

Mostrici dei primordi cosmici

La nascita di buchi neri supermassicci poco dopo il big bang è un mistero per gli astrofisici, ma per Edwige Pezzulli la soluzione potrebbe essere vicina

Sempre più osservazioni suggeriscono che tutte le galassie massicce ospitano, nei loro centri, enormi buchi neri, con masse di miliardi di volte la massa del Sole. La nostra galassia non fa eccezione, contenendo al suo interno un buco nero supermassiccio con una massa di quattro milioni di Soli. Ma essi non nascono di queste dimensioni: vengono alla luce come buchi neri più piccoli, detti semi, che poi crescono fagocitando il gas che orbita attorno a loro. Edwige Pezzulli, dell'Istituto nazionale di astrofisica (INAF), cerca di capire quando e come si sono formati questi mostrici del cielo, ed è autrice di un importante studio sui buchi neri supermassicci primordiali.

Qual è l'origine dei buchi neri supermassicci primordiali?

Questa è una delle domande ancora aperte dell'astrofisica. Negli ultimi anni, infatti, si sono osservati molte decine di buchi neri con massa pari a miliardi, a volte anche decine di miliardi, di volte quella del Sole, che tuttavia hanno avuto a disposizione meno di un miliardo di anni per formarsi. I modelli teorici sviluppati fino a oggi suggeriscono che i semi di partenza di questi oggetti possano essere molto massicci, con masse fino a milioni di volte quella del Sole, o più piccoli, ovvero provenienti dall'esplosione delle prime stelle che si sono formate nell'universo, dell'ordine di centinaia di volte il Sole.

In quanto tempo si formano e come è possibile che lo facciano così rapidamente?

I primi buchi neri supermassicci erano presenti già un miliardo di anni dopo il big bang, persino quando l'universo aveva meno di 800 milioni di anni. Il tempo avuto a disposizione per nascere e crescere deve quindi essere stato necessariamente minore di questo. Per poter giustificare una formazione così rapida, questi oggetti devono aver fagocitato moltissimo gas, dal momento della loro nascita a quello della loro osservazione.

La fase di crescita dei buchi neri supermassicci è osservabile?

Come la parola stessa suggerisce, un buco nero è nero, e quindi di per sé non osservabile direttamente. Il gas che gli orbita attorno, però, si riscalda e prima di precipitare all'interno del buco nero e quindi nutrirlo, emette radiazione, con una componente caratteristica nella banda dei raggi X. La fase di crescita dei buchi neri, che li rende fra le sorgenti più luminose di tutto l'universo, è quindi rivelabile con i telescopi sensibili ai raggi X.

C'è una differenza fra quello che ci aspettiamo e quello che osserviamo?

Data l'importanza dell'accrescimento nella loro formazione, ci si aspetta di osservare tracce luminose della loro evoluzione. Per



poterle rilevare, sono stati usati gli strumenti più potenti a disposizione, come l'osservatorio spaziale Chandra della NASA. Tuttavia, inaspettatamente, a oggi non sono state trovate tracce della loro crescita.

Qual è il vostro modello per spiegare questa differenza fra stima e osservazioni?

Il nostro modello considera che il fenomeno di accrescimento di gas può avvenire a tassi anche molto alti, superiori al limite classico, chiamato limite di Eddington. I risultati suggeriscono che l'accumulo di materia da parte del buco nero in formazione possa avvenire in modo intermittente, con accensioni di breve durata ma molto copiose, tanto da permettere al buco nero di accumulare masse imponenti negli sporadici momenti di attivazione. Questo modello prevede quindi che, durante la loro evoluzione, i buchi neri supermassicci primordiali passino poco tempo accesi. La rilevazione dei periodi di crescita è quindi estremamente improbabile, in accordo con quanto osservato, o meglio, non osservato.



Edwige Pezzulli, 29 anni, è nata in Polonia ma vive a Roma da quando aveva tre mesi. È ricercatrice precaria all'INAF-Osservatorio Astronomico di Roma e collabora con la «Sapienza» Università di Roma, dove si è laureata con lode e dottorata con eccellenza e lode, presen-

tando una tesi sulle origini e le proprietà dei primi buchi neri nell'universo.

Negli anni ha collaborato con diversi istituti di ricerca internazionali, come il Center for Computational Astrophysics di New York e l'Institute d'Astrophysique di Parigi.

Il lavoro di ricerca di Pezzulli, alcuni risultati del quale sono approfonditi in questa intervista, ha ricevuto attenzioni internazionali, ed è stata invitata anche come guest blogger sul sito web della NASA per commentare il modello e le sue implicazioni.



Galassie attive. La galassia Centaurus A, distante da noi poco più di dieci milioni di anni luce, ospita al centro un buco nero attivo, come suggeriscono anche i getti ai poli. Sotto, un'illustrazione di ATHENA.



Cortesia Pezzulli (Pezzulli); cortesia ESA (ATHENA)

In che cosa consiste l'accrescimento di tipo super-Eddington?

Il processo di accrescimento dei buchi neri è caratterizzato anche da una forte radiazione, proporzionale al tasso di accrescimento stesso: tanto più il buco nero fagocita rapidamente gas circostante, tanta più luminosità viene emessa. Se il gas che si trova attorno al buco nero segue una geometria sferica, esiste una luminosità limite, chiamata luminosità di Eddington, oltre la quale la spinta dovuta alla pressione della radiazione esercitata sul gas vince la gravità. Per tassi di accrescimento super-Eddington, quindi, ci si aspetta che il gas sia spazzato via, con conseguente «spegnimento» del buco nero. Se la materia attorno al buco nero si dispone invece su un disco, la simmetria sferica verrà meno. Diversi modelli di disco, sviluppati negli ultimi decenni, prevedono possibili accrescimenti super-Eddington senza effetti autodistruttivi.

Come si può verificare la bontà del vostro modello?

Le previsioni ottenute dal modello suggeriscono che queste fasi di crescita siano sufficientemente luminose per essere rilevate con i telescopi esistenti, ma il poco tempo in cui rimangono attivi rende difficile coglierli «in flagrante». Per verificare queste previsioni, è necessario osservare il cielo ai raggi X, monitorandone porzioni sempre più ampie. In questo modo, possiamo sperare di imbatterci negli antenati dei buchi neri, e confrontarli con quelli che il nostro modello prevede. Di fondamentale importanza per la comprensione della crescita dei buchi neri supermassicci primordiali saranno anche i telescopi di futura generazione, come ATHENA (Advanced Telescope for High-ENergy Astrophysics), l'osservatorio spaziale dell'Agenzia spaziale europea, che verrà lanciato nel 2028.

Altri modelli teorici sviluppati fino a oggi si dedicano prevalentemente allo studio dei meccanismi di formazione dei primi buchi neri supermassicci, riproducendo le loro proprietà osservate (come le masse o la loro densità nell'universo). Tuttavia, nessuno di questi si è finora concentrato sul fornire una spiegazione dell'assenza di tracce evolutive.

Qual è il ruolo di questi oggetti nell'universo primordiale?

Il dibattito è ancora acceso, tuttavia si pensa che i buchi neri supermassicci primordiali abbiano giocato un ruolo importante sia nella vita delle galassie in cui si trovano, sia nelle proprietà dell'universo a larga scala. Questi oggetti infatti co-evolvono con le rispettive galassie: l'attività luminosa dei buchi neri centrali immette molta energia nella galassia ospite, regolandone, per esempio, il tasso di formazione stellare. I venti prodotti dall'accrescimento, estremamente energetici, spingono fuori dalla galassia gli elementi chimici sintetizzati dalle stelle, arricchendo così il mezzo intergalattico, che contribuirà a incrementare la metallicità delle galassie future.