

历经数十年，“核时钟”正越来越接近

本报讯 物理学家正日益接近创造出人们期待已久的“核时钟”。这种设备通过测量原子核内的能级跃迁来计时，有望成为地球上最精准的时钟。在近日举行的美国物理学会(APS)全球物理峰会上，研究人员汇报了核时钟的最新进展。

几十年前，科学家预测钷-229同位素可用于这样的时钟，但当时无法确定其特殊的核能转换特征。2024年，他们借助激光实现了这一点，由此开启了核时钟研发的倒计时。

“这种时钟比人们想象的要近得多。”正在参与研发的美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的Eric Hudson表示，“我确信，2026年大家就能看到核时钟的测量结果。”

据《自然》报道，来自中国、欧洲、日本和美国的十多个研究团队正在为此而努力，包括研制具有放射性的钷-229源，以及用于激发能级跃迁的连续波紫外激光器。

出席峰会的加利福尼亚大学伯克利分校量子科学项目执行主任Claire Cramer对固态核时钟的潜力表示乐观：“这确实是一项极具商业应用前景的技术。”

核时钟能够抵御噪声干扰，且设计紧凑，便于在实验室外使用。它甚至可能超越光学原子钟的精度——作为目前精度最高的计时器，光学原子钟每400亿年才会产生1秒误差。

无论怀表还是物理实验室中的计时设备，计时的核心都是对快速且有规律的事件进行计算。在光学原子钟中，这些事件表现为原子中的电子在基态与激发态之间的跃迁。波长在350至750纳米范围内的激光，即电磁波谱中的可见光或光学部分，会激发这一转变，实现每秒“滴答”数万亿次。

相比之下，核时钟会计算钷-229在不同核能级之间的跃迁。这些能级具有相同数量的质子和中子，但能量不同，这取决于原子核内被压缩在一起的方式。

半个世纪以来，钷-229跃迁的精确能量一直不确定。几年前，几个独立研究小组开始接近问题的答案。2024年，现任职于美国加州理工学院的物理学家张传坤和美国天体物理联合实验室的物理学家叶军团队利用频率梳——一种拥有约3000万个频率、可同时作用于晶体的激光器，以超高精度确定了这种跃迁。然而，要在一个实际运行的核时钟中获取它，科学家还需要一台波长约148纳米的强大且稳定的连续波紫外激光器。

清华大学的一个研究小组在构建这种激光器方面取得了显著进展。上个月，该团队在《自然》发表论文称，已在148.4纳米波长下实现了100纳瓦的输出功率。《自然》的报道指出，在APS会议上，一些与会者对该激光器的

长期前景表示怀疑，因为它需要将有毒的镭蒸气加热到550摄氏度。

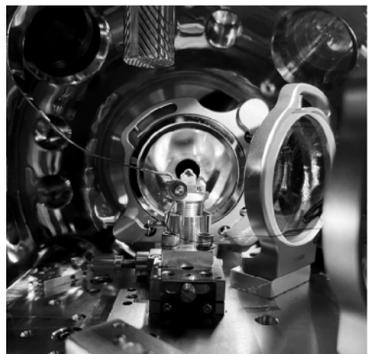
还有一种方法是利用特殊晶体将激光的波长转换为148纳米。叶军表示，使用某种特定晶体进行的初步测试已获得了近40微瓦的稳定功率，但未透露该材料的具体名称。

研究人员正在追寻的另一种核时钟关键组件是稳定的钷-229源。目前有两种通用的解决方案：将数万亿个钷-229离子置于固体晶体中，或仅在离子阱中使用少量钷-229离子。

由于使用了大量钷-229离子，晶体方案能提供更强的时钟信号，但其稳定性受到限制。稳定的核时钟要求核跃迁具有窄线宽，也就是说，其信号必须具有较窄的频率范围。利用掺入钷-229离子的氟化钙晶体，叶军团队目前已获得线宽约为30千赫兹的信号，但这对稳定的核时钟而言还是太宽了。

目前尚不清楚导致线宽过大的原因，但与会研究人员怀疑这是氟化钙中的杂质所致。一些人正在研究其他类型的晶体，包括更易制备且杂质更少的晶体薄膜。Hudson尤为看好四氟化钷以及氧化钷。

即便如此，使用晶体作为钷-229的来源可能仍无法达到足够的准确性，因为晶体会自然扩大信号的线宽。这就是研究人员探索离子阱技术的原因——在离子阱中，钷-229离子会被



研究人员正致力于建造世界上第一台核时钟。这是一张真空腔内部的图像，装有掺入钷-229同位素的晶体，可被激光激发。

图片来源：美国科罗拉多大学

冷却并悬浮在低至微开尔文的超低温环境中。

“如果想要实现真正的高精度，那就得做‘离子阱’实验。”叶军说。迄今还没有人成功实现钷-229的离子阱实验，但与人员表示，这只是时间问题。

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

【科学】

瑞典原生林的碳储量高于次生林

瑞典隆德大学的Anders Ahlstrom团队发现，瑞典原生林的碳储量高于次生林。相关研究成果近日发表于《科学》。

北方森林在全球陆地碳储量和碳吸收中占据重要地位，但它们正迅速转变为受人管理的次生林。这种转变对生态系统碳储存的影响缺乏准确的量化评估。

研究团队基于瑞典原始林碳储量的大规模测绘和实地清查数据，并结合多种方法证实：原始林在植被、枯死木、土壤及采伐木制品中的碳储量总和比人工次生林高约72%。在上述各项碳库中，土壤不仅是最大的碳储存库，也是这两种森林类型之间碳储量差异最为显著的部分。原始林与人工次生林的总碳储量差异是此前估算值的2.7至8.0倍。这一结果对森林管理在过去及未来对大气二氧化碳浓度影响的既有认知提出了挑战。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.adz8554>

人类与其他动物有相同的声音偏好

美国耶鲁大学的Samuel A. Mehr团队发现，人类与其他动物有相同的声音偏好。相关研究成果近日发表于《科学》。

许多动物会发出求偶鸣声，而接收者往往对某些鸣声表现出偏好。共同的祖先和趋同的进化机制，可能会在物种之间产生相似偏好，这是达尔文猜想的基础，即一些动物“对美的品味几乎和该研究团队一样”。研究表明，人类与一系列动物有着共同的声音偏好，人类偏好的强度与动物偏好的强度呈正相关；当人类的偏好与动物一致时，人类的反应速度显著加快。

此外，研究团队发现，人类与动物在偏好上的一致性主要体现在对“修饰性”“祖源性”及“低频”声音的偏爱。值得关注的是，人类自身的音乐聆听经历也与这些偏好存在关联。这些结果与理论一致，认为加工中的偏见塑造了审美偏好，并证实了达尔文关于自然美学守恒的百年预期。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.aea1202>

【自然-光子学】

连续变光子量子库计算中的实验存储器控制

法国索邦大学的Valentina Parigi团队研究了连续变光子量子库计算中的实验存储器控制。相关研究成果近日发表于《自然-光子学》。

预测复杂过程需要从时序数据中进行高效学习。量子计算平台能够以最小训练成本实现此类学习。量子计算平台(QQC)将该框架拓展至量子领域，为针对时序任务的在线量子增强机器学习提供了广阔前景。与经典情形类似，光子量子系统实现原生记忆功能，仍是一项重大挑战。

研究团队展示了一种基于确定性制备的多模压缩态的光子QQC平台。该平台在连续变量框架下，利用光谱与时域复用技术，具备可控的衰减记忆特性；通过光学参量过程中的可编程泵浦相位整形实现数据编码，并采用模式选择零差探测进行信息读取；通过电光调制反馈实现实时记忆，并通过空间复用增强表达力。该架构能够执行非线性时序任务，包括不同延迟下的奇偶校验和混沌信号预测。所有结果均得到高保真度“数字孪生”模型的支持。通过纠缠多模结构增强表达力与记忆容量，为量子增强信息处理建立了可扩展的连续变量光子平台。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41566-026-01880-9>

【地质学】

远距离侧堤的扩展与中性浮力水平无关

英国牛津大学的Martino Foschi团队研究指出，远距离侧堤的扩展与中性浮力水平(LNB)无关。相关研究成果近日发表于《地质学》。

岩脉的侧向扩展是岩浆输运系统中的一个基本过程，也是大洋中脊和大型火成岩省地壳构建的关键机制。经典模型将岩脉侧向移动的倾向归因于LNB，即岩浆密度与围岩密度相等的深度，垂向上升在此受阻，迫使岩浆转为侧向传播。

这一概念虽能解释浅部岩脉系统的诸多观测现象，但其对远程岩脉群的适用性仍存争议。英国“马尔岩脉群”为此提供了一个关键的检验案例。该岩脉群自马尔岛源区向外延伸逾600公里，其特征表现为有端尖端线始终维持在浅层深度，近地表处伴有岩脉喷发，且沿其延伸路径未发现任何喷发迹象。基于伴生岩床复合体的压力重建表明，在岩脉群延伸的前150公里范围内，岩浆压力足以引发地表喷发，但岩浆却依然持续进行侧向扩展。此外，根据理论计算所得LNB深度与观测侵入体几何形态存在明显偏差。这些偏差揭示LNB概念既非远程横向岩脉传播的必要条件也非充分条件。

研究团队认为，地球及其他行星的横向岩脉侵入，应当将其置于“高长宽比水力裂隙物理学”的框架下重新审视，而非单纯归因于浮力驱动下的垂直上升作用。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1130/G54125.1>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：

<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>

干旱加剧抗生素耐药性

本报讯 一项研究显示，干旱可能会增加土壤中天然抗生素的浓度，促进耐抗生素微生物生长。根据116个国家的临床数据，研究人员还报告了干旱程度和医院中抗生素耐药性平均发生率之间的关联，提出了气候变化对公共健康影响的另一种途径。相关论文3月24日发表于《自然-微生物学》。

土壤是自然抗生素化合物的丰富来源，许多土壤微生物演化出了抵御这些物质的生存机制。但人们还不清楚气候变化导致的持久干旱，如何影响产生抗生素和耐抗生素的土壤微生物，也不清楚这对人类健康是否有影响。

在这项研究中，美国加州理工学院的Dianne Newman和同事研究了干旱如何影响土壤中抗生素的动态变化。他们整合了此前研究的5组宏基因组数据集，包括来自美国加利福尼亚州的耕地和草地土壤、瑞士瓦莱州森林的土壤，以及中国南昌湿地的土壤。

研究人员评估了微生物产抗生素和耐抗生素的基因数量是如何基于土壤的干燥程度而变化的。他们发现，在5个数据集中，干旱条件下，产抗生素基因的丰度显著增加，包括β-内酰胺类抗生素(如青霉素)和大环内酯类抗生素。在使用代表性土壤样本进行的实验中，在干旱条件下，抗生素水平更为集中，部分对抗生素敏感的微生物菌株相对适应度下降了99%。然而，耐抗生素细菌(包括革兰氏阴性菌株)的相对适应度并未降低。

将116个国家的医院抗生素耐药性数据与当地年降水量和平均气温作比较后，研究人员发现，气候更干旱与临床分离株中抗生素耐药性平均发生率更高密切相关。研究人员提出，尽管还需要进一步研究确认因果关系，但这些发现表明，气候变化导致的土壤干旱加剧，可能增加了抗生素耐药性带来的风险。(赵熙熙)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41564-026-02274-x>

地球气候处于有记录以来失衡最严重状态

据新华社电 世界气象组织3月23日发布报告说，由于温室气体排放导致大气和海洋持续变暖以及冰层融化，地球气候正处于有观测记录以来失衡最严重的状态。这些快速且大规模的变化发生在短短几十年内，但其有害影响将持续数十年乃至数百年。

3月23日是世界气象日，今年的主题是“测今日气象，护明日家园”。世界气象组织当天发布《2025年全球气候状况》报告，分析了温室气体浓度、地表温度、海洋热含量和酸化水平、极地海冰面积等多项关键气候指标。

报告确认，2015年至2025年是有记录以来最热的11年，而2025年是有记录以来最热的3个年份之一。全球范围内的极端天气事件，包括酷暑、强降雨和热带气旋等，造成了破坏和灾难，并凸显了经济和社会的脆弱性。

报告说，全球变暖产生的多余热量绝大部分被储存在海洋中，海洋发挥了抵消陆地升温的重要缓冲作用。2025年海洋热含量创下新高。过去20年间，海洋变暖速度是1960年至2005年期间的两倍以上。

报告还显示，2025年北半球平均海冰面积处于或接近于有记录以来最低水平，南半球平均海冰面积为有记录以来第三低，仅高于2023年和2024年。

全球气候状况年度报告首次将地球能量平衡状况列为关键气候指标。地球能量平衡状况衡量的是能量进出地球系统的速率。在气候稳定情况下，每年来自太阳辐射的能量与从地球逸出的能量大致相等，然而温室气体浓度不断上升打破了这种平衡。自1960年有观测记录以来，地球能量失衡持续加剧，尤其是过去20年，这种状况进一步加剧。2025年，地球能量失衡程度创下历史新高。

世界气象组织在当天发布的公报中援引联合国秘书长古特雷斯的话说，全球气候状况已处于紧急状态，地球正被推向极限。每一项关键气候指标都亮起了红灯。(王露)



在电影《挽救计划》中，一位科学家在深空中独自醒来。

图片来源：Amazon MGM Studios/Landmark Media/Alamy

科学此刻

全球热映电影 构建科学新世界

正在全球上映的电影《挽救计划》拥有近年来最酷的开场戏之一：一名男子在太空中醒来，神志不清，记忆模糊。他是一位科学家宇航员，正搭乘飞船驶向太阳系外的一颗恒星。如今他孤身一人开启了星际之旅。

据《自然》报道，这一扣人心弦的科幻电影改编自2021年出版的Andy Weir的同名小说。Weir的成名作是2011年出版的小说《火星救援》。该书也被改编成电影，讲述了主人公通过种植土豆，在火星上奇迹般存活下来的故事。

Weir的书充满了大量科学原理。他甚至进行轨道力学和恒星天体物理学的精密计算，以确保故事在虚构的同时尽可能贴近现实。美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的天文学家Andy Howell表示，正是这种全力以赴的“极客”精神，为Weir赢得了无数拥趸。Howell曾作为科学顾问，为《挽救计划》提供科学指导。他说：“我曾与许多科学家交流过，他们都称‘这简直太棒了’。”除了科学家、工程师、物理系学生以及其他读者也对Weir的作品十分推崇。

《挽救计划》讲述了科学家Ryland Grace为了探究太阳为何正在消亡而踏上

星际之旅的故事。正如《火星救援》的主角一样，他必须汲取分子生物学、中微子物理学等不同领域的科学知识，才能化解遭遇的危机。

以噬星体为例，这种虚构的太空微生物串联了大部分的故事情节。Weir将其构想为一种“暗物质”，能够吸收大量的恒星辐射，然后再将这些能量释放出来，实现星际旅行。尽管噬星体在现实世界中并不存在，但Weir在行文中确保了其生物学和化学特性在银河系中具有存在的合理性。

在影片中，Grace致力于探究噬星体的本质，并思考它是否符合科学家对地外生

命的既有认知。这一情节令人想起了如何识别地外生命特征的种种争论，例如，行星大气层中可能由生物体产生的气体。

影片中的天文学家发现太阳正在变暗。这一现象同样有现实依据。2019年，天文爱好者观测到红巨星“参宿四”发生了神秘的变暗现象。幸运的是，这是由该恒星喷发的尘埃导致的，而非噬星体入侵的结果。在Howell的建议下，《挽救计划》通过这一情节向这些常年监测恒星亮度波动的天文爱好者表达了敬意。

Howell认为，这个故事最终将激励新一代科学家，或者那些对科学感兴趣的人。这在很大程度上是因为Grace善于运用科学知识，以创新性且高效的方式解决难题。“看到那些具备科学思维的角色被塑造成有血有肉、风趣幽默的鲜活人物，真是一种耳目一新的体验。”Howell说。

对于物理学家、美国迪吉理工大学副校长Charles Duba而言，这部影片生动展现了一位科学家在面对难题时所流露出的幽默感与坚韧精神，他不厌其烦地反复尝试，直至最终攻克难关。“我真欣赏Weir对这一过程所怀有的那份热爱。”Duba说。(王铄)

科学家绘制猫癌症基因组图谱

本报讯 科学家首次大规模绘制了猫的癌症基因组图谱，发现其与人类癌症存在大量相似之处。这项近日发表于《科学》的研究，为开发适用于人和动物的癌症疗法提供了重要线索。

研究人员对5个国家近500只宠物猫的肿瘤进行了分析，鉴定出导致猫患癌的关键基因变异，并发现许多变异与人类癌症的基因变异非常相似。

猫通常与主人共享生活环境，这意味着它们会接触到相似的癌症风险因素。该研究对原本用于兽医诊断的组织样本进行了DNA测序，显示猫癌症的许多遗传模式与人类相似，其中最典型的就是猫乳腺癌与人类乳腺癌之间的相似性。

猫是很常见的宠物，仅英国就有1000多万只，近1/4的家庭至少养了一只猫。癌症也是猫死亡的主要原因之一，但其遗传机制却知之甚少。这项研究首次大规模分析猫肿瘤，并构建了一个开放资源，为科研人员研究猫癌症基因组学提供了支撑。

研究团队筛选了约1000个已知与人类癌症相关的基因，比较了13种不同类型猫癌症的肿瘤组织和健康组织样本，从而得以与人类、犬类癌症进行直接对比。在许多情况下，驱动猫患癌的基因与人类的致病基因非常相似。

研究人员鉴定出了7个与肿瘤发生相关的驱动基因，其中最常见的是FBXW7。它在超过50%的猫乳腺癌样本中发生了变异。在人类中，乳腺癌的FBXW7基因突变与较差的预后相关，这与猫的情况相似。

研究还发现，某些化疗药物对携带FBXW7基因突变的猫肿瘤样本疗效更佳。尽管仍需进一步测试，但这对猫乳腺癌和人类乳腺癌提供了一种潜在的治疗策略。

另一个PIK3CA基因在47%的猫乳腺癌肿瘤中存在突变。该突变在人类乳腺癌中也十分常见，目前已有专门的PI3K抑制剂靶向药物。

除乳腺癌外，研究人员还发现影响猫的血液、骨骼、肺、皮肤、胃肠道和中枢神经系统

的癌症突变也与人类相似。这些共同的基因特征，为跨物种癌症研究提供了契机，也有望研发出对人和猫都有益的抗癌疗法。

论文第一作者、英国威康桑格研究所的Bailey Francis表示：“通过对不同物种的癌症基因组，我们能更深入地了解癌症的诱因。我们的一项重要发现是，猫癌症的基因变异与人类、犬类的一些变异相似。这一发现既能对兽医领域的专家提供参考，也为研究人类癌症带来了启发，表明不同物种间的知识和数据能够互通，让大家都能从中受益。”

论文作者、威康桑格研究所的Louise Van Der Weyden说：“这是猫肿瘤学领域迄今最大的进展之一，意味着家猫肿瘤的遗传学机制不再是一个‘黑匣子’。如今，我们可以精准迈出下一步，跟上犬类癌症诊断与治疗的发展步伐，最终为人类癌症研究提供参考。”(李木子)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.ady6651>