Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου

Ο κοσμικός ιστός

Françoise Combes

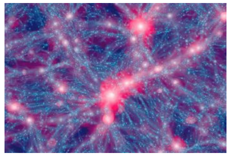
Αστεροσκοπείο του Παρισιού

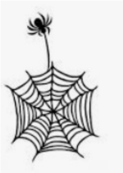
TUIMP THE UNIVERSE IN MY POCKET Αρ. 13

Κουίζ

Ποια από αυτές τις εικόνες δείχνει:

- Ευθυγραμμισμένους γαλαξίες;
- Κοσμικά νημάτια;
- Έναν ιστό αράχνης;



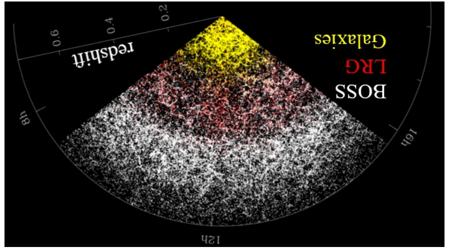


Απαντήσεις στο οπισθόφυλλο

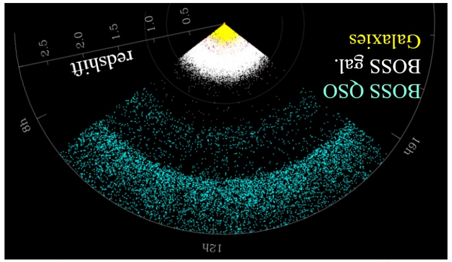
Ο προσανατολισμός των γαλαξιών

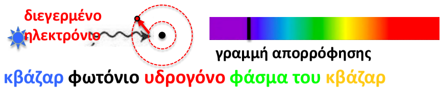
Διαφορετικοί τύποι γαλαξιών τείνουν να βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη. Στα σμήνη, βρίσκουμε συνήθως ογκώδεις ελλειπτικούς γαλαξίες στη διασταύρωση των νημάτων. Αυτοί οι γαλαξίες περιέχουν μόνο παλιά άστρα (γι' αυτό και το χρώμα τους είναι κόκκινο). Μέσα στα ίδια τα νημάτια, βρίσκουμε συνήθως σπειροειδείς γαλαξίες. Αυτοί οι γαλαξίες συσσωρεύουν ψυχρό αέριο το οποίο στη συνέχεια σχηματίζει αστέρια– αυτό τους δίνει το χαρακτηριστικό μπλε χρώμα τους.

Το αέριο που συσσωρεύεται στους μπλε γαλαξίες προέρχεται από τα εξωτερικά τμήματα των νημάτων, και οι άξονες περιστροφής αυτών των γαλαξιών τείνουν να είναι προσανατολισμένοι παράλληλα με το νήμα. Το αντίθετο ισχύει για τους κόκκινους, ελλειπτικούς γαλαξίες, οι οποίοι συχνά είναι το αποτέλεσμα της συγχώνευσης δύο δισκοειδών γαλαξιών. Στη σελίδα 12 παρουσιάζονται αυτές οι τάσεις σε αριθμητικές προσομοιώσεις.

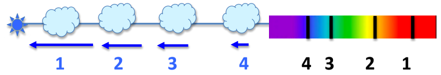


Το κύριο δείγμα γαλαξιών SDSS εμφανίζεται με κίτρινο χρώμα. Το δείγμα των φωτεινών κόκκινων γαλαξιών (LRG) είναι με κόκκινο χρώμα, ενώ οι γαλαξίες του προγράμματος BOSS είναι με λευκό χρώμα. Τα κβάζαρ του προγράμματος BOSS (QSO) είναι με πράσινο χρώμα.

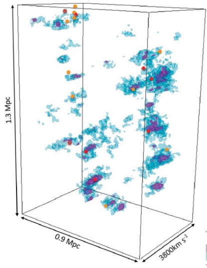




Τα ενεργητικά φωτόνια που προέρχονται από ένα κβάζαρ μπορούν να έχουν αρκετή ενέργεια για να διεγείρουν ένα άτομο υδρογόνου. Αυτά τα φωτόνια απορροφώνται και δημιουργούν μια γραμμή απορρόφησης στο φάσμα του κβάζαρ.



Κάθε νέφος αερίου μεταξύ του κβάζαρ και εμάς απορροφά τα φωτόνια των οποίων το μήκος κύματος αντιστοιχεί στην ερυθρή μετατόπιση του νέφους.



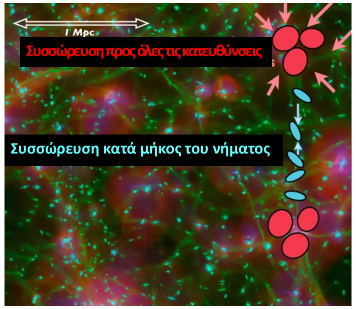
Αριστερά: χωρική κατανομή των νημάτων στο σμήνος SSA2. Με μπλε και ματζέντα: αέριο. Με κόκκινο και πορτοκαλί: οι γαλαξίες. Τα νήματα έχουν μέγεθος πολλών εκατομμυρίων ετών φωτός.

Από τους Umehata κ.ά. (2019).

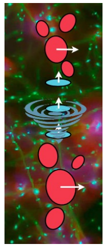
Το αέριο στα νήματα

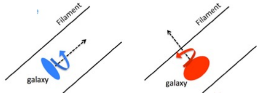
Μέχρι πολύ πρόσφατα, τα κοσμικά νήματα ανιχνεύονταν μόνο από τους γαλαξίες που περιείχαν. Ωστόσο, αποτελούνται επίσης από αόρατη σκοτεινή ύλη και αραιό αέριο. Τα άτομα υδρογόνου σε αυτό το αέριο απορροφούν το φως από τα μακρινά κβάζαρ. Έτσι μπορεί κανείς να χαρτογραφήσει την κατανομή του όγκου των νημάτων (βλ. σελ. 8).

Το αέριο στα νήματα μπορεί επίσης να ανιχνευθεί από την εκπομπή του, όταν διεγείρεται από θερμά άστρα ή κβάζαρ. Αέριο που περικλύει τους γαλαξίες σαν άλως έχει ανιχνευθεί γύρω από 270 γαλαξίες σε ερυθρές μετατοπίσεις μεταξύ 3 και 6. Η ανακάλυψη αυτή έγινε από μια ομάδα Ευρωπαίων αστρονόμων, χάρη στην εξαιρετική ευαισθησία του οργάνου MUSE στο Πολύ Μεγάλο Τηλεσκόπιο (VLT) του ESO.


1 Mpc
Συσσώρευση προς όλες τις κατευθύνσεις
Συσσώρευση κατά μήκος του νήματος

Οι μαζικοί ελλειπτικοί γαλαξίες, που φαίνονται με κόκκινο χρώμα, είναι συγκεντρωμένοι στη διασταύρωση των νημάτων. Οι σπειροειδείς γαλαξίες, που εμφανίζονται με μπλε χρώμα, βρίσκονται μέσα στα νήματα.





Οι σπειροειδείς γαλαξίες έχουν τους άξονες περιστροφής τους ευθυγραμμισμένους με τα νήματα. Οι ελλειπτικοί γαλαξίες, οι οποίοι προκύπτουν από τη συγχώνευση σπειροειδών γαλαξιών, έχουν τους άξονές τους κάθετους προς τα νήματα.

Πηγή: Sandrine Codis

Βαθύτερες έρευνες

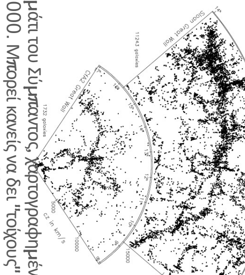
Το κύριο δείγμα γαλαξιών SDSS έχει μέση ερυθρομετατόπιση z = 0,1, που αντιστοιχεί σε απόσταση 1,5 δισεκατομμυρίων ετών φωτός. Το δείγμα των ερυθροφωτεινών γαλαξιών φτάνει μέχρι z = 0,7. Το πρόγραμμα BOSS φτάνει μέχρι z = 1 (22 δισεκατομμύρια έτη φωτός). Με τα κβάζαρ, τα οποία είναι φωτεινότερα από τους γαλαξίες, μπορεί κανείς να φτάσει στο z = 5 (155 δισεκατομμύρια έτη φωτός).

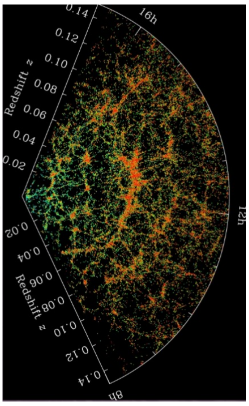
Όπως θα περίμενε κανείς, το Σύμπαν είναι λιγότερο δομημένο σε μεγαλύτερη ερυθρομετατόπιση, δηλαδή όταν ήταν νεότερο*. Σμήνη γαλαξιών σχηματίζονται σε z = 2 (3,3 δισεκατομμύρια χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη). Η δομή των νημάτων και του ελβετικού τυριού ήταν ήδη παρούσα εκείνη την εποχή, αλλά λιγότερο έντονη από ό,τι είναι σήμερα.

---

* βλέπε TUIMP 12

Κομμάτι του Σύμπαντος, χαρτογραφημένο από το CfA2. Κάθε σημείο είναι ένας γαλαξίας. Φαίνεται ένας μεγάλος "τοίχος" γαλαξιών. Πηγή: Richard Gott





Κομμάτι του Σύμπαντος, χαρτογραφημένο από το SDSS το 2000. Μπορεί κανείς να δει "τοίχους" που είναι ακόμη μεγαλύτεροι από ό,τι στο CfA2.

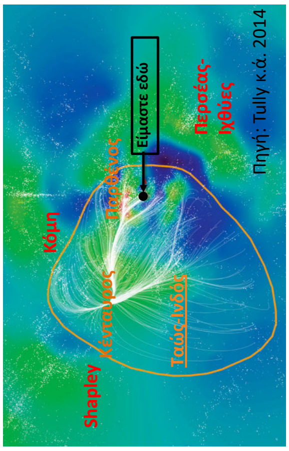
Το κοντινό Σύμπαν είναι δομημένο

Το 1925 έγινε μια μεγάλη συζήτηση, η οποία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν γαλαξίες εκτός του δικού μας Γαλαξία. Σύντομα έγιναν μεγάλες έρευνες για τέτοιους γαλαξίες. Ανακαλύφθηκε ότι το "κοντινό" Σύμπαν δεν είναι ομοιογενές, αλλά αποτελείται από περισσότερο ή λιγότερο πεπλατυσμένα σμήνη γαλαξιών με δομή σαν ιστός αράχνης, που περιέχει μεγάλα κενά και νηματ-ειδείς δομές (νήματα). Αυτό ονομάζεται κοσμικός ιστός.

Η πρώτη έρευνα "όγκου", η οποία έδινε τις θέσεις των γαλαξιών μαζί με τις αποστάσεις τους (μετρημένες από τις ερυθρές μετατοπίσεις*) ήταν η έρευνα CfA2, στα τέλη του 20ού αιώνα. Χρειάστηκαν δέκα χρόνια για να παρατηρηθούν 18.000 γαλαξίες. Οι φασματογράφοι του 21ου αιώνα καθιστούν δυνατή την ταυτόχρονη παρατήρηση εκατοντάδων γαλαξιών και την έρευνα εκατομμυρίων γαλαξιών. Τέτοιες έρευνες περιλαμβάνουν το 2dF που έγινε στην Αυστραλία και το SDSS από τις ΗΠΑ.

---

* ή μετατόπιση των φασματικών γραμμών προς το ερυθρό, βλέπε TUIMP 2 και 12.



Πηγή: Tully κ.ά. 2014

Μια αναπαράσταση του τοπικού υπερσμήνους **Laniakea** που σημαίνει "απέραντος ουρανός" στα χαβανέζικα. Πήρε το όνομά του προς τιμήν των Πολυνησίων πλοηγών που χρησιμοποιούσαν τις γνώσεις τους για τον ουρανό για να πλοηγούνται στον Ειρηνικό Ωκεανό.

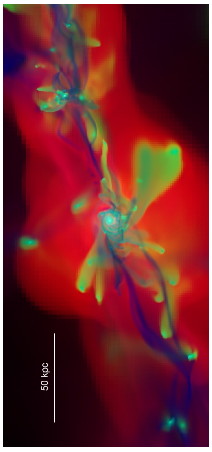
Ο Γαλαξίας μας βρίσκεται κοντά στο μεγάλο κεντρικό μαύρο σημείο. Οι γαλαξίες απεικονίζονται ως λευκές κουκκίδες. Οι λευκές γραμμές δείχνουν την κατεύθυνση της κίνησης των γαλαξιών. Οι μπλε περιοχές είναι κοσμικά κενά. Η πορτοκαλί γραμμή σηματοδοτεί το υπερσμήνος Laniakea. Συνεπώς, τα σμήνη Κόμη και Περσέας-Ιχθύες δεν αποτελούν μέρος του Laniakea.

Laniakea : το υπερ-σμήνος μας

Ο Γαλαξίας μας βρίσκεται στην άκρη ενός υπερσμήνους γαλαξιών, που ανακαλύφθηκε το 2014 και ονομάζεται Laniakea. Πρόκειται για μια δομή που απομακρύνεται αργά. Έχει διάμετρο 500 εκατομμύρια έτη φωτός και περιέχει περισσότερους από εκατό χιλιάδες γαλαξίες. Για να εντοπιστεί η **Laniakea**, ήταν απαραίτητο να μετρηθούν οι αποστάσεις των γαλαξιών με μεθόδους που δεν χρησιμοποιούν τις ακτινικές ταχύτητες ή τον νόμο Hubble-Lemaître*. Πράγματι, οι ακτινικές ταχύτητες των γαλαξιών, εκτός από τη συνιστώσα της κοσμολογικής διαστολής, επηρεάζονται από διαταραχές που οφείλονται στη βαρυτική έλξη που ασκούν αμοιβαία. Αυτό καθιστά δυνατό να γνωρίζουμε αν ένας γαλαξίας έχει δυναμική σχέση με άλλους και συνεπώς ανήκει στην ίδια ομάδα.

---

* Βλέπε TUIMP 12



Αποτέλεσμα αριθμητικής προσομοίωσης* των Agertz et al. (2009) που δείχνει τη συσσώρευση ψυχρού αερίου σε γαλαξίες κατά μήκος κοσμικών νημάτων και την εκτίναξη αερίου εμπλουτισμένου σε βαρέα στοιχεία που παράγονται στα αστέρια. Με μπλε χρώμα, ψυχρό αέριο. Με κόκκινο χρώμα, ένα φωτοστέφανο αερίου που θερμαίνεται σε πολύ υψηλή θερμοκρασία. Με πράσινο, το εμπλουτισμένο αέριο που εκτοξεύεται από τους γαλαξίες.

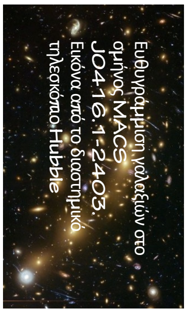
* Η αριθμητική προσομοίωση είναι ένας υπολογισμός που εκτελείται σε υπολογιστή και επιδιώκει να αναπαραστήσει ένα πραγματικό σύστημα λαμβάνοντας υπόψη τους νόμους της φυσικής. Για παράδειγμα, μπορεί κανείς να προσομοιώσει τη ροή ενός ποταμού, το σχηματισμό ενός γαλαξία κ.λ.π. Οι προσομοιώσεις μπορεί να διαρκέσουν μήνες υπολογισμών ακόμη και στους ταχύτερους υπολογιστές.

Βαρυόνια στα νημάτια

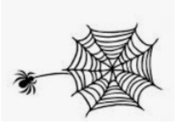
Σε αντίθεση με ό,τι μπορεί να πιστεύει κανείς, η περισσότερο συνηθισμένη ύλη (βαρυόνια) δεν βρίσκεται στους γαλαξίες. Το Σύμπαν αποτελείται από 5% βαρυόνια, 25% σκοτεινή ύλη και 70% σκοτεινή ενέργεια. Το κλάσμα των βαρυονίων στη συνιστώσα της ύλης είναι επομένως 5 / (25 + 5) = 17%. Στους γαλαξίες, έχει μετρηθεί ότι το κλάσμα των βαρυονίων δεν υπερβαίνει το 3%. Επομένως, πάνω από 80% των βαρυονίων βρίσκεται εκτός των γαλαξιών. Αυτά τα βαρυόνια πιστεύεται ότι έχουν εκτιναχθεί από υπερκαινοφανείς εκρήξεις σε γαλαξίες χαμηλής μάζας και από ενεργούς πυρήνες* σε γαλαξίες μεγαλύτερης μάζας. Αυτή η εκτίναξη της ύλης εμπλουτίζει το διαγαλαξιακό μέσο με βαριά στοιχεία που παράγονται από τα αστέρια, όπως άνθρακα, οξυγόνο, σίδηρο.

---

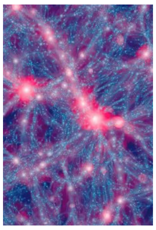
* Βλέπε TUIMP 6


Ευθυγράμμιση γαλαξιών στο σμήνος MACS J0416.1-2403. Εικόνα από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble

Απαντήσεις


Ένας ιστός αράχνης

Προσομοίωση του κοσμικού ιστού



Το σύμπαν στο τσεπάκι μου No 13

Το μικρό αυτό βιβλιαράκι συντάχτηκε το 2020 από την Françoise Combes από το Αστεροσκοπείο του Παρισιού (Γαλλία).

Εικόνα εξωφύλλου: Αριθμητική προσομοίωση της κατανομής της σκοτεινής ύλης στον κοσμικό ιστό. Όσο πιο ανοιχτό το χρώμα, τόσο μεγαλύτερη η πυκνότητα. Οι γαλαξίες σχηματίζονται κατά μήκος των νημάτων και τα σμήνη γαλαξιών στα σταυροδρόμια των νημάτων. Αυτή η προσομοίωση αποτελεί μέρος του έργου πρότζεκτ Millenium, Πηγή: Springel κ.ά. (2005).

Για να μάθετε περισσότερα σχετικά με τις εκδόσεις και τα θέματα που παρουσιάζονται στο βιβλιαράκι, επισκεφθείτε την ιστοσελίδα http://www.tuimp.org

Μετάφραση: Τζίνα Θεοδωροπούλου

TUIMP Creative Commons
BY NC SA