



国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材
全国应用型本科“十三五”规划教材

大学物理学

李耀维 刘健康 梁珍珍◎主编

DA XUE WU LI XUE



中国林业出版社

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材
全国应用型本科教育“十三五”规划教材

大学物理学

李耀维 刘健康 梁珍珍 主 编
石德政 张振华 刘 甲 副主编

中国林业出版社

内容简介

本教材根据教育部非物理专业大学物理基础课程教学指导分委员会新制定的《理工科非物理专业大学物理课程教学基本要求》(2008版),结合一般本科院校学生的实际情况和编者多年的教学经验编写而成,被列为国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材和全国应用型本科教育“十三五”规划教材。

本教材充分考虑了一般本科院校学生的实际情况,在基本覆盖《基本要求》核心内容的前提下,努力做到:在教材内容的编排和叙述上,尽量避免过分繁难的数学推导,做到深入浅出、通俗易懂、可读性强、便于教学;突出基本概念的讲述,对于学生必须掌握的基本概念,力求讲细、讲清、讲透;在保证必要的基本训练的基础上适度降低例题和习题的难度;在教材编写的语句方面,力求条理清楚,语句通顺,语言准确精炼。

本教材内容包括力学、热学、电磁学、光学和量子力学基础,可作为普通高等院校理工科非物理专业大学物理课程教材,亦可作为成人高校物理课程教材和教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学 / 李耀维, 刘健康, 梁珍珍主编. —北京: 中国林业出版社, 2016. 1
ISBN 978-7-5038-8386-6

I. ①大… II. ①李… ②刘… ③梁… 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(2016)第 017832 号

中国林业出版社·教育出版分社

责任编辑: 张东晓 高红岩

电话: (010)83143560 83143554

传真: (010)83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83143500

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

版 次 2016年1月第1版

印 次 2016年1月第1次印刷

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 25.25

字 数 583千字

定 价 55.00元

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

《大学物理学》编写人员

主 编 李耀维 刘健康 梁珍珍

副主编 石德政 张振华 刘 甲

编写人员 (按姓氏笔画排序)

石德政(四川农业大学)

白旭峰(山西农业大学信息学院)

刘 甲(山西农业大学信息学院)

刘健康(四川农业大学)

刘俊杰(商丘学院)

刘婷婷(山西农业大学信息学院)

杨艳丽(山西农业大学信息学院)

李耀维(山西农业大学信息学院)

张振华(商丘学院)

段丽凤(山西农业大学信息学院)

梁珍珍(商丘学院)

曾小强(四川农业大学)

前 言

目前，高等教育在我国已经实现大众化，一般本科教育成为我国普通高等教育的重要组成部分。由于教材建设的滞后，许多一般本科院校的大部分专业都在使用重点本科院校的教材，普遍存在教材与教学要求不相符合的现象。

大学物理学是高等院校理工科非物理专业的一门必修基础课，该课程在为学生打好必要的物理基础，培养学生良好的科学素养方面具有不可替代的作用。为此，我们在吸取国内外同类教材的优点和充分考虑一般本科院校学生的实际情况的基础上，根据编者多年的教学经验编写了这一套一般本科院校基础类课程教材《大学物理学》。在编写过程中，力求做到：

1. 教材编写以教育部非物理专业大学物理基础课程教学指导分委员会新制定的《理工科非物理专业大学物理课程教学基本要求》为依据，涵盖《基本要求》的核心内容。

2. 充分考虑一般本科教育的培养目标和学生的实际情况，在不失严谨的前提下，尽量做到深入浅出、通俗易懂、可读性强、便于教学。

3. 在保证必要的基本训练的基础上适度降低例题和习题的难度。

4. 在不增加教材难度的前提下，尽量反映与本学科有关的新思想、新成果、新技术。

5. 在教材编写的语句方面，力求条理清楚、语句通顺、语言准确精炼。

本教材由李耀维教授统筹策划，并逐章修改，总撰定稿。太原理工大学王纪龙教授担任本教材主审，他仔细审阅了本教材，并提出许多宝贵意见。

在本教材编写过程中，我们参考和借鉴了一些教材和文献的内容，在此，谨向这些教材和文献的作者表示衷心的感谢。

由于时间紧迫，作者水平有限，书中难免有疏漏和欠妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者
2015年10月

目 录

前 言

绪 论	1
0.1 物理学概述	1
0.2 物理学的研究方法	2
0.3 物理学与现代科技的关系	2
0.4 怎样学好物理学	3
第 1 章 质点运动学	4
1.1 质点运动的描述	4
1.1.1 质点 参考系	4
1.1.2 时间和空间的计量	6
1.1.3 位置矢量 位移	6
1.1.4 运动方程	7
1.1.5 速度 加速度	8
1.1.6 运动学问题的两种类型	11
1.2 平面曲线运动	13
1.2.1 抛体运动	13
1.2.2 圆周运动	16
1.3 相对运动 伽利略变换	19
1.3.1 时间与空间的绝对性	19
1.3.2 运动的相对性	19
第 2 章 质点动力学	27
2.1 牛顿运动定律	27
2.1.1 牛顿第一定律	27
2.1.2 牛顿第二定律	28
2.1.3 牛顿第三定律	29
2.2 几种常见的力	29
2.2.1 万有引力	30
2.2.2 弹力	30
2.2.3 摩擦力	31
2.2.4 受力分析的一般步骤	31

2.3	牛顿运动定律的应用	32
2.4	动量定理 动量守恒定律	35
2.4.1	动量与冲量	35
2.4.2	动量定理	36
2.4.3	动量定理的应用	37
2.4.4	动量守恒定律及其应用	38
2.5	功 动能定理	40
2.5.1	功	40
2.5.2	功率	42
2.5.3	动能定理	42
2.6	势能 能量守恒定律	43
2.6.1	保守力和非保守力	43
2.6.2	势能	44
2.6.3	功能原理	45
2.6.4	机械能守恒定律	45
2.6.5	能量守恒定律	46
2.7	经典力学的局限性	46
2.7.1	惯性系和非惯性系 惯性力	47
2.7.2	低速运动与高速运动	48
2.7.3	确定性和随机性	48
2.7.4	能量的连续性与能量量子化	48
第3章	刚体定轴转动	57
3.1	刚体定轴转动的运动学描述	57
3.1.1	刚体的平动与转动	57
3.1.2	描述刚体定轴转动的物理量	58
3.1.3	匀变速转动公式	58
3.2	刚体定轴转动的转动定律	59
3.2.1	力矩	59
3.2.2	转动惯量 转动定律	60
3.2.3	转动惯量的计算	61
3.3	刚体定轴转动的动能定理	65
3.3.1	力矩的功与功率	65
3.3.2	刚体定轴转动中的动能定理	66
3.4	刚体定轴转动的角动量守恒定律	67
3.4.1	刚体定轴转动的角动量定理	67

3.4.2	刚体定轴转动的角动量守恒定律	69
第4章	流体力学	76
4.1	理想流体的稳定流动 连续性方程	76
4.1.1	理想流体的稳定流动	76
4.1.2	连续性方程	78
4.2	伯努利方程及其应用	78
4.2.1	伯努利方程的推导	78
4.2.2	伯努利方程的应用	80
4.3	黏滞流体的分层流动	83
4.3.1	流体的黏滞性	83
4.3.2	实际流体的伯努利方程	85
4.3.3	泊肃叶定律	85
4.3.4	压差阻力	86
4.3.5	斯托克斯定律	86
4.4	湍流 雷诺数	87
第5章	气体动理论	94
5.1	气体的微观图像	94
5.1.1	气体动理论的基本概念	94
5.1.2	分子热运动的统计规律	96
5.1.3	理想气体的微观模型	97
5.2	理想气体的压强	97
5.2.1	压强形成的微观机制	97
5.2.2	理想气体压强公式	98
5.3	理想气体的温度	99
5.3.1	理想气体分子的平均平动动能和温度的关系	99
5.3.2	气体温度的微观本质	100
5.3.3	阿伏伽德罗定律和道尔顿分压定律	101
5.4	能量按自由度均分定理	102
5.4.1	自由度	102
5.4.2	能量按自由度均分定理	103
5.4.3	理想气体的内能	104
5.5	气体分子速率的统计分布律	105
5.5.1	空气分子的速率分布	105
5.5.2	麦克斯韦速率分布律	105
5.5.3	气体分子的三种速率	106

4 目 录

5.6	范德瓦尔斯方程	108
5.6.1	考虑气体分子体积的修正	108
5.6.2	考虑分子间作用力的修正	108
5.7	分子的碰撞和平均自由程	109
第6章	热力学基础	116
6.1	热力学过程与第一定律	116
6.1.1	热力学系统、准静态过程	116
6.1.2	内能 功	117
6.1.3	热力学第一定律	119
6.2	理想气体的热功转换	120
6.2.1	等体过程	120
6.2.2	等压过程	121
6.2.3	等温过程	122
6.2.4	绝热过程	123
6.3	循环过程的热功转换	124
6.3.1	循环过程	124
6.3.2	卡诺循环 卡诺热机	127
6.3.3	卡诺致冷机	129
6.4	热力学第二定律	130
6.4.1	热力学第二定律的两种表述	130
6.4.2	可逆过程和不可逆过程	131
6.4.3	卡诺定理	132
6.4.4	克劳修斯不等式	132
6.4.5	热力学第二定律的统计意义	133
6.5	熵	134
6.5.1	熵的存在性	134
6.5.2	熵的计算	135
6.5.3	熵增加原理	136
第7章	真空中的静电场	144
7.1	电荷守恒定律 库仑定律	144
7.1.1	电荷的量子化与守恒定律	144
7.1.2	库仑定律	145
7.2	电场强度	146
7.2.1	电场	146
7.2.2	电场强度	146

7.2.3	电场强度的计算	147
7.3	电场强度通量	150
7.3.1	电场线	150
7.3.2	电场强度通量	151
7.4	高斯定理	151
7.4.1	高斯定理	151
7.4.2	高斯定理的应用	153
7.5	电场力的功 电势	155
7.5.1	静电场力的功 静电场的环路定理	156
7.5.2	电势能	157
7.5.3	电势 电势差	157
7.5.4	电势的计算	159
7.6	等势面 场强和电势的微分关系	160
7.6.1	等势面	160
7.6.2	场强与电势的微分关系	161
第 8 章	静电场中的导体和电介质	170
8.1	静电场中的导体	170
8.1.1	导体的静电平衡条件	170
8.1.2	静电平衡时导体的电荷分布	171
8.1.3	静电屏蔽	172
8.2	静电场中的电介质	175
8.2.1	电介质的极化	175
8.2.2	电极化强度	177
8.2.3	电介质中的电场	178
8.3	电位移 有电介质时的高斯定理	179
8.4	电容 电容器	181
8.4.1	电容器的电容	181
8.4.2	电容器电容量的计算	181
8.4.3	电容器的并联和串联	184
8.5	电场的能量	185
第 9 章	稳恒磁场	194
9.1	恒定电流	194
9.1.1	电流密度 恒定电流连续性原理	194
9.1.2	电阻率 欧姆定律	195
9.1.3	电动势 闭合电路欧姆定律	196

9.1.4	基尔霍夫定律	197
9.2	磁感应强度 磁场中的高斯定理	199
9.2.1	磁感应强度	199
9.2.2	磁感线 磁通量	200
9.2.3	磁场中的高斯定理	201
9.3	毕奥—萨伐尔定律及应用	201
9.3.1	毕奥—萨伐尔定律	201
9.3.2	运动电荷的磁场	202
9.3.3	毕奥—萨伐尔定律的应用	202
9.4	安培环路定理及应用	203
9.4.1	安培环路定理	203
9.4.2	安培环路定理的应用	204
9.5	磁场对运动电荷的作用	205
9.5.1	带电粒子在电磁场中的运动	205
9.5.2	质谱仪	207
9.5.3	霍尔效应	207
9.6	磁场对载流导线的作用	208
9.6.1	安培力	208
9.6.2	均匀磁场对载流线圈的作用	209
9.6.3	“安培”的定义	210
9.7	物质的磁性	211
9.7.1	磁介质	211
9.7.2	非铁磁质的磁化	211
9.7.3	磁场强度磁介质中的安培环路定理	212
9.7.4	铁磁质	213
第 10 章	电磁感应	225
10.1	电磁感应定律	225
10.1.1	电磁感应现象	225
10.1.2	楞次定律	226
10.1.3	法拉第电磁感应定律	227
10.2	动生电动势和感生电动势	228
10.2.1	动生电动势	228
10.2.2	感生电动势 感生电场	229
10.3	电感 磁场的能量	231
10.3.1	自感	231

10.3.2	互感	232
10.3.3	磁场的能量	233
10.4	电磁场与电磁波	235
10.4.1	位移电流	235
10.4.2	麦克斯韦方程组	236
10.4.3	电磁波	237
第 11 章	振动与波动	246
11.1	简谐振动	246
11.1.1	简谐振动的定量描述	246
11.1.2	简谐振动的旋转矢量表示	248
11.1.3	简谐振动的能量	250
11.2	阻尼振动和受迫振动	251
11.2.1	阻尼振动	251
11.2.2	受迫振动 共振	252
11.3	简谐振动的合成	253
11.3.1	同方向同频率的简谐振动的合成	253
11.3.2	同方向、不同频率的简谐振动的合成	255
11.3.3	相互垂直的同频率简谐振动的合成	256
11.3.4	相互垂直的不同频率的简谐振动的合成	257
11.4	波的产生与传播	257
11.4.1	机械波的产生	258
11.4.2	横波与纵波	258
11.4.3	波的几何描述	258
11.4.4	描述波动的物理量	259
11.5	平面简谐波的波动方程	260
11.5.1	波动方程的推导	260
11.5.2	波动方程的物理意义	260
11.5.3	沿 x 轴负方向传播的波动方程	261
11.6	波的能量	263
11.6.1	波的能量特征	263
11.6.2	波的能量密度和能流密度	264
11.7	惠更斯原理 波的干涉	265
11.7.1	惠更斯原理	265
11.7.2	波的叠加原理	266
11.7.3	波的干涉现象	266

11.7.4	合振动加强和减弱的条件	267
第12章	波动光学	278
12.1	光的干涉	278
12.1.1	光的干涉现象和条件	278
12.1.2	光和光源	279
12.1.3	相干光的获得	279
12.2	分波阵面干涉	280
12.2.1	杨氏双缝干涉实验	280
12.2.2	菲涅耳双镜实验	282
12.2.3	洛埃镜实验	282
12.2.4	半波损失	283
12.3	分振幅干涉	283
12.3.1	光程	283
12.3.2	薄膜干涉	284
12.3.3	劈尖干涉	286
12.3.4	牛顿环	287
12.4	光的衍射	289
12.4.1	光的衍射现象及其图样	289
12.4.2	衍射现象的分类	289
12.4.3	惠更斯—菲涅耳原理	290
12.5	夫琅禾费单缝衍射	290
12.5.1	实验装置与衍射图样	290
12.5.2	衍射图样的条纹间距	291
12.5.3	单缝衍射的光强度分布	292
12.6	光栅衍射	292
12.6.1	光栅的构造与衍射图样	292
12.6.2	光栅方程	293
12.6.3	光栅衍射的光强度分布	294
12.6.4	光栅衍射光谱	294
12.7	圆孔衍射 光学仪器的分辨率	295
12.7.1	夫琅禾费圆孔衍射	295
12.7.2	光学仪器的分辨率	296
12.8	光的偏振 旋光现象	297
12.8.1	自然光与偏振光	298
12.8.2	起偏振 布儒斯特定律	298

12.8.3	检偏振 马吕斯定律	300
12.8.4	旋光现象	301
第 13 章	狭义相对论	310
13.1	狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	310
13.1.1	经典相对性原理和伽利略变换的局限	310
13.1.2	狭义相对论的基本原理	311
13.1.3	洛伦兹变换式	312
13.2	狭义相对论的时空观	313
13.2.1	运动物体长度收缩	313
13.2.2	运动时钟延缓	314
13.2.3	同时性的相对性	315
13.3	相对论动力学基础	316
13.3.1	相对论中的质量、动量和力学基本方程	316
13.3.2	相对论中的动能 质能关系	317
13.3.3	相对论中能量和动量的关系	319
第 14 章	量子力学基础	326
14.1	热辐射 光的粒子性	326
14.1.1	热辐射的一般概念	326
14.1.2	基尔霍夫定律	328
14.1.3	绝对黑体的辐射规律	328
14.1.4	普朗克量子假设	329
14.1.5	光电效应 光的粒子性	330
14.2	德布罗意波	332
14.2.1	德布罗意假设	332
14.2.2	德布罗意波的实验验证	333
14.2.3	不确定关系	333
14.3	波函数与薛定谔方程	335
14.3.1	波函数及其统计解释	335
14.3.2	薛定谔方程	336
14.3.3	一维无限深势阱	336
14.4	氢原子的量子力学描述 电子自旋	339
14.4.1	氢原子的量子力学结论	339
14.4.2	氢原子的电子自旋	339
14.4.3	氢原子的四个量子数	340

第 15 章 现代科技的物理基础	345
15.1 GPS 与北斗卫星定位导航系统	345
15.1.1 全球定位系统(GPS)	345
15.1.2 北斗卫星定位导航系统	347
15.2 混沌	350
15.2.1 混沌现象对牛顿力学的挑战	350
15.2.2 非线性——产生混沌的根源	352
15.3 激光	356
15.3.1 激光的历史	356
15.3.2 激光原理	357
15.3.3 激光的特性和分类	359
15.3.4 激光的应用	360
15.4 量子计算机	361
15.4.1 量子计算机概述	362
15.4.2 量子计算机的原理与特性	362
15.4.3 量子计算机的研发历程与展望	365
附录 1 标量和矢量	368
附录 2 国际单位制	372
附录 3 常用物理量的值	374
部分习题答案	376

绪 论

0.1 物理学概述

什么是物理学？从字面上讲，物就是物质，理就是运动和变化规律，研究物质运动和变化规律的一门科学就称为物理学。在自然界，物质的运动形式极其繁多，物理学所研究的是其中最基本、最简单的运动，这些运动无不存在于其他更高级、更复杂的运动之中。因此，物理学是整个自然科学的基础。

物理学作为一门独立的学科是从经典力学开始的。从经典力学时代至今，物理学最基本的追求目标是自然界的统一：统一的力、统一的相互作用等。因此，几乎所有基本的物理理论体系都称为某种力学，如牛顿力学、电动力学、量子力学等。

物理学发展史上第一次大统一是牛顿力学和万有引力定律。牛顿通过研究发现，天体的运动和地面落体运动遵从相同的规律，它们都是由引力引起的。这样，牛顿用他的力学打破了天界和世俗的界限，找到了两个世界的统一。牛顿称引力为万有引力，强调的就是这种统一。

19世纪60年代，麦克斯韦完成了物理学第二次大统一，他所建立的电磁理论，将电、磁和光现象统一起来，这就是电动力学。20世纪初，爱因斯坦摒弃了绝对时空观，提出了狭义相对论，使电磁学和力学在新的时空观的基础上达到了协调和统一。爱因斯坦还曾企图把引力和电磁力二者统一起来，但他的努力没有成功。然而，他却找到了能与麦克斯韦电磁理论相协调的引力理论——广义相对论。广义相对论和麦克斯韦电磁理论构成了经典物理的理论基础。

与经典物理相对应的是量子论。量子力学最初是作为研究原子和分子运动和变化规律统一的力学发展起来的，这种新的力学在解释微观粒子的许多现象（如光谱、元素周期律和分子键合等）时，取得了极大的成功。但是，当把量子理论应用于电磁场时却遇到了困难。直到20世纪40年代末，人们发展了重整化方法解决了上述的困难，使量子论与电磁理论得到了统一，产生了量子电动力学。

0.2 物理学研究方法

物理学研究方法遵从人类对客观世界的认识规律。物理学的理论是通过观察、实验、抽象、假说等研究方法并通过实验的检验而建立起来的。

观察和实验是科学研究的基本方法。观察是在不改变自然条件的情况下，对自然界所发生的现象进行研究。例如，天体和大气现象都不能用人为的方法来改变它的状况，只能采用观察的方法来研究。

实验是在人为控制的条件下，使现象反复重演，进行观察研究。在实验中常采用突出主要因素，排除或减低次要因素的方法把复杂的问题加以简化，这是一种非常重要的研究方法。例如，在用单摆测定重力加速度的实验中，决定单摆振动周期的主要因素是摆长和重力加速度，次要因素是摆线的质量和长度变化、摆锤的质量和大小以及摆角等。在实验中，我们选用长度适当且不易伸长的细绳做摆线、用质量较小的球做摆锤，并作小振幅振动以降低次要因素的影响，得到较准确的结果。

抽象是根据问题的内容和性质，抓住主要因素，撇开次要因素，建立一个与实际情况较为接近的理想模型来进行研究。例如，“刚体”“理想气体”“理想流体”“点电荷”等都是物理学研究中常用的理想模型。

假说是为了探求事物的规律，对于现象的本质所提出的一些说明方案或基本论点，假说是在一定的观察、实验的基础上提出来的。在一定范围内经过不断的考验，经证明为正确的假说，就上升为定律或理论的一部分。如关于物质结构的分子原子假说，最后就发展成为物质分子运动理论。量子假说的建立和量子理论的演变，发展为量子力学理论。在科学认识的发展过程中，假说是很重要的甚至是必不可少的一个阶段。物理定律一般是实验事实的总结。由于实验条件，实验仪器精度等的限制，物理定律有其近似性和局限性，但在一定程度上能够反映客观实在的规律性。

从观察、实验、抽象、假说等一系列的逻辑推理建立起来的完整的理论体系，不仅可以解释一定范围内的物理现象，而且能在一定程度上预言未来，进一步导致新的实践。麦克斯韦集前任研究之大成，建立了麦克斯韦电磁理论，不仅可以解释各种电磁现象，而且预言了电磁波的存在及其传播速度，并终于被赫兹等人的实验证实就是突出的例子。

0.3 物理学与现代科技的关系

现在，人们习惯把科学和技术联系在一起，统称为“科技”，实际上二者是有区别的。科学解决理论问题，技术解决实际问题。科学要解决的问题，是发现自然界中确凿的事实和现象之间的关系，并建立理论把这些事实和关系联系起来；技术的任务则是把科学的成果应用到实际问题中去。科学主要是和未知的领域打交道，其进展，尤其是重大的突破，是难以预料的；技术则是在相对成熟的领域内工作，可以做出一定的成果。