

4

**I RESTI DEL BOCCONE**

Il 10% della stella è inghiottito, il restante 90% di gas continua a brillare nei raggi X. Sono gli avanzi ancora caldi di una cena cosmica.

1



**INCONTRO PERICOLOSO**

Una stella che passa troppo vicina a un buco nero ha una fine segnata: diventerà preda del "mostro".

2



**L'INIZIO DELLA FINE**

L'intensa forza gravitazionale del buco nero "stira" la stella, che inizia ad allungarsi.

3



**STIRATA DALLA GRAVITÀ**

Il plasma stellare, smembrato dalla gravità del buco nero, cade a spirale verso il centro del buco nero stesso.

# Predatori di Stelle

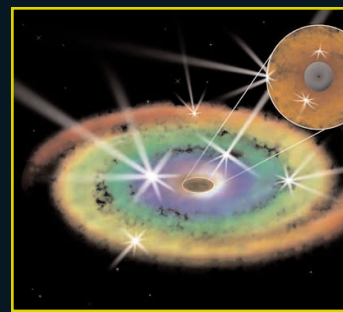
Dopo averli sentiti cantare, gli scienziati li hanno anche visti mangiare. Ora tutti si aspettano di osservarne uno nascere. Ma il vero scoop sarebbe riuscire a vedere cosa c'è. Nel buco

DI EMILIANO RICCI

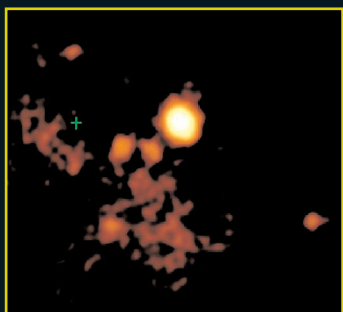
CARTA D'IDENTITÀ

# Uno\_E trino

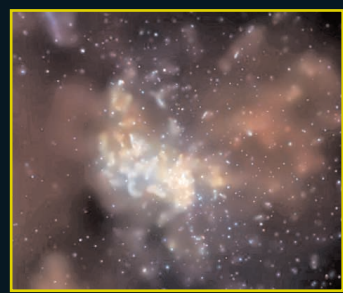
Ci sono diversi tipi di buchi neri. Fino a qualche anno fa, le osservazioni davano conto di due sole categorie: stellari e supermassicci. Ma da qualche tempo hanno fatto la loro comparsa anche i buchi neri di massa intermedia.



■ **Stellari.** Nascono da una stella di grande massa che al termine della sua evoluzione esplose come supernova.



■ **Di massa intermedia.** Molti astronomi sono scettici, così come sui mini buchi neri, che non sono stati mai osservati.



■ **Supermassicci.** Potrebbero nascere da un buco nero stellare che mangia stelle o dalla fusione di molti buchi neri.

Questa volta l'hanno preso con il boccone tra i denti: un buco nero nell'atto di ingoiare una stella (nelle pagine precedenti). Hanno impiegato più di dieci anni per provare il crimine galattico, ma alla fine Stefanie Komossa, del Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik di Garching, in Germania, e il suo gruppo hanno raccolto la prova determinante: i resti del pasto infatti sono ancora lì.

Tutto ha inizio nel 1992, quando il satellite tedesco Rosat registra un immane lampo di raggi X, il più potente mai osservato fino ad allora. Arriva dalla galassia RXJ1242-11, distante da noi 700 milioni di anni-luce, in direzione della costellazione della Vergine. Può essere l'urlo di una stella in caduta verso il "mostro": il surriscaldamento della stella emette intensi fiotti di raggi X.

La conferma è arrivata in questi mesi dai due osservatori orbitanti chiamati Chandra e XMM-Newton che hanno visto altre emissioni di raggi X che provengono da quel che ancora resta della stella divorata. «Si è trovata al momento sbagliato nel posto sbagliato», scherza Stefanie Komossa, «e nonostante le stelle possano sopravvivere anche "allungate", questa è stata stirata dalla forza gravitazionale del buco nero oltre il suo punto di rottura».

La ricerca è stata ora pubblicata su *Astrophysical Journal Letters* di marzo, ma in realtà è solo una delle tante tesse a scoprire il mistero fitto che ancora avvolge i buchi neri.

## UN COLLASSO VITALE

Di questi oggetti spaziali sappiamo come si formano. Quando una grandissima quantità di materia collassa su se stessa, oppure quando una stella di grande massa, al termine della sua evoluzione, esplose come supernova. Nessuna forza è in grado di contrastare il suo collasso e il risultato finale è un buco nero con una forza gravitazionale mostruosa, capace, come abbiamo visto, di attirare a sé perfino una stella. In realtà del buco nero gli astrofisici "vedono" solo due cose: gli effetti della forza gravitazionale che esercita nei confronti degli oggetti che gli passano a tiro e le radiazioni, soprattutto i raggi X, che gli oggetti risucchiati emettono (vedi il box a pag. XX). Il buco nero, in-

fatti, si chiama così proprio perché è nero al punto da non poter essere visto. «Questi misteriosi oggetti celesti non emettono nessun tipo di radiazione, niente luce, niente raggi cosmici», spiega Marco Salvati, direttore dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri (Firenze) e fra i massimi esperti italiani della materia, «lo studio è quindi limitato ai processi fisici che si svolgono vicino a essi e non dentro». Ma perché sono neri? È un po' come quando lanciamo un sasso verso l'alto: a causa della forza di gravità il sasso rallenta sempre di più per poi ricadere a terra attratto dalla forza di gravità. Solo se imprimiamo al sasso una certa velocità saremo in grado di farlo sfuggire definitivamente dal campo gravitazionale della Terra. Questa velocità, detta velocità di fuga, dipende dalla massa e dalle dimensioni dell'astro da cui si vuole sfuggire: più è grande la massa dell'astro, più la velocità dev'essere alta, più è grande, a parità di massa, la sua di-

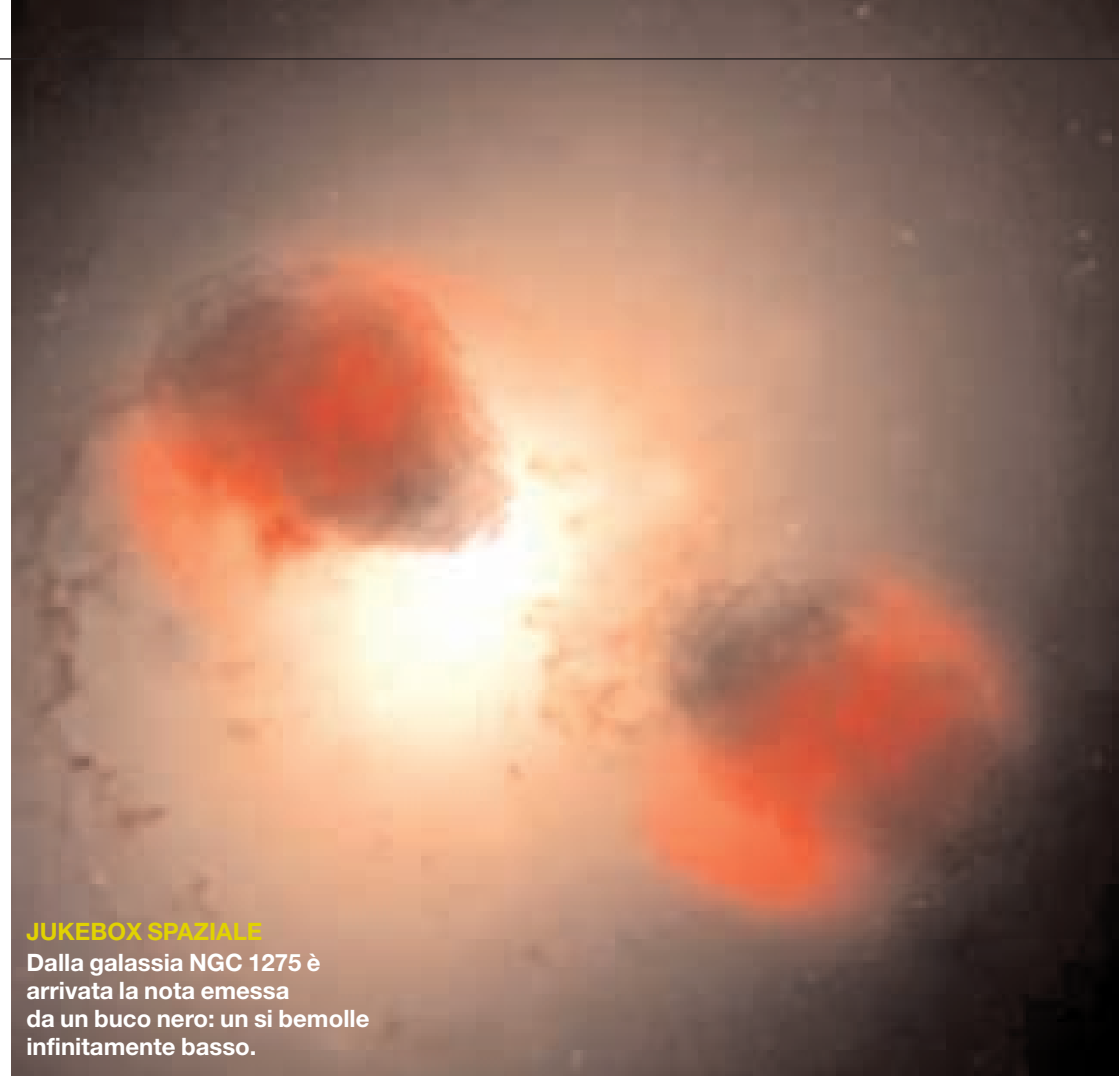
mensione minore dovrà essere questa velocità. Per la Terra, ad esempio, la velocità di fuga vale 11,2 km/s. Invece per le stelle di neutroni, che hanno masse non molto superiori a quella del Sole ma dimensioni pari appena a quelle di una grande metropoli, la velocità di fuga arriva a 150.000 km/s. Un buco nero ha una grande massa, concentrata in un volume molto piccolo: se la massa della Terra fosse trasformata in un buco nero diverrebbe una sfera di 9 mm di diametro. Così i 300.000 km/s della velocità della luce (massima velocità possibile) sono meno della velocità di fuga dal buco nero. La luce non riesce a uscirne e l'astro mangiatore di stelle non si vede.

## UN SI BEMOLLE COSMICO

Ma le certezze sui buchi neri più o meno finiscono qui. Il resto è quasi tutto da scoprire. E le novità sorprendenti non mancano. Pochi mesi fa è stato scoperto che i buchi neri "cantano": >>

### JUKEBOX SPAZIALE

Dalla galassia NGC 1275 è arrivata la nota emessa da un buco nero: un si bemolle infinitamente basso.



## ANATOMIA DI UN SUPERMASSICCIO Superenergia\_I getti del toro

I buchi neri supermassicci sono fra gli oggetti più energetici del cosmo. Si trovano al centro di moltissime galassie (se non di tutte, e anche la nostra ne ha uno), talvolta rendendo i loro nuclei luminosissimi.

■ Le galassie con il buco nero centrale ancora avvolto da una grande quantità di materiale in caduta e quindi in grado di produrre grandissime quantità di energia sono dette attive, e i loro nuclei sono detti nuclei galattici attivi.

■ I quasar, ovvero gli oggetti più distanti del cosmo che noi siamo

in grado di osservare, sono per esempio galassie attive in cui solo il nucleo, brillantissimo, è visibile da miliardi di anni-luce di distanza.

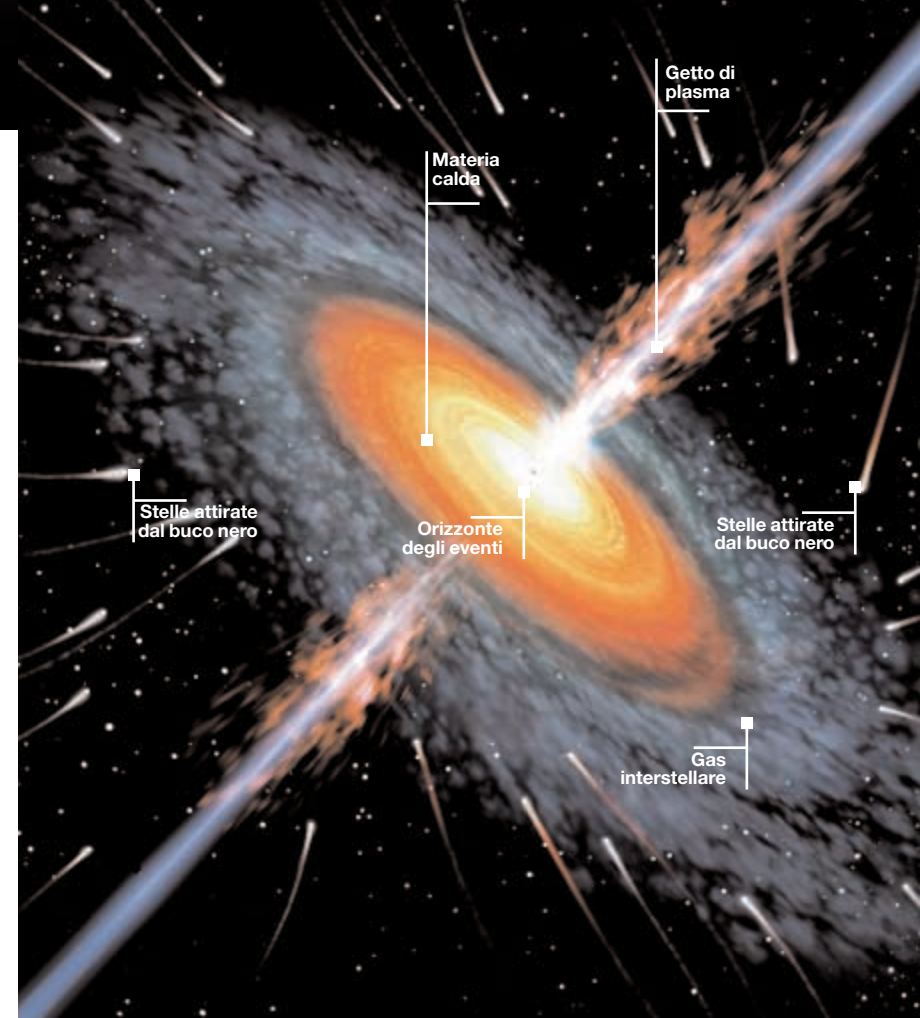
■ All'origine di questa luminosità sono le temperature raggiunte dal gas in caduta a spirale verso il buco nero. Questa "caduta" produce energia con un'efficienza 10 volte superiore alle reazioni nucleari in corso sulle stelle. La materia attratta forma un disco, o meglio, una ciambella ("toro") che avvolge il buco.

■ Il gas, riscaldato a milioni di gradi, emette radiazione

praticamente a tutte le lunghezze d'onda, dalle onde radio ai raggi X. In circa il 10% dei casi si osservano anche dei violenti getti di materia fuoriuscire in direzioni opposte. In questi getti la materia si allontana dal buco nero viaggiando a velocità prossime a quella della luce.

■ L'origine dei getti è ancora un mistero, ma si suppone siano causati dagli intensi campi magnetici presenti nelle vicinanze del buco nero.

■ Informazioni sui buchi neri sul sito <http://scienzapertutti.inf.infn.it>



Stelle attratte dal buco nero

Orizzonte degli eventi

Materia calda

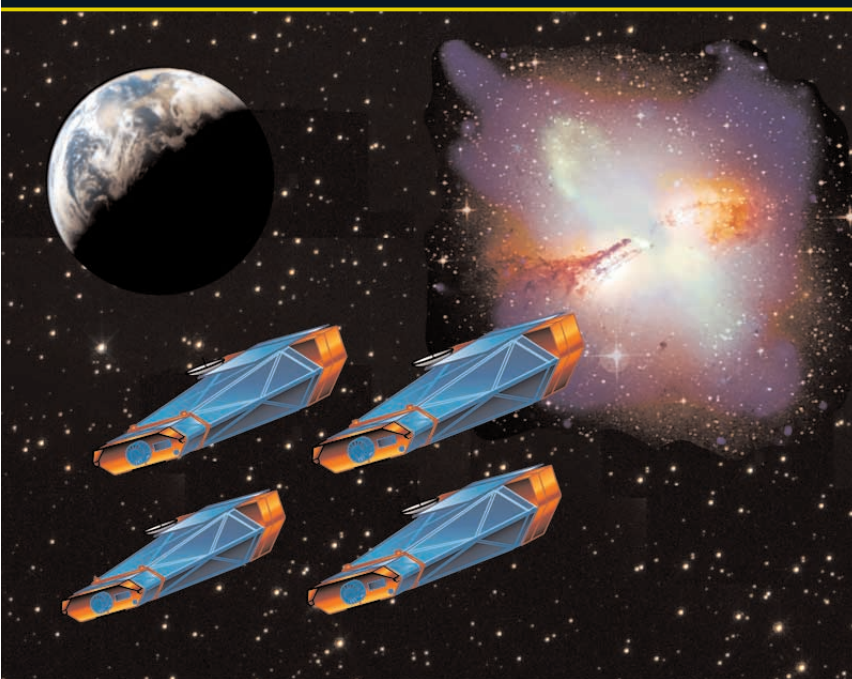
Getto di plasma

Stelle attratte dal buco nero

Gas interstellare

SPAZIO &amp; TERRA

## La ricerca\_Trovare l'invisibile



**S**olo da qualche anno si è "accesa una luce" sui buchi neri. Un buco nero infatti non è visibile direttamente, e l'unico modo per individuarne uno è che sia circondato da una certa quantità di materia (stelle e gas caldo) che gli orbita attorno a distanza ravvicinata.

■ Per individuarli si seguono due tracce: quella del moto orbitale degli oggetti che si trovano nelle vicinanze e ne vengono risucchiati e quella dell'emissione di raggi X.

■ Se una stella mostra un moto orbitale irregolare, può essere perché fa parte di un sistema binario compatto, un "abbraccio" tra stelle in cui una mangia

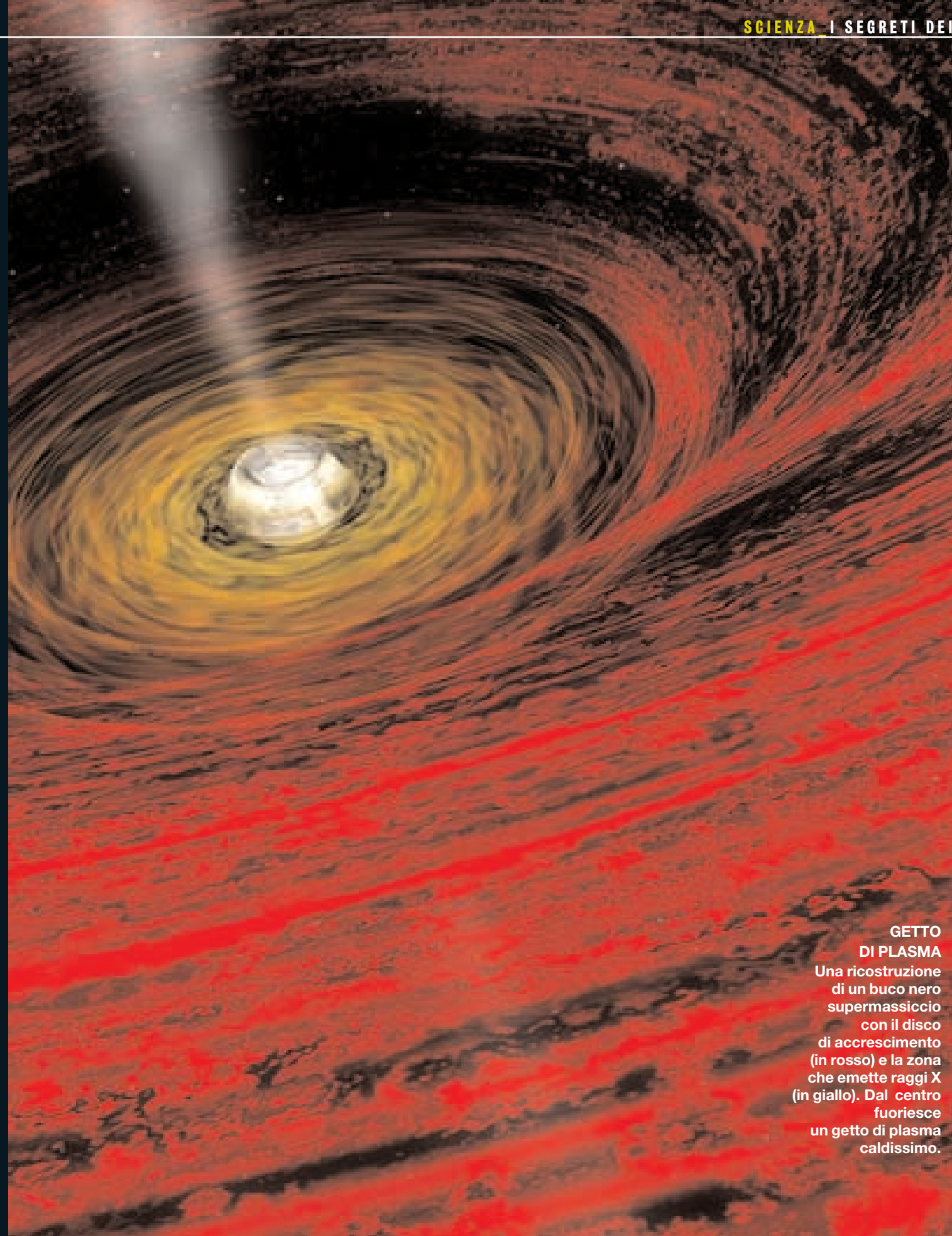
l'altra. Ma se la stella compagna non si vede, allora a cercare di ingoiarla potrebbe essere un buco nero stellare. L'indizio successivo è trovare una forte emissione di raggi X: il buco nero strappa materia dalla stella e questo gas, cadendo a spirale verso l'astro predatore, si riscalda fino a temperature di alcuni milioni di gradi, producendo un'intensa emissione di raggi X.

■ Nella nostra Galassia e in alcune galassie vicine sono stati scoperti una decina di sistemi binari compatti contenenti potenziali candidati a buco nero. Il problema è determinare la massa dell'astro invisibile, perché solo

conoscendo la massa è possibile sapere se si tratti davvero di un buco nero.

■ Discorso analogo vale per i buchi neri supermassicci osservati nei nuclei di molte galassie. In questo caso le masse vengono stimate misurando le velocità orbitali dei gas in caduta nel "mostro".

■ Molte scoperte sui buchi neri sono state ottenute proprio grazie agli osservatori orbitanti a raggi X Chandra, della Nasa, e XMM-Newton, dell'Esa. Nel 2010 partirà la prima missione della Nasa per la realizzazione di Constellation-X della Nasa (nell'immagine sopra): quattro telescopi spaziali per l'osservazione a raggi X ad alta risoluzione.



» L'osservatorio orbitante Chandra ha infatti registrato onde sonore prodotte dal buco nero della galassia NGC 1275, che fa parte di un ammasso di galassie nella costellazione di Perseo. È la nota più bassa mai ascoltata nell'Universo, un "si bemolle" 57 ottave più in basso del "do" centrale del pianoforte: vibra a una frequenza cento milioni di miliardi di volte inferiore.

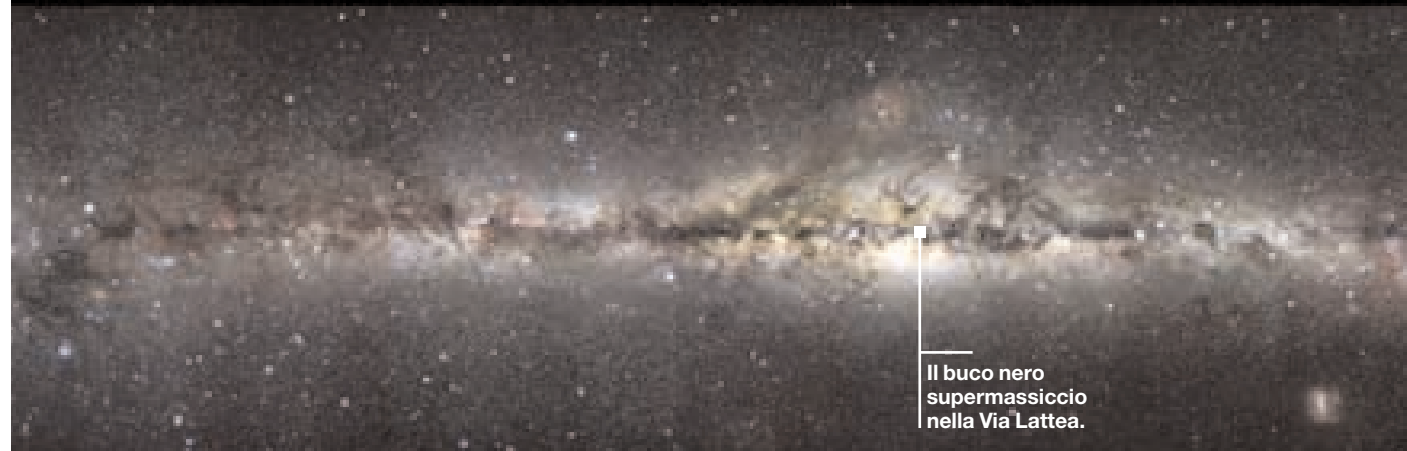
«Queste onde sonore sono molto più che un'interessante forma di acustica», dice Steve Allen, dell'équipe dell'Institute of Astronomy di Cambridge, in Inghilterra, che ha curato la ricerca, «possono essere la chiave per capire cosa succede negli ammassi di galassie, che rappresentano le più grandi strutture dell'Universo». Infatti tra una galassia e l'altra di quelle che costituiscono un ammasso c'è della materia che dovrebbe finire attratta da uno dei sistemi galattici e che invece continua a sfuggire a questo destino. Come fa? Potrebbero essere proprio le onde sonore emesse da un buco nero che, riscaldando la materia intergalattica, le forniscono l'energia con cui contrasta l'attrazione gravitazionale delle galassie.

## LA CONTA DIFFICILE

Anche l'anagrafe dei buchi neri si aggiorna continuamente. Gli studiosi calcolano che nella nostra Galassia ne esista almeno uno supermassiccio e circa 10 milioni di altri di tipo stellare (vedi riquadro a pag. XXX). La teoria più accreditata dice che ogni galassia ha al centro un buco nero supermassiccio. In realtà in alcune galassie non si trova e non si sa perché. Potrebbe non essersi formato. Oppure queste galassie potrebbero aver "perso" il loro buco nero centrale a causa di uno scontro con un'altra galassia.

Questa è la tesi dell'astrofisico David Merritt, docente al Rochester Institute of Technology (Usa). «Buchi neri supermassicci stanno al centro di galassie giganti come la nostra», dice Merritt, «ma per quanto ne sappiamo, i sistemi stellari più piccoli non ne hanno. È possibile che ne siano stati "spinti" fuori?». La conferma sperimentale a questa ipotesi potrebbe venire solo dalla scoperta di una galassia con il buco nero supermassiccio leggermente spostato rispetto al centro, come se stesse appunto per esserne allontanato. »

**GETTO DI PLASMA**  
Una ricostruzione di un buco nero supermassiccio con il disco di accrescimento (in rosso) e la zona che emette raggi X (in giallo). Dal centro fuoriesce un getto di plasma caldissimo.



Il buco nero supermassiccio nella Via Lattea.

## VIA LATTEA Vicini\_Non a noi

**A**nche la nostra galassia è popolata da buchi neri ma nessuno è così vicino a noi da rappresentare una minaccia. C'è un buco nero supermassiccio, localizzato al centro della Via Lattea (vedi foto sopra) e distante da noi circa 26.000 anni-luce, con una massa stimata di circa 3 milioni di masse solari confinata in un volume di dimensioni confrontabili con quelle del Sistema solare. Anche se non è pericoloso è comunque il buco nero supermassiccio più vicino e in questi anni è stato studiato dall'osservatorio orbitante Chandra e dai risultati delle ricerche si suppone che sia il residuo "dormiente" di un buco nero attivo ormai esaurito.

■ Ci sono poi diversi candidati a buchi neri stellari, ma su nessuno c'è ancora certezza. Il più accreditato è Cygnus X-1, la sorgente di raggi X più luminosa della costellazione del Cigno, distante 6.500 anni-luce. Questo sistema, è composto da una stella blu di grosse dimensioni (30 masse solari, diametro 20 volte quello solare) e da una compagna che potrebbe avere massa fino a dieci volte quella del Sole, ma è invisibile e dunque potrebbe essere un buco nero.

» Anche il momento della nascita di questi oggetti è un mistero, benché l'apparizione di un buco nero rappresenti un bello sconquasso, capace di perturbare lo spazio-tempo. Il vagito del buco nero dovrebbe in effetti essere costituito, come racconta Salvati, da «un "lampo" di onde gravitazionali», che rappresentano appunto le increspature dello spazio-tempo. Ma le onde gravitazionali nessuno riesce a vederle: servono nuovi strumenti, come Virgo, ormai quasi ultimato dall'Istituto nazionale di fisica nucleare italiano e dal Cnrs francese a Cascina, vicino Pisa (vedi Quark n. 19).

### UNA NUOVA FISICA

La fisica di oggi è in grado di prevedere cosa può accadere solo fino a una certa distanza dal buco nero vero e proprio, un confine invisibile chiamato "orizzonte degli eventi" che rappresenta una sorta di superficie di demarcazione del buco nero. «Ma anche di queste previsioni», fa notare Salvati, «non possiamo essere certi finché non vengono effettuati esperimenti che le confermino. La stessa teoria di Einstein, alla base della fisica dei buchi neri, finora ha superato tutti gli esami, ma non c'è scienziato al mondo che non sogni di "provarla" in condizioni mai raggiunte prima, e magari scoprire che c'è ancora una fisica da esplorare». Il gruppo di Samir Mathur, dell'Ohio State University di Columbus, negli Stati Uniti, sta avanzando, per esempio, ipotesi basate sulla teoria delle stringhe, quella che immagina ben 11 dimensioni nascoste, o "arrotolate". Per spiegare cosa accada alla materia

e all'energia quando cadono dentro un buco nero, oltre l'orizzonte degli eventi, non esiste invece neppure una teoria. Un viaggio oltre questa linea è inesorabilmente di sola andata? O i buchi neri possono essere in realtà passaggi verso altri universi (vedi Quark n. 37)?

**La risposta presto o tardi** arriverà. I buchi neri, anche se molto lentamente, "evaporano", ovvero, rimettono tutta la materia e l'energia che hanno ingoiato.

A dimostrarlo è stato il fisico teorico inglese Stephen Hawking. Prima o poi, quindi, gli atomi della sfortunata stella caduta nel buco nero supermassiccio di RXJ 1242-11 usciranno nuovamente fuori. Basterà attendere. Quanto? L'età del nostro universo è di 13,7 miliardi di anni. Secondo le stime più ottimiste, l'attesa potrebbe durare solo qualche migliaio di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di anni... **Q**



### Link & Libri Per i più curiosi

- <http://chandra.harvard.edu>  
L'osservatorio spaziale Chandra.
- [www.esa.int/science/xmmnewton](http://www.esa.int/science/xmmnewton) l'osservatorio Newton.
- <http://.constellation.gsfc.nasa.gov> La missione Constellation X.
- **Sull'orlo dell'infinito** Paul Davies, Mondadori, 8,78 €.
- **Dal Big Bang ai buchi neri** Stephen Hawking, Rizzoli, 14,46 €.