科学家实现基于马约拉纳零模的琼斯多项式计算

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/30830.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！

科学家实现基于马约拉纳零模的琼斯多项式计算。

中国科学院院士、中国科学技术大学教授郭光灿团队在拓扑量子计算领域取得重要进展。该团队成员与英国利兹大学科研人员合作，利用自主搭建的光量子模拟器计算了基于马约拉纳零模拓扑结构的琼斯多项式。该团队通过模拟马约拉纳零模的编织操作，计算了不同拓扑结构的扭结对应的琼斯多项式，所得的琼斯值可以实现对不同扭结结构的区分。12月5日，相关研究成果发表在《物理评论快报》上。

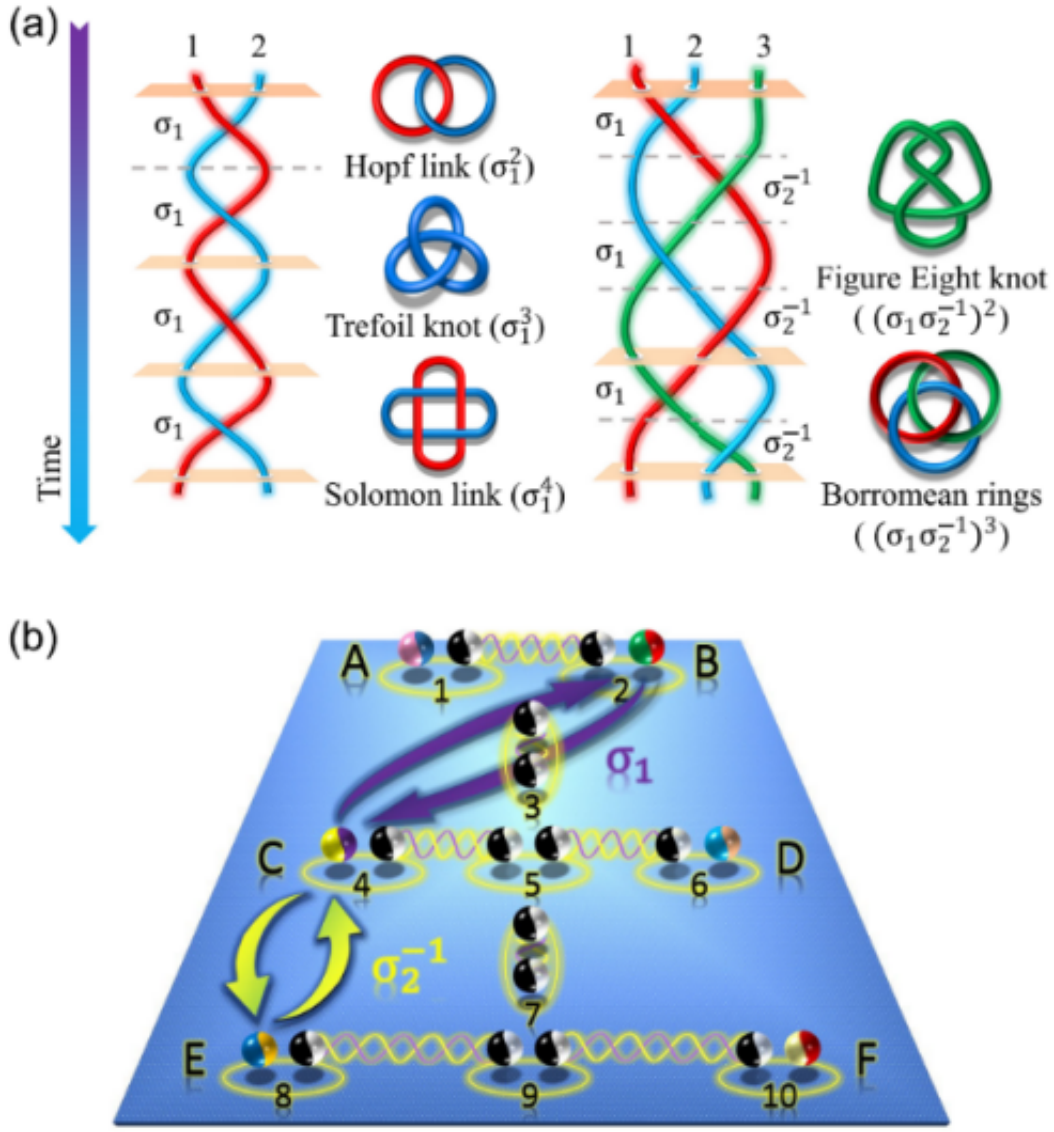
琼斯多项式是扭结的一个重要拓扑不变量，可以被用来区分不同的扭结结构。同时，复杂拓扑结构的琼斯多项式计算使用经典算法难以求解。利用马约拉纳零模这一非阿贝尔任意子系统，可以通过构建相应的编织操作来计算扭结的琼斯多项式。不同于三维空间中交换两个全同的玻色子或费米子，系统整体波函数仅会多出一个整体相位；对于二维空间中具有特殊性质的“非阿贝尔任意子”，其交换后的整体波函数会经历一个幺正变换，因此，可以通过对非阿贝尔任意子的交换操作构造量子门，实现具有天然容错特性的拓扑量子计算。已有实验工作研究了马约拉纳零模的物理特性，但由于实验材料及技术的要求高，通过编织马约拉纳零模实现特定的拓扑量子算法颇具挑战性。

基于光子空间模式的量子模拟器，该团队开展了一系列模拟非阿贝尔任意子拓扑特性的实验研究。在此基础上，该团队将之前基于单光子空间模式的编码方式扩展到双光子的空间模式，利用双光子的符合计数进行编码，有效提高了可编码量子态的数量。同时，通过引入基于萨格纳克干涉仪的量子冷却装置，将此前工作中的耗散式演化转换为非耗散演化，提升了装置对光子资源的回收利用能力，有助于实现多步骤的量子演化操作。这些改进的实验技术提升了自主研制光量子模拟器的能力，为实验模拟3条基塔耶夫链模型下马约拉纳零模的编织操作奠定了技术基础。实验中，量子态与编织交换过程的平均保真度均在97%以上。

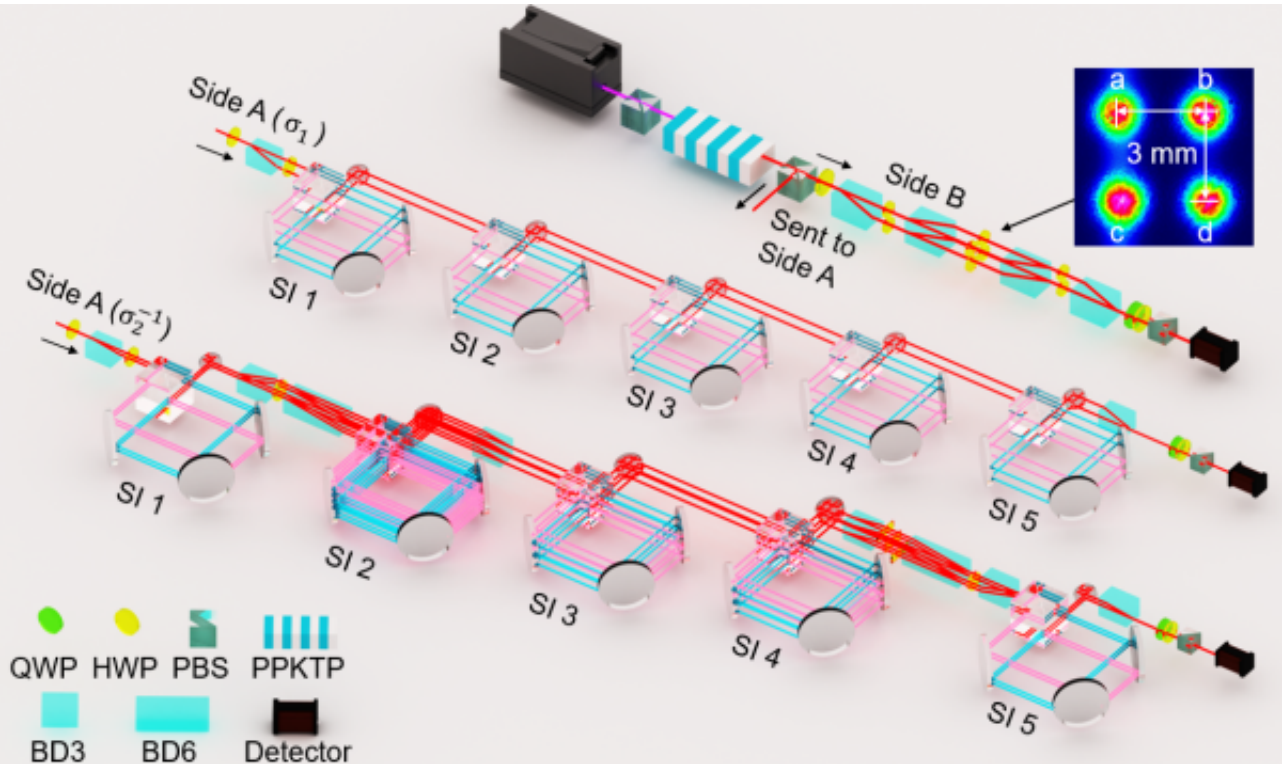
该团队通过组合3条基塔耶夫链模型下马约拉纳零模不同的编织操作，模拟了5种典型的拓扑扭结，通过将扭结对应的量子末态向初始量子态投影，得到了扭结对应的琼斯多项式的数值解，进一步将不同扭结进行区分。这对统计物理、化学分子合成和DNA复制等拓扑扭结频繁出现的研究领域具有启示意义。

研究工作得到国家自然科学基金委员会、中国科学院、安徽省的支持。

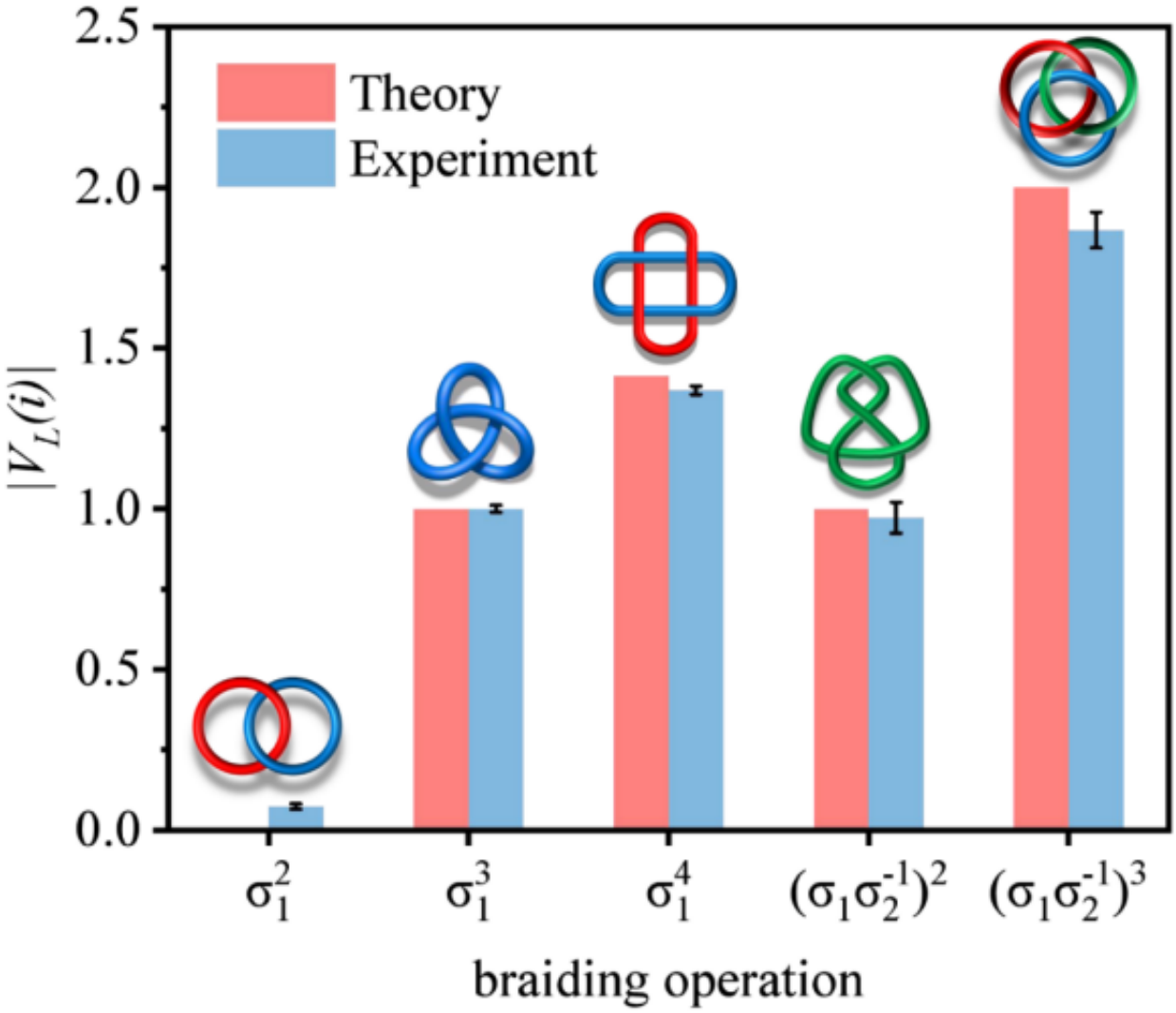
论文链接


(a)
Time
1
2
3
σ1
σ1
σ1
σ1
Hopf link (σ1^2)
Trefoil knot (σ1^3)
Solomon link (σ1^4)
σ1
σ2^-1
σ1
σ2^-1
σ1
σ2^-1
Figure Eight knot
((σ1σ2^-1)^2)
Borromean rings
((σ1σ2^-1)^3)
(b)
A
B
C
D
E
F
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
σ1
σ2^-1

理论框架



实现马约拉纳零模交换操作的实验装置图



不同编织操作的琼斯多项式实验结果

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转发