

医用物理学

倪忠强 刘海兰 武荷岚 编著



清华大学出版社



医用物理学

倪忠强 刘海兰 武荷岚 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

医用物理学是物理学的重要分支学科,是物理学与医学的交叉学科,也是医学类专业学生必修的基础课程。本教材涉及了物理学的基本内容,包括刚体力学、流体力学、振动和波、分子动理论和热力学、电磁波、光学及近代物理基础等。除了系统地介绍物理的基本概念和基本理论之外,教材特别注重结合生物医学领域的研究成果,将它们融入到物理理论知识的阐述之中,如刚体力学中引入的人体力学、流体力学中引入的血液流变学、电磁学中引入的生物电现象和生物磁效应以及近代物理引入的量子生物基础等。同时,教材对广泛应用于生物医学领域的仪器和设备,在相关章节中从基本的物理原理到实际的医学应用做了较为详细的阐述,如超声波的应用、医用光学仪器的成像、核磁共振原理以及放射性影像技术等。

教材在参考了国内外优秀教材和资料的基础上,结合实际的教学环境、教学对象和教学要求,力求达到“易学好懂”,同时又有益于读者的后续学习和工作。

本教材适合作为大学本科临床、口腔、药理等医学类以及生命科学类的大学物理课程教材,也可作为相关专业领域的师生和研究人员的参考用书。

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

医用物理学/倪忠强,刘海兰,武荷岚编著.--北京:清华大学出版社,2014

ISBN 978-7-302-37302-5

I. ①医… II. ①倪… ②刘… ③武… III. ①医用物理学—高等学校—教材 IV. ①R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 159941 号

责任编辑:邹开颜 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

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:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:20

字 数:484 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版

印 次:2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:59.00 元

产品编号:050337-01

随着数字化信息技术在教学领域的不断深入,对课程教材的建设也提出了新的要求.依托同济大学的国家级教学团队,医用物理学的教学改革也一直在不断的探索之中.因此,《医用物理学》教材的出版也是近几年教学改革的一项成果.

“医用物理学”是一门与医学相结合的物理分支.它作为医学、药学、卫生学和生物学等专业类学生的基础课程,除了物理的基本概念和原理之外,还必须要求学生能够掌握物理在生物医学领域中的应用.教材在编写过程中,参考了大量国内外优秀教材和最新研究成果,结合编写者多年教学改革和实践经验,并通过数字化教育技术的支持,力求使教材更好地服务于“医用物理学”课程.

教材特色

1. 物理学是一门研究大自然规律的学科.教材采用彩色印刷,非常贴近多彩的大千世界.精心绘制的彩色图形和拍摄的精致图像不仅使图书美观,重要的是对物理现象的描述更加生动和准确.比如彩版对各波段光的颜色可以真实显示,而传统的黑白印刷是完全无法做到的.此外,教材也特别注重版面设计,力求使阅读者感到赏心悦目,产生一种亲切感.

2. 为了凸显“医用物理学”的交叉学科性,教材的各个章节都融入了一定篇幅的相关生物医学领域的物理应用及研究,如振动与波的章节中,介绍了超声波在医学中的应用及 A、B、D 和 M 超声波的工作原理;在量子物理中介绍了量子生物学的研究方法等.同时在每个章节的开头也首先引入一个生物医学的应用案例.

3. 教材以数字化教学平台为支撑,为教材使用者提供多种媒体的教学素材.通过扫描教材中的二维码可直接链接到我们提供的物理资源库.如第 1 章开头的应用案例,通过扫描二维码,阅读者可以直接观看到“脊柱受力”的微课程视频.

4. 课堂教学的互动一直是大课教学的薄弱环节.根据近几年的教学实践,我们开发了手机答题系统,解决了这个难题.为了让更多的教师分享我们的教学成果,在配套的电子教案中,我们植入了手机答题系统,并设置了适合课堂讨论的互动题.当然,授课老师也可以自己设计课堂讨论题,通过我们的系统进行课堂讨论.特别说明的是,手机答题系统提供了三种答题模式,除了二维码扫描之外,还有手机短信答题和进入网页直接答题两种模式.

5. 根据调查,各院校的“医用物理学”教学时数有长有短,本教材是按 68 教学时数(不含实验课时)编写的.考虑到长短学时因素,教材在编写中力求做到各章节独立成篇,便于不同院校的教师按实际教学时数安排授课内容.

教学资料

为了便于教学,本书为教师配套提供了电子教案.电子教案中还为教师插入了包括图形、图像、影视、动画和物理课件等.此外在教案中也为教师提供了在线答题系统的链接.

致谢

教材在编写过程中,得到了顾牡老师和王祖源老师的悉心指导和帮助.在配套资源库建设中得到了教研室老师的大力支持.吴天刚老师负责制作了物理数字化模型、录像资料等;赵跃英和刘钟毅两位老师在题库建设方面做了大量的工作,在此表示衷心的感谢.

本教材在编写过程中还得到了同济大学医学院杨耀琴、陶惠红老师和新华医院李惠民老师的帮助,在此也向她们表示衷心的感谢.

限于编者的学术水平,教材中难免存在不妥之处,希望老师和同学在使用过程中多提宝贵意见,我们将在今后的再版中加以纠正,使教材在使用中不断地得到完善.

编 者

2014年6月于同济大学



为更好地服务于教学，本书配套提供智能化的数字教学平台——智学苑（www.izhixue.cn），使用清华大学出版社教材的师生可以在全球领先的教学平台上顺利开展教学活动。



为教师提供

- 通过学科知识点体系有机整合的碎片化的多媒体教学资源——教学内容创新；
- 可画重点、做标注、跨终端无缝切换的新一代电子教材——深度学习模式；
- 学生学习情况的自动统计分析数据——个性化教学；
- 作业和习题的自动组卷和自动评判——减轻教学负担；
- 课程、学科论坛上的答疑讨论功能——教学互动；
- 群发通知、催交作业、调整作业时间、查看作业详情、发布学生答案等课程管理功能——SPOC实践。



为学生提供

- 方便快捷的课程复习功能——及时巩固所学知识；
- 个性化的学习数据统计分析和激励机制——精准的自我评估；
- 智能题库和详细的习题解答——个性化学习的全过程在线辅导；
- 收藏习题功能（错题本）、在线笔记和画重点等功能——高效的考前复习。



智学苑

www.izhixue.cn

➤ 我是教师

● 建立属于我的在线课程！

注册教师账号并登录，在“添加教材”处输入本书附带的教材序列号（见封底），激活成功后即可建立包含该教材全套资源的在线课程。

➤ 我是学生

● 加入教材作者的在线课程！

注册学生账号并登录，在“加入新课程”处输入课程编号 **YYW-ZXY-0001** 和报名密码 **123456** 同时输入本书附带的教材序列号（见封底），即可加入教材作者的在线课程。

● 加入任课教师的在线课程！

注册学生账号并登录，在“加入新课程”处输入课程编号和报名密码（请向您的任课教师索取），同时输入本书附带的教材序列号（见封底），即可加入该教师的在线课程。

建议浏览器：



Google Chrome



Firefox



IE9.0

如有疑问，请联系 service@izhixue.cc
或加入清华教学服务群 213172117

第 1 章 刚体力学 人体力学简介	1
1.1 刚体的转动	3
1.1.1 刚体的平动和转动	3
1.1.2 描述刚体定轴转动的物理量	4
1.1.3 角量与线量的关系	4
1.2 刚体定轴转动定律	5
1.2.1 力矩	6
1.2.2 刚体定轴转动定律	6
1.2.3 转动惯量	7
1.2.4 质心 质心运动定理	9
1.3 刚体定轴转动的动能定理和功能原理	11
1.3.1 刚体的转动动能和势能	11
1.3.2 刚体定轴转动的动能定理	12
1.3.3 刚体定轴转动的功能原理和机械能守恒定律	12
1.4 刚体的角动量定理和角动量守恒定律	13
1.4.1 刚体对定轴的角动量	13
1.4.2 刚体的角动量定理	14
1.4.3 刚体的角动量守恒定律	14
1.4.4 刚体的进动	15
1.5 物体的弹性	16
1.5.1 线应变与正应力	17
1.5.2 切应变与切应力	17
1.5.3 体应变与体应力	18
1.5.4 骨材料的力学性质	19
1.6 人体力学简介	21
1.6.1 肌肉的力学性质	21
1.6.2 骨的杠杆作用	23

第2章 流体力学 血液流变学简介 27

2.1 流体运动的描述	29
2.1.1 描述流体运动的方法	29
2.1.2 速度场 定常流动	29
2.1.3 流线 流管	29
2.2 理想流体 连续性方程	30
2.2.1 理想流体	30
2.2.2 连续性方程	30
2.3 伯努利方程	31
2.3.1 理想流体的伯努利方程	31
2.3.2 伯努利方程的应用	33
2.4 黏滞流体的运动	36
2.4.1 牛顿黏滞定律	36
2.4.2 层流与湍流 雷诺数	37
2.4.3 泊肃叶定律	38
2.4.4 黏滞流体的伯努利方程	40
2.5 物体在流体中的运动	41
2.5.1 物体在理想流体中的运动	41
2.5.2 物体在黏滞流体中的运动 斯托克斯定律	41
2.6 血液流变学简介	42
2.6.1 流体的变形和黏度	42
2.6.2 血液的黏度及其影响因素	44
2.6.3 血管因素对血流的影响	45

第3章 振动与波 声波 超声波 49

3.1 简谐运动	50
3.1.1 弹簧振子	51
3.1.2 描述简谐运动的物理量	51
3.1.3 简谐运动的速度和加速度	52
3.1.4 简谐运动的旋转矢量表示法	53
3.1.5 简谐运动的能量	54
3.2 简谐运动的合成	56
3.2.1 同方向同频率的简谐运动的合成	56
3.2.2 同方向不同频率的简谐运动的合成 拍	58

3.2.3	相互垂直的简谐运动的合成 李萨如图	59
3.3	阻尼振动 受迫振动 共振	60
3.3.1	阻尼振动	61
3.3.2	受迫振动 共振	61
3.4	机械波	62
3.4.1	机械波的产生和传播	62
3.4.2	波动的描述	63
3.5	平面简谐波	64
3.5.1	平面简谐波的波函数	64
3.5.2	波函数的物理意义	65
3.5.3	波的能量	66
3.6	波的衍射和干涉	67
3.6.1	惠更斯原理 波的衍射	67
3.6.2	波的干涉	67
3.7	多普勒效应与超波速现象	70
3.7.1	多普勒效应	70
3.7.2	冲击波	71
3.8	声波	72
3.8.1	声波和声速	72
3.8.2	声压和声强	73
3.8.3	声强级和响度级	74
3.9	超声波和超声诊断	76
3.9.1	超声波及应用原理	76
3.9.2	超声医学诊断	77

第4章 分子动理论 液体的表面现象

4.1	分子动理论的基本概念	82
4.1.1	物质的微观模型	82
4.1.2	宏观描述和微观描述	83
4.1.3	热力学系统 平衡态	83
4.1.4	理想气体的微观模型	84
4.1.5	理想气体的状态方程	84
4.2	理想气体的微观解释	85
4.2.1	理想气体压强的统计意义	85
4.2.2	温度的微观解释	86

4.3	气体分子的速率分布和能量分布	87
4.3.1	麦克斯韦速率分布函数	88
4.3.2	分子的平均自由程和平均碰撞频率	89
4.3.3	玻耳兹曼能量分布	91
4.4	输运过程	91
4.4.1	热传导过程	91
4.4.2	扩散现象	92
4.4.3	透膜输运	92
4.5	液体的表面现象	93
4.5.1	液体的表面张力和表面能	93
4.5.2	弯曲液面的附加压强	96
4.5.3	润湿与不润湿现象	97
4.5.4	毛细现象	98
4.5.5	气体栓塞	99
4.5.6	表面活性物质与表面吸附现象	100

第5章 热力学 熵与生命

5.1	热力学的基本概念	104
5.1.1	准静态过程	104
5.1.2	功	105
5.1.3	热量	105
5.1.4	内能	106
5.2	热力学第一定律	106
5.2.1	热力学第一定律的数学描述	106
5.2.2	热力学第一定律的应用	107
5.2.3	生命系统的能量交换和代谢	111
5.3	循环过程 卡诺循环	112
5.3.1	循环过程及其效率	112
5.3.2	卡诺循环	114
5.4	热力学第二定律	116
5.4.1	热力学第二定律的描述	116
5.4.2	热力学第二定律的统计意义	116
5.4.3	卡诺定理	118
5.5	熵 熵增加原理	118
5.5.1	熵的引入	118

5.5.2	熵增加原理	120
5.5.3	熵和热力学概率	121
5.6	熵与生命	122
5.6.1	生命的热力学基础	122
5.6.2	熵与人口极限	123

第6章 静电学 生物电现象

6.1	电场 电场强度	128
6.1.1	电荷	128
6.1.2	库仑定律	129
6.1.3	电场和电场强度	129
6.1.4	电场强度的计算	130
6.2	高斯定理	131
6.2.1	电场线	131
6.2.2	电通量	132
6.2.3	高斯定理及其应用	133
6.3	静电场的环路定理 电势	135
6.3.1	电场力的功 静电场的环路定理	136
6.3.2	电势能	136
6.3.3	电势 电势差	137
6.3.4	电势的计算	137
6.4	静电场中的电介质	140
6.4.1	电介质	140
6.4.2	电介质的极化 极化强度	140
6.4.3	电介质中的电场	141
6.5	生物电现象	142
6.5.1	生物电的发现	142
6.5.2	生物电产生的原因	143
6.5.3	心电图和脑电图	144

第7章 恒定磁场 生物磁效应

7.1	恒定磁场 磁感应强度	148
7.1.1	磁性的起源	148
7.1.2	磁场 磁感应强度	149

7.2	毕奥-萨伐尔定律	150
7.2.1	毕奥-萨伐尔定律的描述	150
7.2.2	毕奥-萨伐尔定律的应用	151
7.3	磁场中的高斯定理	154
7.3.1	磁感应线	154
7.3.2	磁通量 恒定磁场中的高斯定理	154
7.4	安培环路定理及其应用	155
7.4.1	恒定磁场的安培环路定理	155
7.4.2	安培环路定理的应用	155
7.5	磁场对运动电荷和电流的作用	157
7.5.1	洛伦兹力	157
7.5.2	霍尔效应	158
7.5.3	安培力	159
7.5.4	磁场对载流线圈的作用	160
7.6	磁介质	161
7.6.1	磁介质的分类	161
7.6.2	磁介质的磁化机理	162
7.6.3	有介质存在时的高斯定理和安培环路定理	163
7.7	磁场的生物效应	163
7.7.1	生物磁现象	163
7.7.2	磁场对生物体的作用	164

第 8 章 电磁感应 电磁场和电磁波

8.1	法拉第电磁感应定律	168
8.1.1	电磁感应定律	168
8.1.2	楞次定律	169
8.2	动生电动势 感生电动势	170
8.2.1	动生电动势	170
8.2.2	感生电动势 感生电场	172
8.3	自感 互感 磁场能量	173
8.3.1	自感现象	173
8.3.2	互感现象	174
8.4	位移电流 麦克斯韦方程组	175
8.4.1	位移电流	175

8.4.2	全电流定律	176
8.4.3	麦克斯韦方程组	177
8.5	电磁波及电磁波对生物体的作用	178
8.5.1	赫兹实验	178
8.5.2	电磁波的性质	179
8.5.3	电磁波谱	180
8.5.4	电磁场对生物的作用	183

第9章 波动光学

9.1	光的干涉	186
9.1.1	光的相干性	186
9.1.2	光程	187
9.1.3	杨氏双缝实验	188
9.1.4	薄膜干涉	191
9.2	光的衍射	192
9.2.1	光的衍射现象	192
9.2.2	单缝衍射	193
9.2.3	圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	195
9.2.4	光栅衍射	197
9.3	光的偏振	199
9.3.1	自然光与偏振光	199
9.3.2	起偏器和检偏器 马吕斯定律	200
9.3.3	反射光和折射光的偏振性 布儒斯特定律	202
9.4	光的双折射	203
9.4.1	晶体的双折射现象	203
9.4.2	椭圆偏振光与圆偏振光 波片	205
9.4.3	旋光物质	206

第10章 几何光学 医用光学仪器

10.1	几何光学的基本原理	210
10.1.1	光的直进定律	210
10.1.2	光的反射定律	211
10.1.3	光的折射定律	213

10.1.4	全反射 纤镜	214
10.2	球面折射成像	215
10.2.1	球面折射物像公式	215
10.2.2	光焦度和焦距	217
10.3	薄透镜成像	218
10.3.1	薄透镜的物像公式	218
10.3.2	薄透镜的光焦度和焦距	219
10.3.3	薄透镜成像的作图法	220
10.4	眼睛	222
10.4.1	人眼的结构	222
10.4.2	简约眼	223
10.4.3	眼的调节 视力	224
10.4.4	眼的屈光不正及其矫正	224
10.5	放大镜	227
10.6	显微镜	228
10.6.1	显微镜的成像原理	228
10.6.2	显微镜的分辨本领	229

第 11 章 量子物理 量子生物学基础 231

11.1	黑体辐射和普朗克量子假设	233
11.1.1	热辐射	233
11.1.2	黑体辐射	233
11.1.3	黑体辐射公式	235
11.1.4	普朗克量子假设	236
11.2	光的波粒二象性	236
11.2.1	光电效应	236
11.2.2	爱因斯坦的光量子理论	237
11.2.3	康普顿效应	238
11.3	氢原子光谱和玻尔理论	239
11.3.1	氢原子光谱	239
11.3.2	玻尔的氢原子理论	240
11.4	物质波 不确定关系	242
11.4.1	德布罗意波	242
11.4.2	德布罗意波的实验验证	243
11.4.3	德布罗意波的统计诠释	243

11.4.4	不确定关系	244
11.5	波函数 薛定谔方程	245
11.5.1	波函数	245
11.5.2	薛定谔方程	246
11.5.3	薛定谔方程的应用	247
11.6	量子生物学基础	253
11.6.1	量子生物学的研究方法	253
11.6.2	量子生物学的研究领域	255
11.6.3	量子药理学	257
11.6.4	量子医学	257

第 12 章 原子核物理 核磁共振 259

12.1	原子核的基本性质	261
12.1.1	原子核的组成	261
12.1.2	原子核的质量和大小	262
12.1.3	核素图	262
12.1.4	核的自旋和磁矩	262
12.2	原子核的结合能和核力	264
12.2.1	原子核的结合能	264
12.2.2	核力	265
12.3	原子核的放射性	267
12.3.1	放射性的一般现象	267
12.3.2	原子核的衰变规律 半衰期	269
12.3.3	放射性活度	270
12.4	辐射剂量和辐射防护	271
12.4.1	辐射剂量	271
12.4.2	辐射防护	272
12.5	放射性核素在医学上的应用	273
12.5.1	示踪原理	273
12.5.2	放射诊断和放射治疗	274
12.6	核磁共振	277
12.6.1	核磁共振的基本原理	277
12.6.2	核磁共振波谱仪	279
12.6.3	磁共振成像	280

第 13 章 激光和 X 射线及其医学应用	283
13.1 激光	284
13.1.1 激光产生的原理	285
13.1.2 激光的生物效应	287
13.1.3 激光的医学应用	288
13.1.4 医用激光器简介	289
13.2 X 射线	290
13.2.1 X 射线的产生	290
13.2.2 X 射线的强度和硬度	291
13.2.3 X 射线谱	292
13.2.4 X 射线的吸收	294
13.2.5 X 射线与物质的相互作用	294
13.2.6 X 射线的生物效应	296
13.2.7 X 射线的医学应用	297
 附录 常用物理常量	 301
参考文献	302