

国家质检总局计量司 组织编写

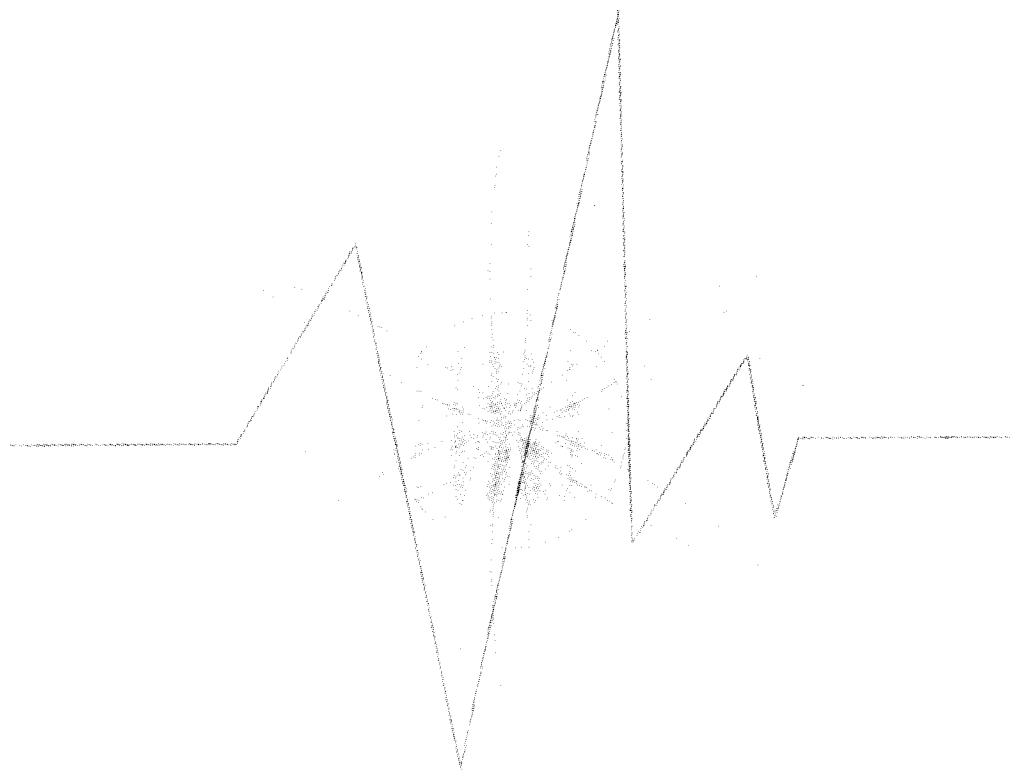
我们身边的 电离辐射



 中国标准出版社

国家质检总局计量司 组织编写

我们身边的 电离辐射



中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

我们身边的电离辐射/国家质检总局计
量司组织编写. —北京:中国标准出版社, 2006
ISBN 7-5066-4040-6

I. 我… II. 国… III. 电离辐射—计量
IV. TB83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 017212 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

网址 www.bzcb.com

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/32 印张 4.625 字数 82 千字

2006 年 5 月第一版 2006 年 5 月第一次印刷

*

定价 12.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

编委会成员

► 宣 湘

► 刘新民

► 赵 燕

► 万国庆

► 朱昌寿

► 田中青

► 王培玮

前 言

自 1984 年国务院颁布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》以来,我国在国民经济和科学技术各领域普遍废除了市制、旧杂制和限制英制单位的使用,基本完成了向以国际单位制为基础的我国法定计量单位的过渡。

在电离辐射领域,国际上在 1980 年便明确采用国际单位制单位。随后,我国也在国防、核工业、环保等领域和国家标准、技术文件的制修订方面逐步向国际单位制过渡。但是为防止改制过快带来的不协调,我国对涉及人身安全、医疗卫生等量大面广的领域,特别是国家基准以及用于量值传递的各级社会公用计量标准器具没有全面推行电离辐射领域的改制工作。

随着经济和科学技术的迅速发展,特别是中国加入世贸组织以后,电离辐射领域采用国际单位制单位的问题越来越突出。目前,世界主要发达国家

特别是多数欧洲国家在电离辐射领域已经积极采用了国际单位制单位。据国际原子能机构统计,全世界已有 90% 的国家在电离辐射领域采用了国际单位制单位,多数国际组织已经完成了电离辐射领域量和单位的改制。

目前,我国电离辐射某些领域仍采用非国际单位制单位,已经影响到科学技术的发展和国际交流,例如过去采用的照射量,现在改为空气比释动能并采用了国际单位制单位(戈瑞),而我国现存的国家基准和各级社会公用计量标准仍然使用照射量及非国际单位制单位(伦琴),不仅给参与国际比对、量值传递造成困难,同时给近年来大量引进的医疗、环保、核能利用等在用辐射计量器具的溯源带来很大的不便。为此,2003 年国家质检总局专门成立了全国电离辐射专业领域量和单位改制领导小组和技术小组,开始在全国电离辐射专业领域全面开展量和单位的改制工作。

为了推动电离辐射领域量和单位的改制工作,让从事电离辐射计量工作的人员和相关专业的广大科技工作者对电离辐射有正确的了解和认识,本书试图从科学普及的角度,加深人们对电离辐射各个应用领域的了解,从电离辐射的发现、电离辐射与人类的密切关系、电离辐射计量学、度量电离辐射物理

量和单位及其应用等方面,对电离辐射专业知识做了些科普性介绍。希望读者能通过本书,加深对电离辐射量和单位知识的了解。为方便查找有关数据和相关国际组织的报告,书后专门增加了附录部分。

本书可供医学放射治疗、放射诊断、放射免疫、辐射防护、环境保护、国防建设、核能利用、工业无损检验、非接触测量、农业的辐射育种、示踪研究及辐射加工和科学研究等方面从事量和单位工作的人员使用。

本书主要由万国庆、朱昌寿同志负责收集资料 and 编写,后期整理由田中青、王培伟同志负责。在审稿过程中得到了陈丽姝、李湘保、徐沔、李景云、赵士庵、杨元第、刘新华等专家的热情帮助和指导,特此致谢。该书编写限于时间、人力和水平,难免有不妥之处,恳请读者予以批评指正。

编 者

2006 年 3 月

目 录

一、 电离辐射的发现

1. X射线的发现	2
2. 天然放射性的发现	5
3. 中子的发现	7
4. 电离辐射的分类	8
5. 电离辐射的特点	12

二、 电离辐射与人类的密切关系

1. 人类生活在辐射环境中	18
2. 天然本底照射	20
3. 人类基本生活中的放射性	24
4. 人类居住环境中的放射性	25
5. 人类所需能源中的放射性	26
6. 天然辐射水平	28
7. 人工辐射源	31

三、 电离辐射计量学

1. 计量学的任务与内容 38
2. 电离辐射计量学的任务与内容 41
3. 电离辐射计量的基准、标准 42
4. 电离辐射的应用对测量的要求 43
5. 电离辐射测量和仪器 46

四、 电离辐射量和单位

1. 概述 61
2. 电离辐射量的定义 64
3. 各电离辐射量的相互关系 84
4. 电离辐射量和单位应用中的十进位
关系 86

五、 电离辐射的应用

1. 医学中的应用 88
2. 农业现代化中的应用 100
3. 辐射加工应用 102

4. 工业检测应用	105
5. 核能应用	110
6. 辐射安全与辐射防护	112
7. 环境保护	114
 附录 ICRU 第 60 号报告概要	 125
1. 辐射学	127
2. 相互作用系数	128
3. 剂量学	130
4. 放射性	131
 参考文献	 133

一、电离辐射的发现

对于电离辐射的研究和认识,是人们认识物质世界的一个重要组成部分。电离辐射的研究,至今经历了短短的 100 多年。在这短短的 100 多年时间里,涌现出了像伦琴、贝可勒尔、卢瑟福、居里夫妇、波尔、爱因斯坦等一大批世界知名的科学家;在这短短的 100 多年时间里,人们从电离辐射的发现、认识到了解、应用,进展迅速,成果巨大。

自从 1895 年伟大的德国实验物理学家伦琴 (Wilhelm Konrad Röntgen) 发现并命名了“X 射线”,人类对于客观世界的认识便进入了一个完全崭新的伟大时代。然而这个划时代的伟大发现却是出于偶然,由于伦琴治学严谨,他没有忽视这偶然的发现,经过多次试验,证实了 X 射线的发生和具有的特性。

对于热辐射,人们可以感知它的温暖、灼烫、寒冷;对于光辐射,人们可以看到烛光的飘动和昏暗,还有阳光的灿烂;而电离辐射是人们看不见、摸不着的。大家不禁要问:伦琴是怎样发现 X 射线的? 我们怎样才能知道电离辐射的存在? 它会对人们造成伤害吗? 我们要了解、认识电离辐射,还要从伦琴的发现说起。



1. X射线的发现

19世纪末,阴极射线研究是物理学的热门课题,许多物理实验室都致力于这方面的研究,伦琴对这个问题也十分感兴趣,一直没有间断阴极射线的实验工作。

1895年11月8日,为了研究阴极射线的特性,伦琴把放电管用黑纸包裹得很严。当时,房间一片漆黑,当给阴极放电管接上高压电源进行实验时,意外地发现,在不超过1 m远的小桌上,有一块亚铂氰化钡做成的荧光屏发出闪光,一切断电源,闪光就立即消失,这使他感到非常惊奇和困惑。于是他将荧光屏移远继续试验,发现荧光屏的闪光随放电过程的节奏断续出现,把荧光屏移远至2 m左右,屏上仍有闪光出现。出于科学家的好奇,他取来书本、木板、铝片等各种不同的物品,放在放电管和荧光屏之间,发现不同的物品对于阴极放电管发出的东西具有不同的阻挡作用。伦琴意识到这可能是某种特殊的、从来没有被人们观察到的光,且具有特别强的穿透力。他确信自己获得了一项新发现,于是集中全部精力进行研究,在实验室夜以继日地工作,他把密封在木盒中的砝码放在这一辐射下拍照,得到了模糊的砝码照片;把指南针拿来拍照,得到了金属边框的痕迹;把金属片拿来拍照,拍出了金属片内部不均匀的情况。他深深地沉浸在这一新奇现象的探讨中,达到了废寝忘食的地步。经

过反反复复的研究,伦琴最终确信:这是一种具有穿透性的、还没有被认识的辐射。由于这种辐射的性质还没有被认识,因此,伦琴按照数学中未知量一般确定为“X”的习惯,将其称之为“X射线”。

1895年12月22日,他邀请夫人来到实验室,将夫人的手拍成为第一张人手的X射线照片(见图1)。照片上可以看到伦琴夫人手的骨骼,手指上的结婚戒指也非常清楚。伦琴的第一篇关于X射线的论文发表后,很多科学家声称在伦琴之前他们就发现了这种辐射,只是他们在进行“重要”的工作,没有对其进行深入研究。但是伦琴却凭着良好的科学素养,一下子就紧紧地把握住了这“偶然”现象,锲而不舍地深入研究,最终取得了巨大的科学成果。



图1 伦琴夫人手的X射线照片



X射线的性质主要有：

(1) X射线是光子辐射，本质上是波长比紫外光短的电磁波。

(2) 通常用X射线管产生的X射线的波长分布是连续的，最短波长由X射线管的激发电压决定。如果X射线管的激发电压是1 kV，则所产生X射线的最短波长 $\lambda = 123.9 \text{ nm}$ 。

(3) X射线光子是不带电粒子，不受电场或磁场的影响。

(4) X射线具有光的特性，具有反射、干涉、衍射、散射等现象。

(5) X射线同时具有波动性和粒子性，即波-粒二相性。在真空中的传播速度是光速，且波长 λ 和频率 ν 的乘积等于光速 c 。粒子特性主要表现为：X射线可以被看作是一粒一粒的不连续的光子组成的光子流。

(6) X射线沿直线传播，能穿透物质，被物质吸收和减弱。

(7) X射线能使某些物质发生光化学反应，如使胶片感光。

(8) X射线能使荧光物质发出荧光等。

(9) X射线能够杀死生物细胞。

(10) X射线能使气体等物质电离。

伦琴发现X射线之后，世界上第一支X射线管产

生。X 射线立刻被应用于疾病的诊断和工业的探伤等方面。如今 X 射线技术已广泛应用于工业探伤、材料分析、医学诊断、疾病治疗、科学研究、稽查毒品、反走私、查禁易燃易爆危险品以及防范恐怖活动等各项工作,服务于关乎国计民生的各个领域,发挥着极其重要的作用。

2. 天然放射性的发现

人类对天然放射性的发现和认识应该归功于法国物理学家贝可勒尔(Antoine Henri Becquerel)。就是他的一个不经意的举动,使天然放射性被意外地发现,从而揭开了人类认识微观世界的序幕。

1896 年法国著名数学家、物理学家和天文学家彭加勒(Jule Henri Poincaré)提出能强烈地发出荧光和磷光的物质是否都能发射出 X 射线的问题。贝可勒尔受到启发,开始研究究竟有哪些荧光和磷光物质能发射 X 射线。

为了进行研究,他把许多磷光和荧光物质一一放在密封照相底片上置于阳光下暴晒,底片并没有感光。他想起了有一种铀矿化合物,在受到日光暴晒后,拿到暗室中观察,它会发出浅绿色的荧光,贝可勒尔十分想知道这种光是否也和伦琴发现的 X 射线一样,为此他精心地进行试验。他把铀矿化合物放在用黑纸包严的照相底片

上,打算放在阳光下暴晒,但是当时接连不断的阴雨天气,使贝可勒尔不得不将照相底片和铀矿化合物一同锁在不见光的抽屉里,并无意地在底片上放了一把钥匙。许多天过去了,当照相胶片被冲洗出来的时候,奇怪的现象发生了,胶片上有明显的铀矿化合物的轮廓,而且这个铀矿化合物使胶片曝光的程度很厉害,出现了颜色很深的黑斑,底片上还呈现出了一把钥匙的清晰阴影。是什么东西让照相胶片曝了光?贝可勒尔非常惊讶。他十分敏锐地感觉到:这只能是铀矿化合物发出的某种射线穿过包装胶片的黑纸,让照相胶片曝了光。

贝可勒尔为了弄清楚事情的缘由,进行了大量实验。结果证实铀矿化合物能够放出当时谁也不能够解释的“光线”。这种“光线”与可见光和 X 射线不同,是铀矿化合物本身发出的,而且是看不见的。同时他确定:观察到的铀矿化合物发出的“光线”是与人为因素没有关系的,它来自天然矿物,是天然产生的。

此后短短两年的时间,法国女物理学家、化学家玛丽·居里(Marie Sklodowska Curie)和法国物理学家比埃尔·居里(Pierre Curie)夫妇从铀矿石中发现了放射性比铀更强的钋和镭。1900 年,贝可勒尔又从镭的辐射在电磁场中的偏转测出了电子,并取名为 β 辐射。1904 年他又发现了放射性衰变。伟大的英国物理学家卢瑟福(Ernest Rutherford)、英国放射化学家索迪(Frederic

Soddy)、居里夫妇和其他科学家在他们著名的试验工作中还发现:有几种天然物质是由不稳定的原子组成,它们能够自发地转变为较稳定的原子,转变过程中发出辐射。这一系列的试验结果还说明,原子不是固定不变的,原子本身是可以变化的,可以再分的。贝可勒尔的发现,使人类第一次观察到核变化,使人类对物质的认识向前迈进了一大步。

3. 中子的发现

1930年德国的博特(W. W. G. Bothe)用氦核轰击铍时观察到一种穿透性很强的辐射,当时称之为铍辐射。1931年法国核物理学家、化学家伊伦·约里奥·居里(Irène Joliot-Curie)和她的丈夫法国核物理学家弗里德里克·约里奥·居里(Ferdéric Joliot-Curie)用这种铍射线轰击石蜡和其他含氢物质,观察到石蜡中放射出一种强质子流,由于当时错误地认为这种铍辐射是一种 γ 辐射,从而对这种质子流放射现象难以解释。1932年在英国剑桥大学工作的英国物理学家查德威克(James Chadwick)也一直在进行铍辐射的研究,根据约里奥·居里夫妇的实验,他敏锐地觉察到铍辐射决不是 γ 辐射,很可能就是卢瑟福1920年所预言,也是他多年寻找的——中子辐射。查德威克通过一系列的实验研究,最