

揭开马约拉纳费米子神秘“真身”

经济日报·中国经济网记者 沈 慧

热点追踪

近日,中国科学院物理研究所/中国科学院大学高鸿钧和丁洪领导的联合研究团队宣布:首次在超导块体中观察到了马约拉纳费米子。这项发现将大大推动马约拉纳物理的研究,对构建高度稳定的量子计算机具有重要意义。

相比以往的探索,中国科学家此次发现的马约拉纳费米子纯净度更高,能在相对更高的温度下得以实现,而且材料体系更加简单。“这对构建稳定的、高容错、可拓展的拓扑量子计算机具有极其重要的意义。”中国科学院院长白春礼称。日前,相关研究成果已在《科学》杂志在线发表。

神奇的马约拉纳费米子

当马约拉纳费米子以准粒子的形式出现在固体材料表面时,会变成“马约拉纳任意子”,可以用来构造拓扑量子比特,应用于自容错的拓扑量子计算机。

人类文明的进步有赖于对物质的进一步认识。众所周知,我们所在的宇宙是由物质组成的,构成物质最小、最基本的单位是基本粒子。

根据现有的认知,按照其占据能量状态的不同,科学家们把基本粒子分为玻色子和费米子两大家族。玻色子负责传递相互作用力,费米子则负责构成物质。我们身边的太阳、高山、河流等物质,都由名叫费米子的基本粒子组成。

1928年,英国理论物理学家保罗·狄拉克大胆预测:宇宙中每个基本的粒子必然有相对应的反粒子,当粒子和反粒子相撞时会相互湮灭,进而释放出能量。1937年,意大利理论物理学家埃托雷·马约拉纳却提出另一设想:自然界应该存在正反粒子相同的费米子,其反粒子就是它本身。

这种神奇的费米子,就是人们后来所说的马约拉纳费米子。有些人猜测,有着



8月17日,联合研究团队的中国科学院院士高鸿钧在做成果介绍。沈 慧摄



“鬼粒子”之称的中微子,是马约拉纳费米子的“最佳嫌疑人”。然而80多年过去,这位令无数科学家“倾倒”的“神秘人”,迟迟没有现出“真身”。

“在真实宇宙中证明马约拉纳费米子的存在,大概比找到暗物质的概率还要小。”中国科学院物理所研究员丁洪坦言。

既然如此,缘何还要“执迷不悟”?丁洪说,如果马约拉纳费米子的存在一旦被证实,这将是继发现“上帝粒子”之后,又一个诺贝尔奖级的重大发现。但驱使科学家们继续为之“疯狂”的更重要原因则是:当马约拉纳费米子以准粒子的形式出现在固体材料表面时,就会变成马约拉纳任意子(一种量子态),可以用来构造拓扑量子比特,应用于自容错的拓扑量子计算机。

在2017年首次发现了马约拉纳费米子存在证据的著名华裔物理学家、美国斯坦福大学教授张首晟参考畅销书《天使与魔鬼》,给这个神秘粒子起了个别名——“天使粒子”。书中,一个秘密组织计划用定时炸弹炸毁梵蒂冈,而这颗炸弹的威力来自于物质与反物质湮灭产生的反应。“但今天,我们找到了一个没有反粒子的粒子,一个只有天使、没有魔鬼的完美世界。”张首晟称。

换个“鱼塘”捕获准粒子

如果说宇宙是一个大“鱼塘”,那么各种粒子就藏在里面。具体到马约拉纳任意子,中国科学家发现了一个合适的“鱼塘”——新型超导块体。

茫茫宇宙,如何觅其“芳踪”?如果说宇宙是一个大“鱼塘”,那么各种粒子就藏在里面。一般来说,有两种寻找路径,一是先发现再研究形成理论,比如电子、质子、中子;二是通过合理的推理预言宇宙中应该存在某种粒子,然后设计方案寻找,比如中微子就是这样发现的。

具体到马约拉纳任意子,除了升级“抓捕”装备,还可以考虑换个“鱼塘”。这个“鱼塘”就是科学家们常说的固体材料,比如金属、非金属、超导体等。固体材料

的内部结构为粒子的形成提供了丰富的环境,但固体材料不同,提供的环境也不同,最终形成的准粒子会大不一样。

什么是准粒子?“有些准粒子可以看作宇宙中真实粒子在固体中的影子。它们和真实粒子遵循同样的物理规律,只是行动受限,只能待在固体材料中。”丁洪说。

北京大学物理学院量子材料科学中心副主任杜瑞瑞打了个比方:一杯水里有些气泡,这些气泡就是准粒子,但你不能把气泡拿出来,因为离开这杯水,气泡就不存在了。换句话说,基本粒子可以独立存在,而准粒子不能,它只能存在于一定的环境中。

对此,科学家们需要做的便是寻找合适的“鱼塘”,并在合适的温度、压力、磁场之下,创造出想要寻找的准粒子。

在成千上万的已有“鱼塘”中,中国科学家发现了一个合适的“鱼塘”——新型超导块体。此次,高鸿钧和丁洪领导的联合研究团队便是在新的块体超导材料体系这个“鱼塘”中,发现了马约拉纳准粒子。

“此前也有研究团队宣称发现了马约拉纳准粒子,但其‘鱼塘’制作太复杂,条件要求太苛刻,而且观测到的结果也不理想。”丁洪表示。

有望推动拓扑量子计算机

基于马约拉纳任意子的拓扑量子计算机具有很强抗干扰能力,克服了量子计算机的弊端,因此对构建高度稳定的量子计算机具有重要意义。

这一发现有何意义?

多年来,科学家一直尝试在凝聚态物质的多种系统中寻找马约拉纳费米子,这已经成为国际科技界激烈竞争的战略制高点之一。此前,美国、荷兰、中国、丹麦等多个研究团队都曾宣称找到了马约拉纳任意子或者费米子的证据。但是,他们的实验都需要构造异质结构体系,其工艺复杂,并且需要极低温的条件(小于1开尔文)。

这次,我国联合研究团队利用极低温一强磁场一扫探测针显微系统,第一次在单一块体超导材料中观测到纯度更高的马约拉纳准粒子。

“我们观测到的马约拉纳任意子不与其他准粒子混合,成分纯度很高。进一步实验发现,该马约拉纳任意子在强度6T以下的磁场,以及4开尔文以下的温度中,都能稳定存在。这预示着,在其他的多能带高温超导体里,也可能存在马约拉纳任意子。”丁洪说。

张首晟表示,他的团队一年前发现的马约拉纳费米子,实验体系是由常规超导体与量子反常拓扑绝缘体构成的混合器件,并且现象在超低温的极端条件下才出现。而此次研究中采用的实验体系,许多物理性质优于混合系统,并且不需要极端的超低温条件。因此,这项发现将大大推动马约拉纳物理的研究。

在麻省理工学院讲席教授、美国科学院院士王小刚看来,多年来,实验物理学家一直孜孜以求地搜寻马约拉纳费米子在真实材料中的踪迹。这次在铁基超导材料表面观察到马约拉纳准粒子的特征信号,具有很高的稳定度,是一个重要的发现。由此,这项研究使铁基超导材料有可能应用于构建对环境干扰免疫的拓扑量子计算机。

在量子计算机中,存储和处理信息的基本单元叫量子比特,与传统计算机要么使用“0”要么使用“1”的二进制比特来开展计算不同,量子计算机使用的量子比特可以同时是“0”或“1”。这让它具备更快的运行速度,以及更大计算量的优势同时,也衍生出另外一个弊端:因受到局域环境的干扰,导致量子比特叠加态消失,从而引发计算失败。

根据学界的预测,50个量子比特的量子计算机可以在特定问题上超过世界上最强大的经典计算机,实现“量子霸权”。“而基于马约拉纳任意子的拓扑量子计算机对于环境这种局部扰动具有很强的抗干扰能力,自身带有高容错的秉性。因此,在材料中发现马约拉纳任意子,这对构建高度稳定的量子计算机具有重要意义。”中国科学院大学卡弗里理论科学研究所所长张富春表示。

前不久,世界首例“单条染色体的酿酒酵母”问世,引起国内外高度关注。它不仅是地地道道的中国制造,还成为合成生物学和“人造生命”领域里程碑式的进展。我国学者利用合成科学策略,回答了生命科学领域一个重大的基础问题——即如何建立自然生命体中原核生物与真核生物之间基因组进化的桥梁,为人类对生命本质的研究开辟了新方向。

生命科学即生物学,是以分子遗传学为主的生命活动规律、生命的本质、生命的发育规律,以及各种生物之间和生物与环境之间相互关系的科学。如今,人类在生物技术方面取得了诸多重大突破。

在基因工程方面,生物技术已经能够按照人们的意愿,用限制性核酸内切酶将所需基因从一种生物中提取出来,经体外改造后,利用载体导入受体细胞,让目的基因随着受体细胞的繁殖进行扩增,最后检测目的基因是否预期完成了表达。其中,1997年首个体细胞核移植克隆动物“多莉”羊诞生,成为该领域重大突破。去年底,全球首个体细胞克隆猴“中中”在我国顺利诞生,首次实现了非人灵长类动物的体细胞克隆突破。同样,在植物技术方面,由二倍体西瓜与四倍体西瓜杂交而来的无籽西瓜也实现了体外多倍体育种,所得到的三倍体西瓜含糖量高、质量好,方便食用。

此外,在医学、农业、环境保护等诸多领域,生命科学都有着广泛应用,成效显著。

就临床治疗而言,新兴的基因治疗技术对于攻克疑难杂症具有重要意义——它通过将正常基因导入患者致病细胞内,修复有缺陷的基因,达到治疗目的。目前,治疗肿瘤最有效的方法之一便是基因治疗——通过与肿瘤细胞的特异性结合,来抑制肿瘤细胞的增殖与生长。此外,器官移植、发酵工程等技术也在医药领域显身手。例如,胰岛素和生长激素都可以通过微生物发酵得到。

在环境治理方面,微生物的降解作用对于水体污染治理具有独特优势——利用微生物繁殖速度快、能不断与环境进行物质交换的特点,通过氧化分解的作用可降解污水中的有毒有害物质。“赤潮”是水体中一种藻类暴发性繁殖的有害现象,目前最有效的治理方法便是“生物控制法”,即在体外改造出对藻类的控制生物,从而抑制其繁殖。此外,利用微生物的降解作用,还可用于大气和土壤污染的治理,同样效果显著。

在农业领域,运用生命科学相关技术,科学家还研制出了可以自行释放杀虫剂的新型农作物,能够更大程度地推动农业发展……

总之,生命科学伴随着人类社会不断发展进步,并在多个领域显示出独特优势和重要地位。然而,仍有未来,未知空间等待着人们去探索、去实践,相信在不久的将来,生命科学的发展前景更为广阔,能够更大程度地造福我们的生活。(作者单位:北京师范大学附属中学)

利用基因组编辑技术——

马铃薯自交不亲和难题获破解

本报记者 常 理

马铃薯是世界上最重要的块茎类粮食作物。长期以来,马铃薯的研究和生产以四倍体(由受精卵发育而来,体细胞中含有4个染色体组的生物个体,叫作四倍体)为主要对象,导致马铃薯产业面临两个结构性障碍:一是四倍体的遗传非常复杂,导致马铃薯育种周期长,品种更新慢。二是马铃薯以薯块进行繁殖,存在繁殖系数低、储运成本高、易携带病虫害等缺陷。

为彻底打破产业发展中的障碍,在农业农村部的支持下,中国农业科学院农业基因组研究所研究员黄三文联合国内外优势单位发起了“优薯计划”——即用基因组学和合成生物学指导马铃薯产业的“绿色革命”。他们用二倍体(由受精卵发育而来,且体细胞中含有两个染色体组的生物个体)替代四倍体,并用杂交种子替代薯块,对马铃薯的育种和繁殖方式进行颠覆性创新,利用基因组编辑技术克服了马铃薯自交不亲和(指具有完全花并可以形成正常雌、雄配子,但缺乏自花授粉结实能力的一种自交不育性)难题,相关成果已于近日在线发表于《自然·植物》杂志上。

据了解,自然界中70%的马铃薯种质为二倍体,其丰富的遗传变异为“优薯计划”提供了实施基础。但是,二倍体马铃薯普遍存在自交不亲和的现象,限制了自交系的创制。而克服自交不亲和的传统方式是来自野生马铃薯中的自交不亲和抑制基因(简称SlI),但是SlI基因被导入栽培种后会产生一系列不良农艺性状,增加了遗传改良的难度。

为寻找克服自交不亲和更有效的方法,该团队创新性地利用基因组编辑技术解决了这一难题。马铃薯的自交不亲和是由核糖核酸酶基因控制的,研究人员利用基因组编辑技术对此基因进行了定点突变,获得了自交亲和的二倍体马铃薯,以及不含外源片段的马铃薯新材料。利用该方法获得的自交亲和马铃薯新种质不含有任何野生基因组片段,可以直接应用到育种过程中,为“优薯计划”的顺利实施提供了保障。

该研究开辟了二倍体马铃薯育种的新途径,拓展了自交亲和马铃薯资源,将加速马铃薯的遗传改良。



科学家通过基因组编辑技术解决了马铃薯自交不亲和难题,对于马铃薯的新型育种提供了良好实施保障。(资料图片)

本版编辑 邱 冰

联系邮箱 jjrbxzh@163.com

全国33天超长高温预警“下线”——

爽秋离我们还有多远

本报记者 郭静原

入夏以来,蓄力已久的高温似乎终于识趣了一回——8月16日末伏第一天,高温势力范围缩减不少,中央气象台连续33天(7月14日至8月15日)的超长高温预警终于告一段落。那么,今年夏天到底有多“火”?其背后的原因是什么?爽秋离我们还有多远?

截至8月15日,今年省会城市高温日数排名第一的是重庆(44天),其次为西安(41天)、杭州(38天)和南昌(37天)。多数城市的高温日数比常年全年高温日数偏多10天以上,其中,西安和天津比常年全年分别偏多19天和19.9天。受持续高温影响,多地电网负荷屡创历史新高。

东北、华北高温不仅来得早,极端性也强,出现了1961年以来最早高温。5月份,内蒙古东南部、吉林西部、辽宁西部等地的最高气温就已经超过40℃,局地超过42℃。6月下旬,京津冀地区普遍出现35℃以上高温天气,56个气象站最高气温超过40℃。7月28日至8月4日,辽宁出现了自1951年以来持续时间最长、影响范围最广、强度最强的高温闷热天气,在该省62个国家气象观测站中,有33个

站最高气温突破历史极值。

同时,中东部高温范围广、持续时间长。7月14日至8月15日,我国中东部出现大范围高温天气。其中,7月20日35℃以上高温面积达159.8万平方公里,涉及18个省(区、市),38℃以上高温面积达13.4万平方公里。

地球的热量源于太阳,按照最理想的状态,应该是距离太阳越近,温度越高,而事实并非如此。从今年的高温日数排行也能看出,排行数一数二的重庆和西安,都并非是纬度很低的城市。尤其是西安,作为名副其实的北方城市,高温日数排行却名列前茅,可见气温并非完全服从纬度越低温度越高的规律。

气象专家指出,一般情况下,出现高温天气通常需要满足以下几个条件:一是处于中低纬度,有较多的太阳辐射;二是经常处在高压控制之下,多晴天,风力较小;三是处于海拔较低的平原、盆地或浅谷中,热量不易散发。

譬如,重庆和西安的高温日数多,一方面是受高压系统控制,另一方面原因就是地形。重庆地处四川盆地,不仅冷空气

难以翻越秦岭大巴山,台风也很难影响到重庆,所以在这里高温才能“割据一方”。而西安处于渭河河谷关中平原地带,地理位置造成下沉气流强,有助于增温。这种盆地地形容易聚热,但散热相对较慢,因此比周围地区更容易出现持续高温。

再看今年的天气形势,5月份、6月份出现的北方高温主要受到大陆高压脊控制,在此情况下,盛行下沉气流,空气干燥,因此大气通透性很强,太阳辐射容易到达地面,辐射升温非常明显。尤其中午前后,频繁出现气温较高的情况,有时甚至达到40℃;但此时早晚温差大,空气湿度较小,人的体感并不是很热。

而到7月份,随着副热带高压向北推移,南北高温的主要影响系统都为副热带高压,其控制区域水汽相对充足,空气湿度大,体感温度高,人们多感到闷热潮湿。7月14日至8月15日高温过程中,前期副热带高压偏南,南方高温发展;7月下旬后,由于副热带高压异常偏北的缘故,东北南部、华北高温发展,辽宁、吉林多地出现了历史极端高温天气。因此,很多此时去东北避暑的南方人并没有体验到东

北地区该有的凉爽,而是感觉从一间桑拿房走到了另一间桑拿房。

饱受今夏酷热之苦的网友都在盼望着秋天的到来。近期受冷空气影响,北方一些城市早晚已能察觉到秋日的丝丝凉意。那么,离真正的秋天到来还有多远?专家表示,气象学上通常以5天滑动平均气温稳定低于22℃的开始时间定为秋季开始。从常年平均气温来看,8月份能进入气象意义秋季的也只有西北和东北少数城市,我国大部分地区还需要等到9月份才能进入秋季。而华南沿海和海南,则要等到11月份甚至12月份才能入秋。目前来看,近期的几股冷空气有可能推动黑龙江、吉林、内蒙古一带入秋,但南方的小伙伴还要多等待一些时日。

一般8月中下旬以后,我国北方地区出现大范围持续性高温的可能性不是很大;但在南方,夏秋交替之际,副热带高压开始南退、东撤,由于大气环流的不稳定性,副热带高压有时可能会短暂的不稳定北抬,再次控制到我国东部地区,使得高温重现,民间称之为“秋老虎”。因此,防御高温仍然不可掉以轻心。