

工科大学物理

戴坚舟 刘宝坤 施善定 编著

(下册)



华东化工学院出版社

363004

工科大学物理

(下 册)

戴坚舟 刘宝坤 施善定 编著



华东化工学院出版社

(沪)新登字 208 号

工科大学物理(下册)

Gongke Daxue Wuli

戴坚舟 刘宝坤 施善定 编著

华东化工学院出版社出版发行

(上海市梅陇路 130 号)

新华书店上海发行所发行经销

江苏常熟文化印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 14.875 字数 398 千字

1992 年 11 月第 1 版 1992 年 11 月第 1 次印刷

印数 1-8000 册

ISBN 7-5628-0247-5/O·31

定价 6.35 元

内 容 简 介

本书是根据国家教委物理课程指导委员会制定的《工科大学物理课程基本要求》的精神,在原有《大学物理》讲义的基础上,经几年教学实践后修订而成的。全书共分上、下两册。上册包括:力学、相对论、振动和波、分子物理热力学;下册包括:电磁学、光学、量子物理等。

本书的特点是:内容紧扣基本要求,突出物理模型;注意基础学科与工程学科之间的联系,以及在分析方法上的衔接;在物理概念和规律的阐述和分析中,力求清晰、简明,富有哲理性,隐含方法论。

本书可作为一般工科大学及专科学校普通物理课程的教材,也可作函授、业余大学和夜大学的教材或教学参考书。

本书编写人员名单

(以姓氏笔画为序)

包曼玲 刘宝坤 许丽敏 李燮里
施善定 黄天祥 戴坚舟

戴坚舟 主编
张兆奎 主审

前 言

本书是根据高等工业学校《物理课程基本要求》的精神，在原有《大学物理》讲义的基础上，经几年来教学实践修订而成的。全书包括力学、相对论、振动和波、分子物理学、热力学、电磁学、光学、量子物理和近代物理技术基础，同时编著《工科大学物理学习指导书》与本书相配套。

物理学是工科大学生必修的基础理论课。该课程充满辩证法和方法论内容，具有丰富的思想方法，是一门典型的思维上训练和方法上传授的课程，也是一门基础学科与工程学科相衔接的关键性课程。本书编者的共同愿望是使这套书不仅能帮助读者较好地掌握物理学的基本内容、基本规律，同时使读者掌握科学的分析方法，搞清基础学科与工程学科在分析方法上的区别和联系，传授工程型思维方法。

在本书编写过程中，我们力求以辩证唯物主义观点来阐述物理学的基本规律；突出物理模型，注意基础学科与工程学科之间的联系，特别注重在分析方法上的衔接；贯彻“少而精，学到手”的原则；对物理概念的阐述和分析，力求清晰、简明，便于自学，富有哲理性，隐含方法论；尽量选用与工程实际相近的例题与习题，通过练习，使读者掌握解决实际问题的方法；在系统阐述物理的基本规律、基本方法、基本概念的同时，引导和培养学生用高等数学来分析和解决物理问题的能力，以便对学生进行科学思维的训练。

本书还介绍了在物理学科中有突出贡献的7位物理学家的生平，向读者提供必要的物理学史的知识，同时从这些科学家的开拓精神、治学态度和思维境界中获得教益。

此外，考虑到不同专业对物理教学要求以及学生层次的差异，

除了基本内容以外,还写进了一些属于提高性质的内容,在书中以“*”标出,供教学时选用或参考,不作本课程的基本教学内容。

本书中的力学、相对论、振动和波部分由戴坚舟执笔,分子物理热力学、光学、量子物理部分由刘宝坤执笔,电磁学、量子论形成由施善定执笔,科学家生平传略由黄天祥执笔,思考题和习题由包曼玲执笔,全书插图由李燮里设计和描绘。全书由戴坚舟统稿,最后经编写组全体同志共同讨论和审定,张兆奎教授主审。

由于编者水平有限,时间仓促,不妥之处在所难免,衷心希望读者批评指出,以便在修订时予以充实、提高和完善。

编 者

目 录

第三篇 电 磁 学

9 真空中的静电场	3
9.1 电荷与电场 电场强度.....	3
9.1.1 电荷量子化 电荷守恒定律.....	3
9.1.2 库仑定律.....	4
9.1.3 电场 电场强度.....	7
9.2 高斯定理	18
9.2.1 电力线和电通量	18
9.2.2 高斯定理	20
9.2.3 高斯定理的应用	23
9.3 电场力的功 电势	26
9.3.1 电场力的功	26
9.3.2 电势	28
9.4 场强和电势梯度的关系	36
9.4.1 等势面	37
9.4.2 电场强度与电势梯度的关系	38
9.5 带电粒子在电场中受力及其运动	45
9.5.1 带电粒子在电场中受力及其运动	46
9.5.2 电偶极子在均匀电场中所受的力矩	49
思考题 9	50
习题 9	52
10 静电场中的导体和电介质	58
10.1 静电场中的导体.....	58
10.1.1 导体的静电平衡条件.....	58
10.1.2 孤立导体的电荷分布.....	59
10.1.3 静电屏蔽.....	62

10.2 电容 电容器	65
10.2.1 孤立导体的电容	65
10.2.2 电容器的电容	66
10.2.3 电容器的联接	70
10.2.4 电容式传感器	72
10.3 电介质及其极化	75
10.3.1 电介质的极化	75
10.3.2 电极化强度 P	77
10.4 电介质中的电场 有介质时的高斯定理	79
10.4.1 电介质中的电场	79
10.4.2 电位移矢量 D , 有介质时的高斯定理	81
10.4.3 D 、 E 、 P 三矢量之间的关系	82
10.5 电场的能量	86
10.5.1 电容器的能量	86
10.5.2 电场的能量	86
*10.6 铁电体 压电体	89
10.6.1 铁电体及其应用	89
10.6.2 压电体及其应用	91
思考题 10	92
习题 10	94
11 稳恒电流的磁场	99
11.1 磁感应强度 磁场中的高斯定理	99
11.1.1 电与磁的联系	99
11.1.2 磁场 磁感应强度	101
11.1.3 磁场的图示法	104
11.1.4 磁场中的高斯定理	106
11.2 毕奥-萨伐尔-拉普拉斯定律	106
11.3 安培环路定律	114
11.4 磁场对运动电荷的作用	121
11.4.1 洛伦兹力	121

11.4.2	霍耳效应	123
11.4.3	离子荷质比的测定 质谱仪	125
11.4.4	回旋加速器	127
11.4.5	磁聚焦基本原理	129
11.5	磁场对电流的作用	132
11.5.1	安培定律	132
11.5.2	磁场对载流线圈的作用	137
11.6	磁力的功	139
11.6.1	载流导线在磁场中运动时磁力所作的功	139
11.6.2	载流线圈在磁场内转动时磁力所作的功	140
	思考题 11	142
	习题 11	144
12	磁介质	152
12.1	磁介质的磁化 磁化强度矢量	152
12.1.1	磁介质的磁化	152
12.1.2	磁化强度矢量	154
12.1.3	磁化强度矢量与分子电流的关系	155
12.2	有磁介质时的安培环路定律 磁场强度	156
12.3	铁磁质	160
12.3.1	铁磁质的磁化规律	160
12.3.2	铁磁质的分类	162
12.3.3	铁磁质的微观结构——磁畴	163
	思考题 12	164
	习题 12	164
13	电磁现象的普遍规律	166
13.1	电磁感应 涡旋电场	166
13.1.1	电磁感应现象	166
13.1.2	法拉第电磁感应定律	167
13.1.3	楞次定律	168
13.1.4	动生电动势	170

13.1.5	感生电动势 涡旋电场	175
13.1.6	电子感应加速器	179
13.1.7	涡电流	182
13.2	自感和互感	183
13.2.1	自感现象和自感系数	183
13.2.2	自感电路接通与断开时的瞬时电流	187
13.2.3	互感现象和互感系数	190
13.3	磁场的能量	192
13.3.1	自感储能	193
13.3.2	磁场的能量	194
13.3.3	电磁感应现象应用于非电量电测	196
13.4	电磁现象的普遍规律	198
13.4.1	电流密度矢量 位移电流	199
13.4.2	麦克斯韦方程的积分形式	204
13.5	电磁波	206
13.5.1	电磁振荡与电磁波	207
13.5.2	偶极振子发射的电磁波	210
13.5.3	电磁波的性质	212
13.5.4	电磁波谱	213
13.5.5	电磁能流 坡印亭矢量	214
科学家介绍 法拉第 麦克斯韦		218
思考题 13		223
习题 13		225

第四篇 波动光学

14	光的干涉	235
14.1	光的干涉现象	235
14.2	获得相干光的几种方法	238
14.3	光程和光程差	245
14.4	薄膜干涉之一——等倾干涉	248

14.4.1	等倾干涉	248
14.4.2	增反膜和增透膜	252
14.5	薄膜干涉之二——等厚干涉	254
14.5.1	劈尖干涉	254
14.5.2	牛顿环	256
14.6	迈克耳逊干涉仪	258
14.7	干涉现象的应用	260
思考题 14		263
习题 14		266
15	光的衍射	270
15.1	光的衍射现象	270
15.1.1	波的衍射现象	270
15.1.2	惠更斯-菲涅耳原理	271
15.2	夫琅和费单缝衍射	272
15.2.1	夫琅和费单缝衍射的实验装置	272
15.2.2	菲涅耳半波带法	273
15.3	光栅衍射	279
15.3.1	光栅衍射现象	279
15.3.2	光栅衍射规律	280
15.3.3	缺级现象	285
15.3.4	光栅光谱	285
*15.4	圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	289
15.4.1	夫琅和费圆孔衍射	289
15.4.2	光学仪器的分辨本领	290
*15.5	伦琴射线的衍射	293
思考题 15		295
习题 15		297
16	光的偏振	301
16.1	自然光和偏振光	301
16.2	起偏和检偏 马吕斯定律	303

16.3 反射光和折射光的偏振 布儒斯特定律	306
16.3.1 反射光的偏振	306
16.3.2 折射光的偏振	307
16.4 双折射现象及其应用	308
16.4.1 双折射现象	308
16.4.2 惠更斯原理对双折射现象的解释	311
16.4.3 双折射现象的应用	313
*16.5 椭圆偏振光 圆偏振光	316
16.5.1 椭圆偏振光、圆偏振光的获得	316
16.5.2 四分之一波片	317
16.5.3 二分之一波片	318
16.5.4 偏振光的检验	319
*16.6 偏振光的干涉	320
*16.7 人为双折射现象	322
16.7.1 光弹性效应——力致双折射	322
16.7.2 电光效应——电致双折射	323
*16.8 旋光现象	325
思考题 16	326
习题 16	327

第五篇 量子物理基础

17 量子论的形成	332
17.1 从古典理论到量子论	332
17.2 热辐射	333
17.3 光电效应	339
17.4 康普顿效应	345
17.5 电磁辐射的二象性	350
17.6 玻尔氢原子理论	351
17.6.1 氢原子光谱的规律性	351
17.6.2 玻尔的氢原子理论	353

科学家介绍 普朗克	362
思考题 17	363
习题 17	364
18 量子力学基础	367
18.1 微观粒子的波粒二象性	367
18.1.1 德布罗意波	367
18.1.2 戴维逊——革末电子衍射实验	369
18.2 测不准关系	371
18.3 波函数	375
18.3.1 描述微观粒子运动状态的物理量——波函数	375
18.3.2 波函数的统计解释	376
18.3.3 波函数的归一化条件和标准条件	377
18.4 薛定谔方程	377
18.5 一维无限深方势阱	380
18.6 量子力学对氢原子的描述	384
18.6.1 氢原子的定态薛定谔方程	384
18.6.2 电子的几率分布——电子云	386
18.7 施忒恩-盖拉赫实验	389
18.8 原子的壳层结构	391
18.8.1 四个量子数	391
18.8.2 原子的壳层结构	392
18.8.3 元素周期律与原子壳层结构	394
科学家介绍 德布罗意	402
思考题 18	403
习题 18	404
19 近代物理技术	405
19.1 激光	405
19.1.1 激光的基本原理	405
19.1.2 激光器	410
19.1.3 激光的特性和应用	413

19.1.4	激光全息照相	415
19.2	等离子体	416
19.2.1	物质的第四态	416
19.2.2	等离子体的基本特性	417
19.2.3	磁场对等离子体的作用	419
19.2.4	等离子体中的波	422
19.2.5	等离子体的应用	424
19.3	超导电性	425
19.3.1	超导现象	425
19.3.2	超导体的特性	427
19.3.3	第二类超导体	429
19.3.4	超导隧道效应	430
19.3.5	超导在技术中的应用	431
19.4	液晶	432
19.4.1	液晶的结构	432
19.4.2	液晶的特性	436
19.5	真空技术	438
19.5.1	真空的作用	439
19.5.2	真空的获得	440
19.5.3	真空的测量	443
习题答案		446

第三篇 电 磁 学

电磁学是一门研究电磁现象基本规律的学科，它主要是研究电荷、电流及其激发的电场、磁场的规律，着重讨论场和场源之间的联系以及在这个过程中能量关系，电场和磁场之间的相互联系，电磁场对电荷、电流的作用，以及电磁场对物质的各种效应等。电磁学是物理学的一个重要分支，并渗透到天文、化学、生物、地质等各个学科，随着对物质运动认识的深入，人们惊奇地注意到，整个物质世界，从天体到基本粒子，无一不与电磁现象有着密切的联系。

从历史上看，电磁学是一门发展较晚的学科，尽管在纪元前到中世纪，人们已经积累了一些关于电磁现象的观察资料，如“琥珀拾芥”和“慈石召铁”等记载，但这些都停留在对自然现象的观察上。到了17世纪以后，人们开始对摩擦电、大气电、地磁、电流等方面进行实验研究，并取得某些有价值的成果，尽管如此，在这个阶段，电学和磁学这两门学科仍是彼此独立地，平行地发展着。

直到1820年丹麦物理学家奥斯特发现了电流的磁效应，首次发现了电与磁的联系以后，才开始了对电磁学作为统一体进行研究的时代。法国物理学家安培在一系列实验的基础上，证明了闭合电流和磁铁等效性，建立了磁的分子电流理论，揭示了磁现象的本质，同时得到了磁场对电流作用力的公式。1831年，法拉第发现了电磁感应现象，从而确定了磁电转换的基本规律，奠定了电工学的基础，从此，电磁理论进入生产技术的领域，1873年，麦克斯韦在法拉第等人工作的基础上，引入了位移电流概念，以完美的数学形式建立了电磁场的基本方程，即著名的麦克斯韦方程组，并预言了电磁波的存在。1895年，荷兰物理学家洛伦兹提出了经典的电子论，把电磁波经过物质时所呈现的各种宏观现象，归结为物

质中电子受到准弹性力作用所引起，这个理论能够解释电磁场与物质的相互作用所引起的一些效应，与洛仑兹进行经典电子论工作的同时，德国物理学家赫兹终于在实验室中获得了电磁波，为此开创了无线电电子学的新纪元。

20 世纪以来，电磁学的发展进入了第三个阶段，人们致力于探索微观与高速领域里的电磁理论，在微观领域考虑到场的量子效应，经典的电磁理论被量子电动力学所替代，即量子场论，而在研究高速运动物体的电磁现象时，爱因斯坦发现，经典电磁理论经过适当的调整，仍然可以适用，并指出：“在磁场中作用在一个运动物体上的电动力不过是一种电子罢了。”这就是电磁场具有统一性和相对性的相对论电动力学的内容。至于这两部分内容已经超越本书的范围。读者可参阅有关著作。

近 20 年来，许多理论物理学家致力于电磁相互作用与弱相互作用统一理论的研究工作，并获得了成功，这是电磁理论发展的新动态。

电磁理论在实际应用中也获得了新的发展，特别值得指出的是，过去长期不被人们重视的生物电、生物磁，例如，进入眼睛的光信号是如何到达大脑视觉中枢的呢？经研究发现，这是具有液晶结构的视杆细胞的光生伏特效应，把光信号转变为电信号而刺激大脑中枢神经而产生视觉的，所以电磁学在人类探索生命奥秘的征途中，正发挥着愈来愈大的作用。