

俄罗斯 Russia

启动离子对撞机“尼卡”
建设目前最强激光装置

◎本报驻俄罗斯记者 董映璧

2024年,俄罗斯大科学项目稳步推进。

6月13日,俄罗斯总统普京视察了联合原子核研究所,并下令技术性启动基于超导粒子加速器、用于研究致密重子物质特性的离子对撞机“尼卡”。启动后,研究所科学家将能够在实验室条件下,重建宇宙大爆炸后最初时刻的特殊物质夸克-胶子的状态。

“尼卡”离子对撞机大科学项目始建于2013年,建在莫斯科州杜布纳市的联合原子核研究所,占地6公顷。在项目建设中,为确保整个砂质含水土壤场地的稳定性,共安装了6300根桩子,且采用压入法而非传统的打桩法。整个项目共使用了53000立方米的特殊混凝土。

世界30个国家的科学家以及欧洲核子研究中心参与了项目建设。“尼卡”项目汇集的科研机构、大学和企业共130余家,其中36个来自俄罗斯,共有2400名专家参与该项目,俄罗斯专家达1650名。“尼卡”离子对撞机国际研究项目将于2025年展开。

另外,俄罗斯启动了全世界最强大的激光装置UFL-2M的建设工作。该装置将建在俄罗斯联邦核研究中心——萨罗夫全俄实验物理科学研究所,预计于5年后投入使用,将执行一些不同寻常的任务,比如摧毁小行星等。

美国 The US

制造出宇宙第三重元素
发布最新一代量子芯片

◎本报记者 张佳欣

2024年,美国在基础物理研究领域持续发力。

在微观粒子领域,劳伦斯伯克利国家实验室的科学家成功制造出了宇宙中已知第三重的元素钷,为未来合成元素周期表中预测的最重元素(元素120)奠定了基础。耶鲁大学团队则开发了一项能够检测单个氦核衰变的技术,其高灵敏度使中微子的检测成为可能。包括麻省理工学院在内的一支国际研究团队首次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看法结合起来,标志着人们对于原子核结构及强相互作用的理解迈出了关键一步。

在量子基础研究和量子计算机方面,麻省理工学院物理学家在5层石墨中观察到了难以捉摸的分数电荷效应,这是结晶石墨中“分数量子反常霍尔效应”的首个证据,为新型量子计算提供了可能。伦斯勒理工学院研究人员成功制造出首个在室温下运行的强光物质相互作用拓扑量子模拟器。此外,多个团队展示了有效的量子纠错技术,包括哈佛大学、麻省理工学院、QuEra计算公司以及谷歌量子AI团队,这意味着量子计算机向实用化迈出了重要一步。11月,谷歌最新一代量子芯片的纠错能力实现突破,为大规模容错量子计算的实现奠定了基础。

其他物理学研究领域也取得很多成果。例如,斯坦福国家加速器实验室的直线加速器相干光源发出了有史以来最强的X射线脉冲,为科学研究提供了强大工具。劳伦斯·利弗莫尔国家实验室研制出了太空飞行中分辨率最高的伽马射线传感器,将极大提升对小行星等天体的研究和探测能力。宾夕法尼亚州立大学和哥伦比亚大学首次观察到特殊准粒子半狄拉克费米子,有望促进下一代电池、传感器等技术发展。布法罗大学领导的团队研制出性能最高的高温超导导线段,为人类驾驭磁力开辟了全新可能,有望改变现有能源基础设施,甚至实现商业核聚变。

英国 The UK

精确理解微观粒子
多维发展量子技术

◎本报记者 刘霞

2024年,英国在微观粒子研究领域继续深

拓展认知边界,发力量子研究

二〇二四年世界科技发展回顾·基础研究篇

挖,在量子研究方面也取得很大进展。

在研究和利用微观粒子方面,伯明翰大学的科学家提出一种新理论。它首次精确定义了单个光子的形状,改变了人们对光与物质在量子层面如何相互作用的理解,有望催生更好的传感器、电池或量子计算等。

帝国理工学院科学家利用编组技术,将 μ 子粒子聚集束,用于进行高能碰撞实验,从而为新物理学研究奠定基础。该校科学家着手设计规模为目前世界上最灵敏暗物质探测器10倍的下一代暗物质探测器,将有助于揭示正反物质之迷。

伦敦大学学院首次成功在阵列中可靠地定位单个原子,其接近100%的精度和可扩展性可用于制造量子计算机。

在量子技术领域,英国和印度科学家进行的一项新实验,可测试质量相对较大的物体是否具有量子特性,从而厘清量子力学能否在比粒子和原子更大的尺度上起作用。

来自英国、瑞典、意大利和荷兰的科学家组成的国际科研团队,则能精准控制光纤内部的光学电路。这一成果有望促进不可破解的通信网络和超快量子计算机的实现。

剑桥大学卡文迪许实验室首次发现,层状二维材料六方氮化硼中的“单原子缺陷”能将量子信息在室温下保留几微秒,凸显了二维材料在推进量子技术方面的潜力。

英国科学家也首创了一个新颖的“量子龙卷风”实验平台,使他们能更详细地观察类似黑洞的行为以及与周围环境的相互作用。

在量子纠错方面,“深度思维”公司开发出一款名为“阿尔法量子比特”的AI解码器。它能以前所未有的精确度检测量子计算过程中出现的错误,这是构建稳定可靠量子计算机的关键步骤。

在构建量子互联网方面,英德两国研究人员首次实现了量子互联网的关键连接,并使用常规光纤来传输量子数据。

同时,在基础研究领域,诺丁汉大学科研团队还首次将惰性气体氙的原子逐一捕获到碳纳米管中,形成一维气体,这有助于更好地理解原子和分子的行为。

来自英国、荷兰和意大利的科学家成功测量了质量微小物体的引力,为探索量子引力理论开辟了道路。

伦敦大学学院研究团队在实验室中成功合成了一种对生物体至关重要的化合物泛酰硫基乙胺,表明该化合物可能在地球早期就已存在,并在生命诞生之初发挥了关键作用。

法国 France

反物质研究再获重大突破
光学与量子应用联合发展

◎本报驻法国记者 李宏策

2024年,法国科学家继续深探基础科学的奥秘。

欧洲核子研究中心的AEGIS系统成功地对正电子离子进行激光冷却,向发射类似激光的伽马射线的物质、反物质系统方面迈出了重要一步。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。这一成就标志着在研究反物质领域取得重要进展。

法国科学家在量子力学与光学联合发展方面进行了不少开创性研究。两个以法国为主要参与方的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。这些成果推动了高精度成像技术的进展。

此外,来自法国纳米科学和纳米技术中心、巴黎电信公司和意法半导体公司的研究人员,开发出一种面积小于0.05平方毫米的硅基微谐振器。该谐振器能产生70多个不同的频率通道,且通道间隔为21GHz。研究人员表示,这是集成光子学领域取得的重要进展,不仅有望推动量子计算的发展,而且还为超安全通信网络奠定了基础。集成光子学利用光子来处理 and 传输信息,是光通信领域的一项创新技术。由于其可扩展性和与现有电信基础设施的兼容性,集成光子学长期以来一直在量子应用领域占据重要地位。

在量子相干性方面,法国研究人员对不同频率区间的17对最大纠缠量子比特进行了量

子状态断层扫描,证实了量子态的保真度和相干性。这是迈向实用量子计算的重要一步。

德国 Germany

理解微观粒子系统
打造独立量子能力

◎本报驻德国记者 李山

2024年,德国在基础研究方面取得诸多进展,处于全球科学研究前沿地位。

微观粒子方面,德国积极参与国际合作研究并发挥关键作用。例如,首次观察到分子“弹射效应”,揭示了X射线照射下分子解离的独特动力学;首次对已知最重的高度离子化原子类钷进行了超精确X射线光谱测量;创造了具有兆赫兹重复率的高功率阿秒硬X射线脉冲;在地球上探测到迄今为止能量最高的宇宙射线电子;研究了液相中水分子与其相邻分子之间的键合;发现反铁磁体中的磁子-声子费米共振;开发出抑制托卡马克能量爆发的方法等。

量子方面,德国在全面与国际伙伴合作研究的同时,开始注重推动自主的量子计算机研发。在大型QSolid项目中,于利希研究中心及其合作伙伴将第一台具有优化量子位质量的原型量子计算机投入运行。法国Pasqal公司为于利希超级计算中心提供了一台100量子位的量子计算机。德国网络安全创新署与四家公司签订合同,计划到2027年推出全球首台移动量子计算机。

与此同时,IBM公司在德国Ehningen举行了量子计算中心的开业典礼。这是IBM在欧洲的第一个量子计算机中心,也是全球仅有的第二个量子计算机中心。中心拥有两台量子计算机,其量子处理器超过100量子比特。这些处理器必须冷却到零下272摄氏度才能发挥其性能。该数据中心将作为IBM量子欧洲云区域,IBM希望借此与欧洲领先的公司、大学和政府机构合作,在欧洲推广量子计算并鼓励该领域的人才培养。

相关研究成果包括:通过对ISIS中子源的实验和镍-朗贝石样品的理论建模发现一种三维量子自旋液体;克服里德伯原子寿命的根本限制,在量子模拟领域取得突破;通过实时替换丢失原子技术,实现1200个原子的量子寄存器持续运行一小时,向可扩展量子计算机迈出重要一步;成功创建一种特殊的超导态,结合超导体的优势与拓扑绝缘体的可控性,有助于稳定量子位;首次展示了如何使用微波非常精确地控制钻石中的锡缺陷;开发出一种能够检测原子级微小磁场的突破性量子传感器;开通柏林和波恩之间900多公里的量子加密数据通信测试线路等。

日本 Japan

量子技术商业化步伐坚实
核聚变研究具备应用潜力

◎本报驻日本记者 李扬

2024年,日本在量子技术基础研究方面取得不俗成绩,在促进量子技术商业化发展道路上也迈出了坚实步伐。

日本的核聚变研究也可圈可点。QST宣布全球首次实现利用单个回旋加速管输出5种频率的电磁波。这一成果通过236GHz的高功率微波,为核聚变研究中的等离子体加热系统提供了重要突破,具备了应用于未来核聚变原型反应堆的潜力。

东京大学研究团队宣布成功生成了可传输的光逻辑量子比特。这一成果被视为向实现大规模容错量子计算迈出的重要一步。东京大学与日本电信电话株式会社等研究团队宣布,利用光通信技术将光子量子态的生成速率提升至原来的1000倍。这一突破为超高速光子计算机的实现奠定了重要基础。

富士通宣布获得日本经济产业省下属的产业技术综合研究所的超导量子计算机订单。这是日本企业首次商业化量子计算系统中获得订单,标志着日本在量子技术研究和产业应用方面走出关键一步。

在量子技术的应用方面,日本国立研究机构量子科学技术研究开发机构(QST)宣布,使用纳米量子传感器首次实现对哺乳动物体内细胞温度的精确测量。这项技术有望革新癌症研究等生物医学领域,为科学家提供全新的细胞温度监测工具。

韩国 South Korea

成立专门机构培养量子人才
制度化促量子技术产业发展

◎本报驻韩国记者 薛严

2024年,韩国多措并举,为量子技术的发展保驾护航。

韩国标准与科学研究院(KRIS)成立了一个专门开发军用量子计算和传感技术的研究所。该研究所位于大田广域市,计划与当地大学合作开发军用量子技术,并培养量子领域的专业人才。KRIS也被正式指定为韩国量子科学技术领域国际合作主管部门“K-量子国际合作本部”的执行机关。该部门运行期限为5年,每年投入预算15亿韩元左右。K-量子国际合作本部将把国际共同研究开发企划、构建海外合作体系、构建国内合作体系作为三大重点推进方向。该机构将重点支援量子研究相关国际合作政策的制定和实施,推进国际研究开发项目、支援产学研国际合作活动,进军海外收集和分析当地信息及支援韩国人或韩国裔科学家。

11月,韩国政府宣布正式实施《量子科学技术及量子产业促进法》,迈出了制度化的第一步。根据该法案,促进量子产业基地建设成为韩国的一项国家任务。法案主要包括制定量子发展计划、系统化培育产业体系、整合产学研力量、加强人才队伍与生态系统建设等方面内容。

此外,韩国科学技术信息通信部宣布成立量子前沿战略委员会,领导国家量子技术计划。它作为公私部门之间定期沟通协作渠道,可加深量子领域行业交流。

南非 South Africa

数字经济日趋繁荣
启动量子技术计划

◎本报驻南非记者 冯志文

2024年,南非在基础研究方面取得了一定进步,启动了量子技术计划,数字经济发展表现强劲。这些成就凸显了南非在促进创新和利用技术进步促进经济和社会增长方面的积极态势。

南非的数字经济依托其先进的基础设施、不断扩大的电子商务行业和政府支持蓬勃发展。首先,电子商务日趋繁荣。2023年南非电子商务销售额达到40.65亿美元,这一势头在2024年继续保持。其次,出台数字经济总体规划。这是其更广泛的2030年国家发展规划的组成部分。该战略的重点是促进数字基础设施发展(如建设5G)、解决技能差距、支持初创企业、增强网络安全以及将数字技术整合到制造业和金融服务业等重点行业。最后,南非启动了连接计划。其核心是扩大负担得起的高速互联网接入,弥合数字鸿沟,促进经济发展。

南非启动了由金山大学领导的南非量子技术计划。该计划由科创部资助,专注于量子软件开发、人力资本培养和量子技术宣传。多所大学建立了量子节点,以促进量子传感和计量的协作创新。这项计划的出台使南非能够参与全球量子革命,通过软件开发来促进量子经济发展。

以色列 Israel

建立高水平量子计算中心
发起AI量子校准挑战赛

◎本报记者 胡定坤

2024年,以色列在量子计算技术上取得一定突破。

6月,以色列在特拉维夫大学建立“以色列量子计算中心”。该中心由著名量子技术企业“量子机器”领衔运行,是世界上极为少见,甚至是唯一研发和运行超导量子比特、冷原子和光子三种不同量子计算机的量子计算中心,拥有世界上最精良的低温测试台等相关设备。

12月初,“量子机器”和美国量子计算企业“Rigetti Computing”在以色列量子计算中心联合发起人工智能量子校准挑战赛。美国Quantum Elements公司和欧洲Qruise公司成功使用AI技术自动校准了9量子比特的量子处理单元。

年末,以色列首台20量子比特计算机投入运行。该机器基于超导量子比特技术,由以色列创新局、以色列航空航天工业公司、希伯来大学等机构主导开发。