

物理学家将 7000 个原子叠加在一起

迄今最大“薛定谔的猫”来了

本报讯 薛定谔的猫似乎又“胖”了。物理学家创造出迄今最大的“叠加态”，这是一种物体同时存在于多个可能位置的量子态。1 月 21 日，相关研究成果发表于《自然》。

奥地利维也纳大学团队将由大约 7000 个直径约 8 纳米的钠金属原子组成的原子团，置于不同位置的叠加态中。这些位置彼此间隔 133 纳米。这些原子团并不是像台球般穿过实验装置，而是呈现出一种波动，向外扩散至空间上相互分离的路径的叠加态，随后发生干涉，形成一种可被研究人员探测的特定图案。

“这是一个非常出色的成果。”德国弗里茨·哈伯研究所物理学家 Sandra Eibenberger-Arias 说，量子理论虽未限制叠加态的最大规模，但日常物体显然不以量子方式运行。这项实验将蛋白质或微小病毒颗粒这样大的物体置于叠加态，有助于回答“量子与经典之间是否存在过渡”这一近哲学性的问题。而研究人员“证明至少对于这种规模的团簇，量子力学依然有效”。

英国布里斯托大学量子物理学家 Giulia Rubino 指出，这项实验具有实际意义。量子计算机最终需要让数百万个对象处于量子态才能执行有效计算。若自然界的系统在达到特定阈值时崩溃，且该阈值又小于构建量子计算机所需的规模，“那将是有问题的”。

物理学家长期以来一直在争论经典的日常世界是如何从底层的量子世界中产生的。论文作者、维也纳大学物理学家 Sebastian Pedalino 说，量子理论“从未表明它在超过特定质量或尺寸时就会失效”。

1935 年，奥地利物理学家薛定谔通过著名的基于猫的思想实验，揭示了量子力学常见解释的荒谬之处。他设想将一只猫、一瓶毒药和一个放射源放在一个密封的盒子里。若放射性原子发生衰变，毒液就会释放出来。当盒子与外界隔绝时，原子处于衰变和未衰变的叠加态；在被观察前，这只猫处于

既死又活的叠加态。

现实世界中，物体最终会因复杂性增加或相互作用增强而无法维持叠加态，这一现象被称为退相干。但量子力学也存在坍缩理论，认为在达到特定临界点后，即使处于隔离状态，一个系统也必然会退化为经典态。在 2025 年《自然》的一项调查中，4% 的研究人员将这些理论选为他们最喜欢的量子力学解释。Rubino 说：“回答此问题的唯一途径是扩大量子实验的规模。”

为此，Pedalino 团队在超高真空中以 77K（-196℃）的温度产生了一束原子团。他们使原子团穿过由 3 个激光光栅组成的干涉仪。首层光栅引导原子团穿过狭缝，使其扩散出来并以波的形式同步传播；随后，原子团通过第二层光栅，使波产生独特干涉图案；最终，这些图案通过末层光栅实现检测。

观测此类宏观量子效应极具挑战性，因为游离气体分子、光线或电场都可能扰乱精细的

量子态，而光栅的微小错位或细微外力都可能使精密的干涉图样变得模糊。Pedalino 表示，团队耗时两年才成功捕捉到这一信号。在此之前，他在地下实验室花费“数千小时”观察了“一条平直的线和噪点”。

该团队实现的叠加态规模是此前纪录的 10 倍。这是依据“宏观性”指标得出的结论，该指标综合考量了质量、量子态持续时间及状态分离程度。但 Rubino 指出，这并不意味着其叠加质量创下历史之最。2023 年，另一团队曾将 16 微克的振动晶体置于叠加态，但距离只有 20 亿分之一纳米。

论文作者、维也纳大学的 Stefan Gerlich 说，进一步扩大规模并不容易。质量更大的粒子具有更短的波长，使得量子预测与经典预测区分开来变得更加困难。不过，Gerlich 说，15 年前，他也曾认为今天的实验是“不可能的”。（文乐乐）

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09917-9>

500 斤古巨袋鼠想跳就跳

本报讯 现生袋鼠的祖先可能重 250 千克。一项研究认为，这些古代巨袋鼠或许具备短距离跳跃能力。这一发现挑战了之前的研究结果，即超过 160 千克的巨袋鼠因体重过大，其脚踝无法承受跳跃的力量。相关研究结果 1 月 23 日发表于《科学报告》。

在这项研究中，英国曼彻斯特大学的 Megan Jones 和同事分析了来自 63 个袋鼠和沙袋鼠物种的 94 个现代标本和 40 个化石标本的后肢，其中包括生活在更新世（11700 万至 260 万年前）的已灭绝巨袋鼠种群平面袋鼠的成员。对于每个物种，他们使用已发表的估重以及第四跖骨，即现代袋鼠用于跳跃的一根细长脚骨的长度和直径数据，测算了这些袋鼠是否能承受跳跃的力量。

研究人员随后比较了巨袋鼠与现代袋鼠物种的跟骨结构。他们估算了多大的跟腱才能承受巨袋鼠跳跃所需的力量，并计算了其跟骨尺寸是否能容纳这种大小的跟腱。研究人员推算，所有巨袋鼠物种的跖骨都足够稳健，足以承受跳跃产生的物理应力，而且它们的跟骨足够大，可以容纳满足跳跃需求的跟腱宽度。

这项研究表明，所有巨袋鼠的后肢强度都足以支撑它们跳跃。不过，研究人员认为巨袋鼠的移动方式不太可能全部是跳跃，因为它们庞大的体形决定了这对长距离迁徙而言非常低效。研究人员指出，当今许多更小的物种中已能见到偶发性跳跃，如跳鼠和更小的有袋类。他们推断，简短快速的跳跃可能曾帮助这些巨袋鼠逃避捕食者，如已灭绝的袋狮。（赵熙熙）

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-29939-7>



图片来源: pixabay

木星两颗卫星“干湿”差异可能源于形成之初

据新华社电 法国国家科学研究中心 1 月 20 日在官网发布公报说，太阳系中火山活动频繁的木卫一呈现出完全干燥、缺乏水冰的特征，其“邻居”木卫二却可能在冰壳之下隐藏着液态水海洋。该机构参与的一项国际研究显示，这种显著差异并非后期演化形成，而是在它们围绕木星形成时的初始阶段就已注定。

长期以来，科研界对木星这两颗卫星“干湿分明”的差异由来主要提出了两种假说。一种假说认为，在这些卫星形成之初，木星附近的极端环境导致木卫一无法留存水冰，使其从诞生之初便处于缺水状态；第二种则认为，木卫一与木卫二在诞生时拥有相近的含水量，但木卫一随后在大气逃逸与表面侵蚀等过程作用下逐渐失去了绝大部分挥发物。

为检验上述假说，法国艾克斯—马赛大学、马赛天体物理实验室和美国西南研究院等机构的研究人员借助先进的数值模型，将卫星内部热演化与大气逃逸机制耦合起来，并纳入年轻木星系统中起主要作用的所有重要热源：吸积、放射性衰变、潮汐和木星的强烈辐射。研究假设两颗卫星在形成之初均吸积了含水硅酸盐。

结果揭示，在几乎所有测试情景中，木卫二都很可能保留其绝大部分挥发物；而木卫一即便在最有利于大气逃逸的条件下，也很难流失大量水分。这表明木卫一极有可能在形成之初就由较为干燥、缺乏水合矿物的物质组成。因此，如今观测到的两颗卫星成分差异，并非后期演化的产物，而是木星卫星形成时的原始环境条件的直接产物。这也不仅挑战了木卫一在晚期丢失水分的假说，还有助于阐明伽利略卫星（木卫一、木卫二、木卫三和木卫四）的诞生条件。

该研究成果最近已发表在美国《天体物理学杂志》上。（罗毓）



座头鲸会合作捕鱼类。

图片来源: Jenn Dickie

生活在加拿大西部峡湾的座头鲸，从迁徙到这里的鲸身上学会了一种捕猎技巧，并在座头鲸中迅速传播开来。这清晰地证明了学习能力可能有助于鲸在食物短缺的环境中生存下去。相关研究 1 月 21 日发表于英国《皇家学会会刊 B 辑》。

气泡网捕食是一种群体捕猎技术。鲸通过喷气泡把鱼群围起来，然后再一起向上冲，将它们吞下去。“考虑到其中涉及的协调和分工，这是一种需要合作才能完成的工作。”英国圣安德鲁斯大学的 Ellen Garland 说。

几十年来，在美国阿拉斯加水域的座头鲸身上一直能观察到这种行为。研究人员最近在加拿大东北太平洋的座头鲸种群中也发现了这种行为。

对研究人员来说，要确定这种复杂行为是通过社会学习传播的，还是由个体独立发现的，并非易事。

为深入了解这一过程，论文作者、圣安德鲁斯大学的 Eadin O’Mahony 和同

科学此刻 ■ 泡泡捕鱼 鲸鲸相传

事分析了 2004 年至 2023 年的野外观测数据，重点研究了生活在加拿大西部基蒂马特峡湾的 526 头鲸。研究团队利用每头鲸独有的尾鳍图案来识别它们。数据显示，有 254 头鲸至少进行了一次气泡网捕食，其中约 90% 的捕食行为是在合作中进行的。这种行为似乎在 2014 年后开始增多，这与东北太平洋地区发生

的一次重大海洋热浪事件的时间相吻合。该热浪导致猎物的数量减少。“随着热浪到来，猎物数量减少了，而鲸改变捕食行为的能力，有助于它们维持每天的能量摄入。”O’Mahony 说。

如果鲸经常与已经使用气泡网捕食的同类互动，它们就更有可能采用这种方式捕食。气泡网捕食可能是由从东北太平洋其他海域迁徙过来的鲸引入该地区的。研究发现，这种行为是通过当地的鲸种群网络传播的，并由稳定的鲸群和有影响力的个体实施。

“我们观察到，从热浪年份开始，该地区原本不参与气泡网捕食的鲸也越来越多这样觅食了。”O’Mahony 说。

研究人员表示，座头鲸通过社会群体传递捕猎技巧的能力可能对它们的生存至关重要，深入了解鲸有助于更好地保护它们。（王钰）

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2409>

托儿所生活重塑婴儿肠道菌群

本报讯 一项 1 月 21 日发表于《自然》的研究发现，婴儿的肠道微生物群有很大一部分来自托儿所的同伴，而且这种情况在入托仅一个月就出现了。

这项研究分析了婴儿入托第一年的肠道菌群变化情况。结果显示，婴儿间传播的微生物数量全年都在增长。入托 4 个月的婴儿已共享了 15% 至 20% 的菌株。“这比他们从出生起从家人身上获得的所有微生物的比例都要高。”论文通讯作者、意大利特伦托大学的 Nicola Segata 表示。

Segata 补充说，婴儿肠道菌群的部分变化与托儿所饮食有关，但研究证实，入托第一年，婴儿间的微生物菌株传播十分普遍。这也说明，这一阶段的社交互动，是构建多样化、健康肠道菌群的关键。

人类在生命最初几年的肠道微生物群如何变化，此前一直未有充分研究。为填补这一空白，Segata 团队选取了 43 名婴儿作为研究对象。研究开始时，婴儿中位年龄为 10 个月。研究人员跟踪记录了这些婴儿在特伦托市入托第一年前后的肠道菌群变化。

研究团队分析了婴儿 10 名托儿所工作人员、39 位母亲、30 位父亲、7 位兄弟姐妹，与 3 只宠物狗和两只宠物猫的相关样本。婴儿入托后，研究人员每周都会采集一次样

本，直至圣诞假期；部分婴儿的样本采集工作一直持续到次年 7 月。

分析显示，婴儿入托仅一个月，彼此间的肠道菌群传播就很广泛，且这种情况在入托一年间持续加剧。研究还发现，如果婴儿有兄弟姐妹，那么他们从后者身上获得的微生物比从父母身上获得的多；这类婴儿的肠道菌群多样性更高，同时从托儿所同伴身上获得的菌株相对较少。

该研究还绘制了个体间的微生物菌种的传播图谱。Segata 举了一个嗜黏蛋白阿克曼氏菌传播的例子：“我们观察到了这样一条传播链，一种菌株从母亲传给婴儿，婴儿在托儿所又将其传给另一个婴儿，而后者又把这种菌株传给了自己的父母。”

“令我感到惊讶的是，母亲也会通过孩子从其他人那里获得细菌。”西班牙农业化学与食品技术研究室的 María Carmen Collado 说。

研究甚至发现了宠物与婴儿交换菌株的迹象。“但这种交换只发生在婴儿与宠物间，在成人身上则没有。这或许是因为婴儿与宠物的互动方式更加‘亲密’。”Segata 说。

不过，对婴儿肠道菌群影响最显著的因素是抗生素的使用。在婴儿出生后第一年使用抗生素会大幅减少肠道菌群中的菌株数量。此后，随着大量新菌株涌入，肠道菌群又迅速恢复了。



图片来源: pixabay

“这是一项非常出色的研究，填补了微生物组传播领域的认知空白。”Collado 评价说，“我相信，这项研究不仅会为微生物组相关研究开辟新方向，还将加深我们对病原体传播机制的理解。”

Segata 表示，或许是饮食与生活方式的结合维持了日后肠道菌群的多样性。考虑到婴儿在入托期间获得的新菌株在一年后依然存在于肠道中，这些菌株很可能会伴随他们进入成年。“或许在 20 年后，人们会发现，自己还得感谢当年托儿所的小伙伴，因为他们在儿时为自己提供了有益的微生物。”（王方）

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09983-z>

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然》

脑边界“清道夫”细胞的发育存在趋同进化

澳大利亚彼得·麦卡勒姆癌症中心的 Benjamin M. Hogan 团队认为脑边界“清道夫”细胞发育存在趋同进化。相关研究成果近日发表于《自然》。

脊椎动物的中枢神经系统受血脑屏障和脑膜保护，这确保了免疫特权。在哺乳动物大脑中，小胶质细胞和屏障相关或边界相关巨噬细胞（BAM）像清道夫，提供了免疫监视和清除废物的功能，但进化如何塑造免疫细胞的多样性和功能尚不清楚。在斑马鱼中，血管来源的壁淋巴内皮细胞（muLEC）谱系在中枢神经系统边界履行着“清道夫”的细胞功能。

研究人员发现转录因子 *osr2* 是 muLEC 分化和维持的特定标志物和调节因子。*osr2* 部分通过控制钙黏蛋白-6 来控制 muLEC 从相互连接的内皮细胞向单个清除细胞转变。与其他哺乳动物脑膜细胞相比，muLEC 在转录上与 BAM 更相似，并且在组织稳态中具有几种相同的功能。

然而，斑马鱼、小鼠、人类的 muLEC 中不存在 BAM。对不同脊椎动物物种的 *osr2*、淋巴内皮细胞（LEC）和 BAM 标志物的分析表明，muLEC 是一个古老的谱系，而 BAM 是哺乳动物最近的特化。muLEC 和 BAM 在功能上有相似之处，但不同源，这是趋同进化的一个例子。这突出了脑膜“清道夫”细胞的生理重要性及其在进化过程中产生特化细胞类型的发育可塑性。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-10003-3>

《科学》

活动星系核射流驱动盘状星系气体流出

美国加利福尼亚大学欧文分校的 Justin A. Kader 团队发现，活动星系核射流能够驱动盘状星系气体流出。相关研究成果近日发表于《科学》。

重现星系特性的宇宙学模拟表明，大质量星系需要经历来自活动星系核的反馈作用。这种反馈作用可以调节星系内部恒星形成。然而，这些反馈过程的能量和时间尺度目前尚不确定。

大质量星系中心有一个超大质量黑洞，并从中射出低功率喷流。研究人员发现，该喷流会发生进动，周期为 $(8.2 \pm 5.5) \times 10^5$ 年，并以每年 19.4 ± 7.9 个太阳质量的速率驱动气体外流。喷流冲击气体，产生高度电离的等离子体，其范围延伸至距离星系核数千秒差距之外，这足以将大量物质从星系中喷射出去，从而影响恒星形成率。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adp8989>

《自然—地球科学》

火灾排放 缓解亚马孙丛林营养限制

比利时安特卫普大学的 Adria Descals 团队发现，火灾排放可缓解亚马孙丛林的营养限制。相关研究成果近日发表于《自然—地球科学》。

森林砍伐和稀树草原火灾产生的排放物可以远距离输送，并为磷元素受限的完整热带丛林提供营养沉积。然而，这种沉积的规模及其对碳汇的影响仍然存在不确定性。

研究人员利用基于卫星和模型的地理空间数据集，并结合特征重要性分析，量化了火灾产生的养分输入对亚马孙丛林生产力的影响。大气传输模型表明，源自南部森林砍伐带的烟羽将气溶胶输送到亚马孙盆地，从而在亚马孙丛林中形成了从南到东北的磷沉积梯度。这种磷沉积梯度与叶绿素荧光的空间分布模式相吻合，而太阳诱导叶绿素荧光是总初级生产力的一个指标。研究团队发现，长期磷沉积是总初级生产力的最强预测因子，解释了总空间变异的 22.5%。

研究结果表明，火灾产生的沉积物可以缓解未受干扰的热带森林中长期存在的养分限制，并影响生产力的空间分布模式。这种养分施肥作用部分抵消了森林砍伐和火灾造成的碳损失，对全球碳预算具有重要意义。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41561-025-01899-7>

《细胞—干细胞》

新方法促进人视网膜类器官细胞存活和功能成熟

德国波恩大学的 Volker Busskamp 团队利用新方法促进了人视网膜类器官细胞的存活和功能成熟。相关研究成果近日发表于《细胞—干细胞》。

视网膜类器官被广泛用于人类视网膜发育和疾病研究，但由于缺乏血管网络和稳定的轴突投射，会导致视网膜神经节细胞退化和功能丧失，从而限制其应用。

为此，研究团队引入了干细胞衍生的内皮细胞来诱导形成短暂的血管样网络，并使用微流控装置稳定轴突生长。由此产生的类器官缺氧程度降低、体积增大、细胞凋亡减少，表明视网膜神经节细胞的存活和成熟度得到促进。与微流控微电极阵列的结合实现了对自发和光遗传学诱导活动的稳定记录，这些活动持续时间超过了对照组类器官功能丧失的时间。

在后期阶段，这些短暂血管化的类器官表现出光感受器驱动的 ON、OFF 和 ON-OFF 光反应，表明存在电路水平的视网膜活动。这个生物工程平台建立了一个长期、功能性的人类视网膜模型，为视网膜研究和治疗创新提供了一个变革性工具。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.stem.2025.12.013>

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