

除,也仍可能再次由外部传入。目前在奶牛中传播的病毒属于B3.13基因型,推测源于2023年秋季一次从鸟类向牛的跨物种传播事件。但牛奶检测结果也显示,另一种名为D1.1的基因型曾3次由鸟类传入奶牛,不过每次都很快自行消失。与此同时,荷兰研究人员最近在奶牛体内检测到针对H5N1的抗体,说明当地奶牛曾在某个时期感染过该病毒,而具体是哪一种变体尚不明确。

一些研究者认为,接种疫苗是结束当前疫情、预防未来再次暴发的最佳手段。宾夕法尼亚大学病毒免疫学家Scott Hensley表示:“目标应该是把疫苗接种与检测以及现有的其他防控措施结合起来,真正把这件事彻底压下去。”

Hensley团队开发了多种前景较好的候选疫苗之一。4月初,他们公布了一项mRNA疫苗试验结果。该疫苗可诱导机体产生B3.13毒株血凝素表面蛋白。研究发现,接种疫苗后再暴露于病毒的动物,发病程度减轻,产奶量与正

常水平相当,而牛奶中的病毒载量则降低约至原来的1/1000。

但美国农业部是否会批准在奶牛中使用H5N1疫苗,以及疫苗价格是否能让农场主接受,仍是巨大的未知数。针对家禽的H5N1疫苗其实早已存在,但美国农业部始终没有批准广泛使用,主要担心这会损害出口市场。而在新冠疫情之后,社会上对mRNA疫苗普遍存在怀疑,一些州甚至在考虑禁止其用于家畜。对此,Hensley感叹:“这实在让我难以理解。”

Pereira认为,当前病毒传播范围受限,某种程度上是一段“侥幸争取来的缓冲期”。这段时间不应被浪费,而应被用于加快疫苗研发,并尽可能落实所有现有防控措施,以避免疫情反弹。他说:“我们不应该因为现在情况稍微缓和一点,就觉得可以不再理会。恰恰相反,我们是争取到了一点时间。现在最重要的是,把这段时间用好。”

(译自《Science》,2026,392,(6790))

达累斯萨拉姆大学来访的物理学家Denis Osborne。Osborne承诺回家亲自验证。1969年,两人合作发表经典论文,Osborne将姆潘巴列为第一作者并报告该现象,宣称“任何问题都不应被嘲笑”。

事实证明,水仅是冰山一角。过去10年,科学家在众多不同材料中发现了类似“姆潘巴效应”——从结晶聚合物到磁体。近期,该效应更现身于量子领域,例如激光囚禁的单个离子。2026年3月25日,《Physical Review X》刊发的新理论框架将各类姆潘巴效应统一描述,阐释了在每种情形下,初始状态离平衡态越远的系统反而可能更快回归稳态。加拿大西蒙菲莎大学物理学家John Bechhoefer表示:“这些看似迥异的现象,实则遵循同一物理原理。”

时至今日,研究者仍在争论姆潘巴效应是否普遍适用于水。水恰恰是特别难研究的对象:其冻结条件取决于微小差异,例如溶解气体的存在与否及容器表面光滑度。

但科学家在其他材料中观察到更清晰的效应迹象。例如,用于碳捕获的笼形水合物(clathrate hydrates,水分子构成的笼状结构)与3D打印所用聚乳酸塑料,经高温预处理后重结晶速度反而更快。科学家还发现磁学类比现象:初始磁场更强的某些材料反而能更快退磁。爱尔兰都柏林三一学院物理学家John Goold表示:“这显然是种普适现象——无处不在。只要你开始寻找,就能发现它。”

2017年,以色列魏茨曼科学

冰冻“怪现象”进入量子尺度

水结冰时的反常现象在原子尺度上再现,或为技术应用打开新空间

文/Zack Savitsky

1963年的一个午后,13岁的坦桑尼亚少年埃拉斯托·姆潘巴(Erasto Mpemba)在马甘巴中学制作冰淇淋。为抢占冰箱空间,他将滚烫的牛奶糖浆直接放入冷冻室,而同学们则先将混合物静置冷却。出乎意料的是,他的冰

淇淋竟最先凝固——这一偶然发现,日后将改写现代物理学对热力学过程的认知。

姆潘巴随后用水重复实验,并不断询问老师为何热水比冷水冻结更快,但老师们不予理会。他并未气馁,转而请教坦桑尼亚



将热水泼入冷空气中瞬间造雪是姆潘巴效应的一种表现
(照片来源:《Science》)

研究所 Oren Raz 与美国北卡罗来纳大学教堂山分校卢至悦提出该效应的普适数学解释。他们绘制出简单粒子系统趋向平衡态的所有可能演化路径,发现远离平衡态的系统能探索更多通往目标态的路径。Raz 表示:“系统可能找到令人意想不到的捷径。一旦远离平衡态,我们基于日常经验建立的直觉便完全失效。”

2020 年,Bechhoefer 及其同事通过水下滚动的微观玻璃珠实验验证了该解释。他们测量了高温与低温玻璃珠在水下起伏地形中达到静止所需时间,发现部分高温珠反而比低温珠更快静止。他们还利用该装置演示了“逆姆潘巴效应”——初始温度更低的物质反而升温更快。

然而正当科学家逐步揭示普通材料中姆潘巴效应机制之际,该现象现身于全新领域:原子的量子世界。

2023 年,Raz 的博士生 Shahaf Aharony Shapira 希望与研究量子计算的丈夫 Yotam Shapira 合作。Raz 建议这对夫妇在激光囚禁的单个离子中寻找姆潘巴效应迹象。令他们惊讶的是,低温离子升温速度反而快于高温离子

——这是逆姆潘巴效应的明确案例。同期,中国另一团队在类似系统中偶然发现常规姆潘巴效应。

与此同时,法国巴黎-萨克雷大学 Sara Murciano 正研究量子系统受扰后磁场重排的数学模型。奇怪的是,初

始磁场不对称性越强,系统局部恢复对称的速度反而越快。她困惑不已,怀疑代码存在漏洞——直到一位访问教授向她介绍了姆潘巴效应。Murciano 与奥地利实验团队合作,将 12 个囚禁离子链的磁自旋倾斜不同角度,计时其恢复原位时间,证实了预测。

2024 年初,3 支团队相继发布预印本,引发对量子姆潘巴效应及其内在关联的广泛关注。

Goold 及其同事现已提出“统御一切的单一框架”,用于描述各类经典与量子姆潘巴效应。他们借鉴量子信息论工具,以系统消耗特定资源的方式描述其演化过程。在每种情况下,达到目标态需消耗更多特定资源(无论是温度涨落还是磁场不对称性)的系统,反而能更快达到目标态。因远离平衡态极远的系统往往遵循不同规则,其特殊构型可使通往平衡态的最慢路径相互抵消,从而异常快速地消耗资源以更快达到平衡。Murciano 评价:“他确实成功将一切纳入同一理论框架。”

Bechhoefer 表示,用统一语言描述这些效应,有助于发现“若无此视角便难以察觉的现象”。此外,通往平衡态的捷径不仅是自

然奇观;若科学家能识别引发姆潘巴效应的初始条件,便可优化各类过程。

物理学家已开始探索姆潘巴效应如何提升冷热调控方案效率。有研究者建议,通过控制成像探针温度,该效应或可改进原子力显微镜;亦可辅助利用水结冰产生压力制备陶瓷材料的技术。在量子领域,该效应或有助于加速量子计算与量子态制备。Murciano 表示:“迄今为止,我们致力于揭示物理本质——为何、是否及何时发生。现在,我们必须将这一规律付诸应用。”

巴西圣卡洛斯物理研究所物理学家 Krissia Zawadzki 表示,实现此目标绝非易事——需绘制系统所有可能演化路径。然而,Zawadzki 认为,新一波姆潘巴革命即将来临。其团队近期通过观察液态氯仿溶液中原子核自旋弛豫过程,发现了另一量子姆潘巴效应。他们证明该效应可被固态制冷机(如为冷却量子计算芯片而设计的制冷机)利用,使其制冷能力提升约 10%。Zawadzki 表示:“原则上我们已知如何达到特殊初始条件。此次演示清晰表明,在现实世界应用姆潘巴效应切实可行。”

Zawadzki 认为,姆潘巴的故事亦蕴含更深层启示:对自然奇观保持基础性好奇,往往能解锁意想不到的深刻洞见,而这些洞见终将转化为实际效益。她表示:“无论是更快冷却冰淇淋,抑或提升量子技术效率,皆是如此。”

(译自《科学》,2026,391(6792))

(科技新闻栏目编辑 黄文光)