大学物理教程

（上册）

王莉　朱浩　孙燕云　编著

清华大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

大学物理教程

（上册）

王莉　朱浩　孙燕云　编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本教材综合、借鉴了国内外大学物理教材的优势和特色，教材结构和教学内容更切合目前我国大学物理教育的实际情况。教材分为上、下两册，上册主要内容为经典力学、机械振动与机械波、分子动理论和热力学基础；下册主要内容为电磁学、波动光学、狭义相对论和量子物理基础。教学内容覆盖了教育部基础物理课程教学指导分委员会制定的《理工科类大学物理课程教学基本要求》的核心内容，教学内容层次分明，可以满足不同层次、不同学时的教学需求。

本书可作为高等学校理工科非物理类专业大学物理课程的教材，也可供其他读者阅读参考。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989　13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程. 上册/王莉，朱浩，孙燕云编著. --北京：清华大学出版社，2016
ISBN 978-7-302-42157-3

Ⅰ. ①大…　Ⅱ. ①王…　②朱…　③孙…　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(2015)第 271784 号

责任编辑：朱红莲
封面设计：张京京
责任校对：王淑云
责任印制：王静怡

出版发行：清华大学出版社
网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　邮　　编：100084
社 总 机：010-62770175　　邮　　购：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 刷 者：北京富博印刷有限公司
装 订 者：北京市密云县京文制本装订厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×260mm　　**印　张**：17.5　　**字　数**：423 千字
版　　次：2016 年 1 月第 1 版　　**印　次**：2016 年 1 月第1 次印刷
印　　数：1～2500
定　　价：34.00 元

产品编号：064868-01

FOREWORD
前言

大学物理课程教学改革已经轰轰烈烈地走过了20多个年头，在课程体系、教学内容、教学手段和方法等诸多方面都进行了多方位的改革与尝试，取得了众多令人瞩目的研究成果。但有一点是不会改变的，那就是大学物理课程是高等教育课程体系中的基础课。多年的改革形成了一种共识：物理教育是培养学生科学素质的教育。

大学物理课程的教学目标是：(1)使学生建立描述物质运动的基本概念、认识物质运动的基本规律、掌握描述物质运动的基本方法；(2)培养学生科学的思想方法和思维方式，提高分析问题和解决问题的能力；(3)让学生得到科学精神、科学态度和科学方法的熏陶，使其具备成为新世纪科学与技术人才的基本素质。基于上述认识，编写本教材的一些主要思路和做法如下。

1. 本教材是在大众教育、中学新课改的背景下编写的。由于全国各地课改的方式、程度不同，高考理科综合的科目选择的不同，使得学生的中学物理基础参差不齐。为适应这些变化，本教材将力学的起点做了一些调整，质点运动学从一维运动开始讲起，但并不与高中内容重复，而是着重强调物理量的矢量表示与运算，重点强调利用高等数学中的微积分方法，研究函数与变量问题。质点动力学仍从牛顿定律开始，但更突出强调牛顿定律的内涵、适用条件与范围；进一步拓展关于质量、惯性等的认识；同时运用微积分方法凸显牛顿第二定律的矢量性、瞬时性和叠加性；通过分析和研究各种变力、变加速问题，使教学内容既能与中学内容有机衔接，又在内容和方法上不重复中学内容与方法。

2. 学生从中学进入大学，无论是思维方式，还是学习方法都要经历重大转变。为帮助学生尽快完成思维方式和学习方法的转变，本教材编写注重高等数学矢量运算、微积分方法的贯通。多年的教学经验表明，学生在大学物理课程学习中面临的一个重要挑战，就是高等数学中的矢量运算方法、微积分方法、函数与变量等在物理学中的应用。学习高等数学是一回事，应用学到的数学方法分析、解决物理问题又是一回事，使学生将两者衔接起来，融会贯通并非想象的那么容易。因此，本教材从质点力学开始就特别强调矢量运算、函数与变量和微积分思想方法，并且将这些方法贯穿教材始终。教材结构设计上将微积分应用比较集中的质点力学和电磁学部分分别放在上、下册，使难点分散开。

3. 在相对论和量子论部分，本教材借鉴了北美教材的内容体系，重点强调现代物理思想和概念，弱化或避开繁复的数学方程，强化了现代物理特别是量子力学相关的一些实验结果的介绍，例如电子直边衍射实验、电子双缝衍射实验、单光子实验等。更多地将量子力学的一些抽象概念形象化、具体化，例如隧道效应的应用、一维势阱模型、物质波概念(量子围栏)等。

4. 教材中设置了温馨提示、问题讨论栏目：提示内容多是作者多年教学经验的积累，主要是为了提示学生学习的重点与难点、分析问题的要点和关键；提示学生需要注意和容

易混淆的概念；提示学生如何通过比较学习，区分不同概念、不同定理定律间的区别与联系；提示学生相关物理概念的背景知识等。问题讨论多为相关知识概念的拓展内容，有助于学生更好地理解和掌握基本概念及其应用。

5. 思考题分散于教材的各个部分，这样使得问题更有针对性，也更有利于学生及时检查学习效果，反馈没有搞清的概念、原理、定理、定律等，以便及时解决问题，使得阅读教材更有的放矢。

6. 本教材教学内容覆盖了“教育部非物理类理工科大学物理教学基本要求”的核心内容，有些教学内容，例如流体曳力、刚体的旋进运动、熵与能源、电介质中的高斯定理、LC 振荡电路等打上了 * 号，而对称性与守恒定律、非线性振动与混沌、熵与信息等教学内容打上了 * * 号，其目的是使得教学内容层次更分明，可以满足不同层次、不同学时的教学需求。

7. 习题设置上，增大了更能检验和考核对基本概念的掌握与理解的选择题的量；练习题分为了三个层次，第一个层次为简单练习题，只要理解和掌握了基本概念与原理，即可正确分析与求解这些问题。该层次练习题加注了对应的章节的内容标题，更方便教学中师生有针对性地选择题目。第二个层次为综合练习题，这些问题通常需要综合运用前面的知识或更多的数学技巧才能分析和求解。第三个层次为趣味与应用问题，这些问题选取了一些科学、技术、生活中的趣味与应用问题，引导学生保持对自然的好奇心、更多地观察周围的世界，学习如何用物理原理解释自然现象，从而更深刻地理解周围的物质世界及其运动规律。同时也希望通过这些问题对学生进行多渠道、多层次、全方位的科学思维方法的训练。

本书上册第 1～2 章由孙燕云编写，第 3～4 章由朱浩编写，第 5～11 章由王莉编写；下册第 12 章由朱浩编写，第 13～15 章由崔占涛编写，第 16～19 章由王莉编写。上册插图由孙燕云、朱浩和崔占涛共同完成，下册插图由王莉完成；全书习题由王莉、朱浩、崔占涛、孙燕云共同完成，全书由王莉统稿。

本教材的前身《大学物理教程》讲义曾于 2014 年在西南交通大学 2013 级部分理工科专业中试用，后经修订《大学物理教程》（修订讲义）于 2015 年在西南交通大学 2014 级部分理工科专业中试用，经最后修订成稿形成这套教材。讲义与教材的编写得到了西南交通大学教务处的大力支持并予以立项；在讲义试用过程中，得到了物理科学及技术学院和物理系领导吴平、张晓、曾勇以及同事们的支持与帮助；教材能够顺利出版，得到了清华大学出版社朱红莲老师的热情帮助，在此向他们一并致以衷心的感谢！同时，向本书编写过程中所参阅的书籍、文献的作者致以诚挚的谢意！由于作者的学识浅薄，书中错误与不足之处在所难免，希望专家、同行和读者批评指正。

编　者

2015 年 8 月于四川成都

需要全本请访问 www.ertongbook.com

CONTENTS

目录

结论 …… 1

第1章 质点运动学 …… 7

1.1 描述质点运动的几个基本概念 …… 7

1.1.1 参考系 …… 7

1.1.2 坐标系 …… 7

1.1.3 时间 时刻(瞬时)和时间间隔 …… 8

1.1.4 质点 …… 8

1.1.5 惯性系和非惯性系 …… 9

1.2 一维直线运动 …… 9

1.2.1 位置矢量和质点运动方程 …… 9

1.2.2 位移矢量 …… 9

1.2.3 路程 …… 10

1.2.4 平均速度和瞬时速度 平均速率和瞬时速率 …… 10

1.2.5 平均加速度和瞬时加速度 …… 11

1.3 曲线运动 …… 15

1.3.1 运动的独立性 运动叠加原理 …… 15

1.3.2 二维平面运动的直角坐标描述 …… 15

*1.3.3 三维曲线运动的直角坐标描述 …… 21

1.4 质点圆周运动的自然坐标描述 …… 22

1.4.1 自然坐标系 …… 22

1.4.2 自然坐标系中质点圆周运动的描述 …… 22

1.5 质点圆周运动的角量描述 …… 24

1.5.1 角位置 …… 24

1.5.2 角位移 …… 25

1.5.3 角速度 …… 25

1.5.4 角加速度 …… 25

1.5.5 角量与线量的关系 …… 25

1.6 相对运动 …… 27

第1章习题 …… 28

第 2 章　力与运动 …… 34

2.1　力与加速度——牛顿三大运动定律 …… 34
2.1.1　牛顿第一定律与惯性参考系 …… 34
2.1.2　牛顿第二定律 …… 35
2.1.3　牛顿第三定律 …… 37
2.2　牛顿定律的应用 …… 38
**2.3　流体曳力与收尾速率 …… 41
*2.4　非惯性系中的牛顿定律 …… 43
第 2 章习题 …… 45

第 3 章　能量和功　机械能守恒定律 …… 51

3.1　质点的动能　功　质点动能定理 …… 51
3.1.1　质点的动能 …… 51
3.1.2　功 …… 52
3.1.3　质点的动能定理 …… 54
3.2　质点系的动能和动能定理 …… 55
3.2.1　质点系的动能 …… 55
3.2.2　质点系动能定理 …… 55
3.2.3　一对内力的功 …… 56
3.3　保守力的功　势能 …… 57
3.4　机械能　机械能守恒定律 …… 60
3.4.1　机械能守恒定律 …… 60
3.4.2　势能与保守力的微分关系 …… 61
3.4.3　势能曲线 …… 61
3.5　功能原理　能量守恒定律 …… 63
3.5.1　功能原理 …… 63
3.5.2　能量守恒和转化定律 …… 63
第 3 章习题 …… 64

第 4 章　动量　动量守恒定律 …… 70

4.1　质点的动量　动量定理 …… 70
4.1.1　质点的动量 …… 70
4.1.2　质点的冲量和动量定理 …… 70
4.2　质点系和质心　质心运动定理 …… 72
4.2.1　质点系的动量 …… 72
4.2.2　质心 …… 73
4.2.3　质心运动定理 …… 74
4.2.4　质心速度与加速度 …… 75

4.2.5 质心参考系 …… 76
4.3 质点系动量定理 动量守恒定律 …… 76
4.3.1 质点系动量定理 …… 76
4.3.2 动量守恒定律 …… 76
*4.4 火箭飞行原理 …… 79
4.4.1 火箭不受任何外力作用 …… 80
4.4.2 火箭受到外力作用 …… 81
4.4.3 多级火箭 …… 81
*4.5 碰撞 …… 81
4.5.1 一维完全非弹性碰撞 …… 82
4.5.2 一维完全弹性碰撞 …… 82
4.5.3 二维弹性碰撞 …… 85
第4章习题 …… 85

第5章 刚体转动动力学 …… 91

5.1 刚体的运动 …… 91
5.2 刚体定轴转动动能与转动惯量 …… 92
5.2.1 刚体质点系的动能 …… 92
5.2.2 刚体的定轴转动动能 …… 93
5.2.3 刚体的定轴转动惯量 …… 93
5.2.4 转动惯量的计算 …… 94
5.3 力矩 刚体定轴转动定律 …… 96
5.3.1 刚体对固定点的力矩 …… 96
5.3.2 刚体对固定轴的力矩 …… 97
5.3.3 刚体定轴转动定律 …… 98
5.3.4 刚体定轴转动定律的应用 …… 99
5.4 定轴转动刚体的功和能 …… 101
5.4.1 力矩的功 …… 101
5.4.2 定轴转动刚体的动能 …… 101
5.4.3 定轴转动刚体的势能 …… 102
第5章习题 …… 104

第6章 角动量 角动量守恒定律 …… 111

6.1 质点的角动量与角动量守恒定律 …… 111
6.1.1 质点的角动量 …… 111
6.1.2 质点的角动量定理 …… 112
6.1.3 质点的角动量守恒定律 …… 112
6.2 质点系的角动量与角动量守恒定律 …… 114
6.2.1 质点系的角动量 …… 114

6.2.2 质点系的角动量定理…… 115
6.2.3 质点系的角动量守恒定律…… 115
6.3 定轴转动刚体的角动量与角动量守恒定律 …… 116
6.3.1 定轴转动刚体对轴的角动量…… 116
6.3.2 定轴转动刚体的角动量定理…… 116
6.3.3 定轴转动刚体的角动量守恒定律…… 117
*6.4 刚体的旋进运动(进动) …… 120
**6.5 对称性与守恒定律 …… 121
6.5.1 对称性概念…… 121
6.5.2 常见的对称操作…… 122
6.5.3 物理学中的对称性…… 123
6.5.4 对称 守恒与作用量…… 123
6.5.5 守恒定律与时空对称性…… 125
第6章习题…… 127

第7章 机械振动 …… 134

7.1 简谐振动 …… 134
7.1.1 简谐振动的判据…… 134
7.1.2 弹簧振子简谐振动的位移、速度和加速度 …… 136
7.1.3 描述简谐振动的特征量…… 137
7.2 简谐振动与圆周运动 …… 138
7.3 简谐振动系统的机械能 …… 140
*7.4 其他简谐振动系统 …… 141
7.4.1 单摆的摆动…… 141
7.4.2 物理摆的摆动…… 142
7.4.3 角谐振子…… 143
7.5 振动的合成 *频谱分析 …… 143
7.5.1 同方向同频率的两个简谐振动的合成…… 144
7.5.2 同方向同频率的 n 个简谐振动的合成 …… 145
7.5.3 同方向不同频率的两个简谐振动的合成——拍…… 146
*7.5.4 相互垂直的两个简谐振动的合成…… 147
*7.5.5 频谱分析…… 149
*7.6 阻尼振动 受迫振动和共振 …… 151
7.6.1 阻尼振动…… 151
7.6.2 受迫振动和共振…… 152
**7.7 非线性振动与混沌现象 …… 154
7.7.1 非线性振动…… 154
7.7.2 单摆的非线性摆动与混沌现象…… 155
第7章习题…… 158

第 8 章　机械波 …… 164

8.1　波动的基本概念 …… 164
8.1.1　波动的分类 …… 164
8.1.2　描述波的特征量 …… 166
8.1.3　波形曲线 …… 167
8.1.4　波函数 …… 168
8.2　平面简谐行波 …… 168
8.2.1　平面行波模型 …… 168
8.2.2　平面简谐行波的波函数 …… 169
8.2.3　波函数的物理意义 …… 170
8.2.4　平面简谐行波的能量 …… 173
8.2.5　能量密度和能流密度 …… 174
8.2.6　平面简谐行波的运动微分方程 …… 175
*8.3　多普勒效应 …… 176
8.3.1　机械波的多普勒效应 …… 176
8.3.2　冲击波 …… 178
8.4　波的干涉 …… 179
8.4.1　波的叠加原理 …… 179
8.4.2　波的干涉 …… 179
8.4.3　驻波　半波损失 …… 183
第 8 章习题 …… 188

第 9 章　理想气体系统及其统计分布规律 …… 194

9.1　温度和温标 …… 194
9.1.1　温度和温度计 …… 194
9.1.2　热力学第零定律 …… 195
9.1.3　温标 …… 195
9.2　理想气体系统与理想气体温标 …… 196
9.2.1　分子力与分子运动 …… 196
9.2.2　理想气体 …… 197
9.2.3　理想气体状态方程与理想气体温标 …… 198
9.2.4　理想气体的微观模型 …… 199
9.3　统计方法基础 …… 199
9.3.1　统计规律 …… 199
9.3.2　统计规律的数学表述——概率 …… 200
9.4　理想气体系统的压强和温度 …… 202
9.4.1　理想气体系统的压强 …… 202
9.4.2　理想气体系统的温度和分子平均平动动能 …… 203

9.5 能量均分定理 理想气体热力学能 …… 203
9.5.1 分子的自由度 …… 204
9.5.2 能量均分定理 …… 204
9.5.3 理想气体的热力学能(内能) …… 204
9.6 理想气体分子的麦克斯韦速率分布律 …… 205
9.6.1 麦克斯韦速率分布定律 …… 205
9.6.2 三种特征速率 …… 206
9.6.3 气体分子的逃逸问题 …… 208
9.6.4 玻尔兹曼密度分布律 …… 209
9.7 分子平均自由程和碰撞频率 …… 209
9.7.1 平均自由程 …… 210
9.7.2 分子平均碰撞频率 …… 210
第9章习题 …… 211

第10章 热力学第一定律 卡诺循环 …… 216

10.1 热力学状态 热力学过程 …… 216
10.1.1 系统状态量与准静态过程 …… 216
10.1.2 热量和热功当量 …… 217
10.1.3 热容量和潜热 …… 217
10.2 内能 做功与热传递 …… 218
10.2.1 内能与内能增量 …… 219
10.2.2 做功 …… 219
10.2.3 热传递 …… 220
10.3 热力学第一定律及其应用 …… 221
10.3.1 热力学第一定律的数学表述 …… 221
10.3.2 热力学第一定律的对理想气体系统的应用 …… 221
10.4 热力学循环 卡诺循环 …… 226
10.4.1 热力学循环 …… 226
10.4.2 热力学循环的效率 …… 227
10.4.3 卡诺循环 …… 229
第10章习题 …… 230

第11章 热力学第二定律 熵 …… 236

11.1 可逆与不可逆过程 …… 236
11.1.1 热力学过程的方向性 …… 236
11.1.2 可逆与不可逆过程 …… 237
11.2 热力学第二定律 …… 239
11.2.1 热力学第二定律的表述 …… 239
11.2.2 卡诺定理 …… 240

需要全本请访问 www.ertongbook.com

11.3 熵 熵增加原理 …… 241
11.3.1 克劳修斯熵与熵变 …… 241
11.3.2 熵增加原理 …… 242
11.3.3 熵变的计算 …… 243
11.3.4 熵增加原理与热力学第二定律 …… 244
11.4 熵和热力学第二定律的微观统计意义 …… 245
11.4.1 宏观状态与微观状态 …… 245
11.4.2 热力学概率 等概率原理 …… 246
11.4.3 玻尔兹曼熵公式 热力学第二定律的微观统计意义 …… 247
*11.4.4 熵与能源 …… 248
**11.4.5 熵与信息 …… 248
第 11 章习题 …… 250
习题参考答案 …… 253

绪　论

一、什么是物理学？

1995 年美国《今日物理》杂志曾经征求“什么是物理学”的定义，最推崇的答案是：“物理学家所做的就是物理学。”下面的两幅漫画也许可以作为这个答案的一个批注。

普通人眼中的自然界如图 1 所示：人们每天沐浴着温暖的阳光，呼吸着清新的空气，看到的是蓝天白云，白天与夜晚的交替，春夏秋冬的轮换，起伏叠嶂的山峦，或奔腾咆哮或平缓蜿蜒的河流，高耸入云的树木与森林，万紫千红的花草灌木，在天地间自由翱翔的飞鸟，不断繁衍生息的各类动物。

而物理学家眼中的自然则如图 2 所示：地球在围绕着太阳不停地旋转；天空中充满了各种射线、电磁波，太阳正在进行着剧烈的热核反应，并向地球辐射着光能、热能与各种高能射线；飞鸟知道如何驾驭空气形成动力，以克服地球的引力；山川河流有着各自的运动变化规律；动物和植物不断地与空气发生着化学反应，动物吸入氧气，呼出二氧化碳，植物吸入二氧化碳，呼出氧气，这一切与构成自然界中生命体和无机体的原子、分子的量子运动密切相关等。

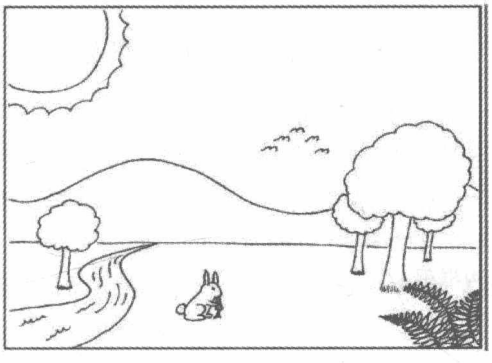


图　1

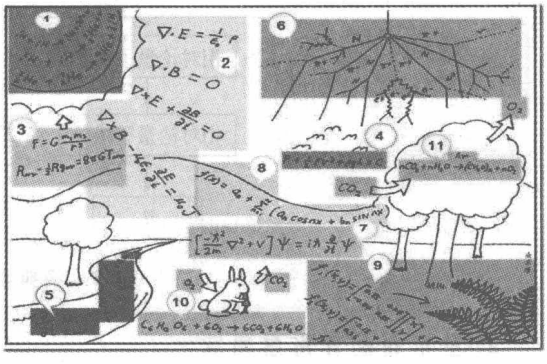


图　2

也就是说，物理学家更关心地球为什么会绕太阳转动？它们是如何相互作用的？太阳为什么能发光？构成太阳以及地球上的所有物质的基本单元是什么？电磁波为什么能从太阳辐射到地球？飞鸟是如何驾驭空气形成动力的？生命体是如何完成与自然界的能量交换进而维持自身活力的？高山能有多高？水为什么自西向东流？这些自然现象背后的本质是什么？遵从什么样的规律？植物的形态为什么总是枝枝杈杈？等等。我们所见的一切自然

现象表明物理现象无处不在，而物理学家所关注的是透过现象看本质，正是在这十万个为什么的不断追问和探索中，物理学逐渐成长为一门成熟的科学，并分化出粒子物理、原子核物理、原子分子物理、凝聚态物理、激光物理、半导体物理、等离子体物理、流体力学等名目繁多的新分支。又在与其他学科的交叉中生长出了天体物理、地球物理、化学物理、量子化学、生物物理、材料物理、非线性物理众多交叉学科。

所以，物理学是研究物质世界最基本的结构、最基本（普遍）的相互作用、最基本（一般）的运动规律的自然科学。物理学的实验手段、思维方式和研究方法可以迁移至一切科学和技术中，物理学也因此成为了科学技术的基础，并推动了人类的文明与进步。

二、物理学的学科特点

1. 当代物理学理论框架

物理学学科的理论框架是由以牛顿力学、麦克斯韦电磁学、经典统计物理和热力学为支柱的经典物理和以相对论、量子力学为支柱的现代物理构成的。如图 3 所示，虽然现代物理建立在经典物理之上，是更普遍、更高级的理论，也是现代科学和高新技术的基础，但对于宏观领域的多数研究对象而言，经典物理仍具有其独立存在的价值，而且无论是在科学观念上还是在研究方法上也在不断取得新的进展。

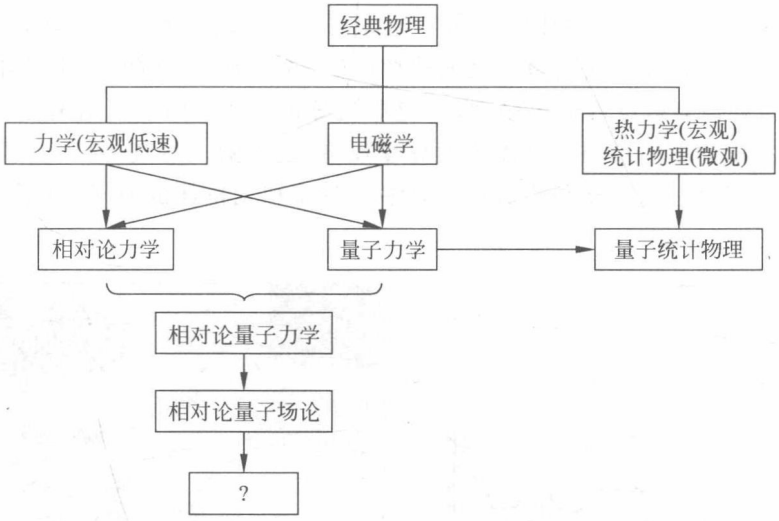


图 3　经典物理结构框架

2. 基本相互作用趋向统一

物理学是在人类对自然奥秘的探索中产生和发展起来的。物理现象纷繁复杂，物质间的相互作用变化万千，哪些相互作用才是最基本的？我们能否用尽可能少的理论解释尽可能多的物理现象？物理学家一直在致力于探索物质相互作用的终极法则。目前，人类认识到的四种基本的相互作用是：引力相互作用、弱相互作用、电磁相互作用和强相互作用。

（1）引力相互作用是物质间普遍存在的一种相互作用。其特征是力程长、强度小。引力相互作用在微观领域可以忽略，但在宇观领域却举足轻重。

(2) 弱相互作用是基本粒子之间的一种相互作用，其特征是力程短、相对强度弱。它制约着放射现象，在β衰变过程中起着重要作用。

(3) 电磁相互作用是带电粒子间的相互作用，其特征是力程长、在宏观和微观范围都起作用。电磁相互作用是四种相互作用中迄今被认识得最清楚的一种。

(4) 强相互作用是组成质子和中子的夸克之间的相互作用，其特征是强度大、力程短。是强相互作用将质子和中子束缚在一起形成原子核。

在物理学发展的历程中，经历了多次观念上的革命和理论上的统一。从托勒密的地心说到哥白尼的日心说，再到爱因斯坦的宇宙无中心说；从牛顿统一天上、地面的运动规律到麦克斯韦统一电学、磁学和光学，再到规范场弱电统一理论；从绝对时空观到狭义相对论时空观，再到广义相对论时空观；从经典物理的因果决定论到量子力学的统计决定论……。如图 4 所示，物理理论正在向着简单、统一的方向发展。

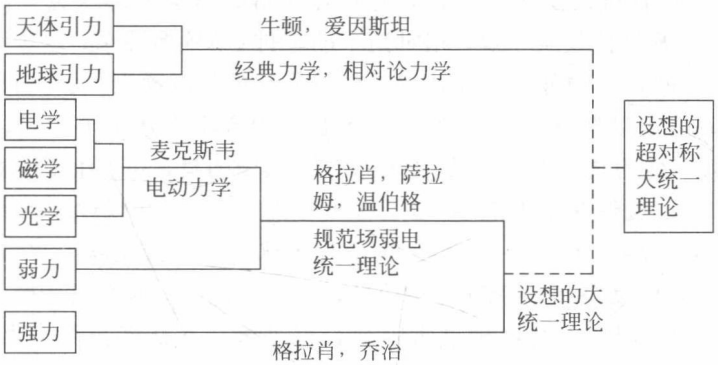


图 4　理论物理发展

爱因斯坦相信：具有简单、和谐、统一特征的理论，其适用范围一定是最广泛的，也一定是接近自然界的基本设计的。一个好的物理理论应该有如图 5 所示的所有特征。

3. 物理学的观念性原理

从美学标准出发，物理学还形成了一些观念性原理。

(1) 对应原理：新理论要能够包容在一定条件下已经被证实的旧理论中，并在该条件下返回到旧理论。

(2) 互补原理：在物理理论中要将相互对立、相互排斥，而又相互渗透、相互补充的概念相结合，才能形成对自然的较为完备的描述。



图 5　理论特征

(3) 对称性原理：原因中的对称性必然反映在结果中，即结果中的对称性至少有原因中那样多；结果中的不对称性必然在原因中有所反映，即原因中的不对称性至少有结果中的不对称性那样多；在不存在唯一性的情况下，原因中的对称性必会反映在全部可能结果的集合中，即全部可能结果的集合中的对称性至少有原因中的对称性那样多。诺贝尔物理学奖得主温伯格说过："物理学在 20 世纪取得了令人惊讶的成功。它改变了我们对空间和时间、存在和认识的看法，也改变了我们描述

自然的基本语言。在20世纪行将结束之际，我们已拥有一个对宇宙的崭新看法。在这个新的宇宙观中，物质已失去了它原来的中心地位，取而代之的是自然界的对称性。”现代物理认为：对称性支配相互作用；守恒定律与对称性相联系；任何普遍有效的物理定律必须对于参考系保持形式不变；而自然界的丰富多彩则来自于对称性破缺。

4. 物理学与数学方程

图2中我们可以清楚地看到，物理学家对于自然的描述是用数学方程表达出来的。物理与数学有着不可分割的密切联系，牛顿的不朽著作《自然哲学的数学原理》的书名就已经画龙点睛般地表达出了物理与数学的关系。

物理学之所以能够认识并描述错综复杂的自然现象，是因为采用了建立模型这个行之有效的方法。模型方法就是将所研究问题中的次要因素忽略，抓住主要矛盾，使得问题得到简化。例如：力学中的质点、惯性系、刚体、弹簧振子等；热学中的理想气体、准静态过程；电磁学中的点电荷、无限长载流导线；相对论中的事件、局域惯性系；量子力学中的无限深势阱、方势垒等。也就是说物理学所描述的是经过简化的物理模型，而非自然本身。

作为一门精确的定量学科，物理模型的性质必须用数学表达出来才是真正的可知和成熟。例如：法拉第在他的直觉基础上提出来的力线和场的概念，只有通过麦克斯韦的优美数学方程表达出来，才能够揭示出电场、磁场和光的内在联系，并因此而导致了相对论的建立。模型越简单，数学结果越抽象，则理论的普适性越好。狄拉克就说过：“让方程式优美比让方程式符合实验更重要，……在我看来，假如一个人在进行研究时着眼于让他的方程式优美，假如他有正常的洞察力，那么他就肯定会获得进步。”在许多物理学家看来，数学简洁的逻辑美和结构美是物理美的最高境界。

同时，我们必须注意到物理学是一门实验科学，物理学的早期发展更多地基于对物理现象的观察、综合、归纳、总结并抽象出物理规律，得到了许多如胡克定律、库仑定律、气体定律、法拉第定律、反射定律、折射定律等唯象定律。近代物理学的发展更多地从模型和假设出发，通过逻辑和数学推演建立理论，再由表达理论结果的数学方程得到一系列的推论，理论的正确性最终要用实验来检验。即物理学的研究方法是：用模型描述自然，用数学表达自然，用实验检验模型。

正如著名物理学家普朗克所说的那样，物理世界是介于实在世界和感觉世界之间的第三个世界。因为物理理论是人类心智与自然交流过程中，被人们创建起来的，而非被发现的，因此，物理理论必然有其局限性和适用条件与范围。

三、物理学与工程技术的关系

由于物理学是研究物质世界最基本、最普遍规律的科学，所以它具有广泛的适应性，它不但是自然科学的基础，也是工程技术的基础。历史上物理与技术的关系有两种模式：17—18世纪，以解决动力机械为主导的第一次工业革命，热机的发明和使用可以称为第一种模式；技术工人瓦特给蒸汽机增加了冷凝器，并发明了活塞阀、飞轮、离心节速器等完善了蒸汽机使其成为了真正的动力，但那时的蒸汽机效率极低，只有8%。为了提高蒸汽机的效率，1824年法国工程师卡诺提出了卡诺循环和卡诺定理，为提高蒸汽机效率提供了理论依据。19世纪中叶，迈耶、焦耳、开尔文、克劳修斯等科学家确立了热功转换过程中的能量

守恒定律，建立了热力学第一和第二定律。到20世纪蒸汽机效率达到了15%，内燃机效率达到了40%，而燃气涡轮机效率达到了50%。这种模式是技术→物理理论→技术。

以发电机、电动机、电信设备为标志的第二次工业革命，则是另外一种模式。从库仑、奥斯特、安培等人的研究到1831年法拉第发现电磁感应定律，一直是停留在实验室的物理探索上，没有技术和应用研究。之后的半个世纪，由于各种交直流发电机、电动机和电报机的出现，使得电气化技术蓬勃发展，麦克斯韦电磁理论的建立和赫兹的电磁波实验，更是推动了无线电技术的发展。反过来，电气技术又大大促进了电磁理论的发展。这种模式是物理理论→技术→物理理论。

而以信息技术为代表的一系列新科学、新材料、新能源、新技术的兴起和发展为标志的第三次工业革命则是两种模式并存、相互交融。整个信息技术的发展都是以物理学的成果为基础的。没有量子力学，就没有晶体管，没有集成电路和大规模集成电路，也就不会有今天的计算机技术。而光纤通信技术，离不开基于爱因斯坦的受激辐射理论产生的激光技术的发展。没有卢瑟福的α粒子散射和爱因斯坦的狭义相对论质能关系，就不可能有核能利用等新能源技术。

物理学之所以成为工程技术的基础，由以下几个典型现代技术可见一斑：①能够实现人类飞天梦想的航空航天技术，从火箭发射技术，到航天器轨道设计，自动控制系统设计，通信信息传输，再到为各种太空探测器提供能源等，既需要经典的牛顿定律、麦克斯韦方程，也需要爱因斯坦狭义和广义相对论，还需要半导体物理和量子力学，没有哪一个环节能离开物理学原理和理论。②没有麦克斯韦电磁理论，离开半导体物理和量子理论，就不会有正在改变人类生产和生活方式的计算机网络和手机、平板电脑等电子产品；当计算机、平板电脑、手机中的芯片尺度小到一定程度，或半导体器件小到纳米尺度时，主宰电子运动的是量子力学规律，微电子学的发展是以量子理论为基础的。③未来解决人类能源危机的清洁能源将是核聚变技术，离开电磁学原理、离开核物理，激光技术和相对论力学就无法实现核聚变。④方兴未艾的新材料技术，很多都是从物理实验室产生和发展起来的，比如以石墨烯和碳纳米管为代表的纳米技术，具有重大的理论意义和潜在的应用价值，由于其基本构成仍是原子、分子，所以这些材料的物理化学性质的研究离不开物理学原理和物理学检测手段。

四、怎样学习物理学

1. 学习物理学家的科学探索精神

人类对自然界的探索从来就没有停止过，以人类的心智与大自然对话，寻求对未知世界的理解是物理学永远的课题。在后面的课程学习过程中，希望读者能够从每一个物理理论的发生、发展和创立过程，认真体会物理学家那种严谨、求实和对真理的不懈追求的科学探索精神。

2. 感受物理学的美和崇高的科学品格

物理学中的方程和谐优美，如果认为学习物理就是记住物理公式或方程，分析问题时，就是找到一个公式套进去求解的话，那就是只见树木不见森林了。如果读者能从物理方程中体会和看到其对称与和谐美，理解公式背后自然界物质运动的法则，像著名物理学家理查

需要全本请访问 www.ertongbook.com