



国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材

全国高等学校教材

供医学影像学专业用

医学影像物理学

Medical Imaging Physics

第 **4** 版

主 编 吉 强 洪 洋

副主编 周志尊 童家明 谢晋东



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



网络
增值服务
ONLINE SERVICES



国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材

全国高等学校教材

医学影像学专业用

医学影像物理学

Medical Imaging Physics

第4版

主 编 吉 强 洪 洋

副主编 周志尊 童家明 谢晋东

编 委 (以姓氏笔画为序)

马远新 (新疆医科大学)

张瑞兰 (北华大学)

王 岚 (哈尔滨医科大学)

陈仕国 (第三军医大学)

王亚平 (锦州医科大学)

周志尊 (牡丹江医学院)

仇 惠 (牡丹江医学院)

侯淑莲 (华北理工大学)

石继飞 (包头医学院)

洪 洋 (中国医科大学)

吉 强 (天津医科大学)

龚 明 (南昌大学)

刘东华 (新乡医学院)

盖立平 (大连医科大学)

许建梅 (海南医学院)

童家明 (青岛大学)

杨文沛 (右江民族医学院)

谢晋东 (泰山医学院)

吴小玲 (南京医科大学)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学影像物理学/吉强,洪洋主编.—4版.—北京:
人民卫生出版社,2016

本科医学影像学专业第四轮规划教材

ISBN 978-7-117-23600-3

I. ①医… II. ①吉…②洪… III. ①影象诊断-医
用物理学-医学院校-教材 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 253585 号

人卫智网	www.ipmph.com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www.pmph.com	人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

医学影像物理学

第 4 版

主 编: 吉 强 洪 洋

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 三河市潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 17 插页: 1

字 数: 503 千字

版 次: 2000 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 4 版

2016 年 11 月第 4 版第 1 次印刷(总第 25 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-23600-3/R·23601

定 价: 46.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

全国高等学校医学影像学专业第四轮规划教材修订说明

医学影像学专业本科教育始于1984年,32年来我国的医学影像学高等教育进行了以教学内容和课程体系改革为重点的教学改革,并取得了阶段性成果。教材是教学内容的载体,不仅要反映学科的最新进展,而且还要生动地体现教育思想和观念的更新。教育教学改革的成果最终要体现在教材中并通过教材加以推广,这就要求教材建设应与教育教学改革相一致。落实学校教育要把提高素质、传授知识、培养能力融为一体,推动教学方法改革,确立在教师主导下学生在教学过程中的主体地位,努力提高教育教学质量。因此,在当前教育教学改革不断深入的形势下,努力抓好教材建设势在必行。

一、我国高等医学影像学教育教材建设历史回顾

1. 自编教材 1984年,在医学影像学专业建立之初,教材多根据各学校教学需要编写,其中《放射学》《X线物理》《X线解剖学》在国内影响甚广,成为当时教材的基础版本。由于当时办医学影像学(原为放射学)专业的学校较少,年招生人数不足200人,因此教材多为学校自编,油印,印刷质量不高,但也基本满足当时教学的需要。

2. 协编教材 1989年,随着创办医学影像学专业的学校增加,由当时办医学影像学专业最早的天津医科大学发起,哈尔滨医科大学、中国医科大学、川北医学院、泰山医学院、牡丹江医学院等学校联合举办了第一次全国医学影像学专业(放射学专业)校际会议。经协商,由以上几所院校联合国内著名的放射学家共同编写本专业和专业基础课的部分教材。教材编写过程中,在介绍学科的基础知识、基本理论、基本技能的基础上,注重了授课与学习的特点和内容的更新,较自编教材有了很大进步,基本满足了当时的教学需要。

3. 规划教材 1999年,全国高等医学教育学会医学影像学分会成立后,由学会组织国内相关院校进行了关于教材问题的专题会议,在当年成立了高等医药院校医学影像学专业教材评审委员会,组织编写面向21世纪医学影像学专业规划教材。

2000年,由人民卫生出版社组织编写并出版了国内首套7部供医学影像学专业使用的统编教材,包括《人体断面解剖学》《医学影像物理学》《医学电子学基础》《医学影像设备学》《医学影像检查技术学》《医学影像诊断学》《介入放射学》。

2005年,第二轮修订教材出版,增加了《影像核医学》《肿瘤放射治疗学》,使整套教材增加到9部。同时期,我国设立医学影像学专业的学校也由20所增加到40所,学生人数不断增长。

2010年,第三轮修订教材完成编写和出版,增加了《医学超声影像学》,使该套教材达到10部。此外,根据实际教学需要,将《人体断面解剖学》进行了系统性的修改,更新为《人体断面与影像解剖学》。这10年间,全球医学影像学发展极为迅猛,学科内容进一步扩增,我国设立医学影像学专业的学校也增加到80所,年招生人数超过1万人。

前三轮规划教材凝结了众多医学教育者的经验和心血,为我国的高等医学影像学教育作出了重要贡献。第三轮教材中的《医学影像检查技术学》《医学影像诊断学》《介入放射学》《影像核医学》

《肿瘤放射治疗学》还被评为普通高等教育“十二五”国家级规划教材，充分肯定了本套教材的编写质量。

二、第四轮医学影像学专业规划教材编写特色

面对社会的进步和科学技术的发展，医学影像学高等教育的教学呈现出四个方面的特点，即现代科学技术和医学教学融合、出现跨学科教学、学生参与教学过程的主动学习以及重视教育结果和质量。教材的编写应密切结合我国目前医学教学改革的总体要求，密切结合医学影像学的发展对人才培养的要求，因此，全国高等学校医学影像学专业第三届教材评审委员会和人民卫生出版社在充分调研论证的基础上，决定从2015年开始启动医学影像学专业规划教材第四轮的修订工作。

第四轮规划教材的编写特色如下：

第一，立足人才培养，促进教材整体发展 教材建设不仅要符合现代化的教育理念，更要注重体现对学生素质教育、实践能力和创新意识的培养，要与医学影像学学科建设和课程建设紧密结合，服务于教学改革，充分反映教学改革和学科发展的最新成果。坚持以本专业人才培养目标为教材编写的基础，打造成“教师好教”“学生好学”的经典教材。

第二，加强顶层设计，创新教材建设机制 教材编写坚持遵循整套教材顶层设计、科学整合课程、实现整体优化的编写要求；鼓励实践教材建设，满足实践教学需要。在理论教材方面，《人体断面与影像解剖学》书名再次论证，进一步优化为《人体断层影像解剖学》；在实验教材方面，根据教学实际需要，增加《医学电子学基础实验》；在学习指导与习题集方面，将全部理论教材品种配齐相应的《学习指导与习题集》；在数字出版方面，全部理论教材品种都配套编写了相应的网络增值服务，并与理论教材同步出版发行。

第三，坚持编写原则，确保教材编写质量 坚持贯彻落实人民卫生出版社在规划教材编写中通过实践传承的“三基、五性、三特定”的编写原则：“三基”即基本知识、基本理论、基本技能；“五性”即思想性、科学性、创新性、启发性、先进性；“三特定”即特定对象、特定要求、特定限制。精练文字，控制字数，同一教材和相关教材的内容不重复，相关知识点具有连续性，内容的深度和广度严格控制在教学大纲要求的范畴，力求更适合广大学校的教学要求，减轻学生负担。

本套规划教材将于2016年11月陆续出版发行。希望全国广大院校在使用过程中，能够多提宝贵意见，反馈使用信息，为下一轮教材的修订工作建言献策。

全国高等学校医学影像学专业第三届教材评审委员会

主任委员

张云亭（天津医科大学）

副主任委员

郭启勇（中国医科大学）

黄 钢（上海健康医学院）

申宝忠（哈尔滨医科大学）

滕皋军（东南大学医学院）

委员(以姓氏笔画为序)

于春水（天津医科大学）

王志刚（重庆医科大学）

王振常（首都医科大学）

刘林祥（泰山医学院）

杜 勇（川北医学院）

杨建勇（中山大学）

吴恩福（温州医科大学）

张 辉（山西医科大学）

金龙云（牡丹江医学院）

徐文坚（青岛大学医学院）

韩 萍（华中科技大学同济医学院）

秘书

张雪君（天津医科大学）

全国高等学校医学影像学专业第四轮规划教材目录

规划教材

序号	书名	主编	副主编
1	人体断层影像解剖学(第4版)	王振宇 徐文坚	张雪君 付升旗 徐海波
2	医学影像物理学(第4版)	吉 强 洪 洋	周志尊 董家明 谢晋东
3	医学电子学基础(第4版)	鲁 雯 郭明霞	王晨光 周英君
4	医学影像设备学(第4版)	韩丰谈	李 彪 李林枫 李晓原
5	医学影像检查技术学(第4版)	于兹喜 郑可国	余建明 于铁链 张修石
6	医学影像诊断学(第4版)	韩 萍 于春水	余永强 王振常 刘林祥 高剑波
7	介入放射学(第4版)	郭启勇	滕皋军 杨建勇 郑传胜
8	影像核医学与分子影像(第3版)	黄 钢 申宝忠	陈 跃 李亚明 王全师 兰晓莉
9	肿瘤放射治疗学(第3版)	徐向英 曲雅勤	伍 钢 李国文 杜 勇
10	医学超声影像学(第2版)	姜玉新 冉海涛	田家玮 胡 兵 周晓东

配套教材

序号	书名	主编
1	人体断层影像解剖学实验指导(第2版)	徐 飞 徐文坚
2	医学影像物理学实验(第4版)	仇 惠 张瑞兰
3	医用放射防护学(第2版)	洪 洋 谢晋东
4	医学电子学基础实验	王晨光 周英君
5	影像核医学与分子影像图谱(第2版)	王全师 黄 钢

学习指导与习题集

序号	书名	主编
1	人体断层影像解剖学学习指导与习题集(第2版)	付升旗 王振宇
2	医学影像物理学学习指导与习题集(第3版)	董家明 吉 强
3	医学电子学基础学习指导与习题集(第2版)	郭明霞 鲁 雯
4	医学影像设备学学习指导与习题集(第2版)	韩丰谈
5	医学影像检查技术学学习指导与习题集(第2版)	郑可国 于兹喜
6	医学影像诊断学学习指导与习题集(第2版)	于春水 韩 萍
7	介入放射学学习指导与习题集	郭启勇
8	影像核医学与分子影像学习指导与习题集(第2版)	陈 跃 黄 钢
9	肿瘤放射治疗学学习指导与习题集(第2版)	徐向英
10	医学超声影像学学习指导与习题集	冉海涛



吉 强

男，天津人，天津医科大学教授。现任教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会委员、医药工作委员会副主任委员，《中华现代影像学杂志》《生物医学工程与临床》等刊物编委、审稿专家。天津医科大学学术委员会委员、天津医科大学教学督导委员会委员。

从事医学影像、生物医学工程教学与研究 35 年，主讲的主要课程有：医学影像物理学、磁共振成像物理学基础、医用物理学、普通物理学、大学物理知识拓展等。主持和负责完成了教育部高等学校教学研究项目、中华医学会教学研究项目等课题。主持和负责完成了国家自然科学基金项目、国家自然科学基金理论物理专项基金项目、天津市自然科学基金项目、天津市应用基础及前沿技术研究计划项目、天津医科大学科学基金项目等课题。发表多篇教学和科学研究学术论文。主编《医学影像物理学》《医用物理学》等多部国家级规划教材及其配套教材，并参编其他多部教材的编写工作。



洪 洋

女，辽宁沈阳人。教授，辽宁省教学名师，中国医科大学教学督导组组长。现任中国辐射防护学会委员；中国医学物理学会理事；辽宁省认知科学学会副理事长。辽宁省级精品课《医用物理学》负责人。

主要从事大学物理学、医用物理学、医学影像物理学、生物物理学、血流动力学与血液流变学、放射卫生及放射防护学等课程教育和研究。已主编、副主编 20 余部教材，包括主编国家级电子书包《医学物理学》；主编国家级“十一五”规划教材《医用物理学》《医学影像物理学》，以及主编《放射物理与防护学》《医用放射防护学》《医用物理学实验》等。承担国家级、省级教学改革立项课题 4 项；主持并获得了教育部教学质量工程优秀结题项目；主持研究的省教改项目获辽宁省教学成果二等奖。作为学科带头人，承担或分支负责国家自然科学基金、辽宁省各类科学基金项目 6 项；共发表学术论文 60 余篇，包括 SCI、EI 科研论文 20 篇。在生物物理学与新药分子生物学机制研究的交叉领域，共获得教育部自然科学二等奖 2 项、辽宁省科学技术二等奖 2 项、三等奖 2 项。



周志尊

男，黑龙江人。教授，牡丹江医学院医学影像学院副院长，医学图像处理教研室主任，国际电子电气工程学会会员、中国数理医药学会理事、黑龙江生物医学工程学会理事及黑龙江省创新学会理事。

从事教学工作至今 34 年。一直担任医学影像物理学、医学图像处理及成像原理等课程的本科及研究生双语教学工作，编写国家级规划教材多部。研究领域与科研方向包括医学图像处理与分析、脑神经的 ERP 分析、脑神经数理建模及 fMRI 研究。近五年来共承担省部级研究项目 2 项、厅局级项目 4 项，发表学术论文 30 余篇。获得黑龙江省高校科学技术二、三等奖 2 项。



童家明

男，山东青岛人。副教授，青岛大学物理科学学院基础物理教学中心副主任、青岛大学课堂教学质量管理工作领导小组成员。中国生物医学工程学会医学物理分会委员、医学物理学教育专委会委员、《中国医学物理学杂志》编委。教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会医药工作委员会委员。

从事医学物理教学工作 30 年。获山东省教学成果三等奖、山东省教育厅科技进步一等奖。获第二届“青岛高校教学名师”；青岛大学首届“年度教学十佳”“优秀教师”“师德标兵”、教学优秀奖，青岛大学医学院“学生最喜爱的十佳教师”；中国生物医学工程学会医学物理分会“学会贡献奖”、中国生物物理学会“生物物理学科科普教育贡献奖”。



谢晋东

男，山东滕州人。泰山医学院教授，现为中国医学物理学会理事、中国医学装备协会医用辐射装备防护与检测专业委员会委员、《中华放射医学与防护杂志》审稿专家。先后被评为山东省中青年学术骨干重点培养对象、泰安市“先进工作者”、“山东省优秀青年知识分子”。

从事教学工作 25 年来，参与省教育厅教研课题 3 项，获山东省教学成果二等奖 1 项；承担、参与省部级课题 3 项，获山东省科技进步三等奖 1 项，发表科研论文 40 余篇，其中 SCI 收录 5 篇，目前主要从事医学影像质量评价与管理、辐射剂量与防护等方面的研究。

《医学影像物理学》这本教材在2000年11月第一次出版发行以来,先后印刷了二十几次,深受广大师生和相关读者的欢迎,在全国的覆盖面较大。医学影像是发展极快的诊断技术,普及也非常快。医学教育要适应医学实践与研究的发展,所以此次进行了及时的修订再版。

2016年3月全国高等医药教材建设委员会决定进行再版修订工作,任命了第4版教材编委会及主编、副主编。明确了修订要求,再次强调了教材编写中的“三基”“五性”“三特定”原则,并注意教材文字的易懂性。

新版教材内容仍按72学时的理论讲授安排,在编写过程中,保持了第3版教材的风格和特点,对已过时、较陈旧的内容作了删除,如传统CT成像等;补充了近年来较成熟的医学影像技术的新理论、新概念,如旋转 k 空间、PET-MR等。考虑到医学影像整套教材的前后协调性,新版教材中不再出现红外线物理及红外线成像两章内容。同时还对全书的章节顺序进行了调整,将超声波内容前移为第三章和第四章,其他章节内容向后顺延,以使整本书的内容分布更加合理、顺畅,更加符合认知过程。

全书共分十章,五大部分,每一部分又分为两个板块,前一板块为基础,后一板块是成像原理及其应用,以便各院校根据自身情况组合使用。

前三届编委会在各版主编、副主编的带领下进行了开创性、探索性的工作,奠定了教材的框架和基本内容,理顺了与医学影像设备学、医学影像检查技术的学科划分,为我国医学影像物理学的建立和发展做出了巨大的贡献。新一届编委会对前三届编委会卓有成效的工作表示敬意。

科学技术的进步深刻地影响着科学教育的发展,新版教材将充分利用“互联网+”时代的教育与技术的全面融合,在互联网平台上设立网络增值服务,提供多种形式的资源、素材供读者浏览,以促进创新人才的培养。

为适应现代化人才的培养及教材发展的潮流,逐步完善医学影像物理学的立体化教材是新一届编委会的工作目标。本书将有与之配套使用的《医学影像物理学学习指导与习题集》《医学影像物理学实验》等辅助配套教材,供读者参考使用。

新版教材中仍可能存在不足,甚至不当之处,恳请专家、教授、同行及广大同学提出宝贵建议。

吉 强 洪 洋

2016年7月

绪论

1

- 一、医学影像物理学的主要内容 1
- 二、医学影像物理学在医学影像学中的作用 2
- 三、医学影像物理学阐述医学成像的技术手段和科学方法 3
- 四、医学影像物理学的发展 4

第一章 X 射线物理

5

- 第一节 X 射线的产生 5
 - 一、X 射线的发现及其基本特性 5
 - 二、X 射线管 6
 - 三、X 射线的产生机制 8
- 第二节 X 射线的空间分布 12
 - 一、X 射线管的输出 12
 - 二、X 射线的空间分布 13
- 第三节 X 射线与物质相互作用的类型 15
 - 一、光电效应 15
 - 二、康普顿效应 17
 - 三、电子对效应 18
 - 四、X 射线与物质的其他相互作用过程 19
 - 五、各种相互作用的相对重要性 20
- 第四节 X 射线在物质中的衰减 20
 - 一、X 射线与物质相互作用系数 20
 - 二、X 射线在物质中的衰减规律 22
 - 三、X 射线的滤过及其质 24
- 第五节 X 射线在人体内的衰减 25
 - 一、人体的物质组成 26
 - 二、混合物和化合物的质量衰减系数 26
 - 三、化合物的有效原子序数 26
 - 四、X 射线在人体内的衰减 28
 - 习题一 28

第二章 X 射线影像

30

- 第一节 模拟 X 射线摄影 30
 - 一、普通 X 射线摄影 30
 - 二、特殊 X 射线摄影 33

三、X 射线摄影图像质量评价	34
第二节 数字 X 射线摄影	37
一、数字图像基础	38
二、数字减影血管造影	45
三、计算机 X 射线摄影	49
四、直接数字化 X 射线摄影	53
五、数字 X 射线系统与模拟 X 射线系统的比较	56
第三节 X 射线计算机断层成像	58
一、X-CT 的基础知识	58
二、螺旋 CT	67
三、CT 影像质量	71
习题二	77

第三章 超声波物理

80

第一节 超声波的基本性质	80
一、超声波的分类	80
二、超声波的产生机制	80
三、声速、声压、声强与声阻抗	81
第二节 超声场	84
一、圆形单晶片声源的超声场	85
二、声束的聚焦	88
第三节 超声波在介质中的传播特性	89
一、反射与透射	89
二、衍射与散射	92
三、声波在介质中的衰减规律	93
四、声波的波型转换和声学谐波	95
五、声束通过介质薄层的特征	98
第四节 多普勒效应	99
一、声波的多普勒效应	99
二、多普勒频移的数学表示	99
三、频移信号的采集	101
习题三	102

第四章 超声成像

103

第一节 超声回波所携带的信息	103
一、反射和散射回波	103
二、超声成像的三个物理假定	104
第二节 A 型超声成像与 M 型超声成像	105
一、A 型超声成像	105
二、M 型超声成像	106

第三节 B 型超声成像	107
一、辉度调制式断面图像的形成	107
二、B 型超声成像中的电子扫描	108
三、B 型超声成像中的图像处理	109
四、B 超图像及质量评价	110
第四节 频谱多普勒	115
一、连续波多普勒	115
二、脉冲波多普勒	116
三、频谱分析与显示	118
四、伪像	119
第五节 彩色多普勒血流成像	120
一、单道相位检测	120
二、运动目标指示器原理	121
三、自相关技术	121
四、信号输出的显示方式	123
五、彩色多普勒血流成像的特点	124
六、彩色多普勒血流成像的局限	125
七、伪像	125
第六节 三维超声成像	126
一、三维超声成像的基本原理	126
二、静态、动态和实时三维成像	127
第七节 其他超声技术	128
一、超声造影成像	128
二、谐波成像	128
三、彩色多普勒能量成像	130
四、多普勒组织成像	131
五、超声组织定征	133
六、超声弹性成像	134
七、斑点追踪成像	135
八、全景超声成像	135
习题四	136

第五章 磁共振物理

138

第一节 原子核的磁性	138
一、原子核的自旋	138
二、原子核的磁矩	139
三、物质的磁性	139
四、用于磁共振成像的磁性核	140
第二节 静磁场中的磁性核	141
一、微观描述	141
二、宏观描述	142

第三节 磁共振	144
一、磁共振的基本原理	144
二、磁共振的宏观表现	145
三、稳态磁共振	147
第四节 弛豫过程	147
一、弛豫及其规律	147
二、弛豫的机制	148
第五节 自由感应衰减信号	150
第六节 化学位移和磁共振谱	151
一、化学位移	151
二、MRS 分析	152
三、“自由水”“结合水”及其 MRS	153
习题五	154

第六章 磁共振成像

156

第一节 磁共振信号与加权图像	156
一、FID 信号加权与对比度形成	156
二、自由感应衰减类序列	158
三、自旋回波序列与加权图像	158
四、反转恢复序列与加权图像	161
第二节 磁共振图像重建	163
一、梯度磁场和梯度	163
二、层面选择	163
三、相位编码和频率编码	164
四、二维傅里叶变换图像重建	166
五、 k 空间	167
六、三维傅里叶变换成像	169
第三节 快速成像序列	169
一、梯度回波序列	169
二、快速自旋回波序列	171
三、平面回波成像序列	173
四、快速成像序列的应用	175
第四节 磁共振血管成像	179
一、流动现象	180
二、流动现象的补偿	181
三、时间飞越法血管成像	181
四、相位对比法血管成像	182
五、磁敏感加权成像	183
习题六	185

第七章 核医学物理

187

第一节 原子核的性质与衰变类型	187
一、核力的性质	187
二、原子核的稳定性	187
三、 α 衰变	188
四、 β 衰变	189
五、 γ 衰变	190
六、衰变纲图	190
第二节 原子核衰变的宏观规律	191
一、核素及分类	191
二、放射性指数衰变规律	191
三、与核衰变相关的物理量	192
四、递次衰变	194
五、放射平衡	196
六、放射性计数的统计规律	198
第三节 原子核反应	199
一、核反应的一般概念	199
二、中子及分类	200
三、中子核反应	201
第四节 医用放射性核素的来源	201
一、反应堆生产放射性核素	201
二、回旋加速器生产医用放射性核素	202
三、放射性核素发生器生产医用放射性核素	202
习题七	203

第八章 核医学影像

205

第一节 概述	205
一、核素示踪	205
二、放射性制剂	206
三、核医学影像及其技术特点	206
第二节 γ 射线探测	206
一、 γ 射线能谱	206
二、闪烁计数器	207
三、脉冲幅度分析器	208
第三节 准直器	209
一、准直器的作用	209
二、准直器的技术参数	210
第四节 γ 照相机和单光子发射型计算机断层	212
一、 γ 照相机原理	212
二、 γ 照相机的性能指标及质量控制	214

三、单光子发射型计算机断层原理	215
四、单光子发射型计算机断层的技术优势	216
第五节 PET 及其融合技术	217
一、PET 原理	217
二、PET 技术优势	220
三、PET 融合技术	220
习题八	223

第九章 电离辐射的生物效应

225

第一节 辐射量及其测量	225
一、电离辐射的常用辐射量及其单位	225
二、辐射防护用辐射量和单位	226
三、电离辐射的测量方法	229
第二节 电离辐射的生物学效应	229
一、电离辐射损伤的表现特性	229
二、确定性效应和随机性效应	230
三、小剂量电离辐射的生物效应	230
四、影响辐射生物效应的因素	231
第三节 电离辐射损伤机制	231
一、辐射与自由基	231
二、直接作用与间接作用	232
三、原初过程和时间进程	233
四、靶学说和生物靶的调节作用	233
习题九	234

第十章 电离辐射的防护

236

第一节 电离辐射防护的法规与标准	236
一、电离辐射防护的目的	236
二、电离辐射防护的基本原则	236
三、电离辐射防护的基本标准	237
四、医疗照射剂量的约束	238
第二节 电离辐射防护的基本方法	241
一、内照射防护与外照射防护	241
二、屏蔽材料的选择	241
三、视屏装置的辐射防护	242
第三节 医用放射线的防护	242
一、医用诊断射线的防护	242
二、医用治疗射线的防护	243
三、介入放射学的安全与防护	244
四、医学影像放射防护的监测与管理	246

习题十..... 247

推荐阅读 249

中英文名词对照索引 250