

中文概要

2023 年第 53 卷第 7 期

基于双跃迁方法的温度鲁棒金刚石磁测量方法

谢才津^{1,2}, 朱云彬^{1,2}, 谢一进^{1,2}, 李廷伟^{1,2}, 张闻哲^{1,2}, 王毅凡^{1,2}, 荣星^{1,2,3}✉

(1. 中国科学技术大学中国科学院微观磁共振重点实验室 & 物理学院, 安徽合肥 230026; 2. 中国科学技术大学中国科学院量子信息与量子科技前沿卓越创新中心, 安徽合肥 230026; 3. 合肥国家实验室, 安徽合肥 230088)

✉通讯作者: 荣星, E-mail: xrong@ustc.edu.cn

摘要: 作为一种具有良好发展前景的室温固态传感器, 基于氮-空位(NV)色心的金刚石磁力计在近年来得到了巨大的发展, 大量工作展示了其在实现高空间分辨率和高灵敏度方面的潜力。尽管如此, 考虑到在大多数应用场景中通常难以避免温度漂移的影响, NV 色心零场分裂 D 对温度的依赖性使得金刚石磁测量方法在实际应用中面临巨大的挑战。在本文中, 我们展示了一种基于双跃迁方法的温度鲁棒金刚石磁测量方法, 通过在 $|m_s = \pm 1\rangle$ 态未完全退简并的情况下, 同时利用 $|m_s = 0\rangle$ 次能级和 $|m_s = \pm 1\rangle$ 次能级间的跃迁测量磁场, 可以使由温度漂移导致 D 变化所产生的影响被抵消掉。目前, 该方法已经可以使磁测量结果的漂移降低为原来的 1/7, 通过后续的改进, 这种温度鲁棒的金刚石磁测量方法有望在未来被应用于生物磁学和空间科学研究中。

关键词: 金刚石磁力计; 氮-空位色心; 温度鲁棒性

引用格式: JUSTC, 2023, 53(7): 0701

LaRu₃Si₂ 中电子关联效应对完美笼目晶格和铁磁涨落的影响

王义林 ✉

(中国科学技术大学未来技术学院, 安徽合肥 230026)

✉通讯作者: 王义林, E-mail: yilinwang@ustc.edu.cn

摘要: 一个完美的笼目晶格具有平带, 这通常会导致强烈的电子关联效应, 但是电子关联效应如何反过来稳定一个完美的笼目晶格却很少被探索。在本文中我们利用密度泛函理论结合 U 和动力学平均场理论, 研究了由纯 Ru 离子组成的具有畸变笼目晶格的超导 ($T_c \sim 7.8$ K) 笼目金属 LaRu₃Si₂。我们发现, 增加电子关联性可以稳定一个完美的笼目晶格, 并在 LaRu₃Si₂ 中诱导可观的铁磁涨落。通过将计算得到的磁化率与实验数据进行比较, 我们发现 LaRu₃Si₂ 正处于成为完美笼目晶格的边缘。因此, LaRu₃Si₂ 显示了可观的但不可忽略的电子关联效应和铁磁涨落, 这对于理解实验观察到的非费米液体行为和相当高的超导

转变温度是至关重要的。

关键词: 电子关联; 笼目晶格; LaRu₃Si₂; 铁磁涨落; 平带

引用格式: JUSTC, 2023, 53(7): 0702

受体相互作用对细菌趋化适应速率的影响

任淑莹*, 张驰*✉, 张榕京✉

(合肥微尺度物质科学国家研究中心, 中国科学技术大学物理系, 安徽合肥 230026)

*共同第一作者

✉通讯作者: 张驰, E-mail: zhchi@ustc.edu.cn; 张榕京, E-mail: rjzhang@ustc.edu.cn

摘要: 生物体进化出不同的受体来感知环境中的不同刺激。受体之间的相互作用能够显著提升感知的灵敏度和适应的精度。为研究细菌趋化信号网络中不同种类受体之间的相互作用对适应速率的影响, 我们使用荧光共振能量转移技术和小球标记实验系统地比较了表达混合种类受体的野生型菌株与只表达 Tar 受体的突变株(即, Tar-only 菌株)对添加不同浓度天冬氨酸的阶跃型刺激的适应时间。我们发现, 在相同的饱和浓度刺激下, 野生型比突变株表现出更快的适应。相比之下, 在引起相同程度响应的非饱和浓度刺激下, 野生型比突变株表现出更慢的适应, 且这与化学受体的表达浓度无关。通过监测鞭毛马达的稳态旋转信号, 我们对网络弛豫时间得出了相同的结果。通过模拟具有不同适应速率的细菌在稳定的趋化引诱剂梯度下的趋化, 我们证实了不同种类受体的相互作用可以有效提高大肠杆菌在稳定的趋化引诱剂空间梯度下的趋化能力, 并同时保证细胞位置分布的噪声最低。

关键词: 趋化受体; 相互作用; 适应速率; 细菌趋化

引用格式: JUSTC, 2023, 53(7): 0703

对 $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^+\pi^-$ 、 $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0\pi^0$ 和 $e^+e^- \rightarrow \omega\eta$ 的联合研究吴言^{1,2}, 周钦松^{3,4}, 鄢文标^{1,2}✉, 黄光顺^{1,2}

(1. 中国科学技术大学近代物理系, 安徽合肥 230026; 2. 中国科学技术大学核探测与核电子学国家重点实验室, 安徽合肥 230026; 3. 兰州大学物理科学与技术学院, 甘肃兰州 730000; 4. 强子与 CSR 物理研究中心&中国科学院近代物理研究所, 甘肃兰州 730000)

✉通讯作者: 鄢文标, E-mail: wenbiao@ustc.edu.cn

摘要: 我们对 $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0\pi^0$ 、 $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^+\pi^-$ 和 $e^+e^- \rightarrow \omega\eta$ 进行了

联合分析来研究 2.2 GeV 附近可能的 ω 激发态。我们对这些过程的玻恩截面形状谱的联合拟合来得到共振态参数。在加入一个共振态的拟合中,质量和宽度分别为(2207±14) MeV/ c^2 和(104±16) MeV。结果和之前的测量结果一致。在加入两个共振态的拟合中,第一个共振态的质量和宽度分别为(2160±36) MeV/ c^2 (解 1)、(2154±12) MeV/ c^2 (解 2)和(141±74) MeV(解 1)、(152±77) MeV(解 2)。第二个共振态的质量和宽度分别为(2298±19) MeV/ c^2 (解 1)、(2309±6) MeV/ c^2 (解 2)和(106±77) MeV(解 1)、(99±23) MeV(解 2)。结果与 $\omega(4S)$ 和 $\omega(3D)$ 参数的理论预言一致。基于这些拟合结果,我们还研究了 $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^+\pi^-$ 的中间态两体过程。在加入一个共振态的拟合中, $\Gamma_R^{e^+e^-} B_R$ 的结果与之前的结果部分符合。在加入两个共振态的拟合中, $\Gamma_R^{e^+e^-} B_R$ 的结果与理论预言在同一数量级。本文的工作可以为研究轻味矢量介子家族提供有效信息。

关键词: ω 激发态; 同时拟合; 轻味矢量介子

引用格式: JUSTC, 2023, 53(7): 0704

用于高效高速量子网络节点的光纤腔-离子阱耦合系统的设计

鲍星宇^{1,2}, 崔金明^{1,2,3}✉, 房鼎^{1,2}, 陈蔚彬^{1,2}, 王健^{1,2,3}, 黄运锋^{1,2,3}, 李传锋^{1,2,3}, 郭光灿^{1,2,3}

(1. 中国科学技术大学中国科学院量子信息重点实验室, 安徽合肥 230026; 2. 中国科学技术大学中国科学院量子信息与量子科技创新研究院, 安徽合肥 230026; 3. 合肥国家实验室, 安徽合肥 230088)

✉通讯作者: 崔金明, E-mail: jmcui@ustc.edu.cn

摘要: 本文的主要目的是设计新型的离子阱与光纤腔的耦合系统,此方案是通过制造一个在侧面和端面具有金属层的光纤腔实现。带有金属层的光纤腔可以传输光和电荷,同时,光纤端面的金属层可以屏蔽介质高反膜上的电荷。此系统旨在捕获单个 $^{138}\text{Ba}^+$ 离子,并实现光纤腔与 $^{138}\text{Ba}^+$ 离子 493 nm 荧光的耦合。为了有效地收集荧光光子,我们对整个系统进行理论分析,以实现各个部分的最佳耦合。光纤的腔长被设计为 250 μm ,优化后的耦合参数为 $(g, \kappa, \gamma)/2\pi = (55, 105, 20)$ MHz。我们还通过分析振动、离子阱性能和热稳定性来提高系统的稳定性和可靠性。系统的核心部分是由热膨胀系数相近的材料构成,以提高热稳定性。系统还使用弹簧连接真空腔体,用于隔绝腔体内外的振动。我们从理论上分析制造该耦合系统的难点,并实验验证了部分关键技术。整个系统有望被扩展成一个复杂的量子网络,以实现量子计算和量子通信。

关键词: 离子阱; 量子网络; 光纤腔; 量子信息; 量子光学

引用格式: JUSTC, 2023, 53(7): 0705

核光谱望远镜阵列河外巡天: 扩展钱德拉南天与钱

德拉北天深场星表

张天逸^{1,2}✉, 薛永泉^{1,2}✉

(1. 中国科学技术大学物理学院天文学系, 中国科学院星系宇宙学重点实验室, 安徽合肥 230026; 2. 中国科学技术大学天文与空间科学学院, 安徽合肥 230026)

✉通讯作者: 张天逸, E-mail: zty123@mail.ustc.edu.cn; 薛永泉, E-mail: xuety@ustc.edu.cn

摘要: 我们提出一种常规且可靠的方法以获得核光谱望远镜阵列在扩展钱德拉南天深场与钱德拉北天深场的星表。核光谱望远镜阵列在扩展钱德拉南天深场的观测天区覆盖了 $30^\circ \times 30^\circ$ 大小的面积,其最深曝光时长在 3-24 keV 波段作晕影修正后可达 230 ks,共有 58 个源被探测到并收录在本工作的星表中;核光谱望远镜阵列在钱德拉北天深场的观测天区覆盖了 $7^\circ \times 10^\circ$ 大小的面积,其最深曝光时长在 3-24 keV 波段作晕影修正后可达 440 ks,共有 42 个源被首次探测到并收录在本工作的星表中。通过与钱德拉 X 射线天文台在对应天区的星表结果进行交叉匹配后,我们发现核光谱望远镜阵列星表中的源与它们在钱德拉 X 射线望远镜星表中的对应体有着大致相当的流量,由此验证了本工作两个星表的可靠性。我们的两个星表通过完全一致的方法制作而成且公开释放,这为后续涉及这两个天区的研究提供了一个统一的平台。我们的源探测方法为核光谱望远镜阵列其他河外巡天的星表制作提供了一种系统的方法。

关键词: 核光谱望远镜阵列; 河外巡天; X 射线源; 扩展钱德拉南天深场; 钱德拉北天深场

引用格式: JUSTC, 2023, 53(7): 0706

基于最优匹配的异质处理效应估计

蔡云, 张曙光✉

(中国科学技术大学管理学院统计与金融系, 安徽合肥 230026)

✉通讯作者: 张曙光, E-mail: sgzhang@ustc.edu.cn

摘要: 在观察性研究中,识别子组和探索异质性具有实际意义。然而,由于缺乏反事实结果和存在选择偏差,基于个体层面的因果推断是一个具有挑战性的问题。为了解决这个问题,我们提出了一个名为 TRIMATCH 的通用框架,用于估计异质处理效应。首先,通过解决基于三分图网络结构中的最小平均成本流优化问题来找到最佳匹配。其次,利用上一步获得的伪个体处理效应,建立了一个非参数回归模型来预测具有不同特征的个体的异质处理效应。实验结果证明了本文提出的匹配方法的有效性和结果的可解释性。

关键词: 异质处理效应; 网络流; 最优匹配; 非参数回归

引用格式: JUSTC, 2023, 53(7): 0707