

University

# 大学物理学

*Physics*

(第二版)

上册

徐行可 吴平 主编

高等教育出版社

University

Physics

# 大学物理学

(第二版)

上册

徐行可 吴平 主编

DAXUE WULIXUE

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书是参照教育部物理基础课程教学指导分委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)编写的。全书分为上、下两册,涵盖了基本要求中的核心内容。

本书在体系上以物质的基本存在形式和基本性质为主线,对传统教材的结构模式有所突破,主要表现在内容上压缩了经典部分,加强了近代部分,反映前沿内容并保持基础课风格。全书始终融汇着关于物质世界的对称性和统一性的物理思想,力图使学生在学基础物理知识的同时受到科学思想和科学方法的培养和熏陶。

本书可以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。

## 图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册/徐行可,吴平主编.--2版.--  
北京:高等教育出版社,2014.12  
ISBN 978-7-04-029810-9

I. ①大… II. ①徐…②吴… 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(2014)第305137号

策划编辑 缪可可  
插图绘制 于博

责任编辑 缪可可  
责任校对 刘莉

封面设计 杨立新  
责任印制 韩刚

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印刷 河北鹏盛贤印刷有限公司  
开本 787mm×1092mm 1/16  
印张 20.75  
字数 500千字  
购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版 次 2009年1月第1版  
2014年12月第2版  
印 次 2014年12月第1次印刷  
定 价 37.60元

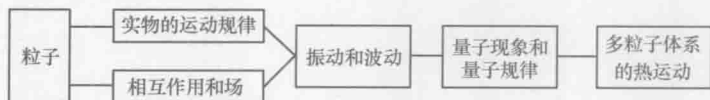
本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 29810-00

# 前言

本书经过二十年的教学实践和多次改版编写而成。本书编写的初衷可追溯到 20 世纪 90 年代初,当时我们在新的教育理念的影响和教改活动促进下,于 1993 年着手编写《物理学概论》(徐行可、张晓、张庆福),该书于 1995 年正式出版,1998 年获教育部科技进步二等奖。自此,本教材融合历次教改成果和教师们的教学体验,在使用中不断完善。

本书的几位编者从事物理教育近三十年,是工作中志同道合的朋友。对教学和教材编写的共识是:努力按照“观念更新、难点突破、拓宽视野、重在概念”的思路,表达物理学“以模型描述自然、以数学表达模型、以实验检验模型”的基本方法,体现物理学“敬仰自然、探索未知、崇尚简单”的科学精神和理念,着力于提高学生的科学素质。

本书为帮助学生获得较完整、统一的物质世界图像,保留了最初的教材结构,其框图如下:



本书重视提炼和阐述科学观念和科学方法,对于涉及比较繁难的数学运算的内容,则侧重分析思路,使学生建立物理图像、理解物理意义。

本书运用整体论思想方法,改进了内容的入口、出口、叙述方式,使学生易于把握前后知识的关联,并从整体上理解物理概念和规律。

我们为本书制作了完整的电子教案,编写了习题解答以及教学参考书,建设了网站辅助学习系统,形成了完备的立体化教材。

为更好地利用现代教育技术和教学资源,在部分章节选用了一些能够和教材内容配套的《物理教学资源库》中的动画、视频和文本资源。本版版式的改变是希望为同学们做学习笔记提供

方便。

本书编者与分工如下。

徐行可：第一篇、第二篇；吴平：第三篇；王莉：第四篇；张晓：第五篇、第六篇。

借本书改版之际，我们深切缅怀2009年不幸去世的张庆福教授。他长期与我们共同致力于物理教学改革和教材建设，是我们的良师益友。他执笔撰写了本书第一版的“量子力学”部分。

本书的出版得到了高等教育出版社、西南交通大学教务处的的大力支持，物理科学与技术学院物理系的教师也提出了很多宝贵意见和建议，在此一并致以衷心的感谢。同时，向编写过程中所参考的书籍、文献、资源库素材的作者致谢。

对于本书的不足之处，期望得到专家、同行和读者朋友的批评指正。

编者

2014年10月于成都西南交通大学

# 目 录

## 第一篇 绪论

1

### 第一章 学习物理 认识自然

感受科学 ..... 2

第一节 物理学的理论体系和研究方法 ..... 2

第二节 物理学与工程技术 ..... 9

第三节 关于工科物理课程学习目的与方法的对话 ..... 11

### 第二章 物质世界 ..... 15

第一节 物质世界的结构层次 ..... 15

第二节 物质与运动 ..... 23

## 第二篇 实物的运动规律

27

### 第三章 运动的描述 ..... 28

第一节 质点、质点系和刚体 ..... 28

第二节 参考系和坐标系 ..... 30

第三节 运动的描述 ..... 33

第四节 运动学的两类基本问题 ..... 47

第五节 相对运动 ..... 51

习题 ..... 55

### 第四章 动量 动量守恒定律 ..... 58

第一节 质量和动量 ..... 58

第二节 动量的时间变化率 ..... 62

第三节 动量定理 ..... 71

第四节 动量守恒定律 ..... 76

习题 ..... 78

### 第五章 角动量 角动量守恒定律 ..... 82

第一节 角动量 转动惯量 ..... 82

第二节 角动量的时间变化率 ..... 89

第三节 角动量定理 ..... 94

第四节 角动量守恒定律 ..... 97

习题 ..... 103

### 第六章 机械能 机械能守恒定律 ..... 107

第一节 动能 功 动能定理 ..... 107

第二节 保守力 势能 功能原理 ..... 113

第三节 机械能守恒定律 ..... 120

习题 ..... 126

### \*第七章 对称性与守恒定律 ..... 130

第一节 对称性和对称性原理 ..... 130

第二节 对称性与守恒定律 ..... 135

第三节 对称性的自发破缺 ..... 138

### 第八章 狭义相对论基础 ..... 142

第一节 力学相对性原理 伽利略变换 ..... 142

第二节 狭义相对论的基本原理及洛伦兹变换 ..... 147

第三节 狭义相对论时空观 ..... 154

第四节 狭义相对论动力学基础 ..... 166

第五节 相对论的意义 ..... 174

习题 ..... 178

## 第三篇 电磁相互作用和电磁场 181

### 第九章 电相互作用和静电场 ..... 182

第一节 两条基本实验定律 静电场 ..... 182

第二节 电场强度 ..... 186

第三节 高斯定理 ..... 194

第四节 环路定理 电势 ..... 203

第五节 电场强度与电势的关系 ..... 209

第六节 静电场中的导体 ..... 211

第七节 静电场中的电介质 ..... 216

第八节 电容 电容器 ..... 223

第九节 静电场的能量 ..... 227

第十节 恒定电场 ..... 230

习题 ..... 234

### 第十章 运动电荷间的相互作用和恒定磁场 ..... 240

\* 第一节 运动电荷间的相互作用 ..... 240

第二节 磁感应强度 毕奥 - 萨伐尔定律  
及其应用 ..... 248

第三节 磁场的高斯定理和安培环路定理 ... 253

第四节 磁场对运动电荷及电流的作用 ..... 261

第五节 磁介质 ..... 269

\* 第六节 铁磁质 ..... 276

习题 ..... 279

第十一章 变化中的磁场和电场 ..... 284

第一节 电磁感应 ..... 284

11.1 ..... 284

11.2 ..... 284

11.3 ..... 284

11.4 ..... 284

11.5 ..... 284

11.6 ..... 284

11.7 ..... 284

11.8 ..... 284

11.9 ..... 284

11.10 ..... 284

11.11 ..... 284

11.12 ..... 284

11.13 ..... 284

11.14 ..... 284

11.15 ..... 284

11.16 ..... 284

11.17 ..... 284

11.18 ..... 284

11.19 ..... 284

11.20 ..... 284

11.21 ..... 284

11.22 ..... 284

11.23 ..... 284

11.24 ..... 284

11.25 ..... 284

11.26 ..... 284

11.27 ..... 284

11.28 ..... 284

11.29 ..... 284

11.30 ..... 284

11.31 ..... 284

11.32 ..... 284

11.33 ..... 284

11.34 ..... 284

11.35 ..... 284

11.36 ..... 284

11.37 ..... 284

11.38 ..... 284

11.39 ..... 284

11.40 ..... 284

11.41 ..... 284

11.42 ..... 284

11.43 ..... 284

11.44 ..... 284

11.45 ..... 284

11.46 ..... 284

11.47 ..... 284

11.48 ..... 284

11.49 ..... 284

11.50 ..... 284

11.51 ..... 284

11.52 ..... 284

11.53 ..... 284

11.54 ..... 284

11.55 ..... 284

11.56 ..... 284

11.57 ..... 284

11.58 ..... 284

11.59 ..... 284

11.60 ..... 284

11.61 ..... 284

11.62 ..... 284

11.63 ..... 284

11.64 ..... 284

11.65 ..... 284

11.66 ..... 284

11.67 ..... 284

11.68 ..... 284

11.69 ..... 284

11.70 ..... 284

11.71 ..... 284

11.72 ..... 284

11.73 ..... 284

11.74 ..... 284

11.75 ..... 284

11.76 ..... 284

11.77 ..... 284

11.78 ..... 284

11.79 ..... 284

11.80 ..... 284

11.81 ..... 284

11.82 ..... 284

11.83 ..... 284

11.84 ..... 284

11.85 ..... 284

11.86 ..... 284

11.87 ..... 284

11.88 ..... 284

11.89 ..... 284

11.90 ..... 284

11.91 ..... 284

11.92 ..... 284

11.93 ..... 284

11.94 ..... 284

11.95 ..... 284

11.96 ..... 284

11.97 ..... 284

11.98 ..... 284

11.99 ..... 284

11.100 ..... 284

附录 A 国际单位制和物理量的量纲 ..... 311

A.1 ..... 311

A.2 ..... 311

A.3 ..... 311

A.4 ..... 311

A.5 ..... 311

A.6 ..... 311

A.7 ..... 311

A.8 ..... 311

A.9 ..... 311

A.10 ..... 311

A.11 ..... 311

A.12 ..... 311

A.13 ..... 311

A.14 ..... 311

A.15 ..... 311

A.16 ..... 311

A.17 ..... 311

A.18 ..... 311

A.19 ..... 311

A.20 ..... 311

A.21 ..... 311

A.22 ..... 311

A.23 ..... 311

A.24 ..... 311

A.25 ..... 311

A.26 ..... 311

A.27 ..... 311

A.28 ..... 311

A.29 ..... 311

A.30 ..... 311

A.31 ..... 311

A.32 ..... 311

A.33 ..... 311

A.34 ..... 311

A.35 ..... 311

A.36 ..... 311

A.37 ..... 311

A.38 ..... 311

A.39 ..... 311

A.40 ..... 311

A.41 ..... 311

A.42 ..... 311

A.43 ..... 311

A.44 ..... 311

A.45 ..... 311

A.46 ..... 311

A.47 ..... 311

A.48 ..... 311

A.49 ..... 311

A.50 ..... 311

A.51 ..... 311

A.52 ..... 311

A.53 ..... 311

A.54 ..... 311

A.55 ..... 311

A.56 ..... 311

A.57 ..... 311

A.58 ..... 311

A.59 ..... 311

A.60 ..... 311

A.61 ..... 311

A.62 ..... 311

A.63 ..... 311

A.64 ..... 311

A.65 ..... 311

A.66 ..... 311

A.67 ..... 311

A.68 ..... 311

A.69 ..... 311

A.70 ..... 311

A.71 ..... 311

A.72 ..... 311

A.73 ..... 311

A.74 ..... 311

A.75 ..... 311

A.76 ..... 311

A.77 ..... 311

A.78 ..... 311

A.79 ..... 311

A.80 ..... 311

A.81 ..... 311

A.82 ..... 311

A.83 ..... 311

A.84 ..... 311

A.85 ..... 311

A.86 ..... 311

A.87 ..... 311

A.88 ..... 311

A.89 ..... 311

A.90 ..... 311

A.91 ..... 311

A.92 ..... 311

A.93 ..... 311

A.94 ..... 311

A.95 ..... 311

A.96 ..... 311

A.97 ..... 311

A.98 ..... 311

A.99 ..... 311

A.100 ..... 311

第二节 磁场能量 ..... 297

第三节 位移电流 ..... 300

第四节 麦克斯韦方程组的积分形式 ..... 303

习题 ..... 307

附录 A 国际单位制和物理量的量纲 ..... 311

附录 B 矢量简介 ..... 316

B.1 ..... 316

B.2 ..... 316

B.3 ..... 316

B.4 ..... 316

B.5 ..... 316

B.6 ..... 316

B.7 ..... 316

B.8 ..... 316

B.9 ..... 316

B.10 ..... 316

B.11 ..... 316

B.12 ..... 316

B.13 ..... 316

B.14 ..... 316

B.15 ..... 316

B.16 ..... 316

B.17 ..... 316

B.18 ..... 316

B.19 ..... 316

B.20 ..... 316

B.21 ..... 316

B.22 ..... 316

B.23 ..... 316

B.24 ..... 316

B.25 ..... 316

B.26 ..... 316

B.27 ..... 316

B.28 ..... 316

B.29 ..... 316

B.30 ..... 316

B.31 ..... 316

B.32 ..... 316

B.33 ..... 316

B.34 ..... 316

B.35 ..... 316

B.36 ..... 316

B.37 ..... 316

B.38 ..... 316

B.39 ..... 316

B.40 ..... 316

B.41 ..... 316

B.42 ..... 316

B.43 ..... 316

B.44 ..... 316

B.45 ..... 316

B.46 ..... 316

B.47 ..... 316

B.48 ..... 316

B.49 ..... 316

B.50 ..... 316

B.51 ..... 316

B.52 ..... 316

B.53 ..... 316

B.54 ..... 316

B.55 ..... 316

B.56 ..... 316

B.57 ..... 316

B.58 ..... 316

B.59 ..... 316

B.60 ..... 316

B.61 ..... 316

B.62 ..... 316

B.63 ..... 316

B.64 ..... 316

B.65 ..... 316

B.66 ..... 316

B.67 ..... 316

B.68 ..... 316

B.69 ..... 316

B.70 ..... 316

B.71 ..... 316

B.72 ..... 316

B.73 ..... 316

B.74 ..... 316

B.75 ..... 316

B.76 ..... 316

B.77 ..... 316

B.78 ..... 316

B.79 ..... 316

B.80 ..... 316

B.81 ..... 316

B.82 ..... 316

B.83 ..... 316

B.84 ..... 316

B.85 ..... 316

B.86 ..... 316

B.87 ..... 316

B.88 ..... 316

B.89 ..... 316

B.90 ..... 316

B.91 ..... 316

B.92 ..... 316

B.93 ..... 316

B.94 ..... 316

B.95 ..... 316

B.96 ..... 316

B.97 ..... 316

B.98 ..... 316

B.99 ..... 316

B.100 ..... 316

# 费曼物理学讲义 第一卷

## 绪论

## 第一 篇

# 绪 论



费曼

(R. P. Feynman, 1918—1988)

请允许我说明我讲这门课的主要目的。我的目的不是教你们如何应付考试,甚至不是让你们掌握这些知识,以便更好地为今后你们面临的工业或军事工作服务。我最希望的是,你们能够像真正的物理学家一样,欣赏到这个世界的美妙。物理学家们看待这个世界的方式,我相信,是这个现代化时代真正文化内涵的主要部分。也许你们学会的不仅仅是如何欣赏这种文化,甚至也愿意参加到这个人类思想诞生以来最伟大的探索中来。

——摘自《费曼物理学讲义》

在绪论中,我们将解决两个问题:

第一,课程介绍,明确“为什么学,学什么,怎样学”。

第二,介绍物质世界的整体图像,特别是关于物质结构的基本模型,旨在为后面的内容作铺垫,为全书的结构打基础。



# 第一章 学习物理 认识自然 感受科学

本章说明高等学校物理教育在科学教育中的作用和地位,介绍物理学的理论体系、科学观念、研究方法及其与工程技术的关系,并回答读者在学习理工科物理课程中可能遇到的一些问题.期望读者形成学习本课程时应具有的总体意识和自觉意识,能够从较高理论层面上认识物理学的概念和规律,着力于科学素质的养成.

## 第一节 物理学的理论体系和研究方法

### 一、 物理学的研究对象和理论体系

物理学(physics)是研究物质世界的基本结构、基本相互作用和最普遍运动规律的学科.

以时间为线索,物理学的发展大致可分为以下几个时期:

- 公元 1600 年以前:物理学的前科学时期.包括古希腊自然哲学和中国古代物理学,以及哥白尼(N. Copernicus)、开普勒(J. Kepler)等研究的天文学.
- 1600—1800 年:伽利略(Galileo)首创了实验、物理思维、数学演绎相结合的科学研究方法,这是物理学作为一门系统的定量科学的开端.在这个阶段,牛顿(I. Newton)完成了经典力学体系.
- 1800—1900 年:以麦克斯韦(J. Maxwell)的电磁学理论、波动光学、热力学和经典统计物理学的发展为标志,是整个经典物理学全面发展和完善的时期.
- 1900—1940 年:相对论和量子力学诞生并发展.经典时空

观、因果律等概念框架发生根本性变化。

- 1940 年至今:实验规模空前提高,粒子物理、凝聚态物理和天体物理均有很大进展.量子力学与相对论相结合诞生了一系列重大的新理论.

从图 1.1.1 中可以看出,物理学的发展越来越快,新理论形成的周期越来越短.

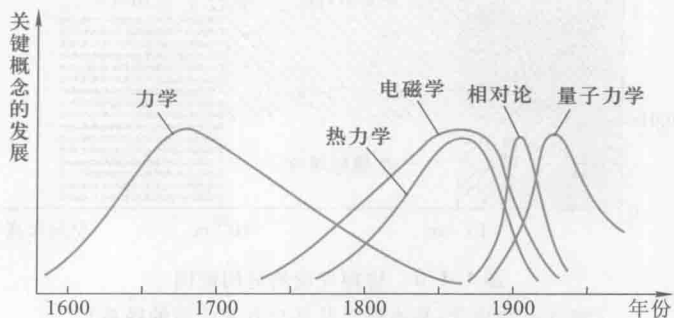


图 1.1.1 物理理论发展的时间进程

物理学的框架大体上可以分为以牛顿力学、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、量子力学为支柱的近代物理两部分.如图 1.1.2 所示,近代物理建立在经典物理基础之上,是更普遍、更高级的理论.近代物理是现代科技的基础,但对宏观领域的多数研究对象而言,经典物理继续保持其独立存在的价值,还在不断取得新进展.物理理论的适用范围如图 1.1.3 所示.

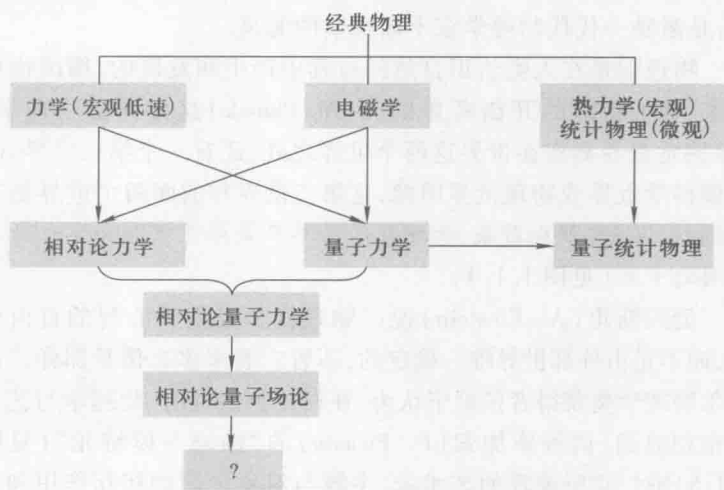


图 1.1.2 物理理论的基本框架

从研究领域上划分,物理学已经形成了一系列分支学科,例如天体物理、半导体物理、激光物理、原子物理、流体力学、材料力学

等,还诞生了许多交叉学科,如生物物理、量子化学、地球物理等.

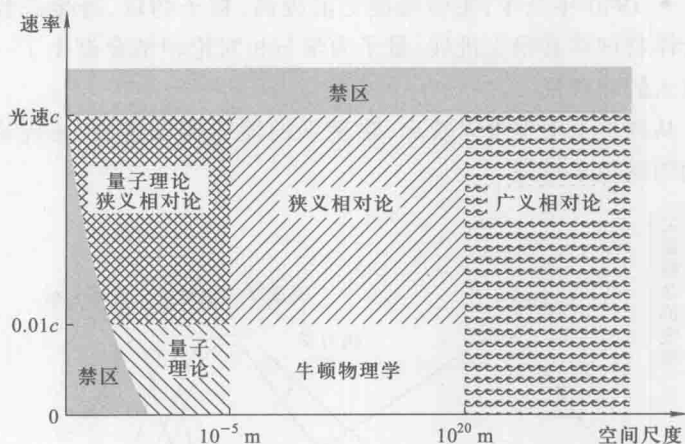


图 1.1.3 物理理论的适用范围

(摘自:《物理学:基本概念及其与方方面面的联系》)

## 二、物理学的科学观念和研究方法

### 1. 物理学的科学精神:永不停息地探索

人类对自然界奥秘的探索是一个不可穷尽的过程.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,是激励一代代物理学家不断探索的源泉.

物理学是在人类认识自然的过程中产生和发展的.德国物理学家、量子物理的开创者普朗克(M. Planck)这样论述物理学:“除感觉世界和实在世界这两个世界之外,还有一个第三世界,即物理科学世界或物理世界图像,这第三世界和前面两个世界是有区别的.”在普朗克看来,物理科学世界只是感觉世界和实在世界之间的中介(见图 1.1.4).

爱因斯坦(A. Einstein)说:“物理概念是人类心智的自由创造,而不是由外部世界唯一确定的,不管它看来多么像是那样.”诺贝尔物理学奖获得者杨振宁认为,在讨论创造性时,物理学与艺术是很相通的.请看毕加索(P. Picasso)的“画家与模特儿”(见图 1.1.5)吧!它所表现的艺术、主题与对象之间的相互作用和关系,不是正如物理学中主体(人类)、认知(物理理论)与客体(自然界)的相互作用和关系吗?物理学在不断进步中加深和扩展着对自然界的理解,永不停息地探索和创新是物理学的灵魂.

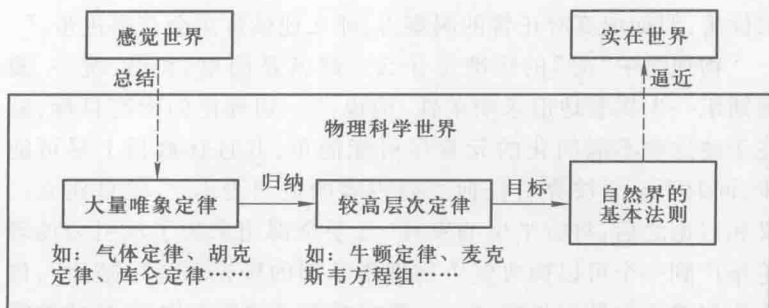


图 1.1.4 物理科学世界与自然界的联系

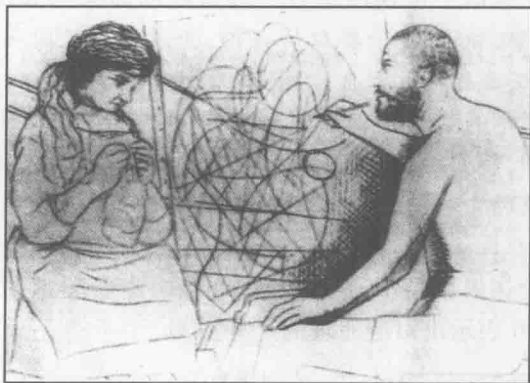


图 1.1.5 画家与模特儿(毕加索,1932)

## 2. 物理学的审美标准:简单、和谐、统一

在物理学发展的历程中,经历了多次观念上的革命.从托勒密(Ptolemy)的地心学说哥白尼的日心理论,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、磁、光现象的规律,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……贯穿物理学观念革新的一条主线是追求物理理论更高层次的美.

让我们看看不同时期的物理学家对“美”的价值的评述:哥白尼《天体运行论》开篇及义的第一句话就是:“在哺育人的天赋才智的多种多样的科学和艺术中,我认为首先应该用全部精力来研究那些与最美的事物有关的东西.”庞加莱(H. Poincaré)说:“美学在科学中的角色是‘纤细的筛子’成为阐明和误解之间、讯号与杂讯之间的仲裁.”而狄拉克(P. Dirac)认为:“让方程式优美比让方程式符合实验更重要……因为差异可能是由于未能适当地考虑一些小问题造成的,而这些问题将会随着理论的发展得到澄清.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,假如他真有正常的洞察力,那么他就肯定会获得进步。”

物理学中“美”的标准是什么?那就是简单、和谐、统一。爱因斯坦一生执著地追求简单性。他说:“一切理论的崇高目标,就在于使这些不能简化的元素尽可能简单,并且在数目上尽可能少,同时不至于放弃对任何经验内容的适当表示。”他自建立广义相对论之后,将后半生的岁月“几乎全部用来为了从引力场理论推广到一个可以构成整个物理学基础的场论而绞尽脑汁”,他在临终遗言中仰天长叹:“……我完成不了这项工作了,它或许将被遗忘,但肯定会被重新发现,历史上这样的先例很多。”显然,这位科学巨匠坚信宇宙秩序中有一种最终的简单与和谐的美。因为,具有简单、和谐、统一特征的理论,其适用的范围一定是最广泛的,也一定是最接近于自然界的基本设计的。

从物理学的美学标准出发,物理学的思想方法中形成了一些观念性原理,例如对应原理、互补原理、对称性原理等。简述如下:

**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,并在该条件下返回到旧理论,即原有的旧理论成为更一般的新理论在极限情况下的特例,这是构建新理论的向导性原则。图 1.1.6 表示出对应原理的一些实例。

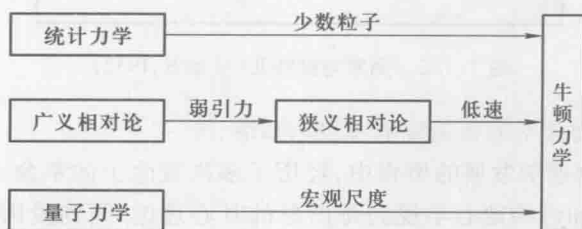


图 1.1.6 物理学中对应原理的实例

**互补原理** 由于事物同周围环境联系方式的多样性,人类认识和实践的局限性,物理学用于描述客体的概念并不完全是客体自身的性质,而是反映出观察者与客体的某种关系。正如海森伯(W. Heisenberg)所说:“必须记住,我们所观察的并不是自然本身,而是自然向我们的探索方法所暴露的一面。”因此,就像“盲人摸象”的故事一样,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,才能形成对自然现象较为完备的描述。例如决定性与统计性、连续性与间断性、有序性与无序性、线性与非线性、粒子性与波动性等。

**对称性原理** 美国物理学家,诺贝尔奖得主温伯格(S. Weinberg)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.”现代物理学认为: 对称性支配相互作用, 守恒定律与自然界的对称性相联系; 任何普遍有效的物理定律必须对于参考系变换保持形式不变; 而自然界的丰富多彩则来自于对称性破缺.

3. 物理学的研究方法: 用模型描述自然, 用数学表达模型, 用实验检验模型

长期以来, 由于物理学在理论研究和实际应用中取得巨大成功, 人们倾向于相信物理概念和规律就是自然本身的实在性质. 其实, 物理学能够认识并描述错综复杂的自然现象, 关键在于采用了建立模型这一行之有效的方法. 模型方法就是在所讨论的问题中抓住主要矛盾, 摒弃次要因素, 将研究对象简化和纯化. 例如: 力学中的质点、刚体, 热学中的理想气体、平衡过程, 电磁学中的点电荷及各种各样的典型带电体和典型电流, 相对论中的局域惯性系, 量子力学中的无限深势阱、固体能带等. 物理学描述的是经过简化的理想模型, 而不是自然本身. 从其本质上看, 物理世界就是由一系列模型构建的.

作为一门精确的定量学科, 物理模型的性质只有用数学表达出来才是真正可知和成熟的. 伽利略首先指出: “从一些纯化的、理想化的关于自然界的实验中得出的物理规律, 可以用精确的数学语言来描述.” 这就是定量物理学的开端. 后来牛顿对物理学的严格数学化做出了不可磨灭的贡献. 法拉第(M. Faraday)和麦克斯韦的故事是一个典型的例子: 法拉第有着惊人的直觉意识, 他首先提出了力线和场的概念, 但没有用数学公式表达出来, 只有当麦克斯韦用优美的数学方程定量表达出法拉第的思想, 才推导出更多的结果, 揭示出电、磁、光的内在关联, 并最终导致相对论的建立. 模型越简单, 就越抽象, 离现实越远. 然而, 最简单的模型往往是最普遍有用的. 在许多物理学家看来, 数学是抽象的终极, 数学简洁的逻辑美和结构美也是物理美的最高境界. 这也是用数学形式表达物理模型的重要原因.

物理学是一门实验科学. 一方面, 观察和实验为物理学提出课题, 另一方面, 为了解决问题建立的任何物理模型都必须经受实验检验. 即使通过实验检验的合理模型, 也有它的适用范围, 不可能无所不包. 在模型成立的范围之外, 则需要修正、改造旧模型, 创建新模型, 重新经受实验的检验. 而模型的发展也正是物理学向深度和广度发展的重要标志. 在物理学发展史上, 不乏模型

由于实验的有力反证而被抛弃的例子. 迈克耳孙(A. Michelson) - 莫雷(Morley)实验的“零结果”最终淘汰“以太”模型就是著名的范例. 图 1.1.7 表示了物理理论与实验和数学的紧密关系.

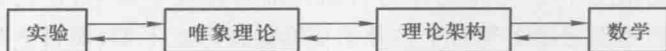


图 1.1.7 物理理论与实验和数学的关系(摘自:《杨振宁文录》)

#### 4. 物理学的科学品格: 敬仰自然, 崇尚真理

许多伟大的物理学家都经常提到上帝. 而他们心目中至高无上的上帝就是大自然, 就是宇宙法则. 爱因斯坦说: “我信仰斯宾诺莎(B. Spinoza)的那个在存在事物的有秩序的和谐中显示出来的上帝, 而不信仰那个同人类的命运和行为有牵累的上帝”. 杨振宁说: “当一个科学家发现到, 自然界的结构有这么多的不可思议的奥妙, 他会有一个触及灵魂的震动. 而这个时候的感觉, 我想是和最真诚的宗教信仰很接近的.” 现代物理学对大自然理解得越具体, 越深刻, 物理学家们对大自然的敬仰之情就越肃然, 越虔诚. 普朗克将他的物理学研究称为“向上帝走去!” 按照他的解释, 对于宗教, 上帝是起点和基础; 对于自然科学, 上帝是大厦的黄金屋顶.

科学在本质上是不断进步变化的. 科学的基本态度是批判和疑问, 每一代后继者都在审视和发展着前人的成果. 正如默顿(Merton)所言: “人类的大多数制度都要求人们绝对的信仰, 而科学的制度则是使怀疑成为一种美德.” 物理学是在把一些“为什么”变成另一些“为什么”, 或者把“为什么”变为“如何”的过程中前进的. 物理学的精髓在于永不停息地追求真理, 探索未知. 在不懈探索自然界奥秘的过程中, 物理学必定会不断地有所发现、有所发明、有所创造、有所前进.

#### 复习思考题

1.1.1 搜集并分析诺贝尔物理学奖获奖名单及相关项目, 由此你可以发现现代物理学的前沿课题并了解物理学的发展前景.

1.1.2 你认为科学最重要的特点是什么? 你能够由此识别伪科学吗?

1.1.3 用一个实例说明物理学的基本研究方法是用“用模型描述自然、用数学表达模型、用实验检验模型”.

1.1.4 牛顿预言, 地球因自转会在赤道附近隆起, 而在两极附近变平. 1735 年, 法国科学院派出探险队去北极圈测量地球的准确形状, 他们报告了与预言相符的结果. 哲学家伏尔泰用下面两行诗嘲笑他们: “你们历经千难万险, 远涉蛮荒, 为了发现牛顿在家里就知道的情况.” 伏尔泰的讥讽有道理吗? 为什么?

## 第二节 物理学与工程技术

### 一、物理理论是新技术的基础

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,而且是工程技术的基础.如表 1.2.1 所示,人类历史上的技术革命都与物理学的发展和运用密切相关.表 1.2.2 列举了核技术和信息技术的物理基础.

表 1.2.1 技术革命与物理学的关系

技术革命	时间	物理基础和标志
第一次	17—18 世纪	建立在牛顿力学和热力学发展的基础上 其标志是以蒸汽机为代表的一系列机械的产生和应用
第二次	19 世纪	建立在电磁理论发展的基础上 其标志是发电机、电动机、电信设备的出现和应用
第三次	20 世纪	建立在相对论和量子力学发展的基础上 其标志是以信息技术为代表的一系列新学科、新材料、新能源、新技术的兴起和发展

表 1.2.2 核技术与信息技术的物理基础

核技术的物理基础		信息技术的物理基础	
1896 年	贝可勒尔(Becquerel)发现铀的天然放射性	1925 年	量子力学建立
1905 年	爱因斯坦创立狭义相对论,得到 $E = mc^2$	1926 年	费米-狄拉克(Fermi-Dirac)统计法提出
1911 年	卢瑟福(Rutherford)提出原子的有核模型	1929 年	能带理论提出并得到证实; 费米面概念及其可测量性的提出
1925 年	量子力学建立	1948 年	肖克利(Shockley)等发明晶体管
1932 年	建立原子核的质子-中子模型	1957 年	建立费米面编目
1933 年	发现人工放射性	1962 年	制成集成电路(IC)
1945 年	实现核裂变——原子弹	20 世纪	大规模和超大规模集成电路
1952 年	实现核聚变——氢弹	70 年代末	超大规模集成电路(VLIC)迅速发展
1954 年	建立第一座核电站,之后安全、经济、清洁的核能应用迅速发展		

表 1.2.3 列出了新技术从物理原理发现到首次实际应用的时间差距,这一差距的迅速缩短说明物理学的发展与社会经济发展、人类生活改善的关系越来越密切.



表 1.2.3 新技术从物理原理发现到首次实际应用的时间差距(摘自:《物质探源》)

产品	原理发现(年份)	首次应用(年份)	时间差距/年
电动机	1821	1886	65
真空管	1882	1915	33
无线电	1887	1922	35
X 射线	1895	1913	18
雷达	1935	1940	5
裂变反应堆	1939	1942	3
晶体管	1948	1951	3

总之,物理学是工程技术发展的基础,技术是科学的产物又反过来成为物理学发展的动力和工具,促进物理学研究的发展。

## 人类与自然和谐发展的 新自然观

在原始社会,人是自然的奴隶,视自然为神灵.进入农业社会和工业社会,随着生产力的发展,人类逐渐认识到其对自然的能动作用,继而以为自己是自然的主人,人定胜天.直到面临人口激增,资源枯竭,环境恶化,人类终于觉醒,认识到现代技术是一柄双刃剑.现代技术的负面影响表现在:它让科学受制于技术视野,诱导科学家自觉不自觉地按照技术的需要去看待自然,视其为能量的供应者,甚至将人本身也视为“资源”,而忽视了对认识自然本性的追求;它造成假象,让人类误以为自己可以无限制地挑战自然,改造自然,凌驾于自然之上,而扭曲了人与自然的关系;技术可能被用于犯罪,用于战争,破坏环境,危害人类和自然.其实,人归根结底是自然的一部分,人的能力是自然力的一部分,人类的未来最终取决于自然的未来.人既不能满足于做自然的奴隶,也不能希求做自然的主宰,而要关心、保护生态环境,与自然共生、共荣、和谐发展.

爱因斯坦说过:“对人本身及其命运的关心,必须永远成为一切技术努力的主要兴趣所在……以使我们心灵的创造成为人类的幸事而不是灾祸.绝对不要迷失在你的图形和方程式中.”确立新的自然观是人类在 20 世纪的一项重要发现.一切工程技术实践都需要尊重生态规律,讲求环境效益,树立“可持续发展”的价值观念.培养学生正确的自然观,使其在今后的工作中自觉地尊