教材中均不作展开，以免与专业课冲突。

(3) 坚持“厚基础、宽口径、高素质”的编写原则。专业基础课的学习是学生进入大学生活后，从中学阶段过渡到大学阶段的门槛，是学好专业课，最终成为社会需要的人才必须经过的重要一环。能不能选用好的教材，能不能坚持正确的培养方向，直接决定着培养出的学生，能不能真正成为社会所需要的复合型、应用型人才。基于这样的认识和考虑，根据未

来的培养方向，在教材的编写中，我们始终贯彻“厚基础，宽口径、高素质”的编写原则，使学生通过专业基础课的学习，具有广博的知识结构和扎实的基础理论功底，从而为以后专业课的学习，打下牢固的专业基础。除此之外，教材还在内容的选取、体系的编排、设计的风格上进行了一些探索，目的是使全套教材不仅在内容，而且在形式上都有所创新、有所发展。

为了编写出一套适合师范院校特点、内容新颖、体系创新、适应21世纪师范院校教学要求的新型教材，各学科的专家、学者多次开会研讨，陕西省教育厅和陕西人民出版社的有关领导也多次与会予以指导，付出了辛勤的汗水和努力。陕西省教育厅还专门为此发文，要求各相关院校积极支持这套教材的编写，并向各院校推荐使用。各有关院校的领导和教务处也积极支持这套教材的编写工作。有关院校的领导还亲自参加有关教材的编写。在此，我们一并表示诚挚的感谢。

编写一套适应21世纪教学要求的师范类新型教材，既是师范院校广大师生的强烈愿望，也是我们追求的目标。但由于时间仓促，水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请有关专家批评指正，以便该教材以后修订再版时予以改正。

《高校21世纪师范类规划教材》编委会

前 言

科学技术在飞速发展,对人才的培养也提出了更高、更新的要求.为了满足这一要求,基础物理的教学内容和课程体系就要不断改进.为此,国家、省教育部门都在对这一改革进行立项研究.我们承担了陕西省高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划课题;理科非物理类专业基础物理和基础物理实验教学内容及课程体系改革的研究工作.本教材就是在上述研究基础上编写的.

本教材在内容上,注意“保证基础,加强近代,联系实际,涉及前沿”的选材原则.具体考虑如下几点:

1. 考虑到教材既要反映物理学的新进展,又能适应授课学时不断减少的趋势.教材从形式上减少了力学和电磁学等部分的章节(这两部分各压缩为四章);在内容上尽量避免与中学物理的不必要重复.本书力求以简明、准确的语言阐述物理学中的基本概念、原理、定律、定理和定义等.

2. 教材内容采取以“渗透式”与“透彻式”相结合的方式介绍,不同内容采取不同的形式.除基本内容外,教材中安排了打“*”号的内容,可根据课时和专业以及学生的情况在教学中进行取舍,这并不影响后继内容的学习.还有一些关于学科发展的前沿进展、新技术和应用等,教材以阅读材料的形式编写,以供学生阅读,使学生涉猎前沿、了解学科的发展及新技术的应用等.

3. 《大学物理学》与中学物理的主要不同在于数学处理方法的不同及适用范围的扩展.而数学处理方法是该课程一开始的难点.本教材把数学处理方法的过渡作为突破口(如微积分的应用、矢量运算等),使学生尽快适应《大学物理学》的处理方法,为学好该门课程扫除障碍.

4. 教材力求体现对学生高素质和综合能力的培养,注重物理思想及处理物理问题方法的介绍,克服教材就是知识堆砌的现象.在教材中适量加入物理学史的介绍和物理学家的简介,以培养学生创造发明意识及对待科学的严谨态度和实事求是的作风.

5. 综观物理学的内容,它可分为两大部分.一是以牛顿力学、麦克斯韦电磁学和热力学为基础构成的经典物理学;二是以相对论和量子物理为基础而构成的近代物理学.近代物理学是更为普遍的理论,它可以把经典物理作为一种近似包含其中.但是对宏观领域内的绝大多数研究现象来说,经典物理不仅适用,所得的结论的正确程度与近代物理处理并无差异,而且方法更为简捷方便,并还在不断地取得新的进展和应用.为此,本教材将相对论和量子物理及以此为原子的物理、原子核物理、基本粒子内部结构及其相互作用和变化规律等作为近代物理部分仍放在最后介绍.

6. 在习题和思考题的选编上,以“题量不多、难点不大和兼顾应用”为前提,以加强学生基础知识的训练.

7. 全书采用 SI 单位制.

8. 本教材共十六章,分上、下两册.上册包括力学部分四章:质点力学、力学中的守恒定律、刚体力学和流体力学;电磁学部分四章:真空中的静电场、静电场中的导体和电介质、稳恒磁场和电磁感应、电磁场.下册包括热物理学部分两章:热力学基础和气体动理论;振动与波部分三章:振动学基础、波动学基础和波动光学;近代物理基础部分三章:相对论基础、量子力学基础、原子核物理和粒子物理简介.

本书可作为师范院校理科非物理专业大学物理学课程的教材,也可供成人教育及其他专业基础物理课程选用.

在本教材的编写过程中,西北大学董庆彦教授,胡晓云、贺庆丽副教授,陕西师范大学范中和、王较过教授等都提出了许多有益的建议和意见.在此一并致谢.

由于作者水平所限,本书的不当和错误之处在所难免,恳请专家及读者不吝指正.

编 者

2003 年 3 月

目 录

第三篇 热物理学	(1)
第九章 热力学基础	(2)
第一节 热力学系统 理想气体物态方程	(2)
一、热力学系统	(2)
二、气体的状态参量	(2)
三、平衡态	(3)
四、理想气体物态方程	(3)
第二节 热力学第一定律	(5)
一、准静态过程	(5)
二、功	(6)
三、热量	(6)
四、内能	(7)
五、热力学第一定律	(7)
第三节 理想气体的等值过程 摩尔热容	(8)
一、等体过程 定体摩尔热容	(8)
二、等压过程 定压摩尔热容	(9)
三、等温过程	(11)
第四节 绝热过程 多方过程	(12)
一、绝热过程	(12)
二、多方过程	(13)
第五节 循环过程 卡诺循环	(15)
一、循环过程	(15)
二、卡诺循环	(17)
第六节 热力学第二定律	(19)
一、热力学第二定律的两种表述	(19)
二、两种表述的等效性	(20)
第七节 可逆过程与不可逆过程 卡诺定理	(21)
一、可逆过程与不可逆过程	(21)
二、卡诺定理	(22)
第八节 熵 熵增加原理	(23)

一、熵的引入	(23)
二、熵变的计算	(25)
三、熵增加原理	(26)
章后结束语	(27)
一、本章小结	(27)
二、应用及前沿发展	(28)
习题与思考	(28)
科学家简介——焦耳	(32)
阅读材料 A: 熵和能量退化、能源	(33)
第十章 气体动理论	(35)
第一节 分子动理论的基本观点和统计方法的概念	(35)
一、分子动理论的基本观点	(35)
二、统计方法的一般概念	(36)
第二节 理想气体的压强公式	(37)
一、理想气体的微观模型	(37)
二、理想气体的压强公式	(37)
第三节 温度的微观解释	(39)
第四节 麦克斯韦气体分子速率分布律	(40)
一、测定气体分子速率分布的实验	(41)
二、麦克斯韦气体分子速率分布律	(42)
三、三种速率的推算	(43)
第五节 玻尔兹曼分布	(46)
一、玻尔兹曼分布	(46)
二、重力场中微粒按高度的分布律	(47)
三、等温气压公式	(47)
第六节 能量按自由度均分定理 理想气体的内能和摩尔热容	(48)
一、自由度	(48)
二、分子的自由度	(48)
三、能量按自由度均分定理	(49)
四、理想气体的内能和摩尔热容	(50)
第七节 分子的平均碰撞次数和平均自由程	(51)
第八节 气体内的迁移现象	(53)
一、粘滞现象(内摩擦现象)	(53)
二、热传导现象	(54)
三、扩散现象	(54)
第九节 实际气体的范德瓦尔斯方程	(56)
一、分子体积引起的修正	(56)
二、分子引力引起的修正	(56)

第十节 焦耳—汤姆孙实验 实际气体的内能	(58)
一、焦耳实验	(58)
二、焦耳—汤姆孙实验	(59)
三、实际气体的内能	(60)
第十一节 热力学第二定律的统计意义	(60)
一、气体自由膨胀过程的不可逆性的微观解释	(60)
二、热力学第二定律的统计意义	(61)
三、熵的统计表达式	(61)
章后结束语	(62)
一、本章小结	(62)
二、应用及前沿发展	(63)
习题与思考	(63)
科学家简介——玻耳兹曼	(65)
阅读材料 B: 自组织现象 低温的获得	(66)
第四篇 振动与波	(69)
第十一章 振动学基础	(70)
第一节 简谐振动	(70)
一、简谐振动的基本特征及其表示	(70)
二、描述简谐振动的特征量	(71)
三、简谐振动的矢量图解法和复数解法	(72)
四、简谐振动的能量	(75)
第二节 阻尼振动	(77)
第三节 受迫振动和共振	(78)
一、受迫振动	(78)
二、共振	(79)
第四节 简谐振动的合成	(80)
一、同方向同频率的两个简谐振动的合成	(80)
二、同方向不同频率的两个简谐振动的合成 拍	(82)
三、相互垂直的简谐振动的合成	(84)
第五节 电磁振荡	(86)
一、LC 电路的振荡	(87)
二、阻尼振荡	(88)
三、受迫振荡 电共振	(92)
章后结束语	(95)
一、本章小结	(95)
二、应用及前沿发展	(96)
习题与思考	(96)
阅读材料 C: 周期运动的分解	(99)

第十二章 波动力学基础	(101)
第一节 机械波的产生和传播	(101)
一、机械波产生的条件	(101)
二、横波和纵波	(102)
三、波射线和波振面	(102)
四、描述波动的几个物理量	(103)
第二节 平面简谐波	(104)
一、平面简谐波的波函数	(104)
二、波动方程及其推导	(107)
第三节 波的能量和能流	(109)
一、波的能量及能量密度	(109)
二、波的能流和能流密度 波强	(111)
三、波的吸收	(111)
第四节 电磁波	(112)
一、平面电磁波的性质	(112)
二、电磁波的能量	(113)
三、电磁波谱	(113)
第五节 惠更斯原理 波的反射、折射和衍射	(115)
一、惠更斯原理	(115)
二、波的反射和折射	(116)
三、波的衍射	(117)
第六节 波的叠加原理 波的干涉和驻波	(117)
一、波的叠加原理	(117)
二、波的干涉现象和规律	(117)
三、驻波	(119)
第七节 多普勒效应	(122)
一、机械波的多普勒效应	(122)
二、电磁波的多普勒效应	(123)
章后结束语	(125)
一、本章小结	(125)
二、应用及前沿发展	(126)
习题与思考	(126)
阅读材料 D: 冲击波	(128)
第十三章 波动光学	(129)
第一节 光的干涉的一般理论	(129)
一、光的叠加原理	(129)
二、光的相干叠加	(129)
三、光程 光程差	(132)

第二节 分波振面干涉	(133)
一、杨氏双缝干涉实验	(133)
二、缝宽对干涉条纹的影响 空间相干性	(134)
三、双缝型的其他干涉装置	(135)
第三节 分振幅干涉	(136)
一、薄膜干涉——等倾干涉条纹	(136)
二、薄膜干涉——等厚干涉条纹	(137)
三、薄膜干涉的应用	(140)
第四节 迈克尔孙干涉仪 * 时间相干性	(141)
一、迈克尔孙干涉仪	(141)
* 二、时间相干性	(142)
第五节 光的衍射现象和惠更斯—菲涅耳原理	(143)
一、光的衍射现象	(143)
二、惠更斯—菲涅耳原理	(144)
三、菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射	(144)
第六节 单缝夫琅禾费衍射	(145)
第七节 圆孔的夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨本领	(147)
一、圆孔的夫琅禾费衍射	(147)
* 二、光学仪器的分辨本领	(148)
第八节 光栅的衍射	(149)
一、光栅的衍射花样	(149)
二、光栅方程	(150)
三、光栅光谱	(151)
* 第九节 X 射线衍射	(151)
第十节 光的偏振态	(153)
一、自然光 线偏振光和部分偏振光	(153)
* 二、椭圆偏振光和圆偏振光	(154)
第十一节 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	(154)
一、二相色性	(155)
二、偏振片的起偏和检偏	(155)
三、马吕斯定律	(156)
第十二节 反射、折射和散射时的偏振现象	(157)
一、反射光和折射光的偏振	(157)
* 二、由散射产生的偏振光	(158)
第十三节 双折射现象与光的偏振	(158)
一、晶体的双折射现象	(158)
二、尼科耳棱镜	(159)
三、波片	(160)

* 四、克尔电光效应	(160)
五、偏振光的检测	(161)
第十四节 旋光现象	(162)
章后结束语	(163)
一、本章小结	(163)
二、应用及前沿发展	(164)
习题与思考	(165)
阅读材料 E: 光学信息处理	(168)
第五篇 近代物理基础	(171)
第十四章 相对论基础	(172)
第一节 狭义相对论产生的历史背景	(172)
一、力学相对性原理和经典时空观	(172)
二、狭义相对论产生的历史背景和条件	(173)
第二节 狭义相对论的基本原理	(174)
一、狭义相对论的两个基本假设	(174)
二、洛伦兹变换	(174)
三、洛伦兹速度变换关系	(176)
第三节 狭义相对论的时空观	(177)
一、同时的相对性	(177)
二、时间延缓效应	(178)
三、长度收缩效应	(178)
第四节 狭义相对论动力学基础	(179)
一、相对论质量和动量	(179)
二、相对论动力学基本方程	(181)
三、质能关系	(181)
四、能量—动量关系	(182)
* 第五节 电磁场的统一性与电磁场量的相对性	(183)
一、电磁场的统一性与电磁场量的相对性	(183)
二、运动点电荷的电磁场	(183)
章后结束语	(185)
一、本章小结	(185)
二、应用及前沿发展	(186)
习题与思考	(187)
科学家简介——爱因斯坦	(188)
阅读材料 F: 广义相对论简介	(189)
第十五章 量子力学基础	(192)
第一节 黑体辐射与普朗克的量子假设	(192)
一、黑体辐射的基本规律	(192)

二、普朗克的量子假设	(194)
第二节 光电效应与爱因斯坦的光量子假设	(194)
一、光电效应的实验规律	(194)
二、爱因斯坦光子假设和光电效应方程	(195)
三、光(电磁波)的波粒二象性	(196)
第三节 氢原子光谱与玻尔的量子论	(197)
一、氢原子光谱的实验规律	(197)
二、玻尔的量子论	(198)
三、玻尔理论的缺陷和意义	(200)
第四节 微观粒子的波—粒二象性 不确定关系	(200)
一、微观粒子的波—粒二象性	(200)
二、不确定关系	(202)
第五节 量子力学的基本概念和基本原理	(203)
一、波函数及其统计解释	(204)
二、薛定谔方程	(205)
三、一维无限深势阱	(206)
第六节 氢原子	(209)
一、氢原子问题的量子力学处理	(209)
二、电子的自旋	(211)
第七节 原子的电子壳层结构	(213)
一、四个量子数	(213)
二、原子的电子壳层结构	(213)
*第八节 激 光	(214)
一、受激吸收 自发辐射和受激辐射	(214)
二、粒子数反转	(215)
三、光学谐振腔	(216)
四、激光的应用	(217)
*第九节 固体的能带理论	(217)
一、电子的共有化	(217)
二、能带的形成	(218)
三、满带、导带和禁带	(218)
四、导体、半导体和绝缘体	(219)
章后结束语	(220)
一、本章小结	(220)
二、应用及前沿发展	(222)
习题与思考	(223)
阅读材料 G: 纳米物理与纳米技术	(225)
第十六章 原子核物理和粒子物理简介	(227)

第一节 原子核的组成和基本性质	(227)
一、原子核的质量和大小	(227)
二、原子核的电荷及其分布	(228)
三、原子核的组成	(229)
四、原子核的自旋和磁矩 核磁共振	(230)
第二节 核力和核结构模型	(231)
一、核力	(231)
二、核结构	(233)
第三节 原子核的结合能 裂变和聚变	(234)
一、原子核的结合能	(234)
二、重核裂变	(235)
三、轻核聚变	(236)
第四节 原子核的放射性衰变	(237)
一、放射性衰变	(238)
二、放射性衰变的基本规律	(239)
三、核素分布图	(241)
第五节 粒子物理简介	(242)
一、粒子的种类	(242)
二、相互作用和守恒定律	(243)
三、强子结构的夸克模型	(245)
章后结束语	(247)
一、本章小结	(247)
二、应用及前沿发展	(247)
习题与思考	(249)
习题答案	(250)
附表	(254)

第三篇 热物理学

首先应当指出,热物理学(即热学)中将涉及到的热运动一词有两种含义,一种是作为宏观物质的运动形态使用的(如谈到宏观物质的热运动与其他运动形态之间的转化时所用到的那样),另一种是作为构成宏观物质的微观粒子的运动形态来使用的.本教材提到的热运动是指第一种含义,而将微观粒子运动说成粒子的无规则运动.这里所说的宏观物质(由大量微观粒子如分子、原子或离子所组成的系统)的热运动形态实质上就是组成物质的大量微观粒子的无规则运动(机械运动)在总体上所表现出来的一种运动形态(非机械运动),宏观物质的这种热运动形态是以冷热现象(即热现象)为主要标志的.所谓热现象就是与物体冷热程度有关的物理性质及其状态变化.例如,物体受热后体积膨胀,水冷却到一定程度会变成冰;导线受热后电阻会增大,导体在低温下可变成超导体等等.热学就是以研究物质的热运动形态以及热运动与其他运动形态之间的转化规律为研究对象的一门学科.热运动与单个微观粒子的无规则运动不同,即不同于机械运动,也不遵从力学规律(个别粒子运动遵从力学规律),而是遵从统计规律(是支配大量个别偶然事件的整体行为的规律),这是热运动区别于机械运动的主要标志.

统计规律在某种意义上也就是将微观量(描写粒子微观性质的物理量)和宏观量(描述系统宏观性质的物理量)联系起来的规律,统计平均的方法(对大量数量粒子的微观量求平均值的方法)是把两类量联系起来的桥梁.

研究热运动可以从宏观的角度去研究,也可以从微观的角度去研究,这就形成了热学的两种理论,即热力学和统计物理学(分子动理论是它的初级理论),即就是热学的宏观理论和微观理论.

热力学不涉及物质的微观结构,只是根据由观察和实验所总结出来的宏观热现象所遵循的基本定律,用严密的逻辑推理方法,研究系统的热学性质.而统计物理学则是从物质的内部微观结构出发,即从组成物质的分子、原子的运动和它们之间的相互作用出发,依据每个粒子所遵循的力学规律,运用统计的方法阐明系统的热学性质.热力学的研究能给出普遍而可靠的结果,可以用来检验微观理论的正确性,统计物理学的研究能深入到热现象的本质,二者相辅相成,相互补充.

本教材先介绍热学的宏观理论(热力学),然后介绍微观理论,而且后者只涉及初等的气体动理论.

第九章 热力学基础

本章是热现象的宏观理论——热力学。其主要内容有：平衡态、准静态过程、热量、功、内能、热容等概念；热力学第一定律及其对理想气体等值过程、绝热过程及多方过程的应用；循环过程、卡诺循环、热力学第二定律、熵和熵增加原理等。

第一节 热力学系统 理想气体物态方程

一、热力学系统

人们通常把确定为研究对象的物体或物体系统称为热力学系统（简称为系统）。这里所说的物体可以是气体、液体或固体这些宏观物体，在热力学系统外部，与系统的状态变化直接有关的一切叫做系统的外界。热力学研究的客体是由大量分子、原子组成的物体或物体系。

若系统与外界没有能量和质量的交换，这样的系统称为孤立系统。与外界没有质量交换，但有能量交换的系统，称为封闭系统。既有质量又有能量交换的系统称为开放系统。

二、气体的状态参量

在力学中研究质点的机械运动时，我们用位矢和速度（动量）来描述质点的运动状态。而在讨论由大量做无规则运动的分子构成的气体状态时，位矢和速度（动量）只能用来描述分子运动的微观状态，不能描述整个气体的宏观状态。对一定量的气体，其宏观状态常用气体的体积（ V ）、压强（ P ）和热力学温度（ T ）（简称温度）来描述。 P 、 V 、 T 这三个物理量叫做气体的状态参量，是描述整个气体特征的量，它们均为宏观量，而像分子的质量、速度、能量等则是微观量。

三个量中，气体的体积（ V ）是几何参量，是指气体分子所能到达的空间，对于装在容器中的气体，容器的容积就是气体的体积。在国际单位制中，体积的单位是立方米，符号是 m^3 。

气体的压强是力学参量，是气体作用于容器器壁上单位面积上的正压力。在国际单位