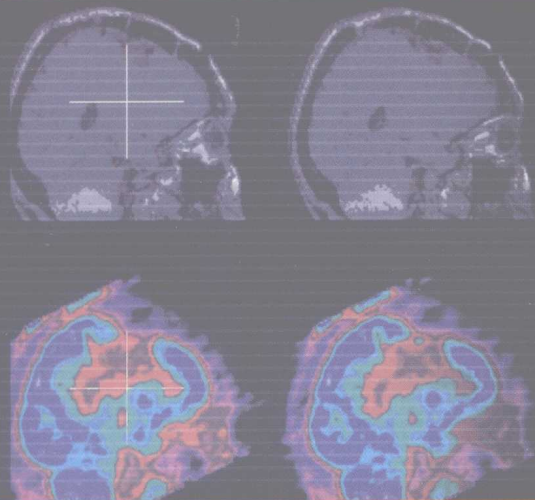




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



医用物理学

(第二版)

■ 梁路光 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

医用物理学

(第二版)

梁路光 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是教育科学“十五”国家规划课题研究成果及普通高等教育“十一五”国家级规划教材。作者立足中国医药类专业大学物理的教学现状,合理地组织教学内容,力求在一个比较完整的物理体系下,尽可能地与医学实践相结合的方式进行编写,以使医药类专业的大学生通过学习物理学初步了解最基本的科学知识、科学方法,以提高自身的科学能力、科学意识、科学品质,并使学生们看到物理学与他们的生活和将要投入的生命类专业工作之间的密切联系,激发学习热情,从而提高学习效果。

本书共计 16 章,可作为高等院校医药类专业 48~108 学时大学物理课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学/梁路光主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2009. 1

ISBN 978-7-04-024868-5

I. 医… II. 梁… 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(2008)第176379号

策划编辑 郭亚螺 责任编辑 王文颖 封面设计 王凌波 责任绘图 郝林
版式设计 陆瑞红 责任校对 刘莉 责任印制 尤静

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 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 潮河印业有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 27
字 数 470 000

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>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004年1月第1版
2009年1月第2版
印 次 2009年1月第1次印刷
定 价 29.90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 24868-00

第二版前言

20 世纪末,中国的高等学校体制发生了重大变化,从“精英式教育”跨入了“大众化教育”的新时代,同时,“应试教育”模式向“素质教育”的转化也在我国大规模地推广开来。在这种教育新形势下,如何使大学生了解现代高科技、掌握科学的思维方法、培养科学素养,大学物理课有着不可缺少、无法取代的作用。

教材的编写背景

在本教材的编写和修改期间,编者张铁强教授和梁路光教授有幸参与了教育部高等学校物理基础课程教学指导分委员会制订《理工科类大学物理课程教学基本要求》和全国高等教育研究中心制订《医药类专业大学物理课程教学基本要求》的工作。努力将最新的教学要求贯穿到教材中去,使之成为完善教材的主要宗旨。

该教材是教育科学“十五”国家规划课题子课题“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”、高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会教学研究项目“在多校区综合性大学中实施和完善教学基本要求的研究”、吉林省教育厅教学改革项目“公共物理系列课程教学改革与教材建设的研究与实践”、“医学七年制公共基础课课程体系 and 内容的综合改革与实践”的研究成果,此成果曾荣获吉林大学 2004 年教学成果二等奖、优秀教材奖。该教材受到校、省及国家三级教研项目的支持,具有浑厚的教学研究基础。

教材的特色

(1) 站在医学专业的角度系统地传授大学物理的基本规律。鉴于我国医药类专业学生普遍存在对物理课畏难的学习态度,该教材利用医学专业特点编写了大学物理学的基本内容,以便提高医学生的学习兴趣 and 效果。全书有七章(占全书的 44%)以特殊医学问题的提出 and 解决向同学们介绍大学物理学的基本思想、基本规律 and 基本方法,如:通过第二章“骨的力学性质”介绍物体的弹性力学规律;通过第三章“血液的流动”介绍流体力学的规

律;通过第五章“超声诊断仪的物理原理”介绍波动的规律;通过第十一章“眼睛的屈光”介绍几何光学的规律;通过第十四章“激光在生物医学中的应用”介绍激光的产生及发展规律;通过第十五章“核磁共振成像原理”介绍原子物理学的基本规律;通过第十六章“X射线成像的物理基础”介绍X射线和相关知识。这样不仅提高了学生的学习兴趣,也借此培养医学生理论联系实际的能力,使他们初步树立学科应用意识,明确教育目标,在为后续医学课程奠定基础的同时,加强物理思想、方法与医学有机融合的力度。全书以分析举例、习题思考、医学链接等形式体现,使之形成前后呼应、流畅和谐的有机整体。

(2) 加大近代物理学内容的比例,以适应新的教学要求。进入21世纪,医学与生命科学的迅速腾飞热切呼唤数理基础的交叉与融合。不论是基因组技术到蛋白质框架,还是干细胞学说脑功能研究,都比任何时候还需要物理学理论与技术的支撑,为了适应现代科学的需要,新修订的《医药类专业大学物理课程教学基本要求》中明确要求应在大学物理课里向学生讲授量子物理、狭义相对论等近代物理学知识,各个医学院校物理课也在逐步改变过去不讲授量子物理、狭义相对论的习惯,医用物理学正在朝着适应现代教育形势的方向发展。因此本教材加大了近代物理教学内容的比重:系统介绍了狭义相对论、量子力学基础、激光的原理、现代医学三大成像技术(X射线成像X-CT,超声成像USI,核磁共振成像MRI),并努力实现经典物理内容的现代化,建立一个完整的、面向现代社会的医药类专业大学物理课程内容的教学体系。

(3) 篇幅适度,适用于少学时授课。本书突出了实用性和可读性,坚持“教材应适应教学,而非教学适应教材”的原则,书中内容尽量做到行文简洁,重点突出,内容覆盖丰富,但字数并不算多,避免了书越出越厚,内容越写越杂,课却越讲越少的倾向;努力调整内容结构,注重物理学框架的完整,对物理学基础理论的介绍更贴近理工科教材,并注意在应用时与医学的衔接,使各章节的分配更科学合理,克服以往教学因学时数的限制,侧重医学教育的表面需求,而在物理学教学结构上常出现的课时过多或不够的状况。本书适合医药类专业的少学时大学物理课使用。

教材的辅助资源

- (1) 由高等教育出版社高等教育电子出版社出版的电子教案;
- (2) 由吉林大学远程教育学院组织管理、梁路光教授主讲的网络课程“医用物理学”;
- (3) 由吉林大学公共物理教学与研究中心组织管理的网络资源库:动

画、演示实验视频、物理学史与物理学家、历届期末考试题与解答等；

(4) 习题的详细解答(待出版)；

(5) 学生用活页作业。

第二版改动情况

整体篇幅有所减少。删去的内容有：一维弦上不同密度连接点的超声波振幅反射与透射系数、声束的聚焦、氢原子问题的量子力学处理、电子自旋与原子的电子壳层结构、中英文名词对照(附录)等。增加的内容有：非线性振动、热辐射的医学应用、一维谐振子、一维势垒、扫描隧道显微镜、激光冷却及光镊技术、部分数学公式(附录)等内容。

版面设计更加人性化。参照基本要求，将书中的重点公式加灰底，以引起学生的注意力；每页外切口增宽了空白区，便于学生在此记录听课及学习笔记。

鸣谢

衷心感谢为本教材的编写付出辛勤工作的：吉林大学的梁路光教授(编写第一、三、九、十一、十二、十六章)，赵大源教授(编写第二、四、七、八、十五章)，张铁强教授(编写第十四章)，刘嘉宜教授(编写第六章)，张里荃(编写第十章)；中国医科大学的洪洋教授(编写第五章)；徐州医学院的王阿明教授(编写第十三章)。

本教材作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，得到了吉林大学教务处和高等教育出版社高等理工出版中心的鼎力支持，在此一并感谢！

梁路光(E-mail:lianglg@jlu.edu.cn)

2008年于吉林大学

目 录

第一章 刚体的定轴转动	1
§ 1.1 角量和线量	1
1.1.1 刚体的定轴转动	1
1.1.2 角量	1
1.1.3 角量与线量的关系	4
§ 1.2 转动定律 转动惯量	4
1.2.1 转动力矩	4
1.2.2 转动定律	5
1.2.3 转动惯量	7
1.2.4 转动动能	10
1.2.5 力矩的功	10
§ 1.3 角动量 角动量守恒定律	11
1.3.1 角动量	11
1.3.2 冲量矩	11
1.3.3 角动量定理	11
1.3.4 角动量守恒定律	12
§ 1.4 旋进	12
习题一	13
第二章 物体的弹性 骨的力学性质	18
§ 2.1 应力和应变	18
2.1.1 应力	18
2.1.2 应变	19
§ 2.2 弹性模量	20
2.2.1 弹性与塑性	20
2.2.2 弹性模量	21
§ 2.3 形变势能	23
§ 2.4 骨的力学性质	24
2.4.1 骨的受力	24
2.4.2 骨的力学特性	26

习题二	28
第三章 血液的流动	30
§ 3.1 理想流体的定常流动	30
3.1.1 基本概念	30
3.1.2 连续性方程	32
3.1.3 伯努利方程	32
3.1.4 方程的应用	34
§ 3.2 血液的层流	38
3.2.1 基本概念	38
3.2.2 连续性方程 人体内血流速度分布	41
3.2.3 伯努利方程 心脏做功	42
3.2.4 泊肃叶定律 外周阻力	45
3.2.5 斯托克斯黏性公式 血沉	48
习题三	49
第四章 振动与波动	53
§ 4.1 简谐振动	53
4.1.1 简谐振动方程	54
4.1.2 描述简谐振动的特征量	55
4.1.3 初始条件	57
4.1.4 简谐振动的旋转矢量表示法	57
4.1.5 简谐振动的能量	59
§ 4.2 简谐振动的叠加	60
4.2.1 同方向、同频率的两个简谐振动的 合成	60
4.2.2 同方向、不同频率的两个简谐振动的 合成 拍	62
4.2.3 两个互相垂直的简谐振动的合成	64
§ 4.3 振动的分解 频谱分析	67
§ 4.4 阻尼振动 受迫振动 共振	68
4.4.1 阻尼振动	68
4.4.2 受迫振动	70
4.4.3 共振	71
4.4.4 非线性振动	71
§ 4.5 波动方程	72
4.5.1 波的产生和传播	72

4.5.2	横波和纵波	72
4.5.3	波面与波线	73
4.5.4	波的周期、频率和波长	73
4.5.5	平面简谐波	74
§ 4.6	波的能量 能流密度	78
4.6.1	波的能量	78
4.6.2	波的能流密度	80
4.6.3	波的强度与距离的关系	81
4.6.4	介质对波能量的吸收	81
§ 4.7	波的干涉	82
4.7.1	波的叠加原理	82
4.7.2	波的干涉	82
4.7.3	驻波	84
	习题四	87
第五章	超声波 超声诊断仪的物理原理	93
§ 5.1	声波	93
5.1.1	声波的基本性质	93
5.1.2	声强级 听觉区域 响度级	94
5.1.3	声波的多普勒效应	96
§ 5.2	超声波的基本性质及数学表述	99
5.2.1	超声波的动力学方程	100
5.2.2	超声波的速度	100
5.2.3	声压与声压方程	100
5.2.4	声特性阻抗	102
§ 5.3	超声在介质中的传播规律	103
5.3.1	反射与透射	104
5.3.2	衍射与散射	107
5.3.3	声束通过介质薄层	108
§ 5.4	超声在介质中的衰减规律	109
5.4.1	超声在介质中的衰减特征	109
5.4.2	超声在介质中的吸收衰减规律	110
5.4.3	测量介质吸收超声的参数	111
5.4.4	超声与物质的相互作用	113
§ 5.5	超声的产生及声场基本特征	114
5.5.1	超声探头	114
5.5.2	超声束的形状	115

§ 5.6 超声诊断仪的物理原理	117
5.6.1 A型超声	118
5.6.2 M型超声	118
5.6.3 B型超声	119
5.6.4 D型超声	121
5.6.5 彩超	124
习题五	126
第六章 狭义相对论	129
§ 6.1 伽利略变换和经典力学时空观	129
6.1.1 伽利略相对性原理	129
6.1.2 伽利略变换	130
6.1.3 经典力学的时空观	131
§ 6.2 狭义相对论的基本假设 洛伦兹 变换	131
6.2.1 迈克耳孙-莫雷实验	131
6.2.2 狭义相对论的基本假设	132
6.2.3 洛伦兹变换	133
§ 6.3 狭义相对论的时空观	134
6.3.1 同时的相对性	134
6.3.2 时间延缓	135
6.3.3 长度收缩	135
§ 6.4 狭义相对论动力学	137
6.4.1 相对论动量、质量、质点动力学基本 方程	137
6.4.2 相对论动能	138
6.4.3 质能关系式	139
6.4.4 能量和动量的关系	140
习题六	141
第七章 液体的表面性质	143
§ 7.1 液体的表面张力和表面能	143
7.1.1 表面张力	143
7.1.2 表面能	145
7.1.3 液体表面层中的分子力作用	145
§ 7.2 弯曲液面的附加压强	147
7.2.1 附加压强	147

7.2.2 肺泡中的表面活性物质	150
§ 7.3 液体与固体接触处的表面现象 毛细现象	151
7.3.1 液体与固体接触处的表面现象	151
7.3.2 毛细现象	152
7.3.3 气体栓塞	153
习题七	154
第八章 静电学	156
§ 8.1 电场 电场强度	156
8.1.1 库仑定律	156
8.1.2 电场和电场强度	157
8.1.3 电场强度的计算	157
§ 8.2 高斯定理及其应用	162
8.2.1 电场线 电场强度通量	162
8.2.2 高斯定理	163
8.2.3 高斯定理的应用	166
§ 8.3 电场力做功 电势	168
8.3.1 电场力做功	168
8.3.2 电势能 电势	170
8.3.3 等势面 电场强度与电势的关系	173
§ 8.4 电偶极子 电偶层 心电	175
8.4.1 电偶极子	175
8.4.2 电偶层	176
8.4.3 心电向量和心电向量环	178
8.4.4 体表心电的形成	179
§ 8.5 静电场中的电介质	180
8.5.1 电介质及其极化	180
8.5.2 电介质中的场强	183
§ 8.6 电容 电场的能量	185
8.6.1 电容	185
8.6.2 带电系统的能量	186
8.6.3 静电场的能量	186
习题八	188
第九章 电流的磁场	192
§ 9.1 磁感应强度 磁通量	192

9.1.1	磁感应强度	192
9.1.2	磁感应线 磁通量和磁场中的高斯定理	193
§ 9.2	毕奥-萨伐尔定律及其应用	194
9.2.1	毕奥-萨伐尔定律	194
9.2.2	毕奥-萨伐尔定律的应用	195
§ 9.3	安培环路定律及其应用	198
9.3.1	安培环路定律	198
9.3.2	安培环路定律的应用	199
§ 9.4	磁场对电流的作用	201
9.4.1	磁场对运动电荷的作用	201
9.4.2	磁场对电流的作用	203
§ 9.5	生物磁场和磁场的生物效应	207
9.5.1	生物磁场	207
9.5.2	磁场的生物效应	209
	习题九	209
第十章 恒定电流		213
§ 10.1	欧姆定律的微分形式	213
10.1.1	电流 电流密度	213
10.1.2	欧姆定律的微分形式	215
§ 10.2	电动势 生物膜电位	216
10.2.1	电动势	216
10.2.2	细胞跨膜电位	218
§ 10.3	直流电路	220
10.3.1	闭合电路的欧姆定律	220
10.3.2	基尔霍夫定律	220
§ 10.4	电容器的充放电过程	223
10.4.1	充电过程	223
10.4.2	放电过程	225
§ 10.5	电流对人体的作用	225
10.5.1	直流电对人体的作用	226
10.5.2	低频交流电流对人体的作用	228
10.5.3	中频、高频交流电流对人体的作用	228
	习题十	230
第十一章 眼睛的屈光		232

§ 11.1 眼睛的屈光系统	232
11.1.1 眼睛的生理结构	232
11.1.2 示意眼	233
11.1.3 简化眼	233
§ 11.2 球面的屈光	234
11.2.1 单球面	234
11.2.2 共轴多球面	237
§ 11.3 透镜的屈光	240
11.3.1 薄透镜	241
11.3.2 薄透镜的组合	244
11.3.3 圆柱透镜	245
11.3.4 透镜的像差	245
§ 11.4 眼睛的屈光不正及其物理矫正	247
11.4.1 近视眼	248
11.4.2 远视眼	249
11.4.3 老花眼	250
11.4.4 散光眼	251
习题十一	251

第十二章 波动光学 255

§ 12.1 光的干涉	255
12.1.1 光波 光的相干性	255
12.1.2 双缝干涉	256
12.1.3 光程和光程差	260
12.1.4 薄膜干涉	261
12.1.5 劈形空气隙干涉	264
12.1.6 迈克耳孙干涉仪	265
§ 12.2 光的衍射	266
12.2.1 惠更斯-菲涅耳原理	266
12.2.2 夫琅禾费单缝衍射	267
12.2.3 夫琅禾费圆孔衍射	271
12.2.4 光栅的衍射	273
§ 12.3 光的偏振	277
12.3.1 自然光与偏振光	277
12.3.2 起偏与检偏	278
12.3.3 马吕斯定律	280
12.3.4 旋光现象	281

习题十二	283
------------	-----

第十三章 量子力学基础

§ 13.1 热辐射 普朗克的量子假设	287
13.1.1 热辐射	287
13.1.2 黑体辐射实验规律	289
13.1.3 普朗克量子假设	290
13.1.4 热辐射的医学应用	291
§ 13.2 光电效应 爱因斯坦的光子假说	292
13.2.1 光电效应实验规律	292
13.2.2 爱因斯坦光子假说	293
13.2.3 光的波粒二象性	294
13.2.4 光电效应的应用	294
§ 13.3 康普顿效应	295
13.3.1 康普顿效应的实验规律	295
13.3.2 康普顿效应的光子理论解释	296
§ 13.4 玻尔的氢原子理论	297
13.4.1 氢原子光谱	297
13.4.2 玻尔的氢原子理论	299
§ 13.5 微观粒子的波动性	302
13.5.1 德布罗意物质波假设	302
13.5.2 物质波实验验证	303
13.5.3 不确定关系	305
§ 13.6 波函数 薛定谔方程	307
13.6.1 波函数及其统计解释	307
13.6.2 薛定谔方程	309
13.6.3 一维无限深势阱中的粒子	310
13.6.4 一维谐振子	312
13.6.5 一维势垒	313
习题十三	315

第十四章 激光及其在生物医学中的应用

§ 14.1 激光基本原理	319
14.1.1 光与物质的相互作用理论	319
14.1.2 粒子数反转原理	320
14.1.3 光学谐振腔	322
14.1.4 激励装置	325

§ 14.2	激光主要参数与特性	326
14.2.1	激光主要参数	326
14.2.2	激光的特点	327
14.2.3	典型激光器	330
§ 14.3	激光生物效应与技术	332
14.3.1	激光生物效应	332
14.3.2	激光生物技术	336
§ 14.4	激光在临床医学中的应用	341
14.4.1	激光诊断方法	341
14.4.2	激光治疗方法	343
14.4.3	激光的其他临床应用	349
	习题十四	349
第十五章	原子核物理 核磁共振成像原理	351
§ 15.1	原子核的性质	351
15.1.1	原子核的组成	351
15.1.2	质量亏损和结合能	352
15.1.3	核力	353
§ 15.2	放射性核素的衰变	355
15.2.1	α 衰变	355
15.2.2	β 衰变和电子俘获	355
15.2.3	γ 衰变和内转换	356
§ 15.3	放射性核素的衰变规律	357
15.3.1	核衰变定律	357
15.3.2	半衰期和平均寿命	358
15.3.3	放射性活度	360
§ 15.4	射线与物质的相互作用	361
15.4.1	带电粒子与物质的相互作用	361
15.4.2	光子与物质的相互作用	364
15.4.3	中子与物质的相互作用	364
§ 15.5	射线的剂量和防护	365
15.5.1	射线的剂量	365
15.5.2	射线的防护	366
§ 15.6	放射性核素在医学上的应用	367
15.6.1	治疗方面	367
15.6.2	示踪原子	368
§ 15.7	核磁共振成像原理	369

15.7.1	核磁共振的基本原理	369
15.7.2	核磁共振的宏观描述	373
15.7.3	磁共振成像	377
15.7.4	人体的磁共振成像	380
15.7.5	磁共振成像的医学诊断依据	382
15.7.6	磁共振成像的特点及现状	384
	习题十五	385
第十六章 X 射线成像的物理基础		387
§ 16.1	X 射线的产生及其基本性质	387
16.1.1	X 射线的产生	387
16.1.2	X 射线的基本性质	388
16.1.3	X 射线的强度和硬度	389
§ 16.2	X 射线衍射 X 射线谱	390
16.2.1	X 射线衍射	390
16.2.2	X 射线谱	391
§ 16.3	X 射线的吸收	394
16.3.1	线性吸收系数及质量吸收系数	394
16.3.2	半价层	395
16.3.3	质量吸收系数与波长的关系	395
§ 16.4	X 射线成像	396
16.4.1	常规 X 射线投影成像	396
16.4.2	X 射线电子计算机断层成像	397
	习题十六	402
附录 A 常用基本物理常量(2006 年推荐值)		404
附录 B 部分数学公式		405
附录 C 希腊字母表		409
附录 D 三种坐标系中的线元、面元和体积元		410
附录 E 两个矢量的标积和矢积		411
参考文献		413

第一章

刚体的定轴转动

在力学中,一般情况下一个物体的运动包含着平动、转动、振动等基本运动形式.在高中物理的学习期间,主要是将物体简化为质点,来研究物体平动的运动规律.本章介绍将物体简化为另一理想化模型——刚体,即在任何情况下其大小和形状都不变化的物体.其主要内容有:刚体做定轴转动时的转动定律、转动惯量、角动量、角动量守恒定律、旋进等.

§ 1.1 角量和线量

1.1.1 刚体的定轴转动

观察门或表针的运动,把它们作为刚体研究,我们会发现,在这类刚体的运动过程中,某一直线上的点相对固定参考系保持不动;其他各点都以该直线上的相应点为圆心,在垂直于该直线的平面内做半径大小不同的圆周运动,这条直线称为转轴,这种运动称为刚体的定轴转动.

1.1.2 角量

描述刚体定轴转动的基本物理量,即角量有以下三个.

(1) 角位移 $\Delta\theta$

如图 1-1,在刚体上取一点 P ,过 P 点作 OP 垂直于转轴,当刚体绕通过 O 点的定轴转动时,刚体中的 P 点以 OP 为半径绕转轴做圆周运动.在 Δt 时间内, P 点转过 $\Delta\theta$ 角度到达 P' 点.显然,刚体上其他各点在相同的 Δt