

# ΣΤΗΒΕΝ ΧΟΚΙΝΓ

## ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

### 1. Η εικόνα του Ανθρώπου για το Σύμπαν

Η Αλίκη στη Χώρα των Θαυμάτων έδινε κάποτε μία διάλεξη για την αστρονομία. Έλεγε ότι η Γη είναι ένας σφαιρικός πλανήτης του ηλιακού συστήματος που κινείται γύρω από το κέντρο του, τον Ήλιο, και ότι ο Ήλιος είναι ένα άστρο που, με την σειρά του, κινείται γύρω από το κέντρο του αστρικού συστήματος, που ονομάζουμε Γαλαξία. Στο τέλος της διάλεξης, η Ντάμα την κοίταξε θυμωμένη με επιτιμητικό ύφος. «Αυτά που λες είναι ανοησίες. Η Γη δεν είναι παρά ένα Μεγάλο Τραπουλόχαρτο. Είναι λοιπόν επίπεδη σαν όλα τα Τραπουλόχαρτα.» της είπε, και στράφηκε περήφανα προς τα μέλη της συνοδείας της, που έδειχναν φανερά ικανοποιημένα από την εξήγηση της. Η Αλίκη χαμογέλασε υπεροπτικά. «Και σε τι στηρίζεται αυτό το Τρα-

πουλόχαρτο;» ρώτησε με ειρωνεία. Η Ντάμα δεν έδειξε να αιφνιδιαζεται. «Είσαι έξυπνη, πολύ έξυπνη», απάντησε. «Μάθε λοιπόν μικρή μου πως αυτό το Τραπουλόχαρτο στηρίζεται σε ένα άλλο, και εκείνο το άλλο σε ένα άλλο άλλο και εκείνο το άλλο άλλο σε ένα άλλο άλλο άλλο...». Σταμάτησε λαχανιασμένη. «Το Σύμπαν δεν είναι παρά μια Μεγάλη Τράπουλα», τσίριξε.

Φυσικά, οι περισσότεροι θα έβρισκαν γελοία αυτήν την εικόνα για το Σύμπαν και τη Γη που στηρίζεται σε μία άπειρη σειρά από τραπουλόχαρτα. Θα μπορούσαν όμως να εξηγήσουν το γιατί; Θα μπορούσαν να περιγράψουν τη δική τους εικόνα για το Σύμπαν και να αποδείξουν πως είναι η σωστή; Τι γνωρίζουν οι άνθρωποι για το Σύμπαν και πώς το γνωρίζουν; Από πού προέρχεται το Σύμπαν και πού πηγαίνει; Υπήρξε αρχή του Σύμπαντος και, αν ναι, τι υπήρξε πριν από αυτήν; Θα υπάρξει τέλος του Σύμπαντος και, αν ναι, τι θα υπάρξει μετά από αυτό; Τι γνωρίζουν οι άνθρωποι για το χρόνο; Υπήρξε αρχή του χρόνου; Θα υπάρξει τέλος του χρόνου;

Η σύγχρονη φυσική, με τη βοήθεια και των καταπληκτικών νέων τεχνολογιών, προτείνει απαντήσεις σε αυτά τα αιώνια ερωτήματα. Στο μέλλον αυτές οι απαντήσεις θα μας φαίνονται τόσο ευνόητες όσο μας φαίνεται σήμερα ότι η Γη είναι σφαιρική και κινείται γύρω από τον Ήλιο — ή τόσο ανόητες όσο ότι η Γη είναι επίπεδη και στηρίζεται σε μία άπειρη σειρά από τραπουλό-

χαρτα. Ευνόητες ή ανόητες; Μόνον ο χρόνος θα δείξει — ό,τι και αν είναι αυτό που ονομάζεται «χρόνος».

Ήδη από το 340 π.Χ., ο Αριστοτέλης, στο βιβλίο του Περί Ουρανού, ήταν σε θέση να υποστηρίξει με δύο επιχειρήματα την πεποίθηση του για μία Γη σφαιρική και όχι επίπεδη. Το πρώτο επιχείρημα βασιζόταν στην κατανόηση του φαινομένου των εκλείψεων της Σελήνης: ο Αριστοτέλης γνώριζε ότι προκαλούνται από την παρεμβολή της Γης ανάμεσα στη Σελήνη και τον Ήλιο. Η σκιά της Γης πάνω στη Σελήνη έχει πάντοτε κυκλικό σχήμα· η παρατήρηση αυτή οδήγησε τον Αριστοτέλη στο συμπέρασμα ότι η Γη είναι σφαιρική. (Αν η Γη ήταν επίπεδη με κυκλικά όρια, τις περισσότερες φορές η σκιά της πάνω στη Σελήνη θα ήταν ελλειψοειδής και όχι κυκλική). Το δεύτερο επιχείρημα βασιζόταν στην παρατήρηση ότι ο Πολικός αστέρας φαίνεται χαμηλότερα στο στερέωμα όταν κάποιος βρίσκεται στις νοτιότερες περιοχές της Γης, και ψηλότερα όταν βρίσκεται στις βορειότερες. Από τη διαφορά των φαινομενικών θέσεων του Πολικού αστέρα στην Αίγυπτο και την Ελλάδα, οι αστρονόμοι της εποχής του Αριστοτέλη κατόρθωσαν να υπολογίσουν το μήκος της περιμέτρου της Γης με αρκετή ακρίβεια για την εποχή τους. Οι Έλληνες είχαν και ένα τρίτο επιχείρημα για το ότι η Γη πρέπει να είναι σφαιρική: για ποιον άλλο λόγο βλέπουμε πρώτα το κατάρτι του πλοίου που προβάλλει στον ορίζοντα, και ύστερα

ολόκληρο το σκάφος;

Ο Αριστοτέλης φαντάστηκε πως η Γη είναι ακίνητη στο κέντρο του Σύμπαντος, και ο Ήλιος, η Σελήνη, οι πλανήτες και τα άστρα κινούνται γύρω της σε κυκλικές τροχιές. Υποστήριζε ότι, αφού όλα τα σώματα φαίνεται, καθώς πέφτουν, να έχουν την τάση να φτάσουν σε κάποιο σημείο, το κέντρο της Γης, αυτό πρέπει να είναι και το κέντρο του Σύμπαντος· για τα ουράνια σώματα, που φαίνονται διαφορετικά από τα άλλα γιατί δεν πέφτουν, πίστευε ότι ταιριάζουν οι κυκλικές τροχιές, επειδή είναι οι τελειότερες. Τον δεύτερο μ.Χ. αιώνα ο Πτολεμαίος επεξεργάστηκε αυτήν την εικόνα για το Σύμπαν και δημιούργησε ένα πλήρες αστρονομικό μοντέλο: Η Γη στέκει ακίνητη στο κέντρο και περιβάλλεται από οκτώ μεγάλες σφαίρες που μεταφέρουν τα ουράνια σώματα· πάνω σ' αυτές κινούνται η Σελήνη, ο Ήλιος και οι πέντε πλανήτες που ήταν τότε γνωστοί (Ερμής, Αφροδίτη, Άρης, Δίας, Κρόνος). Οι πλανήτες κινούνται επίσης σε μικρότερους κύκλους συνδεδεμένους με τις αντίστοιχες σφαίρες· έτσι είναι δυνατό να εξηγηθούν οι αρκετά πολύπλοκες τροχιές των πλανητών στον ουρανό. Η εξωτερική σφαίρα μεταφέρει τους ονομαζόμενους απλανείς αστέρες, δηλαδή όλα τα άστρα (πλην των πλανητών) που παραμένουν σταθερά στις ίδιες θέσεις το καθένα σχετικά με τα άλλα, αλλά κινούνται όλα μαζί στον ουρανό γύρω από τον Πολικό αστέρα. Στην κοσμολογία του

Πτολεμαϊκού συστήματος ουδέποτε έγινε σαφής αναφορά σε ό,τι βρίσκεται πέρα από την εξωτερική σφαίρα των άστρων. Αυτό το μέρος του Σύμπαντος δεν φαινόταν να ανήκει στη σφαίρα των ανθρώπινων γνώσεων.

Το αστρονομικό μοντέλο του Πτολεμαίου αποτελούσε ένα αρκετά ακριβές σύστημα που έδινε τη δυνατότητα να προβλεφθούν οι θέσεις των ουράνιων σωμάτων στο στερέωμα. Για να επιτύχει όμως τη συμφωνία των προβλέψεων με τις αστρονομικές παρατηρήσεις της εποχής του, ο Πτολεμαίος αναγκάστηκε να υποθέσει ότι η Σελήνη έρχεται κάποτε στη μισή απόσταση από τη Γη απ' ό,τι συνήθως. Πρέπει, λοιπόν, κάποτε να φαίνεται διπλάσια απ' ό,τι φαίνεται συνήθως! Παρά την ανωμαλία αυτή, που την είχε αναγνωρίσει και ο ίδιος ο Πτολεμαίος, το αστρονομικό μοντέλο του το αποδέχτηκαν οι περισσότεροι επιστήμονες στους αιώνες που ακολούθησαν. Το αποδέχθηκε και η χριστιανική εκκλησία, ως εικόνα του Σύμπαντος που συμφωνεί με τις γραπτές παραδόσεις της και έχει το μεγάλο πλεονέκτημα να αφήνει αρκετό χώρο για τον Παράδεισο και την Κόλαση, πέρα από την εξωτερική σφαίρα των άστρων.

Το 1515, ένας Πολωνός ιερέας, ο Νικόλαος Κοπέρνικος πρότεινε ένα απλούστερο μοντέλο. (Στην αρχή μάλιστα, ίσως από φόβο μήπως η εκκλησία τον κατηγορήσει σαν αιρετικό, ο Κοπέρ-

νικος διέδιδε τις ιδέες του ανώνυμα). Το αστρονομικό μοντέλο του Κοπέρνικου βασιζόταν στις κοσμολογικές αντιλήψεις του Αρίσταρχου που, ήδη από τα μέσα του τρίτου π.Χ. αιώνα, υπέθεσε ότι ο Ήλιος είναι αυτός που στέκει ακίνητος στο κέντρο του Σύμπαντος, και ότι η Γη και οι πλανήτες κινούνται γύρω του. Πέρασε όμως ακόμη ένας αιώνας πριν ληφθεί σοβαρά υπόψη αυτό το μοντέλο. Τότε, δύο αστρονόμοι, ο Κέπλερ και ο Γαλιλαίος, άρχισαν να υποστηρίζουν δημόσια την κοπερνίκεια θεωρία, μολονότι οι τροχιές που προέβλεπε δεν συμφωνούσαν απόλυτα με τα δεδομένα των αστρονομικών μετρήσεων. Η χαρακτηριστική βολή στην αριστοτελική/πτολεμαϊκή θεωρία δόθηκε το 1609. Την χρονιά εκείνη ο Γαλιλαίος άρχισε να παρατηρεί τον ουρανό με το τηλεσκόπιο, που μόλις είχε εφευρεθεί. Όταν λοιπόν ο Γαλιλαίος έστρεψε το τηλεσκόπιο του προς το Δία είδε ότι αυτόν τον πλανήτη τον συνόδευαν αρκετοί μικροί δορυφόροι, που περιφέρονταν σε τροχιές γύρω του. Αυτό σήμαινε ότι τα ουράνια σώματα δεν περιστρέφονται μόνο γύρω από το κέντρο της Γης (όπως υποστήριζε ο Αριστοτέλης) ή γύρω από τα αόρατα κέντρα υποθετικών μικρών κύκλων, που και αυτοί περιστρέφονταν γύρω από το κέντρο της Γης (όπως υποστήριζε ο Πτολεμαίος). (Βέβαια, ήταν ακόμη δυνατό να πιστεύει κανείς πως οι δορυφόροι του Δία κινούνται στην πραγματικότητα γύρω από το κέντρο της Γης αλλά σε τόσο εξαιρετικά πολύπλοκες τροχιές ώστε να

δίνουν την εντύπωση ότι κινούνται γύρω από το κέντρο του Δία. Παρ' όλα αυτά, η κοπερνίκεια θεωρία ήταν πολύ πιο απλή). Την ίδια εποχή ο Κέπλερ τροποποίησε αυτό το μοντέλο, προτείνοντας ότι οι ακριβείς τροχιές των πλανητών είναι ελλείψεις και όχι κύκλοι. (Μια έλλειψη είναι ένας πεπλατυσμένος κύκλος). Τώρα πια, οι προβλέψεις συμφωνούσαν απόλυτα με τις παρατηρήσεις. Για τον ίδιο τον Κέπλερ οι ελλειπτικές τροχιές ήταν μόνο μία αναγκαστική (και αρκετά ενοχλητική) υπόθεση, επειδή ήταν φανερό ότι είναι λιγότερο τέλειες από τις κυκλικές. Έχοντας ανακαλύψει σχεδόν συμπτωματικά ότι συμφωνούν με τις παρατηρήσεις, δεν μπορούσε να τις συσχετίσει με την υπόθεση της ύπαρξης κάποιων μαγνητικών δυνάμεων που, όπως φανταζόταν, ανάγκαζαν τους πλανήτες να κινηθούν γύρω από τον Ήλιο. Μία εξήγηση των ελλειπτικών τροχιών δόθηκε πολύ αργότερα, το 1687, όταν ο Νεύτων δημοσίευσε το βιβλίο του «Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας», ίσως το σημαντικότερο βιβλίο στην ιστορία των επιστημών. Σε αυτό ο Νεύτων δημιούργησε όχι μόνον μια θεωρία φυσικής για το πώς κινούνται τα σώματα στο χώρο και το χρόνο αλλά και τα πολύπλοκα μαθηματικά που χρειάζονταν για να αναλυθούν αυτές οι κινήσεις. Επί πλέον, υπέθεσε ένα νόμο παγκόσμιας βαρυτικής έλξης, σύμφωνα με τον οποίο κάθε σώμα στο Σύμπαν έλκει όλα τα υπόλοιπα με μία δύναμη που είναι τόσο πιο μεγάλη όσο πιο «βαριά» είναι τα

σώματα και όσο πιο κοντά βρίσκονται μεταξύ τους. Αυτή ακριβώς η δύναμη κάνει τα σώματα να πέφτουν προς το κέντρο της Γης. (Η ιστορία ότι ο Νεύτων εμπνεύστηκε τη θεωρία του από ένα μήλο που έπεσε στο κεφάλι του, είναι μάλλον μύθος. Το μόνο που αναφέρει ο ίδιος είναι ότι συνέλαβε την ιδέα της βαρύτητας ως παγκόσμιας έλξης καθώς συλλογιζόταν κάποτε «με μια διάθεση ενατένισης» και «με αφορμή την πτώση ενός μήλου»). Στη συνέχεια ο Νεύτων απέδειξε ότι, σύμφωνα με τον νόμο του, η βαρυτική έλξη μεταξύ των ουράνιων σωμάτων είναι η δύναμη που αναγκάζει τη Σελήνη σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τη Γη, και τη Γη και τους πλανήτες σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τον Ήλιο.

Το κοπερνίκειο αστρονομικό μοντέλο εγκατέλειψε τις ουράνιες σφαίρες του Πτολεμαίου, και μαζί με αυτές την ιδέα ότι το Σύμπαν έχει κάποιο φυσικό όριο. Αφού οι «απλανείς αστέρες», όπως ακριβώς και ο Ήλιος, δεν κινούνται (η φαινομενική κίνηση τους γύρω από τον Πολικό αστέρα προκαλείται από την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της), ήταν λογικό να υποθέσει κανείς ότι αυτά τα άστρα είναι αντικείμενα παρόμοια με τον Ήλιο, απλώς βρίσκονται πολύ πιο μακριά. Διαμορφώθηκε λοιπόν μία εικόνα για το Σύμπαν όπου ο Ήλιος και τα άλλα άστρα είναι στην πραγματικότητα ακίνητα μέσα στο Διάστημα.



Ο Νεύτων όμως καταλάβαινε ότι, σύμφωνα με τη θεωρία του για τη βαρύτητα, τα άστρα θα έλκονταν μεταξύ τους, οπότε και θα αναγκάζονταν να κινηθούν. Μήπως λοιπόν πέφτουν όλα μαζί προς κάποιο σημείο; Ο Νεύτων υποστήριξε ότι αυτό θα συνέβαινε αν υπήρχε ένα πεπερασμένο πλήθος άστρων διασκορπισμένων σε μία πεπερασμένη περιοχή του χώρου. Αν όμως υπήρχε ένα μη πεπερασμένο πλήθος άστρων κατανεμημένων ομοιόμορφα σε έναν απεριόριστο χώρο, επειδή ακριβώς δεν θα υπήρχε κανένα κεντρικό σημείο προς το οποίο να κινηθούν, τα άστρα θα παρέμεναν ακίνητα, σε ισορροπημένες σταθερές αποστάσεις μεταξύ τους.

Ο συλλογισμός αυτός δείχνει τις παγίδες που κινδυνεύει να συναντήσει κανείς όταν μιλάει για το άπειρο. Σε ένα άπειρο Σύμπαν κάθε άστρο μπορεί να θεωρηθεί ως κεντρικό σημείο, αφού προς όλες τις κατευθύνσεις γύρω του υπάρχει ένα άπειρο πλήθος άστρων. Η σωστή προσέγγιση στο πρόβλημα της κίνησης των άπειρων άστρων σε έναν άπειρο χώρο είναι λοιπόν διαφορετική. Όπως αποδείχτηκε πολύ αργότερα, πρέπει πρώτα να θεωρήσουμε την πεπερασμένη περιοχή, όπου όλα τα άστρα πέφτουν το ένα πάνω στο άλλο, και ύστερα να αναρωτηθούμε για το τι θα συμβεί αν προσθέσουμε και άλλα άστρα γύρω από αυτήν. Σύμφωνα με το νόμο του Νεύτωνα, αν τα πρόσθετα άστρα κατανεμηθούν ομοιόμορφα, κάθε άστρο που βρίσκεται στο

εσωτερικό της πεπερασμένης περιοχής θα συνεχίσει να κινείται όπως ακριβώς και πριν (αφού οι επιδράσεις των πρόσθετων άστρων πάνω του θα αλληλοεξουδετερώνονται). Τίποτε λοιπόν δεν θα αλλάξει· τα άστρα θα συνεχίσουν να πέφτουν το ένα πάνω στο άλλο. Όσα άστρα και αν προσθέσουμε, αυτή η κίνηση θα διατηρηθεί. Σήμερα γνωρίζουμε πως ένα κοσμολογικό μοντέλο δεν μπορεί να περιγράψει ένα άπειρο στατικό Σύμπαν, όπου η βαρύτητα είναι πάντοτε ελκτική.

Είναι ενδιαφέρον, αλλά και ενδεικτικό του γενικού κλίματος που επικρατούσε στη σκέψη των ανθρώπων πριν από τον 20ό αιώνα, το ότι κανένας δεν φαντάστηκε πως το Σύμπαν θα μπορούσε να διαστέλλεται ή να συστέλλεται. Ήταν γενικά παραδεκτό ότι το Σύμπαν ή υπήρχε αμετάβλητο από πάντα ή δημιουργήθηκε σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή στο παρελθόν, στην ίδια περίπου κατάσταση με τη σημερινή του. Σε αυτές τις κοσμολογικές αντιλήψεις κυριαρχούσε η τάση των ανθρώπων να αναζητούν αιώνιες αλήθειες, όπως επίσης και η ασφάλεια που βρίσκουν στη σκέψη ότι, αν και οι ίδιοι γερνούν και πεθαίνουν, το Σύμπαν είναι άφθαρτο και αιώνιο.

Βέβαια, μερικοί καταλάβαιναν ότι, σύμφωνα με τη νευτώνια θεωρία της βαρύτητας, το Σύμπαν δεν μπορεί να είναι στατικό· δεν σκέφτηκαν όμως ότι μπορεί να διαστέλλεται. Αντί γι' αυτό, επιχείρησαν να τροποποιήσουν την ίδια τη θεωρία, προτείνοντας

ότι η βαρυτική δύναμη κάνει να απωθούνται και όχι να έλκονται όσα σώματα βρίσκονται σε πάρα πολύ μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους. Η υπόθεση αυτή δεν είχε σημαντική επίδραση στις προβλέψεις των κινήσεων των πλανητών, αλλά αντιμετώπιζε το πρόβλημα της κίνησης των άστρων. Οι δυνάμεις άπωσης από τα άστρα που βρίσκονταν πιο μακριά εξισορροπούσαν τις δυνάμεις έλξης απ' όσα βρίσκονταν πιο κοντά· έτσι κάθε άστρο θα μπορούσε να παραμείνει σε σταθερή απόσταση από τα άλλα. Παρ' όλα αυτά, όπως γνωρίζουμε σήμερα, μία τέτοια ισορροπία θα ήταν ασταθής: αν σε κάποια περιοχή τα άστρα πλησίαζαν λίγο μεταξύ τους, οι δυνάμεις έλξης θα γίνονταν μεγαλύτερες από τις δυνάμεις άπωσης, οπότε τα άστρα θα άρχιζαν να συγκεντρώνονται προς κάποιο σημείο. Αν αντίθετα σε κάποια περιοχή τα άστρα απομακρύνονταν λίγο μεταξύ τους, οι δυνάμεις άπωσης θα γίνονταν μεγαλύτερες από τις δυνάμεις έλξης, οπότε τα άστρα θα διασκορπίζονταν ακόμη περισσότερο.

Μια άλλη αντίρρηση στην υπόθεση του άπειρου στατικού Σύμπαντος αποδίδεται συνήθως στον Γερμανό φιλόσοφο Heinrich Olbers, που έγραψε για το συγκεκριμένο θέμα το 1823. (Στην πραγματικότητα, το πρόβλημα είχε ήδη επισημανθεί από κάποιους συγκαίριους του Νεύτωνα· το άρθρο του Olbers δεν ήταν καν το πρώτο που περιείχε συναφή επιχειρηματολογία, ήταν όμως το πρώτο που προσέχτηκε τόσο πολύ).

## Απόσπασμα από:

Τίτλος πρωτοτύπου: A brief history of Time — From the Big Bang to Black Holes

Πρώτη έκδοση: Απρίλιος 1988 από Bantam books

© Κείμενο: Stephen Hawking

Πρόλογος: Carl Sagan

Εικόνες: Ron Miller

® Για την ελληνική γλώσσα:

«Εκδόσεις ΚΑΤΟΠΤΡΟ - Αλ. Μάμαλης & ΣΙΑ Ο.Ε.»

ISBN 960 7023 02 1

Μετάφραση και επιστημονική επιμέλεια: Κωνσταντίνος Χάρακας

Εισαγωγή στην ελληνική έκδοση: Βασίλης Κ. Ξανθόπουλος, Καθηγητής φυσικής Πανεπιστημίου Κρήτης

Γλωσσική επιμέλεια: Παντελής Μπουκάλας

Επιμέλεια: Αλέκος Μάμαλης — Γρηγόρης Τρουφάκος

Κεντρική διάθεση: Εκδόσεις Κάτοπτρο

Ισαύρων 10, 114 71 - Αθήνα

τηλ. 3643272, fax. 3641864