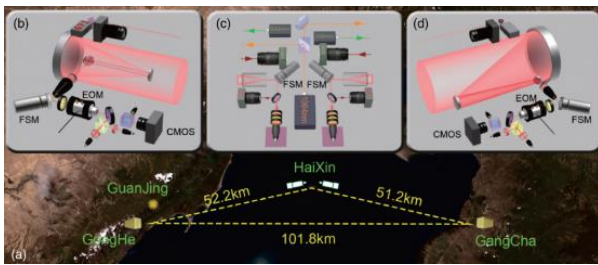
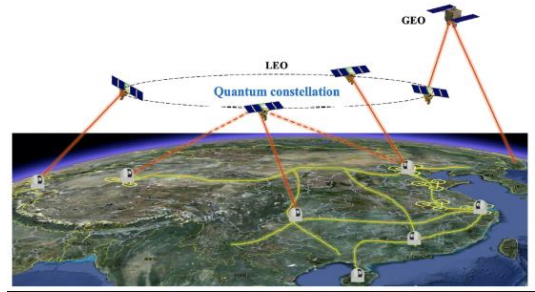




## 中国科大在《现代物理评论》上发表空间量子实验综述论文



图注：在青海湖完成的百公里量子纠缠分发



图注：未来量子星座蓝图

近期，中国科学技术大学潘建伟及其同事彭承志、陆朝阳、曹原应邀在国际物理学权威综述期刊《现代物理评论》(Reviews of Modern Physics)上发表题为“基于‘墨子号’卫星的空间量子实验”(Micius quantum experiments in space)的长篇综述论文。该论文从量子信息理论的基本概念、早期量子通信和量子信息相关原理性实验、面向卫星的地面大空间尺度验证实验，以及“墨子号”卫星从立项、研制、在轨运行到最终在国际上率先完成一系列星地量子科学实验，进行了系统性的阐述和总结。同时，该综述论文还对国际空间量子科学的研究进展进行了梳理。“墨子号”的成功激励了国际空间量子科学的研究热潮，美国、欧盟、日本等国际上的各方力量随后皆开始探索自己的广域量子通信之路，提出或加速了一系列空间量子科学布局。

该综述论文的最后对未来空间量子科学的主要发展方向进行了展望，提出空间量子科学研究必将从低轨道平台跨越到中高轨平台，甚至是深空平台。在此基础上，利用中高轨卫星平台覆盖范围广、实验时间长、微重力环境好等优势，将空间量子通信技术同时交叉应用于远距离高精度时频传递和空间超冷原子物理等领域，在量子精密测量、量子物理与广义相对论融合等基础科学问题方面获得更丰富的科学产出。

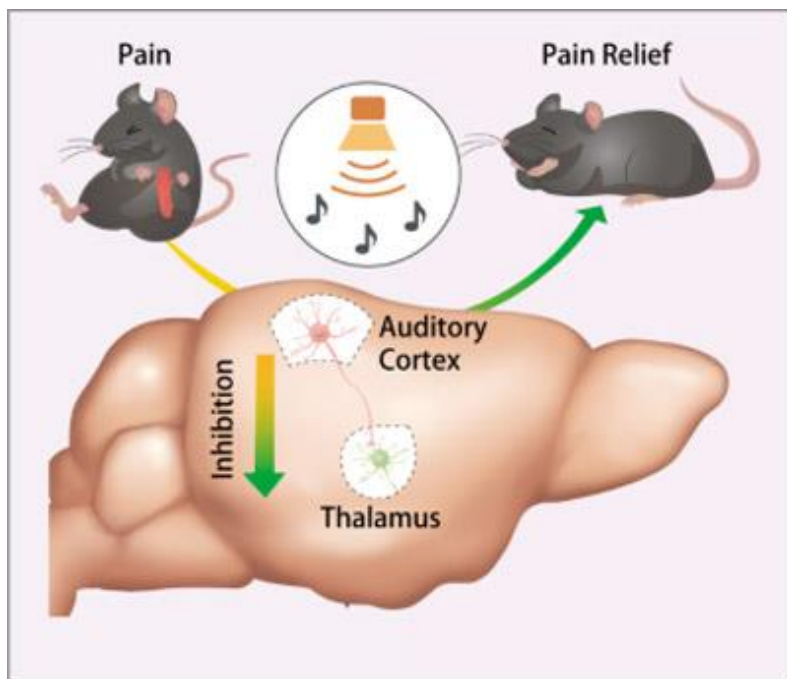
由于在远距离量子通信特别是“墨子号”量子卫星方面所取得的一系列具有开创性意义的工作，潘建伟等受邀为《现代物理评论》撰写的这篇46页的综述论文，全面介绍了国际空间量子科学研究近二十年来取得的成就，重点阐述了“墨子号”量子科学实验卫星从前期关键技术攻关，包括卫星系统、科学应用系统等六大系统的量子科学实验卫星的建设和研制，到卫星在轨运行后所取得的系统性科研成果，为国际学术界提供了宝贵的资料。

《现代物理评论》是国际物理学界最权威的综述性期刊，每年仅发表约四十篇学术论文。该期刊一般不接受自由投稿，主要是邀请在各领域卓有建树的物理学家执笔，旨在对当今物理研究的重大热点问题做历史总结、原理阐述、现状分析和趋向预测。此论文是潘建伟团队在该期刊上继2012年的“多光子纠缠和干涉度量学”(Multiphoton entanglement and interferometry)以及2020年的“基于现实器件的安全量子密钥分发”(Secure quantum key distribution with realistic devices)之后的第三篇综述论文。



## 研究进展

# 中国科大团队合作揭示声音镇痛的神经机制



图注：低强度声噪比通过抑制ACx<sup>Glu</sup>到丘脑投射缓解小鼠疼痛。

中国科学技术大学张智团队与美国国立卫生研究院刘元渊团队以及安徽医科大学陶文娟团队合作，在声音镇痛的神经环路机制方面取得进展。该研究成果以“Sound induces analgesia through corticothalamic circuits”为题发表于《Science》杂志。

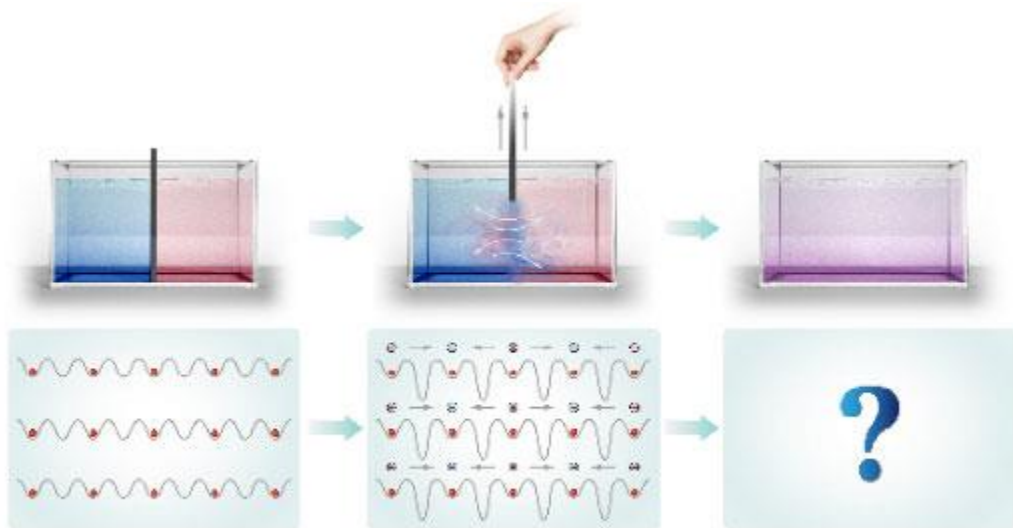
早在1960年，《Science》的论文就发现音乐能够调控情绪，即便噪音也能够产生直接的镇痛效果。然而，半个世纪以来，声音镇痛的关键因素及神经机制并不清楚。研究人员首先给予疼痛小鼠不同强度的协调音（相对于人的音乐）、非协调音（非音乐的有结构声音）以及白噪音，发现仅低强度的这三类声音均能有效缓解小鼠的疼痛。鉴于有研究提示声音的镇痛效果与治疗环境密切相关，因此研究人员通过在不同背景声音的环境下研究发现，相对于环境噪音约5-dB的声强差（SNR）对声音的镇痛效应至关重要。至此，研究人员建立了声音镇痛的小鼠模型。

那么声音发挥镇痛作用的神经机制是什么？听皮层（ACx）是声音处理的最高级中枢，因此研究人员通过病毒示踪对ACx的输出进行全脑追踪。研究发现，ACx的谷氨酸神经元（ACx<sup>Glu</sup>）主要投射至与疼痛加工密切相关的躯体感觉丘脑；通过在体电生理及在体深部钙成像记录发现，5-dB SNR的声音暴露抑制ACx<sup>Glu</sup>丘脑投射；通过光遗传及化学遗传学研究发现，5-dB SNR的声音抑制ACx<sup>Glu</sup>到丘脑投射缓解小鼠疼痛。综上，本研究揭示了与环境噪音的声强差对声音缓解疼痛至关重要，并进一步揭示了声音镇痛的精细神经环路机制。



## 研究进展

# 中国科大超冷原子量子模拟获重要进展：格点规范场理论热化问题得解



图注：从非平衡态过渡到平衡态的热化动力学示意图

中国科学技术大学潘建伟、苑震生等与德国海德堡大学、奥地利因斯布鲁克大学、意大利特伦托大学的相关研究人员合作在超冷原子量子模拟研究中取得重要进展：他们使用超冷原子量子模拟器，对格点规范场理论中非平衡态过渡到平衡态的热化动力学进行了模拟，首次在实验上证实了规范对称性约束下量子多体热化导致的初态信息“丢失”，取得了利用量子模拟方法求解复杂物理问题的重要进展。国际著名学术期刊《科学》杂志发表了该研究成果。

为了解决以往的量子模拟器中相干调控的粒子数太少和无法保证规范对称性约束的两个主要问题，中国科大的研究团队开发了独特的自旋依赖超晶格、显微镜吸收成像、粒子数分辨探测等量子调控和测量技术，在超冷原子量子模拟器中提出并实现了光晶格中原子的深度制冷，解决了量子模拟器温度过高缺陷过多的问题，实验制备了近百个原子级别的规模化量子模拟器 [Science 369, 550 (2020)]; 首次实现了利用大规模量子模拟器对格点规范场理论量子相变过程的实验模拟，验证了过程中的规范不变性[Nature 587, 392 (2020)]。在以上研究的基础上，通过实验和理论结合，该团队将系统制备到远离平衡的初态，首次实验研究了规范对称性约束对量子多体系统热化动力学的影响，并且观测到具有相同守恒量的不同初态热化到同一个平衡态的过程，验证了热化过程造成的量子多体系统初态信息的“丢失”，建立了规范场理论早期非平衡动力学与最终热平衡态之间的联系，在使用规模化的量子模拟器求解复杂物理问题的道路上取得了重要进展。

在上述工作的基础上，该团队将进一步使用量子模拟的方法研究具有其他群对称性的、更高空间维度的规范场理论模型，研究真空衰变、动态拓扑量子相变等物理难题。

《科学》杂志审稿人对此给予高度评价，认为该研究“为超冷原子模拟格点规范场理论这一领域的发展做出了重要贡献”、“代表了量子模拟研究领域的前沿。”