

Διονύσης Π. Σιμόπουλος

Η άνοιξη
του Σύμπαντος

Τα πρώτα βήματα και η εξέλιξή του

5η κιλιάδα

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ: <i>Επισκόπηση του Σύμπαντος</i>	13
ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ: <i>«Αυτός ο Κόσμος ο Μικρός, ο Μέγας...»</i>	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <i>Από τον Μύθο στην Επιστήμη</i>	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: <i>Η Εξέλιξη των Σύγχρονων Απόψεων</i>	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: <i>Νεύτων, Σχετικότητα και Κβαντομηχανική</i>	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: <i>Στο Εσωτερικό του Ατόμου</i>	87
ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ: <i>Η Αποκάλυψη του Σύμπαντος</i>	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: <i>Το Καθιερωμένο Πρότυπο και οι Υπερχορδές</i>	107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: <i>CERN και Higgs</i>	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: <i>Το «Σκοτεινό» Σύμπαν</i>	139
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: <i>Η Γεωμετρία και το Μέγεθος του Σύμπαντος</i>	157
ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ: <i>Γέννηση και Εξέλιξη του Σύμπαντος</i>	171
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: <i>Μεγάλη Έκρηξη, Πληθωρισμός και Παράλληλα Σύμπαντα</i>	173
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: <i>Τα Πρώτα 600 Δευτερόλεπτα</i>	193
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: <i>Ακτινοβολία Υποβάθρου και τα Πρώτα Άστρα</i>	211
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: <i>Γαλαξίες και Κβάζαρ</i>	227
ΕΠΙΛΟΓΟΣ: <i>Το Μέλλον του Σύμπαντος</i>	243
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	261
<i>Γλωσσάρι όρων</i>	263
<i>Πίνακες και διαγράμματα</i>	279

«Αυτός ο Κόσμος ο Μικρός, ο Μέγας...»

«Στην επιστήμη υπάρχουν τρία μεγάλα σύνορα: το πολύ μεγάλο, το πολύ μικρό και το πολύ σύνθετο. Η Κοσμολογία τα εμπεριέχει όλα».

Martin Rees (1942-)

«Ο άνθρωπος δεν μπορεί να αντιληφθεί την έννοια του απείρου. Καμιά από τις αισθήσεις του δεν τον βοηθάει. Όποιος όμως αρνηθεί τα φαινόμενα που δεν μπορεί να κατανοήσει τότε πρέπει να αρνηθεί και την ίδια του την ύπαρξη».

Giordano Bruno (1548-1600)

«Πιστεύω ότι το τέλος της δεκαετίας του 1990 και η αρχή του 21ου αιώνα θα μείνει αξέχαστη ως η ένωση του μεγάλου και του μικρού, η σύγκλιση της κοσμολογίας και της σωματιδιακής φυσικής. Οι δύο αυτές επιστήμες είχαν αρχίσει να συγκλίνουν εδώ και πολλά χρόνια, σήμερα όμως αυτό συμβαίνει ακόμα πιο έντονα».

Sheldon Glashow (1932-)

«Το μέγεθος και η ηλικία του Σύμπαντος είναι πέρα από την κοινή ανθρώπινη κατανόηση. Χαμένο κάπου ανάμεσα στην απεραντοσύνη και την αιωνιότητα βρίσκεται το πλανητικό μας σπίτι. Από μια κοσμική προοπτική, τα περισσότερα ανθρώπινα προβλήματα (αν όχι όλα) μοιάζουν ασήμαντα και μηδαμινά».

Carl Sagan (1934-1996)

«Για να δείτε τον κόσμο σ' έναν κόκκο άμμου, και τους ουρανούς σ' ένα αγριολούλουδο, κρατείστε το άπειρο μέσα στην παλάμη του χεριού σας, και την αιωνιότητα μέσα σε μια ώρα». Τα λόγια του ποιητή για την αιωνιότητα και το άπειρο. Τι σημαίνει όμως αυτό το «άπειρο»; Κι αν, όπως υποστηρίζουν μερικοί, το Σύμπαν δεν γνωρίζει χρονικά όρια, είμαστε άραγε σε θέση να αντιληφθούμε την έννοια της αιωνιότητας; Κι αν, όπως λένε μερικοί, το Σύμπαν δεν γνωρίζει όρια, μπορούμε άραγε να συλλάβουμε την έννοια του απείρου; Η μελέτη της έννοιας του «απείρου» ονομάζεται Κοσμολογία. Δεν είναι μια νέα επιστήμη. Κοσμολόγοι υπήρχαν και στην αρχαία εποχή. Οποτεδήποτε ένας άνθρωπος στην Κίνα, την Αίγυπτο, τη Βαβυλώνα ή την Ελλάδα κοίταζε τον ουρανό και προσπαθούσε να συνδέσει τον εαυτό του με τα αντικείμενα που έβλεπε εκεί, γινόταν ένα είδος κοσμολόγου. Πριν από 2.000 χρόνια, για παράδειγμα, ο Ρωμαίος ποιητής Titus Lucretius Carus (99-55 π.Χ.) επηρεασμένος από την ελληνική φιλοσοφία του Επίκουρου (341-270 π.Χ.) απέδειξε εύγλωπτα πόσο μπροστά είχαν προχωρήσει οι Έλληνες με μόνη τους βοήθεια τη σκέψη: «Μάθε γι' αυτό» έγραφε ο Λουκρήτιος «ότι το Σύμπαν δεν περιορίζεται προς καμιά κατεύθυνση... αλλά αντίθετα φαίνεται το ίδιο προς όλες τις κατευθύνσεις. Χωρίς όρια!». Ατενίζοντας τον αστροφώτιστο ουρανό μας φαίνεται ότι ίσως ο Λουκρήτιος να είχε και κάποιο δίκιο! Γιατί από την πρώτη κιόλας στιγμή που περπατήσαμε όρθιοι πάνω σ' αυτόν τον πλανήτη, ξεκίνησε και η ερωτική μας σχέση μ' αυτόν τον «χωρίς όρια» νυχτερινό ουρανό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Από τον Μύθο στην Επιστήμη

«Ἡ δόξαν ἄλλως τήνδε κεκτῆσθαι μάτην
ψευδῆ, δοκοῦντας δαιμόνων εἶναι γένος,
τύχην δὲ πάντα τὰν βροτοῖς ἐπισκοπεῖν;»

Ευριπίδης, «Εκάβη» (στ. 489-491)

Αν και δεν μπορούμε να γνωρίζουμε τι ακριβώς σκέφτονταν οι άνθρωποι πριν από την αυγή της Ιστορίας, ξέρουμε ότι τα σημερινά επιτεύγματα της σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας έχουν την αρχή τους στο απώτερο εκείνο παρελθόν, στην εποχή που σήμερα μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ως την αυγή της Αστρονομίας. Φυσικά, η αρχική σχέση του ανθρώπου με τα ουράνια φαινόμενα ήταν μία σχέση δέους και σεβασμού, που τη χαρακτήριζε η προκατάληψη και η τελετουργία. Μεταξύ των αρχαίων λαών όμως υπήρχαν και ορισμένοι που το ενδιαφέρον τους και η περιέργειά τους, σε συνδυασμό με περισσότερο «προσγειωμένες» αντιδράσεις στα φαινόμενα, τους οδή-

γψε στην αναζήτηση άλλων διαφορετικών διαπιστώσεων. Ο Ευριπίδης (480-406 π.Χ.), για παράδειγμα, στην τραγωδία του «Εκάβη» αναρωτιέται «μήπως άραγε εμείς θεωρώντας αληθινές όλες αυτές τις δοξασίες για την ύπαρξη θεών εξαπατούμε τους εαυτούς μας με ανυπόστατα ψέματα, ενώ μόνο η τύχη κυβερνάει τ' ανθρώπινα;».

Οι πρώτοι εκείνοι παρατηρητές του ουρανού ήταν ενήμεροι της ανεπάρκειας που χαρακτήριζε την περιγραφή της Φύσης στην εποχή τους, αλλά είχαν ανεξάντλητη πίστη στο ότι ακόμα και τα πιο επίμονα προβλήματα θα υποχωρούσαν μπροστά στις αναζητήσεις των μελλοντικών ερευνητών. Και η βάση κάθε τέτοιας αναζήτησης, όλων σχεδόν των πολιτισμών, είναι και οι μύθοι που αναπτύχθηκαν σχετικά με τη δημιουργία του κόσμου.

Αυτού του είδους οι μύθοι έχουν αναμφίβολα μια τεράστια επίδραση στη διαμόρφωση των επί μέρους στοιχείων ενός πολιτισμού και των ανθρώπων του, αφού οι μύθοι αυτοί αποτελούν το μοντέλο της συμπεριφοράς τους. Οι κοσμολογικοί μάλιστα μύθοι φαίνεται ότι είναι πράγματι πανανθρώπινοι και αποτελούν τις πρώτες προσπάθειες του ανθρώπου να δώσει απαντήσεις σε μερικές από τις πιο βαθιές φιλοσοφικές αναζητήσεις του για τη φύση και την προέλευση του Σύμπαντος, αλλά και για τον σκοπό της ύπαρξης του ίδιου πάνω στη Γη. Όταν μάλιστα κάποιος ασχοληθεί εκτενέστερα με τη διερεύνηση των μύθων αυτών, θα διαπιστώσει επίσης ότι, παρά τα γεωγραφικά εμπόδια, οι κοσμολογικοί-κοσμογονικοί μύθοι

των διάφορων λαών έχουν πολλά κοινά στοιχεία. Ένα από τα στοιχεία αυτά είναι η έννοια της γέννησης που αντιπροσωπεύει την αρχή της ζωής.

Σε ορισμένους κοσμογονικούς μύθους βρίσκουμε την ιδέα της γένεσης να πηγάζει από ένα «αυγό», όπως στους μύθους από την Ελλάδα, την Αφρική, την Ινδία, την Ιαπωνία και τον Νότιο Ειρηνικό. Το χαοτικό αυγό από το οποίο γεννήθηκε το Σύμπαν είναι ένα κλασικό παράδειγμα της έννοιας του «χάους» που επικρατεί σε άλλους παρόμοιους μύθους όπως στους δικούς μας των αρχαίων Ελλήνων. Στη θεογονία των Ορφικών, για παράδειγμα, εκτός από το χάος, τη γαία, τον ουρανό, τον ωκεανό, υπάρχουν κι άλλες πρωταρχικές δυνάμεις όπως ο χρόνος, ο αιθέρας, το ύδωρ και το κοσμικό αυγό.

Ο Ησίοδος (περ. 750-650 π.Χ.), πάντως, είναι ο πρώτος Έλληνας που διαμορφώνει μια οργανωμένη κοσμογονία στα μέσα του 8ου π.Χ. αιώνα. Στη Θεογονία του βρίσκουμε τέσσερις αυτογέννητους θεούς, το Χάος, τη Γαία, τον Τάρταρο και τον Έρωτα, από τους οποίους μόνο ο Έρωσ δεν γεννά απογόνους, αλλά ενώνει και ωθεί τους άλλους σε δημιουργία. Το Χάος γέννησε το Έρεβος και τη Νύχτα, από τους οποίους γεννήθηκαν ο Αιθέρας και η Ημέρα. Η Γαία με παρθενογένεση, χωρίς ερωτική ένωση, γεννά μόνη της τον Ουρανό, που έχει την ίδια έκταση μ' εκείνη, ενώ η όλη διαμόρφωση του κόσμου ξεκινά απ' αυτήν. Ακολουθεί ένα μικρό δείγμα από τα 1.022 εξάμετρα του υπέροχου αυτού επικού ποιήματος που γράφτηκε μετά τα Ομηρικά έπη:

«Και η Γη γέννησε πρώτα ίσον μ' αυτή
τον Ουρανό που 'ναι γεμάτος άστρα, να την καλύπτει από
παντού τριγύρω
και να 'ναι έδρα των μακαρίων θεών παντοτινά ασφαλής.
Γέννησε και τα όρη τα ψηλά, τις όλο χάρη κατοικίες των
θεών Νυμφών
που κατοικούνε στα βουνά τα φαραγγώδη,
μα και το πέλαγος το άκαρπο γέννησε που ορμάει με το
κύμα,
τον Πόντο, δίχως ζευγάρωμα ευφρόσυνο. Κι έπειτα
ξάπλωσε με τον Ουρανό και γέννησε τον Ωκεανό το βαθυ-
δίνη
τον Κοίο, τον Κρείο, τον Υπερίονα, τον Ιαπετό,
τη Θεία, τη Ρέα, τη Θέμιδα, τη Μνημοσύνη,
τη χρυσοστέφανη τη Φοίβη και την εράσμια Τηθύ.
Μαζί μ' αυτούς γεννήθηκε, πιο νέος απ' όλους, ο δολοπλό-
κος Κρόνος,
ο πιο δεινός απ' τα παιδιά. Και το γονιό του το θαλερό
εχθρεύτηκε».

[μετάφραση Σταύρου Γκιργκένη, Εκδόσεις Ζήτρος, 2001]

Αν και ορισμένες αρχαίες δοξασίες υποστήριζαν ότι «τίποτα δεν μπορεί να δημιουργηθεί από το τίποτα», πολλοί λαοί έβλεπαν τη δημιουργία του κόσμου «εκ του μηδενός» (creatio ex nihilo), όπως μπορούμε να δούμε στο πρώτο βιβλίο της «Γένεσης» αλλά και στους Αιγύπτιους, τους Έλληνες, τους Μάγια και

τους γηγενείς Αυστραλούς. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, και όχι μόνο, βρίσκουμε επίσης και την ύπαρξη ενός υπέρτατου, πανίσχυρου όντος που δημιούργησε τον κόσμο. Τέτοιες κοσμογονίες θεωρούν τον κόσμο ως εξ ολοκλήρου δημιούργημα ενός ή περισσότερων θεών που έχουν τη δύναμη να δημιουργούν εκ του μηδενός. Συμπληρωματικοί, τέλος, των κοσμογονικών μύθων είναι και οι εσχατολογικοί μύθοι που περιγράφουν το τέλος του κόσμου από το ίδιο υπέρτατο ον που τον δημιούργησε.

Με την άφιξη όμως της επιστημονικής μεθόδου στην αρχαία Ελλάδα, οι κοσμογονικοί μύθοι άρχισαν να χάνουν τη σημασία τους, αφού τη θέση τους πήραν σιγά σιγά οι ιδέες των φυσικών φιλοσόφων. Το πνεύμα που χαρακτήριζε τις έρευνες της εποχής εκείνης ήταν η ανακάλυψη της αλήθειας και πραγματοποιούνταν με την πίστη στηριγμένη στην παρατήρηση. Πίστευαν, δηλαδή, ότι η Φύση λειτουργεί με βάση ορισμένες αρχές και ότι η πραγματική ομορφιά της μπορεί να εκτιμηθεί καλύτερα με μια όσο το δυνατόν πιο ακριβή φυσική περιγραφή. Φυσικά, μπορεί οι απόψεις τους να μην ανταποκρίνονταν στην πραγματικότητα, ούτε να αποτελούσαν μια πλήρως ανεπτυγμένη κοσμολογία, συνέβαλαν όμως σε μια πρώτη προσπάθεια να δοθούν κάποιες ικανοποιητικές εξηγήσεις για τα ουράνια φαινόμενα μέσω μηχανικών αναλογιών.

Οι πρόγονοί μας, ευλογημένοι μ' ένα θερμό κλίμα, είχαν τη δυνατότητα να βρίσκονται πολύ κοντά στη φύση. Τα σπίτια τους είχαν ακάλυπτες αυλές και υπαίθρια λουτρά. Ακόμα και οι ναοί τους, πέρα από το μεγάλο τους μέγεθος, χαρακτηρίζο-

νταν από μια αρχιτεκτονική τάση που ήθελε τους τόπους αυτούς ακάλυπτους και ανοιχτούς. Έτσι, τους δινόταν η ευκαιρία κατά τη διάρκεια της νύχτας να ατενίζουν τον ουρανό σ' όλο του το μεγαλείο, κάτι που εμείς οι κάτοικοι των σύγχρονων πόλεων δεν μπορούμε να κάνουμε με ευκολία. Κι ενώ όλο αυτό το εξάισιο μεγαλείο του ουρανού οδηγούσε κάποιους άλλους λαούς σε λατρευτικές και δεισιδαίμονες αντιλήψεις, οι Έλληνες οδηγήθηκαν στον διαλογισμό και στη γέννηση της κοσμολογίας. Μ' αυτό τον τρόπο γεννήθηκε και η επιστημονική μέθοδος που εξελίχτηκε σιγά σιγά σ' ένα πανίσχυρο όργανο της σύγχρονης έρευνας.

Σε πολλά μάλιστα σημεία, οι σημερινές μας γνώσεις πλησιάζουν πάρα πολύ τις πρωταρχικές παρατηρήσεις των αρχαίων Ελλήνων. Ο Θαλής ο Μιλήσιος (περ. 624-546 π.Χ.), για παράδειγμα, ήταν ο πρώτος που το 556 π.Χ. υποστήριξε ότι το φως της Σελήνης δεν ήταν τίποτε άλλο από το φως του Ήλιου που αντανακλούσε πάνω της. Άρα και η Σελήνη είναι ένα γεώδες σώμα, η οποία φωτίζεται από τον Ήλιο, είναι δηλαδή ένα σώμα ετερόφωτο. Ακούγεται απλό ίσως για τα δεδομένα της σημερινής εποχής. Ας μην ξεχνάμε όμως ότι εμείς έχουμε σήμερα βοηθούς τα τηλεσκόπια και τους δορυφόρους μας, ενώ ο Θαλής είχε μόνο τα μάτια και το μυαλό του για να μελετήσει τους κύκλους της Σελήνης.

Άλλωστε και ο Αριστοτέλης, και ο Πλάτωνας, αλλά και αρκετοί ακόμα φιλόσοφοι θεωρούν τον Θαλή τον πρώτο φιλόσοφο της Ιστορίας, ενώ αναγνωρίζεται επίσης και ως ο πρώτος

από τους επτά σοφούς της αρχαιότητας. Ο Bertrand Russell έλεγε μάλιστα ότι «η δυτική φιλοσοφία αρχίζει με τον Θαλή». Ήταν ο πρώτος που προσπάθησε να εξηγήσει τα φυσικά φαινόμενα με βάση τις διάφορες φυσικές διαδικασίες. Τα ταξίδια του στην Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία τού έδωσαν την ευκαιρία να διαμορφώσει νέες και ριζοσπαστικές ιδέες για τη φύση και τον κόσμο. Έναν κόσμο που διαφεντεύεται από νόμους και κανόνες, και γι' αυτό κατανοήσιμος. Έναν κόσμο που ήταν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης διάφορων φυσικών δυνάμεων και όχι θεϊκών παρεμβάσεων.

Ο Θαλής προσπάθησε να κατανοήσει τον κόσμο μέσα από τα μάτια της επιστήμης και να εξηγήσει φυσικά φαινόμενα χωρίς να χρησιμοποιεί αναφορές στη μυθολογία, όπως γίνονταν μέχρι την εποχή του. Υπήρξε μεγάλος δάσκαλος με πάρα πολύ μεγάλη επιρροή σε όλους σχεδόν τους μεταγενέστερους προσωκρατικούς φιλοσόφους, που ακολούθησαν τα χνάρια του στην προσπάθειά τους να δημιουργήσουν τεκμηριωμένες, αδιαμφισβήτητες και αληθείς πεποιθήσεις για τα φυσικά φαινόμενα και τα ουράνια σώματα χρησιμοποιώντας ως εργαλεία τους τη Λογική, τα Μαθηματικά, τη Φυσική, τη Βιολογία, την Αστρονομία, και όχι τους μύθους και τους θρύλους. Με άλλα λόγια, οι ιδέες του Θαλή και των άλλων Μιλησίων δημιούργησαν μια γέφυρα μεταξύ δύο κόσμων, τον κόσμο του μύθου και τον κόσμο του νου.

Μετά τον Θαλή, ο Πλάτωνας (περ. 427-347 π.Χ.) και η σχολή του δέχονταν τη θεωρία ενός εκ των Μιλησίων, του

Πυθαγόρα, για ένα Σύμπαν αποτελούμενο από ομόκεντρες σφαίρες. Η σφαίρα είναι άλλωστε το τελειότερο γεωμετρικό στερεό και η τέλεια κίνηση που αρμόζει σε μία σφαίρα είναι η ομοιόμορφη περιστροφή της γύρω από το κέντρο της. Λέγεται μάλιστα ότι ένας μαθητής του Πλάτωνα, ο Εύδοξος ο Κνίδιος (περ. 408-355 π.Χ.), επινόησε μία μηχανική κατασκευή η οποία αναπαρήγαγε τις τροχιές των πλανητών με εκπληκτική ακρίβεια.

Αλλά τις κινήσεις των πλανητών μελέτησε επίσης και ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.), που ήταν ένας πραγματικός πανεπιστήμων, αφού προσπάθησε να μάθει «τα πάντα για τα πάντα». Ο Αριστοτέλης ξεκίνησε την έρευνά του με τη μελέτη της κίνησης και της αλλαγής, και στα συμπεράσματα που κατέληξε περιλαμβάνεται και η σφαιρικότητα της Γης, αφού κατά τη διάρκεια μιας σεληνιακής έκλειψης μπορούσε κανείς να διαπιστώσει ότι η Γη άφηνε μία κυκλική σκιά πάνω στη Σελήνη, και μόνο ένα σφαιρικό σώμα μπορεί να έχει κυκλική σκιά.

Σύμφωνα λοιπόν με τον Αριστοτέλη, το σύστημα του Εύδοξου, αν και ήταν μαθηματικά σωστό, δεν ακολουθούσε εντούτοις τους νόμους της Φυσικής, αφού ο Εύδοξος αντιμετώπιζε τον κάθε πλανήτη ως μία ανεξάρτητη οντότητα όπου κάθε ομάδα σφαιρών περικλείεται μέσα σε μία άλλη μεγαλύτερη σφαίρα, η οποία περιστρεφόταν μία φορά την ημέρα. Ο Αριστοτέλης όμως επιθυμούσε ένα σύστημα που ήταν όχι μόνο σωστό μαθηματικά αλλά και εφικτό από φυσικής απόψεως. Για να επιτύχει κάτι τέτοιο, έπρεπε να διπλασιάσει τον αριθμό των σφαι-

ρών που αντιστοιχούσαν στον κάθε πλανήτη. Το αποτέλεσμα ήταν ένα σύστημα αποτελούμενο από 55 σφαίρες.

Όπως φαίνεται, οι περισσότεροι από τους Έλληνες φιλοσόφους καταπίστηκαν κατά καιρούς με την προσπάθεια να εξηγήσουν το όλο σύστημα των άστρων, της Γης, των πλανητών και των παγκόσμιων κινήσεων. Επειδή όμως στις καθημερινές μας δραστηριότητες βασιζόμαστε στις πέντε μας αισθήσεις, δεν είναι καθόλου παράξενο που σε όλες τις αρχαίες κοσμολογίες, τις προσπάθειες δηλαδή των ανθρώπων να συνδέσουν τη Γη με το υπόλοιπο Σύμπαν, λείπει κάθε έννοια απόστασης στο Διάστημα. Όλες οι αρχαίες κοσμολογίες ξεκινούσαν από την κατανοήσιμη έννοια ότι η Γη ήταν ακίνητη και βρισκόταν στο κέντρο του Σύμπαντος. Και όλες, βασιζόμενες στην ανθρώπινη αντίληψη και όραση, προϋπέθεταν ότι τα άστρα ήταν καρφωμένα σ' έναν στερεό ουρανό που γυρνούσε γύρω από μίαν ακίνητη, σταθερή Γη, η οποία αποτελούσε έτσι το κέντρο του Σύμπαντος.

Όλες οι κοσμολογίες, εκτός απ' αυτήν του Αρίσταρχου από τη Σάμο (περ. 310-230 π.Χ.), που πήγε στην Αλεξάνδρεια γύρω στο 280 π.Χ. και για τον οποίο ο Αρχιμήδης μάς λέει: «Αρίσταρχος ο Σάμιος υποτίθεται γαρ τα μιν απλανέα των άστρων και τον Άλιον μένειν ακίνητον, ταν δε Γαν περιφέρεισθαι περί τον Άλιον κατά κύκλου περιφέρειαν». Δηλαδή, η Γη δεν είναι το κέντρο του κόσμου, όπως το 'θελαν οι κάτοικοί της, αλλά μία μηδαμινή σφαίρα που περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.

Λίγο πριν από τον θάνατο του Αρίσταρχου, ο φιλόσοφος,

γεωγράφος και αστρονόμος Ερατοσθένης (περ. 276-194 π.Χ.) έγινε το 235 π.Χ. διευθυντής της πολύτιμης βιβλιοθήκης της Αλεξάνδρειας, όπου μισό περίπου εκατομμύριο περγαμνές έπρεπε να αναγνωριστούν και να ταξινομηθούν. Η επιμονή του Ερατοσθένη να υπολογίσει επακριβώς το μέγεθος της Γης ήταν το χαρακτηριστικό γνώρισμα της εφευρετικότητας των Αλεξανδρινών επιστημόνων. Ο Ερατοσθένης υπολόγισε την περιφέρεια της Γης συγκρίνοντας τις σκιές δύο πασσάλων που είχαν τοποθετηθεί ο ένας βορειότερα από τον άλλο. Μετρώντας το μήκος των δύο σκιών τα μεσημέρια, μπορεί κανείς να υπολογίσει αρκετά εύκολα, με τη βοήθεια της γεωμετρίας, την απόσταση που χωρίζει τα δύο σημεία ως ποσοστό της περιμέτρου της Γης. Κι έτσι, το αποτέλεσμα στο οποίο κατέληξε ο Ερατοσθένης πλησίαζε περίπου στο 99% της πραγματικής γήινης περιμέτρου!

Ένας άλλος σπουδαίος αρχαίος παρατηρησιακός αστρονόμος ήταν και ο Ίππαρχος ο Ρόδιος (περ. 190-120 π.Χ.), που εντόπισε για πρώτη φορά μια απειροελάχιστη κίνηση της Γης. Με τη βοήθεια παρατηρήσεων και ερευνών, από τους Βαβυλώνιους έως τον Μέτωνα (5ος αι. π.Χ.) και από τον Αρίσταρχο (περ. 310-230 π.Χ.) έως τον Αρίτυλλο (3ος αι. π.Χ.) και τον Τιμόχαρη (3ος αι. π.Χ.) αλλά και τις δικές του παρατηρήσεις, ο Ίππαρχος ανακάλυψε ότι τα άστρα μετακινούνται από τη θέση τους κατά $1/72$ της μοίρας κάθε χρόνο! Δηλαδή, με τις συγκριτικές του παρατηρήσεις ο Ίππαρχος (αστρονόμος, μαθηματικός και γεωγράφος) είχε ανακαλύψει τη «μετάπτωση των ισημεριών»! Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος της ανακά-

λυψης αυτής, αρκεί να επισημάνουμε ότι το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε μια απειροελάχιστη κυκλική κίνηση του άξονα της Γης (που περιστρέφεται σαν μια σβούρα η οποία είναι έτοιμη να πέσει) και η οποία χρειάζεται 25.800 χρόνια περίπου για να συμπληρωθεί! Ανακάλυψε, δηλαδή, ότι το εαρινό ισημερινό σημείο μετακινείται πάνω στην εκλειπτική, με φορά αντίθετη των ζωδίων, 50 δευτερόλεπτα του ενός λεπτού της μοίρας κάθε χρόνο. Πράγμα που σημαίνει ότι με την πάροδο των αιώνων αλλάζει σιγά σιγά και το άστρο που σημαδεύει τον Βόρειο Ουράνιο Πόλο.

Και όμως, η ανακάλυψη αυτή δεν ήταν παρά μία μόνο από τα δεκάδες παρόμοια επιτεύγματα που δίκαια έδωσαν στον Ίππαρχο τα προσωνύμια του «πρίγκιπα της παρατήρησης» και του «θεμελιωτή της τριγωνομετρίας» και αναμφιβόλως επάξια τον τίτλο του «πατέρα της αστρονομίας». Γιατί η επιστημονική μελέτη της αστρονομίας, με τη σύγχρονη έννοια της λέξης, αρχίζει με τις μελέτες και τα έργα του Ιππάρχου, ενώ λόγω των πολλών και σπουδαίων του ανακαλύψεων δικαίως θεωρείται και ως ένας από τους μεγαλύτερους παρατηρησιακούς αστρονόμους όλων των εποχών.

Ο τελευταίος ίσως από τους σπουδαίους αρχαίους φυσικούς φιλοσόφους ήταν ο Κλαύδιος Πτολεμαίος ο Αλεξανδρινός (περ. 100-170 μ.Χ.). Ο Πτολεμαίος ήταν βασικά ένας θεωρητικός ερευνητής που στήριξε τις απόψεις του σε μεγάλο βαθμό στις παρατηρήσεις και τα στοιχεία που είχε συγκεντρώσει ο Ίππαρχος. Είναι γνωστός κυρίως για το μεγάλο έργο του, τη «Μεγά-

λη Μαθηματική Σύνταξη», γνωστή και ως «Αλμαγέστη» (ή Μεγίστη) από την ονομασία που της έδωσαν οι Άραβες, η οποία περιείχε τις εργασίες πολλών Ελλήνων αστρονόμων καθώς και τις δικές του μελέτες. Ο Πτολεμαίος αφιέρωσε πολύ χρόνο στη μελέτη και τη βελτίωση της θεωρίας για την κίνηση των πλανητών μέσω ενός πολύπλοκου συστήματος κύκλων και επικύκλων, και κατόρθωσε να περιγράψει τις πλανητικές κινήσεις με απόκλιση ίση μόλις με το $1/3$ της διαμέτρου της Σελήνης. Το μόνο εμπόδιο στην ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια του συστήματός του ήταν η πολυπλοκότητα της χρήσης ενός μεγαλύτερου αριθμού δευτερευόντων κύκλων. Γι' αυτό ο Πτολεμαίος θεωρείται μέχρι σήμερα ο κλασικός υποστηρικτής της γεωκεντρικής θεωρίας των πλανητικών κινήσεων.

Μετά τον Πτολεμαίο τα πράγματα παρέμειναν αμετάβλητα επί 15 ολόκληρους αιώνες, αφού το βάρος της αυθεντίας του Αριστοτέλη που υποστήριζε παρόμοιες γεωκεντρικές ιδέες κυριάρχησε πάνω στην επιστημονική σκέψη του ανθρώπου για τα επόμενα 1.500 χρόνια. Η Γη θεωρούνταν το κέντρο του Σύμπαντος, και οι ελάχιστοι που πρότειναν ιδέες που αργότερα αποδείχθηκαν πιο σωστές δεν ήταν παρά μεμονωμένες φωνές «βοώντες εν τη ερήμω». Και τότε, μέσα σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, ολόκληρος ο κλάδος της αστρονομίας, και όλης της επιστήμης, επαναστατικοποιήθηκε από την εμφάνιση αρκετών μεγαλοφυών ανθρώπων.

Ο πρώτος από αυτούς ήταν ο Νικόλαος Κοπέρνικος (1473-1543), ένας πολωνός κληρικός και αστρονόμος που περισσό-

τερο απ' όλα τον ενδιέφερε η θεωρία παρά η παρατήρηση των ουράνιων σωμάτων. Το μεγάλο του έργο «De Revolutionibus Orbium Coelestium», (*Περί των Περιστροφών Ουρανίων Σφαιρών*) δημοσιεύτηκε λίγο πριν από τον θάνατό του. Το βιβλίο αυτό είναι στην πραγματικότητα μια συλλογή από επιχειρήματα υπέρ της ιδέας (που είχε πρώτος προτείνει ο Αρίσταρχος από τη Σάμο 1.800 χρόνια νωρίτερα) ότι ο Ήλιος και όχι η Γη είναι το κέντρο των πλανητικών κινήσεων. Ο Κοπέρνικος δηλαδή θεωρούσε το γεωκεντρικό σύστημα υπερβολικά πολύπλοκο, γι' αυτό και υποστήριξε το πιο απλό ηλιοκεντρικό σύστημα, με τη Γη να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της μια φορά την ημέρα και να περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο μια φορά τον χρόνο.

Το σπουδαιότερο, και φυσικά το πιο ενοχλητικό, σημείο αυτής της άποψης ήταν η ιδέα ότι η Γη μας δεν ήταν παρά ένας ακόμα πλανήτης σαν τους άλλους, που κι αυτός ταξίδευε περιπλανώμενος γύρω από τον Ήλιο. Έτσι, όταν ο ετοιμοθάνατος Κοπέρνικος κράτησε στα τρεμάμενα χέρια του το πρώτο αντίτυπο του έργου του «Περί των Περιστροφών Ουρανίων Σφαιρών», η Ιερά Εξέταση πρέπει να αισθάνθηκε ιδιαίτερη λύπη γιατί δεν πρόλαβε να κάψει ζωντανό τον «αιρετικό» συγγραφέα, που ισχυριζόταν με τόση ασέβεια ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο!

Στον πρόλογο του βιβλίου του, ο Κοπέρνικος έγραφε: «Στην αρχή ανακάλυψα στον Κικέρωνα ότι ο Ικέτας πίστευε στην κίνηση της Γης, και από ένα απόσπασμα του Πλούταρχου έμαθα ότι και άλλοι Έλληνες αστρονόμοι είχαν την ίδια άποψη».

Ήταν μια άποψη απλή, που πολεμήθηκε με πάθος. Και αν ο φυσικός θάνατος πρόλαβε να γλιτώσει τον Κοπέρνικο από τη φωτιά, δεν έγινε το ίδιο και για το έργο του, που «παραδόθηκε στο ανάθεμα και τις φλόγες του θρησκευτικού φανατισμού».

Ένας από τους σημαντικότερους παρατηρησιακούς αστρονόμους που έζησαν εκείνη την εποχή ήταν ο μεγαλύτερος γιος ενός δανού αριστοκράτη. Ο Tycho Brahe (1546-1601) σπούδασε σε τρία διαφορετικά πανεπιστήμια, όπου η αστρονομία και τα μαθηματικά απετέλεσαν τα ιδιαίτερα ενδιαφέροντά του. Παρά τον δύστροπο χαρακτήρα του, γρήγορα αναγνωρίστηκε ως ένας σπουδαίος αστρονόμος. Το γεγονός αυτό προκάλεσε το ενδιαφέρον του βασιλιά Φρειδερίκου Β΄ της Δανίας, ο οποίος του έχτισε ένα πλήρες για την εποχή του αστεροσκοπείο. Ο Tycho εργάστηκε εκεί για είκοσι χρόνια κάνοντας παρατηρήσεις πολύ ανώτερες σε ακρίβεια και ποσότητα από όλες όσες είχαν γίνει στο παρελθόν, και οι οποίες παρέμειναν αξεπέραστες μέχρι την ανακάλυψη του τηλεσκοπίου.

Στο αστεροσκοπείο του ο Tycho σχεδίασε και κατασκεύασε όργανα που δεν είχαν χρησιμοποιηθεί ποτέ μέχρι τότε, και επινόησε νέους τρόπους και μεθόδους παρατηρήσεων. Έκανε σπουδαίες παρατηρήσεις για τους κομήτες και ήταν ο πρώτος που απέδειξε ότι δεν βρίσκονταν μέσα στην ατμόσφαιρα της Γης αλλά πάρα πολύ μακριά απ' αυτήν. Ο Tycho έδειξε ενδιαφέρον και για τις αντιθέσεις μεταξύ του πολεμαϊκού και του κοπερνίκειου συστήματος, και έκανε παρατηρήσεις ειδικά σχεδιασμένες για την επαλήθευση του ηλιοκεντρικού συστήματος. Όπως και

ο Ίππαρχος, κατέγραψε τη θέση 1.000 περίπου άστρων και πραγματοποίησε έναν μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων των θέσεων των πλανητών και της Σελήνης ανακαλύπτοντας πολλές άγνωστες μέχρι τότε ανομοιομορφίες στις κινήσεις αυτές. Έτσι, όταν ο Tycho πέθανε άφησε πίσω του έναν αμύθητο θησαυρό παρατηρήσεων στα χέρια του νεαρού βοηθού του Kepler.

Ο Johannes Kepler (1571-1630), παρότι προερχόταν από φτωχή οικογένεια, έλαβε μια πάρα πολύ καλή εκπαίδευση, και είχε ήδη αρχίσει να διδάσκει στο Πανεπιστήμιο του Γκρατς από το 1594 σε ηλικία 23 ετών. Κανένας άνθρωπος στον κόσμο την εποχή εκείνη δεν ήταν πιο κατάλληλος από τον Kepler για να αναλύσει τις παρατηρήσεις που είχε αφήσει πίσω του ο Tycho Brache. Γιατί ο Kepler δεν ήταν παρατηρητής αλλά ένας εξαιρετος θεωρητικός που έστρεψε την προσοχή του στη βελτίωση της ακρίβειας του κοπερνίκειου συστήματος, πεπεισμένος ότι υπήρχε κάποιος βασικός φυσικός νόμος, ή μία ομάδα νόμων, που καθόριζαν τις κινήσεις των πλανητών.

Μ' αυτό το σκεπτικό επικέντρωσε πρώτα απ' όλα το ενδιαφέρον του στην τροχιά του Άρν. Μετά από μακρές και επίμονες δοκιμές διαφόρων υποθέσεων, ο Kepler έκανε δύο βασικές διαπιστώσεις: πρώτον ότι ο Άρνης κινείται σε μία έλλειψη, με τον Ήλιο σε μία από τις δύο εστίες της, και δεύτερον ανακάλυψε τον νόμο που καθορίζει την ταχύτητα με την οποία ο Άρνης κινείται στα διάφορα τμήματα της τροχιάς του. Με τους δύο αυτούς νόμους, που ήταν αποτέλεσμα οκτώ χρόνων εργασίας, ο Kepler μπορούσε να εξηγήσει άνετα τις κινήσεις του Άρν με

οχεδόν μηδαμινό περιθώριο λάθους. Το γεγονός αυτό ήταν μια τεράστια πρόοδος και όχι απλώς μία βελτίωση των παλαιότερων θεωριών. Δεν ήταν δηλαδή μια ακόμα θεωρία, αλλά μια ακριβής και απλή περιγραφή της πραγματικής πορείας του πλανήτη στο διάστημα. Οι δύο νόμοι του Kepler δημοσιεύτηκαν το 1609, ενώ λίγο αργότερα απέδειξε ότι οι δύο αυτοί νόμοι έχουν ισχύ και για όλους τους άλλους πλανήτες.

Δέκα χρόνια αργότερα, ύστερα από επίμονη μελέτη, ανακάλυψε και έναν τρίτο νόμο που αφορούσε τις σχέσεις μεταξύ των κινήσεων των πλανητών. Έτσι, οι κινήσεις των πλανητών έγιναν κατανοητές και περιγράφηκαν με ακρίβεια, ενώ οι λανθασμένες απόψεις του παρελθόντος απορρίφθηκαν με βάση την ακρίβεια των παρατηρήσεων του Tycho και τα σωστά συμπεράσματα που αποκόμισε απ' αυτές η ιδιοφυΐα του Kepler. Η πίστη των Ελλήνων φιλοσόφων είχε ανταμειφθεί πλουσιοπάροχα, αφού για πρώτη φορά ήταν δυνατόν να προβλεφθούν με ακρίβεια οι θέσεις των πλανητών. Πάνω σ' αυτούς τους νόμους του Kepler χτίστηκε μετέπειτα το οικοδόμημα ολόκληρης της επιστήμης της ουράνιας μηχανικής.

Για χιλιάδες χρόνια μέχρι την εποχή του Kepler, τα μάτια μας, περιορισμένα να βλέπουν τα λαμπρότερα μόνον άστρα της νύχτας, ήταν τα μοναδικά αστρονομικά όργανα που διαθέταμε. Μέχρις ότου ένας Ιταλός επιστήμονας ονόματι Galileo Galilei (1564-1642) έστρεψε στον ουρανό το μικρό του τηλεσκόπιο που επρόκειτο να γίνει το πιο πανίσχυρο εργαλείο της παρατηρησιακής αστρονομίας. Ο Γαλιλαίος δεν ήταν αυτός

που εφνύρε το τηλεσκόπιο, ήταν όμως χωρίς αμφιβολία ο πρώτος που εκτίμησε τη σπουδαιότητά του και κατάλαβε όλα όσα παρατήρησε μ' αυτό. Και όπως ήταν φυσικό, το κατεστημένο της εποχής για μια ακόμα φορά δεν μπόρεσε να ανεχθεί τις νέες ανακαλύψεις. Ο Γαλιλαίος καταδιώχθηκε και με την απειλή βασανιστηρίων αναγκάστηκε να απαρνηθεί τις ιδέες του και να περάσει το υπόλοιπο της ζωής του σε κατ' οίκον περιορισμό μέχρι που πέθανε το 1642 σε ηλικία 78 ετών.

Η ανακάλυψη του τηλεσκοπίου ήταν πραγματικά ένας από τους βασικούς μοχλούς στην κατανόηση του σύμπαντος των άστρων από τον άνθρωπο. Αν όμως η ανακάλυψη του Γαλιλαίου έδωσε τέλος σε μερικές από τις παλιές διενέξεις, οι παρατηρήσεις του, όπως και άλλων που ακολούθησαν, έθεσαν καινούργια ερωτηματικά για τον Γαλαξία. Ποιο είναι το μέγεθός του και το σχήμα του; Πόσα άστρα περιέχει; Υπήρχε άραγε τέλος στον αριθμό των άστρων που το τηλεσκόπιο μας παρουσίαζε ατελείωτα προς όλες τις κατευθύνσεις;

“ Σήμερα το Σύμπαν βρίσκεται στις πρώτες «ώρες» της ύπαρξής του: στην άνοιξη κυριολεκτικά της ζωής του. Πρόκειται για μια άνοιξη που πλαισιώνεται από το μεγαλείο των λαμπρών γαλαξόλευκων άστρων, αλλά και άστρων σαν τον Ήλιο μας, ενώ η ενήλικη ιστορία του θ’ αρχίσει πολύ αργότερα, σε δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων χρόνια από σήμερα.

Ακόμα όμως και τότε, θα πρόκειται για ένα πανέμορφο Σύμπαν, για εκείνα τα «όντα» που θα το κατοικούν, αν και θα φωτίζεται αμυδρά μόνο από τα κοκκινωπά, υπέρυθρα άστρα που σήμερα είναι αόρατα στα μάτια μας. Θα πρόκειται, φυσικά, για όντα με υπερβολικές δυνάμεις στη διάθεσή τους. Δυνάμεις που το μυαλό μας είναι αδύνατον ακόμα και να φανταστεί. Παρ’ όλα αυτά, κοιτάζοντας πίσω στη λαμπερή δική μας εποχή, θα μας ζηλεύσουν, γιατί εμείς γνωρίσαμε το Σύμπαν όταν το Σύμπαν ήταν ακόμη μωρό. Θα μας ζηλεύουν γιατί εμείς σήμερα ζούμε όντως στην Άνοιξη του Σύμπαντος! ”

ISBN:978-618-03-1648-3



ΒΟΗΘ. ΚΩΔ. ΜΗΧ/ΣΗΣ 81648