

BUCHI NERI VISTI FONDERSI CON STELLE DI NEUTRONI

Con la prima osservazione diretta di fusione in sistemi binari costituiti da un buco nero e una stella di neutroni, Virgo, Ligo e Kagra aggiungono un altro fondamentale tassello mancante alla nostra conoscenza dei fenomeni cosmici estremi. Si tratta di un sistema completamente nuovo poiché le onde gravitazionali rilevate finora sono state generate da coppie di buchi neri o coppie di stelle di neutroni. La scoperta offre nuove intuizioni sui complessi meccanismi che possono aver generato questi eventi estremi e rari e, insieme alle precedenti rilevazioni di Virgo e Ligo, inizia a far luce su un paesaggio cosmico ancora inesplorato. Tutti i dettagli su The Astrophysical Journal Letters. Da MEDIA INAF del 29 giugno 2021 riprendiamo, con autorizzazione, un articolo di Maura Sandri.



Rappresentazione artistica della fusione di stelle di neutroni e buchi neri.

Crediti: Carl Knox, OzGrav – Swinburne University

Le collaborazioni scientifiche Virgo, Ligo e Kagra hanno annunciato oggi la **prima osservazione in assoluto** di sistemi binari costituiti da un buco nero e una stella di neutroni (chiamati **Nsbh**, dall'inglese *neutron star* e *black hole*). La scoperta è stata resa possibile dalla rilevazione, nel gennaio 2020, di segnali gravitazionali emessi da due sistemi in cui un buco nero e una stella di neutroni, ruotando l'uno intorno all'altra, si sono fusi in un unico oggetto compatto. L'esistenza di questi sistemi è stata prevista dagli astronomi diversi decenni fa, ma fino a ora non erano mai stati osservati con sicurezza né attraverso segnali elettromagnetici, né gravitazionali. I risultati dello studio e le sue implicazioni astrofisiche sono stati pubblicati oggi su *The Astrophysical Journal Letters*.

Il 5 gennaio 2020, il rivelatore Advanced Ligo a Livingston, Louisiana negli Stati Uniti, e il rivelatore Advanced Virgo in Italia, hanno osservato un'onda gravitazionale prodotta dalle ultime orbite in decadimento, prima della fusione, di una coppia Nsbh; appena dieci giorni dopo è stato

osservato un secondo segnale di onde gravitazionali generate dallo spiraleggiamento e dalla fusione di un sistema binario simile, questa volta sia dai rivelatori Advanced Ligo che dal rivelatore Virgo. Questi due eventi – soprannominati **Gw 200105** e **Gw 200115**, dalle date della loro rilevazione – rappresentano le prime osservazioni di onde gravitazionali generate da un mix di stelle di neutroni e buchi neri. In passato, altri due segnali gravitazionali (**Gw 190814** e **Gw 190426**) erano stati considerati candidati Nsbh, ma senza un livello di confidenza sufficiente per poter dire con ragionevole certezza che lo fossero.

I sistemi doppi di stelle di neutroni sono stati osservati per la prima volta nella Via Lattea nel 1974 monitorando gli impulsi delle onde radio emesse dalle stelle di neutroni, note come pulsar radio. «Gli astronomi hanno trascorso decenni alla ricerca di pulsar radio in orbita attorno a buchi neri, ma fino a ora nella Via Lattea non ne avevano trovati», afferma **Astrid Lamberts**, ricercatrice del Cnrs della collaborazione Virgo presso Artemis e Lagrange laboratories, a Nizza. «Le coppie buco nero e stella di neutroni erano davvero il “binario mancante” per gli astronomi». Con questa nuova scoperta, possiamo finalmente iniziare a capire quanti di questi sistemi esistono, quanto spesso si fondono e perché non ne abbiamo ancora visti esempi nella Via Lattea».

I segnali gravitazionali rilevati a gennaio contengono preziose informazioni sulle caratteristiche fisiche dei sistemi, come la massa e la distanza delle due coppie Nsbh, nonché sui meccanismi fisici che le hanno generate e le portano al collasso. L'analisi del segnale ha mostrato che il buco nero e la stella di neutroni che hanno creato Gw 200105 sono, rispettivamente, circa 8.9 volte e 1.9 volte la massa del Sole e la loro fusione è avvenuta circa 900 milioni di anni fa, centinaia di milioni di anni prima dell'apparizione dei primi dinosauri sulla Terra. Per l'evento Gw 200115, gli scienziati di Virgo e Ligo stimano che i due oggetti compatti avessero masse di circa 5.7 masse solari (il buco nero) e 1.5 masse solari (la stella di neutroni) e che si siano fusi quasi 1 miliardo di anni fa.

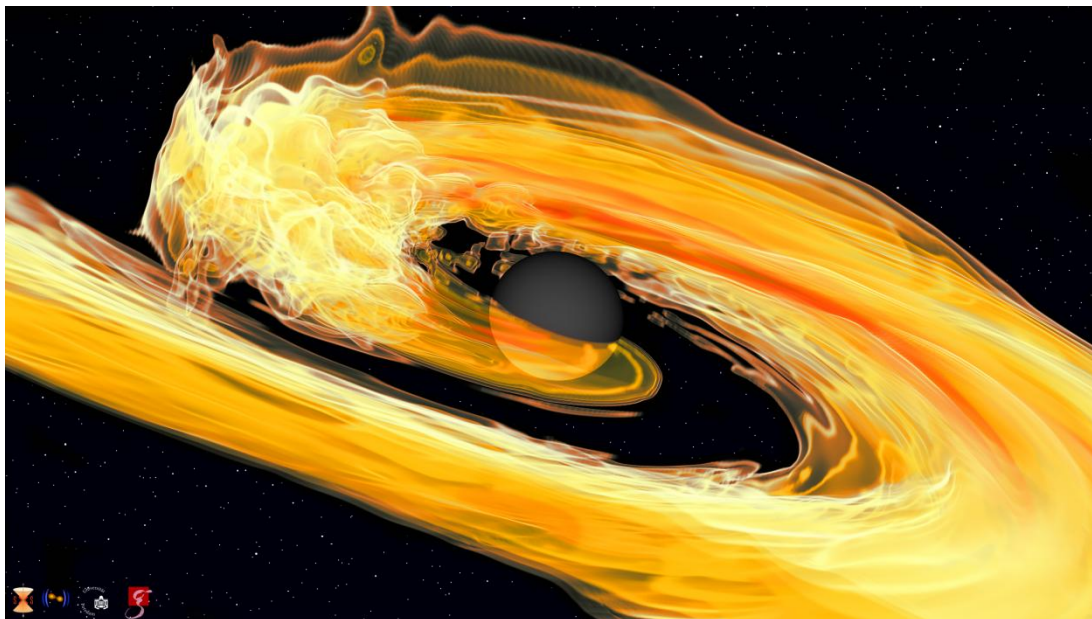
La massa più pesante stimata in entrambi i casi rientra nell'intervallo previsto dai modelli di evoluzione stellare per i buchi neri. La massa più leggera è coerente con quella delle stelle di neutroni e questi risultati indicano che entrambi i sistemi rilevati sono coppie Nsbh, anche se hanno livelli di confidenza diversi. A tal proposito, sebbene la significatività statistica di Gw 200105 non sia molto elevata, la “forma” del segnale nonché i parametri desunti dalle analisi, portano i ricercatori a credere nella sua origine astrofisica.

«Una grande quantità di lavoro e risorse computazionali è stata dedicata alla stima dei parametri. In effetti, una questione cruciale nell'analisi dei dati registrati dai rilevatori di onde gravitazionali è districare le informazioni utili, che vengono sempre mescolate al rumore», afferma **Giancarlo Cella**, ricercatore Infn e coordinatore dell'analisi dei dati Virgo. «Dobbiamo ottenere le nostre migliori stime per le proprietà delle sorgenti e allo stesso tempo vogliamo sapere qual è la probabilità che il segnale identificato sia solo una fluttuazione casuale».

Un'ulteriore prova del rilevamento di un sistema misto di buchi neri e stelle di neutroni sarebbe stato il rilevamento della radiazione elettromagnetica, insieme alle onde gravitazionali. Infatti, se le masse dei due oggetti compatti sono grosso modo comparabili, la stella di neutroni, mentre si avvicina al buco nero, è soggetta a forze di marea così potenti da distruggersi. In questo caso, oltre alle emissioni gravitazionali, si potrebbero osservare anche spettacolari lampi di radiazione elettromagnetica, dovuti alla disintegrazione della materia stellare attorno al buco nero: un meccanismo simile a quello che porta alla formazione dei dischi di accrescimento attorno ai buchi neri giganti al centro delle galassie. Questo probabilmente non si è verificato né per Gw 200105, né per Gw 200115, perché in entrambi i casi la massa del buco nero era troppo grande, quindi una volta che la separazione tra i due oggetti è stata sufficientemente ridotta, il buco nero ha, per così dire, inghiottito il suo compagno in un solo boccone.

«Abbiamo le prove che la nostra sensibilità è ora al di sopra della soglia necessaria per rilevare sistemi di questo tipo», afferma Cella, «e prevediamo che lo faremo regolarmente nelle prossime sessioni».

«Il fatto che ora abbiamo rilevato i tre tipi di sistemi binari ci aiuterà a sviluppare teorie che spieghino le loro proprietà in modo coerente», ha aggiunto Astrid Lamberts. «Infatti, questa scoperta ci consente di approfondire la nostra conoscenza dei fenomeni più estremi nell'universo, aiutandoci a capire meglio quali meccanismi possono averli generati.



Simulazione di un sistema Bhns con distruzione mareale.

Crediti per la visualizzazione scientifica: T. Dietrich (Potsdam University e Max Planck Institute for Gravitational Physics), N. Fischer, S. Ossokine, H. Pfeiffer (Max Planck Institute for Gravitational Physics), T. Vu.

Crediti per la simulazione numerica della relatività: S.V. Chaurasia (Università di Stoccolma), T. Dietrich (Potsdam University e Max Planck Institute for Gravitational Physics)

Il risultato appena annunciato, insieme alle decine di rilevazioni effettuate da Virgo e Ligo fino ad oggi, ci consente, per la prima volta, di osservare da vicino alcuni dei fenomeni più violenti e rari dell'universo e di tracciare un quadro inedito delle regioni caotiche che rappresentano uno dei possibili vivai di questi eventi. Inoltre, le informazioni dettagliate che gli scienziati hanno iniziato a raccogliere sulla fisica dei buchi neri e delle fusioni stellari, permettono di testare le leggi fondamentali della fisica in condizioni estreme, che non è possibile riprodurre sulla Terra.

«La scoperta annunciata oggi è un'ulteriore gemma nel tesoro del *3rd LIGO-Virgo observing run*», conclude **Giovanni Losurdo**, portavoce di Virgo e ricercatore Infn. «Ligo e Virgo continuano a svelare collisioni catastrofiche, mai osservate prima, gettando luce su un paesaggio cosmico davvero nuovo. Ora stiamo aggiornando i rilevatori con l'obiettivo di guardare molto più lontano nelle profondità del cosmo, alla ricerca di nuove gemme, alla ricerca di una comprensione più profonda dell'universo in cui viviamo».

Maura Sandri

<https://www.media.inaf.it/2021/06/29/fusione-nsbh-da-ligo-virgo/>

The LIGO Scientific Collaboration, the Virgo Collaboration, and the KAGRA Collaboration, "[Observation of gravitational waves from two neutron star–black hole coalescences](#)", *The Astrophysical Journal Letters*, published 2021 June 29

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac082e/pdf>

Servizio video su *MEDIA INAF Tv*: <https://www.youtube.com/watch?v=iTSXy2cfKa0>