

# 复旦团队跨能量尺度原子核结构研究获突破

近日,复旦大学马余刚院士团队和纽约州立大学石溪分校贾江涌教授团队合作在RHIC-STAR国际合作组首次基于高能重离子碰撞方法成像原子核结构并取得重要突破。

这项突破不仅对研究极端物态夸克胶子等离子体的性质至关重要,还为跨能量尺度研究原子核结构信息提供了新颖和独立的实验测量手段。相关研究成果于北京时间11月7日以“Imaging Shapes of Atomic Nuclei in High-Energy Nuclear Collisions”为题发表于《自然》(Nature)主刊。Nature同期在“新闻和观点”(News & Views)、“博客”(Podcast)特评专栏等对该文进行亮点介绍和重点推介。

该成果基于美国布鲁克海文国家实验室相对论重离子对撞机上的螺旋径迹探测器(RHIC-STAR)。如图所示,研究人员将两束重离子加速至接近光速并使其发生对撞,从而产生退禁闭的夸克胶子等离子体(QGP)。普遍认为,该物质是对应于宇宙大爆炸之后几个微秒的存在形态,而夸克、胶子是物

## ▲ 相对论重离子对撞机上铀-238原子核碰撞示意图

质的最微观层次,都是基本粒子。QGP流体经过膨胀冷凝和强子化后,产生大量末态强子。末态强子的动量空间多粒子关联与碰撞初始原子核的形状及核子的多体关联整体相关。这一过程类似高速摄像机的快门拍照,能够实现逆向瞬时成像原子核形状。

在《自然》论文中,马余刚院士团队与合作者在STAR实验组以接近球形的金核-金核碰撞为基准,精准成像原子核结构特征,定量提取了铀核-铀核碰撞

中铀-238原子核的四极轴对称形变( $\beta_2$ )和三轴形变( $\gamma$ )结构信息。

该实验同时研究了末态强子的集体流等三种不同的软探针观测量,并通过大规模超算中心的计算,比较了两种不同的流体动力学模型,精确约束并定量提取了铀-238原子核的四极轴对称形变和轴对称破缺三轴形变的大小。

研究结果揭示了铀-238原子核基态具有较大的椭球形轴对称四极形变,这一研究发现与传

统的低能实验测量和理论研究基本一致,为成像原子核结构提供了一种全新方法。

此外,该研究证实铀-238具有微小的轴对称破缺三轴形变自由度。这项跨能量尺度的原子核结构研究,有助于探讨核合成、核裂变及无中微子双贝塔衰变等重大基础科学问题,推动高能重离子碰撞、低能核物理和核天体物理交叉领域的发展,并深化人们对夸克胶子等离子体初态几何、原子核基本性质和宇宙元素起源等基本科学问题的理解,还为约束和改进核理论模型及其计算精度提供重要参考。

将来,该论文中使用的研究方法可应用于欧洲核子中心LHC、下一代核物理大科学装置-美国电子离子对撞机EIC、我国强流重离子加速器装置HIAF等大科学装置的相关研究,有助于继续拓宽跨能量尺度原子核物理的前沿交叉。

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41586-024-08097-2>

来源:现代物理研究所

## 发现一种悬浮光热气泡

A hovering bubble with a spontaneous horizontal oscillation  
Proceedings of the National Academy of Sciences  
PNAS,

来源:航空航天系

## 创新心力衰竭治疗手段

William Pu  
CMYA5  
mini CMYA5  
mini CMYA5  
hi PSC-CMs  
hi PSC-CMs  
AAV  
CMYA5  
dyad  
dyad

来源:生物医学研究院

## 开发新的异质集成工艺

GFET  
SOI  
cascode  
GFET  
SOI-FET  
SOI

Graphene/Silicon-on-insulator Heterogenous Cascode Amplifier with High Gain

IEEE Electron Device Letters

来源:信息科学与工程学院

长期以来,对脑神经连接功能的研究主要考虑了同侧半球内的连接,而忽略了两个脑半球之间神经连接的作用。复旦大学基础医学院、脑科学研究院、脑功能与脑疾病国家重点实验室刘星教授、马兰教授合作研究发现,小鼠脑内基底外侧杏仁核(BLA)神经元,通过连接左右两侧脑半球的前连合(Anterior Commissure, AC)投射到对侧脑半球的伏隔核(NAc),这一跨脑半球神经环路与同侧神经环路的功能相反,介导恐惧、厌恶类负性情绪及逃避行为的产生。11月8日,这一重要发现以《杏仁核

至对侧脑半球伏隔核神经环路编码负性情绪效价》为题发表在《科学》(Science)杂志上。

刘星介绍说,切断前连合后,小鼠表现出厌恶和逃避行为的受损。通过脑透明化3D成像、神经元翻译组测序、顺行和逆行神经示踪荧光标记等技术,研究团队观察到BLA脑区存在两群不同的神经元,它们接受来自不同脑区的神经支配,并分别投射至同侧或对侧脑半球NAc。

BLA是掌控情绪反应(恐惧、厌恶、逃避等)、学习和记忆、社会交往等功能的关键脑区,而

NAc则在奖赏、快乐、成瘾、情绪调节等多个方面起着关键作用。借助在小鼠脑内植入光纤在体实时记录神经元活动信号和光遗传学实时特异性干预等方法,研究团队发现,摄食甜水、与异性社交等奖赏性刺激选择性地激活BLA到同侧半球NAc的神经投射,而摄入苦味水、面临危险等厌恶性刺激则选择性地激活BLA到对侧半球NAc的神经投射。

进一步的研究表明,BLA到同侧半球NAc的神经投射主要支配D1型神经元,增加在NAc的多巴胺释放,促进正性奖赏情

绪的形成;而BLA至对侧半球NAc的神经投射主要支配D2型神经元,降低NAc的多巴胺水平,而导致负性厌恶情绪和相关记忆的形成。

刘星等的这一工作区分了BLA向同侧和对侧大脑半球投射在情绪和相关记忆形成中的不同作用,发现了BLA到对侧NAc神经投射在编码负性情绪和引发逃避行为中的关键作用,揭示了跨脑半球神经连接的一个重要功能。

论文链接: <https://doi.org/10.1126/science.adp7520>

来源:脑科学研究院

尽管国际科学界已对季节性流感进行深入研究,但流感疫情在全球时空扩散过程及其驱动机制仍不明晰,作为席卷全球的公共卫生危机COVID-19对流感的全球传播和进化动态的影响也有待回答。

复旦大学公共卫生学院余宏杰教授团队与国际顶尖系统进化研究团队合作研究,发现了COVID-19大流行前中后季节性流感的全球时空传播动态及驱动机制,为制定流感全球防控措施提供了重要依据。相关成果以“COVID-19 pandemic interventions reshaped the global dispersal of seasonal influenza viruses”为题,于北京时间2024年11月8日在《科学》(Science)杂志发表。

在前期深入研究的基础上,余宏杰敏锐察觉到,COVID-19大流行期间施加的非药物干预措施打破了季节性流感传播的“常态”。“尽管感染不同呼吸道传染病病原体诱导的免疫反应不同,但非药物性干预措施对其传播的阻断作用是共通的。”

在提出了COVID-19大流行影响季节性流感全球传播模式的假设后,复旦大学公共卫生学院2022级博士研究生陈志元在导师余宏杰的指导下,从描述大流行期间全球季节性流感病毒的活动强度入手,发现其整体活动水平显著降低,且其中的B/Yamagata谱系自2020年3月后似乎“销声匿

迹”。但伴随全球针对COVID-19非药物性干预措施的逐步解除,流感病毒的活动水平开始逐渐恢复。

在初步验证的基础上,余宏杰开始思考如何剖析COVID-19大流行对季节性流感流行的影响。为进一步探索COVID-19大流行对季节性流感全球传播和进化的格局的影响,余宏杰与牛津大学、英国皇家兽医学院和比利时鲁汶大学等国际顶尖研究团队开启了跨学科、跨区域、跨语言的合作研究。

2023年6月至8月,余宏杰领衔的国际合作团队初步重建了COVID-19大流行前、中、后全球季节性流感的传播模式。更进一步地,余宏杰带领团队投

入更多时间细化研究方案,反复打磨方法细节,更换模型框架、优化多源数据等。

本研究明确了针对COVID-19的非药物性干预措施对区域流感病毒进化/循环独立性的影响,以及大流行后流感传播模式的稳健恢复。研究结果强调了加强呼吸道病原体的病毒学和基因监测、及时调整疫苗接种策略和监测方向的重要性,对未来大流行的综合应对提供了实证依据,将加深大流行情境下对季节性呼吸道病原体传播和进化的理解。

论文链接: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adq3003>

文/陈志元、王微、曾译萱等