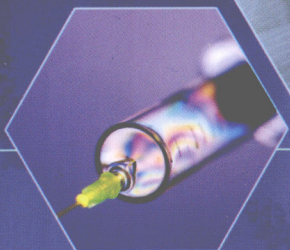




教育科学“十五”国家规划课题研究成果

医用物理学

陈仲本 况明星 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

医用物理学

陈仲本 况明星 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“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”的研究成果。本书在内容的选取和编写方法上与传统的“医用物理学”教材有较大的区别,在注重保持物理学的基本理论体系的同时,照顾到医学专业学生的知识结构,将医学内容与对应的物理学理论和方法相结合。这种处理方式可以使物理学与医学的结合在形式上更具体,内容上更充实。

本书共分十五章,基本覆盖了医学各专业所需要的物理学基本知识及其在医学中的主要应用。该书不仅可作为基础、临床、预防、口腔、影像、法医、麻醉、护理等医学类专业的物理学教材,还可作为长学制医学专业学生、研究生、教师的教学和科研参考书。

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学/陈仲本,况明星主编. —北京:高等教育出版社,2005.6

ISBN 7-04-016623-2

I. 医... II. ①陈... ②况... 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 046359 号

策划编辑 庞永江 责任编辑 张冰峰 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静
版式设计 范晓红 责任校对 金 辉 责任印制 韩 刚

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京原创阳光印业有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×960 1/16	版 次	2005年6月第1版
印 张	27.75	印 次	2005年6月第1次印刷
字 数	500000	定 价	28.90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 16623-00

前 言

本书是根据全国高等学校教学研究中心“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”课题研究而编写的,它是教育科学“十五”国家规划课题研究成果。长期以来,针对医学院校如何为本科学生开设物理课程,是以“大学物理学”的教学体系为主,加强物理学的基本知识、基本理论和基本技能,还是在掌握一定的物理学基本知识、基本理论和基本技能的前提下,增加一些物理学在医学中的应用,不同的教材有不同的观点。我们根据多年来在教学第一线的教学实践和教学改革的体会,认为后一种观点更适合当前现代医学教育对学生的培养要求。在参照2004年9月制定的《医药类专业大学物理课程教学基本要求》的基础上,本教材注重物理学与医学的结合,把学生掌握的物理学知识融进医学应用之中,成为一个两者密切关联的“医用物理学”知识体系。

本书在内容的选取和编写方法上与传统的“医用物理学”教材有较大的区别,在注重保持物理学的基本理论体系的同时,照顾到低年级学生的知识结构,将人体静力学、血流动力学、人体的热平衡、心电图的电学原理、电流对人体的作用、人耳的听觉特性、超声成像、眼的光学系统、医用光学仪器、光谱、激光、X射线、数字减影、X-CT成像、放射治疗、放射性核素成像、磁共振成像等内容与对应的物理学理论和方法相结合。这种处理方式可以使物理学与医学的结合在形式上更具体,内容上更充实,从实质上提高课程的教学质量,让学生在规定的授课学时内掌握和了解医学专业所需的物理学知识。另外,书中还用小字介绍了一些扩展性的内容,以开拓学生的视野。多年的教学实践证明,物理学与医学紧密结合,教学内容针对性强,可以激发学生学习物理学的兴趣,较好地解决“医学专业学生为什么要学物理学”的问题,消除部分学生“医学专业学生学习物理学没用”的错误想法,使他们真正认识到物理学在现代医学中所起的作用,认识到物理学是学习医学不可缺少的基础课程。

本书共分十五章,基本覆盖了医学各专业所需要的物理学基本知识及其在

II 前言

医学中的主要应用。本书编写分工为：中山大学中山医学院陈仲本编写第八、九章，徐生辉编写第三章，贺奇才编写第四章；南昌大学医学院况明星、崔超英编写绪论，第一、七、十二章，以及附录；广东医学院吴祖明编写第十、十一章，陈英华编写第二章；广州医学院黄大同编写第十三、十四、十五章；福建医科大学王志红编写第五、六章。该书不仅可作为基础、临床、预防、口腔、影像、法医、麻醉、护理等医学类专业的物理学教材，还可作为长学制医学专业学生、研究生、教师的教学和科研参考书。

在本书的编写过程中，编者之间进行了交叉审稿并反复修改，最后由陈仲本统一整理、定稿。编写期间，还得到了高等教育出版社各位编辑的大力支持和热情指导。在构思本教材的编写内容时，北京大学医学部喀蔚波教授提供了宝贵的参考意见，在此一并表示感谢。本书的编写是教学与教材研究的又一尝试，旨在抛砖引玉。由于编者水平所限，书中难免有错漏之处，恳请读者赐正。

编 者

2005年1月

目 录

绪论	1
第一章 生物力学基础	4
1-1 刚体的定轴转动	4
一、角量与线量的关系	4
二、转动动能和转动惯量	6
三、力矩和转动定律	8
四、刚体的角动量	9
1-2 应变 应力 弹性模量	11
一、正应变和正应力	11
二、切应变和切应力	12
三、体应变和体压强	13
1-3 人体生物材料的力学性质	14
一、骨的力学性质	14
二、肌肉的力学性质	16
三、血管壁的力学性质	17
1-4 作用在骨骼上的力	18
一、物体平衡的力学条件	18
二、作用在踝关节的力	21
三、作用在髋关节的力	22
四、作用在脊柱上的力	24
习题一	26
第二章 流体的运动	29
2-1 理想流体的流动	29
一、理想流体 定常流动	29
二、连续性原理	30
三、伯努利方程	31

四、伯努利方程的应用	33
2-2 实际流体的流动	35
一、牛顿粘滞定律 血液的粘度	35
二、层流 湍流 雷诺数	38
三、粘性流体的伯努利方程	39
四、泊肃叶定律 总外周阻力	41
五、斯托克斯定律	43
2-3 血液的流动	45
一、血液循环的物理模型	45
二、循环系统中的血流速度	46
三、血细胞的轴向集中	47
2-4 血压和心脏做功	48
一、循环系统中的血压分布	48
二、血压的测量原理	49
三、心脏做功	51
习题二	53
第三章 分子动理论	55
3-1 物质的微观结构	55
一、热运动 分子力	55
二、理想气体的微观模型	56
3-2 气体的运动	57
一、气体的物态方程	57
二、理想气体的压强公式	59
三、理想气体的能量公式	61
四、混合气体内的分压强	62
3-3 热平衡态的统计分布	64
一、麦克斯韦速率分布定律	64
二、玻耳兹曼能量分布定律	66
三、气体的溶解 高压氧疗	67
3-4 液体的表面现象	69
一、表面张力 表面能	69
二、弯曲液面下的附加压强	71
三、毛细现象 气体栓塞	73
四、肺泡的吸气和稳定	76
习题三	77
第四章 热力学基础	79

4-1	热力学的一些基本概念	79
	一、热力学系统及其基本描述	79
	二、内能 功和热	80
4-2	热力学第一定律	82
	一、热力学第一定律	82
	二、热力学第一定律的应用	83
	三、循环过程 热机和制冷机	87
	四、人体的能量交换	91
	五、体温的恒定和控制	92
4-3	热力学第二定律	94
	一、热力学第二定律	94
	二、可逆过程与不可逆过程	95
	三、热力学第二定律的统计意义	96
4-4	熵和熵增加原理	97
	一、熵的概念	97
	二、熵增加原理	98
	三、人体中的熵变问题	99
	习题四	99
第五章	静电场	102
5-1	电场强度和高斯定理	102
	一、电场强度	102
	二、场强的叠加原理	103
	三、电场线和电通量	104
	四、高斯定理及其应用	106
5-2	电势	108
	一、静电场力作功	108
	二、电势 电势差	109
	三、场强与电势的关系	111
	四、电偶极子电场的电势	112
	五、电偶层电场的电势	114
5-3	静电场中的电介质	116
	一、电介质的极化	116
	二、电介质中的电场强度	117
	三、电容器 静电场的能量	118
5-4	细胞膜电位	120
	一、能斯特方程	120

二、细胞静息电位	122
5-5 心电图和心向量图的电学原理	123
一、心电的产生和心电偶	123
二、空间心电向量环及其投影	124
三、心电图机和心电导联	126
四、心电图与心向量图的关系	128
习题五	130
第六章 磁场	133
6-1 磁场和磁感应强度	133
一、磁场力和磁感应强度	133
二、磁感应线和磁通量	134
三、毕奥-萨伐尔定律	135
四、几种电流的磁场	135
五、安培环路定理	139
6-2 磁场对运动电荷和电流的作用	140
一、带电粒子在磁场中的运动 磁聚焦	140
二、质谱仪	142
三、霍尔效应	143
四、电磁流量计 电磁泵	144
五、磁场对电流的作用	146
6-3 磁介质和超导体	148
一、物质的磁性和磁化	149
二、超导体及其抗磁性	150
三、超导磁体	151
6-4 电磁感应	152
一、电磁感应定律	152
二、感生电动势 涡旋电场	154
三、自感现象	155
6-5 生物磁现象	156
一、人体生物磁场	156
二、磁场的生物效应	157
习题六	158
第七章 电流与电路	161
7-1 电流密度	161
一、电流 电流密度	161
二、欧姆定律的微分形式	164

	三、电解质的导电	165
	四、电泳	166
7-2	电路的基本定律	167
	一、含源电路的欧姆定律	167
	二、基尔霍夫电路定律	169
	三、桥式应变片压力转换电路	170
7-3	电容器的充放电	172
	一、电容器的充电过程	172
	二、电容器的放电过程	173
	三、心脏除颤器	174
7-4	示波器	176
	一、示波管的结构和作用	176
	二、示波原理	179
	三、示波器的基本组成	181
	四、心电示波器	181
7-5	电流对人体的作用	182
	一、人体的导电特性	182
	二、直流电对人体的作用	184
	三、低频电的作用 心脏起搏器	184
	四、高频电疗和电刀	186
	五、人体的触电问题	187
	习题七	188
第八章	振动和波	192
8-1	振动	192
	一、简谐振动方程	192
	二、简谐振动方程的建立	194
	三、简谐振动的旋转矢量图示法	194
	四、简谐振动的能量	195
	五、阻尼振动 受迫振动 共振	196
8-2	振动的合成和分解	198
	一、同方向同频率简谐振动的合成	198
	二、同方向不同频率简谐振动的合成 拍	199
	三、复杂振动的分解	200
8-3	简谐波	202
	一、波的产生和传播	202
	二、惠更斯原理	203

8-3	三、波动方程	204
8-3	四、波的能量和强度	206
8-3	五、波的衰减	207
8-4	8-4 波的干涉	208
8-4	一、波的叠加原理	208
8-4	二、波的干涉	209
8-4	三、驻波	210
8-4	习题八	212
	第九章 声和超声	215
9-1	9-1 声波	215
9-1	一、声波的速度	215
9-1	二、声压和声阻抗	216
9-1	三、声强和声强反射系数	217
9-1	四、多普勒效应	218
9-2	9-2 声学在医学中的应用	222
9-2	一、人耳的听觉区域	222
9-2	二、声强级和响度级	223
9-2	三、体外冲击波碎石	224
9-3	9-3 超声波	225
9-3	一、超声波的性质	225
9-3	二、超声波对物质的作用 超声刀	226
9-3	三、超声波的产生和接收	227
9-4	9-4 常用超声诊断仪	228
9-4	一、A型超声诊断仪	228
9-4	二、B型超声切面显像仪	229
9-4	三、M型超声心动图仪	232
9-5	9-5 超声多普勒诊断仪	233
9-5	一、超声多普勒血流频谱分析	233
9-5	二、超声多普勒血流仪	235
9-5	三、彩色多普勒血流显像仪	237
9-5	习题九	239
	第十章 波动光学	241
10-1	10-1 光的干涉	241
10-1	一、光波 光的相干性	241
10-1	二、杨氏双缝干涉实验	242
10-1	三、光程和光程差	244

	四、薄膜干涉	246
10-2	光的衍射	247
	一、单缝衍射	247
	二、圆孔衍射	250
	三、衍射光栅	252
10-3	光的偏振	253
	一、自然光和偏振光	253
	二、起偏和检偏 马吕斯定律	254
	三、双折射现象 二向色性	256
	四、旋光性 糖量计	258
10-4	光的吸收	259
	一、朗伯-比尔定律	259
	二、比色分析法原理	260
	习题十	262
第十一章	几何光学	265
11-1	球面折射	265
	一、折射定律	265
	二、单球面折射	266
	三、共轴球面系统	267
11-2	透镜成像	268
	一、薄透镜成像	268
	二、薄透镜的组合	271
	三、共轴球面系统的三对基点	273
	四、透镜的像差	276
11-3	眼的光学系统	277
	一、眼的结构和光学性质	277
	二、眼的分辨本领和视力	279
	三、眼的色觉 色盲	280
11-4	非正视眼的矫正	281
	一、近视眼	281
	二、远视眼	282
	三、散光眼	283
11-5	医用光学仪器	285
	一、放大镜 角放大率	285
	二、光学显微镜	286
	三、几种特殊光学显微镜简介	290

	四、检眼镜·····	292
	五、光导纤维内窥镜·····	292
	习题十一·····	293
第十二章	量子力学基础 ·····	297
	12-1 黑体辐射·····	297
	一、黑体辐射定律·····	297
	二、普朗克的量子假设·····	299
	12-2 光的量子性·····	300
	一、光电效应的实验规律·····	300
	二、爱因斯坦的光子假设·····	301
	三、光的波粒二象性·····	302
	四、康普顿效应·····	304
	12-3 类氢原子的玻尔理论·····	305
	一、氢原子光谱的规律性·····	305
	二、玻尔的假设及其推论·····	305
	12-4 实物粒子的波动性·····	308
	一、德布罗意的假设·····	308
	二、德布罗意波的实验证明·····	309
	三、电子显微镜·····	310
	四、波函数的物理意义·····	311
	五、不确定关系·····	312
	12-5 薛定谔方程·····	314
	一、薛定谔方程的建立·····	314
	二、一维势阱中的粒子·····	315
	三、隧道效应 扫描隧道显微镜·····	317
	四、四个量子数·····	319
	五、定态波函数和概率分布·····	321
	习题十二·····	323
第十三章	光谱、激光和 X 射线 ·····	326
	13-1 光谱·····	326
	一、原子光谱·····	326
	二、分子光谱·····	327
	三、拉曼散射光谱·····	329
	13-2 激光·····	330
	一、激光的特点·····	331
	二、激光的发射原理·····	331

	三、医学上常用的激光器·····	333
	四、激光的医学应用·····	335
13-3	X 射线·····	337
	一、X 射线的基本性质·····	337
	二、X 射线的衍射·····	338
	三、X 射线的产生·····	339
	四、X 射线的强度和硬度·····	341
	五、X 射线谱·····	342
	六、物质对 X 射线的吸收规律·····	345
13-4	X 射线的医学应用·····	347
	一、X 射线摄影和透视·····	347
	二、数字减影血管造影·····	350
	三、X 射线 CT·····	351
	四、X 射线治疗·····	357
	习题十三·····	358
第十四章	原子核与放射性 ·····	360
14-1	原子核的结构和性质·····	360
	一、原子核的组成·····	360
	二、原子核的性质·····	361
	三、放射性核素和同位素·····	362
	四、结合能 原子核的稳定性·····	362
14-2	原子核的放射性衰变·····	364
	一、 α 衰变·····	365
	二、 β 衰变和电子俘获·····	365
	三、 γ 衰变和内转换·····	368
14-3	核衰变的规律·····	369
	一、指数衰变定律·····	369
	二、半衰期和平均寿命·····	369
	三、放射性活度·····	371
	四、放射平衡·····	372
14-4	射线与物质的相互作用·····	373
	一、带电粒子与物质的相互作用·····	374
	二、光子与物质的相互作用·····	375
	三、中子与物质的相互作用·····	376
14-5	射线的探测、剂量与防护·····	377
	一、射线的探测·····	377

	二、射线的剂量·····	380
	三、放射性防护·····	380
14-6	放射性核素的医学应用·····	381
	一、放射治疗与 γ 刀·····	381
	二、示踪诊断·····	383
	三、放射性核素成像·····	384
	习题十四·····	387
第十五章	磁共振成像 ·····	389
15-1	核磁共振的基本概念·····	389
	一、原子核在磁场中的旋进·····	389
	二、核磁共振现象·····	392
	三、弛豫过程和弛豫时间·····	394
15-2	磁共振成像的原理和方法·····	396
	一、磁共振成像的主要依据·····	396
	二、磁共振成像的基本方法·····	398
15-3	磁共振成像系统·····	401
	一、磁体和梯度线圈·····	402
	二、射频装置·····	403
	三、电脑系统·····	404
15-4	磁共振成像的临床应用与最新进展·····	405
	一、磁共振影像技术的特点和优势·····	405
	二、磁共振影像技术的医学应用·····	405
	三、磁共振影像技术的最新进展·····	406
	习题十五·····	407
附 录	·····	409
附录一	狭义相对论的重要结论·····	409
附录二	矢量的标积和矢积·····	411
附录三	国际单位制(SI)·····	413
附录四	一些单位的换算关系·····	415
附录五	基本物理常量·····	416
附录六	希腊字母表·····	416
附录七	专业名词中英文对照·····	417
主要参考书目	·····	426

绪 论

物理学是研究物质的结构和相互作用及其运动规律的科学,包括力学、声学、热学、电磁学、光学、原子和原子核物理学等多个分支学科.它的基本理论和方法对现代科学技术(包括生物学和医学)的发展起着十分重要的作用.物理学所研究的许多规律都具有极大的普遍性.例如,地面上或天空中的一切物体,无论它们的化学性质如何,有无生命,都遵从万有引力定律;一切变化过程,无论它们是否具有化学的、生物的或其他特殊性质,都遵从能量转换与守恒定律.物理学的研究方法包括观察、实验、提出假说和建立理论.观察是对自然界中发生的某种现象,按照它原来的样子加以观测研究.实验是使所研究的现象在人为的情况下再现.由于自然界发生的过程往往很复杂,在做实验时必须尽可能地把影响研究现象的主要因素和次要因素分开,使问题简化,这样才能找到最本质的东西.在观察和实验所获得的大量资料的基础上,进一步工作是分析、概括、判断、推理等一系列过程,把事物的本质和内在联系抽象到更一般的形式,然后再放到实践中去检验.当被证明可以正确地反映某些客观规律时,就导致了定律和理论的建立.在定律和理论建立的过程中,有时需要提出假说.在科学研究中假设常常起着很重要的作用.例如,1900年普朗克突破经典物理理论的束缚,提出了能量量子化的假设;1924年德布罗意提出了微观粒子波动性的假设,为量子力学的建立奠定了基础.但需要指出的是,生命现象在自然界中属于较高级、较复杂的物质运动形态,它除了服从有关物理学、化学等规律外,还有自己独特的生物学规律.物理学和化学等学科的知识是解释生命现象的基础,但不是生命科学的全部内容.因此,认为人就是一部复杂的机器,大脑是一台计算机,心脏是一个唧筒等看法是不全面的.

医学是一门以人体为研究对象的学科.但是,一直到20世纪初期,医学基本上是一门形态科学,其研究方法主要是收集和整理材料,进行观察和归纳,属于一种定性分析.物理学则有严格的定量理论,有先进的实验方法和技术.

随着物理学的概念、原理、方法和技术在基础医学研究、临床医学的诊断和治疗以及预防医学中的应用,大大促进了医学在认识上、理论上和测试手段上的发展和提高.目前医学正在从宏观到微观,从定性到定量,从细胞水平到分子、量子水平,从手工的、机械的、接触型操作向自动化、智能化、非接触型操作发展.

物理学与医学这两门学科的不断发展和互相渗透,互相促进,形成了医学物理学,而物理学与生物学、医学、工程学的互相渗透又形成了生物物理学和生物医学工程学等,它们对阐明生命现象的本质和对生物体(主要是人体)进行探索和改造,作出了许多新的重大贡献,并指出了值得注意的发展方向.下面从三个方面来简略介绍物理学与医学之间的关系:

(1) 物理学是学习医学和了解生命现象所不可缺少的基础.物理学是除数学之外的一切其他自然科学和工程技术的基础,对于医学来说,也不例外.例如,要了解人体骨骼和关节受力情况,必须学习弹性力学和静力学的知识;要了解血液在心血管系统中运动的情况,必须知道流体力学的基本定律;要了解眼睛的作用,不仅要掌握几何光学的原理和方法,还要掌握波动光学;要了解声音的感觉过程及超声在医学上的应用,必须知道声波的物理性质和传播规律;要了解人体生热和散热过程,必须学习热力学的基本定律;要了解心电、脑电、肌电等,必须具备有关的电学知识等等.

(2) 物理学的方法和技术为医学研究和临床诊断提供了许多新的检测手段.按照物理学的基本原理设计制造的各种医疗器械正在不断发展,不断更新.几乎所有的现代高新技术都被医学所吸收和利用,为医学诊断和科学研究提供了强有力的工具.例如,各种心电、脑电检测仪器,监护设备,各类超声诊断仪器,光学显微镜、电子显微镜,光导纤维内窥镜,医用电视系统, γ 照相机,生化自动检测仪,各种医用换能器,以及激光全息照相,热像图,红外技术,遥测技术,X射线透视和照相,X射线计算机断层成像(X-CT),数字减影血管造影技术(DSA),磁共振成像(MRI),单光子和正电子发射型断层成像(ECT),放射免疫分析等等.

(3) 物理学的原理为临床治疗提供了新的方法.在物理治疗方面除了传统的光疗、热疗、电疗、声疗、X放射治疗之外,还有很多新的物理治疗手段和治疗仪器.例如,体外冲击波碎石技术(ESWL)、血液透析技术、低温冷冻技术,以及高频电刀、超声刀、心脏起搏器、心脏除颤器、医用激光器、X刀、 γ 刀、医用加速器、钴60治疗机、各种生物医学材料等等.

从上面介绍的情况可知,物理学的理论和方法是学习和研究各医学分支学科的基础,它为现代医学提供了准确可靠的检测手段和先进的治疗方法,大大促