

新锐丛书

21世纪高等学校教材

大学物理学

DAXUE WULIXUE (下)

主 编 汪晓元

复旦大学出版社

新锐丛书

21 世纪高等学校教材

大学物理学

(下)

主编 汪晓元

復旦大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学/汪晓元主编. —上海:复旦大学出版社,
2006.8

(新锐丛书)

ISBN 7-309-05024-X

I. 大… II. 汪… III. 物理学-高等学校-教材
IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第059234号

大学物理学(上、下册)

主编 汪晓元

出版发行 复旦大学出版社 上海市国权路579号 邮编 200433
86-21-65642857(门市零售)
86-21-65118853(团体订购) 86-21-65109143(外埠邮购)
fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

责任编辑 梁玲
总编辑 高若海
出品人 贺圣遂

印刷 浙江省临安市曙光印务有限公司
开本 787×960 1/16
印张 42
字数 850千
版次 2006年8月第一版第一次印刷

书号 ISBN 7-309-05024-X/O·363
定价 54.00元(全二册)

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。
版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本套书是根据教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,结合当前高等学校大学物理课程教学改革实际情况和多年教学经验而编写的.全书分上、下两册,上册:力学(含相对论)、机械振动与机械波和热学;下册:电磁学、光学和量子物理基础.与之配套的还有《大学物理学(学习指导)》.两者既可彼此独立,又可相互配套使用.本套书对于大学物理课程内容与体系做了一些改革尝试,即精选经典内容,拓宽知识面,反映科技与物理学相关的新技术、新成果及其应用与发展,同时尽量使教材符合教学实际情况,篇幅适中,难度适宜.

本套书可作为各类高等学校工科各专业或理科非物理专业的大学物理课程的教材或参考书,也可供文科专业选用.

序

物理学是研究物质的组成、性质、运动和相互作用,并以此阐明物质运动规律的科学.它是自然科学中最重要的基础学科之一.物理学的基本概念、方法和知识已被应用到所有的自然科学领域,因此,大学物理是一门不可替代的基础课.

大学生培养从应试教育向素质教育的转变,对大学物理课程提出了新的要求:在传授物理知识的同时,应特别注重向学生传授有关物理学的研究方法和思维方式,以提高学生的科学素质.

物理学内容广泛,难度不一.作为一名理工科大学生,学习大学物理的时间和精力有限,要想在较短的时间内掌握尽可能多的物理知识,选择一本好的教材尤为重要.

这套教材将传统编写思路发扬光大,兼顾了科学发现的历史顺序和科学本身的逻辑关系.教材由浅入深地讲述了物理学基本概念,形象地描绘了物理模型,适当地介绍了物理学在其他学科和新技术领域的应用,特别是用普通物理的语言讲述了近代物理的内容,使得整套教材的可接受性突出;教材淡化了复杂的数学运算,突出了物理概念的重要性.全套教材的编写紧扣教学大纲,密切联系理工科专业大学物理教学的实际,富有创意和特色.教材选材合理,理论严谨,内容深入浅出,语言通俗易懂,很适合于理工科及文科背景的大学生阅读.

参加本书编写的教师多年来一直从事大学物理教学工作,有着丰富的教学经验,对大学物理课程教学有深刻的认识.该套教材凝聚了编者多年的心血,是一本难得的好书.

本人有感于他们对物理教材建设和大学物理教育所作的努力和贡献,特为之序.



于复旦大学

引 言

编写一本既符合教学改革的精神,又适合目前我国高等教育实际的大学物理课程的教材,一直被高校的广大物理教师所关注,这是一项具有非常重要意义的工作.由于近一个世纪以来物理学的发展及其与物理学紧密联系的新技术的出现和广泛应用,使得这项工作变得不容易,甚至比较复杂.许多从事物理教学工作的教师在这方面做了许多有益的尝试和探索,取得了一些成果和经验.我们编写的这套《大学物理学》就是从物理课程教学改革的需要和教学实际情况出发所做的一种尝试和探索.

本套书根据“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,借鉴国内外关于教材建设与改革的经验,结合多年来我们的教学实践编写成的.它包括了工科大学物理课程指导委员会制订的教学基本要求的全部内容,同时,适度介绍了近代物理的知识以及新技术的物理基础.力图使这套书成为既满足各个层次大学物理课程教学及改革的实际需要,又符合高校实际情况,具备鲜明特色的好教材.本教材主要有以下特点:

1. **精选经典内容,构建教材新体系.**力学部分,省略了高中阶段已经掌握的知识,如直线运动、抛体运动、物体碰撞,主要介绍运动学描述方法及运动定律、定理和守恒定律等,与中学阶段的力学体系既有联系但又完全不同.同时把相对论纳入力学部分,使之与经典的时空概念形成鲜明的对照,有助于学生理解掌握.

2. **力求内容现代化.**教材中除讲述相对论和量子物理等近代物理内容外,还介绍了许多当前新技术中的基础物理原理,包括熵、全息、光纤通信、激光、超导、能带理论、纳米科学.在通篇教材中,加大了现代化内容的比重,使学生能接触到更多新的物理知识和概念,对提高学生学习的物理的兴趣,培养学生的探索精神有益处.

3. **力求内容精炼、综合.**抓住主要内容,去粗取精,突出物理学中的重要定律与定理,从物理学发展的过程和教学实际情况的两个方面组织教学内容,精选例题、习题,用基本的、通俗的方法讲述物理内容.力求既满足广大师生的教学需要,又能激发学生的学习的兴趣,培养学生的创新能力.

4. **适度开“窗口”,重视科学素质培养.**在现代物理部分大胆地“渗透”一些

科技前沿信息,并介绍了非线性物理的一些内容和概念.有些内容对学生学习可能有一定困难,但让学生尽早了解这些内容,有益于激发和培养学生的求知欲望和独立思考能力,提高学生的科学素质.

全套书由武汉理工大学汪晓元教授主编,参加讨论和编写的有赵明、陈德彝、廖红、邓伟明、雷杰、罗来龙、赵黎、黄学洪、杨应平、刘想宁、陈清明、张甫宽等.邓伟明编写质点运动学和原子核物理部分,刘想宁编写质点动力学,罗来龙编写角动量与刚体部分,廖红编写机械振动和机械波,陈德彝编写热学,赵黎编写静电学,雷杰编写相对论和稳恒电流,汪晓元编写稳恒磁场及磁介质,黄学洪编写电磁感应和电磁波,赵明编写光学,杨应平编写量子物理基础,陈清明编写量子物理基础的部分内容及工程新技术的物理基础.《大学物理学(学习指导)》的相关部分仍由以上教师负责分工编写.全套书由汪晓元负责统稿和定稿.在编写的过程中,参加编写的教师们付出了大量的辛勤劳动,同时得到了许多同行们很好的建议及出版社等方面的大力支持和帮助.复旦大学钱列加教授审查了本书并为本书作序.在此一并表示真诚的感谢.

由于编者水平有限,错误及不妥之处在所难免,请广大师生批评指正,以便今后逐步完善和提高.

编 者

2006年3月

目 录

(下 册)

第四篇 电磁学

第 12 章 真空中的静电场	1
12.1 电荷 库仑定律	1
12.1.1 电荷	1
12.1.2 库仑定律	2
12.2 电场 电场强度	3
12.2.1 电场	3
12.2.2 电场强度	4
12.3 高斯定理	11
12.3.1 电通量	11
12.3.2 静电场中的高斯定理	14
12.4 静电场力的功 电势	19
12.4.1 静电场的环路定理	19
12.4.2 电势差与电势	21
12.5 等势面 电场强度与电势的微分关系	26
12.5.1 等势面	26
12.5.2 电场强度与电势的微分关系	28
思考题	30
习题 12	31
第 13 章 静电场中的导体和电介质	35
13.1 静电场中的导体	35
13.1.1 导体的静电平衡及其条件	35
13.1.2 静电平衡下导体上电荷的分布	36
13.2 电容和电容器	42

13.2.1	电容	42
13.2.2	电容器串联和并联	45
13.3	静电场中的电介质	47
13.3.1	电介质的极化	47
13.3.2	电极化强度 电介质的极化规律	49
13.4	电位移矢量 有电介质时的高斯定理和环路定理	49
13.4.1	电介质中的电场	49
13.4.2	电位移矢量 有电介质时的高斯定理和环路定理	51
13.5	电场的能量	56
13.5.1	电容器的储能	56
13.5.2	电场的能量	57
	思考题	58
	习题 13	60
第 14 章	稳恒电流与稳恒电场	64
14.1	电流 电流密度	64
14.1.1	电流强度 电流密度	64
14.1.2	电流的连续性方程 稳恒电流	65
14.1.3	稳恒电场	66
14.2	电源 电动势	67
14.2.1	电源 电动势	67
14.2.2	欧姆定律的微分形式	68
14.2.3	稳恒电路的基本规律	70
	思考题	72
	习题 14	72
第 15 章	稳恒磁场	74
15.1	磁场 磁感应强度	74
15.2	磁通量 磁场中的高斯定理	76
15.3	毕奥-萨伐尔定律	78
15.3.1	毕奥-萨伐尔定律	78
15.3.2	毕奥-萨伐尔定律的应用	79
15.4	安培环路定理	82
15.4.1	安培环路定理	82
15.4.2	安培环路定理的应用	83

15.5	运动电荷的磁场	85
15.6	磁场对载流导线的作用	87
15.6.1	安培定律	87
15.6.2	磁力的功	90
15.7	带电粒子在电场和磁场中的运动	91
15.7.1	带电粒子在磁场中的运动	91
15.7.2	带电粒子在均匀电场和均匀磁场中的运动	93
15.7.3	霍耳效应	94
	思考题	95
	习题 15	96
第 16 章	磁介质	101
16.1	介质的磁化	101
16.1.1	磁介质的分类	101
16.1.2	介质磁化的微观机理	102
16.1.3	介质的磁化	104
16.2	磁介质中的安培环路定理	105
16.3	铁磁质	108
16.3.1	铁磁质的磁滞曲线	108
16.3.2	铁磁质分类与磁化的微观机理	109
	思考题	111
	习题 16	111
第 17 章	电磁感应	112
17.1	电磁感应定律	112
17.1.1	法拉第电磁感应定律	112
17.1.2	楞次定律	115
17.2	动生电动势与感生电动势	117
17.2.1	动生电动势	117
17.2.2	感生电动势	121
17.3	电子感应加速器 涡电流	124
17.3.1	电子感应加速器	124
17.3.2	涡电流	126
17.4	自感应与互感应	128
17.4.1	自感应	128

17.4.2 互感应	129
17.5 磁场的能量	132
17.5.1 自感磁能	132
17.5.2 磁场能量	133
思考题	136
习题 17	138
第 18 章 电磁场和电磁波	143
18.1 位移电流 麦克斯韦方程组	143
18.1.1 位移电流 全电流定律	143
18.1.2 麦克斯韦方程组	148
18.2 电磁波	150
18.2.1 振荡电偶极子与电磁波	150
18.2.2 平面电磁波	152
18.2.3 振荡电路 赫兹实验	152
18.2.4 电磁波谱	156
思考题	157
习题 18	158

第五篇 波动光学

第 19 章 光的干涉	159
19.1 光波的一般知识 光波的叠加	159
19.1.1 光是一种电磁波	159
19.1.2 光源	161
19.1.3 光波的叠加	162
19.1.4 光程和光程差	164
19.2 分波阵面干涉	166
19.2.1 杨氏双缝干涉	166
19.2.2 其他分波阵面干涉	169
19.3 薄膜干涉	171
19.3.1 薄膜干涉	171
19.3.2 薄膜干涉的应用 增透膜与增反膜	174
19.4 劈尖干涉 牛顿环	176
19.4.1 劈尖干涉	176

19.4.2 牛顿环	178
19.5 迈克尔孙干涉仪	181
* 19.6 时间相干性和空间相干性	182
19.6.1 光的时间相干性	182
19.6.2 光的空间相干性	185
思考题	186
习题 19	186
第 20 章 光的衍射	189
20.1 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	189
20.1.1 光的衍射现象及其分类	189
20.1.2 惠更斯-菲涅耳原理	190
20.2 单缝夫琅禾费衍射	191
20.2.1 单缝夫琅禾费衍射的实验装置	191
20.2.2 菲涅耳半波带方法	192
20.2.3 单缝夫琅禾费衍射的条纹分布	194
20.3 光栅衍射	196
20.3.1 衍射光栅	196
20.3.2 光栅衍射条纹	197
20.4 圆孔衍射 光学仪器的分辨率	202
20.4.1 圆孔夫琅禾费衍射	202
20.4.2 光学仪器的分辨本领	203
20.5 X射线的衍射	205
思考题	207
习题 20	208
第 21 章 光的偏振	211
21.1 光的偏振状态	211
21.2 起偏和检偏 马吕斯定律	213
21.2.1 偏振片的起偏和检偏	213
21.2.2 马吕斯定律	214
21.2.3 偏振光的应用	216
21.3 反射光和折射光的偏振	217
21.4 光的双折射	219
21.4.1 双折射现象	219

21.4.2	双折射现象的解释	221
* 21.5	偏振光的干涉及其应用	222
21.5.1	椭圆偏振光和圆偏振光	222
21.5.2	偏振光的干涉	223
21.5.3	人为双折射现象	224
* 21.6	旋光现象	225
	思考题	226
	习题 21	226
* 第 22 章	现代光学简介	228
22.1	非线性光学	228
22.1.1	强光下光学介质的极化	228
22.1.2	倍频效应和混频效应	229
22.1.3	光束的自聚焦	230
22.1.4	自感应透明与双光子吸收	231
22.2	全息照相技术	231
22.2.1	全息纪录	232
22.2.2	全息再现	233
22.2.3	全息照相技术的应用	234
22.3	光纤通讯技术	235
22.3.1	光导纤维	235
22.3.2	光纤通讯的工作原理	238
22.3.3	光纤通讯的优势和特点	239

第六篇 量子物理基础

第 23 章	量子物理基础	240
23.1	黑体辐射 普朗克能量子假设	240
23.1.1	热辐射	240
23.1.2	黑体辐射定律	241
23.1.3	普朗克能量子假设	242
23.2	光的量子性	243
23.2.1	光电效应	243
23.2.2	爱因斯坦光子假设	245
23.2.3	康普顿效应	247

23.3	氢原子光谱的实验规律 玻尔理论	250
23.3.1	氢原子光谱的实验规律	250
23.3.2	玻尔的氢原子理论	251
23.4	德布罗意假设 电子衍射实验	255
23.4.1	德布罗意物质波假设	255
23.4.2	电子衍射实验	256
23.5	波函数 薛定谔方程	257
23.5.1	波函数	257
23.5.2	薛定谔方程	259
23.5.3	定态薛定谔方程	259
23.6	不确定关系	260
23.7	一维势阱 势垒 隧道效应	263
23.7.1	一维无限深势阱	263
23.7.2	一维势垒 隧道效应	267
23.8	氢原子	268
23.8.1	氢原子定态	269
23.8.2	氢原子的量子化特征	269
23.8.3	氢原子中的电子分布——电子云	270
23.9	斯特恩-盖拉赫实验 电子自旋	271
23.9.1	电子的轨道磁矩	271
23.9.2	斯特恩-盖拉赫实验	272
23.9.3	电子的自旋	273
23.10	原子的壳层结构	274
	思考题	277
	习题 23	278
第 24 章	原子核物理和粒子物理简介	281
24.1	原子核的基本性质	281
24.1.1	原子核的组成	281
24.1.2	原子核的大小	282
24.1.3	核力	282
24.1.4	核的自旋与磁矩	283
24.2	原子核的结合能 裂变和聚变	284
24.2.1	原子核的结合能	284

* 24.2.2 重核的裂变	286
* 24.2.3 轻核的聚变	287
24.3 原子核的放射性衰变	289
24.3.1 放射性衰变	289
24.3.2 放射性衰变规律	290
* 24.3.3 放射性强度	291
* 24.4 粒子物理简介	292
24.4.1 粒子的基本特征	292
24.4.2 粒子的相互作用及其统一模型	293
24.4.3 粒子的分类	293
24.4.4 夸克模型	295
思考题	297
习题 24	297
第 25 章 工程新技术的物理基础	299
25.1 固体的能带结构	299
25.1.1 晶态固体的基本性质	299
25.1.2 固体的能带	301
25.2 激光	310
25.2.1 激光的基本原理	310
25.2.2 激光介绍	315
25.3 超导电性	318
25.3.1 超导的基本特性	318
25.3.2 超导的微观机理	321
25.3.3 超导材料的分类	324
25.4 纳米科学与技术	333
25.4.1 纳米材料的奇异特性	333
25.4.2 纳米技术的应用及其前景	336
思考题	340
习题 25	340
附表	341
参考答案	343

第四篇 电磁学

第 12 章 真空中的静电场

相对于观察者静止的电荷所激发的电场,称为静电场.本章研究真空中静电场的基本特性,并从电场的外在表现,即对处在场空间中的电荷有力的作用,以及电荷在电场中移动时电场力将对其做功这两个方面,引入描述电场的两个重要物理量:电场强度和电势.同时介绍反映静电场基本性质的场强叠加原理、高斯定理和场强环路定理,并讨论电场强度和电势之间的积分和微分关系.

12.1 电荷 库仑定律

12.1.1 电荷

人们对于电的认识最初来自人为的摩擦起电现象.两个不同质料的物体,例如干燥的丝绸和玻璃棒,经互相摩擦后,都能吸引羽毛、纸片等轻微物体,这表明两个物体经摩擦后,处于一种特殊状态,人们把处于这种状态的物体称为**带电体**,并说它们分别带有**电荷**.带电体吸引轻微物体能力的强弱与它所带电荷的多少有关,用来量度电荷多少的量称为**电量**,在国际单位制(SI)中,电量的单位为库仑,用C表示.在某些情况下,“电荷”一词实际是指带电体本身,在更多情况下则把电荷作为电量的同义词.

物体所带的电荷有两种,而且自然界也只存在这两种电荷.为了区别起见,分别称为**正电荷**和**负电荷**.带同号电荷的物体互相排斥,带异号电荷的物体互相吸引.静止电荷之间的相互作用力称为**静电力**.

物体是由原子构成的. 在正常情况下, 由于原子核外的电子数和核内的质子数相等, 且每个电子所带的负电荷量与每个质子所带的正电荷量是等值的, 因而整个原子呈电中性, 这亦使得通常的宏观物体处于不带电的电中性状态. 一般而言, 使物体带电的过程就是使处于电中性状态的物体获得或失去电子的过程. 实验证明: 无论是摩擦起电的过程, 还是通过其他方法使物体带电的过程, 正负电荷总是同时出现的, 而且这两种电荷的量值一定相等. 即当一种电荷出现时, 必然伴随有等量值的异号电荷同时出现; 一种电荷消失时, 亦必然相伴有等量值的异号电荷同时消失. 由此可见, 在一个与外界没有电荷交换的孤立系统内, 无论发生怎样的物理过程, 系统内正、负电荷的代数和总是保持不变, 这就是由实验总结出来的自然界中守恒定律之一的**电荷守恒定律**. 要注意, 定律中强调的是正、负电荷的代数和保持不变, 而不是正、负电荷各自的量. 在基本粒子的相互作用过程中, 电荷是可以产生和消失的. 例如, 能量超过 1.02 MeV 的光子, 在经过另一粒子(通常是原子核)附近时, 可能转化为正、负电子对. 又例如, 在一定条件下, 一个电子和一个正电子相遇会同时消失而产生两个光子. 然而, 这些电荷的产生和消失并未改变系统中正、负电荷的代数和, 并不违背电荷守恒定律.

迄今为止的所有实验表明, 一切带电体包括微观粒子所带电荷量, 都是电子电量 $e=1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的整数倍. 这种物体所带电荷量只能取分立的、不连续量值的性质, 称为**电荷的量子化**. 不过, 由于基本电荷量 e 很小, 对于电荷量比它大得多的宏观带电体而言, 电荷的量子性显现不出来, 因此, 在讨论宏观带电系统时可以不考虑电荷的量子性, 而把它作为电荷连续分布来处理. 近代物理的一种理论认为, 有可能存在电量为 $\pm \frac{1}{3}e$ 和 $\pm \frac{2}{3}e$ 的基本粒子, 但至今尚未为实验所证实.

此外, 实验还证明, 一个电荷的电量与它的运动状态无关, 亦就是说, 在不同的参考系中观察, 尽管电荷的运动状态不同, 但其电量不变. 电荷的这一性质叫**电荷的相对论不变性**.

12.1.2 库仑定律

不同物体带电后, 其间存在着相互作用. 研究静止电荷之间的相互作用的理论叫**静电学**. 一般而言, 带电体之间的相互作用是十分复杂的, 它与带电体的形状、大小、所带电荷和电荷分布、带电体间的相对位置以及周围的介质的性质有关. 这里先讨论最简单也是最基本的情况, 即真空中静止点电荷之间的相互作用.

所谓点电荷, 是一个理想的模型. 在实际问题中, 通常其线度与其他带电体