



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



供医学影像技术专业用

# 放射物理与辐射防护

## Radiation Physics and Protection



主 编 王鹏程



副主编 牛延涛 刘东华 黄 浩 何培忠



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





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



供医学影像技术专业用

# 放射物理与辐射防护

## Radiation Physics and Protection

主 编

副主编 牛延涛 刘尔华 黄 浩 何培忠

编 委 (以姓氏笔画为序)

王晓艳 (泰山医学院)

王鹏程 (泰山医学院)

牛延涛 (首都医科大学)

刘东华 (新乡医学院)

何培忠 (上海健康医学院)

周选民 (湖北医药学院)

赵永霞 (河北大学)

贾明轩 (中国医科大学)

殷志杰 (滨州医学院)

黄 浩 (福建中医药大学)

曹国全 (温州医科大学)

编写秘书 王晓艳 (兼)



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

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

放射物理与辐射防护 / 王鹏程主编. —北京: 人民卫生出版社,  
2016

全国高等学校医学影像技术专业第一轮规划教材

ISBN 978-7-117-22732-2

I. ①放… II. ①王… III. ①放射医学—物理学—  
高等学校—教材②放射医学—辐射防护—高等学校—教材  
IV. ①R811.1②R14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 122314 号

人卫智网 [www.ipmph.com](http://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](http://www.pmph.com) 人卫官方资讯发布平台

版权所有, 侵权必究!

## 放射物理与辐射防护

主 编: 王鹏程

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](mailto:pmph@pmph.com)

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

印 刷: 北京市安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 13

字 数: 367 千字

版 次: 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-22732-2/R · 22733

定 价: 35.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

## 全国高等学校医学影像技术专业第一轮规划教材编写说明

为了推动我国医学影像技术专业的发展和学科建设,规范医学影像技术专业的教学模式,适应新时期医学影像技术专业人才的培养和医学影像技术专业高等教育的需要,根据2012年教育部最新专业目录设置,中华医学会影像技术分会、中国高等教育学会医学教育专业委员会医学影像学教育学组、人民卫生出版社共同研究决定,组织编写全国高等学校医学影像技术专业第一轮规划教材,并作为国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材的重要组成部分。2015年年初,人民卫生出版社对全国80多所开设了四年制本科医学影像技术专业的高等医学院校进行了充分的调研工作,在广泛听取本专业课程设置的教材编写意见的基础上,成立了全国高等学校医学影像技术专业第一届教材评审委员会,确定了医学影像技术专业第一轮规划教材品种。在本次教材的编写过程中,涌现出一大批优秀的中青年专家、学者、教授,他们以严谨治学的科学态度和无私奉献的敬业精神,积极参与本套教材的编写工作,并紧密结合专业培养目标、高等医学教育教学改革的需要,借鉴国内外医学教育的经验和成果,努力实现将每一部教材打造成精品的追求,以达到为专业人才的培养贡献力量的目的。

本轮教材的编写特点如下:

- 1. 明确培养目标,实现整体优化** 以本专业的培养目标为基础,实现本套教材的顶层设计,科学整合课程,实现整体优化。
- 2. 坚持编写原则,确保教材质量** 坚持教材编写三基(基本理论,基本知识,基本技能)、五性(思想性,科学性,先进性,启发性,适用性)、三特定(特定对象,特定目标,特定限制)的原则。
- 3. 精练教材文字,减轻学生负担** 内容的深度和广度严格控制在教学大纲要求的范畴,精练文字,压缩字数,力求更适合广大学校的教学要求,减轻学生的负担。
- 4. 完善配套教材,实现纸数互动** 为了适应数字化和立体化教学的实际需求,本套规划教材除全部配有网络增值服务外,还同步启动编写了具有大量多媒体素材的规划数字教材,以及与理论教材配套的《学习指导与习题集》《实验教程》,形成共8部27种教材及配套教材的完整体系,以更多样化的表现形式,帮助教师和学生更好地学习医学影像技术专业学知识。

本套规划教材将于2016年7月陆续出版发行,规划数字教材将于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技术专业规划数字教材出版说明

为适应高等医学教育事业信息化、数字化步伐,进一步满足院校教育改革需求和新时期医学影像技术专业人才的培养以及医学影像技术专业高等教育的需要,全国高等学校医学影像技术专业第一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,在全国高等学校医学影像技术专业第一轮规划教材建设同时启动首套医学影像技术专业规划数字教材建设。全套教材共8种,以第一轮规划教材为蓝本,借助互联网技术,依托人卫数字平台,整合富媒体资源和教学应用,打造医学影像技术专业数字教材,构建我国医学影像技术专业立体化教材体系。

本套数字教材于2015年9月8日召开了主编人会,会议确定在充分发挥纸质教材的优势基础上,利用新媒体手段高质量打造首套医学影像技术专业数字教材。本套数字教材秉承严谨、创新的精神,全部纸质教材编写专家均参与数字教材编写,并适当补充懂技术、热衷富媒体资源建设的专家,组成数字教材编写团队。2015年年底,全套教材均召开了编写会,确定了数字教材的编写重点与方向,各教材主编认真把握教材规划,全体编委高度重视数字教材建设,确保数字教材编写的质量。

本套数字教材具有以下特点:

**1. 坚持“三基、五性、三特定”** 在坚持本科教材编写原则的基础上,发挥数字教材优势,服务于教育部培养目标和国家卫生计生委用人需求,并紧密结合医学影像技术专业教学需要与特点,借鉴国内外医学教育的经验特点,创新编写思路及表达形式,力求为学生掌握基础知识与培养临床操作能力创造条件。

**2. 创新教材媒体形式** 以纸质教材为基础,采用创新媒体形式,融合图片、视频、动画、音频等多种富媒体形式,使教材完成从纸质向全媒体转变。全新的数字教材支持个人电脑、平板电脑、手机等多种终端,在满足一般的阅读学习需求外,还可实现检索、测评、云笔记、班级管理等功能。

**3. 内容不断优化更新** 数字教材具有数字产品的优势,支持内容的更新发布和平台功能的优化升级。我们期望紧跟时代的发展,为广大读者提供更加优质的服务及用户体验。

全国高等学校医学影像技术专业规划数字教材在编写出版的过程中得到了广大医学院校专家及教师的鼎力支持,在此表示由衷的感谢!希望全国广大院校和读者在使用过程中及时反馈宝贵的使用体验及建议,并分享教学或学习中的应用情况,以便我们进一步更新完善教材内容和服务模式。

国家级医学数字教材  
国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划数字教材  
全国高等学校医学影像技术专业规划数字教材

# 放射物理与辐射防护

## Radiation Physics and Protection

主 编 王鹏程

副主编 牛延涛 刘东华 黄 浩 何培忠

编 委 (以姓氏笔画为序)

于 勉 (新乡医学院)

王晓艳 (泰山医学院)

王晓敏 (天津医科大学)

王鹏程 (泰山医学院)

牛延涛 (首都医科大学)

左紫薇 (河北大学)

刘东华 (新乡医学院)

杜恩辅 (湖北医药学院)

李祥林 (滨州医学院)

何培忠 (上海健康医学院)

迟 彬 (华中科技大学同济医学院)

张 旭 (中国医科大学)

周选民 (湖北医药学院)

赵永霞 (河北大学)

侯立霞 (泰山医学院)

俞 允 (福建中医药大学)

闻彩云 (温州医科大学)

贾明轩 (中国医科大学)

夏 天 (上海健康医学院)

殷志杰 (滨州医学院)

高 杨 (牡丹江医学院)

黄 浩 (福建中医药大学)

曹国全 (温州医科大学)

编写秘书 王晓艳 (兼)

# 第一届全国高等学校医学影像技术专业教材评审委员会

主任委员 余建明（华中科技大学同济医学院）

副主任委员 石明国（第四军医大学）  
付海鸿（北京协和医学院）  
李真林（四川大学华西临床医学院）  
张雪君（天津医科大学）  
王鹏程（泰山医学院）

委员 丁莹莹（昆明医科大学）  
(以姓氏笔画为序) 王 滨（滨州医学院）  
王红光（河北医科大学）  
王绍武（大连医科大学）  
李文美（广西医科大学）  
何培忠（上海健康医学院）  
夏 军（哈尔滨医科大学）  
高剑波（郑州大学）  
曾勇明（重庆医科大学）

主任秘书 雷子乔 于 群

# 全国高等学校医学影像技术专业第一轮规划教材目录

## 规划教材目录

序号	书名	主编	副主编
1	人体影像解剖学	徐海波 张雪君	任伯绪 纪长伟
2	放射物理与辐射防护	王鹏程	牛延涛 刘东华 黄浩 何培忠
3	医学影像设备学	石明国 韩丰谈	赵雁鸣 朱险峰 王红光
4	医学影像信息学	付海鸿 胡军武	康晓东 杨晓鹏
5	医学影像诊断学	高剑波 王滨	余永强 张雪宁 王绍武 丁莹莹
6	医学影像成像理论	李真林 雷子乔	仇惠 邱建峰 汪红志
7	医学影像检查技术学	余建明 曾勇明	李文美 罗来树 刘广月 李鸿鹏
8	放射治疗技术学	林承光 翟福山	张涛 孙丽 郭跃信

## 规划数字教材目录

序号	书名	主编	副主编
1	人体影像解剖学	张雪君 徐海波	任伯绪 纪长伟
2	放射物理与辐射防护	王鹏程	牛延涛 刘东华 黄浩 何培忠
3	医学影像设备学	石明国 韩丰谈	赵雁鸣 朱险峰 王红光 国志义
4	医学影像信息学	付海鸿 胡军武	康晓东 杨晓鹏 周学军 侯庆锋
5	医学影像诊断学	王滨 高剑波 余永强	张雪宁 王绍武 丁莹莹
6	医学影像成像理论	李真林 雷子乔	孙文阁 高云飞 彭友霖
7	医学影像检查技术学	曾勇明 余建明	李文美 罗来树 刘广月 胡鹏志
8	放射治疗技术学	林承光 翟福山	张涛 孙丽 郭跃信 钟仁明

## 学习指导与习题集目录

序号	书名	主编	副主编
1	人体影像解剖学学习指导与习题集	任伯绪 徐海波	张雪君 纪长伟
2	放射物理与辐射防护学习指导与习题集	王鹏程	牛延涛 刘东华 黄浩 何培忠
3	医学影像设备学学习指导与习题集	韩丰谈 石明国	赵雁鸣 朱险峰 王红光
4	医学影像信息学学习指导与习题集	付海鸿 胡军武	康晓东 杨晓鹏 周学军 侯庆锋
5	医学影像诊断学学习指导与习题集	高剑波 王滨	余永强 张雪宁 王绍武 丁莹莹
6	医学影像成像理论学习指导与习题集	李真林 雷子乔	仇惠 邱建峰 汪红志
7	医学影像检查技术学学习指导与习题集	余建明 曾勇明	李文美 罗来树 黄小华 于群
8	放射治疗技术学学习指导与习题集	林承光 翟福山	张涛 孙丽 郭跃信

## 实验教程

序号	书名	主编	副主编
1	医学影像设备学实验教程	石明国 韩丰谈	赵雁鸣 朱险峰 王红光 赵海涛
2	医学影像成像理论实验教程	李真林 彭友霖	汪红志 仇惠 邱建峰
3	医学影像检查技术学实验教程	曾勇明 余建明	黄小华 徐惠 郝崴 周高峰





### 王鹏程

男, 1964年8月出生, 山东烟台人, 教授, 硕士生导师, 放射医学博士。现任泰山医学院副院长, 教育部高校教学指导委员会医学技术类专业委员、中华医学会影像技术分会教育学组副组长、山东省高校教学指导委员会医学技术类专业主任委员, 《中华放射医学与防护》杂志编委, 山东省放射技术学会副主任委员, 山东省教学名师。

从事医学影像技术教育30余年, 主要教授《医学放射物理与防护》及《放射治疗剂量学》, 主要研究方向为医疗照射辐射剂量学问题。主编教育部“十一五”国家级规划教材《放射治疗剂量学》、《医学影像物理学实验》(人民军医出版社); 教育部“十二五”国家级规划教材《放射物理与防护》(人民卫生出版社)、面向21世纪课程教材《肿瘤放射治疗学》(人民卫生出版社)等教材。2014年主编教材《放射治疗剂量学》由中国台湾省合记出版社在中国台湾省出版。曾获山东省科技进步三等奖1项, 山东省教学成果二等奖1项(首位, 2014), 三等奖1项(首位, 2009), 山东省高校科研成果三等奖2项(主持), 山东省医药卫生科技奖三等奖1项。

## 前 言

随着高新技术在医疗领域的广泛应用,医学影像技术学科领域在不断拓展,医学影像技术的内涵已经不再局限于传统的医学成像领域,核医学技术、放射治疗技术也已经逐步纳入了其中,传统的医学影像技术人才培养需要将核医学技术、放射治疗技术相关的知识和技能融入教学内容之中。

2015年6月11日,全国高等医药教材建设研究会和人民卫生出版社组织召开全国高等学校医学影像技术专业第一轮国家卫生计生委“十三五”规划教材建设论证会。会议确定了医学影像技术本科专业首轮全国规划教材书目,《放射物理与辐射防护》为所确定的8部规划教材之一。

《放射物理与辐射防护》是医学影像技术专业的重要专业基础课之一,其教学任务是为后续专业课及继续教育课程奠定必要的基础。为此,根据影像技术专业人才培养的要求,本教材教学内容涵盖了学生在未来工作、学习所需要的影像物理、核医学物理、放射治疗剂量学基础以及医疗照射的辐射防护学知识。影像物理、核医学物理主要讲授有关射线及放射性核素的基本特性、产生以及射线与物质相互作用的基本过程、辐射能量的转移、沉积、传递规律;放射治疗剂量学则主要介绍放射治疗过程中辐射剂量计算、测量以及基本的剂量学体系;辐射防护部分则重点介绍国际相关组织、国家对医疗照射所制定的有关标准、条例和辐射防护法规。本书除作为医学影像技术专业教材使用外,亦可作为放射技师、放射治疗物理师上岗培训、岗位资格考试以及专业职称晋升考试参考书使用。

本教材建议学生54学时,其中理论学38学时,实验16学时。各校可根据实际做适当调整。

本教材是国家卫生计生委、全国高等医药教材建设委员会“十三五”规划教材,为首轮医学影像技术专业全国规划教材。作为编者,我们深感任务艰巨、责任重大,在缺少同类教材参考、借鉴的情况下,教材编写专家付出了辛勤努力,终于完成了教材编写工作。尽管我们做了最大努力,但难免存在不足之处,恳请国内同行在教材使用过程中,对所发现的错误与不足,不吝赐教,以便再版时加以修订。

王鹏程

2016年3月26日

# 目 录

<b>第一章</b>	<b>物质结构</b>	<b>1</b>
第一节	原子结构	1
一、	揭示原子结构的实验基础	1
二、	玻尔的原子模型	3
三、	原子核外的电子结构	6
第二节	原子核结构	7
一、	原子核组成	7
二、	原子核结合能	8
三、	原子核能级	10
四、	原子核自旋与核磁矩	10
第三节	磁共振	12
一、	核磁矩在静磁场中的进动	12
二、	磁共振现象	13
三、	核自旋弛豫	14
第四节	磁共振现象的医学应用	15
一、	核磁共振波谱分析技术	15
二、	磁共振成像技术	16
<b>第二章</b>	<b>核衰变</b>	<b>18</b>
第一节	放射性核素衰变类型	18
一、	$\alpha$ 衰变	18
二、	$\beta$ 衰变	19
三、	$\gamma$ 衰变和内转换	20
第二节	原子核的衰变规律	20
一、	衰变规律	20
二、	衰变平衡	22
第三节	放射性核素衰变的统计	23
一、	核衰变的统计规律	24
二、	泊松分布与正态分布	24
第四节	医用放射性核素的生产与制备	24
一、	放射治疗常用放射性核素及其产生	25
二、	核医学常用放射性核素及其产生	26
第五节	放射性核素的临床应用	27
一、	放射性核素在肿瘤放射治疗中的应用	27

二、放射性核素在核医学检查中的应用 .....	28
-------------------------	----

### 第三章 X线的产生 30

第一节 X线的发现 .....	30
第二节 X线的本质与特性 .....	31
一、X线的本质 .....	31
二、X线的基本特性 .....	32
第三节 X线的产生条件与装置 .....	33
一、X线的产生条件 .....	33
二、X线的发生装置 .....	33
第四节 X线的产生原理 .....	35
一、电子与物质的相互作用 .....	35
二、两种X线的产生原理 .....	36
第五节 X线的量与质 .....	40
一、概念及其表示方法 .....	40
二、影响X线量和质的因素 .....	41
第六节 X线的产生效率 .....	43
第七节 X线强度的空间分布 .....	44

### 第四章 X( $\gamma$ )射线与物质的相互作用 47

第一节 概述 .....	47
一、X线与物质相互作用的几率 .....	48
二、射线的衰减 .....	48
三、能量转移和吸收 .....	50
第二节 X线与物质相互作用的主要过程 .....	51
一、光电效应 .....	51
二、康普顿效应 .....	54
三、电子对效应 .....	57
第三节 X线与物质相互作用的其他过程 .....	58
一、相干散射 .....	58
二、光核作用 .....	59
第四节 各种作用发生的相对几率 .....	59
一、 $Z$ 和 $h\nu$ 与三种基本作用的关系 .....	59
二、诊断放射学中各种基本作用发生的相对几率 .....	60

### 第五章 X( $\gamma$ )线在物质中的衰减 62

第一节 单能X线在物质中的衰减规律 .....	62
一、窄束X线在物质中的衰减规律 .....	62
二、宽束X线在物质中的衰减规律 .....	64
第二节 连续X线在物质中的衰减规律 .....	64

一、连续 X 线在物质中的衰减特点 .....	65
二、影响 X 线衰减的因素 .....	66
三、X 线的滤过 .....	67
第三节 诊断放射学中 X 线的衰减 .....	70
一、人体的构成元素和组织密度 .....	70
二、X 线通过人体的衰减规律 .....	71
第四节 X 线的临床应用 .....	72
一、常规 X 线摄影技术 .....	72
二、数字化 X 线成像技术 .....	72
三、介入放射技术 .....	73
四、计算机断层成像技术 .....	74
五、利用 X 线的肿瘤放射治疗技术 .....	74
<b>第六章 常用的辐射量和单位</b> .....	<b>75</b>
第一节 描述电离辐射的常用辐射量和单位 .....	75
一、描述辐射场性质的量 .....	75
二、照射量 .....	77
三、比释动能 .....	78
四、吸收剂量 .....	78
五、吸收剂量、比释动能及照射量之间的关系和区别 .....	80
第二节 辐射防护中使用的辐射量和单位 .....	82
一、当量剂量 .....	82
二、有效剂量 .....	84
三、吸收剂量的蒙特卡洛计算 .....	86
四、集体当量剂量和集体有效剂量 .....	87
五、待积当量剂量和待积有效剂量 .....	87
<b>第七章 放射线的测量</b> .....	<b>89</b>
第一节 照射量的测量 .....	89
一、自由空气电离室 .....	89
二、实用型电离室 .....	91
三、电离电荷测量电流 .....	94
第二节 吸收剂量的测量 .....	94
一、吸收剂量的基本测量法 .....	94
二、电离室测量法 .....	95
三、吸收剂量的其他测量方法 .....	98
第三节 射线质的测定 .....	99
一、400kV 以下 X 线质的测定 .....	99
二、高能 X 线能量的测定 .....	100
三、高能电子束能量的测定 .....	100
第四节 医用影像检查技术的辐射剂量学评价 .....	100

一、X线摄影与X线透视检查技术辐射剂量学评价 .....	101
二、CT检查的辐射剂量学评价 .....	102
三、核医学检查的剂量学评价 .....	104
<b>第八章 放射治疗剂量学</b> .....	<b>106</b>
第一节 放射源和放射治疗设备 .....	106
一、放射治疗常用的放射源及照射方式 .....	106
二、放射治疗常用的放射性核素 .....	106
三、放射治疗常用的治疗设备 .....	107
四、放射治疗技术 .....	108
第二节 高能X线射野剂量学 .....	108
一、体模 .....	108
二、百分深度剂量 .....	109
三、组织空气比 .....	112
四、组织最大剂量比 .....	113
五、等剂量分布与射野离轴比 .....	114
六、楔形射野及剂量分布 .....	116
七、人体曲面和不均匀组织的修正 .....	117
八、输出剂量的计算方法和实例 .....	118
第三节 高能电子射线射野剂量学 .....	119
一、高能电子射线束的产生及物理特性 .....	119
二、电子线百分深度剂量 .....	120
三、电子线等剂量曲线的分布 .....	122
四、电子线射野的均匀性和半影 .....	122
五、高能电子线输出剂量的计算 .....	123
第四节 近距离照射剂量学 .....	124
一、近距离照射剂量学的基本特点及其剂量分布 .....	124
二、腔内照射剂量学 .....	125
三、组织间照射剂量学 .....	127
四、粒子植入照射剂量学 .....	127
第五节 放射治疗计划设计的基本剂量学原则 .....	127
一、放射治疗计划的设计 .....	127
二、放射治疗计划的评估与验证 .....	128
<b>第九章 放射线对人体的影响</b> .....	<b>130</b>
第一节 放射线的生物学效应 .....	130
一、放射生物学基础 .....	130
二、辐射生物学效应分类 .....	134
三、胎儿出生前受照效应 .....	138
四、皮肤效应 .....	139

第二节 影响辐射损伤的因素 .....	140
一、与电离辐射有关的因素 .....	140
二、与机体有关的因素 .....	142
三、环境因素 .....	142
<b>第十章 放射防护法规与标准</b> .....	<b>144</b>
第一节 放射防护法规 .....	144
第二节 放射防护标准 .....	146
一、标准的概念 .....	146
二、标准的发展 .....	146
三、医用放射防护标准 .....	146
第三节 放射防护标准介绍 .....	147
一、国际电离辐射防护基本安全标准简介 .....	147
二、国际电离辐射防护和辐射安全的基本安全标准 .....	149
三、我国现行放射防护标准 .....	150
第四节 放射防护法规与标准的贯彻实施 .....	151
一、放射工作单位自主管理 .....	151
二、卫生行政部门监督管理 .....	151
<b>第十一章 放射线的屏蔽防护</b> .....	<b>153</b>
第一节 辐射防护的基本方法 .....	153
一、外照射防护的基本方法 .....	153
二、内照射防护的基本方法 .....	153
第二节 射线屏蔽材料 .....	154
一、对屏蔽材料的要求 .....	154
二、常用屏蔽防护材料 .....	154
第三节 射线屏蔽厚度的确定方法 .....	156
一、确定屏蔽厚度的依据 .....	156
二、屏蔽厚度的计算 .....	157
<b>第十二章 医疗照射的辐射防护</b> .....	<b>162</b>
第一节 医用诊断X线的防护 .....	162
一、辐射防护原则 .....	162
二、诊断X线机防护性能的要求 .....	163
三、X线计算机断层摄影(CT机)辐射防护要求 .....	163
四、辐射防护设施 .....	164
五、医用X线诊断防护安全操作要求 .....	165
六、CT操作中的辐射防护要求 .....	166
七、介入放射学操作中的辐射防护要求 .....	167
八、妇女X线检查的防护 .....	168

九、儿童 X 线检查的防护 .....	168
第二节 肿瘤放射治疗的辐射防护 .....	169
一、医用电子直线加速器的辐射防护 .....	170
二、医用 $\gamma$ 射线外照射治疗的辐射防护 .....	170
三、外照射放射治疗中对患者的防护 .....	170
第三节 核医学检查的辐射防护 .....	171
一、临床核医学场所的辐射防护要求 .....	171
二、放射性药物操作的辐射防护要求 .....	172
三、临床核医学治疗的辐射防护要求 .....	172
第四节 辐射防护监测 .....	172
一、场所辐射防护监测 .....	173
二、个人剂量监测 .....	173
第五节 医疗照射的辐射防护管理 .....	173
一、辐射防护管理机构 .....	173
二、放射性工作申请许可制度 .....	173
三、辐射防护管理内容 .....	175
<b>附录</b> <b>实验</b> .....	179
实验一 X 线特性的验证 .....	179
实验二 X 线半价层的测量 .....	179
实验三 X 线机输出量的测量 .....	180
实验四 透视 X 线机防护区照射量率的测量 .....	181
实验五 X 线屏蔽材料铅当量的测量 .....	182
实验六 介入放射学辐射剂量学测量 .....	183
实验七 CT 剂量学指数测量及评价 .....	184
实验八 加速器机房外周围剂量当量率测量及评价 .....	185
<b>推荐阅读</b> .....	188
<b>中英文名词对照索引</b> .....	189



古代哲学家认为物质是由简单的、不可分割的基本单元即所谓“原子”构成的,这是原始的原子学说。1885年巴耳末发现氢光谱线系的规律,1897年汤姆逊证明电子的存在,1911年卢瑟福通过 $\alpha$ 粒子散射实验提出了原子的核式模型,1913年玻尔发表了氢原子理论,这些理论和实验为人们科学认识原子结构奠定了基础。

原子核是原子的中心实体,研究这个中心实体的特性、结构和变化等问题的一门学科称为原子核物理学。原子核物理的研究促进了科学技术的发展,如核能的利用等。在临床医学与基础研究方面,原子核物理也提供了许多有效的诊断和治疗手段,如磁共振波谱技术以及磁共振成像等。

本章主要学习原子结构、原子核结构、磁共振原理以及医学应用。

## 第一节 原子结构

### 一、揭示原子结构的实验基础

在20世纪初,从实验事实已经知道电子是一切原子的组成部分。但物质通常是中性的,足见原子中还有带正电的部分。又从电子的荷质比( $e/m$ )的测量,知道电子的质量比整个原子的质量要小得多,当时已经知道一个电子的质量差不多是氢原子质量的 $1/2000$ 。这些实验结果和当时的经典理论是考虑原子结构模型的基础。

#### (一) $\alpha$ 粒子的散射实验

$\alpha$ 粒子是放射性物质中发射出来的快速粒子,它具有氦原子那样的质量,是电子质量的7300倍,它带两个单位的正电荷。后来证明它就是氦原子核。

汤姆逊在1904年提出过一个原子结构模型,为了验证这个模型,卢瑟福等人进行了 $\alpha$ 粒子散射实验,在1909年观察到一个重要现象,就是 $\alpha$ 粒子受铂的薄膜散射时,绝大多数平均只有 $2^\circ \sim 3^\circ$ 的偏转,但有 $1/8000$ 的 $\alpha$ 粒子偏转大于 $90^\circ$ ,其中有接近 $180^\circ$ 的。

$\alpha$ 粒子散射实验所用仪器的装置大致如图1-1所示。R为被一铅块包围的 $\alpha$ 粒子源,发射的 $\alpha$ 粒子经准直后,打在铂的薄膜F上。有一放大镜M,带着一片荧光屏S,可以转到不同的方向对散射的 $\alpha$ 粒子进行观察。荧光屏是玻璃片上涂荧光物硫化锌制成的,使用时把有硫化锌一面向着散射物F。当被散射的 $\alpha$ 粒子打在荧光屏上,就会发生微弱的闪光。通过放大镜观察闪光就可记下某一时间内在某个 $\theta$ 方向散射的 $\alpha$ 粒子数。为了避免 $\alpha$ 粒子与空气分子的碰撞,从 $\alpha$ 粒子源到荧光屏这段路程是在真空中的。

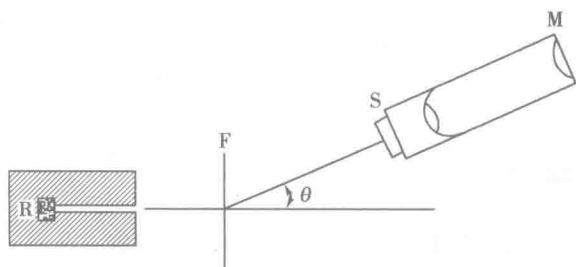


图1-1 观测 $\alpha$ 粒子散射的仪器装置示意图