

我国科学家实现千公里无中继光纤量子密钥分发

本报讯 5月25日,中国科大潘建伟、张强等与清华大学王向斌、济南量子技术研究院刘洋、中国科学院上海微系统所尤立星、张伟君等合作,通过发展低串扰相位参考信号控制、极低噪声单光子探测器等技术,实现了光纤中1002公里点对点远距离量子密钥分发,不仅创下了光纤无中继量子密钥分发距离的世界纪录,也提供了城际量子通信高速率主干链路的方案。相关研究成果发表在国际学术期刊《物理评论快报》。

量子密钥分发基于量子力学基本原理,可以在用户间进行安全的密钥分发,结合“一次一密”的加密方式,进而可实现最高安全性的保密通信。然而,量子密钥分发的距离一直受到通信光纤的固有损耗和探测器噪声等因素的限制。双场量子密钥分发协议利用单光子干涉的特性,将成码率与距离的关

系从一般量子密钥分发的线性关系提升至平方根的水平,因此可以获得远超过一般量子密钥分发方案的成码距离。

在这项工作中,研究团队采用了王向斌等提出的“发送-不发送”双场量子密钥分发协议,该协议在现实条件下可以有效地提升量子密钥分发系统工作距离。为了进行极远距离的量子密钥分发,研究团队与长飞光纤光缆股份有限公司合作,采用基于“纯二氧化硅纤芯”技术的超低损耗光纤,实现低于0.16 dB/km的量子信道光纤链路。中科院上海微系统所发展了极低噪声超导单光子探测器,通过在40 K和2.2 K温区进行多级滤波抑制热辐射引起的暗计数,将单光子探测器的噪声降低至0.02 cps。研究团队还发展了时分复用的双波长相位估计方案,避免了同波长参考光二次瑞利散射、不同波长参考光自发

拉曼散射等噪声影响,将链路噪声降低至0.01 Hz以下。

在上述技术发展的基础上,该工作实现了最远达1002 km的双场量子密钥分发,获得0.0034 bps成码率。对系统参数进行优化后,在202 km光纤距离下获得47.06 kbps成码率,并且在300 km和400 km光纤距离下,获得的成码率相比较原始“测量器件无关”量子密钥分发提高了6个数量级。该工作不仅验证了极远距离下双场量子密钥分发方案的可行性,也验证了在城际光纤距离下,采用该协议可以实现高成码率的量子密钥分发,适合城际量子通信主干链路使用。该工作得到了审稿人高度评价,认为该工作是“该领域极其重要的进展,量子密钥分发技术新的里程碑”。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心 中科院量子信息与量子科技创新研究院)

本报讯 5月16日,我校郭光灿院士团队的李传锋、许金时、孙凯等人实验研究了量子导引在开放系统中的动力学演化,验证了非马尔科夫记忆效应在恢复量子导引过程中的作用。该研究成果在线发表于《物理评论快报》。

量子导引是介于量子纠缠和贝尔非局域性之间的一种量子非局域关联,描述了一方的局域测量影响另一方量子态的现象。其特有的方向性允许存在单向量子导引,即一方可以成功地导引另一方,反之却不行。目前大多数量子导引的研究都是在封闭量子体系下进行的,而实际情形中,量子系统和环境之间的相互作用是不可避免的,并且这种相互作用通常会使得系统的信息逐渐向环境耗散。然而,在非马尔科夫环境中,其记忆效应会使得已耗散的信息从环境回流到量子系统中,具体回流的能力由环境的非马尔科夫度进行刻画,更高的非马尔科夫度意味着更强的信息回流能力。

在本工作中,研究组实验制备了两种不同非马尔科夫度的环境,首先研究了量子导引在耗散环境中的动力学演化,通过调节在耗散环境中的演化时间实现了多测量方向下系统状态从最初的双向导引到单向导引、以及不可导引的耗散过程。研究组进一步实现了在较高非马尔科夫度环境中的量子导引恢复,验证了越高非马尔科夫度的环境对应的记忆效应越强,对量子导引的恢复能力也越强。另外,研究组还通过观测到可导引量子态逐渐演化为具有纠缠但不可导引的量子态,证实了量子纠缠和量子导引之间的层级关系。

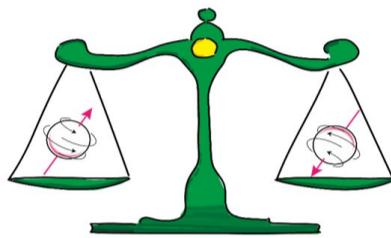
该成果展示了非马尔科夫记忆效应用于开放系统中量子导引动力学演化的影响,加深了对量子导引方向性的理解,也为在开放量子系统中的应用提供了新的思路。文章共同第一作者为中科院量子信息重点实验室博士生王焱和郝泽琰。(中科院量子信息重点实验室 物理学院 中科院量子信息和量子科技创新研究院)

中国科大观测到量子导引的非马尔可夫动力学演化

中国科大探索万有引力对粒子自旋的作用

本报讯 5月15日,中国科大盛东教授与卢征天教授的联合课题组利用高精度氙同位素共磁力仪寻找中子自旋与万有引力的耦合效应,实验发现中子在自旋朝上与朝下之间的重量差别小于十万亿亿分之二($<2 \times 10^{-21}$),结果将该效应的耦合强度设定了新的上限。相关成果发表于《物理评论快报》。

自然界有四种基本物理相互作用力,它们当中唯有引力还未在实验上发现与粒子自旋相关。假如自旋与引力耦合,那么处于不同自旋态的粒子在地球重力场中就会有极其微小的能量和受力差别。自上世纪70年代以来,研究人员发展出了多种经典或者量子测量方法来寻找自旋与重力的耦合现象,不断提高测量精度。同时,这类实验还检验引力



实验发现中子在自旋朝上与朝下之间的重量差别小于十万亿亿分之二

作用中的基本时空对称性,寻找传播单极-偶极相互作用的类轴子粒子。

课题组利用自主开发的原子器件和光谱测量技术,以及为抑制共磁力仪系统误差发展的精密测量手段,研制成兼顾高稳定性和高灵敏度的 $^{129}\text{Xe}-^{131}\text{Xe}-\text{Rb}$ 共磁力仪。课题组将该共磁力仪作为一个量子罗盘来使用,通过对原子进动的测量,将系统的量子化轴方向对准地球自转轴,重合程度好于0.6度,从而大幅度降低了实验中由地球自转导致的系统误差。实验结果将中子的自旋-重力耦合强度上限压缩了17倍,同时也将上述其它各类基础物理效应的检验精度提高了一个数量级。

物理学院博士生张少博为论文第一作者,盛东教授和卢征天教授是共同通讯作者。

(工程科学学院 物理学院 微尺度国家研究中心)

维素将合成云母纳米片均匀负载到复合水凝胶中,之后通过热压的方式得到最终的仿珍珠母结构的纳米纸材料。得益于纳米纸的精细的“砖-泥”结构,所得到的纳米纸表现出高强度、高模量、高韧性、可折叠性和抗弯曲疲劳性等优异的力学性能。同时,材料内部的“砖-泥”结构充分发挥了云母的高介电强度,从而赋予了该纳米纸较高的电击穿强度。与纯纤维素纳米纸相比,该复合纳米纸的耐电晕寿命显著提高,甚至超过了商用聚酰亚胺薄膜。

此外,该项研究报道的BC/S-Mica纳米纸在高低温交替、紫外线和原子氧等极端条件下仍表现出优异的综合性能,这为未来对极端环境的探索提供了一个极好的防护材料选择。论文第一作者为博士研究生孙文彬和韩子盟,通讯作者为合肥微尺度物质科学国家研究中心管庆方副研究员和俞书宏院士。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心 化学与材料科学学院)

中国科大研制一种生物合成的纤维素基绝缘纳米纸

本报讯 近日,中国科大俞书宏院士团队报道了一种高性能纤维素基纳米纸材料,其在极端条件下仍可保持优异的机械和电绝缘性能。该纳米纸是通过该研究团队早期发展的气溶胶辅助生物合成(AABS)方法,利用细菌产生的纤维素纳米纤维将分散在材料中的合成云母(S-Mica)均匀而紧密地缠结而获得的。相关成果发表于《先进材料》。

随着人类对南极洲、月球和火星等极端环境探索的深入,不断出现的极端环境条件,包括强紫外线环境、原子氧和高低温交替环境等,已经成为今后深入探索的主要障碍。在这

些极端环境下,材料的物理化学特性会发生变化,严重时甚至会导致重要设备和装置的损坏。在传统材料当中,金属和陶瓷本身具有出色的机械性能和对极端环境的耐受性,但金属材料面临密度过高重量过大的问题,而陶瓷材料则面临脆性和难以加工等问题。另一方面,虽然聚合物具有轻质和可塑的特点,但目前大多数聚合物基复合材料在极端环境长期服役会产生高温软化和低温脆性等问题。因此,设计和制备一种能长期在极端环境下服役的高性能防护材料是材料领域面临的难题之一。

首先,研究人员利用AABS策略用细菌纤

维素将合成云母纳米片均匀负载到复合水凝胶中,之后通过热压的方式得到最终的仿珍珠母结构的纳米纸材料。得益于纳米纸的精细的“砖-泥”结构,所得到的纳米纸表现出高强度、高模量、高韧性、可折叠性和抗弯曲疲劳性等优异的力学性能。同时,材料内部的“砖-泥”结构充分发挥了云母的高介电强度,从而赋予了该纳米纸较高的电击穿强度。与纯纤维素纳米纸相比,该复合纳米纸的耐电晕寿命显著提高,甚至超过了商用聚酰亚胺薄膜。

该论文第一作者为博士研究生孙文彬和韩子盟,通讯作者为合肥微尺度物质科学国家研究中心管庆方副研究员和俞书宏院士。

(工程科学学院)

中国科大揭示植物叶片热红外特征形成机理

本报讯 近日,中国科大工程科学学院叶宏教授课题组在国际上首次构建了植物叶片在热红外波段的辐射传输模型,据此揭示了植物叶片热红外反射特征与含水量关系的形成机制。相关研究成果在线发表于《环境遥感》。

地球大气对8-14 μm 之间的热红外(TIR)辐射吸收很少,植物叶片发出的TIR辐射能够穿过大气被传感器探测到,因此TIR遥感是监测植被环境胁迫状态的重要手段。植物叶片含水量是反映植被生长状况的重要生理参数,现有实验研究表明,在TIR波段内植物叶片的光谱特征与水分胁迫条件密切相关,然而TIR反射率与叶片结构及含水量之间关系的形成机制尚未明确。

叶宏团队根据植物叶片的表皮结构构建了热红外辐射传输模型(Leaf-TIR model),探讨

了叶片TIR光谱特征的形成机理。结果表明,随着角质层厚度减小,叶片与角质层反射率的相似性减弱。这是因为薄角质层在8-14 μm 范围内具有较弱的吸收特性,导致对叶片反射特征的影响较弱。当角质层足够薄时,叶片的TIR反射率随含水量的减少而提高,这是由于角质层与含水量较少的细胞壁的折射率之差增大所致。

上述结果表明,利用Leaf-TIR model可解

析热红外光谱特征与植物叶片结构及含水量的关系。该工作揭示了植被水分胁迫状况热红外遥感监测的基本原理,为解释叶片的TIR光谱行为提供了重要的理论依据,有助于促进TIR遥感技术的发展。

该论文第一作者为工程科学学院博士后许凯,第二作者为工程科学学院博士研究生杨威,通讯作者为叶宏教授。

(工程科学学院)

中国科大在《自然·综述物理》发表量子隐形传态综述论文

本报讯 5月24日,中国科大郭光灿院士团队胡晓敏、郭钰、柳必恒、李传锋等受邀为《自然·综述物理》撰写量子隐形传态综述论文。

近年来,李传锋、柳必恒研究组致力于高维量子隐形传态及量子网络的实验研究,制备出世界上保真度最高的32维量子纠缠,实现高维纠缠在11公里光纤中的有效传输,实现高效量子纠缠探测、高维量子密钥编码和高维量子导引,并在此基础上实现高维量子隐形传态等。

基于研究组多年来在高维量子隐形传态及高维量子通信等方面取得的系列重要进展,《自然·综述物理》主编Iulia Georgescu博士特邀

郭光灿团队撰写“量子隐形传态进展”的综述论文。

该论文全面阐述了量子隐形传态的最新进展,包括:量子隐形传态的理论进展;复杂量子态的量子隐形传态;量子通信中的量子隐形

传态;量子计算中的量子隐形传态。对其在量子通信、量子计算等方面的应用及未来发展做了深入讨论,将有力促进量子科技的实用化发展。(中科院量子信息重点实验室 中科院量子信息和量子科技创新研究院 物理学院)

科研简讯

○5月17日,我校工程科学学院朱志强特任副研究员、司廷教授和徐晓蝶教授提出了一种可编程脉冲气动打印方法,建立了多界面液滴制备的理论预测模型,实现了宽Z数多界面液滴的可控打印。相关成果在线发表于《Matter》。

○5月22日,我校合肥微尺度物质科学国家研究中心、化学与材料科学学院梁好均教授与生命科学与医学部鲍坚强研究员合作,针对目前基因敲入供体的低效率、高成本等问题,优化并提出了一种新型的功能核酸载体,极大地提高了基因敲入的效率。研究成果通过直投方式发表于《国家科学院院刊》。

○5月23日,我校国家同步辐射实验室潘洋教授和刘成园特任副研究员课题组创新性地发展了基于同步辐射的原位光催化质谱探测技术,捕获气相活泼中间体,揭示了甲烷光催化转化反应机制,在其他光催化反应体系的机理研究中亦有广泛的应用前景。相关研究成果以封面文章形式在线发表于《德国应用化学》。