

安徽省高校省级规划教材
安徽省物理学会推荐教材

大学物理学

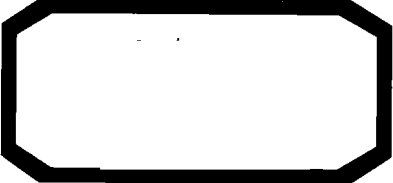
第2版

黄时中 袁广宇
朱永忠 吴 韬 编著
倪致祥

下 册

DAXUE WULIXUE

中国科学技术大学出版社



安徽省
安徽省物理学会推荐教材

大学物理学

第 2 版

下 册

黄时中 袁广宇 朱永忠 吴 韬 倪致祥
编 著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是参照教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会于2004年提出的非物理类专业大学物理课程教学基本要求,结合目前的课程设置的学时设置等方面的实际情况而编写的,全书力图在切实加强基础理论的同时,突出培养学生独立获取知识的能力、科学思维能力和解决问题的能力。

全书分上、下两册,上册包括力学、机械振动和机械波以及热学三部分,下册包括电磁学、波动光学和量子物理学部分。电磁学的具体内容包括:静电场和稳恒磁场的基本规律、电场与磁场相互联系的规律,波动光学的具体内容包括:光的干涉、衍射和偏振的基本理论及其应用,量子物理学的具体内容包括:量子理论的实验基础和量子力学入门知识。

本书可以作为高等学校非物理类专业大学物理学课程的教材。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站下载或与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.下册/黄时中等编著.—2版.—合肥:中国科学技术大学出版社,2010.2

安徽省高校省级规划教材

安徽省物理学会推荐教材

ISBN 978-7-312-02670-6

I. 大… II. 黄… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第009100号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路96号,230026
网址: <http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥芳翔印刷有限责任公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×960 mm 1/16
印张 22.75
字数 408千
版次 2006年2月第1版 2010年2月第2版
印次 2010年2月第5次印刷
定价 30.00元

《大学物理学》编委会

主编 黄时中

编委 王其申 倪致祥

黄时中 戴建明

谢国秋

序

物理学是研究物质结构、性质、基本运动规律及其相互作用的学科,是一项激动人心的智力探险活动,并为人类文明做出巨大贡献.物理学拓展我们认识自然的疆界,深化我们对其他学科的理解,是技术进步最重要的基础.物理教育为科学和技术培养训练有素的人才.物理学的进步对社会发展和人类生活的改善有不可估量的影响.

纵观历史,物理学在生产方式上极大地推动着人类物质文明的发展,例如,历次产业革命.李政道教授说,20世纪几乎绝大部分的科技文明,都是从狭义相对论、量子力学来的.另一方面,物理学在从思想上改变着人类精神文明的进程.能量守恒与转化、时间与空间的统一、量子化与不确定原理等物理学的重大突破,在人们的思想上引起了一场又一场革命.物理学对于社会发展、人类生活的改善、人类文明的进步各个层面的影响不可估量.

物理学是一代又一代科技工作者长期创造性研究工作的结晶,处处都闪烁着创新精神的光芒.物理学史中有大量的创新和发明,运用和发展了分析和归纳、猜想和类比等创新思维,形成了人类认识世界的完整的方法论.

物理教育不仅向人们传授最基础的科学知识,而且可以培养学生获取知识的能力、分析问题和解决问题的能力;引导学生追求真理、献身科学,树立科学发展观;激发学生求知热情、探索和创新精神.物理教育是素质教育的主要内容之一,不仅科学技术人才的培养离不开物理教育,人文社会工作者也需要物理教育.老一辈无产阶级革命家陆定一同志就曾经请何祚庥同志讲授物理学,从经典物理到量子力学,为时长达半年之久.

科学需要不断地创新,教育同样需要不断地创新.在科学技术迅速发展的新时代,如何进行大学物理学的教学改革,以提高人才培养的质量和效率,是物理工作者教育工作者都应该关心的重要问题.教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会一直很重视非物理类专业物理基础课程的教学改革,该分委员会于2004年10月9日至10月12日在中国科学技术大学召开了“全国高等学校非物理类专业物理课程基本要求研讨会”,会上提出了大学物理课程教学基本要求.会后,安徽省四所师范院校物理系的老师,也就是本书的

作者们,决意按照上述要求,并结合目前非物理类专业物理课程设置的学时设置等方面的实际情况,编写一套新教材,为大学物理学的教学改革做一份贡献.

他们将有关的想法向安徽省物理学会作了汇报,得到了安徽省物理学会的支持和鼓励.

这套新教材现已编写完毕,作者们对大学物理学的教学改革做了有益的探索,我们很赞同他们提出的一些做法,例如,把科学方法论融入到教材的具体内容中,在传授物理学基本内容的同时介绍创新思维方法;把现代计算工具渗入到教学的具体过程中,在更新教学形式的同时改革教学方法;把能力培养引入到教学的具体目标中,鼓励学生自学,指导学生查找文献,让学生在学习知识的同时进行初步的科学研究;追求以简洁的方式论述最基本的物理概念和规律,将全书的篇幅控制在 80 万字之内等等.

作者们这些富有创意的设想和勇于探索的精神都是值得肯定的,希望本书的出版可以给大学物理学的教学改革增添生气,对提高人才培养水平起到积极的作用.新教材本身是探索的结果,难免有不足之处.广大物理同行、读者朋友读了或者用了此书,如果能提出批评指正的意见,相信作者一定会欢迎并且衷心感谢的.

阮希南 张鹏飞 谨识

2006 年 6 月 12 日于中国科学技术大学

第 2 版前言

在安徽省物理学会的支持下,我们按教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会 2004 年 10 月在“全国高等学校非物理类专业物理课程基本要求研讨会”中提出的大学物理课程教学基本要求,结合非物理类专业物理课程内容和学时设置等方面的实际情况,编写了这套教材.在编写中我们努力把科学方法论融入到教材的具体内容中,在传授物理学基本内容的同时介绍创新思维方法;把现代计算工具的使用渗入到教学的具体过程中,在更新教学形式的同时改革教学方法;把能力的培养作为教学的具体目标之一,鼓励学生自学,指导学生查找文献,让学生在学习知识的同时进行科学探究,并追求以简洁的方式论述最基本的物理概念和规律.这些做法,得到了安徽省物理学会前理事长阮图南先生的充分肯定与鼓励.

本书出版以来,得到了广大读者的关心和支持,许多老师通过各种途径表达了他们对本书的意见和建议,我们对此表示衷心的感谢.根据使用者的建议,我们对教材中某些不够准确和不太完善的地方作了修订,删去了部分过于理论化的内容,补充了一些教学研究中的新成果.我们真诚地欢迎读者在第 2 版的使用过程中继续提出意见,以帮助我们进一步提高.

编 者

2010 年 2 月

前 言

物理学是一门基础自然科学,它所研究的是物质的基本结构、最普遍的相互作用、最一般的运动规律以及所使用的实验手段和思维方法.物理学渗透在自然科学的各个领域,应用于生产技术的许多部门,是自然科学和工程技术的基础.

大学物理课程是高等学校理工科各专业学生一门重要的必修基础课,本课程可以为学生提供一个科学工作者和工程技术人员所必备的物理基础知识和常用科学研究方法,可以激发学生的探索、创新精神和应用意识,可以培养学生实事求是的科学态度和辩证唯物主义世界观.

为了使学生通过本课程的学习,能够对物理学的基本概念、基本理论、基本方法有比较全面、系统的认识和正确的理解,教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会于2004年10月9日至10月12日,在中国科学技术大学召开了“全国高等学校非物理类专业物理课程基本要求研讨会”.会上提出了大学物理课程教学基本要求,主要内容有:培养学生独立获取知识的能力、科学思维能力和解决问题的能力;培养学生追求真理的理想、献身科学的精神和辩证唯物主义世界观,激发学生求知热情、探索精神和创新欲望.

按照上述要求,我们在对现行教材进行认真分析的基础上,结合目前的课程设置和学时设置等方面的实际情况,编写了本教材.本教材的主要特点有:

1. 把科学思维和科学方法融入到教材的具体内容中,在传授物理学基本内容的同时,侧重介绍了以实验为基础的归纳法,以猜想为前提的演绎法和以比较为桥梁的类比法.

2. 把现代计算工具引入到教学的具体内容中.在采用现代教学技术改革教学形式的同时,将现代计算软件 Mathematica 引入到大学物理课程的教学,利用其既能进行数值计算,又能进行符号运算,还可以进行计算机绘图等多种功能,简化了许多繁琐的计算过程和数学推导过程,展示了许多复杂的图像.这样既可以提高学生的应用能力,也能激发学生的学习兴趣.

3. 鼓励学生自学,指导学生查找文献.不但在教材中增加了物理名词的外文注释和有关物理规律的英文原文,以提高学生查阅外文资料能力和科技外语

交流能力,而且还附有物理文献及查阅方法等材料.

4. 围绕教学的基本要求,精选了一些既能培养学生分析和解决问题能力、巩固所学知识,又较贴近实际应用、可激发学生学习兴趣的习题. 习题的形式多样,还增加了小课题研究、课程论文和探索性实验等练习内容.

本书的编写得到了安徽省物理学会的支持. 安徽省物理学会理事长阮图南教授对本书的编写给予了极大的关怀和鼓励,并就编写中应突出的主要特点给予了富有启发性的指导,作者对此深表感谢. 在本书的编写过程中,还得到了中国科学技术大学等高校的有关专家和许多同行老师的热情鼓励、帮助和支持,在此一并表示感谢. 此外,本书的出版还得到了安徽师范大学教材建设基金的资助,作者对此深表感谢.

按照大学物理课程教学基本要求,本书的编写过程本身也是一个探索的过程,由于作者学识水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请广大教师和读者不吝赐教,以便在再版时加以修正.

编 者

2005 年 6 月

目 录

序	(i)
第 2 版前言	(iii)
前言	(v)

第 4 篇 电磁学

第 9 章 静电场	(4)
9.1 电荷和库仑定律	(4)
9.1.1 电荷及其基本性质	(4)
9.1.2 库仑定律和库仑力的叠加原理	(5)
9.2 电场强度	(8)
9.2.1 电场强度	(9)
9.2.2 电场强度的计算式	(10)
9.3 电场线	(17)
9.3.1 电场线	(17)
9.3.2 静电场电场线的性质	(19)
9.4 静电场的高斯定理	(19)
9.4.1 电通量	(19)
9.4.2 静电场的高斯定理	(21)
9.4.3 高斯定理的应用举例	(23)
9.5 静电场的环路定理	(27)
9.5.1 静电场的环路定理	(27)
9.5.2 电势差和电势	(29)
9.5.3 电势的计算举例	(31)
9.5.4 等势面	(34)
9.5.5 电场强度与电势梯度的关系	(35)
习题	(37)

第 10 章 静电场中的导体和电介质	(43)
10.1 静电场中的导体	(43)
10.1.1 导体的静电平衡	(43)
10.1.2 静电平衡时导体上的电荷分布	(45)
10.1.3 导体表面附近的电场强度与面上对应点的电荷面密度 σ 的关系	(46)
10.1.4 静电屏蔽	(47)
10.2 电介质的极化和有介质时的高斯定理	(49)
10.2.1 电介质的电结构	(49)
10.2.2 电介质的极化	(50)
10.2.3 电极化强度、极化电荷与极化强度的关系	(51)
10.2.4 电极化强度与场强的关系	(52)
10.2.5 有介质时的高斯定理	(53)
10.3 电容和电容器	(56)
10.3.1 孤立导体的电容	(56)
10.3.2 电容器及其电容	(57)
10.3.3 电容器的串联和并联	(59)
10.4 电场的能量	(61)
10.4.1 电容器储存的静电能	(61)
10.4.2 电场的能量	(61)
习题	(63)
第 11 章 稳恒电流	(69)
11.1 电流及其连续性方程	(69)
11.1.1 电流	(69)
11.1.2 电流的连续性方程	(71)
11.1.3 稳恒电流	(71)
11.2 欧姆定律和焦耳定律	(73)
11.2.1 欧姆定律	(73)
11.2.2 电阻定律	(73)
11.2.3 欧姆定律的微分形式	(74)
11.2.4 电流的功和功率、焦耳楞次定律	(75)
11.3 电源和电动势, 闭合电路和一段含源电路的欧姆定律	(77)
11.3.1 电源及其电动势	(77)

11.3.2 闭合电路的欧姆定律	(79)
11.3.3 含源电路的欧姆定律	(80)
11.3.4 基尔霍夫方程组	(81)
习题	(82)
第 12 章 恒定磁场	(86)
12.1 磁场	(86)
12.1.1 奥斯特实验	(86)
12.1.2 磁感应强度	(88)
12.2 毕奥-萨伐尔定律	(89)
12.2.1 毕奥-萨伐尔定律	(90)
12.2.2 运动点电荷的磁场	(91)
12.2.3 毕奥-萨伐尔定律的应用	(91)
12.3 磁通连续性定理	(96)
12.4 安培环路定理	(97)
12.4.1 安培环路定理	(97)
12.4.2 安培环路定理的应用	(100)
12.5 磁场对载流导体的作用,磁力的功	(104)
12.5.1 安培定律	(104)
12.5.2 磁场对载流导线的作用力	(104)
12.5.3 载流线圈在均匀外磁场中受到的磁力矩	(106)
12.5.4 磁力的功	(108)
12.5.5 平行电流间的互相作用,电流单位安培的定义	(110)
12.5.6 运动电荷在磁场中所受的力——洛仑兹力	(110)
12.6 带电粒子在电磁场中的运动	(111)
12.6.1 运动方程(动力学方程)	(111)
12.6.2 带电粒子在电磁场中的运动	(112)
12.6.3 霍尔效应	(115)
习题	(117)
第 13 章 磁介质	(122)
13.1 磁介质存在时静磁场的基本规律	(122)
13.1.1 磁介质的磁化,磁化强度	(122)
13.1.2 磁化电流	(124)
13.1.3 有磁介质时的安培环路定理	(126)

13.1.4 稳恒磁场与静电场方程的对比	(128)
13.2 顺磁性与抗磁性	(129)
13.2.1 顺磁性	(129)
13.2.2 抗磁性	(130)
13.3 铁磁性与铁磁质	(131)
13.3.1 铁磁质的磁化性能	(132)
13.3.2 铁磁性的起因	(134)
习题	(135)
第 14 章 电磁感应	(137)
14.1 电磁感应的基本定律	(137)
14.1.1 电磁感应现象	(137)
14.1.2 楞次定律	(137)
14.1.3 法拉第电磁感应定律	(139)
14.2 动生电动势	(140)
14.2.1 动生电动势及相应的非静电力	(141)
14.2.2 在磁场中转动的线圈中的感应电动势——发电机的基本 原理	(142)
14.3 感生电动势和感生电场	(143)
14.3.1 感生电动势和感生电场	(144)
14.3.2 感生电场的性质	(145)
14.3.3 螺线管磁场变化引起的感生电场	(146)
14.4 自感应与互感应	(148)
14.4.1 自感应	(148)
14.4.2 互感应	(152)
14.5 磁场的能量	(154)
14.5.1 自感线圈的磁能	(154)
14.5.2 磁场的能量	(156)
附录 两线圈互感系数相等的直接证明	(157)
习题	(161)
第 15 章 电磁场理论的基本概念	(170)
15.1 麦克斯韦方程组	(170)
15.1.1 电磁场基本规律小结	(170)
15.1.2 位移电流	(171)

15.1.3 麦克斯韦方程组	(173)
15.2 电磁波的辐射和传播	(175)
15.2.1 振荡电偶极子辐射的电磁波	(175)
15.2.2 平面电磁波的基本性质	(176)
15.2.3 电磁波的能量	(177)
15.2.4 电磁波谱	(177)
附录 电偶极子辐射公式的推导	(178)
习题	(182)

第5篇 波光动力学

第16章 光的干涉	(189)
16.1 光源和光的相干性	(190)
16.1.1 光源	(190)
16.1.2 单色光与复色光	(190)
16.1.3 光的相干性	(191)
16.2 获得相干光的方法	(194)
16.2.1 获得相干光的方法	(194)
16.2.2 杨氏双缝干涉实验	(195)
16.2.3 洛埃镜实验	(198)
16.3 薄膜表面的干涉	(199)
16.4 劈尖干涉和牛顿环	(202)
16.4.1 劈尖干涉	(202)
16.4.2 牛顿环	(204)
16.5 迈克尔孙干涉仪	(206)
16.5.1 迈克尔孙干涉仪	(206)
16.5.2 干涉现象的应用	(208)
16.5.3 相干长度	(209)
习题	(210)
第17章 光的衍射	(214)
17.1 惠更斯-菲涅耳原理	(214)
17.1.1 光的衍射现象	(214)
17.1.2 惠更斯-菲涅耳原理	(215)
17.1.3 菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射	(215)

17.2 单缝和圆孔的夫琅禾费衍射	(216)
17.2.1 单缝衍射	(216)
17.2.2 圆孔衍射	(221)
17.3 平面衍射光栅	(222)
17.3.1 光栅方程	(222)
17.3.2 光栅光谱	(224)
17.4 光学仪器的分辨率	(225)
17.5 X射线在晶体上的衍射	(227)
17.6 全息照相	(229)
17.6.1 全息照相	(229)
17.6.2 基本原理	(230)
17.6.3 全息照片的摄制与再现装置	(231)
17.6.4 全息照相的特点	(232)
附录1 单缝夫琅禾费衍射合振幅的计算	(233)
附录2 圆孔夫琅禾费衍射光强分布的计算	(234)
习题	(239)
第18章 光的偏振	(242)
18.1 自然光和偏振光	(242)
18.1.1 光的偏振性	(242)
18.1.2 自然光	(243)
18.2 偏振片,马吕斯定律	(244)
18.2.1 偏振片的起偏和检偏	(244)
18.2.2 马吕斯定律	(246)
18.3 反射时光的偏振	(247)
18.4 光的双折射	(248)
18.4.1 光的双折射现象	(248)
18.4.2 尼科耳(Nicol)棱镜	(250)
18.4.3 二向色性与偏振片	(251)
18.5 偏振光的干涉	(252)
18.5.1 偏振光的干涉	(252)
18.5.2 椭圆偏振光和圆偏振光	(253)
18.5.3 人为双折射现象	(254)
18.6 旋光现象	(256)

习题	(257)
----------	-------

第 6 篇 量子物理学

第 19 章 量子理论的实验基础	(263)
19.1 黑体辐射与能量子	(263)
19.1.1 热辐射	(263)
19.1.2 黑体辐射的实验定律	(264)
19.1.3 黑体辐射的经典解释及其困难	(265)
19.1.4 普朗克公式与能量子假设	(266)
19.2 光电效应与光子	(269)
19.2.1 光电效应	(269)
19.2.2 光子假设	(270)
19.2.3 光的波粒二象性	(271)
19.2.4 康普顿效应	(272)
19.3 原子结构	(275)
19.3.1 氢原子光谱的规律性	(275)
19.3.2 卢瑟福的原子有核模型	(276)
19.3.3 玻尔理论	(277)
19.3.4 弗兰克-赫兹实验	(281)
19.3.5 玻尔理论的评论	(282)
19.4 波粒二象性	(282)
19.4.1 德布罗意假设	(282)
19.4.2 德布罗意波的实验证明	(284)
19.4.3 物质波应用——电子显微镜	(284)
19.4.4 波函数及其统计解释	(285)
19.5 不确定关系及其应用	(287)
19.5.1 不确定关系	(287)
19.5.2 能量与时间的不确定关系	(289)
19.5.3 不确定关系的应用	(289)
习题	(292)
第 20 章 量子力学入门	(294)
20.1 薛定谔方程	(294)
20.1.1 薛定谔方程的建立	(294)

20.1.2	定态薛定谔方程	(296)
20.1.3	波函数的叠加原理	(297)
20.1.4	力学量的算符表示	(298)
20.2	一维量子问题	(298)
20.2.1	一维无限深方势阱	(299)
20.2.2	一维简谐振子	(302)
20.2.3	势垒和隧穿效应	(304)
20.2.4	扫描隧穿显微镜	(305)
20.3	氢原子的薛定谔方程	(306)
20.3.1	氢原子的定态薛定谔方程	(306)
20.3.2	氢原子的角动量	(307)
20.3.3	氢原子的能量	(309)
20.3.4	氢原子的径向概率密度	(311)
20.4	电子自旋	(312)
20.4.1	碱金属原子	(312)
20.4.2	原子磁矩	(313)
20.4.3	斯特恩-盖拉赫实验	(315)
20.4.4	电子自旋	(316)
20.5	元素周期律	(317)
20.5.1	多电子原子的状态和能量	(317)
20.5.2	泡利不相容原理	(319)
20.5.3	原子的壳层结构与元素周期律	(320)
	习题	(325)
	参考书目	(327)
	附录 A 中英文对照目录	(328)
	附录 B 物理文献及其查阅方法	(331)
	附录 C 参考答案	(337)