

Η παιδική αρρώστια της κοσμολογίας: το θερμό Big Bang

Είναι μια γλυκιά μέρα. Από μακριά ακούγονται τα τζίτζικια. Από το ορθάνοιχτο παράθυρο, ανάμεσα απ' τα αιωνόβια κυπαρίσσια, έρχεται λαμπερό το φως του βουνού. Βρίσκομαι στο κρητικό σπίτι των φίλων μου, των Μπιτσάκηδων. Και στη διάρκεια μιας συζήτησης που διαρκεί χρόνια αποικοδομούμε και ανακατασκευάζουμε διαδοχικά τα κοσμολογικά οικοδομήματα που μας προτείνει η επιστημονική κοινότητα. Ένα σημαντικό δόγμα, το δόγμα της Μεγάλης Έκρηξης, του Big Bang, φαίνεται να δεσπόζει στη συζήτηση. Σε εκλαϊκευτικά περιοδικά, στην τηλεόραση, σε συνέδρια, παντού, βλέπει κανείς να αραδιάζονται οι διαδοχικές μεταμορφώσεις του σύμπαντος, το οποίο παρασύρεται σε μια άπειρη διαστολή που αναπόδραστα ακολούθησε τη Μεγάλη Έκρηξη. Είναι επίσης ο θύρβος των ΜΜΕ ο οποίος συνοδεύει τα εγκαίνια του LHC (Large Hardon Collider) στο CERN στη Γενεύη, ενός αναμφισβήτητα σημαντικού και αναγκαίου πειράματος, το οποίο όμως θεωρείται από πολλούς ερευνητές, μέσα στην οπτική ενός επαληθευμένου Big Bang ως καθολική γέννηση όλων όσων γνωρίζουμε. Ένα δόγμα, θα έλεγε κανείς, χωρίς αμφισβήτηση. Πράγματι: Οι αιρετικοί οι οποίοι αρνούνται το δόγμα της κοσμολογικής Έκκλησίας, αποκλείονται από τα συνέδρια. Οι «ειδικοί» των εξειδικευμένων περιοδικών απορρίπτουν τα άρθρα τους. Οι δημοσιογράφοι προτιμούν την πλαστή λάμψη των κοσμολογιών που προκύπτουν από το Big Bang... Κι αυτό, ενώ το κοινό αγνοεί ότι υπάρχουν πολυάριθμα επιχειρήματα εναντίον αυτών των κοσμολογιών και ότι έχουν προταθεί διαφορετικές κοσμολογίες, εξίσου ικανοποιητικές από επιστημονική άποψη, και οι οποίες δεν περιλαμβάνουν διόλου μια δημιουργία του Σύμπαντος¹, μια αρχική Μεγάλη Έκρηξη που προήλθε από το χέρι κάποιου πλατωνικού («δημιουργού»).

Η ιστορία είναι απλή.

1. Το ακίνητο Σύμπαν του Αριστοτέλη

Μέχρι τα νεότερα χρόνια, το σύμπαν το οποίο παρατηρούμε (και εκείνο που δεν παρατηρούμε ακόμα, αλλά επίσης και το Σύμπαν με κεφαλαίο, το Παν, που από τη φύση του είναι μη παρατηρήσιμο) θεωρούνταν ακίνητο, οποιαδήποτε κι αν ήταν η ιδέα για την προέλευσή του. Ο υποσελήνιος κόσμος, βεβαίως, θεωρούνταν ο κόσμος της ανάδυσης και των καταστροφών, της φθοράς, ο κόσμος της ζωής και του θανάτου. Αλλά ο υπερσελήνιος κόσμος, ο κόσμος των άστρων, είναι κατά τον Αριστοτέλη αιώνιος, αμετάβλητος.

Η απλοϊκή αυτή άποψη ανατράπηκε δύο φορές από τον Δανό αστρονόμο Τύχο Μπραχέ. Κατ' αρχήν ο Μπραχέ ανακάλυψε στις 11 Νοεμβρίου του 1572 ένα νέο άστρο στον αστερισμό της Κασσιόπης. Ο Μπραχέ απέδειξε ότι η απόστασή του ήταν η τυπική απόσταση των αστερών. Κατόπιν, το 1577 παρατήρησε έναν κομήτη, φαινόμενο που δεν είχε προβλεφθεί, και ο οποίος μέχρι τότε θεωρούσαν ότι βρισκόταν κοντά στη Γη. Όμως χάρη στην ακρίβεια των πολυάριθμων παρατηρήσεων του και την αυστηρότητα των υπολογισμών του, ο Τύχο απέδειξε ότι η απόσταση του κομήτη από τη Γη είναι τουλάχιστον έξι φορές μεγαλύτερη από την απόσταση της Σελήνης. Συνεπώς ο κόσμος των άστρων εξελίσσεται, ενίοτε με τρόπο καταστροφικό, όπως και ο γήινος κόσμος μας.

2. Το στάσιμο Σύμπαν του Νεύτωνα και του Αϊνστάιν

Όμως πρόκειται για φαινόμενα κατά κάποιον τρόπο τοπικά. Οι πλανήτες και η Σελήνη, όπως και η Γη, περιστρέφονται χωρίς τέλος πάνω στις τροχιές τους. Τα άστρα κατέχουν σταθερές θέσεις στον ουρανό. Και αν ενίοτε η λάμψη τους μεταβάλλεται, πρόκειται απλώς για σημεία σε ένα απέραντο και ουσιαστικά ακίνητο σύμπαν – το σύμπαν του Αριστοτέλη. Σ' αυτό το σύμπαν ενεργεί η ελκτική δύναμη της παγκόσμιας έλξης του Νεύτωνα. Και το σύμπαν αυτό είναι επίσης το Σύμπαν του Αϊνστάιν, μετά από 25 αιώνες. Ωστόσο στην εποχή του Αϊνστάιν η φυσική – η φυσική των εργαστηρίων μας – ακόμα και αυτή του ηλιακού συστήματος, είχε προοδεύσει σημαντικά. Ο Αϊνστάιν, με αφετηρία τις παρατηρήσεις του Michelson, είχε δημιουργήσει το οικοδόμημα της Σχετικότητας, αρχικά την «Ειδική» για τις ομοιόμορφες κινήσεις, και κατόπιν τη «Γενική» Σχετικότητα. Ο Αϊνστάιν διατύπωσε τις εξισώσεις οι οποίες ισχύουν σε κάθε σημείο και σε κάθε στιγμή, και που επρόκειτο να αντικαταστήσουν την εξίσωση της παγκόσμιας έλξης ενσωματώνοντάς την. Η σταθερά G της παγκόσμιας έλξης, η οποία ενυπάρχει στη νευτώνεια μηχανική, ενυπάρχει επίσης στη φυσική του Αϊνστάιν. Εδώ όμως παρεμβαίνει και η ταχύτητα του φωτός C , η δεύτερη «παγκόσμια σταθερά» της φυσικής και της κοσμολογίας.

Σύμφωνα με τις εξισώσεις αυτές, η απόσταση d ανάμεσα σε δύο υλικά σώματα είναι συνάρτηση του χρόνου. Η λύση των εξισώσεων αποδεικνύει ότι η απόσταση αυτή δεν μπορεί να είναι σταθερή, ως αν η ύλη να ήταν παντού αναγκασμένη να καταρρέει πάνω στον εαυτό της. Γενικά, αν εφαρμόσουμε αυτή τη λύση στο Σύμπαν, σε ένα σύμπαν ομοιόμορφης πυκνότητας και ισότροπο (η απλοποίηση αυτή είναι μαθηματικά αναγκαία για να καταλήξουμε σε μια ρητή λύση), τότε η απόσταση ανάμεσα σε οποιοδήποτε ζεύγος μαζικών σημείων μειώνεται με το χρόνο. Ο Αϊνστάιν, αριστοτελικός των συμπληρώνει λοιπόν τις εξισώσεις του χάρη σε μια κοσμολογική σταθερά Λ (άλλη παγκόσμια σταθερά), έτσι ώστε οι αποστάσεις να παραμένουν σταθερές και το Σύμπαν να είναι τέλεια στάσιμο.

Αυτά γινόταν το 1917, σχεδόν έναν αιώνα πριν.

3. Το διαστελλόμενο Σύμπαν

Σ' αυτό το σημείο παρεμβαίνουν δύο ομάδες ερευνητών, οι οποίες συνεχίστηκαν μέχρι τη δεκαετία του 1940.

Κατ' αρχήν, οι οπαδοί της Φυσικής του Αϊνστάιν, που αναζητούν γενικότερες λύσεις των εξισώσεων του: Παρέμεναν στο αυστηρό περιοριστικό πλαίσιο της λεγόμενης υπόθεσης της «τέλειας κοσμολογικής αρχής», δηλαδή της ομοιογένειας και της ισοτροπίας σε όλα τα σημεία και σε όλες τις στιγμές του Σύμπαντος. Χωρίς να προσδώσουν στην κοσμολογική αρχή τον απόλυτο χαρακτήρα που της απέδιδε ο Αϊνστάιν, ο Φρήντμαν και κατόπιν ο Λεμαίτρ κατέληξαν σε οικογένειες κοσμολογικών προτύπων σύμφωνα με τα οποία η απόσταση ανάμεσα σε κάθε ζεύγος υλικών σημείων αυξάνει (διαστολή) ή μειώνεται (συστολή) με το χρόνο. Τα πρότυπα αυτά, τροποποιημένα στις λεπτομέρειες (βλ. παρακάτω παρ. 5) έχουν όλα τα ίδια χαρακτηριστικά: το ιδίομορφο σημείο (point singulier) της απαρχής τους. Όλα περιλαμβάνουν το αξίωμα του Αϊνστάιν για την ομοιογένεια και την ισοτροπία του Σύμπαντος. Όλα δέχονται ότι στη γειτονία αυτού του ιδίομορφου σημείου η έννοια του «χρόνου» διατηρεί το νόημά της. Όλα δέχονται ότι είναι δυνατόν να περιγράψουμε το Σύμπαν, και όχι μόνο το παρατηρήσιμο σύμπαν, με τη λύση των εξισώσεων της Γενικής Σχετικότητας.

Παράλληλα εξελίσσονται οι έρευνες των γαλαξιών χάρη στη χρήση όλο και πιο ισχυρών τηλεσκοπίων, αλλά και τις όλο και πιο λεπτές φασματοσκοπικές αναλύσεις. Έτσι ο Slipher απέδειξε ότι το φάσμα των λιγότερο λαμπρών, άρα των περισσότερο μακρινών, γαλαξιών είναι μετατοπισμένο προς το ερυθρό κατά μια ποσότητα $\Delta\lambda$. Σήμερα ξέρουμε ότι οι γαλαξίες βρίσκονται έξω από τον δικό μας Γαλαξία (τη Voie Lactée). Ο Χαμπλ απέδειξε ότι αυτή η «μετατόπιση προς το ερυθρό» $Z = \Delta\lambda$ (αγγλικά redshift) είναι συνάρτηση της απόστασης

d του γαλαξία-πηγής του αναλυόμενου φωτός. Κατά τον Lundmark πρόκειται για συνάρτηση. Ο Χαμπλ διαμόρφωσε μια μέθοδο υπολογισμού της απόστασης των γαλαξιών και απέδειξε ότι η μετατόπιση είναι γραμμική συνάρτηση $Z = Hd$ της απόστασης, όπου H είναι η «σταθερά του Χαμπλ». Εντούτοις η μετατόπιση ενός φάσματος προς το ερυθρό αποδεικνύεται απλώς στην κλασική φυσική χάρη στο φαινόμενο Ντόπλερ-Φιζώ, το οποίο μελετήθηκε συστηματικά τον 19ο αιώνα. Μια φασματική μετατόπιση προς το ερυθρό συνδέθηκε τότε με την ταχύτητα απομάκρυνσης του γαλαξία-πηγής του φωτός. Μ' αυτή την ερμηνεία μπορούμε να πούμε ότι οι γαλαξίες απομακρύνονται από εμάς με ταχύτητα ανάλογη με την απόσταση και ότι απομακρύνονται μεταξύ τους με ταχύτητα ανάλογη με την απόσταση που τους χωρίζει. Συνεπώς, το παρατηρούμενο σύμπαν θα βρισκόταν σε κατάσταση διαστολής. Οι ταχύτητες των πιο μακρινών γαλαξιών που μελετήθηκαν από τον Χαμπλ ήτανε, το πολύ, της τάξεως κάποιων δεκάδων χιλιάδων χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο, δέκα φορές μικρότερες από την ταχύτητα των φωτός. Η ταχύτητα αυτή ήταν ήδη αξιοσημείωτη, τόσο αξιοσημείωτη, ώστε ο ίδιος ο Χαμπλ και ο συνάδελφός του Τόλμαν μιλούσαν πάντα για «φαινόμενη ταχύτητα», πράγμα που συνεπάγεται ότι διέβλεπαν τη δυνατότητα για μετατοπίσεις προς το ερυθρό, που δεν θα οφείλονται στο φαινόμενο Ντόπλερ-Φιζώ. Αλλά η επιστημονική κοινότητα, μη έχοντας άλλη ερμηνεία από το φαινόμενο Ντόπλερ, δέχτηκε –και αυτό έγινε μη αμφισβητήσιμο δόγμα– ότι το Σύμπαν βρίσκεται σε διαστολή. Οι μαθητές και οι διάδοχοι του Χαμπλ διευρύνουν μέχρι σήμερα τις μετρήσεις και φθάνουν σε ταχύτητες πολύ παραπλήσιες με την ταχύτητα του φωτός. Το Σύμπαν διαστέλλεται με ομοιόμορφη ταχύτητα 71 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, για μια απόσταση ενός μεγαπαρσέκ (1 Mpc = 1 εκατ. parsecs· 1 παρσέκ είναι ίσο με 3,262 έτη φωτός ή περίπου 30. 857.000.000.000 χιλιόμετρα).

Συνεπώς το παρατηρούμενο σύμπαν (σύμφωνα με τις μελέτες που σημειώσαμε) βρίσκεται σήμερα σε διαστολή. Αυτό σημαίνει ότι πριν από χίλια χρόνια ήτανε περισσότερο πυκνό. Πριν από εκατομμύρια χρόνια, ήτανε ακόμα πιο πυκνό. Αλλά τότε τίθεται το ερώτημα: πώς ήταν άλλοτε; Μπορούμε να ανατρέξουμε τη διαστολή μέσα στο χρόνο με μια απλή υπόθεση: την ομοιόμορφη διαστολή, ανάλογη με το χρόνο. Καταλήγουμε τότε ότι το Σύμπαν, στο χρόνο $t_0 = 1/H$ πριν από σήμερα ήταν ΑΠΕΙΡΑ πυκνό. Κατά τη φυσική το άπειρα πυκνό έπρεπε να είναι και άπειρα θερμό. Αλλά οι θεωρίες των Φρήντμαν και Λεμαίτρ συνεπάγονται επίσης ότι το ομογενές και ισότροπο Σύμπαν πέρασε από ένα ιδιόμορφο (ανώμαλο, singulier) σημείο (το πρωταρχικό άτομο του Λεμαίτρ), λύση αναγκαία των εξισώσεων τους, σε κάποιο χρόνο t_1 πριν από σήμερα. Πρόκειται για μια εύλογη ερμηνεία της σημερινής διαστολής, την οποίαν επιτρέπουν τα κοσμολογικά πρότυπα. Με τις σημερινές τιμές των μετρήσεων, βρίσκουμε

ως «ηλικία του Σύμπαντος»), $t_i = 13,6$ δισ. έτη. Πριν από 13,6 δισ. έτη το άπειρα πυκνό σύμπαν ξεκίνησε τη ζωή του με μια εξαιρετικά ταχεία διαστολή. Πρόκειται γι' αυτό που ονομάζεται σήμερα Big Bang², Μεγάλη Έκρηξη, γέννηση του Σύμπαντος. Και «πριν»; Το ερώτημα αυτό οφείλει να τεθεί και οι κοσμολόγοι δεν δίνουν απάντηση. Πράγματι, πώς να ορίσεις (και να μετρήσεις) το χρόνο σ' αυτές τις άπειρα ακραίες συνθήκες (αν θα τολμούσαμε να πούμε); Και τότε, αμέσως μετά το Big Bang, πώς να ορίσουμε (και να μετρήσουμε) το χρόνο; Πριν και μετά, το πρόβλημα είναι ίδιο.

4. Το Big Bang

Εν πάση περιπτώσει, στα τέλη της δεκαετίας του 1940 ο Γκάμοφ και οι συνάδελφοί του Χέρμαν και Άλφερ μελετούσαν τις φυσικές συνθήκες από το ιδίομορφο σημείο των προτύπων και μετά. Ποιο είδος φυσικής θα μπορούσε να περιγράψει αυτό που συμβαίνει στο μηδαμινό κλάσμα του δευτερολέπτου ή στη διάρκεια μερικών λεπτών που ακολούθησαν αυτό το αναγκαστικά θερμό ανώμαλο σημείο; Σ' αυτό το εντελώς ιδίομορφο εργαστήριο ο Γκάμοφ, ειδικός στις πυρηνικές αντιδράσεις, αναζητούσε με αφετηρία τα στοιχειώδη σωματρία (πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια) την ολότητα των στοιχείων που παρατηρούνται στο σύμπαν με τις αναλογίες που πράγματι παρατηρούνται. Η ταχύτατη ψύξη του μείγματος σταθεροποιεί αυτή τη στοιχειώδη σύνθεση, όπως η «βαφή» στη μεταλλουργία. Η στιγμή T της εν λόγω «βαφής» αντιστοιχεί στο διαχωρισμό ανάμεσα στην ενέργεια της ύλης και την ενέργεια της ακτινοβολίας. Και καθώς, απ' αυτή τη στιγμή, η ακτινοβολία δεν σταματά να αραιώνει εξαιτίας της διαστολής, η σημερινή τιμή της αντιστοιχεί σε μια «ακτινοβολία μέλανος σώματος», της οποίας μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία, μια θερμική ακτινοβολία του βάθους του ουρανού, παρατηρήσιμη στην περιοχή των μικροκυμάτων (χιλιοστομετρικών και εκατοστομετρικών). Πρόκειται για την MBR (Microwave Background Radiation – Ακτινοβολία Μικροκυμάτων Βάθους). Οι Γκάμοφ, Άλφερ και Χέρμαν δίνουν τιμές (Πίνακας 1) οι οποίες εκτείνονται από μερικά δέκατα μέχρι μερικές δεκάδες βαθμούς. Τα τελευταία κείμενα του Γκάμοφ ανάγονται στο 1954. Η επιστημονική κοινότητα ήταν τότε επιφυλακτική ως προς την κατασκευή του Γκάμοφ και των φίλων του. Ένας σκεπτικισμός τόσο εύλογος, ώστε ο Χούλ ειρωνεύτηκε αυτή τη φαντασμαγορία. Ο ίδιος βάφτισε ειρωνικά το οικοδόμημα του Γκάμοφ με το όνομα «Big Bang». Παρά ταύτα, η λέξη που ήθελε να γελοιοποιήσει αυτή τη θεωρία δεν ήταν άσχετη με την επιτυχία της.

Έκτοτε οι ενθουσιώδεις οπαδοί του Big Bang είναι οι πιο πολυάριθμοι. Ήδη από το 1951 ο Πάπας Πίος ΙΒ', σε ένα κείμενο που διαδόθηκε πλατιά, και που

ουσιαστικά επαναλήφθηκε το 1952 μπροστά σε ένα ακροατήριο αστρονόμων (ένα κείμενο που η επίδρασή του ακόμα και στους επιστήμονες είναι βέβαιη), ταύτιζε το Big Bang με το *fiat lux* των Γραφών. Οι σκεπτικιστές αποτελούν μειοψηφία. Οι περισσότεροι δέχονται τη διαστολή ως γεγονός, αλλά αρνούνται μια προεκβολή, η οποία τους φαίνεται ότι στηρίζεται σε ρισκοκίνδυνη φυσική (όπως οι Μπόντι, Γκολντ, Χόουλ). Άλλοι αρνούνται ακόμα και τη διαστολή (όπως ο Zwicky, ο Findlay-Freundlich, ο Μαξ Μπορν ή ο συγγραφέας αυτού του άρθρου) και ορισμένοι δέχονται παρά ταύτα μια ακτινοβολία βάθους του ουρανού όπως η MBR. Ακόμα και άλλοι, περισσότερο φιλόσοφοι παρά αστρονόμοι ή φυσικοί, αρνούνται ακόμα και την ιδέα να μιλάμε για «χρόνο», σε συνθήκες που η μέτρησή του είναι ανέφικτη, να μιλάμε για Σύμπαν ενώ δεν παρατηρούμε παρά μια μικρή γωνία του, να υποθέτουμε ότι το σύμπαν είναι ομοιογενές και ισότροπο, απέναντι στη μαρτυρία των αστρονομικών παρατηρήσεων. Αλλά, παρά τις φωνές αυτές της αμφιβολίας, το Big Bang έγινε στις αρχές του 21ου αιώνα αδιαμφισβήτητο δόγμα (dogme intouchable). Δόγμα θεμελιωμένο σε ένα πιο περιορισμένο δόγμα, αυτό της διαστολής, και σε ένα δόγμα περισσότερο φιλοσοφικό: μπορούμε να μιλάμε για το Χώρο και το Χρόνο (ευκλείδειους ή ρημάνειους) χωρίς να ορίζουμε τους περιορισμούς των ορισμών, ως αν οι μαθηματικές αυτές έννοιες να μπορούσαν να περιγράψουν τέλεια τον πραγματικό κόσμο.

Το Big Bang είναι γοητευτικό. Κατά συνέπεια, γοητεύει. Όταν το 1964 οι Πενζίας και Γούιλσον, οι οποίοι τυχαία ανακάλυψαν την ακτινοβολία βάθους του ουρανού, δημοσίευσαν, με τη σύσταση του Ντίκε και του Πημπλς την ανακάλυψή τους, το ζήτημα θεωρήθηκε λήξαν. Το Big Bang θριάμβευσε εφόσον επαληθεύθηκαν³ οι προβλέψεις του Γκάμοφ και των φίλων του, τουλάχιστον ποιοτικά. Έκτοτε δεν παρέμενε παρά μόνο το ζήτημα ενός CMBR, ή CMR (Cosmological Microwave Radiation). Το ότι αυτή η ακτινοβολία είχε κοσμολογική σπουδαιότητα φαινόταν σαν κάτι το προφανές.

Εντούτοις η βιβλιογραφία από τις αρχές του περασμένου αιώνα πρόσφερε πολλά διαφορετικά παραδείγματα (Guillaume, Nernst, Regener, Eddington, πριν από τους Findlay-Freundlich και Born, που ήδη αναφέρθηκαν, Πίνακας II) που προβλέψανε την ύπαρξη μιας ακτινοβολίας βάθους του ουρανού, σε ένα στάσιμο σύμπαν, με εκτίμηση της θερμοκρασίας του, της τάξεως μερικών απόλυτων βαθμών. Κατ' ανάγκην, πράγματι, η ακτινοβολία αστρικής προέλευσης οφείλει να βρίσκεται τοπικά σε ισορροπία με το περιβάλλον, το οποίο συνεπώς προσλαμβάνει αυτή την ακτινοβολία και οφείλει και το ίδιο να ακτινοβολεί. Όμως οι εργασίες αυτές δημοσιεύθηκαν σε περιοδικά με μικρή κυκλοφορία και δεν διαδόθηκαν από τα MME, όπως οι εργασίες του Γκάμοφ. Έτσι, κανείς δεν τις γνώριζε.

5. Το πρότυπο συμβιβασμού (*modèle de concordance*)

Από το 1974 τα πράγματα, παρά τα φαινόμενα, προχώρησαν κάπως. Από την πλευρά των θεωρητικών προτύπων, έγιναν αντιληπτές πολυάριθμες φυσικές δυσκολίες, συνδεδεμένες με τις πρώτες στιγμές του Big Bang. Εδώ δεν θα υπεισέλθουμε στις λεπτομέρειες. Αρκεί να γνωρίζουμε ότι, για καθεμιά απ' αυτές τις δυσκολίες, οι θεωρητικοί εύρισκαν μια λεπτή απάντηση. (I) Η ισορροπία της ακτινοβολίας βάρθους που παρατηρείται αντιφάσκει με τον περιορισμένο ορίζοντα των προτύπων τύπου Λεμαίτρ – Φρήντμαν του Big Bang. Η εισαγωγή του «πληθωρισμού» (ταχύτατη περίοδος διαστολής, χωρίς θερμοδυναμική ισορροπία) επιτρέπει να δικαιολογηθεί αυτή η ισοτροπία. (II) Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωματιών, στις τεράστιες ταχύτητες που συνεπάγονται οι γιγαντιαίες θερμοκρασίες οι οποίες υποτίθεται ότι υπήρχαν λίγο μετά το Big Bang, θέτουν προβλήματα άλυτα για την κλαστική φυσική. Διατυπώθηκαν θεωρίες που συνεπάγονται «αστροσωμάτια», και η υποθετική εισαγωγή της «Μεγάλης Ενοποίησης» των τεσσάρων θεμελιωδών δυνάμεων της φυσικής (GUT, ή «Grand Unification Theory») επιτρέπει καλύτερα τη διατύπωση δημιουργίας των μικροσωματιών. (III) Το Big Bang των Φρήντμαν – Λεμαίτρ – Γκάμοφ συνεπάγεται άπειρες πυκνότητες και άπειρες θερμοκρασίες που χαρακτηρίζουν το ιδιόμορφο σημείο των προτύπων. Το Σύμπαν, πριν από κάποιο πάρα πολύ μικρό χρόνο (το «Χρόνο Πλανκ»), κυριαρχείται από την κβαντική φυσική και οι νόμοι της συνήθους αιτιότητας παραβιάζονται. Η θεωρία των «χορδών» επιτρέπει τότε να απαλλαγούμε από τα παράδοξα που συνδέονται με την άπειρη πυκνότητα της ύλης. (IV) Η ανάγκη να συμφιλωθεί η πυκνότητα ύλης που απαιτείται από τα πρότυπα με τις παρατηρήσεις απαιτεί την εισαγωγή μιας «σκοτεινής ύλης». (V) Και ο ρυθμός διαστολής ο οποίος συνάγεται από τις παρατηρήσεις υπερκαινοφανών (supernovae) στους μακρινούς γαλαξίες επιβάλλει την εισαγωγή μιας «μαύρης ενέργειας»: επίκυκλοι, κατά τον Narlikar, που αναφέρονται στις διαδοχικές βελτιώσεις του συστήματος του Πτολεμαίου με γεωμετρικές κατασκευές επιδέξιες μεν και αποτελεσματικές, αλλά που συνεπαγόταν υπερβολικό βαθμό αυθαιρεσίας, με στόχο να σωθεί μια περιγραφή απλή, αν όχι απλοϊκή: αυστηρός γεωκεντρισμός για τους διαδόχους του Πτολεμαίου μέχρι τον Κοπέρνικο. Το Big Bang για τους διαδόχους του Γκάμοφ.

Παράλληλα μ' αυτές τις ωραίες θεωρητικές, περισσότερο φυσικές και μάλιστα μαθηματικές παρά αστροφυσικές κατασκευές, η παρατήρηση προχωρούσε προς διάφορες κατευθύνσεις. Μια από τις πιο αξιοσημείωτες προόδους ήταν η εξερεύνηση της ακτινοβολίας μικροκυμάτων του βάρθους του ουρανού (MBR) με τους δορυφόρους COBE και WMAP. Θα πρέπει κατ' αρχήν να διορθωθεί ο προφανής διπολικός όρος που οφείλεται στην κίνηση της Γης (συνεπώς του Ηλίου)

σε σχέση με την πηγή της ακτινοβολίας. Θα πρέπει στη συνέχεια να απαλειφθούν τα παράσιτα των δεδομένων από τις περιοχές του Γαλαξία μας (του δικού μας, με Γ κεφαλαίο) που ακτινοβολούν σ' αυτή την περιοχή μήκους κύματος (όπως ένα μέλαν σώμα με θερμοκρασία μερικών χιλιάδων απόλυτων βαθμών, αλλά έντονα «αραιωμένο»). Παραμένει τότε μια ακτινοβολία αρκετά ομοιογενής και ισότροπη, με θερμοκρασία 2.726°K , η οποία παρουσιάζει διακυμάνσεις κατώτερες από $0,001 \text{K}$. Η αρμονική ανάλυση αυτών των διακυμάνσεων επιτρέπει να καταλήξουμε σε δεσπόζουσες χωρικές συχνότητες. Οι συγγραφείς αυτών των εργασιών, όπως όλοι οι δημιουργοί «συμπαντικών μοντέλων» του τύπου Big Bang, συνάγουν απ' αυτό ιδιότητες της κατανομής ύλης κατά τη στιγμή του διαχωρισμού ύλης και ακτινοβολίας, και διακρίνουν σ' αυτές τις διακυμάνσεις τα σπέρματα αυτού που αργότερα θα γίνει σμήνη γαλαξιών και γαλαξίες.

Άλλες παρατηρήσεις έρχονται να συμπληρώσουν αυτά τα καλώς αποδεκτά δεδομένα. (I) Το δεδομένο του γραμμικού χαρακτήρα της σχέσης του Χαμπλ, ο οποίος επιβεβαιώνεται απ' όλους τους μαθητές και διαδόχους του (Mayall, Humason, Sandage, Tammann) και (II) το δεδομένο της αφθονίας των στοιχείων στα άστρα και στους γαλαξίες, και κυρίως των ελαφρών, του υδρογόνου και του ηλίου.

Κατ' αρχήν, τα μέσα παρατήρησης προόδευσαν σημαντικά κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Από τα τηλεσκόπια-γίγαντες του Παλομάρ ή του Zelentchuk (αντίστοιχα με 5 και 6 μέτρα διαμέτρου), περάσαμε στα τηλεσκόπια της Χαβάης ή της ESO, στη Χιλή (συστοιχίες τηλεσκοπιών 8 μέτρων) και οσονούπω σε τηλεσκόπια ακόμα πιο γιγαντιαία. Οι λεπτές τεχνικές βελτίωσης της ποιότητας των εικόνων από την ενεργό και την προσαρμοστική οπτική, όπως και η χρήση οπτικών ινών, πολλαπλασίασαν αυτές τις δυνατότητες. Και η εκμετάλλευση, σε τεράστιες περιοχές μήκους κύματος, δορυφόρων όπως ο Ίππαρχος ή ο HST (Hubble Space Telescope), ο COBE ή ο WMAP, και άλλοι που έχουν ήδη αξιοποιηθεί, αξιοποιούνται ή σχεδιάζονται, πολλαπλασιάζει τα δεδομένα για τους αστέρες, τους γαλαξίες, τα κβάζαρες.

Έτσι, ο αριθμός των γνωστών γαλαξιών αυξήθηκε σημαντικά. Οι αποστάσεις τους μετρήθηκαν. Η φασματική μετατόπιση των πιο απομακρυσμένων μετράται με $Z = 1... 2... 10$. Για να γνωρίζουμε την ταχύτητα διαφυγής, θα πρέπει να διορθώσουμε τον κλασικό τύπο του Ντόπλερ-Φιζώ, έτσι ώστε να συμπεριλάβουμε τη σχετικότητα του Αϊνστάιν.

Βρίσκουμε τότε πολύ ενδιαφέροντα, ακόμα και κάπως παράξενα αποτελέσματα. Η κατανομή των γαλαξιών εμφανίζεται πολύ ακανόνιστη. Σε μεγάλη κλίμακα οι γαλαξίες σχηματίζουν κάτι σαν πελώριο δίκτυο, όπου τεράστιες περιοχές κενού περιορίζονται από διαχωριστικούς τοίχους αποτελούμενους από γαλα-

ξίες, οι οποίοι κόβονται σε γραμμές, «υπερχορδές» που σχηματίζονται από γαλαξίες, οι οποίες με τη σειρά τους τεμαχίζονται σε σημαντικά σμήνη γαλαξιών. Στην πραγματικότητα υπάρχει μια ιεραρχική κατανομή των δομών (την οποία είχαν προαισθανθεί ήδη από τον 17ο αιώνα!) η οποία ακολουθεί ένα νόμο κατανομής Φράκταλ. Όπως απέδειξε ο de Vaucouleurs, πρόκειται (τουλάχιστον μεταξύ της κλίμακας D αστρικών διαστάσεων και της κλίμακας D υπερσμηνών γαλαξιών) για ένα νόμο ρ (πυκνότητας) = D. Και τότε τίθεται ένα πρόβλημα που δεν έχει λυθεί: πώς να ενσωματώσουμε αυτό το γεγονός παρατήρησης στις εξισώσεις του Σύμπαντος της Γενικής Σχετικότητας; Οι ερευνητές έχουν λύσει αυτές τις εξισώσεις με απλές κατανομές πυκνότητας. Αλλά με κατανομή Φράκταλ; Δεν ξέρουμε. Και τότε συνήθως ξεπερνάμε τη δυσκολία υποθέτοντας (εμμέσως, φυσικά!) ότι σε πολύ μεγάλη κλίμακα η κατανομή της ύλης πρέπει να είναι ομοιόμορφη. Στην πραγματικότητα δεν γνωρίζουμε τίποτα ως προς αυτό. Σε πάρα πολύ μεγάλη κλίμακα, η μέση πυκνότητα του εξερευνησίμου σύμπαντος (αλλά όχι ακόμα εξερευνημένου) είναι ίσως ακόμα μικρότερη από αυτήν που σήμερα ει-σάγουμε στα πρότυπα για το Σύμπαν.

Άλλη παρατήρηση, που θα ενίσχυε μάλλον το Big Bang: φαίνεται ότι οι πιο μακρινοί γαλαξίες ($Z(2>5)$) έχουν λιγότερο άφθονο ήλιο, πράγμα που θα υποδήλωνε μεγαλύτερη «νεότητα». Πράγματι, πιο μακριά παρατηρούμε ένα Σύμπαν με ηλικία όχι 13,6 δισ. έτη, όπως περίπου ο Γαλαξίας μας, αλλά 10 ή μόνο 5 δισ. έτη, ή ακόμα λιγότερα. Αυτοί οι πολύ μακρινοί γαλαξίες θα ήταν συνεπώς λιγότερο εξελιγμένοι από τους γαλαξίες που παρατηρούμε κοντά στον δικό μας.

Άλλη παρατήρηση η οποία θα έθετε μάλλον νέα προβλήματα: Η ανακάλυψη παράξενων αστέρων, των κβάζαρς (Quasi Stellar Astronomical Radio Sources), που είναι πηγή έντονης ραδιοηλεκτρικής ακτινοβολίας, και των οποίων η φασματική μετατόπιση Z προς το ερυθρό είναι συχνά πολύ μεγάλη. Μεγάλες θεωρίες περιγράφουν την υποτιθέμενη Φυσική των Κβάζαρς: γύρω από μια καρδιά, η οποία θα ήταν μια υπέρπυκνη μαύρη τρύπα, ένας δίσκος με πολύ εκτεταμένη περιοχή, που συμπυκνώνεται και πλαταίνει κατά τον ισημερινό γύρω από τον άξονα περιστροφής του κβάζαρ, ενώ η ύλη εξακοντίζεται βίαια στο χώρο από τις περιοχές των πόλων. Εντούτοις η περιγραφή αυτή, που φαίνεται να έχει εσωτερική συνοχή, δεν είναι ίσως η μόνη. Τα φασματογραφικά δεδομένα είναι σπάνια και επιτρέπουν διαφορετικούς δυνατούς τρόπους περιγραφής των κβάζαρς. Αλλά κανείς φασματογραφικός χαρακτήρας δεν επέτρεψε μέχρι σήμερα τον προσδιορισμό της απόστασής τους. Υποτίθεται λοιπόν ότι η τιμή της φασματικής μετατόπισης Z είναι ένα τέτοιο μέτρο, όπως και για τους πιο μακρινούς γαλαξίες. Ένα κβάζαρ, κατά συνέπεια, θα βρισκόταν στην ίδια απόσταση με τους γαλαξίες που έχουν την ίδια φασματική μετατόπιση.

Όμως μια σπουδαία ανακάλυψη (κεφαλαιώδης κατά τον συγγραφέα αυτού του

κειμένου) είναι η ανακάλυψη «ανώμαλων μετατοπίσεων προς το ερυθρό» (redshifts anormaux) η οποία οφείλεται στον Halton Arp. Από το 1972 ο Arp δημοσίευσε δεκάδες παραδείγματα ενός αξιοσημείωτου φαινομένου: τη συχνή φυσική σύνδεση δύο αντικειμένων, ενός κανονικού γαλαξία μικρής φασματικής μετατόπισης και ενός κβάζαρ με μεγάλη φασματική μετατόπιση. Η σύνδεση (association) αυτή αποδείχτηκε όχι μόνο με τις φαινόμενες κοντινές θέσεις τους στον ουρανό αλλά και από υλικούς βραχιόνες που τους χώριζαν. Η ανακάλυψη αυτή αποσιωπήθηκε ολοκληρωτικά από την πλειονότητα των κοσμολόγων. Αλλά αυτή δεν θέτει σε αμφισβήτηση την ερμηνεία της φασματικής μετατόπισης ως φαινομένου Ντόπλερ; Δύο αντικείμενα βρίσκονται στην ίδια απόσταση από εμάς. Κατά συνέπεια η διαστολή θα έπρεπε να τα παρασύρει με την ίδια ταχύτητα, και θα έπρεπε και τα δύο να παρουσιάζουν την ίδια φασματική μετατόπιση – το ίδιο «redshift». Η ανακάλυψη του Arp θα συνεπαγόταν μάλλον ότι τα κβάζαρς εξακοντίζονται από τους γαλαξίες, και ότι το κλασικό μοντέλο της φυσικής τους (που περιγράφηκε προηγουμένως) θα πρέπει να αναθεωρηθεί. Όποια και να είναι η φυσική αιτία της φασματικής μετατόπισης των κβάζαρς, δεν είναι το φαινόμενο Ντόπλερ-Φιζώ! Η ανακάλυψη αυτών των «ανώμαλων μετατοπίσεων» ενισχύθηκε με την παρατήρηση, στη γειτονία του Ήλιου, διαφόρων φαινομένων που μελετήθηκαν από τον Πεκέρ, τον Vigier, και τους συνεργάτες τους. Προς την ίδια κατεύθυνση οδηγούν η ανακάλυψη από τον Tifft και αργότερα από τους Napier και Gurthie, λεπτών περιοδικοτήτων στην κατανομή των μετατοπίσεων προς το ερυθρό, γαλαξιών οι οποίοι ανήκουν σε ένα και το αυτό σμήνος γαλαξιών, καθώς επίσης και η ανακάλυψη από τον Karlsson και κατόπιν από τον Depaquit, *et al.*, μεγαλύτερων περιοδικοτήτων στο σύνολο των παρατηρούμενων κβάζαρς. Παρά τη συσσώρευση γεγονότων, η ύπαρξη των ανώμαλων redshifts δεν γίνεται δεκτή από τους κοσμολόγους του Big Bang, οι οποίοι ισχυρίζονται ότι οι συνδέσεις κβάζαρς-γαλαξιών είναι φαινόμενα προοπτικής, ότι η λάμψη μακρινών κβάζαρς που φαινομενικά γειτονεύουν με έναν κοντινό γαλαξία αυξάνει εξαιτίας ενός φαινομένου βαρυτικής διάθλασης, πράγμα που συνεπάγεται μια επιλογή παρατήρησης όσων κβάζαρς βρίσκονται κοντά στον ουρανό των γαλαξιών. Εντούτοις η ύπαρξη γεφυρών ύλης αντικρούει αυτή την κριτική. Επίσης η ύπαρξη αυτή αγνοείται από τους κοσμολόγους του Big Bang. Και οφείλουμε να σημειώσουμε ότι μία και μόνη επαληθευμένη σύνδεση δύο αντικειμένων με πάρα πολύ διαφορετικά redshifts θα συνεπαγόταν πως η μοναδική εξήγηση όλων των redshifts ως φαινομένων Ντόπλερ-Φιζώ θα εγκαταλείπεται. Κι όμως υπάρχουν περισσότερες από μία!

Άλλη μια παρατήρηση με αναμφισβήτητο κοσμολογικό ενδιαφέρον: Η περιστροφή πολυάριθμων γαλαξιών έχει σήμερα μετρηθεί με ακρίβεια σε συνάρτηση με την απόσταση από το κέντρο αυτών των γαλαξιών, χάρη στη φασματο-

σκοπική ανάλυση. Οι νόμοι της μηχανικής οφείλουν να συσχετίσουν αυτή τη διαφορική περιστροφή με την κατανομή των μαζών. Αλλά η κατανομή της μάζας που παρατηρείται άμεσα (αστέρες, νεφελώματα αερίων...) δεν αποδίδει σωστά την παρατηρούμενη περιστροφή. Θα πρέπει συνεπώς να φανταστούμε ότι ύλη μη παρατηρήσιμη με τα συνήθη μέσα βρίσκεται κατανεμημένη με ad hoc τρόπο μέσα στους γαλαξίες (ειδικά στον Γαλαξία μας). Αλλά για τι ύλη πρόκειται; Οι μετρήσεις που έγιναν στις περιοχές του υπέρυθρου και του ορατού φάσματος επιτρέπουν να ανιχνεύσουμε σκόνη μικρών διαστάσεων κατανεμημένη μέσα στους γαλαξίες. Αλλά είναι δυνατόν να υπάρξει και περισσότερο χοντρή σκόνη, που απορροφά λίγο στο ορατό ή στο υπέρυθρο. Ο Χόουλ και ο Wickramasinghe συνέλαβαν την ιδέα ότι υπάρχουν λεπτές «κλωστές» σιδήρου, που θα απορροφούσαν προπαντός στις περιοχές των μικροκυμάτων, υπόθεση η οποία ενισχύεται από διάφορες παρατηρήσεις σ' αυτή τη φασματική περιοχή. Οι κοσμολόγοι, για άλλους λόγους, επικαλούνται «μη βαρυονική» ύλη (π.χ. νετρίνα, ή τι;)

Άλλη περιοχή έρευνας, οι εξωγαλαξιακοί υπερκαινοφανείς (supernovae). Πρόκειται για πάρα πολύ λαμπρούς αστέρες, τόσο λαμπρούς κατά τη διάρκεια ορισμένων ημερών ή εβδομάδων όσο και οι γαλαξίες που τους περιέχουν. Οι αστέρες αυτοί εξακοντίζουν εν συνεχεία στο χώρο τεράστια νέφη ύλης εμπλουτισμένης με μέταλλα, κατάλοιπα του αστέρα που καταρρέει σε ένα υπέρπυκνο άστρο με ασθενή φωτεινότητα. Οι φυσικές ιδιότητες αυτών των παρατηρήσιμων υπερκαινοφανών, των οποίων το φάσμα είναι γνωστό, είναι δυνατόν να επιτρέψουν να συμπληρωθεί ο προσδιορισμός των αποστάσεων των πιο μακρινών γαλαξιών και να αποδειχτεί ότι η διαστολή του παρατηρούμενου σύμπαντος θα ήταν επιταχυνόμενη.

Με τη βοήθεια κάπως αυθαίρετων κατασκευών, οι πονηροί τρόποι για να διατηρηθεί το Big Bang, τους οποίους παραθέσαμε στην Ενότητα 4, και με την εφεύρεση ad hoc τρόπων (τους «επικύκλους» του Narlikar) προκειμένου να απαντήσουν στις αντιρρήσεις που διατυπώνονται, συγκεφαλαιώνονται στο «συναινετικό πρότυπο» (modèle de concordance), που θεωρείται σήμερα στάνταρ πρότυπο. Το πρότυπο αυτό συνδυάζει την παρατηρούμενη πυκνότητα του σύμπαντος, την παρατηρούμενη χημική σύσταση του σύμπαντος, τον μέσο ρυθμό διαστολής που παρατηρείται στο σύμπαν και την παρατηρούμενη επιτάχυνση αυτής της διαστολής, και την παρατηρούμενη θερμοκρασία βάθους του ουρανού, που υποτίθεται έχει κοσμολογική προέλευση. Σύμφωνα μ' αυτό το πρότυπο, οι «παρατηρούμενες» τιμές των παραμέτρων (Πίν. II), αποτελούν εφεξής τη βάση ενός συναινετικού προτύπου, σύμφωνου με τις εξισώσεις της Γενικής Σχετικότητας στις οποίες παρέχουν οριακές συνθήκες.

Το καθολικό αυτό πρότυπο, πλήρες κατά κάποιον τρόπο, δεν λαμβάνει εντούτοις υπ' όψιν τις ανώμαλες φασματικές μετατοπίσεις, ούτε την τοπική συνει-

σφορά στην ακτινοβολία βάθους του ουρανού. Δεν απαντά διόλου στα φιλοσοφικά ερωτήματα που συνδέονται με τις αμφισβητήσιμες έννοιες που περιέχονται λίγο πολύ ρητά σ' αυτό το πρότυπο: ηλικία του Σύμπαντος, προέλευση του χρόνου – το Big Bang συνολικά. Πρόκειται –και αυτό είναι ακόμα πιο σπουδαίο πρόβλημα– για την ίδια την έννοια Σύμπαν· επειδή, ανάμεσα στο πολύ περιορισμένο παρατηρούμενο σύμπαν, το παρατηρήσιμο σύμπαν και το Σύμπαν με Σ κεφαλαίο, το «Παν», υπάρχει σημαντικό εννοιολογικό ρήγμα. Ένα πολύ μεγάλο μέρος αυτού του «Παντός» είναι –από την ουσία του για τους μεν, ως προφανές γεγονός για τους δε– μη γνώσιμο. Υπάρχει επίσης μια ουσιαστική φυσική διαφορά: το σύμπαν και το Σύμπαν οφείλουν να ακολουθούν τους νόμους της θερμοδυναμικής, και ειδικά τον δεύτερο νόμο, κατά τον οποίον η εντροπία κάθε απομονωμένου συστήματος αυξάνει. Κατά συνέπεια, κάθε απομονωμένο σύστημα εξελίσσεται προς μία κατεύθυνση. Αυτό δεν ισχύει για τα μη απομονωμένα συστήματα. Αλλά το Σύμπαν είναι εξ ορισμού απομονωμένο σύστημα. Το παρατηρούμενο (ή παρατηρήσιμο) σύμπαν δεν είναι ένα. Η εντροπία του μπορεί να μειώνεται.

Για όλους αυτούς τους λόγους είναι εύλογο να στραφούμε προς τις «εναλλακτικές» κοσμολογίες, οι οποίες αρνούνται το ένα ή το άλλο από τα δύο θεμελιωτικά δόγματα, ή και τα δύο. Δηλαδή:

(1) Διαστολή του σύμπαντος

(2) Κοσμολογικός χαρακτήρας της ακτινοβολίας βάθους του ουρανού και το απόλυτο δόγμα που προκύπτει από αυτά τα δύο, αλλά που πηγαίνει ακόμα πιο μακριά,

(3) το δόγμα Big Bang, συμβάν δημιουργό του Σύμπαντος.

6. *Εναλλακτικά πρότυπα*

Πρώτα σχετικιστικά πρότυπα

Το πρότυπο του Αϊνστάιν (1917) είναι κατά κάποιον τρόπο το πρώτο «εναλλακτικό» πρότυπο, προτού υπάρξει ο όρος: σταθερή πυκνότητα, σταθερή θερμοκρασία, σταθερή καμπυλότητα του Σύμπαντος. Πρόκειται για «στάσιμο πρότυπο».

Πρόκειται για το πρώτο μιας οικογένειας προτύπων του Σύμπαντος (Ντε Σίτερ, Έντινγκτον, κ.ά.) τα οποία διατυπώθηκαν κατά τη δεκαετία του 1920, και που προκύπτουν λιγότερο ή περισσότερο από το πρότυπο του Αϊνστάιν. Μια παρατήρηση του Έντινγκτον δικαιολογεί αυτή την «άνθηση». Κατά τον Έντινγκτον το πρότυπο του Αϊνστάιν ήταν ασταθές. Μια ελαφρά διακύμανση της πυκνότητας θα συνεπαγόταν μια εξέλιξη (αύξηση ή μείωση) προς μια κατεύθυνση του

Σύμπαντος. Η παρατήρηση αυτή θα ακύρωνε το στάσιμο πρότυπο του Αϊνστάιν. Εδώ οφείλουμε (η παρατήρησή μας αγνοήθηκε πάντοτε) να σημειώσουμε ότι ο συλλογισμός του Έντινγκτον ήταν καθαρά μαθηματικός. Ο Έντινγκτον υποθέτει ότι η διαταραχή της πυκνότητας επηρεάζει παντού την υποτιθέμενη πυκνότητα, η οποία υποτίθεται ότι είναι ομοιόμορφη. Αυτή είναι πράγματι η περίπτωση του Αϊνστάιν: ομοιόμορφη πυκνότητα, που παραμένει ομοιόμορφη... Αλλά από φυσική άποψη η κατάσταση είναι πολύ διαφορετική. Μια μεταβολή της πυκνότητας δεν θα μπορούσε να είναι παρά μόνο τοπική. Θα προέκυπτε από μια τοπική μεταβολή σε άλλο σημείο. Στατιστικά, το πρότυπο είναι εντελώς σταθερό. Και η επίκληση της επιχειρηματολογίας του Έντινγκτον εντελώς ακατάλληλη.

Αλλά οι παρατηρήσεις του Χαμπλ και των διαδόχων του μετέβαλαν την άποψη των διαδόχων του Αϊνστάιν. Η διαστολή γίνεται δεκτή ως γεγονός από την πλειονότητά τους. Αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι η Μεγάλη Έκρηξη είναι αναγκαίο συστατικό του προτύπου. Τυπικά πρότυπα διαστολής, αλλά χωρίς αρχικό Big Bang, είναι το «στάσιμο» (Bondi / Gold 1948, Hoyle 1948, 1950) και το «οιονεί στάσιμο» (Burbidge, Hoyle, Narlikar 1990 και επ.)

Στάσιμο και οιονεί στάσιμα πρότυπα με διαστολή

Το στάσιμο πρότυπο δέχεται μια συνεχή διαστολή αλλά σταθερή πυκνότητα ύλης και ενέργειας. Η ύλη δημιουργείται κατά τη διαστολή. Η φυσική της δημιουργίας ύλης είναι δύσκολη. Κατά τους δημιουργούς των στάσιμων ή οιονεί στάσιμων θεωριών, η δημιουργία ύλης προκύπτει από την εισαγωγή ενός πεδίου αρνητικής ενέργειας. Πρόκειται για λεπτή έννοια, αλλά που δεν στερείται αυθαιρέτου:

Το οιονεί στάσιμο πρότυπο αποτελεί βελτίωση του στάσιμου, και επιτρέπει να υπάρξει απάντηση στις κριτικές των οποίων ήταν αντικείμενο. Η δημιουργία ύλης πραγματοποιείται μόνο στη γειτονία των πιο πυκνών μαζών (μαύρες οπές, πυρήνες ενεργών γαλαξιών, ή κβάζαρς). Το φαινόμενο εκδηλώνεται με βίαιες ανατινάξεις ύλης απ' αυτά τα σημεία, πράγμα που αντιστοιχεί σε πολυάριθμες παρατηρήσεις... πιδάκων, προερχόμενων απ' αυτούς τους ενεργούς πυρήνες. Η μέση πυκνότητα του Σύμπαντος δεν είναι σταθερή αλλά κυμαίνεται με μια περίοδο της τάξεως των 50 δισ. ετών. Οι ταλαντώσεις αυτές υπερτίθενται σε μια βραδεία διαστολή της οποίας η κοσμική κλίμακα είναι της τάξεως των 1.000 δισ. ετών. Αυτό το οιονεί στάσιμο Σύμπαν υπήρχε και θα υπάρχει πάντα. Τα χημικά στοιχεία σχηματίζονται στο εσωτερικό των αστέρων. Και οι υπολογισμοί δείχνουν ότι αυτή η παραγωγή, η οποία συσσωρεύτηκε κατά τη διάρκεια όλων των προηγούμενων κύκλων, κατέληξε σε μια σύσταση περίπου 25% ηλίου και 75% υδρογόνου – σύμφωνη με την παρατήρηση. Ο μετασχηματισμός αυτός του υδρογόνου σε ήλιο παρήγαγε ενέργεια η οποία ανευρίσκεται σε μια

ακτινοβολία του περιβάλλοντος, του βάρους του ουρανού, και οι υπολογισμοί γι' αυτή την ακτινοβολία καταλήγουν σε μια θερμοκρασία της τάξεως των $2,7^\circ \text{K}$. Το πρότυπο αυτό περιγράφει τις παρατηρήσεις εξίσου καλά, αν όχι καλύτερα, από τα στάνταρ πρότυπα με Big Bang, και εάν εισάγει υποθετικές διαδικασίες το κάνει πολύ λιγότερο απ' αυτά τα πρότυπα.

Άλλες προσπάθειες

Και άλλα μη συμβατικά πρότυπα διατυπώθηκαν, αλλά δεν καλύπτουν το σύνολο των παρατηρήσεων. Το πρότυπο του Αλβέεν περιλαμβάνει και τα μαγνητικά πεδία. Το πρότυπο του Segal, το «χρονογεωμετρικό», δίνει μια γεωμετρική οπτική του χρόνου και διακρίνει το χρόνο των αστρονόμων (τον δικό μας) από τον κοσμολογικό. Ο Nottale απαλείφει τη δυσκολία της δομής Φράκταλ, την οποία έχουμε σημειώσει. Ο Milgrom, με τη δυναμική MOND, τροποποιεί τους νόμους του Νεύτωνα. Ο Ντιράκ υποστηρίζει ότι η μεταβολή των παγκόσμιων σταθερών εξηγεί τα φαινόμενα. Οι Μπρανς και Ντίκε εισάγουν εξισώσεις του Σύμπαντος ευρύτερης ισχύος από τις εξισώσεις του Αϊνστάιν... Και άλλοι ακόμα... Προτάσεις ενδιαφέρουσες, οι οποίες περιλαμβάνουν αναμφίβολα γόνιμες υποδείξεις, αλλά που δεν προτείνουν ακόμα μια πλήρη θεώρηση απαλλαγμένη από άχρηστες υποθέσεις.

Το πρότυπο του σύμπαντος σε στατιστική ισορροπία.

Σε ό,τι αφορά τον συγγραφέα αυτού του κειμένου, προτιμά μια θεώρηση ταυτόχρονα πιο απλή και πιο ριζική: ένα πρότυπο του σύμπαντος σε στατιστική ισορροπία (και όχι ένα πρότυπο του Σύμπαντος!). Το πρότυπο αυτό, ακόμα πιο μακριά από το στάνταρ πρότυπο και τα στάσιμα πρότυπα, δεν διαστρέλλεται. Και εφόσον ισχυρίζομαι ότι είμαι περισσότερο ακριβής (rigoureux) από πολλούς κοσμολόγους, θα χρησιμοποιούσα στη συνέχεια, σκόπιμα, τη δυνητική.

Το πρότυπο αυτό δεν προϋποθέτει παρά ελάχιστη «νέα φυσική» και αξιοποιεί στο μέγιστο τις διαθέσιμες παρατηρήσεις, συμπεριλαμβανομένων και των «ανώμαλων» φαινομένων.

Η διαστολή δεν θα ήταν άλλο από φαινομενική (apparence). Τα redshifts δεν θα οφείλονταν σε φαινόμενο Ντόπλερ-Φιζώ, αλλά στην αλληλεπίδραση των φωτονίων με το περιβάλλον που διασχίζουν (πρόκειται για την «Κούραση του Φωτός»). Ο μηχανισμός αυτής της αλληλεπίδρασης δεν έχει ακόμα εξακριβωθεί. Έχουν γίνει πολλές προτάσεις, αλλά είναι το αδύνατο σημείο αυτής της θεώρησης του σύμπαντος. Επειδή η κατανομή των μαζών στο σύμπαν δεν είναι ούτε ομοιογενής ούτε ισότροπη, ο φαινομενικός ρυθμός διαστολής H είναι ένας μέσος όρος $\langle H \rangle$ κατά μήκος της γραμμής θεώρησης. Στην πραγματικότητα η H

μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο του σύμπαντος, και είναι σημαντικότερη κοινά σε σμήνη γαλαξιών παρά ανάμεσά τους.

Η ακτινοβολία βάθους του ουρανού θα είχε τοπική προέλευση. Θα οφειλόταν στην ακτινοβολία διαστρικής σκόνης, η οποία θερμαίνεται από την ακτινοβολία των άστρων. Η ακτινοβολία αυτή δεν θα εξασθενίζε εξαιτίας του μικρού οπτικού πάχους του μέσου, επειδή θα ήταν μη διαφανές γι' αυτά τα μήκη κύματος (τα «μικροκύματα» των mm ή cm). Οι υπολογισμοί μας (που ανακοινώθηκαν πρώτη φορά με τον J. Narlikar και τον Ch. Wickrapasinque, στο Συμπόσιο του Bjurakhan, τον Σεπτέμβριο του 2008) καταλήγουν σε μια πρόβλεψη $T = 2.691^\circ \text{K}$, ίση κατά 1%. Αυτή η απροσδόκητη συμφωνία ενισχύει την πεποίθησή μας ότι βρισκόμαστε σε καλό δρόμο.

Τα στοιχεία, το ήλιο, όπως και τα βαρέα στοιχεία, θα σχηματίζονταν αποκλειστικά στους αστέρες. Και επειδή το πρωτόνιο έχει περιορισμένη διάρκεια ζωής, η διαδικασία θα κατέληγε σε μια ισορροπία – αυτήν που παρατηρούμε.

Παρά ταύτα, το σύμπαν δεν θα ήταν πάντοτε παρόμοιο με τον εαυτό του. Γαλαξίες γεννιούνται εδώ και πεθαίνουν εκεί. Στατιστικά, το σύμπαν βρίσκεται σε ισορροπία, όμως υπόκειται σε τοπικές διακυμάνσεις, σε φαινόμενα εκρήξεων, σε εξαρθρώσεις ή συγχωνεύσεις στο εσωτερικό του κόσμου των γαλαξιών.

Αρνούμαι την ιδέα κάποιας αρχής (απαρχής, origine), την έννοια «ηλικία του Σύμπαντος», την ιδέα της αντιστοιχίας της θεωρίας του σύμπαντος με τις ανάγκες της σύγχρονης θεωρητικής φυσικής. Το σύμπαν μας είναι απλό. Και δεν είναι το Σύμπαν για το οποίο και του οποίου δεν είμαστε έτοιμοι να ορίσουμε τη Φυσική.

Κάδρος (Κρήτη)

Εριβάν (Αρμενία), Σεπτέμβριος 2008

Παρίσι, Οκτώβριος 2008

Σημειώσεις

1. Το αρχικό γράμμα της λέξης, κεφάλαιο ή πεζό, έχει ειδική σημασία. Θα επανέλθουμε σ' αυτό το θέμα στη συνέχεια του άρθρου.

2. Η λέξη Big Bang είναι του Φρεντ Χόουλ, ο οποίος ειρωνευόταν τις ιδέες του Γκάμοφ, τις οποίες θεωρούσε παράλογες. Προϊόν σαρκασμού, η έκφραση αυτή δεν είναι άσχετη με την ερμητική επιτυχία των θεωριών της Μεγάλης Έκρηξης.

3. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι πριν από τους Πενζίας και Γουίλσον, οι οποίοι πήραν γι' αυτό βραβείο Νόμπελ, άλλοι ερευνητές, είτε με την ίδια τεχνική όπως ο Leouix το 1956, είτε με έμμεσες φασματογραφικές μελέτες, όπως ο Mckeller ή ο Swings, είχαν αποδείξει την ύπαρξη ενός βάθους ουρανού μερικών απόλυτων βαθμών.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Προβλέψεις της θεωρίας του Big Bang για τη θερμοκρασία της ακτινοβολίας βάρθους του ουρανού

Gamow 1947	7° K
Alpher / Herman 1948, 1949 (με $\rho = 10^{-22} \text{ g cm}^{-3}$)	>5° K
Gamow 1952	50° K

Όχι και τόσο ακριβείς προβλέψεις!

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Προβλέψεις του στάσιμου προτύπου για τις θερμοκρασίες της ακτινοβολίας βάρθους του ουρανού

Guillaume 1896 (T στο μεσοαστρικό περιβάλλον)	5 με 6° K
Nernst 1912, 1928, 1938 (T στο μεσοαστρικό περιβάλλον)	0,75° K
Eddington 1928 (αστρική ακτινοβολία) (T στο μεσοαστρικό περιβάλλον)	3° K
Regener 1933 (T στο μεσογαλαξιακό περιβάλλον με αφετηρία την κοσμική ακτινοβολία)	2,8° K
Findlay-Freundlich / Max Born 1953, 1954 (υπόθεση του κουρασμένου φωτός) (T στο μεσογαλαξιακό περιβάλλον)	$1,9 < T < 6,0^\circ \text{ K}$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Οι παράμετροι του συναινετικού στάνταρ προτύπου

Σταθερά του Χαμπλ

$$H_0 = 71 \pm \text{km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$$

$$h = H_0 / 100$$

Κοσμολογική θερμοκρασία του βάθους του ουρανού: $T_0 = 2,726^\circ \text{K}$

Μέση πυκνότητα ενέργειας

$$\Omega = \rho / \rho_c$$

$$M \epsilon \rho_c = 3H_0^2 / 8\pi G = 0,95 \cdot 10^{-29} \text{ g cm}^{-3}$$

$$\Omega \text{ ολική} = 1,02 \pm 0,02$$

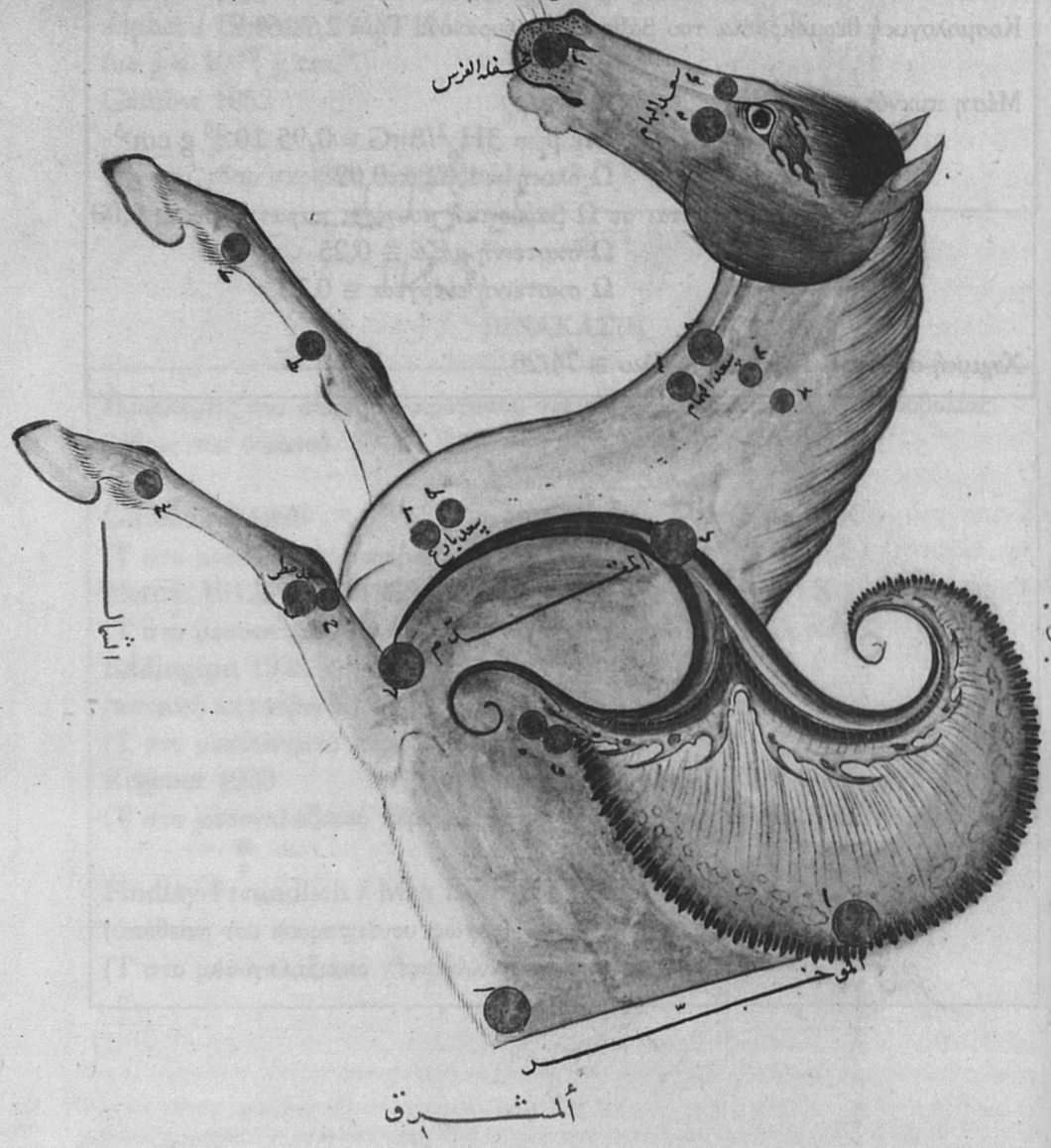
η οποία διαιρείται σε Ω βαρυονική που έχει παρατηρηθεί $\cong 0,03$

$$\Omega \text{ σκοτεινή μάζα} \cong 0,25$$

$$\Omega \text{ σκοτεινή ενέργεια} \cong 0,73$$

Χημική σύνθεση Υδρογόνο / Ήλιο $\cong 74/26$

صُورَةُ الْفَرَسِ الْأَعْظَمَاءِ طَابُرِي فِي الْيَسْمَاءِ



Πήγασος Abd Al-Rahman Al-Soufi από μια πραγματεία για τους απλανείς αστέρες, 1430-1440 περ.