



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学物理学

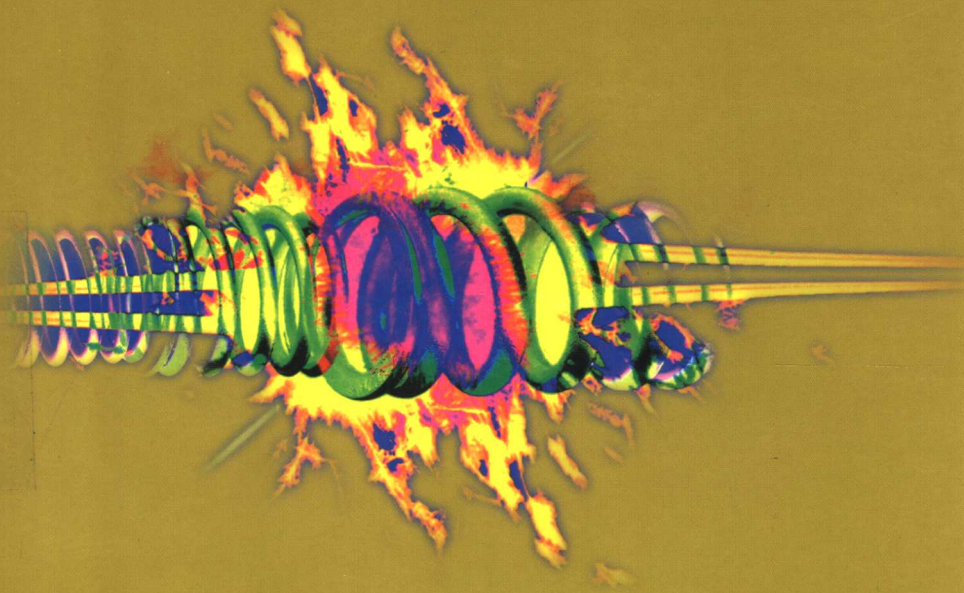
上

主 编 陈曙光

副主编 许迈昌 李光辉

黄祖洪 谢自芳

主 审 余洪伟



湖南大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

04
301
:1
2006

大学物理学

上

主 编 陈曙光

副主编 许迈昌 李光辉

黄祖洪 谢自芳

主 审 余洪伟

湖南大学出版社

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”规划国家级重点教材。分上、下两册,上册包括力学与相对论、振动、波动与光学(含几何光学)、热学三篇;下册包括电磁学、量子物理两篇。力学与相对论篇以运动与时空为线索,以动量守恒、角动量守恒、能量守恒为构架展开内容,并紧接着介绍相对论。振动、波动与光学篇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,并推广应用于波动光学,而将几何光学视为波动光学的极限情况。在热学篇,将热现象作为经典多粒子系统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。电磁学篇以电磁场作为研究对象,侧重介绍场的描述、基本性质、基本规律,并注意从相对论的角度给予统一阐述。在量子物理学篇,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;对激光产生的原理与应用、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,也可供相关专业师生及有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学(上册)/陈曙光主编. —长沙:湖南大学出版社,2006.12

ISBN 7-81113-013-0

I. 大... II. 陈... III. 物理学—高等学校—教材

IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 123674 号

大学物理学(上册)

Daxue Wulixue (Shangce)

作 者: 陈曙光 主编

责任编辑: 严小涛

封面设计: 吴颖辉

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-8821691(发行部), 8821334(编辑室), 8821006(出版部)

传 真: 0731-8649312(发行部), 8822264(总编室)

电子邮箱: pressyanxt@hnu. cn

网 址: <http://press. hnu. cn>

印 装: 湖南新华印刷集团有限责任公司(邵阳)

开本: 880×1230 32 开 印张: 13.25

字数: 382 千

版次: 2006 年 12 月第 1 版 印次: 2006 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1~13 000 册

书号: ISBN 7-81113-013-0/O·68

定价: 48.00 元(上、下册)

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

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.

基于上述考虑,参照非物理类专业物理课程教学指导分委员会于2006年上报教育部的《非物理类理工科大学物理课程教学基本要求正式报告稿》,汲取国内外优秀大学物理课程教材的长处,结合长期的大学物理课程教学研究与实践,我们编写了本教材.在编写本教材的过程中,我们特别注意体现“通、广、厚”,反映现代物理学基本理念与构架;加强综合优化、注意纵横贯通;密切联系实际,反映现代社会需要和物理学及相关技术的发展;注意循序渐进,兼顾学生的思维发展.

提炼核心要素、辐射研究前沿 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时,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.由于物理学的核心概念和主体内容具有相对稳定性并显示出具有广泛的适用性,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.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.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.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前沿问题,主要采用定性和半定量相结合的方法,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.

加强结构优化、着力综合贯通 既注意各部分的层次性和结构性,又注意各部分在内容、原理、方法上的关联性.如力学部分,刚体不过是质点系的一个特殊情况,因此我们将其作为质点力学的运动定律和守恒定律章内的一节,将刚体定轴转动作为一般质点系统轴转动的一个特殊情况进行介绍,而质点系统轴的转动则是绕点转动的一个特例,这体现了力学部分的层次结构性及处理力学问题思路方法的统一性,便于和相关的后续课程对接.在电学的导体和电介质及磁学的磁介质部分,从电场与电荷系统及磁场与电流(或磁矩)系统的相互作用角度进行介绍,体现研究方法思路的关联性,并可凸显真空中场的性质及其规律、电磁场与电荷电流相互作用等研究的重要性.对于运动的叠加、振动合成、波(包括光波)的干涉和衍射的定量分析,注意指明它们在本源上的相通性及其成立条件(线性系统).

理论联系实际、注意技术应用 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.尔后,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.

立足物理知识、展示研究方法 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,掌握方法比记忆知识更为重要.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用性的方法,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建过程中,无不贯穿着这一思路.另外,学习的过程,绝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.希望能借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.

考虑学生实际、兼顾思维发展 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.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,有的地方则两者兼用.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,渐次螺旋式上升而形成整个物理学知识与理论结构体系.展开和叙述基于学生的知识基础和思维发展情况,使知识水平和思维能力同步提高.进一步采用通俗易懂、形象生动而又不失严谨的语言和方法分析与阐述各章节有关疑难问题与抽象问题,化解教学难度,提高学生的兴趣.

参加本书编写工作的有李光辉(第1章,第2章,第3章),吴松安(第4章,第5章),黄祖洪(第6章,第7章,第8章,第9章),许迈昌(第10章,第11章,第17章),方家元(信息光学、自组织与耗散结构),

聂玉华(第12章,第13章),王鑫(第14章,第15章,第16章),陈曙光(第18章,第19章),郑采星(量子信息与光纤通信).上册由陈曙光、谢自芳修改,下册由陈曙光、文利群、张智修改,最后由陈曙光统稿并定稿.

在编写过程中,湖南大学、华南理工大学、湖南师范大学、长沙理工大学、湖南科技大学、湖南工程学院等学校的老师提出了许多有益的建议,湖南大学物理与微电子科学学院及湖南大学出版社给予了大力支持.在编写过程中我们参考了张三慧、程守洙和江之永先生等编写的大学物理教材及其他教材与教学参考书.在此深表感谢.

我们在本书的体系、内容和写法上作了新的探索与研究,但限于经验和水平,书中难免有不当之处,尚有待于在教学过程中不断完善,也恳请读者不吝指正.

目 次

前 言	(i)
-----------	-------

第 1 篇 力学与相对论

第 1 章 质点运动学	(3)
1.1 参照系 坐标系 质点	(4)
1.2 质点运动的描述	(5)
1.3 切向加速度和法向加速度	(11)
1.4 几种典型的质点运动	(14)
1.5 相对运动	(20)
思考题	(22)
习题	(23)
第 2 章 质点力学的运动定律 守恒定律	(26)
2.1 质点力学的基本定律	(27)
2.2 动量 动量守恒定律	(42)
2.3 功 动能 势能 机械能守恒定律	(51)
2.4 角动量 角动量守恒定律	(66)
2.5 刚体定轴转动	(72)
思考题	(89)
习题	(91)
混沌——决定论的混乱	(101)
对称性 守恒定律	(109)

第3章 狭义相对论	(113)
3.1 经典力学的相对性原理与时空观	(114)
3.2 狭义相对论的基本原理	(117)
3.3 狭义相对论的时空观	(118)
3.4 洛伦兹变换 速度变换	(123)
3.5 相对论动力学	(129)
* 3.6 相对论中的动量-能量变换 力的变换	(134)
* 3.7 广义相对论简介	(136)
思考题	(141)
习题	(143)

第2篇 振动 波动与光学

第4章 振动	(147)
4.1 简谐振动及其描述	(148)
4.2 简谐振动的动力学方程	(151)
4.3 简谐振动的能量	(156)
4.4 简谐振动的合成	(158)
4.5 阻尼振动 受迫振动 共振	(165)
* 4.6 频谱分析	(170)
思考题	(173)
习题	(174)
第5章 波动	(178)
5.1 波的产生和传播	(179)
5.2 平面简谐波的波函数	(183)
5.3 波的能量与能流 声压与声强	(189)
5.4 波的衍射现象 惠更斯原理	(195)
5.5 波的叠加与干涉 驻波	(197)
5.6 多普勒效应	(206)

思考题.....	(209)
习题.....	(210)
波包 孤波.....	(214)
第 6 章 光的干涉	(217)
6.1 光的相干性 杨氏双缝干涉实验	(217)
* 6.2 光源对干涉条纹的影响	(223)
6.3 光程与光程差	(225)
6.4 薄膜干涉	(227)
6.5 迈克尔逊干涉仪	(235)
思考题.....	(236)
习题.....	(238)
第 7 章 光的衍射	(240)
7.1 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理.....	(241)
7.2 夫琅和费单缝衍射	(244)
7.3 光栅衍射	(248)
7.4 光学仪器的分辨率	(254)
7.5 X 射线的衍射 布喇格公式	(256)
思考题.....	(260)
习题.....	(261)
第 8 章 光的偏振	(263)
8.1 光的偏振态	(263)
8.2 偏振片的起偏和检偏	(267)
8.3 反射和折射的偏振	(269)
8.4 光的双折射	(272)
* 8.5 偏振光的干涉	(277)
* 8.6 人工双折射及其应用	(279)
* 8.7 光的吸收、散射与色散	(282)

11.3 热容 绝热过程.....	(362)
11.4 循环过程和循环效率.....	(369)
11.5 热力学第二定律 熵.....	(375)
思考题.....	(389)
习题.....	(390)
自组织与耗散结构.....	(394)
习题参考答案.....	(399)

第 1 篇 力学与相对论

在科学发展的长河中,力学是人类建立最早且发展最完美的学科之一。力学发展的历史,一直可以追溯到遥远的古代。在漫长的 2000 多年中,亚里士多德(B. C. Aristotle, 公元前 384—公元前 322)、伽利略(G. Galileo, 1564—1642)、牛顿(I. Newton, 1642—1727)等人先后做出了重大贡献。亚里士多德是第一个试图建立力学普遍规律的人,他主要研究了物体在最简单的情况下的运动问题。在 16 世纪以前,亚里士多德的运动理论居统治地位。伽利略开创了以实验事实为根据并结合严密逻辑推理与数学计算而建立理论的近代科学研究方法,得到落体定律、相对性原理,并实际上发现了惯性定律,为牛顿理论体系的建立奠定了基础。在伽利略、开普勒(J. Kepler, 1571—1630)等人研究的基础上,牛顿总结前人的科学成果,提出了著名的三大运动定律和万有引力定律,完成了以力学为中心的物理学史上的第一次大综合。1687 年,科学巨著《自然哲学的数学原理》的出版,标志着一个完整的普遍的经典力学基本理论体系的建立。在牛顿建立了经典力学体系后,人们又不断地从各个方面完善它、扩展它,使之向着更深和更广的方向发展。

由于在理论和应用方面获得的巨大成就,牛顿力学曾被人们誉为最完美、最普遍的理论。直到 20 世纪初,人们才发现它在高速和微观领域的局限性,从而在这两个领域分别被相对论和量子力学所取代。但在一般的工程技术领域,包括机械制造、土木建筑、水利设施,甚至航空航天技术中,经典力学仍然是不可或缺的重要的基础理论。后来的许多理论,包括相对论和量子力学的形成都是对经典力学的概念和思想的发展和改造。

本篇的主要研究对象是质点和质点系。包括质点运动的描述、质点力学的基本定律,刚体则作为特殊质点系处理。着重阐明动量、角动量和能量等概念及相应的守恒定律,并简要介绍了对称性与守恒定律的关系。狭义相对论主要包括相对论时空观及相对论力学基础,因此,本书亦将其归于力学的范畴。

第 1 章 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.在物质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.力学研究物体的机械运动规律.实际物体的结构复杂、大小各异,为此,引进质点模型.一般物体可看成是由许多质点构成的集合,因而质点力学是整个力学的基础.而质点力学以质点运动学为先导,质点运动学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,将参考系抽象成坐标系,引入位矢描述质点的位置,用速度描述位置随时间变化的快慢和方向,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,因圆周运动用角量描述更简便,为此,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).

(5)理解圆周运动用角量描述的原因,掌握有关角量的计算方法.理解角量描述和线量描述之间的关系.

(6)理解“相对运动”.

1.1 参照系 坐标系 质点

1.1.1 参照系、坐标系

机械运动是物体位置随时间的改变,任何物体的位置总是相对于其他物体而言的,因此,研究物体的机械运动时必须另选一个物体作参照,这个被选作参照的物体就叫做参照系(或参考系).例如研究汽车的位置变化时,常用路旁的房屋或路牌作参照系.在运动学中,参照系的选择可以是任意的,视问题的性质和研究的方便而定.如研究物体在地面上的运动时,选择地球作为参照系比较方便.星际火箭刚发射时,主要研究它相对于地面的运动,所以就把地面选作参照系.但是当火箭进入绕太阳运行的轨道时,为研究方便起见,要选太阳作参照系.

同一物体的运动,由于所选参照系不同,对物体运动的描述也会不同.例如,研究在匀速直线运动的车厢中自由落下的小球,相对于车厢,小球作直线运动;相对于地面,小球作平抛运动.可见,描述一个物体的机械运动时,必须指明是相对于哪个参照系来说的.运动是绝对的,但对运动的描述是相对的.

参照系确定后,为了能用数学方法定量地描述物体的位置和运动,还需要在参照系上建立适当的坐标系.最常用的坐标系是笛卡儿直角坐标系,另外根据需要,也可选用其他坐标系,例如极坐标系、球坐标系或柱坐标系等.坐标系选取的原则就是要便于计算.

1.1.2 质点

实际物体都有一定的大小和形状,而且一般说来,物体运动时,物体上各点的运动情况是各不相同的.但是,如果在我们所研究的问题中,物体的大小和形状不起作用,或者所起的作用并不显著,可以忽略不计,我们就可近似地把物体看做一个没有大小和形状而集中了物体全部质量的几何点,称为质点.

质点是一种理想模型,是对实际物体的一种科学抽象和简化.能否

把物体看做质点,要根据所研究的问题的性质和具体情况来定.例如,当研究地球绕太阳公转时,尽管地球半径有 6370 km,但它仅为公转轨道直径的五万分之一,若把公转轨道比拟为足球场,则地球还没有一粒绿豆那么大.显然,在描述地球公转时,可以不计它的大小和形状而将它看做质点;但当研究地球的自转运动时,就必须考虑其大小和形状,不能再把它看成是质点了.

研究质点的运动是研究物体更为复杂的运动的基础.当物体不能被看做质点时,常把整个物体看做由许多质点组成,分析这些质点的运动,便可弄清整个物体的运动情况.

1.2 质点运动的描述

1.2.1 位置矢量

要定量描述质点的运动,首先应表示出它在坐标系中的位置.质点在坐标系中的位置可以用一个矢量表示,这个矢量是由坐标原点引向质点所在位置的有向线段,以符号 $\mathbf{r}$ 表示,叫做质点的位置矢量,简称位矢.

如图 1.1 所示,在直角坐标系中,质点的位置坐标为 x, y, z ,令 $\mathbf{i}, \mathbf{j}$ 和 $\mathbf{k}$ 分别为 x, y, z 轴方向的单位矢量,则位置矢量 $\mathbf{r}$ 可写成

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}. \quad (1.1)$$

位置矢量的大小为

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2},$$

其方向可由方向余弦确定

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}, \cos \beta = \frac{y}{r}, \cos \gamma = \frac{z}{r}.$$

它们之间有如下关系:

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1.$$

质点在空间运动时,位置矢量 $\mathbf{r}$ 随时间变化,因而 $\mathbf{r}$ 是 t 的函

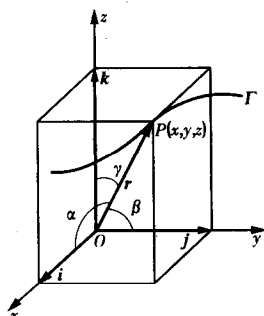


图 1.1 位置矢量