

医学物理基础

高等医学专科类院校用教材
(供临床医学、预防医学、检验学类各专业用)

秦任甲 主编

中国医药科技出版社

编写人员

主 编	秦任甲	桂林医学院
副主编	郭清玉	牡丹江医学院
	潘百年	海军高等医学专科学校
编 者	丁平坤	河南省开封高等医学专科学校
	马玉章	大连医学院丹东分院
	李继兴	江西省九江医学专科学校
	应正运	咸宁医学院
	尚晓东	武警医学院
	张宝辉	鞍钢医学专科学校
	郭清玉	
	秦任甲	
	潘百年	

前 言

近年来,我国医学院校对医学专科物理教学进行了多种形式的改革尝试,对其教学内容、教授时数、教学方式都根据各自的情况作出了多种不同的安排,使医学专科物理教学出现了新的情况。为适应医学专科物理教学对教材的需求,我们联合编写了这本教材。

医学所需要的物理知识极为广泛,而作为教材其内容又受到教学时数的限制。如何优选医学专科物理教材的内容,成为长期以来人们一直探讨并至目前尚未解决好的问题。我们根据卫生部颁发的高等医学专科学校医用物理学教学大纲的精神,从培养应用型人才的需要出发,结合当前医学专科物理教学的实际情况和长期积累的经验,在一定程度上打破传统物理教材的知识体系,基本上避免与中学物理教材相重复,这样就可以有较多的篇幅编入医学最需要的物理知识。我们精选与医学专科教育联系密切,在校学习和将来从事医学工作最需要的物理基础理论和应用技术知识作为本教材的基本内容,适当介绍了物理学与医学结合取得的新成就、新进展,使本教材的医用性、实用性得到明显增强。各章节的知识具有相对独立性,以适应各院校不同情况对教材选择的需要。

本教材内容力求重点突出,少而精,循序渐进,概念叙述严谨通俗,重点内容阐述详尽,章末附有部分习题答案,利于教与学。

本教材改用中国物理学名词审定委员会审定的物理学名词。为照顾医学上的习惯,心电向量中“向量”一词暂不改动。

本教材由桂林医学院、牡丹江医学院、武警医学院、咸宁医学院、大连医学院丹东分院、中国人民解放军海军医学高等专科学校、开封高等医学专科学校、江西省九江医学专科学校、鞍钢高等医学专科学校联合编写。可供普通医学院校、成人医学院校临床医学、预防医学、检验学类专科各专业用作教材,也可供各层次医学院校师生、各级医务工作者参考。

参加全国第二次医学专科物理教学研讨会的同行们认真地讨论了本教材的提纲,并提出了宝贵意见。部分同行还参加了本教材的审稿会。

本教材四、六、十章,一、二、五、七、九、十一、十二章,三、八章插图分别由何典荣、汤祖贵、朱风云绘制。各院校领导、中国医药科技出版社和其他有关同志为本教材的编写、出版和发行给予大力支持和帮助,在此一并致谢!

本教材不足乃至错漏之处在所难免,恳请读者们给予批评指正。

编者

1994年1月

目 录

绪论	(1)
第一节 物理学研究的对象	(1)
第二节 物理学与医学的关系	(3)
第一章 声学基础	(5)
第一节 振动和波	(5)
一、谐振动	(5)
二、简谐波	(14)
第二节 声波	(21)
一、声波的物理性质	(21)
二、声压、声强、声阻	(22)
三、声强级和响度级	(23)
四、听力测试	(26)
第三节 叩诊与听诊	(28)
一、叩诊的物理原理	(28)
二、听诊的物理原理	(29)
习题一	(30)
第二章 分子物理学基础	(32)
第一节 理想气体的几个公式	(32)
一、理想气体	(32)
二、理想气体状态方程	(34)
三、理想气体的压强公式	(36)

四、理想气体的能量公式	(37)
五、道尔顿分压定律	(37)
第二节 扩散过程	(39)
一、扩散过程	(40)
二、呼吸中气体的输运	(42)
第三节 液体的表面现象	(44)
一、表面张力	(44)
二、弯曲液面的附加压强	(47)
三、气体栓塞	(51)
四、液体和固体接触处的表面现象	(52)
五、表面活性物质	(57)
习题二	(60)
第三章 液体的流动	(62)
第一节 连续性方程	(62)
一、稳定流动	(62)
二、连续性方程	(63)
第二节 伯努利方程	(63)
一、理想液体	(63)
二、理想液体中的伯努利方程	(64)
三、实际液体中的伯努利方程	(68)
四、伯努利方程的应用	(69)
第三节 牛顿粘滞定律	(72)
第四节 泊肃叶定律	(74)
一、泊肃叶定律	(74)
二、流阻	(75)

三、湍流·····	(76)
第五节 血流速度与血压分布·····	(77)
一、体循环系统中的血流速度·····	(78)
二、体循环系统中的血压分布·····	(78)
第六节 血液的流变性·····	(80)
一、切应力与切变率·····	(80)
二、血液的粘度·····	(81)
三、影响血液粘度的主要因素·····	(84)
四、测定血液粘度的仪器·····	(87)
第七节 微血管中血液的流动·····	(89)
一、 Σ (Sigma)效应·····	(90)
二、血浆层与红细胞向轴集中·····	(91)
三、法氏(Fahraeus)效应·····	(93)
四、法-林(Fahraeus-Lindqvist)效应·····	(95)
五、法-林(Fahraeus-Lindqvist)效应的逆转 ·····	(96)
六、红细胞栓塞效应·····	(97)
习题三·····	(98)
 第四章 心电向量与心电图·····	(101)
第一节 电偶极子的电场·····	(101)
一、电偶极子电场中的电势·····	(101)
二、电偶层电场中的电势·····	(104)
第二节 细胞膜电势·····	(105)
一、能斯特方程·····	(106)
二、细胞膜的动作电势·····	(108)

第三节 心电向量·····	(109)
一、心肌细胞的极化向量 ·····	(109)
二、瞬间综合心电向量 ·····	(110)
三、空间心电向量环 ·····	(111)
第四节 心电图的形成·····	(112)
一、心电图的形成 ·····	(112)
二、心电导联 ·····	(114)
三、心电图描记 ·····	(118)
习题四·····	(119)
 第五章 电磁疗法的物理基础·····	(121)
第一节 电流·····	(121)
一、电流密度 ·····	(121)
二、欧姆定律的微分形式、·····	(124)
第二节 直流电路·····	(126)
一、电动势 ·····	(126)
二、闭合电路的欧姆定律 ·····	(128)
三、一段含源电路的欧姆定律 ·····	(129)
第三节 交流电路·····	(131)
一、正弦交流电 ·····	(131)
二、纯电阻电路 ·····	(132)
三、纯电容电路 ·····	(133)
四、纯电感电路 ·····	(134)
五、电阻、电容电路·····	(135)
第四节 人体的阻抗·····	(137)
一、人体的直流电阻 ·····	(137)

二、人体的交流阻抗	(138)
第五节 电流对人体的作用	(141)
一、电疗中使用的电流	(141)
二、直流电对人体的作用	(144)
三、低频电流对人体的作用	(146)
四、中频电流对人体的作用	(147)
五、高频电对人体的作用	(147)
六、微波对人体的作用	(152)
第六节 磁疗的物理基础	(155)
一、磁场对运动电荷的作用	(155)
二、物质的磁性	(159)
三、磁场对生物体的物理作用	(161)
四、磁疗	(164)
习题五	(165)
第六章 生物信息检测	(169)
第一节 生物检测电极	(169)
一、电极电势	(169)
二、体表电极	(171)
三、微电极	(173)
第二节 医用换能器	(175)
一、电阻应变式换能器	(176)
二、电容式换能器	(181)
三、热敏式换能器	(184)
四、光敏式换能器	(185)
五、压电型换能器	(188)

第三节 记录与显示	(189)
一、机械描记装置	(189)
二、电子显示装置	(194)
习题六	(201)
第七章 超声波及其医学应用	(203)
第一节 超声波	(203)
一、超声波的性质	(203)
二、超声波的反射和折射	(204)
第二节 超声图像形成原理	(207)
一、A 型超声诊断仪	(208)
二、M 型超声诊断仪	(211)
三、B 型超声诊断仪	(214)
四、D 型超声诊断仪	(219)
第三节 超声治疗	(230)
一、超声作用的物理机理	(230)
二、超声波在治疗中的应用	(232)
习题七	(233)
第八章 眼睛、显微镜、内窥镜的光学原理	(235)
第一节 球面折射	(235)
一、单球面折射	(235)
二、薄透镜	(237)
三、柱面透镜	(242)
第二节 眼睛的光学原理	(243)
一、眼睛的结构	(243)

二、简约眼	(244)
三、眼睛的调节	(245)
四、眼睛的分辨本领和视力	(246)
五、眼睛的屈光不正及其矫正	(248)
第三节 显微镜	(253)
一、显微镜的光学原理	(253)
二、显微镜的分辨本领	(255)
第四节 医用内窥镜的光学原理	(257)
一、光学纤维导光原理	(257)
二、医用内窥镜的光学原理	(259)
习题八	(260)
第九章 激光及其医学应用	(263)
第一节 氢原子的能级结构	(263)
第二节 激光产生原理及其特性	(266)
一、原子按能级分布的规律	(266)
二、吸收过程和受激吸收	(267)
三、自发辐射和受激辐射	(267)
四、粒子数反转	(269)
五、激光的产生	(271)
六、激光的特性	(272)
第三节 激光的生物效应	(273)
一、热作用	(273)
二、压强作用	(274)
三、光化作用	(275)
四、电磁作用	(275)

五、刺激作用	(276)
第四节 医用激光器	(276)
第五节 激光的医学应用	(279)
一、激光治疗	(279)
二、激光医学中量的概念	(281)
习题九	(282)
 第十章 光的吸收和偏振	(283)
第一节 光的电磁波理论	(283)
一、电磁波	(283)
二、电磁波谱	(284)
三、眼睛的色觉	(286)
第二节 光的吸收	(287)
一、光的选择性吸收	(287)
二、朗伯-比尔定律	(288)
三、比色法原理及应用	(289)
第三节 光的偏振	(294)
一、偏振光与自然光	(294)
二、起偏和检偏	(295)
三、马吕斯定律	(296)
四、偏振光的产生	(298)
第四节 物质的旋光性	(299)
一、物质的旋光性	(299)
二、旋光计	(301)
习题十	(303)

第十一章 X 射线	(305)
第一节 X 射线的发生及其性质	(305)
一、X 射线的发生装置	(305)
二、X 射线的一般性质	(307)
三、X 射线的强度与硬度	(309)
第二节 X 射线谱	(310)
一、连续 X 射线谱	(310)
二、标识 X 射线谱	(313)
第三节 X 射线的衰减	(315)
一、X 射线与物质的相互作用	(315)
二、X 射线的衰减规律	(317)
第四节 X 射线在医学中的应用	(319)
一、X 射线治疗	(319)
二、X 射线诊断	(319)
习题十一.....	(327)
 第十二章 核医学的物理基础	(328)
第一节 放射性核素及核衰变方式	(328)
一、原子核和核素	(328)
二、核衰变方式	(330)
第二节 核衰变的规律	(334)
一、衰变定律	(334)
二、平均寿命	(335)
三、半衰期	(335)
四、放射性活度	(336)
五、放射系	(336)

六、放射性核素的来源	(337)
第三节 射线与物质的相互作用	(338)
一、带电粒子与物质的相互作用	(338)
二、中子与物质的相互作用	(340)
三、 γ 射线与物质的相互作用	(341)
第四节 辐射剂量	(341)
一、照射剂量	(341)
二、吸收剂量	(342)
三、 f 因子	(343)
四、品质因数与剂量当量	(343)
第五节 放射性核素在医学上的应用	(344)
一、探测器	(345)
二、核素显像装置	(348)
三、医学应用	(351)
四、放射性防护	(353)
习题十二	(354)
附录	(356)
附录一 国际单位制	(356)
附录二 常用物理常量	(363)
附录三 部分习题答案	(364)

绪 论

医学专业的学生为什么要学习物理学?要回答这个问题,应该首先弄清楚物理学研究的对象和物理学与医学的关系。

第一节 物理学研究的对象

世界是由物质组成的,组成世界的物质可划分成两种基本形态。由分子、原子和其他微观粒子组成的各种物质称为**实物**。各种“场”,如引力场、电场、磁场和核力场等也是物质。这种形态的物质有一个明显的特点,它不是由分子、原子等微观粒子组成,但它具有能量、动量等物质的属性。人们把这种形态的物质称为**场**。无论是实物还是场,都不依赖于人们的主观意识而独立存在,并都是能为人们所认识的客观实在。

实物和场既有本质的区别,又有密切的联系。任何实物周围都存在引力场,任何电荷周围都存在电场,任何运动电荷周围都存在电磁场等。物体之间的万有引力作用靠引力场来传递,电荷之间的作用靠电场来传递。场是实物之间相互作用的传递者。场和实物可以互相转化。例如,一定能量的光子在核力场作用下可转化为正负电子对,而正负电子对湮灭时,又可转化为光子。

组成世界的一切物质都处于不停地运动之中。这里说的运动是广义的,除机械运动,即位置的变动外,还包括化学的、

生物的变化,等等。物质的运动形态各种各样,有基本的、普遍的运动形态,也有高级的、复杂的运动形态。总之,一切物质的运动、变化都是物质的运动形态。物质与运动是不可分割的,运动是物质存在的形式,是物质的固有属性。绝对没有不运动的物质,也没有非物质的运动。

物质的运动形态是各种各样的。把各不同种类的物质运动形态作为各自的研究对象而形成了自然科学的各种门类的学科。物理学研究的对象是物质最基本、最普遍的运动形态,包括机械运动、热运动、电磁运动和微观粒子的运动,等等。经过长期的发展,物理学的知识已十分丰富,形成了一系列完整的知识体系,形成了经典物理学的各学科、现代物理诸如量子力学和相对论等学科。

物理学研究的物质运动形态,普遍而深入地存在于其他高级的、复杂的运动形态之中,如化学变化、生命过程都必然包含着物理学所研究的物质运动形态。物理现象及物理规律存在于一切自然现象和自然规律之中。因此,物理学与自然科学其他学科之间,互相渗透,密不可分。随着科学的不断发展,就形成了物理学与其他学科相结合的许多边缘学科。物理学与医学相结合便形成了生物物理学、量子生物学、医学物理学等边缘学科。各边缘学科的形成,拓宽了物理学的研究范围,促进了物理学,医学科学和其他自然科学的发展。

物理学研究方法,遵循实践—理论—实践的认识论规律。人们通过观察、实验、假说,上升到理论。在对自然界的观察和科学实验中获得大量资料,然后经过分析、概括、推理等一系列思维过程,把事物的本质和内在联系抽象到更一般的形式而产生假说。再经过实践,包括实验的检验,证明假说是

正确地反映了客观规律的,它就成为物理定律和理论。随着科学的发展,人们对事物的认识不断深入,物理学的理论也将不断完善,将更客观更全面更深刻地反映客观规律。

物理学是自然科学各学科的基础,也毫不例外地是医学科学的基础。

第二节 物理学与医学的关系

医学是研究高级的,复杂的物质运动形态——生命现象的学科。物理学所研究的物质运动形态普遍存在于生命科学之中。因此,物理学是学习医学科学不可缺少的基础。

学习呼吸过程和血液循环,就必须具备一定的分子物理学和流体力学的知识。呼吸力学这门边缘学科是建立在分子物理学和流体力学基础上的。血液循环力学和血液流变学,这两门边缘学科是建立在流体力学基础上的。要了解听觉原理、超声诊断原理,必须具备一定的声学 and 超声学知识。要了解光电检测原理、视觉原理,必须具备一定的光学知识。要了解人体各种生物电现象、生物磁现象、电疗和磁疗,必须具备一定的电学、电磁学的知识。要了解 X 射线、 γ 射线的诊断原理和治疗作用,没有一定的原子物理和原子核物理知识是不可能的。总之,医学科学的发展,需要物理学的支持,而物理学的发展又不断促进医学科学的进步。科学技术的发展,使医学和物理学联系更加密切。

物理学的方法和技术为医学科学研究和医疗实践开辟了新的途径,提供了强有力的手段。物理学的理论是设计制造许多医学仪器的依据。随着物理学和其他学科的发展,医学仪器