

· 上册 ·

大学物理学

江宪庆 邓新模 陶相国 李执铨等编

UNIVERSITY PHYSICS

上海科学技术文献出版社

大学物理学

(上册)

江宪庆 邓新模 等编
陶相国 李执铨

上海科学技术文献出版社

大学物理学

(上册)

江宪庆 邓新模
陶相国 李执铨 等编

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号)

新华书店经销 昆山亭林印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 17.5 字数 423,000

1988年7月第1版 1988年7月第1次印刷

印数: 1—16,000

ISBN 7-80513-158-9/G·37

定价: 5.35 元

《科技新书目》166-281

前 言

本书是根据工科“大学物理”课教学基本要求(1986年)编写的。全书分上、下两册。上册包括力学、热学、波动和波动光学三篇;下册包括电磁学、近代物理学两篇。

在编写本书的过程中,编者吸收了国内外同类教材的优点,结合目前教学的实际需要,考虑到使用本书的学生的实际的数学基础和物理学基础,并根据物理学近年来的进展,在教材体系和教学内容上作了一定的改进。我们希望,一部教材既能符合科学性、系统性、先进性的要求,又利于教师使用,并能让使用本书的学生一读到它便觉得面目一新,保持求知的欲望和学习的热情。为此,编者在以下几个方面做了一点工作。

1. 针对目前我国高等工业学校一般用两个学期学习物理课程的实际情况,本书分两册编写和出版。本书讲授课时为140学时;上、下两册所需用的教学时数大体上相同。

2. 适当地调整了教材结构体系。从大的框架上来说,本书把光学纳入波动篇并放在电磁学之前,这是一种尝试。许多教师乐于把各种波动放在一起讲,因为,在振动的基础上讲机械波,然后讲波动光学,于教学上颇多优点,在逻辑上也比较合理。当然,必须强调,光在本质上是一种电磁波,这是中学物理中已经交待清楚了的观念。在大学基础物理中,波动光学并不涉及多少光的电磁理论,因此,在电磁学之前讲波动光学不会存在多大困难。这样处理的另一个好处,是可以避免电磁学部分的教学被两个学期之间的假期分成两截。

某些章节体系也作了程度不同的调整,其中变化较大的是力学和热学。力学部分按照物质运动的时空性质和三条守恒定律组织教学内容,热学部分采取从宏观规律到微观规律的研究层次,都有一定的特色。

3. 在进一步加强物理概念的阐述的同时,适当地提高了数学起点。基础物理教学的要点是告诉学生如何观察物理现象,理解物理规律,学会用物理方法研究问题。另一方面,由于只有充分运用高等数学语言,才能给物理问题以具有普遍意义的、精确的、简洁的描述,因此就必须教会学生用数学语言表达和思考问题,完成有关的计算。本书从力学部分起加强了矢量代数和微积分方法的应用,在演绎推导、例题习题中都尽可能保持适当的数学高度,保持处理方法上的一致性。

4. 在内容的选取上加强了现代物理学的色彩。例如,充实了第五篇(近代物理学)的内容并分五章编写,在力、电学篇章中和部分例题习题中涉及一些近代物理的内容,简略地介绍诸如激光应用、超导、量子霍尔效应等物理学的新进展。本书重视说明经典物理学与现代物理学的联系,注意经常作一些回顾、小结和类比,以尽量给读者一个整体的而不是割裂的、流动和发展的而不是呆滞和静止的物理图象。

5. 本书较重视物理学史的介绍,较重视关于基本物理思想和方法的阐述,以使读者在涉及重大物理思想变革和重要哲学观念的问题上有一个初步的认识,使青年学生受到一些思想方法和科学精神的教育。

6. 在例题和习题的编选上,根据不同章节的具体要求处理好数量和水平的关系;综合了许多优秀教材中的题目,并结合编者本人的经验,编选了一定数量的新题目。每章的思考题和习题一般都分开编排,在顺序和难易水平上与教材内容密切配合。

大学物理课程的主要任务是阐明物理学的基本规律，并说明物理学和物理学家的思维方法和实验方法。这是所有未来科学技术工作者从事任何专业工作的基础。编者希望本书能为培养具有良好素质的科技人才做出贡献。

本书是由武汉工业大学等院校的几位同志共同编写的。具体的分工是：第一章至第五章和第八章由江宪庆编写，第六章和第七章由何寅编写，第九章和第十章由邓新模编写，第十一章和第十二章由徐民友编写，第十三章至第十五章由李执铨编写，第十六章由杨庶宜编写，第十七章由邵纳川编写，第十八章至第二十一章由陶相国编写。全书由江宪庆、邓新模统稿。此外，孙幼林、龙作友、章南陵、史友进、司志明、张楠林等参加了部分思考题和习题的编选工作。

本书由吴自遐、张圣佩、刘泽靖、刘名山审稿。

武汉工业大学、上海建材学院、四川建材学院、山东建材学院、洛阳建材专科学校、江苏盐城工业专科学校的领导和同志们在本书编写过程中给予了大力的支持，编者对此表示衷心的感谢。

限于编者的学识和水平，本书难免会有一些不当和错误，编者恳请读者批评指正。

编 者

一九八七年十月

目 录

第一篇 力 学

第一章 空间和时间	3
§ 1-1 引言	3
§ 1-2 空间和时间	3
§ 1-3 空间和时间的量度	6
§ 1-4 国际单位制	9
§ 1-5 宏观和微观	11
习题	15
第二章 物体的运动	17
§ 2-1 引言	17
§ 2-2 物理模型: 质点和刚体	17
§ 2-3 参照系和坐标系	19
§ 2-4 质点的位移、速度和加速度	23
§ 2-5 质点的运动方程	31
§ 2-6 $x-t$ 曲线和 $v-t$ 曲线	38
§ 2-7 曲线运动中的加速度	41
§ 2-8 圆周运动及其角量描述	43
§ 2-9 相对运动 伽俐略变换	49
§ 2-10 刚体的定轴转动	54
思考题	58
习题	60
第三章 动量 动量守恒定律	66

§ 3-1	引言	66
§ 3-2	质量和动量	67
§ 3-3	动量和力	70
§ 3-4	质点系的动量原理	78
§ 3-5	质心	86
§ 3-6	惯性参照系	90
§ 3-7	万有引力	96
§ 3-8	结语: 基本相互作用	102
	思考题	104
	习题	105
第四章	角动量 角动量守恒定律	110
§ 4-1	引言	110
§ 4-2	质点的角动量	110
§ 4-3	角动量和力矩	113
§ 4-4	质点系的角动量原理	120
§ 4-5	刚体的角动量和角动量原理	122
§ 4-6	刚体的转动定律	133
§ 4-7	刚体的平面运动	136
§ 4-8	旋进	139
§ 4-9	质点和刚体的动力学类似	144
	思考题	145
	习题	146
第五章	能量 能量守恒定律	151
§ 5-1	引言	151
§ 5-2	动能	152
§ 5-3	动能和功	155
§ 5-4	势能	164

§ 5-5	机械能守恒定律	171
§ 5-6	能量守恒定律的普遍意义	179
§ 5-7	碰撞	181
§ 5-8	对称性和守恒律	192
思考题		195
习题		196

第二篇 热 学

第六章	热力学	205
§ 6-1	引言	205
§ 6-2	经典力学与热力学的关系	206
§ 6-3	热力学第零定律 温度	207
§ 6-4	热力学第一定律	210
§ 6-5	热力学第一定律对理想气体的应用	216
§ 6-6	循环过程 卡诺循环	228
§ 6-7	热力学第二定律	237
§ 6-8	卡诺定理	242
§ 6-9	熵 熵增加原理	245
§ 6-10	熵与科学技术	252
思考题		258
习题		260
第七章	气体分子运动论	267
§ 7-1	引言	267
§ 7-2	统计规律性的基本概念	267
§ 7-3	理想气体的压强和温度	270
§ 7-4	麦克斯韦速率分布律 玻耳兹曼分布律	276
§ 7-5	能量按自由度均分定理	286

§ 7-6	分子的平均碰撞频率和平均自由程	293
§ 7-7	气体内的迁移现象	298
§ 7-8	热力学定律与分子运动论	302
§ 7-9	实际气体 范德瓦耳斯方程	306
思考题		314
习题		316

第三篇 波动和波动光学

第八章	振动	322
§ 8-1	引言	322
§ 8-2	谐振动系统和谐振动方程	322
§ 8-3	谐振动的位相、周期和振幅	331
§ 8-4	谐振动的旋转矢量表示法	340
§ 8-5	振动的能量	343
§ 8-6	阻尼振动和受迫振动	345
§ 8-7	同方向的谐振动的合成	351
§ 8-8	相互垂直的谐振动的合成	358
§ 8-9	周期运动的傅立叶分析	364
思考题		365
习题		366
第九章	机械波	373
§ 9-1	引言	373
§ 9-2	机械波的形成和传播	373
§ 9-3	平面简谐波	384
§ 9-4	惠更斯原理	393
§ 9-5	波的干涉 驻波	398
§ 9-6	波的能量	410

§ 9-7 声波和水波	415
§ 9-8 多普勒效应	420
思考题	426
习题	428
第十章 波动光学	437
§ 10-1 引言	437
§ 10-2 光的相干性 光程	438
§ 10-3 相干光的获得	443
§ 10-4 薄膜的光学性质	450
§ 10-5 迈克耳逊干涉仪 激光干涉仪	460
§ 10-6 惠更斯-菲涅耳原理	464
§ 10-7 单缝衍射	466
§ 10-8 光栅	476
§ 10-9 光学仪器的分辨率	485
§ 10-10 X 射线衍射	488
§ 10-11 自然光 偏振光	493
§ 10-12 起偏和检偏 马吕斯定律	497
§ 10-13 反射光和折射光的偏振	500
§ 10-14 双折射 尼科耳棱镜	502
§ 10-15 椭圆偏振光和圆偏振光 波片	508
§ 10-16 偏振光干涉 人为双折射	512
§ 10-17 旋光现象	517
思考题	519
习题	522
主要参考书目	528
附录一 国际单位制(SI)	529
附录二 常用物理常数	537

附录三 关于太阳系的一些数据	533
习题答案	534

第一篇 力学

“给我物质和运动，我就能创造宇宙。”这是十七世纪法国数学家和哲学家笛卡儿 (R. Descartes, 1596—1650) 的一句名言。

按照辩证唯物主义的观点，从本质上讲，世界是物质的，运动是物质存在的形式。无论是日月经天，江河行地，还是声光热电，粒子碰撞，都是物质运动的不同形态。力学所要研究的是其中最简单最基本的一种——机械运动。

在整个物理学中，力学是最古老的一个分支。关于简单的力学原理的认识和应用，可以追溯到古代希腊，古代中国。后来，伽俐略 (Galileo Galilei, 1564—1642) 使力学的研究建立在实验的基础上，这就成为现代科学的开端。十七世纪后期，牛顿 (I. Newton, 1643—1728) 的卓越贡献使力学形成为完备而优美的理论体系。这就是牛顿力学。牛顿力学在此后两个世纪的时间内还影响着电磁学、热学和光学的发展。我们通常把二十世纪以前的物理学称之为经典物理学，无论从历史的发展来讲，还是就逻辑的结构而言，我们都可以说整个经典物理学是建立在牛顿力学基石之上的。

就大的方面来说，力学可以分成运动学和动力学两部分。

前者只描述物体空间位置随时间变化的规律，而不涉及引起这种变化的内在原因。后者则要研究关于物体间相互作用的一些基本原理；正是由于这些相互作用，才导致物体运动状态的变化。

第一章 空间和时间

§ 1-1 引言

爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)说:“力学的目的在于描述物体在空间中的位置如何随‘时间’而改变”。实际上,不仅力学,而且整个物理学所描述的现象都离不开空间和时间。人们关于空间和时间的观念,不仅是物理学的,而且也是哲学中的一个基本问题。物理学史上重大思想和观念上的变革,总是同人们时空观念的演变联系在一起的。因此,在引入新的物理学概念之前,简略地介绍一下空间和时间的概念,它们的演变,以及空间和时间的量度,是十分必要的。本章还将介绍一下国际单位制,它是本书选用的单位制,也是目前我国实行的法定单位制。

§ 1-2 空间和时间

一 空间和时间

人们关于空间和时间概念的形成,首先起源于对自己周围物质世界和物质运动的直觉。空间的概念,是与物体的体积和物体位置的变化联系在一起的。譬如说我们讲一个箱子有多大,就是指它所占有的空间尺度的大小。那么,一间房子又有多大呢?比房子更大的空间呢?我们都可以设想成是能给人以实在感的箱子的尺度的延伸。这就形成了一个朴素的结论:空间就是物质的延伸。

时间所反映的是物理事件的顺序性和持续性。如说,“哥伦

比亚号航天飞机首航绕地球36周后于1981年4月14日着陆”，就是指一件事经历了多久，什么事情先发生，什么事情后发生，所涉及的是时间间隔和时序的问题。

空间和时间都是客观存在。但是，它们都不能脱离物质和物质的运动而存在。没有物体的空间和没有空间的物体都是不可想象的。同样也不能设想不伴有物理事件的时间。空间就是物质的广延性，时间就是物质运动的持续性。总之，空间和时间都是物质存在的形式。并且，按照现代物理学的观点，空间和时间也不是彼此独立的；物质的运动就是联系空间和时间的纽带。

二 中国古代思想家的时空观

所谓时空观，就是关于空间和时间的物理性质的认识。早在我国春秋战国之际，由墨翟（约公元前468—376）创立的墨家学派就对空间和时间的概念给予了深刻而明确的概括。《墨经》中说：“宇，弥异所也”。“久，弥异时也。”这里，宇，即空间；久，即时间。意思是说，空间是一切不同位置的概括和抽象；时间是一切不同时刻的概括和抽象。《墨经》还认为物质的运动必然要经历一定的空间和时间，空间的变迁和时间的流逝都是和物质的运动联系在一起的。在现代自然科学形成之前两千多年，有这样深刻的见解，是十分了不起的。中国古代思想家们还提出了空间和时间的无限性的观点。东汉著名的思想家和科学家张衡（78—139）说：“宇之表无极，宙之端无穷”，就是这一哲学观念的卓越概括。

三 莱布尼兹和牛顿的时空观

在自然哲学即物理学的创始人生活的时代，关于空间和时间的本质，有两种最具代表性的看法。德国数学家和哲学家莱布尼兹（G. W. Leibniz, 1646—1716）认为，空间和时间是物质

上下左右的排列形式和先后久暂的持续形式，没有具体的物质及物质的运动就没有空间和时间。因此，抽象的、绝对的空间和时间是不存在的。莱布尼兹是唯心主义的哲学家，但他关于空间和时间的认识却包含着辩证法的因素。列宁称他是“通过神学而接近于物质和运动的不可分割的联系的原则”的。和莱布尼兹不同，牛顿认为，空间和时间是不依赖于物质的独立的客观存在。空间，又称虚空，在牛顿看来是一个大容器，其中装有物体时能感觉得到容器的存在，其中没有物体时容器自身依然存在。时间也是一样，不管是否发生事件，它总是单方向地均匀流逝着。牛顿还认为，空间和时间还是彼此独立的。时间的均匀流逝，譬如一只钟表的走时，就与地域和运动无关。这就是经典力学中的绝对空间和绝对时间。在牛顿的《自然哲学的数学原理》一书中有这么两段话：“绝对空间，因其本身性质，是与任何外界事物无关的，永远保持相同的和不动的。”“绝对的、真正的或数学的时间，由于其内在的性质而均匀地、与任何外界事物无关地消逝着。”这是对于绝对时空观的概括。

莱布尼兹强调空间和时间与物质运动的联系而忽视其客观性；牛顿强调空间和时间的客观存在而忽视其与物质运动的联系；他们都有其合理的一面，而又都包含着错误。

四 爱因斯坦的时空观

牛顿的绝对时空观一直引起许多物理学家和哲学家的反对。真正从科学上揭示空间-时间统一性，以及它们与物质运动的关系，是爱因斯坦的伟大功绩。爱因斯坦于二十世纪初创立了狭义相对论，他不但反对绝对空间和绝对时间的观点，而且通过定量的形式描述了空间、时间与物质运动之间的关系。爱因斯坦的老师闵可夫斯基 (H. Minkowski, 1846—1909) 引入四维时空矢量，给予爱因斯坦的思想以更完美的描述。从此，相对