

---

## 7. Κοσμολογία

---

### 7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Έχει υποστηριχθεί ότι η πιο σπουδαία επιστημονική ανακάλυψη που έγινε ποτέ είναι ότι το Σύμπαν ολόκληρο, δηλαδή ο,τιδήποτε υπάρχει και είναι δυνατό να υποπέσει στην αντίληψη μας, μπορεί να εξετασθεί κατά ένα λογικό τρόπο με μεθόδους της Φυσικής και της Αστρονομίας. Ο κλάδος της Αστρονομίας που ασχολείται με τη μελέτη σε μεγάλη κλίμακα της δομής και της εξέλιξης του Σύμπαντος ονομάζεται Κοσμολογία. Η ανάπτυξη της Κοσμολογίας οφείλεται σε δύο κυρίως τομές στην περιοχή της σχετικά πρόσφατης αστρονομικής έρευνας.

Η πρώτη από αυτές είναι η ανακάλυψη του τεράστιου μεγέθους του ορατού Σύμπαντος, από τις αστρονομικές παρατηρήσεις των δεκαετιών 1920 και 1930 (βλ. §6.1)

Η δεύτερη σημαντική τομή στην επιστημονική έρευνα της Κοσμολογίας οφείλεται στους Θεωρητικούς Φυσικούς. Αυτοί απέδειξαν ότι η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας του Einstein παρέχει τη δυνατότητα επινόησης κοσμολογικών προτύπων (μοντέλων), δηλαδή μαθηματικών εξισώσεων που περιγράφουν τη δομή και εξέλιξη του κόσμου ως ενός ενιαίου συνόλου και, φυσικά, επιτρέπουν τη διατύπωση αντίστοιχων θεωριών.

Ο σωστός τρόπος μελέτης του Σύμπαντος πρέπει να αρχίζει με την κατανόηση των παρατηρήσεων κοσμολογικής σημασίας, δηλαδή των παρατηρήσεων εκείνων που μας επιτρέπουν να βγάλουμε ορισμένα συμπεράσματα για την αρχή και εξέλιξη του Σύμπαντος. Η κοσμολογία σήμερα βασίζεται σε πέντε βασικά παρατηρησιακά αποτελέσματα κοσμολογικής σημασίας και μία εύλογη (ή, αν θέλετε, απλοποιητική αλλά δικαιολογημένη) θεωρητική παραδοχή.

### 7.2. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ (ΚΑΤΑ ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ)

Μία θεωρία λογίζεται ως *επιστημονική*, εφόσον υφίσταται τον έλεγχο του πειράματος ή της παρατήρησης. Είναι προφανές ότι οποιαδήποτε θεωρία που αφορά το μοναδικό Σύμπαν που έχουν στη διάθεσή του προς μελέτη οι θεωρητικοί φυσικοί και αστρονόμοι δεν είναι, προς το παρόν τουλάχιστον, δεν είναι δυνατόν να στηριχθεί σε πειράματα. Επομένως, ένα θεωρητικό πρότυπο του σύμπαντος πρέπει να λαμβάνει υπόψη οποιεσδήποτε παρατηρήσεις μεγάλης κλίμακας έχουν πραγματοποιηθεί. Οι εξής παρατηρήσεις – κατά σειρά προτεραιότητας – μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη του Σύμπαντος:

- Η *διαστολή του Σύμπαντος* που ακολουθεί το νόμο του Hubble. Σύμφωνα με αυτόν το νόμο, κάθε γαλαξίας απομακρύνεται από όλους τους άλλους με ταχύτητα ανάλογη των μεταξύ τους αποστάσεων.
- Η κατανομή της *ακτινοβολίας μικροκυμάτων*, η οποία είναι με μεγάλη ακρίβεια ισοτροπική και περιγράφεται, επίσης με μεγάλη ακρίβεια, από κατανομή Planck μελανού σώματος θερμοκρασίας 2.73 K.
- Η *αναλογία των ελαφρών χημικών στοιχείων*, η οποία σήμερα εκτιμάται από παρατηρησιακά δεδομένα ότι είναι 75% υδρογόνο και 25% ήλιο. Η αναλογία αυτή πρέπει να ερμηνεύεται από τα προτεινόμενα θεωρητικά πρότυπα.
- Η μέτρηση της *ηλικίας του Σύμπαντος* με διάφορες, ανεξάρτητες μεταξύ τους, μεθόδους δίνει τα ίδια αποτελέσματα, δηλαδή περίπου 12 – 15 δισεκατομμύρια έτη.
- Η *κατανομή των ραδιογαλαξιών* (βλ. §6.7) χαρακτηρίζεται από το ότι η αριθμητική πυκνότητά τους (δηλαδή πλήθος ραδιογαλαξιών ανά μονάδα όγκου) είναι αύξουσα συνάρτηση της απόστασης τους από οποιονδήποτε παρατηρητή. Έτσι όσο πιο μακριά παρατηρούμε, τόσο περισσότερους ραδιογαλαξίες βρίσκουμε ανά μονάδα όγκου. Επειδή κοιτάζοντας μακριά βλέπουμε τα αντικείμενα όπως αυτά ήταν όταν εκπέμφθηκε η ακτινοβολία που λαμβάνουμε, αυτό σημαίνει ότι σε προγενέστερες χρονικές στιγμές το Σύμπαν ήταν πυκνότερο από ό,τι είναι σήμερα. Θα πρέπει να σημειωθεί πάντως ότι πιθανά φαινόμενα εξέλιξης τόσο στην πυκνότητα όσο και στη λαμπρότητα των ραδιογαλαξιών είναι δυνατόν να μειώσουν την αξία αυτού του παρατηρησιακού αποτελέσματος.

## 7.3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 7.3.1 Η Κοσμολογική Αρχή

Σε μικρές, σχετικά, αποστάσεις το Σύμπαν εμφανίζεται ομοιογενές, αφού διαπιστώνουμε την ύπαρξη συγκεντρώσεων ύλης σε πολλές διαφορετικές κλίμακες: αστέρες (pc), γαλαξίες (kpc), σμήνη γαλαξιών (Mpc) και υπέρ-σμήνη γαλαξιών (δηλαδή σμήνη σμηνών, 100 Mpc). Ωστόσο η θεωρητική περιγραφή του Σύμπαντος διευκολύνεται, αν υποθέσουμε ότι αυτό είναι ομογενές και ισότροπο σε μεγάλες κλίμακες. Η υπόθεση αυτή, η οποία διατυπώθηκε τη δεκαετία του 1920 από τον Ρώσο φυσικό Alexander Friedman, ονομάζεται **κοσμολογική αρχή** (cosmological principle). Όπως είναι γνωστό, ομογενές σημαίνει ότι σε μια δεδομένη χρονική στιγμή η πυκνότητα της ύλης του Σύμπαντος είναι παντού η ίδια, ενώ ισότροπο σημαίνει ότι το Σύμπαν παρουσιάζει τις ίδιες ιδιότητες, ανεξάρτητα της κατεύθυνσης παρατήρησης. Η ακριβής τιμή της κλίμακας αποστάσεων πέραν της οποίας ισχύει η κοσμολογική αρχή παραμένει ακόμη θέμα έρευνας στο πλαίσιο της Παρατηρησιακής Κοσμολογίας. Την εποχή που γράφονται αυτές οι σημειώσεις και για την τιμή  $H_0 = 67.8 \pm 0.8 \text{ km/sec/Mpc}$  θεωρείται ότι σίγουρα ισχύει για αποστάσεις πέραν των 200

Μpc. Ας σημειωθεί ότι, επειδή η διαστολή του Σύμπαντος θεωρείται ομοιόμορφη, δεν προκαλεί διαφορές πυκνότητας στο χώρο και άρα είναι συμβατή με την κοσμολογική αρχή.

Από τις παρατηρήσεις κοσμολογικής σημασίας προκύπτει ότι το παρατηρούμενο Σύμπαν δεν είναι στατικό, γεγονός που είναι αντίθετο προς την αντίληψη που κυριαρχούσε μέχρι προ εκατονταετίας περίπου. Η αντίληψη αυτή πρέπει να αποδοθεί εν μέρει στο ότι οι χαρακτηριστικοί χρόνοι μεταβολής του Σύμπαντος είναι πολύ μεγάλοι, συγκρινόμενοι με τη διάρκεια της ανθρώπινης ζωής. Αφού σήμερα το βλέπουμε να διαστέλλεται, είναι φυσικό να υποθέσουμε ότι κάποτε στο παρελθόν η ύλη του κάθε γαλαξία ήταν συγκεντρωμένη σε μια μικρή περιοχή. Ας σημειωθεί ότι αυτό δεν σημαίνει αναγκαστικά ότι η μάζα-ενέργεια όλου του Σύμπαντος ήταν συγκεντρωμένη σε μια μικρή περιοχή (όπως σχολιάζεται αναλυτικά στη συνέχεια). Άρα το Σύμπαν έχει αρχή και, όπως έχει αναφερθεί ήδη, η ηλικία του είναι περίπου 12 – 15 δισεκατομμύρια έτη.

### 7.3.2 Η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης

Με βάση τα ανωτέρω, σήμερα θεωρείται ότι η λεγόμενη **Θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης** (Big Bang) είναι η επικρατέστερη θεωρία για τη δημιουργία του Σύμπαντος. Σύμφωνα με αυτήν, το Σύμπαν δεν υπήρχε από πάντα (δηλαδή δεν είναι αιώνιο) αλλά δημιουργήθηκε, μαζί με το χρόνο, το χώρο και τη μάζα-ενέργεια κατά την αρχική χρονική στιγμή. Κατά τη χρονική αυτή στιγμή η πυκνότητα του Σύμπαντος ήταν άπειρη. Σήμερα, με βάση τα διαθέσιμα παρατηρησιακά δεδομένα, γνωρίζουμε ότι, μετά από την αρχική έκρηξη το Σύμπαν διαστέλλεται συνεχώς. Η διαστολή του Σύμπαντος περιγράφεται συνήθως με μια συνάρτηση  $R(t)$ , που ονομάζεται **συντελεστής ή παράγοντας κοσμικής κλίμακας** (cosmic scale factor). Η συνάρτηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέτρο των γραμμικών διαστάσεων του Σύμπαντος κατά την χρονική στιγμή  $t$ , δηλαδή κατά κάποιο τρόπο εκφράζει την απόσταση δύο σημείων του Σύμπαντος σε κάθε χρονική στιγμή.

Η εξέλιξη του Σύμπαντος από την αρχική υπέρπυκνη και υπέρθερμη κατάσταση είναι μια διαδικασία συνεχούς διαστολής και ψύξεώς του. Πιο συγκεκριμένα, από τη Μεγάλη Έκρηξη μέχρι το πρώτο δευτερόλεπτο της ζωής του Σύμπαντος, η θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη από 10 δισεκατομμύρια βαθμούς και η ύλη βρισκόταν σε θερμοδυναμική ισορροπία με την ακτινοβολία. Αυτό συμβαίνει, επειδή η μέση ενέργεια των φωτονίων μιας κατανομής Planck τέτοιας θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη από τη μάζα ηρεμίας του πρωτονίου, με αποτέλεσμα συνεχώς να παράγονται ζεύγη πρωτονίων-αντιπρωτονίων (ή ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων) από ένα φωτόνιο και, αντίστοιχα, να εξαυλώνονται ζεύγη σωματιδίων παράγοντας ακτινοβολία. Μετά από το πρώτο δευτερόλεπτο η θερμοκρασία του Σύμπαντος άρχισε να πέφτει ραγδαία, μειούμενη κατά ένα παράγοντα 10 για κάθε αύξηση της ηλικίας του Σύμπαντος κατά 100 φορές. Περίπου 1 δευτερόλεπτο μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η θερμοκρασία έχει πέσει στους  $10^{10}$  K και έχουν δημιουργηθεί τα γνωστά ευσταθή σωματίδια (πρωτόνια, ηλεκτρόνια, νετρόνια και νετρίνα) μέσα σε μια “θάλασσα” φωτονίων. Η περίοδος που διανύει το Σύμπαν ονομάζεται **Περίοδος της Ακτινοβολίας** (Radiation Era). Σε θερμοκρασίες  $10^9$ –  $10^8$  K αρχίζει η **κοσμική πυρηνοσύνθεση** (nucleosynthesis), δηλαδή η δημιουργία των πυρήνων των χημικών στοιχείων. Στη φάση αυτή δημιουργήθηκε το ήλιο από

το υδρογόνο (τέσσερα πρωτόνια έδωσαν ένα πυρήνα ηλίου). Όταν η πίεση και η θερμοκρασία δεν ήταν πια αρκετές για να ευνοήσουν τη μεταστοιχείωση του υδρογόνου σε ήλιο, η αναλογία των δύο αυτών στοιχείων σταθεροποιήθηκε σε 75% υδρογόνο και 25% ήλιο. Αυτή η φάση διήρκεσε περίπου μισή ώρα.

Όσο προχωρεί η διαστολή και η ψύξη του Σύμπαντος, η πυκνότητα της ύλης αυξάνει σε σχέση με την πυκνότητα της ακτινοβολίας. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη διαφορετική συμπεριφορά ύλης και ακτινοβολίας κατά τη διαστολή. Μπορεί να αποδειχθεί ότι η πυκνότητα ενέργειας της ακτινοβολίας μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα  $R(t)^{-4}$ , ενώ η πυκνότητα της ύλης ανάλογα με την ποσότητα  $R(t)^{-3}$ . Επομένως για μικρές τιμές του  $R(t)$ , που συνεπάγονται και μικρές τιμές της ηλικίας του Σύμπαντος, η πυκνότητα ενέργειας της ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη από αυτήν της ύλης, αλλά η διαφορά τους μειώνεται σταθερά. Όταν η ηλικία του Σύμπαντος είναι  $5 \times 10^3$  έτη και η θερμοκρασία του  $4 \times 10^3$  K, οι δύο αυτές πυκνότητες είναι συγκρίσιμες, ώστε από εκεί και πέρα η ύλη κυριαρχεί στο Σύμπαν, ενώ η ακτινοβολία γίνεται ένα δευτερεύον συστατικό. Αρχίζει, δηλαδή, η **Περίοδος της Ύλης** (Matter Era). Στην αρχή της περιόδου αυτής η ύλη εξακολουθεί να είναι ιονισμένη, δηλαδή τα άτομα είναι απογυμνωμένα από τα ηλεκτρόνια τους.

Σε χρόνο περίπου  $(5-7) \times 10^5$  έτη και θερμοκρασία  $3 \times 10^3$  K συμβαίνει κάτι πολύ σημαντικό, δηλαδή η ύλη αποσυνδέεται από την ακτινοβολία. Αυτό συμβαίνει επειδή, λόγω της συνεχούς ψύξεως του Σύμπαντος, η θερμική ενέργεια των ηλεκτρονίων συνεχώς ελαττώνονται. Συνεπώς, είναι δυνατόν τα ηλεκτρόνια να "συλληφθούν" από τα θετικά ιόντα και έτσι η ιονισμένη ύλη να μετατραπεί σε ηλεκτρικά ουδέτερη. Επειδή ο σημαντικότερος μηχανισμός αλληλεπίδρασης ύλης και ακτινοβολίας είναι η σκέδαση των φωτονίων από ελεύθερα ηλεκτρόνια, είναι φανερό ότι μετά από αυτήν τη χρονική στιγμή η ύλη εξελίσσεται πλέον ανεξάρτητα από την ακτινοβολία. Η ακτινοβολία συνεχίζει να έχει κατανομή μελανού σώματος, με θερμοκρασία όμως που μειώνεται συνεχώς μέχρι σήμερα, οπότε και έχει φθάσει τους 2.73 K και αποτελεί τη γνωστή, από παρατηρήσεις, **ακτινοβολία μικροκυμάτων** (background microwave radiation).

Μετά την ηλεκτρική ουδετεροποίηση της ύλης σχηματίζονται τοπικές ανομοιογένειες της πυκνότητας οι οποίες, υπό την επίδραση του πεδίου βαρύτητάς τους, συστέλλονται και σχηματίζουν νέφη αερίου, τους πρωτογαλαξίες. Από τους πρωτογαλαξίες πιστεύεται ότι σε χρόνο περίπου  $10^9$  ετών σχηματίζονται, τελικά, οι γαλαξίες και τα σμήνη γαλαξιών που σήμερα



Σχήμα 7.1. Τα τρία βασικά πρότυπα του Σύμπαντος

παρατηρούνται.

### 7.3.3 Το μέλλον του Σύμπαντος

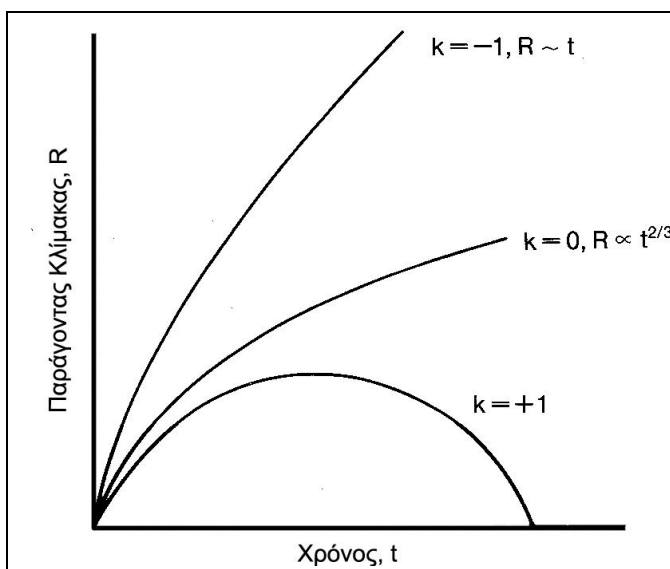
Όσον αφορά στο μέλλον του Σύμπαντος, θα πρέπει να επισημανθεί ότι, επειδή η μεγάλης κλίμακας δύναμη στο Σύμπαν είναι η δύναμη της βαρύτητας, η διαστολή του Σύμπαντος θα περιγράφεται από τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. Στο πλαίσιο της θεωρίας αυτής υπάρχουν τρία πρότυπα Σύμπαντος που προβλέπουν την παρατηρούμενη σήμερα διαστολή:

- (α) το κλειστό ή σφαιρικό,
- (β) το επίπεδο και
- (γ) το ανοιχτό ή υπερβολικό Σύμπαν,

η διάκριση των οποίων γίνεται με βάση τη μέση πυκνότητα της ύλης και την επιβράδυνση του ρυθμού διαστολής. Συγκεκριμένα για οποιαδήποτε κατανομή ύλης, άρα και για το Σύμπαν, υπάρχει μια πυκνότητα, η λεγόμενη **κρίσιμη πυκνότητα της ύλης** (critical density), για την οποία η κινητική ενέργεια του Σύμπαντος είναι, σε κάθε χρονική στιγμή, αντίθετη της δυναμικής βαρυτικής ενέργειάς του. Αν η πυκνότητα του Σύμπαντος σε κάποια χρονική στιγμή ήταν ίση με τη κρίσιμη, τότε θα συνεχίσει να είναι ίση με την κρίσιμη επ' άπειρον. Στην περίπτωση αυτή ο ρυθμός διαστολής θα ελαττώνεται συνεχώς, έως ότου μηδενισθεί σε άπειρο χρόνο. Στην περίπτωση αυτή το Σύμπαν είναι **επίπεδο** (flat). Σε ένα επίπεδο Σύμπαν το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου ισούται ακριβώς με 2 ορθές γωνίες. Αν η πυκνότητα του Σύμπαντος είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης, τότε ο ρυθμός διαστολής θα μηδενισθεί σε πεπερασμένο χρόνο και θα επακολουθήσει συστολή. Στην περίπτωση αυτή το Σύμπαν είναι **κλειστό** (closed). Σε ένα κλειστό Σύμπαν το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι μεγαλύτερο από 2 ορθές. Τέλος αν η πυκνότητα είναι μικρότερη της κρίσιμης, τότε ο ρυθμός διαστολής να μην ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου, αλλά δεν μηδενίζεται ποτέ. Στην περίπτωση αυτή το Σύμπαν είναι **υπερβολικό** και το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι

μικρότερο από 2 ορθές. Στην πρώτη και τρίτη περίπτωση το Σύμπαν είναι **ανοικτό** (open).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το αν το Σύμπαν είναι ανοικτό ή κλειστό αποτελεί, όπως λέμε στα μαθηματικά, *τοπολογικό χαρακτηριστικό*, το οποίο δεν μεταβάλλεται κατά την εξέλιξή του. Επομένως, αν το Σύμπαν είναι κλειστό, είναι και πεπερασμένο, οπότε ισχύει η εικόνα που πολλοί έχουν



Σχήμα 7.2 Η μεταβολή του παράγοντα κλίμακας, R, ως συνάρτηση του χρόνου για τα τρία βασικά πρότυπα.

σηματίζει για τη δημιουργία του, δηλαδή ότι ο χώρος και η μάζα του ήταν συγκεντρωμένοι αρχικά σε ένα σημείο. Αν όμως το Σύμπαν είναι ανοικτό, αυτό σημαίνει ότι είναι και άπειρο, οπότε κατά τη στιγμή της δημιουργίας του δεν ήταν συγκεντρωμένο σε ένα σημείο. Στην περίπτωση αυτή, για να διατηρήσουμε την εποπτική εικόνα που έχουμε στο μυαλό μας, θα μπορούσε να πούμε ότι η Μεγάλη Έκρηξη είχε συμβεί “παντού”. Πάντως, είτε το Σύμπαν είναι κλειστό είτε ανοικτό, δεν έχει νόημα να θεωρούμε ένα γαλαξία, π.χ. το δικό μας Γαλαξία, ως το κέντρο της διαστολής του Σύμπαντος, όπως φαινομενικά υποδεικνύουν οι παρατηρήσεις, ούτε και να αναφερόμαστε στο κέντρο του Σύμπαντος. Το απλούστερο δυνατό, διδιάστατο ανάλογο της διαστολής του Σύμπαντος είναι η αμοιβαία απομάκρυνση των σημείων της διδιάστατης επιφάνειας ενός μπαλονιού που φουσκώνει. Φυσικά, είναι δυνατό το Σύμπαν να είναι πεπερασμένο, αλλά το “άκρο” του να βρίσκεται πέρα από το παρατηρήσιμο τμήμα του. Το παρατηρήσιμο Σύμπαν έχει πέρασ, λόγω της πεπερασμένης ταχύτητας διάδοσης του φωτός, με την έννοια ότι είναι δυνατή η παρατήρηση μόνο μέχρι μιας ορισμένης απόστασης. Τέλος, η απάντηση στο ερώτημα τι υπήρξε πριν από τη Μεγάλη Έκρηξη, έχει τόσο νόημα όσο και η ερώτηση τι βρίσκεται βορείως του Βόρειου πόλου της Γης, αφού ο χρόνος «δημιουργήθηκε», μαζί με το χώρο και την ύλη, κατά τη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης.

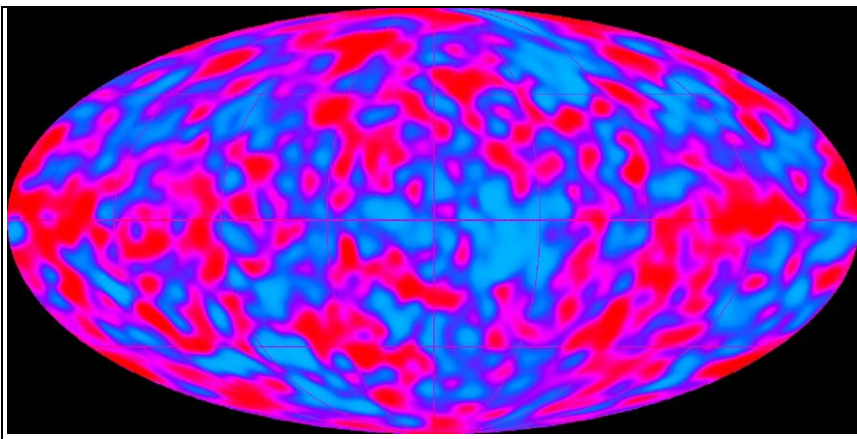
Με βάση όλα τα ανωτέρω, η μελλοντική εξέλιξη του Σύμπαντος δεν θα είναι γνωστή πριν, με βάση τις συνεχώς εναλλασσόμενη μέχρι τώρα σημασίας παρατηρήσεις, αποφασίσουμε ποιο είναι το ορθό και αποδεκτό πρότυπο του Σύμπαντος. Γενικά μπορούμε να πούμε, ότι υπάρχουν δύο δυνατότητες. Το ανοικτό και το επίπεδο Σύμπαν εξελίσσονται κατά ένα μη αντιστρεπτό τρόπο, δηλαδή, θα διαστέλλονται επ’άπειρον. Εξάλλου, αν το Σύμπαν είναι κλειστό, η εξέλιξή του είναι αντιστρεπτή, δηλαδή, αφού το Σύμπαν φθάσει στις μέγιστες διαστάσεις του, θα αρχίσει, υπό την επίδραση του βαρυτικού πεδίου του, να συστέλλεται και τελικά να καταρρέει προς μια δεύτερη ανωμαλία, όμοια με την αρχική από την οποία θεωρείται ότι προήλθε. Προοδευτικά όλοι οι γαλαξίες θα σχηματίσουν μια τεράστια ενιαία μάζα, η ακτινοβολία θα γίνει κυρίαρχη και η ύλη θα διασπασθεί στις πλέον στοιχειώδεις μορφές της. Η τελική κατάρρευση θα συμβεί όπως και η αρχική έκρηξη κατά την δημιουργία, μόνο που τώρα θα φαίνεται να γίνεται κατά την αντίστροφη φορά του χρόνου. Πρέπει να σημειώσουμε, ότι τα διαθέσιμα παρατηρησιακά δεδομένα δεν συμφωνούν καθόλου με αυτήν την περίπτωση, αφού η παρατηρούμενη σήμερα πυκνότητα της ορατής ύλης (δηλαδή, αυτής που ακτινοβολεί ηλεκτρομαγνητική ενέργεια) είναι σαφώς μικρότερη από την κρίσιμη. Το συμπέρασμα αυτό δεν αλλάζει ακόμη και αν συνυπολογίσουμε στην ολική πυκνότητα του Σύμπαντος και την σκοτεινή ύλη, η φύση της οποίας είναι σήμερα άγνωστη αλλά τα βαρυτικά αποτελέσματά της στην ορατή ύλη είναι παρατηρήσιμα.

### **7.3.4 Το νεαρό Σύμπαν**

Ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα, στο πλαίσιο της σύγχρονης κοσμολογικής επιστήμης και έρευνας, είναι το λεγόμενο *Νεαρό Σύμπαν* και ό,τι συμβαίνει στο πρώτο πολύ μικρό κλάσμα του πρώτου δευτερολέπτου μετά τη δημιουργία, με αποτελέσματα που υποδεικνύουν, ότι φαίνεται να υπάρχει μια σύνδεση μεταξύ της δομής μεγάλης κλίμακας του Σύμπαντος και του υπομικροσκοπικού κόσμου των στοιχειωδών σωματιδίων, και με κεντρικό άξονα την *ενοποίηση των γνωστών δυνάμεων στη Φύση*. Ισοδύναμα, αυτό σημαίνει τον αναγκαστικό

συνδυασμό, για την περιγραφή των πρώτων σταδίων του Σύμπαντος, της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, ως γεωμετρικής θεωρίας της βαρύτητας, και της Κβαντικής Θεωρίας, ως απαραίτητου συστατικού περιγραφής του τότε μικρών διαστάσεων Σύμπαντος. Οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές στην ιστορία του Σύμπαντος είναι ένα μικρό κλάσμα,  $10^{-43}$ , του πρώτου δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, οπότε οι διαστάσεις του Σύμπαντος είναι  $10^{-33}$  cm (Χρόνος Planck και Μήκος Planck, αντίστοιχα, που αντιστοιχούν στην Πυκνότητα Planck  $10^{32}$  gr cm<sup>-3</sup> και Θερμοκρασία Planck  $10^{93}$  K).

Ένα σημείο που αξίζει να σχολιασθεί είναι ο βαθμός ισοτροπίας της ακτινοβολίας μικροκυμάτων υποβάθρου και η σχέση της ισοτροπίας με τη δημιουργία του υλικού κόσμου. Έχει ήδη αναφερθεί ότι η θερμοκρασία της ακτινοβολίας υποβάθρου είναι 2.73 K. Με πόσο όμως μεγάλη ακρίβεια ισχύει αυτό; Αν η θερμοκρασία αυτή είναι ακριβώς η ίδια, ανεξάρτητα της κατεύθυνσης που παρατηρούμε, αυτό σημαίνει ότι ήταν ίδια και την εποχή της αποσύνδεσης ύλης-ακτινοβολίας, γεγονός που συνεπάγεται ότι εκείνη την εποχή δεν υπήρχαν ανομοιογένειες στο πεδίο ακτινοβολίας. Αλλά τότε την ίδια εποχή δεν θα υπήρχαν ανομοιογένειες ούτε και στην πυκνότητα της ύλης. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπήρχαν πυρήνες



**Σχήμα 7.3** Οι μικρές διακυμάνσεις της ακτινοβολίας υποβάθρου, 2.73 K που ανιχνεύθηκαν από το δορυφόρο COBE

συμπυκνώσεως της ύλης, από τους οποίους σχηματίστηκαν οι γαλαξίες, πράγμα άτοπο, αφού οι γαλαξίες είναι μια πραγματικότητα. Άρα θα πρέπει η θερμοκρασία της ακτινοβολίας υποβάθρου σήμερα να μην είναι ακριβώς η ίδια προς όλες τις διευθύνσεις. Πράγματι, ο δορυφόρος COBE (Cosmic Background Explorer), ο οποίος μέτρησε με μεγάλη ακρίβεια την ακτινοβολία υποβάθρου, διαπίστωσε απειροελάχιστες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά διεύθυνση, ίσες με 30 μK. Αυτές ακριβώς οι διακυμάνσεις αντιστοιχούν στις διακυμάνσεις της πυκνότητας της ύλης που προκάλεσαν τη δημιουργία των γαλαξιών. Επομένως η παρατήρηση επιβεβαιώνει για μια ακόμη φορά τη θεωρία.

### 7.3.5 Η θεωρία τη Στατικής Κατάστασης

Αξίζει να σημειωθεί, κυρίως για ιστορικούς λόγους, ότι πριν ανιχνευθεί η ακτινοβολία μικροκυμάτων υποβάθρου υπήρχε και μια άλλη θεωρία για τη δημιουργία του Σύμπαντος, πέρα από τη Μεγάλη Έκρηξη, που ονομαζόταν *Θεωρία της Συνεχούς Δημιουργίας* ή *Θεωρία της*

*Σταθερής Κατάστασης.* Σύμφωνα με αυτήν, ύλη με τη μορφή υδρογόνου, δημιουργείται συνεχώς από το μηδέν, ώστε η πυκνότητα εν χώρω και χρόνω να μην ελαττώνεται λόγω της διαστολής του Σύμπαντος. Άρα το Σύμπαν είναι αμετάβλητο και αιώνιο, επεκτείνεται απεριόριστα στο παρελθόν και στο μέλλον και ανανεώνεται αφεαυτού εις το διηνεκές. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραβίαση του νόμου διατήρησης της ενέργειας, με τη μορφή δημιουργίας ύλης από το τίποτα, συμβαίνει τόσο στο πλαίσιο της Θεωρίας της Σταθερής Κατάστασης όσο και στο πλαίσιο της Θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης, στην πρώτη περίπτωση συνεχώς και στη δεύτερη στιγμιαία. Οι δύο αυτές θεωρίες όμως εκφράζουν δύο *διαφορετικές φιλοσοφικές απόψεις* και για το λόγο αυτό υπήρξαν το αντικείμενο έντονων φιλοσοφικών αντεγκλήσεων. Η ανακάλυψη της ακτινοβολίας μικροκυμάτων θεωρήθηκε ως η χαριστική βολή εναντίον της Θεωρίας της Σταθερής Κατάστασης, διότι υποδεικνύει ότι το Σύμπαν δεν είναι αμετάβλητο.