

天文学家目击中子星相撞

(北京大学 李云炆、徐仁新 编译自 Hamish Johnston. *Physics World*, 2017, (11): 4)

近十来年,天文学重大突破之一一是成功地协同观测中子星相撞时产生的引力波和电磁波信号。这一发现始于2017年8月17日(故编号为GW170817):随着激光干涉引力波天文台(LIGO)和室女座干涉仪(Virgo)合作组对引力波的发现、定位以及费米伽马射线空间望远镜(Fermi)的快速认证,超过70多台地面和空间探测设备在X射线、可见光、红外、射电等波段捕获了该并合事件产生的辐射。

这次联测是包括引力波在内的“多信使天文学”的首个成功案例,且为重元素(如金)的起源提供了线索。同时,使用引力波和可见光联测中子星并合也为研究宇宙膨胀提供了一种独特的手段。此外,这一发现结束了长久以来关于持续时间较短的伽马射线暴起源的争论。

一声巨响惊天动地

GW170817是LIGO(位于Hanford和Livingston的探测器都有记录)探测到的5起引力波辐射事件中最“强”的一个。这一信号同时也被位于意大利Pisa附近的Virgo引力波台站发现,但是强度很低。就在这一

事件三天前的8月14日, Virgo还首次探测到双黑洞并合引力波信号。这说明 Virgo 运转良好,意味着GW170817事件应该来自 Virgo 探测器灵敏度较低的某一方位。

GW170817引力波信号持续达百秒,这使得LIGO-Virgo团队可以将这一事件定位于28平方度的天区。后续电磁波段观测进一步确定该信号源位于距离地球1.3亿光年的星系NGC4993。通过对引力波信号的分析,天文学家估计每颗中子星的质量在1.1到1.6倍太阳质量之间。

“对于这许许多多的第一次,我们已经做了若干振奋人心的研究”,LIGO团队的成员,英国格拉斯哥大学引力研究所的所长Sheila Rowan如此说。例如,引力波事件约2秒后发生短伽马射线暴,表明暴是由中子星碰撞所致,解决了所谓的“高能天体物理领域最重大的谜团之一”(Francesco Pannarale教授之语)。

几乎同时到达的伽马射线信号也确认了引力波是以光速传播的。这种协同观测遥远天体光和引力波信号的手段还可以让物理学家对爱因斯坦的广义相对论进行更加严苛的检验。新发现甚至还帮助天体物理学家排除了一些中子星组分模型。

遗憾的是,LIGO-Virgo团队并未能直接探测到中子星并合瞬间的引力波,因为那时信号频率过高、探测器灵敏度不够。所以,研究者并不确定在并合之后到底

发生了什么。一种可能是两颗中子星并合成一颗新的中子星,而更大的可能是二者并合成一个被吸积盘包围的黑洞(也许会经过中子星过渡阶段)。

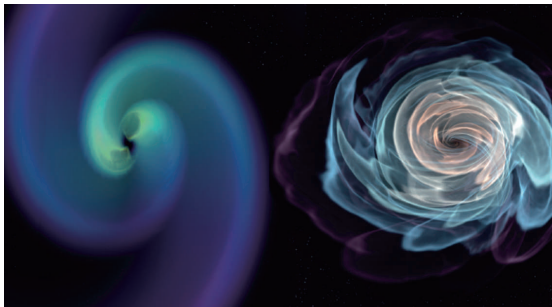
当这个盘状物质被吸入黑洞时,一束快速运动的物质喷流会沿着黑洞转轴的方向射出。这些物质在跟星系中的气体碰撞时不断减速,同时辐射伽马射线。当这束喷流距黑洞更远时能量不断降低,表现为8月17日之后几周内在其他波段观测到的电磁信号。

炼制重元素

新的发现同时也揭示了比铁重的元素的起源之谜。研究者目前认为,当两颗中子星碰撞时会抛射出可合成重元素的丰中子物质。这些重核通过放射性衰变成为稳定同位素,并被抛散在宇宙中。该衰变过程所产生的辐射很特别,最初被智利的Swope望远镜发现,随后还被其他若干望远镜成功记录。

天文学家又有了新的方法来度量不同距离处宇宙的膨胀,即哈勃常数的测量。根据引力波的强度和偏振可确定引力波源的距离,再通过测量宿主星系光谱红移则可确定其相对我们的退行速度。这样即可重新计算哈勃常数,结果也与其他方式的测量吻合。

GW170817事件已被广泛研究。“我们还试图发现一些新东西,相关数据也会被继续分析”,美国佛罗里达大学的Imre Bartos教授说道,“GW170817这类事件绝不会是稀有的,‘未来一定将看到更多这样的事件!’”。



两颗中子星相撞时产生的视觉效果(右)及其附近时空的扭曲(左)