

他们从 66 亿数据中捞出最重的“核”

■本报记者 叶满山

有一种工作,要求科学家在庞大的 66 亿条数据中寻找并识别出约 16 个极其微弱的信号,这项工作如同大海捞针般的工作就是寻找反物质超核。

中国科学院近代物理研究所研究员仇浩团队主导完成的国际合作实验研究成果近期发表于《自然》。研究团队在相对论重离子碰撞实验中观测到一种新的反物质超核——反超氢 -4。这是迄今实验发现的最重的反物质超核。

追梦宇宙大爆炸

什么是反物质?根据现有的物理学理论,每一种粒子都有对应的反粒子,它们具有相同的质量但电荷相反。例如,电子的反粒子是正电子,质子的反粒子是反质子。当物质和反物质相遇时,它们便会相互湮灭,释放出巨大的能量。

宇宙诞生之初,理论上应该存在等量的正物质和反物质。然而,目前我们能观测到的宇宙几乎完全由正物质构成。这一明显的正反物质不对称现象一直是物理学研究的重大谜题。

为了解开这个谜题,科学家提出了多种假设和理论,而其中一个重要思路,就是在实验室中制造反物质并研究其性质。

早在孩童时期,仇浩就对物理学和天文学产生了浓厚兴趣。尽管后来被西安交通大学经济类专业录取,但最终他还是费尽周折转入物理专业,全身心投入物理学的学习和研究中。

“物理学是一门最基本的学科,它用优美的形式描述了自然界一些最基本的规律,构成了化学、生物等学科的基础。能从事感兴趣的专业是非常幸运的事。”仇浩说。

毕业后,仇浩被保送至中国科学院近代物理研究所,并在导师徐瑚珊的建议下,于 2008 年赴美国螺旋管径迹探测器(STAR)实验国际合作组学习。这个大型实验组来自十几个国家的数百名科学家组成,大家根据兴趣选择不同课题,利用美国相对论重离子对撞机开展高能核物理实验。

“相对论重离子对撞机的最高对撞能量可达 200GeV,能把原子核加速到接近光速。”仇浩介绍,这种实验条件能产生几万亿摄氏度高能的核物质,模拟宇宙大爆炸早期的状态。2010 年和 2011 年,STAR 实验合作组宣布发现反超氦和反氦 -4,当时还是博士生的仇浩就在这两项物理分析工作中作出了重要贡献。

“反物质核的研究难点,在于它们的产额非常低,而本底非常高。每增加一个反重子,反物质核的产额会降至近千分之一。因此在上世纪 70 年代发现反氦和反氦 -3 的几十年后才发现了新的、更重的反物质核。”仇浩告诉《中国科学报》。

常低,而本底非常高。每增加一个反重子,反物质核的产额会降至近千分之一。因此在上世纪 70 年代发现反氦和反氦 -3 的几十年后才发现了新的、更重的反物质核。”仇浩告诉《中国科学报》。

艰难寻找反超氢 -4

2019 年,仇浩回到中国科学院近代物理研究所,加入新成立的夸克物质中心。在研究室召开的一次组会上,他从同事的课题汇报中发现了有一个有趣的现象——超氢 -4 的信号强度比预期强四五倍。这个意外发现让他开始思考,反物质超氢 -4 的信号是否也可能由于某种机制而同样增大四五倍。经过初步计算,他惊喜地发现,如果确实是这样,那么利用 STAR 实验的现有数据,就有可能发现反超氢 -4 这一新的反物质核。

于是,仇浩毫不犹豫地开始了这项研究。但是起初的兴奋过后却是一无所获。

由于包含不稳定的反重子,反超氢 -4 的寿命非常短,飞行仅仅几厘米后就会发生衰变,需要对通过探测器看到的两个衰变子体进行重构,反推反超氢 -4 的存在。从每个事例几千个末态粒子中挑出两个组合,会产生巨量的组合本底。因此团队首先使用了包含高精度硅像素探测器的数据。这种方式虽然能够更精确地找到衰变顶点,有助于压低本底,但却存在信号损失过多的问题,导致团队在最初的数据分析中一无所获。

“这个发现并不容易。我们花了一年多时间,几乎什么都没找到,大家都有些灰心。但仇老师一直没有放弃,并告诉我们还是有希望的。他带领我们分析原因,尝试不同解决办法。”团队成员、博士生吴俊霖告诉《中国科学报》。

于是,团队从头开始,尝试使用没有硅像素探测器的数据。经过一段时间的努力,他们终于看到了一个微弱的信号。

“使用不变质量图识别信号,本底就像一座平缓的山岭,信号则是一个小小的、比较窄的山峰。想办法把平的东西往下压,把窄的东西变大,这样就能看见更多的信号。”仇浩表示。

在看到一丝希望后,团队继续改进,努力压低本底,进一步提高信号显著度。其中每一项改进应用到几十亿事例的庞大数据集上,都可能耗费一个月的时间。有些尝试提高了信号显著度,还有一些则没有带来明显的改进。

“我们最终采用了一种重建效率更高的算

法——卡尔曼滤波算法进行衰变顶点重建。经过无数次尝试和调整,我们在 2021 年 8 月看到了令人振奋的结果,清晰地捕捉到反超氢 -4 的信号。”团队成员、博士生路坦兴奋地说。

这一关键改进立竿见影,团队最终成功在 66 亿次重离子碰撞事件的实验数据中找到了十几个反超氢 -4 的显著信号。反超氢 -4 由一个反质子、两个反中子和一个反重子组成,是目前实验观测到的最重的反物质超核。

然而,发现新的反物质超核信号只是一个开始。新的反物质超核的性质如何?在重离子碰撞中会产生多少?这些问题需要通过严谨的测量来回答。反物质超核的重建效率需要细致计算和修正,虽然过程十分繁琐,但只有经过反复多角度地检查复核,才能得到正确的测量结果。

又经过近两年的努力,团队完成了正 / 反超氦、正 / 反超氢 -4 的寿命测量,以及多种核的产额比测量。在测量精度范围内,反超核与其对应的正物质超核的寿命没有明显差异,再次验证了正反物质性质的对称性。

揭开反物质世界奥秘的一小步

研究团队发表于《自然》的反超氢 -4 研究成果,在获得学界认可的同时,也引发了媒体和公众的讨论。

研究反物质有什么用?这可能是很多公众的疑问。“研究反物质可以帮助我们了解物质世界为什么存在,拓展知识边界本身也是一种‘有用’。”仇浩说,反物质的研究还能推动该领域技术发展,提高人类制造、探测、利用反物质的能力,为未来发现更多未知的反物质奠定基础。随着科技发展,人类甚至有可能把反物质当作能量载体,像一些科幻作品中描述的那样,通过正反物质湮灭的能量进行宇宙航行。

对于仇浩和他的团队来说,反超氢 -4 的发现只是探索反物质世界奥秘的一小步。“未来,随着强流重离子加速器装置的建成,团队将在我们国家的装置上研究超核,寻找新的超核。超核所携带的信息,将有助深入了解中子星的内部结构和性质。同时,我们参与研制的无中微子双贝塔衰变实验,也有可能通过中微子引发的轻子数破缺,解释宇宙正反物质不对称这一重要的科学问题。”仇浩表示。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07823-0>

中国已对全球 53 次重大自然灾害进行数据救援

据新华社电 地球观测组织(GEO)中国秘书处数据显示,自 2016 年来,中国在地球观测组织框架下,已对全球 36 个国家的 53 次重大自然灾害进行了灾后观测和数据救援服务,利用了 30 多颗中国高质量遥感卫星,实现数据及时获取、共享和分析,以供灾情实地核查和分析评估。

这是记者于 9 月 23 日在浙江省杭州市余杭区举行的 2024 年地球观测组织工作计划项目研讨会和开放数据开放知识研讨会上了解到的。

据了解,GEO 成立于 2005 年,是目前国际上地球观测领域最大的政府间合作组织,中国是 GEO 创始国及代表亚洲大洋洲地区的联合主席国。

中国科学院院士、中国工程院院士李德仁是

参与 GEO 第一个十年计划制定的中方专家。他在会上指出,中国地球观测的发展离不开 GEO 这个世界舞台,GEO 的发展也需要中国力量。

中国科学技术交流中心主任高翔表示,过去十多年来,GEO 为世界各国开展全球综合地球观测体系能力建设提供了重要的发展机遇。中国作为创始国,一直高度重视 GEO 工作,同各国合力推进全球综合地球观测系统建设,促进“数据共享”向“知识服务”转变。

据了解,2024 年 GEO 工作计划项目研讨会和开放数据开放知识研讨会由 GEO 秘书处与中国科学技术交流中心共同主办。来自中国、美国、欧盟委员会等 GEO 成员国(地区)和国际组织共 400 名代表参加会议。

(朱涵)

新型可视化工具 动态示踪细菌微结构

本报讯(见习记者江庆龄)华东理工大学教授贺晓鹏,中国医药工业研究总院研究员奕栋,中国科学院外籍院士、美国得克萨斯大学奥斯汀分校教授乔纳森·塞斯乐合作研发出一种新型糖靶向的超高分辨可视化工具,实现了对细菌微结构、抗生素处理后结构形变的动态原位超高分辨示踪,为抗生素抗菌机制的原位可视化研究提供了新的化学工具。相关研究成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

人类与超级细菌的博弈,往往受制于新抗生素漫长的研发周期,以及对其作用机理的深入解析。而多重细菌耐药更是一项尚未攻克临床难题。发展新型可视化工具,原位观测细菌与抗生素相互作用的过程,有望为探索新发现的抗菌药物机制提供依据。

为此,研究人员针对临床常见的致病菌铜绿假单胞菌的一种外膜凝集素 Lec A,构建了带有标签修饰的半乳糖双亲分子,并通过分子自组装形成内腔,以携载不同结构抗生素的多价糖基胶束。他们利用糖基胶束与 Lec A 的高亲和力多价相互作用,将其黏附于细菌外膜。测试结果显示,在不同波长光源的交替辐射下,糖基胶束不但可以通过改变结构控制释放抗生素,还可原位产生“荧光闪烁”信号。研究人员进一步用两种临床一线抗生素——头孢他啶和左氧氟沙星对细菌进行处理,发现结合 STORM 超高分辨显微技术,上述新型可视化工具能够动态示踪细菌微结构及与抗生素交互后的差异化结构形变过程。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1073/pnas.2408716121>

新型甲酸氧化还原燃料电池 让旧电解液“变废为宝”

本报讯(记者刁雯蕙)中国科学院院士、南方科技大学讲席教授赵天寿,副教授魏磊、曾林团队研制出了一种新型高性能全液体甲酸氧化还原燃料电池(LFARFC)。该研究突破了传统燃料电池的限制,将价态发生偏移的液流电池电解液用作燃料电池阳极反应物,取代了传统的氧还原反应(ORR)电极,不仅能高效产生电能,还可以对液流电池的电解液进行重整,从而恢复液流电池容量,让废弃电解液“变废为宝”。相关研究成果近日发表于《能源与环境科学》。

在 LFARFC 中,研究人员采用含有氧化还原活性物质的电解液作为燃料电池的阴极活性物质,取代了传统的 ORR 电极,解决了甲酸燃料电池中混合电势和阴极电动力学效率低下的问题。

为了提升输出功率密度,研究人员使用铈修饰的铂碳催化剂,提升了甲酸的氧化反应效率,并显著增强了一氧化碳耐受性。在此基础上,LFARFC 在多个关键性能指标上表现优异,开路电压达到 1.23 伏、峰值功率密度为每

平方厘米 281.5 毫瓦,分别比传统甲酸燃料电池提升了 55.7%和 235.1%。

研究人员探讨了 LFARFC 在恢复液流电池容量中的实际应用。通过与钕氧化还原液流电池结合,在 100 圈循环测试后,钕氧化还原液流电池的容量由于自放电等因素有所衰减,但通过 LFARFC 进行再充电处理,电池容量能够恢复到初始最高水平的 97.6%。在多次长循环后,利用 LFARFC 均能实现容量恢复效果。这一结果证明了 LFARFC 可以有效延长液流电池循环寿命。

该研究为高效能源存储与转换系统的设计提供了新思路,通过将燃料电池阳极和液流电池活性物质结合,成功解决了甲酸燃料电池中的一些固有问题,还为液流电池的容量恢复提供了有效技术支撑,展现了这种双系统设计在未来大规模、长时储能系统中的广泛应用前景。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1039/D4EE02450H>

一箭八星 海射成功

9 月 24 日 10 时 31 分,我国太原卫星发射中心在山东海阳附近海域使用捷龙三号运载火箭,成功将天仪 41 星、星时代 -15/21/22 卫星、驭星二号 05 星、复旦一号卫星、天雁 15 星和吉天星 A-01 星共 8 颗卫星发射升空,卫星顺利进入预定轨道,发射任务获得圆满成功。此次任务是捷龙三号运载火箭的第 4 次飞行。

图为观众在山东海阳海滨观看捷龙三号运载火箭发射。

图片来源:视觉中国



近来台风为何“组团”出现？专家解读秋台风形势

本报讯(记者高雅丽)近期,今年第 13 号台风“贝碧嘉”和第 14 号台风“普拉桑”接连登陆我国。9 月初,今年 11 号台风“摩羯”席卷菲律宾、中国、越南等地,造成严重灾害。

近来台风为何“扎堆”出现?今年台风是不是比往年多?秋台风目前发展形势如何?中央气象首席预报员张玲对此进行了解读。

张玲表示,9 月以来,整个副热带高压有所北抬,热带低纬地区得到“解放”。同时,西南季风呈现非常活跃的状态,南半球也存在较强的赤道气流。在这些条件的共同“配合”下,从 9 月开始,热带对流呈现出相对活跃的状态,目前已经有 4 个编号台风生成,其中两个台风在我国登陆。

“立秋后的台风称为秋台风,可以持续到 11 月。秋台风的路径以偏西为主,主要活动在低纬地区。通常在大洋中部生成的西行台风强度较强。”张玲表示,秋天的冷空气活动与冬天相比,强度较弱,与台风接触后,常常激发台风对流效应;在某种特定配置下,可能产生叠加效应,导致台风强度增强。

相较于夏台风,秋台风一般不存在明显的数量优势,但强度却不容小觑。从路径上看,秋季能够北上的台风较少,秋台风主要影响南海和华南地区。

截至目前,今年西北太平洋和南海共有 14 个

编号台风,较历史同期少 2.5 个。今年有 5 个台风登陆我国,与历史同期相比,数量偏少。从生成和登陆台风的数量来看,均少于历史同期。

张玲提示,“普拉桑”和“贝碧嘉”两次台风的叠加效应影响将增加华东地区、河南东部等地水稻和玉米的倒伏风险。受台风影响地区要防范经济林木折断、大棚设施受损等,及时抢收成熟秋粮作物和蔬菜水果,收捕可上市的水产品;尽快清理渠系,确保排水通畅;要做好设施大棚及果树加固工作。风雨过后,各地要尽快排除田间积水,降低土壤湿度,并及时追肥喷药,提高作物根系活力,避免植株早衰、倒伏,同时修复受损棚膜和渔业设施,尽早恢复生产。

因不道德研究和虐待， 加拿大医学会向原住民道歉



本报讯 近日,加拿大医学会向加拿大印第安人、因纽特人和梅蒂斯人道歉。自 1867 年成立以来,该学会一直在助长医学种族主义和研究不端行为。与此同时,包括加拿大政府在内的部门正努力与该国原住民达成和解。

据《科学》报道,加拿大医学会在声明中表示:“作为医学界的国家代言人,我们为医生、实习医生和医学生伤害原住民的行为和处理这些事件上的不作为感到抱歉。”该声明承认上述行为“对后代的涟漪效应”。

道歉声明是在一场仪式上发表的。随附的一份 47 页的报告记录了加拿大医生和研究人员进行不道德研究的具体事例,包括强制绝育和不给儿童提供营养。

加拿大医疗机构长期虐待和忽视原住民,导致了种族主义偏见、护理障碍和健康结果差异。原住民的预期寿命明显低于普通人口。其中,因纽特人的预期寿命最短,仅为 64 岁,而加拿大男性总体预期寿命为 80 岁。

加拿大阿尔伯塔省的原住民家庭医生 Esther Tailfeeds 说,即使是现在,医疗保健提供者仍对原住民存在无意识甚至是有意识的偏见。这意味着一个人如果被认定为原住民,将承受“糟糕的健康服务和其他负面后果”。而对医疗系统的不信任反过来阻碍了原住民参与科学研究。

据介绍,为了改善医疗界与原住民的关系,加拿大医学会召集了一些原住民头领为此次道歉提供指导。双方深入研究了 156 年的历史档案,在原住民社区开展了广泛磋商。

加拿大医学会前主席、第一位担任该职位的原住民 Alikia Lafontaine 说,他们无法让那些因医疗或科学实验虐待而受到永久性伤害或

失去生命的人“痊愈”。

值得注意的是,在“对原住民儿童和成人的医学实验”部分,报告列举了许多对原住民儿童进行不道德研究的案例。

其中一些案例中的儿童被剥夺了牙科护理的权利,并参与了由医生 Lionel Pett 领导的营养实验。Pett 参与了加拿大营养指南的制定工作。作为 Pett 研究的一部分,原住民儿童被喂以添加了骨粉和其他成分的实验性面粉。研究发现,食用该面粉的儿童贫血率更高。

报告显示,原住民成人往往也在未经本人同意的情况下,被迫参与不道德的研究。报告还描述了从 20 世纪 40 年代初开始的 10 年里,加拿大马尼托巴省北部社区的原住民成人是如何成为“活实验室”的。在加拿大北极地区,因纽特人被迫参与皮肤移植实验。研究人员让他们暴露在严寒中以了解其对极端温度的反应,并用仪器戳刺来评估其疼痛耐受性。而所有这些都是在未经他们同意的情况下进行的。

这种虐待行为并非加拿大独有。像加拿大医学会一样,美国一些医学组织也开始审视自己有关问题的历史,以及在医学种族主义歧视中所扮演的角色。

(王方)



加拿大医学会就包括不道德实验在内的医疗伤害向原住民道歉。
图片来源:MELODY CHARLIE