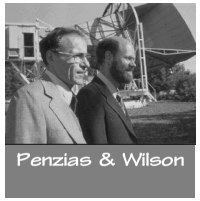
Η ορατή ακτινοβολία

Λόγω της επέκτασής του, το Σύμπαν γίνεται όλο και πιο κρύο. Σήμερα η θερμοκρασία του είναι μόνο 3 βαθμούς πάνω από το απόλυτο μηδέν (3 K ή -270° C). Το Σύμπαν λούζεται σε ακτινοβολία σε αυτή τη θερμοκρασία, που είναι υπόλειμμα της Μεγάλης Έκρηξης.

Αυτή η ακτινοβολία εντοπίστηκε τυχαία το 1965 από τους ραδιοαστρονόμους Arno Penzias και Bob Wilson που εργάζονταν σε δέκτες μικροκυμάτων.


Penzias & Wilson

Παραξενεμένοι από ένα αδύναμο σήμα που προερχόταν από όλες τις κατευθύνσεις, συμβουλευτήκανε τον αστροφυσικό Robert Dicke και τους συναδέλφους του, οι οποίοι πρότειναν ότι ήταν το απολίθωμα της ακτινοβολίας της Μεγάλης Έκρηξης. Για αυτήν την ανακάλυψη, ο Penzias και ο Wilson έλαβαν το βραβείο Νόμπελ το 1978.

Η Μεγάλη Έκρηξη

Fred Hoyle

Αν το Σύμπαν επεκτείνεται, τότε στην αρχή αναγκαστικά ήταν πολύ πυκνό και πολύ ζεστό. Στον Αστρονόμο Fred Hoyle δεν άρεσε αυτό το κοσμολογικό μοντέλο.

Για να εξηγήσει ένα στατικό σύμπαν (που θεωρούνταν εκείνη την εποχή), είχε προσθέσει έναν όρο που ονομάζεται κοσμολογική σταθερά, Λ. Όταν έγινε σαφές το 1929 ότι το Σύμπαν επεκτείνεται, ο Αϊνστάιν δήλωσε ότι η εισαγωγή του Λ ήταν το μεγαλύτερο λάθος της ζωής του.

Για το μεγαλύτερο μέρος του 20ού αιώνα, το Λ αγνοήθηκε. Αλλά το 1998, χρησιμοποιώντας σουπερνόβα τύπου Ια, που είναι πιο ισχυροί δείκτες απόστασης από τις Κηφείδες, δύο ομάδες παρατηρητών ανακάλυψαν ότι η επέκταση του Σύμπαντος επιταχύνεται. Έλαβαν το βραβείο Νόμπελ το 2011.

Η Μεγάλη Έκρηξη

Ένα από τα πρώτα επιχειρήματα υπέρ της Μεγάλης Έκρηξης προτάθηκε το 1948 από τον George Gamow και τον μαθητή του Ralf Alpher. Έδειξαν ότι μόνο κάτω από τις ακραίες συνθήκες πυκνότητας

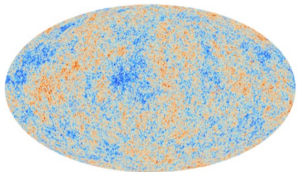
G. Gamow

και θερμοκρασίας της Μεγάλης Έκρηξης μπορούσαν να σχηματιστούν ήλιο, δευτέριο και λίθιο, στις ποσότητες που παρατηρούνται τώρα στο Σύμπαν.

Ο ορίζοντας του Σύμπαντος

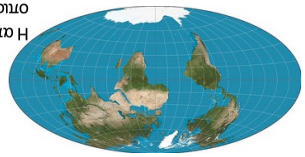
Σήμερα μπορούμε να ξαναβρούμε τα ίχνη ολόκληρης της ιστορίας του Σύμπαντος, ξεκινώντας από τη Μεγάλη Έκρηξη (βλ. σελ.10). Πολλές παρατηρήσεις επιβεβαιώνουν αυτό το κοσμολογικό μοντέλο και οι αστρονόμοι έχουν εξερευνήσει μεγάλο μέρος του παρατηρήσιμου Σύμπαντος. Δεν μπορούν να παρατηρήσουν πέρα από μια συγκεκριμένη απόσταση, φυσικά, επειδή τα σήματα που φτάνουν στη Γη δεν μπορούν να ταξιδέψουν γρηγορότερα από το φως, η ταχύτητα των οποίων είναι 299.792 km/s. Έτσι, η παρατήρηση μακρινών αντικειμένων είναι σαν να επιστρέφει στο παρελθόν. Τα φωτόνια που λαμβάνουμε σήμερα από αρχέγονους γαλαξίες άπιαστα πριν από 12 έως 13 δισεκατομμύρια χρόνια. Έτσι, βλέπουμε αυτούς τους γαλαξίες όπως ήταν στα νιάτα τους. Όταν παρατηρούμε τα φωτόνια από το κοσμικό υπόβαθρο, κοιτάμε πίσω στο χρόνο 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια στο χρόνο (βλ. Αντίθετη σελίδα).

Ο ορίζοντας του παρατηρήσιμου Σύμπαντος.
Όλοι οι παρατηρητές βρίσκονται στο κέντρο μιας σφαίρας που αντιπροσωπεύει το παρατηρήσιμο Σύμπαν τους. Δεν μπορούν να παρατηρήσουν πέρα από αυτόν τον ορίζοντα. Οι γαλαξίες που μπορεί να υπάρχουν πέρα από αυτόν τον ορίζοντα δεν είχαν χρόνο να επικοινωνήσουν με τους παρατηρητές επειδή τα φωτόνια τους, που ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός, δεν είχαν αρκετό χρόνο για να φτάσουν στους παρατηρητές.

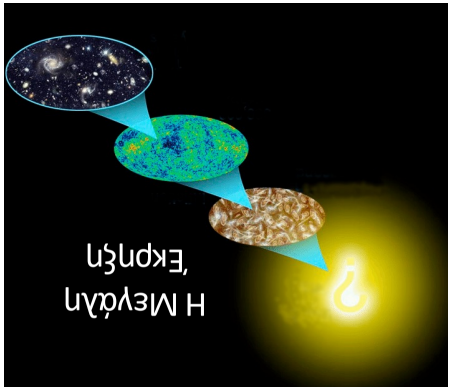


Κοσμός

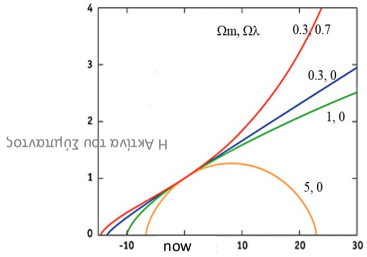
Πολλα από αυτές τις εικόνες δείχνει τις διακυμάνσεις του κοσμικού υπόβάθρου;


Η ανάγνιση στο οπισθόφυλλο

Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου



Françoise Combes
Αστεροσκοπείο του Παρισιού



Χρόνος σε δισεκατομμύρια χρόνια

Η εξέλιξη της ακτίνας του Σύμπαντος, σύμφωνα με διάφορα κοσμολογικά μοντέλα για διαφορετικές τιμές των παραμέτρων Ω_M, της πυκνότητας της ύλης και του Ω_Λ, της πυκνότητας ενέργειας του Σύμπαντος. Η εξέλιξη του Σύμπαντος συνδέεται με την τιμή $\Omega = \Omega_M + \Omega_\Lambda$.
Εάν $\Omega = 5$, το Σύμπαν θα αναδιαμορφωθεί σε μια Μεγάλη Σύνθλιψη (κίτρινη καμπύλη). Εάν το Σύμπαν έχει μηδενική ($\Omega = 1$) ή αρνητική καμπυλότητα ($\Omega = 0,3$), η επέκταση θα επεκταθεί απεριόριστα (πράσινες και μπλε καμπύλες).
Οι τρέχουσες παρατηρήσεις οδηγούν στην κόκκινη καμπύλη. Η καμπυλότητα είναι μηδέν και η επέκταση επιταχύνεται.

Η κοσμολογική σταθερά

Το 1915, ο Άλμπερτ Αϊνστάιν δημοσίευσε τις εξισώσεις της γενικής σχετικότητας, που συνδέουν τη γεωμετρία του Σύμπαντος με την ποσότητα της ύλης και της ενέργειας που περιέχει. Για να εξηγήσει ένα στατικό σύμπαν (που θεωρούνταν εκείνη την εποχή), είχε προσθέσει έναν όρο που ονομάζεται κοσμολογική σταθερά, Λ. Όταν έγινε σαφές το 1929 ότι το Σύμπαν επεκτείνεται, ο Αϊνστάιν δήλωσε ότι η εισαγωγή του Λ ήταν το μεγαλύτερο λάθος της ζωής του.

Για το μεγαλύτερο μέρος του 20ού αιώνα, το Λ αγνοήθηκε. Αλλά το 1998, χρησιμοποιώντας σουπερνόβα τύπου Ια, που είναι πιο ισχυροί δείκτες απόστασης από τις Κηφείδες, δύο ομάδες παρατηρητών ανακάλυψαν ότι η επέκταση του Σύμπαντος επιταχύνεται. Έλαβαν το βραβείο Νόμπελ το 2011.

Το Σύμπαν μοιάζει λίγο με την επιφάνεια ενός διαστελλόμενου μπαλονιού, πάνω στο οποίο σχεδιάστηκαν οι γαλαξίες. Κάθε παρατηρητής σε κάθε δεδομένο γαλαξία έχει την εντύπωση ότι όλοι οι άλλοι γαλαξίες απομακρύνονται, με ταχύτητα ανάλογη της απόστασής τους. Το 1915, ο Vesto Slipher μελέτησε τα φάσματα των σπειροειδών νεφελωμάτων και ανακάλυψε ότι τα περισσότερα από αυτά δείχνουν μετατοπισμένες προς το κόκκινο φασματικές γραμμές υποδεικνύοντας ότι απομακρύνονται από τη Γη*. Αυτή ήταν η πρώτη απόδειξη -που ακόμη δεν είχε αναγνωριστεί τότε- για την επέκταση του Σύμπαντος (βλ. Αντίθετη σελίδα).

* Βλέπε TUIMP 10.

Αρχέγονες διακυμάνσεις

Η απομένουσα ακτινοβολία από τη Μεγάλη Έκρηξη, η οποία έπεσε στους 3 βαθμούς Κelvin λόγω της επέκτασης, εκπεμπόταν όταν το Σύμπαν ήταν ακόμα πυκνό και ζεστό, 380.000 χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Στη συνέχεια, το Σύμπαν διασχίστηκε από κύματα που άφησαν το αποτύπωμά τους στην μικροκυματική ακτινοβολία υποβάθρου. Αυτές είναι οι αρχέγονες διακυμάνσεις - οι σπόροι των γαλαξιών (βλ. Σελίδα 6).

Όταν η θερμοκρασία του Σύμπαντος έπεσε κάτω από 3000 K, τα πρωτόνια ανασυνδυάστηκαν με τα ηλεκτρόνια για να σχηματίσουν άτομα υδρογόνου. Στατιστικές μελέτες διακυμάνσεων δείχνουν ότι το Σύμπαν περιέχει 5% βαρυόνια (ύλη όπως τη γνωρίζουμε), 25% σκοτεινή ύλη και 70% σκοτεινή ενέργεια. Δείχνουν επίσης ότι το Σύμπαν είναι γεωμετρικά επίπεδο και ότι έχουν περάσει 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια από τη Μεγάλη Έκρηξη.

Χάρτης των πτηνών και των ωκεανών της Γης.

Απαντήσεις

Οπτική εικόνα του γαλαξία της Ανδρομέδας M31.

Διακυμάνσεις του κοσμικού υποβάθρου.

Μια απλοποιημένη ιστορία του Σύμπαντος:

- Κατά τη διάρκεια των πρώτων λεπτών: η Μεγάλη Έκρηξη, και ο σχηματισμός στοιχειωδών σωματιδίων και ακτινοβολίας.
- Μετά από 380.000 χρόνια, ανασυνδυασμός πρωτονίων και ηλεκτρονίων σε άτομα υδρογόνου.
- Μετά από 200 εκατομμύρια χρόνια, σχηματισμός των πρώτων αστεριών στους πρώτους γαλαξίες και προοδευτικός επανα-ιονισμός του Σύμπαντος.
- Τέλος, μέχρι σήμερα, ο μετασχηματισμός των γαλαξιών από συγχωνεύσεις μικρότερων γαλαξιών.

Σκοτεινή ενέργεια

Η επέκταση έπρεπε να επιβραδύνεται από τη βαρυτική έλξη όλης της ύλης στο Σύμπαν. Αν η επέκταση επιταχύνεται, όπως πιστεύουμε τώρα, σημαίνει ότι υπάρχει ένα άλλο συστατικό που ασκεί αποκρουστική δύναμη. Αυτός είναι ο ρόλος που παίζει η κοσμολογική σταθερά. Αυτό το συστατικό ονομάζεται σκοτεινή ενέργεια. Θα έκανε όλες τις παρατηρήσεις συμβατές μεταξύ τους, όπως η καμπυλότητα και η ηλικία του Σύμπαντος (η οποία δεν μπορεί να είναι μικρότερη από την ηλικία των παλαιότερων αστεριών). Απομένει να ανακαλύψουμε τη φύση αυτής της σκοτεινής ενέργειας.

Η ιστορία του Σύμπαντος όπως την καταλαβαίνουμε σήμερα περιγράφεται στη σελίδα 10 και η μοίρα του σχηματοποιείται στη σελίδα 8.

Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου Αρ. 12

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

Εικόνα εξωφύλλου: Μια σύντομη ιστορία του Σύμπαντος (βλ. Επίσης σελίδα 10).
Εικόνα από NASA / WMAP

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

Μετάφραση: Τζένα Θεοδωροπούλου
TUIMP Creative Commons
CC BY NC SA

Η επέκταση του Σύμπαντος

Πώς σχηματιστήκαν οι γαλαξίες; Λίγα ήταν γνωστά πριν από έναν αιώνα, ακόμη και το αν υπήρχαν άλλοι γαλαξίες εκτός από τον δικό μας. Το 1908, η Henrietta Leavitt έδειξε ότι για τις Κηφείδες - ένα είδος αστερισμού μεταβλητής φωτεινότητας - το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μεγίστων σχετίζεται με τη φωτεινότητα. Το 1925, όταν ο Edwin Hubble εντόπισε τις Κηφείδες σε σπειροειδή νεφελώματα, κατάφερε να εκτιμήσει τις αποστάσεις τους και να αποδείξει ότι βρίσκονται εκτός του Γαλαξία μας. Τα σπειροειδή νεφελώματα έκτοτε ονομάζονται γαλαξίες.

Το 1927 ο Georges Lemaître κατάλαβε ότι η «φυγή» των γαλαξιών είναι ένα αποτέλεσμα της επέκτασης του διαστήματος. Το 1929, ο Hubble καθέρωσε τη σχέση μεταξύ της απόστασης και της ταχύτητας διαφυγής των γαλαξιών. Αυτή η κρίσιμη σχέση, που αρχικά ονομάστηκε νόμος του Hubble, μετονομάστηκε σε νόμος των Hubble-Lemaître το 2018.

Χάρτες μικροκυματικής ακτινοβολίας που λήφθηκαν από τον δορυφόρο COBE

α: μετά την αφαίρεση του ομοιόμορφου μέρους της κοσμικής μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου CMB)

β: μετά τη διόρθωση της συνολικής επίδρασης/λόγω της κίνησης του Γαλαξία μας σε σχέση με το CMB,

γ: μετά την αφαίρεση της ακτινοβολίας από τον Γαλαξία και τους κοντινούς γαλαξίες, ανακαλύπτουμε επιτέλους τις μικροσκοπικές διακυμάνσεις του CMB (1/100.000 σε μέγεθος), δηλαδή την κατάσταση του Σύμπαντος κατά τον ανασυνδυασμό.

Το διάχυτο υπόβαθρο που παρατηρήθηκε από την COBE το 1992 (A), από την WMAP το 2003 (B) και από τον δορυφόρο Planck που εκτόξευσε η NASA και η ESA το 2013 (C).

Κάθε αποστολή αποκαλύπτει περισσότερες λεπτομέρειες.