



# 黑洞周围的裱花“甜甜圈”会“跳舞”吗

## 科学家引入新方法拓展探测黑洞更大区域

■本报记者 韩扬眉

2019 年,天文学家捕获了首张黑洞照片,震撼世界。这张由事件视界望远镜合作组(EHT)观测到的巨型星系 Messier 87 (M87) 中的黑洞阴影图像,为天文学研究带来了丰富的信息。

“我们还能从这些美丽的图像中了解到什么?”这是中国科学院理论物理研究所(以下简称理论物理所)研究员舒菁一直在思索的问题。

近日,舒菁团队联合国内外研究团队,利用偏振图像的变化,对一种被称为轴子的新粒子和可见光子之间的耦合给出了一个新的约束。相关成果日前发表于《自然-天文》。

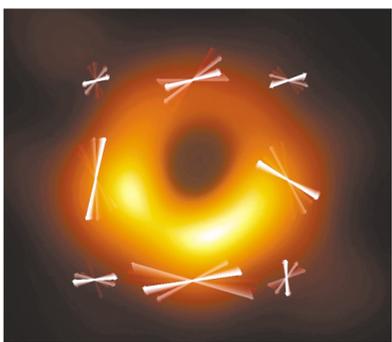
### 用“最重”黑洞探寻“极轻”粒子

2019 年,结合地球各地望远镜的观测结果,EHT 公布了一张分辨率极高的超大质量黑洞 M87 的照片。

“甜甜圈”状的结构来自于黑洞周围吸积流的辐射——黑洞吞噬了中心区域的光线,在“甜甜圈”内形成了一个阴影。两年后,EHT 更新了一张照片,在原有基础上展示了更精细的结构——表示线偏振方向的纹理线,黑洞在线偏振光下的图像犹如裱花图案,被称为“甜甜圈”的裱花版。

这些发现和照片给出了黑洞的最直接证据,并揭示了 M87 外的磁场。更重要的是,黑洞的发现为众多天体物理和基础物理问题提供了全新的研究手段。比如,黑洞的直接成像可用作极轻粒子的“探针”。

著名数学家和物理学家罗杰·彭罗斯曾提出,假设将一块石头扔进一个快速旋转的黑洞,石头有一定的机会以比之前更大的速度逃逸,而它所携带的额外能量来自黑洞的旋转。



轴子引起偏振角“跳舞”。 犹他大学供图

论文通讯作者舒菁告诉《中国科学报》,当考虑量子力学中的波粒二象性(粒子或量子同时具有粒子性和波动性)后,人们可以用旋转黑洞外的波代替石头。

“波可以通过从黑洞中提取角动量来形成密集的云,这一过程被称为超辐射机制。为了使这一过程发生,要求玻色子的康普顿波长与黑洞的视界大小相当。因此,超大质量黑洞成了极轻粒子的天然探测器!”舒菁说。

### 轴子驱动“跳舞”

“我们对极轻粒子可以在黑洞外聚集的想法很着迷。我们意识到,如果极轻的轴子存在,并且与可见光之间存在相互作用,它们会让裱花的‘甜

甜甜圈’跳舞!”舒菁说。

2020 年,舒菁团队与合作者在《物理评论快报》发文,指出 EHT 的偏振数据有望探索超轻质量轴子暗物质的存在,从而对粒子物理领域产生深刻的影响。该研究中也提出了轴子让裱花的“甜甜圈”跳舞的理论方案。

事实上,在超越粒子物理学标准模型预言的各种极轻粒子中,轴子是最重要的候选者之一。寻找轴子是粒子物理学的重要任务之一,轴子在许多基本理论(如弦理论)中被广泛预言存在。轴子也是一个完美的冷暗物质候选者,因为在极轻质量窗口,星系的一些小尺度问题有可能被轴子在星系中心形成平坦的分布所解决。

超大质量黑洞是探索黑洞附近轴子的一把“利器”。当最重天体与可能最轻的轴子结合时,会发生奇妙的现象。即轻质量的轴子在黑洞附近会形成一片云,和黑洞组成引力原子系统。附着在黑洞视界周围的轴子云,在不断抽取黑洞自转的过程中,将达到非常高的密度,远超过太阳系附近的暗物质气体。

“除了纯粹的引力效应,轴子的存在也能使线偏振方向产生额外的周期性旋转,周期在 5 天到 20 天之间。偏振角的变化表现为沿着明亮的光环方向传播的波,这时,裱花图案的‘舞蹈’似乎有一个特定模式,而不是像‘醉汉’那样随机行走。”舒菁告诉《中国科学报》。

论文作者之一、理论物理所博士后陈一帆解释,所谓“跳舞”,是指裱花版黑洞以一个特定的形式震荡,在时间上以一个固定的周期旋转,在空间上绕着“甜甜圈”的方向形成一种特殊的“舞步”。“我们可以通过比较黑洞附近偏振的分布及其随时间的演化,来确认是否存在轴子引起的偏振角‘跳舞’。” (下转第 2 版)

# 研究验证多体系统中量子态可被同时导引

■本报记者 张双虎 ■黄辛

本报讯 中国科学技术大学郭光灿院士团队李传锋、许金时、孙凯等人对多体量子导引的关系结构进行了实验研究,首次观测到多体量子导引的非单配性共享关系,即其中一方的量子态可以被另外两方同时导引。研究成果日前发表于《物理评论快报》。

量子导引描述了一个粒子通过局域测量影响另一个粒子量子态的能力。作为一种量子非局域现象,量子导引拥有独特的非对称性质,能进一步实现单向量子导引,即一方可以导引另一方,反过来却不行。在多体量子导引的研究中,单配性关系会限制量子导引在个体之间的分享能力,使得一方不能同时被其他参与方导引。

然而,理论研究表明,在增加测量方向的情况下,多体量子导引会出现违背单配性的现象,展示出多体之间丰富的导引共享关系结构。为实验验证这种非单配性共享关系,研究人员需要对多体量子系统进行任意测量,这就要求制备具有高保真度的多体纠缠量子比特系统。

李传锋、许金时、孙凯等人近年来系统开展了量子导引的实验研究。在此基础上,研究组进一步利用光子的偏振、路径和轨道角动量三个自由度,构建了量子比特系统,制备了一系列的三体纠缠态,平均保真度达到 96%。通过拓展量子导引的不确定关系判据,他们研究了多体量子导引的非单配性共享关系。

实验结果表明,在三体量子系统中,一方的量子态可以被另外两方同时导引,这种现象违背了传统的单配性关系,证实了多体量子导引的共享性质。研究组通过对处于 W 态(一类多体纠缠态)的三体系统进行分析,展示了不同的量子导引架构。利用所证实的多体量子导引非单配性的共享关系,研究组进一步实现了三体真纠缠的实验验证。与常规方法相比,这种检测方法只需要更少的测量资源,展现了其高效性。

这项成果展示了量子导引在多体系统中丰富的关系结构,加深了对量子导引物理概念的理解,对量子信息基础研究具有重要意义。研究还基于量子导引单配性的信息协议提供了全面的分析视角,在多用户量子通信、量子网络搭建、多体纠缠检测中都具有重要的应用前景。(桂运安 王敏)

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.120402>



3 月 28 日,中华鲟鱼苗从放流池中游向长江。当日是中华鲟保护日,在长江武汉江段,约 5 万尾全人工繁殖中华鲟鱼苗成功放流长江。中华鲟是国家一级野生保护动物,有“水中活化石”之称。 新华社发(伍志尊摄)

# 首例性腺基因嵌合行 PGT 助孕婴儿诞生

■本报记者 张双虎 ■黄辛

3 月 26 日,国际首例性腺基因嵌合行胚胎移植前遗传学检测技术(PGT)助孕婴儿,在复旦大学附属妇产科医院黄浦区院区诞生。诞生的婴儿为同卵双胞胎,哥哥体重 2900 克,弟弟体重 2720 克,新生儿评分均为 9 分(正常)。

在这次助孕成功前,小珈(化名)曾有 3 次失败的怀孕经历。第 4 次,38 岁的小珈转向了辅助生殖,希望能通过三代试管婴儿技术“定制”一名健康的宝宝,但同样以失败告终。

之前的引产宝宝没有做彻底的基因检查,仅针对高龄指征进行了胚胎染色体筛选,尽管之后胎儿羊水检查提示核型正常,但产检大排畸检查却发现胎儿为多发性骨骼发育异常。第 4 次,医生对小珈的胎儿做了基因检测,结果显示,胎儿带了位于 1 号染色体上的一个杂合 SF3B4:c.29delA 致病性突变。SF3B4 致病性变异可导致 Nager 综合征,表现为肢端骨发育不全,以颅面、下颌畸形,颧骨发育不全以及四肢畸形为特征。

一年多后,小珈夫妇再次踏上了求子之路。医生看了基因检测报告后告诉他们,这一突变是新发突变,再次生育携带这种突变的婴儿的可能性很小,可以考虑自然怀孕,因为夫妻双方的血样中均未检测到这一致病性变异。但经历了四次沉重打击的小珈还是焦虑万分,多方打听之下,她来到复旦大学附属妇产科医院黄浦区院区徐晨明主任的生殖遗传联合门诊咨询。

仔细查看了小珈的病史后,黄荷凤对自然怀孕的预后提出质疑。虽然传统观点认为,新发突变受累患儿的母亲再次妊娠时突变复发风险较低(仅 1%~2%),但小珈已有 2 次表型类同的畸形胎儿孕育史,不能仅靠传统观点进行判断,需要对夫妻的生殖腺嵌合现象进一步探明,才能决定采取哪种生殖策略。

嵌合是指从单一受精卵发育而成的同一个体细胞有不同遗传组成的现象,嵌合现象既可发生在染色体层面,也可发生在基因层面,

## 奋进新征程 建功新时代

面对多年罕见的能源紧张,2021 年山西原煤产量再创新高,较上年增产 1.3 亿吨。煤炭产量大幅增加,山西发展的含“绿”量有何变化?

轻点屏幕上的“一键启动”,井下采煤机、运输机等设备相继联动运转。在晋能控股集团塔山煤矿地面调度中心,伴随着各类数据的变化跳动,滚滚“乌金”顺着传送皮带奔向地面。

“井下设备出现故障,视频电话可以从井下直接打给设备商远程诊断,过去一出问题就能停工数日。”塔山煤矿副总经理张兴说,依托智能化开采设备和技术,采煤工效提升了 42%,生产能耗较以往降低了 5% 以上。

在山西,类似的智能化采掘工作面已建成 328 处,21 座煤矿实现 5G 入井。得益于持续推进的供给侧结构性改革,山西煤炭先进产能占比从 2016 年时不足 30%,跃增至当前的 75% 以上。

山西保障能源安全供应的能力也有所提升。去年下半年,山西连续 6 个月煤炭产量超亿吨;四季度向 16 个省市区保供电煤 4356 万吨,合同完成率 106%。

井下采煤,不可避免地会产生煤矸石,会破坏地下水资源,还会导致地面沉降。为最大限度减少生态破坏,山西自 2019 年起试点推进煤矿绿色开采。山西焦煤集团东曲矿组建科研团队,将矸石回填至井下,实现“产矸不见矸”的同时,还可增加原煤回收,延长矿井寿命。

山西省能源局副局长王茂盛表示,2022 年山西将再建成 500 个智能化采掘工作面,重点推进 40 座煤矿绿色开采试点,确定 25 座试点煤矿开展井下矸石智能分选和不可利用矸石返井建设。

3 月 4 日 11 时许,山西新能源发电出力突破 2200 万千瓦关口,占当时全省发电出力的 61.3%,创历史新高。

在位于黄河沿岸的芮城县陌南镇庄上村,全新的用电方式描绘出“零碳村镇”的绿色前景。“分布式光伏+储能+直流配电+柔性负荷”,不少村民感叹,“以前用电掏钱,现在发的电自己用,用不了还可以卖钱”。

新能源装机的大幅提升,带动抽水蓄能、新型储能等储能行业走上发展“快车道”。去年 10 月,全球首套 1 兆瓦时钠离子电池储能系统在山西转型综合改革示范区成功并网,至今累计充电量近 10 万千瓦时。

# 大堡礁再次出现大规模严重白化事件



本报讯 异常升高的海洋温度使澳大利亚大堡礁的珊瑚白化,这是拉尼娜气候模式导致的降温条件下,首次出现大规模白化现象。

日前公布的一份官方航空勘测分析报告显示,大堡礁的 4 个管理区都出现了不同程度的白化现象,其中,北部和中部地区的情况最为严重。

“我们在大堡礁看到的情况非常令人担忧。”英国普利茅斯大学的 Miriam Reverter 说。

大堡礁是澳大利亚东北海岸外一系列珊瑚岛礁的总称,是世界上最大的珊瑚礁群,也是非常重要的海洋生态系统。

在气候变化影响下,海洋变暖导致大堡礁珊瑚大规模白化现象增加:这是自 1988 年有现代记录以来的第 6 次,也是 7 年内的第 4 次。今年 3 月,大堡礁的温度比大多数地方的平均水平高出 0.5°C~2°C,有些地方甚至高出 4°C。正常情况下,海水温度会在 3 月开始下降。

澳大利亚詹姆斯·库克大学的 Terry Hughes 认为,最近发生的大规模白化现象是“一个令人担忧的标志性事件”。

Reverter 说,这一标志性事件意味着珊瑚礁休养生息的机会越来越少。“我们认为(拉尼娜气候模式)可能是一段安全时期,但事实证明并非如此。”她说。

Reverter 还表示,有证据表明,在大规模白化过程中,死亡数量最多的是那些物理

2021 年以来,山西已发布 10 余项有关储能的政策,几乎覆盖各个应用领域,全省共有 25 个独立或共享储能项目备案,项目总投资超 240 亿元。

电力绿色化转型步伐也明显加快。国网山西省电力公司数据显示,目前山西已有 1580 万千瓦的煤电机组完成灵活性改造,有效助推新能源消纳。

位于太原市的清徐精细化工循环产业园,过去让人头疼的焦炉煤气被制成高纯度氢气。乌烟瘴气的生产场面不见了,园区里一排排绿树成荫。山西美锦华盛化工新材料公司负责人姚俊卿说,项目完全建成后每年可减少 26.4 万吨二氧化碳排放。

“我们正在规划布局投资 50 亿元的氢能产业科技园,探索传统产业与氢能产业协同发展新模式。”姚俊卿说。

在大唐云冈热电厂,排出的烟气顺着蜿蜒的管道进入捕集设备,经过冷却、吸收等多道程序,成为高纯度的液态二氧化碳,最终转化为液氨及其下游产品。山西清洁能源产业研究院院长宋维宁拿着一瓶黑色粉末告诉记者,这种从烟气里提炼出的液氨是碳纳米管的电极材料。

同时,山西创新电力交易机制,对战略性新兴产业用户实行优惠电价交易,将资源优势转换为发展优势。

政策利好之下,高新技术企业纷纷落户,中电科、百度、上海凯赛生物等在山西大规模投资。越来越多的人怀揣梦想,来到这片黄土地,准备一展抱负。

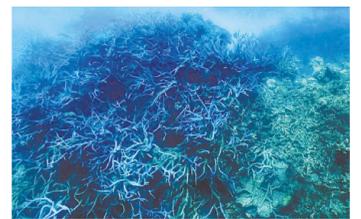
结构更复杂、更立体的珊瑚物种。它们的消失损害了珊瑚礁为鱼类提供栖息地和减轻沿海洪水的功能。

近日,澳大利亚气候委员会发布的报告显示,2021 年是有记录以来海洋温度最高的一年。热浪导致珊瑚礁死亡,活珊瑚礁覆盖面积下降,进而影响到珊瑚礁鱼类。在严重的白化事件后,鱼类的多样性和数量都明显减少。

大堡礁海洋公园管理局在其网站上表示,如果海水冷却,白化的珊瑚仍然可以恢复,就像 2020 年的情况一样——尽管当时出现了有史以来最广泛的白化事件,但珊瑚死亡的数量相对较少。

但也有专家预测,在高排放的情况下,到 2044 年大堡礁可能将每年面临一次白化事件。

Reverter 提醒说,接下来的几个月对太平洋和印度洋的其他珊瑚进行监测很重要,可以观察热压力是否会引发更大范围的白化事件。(文乐乐)



大堡礁白化的珊瑚 图片来源:GLENN NICHOLLS/AFP

# 山西煤炭含“绿”量提高了多少?

■新华社记者 柴海亮 梁晓飞