



LIGO
Scientific
Collaboration

LIGO e Virgo osservano per la prima volta onde gravitazionali prodotte dalla fusione di due stelle di neutroni

Una scoperta che segna il primo evento cosmico osservato sia con onde gravitazionali che con la luce.

Guarda la conferenza stampa in diretta su: <http://www.virgo-gw.eu/>

Per la prima volta, gli scienziati hanno rivelato direttamente sia onde gravitazionali (increspature dello spazio-tempo) che segnali luminosi dalla spettacolare fusione di due stelle di neutroni. Questa è la prima volta che un evento cosmico viene osservato sia con le onde gravitazionali che con la luce.

La scoperta è stata fatta utilizzando il Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) negli Stati Uniti, il rivelatore Virgo in Europa, e circa 70 osservatori a terra e nello spazio.

Le stelle di neutroni sono le più piccole e dense stelle conosciute e si formano quando stelle massicce esplodono in supernovae. Mentre queste due stelle di neutroni spiraleggiavano insieme, hanno emesso onde gravitazionali che sono state rivelabili per circa 100 secondi; quando si sono fuse, è stato emesso un lampo di luce sotto forma di raggi gamma che è stato visto sulla terra circa due secondi dopo le onde gravitazionali. Nei giorni e nelle settimane che hanno seguito la collisione, altre forme di luce, o radiazione elettromagnetica (inclusi raggi X, ultravioletti, visibili, infrarossi e onde radio), sono state rilevate.

Le osservazioni hanno dato agli astronomi un'opportunità senza precedenti per studiare la collisione di due stelle di neutroni. Per esempio, le osservazioni fatte dal Gemini Observatory statunitense, dall'European Very Large Telescope e dal Hubble Space Telescope della NASA rivelano segni di materiali prodotti da poco, inclusi oro e platino, risolvendo un mistero vecchio di decine di anni riguardo l'origine di circa la metà di tutti gli elementi chimici più pesanti del ferro.

I risultati di LIGO e Virgo vengono pubblicati oggi sul giornale *Physical Review Letters*; altri articoli delle collaborazioni LIGO e Virgo e della comunità astronomica sono stati inviati o accettati per la pubblicazione su varie riviste .



LIGO
Scientific
Collaboration

“È incredibilmente eccitante essere testimoni di un evento raro che trasforma la nostra comprensione di come l’universo funziona” ha detto France A. Córdoba, direttore della National Science Foundation (NSF), che finanzia LIGO. “Questa scoperta è la realizzazione di un obiettivo che tanti di noi hanno avuto da molto tempo, cioè quello di osservare eventi cosmici rari usando simultaneamente sia osservatori tradizionali che di onde gravitazionali. Solo attraverso l’investimento dell’NSF negli osservatori di onde gravitazionali nel corso di quattro decenni, insieme a telescopi che osservano lunghezze d’onda dalle onde radio ai raggi gamma, siamo in grado di espandere le nostre possibilità di rivelare nuovi fenomeni cosmici e mettere insieme una nuova narrativa della fisica delle stelle durante le loro ultime convulsioni mortali”

Un segno dalle stelle

Il segnale gravitazionale, battezzato GW170817, è stato inizialmente rivelato il 17 agosto alle 14:41 ora italiana; la rivelazione è stata fatta dai due rivelatori gemelli LIGO, situati a Hanford, nello stato di Washington, e a Livingston, in Luisiana. L’informazione fornita dal terzo rivelatore, Virgo, situato nei pressi di Pisa, in Italia, ha permesso un miglioramento nella localizzazione dell’evento cosmico. In quel momento, LIGO era prossimo al termine del suo secondo periodo di osservazione dopo essere stato aggiornato nel corso di un programma chiamato Advanced LIGO, mentre Virgo aveva cominciato il suo primo periodo di osservazione dopo aver recentemente completato un aggiornamento conosciuto come Advanced Virgo.

Gli osservatori LIGO finanziati dall’NSF sono stati concepiti, costruiti e messi in opera da Caltech e MIT. Virgo è finanziato dall’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) in Italia e dal Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) in Francia, ed è gestito dall’European Gravitational Observatory. Circa 1500 scienziati nella LIGO Scientific Collaboration e nella collaborazione Virgo lavorano insieme per gestire i rivelatori e per analizzare e comprendere i dati gravitazionali che essi catturano.

Ogni osservatorio consta di due lunghi tunnel disposti a L, nel cui vertice un fascio laser è diviso in due. La luce viene inviata lungo ognuno dei due tunnel e riflessa indietro da uno specchio sospeso. In assenza di onde gravitazionali, la luce in ognuno dei due tunnel dovrebbe tornare al punto dove i fasci erano stati divisi esattamente allo stesso istante. Se un’onda gravitazionale investe l’osservatorio, cambierà il tempo di arrivo di ognuno dei due fasci laser, creando una variazione quasi impercettibile nel segnale prodotto dall’osservatorio.



LIGO
Scientific
Collaboration

Il 17 agosto, i programmi di analisi in tempo reale di LIGO hanno catturato un forte segnale di onde gravitazionali dallo spazio in uno dei due rivelatori LIGO. Quasi contemporaneamente, lo strumento Gamma-ray Burst Monitor a bordo del telescopio spaziale Fermi della NASA aveva captato un lampo di raggi gamma. I programmi di analisi di LIGO-Virgo hanno messo insieme i due segnali e concluso che fosse altamente improbabile che si trattasse di una coincidenza casuale; un altro programma automatico di analisi di LIGO ha indicato che c'era un segnale gravitazionale coincidente anche nell'altro rivelatore LIGO. La rapida rivelazione del segnale gravitazionale da parte del team LIGO-Virgo, unita alla rivelazione di raggi gamma di Fermi, hanno permesso di allertare telescopi sparsi in tutto il mondo.

I dati di LIGO indicavano che due oggetti astrofisici situati alla distanza relativamente piccola di circa 130 milioni di anni luce dalla Terra si erano avvicinati spiraleggiando uno attorno all'altro. Sembrava che questi oggetti non fossero così massicci come i sistemi binari buchi neri (oggetti che LIGO e Virgo hanno osservato in precedenza). La massa degli oggetti spiraleggianti è stata stimata infatti essere da 1.1. a 1.6 volte quella del Sole, nell'intervallo di massa delle stelle di neutroni. Una stella di neutroni ha un diametro di circa 20 chilometri ed è così densa che un cucchiaino del materiale che la costituisce pesa circa un miliardo di tonnellate.

Mentre i sistemi binari di buchi neri producono "chirp" che durano una frazione di secondo nella banda di frequenza a cui è sensibile LIGO, il chirp del 17 agosto è durato circa 100 secondi ed è stato osservato nell'intero banda di frequenze di LIGO (circa la stessa banda di frequenze dei comuni strumenti musicali). Gli scienziati hanno potuto identificare la sorgente del chirp come oggetti molto meno massicci rispetto ai buchi neri osservati finora.

"Ci è apparso immediatamente che la sorgente fossero probabilmente stelle di neutroni, l'altra ambita sorgente che speravamo di vedere, e che stavamo promettendo al mondo che avremmo visto" ha detto David Shoemaker, portavoce della LIGO Scientific Collaboration e ricercatore senior del Kavli Institute for Astrophysics and Space Research del MIT. "Dalle informazioni che possiamo usare per produrre modelli dettagliati del funzionamento interno delle stelle di neutroni e delle loro emissioni, fino alla fisica più fondamentale come la relatività generale, questo evento è semplicemente così ricco. È un regalo che continuerà a donare".

"La nostra analisi del rumore ha mostrato che un evento di questa forza accade per pura coincidenza meno di una volta ogni 80000 anni, quindi l'abbiamo identificato immediatamente come una rivelazione molto sicura e una sorgente eccezionalmente vicina" ha aggiunto Laura Cadonati,



LIGO
Scientific
Collaboration

professoressa di fisica al Georgia Tech e vice-portavoce della LIGO Scientific Collaboration. “Questa rivelazione ha realmente aperto le porte ad un nuovo modo di fare astrofisica. Mi aspetto che sarà ricordato come uno degli eventi astrofisici più studiati della storia”.

I fisici teorici hanno predetto che, quando le stelle di neutroni collidono, esse dovrebbero produrre onde gravitazionali e raggi gamma, insieme a potenti getti che emettono luce in tutto lo spettro elettromagnetico. Il lampo di raggi gamma rivelato da Fermi, e confermato poco dopo dall’osservatorio di raggi gamma INTEGRAL dell’Agenzia Spaziale Europea, è quello che viene definito uno “short gamma-ray burst” (lampo di raggi gamma corto); le nuove osservazioni confermano che almeno alcuni short gamma-ray burst sono generati dalla fusione di stelle di neutroni, cosa finora solo teorizzata.

“Per decenni abbiamo sospettato che gli short gamma-ray bursts fossero generati dalla fusione di stelle di neutroni” ha detto Julie McEnery, Project Scientist di Fermi al Goddard Space Flight Center della NASA. “Adesso, con gli incredibili dati di LIGO e Virgo per questo evento, abbiamo la risposta. Le onde gravitazionali ci dicono che gli oggetti che si sono fusi avevano masse coerenti con l’essere stelle di neutroni, e il lampo di raggi gamma ci dice che gli oggetti difficilmente possono essere buchi neri, visto che non ci si aspetta radiazione luminosa da una collisione di buchi neri”.

Ma mentre un mistero sembra essere stato risolto, ne sono emersi di nuovi. Il lampo di raggi gamma osservato è stato uno dei più vicini alla Terra mai visti, eppure e’ stato sorprendentemente debole considerata la sua distanza. Gli scienziati stanno cominciando a proporre modelli per spiegare come sia possibile, ha detto McEnery, aggiungendo che nuove interpretazioni verranno probabilmente proposte negli anni a venire.

Un frammento di cielo

Anche se i rivelatori LIGO sono stati i primi a rivelare il segnale negli Stati Uniti, Virgo, in Italia, ha ricoperto un ruolo fondamentale nella storia. A causa della sua orientazione rispetto alla sorgente nel momento della rivelazione, Virgo ha rivelato un segnale piccolo; questa informazione, combinata con l’ampiezza e la tempistica dei segnali nei rivelatori LIGO, ha permesso agli scienziati di triangolare precisamente la posizione nel cielo. Dopo aver effettuato un controllo accurato per assicurarsi che i segnali non fossero un artefatto della strumentazione, gli scienziati hanno concluso che un’onda gravitazionale era arrivata da una regione relativamente piccola del cielo meridionale.



LIGO
Scientific
Collaboration

“Questo evento ha la più precisa localizzazione nel cielo di tutte le onde gravitazionali captate fino ad ora” ha detto Jo van den Brand del Nikhef (l’Istituto Olandese per la Fisica Subatomica) e dell’Università VU di Amsterdam, che è il portavoce della collaborazione Virgo. “Questa precisione da record ha permesso agli astronomi di effettuare successive osservazioni che hanno portato una pletora di risultati mozzafiato”.

“Questo risultato è un grande esempio di efficacia del lavoro di squadra, dell’importanza della coordinazione e del valore della collaborazione scientifica” ha aggiunto il direttore di EGO Federico Ferrini. “Siamo entusiasti di aver ricoperto il nostro rilevante ruolo in questa straordinaria sfida scientifica: senza Virgo, sarebbe stato molto difficile localizzare la sorgente delle onde gravitazionali”.

Fermi è stato in grado di fornire una localizzazione che è stata successivamente confermata e largamente raffinata usando le coordinate fornite dalla rivelazione combinata di LIGO-Virgo. Con queste coordinate, una manciata di osservatori sparsi per il mondo sono stati in grado, ore dopo, di cominciare a ispezionare la regione di cielo da dove si presupponeva il segnale originasse. Un nuovo punto luminoso, simile ad una nuova stella, è stato prima trovato dai telescopi ottici. Alla fine, circa 70 osservatori a terra e nello spazio hanno osservato l’evento alle loro rispettive lunghezze d’onda.

“Questa rivelazione apre la finestra di un’astronomia multi-messaggero attesa da tempo” ha detto David H. Reitze di Caltech, direttore esecutivo del LIGO Laboratory. “È la prima volta che abbiamo osservato un evento astrofisico catastrofico sia con onde gravitazionali che con onde elettromagnetiche, i nostri messaggeri cosmici. L’astronomia delle onde gravitazionali offre nuove opportunità di capire le proprietà delle stelle di neutroni in modi che semplicemente non possono essere ottenuti con la sola astronomia delle onde elettromagnetiche.”

Una palla di fuoco e un bagliore residuo

Ogni osservatorio elettromagnetico rilascerà le sue osservazioni dettagliate dell’evento astrofisico. Nel frattempo, fra tutti gli osservatori coinvolti sta emergendo un quadro generale che conferma ulteriormente che il segnale gravitazionale iniziale proveniva in effetti da una coppia di stelle di neutroni che stavano spiraleggiando.

Circa 130 milioni di anni fa, le due stelle di neutroni si trovavano nei momenti finali della loro orbita reciproca, separate da soli 300 chilometri circa, e stavano prendendo velocità mentre si avvicinavano fra loro sempre più. Mentre spiraleggiavano una intorno all’altra sempre più velocemente e



LIGO
Scientific
Collaboration

più vicine, le stelle stiravano e distorcevano lo spazio-tempo circostante, rilasciando energia sotto forma di potenti onde gravitazionali fino a scontrarsi una contro l'altra.

Nel momento della collisione, la maggior parte della massa delle due stelle di neutroni si è unita in un oggetto ultra denso, emettendo una "palla di fuoco" di raggi gamma. Le misure iniziali di raggi gamma, combinate con la rivelazione di onde gravitazionali, confermano anche la teoria della relatività generale di Einstein, che predice che le onde gravitazionali viaggino alla velocità della luce.

I fisici teorici hanno predetto che quello che segue la palla di fuoco iniziale sia una "kilonova", un fenomeno per mezzo del quale il materiale residuo dallo scontro di due stelle di neutroni, incandescente, viene espulso dalla regione circostante nello spazio profondo. Le nuove osservazioni basate sulla luce mostrano che elementi pesanti come piombo e oro vengono creati durante queste collisioni e successivamente distribuiti nell'universo.

Nelle settimane e mesi a venire, telescopi in tutto il mondo continueranno ad osservare il bagliore residuo della fusione delle due stelle di neutroni e a raccogliere ulteriori indizi sulle varie fasi della fusione, la sua interazione con lo spazio circostante e i processi che producono gli elementi più pesanti dell'universo.

"Quando stavamo pianificando LIGO per la prima volta alla fine degli anni '80, sapevamo che alla fine avremmo avuto bisogno di una rete internazionale di osservatori di onde gravitazionali, comprendente l'Europa, per aiutarci a localizzare le sorgenti di onde gravitazionali in modo che i telescopi elettromagnetici potessero poi seguire e studiare il bagliore di eventi come questa fusione di stelle di neutroni," ha detto Fred Raab di Caltech, direttore associato di LIGO per le attività dell'osservatorio. "Oggi possiamo dire che la nostra rete di rivelatori di onde gravitazionali funziona brillantemente insieme agli osservatori elettromagnetici per inaugurare una nuova era dell'astronomia, e migliorerà ulteriormente con l'aggiunta prevista di osservatori in Giappone e India".

La collaborazione Virgo consiste di oltre 280 fisici e ingegneri appartenenti a 20 diversi gruppi di ricerca europei: sei appartenenti al [Centre National de la Recherche Scientifique](#) (CNRS) in Francia; otto all'[Istituto Nazionale di Fisica Nucleare](#) (INFN) in Italia; due in Olanda al [Nikhef](#) ; il MTA Wigner RCP in Ungheria; il gruppo POLGRAW in Polonia; uno in Spagna all'Università di Valencia in Spagna; e l'[European Gravitational Observatory](#), EGO, il



LIGO
Scientific
Collaboration

laboratorio che ospita il rivelatore Virgo vicino Pisa in Italia, finanziato da CNRS, INFN e Nikhef.

LIGO è finanziato dalla [NSF](#) e operato da [Caltech](#) e [MIT](#), che hanno concepito LIGO e guidato i progetti Initial e Advanced LIGO. Il supporto finanziario per il progetto Advanced LIGO è stato fornito principalmente da NSF, con significative partecipazioni e contributi al progetto da parte di Germania ([Max Planck Society](#)), Gran Bretagna ([Science and Technology Facilities Council](#)) e Australia ([Australian Research Council](#)).

Più di 1200 scienziati e circa 100 istituzioni da diverse parti del mondo partecipano nell'impresa attraverso la LIGO Scientific Collaboration, che include la Collaborazione GEO e la collaborazione australiana OzGrav. Ulteriori partecipanti sono elencati su <http://ligo.org/partners.php>.



RELATED LINKS

Articolo: "GW170817: Observation of gravitational waves from a binary neutron star merger."

** L'articolo sarà disponibile in lettura alle 16:00 CEST il Ott. 16, 2017.

MEDIA CONTACTS

Severine Perus, Virgo-EGO
severine.perus@ego-gw.it; +39 050 752 325

Kimberly Allen, MIT
allenkc@mit.edu; +1 617-253-2702

Emily Velasco, Caltech
evelasco@caltech.edu; +1 626-395-6487

Jason Maderer, Georgia Tech
maderer@gatech.edu; +1 404-385-2966

Aya Collins, National Science Foundation
acollins@nsf.gov; +1 703-292-7737