
涡旋电子揭开原子核振动的神秘面纱

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31887.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

涡旋电子揭开原子核振动的神秘面纱。在科学的浩瀚宇宙中，原子核就像一颗颗微小的星球，隐藏着无数未解之谜。其中，原子核巨共振是由核内核子集体振动引起的一种现象。研究巨共振不仅有助于深入理解核力及核结构信息，还对理解超新星爆发和中子星结构等天体物理问题至关重要。

近日，兰州大学核物理研究团队与西安交通大学合作，他们针对长期困扰核物理界的难题——如何测量具有更高多极性的同位旋矢量巨共振，提出了一种全新的基于电子探针调控原子核巨多极共振的方案，揭开了原子核振动的神秘面纱。相关论文发表于《物理评论快报》。



兰州大学核物理研究团队。兰州大学供图。

平面波电子（a）和涡旋电子（b）激发原子核的示意图。兰州大学供图。

转机：涡旋电子的登场

然而，科学研究的道路从来都不是一帆风顺的。在研究过程中，团队面临了不少技术挑战。首先，考虑涡旋电子的理论模型是全新的，没有现成的文献可以参考。团队不得不从零开始，推导出一套全新的理论公式。特别是在考虑涡旋电子的轨道角动量时，理论计算的复杂度大幅增加，研究人员需要通过反复讨论和验证，解决这一问题。

经过无数次的讨论和计算，研究团队终于取得了突破性进展。他们的研究表明，通过涡旋电子与原子核的相互作用，可以更有效地激发原子核的巨共振，并且能够通过测量出射电子的角动量，直接获得原子核振动的信息。特别是对于巨四极共振（一种更高多极性的振动模式），涡旋电子的引入使得测量变得更加简单和精确。

我们发现，无论是平面波电子还是涡旋电子激发巨共振，散射电子的角动量状态都与原子核磁量子数 M 紧密相关。这一发现不仅解决了长期困扰核物理界的难题，更为核结构的理解开辟了新的视角。兰州大学核科学与技术学院教授牛一斐说。

此外，研究团队还发现，平面波电子激发巨共振可有效产生具有轨道角动量的涡旋电子。而涡旋电子激发巨共振的微分散射截面与碰撞参数的依赖关系，则为探测相对论高能涡旋电子的角动量提供了新方法。这一发现不仅揭示了轨道角动量在调控核跃迁中的关键作用，还为核结构的理解

开辟了新的视角。

然而，审稿人仍对此提出了质疑，认为我们的理论并不完善。郭亮说，因为我们的理论中并未考虑原子核中质子的电场对出射电子的影响。虽然我们在文章中指出，已有研究表明该影响对于轻核并不显著。

为此，针对审稿人的质疑，团队重新计算了原子核中质子的电场对出射电子的影响，最终通过取极限情形、对称性检验等方式，来验证我们新发展理论公式的正确性。发现该效应在文章研究的原子核中确实较小，最终成功说服了审稿人，确保了论文的顺利发表。

未来：涡旋电子的广泛应用前景

涡旋粒子以前主要应用于原子分子物理与材料物理，在原子核物理领域的应用非常少见。该研究成果验证了涡旋电子在原子核物理研究中的应用潜能，从而提供了一种核物理研究的全新工具——涡旋粒子。牛一斐表示，鉴于涡旋粒子在激发核能级和调控核反应方面具有其独特优势，因此，涡旋粒子核反应将成为原子核物理研究的重要前沿方向。

值得一提的是，除了在核物理领域的应用，涡旋电子在其他领域也具有广泛的应用潜力。例如，在量子信息与计算领域，涡旋电子的轨道角动量和自旋角动量为量子比特的编码提供了新的自由度，可以用于构建更复杂的量子态和量子逻辑门。在光学与成像领域，涡旋电子可以用于模拟和研究光学涡旋的传播、干涉和衍射行为，为新型光学器件的开发提供理论支持。

此外，涡旋电子在材料科学、纳米技术、高能物理等领域也有重要应用。例如，在材料表征和纳米结构操控方面，涡旋电子的角动量特性可用于研究材料的磁性和拓扑性质，为纳米制造技术提供新的工具。（来源：中国科学报 叶满山）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.052501>

作者：郭亮等 来源：《物理评论快报》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发