

» **INTERVISTA**



DALL'EVENT HORIZON TELESCOPE LA PRIMA IMMAGINE DI UN BUCO NERO

Intervista a Mariafelicia De Laurentis, ricercatrice dell'INFN e professore all'Università di Napoli Federico II, scienziata della collaborazione EHT che ha annunciato il nuovo interessante risultato.

Il 10 aprile la collaborazione internazionale del progetto EHT Event Horizon Telescope ha presentato la prima prova visiva diretta di un buco nero e della sua ombra, un'immagine che ha fatto il giro del mondo, conquistando le prime pagine dei giornali. L'EHT è un progetto internazionale nato con l'obiettivo di studiare l'ambiente circostante a Sagittarius A, il buco nero supermassiccio situato al centro della nostra galassia, la Via Lattea, così come il buco nero M87* al centro della galassia ellittica supergigante Virgo A, che è quello ricostruito nell'immagine.*

La costruzione di EHT e il risultato ottenuto rappresentano il culmine di decenni di lavoro osservativo, tecnico e teorico: un lavoro di squadra globale che ha richiesto una stretta collaborazione da parte di ricercatori di tutto il mondo. Guidata da Sheperd Doeleman della Harvard University, la collaborazione EHT coinvolge oltre 200 ricercatori provenienti da Africa, Asia, Europa, Nord e Sud America. Sostenuta da importanti investimenti internazionali⁽¹⁾, collega i telescopi esistenti usando nuovi sistemi, dando vita a uno strumento fondamentalmente nuovo con il più alto potere risolutivo angolare che sia mai stato raggiunto. Il finanziamento chiave è stato fornito dalla US National Science Foundation (NSF), dal Consiglio Europeo della Ricerca (ERC) e da agenzie di finanziamento dell'Asia orientale. L'Italia ha contribuito scientificamente attraverso l'INFN e l'Università di Napoli Federico II e l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF).

I telescopi che hanno contribuito a questo risultato sono ALMA, APEX, il Telescopio da 30 metri IRAM, l'Osservatorio NOEMA IRAM, il James Clerk Maxwell Telescope (JCMT), il Large Millimeter Telescope Alfonso Serrano (LMT), il Submillimeter Array (SMA), il Submillimeter Telescope (SMT), il South Pole Telescope (SPT), il Kitt Peak Telescope e il Greenland Telescope (GLT).

Abbiamo chiesto a Mariafelicia De Laurentis, ricercatrice dell'INFN e professore all'Università di Napoli Federico II, che fa parte della collaborazione EHT e ha contribuito alla ricerca, di spiegarci il significato scientifico e tecnologico del risultato e come si è arrivati a ottenerlo.

» INTERVISTA

Che cosa rappresenta questa immagine?

Nella “fotografia” abbiamo la prima prova visiva diretta di un buco nero e della sua ombra. Si tratta dell’immagine dell’orizzonte degli eventi del buco nero supermassiccio, con una massa equivalente a 6,5 miliardi di masse solari, che si trova a 55 milioni di anni luce dalla Terra, al centro della galassia Messier 87, nel vicino ammasso di galassie della Vergine. In particolare, nell’immagine vediamo un anello incandescente, che circonda una regione oscura. La parte luminosa dell’immagine è del plasma (gas ionizzato) che, possiamo concludere, sta ruotando: infatti, si vede nettamente che metà dell’anello è più luminosa dell’altra metà. Questo perché, mentre ruota, il gas ha delle parti che si muovono verso di noi, mentre altre si allontanano da noi. Quelle che si muovono verso di noi emettono una luce più intensa, mentre quelle che si allontanano emettono una luce più fioca. È un effetto relativistico noto come “*Doppler beaming*” o “*boosting*”. Al centro dell’immagine si vede un disco oscuro, ed eccolo lì: quello è il buco nero. O meglio, quella è la sua “ombra”, come viene definita. È la regione che, non emettendo luce, è riconoscibile come il buco nero. Il confine del buco nero, l’orizzonte degli eventi da cui prende il nome il progetto EHT (*Event Horizon Telescope*), è circa 2,5 volte più piccolo dell’ombra che proietta e misura poco meno di 40 miliardi di chilometri di diametro. Da quello che abbiamo osservato, inoltre, questo buco nero è perfettamente compatibile con la teoria di Einstein, la teoria che conosciamo meglio, la più semplice e la più naturale, ma non escludiamo l’ipotesi che, con misure future e una modellizzazione teorica più dettagliata, combinata con osservazioni a più corta lunghezze d’onda e ad alta risoluzione angolare, e misure polarimetriche (che forniscono informazioni su campi magnetici), si possano fornire ulteriori verifiche di teorie alternative alla Relatività di Einstein.

Che cosa sono i buchi neri?

Non è un’esagerazione affermare che una delle previsioni più eccitanti della teoria della gravitazione di Einstein sono i buchi neri. Un buco nero è una regione dello spaziotempo in cui il campo gravitazionale è così forte che qualsiasi cosa giunga nelle vicinanze viene attratta e catturata senza possibilità di sfuggire all’esterno. La superficie limite che delimita la regione di non ritorno è chiamata “orizzonte degli eventi”.

In teoria si può paragonare un buco nero a un corpo celeste, caratterizzato da una grande massa, che si contrae, aumenta la sua densità e crolla sotto il proprio peso concentrando la propria massa in un unico punto detto, appunto, buco nero. In generale, i buchi neri si formano dal collasso gravitazionale che talvolta accompagna la morte di una stella. Paradossalmente, i buchi neri sono gli oggetti più semplici da descrivere. Sono sufficienti due sole quantità: la massa e la velocità di rotazione. Tutte le informazioni sulla complessa struttura della stella da cui hanno avuto origine, per esempio sul tipo di materia che la componeva, sulla forma o sul campo magnetico, scompaiono non appena essa attraversa l’orizzonte degli eventi.

» INTERVISTA

La presenza di questi oggetti influenza l'ambiente che li circonda in modo estremo, distorcendo lo spaziotempo e surriscaldando qualsiasi materiale intorno. Se immerso in una regione luminosa, come un disco di gas incandescente, ci aspettiamo che un buco nero crei una regione scura simile a un'ombra, un effetto previsto dalla teoria della relatività generale di Einstein, che non avevamo mai potuto osservare direttamente prima. Quest'ombra, causata dalla curvatura gravitazionale e dal fatto che la luce viene trattenuta dall'orizzonte degli eventi, rivela molto sulla natura di questi affascinanti oggetti e ci ha permesso di misurare l'enorme massa del buco nero di M87.

Perché i buchi neri sono oggetti tanto interessanti?

Ci sono innumerevoli ragioni per essere affascinati da questi oggetti, ma il vero motivo per cui molti fisici li studiano è che essi mettono a dura prova le leggi della natura che conosciamo e che sappiamo funzionare benissimo. L'importanza dei buchi neri nello studio della fisica della gravità è data dal fatto che sono un perfetto campo di test per conoscere i campi gravitazionali più intensi, cioè per confermare o escludere le varie teorie relativistiche della gravitazione formulate accanto alla Relatività Generale (la teoria di Einstein potrebbe, infatti, non essere la teoria finale dell'universo, che forse dobbiamo ancora scoprire), e comprendere meglio alcuni scenari particolari dell'evoluzione stellare.

C'è poi una sorprendente e inattesa ragione perché i buchi neri sono considerati importanti e cioè il loro ruolo centrale nella ricerca di una connessione tra la meccanica quantistica e la gravità.

Direi, dunque, che i buchi neri sono il palcoscenico perfetto per capire come ottenere una teoria che sia in grado di spiegare fenomeni, ancora incompresi, presenti in natura. Questa teoria, ad oggi, rappresenta l'obiettivo dei fisici che da secoli si impegnano per capire fino in fondo di che cosa siamo fatti, da dove veniamo e dove stiamo andando. Solo una vera, oggettiva e profonda comprensione di ciò che ci circonda permetterà di rispondere a queste domande fondamentali.

Con quale tecnica è stata realizzata la fotografia?

Le osservazioni dell'EHT sono state possibili grazie alla tecnica nota come interferometria radio a lunga distanza (*Very-Long-Baseline Interferometry* (VLBI) che sincronizza (con orologi atomici) le strutture dei telescopi in tutto il mondo e sfrutta la rotazione del nostro pianeta per andare a creare un enorme telescopio (perché quanto più grande è il disco di un telescopio, tanto maggiore è il contrasto dell'immagine) di dimensioni pari a quelle della Terra in grado di osservare a una lunghezza d'onda di 1,3 mm (corrispondente a una frequenza di circa 230 GHz). La tecnica VLBI ci ha permesso di raggiungere una risoluzione angolare di 20 micro secondi d'arco.

Ognuno dei telescopi coinvolti nella misura ha prodotto enormi quantità di dati (circa 350 terabyte al

» INTERVISTA

giorno), che sono stati archiviati su dischi rigidi a elio ad alte prestazioni. Questi dati sono stati trasferiti a supercomputer altamente specializzati (noti come correlatori) al *Max Planck Institute for Radio Astronomy* e al *Massachusetts Institute of Technology MIT Haystack Observatory* per essere combinati. Sono stati poi faticosamente convertiti in un'immagine utilizzando nuovi strumenti computazionali sviluppati dalla collaborazione.

Qual è il suo significato scientifico e tecnologico?

L'importanza di questo risultato non è soltanto legata all'osservazione diretta di un altro oggetto astrofisico, ma fornisce una prova della correttezza della nostra comprensione delle proprietà dello spazio e del tempo in campi gravitazionali estremamente forti.

La prima cosa che la foto ci dice è che siamo sulla strada giusta per comprendere che cosa sono veramente i buchi neri. Ci incoraggia a utilizzare la stessa tecnica per studiare altre masse simili nell'universo. Più in particolare, con i dati in nostro possesso si potranno esplorare altri luoghi nei quali si trovano i buchi neri. Una grande occasione, senza precedenti.

Dal punto di vista tecnologico le ricadute pratiche delle scoperte scientifiche di solito si vedono dopo qualche anno dalla scoperta. Per esempio, gli studi di astronomia X hanno portato ai rivelatori usati per la sicurezza negli aeroporti, oppure ad applicazioni mediche di diagnostica fine. In questo caso mi aspetto che molte delle soluzioni tecnologiche che sono state utilizzate per questo strumento avranno una ricaduta sulla società. Di sicuro il trattamento di grandi moli di dati (i cosiddetti Big Data) è di importanza sempre più vasta, ma anche la capacità di assegnare un tempo alle singole misure con una precisione altissima potrebbe avere in futuro un impiego in qualche altra attività quotidiana.

L'Europa riveste un ruolo determinante grazie al contributo dell'ERC European research Council e al lavoro di molti scienziati.

L'ERC ha finanziato gli scienziati coinvolti nella collaborazione EHT attraverso il progetto *BlackHoleCam* (BHCam) *Sinergy Grant*, investendo ben 14 milioni di euro. BHCam ha come obiettivo la ricostruzione dell'immagine di buchi neri per misurarli e studiarli, per testare teorie della gravitazione e, infine, per trovare nuove pulsar radio nelle vicinanze del buco nero al centro della nostra galassia e combinare queste misurazioni con avanzate simulazioni al computer. Dal 2014 questo progetto di ricerca, di una durata prevista di sei anni, è condotto da tre ricercatori di punta e dalle loro équipes, ossia i professori Heino Falcke della *Radboud University* di Nimega (anche presidente del consiglio scientifico dell'EHT), Michael Kramer dell'Istituto Max Planck per la radioastronomia e dall'italiano Luciano Rezzolla della

» INTERVISTA

Goethe University di Francoforte. In particolare, il gruppo di Luciano Rezzolla, di cui anch'io faccio parte, ha dato un grande contributo per lo studio teorico e numerico dei buchi neri, costruendo una grande libreria di modelli analitici e semi-analitici basati su simulazioni di *ray tracing* - la ricostruzione del percorso della luce - e magnetoidrodinamica relativistica (GRMHD). Il gruppo di Francoforte è l'unico al mondo in grado di fare questo tipo di simulazioni.

L'Europa, dunque, non può che essere fiera di questo successo scientifico che dimostra le sue capacità organizzative, tecnologiche, di conoscenza e deve continuare a essere leader nella ricerca scientifica di base. Ne va del suo futuro, del nostro futuro. I soldi spesi nella ricerca scientifica fondamentale non sono un costo, sono un investimento. I risultati si ottengono lavorando insieme, mettendo nello stesso paniere i fondi di ricerca nazionali e comunitari, aprendo l'Europa alle collaborazioni internazionali. ■

(1) La collaborazione EHT è composta da 13 istituti finanziatori: l'Accademia Sinica Institute di astronomia e astrofisica, l'Università dell'Arizona, l'Università di Chicago, l'Osservatorio dell'Asia orientale, la Goethe-University di Francoforte, l'Istituto di Radioastronomia Millimetrica, Large Millimeter Telescope, il Max Planck Institute per la Radioastronomia, MIT Haystack Observatory, Osservatorio astronomico Nazionale del Giappone, Perimeter Institute per la fisica teorica, la Radboud University e lo Smithsonian Astrophysical Observatory. ■