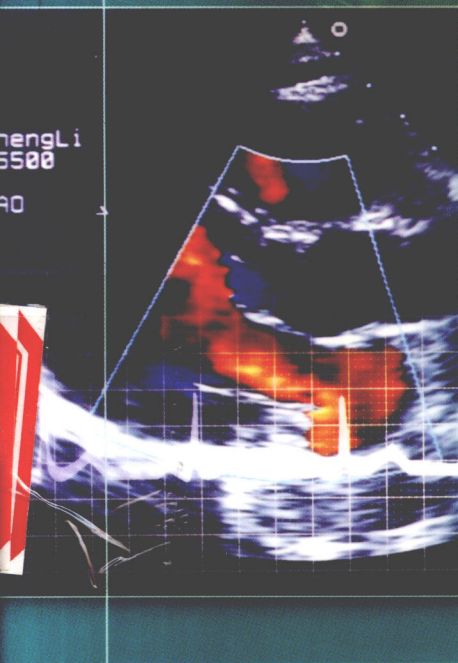




教育科学“十五”国家规划课题研究成果

医用物理学

喀蔚波 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

医用物理学

喀蔚波 主编

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

医学影像学、医学物理学、医学物理学

第 一 章 绪 论
第 二 章 静 电 学
第 三 章 静 磁 学
第 四 章 电 磁 感 应
第 五 章 交 变 电 流
第 六 章 电 磁 波
第 七 章 光 学
第 八 章 物 理 光 学
第 九 章 声 学
第 十 章 热 学
第 十一 章 物 理 气 体 学
第 十二 章 物 理 电 学
第 十三 章 物 理 电 学
第 十四 章 物 理 电 学
第 十五 章 物 理 电 学

高等教育出版社

北京

（01）

内容简介

本书包括力学基本定律、流体的运动、机械振动和机械波、分子动理论、静电场、直流电、磁场与电磁感应、波动光学、几何光学、X射线、狭义相对论基础、量子物理基础、原子核和放射性共十三章。全书以讲授物理学的基本概念、基本规律、基本方法,培养学生基本技能为主,同时将相关学科的现代知识有机地融入其中;在传授物理知识的同时,注重物理思想、物理方法的介绍。为增加本书的可读性,除适当降低了数学要求和在内容中更加结合实际外,还在每章中安排了两个左右的“相关链接”,介绍重大理论发现的经过,或与正文内容相关的新概念、新方法及新技术的应用,以期在为医药类专业学生提供必要的物理知识基础的同时,还有助于帮助学生确立正确的科学观念,掌握科学的思维方法,提高分析问题解决问题的能力。

本书主要面对医药类各专业本科学学生,兼顾长学制及专科学学生,也可供理工科各相关专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学/喀蔚波主编. —北京:高等教育出版社,
2005.5

ISBN 7-04-016575-9

I. 医... II. 喀... III. 医用物理学-高等学校-
教材 IV. R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 029812 号

策划编辑 庞永江 责任编辑 王文颖 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静
版式设计 王艳红 责任校对 殷 然 责任印制 孔 源

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京星月印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 24.5
字 数 450 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2005年5月第1版
印 次 2005年5月第1次印刷
定 价 25.60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 16575-00

《医用物理学》编委会

主 编 喀蔚波

副主编 刘志成 童家明

编 者 (以姓氏笔画为序)

王春燕 (首都医科大学)

王 铭 (北京大学医学部)

刘志成 (首都医科大学)

刘志翔 (首都医科大学)

孙大公 (北京大学医学部)

严华刚 (首都医科大学)

吴运平 (青岛大学医学院)

陈立波 (青岛大学医学院)

喀蔚波 (北京大学医学部)

曾 兵 (青岛大学医学院)

童家明 (青岛大学医学院)

前 言

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用的自然科学。历史上,物理学的发展推动了18世纪以蒸汽机的出现为标志的第一次工业革命,并揭开了19世纪以电的发明为标志的第二次工业革命的序幕。20世纪初以相对论、量子论出现为标志的物理学革命更是推动人类社会进入信息时代的先导。物理学的理论、方法与技术对现代医药科学的发展也做出了重要贡献,X射线、生物电、激光、超声、核磁共振、各种显微技术等已广泛应用于医学临床及研究领域。回顾诺贝尔生理学及医学奖的历史,就不难发现其中有多个获奖项目与物理学有关,有多位获奖者是物理学家或具有物理背景的科学家。例如:1911年眼睛屈光学方面的研究;1924年发现心电图机理;1962年发现脱氧核糖核酸(DNA)双螺旋结构;1979年X射线计算机断层扫描(X-CT)技术;2003年磁共振成像(MRI)技术等等。现在物理学的基本理论已经渗透到自然科学的各个领域,应用于生产技术的许多部门,物理学已成为其他自然科学和工程技术的基础。

同时,在人类追求真理、探索未知世界的过程中,物理学展现的一系列科学的世界观和方法论,深刻地影响着人类对物质世界的基本认识、人类的思维方式和社会生活。从这个角度,我们可以把物理学看作是人类文明发展的基石,它在人才的科学素质培养中具有重要的地位。

在编写本书的过程中,作者有机会作为特邀代表参加教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会的工作,全程参与了2004年非物理类理工科大学物理课程和大学物理实验课程教学基本要求的制订。同时,主持了国家级教育科学课题“21世纪中国高等学校农林/医药类专业数理化基础课程的创新与实践”医药类物理子课题中医药类专业物理课程教学现状的调查、医药类专业本科物理课程的目标与定位以及医药类专业本科物理理论课和实验课教学内容和课程体系的创新与实践等项目的研究。这使得我们对国内高等教育的形势、国家对高等教育的要求、国内大学物理基础课程教学改革的成果以及医药类专业物理课程教学的现状有了比较深入的了解和分析。

我们认为要适应我国高等教育由“精英教育”向“大众化教育”的转变,在医药类专业物理基础课程的教学必须贯彻和体现素质教育、创新教育、能力培养的教学理念。物理课程的教学不仅要为各学科专业提供必要的知识基础,而且



还应是帮助学生确立正确的科学观念的主要手段,也是训练学生掌握科学的思维方法、提高分析能力的极重要的方式。因此,医药类专业物理课程的教学应以基本概念、基本规律、基本方法、基本技能的学习和训练为中心,同时将相关学科的现代知识有机地引入物理基础课教学中。在此指导思想下,我们参阅了许多国内外物理学教材,特别是理工科和文科的物理学教材,确定了本书的内容和编写思路。在内容的选择上,充分研究了教育部高等学校非物理教指委组织制订的《大学物理课程教学基本要求》,以及目前医药类院校物理课程的教学现状。本书所选的内容涵盖了绝大部分医药类院校现在讲授的物理学全部内容,并注重近代物理内容的介绍。在编写中力求做到概念准确,叙述清晰、生动,可读性强。同时,在传授物理知识的同时,注重物理思想、物理方法的介绍。为此,适当降低了数学要求,加强了与实际的结合。特别是在每章中都安排了两个左右的“相关链接”,内容涉及重大理论发现的经过,和与正文内容相关的新概念、新方法及新技术的应用。相关链接一般篇幅不长,以定性说明为主,以此起到开阔视野、激发兴趣、拾遗补缺的作用。鉴于大部分学生在学习物理学时,还没有接触更多的专业知识,书中对物理学在医药科学中的应用主要以定性介绍为主。在每章后面列出了参考文献,便于读者参阅。本书主要面对医药类各专业本科学生,兼顾长学制及专科学生,也可供理工科各相关专业学生使用。

希望同学们在学习物理学时不要将精力只放在做题上,应首先掌握基本概念、基本规律、基本方法和基本技能,然后通过做题来检验自己掌握的程度。对书中的公式不必死记硬背,应在理解的基础上加以记忆。重要的物理定律一般都具有丰富的内涵和外延,可以从观察现象、提出问题、猜测结果、设计实验并测量、发现规律、定义新的物理量、用数学公式定量表述,进而判定公式的成立条件、适用范围和精度等方面理解物理定律。只有这样才能更好地认识和使用这些定律。由于物理思想和科学方法往往体现在物理大师们重要概念、规律和理论的建立过程之中,因此了解历史的发展过程,特别是了解物理大师们是如何提出问题、遇到的困难和他们解决问题的方法,对同学们的能力培养有着潜移默化的积极作用。爱因斯坦指出:“提出一个问题往往比解决一个问题更重要,因为解决一个问题也许仅是一个数学上的或是实验上的技能而已,而提出新的问题,新的可能性,从新的角度看旧的问题,却需要有创造性的想像力,而且标志着科学的真正进步。”诚然,由于本书的篇幅限制,这些内容不可能一一涉及。感兴趣的同学可以参阅每章后面列出的参考文献,也可以充分利用网络上的大量信息,使用搜索引擎^①查找相关内容。通过查找资料提高主动获取知识、自主学习的能力。

① 例如:百度(<http://www.baidu.com>),google(<http://www.google.com>)等。

本书的编写得到了全国高等学校教学研究中心和高等教育出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。由于我们水平有限,编写思想没能完全体现出来,书中也难免存在一些谬误;加之编者较多,全书风格难以统一。不当之处恳请读者不吝批评指正,以便再版时修订。

喀蔚波 刘志成 童家明

2005年1月



目
前

言

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

附录 基本物理常量^①

物理常量	符号	数 值	单 位	相对标准 不确定度
真空中光速	c	299 792 458	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	定义值
真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ $= 12.566\ 370\ 614\cdots \times 10^{-7}$	$\text{N} \cdot \text{A}^{-2}$	定义值
真空电容率	ϵ_0	$8.854\ 187\ 817\cdots \times 10^{-12}$	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$	定义值
万有引力常量	G	$6.674\ 2(10) \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	1.5×10^{-4}
普朗克常量	h	$6.626\ 069\ 3(11) \times 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$	1.7×10^{-7}
约化普朗克常量	\hbar	$1.054\ 571\ 68(18) \times 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$	1.7×10^{-7}
元电荷	e	$1.602\ 176\ 53(14) \times 10^{-19}$	C	8.5×10^{-8}
电子质量	m_e	$9.109\ 382\ 6(16) \times 10^{-31}$	kg	1.7×10^{-7}
质子质量	m_p	$1.672\ 621\ 71(29) \times 10^{-27}$	kg	1.7×10^{-7}
质子-电子质量比	m_p/m_e	1 836. 152 671 61(85)		4.6×10^{-10}
中子质量	m_n	$1.674\ 927\ 28(29) \times 10^{-27}$	kg	1.7×10^{-7}
阿伏伽德罗常量	N_A	$6.022\ 141\ 5(10) \times 10^{23}$	mol^{-1}	1.7×10^{-7}
摩尔气体常量	R	8. 314 472(15)	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	1.7×10^{-6}
玻耳兹曼常量	k	$1.380\ 650\ 5(24) \times 10^{-23}$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$	1.8×10^{-6}
原子质量单位	u	$1.660\ 538\ 86(28) \times 10^{-27}$	kg	1.7×10^{-7}

① 根据国际科技数据委员会(CODATA)2002年正式发表的推荐值。

目 录

第一章

力学基本定律

1

- § 1.1 单位和量纲 2
 - 相关链接:理解时空 3
- § 1.2 物理量及其表述 6
 - 1.2.1 物理量 6
 - 1.2.2 质点 6
 - 1.2.3 参考系与坐标系 6
 - 1.2.4 矢量及其运算 7
- § 1.3 运动描述 8
 - 1.3.1 位置矢量与位移 8
 - 1.3.2 速度 9
 - 1.3.3 加速度 10
- § 1.4 牛顿运动定律 12
 - 1.4.1 牛顿运动定律 12
 - 1.4.2 功与功率 13
 - 1.4.3 动能 动能定理 14
 - 1.4.4 保守力 非保守力 势能 14
 - 1.4.5 功能原理 15
 - 1.4.6 机械能守恒定律 16
 - 1.4.7 动量 冲量 动量定理 动量守恒定律 16
- § 1.5 刚体定轴转动 17
 - 1.5.1 刚体定轴转动的运动描写 18
 - 1.5.2 刚体定轴转动定律 20
 - 1.5.3 刚体定轴转动的功和能 24
 - 1.5.4 角动量定理 角动量守恒定律 26
 - 1.5.5 进动 28
- 思考题 30
- 习题 31
- 参考文献 34



- § 2.1 理想流体的定常流动 36
 - 2.1.1 流体运动的描述方法 36
 - 2.1.2 定常流动 38
 - 2.1.3 连续性方程 38
- § 2.2 理想流体的伯努利方程 40
 - 2.2.1 理想流体的伯努利方程 40
 - 2.2.2 伯努利方程的应用 42
- § 2.3 黏性流体的运动 47
 - 2.3.1 黏性流体的运动 47
 - 相关链接:超流动性 49
 - 相关链接:流动相似性 51
 - 2.3.2 黏性流体的运动规律 52
 - 2.3.3 物体在黏性流体中的阻力 54
- 思考题 57
- 习题 57
- 参考文献 59

- § 3.1 弹簧振子和简谐振动 62
- § 3.2 运动方程及其图像 64
 - 3.2.1 简谐振动图像 64
 - 3.2.2 简谐振动的能量 67
- § 3.3 简单的非理想振动 67
 - 3.3.1 阻尼振动 68
 - 3.3.2 受迫振动 共振 69
- § 3.4 简谐振动的合成与分解 70
 - 3.4.1 同方向同频率简谐振动合成 70
 - 3.4.2 同方向不同频率简谐振动的合成 71
 - 3.4.3 相互垂直简谐振动的合成 72
 - 3.4.4 运动的分解 73
 - 相关链接:傅里叶变换的应用 75
- § 3.5 简谐波 76
 - 3.5.1 机械波的产生和传播 76
 - 3.5.2 波动方程 78



- 3.5.3 波的能量 79
- § 3.6 波的叠加原理、波的干涉 81
 - 3.6.1 波的叠加原理 81
 - 3.6.2 波的干涉 82
 - 3.6.3 驻波 83
- § 3.7 声波和超声波 85
 - 3.7.1 声强和声强级 86
 - 3.7.2 多普勒效应 86
 - 3.7.3 超声波 88
 - 相关链接:脉冲反射式超声诊断仪 89
 - 3.7.4 次声波 91
- 思考题 91
- 习题 91
- 参考文献 92

第四章

分子动理论

93

- § 4.1 物质的微观模型 94
- § 4.2 理想气体分子动理论 95
 - 4.2.1 理想气体的物态方程 95
 - 相关链接:玻意耳定律、查理定律和盖-吕萨克定律 97
 - 4.2.2 理想气体的微观模型 98
 - 4.2.3 理想气体的压强公式 98
 - 4.2.4 分子平均平动能 理想气体的温度 100
 - 4.2.5 能量基本公式 100
 - 相关链接:定体比热容实验 101
- § 4.3 气体分子速率分布和能量的统计规律 102
 - 4.3.1 伽尔顿板实验 103
 - 4.3.2 速率分布函数 104
 - 4.3.3 麦克斯韦速率分布律 106
 - 4.3.4 三种分子速率 107
 - 4.3.5 玻耳兹曼能量分布律 109
- § 4.4 液体的表面现象 110
 - 4.4.1 表面张力 110
 - 4.4.2 表面能 112
 - 4.4.3 表面活性物质和表面吸附 113
 - 4.4.4 弯曲液面的附加压强 114



相关链接:表面活性物质在肺呼吸过程中的作用 115

4.4.5 毛细现象 115

4.4.6 气体栓塞 117

思考题 118

习题 119

参考文献 120

IV

第五章

静电场

121

目

录

§ 5.1 库仑定律 122

5.1.1 电荷的性质 122

5.1.2 库仑定律 123

5.1.3 电场和电场强度 124

§ 5.2 高斯定理 127

5.2.1 电场线 127

5.2.2 电通量 128

5.2.3 高斯定理 130

§ 5.3 静电场力的功 电势 134

5.3.1 静电场力所作的功 134

5.3.2 静电场的环路定理 135

5.3.3 电势 135

5.3.4 电场强度与电势的关系 139

§ 5.4 静电场中的电介质 141

5.4.1 电介质及其结构 141

5.4.2 电介质的极化 142

5.4.3 电介质中的静电场 144

相关链接:压电效应 147

§ 5.5 静电场的能量 148

5.5.1 电容器及其电容 148

5.5.2 电容器中的电能 149

5.5.3 静电场的能量与能量密度 150

思考题 152

习题 153

参考文献 154

第六章

直流电

155

§ 6.1 电流密度和欧姆定律的微分形式 156



- 6.1.1 电流密度 156
- 6.1.2 连续性方程 电流的稳恒条件 157
- 6.1.3 欧姆定律的微分形式 158
 - 相关链接:欧姆定律的发现 158
- 6.1.4 金属与电解质的导电性 160
 - 相关链接:超导电性 162
- § 6.2 电源的电动势 163
 - 6.2.1 电源及其电动势 163
 - 6.2.2 一段含源电路的欧姆定律 164
- § 6.3 基尔霍夫定律及其应用 166
 - 6.3.1 基尔霍夫定律 167
 - 6.3.2 基尔霍夫定律的应用 168
- § 6.4 电容器的充放电过程 169
 - 6.4.1 电容器的充电过程 169
 - 6.4.2 电容器的放电过程 171
- 思考题 171
- 习题 172
- 参考文献 174

第七章

磁场与电磁感应

175

- § 7.1 磁场 磁感应强度 176
 - 7.1.1 磁场 176
 - 7.1.2 磁感应强度 176
 - 7.1.3 毕奥-萨伐尔定律 177
 - 7.1.4 磁感线 磁通量 180
 - 7.1.5 安培环路定理 182
- § 7.2 磁场对运动电荷的作用力 185
 - 7.2.1 洛伦兹力 185
 - 7.2.2 霍尔效应 186
 - 相关链接:磁场是哪来的 187
- § 7.3 磁场对载流导线的作用 188
 - 7.3.1 安培力 188
 - 7.3.2 磁场对载流线圈的作用 载流线圈的磁矩 189
- § 7.4 物质的磁性 191
 - 7.4.1 磁介质的磁化 191
 - 7.4.2 顺磁质、抗磁质和铁磁质 192



- 7.4.3 有介质存在时的磁场 磁场强度 193
- § 7.5 电磁感应 193
- 7.5.1 电磁感应定律 194
- 7.5.2 自感 196
- 7.5.3 RL 电路 196
- 7.5.4 磁场的能量 197
- 相关链接:法拉第与电磁感应 199

§ 7.6 电磁场理论 201

思考题 204

习题 205

参考文献 207

第八章

波动光学

209

§ 8.1 光的干涉 210

8.1.1 光的相干性 210

8.1.2 杨氏双缝干涉实验 211

8.1.3 劳埃德镜实验 213

8.1.4 光程与光程差 214

8.1.5 薄膜干涉 215

§ 8.2 光的衍射 217

8.2.1 光的衍射现象 217

8.2.2 惠更斯-菲涅尔原理 218

8.2.3 单缝衍射 218

8.2.4 圆孔衍射 光学仪器的分辨率 221

8.2.5 衍射光栅 衍射光谱 224

相关链接:全息照相 226

§ 8.3 光的偏振 228

8.3.1 自然光与偏振光 228

8.3.2 偏振光的获得与检验 229

8.3.3 反射和折射时光的偏振 231

§ 8.4 双折射现象 232

8.4.1 双折射现象 232

8.4.2 惠更斯原理在双折射现象中的应用 234

8.4.3 波片 236

§ 8.5 旋光现象 237

§ 8.6 光的吸收与散射 238



8.6.1 光的吸收 238

8.6.2 光的散射 239

相关链接:光学信息处理 241

思考题 243

习题 244

参考文献 245

第九章

几何光学

247

§ 9.1 几何光学的三个基本定律 248

相关链接:光导纤维 248

§ 9.2 球面折射 250

9.2.1 单球面折射 250

9.2.2 共轴球面系统 252

相关链接:眼睛 255

§ 9.3 透镜 256

9.3.1 薄透镜 257

9.3.2 柱面透镜 260

相关链接:眼睛的屈光不正与矫正 261

9.3.3 透镜的像差 262

§ 9.4 放大镜 光学显微镜 263

9.4.1 放大镜 263

9.4.2 光学显微镜 264

思考题 265

习题 265

参考文献 266

第十章

X 射线

267

§ 10.1 X 射线的产生及其性质 268

10.1.1 X 射线的发生装置 268

相关链接:X 射线的发现 269

10.1.2 医用电子加速器 269

10.1.3 X 射线谱 271

10.1.4 X 射线的特性 273

10.1.5 X 射线的强度与硬度 274

10.1.6 物质对 X 射线的衰减 275

§ 10.2 X 射线的衍射 275



- 10.2.1 X射线的衍射 275
- 10.2.2 X射线晶体结构分析 276
- 相关链接:同步辐射与X射线生物分子结构分析 278

§ 10.3 X射线在医学上的应用 280

- 10.3.1 X射线在诊断方面的应用 280
- 10.3.2 X射线在治疗方面的应用 283

思考题 284

习题 284

参考文献 285

第十一章 狭义相对论基础

287

§ 11.1 爱因斯坦相对性原理 288

§ 11.2 狭义相对论的时空观 290

11.2.1 同时性 290

11.2.2 时间延缓 291

11.2.3 孪生子佯谬 293

11.2.4 长度收缩 294

§ 11.3 洛伦兹变换与相对论的速度叠加 297

11.3.1 洛伦兹变换 297

11.3.2 相对论的速度叠加 299

§ 11.4 相对论动量和能量 302

11.4.1 相对论动量 302

11.4.2 相对论能量 303

11.4.3 相对论能量和动量 306

相关链接:广义相对论简介 306

思考题 309

习题 309

参考文献 310

第十二章 量子物理基础

311

§ 12.1 黑体辐射 312

12.1.1 辐射出射度和吸收因数 313

12.1.2 黑体辐射的实验规律 313

12.1.3 普朗克量子假设 315

相关链接:红外热像仪 316

§ 12.2 光电效应 317