基础物理学．第4卷

（物理学史选）

朱荣华 主编

高等教育出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内容简介

本套教材是教育部“高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果，是面向21世纪课程教材和普通高等教育“九五”国家级重点教材，教育部高等学校工科物理课程指导委员会“九五”规划教材.这是一套力求与现代科技水平相适应的理工科物理教材，把教学目标定位在对学生进行科学素质教育和知识创新教育以及支撑现代高新技术上.

本套书可作为高等学校理工科非物理专业普通物理课程的教材或参考书.

本书为第Ⅳ卷物理学史选，包括1—5讲：

牛顿革命(哲学背景、牛顿的《原理》、牛顿力学的发展)；电磁学理论的发展(实验定律、电磁学理论的创立、以太物理学)；相对论的创立(狭义相对论的创立、广义相对论的创立)；热力学理论的发展(热力学定律、热力学理论的发展)；量子理论的发展(量子化、量子力学的创立、量子场论与粒子物理学发展、量子力学的物理诠释).

图书在版编目(CIP)数据

基础物理学.第4卷，物理学史选/朱荣华主编.
北京：高等教育出版社，2003.7
ISBN 7-04-011449-6

Ⅰ.基… Ⅱ.朱… Ⅲ.①物理学②物理学史
Ⅳ.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第024123号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社　　址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网　　址	http://www.hep.edu.cn
总　　机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经　　销	新华书店北京发行所		
印　　刷			
开　　本	787×960　1/16	版　　次	年　月第　版
印　　张	17	印　　次	年　月第　次印刷
字　　数	310 000	定　　价	19.80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

策划编辑　陶　铮
责任编辑　薛春玲
封面设计　张　楠
责任绘图　郝　林
责任设计　史新薇
责任校对　夏　晔
责任印制

前　言

《物理学史选》是《基础物理学》(第 i 卷)的配套读物,旨在结合主教材,在科学思想和科学方法论层面上向学生提供物理学知识产生、形成和发展的基本历史知识 .

目前的物理学理论,是科学认识长期发展的产物 .一般物理学教科书所采用的逻辑化、公理化和数学化的编写方法,难以表述物理学知识和理论形成的生动历程 .正如爱因斯坦所指出的‘ 结论几乎总是以完成的形式出现在读者面前 .读者体验不到探索和发现的喜悦,感觉不到思想形成的生动过程,也很难清楚地理解全部情况 .”因此,我们尝试用《物理学史选》这种配套读物的形式弥补这种缺陷 .

现代教育理论认为,学习过程是以学生为主体,在教师指导下由学生主动完成的特殊认知过程 .学校教育的成功程度,在于学生完成这一过程的流畅性和创造性 .类似于胚胎的个体发育很大程度上重复了生物物种的系统进化历史,学生个体的认知发展也和人类认知的发展历史有相似之处 .教学中的难点,往往也是科学史上攻克的科学难题;教学中的重点,往往也是科学史上关键性的突破和科学大师们科学贡献的精华之处 .所以,教学既要发挥静态知识体系的作用,也要利用动态的历史探索的价值,把‘ 凝固的文化激活 ”,把文化的传授转化为文化创造者与文化学习者之间的一种对话,从这种信息密度极高的知识奇迹中,体会物理学思想的精理妙义 .

物理学史具有丰富的教育因素 .由一次次重大思想突破和方法论进步结晶出来的一个个科学分支的理论成果,以及它们的变革、综合和统一所构成的物理学史,再现了人类探索和认识物理世界现象、特性、规律和结构的历程 .这里包含了认识论和方法论的因素,包含了对旧观念的一次次解脱、创造者的独特思考和巧妙方法,以及探究的困惑、失误的遗憾、严密的推理、大胆的猜测、直觉的洞察和成功的欢乐 .通过考察一个个科学大师走出迷宫的历程,可以悟出一点科学创造的‘ 天机 ”、增长一点科学创造的信心,培养学生的科学思维方法 .物理学史还具有独特的精神价值,包括科学家们的科学理想、献身精神、光辉言行和高尚品格,它们将对学生人生价值的取向产生深刻的影响 .正是物理学史在素质教育中

的独特功能,构成了物理学史渗入物理教学的客观依据.本书是为实现这一功能而作的一个尝试.

历史研究方法的一个显著特征,是关于历史事件的独特性的陈述.所谓"独特性",是指历史事件是独一无二和不可再现的.任何历史事件,不可能在无穷的细节上被精确复制出来.从这个角度上说,它们都是独特的.研究历史常常把历史材料划分为两个组成部分:一个是细节部分,把它看作是偶然的,被排除在理性范围之外,构成事件的历史背景;另一个是细节隐没后呈现的大体的重复现象,它们在理性范围内呈现出秩序,以及支配这种秩序的规则性.历史学家通过发现这种规则来构造理论工具,用以描述和理解历史事件,构成事件的理论背景.

因此,历史研究应考察整个背景,包括理论背景与历史背景.应持有规则性与独特性相结合的观点,历史学家发现的规则性为历史事件提供一个可理解的环境.当利用这种规则性寻求历史事件之间的联系或事件发生的原因时,并非指理论能提供事件可"预测"的"充分条件",因为"细节"部分妨碍了这种规则性的实现.规则性只能提供一些起作用的因素,用以评估这些因素的影响和意义,探究它可能的后果.历史学家只能在这个意义上讨论所谓的"历史必然性".与此同时,历史学家又要用忠实于证据和细节的方法建立历史背景,表述历史事件的独特性,因为这些细节在他构造的理论之外.这两部分对正确描写历史都是重要的.

但上述划分与研究目的有关.人们可以选择不同的角度进行这种划分,这种选择很大程度上与个人的判断有关,其中历史学家的个人观点和价值取向起重要作用,并强烈地影响他构建的理论结构.一个历史事件不会自动宣布它的历史意义,它的意义与研究者的思想渗入和选择的理论背景有关.因此,在历史研究中,除了人类经验(为人们观测、记忆和记录的历史事件)的真实性以外,对经验的理解需要个人涉入和个人判断,主客体的作用从来是分不开的.只是个人涉入的程度和类型不同,存在着一个具有不同形式的个人涉入的光谱式的系列.在自然科学研究中,自然科学家有一个信念,认为自然现象可以在一切细节上被精确地复制出来.现象之间的联系以及支配这种联系的规则具有"可证实性",即具有可检验性和可重复性,并把这些规则称为"法则"、"规律".这些规则用抽象的一般概念表述,并可以利用它的可预测性,把特殊事件从一般规律中推导出来,从而理解事件的特殊性.

对于人文学科,"规则性"是社会的产物.它要求按照那个社会期待和熟悉的思维模式理解历史事件的"动机"或理由.但仅仅依靠"规则性"寻求对历史事件的真正理解,显得越来越不够了.独特性、个人因素、主观性、个人的历史创造活动,在揭示事件的意义中将发挥越来越大的作用.在对细节部分的选择、评价和

需要全本请访问 www.ertongbook.com

解释上,主观的涉入越来越具有决定性.历史学家必须根据历史事件记录,从事件内部观察历史人物,反复思其所思,通过想像扮演行为者,才能体会到控制着他们行为的意图和意向,否则就不可能正确地讲述历史事件.

在这个意义上,可以把自然科学或人文科学的研究方法作为极限情况包含在历史研究方法之中.

指导我们对物理学史进行研究的指导性原则有:

1.创新与传统

历史在不断地创造新的事物,而每一个新事物上又都有传统的烙印.这里既有同一性,历史在持久变化中恒定不变的东西,就是传统的因素;又有差异性,在同一背景下发生了变化的东西,就是创新的因素.它们犹如音乐中的主题与变奏一样,我们把同一性比喻为主旋律,来感知在历史中反复出现的模式;我们把差异性比喻为该主旋律上的变奏,来感知在历史中发生的变化.物理学史就是要把握在历史中经历了所有变化而保持恒定的那些独一无二的模式.

历史犹如一幅地图,可以在不同的层面上呈现出来.当我们要了解某一个层面时,那些细节就会隐没到历史背景的后面.因此,我们对历史的认识必须加以选择,使其在某一个角度上显示出来;必须加以截断,使其在某一个断面上显示出来.这个地图是地形图、气象图、资源图还是旅游图,取决于编写者的研究目的.本书的目的是要在理论和方法论的层面上发现一般模式,如"实验数学论"和"对称性决定相互作用"等.爱因斯坦在《我眼中的世界》(1934年)一文中,谈到了在17世纪物理学革命中发现的"实验数学论"的科学方法论模式时说:"迄今为止,我们的经验已经使我们有理由相信,自然界是可以想像到的最简单的数学观念的实际体现.我坚信,我们能够用纯粹数学的构造来发现概念和把这些概念联系起来的定律,这些概念和定律是理解自然现象的钥匙.经验可以提供合适的数学概念,但数学概念无论如何都不能从经验中推导出来.当然,经验始终是检验数学结构的实用性的惟一标准.但是这种创造的理论都存在于数学之中,因此,在肯定的意义上,我当然地认为,像古人所梦想的纯粹思维能够把握实在".

19世纪和20世纪在纯粹的数学结构基础上的数学应用与由物理现象中直接提取的概念的应用相比,更有力,更不可思议.尽管现代科技成就——收音机、电视、飞机、高保真唱机及录音设备、X射线、晶体管、计算机、原子能等这些大家熟悉的东西,不能仅仅归功于数学,但数学的作用比起其他自然科学而言更为基本、更为重要.

数学的有效性是一回事,数学为什么有效又是另一回事.爱因斯坦在《相对论侧记》(1921年)一文中指出:"在这里产生了一个让各个时期的科学家都感到困惑的问题.数学作为独立于经验的人类思维的产物,为何与物理现实中的客体如此吻合?没有经验依据,而只靠纯粹的思维,人类能发现实际事物的性质吗?

……”纯粹数学推理为什么具有预言实际现象的令人难以置信的精度？它的一长串的推理为什么能产生如此非凡的应用结论？这对于数学是一个奇迹.在物理学中,对于科学概念,人们仅仅了解其数学定律;经过一连串的数学推导后,能与经验建立起联系;科学为自然界描绘的图像以及与实际情况一致的物理图像,都是数学图像;数学方程是物理学解释自然现象的惟一可靠保证.数学是科学理论的实质.

2.源与流

科学是一个“动”的事业.已有的物理学内容的有限性总是与可能观察到的客观世界的无限多样性相对立.因此,物理学从来不具有,也不可能具有一种对一切时代都完美的形式.在物理学知识客观性与真理性问题上,由于人类知识起源的偶然性与局限性,以及物理学观点和理论的不断改变,它是受时代制约的.历史在延伸,为适应不断拓展的新经验,物理学家通过观察和探索,创造着一个连续的、经历了所有变化而保持同一的独一无二的物理学.物理学有源又有流,由众多源头的涓涓细流汇集成奔腾向前的洪流,其中最有成果的发展常常发生在不同思想路线的交叉点上,出现在互不相关的物理学分支的结合点上.物理学史要把它们的变革、综合和统一的历史过程尽可能明晰地刻画出来,以发现物理学发展的主流.研究历史不必追溯那些偶然的、不系统的和没有真正透彻思考过的有关个别问题的零碎知识.20 世纪前物理学的三次大综合:牛顿把天上行星的运动和地上物体的运动概括到同一个规律中,创立了经典力学体系;麦克斯韦把电、磁和光概括到同一个方程组中,创立了电磁场理论;创立了统计热力学,实现了力学与热学的“统一”.这些原来属于互不相关领域的学科分支综合的历史描绘了物理学发展的主流.

3.要用现代的观点写历史

历史是面向过去的,而过去是已经确定了的,为什么我们对历史要一再重写呢？

首先,对于历史人们可以选择完全不同的观点来写;其次,历史是发展的,用现代的观点写历史,就是要以现代为起点,由现代追溯过去,用现代的观点消化历史信息,找到主导历史发展的线索,讲述对今天的物理学来说相对重要的一些观念和知识的起源和变化,并以此决定内容的取舍.显然编写者能站得多高,持有什么样的观点,决定了对物理学史材料的选择、评价及其编写风格.例如,杨振宁认为“20 世纪的物理学史,从某种意义上说,就是对称性概念的认识史”,“对称性—量子化—相位因子是它的主旋律”,由此出发编写的物理学史,必然对有关对称概念的起源及其变化的材料表现出特别的兴趣,并以此为主线重写物理学史.

4.重现个人在历史创造活动中的作用

物理学是集体的事业.有成千上万不知名的科学工作者不断地把物理学推向前进,以保持物理学的持续进步,防止科学研究限制在少数几个预先规定的方向上.他们的工作过去是,现在也是作出卓越贡献的必不可少的准备.但我们也应该重视个人在历史创造活动中的作用,因为某些创造性的发现最终取决于极有天赋的个人想像力,这种想像力和个人因素在理论发展中具有非常突出的地位,在科学革命中尤其如此.因此历史通常只记载科学发现的某些高峰以及参与这些发现的少数杰出人物.

在本书中,这些指导性原则的渗透提供了新的框架和新的编写风格.

《物理学史选讲》包括五讲:牛顿革命、电磁学理论的创立、相对论的创立、热学理论的发展、量子理论的发展.

本书是一本配套教材,除了开设选修课外,决不要把它作为独立的教学内容而增加物理学课程的学时.更不要把已为主教材摒弃了的许多过时的、陈旧的、非基础性知识再捡回来,加重学生的负担.因此,本书应严格定位在"辅助"教材上.本书用了一个"选"字.一方面结合主教材的教学内容选择一些相关的史料,在物理思想和方法论层面上,提高学生的科学素养;另一方面,让教师在编写教案时"选"用,也作为有兴趣的学生的课外自学读物.

首都师范大学申先甲教授、王士平教授、刘树勇副教授参加了本书的编写工作.

被聘为顾问的申先甲教授、高等教育出版社杨再石编审审定了本书,在此一并致谢.

朱荣华　李艳平

1999 年 5 月 25 日

目　录

绪言…… 1

第一讲　牛 顿 革 命

第一章　哲学背景 …… 11
§1 - 1　亚里士多德物理学…… 11
§1 - 2　新哲学…… 13
第二章　牛顿的《原理》 …… 18
§2 - 1　牛顿方法…… 19
§2 - 2　运动定律…… 21
§2 - 3　万有引力定律…… 24
附注Ⅰ　牛顿…… 31
附注Ⅱ　发明权之争…… 33
第三章　牛顿力学的发展 …… 36
§3 - 1　牛顿力学的新表述…… 36
§3 - 2　三体问题的研究…… 39
§3 - 3　混沌…… 42

第二讲　电磁学理论的创立

第一章　实验定律 …… 51
§1 - 1　库仑定律…… 51
§1 - 2　安培定律…… 55
§1 - 3　电磁感应现象的发现…… 61
第二章　电磁学理论的创立…… 64
§2 - 1　超距论电动力学理论…… 64
§2 - 2　麦克斯韦方程组…… 67
第三章　以太物理学 …… 77
§3 - 1　绝对时空观…… 77
§3 - 2　运动物体的电磁学…… 87

第三讲 相对论的创立

第一章 狭义相对论的创立 …… 95
§1-1 基本思路 …… 95
§1-2 相对论时空效应的发现 …… 100
§1-3 相对论物理学的发展 …… 102
第二章 广义相对论的创立 …… 109
§2-1 两条原理的提出 …… 109
§2-2 黎曼几何 …… 112
§2-3 引力场方程 …… 114
§2-4 广义相对论的实验验证 …… 116
附注:艾伯特·爱因斯坦(Albert Einstein) …… 121

第四讲 热学理论的发展

第一章 热力学定律 …… 133
§1-1 能量守恒原理 …… 133
§1-2 热力学第二定律 …… 139
第二章 热力学理论的发展 …… 146
§2-1 耗散结构理论的创立 …… 146
§2-2 “时间之箭”的探讨 …… 150

第五讲 量子理论的发展

第一章 量子化 …… 159
§1-1 普朗克公式 …… 159
§1-2 光量子假设 …… 169
§1-3 康普顿效应 …… 173
§1-4 为建立光子理论而努力 …… 175
§1-5 为建立原子理论而努力 …… 182
第二章 量子力学的创立 …… 189
§2-1 矩阵力学 …… 189
§2-2 波动力学 …… 197
§2-3 费曼量子理论 …… 206
§2-4 量子电动力学 …… 209
第三章 量子场论与粒子物理学的发展 …… 220
§3-1 规范场观念 …… 220
§3-2 杨_米尔斯场的实验检验 …… 227
§3-3 粒子标准模型 …… 230

第四章 量子力学的物理诠释 …… 235
§4-1 量子理论公设 …… 235
§4-2 哥本哈根学派物理诠释 …… 244
§4-3 爱因斯坦与玻尔的论战 …… 249

需要全本请访问 www.ertongbook.com

绪　言

由伽利略和牛顿等人于 17 世纪创立的经典物理学,经过 18 世纪在各个分支学科的拓展,到 19 世纪得到了全面、系统和迅速的发展,达到了它辉煌的顶峰 到 19 世纪末,已建成了一个包括力、热、声、光、电诸学科在内的、宏伟而完整的理论体系 .特别是它的三大支柱——经典力学、经典电动力学、经典热力学和统计力学——已臻于成熟和完善,不仅在理论的表述和结构上已十分严谨和完美,而且它们蕴涵着非常明晰和深刻的物理学思想,对人类的科学认识也产生了深远的影响 .

描述天体和地面上物体机械运动的最早的物理学分支——经典力学,经过伽利略、开普勒、笛卡儿、惠更斯等人的工作,最后由牛顿概括在一个严密的统一理论中,实现了近代物理学发展史上第一次理论大综合 .在 1687 年出版的《自然哲学的数学原理》中,牛顿提出了动力学的三个基本原理和万有引力定律 .18 世纪,D. 伯努利、欧拉等人对牛顿理论作了更为清晰的数学表述,并把它扩展到质点系、刚体和流体的应用上;达朗贝尔用一个表示静力平衡的新原理代替了牛顿的运动方程 .特别是经过欧拉、莫泊丢、拉格朗日等人的工作,利用变分法和“ 最小作用量原理 ”,建立起了和牛顿动力学方程等价的欧拉 - 拉格朗日方程 .1834 年,英国的哈密顿提出了哈密顿原理和正则方程,建立了“ 分析力学 ”理论,实现了继牛顿之后力学理论的又一次飞跃 .

经典力学的巨大成就,使机械决定论在整个科学界的思想体系中成为占统治地位的观点 .牛顿所总结的动力学基本方程,是一个以微分方程形式表示的函数关系,只要知道了体系在某一时刻的运动状态和外部作用力,就能完备和惟一地确定这个体系过去和未来的运动状态 .牛顿力学所蕴涵的机械决定论观点,在 19 世纪末以前的所有学科的科学著作和科学家的思想里都明确地表现出来,成为统治整个科学界的普遍信念 .

物理学的任务是要发现普遍的自然规律,规律性的最简单的形式之一是它表示了某种物理量的不变性 所以对于守恒量的寻求不仅是合理的,而且也是极为重要的研究方向 .在雅可比进一步改善了哈密顿处理力学问题的方法之后,守恒量的重要意义被认识到了;这些守恒量中最重要的是能量,能量守恒定律是

19 世纪 40 年代主要由迈尔、焦耳、赫姆霍兹等人的工作被确立的.这一原理,在 1850 年经克劳修斯的重新表述成为热力学第一定律.

1850 至 1851 年,克劳修斯和 W.汤姆孙分别从 1824 年 S.卡诺关于热机效率的探索工作中看出了热量从低温到高温的无补偿的转移是不可能实现的,从而得到了热力学第二定律.正如热力学第一定律引入了一个重要的态函数"能"一样,1865 年克劳修斯也从热力学第二定律的更严密的数学表述中引进另一个态函数"熵",并把热力学第二定律表述为:一个孤立系的熵或是保持恒定,或是增大.它指明了孤立系熵的减少在自然规律上是被禁止的.1906 年,在进一步讨论化学亲和性概念中,能斯特被引导到热力学第三定律的发现;随后普朗克在对这个定律的表述中指出,当温度接近绝对零度时,化学上一致的物体的熵趋近于零.上述事实从未与经验事实发生过矛盾.热力学是一个从上述定律出发的演绎理论,爱因斯坦称之为"原理性理论",它在不需要运用系统的任何详细而专门知识的意义上是普遍有效的.能量守恒原理的建立,使物理学思想和理论结构取得了辉煌的进展,是 19 世纪自然科学上的一个伟大胜利,也是近代物理学发展中的第二次理论大综合.从此之后,每一个新的物理理论,都必须接受这一原理的严格检验.

熵原理的发现,把演化的思想带进了物理学,指出了自然过程的不可逆性和历史性.具体地说,描述热力学系统及其运动的方程,对时间反演是不对称的,这种对称性的破缺产生了具有实质性意义的时间箭头.孤立系统中的不可逆过程,将最终导致熵极大值的状态;封闭系统中的不可逆过程,将最终导致自由能最小的状态;近平衡系统中的不可逆过程,将最终导致熵产生最小的状态,这些过程都显示了时间的方向性.

17 世纪到 18 世纪中叶曾经在物理学家中流行的热的分子动理论的思想,在 18 世纪中叶以后由于热质说的风行而被湮没.在能量守恒原理确立之后,分子动理论得到了复兴.特别是 1856 年德国物理学家克仑尼希发表的《气体理论原理》成为打开分子动理论系统研究大门的开篇之作.为了代替处理大量分子,他在分子动理论中引进了概率概念、分布函数和宏观图像中的平均值.他深刻地认识到分子运动的不规则性是"气体分子动力模型的严重障碍".正是由于对这种不规则性的清醒认识,才使他坚信对分子运动作概率处理的必要性.在他的论文的启发下,1857 年克劳修斯发表了分子动理论奠基性的论文,提出了理想气体的力学模型,进一步把统计思想引入了物理学,由宏观量是微观量的统计平均值的假定,导出了理想气体的压强公式,对气体压强的分子运动本质提出了精辟的解释.1858 年,他又以气体分子运动的平均自由程的概念,解决了气体缓慢扩散的"布期-巴洛特佯谬".1859 年,麦克斯韦的"速度分布函数"的概率论假定,把概率统计的思想和方法深深地推进到描述真实的物理过程中,从而使经典力

学定律的普适性受到了挑战.1866 年,麦克斯韦对输运过程提出了更加普遍的理论,并证明了他的分布函数不仅是可能的分布状况,而且是分子速度分布的惟一形式.继麦克斯韦之后,玻尔兹曼于 1868 年将麦克斯韦分布律推广到有势场作用下的系统;1875 年他把分子碰撞动力学与一种概率论本质的某些启发性假定——分子混沌假设和用单体分布函数描述 N 体系统的假设相结合,建立了分布函数方程,推导了被称为"玻尔兹曼最小定理"的著名的 H 定理,并在随后解决"可逆佯谬"的探索中深刻揭示了热力学第二定律的统计本质,得到了把熵与热力学状态的概率联系起来的重要公式.玻尔兹曼的工作决定性地使分子动理论发展成为一门严谨的独立学科,爱因斯坦称之为"构建性理论".

"统计力学"这个名称,是 1884 年由美国物理学家吉布斯首先提出的.吉布斯在麦克斯韦和玻尔兹曼思想的基础上,形成了"系综"概念,创立了系综统计方法,通过对三种系综(微正则系综、正则系综、巨正则系综)的研究,并利用统计平均、统计涨落和统计相似的方法,终于建立起逻辑上一致的、而且与热力学经验规律一致的理论体系;从而将热学的惟象理论和分子动理论的两个基本的研究方向统一到一个有机整体之中,完成了统计力学这个经典物理学的又一次理论大综合.

在 19 世纪初以前,人们一直把电和磁看作是相互无关的独立现象.1800 年伏打电堆的发明和持续电流的实现,为寻找它们的联系创造了条件.1820 年,奥斯特观察到了磁针被电流偏转的现象,从而把许多物理学家,特别是法国的物理学家吸引到这个新开辟的领域.安培很快发现了两个直线电流之间的吸引和排斥作用,证明了通电螺线管的作用就像磁棒一样.两年以后,安培用精密的实验总结出了表示两个电流元之间相互作用力的著名公式,并把描述电流的磁效应及力学效应的理论称为"电动力学".后来德国的诺依曼和韦伯进一步发展了安培的思想,完善了包括静电力以及闭合线路的感应在内的动电力的一个出色的理论.不过,他们的理论含有超距作用观点.

19 世纪 30 到 60 年代,以英国的法拉第、W.汤姆孙和麦克斯韦为主导,创立了以近距作用观点为基础的电磁理论.1831 年,法拉第进行了著名的导致发现电磁感应现象的实验;并随着电解定律(1834 年)、电介质对静电过程的影响(1837 年)、抗磁性和光的磁致偏转(1846 年)的发现,明确形成了"场线"和"场"的概念.在 W.汤姆孙的启发下,麦克斯韦把法拉第的"场线"概念翻译成一种适当的数学语言并开始了他创建以矢量微分方程建构电磁场理论的伟大工作,1864 年提出了麦克斯韦方程组,预言了电磁波的存在,并揭示了光的电磁波动本性.麦克斯韦的方案使媒递接触观念得以完全实现,并使电磁学理论的全部物理基础得以奠定,成为近代物理发展中的第三次理论大综合.

大约到 1895 年前后,以经典力学、经典热力学和统计力学、经典电动力学为

三大支柱的经典物理学,结合成一座具有雄伟的建筑体系的“美丽的殿堂”,达到了它的巅峰时期.当时人们所知道的一切物理现象,几乎都可以从经典物理学理论得到完满的解释.这使不少物理学家以为物理学的基本原理都已经被发现了,物理学理论已接近最终完成.然而,经典物理学的局限性和内在矛盾,已经开始显露出来.

在力学方面,与机械观相联系的绝对时间、绝对空间的概念以及关于质量的定义,受到普遍的批评;牛顿对于引力的本质采取了回避的态度,而引力瞬时传递的超距作用观点与19世纪发展起来的场物理学又是根本对立的;作为光波与电磁波的传播媒介的“以太”,其令人难以理解的特殊性质以及关于它存在的检测的失败也引起了混乱.在热学方面,熵增加原理揭示的与热现象有关的自然过程的不可逆性,反映出热力学原理与经典力学和经典电动力学原理之间深刻的内在矛盾;在统计力学中引入的概率统计思想以及热力学定律的统计性质,已使经典力学的严格确定性出现了缺口,经典统计力学的一个重要结果——能量均分定理,在双原子分子气体和低温条件下的严重失效,都使科学家们费尽心血而一筹莫展.总之,与当时那种盲目乐观的保守观点相反,19世纪末的经典物理学远未达到协调、自洽和臻于完善的地步.潜存在理论体系内部的种种矛盾,孕育着它的根本变革.正是在这种形势下,发生在世纪之交不长时间内的一系列物理学新发现,导致了经典物理学危机,揭开了一场伟大变革的序幕.

1895年,德国的伦琴发现了X射线;

1896年,法国的贝可勒尔发现铀的天然放射性;

1897年,英国的J.J.汤姆孙发现了电子;

1898年,法国的居里夫妇发现放射性元素钋和镭;

1899年,英国的卢瑟福区分出α、β射线;德国的卢默尔和鲁本斯发现黑体辐射能量分布曲线偏离维恩分布律;

1900年,法国的维拉德发现γ射线;

1901年,德国的考夫曼发现电子的质量随速度增加;

1902年,德国的勒纳德发现光电效应的基本规律;

1903年,英国的卢瑟福和索第发现放射性元素的蜕变规律.

在19—20世纪之交的这一系列重大发现,使几乎每一条经典物理学的重要基本原理和概念都受到怀疑和重新审查,把人们的探索目光引向高速和微观领域,揭开了20世纪现代物理学革命的序幕.1900年普朗克提出的量子论所导致的1924—1926年由一批物理学家创立的量子力学和1905年爱因斯坦提出的狭义相对论、1915年建立的广义相对论一起开辟了现代物理学的新纪元.它们以崭新的图景和观念,改变了人们对客观世界的认识,标志着物理学从经典阶段进入到现代阶段.从那时起,物理学在每一个领域都获得了迅速的发展.目前它已

经发展成为一个相当庞大的学科群,包括原子分子物理学、原子核物理学、粒子物理学、凝聚态物理学、等离子体物理学、现代光学、声学、低温物理学、耗散结构理论和混沌物理学等.物理学和其他基础学科的结合,又形成了许多边缘学科,如化学物理学、生物物理学、天体物理学、地球物理学、大气物理学和海洋物理学等.

在粒子物理学中,重要目标之一是探求各种已知相互作用的统一.普遍的规范场理论是由杨振宁和米尔斯于1954年发展起来的.直至1964年引入真空自发对称破缺机制,霍夫特证明了规范场可重整化后,格拉肖-温伯格-萨拉姆理论终于形成了,把电磁力和弱力统一到一个电弱场理论体系之中.1964年,盖尔曼和茨威格独立提出的"八重法"方案使大量亚核粒子可以用一小族被称为夸克和轻子的基本粒子作出描述.1965年,韩和南部阳一郎提出"色"力,相应的规范场粒子-胶子被用于解释把夸克结合在一起的力导致了量子色动力学理论的建立."标准模型"理论经受了检验,被认为是迄今最有效的一个惟象理论.寻找超出标准模型的新理论,将成为粒子物理近期探索的一个重要任务.进入TeV能区的加速器的运行,必将揭示出粒子世界的新特性.

量子理论在物质结构各个层次上的应用,导致了物质科学体系的建立.自1932年发现中子以来,原子核物理学取得了举世瞩目的长足发展,成功地揭示了核子的行为和结合方式.近几十年来,随着核探针能量和种类的增加,核物理学在新的自由度和新的层次上不断取得新成果.对非核子(特别是夸克)自由度、更高能量自由度、质子-中子比自由度、角动量自由度的研究,将是今后一个重要方向.特别是20世纪80年代末出现的放射性核素,使核反应探针在核素图上从稳定核素发展到不稳定核素.远离稳定线的新核素,特别是滴线核以及超重核、奇特核的合成和研究,将会对原子核物理学的发展起到积极的推动作用.

原子分子物理是微观世界的第一个层次,它的发展直接或间接地推动了电子学和电子产业、光电子学和激光产业的诞生和发展,还形成了量子化学、分子反应动力学、分子生物学和分子天文学等一批交叉学科.原子分子激发态结构和碰撞过程动力学理论的研究,是当前原子分子物理学中最活跃的领域.这一学科的发展,在推动科学技术发展和提高国防能力方面,将发挥重要作用.

光物理学是当代物理学发展中最活跃的领域之一.特别是在激光问世以来的三十多年里,光学的面貌发生了深刻的变化.激光物理、非线性光学、高分辨率光谱学、强光光学、量子光学等学科正日趋成熟,并孕育着光子学、超快光谱学和原子光学等新的分支学科.可以预见,光物理的研究在21世纪将会有突破性的进展,并对生命科学、生物学、激光化学等领域的突破,以及光学、光电子、光通信等高技术产业的发展,起到关键性的先导与推动作用.

等离子体物理是物理学中一个年轻的分支学科.等离子体物理的研究已经

成为人类认识宇宙、控制地球环境变化、以及最终解决能源问题的基础和保证.同时它还开辟了很多新技术与新应用的发展途径.热核聚变等离子体、空间等离子体、天体等离子体和技术与高技术等离子体的研究,愈来愈受到重视.磁约束等离子体的密度和温度已经接近发生聚变反应所需要的条件.

以研究复杂多体系统为主的凝聚态物理学,是当代物理学中内容最丰富、应用最广泛的一门分支学科,也是当前物理学研究中最活跃、最能激发人的创造智力的研究领域.目前已经用人工方法制造出自然界不曾存在的物质状态,发现了意想不到的现象,制备出更多、更高性能的新材料.这一领域的一系列发现,已经并正在对其他学科产生重大影响;并通过它所诱发的高新技术进展,对人类生活产生巨大影响.凝聚态物理前沿研究此起彼伏,发展迅速,使人目不暇接.超导电性物理、晶体学、磁学、表面物理、固态发光物理、液态物理、生命科学现象中的物理问题、极端条件下的物理问题,成为当前凝聚态物理学的前沿领域.其中低维凝聚态物理与以发现新的有序相、有序相的对称破缺以及这些新相的物理性能为主要目标的研究工作,更是这一学科中最具活力的重要发展前沿.

在宇宙学方面,广义相对论和粒子物理学的结合,改变了以前对宇宙的模糊、朦胧的概念,正描绘出宇宙起源、演化和最终结局的惊人图像.目前在引力物理的研究领域,广义相对论仍是最成功的描述.广义相对论所给出的关于时空结构的相对性的描述,不仅把物理几何与非欧几何相联系,而且把时空结构与物质运动彻底结合起来.总的看来,广义相对论的实验检验还远远落后于理论成果;只是在近二十多年来,由于射电天文学和雷达天文学技术的进步以及精确跟踪太阳系飞船能力的提高,检验引力理论的技术才有了出人意料的提高.关于引力波的存在,60 年代已得到理论上的肯定,对脉冲双星 PSR1913 + 16 运动的长期观测,已为人们提供了印象深刻的引力波存在的证据.以广义相对论为基础的大爆炸宇宙模型,已经得到越来越多的观测上的支持,但仍然存在着一些基本的困难.近年提出的暴胀宇宙学方案,不仅能在奇点问题、平直性问题、视界问题与惟一性问题上克服大爆炸理论的困难,而且还由于它涉及到普朗克尺度的极早期宇宙图景,一个全新的量子引力理论不仅将由此诞生,而且人们所期望的四种基本相互作用的大统一,也将有可能在这一阶段相关的能量标度上变得明显.因而对极早期暴胀宇宙的量子引力理论的研究,越来越受到世人瞩目.

最后,在非线性动力学、非平衡统计和热力学、不稳定性(即湍流)、混沌物理等研究领域,过去二三十年的探索已取得了不少重要的进展,初步找到了远离平衡的开放系统通过内部涨落达到有序的机制以及从有序到混沌的若干途径;在动力学系统长期行为的确定性与随机性、决定性描述和概率性描述方面,已引起认识上的深刻变革.在未来几十年里,随着研究的深入,将会发现更多新奇的非线性现象.

需要全本请访问 www.ertongbook.com