

大学物理

高法金 主编

杜慧秋 王平建 王智晓 副主编

清华大学出版社

大学物理

第1版
2013年12月第1次印刷

ISBN 7-309-06000-0

大学物理

高法金 主编

杜慧秋 王平建 王智晓 副主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是为应用型大学学时较少的“大学物理”课程而编写的。本教材对知识系统结构和知识应用系统结构进行了科学设计,使两者紧密结合起来,相互配合,较好地解决了理论和应用的结合问题。在物理学的知识系统结构方面,明晰了概念引入、概念形成、概念应用。在理论阐述方面,注意知识的系统性、科学性、严谨性。在实践应用方面,注重提高学生实际能力,加强素质培养。

本书适合作为高等院校物理课程的教材,也可作为中学物理教师或其他读者的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理/高法金主编. --北京:清华大学出版社,2012.12

ISBN 978-7-302-30417-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 244799 号

责任编辑:邹开颜

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市漂源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:27.5

字 数:668 千字

版 次:2012 年 12 月第 1 版

印 次:2012 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:49.00 元

产品编号:044641-01

大学物理学是一门重要的基础课,为提高学生的现代科学素质而服务。它提供一定宽度、深度、系统的现代物理学知识,来作为现代科学素质的基础,为学生学习后续课程以及将来从事各项工作、科学研究打下必要的物理基础。同时,它可以培养学生的科学观、科学方法和科学态度,掌握科学的思维方法,提高分析问题、解决问题的能力并引发创新意识。

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式以及相互作用规律的科学,是人类在探索自然奥秘过程中形成的学科。物理学的发展是从对力学运动规律的研究开始的,后来又研究热现象、电磁现象、光现象以及辐射规律等。到了 19 世纪末,物理学已经形成了一个完整的体系,我们称为经典物理学。在 20 世纪 30 年代,相对论和量子力学的出现,使物理学经历了一场伟大的革命,从而产生了近代物理学。

物理学是自然科学的基础,在探讨物质结构和运动规律的过程中,每一次物理学上的重大发现和突破都会引发科学界的新领域和新方向的出现与发展,甚至产生了新的分支学科和交叉学科。在过去一百年间,从物理学中分化出了大量的学科,如力学、热学、光学、电磁学、声学与原子的物理学等,其中激光、无线电、微电子、原子能等现在都已经形成了独立的学科分支。

尽管物理学是一门古老的基础性学科,但是它对当前和未来的人类生活和科技发展都有着重要而紧密的联系,上至“神舟”飞天,下到石油钻探,大到宇宙奥秘探索,小到计算机芯片,都离不开物理学的研究和发展。

随着时代的发展,年轻人的兴趣和志向更加多元化,相应的人才培养模式也伴随着发生了重大的变化,如何在新形势下编写出好的大学物理教材是一个需要探索的问题。笔者以为:一方面,要以现代的观点来重新审视和编写传统物理教学的内容;另一方面,要充分利用各种现代教学手段和方法,全面整合多媒体中的文本、动画、图形、图片和视频等各类教学资源,把它们有机地安排在一起,配合教材使用,以激发学生的学习兴趣。

本教材对知识系统结构和知识应用系统结构进行了科学设计,使两者紧密结合,相互配合,较好地解决了理论知识和应用的结合问题。在物理学的知识系统结构方面,注重概念引入、概念形成、概念应用。在理论阐述方面,继承和发扬了以往经典教材中注重知识系统性、科学性、严谨性等特点。在知识应用方面,有意地注意由传授知识为主转变为以提高能力、加强素质培养为主。

本书在编写过程中,得到了相关领导和老师的大力支持和帮助,在此表示感谢。还要感谢清华大学出版社的邹开颜编辑等为本书出版所做的工作和帮助,是他们的辛勤付出,才使本教材更趋完美。在本教材的编写过程中,还参阅了兄弟院校的有关教材,在此一并表示感谢。由于作者水平所限、时间仓促,书中不足、疏漏及错误之处,恳请批评指正!

作者
2012 年夏



第 1 章 质点运动学	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 参考系	1
1.1.2 质点	1
1.2 质点运动学方程	2
1.2.1 位置矢量	2
1.2.2 运动学方程	2
1.2.3 位移	3
1.2.4 速度	3
1.2.5 加速度	5
1.3 圆周运动	6
1.3.1 平面极坐标系	6
1.3.2 圆周运动的速度	7
1.3.3 圆周运动的加速度	7
1.3.4 匀速率圆周运动和匀变速率圆周运动	9
1.4 相对运动	10
小结	12
阅读材料 A	12
习题	13
第 2 章 牛顿运动定律	18
2.1 牛顿运动定律	18
2.1.1 牛顿运动定律	18
2.1.2 惯性系	19
2.1.3 伽利略的相对性原理	19
2.2 单位制和量纲	20
2.2.1 单位制	20
2.2.2 量纲	20
2.3 主动力和被动力	21
2.3.1 主动力	21

2.3.2 被动力	22
2.4 牛顿定律应用举例	23
2.5 非惯性系、惯性力	26
小结	27
阅读材料 B	28
习题	28
第3章 动量守恒定律和能量守恒定律	34
3.1 质点和质点系的动量定理	34
3.1.1 冲量、质点的动量定理	34
3.1.2 质点系的动量定理	35
3.2 动量守恒定律	38
3.3 动能定理	39
3.3.1 功	40
3.3.2 质点的动能定理	41
3.4 保守力和非保守力、势能	42
3.4.1 万有引力、弹性力做功特点	42
3.4.2 保守力与非保守力、保守力做功的数学表达式	44
3.4.3 势能	44
3.4.4 势能曲线	45
3.5 功能原理、机械能守恒定律	46
3.5.1 质点系的动能定理	46
3.5.2 质点系的功能原理	47
3.5.3 机械能守恒定律	47
3.6 能量转换与守恒定律	48
3.7 碰撞	49
* 3.8 质心、质心运动定律	50
3.8.1 质心	50
3.8.2 质心运动定律	51
小结	52
习题	53
第4章 刚体的转动	58
4.1 刚体的定轴转动	58
4.2 刚体的定轴转动定律	61
4.2.1 力矩	61
4.2.2 转动定律	62
4.2.3 转动惯量	63
4.2.4 平行轴定理	64

4.3	角动量、角动量定理、角动量守恒	66
4.3.1	质点的角动量、角动量定理、角动量守恒定律	66
4.3.2	刚体的角动量、角动量定理、角动量守恒定律	69
4.4	力矩做功和刚体的转动动能	71
4.4.1	力矩做的功	71
4.4.2	力矩的功率	71
4.4.3	转动动能	72
4.4.4	刚体绕定轴转动的动能定理	72
4.4.5	刚体的重力势能和机械能守恒	72
* 4.5	刚体的滚动	75
* 4.6	刚体的进动	77
	小结	78
	习题	79
第5章	气体动理论	84
5.1	热运动的描述	84
5.1.1	平衡态、状态参量、准静态过程	84
5.1.2	理想气体的状态方程	85
5.2	分子热运动和统计规律	86
5.2.1	分子的热运动、分子力	86
5.2.2	分子热运动的无序性及统计规律性	88
5.3	理想气体的压强公式	88
5.3.1	理想气体的分子模型	89
5.3.2	理想气体的压强	89
5.4	能量均分定理 理想气体的内能	91
5.4.1	理想气体分子的平均平动动能与温度的关系	91
5.4.2	分子的自由度	92
5.4.3	能量均分定理	93
5.4.4	理想气体的内能	94
5.5	麦克斯韦气体分子速率分布律	94
5.5.1	测定气体分子速率分布的实验	95
5.5.2	麦克斯韦气体分子速率分布定律	96
5.5.3	三个统计速率	97
5.6	玻耳兹曼分布律	99
5.6.1	玻耳兹曼分布律	99
5.6.2	重力场中等温气压公式	100
5.7	分子的平均碰撞频率和平均自由程	101
5.7.1	平均碰撞频率 $\bar{z}$	101

5.7.2 分子的平均自由程	102
5.8 气体的输运现象	103
5.8.1 粘滞现象	103
5.8.2 热传导	104
5.8.3 扩散	105
5.9 真实气体 范德瓦耳斯方程	106
小结	108
习题	109
第6章 热力学基础	112
6.1 准静态过程	112
6.1.1 准静态过程	112
6.1.2 功	113
6.1.3 内能	114
6.1.4 热量	114
6.1.5 热力学第一定律	114
6.2 理想气体的几个等值准静态过程	115
6.2.1 等体过程、气体的摩尔定容热容	115
6.2.2 等压过程、摩尔定压热容	116
6.2.3 等温过程	118
6.2.4 绝热过程	119
* 6.2.5 多方过程	121
6.3 循环过程、卡诺循环	123
6.3.1 循环过程	123
6.3.2 热机和制冷机	124
6.3.3 卡诺循环	126
6.4 热力学第二定律	129
6.4.1 热力学第二定律	129
6.4.2 两种表述的等价性	130
6.5 可逆过程与不可逆过程、卡诺定理	130
6.5.1 可逆过程与不可逆过程	130
6.5.2 卡诺定理	132
6.5.3 卡诺定理的证明	132
6.6 熵、玻耳兹曼关系	133
6.6.1 熵	133
6.6.2 自由膨胀的不可逆性	135
6.6.3 玻耳兹曼关系	137
6.7 熵增加原理、热力学第二定律的统计意义	138

6.7.1	熵增加原理	138
6.7.2	热力学第二定律的统计意义	138
* 6.7.3	熵增与能量退化	139
小结	.....	140
习题	.....	141
第 7 章 静电场	.....	145
7.1	电荷与库仑定律	145
7.1.1	电荷	145
7.1.2	电荷量子化与电荷守恒定律	145
7.1.3	库仑定律	146
7.1.4	叠加原理	146
7.2	电场强度	147
7.2.1	电场强度	147
7.2.2	静电场的叠加原理	148
7.2.3	电场强度的计算	148
7.3	高斯定理	151
7.3.1	电场线	151
7.3.2	电场强度通量	152
7.3.3	高斯定理	153
7.4	静电场的环路定理	156
7.4.1	静电场力的功	156
7.4.2	静电场的环路定理	157
7.5	电势	157
7.5.1	电势能	157
7.5.2	电势	158
7.5.3	电势差	158
7.5.4	电势叠加原理	158
7.5.5	等势面	160
7.5.6	电势与电场强度的微分关系	161
小结	.....	162
习题	.....	162
第 8 章 静电场中的导体和电介质	.....	164
8.1	静电场中的导体	164
8.1.1	静电感应和静电平衡	164
8.1.2	导体静电平衡条件	165
8.1.3	有导体存在时静电场分析与计算	166
8.2	电容、电容器	167

8.2.1	孤立导体的电容	167
8.2.2	电容器	168
8.2.3	电容器储存的静电场能量	169
8.3	静电场中的电介质	171
8.3.1	电介质及其分类	171
8.3.2	电介质的极化	171
8.3.3	电介质的击穿	173
8.4	电介质中的高斯定理	174
	小结	175
	习题	176
第9章	恒定电流	178
9.1	电流和电流密度	178
9.1.1	电流	178
9.1.2	电流密度	178
9.1.3	电流的连续性方程、恒定电流的条件	180
9.2	欧姆定律、焦耳-楞次定律	181
9.2.1	欧姆定律及其微分形式	181
9.2.2	焦耳-楞次定律及其微分形式	182
9.3	电动势 含源电路欧姆定律	184
9.3.1	电源及电源的电动势	184
9.3.2	含源电路欧姆定律	185
9.4	基尔霍夫方程组及其应用	186
9.4.1	基尔霍夫方程组	186
9.4.2	基尔霍夫方程组的应用	187
	小结	188
	习题	189
第10章	稳恒磁场	191
10.1	磁场与磁感应强度	191
10.1.1	磁场力	191
10.1.2	磁感应强度	192
10.2	毕奥-萨伐尔定律	193
10.2.1	电流元	193
10.2.2	毕奥-萨伐尔定律	194
10.2.3	磁感应强度叠加原理	194
10.2.4	运动电荷的磁场	196
10.3	磁场的高斯定理和安培环路定理	197
10.3.1	磁通量	197

10.3.2	磁场的高斯定理	199
10.3.3	安培环路定理	199
10.4	带电粒子在磁场中的运动	202
10.4.1	洛伦兹公式	202
10.4.2	带电粒子在均匀磁场中的运动	202
10.4.3	霍耳效应	203
10.5	磁场对电流的作用	204
10.5.1	安培定律	204
10.5.2	安培定律的应用	205
10.6	磁介质中的磁场	206
10.6.1	磁介质及磁介质的磁化	206
10.6.2	磁介质的磁导率	207
10.6.3	磁场强度、磁介质中的安培环路定理	208
10.6.4	铁磁质	209
小结	.....	211
习题	.....	211
第 11 章	电磁感应和电磁场	214
11.1	电磁感应的基本规律	214
11.1.1	电磁感应现象	214
11.1.2	法拉第电磁感应定律	215
11.1.3	楞次定律	215
11.2	动生电动势	216
11.2.1	概念	216
11.2.2	能量转换	218
11.2.3	动生电动势的计算	218
11.3	感生电动势	220
11.3.1	电磁感应定律的普遍形式	220
11.3.2	感生电场的应用	222
11.4	自感和互感	222
11.4.1	自感	222
11.4.2	互感	223
11.5	磁场的能量	225
11.5.1	自感中的能量转换	225
11.5.2	磁场能量密度	225
11.5.3	磁能的计算	226
11.6	麦克斯韦电磁场理论简介	227
11.6.1	位移电流	227

11.6.2 麦克斯韦方程组	229
小结	231
习题	232
第 12 章 振动	235
12.1 简谐振动的描述	235
12.1.1 简谐振动	235
12.1.2 简谐振动的表达式	235
12.1.3 简谐振动的速度和加速度	237
12.1.4 简谐振动的旋转矢量表示	237
12.2 几种常见的简谐振动	239
12.2.1 单摆	239
12.2.2 复摆	239
12.3 简谐振动的能量	240
12.4 简谐振动的合成	242
12.4.1 两个同方向同频率简谐振动的合成	242
12.4.2 两个同方向不同频率简谐振动的合成	243
12.4.3 相互垂直的简谐振动的合成	243
12.5 阻尼振动、受迫振动、共振	244
12.5.1 阻尼振动	244
12.5.2 受迫振动和共振	245
12.6 电磁振荡	246
12.6.1 振荡电路 无阻尼自由电磁振荡	246
12.6.2 无阻尼电磁振荡的振荡方程	247
12.6.3 无阻尼自由电磁振荡的能量	248
小结	249
习题	250
第 13 章 波动	252
13.1 波动的基本概念	252
13.1.1 机械波的形成	252
13.1.2 波动的分类	253
13.1.3 描述波动的物理量	253
13.2 平面简谐波的波函数	254
13.2.1 波函数	254
13.2.2 波函数的物理意义	255
13.3 波的能量	257
13.3.1 波的能量分布	257
13.3.2 平均能流和能流密度	258

13.4	波的叠加、干涉和驻波	258
13.4.1	波的叠加原理	258
13.4.2	波的干涉	259
13.4.3	驻波	260
13.5	惠更斯原理和波的衍射	262
13.5.1	惠更斯原理	262
13.5.2	用惠更斯原理解释波的衍射现象	263
13.6	多普勒效应	263
13.6.1	波源不动,观察者相对介质以速度 v_0 运动	264
13.6.2	观察者不动,波源相对介质以速度 v_s 运动	264
13.6.3	波源与观察者同时相对介质运动	265
13.7	平面电磁波	267
13.7.1	电磁波的产生与传播	267
13.7.2	平面电磁波的特性	269
13.7.3	电磁波的能量	270
13.7.4	电磁波谱	271
小结	.....	271
习题	.....	272
第 14 章	光学	274
14.1	几何光学简介	275
14.1.1	光的传播规律	275
14.1.2	全反射	277
14.1.3	光在平面上的反射和折射	277
14.1.4	光在球面上的反射和折射	278
14.1.5	薄透镜	285
14.1.6	光学仪器	288
14.2	光源、光的相干性	291
14.2.1	光源、光的颜色和光谱、光强	291
14.2.2	光的相干性	293
14.2.3	相干光的获得方法	294
14.3	双缝干涉	294
14.3.1	杨氏双缝实验	294
14.3.2	杨氏双缝干涉的光强分布	296
14.3.3	缝宽对干涉条纹的影响、空间相干性	296
14.3.4	双镜	297
14.3.5	洛埃镜	297
14.3.6	光源的相干长度	299

14.4	光程、光程差	300
14.4.1	光程	300
14.4.2	光程差	300
14.4.3	物像之间的等光程性	301
14.4.4	反射光的相位突变和附加光程差	302
14.5	薄膜干涉	302
14.5.1	等倾干涉	302
14.5.2	增透膜与增反膜	305
14.5.3	等厚干涉条纹	305
14.6	迈克耳孙干涉仪	310
14.7	光的衍射	312
14.7.1	光的衍射现象	312
14.7.2	惠更斯-菲涅耳原理	312
14.7.3	菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射	313
14.8	单缝衍射	313
14.9	圆孔衍射、光学仪器的分辨率	317
14.10	光栅衍射	319
14.10.1	光栅衍射	319
14.10.2	光栅方程	320
14.10.3	光栅衍射的强度分布	320
14.10.4	缺级	322
14.10.5	光栅光谱	323
* 14.10.6	光栅的分辨本领	325
14.10.7	干涉和衍射的区别与联系	326
14.11	X射线的衍射	327
14.12	光的偏振性、马吕斯定律	328
14.12.1	自然光、偏振光	329
14.12.2	偏振片、起偏与检偏	330
14.12.3	马吕斯定律	331
14.13	反射光和折射光的偏振	332
14.14	光的双折射	333
14.14.1	寻常光和非常光	333
14.14.2	光轴与主平面	334
14.14.3	单轴晶体的子波波阵面	334
14.14.4	惠更斯原理在双折射现象中的应用	335
14.14.5	晶体的二向色性和偏振片	336
14.15	偏振光的干涉、人为双折射	337
14.15.1	偏振光的干涉	337

14.15.2	人为双折射	338
14.16	旋光性	340
14.17	现代光学简介	342
14.17.1	傅里叶光学	342
14.17.2	全息照相	343
14.17.3	非线性光学	344
小结	.....	345
习题	.....	347
第 15 章	相对论	354
15.1	牛顿力学时空观	355
15.1.1	伽利略时空变换	355
15.1.2	牛顿力学时空观	356
15.2	迈克耳孙-莫雷实验	356
15.3	相对论的基本原理和洛伦兹变换	358
15.3.1	相对论的基本原理	358
15.3.2	洛伦兹时空变换	359
15.3.3	洛伦兹速度变换	361
15.4	相对论的时空观	362
15.4.1	同时的相对性	362
15.4.2	时间延迟	363
15.4.3	长度收缩	364
15.5	相对论动力学	365
15.5.1	动量与质量	365
15.5.2	动能和能量	366
15.5.3	能量和动量的关系	367
* 15.6	广义相对论简介	368
15.6.1	广义相对论的等效原理	368
15.6.2	广义相对性原理	370
15.6.3	广义相对论时空特性的几个例子	370
小结	.....	371
习题	.....	373
第 16 章	量子物理	376
16.1	黑体辐射与普朗克能量子假设	376
16.1.1	黑体与黑体辐射	376
16.1.2	黑体辐射的实验规律	377
16.1.3	黑体辐射的理论解释	378
16.2	光电效应、爱因斯坦光量子假设	381

16.2.1	光电效应的实验规律	381
16.2.2	光子与爱因斯坦方程	382
16.2.3	光的波粒二象性	383
16.3	康普顿效应	384
16.3.1	康普顿效应的实验规律	384
16.3.2	康普顿效应的量子解释	385
16.4	玻尔的氢原子理论	387
16.4.1	氢原子光谱的规律	387
16.4.2	卢瑟福的有核模型	388
16.4.3	玻尔的氢原子理论	389
16.5	德布罗意波	391
16.5.1	德布罗意假设	391
16.5.2	德布罗意波的实验验证	392
16.6	不确定关系	393
16.7	量子力学简介	394
16.7.1	波函数与概率密度	395
16.7.2	薛定谔方程	396
16.7.3	一维无限深方势阱	397
16.7.4	一维方势垒、隧道效应	399
16.8	氢原子的量子理论	400
16.8.1	氢原子的定态薛定谔方程	400
16.8.2	三个量子数	401
16.8.3	基态波函数	401
16.9	电子的自旋及电子分布	402
16.9.1	电子的自旋	402
16.9.2	电子在原子中的分布	403
* 16.10	激光	405
16.10.1	自发辐射和受激辐射	405
16.10.2	激光原理	406
16.10.3	激光器	408
16.10.4	激光器的特性和应用	409
* 16.11	半导体	409
16.11.1	固体的能带	409
16.11.2	半导体	411
16.11.3	PN 结	412
* 16.12	超导体	413