



世纪普通高等教育基础课规划教材

大学物理学

上册

雒向东 主编



21 世纪普通高等教育基础课规划教材

大学物理学 上册

主 编 雒向东
副主编 魏秀芳 郭中华
参 编 吴学勇 董向成



机械工业出版社

本书是依据教育部物理基础课程教学指导分委员会颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》，在凝结编者多年教学实践经验的基础上几经修改编写而成的。

全书分上下册，内容依次是：力学(含刚体转动)、统计物理学和热力学、机械振动和机械波、电磁学、波动光学和近代物理学基础等，共14章。本书除第14章外，其余各章后均有思考题和习题，书后有习题参考答案。为便于教师教学和学生自学，本书还配有《大学物理学学习指导》、电子教案及课件等教学资源。除带*号的选学内容外，讲授本书约需90~120学时。阅读本书需要微积分和矢量运算的基本知识。

本书在编写中，对材料的取舍注意学科体系与一般教学需要相统一的原则；在概念、思想的阐述上注意了逻辑顺序与历史顺序相统一的原则；在文字表述上注意了严谨性与可读性相统一的原则；教材尤其注意数学与物理的统一。我们旨在为读者奉献一部既有继承又有发展，比较系统又不庞杂，篇幅适度，便于教学 and 自学的新教材，以期有利于培养和提高学生的综合素质和数理分析能力。

本书为普通高等学校理工科类大学物理基础课程教材，也可作为高校物理教师、学生和相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学. 上册/雒向东主编. —北京: 机械工业出版社, 2011. 2

21 世纪普通高等教育基础课规划教材

ISBN 978-7-111-32400-3

I. ①大… II. ①雒… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 213698 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张金奎 责任编辑: 张金奎 任正一

版式设计: 张世琴 责任校对: 张晓蓉

封面设计: 姚毅 责任印制: 乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·21.75 印张·423 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-32400-3

定价: 33.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材依据教育部物理基础课程教学指导分委员会颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》编写而成。编写时我们结合当前高等教育新形势，对全书内容的选定作了细致的审视及较为科学的规划，以使本教材成为一本既符合大学物理教学基本要求，又适应教育发展趋势，适合大多数普通高等院校理工科专业的物理教学需要的优秀教材。

理工科专业大学生学习物理学的目的在于：使学生对物理学的基本概念、基本理论和基本方法有比较系统的认识 and 正确的理解，并为进一步学习打下必要而坚实的基础。同时，着力培养学生树立科学的世界观，增强学生分析问题和解决问题的能力，培养学生的探索精神和创新意识，以实现学生知识、能力、素质的协调发展。

基于以上认识，教材在内容选取上我们坚持“保证宽度(A类)、加强近代、联系实际、涉及前沿”的选材原则，注意学科体系与一般教学需要的统一，这样就既保证了基本知识结构的系统完整，又使学生有了进一步了解当代科学技术进展的良好基础；在概念、思想的阐述上注意了逻辑顺序与历史顺序的统一；在行文叙述上注意了严谨性与可读性的统一；教材尤其注意数学与物理的统一，在阐述物理概念、命题时坚持定性与定量分析并重，既不刻意追求数学的严谨，也不回避数学的应用，而是把数学表示当做准确理解物理概念、命题的不可缺少的语言和有力的工具。为适当考虑双语教学之需要，本书出现的物理量和物理学名词在本书上册后附有中英文对照。本书编写目的是为读者奉献一部既有继承又有发展、比较系统又不庞杂、篇幅适度、便于教学和自学的新教材。

全书分上下册，内容依次是：力学(含刚体转动)、统计物理学和热力学、机械振动和机械波、电磁学、波动光学和近代物理学基础等，共14章。除第14章无习题外，其余各章后均有思考题和习题，书后有习题参考答案。为便于教师教学和学生自学，本书还配有《大学物理学学习指导》、电子教案及课件等教学资源。除带*号的选学内容外，讲授本书约需90~120学时。阅读本书需要微积分和矢量运算的基本知识。

本书第1、2章由雒向东编写，第3、4、5章由魏秀芳编写，第6、7、11章由郭中华编写，第8、9、10章由董向成编写，第12、13、14章由吴学勇编写。最后由雒向东负责全书统稿工作。

由于编者水平有限，本书的缺点在所难免，诚恳希望各位读者和专家提出宝贵意见，以使本书的质量得到进一步提高。

编 者

目 录

前言

第0章 绪论 1

0.1 宏观 微观 宇观 1

0.2 自然界中的基本相互作用 ... 2

0.3 物理学的研究对象和研究 方法 3

0.4 物理学与科学技术的关系 ... 5

0.5 物理量的单位和量纲 6

第1章 质点运动的描述

时空观 7

1.1 质点运动的描述一 7

1.1.1 空间 时间 7

1.1.2 质点 参考系 9

1.1.3 位置矢量 位移矢量 10

1.1.4 速度 加速度 14

1.1.5 加速度恒定时质点的 运动 19

1.2 质点运动的描述二 24

1.2.1 切向加速度和法向加 速度 24

1.2.2 圆周运动的角量描述 27

1.2.3 相对运动 32

1.3 从经典到狭义相对论时 空观 34

1.3.1 经典力学的相对性原理和 时空观 34

1.3.2 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换 37

1.3.3 狭义相对论的时空观 41

小结 48

思考题 53

习题 54

第2章 力 动量 能量 57

2.1 牛顿运动定律 57

2.1.1 牛顿运动定律 57

2.1.2 力学中几种常见的力 59

2.1.3 牛顿运动定律的应用 61

2.1.4 非惯性系中的力学问题 惯性力 66

2.2 功和能 72

2.2.1 功 功率 72

2.2.2 功的计算 73

2.2.3 动能定理 78

2.2.4 保守力 势能 80

2.2.5 功能原理 机械能守恒 定律 85

2.2.6 宇宙速度 90

2.3 动量与冲量 93

2.3.1 质心 质心运动定律 93

2.3.2 冲量 动量 动量定理 ... 96

2.3.3 动量守恒定律 102

2.3.4 角动量 角动量守恒 定律 105

2.3.5 开普勒定律 111

2.3.6 变质量系统问题 114

2.3.7 碰撞 119

2.4 狭义相对论质点动力学 初步 124

2.4.1 狭义相对论质量和动量 ... 124

2.4.2 狭义相对论动力学基本

方程	126	4.1.4 理想气体状态方程	179
2.4.3 相对论能量	128	4.2 分子的运动 统计规律的	
小结	132	特征	180
思考题	136	4.2.1 分子运动的基本理论	180
习题	140	4.2.2 统计规律的特征	183
第3章 刚体力学基础	145	4.3 理想气体的压强与温度 ...	184
3.1 刚体转动的描述	145	4.3.1 理想气体的微观模型	184
3.1.1 刚体的运动形式	145	4.3.2 理想气体的压强公式	185
3.1.2 转动变量	146	4.3.3 理想气体的温度与分子	
3.2 刚体的转动动能 转动		平均平动动能的关系	188
惯量	150	4.3.4 理想气体实验定律的	
3.2.1 刚体的转动动能	150	推证	189
3.2.2 转动惯量	150	4.4 能量按自由度均分定理	
3.3 力矩 转动定律	153	理想气体的内能	190
3.3.1 力矩	153	4.4.1 自由度	190
3.3.2 转动定律	155	4.4.2 能量按自由度均分定理 ...	192
3.4 转动中的功和能	159	4.4.3 理想气体的内能	193
3.4.1 力矩的功和功率	159	4.5 麦克斯韦速率分布律	194
3.4.2 定轴转动的动能定理	161	4.5.1 速率分布的描述	195
3.5 角动量 角动量守恒		4.5.2 速率分布函数	196
定律	163	4.5.3 麦克斯韦速率分布律	196
3.5.1 绕固定轴转动刚体的角		4.5.4 气体分子的三种统计	
动量	163	速率	197
3.5.2 定轴转动刚体的角动量定理		4.5.5 麦克斯韦速度分布律	200
和角动量守恒定律	163	4.6 玻耳兹曼能量分布律	
3.5.3 回转仪 进动	167	等温气压公式	201
小结	170	4.6.1 玻耳兹曼能量分布律	201
思考题	171	4.6.2 重力场中粒子按高度的	
习题	173	分布	201
第4章 气体动理论	177	*4.7 实际气体的特征	203
4.1 平衡态 理想气体状态方		4.7.1 分子体积的修正	203
程热力学第零定律	177	4.7.2 分子引力的修正	204
4.1.1 平衡态	177	4.7.3 范德瓦耳斯方程	204
4.1.2 气体的状态参量	178	小结	205
4.1.3 热力学第零定律	178	思考题	207

习题	208	5.7.2 态函数——熵	238
第5章 热力学基础	211	5.7.3 熵变的计算	240
5.1 功 热量 内能	211	5.7.4 熵增加原理	241
5.1.1 准静态过程	211	小结	242
5.1.2 准静态过程的功	212	思考题	244
5.1.3 热量	214	习题	246
5.1.4 内能	214	第6章 机械振动基础	250
5.2 热力学第一定律	215	6.1 简谐振动	250
5.2.1 热力学第一定律	215	6.1.1 简谐振动的基本概念及特征	250
5.2.2 关于热力学第一定律的说明	215	6.1.2 描述简谐振动的物理量	252
5.3 热力学第一定律对理想气体在准静态过程中的应用	216	6.1.3 简谐振动的旋转矢量表示法	256
5.3.1 理想气体的热容	216	6.1.4 简谐振动的能量	259
5.3.2 等体过程	217	6.2 简谐振动的合成	261
5.3.3 等压过程	217	6.2.1 同方向同频率简谐振动的合成	261
5.3.4 等温过程	218	6.2.2 同方向不同频率简谐振动的合成 拍现象	262
5.4 绝热过程 and 多方过程	221	*6.2.3 两个相互垂直的简谐振动的合成 李萨如图形	264
5.4.1 绝热过程	221	*6.3 阻尼振动 受迫振动	266
5.4.2 多方过程	224	6.3.1 阻尼振动	266
5.5 循环过程 卡诺循环	226	6.3.2 受迫振动	268
5.5.1 循环过程	226	小结	269
5.5.2 热机及其效率	227	思考题	272
5.5.3 制冷机及其制冷系数	228	习题	273
5.5.4 卡诺循环	229	第7章 机械波	277
5.6 热力学第二定律 卡诺定理	232	7.1 机械波的产生和传播	277
5.6.1 热力学第二定律的两种表述	232	7.1.1 机械波的产生	277
5.6.2 热力学第二定律两种表述的等效性	234	7.1.2 机械波的几何描述	278
5.6.3 可逆过程与不可逆过程	235	7.1.3 描述机械波的物理量	279
5.6.4 卡诺定理	235	7.2 平面简谐波	280
5.7 熵 熵增加原理	237	7.2.1 平面简谐波的波函数	280
5.7.1 克劳修斯等式	237	7.2.2 波函数的物理意义	282

7.3 波的能量	283	A. 2 SI 的一些导出单位	302
7.3.1 波的能量和能量密度	283	A. 3 SI 的辅助单位	304
7.3.2 能流密度	284	A. 4 SI 中具有专门名称的导出 单位	305
7.4 波的衍射 干涉	285	附录 B 国家选定的非国际单位 制单位	305
7.4.1 惠更斯原理	285	附录 C 用于构成十进倍数和分 数单位的词头	306
7.4.2 波的衍射	286	附录 D 一些基本物理常量 ...	306
7.4.3 波的干涉	287	附录 E 矢量及其运算	307
7.4.4 驻波	290	附录 F 物理学词汇中英文对 照表	318
*7.5 多普勒效应	293	附录 G 部分习题参考答案 ...	331
小结	294	参考文献	339
思考题	296		
习题	298		
附录	302		
附录 A 国际单位制(SI)	302		
A. 1 SI 基本单位	302		

第 0 章 绪 论

物理学是自然科学的重要组成部分，它的迅速发展和巨大成就对人类活动的许多领域都有重大影响。大学物理是高等学校理工科专业的重要基础课程，通过学习该课程可以使学生对物理学基础知识有较清晰的理解。在此基础上，可向应用方面发展。自然，对讲授中学物理的教师而言，大学物理学的知识更是必不可少的。

物理学是系统阐述物质运动的基本形式和普遍规律的一门自然科学，它和数学一起构成了其他一切科学（包括自然科学和社会科学）和工程技术的基础。物理学之所以具有这种地位，是因为人类生存的世界首先是一个物质的世界。人类进入物质世界并能领会其中的奥秘是不容易的，物理图像远不如电影、小说中的艺术形象那样生动感人。但对有鉴赏能力的人士来说，物理学的魅力并不逊色，这来源于物理学科的严谨、求实、简洁和协调。

本章的目的在于对物理学做一全面而简略的介绍，使初学者对它的全貌有个概括的了解，以便于今后的学习。必须说明的是，本部分不可能对物理学中的概念、定律等做深刻的阐述，这些将在以后的章节中逐步深入介绍。

0.1 宏观 微观 宇观

从人类对自然界认识的深度和广度来看，物理学研究的空间尺度正在向广阔和细微两个方向发展。一方面，从地球延伸到太阳系、银河系、星系团、总星系，就是向着宇观世界方向发展；另一方面，从分子、原子深入到原子核、基本粒子，也就是向着微观世界方向发展，而介于这两者之间的，也就是我们在一般现实生活中所处的世界，即宏观世界。

宏观、微观和宇观的空间概念一般是由物理研究的范围和物体的线度大小来划分的。微观一般指空间线度小于 10^{-8}m 的尺度，包括分子、原子和各种基本粒子。微观现象一般指微观粒子和场在微观范围内的各种现象，微观粒子和微观现象总称为微观世界，量子理论就是描述微观世界的理论。一般大于 10^{-8}m 数量级的物体，或用人的肉眼能看得见的物体都属于宏观物体。宏观现象包括宏观物体和场在宏观范围内的各种现象，宏观物体和宏观现象总称为宏观世界，宏观世界满足的规律称为宏观规律。以经典力学、电磁理论、统计理论为支柱的经典物理学就是描述宏观世界的理论。宇观则是对宇宙的看法，随着观测技术的不断

提高,宇宙的可观测范围日益扩大,这个范围已远远超出太阳系所属的银河系.银河系和现在人们所观测到的河外星系约有 10 亿个,它们总称为总星系.但现在还没有发现总星系的核心和边缘,我们把宇宙又叫做总星系,现在可探测到的范围直径约 300 亿光年.

微观、宏观和宇观是截然不同的尺度和范围,描述它们的理论也各不相同.但它们之间也没有不可逾越的界限,而是互相联系的.人们对宏观世界的认识最为深刻,经典物理学就是认识宏观世界的理论,尽管经典物理学本身仍在不断发展.人们对微观世界和宇观世界的认识还在不断深化,而且人们对宏观、微观和宇观的认识也是互相联系、彼此促进的.现代物理学的发展,已经大大地扩展了人类认识世界的范围.人们所观察到的空间范围,小到 10^{-15}m ,大到 10^{26}m ,大小相差 10^{40} 倍以上;观测时间的过程,短到 10^{-27}s 的瞬间,长到 10^{18}s ,二者相差也在 10^{40} 倍以上.

0.2 自然界中的基本相互作用

基本相互作用就是决定物质结构和变化过程的基本的相互作用.近代物理确认,支配着变化万千的物质世界的基本相互作用有四种:即引力相互作用、电磁相互作用、弱相互作用和强相互作用.在宇观世界主要是引力相互作用,在宏观世界主要是引力和电磁相互作用,在微观世界主要是电磁、强相互作用和弱相互作用.近代物理的观点倾向于认为四种基本相互作用是统一的,物理学家正在为建立大统一理论或超统一理论而努力.

引力相互作用是所有具有质量的物体之间的相互作用,表现为吸引力,是一种长程力,力程为无穷,其规律是牛顿万有引力定律,更为精确的理论是广义相对论.引力相互作用在四种基本相互作用中最弱,远小于强相互作用、电磁相互作用和弱相互作用,在微观现象的研究中通常可不予考虑,然而在天体物理研究中它起决定性的作用.按照近代物理的观点,引力作用是通过场或通过交换场量子来实现的,引力场的量子称为引力子.

电磁相互作用是带电物体或具有磁矩物体之间的相互作用,也是一种长程力,力程为无穷.宏观的摩擦力、弹性力以及各种化学作用实质上都是电磁相互作用的表现,其强度仅次于强相互作用,居四种基本相互作用的第二位.电磁相互作用人们研究得最清楚,其规律总结在麦克斯韦方程组和洛伦兹力公式中,更为精确的理论是量子电动力学.量子电动力学是物理学的精确理论,按照该理论,电磁相互作用是通过交换电磁场的量子(光子)而相互作用的,它能够很好地说明正反粒子的产生和湮没,以及电子、 μ 子的反常磁矩与兰姆移位等真空极化引起的细微电磁效应,理论计算与实验符合得非常好.

传递不同相互作用的粒子是十分不同的. 对弱相互作用其传媒粒子是中间玻色子, 它仅在微观尺度上起作用, 其力程极短, 可认为是零程的, 其强度排在强相互作用和电磁相互作用之后, 居第三位, 其对称性较差, 许多在强作用和电磁作用下的守恒定律都遭到了破坏. 例如, 宇称守恒在弱作用下就不成立. 弱作用理论是电弱统一理论, 弱作用引起的粒子衰变称为弱衰变. 最早观察到弱作用现象的是原子核的 β 衰变.

最早认识到质子、中子间的核力是属于强相互作用, 它是质子、中子结合成原子核的作用力. 强子是参与强相互作用的粒子, 它是由夸克组成的, 质子和中子是最早发现的强子. 强相互作用是夸克之间的相互作用力, 强作用最强, 是一种短程力. 强相互作用是通过传递八种胶子实现的, 夸克和胶子都带有色量子数. 夸克可以发出或吸收胶子, 而胶子本身也可以发出或吸收胶子(光子是不能发出或吸收光子的). 这使得夸克之间的强相互作用与带电粒子之间的电磁相互作用有很大不同. 前者理论是量子色动力学, 后者理论是量子电动力学. 强相互作用具有最强的对称性, 遵从的守恒定律最多. 强相互作用引起的粒子衰变称为强衰变, 强衰变粒子的平均寿命最短, 强衰变粒子称为不稳定粒子或共振态.

0.3 物理学的研究对象和研究方法

1. 物理学的研究对象

物理学是研究物质结构及其运动基本规律的学科. 物理学所研究的运动, 普遍地存在于其他复杂的高级运动形式(如化学的、生物的运动形式等)之中. 因此, 物理运动是宇宙中最普遍、最基本的运动形式. 例如, 宇宙间的一切物体, 无论化学成分如何不同, 不管有无生命, 都遵从物理学中的万有引力定律. 一切变化过程, 不论它们是否具有化学的、生物的或其他的特殊性质, 都遵从物理学中的能量守恒和转化定律.

物理学研究领域里有两个尖端: 一个是高能或粒子物理, 它是在最小尺度上探索物质更深层次的结构; 另一个是天体物理, 它是在最大尺度上追寻宇宙的演化和起源. 近几十年的研究表明, 这两个极端竟奇妙地衔接在一起, 成为一对密不可分的姊妹学科.

物质有两种不同的形态: 一类是实物, 另一类是场. 实物包括微观粒子和宏观物体, 它的范围是从基本粒子的亚核世界到整个宇宙. 场包括引力场、电磁场和量子场等.

物质运动和物质间的相互作用是物质的普遍属性. 物质的物理运动具有粒子和波动两种图像. 宏观物体的机械运动, 包括天体运动和分子无规则热运动呈现出粒子图像, 而场运动则呈现出波动图像. 在微观领域, 无论是实物还是场都呈

现出波粒二象性. 物质间有四种基本相互作用, 在 20 世纪 70 年代末, 电磁相互作用和弱相互作用已经统一为电弱相互作用. 科学研究发现实物间的相互作用是由场来传递的, 实物激发出场, 场再作用于另一实物.

物质运动和相互作用总是在一定的空间和一定的时间发生的. 空间是物质运动广延性的反映, 时间则是物质运动过程持续性的体现. 在时空均匀和各向同性的条件下, 物质的运动和相互作用过程遵循一系列守恒定律; 而在高速和强场情况下, 时空的几何性质和量度与物质的分布和运动有密切关系.

2. 物理学的研究方法

物理学的研究常用观察、实验和理性思维三种方法. 这种以实践、认识、再实践、再认识为指导的研究方法, 也就是辩证唯物主义在物理学研究上的具体表现.

观察和实验是研究物理学的基础. 观察是对自然界中所发生的某种现象, 按照它原来的样子加以观测研究. 实验是人们把发生在自然界中错综复杂相互联系、相互制约的自然现象, 用人为的方法, 减少次要因素, 突出主要矛盾, 使现象在简化条件下重复发生, 并反复研究, 以找出该自然现象规律的一种研究方法. 自然科学是一门实验科学, 实验是理论的基础, 理论靠实验来检验.

理性思维方法是通过比较、分类、分析、综合、归纳、演绎、类比、抽象、假说等来实现的. 认识事物首先从区分开始, 区分的手段是比较, 有比较才有鉴别. 通过比较确定事物之间的共性和差别, 从而达到区分和分类的目的. 分析是把研究的问题分成几个方面分别进行研究而达到认识事物本质的方法. 综合是与分析相反的思维过程, 综合是在分析的基础上进行的, 综合与分析是相辅相成的. 归纳和演绎是一切科学研究常用的两种相反的思维过程. 归纳法是从个别到一般, 由特殊到普遍的逻辑思维方法. 一切物理概念和定律都是在大量观察和实验资料的基础上通过归纳和推理得出的. 演绎与归纳相反, 是由一般到个别, 由普遍到特殊的推理方法. 大量事例说明, 归纳以演绎为指导, 演绎以归纳为基础. 类比是一种探索性的逻辑思维方法, 它是在已有知识的基础上, 把已经熟知的对象与未知的对象进行对比. 抽象方法是根据问题的性质和内容, 抓住主要因素, 忽略次要的、局部的和偶然的因素, 建立一个与实际相近的理想模型来进行研究. 在物理学研究中, 这种理想模型是十分重要的. 研究物体机械运动规律时, 就是从质点运动规律入手, 再研究刚体运动的规律, 从而逐步深入的. 假说是在一定的观察、实验的基础上, 为寻找事物的规律, 对于现象的本质所提出的一些说明方案或基本论点等. 进一步的实验论据会清洗这些假说, 即去掉一些或改进一些, 在一定范围内经过不断的检验, 证明为正确的假说, 最后上升为定律或理论. 在科学认识的发展过程中, 假说是很重要的甚至是必不可少的一种手段.

从观察、实验到假说、理论,物理学的研究并没有结束.认识从实践始,经过实践得到理论的认识,还必须回到实践中去.理论是从许多现象中概括和抽象出来的最本质的东西,所以一个能够正确反映客观实在的理论,不仅能够解释已知现象,而且还能够预言未知的现象,指导新的实践,推断出尚未发现的新的自然规律.如果理论推导的结果,得到了新的实践的验证,就更加丰富了理论的内容.例如麦克斯韦的电磁场理论,不仅能够解释各种电现象和磁现象之间的关系,而且能够预言电磁波的存在及其传播速度.在这种理论指导下,通过实验完全证明了它的预言.另一方面,如果某一理论或它推导出的结果和新的实验事实有矛盾,就必须对这一理论或对它所依据的某些基本假说加以修正,或全部放弃,而在新的实验基础上建立能正确反映客观实在的新理论.

0.4 物理学与科学技术的关系

物理学是一切自然科学的基础,处于诸多自然科学学科的核心地位.物理学研究的粒子和原子构成了蛋白质、基因、器官、生物体,构成了一切天然的和人造的物质以及广阔的陆地、海洋、大气,甚至整个宇宙.因此,物理学是化学、生物学、材料科学、地球物理和天体物理等学科的基础.今天,物理学和这些学科之间在边缘领域中又形成了一系列分支学科和交叉学科,如粒子物理、核物理、凝聚态物理、原子分子物理、电子物理、生物物理等.这些学科都取得了引人瞩目的成就.

物理学的发展,广泛而直接地推动着技术革命和社会文明.18世纪60年代开始的第一次技术革命以蒸汽机应用为标志,它是牛顿力学和热力学发展的结果.19世纪70年代开始的第二次技术革命以电力的广泛应用和无线电通信为标志,它是电磁学发展的结果.20世纪40年代兴起的并一直延续至今的第三次技术革命是相对论和量子论发展的结果.事实证明,几乎所有重大的新技术领域学科(如电子学、原子能、激光和信息技术等)的创立,事前都是在物理学中经过长期的酝酿,在理论和实验两方面积累了大量知识后,才突然迸发出来的.因此物理学是科技生产力发展的不竭源泉.

在新世纪开始的今天,全世界范围内正面临着以信息、能源、材料、生物工程和空间技术等为核心的一场新技术革命,在这些高科技领域中必将层出不穷地涌现人们今天尚不知道的一系列新技术和新产品,物理学以其最广泛和最基本的内容正成为各个新兴学科的先导.近代物理在量子论和粒子物理等研究方向上的突破和成熟可能孕育和萌发科学和技术的新芽,建立在物理学等自然科学基础上的高科技在21世纪将出现史无前例的辉煌,使人类文明进入更高级的阶段.

0.5 物理量的单位和量纲

物理学是一门实验科学，常常需要对各种物理量进行测量。测量任何物理量，其测量结果都包括测量数据和所用单位两个部分，只有极少数的物理量是没有单位的纯数。

由于各物理量之间存在着规律性的联系(关系式)，所以不必对每个物理量都独立地规定单位，可选定几个物理量作为基本量，并率先规定它们的单位，称为基本单位，其他物理量的单位，则可由它们与基本量之间的关系式导出来，这些物理量称为导出量，它们的单位称为导出单位。这样制定的一套单位，就构成了一定的单位制。

建立单位制，首先要确定基本量和基本单位。基本量和基本单位的选择不同，就构成了不同的单位制。力学中常用的单位制为国际单位制和厘米·克·秒单位制。导出量都可以用基本量表示，导出量用基本量表示的式子，称为该物理量的量纲(或量纲式)。在物理学中一般物理量都有单位，没有单位就不能比较其大小。

国际单位制中的力学基本量有质量、长度、时间，基本单位分别为千克(kg)、米(m)、秒(s)；厘米·克·秒单位制中力学基本量仍然为质量、长度、时间，基本单位分别是克(g)、厘米(cm)、秒(s)。例如：导出量有速度、加速度、力、功等。国际单位制中的导出单位有米/秒($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)、米/秒²($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)、千克·米/秒²=牛顿(N)、千克·米²/秒²=焦耳(J)。

如果把上面的讨论更一般化，取 L 为长度“单位”，M 为质量“单位”，T 为时间“单位”，在力学中，我们称 L、M、T 为基本量纲，则导出量的“单位”可用 L、M、T 表示，称为导出量纲。我们把这个由 L、M 和 T 组成的式子称为该物理量的量纲或量纲式。可见，量纲就是指某一物理量单位的类别，物理学中习惯用一个方括号表示括号中物理量的量纲式，如物理量 Q 的量纲通式表示为

$$[Q] = M^p L^q T^s$$

式中，p、q、s 称为量纲指数。

例如，速度量纲式就是 $[v] = LT^{-1}$ ，加速度量纲式是 $[a] = LT^{-2}$ ，力的量纲式是 $[F] = MLT^{-2}$ 等。

由于只有量纲相同的物理量才能相加减和用等号连接，所以只要考察等式两端各项量纲是否相同，就可以初步检验物理公式是否正确，公式中的数字系数由实验检验。当已知基本量在两个单位制中的换算关系时，代入物理量的量纲，即可得出该物理量在两个单位制中的换算关系。从实验中找出物理规律，在建立经验公式时应注意等号两边量纲必须相同，进而确定比例系数之后，即可建立经验公式。

第1章 质点运动的描述 时空观

物理学是研究物质运动中最普遍、最基本运动形式的基本规律的一门学科，这些运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核运动以及其他微观粒子运动等。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之间或物体各部分之间相对位置的变化，这称为机械运动。机器的转动、宇宙飞船的航行、水的流动等都是机械运动。力学就是研究物体机械运动规律的学科。在物质运动的所有形式中几乎都包含机械运动，因此，力学成为物理学和许多工程技术学科的基础。

研究力学，采用的办法是由表及里、从现象到本质的学习步骤。先描述物体的位置如何随时间变化，这部分内容称为运动学。然后进一步研究物体间的相互作用及其对运动状态的影响，这部分内容称为动力学。本章研究质点运动学，主要内容有位置矢量、位移、速度、加速度、质点运动方程、切向加速度、法向加速度、圆周运动、相对运动、牛顿时空观、狭义相对论时空观等。

1.1 质点运动的描述一

1.1.1 空间 时间

描述物体的运动，要用到空间和时间这两个概念。人们关于空间和时间这两个概念的形成，首先起源于对自己周围物质世界和物质运动的直觉。空间反映物质的广延性，其概念是与物体的体积和物体位置的变化联系在一起的，而时间反映物理事件的顺序性和持续性。在自然科学的创始和形成时代，关于空间和时间，有两种代表性的看法。莱布尼兹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，没有具体的物质和物质的运动就没有空间和时间。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实在。随着科学的进步，人们经历了从牛顿绝对时空观到爱因斯坦相对论时空观的转变，从时空有限与无限的哲学思辨到可以运用科学手段来探索的阶段。目前量度的时空范围，已从宇宙范围尺度 10^{26}m 到微观粒子尺度 10^{-15}m ；从宇宙的年龄 10^{18}s 到微观粒子的最短寿命 10^{-24}s ；速率范围从 0 到 $3 \times 10^8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，这些尺度范围已十分广泛。理论物理指出，空间长度和时间间隔都有下限，它们分别是普朗克长度 10^{-35}m 和普朗克时间 10^{-43}s ，当小于普朗克时空间隔时，现有时空概念就不再适

用了. 表 1.1 和表 1.2 分别列出了各种典型物理现象的空间和时间尺度, 由此可见物理学所涉及的空间和时间范围是何等的广阔!

表 1.1 一些典型物理现象的空间尺度 (单位:m)

物 理 现 象	空 间 尺 度	物 理 现 象	空 间 尺 度
已观测到的宇宙范围	10^{26}	无线电中波波长	10^3
星系团半径	10^{23}	小孩高度	1
星系间距离	2×10^{22}	尘埃	10^{-3}
银河系直径	7.6×10^{20}	人类红血球细胞直径	10^{-6}
太阳到最近恒星的距离	4×10^{16}	细菌线度	10^{-9}
太阳到海王星的距离	10^{12}	原子线度	10^{-10}
日地距离	1.5×10^{11}	原子核线度	10^{-15}
地球半径	10^6	普朗克长度	10^{-35}

表 1.2 一些典型物理现象的时间尺度 (单位:s)

物 理 现 象	时 间 尺 度	物 理 现 象	时 间 尺 度
宇宙年龄	10^{18}	中频声波周期	10^{-3}
太阳系年龄	1.4×10^{17}	中频无线电波周期	10^{-6}
原始人	10^{13}	π^+ 介子平均寿命	10^{-9}
最早文字记录	1.6×10^{11}	分子转动周期	10^{-12}
人的平均寿命	2×10^9	原子振动周期	10^{-15}
地球公转一年	3.2×10^7	光穿越原子时间	10^{-18}
地球自转一天	8.6×10^4	核振动周期	10^{-21}
太阳光到地球的传播时间	5×10^2	高速粒子穿越核时间	10^{-24}
人心脏跳动周期	1	普朗克时间	10^{-43}

尽管对空间和时间没有满意的“严格”的理论定义, 但这并不影响二者在物理学中的使用. 因为, 物理学是一门基于实验的科学, 我们不仅要考虑空间和时间的定义问题, 而且更重要的是要了解它们是如何度量的.

长度是空间的一个基本性质. 对于长度的测量, 在古代人们常以人体的某部分作为单位和标准, 这显然不能作为统一标准. 以客观存在的不变事物作为长度的标准是一种必然的趋势. 目前国际通用长度单位是米(m). 1960 年以前, 用铂铱米尺作为标准尺, 规定米的大小. 1960 年以后, 改用光的波长作为标准. 在第十一届国际计量大会上规定 1 米等于 ^{86}Kr 原子 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁时所对应的辐射在真空中的波长的 1650763.73 倍. 1983 年, 第十七届国际计量大会上