

COMUNICATO STAMPA
11 febbraio 2016

OSSERVATE LE ONDE GRAVITAZIONALI A 100 ANNI DALLA PREVISIONE DI EINSTEIN

*Grazie alla misura effettuata con gli interferometri gemelli LIGO,
le collaborazioni scientifiche LIGO e VIRGO aprono una nuova finestra sul cosmo,
rivelando le onde gravitazionali prodotte nella collisione di due buchi neri*

Per la prima volta, gli scienziati hanno osservato in modo diretto le onde gravitazionali: increspature nel “tessuto” dello spaziotempo, perturbazioni del campo gravitazionale, arrivate sulla Terra dopo essere state prodotte da un cataclisma astrofisico avvenuto nell'universo profondo. Questo **conferma un'importante previsione della Relatività Generale di Albert Einstein** del 1915, e apre uno scenario di scoperte senza precedenti sul cosmo.

Le onde gravitazionali portano informazioni sulle loro violente origini e sulla natura della gravità, informazioni che non possono essere ottenute in altro modo. I fisici hanno determinato che le onde gravitazionali rivelate sono state prodotte nell'ultima frazione di secondo del **processo di fusione di due buchi neri** in un unico buco nero ruotante più massiccio. Questo processo era stato previsto ma mai osservato prima.

Le onde gravitazionali sono state rivelate il 14 settembre 2015, alle 10:50:45 ora italiana (09:50:45 UTC, 05:50:45 am EDT), da entrambi gli strumenti gemelli *Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory* (LIGO), negli Stati Uniti, a Livingston, in Louisiana, e a Hanford, nello stato di Washington. Gli osservatori LIGO, finanziati dalla National Science Foundation (NSF) e operati da Caltech e MIT, hanno registrato l'arrivo delle onde gravitazionali entro una finestra temporale di coincidenza di 10 millisecondi.

L'importante risultato, pubblicato oggi sulla rivista scientifica *Physical Review Letters*, **è stato ottenuto**, grazie ai dati dei due rivelatori LIGO, **dalle Collaborazioni Scientifiche LIGO** (che include la Collaborazione GEO600 e l'Australian Consortium for Interferometric Gravitational Astronomy) e **VIRGO, che fa capo allo European Gravitational Observatory (EGO), fondato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) italiano e dal Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) francese.**

La scoperta è stata annunciata dalle collaborazioni LIGO e VIRGO nel corso di due conferenze simultanee, negli Stati Uniti a Washington, e in Italia a Cascina (Pisa), nella sede di EGO, il laboratorio nel quale si trova l'interferometro VIRGO, progetto ideato, realizzato e condotto dall'INFN e dal CNRS con il contributo di Nikhef (Paesi Bassi), e in collaborazione con POLGRAW - Polska Akademia Nauk (Polonia) e Wigner Institute (Ungheria).

L'OSSERVAZIONE

Le onde gravitazionali rivelate sono state prodotte nell'ultima frazione di secondo del processo di fusione di due buchi neri, di massa equivalente a circa 29 e 36 masse solari, in un unico buco nero ruotante più massiccio di circa 62 masse solari: le 3 masse solari mancanti al totale della somma equivalgono all'energia emessa durante il processo di fusione dei due buchi neri, sotto forma di onde gravitazionali. I due buchi neri, prima di fondersi, hanno spiraleggiato, per poi scontrarsi a una velocità di circa 150.000 km/s, la metà della velocità della luce. L'osservazione conferma anche l'esistenza di sistemi binari di 'buchi neri di massa stellare', in particolare aventi massa maggiore di 25 masse solari. Il processo di fusione dei due buchi neri responsabile delle onde gravitazionali rivelate è un evento accaduto a 410 megaparsec da noi, e risale quindi a quasi un miliardo e mezzo di anni fa, quando sulla Terra facevano la loro comparsa le prime cellule evolute in grado di utilizzare l'ossigeno.

“Questo risultato rappresenta una pietra miliare nella storia della fisica, ma ancor più è l'inizio di un nuovo capitolo per l'astrofisica, – spiega **Fulvio Ricci, ricercatore dell'INFN che coordina la collaborazione**

internazionale VIRGO, e professore a La Sapienza Università di Roma – perché nei prossimi anni continueranno ad arrivare altri importanti risultati dagli interferometri LIGO e VIRGO, che oggi sono organizzati in un'unica rete globale di rivelatori di onde gravitazionali". "Osservare il cosmo attraverso le onde gravitazionali – prosegue Ricci – cambia radicalmente le nostre possibilità di studiarlo: fino ad ora è come se lo avessimo guardato attraverso delle radiografie, mentre adesso siamo in grado di fare l'ecografia del nostro universo".

"Sembrava una sfida impossibile, come sostenuto dallo stesso Einstein, che reputava questi segnali troppo deboli per una possibile rivelazione, invece ci siamo riusciti", commenta **Pia Astone, ricercatrice INFN** che ha curato la redazione dell'articolo scientifico sulla scoperta assieme ad altri cinque colleghi di VIRGO e LIGO. "Finalmente possiamo osservare l'universo con occhi diversi, - prosegue Astone - non è un caso, infatti, che la prima misura diretta di ampiezza e fase delle onde gravitazionali sia stata accompagnata da un'altra importante scoperta, quella della fusione di un sistema binario di buchi neri". "Non va dimenticato che il risultato è il coronamento del lavoro di tanti anni di molte persone, lavoro svolto con il costante supporto dei nostri enti finanziatori, primo fra tutti l'INFN. E adesso proseguiremo il nostro lavoro, non più domandandoci se ce la faremo, ma piuttosto quale sarà la prossima sorgente che manderà un segnale sui nostri rivelatori. Noi siamo pronti", conclude Pia Astone.

A 100 ANNI DALLA PREVISIONE DI EINSTEIN

La teoria della Relatività Generale che Albert Einstein arrivò a formulare nel 1915 descrive la gravità come una manifestazione della curvatura dello spaziotempo. Lo spaziotempo è come un tessuto, ma a quattro dimensioni: le tre spaziali note, più il tempo. Secondo la Relatività Generale esso permea tutto l'universo, viene deformato dai corpi e perturbato da masse in movimento. Queste perturbazioni sono appunto le onde gravitazionali che, dalla loro sorgente si diffondono in modo analogo alle increspature sulla superficie di uno stagno, viaggiando alla velocità della luce.

"Questo risultato rappresenta un regalo speciale per il 100° compleanno della Relatività Generale, - commenta **Fernando Ferroni, presidente dell'INFN** – il sigillo finale sulla meravigliosa teoria che ci ha lasciato il genio di Albert Einstein". "Ed è anche – prosegue Ferroni – una scoperta che premia il gruppo di scienziati che ha perseguito questa ricerca per decenni, cui l'Italia ha dato un grande contributo, figlio di quella scuola che negli anni '70 del secolo scorso si formò intorno alle figure di Edoardo Amaldi, Guido Pizzella, Adalberto Giazotto, e che oggi vede i nostri ricercatori protagonisti anche grazie alla tecnologia di VIRGO, l'interferometro italo-francese a Cascina", conclude Ferroni.

LA COLLABORAZIONE LIGO-VIRGO

"Questo risultato è per noi una grande soddisfazione – commenta **Federico Ferrini, direttore di EGO** – per il suo fondamentale contributo alle nostre conoscenze, e perché è frutto dell'impegno congiunto delle due collaborazioni LIGO e VIRGO, che bene rappresenta lo spirito proprio del mondo della ricerca, alla base del successo dei grandi progetti scientifici". "Questa collaborazione internazionale sancita per la prima volta dall'accordo del 2007 ed estesa nel 2014 – spiega Ferrini – prevede lo scambio di soluzioni tecnologiche, il coordinamento nelle attività di ricerca e nelle campagne di presa dati, e la condivisione e l'analisi congiunta dei dati originali".

L'ASTRONOMIA GRAVITAZIONALE: UNA NUOVA FINESTRA SUL COSMO

Al fine di capire meglio l'universo e la sua evoluzione è necessario poter ricevere e interpretare tutti i messaggi che giungono dallo spazio. Rispetto alla radiazione elettromagnetica, che fino ad oggi è stata di gran lunga il principale mezzo di osservazione astronomica, le onde gravitazionali hanno una natura totalmente diversa, essendo generate dal moto dei corpi celesti e riuscendo a trasportare intatta l'informazione sul fenomeno che le ha originate. L'osservazione delle onde gravitazionali fornisce così informazioni significative e complementari all'osservazione di onde elettromagnetiche (luce, onde radio, raggi X e gamma) e di particelle elementari (raggi cosmici, neutrini) di origine astrofisica. Saranno così svelati aspetti dell'universo finora inaccessibili: i processi più drammatici del cosmo sono sorgente di onde gravitazionali, e l'osservazione di tali onde ci consente di ottenere informazioni sulle masse e sui meccanismi coinvolti nell'emissione. Inoltre, contrariamente ai telescopi che possono osservare solo una piccola porzione del cielo alla volta, i rivelatori di onde gravitazionali sono per loro natura non direzionali e sono quindi in ascolto di un grande volume di universo, il cui raggio è ovviamente determinato dalla sensibilità dei rivelatori. Inoltre, la misura del fondo stocastico gravitazionale, che può essere originato da sorgenti cosmologiche oltreché astrofisiche, porterà informazioni sull'universo primordiale a un tempo molto prossimo al momento del Big Bang.

“Questa straordinaria scoperta apre un'emozionante finestra sull'universo, – commenta **Antonio Masiero, vicepresidente dell'INFN e vicepresidente del Council di EGO** – da oggi, le onde gravitazionali si aggiungono ai messaggeri cosmici che già studiamo, come i fotoni e i neutrini di alta energia, i raggi cosmici e l'antimateria”. “L'astronomia gravitazionale è una nuova affascinante frontiera dell'incessante esplorazione cosmica che vede da sempre l'INFN in prima linea”, conclude Masiero.

Ogni nuovo strumento di osservazione della natura ha permesso di fare scoperte impreviste, che hanno arricchito la nostra conoscenza e spesso rivoluzionato la nostra immagine del mondo. È quindi probabile che gli unici interferometri avanzati al mondo per la rivelazione di onde gravitazionali, Advanced LIGO e Advanced VIRGO, progetto quest'ultimo in cui l'INFN ha fortemente creduto e ha da sempre sostenuto, ci riveleranno aspetti insospettati dell'universo.

COME RIVELIAMO LE ONDE GRAVITAZIONALI: GLI INTERFEROMETRI

Rivelare le onde gravitazionali è un'impresa complessa perché l'interazione gravitazionale è la più debole dell'universo. I fisici hanno così progettato speciali rivelatori, la cui realizzazione ha richiesto nuove soluzioni tecnologiche d'avanguardia. Sono gli interferometri laser: costituiti da due bracci perpendicolari lunghi chilometri (4 km in LIGO e 3 km in VIRGO) al cui interno sono fatti propagare fasci laser, riflessi da specchi per allungarne il percorso, e quindi ricombinati a formare una figura di interferenza. Quando un'onda gravitazionale attraversa l'interferometro produce una variazione nella lunghezza dei bracci: uno si allunga mentre l'altro si accorcia. Queste variazioni di lunghezza, che sono molto più piccole del diametro del nucleo di un atomo, producono uno sfasamento della luce laser che viene osservato dal rivelatore.

“Ho accolto questa notizia con grande gioia, – commenta **Adalberto Giazotto, fisico dell'INFN “padre” di VIRGO** – sono molto contento di questo risultato, che rappresenta il coronamento di una linea di ricerca che avevamo iniziato noi di VIRGO decine di anni fa. Siamo stati i primi a dire che era necessario costruire un rivelatore capace di osservare onde gravitazionali anche di bassa frequenza: è stato il più grande avanzamento nella tecnologia degli interferometri da quando si sono iniziati a realizzare questi rivelatori, negli anni '80 del Novecento. VIRGO è stato, infatti, il primo rivelatore al mondo capace di scendere alle basse frequenze, cui ha fatto seguito il progetto americano Advanced LIGO”.

ADVANCED LIGO E ADVANCED VIRGO

La scoperta è stata resa possibile grazie ad **Advanced LIGO**: un importante aggiornamento tecnologico che ha aumentato la sensibilità degli strumenti di prima generazione dei rivelatori LIGO. Questo consente oggi di sondare un volume di universo di gran lunga maggiore che in precedenza, e ha così permesso la scoperta delle onde gravitazionali durante la prima fase di osservazione.

Anche l'interferometro per onde gravitazionali VIRGO sta ultimando l'implementazione delle nuove tecnologie della fase **Advanced VIRGO**, che ne aumenteranno la sensibilità. I lavori si concluderanno nella seconda metà del 2016, quando VIRGO, nell'ambito degli accordi LIGO-VIRGO per il coordinamento delle campagne di presa dati, entrerà in funzione.

“Con il supporto costante dell'INFN, degli altri enti finanziatori e di EGO, stiamo completando Advanced VIRGO, – spiega **Giovanni Losurdo, ricercatore INFN, coordinatore internazionale del progetto Advanced VIRGO** – che a fine anno si unirà ai due LIGO per formare una rete mondiale di rivelatori avanzati: l'aggiunta di Advanced VIRGO sarà fondamentale perché permetterà di capire da quale parte del cielo è arrivato il segnale”. “E, come ci insegna l'esperienza di Galileo, quando si punta al cielo uno strumento di osservazione nuovo c'è sempre tanto da imparare e da scoprire”, conclude Losurdo.

IL RUOLO DELL'ITALIA CON L'INFN NELL'IMPRESA MONDIALE

L'Osservatorio Gravitazionale Europeo EGO è responsabile per il funzionamento e la gestione di VIRGO, progetto nato dall'originale idea dell'italiano Adalberto Giazotto e del francese Alain Brillet, e la cui collaborazione scientifica oggi conta circa 250 fisici e ingegneri, di cui la metà dell'INFN, provenienti da 19 laboratori europei. L'INFN partecipa a VIRGO con le proprie Sezioni presso le Università di Pisa, Firenze con il gruppo di ricerca di Urbino, Perugia, Genova, Roma Sapienza, Roma Tor Vergata, Napoli, Padova, e i Centri Nazionali Tifpa di Trento e Gran Sasso Science Institute dell'Aquila.

“Questo successo è il coronamento di un'impresa scientifica da molti considerata al limite dell'impossibile, – sottolinea **Gianluca Gemme, coordinatore nazionale INFN di VIRGO** – nella quale l'Italia ha costantemente

mantenuto un ruolo di leadership a livello mondiale, grazie all'impegno dell'INFN, iniziato nei primi anni '70 del Novecento con le antenne risonanti e continuato dagli anni '90 con l'interferometro VIRGO, che oggi è uno dei tre strumenti più avanzati al mondo per la ricerca di onde gravitazionali". "L'aspetto più entusiasmante di questa scoperta – prosegue Gemme – è che essa non chiude un'epoca ma, anzi, apre una stagione di risultati scientifici di assoluto rilievo, nella quale l'Italia con l'INFN continuerà ad avere un ruolo di primissimo piano".

L'INTERFEROMETRO LIGO E LA COLLABORAZIONE SCIENTIFICA LIGO

Le attività di ricerca di LIGO sono condotte dalla Collaborazione Scientifica LIGO (LSC), un gruppo di oltre 1000 scienziati provenienti dalle università degli Stati Uniti e di altri 14 Paesi. Più di 90 università e istituti di ricerca nell'ambito di LSC sviluppano le tecnologie del rivelatore e analizzano i dati. La rete dei rilevatori LSC comprende oltre ai due interferometri LIGO, anche il rivelatore GEO600 in Germania. Il gruppo GEO include scienziati dell'Albert Einstein Institute (AEI), Leibniz Universität Hannover, insieme con partner delle università di Glasgow, Cardiff, Birmingham, altre università del Regno Unito e l'Università delle Baleari in Spagna. LIGO è stato originariamente proposto come strumento di rivelazione delle onde gravitazionali negli anni '80 del secolo scorso da Rainer Weiss, professore emerito di fisica del MIT, da Kip Thorne, professore emerito "Richard P. Feynman" di fisica teorica a Caltech, e da Ronald Drever, professore emerito di fisica sempre a Caltech. Il progetto Advanced LIGO è stato principalmente finanziato dalla NSF, con il contributo della tedesca Max Planck Society (MPS) e del Science and Technology Facilities Council (STFC) del Regno Unito, e con il significativo impegno dell'Australian Research Council (ARC). Alcune delle tecnologie-chiave che hanno reso gli interferometri Advanced LIGO molto più sensibili sono state sviluppate e testate dalla collaborazione anglo-tedesca GEO. Importanti risorse di calcolo sono state fornite da AEI Atlas cluster, Laboratorio LIGO, Syracuse University e la University of Wisconsin-Milwaukee. Diverse università hanno progettato, costruito e testato componenti-chiave per Advanced LIGO: Australian National University, University of Florida, Stanford University, Columbia University di New York, e Louisiana State University.

Contatti per i media

INFN Ufficio per la Comunicazione

comunicazione@presid.infn.it

+39 06 68 68 162

Antonella Varaschin

antonella.varaschin@presid.infn.it

+39 349 53 84 481

Eleonora Cossi

eleonora.cossi@presid.infn.it

+39 345 29 54 623