

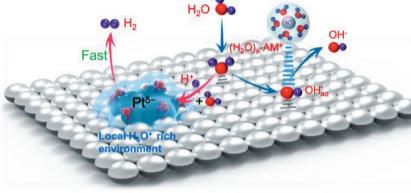
中国科大团队通过调控局部反应环境实现高效析氢

本报讯 近日,中国科大国家同步辐射实验室闫文盛教授研究组与孙治湖副研究员合作,提出了通过调控催化剂的反应环境来优化催化剂催化性能的技术策略。在实验上,将此策略应用到了负载于MgO纳米片上的Pt纳米颗粒催化剂,突破了其在碱性溶液中,析氢反应(HER)活性低的内在缺陷。相关成果发表在国际著名学术期刊《自然·通讯》上。

电化学以其低反应活化能、高反应速率和高能量效率的特点在能源的转化与存储中发挥着重要作用。目前为止,大部分研究工作主要是通过各种方法改善催化剂本征活性来提高电极反应效率。事实上,催化剂周围的局部反应环境在电极反应过程中也起着至

重要的作用。因此,通过固-液界面之间的多种物理化学作用来调节局部反应环境,将是提高电催化性能和设计高效电催化剂的一种新途径。

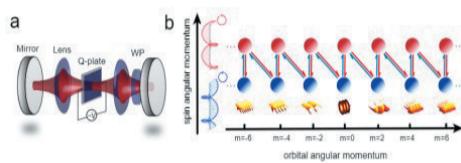
基于此,该研究团队以Mg-MOF为前驱体,利用两步浸渍-热解的方法合成了负载在V₂-MgO纳米片上的Pt⁺纳米颗粒催化剂,并将其用于碱性介质中的析氢反应。电化学测试表明Pt/MgO催化剂具有优异的HER活性,在电流密度为10 mA cm⁻²时,过电位只有39 mV,显著低于20 wt% Pt/C的过电位(62 mV)。利用原位拉曼光谱、同步辐射红外光谱和X射线吸收光谱表明该催化剂能够在碱性介质中产生局部的酸性环境,并获得了与Pt/



反应机理示意图

C在酸性介质中相当的析氢反应(HER)性能。结合理论计算,提出了Pt/MgO催化剂在碱性介质中显示出优异HER性质的微观机制:首先,V₂-MgO有利于水的离解和负价Pt⁺物种的形成。然后,由于静电相互作用,H₂O会向Pt⁺附近迁移并聚集,从而在碱性介质中形成局部酸性反应环境。这种局部酸性环境为铂在碱性电解质中提供了良好的反应条件,从而实现了高效HER活性。

(国家同步辐射实验室 核科学技术学院)



实验装置与理论模型示意图:a. 简并光学谐振腔b. 人工合成光子轨道角动量晶格

本报讯 4月19日,中国科大郭光灿院士团队在基于人工合成维度的量子模拟方面取得重要实验进展。该团队李传锋、许金时、韩永建等人将携带不同轨道角动量的光子(又称为涡旋光子)束缚在简并光学谐振腔内,通过引入光子的自旋轨道耦合人工合成了一维的拓扑晶格,为拓扑量子模拟开创了一种新的方法。研究成果于发表在国际知名学术期刊《自然·通讯》上。

维度是决定宇宙中物质特性的一个重要物理量。然而在科学的研究中,由于三维物理世界的限制,往往难以研究三维以上的物理系统

中国科大实现基于简并腔中涡旋光子的拓扑量子模拟

的性质及演化特性。针对这一难题,研究人员提出可以通过人工合成维度的方式来解决。例如,在一个三维系统中引入两个人工合成维度,就可以在该系统上研究五维的物理性质。

涡旋光子携带的轨道角动量数目原理上可以无限,是构建人工合成维度的理想载体。周正威教授研究组早在2015年就首次理论提出基于人工合成光子轨道角动量维度实现量子模拟的方案。李传锋、许金时等在前期工作基础上,创造性地在驻波简并腔中引入具有各向异性的液晶相位片(如图a),实现腔内涡旋光子轨道角动量和光子自旋(即偏振)的耦合。腔内光子所携带的轨道角动量是整数分离的,与一维离散晶格相对应。因此携带不同轨道角动量的光子可以等效为位于不同晶格

点上的准粒子,并通过自旋自由度将具有不同轨道角动量的光子耦合起来,从而模拟粒子在不同晶格点之间的来回跃迁(如图b)。利用共振能谱探测技术,研究组直接刻画了该自旋轨道耦合系统的态密度和能带结构。利用该实验装置优异的可调谐性能,研究组清晰展现了周期性驱动系统能带打开和闭合的演化过程。进一步引入不同的演化时序,系统研究了不同拓扑结构的特性并探测到拓扑数。

该成果验证了利用涡旋光子固有自旋和轨道角动量作为人工合成维度的可行性,为研究丰富的拓扑物理系统提供了一个高度紧凑的实验平台。共同第一作者是博士生杨木、硕士生张昊清、廖昱玮。(中科院量子信息重点实验室/量子信息和量子科技创新研究院)

中国科大团队实现对太阳和深空的连续冷热能量捕获和利用

本报讯 4月19日,中国科大工程学院裴刚教授和国家同步辐射实验室邹崇文研究员联合研究团队提出了一种全新的能量利用方法,分别以太阳(约6000K)和太空(约3K)为热源和冷源,巧妙利用光谱自适应智能涂层来解决光热转换过程和辐射制冷过程的光谱冲突,实现24小时全天候的冷热能量捕获和利用。相关研究成果发表在国际著名期刊《美国科学院院报》。

人类社会使用的绝大部分能源均来自于太阳辐射,能源做功利用之后的余热则可以通过中红外热辐射散失到低温太空中去。

研究团队研制了一种基于二氧化钒(VO₂)相变材料的多层膜光谱选择性自适应涂层,该实测结果表明,该器件表面温度在白天可以比环境温度高170℃,在夜间可以

比环境温度低20℃,具有白天光热转换、夜间辐射制冷的自适应功能。器件可以24小时全天候运行,极大提升冷热能量捕获的综合效率。这一研究结果为基于太阳热源和太空冷源的能量捕获和高效利用提供了一种全新的途径。PNAS审稿人评述道:“这项研究提出了一种非常新颖的从太阳和太空捕获可再生能源的方法,会引起人们新的研究兴趣,这是一篇高质量的研究论文。”

裴刚团队一直致力于太阳能和天空辐射

制冷领域的研究,上述技术可以广泛应用于建筑节能、光伏冷却、热电转换以及深空探索等领域。邹崇文团队长期从事二氧化钒相变薄膜的制备、相变调控研究以及在红外/太赫兹器件、智能涂层、激光防护和非制冷红外探测器等方面的应用。论文第一作者为敖显泽、赵斌和李博文,通讯作者为裴刚教授和邹崇文研究员。

(工程科学学院 国家同步辐射实验室)

利用机器学习我校揭示全球中大地震破裂模式

本报讯 中国科大李泽峰研究员利用机器学习方法,总结了全球3000多个5.5级以上地震的震源时间函数特征,全景式地展示了全球地震破裂过程的相似性和多样性,深化了对地震能量释放模式的认识,对地震早期预警具有启示意义。该成果发表在国际知名地学期刊《地球物理研究快报》。

地震是对人类社会面对的重要自然灾害之一,近20年来全球中大地震已经造成全球

近100万人伤亡,经济损失不计其数。地震破裂过程多种多样,客观衡量它们的相似性和差异性,有助于认识地震物理过程和地震震级的早期预测。然而,前人研究或是叠加多个地震的平均破裂过程,无法衡量全球地震差异范围,或是基于某些破裂特征的统计,无法做到整个破裂过程的系统比较。

李泽峰利用深度学习中的变分自编码器对全球3000多个中大型地震的震源时间函数

进行二维空间压缩和模型重构,全景式地展示了全球地震矩释放模式和数量分布。研究发现中大地震以简单破裂为主,复杂破裂较少,并且揭示了两类特殊地震的分布规律,即能量释放集中在破裂后期的逃逸模式以及分多次能量释放的复杂地震,发现大地震能量释放模式具有弱震级依赖性,对地震早期预警中最终震级的可预测性提供了有益启示。本研究是继2021年李泽峰团队和哈佛大学合作研究的震源时间函数聚类方法的发展,也是团队近年来致力于将人工智能应用于科学发现系列研究成果之一。

(地球和空间科学学院)

我校提出“离子精馏”新单元操作实现高镁锂比盐湖卤水直接提锂

本报讯 近日,中国科大徐铜文教授团队在高镁锂比盐湖卤水提锂领域取得重要进展。相关成果以快讯形式发表于《美国化学会志》期刊。

启发于传统的多级塔板精馏机制与层析色谱分离机制,针对化工特种分离领域复杂物料分离难题,团队原创性地提出一种“离子精馏”概念,并首次应用于高镁锂比盐湖提锂。离子精馏技术极大地提升了特种物料间的分离效率,由盐湖卤水一步制取超电池级纯度的锂产品,解决了高镁锂比盐湖卤水提锂的技术难题。同时,该技术对不同溶质体系的盐湖卤水也具有广泛适用性,并有望

实现卤水、海水、矿物中有价物质,如钾、铷、铯、镁、硼等的精细化筛选,推动目标物料的高值化利用。

锂是化学储能锂电池的重要原料,锂电是解决传统能源危机,并推动解决‘双碳’问题的重要手段。我国盐湖卤水具有高镁锂比的特点,而锂镁高效分离仍是高镁锂比盐湖提锂过程的突出问题,这也直接导致我国电池级的锂产品仍依赖进口,盐湖提锂逐渐成为保障我国锂资源安全的重要课题。

“离子精馏”打破传统电渗析单元内部的功能隔膜间隔排布方式,基于“同类同侧”原则,将多个同类型膜并列排布,并在电渗析单

元内集成。利用特种离子在堆叠离子膜中的多级筛分机制及离子选择性的级数放大效应,实现锂离子由高镁锂比盐湖卤水的精准分离。每张离子膜在离子精馏腔室的功能可视为精馏塔中的塔板,锂镁离子在堆叠的离子选择膜间迁移,由于锂离子与镁离子在离子膜相存在迁移速率差异,基于色谱分离层析机制,在电场力驱动下实现锂镁离子的电吹脱分离。

离子精馏技术有助于解决传统膜分离技术在盐湖提锂产业中存在的问题,保障我国锂资源安全。同时,离子精馏作为一个平台技术,集成了平衡分离(选择性高)与速率分离过程(运行成本低)的特色优势,将为锂同位素分离、稀土分离、海水精制、精细化学品分离、生物制药等特种分离场景提供有效解决方案,助力相关过程产业技术升级,特别是化工特种分离技术革新。蒋晨啸副研究员与陈秉伦博士后为共同第一作者,徐铜文教授为通讯作者。(化学与材料科学学院)

中国科大揭示南极罗斯海最古老企鹅繁殖地栖息史

本报讯 近日,中国科大谢周清教授课题组与意大利比萨大学Carlo Baroni教授课题组合作在全新世企鹅种群盛衰对气候变化的响应方面取得新进展,成果在第四纪环境知名刊物《第四纪科学评论》在线发表。

企鹅是南极典型海洋生物,对气候环境变化非常敏感。企鹅在海洋中捕食,在陆地繁殖,且位于南大洋食物链高端,一系列气候环境因素均在企鹅生命周期中扮演重要角色,并通过物理、化学和生物过程影响企鹅的食物结构/丰度和栖息地适宜度等,并最终影响了企鹅种群盛衰以及分布格局。近几十年来,南极地区正在发生着显著的气候环境变化,这严重影响了企鹅的种群数量和栖息地分布。观测数据表明,南极半岛的阿德利企鹅数量显著下降,同时分布范围在向南收缩,已多个繁殖种群完全消失。模拟研究预测,如果温室气体仍以目前的速度排放,到21世纪末,将有80%左右的帝企鹅繁殖地濒临灭绝;而有70%的王企鹅被迫迁移到新的栖息地或者消失。

对历史时期企鹅繁殖地分布的研究表明,一些特定的繁殖地更能经受环境变化的考验,在不利气候条件下成为物种的避难所。南极罗斯海有着全球1/3的阿德利企鹅繁殖种群,与种群数量显著下降的南极半岛不同,罗斯海阿德利企鹅表现出稳定增加的趋势。基因组学研究表明,罗斯海在末次冰盛期可能是阿德利企鹅在南极仅有的两个避难所之一,但缺少早全新世企鹅存在的地质学证据。全新世以来,罗斯海企鹅繁殖地分布经历了巨大变化,伴随着旧繁殖地的废弃和新繁殖地的产生。而其中的恩克斯堡岛是目前已知最古老的且唯一7000年来持续存在的繁殖地,极有可能是冰盛期以来企鹅最早的登陆地点之一;而重建该岛企鹅种群盛衰对气候变化的响应,解析其长期稳定存在的原因,对于认识和预测未来气候变化背景下南极企鹅聚落的敏感性和迁徙至关重要。

为此,课题组依托我国正在建设的南极维多利亚地考察站,在第34、35、36次南极考察期间对恩克斯堡岛废弃企鹅繁殖地进行了详细的网格调查和采样,利用加速器质谱对获取的大量企鹅粪土沉积剖面及残体样品进行14C定年,结合意大利Carlo Baroni教授团队过去30年获取的相关样品和数据进行了集成研究,发现阿德利企鹅在距今8600年前在该岛定居,是罗斯海自全新世以来最早繁殖地,将企鹅种群持续存在的时间向前推了1600年,并与当地冰川消退的时间相当。得益于特拉诺瓦冰间湖提供的开放水域和丰富的食物来源,企鹅在冰退后立即在此地登陆繁殖。

研究团队提出废弃巢区年代和面积极测定相结合的方法,系统恢复了全新世以来的企鹅种群数量变化和巢区迁移过程。此前,谢周清课题组在企鹅粪土层中找到关键证据,提出“新冰期”变冷条件下区域海冰扩张和局部地形影响下的风和积雪增加是导致斯科特海岸废弃的主要原因,解答了争论已久的“企鹅消失之谜”,并系统重建了罗斯海历史时期企鹅繁殖地分布的演变过程。在此基础上,本研究提出特拉诺瓦湾冰间湖提供的无冰环境使其恩克斯堡岛在近岸海冰扩张的时期接纳了来自斯科特海岸的迁徙企鹅种群,致使企鹅数量大幅增加,成为了区域企鹅种群的宝贵避难所。论文指出,近几十年罗斯海的近岸海冰呈现出增加趋势,因此恩克斯堡岛等有冰间湖分布的区域将会对企鹅种群的延续发挥更为关键的作用。

该论文第一作者为博士后高月嵩,谢周清教授和Carlo Baroni教授为共同通讯作者。

(环境科学与工程系)