



11月16日,记者从中国科学院高能物理研究所获悉,国家重大科技基础设施“高海拔宇宙线观测站(LHAASO,中文简称“拉索”)正式发布了迄今最亮的伽马射线暴(简称“伽马暴”,编号GRB 221009A)的高能伽马辐射的精确能谱(能谱指亮度随光子能量的分布曲线),该结果挑战了传统的伽马暴余辉的标准辐射模型,揭示出宇宙背景光在红外波段强度低于预期。同时,该能谱为检验爱因斯坦相对论的适用范围、探索暗物质候选粒子——轴子等新物理研究方面提供了重要信息。相关结果于美国东部时间11月15日在Science Advances(《科学进展》)上发表,由中国科学院高能物理研究所牵头的拉索国际合作组完成。

挑战传统物理模型 开启新物理探索之门

穿越24亿光年

“拉索”精确测量迄今最亮伽马射线暴高能辐射能谱

新发现:挑战传统物理模型

“伽马暴的测量,是我们对宇宙探索的重要方式。”拉索首席科学家、天府宇宙线研究中心主任曹臻介绍。伽马暴是来自天空中某一方向的伽马射线突然增强的闪烁现象,是宇宙大爆炸之后最剧烈的天体爆炸现象,最早在1967年被发现,2019年以来人类发现了3例伽马暴辐射光子的最高能量达到1 TeV(1 TeV=1万亿电子伏特)。2022年10月9日,拉索记录到来自伽马暴(GRB 221009A)高达10 TeV以上的伽马光子,在60年的伽马暴研究历史上具有里程碑意义。

今年6月,拉索合作组在Science(《科学》)上发表了关于史上最亮伽马暴(GRB 221009A)的研究。拉索精细测量了其TeV辐射随时间变化的完整行为,确定了其辐射起源于余辉辐射,并

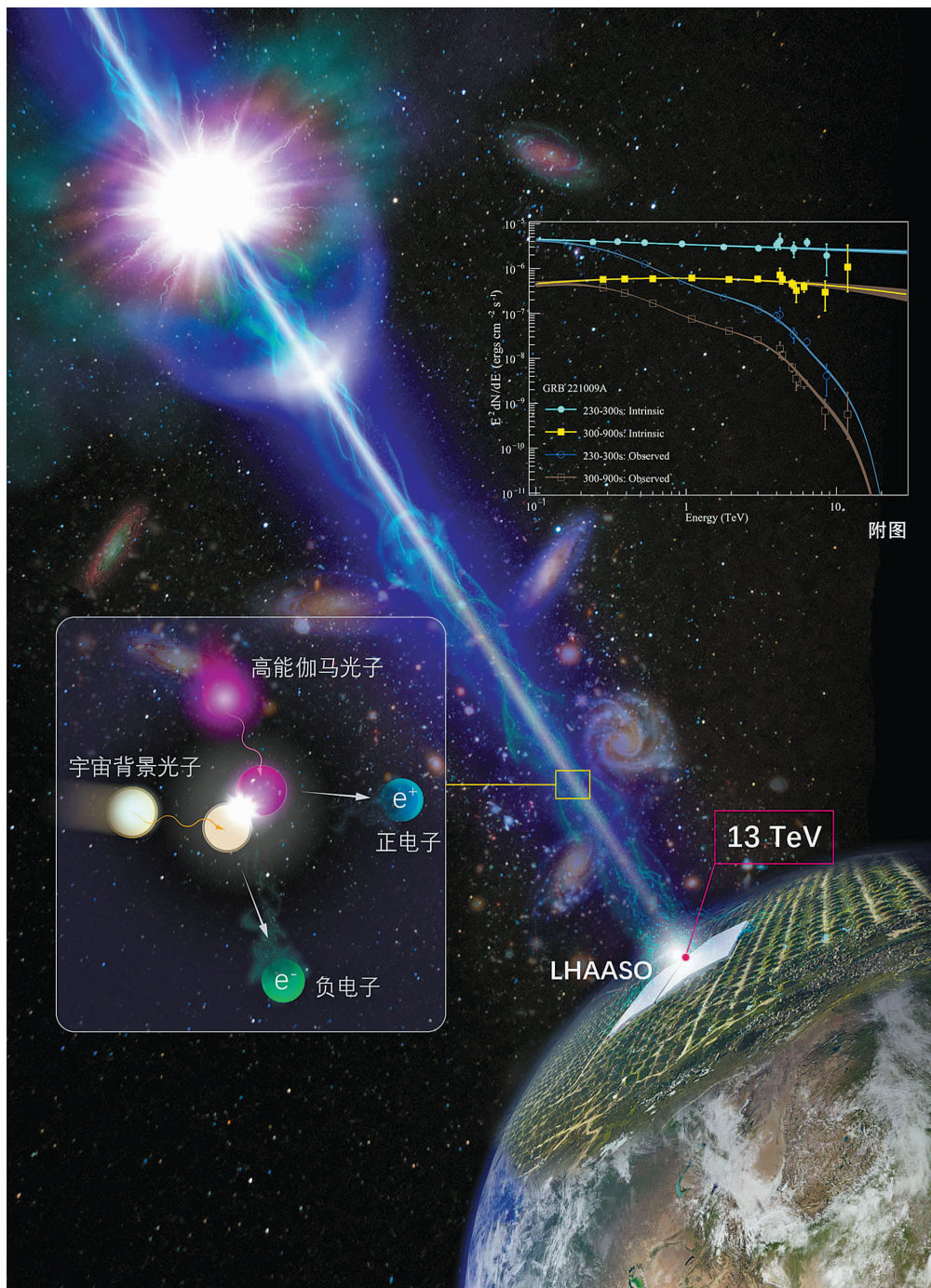
揭示了记录到此伽马暴历史最亮的成因。

中国科学院高能物理研究所研究员、天府宇宙线研究中心副主任陈松战解释,在过去对伽马暴研究而绘制的标准模型中,余辉辐射起源于以接近光速飞行的爆炸物与周围环境气体物质的碰撞,碰撞产生的高速激波会把电子加速到非常高的能量,这些电子进一步撞击周围的光子成为高能伽马辐射。“理论上这种辐射的光子能量越高,其辐射强度就衰减得越快,但本次拉索对其辐射能谱的精确测量却发现伽马暴辐射一直延伸到13 TeV(如附图所示)。该能谱对伽马暴余辉标准模型提出了挑战,预示着伽马暴余辉的10TeV左右光子可能产生于更复杂的粒子加速过程或者存在新的辐射机制。”陈松战说。

挑战:出现物理新机制?

研究人员还发现,本次基于拉索测量的精确能谱,推算出宇宙背景光对高能伽马光的吸收低于预期,红外波段宇宙背景光强度仅为现有宇宙学模型预期的40%左右。这一结果将促使人们重新考虑宇宙中星系的形成和演化过程。

中国科学院高能物理研究所研究员毕效军介绍,宇宙中的恒星会向外发光,这些恒星发射出来的光不会凭空消失掉,而是会“弥散”在整个宇宙中,会形成一种类似“迷雾”,这就是宇宙的背景光。宇宙背景光是宇宙中不同距离处所有的星系辐射产物



拉索测量的GRB 221009A在230-300秒和300-900秒两段时间的伽马射线能谱,空心点为地球上测量到的伽马射线流强,实心点为24亿光年外伽马暴发出的伽马射线流强。

的总和,与宇宙演化密切相关。而高能伽马光子在飞行时会被宇宙中弥漫的背景光吸收。在传统理论中,伽马光子能量越高被吸收得越强烈,这就是拉索能够探测到来自银河系内天体的PeV(1 PeV=1000TeV)伽马光子,却很难探测到来自遥远伽马暴10TeV光子的原因。反过来,根据伽马射线被吸收的程度,也可以研究宇宙背景光的强度与性质。“本次探测到的伽马暴的极高亮度使我们有机会探测到来自24亿光年外宇宙深处所产生的高能伽马光子。按照目前的宇宙演化模型,1 TeV伽马光子飞行24亿光年被背景光吸收的概率约为80%,而10 TeV伽马光子被吸收的概率则超过99.5%。但我们这次探测到的伽马光子,被宇宙背

景光吸收的仅占预期的40%左右,这是一个非常重要的发现。”毕效军说。

曹臻解释,如果过去标准的宇宙演化模型正确,宇宙背景光对高能伽马光子的吸收低于理论预期也可能意味着存在某种超出当前粒子物理标准模型的新物理机制。比如,作为爱因斯坦狭义相对论基础的洛伦兹对称性如果有非常微小的破坏,这种效应在伽马光子24亿光年的长距离飞行中就会被放大为可观现象,从而能够解释拉索观测到的高能伽马能谱。另一方面,轴子是标准模型之外的一种新粒子,也是当前被广泛讨论的暗物质候选粒子之一,轴子的存在也可以解释拉索观测到的高能伽马光子弱吸收现象。

预期:引发更多物理新研究

陈松战则表示,爱因斯坦的相对论在低能物理情况下是正确的,而在高能物理情况下它可能就不太适用了,而现在所要检验的就是,究竟在有多高的情况下这种理论会被破坏。如今拉索发布了最亮伽马暴的精确伽马光子能谱,开启了新物理探索之门,预期将会引发更多相关物理研究。

拉索是国家重大科技基础设施,位于四川省稻城县海拔4410米的海子山,是由216个

电磁粒子探测器和1188个缪子探测器组成的1平方公里地面簇射粒子探测器阵列、7.8万平方米水切伦科夫探测器阵列以及由18台广角切伦科夫望远镜组成的复合阵列。拉索于2021年7月建成并开始高质量稳定运行,是国际上最灵敏的超高能伽马射线探测装置,具有大视场和全天候的特点,每天可以监视2/3的天区范围,这次发现充分体现了拉索国际领先的灵敏度和独特优势。(本报记者 马静璠)



国内统一连续出版物号:CN51-0046
邮发代号:61-71
全国公开发行
全国各地邮局均可订阅

全年订价:198元
每周三、五出版
彩色印刷 每期八版

订阅热线:(028)65059829
新闻热线:(028)65059830
四川科技网: http://www.sckjw.com.cn

欢迎订阅 2024年四川科技报

《四川科技报》创刊于1957年,是四川省科学技术协会主管、主办的全省唯一的省级科技类报刊,报名由郭沫若先生题写。

该报秉持宣传全省科学技术成就、普及科学知识的办报宗旨,围绕四川科技、经济发展战略,解读最新政策,报道新闻热点,竭力为全省科技工作者和广大群众服务,积极推进四川高质量发展。

《四川科技报》为加快发展乡村产业、加强农村生态文明建设、改进乡村治理等方面提供创新举措和典型案例,全面推进乡村振兴,加快农业农村现代化。

地址:成都市人民南路四段11号省科协七楼 邮编:610041

