

# 近两年来原子核所的核物理研究\*

石双惠

(中国科学院上海原子核研究所)

现在向各位代表汇报我所近几年核物理及其应用研究的一些进展,分三部份作简要介绍。

## 理论核物理

核理论的研究着重于原子核的微观多体理论。

1. 在核的微观多体理论方法之一的生成坐标方面做了比较深入的工作。在徐射耦教授所发展的生成坐标的基础上,对单壳上三个和四个粒子这样典型的系统,论证了生成坐标方法所给出的结果与壳模型的严格计算结果的等价性,具体探讨了 $^{208}\text{Pb}$ 、 $^{209}\text{Bi}$ 等核中集体态和单粒子态之间的耦合、集体振荡与对振荡等不同类型激发之间的耦合。

2. 对轻幻核附近的核结构提出了一个简化模型,再加上折线图方法计算有效相互作用,对 $^{18}\text{O}$ 、 $^{18}\text{F}$ 和 $^{20}\text{O}$ 、 $^{20}\text{Ne}$ 以及 $^{42}\text{Ca}$ 、 $^{42}\text{Sc}$ 、 $^{44}\text{Ca}$ 的能谱结构进行了研究。此外还用折线图方法探讨了 $^{19}\text{F}$ 中的三体力的贡献。

3. 对低能轻核反应和某些轻核反应中的集团结构,用共振群方法研究了核子-核子自旋-轨道力对 $^6\text{Li}$ 等核的散射态和束缚态的影响和 $^6\text{Li}$ 的集团结构及核子交换效应的可略性等。建立了一套比较完整的计算程序。

4. 开展了中、高能核物理研究:探讨了相对论平均自治场理论,并用于超核能谱与核物质中新的集体激发模式研究。提出了一个核力的夸克模型的准相对性处理方案,用于氦核。在低能 $\pi$ -介子真吸收过程中探讨了可能产生自旋-同位旋零声集体模式和高能重离子擦边碰撞中巨四极激发截面。对最近CERN发现的所谓EMC效应作了探讨。

## 实验核物理

由于回旋加速器近二年停机改建,实验工作受到了限制。今年五月改建成的加速器正式投入运行后,我们开展了实验工作。

1. 16.7MeV和23MeV质子引起的 $(p,p')$ 反应研究:测量了 $^{209}\text{Bi}$ 、 $^{115}\text{In}$ 、 $^{89}\text{Y}$ 和 $^{59}\text{Co}$ 等靶上的 $(p,p')$ 反应能谱,经角度积分后给出积分能谱。用混杂模型和几何相关的混杂模型描述了预平衡发射的质子能谱。

2. 单态氦共振能级的直接测量:对 $\text{D} + \text{D}$ 四体反应中形成的单态氦中间态的破裂过程进行了直接测量,定出单态氦的结合能。

3. 集团结构的研究:16MeV $\text{D}$ 束引起的 $\text{d} + ^{10}\text{B} \rightarrow 3\alpha$ 反应中对出射 $\alpha$ 粒子进行了符合测量,得到了二个 $\alpha$ 关联的两维谱以研究其准自由机制;用77MeV的 $^{18}\text{O}$ 束轰击 $^{12}\text{C}$ 靶,研究 $^{12}\text{C} + ^{16}\text{O} \rightarrow ^{12}\text{C} + \alpha + ^{12}\text{C}$ 三团线性分子结构,分析了其在对称破裂机制中的显著贡献。

4. 短寿命 $\gamma$ 放射性研究:建立了跑兔装置和 $\gamma$ 射线多谱分析相结合的实验技术,并对 $^{183}\text{W}$

\*本文系根据有关同志提供的材料而编成。

等核进行了快中子核反应所产生的 $\gamma$ 放射性测量,观测到了新的跃迁分支。

5. 激发态的同位旋相似态研究: 通过28.9MeV的质子引起的 $^{56}\text{Fe}(p, n)^{56}\text{Co}$ 反应观测到了 $4^+$ 态的同位旋相似态。

6. 中子引起的核反应研究: 用14.6MeV中子引起中子数 $N=28$ 和 $N=50$ 附近一些偶偶核 $(n, 2n')$ 反应, 测量其反应截面, 探讨了中子壳效应并用预平衡—统计模型作了计算; 还测量了 $^{87}\text{Sr}(n, n')$ 反应的激发曲线, 讨论了中间态的反应机制的可能性。

7. 钷—铀核燃料循环的基础研究: 测量了不同能谱和不同通量中子辐照后钷中铀-233含量、铀-232与铀-233的比值及裂变产物。试验了相应的萃取剂和离子交换剂用于钷、铀、镤的分离方法。

8. 核数据编译: 进行了 $A=54$ 链的核结构、核衰变数据编评, 还进行了超铀元素核衰变和带电粒子核反应的数据编评。

### 应用核物理

为了叙述方便下面按实验技术分类介绍:

在材料科学中的应用

1. 穆斯堡尔效应: 用 $^{57}\text{Fe}$ 、 $^{119}\text{Sn}$ 等源分析了磁性材料、催化剂、半导体激光退火的穆斯堡尔谱; 用Sn等元素注入GaAs和一些金属薄膜中, 研究其辐射损伤; 还进行了 $^{67}\text{Zn}$ 和 $^{181}\text{Ta}$ 的穆斯堡尔效应试验。

2. 正电子湮没技术: 测量了热弹性合金NiCrFe的缺陷浓度和海水用钢位错密度随形变量的变化; 研究了Fr-Si-Al等合金和一些非晶态合金的正电子湮没谱; 研究辐照后的LiF色心变化等。

3. 沟道背散射技术: 用离子束加工电路可缩小电路线条提高其集成度, 但也引起晶体表面损伤。我们用本技术研究了离子刻蚀对器件的影响, 也探讨了反应离子束刻蚀对晶体的响应。

4. 活化分析与离子束分析: 用带电粒子对高纯材料、半导体以及薄层进行了分析; 利用核反应分析了茶叶中铅、硅、氟的含量; 还对油田等矿样进行了 $(n, n')$ 和中子活化分析。

5. 溅射物理: 用 $\text{Ar}^+$ 轰击了Al、Cu、Ag、Sn、W等元素, 测量了溅射原子角分布, 研究了溅射原子角分布的同位素效应, 例如对Cu来讲,  $^{65}\text{Cu}$ 是优先发射的。

在生物医学中的应用

1. 质子激发X射线分析: 建立了全自动质子激发X射线分析系统和同位素X射线分析仪, 对生物、医学、环境等样品进行了多元素分析, 着重研究微量元素的分布与作用。如与原子光谱等技术结合测量了人发、人肺和血清中的微量元素, 探讨了与人体健康的关系, 与某些疾病(如肝癌)的关系; 还对核酸、中草药中的微量元素和某些微量元素的亚细胞分布作了研究。

2. 筹备微米级质子微探针装置。

3. 扰动角关联技术: 研究固氮酶反应机理, 输铁蛋白分子的辐射损伤, 络合物中钼的氧化态及配位体和结构; 通过对正常小鼠与患癌小鼠血清的 $\gamma$ - $\gamma$ 扰动角关联的测量分析, 探索了癌的致因关系。

以上简单地罗列了我所部分核物理及应用研究的项目, 以便大家有个概括的了解。其中有些项目是与兄弟单位合作而成, 因时间不够, 就不在此一一提及了。经过这几年我所工程

附表

	加速器的离子	能量变化范围 (MeV)	能量分辨率	流强 $\mu\text{A}$	建成日期
等时性回旋加速器	p	10—30	0.5—0.7%	靶室束流 15—20	1984年3月鉴定
	d	10—16			
	$\alpha$	20—32*			
串列式加速器	p	3—12**	0.1—0.05%	2—3	1987年建成并出束
	d				
	$\alpha$				
	∴ Ni				
质子静电加速器	p	0.1—4	0.025%	15	1985年5月投入运行
	$^3\text{He}$	0.2—8			
	$^4\text{He}$				
	Ar、Kr、Xe				

\* E $\alpha$ 可达40MeV。

\*\*预计将来可提高到16MeV。

技术人员的努力，我们已改造成功1.4米等时性回旋加速器，自行设计和建造的串列式加速器也将于1987年建成。今年还引进了一台4MV的静电加速器（见附表）。这些加速器的建成为今后的研究工作提供了比较宽的能区和研究领域与课题。欢迎大家与大家一起充分利用这些实验条件开展研究，为祖国的四个现代化事业做出贡献。

（上接126页）

2.北京、天津、太原、贵阳地区的大气气溶胶分析，包括元素成份、颗粒直径、污染源等，并研究季节及日夜交替规律。

#### 四、珍贵文物分析

利用质子微探针测量古镜剖面十三种元素的分布及表面富集现象。

#### 五、其它

1.用 $\beta$ 射线传感器测量火箭级际分离姿态。

2.镓、碲化镓中注入质子，制作红光探测元件。

3.用离子注入方法研制激光二极管。现有九个研究所和工厂来实验室进行研制或小批量生产。