

---

# 科学家首次观察到费米原子超辐射量子相变

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/15462.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！*

科学家首次观察到费米原子超辐射量子相变。

华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室武海斌教授课题组在光学腔内超冷简并费米气体超辐射量子相变的研究中获突破性进展。8月27日，这项重要研究成果以First Release形式发表于《科学》。

超冷量子气体与腔量子电动力学相结合最著名例子之一是Dicke模型，其描述光场和原子的集体相互作用，在强耦合下可出现稳态超辐射的量子相变。然而提出超辐射量子相变近40年来一直没有在实验上观察到，直到2010年在玻色爱因斯坦凝聚体中才实现了Dicke相变。

自然界与玻色原子相对应的另一类原子为费米原子，其与腔量子电动力学的耦合具有更大的挑战性。是否可以在费米原子中实现物质波放大在20年前就引起了大家的争论；2014年理论小组预测量子统计和光晶格嵌套对费米气体稳态超辐射相具有重要的作用。然而量子统计一直没有在实验上被观察到。

武海斌课题组从2013年聚焦这一挑战的实验，经过多年的努力，克服了超冷量子气体复杂系统中光学腔的频率精密控制技术，率先实现了超冷费米原子和光学腔的强耦合，在这项研究中，发展了精密调控光学腔内超冷费米气体温度的操控手段，首次观察到了费米原子的超辐射量子相变，更重要的是第一次揭示了原子统计在超辐射量子相变中的作用。

论文第一作者、博士生张笑天告诉《中国科学报》，研究人员精心设计了这项实验，可以看到一个频率小于原子共振频率的激光在横向泵浦光学腔内的超冷费米原子，当泵浦功率低于一个临界值（阈值）时，在光学腔的输出观察不到透射的光，费米原子展现了其在浅光学晶格中的费米气体动量分布；一旦泵浦光功率增加到阈值以上，光学腔内的光场就会突然形成，同时原子密度波动诱发超辐射量子相变，对角线动量分量的原子会突然增加，自发地自组织，形成棋盘格图案的原子密度分布。

---

论文通讯作者武海斌进一步解释说，根据泡利不相容原理，费米原子散射泵浦光的概率并不相等，只有耦合到未被粒子数占据的终态费米子才能经历自组织形成相变。因此其阈值和原子数的标度率取决于费米能量，和玻色爱因斯坦凝聚和热原子表现出不同的标度率：在高温下，相变阈值和原子数的标度率为原子数的倒数；而在低温下，相变阈值和原子数的标度率为原子数平方的倒数。

研究人员首次揭示了量子费米统计在超辐射量子相变中的作用，发现泡利排斥改变了临界泵浦强度随原子数的标度率。武海斌表示，这为研究长程相互作用费米多体态的非平衡动力学提供了一个理想的平台，将打开许多新的研究方向。

据悉，这项研究工作被一位国际权威评审专家评价为这是一个重要的里程碑，为实现利用光子媒介的相互作用来探索长程相互作用费米子多体物理的量子模拟铺平了道路。（来源：中国科学报黄辛）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/science.abd4385>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：[shouquan@stimes.cn](mailto:shouquan@stimes.cn)。

作者：武海斌等 来源：《科学》

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