自旋为 2 玻色-爱因斯坦凝聚体双光学势阱中的非阿贝尔约瑟夫森效应

研究光与物质相互作用以及揭示新奇量子现象,并利用其奇异性质设计新型的量子器件,是人们长期以来感兴趣的问题.中国科学院物理研究所北京凝聚态物理国家实验室(筹)刘伍明研究小组与中山大学合作者发现,在包含自旋为 2 的冷原子玻色-爱因斯坦凝聚体的两个光学势阱中可以产生一种新颖的量子效应——非阿贝尔约瑟夫森效应.他们进一步设计了可以观察这种非阿贝尔约瑟夫森效应的真实物理系统.相对于阿贝尔情况,非阿贝尔约瑟夫森效应具有不同的密度和自旋隧穿特征.研究人员还计算了两个势阱间不同相位 Goldstone 模的频率,这是非阿贝尔约瑟夫森效应的重要特征.他们还给出了在未来实验中观察该新效应的实验方案.相关研究论文发表在 2009 年 5 月 2 日 *Physical Review Letters*, 102, 185301 上.

铁基超导材料中铁同位素替代的同位素效应

近期针对铁基超导材料的研究显示,该类材料具有超过 BCS 理论预测极限(39K)的超导转变温度(T_c).但理论计算结果显示,电子-声子相互作用不足以解释如此高的转变温度,这可能意味着强烈的铁磁/反铁磁波动与之相关.铁基超导材料的超导性对晶格高度敏感,提示其中存在非传统电子-声子耦合的可能性.中国科技大学微尺度物质科学国家实验室(筹)陈仙辉研究小组与中国科学院高能物理研究所科研人员合作,研究了 $\text{SmFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ 和 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ 系统中氧和铁同位素替代对 T_c 和自旋密度波(SDW)转变温度(T_{SDW})的影响.他们发现氧同位素对 T_c 和 T_{SDW} 的影响很小,而铁同位素替代对 T_c 有显著影响,其同位素指数 α_c 约为 0.35. 特别的是,铁同位素替代对 T_{SDW} 也具有类似于 T_c 的效应.这一结果证实电子-声子相互作用在超导机制中发挥作用,不过由于存在强磁振子-声子耦合,上述简单的电子-声子耦合机制可能不足以完全解释这一现象.相关研究论文发表在 2009 年 5 月 7 日 *Nature*, 459(7243): 64—67 上.

黑洞信息丢失的一种理论解决方案

中国科学院武汉物理与数学研究所波谱与原子分子物理国家重点实验室蔡庆宇与合作者利用标准统计方法研究发现,来自黑洞的 Hawking 辐射中存在相互关联性.这种关联携带的信息可以通过连续发射间的交互信息进行量化.通过发射粒子中熵的精确计算,研究人员发现黑洞隧穿辐射的整个过程是一个熵守恒的过程.当辐射过程中信息发生渗漏时,总熵是守恒的.因此,他们认为黑洞的蒸发是一个么正过程.相关研究论文发表在 2009 年 5 月 4 日 *Physics Letter B*, 675(1): 98—101 上.

利用纳米尺度共格界面强化材料

传统上强化材料的策略是控制内部缺陷和晶界以阻滞位错的产生和运动,但这样的策略常常会导致材料的塑性下降.中国科学院金属所沈阳材料科学国家(联合)实验室卢柯和卢磊与美国麻省理工学院 Suresh S. 合作,概括了强化界面以优化材料的强度和塑性应具备的 3 个关键结构特征: (1) 界面与基体之间具有晶体学共格关系; (2) 界面具有良好的热稳定性和机械稳定性; (3) 界面特征尺寸在纳米量级($<100\text{ nm}$). 他们进而提出了一种新的材料强化原理及途径——利用纳米尺度共格界面强化材料. 相关研究论文发表在 2009 年 4 月 17 日 *Science*, 324(5925): 349—352 上.

将金属离子嵌入蜘蛛丝蛋白结构可大大提高丝的强度

自然界中一些微量的无机物质(如金属)可插入到一些生物物质的蛋白结构中,从而赋予这些材料一些特殊的机械性质.材料学家们一直希望制备出可以比拟这些生物材料的新型材料,并进行了各种尝试.不过,很少有人尝试通过直接在蛋白结构内部插入金属以提高生物材料自身的机械性质,因为直接将金属嵌入生物物质中形成嵌合金属的蛋白基质的方法十分困难.德国马普学会微结构物理学研究所 Mato Knez 研究小组与合作者发现,可通过利用传统原子层沉积法(ALD)的设备进行多脉冲气相渗透,使金属直接嵌入生物材料的蛋白内结构中.他们利用该方法将锌、钛或铝直接嵌入到蜘蛛丝中,使丝的强度大大提高.相关实验证实了上述方法的可靠性.这一结果可能成为提高其他生物材料强度和硬度的一个成功范例.相关研究论文发表在 2009 年 4 月 24 日 *Science*, 324(5926): 488—492 上.

可在哺乳动物体内表达的红外荧光蛋白

来自水母和珊瑚的可视荧光蛋白(FP)使分子和细胞生物学若干领域发生了革命性变化,不过在动物体内使用荧光蛋白时,其激发光的弱穿透性成为技术的瓶颈.美国加州大学圣迭哥分校钱永健与合作者发现,来自耐辐射球菌(*Deinococcus radiodurans*)的细菌光敏色素蛋白在以胆绿素作为发光基团的条件下可以被改造成单体红外荧光蛋白(IFP),其激发和发射波长分别为 684 和 708 nm,消光系数超过 $90000\text{ M}^{-1}\text{ cm}^{-1}$,量子产额 0.07. 红外荧光蛋白可以在哺乳动物细胞和小鼠中表达并自发和胆绿素结合,而胆绿素本身具有很低的荧光背景.该红外荧光蛋白的波长可穿透组织,可适用于全体成像.此外,该项研究发现的红外荧光蛋白还为进一步的改造提供了骨架.相关研究论文发表在 2009 年 5 月 8 日 *Science*, 324(5928): 804—807 上.

信息来源:科技部基础研究司,科技部基础研究管理中心