

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

【物理评论A】

## 光子时间晶体中缺陷状态可调

近日,印度理工学院焦特布尔分校 Somnath Ghosh 研究小组探究了光子时间晶体中的缺陷。相关研究 8 月 16 日发表于《物理评论 A》。

研究人员在光子时间晶体中引入孤立的时间缺陷,以增强对光波放大的控制。结果发现,存在缺陷的情况下,透射率和反射率在带隙内的特定动量值接近 1,同时这对光波放大数量有显著影响。研究人员展示了时间缺陷对光子时间晶体周期强度指数增长的影响,这种效应主要取决于光子时间晶体的 Floquet 频率,当产生四个脉冲而不是两个脉冲时影响变得更明显,这是间隙传播的结果。进一步证明,通过操纵缺陷的时间和介电性质,可以调整动量中的缺陷状态,以满足特殊应用的设计需求。

据悉,光子时间晶体提供了一个全新的平台,其周期性变化的电磁特性会产生光波放大现象。随着基于超表面的光子时间晶体实际应用的实现,控制这种放大的需求变得越来越重要。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.108.023511>

## 新研究确定规范量子热力学理论

近日,巴西里约热内卢联邦大学的 Fernando Nicacio 与 Raphael N. P. Maia 揭示了时间局域非马尔可夫演化的规范量子热力学。相关研究 8 月 14 日发表于《物理评论 A》。

该研究团队在处理一般的时间局域非马尔可夫主方程时,将电流和功率定义为与经典热力学中的过程相关。每个过程都有一个对称变换的特征,这是主方程规范,且与不同的热量和功有关。一旦确定了热力学量,就会出现对热力学定律的规范解释。研究人员还提供了与规范无关的热力学行为的充分必要条件,并证明了满足量子平衡条件的系统与规范无关。

该理论可应用于量子热机,研究人员表示,规范变换可以改变机器效率,但这仍受经典卡诺极限的制约。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.108.022209>

【自然】

## 早期宇宙存在明亮星系

近日,美国国家光学-红外天文学研究实验室 Pablo Arrabal Haro 研究小组证实,早期宇宙中存在非常明亮的星系,并反驳了有关这些星系的一些说法。相关研究成果 8 月 14 日发表于《自然》。

该研究团队利用詹姆斯·韦布空间望远镜(JWST)获得的光谱数据证实,两个非常明亮星系的红移值超过 11,同时发现另一个被认为距离非常遥远的矮星系实际值为 16,而不是先前估计的 4.9。这个候选星系展现出不同寻常的星云线发射和尘埃红外组合,因此和更遥远物体的颜色相似。这些发现进一步支持了早期非常明亮星系快速形成的证据,并强调了进行光谱验证的必要性。此外,发现大量明亮的早期星系,可能揭示了当前星系形成模型存在缺陷,或与通常认为的在后期具有的物理性质存在偏离。

据悉,在宇宙历史的最初 5 亿年里,第一批恒星和星系形成,为宇宙播下了重元素的种子,并最终使星系间的介质重新电离。通过 JWST 的观测,研究人员发现了大量早期恒星形成星系的候选者,研究人员通过多波段光度法估计其距离,发现其红移值高达 16,远远超出了 JWST 之前的极限。尽管这种方法通常是可靠的,但光度红移可能会受到简并和偶然灾难性误差的影响。因此,需要进行光谱测量来验证这些源,并可靠地量化可以约束星系形成模型和宇宙学的物理特性。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06521-7>

【中国科学院院刊】

## 科学家揭示双层石墨烯中异常磁输运现象

近日,美国斯坦福大学 David Goldhaber 研究小组与美国国家强磁场实验室的 Oskar Vafeck 等人揭示了应变诱导开放费米表面扭曲双层石墨烯中的异常磁输运现象。相关研究成果 8 月 14 日发表于美国《国家科学院院刊》。

据悉,玩具型 Hofstadter 模型中的各向异性跳跃被用来解释在远离魔角的扭曲双层石墨烯中测量到的朗道光谱。

该研究团队怀疑玩具型 Hofstadter 模型中的各向异性可能由单轴应变引起。为验证这一想法,研究人员将 Bistritzer-MacDonald 模型扩展到单轴异质应变,并详细分析了其对能带结构和磁输运的影响。研究人员发现,这种应变影响了能带结构,将 3 个本应简并的 van Hove 点转移到不同的能量上。结合玻尔兹曼磁输运计算,这再现了以前无法解释的密度范围内非饱和磁电阻,并预测了实验数据中未注意到的更微妙特征。与纵向电阻率的显著特征相反,霍尔系数几乎不受单轴应变的影响。

在某种程度上,霍尔系数在电荷中性点的两侧仍然显示出单符号变化,但这种符号变化不再发生在 van Hove 点。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2307151120>

## 异种移植获重大进展

## 基因编辑猪肾脏人体移植再创纪录

本报讯 近日,美国纽约大学兰贡医疗中心宣布,他们将一颗基因编辑猪肾脏移植到一名脑死亡男子体内,该肾脏运行一个多月后没有出现排斥或感染现象,创造了基因编辑猪肾脏在人体内工作的新纪录。这是异种移植取得的重大进展。

这是第 5 例猪肾脏移植手术,所有这些手术都施行在被宣布脑死亡者身上。此前,在美国阿拉巴马大学伯明翰分校的 Jayme Locke 和同事指导下,将猪肾脏移植到人体内并维持了 7 天。

最近一次移植手术在 7 月 14 日进行,纽约大学兰贡医疗中心的 Robert Montgomery 和同事将一颗猪肾脏移植到 57 岁的 Maurice Miller 体内。Miller 在脑瘤活检并发病后被宣布脑死亡,因他患有恶性脑癌无法捐献器官,他的家人便同意了这项试验。在研究结束之前,Miller 一直

在使用呼吸机等设备维持生理机能。

研究团队称,这次试验所用的基因编辑猪只敲除了一个基因,即编码生成  $\alpha$ -半乳糖苷酶的基因。 $\alpha$ -半乳糖苷酶会引发人类免疫系统对移植器官的急性排斥反应,敲除这个基因有助避免急性排斥反应。同时,研究团队将猪的胸腺植入肾脏外层,由于胸腺具有调节免疫系统的作用,这有助避免人类免疫系统对移植器官的慢性排斥反应。

肾脏移植后机体立即开始产生尿液。32 天来,Miller 的血肌酐水平一直保持在正常范围内。这表明肾功能正常,器官的活检也没有发现排斥反应迹象。

David Bennett 是第一个接受转基因猪心脏移植的人,他去年于术后两个月死亡,这可能由于猪巨细胞病毒引起了并发症。Bennett 去世

后,人们担心异种移植会在动物和人类之间传播病毒。

Montgomery 团队一直在使用一种检测方法,比 Bennett 在手术中使用的更敏感,该方法可以帮助他们更好地检测病毒。到目前为止,他们还没有发现患者有任何感染的迹象。

他们计划在结束研究之前再对肾脏进行一个月的监测。“我们从非人类灵长类动物研究中获得了大量信息,这些研究着眼于长期的异种移植。这两个月的研究将满足我们进入早期临床试验所需的很多条件。”Montgomery 在新闻发布会上说。

异种移植为解决器官供体短缺问题带来希望。美国有超过 10 万人正在等待器官移植,其中每天有 17 人死亡。

Miller 的妹妹 Mary Miller Duffer 在新闻发布



猪肾脏组织被移植到一个脑死亡的人体内。  
图片来源:纽约大学兰贡医疗中心

会上说:“虽然我的哥哥不能来到这里,但我可以确信地说,他会为这一研究试验感到自豪,因为他参与的研究成果将帮助许多人活下去。”(李木子)

## 科学此刻

## 果蝇爱玩旋转木马

很多人爱玩旋转木马,果蝇可能也有此好。一项公布在 bioRxiv 预印本服务器上的研究发现,一些果蝇自愿反复登上旋转木马,这表明它们可能觉得这种运动很有吸引力。

加拿大莱思布里克大学行为科学家 Sergio Pellis 说,这项尚未经过同行评审的研究“非常令人兴奋”。他指出,如果得到证实,这将为无脊椎动物的游戏研究增加更多证据,并成为无脊椎动物首例“运动游戏”事例。运动游戏是自身的运动,如跑步、跳跃或摆动,它不同于蜜蜂的物体游戏,也不同于在某些黄蜂和蜘蛛身上观察到的社交游戏。

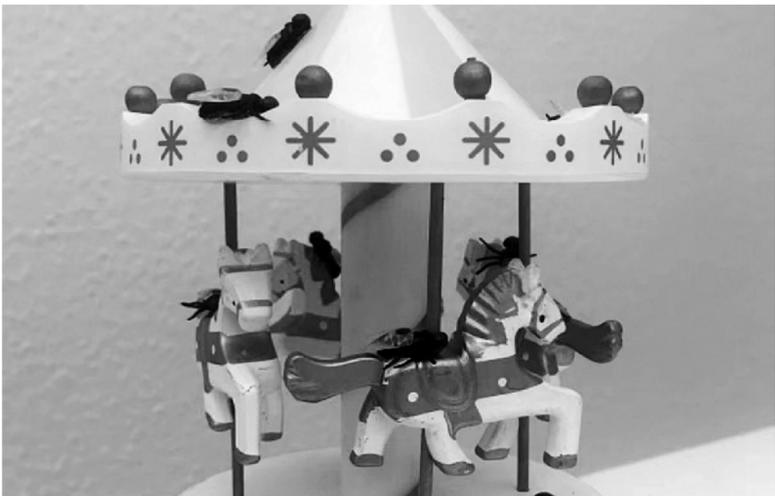
几年前,该研究合作者 Wolf Hütteroth 看到一只鸭子漂浮在湍急的河流中,在他几乎看不见这只鸭子的时候,它又飞回上游水面,然后漂流下去。鸭子一次次的重复行为引起 Hütteroth 的思考,“是什么促使鸭子做出如此奇怪的行为?”

2016 年 2 月,Hütteroth 参加了一个研讨会,研究人员在会上讨论昆虫是否可以有意地行动,他便开始思考如何测试果蝇是否具有和“漂流鸭”类似的行为。

他和当时在德国康斯坦茨大学的同事 Tilman Triphan 决定建造一个旋转木马,让实验室雄性黑腹果蝇在没有压力的环境下跳上旋转板。他不认为果蝇真的会这么做。

“我的期望值非常低。”他说。一些果蝇忽视了这个装置,但一小部分表现出好像发现了迪斯尼乐园。

来到德国莱比锡大学后,Triphan 和 Hütteroth 在预印本中报告说,一部分果蝇花了



德国康斯坦茨大学研究人员制作的“果蝇音乐盒”。  
图片来源:TILMAN TRIPHAN AND WOLF HÜTTEROTH

5%或更多时间在转轮上。当研究人员放置两个每隔 5 分钟交替旋转的圆盘时,一些果蝇会花时间在旋转木马间来回弹跳。

Hütteroth 指出,果蝇空间敏感,如果它们不喜欢旋转,很容易就能避开圆盘。大多数果蝇介于两者之间——不太热情,但也不回避旋转圆盘。

那么,那些在旋转木马上的果蝇是在玩吗? Pellis 说,这当然是可能的。“很明显,至少有一些果蝇为了好玩才做出这种行为。”

美国田纳西大学诺克斯维尔分校的 Gordon Burghardt 是非人类动物游戏行为专家,他没有参与这项研究。“你带着一群孩子去游乐场,有些孩子真的很想去玩,而另一些则有点犹豫。”

尽管如此,Hütteroth 仍然对宣称这些果蝇玩得很开心感到犹豫。毕竟,这些果蝇并没有向研究人员透露它们的动机。根据 Burghardt 的

说法,果蝇可能正在经历类似于人类坐过山车或滑梯时的感觉。他说:“我找不到理由解释其他物种,甚至无脊椎动物,为什么不能分享这种生活体验。”

Hütteroth 说,揭开这个谜题的下一步是研究果蝇的大脑,以揭示参与旋转木马行为的神经回路。这项研究可能有助于解释果蝇或其他动物从运动游戏中获得的好处。

Pellis 指出,一直存在对于哺乳动物以外的动物参与游戏的反对观点。他回忆起 20 世纪 70 年代关于蟑螂粗暴行为的研究,而如果幼虫这样做,就会立即被视为一种玩耍行为。他说,现存足够多有关其他物种玩耍的例子,因此有必要研究在动物王国中各种各样的玩耍有多普遍。

研究人员在 8 月 15 日出版的《科学》上公布了这一发现。(郭悦滢)

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1126/science.adk3310>

## 基因检测可判断发烧原因

本报讯 大约 3/4 发烧住院的儿童无法得到明确诊断。近日,一项研究发现,血液测试可以通过基因活性变化来确定发烧是由细菌、病毒还是炎症性疾病所引起。8 月 18 日,相关研究发表于《医学》。

该论文通讯作者、英国伦敦帝国理工学院 Myrsini Kaforou 指出,目前寻找病原体的诊断工具速度很慢,有时还不可靠。基因检测是很有前途的替代方法,因为某些基因会根据疾病开启或关闭。

Kaforou 团队对 1212 名数周到 18 岁人群的血样本中基因表达进行了研究。所有人都

被诊断患有 18 种引起发烧的传染性或炎症性疾病中的一种。研究人员使用机器学习模型分析这些数据,并确定了 161 个与 6 类疾病相关的基因:细菌感染、病毒感染、炎症性疾病、疟疾、结核病和川崎病。

研究人员在另一组 411 名发烧儿童中验证了该模型,他们使用统计方法对其进行评估,该方法的准确度在 0 到 1 之间。在疾病类别中,研究小组发现该模型的得分分为 0.89~1,通常得分大于等于 0.8 表明准确率很高。

Kaforou 指出,这一发现可以加快诊断,确保适当治疗并减少不必要的抗生素使用,从而

在一定程度上避免产生抗生素耐药性。

美国杜克大学 Christopher Woods 认为,这是在儿童感染性和炎症性疾病中,向精准医学迈出的关键一步。他同时指出,在临床应用之前,该模型还需要在更大的数据集上进行验证。

“显然,这并不是所有传染性和炎症性疾病的完整清单。”Kaforou 表示,他们正在招募更多的患者,并生成更多的数据,以确定一种覆盖更多感染和炎症状况的特征。(辛雨)

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1016/j.medj.2023.06.007>

## 自然要览

(选自 Nature 杂志,2023年8月17日出版)

## 七阶段冻结模型有助材料凝固研究

过冷水滴被广泛用于研究过冷水、冰成核和液滴冻结。过冷水滴在大气中的冻结影响云动力学和气候反馈,并通过产生二次冰来加速云的冻结。

液滴冻结的随机性使两个冻结液滴不可能完全相同。研究人员使用光学显微镜和 X 射线激光衍射,研究了真空中数万个水滴的冻结过程。在水滴图像的基础上建立了七阶段冻结模型,并用该模型对衍射数据计时。

冰晶衍射结果表明,长程晶序冻结不到 1 毫秒即可形成,而剩余液体的衍射结果则与融冰上的准液体层相似。冰刚冻结时具有六方晶体结构,这是一种早期亚稳态,且先于具有堆叠缺陷的冰形成。

该技术可助力冻结动力学研究,云中的水滴冻结,或助力了解其他材料的快速凝固。

相关论文信息:  
<https://doi.org/s41586-023-06283-2>

## 发光有机自由基实现可逆自旋光界面

稳定的自旋光学界面是利用材料量子资源的关键。但目前碳基候选材料均不发光,这限制了人们进行光学读出。

研究人员设计出一种发射双重态和三重态能级之间的能量共振,并实现了三甲基吡啶自由基和噻的共价偶联。研究发现,双光子激发在几皮秒内连接到并苯上,随后演化为 1.8 电子伏特附近混合自由基 - 三重态特征的纯高自旋态。即使在 295K 温度下,这些高自旋态也可用于微波相干寻址,并通过反向系间窜越到发射态来实现光学读出。

此外,对于双自由基,在返回基态时,先不相关的自由基自旋均显示出很强的相关性。该方法在室温下同时支持高效初始化、自旋调控和基于光的读出。发光和高自旋态集成为新兴量子技术创造了一个有机材料平台。

相关论文信息:  
<https://doi.org/s41586-023-06222-1>

## 金属疲劳裂纹可“冷焊”自动修复

金属疲劳是指在重复机械载荷作用下,金属裂纹扩展而逐渐失效。在实际应用中,人们通过安全系数设置来预防金属疲劳,或在抗疲劳金属设计中,用微观结构改变来阻止或减缓裂纹发展。

金属中裂纹的扩展通常不可逆,相比之下,其他材料实际上存在裂纹修复机制或伤害逆转方法。在该研究中,研究人员发现纯金属的疲劳裂纹也可以自修复。他们直接观察了纳米级疲劳裂纹的早期发展,发现裂纹在局部微观结构障碍处出现前进、偏转和停止的情况。出乎意料的是,裂纹能通过局部应力状态和晶界迁移共同引发的侧面“冷焊”过程自我修复。

金属疲劳裂纹可通过与微观结构特征的局部相互作用而在其中自动修复,这给工程师设计和评估结构材料寿命提出了新课题。

相关论文信息:  
<https://doi.org/s41586-023-06223-0>

## 新型配合物提高太阳能电池转换效率

钙钛矿半导体掺杂及其晶界钝化颇具挑战,但对推进高效钙钛矿太阳能电池发展至关重要。

研究人员报告了一种基于二甲基吡啶的分子掺杂工艺,用于构建匹配良好的钙钛矿接触以及晶界的全面钝化,并实现了 25.39% 的认证功率转换效率(PCE)。在氯苯淬火结晶过程中,通过分子挤压过程,分子从前驱体溶液被挤压到晶界和薄膜表面底部。

这种分子去质子化磷酸基团与钙钛矿聚碘化铅之间的配合物,既能进行机械吸收又能进行电荷转移,这导致钙钛矿膜的 p 型掺杂。研究组由此创造出一种 PCE 为 25.86% 的高效设备,在光照 1000 小时后仍可保持 96.6% 的初始 PCE。

相关论文信息:  
<https://doi.org/s41586-023-06207-0>  
(未致编译)

更多内容详见科学网小柯机器人频道:  
<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>