



21世纪物理学规划课改教材

上册

大学物理学

金向阳 陈飞明 主编

廖耀发 主审



科学出版社

www.sciencep.com

• 21 世纪物理学规划课改教材 •

大学物理学

(上 册)

金向阳 陈飞明 主编

廖耀发 主审

科学出版社

北 京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书是根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会关于《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2008年版)的精神编写而成的.全书分上、下两册.上册涵盖大学物理课程中运动学、力学、狭义相对论、气体动理论、热力学和电学等内容;下册包括磁学、机械振动和机械波、光学以及量子力学基础等内容.在编写过程中,吸取了近年来许多优秀物理教材的优点,结合作者多年来物理教学改革的经验,力求做到内容现代化,加强应用性,扩大知识面,提高学生的科学素质.

本书可作为高等学校理工科各专业大学物理课程的教材,也可作为中学物理教师和其他相关专业读者的自学参考书.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册/金向阳,陈飞明主编.一北京:科学出版社,2009

21世纪物理学规划课改教材

ISBN 978-7-03-023916-7

I. 大… II. ①金…②陈… III. 物理学—高等学校—教材
IV. O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第004159号

责任编辑:张颖兵 吉正霞 / 责任校对:梅莹
责任印制:彭超 / 封面设计:苏波

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市新华印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年1月第 一 版 开本: B5(720×1000)
2009年1月第一次印刷 印张: 19 3/4
印数: 1—6000 字数: 381 000

定价: 32.50元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

《大学物理学》是编者根据 2008 年教育部颁发的《理工科类大学物理课程教学基本要求》，在总结多年教材改革和教学实践经验的基础上，汲取了目前国内、外优秀教学改革成果编写而成的。本书也是编者在承担教育科学“十五”国家级重点课题(AIA050007-9)、湖北省教育科学“十一五”规划课题(2008B165)和 2007 年湖北省省级教学研究项目(20070282)的研究成果之一。

在编写本书过程中，本着“确保基础、提高起点、加强近代、涉及前沿、易教好学、讲究实用”的选材原则，适当提高教材起点，减少与中学物理的重复，在确保基础物理内容的同时，适当增加了近代物理的内容，并把近代物理的理论基础——狭义相对论，归入力学部分，使学生较早地接触近代物理的新思想、新观念，开阔了学生的视野，更好地激发学生的学习兴趣，提高学生学习的积极性和主动性，同时对于经典物理的现代化起到了很大的支持和推动作用。

在本书中，我们还结合教学内容增加了一些科学史料，介绍了牛顿、爱因斯坦等一些科学巨星，在发现物理新规律、新理论时的一些思想火花和他们敢于创新、锲而不舍的艰苦奋斗精神，这有助于学生创造性思维能力的发展，有利于学生树立辩证唯物主义世界观和方法论，有利于学生独立思考、勇于创新能力的培养。

为了便于学生理解掌握本书内容，我们对书中的习题、例题进行了精选，尽量做到“题数适量、难易适中、层次多样、比例得当”。

本书共 20 章，分上、下两册，包括绪论、力学(第 1~5 章)、热学(第 6~7 章)、电学(第 8~10 章)、磁学(第 11~13 章)、振动和波(第 14、15 章)、光学(第 16~18 章)、量子力学基础(第 19 章)及新技术的物理基础(第 20 章)。为了贯彻因材施教的原则，根据不同专业的需要，除基本内容外，还编入了一些较高要求的基础理论，将书中部分内容标上 * 号，以供不同层次、不同专业选讲或自学用。



全书统一采用国际单位制(SI)单位,并按照全国自然科学名词审定委员会公布物理学名词(1996),统一规范了全书的物理学名词.

本书可作为各类高等理工院校非物理专业 120~140 学时大学物理课的教材,亦可作为自考生的主要参考书,并可供报考硕士学位的考生及大、中学物理老师、工程技术人员等参考.本书对高等数学有一定要求,建议此课程安排在一年级第二学期开设.

本书上册由金向阳、陈飞明主编,参加上册编写工作的有管薇(第 1、2、3 章)、赵光欣(第 4 章)、陈飞明(第 5 章)、兰晓霞(第 6、7 章)、金向阳(绪论、第 8、9、10 章);下册由陈飞明、金向阳主编,参加下册编写工作的有黄熙(第 11 章)、陈飞明(第 12、13、14、15 章)、郭健勇(第 16、17、18 章)、谭艳蓉(第 19 章)、吴瑜(第 20 章).由陈飞明负责统稿.本书由廖耀发教授主审,廖教授不仅认真地审阅了全部书稿,而且还提出了许多具体的修改意见,对本书质量的提高起了很大的作用.

本书得到了武汉科技学院教材建设出版基金的资助.同时,在编写过程中,还得到了我校领导、教务处及理学院领导的深切关心和大力支持.此外,曹剑文老师亦对本书的编写作了大量细致的工作,在此一并致以衷心的感谢.

由于编写时间紧迫,我们的经验与水平有限,疏漏之处在所难免,真诚恳请使用本书的同志予以批评指正.

编 者

2008 年 11 月

目 录

绪论	001
0.1 为什么要学物理学	001
0.2 如何学好物理学	002
 第 1 章 质点运动学	007
1.1 参考系 坐标系 质点	007
1.1.1 参考系	007
1.1.2 坐标系	007
1.1.3 质点	008
1.2 质点运动的描述	008
1.2.1 位置矢量	008
1.2.2 位移	009
1.2.3 速度	010
1.2.4 加速度	011
1.2.5 运动学中的两类问题	012
1.3 平面曲线运动	014
1.3.1 抛体运动	014
1.3.2 圆周运动	015
1.3.3 一般曲线运动	019
1.4 相对运动	020
阅读材料 宇宙的膨胀	021
习题 1	023
 第 2 章 牛顿运动定律	025
2.1 牛顿定律及其应用	025

2.1.1 牛顿定律	025
2.1.2 常见的几种力	027
2.1.3 牛顿定律的应用举例	028
* 2.2 非惯性系 惯性力	031
2.2.1 非惯性系	031
2.2.2 惯性力	032
2.3 力的时间累积作用规律——动量定理	033
2.3.1 动量与冲量	034
2.3.2 质点的动量定理	034
2.3.3 质点系的动量定理	035
2.4 力的空间累积作用规律——动能定理	037
2.4.1 功	037
2.4.2 功率	039
2.4.3 动能定理	040
阅读材料 科里奥利力	042
习题 2	045
第 3 章 运动的守恒定律	048
3.1 保守力与非保守力 势能	048
3.1.1 保守力	048
3.1.2 势能	050
3.1.3 势能曲线	050
3.2 功能原理 机械能守恒定律	051
3.2.1 质点系的动能定理	051
3.2.2 功能原理	052
3.2.3 机械能守恒定律	053
3.3 动量守恒定律 * 质心 质心运动定律	055
3.3.1 动量守恒定律	055
3.3.2 质心 质心运动定律	058
3.4 碰撞	060
阅读材料 牛顿	062
习题 3	064

第 4 章 刚体的定轴转动	066
4.1 刚体运动学	066
4.1.1 描述刚体定轴转动的物理量	067
4.1.2 角量与线量的关系	068
4.1.3 匀变速转动公式	069
4.2 刚体的转动动能 转动惯量	070
4.2.1 刚体的转动动能	070
4.2.2 转动惯量	071
* 4.2.3 计算转动惯量的定理	073
4.3 力矩 刚体的转动定律	076
4.3.1 力矩	076
4.3.2 刚体的转动定律	077
4.4 刚体定轴转动的功和能	080
4.4.1 力矩做功	080
4.4.2 刚体定轴转动的动能定理	081
4.4.3 机械能守恒定律	081
4.5 角动量 角动量守恒定律	083
4.5.1 角动量	084
4.5.2 角动量定理	085
4.5.3 角动量守恒定律	086
阅读材料 对称性和守恒定律	090
习题 4	094
 第 5 章 狭义相对论基础	097
5.1 伽利略变换 力学相对性原理	097
5.1.1 绝对时空观与伽利略变换	097
5.1.2 力学相对性原理	099
5.2 迈克耳孙-莫雷实验	100
5.2.1 迈克耳孙-莫雷实验的历史背景	100
5.2.2 迈克耳孙-莫雷实验	101
5.3 狭义相对论的两个基本原理 洛伦兹变换	102
5.3.1 狭义相对论的两个基本原理	102

5.3.2 洛伦兹坐标变换	103
5.3.3 洛伦兹坐标变换式的推导	105
5.3.4 洛伦兹速度变换	106
5.4 狭义相对论的时空观	108
5.4.1 同时的相对性	108
5.4.2 长度的收缩效应	109
5.4.3 时间的膨胀效应	112
5.5 狭义相对论动力学	113
5.5.1 相对论质量与动量	114
5.5.2 相对论动能 质量与能量的关系	115
5.5.3 能量与动量的关系	117
阅读材料 爱因斯坦	119
习题 5	123
第 6 章 气体动理论	125
6.1 分子运动论的几个基本观点	125
6.1.1 气体分子热运动的基本特征	125
6.1.2 统计的基本思想	126
6.2 气体状态参量 理想气体状态方程	127
6.2.1 平衡态	127
6.2.2 状态参量	128
6.2.3 理想气体的状态方程	128
6.2.4 准静态过程 $p-V$ 图	128
6.3 理想气体压强公式	129
6.3.1 理想气体微观模型	129
6.3.2 理想气体的压强公式	130
6.4 气体分子平均平动动能与温度的关系	132
6.4.1 气体分子的平均平动动能与温度的关系	132
6.4.2 气体分子的方均根速率	133
6.5 能量均分定理 理想气体内能	133
6.5.1 自由度	133
6.5.2 能量均分定理	134

6.5.3 理想气体的内能	135
6.6 麦克斯韦气体分子速率分布律	136
6.6.1 气体分子速率分布的描述	136
6.6.2 速率分布函数	137
6.6.3 麦克斯韦速率分布律	138
* 6.7 玻尔兹曼分布律	140
6.8 气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	142
* 6.9 真实气体的范德瓦耳斯方程	144
6.9.1 真实气体	144
6.9.2 范德瓦耳斯方程	145
阅读材料 奇妙的低温世界	147
习题 6	152
第 7 章 热力学基础	154
7.1 热力学第一定律	154
7.1.1 内能 功和热量	154
7.1.2 热力学第一定律	155
7.2 热力学第一定律在四个过程的应用	156
7.2.1 等体过程	156
7.2.2 等压过程	157
7.2.3 等温过程	159
7.2.4 绝热过程	160
7.3 循环过程 卡诺循环	162
7.3.1 循环过程	162
7.3.2 卡诺循环	164
7.4 热力学第二定律	166
7.4.1 自然过程的方向性	167
7.4.2 热力学第二定律	167
* 7.4.3 两种表述的等效性	168
7.5 可逆过程与不可逆过程 卡诺定理	168
7.5.1 可逆过程与不可逆过程	168
7.5.2 卡诺定理	169

7.6 熵 熵增加原理	170
7.6.1 熵的概念	170
7.6.2 熵的计算	171
7.6.3 熵增加原理	172
7.7 热力学第二定律的统计意义	173
7.7.1 热力学第二定律的统计意义	173
7.7.2 熵的统计表述	175
7.7.3 无序和有序	175
阅读材料 熵和信息	176
习题 7	178
 第 8 章 真空中的静电场	180
8.1 电荷 库仑定律	180
8.1.1 电荷	180
8.1.2 点电荷	182
8.1.3 库仑定律	182
8.1.4 电场力叠加原理	183
8.2 电场 电场强度	184
8.2.1 电场	184
8.2.2 电场强度	184
8.2.3 场强叠加原理	185
8.2.4 场强的计算	185
8.3 电场线与电通量	189
8.3.1 电场线	189
8.3.2 电通量	190
8.4 高斯定理及其应用	191
8.4.1 高斯定理及其推证	191
8.4.2 高斯定理的几点说明	193
8.4.3 应用高斯定理计算场强	194
8.5 静电场的环流定理	196
8.5.1 静电场力的功	196
8.5.2 静电场的环路定理	198

8.6 电势能和电势	198
8.6.1 电势能	198
8.6.2 电势	200
8.6.3 电势差	200
8.7 电势的计算	201
8.7.1 直接积分法	202
8.7.2 场势法	205
8.8 等势面 场强与电势的微分关系	209
8.8.1 等势面	209
8.8.2 场强与电势的微分关系	210
8.9 电偶极子	213
8.9.1 电偶极矩	213
8.9.2 电偶极子电场中的场强	213
8.9.3 电偶极子在外电场中所受的力和力矩	215
阅读材料 静电产生机理(一)	216
习题 8	221
 第 9 章 静电场中的导体与电介质	224
9.1 静电场中的导体	224
9.1.1 导体的静电平衡	224
9.1.2 尖端放电	228
9.1.3 空腔导体	229
9.1.4 静电屏蔽	230
9.2 静电场中电介质的极化	232
9.2.1 电介质的极化	232
9.2.2 有极分子和无极分子电介质	232
9.2.3 位移极化与取向极化	233
9.2.4 静电植绒	235
9.2.5 电极化强度	235
9.2.6 电极化强度与极化电荷的关系	236
9.3 有电介质时的高斯定理	237
9.4 电容 电容器	240

9.4.1 孤立导体的电容	240
9.4.2 电容器的电容	241
9.4.3 电容器的串并联	244
9.5 静电场的能量	245
9.5.1 平行板电容器的电场能量	245
9.5.2 静电场的能量密度 静电场的能量	245
阅读材料 静电产生机理(二)	247
习题 9	251

第 10 章 稳恒电流	254
10.1 电流密度矢量 稳恒电流的条件	254
10.1.1 电流	254
10.1.2 电流密度	255
10.1.3 电流的连续性方程 稳恒条件	255
10.2 电源 电动势	256
10.2.1 电源	256
10.2.2 电动势	257
10.3 欧姆定律 电阻 电阻率	258
10.3.1 一段均匀电路的欧姆定律 电阻	258
10.3.2 电阻率	259
* 10.3.3 纤维的质量比电阻	260
10.3.4 欧姆定律的微分形式	260
10.4 电阻率与温度的关系 超导现象	262
10.4.1 电阻率与温度的关系	262
10.4.2 超导现象	263
10.5 闭合电路中的能量转换	264
10.5.1 闭合电路的欧姆定律	264
10.5.2 闭合电路中放出的能量	265
10.6 一段非均匀电路的欧姆定律	267
10.6.1 一段非均匀电路的欧姆定律	267
10.6.2 计算电路中电压降的一项规定	268
10.6.3 闭合电路的欧姆定律的普遍形式	268

* 10.7 基尔霍夫定律及其应用	269
10.7.1 基尔霍夫第一定律	269
10.7.2 基尔霍夫第二定律	270
10.7.3 基尔霍夫定律的应用	271
* 10.8 复杂电路的若干简捷计算方法	273
10.8.1 等电位点法	273
10.8.2 电流分配法	276
10.8.3 极限法	278
阅读材料 超导量子干涉仪的原理与应用	280
习题 10	282
 附录 1 矢量	284
附录 2 国际单位制(SI)基本单位	293
附录 3 常用物理常量	294
习题参考答案	295

0.1 为什么要学物理学

概括起来,这是因为物理学是一切自然科学的重要根基,是科学技术的重大支柱.对物理学这一评价并非言过其辞,而是恰如其分.

物理学是一门研究物质的基本结构、相互作用和运动规律的科学,具有极大的普遍性.它所研究的范围非常广泛,就空间而言,从小到质子(proton)的半径 10^{-15} m 直到目前可探测到的类星体(quasar)的距离 10^{26} m;就时间而言,从短到 10^{-25} s 的最不稳定粒子的寿命,直到长达 10^{39} s 的质子的寿命,都在其研究范围之列.物理学所研究的物质,就是客观实在,大至天体日月星辰、草木山川,小至分子、原子、质子、电子、介子、超子、夸克等都是物质,此外电场、磁场、重力场、引力场也都是物质.万千世界,无限广阔,丰富多彩,无奇不有,无所不动,物理学就正是研究这些物质的运动形式及其运动规律.譬如机械运动、分子热运动、电磁运动、微观粒子的运动等及其运动规律.任何其他更高级、更复杂(如化学、生物学)的运动形式,均含有上述运动的成分.

物理学所研究的物质粒子,构成了蛋白质、基因、器官、生物体、无机物、矿物、星云、天体、地球、陆地、海洋和大气等一切人造的和天然物质,这就说明了,物理学构成了化学、生物学、材料科学、天文学和地球物理学等学科的根基.美国顶尖生物学家哈罗德,不无感慨地说过:“物理科学是生物学的根基.”生命科学面临的最大挑战之一就是解码人类基因,弄清活的细胞如何把该码输送到物质和生命过程中去.这里就需要许多新的物理理论和测试技术,这说明任何学科的研究要向深层次发展,都离不开物理学.

由于物理学规律具有极大的普遍性,致使物理学与其他自然科学(如化学、生物学、天文学、地学、材料学等)越来越广泛、越来越密切地结合,从而使物理学与其他自然科学之间形成了一系列派生分支学科和交叉学科,如大气物理、天体物理、气象物理、海洋物理、地球物理、生物物理、量子生物学、量子化学、计算物理、量子电子学、生物电磁学等,从而促使整个自然科学更加迅速地发展.以至它对整个自然科学、一切工程技术和人类文明生活的发展,已经产生并将继续产生着不可估量的巨大影响.因此,我们可以毋庸置疑、毫不夸张地说,物理学是一切自然科学的重要根基.工程科学

技术是一门应用自然科学理论解决实际问题的科学,物理学既然是一切自然科学的重要根基,自然也就为工程科学技术大厦奠定了坚不可摧的基石,成为工程技术的重大支柱.这一点,只要我们纵观一下人类科技发展史就不言而喻了.

历史事实雄辩地证明了物理学每一次理论上的大突破,必然导致一次新的工业革命.在 17、18 世纪,由于牛顿力学理论体系的建立和热力学的发展,为瓦特发明蒸汽机提供了理论根据,引起了人类历史上第一次工业革命,使人类进入了动力机械的时代,从此结束了人类繁重的手工操作;到了 19 世纪,由于法拉第、麦克斯韦电磁理论的系统建立,促成了爱迪生发明电灯、电动机,导致了第二次工业革命,使人类进入了应用电能的时代,劳动生产力得到又一次大解放;20 世纪以来,由于爱因斯坦(Einstein)相对论和玻尔(Bohr)、薛定谔(Schödinger)、狄拉克(Dirac)等量子理论的建立,使人们实现了原子核能的利用,促成了半导体、激光、超导、核磁共振、计算机、红外遥感等众多高新技术的发明,导致了第三次工业革命,使人类进入了应用原子能、电子计算机、激光、半导体等高新技术高速发展的新时代.

总之,历史已经见证,物理学期以来一直是自然科学的带头学科,它为人类社会和科学技术作出了光辉灿烂的贡献.可以预期,如果在基本粒子领域实现物理学的第四次大突破,能全面揭露基本粒子内部的结构和它们之间相互转化和相互作用的规律的话,将给人类生活以及自然科学的各个领域带来巨大的不可估量的影响,未来的科学技术将继续从物理学这片广阔的肥沃的科学土壤中吸收丰富的营养,结出丰硕的成果.

因此,物理学课程是理工科各专业的一门非常重要的必修基础理论课.通过这门课程的学习,学生们不仅可以对自然界中各种基本运动形式及其规律获得较全面系统的认识,而且可以逐步树立科学的世界观和方法论,培养独立分析问题、解决问题的能力,激发创新精神,增强自学能力,提高人才素质,为今后的工作和进一步学习新理论、新技术奠定良好的基础.中国科学院侯洵院士说得好:“工科大学生们物理基础的厚薄,将会影响他们日后的工作适应能力和发展后劲,物理学教育对于大学生素质教育的作用是什么学科都无法取代的.”所以我们每个有志青年,一定都要努力学好物理学.

0.2 如何学好物理学

概括起来就是立志、注重、有三心、抓好四个环节、做到“五勤五多”五大点.

1. 立志

“立志”就是要树立远大志向,下“苦功夫”学好过硬本领.“云程有路志为梯,学

海无涯苦作舟”。为了实现祖国的四个现代化,为了中华民族的振兴崛起,立下凌云壮志,攀登科学高峰,有志气才,有奋斗目标,才有学习动力,才有良好的学习品格,才有学习的高度自觉性.那些少数抱着“60分万岁”混一张毕业文凭的学生,就是没有远大志向,如果不改弦易张,迟早会被时代所淘汰,“莫等闲,白了少年头,空悲切!”但是仅有远大志向而不脚踏实地去艰苦奋斗,那还只能是“眼高手低”、“志大才疏”者。“宝剑锋从磨砺出,梅花香自苦寒来”,古今中外一些有名望的科学家,哪一个不是经过百折不挠的艰苦奋斗才获得辉煌成果的.因此,一定要刻苦学习,深入钻研,不畏艰难困苦,坚韧不拔地学好每一门课程.总之,怀有崇高远大的志向、热烈浓厚的学习兴趣、坚韧不拔的刻苦钻研精神、严谨求学的学习态度,并使它们融合在一起,形成一股强大的内在力量,是学好物理学的有力保证.

2. 注重

“注重”就是要注重两个能力(自学能力和分析问题、解决问题的能力)的培养.大学阶段与中学阶段的教学方法上的质的区别就在于培养自学能力上.缺少“自学”的高等教育,将会是不成功的高等教育;缺少“自学”能力的大学生,亦不会成为新时代的优秀人才.一个人知识的积累和更新主要依靠自学,正如物理学家钱三强所说“自学是一生中最好的学习方法”,是搞好学习掌握知识本领的基本途径,也是成才的必由之路.提高和优化自学能力还需要掌握自学的方法和技巧,合理安排时间,制订科学的自学计划,充分利用大学的有利条件和丰富的学习资源,即学会利用图书馆,学会使用工具书,学会查阅文献资料,学会积累和整理资料,学会对所学知识(书本上的和实践中的)进行分析、归纳和总结以及学会计算机主要软件工具等.当然,自学能力的培养不能操之过急,要循序渐进,要因人而异.

注重分析问题、解决问题的能力培养,是素质教育的重要内容之一,也是培养新世纪富于创新精神的优秀人才的一个重要措施.

21世纪,我国社会主义的市场经济建设和社会发展需要大量的实践型人才,这也是工科院校培养人才的主要目标.实践型人才必须具有良好的实践能力,而实践能力就必须包括分析问题和解决问题的能力.因为在实践活动中处处都充满着许多可预测的与不可预测的问题,要把实践活动搞好,必须具备善于分析问题和解决问题的能力,才能一矢中的地抓住问题的关键实质,提出科学有效的解决方案和计划、措施,从根本上使问题得以解决.

3. 有三心

“有三心”就是要有“信心、专心、恒心”.有“信心”是干好任何事情的前提,对任何一件事,如果失去信心,那是绝对做不好的.学习物理学首先要有信心,相信自己