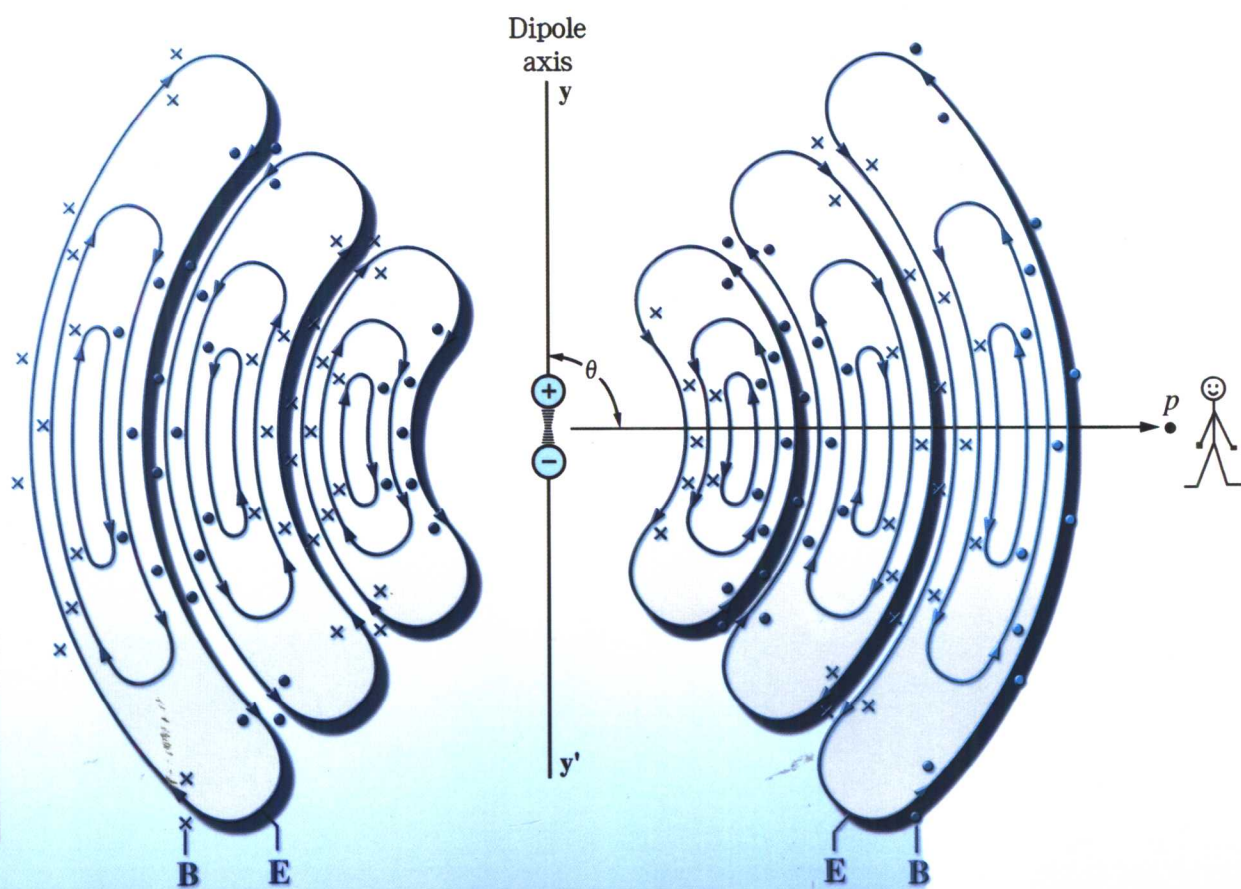




高等学校教材

物理学

张淳民 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校教材

物 理 学

主 编 张淳民

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从现代科技、经济、社会发展对高素质人才培养的总体要求出发,对物理学的课程体系、内容做了较大的变动和更新。在内容选取上除包含经典基本内容外,较大幅度地引进了现代物理知识、物理思想和物理学在高新技术中的应用。为了拓宽学生的视野,还注意增添了物理学前沿知识、现代科技和物理学的社会内容及阅读资料等。本书共分力学与天体运动、对称性与守恒定律、相对论力学与时空观、静电场、恒定磁场、电磁感应与电磁波、机械振动与机械波、波动光学、气体动理论和热力学基础、量子物理、原子结构与核辐射、物理学与其他科学等 12 章。

本书可作为高等院校的非物理类理科、工科的大学物理教材和教学参考书,也适合作为高等职业教育各专业的物理学教材,还可作为教师和学生教学和自学参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

物理学/张淳民主编. — 北京:电子工业出版社,2003.6

高等学校教材

ISBN 7-5053-8762-6

I. 物… II. 张… III. 物理学—高等学校—教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 040474 号

责任编辑:束传政 特约编辑:逢积仁

印 刷:北京彩艺印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

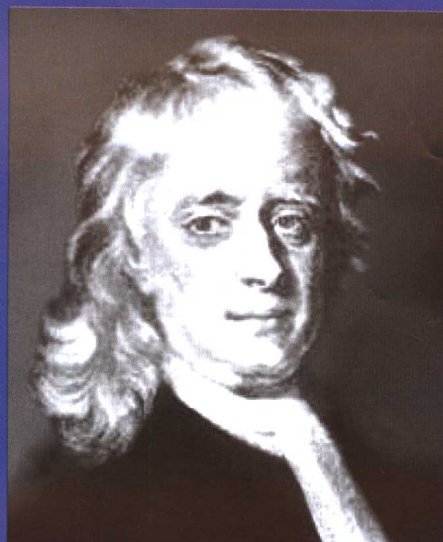
经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:21.75 字数:557 千字 彩插:2 个

版 次:2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:26.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077

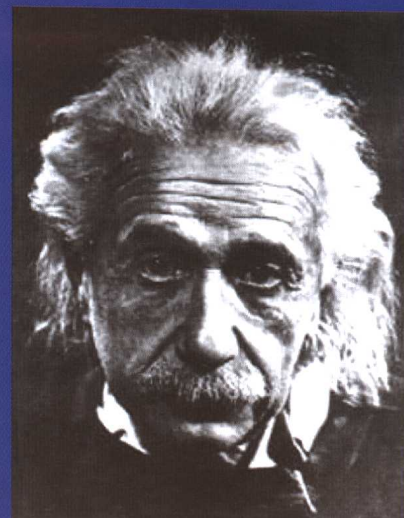


牛顿

(1643—1727)

Sir Isacc Newton

16、17 世纪科学先驱们成果的集大成者，经典物理学理论体系的建立者，以其为代表的机械论的自然观统治整个自然科学领域 200 年的历史，经典著作《自然哲学的数学原理》。

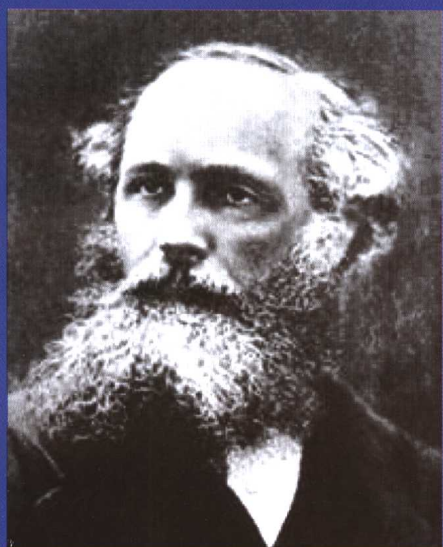


爱因斯坦

(1879—1955)

Albert Einstein

20 世纪伟大的物理学革命者，提出狭义相对论、广义相对论和光量子论，打破了牛顿经典理论的统治。

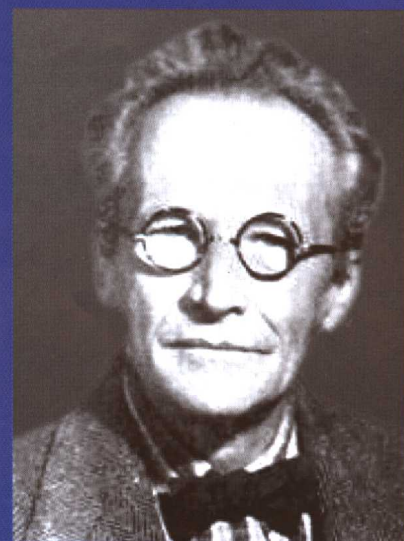


麦克斯韦

(1831—1879)

James Clerk Maxwell

集电磁学大成的伟大科学家，提出了完整的电磁统一理论，揭示了光、电、磁现象的本质的统一性，完成了物理学的又一次大综合；经典著作《电学和磁学论》。



薛定谔

(1887—1961)

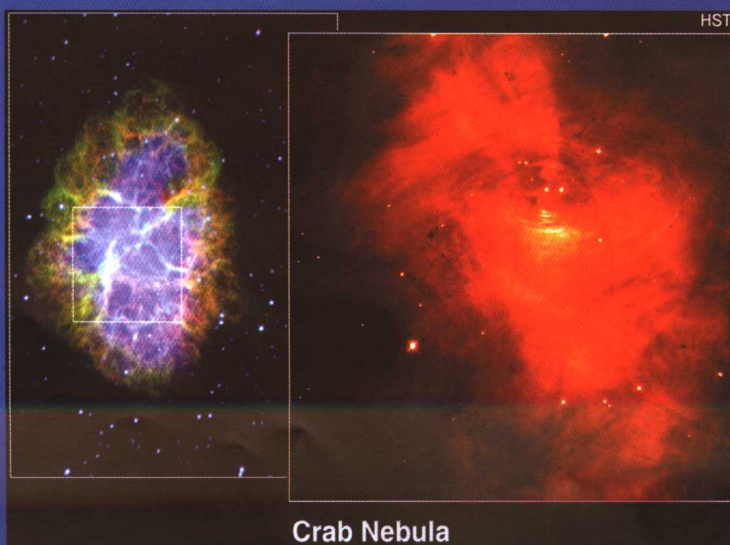
Erwin Schrodinger

波动力学创始人，提出了薛定谔波函数方程，与创立矩阵力学的海森伯等人成为量子力学主要奠基人。

蟹状星云

左图是地面望远镜拍摄的蟹状星云彩色照片，星云边缘绿的、黄的和红的丝状物是恒星爆发时抛向四周的物质，位于星云中心的是蟹状星云脉冲星，它是恒星死亡时中心物质坍塌形成的中子星。

右图是哈勃太空望远镜于 1995 年 11 月 5 日，用波长是 550nm (红光) 拍摄的蟹状星云内部的图像，画面中央有两颗星，左边的一颗是蟹状星云脉冲星，脉冲星周围有一些尖锐的亮点和呈一束一束的结构。

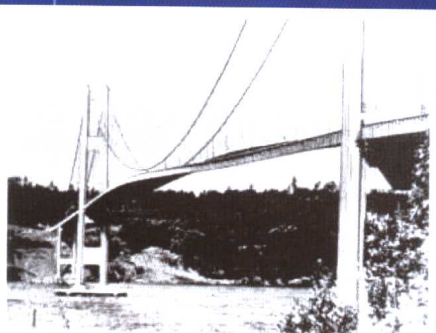


Crab Nebula

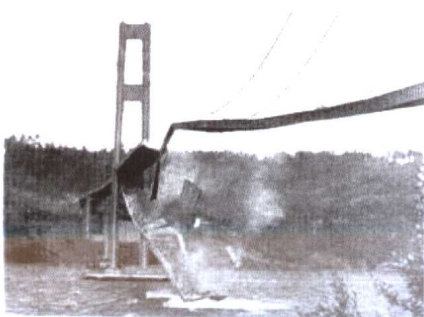
MA654/08

北极光 (Aurora Borealis)

来自太阳风的电子被地球磁场俘获后，与地球高纬大气分子碰撞产生极光现象



(a)

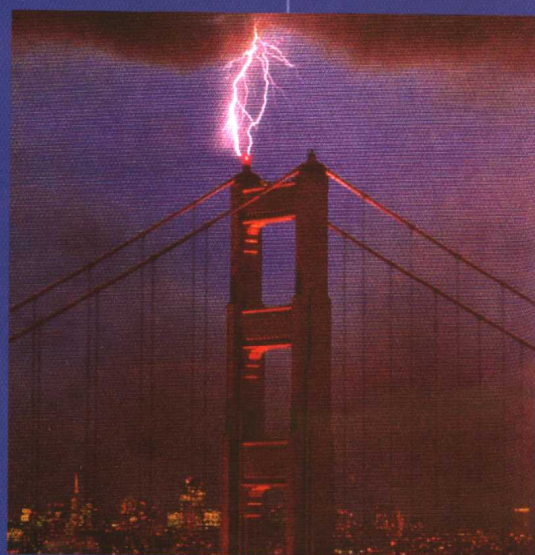


(b)

桥共振后断裂

(a) 共振状态

(b) 断裂状态



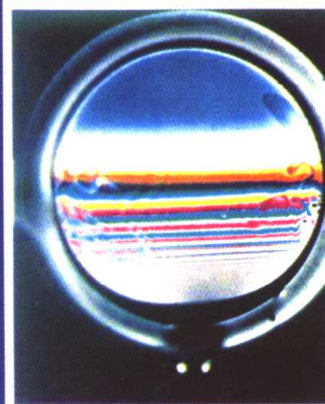
闪电



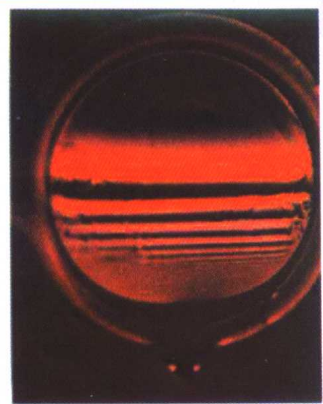
太阳能赛车

薄膜干涉

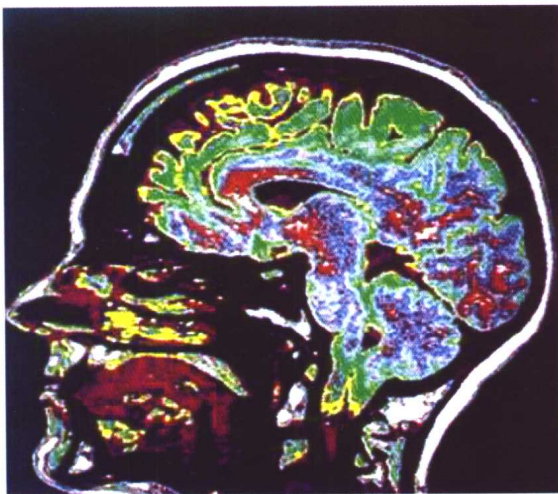
- (a) 白光照射
(b) 红光照射



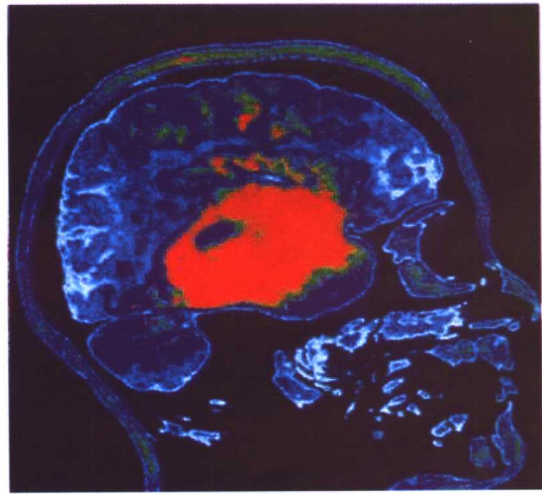
(a)



(b)



(a)

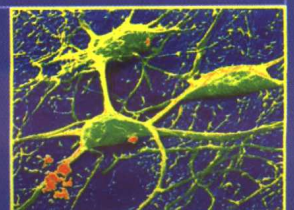


(b)

核磁共振头像

- (a) 健康的大脑 (b) 有疾病的大脑

STM 拍摄的 神经细胞图像



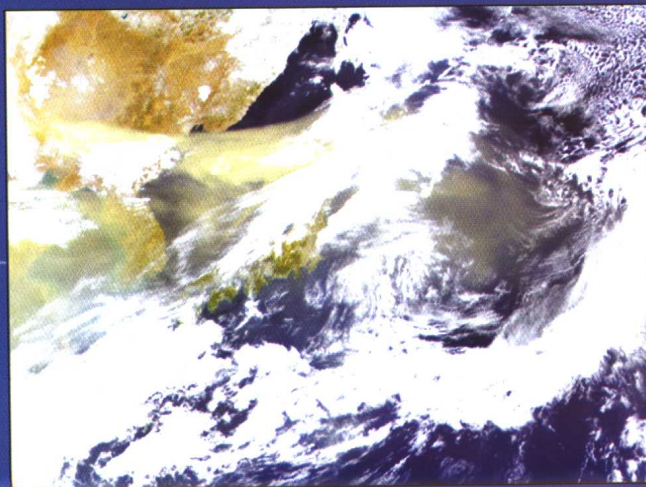
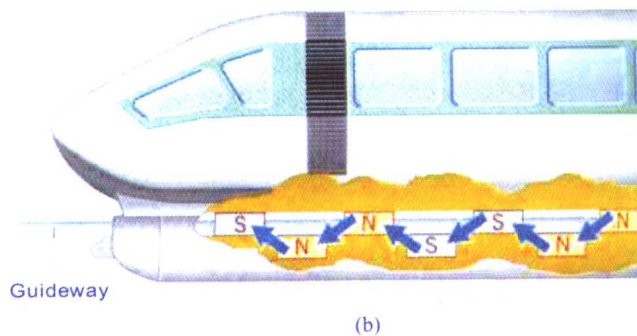
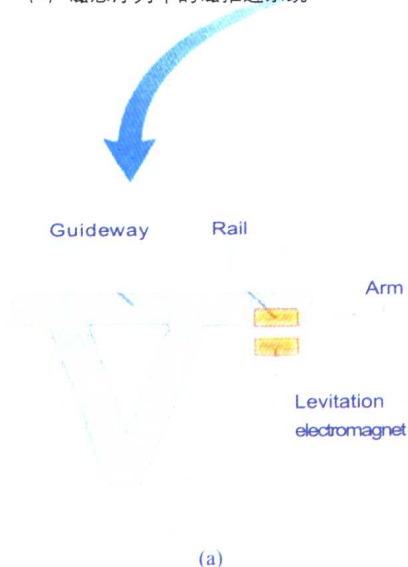


正在运行调试的上海磁浮列车

上海浦东高速磁浮铁路连接上海市区与浦东国际机场，正线全长 30km，单向运行时间约 8min，平均运行速度达到 60~70m/s，最高设计速度 120m/s。

德国磁悬浮列车

- (a) 名为 Transrapid Maglev 的磁悬浮列车，速度达到 110m/s
- (b) 磁悬浮列车的磁推进系统



沙尘暴卫星图像

这是 2002 年 3 月 17 日由 NASA 的 OrbView-2 卫星拍摄的真彩色照片。从照片上可以看到沙尘已经越过黄海，到达了日本以东的太平洋上空。



沙尘暴袭击城市

编委会名单

主 编	张 淳 民	
副主编	刘 凤 英	
编著者	张 淳 民	西 安 交 通 大 学
	刘 凤 英	清 华 大 学
	查 新 未	西 安 邮 电 大 学
	李 宏 昌	武 警 工 程 大 学
	黄 海 清	空 军 工 程 大 学
	蓝 凤 华	武 警 工 程 学 院
	路 峻 岭	清 华 大 学

序

当代科学技术的迅猛发展,大量高新技术以及交叉学科技术科学的不断涌现,我国对高素质人才和高级应用型人才的迫切需要,使大学理工科非物理类专业中少学时(70~100学时)的物理教学和高等职业教育的物理课面临新的挑战:教什么,怎么教。

对此,张淳民教授主编的《物理学》做了有益的尝试和颇具新意的回答,迈出了坚实的步伐。

1. 根据物理学的发展以及对其他学科和技术进步的深刻影响,重新认识物理学的基础地位,同时考虑到并无后继物理课程的现实,突破过去以普通物理为主要内容的旧框框,把经典物理和近代物理作为一个整体,精心取材,妥善编排,确立了既按运动形态分类又符合教学需要和认识规律的、有内在逻辑联系的新教学体系。

2. 正确处理基础与前沿、理论与应用、传授知识与提高素质的关系。强调基本的概念、规律、理论,同时有选择地介绍建立的历史过程;强调基础与前沿的内在联系,同时揭示观念上的提升、突破、更新;强调重大的发现,同时指出如何开辟可能的应用前景。对于精心选定的重点内容,力图通过切实透彻的讲授,使学生逐步理解物理学的内容和方法、语言和概念,逐步体会物理学固有的“崇尚理性,崇尚实践”的品格,达到提高能力、培育创新意识、学以致用效果。

3. 面对学时少、学生程度不齐的现实,阐述主次分明、开门见山、深入浅出、保持弹性,并附阅读材料,以便因材施教,有所取舍。

当然,任何一门课程的改革绝非一蹴而就,需要多方面的配合,经历设计、雕琢、展现并有所反复的漫长时期,才能渐趋成熟和完善,相信在大家的共同努力下能够早日如愿。

陈秉乾 2003.1 于北京大学

编者的话

近年来,随着高等教育体制改革的深入和高校的扩招,我国的高等教育出现了史无前例的蓬勃发展景象,这对培养面向 21 世纪高素质的高级应用型人才和提高全民族的整体文化素质起到了积极的推动作用,也对社会的政治、经济、文化以及人们的观念产生了深刻的影响。

如何提高高等教育人才的科学文化素质,已成为社会普遍关注的重大问题。物理学是研究物质世界最基本、最普遍规律的学科,物理学的思想、方法、科学观点,在人才培养中具有极其重要的地位和作用。编写面向 21 世纪、具有一定特色、适合理工科非物理类本科少学时各专业和高等职业教育人才培养目标的物理学教材是物理学课程体系和教学内容改革的重大任务,也是适应教育体制改革的迫切需求。

2000 年 8 月在西安召开的高等教育教学研讨会上,电子工业出版社就物理学课程教材的编写进行了立项研究,确定了由西安交通大学张淳民教授、清华大学刘凤英教授、西安邮电学院查新未教授、武警工程学院李宏昌教授、空军工程大学黄海清副教授和武警工程学院蓝风华副教授等组成教材编写组。在历时两年多的时间里,我们广泛调研了国内外非物理类本科各专业少学时的物理学课程的教学和教改情况以及高等职业教育状况、培养模式和对物理学的要求,广泛汲取了国内外特别是国外各类物理学教材的优点,结合我国教育现状并充分考虑到面向新世纪人才培养的要求,确定了编写体系和内容,形成了独特的风格:

1. 在教材整体规划上,既考虑到理工科非物理类本科少学时对物理学课程的要求和高等职业教育是以培养高级应用型人才为目标,同时又考虑到该教材是一部面向新世纪的物理学教材,故在教材编写的整体思路,在考虑物理学经典基础的同时,注重了现代物理知识、物理前沿和高新技术的应用;在传授知识的同时,注重了物理学方法、科学思维能力和创新意识的培养。

2. 在教材的体系框架上,对理工科教材的传统模式做了部分改变,在考虑到按运动形态分类的课程体系的同时,兼顾了按运动规律分类体系的尝试,如力学与天体运动、对称性与守恒定律、相对论力学与时空观。同时也充分考虑了现代物理和与物理学密切相关的社会内容的安排和比重。

3. 在内容选取上,除对经典内容优化外,较大幅度地增加了现代物理学前沿知识、物理学原理在高新技术中的应用及与物理学相关的技术科学(如环境科学、信息科学、能源科学、生命科学等)。这些内容有些按单独章节呈现,有些穿插在基础内容中,还有些以阅读资料的形式给出。其目的是使学生既能掌握物理学的基础知识,又能了解到物理学的前沿领域及其重要应用,扩大学生知识视野。

4. 教学方式上可根据学时安排,本教材内容可分为精讲、选讲和自学,一些内容也可以留给学生课外阅读。各校可根据自己的实际情况以及专业要求的不同,安排一学期(70 学时左右)或两学期(100 学时左右)讲授。

本书作者具体分工如下:第 1、2 章及第 6 章阅读资料 II 由刘凤英编写;第 3、10 章由张淳民编写;第 4、5 章由李宏昌编写;第 6 章由蓝风华编写;第 7、8 章及第 12 章的 12.1 节、12.4 节由黄海清编写;第 9、11 章及第 12 章的 12.2 节、12.3 节由查新未编写;第 1、2 章的阅读资料由路峻岭编写。

张淳民任本书主编,主持了教材编写大纲的制定和教材的编写工作,并对全书进行了详细的修改和统稿。清华大学刘凤英教授任副主编,并在全书后期编辑过程中做了认真细致的审阅和修改。

北京大学陈秉乾教授、舒幼生教授对教材编写大纲的制订、教材体系的确立和内容的选取提出了重要的指导性意见。

西安交通大学吴寿镒教授、吴百诗教授对教材的编写、修改给予了热情的关怀与大力支持,并提出了许多具体的指导意见。

中国科学院西安光学精密机械研究所相里斌研究员、赵葆常研究员和西安重型机械研究所张长民高级工程师对教材的编写给予了大力的支持和帮助,提出了许多指导性和建设性的意见。均向他们表示衷心的感谢。

电子工业出版社束传政编辑为本书的出版做了大量的工作,西安交通大学出版社任振国编辑为本书的出版给予了大力的支持和协助,西安交通大学田蓬勃副教授对本书的习题及答案做了详细的校订,孙文波同志为本书绘图,在此均致以谢意。

由于编者水平所限,教材体系、内容等方面还存在着许多需要调整之处,许多地方还存在着这样或那样的错误和不妥,诚恳希望读者指正和提出宝贵意见。

编 者

2003年5月

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 物理学和物质世界	1
0.2 物理学与科学思维	4
0.3 物理学与其他的学科发展	5
第 1 章 力学与天体运动	7
1.1 理想模型 自由度	7
1.2 描述质点运动的物理量	8
1.3 万有引力与天体运动	15
本章小结	21
习题一	22
阅读资料	24
I 牛顿力学的内在随机性	24
II 潮汐现象	25
第 2 章 对称性和守恒定律	27
2.1 动量守恒定律 火箭推进原理	27
2.2 角动量守恒定律 行星的运动	31
2.3 功和能 机械能守恒定律	34
2.4 对称性与守恒定律	40
2.5 刚体定轴转动	41
本章小结	47
习题二	49
阅读资料	51
I 陀螺的旋进现象	51
II 地球的旋进	52
第 3 章 相对论力学与时空观	54
3.1 经典时空观	54
3.2 狭义相对论时空观	57
3.3 质能关系	62
本章小结	65
习题三	66
阅读资料	68
大爆炸与宇宙膨胀	68
第 4 章 静电场	71

4.1 静电场的描述	71
4.2 高斯定理	74
4.3 静电场的环路定理 电势	78
4.4 静电场中的导体与电介质	82
4.5 静电场的能量	86
本章小结	89
习题四	90
阅读资料	92
静电与新技术	92
第5章 恒定磁场	95
5.1 磁感应强度 磁场的高斯定理	95
5.2 毕奥-萨伐尔定律	96
5.3 安培环路定理	99
5.4 磁场对运动电荷的作用力	101
5.5 磁场对载流导线的作用	103
5.6 磁介质	105
本章小结	108
习题五	108
阅读资料	111
I 磁流体发电	111
II 生物磁学	112
第6章 电磁感应与电磁波	114
6.1 电磁感应	114
6.2 动生电动势	117
6.3 感生电动势	118
6.4 磁场的能量	122
6.5 电磁波	128
本章小结	138
习题六	139
阅读资料	142
I 超导	142
II 引力波	144
第7章 机械振动与机械波	147
7.1 机械振动	147
7.2 机械波	157
本章小结	174
习题七	175
阅读资料	178

I 卫星通信·····	178
II 多普勒效应与 MTI 雷达·····	179
III 超声波的发射与接收·····	180
第 8 章 波动光学 ·····	181
8.1 光的干涉·····	181
8.2 光的衍射·····	196
8.3 光的偏振·····	207
本章小结·····	217
习题八·····	219
阅读资料·····	221
I 奇妙的全息照相·····	221
II 电子显微镜·····	222
第 9 章 气体动理论和热力学基础 ·····	224
9.1 气体分子的微观图像·····	224
9.2 热力学第一定律·····	234
9.3 热力学第二定律·····	240
本章小结·····	246
习题九·····	247
阅读资料·····	248
耗散结构与自组织现象·····	248
第 10 章 量子物理 ·····	251
10.1 物质世界的量子化·····	251
10.2 物质波与波函数·····	256
10.3 薛定谔方程·····	261
本章小结·····	264
习题十·····	265
阅读资料·····	266
扫描隧道显微镜·····	266
第 11 章 原子结构与核辐射 ·····	269
11.1 原子的核式结构——玻尔的氢原子理论·····	269
11.2 原子的激发与辐射——激光·····	271
11.3 原子核的组成及基本性质·····	274
11.4 核衰变·····	278
11.5 原子核的裂变和聚变·····	280
本章小结·····	281
习题十一·····	282
阅读资料·····	283
I 核反应堆·····	283

II 粒子与粒子的分类·····	283
第 12 章 物理学与其他科学·····	286
12.1 物理学与环境科学·····	286
12.2 物理学与信息科学·····	297
12.3 物理学与能源科学·····	302
12.4 物理学与生命科学·····	307
附录 A 基本物理常数表 保留单位和标准值 物理量的名称、符号和单位·····	310
附录 B 索引·····	313
附录 C 历届诺贝尔物理学奖获奖者名录(1901—2002)·····	321
习题答案·····	326
参考文献·····	334

第 0 章 绪 论

物理学是研究物质世界最基本、最普遍规律的学科,是探讨物质结构、相互作用及其运动规律的科学。物理学借助数学建立统一的理论体系,旨在尽可能广泛深刻地揭示自然界的基本规律,从而使得物理学成为自然科学的理论基础。物理学基础理论的突破导致重大高新技术领域的创立;通过物理学的进展而逐步形成的科学的物质观、自然观、时空观、宇宙观对整个人类的文化发展产生了深刻的影响。物理学课程将把物质世界中最精彩、最具吸引力的部分展示给学生,将学生带进五彩缤纷的物理世界中去并给出相当深度的理论解释,物理课必将激发学生不断探索自然奥秘的兴趣和热情。

0.1 物理学和物质世界

0.1.1 物理学描绘了物质世界

物理学研究的对象是整个物质世界。物理学为人们深刻认识世界提供了理论和实验的依据。

0.1.1.1 物质世界的时空跨度

物理学涉及到的最大空间尺度是宇宙,人类认识已达到的范围大约是 10^{26}m (约 150 亿光年);可能达到的最小空间尺度是普朗克长度,大约是 10^{-35}m ,相当于一个质子大小的 10^{-20} ,这是“长度的量子”,即仍然有意义的最小可测长度。最长的时间尺度是宇宙的年龄,大约是 10^{18}s (约 150 亿年);最小的有可能观测的时间尺度是普朗克时间,大约是 10^{-43}s ,它是“时间的量子”,即有意义的最小可测时间,也是我们宇宙形成之初的创生时间。物理学按照空间的尺度把物质世界分为宇观体系、宏观体系、介观体系和微观体系。

0.1.1.2 物质世界的总图像

人们从自己所处的空间尺度向小尺度探求物质的组成,相应的物理学是“粒子物理学”;同时,人们又向大尺度探索宇宙的结构、起源与演化,相应的物理学是“天体物理学”和“宇宙学”。这是当前人们最关心的两个课题,也是物理学的前沿。目前“粒子物理学”为我们揭

示出物质组成的信息是:组成物质的最小粒子是夸克(quark)、轻子和传递基本相互作用的场粒子(规范玻色子);物质之间基本的相互作用是:电磁相互作用、强相互作用、弱相互作用和引力相互作用。“天体物理学”和“宇宙学”对宇宙的奥秘揭示到的程度是:第一,给出宇宙起源的标准模型。该模型指出,宇宙起源于约 150 亿年前,当时物质处于极端密集、极端高温和极小的尺度之下,由目前尚不清楚的原因引起一次大爆炸,然后

通过绝热膨胀,使宇宙半径不断增大,宇宙密度、宇宙温度不断降低,直到目前的“宇宙背景温度” 2.7K 。在这个过程中,粒子、原子、分子、星球、星系渐次产生和形成。第二,宇宙膨胀。近代由哈

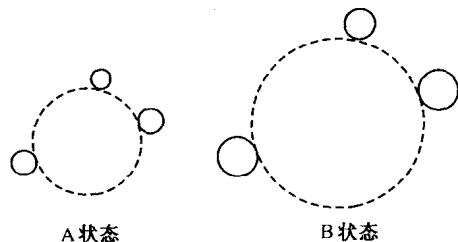


图 0-1 宇宙膨胀简单模型

勃红移现象得知所有星系都在彼此相互远离,宇宙正在不断膨胀。那么宇宙有多大?给出的回答简洁而明确,即宇宙有限而无边!基本图像如图 0-1 所示,某时刻若宇宙中任三个星球处于 A 状态,随着时间的流逝,它们将相对宇宙处于 B 状态。各星球就好像附在一个逐渐膨胀的气球的表面,相互远离。通过宇宙的年龄可推得宇宙的大小,光在约 150 亿年中走过的距离 $R_0 = 1.5 \times 10^{10}$ 光年(150 亿光年),即为目前可观察的宇宙的半径,超出这一范围的星球发出的光至今还未到达地球。所以,目前我们还无法通过直接观测得知宇宙的大小。

0.1.2 物理学的两个前沿理论

0.1.2.1 微观理论的前沿——粒子物理学

粒子物理学是探索物质组成和更深层次结构的基本学科。粒子物理提出物质组成的标准模型。该模型指出:组成物质的基本组元有三族,即夸克、轻子和规范玻色子。人们通过高能物理实验的手段使粒子产生各种反应,取得物质组成成分的实验数据,从而逐步建立并验证理论。人们对物质组成的更深入的认识无疑取决于加速器和各种天文观测手段的发展。

0.1.2.2 宇观理论的前沿——宇宙学

宇宙学是科学家探索宇宙的起源和发展的学科。宇宙是目前物理学所涉及的空间尺度最大的研究对象。天体物理学和宇宙学共同给出宇宙演化的标准模型。该模型的核心思想就是所谓的“大爆炸理论”。这个理论为我们勾画出一幅用“温度计”作计时器的宇宙演化图像,如下表左箭头所示的宇宙演化时间表 0-1。

表 0-1 宇宙演化时间表

温度(K)	能量(eV)	时间	密度($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	物 理 过 程
10^{32}	$10^{28}(10^{19}\text{GeV})$	10^{-44}s	10^{43}	普朗克时代 时间、空间、真空场
10^{28}	$10^{24}(10^{15}\text{GeV})$	10^{-36}s		大统一时代 粒子产生 重子不对称性产生
10^{13}	$10^9(1\text{GeV})$	10^{-6}s		强子时代 大量强子产生
10^{11}	10^7	10^{-2}s		轻子时代 轻子过程
5×10^9	5×10^5	5s		e^- 、 e^+ 、湮灭 中子自由衰变
10^9	10^5	3min		核合成时代 ^4He 等生成
4×10^3	0.4	4×10^5 年		复合时代 中性原子生成……
		10 亿年		星系、恒星开始形成
	3×10^4	100 亿年		银河系、太阳、行星
2.7	3×10^{-4}	140 亿年		智人 人类进行科学实验