

Αστρονομικές Μετρήσεις στην Αρχαία Ελλάδα

Φύλλο Εργασίας Γενικού Λυκείου Νέας Ζίχης, Άνοιξη 2013

Στόχος

Χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις της Γης, της Σελήνης και του Ήλιου και γνώσεις γεωμετρίας και τριγωνομετρίας, θα επαναλάβουμε τις μετρήσεις που έκαναν αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι για να μετρήσουμε την ακτίνα της Γης, της Σελήνης και του Ήλιου και τις αποστάσεις Γης-Σελήνης και Γης-Ήλιου.

Εισαγωγή

Παρατηρώντας τον ουρανό διακρίνουμε πολλά ουράνια σώματα που εκτελούν επαναλαμβανόμενες κινήσεις. Αλλά τέτοιες απλές παρατηρήσεις δε μας βοηθούν να εκτιμήσουμε τις αποστάσεις των ουράνιων σωμάτων. Έως και 150 χρόνια πριν δε γνωρίζαμε καν το μέγεθος του Σύμπαντος μέσα στο οποίο ζούμε. Οι σύγχρονες μετρήσεις, που δίνουν στο Σύμπαν μία διάμετρο της τάξης των 28 δισεκατομμυρίων ετών φωτός, βασίζονται σε παλαιότερες μετρήσεις μικρότερων αποστάσεων (αποστάσεις μακρινών γαλαξιών), οι οποίες με τη σειρά τους βασίζονται σε μετρήσεις ακόμα μικρότερων αποστάσεων (αποστάσεις κοντινών γαλαξιών), οι οποίες στηρίζονται σε μετρήσεις πιο κοντινών αποστάσεων (αποστάσεις μακρινών αστεριών), οι οποίες στηρίζονται σε μετρήσεις ακόμα πιο κοντινών αποστάσεων (αποστάσεις κοντινών αστεριών) που τελικά στηρίζονται σε μετρήσεις αποστάσεων των σωμάτων του ηλιακού μας συστήματος.

Αυτές οι μετρήσεις της κοσμικής σκάλας αποστάσεων ξεκίνησαν περίπου 2500 χρόνια πριν, με μετρήσεις που έκαναν αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι, όπως ο Ερατοσθένης ο Κυρηναίος (276-196 π.Χ.) και ο Αρίσταρχος ο Σάμιος (310-230 π.Χ. περίπου). Ο Ερατοσθένης είχε την άποψη ότι η Γη είναι σφαιρική πολύ πριν από το Γαλιλαίο και κατάφερε με απλές παρατηρήσεις να μετρήσει με ακρίβεια την ακτίνα της. Ο Αρίσταρχος πρότεινε, πολύ πριν από τον Κοπέρνικο, ότι ο Ήλιος βρίσκεται στο κέντρο του τότε γνωστού Σύμπαντος και η Γη και οι πλανήτες περιφέρονται γύρω του ενώ τα αστέρια βρίσκονται σε τεράστιες αποστάσεις. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο του κατάφερε να μετρήσει τις διαστάσεις της Σελήνης και του Ήλιου και τις αποστάσεις τους.

Και όλες αυτές οι μετρήσεις στην αρχαία Ελλάδα έγιναν χωρίς τη χρήση τηλεσκοπίου ή άλλων οργάνων που επιτρέπουν ακριβείς μετρήσεις. Επιπλέον, οι ιδέες και τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν δεν μπορούσαν να εξαχθούν εύκολα από απλές παρατηρήσεις του ουρανού με αποτέλεσμα οι επικρατούσες αντιλήψεις να είναι διαφορετικές από τις προτάσεις του Αρίσταρχου και του Ερατοσθένη. Εμείς θα επαναλάβουμε τις μετρήσεις αυτών των πρωτοπόρων φιλοσόφων με ακριβείς παρατηρήσεις, δείχνοντας ότι οι μέθοδοι που πρότειναν μπορούν να δώσουν πολύ ακριβείς μετρήσεις αν συνδυαστούν με σύγχρονες παρατηρήσεις.

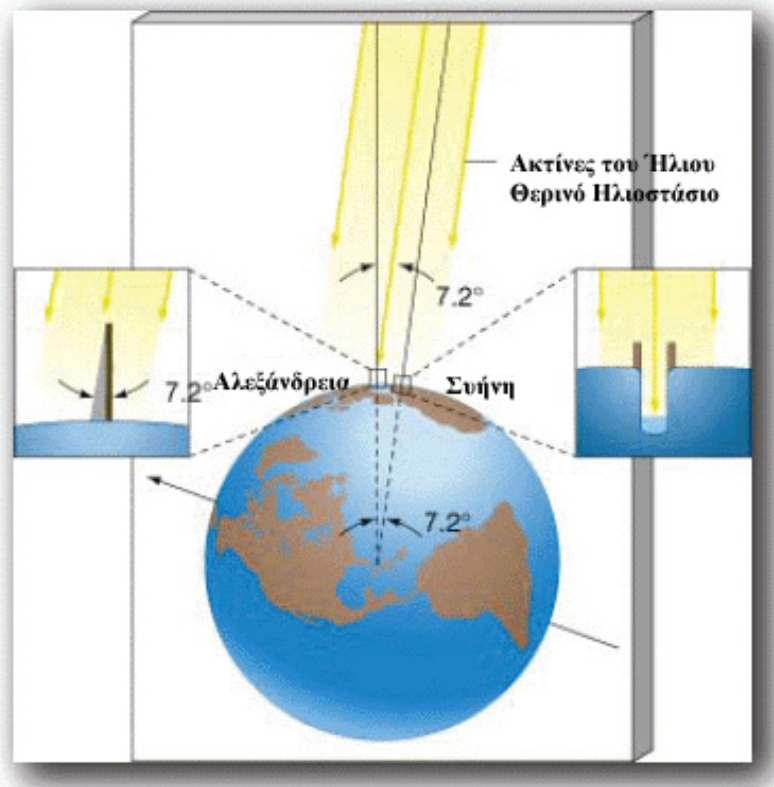
Η ακτίνα της Γης

Η μέτρηση αυτή έγινε από τον Ερατοσθένη χρησιμοποιώντας ένα πολύ απλό μοντέλο για τη Γη και τον Ήλιο σύμφωνα με το οποίο:

α) η Γη είναι σφαιρική σύμφωνα με τις παρατηρήσεις της σκιάς της Γης επάνω στη Σελήνη κατά τις εκλείψεις της Σελήνης και τον τρόπο που χάνεται στον ορίζοντα ένα πλοίο που απομακρύνεται από το λιμάνι, και

β) ο Ήλιος βρίσκεται σε άπειρη απόσταση έτσι ώστε οι ακτίνες του που φτάνουν στη Γη είναι μεταξύ τους παράλληλες.

Ο Ερατοσθένης παρατήρησε ότι στην πόλη Συήνη της Αιγύπτου (σημερινό Ασουάν) που βρίσκεται πάνω στον τροπικό του Καρκίνου, κατά το θερινό ηλιοστάσιο ο ήλιος βρισκόταν κατακόρυφα πάνω από την πόλη έτσι ώστε σε ένα κατακόρυφο πηγάδι τα τοιχώματα του πηγαδιού δεν έκαναν καθόλου σκιά στο νερό. Στην Αλεξάνδρεια όμως, κατά το θερινό ηλιοστάσιο οι ακτίνες του ήλιου δεν έπεφταν κατακόρυφα και τα αντικείμενα είχαν σκιά. Μετρώντας το μέγεθος της σκιάς ενός οβελίσκου και το ύψος του οβελίσκου το μεσημέρι της ημέρας του θερινού ηλιοστασίου στην Αλεξάνδρεια, ο Ερατοσθένης μπόρεσε να υπολογίσει ότι οι ακτίνες του Ήλιου έπεφταν εκείνη τη στιγμή με γωνία $7,2^\circ$.



Στη συνέχεια, από την αναλογία:

$$\frac{\text{Απόσταση Συήνης - Αλεξάνδρειας}}{\text{Περιφέρεια της Γης}} = \frac{7,2^\circ}{360^\circ}$$

μπόρεσε να υπολογίσει την περιφέρεια της Γης και την ακτίνα της, αφού μετρήθηκε η απόσταση Συήνης-Αλεξάνδρειας από ειδικούς βαδιστές και βρέθηκε περίπου 805 Km.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, πόση είναι η περιφέρεια της Γης και πόση η ακτίνα της, όπως τη μετρήσε ο Ερατοσθένης;

Περιφέρεια της Γης: 40250 km

Ακτίνα της Γης: 6406 km

Ποιες είναι οι σήμερα αποδεκτές τιμές;

Περιφέρεια της Γης: 40074 km

Ακτίνα της Γης: 6378 km



Μέτρηση-δραστηριότητες

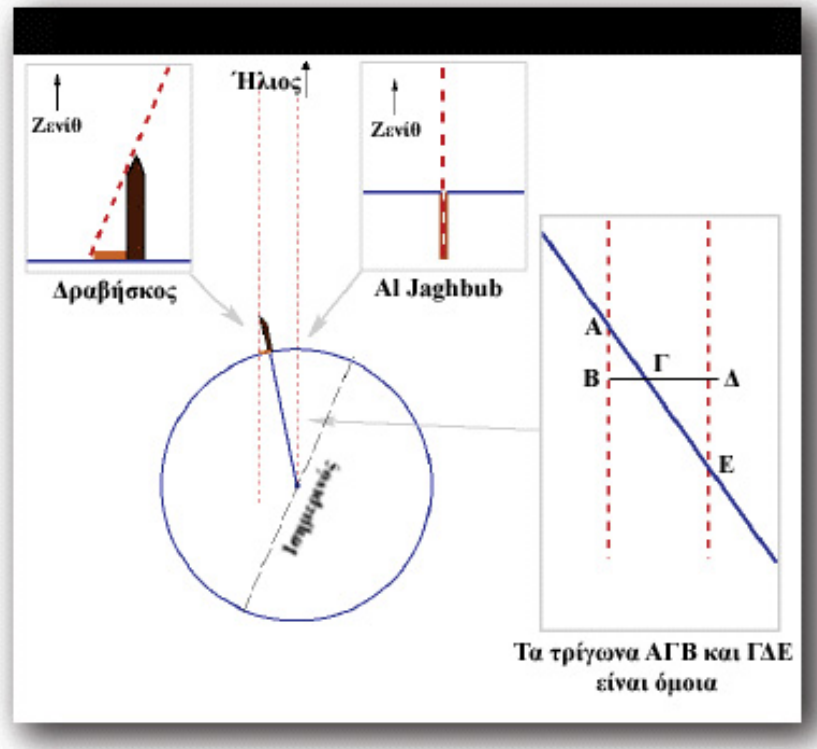
Στη Λιβική Σαχάρα, στην οάση Al Jaghbub υπάρχει ένα πηγάδι με νερό, στο οποίο έχει παρατηρηθεί ότι κάθε χρόνο, την ημέρα του θερινού ηλιοστασίου, το φως του Ήλιου πέφτει ίσια στο πηγάδι χωρίς να δημιουργούνται σκιές από τα τοιχώματά του. Την ίδια ημέρα τυχαίνει να βρίσκεσαι στο Δραβήσκο και προκειμένου να επαναλάβεις τις

μετρήσεις του Ερατοσθένη φωτογραφίζεις ένα ξερό δέντρο με τη σκιά του ακριβώς τη στιγμή που ο ήλιος είναι πάνω από την όαση Al Jaghbub.

Από τα όμοια τρίγωνα ΑΒΓ και ΓΔΕ βρίσκουμε ότι ισχύει η αναλογία:

$$\frac{\text{Ύψος δένδρου}}{\text{μήκος σκιάς}} = \frac{\text{Ακτίνα Γης}}{\text{Απόσταση Δραβήσκου-Al Jaghbub}}$$

όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα.



Με ένα χάρακα μετρήστε στη φωτογραφία το μήκος του κορμού του δέντρου και το μήκος της σκιάς του.

Ύψος κορμού δέντρου: **7cm**

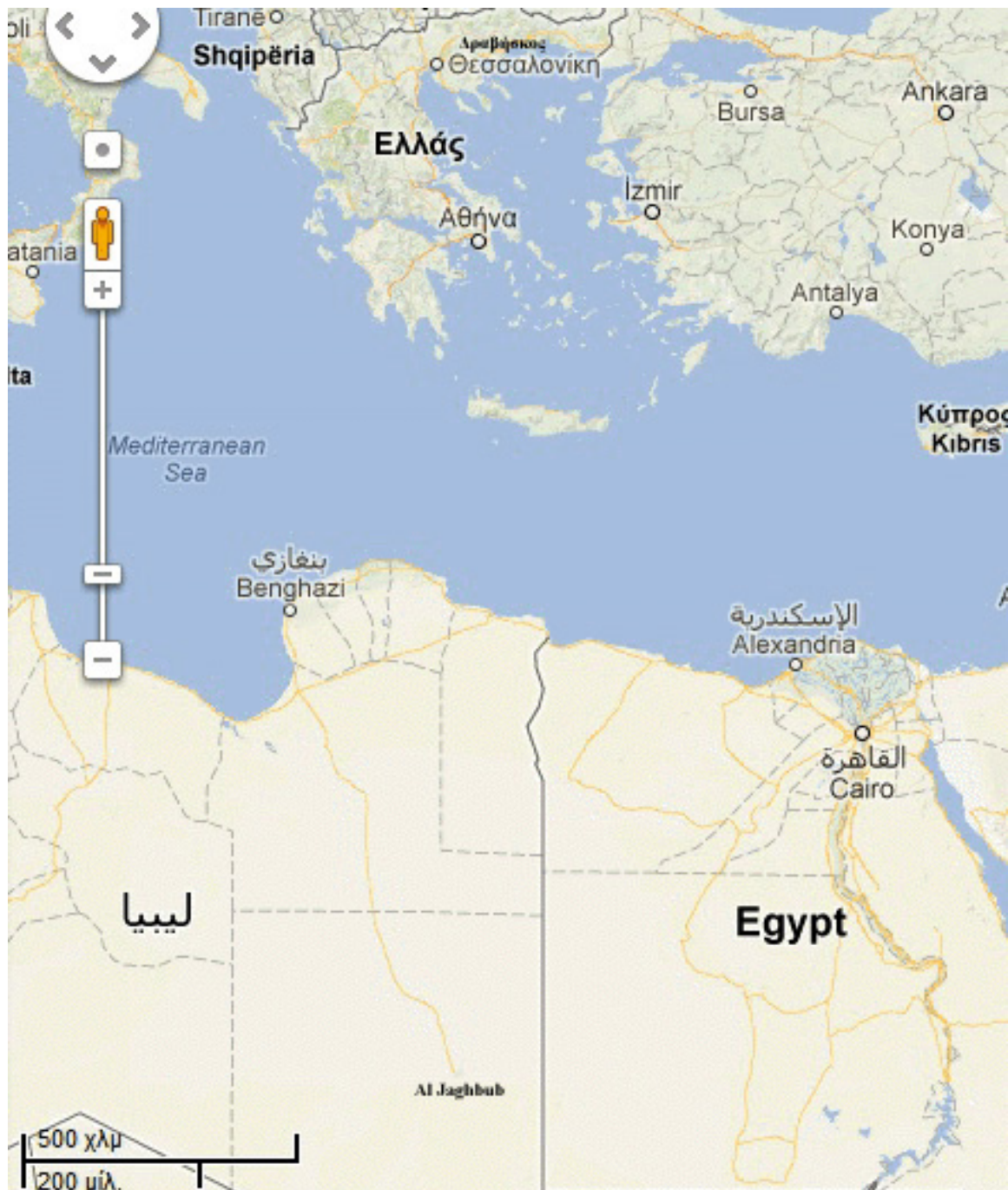
Μήκος σκιάς δέντρου: **2cm**

Προκειμένου να εκτιμήσετε την απόσταση Δραβήσκου-Al Jaghbub μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα χάρτη από το Διαδίκτυο, όπως ο παρακάτω. Σε αυτόν μετρήστε με ένα χάρακα την απόσταση των δύο τόπων σε cm και στη συνέχεια, με τη βοήθεια της κλίμακας του χάρτη, μετατρέψτε τη μέτρησή σας σε km.

Απόσταση Δραβήσκου – Al Jaghbub στο χάρτη σε cm: **13.4 cm**

Μήκος σε cm των 500 km σύμφωνα με την κλίμακα: **3.5 cm**

Απόσταση Δραβήσκου – Al Jaghbub σε ευθεία γραμμή σε km: 1914 km

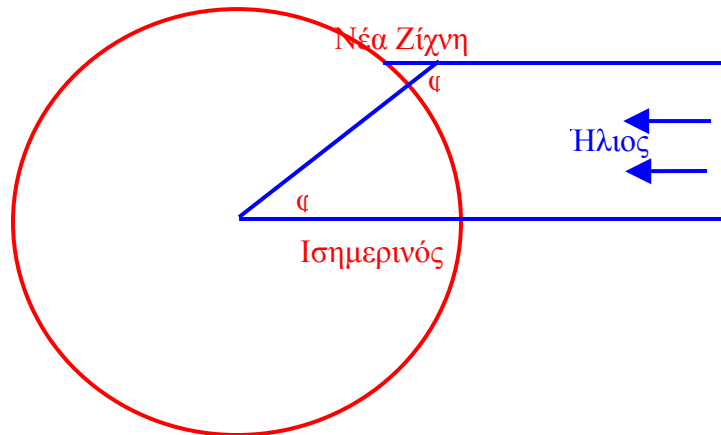


Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μετρήσεις σας υπολογίστε την ακτίνα της Γης:

Ακτίνα της Γης: 6699 km

Πόσο σφάλμα έχετε κάνει σε σχέση με την αποδεκτή τιμή; **5%**

Ένας άλλος τρόπος για να κάνουμε την ίδια μέτρηση είναι να αξιοποιήσουμε την παρατήρηση ότι την ημέρα της εαρινής ισημερίας η διάρκεια της ημέρας είναι ίδια με τη διάρκεια της νύχτας. Αυτό συμβαίνει επειδή το μεσημέρι της ημέρας αυτής ο ήλιος είναι ακριβώς επάνω από τον ισημερινό. Μετρώντας τότε τη γωνία με την οποία πέφτουν οι ακτίνες του ήλιου στη Νέα Ζίχνη έχουμε μία απευθείας μέτρηση του γεωγραφικού πλάτους της Νέας Ζίχνης, όπως φαίνεται από το παρακάτω σχήμα.



Το μεσημέρι της εαρινής ισημερίας (13.00 μ.μ. τοπική ώρα στις 20 Μαρτίου 2013) μετράμε το ύψος ενός μεταλικού ραβδιού και στη συνέχεια το τοποθετούμε κατακόρυφα στην αυλή του σχολείου μας και μετράμε τη σκιά του. Καταγράψτε τις μετρήσεις σας:

Ύψος μεταλικού ραβδιού: **79.2 cm**

Μήκος σκιάς: **68.9 cm**

Χρησιμοποιώντας τριγωνομετρία (ή κατασκευάζοντας ένα ορθογώνιο τρίγωνο και μετρώντας τις γωνίες του) βρίσκουμε τη γωνία με την οποία πέφτουν οι ηλιακές ακτίνες είναι στη Νέα Ζίχνη και επομένως και το γεωγραφικό πλάτος της Νέας Ζίχνης. Καταγράψτε τα ευρήματά σας:

$$\varphi = 41.022^\circ$$

Με τη βοήθεια λογισμικών όπως το Google Earth βρίσκουμε το γεωγραφικό πλάτος του Λυκείου της Νέας Ζίχνης. Πόσο είναι;

$$\varphi = 41.027^\circ$$

Πόσο είναι το σφάλμα της μέτρησής σας για το γεωγραφικό πλάτος της Νέας Ζίχνης;

Σφάλμα: **0.01%**

Από αυτή τη μέτρηση μπορούμε να υπολογίσουμε την περιφέρεια της Γης, καθώς:

$$\frac{\text{Απόσταση Νέας Ζίχνης - Ισημερινού}}{\text{Περιφέρεια της Γης}} = \frac{41.022}{360}$$

Χρησιμοποιήστε το Google Earth για να μετρήσετε την απόσταση της Νέας Ζίχνης από τον Ισημερινό.

Απόσταση Νέας Ζίχνης – Ισημερινού: **4543.6 km**

Περιφέρεια της Γης: **39874 km**

Ακτίνα της Γης: **6346 km**

Σφάλμα μέτρησης: **0.5%**

Πρόκειται για μία πάρα πολύ ακριβή μέτρηση!

Το μέγεθος και η απόσταση της Σελήνης

Για να μετρήσουμε το μέγεθος της Σελήνης θα χρησιμοποιήσουμε παρατηρήσεις από Σεληνιακές εκλείψεις, όπως έκανε ο Αρίσταρχος. Ο Αρίσταρχος μετρήσε το χρόνο που χρειαζόταν η Σελήνη για να διέλθει από τη σκιά της Γης κατά τη διάρκεια μιας ολικής έκλειψης Σελήνης και σύγκρινε αυτό το χρόνο με το χρόνο που χρειάζεται η Σελήνη για να μετακινηθεί στο νυχτερινό ουρανό κατά μία διάμετρό της. Βρήκε ότι ο λόγος αυτών των χρόνων ήταν περίπου 8/3 και επομένως, αν ο Ήλιος ήταν σε άπειρη απόσταση και οι ακτίνες του ταξίδευαν παράλληλα η μία με την άλλη, τόσο μεγαλύτερη είναι και η διάμετρος της Γης από τη διάμετρο της Σελήνης. Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις του Αρίσταρχου πόση είναι η ακτίνα της Σελήνης;

Ακτίνα της Σελήνης: **2380 km**

Ποια είναι σήμερα η αποδεκτή τιμή; **3476 km**

Που νομίζετε ότι οφείλονται τα πιθανά σφάλματα;

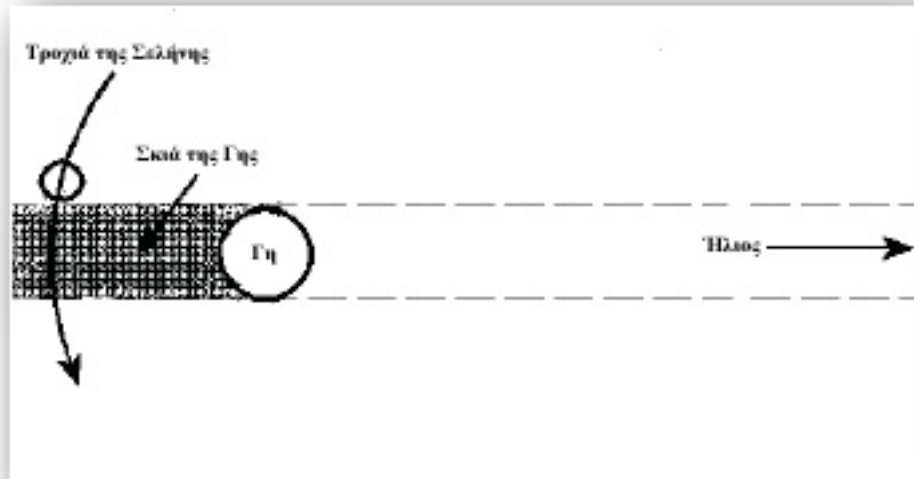
Ο Ήλιος δε βρίσκεται σε άπειρη απόσταση από τη Γη και οι ακτίνες του που φθάνουν στη Γη δεν είναι παράλληλες μεταξύ τους. Επομένως το μοντέλο του Αρίσταρχου πρέπει να διορθωθεί.

Το μοντέλο που χρησιμοποίησε ο Αρίσταρχος για την εκτίμηση της ακτίνας της Σελήνης περιείχε τα εξής στοιχεία:

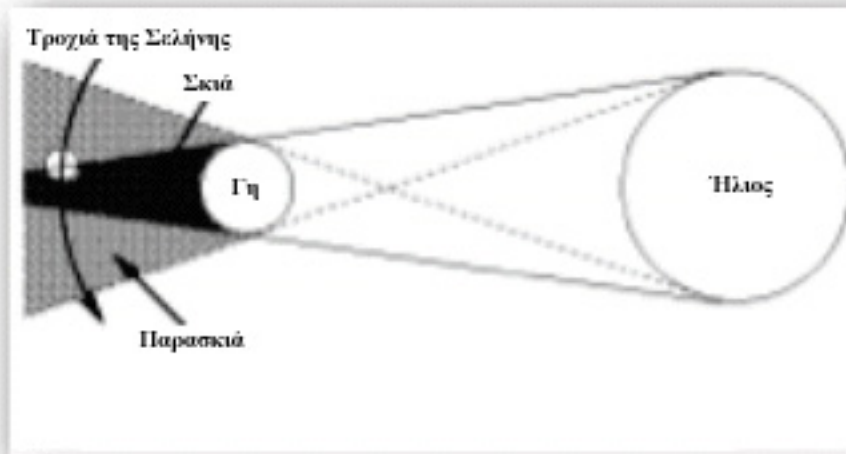
α) η Γη είναι σφαιρική

β) ο Ήλιος βρίσκεται σε άπειρη απόσταση από τη Γη και οι ακτίνες του όταν φτάνουν στη Γη είναι παράλληλες ή μία από την άλλη

γ) η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη Γη έτσι ώστε να βρίσκεται κάποια στιγμή στη σκιά της Γης και να συμβαίνουν εκλείψεις Σελήνης και περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα



Στην πραγματικότητα όμως ο Ήλιος δε βρίσκεται σε άπειρη απόσταση και οι ακτίνες του δεν είναι εντελώς παράλληλες. Μία καλύτερη απεικόνιση μίας έκλειψης της Σελήνης δίνεται από το παρακάτω σχήμα και όπως φαίνεται σε αυτό, η απόσταση που καλύπτει η Σελήνη όταν βρίσκεται στη σκιά της Γης είναι μικρότερη από τη διάμετρο της Γης:



Προκειμένου να εκτιμήσουμε το μήκος της σκιάς της Γης σε σχέση με τη διάμετρο της Γης αρκεί να μετρήσουμε το μήκος της σκιάς ενός κυκλικού μεταλλικού νομίσματος όταν το κρατάμε στην κατάλληλη απόσταση από το μάτι μας ώστε να κρύβει ακριβώς τον ηλιακό δίσκο. Επειδή όμως αυτή η παρατήρηση είναι επικίνδυνη για τα μάτια μας,

καταφεύγουμε σε μια παρόμοια παρατήρηση για τη Σελήνη, καθώς, όπως είχαν παρατηρήσει και οι αρχαίοι Έλληνες και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, η Σελήνη και ο Ήλιος καλύπτουν την ίδια έκταση στον ουρανό και φαίνονται από έναν παρατηρητή στη Γη με την ίδια γωνία.



Αν λοιπόν θελήσουμε να κρατήσουμε ένα νόμισμα π.χ. των 2 λεπτών, με διάμετρο περίπου 1,9 cm, μπροστά από το μάτι μας σε απόσταση τέτοια που να κρύβεται ακριβώς ο δίσκος της Σελήνης θα παρατηρήσουμε ότι απαιτείται να τοποθετήσουμε το νόμισμα αυτό σε απόσταση περίπου 2 μέτρων και 5 εκατοστών (2,05 cm). Με άλλα λόγια, ο λόγος της απόστασης του νομίσματος προς τη διάμετρό του είναι

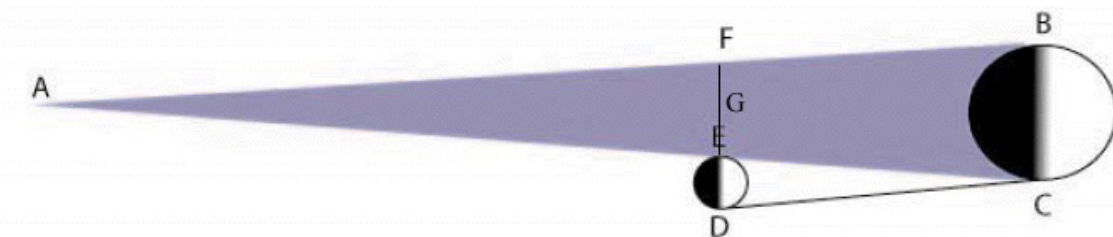
$$\frac{\text{Μήκος σκιάς νομίσματος}}{\text{Διάμετρος νομίσματος}} = \frac{205 \text{ cm}}{1,9 \text{ cm}} \cong 108$$

Είναι φανερό ότι ο ίδιος λόγος ισχύει και για τη σκιά της Γης που σχηματίζεται από τον Ήλιο, όπως και για τη σκιά της Σελήνης που σχηματίζεται από τον Ήλιο. Επομένως, το μήκος της σκιάς της Γης είναι ίσο με

$$\text{Μήκος σκιάς Γης} = 108 \times \text{Διάμετρος της Γης}$$

Η Γη όμως βρίσκεται περίπου στην κορυφή του μήκους της σκιάς της Σελήνης όπως φαίνεται κατά τις εκλείψεις του Ήλιου και επομένως το μήκος της σκιάς της Σελήνης είναι ίσο και με τη μέση απόσταση Γης-Σελήνης. Άρα:

$$\frac{\text{Μήκος σκιάς Σελήνης}}{\text{Διάμετρος Σελήνης}} = \frac{\text{Απόσταση Γης-Σελήνης}}{\text{Διάμετρος Σελήνης}} \cong 108$$



Όπως όμως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα, όπου τα ισοσκελή τρίγωνα AFE και ABC είναι όμοια, ο λόγος της απόστασης AG προς την απόσταση FE είναι επίσης ίδιος. Άρα:

$$\frac{AG}{FE} \cong 108$$

και επειδή το ύψος της σκιάς της Γης ισούται με το μήκος AG συν την απόσταση Γης-Σελήνης, βρίσκουμε:

$$\text{Μήκος σκιάς Γης} = AG + \text{απόσταση Γης-Σελήνης} = 108 \times FE + 108 \times \text{Διάμετρος Σελήνης}$$

ή

$$108 \times \text{Διάμετρος Γης} = 108 \times (FE + \text{Διάμετρος Σελήνης})$$

ή

$$\underline{\text{Διάμετρος της Γης} = FE + \text{Διάμετρος της Σελήνης}}$$

Με μέτρηση επομένως της ποσότητας που μέτρησε και ο Αρίσταρχος και χρησιμοποιώντας ένα πιο ρεαλιστικό μοντέλο μπορούμε να υπολογίσουμε τη διάμετρο της Σελήνης. Προκειμένου να μετρήσουμε το μήκος FE σε σχέση με τη διάμετρο της Σελήνης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μία φωτογραφία μίας ολικής έκλειψης Σελήνης, όπως η παρακάτω. Σε αυτήν αρκεί να εκτιμήσουμε από τη σκιά της Γης επάνω στην επιφάνεια της Σελήνης, πόση είναι η διάμετρος της σκιάς της Γης σε σχέση με της Σελήνης. Αυτό είναι και το μήκος FE σε διαμέτρους Σελήνης.

Πόσο μεγάλη (σε cm) είναι η διάμετρος της Σελήνης στη φωτογραφία;

Διάμετρος Σελήνης: **8.2 cm**

Σχεδιάστε μία γραμμή στα όρια της σκιάς της Γης επάνω στη Σελήνη. Στη συνέχεια σχεδιάστε τον κύκλο του οποίου τόξο αποτελεί αυτή η γραμμή. Πόση είναι η διάμετρός του (σε cm);

Διάμετρος σκιάς της Γης: **20.5 cm**



Πόσες φορές μεγαλύτερη είναι αυτή η διάμετρος από τη διάμετρο της Σελήνης που μετρήσατε προηγουμένως;

Μήκος FE (σε διαμέτρους Σελήνης): **2.5**

Χρησιμοποιώντας τώρα την ακτίνα της Γης που μετρήσατε προηγουμένως, πόση είναι η διάμετρος της Σελήνης (σε km);

Διάμετρος της Σελήνης: **3626 km**

Ακτίνα της Σελήνης: **1813 km**

Πόσο σφάλμα έχετε κάνει σε σχέση με την αποδεκτή τιμή; **4.3%**

Από τις παραπάνω σχέσεις και την τιμή της διαμέτρου της Σελήνης μπορείτε τώρα να εκτιμήσετε και την απόσταση Γης-Σελήνης, όπως είχε κάνει και ο Αρίσταρχος. Πόση είναι αυτή η απόσταση;

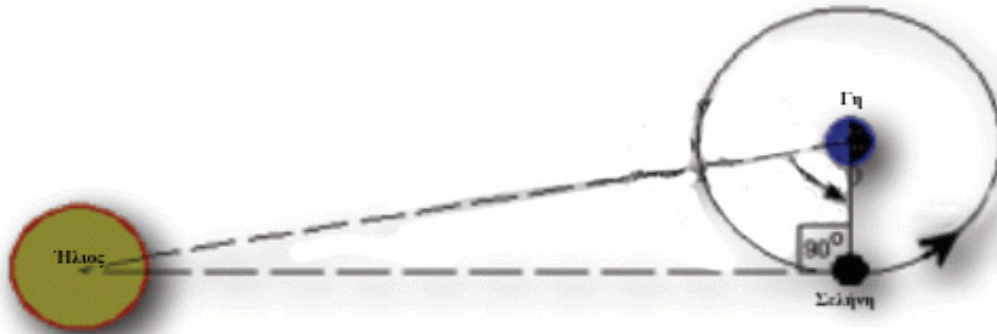
Απόσταση Γης-Σελήνης: **391608 km**

Ποια είναι σήμερα η μέση αποδεκτή τιμή; **384400 km**

Πόσο σφάλμα έχετε κάνει σε σχέση με την αποδεκτή τιμή; **1.9%**

Το μέγεθος και η απόσταση του Ήλιου

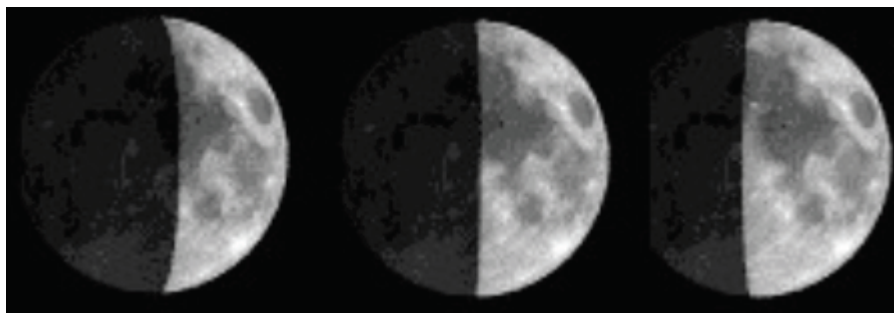
Ο Αρίσταρχος βρήκε επίσης μία μέθοδο για να υπολογίσει και την απόσταση της Γης από τον Ήλιο. Αυτή βασίζεται στην παρατήρηση ότι όταν η Σελήνη βρίσκεται στη φάση του πρώτου ή του τέταρτου τεταρτού, η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στον Ήλιο τη τη Σελήνη και τη Γη με κορυφή τη Σελήνη είναι ορθή, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα:



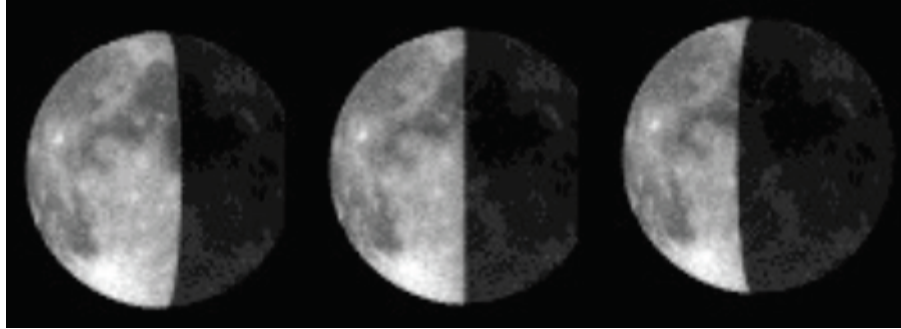
Επομένως, το μοντέλο που χρησιμοποιείται τώρα περιέχει τα εξής στοιχεία:

- α) η Γη είναι σφαιρική
- β) ο Ήλιος βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τη Γη αλλά όχι άπειρη, έτσι ώστε οι ακτίνες του όταν φτάνουν στη Γη δεν είναι πλέον παράλληλες μεταξύ τους
- γ) η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη Γη

Μετρώντας τότε τη γωνία Ήλιου-Γης-Σελήνης με κορυφή τη Γη και γνωρίζοντας την απόσταση Γης-Σελήνης, μπορούμε να εκτιμήσουμε την απόσταση Γης-Ήλιου. Βέβαια, η γωνία αυτή είναι πολύ κοντά στις 90 μοίρες και οποιαδήποτε απόκλιση είναι δύσκολο να μετρηθεί. Επιπλέον, μία άλλη δυσκολία πηγάζει και από την ακριβή εκτίμηση της ώρας που η φάση της Σελήνης είναι στο πρώτο ή το τρίτο τέταρτο, όπως φαίνεται και από τις παρακάτω εικόνες:



για το πρώτο τέταρτο



για το τρίτο τέταρτο

Ο Αρίσταρχος μέτρησε τη γωνία περίπου ίση με 87° , μία μέτρηση με αρκετά μεγάλο σφάλμα. Μεταγενέστερες μετρήσεις από άλλους Έλληνες φιλοσόφους βρήκαν τη γωνία αυτή να είναι περίπου $89,5^\circ$, ενώ πιο ακριβείς σύγχρονες μετρήσεις δίνουν την τιμή $89,853^\circ$. Επομένως, σύμφωνα και με το παραπάνω σχήμα

$$\text{συνφ} = \frac{\text{Απόσταση Γης-Σελήνης}}{\text{Απόσταση Γης-Ήλιου}}$$

και άρα, χρησιμοποιώντας την απόσταση Γης-Σελήνης που υπολογίσατε παραπάνω και την πιο ακριβή μέτρηση της γωνίας ϕ , πόσο βρίσκεται την απόσταση ανάμεσα στον Ήλιο και τη Γη;

Απόσταση Γης-Ήλιου: **152635621 km**

Μόλις μετρήσατε το μέγεθος της Αστρονομικής Μονάδας!

Ποια είναι σήμερα η αποδεκτή τιμή; **149600000 km**

Πόσο σφάλμα έχετε κάνει σε σχέση με την αποδεκτή τιμή; **2%**

Γνωρίζουμε, όπως είπαμε παραπάνω και φαίνεται και από την εικόνα της έκλειψης του Ήλιου, ότι η γωνία με την οποία φαίνεται ο Ήλιος από τη Γη είναι ίδια με αυτή με την οποία φαίνεται και η Σελήνη από τη Γη. Επομένως, και ο λόγος της απόστασης Γης-Ήλιου προς τη διάμετρο του Ήλιου ισούται με το λόγο της απόστασης Γης-Σελήνης προς τη διάμετρο της Σελήνης:

$$\frac{\text{Απόσταση Γης-Ήλιου}}{\text{Διάμετρος Ήλιου}} = \frac{\text{Απόσταση Γης-Σελήνης}}{\text{Διάμετρος Σελήνης}} \cong 108$$

Από την παραπάνω σχέση μπορείτε πλέον να υπολογίσετε τη διάμετρο και την ακτίνα του Ήλιου. Πόσο βρίσκεται ότι είναι;

Διάμετρος του Ήλιου: **1413292 km**

Ακτίνα του Ήλιου: **706646 km**

Μόλις μετρήσατε την ακτίνα ενός αστεριού!

Ποια είναι σήμερα η αποδεκτή τιμή; 696600 km

Πόσο σφάλμα έχετε κάνει; 1.5%

Βιβλιογραφία

Η παραπάνω παρουσίαση χρησιμοποιεί τη δομή και στοιχεία από την παρουσίαση του Michael Fowler, “Galileo and Einstein”, Text for Physics 109, U Va Physics, 21 Aug. 2009