



全国中等卫生职业教育卫生部“十一五”规划教材

供医学影像技术专业用

第2版

X线物理与防护

卫生职业教育教学指导委员会审定

主编 李迅茹



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



全国中等卫生职业教育卫生部“十一五”规划教材

供医学影像技术专业用

X 线物理与防护

第 2 版

主 编 李迅茹

副主编 王宏伟

编者 (以姓氏笔画为序)

王宏伟 (安徽省六安卫生学校)

李迅茹 (北京卫生学校)

耿忠江 (新疆伊宁卫生学校)

谢银勋 (黄石理工学院高等职业技术学院)

编写秘书

蔡惠芳 (北京卫生学校)



人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

X线物理与防护/李迅茹主编. —2版. —北京:

人民卫生出版社, 2008.1

ISBN 978-7-117-09523-5

I. X… II. 李… III. X射线诊断-基本知识

IV. R814

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 183493 号

本书本印次封底贴有防伪标。请意识别。

X 线物理与防护

李迅茹 主编

王卫 副主编

(本书为《X线物理与防护》系列丛书之一)

(本书为《X线物理与防护》系列丛书之一)

(本书为《X线物理与防护》系列丛书之一)

(本书为《X线物理与防护》系列丛书之一)

(本书为《X线物理与防护》系列丛书之一)

X线物理与防护

第2版

主 编: 李迅茹

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

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 7.5

字 数: 184千字

版 次: 2002年12月第1版 2008年1月第2版第2次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-09523-5/R·9524

定 价: 11.00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)

出版说明

为贯彻落实“国务院关于大力发展职业教育的决定”等重要文件精神，卫生部、教育部于2006年3月调整并成立了第二届卫生职业教育教学指导委员会（简称第二届行指委）的工作范围和人员组成，以更好地指导卫生职业教育的发展。为了适应卫生事业发展改革对卫生职业人才的需求，第二届行指委领导和组织全国中等卫生学校对中等卫生职业教育6个专业7个门类的教学计划和教学大纲进行了调研、规划、组织编写、论证等工作，并报卫生部审定通过，于2007年5月正式颁布，由人民卫生出版社正式出版。卫生部教材办公室在卫生部、教育部的领导下，在第二届行指委的直接指导下，立足于更好地在卫生职业教育中体现职业教育的发展与改革趋势，组织全国百余家中等卫生学校，以新教学计划和教学大纲为依据，编写了全国中等卫生职业教育卫生部“十一五”规划教材。本套新一轮规划教材得到了各学校的大力支持和高度关注，它将成为新时期、新形势下大力发展卫生职业教育的重要基础和根本保障！

本轮教材的修订原则和特点为：①紧扣新教学计划和教学大纲进行编写，体现构建和谐社会对技能型、高素质劳动者的需求、教育部门的培养目标、卫生部门的用人要求的紧密结合。本轮教材的培养目标定位为：以服务为宗旨、以就业为导向、以岗位需求为标准，培养与我国社会主义建设要求相适应，与就业岗位要求相符合，为卫生事业发展服务的技能型的高素质劳动者。②体现“以就业为导向、以能力为本位，以发展技能为核心”的职教理念，理论知识强调“必需、够用”、符合中等卫生职业教育生源的特点和就业的需求；强化技能培养，包括专业技能、就业技能、创业技能。③体现统一性与灵活性的结合：护理专业、药剂专业教材采用模块化的课程结构，各学校可根据实际情况选择和组合教材模块，以培养特色化人才。强调“宽口径、重实用”的思路，优化课程结构，精选教学内容。“宽口径”是指覆盖面宽，力求使学生专业素质的内涵得到拓宽；“重实用”是教学内容要实际、实用，紧密联系工作岗位实际需要和执业资格考试、相关职业考试大纲的要求。各专业根据专业特点，在教材中设置了不同特色的图文框，对教学内容进行适当的拓宽或延伸，从而激发学生的学习兴趣、开拓学习视野。④体现优良传统与改革思想的融合：在上一轮教材的基础上，保持课程体系和内容的连贯性，修改不适应教学的环节、课程、内容，体现改革思路清晰、方向明确、途径成熟的专业教学理念。⑤体现卫生部规划教材的权威性、科学性、先进性、适用性、规范性。⑥体现服务于学习与教学的原则：本轮教材在书末设置了实践指导、教学大纲的内容，多数专业核心课程编写了配套教材和（或）配套光盘。

本套新一轮规划教材包括公共基础课程、医学基础课程、6个专业7个门类的专业课程、选修课程共108种教材。其他未修订专业的教材如各校仍开设该专业，可继续使用原教材。

卫生职业教育教学指导委员会

卫生部教材办公室

人民卫生出版社

二〇〇七年十二月

第二届 卫生职业教育教学指导委员会

职 责

姓 名

工作单位

顾 问

祁国明

中华医学会

鲍 朗

教育部高教司

主任委员

刘雁飞

卫生部科教司

副主任委员

孟 群 (★)

卫生部科教司

石鹏建

教育部高教司

董德刚

辽宁省卫生厅

姒建敏

浙江大学

胡国臣

人民卫生出版社

秘书长

沈 彬 (★)

天津医学高等专科学校

副秘书长

解江林

卫生部科教司教育处

文历阳

华中科技大学同济医学院

委 员

李赵城

卫生部人事司

郭燕红

卫生部医政司

王启明

教育部高教司

范 唯

教育部职成司

刘 杰

教育部职成司

吕一平

北京市卫生局

张孟华

浙江省卫生厅

孙宁生

江苏省卫生厅

耿文奎

广西壮族自治区卫生厅

张文清	天津医科大学
刘文川	哈尔滨医科大学
郭 明	大连医科大学
吴仁友	上海交通大学成教学院
曾 诚	四川大学教育发展中心
陈增良	浙江医学高等专科学校
叶向前	西安医学院
梁琼芳	肇庆医学高等专科学校
陈明非	福建卫生职业技术学院
余国华	湖南永州职业技术学院
云 琳	郑州卫生职业技术学院
姜渭强	苏州卫生职业技术学院
金中杰	甘肃省卫生学校
高三度	无锡高等卫生职业技术学校
姚 宏	本溪市卫生学校
路喜存	承德市卫生学校
杜 贤	人民卫生出版社
王 瑾	天津医学高等专科学校

秘 书

注：“★”为常务

王 瑾	1	王 瑾	1	王 瑾	1
王 瑾	2	王 瑾	2	王 瑾	2
王 瑾	3	王 瑾	3	王 瑾	3
王 瑾	4	王 瑾	4	王 瑾	4
王 瑾	5	王 瑾	5	王 瑾	5
王 瑾	6	王 瑾	6	王 瑾	6
王 瑾	7	王 瑾	7	王 瑾	7
王 瑾	8	王 瑾	8	王 瑾	8
王 瑾	9	王 瑾	9	王 瑾	9
王 瑾	10	王 瑾	10	王 瑾	10
王 瑾	11	王 瑾	11	王 瑾	11
王 瑾	12	王 瑾	12	王 瑾	12
王 瑾	13	王 瑾	13	王 瑾	13
王 瑾	14	王 瑾	14	王 瑾	14
王 瑾	15	王 瑾	15	王 瑾	15
王 瑾	16	王 瑾	16	王 瑾	16
王 瑾	17	王 瑾	17	王 瑾	17
王 瑾	18	王 瑾	18	王 瑾	18
王 瑾	19	王 瑾	19	王 瑾	19
王 瑾	20	王 瑾	20	王 瑾	20
王 瑾	21	王 瑾	21	王 瑾	21
王 瑾	22	王 瑾	22	王 瑾	22
王 瑾	23	王 瑾	23	王 瑾	23
王 瑾	24	王 瑾	24	王 瑾	24
王 瑾	25	王 瑾	25	王 瑾	25
王 瑾	26	王 瑾	26	王 瑾	26
王 瑾	27	王 瑾	27	王 瑾	27
王 瑾	28	王 瑾	28	王 瑾	28
王 瑾	29	王 瑾	29	王 瑾	29
王 瑾	30	王 瑾	30	王 瑾	30
王 瑾	31	王 瑾	31	王 瑾	31
王 瑾	32	王 瑾	32	王 瑾	32
王 瑾	33	王 瑾	33	王 瑾	33

全国中等卫生职业教育卫生部“十一五”规划教材

目 录

总序号	适用专业	分序号	课程名称	版次	主编
1	中等卫生职业教育各专业	1	语文应用基础	2	于叔杰 张谷平
2	中等卫生职业教育各专业	2	数学应用基础	2	张守芬 林虹伟
3	中等卫生职业教育各专业	3	英语应用基础	2	孙国棣 赵 旦
4	中等卫生职业教育各专业	4	物理应用基础	2	宋大卫
5	中等卫生职业教育各专业	5	医用化学基础	2	黄 刚
6	中等卫生职业教育各专业	6	信息技术基础	2	关中辉
7	中等卫生职业教育各专业	7	体育与健康	1	张庆霞
8	中等卫生职业教育各专业	8	病理学基础	2	王志敏
9	中等卫生职业教育各专业	9	病原生物与免疫学基础	2	吕瑞芳
10	中等卫生职业教育各专业	10	解剖学基础(包括系解和组胚)	2	王怀生 李 召
11	中等卫生职业教育各专业	11	生理学	2	彭 波 李茂松
12	药剂、医学检验	12	解剖生理学基础	2	王维智 蒋劲涛
13	中等卫生职业教育各专业 (医学检验专业除外)	13	生物化学	2	车龙浩
14	护理	1	妇产科护理	2	刘文娜
15	护理	2	口腔临床护理	1	葛嫄丰
16	护理	3	口腔美容及预防保健	1	范珍明
17	护理	4	重症监护技术	1	刘旭平
18	护理	5	重症监护仪器使用与维护	1	王 懿
19	护理、助产	6	儿科护理	2	叶春香
20	护理、助产	7	护理学基础	2	李晓松
21	护理、助产	8	急救护理技术	2	傅一明
22	护理、助产	9	健康评估	1	张淑爱
23	护理、助产	10	内科护理	2	金中杰 林梅英
24	护理、助产	11	社区护理	2	陈锦治
25	护理、助产	12	外科护理	2	严鹏霄 王玉升
26	护理、助产	13	心理与精神护理	2	李丽华
27	护理、助产、涉外护理	14	护理礼仪	2	耿 洁
28	护理、助产、涉外护理	15	老年护理	2	张小燕
29	护理、助产、涉外护理	16	人际沟通	2	张书全
30	护理、助产、涉外护理	17	五官科护理	2	李 敏
31	护理、助产、涉外护理	18	药物应用护理	2	姚 宏
32	护理、助产、涉外护理	19	中医护理	2	申惠鹏
33	护理、涉外护理	20	护理专业技术实训	1	张美琴

总序号	适用专业	分序号	课程名称	版次	主编
34	涉外护理	1	儿科护理	1	于海红
35	涉外护理	2	妇产科护理	1	包小兰
36	涉外护理	3	护理学基础	1	邵阿末
37	涉外护理	4	护理英语	1	刘国全
38	涉外护理	5	急救护理技术	1	李树东
39	涉外护理	6	健康评估	1	夏惠丽
40	涉外护理	7	内科护理	1	马秀芬 孙建勋
41	涉外护理	8	社区护理	1	徐国辉
42	涉外护理	9	外科护理	1	谭进 周静
43	涉外护理	10	心理与精神护理	1	杨萍
44	涉外护理	11	英语国家概况	1	黄宁益
45	助产	1	产科学及护理	2	薛花 程瑞峰
46	助产	2	妇科护理	1	李晋爱
47	助产	3	母婴保健	2	杨玉杰
48	助产	4	遗传与优生学基础	2	周德华
49	口腔工艺技术	1	口腔固定修复工艺技术	2	黄强生
50	口腔工艺技术	2	疾病学基础	1	吴增春
51	口腔工艺技术	3	可摘义齿修复工艺技术	2	米新峰 农一浪
52	口腔工艺技术	4	口腔工艺设备	1	李新春
53	口腔工艺技术	5	口腔疾病概要	2	毛珍妮
54	口腔工艺技术	6	口腔解剖学	1	肖希娟
55	口腔工艺技术	7	口腔生理学	2	李华方
56	口腔工艺技术	8	口腔工艺技术材料学基础	2	杨家瑞
57	口腔工艺技术	9	口腔医学美学基础	2	肖云
58	口腔工艺技术	10	口腔预防保健基础	2	李耀峰
59	口腔工艺技术	11	口腔正畸工艺技术	2	杜维成
60	口腔工艺技术	12	口腔组织及病理学基础	1	刘影
61	药剂	1	常用制剂技术与设备	1	江丰
62	药剂	2	天然药物化学基础	2	王天玲
63	药剂	3	天然药物学基础	2	李建民
64	药剂	4	无机与分析化学基础	1	石宝珏
65	药剂	5	药剂学	2	高宏
66	药剂	6	药理学与药物治疗学基础	1	张庆
67	药剂	7	药品市场营销学	2	钟明炼
68	药剂	8	药事管理学	2	寇建民
69	药剂	9	药物分析	2	牛彦辉
70	药剂	10	药物化学基础	2	王玮瑛
71	药剂	11	药用植物学基础	1	潘凯元
72	药剂	12	医药企业经营与管理	1	王捧英
73	药剂	13	医药商品学	1	艾尔肯·依布拉依木
74	药剂	14	医院药学概要	1	彭丽红
75	药剂	15	制药工艺基础	1	李淑清

总序号	适用专业	分序号	课程名称	版次	主编
76	药剂	16	制药过程与设备	1	姜爱霞
77	药剂	17	中药调剂与制剂技术	1	高荣哲
78	药剂	18	中药鉴定技术	1	邹丽焱
79	药剂	19	中药炮制技术	1	马光
80	药剂	20	中医药学概论	1	李莉
81	药剂、医学检验	21	有机化学	2	曾崇理
82	药剂、医学检验、口腔工艺技术	22	疾病概要	2	刘昌权
83	医学检验	1	分析化学	2	谢庆娟
84	医学检验	2	寄生虫检验技术	2	尹燕双
85	医学检验	3	临床检验	2	安艳 赵平
86	医学检验	4	免疫检验技术	2	鲜尽红
87	医学检验	5	生物化学检验技术	2	沈岳奋
88	医学检验	6	生物化学	2	李月秋
89	医学检验	7	微生物检验技术	2	郭积燕
90	医学检验	8	无机化学	2	丁秋玲
91	医学影像技术	1	X线摄影化学及暗室技术	2	吕文国
92	医学影像技术	2	X线物理与防护	2	李迅茹
93	医学影像技术	3	超声诊断学	2	夏国园
94	医学影像技术	4	电工与电子技术	2	赵笑畏
95	医学影像技术	5	疾病概要	2	任光圆 刘更新
96	医学影像技术	6	医学影像设备	2	冯开梅
97	医学影像技术	7	影像技术学	2	李萌 陈本佳
98	医学影像技术	8	影像诊断学	2	李海鹰 王蒙
99	中等卫生职业教育各专业选用	1	就业与创业指导	2	温树田
100	中等卫生职业教育各专业选用	2	美育	2	汪宝德
101	中等卫生职业教育各专业选用	3	青少年心理健康	1	盛秋鹏
102	中等卫生职业教育各专业选用	4	社会学基础	2	刘叔疆
103	中等卫生职业教育各专业选用	5	卫生法律法规	2	王峰
104	中等卫生职业教育各专业选用	6	心理学基础	2	肖丹
105	中等卫生职业教育各专业选用	7	医学伦理学	1	曾繁荣
106	中等卫生职业教育各专业选用	8	营养与膳食指导	2	刘 琦
107	中等卫生职业教育各专业选用	9	职业道德与职业生涯规划	1	谈玲华
108	中等卫生职业教育各专业选用	10	中医学基础	2	刘全生

前 言

本教材是根据卫生职业教育教学指导委员会编制的《全国中等卫生职业教育教学计划和教学大纲汇编》编写的全国中等卫生职业教育卫生部“十一五”规划教材,供医学影像技术专业使用。教学时数为 36 学时,其中理论 30 学时,实验 6 学时。

《X 线物理与防护》是医学影像技术专业的专业基础课之一,其任务是使学生掌握必要的 X 射线基本理论知识和基本实践技能,学会正确使用 X 射线,为后续的专业课学习和从事医学影像技术工作奠定必要的基础。教材内容主要包括:X 射线的发生、性质及与物质作用的规律;辐射防护中所涉及的剂量、测量、监测等内容;辐射防护知识和我国现行的放射防护法规和标准。

本教材在内容广度、深度的把握上,主要考虑了以下三方面因素:第一,岗位需求;第二,职业教育特点;第三,中等专业学校学生的知识结构和接受能力。教材力争体现以下特点:

1. 体现以服务为宗旨、以就业为导向、以岗位需求为标准的职业教育办学的指导思想。
2. 紧跟医学影像技术和职业技术发展,体现新理念、新知识、新技术、新概念及新法规。
3. 根据培养目标,在选材上以岗位需求的基础知识为主,够用为度,少而精,体现实用性和针对性。
4. 以 X 射线的内容为核心,适当向其他放射线的内容拓展,为学生将来从事医学影像技术工作提供必不可少的知识。
5. 充分考虑生源特点,在教材的可读性、指导性、启发性上下工夫。每一章前均有“学习指导”,章后有“小结”、“习题”,教材中根据需要有“想一想”、“做一做”、“小资料”等板块。

在教材编写过程中,得到了多位专家的指导和同行的帮助,在此,谨向所有关心、支持、帮助和指导本书编写工作的专家、学者致以诚挚的谢意。

由于医学影像技术的发展日新月异,本教材所涉及的专业知识又非常广泛,因此书中难免存在缺点和不足,恳请使用本教材的教师、学生以及广大从事本专业工作的同志批评指正。

编 者

2007 年 11 月

目 录

第一章 原子结构和电离辐射

1

第一节 原子结构

1

一、原子核

1

二、核外电子结构

2

第二节 电离辐射和电磁辐射

5

一、电离辐射

5

二、电磁辐射

5

三、辐射的二象性

6

第二章 X射线的产生和性质

9

第一节 X射线的发现

9

第二节 X射线的基本特性

10

一、物理特性

11

二、化学特性

11

三、生物效应特性

11

第三节 X射线的产生条件和装置

12

一、X射线的产生条件

12

二、X射线的产生装置

12

第四节 X射线的产生原理

13

一、电子与物质的相互作用

13

二、X射线的产生原理

13

第五节 X射线的量和质

17

一、概念和表示方法

17

二、影响X射线量和质的因素

18

第六节 X射线的产生效率

18

第七节 X射线强度的空间分布

19

一、薄靶周围X射线强度的空间分布

19

二、厚靶周围X射线强度的空间分布

20

第三章 X射线与物质的相互作用

23

第一节 X射线与物质相互作用的过程

23

一、光电效应

23

二、康普顿效应	25
三、电子对效应	27
四、相干散射	28
五、光核作用	28
第二节 各种作用发生的相对几率	28
一、 Z 和 $h\nu$ 与三种基本作用的关系	28
二、诊断放射学中各种基本作用发生的相对几率	29

第四章 X 射线在物质中的衰减

31

第一节 单能 X 射线在物质中的衰减规律	31
一、窄束 X 射线在物质中的衰减规律	31
二、宽束 X 射线在物质中的衰减规律	33
第二节 连续 X 射线在物质中的衰减规律	33
一、连续 X 射线在物质中衰减的特点	33
二、影响 X 射线衰减的因素	35
三、X 射线的过滤	36
第三节 诊断放射学中 X 射线的衰减	38
一、人体的构成元素和组织密度	38
二、X 射线在人体中的衰减	38

第五章 X 射线常用辐射量和单位

41

第一节 描述电离辐射的常用辐射量和单位	41
一、照射量	41
二、比释动能	42
三、吸收剂量	43
第二节 辐射防护中常用辐射量和单位	44
一、当量剂量	44
二、有效剂量	46
三、集体当量剂量和集体有效剂量	47

第六章 X 射线的测量

50

第一节 测量内容和仪器	50
一、测量内容	50
二、测量仪器	50
第二节 辐射防护监测与评价	53
一、工作场所的监测与评价	53
二、个人剂量监测	53

第七章 放射线对人体的危害 56

第一节 放射线在医学上的应用 56

一、X 射线在诊断方面的应用 56

二、放射线在治疗方面的应用 59

三、放射性核素在诊断和治疗方面的应用 60

第二节 X 射线对机体的危害 60

一、X 射线对职业性工作人员的危害 60

二、医学诊疗过程中 X 射线的危害 61

第三节 电离辐射生物效应概述 61

第四节 确定性效应 62

第五节 随机性效应 63

一、致癌效应 63

二、遗传效应 64

第六节 胎儿出生前受照效应 65

第七节 皮肤效应 65

一、急性放射性皮肤损伤 65

二、慢性放射性皮肤损伤 66

三、放射性皮肤癌 66

第八章 放射防护法规和标准 69

第一节 放射防护法规 69

第二节 放射防护标准 70

一、标准的概念 70

二、放射防护标准介绍 70

第九章 X 射线屏蔽防护 74

第一节 外照射防护的基本方法 74

一、时间防护 74

二、距离防护 74

三、屏蔽防护 75

第二节 屏蔽材料 75

一、对屏蔽材料的要求 75

二、常用屏蔽防护材料 75

第三节 屏蔽厚度的确定方法 77

一、确定屏蔽厚度的依据 77

二、屏蔽厚度的计算 78

一、放射防护设施	83
二、防护操作	85
三、妇女 X 射线检查的防护	86
四、儿童 X 射线检查的防护	87
第二节 医用治疗放射线的防护	88
一、医用 X 射线治疗机的防护	88
二、医用电子加速器的防护	89

第十一章 放射防护管理

第一节 申请许可制度	92
第二节 防护管理内容	92
一、X 射线机的生产	92
二、射线防护器材	92
三、放射防护培训	93
四、放射工作人员证的管理	93
五、健康管理	93
六、放射事故管理	94
七、质量保证	95
八、档案管理	95
实验一 验证 X 射线的特性	98
实验二 对放射工作人员和受检者的防护情况进行调查、评价	98
实验三 铅当量的测量	100
实验四 对 X 射线机的防护设施进行调查、评价	101

《X 线物理与防护》教学大纲

第一章 原子结构和电离辐射

学习指导

通过学习本章,你将会得到以下知识:

1. 原子的组成和基本结构

原子的组成、基本结构是什么样的?什么是原子的激发、跃迁、电离?什么叫放射性核素?

2. 电离辐射和电磁辐射

什么是电离辐射?哪些辐射属于电离辐射?什么是电磁辐射?哪些辐射属于电磁辐射?X射线属于哪种辐射?

3. 辐射的二象性

什么是辐射的二象性?

由于射线的产生及作用均发生于物质微观结构之中,因此学习物质的原子结构和电离辐射的知识十分重要。

第一节 原子结构

自然界存在的一切物质,都是由不同的元素组成的。构成元素的最小单元是原子,原子又是由带正电的原子核和核外带负电的电子组成。原子核和核外电子都处在不停的运动之中。

原子的直径约 10^{-10}m 。原子的结构类似一个小的行星系,中心是一个原子核,周围有围绕原子核高速运转的电子。相对而言,原子核可以看成是不运动的,而电子在运动。原子核只占据整个原子极小的一部分空间,其直径不及原子直径的 $1/10\ 000$ 。而核外电子的直径比原子核小得多,却占据原子绝大部分空间。总体看来,原子内有一个相对来说“很大”的空间,就像我们的太阳系,星体之间有很大的空间。所以,一个高速电子或高能光子可以很容易地穿过原子。

一、原子核

(一) 原子核的组成

原子核由带正电的质子和不带电的中子组成。质子和中子质量差不多,而电子的质量仅为质子质量的 $1/1\ 840$,显然原子核的质量比电子质量大得多,原子的质量几乎全部集中在原子核上,所以我们在讨论物质原子质量时,常把电子的质量忽略掉,而用原子核的质量来代替整个原子的质量(表 1-1)。

表 1-1 构成原子的电子、质子和中子

名称	符号	带电量(C)	质量(kg)
电子	e	-1.602×10^{-19}	9.110×10^{-31}
质子	p	$+1.602 \times 10^{-19}$	1.673×10^{-27}
中子	n	0	1.675×10^{-27}

(二) 放射性核素

各种元素原子的结构虽然都很相似,但组成不同元素原子的质子、中子和电子数目不同,因而决定了不同元素原子具有不同的性质。可以用符号“ ${}^A_Z\text{X}$ ”表示某种原子,其中 X 代表元素的化学符号;Z 为原子序数,不同的 Z 值代表不同的元素,其值等于原子核中的质子数,它与绕核运动的电子数相等;A 为原子质量数,其值等于原子核中质子数和中子数的总和,中子的数目是 $A-Z$ 。

凡具有一定质子数、中子数,并处于特定能量状态的原子或原子核称为核素。目前已知的核素有 2 000 多种,分别属于 100 多种元素。具有相同质子数、不同中子数的核素互称为同位素。几乎所有的元素都有同位素。核素可分为稳定性核素和不稳定性核素,不稳定性核素又称放射性核素,核素中绝大部分为放射性核素。放射性核素的原子核能自发地衰变放射出 α 、 β 和 γ 射线,这个过程称为核衰变。

小资料

原子核衰变严格遵守质量和能量守恒定律、电荷守恒定律和核子数守恒定律等,各种放射性核素的核衰变有快有慢。核衰变时从原子核内发出的射线称为核辐射。核衰变后放射性核素成为稳定性核素。核医学就是利用放射性核素能自发地释放出不同射线的特性来诊断和治疗疾病的。

α 射线: α 射线是由 α 粒子组成的放射线。 α 粒子是由 2 个质子和 2 个中子组成的带有 2 个正电荷的高速运动的氦核。实验发现,在发生 α 衰变的核素中,只有很少几种核素只放出单能的 α 粒子,大多数核素放出几组不同能量的 α 粒子。

β 射线: β 射线是由 β 粒子组成的放射线。 β 粒子是带有一个负电荷的电子, β 粒子的静止质量等于电子的质量。 β 粒子就是电子,由于它是从原子核内发射出来的,故取名为 β 粒子。原子核衰变时,放出的 β 粒子的能量是一个连续的能量。

γ 射线: γ 射线是由 γ 光子组成的放射线。 γ 光子是一种中性高能光子,没有静止质量。 γ 光子与 X 射线光子本质相同,只是产生的途径不同。原子核受快速粒子的轰击或吸收光子的能量而处于高能的激发态,各种类型的核衰变也可以使原子核处于高能的激发态。处于激发态的原子核是不稳定的,它会直接退回或级联退回到低能的基态。原子核从激发态向较低能态转变时将发射 γ 光子。 γ 光子的能量等于两个能态所具有的能量之差。

二、核外电子结构

原子由原子核和绕核运动的核外电子组成。这些核外电子在原子核外的排布和运动具有一定的规律。

(一) 核外电子的排布

由于原子核与核外电子之间相互作用力的制约,原子核周围的每一个绕行电子都有其一定的轨道,这些确定的轨道组成一系列壳层。最靠近原子核的叫 K 壳层,顺序往外称为 L、M、N、O、P、Q……壳层。这些壳层分别对应主量子数 $n=1,2,3,4,5,6,7,\dots$ 。每个壳层上最多能容纳的电子数不超过 $2n^2$ 个,而且每个原子的最外层电子数不得超过 8 个(若 K 层为最外层时,不超过 2 个)(表 1-2)。

表 1-2 各电子壳层最多可容纳的电子数

电子壳层	K	L	M	N	O	P	Q	
主量子数	1	2	3	4	5	6	7	
最多可容纳电子数	2	8	18	32	50	72	98	

(二) 原子能级

若将原子中的原子核看成是静止的,则轨道电子绕核运动所具有的动能加上核外电子和原子核间的电势能即为原子所具有的能量。

下面以氢原子为例说明原子所具有的能量。根据波尔的假设,氢原子核外的一个电子绕原子核作圆周运动,且电子绕原子核运动的圆周有无穷多个,电子在任何一个圆周轨道上运动时,氢原子都具有确定的不同的能量。电子在最内层圆周轨道即 K 轨道运动时,对应主量子数 $n=1$,这时氢原子的能量最低,为: $E_1 = -13.60\text{eV}$ 。eV 是能量单位:电子伏特,电子伏特与焦耳(J)的换算关系为: $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$ 。

当氢原子核外的电子在第二层即 L 轨道运动时,对应主量子数 $n=2$,氢原子所具有的能量为: $E_2 = -3.40\text{eV}$ 。

当氢原子核外的电子在第三层即 M 轨道运动时,对应主量子数 $n=3$,氢原子所具有的能量为: $E_3 = -1.51\text{eV}$ 。

当氢原子核外的电子在最外层轨道运动时,对应主量子数 $n \rightarrow \infty$,氢原子所具有的能量最大,为: $E_\infty = 0$ 。

我们把由于电子处于不同轨道而原子具有一系列不连续的能量数值称为原子能级。不同元素的原子,它们的能级值也各不相同。用不同间隔的一系列水平线来表示原子的能级,每条水平线代表一个能级,各水平线间的距离表示能级差的大小,以此标准绘制的图称为原子能级图。图 1-1 是氢原子能级图。

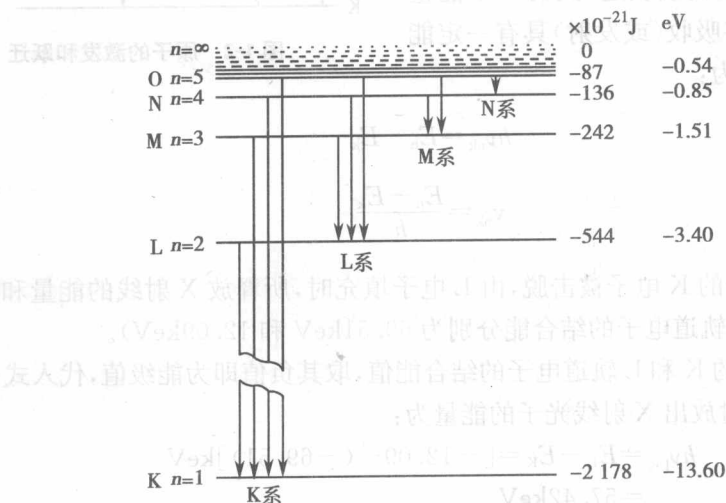


图 1-1 氢原子的能级

由图 1-1 可见, n 值越大,能级差越小,当 $n \rightarrow \infty$ 时,能级差趋于零,能级线由下向上,其能量值由低到高, ∞ 处为零。