



《中国工程物理研究院科技丛书》第056号

中子学宏观实验

Amacro Experiment of Neutronics

段绍节 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

《中国工程物理研究院科技丛书》第 056 号

中子学宏观实验

Amacro Experiment of Neutronics

段绍节 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

中子学宏观实验 / 段绍节编著. —北京: 国防工业出版社, 2008. 5

(中国工程物理研究院科技丛书)

ISBN 978 - 7 - 118 - 05503 - 0

I. 中... II. 段... III. 中子—实验—研究 IV.
0572.34 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 191291 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 插页 2 印张 19 字数 420 千字

2008 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 50.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

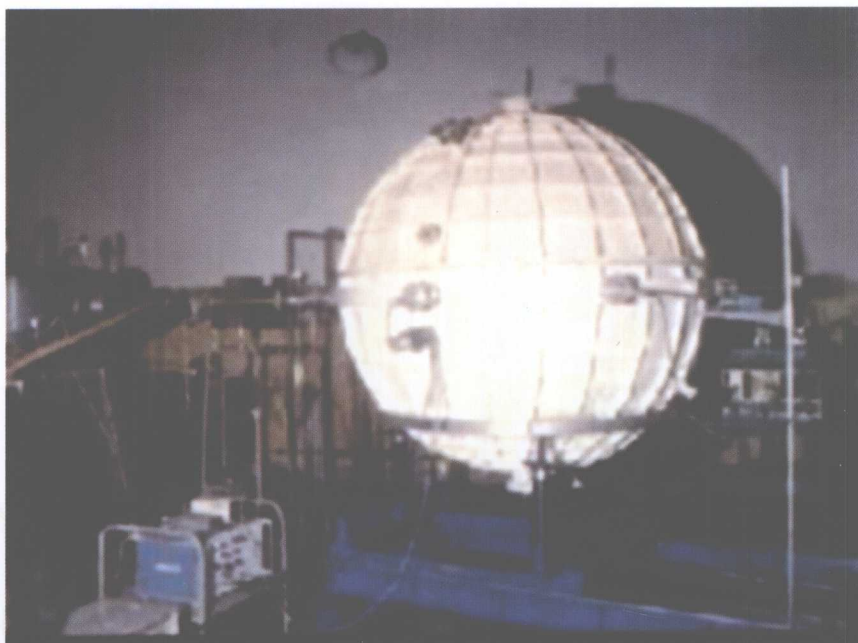
发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

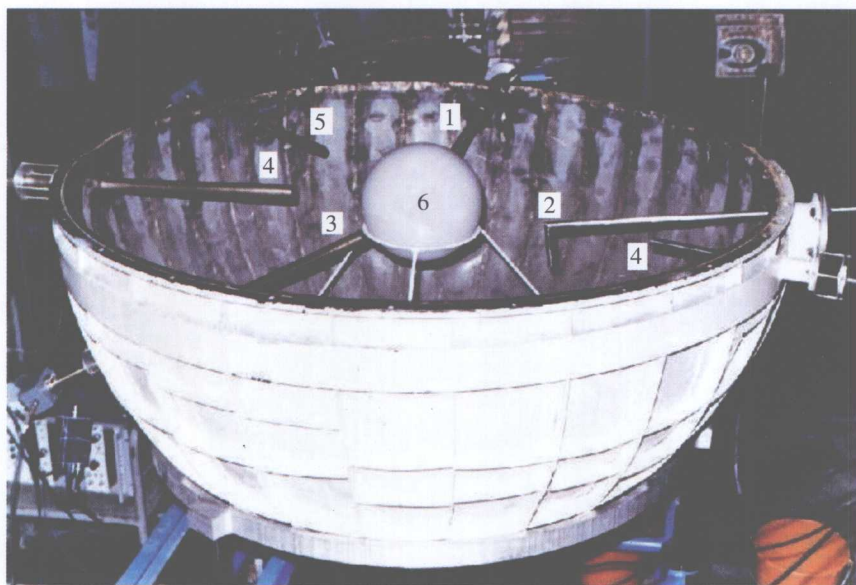
发行业务: (010)68472764



中国工程物理研究院建立的一些不同材料不同尺寸的宏观样品球

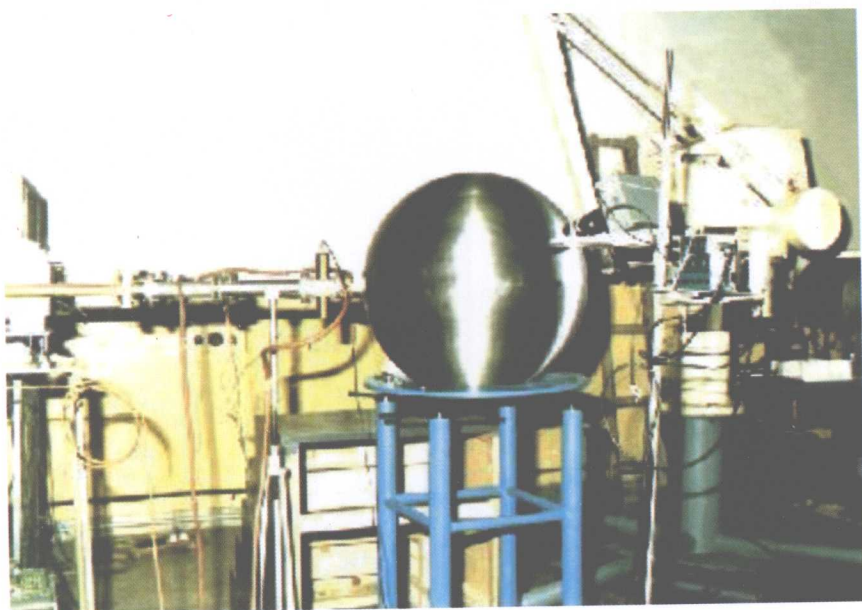


大水球探测器外形

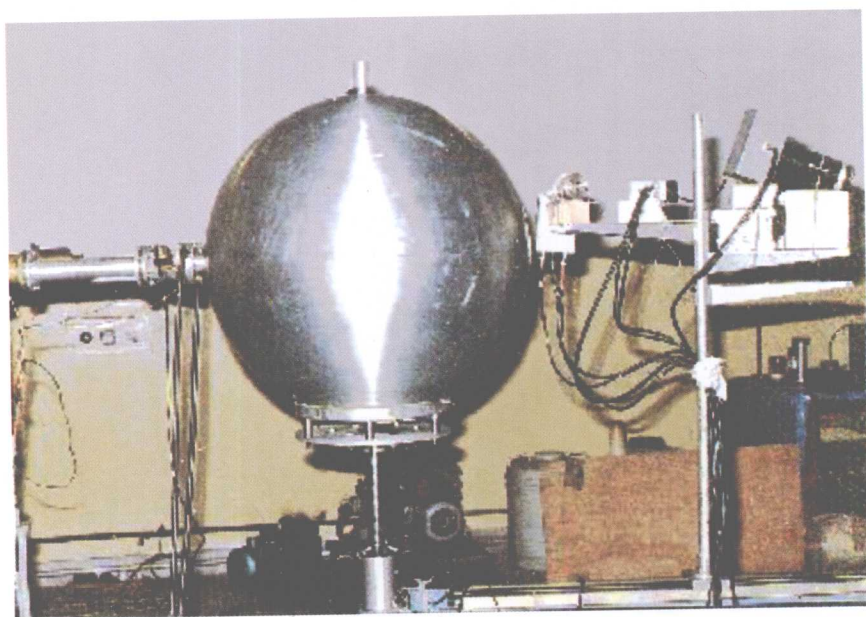


大水球慢化吸收探测器内景图

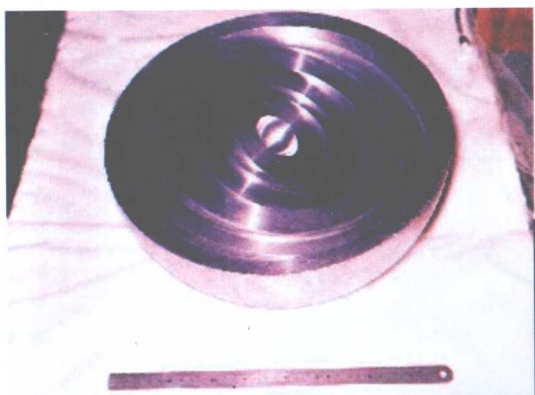
1—加速器靶室；2— BF_3 计数管；3—小芪闪烁体探测器；4—锂玻璃闪烁探测器；
5— ^{235}U 裂变室；6—装样品球的聚乙烯内球。



铁球实验布置



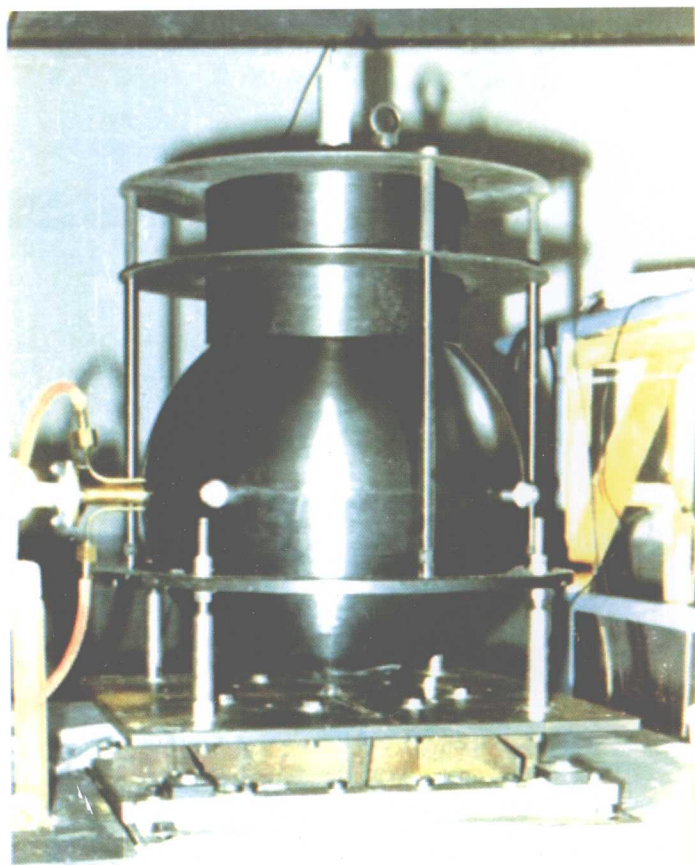
D-T 中子穿透铝球实验装置图



实验所用铍球样品



聚乙烯大慢化球探测器外形



大贫化铀球实验的具体装置图

《中国工程物理研究院科技丛书》

出版说明

中国工程物理研究院建院 40 多年来,坚持理论研究、科学实验和工程设计密切结合的科研方向,完成了国家下达的各项国防科研任务。通过完成任务,在许多专业学科领域里,不论在基础理论方面,还是在实验测试技术和工程应用技术方面,都有重要发展和创新,积累了丰富的知识经验,造就了一大批优秀科技人才。

为了扩大科技交流与合作,促进我院事业的继承与发展,系统地总结我院 40 多年来各个专业领域里集体积累起来的经验,吸收国内外最新科技成果,形成一套系列科技丛书,无疑是一件十分有意义的事情。

这套丛书将部分地反映中国工程物理研究院科技工作的成果,内容涉及本院过去开设过 20 几个主要学科。现在和今后开设的新学科,也将编著出书,续入本丛书中。

这套丛书将在今后几年里陆续编辑出版。我院早些年零散编著出版的专业书籍,经编委会审定后,也纳入本丛书系列。

谨以这套丛书献给 40 多年来为我国国防现代化而献身的人们!

《中国工程物理研究院科技丛书》

编审委员会

1999 年 6 月 4 日修改

《中国工程物理研究院科技丛书》

第五届编审委员会

顾 问 俞大光

编委会主任 杜祥琬

副 主 任 彭先觉 孙 颖 李志民

委 员 (以姓名笔画为序)

华欣生 江 松 刘柯钊 孙承纬 陈银亮

何建国 李 凡 李泽仁 苏 伟 苏 毅

汪小琳 吴志杰 张方晓 张富堂 张 健

罗顺火 孟凡宝 郑志坚 周德惠 竺家亨

顾 援 唐永建 黄 辉 彭述明

科技丛书编辑部负责人 李代斌

本册编辑 李天惠

自序

中子学宏观实验研究工作,是一种应用基础研究工作。它不是自然科学理论中的基础研究,故学科研究中没有它的位置。同时在人类应用的最终实践成果中也看不到它的研究成果。由此在一些人的眼中它是一种可有可无的研究工作,不能受到充分的重视自是理所当然的。

由于人类实践的复杂性,自然科学规律在应用过程中并不是简单地代入,而是一个系统工程。对一些实践,由于条件简单,工程涉及的面较小,应用自然规律涉及的面也较小,对自然规律的应用过程较为直接,如杠杆原理的应用等。但在一些条件复杂的工程中,由于涉及较多自然规律且还存在之间的相互作用,这就不仅要明确知道自然规律,还必须清楚自然规律的运作过程。对复杂系统工程的自然规律运作过程的实验研究工作,则是工程应用的基础研究工作。这种工作由于它完全是在已知自然规律的基础上开展的,不会有什么新发现,故谈不上特别重要;但若不清楚系统工程中各种自然规律的作用过程,那这个工程的实践结果可能就会以失败告终。由此要想获得好的工程结果,就必须要有应用基础研究作为工程设计的先导,这样设计出的工程才能获得成功。

美国作为一个核能应用的先导国家,曾在核应用基础研究工作上做了大量实验研究工作。正是由于有了这种较为坚实的基础,美国才成为一个核大国,也正是依靠这种核威慑,才称霸世界的。

作为一个独立自主的国家,要想立于世界民族之林,就必须首先自己强盛。从半封建半殖民地走出的新中国,要想在世界上站住脚,首先是要靠自己的力量,发展自己的科学技术,壮大自己的经济力量,增强自己的国防实力。这也正是国家大力开展核科学技术及核工程研究的原因。

中子学宏观实验研究,是核应用基础研究中的部分工作,由此在核科学技术及核工程的研究中就必然包含有这一部分工作。尽管这一部分工作在整个核工程研究工作中是极小的一部分,但却可通过这一部分研究工作的开展,反映出整个研究工作的大致情况;反映出在研究中所走过的路程。正如一滴水可以反映出太阳的光辉一样。

中子学宏观实验研究成果,是中国一代人艰苦奋斗的结果。这一代人是自己培养的。尽管这一代人没有什么学位,也没有什么头衔,但他们却凭着一腔爱国热情,圆满完成了国家、人民赋予他们的任务,开展了国外发达国家所开展的研究工作,并完成得不比外国人差,同时还有自己的特点及创新。

本著作并不想详尽地完全引用实验数据结果,因为这些在研究总结报告中已有

明确的详细表述。这里只是着重表述一些实验的过程、实验中所遇到的一些问题及如何解决这些问题。因为实验数据已经成为事实,不需要再回过头去做了,但研究问题的方法、物理实验的设计思想、实际测量的过程与测量技术手段,却是今后其他研究工作可以借鉴的。黑格尔说:方法不是外在的形式,而是内容的灵魂。恩格斯也说:在一切哲学那里,体系都是暂时的东西,但包含在体系中的真正有意义的方法却可以长久地启人心智,发人深思。也就是说,结果总是会受到各种条件的限制,一旦不能完全满足这些条件,结论也就不再正确了,但正确的方法却能给人提供探索遇到新问题的合理途径,并能够反过来检验结果的正确性。同时笔者还对实验进行了一些分析与评说。这或许对后来人有些可借鉴的东西,还有一些实际意义。这是要动笔的原因之一。

要动笔的原因之二是为了澄清一个事实。直到现在,一些国家的一些人还在认为我们国家之所以能搞成核工程是窃取了他们的什么成果,并一直叫嚷什么要对我们进行禁止出口之类的话。而中子学宏观实验研究工作的开展正是在国外对我们封锁最严厉的时期。从我们的研究与国外同类研究的比较中可以看到,不仅实验的宏观样品是我们自己制造的,而且所用的仪器设备也基本上都是我们自己动手制造的。这就表明,如果中国人要想干成一件事,别人是阻挡不了的,我们也不会去靠别人,一切都可以自力更生地做好。当然我们也不会拒绝一些有益的合作来求得共同进步,这正如铀中子倍增率实验的国际合作所表明的。

动笔的原因之三为要记录下这一代人的奋斗历程。这一代人已经完成了他们的历史使命,都已退休了,有的已经作古。但这一代人奋斗、奉献了一生,却没能在年富力强时享受到现在国家的富强与多彩生活。但作为历史,他们是应该被记住的。通过记录他们的一些工作,也算是对他们人生的一种纪念吧。为此,在每项实验工作的后面,都全数将他们的名字记录了下来(总结执笔排在最前)。

本著作对国外中子学宏观实验的收集,是想尽可能地做到完全。但由于核工程的保密性,有些国家虽开展了这些工作,但结果并不一定发表,由此不可能收集到,这里只是能找到的一些文献;同时由于收集主要是查看已解密的英文文献,故这里的介绍不可能是全面的。这表现在收集到的苏联实验结果很少,尤其是法国的实验结果就没有。这不能不说是件憾事,因为可以想象,作为核大国的他们,这部分工作是不能或缺的。对国外的调研,盛菊芳同志做了大量工作,并撰写有调研报告。笔者是在其基础上加以增补进行编写的。在此特别加以说明,并对盛菊芳同志深表感谢。

这里特别向为中子学宏观实验所用宏观实验样品与实验装置加工制造的同志们表示感谢,因为没有他们的劳动,中子学宏观实验是无法进行的。同时也对支持和帮助过开展中子学宏观实验的所有人表示感谢。

本书初稿由陈涵德研究员、江文勉研究员进行了仔细审阅,他们从全书构成到订正笔误,都提出了改进意见,对此笔者深深表示感谢。在成书的过程中,中国工程物理研究院科技丛书编审委员会的同志给予了极大帮助,在此对他们也表示诚挚的感

谢。本书的出版,中国工程物理研究院核物理与化学研究所刘汉刚所长、科技委主任陈银亮研究员及二〇四室的同志们、所技安处的同志们给予了大力支持与帮助,在此特别表示真诚的感谢。同时原子能研究院的陈泉研究员及北京大学的刘洪涛教授对本书进行了审核,在此对他们也表示真诚的感谢。

如前述,我国的中子学宏观实验工作是一代人完成的,这是一代人辛劳、智慧与汗水的结晶。笔者只是将在文献上发表及一些会议上报告的资料进行了收集整理,并结合对一些情况的了解及个人的理解,加以编纂及进行了一些评论,对自己曾参与的一些实验进行了一些回想与反思。由此对一些实验的描述或评论有可能出现一定偏差,尤其是一些评论与认识完全是个人的看法,难免有不妥或谬误之处,这纯系笔者水平问题,敬请读者不吝赐教,以便改正。

段绍节

2007年9月10日于北京 新都—绵阳科学城

《中国工程物理研究院科技丛书》

已出版书目

- | | | |
|-----|---------------------------|---------------------|
| 001 | 高能炸药及相关物性能
董海山 周芬芬 主编 | 科学出版社 1989 年 11 月 |
| 002 | 光学高速摄影测试技术
谭显祥 编著 | 科学出版社 1990 年 02 月 |
| 003 | 凝聚炸药起爆动力学
章冠人 等编著 | 国防工业出版社 1991 年 09 月 |
| 004 | 线性代数方程组的迭代解法
胡家贇 编著 | 科学出版社 1991 年 12 月 |
| 005 | 映象与混沌
陈式刚 编著 | 国防工业出版社 1992 年 06 月 |
| 006 | 再入遥测技术(上册)
谢铭勋 编著 | 国防工业出版社 1992 年 06 月 |
| 007 | 再入遥测技术(下册)
谢铭勋 编著 | 国防工业出版社 1992 年 12 月 |
| 008 | 高温辐射物理与量子辐射理论
李世昌 编著 | 国防工业出版社 1992 年 10 月 |
| 009 | 粘性消去法和差分格式粘性
郭柏灵 著 | 科学出版社 1993 年 03 月 |
| 010 | 无损检测技术及其应用
张俊哲 等著 | 科学出版社 1993 年 05 月 |
| 011 | 半导体材料辐射效应
曹建中 著 | 科学出版社 1993 年 05 月 |
| 012 | 炸药热分析
楚士晋 编著 | 科学出版社 1994 年 12 月 |
| 013 | 脉冲辐射场诊断技术
刘庆兆 主编 | 科学出版社 1994 年 12 月 |
| 014 | 放射性核素活度的测量方法和技术
古当长 编著 | 科学出版社 1994 年 12 月 |
| 015 | 二维非定常流和激波
王继海 编著 | 科学出版社 1994 年 12 月 |

- 016 抛物型方程差分方法引论
李德元 陈光南 著
科学出版社 1995 年 12 月
- 017 特种结构分析
刘新民 韦日演 主编
国防工业出版社 1995 年 12 月
- 018 理论爆轰物理
孙锦山 朱建士 著
国防工业出版社 1995 年 12 月
- 019 可靠性维修性可用性评估手册
潘吉安 编著
国防工业出版社 1995 年 12 月
- 020 脉冲辐射场测量数据处理与误差分析
陈元金 编著
国防工业出版社 1997 年 01 月
- 021 近代成像技术与图像处理
吴世法 著
国防工业出版社 1997 年 03 月
- 022 一维流体力学差分方法
水鸿寿 著
国防工业出版社 1998 年 02 月
- 023 抗辐射电子学—辐射效应及加固原理
赖祖武 等著
国防工业出版社 1998 年 07 月
- 024 金属的环境氢脆及其试验技术
周德惠 谭云 编著
国防工业出版社 1998 年 12 月
- 025 试验核物理测量中的粒子分辨
段绍节 编著
国防工业出版社 1999 年 06 月
- 026 实验物态方程导引(第二版)
经福谦 著
科学出版社 1999 年 09 月
- 027 无穷维动力系统
郭柏灵 著
国防工业出版社 2000 年 01 月
- 028 真空吸取器设计及应用技术
单景德 编著
国防工业出版社 2000 年 01 月
- 029 再入飞行器天线
金显盛 编著
国防工业出版社 2000 年 03 月
- 030 应用爆轰物理
孙承纬 著
国防工业出版社 2000 年 12 月
- 031 混沌的控制、同步与利用
陈式刚 等著
国防工业出版社 2000 年 12 月
- 032 激光干涉测速技术
胡绍楼 著
国防工业出版社 2000 年 12 月
- 033 空气炮理论与实验技术
王金贵 著
国防工业出版社 2000 年 12 月
- 034 一维不定常流与激波
李维新 著
国防工业出版社 2000 年 12 月

- 035 X射线与真空紫外辐射源及其计量技术
孙景文 编著
国防工业出版社 2001年03月
- 036 含能材料热谱集
董海山 等编著
国防工业出版社 2001年03月
- 037 材料中的氦及氘渗透
王佩璇 宋家树 著
国防工业出版社 2002年04月
- 038 高温等离子体X射线谱学
孙景文 编著
国防工业出版社 2003年01月
- 039 激光核聚变靶物理基础
张钧 常铁强 著
国防工业出版社 2004年11月
- 040 系统可靠性工程
金碧辉 主编
国防工业出版社 2004年06月
- 041 核材料 γ 特征谱的探测和分析技术
田东风 等编著
国防工业出版社 2004年06月
- 042 高能激光系统
苏毅 万敏 编著
国防工业出版社 2004年06月
- 043 近可积无穷维动力系统
郭柏灵 高平 陈瀚林 著
国防工业出版社 2004年06月
- 044 半导体器件和集成电路的辐射效应
陈盘训 著
国防工业出版社 2005年06月
- 045 高功率脉冲技术
刘锡三 编著
国防工业出版社 2005年08月
- 046 热电池
陆瑞生 刘效疆 编著
国防工业出版社 2005年08月
- 047 原子结构、碰撞与光谱理论
方泉玉 颜君 著
国防工业出版社 2006年01月
- 048 非牛顿流动力系统
郭柏灵 林国广 尚亚东 著
国防工业出版社 2006年02月
- 049 动高压原理与技术
经福谦 陈俊祥 主编
国防工业出版社 2006年03月
- 050 直线感应电子加速器
邓建军 主编
国防工业出版社 2006年10月
- 051 中子核反应激发函数
田东风 孙伟力 编著
国防工业出版社 2006年11月
- 052 实验冲击波物理导引
谭华 著
国防工业出版社 2007年3月
- 053 核军备控制核查技术概论
刘成安 伍钧 编著
国防工业出版社 2007年3月

054 强流粒子束及其应用

刘锡三 著

国防工业出版社 2007 年 7 月

055 氙和氟的工程技术

蒋国强 等编著

国防工业出版社 2007 年 11 月

056 中子学宏观实验

段绍节 编著

国防工业出版社 2008 年 5 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 中子是开启原子核的钥匙	1
1.2 中子学宏观实验的目的和意义	4
1.3 中子学宏观实验的特点	6
1.4 中子学宏观实验使用的中子源	10
1.5 中子学宏观实验结果比较中实验条件的重要性	14
1.6 中子学宏观实验的主体内容	17
参考文献	20
第2章 国外的中子学宏观实验	22
2.1 美国的中子学宏观实验	23
2.1.1 中子在锂材料中的造氚测量	24
2.1.2 系列脉冲球实验	28
2.1.3 天然锂金属柱实验	51
2.1.4 大铁球实验	53
2.1.5 大石墨块实验	54
2.1.6 大铍球中子倍增率实验	56
2.1.7 其他一些中子学宏观实验	67
2.2 英国的中子学宏观实验	67
2.2.1 大天然铀装置中子学宏观实验	68
2.2.2 天然铀壳实验	73
2.2.3 氟化锂装置实验	75
2.3 西德的中子学宏观实验	79
2.3.1 锂金属球实验	79
2.3.2 天然锂金属圆柱体实验	81
2.3.3 中子穿透液态空气及液氮实验	83
2.3.4 铍中子倍增率实验	85
2.4 日本的中子学宏观实验	93
2.4.1 准球形金属锂中子学宏观实验	93
2.4.2 其他一些中子学宏观实验	95
2.5 苏联的一些中子学宏观实验	99
2.5.1 一些中子屏蔽实验	99
2.5.2 中子倍增率实验	101