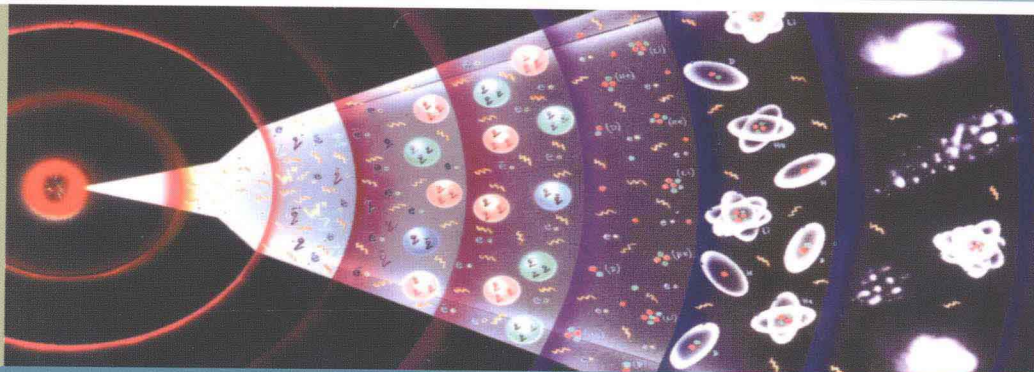


# 大学物理概论

Introduction to  
University Physics



主编 王晓鸥

副主编 何丽娟 周雨青 吴 评

# 大学物理概论

*Daxue Wuli Gailun*

主 编 王晓鸥

副主编 何丽娟 周雨青 吴 评

参 编 （以姓氏笔画为序）

王晓鸥 朱 明 吴 评 何丽娟

张建隆 陈春天 周雨青 殷 实

主 审 赵 远 严导淦



## 内容提要

本书是参照教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求(2010年版)》编写的。本书在撰述上力求简明扼要;在结构编排上强调物理学理论体系的建立;在内容上覆盖从经典物理学到近代物理学的主要知识体系;在具体形式上,不追求复杂公式的推导过程和定理的证明,尽量避免繁复的数学语言,着重对物理概念的理解,以物理学的基本知识为载体,侧重物理学思维方法及能力的培养;在教与学上,力求使教师易教、学生易学,每个知识点配有适量的问题,帮助读者巩固和深化所学内容,加深对基本概念的理解。全书内容深入浅出,通顺易懂,图文并茂,配有适量的思考题及习题,以满足各类读者获取物理知识和提高科学素养的要求。

本书适合普通高等学校各专业选作48学时左右的物理学课程的教材或参考读物。

## 图书在版编目(CIP)数据

大学物理概论 / 王晓鸥主编. — 北京 : 高等教育出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-04-036710-2

I. ①大… II. ①王… III. ①物理学-高等学校-教材 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第309113号

策划编辑 缪可可  
插图绘制 尹莉

责任编辑 缪可可  
责任校对 刘丽娟

封面设计 于涛  
责任印制 赵义民

版式设计 于婕

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 北京京科印刷有限公司  
开 本 787 mm×960 mm 1/16  
印 张 22.5  
字 数 410千字  
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 2013年1月第1版  
印 次 2013年1月第1次印刷  
定 价 35.00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 36710-00

# 前 言

本书力求以较小的篇幅涵盖教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求(2010年版)》的核心内容,并结合当前物理学前沿课题,设置“专题选读”栏目,读者在学时许可或学有余力的情况下,选读其中某些内容,以开拓科学视野。“专题选读”栏目使学生既能掌握物理学的基础知识,又能了解物理学科的前沿课题和研究动向,并将物理学的基本原理拓展延伸,提高学生的科学素质。

本书在借鉴同类教材,并调研其使用效果和经验的基础上,针对当前新形势下少学时学生的教学要求,确定了本书的编写宗旨:以探究物质运动规律的本性为线索,系统而准确地对经典物理学和近代物理学的基本知识、基本概念、基本规律和基本方法择要进行简述,使学生建立完整的物理学理论体系。例如,光学一章是从探究光的本性入手的。为解释光的直线传播、反射和折射,牛顿提出光的本性是粒子性的,尽管光的微粒说可以解释上述现象以及各类透镜的成像问题,但对于“光速在不同介质中的差异”问题,该理论却不能给出满意的解释。而与牛顿同一时期的惠更斯则认为光的本性是波动性的,波动说不仅成功地解释了光的反射和折射,还能正确地给出介质中的光速的大小关系。此外,光的干涉、衍射实验充分证明了光的波动性。然而光电效应却向光的波动性提出了挑战,至此人们不得不重新考虑光的本性问题。爱因斯坦给出光量子理论,从而解释了光电效应,使人们对光本性的认识又上升到一个新的高度,即光具有波粒二象性。全书从揭示事物本性的研究中,帮助读者逐步深入地认识物理规律,建立完整的物理图像和物理学理论体系,掌握物理学的研究方法。全书各板块内容的布设,有别于传统体系,这样,可能有利于物理课程在教学安排和内容讲授上的灵活处理。

本书适合普通高等学校各专业选作48学时左右物理学课程的教材或参考读物。考虑到教学时数及读者对象,全书侧重思维能力的培养,在具体内容和形式上,不追求公式的复杂推导过程和定理的证明,尽量避免繁复的数学语言,从物理图像出发,通过逻辑推理、归纳、类比等方法,给出一些定理、定律等,例如,库仑定律的建立就是类比了万有引力定律的平方反比关系;对磁学的研究类比了电学的规律。再如,电磁场是无形的,为了研究这种场的规律,科学家们给出了场线的概念,从而可以形象地研究电磁场的性质和规律。

由于人们对公式的记忆会随时间的推移而淡忘,但物理学思维方式却会潜移默化地影响人的一生。所以全书着重对物理概念的理解、对物理思维方法的掌握,即如何从繁琐的具体问题中提炼出主要矛盾、如何从物理模型出发解决具体的实际问题。例如,人们平时的对话、收听到的悦耳的音乐等,都是复杂的波动,从中找出最简单的一种波动形式——简谐波,研究其性质及规律,而任何复杂的波动都是各种频率简谐波的合成,从而人们可根据这一规律研究与波动有关的实际问题。这些思维方法将是学生在后续的学习及工作中充分发挥潜能的关键所在。

为贯彻大学生主动学习的教育学理念,本书在各章的每节内容中穿插了相关的一些问题,其题型有些是巩固本节内容的概念性复习题,有些是结合生活、生产实践的应用题,使读者在阅读正文之后解答上述问题,以巩固和深化所学内容;其次,穿插在正文中的例题和列于每章之后的思考题和习题,布局周详,题量适中,以加深对所讲述的物理学基本知识、基本概念、基本规律理解的题型为主,深度和广度与正文形成良好的匹配。

为了使本书易教易学,我们对重点内容作了详细陈述,但力求要言不烦;对非重点内容中的难解之处也不轻易回避,尽可能加以缕析,或许对读者有所裨益。

在本书行笔之前,复旦大学王炎森教授为本书提供了很多素材,并对本书的内容和风格提出了宝贵意见,使编者受益匪浅,本书同时得到哈尔滨工业大学杨学栋教授的支持和鼓励,在此一并致以衷心的感谢。在本书的编写过程中,编者参阅和引用了国内外许多同类教材及相关资料、文献,深受启迪,谨向本书编写过程中参阅的书籍、文献的作者致谢。

由于编者水平有限,书中的缺点和不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

王晓鸥

2012年9月17日

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

# 目 录

<b>第一章 绪论——物理学改变世界</b> .....	1
一、物理学在改变着世界 .....	1
二、什么是物理学 .....	5
三、为什么学习物理学 .....	10
四、怎样学习物理学 .....	23
思考题与问答题 .....	24
本章参考文献 .....	24
<b>第二章 经典力学简介——对物体运动规律的思考</b> .....	25
<b>第一节 人类对物体运动规律的认识</b> .....	25
一、人类对天体运动的认识 .....	25
二、伽利略与经典力学的诞生 .....	30
<b>第二节 对物体运动规律的描述</b> .....	36
一、描述物体运动的基本概念和基本物理量 .....	36
二、运动的合成与分解 .....	42
三、曲线运动 .....	44
<b>第三节 牛顿与经典力学</b> .....	46
一、牛顿运动定律 .....	46
二、力学中几种常见的力 .....	50
三、牛顿的科学思想方法 .....	55
<b>第四节 三大守恒定律</b> .....	56
一、能量守恒定律 .....	57
二、动量守恒定律 .....	68
三、角动量守恒定律 .....	74
四、守恒定律在物理学中的地位与作用 .....	79
<b>第五节 机械振动与机械波</b> .....	79
一、机械振动及其描述 .....	80
二、机械波及其特点 .....	87

思考题与问答题 .....	101
习题 .....	103
本章参考文献 .....	105
<b>第三章 热力学 熵——“永动机”带来的启示 .....</b>	<b>107</b>
第一节 热运动的基本规律 .....	107
一、热 温度 .....	107
二、热力学第一定律 .....	112
三、热力学第二定律 .....	121
四、宏观不可逆性 .....	124
第二节 熵 .....	127
一、熵概念的引入 .....	127
二、熵恒增=能贬值 .....	130
三、熵的统计意义 .....	132
第三节 熵概念的拓展 .....	136
一、熵与信息 .....	136
二、不可逆与自组织 .....	139
三、熵与生命 .....	141
四、宇宙的热寂 .....	143
五、熵与人类社会 .....	145
思考题与问答题 .....	148
习题 .....	149
本章参考文献 .....	150
<b>第四章 电磁学简介——从电磁现象到信息传播 .....</b>	<b>151</b>
第一节 电磁现象及其研究 .....	151
一、人类对电、磁现象的认识 .....	151
二、场与场线的概念 .....	161
三、静电场与恒定磁场 .....	164
第二节 电磁感应 .....	174
一、电磁感应现象的发现 .....	174
二、法拉第电磁感应定律 .....	177
第三节 电磁波 .....	181
一、麦克斯韦方程组及电磁场理论 .....	181



二、预言电磁波 光的电磁理论 .....	186
三、赫兹实验 .....	188
四、麦克斯韦的科学思想方法给人们带来的启示 .....	190
第四节 无线电波 .....	192
一、无线电波的产生与传播 .....	192
二、无线电通信 .....	196
三、雷达、微波通信和光纤通信 .....	197
思考题与问答题 .....	199
习题 .....	201
本章参考文献 .....	202
<b>第五章 光的本性的研究——是波还是粒子</b> .....	<b>203</b>
第一节 光的微粒说 .....	203
一、光的直线传播及反射、折射定律 .....	204
二、光的微粒说 .....	207
第二节 光的波动理论 .....	208
一、光的波动说 .....	208
二、光的干涉、衍射、偏振 .....	211
第三节 光的波粒二象性 .....	228
一、光电效应 光的波动说遇到的困难 .....	228
二、黑体辐射 “能量子”概念的提出 .....	229
三、爱因斯坦的“光量子”假设 .....	232
四、光的波粒二象性 .....	235
思考题与问答题 .....	236
习题 .....	237
本章参考文献 .....	238
<b>第六章 相对论简介——时间与空间交融</b> .....	<b>239</b>
第一节 狭义相对论的时空观 .....	239
一、伽利略变换 绝对时空观 .....	239
二、狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换 .....	241
三、爱因斯坦的相对时空观 .....	243
第二节 爱因斯坦方程 .....	247
一、质能关系 .....	247

二、核能 .....	250
第三节 广义相对论简介 .....	251
一、广义相对论的基本原理 .....	251
二、广义相对论的实验验证 .....	254
三、相对论遇到的挑战 .....	259
思考题与问答题 .....	259
习题 .....	260
本章参考文献 .....	261
<b>第七章 物质结构——微观世界探秘 .....</b>	<b>262</b>
第一节 奇葩怒放的三大发现 .....	262
一、X射线的发现 .....	262
二、放射性的发现 .....	264
三、电子的发现 .....	266
四、卢瑟福的“原子核式结构” .....	268
第二节 原子核的奥秘 .....	269
一、中子的发现 .....	269
二、核力 .....	270
三、核子结构 .....	271
四、神秘的反物质 .....	273
第三节 探索微观世界奥秘的近代技术 .....	274
一、电子显微镜 .....	274
二、扫描隧穿显微镜 .....	275
第四节 神奇的同步辐射 .....	277
一、同步辐射 .....	278
二、我国的同步辐射事业 .....	279
思考题与问答题 .....	279
本章参考文献 .....	280
<b>第八章 量子物理基础——物质观的革命 .....</b>	<b>281</b>
第一节 玻尔的贡献 .....	281
一、玻尔模型的建立 .....	282
二、玻尔模型的贡献与困难 .....	287
三、哥本哈根精神 .....	288

第二节 物质波 .....	289
一、德布罗意假设 .....	289
二、实物粒子的波粒二象性 .....	291
三、不确定原理 .....	293
第三节 描写物质波的波动方程及波函数的统计解释 .....	295
一、波函数及其统计解释 .....	295
二、薛定谔方程 .....	297
思考题与问答题 .....	298
习题 .....	299
本章参考文献 .....	299
<b>第九章 物理学家的思维方法</b> .....	<b>301</b>
第一节 问题——物理学发现之源 .....	301
一、从科学实践与科学理论的矛盾中产生问题 .....	301
二、从科学理论内部的矛盾中产生问题 .....	302
第二节 极端思维——物理学家的创新思维 .....	302
第三节 类比思维——物理学家创新的钥匙 .....	303
一、类比是提出假设的重要途径 .....	304
二、类比推理能有效激发科学家的想象 .....	304
三、类比可导致技术上的发明创造 .....	305
思考题与问答题 .....	307
本章参考文献 .....	307
<b>结束语 物理学的认识论和方法论</b> .....	<b>308</b>
一、物理学的认识论 .....	308
二、物理学的方法论 .....	310
三、科学是一柄双刃剑 .....	312
本章参考文献 .....	313
<b>专题选读 I 宇宙的起源和演化</b> .....	<b>314</b>
一、人类对宇宙的认识 .....	314
二、宇宙的起源 .....	315
三、宇宙的演化 .....	319
四、暗物质与暗能量之谜 .....	329

---

思考题与问答题 .....	332
本章参考文献 .....	333
<b>专题选读 II 激光</b> .....	334
一、两能级间原子与光的相互作用 .....	334
二、粒子数反转 .....	336
三、光学谐振腔 .....	337
四、激光器 .....	337
五、激光的特性 .....	338
六、激光的应用 .....	339
思考题与问答题 .....	341
<b>专题选读 III 超导技术及其应用</b> .....	342
一、低温下的奇迹——超导现象的发现 .....	342
二、超导体的基本性质 .....	344
三、传统超导体的微观机制 .....	344
四、超导隧道效应 .....	345
五、两类超导体 .....	346
六、高温超导体的发现 .....	346
七、超导技术与超导应用 .....	347

# 第一章 绪论

## ——物理学改变世界

2000年美国工程院选择了二十项20世纪最伟大的工程.首先是电气化\*\*、汽车\*、飞机\*、自来水系统、微电子\*\*\*、无线电广播和电视\*\*,其次是农业机械化\*、计算机\*\*、电话\*\*、空调和冰箱\*、高速公路、卫星\*、因特网\*\*、摄影\*\*,最后是家用电器\*\*,医疗技术\*\*,石油和石油化工,激光和光纤\*\*\*,核技术\*\*\*,高性能材料\*\*\*.其中标有星号的项目表示与物理学有关,星号越多表示和物理学的关系越密切.从中可以看出来,绝大多数都打了星号,都跟物理学有直接或间接的关系.由此可见,尽管物理学本身不是产业,但物理学可以导致一些新的学科领域与产业的兴起与发展.物理学的作用已不只是满足人类了解自然的愿望了,物理学研究的应用对社会和经济发展的作用非常明显.物理学方法已经开始被应用于研究社会和经济系统的集体现象,并取得了很大的成绩.可以毫不夸张地说,物理学不断地改变着人类的生产生活方式,促进了整个世界的深刻变化.正是基于这样的原因,联合国才将2005年确立为世界物理年.

### 一、物理学在改变着世界

人类在地球上已经生存了几百万年,有文字记载的文明时代也约有5000年,但是,在以往漫长的历史中,人类的生活方式、生产方式并没有发生根本性变化.直到18世纪工业革命,尤其是19世纪电力技术革命以后,人类社会才发生如此迅速的一次又一次的革命性发展.

从科技发展史中不难发现,许多重大应用技术都是建立在物理科学研究成果的基础上的.在人类近代社会发生的三次技术革命中,起到关键性作用的都是物理科学的创新成果.第一次技术革命开始于18世纪60年代,主要标志是蒸汽机的广泛应用,这是牛顿力学和热力学发展的结果;第二次技术革命发生在19世纪70年代,主要标志是电力的广泛应用和无线电通信的实现,这是电、磁现象的研究和经典电磁场理论的重大突破所带来的辉煌成果;第三次技术革命从20世纪40年代开始并一直延续到今天,这是建立在相对论和量子力学发展的基础上,其特点是出现了以微电子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,如核反应堆、晶体管、激光器、光纤通信,还有各式各样分析用的“谱仪”,以及医学上用的超声、核磁共振和正电子湮没技术等,这些都深刻地

改变了人类的物质生产和精神生活,极大地推动了社会进步.随着物理学成果的不断发展和物理学研究的应用对社会和经济发展的作用日益明显.尤其是20世纪以来,许多革命性的技术发展都源于物理学的基础研究,正是晶体管的发明,导致后来的半导体、大规模集成电路、电子通信、计算机、家用电器、工业控制等一大批产业的发展;核反应和核裂变的研究,使核电站成为解决世界能源危机的重要途径之一;核磁共振研究使核磁共振现象成为许多医院对病人进行检查的重要手段;对病人肿瘤的放射性疗法也是物理方法应用于医学的典型事例,物理学为现代医学监测和治疗方法奠定了重要基础.同样,物理学也是发展能源、改善环境、保障国家安全的重要基础,物理学已成为经济发展的重要推动力量之一.

现代产业的发展,极大地受益于物理学的最新研究成果,甚至一些纯基础性的物理研究的理论和实验结果,后来也促成了许多技术开发,并广泛地应用于生产之中.

在21世纪,物理学仍是自然科学和技术科学的基础学科.物理学对其他学科有着深远甚至是决定性的影响.物理学的实验和理论方法不断影响许多学科,并成为这些学科持续发展的基础,可以说,物理学已成为许多自然科学和技术科学学科里不可分割的组成部分.它过去是、现在是、将来也是基于现代技术的社会经济发展的基础.

### 1. 物理学加速社会经济的发展

第一次技术革命的产物是纺织工业、机械工业、冶金工业和造船工业等的兴起,英国凭借新技术革命和产业革命迅速崛起,成为称雄于世界的经济强国.从工业这个物质生产的主要部门所占比重来看:1831年英国工业化比重超过了60%,1871年更是达到了73%,而同期法国工业化的比重还停留在55%左右;从人口结构来看,1851年,英国城市人口占总人口的52%,大大高于其他欧洲国家.18世纪前,英国还落后于法国等不少欧洲国家,但到1860年,这个当时仅占世界人口2%的岛国,生产的工业品已占世界总量的45%,还拥有世界出口总额的1/4和进口总额的1/3,英国从世界古典文明的边缘地带,一跃而成为世界近代文明的中心和当时唯一的工业化中心.

从1870年到1940年,世界兴起了以电力技术革命为代表的第二次技术革命.美国和德国抓住了这次技术革命的契机,大力发展新兴技术和产业,在铁路、煤炭、钢材和舰艇制造等方面展现出勃勃生机.英国霸主地位的沦落,美国、德国的崛起,是这次技术革命的一个重要特征.这是由于德国科学技术人员的积极进取和创新精神,以及德国比英、法等国更重视自然科学与工业生产相结合,尤其重视应用科学的研究,这样就使得德国在19世纪中期以后,在科学技术发展方面迅速赶上并超过英、法等国,取得了极其显著的成就.据统计,从1851年到

1900年,德国取得的重大科学技术成就共有202项,而同一时期英国只有106项,法国只有75项.这期间美国从南北分裂的经济落后状态,通过工业革命,此后在短短的20年中产值上升了9倍.1890年,美国工业产值跃居世界第一;1900年,人均收入超过欧洲;1913年,成为世界经济的霸主.

第三次技术革命,以原子能的开发和电子计算机的发明为标志,推动社会生产力迅速发展.1980年世界GDP比1950年增长1倍多,其中美国增长1.7倍,德国增长3.5倍,日本增长9.2倍;按现价计算,1997年比1980年又增长1倍多,其中美国增长1.8倍,日本增长2.9倍.到20世纪末,世界GDP达30万亿美元,其中美国占26.6%,人均3万美元.随着生产力的快速发展,社会财富也迅速膨胀,到20世纪末,世界财富约达50万亿美元.

回顾世界经济发展的历史,每一次科学技术革命不仅提高了劳动生产率,也促进了全球化进程.而每一次技术革命都源于物理学的创新成果.可以说,现代产业的发展,极大地受益于物理学的最新研究成果,甚至一些纯基础性的物理研究的理论和实验结果.

物理学在发展的历史过程中,始终是先进文化的创造者,是先进生产力的开拓者.物理学的广泛的应用,不断提高国家和企业的竞争力,不断地开辟新的消费需求和市场.反过来,市场和國家的需求又推动物理学快速地发展.

## 2. 物理学改善人们的生活方式

物理学的技术成果,不断转化成生产力,已经创造出越来越多的物质财富.如物理学在半导体、集成电路、激光、磁性、超导等方面的成果,奠定了信息科学的科学基础.由物理学延伸的高技术产业应运而生,这些高技术产业,在20世纪下半叶的全球经济中扮演了重要的角色.为家庭开发了从微波炉到液晶电视等多种的家用电器,引导了以微电子、光电子、网络及其相关机电技术为核心的第三次工业革命,为信息社会的到来奠定了技术基础.

由物理学研究带来的新技术和新产品层出不穷,从根本上改变了人们的生产方式和生活方式.例如,我们不再需要像从前那样只能到电影院看电影了,而可以坐在电视机前或在电脑前通过激光光盘或网络欣赏我们所喜欢的电影;借助移动电话,我们可以和世界上任何地方的人随时保持联系;我们可借助如X光、B超、CT、核磁共振、 $\gamma$ 射线、激光刀等现代医学手段诊断和治疗疾病.这些都是直接应用了现代物理学的成果.

物理学的发展与高新技术产业以及一些国民经济部门产生了越来越密切的联系.2007年诺贝尔物理学奖,颁给了巨磁阻的两位发现者,巨磁阻效应已经应用到IT产业上;液晶和等离子体显示的彩电,已走进千家万户;半导体照明和节能灯即将替代白炽灯,成为电照明的主力.

再如,2009年诺贝尔物理学奖,颁给了“光纤之父”高锟以及 CCD(电荷耦合器件)的发明者威拉德·博伊尔(Willard Boyle)和乔治·史密斯(George Smith)。在极短的时间内,3位获奖者的图片和视频使用他们自己创造出的技术(光纤通信和 CCD 传感器)传播至全世界,这些发明使大量信息的瞬时传播成为可能,同时拉近了人与人之间的距离。

### 3. 物理学改变人们对世界的认识

100多年前,汤姆孙(Joseph Thomson)发现电子,从那以后影响了20世纪的物理思想,即大的是由小的组成的,小的是由更小的组成的,找到最基本的粒子就知道最大的构造。这个思想不仅影响到物理,还影响到20世纪生物学的发展,要知道生命就应研究它的基因,知道基因就可能知道生命。

在20世纪初,物理学发生了三次概念上的革命,分别是狭义相对论和广义相对论的提出以及量子力学的建立。相对论、量子力学和它们相结合产生的量子场论从根本上改变了人类对时空和宇宙万物的看法,使人们从绝对的决定论的宇宙观变为辩证的唯实的宇宙观。

绝对的决定论认为时间和空间是脱离物质而存在的,物质在时空里运动,时空跟运动没有关系。相对论则认为时空不再是脱离物质和运动而独立存在;同时相对论还给出了物质和能量之间的关系,为原子能的开发利用奠定了理论基础。

相对论和以后发展的规范场理论对人类的认识论产生了巨大的影响,这个理论认为物质、运动、时空和相互作用是紧密联系在一起,是不可分割的,是互为因果的。它们统一在某种变换群的局域对称性中间,对称性和它的自发破缺确定了物质的基本构成和它们之间的相互作用,体现了宇宙的真和美,形成了宇宙万物的内在本质的统一性和外在现象绚丽的多样性。

人们通过计算机的帮助,应用古典物理理论讨论流体运动和气象预报时,发现了自组织、混沌和分形等现象。随后又发现这些现象普遍存在于非线性相互作用的开放系统中,包括我们的生命系统和社会系统。

此外,物理学的研究设备和能力的不断提高,使得我们可以看到和测量到许多过去无法看到和测量到的东西。电子显微镜、扫描隧穿显微镜(STM)不仅使我们看到了原子和分子,更令人惊叹的是,利用 STM 实现了人类直接操纵原子和排布原子的奇迹,实现了单个原子的拾取和填充,完成了按人类意愿重新排布单个原子的幻想。这也引发了生物学上的一次革命:对单个生物分子的操纵将控制和主导生物大分子和分子机器未来研究方向。

从上述的事例可以看出,物理学已经并正在改变着我们的世界。

在21世纪的今天,我们仍然可以看到,在物理科学研究的新成果带动下,许多领域尤其是应用科学技术方面获得了进一步的发展,出现了一个又一个崭新



的产业部门,其影响遍及生产、科研、国防、医学,乃至进入家庭,大大改变了当代社会的结构和面貌以及人们的思维方式.历史和经验告诉我们,无论是过去,还是现在,乃至将来,社会和经济的发展总是离不开科学技术的进步,科学技术的进步离不开物理科学的创新成果,而物理科学的创新成果,依赖于具有高素质的物理科学人才的潜心研究和不断进取.

## 二、什么是物理学

物理学是研究物质的结构、相互作用和物质基本的、普遍的运动形式及其相互转化规律的科学.具体而言,物理学研究宇宙间物质存在的各种主要的基本形式,它们的性质及内部结构,物质之间的相互作用、运动和转化的基本规律.

物理学的发展过程是人类对整个客观物质世界的认识过程,所以物理学是科学的世界观和方法论建立的基础.物理学的研究对象遍及整个世界,其不同的运动形式具有不同的运动规律,因而产生了不同的研究方法.

### 1. 物理学研究的对象和范围

物理学的研究对象极其广泛,包括:实物、场、暗物质、真空物质、时间、空间及其与物质的关系、宇宙间物质结构的层次、物质运动的基本规律.

由于物理学是研究世界上最基本、最普遍的规律,所以其研究范围非常广泛.

(1) **时间上大到宇宙的起源,小到夸克的寿命.**物理学最近研究的顶夸克,它的寿命,只有  $4 \times 10^{-25}$  s,这是非常短的时间.同时物理学所研究的宇宙的起源,大约是在 100 亿~150 亿年,这相当于  $4 \times 10^{17}$  s.按规定每 10 倍就是一个数量级,则 100 就是两个数量级,1 000 就是三个数量级.这样,两者相差有 42 个数量级,可见物理学研究的时间范围之长.

(2) **空间上大到宇宙的范围,小到夸克的线度.**现代物理学把人类的视线一步一步地引进分子、原子、原子核和基本粒子的领域,一个原子的线度大约是 100 亿分之一米,即  $10^{-10}$  m,而原子是由原子核构成的,原子核比原子小 1 万倍,原子核又是由质子和中子组成的,质子和中子又是由夸克所组成的,这样又要相差 1 万倍.所以即使对一个原子内部的结构来说,它的空间的线度就相差了 8 个数量级.而人们所生存的宇宙的尺度大约为 150 亿光年,相当于  $10^{26}$  m,这与目前物理学所研究的最小的基本粒子夸克的尺度  $10^{-20}$  m,在空间上相差了 46 个数量级,可见物理学所研究的空间范围之广.

(3) **速度上从静止物体(速度为 0)到物质运动速度的极限——光速( $3 \times 10^8$  m·s<sup>-1</sup>).**这些都在物理学的研究范围之内.

(4) **质量上的研究范围也非常大.**中微子的质量只有  $10^{-38}$  kg,而太阳的质