

高等学校试用教材

大学物理

(第一册 力学与热学)

周勇志 (主编) 钟 韶 黄月霞 编
钟亮佩 谢坤芳

华南理工大学出版社

内 容 简 介

《大学物理》是高等学校工科物理课程教学基本要求制订后新编的教材,全书分三册。第一册为《力学与热学》,内容有:力学(包括相对论)、机械振动与机械波、热学;第二册为《电磁学》;第三册为《光学与量子物理》。此外,还另编有适应标准化考试要求的习题集,与本教材配套使用。

本书可作高等工业院校各专业的大学物理(原普通物理学)课程教材,也可作综合大学和高等师范大学非物理系的物理课程教材或教学参考书、科技人员的参考书和青年读者自学用书。

高等学校试用教材

大 学 物 理

(第一册 力学与热学)

周勇志 主编

责任编辑 江厚祥

*

华南理工大学出版社出版发行

(广州 五山)

各地新华书店经销

华南理工大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 19.25 字数 460千

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

印数: 1—7300

ISBN 7-5623-0072-0/O·8

定价: 3.75元

编者的话

本教材是根据国家教育委员会工科物理课程教学指导委员会制订的《大学物理》课程教学基本要求编写的。内容既满足工科本科学生必须达到的合格要求，同时在深广度上又考虑了培养高质量人才的需要。教材体系以物质的各种运动形态为主线，着重讨论物质各种运动形态的基本规律，力图突出主要的物理图象，重视知识的综合运用。同时又考虑到工程专业对材料性能普遍关注的特点，在相应的各有关部分，介绍物质材料的一些物理性质。这样编排的目的，既考虑物理课程是一门理论基础课，课程有本身的任务与作用，具有完整的科学体系；又考虑工程专业的特点，在取材上密切联系工程技术实际，并反映科学技术的新成就。

具体内容的编写上，注意在传授知识的同时培养能力，注意介绍物理学的方法论，注意运用教学工具以深化物理概念，提高学生运用数学工具解决问题的能力。还注意运用辩证唯物观点，阐述物质各种运动形态的相互渗透，以加深对物质运动的多样性、统一性和各种运动形式在特定条件下可相互转化的理解。并且注意经典物理与近代物理的相互穿插、对比，例如把相对论紧接在力学后面，这就有利于及早接触近代观点，更有利于开展抽象思维能力的培养。

在编写方法上，力图对基本概念、基本规律阐述清晰，力求主次分明，详略得当。各章配有一定数量的例题，力求例题具有典型性。通过解题过程，教思路、教方法，使例题起到引导自学的示范作用。

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。

本教材由周勇志主编统稿，具体编写分工如下：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、实际气体、固体和相变（周勇志、谢坤芳），电磁学（简趣玲），量子物理（许仁名）。全书经黄卓璇教授、曾德安副教授审阅。书中如有不当之处，恳请读者向我们提出宝贵意见。

本书编写过程参阅了多所兄弟院校的教材，从中得到了许多有益的启迪，还得到本教研组许多同志的帮助和鼓励，在此一并表示由衷的谢意！

编 者

1988年12月于华南理工大学

目 录

绪 论	(1)
-----------	-------

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	(17)
-----------------	--------

§ 1-1 参照系和坐标系 时刻和时间间隔	(17)
-----------------------------	--------

一、参照系	(17)
-------------	--------

二、坐标系	(18)
-------------	--------

三、时间和时间间隔	(19)
-----------------	--------

§ 1-2 质点	(19)
----------------	--------

§ 1-3 描述质点运动的物理量	(21)
------------------------	--------

一、位置矢量 运动方程和轨道方程	(21)
------------------------	--------

二、位移	(23)
------------	--------

三、速度	(25)
------------	--------

四、加速度	(28)
-------------	--------

五、切向加速度和法向加速度	(35)
---------------------	--------

§ 1-4 质点运动学的基本问题	(41)
------------------------	--------

§ 1-5 相对运动	(47)
------------------	--------

第二章 动力学与守恒定律	(53)
--------------------	--------

§ 2-1 牛顿运动定律	(53)
--------------------	--------

一、牛顿第一定律	(53)
----------------	--------

二、牛顿第二定律	(55)
----------------	--------

三、牛顿第三定律	(58)
----------------	--------

§ 2-2 牛顿运动定律的应用	(59)
-----------------------	--------

* § 2-3 非惯性系中的力学定律 惯性力	(72)
------------------------------	--------

§ 2-4 功 动能 动能定理.....	(77)
一、功	(78)
二、动能和动能定理	(82)
§ 2-5 保守力的功 势能.....	(85)
一、保守力和非保守力	(85)
二、势能	(89)
三、几种常见的势能函数.....	(91)
§ 2-6 功能原理 机械能守恒定律.....	(94)
一、功能原理	(94)
二、机械能守恒定律.....	(100)
三、能量守恒和转换定律.....	(108)
§ 2-7 冲量 动量 动量定理.....	(109)
一、力的冲量	(109)
二、动量和动量定理	(111)
§ 2-8 动量守恒定律.....	(118)
一、质点组动量定理.....	(118)
二、动量守恒定律.....	(120)
三、动量守恒定律的应用.....	(121)
§ 2-9 碰撞.....	(125)
§ 2-10 角动量与角动量守恒定律.....	(131)
一、角动量和力矩	(131)
二、质点的角动量定理和角动量守恒定律.....	(136)
三、质点组角动量定理和角动量守恒定律.....	(141)
§ 2-11 质点力学定律的综合应用.....	(143)
第三章 刚体力学	(152)
§ 3-1 刚体及其运动状态的描述.....	(152)
一、刚体	(152)
二、刚体运动的基本形式.....	(153)
三、刚体定轴转动的描述.....	(154)

四、刚体作匀速转动和匀变速转动的公式	(157)
五、角量和线量的关系	(158)
*六、角速度矢量	(159)
§ 3-2 质心运动定理	(161)
一、质心	(162)
二、质心运动定理	(163)
§ 3-3 转动定理	(164)
一、刚体定轴转动定理	(165)
二、转动惯量	(167)
三、转动定理的应用	(172)
§ 3-4 刚体转动中的功和能	(176)
一、力矩的功	(176)
二、刚体的转动动能和动能定理	(177)
三、刚体的重力势能	(179)
§ 3-5 刚体的角动量定理和角动量守恒定律	(181)
一、刚体定轴转动的角动量定理	(181)
二、刚体角动量守恒定律	(183)
* § 3-6 刚体的平面运动	(188)
* § 3-7 进动	(191)
*第四章 流体力学	(194)
§ 4-1 流体及其运动的描述	(194)
一、理想流体	(194)
二、流体运动的描述	(195)
三、连续性方程	(197)
§ 4-2 流体中的压强	(198)
一、静止流体内的压强	(198)
二、理想流体内的压强	(199)
§ 4-3 伯努利方程	(200)
一、伯努利方程	(200)

二、伯努利方程的应用举例	(202)
* § 4-4 流体的反作用力	(207)
* § 4-5 流体的粘滞性	(209)
一、粘滞定律	(209)
二、泊肃叶公式和斯托克斯公式	(210)
三、层流、湍流和雷诺数	(211)
第五章 相对论力学	(213)
§ 5-1 伽利略变换与力学相对性原理	(213)
一、伽利略坐标变换式与绝对时空观	(213)
二、伽利略速度变换公式	(215)
三、力学相对性原理	(216)
§ 5-2 狭义相对论的基本假设与洛伦兹变换	(218)
一、狭义相对论的基本假设	(218)
二、洛伦兹坐标变换公式	(219)
§ 5-3 狭义相对论的时空观	(224)
一、同时的相对性	(224)
二、时间间隔的相对性	(228)
三、长度的相对性	(229)
四、相对论的速度变换公式	(233)
§ 5-4 狭义相对论动力学基础	(238)
一、质量和速率的关系	(238)
二、相对论力学的基本方程	(242)
三、质量和能量的关系	(242)
四、能量和动量的关系	(246)
* § 5-5 广义相对论简介	(246)

第二篇 机械振动与机械波

第六章 机械振动	(249)
§ 6-1 振动	(250)

§ 6-2 简谐振动	(252)
一、简谐振动的特点	(253)
二、简谐振动中的位移、速度和加速度	(256)
三、简谐振动的周期、频率和圆频率	(257)
四、简谐振动的周相	(260)
五、简谐振动的能量	(268)
六、简谐振动的旋转矢量表示法	(270)
* § 6-3 物理系统的无阻尼自由振动	(274)
一、复摆	(275)
二、扭摆	(276)
三、浮体	(278)
四、“空气弹簧”	(279)
五、电磁系统中的简谐振动	(281)
§ 6-4 简谐振动的合成	(281)
一、同方向同频率简谐振动的合成	(282)
二、同方向不同频率简谐振动的合成	(285)
三、相互垂直的同频率简谐振动的合成	(288)
四、相互垂直不同频率简谐振动的合成	(291)
§ 6-5 阻尼振动 受迫振动与共振	(292)
一、阻尼振动	(292)
二、受迫振动	(295)
三、共振	(297)
* § 6-6 振动的谱	(302)
第七章 机械波	(304)
§ 7-1 波动	(305)
一、横波和纵波	(305)
二、波射线和波阵面	(306)
三、振动的速度和振动传播的速度(相速)	(308)
四、波长与波的频率	(316)

§ 7-2 波动方程	(318)
一、沿 X 正方向传播的平面简谐波	(318)
二、沿 X 负方向传播的平面简谐波	(323)
*三、平面波的微分方程	(324)
*四、球面波的微分方程	(329)
§ 7-3 波动的能量	(329)
一、波的能量密度	(330)
二、波的能流密度	(333)
三、波的衰减	(335)
§ 7-4 惠更斯原理 波的衍射	(336)
一、惠更斯原理	(336)
二、波的衍射	(341)
§ 7-5 波的叠加原理 波的干涉	(342)
一、波的叠加原理	(342)
二、波的干涉	(343)
三、驻波	(347)
四、反射波的周相变化	(351)
§ 7-6 多普勒效应	(354)
* § 7-7 声波	(360)
一、声波的基本特性	(360)
二、声压和声强	(362)
三、回声和混响	(365)
四、超声波和次声波	(366)

第三篇 分子物理学和热力学基础

第八章 气体分子运动论	(370)
§ 8-1 分子运动论的基本观点	(370)
§ 8-2 统计规律性的基本概念	(374)
一、统计规律性	(374)

二、几率 统计平均值	(377)
§ 8-3 理想气体状态方程	(379)
一、状态参量	(379)
二、平衡态	(380)
三、理想气体状态方程	(381)
四、理想气体状态方程的另一种形式	(384)
§ 8-4 麦克斯韦速率分布律	(387)
一、气体分子速率的实验测定	(387)
二、麦克斯韦速率分布律	(391)
三、三种统计速率	(395)
四、麦克斯韦速度分布律	(397)
§ 8-5 玻尔兹曼分布律 重力场中粒子按高度的分布	(402)
一、玻尔兹曼分布律	(402)
二、气体分子在重力场中按高度的分布	(404)
§ 8-6 理想气体的温度公式	(407)
§ 8-7 理想气体的压强公式	(409)
一、理想气体的分子模型	(409)
二、统计假设	(410)
三、压强公式	(411)
§ 8-8 能量均分定理 理想气体的内能	(415)
一、自由度	(416)
二、能量按自由度均分定理	(418)
三、理想气体的内能	(421)
§ 8-9 分子平均碰撞频率及平均自由程	(423)
一、分子的平均碰撞频率	(424)
二、平均自由程	(427)
§ 8-10 气体的内迁移现象	(429)
一、扩散现象	(430)

二、热传导现象.....	(434)
三、内摩擦现象(粘滞现象).....	(437)
第九章 热力学基础	(442)
§ 9-1 温度的概念.....	(442)
一、热平衡和热平衡定律.....	(442)
二、温度概念及温标.....	(443)
*三、国际实用温标.....	(444)
§ 9-2 准静态过程 功 热量.....	(445)
一、准静态过程.....	(445)
二、功.....	(446)
三、热量.....	(448)
§ 9-3 热力学第一定律.....	(449)
一、热力学第一定律.....	(449)
二、内能 热力学第一定律的数学表达式.....	(450)
三、准静态过程做功的计算.....	(454)
§ 9-4 热力学第一定律对理想气体等值过程的应用	(457)
一、等温过程.....	(458)
二、等容过程.....	(460)
三、等压过程.....	(461)
§ 9-5 气体的摩尔热容量.....	(466)
一、气体的定容摩尔热容量.....	(467)
二、气体的定压摩尔热容量.....	(468)
三、经典热容量理论的缺陷 *量子理论的修正.....	(470)
§ 9-6 绝热过程 *多方过程.....	(473)
一、绝热过程.....	(473)
*二、多方过程.....	(482)
§ 9-7 循环过程 卡诺循环.....	(484)
一、循环过程.....	(484)

二、卡诺循环	(486)
三、逆循环 致冷机	(490)
§ 9-8 热力学第二定律	(495)
一、热力学第二定律的两种常用表述	(496)
*二、热力学第二定律两种表述的等效性	(496)
§ 9-9 可逆过程和不可逆过程	(498)
一、可逆过程和不可逆过程	(498)
二、热现象过程的不可逆性和热力学第二定律的实质	(502)
§ 9-10 卡诺定理	(504)
§ 9-11 熵 熵增加原理	(507)
一、熵的概念	(508)
二、熵增加原理	(512)
§ 9-12 热力学第二定律的统计意义	(520)
一、微观态和宏观态	(520)
二、热力学第二定律的统计意义	(523)
三、热力学第二定律的适用范围	(525)
第十章 实际气体、固体和相变	(527)
§ 10-1 实际气体的等温线	(527)
§ 10-2 范德瓦耳斯方程	(531)
一、理想气体分子模型的修正 分子间的相互作用力	(531)
二、范德瓦耳斯方程	(534)
*三、范德瓦耳斯等温线	(538)
§ 10-3 焦耳-汤姆逊效应 实际气体的内能	(541)
* § 10-4 固体的热学性质	(544)
一、晶态固体和非晶态固体	(545)
二、晶体中粒子的结合力和结合能	(548)
三、晶体中粒子的热运动 晶体的热学性质	(554)
* § 10-5 相变	(561)
一、状态与相	(561)

二、液-气相变 临界点.....	(562)
三、固-气和固-液相变 三相点.....	(563)
四、克拉珀龙-克劳修斯方程.....	(565)
五、相变现象的多样性.....	(569)
附录A 矢量	(577)
附录B 单位制和量纲	(590)
附录C 常用物理常数表	(599)
附录D 有关地球、月球、太阳、大气的数据	(600)

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、十七世纪，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，又是大气层中水蒸汽分子运动的表现。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），它们都属于物理学的研究范畴。

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、分子所组成的客观实体，也包括原子、分子、离子和静止质量不为零的基本粒子，如电子、质子、中子等。场也是物质存在的一种形式，是客观实在。我们熟知的场，有电场、磁场和引力场，例如电荷间、电流间的相互作用是通过电场、磁场来传递的；实物间的万有引力作用，是通过万有引力场来传递的；现代观点认为原子核中的质子、中子间的相互作用，是通过介子场来传递的（或说交换介子）。实物和场也有相互作用，例如光（电磁场）投射在物体上，光的能量被吸收或散射等现象，是电磁场和实物相互作用的结果。各种物质都在运动，物质的不同形式的运动，相应有不同形式的能量。不同形式的运动可以相互转化，因而不同形式的能量可以相互转化。场也具有能量。

3. 物质世界的层次

大如宇宙，小如原子、基本粒子，都是物质。宇宙已探知的部分，其大小尺寸为 10^{26}m ，我们含糊地称它为宇宙半径。基本粒子的大小为 10^{-15}m 以下，两者竟相差 10^{41} 倍。在这非常大和非常小之间有许多大小不同的实物，表1是按物质大小的数量级的顺序列出的层次。

值得指出的是：在表1中的动植物的生命现象是宇宙中最为复杂的运动形式，而人是复杂的生命现象之一，大约由 10^{16} 个细胞组成。细胞是一个基本的生理学单位，大约含有 10^{12} 至 10^{14} 个原子。由人体大小的实物起向非常大和非常小的两个方向去考案，物质世界的结构都逐渐变得简单，还没有发现象生物体中见到的那种复杂的组织存在。非常大和非常小的世界所用的有些理论是相通的，目前，微观世界的一些理论已成功地用于宏观世界的星球和星系的结构。由表1还可以看到：物质世界的好些层次的研究，直至今日仍然

表 1 物质世界的层次

层 次 名 称		空间尺度数量级 (m)	质量数量级 (kg)	相关的专门学科分支
宇观世界	宇宙半径	10^{26} (已知部分)	10^{55}	宇宙学
	银河星团	10^{23}	10^{40}	
	星 系	10^{20}		天文学
	星 球	$10^7 - 10^{12}$	10^{30} (太阳)	天体物理学
宏观世界	地 球	10^7	10^{24}	地质学, 地球物理学
	地上的物体 (包括动植物)	$10^{-7} - 10^5$	10^2 (人)	生物学, 生物物理学
	气 体		10^{-12} (红血球 细胞)	空气动力学
	液 体			液体动力学
	固 体			固体物理学 } 凝聚态物理
微观世界	巨大分子	10^{-7}		生物化学, 高分子化学
	分 子	10^{-9}	10^{-26} (氧分子)	化学物理 化学, 分子物理学
	原 子	10^{-10}		原子物理学
	原 子 核	10^{-14}		核物理学
	基本粒子	10^{-15} 以下	10^{-30} (电子)	粒子物理学
	...	...		

是属于物理学的范畴，而另一些层次的相关专门学科则是属于物理学的分支，或是由物理学派生的几个学科交叉的边缘学科（甚至有时某些科学的活动还难于确定应该叫做物理学还是叫做其他科学），可见物理学对其他学科关系、影响、