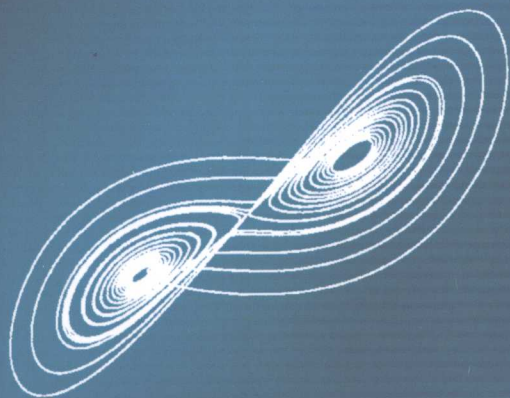




普通高等教育“十一五”规划教材
普通高等院校物理精品教材

大学物理(上)

彭志华 付茂林 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

普通高等教育“十一五”规划教材
普通高等院校物理精品教材

大学物理

(上册)

主 编 彭志华 付茂林

副主编 郭 萍 谢安平

参 编 (按姓氏笔画排序)

王振华	付茂林	向 东	杜 丹
李伟军	李新霞	吴喜军	陈 铀
胡 苹	胡继文	贾 鹏	郭 萍
彭志华	谢安平		

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

大学物理(上册)/彭志华 付茂林 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2009 年 2 月

ISBN 978-7-5609-5049-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 202581 号

大学物理(上册)

彭志华 付茂林 主编

策划编辑:周芬娜

责任编辑:胡 芬

责任校对:周 娟

封面设计:潘 群

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:武汉中远印务有限公司

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:15

字数:340 000

版次:2009 年 2 月第 1 版

印次:2009 年 2 月第 1 次印刷

定价:26.00 元

ISBN 978-7-5609-5049-5/O · 475

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是为适应当前教学改革的需要,根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委会在 2008 年 4 月审订的“理工科类大学物理课程教学基本要求”,结合编者多年的教学实践和教改经验编写而成的。

全书分上、下两册。上册包括力学、机械振动与机械波、热学;下册包括电磁学、波动光学、量子物理基础。书中介绍的主要是理工科普通物理教学大纲要求的基本内容;另选编有阅读材料,所涉及的是物理学知识在各相关领域的应用及拓展,以利于开阔学生的视野。

本书可作为高等学校非物理专业大学物理课程的教材。

前 言

本书是为适应当前教学改革的需要,根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委会在2008年4月审订的“理工科类大学物理课程教学基本要求”,结合编者多年的教学实践和教改经验编写而成的。在编写过程中,吸取了多种优秀教材的长处,并考虑了当前高校学时和学生的实际情况。本书的主要特点如下。

1. 贯彻基本要求,力求简炼、综合。内容的选用符合基本要求。对基本要求中规定要掌握、理解和了解的内容分别作了不同的处理。抓住主要内容,去粗取精,突出物理学中的重要定律与定理,从物理学发展过程和教学实际情况两个方面组织教学内容,精选例题、习题,用基本的、通俗的方法讲述物理内容。努力满足广大师生的教学需要,激发学生的学习兴趣,培养学生的创新能力。

2. 围绕核心要素,辐射研究前沿。本书特别注重对物理学核心概念和规律的介绍,如时间与空间,相互作用,传播速度,能量、动量、角动量守恒定律等,并着力将时间与空间,对称与守恒,过程与状态,振动与波,粒子与场,统计性与确定性等贯穿始终。与此同时,大胆地“渗透”一些科技前沿信息,并介绍了非线性物理的一些内容和概念。力图将前沿和基础联系起来,在奠定厚实基础的同时,使之具有广阔的发展空间和广泛的适用性。

3. 精选阅读材料,开阔学生视野。书中编入了多篇阅读材料,以扩大学生知识面,使学生接触到更多新的物理知识和概念,激发学生学习物理的兴趣,提高学生的科学素质。

4. 适应不同专业,便于师生教学。本书编写过程中,既考虑到物理体系的完整性和系统性,又尽量考虑到不同专业对物理知识要求的差异。因此某些加了“*”号的章节,教师可以根据学校课程设置、教学专业特点和教学学时数来取舍,也可以跳过这些带“*”号的内容,而不会影响整个体系的完整性和系统性。教材即“一剧之本”,既要满足教师在授课“舞台”有据可依的需要,又要为教师提供了个性发挥的空间。

参加本书编写工作的有付茂林(第1章、第4章),贾鹏(第2章),李伟军(第3章),胡继文(第5章),向东(第6章),谢安平(第7章),陈铀(第8章),郭萍(第9章),彭志华(第10章、第12章),李新霞(第11章),吴喜军和牡丹(第13章、第14章、第15章),王振华(第16章),胡辛(第17章)。全书由彭志华和付茂林统稿,最后

由彭志华负责审稿并定稿。

在编写过程中,我们得到了许多同行们很好的建议及出版社的大力支持和帮助,在此一并表示真诚的感谢。

由于编者水平有限,错误及不妥之处在所难免,请广大师生批评指正,以便今后逐步完善和提高。

编 者

2008 年 9 月

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 力 学

第 1 章 质点运动学	(7)
1.1 质点 参考系 坐标系	(7)
1.1.1 质点	(7)
1.1.2 参考系和坐标系	(8)
1.1.3 空间和时间	(8)
1.2 质点运动的描述	(10)
1.2.1 位置矢量	(10)
1.2.2 运动方程	(11)
1.2.3 位移与路程	(11)
1.2.4 速度	(12)
1.2.5 加速度	(13)
1.2.6 自然坐标系中的速度和加速度	(16)
1.3 圆周运动	(18)
1.3.1 圆周运动的角量描述	(18)
1.3.2 线量和角量之间的关系	(19)
1.4 相对运动	(20)
思考题	(23)
习题	(24)
第 2 章 质点动力学	(26)
2.1 牛顿运动定律	(26)
2.1.1 牛顿第一定律	(26)
2.1.2 牛顿第二定律	(27)
2.1.3 牛顿第三定律	(28)
2.1.4 牛顿运动定律的应用	(28)
2.1.5 力的分类	(31)
2.2 惯性系与非惯性系力学	(33)
2.2.1 惯性系与非惯性系	(33)
2.2.2 惯性力	(34)

2.2.3	科里奥利力	(35)
2.2.4	地球上的科里奥利力学现象	(36)
2.3	冲量 动量守恒定律	(37)
2.3.1	冲量 质点动量定理	(37)
2.3.2	质点系动量定理	(38)
2.3.3	动量守恒定律	(40)
2.4	动能定理	(42)
2.4.1	功的定义及其计算	(42)
2.4.2	质点的动能定理	(44)
2.5	保守力 势能	(46)
2.5.1	保守力的功	(46)
2.5.2	势能	(47)
2.5.3	势能曲线	(49)
2.6	功能原理 机械能守恒定律	(49)
2.6.1	质点系的动能定理	(50)
2.6.2	功能原理	(51)
2.6.3	机械能守恒定律	(51)
2.7	碰撞	(53)
	思考题	(54)
	习题	(55)
第3章	刚体的定轴转动	(57)
3.1	刚体运动的描述	(57)
3.1.1	刚体的平动和转动	(57)
3.1.2	刚体的定轴转动	(58)
3.2	刚体定轴转动定律 转动惯量	(60)
3.2.1	力矩	(60)
3.2.2	转动定律	(61)
3.2.3	转动惯量	(62)
3.2.4	转动定律的应用	(65)
3.3	刚体定轴转动的功和能	(67)
3.3.1	力矩的功	(67)
3.3.2	刚体定轴转动的动能	(67)
3.3.3	刚体定轴转动的动能定理	(68)
3.3.4	刚体的重力势能	(68)
3.4	刚体定轴转动的角动量	(70)
3.4.1	质点的角动量	(70)

3.4.2 刚体对定轴的角动量	(71)
3.4.3 刚体定轴转动的角动量定理	(71)
3.4.4 角动量守恒定律	(72)
思考题	(75)
习题	(75)
第4章 相对论基础	(79)
4.1 力学相对性原理和伽利略坐标变换	(79)
4.1.1 力学相对性原理	(79)
4.1.2 伽利略坐标变换式 经典力学的时空观	(80)
4.2 狭义相对论基本原理 洛伦兹坐标变换式	(82)
4.2.1 狭义相对论基本原理	(82)
4.2.2 洛伦兹坐标变换式	(83)
4.2.3 洛伦兹坐标变换式的推导	(85)
4.3 相对论速度变换	(86)
4.4 狭义相对论的时空观	(87)
4.4.1 同时的相对性	(87)
4.4.2 长度的收缩	(88)
4.4.3 时间的延长	(89)
4.5 狭义相对论动力学	(91)
4.5.1 相对论的质速关系	(91)
4.5.2 相对论力学的基本方程	(93)
4.5.3 质量和能量的关系	(93)
4.5.4 动量和能量的关系	(94)
* 4.6 广义相对论简介	(95)
思考题	(97)
习题	(97)
阅读材料 A 混沌与混沌控制	(99)

第二篇 机械振动与机械波

第5章 机械振动	(107)
5.1 简谐振动的动力学特征	(107)
5.1.1 弹簧振子	(107)
5.1.2 单摆	(108)
5.2 简谐振动的运动学	(110)
5.2.1 简谐振动的运动学方程	(110)
5.2.2 描述简谐振动的重要物理参量	(110)

5.2.3 简谐振动的旋转矢量表示法·····	(113)
5.3 简谐振动的能量转换·····	(115)
5.4 简谐振动的合成·····	(117)
5.4.1 同方向同频率的两简谐振动的合成·····	(117)
5.4.2 同方向不同频率的两简谐振动的合成·····	(118)
5.4.3 两个互相垂直的同频率简谐振动的合成·····	(120)
5.4.4 两个互相垂直的不同频率简谐振动的合成·····	(122)
* 5.5 振动的分解·····	(123)
5.6 阻尼振动 受迫振动 共振·····	(124)
5.6.1 阻尼振动·····	(124)
5.6.2 受迫振动·····	(126)
5.6.3 共振·····	(127)
* 5.7 非线性振动简介·····	(127)
思考题·····	(129)
习题·····	(130)
第6章 机械波 ·····	(132)
6.1 机械波的产生和传播·····	(132)
6.1.1 机械波产生的条件·····	(132)
6.1.2 横波和纵波·····	(132)
6.1.3 波线和波面·····	(133)
6.1.4 描述波动的物理量·····	(134)
6.2 平面简谐波·····	(135)
6.2.1 平面简谐波的波函数·····	(135)
* 6.2.2 波动中质元振动的速度和加速度·····	(137)
6.2.3 波函数的物理意义·····	(137)
* 6.2.4 平面简谐波的微分方程·····	(139)
6.3 波的能量·····	(141)
6.3.1 波的能量和能量密度·····	(141)
6.3.2 波的能流与能流密度·····	(142)
6.3.3 波的吸收·····	(144)
6.4 惠更斯原理 波的衍射、反射和折射·····	(144)
6.4.1 惠更斯原理·····	(144)
6.4.2 波的衍射·····	(145)
6.4.3 波的反射与折射·····	(146)
6.5 波的干涉·····	(146)
6.5.1 波的叠加原理·····	(146)
6.5.2 波的干涉原理·····	(147)

6.6 驻波	(150)
6.6.1 驻波的波动方程	(150)
6.6.2 驻波的特点	(151)
6.6.3 半波损失	(152)
6.7 多普勒效应和冲击波	(153)
6.7.1 多普勒效应	(153)
* 6.7.2 冲击波	(155)
思考题	(155)
习题	(156)
阅读材料 B 超声波及其应用	(160)

第三篇 热 学

第 7 章 气体动理论	(167)
7.1 平衡态 理想气体状态方程	(167)
7.1.1 气体的宏观状态参量	(167)
7.1.2 平衡态	(168)
7.1.3 理想气体状态方程	(168)
7.2 物质的微观结构 统计规律性	(169)
7.2.1 分子线度和分子间的相互作用力	(169)
7.2.2 分子热运动的无序性与统计规律性	(170)
7.3 理想气体的压强公式	(171)
7.4 温度的微观本质	(173)
7.5 能量均分定理 理想气体的内能	(174)
7.5.1 自由度	(174)
7.5.2 能量均分定理	(175)
7.5.3 理想气体的内能	(175)
7.6 麦克斯韦气体分子速率分布	(176)
7.6.1 测定气体分子速率分布的实验	(177)
7.6.2 麦克斯韦气体分子速率分布律	(178)
7.6.3 三种统计速率	(178)
7.7 玻耳兹曼分布律	(180)
7.7.1 玻耳兹曼分布律的推导	(180)
7.7.2 重力场中分子数密度按高度的分布	(181)
7.7.3 重力场中的等温气压公式	(181)
7.8 分子的平均碰撞频率和平均自由程	(182)
7.9 气体内的输运过程	(183)
7.9.1 黏性现象(内摩擦现象)	(183)

7.9.2 热传导现象	(184)
7.9.3 扩散现象	(184)
7.10 实际气体的范德华方程	(185)
思考题	(186)
习题	(187)
第8章 热力学基础	(189)
8.1 热力学第一定律	(189)
8.1.1 准静态过程	(189)
8.1.2 内能 功 热量	(190)
8.1.3 热力学第一定律	(192)
8.2 热力学第一定律在等值过程中的应用	(193)
8.2.1 热容	(193)
8.2.2 等容过程 摩尔定容热容	(194)
8.2.3 等压过程 摩尔定压热容	(194)
8.2.4 等温过程	(196)
8.3 绝热过程 多方过程	(197)
8.3.1 绝热过程	(197)
* 8.3.2 多方过程	(199)
8.4 循环过程 卡诺循环	(203)
8.4.1 循环过程	(203)
8.4.2 卡诺循环	(205)
8.5 自然过程的不可逆性及其等价性	(210)
8.5.1 自然过程的方向性 可逆过程与不可逆过程	(210)
8.5.2 自然过程不可逆的等价性	(211)
8.6 热力学第二定律及其统计意义	(212)
8.6.1 热力学第二定律	(212)
8.6.2 热力学第二定律的统计意义	(213)
8.6.3 玻耳兹曼熵公式与熵增原理	(215)
* 8.7 克劳修斯熵	(217)
8.7.1 卡诺定理	(217)
8.7.2 克劳修斯不等式	(217)
8.7.3 克劳修斯熵的推导	(218)
8.7.4 熵的应用	(219)
思考题	(221)
习题	(222)
阅读材料 C 耗散结构理论简介	(226)

绪 论

1. 什么是物理学

古希腊人把所有的对自然界的观察与思考,都笼统地归纳于一门学科之中,称为自然哲学。从中国古代关于杠杆原理的论述,到古希腊亚里士多德(Aristotle)关于力产生运动的说法,都是自然哲学的萌芽。随着科学的发展和工业革命的兴起,自然哲学逐渐分化为天文学、物理学、化学、生物学、地质学等等。

1687年,牛顿在开普勒、伽利略、笛卡儿、惠更斯等科学家研究的基础上,发表了划时代的著作《自然哲学的数学原理》,建立了完整的经典力学理论,它标志着现代意义下物理学的开端。从18世纪到19世纪,在大量实验事实的基础上,焦耳、开尔文、克劳修斯等人建立了宏观热力学理论,克劳修斯、麦克斯韦、玻耳兹曼等人又创立了气体分子动理论,库仑、高斯、安培、法拉第、麦克斯韦等人建立了电磁学理论,至此形成了一个比较完整的经典物理学理论体系。19世纪末,一系列与经典物理的预言极不相容的实验事实相继出现,经典物理理论面临着严峻挑战。在这些新的实验事实的基础上,爱因斯坦于20世纪初独自创立了相对论,并与普朗克、玻尔、德布罗意、薛定谔等人共同创立了量子论和量子力学,奠定了近代物理学的基础。随着科学的发展与进步,从物理学中不断分化出诸如粒子物理、原子核物理、原子分子物理、凝聚态物理、激光物理、等离子体物理等新分支,以及天体物理、地球物理、化学物理、生物物理等众多交叉学科。

从上述关于物理学的起源和发展的描述中,可以了解到物理学的大致轮廓。什么是物理学呢?用一句简单的话来概括,物理学是探讨物质结构和运动的基本规律的学科。尽管这个相当广泛的定义仍难以刻画出当代物理学极其丰富的内涵,不过有一点是肯定的,即与其他学科相比,物理学更着重于物质世界普遍而基本的规律的研究。

物理学的研究对象是物质世界的基本结构和最基本的运动形式,这些运动形式又普遍存在于其他高级的、复杂的物质运动形式(如化学的、生命的)之中。例如,宇宙间的任何物体,不论其化学成分如何,也不论其有无生命,都要遵守物理学的万有引力定律;一切变化和过程,无论它是否具有化学的、生物的或其他的特殊性质,都要遵守物理学的能量转化和守恒定律。但是,必须注意,各种高级的、复杂的运动形式除了要遵守一定的物理定律之外,还具有各自独特的规律,不可能也不应该企图单纯地用物理定律来解释物质世界的一切运动形式。如生命运动就不能单纯地用物理定

律和物理过程来解释。

由于物理学所研究的运动及其规律具有普遍性,所以物理学在自然科学体系中占有重要而独特的地位,成为其他学科和工程技术的理论基础。

2. 物理学与技术的关系

社会上习惯于把科学与技术联系在一起,并统称“科技”。实际上,二者既有紧密联系,又有重大的区别。一般来说,科学主要解决理论问题,而技术主要解决实际问题。科学要解决的问题,是发现自然界中确凿的事实和现象之间的关系,并建立物理模型把它们联系起来,从而形成理论;而技术的任务是把科学研究的成果应用到具体的实际问题当中去。科学研究主要是在未知的领域内进行探索的工作,其进展,尤其是重大的突破,是难以预料的;而技术应用则是在相对成熟的领域内应用科学的工作,因而可以进行比较准确的规划。

历史上,物理学和技术的发展是紧密联系、相互促进的。18世纪60年代开始的第一次工业革命以蒸汽机的应用为标志,它是牛顿力学和热力学得到长足发展的结果;然而热机的发明和应用又向物理学提出了大量的问题,促进了热力学理论的向前发展,直接导致了能量守恒定律的建立,不仅极大地丰富了物理学的内涵,反过来又提高了热机的技术水平,使热机的效率得到大幅度的提高。19世纪70年代开始的以电力的广泛应用和无线电通信为主要特征的第二次工业革命,则是电磁学理论发展的结果。从1785年建立库仑定律,到1831年法拉第发现电磁感应定律,再到1862年麦克斯韦创立电磁理论,这些物理理论的不断发展和完善最终促使西门子于1867年制成了发电机,导致马可尼和波波夫发明了无线电,从而为人类打开了进入电气化时代的大门。

对当今科学、技术,乃至社会生活都产生了巨大冲击的计算机技术,也是与物理学理论的不断发展和完善分不开的。因为计算机的所有硬件部分都是以物理学研究成果为基础的。如果没有量子力学的建立、费米-狄拉克统计法的提出,没有索末菲提出能带的猜想以及派尔斯提出禁带、空穴的概念,很难想象会有晶体管和集成电路的发明。如果没有晶体管和集成电路的发明,计算机技术的发展就会成为一句空话。可见,物理学不仅与科学技术的发展密不可分,而且还是科学技术发展的源泉。

自从人类进入21世纪以来,世界范围内便面临着以信息、能源、材料、生物工程和空间技术为核心内容的新技术革命,物理学作为整个自然科学的理论基础而成为各个学科的先导。近代物理在量子论、粒子物理、介观物理等研究方向上的突破,可能成为新兴学科和技术的萌芽,建立在物理学等自然科学基础上的高新技术将会推动21世纪进入更高级的人类文明新时代。

3. 如何学好物理学

现代物理学是一门理论和实验高度结合的精密学科,是在广泛的观察和实验事实的基础上,通过严谨的抽象分析、假设推理之后,再通过大量的实践检验而建立起来的。因此,学习物理学首先要有科学的态度和科学的方法。对于任何科学问题,必

须坚持实事求是的原则,来不得半点臆想和虚构。对于实验事实或自然现象,可以根据现有理论去解释它;如果实验事实和现有理论不相符,就要提出新的假说和原理去说明它。其次要正确认识物理学的作用。物理学是其他自然科学的基础,物理学的研究方法对其他学科也起着指导作用,但是物理学并不等同于其他自然科学,也不完全包含其他自然科学。那种认为学完物理课程马上就能产生立竿见影的效果的急功近利的想法是不切实际的,当然,认为物理课程可有可无的想法也是错误的。物理学的基础理论、研究方法、科学思想是人们从事科学技术工作的基本要求。著名理论物理学家、诺贝尔奖获得者理查德·费曼说:“科学是一种方法,它教导人们:事物是怎样被了解的,什么事情是已知的,现在了解到什么程度(因为没有事情是绝对已知的),如何对待疑问和不确定性,证据服从什么法则,如何去思考事物,作出判断,如何区别真伪和表面现象。”再次,要注意课程各部分内容之间的内在联系和严谨的逻辑关系,建立清晰的物理图像,深刻理解物理基本概念和基本定律,并掌握一定的数学语言和推演技巧,对物理学的历史、现状和前沿等方面有整体的了解。学习物理学,不是仅仅为了掌握一些基本知识、熟记几个定律和公式,也不要吧注意力集中在解题上,更重要的是要学习其中的物理思想、思维方式和研究方法,培养自己的创新精神,这些内容都必然融汇在老师对具体问题的分析讲授之中。除了要注意上面几点以外,勤于思考、勇于实践也是必不可少的。

物理学和一切自然科学的发展都是永不停息的,纷繁复杂的自然界还有太多的事物尚不为人类所了解,不断发现、不断创新是每一个科学工作者的生命和灵魂。我们应当在学习和掌握物理知识的过程中,开阔视野,提高科学素质,不断强化创新意识,培养创新能力,努力使自己成为具有较高的科学素质和创新能力、适应新世纪科学发展要求的人才。

第一篇
力学
学