



**«Αποστάσεις ουρανίων σωμάτων στον
Αρίσταρχο τον Σάμιο»**

Διπλωματική Εργασία

της

ΠΟΥΛΗ ΕΙΡΗΝΗΣ

Μαθηματικού

που υποβλήθηκε στο

Τμήμα Μαθηματικών της Σχολής Θετικών Επιστημών

του Πανεπιστημίου Αιγαίου

Επιβλέπων Καθηγητής: Μιχαήλ Ανούσης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Σάμος, Φεβρουάριος 2016

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....3

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT.....6

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η επιστήμη της Αστρονομίας

1.1 Αστρονομία

1.2 Τα ουράνια σώματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Αρίσταρχος ο Σάμιος

2.1 Εισαγωγή

2.2 Το ηλιοκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος

2.3 Ποιοι ενέπνευσαν τον Αρίσταρχο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. «Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης»

3.1 Εισαγωγή

3.2 Το μέγεθος και η απόσταση του Ήλιου

3.3 Το μέγεθος και η απόσταση της Σελήνης

3.4 Οι υποθέσεις του Αρίσταρχου

3.5 Οι προτάσεις του Αρίσταρχου.....32

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Επίλογος

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Αποστάσεις ουρανίων σωμάτων στον Αρίσταρχο τον Σάμιο», εκπονήθηκε στο Τμήμα Μαθηματικών, της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου, υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Μιχαήλ Ανούση, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την ανάθεση του θέματος και για τη βοήθεια του για την υλοποίησή του. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου, για την αμέριστη ηθική και υλική βοήθεια τους.

Πούλη Ειρήνη
eirinipouli@gmail.com
Σάμος 2016

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελέτη του νυχτερινού ουρανού κίνησε το ενδιαφέρον των ανθρώπων από τη στιγμή που εμφανίστηκαν στη Γη. Η επιστήμη της Αστρονομίας αποτελεί μία από τις αρχαιότερες επιστήμες. Όλοι οι λαοί και οι πολιτισμοί έχουν ασχοληθεί με τον κλάδο αυτό, προσπαθώντας να κατανοήσουν και να εξηγήσουν τα φαινόμενα που παρατηρούσαν. Ένας από τους μεγαλύτερους αστρονόμους της εποχής του, ήταν ο Αρίσταρχος ο Σάμιος, ο οποίος έμεινε γνωστός για την πρόταση του ηλιοκεντρικού μοντέλου. Η πρόταση της ηλιοκεντρικής θεωρίας αποδεικνύει ότι ο Αρίσταρχος μπορούσε να κρίνει με ακρίβεια και σαφήνεια και να εξηγήσει σωστά τα ουράνια

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

φαινόμενα που παρατηρούσε. Εκτός από την επιτυχή επίλυση θεωρητικών αστρονομικών προβλημάτων, μπορούσε να εφευρίσκει και να χρησιμοποιεί σωστά τα κατάλληλα όργανα, όπως η σκάφη. Ο Αρίσταρχος θεωρείται ως ο θεμελιωτής της Αστρονομίας, έχοντας ως βάση τη λογική σκέψη και όχι θρησκευτικές δοξασίες και δεισιδαιμονίες.

Έγραψε πληθώρα εργασιών, δυστυχώς όμως οι περισσότερες δε διασώθηκαν. Το σπουδαιότερο από τα έργα του είναι η πραγματεία *«Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης»*, το οποίο αποτελεί μία από τις πρώτες εφαρμογές των μαθηματικών σε επιστημονική μελέτη και είναι η μόνη που έχει διασωθεί. Βασίζεται βέβαια στο γεωκεντρικό μοντέλο, αλλά είναι γνωστό από παραπομπές από πληθώρα αρχαίων συγγραφέων, ότι ο Αρίσταρχος είχε γράψει ακόμη μία πραγματεία, στην οποία πρότεινε την υπόθεση του ηλιοκεντρικού μοντέλου.

Ο Αρίσταρχος ήταν εξαιρετικός επιστήμονας. Με όργανα που εφηύρε, αλλά και με μαθηματικούς υπολογισμούς, προσδιόρισε τη στιγμή της αληθούς μεσημβρίας σε έναν τόπο, όρισε την ώρα κατά τη διάρκεια μιας ηλιοφανούς ημέρας, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, την τιμή της λόξωσης της εκλειπτικής, την ημερήσια απόκλιση του Ήλιου και τις ημέρες των ισημεριών και ηλιοστασιών ενός έτους, συγκεκριμένα του 281 π.Χ. Είναι ο πρώτος Έλληνας αστρονόμος που έδωσε την ακριβέστερη τιμή της φαινόμενης διαμέτρου του Ήλιου και της Σελήνης. Επινόησε επίσης, μια πολύ αξιόλογη μέθοδο για τον προσδιορισμό των σχετικών αποστάσεων του Ήλιου και της Σελήνης από τη Γη, καθώς και μία μέθοδο για τον προσδιορισμό των σχετικών διαστάσεων των τριών αυτών ουράνιων σωμάτων. Από τις γνωστές και περίπου ίσες μεταξύ τους φαινόμενες διαμέτρους του Ήλιου και της Σελήνης κατόρθωσε να υπολογίσει τις διαμέτρους τους.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση στα επιτεύγματα του Αρίσταρχου, ειδικότερα όσον αφορά στους υπολογισμούς του για τις αποστάσεις των ουράνιων σωμάτων. Αρχικά, γίνεται μία μικρή εισαγωγή για την

*ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ*

σπουδαία επιστήμη της Αστρονομίας και τα ουράνια σώματα, ακολουθούν λίγα λόγια για τη ζωή του Αρίσταρχου, καθώς και από ποιους επηρεάστηκε. Γίνεται αναφορά στη σπουδαία του ηλιοκεντρική θεώρηση και τέλος, εκτενέστερη αναφορά στο έργο του «*Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης*». Δυστυχώς, μία μερίδα της αστρονομικής κοινότητας, δεν του αποδίδει την τιμή που του αρμόζει. Ευελπιστώ, η παρούσα εργασία να αποτελέσει ένα μικρό δείγμα του πόσο οξυδερκής και πολύβουλος ήταν ο μεγάλος Έλληνας αστρονόμος Αρίσταρχος ο Σάμιος και πόσο σπουδαία ήταν η συμβολή του στην εξέλιξη της επιστήμης της Αστρονομίας και των Μαθηματικών.

ABSTRACT

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

The study of the night sky intrigued humans since mankind appeared on Earth. Astronomy is one of the oldest sciences. All nations have dealt with this sector, trying to understand and explain the celestial phenomena. One of the greatest astronomers of his time was Aristarchus of Samos, who is known for proposing the heliocentric model. The proposal of the heliocentric theory proves that Aristarchus could declare clearly and properly explain the observed celestial phenomena. He could successfully solve not only theoretical astronomical problems, but also invent and use appropriate instruments, such as a sundial named “Scaphe”. Aristarchus is the founder of Astronomy, based on logical thinking, not religious beliefs and superstitions.

He wrote numerous studies, but unfortunately most of them did not survive. His most important work is the treatise *"On sizes and abscesses Sun and Moon"*. It constitutes one of the first applications of Mathematics to a scientific study and is the only one that survived. This work although, is based on the geocentric model, but it is known from referrals by several ancient writers, that Aristarchus had wrote another treatise, proposing the hypothesis of the heliocentric model.

Aristarchus was perceptive and resourceful. With instruments he invented and using mathematical calculations, he was able to determine when true midday occurs at a place, to define the latitude of a place, the value of the obliquity of the ecliptic, the daily deviation the Sun and the equinoxes and solstices of one year, specifically 281 b.C. He is the first Greek astronomer who gave the most accurate value of the apparent diameter of the Sun and the Moon. He devised also a very valuable method of determining the relative distances of the Sun and the Moon from the Earth, and a method for determining the relevant dimensions of these three bodies. He also managed to calculate the diameters of the Sun and the Moon using the known diameters of these two bodies.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

The purpose of this study is the literature review of the achievements of Aristarchus of Samos, in particular regarding calculations of the distances of the celestial bodies. Initially, a small introduction to the great science of Astronomy and celestial bodies is presented and a few words about the life of Aristarchus and his influences. Finally, a more extensive description on his work "*On sizes and abscesses Sun and Moon*" takes place. Unfortunately, a portion of the astronomical community does not attribute to Aristarchus the value he deserves. I hope that the present study will constitute a small sample of how perceptive and ingenious this great Greek astronomer was and reveal the importance of his contribution to the evolution of the science of Astronomy and Mathematics.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Από τα πρώτα στάδια της ζωής του, ο άνθρωπος προσπάθησε να κατανοήσει και να εξηγήσει την ύπαρξή του με βάση τις γνώσεις του, αλλά και τις παρατηρήσεις που έκανε. Ο πρωτόγονος άνθρωπος ανέκαθεν εστίαζε την προσοχή του στα ουράνια φαινόμενα, τα οποία είναι εντυπωσιακά, κάνοντας παρατηρήσεις και σημειώνοντας σε σπηλιές τα πρώτα ημερολόγια. Με την πάροδο των ετών πολλοί σπουδαίοι Αστρονόμοι έκαναν την εμφάνισή τους, καθώς όλοι σχεδόν οι πολιτισμοί ασχολήθηκαν με την τόσο γοητευτική επιστήμη της Αστρονομίας.

Ένας από τους σημαντικότερους επιστήμονες της εποχής του είναι ο Αρίσταρχος ο Σάμιος. Καθιέρωσε την Αστρονομία ως επιστήμη, χρησιμοποιώντας τα μαθηματικά και τις παρατηρήσεις του, παραγκωνίζοντας τις προλήψεις και τις δεισιδαιμονίες, κάνοντας υπολογισμούς κι εξάγοντας συμπεράσματα. Ήταν άριστος γεωμέτρης και μαθηματικός, εξού και ο τίτλος «ο Μαθηματικός», που του αποδιδόταν για να ξεχωρίζει από τους συνονόματους του. Η συνεισφορά του στον κλάδο της Αστρονομίας είναι τεράστια. Έκανε μία πρώτη εκτίμηση της απόστασης του Ήλιου από τη Γη, καθώς και της διαμέτρου του. Παρατήρησε ότι ο Ήλιος ήταν είκοσι φορές

*ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ*

πιο μακριά απ' ότι η Σελήνη, ενώ σήμερα γνωρίζουμε ότι βρίσκεται περίπου τριακόσιες ενενήντα φορές πιο μακριά. Διαπίστωσε πως η Σελήνη και ο Ήλιος έχουν σχεδόν το ίδιο φαινόμενο μέγεθος από τη Γη και συμπέρανε ότι οι διάμετροι τους θα είναι ανάλογοι με την απόστασή τους από τη Γη. Βέβαια έμεινε γνωστός για την πρόταση του ηλιοκεντρικού συστήματος, μία ιδέα τελείως επαναστατική για την εποχή στην οποία έζησε.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να βάλει ακόμη ένα λιθαράκι στην αναγνώριση και απόδοση φόρου τιμής στον μεγάλο Έλληνα αστρονόμο Αρίσταρχο και να αναδείξει πόσο άριστος μαθηματικός ήταν. Γίνεται αναφορά στη ζωή και στο έργο του, καθώς και στους επιστήμονες από τους οποίους επηρεάστηκε. Ακολουθεί μελέτη του έργου και των αποτελεσμάτων του. Πολλοί έσπευσαν να τον κατακρίνουν, καθώς οι απόψεις του ήταν τελείως πρωτόγνωρες για την εποχή του. Έγραψε πολλά έργα, εκ των οποίων δυστυχώς έχει διασωθεί μόνο η πραγματεία του *«Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης»*, και περισσότερα για τις εργασίες του μαθαίνουμε από αναφορές αρχαίων συγγραφέων. Χρησιμοποιώντας πολύ σωστά τη Γεωμετρία, υπολόγισε αποστάσεις ουράνιων σωμάτων, θέμα στο οποίο επικεντρώνεται η παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η επιστήμη της Αστρονομίας

1.1 Αστρονομία

Η Αστρονομία αποτελεί μία από τις αρχαιότερες επιστήμες. Προσέλκυσε το ενδιαφέρον των ανθρώπων από τη στιγμή που εμφανίστηκε το ανθρώπινο είδος στη Γη. Οι φάσεις της Σελήνης, οι εκλείψεις, τα αστέρια, αλλά και όλα τα ουράνια φαινόμενα, ήταν φαινόμενα εντυπωσιακά, που ο καθένας θα ήθελε να εξηγήσει και να καταλάβει. Οι άνθρωποι ανέκαθεν παρατηρούσαν τον ουρανό, τα αστέρια, τη Σελήνη, έφτιαχναν πρωτόγονα ημερολόγια με βάση συγκεκριμένα φαινόμενα και προσπαθούσαν να κατανοήσουν τον κόσμο γύρω τους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Όλοι οι λαοί έχουν ασχοληθεί με την Αστρονομία. Οι πρώτοι ιστορικοί και προϊστορικοί πολιτισμοί, όπως οι Αρχαίοι Αιγύπτιοι, οι Νούβιοι, οι Βαβυλώνιοι, οι Αρχαίοι Έλληνες, οι Αρχαίοι Κινέζοι, οι Αρχαίοι Ινδοί και οι Μάγιας, αλλά και οι νεότεροι πολιτισμοί, ασχολούνταν με μεθοδικές παρατηρήσεις του νυχτερινού έναστρου ουρανού. Ευτυχώς, άφησαν αρκετές αστρονομικές πληροφορίες και παρατηρήσεις με τη μορφή γραπτών κειμένων και κατασκευών, οι οποίες εξακολουθούν να συναρπάζουν ακόμη και σήμερα. Ωστόσο, πρακτικά απαιτούνταν η εφεύρεση και η εξέλιξη του τηλεσκοπίου, έτσι ώστε η Αστρονομία να μπορέσει να εξελιχθεί σε σύγχρονη επιστήμη.

Η Αστρονομία ορίζεται σήμερα ως η φυσική επιστήμη η οποία ασχολείται με τη μελέτη των ουράνιων σωμάτων, όπως άστρα, γαλαξίες, νεφελώματα, αστεροειδείς, κομήτες, τις κινήσεις, τις θέσεις και τις αποστάσεις τους, τη φυσική κατάσταση και τη χημική σύνθεση τους, την προέλευση και την εξέλιξη τους, καθώς και τα φαινόμενα που συμβαίνουν στον χώρο έξω από την ατμόσφαιρα της Γης, όπως για παράδειγμα εκρήξεις υπερκαινοφανών αστερών. Ακόμη, ερευνά τους γενικούς νόμους της δομής και της εξέλιξης του σύμπαντος. Είναι επιστήμη συγγενική με τη Φυσική και τα Μαθηματικά. Η λέξη προέρχεται ως διεθνής όρος από τις ελληνικές λέξεις «*άστρον*» και «*νέμω*». Η επιστήμη της Αστρονομίας αποτελείται από τους εξής κλάδους:

- *Κοσμολογία*, η οποία ασχολείται κατά κύριο λόγο με τα βαθύτερα ερωτήματα τα οποία πηγάζουν από την ενασχόληση του ανθρώπου με το σύμπαν .
- *Αστροφυσική ή Φυσική Αστρονομία*, η οποία μελετά τα ουράνια σώματα από φυσικής πλευράς, εξετάζει δηλαδή τη χημική τους σύσταση, τη θερμοκρασία, το χρώμα, τη λαμπρότητα τους κλπ. Με βάση αυτόν τον κλάδο γίνεται η κατάταξη των ουράνιων σωμάτων, όπως θα δούμε παρακάτω.
- *Ραδιοαστρονομία*, η οποία και ασχολείται με τη φασματοσκοπική ανάλυση των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών που εκπέμπουν οι αστέρες.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

- *Πρακτική Αστρονομία*, η οποία ασχολείται με τα όργανα και τις μεθόδους παρατήρησης.
- *Σφαιρική Αστρονομία*, στην οποία, τα ουράνια σώματα θεωρούνται ως μαθηματικά σημεία στην κοίλη επιφάνεια της ουράνιας σφαίρας. Ουσιαστικά αποτελεί εφαρμογή της σφαιρικής τριγωνομετρίας στην Αστρονομία. Αποτέλεσμα αυτού του κλάδου είναι η δυνατότητα χαρτογραφίας και έκδοσης αστρονομικών πινάκων.
- *Αστρομετρία*, η οποία αποτελεί συνδυασμό της Πρακτικής Αστρονομίας και της Σφαιρικής Αστρονομίας, για τις ανάγκες της ναυσιπλοΐας και της αεροπλοΐας.
- *Κοσμογραφία ή Περιγραφική Αστρονομία*, η οποία απαρτίζεται από το σύνολο των στοιχειωδών γνώσεων της αστρονομίας. Περιλαμβάνει δηλαδή, τις βασικές γνώσεις της Αστρονομίας και τις παρουσιάζει χωρίς αποδείξεις και χρήση πολύπλοκων μαθηματικών τύπων.
- *Ουράνια Μηχανική*, η οποία εξετάζει τα ουράνια σώματα από δυναμική άποψη, περιγράφει και υπολογίζει κινήσεις, τροχιές, θέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, το πεδίο της επαγγελματικής Αστρονομίας διαχωρίστηκε σε δύο μεγάλους κλάδους:

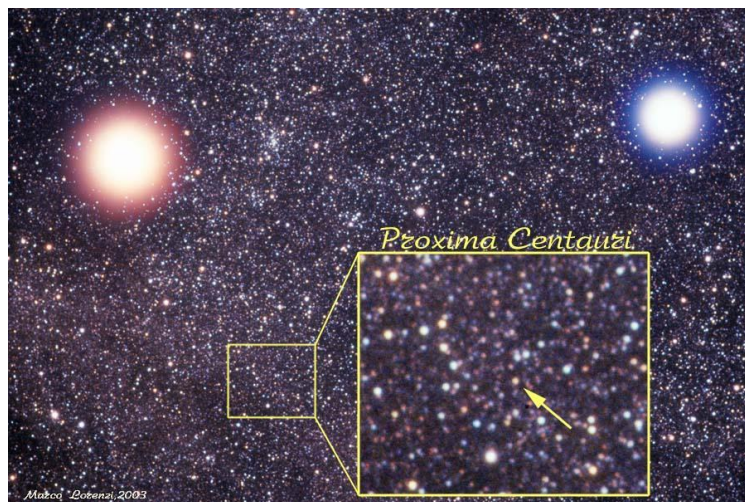
- i.** Στην *Παρατηρησιακή Αστρονομία*, η οποία πραγματεύεται τις αστρονομικές παρατηρήσεις, για την άμεση λήψη αστρονομικών δεδομένων με τα όργανα και τις μεθόδους που αυτές εκτελούνται.
- ii.** Στη *Θεωρητική Αστρονομία*, η οποία εστιάζει στην ανάπτυξη αναλυτικών ή υπολογιστικών μοντέλων για την περιγραφή των αστρονομικών αντικειμένων και τα φαινόμενα που σχετίζονται με αυτά.

Παρατηρούμε ότι οι δυο αυτοί κλάδοι είναι συμπληρωματικοί μεταξύ τους. Η Θεωρητική Αστρονομία να αναζητά τρόπους για να εξηγήσει τα δεδομένα που

προκύπτουν από αστρονομικές παρατηρήσεις, ενώ από την άλλη μεριά, η Παρατηρησιακή Αστρονομία αναζητά δεδομένα, ώστε να επιβεβαιώσει τα θεωρητικά συμπεράσματα.

1.2 Τα ουράνια σώματα

Τα ουράνια σώματα λοιπόν, κίνησαν το ενδιαφέρον του ανθρώπου από αρχαιοτάτων χρόνων. Ποιος δε θα κοίταζε τον ουρανό μία όμορφη βραδιά αναρωτώμενος τι να είναι όλα αυτά τα αντικείμενα που βλέπει να λάμπουν; Οι *αστέρες* ή *άστρα* είναι σώματα αποτελούμενα από πλάσμα, μία από τις τέσσερις καταστάσεις της ύλης. Οι συνθήκες στους αστέρες είναι τέτοιες, ώστε λαμβάνουν χώρα θερμοπυρηνικές αντιδράσεις και ακτινοβολείται ενέργεια σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ο κοντινότερος αστέρας στη Γη είναι ο Ήλιος. Μία καθαρή ασέληνη νύχτα μπορεί να διακρίνει κανείς με γυμνό οφθαλμό περίπου 4000 αστέρες. Όλοι τους είναι άστρα που ανήκουν στον Γαλαξία μας. Ο κοντινότερος αστέρας στο Ηλιακό Σύστημα είναι ο Εγγύτατος του Κενταύρου, σε απόσταση 4.2 ετών φωτός.



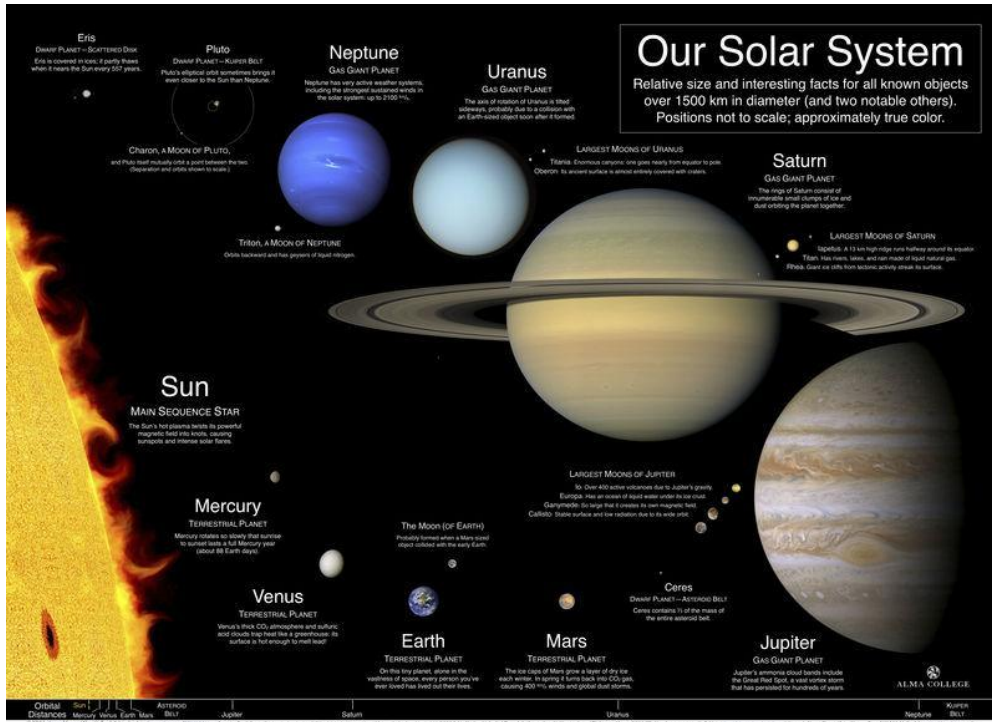
Σχήμα 1: Ο Εγγύτατος του Κενταύρου (βέλος). Τα δύο φωτεινά αστέρια είναι (αριστερά) ο Άλφα του Κενταύρου και (δεξιά) ο Βήτα του Κενταύρου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Κάποιες πληροφορίες για τα *ουράνια σώματα* δίνονται παρακάτω:

- *Οι πλανήτες* είναι αέρια ή στερεά σώματα, τα οποία δε συντηρούν θερμοπυρηνικές αντιδράσεις. Στα αρχαία Ελληνικά σημαίνει *περιπλανώμενοι*. Οι πλανήτες του δικού μας ηλιακού συστήματος περιφέρονται γύρω από τον γνωστό μας Ήλιο. Συχνά διαθέτουν *δορυφόρους*, δηλαδή σώματα που περιστρέφονται γύρω τους, όπως η Σελήνη γύρω από τη Γη. Μικρότερα σώματα είναι οι *κομήτες* και οι *αστεροειδείς*.
- *Τα νεφελώματα* είναι σχηματισμοί αερίων και σκόνης που εκτείνονται σε ευρύτερες περιοχές του γαλαξία. Οι νέοι αστέρες «γεννιούνται» συνήθως μέσα σε νεφελώματα. Ένα από τα γνωστότερα νεφελώματα είναι το «Μεγάλο Νεφέλωμα του Ωρίωνα» (M42) στον αστερισμό του Ωρίωνα.
- *Τα αστρικά σμήνη* είναι σχηματισμοί αστέρων που έχουν βαρυτική αλληλεπίδραση. Γνωστότερο είναι οι Πλειάδες ή Πούλια (M45), στον αστερισμό του Ταύρου.
- *Οι γαλαξίες* είναι πολύ μεγαλύτεροι σχηματισμοί αστέρων, με διαμέτρους της τάξης εκατοντάδων ή και χιλιάδων ετών φωτός και οργανώνονται σε γαλαξιακά σμήνη. Ο κοντινότερος γαλαξίας στον γαλαξία μας είναι αυτός του Μεγάλου Κυνός, σε απόσταση 25.000 έτη φωτός, ο πλησιέστερος όμως ορατός με γυμνό μάτι γαλαξίας είναι το Μέγα Νέφος του Μαγγελάνου, που απέχει 169.000 έτη φωτός.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ



Σχήμα 2: Οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος

Για να καταστεί η αναγνώριση και ανεύρεση των ουράνιων σωμάτων πιο εύκολη, ο ουρανός χωρίζεται σε ογδόντα οχτώ τμήματα ισάριθμων αστερισμών, με άστρα που δεν έχουν μεταξύ τους κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Στην αρχαιότητα όμως, οι πρώτοι επιστήμονες διέκριναν κάποιες «εικόνες», όπως του σκύλου, λιονταριού, του τοξότη κ.ά. Οι αστερισμοί που διασχίζει ο ήλιος κατά την εναλλαγή των εποχών ονομάζονται *αστερισμοί του Ζωδιακού Κύκλου*. Στην Αστρονομία τέλος, συναντάμε τους όρους «Μαύρες τρύπες» και «Αστέρες νετρονίων», που αποτελούν άστρα που βρίσκονται στα τελικά στάδια της εξέλιξής τους.

Η Αστρονομία λοιπόν, είναι ένας κλάδος που κίνησε το ενδιαφέρον των ανθρώπων από πολύ νωρίς. Πληθώρα επιστημόνων αφιερώθηκαν στον κλάδο αυτό, ανάμεσα τους και ο Αρίσταρχος ο Σάμιος. Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στη ζωή και το έργο του, αλλά και στις επιρροές του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Αρίσταρχος ο Σάμιος

2.1 Εισαγωγή

Ο Αρίσταρχος ο Σάμιος γεννήθηκε το 310 π.Χ. στη Σάμο κι έζησε περίπου ως το 230 π.Χ. Ήταν Έλληνας Αστρονόμος και Φυσικός και υπήρξε μαθητής του Στράτωνος του Λαμψακηνού. Περί το 288 ή 287 π.Χ. διεδέχτηκε τον Θεόφραστο στη θέση του αρχηγού της Περιπατητικής Σχολής, θέση που διατήρησε επί οκτώ έτη. Ονομαζόταν «ο Μαθηματικός», για να ξεχωρίζει από τους συνονόματούς του. Ο Βιτρούβιος τον

*ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ*

θεωρεί έναν από τα πιο σπουδαία πρόσωπα που κατείχαν άριστη γνώση της Γεωμετρίας, της Αστρονομίας, της Επιστήμης, της Μουσικής κ.ά. Τέτοιοι σπουδαίοι άνδρες είναι ελάχιστοι και μεταξύ τους συμπεριλαμβάνονται, εκτός από τον Αρίσταρχο τον Σάμιο, ο Ερατοσθένης, ο Φιλόλαος, ο Αρχιμήδης και άλλοι, οι οποίοι κατασκεύασαν επίσης πολλά μηχανικά όργανα, τα οποία εξήγησαν με μαθηματικές και φυσικές αρχές.



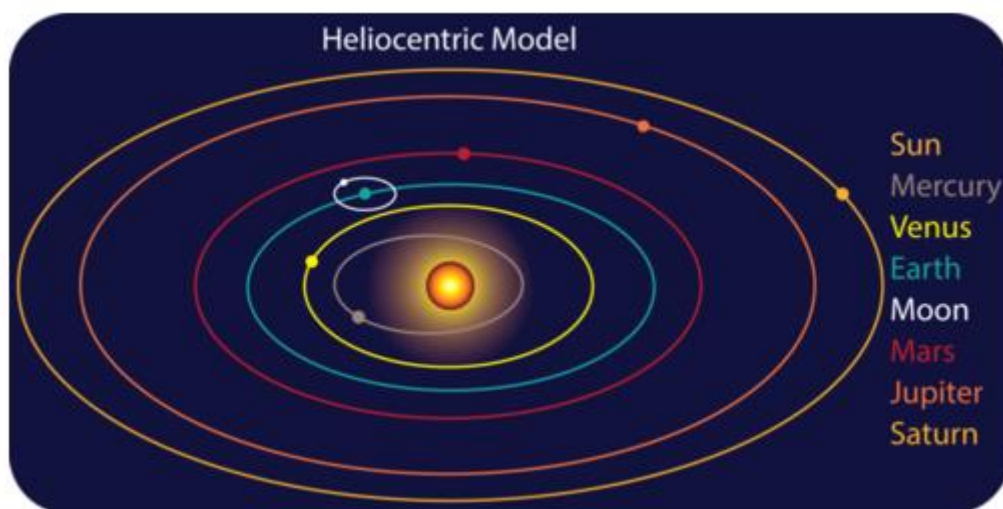
Σχήμα 3: Ο Αρίσταρχος ο Σάμιος

Συγκεκριμένα, ο Αρίσταρχος είχε ανακαλύψει ένα βελτιωμένο ηλιακό ρολόι, την σκάφη, του οποίου η επιφάνεια δεν ήταν επίπεδη, αλλά κοίλη ημισφαιρική και διέθετε ένα δείκτη κατακόρυφα ορθωμένο στο μέσο, ο οποίος έριχνε σκιά. Έτσι, με τη βοήθεια γραμμών που ήταν χαραγμένες στην επιφάνεια του ημισφαιρίου διευκόλυνε την ανάγνωση του ύψους και της διεύθυνσης του Ήλιου. Η ανακάλυψη αυτή, καθώς και το σπουδαίο σύγγραμμα του «*Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης*», δείχνουν πόσο ικανός γεωμέτρης ήταν ο Αρίσταρχος. Ακόμη, έγραψε τις πραγματείες «*Περί οράσεως*», «*Περί εκλείψεων*» και «*Περί χρωμάτων*», οι οποίες

είναι επηρεασμένες από τον δάσκαλο του Στράτωνα. Βέβαια, όσον αφορά στις αστρονομικές ανακαλύψεις του Αρίσταρχου, φαίνεται πως ο Στράτωνας δεν έχει συμβάλει καθόλου. Παρακάτω θα μελετήσουμε βέβαια ποιοι επηρέασαν τον Αρίσταρχο στην ερευνητική του εξέλιξη, καθώς και στη διατύπωση της ηλιοκεντρικής του θεωρίας.

2.2 Το ηλιοκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος

Ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα του Αρίσταρχου ήταν η πρόταση του ηλιοκεντρικού μοντέλου για το ηλιακό σύστημα. Ο Αρίσταρχος τόλμησε να κάνει το μεγάλο βήμα κι έθεσε τον Ήλιο και όχι τη Γη στο κέντρο του γνωστού έως τότε σύμπαντος. Αυτός είναι και ο λόγος του συχνά τον αποκαλούν ως ο «*Έλληνας Κοπέρνικος*». Ανέφερε πως ο Ήλιος είναι το κέντρο του σύμπαντος και οι πέντε πλανήτες κινούνται γύρω από αυτόν. Σύμφωνα με τη θεωρία του, οι απλανείς αστέρες παραμένουν ακίνητοι, ενώ η Γη εκτελεί δύο περιστροφικές κινήσεις, μία γύρω από τον άξονα της σε είκοσι τέσσερις ώρες και μία γύρω από τον Ήλιο σε ένα έτος. Ακόμη, οι πλανήτες περιστρέφονται και αυτοί γύρω από τον Ήλιο. Είναι ο πρώτος καταγεγραμμένος άνθρωπος ο οποίος πρότεινε ηλιοκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος στο γνωστό ως τότε σύμπαν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να κατακριθούν οι ιδέες του από πολλούς. Θεωρήθηκαν κατώτερες από τις απόψεις του Αριστοτέλη και του Πτολεμαίου, μέχρι να αναγεννηθούν επιτυχώς και να αναπτυχθούν ξανά από τον Κοπέρνικο περίπου δύο χιλιάδες χρόνια αργότερα.



Σχήμα 4: Το ηλιοκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος

Ο Νικόλαος Κοπέρνικος γεννήθηκε το Φεβρουάριο του 1473 κι έζησε ως το Μάιο του 1543. Ήταν Μαθηματικός και Αστρονόμος, ο οποίος διατύπωσε το ηλιοκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος, πολλά χρόνια μετά τον Αρίσταρχο το Σάμιο. Λίγο πριν το θάνατό του, εξέδωσε το βιβλίο “*De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri VI*” («Έξι Βιβλία για τις Περιστροφές των Ουράνιων Σφαιρών»), το οποίο αποτέλεσε τη βάση για την εξέλιξη της σύγχρονης Αστρονομίας. Ο Κοπέρνικος υποστήριξε την ηλιοκεντρική θεωρία, όπως και ο Αρίσταρχος. Μελέτησε προσεκτικά τα έργα του Πτολεμαίου, ο οποίος ήταν ο πρώτος που πίστευε ότι οι πλανήτες κινούνται. Έως τότε, η Αστρονομία χαρακτηριζόταν από δεισιδαιμονίες και προλήψεις. Οι αρχαίοι πίστευαν πως οι πλανήτες μένουν ακίνητοι, εκτός αν κινηθούν από τους θεούς. Ύστερα από χρονοβόρες και προσεκτικές μελέτες, ο Κοπέρνικος διαφώνησε με τη θεωρία του Πτολεμαίου πως η Γη είναι ακίνητη και πως ο Ήλιος, η Σελήνη και τα άστρα κινούνται γύρω της. Ουσιαστικά παρουσίασε τη θεωρία του Πτολεμαίου, αλλά τροποποιημένη, θεωρώντας πως η Γη κινείται. Ο Κοπέρνικος, ωστόσο, ακολουθώντας τον Αρίσταρχο, δεν εγκατέλειψε τις κυκλικές τροχιές κι έτσι οι «επίκυκλοι» του Πτολεμαίου διατηρήθηκαν και στη δική του θεωρεία. Σήμερα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

γνωρίζουμε ότι οι αληθινές τροχιές των πλανητών είναι ελλειπτικές. Παρά το γεγονός αυτό, η στροφή από ένα μοντέλο για το σύμπαν που έχει στο κέντρο του τη Γη, στο ηλιοκεντρικό σύστημα αποτελεί ένα πολύ σημαντικό επίτευγμα. Είναι αξιοσημείωτο το ότι διασώζεται το χειρόγραφο ενός έργου του, όπου γράφει ξεκάθαρα ότι είχε διαβάσει τις απόψεις του Αρίσταρχου του Σάμιου, που έθετε τη Γη να περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο, αλλά και των Πυθαγόρειων φιλοσόφων, Φιλολάου και Ικέτα.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, δεν υπάρχει αμφιβολία πως ο Αρίσταρχος ήταν ο πρώτος που διατύπωσε την ηλιοκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος. Ακόμη και ο ίδιος ο Κοπέρνικος παραδέχτηκε πως η θεωρία ανήκει στον Αρίσταρχο. Η διατύπωση από τον Αρίσταρχο επιβεβαιώνεται από πολλές μαρτυρίες, με πρώτη αυτήν του Αρχιμήδη στην πραγματεία του «Ψαμμίτης». Ο Αρχιμήδης δεν είναι παρά μόλις μια γενιά σχεδόν μεγαλύτερος από τον Αρίσταρχο και είναι πιθανό να έγραψε τον «Ψαμμίτη», ενώ ο Αρίσταρχος ήταν ακόμα στη ζωή. Σκοπός του Αρχιμήδη στην εν λόγω πραγματεία είναι να αποδείξει ότι μπορεί να ορίσει οποιονδήποτε αριθμό οσοδήποτε μεγάλος κι αν είναι. Ως παράδειγμα διαλέγει τον αριθμό που δηλώνει το πλήθος των κόκκων της άμμου που θα μπορούσε να γεμίσει εντελώς το χώρο που καταλαμβάνει ο κόσμος.

Παρακάτω παρατίθεται το απόσπασμα του Αρχιμήδη, το οποίο αναφέρεται στην ηλιοκεντρική θεωρία του Αρίσταρχου:

«Αντιλαμβάνεσαι [βασιλιά Γέλων] ότι από τους περισσότερους αστρονόμους «κόσμος» καλείται η σφαίρα, η οποία έχει κέντρο το κέντρο της Γης και ακτίνα ίση προς την ευθεία, η οποία συνδέει το κέντρο του Ηλίου και το κέντρο της Γης· αυτά τα έχεις, όντως, διδαχθεί από τις αποδείξεις που έχουν δημοσιεύσει οι αστρονόμοι. Ο Αρίσταρχος ο Σάμιος, πάλι, δημοσίευσε συγγράμματα του με υποθέσεις, όπου, από τις προκείμενες, συνάγεται ότι ο κόσμος είναι πολλές φορές μεγαλύτερος από εκείνον που είπαμε λίγο προωτέρω. Διότι υποθέτει ότι από τους αστέρες οι μεν απλανείς και ο

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Ἡλιος μένουσ ἀκίνητοι, ἡ δε Γῆ περιφέρεται γύρω ἀπὸ τὸν Ἥλιο κατὰ περιφέρεια κύκλου, ὁ ὁποῖος (κύκλος) κεῖται στὸ μέσον τῆς διαδρομῆς· ὅτι ἡ σφαῖρα τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων, ἡ ὁποία κεῖται περὶ τὸ αὐτὸ κέντρο ὅπως ὁ Ἥλιος, εἶναι τόσο μεγάλη, ὥστε ὁ κύκλος κατὰ τὸν ὁποῖο υποθέτει (ὁ Ἀρίσταρχος) ὅτι περιφέρεται ἡ Γῆ, ἔχει τέτοια ἀναλογία πρὸς τὴν ἀπόστασι τῶν ἀπλανῶν, ὅση ἔχει τὸ κέντρο τῆς σφαίρας πρὸς τὴν ἐπιφάνεια. Τοῦτο βεβαίως εἶναι προφανές ὅτι δὲν μπορεῖ νὰ ἰσχύει, διότι, ἐπειδὴ τὸ κέντρο τῆς σφαίρας δὲν ἔχει καθόλου μέγεθος, πρέπει νὰ γίνῃ δεκτὸ ὅτι τὸ ἴδιο τὸ κέντρο δὲν σχηματίζει ὁποιοδήποτε λόγο πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τῆς σφαίρας. Πρέπει λοιπὸν νὰ δεχθούμε ὅτι αὐτὸ που σκέφθηκε ὁ Ἀρίσταρχος εἶναι τὸ ἐξῆς: ἐπειδὴ θεωρούμε ὅτι ἡ γῆ, τρόπον τινά, εἶναι τὸ κέντρο τοῦ κόσμου, ὅσος εἶναι ὁ λόγος τῆς γῆς πρὸς τὸν κόσμον, ὅπως τὸν ἔχουμε ὀρίσει πρῶτύτερα, τὸσος εἶναι ὁ λόγος τῆς σφαίρας στὴν ὁποία βρίσκεται ὁ κύκλος, κατὰ τὸν ὁποῖο (ὁ Ἀρίσταρχος) υποθέτει ὅτι περιφέρεται ἡ γῆ, πρὸς τὴ σφαῖρα τῶν ἀπλανῶν· διότι τὶς ἀποδείξεις τῶν φαινομένων με τὸν τρόπο που εἶπαμε τὶς προσαρμόζει πρὸς τὶς προκείμενες (του), καὶ μάλιστα φαίνεται νὰ παραδέχεται ὅτι τὸ μέγεθος τῆς σφαίρας, στὴν ὁποία βάζει τὴ γῆ νὰ κινεῖται, εἶναι ἴσο πρὸς τὸν κόσμον, ὅπως εμεῖς τὸν ὀρίσαμε.»

Συμπεραίνουμε ἐπομένως πὼς ὁ «Ψαμμίτης» εἶναι μιὰ πραγματεία που ἔχει ἀστρονομικὸ περιεχόμενο, ἐπειδὴ ὁ Ἀρχιμήδης προσπαθώντας νὰ προσδιορίσει τὸ μέγεθος τοῦ κόσμου, ὥστε στὴ συνέχεια νὰ υπολογίσει τὸ πλῆθος τῶν κόκκων που μποροῦν νὰ τὸν γεμίσουν, ἀναφέρεται σὲ μιὰ σειρά ἀστρονομικῶν ζητημάτων, ἀνάμεσα στα ὁποία βρίσκεται καὶ τὸ «Ἡλιοκεντρικὸ Σύστημα» τοῦ Ἀρίσταρχου.

Εἶναι πάρα πολὺ σημαντικό νὰ τονίσουμε πὼς στὴν πραγματεία τοῦ «*Περὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων Ἡλίου καὶ Σελήνης*», ὁ Ἀρίσταρχος τοποθετεῖ τὴ Γῆ στὸ κέντρο τοῦ σύμπαντος καὶ ὁ Ἥλιος καὶ ἡ Σελήνη περιστρέφονται γύρω τῆς σὲ κυκλικές τροχιές. Δὲ γίνεται καμία νύξη περὶ ἠλιοκεντρικοῦ μοντέλου. Ἀπὸ αὐτὸ μποροῦμε νὰ συμπεράνουμε πὼς ἡ ἐργασία αὐτὴ ἦταν προγενέστερη ἀπὸ τὸ κείμενο

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

του Αρχιμήδη και ότι, καθώς η συγκεκριμένη πραγματεία αφορά μόνον αποστάσεις του Ήλιου και της Σελήνης από τη Γη, ο Αρίσταρχος προτίμησε να τις υπολογίσει χρησιμοποιώντας το Γεωκεντρικό μοντέλο, που ήταν αποδεκτό εκείνη την εποχή από τους περισσότερους επιστήμονες και φιλοσόφους.

Γίνεται επομένως κατανοητό ότι ο Αρίσταρχος πίστευε πως τα αστέρια βρίσκονται σε άπειρη απόσταση, γεγονός στο οποίο απέδιδε την απουσία ορατής παράλλαξης, δηλαδή της παρατηρούμενης κίνησης των αστείων, καθώς η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο. Σήμερα γνωρίζουμε ότι τα αστέρια βρίσκονται πολύ πιο μακριά από όσο είχε υποθεθεί στην αρχαιότητα, το οποίο ερμηνεύει το γεγονός ότι η αστρική παράλλαξη είναι ανιχνεύσιμη μόνο με τηλεσκόπια, όργανα απαραίτητα για την επιστήμη της Αστρονομίας.

Η απόρριψη του ηλιοκεντρικού μοντέλου ήταν πολύ έντονη, όπως υποδεικνύεται στο ακόλουθο κείμενο του Πλουτάρχου (*«Περί του εμφανιζομένου προσώπου τω κύκλω της σελήνης»*): *«Ο Κλεάνθης, πίστευε ότι ήταν το καθήκον των Ελλήνων να καταδικάσουν τον Αρίσταρχο τον Σάμιο με την κατηγορία ότι έβαζε σε κίνηση την εστία του Σύμπαντος και έτσι διαταράσσει την ηρεμία των θεών: «Ως κινών τήν του κόσμου εστίαν καί ταρασσών τήν των ολυμπίων ηρεμίαν», υπέθετε ότι ο ουρανός παραμένει ακίνητος και η Γη γυρίζει πάνω σε ένα επικλινή κύκλο, ενώ ταυτόχρονα περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της»*. Η πρόταση του ηλιοκεντρικού μοντέλου, αποτελεί ουσιαστικά μία επανάσταση και, όπως όλες οι επαναστάσεις, προκάλεσε μεγάλες αντιδράσεις, καθώς ερχόταν σε αντίθεση με το κατεστημένο της εποχής. Η εναντίωση ήταν τόσο έντονη, ώστε ο Κλεάνθης, ο ηγέτης των Στοϊκών στην Αθήνα, ζήτησε την καταδίκη του Αρίσταρχου ως άθεου.

Η ιδεολογική απομόνωση του Αρίσταρχου ήταν δυστυχώς αρκετά επιτυχής, και ως αποτέλεσμα κανείς από τους σύγχρονους, αλλά και μεταγενέστερους του δεν υποστήριξε τη θεωρία του. Αντιμετώπισε διώξεις, πολέμους, ακόμη και την ποινή του

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

θανάτου, αναγκάστηκε επίσης να φύγει στην Αλεξάνδρεια. Χρειάστηκαν άλλα δύο χιλιάδες χρόνια για την Επιστήμη και την ανθρωπότητα, ώστε ο Ήλιος να τοποθετηθεί στην ορθή του θέση¹ θέση την οποία σωστά είχε προτείνει ο Αρίσταρχος ο Σάμιος.

Αξίζει να αναφερθεί το έργο «*Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*», του T. S. Kuhn, στο οποίο αναλύει λεπτομερώς τους λόγους για τους οποίους δεν υιοθετήθηκε το ηλιοκεντρικό σύστημα του Αρίσταρχου στην εποχή του, αλλά την εποχή του Κοπέρνικου. Ο T. S. Kuhn είναι ευρύτερα γνωστός για τη θεωρία του σχετικά με τις «Επιστημονικές Επαναστάσεις», όπου περιγράφει τη διαδικασία εξέλιξης και αντικατάστασης επιστημονικών θεωριών. Μερικές πιθανές αιτίες αγνόησης της ηλιοκεντρικής θεωρίας είναι:

- i. Αντιστρατευόταν την απλή, καθημερινή εμπειρία.
- ii. Ερχόταν σε αντίθεση με το κοσμοθεωρητικό μοντέλο που κυριαρχούσε, το οποίο είχαν κατασκευάσει οι κυρίαρχες κοινωνικές τάξεις.
- iii. Ιδεολογικά αίτια.

2.3 Ποιοι ενέπνευσαν τον Αρίσταρχο

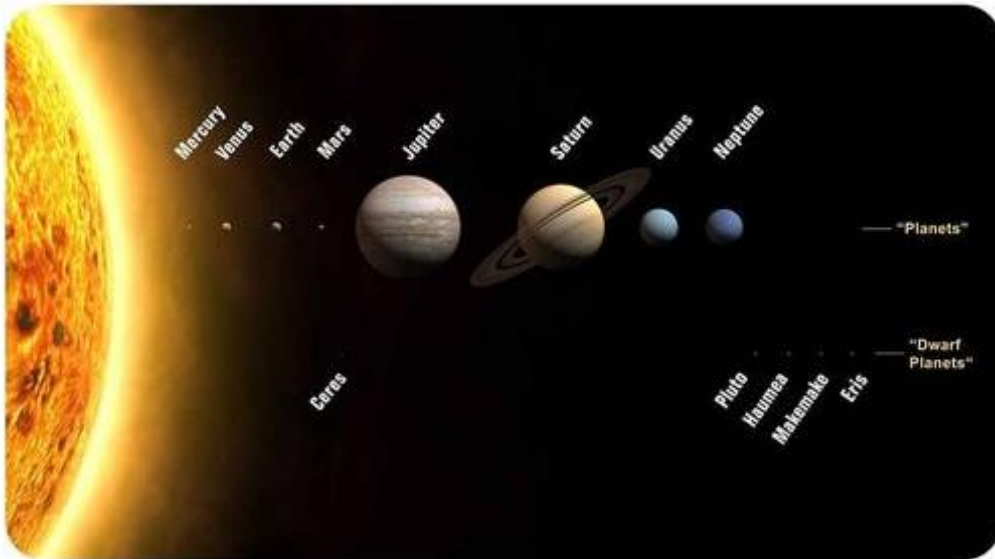
Όπως είναι ευρέως γνωστό, ο Αρίσταρχος υπήρξε ένας από τους σπουδαιότερους φυσικούς φιλοσόφους της αρχαιότητας. Είναι βέβαια πολύ σημαντικό να λάβουμε υπόψη μας τι επίδραση άσκησαν πάνω του άλλοι φιλόσοφοι, των οποίων τα αποτελέσματα χρησιμοποίησε για να υπολογίσει τις αποστάσεις των ουράνιων σωμάτων ή μπορεί να τον ενέπνευσαν να αναπτύξει τη θεωρία του για το ηλιοκεντρικό ηλιακό σύστημα. Πιθανώς να του άσκησε μεγάλη επιρροή ο δάσκαλός του, ο Στράτωνας ο Λαμψακινός. Εξάλλου, νύξεις για το ηλιοκεντρικό πλανητικό σύστημα μπορεί να βρει κανείς ακόμα και στον Πλάτωνα. Βέβαια, ο κύριος εισηγητής του ηλιοκεντρικού συστήματος στην αρχαιότητα υπήρξε ο Αρίσταρχος. Λόγω της απομόνωσης και της απόρριψης που υπέστη ο Αρίσταρχος, καθώς και της

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

απαγορευτικής εκκλησιαστικής πολιτικής του Χριστιανισμού, η θεωρία αυτή δεν ξαναήρθε στο φως, μέχρι την εποχή του Κοπέρνικου, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα. Μάλιστα ο Έλληνας αστρονόμος Ευγένιος Μ. Αντωνιάδης έχει αναφέρει πως σε ένα βαθμό ο Κοπέρνικος «έκλεψε» την ιδέα του Αρίσταρχου και την εμφάνισε ως δική του.

Είναι πολύ σημαντικό όμως να μελετήσουμε το γνωστικό υπόβαθρο που κατείχε ο Αρίσταρχος, το οποίο του έδωσε τις απαραίτητες βάσεις και τον οδήγησε να ξεπεράσει τις αστρονομικές υποθέσεις της εποχής του. Η θεωρία ότι η Γη είναι σφαιρική ανάγεται πιθανότατα στο «*Θίασο*» του Πυθαγόρα, που ήκμασε στη Νότια Ιταλία τον 6^ο και 5^ο π. Χ. αιώνα. Η ανακάλυψη αυτή ανήκει σύμφωνα με την παράδοση στον ίδιο τον Πυθαγόρα ή στον Παρμενίδη, όπως αναφέρεται στο έργο «*Περί φύσεως*». Βέβαια και ο Πλάτωνας στο «*Φαίδωνα*» το αναφέρει μέσω του Σωκράτη. Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι και ο Αναξίμανδρος υποστήριζε τη σφαιρικότητα της Γης. Σε αυτόν αποδίδονται διαπιστώσεις για τις ηλιακές και σεληνιακές εκλείψεις. Η πρώτη έκλειψη Ηλίου όμως, αποδίδεται στο Θαλή το Μιλήσιο το 585 π.Χ. Ο Εύδοξος θεωρείται από άλλους ως ο πατέρας της υπόθεσης για τη σφαιρικότητα της Γης. Ο πρώτος όμως που το απέδειξε βασισμένος σε επιστημονικά επιχειρήματα είναι ο Αριστοτέλης. Υπήρχαν βέβαια ενδείξεις ότι ο Ήλιος και η Σελήνη εμφανίζονται στον ουρανό σα σφαιρικοί δίσκοι και ότι η σκιά που σχηματίζεται από την προβολή της Γης πάνω στη Σελήνη κατά τις εκλείψεις εμφανίζεται πάντα ως τμήμα κύκλου. Οι παρατηρήσεις αυτές οδήγησαν τον Αριστοτέλη να προβάλλει ως αδιάσειστη την τοποθέτησή του ότι η Γη είναι σφαιρική, μια θεωρία που εξακολουθεί να ισχύει έως σήμερα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ



Σχήμα 5: Σχετικά μεγέθη του Ήλιου, των πλανητών και των νάνων πλανητών

Οι βάσεις πάνω στις οποίες ο Αρίσταρχος έχτισε την ηλιοκεντρική του θεωρία, πρέπει να αναζητηθούν τουλάχιστον σε δύο πηγές: Στους *Πυθαγόρειους*, ιδιαίτερος στον Φιλόλαο τον Κροτωνιάτη και στον *Ηρακλείδη τον Πόντιο*. Ο Φιλόλαος έζησε τον 5^ο αιώνα π.Χ. στη Μεγάλη Ελλάδα και υποστήριξε ένα κοσμολογικό μοντέλο, στο οποίο το κέντρο του κόσμου ήταν η Κεντρική Εστία. Γύρω από την εστία αυτή περιστρεφόταν ο Αντίχθων, ακολουθούσε η Γη, η οποία βρισκόταν πάντα αντιδιαμετρικά του Αντίχθωνα, μετά η Σελήνη και ο Ήλιος που ανακλά το φως της Εστίας, κι έπειτα όλα τα άλλα κοσμικά σώματα. Επίσης, τα εκπληκτικά αποτελέσματα των μελετών του Ηρακλείδη του Πόντιου, ο οποίος έζησε τον 4^ο αιώνα και είχε θητεύσει στην Ακαδημία του Πλάτωνα, έδωσαν σημαντική ώθηση στην απόφαση του Αρίσταρχου να υποστηρίξει το ηλιοκεντρικό σύστημα. Ο Ηρακλείδης ανακάλυψε πως η γωνιακή απόσταση του Ερμή και της Αφροδίτης από τον Ήλιο είναι πάντα μικρότερη από κάποιο όριο, γεγονός που ορθώς ερμήνευσε ότι οφείλεται στο γεγονός πως οι δύο αυτοί πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο και όχι γύρω από τη Γη.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Παρατηρούμε λοιπόν πως ήδη έχουν προϋπάρξει στοιχεία φιλοσοφικού, αλλά και φυσικού υπόβαθρου, ώστε να προταθεί το επαναστατικό για την εποχή του, ηλιοκεντρικό μοντέλο του πλανητικού συστήματος του Αρίσταρχου. Κανείς πάντως δεν μπορεί να αμφισβητήσει την οξυδέρκεια του Αρίσταρχου και τους εκπληκτικούς για την εποχή του υπολογισμούς του, για τις αποστάσεις και τα μεγέθη των ουράνιων σωμάτων. Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούμε λεπτομερώς στους υπολογισμούς και στις αποδείξεις του Αρίσταρχου, και ειδικότερα στο έργο του *«Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης»*.

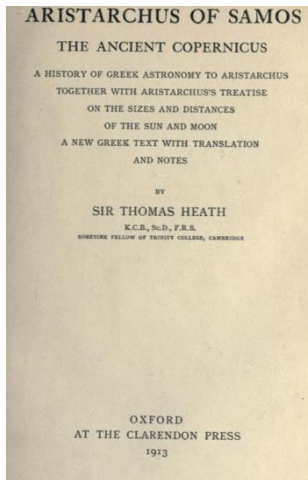
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. «Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης»

3.1 Εισαγωγή

Ο Αρίσταρχος έγραψε πολλές εργασίες, οι περισσότερες από τις οποίες δυστυχώς δε διασώθηκαν. Ένα από τα σπουδαιότερα έργα του είναι η πραγματεία του *«Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης»* και είναι η μοναδική εργασία του Αρίσταρχου η οποία έχει διασωθεί μέχρι σήμερα. Είναι ένα από τα ελάχιστα έργα των Αρχαίων Ελλήνων Μαθηματικών - Αστρονόμων που έχουν διασωθεί. Η πραγματεία αυτή αποτελεί ένα από τα πρώτα έργα στα οποία γίνεται εφαρμογή των μαθηματικών σε επιστημονική μελέτη. Ο Αρίσταρχος συνδύασε τις παρατηρήσεις που έκανε με μαθηματικά, υπολογισμούς, γεωμετρία και έγραψε το εξαιρετικό αυτό έργο. Όπως προαναφέρθηκε, βασίζεται στο γεωκεντρικό μοντέλο, αλλά γνωρίζουμε από παραπομπές από διάφορους αρχαίους συγγραφείς, όπως ο Αρχιμήδης, ο Στοβαίος και ο Πλούταρχος, ότι ο Αρίσταρχος είχε γράψει ένα άλλο βιβλίο, στο οποίο πρότεινε την εναλλακτική υπόθεση του ηλιοκεντρικού μοντέλου. Έτσι, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία για την πατρότητά της θεωρίας του αυτής.

Η πρώτη αξιόπιστη μετάφραση του έργου *«Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης»* στη λατινική γλώσσα πραγματοποιήθηκε από τον σπουδαίο φιλόλογο και ουμανιστή Γεώργιο Βάλλα. Σε πρώτη έκδοση κυκλοφόρησε στην Piacenza της Ιταλίας το 1448 και σε αναθεωρημένη δεύτερη έκδοση περίπου το 1499 στη Βενετία. Το 1498 όμως, προηγήθηκε μια έκδοση στην οποία περιέχονται και τα σχόλια του Πάππου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ



Σχήμα 6: Εξώφυλλο του βιβλίου: «Αρίσταρχος ο Σάμιος, ο αρχαίο Κοπέρνικος», μια ιστορία της ελληνικής αστρονομίας, μαζί με την πραγματεία του Αρίσταρχου για τα μεγέθη και τις αποστάσεις του ήλιου και της σελήνης. Sir Thomas Heath, δημοσιεύθηκε το 1913

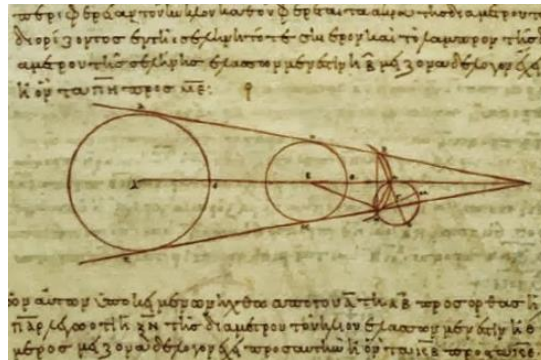
Ο Αρίσταρχος χρησιμοποιώντας την *σκάφη*, που ο ίδιος εφηύρε, κατάφερε να προσδιορίσει τη στιγμή της αληθούς μεσημβρίας σε έναν τόπο, καθώς και το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Υπολόγισε ακόμη την τιμή της λόξωσης της εκλειπτικής και όρισε την ώρα κατά τη διάρκεια μιας ηλιοφανούς ημέρας. Προσδιόρισε επίσης την ημερήσια απόκλιση του Ήλιου και τις ημέρες των ηλιοστασίων και των ισημεριών του έτους 281 π.Χ. Θεωρείται, μαζί με τον Ηρακλείδη τον Πόντιο, από τους πρώτους που διατύπωσαν πως η ημερήσια περιστροφή της ουράνιας σφαίρας οφείλεται στην αξονική περιστροφή της Γης. Εξήγησε ακόμη τη διαδοχή των εποχών ως αποτέλεσμα της κλίσης του άξονα περιστροφής της Γης ως προς το επίπεδο της εκλειπτικής. Ο Αρίσταρχος είναι ο πρώτος Έλληνας αστρονόμος που έδωσε την ακριβέστερη τιμή της φαινόμενης διαμέτρου του Ήλιου και της Σελήνης. Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως είχε αντίληψη των πολύ μεγάλων αποστάσεων των αστερών, έναν από τους οποίους θεωρούσε τον Ήλιο.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, πως ο Αρίσταρχος επινόησε μια πολύ αξιόλογη μέθοδο προσδιορισμού των σχετικών αποστάσεων του Ήλιου και της Σελήνης από τη Γη. Ως μονάδα μέτρησης των αποστάσεων χρησιμοποίησε τη

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

διάμετρο της σεληνιακής τροχιάς. Το αποτέλεσμα ήταν βέβαια είκοσι φορές μικρότερο του ακριβούς, χρησιμοποιήθηκε όμως επί αρκετές εκατονταετίες από τότε. Η μέθοδος υπολογισμού αποδεικνύει για ακόμη μία φορά ότι ο Αρίσταρχος είχε την ικανότητα γεωμετρικής θεώρησης των ουράνιων φαινομένων. Ακόμη, ο Αρίσταρχος επινόησε μια εξίσου σημαντική μέθοδο προσδιορισμού των σχετικών διαστάσεων των τριών αυτών σωμάτων. Από τις γνωστές και περίπου ίσες μεταξύ τους φαινόμενες διαμέτρους του Ήλιου και της Σελήνης κατόρθωσε να υπολογίσει τις διαμέτρους τους, χρησιμοποιώντας αυτήν τη φορά ως μονάδα μέτρησης τη γήινη διάμετρο. Πιθανώς, η ανακάλυψη πως η απόσταση του Ήλιου από τη Γη είναι εικοσαπλάσια της απόστασης της Σελήνης από τη Γη, αλλά και το γεγονός ότι η πραγματική διάμετρος του Ήλιου είναι εικοσαπλάσια της σεληνιακής διαμέτρου, οδήγησαν τον Αρίσταρχο στο συμπέρασμα ότι ο Ήλιος και όχι η Γη αποτελεί το κέντρο του κόσμου.

Αξίζει ακόμη να τονίσουμε ότι στην πραγματεία του ο Αρίσταρχος θεωρεί τη φαινόμενη διάμετρο του Ήλιου ίση με το $1/15$ ενός ζωδίου, δηλαδή περίπου 2° , γεγονός που αποτελεί υπερεκτίμηση. Όμως, σε ένα χωρίο του «Ψαμμίτη», ο Αρχιμήδης αναφέρει ότι ο Αρίσταρχος ανακάλυψε πως το φαινόμενο μέγεθος του Ήλιου είναι περίπου το $1/720$ του ζωδιακού κύκλου. Αυτό μας οδηγεί να κλίνουμε περισσότερο στην υπόθεση ότι η πραγματεία αυτή γράφτηκε προτού ο Αρίσταρχος πραγματοποιήσει πιο ακριβή πειράματα και παρατηρήσεις, τα οποία αναφέρει ο Αρχιμήδης. Βέβαια δεν γνωρίζουμε πως ο Αρίσταρχος κατέληξε σε αυτό το συμπέρασμα, αλλά βλέποντας ότι εφηύρε την σκάφη, συμπεραίνουμε ότι πιθανώς τη χρησιμοποίησε για τις νεότερες παρατηρήσεις του. Δε γνωρίζουμε με σιγουριά, εάν πριν τον Αρίσταρχο ασχολήθηκαν κι άλλοι επιστήμονες με μαθηματικούς υπολογισμούς μεγεθών και αποστάσεων ουράνιων σωμάτων. Υπάρχουν κάποιες πραγματείες, αλλά δυστυχώς οι πληροφορίες για το περιεχόμενό τους δεν είναι σαφείς.



*Σχήμα 7: Μελέτη του Αρίσταρχου περί μεγέθους της Γης, του Ήλιου και της Σελήνης
(αντίγραφο του 10^{ου} αιώνα)*

Στην ηλιοκεντρική του θεωρία, ο Αρίσταρχος διατήρησε τη Σελήνη ως δορυφόρο της Γης, περιστρεφόμενη σε κυκλική τροχιά γύρω της. Δηλαδή, υπήρχε ένας επίκυκλος και στο δικό του σύστημα, ο οποίος διαγραφόταν από τη Σελήνη με τη Γη στο κέντρο του. Είναι πολύ πιθανό οι πραγματείες του Αρίσταρχου να περιείχαν γεωμετρικά σχήματα που εξηγούσαν τις υποθέσεις του. Ακόμη μία μαρτυρία είναι ένα χωρίο από τον Πλούταρχο, όπου μας δείχνει ότι ο Αρίσταρχος υιοθέτησε την γνώμη του Ηρακλείδη, αποδίδοντας στη Γη την ημερήσια κίνηση περί τον άξονα της. Υπάρχουν ακόμη κι άλλα χωρία που πραγματεύονται το θέμα αυτό.

3.2 Το μέγεθος και η απόσταση του Ήλιου

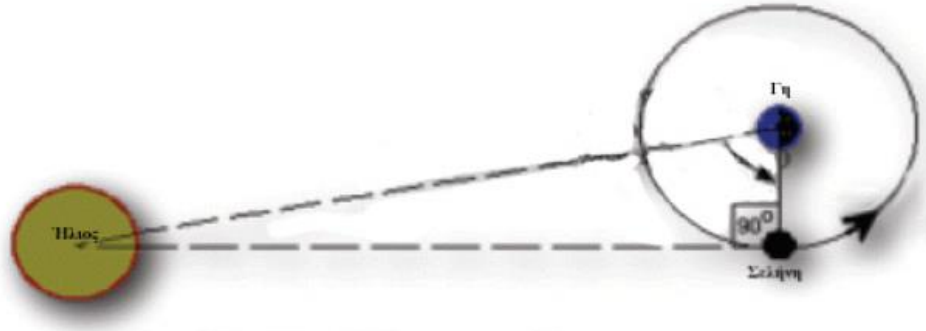
Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η πρώτη εκτίμηση της απόστασης του Ήλιου από τη Γη, αλλά και ο υπολογισμός της διαμέτρου του, έγιναν από τον Αρίσταρχο το Σάμιο. Οι αποδείξεις του Αρίσταρχου στην πραγματεία του είναι διατυπωμένες κι επεξεργασμένες με αυστηρότητα, όπως ταιριάζει σε έναν τόσο καλό γεωμέτρη. Ο Αρίσταρχος θεωρεί δεδομένες τις προτάσεις του Ευκλείδη από το έργο του «Στοιχεία». Βέβαια και οι προτάσεις του Αρίσταρχου είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσες, καθώς οι λόγοι μεγεθών και αποστάσεων που υπολογίζει είναι στην πραγματικότητα *τριγωνομετρικοί λόγοι*, παρόλο που η τριγωνομετρία δεν είχε αναπτυχθεί ακόμη εκείνη την εποχή! Επομένως, εφόσον ο Αρίσταρχος δεν μπορούσε

*ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ*

να υπολογίσει τους ακριβείς τριγωνομετρικούς λόγους, προσπαθεί να δώσει τιμές στα ανώτατα και κατώτατα όρια τους, όπως θα δούμε αργότερα και στις 18 προτάσεις που διατυπώνει.

Ο Αρχιμήδης σε ένα χωρίο του «Ψαμμίτη» αναφέρει πως «ο Αρίσταρχος ανακάλυψε ότι το φαινόμενο μέγεθος του Ήλιου είναι περίπου το $1/720$ του ζωδιακού κύκλου». Όπως προαναφέραμε όμως, στην πραγματεία του «Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης», ο Αρίσταρχος, θεωρεί τη φαινόμενη διάμετρο του Ήλιου 2° , δηλαδή ίση με το $1/15$ ενός ζωδίου, που είναι μία υπερεκτίμηση η οποία δεν ταιριάζει στον χαρακτήρα του. Δυστυχώς δεν αναφέρεται πουθενά πως ο Αρίσταρχος κατέληξε σε αυτό το αποτέλεσμα. Μία πολύ ενδιαφέρουσα πρόταση που αξίζει να αναφερθεί είναι αυτή του Tannery, ο οποίος υποστηρίζει πως εάν ο Αρίσταρχος επέλεξε για την πραγματεία του μία τιμή που γνώριζε ότι είναι εσφαλμένη, το έκανε, ώστε να επαναληφθούν οι υπολογισμοί στηριζόμενοι σε πιο ακριβείς παρατηρήσεις και για να δείξει ότι για την επίλυση του προβλήματος της φαινόμενης διαμέτρου του Ήλιου, μία παράμετρος μπορούσε να επιλεγεί αυθαίρετα.

Ο Αρίσταρχος παρατήρησε πως ο Ήλιος, η Σελήνη και η Γη σχηματίζουν σχεδόν μια ορθή γωνία τη στιγμή του πρώτου ή του τελευταίου τετάρτου της Σελήνης κι εκτίμησε ότι η γωνία αυτή ήταν 87° . Συμπέρανε λοιπόν, ότι ο Ήλιος ήταν είκοσι φορές πιο μακριά από τη Σελήνη, κάνοντας σωστή χρήση των νόμων της Γεωμετρίας, αλλά βασισμένος σε λανθασμένα παρατηρησιακά δεδομένα. Σήμερα γνωρίζουμε πως ο Ήλιος είναι περίπου τριακόσιες ενενήντα φορές πιο μακριά.



Σχήμα 8: Η σχεδόν ορθή γωνία που σχηματίζουν ο Ήλιος, η Γη και η Σελήνη σύμφωνα με τον Αρίσταρχο

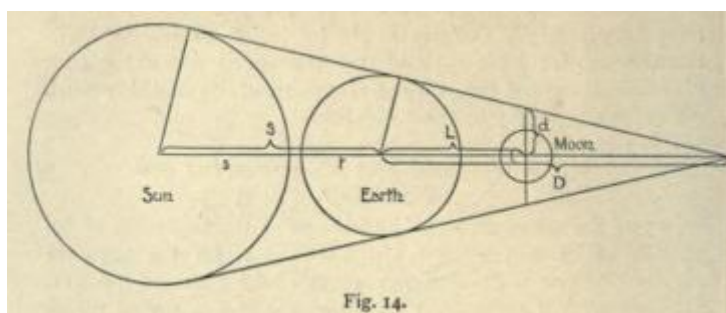
Δηλαδή, αν θεωρήσουμε ως d_S και d_H τις αποστάσεις της Σελήνης και του Ήλιου αντίστοιχα, η τοποκεντρική σχέση της απόστασης του Ήλιου προς την απόσταση της Σελήνης θα δίνεται από την σχέση:

$$\frac{d_H}{d_S} = \varepsilon\phi 87^\circ = 19$$

Διαπίστωσε ακόμη ότι η Σελήνη και ο Ήλιος έχουν σχεδόν το ίδιο φαινόμενο μέγεθος από τη Γη και συμπεράνε ότι οι διαμέτροί τους θα είναι ανάλογες με την απόστασή τους από τη Γη. Έτσι κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο Ήλιος είχε είκοσι φορές μεγαλύτερη διάμετρο από τη Σελήνη, κάτι που είναι υπολογιστικά λογικό και σωστό, αλλά ταυτόχρονα λανθασμένο, καθώς στηρίζεται σε εσφαλμένα δεδομένα. Η εκτίμησή του όμως αυτή υποδεικνύει ότι ο Ήλιος είναι ξεκάθαρα μεγαλύτερος από τη Γη, γεγονός που υποστηρίζει το ηλιοκεντρικό μοντέλο. Ακόμη, υπολογίζει ότι ο λόγος της διαμέτρου του Ήλιου προς τη διάμετρο της Γης είναι από $19/3$ έως $43/6$, δηλαδή ο όγκος του Ήλιου είναι περίπου τριακόσιες φορές μεγαλύτερος από τη Γη. Έτσι φαίνεται πιο λογικό να περιστρέφεται η Γη γύρω από τον Ήλιο, που έχει μικρότερο μέγεθος, παρά ένα τόσο μεγάλο σώμα γύρω από ένα μικρό. Παρόλο που οι αρχές της δυναμικής ήταν τότε άγνωστες, ο Αρίσταρχος ήταν τόσο οξύνους, προτείνοντας τελικά ένα σωστό μοντέλο.

3.3 Το μέγεθος και η απόσταση της Σελήνης

Ο Αρίσταρχος παρατήρησε την κίνηση της Σελήνης διαμέσου της σκιάς της Γης κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης Σελήνης. Εκτίμησε ότι η διάμετρος της Γης ήταν τριπλάσια από τη διάμετρο της Σελήνης. Χρησιμοποιώντας τον υπολογισμό του Ερατοσθένους ότι η περιφέρεια της Γης ήταν 42.000 χλμ., συμέρανε ότι η Σελήνη έχει περιφέρεια ίση με 14.000 χλμ. Σήμερα, είναι γνωστό ότι η Σελήνη έχει περιφέρεια περίπου ίση με 10.916 χλμ., τιμή που δεν έρχεται σε μεγάλη αντίθεση με αυτήν που υπολόγισε τότε ο Αρίσταρχος.



Σχήμα 9: Σχετικές θέσεις του Ήλιου, της Γης και της Σελήνης, κατά τη διάρκεια μιας σεληνιακής έκλειψης, όταν η σελήνη βρίσκεται στο μέσο της σκιάς της Γης.

Ήταν ο πρώτος που κατέδειξε με επιστημονικούς συλλογισμούς, ότι ο Ήλιος και η Σελήνη είναι δύο ουράνια σώματα με μέγεθος συγκρίσιμο με αυτό της Γης. Πιο συγκεκριμένα, αξιοποιώντας τα δεδομένα και τις γνώσεις της εποχής του, επινόησε απλές και ευφρείς μεθόδους για τον προσδιορισμό των μεγεθών και των αποστάσεων του Ήλιου και της Σελήνης. Όπως προαναφέρθηκε, οι μέθοδοι αυτές αποτελούν το περιεχόμενο της μοναδικής σωζόμενης χειρόγραφης πραγματείας «Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης».

Είναι εύλογο φυσικά να αναρωτηθούμε πώς ο Αρίσταρχος κατάφερε να υπολογίσει την απόσταση Γης - Σελήνης τον 3^ο αιώνα π.Χ.; Όπως αναφέραμε

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

νωρίτερα, βασίστηκε σε κάποιες ήδη γνωστές παραδοχές οι οποίες δίνονται παρακάτω:

- i. Η Γη και η Σελήνη είναι ουράνια σφαιρικά σώματα.
- ii. Η ακτίνα της Σελήνης ισούται με το 1/3 της ακτίνας της Γης

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε πως η Σελήνη φαίνεται από τη Γη υπό γωνία 2° , δηλαδή το 1/15 των 30° που καταλαμβάνει ένα ζώδιο. Όπως αναφέρει και ο Αρίσταρχος: «Την Σελήνην υποτείνειν υπό πεντεκαιδέκατον μέρος του ζωδίου». Για να μελετήσουμε πώς ο Αρίσταρχος υπολόγισε την απόσταση Γης - Σελήνης, πρέπει αρχικά να ορίσουμε τι είναι η *φαινόμενη γωνία*. Ουσιαστικά είναι ο ορισμός της γωνίας που βαίνει σε κυκλικό τόξο:

$$\text{φαινόμενη γωνία} = \text{μήκος τόξου} / \text{ακτίνα του κύκλου} \quad (\text{Εξ. 3.1})$$

Η φαινόμενη γωνία των 2° ισούται με $\pi / 90$. Αν συμβολίσουμε την απόσταση Γης-Σελήνης με $d_{ΓΣ}$, την ακτίνα της Σελήνης με R_S και την ακτίνα της Γης με R_G έχουμε:

$$\pi / 90 = 2 R_S / d_{ΓΣ} \quad (\text{Εξ. 3.2})$$

Όμως, σύμφωνα με τη δεύτερη παραδοχή: $R_S = 1/3 R_G$, επομένως

$$\pi / 90 = 2/3 (R_G / d_{ΓΣ}) \quad (\text{Εξ. 3.3})$$

, οπότε καταλήγουμε στο αποτέλεσμα:

$$d_{ΓΣ} = 19 R_G \quad (\text{Εξ. 3.4})$$

δηλαδή η απόσταση Γης - Σελήνης ισούται περίπου με δεκαεννιά γήινες ακτίνες. Σήμερα είναι γνωστό πως η απόσταση αυτή είναι περίπου εξήντα γήινες ακτίνες.

Αξίζει να αναφέρουμε πως διόρθωση στην τιμή αυτή έκανε ο *Ιππαρχος*. Όπως ειπώθηκε, ο Αρίσταρχος βασίστηκε στη λανθασμένη παρατήρηση ότι η Σελήνη

φαίνεται από τη Γη υπό γωνία 2° . Ο Ίππαρχος διόρθωσε αυτό το λάθος κάνοντας τον παρακάτω συλλογισμό:

Γνωρίζουμε πως η διάρκεια μιας περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη είναι περίπου είκοσι εννιά ημέρες και πως η Σελήνη διανύει απόσταση ίση με τη διάμετρό της σε μια ώρα. Επομένως θα ισχύει:

$$360 / (29 \cdot 24) = 0.5 \text{ μοίρες / ώρα} \quad (\text{Εξ. 3.5})$$

, συνεπώς η γωνία που φαίνεται η Σελήνη από τη Γη δεν είναι 2° , αλλά 0.5° . Ακολουθώντας το συλλογισμό του Αρίσταρχου κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η απόσταση Γης - Σελήνης είναι:

$$d_{ΓΣ} = 76 R_{Γ} \quad (\text{Εξ. 3.6})$$

Η προσέγγιση του Ίππαρχου πλησιάζει περισσότερο την τιμή που δεχόμαστε σήμερα, περίπου δηλαδή εξήντα γήινες ακτίνες, όπως προαναφέραμε.

3.4 Οι υποθέσεις του Αρίσταρχου

Όσον αφορά στις μαθηματικές έννοιες που περιέχονται στο έργο του Αρίσταρχου, το μαθηματικό περιεχόμενο του έργου του είναι εξαιρετικής ποιότητας. Οι γεωμετρικές του γνώσεις, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο τις χρησιμοποιεί προκαλούν δέος. Δημιουργεί και εργάζεται με λόγους, οι οποίοι αποτελούν ουσιαστικά *τριγωνομετρικούς αριθμούς*. Όπως αναφέρθηκε, ο Αρχιμήδης είναι ο πρώτος χρονολογικά που αναφέρεται στο έργο του Αρίσταρχου και στο έργο του «Ψαμμίτης» μας δίνει δύο σημαντικές πληροφορίες:

1. Ο Ήλιος και οι απλανείς αστέρες παραμένουν ακίνητοι, ενώ η Γη κινείται περί τον Ήλιο σε κυκλική τροχιά με κέντρο τον Ήλιο.
2. Οι διαστάσεις του σύμπαντος είναι άπειρες.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Από τον «Ψαμμίτη» συνεπάγεται ότι ο Αρίσταρχος διατυπώνει τόσο την ηλιοκεντρική θεωρία, τόσο και την υπόθεση για το απειροδιάστατο του σύμπαντος, δηλαδή $\frac{4\rho^2}{R^2}$, όπου ρ η ακτίνα του κέντρου της Γης και R η ακτίνα του σύμπαντος. Η υπόθεση βέβαια αυτή μάλλον οφείλεται στον Αρχιμήδη, ο οποίος ήταν πολύ εξοικειωμένος με τα όρια. Αν βέβαια είναι του Αρίσταρχου, τότε θα πρέπει να δεχτούμε πως είχε ακόμη περισσότερες μαθηματικές γνώσεις και υπόβαθρο. Δυστυχώς για τα μαθηματικά επιτεύγματα του Αρίσταρχου έχουμε μόνο νύξεις ή υπαινιγμούς, καθώς τα έργα του δε διασώθηκαν.

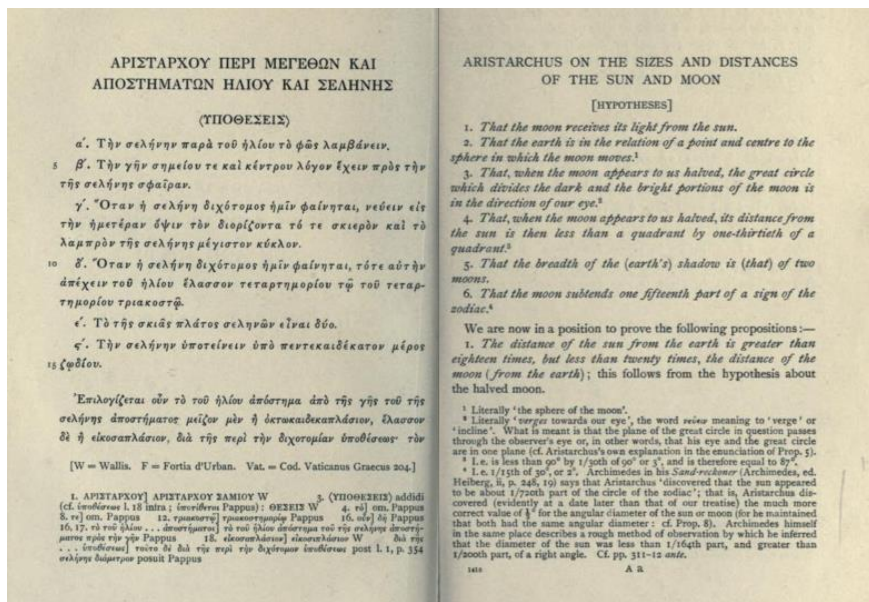
Οι υποθέσεις του Αρίσταρχου δίνονται παρακάτω:

1. Η Σελήνη παίρνει το φως της από τον Ήλιο.
2. Η Γη είναι κατά σημείο και κατά κέντρο, σφαίρα όπου κινείται η Σελήνη.
3. Όταν έχουμε ημισέληνο, ο μέγιστος κύκλος που διαχωρίζει το σκοτεινό από το φωτεινό μέρος της βρίσκεται στη διεύθυνση του οφθαλμού μας. Δηλαδή, τα κέντρα του Ήλιου, της Σελήνης και της Γης δημιουργούν ένα ορθογώνιο τρίγωνο, με την ορθή γωνία να βρίσκεται στο κέντρο της Σελήνης.
4. Όταν η Σελήνη είναι φωτισμένη κατά το ήμισυ, η γωνιακή απόσταση της από τον Ήλιο είναι μικρότερη από ένα τεταρτημόριο κατά ένα τριακοστό του, είναι δηλαδή 87° .
5. Το πλάτος της σκιάς της Γης είναι διπλάσιο της σεληνιακής διαμέτρου.
6. Η φαινόμενη διάμετρος της Σελήνης υποτείνει το ένα δέκατο πέμπτο ενός ζωδίου.

Όσον αφορά στην υπόθεση 5, ο Αρίσταρχος βασίστηκε στην έκλειψη με την πιο μεγάλη καταγεγραμμένη διάρκεια. Με βάση τις παραπάνω υποθέσεις, ο Αρίσταρχος απέδειξε δεκαοχτώ προτάσεις, στις οποίες θα αναφερθούμε αργότερα. Οι υποθέσεις 1 και 3 αποδίδονται στον Αναξαγόρα ή το Θαλή. Ο Αρίσταρχος συνέβαλε

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

στη διατύπωση των υποθέσεων 4 και 5, αν και όσον αφορά στη γωνιακή απόσταση της Σελήνης από την Ήλιο, είναι 89° . Ακόμη, στην υπόθεση 6, η ακριβής τιμή της φαινόμενης διαμέτρου της Σελήνης είναι $1/2^\circ$. Επειδή υπάρχουν δώδεκα ζώδια στο ζωδιακό κύκλο, κάθε αστερισμός πρέπει να καταλαμβάνει 30° , ώστε το ένα δέκατο πέμπτο του να δίνει την τιμή των 2° . Βέβαια, όπως προαναφέρθηκε, γνωρίζουμε μέσω του Αρχιμήδη πως ο Αρίσταρχος ήξερε ότι οι φαινόμενες διάμετροι του Ήλιου και της Σελήνης αντιστοιχούν στο $1/720$ του ζωδιακού κύκλου, δηλαδή σε $1/2^\circ$. Μάλλον ο Αρίσταρχος επανεκτίμησε την τιμή αυτή, δηλαδή το έργο του «Περί μεγεθών και αποστημάτων Ηλίου και Σελήνης», γράφτηκε όταν ήταν νέος.



Σχήμα 10: Οι υποθέσεις του Αρίσταρχου. Σελίδες από το βιβλίο του Sir Thomas Heath

Όπως είναι αναμενόμενο, μεταγενέστεροι Έλληνες αστρονόμοι έκαναν βελτιώσεις στους υπολογισμούς του Αρίσταρχου. Παρακάτω παρατίθεται ο συγκριτικός πίνακας του Hultsch, που περιέχει τα μεγέθη και τις αποστάσεις ως πολλαπλάσια της μέσης διαμέτρου της Γης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Πίνακας 1: Συγκριτικός πίνακας του *Hultsch*, που περιέχει τα μεγέθη και τις αποστάσεις ως πολλαπλάσια της μέσης διαμέτρου της Γης, δηλαδή 1716 γεωγραφικά μίλια.

	Μέση απόσταση Σελήνης-Γης	Διάμετρος Σελήνης	Μέση απόσταση Ήλιου-Γης	Διάμετρος Ήλιου
Αρίσταρχος	$9\frac{1}{2}$	0.36	180	$6\frac{3}{4}$
Ίππαρχος	$33\frac{2}{3}$	0.33	1245	$12\frac{1}{3}$
Ποσειδώνιος	$26\frac{1}{5}$	0.157	6545	$39\frac{1}{4}$
Πτολεμαίος	$29\frac{1}{2}$	0.29	605	$5\frac{1}{2}$
Στην πραγματικότητα	30.2	0.27	11726	108.9

3.5 Οι προτάσεις του Αρίσταρχου

Έχοντας διατυπώσει ο Αρίσταρχος τις έξι υποθέσεις του, αλλά και βασιζόμενος στις ήδη υπάρχουσες γνώσεις, διατύπωσε τις παρακάτω δεκαοχτώ προτάσεις, όπως αναφέρονται στο βιβλίο του Sir Thomas L. Heath:

1. Δύο ίσες σφαίρες περιλαμβάνονται από τον ίδιο κύλινδρο, ενώ δύο άνισες από τον ίδιο κώνο, ο οποίος έχει την κορυφή του προς το μέρος της μικρότερης σφαίρας. Και η ευθεία, η οποία διέρχεται από τα κέντρα των σφαιρών αυτών, είναι κάθετη σε καθέναν από τους κύκλους στους οποίους η επιφάνεια του κυλίνδρου ή του κώνου εφάπτεται στις σφαίρες.
2. Εάν μια σφαίρα φωτίζεται από μια μεγαλύτερη σφαίρα, θα φωτίζεται μέρος αυτής μεγαλύτερο από ένα ημισφαίριο.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

3. Ο κύκλος της σελήνης που διαχωρίζει το σκοτεινό από το φωτεινό μέρος είναι ελάχιστος, όταν ο κώνος που περιλαμβάνει τον ήλιο και τη σελήνη έχει την κορυφή του στον οφθαλμό μας.
4. Ο κύκλος που διαχωρίζει το σκοτεινό από το φωτεινό μέρος της σελήνης δεν είναι αισθητά διαφορετικός από το μέγιστο κύκλο της σελήνης.
5. Όταν η σελήνη εμφανίζεται σε εμάς κατά το ήμισυ, τότε ο μέγιστος κύκλος που είναι παράλληλος προς τον κύκλο, ο οποίος διαχωρίζει το σκοτεινό από το φωτεινό μέρος της, βρίσκεται στη διεύθυνση του οφθαλμού μας. Τουτέστιν, ο παράλληλος προς τον διαχωρίζοντα μέγιστος κύκλος και ο οφθαλμός μας βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.
6. Η σελήνη κινείται (σε τροχιά που βρίσκεται) κάτω (από εκείνη) του ήλιου, και όταν είναι φωτισμένη κατά το ήμισυ απέχει από τον ήλιο λιγότερο από ένα τεταρτημόριο.
7. Η απόσταση του ήλιου από τη γη είναι μεγαλύτερη του δεκαοκταπλάσιου της απόστασης της σελήνης από τη γη, αλλά μικρότερη του εικοσαπλάσιου της απόστασης αυτής.
8. Όταν ο ήλιος υφίσταται ολική έκλειψη, τότε ο ίδιος κώνος που έχει ως κορυφή τον οφθαλμό μας περιλαμβάνει και τον ήλιο και τη σελήνη.
9. Η διάμετρος του ήλιου είναι μεγαλύτερη από τη δεκαοκταπλάσια, αλλά μικρότερη από την εικοσαπλάσια διάμετρο της σελήνης.
10. Ο λόγος του ήλιου προς τη σελήνη είναι μεγαλύτερος μεν του $5832/1$, μικρότερος δε του $8000/1$.
11. Η διάμετρος της σελήνης είναι μικρότερη μεν των $2/45$ της απόστασης του κέντρου της σελήνης από τον οφθαλμό μας, μεγαλύτερη δε του $1/30$ της απόστασης αυτής.
12. Η διάμετρος του κύκλου που διαχωρίζει το σκοτεινό από το φωτεινό μέρος της σελήνης είναι μεν μικρότερη από τη διάμετρο της σελήνης, έχει δε προς αυτήν λόγο μεγαλύτερο του $89/90$.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

13. Η υποτεινούσα ευθεία από το αποκοπτόμενο τόξο του κύκλου της σκιάς της γης, όπου κινούνται τα άκρα της διαμέτρου του κύκλου που διαχωρίζει το σκοτεινό από το φωτεινό μέρος της σελήνης, είναι μικρότερη από το διπλάσιο της διαμέτρου της σελήνης, έχει δε λόγο προς αυτήν μεγαλύτερο του $88/45$. Είναι δε μικρότερη από το $1/9$ της διαμέτρου του ήλιου, έχει δε λόγο προς αυτήν μεγαλύτερο του $22/225$. Ο δε λόγος της προς την κάθετο προς τον άξονα που άγεται από το κέντρο του ήλιου και τέμνει τις γενέτειρες του κώνου είναι μεγαλύτερος του $979/10125$.
14. Ο λόγος του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο της σελήνης προς το ευθύγραμμο τμήμα που αποκόπτει στον άξονα, μέχρι το κέντρο της σελήνης, η υποτεινούσα ευθεία στη σκιά της γης, είναι μεγαλύτερος του $675/1$.
15. Ο λόγος της διαμέτρου του ήλιου προς τη διάμετρο της γης είναι μεγαλύτερος του $19/3$, αλλά μικρότερος του $43/6$.
16. Ο λόγος του ήλιου προς τη γη είναι μεγαλύτερος του $6859/27$, αλλά μικρότερος του $79507/216$.
17. Ο λόγος της διαμέτρου της γης προς τη διάμετρο της σελήνης είναι μεγαλύτερος του $108/43$, αλλά μικρότερος του $60/19$.
18. Ο λόγος της γης προς τη σελήνη είναι μεγαλύτερος μεν του $1259712/79507$, μικρότερος δε του $216000/6859$.

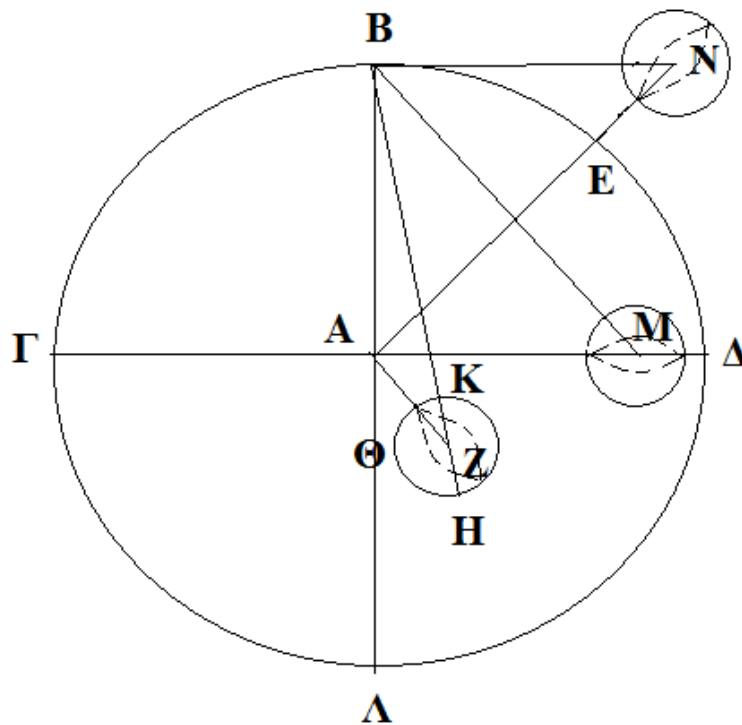
Ακολουθώντας, θα παραθέσουμε τις αποδείξεις των προτάσεων που σχετίζονται με τις αποστάσεις των ουράνιων σωμάτων, όπως είναι και το θέμα της εργασίας. Οι αποδείξεις αυτές περιέχουν εξαιρετική για την εποχή τους Γεωμετρία και μας αποδεικνύουν ακόμη μία φορά πόσο οξυδερκής και άριστος γεωμέτρης ήταν ο Αρίσταρχος.

Πρόταση 6

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Θεωρούμε ότι ο οφθαλμός μας βρίσκεται στο σημείο A και το κέντρο το Ήλιου στο σημείο B. Φέρνουμε την AB και την προεκτείνουμε. Θεωρούμε επίσης επίπεδο που διέρχεται από την AB και από το κέντρο της Σελήνης, όταν αυτή φωτίζεται κατά το ήμισυ. Το επίπεδο αυτό θα τέμνει τη σφαίρα στην οποία κινείται ο Ήλιος κατά ένα μέγιστο κύκλο, τον ΓΔΒ. Εάν φέρουμε από το σημείο A τη ΓΑΔ, η οποία είναι κάθετη στην AB, το τόξο ΒΔ είναι τόξο ενός τεταρτημορίου.

Η πρόταση αυτή αναφέρει πως η Σελήνη κινείται σε τροχιά που βρίσκεται κάτω αυτήν του Ήλιου, και όταν είναι φωτισμένη κατά το ήμισυ απέχει από τον Ήλιο λιγότερο από ένα τεταρτημόριο, δηλαδή το κέντρο της βρίσκεται μεταξύ των τμημάτων ΒΑ, ΑΔ και του τόξου ΔΕΒ.



Σχήμα 11: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 6

Τώρα θα θεωρήσουμε πως αυτό δεν ισχύει και έστω ότι το κέντρο της Σελήνης είναι το Z και βρίσκεται μεταξύ των ΑΔ και ΑΛ. Φέρνουμε τη ΒΖ, η οποία

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

είναι ο άξονας του κώνου που περιλαμβάνει και τον Ήλιο και τη Σελήνη, και είναι κάθετη στο μέγιστο κύκλο που διαχωρίζει το φωτεινό από το σκοτεινό μέρος της Σελήνης. Θεωρούμε το μέγιστο κύκλο της Σελήνης $H\Theta K$, ο οποίος είναι παράλληλος προς τον κύκλο που διαχωρίζει το φωτεινό από το σκοτεινό της μέρος, καθώς σύμφωνα με την πρόταση 5, όταν η σελήνη φωτίζεται κατά το ήμισυ, τότε ο μέγιστος κύκλος που είναι παράλληλος προς τον κύκλο, ο οποίος διαχωρίζει το σκοτεινό από το φωτεινό μέρος της και ο οφθαλμός μας, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Φέρνουμε λοιπόν την AZ , η οποία βρίσκεται στο επίπεδο του κύκλου $K\Theta H$. Η BZ είναι κάθετη στον κύκλο $K\Theta H$, συνεπώς και στην AZ . Αυτό συνεπάγεται πως η γωνία BZA είναι ορθή. Η γωνία όμως BAZ είναι αμβλεία, γεγονός αδύνατο. Καταλήγουμε λοιπόν πως το σημείο Z δεν βρίσκεται στο εσωτερικό της γωνίας $\Delta A\Lambda$.

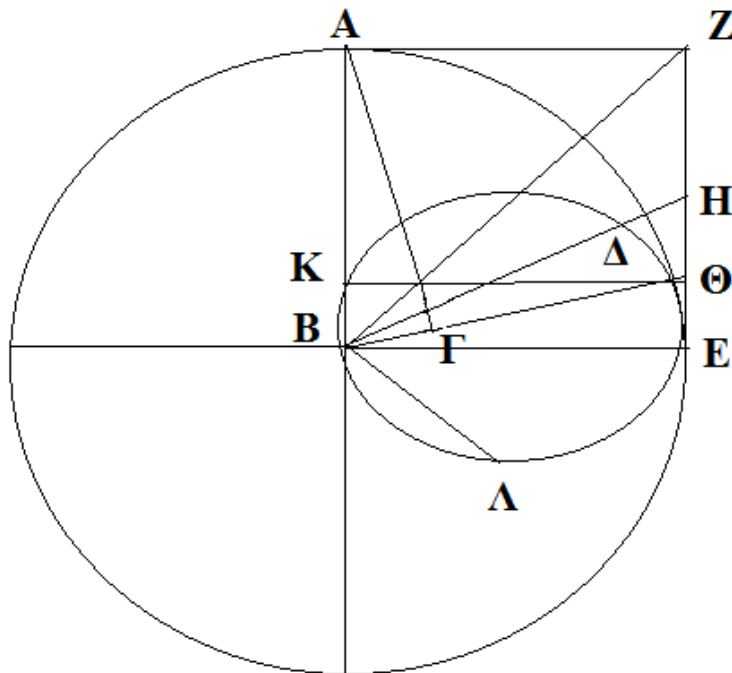
Θεωρούμε τώρα πως το κέντρο της Σελήνης είναι το M και θα αποδείξουμε ότι δε γίνεται να βρίσκεται ούτε πάνω στην $A\Delta$. Φέρνουμε τη BM και θεωρούμε μέγιστο κύκλο με κέντρο το M και παράλληλο προς τον διαχωρίζοντα κύκλο. Προκύπτει τότε λοιπόν, κατά τον ίδιο τρόπο, πως η γωνία BMA και η BAM είναι ορθές, γεγονός αδύνατο. Επομένως, όταν η Σελήνη φωτίζεται κατά το ήμισυ, δεν ανήκει στην $A\Delta$. Βρίσκεται δηλαδή μεταξύ των AB και $A\Delta$, στο πρώτο τεταρτημόριο.

Τέλος, θεωρούμε πως το κέντρο της Σελήνης είναι το σημείο N , εκτός του κύκλου. Χρησιμοποιώντας το προηγούμενο σκεπτικό προκύπτει πως η γωνία BNA είναι ορθή, δηλαδή η BA είναι μεγαλύτερη της AN , γεγονός αδύνατο. Τελικά, το κέντρο της Σελήνης, όταν φωτίζεται κατά το ήμισυ, δεν βρίσκεται εντός του τόξου $BE\Delta$, ούτε πάνω του. Βρίσκεται δηλαδή εντός του τόξου. Αποδείξαμε δηλαδή, ότι η Σελήνη κινείται κάτω του Ήλιου και όταν φωτίζεται κατά το ήμισυ, απέχει από τον Ήλιο λιγότερο από ένα τεταρτημόριο.

Πρόταση 7

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Θεωρούμε πως Α είναι το κέντρο του Ήλιου, Β το κέντρο της Γης και Γ το κέντρο της Σελήνης, όταν φωτίζεται κατά το ήμισυ. Φέρνουμε και προεκτείνουμε την ΑΒ. Έπειτα, από την ΑΒ και το σημείο Γ φέρουμε επίπεδο, το οποίο τέμνει τη σφαίρα στην οποία κινείται το κέντρο του Ήλιου κατά το μέγιστο κύκλο ΑΔΕ. Κατόπιν, φέρουμε τις ΑΓ και ΓΒ και προεκτείνουμε τη ΒΓ έως το σημείο Δ. Καθώς το σημείο Γ είναι το κέντρο της Σελήνης, όταν φωτίζεται κατά το ήμισυ, η γωνία ΑΓΒ είναι ορθή. Φέρουμε ακόμη τη ΒΕ, η οποία είναι κάθετη στη ΒΑ. Τότε, σύμφωνα με την υπόθεση 4 (Όταν η Σελήνη είναι φωτισμένη κατά το ήμισυ, η απόσταση της από τον Ήλιο είναι μικρότερη από ένα τεταρτημόριο κατά ένα τριακοστό του τεταρτημορίου), το τόξο ΕΔ είναι ίσο με το ένα τριακοστό του τόξου ΕΔΑ. Δηλαδή, και η γωνία ΕΒΓ είναι ίση με το ένα τριακοστό μιας ορθής.



Σχήμα 12: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 7

Εάν συμπληρώσουμε το παραλληλόγραμμο ΑΕ και φέρουμε τη ΒΖ, η γωνία ΖΒΕ είναι ίση με μισή ορθή. Θεωρούμε ότι η γωνία ΖΒΕ διχοτομείται από τη ΒΗ.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Επομένως η γωνία ΗΒΕ είναι ίση με ένα τέταρτο μιας ορθής, όμως η γωνία ΔΒΕ είναι ίση με ένα τριακοστό μιας ορθής. Συνεπώς, ο λόγος της γωνίας ΗΒΕ προς τη γωνία ΔΒΕ είναι ίσος με $15/2$. Κι αν θεωρήσουμε πως μια ορθή γωνία διαιρείται σε εξήντα ίσα μέρη, η γωνία ΗΒΕ θα περιέχει 15 τέτοια μέρη, ενώ η γωνία ΔΒΕ θα περιέχει 2 μέρη. Κι επειδή ο λόγος της ΗΕ προς την ΕΘ είναι πιο μεγάλος από το λόγο της γωνίας ΗΒΕ προς τη ΔΒΕ, ο λόγος της ΗΕ προς την ΕΘ είναι μεγαλύτερος του $15/2$.

Όπως αναφέρθηκε, η ΒΕ είναι ίση με την ΕΖ και η γωνία με κορυφή στο σημείο Ε είναι ορθή, άρα συνεπάγεται πως το τετράγωνο της ΖΒ είναι διπλάσιο του τετραγώνου της ΒΕ. Όμως, ο λόγος του τετραγώνου της ΖΒ προς το τετράγωνο της ΒΕ είναι ίσος με το λόγο του τετραγώνου της ΖΗ προς το τετράγωνο της ΗΕ. Άρα το τετράγωνο της ΖΗ είναι διπλάσιο του τετραγώνου της ΗΕ.

Γνωρίζουμε ακόμη, πως ο αριθμός 49 είναι πιο μικρός του 2 επί 2520, επομένως, ο λόγος του τετραγώνου της ΖΗ προς το τετράγωνο της ΗΕ είναι πιο μεγάλος του $49/25$. Δηλαδή, ο λόγος της ΖΗ προς την ΗΕ είναι μεγαλύτερος από $7/5$ και ο λόγος της ΖΕ προς την ΕΗ μεγαλύτερος του $12/5$, ισοδύναμα του $36/15$. Αποδείξαμε όμως, ότι ο λόγος της ΗΕ προς την ΕΘ είναι πιο μεγάλος από $15/2$ και κατά όμοιο τρόπο εξάγεται το συμπέρασμα πως ο λόγος της ΖΕ προς την ΕΘ είναι μεγαλύτερος του $36/2$, δηλαδή του $18/1$. Επομένως, η ΖΕ είναι δεκαοχτώ φορές μεγαλύτερη της ΕΘ. Όμως, η ΖΕ είναι ίση με τη ΒΕ, δηλαδή και η ΒΕ είναι δεκαοχτώ φορές μεγαλύτερη της ΕΘ. Τελικά, η ΒΘ είναι μεγαλύτερη της ΘΕ.

Όμως, λόγω της ομοιότητας των τριγώνων, ο λόγος της ΒΘ προς τη ΘΕ είναι ίσος με το λόγο της ΑΒ προς τη ΒΓ, δηλαδή η ΑΒ είναι δεκαοχτώ φορές μεγαλύτερη της ΒΓ, όπου ΑΒ είναι η απόσταση του Ήλιου από τη Γη και ΒΓ η απόσταση της Σελήνης από τη Γη. Επομένως, η απόσταση του Ήλιου από τη Γη είναι μεγαλύτερη του δεκαοκταπλάσιου της απόστασης της Σελήνης από τη Γη και μικρότερη από το εικοσαπλάσιο της απόστασης αυτής. Το τελευταίο αποδεικνύεται φέροντας από το σημείο Δ τη ΔΚ παράλληλη προς την ΕΒ. Έπειτα περιγράφουμε τον κύκλο ΔΚΒ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

γύρω από το τρίγωνο ΔΚΒ. Η γωνία με κορυφή το σημείο Κ είναι ορθή, άρα η ΔΒ είναι η διάμετρος του κύκλου.

Θεωρούμε τώρα ΒΛ πλευρά εξαγώνου, το οποίο είναι εγγεγραμμένο στον κύκλο. Επειδή η γωνία ΔΒΕ είναι ίση με $1/30$ μιας ορθής, η γωνία ΒΔΚ είναι και αυτή ίση με $1/30$ μιας ορθής. Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως το τόξο ΒΚ είναι ίσο με το $1/60$ ενός πλήρους κύκλου. Άρα το τόξο ΒΛ είναι δεκαπλάσιο από το τόξο ΒΚ και ο λόγος του προς το τόξο ΒΚ είναι μεγαλύτερος από το λόγο της ΒΛ προς τη ΒΚ, δηλαδή η ΒΛ είναι πιο μικρή από τη ΒΚ. Η ΒΔ όμως, είναι διπλάσια της ΒΛ, άρα η ΒΔ είναι πιο μικρή από την εικοσαπλάσια ΒΚ. Επειδή όμως ο λόγος της ΒΔ προς τη ΒΚ είναι ίσος με το λόγο της ΑΒ προς τη ΒΓ, συνεπάγεται πως η ΑΒ είναι πιο μικρή από την εικοσαπλάσια ΒΓ.

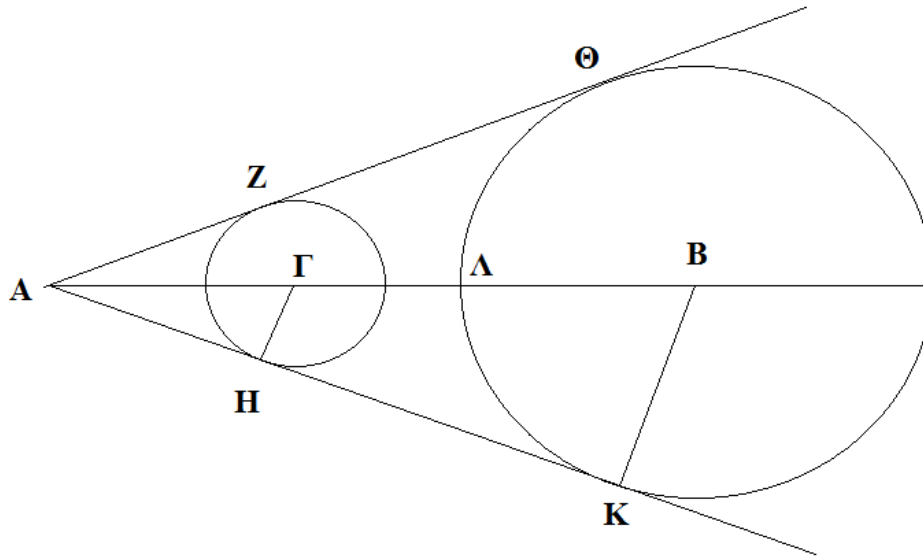
Συμπερασματικά, ΑΒ είναι η απόσταση του Ήλιου από τη Γη, ενώ ΒΓ η απόσταση της Σελήνης από τη Γη. Δείξαμε λοιπόν πως η απόσταση του Ήλιου από τη Γη είναι μικρότερη του εικοσαπλάσιου της απόστασης της Σελήνης από τη Γη και μεγαλύτερη του δεκαοκταπλάσιου της απόστασης αυτής.

Πρόταση 8

Όταν ο Ήλιος υφίσταται έκλειψη, η Σελήνη παρεμβάλλεται ανάμεσα του και στη Γη. Επομένως, βρίσκεται στον κώνο που περιλαμβάνει τη Σελήνη και ως κορυφή είναι ο οφθαλμός μας. Όταν δεν ανήκει στον κώνο αυτόν, είτε θα εφάπτεται, είτε θα εξέχει, είτε θα αφήνει κενό. Ειδικότερα αν εξέχει, δε συμβαίνει ολική έκλειψη, αλλά το τμήμα που εξέχει θα είναι ορατό. Εάν δεν αφήνει κενό, σημαίνει πως παραμένει σε έκλειψη. Η παρατήρηση όμως δείχνει πως δεν υφίσταται έκλειψη, αλλά ολική έκλειψη. Δε γίνεται λοιπόν να εξέχει, ούτε να αφήνει κενό στο εσωτερικό του κώνου. Τελικά, εφάπτεται ακριβώς στον κώνο και περιλαμβάνεται από τον κώνο που περιλαμβάνει τη Σελήνη και έχει τον οφθαλμό μας ως κορυφή.

Πρόταση 9

Θεωρούμε πως ο οφθαλμός μας βρίσκεται στο σημείο A, το κέντρο του Ήλιου στο B και το κέντρο της Σελήνης στο Γ, όταν όμως τα σημεία A,B και Γ είναι συνευθειακά. Με άλλα λόγια, όταν η κορυφή του κώνου που περιλαμβάνει και τον Ήλιο και τη Σελήνη βρίσκεται στον οφθαλμό μας.

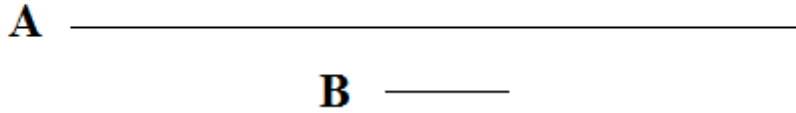


Σχήμα 13: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 9

Θεωρούμε επίσης επίπεδο που διέρχεται από την ΑΓΒ, το οποίο τέμνει τις σφαίρες κατά μέγιστους κύκλους, ενώ τον κώνο κατά ευθείες. Οι μέγιστοι κύκλοι είναι οι ΖΗ και ΚΛΘ και οι ευθείες οι ΑΖΘ και ΑΗΚ. Φέρουμε έπειτα τις ΓΗ και ΒΚ. Ο λόγος της ΒΑ προς την ΑΓ είναι ίσος με το λόγο της ΒΚ προς τη ΓΗ. Όμως στην πρόταση 7 αποδείχτηκε ότι η ΒΑ είναι μεγαλύτερη της δεκαοκταπλάσιας ΑΓ και μικρότερη της εικοσαπλάσιας ΑΓ. Δηλαδή, και η ΒΚ είναι πιο μεγάλη από τη δεκαοκταπλάσια ΓΗ και πιο μικρή της εικοσαπλάσιας ΓΗ.

Πρόταση 10

Θεωρούμε Α τη διάμετρο του Ήλιου και Β της σελήνης. Ο λόγος της Α προς τη Β είναι πιο μεγάλος από 18/1 και πιο μικρός από 20/1.

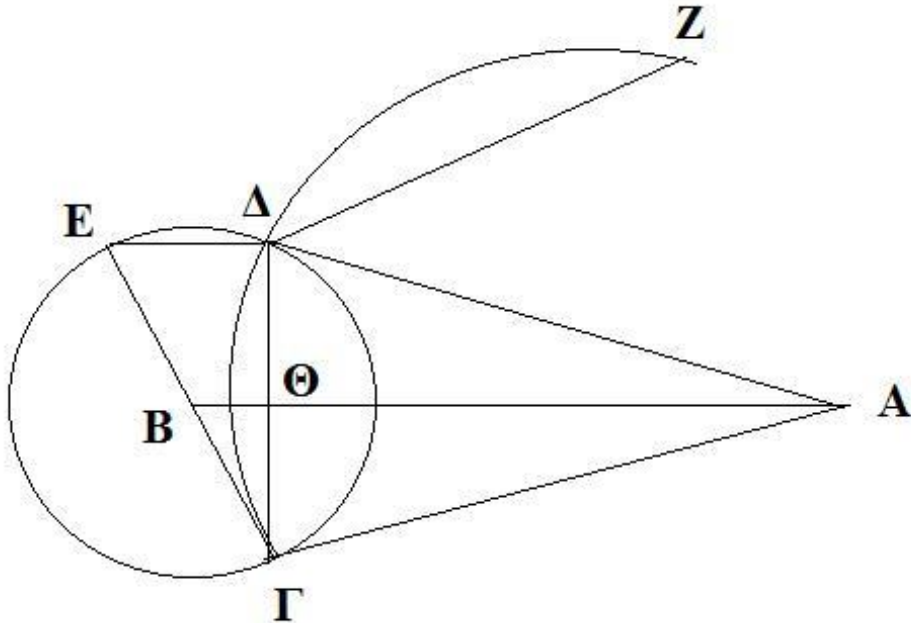


Σχήμα 14: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 10

Ο λόγος του κύβου της A προς τον κύβο της B είναι ίσος με τον κύβο του λόγου της A προς τη B , έτσι και ο λόγος της σφαίρας με διάμετρο A προς τη σφαίρα με διάμετρο B θα ισούται με το λόγο του κύβου της A προς τον κύβο της B . Όμως, ο λόγος του κύβου της A προς τον κύβο της B είναι μεγαλύτερος από $8000/1$, επειδή ο λόγος της A προς τη B είναι μεγαλύτερος του $18/1$ και μικρότερος του $20/1$. Τελικά, ο λόγος του Ήλιου προς τη Σελήνη είναι μεγαλύτερος του $5832/1$, αλλά μικρότερος του $8000/1$.

Πρόταση 11

Θεωρούμε πως ο οφθαλμός μας βρίσκεται στο σημείο A και το κέντρο της Σελήνης στο B , όταν ο κώνος που περιλαμβάνει τον Ήλιο και τη Σελήνη έχει την κορυφή του στον οφθαλμό μας. Φέρουμε την AB κι ένα επίπεδο από την AB , το οποίο τέμνει τη σφαίρα, δηλαδή τη Σελήνη, κατά τον κύκλο $ΓΕΔ$, και τον κώνο κατά τις ευθείες $ΑΓ$ και $ΑΔ$.



Σχήμα 15: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 11

Φέρουμε τη ΒΓ και την προεκτείνουμε ως το Ε. Τότε, σύμφωνα με την απόδειξη της πρότασης 4, η γωνία ΒΑΓ είναι ίση με $1/45$ μιας ορθής και η ΒΓ είναι μικρότερη από το $1/45$ της ΓΑ. Επομένως, η ΒΓ είναι μικρότερη από το $1/45$ της ΒΑ. Επίσης, η ΓΕ είναι διπλάσια της ΒΓ, συνεπώς η ΓΕ είναι πιο μικρή από τα $2/45$ της ΑΒ. Όπως είπαμε όμως, ΓΕ είναι η διάμετρος της Σελήνης και ΒΑ η απόσταση του κέντρου της από τον οφθαλμό μας. Δηλαδή, η διάμετρος της Σελήνης είναι μικρότερη από $2/45$ της απόστασης του κέντρου της Σελήνης από τον οφθαλμό μας.

Ακόμη, θα αποδείξουμε πως η ΓΕ είναι μεγαλύτερη από $1/30$ της ΒΑ. Φέρουμε τη ΔΕ και τη ΔΓ κι έχοντας ως κέντρο το Α και ακτίνα την ΑΓ, σχεδιάζουμε τον κύκλο ΓΔΖ. Παίρνουμε τη χορδή ΔΖ ίση με την ΑΓ. Τότε, η γωνία ΔΕΓ είναι ίση με τη ΘΒΓ, καθώς η ορθή γωνία ΕΔΓ είναι ίση με την ορθή ΒΓΑ και η ΒΑΓ είναι ίση με τη ΘΓΒ. Δηλαδή, το τρίγωνο ΓΔΕ είναι ισογώνιο με το ΑΒΓ. Άρα, ο λόγος της ΒΑ προς την ΑΓ ισούται με το λόγο της ΕΓ προς τη ΓΔ και ο λόγος της ΑΒ προς

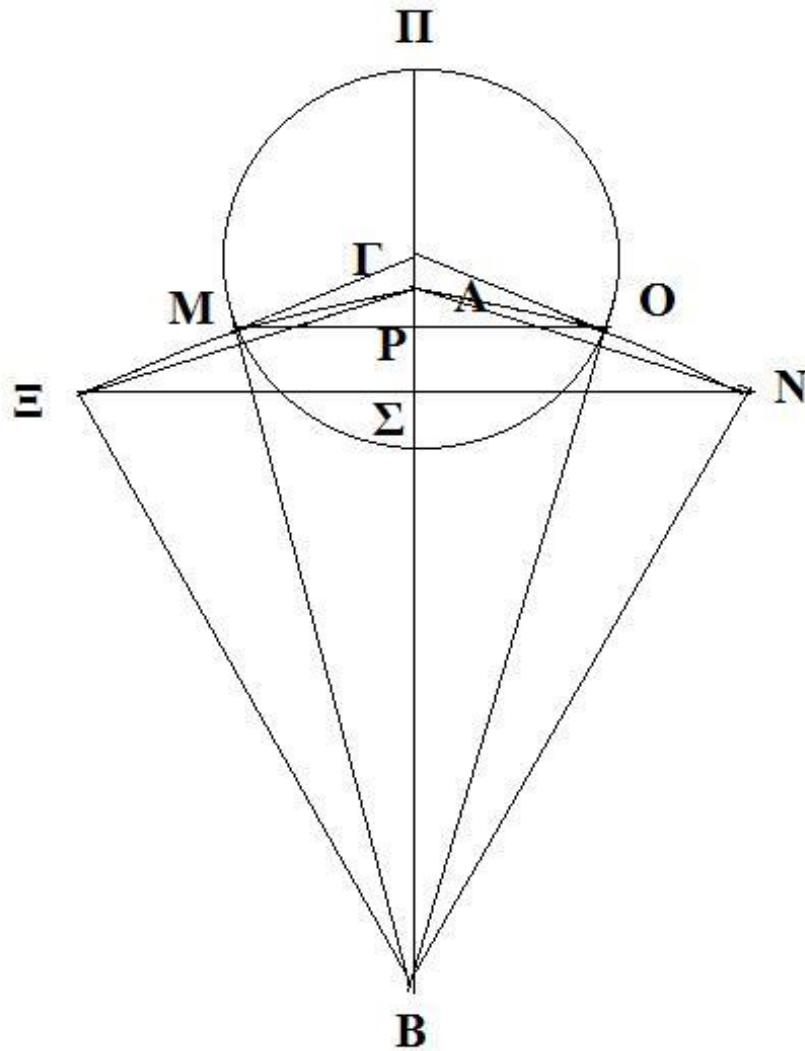
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

τη ΓΕ ισούται με το λόγο της ΑΓ προς την ΓΔ, δηλαδή με το λόγο της ΔΖ προς τη ΓΔ.

Όπως όμως προαναφέραμε, η γωνία ΔΑΓ είναι ίση με το $1/45$ μιας ορθής, οπότε το τόξο ΓΔ ισούται με το $1/180$ της περιφέρειας του κύκλου και το τόξο ΔΖ είναι το $1/6$ της περιφέρειας του κύκλου. Επομένως, το τόξο ΓΔ είναι ίσο με $1/30$ του τόξου ΔΖ και ο λόγος του τόξου ΓΔ προς το τόξο ΔΖ είναι πιο μικρός από το λόγο της ΓΔ προς ΖΔ. Αυτό αποδεικνύεται από μία πρόταση του Πτολεμαίου. Συνεπάγεται πως η ΓΔ είναι μεγαλύτερη από το $1/30$ της ΔΖ, αλλά η ΖΔ ισούται με την ΑΓ, δηλαδή η ΔΓ είναι πιο μεγάλη από το $1/30$ της ΓΑ, και η ΓΕ είναι πιο μεγάλη από το $1/30$ της ΒΑ.

Πρόταση 14

Θεωρούμε το παρακάτω σχήμα και η Σελήνη τοποθετείται έτσι, ώστε το κέντρο της, δηλαδή το σημείο Γ, να βρίσκεται στον άξονα του κώνου που περιλαμβάνει και τον Ήλιο και τη Γη. Θεωρούμε ακόμη πως ο μέγιστος κύκλος της σφαίρας τη Σελήνης, ο ΠΟΜ, βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τα υπόλοιπα.



Σχήμα 16: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 14

Φέρουμε τη MO , η οποία είναι η διάμετρος του κύκλου που διαχωρίζει το σκοτεινό από το φωτεινό μέρος της Σελήνης. Φέρουμε ακόμη τις MB , BO , $ΛΞ$, $ΞΒ$ και $ΜΓ$, και οι MB και BO εφάπτονται στον κύκλο $ΜΟΠ$. Η $ΛΞ$ είναι ίση με τη $ΜΟ$, επειδή και οι δυο τους είναι διάμετροι του κύκλου που διαχωρίζουν το φωτεινό από το σκοτεινό μέρος της Σελήνης. Επομένως το τόξο $ΞΜΛ$ είναι ίσο με το τόξο $ΜΛΟ$, άρα και το τόξο $ΞΜ$ ισούται με το $ΛΟ$. Όμως, η $ΛΟ$ είναι ίση με τη $ΛΜ$, άρα το τόξο

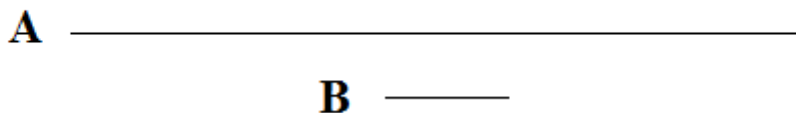
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΞΜ είναι ίσο με το ΛΜ. Ακόμη, σύμφωνα με την υπόθεση 2, η Γη έχει λόγο σημείου και κέντρου προς τη σφαίρα στην οποία κινείται η Σελήνη, και ο κύκλος ΜΟΠ βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο, άρα η ΞΒ είναι ίση με τη ΒΛ. Επομένως, η ΒΜ είναι κάθετη στην ΞΛ, όμως επειδή και η ΓΜ είναι κάθετη στη ΒΜ, η ΓΜ θα είναι παράλληλη προς την ΞΛ. Είναι όμως και η ΣΞ παράλληλη προς τη ΜΡ, άρα τα τρίγωνα ΛΞΣ και ΜΡΓ είναι μεταξύ τους όμοια. Δηλαδή, ο λόγος της ΣΞ προς τη ΜΡ είναι ίσος με το λόγο της ΣΛ προς τη ΡΓ.

Η ΣΞ είναι μικρότερη από το διπλάσιο της ΜΡ. Σύμφωνα με την πρόταση 13 η ΞΝ είναι μικρότερη από το διπλάσιο της ΜΟ. Άρα η ΣΛ είναι μικρότερη από το διπλάσιο της ΓΡ και η ΣΡ είναι μικρότερη από το διπλάσιο της ΡΓ. Η ΣΓ είναι μικρότερη από το τριπλάσιο της ΓΡ, δηλαδή ο λόγος της ΓΡ προς τη ΓΣ είναι μεγαλύτερος του $1/3$. Σύμφωνα με την πρόταση 11, ο λόγος της ΒΓ προς τη ΓΜ είναι ίσος με το λόγο της ΓΜ προς τη ΓΡ και ο λόγος της ΒΓ προς τη ΓΜ είναι μεγαλύτερος του $45/1$. Προαναφέραμε όμως, πως ο λόγος της ΓΡ προς τη ΓΣ είναι μεγαλύτερος του $1/3$, άρα κατά τον ίδιο τρόπο, ο λόγος της ΓΜ προς τη ΓΣ είναι μεγαλύτερος του $45/3$, δηλαδή του $15/1$. Έχει όμως δειχτεί πως ο λόγος της ΒΓ προς τη ΓΜ είναι πιο μεγάλος από $45/11$, άρα ο λόγος της ΒΓ προς της ΓΣ είναι πιο μεγάλος από $675/1$.

Πρόταση 16

Θεωρούμε Α τη διάμετρο του Ήλιου και Β τη διάμετρο της Σελήνης. Όπως και στην πρόταση 10, αποδεικνύεται πως ο λόγος της σφαίρας του Ήλιου προς τη σφαίρα της Γης είναι ίσος με το λόγο του κύβου της διαμέτρου του Ήλιου προς τον κύβο της διαμέτρου της Γης, όπως ισχύει και για τη διάμετρο της Σελήνης.



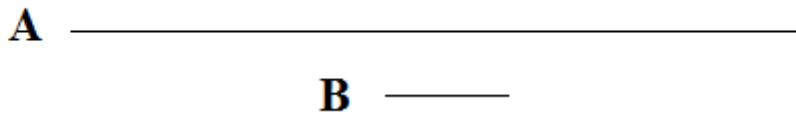
Σχήμα 17: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 16

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Σύμφωνα με την πρόταση 15, ο λόγος της A προς τη B είναι πιο μεγάλος από $19/3$ και πιο μικρός από $43/6$. Ακόμη, ο λόγος του κύβου της A προς τον κύβο της B είναι ίσος με το λόγο της σφαίρας του Ήλιου προς τη σφαίρα της Γης. Επομένως, ο λόγος του κύβου της A προς τον κύβο της B είναι μεγαλύτερος από $6859/27$ και μικρότερος από $79507/216$. Συνεπάγεται λοιπόν, πως ο λόγος της σφαίρας του Ήλιου προς τη σφαίρα της Γης είναι μεγαλύτερος από $6859/27$ και μικρότερος από $79507/216$.

Πρόταση 18

Θεωρούμε A τη διάμετρο του Ήλιου και B τη διάμετρο της Σελήνης. Σύμφωνα με την πρόταση 17, ο λόγος της A προς τη B είναι πιο μεγάλος από $108/43$ και πιο μικρός από $60/19$. Άρα ο λόγος του κύβου της A προς τον κύβο της B είναι πιο μεγάλος του $1259712/79507$ και πιο μικρός από $216000/6859$.



Σχήμα 18: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 18

Όμως ο λόγος του κύβου της A προς τον κύβο της B ισούται με το λόγο της σφαίρας της Γης προς η σφαίρα της Σελήνης. Δηλαδή, ο λόγος της σφαίρας της Γης προς τη σφαίρα της Σελήνης είναι μεγαλύτερος του $1259712/79507$ και μικρότερος από $216000/6859$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Επίλογος

Η συμβολή της Αστρονομίας στις άλλες επιστήμες, όπως για παράδειγμα στα Μαθηματικά, είναι σπουδαιότατη. Κανείς δεν μπορεί να αμφισβητήσει, ότι οι θεωρίες και οι παρατηρήσεις των αρχαίων Ελλήνων Φυσικών Φιλοσόφων, αποτελούν τη βάση της σύγχρονης αυτής επιστήμης. Όσον αφορά στην ηλιοκεντρική θεωρία, όπως αναφέρθηκε πολλές φορές στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η πατρότητα της ανήκει αποκλειστικά στον Αρίσταρχο. Ο Κοπέρνικος δεν είναι ο εισηγητής, αλλά ο άνθρωπος που δύο χιλιετίες αργότερα, μετά από μελέτη των έργων των αρχαίων Ελλήνων και κυρίως του Αρίσταρχου, διέδωσε την ηλιοκεντρική θεωρία. Δυστυχώς, ένα μέρος της διεθνούς αστρονομικής κοινότητας, είτε δικαιολογημένα από άγνοια, είτε αδικαιολόγητα, δε συμφωνεί απολύτως την άποψη αυτή. Όπως όμως αναφέραμε, ο Αρίσταρχος ήταν ένας από τους σημαντικότερους Έλληνες αστρονόμους, μαθηματικούς και φιλοσόφους της αρχαιότητας, είναι επομένως απαραίτητη η όσο το δυνατόν ορθή και ευρύτερη ενημέρωση πάνω στο έργο του, τόσο για την αποκατάσταση της αλήθειας, όσο και για λόγους ιστορικής αυτογνωσίας. Δυστυχώς, το δεκτό σήμερα ηλιοκεντρικό σύστημα εξακολουθεί να ονομάζεται διεθνώς «Κοπερνίκειο» και όχι «Αριστάρχειο», όπως θα άρμοζε.



Σχήμα 19: Γραμματόσημα με το θεώρημα του Αρίσταρχου και το ηλιοκεντρικό σύστημα. Έκδοση Αριστάρχειο Πλανητικό Σύστημα. Τυπώθηκαν το Μάιο του 1980 στο τυπογραφείο "Ασπιώτη ΕΛΚΑ"

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Ο τολμηρός και ευφυής Αρίσταρχος λοιπόν, εκτός από την πρόταση του ηλιοκεντρικού μοντέλου, άφησε ως κληρονομιά αξιόλογο έργο για τον κλάδο των Μαθηματικών και της Αστρονομίας. Οι υπολογισμοί του και η άριστη Γεωμετρία που ήξερε ήταν εντυπωσιακά για την εποχή του! Αποτέλεσε έναυσμα για πληθώρα επιστημόνων, οι οποίοι συνέχισαν ή και βελτίωσαν το έργο του, μεγαλώνοντας την κληρονομιά στις νέες γενιές για μελέτη κι έρευνα. Το μαθηματικό περιεχόμενο του έργου του είναι άριστης ποιότητας. Δημιούργησε και εργάστηκε με *λόγους*, οι οποίοι αποτελούν ουσιαστικά *τριγωνομετρικούς αριθμούς*.

Ευελπιστώ λοιπόν, η παρούσα εργασία να ανέδειξε το έργο του μεγάλου Έλληνα μαθηματικού και αστρονόμου Αρίσταρχου, να ερεύνησε τις πτυχές του και να αποτελέσει βοήθημα για τους νέους ερευνητές. Ακόμη, να ανέδειξε τη σημαντικότητα των Μαθηματικών στην εξέλιξη της επιστήμης της Αστρονομίας, αλλά και όλων των θετικών επιστημών. Δυστυχώς η θεωρία του δεν καρποφόρησε αμέσως, αλλά δέχτηκε πληθώρα επιθέσεων και αμφισβητήθηκε. Ο Αρίσταρχος αποτελεί παράδειγμα προς μίμηση, δείχνοντας πως ο άνθρωπος πρέπει να είναι ελεύθερος, εάν θέλει να αναζητήσει την επιστημονική γνώση, χωρίς να φοβάται να είναι αντίθετος με το κατεστημένο.

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Ο Εγγύτατος του Κενταύρου (βέλος). Τα δύο φωτεινά αστέρια είναι (αριστερά) ο Άλφα του Κενταύρου και (δεξιά) Βήτα του Κενταύρου.

Σχήμα 2: Οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος

Σχήμα 3: Ο Αρίσταρχος ο Σάμιος

Σχήμα 4: Το ηλιοκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος

Σχήμα 5: Σχετικά μεγέθη του Ήλιου, των πλανητών και των νάνων πλανητών

Σχήμα 6: Μελέτη του Αρίσταρχου περί μεγέθους της Γης, του Ήλιου και της Σελήνης (αντίγραφο του 10^{ου} αιώνα)

Σχήμα 7: Εξώφυλλο του βιβλίου: «Αρίσταρχος ο Σάμιος, ο αρχαίο Κοπέρνικος», μια ιστορία της ελληνικής αστρονομίας, μαζί με την πραγματεία του Αρίσταρχου για τα μεγέθη και τις αποστάσεις του ήλιου και της σελήνης. Sir Thomas Heath, δημοσιεύθηκε το 1913

Σχήμα 8: Η σχεδόν ορθή γωνία που σχηματίζουν ο Ήλιος, η Γη και η Σελήνη σύμφωνα με τον Αρίσταρχο

Σχήμα 9: Σχετικές θέσεις του ήλιου, της γης και της σελήνης, κατά τη διάρκεια μιας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

σεληνιακής έκλειψης, όταν η σελήνη βρίσκεται στο μέσο της σκιάς της γης.

Σχήμα 10: Οι υποθέσεις του Αρίσταρχου. Σελίδες από το βιβλίο του Sir Thomas Heath

Σχήμα 11: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 6

Σχήμα 12: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 7

Σχήμα 13: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 9

Σχήμα 14: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 10

Σχήμα 15: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 11

Σχήμα 16: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 14

Σχήμα 17: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 16

Σχήμα 18: Σχήμα για την απόδειξη της πρότασης 18

Σχήμα 19: Γραμματόσημα με το θεώρημα του Αρίσταρχου και το ηλιοκεντρικό σύστημα. Έκδοση Αριστάρχειο Πλανητικό Σύστημα. Τυπώθηκαν το Μάιο του 1980 στο τυπογραφείο "Ασπιώτη ΕΛΚΑ"

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Sir Thomas L. Heath, «*Αρίσταρχος ο Σάμιος Ο Αρχαίος Κοπέρνικος*», Κέντρο Έρευνας Επιστήμης και Εκπαίδευσης, Αθήνα 2005
2. Πρακτικά Δ' Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή, «*Αρίσταρχος ο Σάμιος*», Πυθαγόρειο και Καρλόβασι Σάμου, Οκτώβριος 2003
3. Unsöld Albrecht, “*Classical Astronomy and the Solar System*”, pp. 6–9, Baschek Bodo, 2001
4. Mitton Jacqueline, “*Cambridge Dictionary of Astronomy*”, Cambridge University Press, 2001
5. Ridpath, Ian, “*Oxford Dictionary of Astronomy*”, New York: Oxford University Press, 2003

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

6. Field G.B. & Chaisson E.J., «*Το Αθέατο Σύμπαν*» (*The Invisible Universe*), Μετ. Κανάρης Τσίγκανος, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1991 (2000)
7. Shu Frank, «*Αστροφυσική Αστέρες και Γαλαξίες - Ηλιακό Σύστημα Τόμος*» (*The Physical Universe An Introduction to Astronomy*), Μετ. Ι. Βεντούρα, Ν. Κυλάφης, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1990 (2004)
8. Αυγολούπης Ι. Σταύρου, Γιάννης Σειραδάκης, «*Παρατηρησιακή Αστρονομία*», Θεσ/νίκη: Εκδόσεις Πλανητάριο Θεσ/νίκης, 1987 (2004)
9. Μαυρομάτης Δ. Κων/νος, «*Λεξικό Αστρονομίας*», Βόλος: Εκδόσεις Ώρες, 2006 (2^η Έκδοση)
10. Ξανθόπουλος Βασίλης, «*Περί Αστέρων και Συμπάντων*», Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1986 (2005)
11. Ν. Χασάπης, «*Κοσμογραφία*», ΟΕΔΒ.
12. Dr. Steuard Jensen, *A poster of the planets to scale (from true color NASA images*, Alma College planetarium [Online], Διαθέσιμο: <http://othello.alma.edu/~jensens/teaching/solarsystem/>
13. Νικόλαος Σπύρου, «*Αρίσταρχος ο Σάμιος, ο έλληνας πρωτοπόρος του ηλιοκεντρικού συστήματος, η διαδρομή ως τον Κοπέρνικο τον Πολωνό, οι νέοι δρόμοι στην ανθρώπινη σκέψη*», [Online], Διαθέσιμο: <http://www.ekivolos.gr/Aristarxos%20o%20samios.htm>
14. Γραμματόσημα – Stamps, Greek and thematic stamps,greek stamps, [Online], Διαθέσιμο: <http://stamps-gr.blogspot.gr/2014/03/1980.html>
15. “*Aristarchus of Samos, the ancient Copernicus*”; a history of Greek astronomy to Aristarchus, together with Aristarchus's Treatise on the sizes and distances of the sun and moon: a new Greek text with translation and notes, [Online], Διαθέσιμο: <https://archive.org/stream/aristarchusofsam00heatuoft#page/n5/mode/2up>

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

16. Ευάγγελος Σπανδάτος: «*Το Ηλιοκεντρικό Σύστημα Των Αρχαίων Ελλήνων*», περιοδικό ΙΣΤΟΡΙΚΑ, Ελευθεροτυπία 2 Ιανουαρίου 2003
17. Δρ. Μανόλης Πλειώνης, «*Σημείωμα για την Ηλιοκεντρική Θεωρία του Αρίσταρχου του Σάμιου*».
18. 21 Space, Planets, Moon, Astronomy, Apollo missions, [Online], Διαθέσιμο: <http://21space.info/proxima-centauri/>