

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

【物理评论 A】

科学家实现太赫兹介导的微波光转导

近日,美国伊利诺伊大学香槟分校的 Simon I. Bogdanov 和 Dale J. Van Harlingen 研究团队实现了太赫兹介导的微波光转导。相关研究成果在《物理评论 A》发表。

该研究团队深入分析了在太赫兹范围内,采用基于中频状态两步方案的光电转换器的耦合热力学和波动力学特性。

这一分析得到了数值模拟的有力支持,研究结果显示,相较于单步转导,在连续泵浦条件下运行的两步方案能够实现接近 1 的外部效率,并具备多阶噪声抑制的优势。因此,这种两步光电转换器有望为超导量子处理器与兆赫兹比率的光通道提供量子噪声限制的接口。

据悉,量子信号在微波和光学范围之间的转导将解锁强大的混合量子系统,使信息处理与超导量子比特和低噪声量子网络通过光子。大多数微波光子转换器由于泵浦吸收而产生热噪声。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.109.042409>

一氧化碳的不对称光电子动量分布研究

美国内布拉斯加大学的 H. B. Ambalampitiya 与 J. M. Ngoko Djiokap 对一氧化碳的不对称光电子动量分布(PMD)进行了研究。相关研究成果近日发表于《物理评论 A》。

该研究团队在一氧化碳单光子线性电离过程中,针对相对于分子轴的线性偏振矢量的不同方向,深入研究了 PMD。当脉冲带宽超过最高占据分子轨道(HOMO)与 HOMO-1 之间的能隙时,观察到 PMD 融合了 HOMO 和 HOMO-1 的特征,这是由于电子从这些初始轨道发射所致。

研究团队发现,在 PMD 中,HOMO 的不对称性在任何分子取向都表现得尤为显著。该研究中,PMD 的前后不对称性和归一化不对称性被用作混合程度的探针。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.109.043108>

【自然-细胞生物学】

DNA-蛋白交联的转录偶联修复依赖于 CSA 和 CSB

英国剑桥大学 Julian Stinglee 小组发现 DNA-蛋白交联的转录偶联修复依赖于 CSA 和 CSB。该研究成果日前发表于《自然-细胞生物学》。

据了解,共价 DNA-蛋白交联是一种毒性 DNA 损伤,能够阻断 DNA 复制,需要通过多种途径进行修复。转录阻断是否对 DNA-蛋白交联的毒性有贡献,以及当 RNA 聚合酶在 DNA-蛋白交联停滞时细胞如何反应尚不清楚。

研究组发现,DNA-蛋白交联的形成抑制转录并诱导 RNA 聚合酶 II 的泛素化和降解。利用基因筛选和 DNA-蛋白加合物全基因组定位方法,研究小组发现科凯恩氏综合征(CS)蛋白 CSB 和 CSA,通过促进活性转录基因中的 DNA-蛋白交联修复来抵抗 DNA-蛋白交联诱导剂。因此,CSB 或 CSA 缺陷细胞在诱导 DNA-蛋白交联后不能有效地重新启动转录。

相反,在紫外光诱导的 DNA 损伤中,作用于 CSB 和 CSA 下游的核苷酸切除修复因子不是必需的。该研究描述了一种转录偶联的 DNA-蛋白交联修复途径,并表明该途径中的缺陷可能有助于 CS 独特的神经学特征。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41556-024-01391-1>

【细胞】

人体中心粒组装分子结构的时间序列重建

瑞士日内瓦大学 Paul Guichard 和 Virginie Hamel 课题组报道了人体中心粒组装分子结构的时间序列重建。相关论文 4 月 10 日发表于《细胞》。

为了揭示这一过程,研究人员使用膨胀显微技术,将 24 个中心粒蛋白的空间位置与结构特征联系起来。人类中心粒组装过程中蛋白质分布的时间序列重建,揭示了中心粒生物发生步骤的分子结构。

研究人员发现,这个过程始于一个没有微管的裸侧轮的形。接下来,随着微管叶片的装配,伴随着径向分离和快速的侧轮生长,生长阶段继续进行。

在随后的延伸阶段,微管蛋白骨架随着 A-C 连接体的募集而线性增长,随后是内侧支架蛋白的募集。通过 6 个结构模块,研究团队模拟了人体中心粒的 4D 组装。总的来说,这项工作为研究大分子的空间和时间组装提供了一个框架。

据介绍,中心粒的生物发生如同在大多数细胞器聚集一样,涉及支持其功能的亚结构元件的连续募集。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.03.025>

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

史上最亮伽马射线暴来自坍缩恒星

本报 2022 年 10 月,一股伽马射线袭击了地球,炙烤着大气层,它的亮度是以往探测到的任何射线的 10 倍以上,令天文学家惊叹不已。作为有史以来最亮的伽马射线暴(GRB),天文学家给它起了个形象的名字——BOAT (brightest of all time,即史上最亮)。现在,天文学家利用美国国家航空航天局的詹姆斯·韦布空间望远镜(JWST)确定了 GRB 的来源,并偶然发现了一个新谜题。

正如理论学家预料的那样,爆发的动力来自一颗被称为坍缩星的超新星——一颗快速旋转的巨大恒星,随着燃料耗尽并坍缩,外层被炸入太空,最后消失在黑洞中。

据《科学》报道,研究人员认为,坍缩星产生的极端条件可能会形成自然界最重的一些元素,如铀、钷和金。考虑到 BOAT 的亮度,他们希望元素形成的过程能够生动地展示出来。然而,研究人员却什么也没看到。

“没有证据表明存在这些元素。”领导这项研究的美国西北大学 Peter Blanchard 说。4 月 12 日,相关成果发表于《自然-天文学》。

最近的其他研究也显示了同样令人困惑的结果。但理论学家表示,现在就否定坍缩星是最重元素的来源为时尚早。“我认为还没有定论。”英国赫特福德大学 Chiaki Kobayashi 说,“我们只是没有足够的统计数据。”

科学此刻

空气污染
昆虫“错配”

随着夏季脚步的临近,一种污染物的水平可能会升高,那就是臭氧。这种温室气体不仅导致空气污染,甚至还会影响昆虫的繁殖及后代健康。

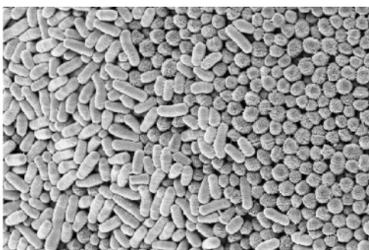
4 月 11 日发表于《自然-通讯》的一项研究表明,臭氧污染水平增加会分解昆虫向潜在伴侣释放的化学信号——信息素,可能导致昆虫很难找到同一物种的配偶。

地面臭氧作为一种温室气体,是车辆排放的尾气与空气中的其他气体发生反应而形成的。在炎热的夏季,阳光和高温会促进这种反应,导致污染物水平升高。

去年,德国马克斯·普朗克化学生态学研究所的 Markus Knaden 和同事发现,臭氧会与昆虫释放的信息素相互作用,而后者在昆虫交配中至关重要。他们发现,由于空气中臭氧含量升高,雄蝇对雌蝇的吸引力降低了。

团队随后展开进一步研究,调查了这种信息素分解是否会影响果蝇区分不同物种的能力。

菠萝味疫苗可长期预防尿路感染



尿液中发现的细菌。
图片来源:STEVE GSCHMEISSNER

本报 一种预防复发性尿路感染的新颖口服喷雾疫苗,能使 53.9% 的参与者在 9 年时间里保持无尿路感染状态。4 月 6 日,在法国巴黎举行的第 39 届欧洲泌尿外科协会年会上,研

科学快讯

(选自 Science 杂志,2024 年 4 月 12 日出版)

一颗大质量磁性恒星经历了恒星合并

HD 148937 是一个由两颗大质量恒星组成的双星系统,研究者使用多元干涉和光谱观测发现,其中只有一颗恒星具有磁性,且看起来比伴星更年轻。该系统的特性和周围的双极星云可以用两颗恒星合并产生磁性大质量恒星的模型来重现。

该研究结果提供了观测证据,证明至少在一些大质量恒星中,磁场是通过恒星合并形成的。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.adg7700>

薄油流体膜使水油混合物异常稳定

油和水混合,只能通过将一种液体的液滴分散到另一种液体中才能实现。当两个液滴相互靠近时,将它们分开的薄膜总是变得不稳定,导致液滴聚在一起。为避免这种不稳定性,目前已知的唯一方法是通过添加第三种成分,通常是表面活性剂,使得薄膜稳定在其平衡厚度上。

宇宙大爆炸带来了丰富的氢和氦,但其他 92 种自然元素都是在恒星的原子核融合成更大原子核时形成的。普通恒星产生较轻的元素,但比铁重的元素被认为需要在超新星或其他极端爆发事件中产生。

一半的重元素——那些中子最丰富的元素,需要特殊的产生条件。在这种条件下,中子轰击种核的速度非常快,以至于后者没有时间衰变——这个过程被称为快中子捕获或 r 过程。科学家通过追溯发现,早期宇宙的恒星含有钒等 r 过程元素,表明该过程很早就开始了。Kobayashi 说,“通过对附近恒星的观测,我们获得了证明早期 r 过程的非常有力的证据。”这迫使天文学家努力寻找可能存在 r 过程的必要条件。

引力波探测器则提供了线索。2017 年,当美国和欧洲的探测器探测到两颗中子星(超高密度恒星残骸)剧烈合并产生的波时,光学望远镜发现了 r 过程元素形成的证据。据估计,这次爆发产生了相当于 10 个地球质量的钨和铂。但是天文学家认为,中子星合并并太罕见了,不可能成为 r 过程元素的主要来源。

坍缩星似乎是最好的选择。坍缩星比中子星合并更常见,但仍然罕见,只有几十颗被观测到。这需要坍缩星足够大,以使超新星爆发后留下的核心最终坍缩成黑洞,快速旋转也是关键,这样剩

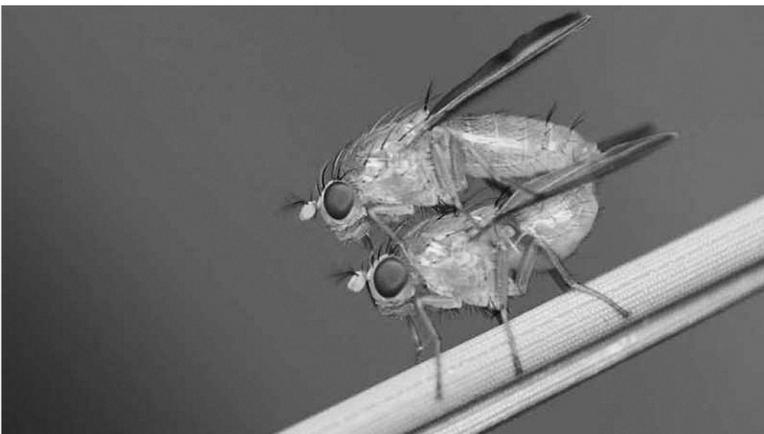
余的物质就会旋转进入吸积盘。当黑洞吸入圆盘中的物质时,它会被加热到极端温度,产生辐射并释放粒子,从而创造 r 过程所需的条件。

这些条件也是产生喷流的关键,喷流是指接近光速从黑洞两极射出的粒子束。当喷流正好指向地球时,天文学家会看到 GRB。Blanchard 说,就 BOAT(官方编号 GRB 221009A)而言,GRB 的余辉非常明亮,以至于在最初爆发 12 天后,用 JWST 观察这一事件的另一个团队无法看到这颗超新星。

Blanchard 团队一直等到 6 个月后,此时余辉消失,膨胀的物质外壳被分散,足以让 JWST 看到黑洞附近,那里预计会发生 r 过程。令团队成员惊讶的是,考虑到 BOAT 的亮度,坍缩星的残余物看起来并不是特别大。但更令人惊讶的是,当他们检查光谱时,没有看到铈、钆和钷等 r 过程元素的发射线,而它们在 JWST 敏感的中红外波长大范围内是很明显的。

Blanchard 说,GRB 221009A 可能是不寻常的,因为它产生了如此极端的 GRB。它还位于一个缺乏重元素的星系中,这与通常发现 GRB 的星系不同。尽管如此,重元素缺乏仍是令人惊讶的,因为 GRB 221009A 是探测 r 过程的主要候选者。

今年 2 月发表的另一项研究在 25 个潜在



信息素帮助果蝇和其他昆虫找到合适的配偶。
图片来源:Silmiart/Shutterstock

研究人员将重点放在黑腹果蝇等 4 种亲缘关系密切的果蝇身上。他们将雄性和雌性果蝇暴露在与城市高温天气相当的高水平臭氧中两小时。然后,研究人员让雌性果蝇选择与同一物种或不同物种的雄性进行交配。结果发现,果蝇暴露于臭氧后,产生杂交后代的可能性约为 70%,而在暴露于环境空气的对照组中,产生杂交后代的可能性仅为 20%。

“杂交后代通常是不育的。”Knaden 说,尽

管果蝇在后代身上投入巨大,但杂交后代却无法将基因传递下去。

“目前拥有化学描述的昆虫信息素有 1500 多种,其中 90% 具有碳-碳双键,而这可以被臭氧破坏的。”Knaden 说,这意味着地表臭氧水平的上升可能会加剧世界各地昆虫数量的毁灭性下降。(徐锐)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-47117-7>

接受喷雾疫苗治疗后,参与者在平均 54.7 个月内没有发生尿路感染。超过一半的人——54% 的女性和 53% 的男性,在 9 年内有效避免了尿路感染。

然而,研究规模是一个令人担忧的问题。美国泌尿外科专家 S. Adam Ramin 指出,大约一半的女性在一生中会患上尿路感染。相比之下,在 9 年研究期间,只有 54% 的女性通过接种疫苗避免了尿路感染。“在如此小的样本人群中,这属于微不足道的差异范围。”

此前,另一个研究团队曾尝试研制一种片剂形式的尿路感染疫苗。但英国皇家伯克郡医院的 Bob Yang 表示,喷雾疫苗的一个吸引力是更容易让人接受。

“这不是药片,而是用于舌下的喷雾剂,有助于提高依从性。”Yang 解释说,菠萝的味道可以让人们忘记自己正在服药,而且对于吞咽药物有困难的老年人来说,喷雾剂更容易使用。(王方)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.adf7918>

四维空间实现原子量子霍尔系统

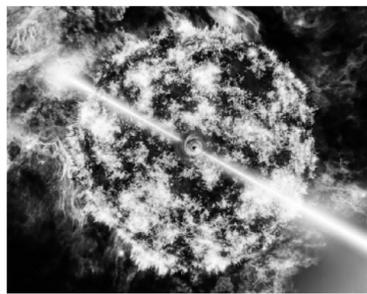
研究者报告了一个四维演化的原子量子霍尔系统的实现,其中两个空间维度和两个合成维度编码在镉原子的大自旋中。通过对非线性电磁响应的全面表征,研究者测量了接地带的非平凡拓扑指数,并观察了相关的各向异性超边缘模式。

与 D≤3 的平面轨道不同,研究者还激发了非平面回旋加速器运动。该研究或使四维空间中强相关的拓扑液体研究成为可能。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.adf8459>

两类抑制神经元控制脊髓感觉运动适应

通过一个简单的条件反射范例,研究者发现,背侧抑制神经元通过调节一组特定体感信息的传递来增强与肢体位置相关的条件反射线



被称为坍缩星的超新星会留下一个黑洞,从地球上,这个黑洞会喷出一股伽马射线暴。
图片来源:AARON M. GELLER

坍缩星样本中也发现了类似的无效结果。

Kobayashi 并不担心未检测到的情况。根据她的计算,只有千分之一的超新星能够产生 r 过程。“观测者需要发现更多的超新星事件。”她说,“出现非常有力的证据可能还需要等待一段时间。”(文乐乐)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41550-024-02237-4>

科学家用斯格明子开发超紧凑数据存储

本报 研究人员近日在《自然》发表论文,报告了一种通过编码单个斯格明子(skyrmion)来读取和写入信息的方式。这是实现基于斯格明子的数据存储设备的关键一步,有助于开发大规模低能耗数据存储。

斯格明子是一种复杂的旋涡状自旋结构,具有较高的稳定性,且可以在纳米尺度上进行电子控制,因此被认为是一种高密度、低能耗的信息载体,能以超紧凑介质方式存储数据,大大加快计算机运行速度,并使硬盘体积大大缩小。

要实现信息存储,需要利用巨磁阻效应——当对材料施加磁性时,其电阻值会发生显著变化,电阻差在室温下通常小于 20%。而利用斯格明子进行信息存储则需要利用隧道磁阻效应,电阻差在理论上可超过 100%。

长期以来,阻碍斯格明子释放潜力的一个重要因素是缺乏一种能够确定单个自旋结构的读出设备,科学家只能在较小的电阻差异中获得纳米级斯格明子。

研究人员已经知道,三明治结构的磁性隧道结中可能出现隧道磁阻效应,上下两层为磁性层,中间为非磁性层,上层磁性层中的电子自旋方向固定指向上,下层是不固定方向的自由层。当自由层中的自旋指向上方时,整个结构会呈现低电阻;反之则呈现高电阻。

在这项研究中,新加坡科技研究局和新加坡国立大学的科学家通过施加外部磁场或电压来引导自由层中的斯格明子,使电阻出现一个中间值,与高、低电阻之间的差异高达 70%。

磁力显微镜成像显示,磁性隧道结内确实有一个斯格明子处于中间状态——旋涡中心的自旋指向下方,边缘的自旋指向上方。

科研团队表示,这种电压驱动信息开关的数据写入方式的能耗仅为电流驱动能耗的 1/1000,并且通过施加电压,可以可靠地诱导斯格明子。

中国香港科技大学副教授邵启明表示,这是凝聚态物理学中一项期待已久的成就。不过,该方法仍然需要外部磁场的辅助,未来需要开发无磁场辅助的最佳写入方法。另外,磁性隧道结和斯格明子可以在人工神经网络中扮演突触和神经元的角色,这对非传统计算的未来发展具有重要启示意义。(陈欢欢)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07131-7>

素的显著性,从而适应保护性肢体退缩行为。

相比之下,维持先前获得的运动适应需要腹侧抑制抑制细胞。操纵抑制细胞并不影响适应性本身,但可以灵活改变适应性行为表达。这些发现确定了一个涉及两种不同脊髓抑制性神经元的回路基础,能使持久的感觉运动适应独立于大脑。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.adf6801>

海藻中的固氮细胞器

共生相互作用是调节真核生物碳和能量代谢的叶绿体与线粒体细胞器进化的关键。研究者表明,地中海候选蓝藻(UCYN-A)已经紧密整合到藻类细胞结构和细胞器分裂中,并且它导入了藻类基因组编码的蛋白质。

这些都是细胞器的特征,表明 UCYN-A 已经进化到超越了共生,并作为早期进化阶段的氮固定细胞器或“硝化质体”发挥作用。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.adk1075>
(李言编译)