普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工科物理教程

（第四版）下册

宋士贤 吴平 等编
宋士贤 王丽梅 吴平 张孟 修订

高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工科物理教程

（第四版）下册

宋士贤 吴平 等编
宋士贤 王丽梅 吴平 张孟 修订

高等教育出版社·北京

内容简介

《工科物理教程》系列教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，并荣获陕西省高等学校优秀教材一等奖。

本书是在第3版的基础上，参照教育部颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》修订而成的。在课程内容体系上，坚持渐进式改革，构建了“3.2.7”框架，即“3个突出”“两个有机渗透”和“7个关注点”。并在如何加强物理基础、凸显教材的时代气息和工科物理特色、习题作业改革、增强教材的趣味性等方面皆作了一些大胆的探索和尝试，冀求有所创新和突破。

全书分上、下两册。上册包括物理学导论、力学、波动三篇共8章；下册包括电磁学、热学、近代物理三篇共9章。并有配套的《工科物理教程学习指南》《工科大学物理教学研究》《工科物理大作业》《工科物理教程资源共享库》(含电子教案等)。

本书可作为高等学校非物理类理工科专业“大学物理”课程的教材或主要参考书；也可供大、中学校教师、科研或工程技术人员和社会读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

工科物理教程．下册/宋士贤，吴平编．--4版．--北京：高等教育出版社，2017.2

ISBN 978-7-04-047116-8

Ⅰ.①工… Ⅱ.①宋… ②吴… 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(2017)第003012号

Gongke Wuli Jiaocheng

策划编辑 忻 蓓	责任编辑 忻 蓓	封面设计 张志奇	版式设计 杜微言
插图绘制 杜晓丹	责任校对 刘 莉	责任印制 韩 刚	

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	保定市中画美凯印刷有限公司	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
			http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	24	版 次	2000年12月第1版
字 数	510千字		2017年2月第4版
插 页	**2**	印 次	2017年2月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	43.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换

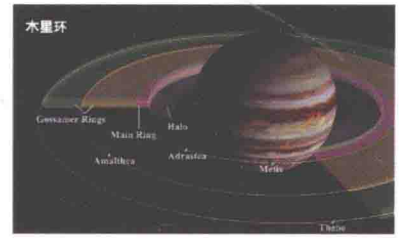
版权所有 侵权必究

物料号 47116-00

深度撞击

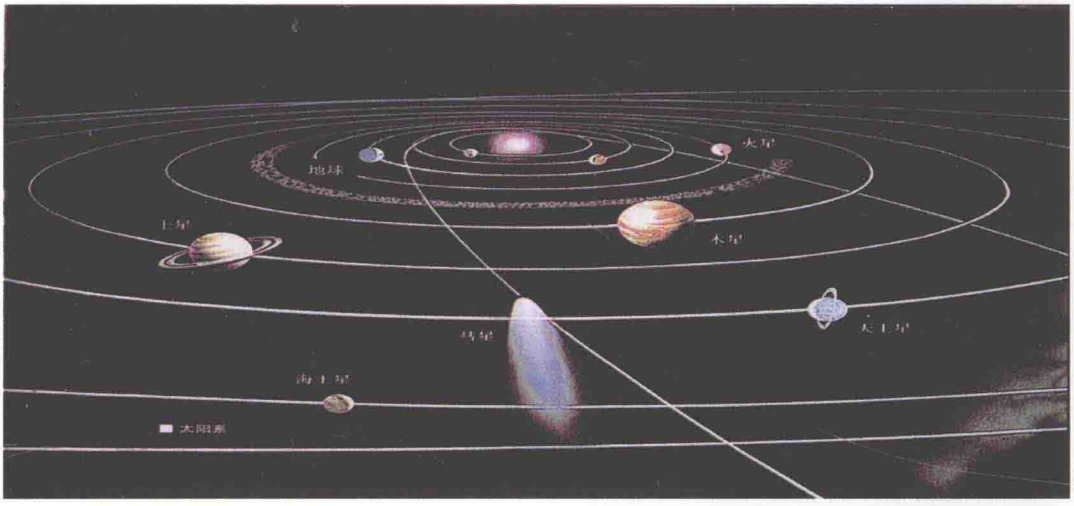
2015 年美国航天局公布火星流体痕迹

月球



木星光环

哈勃太空望远镜



太阳系

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

一本新书像一艘船，带领着我们从狭隘的地方驶向生活的无限广阔的海洋。

——凯勒

○ 目　　录
（下册）

第Ⅳ篇　电　磁　学

第9章　静电场 …… 3

§9.1　电荷及其相互作用 …… 3

一、带电与不带电 …… 4

二、电荷的量子化　“夸克禁闭” …… 4

三、起电　电荷守恒定律 …… 4

四、点电荷间的相互作用规律 …… 5

§9.2　从力的观点描述电场的物质性——电场强度 $\boldsymbol{E}$ …… 7

一、电场强度 $\boldsymbol{E}$ …… 7

二、电场强度叠加原理 …… 7

三、电场线 …… 8

四、电场强度的计算方法 …… 9

§9.3　静电场的高斯定理 …… 17

一、电场强度通量 Φ_e …… 17

二、静电场高斯定理 …… 19

三、运用高斯定理计算 $\boldsymbol{E}$ 的思路和方法 …… 21

§9.4　从功能观点描述电场的物质性——电势 V …… 24

一、静电场力做功的特性 …… 24

二、电势 V …… 26

三、静电场的环路定理 …… 27

四、电势的计算方法 …… 27

五、等势面 …… 30

六、电场强度和电势的关系　电势梯度 …… 31

§9.5　静电场中的导体 …… 32

一、静电感应与静电平衡 …… 32

二、表面电荷的分布特性　尖端放电 …… 33

三、静电屏蔽 …… 36

课间小憩　等电势与高压带电作业 …… 38
§9.6　静电场中的电介质 …… 42
一、电介质的极化机理 …… 43
课间小憩　微波炉的加热原理 …… 44
二、电介质中的电场强度 …… 45
三、有电介质时的电场基本定理 …… 46
物理之窗　新型智能材料——电流变液 …… 48
§9.7　导体的电容　电场能量 …… 49
一、孤立导体的电容 …… 50
二、电容器 …… 50
三、电容器的串、并联 …… 53
§9.8　电场能量 …… 55
课间小憩　导电性塑料 …… 58
内容提要 …… 59
练习9　静电场 …… 62
第10章　恒定磁场 …… 72
§10.1　恒定电流的基本概念 …… 73
一、电流的形成 …… 73
二、电流密度 …… 73
三、欧姆定律的微分形式 …… 74
四、电源电动势 …… 75
§10.2　磁场 …… 76
一、磁现象 …… 76
二、激发磁场的场源 …… 77
三、从力的观点描述磁场的物质性——磁感强度 ***B*** …… 79
课间小憩　地磁场 …… 81
§10.3　电流激发磁场的基本规律 …… 83
一、传导电流激发磁场的规律 …… 83
二、运动电荷产生的磁场 …… 86
§10.4　表述磁场性质的两条定理 …… 88
一、磁场的高斯定理 …… 88
二、安培环路定理 …… 89
§10.5　磁场对运动电荷和载流导线的作用 …… 93
一、带电粒子在磁场中的运动 …… 94
二、霍耳效应 …… 96
课间小憩　磁流体发电机 …… 98
三、磁场对载流导线的作用　安培定律 …… 99
四、磁场对载流线圈的作用　磁力矩 …… 102

五、磁力(磁力矩)的功 …… 103
趣味物理　电磁轨道炮 …… 104
§10.6　磁介质对磁场的影响 …… 106
一、磁介质的分类 …… 106
二、磁介质的磁化 …… 107
三、介质中的安培环路定理 …… 107
四、铁磁质 …… 109
内容提要 …… 111
练习 10　恒定磁场 …… 112
第 11 章　电磁感应及电磁场 …… 122
§11.1　电磁感应的实验研究 …… 122
一、实验现象观察 …… 123
二、实验结果分析 …… 124
§11.2　电磁感应的基本定律 …… 125
一、法拉第电磁感应定律 …… 125
物理学家　M.法拉第 …… 127
二、楞次定律 …… 130
§11.3　动生电动势 …… 131
§11.4　感生电动势 …… 134
一、感应电场　感生电动势 …… 134
二、涡电流 …… 137
§11.5　互感与自感 …… 140
一、互感 …… 140
二、自感 …… 143
§11.6　磁场的能量 …… 145
物理之窗　阿尔法磁谱仪 …… 148
§11.7　麦克斯韦电磁场理论 …… 149
一、位移电流 …… 150
二、全电流安培环路定理 …… 152
物理学家　J. 麦克斯韦 …… 154
三、麦克斯韦方程组 …… 155
§11.8　电磁波 …… 157
一、电磁波的理论预见 …… 157
二、赫兹实验 …… 158
三、电磁波的基本性质 …… 159
四、坡印廷矢量 S …… 160
五、电磁波谱 …… 161
课间小憩　红外技术 …… 162

内容提要 …… 164
练习 11　电磁感应及电磁场 …… 166

第Ⅴ篇　热　　学

第 12 章　热运动的统计描述 …… 177
§12.1　热现象与热运动 …… 177
一、热现象 …… 177
课间小憩　壮观的“和平”号“流星雨” …… 178
二、热现象的宏观规律 …… 179
三、分子热运动的物理图像 …… 180
§12.2　统计规律 …… 183
一、统计规律的概念 …… 183
二、生活中的统计规律 …… 184
三、统计规律的描述 …… 185
四、统计规律的特点 …… 188
§12.3　理想气体物态方程 …… 189
一、平衡态与状态参量 …… 189
二、理想气体物态方程 …… 190
课间小憩　真实气体的范德瓦耳斯方程 …… 191
§12.4　压强和温度的微观意义 …… 192
一、理想气体的微观模型 …… 192
二、压强的微观本质 …… 193
三、温度的微观本质 …… 195
趣味物理　方均根速率与大气成分 …… 197
§12.5　理想气体的内能 …… 198
一、运动自由度 …… 198
二、能量按自由度均分定理 …… 199
三、理想气体的内能 …… 200
§12.6　麦克斯韦速率分布律 …… 201
一、分子速率分布的实验测定 …… 201
二、麦克斯韦速率分布律 …… 203
三、三种统计速率 …… 206
课间小憩　飞行高度计的设计原理 …… 207
§12.7　平均自由程与碰撞频率 …… 208
内容提要 …… 210
练习 12　热运动的统计描述 …… 211
第 13 章　热力学 …… 216
§13.1　准静态过程 …… 216

一、准静态过程 …… 217
二、准静态过程的功 …… 218
三、热量 Q …… 220
§13.2 热力学第一定律 …… 220
一、等体过程 …… 221
二、等压过程 …… 222
三、等温过程 …… 225
四、绝热过程 …… 226
五、多方过程 …… 228
物理之窗 液体气体——焦耳-汤姆孙效应 …… 229
§13.3 循环过程 …… 230
一、循环过程的一般概念 …… 231
二、卡诺循环 …… 234
§13.4 热力学第二定律 …… 238
一、自然过程的不可逆性 …… 238
二、热力学第二定律及其微观意义 …… 239
§13.5 熵与熵增加原理 …… 240
一、宏观态与微观态 …… 241
二、热力学概率与熵 …… 243
三、熵增加原理 …… 243
物理学家 L.玻耳兹曼 …… 244
内容提要 …… 245
练习 13 热力学 …… 247

第Ⅵ篇 近代物理

第 14 章 相对论 …… 255
§14.1 狭义相对论的两条基本原理和洛伦兹变换 …… 255
一、狭义相对论的基本原理 …… 256
二、洛伦兹变换 …… 257
物理学家 A.爱因斯坦 …… 260
§14.2 相对论时空观 …… 262
一、同时性的相对性 …… 262
二、时间度量的相对性 时间膨胀 …… 264
趣味物理 孪生子效应 …… 266
三、空间度量的相对性 长度收缩 …… 267
四、两种时空观 …… 269
§14.3 相对论动力学 …… 270
一、相对论性动量 …… 270

二、相对论运动方程 …… 272
三、质量和能量的关系 …… 272
物理之窗 质能关系与核能利用 …… 275
四、动量和能量的关系 …… 277
§14.4 广义相对论简介 …… 278
一、广义相对论的两条基本原理 …… 278
二、广义相对论的预言和验证 …… 279
内容提要 …… 281
练习 14 相对论 …… 282
第 15 章 光的量子性 …… 286
§15.1 普朗克量子论 …… 286
一、黑体辐射 …… 286
二、普朗克量子论 …… 288
物理学家 M.普朗克 …… 290
§15.2 爱因斯坦的光子学说 …… 291
一、光电效应的实验规律 …… 291
二、爱因斯坦的光子学说 …… 293
三、运用光子学说对光电效应规律的诠释 …… 293
四、光的波粒二象性 …… 294
§15.3 康普顿效应 …… 297
一、康普顿散射实验 …… 297
二、光子学说对康普顿效应的诠释 …… 298
§15.4 玻尔氢原子理论 …… 301
一、氢原子光谱规律 …… 301
二、玻尔氢原子理论 …… 302
物理学家 N.玻尔 …… 306
内容提要 …… 308
练习 15 光的量子性 …… 310
第 16 章 量子力学引论 …… 313
§16.1 实物粒子的波粒二象性 …… 314
一、德布罗意波 …… 314
物理学家 L.德布罗意 …… 315
二、物质波的实验验证 …… 316
趣味物理 德布罗意波与玻尔的量子条件 …… 319
§16.2 不确定关系 …… 320
物理学家 W.海森伯 …… 322
§16.3 物质波波函数的统计解释 …… 324
一、波函数 …… 324

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

二、玻恩对物质波的统计解释 …… 325
§16.4 薛定谔方程 …… 326
一、自由粒子的薛定谔方程 …… 326
二、保守力场(势场)中粒子的一维定态薛定谔方程 …… 327
§16.5 薛定谔方程的应用 …… 328
一、一维无限深方势阱 …… 328
趣味物理 量子隧道效应 …… 331
二、氢原子的量子力学描述 …… 332
§16.6 多电子原子中的电子分布 …… 336
一、施特恩-格拉赫实验 电子自旋 …… 336
二、四个量子数 …… 337
三、多电子原子的壳层结构 …… 338
内容提要 …… 339
练习 16 量子力学引论 …… 341
第 17 章 量子理论的应用 …… 344
§17.1 激光 …… 344
一、激光的形成机理 …… 344
二、激光器的结构 …… 347
三、激光器件 …… 349
课间小憩 我国第一台激光器 …… 350
物理前沿 自由电子激光 …… 352
四、激光的特性与应用 …… 353
§17.2 固体的能带理论 …… 354
一、固体的能带 …… 354
二、导体、半导体和绝缘体的能带结构 …… 357
三、半导体的导电机理 …… 359
四、半导体器件 …… 362
课间小憩 改变世界的蓝光 LED …… 363
内容提要 …… 364
练习 17 量子理论的应用 …… 365

附录 …… 367
附录Ⅰ 基本物理常量及有关数据的计算用值 …… 367
附录Ⅱ 希腊字母表 …… 368
附录Ⅲ 常用数学公式 …… 368
一、平面三角 …… 368
二、初等代数 …… 369
三、初等几何 …… 370

四、矢量 …… 370
五、微积分 …… 370
六、曲率概念 …… 371
参考文献 …… 372

提出一个问题往往比解决一个问题更重要，需要有创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步.

——A.爱因斯坦

第Ⅳ篇
电磁学

电磁现象是自然界存在的一种极为普遍的现象，电磁相互作用是物质的4种基本相互作用之一，它在决定原子和分子的结构方面起着关键性的作用，并在很大程度上决定着物质的物理和化学性质. 电磁相互作用的规律是其他许多学科（如电工、电子学、磁流体力学等）的理论基础. 电磁学知识在科研和工程技术中有着极为广泛的应用，从工业到农业，从日常生活到国防现代化，从电气化到自动化再到数字化技术，无不涉及电磁学的原理. 因此，对未来工程师而言，学好电磁学的重要性也就不言而喻了.

电磁学研究的内容可概括为“场”和“路”两大板块. 遵照教学基本要求，本课程侧重学习建立场的概念，研究场的性质和规律，分别讲述静电场、静磁场及统一电磁场. 在前两部分中，总是先讨论真空中场的性质和规律，再讨论导体或介质与场的相互作用. 在描述方法上尽量对应，均采用图9.0.1的研究思路，以便于读者运用类比的方法予以掌握.

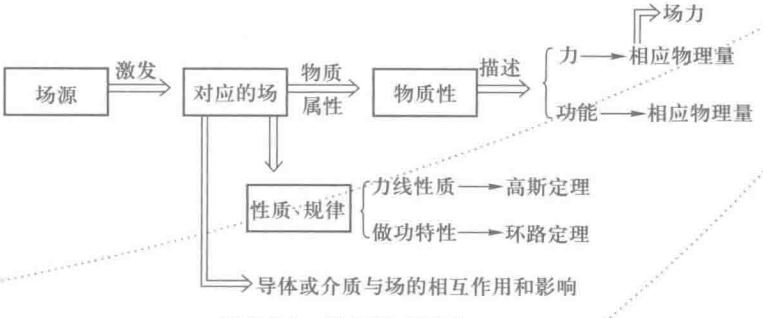


图9.0.1　场的研究思路

同时，为适应工科培养目标的需要，这一部分也与本教程其他部分一样，在注意加强基本理论和研究思路论述的同时，注意介绍电磁理论在当代工程技术中的应用，充分显示经典物理是产生、发展近代新技术、新材料、新工艺不可或缺的理论源泉之一.

第9章　静电场

如果学生在学校里学习的结果是使自己什么也不会创造，那他的一生永远是摹仿和抄袭.

——列·托尔斯泰

任何电荷(或带电体)周围的空间均存在着一种特殊形态的物质——电场. 相对于观察者静止的电荷在其周围激发的电场，称为静电场. 电场是物质存在的一种形态，电荷之间的相互作用就是通过电场来实现的.

既然电场是物质存在的形式，它必然具有物质应具有的性质.

(1) 把一电荷 q 置于场中，q 会受到电场对它的作用力；

(2) 在电场中移动该电荷，电场力对其要做功.

为此相应地引入了两个表示电场本身物质性的物理量，即电场强度 $\boldsymbol{E}$ 和电势 V.

根据静电场力做功的特点，我们可知静电场是保守力场；而由高斯定理可知静电场为有源场，其电场线是不闭合的，由正电荷出发到负电荷终止. 此外，实际应用中的电场总是在一定程度上依赖于导体或电介质. 而在电场的作用下，导体和电介质的电荷分布会发生变化，这种改变了的电荷分布又会反过来影响电场分布. 因此研究电场中的导体和电介质与电场之间的相互影响，具有很重要的现实意义.

本章按照图 9.0.1 的研究思路，将首先讨论真空中的静电场的性质和规律，然后，讨论电场与导体和电介质的相互作用规律，并引入静电场的能量.

教学要求：

(1) 了解物质的电结构及有关电荷相互作用的规律；

(2) 理解场的概念和场的研究方法；

(3) 理解静电场的电场强度 $\boldsymbol{E}$ 和电势 V 的概念及计算方法，了解电场强度与电势梯度的关系；

(4) 理解反映静电场性质的高斯定理和环路定律；

(5) 了解导体和电介质与电场相互作用的机理，理解电容、电场能量；

(6) 了解静电的应用和防治.

§9.1　电荷及其相互作用

近代物理学的研究和发展，揭示了如图 1.1.5 所示的物质的结构层次，使我们

对电现象的本质有了进一步的了解. 物质结构内部固有地存在着正电荷和负电荷这两类基本电荷,它们是各种物体带电过程的内在依据.

一、带电与不带电

根据物质结构理论,分子由许多原子组成,不同的分子集团就成为形形色色的宏观物体. 在每个原子里,电子绕由中子和质子组成的原子核而运动. 原子中的电子带负电,质子带正电,中子不带电. 这表明,“电”来源于物质的电结构. 而且,质子与电子所具有的电荷量(简称电荷)的绝对值是相等的. 在正常情况下,每个原子中的电子数与质子数相等,故物体呈电中性,通常就说该物体“不带电”. 如果在一定的外因作用下,物体(或物体的某一部分)得到或失去一定量的电子,则正、负电荷的平衡被破坏了,物体就“带电”了,失去电子的物体就带正电,获得电子的物体就带负电.

二、电荷的量子化　“夸克禁闭”

1913 年,R.密立根通过著名的油滴实验,测定所有电子都具有相同的电荷,以符号 e 表示,而且,任何带电体的电荷 Q 均为电子电荷的整数倍,即

$$Q=ne \tag{9.1.1}$$

式中,$n=1,2,3,\cdots$. 它表明电荷 Q 只能取一系列离散的、不连续量值,称为电荷的量子化. 电子的电荷绝对值 e 称为电荷的量子,式中 n 就称为量子数. 为此,R.密立根获得了 1923 年的诺贝尔物理学奖.

电荷的单位名称为库[仑],符号为 C,1986 年国际推荐的电子电荷绝对值为

$$e=1.602\ 177\ 33\times10^{-19}\ \mathrm{C}$$

计算中,可取 $e=1.60\times10^{-19}$ C.

尽管如此,由于宏观过程中涉及的电荷量总是包含着大量的电荷量子,而电荷量子值很小,致使电荷的量子性在研究宏观现象时表现不出来,因而在研究宏观电现象时,可以不考虑电荷的量子化,而将带电体上的电荷看作是连续分布的.

至于 §1.1 中讨论的夸克是带分数电荷 $+2e/3$ 或 $-e/3$ 的(见表 T1.1.1). 不过,由于夸克禁闭,它们总是 2 个或 3 个一起,在强相互作用力作用下被约束在亚原子(如中子、质子、介子等)内部,迄今从没有发现过单个存在的自由夸克. 如质子由三个夸克(uud)构成,即由两个带 $+2e/3$ 的上夸克和一个带 $-e/3$ 的下夸克组成,使质子呈现 $+e$ 的带电特性.

三、起电　电荷守恒定律

使原来不带电的物体带电,称为起电. 显然,起电的本质就是使物体中原有的等量、均匀分布的正负电荷分开,使其量不再相等或不再均匀分布. 因此,常采用以下起电方式.

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com