

电流驱动下磁霍普夫子的三维自旋动力学研究

霍普夫子(hopfion)是一种三维拓扑孤子,其拓扑性可以用霍普夫荷(Q_H)来描述,其具有精细巧妙的磁结构,因此有望产生新奇的物理现象。霍普夫子可以稳定存在于多种物理系统中,不仅与宇宙弦、低能极限杨-米尔斯理论等相关,还和涡旋环、球形闪电等有趣的物理现象具有一定的关联性,因此相关的研究一直受到人们的广泛关注。然而由于相关模型的复杂性,人们对霍普夫子的基本物理性质,尤其是动力学性质知之甚少。最近有理论预测稳定磁性霍普夫子的存在,因此可以进一步研究其在磁性系统中的动力学性质。而最基本的一种驱动磁霍普夫子运动的方式便是施加一个电流,通过自旋转移力矩(STT)推动霍普夫子的运动。磁霍普夫子有望成为继磁斯格明子(skyrmion)之后拓扑自旋电子学领域里的又一个前沿热点课题。

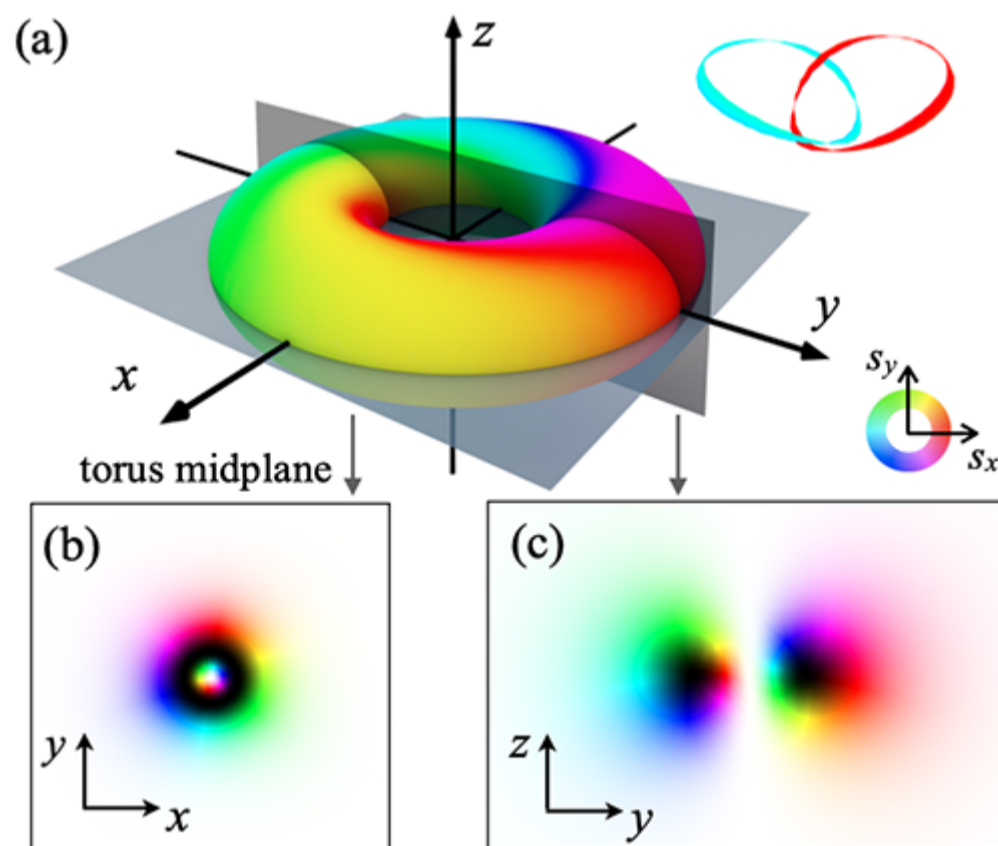


图1. $Q_H=1$ 磁霍普夫子的自旋结构,初始态下,其中心环面与xy面重合。(a)为 $S_z=0$ 的等自旋面集合,构成一个环面。(b)和(c)分别为霍普夫子在xy中心切面和yz中心切面内的自旋结构。

最近,中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心磁学国家重点实验室M02课题组的刘艺舟博士后、韩秀峰研究员与美国新罕布什尔大学的臧佳栋教授和侯文涛博士合作,研究了阻挫磁体中霍普夫子的三维自旋动力学性质。因为阻挫磁体中霍普夫子无需人工边界条件便可以稳定存在,因此其三维特性可以被充分地展示出来。该项目研究首先专注于 $Q_H=1$ 的霍普夫子,并通过绝热和非绝热自旋转移力矩激发其运动。磁霍普夫子在电流驱动下展现出丰富的动力学响应,其中包括在相空间中相互纠缠的平移、旋转和缩放运动。同时,其运动模式也与自旋转移力矩的非绝热系数紧密相关。基于自旋贝里相位和一般形式Thiele方法给出的动力学方程可以很好的描述霍普夫子的动力学过程。此外,霍普夫子动力学与斯格明子-反斯格明子对动力学之间的唯象描述也展现了不同拓扑磁孤子间跨越维度的动力学联系。由于该项研究使用的方法是基于集结坐标而非包含系统具体自旋相互作用的哈密顿量,因此其还可以用来研究除磁性体系之外霍普夫子的普遍动力学性质。同时,还可以期待在具有更大 Q_H

的霍普夫子中能够发现更加新奇的动力学及输运现象，这些有趣的动力学过程有可能被应用到未来新型三维自旋电子学材料及其器件物理的研发之中[Three-Dimensional Dynamics of a Magnetic Hopfion Driven by Spin Transfer Torque, Y. Z. Liu, W. T. Hou, X. F. Han, and J. D. Zang, *Phys. Rev. Lett.* 124 (2020) 127204]。

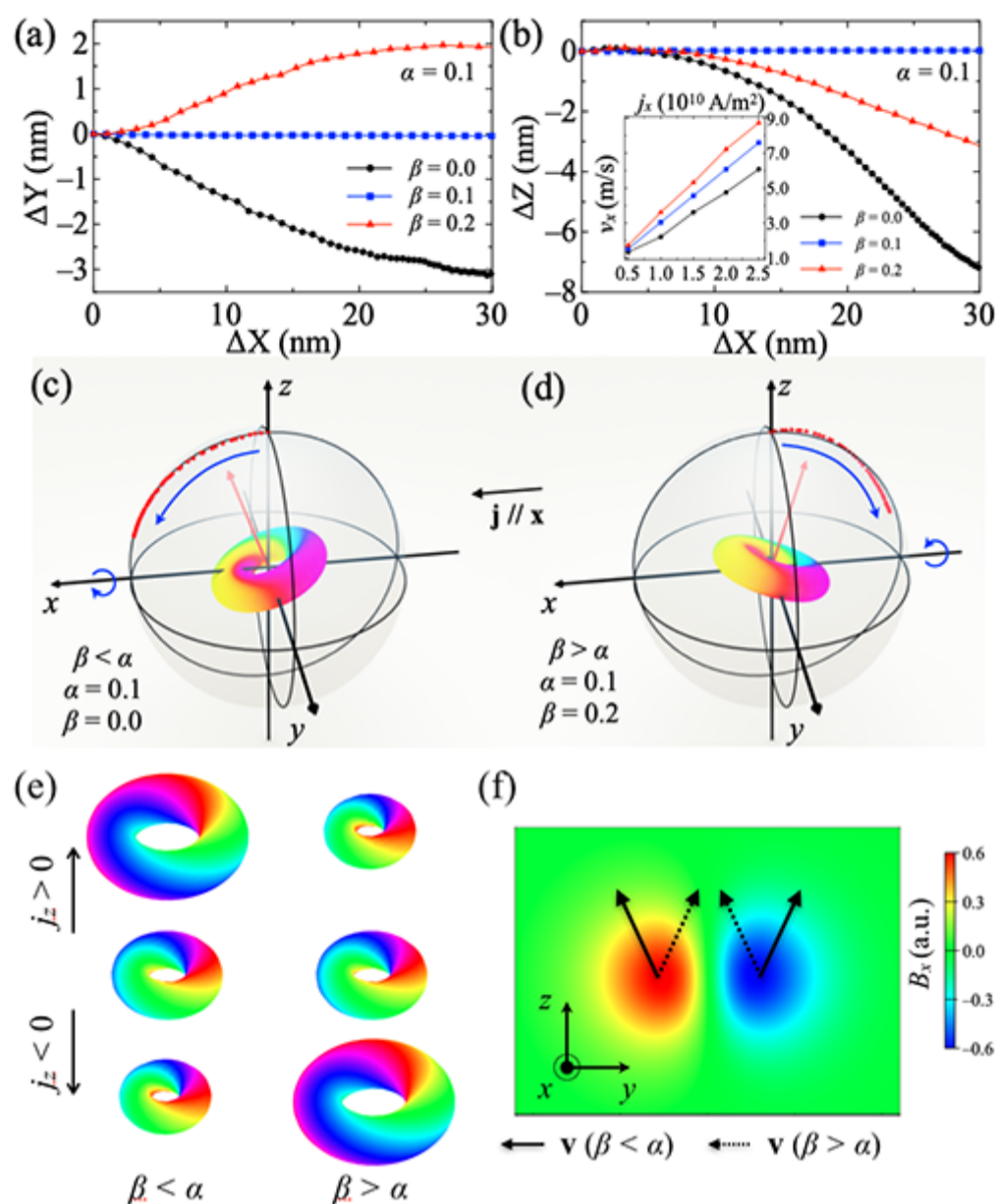


图2. 磁霍普夫子相互纠缠的横向平移、纵向平移[(a), (b)]、旋转[(c), (d)]和缩放运动(e)。 (f)斯格明子-反斯格明子对与霍普夫子动力学间的联系。

该项研究得到了科技部[项目编号2017YFA0206200]、国家自然科学基金委员会[项目基金号51831012, 11804380]、和中科院前沿科学重点研究计划[项目编号QYZDJ-SSW-SLH016]等有关项目的支持。

论文链接: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.124.127204>;

[PRL 124, 127204 \(2020\).pdf](#)

公开课 微信 联系我们 友情链接 所长信箱 违纪违法举报

