

加强前置行为审计,优化训练目标,建立更清晰的责任机制等方式,提高AI在人际建议和高风险情境中的回应边界。只有如此,人工智能在提供情绪支持的同时,才可能真正维护公众福祉和健康的人际关系。

(综合:《Science》、新华网、澎湃新闻)

用激光显形水的“双重”人格

我们生活在一个被水浸透的地球上。水,以其最为平凡的姿态,构筑了我们所熟知的一切存在的基石。然而,在理论物理学家和化学家的眼中,这杯看似清澈透明的液体,却是自然界中最具“叛逆精神”、最难以被经典热力学框架驯服的幽灵。

100多年来,科学界一直被水所展现出的一系列极端反常性质所困扰。为什么绝大多数物质在固态时密度大于液态,而冰却能漂浮在水面上?为什么水在4℃时密度达到最大,此后随着温度的降低反而开始膨胀?更为诡异的是,当水被冷却到冰点之下,进入所谓的“过冷”状态时,它的热容和等温压缩率不仅没有趋于平缓,反而呈现出一种即将呈指数级发散的狂暴趋势。

这些现象仿佛在向人类暗示:在水分子那看似简单的“一氧两氢”几何结构背后,隐藏着一个极为深邃的、受量子力学与统计热力学共同支配的微观深渊。

瑞典斯德哥尔摩大学 Anders Nilsson 团队联合韩国浦项加速器实验室,利用X射线自由电

子激光(X-ray free electron laser, XFEL)与超快红外激光脉冲技术,首次在210 K(-63℃)、1000个大气压下,直接捕获了过冷水存在“液-液临界点”(liquid-liquid critical point, LLCP)的实验证据。这项突破终结了百余年的学术争议。2026年3月26日,相关研究成果发表于《Science》。

1) 幽灵般的水:130年的学术悬案与“双态”之谜。

将历史的指针拨回19世纪末的欧洲。彼时的物理学正处于经典时代的巅峰,热力学体系已经建立,科学家们开始用严谨的数学方程来描绘流体的行为。然而,水却始终游离于这些优美的方程之外。

迄今为止,科学家们已经总结出水具有超过70种有别于普通液体的反常性质。在正常的物理学常识中,当一种流体的温度逐渐降低时,由于分子热运动的减弱,分子间的距离会缩小,导致密度增加;同时,流体应对外界压力变化的敏感度(即等温压缩率),以及吸收热量改变自身温度的能力(即等压热容)通常会逐渐减小或趋于一个常数。然而,水却完全背道而驰。

最早试图为这种反常现象提供系统性解释,是1892年发现X射线的物理学巨匠伦琴。他提出了一个极其大胆的猜想:液态水

并非我们在宏观尺度上看到的那种单一、均质的流体,而是在微观尺度上由2种截然不同的局部结构(分子簇)混合而成的动态复杂系统。这种被称为“双态模型”的早期思想,认为水在微观层面时刻经历着2种状态的竞争,从而赋予了它异常的热力学表现。

伦琴的猜想在当时无疑是超前的,但在随后的一百年里,受限观测技术的匮乏,这一理论始终停留在假说阶段,物理学界对此争论不休。直到1992年,波士顿的理论物理学家 Peter Poole 和 H. Eugene Stanley 等人通过计算机模拟提出了LLCP假说,重塑了人类对水结构的认知。

该假说认为,过冷水中存在2种交替竞争的结构:高密度液体(high-density liquid, HDL)和低密度液体(low-density liquid, LDL)。在特定的低温和高压下,这2种液体会发生相变;而在此相变线的终点(即临界点),2者的界限消失,融合成剧烈波动的超临界流体,这就解释了水在宏观上的种种异常表现。

2) 冰点之下的“无人区”:实



过冷水可以存在于分子更紧密排列的更密实的液体中(此插图底部所示)或密度较低的液体中。通过激光探测过冷水,科学家发现了临界点——即这两种相态转变为一种的温度和压力

(图片来源:韩国浦项科技大学)

验物理学家的绝望与执念。

理论虽然优美,但实验验证却面临巨大物理壁垒。如果液-液临界点真的存在,理论预测它必然隐藏在极低的温度(约 200 K)和极高的压力之下。然而,要对处于这一状态的液态水进行结构和热力学测量,物理学家们面临着一个致命的敌人:冰。

常压下,水的标准凝固点是 273.15 K(0°C)。如果水非常纯净,没有灰尘或杂质作为凝结核(即异相成核),它可以被冷却到零度以下而依然保持液态,这就是过冷水。但是,过冷水的存在是高度亚稳态的。当温度继续下降到所谓的“均相成核温度”(约为 232 K 或 -41°C)时,水分子自身的热涨落就足以自发形成冰的晶核,水会在瞬间全部冻结成冰。

另一方面,如果科学家试图从更低的温度反向操作——比如将 160 K 以下的玻璃态非晶态冰缓慢加热,当温度达到“均相结晶温度”(约为 160 K 或 -113°C)时,非晶态冰同样会在极短的时间内结晶成普通的晶体冰。

在 232 K 和 160 K 之间,存在一个宽达 70 多度的温度峡谷。在这个区间内,无论科学家采用何种传统的冷却或加热手段,水结晶的速度都远远超过了任何常

规仪器的测量速度。结晶过程在微秒甚至纳秒(十亿分之一秒)级别内就会完成。在传统 X 射线衍射仪、中子散射设备或早期电子显微镜那漫长的“曝光时间”里,研究人员看到的永远只是一块毫无生机的“死冰”。

这个在过冷水相图上横亘了近半个世纪的物理禁区,被学术界形象而敬畏地称为“无人区”(No Man's Land)。想要在不添加任何杂质、不施加任何空间束缚的条件下,窥探纯水在“无人区”深处的真容,物理学家们只剩下一条路可走:那就是在水结晶之前的纳秒甚至飞秒尺度内,强行按下——记拥有极致快门速度的“闪光灯”。

3) 捕捉飞秒的追光者: XFEL 与泵浦-探测技术的革命。

科学史上的每一次重大范式转移,往往都伴随着观测工具的代际革命。为了看清水分子在临界点附近的“狂舞”,斯德哥尔摩大学的 Anders Nilsson 团队将目光投向了当代最庞大、最昂贵的科学巨兽——XFEL。

传统的同步辐射光源虽然已经极大地推动了材料科学和结构生物学的发展,但其产生的 X 射线脉冲持续时间通常在皮秒(10^{-12} s)到微秒级别。对于捕捉

门速度”依然太慢,拍出的只会是一张模糊的残影。

XFEL 的出现彻底颠覆了这一局限。以位于美国加州斯坦福大学国家加速器实验室的直线加速器相干光源(linac coherent light source, LCLS),以及本项研究主要依托的韩国浦项加速器实验室为例,这些设施本质上是长达数公里的粒子加速器,使电子在运动方向上辐射出能量极高、相干性极强的 X 射线脉冲。

当如此高强度的 X 射线脉冲击中极度脆弱的过冷水样品时,样品不可避免地会在吸收能量后瞬间汽化爆炸。然而,由于飞秒脉冲的持续时间(10^{-15} s)远远短于原子的热运动和化学键断裂所需的时间,在水分子网络被彻底摧毁的极短瞬间,X 射线已经完成了对其内部电子云的散射,并将极其清晰的衍射图谱发送到了探测器上。

配合“泵浦-探测”(Pump-Probe)技术,研究人员先用一束超快红外激光(泵浦)加热样本,在精确控制的纳秒或微秒延迟之后,用 XFEL 脉冲(探测)抵达现场,拍下水分子网络被破坏前的瞬间结构高清“快照”。

4) 逆向攀登:非晶态冰的等体积加热。

既然常规降温会撞上“结冰壁垒”,Nilsson 团队采用了一种巧妙的逆向策略:从极低温的“非晶态冰”开始加热。

非晶态冰虽然在宏观上表现为坚硬的固体,但在微观结构上,它的水分子并没有像普通冰那样排列成规则的晶格,而是呈现出

蛋白质晶体这样的静态结构而言,这已经足够;但对于处于临界点附近、结构每时每刻都在发生剧烈涨落的过冷水而言,这种“快



斯坦福大学直线加速器相干光源

(图片来源:美国加州斯坦福大学国家加速器实验室)

一种无序、随机的分布,就像玻璃一样。物理学家们普遍认为,非晶态冰实际上就是液态水在超低温下被瞬间冻结后失去流动性的“玻璃态”。

Nilsson团队首先在极低温度下制备了高密度和低密度非晶态冰的微小样本,并将其置于高压环境中。随后用红外激光在纳秒级别内对其进行“等体积加热”。因为加热极快,冰在来不及发生体积膨胀的情况下瞬间融化成了深度的过冷液态水。就在这结冰前的微秒级窗口期内,XFEL相机成功捕捉到了清晰的X射线散射图谱。

就像是一个精准的狙击手,尼尔森团队通过调节红外激光的能量和初始冰样品的密度,在过冷水相图上不断打出一个个探测点,一步步向那条理论预言的相变线逼近。同时通过对刚融化的液体进行随时间推移的快照(随着水的膨胀),揭示了样品内压力降低时水的行为。最终,在约210 K和1000个大气压的坐标系上,他们目睹了物理学史上最为壮观的微观景象之一。

当然,这项工作虽然为进入“无人区”提供了一个重要的方法学范式,但仍存在进一步完善的空间。目前,研究团队主要是通过结构变化来间接标定LLCP的位置。如果未来能够把这种快速结构探测与独立的热力学测量手段——例如压缩率、声速等——结合起来,就有望在不完全依赖结构指标的情况下,更直接地验证临界温度和临界压力。

(综合:《Science》、sciencenews网)

羟基让一氧化碳“轻松”变烯烃

中国科学院大连化学物理研究所孙剑和葛庆杰团队提出了一种基于费托合成体系的催化新策略,实现了合成气在温和条件下向低碳烯烃的高效转化。2026年4月1日,相关成果发表于《Nature》。

费托合成是以合成气(CO和H₂)为原料,制备燃料和化学品的重要工业过程。中国能源结构具有“富煤、贫油、少气”的特点,发展以合成气为中间体的转化技术,对保障能源安全和推动化工原料多元化具有重要意义。传统费托合成制烯烃过程通常需要在300℃以上、压力>2 MPa的条件下运行,能耗和成本相对较高。此外,反应体系普遍存在转化率与低碳烯烃选择性之间的权衡关系,即随着转化率的提高,低碳烯烃选择性往往显著下降。

为解决上述问题,科研团队经研究发现,在钠-钴-锰催化体系中引入特定羟基助剂,可以构建富含表面羟基的反应界面,提

升一氧化碳的活化效率。在250~260℃、0.1 MPa的温和条件下,该催化体系可实现80%的一氧化碳转化率、60%的低碳烯烃选择性和超过80%的总烯烃选择性,并适用于较宽的氢碳比范围。结构表征与机理研究表明,羟基助剂能够抑制催化剂的过度还原和碳化,从源头上改善一氧化碳活化过程,为理解和调控合成气转化反应提供了新的视角。

这类新型氧化物活性位倾向于通过“氢辅助”路径完成关键断键过程。通俗来说,与让一氧化碳在催化剂表面直接断键相比,氢辅助路径相当于先将其关键化学键“软化”,使一氧化碳更容易被激活,进而更高效地生成后续形成烯烃所需的关键中间体。

(综合:《Nature》、中国科学院大连化学物理研究所、新华网、科学网)

一刀一图,绘出整只小鼠基因活性地图

芝加哥大学Nicolas Chevrier及其团队开发出一种研究方法,将一台能将小鼠冷冻躯体切成超薄切片的专用设备,与分子技术相结合,可检测每个切片内特定位置上数千种基因的活性。该方法能为药物和疾



19世纪20年代德国工厂率先采用费托法生产液体燃料

(图片来源:德意志联邦共和国联邦档案馆)