



大学物理实验

(近代物理分册)

主 编 陈 彦
副主编 霍中生 李朝霞 李业凤

PHYSICS



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

大学物理实验

(近代物理分册)

陈彦 主编
霍中生 李朝霞 李业凤 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

“大学物理实验”是一部系列教材,分为三册(基础和综合分册、近代物理分册和课题型分册),本书为中文近代物理分册。

本书共编排了包括核物理、原子物理、低温技术、电子学、光学和微波技术,以及利用现代测试手段的PASCO系列实验在内的共27个实验,其中核物理实验4个,原子物理实验2个,低温技术实验4个,电子学实验4个,光学实验5个,微波技术实验3个,材料特性测量实验2个,PASCO系列实验3个。书后附录介绍了有关的物理常数值和单位。

本书可作为高等学校各专业的物理实验教材或参考书,也可供其他相关教学、科研和技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验. 近代物理分册/陈彦主编. —北京:电子工业出版社,2004.8

ISBN 7-121-00174-8

I. 大... II. 陈... III. 物理学—实验—高等学校—教材 IV. O4-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第075756号

责任编辑:陈晓莉 特约编辑:李双庆

印 刷:北京大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:15 字数:333千字

印 次:2004年8月第1次印刷

印 数:5 000册 定价:22.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

总 序

“大学物理”立体化教材建设系列是电子科技大学“十五”精品教材立项项目,该系列包括如下内容:大学物理(上、下),大学物理学习指导,以及大学物理实验(共分为中、英文两个版本,四个分册)。

一套精品教材,应系统体现“授人以渔”的教学思想。“授人以渔”,首先,要选择那些能够承载“渔”之方法的知识体系。这些知识体系应具有清晰、简洁、严密、完整的逻辑结构,并反映在研究目标前提下的开放和动态发展过程。其次,结合知识的结构体系,教材应系统地归纳该学科的普通研究方法,将知识体系的学习,作为这些方法成功应用的典型事例,阐述研究方法在建立学科知识结构体系过程中的重要作用,使学生形成研究该学科的方法体系。第三,强调学习与探索过程的相互渗透。学习过程与探索过程在本质上是一致的,在教材中留出一定空间,让学生感知、体验人类认知的真实过程,是使学生形成其“学科意识”的最有效的途径之一。第四,强调教材与科技发展的前沿相结合。用科技发展的最新观念与成果去阐释、佐证、更新传统教学内容之内涵,引领学生逐步进入学科前沿,明了所学之所用,激发他们求知与探索的兴趣,体现教材与时俱进的特色。

与同类教材相比,这套教材有以下特点:

(1) 立体化教材建设的特色。整套教材由电子科技大学物理电子学院组织有着丰富教学经验的教师编写,并坚持开展了经常性的教材编写交流活动,全套教材具有统一的编写风格,并配备了辅导教材、选修课程教材、教学资源库(光盘),还建设了网上教学平台等。

(2) 教学内容的结构化组织的特色。在教材内容选择与组织方面,编写者注重在学科研究目的的指引下逻辑而简洁地开展各部分教学内容,强调各教学内容之间内在的逻辑联系,以及它们在各学科理论体系中的地位和作用,并对各教学内容做了相应整合,删除了部分与高中相重复或部分过于定性的后续专业课程的教学内容,简化了相关教学内容的递进环节,适当加深了教材的数理基础。这些措施使教材既体现了较为完整的知识结构体系,同时又加强了学生的数理基础。

(3) 强调方法结构的特色。逻辑地展开各教学内容及各教学内容相关背景知识介绍,本身就体现了人类认知自然的方法论进步。同时,教材还在相应章节重点介绍相应的物理学研究方法,如实验方法、模型化方法、定量与半定量方法、类比方法和简单性与对称性原理等。在一定程度上,教材力图以物理学知识体系为典型范例,介绍人类在探索自然过程中认知方法的进步过程。

(4) 教与学相渗透的特色。通过在教材中引入课程设计、小课题研究、数字化电子作业、文献阅读、读书笔记、创新实验设计等系列措施,教材力图使学生在“做”中“学”,在“学”中“做”,加强学生的科研体验。在体验过程中,使学生形成动态的知识结构与方法结构体系,破除对科学的神秘与敬畏感。

(5) 与时俱进的特色。从教材内容到例题、习题,教材都尽可能地用最新科技前沿成果去组织传统教学内容,并在教材各章节中列出了大量相关的最新科技文献,力图使学生在基础课程的学习过程中了解物理学及相关科技发展前沿的动态。

令人欣慰的是,近年来,国内许多高校先后实施了院系调整、学科建设与精品课程建设等系列改革,这标志着高等教育改革进入了一个实质性改革的新阶段。编者在大学物理、大学物理实验、大学物理相关的选修课程等方面进行了大量的教改尝试,取得了一些教学成果,也获得了许多教学经验,这些教材融入了他们这些年来的教学经验和成果,希望能为学习和教授此课的读者提供一些帮助。

刘盛纲

2004 年 6 月

序

基础物理实验是培养高校理工科学生科学素质的重要基础课之一,现代科学素质有三大要素:实验技能、理论思维和科学计算。电子科技大学的大学物理实验教学,打破了传统的单一传授实验知识与技能的模式,把“加强基础、培养能力、提高素质、突出创新”作为教学指导思想,重视培养学生的物理思维和科学研究能力,对现有实验和新开实验进行了优化组合,使物理实验课形成一个从浅到深、从基础到前沿、从接受知识到培养综合能力的逐渐提高的基础课程新体系。

电子科技大学十分注意发挥学生的个性和自主性,实行因材施教,分层培养,把教学的重点放在引导学生为终身的生存和发展打基础上,把实验技能、理论思维和科学计算的训练有机地结合起来。

大学物理实验系列教材以结构化、立体化和层次化为思路,采用了四个层次(基础、综合、近代和设计)、三种类型(命题型、综合型和创新型)和两个方式(文字教材和电子教材)。大学物理实验系列教材共有三册:基础和综合分册(含光盘)、近代物理分册和课题型分册。基础型的实验是每个学生的必修部分,它使学生在物理实验的基础知识、基本方法和基本技能方面受到系统地训练,培养学生初步的实验技能、良好的实验习惯及严谨的科学作风,使学生逐步具有良好的实验素质,同时又为后面两个层次的实验课及其他课程的学习打好基础。综合型实验是学生根据自己的专业和需要进行选修的实验。这部分所涉及的物理知识面广而深,并具有较强的综合性和技术性,在锻炼学生的能力方面更具系统性。在掌握一些基本的实验方法的基础上,学生将学习近代物理中的一些常用的实验方法、技术、仪器和知识,在数据的显示、采集和处理方面与现代技术相联系,获得用实验方法和技术研究物理现象和规律的独立工作能力,实践和动手能力上一个新台阶。同时,在高年级学生和研究生中开展近代和创新型实验,主要培养他们独立的思考和工作能力。近代物理部分内容比较新颖,涉及的知识面广,把传感技术、应用电子技术和计算机应用技术恰当地引入到有关的实验中去,充分体现了现代科学技术成就具有多种学科交叉和互相渗透的特点,让学生掌握时代技术的脉搏,了解现代检测技术,开扩眼界,拓展知识面,体会他们学的相关理论基础课与电子技术、计算机原理等技术基础课之间的联系,使学生受到了综合运用多种知识,解决实际问题的能力训练,从而提高科研能力。另外,在实验内容上适当引入边缘学科、前沿学科和交叉学科,让科研进课堂、进教材,增强学生知识面的深度和广度。

教材的基础和综合分册还配备了光盘,其中课件画面清晰,媒体多样,创意新颖,操作简单、可靠,既反映了多媒体的特色,又与教学实践相结合,既是教师的电子教案,也是学生的电子读物,还可用于网络教学,是综合性强、易于推广的多功能课件,并有很大的选择余地和发挥的空间,适应不同层次的理工科学校的需要。

我相信这套教材对今后物理实验教学的改革能起到重要的推动作用,并在实践中得到充实和完善。

李元杰
2004 年 6 月

前 言

“近代物理实验”是继“普通物理实验”后的一门重要的实验课程,是物理专业学生必修的专业基础课程。它的内容主要涉及近代物理学发展中的著名实验和常用的实验方法与技术,同时还融入了科学技术发展中的一些新成果,具有较强的科学性和技术性,在锻炼学生的能力方面更具系统性。

通过本课程的学习,丰富和活跃学生的物理思想,使学生了解物理实验在物理概念的产生、形成和发展过程中的作用;帮助学生理解近代物理学中若干基本现象及规律;学习近代物理某些主要领域中的一些基本方法和技术,掌握有关仪器的性能和使用。通过实验着重注意培养学生阅读参考资料、选择测量方法和仪器、观察现象、独立操作、正确测量、处理实验数据以及分析与总结实验结果等方面的独立能力;培养学生实事求是、踏实细致、严肃认真的科学态度和克服困难、坚忍不拔的工作作风,以及科学的良好实验素质和习惯。

本书是“大学物理实验”系列教材的近代物理分册,全书共分8章。第1章介绍了核物理实验和安全防护基础知识,并选编了4个典型的核物理实验。在第2~7章共选编了有代表性的近代物理实验20个,这些实验都是较重要的近代物理实验,有些实验是在原有实验的基础上引进了先进的测试手段,使实验更具时代感。在第8章选编了PASCO系列实验3个,实验仪器由美国PASCO公司生产,我们共购置了15套物理实验仪器,该实验充分体现了现代测试手段在物理实验中的应用,并紧密与计算机相联系,使学生进一步体会如何在物理实验中应用计算机技术。

参加本书编写的有霍中生(第1章和实验1,2,3,4)、李朝霞(实验5,6,19)、吴朝阳(实验7,8,9,10)、王启国(实验11,12,13,14)、刘艺(实验15,16,17,18)、陈彦(实验20,21,22)、向霞(实验23,24)、李业凤(实验25,26,27)。本实验教材是多年来各位同仁的工作的总结。同时在编写本书时还参阅了大量兄弟院校的有关教材,在此我们表示衷心的感谢。

由于编者的知识水平和教学经验有限,书中难免有不足之处,望读者批评指正。

编 者
2004年6月

目 录

第 1 章 核物理实验	1
1.1 核物理实验和安全防护基础知识	1
1.1.1 核辐射的定义	1
1.1.2 射线探测器	1
1.1.3 常用的核物理实验技术	2
1.1.4 辐射量的单位和换算	3
1.1.5 核辐射的安全防护	4
实验 1 盖革—弥勒计数器的特性	7
实验 2 核衰变的统计规律	14
实验 3 γ 闪烁计数器	20
实验 4 核磁共振	25
第 2 章 原子物理实验	34
实验 5 光谱微机分析(光栅摄谱仪的应用)	34
实验 6 塞曼效应	39
第 3 章 低温物理实验	46
实验 7 低温固体热导率测量	46
实验 8 减压降温技术与电阻的温度关系	50
实验 9 小型制冷机的制冷系数及热力完善度	55
实验 10 半导体制冷系统最佳制冷系数的测量	58
第 4 章 电子学实验	65
实验 11 信号的频谱分析	65
实验 12 A/D 变换器与 D/A 变换器的研究	81
实验 13 锁相放大器	103
实验 14 半导体光电二极管伏安特性的测定	112
第 5 章 光学实验	118
实验 15 透射全息图与反射全息图的拍摄	118
实验 16 像全息图与一步彩虹全息图	121
实验 17 应用散斑摄影术研究测试位相物体	124
实验 18 全息光学元件的设计与制作	128
实验 19 椭偏仪测量薄膜厚度和折射率	134
第 6 章 微波技术实验	142
实验 20 微波迈克耳孙干涉和布拉格衍射	142

实验 21 反射速调管的工作特性与微波基本参量的测量	152
实验 22 微波介质特性的测量	161
第 7 章 材料特性测量实验	165
实验 23 纳米材料的荧光测试	165
实验 24 高温超导材料特性测试	174
第 8 章 PASCO 物理实验	191
实验 25 磁悬浮实验	193
实验 26 谐振管系列实验	199
实验 26-1 谐振管的谐振频率	202
实验 26-2 管中的驻波	204
实验 26-3 管长与谐振模式	205
实验 26-4 管中声波的速度	206
实验 27 弦音计系列实验	208
实验 27-1 有限长金属线的共振模式	208
实验 27-2 测量波在不同弦线传播的速度	211
附录 A Science Workshop 软件介绍	213
附录 B	223
表 B-1 国际单位制的基本单位和辅助单位	223
表 B-2 国际单位制中具有专门名称的导出单位	223
表 B-3 国际单位制的组合单位示例	224
表 B-4 用于构成十进倍数和分数单位的词头	224
表 B-5 基本物理常量部分	224
表 B-6 常见物质的密度	225
表 B-7 海平面上不同纬度处的重力加速度	225
表 B-8 部分液体的黏度系数	225
表 B-9 部分固体和液体的比热容	226
表 B-10 在 20℃ 时部分金属的杨氏模量	226
表 B-11 某些金属或合金与铂(化学纯)构成温差电偶时的温差电动势	226
表 B-12 某些金属和合金的电阻率及温度系数	227
表 B-13 常用光源的谱线波长长度	227

第 1 章 核物理实验

1.1 核物理实验和安全防护基础知识

1896 年法国科学家贝可勒尔(A. H. Becquerel)发现了放射性现象,之后居里夫人(M. Curie)发现了新的放射性元素并对其性质进行了深入的研究,从此,一门崭新的学科——原子核物理学诞生了,人类迈进了原子核物理时代。现在,原子核物理实验技术在当代科技发展中已经占据了极其重要的地位,不仅为核衰变和核反应的研究以及为原子能工业等提供了必要的技术手段,而且在医学、天体物理、材料科学、固体物理、考古研究,特别是工农业生产和环境保护方面都有很重要的作用。

1.1.1 核辐射的定义

核辐射是原子核从一种结构或能量状态转变为另一种结构或能量状态过程中所释放出来的微观粒子流。核辐射可以使物质引起电离或激发,故称为电离辐射;否则,称为非电离辐射。电离辐射又分直接致电离辐射和间接致电离辐射。直接致电离辐射包括 α 、 β 、质子等带电离子。间接致电离辐射包括光子(γ 射线和 X 射线)、中子等不带电离子。

1.1.2 射线探测器

原子核发生衰变时,会发出 α 、 β 、 γ 射线,核反应时会产生各种粒子,根据射线和粒子与物质相互作用的规律的不同,所使用的探测器也不同,一般分成信号型和轨迹型两大类。

1. 信号型探测器

信号型探测器的基本原理是当一个射线粒子进入探测器的灵敏区域时,探测器会产生可以观察和记录的电信号。信号型探测器是低能核物理实验最常用的射线探测器,根据工作物质和原理的不同,信号型探测器又分成以下几种。

(1) 气体探测器

气体探测器的工作物质是某些特殊的气体,当它们受到射线照射时发生电离,正、负离子被电极收集而产生电信号。如 G-M 计数管、电离室、正比计数器等。在核物理发展的早期,气体探测器是应用最广泛的射线探测器。气体探测器的优点是制作简单,成本低廉,性能可靠,使用方便,信号幅度大,易于记录;缺点是时效时间长,探测效率低。

(2) 闪烁探测器

闪烁探测器的工作物质是有机或无机的晶体闪烁体,射线进入闪烁体发生相互作用,会使闪烁体电离激发而发射荧光。从闪烁体发出的光子在光电倍增管的光阴极激发出光电子,该电子经过多个阳极倍增放大后,在阳极负载上产生电信号。我们实验室使用的闪烁探测器是

NaI(Tl)单晶 γ 射线探测器。

(3) 半导体探测器

半导体探测器用半导体材料制成 pn 结,射线粒子进入结区后,产生电子—空穴对,在电场作用下,电子和空穴分别向两极漂移,于是在输出回路中形成电信号。常见的半导体探测器有金硅面垒半导体探测器(用于探测 α 射线)、锂漂移探测器(分为锂型、铌锂型)、高纯铌探测器等。

2. 轨迹型探测器

这类探测器能给出粒子运动的轨迹,有的还能测出粒子的速度、性质等,例如乳胶、固体径迹探测器、威尔逊云室、气泡室、多丝正比室等,这些探测器多用于高能核物理实验。

1.1.3 常用的核物理实验技术

1. 能谱测量技术

能谱测量技术利用探测器的输出脉冲幅度与入射粒能量成正比的规律,可测得与其强度的关系曲线,这条曲线叫做能谱。利用能谱我们可以了解射线能量与强度的关系,了解射线与物质的相互作用,如 γ 能谱测量等。还有一种方法是能量色散法,根据不同能量的带电粒子具有不同的动量且在磁场中运动轨迹不同的规律,可以把具有不同能量的粒子区分开,如 α 和 β 磁谱仪等,这是目前分辨最好、精度最高的方法。

2. 符合测量技术

符合测量是研究在核衰变和核反应过程中,在时间上、方向上相互关联的事件的技术。这些相关联事件反映了原子核的内部结构及运动规律。用符合测量技术可以研究 γ - γ 角关联的规律,测量核激发态寿命和某些放射源的活度,如本单元的符合测量实验等。

3. 时间谱测量技术

核事件之间的时间间隔,如激发态寿命、正电子在物质中的湮没寿命、核子的飞行时间等,是核物理实验中经常测量的量。但这些时间很短(10^{-12} s 量级),用一般的计时仪器难以测量。实际应用时,使用时/幅变换器,把时间差信号变成电脉冲,该电脉冲的幅度正比于时间的长短,再用多道分析器分析这些脉冲,从而达到测量短时间的目的,如正电子在物质中的湮没寿命测量实验。在这类实验中还采用了符合法,可见核物理实验技术是综合运用的。

4. 散射实验与无反冲共振吸收技术

历史上,散射实验在研究核辐射粒子与物质相互作用中发挥了重要作用。如卢瑟福于 1911 年通过 α 粒子散射实验确定了原子的核模型;康普顿(A. Compton)的 X 射线散射实验(康普顿效应),从实验上证实了光的粒子性,在微观的光子与电子的相互作用中,能量守恒仍然成立。1985 年,德国物理学家穆斯堡尔首先发现了原子核无反冲的 γ 射线共振吸收现象,

称为穆斯堡尔效应。其谱线非常窄,测量精度可达 10^{-13} 数量级,是迄今物理学领域中测量精度最高的一种实验技术,在许多学科领域中有着广泛的应用,形成了一门新的学科——穆斯堡尔谱学。

1.1.4 辐射量的单位和换算

辐射量是表示辐射的特征并能测定的量。自放射性现象被发现后,在放射学领域中陆续建立了一些专用单位,其中一些量的概念和定义日趋完善,另一些则趋于淘汰。从1984年开始,在我国包括辐射量在内的所有计量单位均采用国际单位制(SI),部分计量单位暂时与SI单位并用。

1. 放射性强度

一定量的放射性核素在单位时间内 dt 发生的核衰变次数 dN ,称为该放射源的放射性强度(也称活度),用 I 表示

$$I = \frac{dN}{dt} \quad (1-1-1)$$

其国际单位是贝可勒尔(Becquerel),简称“贝可”(Bq)。1Bq表示每秒发生一次核衰变的放射源强度。习惯上也常用居里(Ci)为放射性强度的单位。这些单位之间的关系如下

$$1\text{Bq} = 1\text{s}^{-1} \quad (1-1-2)$$

$$1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{s}^{-1} = 3.7 \times 10^{10} \text{Bq} \quad (1-1-3)$$

$$1\text{mCi} = 3.7 \times 10^7 \text{Bq} \quad (1-1-4)$$

$$1\mu\text{Ci} = 3.7 \times 10^4 \text{Bq} \quad (1-1-5)$$

2. 辐照量

在质量为 dm 的一个体积元的空气中,由于 γ 辐射或 X 辐射,在空气中发生电离而形成的一种符号的离子的总电荷的绝对值 dQ 与 dm 的比值,称为辐照量或辐射量,用 X 表示

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad (1-1-6)$$

其国际单位是库仑·千克 $^{-1}$ ($\text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$),常用单位是伦琴(R),这些单位之间的关系如下

$$1\text{R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (1-1-7)$$

3. 吸收剂量

单位质量为 dm 的被照射物质吸收的平均辐射能量 $d\epsilon$,称为吸收剂量,用 D 表示

$$D = \frac{d\epsilon}{dm} \quad (1-1-8)$$

其国际单位是焦耳·千克 $^{-1}$ ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$),单位名称为“戈瑞”(Gray),符号为 Gy。

吸收剂量的专用单位是“拉德”,符号为 rad,1rad表示电离辐射给予1kg受照射物质的平均辐射能量为0.01J,所以

$$1\text{rad} = 0.01\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.01\text{Gy} \quad (1-1-9)$$

$$1\text{Gy} = 100\text{rad} \quad (1-1-10)$$

4. 剂量当量

在生物组织中,所讨论的某一点的吸收剂量 D 、品质系数 Q 和任何其他修正因子 N (对于外照射, $N=1$) 的乘积,称为剂量当量,用字母 H 表示

$$H = DQN \quad (1-1-11)$$

Q 和 N 因射线种类不同、照射部位不同而有不同的数值,请参阅本节的参考文献[1]。

剂量当量与吸收剂量有相同的量纲,所以剂量当量的 SI 单位也是焦耳·千克⁻¹ ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$),但它的 SI 名称称为“希沃特”(Sievert),简称“希沃”(Sv),因此

$$1\text{Sv} = 1\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (1-1-12)$$

剂量当量惯用的单位是“雷姆”(rem),它与“希沃”的关系为

$$1\text{rem} = 0.01\text{Sv}^{-1} \quad (1-1-13)$$

$$1\text{Sv} = 100\text{rem} \quad (1-1-14)$$

以上介绍的四个辐射的概念和单位都是放射学中最常用的,它们既使用国际单位,习惯上有时又使用一些专用单位。现列出以上四个辐射量的单位对照表(表 1-1-1),以方便查阅。

表 1 1 1 常用辐照量单位对照表

辐射量	SI 名称	SI 单位	专用单位	换算关系
放射性强度 I	贝可[勒尔] (Bq)	秒 ⁻¹ (s ⁻¹)	居里 (Ci)	$1\text{Bq} = 2.7 \times 10^{-11}\text{Ci}$ $1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$
辐照量 X	—	库伦·千克 ⁻¹ (C·kg ⁻¹)	伦琴 (R)	$1\text{R} = 2.58 \times 10^{-4}\text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$
吸收剂量 D	戈[瑞] (Gy)	焦耳·千克 ⁻¹ (J·kg ⁻¹)	拉德 (rad)	$1\text{Gy} = 100\text{rad}$ $1\text{rad} = 0.01\text{Gy}$
剂量当量 H	希沃[特] (Sv)	焦耳·千克 ⁻¹ (J·kg ⁻¹)	雷姆 (rem)	$1\text{Sv} = 100\text{rem}$ $1\text{rem} = 0.01\text{Sv}^{-1}$

1.1.5 核辐射的安全防护

核辐射能够对人体产生损伤,损伤是在一定剂量下引起的。而辐射是可以防护的。我们要以科学的态度,严肃认真地对待它,不要麻痹大意,也不要过分紧张,谈“核”色变。

在核物理实验中,所用的放射源基本上分成两类:一类是将放射性物质放在密封的容器中,正常使用中不会泄漏,称为封闭源;另一类是将放射性物质粘附在小托盘上或镀在小金属片上(有时在这种源的活性面上覆盖一层极薄的有机膜),在使用过程中放射性物质有可能向周围环境扩散,这类放射源称为开放源。在实验教学中,源的放射性强度不宜太大,除必须用毫居里(mCi)级的实验外,其余一般用微居里(μCi)级。

1. 天然放射性对公众剂量的贡献

天然放射性对公众剂量的贡献,列于表 1-1-2 中。

表 1-1-2 天然放射性对公众剂量的贡献

照射成分				年有效剂量(毫希)	
				正常本底地区	照射量升高的地区
宇宙射线				0.38	2.0
宇宙放射性核素				0.01	0.01
陆地辐射	外照射			0.46	4.3
	内照射	(氡除外)		0.23	0.6
		氡及其衰变物	吸入 Rn222	1.2	10
			吸入 Rn220	0.07	0.1
			食入 Rn222	0.005	0.1
总计				2.4	17.1

2. 人工辐射源对公众剂量的贡献

人工辐射源包括放射性诊断和放射性治疗辐射源、放射性药物、放射性废物、核武器爆炸落下的灰尘和核反应堆以及加速器产生的照射等。根据有关资料记载,人工辐射源对公众产生的平均年剂量值列于表 1-1-3 中。

表 1-1-3 人工辐射源对公众剂量的贡献

照射源	剂量(毫希/年)
放射诊断	0.22
放射治疗	0.03
医用同位素	0.002
放射性废物	0.002
核爆炸落下的灰尘	0.01
职业照射	0.009
其他辐射源	0.012
核电站周围	0.001~0.02

3. 辐射防护

辐射防护是研究保护人类(系指全人类、其中的部分或个体成员以及他们的后代)免受或少受辐射危害的应用科学,有时亦指用于保护人类免受或尽量少受辐射危害的要求、措施、手段和方法。辐射包括电离辐射和非电离辐射。在核领域,辐射防护专指电离辐射防护。

4. 辐射防护的三原则

辐射防护三原则是指:实践的正当性、防护水平的最优化和个人受照的剂量限值。

5. 我国标准安全剂量限值[《放射卫生基本标准》(GB4792—84)]

我国标准安全剂量限值,即《放射卫生基本标准》(GB4792—84)列于表 1-1-4 中。

表 1-1-4 我国标准安全剂量限值

剂量限值	职业照射	公众照射
5 年平均值(毫希/年)	20	1
任一年值(毫希/年)	20	5

6. 外照射及防护方法

外照射是指射线从外部照射人体组织,其防护原则及措施如下。

(1) 控制时间

接触放射源的时间越短,人体所受的照射时间就越少,因而要求操作人员事前要做好充分准备,操作步骤尽可能简单、快捷,同时避免在辐射场所中不必要的逗留。

(2) 控制距离

人体受到辐照的剂量与离放射源的距离的平方成反比。因此,增大人体离放射源的距离,可以显著地减少人体所受的辐射剂量。如利用镊子或具有不同功用的长柄器械及机械手进行远距离操作,让控制室与放射源之间有足够距离等。

(3) 实施屏蔽

利用射线通过物质后能量、强度会损失的性质,在人体与放射源之间设置屏蔽,可以有效地减少辐射对人体的伤害。常用的屏蔽材料有砖石、混凝土、有机玻璃以及铅、铁、铝等金属。

在实际工作中,以上三种防护措施常常是综合使用的。

7. 内照射及控制的基本原则

内照射是指放射性物质经过吸入、吃入或伤口渗入等途径进入人体内,造成辐射及其化学毒性对人体器官的双重危害,其防护原则及措施如下。

(1) 防止放射性物质经呼吸道进入体内

在操作开放性液体源时,需在通风橱中进行;操作粉末状放射物质,必须在手套箱中进行,并要带上口罩。

(2) 防止放射性物质经手转移或直接入口

放射性工作场所内,严禁进食、吸烟、饮水和存放食物。要正确使用相应的个人防护用品,实验结束后要洗手。

(3) 防止放射性物质经体表进入体内

面部和手臂等处有伤口者,应暂时停止从事可能受到放射性污染的工作。

8. 放射源的安全操作

① 放射源要有固定的存放地点(如保险柜),并加铅块屏蔽。实验结束应立即归还原处锁好。

② 任何形式封装的放射源,均不得直接用手接触其活性区,取放射源必须使用专用镊子或托盘等工具。

③ 操作 β , γ , X 源时,应配戴防护眼镜,切忌用眼睛直视活性区,以免损伤角膜。

【参考文献】

- 1 环保工作者手册编写组. 环保工作者手册, 第八章. 北京: 冶金工业出版社, 1984
- 2 [英]A. 马丁, S. A. 哈比森. 辐射防护基础知识. 北京: 中国计量出版社, 1983
- 3 吴思诚, 王祖铨主编. 近代物理实验(第二版). 北京: 北京大学出版社, 1995
- 4 林木欣主编. 近代物理实验教程. 北京: 科学出版社, 1999

实验1 盖革—弥勒计数器的特性

【预习提要】

- (1) 弄清实验原理及操作方法和注意事项。
- (2) 坪曲线怎样进行测绘? 测量中要注意什么问题?
- (3) 如何由坪曲线求得盖革—弥勒计数器(G-M 计数管)的性能参量和确定工作电压?
- (4) 设计各项实验数据记录表格。

【实验目的】

- (1) 了解盖革—弥勒计数器的结构、原理和主要性能参数的测定方法, 了解核辐射探测常识。
- (2) 熟悉放射性测量误差的表示方法及其与测量次数和时间之间的关系。
- (3) 应用微机系统处理实验数据。

【实验仪器】

盖革—弥勒计数管 1 支, 长寿命放射源 1 个, 铅室 1 个, FJ—367 型通用闪烁探头 1 个, FH—408 型自动定标器 2 台, 长余辉示波器 1 台, 微机及计算机软件 1 套。

【实验基础知识】

在原子核物理领域内的实验技术可分为三个方面: 加速器技术、反应堆技术和探测技术。它们构成一套完整的核物理实验技术。加速器核反应堆是产生核辐射的工具, 也就是粒子源。探测技术则包括探测和研究这些核辐射的性质, 以及它们与物质的相互作用等课题。在我们所做的核物理实验中, 主要是掌握一些辐射探测技术。近半个世纪以来探测技术发展很快, 仅放射性计数测量的装置就有很多, 如盖革—弥勒计数器(简称 G-M 计数器), 正比计数器, 脉冲电离室, 闪烁计数器, 半导体探测器, 等等。本实验要介绍和使用的 G-M 计数器是核辐射探测器中比较简单的一种。它本身只能用于测定辐射粒子的数目。这是最早使用的核辐射探测器, 近年来随着闪烁计数器和半导体探测器的发展, 其重要性有所下降, 但由于它设备简单, 使用方便, 仍广泛用于有关放射性测量的工作中。