



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学基础物理学

(第三版)

University
Fundamental
Physics



王海婴 罗贤清 主编

丁孺牛 刘朝霞 楚合营 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学基础物理学

(第三版)

Daxue Jichu Wulixue

王海婴 罗贤清 主编

丁孺牛 刘朝霞 楚合营 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是“面向 21 世纪课程教材”《大学基础物理学》的第三版,也是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。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。本书对于经典物理的内容力求以高起点加以阐述,以便能与近代物理相衔接,并加强了那些为介绍现代观点、学习新理论、新知识所必需的近代物理的内容,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、林等专业相联系的特点。本书在内容上也兼顾到目前高等农林院校的教学实际和大学基础教育的实用性。

本书可作为高等农林院校农林类专业的教科书,也可作为其他高校相近专业 40~50 学时的大学物理课程的教材或参考书,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,罗贤清主编.--3 版.

--北京:高等教育出版社,2013.2

ISBN 978-7-04-036778-2

I. ①大… II. ①王… ②罗… III. ①物理学-高等学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 008897 号

策划编辑	郭亚嫒	责任编辑	高聚平	封面设计	于 涛	版式设计	杜微言
插图绘制	尹 莉	责任校对	杨雪莲	责任印制	尤 静		

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 100120
印 刷 化学工业出版社印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 20
字 数 360 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2000 年 9 月第 1 版
2013 年 2 月第 3 版
印 次 2013 年 2 月第 1 次印刷
定 价 31.30 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 36778-00

第三版前言

“面向 21 世纪课程教材”《大学基础物理学》的第二版一书使用已有一段时间,近年来教学情况发生了较大的变化,为了适应新的教学需要,我们对第二版进行了修订。本书是专为高等农林院校农、林类专业编写的普通高等教育“十一五”国家级规划教材。大学物理课程是高等农林院校农、林类专业学生的学习中起着重要作用的基础课。本书在强调基础的同时,也注重了与生命科学和农林学科相联系和结合,介绍了现代物理知识和技术在生命科学和农林科技方面的应用,突出了农林院校特色。此次修订保持了第二版的特色。全书仍由三部分组成,第一部分为实物的性质和运动规律,第二部分为电磁场运动规律,第三部分为光与量子运动规律。考虑到高等农林院校农、林类专业的教学需要,对第二版做了适当删减并调整了部分内容,第二版的第一、二、三、四、十二、十九章内容这次未编入,第八章中的输运过程编写在本书的第二章气体动理论中,第九、十章合并为一章,即本书的第四章,本书的第一、二、三、四章是重新编写的,全书共十一章,书中标有“*”号的内容可作为选讲,亦可作为学生自学。

这次修订由塔里木大学刘朝霞编写第一章(流体力学)、第二章(气体动理论);塔里木大学楚合营编写第三章(热力学基础)、第十章(激光的原理与应用);华中农业大学丁孺牛编写第四章(静电场、恒定电场)、第七章(光的量子性)、第八章(量子力学初步);华中农业大学罗贤清编写第五章(恒定磁场)、第六章(光的波动性);华中农业大学王海婴编写前言及第九章(光谱分析原理及应用)、第十一章(放射性核物理及应用)。罗贤清负责全书统稿和定稿。

在此,编者对参加第一版和第二版编写工作的同志表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2012 年 8 月

第二版前言摘要

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。为了使学易于接受力学的基础知识,第一、第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。

第一版中安徽农业大学李广新完成第一、第二章和第四部分“物理学方法论”的编写;北京林业大学程艳霞完成第三、第七章的编写,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、第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、第十、第十四、第十五章由华中农业大学丁孺牛改编;第十一、第十二、第十三、第十七章由华中农业大学罗贤清编写和改编;前言及第十六、第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。

作者

2004年6月

第一版前言摘要

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 月由国家教委立项,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%,从而改变了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了许多知识的“窗口”。

农林院校的基础物理学教学有别于理、工科和文科物理学教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,推出这些理论在生物科学、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。

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(第13至第16章、前言、绪论),罗贤清(第11、第12、第17章),王人胜(第9、第10章、附录),北京林业大学张文杰(第5、第6、第8章),程艳霞(第3、第7章),刘家冈(第4章),安徽农业大学李广新(第1、第2、第18至第26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。

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 流体力学	7
----------------	---

1.1 理想流体的定常流动	7
---------------------	---

1.2 黏滞流体的流动	14
-------------------	----

* 1.3 物理与生命科学 高速离心分离技术	21
------------------------------	----

习题	22
----------	----

第二章 气体动理论	24
-----------------	----

2.1 理想气体的压强和温度	24
----------------------	----

2.2 能量均分原理 理想气体的内能	30
--------------------------	----

2.3 麦克斯韦速率分布律	34
---------------------	----

* 2.4 气体中的输运现象	37
----------------------	----

习题	41
----------	----

第三章 热力学基础	43
-----------------	----

3.1 热力学第一定律	43
-------------------	----

3.2 热力学第一定律的应用	46
----------------------	----

3.3 循环过程 卡诺循环	53
---------------------	----

3.4 热力学第二定律	58
-------------------	----

3.5 熵 熵增加原理	62
-------------------	----

* 3.6 物理与现代科技 耗散结构与非平衡态热力学	64
----------------------------------	----

习题	67
----------	----

第二部分 电磁场运动规律

第四章 静电场 恒定电场	73
4.1 电荷与库仑定律	73
4.2 电场的提出	74
4.3 静电场的描述	75
4.4 静电场的规律	82
4.5 对称性分析的应用	84
4.6 静电场与导体和电介质的相互作用	86
4.7 静电场的能量	90
4.8 恒定电场与电源电动势	92
4.9 生物膜内、外的电势差	96
* 4.10 物理学与生命科学 静电生物效应的应用	98
习题	102
第五章 恒定磁场	105
5.1 恒定电流的磁场 毕奥-萨伐尔定律	105
5.2 恒定磁场的特性	108
5.3 电磁相互作用	111
5.4 霍耳效应	115
5.5 磁介质中的安培环路定理	117
5.6 物理与现代科技 磁记录	119
5.7 物理与现代科技 超导及其应用	121
* 5.8 物理与生命科学 生物材料的磁性与生物磁场的测量	125
习题	127

第三部分 光与量子运动规律

第六章 光的波动性	133
6.1 光的干涉	133
6.2 分波阵面干涉	136
6.3 分振幅干涉	139
* 6.4 迈克耳孙干涉仪	145

6.5 物理与生命科学 人工膜 BLM 厚度的测量	146
6.6 光的衍射	148
6.7 光学仪器的分辨率	157
6.8 光的偏振	161
* 6.9 椭圆偏振光和圆偏振光 波片	170
6.10 物理与生命科学 偏光显微镜 相衬显微镜	172
6.11 物质的旋光性及其应用	174
* 6.12 物理与生命科学 圆二色性(旋光色散)在生物学中的应用	176
习题	178
第七章 光的量子性	180
7.1 热辐射与普朗克量子假说	180
7.2 光电效应与爱因斯坦光子说	184
* 7.3 康普顿-吴有训效应	189
7.4 光的波粒二象性	192
* 7.5 物理史观与评述 人类对光的本质认识的飞跃	193
习题	195
第八章 量子力学初步	196
8.1 德布罗意波与电子衍射实验	196
8.2 不确定关系	200
8.3 薛定谔方程	203
8.4 薛定谔方程的应用——势阱和势垒	205
8.5 物理与现代科技 扫描隧穿显微镜	209
8.6 原子结构的量子理论	213
8.7 原子壳层结构	219
8.8 物理与现代科技 核磁共振(NMR)	220
* 8.9 物理与现代科技 量子生物学简介	223
习题	225
第九章 光谱分析原理及应用	227
9.1 光谱分析的种类	227
9.2 光的吸收与散射	229
9.3 原子光谱	235

9.4	分子光谱	238
9.5	物理与现代科技 遥感技术及其在农、林业中的应用	243
* 9.6	荧光和磷光	246
9.7	X 射线谱及其应用	248
	习题	252
第十章	激光的原理与应用	254
10.1	激光产生的基本原理	254
10.2	激光的特性及其与生物体作用的效应	259
10.3	激光的应用	261
10.4	激光全息照相	264
* 10.5	物理与现代科技 非线性光学介绍	266
* 10.6	物理与现代科技 光信息技术	268
	习题	273
第十一章	放射性核物理及其应用	274
11.1	原子核的一般性质	274
11.2	核的放射性衰变	277
11.3	放射性衰变的类型与核反应	281
11.4	射线与物质的相互作用	284
11.5	放射性探测器	287
11.6	辐射剂量	292
11.7	放射性核素的应用	294
	习题	300
附录		302
参考文献		304

绪 论

物理学是探讨物质结构和物质最普遍、最一般运动规律的科学. 物理学所研究的物质的空间尺度, 小到尺度为 10^{-15} m 的质子, 大到宇宙空间的类星群(10^{26} m); 所包含的时间尺度, 短到 10^{-25} s 的粒子的寿命, 长到 10^{39} s 的质子的寿命. 物理学探讨如此宽广范围内的机械运动、分子热运动、电磁场运动、微观粒子运动及原子核和粒子间的反应等等, 故而在整个自然科学领域中具有十分重要和特殊的地位.

(1) 物理学是一切自然科学的基础

物理学所研究的粒子构成了一切生命的和非生命的物质和体系, 构成了基因、蛋白质、器官、生物体、岩石、空气、海洋、地球、行星和宇宙等. 物理学所探讨的物质运动的规律和过程普遍存在于生物科学、化学科学、材料科学、地球科学、天文学、宇宙学等自然科学之中. 物理学与数学的关系十分密切, 数学成为定量研究物理规律的手段, 丰富多彩的物理世界是数学研究的实体. 从自然科学发展的历史长河中我们看到, 整个自然科学的发展必须遵从物理学所探讨出的物质运动的一般性规律, 例如能量守恒与转换定律对整个自然科学就具有普遍的指导意义.

因此, 可以说物理学在一切自然科学中是起带头作用的学科, 是一切自然科学的理论支柱, 是一切自然科学的基础.

(2) 物理学是现代科技发展的先导

美籍华裔物理学家李政道教授曾说过: “没有昨日的基础科学就没有今日的技术革命.” 这里所指的基础科学, 起主导作用的应是物理学.

18 世纪到 19 世纪的蒸汽机时代, 技术革命的发展是物理学上热力学理论的应用. 19 世纪电磁学理论的确立, 才产生了今日的发电机、电动机及庞大的电力工程, 出现了电报、电话、电视、雷达等种类繁多的电信事业. 20 世纪人类技术革命的一项重大的贡献是建立了核能利用的技术, 它从物理学上爱因斯坦质能关系的提出, 到重核裂变能量释放原理的发现, 最终到轻核聚变能量释放原理的确立, 为可控、安全应用核能开辟了道路.

信息技术, 其中包括计算机技术、通信技术和控制技术, 已经从根本上改变了当代社会的面貌. 信息技术依赖于电子学的发展, 从电子管、晶体管、集成电路到超大规模集成电路的问世, 都是在固体物理理论、半导体能带理论、微电子学

理论的基础上诞生出来的。

信息技术面对内容繁杂,数量庞大,形式多样的信息,迫切要求信息的处理、存储、传输的手段,从原来的电信号转向于光信号。正是在物理学上“受激辐射光放大”的理论指导下,才出现了激光,并通过激光性能的研究发展了光导纤维和激光光盘技术。同时,新一代的光计算机的研究与开发已成为国际高科技的热点之一,使得信息技术发生了根本性的革命。

生物科技的革命是在近几十年内发生的一项重大的变革,以往的生物学大多是定性的描述性的科学,自从物理学、数学、工程学等的理论和方法进入生物学的研究领域,生物学就发生了惊人的变化。

20 世纪 40 年代物理学家薛定谔在《生命是什么》的讲演中提出遗传密码存储于非周期性晶体的观点,预言了生命现象的负熵结构;20 世纪 40 年代英国剑桥大学的卡文迪什实验室完成了肌红蛋白的 X 射线结构分析;20 世纪 50 年代美国的沃森(Watson)、克里克(Crick)对 DNA 进行的 X 射线晶体衍射分析,揭示了遗传密码的本质,是 20 世纪生物学的最重大的突破,开创了现代生物学的新纪元;20 世纪 60 年代普里高津的非线性热力学的理论定量分析生物自组织、耗散结构,建立了非生命现象与生命过程的理论联系。

近年来生物科学和物理学紧密结合产生了一系列的新兴的边缘学科,如分子生物学、分子遗传学、量子生物学、仿生学、生物信息和生物控制论等。物理学还为生物技术提供了现代化的实验方法和手段,如电子计算机、电子显微镜、扫描隧穿显微镜、超速离心、光谱、质谱、X 射线衍射、激光、核磁共振等,使生物学的发展提高到理论化的高度,使生物技术运用上了最新最现代化的仪器装置,使细胞工程、基因工程等生物工程按照人类的意愿,生产出优质、高效的生物产品,以满足人类物质生活的需要。

(3) 物理学孕育着科学的世界观和方法论

物理学史告诉我们,新的物理概念和观念的确立是人类认识史上的一个飞跃。普朗克的能量量子化假设,是在突破了能量连续变化的传统观念基础上提出来的;爱因斯坦的相对论是突破了牛顿绝对时空观的束缚,创立了相对论的时空观基础上才形成的。这说明物理学的前进和发展是科学的世界观战胜谬误的世界观的结果。

物理学是理论和实验高度结合的一门科学,它往往经历从实际中来的命题的提出—推测答案—理论的预言—回到实验的检验—修改理论—再回到实践……循环往复的过程。任何一个物理学重要原理的确立都体现了这种实践与理论的辩证关系。

物理学理论的形成过程处处体现科学思想的指导和科学方法的应用,归纳

和演绎是其中之一. 例如, 麦克斯韦电磁场理论, 就是通过归纳静电场的高斯定理, 恒定电流的安培环路定理, 法拉第的电磁感应定律和麦克斯韦的位移电流定理, 从而总结出了麦克斯韦方程组, 而后又从电磁场理论——变化的电场激发磁场, 变化的磁场激发电场的原理, 自然地引导出电磁波的存在及其特性的结论.

其他的科学方法, 如物理模型法、类比法、分析-综合法、物理假说和理想实验法等, 在物理学的发展过程中, 广泛地被物理学家应用. 同时, 对所有科学工作者都有指导意义. 所以讨论物理学中的科学的世界观和方法论, 对于人类从事更广泛的科学实践活动, 探讨物质世界的秘密是非常有益的.

21 世纪我国社会和经济的发展已推动高等教育出现了大众化教育的格局, 形成面向现代化的态势, 提出了培养复合型、高素质人才的要求. 为适应在我国占重要地位的农、林业发展的需要, 高等农、林院校必须与时俱进, 深化改革, 为培养出新型的农林科技人才做出贡献. 大学本科教育要使学生牢固地奠定现代自然科学的基础, 拓宽专业面; 重视人文、科学素质的教育; 加强能力培养. “大学基础物理学”是农林本科学学生必修的一门重要基础课, 它不仅为后续众多专业课和未来的专业工作提供相关的理论和实践的基础, 而且是大学生学习许多当代前沿的科学知识所必备的基础. 物理学的思想体系和方法论也是大学生认识自然, 改造社会所必需的人文科学素质的有机结合体. 基础物理学课程的教学程序, 实践—理论—实践各环节也必将对学生施行综合能力培养. 因此高等农林院校的学生必须加强基础物理理论的学习, 努力进行物理实验技能的训练, 力争掌握物理学思维方法, 联系生命科学实际, 在未来的学习和工作中有所前进, 有所创新.

第一部分

实物的性质和运动规律

