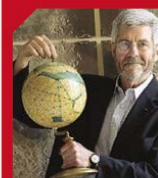


LE ONDE GRAVITAZIONALI svelano nuovi mostri

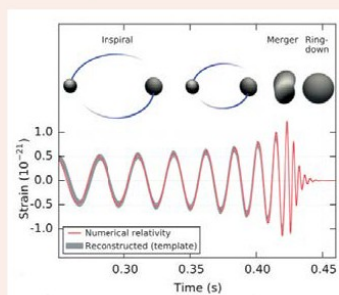


Giovanni F. Bignami
Accademia dei Lincei

L'osservazione del fenomeno previsto da Einstein è straordinaria, ma non da meno è la scoperta di una classe di buchi neri con massa medio-grande mai prima sospettata

La realtà supera la fantasia. Prendiamo il caso delle onde gravitazionali: il risultato annunciato lo scorso 11 febbraio, arrivato dopo cinquant'anni di sviluppo sperimentale, non è affatto quello atteso dai colleghi "gravitazionali", che erano convinti che avrebbero visto un segnale prodotto dalla coalescenza di due stelle di neutroni che danzano in un sistema binario in orbite sempre più strette, fino a toccarsi e disintegrarsi.

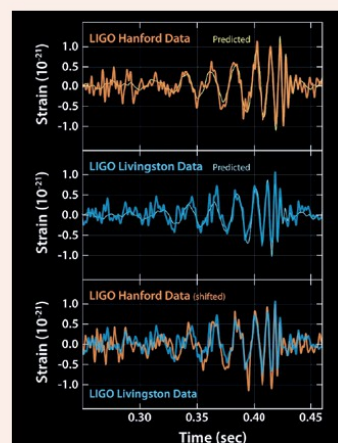
Dal momento che questo è il fenomeno alla base dei lampi gamma brevi visti a decine da Swift, tutta la comunità si era concentrata nel prevedere il segnale gravitazionale di una coppia di stelle di neutroni. Una strana coppia che sappiamo esistere al di là di ogni ragionevole dubbio: si tratta di due oggetti compatti con massa non superiore a 3 masse solari ciascuno, ed alcune di queste coppie sono già state osservate come pulsar radio nella nostra galassia.



Man mano che si avvicinano, i due buchi neri orbitano uno intorno all'altro sempre più vorticosamente fino a fondersi. È quello che ci dice l'esame del segnale lungo 20 centesimi di secondo.

Invece, il segnale rivelato dai due interferometri LIGO ha un'ampiezza tale che deve essere stato prodotto da oggetti più massivi e, dopo le stelle di neutroni, conosciamo solo i buchi neri. Peccato che i buchi neri che noi studiamo e pesiamo, perché vivono in sistemi binari con stelle normali, hanno masse di al più una decina di masse solari. Sono quelli che gli astronomi chiamano buchi neri stellari. Poi sappiamo che esistono quelli extra large che dominano le galassie con masse di milioni o miliardi di masse solari. Fino ad ora non c'era nessuna evidenza sicura dell'esistenza di buchi neri stellari di taglia media-grande, diciamo qualche decina di masse solari. I teorici che studiano l'evoluzione delle stelle erano scettici circa la loro possibile esistenza. Per "lasciare in eredità" un buco nero di 30 masse solari, la stella progenitrice deve avere avuto una massa non molto lontana dalle 100 masse solari, essere cioè al limite superiore di quello che noi pensiamo essere l'intervallo della possibile massa delle stelle. Inoltre, stelle così massive tendono a perdere massa a causa di venti stellari molto sostenuti, arricchendo il mezzo interstellare ma impoverendo il budget di massa disponibile per il futuro buco nero. Solo stelle di prima generazione, fatte con materiale ancora primordiale non arricchito dai frutti delle nucleosintesi stellare oppure nate in galassie con bassissima metallicità, potrebbero non essere state consumate da venti stellari.

Per farla breve, nessuno era sicuro che buchi neri di massa medio-grande potessero esistere fino all'annun-



Il segnale registrato dai rilevatori LIGO, a Hanford (Stato di Washington) e a Livingston (Louisiana). Il segnale è arrivato prima a Livingston e, 7 millisecondi dopo, a Hanford. I due pannelli superiori mostrano il segnale registrato dai due rilevatori con sovrapposta la curva teorica, nel pannello in basso i due segnali sono sovrapposti ma quello di Hanford è stato spostato di 7 millisecondi, in modo da essere sincronizzati.

cio del 11 febbraio scorso che, nel dire che era stato rivelato il primo segnale gravitazionale, ci ha detto che i buchi neri di massa media esistono eccome. Insomma, dopo una felice vita di coppia in orbita uno intorno all'altro, un miliardo e trecento milioni di anni fa due grossi buchi neri cadono uno sull'altro. Si fondono in un unico buco nero, con una massa un po' minore della somma dei genitori. La differenza, almeno tre masse solari, va tutta in energia, secondo la famosa equazione di Einstein, $E=mc^2$. Una energia spa-

ventosa, per una frazione di secondo è più di quella di tutte le stelle dell'Universo. Sempre per obbedire ad Einstein, questa energia si trasforma in onde gravitazionali che, dopo il lungo viaggio attraverso un miliardo e trecento milioni di anni luce, il 14 settembre 2015 fanno vibrare i due rivelatori LIGO negli USA. Nella figura vediamo i segnali registrati in Louisiana e nello Stato di Washington. Sono sfasati di 7 millisecondi, il tempo necessario al segnale per coprire la distanza di 3000 km tra i due. Notate che lo sfasamento è inferiore al tempo di transito corrispondente a 3000 km (10 millisecondi) perché la direzione di arrivo del segnale non è lungo l'orizzonte ma piuttosto inclinata. Il segnale inizia con una frequenza di 35 Hz (quando i due mostri celesti, ognuno con massa pari a circa 30 volte quella del nostro Sole, orbitano uno intorno all'altro 35 volte al secondo) ma sale rapidamente a 250 Hz, per poi scomparire (v. figura). Si è trattato di un'oscillazione durata circa 20 centesimi di secondo, che ha stirato e compresso la lunghezza dei rivelatori LIGO di una frazione piccola del diametro di un atomo. È stato Marco Drago, un *postdoc* italiano che lavora al *Max Planck Institute for Gravitational Physics* di Hannover, in Germania, il primo a vedere il segnale. Il 14 settembre, mentre era al telefono con un collega, riceve un

mail dal sistema di allerta automatico che lo avvisa che i due rivelatori LIGO, dall'altra parte dell'oceano, tre minuti prima, hanno visto un segnale straordinariamente forte e chiaro. In effetti, la potenza del segnale, rivelato da un sistema che era stato acceso da pochi giorni, e non aveva ancora iniziato il *run* ufficiale di presa dati, ha insospettito Drago che ha pensato che fosse un segnale artificiale, immesso da qualcuno a scopo di test. Lui stesso ha dichiarato a *Science* il suo stupore: "nessuno si aspettava un segnale così forte pochi giorni dopo l'accensione degli strumenti". In effetti è stata proprio la comparsa così rapida del segnale che lo ha insospettito, perché il sistema per inserire i segnali artificiali non era ancora stato attivato. Un'ora dopo l'allerta, Marco Drago, non trovando nessuna prova che il segnale fosse stato immesso artificialmente, ha avvisato tutta la collaborazione LIGO, più di 1000 scienziati in 25 paesi, chiedendo se qualcuno sapesse se era stato inserito un segnale. Due giorni dopo, Gabriela Gonzalez, una fisica di origine messicana che insegna alla *Louisiana State University* ed è la responsabile dell'analisi dati di LIGO, ha informato dell'evento le collaborazioni astronomiche che si erano impegnate a cercare le controparti ottiche, X, radio, gamma delle onde gravitazionali. Cercare un evento transiente, anche se

mostruosamente potente, con giorni di ritardo non è semplice; per di più la localizzazione dell'evento era molto grossolana, implicando che bisognava andare a scandagliare un'enorme regione del cielo. Inoltre, l'idea che fosse dovuto a due buchi neri lasciava poche speranze sulla possibilità che ci fosse una controparte a qualche lunghezza d'onda. Mentre le ricerche *ad hoc* non hanno prodotto nulla, ci sono dei risultati potenzialmente interessanti sul fronte dei satelliti che scandagliano continuamente il cielo e, con un po' di fortuna, possono avere avuto in vista la regione incriminata immediatamente prima, durante oppure subito dopo il botto gravitazionale.

Una scoperta commentata da molti oramai. Forse val la pena di metterla ancor meglio nel suo contesto astronomico: parliamo di una nuova fenomenologia di oggetti celesti, di una nuova astronomia. Perché buchi neri come i genitori (e il figlio) di cui sopra non si erano mai visti, e pochissimo immaginati. Bisogna quindi passare alla fase 2: dare un volto astronomico ad eventi come quello del 14 settembre e ai molti che seguiranno. Vuol dire osservare sempre più a fondo la zona di cielo dalla quale le onde provengono, alla ricerca di qualcosa che non si sa cosa sia. L'impresa è difficile, e di sicuro ci vogliono telescopi molto più potenti degli attuali. ■

IL RACCOGLITORE DI

Le Stelle

Per conservare ordinatamente
12 numeri della rivista

Puoi acquistarlo con le stesse modalità previste per i prodotti della **Biblioteca di Orione**, tramite versamento sul c/c postale, oppure *on line* con carta di credito, dalla pagina **Shop** del sito www.astronomianews.it

€ 8

