

# 物理学

# 简明教程

A BRIEF INTRODUCTION TO PHYSICS

江美福 冯秀舟 陈亮 主编

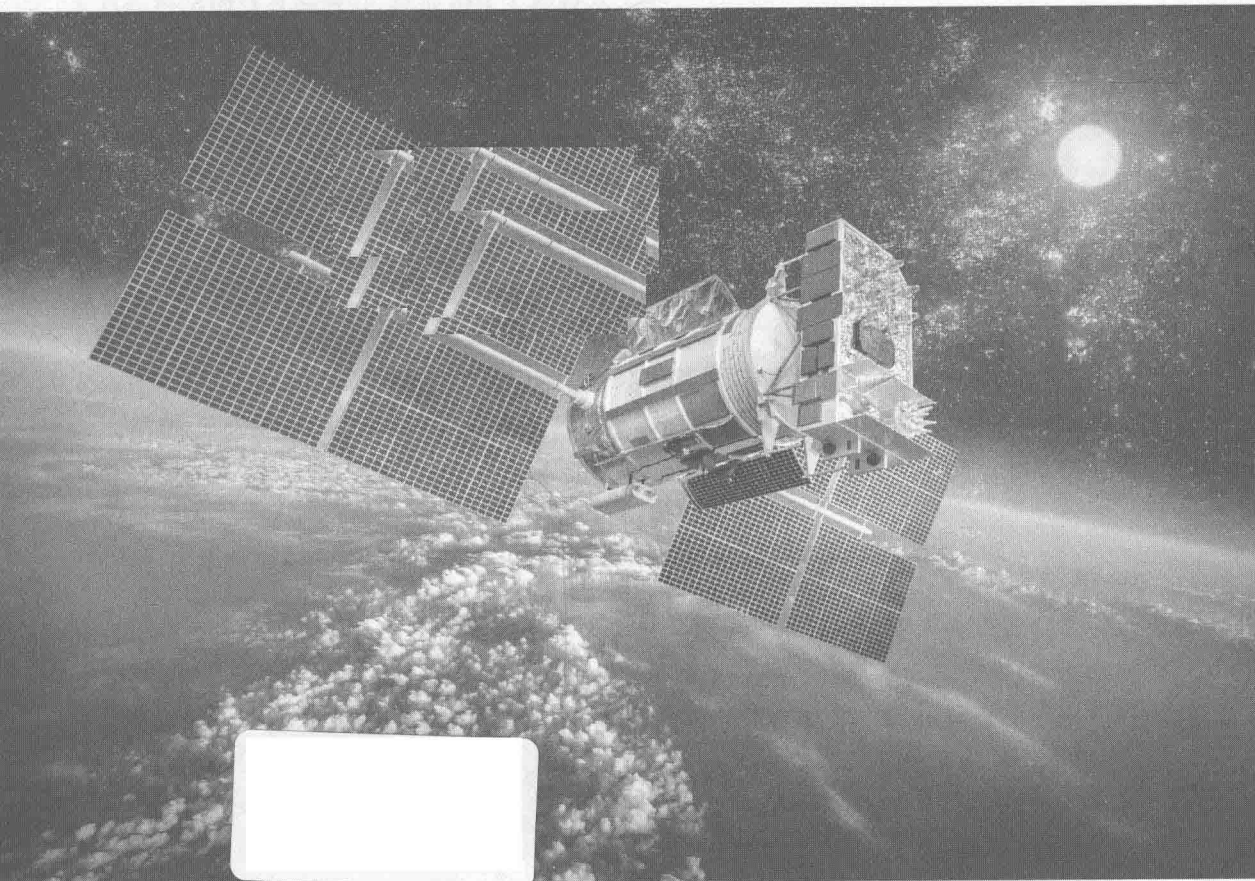


苏州大学出版社  
Soochow University Press

# 物理学 简明教程

A BRIEF INTRODUCTION TO PHYSICS

江美福 冯秀舟 陈亮 主编



苏州大学出版社  
Soochow University Press

图书在版编目(CIP)数据

物理学简明教程 / 江美福, 冯秀舟, 陈亮主编. —  
苏州: 苏州大学出版社, 2017. 5  
ISBN 978-7-5672-2078-2

I. ①物… II. ①江… ②冯… ③陈… 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(2017)第 080108 号

物理学简明教程

江美福 冯秀舟 陈亮 主编  
责任编辑 苏秦

---

苏州大学出版社出版发行

(地址: 苏州市十梓街1号 邮编: 215006)

常州市武进第三印刷有限公司印装

(地址: 常州市武进区湟里镇村前街 邮编: 213154)

---

开本 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 28.75 字数 700 千

2017年5月第1版 2017年5月第1次印刷

ISBN 978-7-5672-2078-2 定价: 68.00 元

---

苏州大学版图书若有印装错误, 本社负责调换  
苏州大学出版社营销部 电话: 0512-65225020  
苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>

# 前 言

## PREFACE

宇宙万物,大到日月星辰,小至原子核,无论是以固体、液体、气体、等离子体等实物物质形式存在,还是以电磁场、重力场、引力场等场物质形式存在,都在永不停息地运动.运动是绝对的,是物质的根本属性.

物理学就是研究物质运动基本规律和物质的基本结构及其相互作用的科学.物质的运动形式是多种多样的,包括机械运动、电磁运动、热运动、原子分子等微观粒子的运动等.物理学研究的运动普遍存在于其他高级、复杂的运动形式(如生命运动、生物代谢等)之中,因此,物理学所研究的基本规律和基本研究方法具有极大的普遍性,物理学的基本原理已渗透于自然科学的所有领域,广泛应用于工程技术之中.

历史上每次重大的技术革命都来源于物理学上的重大突破.热学、热力学的研究(18世纪下半叶)导致蒸汽机的发明和广泛应用,引发了第一次工业革命,使人类进入了蒸汽机时代.电磁感应的研究、电磁学理论的建立(19世纪中叶)导致发电机、电动机的发明及无线电通信的出现,引发了第二次工业革命,人类从此跨入了电气化时代.相对论、量子力学的建立(1900—1930年)使物理学进入了高速、微观领域;核物理的研究使核能的释放和应用成为现实;原子、分子物理的研究使激光得以发明和应用;半导体、固体物理、材料科学的研究使晶体管、超大规模集成电路、纳米、新能源、云计算、航天等技术得以发展,人们把新能源、新材料、激光、信息等技术的发展称为第三次工业革命.如今量子通信的曙光已经显现,人类对宇宙的了解将进一步深入,物理的光辉曾经并将继续照耀着世界.

但是,相关学院不止一次要求:大学物理课程的讲授应该考虑到学生专业的特点,与专业有关的知识点多讲,无关的少讲或不讲.

目前不少医学院校开设了“医用物理”课程,那是否还要开设“机械物理”“纺织物理”“金融物理”等课程呢?

课堂上学生喜欢问的话题是“物理有何用?”.

多年来为理、工、医、农、商等不同学院的学生讲授“大学物理”课程的经历提醒我们:“大学物理”不是专业课!判天地之美,析万物之理,物理学涉及的研究方法多种多样,所起的作用是哪一门其他专业课都无法取代的.物理学为相关专业服务的落脚点应该放在培养学生的学习能力上,而不是具体的知识点或技术的学习.听同行谈及给医学部学生讲授“医用物理”的苦衷,编者也感同身受.物理老师的医学知识不可能到位,学生医学知识也还未掌握,大幅介绍物理原理在一些具体医学环节上的应用,效果并不好.况且,当今的科技日新月异,医学手段、医疗器械更新换代非常快,课堂上学到的与实际接触的势必差距不小.相关统计数据表明,近年来,毕业后真正从事本科所学专业的人大概在30%,工作3年内跳槽、改行已成常态.物理教学应该回归到培养学生的科学思维方法、科学素养和创新精神上来.相比

学习“医用物理”“纺织物理”等而言,学好“大学物理”可能是一个更好的选择.

物理学在发展,相关的知识、方法也在不断更新.让身边的物理,以及科技热点尽量融入相关的知识点,正是本书全体参编人员倾心追求的.希望编者精心准备的阅读材料对拓宽师生们的视野有所裨益.

本书编写秉持的指导思想是:以教育部颁布的“理工科类大学物理课程教学基本要求”为大纲;淡化学生的专业背景,注重相关知识的系统性,加强物理方法、科学建模思想的介绍;力求结构紧凑,概念清楚,论证严谨.便于教和学,较好地服务于使用本教程的所有专业的师生们,此乃本书编写的宗旨所在.

参加本书编写的人员包括苏州大学物理科学与技术学院的江美福、冯秀舟、朱天淳、戴永丰、吴亮、阮中中和苏州大学附属第一医院的陈亮、顾勇等,并由江美福、冯秀舟、陈亮负责统稿、修改和定稿.

在编写本书的过程中,得到了苏州大学教务部、物理科学与技术学院、苏州大学出版社有关领导和同仁的大力支持,在此,编者致以最诚挚的谢意!

虽然本书的构思和组稿耗时较长,但有关想法还须实践检验与完善,所有使用本教程的教师和学生们的真知灼见十分重要,编者期待着.

编者

2017年2月

# 目录

## Contents

### 第 1 篇 力 学

第 1 章 质点力学 .....	3
1.1 质点运动学 .....	3
1.1.1 质点 参照系 时间和空间 .....	3
1.1.2 位矢 位移 速度 加速度 .....	5
1.1.3 曲线运动及其描述 .....	9
1.1.4 伽利略坐标变换 .....	12
1.2 质点动力学 .....	14
1.2.1 牛顿运动定律 .....	14
1.2.2 SI 单位和量纲 .....	16
1.2.3 常见力和基本力 .....	17
1.2.4 应用牛顿运动定律解题 .....	20
1.2.5 冲量与动量定理 .....	23
1.2.6 动量守恒定律 .....	26
1.3 功和能 .....	27
1.3.1 功与功率 势能 .....	27
1.3.2 动能 动能定理 .....	31
1.3.3 功能原理 机械能守恒定律 .....	32
1.3.4 碰撞 .....	33
阅读材料 A 人体材料的力学特性 .....	36
A.1 骨的力学性质和特点 .....	36
A.2 肌肉的力学性质和特点 .....	38
A.3 血管壁的力学性质和特点 .....	38
A.4 相关实用案例 .....	39
第 2 章 刚体的定轴转动 .....	48
2.1 刚体的运动 .....	48
2.1.1 平动和转动 .....	48
2.1.2 质心 刚体的质心运动定理 .....	49

2.1.3	定轴转动的角量描述 .....	51
2.1.4	刚体定轴转动的角动量 .....	51
2.1.5	刚体的转动动能 .....	52
2.1.6	转动惯量的计算 .....	52
2.2	刚体的转动定律 .....	54
2.2.1	刚体定轴转动的力矩 .....	54
2.2.2	刚体定轴转动定律 .....	55
2.3	刚体的功和能 .....	60
2.3.1	力矩的功 .....	60
2.3.2	定轴转动的动能定理 .....	60
2.3.3	定轴转动的机械能 .....	61
2.4	角动量守恒定律 .....	62
2.4.1	刚体的角动量定理 .....	62
2.4.2	刚体的角动量守恒定律 .....	62
	阅读材料 B 陀螺仪 .....	64
<b>第 3 章</b>	<b>流体力学</b> .....	<b>72</b>
3.1	理想流体的定常流动 .....	72
3.1.1	基本概念 .....	72
3.1.2	连续性方程 .....	73
3.1.3	伯努利方程及其应用 .....	74
3.2	黏性流体的流动 .....	77
3.2.1	牛顿黏滞定律 .....	77
3.2.2	湍流 雷诺数 .....	78
3.2.3	黏性流体的伯努利方程 .....	79
3.2.4	泊肃叶公式 .....	79
3.2.5	斯托克司定律 .....	81
	阅读材料 C 血液的流动 .....	82
C.1	血液的流动 .....	82
C.2	心脏做功 .....	84
C.3	血压的测量 .....	84
<b>第 4 章</b>	<b>振动和波动</b> .....	<b>89</b>
4.1	简谐运动 .....	89
4.1.1	简谐运动方程 .....	89
4.1.2	简谐运动的能量 .....	92
4.1.3	简谐运动的合成和分解 .....	93
4.1.4	阻尼运动 受迫振动 共振 .....	98

4.2 波 动 .....	100
4.2.1 波的产生和传播 .....	100
4.2.2 平面简谐波波动方程 .....	102
4.2.3 波的能量和强度 .....	104
4.2.4 波的叠加原理 波的干涉 驻波 .....	105
4.2.5 声波和超声波 .....	108
4.2.6 多普勒效应 .....	112
阅读材料 D 听诊与叩诊 .....	113

## 第 2 篇 电磁学

第 5 章 静电场 .....	121
5.1 电场 电场强度 .....	121
5.1.1 电荷 库仑定律 .....	121
5.1.2 电场 电场强度 .....	122
5.1.3 场强叠加原理 .....	123
5.2 高斯定理及其应用 .....	125
5.2.1 电场线 电通量 .....	125
5.2.2 静电场的高斯定理 .....	127
5.2.3 高斯定理的应用 .....	128
5.3 电场力的功 电势 .....	130
5.3.1 电场力的功 静电场的环路定理 .....	130
5.3.2 电势能 电势 .....	131
5.3.3 等势面 电场强度和电势的关系 .....	134
5.4 静电场中的导体 .....	135
5.4.1 导体的静电平衡 .....	135
5.4.2 静电平衡时导体上的电荷分布 .....	136
5.4.3 静电屏蔽 .....	137
5.5 静电场中的电介质 .....	137
5.5.1 电介质及其极化 .....	137
5.5.2 电介质中的场强 .....	139
5.6 电容 电场的能量 .....	139
5.6.1 电容 电容器 .....	139
5.6.2 带电系统的能量 .....	141
5.6.3 静电场的能量 .....	141
第 6 章 电流与电路 .....	148
6.1 恒定电流 .....	148



6.1.1	电流 电流强度	148
6.1.2	欧姆定律的微分形式	149
6.2	电动势	151
6.3	直流电路	151
6.3.1	含源电路的欧姆定律	151
6.3.2	基尔霍夫定律及其应用	153
阅读材料 E	细胞膜电位	155
阅读材料 F	心电图的电学原理	157
F.1	心电的产生和心电偶	157
F.2	心电图机和心电导联	159
阅读材料 G	电流对人体的作用	161
G.1	直流电对人体的作用	161
G.2	低频电的作用 心脏起搏器	161
G.3	高频电疗和高频电刀	162
G.4	人体的触电问题	163
<b>第 7 章</b>	<b>磁 场</b>	166
7.1	磁场 磁感应强度	166
7.1.1	磁场 磁感应强度	166
7.1.2	磁场线和磁通量	167
7.1.3	毕奥-萨伐尔定律	168
7.1.4	电流的磁场	168
7.1.5	安培环路定理及其应用	170
7.2	磁场对运动电荷和电流的作用	173
7.2.1	磁场对运动电荷和电流的作用 磁聚焦	173
7.2.2	霍尔效应 电磁泵	175
7.2.3	磁场对载流导线的作用	176
7.2.4	磁场对载流线圈的作用	177
7.3	磁介质	178
7.3.1	物质的磁性和磁化	178
7.3.2	磁场强度	180
7.3.3	铁磁性	180
7.4	电磁感应	182
7.4.1	电磁感应定律	182
7.4.2	动生电动势	182
7.4.3	感生电动势 涡电流	183
7.4.4	自感和互感	184
7.4.5	磁场的能量	185

阅读材料 H 生物磁现象 .....	187
H.1 生物磁现象 .....	187
H.2 磁场的生物效应 .....	188

### 第 3 篇 热 学

第 8 章 气体动理论 .....	201
8.1 状态 过程 .....	201
8.2 理想气体状态方程 .....	202
8.3 理想气体的压强 .....	204
8.3.1 理想气体的微观模型 .....	204
8.3.2 理想气体的压强 .....	205
8.4 温度的微观意义 .....	206
8.4.1 温标 .....	206
8.4.2 温度的微观本质 .....	207
8.4.3 气体的方均根速率 .....	207
8.5 能量均分原理 理想气体的内能 .....	208
8.5.1 分子的自由度 .....	208
8.5.2 能量均分原理 .....	208
8.5.3 理想气体的内能 .....	209
8.6 热平衡态的统计规律 .....	210
8.6.1 速率分布函数 .....	210
8.6.2 麦克斯韦速率分布律 .....	210
8.6.3 气体分子速率分布的实验测定 .....	212
8.6.4 麦克斯韦速度分布律 玻尔兹曼能量分布律 .....	213
8.7 实际气体等温线 范德瓦尔斯方程 .....	214
8.7.1 实际气体等温线 .....	214
8.7.2 范德瓦尔斯方程 .....	215
8.7.3 范德瓦尔斯方程的等温线 .....	217
8.8 气体分子的平均自由程 .....	218
8.9 输运过程及其宏观规律 .....	219
8.9.1 内摩擦 .....	219
8.9.2 热传导 .....	220
8.9.3 扩散 .....	221
阅读材料 I 液体的表面性质 .....	221
I.1 液体的表面张力和表面能 .....	222
I.2 液体与固体交界处的表面现象 .....	225

<b>第 9 章 热力学基础</b> .....	232
9.1 热力学第一定律 .....	232
9.1.1 内能 功和热 .....	232
9.1.2 热力学第一定律 .....	233
9.1.3 理想气体的热容 .....	233
9.1.4 热力学第一定律的应用 .....	235
9.1.5 绝热过程 .....	236
9.2 热力学第二定律 .....	238
9.2.1 循环过程 热机和制冷机 .....	238
9.2.2 热力学第二定律 .....	240
9.2.3 可逆过程与不可逆过程 .....	241
9.2.4 卡诺循环和卡诺定理 .....	242
9.3 熵 熵增加原理 .....	244
9.3.1 熵 .....	244
9.3.2 不可逆过程中的熵变 .....	244
9.3.3 熵增加原理 .....	246
9.4 热力学第二定律的统计意义 .....	246
阅读材料 J 人体的体温控制 .....	247
J.1 人体的能量交换 .....	247
J.2 人体中的熵变问题 .....	248

## 第 4 篇 光 学

<b>第 10 章 几何光学</b> .....	255
10.1 几何光学的基本定律 .....	255
10.2 球面折射成像 .....	255
10.2.1 单球面折射成像 .....	256
10.2.2 共轴球面系统 .....	260
10.3 透镜成像 .....	262
10.3.1 薄透镜成像 .....	262
10.3.2 透镜的像差 .....	267
10.4 放大镜 光学显微镜 .....	268
10.4.1 放大镜 .....	268
10.4.2 光学显微镜 .....	269
10.5 眼的光学系统 .....	275
10.5.1 眼的结构和光学性质 .....	275
10.5.2 人眼的调节 视力 .....	276

10.5.3 非正视眼的矫正 .....	276
<b>第 11 章 波动光学</b> .....	282
11.1 光的干涉 .....	282
11.1.1 分波前干涉 .....	286
11.1.2 薄膜干涉 .....	289
11.1.3 迈克耳孙干涉仪 .....	295
11.1.4 光的相干性 .....	297
11.2 光的衍射 .....	298
11.2.1 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理 .....	298
11.2.2 单缝的夫琅禾费衍射 .....	301
11.2.3 圆孔的夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨率 .....	304
11.2.4 衍射光栅 .....	307
11.2.5 晶体对 X 射线的衍射 .....	311
11.3 光的偏振 .....	312
11.3.1 自然光和偏振光 .....	313
11.3.2 偏振片 马吕斯定律 .....	315
11.3.3 反射和折射时光的偏振 .....	319
11.3.4 双折射现象 二向色性 .....	321
11.3.5 波片 偏振态的检验 .....	324
11.3.6 偏振光的干涉 .....	326
阅读材料 K 克尔效应和旋光现象 .....	327
阅读材料 L 液 晶 .....	329
L.1 液晶的光学特性 .....	329
L.2 液晶的电光效应 .....	330
阅读材料 M 光的吸收、散射和色散 .....	331
M.1 光的吸收 .....	331
M.2 光的散射 .....	333
M.3 光的色散 .....	334
阅读材料 N 激光全息 .....	336
N.1 激光全息的原理 .....	336
N.2 全息显示的发展及应用 .....	337

## 第 5 篇 近代物理基础

<b>第 12 章 狭义相对论基础</b> .....	345
12.1 经典力学的相对性原理和时空观 .....	345
12.2 洛伦兹变换 .....	348

12.3	狭义相对论的基本原理 .....	351
12.3.1	同时的相对性 .....	351
12.3.2	时间延缓(钟慢效应) .....	352
12.3.3	长度收缩 .....	353
12.4	相对论动量和能量 .....	354
12.4.1	质量与速度的关系 .....	354
12.4.2	相对论力学的基本方程 .....	355
12.4.3	质量与能量的关系 .....	355
12.4.4	动量与能量之间的关系 .....	357
12.5	广义相对论简介 .....	359
12.5.1	非惯性系与惯性力 .....	359
12.5.2	惯性质量和引力质量 .....	359
12.5.3	广义相对论的基本原理 .....	360
12.5.4	广义相对论的实验验证 .....	360
<b>第 13 章</b>	<b>量子力学基础</b> .....	<b>364</b>
13.1	黑体辐射和普朗克的量子假设 .....	364
13.1.1	热辐射现象 .....	364
13.1.2	黑体辐射实验定律 .....	364
13.1.3	普朗克量子假设 .....	367
13.2	光电效应 .....	368
13.2.1	光电效应的实验规律 .....	368
13.2.2	爱因斯坦的光子理论 .....	369
13.2.3	光的波粒二象性 .....	370
13.3	康普顿效应 .....	371
13.3.1	康普顿效应的实验规律 .....	371
13.3.2	光子理论的解释 .....	373
13.4	氢原子光谱与玻尔模型 .....	375
13.4.1	氢原子光谱的规律性 .....	375
13.4.2	玻尔的氢原子理论 .....	376
13.4.3	玻尔理论的局限性 .....	378
13.5	实物粒子的波粒二象性 .....	378
13.5.1	德布罗意波 .....	378
13.5.2	德布罗意波的实验验证 .....	379
13.6	不确定关系 .....	381
13.7	波函数与薛定谔方程 .....	383
13.7.1	波函数及其统计解释 .....	383
13.7.2	薛定谔方程 .....	384

13.8 一维势阱 势垒与隧道效应 .....	385
13.8.1 一维无限深势阱 .....	385
13.8.2 一维势垒与隧道效应 .....	388
13.8.3 谐振子 .....	389
阅读材料 O 量子通信 .....	389
<b>第 14 章 原子核与放射性</b> .....	<b>394</b>
14.1 原子核的结构和性质 .....	394
14.1.1 原子核的组成 .....	394
14.1.2 结合能 原子核的稳定性 .....	395
14.1.3 原子核的自旋和磁矩 .....	396
14.2 原子核的衰变 .....	397
14.2.1 $\alpha$ 衰变 .....	397
14.2.2 $\beta$ 衰变和电子俘获 .....	397
14.2.3 $\gamma$ 衰变和内转换 .....	399
14.3 原子核的衰变规律 .....	400
14.3.1 指数衰变规律 .....	400
14.3.2 半衰期和平均寿命 .....	400
14.3.3 放射性活度 .....	402
14.3.4 放射性平衡 .....	402
14.4 射线与物质的相互作用 .....	403
14.4.1 带电粒子与物质的相互作用 .....	403
14.4.2 光子与物质的相互作用 .....	404
14.4.3 中子与物质的相互作用 .....	405
14.5 射线的探测、剂量与防护 .....	405
14.5.1 射线的探测 .....	405
14.5.2 射线的剂量 .....	406
14.5.3 辐射防护 .....	408
14.6 放射性核素的医学应用 .....	408
14.6.1 放射性治疗 .....	409
14.6.2 放射性诊断 .....	409
阅读材料 P X 射线成像 .....	411
P.1 X 射线的产生及其基本性质 .....	411
P.2 X 射线谱 .....	414
P.3 X 射线的吸收 .....	416
P.4 X 射线的应用 .....	418
阅读材料 Q 核磁共振成像 .....	425
Q.1 核磁共振成像的基本原理 .....	425

Q.2 核磁共振成像的基本方法 .....	431
Q.3 人体的核磁共振成像 .....	437

附录 .....	441
附表1 国际单位制的基本单位与辅助单位 .....	441
附表2 国际单位中具有专门名称的导出单位 .....	441
附表3 基本物理常数 .....	442
附表4 国际制词头 .....	443
附表5 一些常见物体的密度 .....	443
附表6 1大气压( $1.013 \times 10^5$ Pa)下一些元素的熔点和沸点 .....	443
附表7 希腊字母读音表及意义 .....	444

# 第1篇 力学



物质最基本最直接的运动形式是机械运动,即物体的位置变动或物体内部各部分之间的相对运动(变形).研究机械运动基本规律的学科就是力学(Mechanics).

力学是一门古老的学科,力学的源头可追溯至公元前4世纪古希腊学者柏拉图认为圆周运动是天体最完美的运动和亚里士多德关于力维持运动的假说;公元前5世纪古代中国《墨经》中关于杠杆原理的论述等.经典力学研究的是宏观、低速(与光速相比)运动的情形,其理论基础是牛顿三大定律,又称牛顿力学;对高速运动的物体须用相对论力学来研究.经典力学的辉煌,曾让人觉得只要通过物理定律进行精确的计算,就可以预测物质运动的未来,实践证明这是机械决定论.当进入微观领域研究微观粒子的运动时,须采用量子力学,这时采用的是概率性的描述.

按照研究内容来划分,力学可分为运动学和动力学两部分.运动学着重于物体运动状态的描述,并找出运动方程(规律);动力学则致力于分析物体运动形成和改变的原因.另外,物体间通过做功来实现(机械)能的传递和转化.