

Virgo e LIGO svelano nuove e inattese popolazioni di buchi neri

Virgo e LIGO hanno annunciato l'osservazione della fusione di un sistema binario di massa straordinariamente grande: due buchi neri di 66 e 85 masse solari, hanno prodotto alla fine un buco nero di circa 142 masse solari. Il buco nero finale è il più massiccio rivelato finora per mezzo delle onde gravitazionali. Si trova in una regione di massa entro cui non è mai stato osservato prima un buco nero, né con onde gravitazionali né con osservazioni elettromagnetiche, e potrebbe servire a spiegare la formazione dei buchi neri supermassicci. Inoltre, il componente più pesante del sistema binario iniziale si trova in un intervallo di massa proibito dalla teoria dell'evoluzione stellare e rappresenta una sfida per la nostra comprensione degli stadi finali della vita delle stelle massicce.

Gli scienziati delle collaborazioni internazionali che sviluppano e utilizzano i rivelatori Advanced Virgo presso lo European Gravitational Observatory (EGO) in Italia e i due Advanced LIGO negli Stati Uniti hanno annunciato l'osservazione di un buco nero di circa 142 masse solari, che è il risultato finale della fusione di due buchi neri di 66 e 85 masse solari. I componenti primari e il buco nero finale si trovano tutti in un intervallo di massa mai visto prima, né con onde gravitazionali né con osservazioni elettromagnetiche. Il buco nero finale è il più massiccio rivelato finora per mezzo di onde gravitazionali. L'evento di onda gravitazionale è stato osservato dai tre interferometri della rete globale il 21 maggio 2019. Il segnale (chiamato GW190521) è stato analizzato dagli scienziati. Due articoli scientifici che riportano la scoperta e le sue implicazioni astrofisiche sono stati pubblicati oggi su *Physical Review Letters* e *Astrophysical Journal Letters*, rispettivamente.

"Il segnale osservato il 21 maggio dello scorso anno è molto complesso e, dal momento che il sistema è così massiccio, lo abbiamo osservato per un tempo molto breve, circa 0.1 s", dice Nelson Christensen, directeur de recherche CNRS presso ARTEMIS a Nizza in Francia e membro della Collaborazione Virgo. "Non assomiglia molto ad un sibilo che cresce rapidamente in frequenza, che è il tipo di segnale che osserviamo di solito: assomiglia piuttosto ad uno scoppio, e corrisponde alla massa più alta mai osservata da LIGO e Virgo." Effettivamente, l'analisi del segnale – basata su una potente combinazione di modernissimi modelli fisici e di metodi di calcolo – ha rivelato una gran quantità di informazione su diversi stadi di questa fusione davvero unica.

Questa scoperta è senza precedenti non solo perché stabilisce il record di massa tra tutte le osservazioni fatte finora da Virgo e LIGO ma anche perché possiede altre caratteristiche speciali. Un aspetto cruciale, che ha attratto in particolare l'attenzione degli astrofisici, è che il residuo finale appartiene alla classe dei cosiddetti "buchi neri di massa intermedia" (da cento a centomila masse solari). L'interesse verso questa popolazione di buchi neri è collegato ad uno degli enigmi più affascinanti e intriganti per astrofisici e cosmologi: l'origine dei buchi neri supermassicci. Questi mostri giganteschi, milioni di volte più pesanti del Sole e spesso al centro delle galassie, potrebbero essere il risultato della fusione di buchi neri di massa intermedia.

Fino ad oggi, pochissimi esempi di questa categoria sono stati identificati unicamente per mezzo di osservazioni elettromagnetiche, e il residuo finale di GW190521 è la prima osservazione di questo genere per mezzo di onde gravitazionali. Ed è di interesse ancora maggiore, visto che si trova nella regione tra 100 e 1000 masse solari, che ha rappresentato per molti anni una specie di "deserto dei buchi neri", a causa della scarsità di osservazioni in questo intervallo di massa.

I componenti e la dinamica della fusione del sistema binario che ha prodotto GW190521 offrono spunti astrofisici straordinari. In particolare, il componente più massiccio rappresenta una sfida per i modelli astrofisici che descrivono il collasso in buchi neri delle stelle più pesanti, quando queste arrivano alla fine della loro vita. Secondo questi modelli, stelle molto massicce vengono completamente distrutte dall'esplosione di supernova, a causa di un processo chiamato "instabilità di coppia", e si lasciano dietro solo gas e polveri cosmiche. Perciò gli astrofisici non si aspetterebbero di osservare alcun buco nero nell'intervallo di massa tra 60 e 120 masse solari: esattamente dove si trova il componente più massiccio di GW190521. Quindi, questa osservazione apre nuove prospettive nello studio delle stelle massicce e dei meccanismi di supernova.

"Parecchi scenari predicono la formazione di buchi neri nel cosiddetto intervallo di massa di instabilità di coppia: potrebbero risultare dalla fusione di buchi neri più piccoli o dalla collisione multipla di stelle massicce o addirittura da processi più esotici", dice Michela Mapelli, professore presso l'Università di Padova, e membro dell'INFN Padova e della Collaborazione Virgo. "Comunque, è possibile che si debba ripensare la nostra attuale comprensione degli stadi finali della vita di una stella e i conseguenti vincoli di massa sulla formazione dei buchi neri. In ogni caso, GW190521 è un importante contributo allo studio della formazione dei buchi neri."

Infatti, l'osservazione di GW190521 da parte di Virgo e LIGO porta la nostra attenzione sull'esistenza di popolazioni di buchi neri che non sono mai stati osservati prima o sono inattesi, e in tal modo solleva nuove intriganti domande sui meccanismi con cui si sono formati. A dispetto del segnale insolitamente breve, che limita la nostra capacità di dedurre le proprietà astrofisiche della sorgente, le analisi più avanzate e i modelli attualmente disponibili suggeriscono che i buchi neri iniziali avessero alti valori di spin, o in altre parole che avessero un'elevata velocità di rotazione.

"Il segnale mostra segni di precessione, una rotazione del piano orbitale prodotta da spin elevati e con un'orientazione particolare", nota Tito Dal Canton, ricercatore del CNRS presso IJCLab ad Orsay, Francia, e membro della Collaborazione Virgo, "L'effetto è debole e non possiamo esserne certi del tutto, ma se fosse vero darebbe forza all'ipotesi che i buchi neri progenitori siano nati e vissuti in un ambiente cosmico molto dinamico e affollato, come un ammasso stellare denso o il disco di accrescimento di un nucleo galattico attivo."

Parecchi scenari diversi sono compatibili con questi risultati e anche l'ipotesi che i progenitori della fusione possano essere buchi neri primordiali non è stata scartata dagli scienziati. Effettivamente, noi stimiamo che la fusione abbia avuto luogo 7 miliardi di anni fa, un tempo vicino alle epoche più antiche dell'Universo.

Rispetto alle precedenti osservazioni di onde gravitazionali, il segnale di GW190521 è molto breve e più difficile da analizzare. La complessa natura di questo segnale ci ha spinto a considerare anche altre sorgenti più esotiche, e queste possibilità sono descritte in un altro articolo che accompagna quello della scoperta. La fusione di un sistema binario di buchi neri resta però l'ipotesi più probabile.

"Le osservazioni portate avanti da Virgo e LIGO illuminano l'universo oscuro e definiscono un nuovo panorama cosmico", dice Giovanni Losurdo, che guida Virgo ed è dirigente di ricerca presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare in Italia, "E oggi, ancora una volta, annunciamo una scoperta senza precedenti. Continuiamo a migliorare i nostri strumenti per aumentare la loro performance e per vedere sempre più a fondo nell'Universo."



Informazioni aggiuntive sugli osservatori di onde gravitazionali:

La Collaborazione Virgo è composta attualmente da circa 580 membri provenienti da 109 istituzioni in 13 diversi paesi, che comprendono Belgio, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Olanda, Polonia, Portogallo, Spagna e Ungheria. Lo European Gravitational Observatory (EGO) che ospita il rivelatore Virgo si trova vicino a Pisa in Italia ed è finanziato dal Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) in Francia, dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) in Italia, e dal Nikhef in Olanda. Una lista dei gruppi della Collaborazione Virgo è disponibile al link <http://public.virgo-gw.eu/the-virgo-collaboration/>. Ulteriori informazioni sono disponibili sul sito web di Virgo <http://www.virgo-gw.eu>.

LIGO è finanziato dalla National Science Foundation (NSF) e la sua operatività dipende da Caltech e MIT, che hanno concepito e guidato il progetto. Il sostegno finanziario per il progetto Advanced LIGO è venuto dall'NSF, con significativi impegni e contributi da parte tedesca (Max Planck Society), inglese (Science and Technology Facilities Council) e australiana (Australian Research Council-OzGrav). Circa 1300 scienziati di tutto il mondo partecipano all'impresa scientifica della Collaborazione LIGO, che include anche la Collaborazione GEO. Una lista di altri partners è disponibile al link <https://my.ligo.org/census.php>.

Contatti stampa in Europa

EGO

Vincenzo Napolano
napolano@ego-gw.it
+393472994985

Virgo

Livia Conti
livia.conti@pd.infn.it

CNRS, France

communication@in2p3.fr

INFN, Italy

Antonella Varaschin
antonella.varaschin@presid.infn.it

Nikhef, Netherlands

Martijn van Calmthout
martijn.van.calmthout@nikhef.nl
phone +31 6 46637876

Media Contacts in US

Caltech

Whitney Clavin
wclavin@caltech.edu
626-390-9601

MIT

Abigail Abazorius
abya@mit.edu
617-253-2709

NSF

Josh Chamot
jchamot@nsf.gov
703-292-4489