

Missing

Sulle tracce della massa mancante dell'universo

di Stefano Borgani

La cosmologia moderna ha visto negli ultimi 15 anni un avanzamento senza precedenti che ha permesso di determinare con grande precisione la storia dell'espansione cosmica e di risalire alla struttura dell'universo fino a 380.000 anni dopo il Big Bang.

Oggi sappiamo di conoscere solo una piccola parte di ciò che costituisce l'universo: solo il 5% è infatti formato da materia "ordinaria", quella di cui siamo fatti noi e gli atomi che ci compongono. Tutto il resto è oscuro, per essere più precisi circa il 22% è costituito da una forma sconosciuta di materia chiamata *materia oscura* e il restante 73% da un qualcosa di ancora più strano, chiamato *energia oscura*.



a.
Immagine di una galassia distante circa 15 miliardi di anni luce ripresa dall'Hubble Space Telescope: a causa dell'ammasso di galassie distante oltre 6 miliardi di anni luce (visibile al centro della foto), la luce proveniente dalla galassia distante viene deviata per effetto lente gravitazionale e la galassia appare come la serie di archi azzurri intorno all'ammasso centrale.

La storia della materia oscura cominciò negli anni '30 quando l'astronomo svizzero Fritz Zwicky osservò che le galassie nell'ammasso della Chioma di Berenice si muovono troppo velocemente per poter essere tenute insieme soltanto dalla reciproca attrazione gravitazionale. Per misurare la velocità delle galassie rispetto alla velocità media dell'ammasso si usa lo spostamento relativo della luce delle galassie, analogo all'effetto Doppler per il suono.

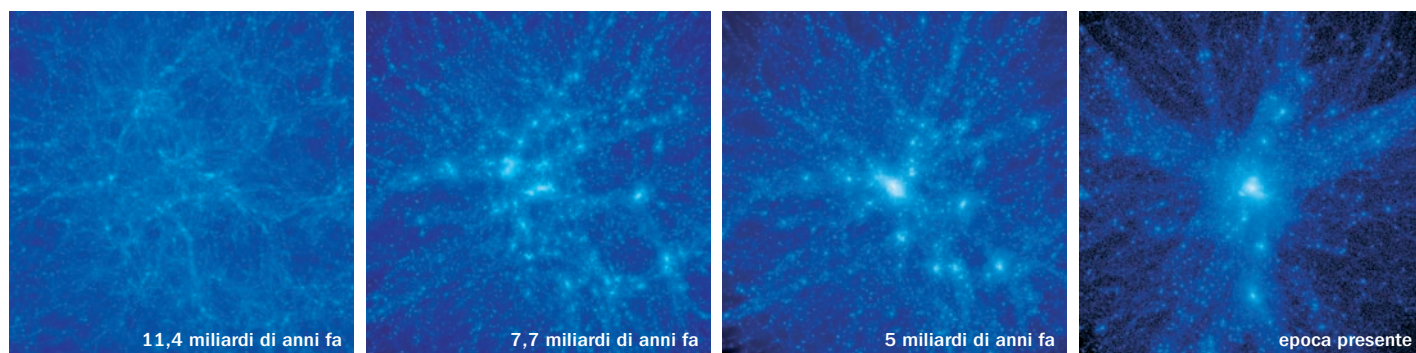
Basandosi su questa osservazione, Zwicky ipotizzò che una massa non visibile, appunto oscura, fosse presente tra e intorno alle galassie, impedendo loro di scappare via.

Successive e più raffinate osservazioni hanno confermato che gli ammassi di galassie e le singole galassie possiedono una quantità notevole di materia oscura che domina su quella visibile e che determina la loro dinamica interna. Nella fig. a si vede un'immagine ripresa dallo Hubble Space Telescope che mostra un notevole addensamento di galassie e la presenza di una elevata quantità di materia oscura testimoniata dagli effetti di lente gravitazionale che distorcono in archi le galassie (per approfondire, vd. Asimmetrie n. 4, "La materia oscura").

Le nostre attuali conoscenze non ci permettono di stabilire cosa sia la materia oscura e di rispondere a questa domanda, ma sappiamo cosa non può essere: non può essere costituita dalla stessa materia alla base di tutto ciò che vediamo nella realtà quotidiana e che è formata da particelle chiamate *barioni*, costituite a loro volta da tre quark. Questa materia, detta *barionica*, emette, assorbe o diffonde radiazione elettromagnetica, al contrario della materia oscura. A questa conclusione sconcertante si è giunti studiando due epoche distinte della storia cosmica dell'universo. Studiando la formazione dei nuclei degli elementi più semplici (idrogeno, deuterio, elio e tracce di litio), avvenuta pochi minuti dopo il Big Bang, si è capito che i barioni non possono contribuire per più di 1/6 alla massa che misuriamo nelle strutture cosmiche.

Altre importanti informazioni sono arrivate dallo studio della radiazione cosmica di fondo, emessa quando l'universo aveva circa 380.000 anni. Questa radiazione arriva a noi sotto forma di microonde e ci fornisce un'immagine di come era l'universo allora, quando gli atomi di idrogeno si sono ricombinati. Oggi sappiamo che le minuscole disomogeneità presenti nella radiazione cosmica di microonde, di appena circa una parte su centomila, sono i semi da cui si sono formate le galassie. Sono state osservate galassie già mezzo miliardo di anni dopo il Big Bang, ma in un universo costituito di sola materia barionica le disomogeneità misurate non sarebbero state sufficienti a formarle così presto.

L'esistenza di galassie formatesi già nel lontano passato indica che la materia oscura è non solo non barionica, ma anche fredda. La "temperatura" della materia è una misura della velocità con cui si muovono le particelle elementari che la costituiscono; in analogia con quanto previsto dalla teoria cinetica dei gas, cioè che in un gas freddo le molecole si muovono in media più lentamente di quelle di un gas a temperatura più alta, dire che la materia oscura è "fredda" significa che le sue particelle si muovono molto lentamente, rispetto a quelle della materia oscura "calda". La temperatura della materia oscura ha ripercussioni cruciali sul modo in cui le galassie e le altre strutture cosmiche si formano. Particelle di alta velocità, tipiche della materia oscura calda quali i neutrini, tenderebbero a sfuggire alla reciproca attrazione gravitazionale, ritardando la formazione delle galassie. Viceversa, in un universo dominato da materia oscura fredda, le strutture di piccola massa, le *protogalassie*, si formerebbero per prime, mentre oggetti via via più massicci (grandi galassie ellittiche, ammassi di galassie) si formerebbero successivamente per fusione degli oggetti più piccoli. Questa formazione "gerarchica" delle strutture cosmiche è illustrata nella fig. b, che mostra una simulazione al computer dell'evoluzione della



b. Formazione di un ammasso di galassie predetta da una simulazione numerica eseguita al computer: i quattro pannelli mostrano le fluttuazioni della densità di materia oscura fredda 11,4, 7,7, 5 miliardi di anni fa e all'epoca presente. La regione mostrata ha una dimensione di circa 70 milioni di anni luce.

Occhi puntati sull'universo oscuro



1.
Rappresentazione artistica
del satellite Planck.

Per cercare di cogliere l'essenza della materia oscura, gli scienziati ne cercano tracce con ogni mezzo. Planck (1) è un satellite progettato per guardare "all'alba del tempo" e misura con alta precisione i dettagli della radiazione di fondo cosmico di microonde. Allo stesso tempo, sono in corso osservazioni da terra da parte del progetto Boss (2) che ci permetteranno di capire come dalle minuscole increspature della radiazione di fondo cosmico di microonde si sia formata la struttura dell'universo odierno, con zone piene di galassie e altre incredibilmente vuote.

In futuro, dalla terra l'Extremely Large Telescope Europeo (3) rivoluzionerà la nostra comprensione su come le galassie si siano formate a partire dalle piccole onde nel mare di materia oscura, aumentando la nostra comprensione sull'origine dell'universo e i suoi costituenti fondamentali. Dallo spazio il Webb Space Telescope (4) e Euclid (5) osserveranno le galassie dell'universo primordiale, studiando la storia dell'espansione dell'universo e l'evoluzione delle strutture cosmiche.

Link sul web

- 1: www.esa.int/SPECIALS/Planck/index.html
- 2: www.sdss3.org/surveys/boss.php
- 3: www.eso.org/public/teles-instr/e-elt.html
- 4: www.jwst.nasa.gov
- 5: www.euclid-ec.org

densità di materia oscura fredda che porta alla formazione di un ammasso di galassie. Determinare quanto fredda sia la materia oscura è uno degli argomenti di ricerca di punta nella cosmologia osservativa degli ultimi anni. Se da un lato le osservazioni delle strutture cosmiche indicano un universo dominato da una materia oscura e sconosciuta, rimane la domanda su quali siano le particelle elementari che la costituiscono. Presumibilmente le risposte arriveranno soltanto dagli esperimenti che si conducono nei laboratori terrestri. Tuttavia i telescopi e i satelliti che continuano a scrutare l'universo definiranno con sempre maggior precisione il "lato oscuro" dell'universo, cioè il suo contenuto in materia ed energia oscura.

Biografia

Stefano Borgani è direttore dell'Osservatorio Astronomico di Trieste dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (Inaf) e professore presso l'Università degli studi di Trieste. Svolge ricerche in ambito cosmologico e in quello della fisica astroparticellare. È coinvolto in progetti di simulazioni numeriche per la formazione di strutture cosmiche, nonché nella missione Euclid dell'Agenzia Spaziale Europea (Esa).