

(第三版)

大学物理

第一册

高等学校教材

周勇志 主编



华南理工大学出版社

高等学校教材

大学物理

(第三版)

第一册 力学·振动·波动·光学·热学

周勇志 主编

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

《大学物理》是依照高等工业学校大学物理课程教学基本要求编写的教材。为适应教育形势发展的需要,经一再修订,现为第三版。全书共分三册:第一册为力学、振动与波、光学、热学;第二册为电磁学与近代物理基础;第三册为现代工程技术的物理基础专题。

本书可作高等工业院校各专业大学物理课程教材,也可作理科非物理类专业的物理课程教材或参考书,亦可供青年读者自学和科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理(第一册)/周勇志主编.—3版.—广州:华南理工大学出版社,1998.1

ISBN 7-5623-1176-5

I. 大… II. 周… III. 物理—高等学校教材 IV. O4

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮码 510641)

责任编辑 陈怀芬

各地新华书店经销

广州市新光明印刷厂印装

1998年1月第3版第5次印刷

开本:850×1168 1/32 印张:16.75 字数:429千

印数:24 101—29 100

定价:25.00元

第三版前言

我们编写的《大学物理》，自 1988 年出版，于 1991 年再版。随着教育改革的深入，依据国家教委高等学校工科物理课程教学指导委员会修订的教学基本要求，及其最近制订的重点工业大学物理课程改革指南（初稿）精神，编者感到有必要对第二版进行修订。把原为三册的教材及配套的习题集作了简约，调整为两册，第一册包括力学、机械振动与机械波、波动光学、气体动理论与热力学基础；第二册包括电磁学和近代物理基础。内容顺序较第一、二版有所变动，这是为了适应学期时数的安排。新编的第三册，内容主要为现代工程技术的物理基础。这样，经修订后的第三版，其经典物理内容适当压缩，使选材更为少而精，但基础部分切实保证，并保持初版的注意理论联系实际、培养能力等方面的特色。其中，第三册按照指南精神是属于提高性的知识，是反映现代工程技术及前沿科学的现代物理基础，列成各个独立的专题，供有关专业选用。采取这样的整体安排，是为求逐步实现物理教学内容现代化，为迎接高新科技飞速发展的挑战提供物理基础。

为了使教材有较大的适应性，内容分为三个档次：有适用于本科各专业的基本内容；有带 * 号的供各专业选用

的内容;还有属于加深要求的内容,用小字排印。

本教材初版由周勇志主编统稿,具体编写分工为:绪论、光学(周勇志),力学包括相对论(钟韶),机械振动与机械波(黄月霞),分子物理学(钟亮佩),热力学基础(谢坤芳、周勇志),电磁学(简趣玲),量子物理(许仁名),习题集(宗馥英、黄志明、吴天海)。参加第三版修订工作的:力学、近代物理基础(许仁名),机械振动与机械波、光学、气体动理论与热力学基础(周勇志),电磁学(简趣玲),习题(宗馥英)。参加第三版(新编)第三册编写工作的为吴天海、何天霖、李仁英、魏宝华等。第三版第一、二册由周勇志、简趣玲统稿,第三册由吴天海统稿。

限于我们的水平,虽经努力,难免仍有许多不足之处,恳请批评指正。

编 者

1997 年 12 月

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	(15)
-----------------	------

§ 1-1 参考系和坐标系 质点	(15)
------------------------	------

一、参考系	(15)
-------------	------

二、坐标系	(16)
-------------	------

三、时刻和时间间隔	(17)
-----------------	------

四、质点	(17)
------------	------

§ 1-2 描述质点运动的物理量	(18)
------------------------	------

一、位置矢量 运动方程和轨迹方程	(18)
------------------------	------

二、位移	(20)
------------	------

三、速度	(21)
------------	------

四、加速度	(24)
-------------	------

五、切向加速度和法向加速度	(27)
---------------------	------

六、圆周运动的角量描述 角量与线量的关系	(32)
----------------------------	------

§ 1-3 质点运动学的基本问题	(36)
------------------------	------

§ 1-4 相对运动	(38)
------------------	------

习 题	(41)
-----------	------

第二章 动力学与守恒定律	(46)
--------------------	------

§ 2-1 牛顿运动定律及其应用	(46)
一、牛顿运动定律	(46)
二、牛顿运动定律的应用	(49)
*§ 2-2 非惯性系中的力学定律 惯性力	(56)
§ 2-3 功 动能 动能定理	(60)
一、功	(60)
二、动能和动能定理	(64)
§ 2-4 保守力的功 势能	(67)
一、保守力和非保守力	(67)
二、势能	(70)
三、几种常见的势能函数	(72)
§ 2-5 功能原理 机械能守恒定律	(74)
一、功能原理	(74)
二、机械能守恒定律	(78)
三、能量守恒定律	(81)
§ 2-6 冲量 动量 动量定理	(83)
一、力的冲量	(83)
二、动量和动量定理	(84)
§ 2-7 动量守恒定律	(88)
一、质点系动量定理	(88)
二、动量守恒定律	(90)
三、动量守恒定律的应用	(91)
§ 2-8 质点的角动量与角动量守恒定律	(94)
一、质点的角动量和力矩	(95)
二、质点的角动量定理和角动量守恒定律	(97)
§ 2-9 质点力学定律的综合应用	(98)
习 题	(104)
第三章 刚体力学	(114)
§ 3-1 刚体及其运动状态的描述	(114)

一、刚体	(114)
二、刚体运动的基本形式	(115)
三、刚体定轴转动的描述	(116)
*§ 3-2 质心运动定理	(117)
一、质心	(118)
二、质心运动定理	(119)
§ 3-3 转动定理	(120)
一、刚体作定轴转动时所受的力矩	(120)
二、刚体定轴转动定理	(122)
三、转动惯量	(123)
四、转动定理的应用	(128)
§ 3-4 刚体转动中的功和能	(131)
一、力矩的功	(131)
二、刚体的转动动能和动能定理	(132)
三、刚体的重力势能	(133)
§ 3-5 刚体的角动量定理和角动量守恒定律	(135)
一、刚体定轴转动的角动量定理	(135)
二、刚体角动量守恒定律	(136)
*§ 3-6 旋进	(140)
习 题	(143)

第二篇 机械振动与机械波

第四章 机械振动	(151)
§ 4-1 振动	(151)
§ 4-2 简谐振动	(153)
一、简谐振动的特点	(154)
二、简谐振动中的位移、速度和加速度	(157)
三、简谐振动的周期、频率和角频率	(158)
四、简谐振动的相位	(161)

五、简谐振动的能量	(166)
六、简谐振动的旋转矢量表示法	(168)
*§ 4-3 物理系统的无阻尼自由振动	(172)
一、复摆	(172)
二、扭摆	(173)
三、浮体	(174)
四、“空气弹簧”	(175)
§ 4-4 简谐振动的合成	(177)
一、同方向同频率简谐振动的合成	(177)
二、同方向不同频率简谐振动的合成	(179)
* 三、相互垂直的同频率简谐振动的合成	(182)
* 四、相互垂直的不同频率简谐振动的合成	(184)
§ 4-5 阻尼振动 受迫振动与共振	(185)
一、阻尼振动	(185)
二、受迫振动	(188)
三、共振	(190)
*§ 4-6 振动的谱	(192)
习 题	(193)
第五章 机械波	(199)
§ 5-1 波动	(200)
一、横波和纵波	(200)
二、波射线和波阵面	(201)
三、振动的速度和振动传播的速度(相速)	(202)
四、波长与波的频率	(205)
§ 5-2 波动方程	(207)
一、沿 X 正方向传播的平面简谐波	(207)
二、沿 X 负方向传播的平面简谐波	(211)
* 三、平面波的微分方程	(213)
* 四、球面波的微分方程	(214)

§ 5-3 波动的能量	(214)
一、波的能量密度	(215)
二、波的能流密度	(217)
三、波的衰减	(219)
§ 5-4 惠更斯原理 波的衍射	(220)
一、惠更斯原理	(220)
二、波的衍射	(222)
§ 5-5 波的叠加原理 波的干涉	(223)
一、波的叠加原理	(223)
二、波的干涉	(224)
三、驻波	(226)
四、反射波的相位变化	(230)
§ 5-6 多普勒效应	(232)
阅读材料 激震波(冲击波)	(236)
习 题	(237)

第三篇 波动光学

第六章 光的干涉	(248)
§ 6-1 光源和光谱	(248)
一、普通光源分类	(248)
二、光谱	(249)
三、普通光源发光的机理	(249)
§ 6-2 光波 相干光	(250)
一、光波	(250)
二、光波传播的独立性、叠加性 相干光	(251)
三、光的非相干叠加和相干叠加	(252)
四、获得相干光的一般方法	(255)
§ 6-3 几个典型的干涉实验(分割波阵面的干涉)	(255)
一、杨氏双缝实验	(255)

二、菲涅耳双平面镜实验	(259)
三、菲涅耳双棱镜实验	(259)
四、洛埃镜实验	(259)
§ 6-4 光程 光程差 薄透镜近轴光线的等光程性.....	(261)
一、光程概念的提出	(261)
二、相位差和光程差的关系	(262)
三、薄透镜近轴光线的等光程性	(264)
四、反射光的相位突变和额外光程差	(265)
§ 6-5 薄膜干涉(分割振幅的干涉).....	(266)
一、薄膜干涉公式的导出	(266)
* 二、等倾干涉	(268)
三、等厚干涉 尖劈薄膜的干涉	(270)
§ 6-6 等厚干涉的应用 光学薄膜.....	(272)
一、测量薄膜厚度、细丝直径、滚珠直径和微小角度	(272)
二、检验光学元件表面质量	(274)
三、牛顿环及其应用	(275)
四、光学薄膜	(278)
§ 6-7 干涉仪.....	(279)
一、迈克尔逊干涉仪	(280)
* 二、法布里-珀罗干涉仪	(281)
§ 6-8 时间相干性.....	(284)
一、时间相干性	(284)
* 二、空间相干性	(286)
阅读材料 光学发展史简述 人类对光的 本性的认识	
.....	(286)
习 题	(290)
第七章 光的衍射	(296)
§ 7-1 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	(296)
一、光的衍射现象	(296)

二、惠更斯-菲涅耳原理	(298)
三、菲涅耳衍射与夫琅和费衍射	(299)
§ 7-2 单缝衍射	(301)
一、单缝衍射公式的导出	(301)
二、单缝衍射图样的特征	(304)
* 三、矩形小孔的夫琅和费衍射图样	(308)
* 四、从矩形孔到圆形孔的衍射图样	(308)
§ 7-3 光学仪器的分辨率	(309)
一、小圆孔的衍射	(309)
二、衍射现象对光学仪器分辨能力的影响 分辨率	(310)
§ 7-4 光栅衍射	(313)
一、光栅衍射现象的定性说明 光栅公式	(314)
二、光栅衍射图样的特征	(317)
三、光栅衍射光谱	(319)
四、干涉和衍射的区别和联系	(320)
* 五、光栅的分辨率	(322)
* 六、无线电波定向辐射器	(323)
§ 7-5 晶体的 X 射线衍射	(324)
阅读材料 全息照相	(328)
习 题	(334)
第八章 光的偏振	(338)
§ 8-1 光波的偏振现象	(338)
一、偏振是横波的特征	(338)
二、光的偏振 自然光与偏振光	(339)
三、起偏器和检偏器 偏振片	(341)
四、马吕斯定律	(342)
五、获得偏振光的一般方法	(344)
六、偏振光研究和应用发展的状况及前景	(344)
§ 8-2 反射和折射时的偏振 布儒斯特定律	(345)

一、反射和折射时的偏振 布儒斯特定律	(345)
二、利用反射和多次折射获得偏振光	(346)
§ 8-3 双折射现象	(348)
一、双折射 寻常光和非常光	(348)
* 二、用惠更斯原理说明双折射现象	(351)
三、利用双折射产生偏振光的装置	(353)
*§ 8-4 椭圆偏振光和圆偏振光 偏振光的干涉	(356)
一、椭圆偏振光和圆偏振光	(356)
二、偏振光的干涉	(359)
三、偏振光的识别	(361)
*§ 8-5 人为双折射现象	(362)
一、机械双折射(光弹性效应)	(362)
二、电场作用下的双折射(电致双折射)	(364)
三、磁场作用下的双折射(磁致双折射)	(365)
*§ 8-6 旋光性	(365)
一、旋光现象	(365)
二、旋光色散	(367)
三、偏振光振动面的磁致旋转(法拉第旋转效应)	(367)
阅读材料 液晶及其一些光学性质	(367)
习 题	(371)

第四篇 分子物理学和热力学基础

第九章 气体动理论	(377)
§ 9-1 分子动理论的基本观点	(377)
§ 9-2 统计规律性的基本概念	(380)
一、统计规律性	(381)
二、概率 统计平均值	(383)
§ 9-3 平衡态 理想气体状态方程	(384)
一、状态参量	(384)

二、平衡态	(386)
三、理想气体状态方程及其另一种形式	(386)
§ 9-4 气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	(388)
一、分子的平均碰撞频率	(389)
二、平均自由程	(391)
§ 9-5 麦克斯韦速率分布律	(392)
一、气体分子速率的实验测定	(393)
二、麦克斯韦速率分布律	(396)
三、三种统计速率	(399)
* 四、麦克斯韦速度分布律	(401)
§ 9-6 玻耳兹曼分布律 * 重力场中粒子按高度的分布	(404)
一、玻耳兹曼分布律	(404)
* 二、气体分子在重力场中按高度的分布	(406)
§ 9-7 理想气体的温度公式	(408)
§ 9-8 理想气体的压强公式	(410)
一、理想气体的分子模型	(410)
二、统计假设	(411)
三、压强公式	(411)
§ 9-9 能量均分定理 理想气体的内能	(415)
一、自由度	(415)
二、能量按自由度均分定理	(417)
三、理想气体的内能	(419)
阅读材料 气体的输运现象	(421)
习 题	(427)
第十章 热力学基础	(433)
§ 10-1 准静态过程 功 热量	(433)
一、准静态过程	(433)
二、功	(434)

三、热量	(435)
§ 10-2 热力学第一定律	(436)
一、热力学第一定律	(436)
二、内能 热力学第一定律的数学表达式	(436)
三、准静态过程做功的计算	(440)
§ 10-3 热力学第一定律对理想气体等值过程的应用 ...	(442)
一、等温过程	(443)
二、等容过程(等体积过程)	(445)
三、等压过程	(446)
§ 10-4 气体的摩尔热容量	(450)
一、气体的定容摩尔热容[量]	(451)
二、气体的定压摩尔热容[量]	(451)
三、经典热容量理论的缺陷	(454)
§ 10-5 绝热过程 * 多方过程	(456)
一、绝热过程	(456)
* 二、多方过程	(463)
§ 10-6 循环过程 卡诺循环	(465)
一、循环过程	(465)
二、卡诺循环	(466)
三、逆循环 致冷机	(469)
§ 10-7 热力学第二定律	(473)
一、热力学第二定律的两种常用表述	(474)
* 二、热力学第二定律两种表述的等效性	(474)
§ 10-8 可逆过程和不可逆过程	(476)
一、可逆过程和不可逆过程	(476)
二、热现象过程的不可逆性和热力学第二定律的实质	(479)
§ 10-9 卡诺定理	(481)
§ 10-10 热力学第二定律的统计意义 熵的玻耳兹曼 表达式	(482)

一、微观态和宏观态	(483)
二、热力学第二定律的统计意义	(485)
三、熵的玻耳兹曼表达式	(486)
习 题	(487)
附 录	(493)
附录 A 单位制和量纲	(493)
附录 B 常用物理常量表	(502)
附录 C 有关地球、月球、太阳、大气的数据	(503)
习题答案	(504)

绪 论

一、物质世界与物理学

从前,物理学称为自然哲学,原是包罗自然万象的科学,到了十六七世纪,才开始演变成一门范围明确、具有近代科学严谨的研究方法的学科。物理学是研究物质运动的基本规律、物质的基本结构和物质相互作用的学科。从它的历史和现状来看,它是自然科学中的带头学科,因此,它是除数学以外的一切自然科学的基础,也是工程技术的基础。

1. 物质与运动

自然界以及人类社会中的一切客观实在都是物质。苍穹、大气、山川、厂房、庄稼等都是不依赖于人的意识的客观实在,而且又都可以为人所认识的,这些客观实在都称为物质。物质永恒地运动,大千世界,物华天宝,璀璨多彩,都是物质不同形态的运动的表现。日月星辰的出没,是天体(包括地球)机械运动规律性的表现;恒星的发光,是原子和原子核运动的表现;星光的传播,是电磁运动的表现;云、雾、雨、雪,又是大气层中水蒸气分子运动的表现。诸如机械运动,原子、原子核运动,电磁运动和分子运动,都是物质运动的最基本、最普遍的形式(说它是最基本的,因为它存在于复杂的运动中;就因为是最基本的,因而也是最普遍的),它们都属于物理学研究范畴。

2. 物质存在的形式:实物和场

实物和场是物质存在的两种基本形式。实物是由大量原子、