

推荐封面

科研进展

### 现代物理研究所马余刚院士团队在正反超核质量和结合能测量中取得重要进展

来源：现代物理研究所 发布时间：2020-03-15

近日，中国科学院院士、复旦大学现代物理研究所研究员马余刚团队在反物质研究中取得重要进展，首次完成了超氦核与反超氦核质量和结合能的精确测量。该测量结果更新了近50年前测量的超氦核的Lambda分离能，显示了超氦核的Lambda分离能比早期测量结果约大三倍；超氦核与反超氦核的质量差在世界上首次以 $10^{-4}$ 质量精度验证了CPT（电荷共轭变换-宇称反射-时间反演）对称性在奇异物质原子核上的成立，这也是迄今为止CPT对称性验证的最重的反物质原子核。

伦敦时间3月9日，相关研究论文以《超氦核与反超氦核质量和结合能的精确测量》（“Measurement of the mass difference and the binding energy of the hypertriton and antihypertriton”；DOI: 10.1038/s41567-020-0799-7）为题发表于《自然·物理》（*Nature Physics*），论文的主要作者（Principal authors）包括马余刚及复旦大学现代物理研究所研究员陈金辉、中科院上海应用物理所博士研究生刘鹏等，陈金辉和刘鹏为论文共同通讯作者。

位于美国布鲁克海文国家实验室的相对论重离子对撞机（Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC)）将两束金离子加速到每核子100 GeV的能量，在STAR探测器中心对撞产生一种温度高达几万亿度的新物质形态——夸克-胶子等离子体态，这种物质被认为存在于宇宙大爆炸后的几个微秒。在夸克-胶子等离子体态冷却过程中产生了大量含有奇异夸克的奇异强子及其反物质，并合成了大量的超氦核（Hypertriton）与反超氦核（Antihypertriton）。超氦核是由一个中子、一个质子、一个Lambda超子组成的束缚态。与人们所熟知的由质子与中子组成的普通物质不同，超氦核除了含有上夸克、下夸克外，还包含有奇异夸克。对超氦核的研究将极大地丰富人们对物质世界的认识。

在该项研究中，聚焦每核子对撞能量为100 GeV的金-金对撞，研究团队分析了STAR探测器收集的由此产生的海量实验数据，在大约46亿个金-金对撞事件中找到了156个超氦信号和57个反超氦信号。下图显示了一个金-金对撞事件中找到一个潜在反超氦核信号，该信号衰变为一个pi+介子，一个反质子，一个反氦核。研究团队通过反超氦衰变产物在STAR探测器磁场中的运动轨迹曲率而测量其动量，并通过产物的动量和质量计算得出超氦核反超氦核的质量为

$$m = 2990.89 \pm 0.12(\text{stat.}) \pm 0.11(\text{syst.})\text{MeV}/c^2$$

其相对质量差别为

$$[0.1 \pm 2.0(\text{stat.}) \pm 1.0(\text{syst.})] \times 10^{-4}$$

文化日历

<	2020.1			>
日	一	二	三	
1	2	3	4	
8	9	10	11	
15	16	17	18	
22	23	24	25	
29	30	1	2	
近期暂无				

新闻分类

- 头条复旦
- 科研进展
- 医疗健康
- 校园生活
- 招生就业
- 校友动态

推荐视频



《信仰——心有所

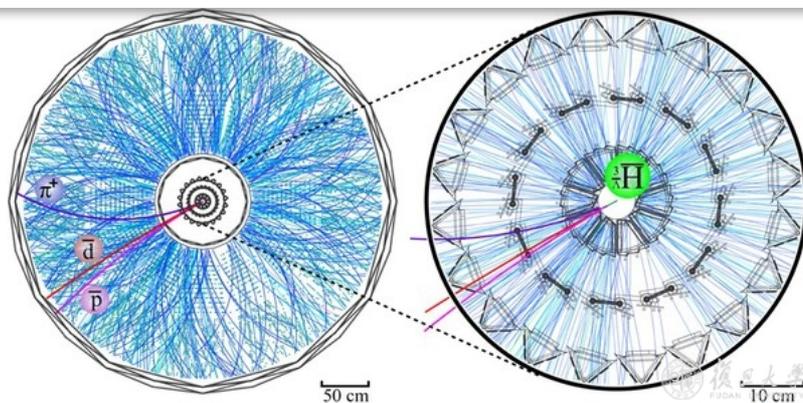
图说复旦



复旦大学校园开放

新闻排行

- 周排行
- 月排



在金-金对撞中产生的大量次级粒子中找到的其中一个反超氦衰变事件。左侧为STAR探测器时间投影室记录到的次级粒子轨迹信息。右侧为重味径迹探测器的放大图。重味径迹探测器安装在时间投影室的正中间。

图片来源: Nature Physics (<https://www.nature.com/articles/s41567-020-0799-7>)

对称性在自然界中普遍存在。在很长一段时间里，人们一直认为物理规律都是遵循对称性的。李政道和杨振宁首先在理论上提出在弱相互作用中宇称不守恒。随后，华裔物理学家吴健雄在实验上证实了宇称不守恒，1957年诺贝尔物理学奖授予了宇称不守恒的发现。此后，物理学家很快发现了电荷-宇称的联合不守恒（CP破坏）并且获得了诺贝尔物理学奖。在历史上，宇称不守恒和CP破坏的发现极大地促进了物理学的发展。目前，CPT理论认为一切物理过程在电荷、宇称、时间联合变换时具有不变性，并且认为物质与反物质具有完全相同的质量。物理学界一直试图在实验上寻找CPT破坏的信号，并且已经通过测量各种强子的正反粒子质量差别来验证CPT对称性。目前对正反K介子的质量测量显示在 $10^{-18}$ 精度上正反K介子质量相等。尽管物理学界对各类强子的正反粒子做了很多测量，但目前在原子核层面上的测量还非常稀少。

在反物质系列研究上，马余刚团队与合作者在2010年发现了反超氦核（Science-21010），2011年发现了反氦4核（Nature-2011），2015年测量了反质子相互作用（Nature-2015）。但由于当时实验精度所限，没能实现正反物质质量差等基本物理参数的精确测量。而本项研究在世界上首次精确测量了反奇异夸克原子核反超氦与超氦核的质量差别，并且以 $10^{-4}$ 精度验证了CPT对称性在超核上的成立。该测量也是迄今为止CPT对称性验证的最重的反物质原子核，测量结果将对扩展标准模型（Extension Standard Model）参数提供实验限制。

超氦核Lambda分离能的测量也为人们理解中子星性质提供关键帮助。理论认为中子星内部存在超子物质，因此超子-核子、超子-超子之间的相互作用信息对理解中子星状态方程有着重要意义。超子-核子相互作用信息可以通过传统的散射实验获得，但是目前关于超子-核子散射的实验并不多，而超氦核作为一个天然的超子-核子相互作用系统，其Lambda分离能大小与超子-核子相互作用强度有直接关系。此次测量的超氦Lambda分离能表明超子-核子之间的相互作用强度可能要比科学家早期认为的强得多。最新的测量结果将为理论计算超子-核子之间相互作用提供更为精确的限制。

该研究得到了国家自然科学基金委创新研究群体、基金委重大项目以及科技部、中科院项目的联合支持。

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41567-020-0799-7>

制图: 张亦弛 责任编辑: 李沁园

- 1 葛均波\_巨人...
- 2 复旦大学 识竞...
- 3 基础医学 严大...
- 4 大师剧 演...



联系我们

fudan\_new  
021-65642

## 相关文章

