

# 神秘莫测的原子核

## 激动人心的发现

柳卫平

(中国原子能科学研究院 102413)

核科学技术的发展惠及科学研究、国家安全和能源环境等一系列重大应用,因此一直以来都受到各科技强国的重视,是全球必争的战略高地,对国家建设起着举足轻重的作用。核技术的广泛应用使我们变成经济强国,核基础的领先将使我们能高瞻远瞩,在核能和核技术领域有更好的创新思路。远离稳定线的原子核性质研究能够解决全球关注的核物理以及核天体物理的基础性科学难题。这些问题取得突破后,我国的核物理基础研究将实现从“跟跑”到“并跑”甚至“领跑”的跨越。

核物理研究过程中发展起来的核反应、衰变和质量数据,高分辨率的特种谱仪、大立体角探测器阵列和高集成度数字化信号处理技术,大型伽马探测技术,原子核激发态寿命测量技术及先进的核物理实验数据获取与测量技术等还可在核装置、核数据测量、核技术、高能物理、空间物理和核医学等其他领域得到应用,提高我国的国家安全和经济建设水平。

目前,国际核物理的发展重点是远离稳定线的原子核性质研究。自20世纪80年代中期以来,人们开始对不稳定原子核的性质进行研究,发现了一些新现象和新规律。如核子分布的晕结构、壳结构的新幻数、新形变、新的退激方式和集团自组织等,这些现象预示着在远离稳定线的区域,原子核的结构和作用方式会发生系统的演变,并出现以新的结构自由度和新的有效相互作用为表征的新物理。对这些新现象的研究,将极大地改变人们对原子核的传统认识,极大地推动原子核的理论模型发展。

为解决上述极端远离稳定线的原子核性质研究难题,首先需要大型放射性束装置。目前,国际上开展不稳定核性质研究比较活跃的研究机构有:美国的MSU、日本的RIKEN、德国的GSI和法国的GANIL等。我国的装置有CSR、BRIF等。这些装置的成功建设将为远离稳定线核的性质研究提供如下前所未有的机遇。

滴线区的原子核能使我们更接近新核素的边界,探索它们的新衰变方式,新结构和新幻数,超形变,高自旋高同位旋,以及极端丰中子条件下的原子核性质,一直是核科学的重要研究方向。现有的原子核理论模型,大都是对稳定线附近的原子核研究基础上建立起来的。滴线区原子核的研究进步将检验和发展现有的原子核理论,探索原子核稳定的极限。

宇宙重元素的起源是当前未解决的一个物理学疑难问题。科学家们预言,在超新星爆炸和中子星并合时的r-过程可能是重元素产生的场所。研究极端远离稳定线的原子核特性,有助于定量理解rp-过程和r-过程中的核合成,弄清恒星的演化过程及其爆炸的命运结局。

原子核理论预言,在已知核半岛顶端以外,可能存在超重核稳定岛。寻找超重核一直是人们努力探索的一个重要课题。因为超重核是根据原子核理论预言的,它的存在与否是对原子核理论的严格检验。如果能发现超重核,不仅对核物理和核化学会产生重要影响,而且对天体物理和原子物理都

会产生影响。使用极端远离稳定线的原子核作为炮弹进行超重核合成的尝试,将大大地推动原子核理论的发展。

各种极端条件下的核物质状态方程也是目前核物理研究中最具挑战的问题之一。对称能是非对称核物质态方程的核心参数,其密度依赖对远离 $\beta$ 稳定线原子核的结构和反应、超新星爆发机制、中子星内部结构、早期宇宙演化的物质的形成等起重要作用。利用极端远离稳定线的放射性离子束可以获取核物质状态方程对同位旋的依赖关系,为非

对称核物质状态方程的研究提供最好的机遇。

为向公众展示上述激动人心的物理发现和广阔的核科学与诸多学科的交叉应用,我们邀请靳根明老师组织撰写了原子核内部结构和各种反应和衰变现象的系列科普文章。靳根明研究员在核物理实验领域深耕多年,对相关前沿领域的进展和发展思路有较深的理解,他的文章深入浅出,可以帮助各位非核物理专业的读者比较快速地理解神秘莫测的原子核内部,从而了解这些领域的新奇现象和驱动这些现象的原子核物理规律。



## 她用物理的情趣,引我们科苑揽胜; 她用知识的力量,助我们奋起攀登!

### 欢迎投稿,欢迎订阅

《现代物理知识》杂志隶属于中国物理学会,由中国科学院高能物理研究所主办,是我国物理学领域的中、高级科普性期刊。

为进一步提高《现代物理知识》的学术水平,欢迎物理学界的各位专家、学者以及研究生为本刊撰写更多优秀的科普文章。投稿时请将稿件的 Word 文档发送至本刊电子信箱 mp@mail.ihep.ac.cn,并将联系人姓名、详细地址、邮政编码,以及电话、电子信箱等联系方式附于文章末尾。

所投稿件一经本刊录用,作者须将该论文各种介质、媒体的版权转让给编辑部所有,并签署《现代物理知识》版权转让协议书(全部作者签名),如不接受此协议,请在投稿时予以声明。来稿一经发表,将一次性酌情付酬,以后不再支付其他报酬。

《现代物理知识》设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流、科学随笔和科苑快讯等栏目。

2023年《现代物理知识》每期定价15元,全年6期90元,欢迎新老读者订阅。

需要往期杂志的读者,请按下列价格付款。

2010~2021年单行本每期10元;2022年单行本每期15元;2010~2019年合订本每本60元。

#### 订阅方式

(1) 邮局订阅 邮发代号:2-824。

(2) 编辑部订阅(请通过银行转账到以下账号,并在附言中说明“现代物理知识\*\*年\*\*期”)

名称:中国科学院高能物理研究所

开户行:工商银行北京永定路支行

账号:0200004909014451557

(3) 科学出版社期刊发行部:联系电话 010-64017032 64017539;

(4) 网上购买:搜淘宝店、微店店铺名称:中科期刊;  
淘宝购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z10.3-c.w4002-17748874504.9.3473bd0e1SdzHy&id=520828395681>

微店购买链接:

<https://weidian.com/item.html?itemID=2561726602>  
或扫描下方二维码:



淘宝网购刊



微信购刊