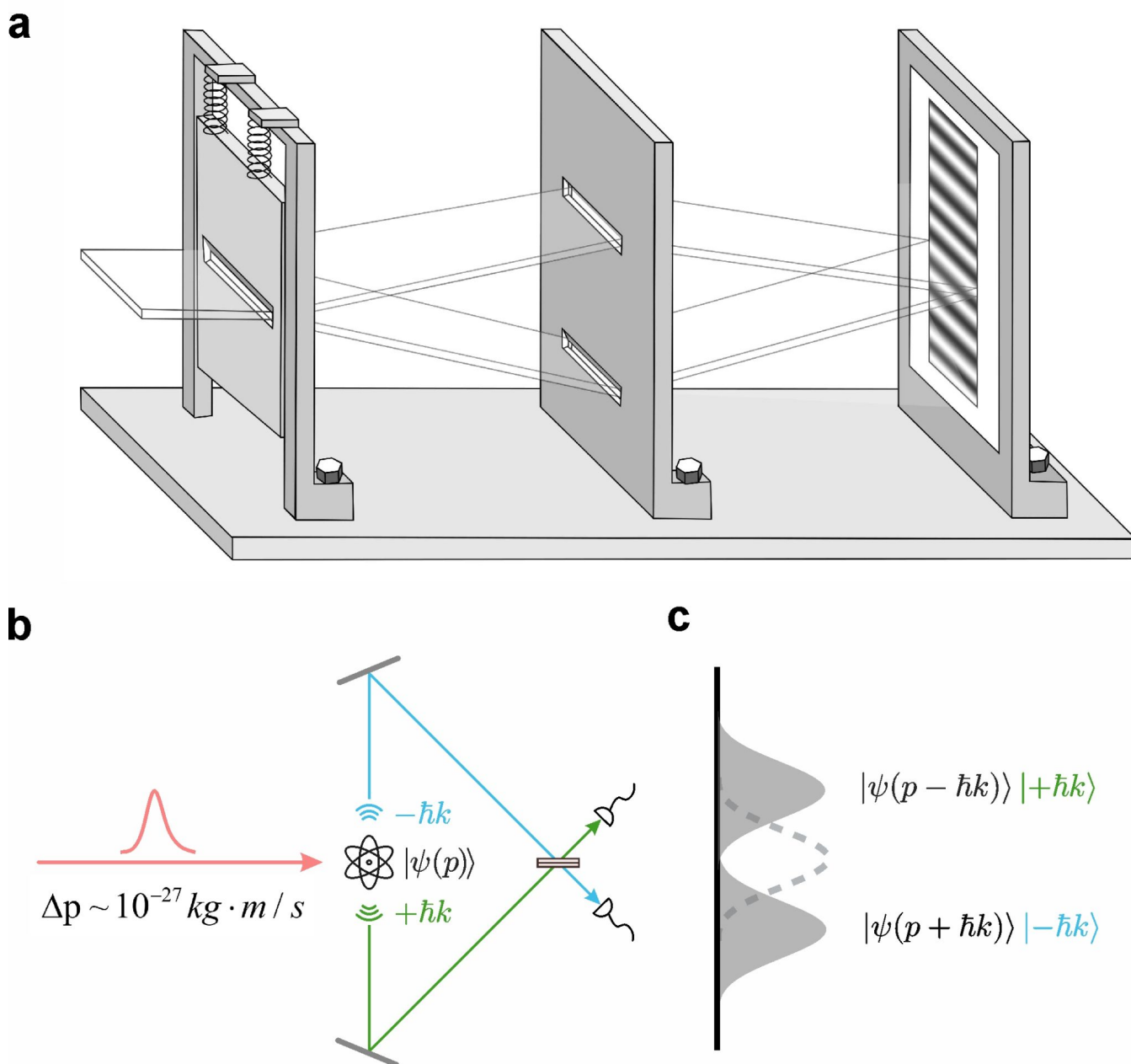

新实验终结爱因斯坦与玻尔世纪之辩

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37055.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！

新实验终结爱因斯坦与玻尔世纪之辩。中国科学技术大学教授潘建伟、陆朝阳、陈明城等组成的研究团队，利用光镊囚禁的量子基态单原子，首次实现了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，观测到了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，并展示了从量子到经典的连续转变过程。12月3日，相关成果以编辑推荐的形式发表于《物理评论快报》。



单光子单原子量子干涉仪实现爱因斯坦思想实验。中国科大供图

在1927年的第五届索尔维会议上，爱因斯坦为挑战玻尔的互补性原理，在双缝干涉实验中，设计让单光子通过一个可移动的狭缝。爱因斯坦认为，单光子会给狭缝一个极微弱的反冲动量，若能测出这一反冲即可知道光子的路径，而只要狭缝位置足够精确，干涉条纹仍可保留。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，这就要求狭缝的动量不确定度要小于光子的冲击动量。然而，由于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。所以，爱因斯坦的这一巧妙的实验在过去近百年仍停留在思想层面。

研究组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，使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，实验可以通过灵活地调节光镊囚禁势阱深度，来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，排除了原子内态自由度的干扰。为实现稳定的干涉，研究组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到了纳米级别。

实验结果表明，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。所以经过光子反冲后，原子动量波函数的重叠度增加，导致光子与原子间的纠缠度降低，从而使得光子干涉对比度提高。此外，在实验中观察到的干涉对比度下降，部分由原子加热引起。研究团队通过校准和去除这一经典噪声影响后，实验数据与原子处于完美基态时的光子干涉对比度高度吻合。研究组还实现主动调控原子平均声子数，观察到声子数增多引起的干涉对比度的下降，展现了系统从量子到经典的过渡。

该工作在爱因斯坦和玻尔关于量子基础的争论近百年之后，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，不仅在量子极限层面实现了爱因斯坦思想实验，而且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、以及进一步探索消相干和量子到经典过渡等基础问题奠定了基础。

审稿人评价该工作是对量子力学基础的重大贡献一个漂亮的实验一个百年思想实验的教科书式实现。（来源：中国科学报 王敏）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/93zb-lws3>

作者：潘建伟等 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