



物理所量子计算和量子信息理论合作研究获进展

文章来源: 物理研究所

发布时间: 2012-05-04

【字号: 小 中 大】

最近, 中科院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室(筹)理论室范桁研究员、博士生崔健与新加坡国立大学等合作, 在不同量子相的不同量子计算能力研究方面取得重要进展。他们通过对模型基态任伊熵的偏导正负性的判断, 发现其行为可以准确区分凝聚态模型的不同量子相, 而且不同的量子相确实在量子计算的能力方面是不同的。

量子计算和量子信息处理是人们利用物质的量子行为而设计的量子信息处理技术。量子算法显示, 现今金融系统和互联网所普遍采用的公钥保密算法并不是安全的, 它可以被量子计算机轻易破解。同时, 量子信息技术也提供了建立在量子力学基本原理基础上的量子密码协约。在量子计算和量子信息处理中, 量子纠缠起到一个核心的作用, 例如在隐形传态(teleportation)和超密编码(superdense coding)中的明显作用, 及在纠错码和簇态(cluster)中的特殊形式。特别如果没有量子纠缠, 量子算法一般可以用经典算法有效模拟。量子纠缠态的性质研究和各种量子纠缠态的制备是实验和理论的研究焦点。

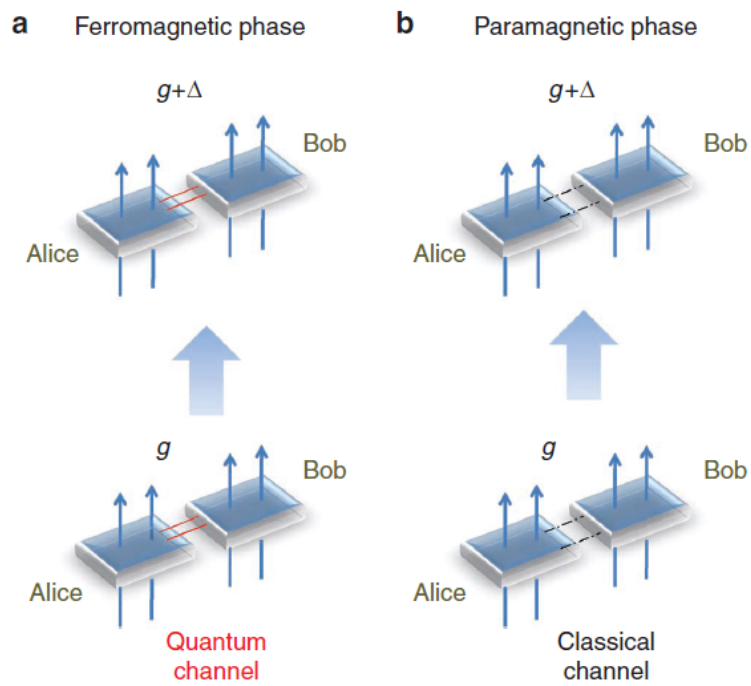
量子纠缠态的性质刻画特别是它的大小测量是一个有意义的课题。研究表明, 量子纠缠态的大小一般可以由纯态的冯诺伊曼熵来衡量。对于一个两量子比特系统, 冯诺伊曼熵大的态可以通过局域量子操作及经典通讯变换为另一个冯诺伊曼熵小的态。但是对高维系统, 却经常存在两个量子纠缠态并不能互相转化的情况, 甚至存在更复杂比如所谓纠缠催化的情况: 即在纠缠态转换过程中有辅助的纠缠态起到类似化学催化剂的现象。

在刻画这些纠缠态性质方面, 研究人员最近发现, 冯诺伊曼熵的推广即任伊熵是一个好的量子纠缠大小的测度, 可以准确的刻画纠缠转化行为。同时随着量子信息科学的发展, 人们也希望能利用量子信息科学里的一些技术和方法来研究比如凝聚态系统的一些量子行为, 例如对量子相变的刻画。反过来也希望凝聚态物理对物质量子相的性质研究能对量子信息处理和量子计算是否可以在这些系统实现给出提示。

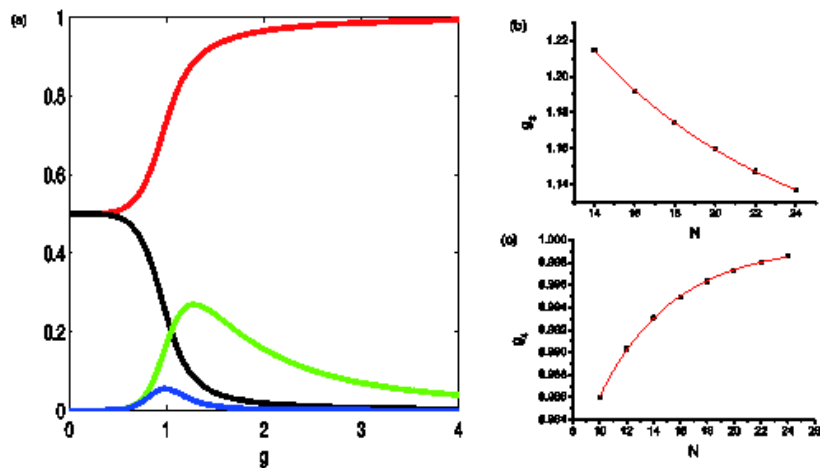
量子计算的实现在方法上大致可以被分为两种, 量子逻辑门方法和绝热量子计算方法。研究表明, 这两种方法在计算能力和计算复杂度方面是等价的。范桁等人选取一种可以用绝热量子计算实现的量子算法, 通过对一维横场伊辛模型和XY模型基态纠缠任伊熵的分析发现, 在绝热量子计算的实现过程中, 在一些量子相里, 绝热量子计算需要整体相干操作, 而在另一些量子相里, 绝热量子计算可以通过较简单的局域操作辅助以经典通讯。而对比量子搜索的研究表明, 局域操作在所谓的量子加速方面并不起作用。从而表明不同的量子相具有不同的量子计算能力。

凝聚态模型基态的任伊熵研究对量子相变的刻画及在量子计算中的作用是一个新的方法, 不同量子相有不同的量子计算能力这个结论对具体物理系统的选取有指导意义。相关工作发表在近期的《自然—通讯》上【*Nature Commun.* 3, 812 (2012)】。

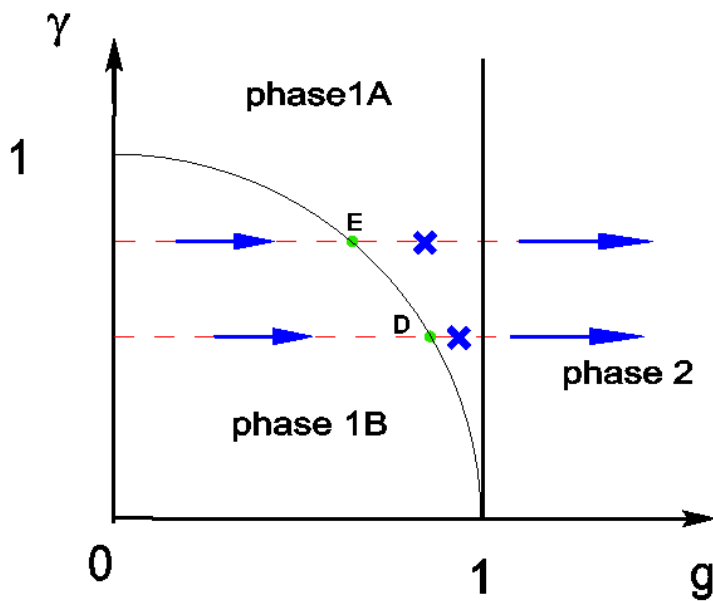
此项工作得到国家自然科学基金委, 科技部973计划和中国科学院的支持。



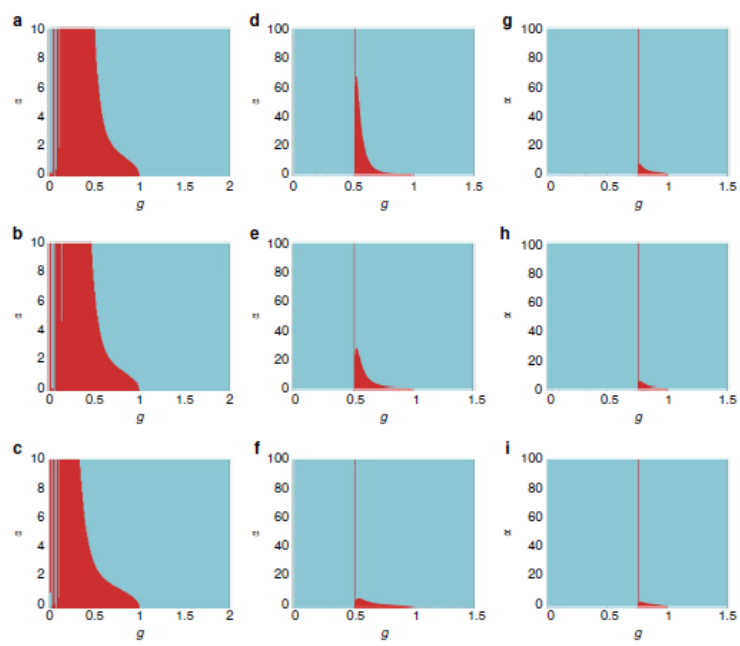
图一: Alice和Bob分别控制着模型基态的一部分, 在一种量子相里, 基态的变换可以通过局域变换和经典通讯实现, 而在另一种量子相里, 则必须通过整体的相干操作实现。



图二: 模型基态约化密度矩阵的本征值



图三: XY模型的相图



图四：模型基态任伊熵求导的正负值变换

打印本页

关闭本页