



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高职高专卫生部规划教材
供 临 床 医 学 专 业 用

医学物理学

第5版

主 编 潘志达
副主编 阮 萍 岳小萍



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



清华大学
Tsinghua University

数学物理学

清华大学
Tsinghua University

清华大学
Tsinghua University

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高职高专卫生部规划教材

供临床医学专业用

医学物理学

第5版

主 编 潘志达

副主编 阮 萍 岳小萍

编 者 (以姓氏笔画为序)

王晓东 (齐齐哈尔医学院)

白翠珍 (山西医科大学)

朱世忠 (山东医学高等专科学校)

阮 萍 (广东药学院)

李振新 (新乡医学院)

宋清焕 (漯河医学高等专科学校)

陈 锦 (成都中医药大学)

尚艳华 (山东医学高等专科学校)

岳小萍 (新乡医学院)

柴 英 (大连医科大学)

黄代政 (桂林医学院)

潘志达 (大连医科大学)



人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学物理学/潘志达主编.—5版.—北京:人民卫生出版社,2009.7

ISBN 978-7-117-11913-9

I. 医… II. 潘… III. 医学物理学-高等学校:技术学校-教材 IV. R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 083643 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.hrhexam.com	执业护士、执业医师、 卫生资格考试培训

本书本印次封底贴有防伪标,请予识别。

医学物理学

第 5 版

主 编: 潘志达

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京机工印刷厂(天运)

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.5

字 数: 292 千字

版 次: 1981 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 5 版第 34 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-11913-9/R·11914

定 价: 20.00 元

版权所有,侵权必究,打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

高职高专临床医学专业第六轮教材 修订说明

为适应我国医学专科教育改革和基层卫生工作改革发展的需要,经全国医药高职高专临床医学类教材评审委员会的审议,卫生部教材办公室决定 2008 年开始进行高职高专临床医学专业第六轮教材的修订编写工作。本轮教材的编写继续强调“三基、五性、三特定”和“必需、够用”原则,经过认真调研、论证,结合高职高专院校教学的特点,使之更适合于对基层、社区和农村助理执业医师的培养。

此次修订是在第五轮高职高专临床医学专业 23 种教材的基础上进行,第六轮教材的修订做了以下调整:

1. 保留第五轮的 23 本教材;
2. 第五轮教材《病理学》更改书名为《病理学与病理生理学》;
3. 增加《全科医学导论》和《医学伦理学》。

高职高专临床医学专业第六轮教材共 25 种:

- | | |
|-------------------------|------------------|
| * 1. 《医学物理学》第 5 版 | 主 编 潘志达 |
| | 副主编 阮 萍 岳小萍 |
| * 2. 《医学化学》第 6 版 | 主 编 陈常兴 |
| | 副主编 秦子平 许 新 |
| * 3. 《人体解剖学与组织胚胎学》第 6 版 | 主 编 窦肇华 吴建清 |
| | 副主编 郭 兴 艾克热木·库尔班 |
| * 4. 《生理学》第 6 版 | 主 编 白 波 高明灿 |
| | 副主编 苏莉芬 周晓隆 |
| * 5. 《生物化学》第 6 版 | 主 编 潘文千 |
| | 副主编 何旭辉 万恂恂 |
| * 6. 《病原生物学和免疫学》第 6 版 | 主 编 肖纯凌 赵富玺 |
| | 副主编 夏 惠 陈晓宁 吴松泉 |
| * 7. 《病理学与病理生理学》第 6 版 | 主 编 王 斌 陈命家 |
| | 副主编 丁运良 张晓杰 |

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 8. 《药理学》第6版 | 主 编 王开贞 于肯明 |
| | 副主编 秦红兵 李秀丽 |
| 9. 《细胞生物学和医学遗传学》第4版 | 主 编 张丽华 邹向阳 |
| | 副主编 王洪波 王小荣 |
| * 10. 《预防医学》第4版 | 主 编 孙要武 |
| | 副主编 晏志勇 孙仁莲 肖焕波 |
| * 11. 《诊断学》第6版 | 主 编 魏 武 |
| | 副主编 符晓华 叶燕青 苗来生 |
| * 12. 《内科学》第6版 | 主 编 雷 寒 |
| | 副主编 王庸晋 赵惟呈 梁 谷 |
| * 13. 《外科学》第6版 | 主 编 梁力建 |
| | 副主编 熊云新 高庆涛 娄 庆 |
| * 14. 《妇产科学》第6版 | 主 编 王泽华 |
| | 副主编 翟建军 张玉娟 |
| * 15. 《儿科学》第6版 | 主 编 于 洁 |
| | 副主编 张玉兰 李 蕾 |
| * 16. 《传染病学》第4版 | 主 编 王明琼 |
| | 副主编 钟 锋 |
| 17. 《眼耳鼻喉口腔科学》第6版 | 主 编 王斌全 龚树生 |
| | 副主编 张铁民 李 波 |
| 18. 《皮肤性病学》第6版 | 主 编 张信江 |
| | 副主编 胡晓军 |
| 19. 《中医学》第4版 | 主 编 潘年松 |
| | 副主编 陈 平 |
| * 20. 《医学心理学》第3版 | 主 编 马存根 |
| | 副主编 张银玲 张纪梅 |
| * 21. 《急诊医学》第2版 | 主 编 黄显凯 |
| | 副主编 张贵云 申文龙 |
| 22. 《康复医学》第2版 | 主 编 王前新 宋为群 |
| 23. 《医学文献检索》第2版 | 主 编 黄 燕 |
| | 副主编 谈永进 |
| 24. 《全科医学导论》第1版 | 主 编 路孝琴 |
| 25. 《医学伦理学》第1版 | 主 编 秦敬民 |
| | 副主编 奚 红 |

* 为普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专临床医学类第四届教材 评审委员会

主任委员 文历阳

副主任委员 陈增良

委 员 (以汉语拼音为序)

常唐喜 何文彬 李晓阳 梁琼芳

马存根 马家骥 屈年贺 苏汝好

王斌全 王家富 王义祁 夏修龙

肖纯凌 熊云新 许化溪 赵富奎

秘 书 厉 岩

第5版前言

《医学物理学》第4版教材自2003年12月出版以来,在全国医学高等专科学校物理学的教学中发挥了一定的积极作用。2006年经申报,该教材被评选为国家“十一五”规划教材;2007年又荣获辽宁省精品教材。按全国高职高专临床医学专业教材评审委员会的审议精神,本次修订后的《医学物理学》第5版教材将作为全国高职高专临床医学专业(三年制)“医学物理学”的教学用书。

“医学物理学”在临床医学教育中是一门基础课,顾名思义,基础课就是给专业课学习打基础的。这个基础打得是否牢固,能否真正地为专业课的学习起到奠基的作用,在基础课和专业课之间架起一座沟通的桥梁,这就要看所使用的教材及安排的教学内容是否合适。就临床医学专业而言,用物理学的理论解释生命活动的规律,讲授物理学的技术在临床诊断和治疗中的应用,即突出物理学和医学的联系与融合,是顺理成章的选择。

本着这一指导思想,在《医学物理学》第5版教材的修订中,我们除注重物理学的基础理论、基本知识的讲述和对学基本技能的培养之外,还刻意强化了物理学与医学实践相结合的内容,同时也兼顾了不同学科之间的相互联系和衔接。与第4版教材相比,我们对原有内容作了认真地修改、完善和调整。在此基础上,适当充实了一些新的内容,诸如听力曲线的介绍、血液的流动、血压的测量、磁诊断技术、准分子激光治疗屈光不正、纳米显微技术、SPECT、PET的原理等。为了便于学生更牢固地掌握相关的物理知识,我们还编写了一本配套的《医学物理学学习指导与习题集》。但愿通过我们的努力,能使这本教材具有一定的医学教育“特色”,体现出教材的思想性、先进性、科学性、启发性、适用性,并希望收到良好的使用效果。

本书使用的物理量的单位、名称、符号均符合《中华人民共和国国家标准——量和单位》(GB 3100~3102—93)。另外,书后附有参考文献、基本物理常量和专业名词中英文对照。

本书在编写出版过程中得到了大连医科大学、山西医科大学和山东医学高等专科学校以及人民卫生出版社的全力支持,在此深表谢意。虽然全体编委的工作兢兢业业,认真负责,但仍难免有错误和不妥之处,希望使用本书的读者批评指正,并不吝赐教。

编者

2009年4月

目 录

绪论	1
一、“医学物理学”的概念	1
二、“医学物理学”的研究对象和方法	1
三、“医学物理学”与物理学及医学的关系	2
第一章 人体力学	4
第一节 肌肉和骨骼的力学性质	4
一、肌肉的力学性质	4
二、骨骼的力学性质	6
第二节 人体静力学	7
一、物体平衡条件	8
二、杠杆作用	8
三、作用在髋关节和脊柱上的力	11
第三节 人体动力学	14
一、人体的动力学特征	14
二、人体的运动	14
第四节 临床力学器械	16
第二章 波动与声波	18
第一节 波的产生与传播	18
一、波的产生	18
二、波的传播	19
三、波动方程	20
四、惠更斯原理	22
第二节 声波	23
一、声速	23
二、声压、声阻抗和声强	23
三、听觉区域声强级和响度级	25
第三节 超声波	27
一、超声波的产生与传播	27

二、超声波的性质	28
三、超声波的生物效应	28
第四节 多普勒效应	29
一、多普勒效应的表达式	30
二、超声多普勒血流仪	31
第三章 液体的流动	33
第一节 理想液体的稳定流动	33
一、理想液体	33
二、稳定流动	34
三、连续性方程	34
第二节 伯努利方程及其应用	35
一、伯努利方程	35
二、伯努利方程的应用	37
第三节 实际液体的流动	38
一、牛顿黏滞定律	38
二、实际液体的伯努利方程	41
三、泊肃叶定律	41
四、湍流、雷诺数	42
第四节 血液的流动	43
一、循环系统中的血液流动	43
二、血压的测量	44
三、心脏做功	45
第五节 血液的流变	46
一、血液的非牛顿性与表观黏度	46
二、影响血液黏度的因素	47
三、血液流变学的应用与进展	49
第四章 液体的表面现象	51
第一节 表面张力和表面能	51
第二节 弯曲液面的附加压强	53
第三节 血管与心脏的跨壁压	54
第四节 毛细现象和气体栓塞	56
一、润湿现象	56
二、毛细现象	56
三、气体栓塞	58
第五节 肺的表面活性物质	58
一、液体的表面活性物质	58
二、肺泡的附加压强与表面活性物质	59

第五章 人体的生物电场和磁场	61
第一节 电偶极子及电偶层的电场	61
一、电偶极子的电势	61
二、电偶层的电势	62
第二节 膜电位和神经传导	63
一、能斯特方程式	63
二、静息电位	64
三、动作电位	65
四、神经传导	66
第三节 心电的向量原理	66
一、心肌细胞的除极与复极	66
二、空间心电向量环及平面心电向量环	68
第四节 心电图的描记原理	69
一、心电导联	69
二、心电图的形成原理及描记	71
第五节 人体的生物磁场	72
一、磁场、磁感应强度	72
二、人体中的生物磁信号	73
三、生物磁场的测量	74
四、磁诊断技术和磁场疗法	75
第六章 直流电	78
第一节 基尔霍夫定律	78
一、基尔霍夫第一定律	78
二、基尔霍夫第二定律	79
第二节 电容器的充电和放电过程	81
一、电容器的充电过程	81
二、电容器的放电过程	82
第三节 直流电在医学中的应用	83
一、直流电对机体的作用	83
二、电泳	84
三、电疗	85
第四节 超导体	86
一、超导体的电学性质	86
二、超导体的磁学性质	86
三、超导体在医学上的应用	87
第七章 光的波动性	88
第一节 光的干涉	88

一、相干光源	88
二、杨氏双缝干涉	89
第二节 光的衍射	90
一、单缝衍射	91
二、圆孔衍射	92
三、光栅衍射	92
第三节 光的偏振	93
一、自然光和偏振光	93
二、马吕斯定律	94
第四节 旋光性	95
第五节 光的吸收	97
一、朗伯-比尔定律	97
二、光电比色计原理	98
第六节 光的生物效应	99
一、紫外线	99
二、红外线	100
第八章 几何光学	101
第一节 球面折射与透镜	101
一、单球面折射	101
二、透镜	104
三、薄透镜组	105
四、柱面透镜	107
第二节 眼屈光	108
一、眼的光学结构	108
二、眼的屈光系统	109
三、眼的屈光不正及其矫正	111
第三节 光学显微镜与电子显微镜	113
一、放大镜	113
二、光学显微镜	114
三、电子显微镜	117
第四节 纳米显微技术	118
一、扫描隧道显微镜	118
二、原子力显微镜	119
第五节 玻璃纤维内镜	119
一、全反射	119
二、光纤	120
三、医用内镜	120

第九章 激光	123
第一节 激光的基本原理和特性	123
一、原子能级和正态分布	123
二、光辐射及其三种基本形式	124
三、激光的产生.....	126
四、激光的特性.....	128
第二节 激光的生物作用机制和医学应用	128
一、激光的生物作用机制	129
二、激光的医学应用	130
第三节 医用激光器	132
一、红宝石激光器	132
二、氦-氖激光器	132
三、二氧化碳激光器	133
四、准分子激光器	133
第四节 激光的安全性	133
第十章 X 射线	135
第一节 X 射线的性质	135
一、X 射线的本质	135
二、X 射线的基本特性	136
第二节 X 射线的产生及其强度和硬度	136
一、X 射线的产生装置	136
二、X 射线产生的物理机制	138
三、X 射线的强度和硬度	140
第三节 X 射线的吸收	141
一、单色 X 射线的吸收规律	141
二、质量吸收系数和质量厚度	142
三、吸收系数与波长和原子序数的关系	142
第四节 X 射线在医学上的应用	143
一、X 射线诊断.....	143
二、X 射线治疗.....	145
第十一章 原子核与放射性	146
第一节 原子核的结构	146
一、原子核的组成	146
二、质量亏损和结合能	147
第二节 核衰变类型和衰变规律	148
一、 α 衰变.....	148
二、 β 衰变.....	149

三、 γ 跃迁和内转换	150
四、原子核的衰变规律	150
五、放射性活度	152
第三节 放射性核素在医学上的应用	153
一、示踪原理	153
二、放射治疗	153
三、放射诊断	154
第四节 射线的剂量与防护	154
一、照射量	154
二、吸收剂量	155
三、当量剂量	155
四、辐射的防护	156
第十二章 医学影像的物理学基础	157
第一节 超声诊断	157
一、超声脉冲回波成像原理	157
二、超声波探测的分辨本领	158
三、A型超声诊断仪的原理和应用	159
四、B型超声诊断仪的原理和应用	160
五、M型超声诊断仪的原理和应用	161
六、超声多普勒诊断仪的原理和应用	162
第二节 X-CT	162
一、X-CT 装置	163
二、X-CT 成像的物理基础	163
第三节 发射型计算机断层成像	165
一、单光子发射型计算机断层成像	166
二、正电子发射型计算机断层成像	166
第四节 磁共振成像	167
一、原子核的自旋与磁矩	167
二、自旋核在稳恒磁场中的能级分裂	168
三、磁共振	169
四、磁共振成像的基本原理	170
参考文献	173
基本物理常量	174
专业名词中英文对照	175

绪 论

“医学物理学”是医学高等专科学校学生必修的一门基础课。但是,什么是“医学物理学”,它的概念如何;所研究的对象和方法以及它与物理学和医学的关系如何?这些都是我们必须搞清楚的问题。

一、“医学物理学”的概念

“医学物理学”有两方面的含义,其一是指用物理学的理论阐述、解释人体在健康和疾病时的功能,这点在很大程度上与生理学和病理生理学的研究相关;其二是物理学应用于医学实践,包括力、热、声、光、电、磁以及超声波、电磁波、激光、辐射等在医学中的应用,这些又属于生物医学工程的研究范畴。那么,究竟什么是“医学物理学”呢?我们可以这样来概括:“医学物理学”是医学和物理学两大学科的结合,是生物医学工程学的基础;是用物理学的理论解释生命过程中的生理及病理现象;是把物理学的技术应用于医学实践的一门边缘学科。

二、“医学物理学”的研究对象和方法

我们知道,自然界是由运动着的物质组成,没有运动的物质和没有物质的运动都是不存在的。大到宏观物体,如天体的运行;小到微观物质,如分子、原子的运动以及生物体的代谢过程都有力地证明了物质是在不停地运动着。这些运动,虽然形式各不相同,多种多样,例如机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内的运动等。但是,它们既服从物质运动共同的普遍规律,又各自有其独特的特殊规律。物理学是研究物质运动的普遍规律和基本性质的科学;医学是研究生物机体的正常生命活动规律以及患病机体的某些特殊现象的科学,在自然界中属于较复杂、较高级的物质运动形式。特殊性存在于普遍性之中,较复杂、较高级的运动形式,除遵循自身特有的规律外,还必须遵循物质运动的普遍规律。因此,从研究物质运动的普遍性和规律性这一角度看,我们可以认为,“医学物理学”的研究对象包含在物理学的研究对象之内。

“医学物理学”的研究是为了掌握生命活动过程中物质运动的各种规律,它是以实验为基础的学科。因此“医学物理学”的研究方法大体上可归结为:观察现象—假说假设—实验验证—理论总结的研究模式。

观察现象是科学研究的开始,是接触外界事物的第一步,只有在观察中才能发现矛盾,捕捉问题并提出解决问题的方法。

理论的作用不仅仅是将观察得到的资料加以分析、综合、推理,使之成为一般性的规

律;更重要的是在没有揭示事物的本质之前,应假说或假设并据此推测结果。结果可有不同的层次,其一是用已知原理对推测对象作定性解释;其二是用现有理论进行逻辑推理和数学演算,对推测对象作定量分析;其三是提出前所未有的新理论去说明推测结果。

实验是科学研究的基础,一切理论预言、结果推测最终都要通过实验来验证,以观察或实验的事实为准则。在其被证实之后,再上升到理论总结的高度。

总之,自然科学的很多规律是通过实验发现的,其理论是通过实验反复验证而总结出来的。因此,理论与实践相结合,是科学研究的正确途径,是辩证唯物论的认识法则,“医学物理学”的研究方法也必须遵从这一准则。

三、“医学物理学”与物理学及医学的关系

随着科学技术的不断进步以及人类对生命现象认识的逐渐深化,生命科学已经从宏观形态的研究进入到微观机制的探讨;从细胞水平提高到分子水平;从定性分析提高到定量分析。生物物理学的发展对阐述生命现象的本质做出了巨大的贡献,它从理论上和实验上都无可争辩地说明了物理学与医学和生物学之间的内在联系。例如1953年生物学家沃森(J. D. Watson)、物理学家克里克(F. H. Crick)发表了“脱氧核糖核酸(DNA)双螺旋结构”的论文,然而他们的发现在很大程度上是依靠化学家富兰克林(R. E. Franklin)与物理学家威尔金斯(M. Wilkins)所拍摄的DNA晶体的X射线衍射照片。他们在同一时间都致力于研究遗传基因的分子结构,在合作中发挥各自的专长。正是由于物理学、化学和生物学多学科交叉研究,才导致这一具有里程碑意义的重大发现,并由此引发了遗传密码的破译及遗传工程的创立。物理学的发展已经历了三次大的突破,每次突破都促进了医学的发展,生命科学研究和医疗实践中越来越广泛地采用物理学的技术和方法。让我们回顾一下历史:17~18世纪,由于牛顿(I. Newton)建立了力学定律以及热力学和光学的发展,物理学家和医生们的许多发明在医学中得到了广泛应用,并弥补了医学检测手段的不足。例如,1867年英国医生奥尔巴特(T. Allbutt)研制成功水银体温计;1896年意大利医生里瓦罗基(S. Riva-Rocci)发明了腕环式血压计;17世纪60年代,英国物理学家胡克(R. Hooke)用自己设计制造的复式显微镜第一次观察了栎木的细胞;马尔皮基(M. Malpighi)则首先发现了红细胞、肾小球,描述了肺泡的结构,他是用显微镜研究解剖学的创始人。到了19世纪,在法拉第(M. Faraday)和麦克斯韦(J. C. Maxwell)的电磁理论推动下,人类进入了应用电能的时代。这一期间,物理学的技术和理论对医学发展促进较大的有两件事,其一是X射线的发现,1895年德国乌茨堡大学物理学家伦琴(W. K. Röntgen)在研究阴极射线时,偶然发现了一种新的未知射线,即X射线。几天后,伦琴利用X射线照射了他夫人的手掌,拍摄了世界上第一张X射线照片。进一步的观察和实验证实了X射线是电磁波家族中的一员,波长很短,具有贯穿物质的本领,并很快在医学上应用;其二是1889年沃勒(A. C. Waller)提出的心脏电偶极子模型,为心电图的记录提供了理论基础。20世纪以来,由于爱因斯坦(A. Einstein)的相对论以及薛定谔(E. Schrödinger)、海森伯(W. C. Heisenberg)等人量子力学的建立,人们对原子与原子核结构的认识日益加深,并实现了核能和放射性同位素的利用,促进了磁共振、激光等新技术的发展。20世纪70年代以后,由于电子计算机技术的飞速发展和日臻成熟,使其在与物理学和医学相结合的领域得以大显身手。1972年英国工程师亨斯菲

尔德(G. N. Hounsfield)利用美国物理学家科马克(A. M. Cormack)所创立的影像重建理论,发明了 X-CT。美国纽约大学的劳特伯尔(P. C. Lauterbur)和曼斯菲尔德(P. Mansfield)为开发 MRI 做出了重大贡献。除了 X-CT、MRI 等这样大型的医学影像设备之外,还有微型计算机控制的一些人工器官也已在临床上应用。这些成果已成为医生们对疾病进行诊断和治疗的得力帮手,同时也强有力地促进了医学科学的现代化。

综上所述,我们不难看出物理学与医学之间的紧密关系。可以这样说,无论是从两学科理论上的内在联系看,还是从物理学及其分支和边缘学科的发展而促进医学发展的角度看,或者是从基础医学、临床医学经常提出新的研究课题,要求用物理学的理论和技术加以协同解决的方面看,物理学与医学之间总是相互依存,相互促进,协调发展的。总之,“医学物理学”的发展离不开物理学与医学的结合。物理学的成就促进了医学的发展和进步,同时也促进了“医学物理学”这门边缘学科的逐渐成熟,这就是“医学物理学”与物理学和医学的关系。

(潘志达)