

湖南大学应用物理系 组编 陈昭光 王鑫 谢白芳 彭一军 主编
蔡建乐 郑采星 主审



大学物理 (上册)

DAXUE WULI

湖南大学出版社

大学物理

上册

湖南大学应用物理系 组编

陈曙光 王 鑫
谢自芳 彭 军

主编

湖南大学出版社

2003 年·长沙

内容简介

本书分上下两册,上册包括力学,相对论,振动与波(含光学),分子物理和热力学四部分;下册包括电磁学,量子物理基础、激光与固体能带,粒子物理基础四个部分。经典力学部分以运动与时空为线索,以角动量守恒、动量守恒、能量守恒为构架展开并紧接着介绍相对论;以机械振动和机械波为重点阐述研究振动和波动的一般理论方法并立即推广应用于波动光学;将热物理学作为经典多粒子系的统计性和内在随机性行为及其宏观表现来处理,对统计规律和熵等作了适当扩充;利用相对论的基本思想论述场及其能量概念,对电磁学的基本规律和场的基本性质从相对论的角度给予统一阐述;在量子物理学部分,给出了量子概念的产生、发展及量子力学创立与应用的思维脉络;对激光产生的原理、应用,固体电子论及原子核与粒子物理学基础作了简要介绍。

本书可作为高等院校理工科各专业大学物理课程教材,也可供其他专业师生及有关人员参考。

大学物理系列教材 编委会

顾 问	沈抗存	刘全慧	何维杰
	赵仲黑	李炳虎	
主 任 委 员	蔡建乐		
副主任委员	陈曙光	张 智	
	谢 中	黄建刚	
委 员	(以姓氏笔画为序)		
	王 鑫	文利群	刘利辉
	吴凤英	黄述熙	谢自芳
	彭 军	翦知渐	

前 言

物理学是研究物质最基本、最普遍的运动形式及其规律的学科,是现代科学技术的基础,它的基本理论和方法已广泛渗透于自然科学的各个领域,应用于工程技术的各个部门。

大学物理是当代大学生科学基础教育的重要组成部分,是许多专业基础课和专业课的先修课。通过对大学物理课程的学习,可以使学生对物理学的基本概念、基本规律、基本理论有较全面、系统、深入的认识和理解;可以使学生学习并领会科学的思维方法和研究方法;培养学生独立获取知识的能力和提出问题、分析问题、解决问题的能力;使他们初步形成辩证唯物主义的世界观。

在长期的大学物理教学研究与实践过程中,我们深深地感到,有一本好学好用而又不乏新意的教材,对教学是非常重要的。这正是我们编写本教材的出发点。我们在编写本教材的过程中,特别注意处理如下关系。

基础和前沿:当今世界正处在所谓“知识爆炸”时代,知识的总量迅猛增加,知识老化的周期急剧缩短。在这一背景下,在物理学知识的海洋中选择知识并构建大学物理课程内容体系实为不易,应取哪些知识作为课程的核心内容,应将哪些前沿知识纳入课程中来,值得悉心研究。显然,作为基础课,不可能将前沿知识都纳入进来。我们注意到:一方面,物理学新概念、新知识、新成果日新月异,层出不穷。而另一方面,物理学的核心概念和主体内容却具有相对稳定性并显示出具有广泛的适应性。自从20世纪初以来,物理学的整体理论构架尚未发生“革命性”的、

20282/04

质的变化,或者说,物理学的发展正处在“量变”的积累阶段。因此,大学物理课程应以物理学的基本概念、基本规律、基本理论和基本理念为主,并选择有代表性和有重要发展前景的前沿内容加以介绍,而不宜一味追求前沿内容的多少。否则,皮之不存,毛将焉附?为此,我们主要做了两个方面的工作。一方面,本教材特别注重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。力图将前沿和基础统一起来,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应性。另一方面,精选经典物理学的新发展和现代物理学的新发现等所谓前沿问题,主要采用定性和半定量相结合的方法(有时也采用插入注释和补充说明的方法),从较简单的特殊问题入手,对其基本思想、主要结论及其应用和发展前景进行分析,避免复杂的数学处理和计算。

理论与应用:理论和应用是物理学不可分割的两个部分。物理学是一门以实验为基础的科学,其基本概念和理论的产生主要有四种途径:一是日常生活和自然现象;二是实验事实和实验结果;三是工程技术和生产实践;四是原有理论的进一步扩展。因此,在编写本教材的过程中,我们特别注意从现象、实验事实和具体问题出发,通过分析,引入概念和规律,渐次形成系统的知识和理论。而后,或者直接将理论用于分析和解决具体问题,包括日常生活、工程技术、物理实验及其与其他学科交叉的问题;或者专门设置章节对该理论的应用作综合介绍,将物理学知识、理论和应用融为一个有机整体。

知识与方法:物理学不只是物理知识和理论的组合,还包含了丰富的物理学方法。这里所指的方法不仅指物理学分析、研究和处理问题的方法,同时还包含学习物理知识的方法。从某

种角度来说,方法的掌握比知识的记忆更为重要。只有掌握了方法,才能灵活运用;只有掌握了方法,才能真正理解并获得更多的知识。物理学中有很多具有广泛适应性的方法,如模型法、理想实验法、等效法、元过程法、叠加法、类比法、演绎与归纳法等。在编写本教材的过程中,我们特别注意强调和反复使用这些方法。在现象的分析,概念的引入,规律的形成和理论的构造过程中,无不透着我们的这一用心。另外,学习的过程,决不只是知识的简单积累过程,更重要的是对知识的消化、归纳和总结。而归纳和总结又不能止于将一些主要概念和公式罗列出来,而应侧重于“节、章、篇”,乃至整个课程内容的切入口,分析和处理问题的思路、方法,有关内容的前后联系,形成一个有机整体,否则,将会只见树木,不见森林,收获极为有限。为此,本教材特别在每章开头设置了“本章导引”,给出本章要点、要求,并重点阐述本章分析和处理问题的思路与线索。希望能藉此帮助学生掌握科学的学习方法,科学的分析与研究方法,提高学习效率,使知识和能力同步增长。

系统性与实用性:大学物理课程要系统介绍物理学知识,使学生全面、深入地掌握物理学理论结构与方法。而“如何向学生展示物理学的知识与理论结构”,主要有两种方法,一是由一般到特殊的逻辑演绎式;二是由个别到整体、由简单到复杂的归纳概括式。究竟采用哪种方法,取决于学生的知识基础、思维水平和要展示的知识内容与要求,不应为追求形式上的统一而拘泥于一种形式。根据实际情况,我们在有的地方采用第一种方法,有的地方采用第二种方法,有的地方则二者兼用。其基本原则是在保证对基本概念和规律的充分理解和掌握的基础上,渐次螺旋上升而形成整个物理学知识与理论结构体系。

参加本书上册编写工作的有刘利辉(第1章),王鑫(第2章,第3章,第4章),谢自芳(第6章,第7章),郑采星(第8

章),陈曙光(第5章,第9章,第10章),彭军(第11章,第12章),上册由陈曙光、王鑫修改,统稿并定稿。

参加本书下册编写工作的有文利群(第13章,第14章),黄述熙(第15章,第16章,第17章),陈曙光(第18章),张智(第19章,第20章),下册由陈曙光、张智修改,统稿并定稿。全书由蔡建乐和郑采星审阅。

本教材是湖南大学物理教研室全体教师长期教学研究与实践积淀的结果。编写工作得到了沈抗存、刘全慧、何维杰、赵仲黑、李炳虎等老师的悉心帮助,在编写过程中我们参考了张三慧先生、程守洙和江之永等先生编写的大学物理教材及其他教材与教学参考书。在本书的编写过程中,还得到了湖南大学物理系、教材科、出版社的大力支持,在此深表感谢。

写一本“新”教材是不难的,但写一本“好”教材却不容易,我们力图写出一本好教材,但由于经验和水平有限,不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2002年12月 于岳麓山



朱福喜 教授、男，1957年7月生。在浙江大学数学系获学士学位、武汉大学计算机科学系获硕士学位和博士学位。一直从事人工智能和分布式计算方面的教学和科研工作。曾作为主持人或主要完成者参与多个国家自然科学基金项目以及湖北省自然科学基金项目的研究和开发，如《专家系统开发环境与推理工具系统》、《国家科委办公知识信息系统》（国家863项目）、《支撑Ada语言的并行分布计算环境》（国防军工预演项目）等。1993年赴美国加州Alpha Omega公司从事项目合作，2000年赴美国西东大学(Seton Hall University)从事并行分布计算方面的访问和研究，已在国内外发表论文二十余篇(部分被EI检索)，编写专著和教材6部。



何炎祥 教授，博士生导师，男，1952年1月生。美国Oregon大学计算机及信息科学系硕士，武汉大学计算机科学系博士。主要研究方向为：分布并行处理、数据开采、多Agent系统、电子商务等。现任武汉大学计算机学院院长、软件工程国家重点实验室主任。兼任国家教育部教学指导委员会计算机软件指导组成员、中国计算机学会常务理事、全国高等学校计算机教育研究会常务理事、中国计算机学会办公自动化专委会和数据库专委会成员等职。主持和主要承担科研课题20余项，发表论文100多篇，其中，近20篇论文被EI、英国科技文摘、俄罗斯科技情报文摘等索引和摘录，在高等教育出版社、科学出版社、武汉大学出版社等出版著作和教材15部，其中主编的《编译原理》、《操作系统原理》、《分布式操作系统设计》已被国内不少高校选作教材。

目 次

前言

第1篇 力 学

1 质点运动学	(3)
1.1 参照系 坐标系 质点	(4)
1.2 位移 速度 加速度	(5)
1.3 切向加速度和法向加速度	(12)
1.4 几种典型的质点运动	(15)
1.5 相对运动	(22)
思考题	(25)
习题	(26)
2 质点力学的基本定律	(29)
2.1 牛顿运动定律	(29)
2.2 常见力与基本力	(32)
2.3 质点动力学问题	(34)
2.4 力学单位制 量纲	(38)
*2.5 惯性系与非惯性系 惯性力	(40)
思考题	(45)
习题	(46)
3 运动的守恒定律	(51)
3.1 动量 冲量 动量守恒定律	(52)

3.2	功 动能 动能定理·····	(59)
3.3	保守力 势能 机械能守恒定律·····	(68)
3.4	角动量 角动量守恒定律·····	(74)
3.5	对称性 守恒定律·····	(79)
	思考题 ·····	(82)
	习题 ·····	(84)
4	刚体定轴转动·····	(88)
4.1	刚体运动学·····	(89)
4.2	转动定理·····	(91)
4.3	刚体的动能与势能·····	(99)
4.4	刚体的角动量及其守恒定律 ·····	(103)
	思考题·····	(109)
	习题·····	(109)
5	狭义相对论 ·····	(114)
5.1	经典力学的相对性原理与时空观 ·····	(115)
5.2	狭义相对论的基本原理 ·····	(118)
5.3	狭义相对论的时空观 ·····	(119)
5.4	洛伦兹变换 ·····	(125)
5.5	相对论动力学 ·····	(132)
* 5.6	相对论中动量-能量变换 力的变换 ·····	(136)
	思考题·····	(139)
	习题·····	(140)

第 2 篇 振动和波

6	振动 ·····	(145)
6.1	简谐振动及其描述 ·····	(146)

6.2	简谐振动的动力学方程	(151)
6.3	简谐振动的能量	(157)
6.4	简谐振动的合成	(159)
6.5	阻尼振动 受迫振动 共振	(167)
* 6.6	频谱分析	(172)
	思考题.....	(175)
	习题.....	(176)
7	波动	(182)
7.1	波的产生和传播	(183)
7.2	平面简谐波的波动方程	(188)
7.3	波的能量与能流	(195)
7.4	多普勒效应	(199)
* 7.5	声波 超声波 次声波	(203)
	思考题.....	(205)
	习题.....	(207)
8	光的干涉	(210)
8.1	波的干涉	(211)
8.2	驻波	(216)
8.3	光的相干性	(220)
8.4	杨氏双缝干涉实验	(222)
8.5	光源对干涉条纹的影响	(226)
8.6	光程与光程差	(230)
8.7	薄膜干涉	(232)
8.8	迈克尔逊干涉仪	(240)
	思考题.....	(242)
	习题.....	(243)

9	波的衍射	(246)
9.1	波的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	(247)
9.2	单缝衍射	(253)
9.3	光栅衍射	(260)
9.4	光学仪器的分辨率	(270)
9.5	X射线的衍射 布喇格公式	(274)
*9.6	光信息技术	(278)
	思考题	(282)
	习题	(283)
10	波的偏振	(285)
10.1	偏振现象 光的偏振态	(285)
10.2	起偏和检偏	(289)
10.3	反射和折射的偏振	(292)
10.4	光的双折射	(294)
*10.5	偏振光的干涉	(301)
*10.6	人工双折射及其应用简介	(303)
	思考题	(304)
	习题	(305)

第3篇 热 学

11	气体分子运动论	(311)
11.1	平衡态与理想气体状态方程	(312)
11.2	理想气体压强和温度的统计意义	(314)
11.3	能量按自由度均分原理 理想气体的内能	(318)
11.4	麦克斯韦速率分布律	(321)

11.5	玻尔兹曼分布律·····	(326)
11.6	气体分子的平均碰撞频率 平均自由程·····	(328)
* 11.7	输运过程 ·····	(330)
11.8	真实气体的范德瓦耳斯方程·····	(334)
	思考题·····	(338)
	习题·····	(339)
12	热力学基本原理·····	(342)
12.1	热力学第一定律·····	(343)
12.2	热力学第一定律在理想气体等值过程中的应用 ·····	(346)
12.3	热容 绝热过程·····	(348)
12.4	循环过程和循环效率·····	(353)
12.5	热力学第二定律 熵·····	(358)
* 12.6	熵变与秩序 ·····	(366)
	思考题·····	(367)
	习题·····	(368)
	习题参考答案·····	(371)

第 1 篇

力 学

1 质点运动学

本章导引

运动是物质的存在形式,是物质的固有属性,宇宙中的一切物质都处在永恒不息的运动之中.在物质的多种多样的运动形式中,最简单而又最基本的运动是物体位置的变化,称为机械运动.力学即是研究物体的机械运动规律的.实际物体的结构复杂、大小各异,为此,从最简单的研究开始,引进质点模型,一般物体则可看成是由许多质点构成的集合,从而使得质点力学成为整个力学的基础,而质点力学又以质点运动学为先导.质点运动学则主要讨论质点机械运动(质点位置随时间的变化)的描述.为此,将参照系抽象成坐标系,引入位矢描述质点的位置,位置随时间变化的快慢和方向则由速度描述.利用加速度反映速度随时间变化的情况,当质点作平面曲线运动时,可将加速度按切向和法向分解.此外,因圆周运动适于用角量描述而专门引入了角位置、角速度和角加速度概念.“相对运动部分”的实质是运动的合成(或叠加).

学习本章时应注意:

- (1) 质点的运动状态由位置与速度这两个物理量确定.
- (2) 速度概念是本章的核心概念,运动方程是描述机械运动的基本方程.
- (3) 学会并习惯由概念与定义出发分析物理问题,切忌想当然.
- (4) 掌握由运动方程求速度和加速度的方法(微分)及由速度和加速度并根据初始条件求运动方程的方法(积分).