
科学家利用单原子实现反冲狭缝思想实验

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37044.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！

科学家利用单原子实现反冲狭缝思想实验

。近日，中国科学技术大学研究团队，利用光镊囚禁的量子基态单原子，首次忠实地实现了1927年爱因斯坦和玻尔争论中提出的“反冲狭缝”量子干涉思想实验，观测到原子动量可调谐的干涉对比度渐进变化过程，证明了海森堡极限下的互补性原理，展示了从量子到经典的连续转变过程。

1927年，爱因斯坦设计了一个实验：在双缝干涉实验中，让单光子通过一个可移动的狭缝。单光子会给狭缝极微弱的反冲动量，若能测出这一反冲便可知光子的路径（粒子性），而只要狭缝位置足够精确，干涉条纹（波动性）仍可保留。这一思想实验直接指向“能否同时获得波与粒子的完整信息”，被视为量子力学最深刻的悖论之一。

实现这一思想实验的关键在于，测量有效的反冲信号，这要求狭缝的动量不确定度小于光子的冲击动量。但是，单光子的动量反冲非常微弱，远小于宏观物体的动量不确定度，因此，爱因斯坦的这一巧妙的思想实验在近百年来仍停留在“思想”层面。

研究在量子极限条件下实现了最灵敏的“可移动狭缝”：利用光镊囚禁的单个铷原子作为“可移动狭缝”，运用拉曼边带冷却技术将原子制备至三维运动基态，使其动量不确定性下降至与单光子动量相当的水平。

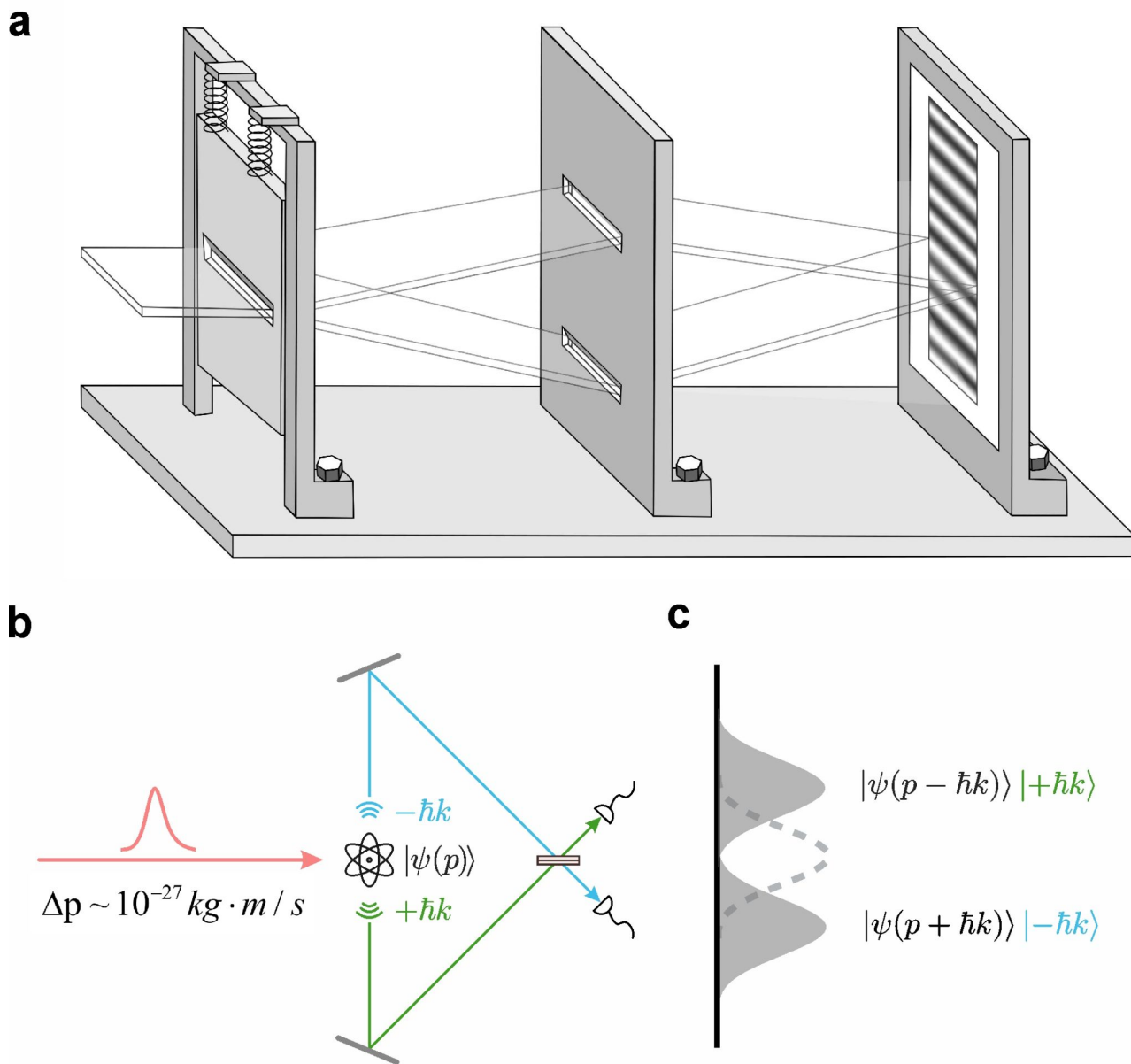
同时，实验通过灵活调节光镊囚禁势阱深度，改变原子狭缝的动量不确定度。实验选定一个封闭循环跃迁，排除原子内态自由度的干扰。为实现稳定的干涉，研究发展了主动反馈锁相技术，将原子荧光的干涉路径抖动控制在纳米级别。

实验表明，随着光镊阱深增强，原子受到的空间限制更强。根据海森堡不确定性原理，其基态动量波函数将更宽。因此，经过光子反冲后，原子动量波函数的重叠度提升，导致光子与原子间的纠缠度降低，进而使光子干涉对比度得到提高。同时，实验观察到的干涉对比度下降，部分由原子加热（经典噪声）所致。研究校准和去除这一经典噪声影响后，发现实验数据与原子处于完美基态（量子极限）时的光子干涉对比度高度吻合。研究同时实现了主动调控原子平均声子数，观察到声子数增多引起干涉对比度下降，体现了系统从量子到经典的过渡特征。

上述工作首次利用基态单原子作为对单光子动量敏感的“可移动狭缝”，在量子极限层面实现了爱因斯坦思想实验，发展了高精度单原子操控、单原子—单光子纠缠和干涉等精密量子技术，为未来实现大规模中性原子阵列、压缩态纠错编码及探索消相干和量子到经典过渡等基础问题奠定了基础。

相关研究成果发表在《物理评论快报》（*Physical Review Letters*）上。

[论文链接](#)



单光子单原子量子干涉仪实现爱因斯坦思想实验

通过势阱深度可调的基态单原子实现爱因斯坦思想实验的对比度渐变数据

研究团队单位：中国科学技术大学

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