

《物理世界》揭晓2024年度十大科学突破

中国两项科研成果上榜

今日视点

◎ 本报记者 张梦然

世界知名的学术期刊《物理世界》2024年度十大科学突破于12月12日揭晓。中国两项科研成果入选：自带“开关”的半导体石墨烯，以及从月球背面返回的第一批样本。

《物理世界》编辑团队回顾了今年以来报道过的所有科学发现，并挑选出他们认为最重要的10项。这些突破必须满足以下标准：知识或理解上的重大进步、对科学进步和/或实际应用开发的重要性，以及受到读者普遍关注。这十大突破如下。

吸光染料将皮肤变成“透明窗”

皮肤是一种散射介质，是不透明的。但美国得克萨斯大学达拉斯分校与斯坦福大学的联合团队，在活体小鼠头部和腹部皮肤上涂抹水与柠檬黄的混合液，让这些区域变得透明。该过程在动物试验中可逆，有望在广泛的医学诊断中发挥重要作用。

激光冷却正电子

欧洲核子研究中心(CERN)与日本东京大学团队成功演示了正电子的激光冷却技术。通过将正电子冷却至低温，团队不仅能够更精确地研究这些反粒

子，还能显著提高反氦(由正电子和反质子组成的反原子)的产量，预计可增加一到两个数量级。这一成就也标志着在理解和研究反物质领域的一个重要进展。

肺细胞建模用于个性化放疗

放射疗法是肺癌治疗的一种有效手段，但其对健康组织有潜在损害。英国、德国及美国科学家组成的联合团队开发了一个计算模型，在纳米尺度上模拟了肺泡接受辐射的过程。该模型能够依据传递给每个细胞的辐射剂量及其分布情况，预测细胞的存活或死亡，并评估从数小时到数年时间段内辐射损伤的程度。该模型将优化肺癌的放射治疗方案。

半导体石墨烯自带“开关”

中国天津大学与美国佐治亚理工学院团队，攻克了长期以来阻碍石墨烯电子学发展的关键技术难题：通过对外延石墨烯生长过程的精确调控，成功在石墨烯中引入了带隙，创造了一种新型稳定的半导体石墨烯。同样在今年，英国曼彻斯特大学团队利用石墨烯能够同时传导质子和电子的特性开发了新型器件，其中质子电流被用来执行逻辑操作，而电子电流则用于编码部分内存。这些成果被认为是开启石墨烯芯片制造领域大门的重要里程碑。

单个原子核衰变探测

美国耶鲁大学团队开发了一种技

术，通过将放射性铅-212原子嵌入微米尺寸的二氧化硅球中，测量这些原子核衰变时从球体逸出所产生的反冲，以此来检测单个氦核的衰变。这项技术提供的高灵敏度，也使中微子的检测成为可能。

两种不同原子核描述首次统一

美国麻省理工学院、德国明斯特大学等国际研究团队，首次成功统一了两种不同的原子核描述方式。他们将粒子物理学中关于原子核由夸克和胶子构成的观点，与传统核物理学中将原子核视为相互作用的质子和中子集合的观点结合起来。这标志着人们对于原子核结构及强相互作用的理解取得了重要进展。

小型低成本钛蓝宝石激光器

美国斯坦福大学团队开发了一种紧凑的单晶钛蓝宝石-绝缘体的光学器件。该激光器只需一个简单的绿色LED作为泵浦源，成本和占地面积降低了3个数量级，功耗降低了两个数量级，且能够调整激光的波长。未来人们有望将钛蓝宝石激光器从大型实验室设备转变为便携式、低成本的工具。

量子纠错能力向实用化迈进

来自美国哈佛大学、麻省理工学院和QuEra计算公司的团队，以及谷歌量

子AI团队，分别展示了有效的量子纠错技术。前者在一个拥有48个逻辑量子比特的原子处理器上进行演示；而后者则在超导芯片中实现了低于表面码阈值的量子纠错。为了使量子计算机能够成为实用的问题解决工具，有效地纠错至关重要。这两个团队通过使用截然不同的系统展示他们的量子纠错方法，意味着量子计算机向实用化迈出了重要一步。

利用纠缠光子编码和增强图像

两个国际研究团队展示了量子技术在光学领域的潜力。法国索邦大学的研究人员开发了一种使用量子纠缠将图像编码进一束光的方法。在另一项合作研究中，索邦大学与英国格拉斯哥大学科学家联手，探索了如何利用纠缠光子来提升自适应光学成像的质量。这些成果推动高精度成像技术的进步。

月球背面首批样本返回

2024年6月25日，中国嫦娥六号月球探测器首次完成人类从月球背面采样的壮举，携带1935.3克样品返回地球。11月15日，中国科学家采用嫦娥六号月球样品做出的首批两项独立研究成果，同时刊登在国际学术期刊《自然》与《科学》杂志上。两项研究首次揭示月球背面约28亿年前仍存在年轻的岩浆活动，填补了月球玄武岩样品在该时期的记录空白。



常见的黄色食用染料柠檬黄溶液。图片来源：美国得克萨斯大学达拉斯分校



生长在碳化硅衬底上的石墨烯器件。图片来源：美国佐治亚理工学院中国天津大学



新10nm芯片。图片来源：谷歌量子AI公司



科学家呼吁全球携手创建AI虚拟细胞

科技日报讯(记者张佳欣)美国斯坦福大学、基因泰克制药公司和陈-扎克伯格基金会的科学家团队在发表于最新一期《细胞》杂志的论文中指出，鉴于人工智能(AI)的最新进展，以及关于人类生物学的大规模实验数据已达到关键量级，科学界迎来了一个“前所未有的机遇”，可以利用AI来创建虚拟人类细胞。这种细胞将能够代表和模拟人类生物分子、细胞乃至最终组织和器官的精确行为。

这种合成细胞模型将使人们更深入地理解健康人类细胞工作中化学、电

学、力学，以及其他力量和过程的复杂相互作用，并揭示导致细胞功能障碍或死亡的疾病的根本原因。

论文称，也许更令人期待的是，AI虚拟细胞还将使科学家能够在计算机上进行实验，而无需在活体细胞和生物体上进行实验。这种能力将拓展人类对人体生物学的认知，加速新药研发和新疗法出现。

借助AI虚拟细胞，癌症生物学家可以模拟某些突变如何将健康细胞转变为恶性细胞，微生物学家能够预测病毒对

感染细胞乃至宿主身体的影响，医生能在患者的“数字孪生体”上测试治疗方法，从而加速实现人们期待已久的更快速、更经济、更安全的个性化医疗目标。

然而，论文表示，要想获得成功，AI虚拟细胞需要实现3个目标：首先，它必须使研究人员能够创建跨物种和细胞类型的通用表征；其次，它必须准确预测细胞功能、行为和动态，并理解细胞机制；最后，AI虚拟细胞还要能在计算机上进行实验，以检验假设并指导数据收集，从而以远低于当前的成本和速

度扩展虚拟细胞的能力。论文认为，AI在科学界开创了一个拥有可预测、可生成、可查询工具的时代。但实现AI虚拟细胞绝非易事，需要遗传学、蛋白质组学、医学成像等领域的全球开放科学合作。

该论文提议，全球学术界、工业界和非营利组织等全球利益相关方之间密切合作，共同创建世界首个AI虚拟细胞。但论文也警告称，进行任何有关AI虚拟细胞的工作都有一个前提，即所得模型将不受限制地向整个科学界开放。

帕克探测器将以最近距离“访问”太阳

科技日报讯(记者刘霞)据英国《新科学家》网站12月11日报道，预计12月24日，美国国家航空航天局(NASA)的帕克太阳探测器将成为迄今距离太阳最近的人造物体，对太阳开展最精确探测，以揭示笼罩太阳的“神秘面纱”。

10日，美国约翰斯·霍普金斯大学科学家在美国地球物理联合会会议上宣布了上述消息，并表示他们为此已

等待了近60年。

预计格林尼治标准时间12月24日上午11点40分左右，帕克太阳探测器将到达距离太阳最近的位置。自2018年发射以来，这个探测器已经21次接近太阳，但此次将是最近的一次，距离太阳仅620万公里。该探测器在太阳大气中的停留时间也将超过以往，11厘米厚的碳复合盾将保护

探测器免受近1000℃高温的伤害。

科学家们表示，帕克太阳探测器此次对于太阳的“访问”将使其以前所未有的细节探测太阳活动，包括直接检测太阳的磁波，从而进一步揭开太阳表面的日冕温度高于太阳内部温度之谜。此外，将此次近距离观测获得的结果与从更远方观测太阳的其他探测器(如国际空间站上的仪器)提

供的数据相结合，有助于揭示更多关于太阳的秘密。

这次探访活动正值太阳活动最活跃时期，太阳黑子、太阳风和太阳风暴异常活跃，这将为科学家研究太阳周期提供宝贵资料。12月24日之后，帕克太阳探测器将以每秒191公里的速度飞行，经过几天时间远离太阳的干扰辐射，然后开始将数据传回地球。

科技日报北京12月15日电(记者刘霞)据欧洲核子研究中心(CERN,简称“欧核中心”)官网近日报道，该机构大型离子对撞机实验(ALICE)合作组科学家宣布，在大型强子对撞机(LHC)上探测到了超氦-4的反物质反超氦-4的首个证据。这也是LHC迄今探测到的最重反物质超核的首个证据。该成果为科学家进一步揭示宇宙中正反物质不对称之谜提供了新线索。

LHC上进行的重离子对撞实验，可创造出宇宙大爆炸后百万分之一秒时宇宙的“模样”。那时，宇宙中充满了夸克-胶子等离子体。除了帮助科学家了解宇宙起源外，这些实验还会创造出新的原子核、超核以及它们对应的反物质。

夸克是科学家认为不能再分割的一种基本粒子。超核由质子、中子和超子形成。超子是包含一个或多个夸克的不稳定粒子。70多年前，科学家首次在宇宙射线中发现超核。自然界中存在的超核“风毛麟角”。

今年早些时候，螺旋径迹探测器(STAR)合作组科学家报告称，他们在位于美国布鲁克海文国家实验室的相对论重离子对撞机(RHIC)上，探测到了反超氦-4。它由一个反质子、两个反中子和一个反Lambda粒子(Λ ，由一个上夸克、一个下夸克和一个奇异夸克组成)组成。

在最新研究中，ALICE合作组更进一步，观测到了反超氦-4的首个证据。反超氦-4由两个反质子、一个反中子以及一个反Lambda粒子组成。

最新结果基于ALICE合作组于2018年收集的铅-铅碰撞数据。借助一种优于传统超核搜索技术的机器学习方法，科学家们研究了超氦-4、超氦-4及其反物质的信号数据。研究团队通过搜寻正反超氦-4衰变产生的正反氦-3核、正反质子，以及带电 π 介子，回溯了其候选者。

最新结果的统计显著性仅为3.5倍标准差，尚未达到宣称某项研究为“发现”所需的5倍标准差，研究团队计划开展进一步搜索。

作为宇宙中极为神秘的存在，反物质一直是粒子物理学家探索的焦点。然而，反物质看不见、摸不着，怎么去研究？大型粒子对撞机正是深入认识它们的重要工具。在高性能物理实验中，科学家通过精确控制粒子对撞机的参数，“碰撞”出特定种类的反物质粒子，并进一步研究它们的各种特性。尽管通过这种方式捕捉的反物质粒子极其微量，然而其在提升人类对宇宙的认知方面，却有望带来飞跃性进展。

神经仿生导航系统更精准更节能

科技日报讯(记者刘霞)受动物大脑处理信息方式的启发，澳大利亚昆士兰科技大学团队基于尖峰神经网络开发一种新型导航系统，有助构建出更智能的机器人。相关论文发表于最新一期《IEEE机器人学报》。

机器人在复杂现实环境中导航的能力仍然差强人意。此外，机器人通常需要依赖能耗大、计算要求高的人工智能系统进行训练，这无疑限制了它们的广泛应用。

尖峰神经网络是一种生物启发型的人工神经网络，设计灵感源于生物神经系统内神经元的工作方式。这种网络特别适合与神经形态硬件协同工作，可快速处理信息并显著降低能耗。

在新研制的导航系统内，这些尖

峰神经网络如同一个个模块，彼此并不独立，而是集成为一个整体，协同工作。它们利用视觉输入信息来识别位置，从而完成导航任务。

这一模块化的方法具有诸多优势，比如增强了系统在不同光照、天气等条件下，识别出同一地点的能力。此外，新系统还通过图像序列而非单个图像，将位置识别准确率提高了41%。

团队在低功耗机器人身上对该导航系统进行了测试。结果显示，尖峰神经网络可显著降低计算成本。

团队表示，这一成果为在供电受限环境下工作的自主机器人提供了更高效、更可靠的导航系统。未来有望在太空探索和抢险救灾等领域发挥重要作用。

植入式传感器可持续监测炎症水平

科技日报讯(记者张佳欣)受大自然启发，美国西北大学生物工程师团队开发出一种植入皮下的传感器，可实时跟踪活体动物蛋白质水平的波动，测量炎症标志物的变化。相关论文发表在《科学》杂志上，标志着医学检测领域的一个重要里程碑。

为了检测生物液体中的蛋白质，科学家通常使用能与特异蛋白质结合的DNA受体。然而，这些受体功能过强，一旦结合蛋白质便难以释放，因此无法实时测量血液蛋白质的波动。

此次，研究团队从大自然中获得灵感。他们观察到苹果树摇动可使苹果掉落，于是设想若能以类似方式摆动传感器上的DNA受体以释放蛋白质，即可实现传感器实时重置。他们应用了一个交变电位电极，使DNA链产生振荡，从而成功释放了蛋白质并重置了传感器。

这些纳米传感器像一排排球状的摆锤，每个摆锤都由一条双链DNA链组成。DNA链一端连接在电极上，另一端连接着一种能与特异目标蛋白质结合的DNA片段。当施

加交变电场时，这些摆锤状的传感器来回摆动，从而在短短一分钟内甩掉与之结合的蛋白质，并准备捕获新的蛋白质。

在概念验证实验中，研究人员制造了一种可植入的微型传感器装置，其电极和传感器被置于一根微针内。该装置类似于连续血糖监测仪，放置在皮肤上，而微针能刺入皮肤以采集液体样本。结果显示，该传感器准确且灵敏地测量了糖尿病大鼠体内的炎症标志物水平，测量结果与检测液体中蛋白质的金标准实验室方法高度一致。



可连续监测血糖的微型装置。图片来源：美国西北大学

机器学习“万里挑一”识别高性能化合物

有助加速发现薄膜电容器新材料

科技日报讯(记者张梦然)美国能源部劳伦斯伯克利国家实验室与多家合作机构共同演示了一种机器学习技术，旨在发现适用于薄膜电容器的新型材料。这一进展对于电气化和可再生能源技术来说至关重要，因为薄膜电容器是这些领域中不可或缺的组件。研究团队使用这项技术从接近5万种化学结构中筛选出了一种性能破纪录的化合物。研究成果发表在最新的《自然·能源》杂志上。

尽管电池在可再生能源应用中占

据主导地位，但静电薄膜电容器同样扮演关键角色。这些设备由两片导电金属之间的绝缘材料构成，能够利用施加的电场快速充放电，提供比电池更快的能量响应。薄膜电容器用于调节电力系统中的电能质量，例如通过抑制纹波电流和平滑电压波动，确保系统的稳定、安全及可靠运行。

聚合物作为薄膜电容器的理想绝缘材料，因其重量轻、柔韧性好以及在电场下的耐久性而备受青睐。不过，它们

在高温环境下通常表现欠佳，这会削弱其绝缘性并影响整体效能。传统上，研究人员采用试错法寻找高性能聚合物，每次仅能合成和评估少量候选材料。

为了加快探索过程，团队开发并训练了一套基于前馈神经网络的机器学习模型，用以评估包含近5万种聚合物的库，以找到那些既耐高温，又能在强电场下保持高储能密度且易于合成的材料。这些模型识别出了3种特别有前景的聚合物。随后，团队采用“点击化学”技术来

高效合成这3种聚合物。这种技术允许分子结构快速连接形成高质量产品。

在伯克利实验室的分子铸造厂，他们利用这些新材料制备了薄膜电容器，并对其进行了详细评估。结果显示，这些聚合物及其制成的电容器表现出色，特别是其中一种聚合物，它所制成的电容器展示了前所未有的耐热性、绝缘性能、能量密度和效率。进一步的测试也证实了这些电容器拥有卓越的材料品质、操作稳定性和耐用性。