

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θέα του νυχτερινού ουρανού πάντα συνέπαιρνε τους ανθρώπους. Δίνει την εντύπωση του απόμακρου και της αιωνιότητας. Όταν τον κοιτάζουμε, ξέρουμε ότι κοιτάζουμε πέρα από τη Γη μας, αλλά η γνώση μας για το τι βλέπουμε, για το Σύμπαν που βρίσκεται εκεί έξω, έχει αλλάξει σημαντικά με το πέρασμα των αιώνων.

Κάποτε το Σύμπαν θεωρούνταν πολύ μικρό. Ήταν, προφανώς, μεγαλύτερο από τη Γη, αλλά κανείς δεν αμφέβαλλε ότι η καλή και σταθερή Γη μας έπρεπε να βρίσκεται στο κέντρο του και ότι ο Ήλιος έπρεπε να κινείται γύρω μας, μαζί με διάφορους πλανήτες, στον ουρανό. Αυτή η ουράνια δραστηριότητα πλαισιωνόταν ολόγυρα από τη σφαίρα των απλανών αστερών, σαν διακοσμητικό σκηνικό στο θέατρο της ζωής μας.

Η αντίληψη ότι η Γη βρισκόταν στο κέντρο του Σύμπαντος ήταν κοινή στις περισσότερες πρώιμες θρησκευτικές και φιλοσοφικές θεωρήσεις, προφανώς ως προαπαιτούμενο της δικής μας αυτοεκτίμησης. Μετά ήρθε η εποχή που ο Κοπέρνικος, ο Γαλιλαίος και άλλοι γκρέμισαν την πρωτοκαθεδρία μας και τοποθέτησαν τον Ήλιο και όχι τη Γη στο κέντρο των πραγμάτων. Ο Ισαάκ Νεύτων έθεσε την ηλιοκεντρική προοπτική σε στέρεη βάση με τη θεωρία του για την παγκόσμια βαρυτική έλξη, η οποία περιέγραφε πώς οι πλανήτες κινούνται στις τροχιές τους.

Μετρήσεις της απόστασης ακόμη και των πιο κοντινών αστεριών είχαν δείξει ότι το Σύμπαν είναι πράγματι πολύ μεγάλο μέρος. Ο Νεύτωνας επομένως υποστήριξε ότι το Σύμπαν δεν ήταν απλώς μεγάλο, ήταν άπειρο. Αποδέχθηκε την παλαιότερη πεποίθηση ότι η ουράνια σφαίρα ήταν αιώνια και αμετάβλητη, και την εφάρμοσε τώρα στον χώρο που γέμιζαν τα αστέρια. Κατέληξε λοιπόν ότι η έκταση των αστεριών πρέπει να είναι άπειρη, αλλιώς,

σύμφωνα με τη θεωρία του, θα κατέρρευε προς το κέντρο εξαιτίας της ίδιας της βαρύτητας. Αν ο χώρος ήταν άπειρος και τα αστέρια ομοιόμορφα κατανεμημένα σε αυτόν, τότε οι βαρυτικές δυνάμεις θα εξισορροπούνταν και δεν θα υπήρχε κάποιο κέντρο προς το οποίο θα μπορούσε να καταρρεύσει η κατανομή τους. Με βάση τη σκέψη του Νεύτωνα, οι αστρονόμοι πίστευαν ότι το Σύμπαν θα έπρεπε να εκτείνεται επ' άπειρον στο παρελθόν και στο μέλλον αλλά και στον χώρο προς κάθε κατεύθυνση. Ένα πρόβλημα με αυτή τη θεώρηση παρουσιάστηκε μέσω του γνωστού παραδόξου του Όλμπερς. Με απλά λόγια, το παράδοξο αυτό διατυπώνει το ερώτημα: Γιατί ο ουρανός είναι σκοτεινός τη νύχτα; Μπαίνουμε στον πειρασμό να απαντήσουμε «μα επειδή ο Ήλιος κρύβεται από τον όγκο της Γης». Όμως ο Ήλιος δεν βρίσκεται στον πυρήνα του ερωτήματος. Αν το Σύμπαν είναι άπειρο και κατοικείται περίπου ομοιόμορφα από αστέρια, τότε, χωρίς να έχει σημασία προς ποια κατεύθυνση κοιτάζουμε, το βλέμμα μας θα καταλήξει, αργά ή γρήγορα, σε ένα αστέρι. Ο νυχτερινός ουρανός ως σύνολο θα έπρεπε να φαίνεται τόσο λαμπρός όσο και η επιφάνεια του Ήλιου. Αν ίσχυε αυτό, τα πράγματα θα ήταν πολύ άσχημα για εμάς, αλλά προφανώς κάτι τέτοιο δεν ισχύει.

Η εικόνα του Σύμπαντος που οδήγησε αναπόφευκτα στο παράδοξο του Όλμπερς ήταν, βεβαίως, εσφαλμένη. Είχε υποθεθεί ότι το Σύμπαν είναι αιώνιο και αμετάβλητο, και ότι υπάρχει συνεπώς αρκετός χρόνος για να γεμίσει ο χώρος με αστρικό φως από απομακρυσμένα αστέρια. Στην πραγματικότητα, τα αστέρια έχουν πεπερασμένη ζωή και, το σημαντικότερο, το ίδιο το Σύμπαν δεν υπήρχε από πάντα. Με τα δικά μας μέτρα η ζωή του είναι μεγάλη, αλλά όχι άπειρη.

Το Σύμπαν που παρατηρούμε δεν είναι το Σύμπαν όπως είναι τώρα. Το τι εννοούμε με τη λέξη «τώρα» είναι λίγο δύσκολο να προσδιοριστεί εξαιτίας της επίδρασης της σχετικότητας στον χρόνο σε έναν κινούμενο και διαστελλόμενο χώρο, αλλά εκτός από τέτοιες επιπλοκές υπάρχει ένας απλός λόγος για τον οποίο δεν μπορούμε να δούμε το Σύμπαν όπως είναι «τώρα». Ο λόγος είναι η πεπερασμένη ταχύτητα του φωτός. Βλέπουμε πράγματα επειδή φως από αυτά φτάνει στα μάτια μας, αλλά το φως χρειάζεται χρόνο μέχρι να φτάσει σε εμάς. Πάντα κοιτάζουμε το παρελθόν. Όταν κοιτάζουμε πράγματα που βρίσκονται στο ίδιο δωμάτιο με εμάς, κοιτάζουμε πίσω στον χρόνο λίγα δισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου. Όταν κοιτάζουμε τη Σελήνη, τη βλέπουμε όπως ήταν πριν από περίπου ένα δευτερόλεπτο. Όταν κοιτάζουμε τα αστέρια, η χρονική υστέρηση είναι πιο σημαντική. Η απόσταση μέχρι τα αστέρια μετριέται σε έτη φωτός, που είναι ο αριθμός των ετών που χρειάζεται το φως τους για να φτάσει ως εμάς. Όσο για τους απομακρυσμένους γαλαξίες, το φως μπορεί να χρειαστεί εκατομμύρια ή ακόμη και δισεκατομμύρια χρόνια για να μας φέρει την εικόνα τους, με αποτέλεσμα να βλέπουμε

τους πιο μακρινούς από αυτούς έτσι όπως ήταν στα πρώτα χρόνια του Σύμπαντος.

Το Σύμπαν περιέχει πράγματα που είναι πολύ μικρά και πράγματα που είναι πολύ μεγάλα. Εμείς είμαστε κάπου στη μέση. Είμαστε αδιανόητα μεγαλύτεροι από τα άτομα και ακόμη πιο αδιανόητα μικρότεροι από τους γαλαξίες. Στην καθημερινή ζωή μας δεν αντιλαμβανόμαστε ιδιαίτερα τα δύο άκρα αυτής της κλίμακας, αν και τα άτομα, βέβαια, μας επηρεάζουν από τη στιγμή που αποτελούμαστε από αυτά. Αντιλαμβανόμαστε τον Ήλιο από τη στιγμή που βασιζόμαστε στο φως του και, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, εξαρτιόμαστε από αυτόν ως πηγή ενέργειας. Μακροπρόθεσμα, είμαστε υπόχρεοι στα αστέρια ως πηγή εκείνων των ατόμων που αποτελούν εντέλει το σώμα μας. Στην πολύ μεγάλη κλίμακα βρίσκουμε την επίδραση της πολύ μικρής. Τα κβαντικά φαινόμενα και η φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων έχουν παίξει κεντρικό ρόλο στη Μεγάλη Έκρηξη με την οποία άρχισε το Σύμπαν μας, αλλά και στην επικείμενη ζωή και τον θάνατο των αστεριών.

Αναμφισβήτητα, είναι πολλά αυτά που δεν ξέρουμε. Οι φιλόσοφοι ορισμένες φορές μας μιλάνε για πράγματα που δεν μπορούμε να γνωρίζουμε. Κατά τον δέκατο ένατο αιώνα είχε διατυπωθεί η έγκυρη άποψη ότι δεν θα μπορούσαμε ποτέ να μάθουμε τη σύνθεση των αστεριών. Στην πραγματικότητα τώρα τη γνωρίζουμε. Το φως από τα αστέρια μας πληροφορεί για το τι άτομα ή ακόμα και τι μόρια υπάρχουν. Η κβαντική φυσική μας δείχνει ότι φως εκπέμπεται από ένα άτομο όταν ηλεκτρόνια μεταβαίνουν ανάμεσα σε στάθμες καθορισμένης ενέργειας και ότι αυτές οι στάθμες είναι συγκεκριμένες για κάθε άτομο. Το φως έρχεται ως ακολουθία συγκεκριμένων συχνοτήτων, μια φασματική γραμμή που αποτελεί το μοναδικό δακτυλικό αποτύπωμα για την αναγνώριση του ατόμου από το οποίο προήλθε το φως. Το αστρικό φως μας λέει ακόμη περισσότερα. Όταν το αστέρι απομακρύνεται με μεγάλη ταχύτητα από εμάς, οι φασματικές γραμμές μετατοπίζονται όλες τους προς χαμηλότερες συχνότητες. Αυτή η *μετατόπιση Ντόπλερ προς το ερυθρό* σημαίνει ότι μπορούμε να αποφανθούμε πόσο γρήγορα απομακρύνεται το αστέρι.

Η πρώτη παρατήρηση που μας δημιούργησε την υποψία ότι μπορεί να συνέβη η Μεγάλη Έκρηξη προέκυψε όταν εξετάστηκε φως από απομακρυσμένους γαλαξίες και διαπιστώθηκε ότι, κατά κανόνα, οι γαλαξίες απομακρύνονται από εμάς και ότι όσο πιο μακριά βρίσκονται με τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα υποχωρούν. Όλοι οι γαλαξίες απομακρύνονται ο ένας από τον άλλο, και επειδή εκείνοι που βρίσκονται πιο μακριά κινούνται αναλογικά πιο γρήγορα, πρέπει όλοι να ξεκίνησαν από το ίδιο μέρος την ίδια χρονική στιγμή. Όλοι προήλθαν από τη Μεγάλη Έκρηξη. Στα πρώιμα στάδια, σε ένα κλάσμα του δευτερολέπτου τόσο ελάχιστο που μας είναι αδύνατο να το φα-

νταστούμε, η ενέργεια και η πυκνότητα ήταν τεράστιες, εντελώς πέρα από την εμπειρία μας. Ωστόσο, λίγο αργότερα, πολύ λιγότερο από ένα εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου, το Σύμπαν έφτασε σε μια κατάσταση όπου η ενέργεια της ύλης, αν και μακριά ακόμη από τις τιμές που έχουμε συνηθίσει στην καθημερινή μας ζωή, συμπεριφέρθηκε με τρόπους που μας είναι πλέον γνωστοί από τα πειράματα που διενεργούμε στους επιταχυντές σωματιδίων για να μελετήσουμε τη φύση της ύλης σε πολύ υψηλές ενέργειες. Οι φυσικοί έχουν υπολογίσει πώς θα ήταν αναμενόμενο να έχει εξελιχθεί το Σύμπαν από εκείνη την εποχή και μετά. Υπάρχει μια σταθερή εξέλιξη για όσο χρόνο τα σωματίδια είναι ελεύθερα, μετά ακολουθεί ο σχηματισμός πυρήνων και ατόμων και στη συνέχεια η ύλη συμπυκνώνεται σε αστέρια και γαλαξίες. Οι υπολογισμοί δίνουν αριθμούς που βρίσκονται σε εκπληκτική συμφωνία με τις ποσότητες που μπορούμε σήμερα να μετρήσουμε. Η κατανομή των ελαφρών στοιχείων συμφωνεί με τις προβλέψεις μας. Όταν σχηματίστηκαν άτομα στο πρώιμο Σύμπαν, υπήρξε μια τεράστια έκλυση φωτός το οποίο από τότε ψύχεται και απλώνεται σε μεγαλύτερα μήκη κύματος. Αυτό το φως θεωρείται σήμερα υπόβαθρο μικροκυματικής ακτινοβολίας που γεμίζει το χώρο, η οποία έρχεται ομοιόμορφα από όλες τις κατευθύνσεις, με φάσμα και ενέργεια που βρίσκονται σε εκπληκτική συμφωνία με τους υπολογισμούς.

Το Σύμπαν είναι μεγάλο και έχει πολύ χώρο για άφθονες θαυμάσιες νέες ανακαλύψεις. Αλλά και όσα γνωρίζουμε μέχρι τώρα είναι ήδη ιδιαίτερος εντυπωσιακά.

Ρόμπερτ Γκίλμορ  
Αύγουστος 2003