

ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ Ο ΣΑΜΙΟΣ ΚΑΙ Η ΗΛΙΟΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΟΥ ΘΕΩΡΙΑ

Στατεράς Χρήστος

Διδάκτωρ Μαθηματικών του Πανεπιστημίου Αθηνών
Σχολικός Σύμβουλος Μαθηματικών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Η Αστρονομία είναι μια από τις αρχαιότερες επιστήμες του κόσμου. Σε όλους τους λαούς που έφτασαν σε αξιόλογο βαθμό πολιτισμού και σε όλες τις εποχές, από τους αρχαίους χρόνους μέχρι σήμερα, η μελέτη των φυσικών φαινομένων ήταν ένας ισχυρότατος μοχλός για την καθαρή επιστημονική έρευνα. Ο άνθρωπος προσπαθεί να ανακαλύψει λογικές εξηγήσεις στα ουράνια φαινόμενα. Οι πρώτοι που ασχολήθηκαν με την αναζήτηση αυτή, ήταν οι κάτοικοι της Σουμερίας και της Ακκαδίας κατά την 2^η χιλιετηρίδα π.Χ.

Στον αρχαιότερο και—από πολλές απόψεις—υψηλότερο Αιγυπτιακό πολιτισμό, που άνθισε στις όχθες του Νείλου πολλούς αιώνες πριν από την εγκατάσταση των Βαβυλωνίων κατά μήκος του Τίγρη και του Ευφράτη, άδικα θα ψάξουμε στα κείμενα της Αστρονομίας. Το ίδιο ισχύει και για άλλους πολιτισμούς, που άνθισαν την ίδια εποχή.

Η Αστρονομία στη Βαβυλωνία, την εποχή του Χαμμουραμί και των διαδόχων του, δεν έχει βέβαια άμεση σχέση με τη μεγάλη άνθηση που γνώρισε μια χιλιετηρίδα αργότερα στο Νεοβαβυλωνιακό κράτος, όπου οι αστρονομικές παρατηρήσεις θεωρούνται από τα μεγαλύτερα επιστημονικά κατορθώματα του αρχαίου κόσμου. Η περίοδος αυτή αντιστοιχεί στον 5^ο π.Χ. αιώνα για την Ελλάδα, δηλαδή στην περίοδο της ακμής της. Οι γνώσεις των εκπροσώπων του Νεοβαβυλωνιακού πολιτισμού βασίζονταν σε πολύ παλιότερα δεδομένα. Αυτές διείσδυσαν στην ελληνική σκέψη του 6^{ου} και 5^{ου} π. Χ. αιώνα κυρίως μέσω των φυσικών φιλοσόφων της Ιωνικής Σχολής, του Θαλή και του Αναξίμανδρου, αλλά και των Πυθαγορείων με κύριο εκπρόσωπό τους το Φιλόλαο, και—ως ένα βαθμό—συνέτειναν στην εξέλιξη τόσο της φιλοσοφίας όσο και της επιστήμης στον ελλαδικό χώρο.

Βέβαια, όλοι τούτοι θεωρούσαν πως η Γη είναι το κέντρο του Σύμπαντος, της έδιναν σχήμα κυλινδρικό (Αναξίμανδρος) ή σφαιρικό (Θαλής) και προσαθούσαν να δώσουν αναλογίες ανάμεσα στην περίμετρό της και αυτήν της

Σελήνης ή του Ήλιου. Ωστόσο, η κυρίαρχη ανατροπή σ' αυτές τις αντιλήψεις έγινε με τη σκέψη του Αρίσταρχου: για πρώτη φορά ακούγεται επίμονα πως το κέντρο του Σύμπαντος είναι ο Ήλιος και πως η Γη περιφέρεται γύρω από αυτόν. Η αλήθεια είναι πως έχουν περάσει πια τρεις αιώνες από τότε που ο Αναξίμανδρος και ο Θαλής έκαναν τις πρώτες αυτές υποθέσεις, αυτό όμως δε μειώνει καθόλου την πρωτοπορία της διάνοιας του Αρίσταρχου.

Δεν είναι υπερβολή να πούμε πως ο Αρίσταρχος υπήρξε ένας από τους σπουδαιότερους φυσικούς φιλοσόφους της αρχαιότητας, ακόμα και αν αυτός ο θαυμασμός μας μπορεί να ελεγχθεί από το γεγονός ότι είναι ελάχιστες οι γνώσεις μας για την επίδραση που άσκησαν πάνω του άλλοι φιλόσοφοι - και ιδιαίτερα ο δάσκαλός του ο Στράτωνας ο Λαμψακινός - οι οποίοι θεωρητικά μπορεί να τον ενέπνευσαν στη θεωρία του αυτή. Άλλωστε νύξεις για το ηλιοκεντρικό σύστημα του πλανητικού μας κόσμου υπάρχουν ακόμα και στον Πλάτωνα, αλλά ο κύριος εισηγητής του στην αρχαιότητα υπήρξε ο Αρίσταρχος. Μέχρι τον Κοπέρνικο δεν «ξανακούγεται» η θέση αυτή για τους γνωστούς λόγους της απαγορευτικής εκκλησιαστικής πολιτικής του χριστιανισμού. Μάλιστα ο σοβαρός Έλληνας αστρονόμος Αντωνιάδης ισχυρίζεται πως σε ένα βαθμό ο Κοπέρνικος «έκλεψε» τον Αρίσταρχο και πως εμφάνισε ως δική του την καινοτομία αυτή.

Για να εντάξουμε όμως σοβαρά αυτήν την καινοτομία στο ιστορικό της πλαίσιο, οφείλουμε να επανέλθουμε στο τοπίο των προκατόχων του που πιθανότατα επέδρασαν πάνω του, να δούμε δηλαδή το γνωστικό υπόβαθρο που τροφοδότησε τον Αρίσταρχο και τον οδήγησε σε εισπράξεις ή υπερβάσεις των αστρονομικών υποθέσεων της εποχής του.

Η θεωρία ότι η Γη είναι σφαιρική ανάγεται πιθανότατα στο «Θίασο» του Πυθαγόρα, που ήκμασε στη Νότια Ιταλία τον 6ο και 5ο π. Χ. αιώνα. Κατά την παράδοση, η ανακάλυψη αυτή ανήκει στον ίδιο τον Πυθαγόρα ή στον Παρμενίδη, στην έμμετρη κατάθεσή του στο «Περί φύσεως». Βέβαια και ο Πλάτωνας στο «Φαίδωνα» το αναφέρει με το στόμα του Σωκράτη.

Αλλά υπάρχουν ενδείξεις πως και ο Αναξίμανδρος υποστήριζε τη σφαιρικότητα της Γης. Κάποιοι αποδίδουν σ' αυτόν τις διαπιστώσεις για τις ηλιακές και σεληνιακές εκλείψεις-αν και την πρώτη έκλειψη Ηλίου την έχουμε από το Θαλή το Μιλήσιο το 585 π.Χ. Άλλοι θεωρούν τον Εύδοξο ως πατέρα της υπόθεσης για τη σφαιρικότητα της Γης. Ο πρώτος όμως που θα το αποδείξει βασισμένος σε επιστημονικά επιχειρήματα είναι ο Αριστοτέλης. Υπήρχαν βέβαια ενδείξεις ότι ο Ήλιος και η Σελήνη εμφανίζονται στον ουρανό σαν σφαιρικοί δίσκοι και ότι η σκιά, που

σχηματίζεται από την προβολή της Γης πάνω στη Σελήνη κατά τις εκλείψεις εμφανίζεται πάντα ως τμήμα κύκλου. Αυτό οδήγησε τον Αριστοτέλη να προβάλλει ως αδιάσειστη την τοποθέτησή του ότι η Γη είναι σφαιρική, θεωρία που εξακολουθεί να ισχύει μέχρι σήμερα.

Το επόμενο πρόβλημα βέβαια μετά τον προσδιορισμό του σχήματος της Γης, ήταν φυσικά η αναζήτηση των διαστάσεων της που λογικά στην αρχή λειτουργούν προσεγγιστικά και όχι με συγκεκριμένους ποσοτικούς προσδιορισμούς. Έτσι, το «Φαίδωνα» πάλι ακούμε το Σωκράτη να ισχυρίζεται πως η γήινη σφαίρα είναι τόσο μεγάλη, ώστε η Μεσόγειος είναι μόνον ένα μικρό τμήμα της.

Σαφέστερος, αν και υπερβολικός, γίνεται ο Αριστοτέλης στον προσδιορισμό των διαστάσεων της Γης. Ο Ερατοσθένης αργότερα, με τη μέτρηση του μήκους του μεσημβρινού τόξου ανάμεσα στην Αλεξάνδρεια και το Ασούαν, κατάφερε να προσεγγίσει με σχετική ακρίβεια της διαστάσεις της Γης. Οι μετρήσεις του μας έδωσαν 252.000 στάδια για το μήκος του ισημερινού της Γης, που πλησιάζει τη σημερινή αποδεκτή τιμή των 40.120 χιλιομέτρων, αφού 9,45 στάδια ισοδυναμούσαν με 1 ρωμαϊκό μίλι.

Βέβαια πολλοί σύγχρονοί του διαφώνησαν μαζί του. Έτσι, ο Ποσειδώνιος ο Απαμείας (1^{ος} π.Χ. αιώνας) μετρώντας το τμήμα του μεσημβρινού μεταξύ Αλεξάνδρειας και Ρόδου μείωσε την τιμή σε 180.000 στάδια, τιμή με την οποία συμφώνησε και ο Πτολεμαίος (2^{ος} π.Χ. αιώνας) και τη διέδωσε τόσο, ώστε ο Χριστόφορος Κολόμβος, με βάση την τιμή αυτή, το 1492, ξεκίνησε την περιπέτεια της περιήγησής του πέρα από τον Ατλαντικό.

Ο προσδιορισμός των διαστάσεων της Γης έδωσε στους Έλληνες επιστήμονες το έναυσμα για την εξερεύνηση του διαστήματος με πρώτο τον Αλεξανδρινό αστρονόμο Αρίσταρχο το Σάμιο, μαθητή του Στράτωνα από τη Λάμψακο, που ήταν αρχηγός της Περιπατητικής Σχολής στην Αθήνα μεταξύ του 286 και του 268 π.Χ.

Ελάχιστα είναι τα βιογραφικά στοιχεία που έχουμε για τον Αρίσταρχο. Σύμφωνα με τη μαρτυρία του Ίππαρχου, ως μόνη θετική ημερομηνία που γνωρίζουμε για τη ζωή του, είναι το έτος 281 π.Χ. που έκανε παρατηρήσεις σχετικά με το χρόνο του θερινού ηλιοστασίου. Αργότερα, όπως μαθαίνουμε από τον Πλούταρχο ο Αρίσταρχος κατηγορήθηκε από τον Κλεάνθη που ήταν επικεφαλής της Σχολής των Στωικών - μεταξύ του 264 και του 232 π. Χ. - για ασέβεια, και του υποβλήθηκε μήνυση «επί αθεΐα», επειδή «μετακίνησε την εστία του κόσμου, διατεινόμενος ότι οι απλανείς αστέρες και ο Ήλιος δεν περι-

στρέφονται, αλλά η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο σε κυκλική περιφέρεια, ενώ συγχρόνως περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και ο Ήλιος βρίσκεται στο κέντρο της τροχιάς». Η τύχη του δεν είναι γνωστή εξαιτίας αυτής της επαναστατικής του θεωρίας για το Σύμπαν. Επίσης, η ίδια «κατηγορία» του αποδίδεται και από τον Αρχιμήδη στο σύγγραμμά του Ψαμμίτης, που είναι αφιερωμένο στο βασιλιά των Συρακουσών Γέλωνα τον Β΄.

Αν ο Αρίσταρχος ήταν περίπου 20 χρονών, όταν παρατήρησε το θερινό ηλιοστάσιο το 281 π. Χ. θα πρέπει να είχε γεννηθεί περί το 510-300 π. Χ., και πέθανε - σύμφωνα με την έμμεση μαρτυρία του Αρχιμήδη - πριν από το 216 π. Χ. Επομένως, πρέπει ο Αρίσταρχος να έζησε τον 3ο π. Χ. αιώνα.

Από τα αυθεντικά συγγράμματα του Αρίσταρχου μόνο ένα διασώθηκε ολόκληρο, μια μικρή πραγματεία με τίτλο: «**Περί μεγεθών και αποστάσεων Ηλίου και Σελήνης**», που όμως στηρίζεται στο γεωκεντρικό σύστημα. Αυτό και μόνο το έργο θα ήταν αρκετό για να του χαρίσει την αθανασία. Ειδικό σύγγραμμα για το ηλιοκεντρικό σύστημα δεν διασώθηκε, αλλά πληροφορίες για τη θεωρία του έχουμε από πέντε συγγραφείς: Από τον σύγχρονό του Αρχιμήδη, από το Στοβαίο, από τον ανώνυμο σχολιαστή του Αριστοτέλη, από τον Σέξτο τον Εμπειρικό και από τον Πλούταρχο. Ξεκινώντας από 6 «υποθέσεις», που πάνω τους στηρίζεται ολόκληρη η επιχειρηματολογία του συγγραφέα, η πραγματεία δίνει μια σειρά 18 γεωμετρικών «θεωρημάτων», που συνδυάζουν έξυπνη Γεωμετρία με ευχέρεια στους αριθμητικούς υπολογισμούς. Οι 6 αυτές «υποθέσεις» είναι:

A. Η Σελήνη παίρνει το φως της από τον Ήλιο.

B. Η Γη είναι, κατά σημείο και κατά κέντρο, σφαίρα όπου κινείται η Σελήνη.

Γ. Όταν έχουμε ημισέληνο (δηλαδή το πρώτο και το τελευταίο τέταρτο), τότε ο μεγάλος κύκλος που χωρίζει το φωτεινό και το σκοτεινό της τμήμα βρίσκεται στο επίπεδο του ματιού μας. Δηλαδή, τα κέντρα του Ήλιου, της Σελήνης και της Γης δημιουργούν ορθογώνιο τρίγωνο με την ορθή γωνία να βρίσκεται στο κέντρο της Σελήνης.

Δ. Όταν έχουμε ημισέληνο, η (γωνιακή) απόσταση της Σελήνης από τον Ήλιο είναι μικρότερη από το τεταρτοκύκλιο κατά το 1/30 του (είναι δηλαδή 87°).

E. Το πλάτος της γήινης σκιάς (στην απόσταση που η Σελήνη περνά από τη σκιά της Γης κατά τις εκλείψεις) είναι διπλάσιο της διαμέτρου

της Σελήνης.

ΣΤ. Η φαινόμενη διάμετρος της Σελήνης περιέχεται στον ουρανό μιας γωνίας ίσης προς το ένα δέκατο πέμπτο ενός ζωδιακού αστερισμού.

Οι υποθέσεις 1 και 3, αποδίδονται στον Αναξαγόρα ή το Θαλή. Η ουσιαστική συμβολή του Αρίσταρχου βασίζεται στην 4η και στην 5η υπόθεσή του, αν και ο υπολογισμός της (γωνιακής) απόστασης της Σελήνης από τον Ήλιο είναι περίπου 89° . Στην 6η υπόθεσή του, επειδή υπάρχουν 12 ζωδιακοί αστερισμοί στο ζωδιακό κύκλο (που ο καθένας καταλαμβάνει το ένα δωδέκατο του κύκλου), κάθε αστερισμός θα πρέπει να καταλαμβάνει 30° , ώστε το ένα δέκατο πέμπτο του να μας δίνει την τιμή των 2° για τη φαινόμενη διάμετρο της Σελήνης. Σαφώς η τιμή αυτή βρίσκεται μακριά από την πραγματική τιμή της $1/2^\circ$. Βέβαια, αν είναι ακριβής η πληροφορία του Αρχιμήδη, ο Αρίσταρχος γνώριζε ότι οι φαινόμενες διαμέτροι του Ήλιου και της Σελήνης αντιστοιχούσαν στο $1/720$ του κύκλου, δηλαδή σε $1/2^\circ$. Με την προϋπόθεση ότι οι αντιγραφείς του κειμένου του Αρχιμήδη μας μεταφέρουν ασφαλώς την πληροφορία αυτή, φαίνεται πως ο Αρίσταρχος επανεκτίμησε το αρχικό μέγεθος των 2° αργότερα, πράγμα που δείχνει πως το έργο του «Περί μεγεθών και αποστάσεων Ηλίου και Σελήνης» γράφτηκε σε νεαρή ηλικία.

Από τις υποθέσεις του αυτές, ο Αρίσταρχος διατυπώνει τις 18 «θεωρήματα», από τα οποία τα σημαντικότερα είναι:

1) Εφ' όσον ο Ήλιος, η Σελήνη και ο παρατηρητής σχηματίζουν ένα ορθογώνιο τρίγωνο, όταν η Σελήνη βρίσκεται στο πρώτο (ή στο τελευταίο) τέταρτο, (η τοποκεντρική) σχέση της απόστασης της Σελήνης Δ_σ προς την απόσταση του Ηλίου Δ_η , πρέπει να εκφράζεται με την εξίσωση:

$$\frac{\Delta_\eta}{\Delta_\sigma} \quad \text{εφ}87^\circ = 19$$

Η σχέση των ακτίνων R_γ και R_η προς τη Γη και τον Ήλιο, δίνουν την εξίσωση:

$$\frac{R_\eta}{R_\gamma} = \frac{1 + \frac{\Delta_\eta}{\Delta_\sigma}}{1 + \frac{2}{19} \cdot \frac{\Delta_\eta}{\Delta_\sigma}} = \frac{1 + 19}{1 + \frac{2}{19} \cdot 19} = \frac{20}{3}$$

Επομένως θα πρέπει ο Ήλιος να είναι 6 και $2/3$ φορές μεγαλύτερος από τη Γη και η Σελήνη να είναι ίση με:

$$\frac{20}{3} \cdot \frac{1}{19} = \frac{20}{57}$$

δηλαδή, να είναι 0,35 φορές όσο η Γη (0,2728 είναι η τιμή σήμερα).

Ανεξάρτητα όμως με τους αριθμούς, οι δυνατότητες που ανοίγονται με τη θεωρία που αναπτύσσει ο Αρίσταρχος είναι πολύ μεγάλες και πραγματικά το έργο του αποτελεί την πρώτη προσπάθεια των ανθρώπων να πλησιάσουν τον Ήλιο και τη Σελήνη.

Βέβαια, δεν πρέπει να ξεχνάμε πως την εποχή του Αρίσταρχου δεν υπήρχε η τριγωνομετρική προσέγγιση που ακολουθήσαμε εμείς στις εξισώσεις, αν και στους Έλληνες δεν ήταν άγνωστοι οι «ασύμμετροι αριθμοί», που όμως ουδέποτε χρησιμοποιήθηκαν από αυτούς στους αστρονομικούς τους υπολογισμούς. Η σκέψη του Αρίσταρχου βασίζεται σε ρητά κλάσματα, και όλα τα συμπεράσματά του εκφράζονται με κλάσματα. Π. χ. η τιμή της σχέσης Κη/Κγ, η οποία περιέχει τη βασική τιμή Δη/Δσ = εφ 87° = 19,081, εκφράστηκε ότι βρίσκεται μεταξύ της τιμής των κλασμάτων 19/3 και 43/6.

Γίνεται λοιπόν κατανοητό πως η μέθοδος αυτή εκφράζει ακριβώς το ελληνικό πνεύμα, που διακρινόταν περισσότερο για τις μαθηματικές ακροβασίες, παρά για εμπειρικές αστρονομικές παρατηρήσεις και δεν έχει κανένα νόημα βέβαια, πως η σύγχρονη επιστήμη έδωσε άλλες τιμές από αυτές του Αρίσταρχου.

Συγκεκριμένα, σήμερα δεχόμαστε πως η απόσταση του Ήλιου από τη Γη είναι 400 φορές μεγαλύτερη από την απόσταση της Σελήνης από τη Γη και όχι 19 φορές, και πως η ακτίνα του ηλιακού δίσκου είναι 109,2 φορές μεγαλύτερη από την ακτίνα της Γης και όχι 6 2/3 όπως ισχυρίστηκε ο Αρίσταρχος. Το σημαντικό όμως είναι ότι ο Αρίσταρχος ισχυρίστηκε αδιάσειστα πως ο Ήλιος είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από τη Γη και τη Σελήνη. Η κατανόηση αυτή αποτελεί ένα μεγάλο βήμα προς τα εμπρός στα 150 χρόνια από την εποχή που (κατά το τέλος της ζωής του Περικλή) ο Αναξαγόρας, εξορίστηκε από την Αθήνα με την κατηγορία της βλασφημίας, γιατί δίδασκε ότι ο Ήλιος είναι ένα πύρινο σώμα (βράχος) μεγαλύτερο σε έκταση από την Πελοπόννησο.

Σήμερα χρωστάμε ευγνωμοσύνη στον Πάπο, που τον 3 ο π.Χ. αιώνα συμπεριέλαβε και διέσωσε στη «Μικρή Αστρονομία» του – διάκριση απαραίτητη από την άλλη, τη «Μεγάλη Αστρονομία» του Πτολεμαίου - αυτό το σύγγραμμα του Αρίσταρχου, μαζί με εκείνα του Απολλώνιου, του Αρχιμήδη και του Ευκλείδη, αφού, φυσικά, το πρωτότυπο έχει χαθεί. Το παλαιότερο χειρόγραφο αυτής της Αστρονομίας είναι γραμμένο τον 10 μ.Χ. αιώνα

βρίσκεται σήμερα στη βιβλιοθήκη του Βατικανού. Εύλογο είναι πως μπορούμε να έχουμε κάποιες αμφιβολίες σχετικά με πιθανές αλλοιώσεις στο αυθεντικό κείμενο του Αρίσταρχου τους 13 αιώνες. Βέβαια, οι επιφυλάξεις μας αίρονται, αν τοποθετήσουμε στο ιστορικό πλαίσιο τη διαδικασία αντιγραφής του, λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεκριμένες συνθήκες της φοβερής εκείνης «σκοταδιστικής περιόδου» του Μεσαίωνα. Ίσως, το μοναδικό κέρδος που μας κληροδότησε ο συντηρητισμός και η εκκλησιαστική ιδεοληψία της εποχής εκείνης είναι τούτο: τουλάχιστον διασφάλιζαν με σχολαστική πιστότητα το περιεχόμενο των χειρογράφων οι αντιγραφείς τους, γιατί το ενδιαφέρον τους δεν εστιαζόταν – ευτυχώς – τόσο στο περιεχόμενο του κειμένου, όσο στην ανάγκη για διατήρηση της μορφής του. Έτσι, μπορούμε να εμπιστευθούμε τα περισσότερα – έστω – κείμενα που διέσωσαν για την ακρίβεια των λόγων τους.

Βέβαια, ακόμη μεγαλύτερη ευγνωμοσύνη οφείλουμε στον Αρχιμήδη, σύγχρονου περίπου του Αρίσταρχου, που στην πραγματεία του «Ψαμμίτης» παραθέτει την ακόλουθη μαρτυρία:

«Συ (ο βασιλιάς Γέλων ο Β΄ τύραννος των Συρακουσών) γνωρίζεις ότι ο κόσμος είναι το όνομα που δίνουν οι περισσότεροι αστρονόμοι σε μία σφαίρα, που στο κέντρο της βρίσκεται η Γη και ότι η ακτίνα της σφαίρας αυτής είναι ίση προς την απόσταση μεταξύ του Ήλιου και της Γης. Αυτή είναι η εξήγηση την οποία δίνουν οι αστρονόμοι. Αλλ' ο Αρίσταρχος ο Σάμιος έγραψε ένα βιβλίο, που περιέχει ορισμένες προτάσεις, από τις οποίες συμπεραίνεται ότι ο πραγματικός κόσμος είναι πολύ μεγαλύτερος. Πιστεύεται ότι οι απλανείς αστέρες και ο Ήλιος είναι ακίνητοι, ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο σε κυκλική τροχιά, που στο κέντρο της βρίσκεται ο Ήλιος. Ακόμη ότι η σφαίρα των απλανών αστερών, που βρίσκεται στο ίδιο με τον Ήλιο κέντρο, είναι τόσο μεγάλη, ώστε ο κύκλος γύρω από τον οποίο περιστρέφεται η Γη απέχει από τους απλανείς αστέρες, όσο απέχει το κέντρο μιας σφαίρας από την επιφάνειά της... Ο Αρίσταρχος δηλαδή εννοεί το εξής: αφού πιστεύουμε ότι η Γη είναι, ας πούμε, το κέντρο του κόσμου, η σχέση της Γης προς εκείνο που ονομάζουμε «κόσμο» είναι ίση προς τη σχέση της σφαίρας, που περιέχει τον κύκλο πάνω στον οποίο διατείνεται ότι περιστρέφεται η Γη, προς τη σφαίρα των απλανών αστερών».

Σύμφωνα με αυτή την μαρτυρία, ο Αρίσταρχος πρότεινε ένα ηλιοκεντρικό σύστημα στο οποίο ο Ήλιος παραμένει ακίνητος στο κέντρο του κόσμου, ενώ η Γη – που σύμφωνα με μια επιπρόσθετη πληροφορία του Πλούταρχου περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της - εκτελεί κυκλική περιφορά γύρω από αυτόν. Στο απόσπασμα δεν γίνεται λόγος για ηλιοκεντρικές τροχιές και των υπόλοιπων πλανητών, εκτός της Σελήνης, που περιφέρεται γύ-

ρω από τη Γη, όπως αποδεικνύουν οι μηνιαίες φάσεις της. Οι αστέρες είναι ακίνητοι, η κίνησή τους είναι μόνο φαινομενική.

Για τη Γη, ειδικότερα, διατυπώνει την υπόθεση για την ημερήσια περιστροφή της γύρω από τον άξονά της και την ετήσια περιφορά της γύρω από τον Ήλιο. Υποθέτει, επίσης, πως η σχέση της Γης προς εκείνο που ονομάζουμε «κόσμο» είναι ίση προς τη σχέση σφαίρας, που περιέχει τον κύκλο πάνω στον οποίο διατείνεται ότι περιστρέφεται η Γη, προς τη σφαίρα των απλανών αστερών. Ο Αρίσταρχος δηλαδή, αφού με την απλή αλλά ευφύεστατη γεωμετρική του μέθοδο συνήγαγε πως ο Ήλιος είναι πολλές φορές μεγαλύτερος της Γης, σκέφθηκε μετά πως θα ήταν παράλογο να θέσει τον τόσο μακρινό και μεγαλύτερο της Γης Ήλιο να στρέφεται γύρω από τη μικρότερή του Γη και δέχθηκε ακριβώς το αντίθετο. Και αν οι αστέρες δεν φαίνονται να κινούνται, ως όφειλαν, δηλαδή δεν παρουσιάζουν παράλλαξη, τούτο συμβαίνει γιατί η τροχιά της Γης σε σύγκριση προς τη σφαίρα των αστερών είναι όπως το κέντρο σφαίρας προς την επιφάνειά της, δηλαδή ένα απλό σημείο.

Από τα παραπάνω φαίνεται επίσης ότι ο Αρίσταρχος πρότεινε το ηλιοκεντρικό σύστημα ως μαθηματική υπόθεση. Αυτό προκύπτει από την επανειλημμένη χρήση του ρήματος «υποθέτει» στο συγκεκριμένο απόσπασμα του Αρχιμήδη, όσο και από την αναφορά του Πλούταρχου – τρεις αιώνες αργότερα – σύμφωνα με την οποία η ιδέα «της περιστροφής και της περιφοράς» της Γης υποστηρίχθηκε από τον Αρίσταρχο και το Σέλευκο από τη Σελεύκεια (μέσα 2ου π.Χ. αιώνα). Ο πρώτος – ισχυρίζεται ο Πλούταρχος – την παρουσίασε ως υπόθεση, ενώ ο δεύτερος ως βεβαιότητα.

Βέβαια, και κάτω από αυτήν την οπτική ακόμα, δεν μειώνεται καθόλου ο θαυμασμός μας για την πρωτοτυπία και την αυθεντικότητα της σκέψης του Αρίσταρχου, αν και πρέπει να επισημανθεί πως δεν ήταν αυτός που πρώτος έθεσε το ζήτημα της περιστροφής της Γης. Η ίδια υπόθεση έγινε προηγουμένως από τον Ηρακλείδη τον Πόντιο, περίπου δύο γενεές προγενέστερο του Αρίσταρχου. Αυτός ισχυρίστηκε πως η Γη περιστρέφεται μόνο γύρω από τον άξονά της, ενώ οι εσωτερικοί πλανήτες - ο Ερμής και η Αφροδίτη - περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο. Επίσης, ο Αυτόλυκος ο Πιτανεύς - σύγχρονος του Ευκλείδη - παρατήρησε πως με το πέρασμα του χρόνου μεταβαλλόταν το φαινομενικό μέγεθος της Σελήνης στον ουρανό, όπως και η φαινομενική λαμπρότητα των πλανητών. Ιδιαίτερα το τελευταίο είναι για μας δείκτης της μεταβλητότητας των αποστάσεων της Γης από τους πλανήτες, άρα καθοριστικός παράγοντας για την πραγματική εικόνα της σημερινής δομής του Σύμπαντος. Ο Αυτόλυκος, βέβαια, μόνο κατέθεσε αυτές τις παρατηρήσεις. Για τον Αρίσταρχο οι αντίστροφες κινήσεις κά-

ποιων εξωτερικών πλανητών - του Άρη, του Δία και του Κρόνου - ήταν αποτέλεσμα της μετακίνησης του σταθμού παρατήρησής μας στο διάστημα που, αντίστοιχα, έδινε ως αποτέλεσμα τη μεταβλητότητα της απόστασης μεταξύ αυτού του σταθμού και των πλανητών. Βέβαια, χωρίς να μπορούμε να το αποκλείσουμε, δεν έχουμε και καμιά σοβαρή ένδειξη πως ο ίδιος είχε συσχετίσει το φαινόμενο αυτό με τη διαφορετική λαμπρότητα των πλανητών στον ουρανό.

Το πιο εντυπωσιακό ίσως μήνυμα, όμως, σε σχέση με την προγενέστερη Γνώση - αλλά και την πιθανή επίδραση αυτής της Γνώσης πάνω στον Αρίσταρχο - μας το δίνει η θόλος της Επιδαύρου -κυκλοτερές οίκημα από λευκό μάρμαρο, σύμφωνα με τον Πausανία -όπου πρωταγωνιστούσε στο δάπεδο, στην τοιχογραφία και στην οροφή της ο Ήλιος με διαφορετικές εκφράσεις της πολυσχιδούς του δράσης. Το πρώτο πράγμα που θα αντίκριζε ο επισκέπτης, αν του επιτρέπετο η είσοδος στο εσωτερικό του Μνημείου, ήταν αναμφίβολα η θαυμάσια τοιχογραφία του Πausίου. Η λύρα μαζί με το τόξο του βέλους - τα τρία κυριότερα σύμβολα του Ήλιου - Απόλλωνα -συμβολοποιούν αλληγορικά τη σύνδεση του φυσικού σώματος του Ήλιου με την οντότητα του Απόλλωνα. Όμως, στα χέρια του Έρωτα και όχι του Απόλλωνα, η επτάχορδη λύρα εναρμόνιζε με «έρωτα» τις 7 τροχιές των πλανητών, που περιγράφονται στο δάπεδο του εσωτερικού της θόλου. Τα βέλη με το τόξο της τοιχογραφίας είναι η εκ-τόξευση (τόξο) των ακτινών (βέλη) του Ήλιου κατά την ημερήσια πορεία του, δηλαδή το καθημερινό ηλιακό τόξο στον ουράνιο θόλο. Δυστυχώς, η τοιχογραφία αυτή, όπως και η οροφή, δεν σώθηκαν. Τουλάχιστον, όμως, διεσώθη το δάπεδο και η εικόνα του βρίσκεται αναρτημένη σήμερα στο Μουσείο της Επιδαύρου. Το διακοσμητικό αυτό σχέδιο δεν είναι μια καλλιτεχνική φαντασίωση, όπως πίστευαν μέχρι σήμερα. Είναι η ακριβής αναπαράσταση του Ηλιοκεντρικού Συστήματος. Σαράντα χρόνια πριν τη γέννηση του Αρίσταρχου, η θόλος είχε ήδη αποτυπώσει την πλήρη και λεπτομερή αναπαράσταση του Ηλιοκεντρικού συστήματος.

Όλη η Γνώση για την πορεία των ουρανίων σωμάτων σκιαγραφήθηκε στο δάπεδο της θόλου. Η καταχώρηση των ονομάτων πάνω στο σχέδιο της θόλου έγινε με βάση τους Ορφικούς ύμνους, όπου αναφέρεται η θέση της Σελήνης, της Γης και του Άρη. Η μελέτη του αστρονόμου Κωνσταντίνου Χασάπη σχετικά με το πλανητικό σύστημα και τους Ορφικούς Ύμνους διευρύνει τους γνωστικούς μας ορίζοντες και συγχρόνως μας καταπλήσσει για την παλαιότητα των Ορφικών Γνώσεων.

Όστόσο, είμαστε σίγουροι πως η μεθοδική και επίμονη ιδέα της περιφοράς της Γης γύρω από τον Ήλιο ανήκει στον Αρίσταρχο και μόνο. Όπως,

επίσης, η συνεισφορά του συνίσταται στο ότι τοποθέτησε τον Ήλιο στο κέντρο όλου του συστήματος και προσπάθησε να την αποδείξει. Ο Πυθαγόρειος Φιλόλαος - στα τέλη του 5ου π.Χ. αιώνα - απομάκρυνε τη Γη από το κέντρο του κόσμου και στη θέση της έβαλε την Εστία. Ο Αρίσταρχος είδε απόλυτα σωστά και ξεκάθαρα πως δεν είναι απλά η Γη «δευτεραγωνιστής» αλλά και πως ο «πρωταγωνιστής» είναι ο Ήλιος. Με την ουσιαστική αναθεώρηση της ερμηνείας του που αφορούσε στην κίνηση των πλανητών και των αστερών, αλλά και την έμφαση που δίνει «στην αρχική κίνηση» κατάφερε να επαναπροσδιορίσει τη σχέση της γης προς το Σύμπαν. Έτσι, σύμφωνα με τη μαρτυρία του Αρχιμήδη, η σφαίρα των απλανών αστερών είναι τόσο απέραντη, ώστε η απόσταση μεταξύ Γης και Ήλιου γίνεται μηδαμινή σε σχέση με την απέραντοςύνη αυτή. Τούτο εξηγεί ακριβώς και το ασήμαντο της ετήσιας παράλλαξης των αστερών.

Αυτή η μεγαλοφυής θέση του Αρίσταρχου δεν βρήκε υποστηρικτές στην αρχαιότητα. Οι δυο μεγαλύτεροι αστρονόμοι του 3ου και 2ου π.Χ. αιώνα, ο Απολλώνιος και ο Ίππαρχος, την απέρριψαν, διατηρώντας το γεωκεντρικό δόγμα. Ο Αρχιμήδης δεν ανέλαβε καμιά επιδοκιμαστική δέσμευση για τη μαρτυρία που μας διέσωσε και περιορίζεται απλά στην καταγραφή της. Τέλος ο σπουδαίος Στωικός Κλεάνθης κατηγόρησε τον Αρίσταρχο για ασέβεια, αυτό, όμως, έχει να κάνει με τη διαφορά τους στο φιλοσοφικό και ηθικό στοχασμό και όχι με την επιστημονική εγκυρότητα της τοποθέτησης του Αρίσταρχου.

Από τους μεταγενέστερους μόνο ο Σέλευκος - όπως μαρτυρεί ο Πλούταρχος - υιοθέτησε την ηλιοκεντρική θεωρία, έναν αιώνα αργότερα. Βέβαια η άρνηση αυτή των συγχρόνων του μπορεί να εξηγηθεί από το ίδιο το ιστορικοπολιτικό και κοινωνικό πλαίσιο της εποχής. Η «Αριστοτελική αυθεντία» δέσποζε στη Φυσική και δέσμευε απόλυτα την επιστημονική εξέλιξη με τη διδασκαλία της για τις φυσικές κινήσεις και τους φυσικούς τόπους. Άλλωστε, ο Αρίσταρχος «πατούσε» πάνω στα διδάγματα των Πυθαγορείων που δέχονταν - κυρίως για λόγους αρμονίας και τελικά «αισθητικής» - πως οι κινήσεις όλων των ουρανίων σωμάτων στον ουρανό είναι ομοιόμορφες και κυκλικές. Σήμερα, πιστεύουμε πως εξ αιτίας αυτών των εσφαλμένων εκτιμήσεων των Πυθαγορείων δεν έγινε εφικτό να αναπαρασταθούν με ακρίβεια -έστω σχετική - οι κινήσεις των πλανητών στον ουρανό. Με βάση αυτό το σκεπτικό, ακόμα και αν ο Αρίσταρχος - ή κάποιος άλλος αστρονόμος του καιρού του - είχε μετατρέψει τις ιδέες του για τον ηλιοκεντρισμό σε μια πλανητική θεωρία, θα κατέληγε πάλι σε αδιέξοδο. Ακόμα δηλαδή και αν αναγνώριζαν την γεωμετρικά απλούστερη δομή του ηλιοκεντρικού συστήματος, δεν θα μπορούσαν να εξηγήσουν καλύτερα με αυτό τις κινήσεις

των πλανητών απ' ότι με το γεωκεντρικό σύστημα με τους υποθετικούς κύκλους και επικύκλους του. Άλλωστε, όλες αυτές οι παρατηρήσεις γίνονταν με «γυμνό οφθαλμό» και, βέβαια, δεν μπορούσαν να εξηγήσουν τα φαινόμενα, αφού τα βάσιζαν σε εσφαλμένα δεδομένα.

Ένας άλλος λόγος που συντέλεσε στην άρνηση της θεωρίας του Αρίσταρχου από τους σύγχρονους του ήταν πως δεν κατάφερνε να αντιμετωπίσει τα αντεπιχειρήματα που στηρίζονταν στις απλές καθημερινές παρατηρήσεις και γι' αυτό φαίνονταν ακλόνητα. Για παράδειγμα, η ταχεία περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της συνδυαζόμενη με την κίνηση της γύρω από τον Ήλιο θα είχε εμφανή αποτελέσματα στην κίνηση των σωμάτων στον αέρα: ένα βέλος π.χ. θα διέγραφε μεγαλύτερη απόσταση, όταν εκτοξευόταν προς την ανατολή παρά προς τη δύση.

Τέλος, για τους περισσότερους Έλληνες η ιδέα ότι η Γη ήταν ακίνητη στο κέντρο του κόσμου δεν ήταν απλώς μια κοινή παραδοχή, αλλά και θρησκευτική πεποίθηση που αντανάκλασε την πίστη στον ιερό χαρακτήρα της Γης. Βέβαια, επειδή η αρχαία θρησκευτική αντίληψη δεν ήταν οργανωμένη σε αυστηρό ιερατείο που εξουσίαζε ιδεολογικά τους πολίτες, ο λόγος αυτός δεν θεωρείται πρωταρχικός. Ωστόσο, η μέση συνείδηση δεν το θεωρούσε και ευχάριστο να μετακινηθεί από τις αρχικές και γερά ριζωμένες παραδοχές της, αφού την «ξεβόλευαν» μεταφυσικά.

Για όλους αυτούς τους λόγους η θεωρία του Αρίσταρχου δεν άσκησε ουσιαστικά καμιά επίδραση στην αρχαιότητα.

Μέχρι την εφεύρεση του τηλεσκοπίου, στα τέλη του 17ου αιώνα, ο τότε γνωστός κόσμος δεχόταν τις ίδιες αντιλήψεις που υπήρχαν στην εποχή του Αρίσταρχου για τις διαστάσεις της σφαίρας των απλανών αστερών και του Σύμπαντος.

Τότε μόνο για πρώτη φορά καθορίστηκαν σε ορθολογιστική βάση οι πραγματικές διαστάσεις της Γης. Ως τότε, όμως, ότι φωτεινό γέννησε η αρχαία σοφία όχι μόνον δεν αξιοποιήθηκε, αλλά και βυθίστηκε στο σκοτάδι του θλιβερού Μεσαίωνα, μετά την πτώση του ελληνορωμαϊκού πολιτισμού. Βέβαια, στην περίοδο αυτή του Ευρωπαϊκού λήθαργου -ανάμεσα στον 8^ο και 12^ο μ.Χ. αιώνα - την «πολιτιστική δάδα» κρατά το Ισλάμ, που διέδωσε το δικό του πολιτισμό από τους Στύλους του Ηρακλέους μέχρι τον κόλπο της Βεγγάλης. Αυτό το Ισλαμικό στοιχείο ανέδειξε αληθινά σπουδαίους αστρονόμους. Όμως, κανένας τους δεν ασχολήθηκε με θέματα κοσμολογίας, δηλαδή ούτε με το ηλιακό σύστημα, ούτε, γενικότερα, με το Σύμπαν, γιατί, οι Άραβες κυρίως, ακολούθησαν την αστρονομική παράδοση των ανατολικών λαών (Βαβυλωνίων και Χαλδαιών) και όχι των Ελλήνων.

Βέβαια, το έργο του Αρίσταρχου δεν έπεσε ολότελα στη λήθη κατά τον

Μεσαιώνα. Ήδη αναφέρθηκε η αντιγραφή του πρωτοτύπου του χειρογράφου του. Η πρώτη λατινική έκδοση του έργου του (του Georg Valla) κυκλοφόρησε το 1448, ενώ η πρώτη έκδοση του ελληνικού πρωτοτύπου το 1688.

Όταν κατά το πρώτο μισό του 16ου αιώνα, ο Κοπέρνικος επανέφερε τη θεωρία του ηλιοκεντρισμού, γνώριζε τις απαρχές αυτής της θεωρίας από τον Αρίσταρχο, όπως μας πληροφορεί μία περικοπή από το σύγγραμμα του «De Revolutionibus Orbium Celestium» (περί των περιφορών ουρανίων σφαιρών). Αυτή η περικοπή - σκόπιμα; - δεν συμπεριλαμβάνεται στην πρώτη έκδοση του έργου του (Νυρεμβέργη 1543), υπάρχει όμως στο πρωτότυπο χειρόγραφο του, που βρίσκεται στη βιβλιοθήκη του Πανεπιστημίου της Βαρσοβίας.

Δεν θα μειώσουμε εδώ τη συμβολή του Κοπέρνικου στην Αστρονομική Γνώση. Του αναγνωρίζουμε πως εφάρμοσε τους γεωμετρικούς υπολογισμούς του γεωκεντρικού συστήματος του Πτολεμαίου στο ηλιοκεντρικό σύστημα του Αρίσταρχου. Αλλά η όλη του προσπάθεια ακολούθησε λανθασμένη κατεύθυνση, γιατί η πραγματική δυσκολία ήταν αλλού. Ο Κοπέρνικος ακολούθησε την εσφαλμένη Πυθαγόρεια εκδοχή πως οι πλανήτες έπρεπε να κινούνται σε ομοιόμορφους κύκλους, χρησιμοποίησε 48 επικύκλους για να αναπαραστήσει τις πλανητικές θέσεις.

Η τελική αναίρεση της Πυθαγόρειας αντίληψης δόθηκε από τον Κέπλερ, την πρώτη δεκαετία του 17ου αιώνα, και έτσι το αστρονομικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος επαναπροσδιορίστηκε σε βάση ορθή, αυτή που ξέρουμε σήμερα.

Όλη αυτή η πορεία, όμως, ώσπου να φτάσουμε εδώ, πήρε γύρω στα δύο χιλιάδες χρόνια. Και είναι ασέβεια και επιστημονική αχαριστία να μην τιμάμε τους προδρόμους της. Στην περίπτωση του Αρίσταρχου, ως Έλληνες, αλλά και ως παγκόσμιοι επιστήμονες, θεωρούμε πως διαπράχθηκε μια ακόμα ιστορική αδικία: αγνοείται ο θεμελιωτής και τιμάται ο «κλέπτης». Άλλωστε, η αντίληψη αυτή έχει ήδη περάσει -ευτυχώς- και σε κάποιους ξένους σοβαρούς επιστήμονες που αναγνωρίζουν το άδικο της «πνευματικής ιδιοκτησίας» του Κοπέρνικου. Ο Ντουτένς, όχι μόνον συμφωνεί με τον δικό μας Αντωνιάδη, αλλά επιδοτεί με εμφανή αγανάκτηση:

«Μπορεί κανείς να εκπλήσσεται, γιατί το σύστημα τούτο, τόσο σαφώς διατυπωθέν από τον Αρίσταρχο, έλαβε την ονομασία ενός νεότερου φιλοσόφου»

Τα λόγια αυτά - εκπροσωπώντας μια σύγχρονη ευρεία επιστημονική

αντίληψη - είναι ένας ελάχιστος φόρος τιμής - έστω και ετεροχρονισμένος — για τον αδικαίωτο πατέρα του ηλιοκεντρισμού, τον δικό μας Αρίσταρχο τον Σάμιο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αραμπατζής Θ., Γαβρόγλου Κ, κ.λπ., «Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας», Ο. Ε. Δ. Β., Αθήνα, 1999.
2. Gow, J., «A short History of Greek Mathematics», Chelsea Publishing Company, N. York, 1968.
3. Farrington, B., «Η Επιστήμη στην Αρχαία Ελλάδα», μτφ. Ν. Ραΐση, Κάλβος, Αθήνα, 1989.
4. Ifrah, P., «Παγκόσμια Ιστορία των Μαθηματικών», μτφ. Φοινικοπούλου – Κ. Παπαγεωργίου, Σμυρνιωτάκης Α.Ε., Αθήνα.
6. Loria, G., «Ιστορία των Μαθηματικών», μτφ. Κωβαίου, Αθήνα, Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία, 1971.
7. Πασσάς Ιωάννης, «Τα Ορφικά», Εκδόσεις Ήλιος, Αθήνα.
8. Struik, D., «Συνοπτική Ιστορία των Μαθηματικών», μτφ. Άννα Φερεντίνου – Νικολακοπούλου, Ι. Ζαχαρόπουλος, Αθήνα, 1982.
9. Heath Thomas, «Ιστορία των Ελληνικών Μαθηματικών», Τόμος ΙΙ, Κέντρο Έρευνας Επιστήμης και Εκπαίδευσης, Αθήνα, 2001.