大学基础物理学

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内容提要

本书是教育部全国高等学校教学研究中心立项资助的“21世纪中国高等学校农林/医药类专业数理化基础课程的创新与实践”课题的研究成果之一，是“面向21世纪课程教材”《大学基础物理学》的第二版。本书分为三大部分：实物的性质和运动规律；电磁场运动规律；光与量子运动规律和现代科技知识。本书体现了经典物理的高起点，并与近代物理相衔接；介绍了与当今高科技相关的物理基础；突出了生命科学的特色以及与农、林、工等专业相联系的特点；强调了对学生的科学素质教育并考虑到大学基础教育的实用性。

本书可作为高等农、林院校有关生命科学类专业的教科书，也可以作为综合大学、师范院校、医科院校等的相近专业和工科院校少学时专业的教材或参考书，亦可用作自学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

大学基础物理学/王海婴主编．—2版．—北京：高等教育出版社，2004.11
ISBN 7-04-015577-X

Ⅰ.大… Ⅱ.王… Ⅲ.物理学-高等学校-教材
Ⅳ.O4

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）第109756号

出版发行　高等教育出版社
社　　址　北京市西城区德外大街4号
邮政编码　100011
总　　机　010-58581000

购书热线　010-64054588
免费咨询　800-810-0598
网　　址　http://www.hep.edu.cn
　　http://www.hep.com.cn

经　　销　新华书店北京发行所
印　　刷

开　　本　787×960　1/16
印　　张　38.25
字　　数　720 000

版　　次　2000年9月第1版
　　年　月第2版
印　　次　　年　月第　次印刷
定　　价　43.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有　侵权必究

物料号：15577-00

策划编辑　庞永江
责任编辑　张冰峰
封面设计　张　楠
责任绘图　朱　静
版式设计　马静如
责任校对　王　超
责任印制

大学基础物理学(第二版)编审人员

主　编　王海婴

副主编　罗贤清　张文杰　丁孺牛　李科敏

主　审　陈立华

第二版前言

为了紧密配合教育部启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,2003年6月本书的主编成员单位——华中农业大学积极申报了“21世纪中国高等学校农林/医药类专业数理化基础课程的创新与实践”课题,2003年8月在全国高等学校教学研究中心组织的立项研讨会上确定华中农业大学等农林院校作为该课题的参加单位,并由华中农业大学负责物理类课题“农林类专业物理理论课教学内容和课程体系的创新与实践”(项目编号BIA010092-D03)。本书是教育部全国高等学校教学研究中心立项资助的“21世纪中国高等学校农林/医药类专业数理化基础课程的创新与实践”课题的研究成果之一。

《大学基础物理学》第二版是“面向21世纪课程教材”《大学基础物理学》的修订版。它保持了原书的基本特色,并克服了第一版所存在的不足之处。为了使学生易于接受力学的基础知识,第一、二章重新进行了编写。同时,为了精简内容,原教材第四部分不再安排在本书中,对其他部分也作了许多调整和补充,使全书内容更加丰富,更符合生命科学类、农、林、工等专业的教学需要。本教材新的特点是:

1. 对于经典物理的内容力求以高起点、能与近代物理相衔接的模式展现在读者面前。基础力学部分直接运用矢量代数和微积分的分析方法,激发了学生的学习兴趣;力学的定律突出以三个守恒定律为核心,与现代物理学的方法接轨;牛顿力学与相对论力学相呼应,使学生了解牛顿时空观的局限性,开拓学生的视野。电磁场运动规律部分参照电动力学处理命题的形式,改变孤立地讲解电、磁现象的定理、定律的传统架构,而以“场”的各种形式作为引导理论深入的红线。光与量子运动规律和现代科技知识部分避开若干物理发展过程中出现的理论,直接将当今成熟的理论介绍给读者。

2. 全书的面貌更具有时代的气息,更适合21世纪高等教育的需要。书中全面地引出了当前自然科学和新技术领域中所涉及的基础物理原理。例如,非线性力学及相关的混沌、分形、孤波等;非线性热力学及相关的耗散结构、负熵理论;非平衡态过程、液晶、凝聚态物理;非线性光学和物质的微观粒子结构、宏观宇宙模型等等。对于当今科技界热门的高新技术,如光纤通信、激光全息技术、超导材料、纳米技术、量子隧道扫描技术、核磁共振及多种宏观的传感器、微观的探针和放射性标记都作了适当的介绍,使学生深深地感受到现代高科技发展的

需要全本请访问 www.ertongbook.com

脉搏。为了使学生了解现代物理学前沿与现代科技发展的关系,在第十九章中专门以科技讲座的形式介绍了五个方面的命题,它们分别是粒子物理、大爆炸的宇宙模型、凝聚态物理和纳米技术、二十一世纪的计算机、突进中的生物物理,为拓展学生视野提供了十分生动的、充满时代气息的学习内容。

3. 教材的内容更突出生命科学的特色,与农、林、工等专业加强了联系。在"物理与生命科学"的栏目下着重介绍了现代生命科学中的物理方法和技术。本书新增加第十八、十九两章,着重讨论了生命科学中的放射性核技术并简单介绍了生命科学的先导——生物物理学。在"物理与现代科技"的栏目内以及各章的应用实例中更多介绍了与农、林、工等专业有关的命题。

4. 教科书的布局、语言陈述以及各项教学手段的延伸更多考虑对大学生基础教育的实用性。力学、振动、波动、热物理等章、节新增不少实际的演算例题,以利于培养学生运用物理定律解决实际问题能力。素质教育是基础教育的重要内容之一,本书通过各部分的"物理史观与评述"栏目集中向学生灌输物理科学的哲学理念,(用"○"标出)介绍了许多科学家的爱国精神、实事求是、辩证唯物认识论和高尚情操,对学生在世界观和方法论方面起到潜移默化的作用。《大学基础物理学》和《大学基础物理学学习指导与习题解答》以及配套的实验改革教材、多媒体课件和网络辅导课件等,构成讲、学、练、演成一体的立体化教学体系,将极大地激发学生学习物理的兴趣,更加有利于大学生生动活泼地学习物理科学,牢固地掌握物理知识。

第一版中安徽农业大学李广新完成第一、二章和第四部分"物理学方法论"的编写;北京林业大学程艳霞完成第三、七章,刘家冈完成第四章的编写;华中农业大学王人胜完成第九、十章及附录的编写。由于21世纪农林类专业物理课程改革项目组参加人员发生了变化,上述同志未参与第二版的编写和改编工作。对于他们所作过的贡献特在此表示深切的谢意。

第二版第一、二章和第十九章由湖南理工学院李科敏编写;第三至第八章由北京林业大学张文杰编写和改编;第九、十、十四、十五章由华中农业大学丁孺牛改编;第十一、十二、十三、十七章由华中农业大学罗贤清编写和改编;前言及第十六、十八章由华中农业大学王海婴编写。全书由王海婴修改和定稿,罗贤清作了整体校订。

编写21世纪高质量的教材是一项艰巨的任务,加之在短时间内要完成农林物理课程改革研究的同时,出版一套思想更新,内容全面的教科书实在不易,且由于编者水平有限,书中定会有不妥和疏漏之处,敬请读者批评指正。

作者

2004年6月

第一版前言

20世纪90年代以来，华中农业大学、北京林业大学、安徽农业大学等院校的物理教师在全国物理课程改革思想的影响下，纷纷编写了农、林学科使用的“大学物理学”教材、“生物物理学”教材等，并多次在各校学生中应用。这些教材的思路是本书问世的基础。

1996年6月原国家教委立项，高等农林院校面向21世纪本科物理教学内容和课程体系改革与实践项目组正式成立，华中农业大学为牵头主持单位，北京林业大学和安徽农业大学等均为参加单位，本书的主编王海婴教授为项目组总负责人。

1997年经过面向21世纪物理课程改革的人才素质教育的理论探索和国内外改革动向的对比研究，制定了新的《面向21世纪大学基础物理教学大纲》。1998年起，在多次修改大纲的基础上，三所学校的教师分工合作，共同完成了本书的编写工作。

华中农业大学在原《大学物理学》、《生物物理学》的基础上，根据新的教学大纲的要求，编写了《大学物理学补充教材》，以适应改革试点教学的需要。分别于1998年春季和1999年春季，按本书大纲的要求，用本书主要篇章的内容，在华中农业大学果树、蔬菜、观赏、畜牧、生物技术等5个专业的学生中进行了2轮改革教学的试点，收到了较好的教学效果。

本书根据面向21世纪高等农林院校农林学科本科学生所必需掌握的物理学基本理论、基础知识和基本技能，构建了一个新的课程体系，希望使读者有耳目一新的感受。几部分组成为：

第一部分，实物的性质与运动规律——探讨宏观物质，包括大量粒子、分子构成的系统及其凝聚态的性质、运动规律与实际应用；

第二部分，电磁场的性质及电磁运动规律——探讨电场、磁场的性质及电和磁相互转换的规律与实际应用；

第三部分，光与量子的性质与运动规律——探讨微观粒子的波粒二象性、运动规律和在现代科技上的应用；

第四部分，物理学方法论原理概述——介绍物理学的方法论原理，提高学生科学素养。

本书体现了物理理论、知识、技能的现代化。教材以一定的篇幅介绍了20

世纪物理学上卓越的成就——相对论和量子力学;热物理学引入多粒子体系统计理论和非平衡态热力学的概念,分析了熵、耗散结构和自组织现象;对于近年来科学领域十分热门的混沌和分形也作了探讨;现代科技中的超导、激光、NMR,量子隧道效应、现代光谱技术及遥感等也作了适当的展开。采取"物理与现代科技"这样醒目的标题展现在读者面前,使大家对教材中现代科技的闪光点一目了然。这部分内容约占全教材的30%,从而改变以往教材内容陈旧的面孔,为21世纪农林院校本科学生认识现代科学技术打开许多知识的"窗口"。

农林院校的基础物理学有别于理、工科和文科物理学的一个显著特点应该是,力求与生物科学、农林科技建立必要的联系。虽然本书不能代替专业书籍去讲授某些科学知识,但是在基础物理课程中能让学生了解物理的内容与未来从事的专业有些什么联系,这对提高学生的学习热情,同时为进一步理解某些专业问题,无疑都是十分有益的。本书采用"物理与科技应用"的标题,在介绍物理理论知识的基础上,推出它们在生物科学、农林科技以及日常科技中的应用,为拓宽学生的知识面,了解物理与其他自然科学,特别是生物科学的关系作出贡献。

基础物理课不仅仅是传授物理知识的课堂,而且是培养学生科学的世界观和方法论的场所,因此对学生加强各种素质教育,贯彻爱国主义、辩证唯物主义以及正确的认识论的教育也是本书的宗旨。除在各种物理理论、定律的简述中贯彻科学的世界观和方法论之外,本书在某些特殊的篇章中还专门开辟了一个栏目称为"物理学史与述评",从物理学史的介绍入手,述评一些重大的物理命题,以期对物理学的认识论、方法论进行探讨。

最后,在本书的第四部分专门介绍了物理学的方法论原理,期望读者能更集中、更突出地体会科学的世界观和方法论,为培养学生的素质、知识、能力作出贡献。

本书贯彻少而精的原则,教材总章数少,所选的内容精练。其措施之一是克服了与中学物理的重复,对中学物理中已讲解得较多的力学、振动和波动、热力学、静电和直流电路、光的波动性等的大多数内容采取精简的方法,有的根本不讲,有的只作简要的概述,有的只突出新发展的理论。其二是克服过去教材中以计算方法训练为中心的陈述方法,适当降低用高等数学进行计算的要求,着重基本物理概念和理论的阐述,某些数学演绎不在正文中介绍,而在附录中列出。其三,讲解某些理论时直接运用现代的观点,少讲某些发展过程中的理论。例如量子力学初步,不再讲旧量子论的玻尔、索末菲原子结构模型,而是直接从薛定谔方程求解,得出能量、角动量等的量子化条件。其四,把学生必修的主干内容与提高的内容区分开来,把基础理论与理论的应用划分一个限界,以便适应不同基础的学生的自选要求,凡是非主干的内容,非基础的理论都用"*"号标出。

总之,本书根据目前全国高等农林院校物理教学的一般学时状况,主干内容

以讲解 60～80 学时为宜。提高内容可以作为开设物理选修课的教材。

本书由华中农业大学王海婴担任主编,北京林业大学张文杰、安徽农业大学李广新担任副主编;参加编写的有华中农业大学王海婴(13～16 章、前言、绪论),罗贤清(11、12、17 章),王人胜(9、10 章、附录),北京林业大学张文杰(5、6、8 章),程艳霞(3、7 章),刘家冈(4 章),安徽农业大学李广新(1、2、18～20 章)。

本书由华中师范大学物理系陈立华教授担任主审。

成书过程中,先后得到华中农业大学龚祖文、李守经教授、万绩钦副教授、丁孺牛副教授的鼓励和帮助。后德家、邓瑞宁同志绘制了大部分附图,柴成钢同志配合教学研究了一些 CAI 课件,在此一并表示谢意。

由于转变教育思想,适应面向 21 世纪高等院校课程改革的形势发展是一个艰巨的任务,加之我们水平有限,时间仓促,错误和不当之处恳望读者随时提出宝贵意见。

作者

1999.8.5

目　　录

绪论 …… 1

第一部分　实物的性质和运动规律

第一章　牛顿力学概述 …… 7
1.1　质点运动状态的描述 …… 7
1.2　质点动力学 …… 26
习题 …… 38
参考文献 …… 39
第二章　力学中的三个守恒定律 …… 40
2.1　动量守恒定律 …… 40
2.2　能量守恒定律 …… 50
2.3　角动量守恒定律 …… 62
○2.4　物理史观与评述　经典力学的局限性 …… 88
习题 …… 90
参考文献 …… 97
第三章　相对论力学 …… 98
3.1　相对论运动学 …… 98
3.2　狭义相对论动力学 …… 107
3.3　狭义相对论的实验例证 …… 111
*3.4　广义相对论及其检验 …… 113
○3.5　物理史观与评述　人类对时空认识的飞跃 …… 120
附录 3.1　由牛顿的绝对时空观推导伽利略坐标变换 …… 121
附录 3.2　关于狭义相对论时空观的论证 …… 122
附录 3.3　洛伦兹变换的推导 …… 126
习题 …… 127
参考文献 …… 129
第四章　振动与波 …… 130
4.1　谐振动 …… 130
4.2　振子 …… 139
*4.3　非线性振动 …… 143
4.4　简谐波 …… 148

4.5　简谐波的干涉 …… 152
*4.6　非线性波 …… 156
4.7　声波　超声与次声 …… 157
习题 …… 159
参考文献 …… 161
第五章　流体力学 …… 162
5.1　理想流体的定常流动 …… 162
5.2　粘滞流体的流动 …… 168
5.3　物理与生命科学　生物大分子高速离心分离技术 …… 172
*5.4　多孔介质中的流体运动 …… 175
*5.5　物理与现代科技　分形与分形生物学介绍 …… 178
*5.6　物理与生命科学　生物流变学介绍 …… 184
附录 5.1　泊肃叶公式的推导 …… 187
附录 5.2　气体用达西定律的推导 …… 187
习题 …… 188
参考文献 …… 189
第六章　多粒子体系统计理论初步 …… 190
6.1　经典统计的概念 …… 190
6.2　分子平均平动动能统计分布规律 …… 193
6.3　分子能量的统计分布 …… 198
6.4　分子速率统计分布 …… 202
6.5　分子碰撞的统计分布 …… 206
习题 …… 209
参考文献 …… 210
第七章　热物理学基础 …… 211
7.1　热力学第一定律 …… 211
7.2　热力学第一定律对理想气体的应用 …… 215
7.3　循环过程　卡诺循环 …… 221
7.4　制冷机　热泵应用分析 …… 226
7.5　热力学第二定律 …… 228
7.6　熵与熵增加原理 …… 232
7.7　熵产生　熵流　生命系统的负熵 …… 239
*7.8　物理与现代科技　耗散结构与非平衡态热力学 …… 241
○7.9　物理史观与评述　“热寂说”与宇宙的未来 …… 247
附录 7.1　理想气体绝热过程方程的推导 …… 248
附录 7.2　不可逆过程的相互沟通的说明 …… 249
习题 …… 250
参考文献 …… 253

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第八章 输运过程与相变 …… 255
8.1 气体中的输运过程 …… 255
8.2 渗透现象 …… 260
8.3 相变 …… 264
8.4 物理与现代科技 液晶及其相变 …… 269
习题 …… 273
参考文献 …… 274

第二部分 电磁场运动规律

第九章 静电场 …… 277
9.1 电场 电场强度 …… 277
9.2 静电场的高斯定理 …… 281
9.3 静电场的环路定理 电势 …… 285
9.4 电场强度与电势的关系 …… 289
9.5 静电场与导体和电介质的相互作用 …… 290
9.6 静电场的能量 …… 293
9.7 压电效应与热电效应 …… 294
9.8 物理与生命科学 静电生物效应的应用 …… 297
习题 …… 299
参考文献 …… 301
第十章 稳恒电场 电动势 …… 302
10.1 电流与电流密度 …… 302
10.2 欧姆定律的微分形式 …… 303
10.3 稳恒电场与电源电动势 …… 304
10.4 接触电动势 温差电动势 …… 306
*10.5 生物膜内、外的电势差 …… 309
*10.6 生物信号电子检测基础 …… 311
10.7 物理与生命科学 细胞和生物胶粒的电泳 …… 319
10.8 物理与现代科技 细胞电场诱导融合 …… 321
习题 …… 323
参考文献 …… 324
第十一章 稳恒磁场 …… 325
11.1 稳恒电流的磁场 毕奥－萨伐尔定律 …… 325
11.2 稳恒磁场的特性 …… 328
11.3 电磁相互作用 …… 331
11.4 霍耳效应 …… 335
11.5 磁介质中的安培环路定理 …… 337
11.6 物理与现代科技 磁记录 …… 339

11.7　物理与现代科技　超导及其应用 …… 342
11.8　物理与生命科学　生物材料的磁性与生物磁场的测量 …… 347
习题 …… 349
参考文献 …… 352
第十二章　交变电磁场 …… 353
12.1　法拉第电磁感应定律 …… 353
12.2　感应电动势与涡旋电场 …… 355
12.3　自感　互感　磁场能量 …… 358
12.4　位移电流与磁场环路定理 …… 362
12.5　麦克斯韦电磁方程组 …… 365
12.6　电磁辐射的产生　电磁波谱 …… 366
○12.7　物理史观与评述　电磁现象的辩证统一论 …… 371
12.8　物理与生命科学　微波的生物学效应及应用 …… 373
习题 …… 375
参考文献 …… 377

第三部分　光与量子运动规律和现代科技知识

第十三章　光的波动性 …… 381
13.1　光的干涉 …… 381
13.2　分波阵面干涉 …… 384
13.3　分振幅干涉 …… 387
*13.4　迈克耳孙干涉仪 …… 394
13.5　物理与生命科学　人工膜 BLM 厚度的测量 …… 395
13.6　光的衍射 …… 397
13.7　光学仪器的分辨率 …… 409
13.8　光的偏振 …… 413
*13.9　椭圆偏振光和圆偏振光　波片 …… 423
13.10　物理与生命科学　偏光显微镜　相衬显微镜 …… 425
13.11　物质的旋光性及其应用 …… 428
*13.12　物理与生命科学　圆二色性 (旋光色散) 在生物学中的应用 …… 430
习题 …… 433
参考文献 …… 435
第十四章　光的量子性 …… 437
14.1　热辐射与普朗克量子假说 …… 437
14.2　光电效应与爱因斯坦光子说 …… 441
*14.3　康普顿－吴有训效应 …… 446
14.4　光的波粒二象性 …… 449
○14.5　物理史观与评述　人类对光的本质认识的飞跃 …… 451

习题 …… 453
参考文献 …… 453
第十五章 量子力学初步 …… 454
15.1 德布罗意波与电子衍射实验 …… 454
15.2 不确定关系 …… 458
15.3 薛定谔方程 …… 461
15.4 薛定谔方程的应用——势阱和势垒 …… 463
15.5 物理与现代科技 扫描隧道显微镜 …… 467
15.6 原子结构的量子理论 …… 471
15.7 原子壳层结构 …… 477
15.8 物理与现代科技 核磁共振(NMR) …… 478
*15.9 物理与现代科技 量子生物学简介 …… 481
习题 …… 484
参考文献 …… 485
第十六章 光谱分析原理及应用 …… 486
16.1 光谱分析的种类 …… 486
16.2 光的吸收与散射 …… 488
16.3 原子光谱 …… 493
16.4 分子光谱 …… 497
16.5 物理与现代科技 遥感技术及其在农、林业中的应用 …… 502
*16.6 荧光和磷光 …… 505
16.7 X射线谱及其应用 …… 507
习题 …… 512
参考文献 …… 513
第十七章 激光的原理与应用 …… 514
17.1 激光产生的基本原理 …… 514
17.2 激光的特性及其与生物体作用的效应 …… 519
17.3 激光的应用 …… 521
17.4 激光全息照相 …… 524
*17.5 物理与现代科技 非线性光学介绍 …… 526
*17.6 物理与现代科技 光信息技术 …… 528
习题 …… 536
参考文献 …… 537
第十八章 放射性核物理及其应用 …… 538
18.1 原子核的一般性质 …… 538
18.2 核的放射性衰变 …… 541
18.3 放射性衰变的类型与核反应 …… 545
18.4 射线与物质的相互作用 …… 548

18.5　放射性探测器 …… 551
18.6　辐射剂量 …… 556
18.7　放射性核素的应用 …… 558
习题 …… 564
参考文献 …… 565
* 第十九章　物理学前沿与现代科技知识 …… 566
19.1　物质结构研究的新发展——粒子物理 …… 566
19.2　宇宙的起源学说——大爆炸的宇宙模型 …… 571
19.3　新兴的材料科学——凝聚态物理和纳米技术 …… 574
19.4　信息科学的中枢——二十一世纪的计算机 …… 578
19.5　生命科学的先导——突进中的生物物理 …… 582
习题 …… 590
参考文献 …… 590
附录 …… 592

第三部分

光与量子运动规律和现代科技知识

第十三章　光的波动性

关于光的本性问题,早在17世纪就形成了两派不同的学说,以牛顿为代表的光的微粒说和以惠更斯为代表的光的波动说.19世纪麦克斯韦发展了光的波动理论,认为光是一种电磁波.后来的实践证明,可见光波与无线电波、红外线、紫外线、X射线、γ射线同属于电磁波的范畴,差别只是它们的波长(或频率)不同.对于光的波动性认识的深入,使人类对于微观粒子特性的了解迈入了新的台阶,也使物理光学(physical optics)在现代科技中的应用有了新的发展.

本章通过讨论光的干涉、衍射、偏振等现象,说明光的波动特性,并且力求联系现代生命科学,介绍波动光学在科学技术上的一些应用.

13.1　光的干涉

13.1.1　相干光

从波动学中我们知道,两列波叠加时能产生波的强度在空间稳定分布的现象,称为波的干涉.只有两列频率相同,振动方向相同,相位差为零或相位差恒定的波才能产生干涉,这种能产生干涉现象的两列波称为相干波(coherent wave).因此光要产生干涉的条件是,所参与叠加的两列光是相干光(coherent light).

对于机械波或无线电波而言,由于相干的条件较易满足,所以容易观察到干涉现象.但是对于光而言,要获得两列相干光就显得困难多了.

光源的发光是大量的原子(或分子)由于外界激发使之处于高能级,而后自动地跃迁回低能级所辐射出电磁波的行为.因为这种跃迁所经历的时间很短,约10^{-8} s,每一个原子每一次发出的只是长度有限,频率一定,振动方向一定的波列,并且原子发光是间歇进行的,当它再次发光时,前一个波列和后一个波列的频率、振动方向和相位不一定相同.

另外,同一光源的大量原子之间的发光也不是同步的,各原子的各次发光完全是相互独立,互不相关的,即使它们的频率相同,其振动方向和相位也不一定相同.

对于两个独立的光源,由于光是从它们不同的原子(或分子)所发出来的,不

需要全本请访问 www.ertongbook.com