

L'universo tascabile

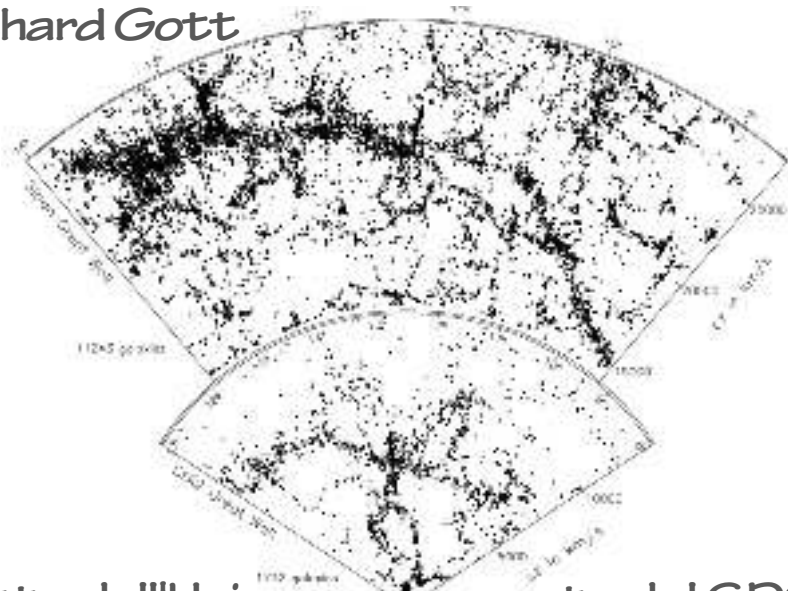
A visualization of the cosmic web, showing a complex network of purple and blue filaments with bright yellow and orange nodes representing galaxy clusters and individual galaxies.

La rete cosmica

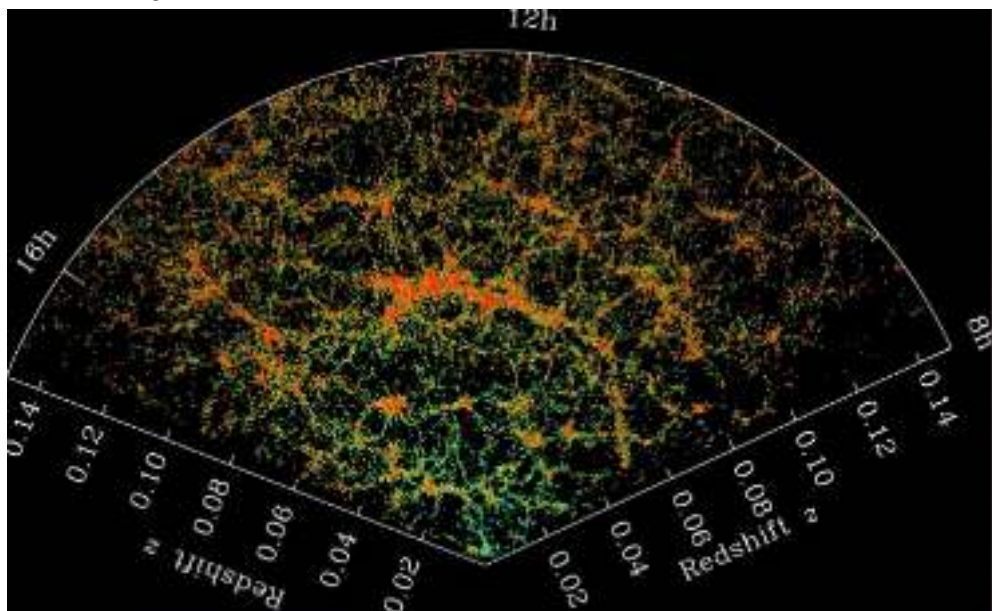


Françoise Combes
Osservatorio di Parigi

Fetta di Universo, mappata da CfA2. Ogni punto è una galassia. Si può vedere un grande "muro" di galassie. Credito: Richard Gott



Fetta dell'Universo, mappata dal SDSS nel 2000. Si possono vedere "muri" che sono ancora più grandi che nel CfA2.

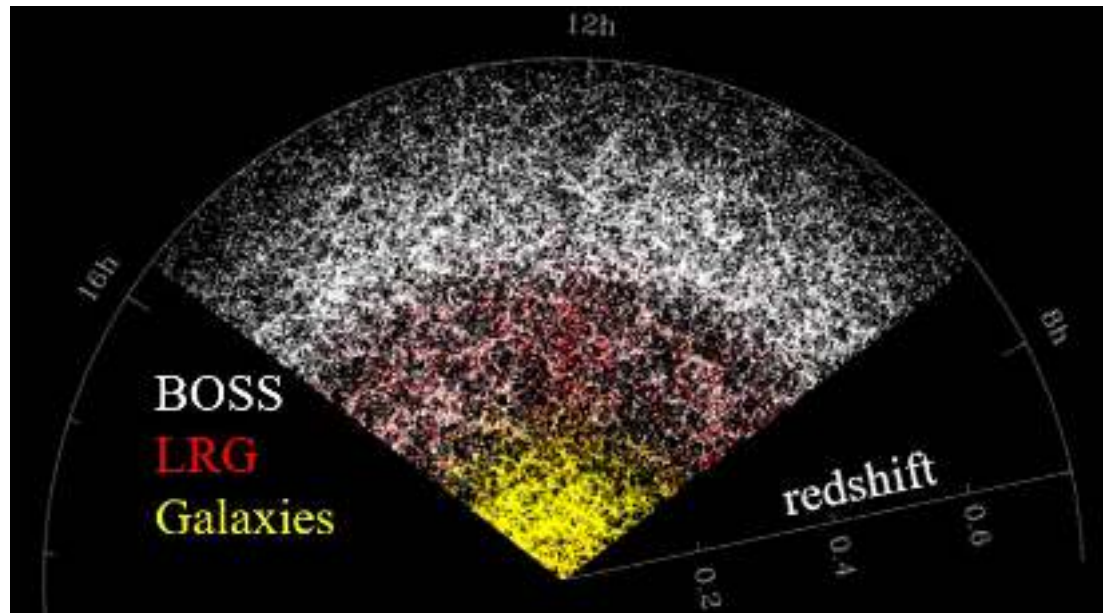


L'Universo vicino è strutturato

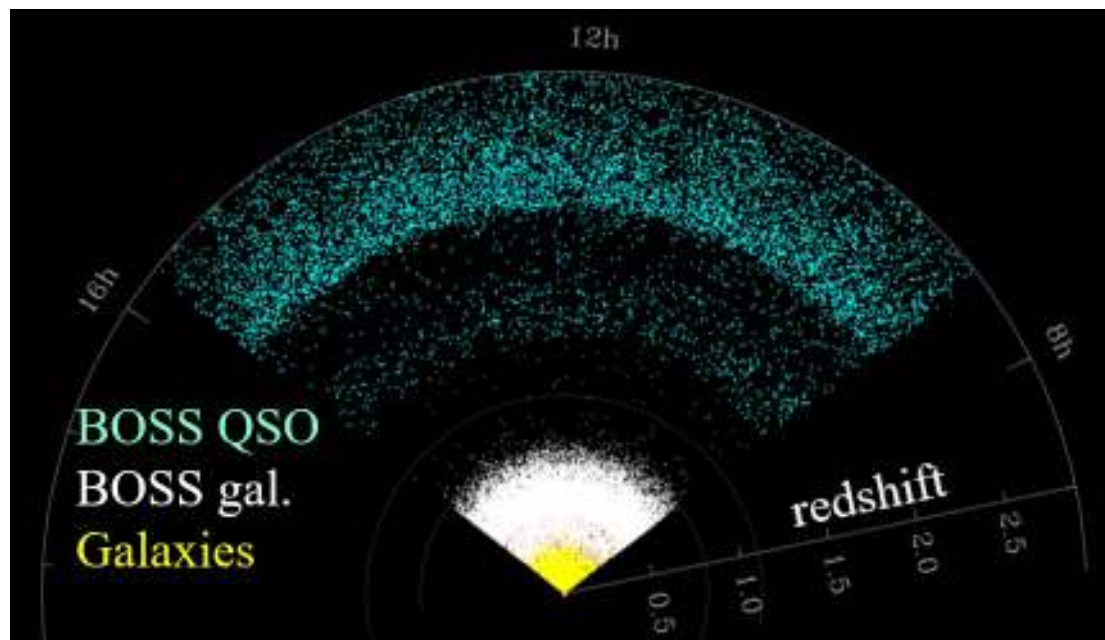
Nel 1925 ci fu un grande dibattito, che concluse che ci sono galassie al di fuori della nostra Via Lattea. Furono presto fatte grandi indagini su tali galassie. Si scoprì che l'Universo "vicino" non è omogeneo, ma consiste in ammassi più o meno appiattiti di galassie con una struttura tipo formaggio svizzero, contenente grandi vuoti. Questo è chiamato web cosmico.

La prima indagine di "volume", che fornisce le posizioni delle galassie insieme alle loro distanze (misurate dai redshift*) è stata l'indagine CfA2, alla fine del XX secolo. Ci sono voluti dieci anni per osservare 18.000 galassie. Gli spettrografi del 21° secolo permettono di osservare centinaia di galassie simultaneamente e di rilevare milioni di galassie. Tali indagini includono il 2dF realizzato in Australia e l'SDSS degli Stati Uniti.

* o spostamento delle linee spettrali verso il rosso; vedi TUIMPs 2 e 12.



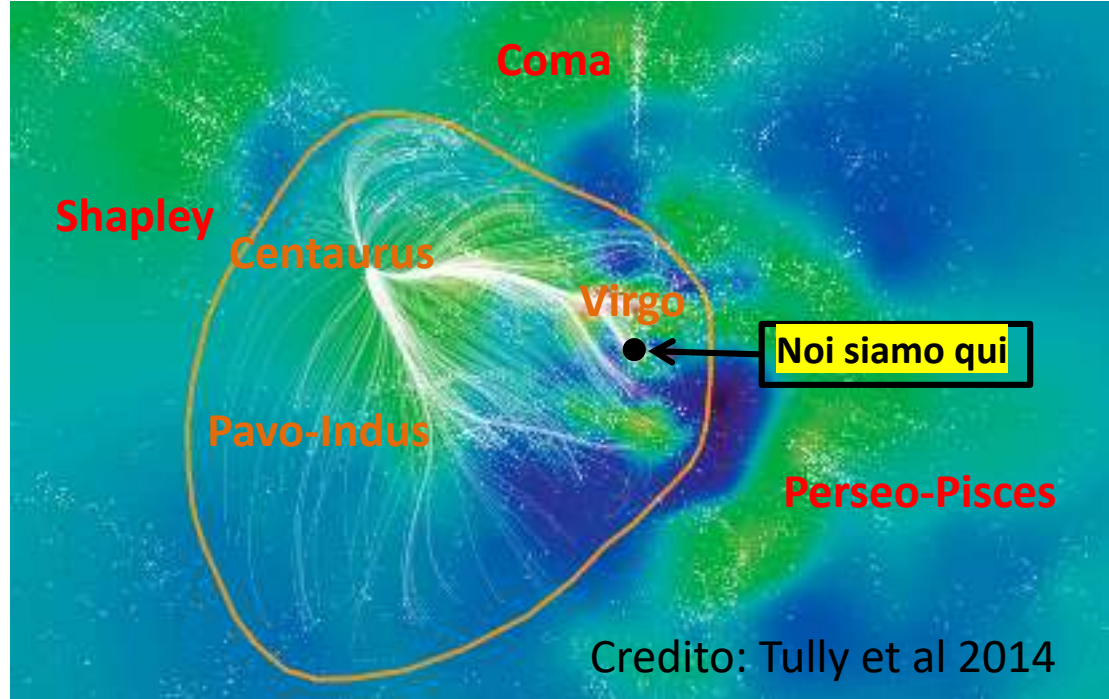
Il campione principale di galassie SDSS è mostrato in giallo. Il campione di galassie rosse luminose (LRG) è in rosso, mentre le galassie del progetto BOSS sono in bianco. I quasar del progetto BOSS (QSO) sono in verde.



Indagini più profonde

Il campione principale di galassie SDSS ha un redshift medio di $z = 0,1$, corrispondente a una distanza di 1,5 miliardi di anni luce. Il campione di galassie rosse luminose va fino a $z=0,7$. Il progetto BOSS arriva a $z=1$ (22 miliardi di anni luce). Con i quasar, che sono più luminosi delle galassie, si può arrivare a $z = 5$ (155 miliardi di anni luce).

Come ci si potrebbe aspettare, l'Universo è meno strutturato a un redshift maggiore, cioè quando era più giovane*. Gli ammassi di galassie si formano a $z=2$ (3,3 miliardi di anni dopo il Big Bang). La struttura a filamenti e a formaggio svizzero era già presente in questo periodo, ma meno pronunciata di quanto lo sia oggi.



Credito: Tully et al 2014

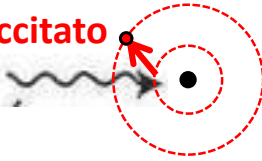
Una rappresentazione del superammasso locale Laniakea che significa "cielo immenso" in hawaiano. È stato chiamato così in onore dei navigatori polinesiani che usavano la loro conoscenza del cielo per navigare nell'Oceano Pacifico.

La nostra galassia è vicina al grande punto nero centrale. Le galassie sono mostrate come punti bianchi. Le linee bianche indicano la direzione del movimento delle galassie. Le aree blu sono vuoti cosmici. La linea arancione indica il superammasso di Laniakea. Gli ammassi Coma e Perseus-Pisces non fanno quindi parte di Laniakea.

Laniakea: il nostro super-cluster

La nostra galassia si trova sul bordo di un superammasso di galassie, scoperto nel 2014 e chiamato Laniakea. Si tratta di una struttura che si sta lentamente allontanando. Misura 500 milioni di anni luce e contiene più di centomila galassie. Per individuare Laniakea, è stato necessario misurare le distanze delle galassie con metodi che non utilizzano le velocità radiali o la legge di Hubble-Lemaître*. Infatti, le velocità radiali delle galassie, oltre alla componente di espansione cosmologica, sono influenzate da perturbazioni dovute all'attrazione gravitazionale che esercitano reciprocamente. Questo permette di sapere se una galassia ha un legame dinamico con altre e quindi appartiene allo stesso gruppo.

elettrone eccitato

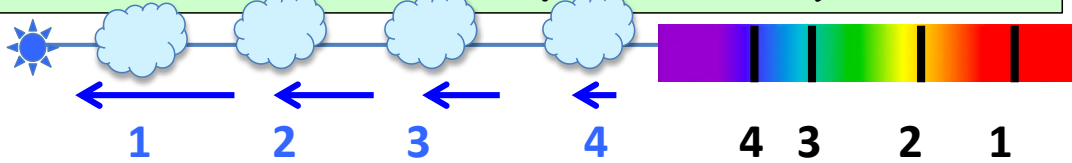


linea di assorbimento

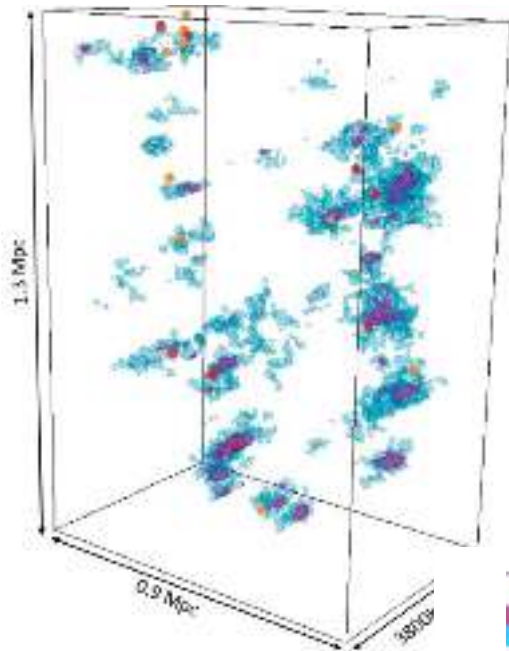


quasar fotone idrogeno spettro del quasar

I fotoni energetici provenienti da un quasar possono avere energia sufficiente per eccitare un atomo di idrogeno. Questi fotoni vengono assorbiti per creare una linea di assorbimento nello spettro del quasar.



Ogni nube di gas tra il quasar e noi assorbe quei fotoni la cui lunghezza d'onda corrisponde al redshift della nube.



A sinistra: distribuzione spaziale dei filamenti nell'ammasso SSA2. In blu e magenta: il gas. In rosso e arancione: le galassie. I filamenti sono grandi diversi milioni di anni luce.

Da Umehata et al. (2019).

Il gas nei filamenti

Fino a poco tempo fa, i filamenti cosmici venivano rilevati solo dalle galassie che contengono. Tuttavia, sono anche costituiti da materia oscura invisibile e da gas diluito. Gli atomi di idrogeno in questo gas assorbono la luce dei quasar lontani. Si può così mappare la distribuzione del volume dei filamenti (vedi pag. 8).

Il gas nei filamenti può anche essere rilevato dalla sua emissione, quando eccitato da stelle calde o quasar. Gli aloni di gas sono stati rilevati intorno a 270 galassie a redshift tra 3 e 6. Questa scoperta è stata fatta da un gruppo di astronomi europei, grazie all'estrema sensibilità dello strumento MUSE sul VLT (Very Large Telescope, telescopio molto grande in inglese) dell'ESO.



50 kpc

Risultato di una simulazione numerica* di Agertz et al. (2009) che mostra l'accrescimento di gas freddo sulle galassie lungo i filamenti cosmici e l'espulsione di gas arricchito di elementi pesanti prodotti nelle stelle. **In blu, il gas freddo. In rosso, un alone di gas riscaldato ad una temperatura molto alta. In verde, il gas arricchito espulso dalle galassie.**

Una simulazione numerica è un calcolo eseguito su un computer che cerca di rappresentare un sistema reale tenendo conto delle leggi della fisica. Per esempio, si può simulare il flusso di un fiume, la formazione di una galassia, ecc. Le simulazioni possono richiedere mesi di calcoli anche sui computer più veloci.

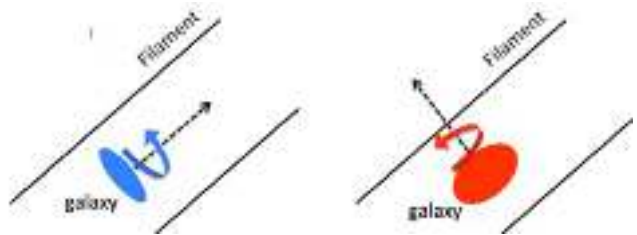
Barioni nei filamenti

Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, la maggior parte della materia ordinaria (barioni) non è nelle galassie. L'Universo è composto dal 5% di barioni, dal 25% di materia oscura e dal 70% di energia oscura. La frazione di barioni nella componente di materia è quindi $5 / (25 + 5) = 17\%$. Nelle galassie, è stato misurato che la frazione di barioni non supera il 3%. Più dell'80% dei barioni sono quindi all'esterno delle galassie. Si pensa che questi barioni siano stati espulsi dalle supernovae nelle galassie di bassa massa e dai nuclei attivi* nelle galassie più massicce. Questa espulsione di materia arricchisce il mezzo intergalattico di elementi pesanti prodotti dalle stelle, come carbonio, ossigeno, ferro.

*Vedi TUIMP 6



Le galassie ellittiche massicce, mostrate in rosso, sono concentrate all'intersezione dei filamenti. Le galassie a spirale, mostrate in blu, si trovano all'interno dei filamenti.



Le galassie a spirale hanno i loro assi di rotazione allineati con i filamenti. Le galassie ellittiche, che risultano dalla fusione di galassie a spirale, hanno i loro assi perpendicolari ai filamenti. 12 Credito: Sandrine Codis

L'orientamento delle galassie

Diversi tipi di galassie tendono a trovarsi in posti diversi. Negli ammassi, di solito troviamo galassie ellittiche massicce all'intersezione dei filamenti. Queste galassie contengono solo vecchie stelle (quindi il loro colore è rosso). All'interno dei filamenti stessi, troviamo tipicamente galassie a spirale. Queste galassie accumulano gas freddo che poi forma stelle; questo dà loro il caratteristico colore blu.

Il gas che si accumula nelle galassie blu proviene dalle parti esterne dei filamenti, e gli assi di rotazione di queste galassie tendono ad essere orientati parallelamente al filamento. Il contrario è vero per le galassie rosse, ellittiche, che sono spesso il risultato della fusione di due galassie a disco. La pagina 12 mostra queste tendenze nelle simulazioni numeriche.



Quiz

Quale di queste immagini mostra:

- *Galassie allineate?*
- *Filamenti cosmici?*
- *Una ragnatela?*



Risposte sul retro

Allineamento delle
galassie nell'ammasso
MACS J0416.1-
2403.

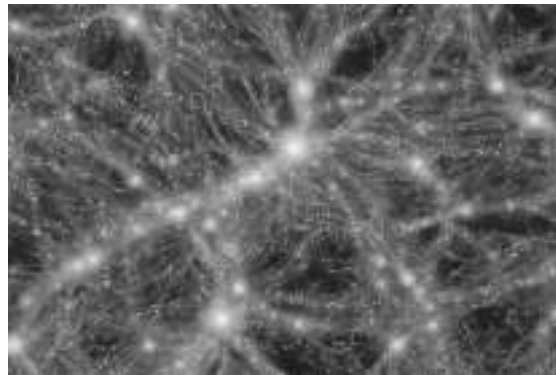
Immagine dal
telescopio spaziale
Hubble

Risposte



Una ragnatela

Simulazione della
rete cosmica



L'universo tascabile No. 13

Questo libretto è stato scritto nel 2020 da Françoise Combes dell'Osservatorio di Parigi (Francia).

Nr 1

Immagine di copertina: Simulazione numerica della distribuzione della materia oscura nella rete cosmica. Più chiaro è il colore, maggiore è la densità. Le galassie si formano lungo i filamenti, e gli ammassi di galassie all'incrocio dei filamenti. Questa simulazione fa parte del progetto Millenium, Credito: Springel et al. (2005).



Per saperne di più su questa serie e sugli argomenti presentati in questo libretto, visita

<http://www.tuimp.org>

Traduzione: Marcello Fulchignoni
TUIMP Creative Commons

