

# **Αστρονομικές αναζητήσεις και αστρονομικά δεδομένα από τους αρχαίους πολιτισμούς μέχρι τη σύγχρονη εποχή**

**Θεόδωρος Γ. Εξαρχάκος**  
Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών

## **1. Εισαγωγικά**

Ο τίτλος της εισήγησης είναι εκτεταμένος και αυτό ίσως οδηγεί στο συνειρμό ότι εδώ θα παρουσιαστεί η Αστρονομία όλων των εποχών, η Αστρονομία που αναπτύχθηκε από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Ασφαλώς, η πρόθεσή μας δεν είναι αυτή. Αυτό δεν μπορεί να παρουσιαστεί σε μια εισήγηση. Χρειάζεται χιλιάδες σελίδες, και η λεπτομερής ανάπτυξη και ανάλυσή του απαιτεί τόμους ολόκληρους. Πρόθεσή μας εδώ είναι να παρουσιάσουμε περιληπτικά, θα έλεγα να σκιαγραφήσουμε, τις αστρονομικές παρατηρήσεις και μετρήσεις που έγιναν από τους αρχαίους λαούς της Ανατολής, να περιγράψουμε με συντομία την Αστρονομία που αναπτύχθηκε κατά την αρχαία ελληνική και ελληνιστική εποχή, από το Θαλή το Μιλήσιο μέχρι τον Πτολεμαίο και τους πρώτους αιώνες της χριστιανικής εποχής και να αναφερθούμε, τέλος, στο αστρονομικό σύστημα του Κοπέρνικου, τις συνθήκες και τον τρόπο επικράτησής του και την παραπέρα ανάπτυξή του από τους επιστήμονες και αστρονόμους που ακολούθησαν μέχρι τη σύγχρονη εποχή.

**Αστρονομία** είναι η επιστήμη που μελετά τα ουράνια σώματα και τη δομή του σύμπαντος. Ασχολείται με τον Ήλιο, τη Σελήνη, τους πλανήτες και τους δορυφόρους τους, τους απλανείς αστέρες, τους κομήτες, τους μετεωρίτες, τους γαλαξίες, τα γαλαξιακά συστήματα, τις συστάδες γαλαξιών. Ενδιαφέρεται για τη μορφή που έχουν, τις θέσεις που κάθε φορά κατέχουν, τα μεγέθη τους, τις κινήσεις τους και την εξήγηση αυτών των κινήσεων, τις αποστάσεις που έχουν μεταξύ τους, τη θερμοκρασία τους, τη φυσική τους κατάσταση και τη χημική τους σύνθεση.

Το μέρος της Αστρονομίας που ασχολείται με τη μορφή των ουρανίων σωμάτων και τον προσδιορισμό των θέσεων και των κινήσεών τους μέσα από την παρατήρηση και την καταγραφή αυτών των παρατηρήσεων αποτελεί την

**Πρακτική Αστρονομία ή Αστρομετρία.** Αν σε αυτά προσθέσουμε και τη μαθηματική μελέτη και ερμηνεία των παρατηρήσεων και τη διατύπωση γενικών κανόνων και αρχών που διέπουν τα ουράνια σώματα, σύμφωνα πάντοτε με τις αρχές των Μαθηματικών και της Φυσικής, τότε έχουμε τη **Θεωρητική ή Μαθηματική Αστρονομία.** Η λεπτομερής μαθηματική μελέτη, ερμηνεία και εξήγηση των κινήσεων των ουρανίων σωμάτων σύμφωνα με τη θεωρία της βαρύτητας αποτελεί την **Ουράνια Μηχανική.** Η μελέτη της χημικής σύνθεσης και της φυσικής κατάστασης των ουρανίων σωμάτων ανήκει στην **Αστροφυσική** και τέλος, η μελέτη του κόσμου συνολικά είναι η **Κοσμολογία.**

Το πέρασμα από την Πρακτική Αστρονομία στη Θεωρητική, από τη Θεωρητική στην Ουράνια Μηχανική, στην Αστροφυσική και στην Κοσμολογία δεν ήταν ούτε εύκολο ούτε σύντομο. Για να περάσει η μελέτη των ουρανίων σωμάτων από το ένα βήμα στο επόμενο εργάστηκαν για πολλούς αιώνες γίγαντες της επιστήμης, μαθηματικοί, φυσικοί, αστρονόμοι, φιλόσοφοι, μηχανικοί και πολλοί άλλοι ειδικοί επιστήμονες. Αυτό το πέρασμα θα προσπαθήσουμε να αναδείξουμε στις επόμενες παραγράφους.

Οι αρχαίοι λαοί αντιμετώπιζαν πολλά προβλήματα: Ο κατάλληλος χρόνος της σποράς και της συγκομιδής, οι θρησκευτικοί εορτασμοί σε τακτά χρονικά διαστήματα, ιδίως οι εορτασμοί που αποσκοπούσαν στην ευφορία της γης και στη μεγαλύτερη παραγωγή, τα μακρινά ταξίδια που απαιτούσαν ακρίβεια στην κατεύθυνση του πλου ή της πορείας, οι πλημμύρες των ποταμών που παρατηρούνταν κάποιες συγκεκριμένες εποχές του χρόνου και άλλα παρόμοια, ήταν μερικά από τα προβλήματα αυτά που έπρεπε να επιλυθούν. Η επίλυσή τους ήταν άμεσα συνδεδεμένη με το χρόνο. Ήταν επομένως ανάγκη για τους λαούς αυτούς να βρουν τρόπους για να υπολογίζουν το χρόνο. Να υπολογίζουν την έναρξη των εποχών του έτους, το χρονικό διάστημα της ημέρας και της νύχτας στις διάφορες εποχές κλπ. Αν σε αυτά προσθέσουμε και την περιέργεια που τους προξενούσαν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα σχετικά με τα αστέρια, με την πορεία του ήλιου, τις διάφορες φάσεις της σελήνης, τις εκλείψεις κλπ. μπορούμε να κατανοήσουμε πώς και γιατί από πολύ νωρίς ο άνθρωπος στράφηκε στην προσεκτική παρατήρηση του ουρανού, που τον οδήγησε στην ανακάλυψη ότι τα ουράνια σώματα εμφανίζονται να κινούνται κατά τρόπο κανονικό, που είναι χρήσιμος στον καθορισμό του χρόνου.

Σιγά-σιγά και όσο εξελίσσονται οι κοινωνίες, η έννοια του χρόνου γίνεται ο κύριος ρυθμιστής της καθημερινής ζωής του ανθρώπου. Υπήρχε επομένως ανάγκη να βρεθεί κάποιος τρόπος για τη μέτρηση του χρόνου και μάλιστα να

βρεθεί μια βασική μονάδα μέτρησής του, που να είναι κοινή και αποδεκτή από όλους τους λαούς όλων των εποχών. Αυτή την κοινή μονάδα μέτρησης δεν την επινόησε αυθαίρετα ο άνθρωπος, αλλά του την επέβαλε η ίδια η φύση. Σήμερα όλοι γνωρίζουμε ότι οι φυσικότερες μονάδες μέτρησης του χρόνου είναι η ημέρα και το έτος. Ημέρα είναι το χρονικό διάστημα που χρειάζεται η Γη για μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον άξονά της και ισούται με 23 ώρες 56 πρώτα λεπτά και 4 δεύτερα. Έτος είναι το χρονικό διάστημα που χρειάζεται η Γη για μια πλήρη περιφορά της γύρω από τον Ήλιο. Το χρονικό αυτό διάστημα ισούται με 365 ημέρες, 5 ώρες, 48 πρώτα λεπτά και 47,12 δεύτερα.

Πώς έφτασε όμως ο άνθρωπος να μετρήσει αυτούς τους χρόνους; Πώς μπόρεσε να παραδεχτεί ότι κινείται η Γη, το μόνο μέρος που του παρέχει την αίσθηση της σιγουριάς και της σταθερότητας; Να κατανοήσει αυτή την κίνηση και να μετρήσει τις ταχύτητες με τις οποίες η Γη κινείται; Πώς κατόρθωσε να μελετήσει τα διάφορα ουράνια σώματα, τις κινήσεις τους, τις μεταξύ τους σχέσεις, τη μορφή τους, τη θερμοκρασία τους, τη χημική τους σύνθεση, τη φυσική τους κατάσταση;

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά συγκροτούν την ιστορία ολόκληρης της Αστρονομίας.

## **2. Οι αρχαίοι λαοί της Ανατολής**

Οι παρατηρήσεις των ουρανίων σωμάτων δεν μπορεί παρά να ξεκινούν από πολύ πρώιμες εποχές. Ακόμη και οι πρωτόγονοι άνθρωποι είχαν συναίσθηση του χρόνου που περνά. Η εναλλαγή της ημέρας με τη νύχτα, του χειμώνα με το καλοκαίρι και οι διάφορες άλλες επαναλήψεις της φύσης, ακόμη και το γεγονός ότι γερνούσαν, τους έκαναν να αντιληφθούν ότι κάτι συμβαίνει γύρω τους, κάτι μεταβάλλεται, και μάλιστα με μια συγκεκριμένη περιοδικότητα. Πολλοί από αυτούς τους λαούς είχαν επινοήσει και υποτυπώδεις μεθόδους για τη μέτρηση του χρόνου.

Από τους πιο αρχαίους πολιτισμούς για τους οποίους υπάρχουν στοιχεία ότι παρατηρούν και μελετούν τον έναστρο ουρανό είναι οι αρχαίοι Αιγύπτιοι και οι Βαβυλώνιοι. Οι λαοί αυτοί ζουν σε περιοχές της Γης με πολλές ανάγκες και έντονα καθημερινά προβλήματα, που η λύση τους είναι επιτακτική. Για τους **Αιγυπτίους**, για παράδειγμα, υπήρχαν φαινόμενα που επηρέαζαν την αγροτική ζωή, τη σπορά, τη βλάστηση και τη συγκομιδή, με κυριότερο την ανύψωση και τη πτώση της στάθμης των υδάτων του Νείλου, που επηρέαζε σημαντικά τις γεωργικές καλλιέργειες. Ο Νείλος, να σημειωθεί, έχει τον πιο κανονικό ετήσιο

κύκλο ροής από όλους τους άλλους ποταμούς του κόσμου. Η προσεκτική παρατήρηση, τους διαβεβαίωνε ότι τα φαινόμενα αυτά είχαν κάποια σχέση με τις κινήσεις κάποιων ουρανίων σωμάτων, κυρίως του Ηλίου και του Σείριου. Παρόμοια προβλήματα αντιμετώπιζαν και οι λαοί της Μεσοποταμίας, δηλαδή οι λαοί που κατοικούσαν μεταξύ Τίγρη και Ευφράτη, οι **Βαβυλώνιοι**, όπως επικράτησε να ονομάζονται.

Οι **Αιγύπτιοι** από πολύ πρόιμες εποχές χρησιμοποίησαν ένα λειτουργικό ημερολόγιο. Υπάρχουν ενδείξεις ότι αρχικά είχαν σε χρήση το σεληνιακό έτος. Όμως, πολύ γρήγορα διαπίστωσαν ότι το έτος αυτό δεν παρακολουθούσε τις επαναλήψεις της φύσης και τους κύκλους των εποχών κι αισθάνθηκαν την ανάγκη να βρουν ένα νέο ημερολόγιο, το οποίο θα συμβάδιζε με το ημερολόγιο της φύσης. Έτσι, κατασκεύασαν ένα ημερολόγιο, στο οποίο το έτος να έχει άμεση σχέση τόσο με τις μεταβολές της στάθμης των υδάτων του Νείλου, όσο και με την τροχιά του Ηλίου, του Σείριου και άλλων αστερών. Όταν χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το ημερολόγιο αυτό, ως πρώτη του έτους καθορίστηκε η ημέρα εκείνη κατά την οποία συνέπεσαν ένα γεγονός που συνέβηκε στη γη με ένα άλλο που συνέβηκε στον ουρανό: Ήταν η ημέρα της πρώτης ανύψωσης των υδάτων του Νείλου στην περιοχή της Μέμφιδας, η οποία συνέπεσε με την ημέρα κατά την οποία η ανατολή του Σείριου έγινε ταυτόχρονα με την ανατολή του Ηλίου. Υπολογίστηκε ότι η ημέρα της τριπλής αυτής σύμπτωσης ήταν η αντίστοιχη της 19<sup>ης</sup> Ιουλίου με το Ιουλιανό ημερολόγιο. Το έτος χωρίστηκε σε τρεις εποχές, (την εποχή της πλημμύρας, την εποχή της σποράς και την εποχή του θερισμού) κάθε μία από τις οποίες περιλάμβανε τέσσερις μήνες των 30 ημερών ο καθένας. Δηλαδή το έτος είχε 360 ημέρες (12 μήνες των 30 ημερών ο καθένας). Την ημέρα την είχαν διαιρέσει σε 24 ώρες, 12 ώρες για την ημέρα και 12 για τη νύχτα, οι οποίες δεν είχαν σταθερό μήκος, αλλά μεταβάλλονταν ανάλογα με τις εποχές.

Από πολύ ενωρίς οι Αιγύπτιοι αντιλήφθηκαν ότι υπήρχε διαφορά ανάμεσα στο ημερολογιακό τους έτος και στο έτος της φύσης. Υπάρχουν μαρτυρίες από επιγραφές ότι από το 2200 π.Χ. περίπου πρόσθεταν άλλες πέντε ημέρες και έτσι το έτος είχε 365 ημέρες. Όμως υπήρχε και πάλι διαφορά έξι ωρών περίπου ανάμεσα στο ημερολογιακό τους έτος και το πραγματικό. Με την πάροδο των χιλιετιών η διαφορά αυτή των έξι ωρών έγινε μεγάλη χρονική απόσταση. Στην εποχή των Πτολεμαίων, το 239-238 π.Χ., βρίσκουμε ένα ψήφισμα των Αιγυπτίων ιερέων, οι οποίοι καταγράφουν σε τρίγλωσσες επιγραφές την απόφασή τους να προστίθεται κάθε τέσσερα χρόνια μια μέρα στο έτος των 365 ημερών.

Οι Αιγύπτιοι γνώριζαν ένα μεγάλο αριθμό αστερών ή ομάδων αστερών, όπως τον Ήλιο, τη Σελήνη, το Σείριο, τον Ωρίωνα, τη Μεγάλη Άρκτο κλπ. Γνώριζαν το ζωδιακό κύκλο και κατά τον 13<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. τους ήταν γνωστοί τουλάχιστον 43 αστερισμοί. Περίπου την ίδια εποχή ήταν επίσης γνωστοί στην Αίγυπτο και οι πέντε πλανήτες, ο Ερμής, η Αφροδίτη, ο Άρης, ο Ζευς και ο Κρόνος. Φαίνεται ότι, στην περίπτωση του Άρη, είχαν παρατηρηθεί ακόμη και οι ανάδρομες κινήσεις του. Η Αφροδίτη αρχικά ονομαζόταν ο πλανήτης του Όσιρη και αργότερα "πρωινό" και "εσπερινό άστρο" (όπως λέμε κι εμείς σήμερα Αυγερινός και Αποσπερίτης). Αυτό φανερώνει ότι οι Αιγύπτιοι γνώριζαν ότι η Αφροδίτη, ο Αυγερινός και ο Αποσπερίτης είναι το ίδιο αστέρι. Ο Διόδωτος ο Σικελιώτης μας πληροφορεί ότι οι ιερείς των Θηβών προέβλεπαν την έκλειψη της Σελήνης, όπως ακριβώς και οι Χαλδαίοι, βαβυλωνιακός λαός που κατοικούσε στις νότιες περιοχές της Μεσοποταμίας και από τον 9<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. αποτέλεσε την πιο σημαντική δύναμη της νότιας Μεσοποταμίας.

Κλείνοντας την παράγραφο αυτή επισημαίνουμε ότι οι αστρονομικές παρατηρήσεις των αρχαίων Αιγυπτίων, μολονότι παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον, αν ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι γίνονται σε μια εξαιρετικά πρόωμη εποχή, είναι πρακτικού χαρακτήρα και δεν έχουν καμιά επιστημονική, θεωρητική βάση. Ο υπολογισμός του χρόνου και η διαίρεση των εποχών του έτους, για παράδειγμα, συνδέονται με τη στάθμη των υδάτων του Νείλου και δεν είναι αποτέλεσμα κάποιων μαθηματικών υπολογισμών και μετρήσεων. Κατά τον Otto Neugebauer<sup>1</sup>, "Η αιγυπτιακή Αστρονομία . . . σε όλη της την ιστορική πορεία διατηρήθηκε σε εξαιρετικά πρωτόγονο επίπεδο, που δεν είχε καμιά σχέση με την ταχύρυθμη εξέλιξη της Μαθηματικής Αστρονομίας των ελληνιστικών χρόνων".

Οι **Βαβυλώνιοι** αντιμετώπιζαν στην καθημερινή τους ζωή παρόμοια προβλήματα με αυτά των Αιγυπτίων. Αυτό τους οδήγησε σε ανάλογες παρατηρήσεις και μετρήσεις των φυσικών φαινομένων και κυρίως της εναλλαγής της ημέρας με τη νύχτα, της ανατολής και της δύσης του Ηλίου, των κινήσεων της Σελήνης και των άλλων αστερών. Μέσα από τις παρατηρήσεις αυτές καθόρισαν την ημέρα, το μήνα και το έτος ως μονάδες μέτρησης του χρόνου και δημιούργησαν ένα ημερολόγιο.

Το ημερολόγιο των Βαβυλωνίων ήταν πάντα σεληνιακό. Αρχικά καθόρισαν

---

<sup>1</sup> Otto Neugebauer, "Οι Θετικές Επιστήμες στην Αρχαιότητα", μετάφραση, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τράπεζας, Αθήνα 1990, σελ. 118.

το σεληνιακό μήνα ως το χρονικό διάστημα που απαιτείται μεταξύ δύο διαδοχικών εμφανίσεων του μηνίσκου της νέας Σελήνης. Ο μήνας αρχίζει το βράδυ εκείνο που ο μηνίσκος της νέας σελήνης είναι για πρώτη φορά ορατός αμέσως μετά από τη δύση του Ηλίου. Η έναρξη του μήνα λοιπόν εξαρτάται από ένα φαινόμενο που μπορεί να παρατηρηθεί.

Το βαβυλωνιακό έτος είχε 12 μήνες των 30 ημερών ο καθένας, είχε δηλαδή συνολικά 360 ημέρες.

Όμως, το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών εμφανίσεων του μηνίσκου της νέας σελήνης, (δηλαδή ο σεληνιακός μήνας) δεν είναι διάστημα σταθερό, αλλά έχει ένα μέγιστο, που είναι 30 ημέρες και ένα ελάχιστο, που είναι 29 ημέρες. Πρόέκυψε επομένως το ερώτημα πότε ο μήνας έχει 30 ημέρες και πότε 29. Αυτό οδήγησε τους Βαβυλωνίους να προσπαθήσουν να υπολογίσουν με περισσότερη ακρίβεια πότε θα εμφανισθεί ο νέος μηνίσκος της σελήνης και να γνωρίζουν αυτή την εμφάνιση εκ των προτέρων. Πολύ αργότερα, μετά από το 400 π.Χ. συνειδητοποιήσαν ότι οι κινήσεις του Ηλίου και της Σελήνης δεν έχουν σταθερή ταχύτητα, γίνονται από τη δύση προς την ανατολή γύρω από το ζωδιακό κύκλο και κινούνται με **αυξανόμενη ταχύτητα** για το μισό κάθε περιστροφής και με **ελαττούμενη ταχύτητα** για το υπόλοιπο μισό. Οι Βαβυλώνιοι περιγράφουν την ταχύτητα της Σελήνης να αυξάνεται γραμμικά κατά αριθμητική πρόοδο για το μισό της περιστροφικής τροχιάς της και να ελαττώνεται επίσης γραμμικά για το υπόλοιπο μισό αυτής της τροχιάς. Με τον τρόπο αυτό μπορούσαν να προβλέψουν την ημέρα κατά την οποία θα εμφανιζόταν ο νέος μηνίσκος της Σελήνης και να γνωρίζουν επίσης τις καθημερινές θέσεις του Ηλίου και της Σελήνης κατά τη διάρκεια του μήνα. Με τις νέες αυτές παρατηρήσεις οι Βαβυλώνιοι προέβλεπαν ότι έκλειψη της Σελήνης γίνεται κάθε 223 σεληνιακούς μήνες. Ο Πτολεμαίος, ο οποίος θεωρείται ένας από τους μεγαλύτερους αστρονόμους της αρχαιότητας, αναφέρει ότι υπάρχουν κατάλογοι των Βαβυλωνίων για τις εκλείψεις της Σελήνης από το 747 π.Χ. και μετά, δεν υπάρχουν όμως αξιόπιστες παρατηρήσεις για τη συμπεριφορά των άλλων ουρανίων σωμάτων.

Κατά τον T. L. Heath<sup>1</sup> υπάρχουν παρατηρήσεις του Ηλίου, της Σελήνης και των πλανητών από τους Βαβυλωνίους, που χρονολογούνται πριν από το 1000 π.Χ. Ωστόσο, κατά τον O. Neugebauer<sup>2</sup> η παλαιότερη μεσοποταμιακή

<sup>1</sup> T. L. Heath "Greek Astronomy", Dover Publications, Inc., New York 1932 pp. xiii-xiv

<sup>2</sup> O. Neugebauer "Οι Θετικές επιστήμες στην Αρχαιότητα" μετάφραση, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τράπεζας, Αθήνα 1990, σελ.136.

αστρολογία αποδείχτηκε πρωτόγονη. Μόνο από την περίοδο των Ασσυρίων και μετά εκδηλώνεται μια στροφή για μαθηματική περιγραφή και **μονάχα τους τρεις τελευταίους αιώνες π.Χ.** γράφονται κείμενα τα οποία βασίζονται σε μια συνεπή μαθηματική θεωρία της κίνησης της σελήνης και των πλανητών.

Οι αρχαιολόγοι ανακάλυψαν στη Βαβυλώνα και στην Uruk πήλινες πλάκες με σφηνοειδή γραφή, που παρουσιάζουν υπολογισμούς για τις θέσεις του Ηλίου, της Σελήνης και μερικών πλανητών. Μερικές από τις πλάκες αυτές φέρουν τα ονόματα των αστρονόμων Naburianni (που άκμασε γύρω στο 491 π.Χ.) και Kidinni (που άκμασε γύρω στο 379 π.Χ.). Όμως ο Neugebauer<sup>1</sup> πιστεύει ότι γνωρίζουμε ελάχιστα για τα κείμενα της Βαβυλώνας και θεωρεί υποθετικές τις χρονολογήσεις των κειμένων και υποθετικούς τους αστρονόμους Naburianni και Kidinni.

Όλες αυτές οι πήλινες πλάκες του αρχείου της Βαβυλώνας και της Uruk βρίσκονται σήμερα στο Βρετανικό Μουσείο. Θεωρώ ότι θα ήταν πολύ ενδιαφέρον και χρήσιμο να γίνει μια έρευνα σε ό,τι αφορά το περιεχόμενό τους και να γίνει μια προσεκτική ανάγνωση, ερμηνεία και ανάλυση των στοιχείων που υπάρχουν σ' αυτό. Είμαι βέβαιος ότι τα ευρήματα αυτά θα ήταν πολύ ενδιαφέροντα.

Κλείνοντας αυτή την παράγραφο, είναι ενδιαφέρον να επισημάνουμε ότι όλες σχεδόν οι αξιόπιστες πηγές για την Αστρονομία των Βαβυλωνίων μας δίνουν την εικόνα ότι από το 747 π.Χ. και εξής υπάρχουν κάποιες παρατηρήσεις και μετρήσεις των ουρανίων σωμάτων από τους Βαβυλωνίους, που δεν είναι όμως απόλυτα αξιόπιστες και ότι μόνο τους τρεις τελευταίους προχριστιανικούς αιώνες υπάρχουν κείμενα για την κίνηση της Σελήνης και των πλανητών, που είναι περισσότερο συνεπή και μεθοδικά. Ποιοι ήταν όμως οι Βαβυλώνιοι των τριών προχριστιανικών αιώνων; Ας μου επιτραπεί να σκιαγραφήσω τους λαούς της Μεσοποταμίας από την αρχαία ακόμη εποχή.

Όταν λέμε **Βαβυλώνιοι**, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, εννοούμε όλους τους λαούς που κατοίκησαν στη Μεσοποταμία, (ανάμεσα στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη), από το 3500 π.Χ. μέχρι το τέλος της προχριστιανικής περιόδου. Οι πιο σημαντικοί από τους λαούς αυτούς είναι:

- ♦ **Οι Σουμέριοι**, ο παλαιότερος λαός, που από το 3500 π.Χ. εμφανίζεται στο νότιο τμήμα της Μεσοποταμίας και θεωρείται ως ο λαός που επινόησε πρώτος τη γραφή.

---

<sup>1</sup> O. Neugebauer "Οι Θετικές επιστήμες στην Αρχαιότητα" μετάφραση, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τράπεζας, Αθήνα 1990, σελ.178

- **Οι Ακκάδιοι ή Ακκαδαίοι**, σημιτικός λαός, που με αρχηγό το **Σαργκόν τον Μέγα** από το 2340 π.Χ. και εξής καταλαμβάνουν βαθμιαία τις πόλεις των Σουμερίων και εγκαθίστανται στις περιοχές τους.
- **Οι Βαβυλώνιοι**, που από το 1894 μέχρι το 1600 π.Χ. περίπου εξαπλώνονται στην περιοχή και με σπουδαιότερο βασιλιά τους το **Χαμουραπί (1792-1750)** καταλαμβάνουν το Σούμερ και το Ακκάδ και κάνουν πρωτεύουσά τους τη **Βαβυλώνα**, η οποία γίνεται κέντρο και σύμβολο του συνόλου των λαών της νότιας Μεσοποταμίας.
- **Οι Κασσίτες**, που από το 1595 π.Χ. και για 400 χρόνια κυριαρχούν στη Βαβυλώνα και στη νότια Μεσοποταμία.
- **Οι Ασσύριοι**, που εμφανίζονται για πρώτη φορά στο βορειότερο τμήμα της Μεσοποταμίας ανάμεσα στο 2000 με 1800 π.Χ., αλλά γίνονται μεγάλη δύναμη από το 1150 π.Χ. και μετά.
- **Οι Χαλδαίοι**, που από τον 9<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. και μετά γίνονται η κυρίαρχη δύναμη της νότιας Μεσοποταμίας.

Φτάνουμε έτσι στην **τελευταία Βαβυλωνιακή αυτοκρατορία**, που χρονολογείται από το 612 π.Χ. μέχρι 539 π.Χ.).

Το 539 π.Χ. η περιοχή καταλαμβάνεται από τους Πέρσες και βρίσκεται υπό περσική κατοχή έως το 331 π.Χ. Κατά το διάστημα αυτό οι Πέρσες κατέστρεψαν όλους τους ναούς και τα μνημεία της και η Βαβυλώνα βρίσκεται σε πλήρη παρακμή.

Το 331 π.Χ. την περιοχή καταλαμβάνει ο Μέγας Αλέξανδρος, ο οποίος σχεδίαζε να ανασυγκροτήσει τη Βαβυλώνα, να την κάμει πρωτεύουσα του κράτους του και να την κάμει εμπορικό κόμβο μεταξύ Αιγύπτου και Ινδιών.

Μετά από τον απροσδόκητο θάνατό του, που συνέβη στη Βαβυλώνα το 323 π.Χ., η περιοχή διοικείται από Έλληνες στρατηγούς, τους διαδόχους του Μ. Αλεξάνδρου και κατά την περίοδο από το 309 μέχρι το 140 π.Χ. όλη η περιοχή ανήκει στο ελληνικό Βασίλειο των Σελευκιδών. Αρχική πρωτεύουσα του κράτους των Σελευκιδών ήταν η **Σελεύκεια**, πάνω στον Τίγρη ποταμό, απέναντι από τη Βαβυλώνα. Αργότερα οι Σελευκίδες για να πλησιάσουν στη Μεσόγειο μετέφεραν την πρωτεύουσά τους στην Αντιόχεια. Τον πυρήνα της πόλης αποτελούσαν Έλληνες, Μακεδόνες, Κρήτες, Κύπριοι και Αθηναίοι. Κατά τον Παπαρρηγόπουλο, η Σελεύκεια και η Αντιόχεια "αποικισθείσαι με συρρεύσαντας από την κυρίως Ελλάδα αποίκους έφθασαν να έχουν πληθυσμόν, ο οποίος υπολογίζεται ότι είχε υπερβεί το ήμισυ εκατομμύριον ψυχών". Η Αντιόχεια απόκτησε οικονομική ακμή και πνευματική άνθιση μεγάλη.



Έγινε μια από τις πιο σημαντικές πόλεις της ελληνιστικής εποχής, μητρόπολη του ελληνισμού στην Ανατολική Μεσόγειο, μαζί με την Αλεξάνδρεια. Για χίλια περίπου χρόνια, μέχρι την άλωσή της από τους Άραβες το 638 μ.Χ., ακτινοβολούσε ως εστία γραμμάτων και τεχνών<sup>1</sup>.

Από το 140 π.Χ. μέχρι το 1648 μ.Χ. την περιοχή καταλαμβάνουν διαδοχικά οι Πάρθοι, οι Ρωμαίοι, οι Βυζαντινοί και οι Άραβες. Από το 1638 μέχρι τον Πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο την κατέχουν οι Τούρκοι. Από τον Πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο και μετά η Μεσοποταμία αποτελεί το κράτος του Ιράκ.

Επομένως, γεννιέται το ερώτημα, ποιοι ήταν οι Βαβυλώνιοι των τριών τελευταίων προχριστιανικών αιώνων; Και πόσο οι αστρονομικές τους παρατηρήσεις και οι μετρήσεις που έκαναν ήταν αποτέλεσμα ή είχαν επηρεασθεί από την Αστρονομία που είχε αναπτυχθεί στις υπόλοιπες ελληνικές περιοχές από το 600 π.Χ. και μετά; Συνήθως οι μελετητές της ιστορίας της Αστρονομίας θέτουν το ερώτημα τι πήραν οι Έλληνες από την Αστρονομία των Βαβυλωνίων. Μήπως θα πρέπει να τεθεί και το αντίστροφο ερώτημα; Τι πήραν δηλαδή οι Βαβυλώνιοι από την Αστρονομία των Ελλήνων; Νομίζω ότι και αυτό είναι ένα ενδιαφέρον θέμα που αξίζει να ερευνηθεί.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω μπορούμε να πούμε με ασφάλεια ότι τα αστρονομικά δεδομένα των Βαβυλωνίων και των αρχαίων Αιγυπτίων είναι εμπειρικά, δεν υπάρχουν γενικοί κανόνες και γενικές αρχές που να τα διέπουν και ασφαλώς δεν υπάρχει επιστημονική-μαθηματική τεκμηρίωσή τους. Με άλλα λόγια, η Αστρονομία των Βαβυλωνίων και των αρχαίων Αιγυπτίων παρέμεινε πρακτική και ποτέ δεν ξεπέρασε το προεπιστημονικό στάδιο.

### **3. Αρχαία ελληνική και ελληνιστική εποχή**

Στην αρχαία Ελλάδα οι πρώτες ενδείξεις πρακτικών αστρονομικών γνώσεων εντοπίζονται στα ομηρικά έπη και στα έργα του Ησιόδου.

**Ο Όμηρος**, εκτός από τον Ήλιο και τη Σελήνη, αναφέρει τον Αυγερινό, τον Αποσπερίτη, την Πούλια (Πλειάδες), τις Υάδες, τον Ωρίωνα και τη Μεγάλη

---

<sup>1</sup> Θεόδωρος Γ. Εξαρχάκος, "Μαθηματικά στους αρχαίους πολιτισμούς: Επίπεδα ανάπτυξης και αλληλεπιδράσεις", Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας, Ε.Μ.Ε., Κομοτηνή, 2002.

*Άρκτο, το Σείριο και τον Αρκτούρο. Για τον Όμηρο η γη είναι ένας επίπεδος, κυκλικός δίσκος. Γύρω από αυτή ρέει ο ποταμός Ωκεανός, περικυκλώνοντάς την και εκβάλλοντας πάλι πίσω στον εαυτό του. Πάνω από την επίπεδη γη είναι η αψίδα του ουρανού, ένα είδος ημισφαιρικού θόλου που την καλύπτει ακριβώς. Από κάτω είναι τα Τάρταρα, που καλύπτονται από τη γη και σχηματίζουν ένα θόλο συμμετρικό με τον ουρανό. Δεν είναι πολύ σαφές πού βρίσκονται τα ουράνια σώματα από τη δύση τους μέχρι την ανατολή τους.*

**Ο Ησίοδος** αναφέρει ουσιαστικά τα ίδια αστέρια με τον Όμηρο, αλλά κάνει μεγαλύτερη χρήση των ουρανίων φαινομένων για να καθορίσει το χρόνο και τις εποχές του έτους που είναι κατάλληλες για κάθε είδους εργασία. Για τον Ησίοδο η άνοιξη αρχίζει με την τελευταία ανατολή του Αρκτούρου (αυτό, στην εποχή του και στις τότε κλιματολογικές συνθήκες πρέπει να ήταν στις 24 Φεβρουαρίου με το Ιουλιανό ημερολόγιο). Την εποχή της σποράς την τοποθετούσε στην αρχή του χειμώνα, τότε που οι Πλειάδες (η Πούλια) δύνουν νωρίς την αυγή ή όταν οι Υάδες ή ο Ωρίων δύνουν νωρίς την αυγή, (που αυτό θα μπορούσε να σημαίνει την 3<sup>η</sup>, την 7<sup>η</sup> ή τη 15<sup>η</sup> Νοεμβρίου, ανάλογα με τα άστρα που λαμβάνονται υπόψη). Ο Ησίοδος γνώριζε και τα Ηλιοστάσια. Γι' αυτόν η Άνοιξη αρχίζει εξήντα μέρες μετά το χειμερινό ηλιοστάσιο. Το χειμώνα, λέει, ο ήλιος στρέφεται προς τη χώρα των μαυροπρόσωπων ανθρώπων και ανατέλλει αργότερα για τους Έλληνες. Δεν αναφέρει τις ισημερίες, μόνο σημειώνει σε κάποιο σημείο ότι αργά το καλοκαίρι οι μέρες γίνονται μικρότερες και οι νύχτες μακρύτερες. Έχει μια κατά προσέγγιση γνώση της περιόδου της σελήνης. Την τοποθετεί στις 30 ημέρες.

Όλες οι αναφορές του Ομήρου και του Ησίοδου για τις ονομασίες, τις μορφές και τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων δε συνοδεύονται από κάποια θεωρητική τεκμηρίωση, από κάποια γενική αρχή ή κανόνα. Πρόκειται για πρακτική Αστρονομία, όπως την ορίσαμε στην αρχή αυτής της εισήγησης.

Η αστρονομία ως θεωρητική επιστήμη αρχίζει από την αρχαία ελληνική εποχή, από την οποία ξεκινούν και τα Μαθηματικά ως θεωρητική επιστήμη και η Φιλοσοφία. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η Μαθηματική Αστρονομία αποτελεί μέρος των ελληνικών Μαθηματικών και της Φιλοσοφίας, αφού οι πρώτοι αστρονόμοι, Θαλής, Πυθαγόρας, Παρμενίδης, Φιλόλαος και άλλοι, ήταν ταυτόχρονα μαθηματικοί και φιλόσοφοι.

Φιλοσοφία είναι η αναζήτηση της αλήθειας, η έρευνα της φύσης των πραγμάτων, η επιστήμη που εξετάζει τις πρώτες αρχές και τις αιτίες των όντων, που αναζητά το σύνολο των λογικών και των μεταφυσικών αρχών των όντων.

Οι Έλληνες με τον όρο φιλοσοφία εννοούσαν αρχικά την τάση προς την καθαρά θεωρητική γνώση, την οποία διαχώριζαν από την πρακτική, τη βιοτική γνώση. Δεν ήταν επομένως δυνατό να αρκестθούν στις παρατηρήσεις, τις καταγραφές των κινήσεων των ουρανίων σωμάτων για καθαρά πρακτικούς σκοπούς και μόνο, αλλά αναζητούσαν την αλήθεια αυτών των παρατηρήσεων, θεωρητική ερμηνεία των φαινομένων και τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων με παραγωγικό συλλογισμό.

Όπως ξέρουμε, το πρώτο επιστημονικό φιλοσοφικό σύστημα γεννήθηκε τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. στην Ιωνία με τη σχολή της Μιλήτου. Δεν είναι επομένως τυχαίο ότι η Θεωρητική Αστρονομία ξεκίνησε, έστω και δειλά, από τη φιλοσοφική σχολή της Μιλήτου με το Θαλή, τον Αναξίμανδρο και τον Αναξίμενη, που ήταν οι πρώτοι Ιωνες φιλόσοφοι. Επίσης, δεν είναι τυχαίο ότι ο **Θαλής ο Μιλήσιος**, που θεωρείται ότι ξεκίνησε, έστω και στοιχειωδώς, την Αστρονομία ως θεωρητική επιστήμη, ήταν ο πρώτος που συνέλαβε την ιδέα μιας αρχής των όντων. Το ανθρώπινο μυαλό, για πρώτη φορά αφαιρεί το μυθικό πέπλο από τα πράγματα και τα ανάγει σε μια πρώτη αιτία που υπάρχει μέσα στα ίδια τα πράγματα. Ο Θαλής ήταν ο πρώτος επίσης που συνέλαβε την ιδέα της λογικής απόδειξης και εισήγαγε στα Μαθηματικά την αποδεικτική διαδικασία. Είναι ο πρώτος μαθηματικός του κόσμου που αναφέρεται με το όνομά του.

Είναι ευρέως γνωστό ότι ο Θαλής προέβλεψε την έκλειψη του Ηλίου που έγινε στις 28 Μαΐου του 585 π.Χ. Επίσης, υπάρχουν πολλές μαρτυρίες που συνηγορούν στο γεγονός ότι ο Θαλής είχε αναπτύξει μια υποτυπώδη αστρονομική θεωρία. Θεωρούσε ότι η Γη είναι επίπεδη και ότι ο Ήλιος κάνει μια πλήρη περιφορά γύρω από τη Γη σε ένα έτος. Ότι το έτος χωρίζεται από τις ισημερίες και τα ηλιοστάσια σε τέσσερις εποχές και ότι οι εποχές αυτές είναι άνισες. Είχε παρατηρήσει τις Υάδες και χρησιμοποίησε τη Μικρή Άρκτο για να εντοπίζει τον Πολικό Αστέρα. Μάλιστα, συμβούλευε τους ναυτικούς να προσανατολίζονται με τη βοήθεια της Μικρής Άρκτου και όχι της Μεγάλης. Ο Διογένης ο Λαέρτιος (περίπου 200-250 μ.Χ.), ο οποίος βιογραφεί το Θαλή στο έργο του "Βίοι και γνώμαι των εν φιλοσοφία ευδοκιμησάντων" (βιβλίο I, § 22-44), μεταξύ άλλων γράφει ότι "ο Καλλίμαχος γνωρίζει ότι αυτός βρήκε τη Μικρά Άρκτο", ότι "έγραψε δύο αστρονομικά έργα τα " Περί τροπής" και " Περί ισημερίας", ότι "κατά τη γνώμη μερικών είναι ο πρώτος αστρολόγος και προέβλεψε ηλιακές εκλείψεις και ηλιοστάσια". Ως συγγραφείς που μαρτυρούν όλα αυτά και θαυμαστές του Θαλή ως αστρονόμου, ο Διογένης αναφέρει τους Εύδημο, Ξενοφάνη, Ηρόδοτο, Ηράκλειτο και Δημόκριτο. Δίκαια επομένως ο Θαλής μπορεί να θεωρηθεί ως ο προπομπός της Μαθηματικής ή Θεωρητικής

*Αστρονομίας.*

Μετά από τους Ίωνες φιλοσόφους ο **Πυθαγόρας** ήταν από τους πρώτους που ασχολήθηκαν σοβαρά με τη μελέτη των ουρανίων σωμάτων. Πίστευε ότι η Γη, καθώς και ο Ήλιος, η Σελήνη και οι πλανήτες έχουν σχήμα σφαίρας. Η Γη είναι το κέντρο γύρω από το οποίο περιφέρονται ο Ήλιος, η Σελήνη και οι πέντε πλανήτες (Ερμής, Αφροδίτη, Άρης, Ζευς, Κρόνος), κινούμενοι από τη δύση προς την ανατολή σε κυκλικές τροχιές ανεξάρτητες μεταξύ τους. Ο Πυθαγόρας παρατήρησε ότι ο Αυγερινός και ο Αποσπερίτης είναι το ίδιο αστέρι. Θεωρούσε επίσης ότι η σφαίρα των απλανών αστερών περιστρέφεται από την Ανατολή προς τη Δύση καθημερινά γύρω από τον άξονα περιστροφής, που είναι μια ευθεία, η οποία διέρχεται από το κέντρο της Γης. Ένας Αλεξανδρινός ποιητής του 300 π.Χ. περίπου, ο Ερμησιάναξ, γράφει ότι ο Πυθαγόρας είχε κατασκευάσει μια ουράνια σφαίρα που αγκάλιαζε τους αιθέρες. Δε γνωρίζουμε αν η πληροφορία αυτή είναι ακριβής, το βέβαιο όμως είναι ότι το αστρονομικό σύστημα του Πυθαγόρα είχε μαθηματικό χαρακτήρα. Τα ουράνια σώματα είναι σφαιρικά, υπάρχει μια γεωμετρική σχέση μεταξύ των ουρανίων σωμάτων και η Αστρονομία του είναι Γεωμετρία σε συνδυασμό με την Αριθμητική και την Αρμονία των κινήσεων.

Το αστρονομικό σύστημα που περιγράψαμε παραπάνω αναφέρεται ως το "πρώτο πυθαγόρειο αστρονομικό σύστημα". Αναφέρεται όμως και το "έσχατο πυθαγόρειο αστρονομικό σύστημα", το οποίο δημιουργήθηκε από τους Πυθαγορείους κατά τον 5<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα. Το δεύτερο αυτό αστρονομικό σύστημα αποδίδεται από τον Αέτιο στο **Φιλόλαο**, έναν Πυθαγόρειο μαθηματικό και φιλόσοφο, που έζησε τον 5<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. και ήταν λίγο μεγαλύτερος από το Σωκράτη. Ο Φιλόλαος, με βάση τη διδασκαλία των Πυθαγορείων, παραδέχεται ότι το σύμπαν είναι σφαιρικό και ότι όλα τα ουράνια σώματα είναι διατεταγμένα με μαθηματικές σχέσεις.

Το αστρονομικό αυτό σύστημα διατυπώνεται ως εξής:

Το σύμπαν είναι σφαιρικό και έχει πεπερασμένο μέγεθος. Στο εξωτερικό του υπάρχει άπειρο κενό, το οποίο επιτρέπει στο σύμπαν να αναπνέει. Στο κέντρο του σύμπαντος βρίσκεται το "Κεντρικόν πυρ". Αυτό είναι η καρδιά του σύμπαντος, που έχει διάφορες ονομασίες, όπως "Φάρος του Δία", "Θρόνος του Δία", "Οίκος του Δία", "Μητέρα των Θεών" κλπ. Στο "Κεντρικόν πυρ" υπάρχει η δύναμη που κανονίζει τις κινήσεις και τη δραστηριότητα του σύμπαντος. Γύρω από αυτό περιστρέφονται σε κυκλικές τροχιές η Γη, η Σελήνη, ο Ήλιος και οι πέντε πλανήτες με την παραπάνω σειρά απόστασης από το "Κεντρικόν πυρ". Στο εξωτερικό της τροχιάς των πέντε πλανητών περιστρέφεται η σφαίρα των

απλανών αστέρων.

Όπως εύκολα διαπιστώνουμε, το "έσχατο πυθαγόρειο αστρονομικό σύστημα" έχει απόλυτα μαθηματικό χαρακτήρα και είναι η πρώτη φορά που η Γη δε βρίσκεται στο κέντρο των κινήσεων των ουρανίων σωμάτων, αλλά κινείται και αυτή γύρω από το "Κεντρικόν πυρ".

Ο Πλάτωνας δε συμφωνεί με το "έσχατο αστρονομικό σύστημα" των Πυθαγορείων. Σύμφωνα με στοιχεία που υπάρχουν στον "Τίμαιο", στο "Φαίδωνα", στην "Πολιτεία", στους "Νόμους" και σε άλλα έργα του, θεωρεί το σύμπαν σφαιρικό. Στο κέντρο του βρίσκεται η Γη και όχι το "Κεντρικόν πυρ". Η Γη είναι ακίνητη και από το κέντρο της, που είναι και αυτό σφαιρικό, περνά ο άξονας περιστροφής της σφαίρας του σύμπαντος. Η σφαίρα του σύμπαντος περιστρέφεται περί τον άξονά της από την Ανατολή προς τη Δύση. Ο Ήλιος, η Σελήνη και οι πέντε πλανήτες κάνουν δύο κινήσεις: Μια κίνηση κυκλική πάνω στην εξωτερική σφαίρα, κίνηση στην οποία συμμετέχουν όλα τα ουράνια σώματα, και μια ανεξάρτητη κυκλική κίνηση σε ένα επίπεδο που τέμνει τον ισημερινό της ουράνιας σφαίρας υπό γωνία (εκλειπτική). Οι ταχύτητες με τις οποίες διαγράφουν την τροχιά τους ο Ήλιος, η Σελήνη και οι πέντε πλανήτες διαφέρουν μεταξύ τους. Ταχύτερη είναι η Σελήνη, ακολουθεί ο Ήλιος, που συνοδεύεται πάντοτε από την Αφροδίτη και τον Ερμή και ακολουθούν κατά σειρά ο Άρης, ο Δίας και τελευταίος ο Κρόνος. Αυτή ακριβώς είναι και η σειρά των αποστάσεων των αστέρων αυτών από τη Γη. Με βάση τις κινήσεις του Ηλίου, της Σελήνης και των πλανητών προσδιορίζεται ο χρόνος, οι τρόποι και οι μέθοδοι μέτρησης του χρόνου με μαθηματικούς υπολογισμούς και όχι με απλές παρατηρήσεις.

Όπως βλέπουμε, και ο Πλάτωνας θεωρεί τη Γη ως το κέντρο του σύμπαντος. Λέγεται ότι κατά τα τελευταία χρόνια της ζωής του είχε ανακαλύψει ότι η Γη είναι κι αυτή ένας πλανήτης. Δε γνωρίζω πόσο αξιόπιστη είναι αυτή η τελευταία εκδοχή, το βέβαιο είναι ότι η αστρονομική θεωρία του Πλάτωνα είναι μια μαθηματικο-φιλοσοφική θεωρία, πολύ εκτεταμένη, που απαιτεί βαθιά μελέτη για να κατανοηθεί πλήρως. Θα έλεγα ότι δικαιολογείται να γίνει μια ειδική έρευνα πάνω στο θέμα αυτό.

Ένας άλλος αρχαίος Έλληνας μαθηματικός και φιλόσοφος, ο **Ηρακλείδης ο Ποντικός**, (πέθανε το 330 π.Χ.), μαθητής του Πλάτωνα, δημιουργεί ένα νέο αστρονομικό σύστημα διαφορετικό από όλα τα προηγούμενα. Ισχυρίζεται ότι η Γη βρίσκεται στο κέντρο του σύμπαντος, αλλά κινείται γύρω από τον άξονά της

με φορά από τη Δύση προς την Ανατολή και κάνει μια πλήρη περιφορά σε 24 ώρες. Κατά τον Ηρακλείδη η φαινομενική περιστροφή των ουρανίων σωμάτων γύρω από τη Γη οφείλεται στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της. Ο Ηρακλείδης έκαμε και μια σημαντική ανακάλυψη. Έδειξε ότι η Αφροδίτη και ο Ερμής περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο, ο οποίος είναι το κέντρο αυτών των κινήσεων.

Χωρίς καμιά αμφισβήτηση, ο **Αρίσταρχος ο Σάμιος** ήταν ο πρώτος που διατύπωσε το ηλιοκεντρικό σύστημα. Δηλαδή ήταν ο πρώτος που διατύπωσε τη θεωρία ότι ο Ήλιος είναι το κέντρο του σύμπαντος και ότι οι Γη και οι πέντε πλανήτες κινούνται γύρω από τον Ήλιο. Κατά τη θεωρία του Αρίσταρχου ο Ήλιος και οι απλανείς αστέρες παραμένουν ακίνητοι, ενώ η Γη κάνει δύο περιστροφικές κινήσεις: Μια γύρω από τον άξονά της σε 24 ώρες και μια γύρω από τον Ήλιο σε ένα έτος. Οι πλανήτες περιστρέφονται και αυτοί γύρω από τον Ήλιο.

Υπάρχουν πολλές μαρτυρίες ότι πράγματι, η ιδέα του ηλιοκεντρικού συστήματος οφείλεται αποκλειστικά στον Αρίσταρχο. Κατά τον Πλούταρχο<sup>1</sup>, ο Στωικός φιλόσοφος Κλεάνθης κατηγορήσε τον Αρίσταρχο ότι κινεί την εστία του κόσμου (δηλαδή τη Γη) και ταραάζει έτσι την ηρεμία των Ολυμπίων Θεών. Εκτός από τον Πλούταρχο, που αναφέρεται επανειλημμένα στον Αρίσταρχο, μαρτυρίες υπάρχουν και από πολλούς άλλους μαθηματικούς, αστρονόμους και σχολιαστές έργων των αρχαίων Ελλήνων μαθηματικών και φιλοσόφων. Μια τέτοια αδιάψευστη μαρτυρία οφείλεται στον Αρχιμήδη, ο οποίος στο έργο του "Ψαμμίτης" αναφέρεται στο έργο του Αρίσταρχου και λέει: "Εσύ [βασιλιά Γέλωνα] γνωρίζεις ότι το "Σύμπαν" είναι το όνομα που δίνουν οι περισσότεροι αστρονόμοι στη σφαίρα, της οποίας το κέντρο είναι το κέντρο της Γης, ενώ η ακτίνα της είναι ίση με το ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ του κέντρου του Ήλιου και του κέντρου της Γης. Αυτή είναι η συνηθισμένη περιγραφή, όπως την ακούμε από τους αστρονόμους. Ο Αρίσταρχος όμως, παρέθεσε **ένα βιβλίο, που συνίσταται από συγκεκριμένες υποθέσεις**, στο οποίο φαίνεται, ως συνέπεια των υποθέσεων αυτών, ότι το σύμπαν είναι πολύ μεγαλύτερο από το "σύμπαν" που μόλις αναφέρθηκε. Οι υποθέσεις του είναι ότι **οι απλανείς αστέρες και ο Ήλιος παραμένουν ακίνητοι, ότι η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο κατά μήκος ενός κύκλου, με τον Ήλιο να βρίσκεται στο "μέσον"**

---

<sup>1</sup> Πλούταρχου "Περί του εμφανιζόμενου προσώπου τω κύκλω της Σελήνης", *Stephanus*, σελ. 923, εδάφιο Α

της τροχιάς και ότι η σφαίρα των απλανών αστέρων, η οποία έχει το ίδιο κέντρο με αυτό του Ηλίου είναι τόσο μεγάλη, ώστε η ακτίνα του κύκλου στον οποίο υποτίθεται ότι περιφέρεται η Γη έχει τέτοιο λόγο προς την απόσταση των απλανών αστέρων όση έχει το κέντρο της σφαίρας προς την επιφάνειά της"<sup>1</sup>.

Στην ίδια επιστολή ο Αρχιμήδης αναφέρει: "Ο Αρίσταρχος βρήκε ότι ο Ήλιος φαίνεται ότι είναι το  $\frac{1}{720}$  του κύκλου των ζωδίων", και παρακάτω,

"Θεωρώ ότι η διάμετρος του Ηλίου είναι τριακονταπλάσια της διαμέτρου της Σελήνης και όχι μεγαλύτερη, αν και από τους προηγούμενους αστρονόμους ο Εύδοξος έλεγε ότι είναι εννεαπλάσια, ο Φειδίας δε ο πατήρ μου ότι είναι περίπου δωδεκαπλάσια, ο Αρίσταρχος δε προσπάθησε να αποδείξει ότι η διάμετρος του Ηλίου είναι μεγαλύτερη των δεκαοκτώ και μικρότερη των είκοσι διαμέτρων της Σελήνης".

Ο Αρχιμήδης, ο οποίος θεωρείται ως ένας από τους μεγαλύτερους επιστήμονες όλων των εποχών, είχε ασχοληθεί σοβαρά και με την Αστρονομία. Ο Ρωμαίος ιστορικός Τίτος Λίβιος (59 π.Χ.-17 μ.Χ.) στο έργο του "Ιστορία από κτίσεως Ρώμης", (βιβλ. XXIV, XXXIII, 9) αναφέρει ότι ο Αρχιμήδης ως παρατηρητής του ουρανού και των αστέρων ήταν υπέροχος και μοναδικός. Με όργανα που είχε κατασκευάσει μόνος του μπορούσε να υπολογίσει το μέγεθος της Γης, της Σελήνης και του Ηλίου, την απόσταση της Γης από τον Ήλιο και τους πλανήτες, το μήκος της τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο κλπ. Σε ένα γράμμα του προς το Γέλωνα, γιο του τύραννου Ιέρωνα, περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο υπολόγισε τη γωνία υπό την οποία φαίνεται η διάμετρος του Ήλιου με όργανα τα οποία είχε κατασκευάσει ο ίδιος. Ο Ευάγγελος Σταμάτης έχει ανακοινώσει ότι είχε συγκεντρώσει 40 έργα του Αρχιμήδη στην αραβική γλώσσα, τα οποία βρέθηκαν στη βιβλιοθήκη της ινδικής πόλης Ratna. Ανάμεσα στα έργα αυτά είναι και μερικά αστρονομικού περιεχομένου, όπως π.χ. τα "Περί αστρολάβου", "Περί των κύκλων του αστρολάβου και του αζιμουθίου", "Περί ωριαίων κύκλων του αστρολάβου", "Περί των αποστάσεων και περί των άστρων". Κατά πόσο όλα τα έργα αυτά ανήκουν πράγματι στον Αρχιμήδη είναι δύσκολο να επιβεβαιωθεί.

Σημαντικό αστρονομικό επίτευγμα του Αρχιμήδη είναι η **κατασκευή πλανηταρίου**. Με τη βοήθεια των έργων του "Περί ελίκων" και "Περί

---

<sup>1</sup> Sir Thomas L. Heath, "Ιστορία των Ελληνικών Μαθηματικών", Μετάφραση Κ.Ε.ΕΠ.ΕΚ., Αθήνα 2001, τόμος II, σελ. 15.

κωνοειδών και σφαιροειδών", ο Αρχιμήδης κατασκεύασε ένα περίφημο πλανητάριο, το οποίο είναι εφάμιλλο με τα τελειοποιημένα σημερινά πλανητάρια. Στο έργο του "Περί σφαιροποιΐας" ή "Κατασκευή πλανηταρίου", περιγράφει πώς κατασκεύασε σφαίρα, η οποία αναπαρίστανε τις κινήσεις του Ηλίου, της Σελήνης και των πλανητών, όπως αυτές γίνονται στην πραγματικότητα.

Το έργο έχει χαθεί, υπάρχουν όμως αρκετές αναφορές σε αυτό από πολύ αξιόπιστες πηγές. Στο πλανητάριο του Αρχιμήδη αναφέρονται ο Πάππος ο Αλεξανδρεύς στο έργο του "Συναγωγή" (έκδοση Hultsch 1875, σελ. 1024), ο Πρόκλος (Σχόλια στο Α' βιβλίο των Στοιχείων του Ευκλείδη, έκδοση Friedlein 1873, σελ. 41), ο Πλούταρχος, ο Κικέρων, και άλλοι μελετητές. Ο T. L. Heath ("A History of Greek Mathematics", τόμος II, σελ. 17) γράφει ότι ο Αρχιμήδης πράγματι έχει γράψει ένα μηχανικό βιβλίο με τίτλο "Περί σφαιροποιΐας", το οποίο έχει χαθεί. Και ο E. J. Dijksterhuis στο έργο του "Archimedes", (Princeton University Press, Princeton, New Jersey 1987, σελ. 25), λέει: "... ανάμεσα στα χαμένα έργα του αναφέρεται ένα βιβλίο "Περί σφαιροποιΐας", το οποίο οπωσδήποτε δεν μπορούσε παρά να αναφέρεται και στον τρόπο με τον οποίο κατασκεύασε εφευρέσεις τέτοιες, όπως το πλανητάριο".

Πολλοί συνδέουν τη σφαίρα αυτή του Αρχιμήδη με μια σφαίρα που είχε κατασκευάσει ο Θαλής και είχε τελειοποιήσει αργότερα ο Εύδοξος.

Λεπτομερή περιγραφή της σφαίρας του Αρχιμήδη βρίσκουμε στο έργο του Κικέρωνα "**De Republica**" (κεφ. VI, σελ. 11-24). Εκεί πληροφορούμαστε ότι ο Μάρκελλος, μετά την κατάληψη των Συρακουσών, είχε πάρει ως μοναδικά λάφυρα δύο ουράνιες σφαίρες που είχε κατασκευάσει ο Αρχιμήδης. Η πρώτη, την οποία ο Μάρκελλος αφιέρωσε στο ναό της Αρετής (Ανδρείας), ήταν μια κλειστή ουράνια σφαίρα, στην οποία μπορούσε κανείς να παρατηρήσει τους διάφορους αστερισμούς του σύμπαντος. Η δεύτερη, την οποία ο Μάρκελλος είχε κρατήσει για τον εαυτό του, ήταν ένα υπέροχο και απίστευτα εντυπωσιακό δημιούργημα.

Συγκεκριμένα, ο Κικέρων παρουσιάζει κάποιον με το όνομα Philus να διηγείται τα εξής<sup>1</sup>:

"Θυμάμαι ότι ο Γάϊος Σουλπίκιος Γάλλος, αυτός ο πολύ μορφωμένος άνθρωπος, [σημ. ήταν αστρονόμος] μια φορά, ενώ βρισκόταν στο σπίτι του Μάρκου Μάρκελλου, του συναδέλφου του στην υπατεία [σημ.: το 166 π.Χ.],

<sup>1</sup> Ιωάννης Εξαρχάκος, "Το έργο του Αρχιμήδη και η συμβολή του στην εξέλιξη των Μαθηματικών της Μηχανικής και της Τεχνολογίας", Αθήνα 1994, σελ.122-124



διέταξε να φέρουν έξω την ουράνια σφαίρα που ο παππούς του Μάρκελλου είχε φέρει μετά από την κατάληψη των Συρακουσών, από την πλούσια και όμορφη αυτή πόλη. Ήταν το μοναδικό πράγμα που είχε πάρει για το σπίτι του από τα σημαντικά λάφυρα της πόλης.

Για την ουράνια αυτή σφαίρα πολύ συχνά άκουγα να υμνείται το όνομα του Αρχιμήδη, όταν όμως την αντίκρισα δε μου προκάλεσε πολύ θαυμασμό. Γιατί εκείνη η άλλη ουράνια σφαίρα, επίσης κατασκευασμένη από τον Αρχιμήδη, που ο ίδιος ο Μάρκελλος είχε τοποθετήσει στο ναό της Αρετής, ήταν πολύ πιο όμορφη και πολύ πιο γνωστή στον κόσμο. Όταν όμως ο Γάλλος εξήγησε, ως ειδήμονας, την κατασκευή αυτής της μηχανής, συμπέρανα πως ο περίφημος Σικελός ήταν προικισμένος με πολύ μεγαλύτερη ιδιοφυΐα από όση θα μπορούσε να φανταστεί κανείς για έναν άνθρωπο. Ο Γάλλος μας είπε πως το άλλο είδος της ουράνιας σφαίρας, που ήταν συμπαγής χωρίς κανένα κενό στο εσωτερικό της, ήταν μια πολύ παλιά εφεύρεση, που είχε κατασκευάσει πρώτος ο Θαλής ο Μιλήσιος και που αργότερα ο Εύδοξος ο Κνίδιος (μαθητής του Πλάτωνα όπως λένε), είχε συμπληρώσει, σημειώνοντας πάνω της τους αστερισμούς και τα άστρα που αιωρούνται στον ουρανό. Και ύστερα από πολλά χρόνια, ο Άρατος δανείστηκε τα σχέδια και την περιγραφή του Εύδοξου, για να εγκωμιάσει τη σφαίρα με στίχους, όχι με την επιστήμη της Αστρονομίας, αλλά με την ποιητική τέχνη.

Αλλά το (καινούριο αυτό) είδος της ουράνιας σφαίρας είπε, η οποία περιέχει την τροχιά του Ήλιου και της Σελήνης και των πέντε άστρων του ουρανού που λέγονται περιπλανώμενα (πλανήτες), περιλαμβάνει πολύ περισσότερα από όσα θα μπορούσε να δείξει η παλιά σφαίρα. Και αυτό ακριβώς είναι το αξιοθαύμαστο στην εφεύρεση του Αρχιμήδη, γιατί διερεύνησε πώς μπορεί να διατηρούνται αυτές οι ανόμοιες κινήσεις των ουρανίων σωμάτων με τις διαφορετικές ταχύτητες και ρυθμούς, με μια μόνο κύρια περιστροφή της σφαίρας. Και όταν ο Γάλλος περιέστρεφε τη σφαίρα, είναι αλήθεια πως η Σελήνη πάνω στο μπρούντζινο περίβλημα βρισκόταν πίσω από τον Ήλιο τόσες περιστροφές, όσες συμφωνούσαν ακριβώς με τον αριθμό των ημερών που πραγματικά βρίσκεται πίσω του και στον ουρανό. Έτσι, η ίδια η έκλειψη του Ηλίου εμφανιζόταν όπως ακριβώς θα συνέβαινε και στην πραγματικότητα".

Επίσης, στις "Τουσκουλανές διατριβές" (κεφ.1) ο Κικέρωνας αναφέρεται πάλι στην κατασκευή της σφαίρας του Αρχιμήδη γράφοντας:

Όταν ο Αρχιμήδης εκτελούσε πάνω σε μια σφαίρα τις κινήσεις του Ηλίου, της Σελήνης και των πέντε περιπλανώμενων άστρων, δεν έκανε τίποτε άλλο, παρά αυτό που έκαμε και ο Θεός του Πλάτωνα που δημιούργησε τον κόσμο στον Τίμαιο, δηλαδή να ελέγξει με μια περιστροφή της σφαίρας διάφορες κινήσεις,

εντελώς ανόμοιες σε βραδύτητα και ταχύτητα. Τώρα, επειδή στον κόσμο αυτό τίποτε δεν μπόρεσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την επέμβαση του Θεού, ούτε και ο Αρχιμήδης θα μπορούσε να αναπαραστήσει αυτές τις κινήσεις πάνω σε μια σφαίρα χωρίς τη θεία έμπνευση".

Με τα λόγια του αυτά ο Κικέρων τοποθετεί τον Αρχιμήδη στη σφαίρα των υπερανθρώπων.

Ωστόσο, δεν είναι ο μόνος που μιλάει με τόσο θαυμαστό για το πλανητάριο του Αρχιμήδη. Μια τέτοια εφεύρεση, που θα ήταν καταπληκτική και για τη σημερινή εποχή με την εξελιγμένη τεχνολογία, ήταν πολύ φυσικό να γίνει ξακουστή, να προκαλεί το θαυμασμό και να γίνεται αντικείμενο αναφοράς και περιγραφής για πολλούς επιστήμονες της αρχαιότητας, αλλά και πηγή ποιητικής έμπνευσης, πολλούς αιώνες μετά το θάνατο του Αρχιμήδη.

Έτσι, το καταπληκτικό αυτό επίτευγμα μνημονεύουν, εκτός από τους συγγραφείς που αναφέραμε παραπάνω, και ο **Σέξτος ο Εμπειρικός** ("Προς μαθηματικούς", βιβλίο 9<sup>ο</sup>, σελ. 115), ο **Λακτάντιος** ("Θρησκευολογία", μέρος 1<sup>ο</sup>, βιβλίο 2<sup>ο</sup>, σελ. 117), ο **Μαρτιανός Καπέλλα** ("Περί των γάμων Φιλολογίας και Ερμού, II, 212), ο **Τερτουλλιανός** ("Περί ψυχής", κεφ. XIV), ο **Οβίδιος** ("Περί νηστειών", VI), ο **Ιούλιος Φίρμικος** ("Μάθησις" VI, 30.26) και άλλοι.

Χαρακτηριστικό είναι ένα ποίημα του **Κλαύδιου Κλαυδιανού** (4<sup>ος</sup> αιώνας μ.Χ.) από την ποιητική συλλογή "Ποιήματα μικρά" (έκδοση M. Platnauer [Loeb], τόμος 2<sup>ος</sup>, 1963, σελ. 278). Σ' αυτό ο ποιητής απεικονίζει το θαυμασμό του Δία, όταν βλέπει να αναπαριστάται το έργο του ως θεού σε μια σφαίρα, με τόση δεξιοτεχνία από το μεγάλο Συρακούσιο. Το ποίημα αυτό σε ελεύθερη μετάφραση έχει ως εξής:

"Σαν κοίταξε κάτω ο Δίας και είδε τους ουρανούς να έχουν αποτυπωθεί πάνω σε μια γυάλινη σφαίρα, γέλασε και είπε στους άλλους Θεούς: Τόσο μακριά λοιπόν έφτασαν οι προσπάθειες των θνητών; Μπορούν πια να μιμηθούν το έργο των χεριών μου πάνω σε μια εύθραυστη σφαίρα; Ένας γέρος από τις Συρακούσες μιμήθηκε πάνω στη γη τους νόμους του ουρανού, την τάξη της φύσης, των θεών τις προσταγές. Κάποια δύναμη, κρυμμένη στο κέντρο της σφαίρας, κατευθύνει τις διαφορετικές τροχιές των άστρων, δίνοντας στη μάζα αυτή που κινείται την εντύπωση ότι είναι ζωντανή. Ένας ψεύτικος ζωδιακός κύκλος κάνει μια πλήρη περιστροφή το χρόνο μόνος του και ένα ομοίωμα της Σελήνης μεγαλώνει και μικραίνει μήνα με το μήνα. Τώρα πια, μια θαρραλέα εφεύρεση κάνει το δικό της ουρανό να περιστρέφεται μόνος του και το ανθρώπινο μυαλό βάζει σε κίνηση τα άστρα»".

Ένας άλλος από τους μεγαλύτερους αστρονόμους της αρχαιότητας ήταν ο **Ίππαρχος** (190-120 π.Χ.). Αντίθετα από τον Αρίσταρχο, ο Ίππαρχος πίστευε ότι η Γη είναι το κέντρο του σύμπαντος και ότι γύρω από αυτή κινούνται οι πέντε πλανήτες. Έκανε πολλές και συστηματικές αστρονομικές παρατηρήσεις και μετρήσεις:

- Ανακάλυψε τη μετάπτωση των ισημεριών, υπολόγισε την εκκεντρότητα της τροχιάς του Ηλίου, την εκκεντρότητα και την κλίση της τροχιάς της Σελήνης προς την εκλειπτική και υπολόγισε ότι ο μέσος σεληνιακός μήνας είναι 29 ημέρες, 12 ώρες, 44 πρώτα λεπτά και 2,5 δεύτερα, κάνοντας λάθος κατά 1 δευτερόλεπτο περίπου.
- Μέτρησε με αρκετή ακρίβεια τις αποστάσεις μεταξύ της Γης, του Ηλίου και της Σελήνης και προσδιόρισε τα μήκη των φαινομένων διαμέτρων τους.
- Για τις κινήσεις του Ηλίου και της Σελήνης δημιούργησε μια θεωρία των επίκυκλων και έκκεντρων, που είχε εισαγάγει και αναλύσει ο Απολλώνιος ο Περγαίος ως μαθηματική θεωρία. Ο Ίππαρχος ήταν ο πρώτος που καθόρισε τον προσδιορισμό της θέσης του Ηλίου και της Σελήνης με γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος).
- Δημιούργησε έναν σημαντικό πίνακα χορδών, που εκτός από την αξία που έχει στην Αστρονομία, μπορεί να θεωρηθεί ως προπομπός για την εισαγωγή και την ανάπτυξη της Τριγωνομετρίας. (Μετά τον Ίππαρχο ο Μενέλαος έγραψε μια σημαντική θεωρία πάνω στη σφαιρική Τριγωνομετρία).
- Συνέταξε κατάλογο από 850 απλανείς αστέρες και κατασκεύασε ένα νέο αστρονομικό όργανο, τη **διόπτρα**, την οποία τελειοποίησε αργότερα ο Ήρων, καθώς και ένα αστρονομικό όργανο γενικής φύσης, που το ονόμασε **αστρολάβο όργανο**.

Ο **Πτολεμαίος ο Κλαύδιος** (100-170 μ.Χ. περίπου) ήταν μαθηματικός και αστρονόμος που έζησε και εργάστηκε στην Αλεξάνδρεια. Το αστρονομικό του έργο ήταν τόσο σημαντικό, που δίκαια θεωρείται ως ο μεγαλύτερος αστρονόμος όλων των εποχών. Το μοντέλο της ουράνιας σφαίρας που πρέσβευε και ανέπτυξε ο Πτολεμαίος έχει ως κέντρο τη Γη, η οποία είναι ακίνητη και γύρω από αυτήν κινούνται όλα τα ουράνια σώματα (Ήλιος, Γη, πλανήτες), με μικρές κυκλικές τροχιές, τους επίκυκλους. Έγραψε πολλά και σημαντικά έργα, αλλά εκείνο για το οποίο έμεινε στην ιστορία ως ο σημαντικότερος αστρονόμος όλων των εποχών

είναι το έργο του με τίτλο "Μαθηματική Σύνταξη", που έχει γραφεί σε 13 βιβλία. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι, όπως τα "Στοιχεία" του Ευκλείδη που είναι γραμμένα σε 13 βιβλία αποτελούν τη Γεωμετρία των Ελλήνων και τα "Αριθμητικά" του Διόφαντου που είναι επίσης γραμμένα σε 13 βιβλία αποτελούν τη Άλγεβρα των Ελλήνων, έτσι και η "Μαθηματική Σύνταξη" γράφτηκε σε 13 βιβλία για να αποτελέσει την Αστρονομία των Ελλήνων. Το έργο αυτό αργότερα επικράτησε να ονομάζεται "Μεγίστη Σύνταξη" ή απλώς "Μεγίστη". Με τον ίδιο τίτλο "Almagest", δηλαδή "Η Μεγίστη," είναι γνωστή και στις αραβικές μεταφράσεις της. Ο τίτλος "Μεγίστη" δόθηκε ίσως για να ξεχωρίζει από προηγούμενες συλλογές αστρονομικών έργων. Υπήρχε, για παράδειγμα, μια συλλογή από μικρά και στοιχειώδη αστρονομικά έργα που είχε τον τίτλο "Ο μικρός αστρονομούμενος", δηλαδή μικρή αστρονομική συλλογή.

Ο Πτολεμαίος συγκέντρωσε όλες τις εμπειρικές παρατηρήσεις και μετρήσεις και όλα τα αστρονομικά δεδομένα που ήταν μέχρι τότε γνωστά. Συγκέντρωσε επίσης τις μελέτες και τα πορίσματα στα οποία είχαν καταλήξει οι αστρονόμοι που είχαν προηγηθεί. Πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι την εποχή του Πτολεμαίου ήταν διαθέσιμο ένα μεγάλο σώμα αστρονομικών παρατηρήσεων και μετρήσεων. Από τις παρατηρήσεις αυτές, οι περισσότερες είναι πρακτικές, άλλες είναι ασήμαντες, ανολοκλήρωτες και καλύπτουν μικρά χρονικά διαστήματα. Υπάρχουν όμως και πολύ ενδιαφέρουσες θεωρίες, μελέτες, παρατηρήσεις και μετρήσεις όπως π.χ. των Πυθαγορείων (κυρίως το "έσχατο αστρονομικό σύστημα" του Φιλόλαου), του Πλάτωνα, του Εύδοξου<sup>1</sup>, του Αριστοτέλη, τα έργα του Αρίσταρχου, του Αρχιμήδη, του Απολλωνίου<sup>2</sup> και κυρίως του Ίππαρχου. Μελέτησε όλα αυτά τα αστρονομικά δεδομένα που ήταν μέχρι τότε γνωστά, μελέτησε επίσης τις μεθόδους, τους τρόπους, τις τεχνικές και τα κινητά μοντέλα που είχαν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη των ουρανίων σωμάτων, έκαμε ο ίδιος

---

<sup>1</sup> Ο Εύδοξος είχε δημιουργήσει ένα μαθηματικό μοντέλο, "το σύστημα των ομόκεντρων σφαιρών", το οποίο, αν και ήταν μαθηματικά τέλειο, δεν ήταν σε θέση να εξηγήσει ούτε τα βασικά δεδομένα που το ίδιο το σύστημα χρησιμοποιούσε. Το σύστημα του Εύδοξου θα είχε εξαφανιστεί από την ιστορία, αν δεν το υιοθετούσε ο Αριστοτέλης. (Αριστοτέλους "Μετά τα Φυσικά", Α, 1073b, 17ff.).

<sup>2</sup> Ο Απολλώνιος είχε εισαγάγει και αναλύσει τα μαθηματικά μοντέλα των επικύκλων και έκκεντρων των πλανητικών κινήσεων και είχε κάμει μια κομψή εφαρμογή των μοντέλων αυτών στην προσπάθειά του να καθορίσει τα σταθερά σημεία της τροχιάς των πλανητών. (Almagest, XII, 1, [Manitius, II, 267 ff]).

σοβαρές αστρονομικές παρατηρήσεις και μετρήσεις και επινόησε και ανέπτυξε τη δική του πλανητική θεωρία. Η θεωρία αυτή αναλύεται στο έργο "Μαθηματική Σύνταξη", στο οποίο περιέχονται, όπως ο ίδιος αναφέρει, και όλα σχεδόν τα αστρονομικά επιτεύγματα που είχαν προηγηθεί. Δυστυχώς, σήμερα όλα τα αστρονομικά έργα που προηγήθηκαν της "Μεγίστης", ακόμη και τα πολύ σημαντικά, έχουν χαθεί ή έχουν μόνο ιστορική αξία. Εδώ βρίσκεται και το μεγαλείο του έργου αυτού, αφού κατόρθωσε, όπως τα "Στοιχεία" του Ευκλείδη, να εκτοπίσει όλα τα προηγούμενα έργα, που είχαν ανάλογο με αυτό περιεχόμενο. Κάποτε ο **Hilbert** είχε δηλώσει ότι "η σπουδαιότητα ενός επιστημονικού έργου μπορεί να μετρηθεί με τον αριθμό των προηγούμενων εκδόσεων, που η ανάγνωσή τους γίνεται περιττή". Κατά τον *Otto Neugebauer*<sup>1</sup> η "Μαθηματική Σύνταξη" του Πτολεμαίου είναι "ένα από τα μεγαλύτερα αριστουργήματα της επιστημονικής ανάλυσης που γράφτηκαν ποτέ".

Ο Πτολεμαίος στη θεωρία του καθόρισε αρχικά μαθηματικές μεθόδους, οι οποίες, μέσα από αυτό το πολύμορφο και πολυποίκιλο πλήθος εμπειρικών και άλλων στοιχείων, τον οδήγησαν στο να μπορεί να προσδιορίζει με ασφαλή μαθηματικό τρόπο τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διέπουν τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων. Έτσι κατασκεύασε κινητά μοντέλα, με τη βοήθεια των οποίων υπολόγισε τους πίνακες που υπάρχουν στη "Μαθηματική Σύνταξη". Οι πίνακες αυτοί μας επιτρέπουν να προσδιορίσουμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος) του Ηλίου, της Σελήνης και των πλανητών σε κάθε δεδομένη στιγμή. Για τη δημιουργία πίνακα των χορδών, ο Πτολεμαίος βασίστηκε πολύ στον πίνακα χορδών του Ίππαρχου, καθώς και στη θεωρία των έκκεντρων και επίκυκλων του Απολλωνίου και του Ίππαρχου. Εκτός από τον προσδιορισμό των γεωγραφικών συντεταγμένων των πλανητών, καθόρισε και τις γεωγραφικές συντεταγμένες των απλανών αστερών και τη σχέση που έχουν με την εκάστοτε θέση της Σελήνης. Καθόρισε επίσης το ηλιακό απόγειο, τη μετάπτωση, τον υπολογισμό του αστρικού και του ηλιακού έτους και την εξίσωση του χρόνου. Προσδιόρισε τις ποικίλες ταχύτητες του Ηλίου, της Σελήνης και των πλανητών γύρω από το ζωδιακό κύκλο. Τις περιοδικές παραλλαγές στην ταχύτητα του Ηλίου και της Σελήνης και τις αναδρομήσεις των πλανητών. Έθεσε ως αξίωμα ότι καθένα από τα ουράνια σώματα περιστρέφεται ομοιόμορφα γύρω από έναν δεύτερο κύκλο, τον επίκυκλο, το κέντρο του οποίου βρίσκεται πάνω στον πρώτο. Σε μερικές περιπτώσεις για την εξήγηση της

---

<sup>1</sup> O. Neugebauer, "Οι Θετικές Επιστήμες στην Αρχαιότητα", Μετάφραση, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα 1990, σελ.238.

κίνησης των ουρανίων σωμάτων απαιτήθηκε και τρίτος κύκλος. Δημιούργησε μια πλήρη σεληνιακή θεωρία στην οποία περιλαμβάνεται η παράλλαξη, ο υπολογισμός των εκλείψεων, το μέγεθος της Γης, της Σελήνης και του Ηλίου και οι αποστάσεις μεταξύ των ουρανίων αυτών σωμάτων. Επίσης, συνέταξε κατάλογο από 1022 απλανείς αστέρες.

Το μεγάλο αυτό έργο του Πτολεμαίου άσκησε καταλυτική επίδραση στους μεταγενέστερους και παρέμεινε η σημαντικότερη πηγή αναφοράς για 14 περίπου αιώνες, μέχρι την εποχή του Κοπέρνικου (16<sup>ος</sup> αιώνας).

#### 4. Από το αστρονομικό σύστημα του Κοπέρνικου στη σύγχρονη εποχή

Από το 16<sup>ο</sup> αιώνα αρχίζει μια νέα πορεία στην ιστορία της Αστρονομίας. Ο Πολωνός μαθηματικός και φιλόσοφος **Νικόλαος Κοπέρνικος**<sup>1</sup> μελετώντας το περιεχόμενο της "Μεγίστης" του Πτολεμαίου, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι πολύπλοκες κινήσεις των ουρανίων σωμάτων, όπως αυτές παρουσιάζονται στο έργο του Πτολεμαίου πιθανόν να μπορούσαν να εξηγηθούν απλούστερα και ασφαλέστερα, αν υποθέσουμε ότι ο Ήλιος είναι το κέντρο των κινήσεων και ότι γύρω από αυτόν κινούνται η Γη και οι πλανήτες.

Ο Κοπέρνικος δε διέθετε σπουδαία μέσα για σοβαρές αστρονομικές παρατηρήσεις, γι' αυτό μελέτησε προσεκτικά τα έργα των αρχαίων Ελλήνων αστρονόμων, τα αστρονομικά δεδομένα του Ίππαρχου και του Πτολεμαίου και τις αστρονομικές θεωρίες του Φιλόλαου και του Αρίσταρχου του Σάμιου και, στηριζόμενος σε αυτά, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι πράγματι ο Ήλιος είναι το κέντρο των κινήσεων, ενώ ο ίδιος παραμένει ακίνητος. Γύρω από τον Ήλιο κινούνται οι πλανήτες και η Γη. Η Γη κινείται από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Δημιούργησε στη συνέχεια μια νέα θεωρία για την κίνηση των ουρανίων σωμάτων, την οποία κατέγραψε στο έργο του "De Revolutionibus Orbium Celestium" (Περί των περιστροφών των ουρανίων σωμάτων), που εκδόθηκε το

---

<sup>1</sup> Ο Νικόλαος Κοπέρνικος γεννήθηκε στο Τορν της Πολωνίας το 1473 και πέθανε το 1543. Σπούδασε στην Ιταλία Μαθηματικά, Φιλοσοφία του Αριστοτέλη, Μουσική και Αστρονομία. Είχε επηρεαστεί αρκετά από τη θεωρία του Φιλόλαου και του Αρίσταρχου του Σαμίου. Για να μελετήσει τις θεωρίες αυτές, καθώς και την αρχαία ελληνική Αστρονομία, σπούδασε για δυο χρόνια αρχαία Ελληνικά. Σπούδασε επίσης Νομικά και Ιατρική. Το 1503 πήρε τον τίτλο του διδάκτορα της Ιατρικής, και ένα χρόνο αργότερα, το 1504 επέστρεψε στην Πολωνία και έγινε κληρικός κοντά στο θείο του που ήταν επίσκοπος της Βαρμίας.

1543, λίγους μήνες μετά το θάνατό του και ήταν αφιερωμένο στον Πάπα Παύλο τον Γ'. Στο έργο αυτό του Κοπέρνικου υπάρχουν μερικά σημεία που αργότερα αποδείχθηκαν λανθασμένα. Πίστευε, για παράδειγμα, ότι οι τροχιές όλων των ουρανίων σωμάτων είναι κανονικοί κύκλοι, που όπως αποδείχτηκε αργότερα δεν ισχύει πάντοτε. Όμως τα σημεία αυτά δε μειώνουν τη σημαντικότητα του έργου. Ο Κοπέρνικος άλλαξε το θέμα. Το αστρονομικό σύστημα από γεωκεντρικό αρχίζει να γίνεται ηλιοκεντρικό, όπως το είχε προτείνει ο Αρίσταρχος, 1800 χρόνια πριν.

Στο αστρονομικό σύστημα που εισήγαγε ο Κοπέρνικος, όλη σχεδόν η θεωρία και τα πορίσματα στα οποία είχαν καταλήξει ο Πτολεμαίος και ο Ίππαρχος παρέμειναν σε ισχύ. Η ελληνική θεωρία, για παράδειγμα, ότι οι πλανήτες εκτελούν κυκλικές τροχιές με σταθερές ταχύτητες, ισχύει και στο Κοπερνίκειο σύστημα. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η θεωρία του Κοπέρνικου, αν τη δούμε από καθαρά θεωρητική - επιστημονική άποψη, δεν είναι τίποτε άλλο, παρά μια ανακατάταξη, μια αναδιάταξη των τροχιών των ουρανίων σωμάτων, του Ηλίου, της Σελήνης και των πλανητών, όπως τις είχε συλλάβει ο Πτολεμαίος. Θεωρεί ότι ο Ήλιος παραμένει σταθερός και ότι γύρω από αυτόν κινούνται οι πλανήτες και η Γη. Έτσι, ο Κοπέρνικος έθεσε τη Γη σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο και την υπολόγισε ως τον έκτο πλανήτη του σύμπαντος.

Αυτό ακριβώς το στοιχείο, ότι η Γη παύει να είναι το κέντρο του σύμπαντος αλλά γίνεται ένας περιπλανώμενος αστέρας, προκάλεσε μεγάλη αναστάτωση και οργή στους εκκλησιαστικούς κυρίως κύκλους. Όταν έγινε γνωστό ότι το βιβλίο του Κοπέρνικου περιέχει νέα θεωρία για την κίνηση της Γης, η εκκλησία απαγόρευσε την κυκλοφορία και την ανατύπωσή του. Κατέσχεσε τα βιβλία που υπήρχαν στα βιβλιοπωλεία και απαγόρευσε -με ποινή θανάτου - τη διάδοση, ακόμη και την ανάγνωση αυτού του βιβλίου. Αλλά η ιδέα είχε ριχτεί. Η κίνηση της Γης άρχισε να γίνεται πια παραδεκτή και τη νέα θεωρία την ακολούθησαν και τη διέδωσαν με φανατισμό πολλοί μεταγενέστεροι διάσημοι επιστήμονες.

Ο **Τζορντάνο Μπρούνο** (1548-1600), επιφανής Ιταλός φιλόσοφος και αστρονόμος, ο οποίος υπήρξε και καθηγητής της Θεολογίας στο Πανεπιστήμιο της Ρώμης, ήταν φανατικός οπαδός της θεωρίας του ηλιοκεντρικού συστήματος. Κατηγορήθηκε για αιρετικός και, αφού περιπλανήθηκε σε διάφορα πανεπιστήμια της Ευρώπης διδάσκοντας και διαδίδοντας τη νέα θεωρία, συνελήφθη το 1592 από ανθρώπους της Ιεράς Εξέτασης και μεταφέρθηκε στη Ρώμη. Κλείστηκε στη φυλακή, βασανίστηκε για να απαρνηθεί τις ιδέες του, καταδικάστηκε να καεί ζωντανός και στις 17 Φεβρουαρίου του 1599 εκτελέστηκε η απόφαση του

δικαστηρίου. Ο μαρτυρικός θάνατος του Μπρούνο ήταν ένα ακόμη θετικό βήμα για την επικράτηση της νέας θεωρίας.

Ένας άλλος οπαδός της νέας θεωρίας ήταν ο **Γαλιλαίος**, ο οποίος είχε μελετήσει βαθιά και τη γεωκεντρική θεωρία του Πτολεμαίου και την ηλιοκεντρική θεωρία του Κοπέρνικου. Όταν το 1608 εφευρέθηκε το τηλεσκόπιο στην Ολλανδία, ο Γαλιλαίος αποφάσισε να το χρησιμοποιήσει για αστρονομικές παρατηρήσεις. Με τη χρήση του το 1609 έκαμε μια σειρά από σπουδαίες ανακαλύψεις. Βρήκε τις φάσεις της Αφροδίτης και το γεγονός ότι ο πλανήτης αυτός περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο. Ανακάλυψε τους τέσσερις δορυφόρους του Δία, τα δαχτυλίδια του Κρόνου, τους κρατήρες της Σελήνης και πολλά άλλα άστρα του Γαλαξία. Διαπίστωσε επίσης ότι μερικοί πλανήτες δε γυρίζουν γύρω από τη Γη, όπως πίστευε η γεωκεντρική θεωρία. Κατέληξε έτσι στο συμπέρασμα ότι η γεωκεντρική θεωρία δεν είναι δυνατόν να ισχύει. Τα συμπεράσματά του αυτά τα διατύπωσε σε ένα σύγγραμμα που έγραψε, με τίτλο "Διάλογος της θεωρίας των δύο συστημάτων του Σύμπαντος". Για τις ιδέες του αυτές τον συνέλαβε το 1633 η Ιερά Εξέταση με το αιτιολογικό ότι στο σύγγραμμά του ειρωνευόταν τον Πάπα. Με την απειλή βασανιστηρίων, ο Γαλιλαίος εξαναγκάστηκε μπροστά στο δικαστήριο να αρνηθεί ότι η Γη κινείται και καταδικάστηκε σε ποινή φυλάκισης που την εξέτισε στο σπίτι του. Βγαίνοντας από το δικαστήριο, μετά την καταδικαστική απόφαση, τον ρώτησαν μερικοί παρευρισκόμενοι γιατί αρνήθηκε ότι η Γη κινείται. Ο Γαλιλαίος απάντησε με την περίφημη φράση "Και όμως κινείται".

Ο μεγάλος Δανός αστρονόμος **Tycho Brahe** από το 1580 μέχρι το 1597 έκαμε σπουδαίες παρατηρήσεις στο παρατηρητήριό του στην Κοπεγχάγη και αργότερα στη Γερμανία. Παρατήρησε τον Ήλιο, τη Σελήνη και τους πλανήτες και συγκέντρωσε σπουδαία ευρήματα και συμπεράσματα, τα οποία αξιολόγησε και κατέγραψε.

Με βάση τα συμπεράσματα αυτά ο Γερμανός μαθηματικός και αστρονόμος **Johannes Kepler** (1571-1630), βοηθός του Brahe, που τον διαδέχτηκε στο αστρονομικό του παρατηρητήριο μετά το θάνατό του το 1601, όχι μόνο επιβεβαίωσε το γεγονός ότι ο Ήλιος είναι το κέντρο του σύμπαντος και ότι γύρω από τον Ήλιο περιστρέφονται η Γη και οι πλανήτες, αλλά διατύπωσε και τους νόμους της κίνησης των πλανητών. Απέδειξε ότι οι πλανήτες περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο όχι σε κυκλικές τροχιές με σταθερή ταχύτητα, όπως πίστευε ο



Κοπέρνικος, αλλά σε ελλειπτικές τροχιές και με ποικίλες ταχύτητες. Απέδειξε επίσης ότι οι σχετικές αποστάσεις των πλανητών από τον Ήλιο μπορούν να υπολογισθούν με τη βοήθεια των περιόδων περιστροφής. Οι νόμοι που διατύπωσε ο Kepler είναι:

- Οι πλανήτες κινούνται γύρω από τον Ήλιο σε ελλειπτικές τροχιές, των οποίων τη μια εστία κατέχει ο Ήλιος.
- Κατά την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο, η ευθεία που συνδέει το κέντρο του Ηλίου με το κέντρο του πλανήτη διαγράφει εμβαδά ανάλογα με τους χρόνους και
- Τα τετράγωνα των χρόνων που χρειάζονται οι πλανήτες για μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον Ήλιο είναι ανάλογα προς τους κύβους των μεγάλων ημιαξόνων των τροχιών τους.

Τους νόμους της ελλειπτικής κίνησης των πλανητών που διατύπωσε ο Kepler προσπάθησε να εξηγήσει ο **Isaak Newton** (1642-1727), Βρετανός μαθηματικός και φυσικός, ένας από τους μεγαλύτερους επιστήμονες όλων των εποχών. Ο Newton διατύπωσε το "νόμο της καθολικής βαρύτητας", σύμφωνα με τον οποίο μεταξύ του Ηλίου και κάθε πλανήτη που περιστρέφεται γύρω από αυτόν αναπτύσσεται μια δύναμη έλξης που τους επιτρέπει να κινούνται αρμονικά. Η δύναμη αυτή εξαρτάται τόσο από τη μάζα του Ηλίου και των πλανητών, όσο και από την απόσταση του Ηλίου από κάθε πλανήτη. Ο Newton θεωρούσε ακόμη ότι υπάρχουν και άλλες μικρότερες δυνάμεις έλξης μεταξύ των ίδιων των πλανητών και μεταξύ του Ηλίου, των κομητών και των άλλων ουρανίων σωμάτων. Πίστευε επίσης ότι οι διαπλανητικές δυνάμεις βαρύτητας αναγκάζουν τις τροχιές των πλανητών να παρεκκλίνουν από την απλή ελλειπτική κίνηση. Οι περισσότερες από αυτές τις ανωμαλίες στην κίνηση των πλανητών προσδιορίστηκαν αργότερα με τη χρήση ακριβέστερων τηλεσκοπίων.

Έτσι, με το νόμο της παγκόσμιας έλξης ο Newton απέδειξε την αρμονία των κινήσεων των ουρανίων σωμάτων και έδωσε εξήγηση γιατί τα ουράνια σώματα καθώς κινούνται στο διάστημα δε συγκρούονται, παρά τις συνεχείς και πολύπλοκες κινήσεις τους. Τέλος, ο **νόμος της καθολικής βαρύτητας** τον οποίο διατύπωσε, μετατρέπει την Αστρονομία σε **Ουράνια Μηχανική**.

Σε πιο σύγχρονες εποχές η φωτογραφία και οι φωτογραφικές τεχνικές, τα βελτιωμένα τηλεσκόπια, η δημιουργία όλο και ακριβέστερων αστρονομικών οργάνων και η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών βοήθησαν στην

εξερεύνηση πολλών πλανητών, στην ακριβή μέτρηση των αστρικών αποστάσεων και στην ανακάλυψη όλο και περισσότερων αστέρων. Το 1781 ανακαλύφθηκε ο πλανήτης Ουρανός από το Βρετανό αστρονόμο Sir William Herschel. Το 1846 ανακαλύφθηκε ο Ποσειδώνας από τους αστρονόμους John Couch Adams, Βρετανό, και Urbain Jean Joseph Leverier, Γάλλο. Τέλος, το 1930 ανακαλύφθηκε και ο 9<sup>ος</sup> πλανήτης, ο Πλούτων, από τον Αμερικανό αστρονόμο Clyde William Tombaugh.

Σήμερα, με τα επανδρωμένα διαστημόπλοια τα οποία μπορούν να πλησιάσουν την επιφάνεια των πλανητών, έχει ανακαλυφθεί ότι η Γη έχει ως δορυφόρο τη Σελήνη, ο Άρης έχει δύο δορυφόρους, ο Δίας δεκαέξι, ο Κρόνος περισσότερους από είκοσι, ο Ουρανός δεκαπέντε, ο Ποσειδώνας οκτώ και ο Πλούτων έναν.

Με τις ανακαλύψεις νέων αστρονομικών οργάνων τεραστίων δυνατοτήτων, πολλά από τα οποία φέρουν δορυφόροι που έχουν πλησιάσει αρκετούς πλανήτες, παίρνουμε σημαντικές πληροφορίες ακόμη και για τη χημική σύνθεση και τη φυσική κατάσταση των ουρανίων αυτών σωμάτων.

Οι αστρονόμοι είναι σε θέση τώρα να μελετήσουν πλανήτες, αστέρια, γαλαξίες, συστάδες γαλαξιών, μεσοαστρικές και μεσογαλαξιακές περιοχές, πυρήνες γαλαξιών κλπ. και να έχουν πληροφορίες όχι μόνο για τις κινήσεις τους και τις αποστάσεις που έχουν μεταξύ τους, αλλά και για τη χημική τους σύνθεση, τη θερμοκρασία της επιφάνειας, τη βαρύτητα της επιφάνειας και για την πιθανή παρουσία ζωής στους πλανήτες που μελετούν.

Με τα σύγχρονα μέσα μετρήσεων και παρατηρήσεων αποδείχτηκε η αλήθεια της ηλιοκεντρικής θεωρίας και υπολογίστηκαν οι τροχιές που διαγράφει η Γη κατά τις διάφορες κινήσεις της, καθώς και οι χρόνοι που απαιτούνται για τις κινήσεις αυτές.

Πρώτα αποδείχτηκε η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της. Η απόδειξη αυτής της περιστροφής, αν τη θεωρήσουμε ανεξάρτητη από την κίνηση των άλλων αστέρων, έγινε για πρώτη φορά το 1851 με τη βοήθεια εκκρεμούς, από το Γάλλο φυσικό Ζαν Φουκά. Για μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον άξονά της η Γη χρειάζεται 23 ώρες, 56 πρώτα και 4 δευτέρα λεπτά. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η περίμετρος της Γης είναι 40.000.000. μέτρα, βρίσκουμε ότι η Γη κινείται γύρω από τον άξονά της με ταχύτητα 464 μέτρα το δευτερόλεπτο ή 1670 χιλιόμετρα την ώρα.

Εκτός από την κίνησή της γύρω από τον άξονά της, η Γη κινείται και γύρω από τον Ήλιο. Κατά την περιφορά της γύρω από τον Ήλιο ακολουθεί μια ελλειπτική τροχιά, της οποίας τη μία εστία κατέχει ο Ήλιος. Το μήκος της

έλλειψης αυτής είναι 936.000.000. χιλιόμετρα και ο χρόνος που χρειάζεται η Γη για να την διανύσει είναι 365 ημέρες, 5 ώρες, 48 πρώτα και 47,12 δεύτερα λεπτά. Έτσι, η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο με ταχύτητα 29,76 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, δηλαδή με ταχύτητα 106.560 χιλιόμετρα την ώρα.

Εκτός από την κίνησή της γύρω από τον άξονά της και την περιφορά γύρω από τον Ήλιο η Γη κάνει και άλλες δώδεκα κινήσεις. Από αυτές σπουδαιότερες είναι η μετάπτωση και η κλόνηση. Η πρώτη, την οποία είχε ανακαλύψει ο Ίππαρχος, είναι μια μετάπτωση του άξονα της Γης ως προς την κάθετο στην τροχιά της, η οποία συμπληρώνει έναν ολόκληρο κύκλο σε 25.800 χρόνια. Αποτέλεσμα της κίνησης αυτής είναι η μετάθεση της θέσης των αστερών. Η κλόνηση, την οποία ανακάλυψε ο Άγγλος αστρονόμος Μπράντλεϊ το 1742, είναι μια κίνηση του άξονα της Γης ως προς το γεωμετρικό άξονα του σχήματός της. Η κίνηση αυτή προκαλεί τη μετάθεση της θέσης του βόρειου πόλου του άξονα περιστροφής της Γης ως προς το γήινο φλοιό. Αυτή μπορεί να φθάσει σε απόσταση μέχρι 9 μέτρων από τη μέση θέση.

Σύμφωνα με το ηλιοκεντρικό σύστημα, ο Ήλιος είναι το κέντρο των κινήσεων –κι επομένως μένει ακίνητος– και όλα τα ουράνια σώματα κινούνται γύρω από αυτόν. Αυτό βέβαια συμβαίνει, αν περιοριστούμε στο ηλιακό μας σύστημα. Στο διάστημα τα πράγματα είναι διαφορετικά. Το Σύμπαν αποτελείται από γαλαξίες και μεσογαλαξιακή ύλη. Οι γαλαξίες είναι τεράστια αστρικά συγκροτήματα, που αποτελούνται από αστέρες, νεφελώματα και μεσοαστρική ύλη. Υπάρχουν γαλαξίες που βρίσκονται μεμονωμένοι στο διάστημα και λέγονται απλοί, αλλά συνήθως οι γαλαξίες συνδέονται μεταξύ τους –ανά δύο, ανά τρεις ή και περισσότεροι– και αποτελούν τα λεγόμενα γαλαξιακά συστήματα. Γαλαξιακά συστήματα που αποτελούνται από δέκα μέχρι είκοσι γαλαξίες, ονομάζονται ομάδες γαλαξιών. Από τις διάφορες αυτές ομάδες γαλαξιών ξεχωρίζουμε μία πολύ ενδιαφέρουσα, που ονομάζεται "τοπική ομάδα" και αποτελείται από δεκαεπτά γαλαξίες, μεταξύ των οποίων είναι και ο Γαλαξίας μας, δηλαδή αυτός στον οποίο ανήκει ο Ήλιος και η Γη. Στο Γαλαξία μας, όπως και σε κάθε γαλαξία, υπάρχουν αστέρες μεμονωμένοι, που λέγονται απλοί και άλλοι που συνδέονται μεταξύ τους και αποτελούν τα λεγόμενα "αστρικά σμήνη". Ένα ειδικό σύνολο αστρικών σμηνών ονομάζεται "τοπικό σύστημα". Το τοπικό σύστημα έχει ιδιαίτερη σημασία για μας, γιατί, ένα από τα σμήνη που το αποτελούν απαρτίζεται από τους πιο λαμπρούς αστέρες του ουρανού και ονομάζεται "ζώνη του Γκουλντ". Στη ζώνη αυτή ανήκει και ο Ήλιος.

Ο Γαλαξίας μας έχει σχήμα ελλειψοειδές και περιστρέφεται γύρω από το μικρό άξονά του με ταχύτητα που πολλές φορές ξεπερνά τα 300 χιλιόμετρα το

δευτερόλεπτο.

Ο Ήλιος κινείται γύρω από τον άξονα περιστροφής του Γαλαξία με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα περιστροφής του Γαλαξία και χρειάζεται 200 εκατομμύρια χρόνια για να κάμει μια πλήρη περιφορά.

Έτσι, αν σκεφθούμε ότι ο Ήλιος ανήκει στη ζώνη του Γκούλντ, η ζώνη του Γκούλντ στο τοπικό σύστημα αστερών, το τοπικό σύστημα στο Γαλαξία, αυτός στην τοπική ομάδα γαλαξιών κι η τοπική ομάδα στο διάστημα και ότι όλα αυτά κινούνται και κατά τις διάφορες ταυτόχρονες κινήσεις τους συμπαρασύρουν μαζί τους τον Ήλιο, ο οποίος με τη σειρά του παρασύρει τη Γη που είναι πλανήτης του και κινείται μόνιμα όχι μόνο γύρω από τον άξονά της αλλά και γύρω από τον Ήλιο, τότε μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι η Γη όχι μόνο κινείται, αλλά κυριολεκτικά στροβιλίζεται μέσα στο διάστημα και μεταφέρει επάνω της τρία δισεκατομμύρια περίπου ανθρώπινες ψυχές, χωρίς να ξέρουν ούτε από πού έρχονται ούτε πού πηγαίνουν.

### **Βιβλιογραφία**

**E. M. Bruins**, "Egyptian Astronomy", *Janus*, 52, (1965), pp. 161-180

**J. Burgess**, "On Hindu Astronomy", *Journal of the Royal Asiatic Society*, (1893), p. 758

**Nicolas Grimal**, "A History of Ancient Egypt", *B. Blackwell Ltd., Oxford*, (1995)

**E. J. Dijksterhuis**, "Archimedes", *Princeton University Press, Princeton, New Jersey*, (1987)

**Διογένης ο Λαέρτιος** "Βίοι και γνώμαι των εν φιλοσοφία ευδοκιμησάντων", *Βιβλίο I*, § 22-44

**J. Edkins**, "The Babylonian Origin of Chinese Astronomy and Astrology", *China Review, Hong Kong and Shanghai*, 14, (1885)

1. **Θεόδωρος Γ. Εξαρχάκος**, "Ιστορία των Μαθηματικών, τόμος Α', Τα Μαθηματικά των Βαβυλωνίων και των αρχαίων Αιγυπτίων", *Αθήνα*, (1997)
2. **Θεόδωρος Γ. Εξαρχάκος**, "Ιστορία των Μαθηματικών, τόμος Β', Τα Μαθηματικά των Ινδών και των Κινέζων", *Αθήνα*, (1999)
3. **Θεόδωρος Γ. Εξαρχάκος**, "Μαθηματικά στους αρχαίους πολιτισμούς: Επίπεδα ανάπτυξης και αλληλεπιδράσεις", *Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας, Ε.Μ.Ε., Κομοτηνή*, (2002)
4. **Ιωάννης Εξαρχάκος**, "Το έργο του Αρχιμήδη και η συμβολή του στην

- εξέλιξη των Μαθηματικών της Μηχανικής και της Τεχνολογίας", *Αθήνα*, (1994)
5. **Thomas L. Heath**, "Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus", *Dover Publications Inc., New York*, (1981)  
**Thomas L. Heath**, "Greek Astronomy", *Dover Publications, Inc., New York*, (1932)  
**Thomas L. Heath**, "Ιστορία των Ελληνικών Μαθηματικών", *Μετάφραση Κ.Ε.ΕΠ.ΕΚ., Αθήνα* (2001), τόμοι I και II  
**H. V. Hilprecht**, "Mathematical, Metrological and Chronological Tablets from the Temple Library of Nippur", *Philadelphia*, (1906)  
**C. P. S. Menon**, "Early Astronomy and Cosmology", *Allen and Unwin, London*, (1932)  
**O. Neugebauer** "Οι Θετικές επιστήμες στην Αρχαιότητα" *μετάφραση, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τράπεζας, Αθήνα* (1990)
6. **O. Neugebauer**, "A History of Ancient Mathematical Astronomy", *Book III, Egyptian Astronomy, Berlin, Heidelberg, New York: Springer - Verlag*, (1975)  
**O. Neugebauer**, "The History of Ancient Astronomy; Problems and Methods" *Journal of Near Eastern studies*, 4, (1945)  
**O. Neugebauer**, "The Astronomical origin of the Theory of conic sections", *Proceeding of the American Philosophical Publical Society*, 92, (1948)  
**Πάππος ο Αλεξανδρεύς**, "Μαθηματική Συναγωγή", *Έκδοση Hultsch*, (1857)  
**Πλουτάρχου** "Περί του εμφανιζομένου προσώπου τω κύκλω της Σελήνης", *Stephanus*, σελ. 923, *εδάφιο Α*  
**Πρόκλος**, "Σχόλια στο Α' βιβλίο των «Στοιχείων» του Ευκλείδη", *Έκδοση Friedlein*, (1873)  
**G. Sarton**, "Chaldean Astronomy of the Last Three Centuries B.C.", *Journal of the American Oriental Society*, 75, (1955), pp. 166 - 173  
**Ε. Σ. Σταμάτης**, "Αρχιμήδους Άπαντα", *Εκδόσεις Τ.Ε.Ε., Αθήνα*, (1970)  
**Τίτος Λίβιος**, "Ιστορία από Κτίσεως Ρώμης", *βιβλ. XXIV, XXXIII, 9*  
**R. C. Thompson**, "The Reports of the Magicians and Astrologers of Nineveh and Babylon", (1990)  
**B. L. Van der Waerden**, "Science Awakening" *Noordhoff Groningen*, (1954)  
**B. L. Van der Waerden**, "Mathematics and Astronomy in Mesopotamia",

