

宇宙诞生之初才有的时空“涟漪”终被寻获,国外科学家宣布—— 首次观测到原初引力波存在证据

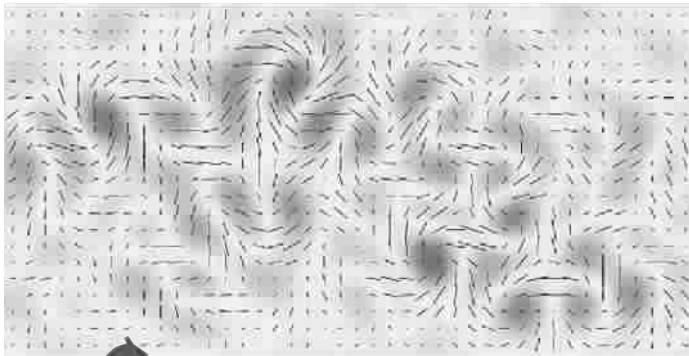


北京时间前天零时,约翰·科瓦克博士领衔的研究组宣布首次观测到宇宙原初引力波存在的直接证据,终于破解了这一关乎宇宙起源的“世纪悬案”。如获证实,这将成为科学史上里程碑式的重大发现。

观测地点:南极极点附近

研究团队:美国哈佛—史密森天体物理学中心的射电天文学研究团队及其架设的实验性望远镜 BICEP2

科学事件:寻获了宇宙诞生之初才有的时空“涟漪”——原初引力波



▲ 分析得出的原初引力波“独特印记”——B 模式偏振
▼ 架设在南极的望远镜BICEP2探测到宇宙原初引力波



证实广义相对论和宇宙暴涨论

原初引力波的发现,填补了广义相对论实验验证中“最后一块缺失的拼图”。中国科学技术大学天文学系教授赵文,长期从事宇宙原初引力波理论及其探测,将在我国在建世界最大口径射电望远镜 FAST 项目中负责宇宙原初引力波等探测。他在接受本报采访时指出,爱因斯坦的广义相对论是目前为止最成功描述引力的理论,过去近百年中,其中的很多预言都得到了实验和观测的证实。引力波是传递引力效应的一种新的物质波,是时间空间自身的扰动行为,这是相对论最重要的预言之一,也是最根本、最后被证实的预言。“此次发现引力波,意味着至少在经典图像中,广义相对论已经没有什么问题了。”

原初引力波之所以备受关注,还有一个原因在于它和宇宙大爆炸的原初时刻息息相关。据赵文教授介绍,引力波有很多种来源。目前大概可以分为两类:一类是由中子星、黑洞等非常致密的天体来产生的,被称为孤立的引力波源;另一类是宇宙极早期产生的引力波背景辐射。这次发现的原初引力波属于后一种。“找到该引力波,就意味着暴涨宇宙学的模型基本上被证实了。因为暴涨宇宙学是目前最成功的描述极早期宇宙演化行为的模型。其所有预言,除了引力波之外,都已经被观测证实。现在引力波也发现了,基本上这个模型的基本图像不再有什么重大问题了。”

浙江大学理论物理博士、科学松鼠会成员李剑龙认为,“这次原初引力波的发现,是支撑宇宙暴涨理论模型迄今为止最有力的证据,这就好比破案,以前你只是在现场发现到处都有嫌疑人的指纹,但仍不足以有足够证据让他上法庭,现今的发现就相当于在凶器上找到了指纹,可以直接指认他了。”

宇宙大爆炸还存在很多谜题

科学界目前普遍认为,宇宙诞生于距今约 140 亿年前的一次大爆炸。在大爆炸之后不到 10 的-35 次方秒的时间里,宇宙以快到

无法想象的速度急剧膨胀。原初引力波忠实记录了暴涨时期的物理过程。当然,除此之外,宇宙大爆炸的起源还有很多其他关键问题。例如,宇宙暴涨发生的物理机制是什么?暴涨之前是什么阶段?暴涨是怎样结束的?宇宙中的物质是怎样产生的?“但我认为,这些问题都只能存在于理论研究和讨论的层次,因为无法或者很难从观测上给出答案。”赵文如是表示。

中山大学田文字空间科学研究院院长李淼指出:“关于宇宙,除了探讨起源之外,暗能量究竟具有怎样的性质,应该是下一个最关键的问题之一。”宇宙中 96% 都是看不见摸不着的东西,被科学家称为宇宙的暗物质和暗能量。

李剑龙说,有关宇宙的问题总是充满了不断探索和意外发现,以前人们想用哈勃望远镜看看地球以外的宇宙世界,却意外发现了宇宙在膨胀。“这些理论物理的基础研究,看上去不能带来经济意义,但人类要探索宇宙和利用宇宙,第一步就是要了解它。”

草堆捞针却收获了“铁撬棍”

探测引力波被称为“宇宙中最大的徒劳无益之事”,因为引力相互作用非常微弱,产生的物理效应实在太小。

美国哈佛—史密森天体物理学中心等机构的物理学家们采用的方法是:利用架设在南极的 BICEP2 望远镜,观测宇宙大爆炸的“余烬”——宇宙微波背景辐射(CMB)。CMB 是由弥漫在宇宙空间中的微弱的电磁波信号形成的,迄今为止它被认为是证明宇宙起源于一次大爆炸事件的最好证据。计算表明,原初引力波作用到微波背景光子,会产生一种叫做 B 模式的特殊偏振模式,这是其他形式的扰动都产生不了的,B 模式偏振因此成为原初引力波的“独特印记”。

南极是地球上观测微波背景辐射的最佳地点之一。据赵文介绍,大多数此类望远镜都建在南极,主要是为了排除大气中水分对望远镜观测的影响。果然,研究人员此次在南极发现了比“预想中强烈得多”的 B 模式偏振

信号,随后经过 3 年多的缜密分析,排除了其他可能的来源,确认它就是原初引力波导致的。这些辐射中的微小涨落提供了早期宇宙状况的信息,不仅成为宇宙大爆炸后暴涨过程产生引力波扩散的证据,还能揭示暴涨发生的时间和强度。研究共同作者、明尼苏达大学的克莱姆·普赖克说:“这就好像要在草堆里找一根针,结果我们找到了一根铁撬棍。”

中国科学家也在探测引力波

无独有偶,在美国科学家此次公布南极 BICEP 望远镜关于原初引力波发现的数据之前,赵文教授和他的同事们也发现了很多类似的数据。“我们的数据主要来自于美国 WMAP 卫星和欧洲 PLANCK 卫星。一般认为,分析这些已有的数据,不会发现任何引力波存在的迹象。但早在 2010 年时我们就已指出,WMAP 的观测数据中其实已经显示了引力波存在的迹象,只是 WMAP 组的数据分析方法存在缺陷,所以才没有发现而已。我们前一阵再次对最新 PLANCK 和 WMAP 的数据进行分析,再次证实并强调了我们的观点。更为重要的是,我们在老的数据中发现的引力波的大小,和这次 BICEP 发现的引力波的大小是一致的。他们的数据非常好,观测精度高了很多。”

赵文告诉记者,我国正在贵州建设世界上最大的单口径的射电望远镜 FAST,预计 2016 年可以建成并投入使用。届时,可以通过该望远镜对脉冲星的信号进行非常高精度的测量来探测引力波,从而使我国在此领域也占有一席之地。

我国正参与的一个重大国际合作计划“SKA”,最主要的科学目标之一也是探测引力波,将分别在澳大利亚和南非建成世界上最好的射电望远镜。我国目前还在寻求与欧洲空间局的合作,参与 LISA 探测计划。此外,重庆大学的李芳昱教授还独立发展了一套高频引力波探测技术,这些年一直在积极推进该探测器的设计和建造,希望能探测到非常高频率的引力波信号。

本报记者 董纯蕾 马丹 易蓉

《自然》3 分钟视频 生动解读引力波

国际顶级学术期刊《自然》(Nature)为原初引力波的发现制作了三分钟科普视频《万物之初》(The beginning of everything),在其网站上发布,旁白节译如下——

“物理学家相信,在宇宙诞生之初的第一亿亿亿分之一秒内,宇宙经历了难以置信的急剧膨胀,但是想要找到支持这一宇宙暴涨理论的证据却异常艰难。研究者必须从时空纹理中寻找蛛丝马迹。根据爱因斯坦的理论,如暴涨这般急剧的膨胀发生时会在时空中留下涟漪,他将这种涟漪称作引力波。当引力波穿透宇宙时,会对空间产生挤压和拉伸。原初引力波能够告诉我们宇宙诞生时的信息,当然,前提是我们能找到它。持续膨胀的宇宙已经将这些最初的引力波大大拉伸了,如今,原初引力波所引起的扰动显得相当微乎其微。”

想象在海滩上,潮水冲上沙滩时波浪会卷起并扰动沙子,而当潮水退下沙子上则留下波浪的痕迹。宇宙空间中当然没有沙子,甚至其实什么都没有,但有一个例外——宇宙微波背景辐射,它是宇宙大爆炸的余烬,而且无处不在。这种辐射是否带有引力波留下的痕迹?

为寻求答案,位于美国马萨诸塞州天体物理中心的一支研究团队建造了非常灵敏的辐射探测器,并将它安装到了位于南极的望远镜上,开始寻找“时空涟漪”。经过 9 年的艰苦寻找和数据分析,他们在宇宙微波背景辐射中发现了漩涡状图案,他们称这就是宇宙诞生之初引力波所产生的痕迹。”

(翻译:新浪微博用户 @ 斯隆数字化巡天)

引力波研究小史

爱因斯坦在 1915 年提出了广义相对论,并于 1917 年根据他的理论预言了引力波,至今已有将近 100 历史。

上世纪 70 年代,美国物理学家乔瑟夫·泰勒和拉塞尔·赫尔斯研究一个双中子星系统轨道的演化行为,首次间接发现了引力波,并因此获得 1993 年的诺贝尔物理学奖。

目前,对引力波的直接探测,国际上公认的主要有三种方式,分别针对不同的引力波源——

其一,通过宇宙微波背景辐射的极化(主要是 B 模式的极化),来探测宇宙原初引力波,主要是欧洲与美国科学家在竞争。这次探测就属于这种情况,美国人再一次走到了前面。

其二,通过宇宙中的脉冲星信号残差,来探测宇宙中的超大质量黑洞产生的引力波,该领域国际上主要由澳大利亚的 PPTA 组、欧洲的 EPTA 组和美国的 NANOGrav 组在竞争。目前做得最好的是澳大利亚组,虽然目前尚未探测到信号,但预计在未来 5-10 年之内,该方法应该就能真正探测到信号。我国在建 FAST 望远镜和参与 SKA 计划探测引力波,均属于此列。

其三,激光干涉仪引力波天文台,目前正在运行的主要有美国的 LIGO 和欧洲的 VIRGO,两个已完成使命,正在系统升级之中。预计 2016 年左右完成升级后,它们应该可以看到中子星或者小黑洞并和所产生的引力波辐射。此外,还有欧洲的空间激光干涉引力波天文台 LISA,预计 2020 年或者更晚一些可以发射并投入运行。

赵文 提供