

## ΟΙ ΒΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΝΕΟΤΕΡΗΣ ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑΣ\*

## 1. Εἰσαγωγή

Γιὰ τὴν κλασικὴ φυσικὴ, ἡ κοσμολογία δὲν ἦταν ἀπαραίτητη. Πράγματι, τὸ μόνον ποὺ εἶχε σημασία ἦταν ἡ καθολικότητα τῶν νόμων ποὺ διέπουν τὶς κινήσεις τῶν ἀντικειμένων σ' ἓνα χῶρον ποὺ ὑποτίθεται πὼς εἶναι ἄπειρος καὶ ὁμοιόμορφος καὶ σ' ἓνα χρόνο ποὺ ὑποτίθεται πὼς εἶναι ἀπόλυτος καὶ ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ὕλη. Δὲν ἐνδιέφερε καὶ πολὺ ἡ ὀλικὴ διαμόρφωση τοῦ σύμπαντος ἀφοῦ οἱ ιδιότητές του ἦταν παντοῦ οἱ ἴδιες.

Ἀντίθετα, ἡ σύγχρονη φυσικὴ, ποὺ βασίζεται στὴ θεωρία τῆς σχετικότητας, προκάλεσε τὴν ἐπανεμφάνιση τῆς ἐννοίας τῆς κοσμολογίας ἀφοῦ, σύμφωνα μ' αὐτήν, ὁ χῶρος καὶ ὁ χρόνος περιλαμβάνονται στὶς αἰτιακὲς σχέσεις ποὺ διέπουν τὴν κατανομὴ τῆς ὕλης καὶ τῆς κίνησης.

Συνάμα, ἡ παρατηρησιακὴ ἀστρονομία σημείωσε σημαντικὲς προόδους μὲ τὴν ἀνακάλυψη ἐνὸς σύμπαντος πέρα ἀπὸ τὸ γαλαξία μας. "Ἐνα σύμπαν ποὺ ἀποκαλύπτεται βέβαια ὁμοιόμορφο ἀλλὰ καὶ διαστελλόμενο. Τώρα, εἶναι δυνατὸν νὰ ἐξετάσουμε τὴ δυνατότητα νὰ περιγράψουμε ὄχι μόνον τὴ δομὴ τοῦ σύμπαντος ἀλλὰ καὶ τὴν ἱστορία του — ἢ, ἀπὸ ἄλλη σκοπιά, νὰ περιγράψουμε τὴ δομὴ του μέσα στὸ χωρόχρονο.

## 2. Ἡ «ἀνάγκη σύμπαντος» γιὰ τὴ σύγχρονη φυσικὴ

Ἡ κλασικὴ φυσικὴ δὲν εἶχε ἀνάγκη κοσμολογίας: ὁ χῶρος καὶ ὁ χρόνος ἦταν τὰ ἀμετάβλητα περιέχοντα τῶν ἀντικειμένων καὶ τῶν κινήσεων. Ἀντίθετα, γιὰ τὴ σχετικιστικὴ φυσικὴ, ὁ χῶρος καὶ ὁ χρόνος ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν κατανομὴ τῆς ὕλης καὶ τῆς ἐνέργειας.

Μὲ τὸν Κοπέρνικο, τὸν Γαλιλαῖο καὶ τὸν Descartes, σὲ διαδοχικὰ κύματα, ἡ ἐπιστημονικὴ ἐπανάσταση, ποὺ προανάκρουε τοὺς νέους καιροὺς, κοινιοποίησε τὸν ἀρχαῖκὸ κόσμον καὶ πρόβαλε τὰ κομμάτια του στὸν ἄπειρο χῶρον. Ἡ ἴδια ἡ ἐννοία τῆς κοσμολογίας, ἡ ἰδέα ὅτι μποροῦμε νὰ περιγράψουμε τὴν πραγματικὴ διαμόρφωση τοῦ σύμπαντος ὅταν αὐτὸ θεωρηθεῖ

\*La base de la cosmologie moderne, στὸ περιοδικὸ *La Recherche*, ἀρ. 2, Ἰούνιος 1970, σελ. 143 - 148. Δημοσιεύεται μὲ τὴν ἄδεια τοῦ συγγραφέα. Οἱ ἀριθμοὶ τῶν ὑποτίτλων καὶ ὁ πρῶτος ὑπότιτλος εἶναι προσθήκη τοῦ μεταφραστῆ.

στην ολότητά του, και μάλιστα ότι μπορούμε να περιγράψουμε την ιστορία του — αυτή ή ιδέα κατάντησε να γίνει άχρηστη και εγκαταλείφθηκε.

Ο Newton έδωσε το πρώτο μοντέλο μιᾶς φυσικῆς θεωρίας σύμφωνα με την οποία εκείνο που συνιστᾷ την καθολικότητα τοῦ σύμπαντος δὲν εἶναι ὁ καθορισμὸς μιᾶς ὀλικῆς διαμόρφωσης ἀλλὰ ἡ τυπικὴ γενίκευση τῶν νόμων. Μὲ ἄλλα λόγια, ἡ φυσικὴ ἔκανε τὴ δουλειά της χωρὶς κοσμολογία.

Ἐξάλλου, τὸν 19ο αἰώνα πού ἦταν καὶ ὁ μεγάλος αἰώνας τῆς φυσικῆς ἐπιστήμης, καὶ ἰδιαίτερα τῆς ἀστρονομίας, μερικοὶ σοφοὶ παρατήρησαν ὅτι ἡ κοσμολογία ἦταν ὄχι μόνο ἀχρηστη ἀλλὰ καὶ ἀσυμβίβαστη με τοὺς μεγάλους νόμους τῆς κλασικῆς φυσικῆς. Αὐτοῦ τοῦ σημαντικοῦ καὶ ἀναμφισβήτητου γεγονότος παράδειγμα ἦταν τὸ φημισμένο παράδοξο τοῦ Olbers: ἂν τὸ σύμπαν ἦταν ὁμοιογενὲς καὶ ἄπειρο, ἓνας ἀπλὸς γεωμετρικὸς ὑπολογισμὸς δείχνει ὅτι ἡ φωτεινότητα τοῦ οὐρανοῦ ἔπρεπε νὰ εἶναι ἄπειρη. Αὐτὸ ὅμως διόλου δὲν συμβαίνει. Ἔτσι, ἡ κλασικὴ φυσικὴ ὄχι μόνο ἔκανε τὴ δουλειά της χωρὶς κοσμολογία, ἀλλὰ καὶ τὴν ἀπέριπτε.

Ἴσως ἡ νεότερη φυσικὴ νὰ μπορεῖ νὰ κάνει τὴ δουλειά της χωρὶς κοσμολογία. Ὡστόσο, κατὰ κάποιον τρόπο, τὴν ἐπιζητᾷ. Αὐτὴ ἡ ριζικὴ μεταμόρφωση ὀφείλεται στὴ σύγκλιση δύο δρόμων, τῶν ὁποίων ἡ συνάντηση δὲν εἶχε τίποτε τὸ *a priori* ἀναγκαῖο: τῆς φυσικῆς θεωρίας καὶ τῆς παρατηρησιακῆς ἀστρονομίας.

Μετὰ πού ἔβαλε τὰ θεμέλια τῆς γενικῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας, τὸ 1915, ὁ Einstein ὀδηγήθηκε — ἀπὸ μιὰ λογικὴ ἐσωτερικὴ στὸ ἐγχείρημά του — στὸ νὰ θέσει τὸ κοσμολογικὸ πρόβλημα.

Καὶ πράγματι: οἱ θεμελιώδεις ὑποθέσεις τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας, πού ἀφοροῦν τὸ χῶρο, τὸ χρόνο, τὴν ὕλη καὶ τὴν ἐνέργεια, εἶναι τέτοιες πού τὸ ἐρώτημα τοῦ σύμπαντος γίνεται ἀναπόφευκτο. Ὁχι μόνο τὰ μέτρα τοῦ χώρου καὶ τοῦ χρόνου δὲν εἶναι ἀνεξάρτητα, ὄχι μόνο ἡ γεωμετρία πού ἐνδιαφέρει τὴ φυσικὴ δὲν εἶναι ἐκείνη τοῦ χώρου — εἶναι ἡ γεωμετρία τοῦ χωρόχρονου —, ἀλλὰ, προπάντων, ἡ γεωμετρία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν κατανομὴ τῆς ὕλης καὶ τῆς ἐνέργειας στὴν περιοχὴ τοῦ σημείου καὶ τῆς στιγμῆς στὰ ὁποῖα γίνεται ἡ μέτρηση: εἶναι τοπικὰ προσδιορισμένη. Γι' αὐτὸ τίθεται τὸ ἐρώτημα σχετικὰ με τὸ ἂν καὶ πῶς αὐτὲς οἱ τοπικὲς γεωμετρίες μποροῦν νὰ συνδεθοῦν με μιὰ καθολικὴ γεωμετρία. Τίθεται ἐπίσης τὸ ἐρώτημα σχετικὰ με τὸ ποιά θὰ ἦταν ἡ γεωμετρία ἐνὸς κενοῦ χώρου πού εἶναι ἄπειρα ἀπομακρυσμένος ἀπὸ κάθε ὕλη. Γιατί, τελοσπάντων, μπορούμε μήπως νὰ συλλάβουμε τὸ ὅτι ἡ ὕλη ἐπηρεάζει τὴ γεωμετρικὴ δομὴ τοῦ χωρόχρονου χωρὶς νὰ τὴν καθορίζει ἐντελῶς; Τέτοιο εἶναι, σὲ πολὺ ἄδρὲς γραμμές, τὸ θέμα τῶν διαλογισμῶν πού κατέληξαν στὸ πρώτο μοντέλο τοῦ σύμπαντος τῆς σύγχρονης κοσμολογίας. Αὐτὸ τὸ θεωρητικὸ μοντέλο δὲν περιγράφει τὴν ὀλικὴ κατανομὴ τῆς ὕλης καὶ τῆς κίνησης μέσα στὸ χωρόχρονο, ἀλλὰ τὴν ἀναγκαῖα σχέση ἀνάμεσα σὲ μιὰν ὀρισμένη κατανομὴ τῆς ὕλης καὶ τῆς κίνησης καὶ στὴν ὀλικὴ γεωμετρικὴ δομὴ τοῦ χωρόχρονου.

Αὐτή εἶναι ἡ ἀφετηρία τοῦ κοσμολογικοῦ προβλήματος, ἀλλά ὄχι ἡ λύση του. Ἡ λύση του πρέπει νὰ περιμένει τὶς προόδους ποὺ πραγματοποιοῦνται στὴν ἄλλη πορεία: τὴν πορεία τῆς παρατηρησιακῆς ἀστρονομίας τῆς ὕλης καὶ τῆς κίνησης.

### 3. Ἡ ὑποχώρηση τῶν ὁρίων τοῦ σύμπαντος

Τὰ νέα ὄργανα ἐπέτρεψαν, γιὰ πρώτη φορὰ τὸ 1924, νὰ δοῦμε μὲ σιγουριά πέρα ἀπὸ τὸ Γαλαξία μας. Τὰ ὅρια τοῦ σύμπαντος ὑποχωροῦσαν πρακτικὰ ὡς τὸ ἄπειρο. Τὸ σύμπαν ἀποκαλυπτόταν ὁμοιογενές, ισότροπο καὶ διαστελλόμενο.

Τὸ 1924, χάρι στὸ νέο τηλεσκόπιο Hooker τοῦ Mount Wilson, ὁ Edwin Hubble μπῆκε στὴν ἱστορία τῆς ἐπιστήμης ὅταν προσδιόρισε πάνω στὴ φωτογραφία τοῦ νεφελώματος τῆς Ἀνδρομέδας τὴν εἰκόνα ἑνὸς ἀστρου ποὺ εἶχε γνωστότατο τύπο. Ὡστε τὸ νεφέλωμα τῆς Ἀνδρομέδας περιεῖχε ἀστρα ποὺ εἶχαν τύπο ὅμοιο μὲ ἐκεῖνον τῶν ἀστρων τοῦ Γαλαξία: αὐτὸ τὸ ἴδιο ἦταν ἕνας γαλαξίας. Εἶναι φανερὸ πὼς αὐτὴ ἡ ἀνακάλυψη εἶχε πολὺ μεγάλες συνέπειες. Τὸ βλέμμα, ὄχι μόνο ἔβγαινε γιὰ πρώτη φορὰ ἀπότομα ἔξω ἀπὸ τὸ Γαλαξία, ἀλλὰ καὶ ἀπλωνόταν οὐσιαστικὰ πολὺ πέρα ἀπὸ αὐτόν. Χρειάστηκε πολὺς καιρὸς γιὰ νὰ μάθουμε ὡς ποῦ ἔφτανε, καὶ ἀκόμη δὲν τὸ ξέρουμε μὲ ἀκρίβεια. Εἶχε ὅμως ἀνοίξει ἡ δεύτερη δίοδος πρὸς τὴν κοσμολογία. Μιὰ καὶ εἶχε διαπιστωθεῖ ἡ ἐξωγαλαξιακὴ θέση τῶν σπειροειδῶν νεφελωμάτων, παρουσιάστηκε ἕνα τεράστιο πρόγραμμα ἐρευνῶν. Πρῶτος σκαπανέας ἦταν ὁ Hubble. Ὑποθέτοντας, μὲ βάση ἀπλὰ ἐπιχειρήματα, πὼς ὑπάρχει μιὰ ὀρισμένη κανονικότητα στὶς ιδιότητες τῶν γαλαξιῶν, καὶ μελετώντας τὴν κατανομὴ τους πάνω στὴν οὐράνια σφαίρα, κατέληξε σ' ἕνα ἀξιοσημεῖωτο συμπέρασμα: οἱ γαλαξίες κατανέμονται μὲ τρόπο ὁμοιόμορφο καὶ ισότροπο.

Τὸ θεμελιῶδες αὐτὸ συμπέρασμα τροποποιοῦσε τὴν προοπτικὴ τοῦ σύμπαντος. Πράγματι, ἦταν ἡ πρώτη φορὰ ποὺ ἡ κατάφαση τῆς ὁμοιομορφίας δὲν ἐτίθετο ἐκ τῶν προτέρων, ἀλλὰ γινόταν γεγονός τῆς παρατήρησης.

Ἀλλὰ ὁ Hubble ἀνακάλυψε καὶ κάτι ἄλλο ἀκόμη πιὸ ἐκπληκτικό, κάτι μὲ τὸ ὁποῖο θὰ μείνει συνδεδεμένο τὸ ὄνομά του: τὴ μετατόπιση πρὸς τὸ ἐρυθρὸ τοῦ φάσματος τῶν γαλαξιῶν, τὸ λεγόμενο *red shift*. Ἐρμηνευμένο ὡς ἀποτέλεσμα Doppler, αὐτὸ τὸ *red shift* σήμαινε τὴ φυγὴ ὅλων τῶν γαλαξιῶν ὡς πρὸς κάθε παρατηρητὴ. Ἐπιπλέον, ὁ Hubble ἐπεξεργάστηκε μὲ ἀρκετὴ ἀκρίβεια τὴν κλίμακα τῶν ἀποστάσεων ἀνάμεσα στοὺς γαλαξίες ὥστε νὰ μπορεῖ νὰ δημοσιεύσει τὸ λεγόμενο νόμο τῶν Hubble-Humason ποὺ λέει ὅτι οἱ γαλαξίες ἀπομακρύνονται ὁ ἕνας ἀπὸ τὸν ἄλλο μὲ μιὰ σχετικὴ «ταχύτητα» ποὺ εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν «ἀπόσταση» ποὺ τοὺς χωρίζει. Σκόπιμα βάζουμε τὰ εἰσαγωγικά στὶς δυὸ αὐτὲς λέξεις γιατί, ἐκείνη τὴν ἐποχὴ, ἔτυχε

νά συγκλίνουν ή πορεία τῆς ἀστρονομίας μὲ τὴν πορεία τῆς θεωρίας. Ἡ θεωρία τῆς σχετικότητας ἔδινε μιὰ συνεπῆ ἐρμηνεία τοῦ νόμου τοῦ Hubble μὲ τὸν ὄρο ὅτι θὰ δοθεῖ στὶς λέξεις καὶ στὶς ἐννοιες τῆς κλασικῆς φυσικῆς ἓνα νέο νόημα, σύμφωνα μὲ τὰ ἀξιώματα αὐτῆς τῆς θεωρίας.

Ὁ ὀλλανδὸς ἀστρονόμος De Sitter, ποὺ ἦταν καλὰ ἐνημερωμένος πάνω στὶς ἐργασίες τοῦ Einstein, εἶχε κατασκευάσει μιὰ λύση τῶν ἐξισώσεων τῆς σχετικότητας, λύση στὴν ὁποία ὑπάρχει ἓνας δομημένος χωρόχρονος, ἀλλὰ ὄχι ὕλη. Ἀρχικά, αὐτὴ ἡ λύση ἔπρεπε νὰ εἶναι ἓνα ἀντιπαράδειγμα ποὺ θὰ ἀνασκεύαζε τὴν πρώτη κοσμολογία τοῦ Einstein. Ὡστόσο, ἡ λύση αὐτὴ ἔκρυβε θησαυροὺς.

Τὸ 1922 ὁ Hermann Weyl πρῶτος παρατήρησε μιὰν ἰδιόμορφη ἰδιότητα τοῦ σύμπαντος τοῦ De Sitter. "Ἄν σ' αὐτὸν τὸν κενὸ χωρόχρονο εἰσαχθοῦν δύο σωμάτια δοκιμῆς, μὲ πολὺ μικρὴ μάζα ὥστε νὰ μὴν τροποποιεῖται ἡ μετρικὴ δομὴ, αὐτὲς οἱ δύο μάζες ἀρχίζουν ἀμέσως νὰ ἀπομακρύνονται ἢ μία ἀπὸ τὴν ἄλλη. "Ἄν ἡ μία τους ἔχει πάνω της μιὰ φωτεινὴ πηγὴ ποὺ ἐκπέμπει φῶς μιᾶς ὀρισμένης συχνότητας, ἡ ἄλλη θὰ δεῖ τὸ φῶς τῆς πρώτης πηγῆς μετατοπισμένο πρὸς τὸ ἐρυθρὸ.

Τὴν ἴδια περίπου ἐποχῇ, ὁ ρῶσος μετεωρολόγος Friedman, ποὺ ἀσχολοῦνταν μὲ τὴ θεωρία τῆς σχετικότητας τὶς ὥρες τῆς σχολῆς του, ἔκανε αὐτὸ ποὺ μᾶς φαίνεται νὰ εἶναι τὸ ἀποφασιστικὸ βῆμα: οἱ ἐξισώσεις τοῦ Einstein, πέρα ἀπὸ τὶς λύσεις ποὺ κατασκεύασαν οἱ Einstein καὶ De Sitter, ἐπιδέχονται, ἂν ὑποθέσουμε μιὰν ὀμοιόμορφη κατανομὴ τῆς ὕλης στὸ σύμπαν, μιὰν ὀλόκληρη τάξη λύσεων ποὺ γενικὰ — καὶ αὐτὸ ἀποτελεῖ τὸ νεωτερισμὸ — δὲν εἶναι στατικές. Ἡ μονάδα μήκους συστέλλεται ἢ διαστέλλεται σύμφωνα μὲ μιὰν ὀρισμένη συνάρτηση ( $R$ ) μιᾶς μεταβλητῆς ( $t$ ). Ὁ ἀκριβὴς προσδιορισμὸς αὐτῆς τῆς μεταβλητῆς δὲν εἶναι καθόλου προφανῆς, ἀλλὰ μποροῦμε νὰ τὴν ὀνομάσουμε ὁ χρόνος, μολονότι στὴ θεωρία τῆς σχετικότητας μιὰ τέτοια ἔκφραση δὲν ἔχει, ἐκ τῶν προτέρων, κανένα νόημα.

Τέλος, οὔτε ὁ Friedman οὔτε ὁ Weyl ἐκμεταλλεύτηκαν πλήρως τὶς δυνατότητες ποὺ πρόσφερε ἡ νέα θεωρητικὴ κατασκευὴ γιὰ τὴν πρόβλεψη τοῦ red shift τῶν νεφελωμάτων, ποὺ ἄρχιζε νὰ διαφαίνεται τὴν ἐποχῇ ἐκεῖνη. Ὁ Lemaître ἦταν ἐκεῖνος ποὺ, τέσσερα χρόνια ἀργότερα, μὲ ἀφετηρία τὶς ἐξισώσεις τοῦ Einstein, κατασκεύασε ἓνα μοντέλο τοῦ σύμπαντος ποὺ διαστέλλεται· σ' αὐτό, ἔπρεπε νὰ εἶναι παρατηρήσιμο ἓνα red shift ἴδιο μὲ ἐκεῖνο τοῦ ὁποίου τὸ νόμο θὰ ἔδινε ὁ Hubble. Εἴμαστε στὸ 1928. Ἡ προβληματικὴ τῆς κοσμολογίας ἔχει ὀριστικοποιηθεῖ.

#### 4. Ἡ στατικὴ κατάσταση τοῦ σύμπαντος

Μὲ μιὰ μέθοδο ποὺ δὲν χρησιμοποιεῖ καμία φυσικὴ θεωρία, πολλοὶ κοσμολόγοι συμπέραναν ὅτι ἡ πυκνότητα τοῦ σύμπαντος ἦταν σταθερὴ καὶ ὅτι ἡ διαστολὴ ἀντισταθμιζόταν ἀπὸ τὴν ἀδιάκοπη δημιουργία ὕλης.

Στά χρόνια πού ἀκολούθησαν, ἐπικυρώθηκαν οί ἀπόψεις τοῦ Hubble: ὡς τὸ ὄριο πού εἶναι προσιτὸ στὴ μέτρηση (κάμποσα ἑκατομμύρια ἔτη φωτός), τὸ red shift τῶν νεφελωμάτων δὲν διαφέρει αἰσθητὰ ἀπὸ αὐτὸ πού προβλέπει ὁ νόμος τῶν Hubble-Humason. Αὐτὸς ὁ νόμος ἐπιβλήθηκε σὲ τέτοιο βαθμὸ ὥστε ἡ σχετικιστικὴ του ἐρμηνεῖα νὰ χρησιμεύει τώρα ὡς δείκτης ἀπόστασης γιὰ ἀντικείμενα ὅπως τὰ quasars γιὰ τὰ ὁποῖα μποροῦμε νὰ μετρήσουμε τὸ red shift χωρὶς νὰ ἔχουμε τὰ μέσα νὰ προσδιορίσουμε τὴν ἀπόστασή τους.

Ἡ ραδιοαστρονομία ἀποκάλυψε τὴν ὑπαρξὴ ραδιο-πηγῶν τῶν ὁποίων ἡ κατανομὴ συμφωνεῖ μὲ τὸ σχῆμα τῆς γενικῆς ἰσοτροπίας καὶ ὁμοιομορφίας πού περίγραψε ὁ Hubble. Ἐξάλλου μερικὲς ἀπὸ αὐτὲς τὶς ραδιοπηγὲς ταυτίστηκαν μὲ ὀπτικὲς πηγές.

Στὴ ραδιοαστρονομία ὀφείλουμε ἐπίσης μιὰ ἀπὸ τὶς πιὸ ἀξιοσημεῖωτες ἀνακαλύψεις τῆς παρατήρησης: μιὰν ἰσότροπὴ ἀκτινοβολία σὲ ἑκατοστομετρικὰ μήκη κύματος πού, γενικά, τὴν ταυτίζουμε μὲ μιὰν ἀκτινοβολία θερμικοῦ τύπου. Αὐτὸ ἴσως εἶναι ἓνα ἴχνος μιᾶς παρωχημένης κατάστασης τοῦ σύμπαντος.

Ἀπὸ τὴ μεριά της, ἡ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀκολούθησε πολλὰς κατευθύνσεις: δύο ἀπὸ αὐτὲς παρουσιάζουν ἰδιαιτέρω ἐνδιαφέρον. Ἀπὸ τὴ μιὰ, ἡ ἀναζήτηση ἑνὸς μοντέλου τοῦ σύμπαντος, θεωρημένη ὡς πρόβλημα πού πρέπει νὰ τεθεῖ καὶ νὰ λυθεῖ στὸ πλαίσιο τῆς θεωρίας τῆς γενικῆς σχετικότητας. Ἀπὸ τὴν ἄλλη, ἡ ἴδια ἀναζήτηση, θεωρημένη ὁμως ὡς πρόβλημα πού πρέπει νὰ τεθεῖ καὶ νὰ λυθεῖ πρὶν ἀπὸ κάθε προσδιορισμὸ φυσικῆς θεωρίας — ἀναζήτηση στὴν ὁποία δὲν θὰ λαβαίνονται ὑπόψη παρὰ μόνο διαλογισμοὶ βασισμένοι πάνω στὴ δυνατότητα μιᾶς κανονικῆς σύνδεσης (connection) ὄλων τῶν δυνατῶν μέτρων στὸ σύμπαν. Οἱ ἔρευνες τοῦ δεύτερου τύπου, πού ἔχουν σχεδὸν ἐγκαταλειφθεῖ ἐδῶ καὶ εἴκοσι περίπου χρόνια, ἀφοῦ ἐξάντλησαν τὶς δυνατότητές τους, ἦταν ὥστόσο οἱ πιὸ πρωτότυπες καὶ οἱ πιὸ εἰδικὰ χαρακτηριστικὲς τῆς σύγχρονης κοσμολογίας. Οἱ πιὸ ἀξιοσημεῖωτοι ἐρευνητὲς αὐτῆς τῆς ἀσυνήθιστης γιὰ τὴν ἐπιστῆμὴ τῆς ἐποχῆς μας μεθόδου εἶναι οἱ Milne (1935 καὶ 1950) — ὁ ἐφευρέτης τῆς μεθόδου —, Robertson (1936), Bondi καὶ Gold (1948). Ὅλοι τους ξεκινοῦν ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ὅτι οἱ σκοπεύσεις στὸν κόσμον τῶν παρατηρητῶν πού βρίσκονται σ' ὁποιοδήποτε σημεῖο τοῦ χώρου καὶ ὁποιαδήποτε στιγμὴ μποροῦν νὰ συναρμοστοῦν ἢ μιὰ μὲ τὴν ἄλλη συστηματικὰ καὶ μὲ συνέπεια<sup>1</sup>. Μὲ βάση ἓνα τόσο γενικὸ ἀξίωμα καὶ ἀσφαλεῖς μαθηματικὲς θεωρίες, οἱ κοσμολόγοι αὐτοὶ κατέληξαν στὰ ἴδια ἀποτελέσματα στὰ ὁποῖα φτάνει κανεὶς ἀπὸ τὸ ἄλλο μονοπάτι, τῆς γενικῆς σχετικότητας, ἀποτελέσματα στὰ ὁποῖα φτάνουμε ὅταν ἐφαρμόσουμε αὐτὴ τὴ θεωρία σὲ μιὰ κατανομὴ ὕλης καὶ ἐνέργειας πού νὰ συμμορφώνεται μὲ τὴ συνολικὴ ὄψη (facies) τοῦ παρατηρούμενου σύμπαντος.

Ἡ πιὸ γνωστὴ ἀπὸ αὐτὲς τὶς ἀπαγωγικὲς θεωρίες, αὐτὴ πού συζητήθηκε μὲ περισσότερο πάθος, εἶναι ἡ θεωρία τῆς στατικῆς κατάστασης, πού ὀφείλε-

ται στους Bondi και Gold. Αὐτὴν ὑποστήριξε καὶ ὁ Fred Hoyle ἀλλὰ μὲ πνεῦμα πιὸ κοντινὸ στὸ πνεῦμα τῆς φυσικῆς. Τὰ δύο χαρακτηριστικά της εἶναι ὅτι τὸ σύμπαν, σὲ μεγάλη κλίμακα, ἔχει τὴν ἴδια ὄψη γιὰ κάθε παρατηρητὴ καὶ ὅλες τὶς χρονικὲς στιγμὲς, καὶ ὅτι ἡ ὕλη-ἐνέργεια δημιουργεῖται συνεχῶς σὲ κάθε περιοχὴ τοῦ σύμπαντος καὶ κάθε στιγμή.

### 5. Ἡ ἀρχικὴ ἀνωμαλία<sup>2</sup>

Ἡ θεωρία τῆς στατικῆς κατάστασης ἔχει ἐγκαταλειφθεῖ. Ὑποτίθεται πὼς τὸ σύμπαν διαστέλλεται ἔχοντας ξεκινήσει ἀπὸ ἓνα σημεῖο ἀνωμαλίας.

Αὐτὲς οἱ δύο ἀποφάνσεις τοποθετοῦν τὴ θεωρία τῆς στατικῆς κατάστασης στὴν καρδιὰ τῆς μεγάλης συζήτησης γιὰ τὴ σύγχρονη κοσμολογία: συζήτησης γιὰ τὴν «προέλευση» καὶ τὴν ἱστορία τοῦ σύμπαντος. Ἀλλὰ γιὰ νὰ ἀντιληφθοῦμε τὴν ἐμβέλεια αὐτῶν τῶν συζητήσεων, πρέπει νὰ σταθοῦμε λίγο στὶς ἔρευνες τοῦ πρώτου τύπου, ἐκεῖνες ποὺ γίνονται στὰ πλαίσια τῆς γενικῆς σχετικότητας καὶ ποὺ ἀποτελοῦν τὴν πλειοψηφία τῶν ἐρευνῶν. Ἡ θεωρία τῆς γενικῆς σχετικότητας, ὅπως ὅλες οἱ φυσικὲς θεωρίες — κλασικὲς ἢ νεότερες —, ἐκφράζει σημειακὲς καὶ στιγμιαῖες σχέσεις αἰτιότητας καὶ ἀμοιβαίας ἐπίδρασης, ἀνάμεσα σὲ φυσικὰ μεγέθη. Στὶς κλασικὲς θεωρίες, ὁ γεωμετρικὸς δεσμὸς ἐξαφανίζεται ἀπὸ τὴν καθολικότητα τῆς εὐκλείδειας δομῆς. Ἐδῶ δὲν συμβαίνει πιά τὸ ἴδιο πράγμα, γιὰτὶ ἡ ἴδια ἢ χωροχρονικὴ δομὴ ἐντάσσεται στὶς αἰτιακὲς σχέσεις. Ἔτσι, ἡ ἴδια ἢ ἰδέα ἐνὸς σύμπαντος, δηλαδὴ ἐνὸς χωρόχρονου τοῦ ὁποῖου ἡ μετρικὴ δομὴ εἶναι καθορισμένη καὶ ταυτόσημη σὲ κάθε σημεῖο, γίνεται προβληματικὴ. Ὑπάρχουν δύο τρόποι προσέγγισης αὐτοῦ τοῦ προβλήματος: ὁ ἓνας, αὐστηρὸς ἀλλὰ ἀκατόρθωτος, συνίσταται στὴ συναρμογὴ μεταξύ τους τῶν λύσεων ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὶς τοπικὲς κατανομὲς ὕλης. Ὁ ἄλλος, μαθηματικὰ ἐφικτός, ἐπιτρέπει τὴ σύγκριση μὲ τὴν παρατήρηση, ἀλλὰ μένει προσεγγιστικός.

Ἄς ἐξετάσουμε μόνο αὐτὴ τὴ δεύτερη λύση ποὺ μονάχα οἱ ἀληθινοὶ καθαρολόγοι ἀπορρίπτουν ὀλοκληρωτικά: αὐτὴ συνίσταται στὸ νὰ δεχτοῦμε μιὰν ὀλικὴ ὁμοιόμορφη κατανομὴ ὕλης καὶ ἐνέργειας ποὺ ἐξαπλώνεται στὴν ὀλότητα τοῦ κόσμου καὶ νὰ ὀλοκληρώσουμε τὶς ἐξισώσεις τῆς γενικῆς σχετικότητας γι' αὐτὴ τὴν κατανομή. Δίνοντάς της τὴν πιὸ γενικὴ καὶ ἀπλή μορφή ποὺ εἶναι συμβιβαστὴ μὲ τὴ συνολικὴ παρατηρηθεῖσα κοσμικὴ ὄψη, λαβαίνουμε μιὰ τάξη μοντέλων ποὺ ἦταν ἤδη γνωστὰ στὸν Friedman, τῶν ὁποίων ὡστόσο τὸν ἀκριβῆ καὶ γενικὸ τύπο ἔδωσαν οἱ Robertson καὶ Walker τὸ 1935. Ἀπὸ τότε, οἱ ἔρευνες, ποὺ συνεχίζονται ὡς τώρα, τείνουν ἢ στὸ νὰ ξεκαθαρίσουν τὰ μοντέλα προσδιορίζοντας ἐπακριβῶς τὰ στοιχεῖα τῆς ὀλικῆς κατανομῆς (λ.χ. τὴν ἀναλογία ἀνάμεσα στὴν ἀκτινοβολούσα ἐνέργεια καὶ στὴν ὕλη ποὺ εἶναι συμπυκνωμένη σὲ μάζα, ἐνῶ ἡ ἐξίσωση κατάστασης συνδέει τὴν πυκνότητα καὶ τὴν πίεση μέσα στὸ κοσμικὸ «ρευστὸ»<sup>3</sup> κτλ.),

ἢ στὸ νὰ κάνουν λίγο πιὸ πολὺπλοκες τὶς συνθῆκες τῆς κοσμικῆς κατανομῆς. Τότε λαβαίνουμε μοντέλα τοῦ σύμπαντος λίγο ὡς πολὺ περίπλοκα, καὶ οἱ ιδιότητές τους εἶναι καμιά φορά ἀλλόκοτες, καὶ μάλιστα παράδοξες. Τέτοια εἶναι τὰ μοντέλα ποὺ ἀνήκουν σ' ἐκείνη τὴν τάξη τῆς ὁποίας ὁ Goedel πρῶτος ἔδωσε ἓνα παράδειγμα τὸ 1949· σ' αὐτὰ ὑπάρχουν γραμμὲς σύμπαντος πάνω στὶς ὁποῖες ὁ «ταξιδιώτης» θὰ μπορούσε νὰ ἐπιστρέψει στὸ ἴδιο του τὸ παρελθόν.

Ἔχει ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον τὸ νὰ γνωρίζουμε ἂν ὑπάρχουν κοσμολογικὲς λύσεις τῶν ἐξισώσεων τοῦ Einstein ποὺ δὲν συνεπάγονται καμιά ἀνωμαλία (σημείου, γραμμῆς ἢ ἐπιφάνειας). Ὁ Hawking (1966 - 67) ὑποστηρίζει ὅτι ἀπέδειξε, γιὰ λόγους ἐξαιρετικὰ ἀφηρημένους καὶ γενικούς, ὅτι, κάτω ἀπὸ ἐντελῶς ἀληθοφανεῖς ὑποθέσεις σχετικὰ μὲ τὴν κοσμικὴ κατανομὴ τῆς ὕλης, τέτοιες λύσεις χωρὶς ἀνωμαλίες εἶναι ἀδύνατες. Αὐτὸ συνδέεται μὲ τὸ πρόβλημα ποὺ ἀναφέραμε τῆς προέλευσης τοῦ σύμπαντος, ἀφοῦ, ἔτσι ὅπως τὸ βλέπει ἡ σχετικιστικὴ κοσμολογία, τὸ πρόβλημα τῆς προέλευσης τοῦ κόσμου συνδέεται μὲ μιὰ γεωμετρικὴ καὶ φυσικὴ ἀνωμαλία στὸ παρελθόν τῆς διαστολῆς<sup>4</sup>. Ὡστε ἡ σύγκλιση ἀνάμεσα στὴν πορεία τῆς παρατήρησης καὶ σ' αὐτὴν τῆς θεωρίας, πού, γύρω στὸ 1930, ἔδωσε στὴ μοντέρνα κοσμολογία τὸ ὕφος της καὶ τὰ προβλήματά της, συνεχίζει, μετὰ ἀπὸ σαράντα χρόνια, νὰ καθορίζει τὸ οὐσιαστικὸ στὴν προβληματικὴ της. Ἐδῶ μᾶς μένει νὰ ἐξετάσουμε τὰ πιὸ χαρακτηριστικὰ καὶ ἐνδιαφέροντα στοιχεῖα της.

## 6. Ἡ δομὴ τοῦ σύμπαντος

Εἶναι ἄπειρο ἢ πεπερασμένο τὸ σύμπαν; Ἡ διαστολὴ του εἶναι σταθερὴ, ἐπιβραδύνεται ἢ ἐπιταχύνεται; Αὐτὰ τὰ ἐρωτήματα, γιὰ τὴν ὥρα, φαίνεται νὰ μὴ μπορούν νὰ ἀπαντηθοῦν.

Τὸ σύμπαν, ὅπως τὸ βλέπει ἡ ἀστρονομία καὶ ἡ ραδιοαστρονομία, παρουσιάζεται ὡς ἓνα κανονικὸ σύστημα σὲ μεγάλη κλίμακα, ὁμοιογενές, ὁλοκληρωμένο, ποὺ ἔχει ιδιότητες προφανῶς ὀλικές, τόσο ποὺ νὰ ἐπιβάλλεται ἡ ἰδέα μιᾶς σύνθεσης, μιᾶς θεωρίας τοῦ κόσμου, μιᾶς κοσμολογίας μὲ τὴν ἀκριβῆ ἐννοία. Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά, παρ' ὅλες τὶς ἐπιστημολογικὲς προσπάθειες τῶν πενήντα τελευταίων χρόνων, εἶναι ἀδύνατο νὰ θεμελιωθεῖ μιὰ μοντέρνα κοσμολογικὴ θεωρία ἀνεξάρτητα ἀπὸ κάθε ἀναφορὰ σὲ μία ἢ περισσότερες φυσικὲς θεωρίες· δηλαδή, σὲ αὐτὲς τὶς μαθηματικὲς κατασκευὲς ποὺ συνιστοῦν τὴν πανοπλία τῆς νεότερης ἐπιστήμης καὶ οἱ ὁποῖες περιγράφουν, σὲ κλίμακα στοιχειωδῶν φαινομένων, τὶς θεμελιώδεις ἀλληλενέργειες τῆς ὕλης.

Σὲ πρώτη προσέγγιση, τὸ σύμπαν πρέπει τουλάχιστον νὰ ὀριστεῖ, λαμβανομένου ὑπόψη αὐτοῦ ποὺ γνωρίζουμε γιὰ τὴν ὕλη καὶ τὴν ἐνέργεια ποὺ περιέχει, ὡς μία χωροχρονικὴ δομὴ σύμφωνη μὲ τὴ θεωρία τῆς γενικῆς σχε-

τικότητας. Αυτό που ξέρουμε για την κατανομή της ύλης στο σύμπαν σε πολύ μεγάλη κλίμακα καθιστά αναγκαία, σε πρώτη προσέγγιση, μια λύση που ανήκει στην τάξη που προσδιόρισαν οι Robertson και Walker το 1935 — σ' αυτήν μπορεί να ξεχωριστεί έσωτερικά μία συνιστώσα του χρόνου (ο «κοσμικός χρόνος») και οι στιγμιαίες τομές του χώρου είναι κανονικές υπέρ-έπιφάνειες που έχουν ιδιαίτερα άπλές ιδιότητες. Για τον πλήρη καθορισμό του μοντέλου, πρέπει να καθοριστούν δύο παράμετροι: ή μία (δείκτης καμπυλότητας του χώρου) υποδείχνει το αν ο χώρος είναι πεπερασμένος ή άπειρος· ή άλλη (παράγων διαστολής) είναι μία όρισμένη συνάρτηση  $R$  του κοσμικού χρόνου  $t$ . Το πρώτο ερώτημα είναι ενδιαφέρον καθαυτό: ο χώρος είναι «εγκλείδειος» ή «υπερβολικός» (και άπειρος και στις δύο περιπτώσεις); Είναι «σφαιρικός», δηλ. πεπερασμένος, αλλά χωρίς όρια; Στην παρούσα κατάσταση των παρατηρήσεων, είναι αδύνατο να δώσουμε απάντηση, και, εξάλλου, το ενδιαφέρον συγκεντρώνεται βασικά στη συνάρτηση  $R(t)$ : αν ή συνάρτηση  $R$  είναι σταθερή, το σύμπαν είναι στατικό· αν είναι αυξουσα, το σύμπαν διαστέλλεται, ενώ αν είναι φθίνουσα, το σύμπαν συστέλλεται. Ο νόμος του Hubble δίνει άμέσως το σημείο της παραγώγου  $R'$  «τώρα» και δείχνει ότι το σύμπαν διαστέλλεται. Επίσης ο νόμος επιτρέπει, με άφετηρία την παρατήρηση, να υπολογίσουμε την κλίμακα του κοσμικού χρόνου που καμιά φορά ονομάζεται — λαθεμένα — «ή ηλικία του σύμπαντος» (13 δισεκατομμύρια έτη).

Αυτός ο αριθμητικός καθορισμός είναι κεφαλαιώδης γιατί δίνει την πιθανή τάξη μεγέθους της διάρκειας της τωρινής φάσης της όλικής εξέλιξης του σύμπαντος, αν υπάρχει μια τέτοια εξέλιξη. Σημαντικό θα ήταν να μπορούσαμε να προσδιορίσουμε τη δεύτερη παράγωγο της  $R$ : θα μπορούσαμε τότε να αποφασίσουμε αν, τώρα, ή διαστολή είναι όμοιόμορφη ( $R'' = 0$ ), αν επιταχύνεται ( $R'' > 0$ ) ή αν επιβραδύνεται ( $R'' < 0$ ). Αλλά αυτός ο καθορισμός είναι εξαιρετικά λεπτός. Τα σημαντικά μεγέθη άφοροϋν εξαιρετικά μακρινά αντικείμενα των όποιων ή ίδια ή απόσταση καθορίζεται με πολύ μεγάλη δυσκολία (ιδιαίτερα γιατί οι σχέσεις που επιτρέπουν την είσαγωγή αυτής της απόστασης με βάση την παρατήρηση εξαρτῶνται από το μοντέλο που έχει επιλεγεί. . ., και αυτό άκριβῶς πρέπει να προσδιορίσουμε). Από την άλλη μεριά, σε άποστάσεις αυτής της τάξης, ή χρονική απόσταση ανάμεσα στην έκπομπή και στην ύποδοχή του φωτεινοϋ σήματος γίνεται πολύ μεγάλη άκόμα και στην κλίμακα των γνωστών κοσμικών διεργασιῶν (όπως, λ.χ., την εξέλιξη των άστέρων). Έτσι, αν το σύμπαν στο σύνολό του ύφίσταται έναν όλικό φυσικό μετασχηματισμό, οι περιοχές που βρίσκονται στα όρια της τωρινής παρατήρησης δέν έχουν φτάσει στο ίδιο στάδιο μετασχηματισμοϋ με τις περιοχές που βρίσκονται κοντά μας· και αυτό κάνει πολύ άβέβαιη την έπαγωγή από τις δεύτερες στις πρώτες.

## 7. Οί ἐλπίδες τῆς παρατήρησης

Ἡ θεωρία ἔδωσε τὶς ἐξισώσεις ποὺ ἐπιτρέπουν νὰ προσδιορίσουμε καλύτερα τὴ δομὴ τοῦ σύμπαντος. Καθῆκον τῆς παρατήρησης εἶναι τὸ νὰ καθορίσει τὶς παραμέτρους του.

Μὲ αὐτὲς τὶς ἐπιφυλάξεις (σχετικὰ μὲ τὴν ἐπαγωγή), οἱ μετρήσεις ὑποδείχνουν μᾶλλον μιὰν ἐπιβράδυνση τῆς διαστολῆς (θὰ δοῦμε ὅτι ὁ D. W. Sciama<sup>5</sup>, πιὸ ἐπιφυλακτικὸς, δὲν δέχεται αὐτὸ τὸ συμπέρασμα). Αὐτὸ σημαίνει ὅτι, ἂν ἀνατρέχαμε στὸ παρελθὸν τοῦ σύμπαντος, θὰ περνούσαμε ὅλο καὶ πιὸ γρήγορα πρὸς καταστάσεις μεγαλύτερης συμπύκνωσης τῆς κοσμικῆς ὕλης (ποὺ τώρα εἶναι πολὺ διάχυτη), χωρὶς ὥστόσο ποτὲ νὰ φτάσουμε, σὲ καμιά στιγμὴ, σὲ ἓνα ἀνώτερο ὄριο πυκνότητος τῆς ὕλης. Εἶναι λοιπὸν σὰν νὰ εἶχε ἀρχίσει ἡ διαστολὴ τοῦ σύμπαντος ἀπὸ μιὰν ἔκρηξη τῆς ὁποίας ἡ ἀρχικὴ κατάσταση πρέπει νὰ ἦταν ἀπόσιτη καὶ ἀπροσδιόριστη. Ὅσο ἀσυνήθιστη κι ἂν φαίνεται αὐτὴ ἡ εἰκόνα, μᾶς τὴν ὑποβάλλει πολὺ ἔντονα ἡ συγκυρία τῶν παρατηρηθέντων γεγονότων καὶ τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος. Τὰ σχετικιστικὰ μοντέλα ποὺ περισσότερο συμφωνοῦν μὲ αὐτὰ τὰ γεγονότα συνεπάγονται ἓνα ἢ, ἐνδεχομένως, ἄπειρα σημεῖα ἀνωμαλίας (στὰ μοντέλα τοῦ σύμπαντος ποὺ ὀνομάζονται ταλαντούμενα, τὸ σύμπαν πέρασε ἄπειρες φορές ἀπὸ αὐτὴ τὴν κατάσταση). Οὔτε ἐδῶ ὅμως ἔχουμε νὰ κάνουμε μὲ ἓνα ἐντελῶς νέο ἐρώτημα ἀφοῦ, ἤδη ἀπὸ τὸ 1931, ὁ Lemaitre πρότεινε τὴν ἰδέα τοῦ «ἀρχικοῦ ἀτόμου» (*atome primitif*), χωρὶς νὰ ἔχει κανένα σχεδὸν στήριγμα στὴ φυσικὴ τῆς ἐποχῆς του. Τὴν ξαναπαρουσίασε ὁ Gamow τὸ 1949, τέσσερα χρόνια μετὰ τὴ Χιροσίμα, ἀλλὰ ἡ ἰδέα ἐγκαταλείφθηκε καὶ παραχώρησε τὴ θέσιν της στὴ θεωρία τῆς στατικῆς κατάστασης στὴν ὁποία δὲν παρουσιάζεται τίποτα τέτοιο καὶ ποὺ ἔχει τὸ προτέρημα νὰ καταργεῖ κάθε «ἀνωμαλία», κάθε «προέλευση» καὶ κάθε «ἱστορία» τοῦ σύμπαντος. Θὰ δοῦμε στὴ μελέτη τοῦ Sciama<sup>6</sup>, ποὺ ὑπῆρξε κάποτε ὑποστηρικτὴς αὐτῆς τῆς θεωρίας τῆς στατικῆς κατάστασης, ὅτι ἡ ἰδέα τῆς «ἀρχικῆς ἔκρηξης», τοῦ *big bang*, ἀνακτᾷ σθένος, καὶ ὅτι πολλὰ νέα γεγονότα συνηγοροῦν γι' αὐτήν. Ἐξᾴλλου αὐτὰ τὰ γεγονότα παρουσιάστηκαν σ' ἓνα γενικὸ πλαίσιο ἤδη εὐνοϊκὸ γιὰ τὴ θεωρία ποὺ βλέπει τὸ σύμπαν ὡς ὀλικὸ σύστημα τὸ ὁποῖο ἐξελισσεται ὀλικὰ μὲ ἀφετηρία μιὰν ἀνώμαλη ἀρχικὴ κατάσταση.

Πράγματι, μόλις διαγράφηκε ἡ ἱστορία τῶν ἀστέρων καὶ ἡ σχετικὰ σύντομη τάξις μεγέθους της, ἄρχισε νὰ ἐπιβάλλεται τὸ αἶσθημα μιᾶς κατάστασης ἐξαιρετικῆς ἀστάθειας στοὺς γνωστοὺς ἀστρονομικοὺς καὶ ἀστροφυσικοὺς σχηματισμοὺς. Στὴν κλίμακα τῶν ἀνθρώπινων φαινομένων, ἀκόμα καὶ στὴ βιολογικὴ κλίμακα, ὁ Ἥλιος φαίνεται ἐκπληκτικὰ εὐσταθῆς. Ἀλλὰ, στὴν πραγματικότητά, αὐτὴ ἡ εὐστάθεια κρύβει μιὰν ἀναντίστροπτη ἐξέλιξη πού, πέρα ἀπὸ μερικὰ δισεκατομμύρια χρόνια στὸ παρελθὸν καὶ στὸ μέλλον, ἦταν καὶ θὰ εἶναι πολὺ πιὸ γοργὴ καὶ θεαματικὴ ἀπὸ ὅ,τι εἶναι τώρα.

Καὶ ἡ ἴδια μεταβολὴ ἐμφανίστηκε σταδιακὰ σὲ κλίμακα τοῦ Γαλαξία καὶ τῶν γαλαξιδῶν. Ἀπὸ τὴν καθαρὰ στατιστικὴ ἀντίληψη τοῦ ἀστρικοῦ κόσμου ποὺ δέσποζε στὴν ἀρχὴ τοῦ αἰῶνα, ὅταν ὁ Kapteyn κατάστρωσε τὶς πρῶτες διαμορφώσεις τοῦ Γαλαξία, περάσαμε σὲ μιὰ ὅλο καὶ πιὸ δυναμικὴ θεώρηση (μὲ τὴν εὐρεία ἔννοια). Ἡ ἀποκάλυψη ἀπὸ τὴν παρατήρηση πολὺ μικρῶν καὶ λαμπρῶν πυρήνων στὸ κέντρο τῶν γαλαξιδῶν, γαλαξιδῶν τῶν ὁποίων ἡ φυσικὴ κατάστασις δὲν εἶναι ἀρκετὰ γνωστὴ ἀλλὰ στοὺς ὁποίους παρατηροῦνται πολὺ μεγάλες ταχύτητες, ἐρμηνεύεται γενικὰ ἀπὸ τὴν ὑπαρξὴ ἐκρηκτικῶν διαδικασιῶν ποὺ συνεπάγονται σημαντικὲς ἐνέργειες σὲ σχετικὰ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα. Μετὰ τὴν ἀνακάλυψη τῶν quasars, αὐτῶν τῶν ιδιαίτερα γοητευτικῶν ἀντικειμένων ποὺ ὅμως εἶναι ἀκόμα λίγα καὶ ἀτελῶς γνωστά, δὲν ἔπαψε νὰ διασαφηνίζεται ἡ ἐνδειξὴ ὅτι τὰ ἐκπεμπόμενα ραδιοκύματα ποὺ προέρχονται ἀπὸ τοὺς γαλαξίες θὰ μπορούσαν νὰ εἶναι ἀποτέλεσμα γοργῶν φυσικῶν διεργασιῶν ποὺ εἶναι λίγο ἢ πολὺ περαστικὲς στὴ «ζωὴ» αὐτῶν τῶν μεγάλων σχηματισμῶν. Εἶναι δύσκολο νὰ καθοριστοῦν οἱ κλίμακες τῶν ἀστροφυσικῶν χρόνων· ὥστόσο παραμένει ἐντυπωσιακὸ τὸ ὅτι ὡς τώρα ὅλες οἱ προσπάθειες στὴν κατεύθυνση αὐτὴ ἔδωσαν ἀποτελέσματα ποὺ, στὴν τάξιν μεγέθους τους, συγκλίνουν μὲ αὐτὸ τὸ εἶδος κοσμικοῦ μέτρου ποὺ συνάγεται ἀπὸ τὸ νόμο τοῦ Hubble — περίπου 13 δισεκατομμύρια ἔτη, ὅπως ἤδη εἶπαμε, καὶ ὅπως προκύπτει ἀπὸ ἕνα πρόσφατο ὑπολογισμὸ ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὸ ὄρος Palomar (Sandage, 1969). Σὲ μιὰ θεωρία (καὶ αὐτὸ συμβαίνει στὰ σχετικιστικὰ μοντέλα τῶν Friedman καὶ Robertson) στὴν ὁποία ὁλόκληρο τὸ σύμπαν ἐξελίχτηκε ξεκινώντας ἀπὸ μιὰ κατάστασις ἐντελῶς διαφορετικὴ ἀπὸ αὐτὴν ποὺ γνωρίζουμε τώρα, αὐτὴ ἡ συμφωνία ἀνάμεσα στὶς κλίμακες τοῦ ἀστροφυσικοῦ χρόνου καὶ στὴν κλίμακα τοῦ κοσμικοῦ χρόνου εἶναι ἐντελῶς φυσικὴ — ἐνῶ, ἀντίθετα, εἶναι ἐντελῶς ἀνεξήγητη στὴ θεωρία τῆς στατικῆς κατάστασις. Δὲν εἶναι λοιπὸν ἐκπληκτικὸ τὸ ὅτι τώρα, σαράντα χρόνια μετὰ τὸ ἀρχικὸ ἄτομο τοῦ Lemaitre, καταβάλλονται μεγάλες προσπάθειες γιὰ τὴν ἐρευνα πάνω στὶς ἀπαρχὲς τῆς διαστολῆς, δηλαδὴ σχετικὰ μὲ τὴν κατάστασις τῆς κοσμικῆς ὕλης στὴν περιοχὴ τῆς ἀρχικῆς ἀνωμαλίας. Πάνω σ' αὐτὸ τὸ πρόβλημα, οἱ ἀστροφυσικοὶ καὶ οἱ θεωρητικοὶ ὅλου τοῦ κόσμου ἀμιλλῶνται σὲ τόλμη καὶ φαντασία.

*Μετάφραση: Π.Χ.*

## Σημειώσεις

1. Εἶναι ἡ «τέλεια κοσμολογικὴ ἀρχὴ» (perfect cosmological principle) τῶν Bondi καὶ Gold, σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία «τὸ σύμπαν φαίνεται τὸ ἴδιο σὲ ὅλους τοὺς κοσμικοὺς χρόνους». Αὐτὴ εἶναι γενίκευσις καὶ ἐπαύξησις τῆς κοσμολογικῆς ἀρχῆς σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία ὑπάρχει ἕνας καθολικὸς ἢ

‘κοσμικός’ χρόνος πού χρησιμεύει ὡς συνιστώσα ἀναφορᾶς γιά τὸ σύμπαν ὡς ὁλότητα, καὶ τὸ σύμπαν ἔχει τὴν ἴδια ὄψη σὲ κάθε γαλαξία κατὰ τὴ στιγμή  $t$  τοῦ κοσμικοῦ χρόνου. (Βλ. Narlikar: *The Structure of the Universe* — Λονδίνο 1977, σελ. 118 - 139). [ΣτΜ].

2. Ἔτσι μεταφράζω τὸν ὄρο *singularité* πού, στὴν περίπτωση τῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων, ἀποδίδεται ὡς «ιδιάζουσα» λύση. [ΣτΜ].

3. Στὴ γιγαντιαία κλίμακα στὴν ὁποία ἐντάσσονται οἱ διαλογισμοὶ τῆς θεωρητικῆς κοσμολογίας, ἡ κοσμικὴ ὕλη εἶναι σὰν ἓνα «ρευστὸ» τοῦ ὁποίου τὰ μέρη θὰ ἦταν οἱ γαλαξίες.

4. Ἡ θεωρητικὴ ὑπαρξὴ μιᾶς φυσικῆς ἀνωμαλίας στὴν προέλευση τοῦ σύμπαντος, πού δὲν εἶναι ὁμοιογενές, ὅσο καὶ ταλαντώσεων του, φαίνεται νὰ ἐπιβεβαιώνεται ἀπὸ τὶς ἐργασίες τῶν Khalatnikov, Lifschitz καὶ Bieliniski, πού δημοσιεύτηκαν πρόσφατα.

5. Στὸ ἄρθρο του *La renaissance de la cosmologie d'observation*, στὸ *La Recherche*, ἀρ. 2, Ἰούνιος 1970, σ. 150 - 160. [ΣτΜ].

6. ὁ.π., σημ. 5.