

## **Το πιο κοντινό μας αστέρι**



**Οι μαθητές υπολογίζουν την Αστρονομική Μονάδα όπως οι επιστήμονες του 18ου αιώνα, χρησιμοποιώντας τη διάβαση της Αφροδίτης που συνέβη το 2004.**

**Μαρία Παναγοπούλου  
Ελληνογερμανική Αγωγή**

# Δεδομένα εκπαιδευτικού

## Γενικές πληροφορίες

Τίτλος: Το πιο κοντινό μας αστέρι!

Σύντομη περιγραφή: Οι μαθητές υπολογίζουν την Αστρονομική Μονάδα όπως οι επιστήμονες του 18ου αιώνα, χρησιμοποιώντας τη διάβαση της Αφροδίτης που συνέβη το 2004.

Λέξεις κλειδιά: Αστρονομική Μονάδα, διάβαση Αφροδίτης, παράλλαξη, μονάδες μέτρησης, απόσταση, διάστημα, Ήλιος

## Εκπαιδευτικό Περιεχόμενο

Πλαίσιο: Οι μαθητές υπολογίζουν την Αστρονομική μονάδα χρησιμοποιώντας φωτογραφίες από τη διάβαση της Αφροδίτης που συνέβη το 2004. Μαθαίνουν τις τρεις διαφορετικές μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες για το Διάστημα και μελετούν τη μέθοδο της παράλλαξης. Συζητούν για τη βελτίωση της τεχνολογίας και τη συνεισφορά της στη πρόοδο της Επιστήμης, για τα πειραματικά σφάλματα και την σημασία της συνεργασίας στην Επιστήμη. Ανακεφαλαιώνουν και αξιολογούν τις μεθόδους και τα εργαλεία που χρησιμοποίησαν.

Ηλικία: 15-18

Προαπαιτούμενα: τριγωνομετρία, βασικές πληροφορίες για το Ηλιακό Σύστημα

Επίπεδο Δυσκολίας: 3

Διάρκεια: 3-4 διδακτικές ώρες

Σύνδεση με το Αναλυτικό Πρόγραμμα: Β' Λυκείου Φυσική Γενικής Παιδείας: Η προσέγγιση της Γεωμετρικής Οπτικής, Β' Γυμνασίου Μαθηματικά: Τριγωνομετρία, Β' Λυκείου Μαθηματικά Γενικής Παιδείας: Τριγωνομετρία

## Εκπαιδευτικοί στόχοι

### Γνωστικοί

- Να γνωρίζουν τις τρεις βασικές μονάδες μέτρησης αποστάσεων στην Αστρονομία.
- Να γνωρίζουν τον τρόπο με τον οποίο ορίστηκε καθεμία από αυτές.
- Να γνωρίζουν πώς οι αστρονόμοι χρησιμοποιούν τη μέθοδο της παράλλαξης για να υπολογίσουν αποστάσεις.
- Να ξέρουν τι είναι η διάβαση της Αφροδίτης και γιατί δεν συμβαίνει συχνά.
- Να μάθουν πώς οι επιστήμονες του 18ου αιώνα κατάφεραν να υπολογίσουν την αστρονομική μονάδα.
- Να εξοικειωθούν με τη κλίμακα των αποστάσεων στο σύμπαν.
- Να αναγνωρίσουν τη δυνατότητα προσαρμογής μίας επιστημονικής μεθόδου σε διαφορετικές περιπτώσεις.
- Να μάθουν ότι η ύπαρξη σφαλμάτων σε ένα πείραμα/μέτρηση είναι μέρος της διαδικασίας.

### Συναισθηματικοί

- Να συνειδητοποιήσουν τη σημασία της συνεργασίας στην επιστήμη.
- Να κατανοήσουν τη σημασία της εξέλιξης της τεχνολογίας για τη σύγχρονη επιστήμη.

### Ψυχοκινητικοί

- Να μπορούν να χρησιμοποιήσουν έναν ψηφιακό χάρακα που μετράει σε pixel.

## Πρόκληση ενδιαφέροντος και διατύπωση ερωτημάτων

Έχετε σίγουρα παρασυρθεί κάποια στιγμή από την ομορφιά του έναστρου ουρανού. Τη νύχτα αν κοιτάξουμε ψηλά μπορούμε να δούμε πολλά αστέρια και ουράνια αντικείμενα.

Ποιο αστέρι είναι όμως πιο κοντά σε εμάς;



Picture of the night sky from the archeological site of Olympia (©Dr. Kosmas Gazeas, [source](#))

Μα φυσικά ο Ήλιος! Είναι τόσο κοντά που το φως του δεν μας επιτρέπει να δούμε άλλα αστέρια κατά τη διάρκεια της ημέρας...

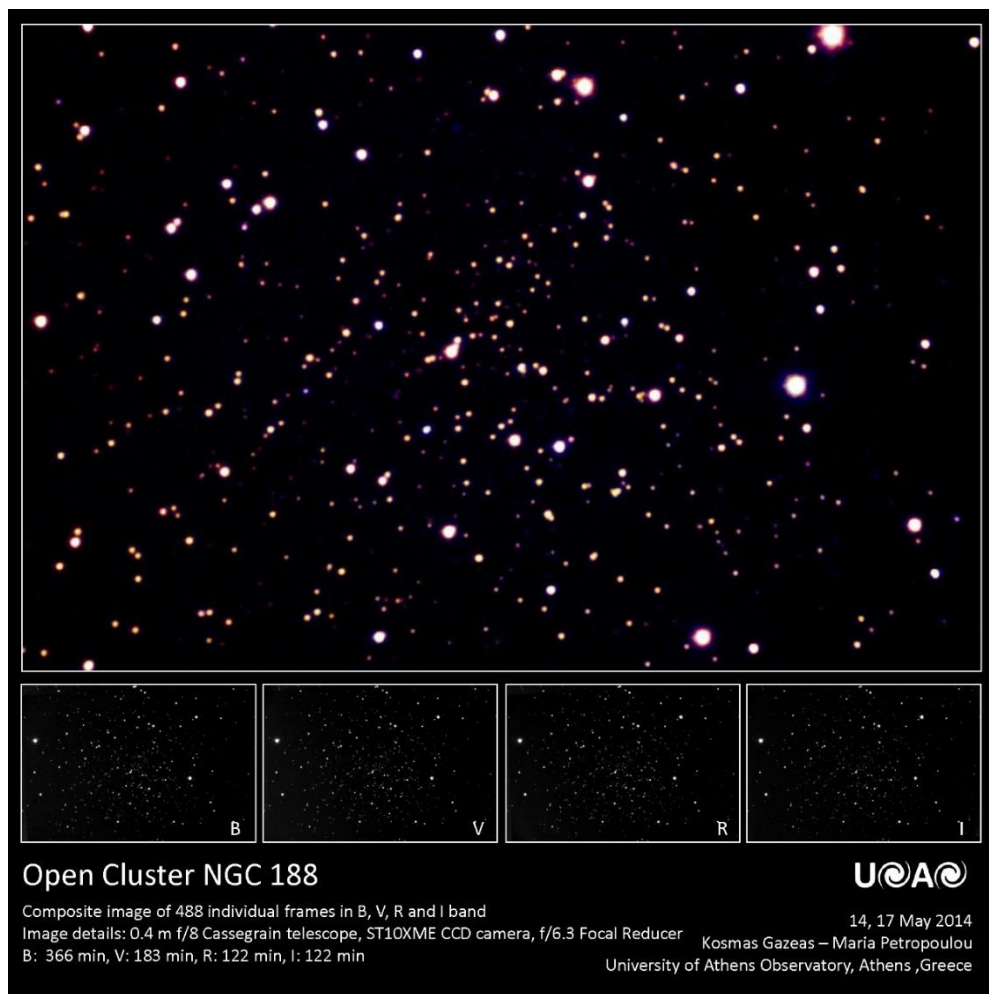


Sunshine (©Hannes Thaller, [source](#))

Πόσο κοντά είναι ο Ήλιος στη Γη και τι σημαίνει κοντά όταν μιλάμε για αποστάσεις στο διάστημα; Πόσο μακριά είναι τα άλλα αστέρια που βλέπουμε στον ουρανό; Γράψτε τις ιδέες σας.

Πώς θα μπορούσαμε να μετρήσουμε πόσο μακριά είναι ο Ήλιος;

Αν ψάξετε στο διαδίκτυο πόση είναι η απόσταση ενός αστεριού από τη Γη θα βρείτε σίγουρα την απάντηση. Πώς όμως την υπολογίζουν οι επιστήμονες; Έχουν μόνο φωτογραφίες του ουρανού.



### Παράλλαξη

Εντόπισε ένα αντικείμενο στο δωμάτιο που βρίσκεσαι. Σήκωσε τεντωμένο το χέρι σου και βάλε τον αντίχειρά σου μπροστά από το αντικείμενο όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα. Παρατήρησε τι υπάρχει πίσω από τον αντίχειρά σου κλείνοντας τότε το δεξί και τότε το αριστερό σου μάτι.

Τι παρατηρείς; Το αντικείμενο που είχες επιλέξει αρχικά παραμένει στην ίδια θέση όταν κοιτάς από διαφορετικό μάτι;



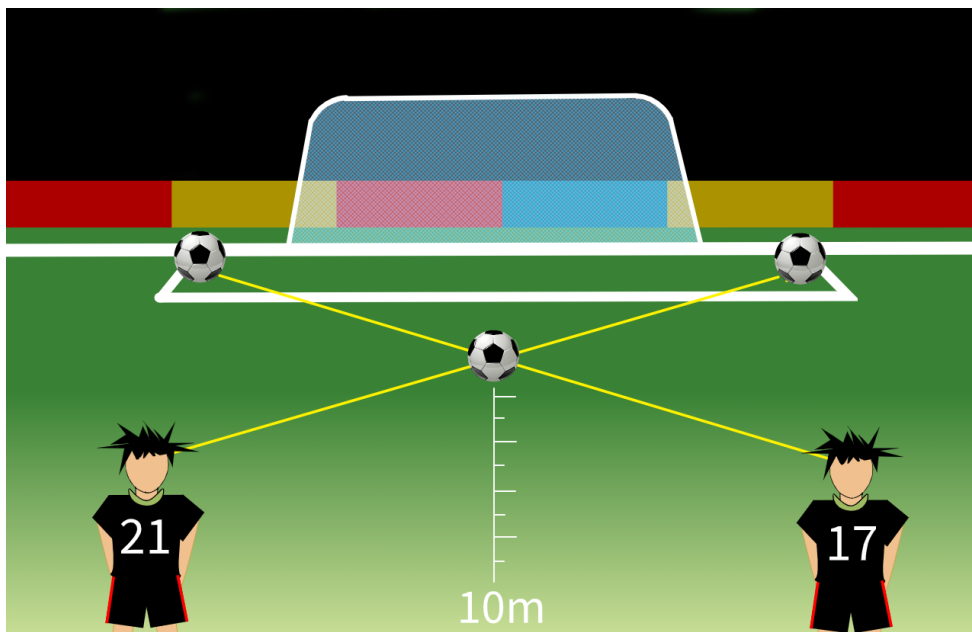
Parallax thumb activity (©NASA, [source](#))

Το φαινόμενο που παρατήρησες λέγεται **παράλλαξη** και χρησιμοποιείται από τους Αστρονόμους για να μετρήσουν αποστάσεις στο Διάστημα.

Επανάλαβε τη διαδικασία με ένα αντικείμενο που βρίσκεται μακριά σου (εντόπισε ένα μακρινό αντικείμενο από το παράθυρο). Τι παρατηρείς; Δεν υπάρχει φαινόμενο της παράλλαξης και επομένως δε μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για να μετρήσουμε την απόσταση.

Για να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη μέθοδο για μακρινό αντικείμενο πρέπει τα δύο σημεία παρατήρησης να απέχουν περισσότερο. Επειδή όμως η απόσταση των ματιών μας είναι συγκεκριμένη και δεν μπορούμε να την αλλάξουμε πρέπει να σκεφτούμε κάτι άλλο

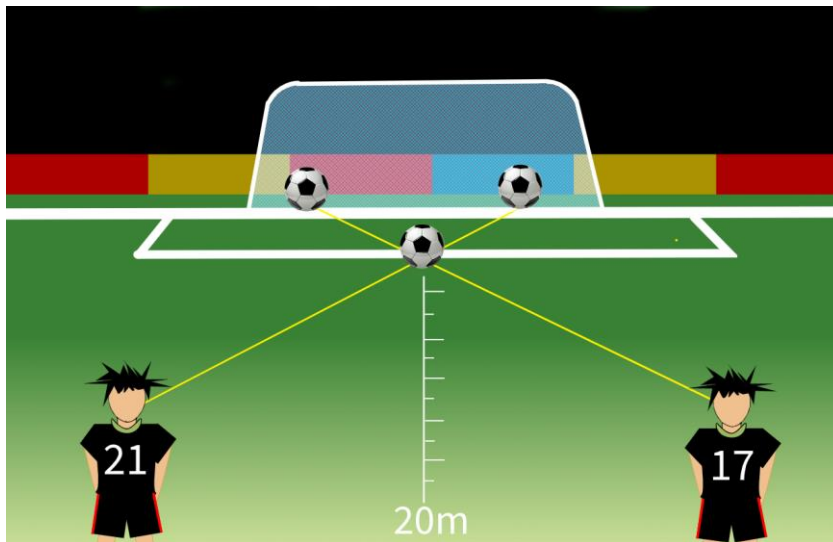
Ας δούμε ένα παράδειγμα. Ένας παίκτης ποδοσφαίρου βλέπει τη μπάλα η οποία βρίσκεται 10 μέτρα μακριά του. Αν κοιτάξει τη μπάλα με το αριστερό ή το δεξί του μάτι η θέση της μπάλας σε σχέση με το τέρμα πίσω της δεν θα αλλάξει. Η απόσταση των σημείων παρατήρησης (των δύο ματιών) είναι πολύ μικρή.



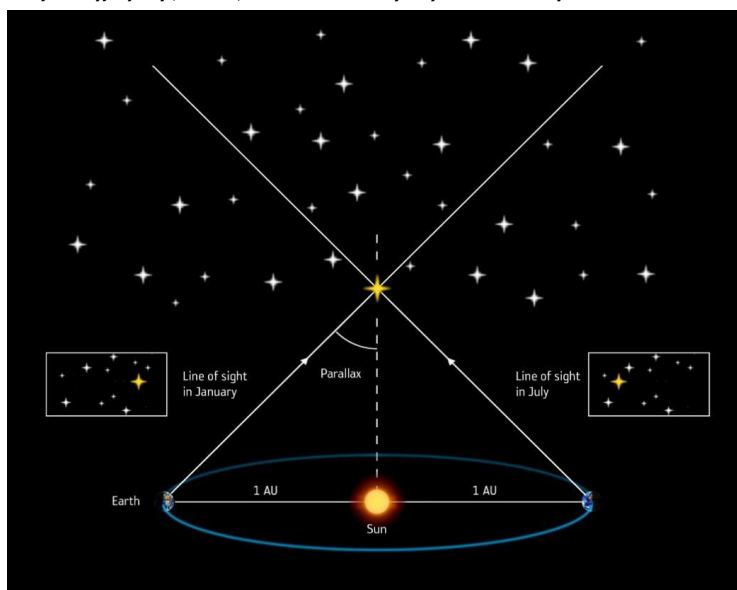
Ένας παίκτης που βρίσκεται όμως στα δεξιά του σε απόσταση δύο μέτρων βλέπει τη μπάλα σε διαφορετική σχετική θέση. Άρα αν αυξήσουμε την απόσταση ανάμεσα στα σημεία παρατήρησης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη παράλλαξη και για πιο μακρινά αντικείμενα.

Μπορείτε να φανταστείτε τι θα γινόταν αν η μπάλα ήταν πιο μακριά από τους παίκτες; Φανταστείτε ότι κοιτάτε το γήπεδο από πάνω και σχεδιάστε τους ποδοσφαιριστές και τη μπάλα. Να κάνετε ένα δεύτερο σχέδιο απομακρύνοντας τη μπάλα από τους παίκτες. Τι παρατηρείτε; Τι αλλάζει;

Κοιτάξτε και την παρακάτω εικόνα και συγκρίνετε. Τι παρατηρείτε; Σχετίζεται η απόσταση της μπάλας με την απόσταση που έχουν οι δύο σχετικές θέσεις της ως προς το τέρμα όπως παρατηρούνται από τους δύο παίκτες;



Οι Αστρονόμοι χρησιμοποιούν την ίδια μέθοδο για να υπολογίσουν την απόσταση ενός "κοντινού" αστεριού. Φανταστείτε ότι ο αντίχειράς σας ή η μπάλα είναι το αστέρι. Αν παρατηρήσετε το αστέρι από διαφορετικές θέσεις θα το δείτε σε διαφορετικές θέσεις σε σχέση με το πιο μακρινό του "φόντο" στον ουρανό. Όπως ακριβώς και με τη μπάλα. Αλλά οι επιστήμονες αντιμετώπισαν το ίδιο πρόβλημα με εσένα. Τα αστέρια είναι μακριά και πρέπει να παρατηρηθούν από θέσεις που απέχουν πολύ μεταξύ τους ώστε να αξιοποιηθεί η μέθοδος της παράλλαξης. Μπορείτε να υποθέσετε ποιες θέσεις παρατήρησης τους δίνουν αυτή τη δυνατότητα;



Μία επιλογή είναι να αξιοποιηθεί η κίνηση της Γης. Γνωρίζοντας τη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στις δύο θέσεις του αστεριού που παρατηρούνται, οι Αστρονόμοι μπορούν να υπολογίσουν την απόσταση του αστεριού χρησιμοποιώντας τριγωνομετρία. Η γωνία αυτή λέγεται γωνία παράλλαξης.

Measuring stellar distances by parallax (©ESA, [source](#)) (not in scale)

## Units

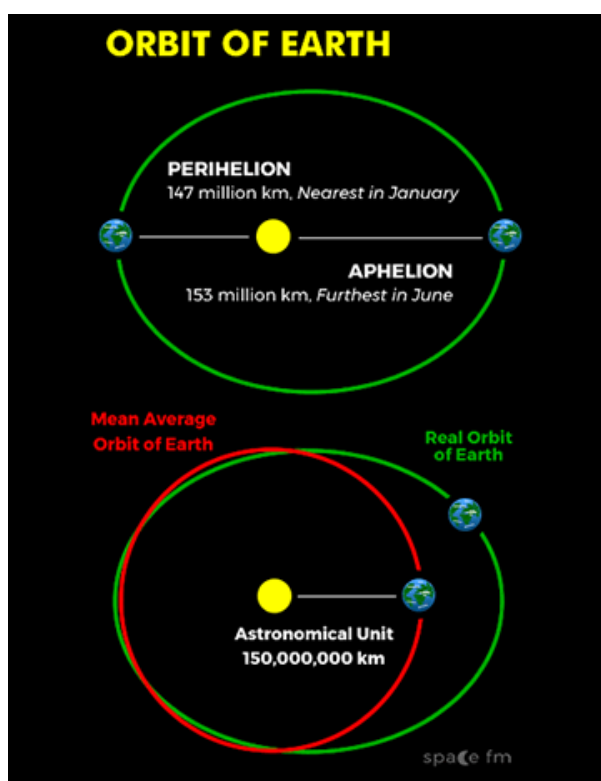
Ας σκεφτούμε λίγο πώς μετράμε αποστάσεις στη καθημερινότητά μας...Για παράδειγμα πώς θα μετρούσατε το μήκος ενός τραπεζιού; Σε τι μονάδες μέτρησης θα ήταν το αποτέλεσμα σας;

Αν θέλατε όμως να μετρήσετε μία μεγαλύτερη απόσταση; Σκεφτείτε πόσο μακριά είναι η κουζίνα από το σαλόνι στο σπίτι σας. Πόσο μακριά είναι το σπίτι σας από το σχολείο; Πόση απόσταση διανύσατε στο τελευταίο σας ταξίδι μέχρι να φτάσετε στο προορισμό σας; Χρησιμοποιείτε ακόμα την ίδια μονάδα μέτρησης με την αρχική;

Με τον ίδιο τρόπο οι Αστρονόμοι συνειδητοποίησαν ότι δεν είναι πρακτικό να μετράνε σε χιλιόμετρα τις αποστάσεις στο Διάστημα, ακόμα και τις μικρές μέσα στο Ηλιακό μας Σύστημα. Έτσι δημιούργησαν νέες μονάδες μέτρησης. Εσείς ποια απόσταση στο διάστημα θα ορίζατε ως μονάδα μέτρησης;

- Αστρονομική Μονάδα (A.M.)

Η Αστρονομική Μονάδα βασίστηκε στο Ηλιακό Σύστημα και είναι η **μέση** απόσταση του Ήλιου με τη Γη.



Astronomical unit (©space fm, [source](#)) (not in scale)



- Έτος φωτός

Η ανάγκη για μία ακόμα μονάδα μέτρησης προέκυψε όταν ο Friedrich Bessel υπολόγισε την απόσταση ενός κοντινού αστεριού (του 61 Cygni) ίση με 660.000 A.M.

Στα μακρινά αστέρια η χρήση της A.M. δεν θα ήταν πρακτική. Έτσι προέκυψε η μονάδα που λέγεται **ΕΤΟΣ** φωτός αλλά μετράει απόσταση.

Ισούται με την απόσταση που διανύει το φως σε έναν χρόνο και αντιστοιχεί σε 62.000 A.M.

$$U = \frac{dx}{dt} \rightarrow C = \frac{dx}{dt} = \frac{1 \text{ light year}}{1 \text{ year}} \rightarrow 1 \text{ light year} = C * 1 \text{ year}$$

$$= 300.000 \frac{\text{km}}{\text{s}} * 31.104.000\text{s} = 9.3 \text{ trillion km}$$

Επομένως ένα έτος φωτός είναι ίσο με 62.000 Αστρονομικές Μονάδες. Φανταστείτε ότι το φως από το πιο κοντινό μας αστέρι (τον Ήλιο) χρειάζεται μόνο 8 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα για να διασχίσει μία A.M. και να φτάσει στη Γη. Αυτό σημαίνει πως όταν κοιτάζουμε τον Ήλιο βλέπουμε το φως που εξέπεμψε 8 λεπτά πριν... Μπορούμε να δούμε το παρελθόν!

Κοιτάζοντας έναν γαλαξία που είναι εκατοντάδες έτη φωτός μακριά βλέπουμε πως ήταν αυτός ο γαλαξίας εκατοντάδες χρόνια πριν και όχι όπως είναι τώρα. Βλέπουμε πως ήταν πριν καν γεννηθούμε. Είναι σα να έχουμε μπει σε χρονομηχανή! Οι επιστήμονες παρατηρούν τον ουρανό, αναλύουν και επεξεργάζονται το φως που φτάνει στη Γη και μελετούν το παρελθόν.

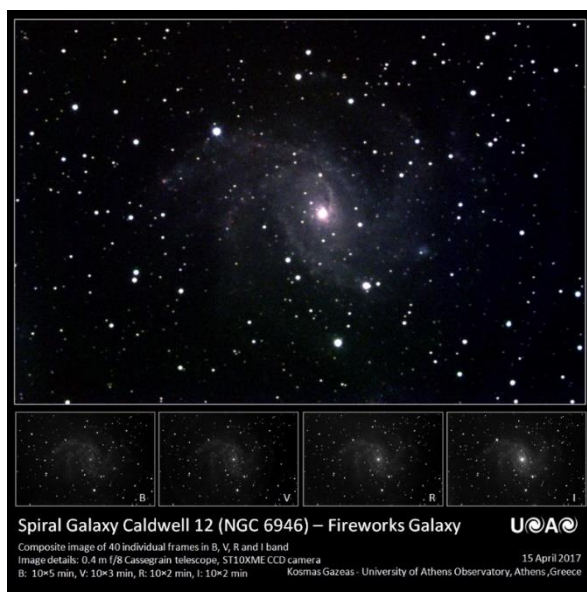
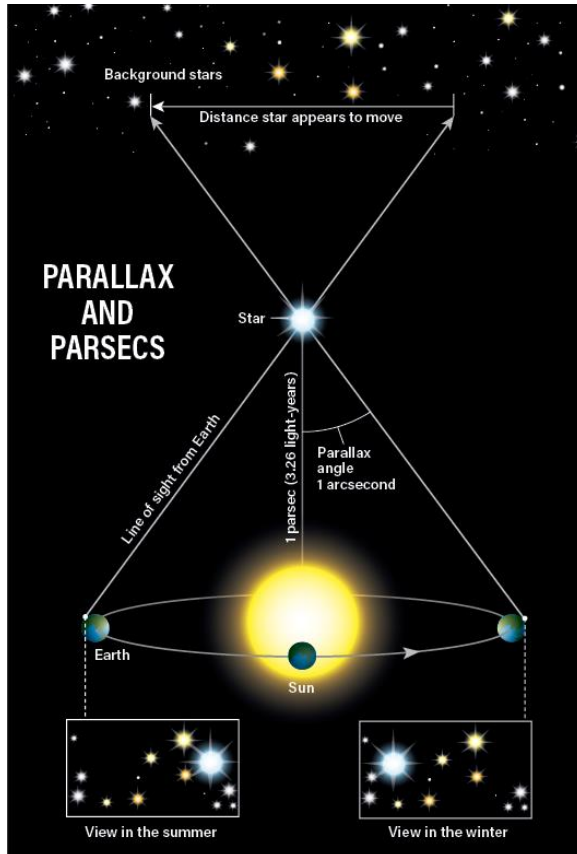


Image of a spiral galaxy (©Kosmas Gazeas, University of Athens Observatory, [source](#))

- Parsec

Το Parsec είναι ακόμα μεγαλύτερη μονάδα μέτρησης. Όταν ένα αστέρι παρουσιάζει γωνία παράλλαξης  $1/3600$  της μοίρας (!) απέχει από τη Γη ένα Parsec το οποίο είναι ίσο με 206.265 A.M.



Parallax and Parsec (©Launie Wellman, [source](#)) (not in scale)

# Δημιουργία υποθέσεων και σχέδιο εργασίας

## Διατύπωση υποθέσεων/αρχικών εξηγήσεων

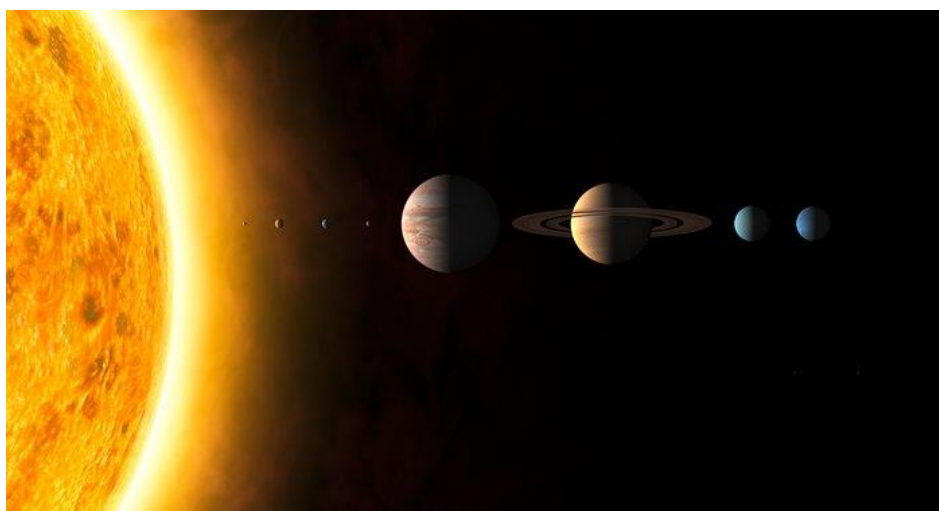
Οι επιστήμονες όμως δεν όρισαν απλά αυτές τις νέες μονάδες μέτρησης. Τις συνέδεσαν και με μία γνωστή μονάδα μέτρησης (το χιλιόμετρο) για να έχουν νόημα.

Πώς το έκαναν όμως αυτό; Είδατε προηγουμένως ότι για το έτος φωτός χρησιμοποιήσαν το τύπο της ταχύτητας. Μπορείτε να υποθέσετε πώς οι αστρονόμοι του 18ου αιώνα υπολόγισαν πόσα χιλιόμετρα απέχει ο Ήλιος από τη Γη; Πόσα χιλιόμετρα δηλαδή είναι η Αστρονομική Μονάδα;

Χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της παράλλαξης! Φαντάσου ότι είσαι ένας Αστρονόμος του 18ου αιώνα και θέλεις να μετρήσεις την απόσταση του Ήλιου χρησιμοποιώντας τη παράλλαξη. Πώς θα το κάνεις αυτό; Χρειάζεσαι ένα μακρινό "φόντο" στο οποίο θα μεταβάλλεται η θέση του Ήλιου καθώς τον παρατηρείς από διαφορετικές θέσεις. Αλλά ο Ήλιος είναι τόσο φωτεινός που δε μπορούμε να δούμε άλλα, μακρινά αστέρια για να τα χρησιμοποιήσουμε ως φόντο. Πώς μπορούμε λοιπόν να προσαρμόσουμε τη μέθοδο της παράλλαξης σε αυτή τη περίπτωση;

Αν χρησιμοποιούσες τον Ήλιο ως φόντο; Θα χρειαζόσουν ένα άλλο ουράνιο σώμα ανάμεσα στη Γη και τον Ήλιο ώστε να βλέπεις διαφορετικές θέσεις με φόντο τον ηλιακό δίσκο. Ποιο ουράνιο σώμα θα μπορούσες να χρησιμοποιήσεις;

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε άλλους πλανήτες που είναι ανάμεσα στη Γη και τον Ήλιο. Ποιοι είναι αυτοί;



Artist's impression of the Solar System (©The International Astronomical Union/Martin, source) (not in scale)

Κλίμακες στο Ηλιακό Σύστημα:

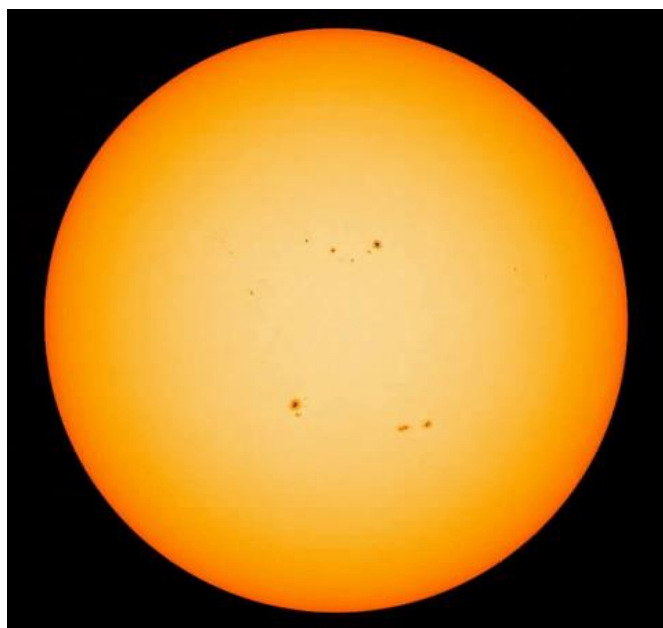
<https://www.youtube.com/watch?v=DMZ5WFRbSTc>

Υποψήφιοι πλανήτες είναι ο Ερμής και η Αφροδίτη. Αφού το «φόντο» για τη μέθοδο της παράλλαξης είναι ο Ήλιος, θα μετρήσουμε τη γωνιακή απόσταση διάφορων θέσεων του πλανήτη πάνω στον ηλιακό δίσκο. Οι θέσεις αυτές δεν ταυτίζονται λόγω του φαινομένου της παράλλαξης. Αυτό σημαίνει πως όπως και προηγουμένως πρέπει να παρατηρήσουμε τον πλανήτη από διαφορετικές θέσεις. Τι θέσεις θα επιλέγατε ώστε η απόστασή τους να δημιουργεί το φαινόμενο της παράλλαξης και να μας επιτρέψει να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη μέθοδο.

Οι επιστήμονες του 18<sup>ου</sup> αιώνα χρησιμοποίησαν διαφορετικές θέσεις πάνω στη Γη. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζονται τουλάχιστον δύο επιστήμονες που παρατηρούν ταυτόχρονα το φαινόμενο από διαφορετικά μέρη της Γης που απέχουν όσο το δυνατόν περισσότερο μεταξύ τους.

## Σχέδιο εργασίας/Μοντέλο

Για να παρατηρήσουμε την Αφροδίτη με φόντο τον ηλιακό δίσκο πρέπει να έχουμε το σπάνιο φαινόμενο που λέγεται διάβαση Αφροδίτης. Γιατί όμως είναι τόσο σπάνιο και πώς μπορεί να αξιοποιηθεί για τον υπολογισμό της Αστρονομικής Μονάδας;



Venus transit (©NASA, source)

Γιατί η διάβαση της Αφροδίτης είναι σπάνιο φαινόμενο:

<https://www.youtube.com/watch?v=hUhLod8pDhU>

Πώς να παρατηρήσετε το φαινόμενο; Η ιστορία του και η χρήση του για τον υπολογισμό της Α.Μ. :

<https://www.youtube.com/watch?v=SkRMJWjhvoQ>

Διάβαση Αφροδίτης:

<https://www.youtube.com/watch?v=f6QooEtDVSU>

Πώς υπολόγισαν οι επιστήμονες του 18<sup>ου</sup> αιώνα την Α.Μ. σε χιλιόμετρα; Παρατηρώντας τη διάβαση της Αφροδίτης από διαφορετικά μέρη της Γης και χρησιμοποιώντας τριγωνομετρία.

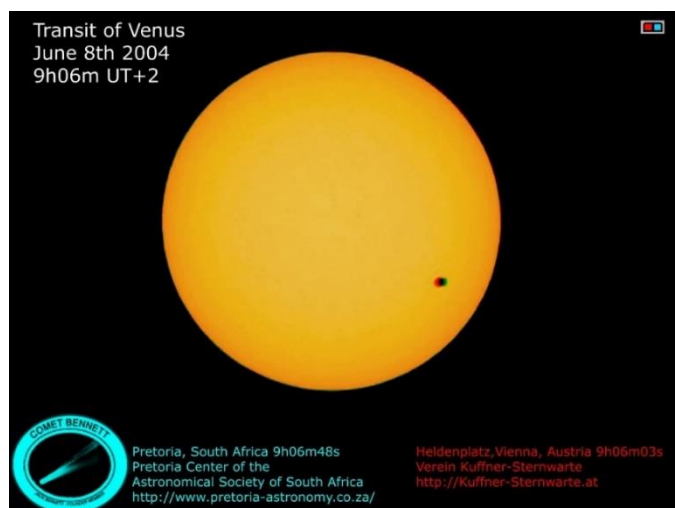
Αν και παλαιότεροι Αστρονόμοι είχαν την ίδια ιδέα ο Edmond Halley ήταν αυτός, που λόγω της επιρροής του έπεισε την επιστημονική κοινότητα για τη σημασία αυτού του πειράματος. Το αποτέλεσμα ήταν να ταξιδέψουν τουλάχιστον 122 Αστρονόμοι σε όλο το κόσμο (62 διαφορετικά σημεία) για να παρατηρήσουν το φαινόμενο!

**Γίνε αστρονόμος του 18<sup>ου</sup> αιώνα και υπολογίστε την απόσταση της Γης από τον Ήλιο!**

Με τι κριτήρια θα επέλεγες τις τοποθεσίες των παρατηρήσεων και τι εμπόδια νομίζεις ότι θα συναντούσες;

Προσέξτε ότι χρειάζεστε τοποθεσίες με διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη που απέχουν μεταξύ τους όσο το δυνατόν περισσότερο. Επίσης για να μπορεί να παρατηρηθεί το φαινόμενο από τη τοποθεσία που θα επιλέξετε θα πρέπει την ώρα που συμβαίνει το φαινόμενο να είναι μέρα στη συγκεκριμένη τοποθεσία.

Σε αυτό το μάθημα θα χρησιμοποιήσουμε πραγματικές παρατηρήσεις από τη διάβαση της Αφροδίτης που έγινε το 2004. Παρατηρήσεις από τη Νότια Αφρική και την Αυστρία χρησιμοποιήθηκαν για τη παρακάτω φωτογραφία. Κατεβάστε την εικόνα στον υπολογιστή σας πατώντας στον ακόλουθο σύνδεσμο.



Venus transit 2004 (©ESO, [source](#))

<https://www.eso.org/public/outreach/eduoff/vt-2004/photos/images/vt-photo-01-kspc.jpg>

Παρακάτω μπορείτε να δείτε γιατί παρατηρητές από διαφορετικά σημεία του κόσμου βλέπουν την Αφροδίτη σε διαφορετικά σημεία πάνω στον ηλιακό δίσκο. Συγκρίνετε στοιχεία της παρακάτω εικόνας με την εμπειρία που είχατε για το φαινόμενο της παράλλαξης όταν χρησιμοποιήσατε τον αντίχειρά σας και αντιστοιχείστε τις παραμέτρους.

Αντίχειρας →

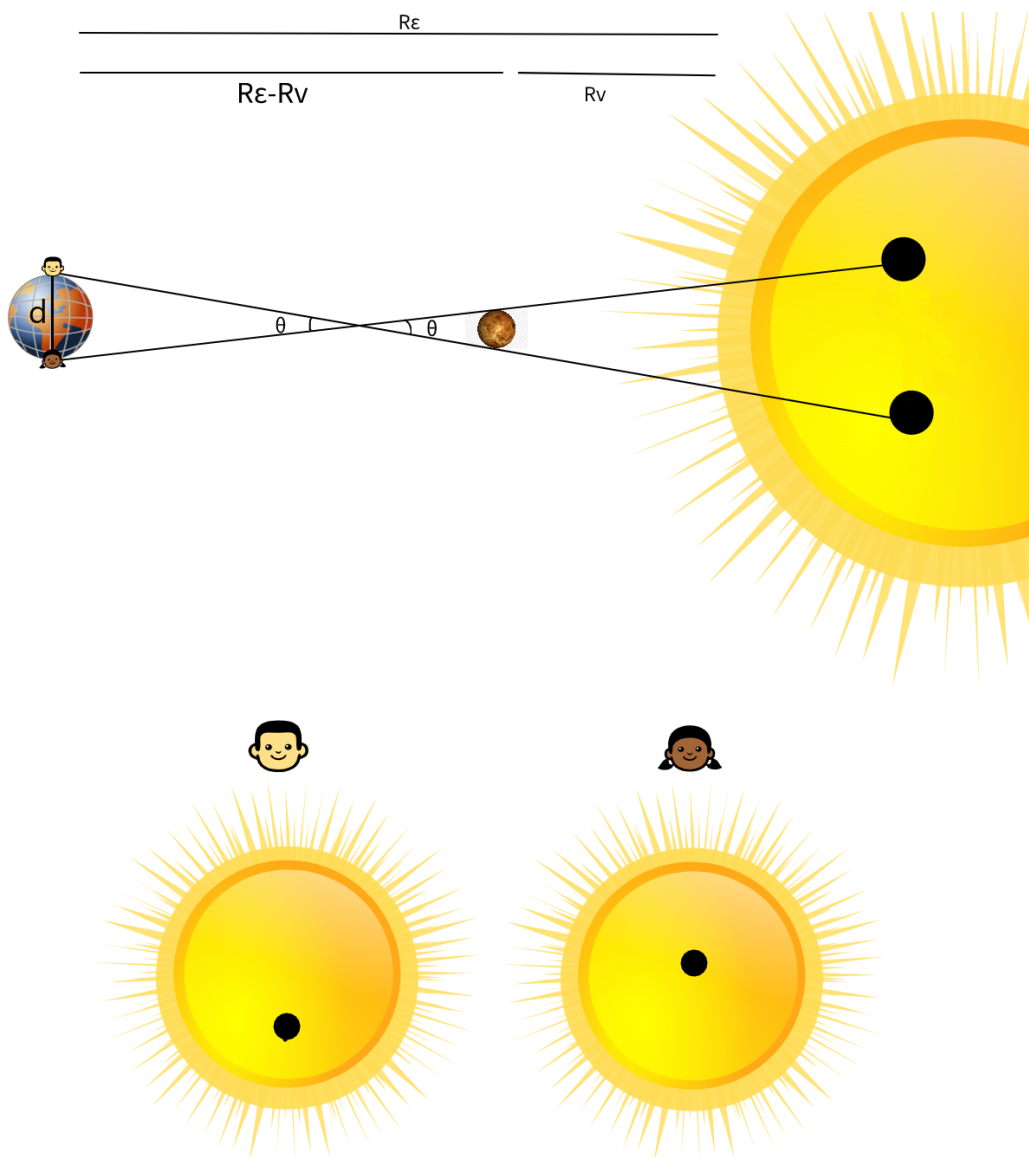
Απόσταση ματιών →

Μήκος χεριού →

Αντίχειρας -> Αφροδίτη

Απόσταση ματιών ->  $d$  (διάμετρος Γης)

Μήκος χεριού ->  $R_E - R_V$  (Απόσταση Αφροδίτης-Γης)

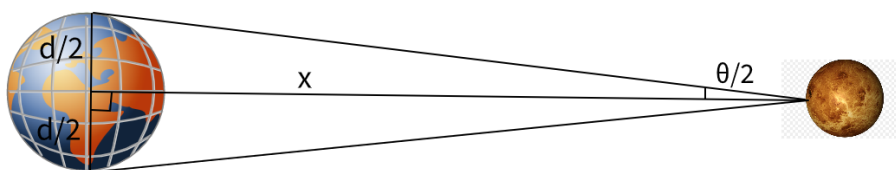


Χάρη στον 3ο Νόμο του Kepler οι αναλογίες του Ηλιακού Συστήματος ήταν ήδη γνωστές εκείνη την εποχή. Ήξεραν λοιπόν ότι η απόσταση της Αφροδίτης από τον Ήλιο  $R_V$  ήταν 0.723 φορές την Α.Μ.

$$x = R_E - R_V \rightarrow x = 1\text{au} - 0.723\text{au} \rightarrow x = 0.277\text{au} \rightarrow 1\text{au} = x / 0.277$$

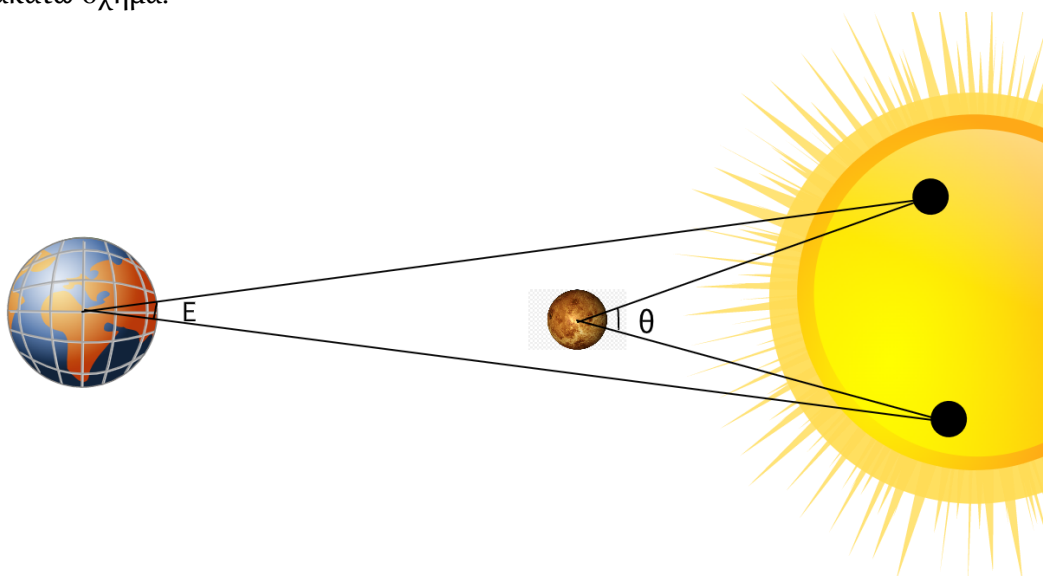
Πρέπει λοιπόν να υπολογιστεί το  $x$  για να βρεθεί η Α.Μ.

Για να γίνει αυτό είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του  $d$  (απόσταση παρατηρητών) και η μέτρηση της γωνίας  $\theta$  που αντιστοιχεί στην απόσταση των δύο παρατηρούμενων θέσεων.



$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{\frac{d}{2}}{x} \rightarrow x = \frac{\frac{d}{2}}{\tan \theta/2}$$

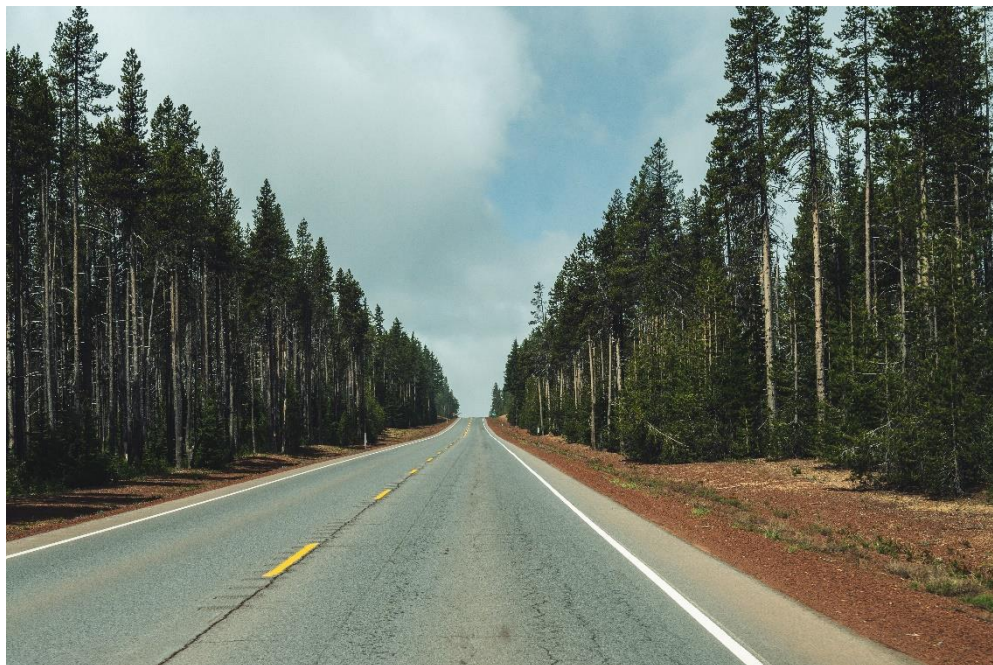
Για να υπολογίσουμε όμως τη γωνία  $\theta$  από τις εικόνες της διάβασης της Αφροδίτης χρειαζόμαστε για μία ακόμα φορά τον 3ο νόμο του Kepler. Η γωνία  $\theta$  του σχήματος που είδατε παραπάνω είναι η απόσταση των δύο θέσεων όπως θα τις βλέπαμε από την Αφροδίτη. Από την Γη όμως αυτή η γωνία δεν θα ήταν ίδια. Αυτό φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



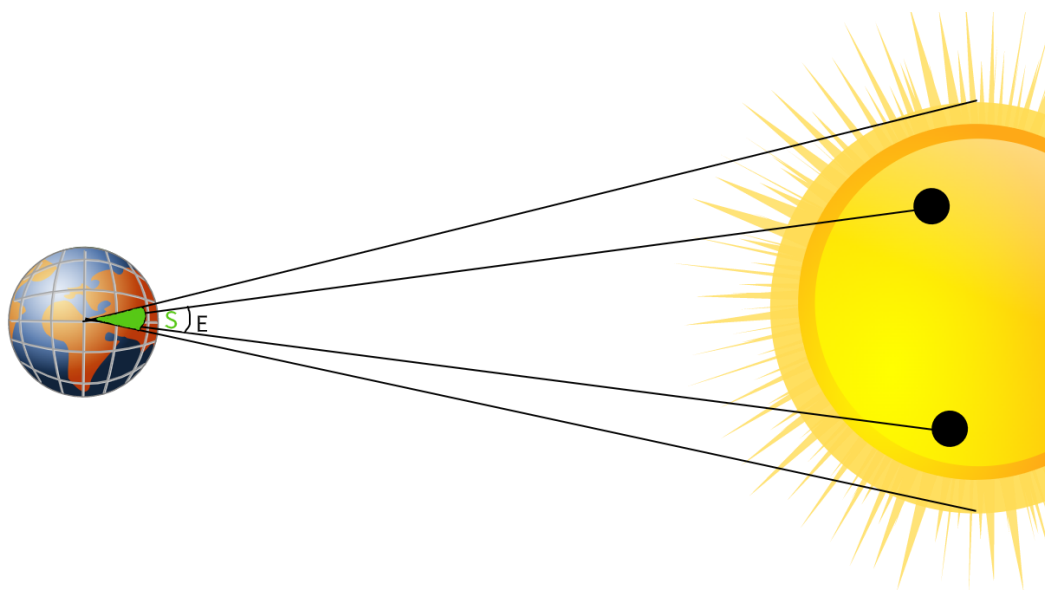
Σύμφωνα λοιπόν με τον 3<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα:

$$\theta = \frac{E}{0.72}$$

Αυτό βέβαια είναι ένα φαινόμενο που παρατηρούμε και στη καθημερινότητά μας και είναι ο λόγος που ένα αντικείμενο μας φαίνεται πιο μικρό αν είναι πιο μακριά.



Γνωρίζουμε πως όταν παρατηρούμε τον Ήλιο από τη Γη η γωνία παρατήρησης της διαμέτρου του είναι ίση με μισή μοίρα. Κάθε μοίρα είναι ίση με 60 λεπτά της μοίρας ή arcmin (όπως ακριβώς γίνεται και με την ώρα) και κάθε λεπτό της μοίρας είναι ίσο με 60 δευτερόλεπτα της μοίρας ή arcsec. Έτσι η διάμετρος του Ήλιου είναι ίση με 1800 arcsec.





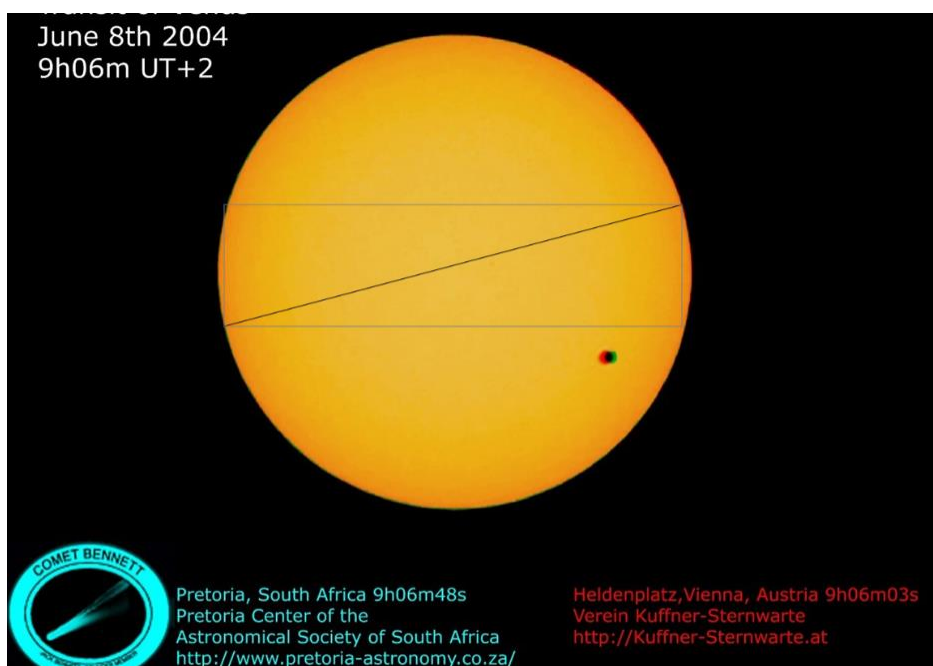
# Σχεδιασμός και Πειραματισμός

## Σχεδιασμός διερεύνησης

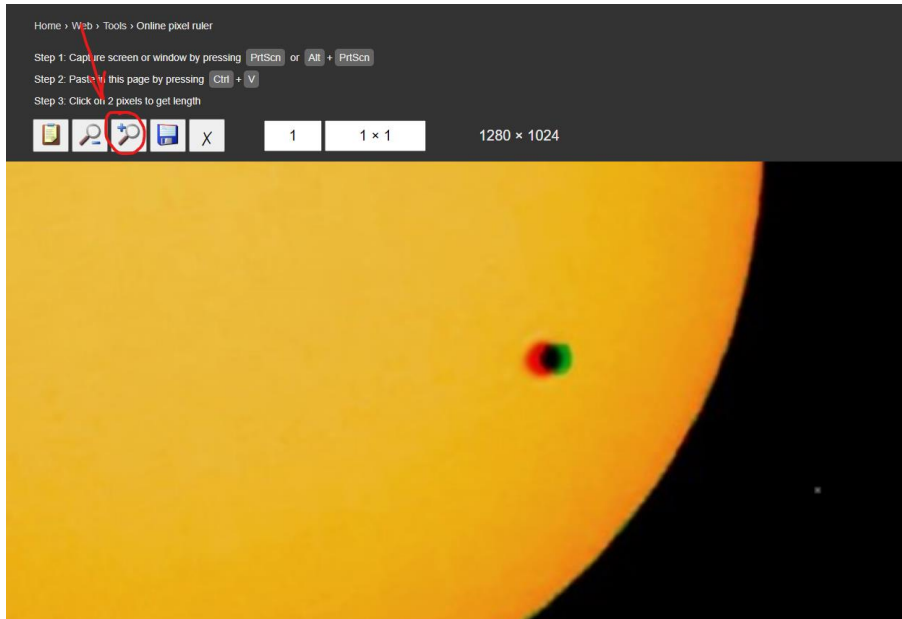
Πώς θα μετρήσουμε την απόσταση των δύο παρατηρούμενων θέσεων της Αφροδίτης πάνω στον ηλιακό δίσκο; Θα χρησιμοποιήσουμε έναν ψηφιακό χάρακα πατώντας στον ακόλουθο σύνδεσμο. <https://www.rapidtables.com/web/tools/pixel-ruler.html>

## Εκτέλεση πειράματος

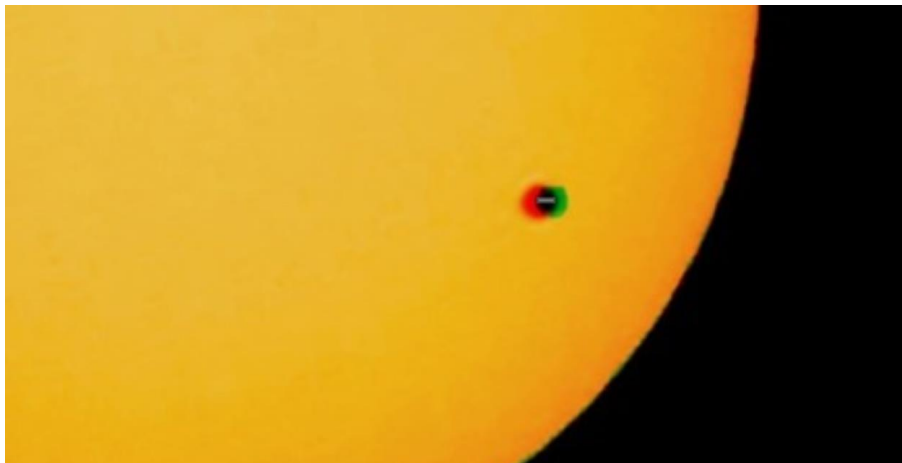
1. Ανοίξτε την εικόνα με τη διάβαση της Αφροδίτης που κατεβάσατε προηγουμένως.
2. Πατήστε PrtScr.
3. Επιστρέψτε στην ιστοσελίδα του ψηφιακού χάρακα και πατήστε Ctr+V.
4. Μετρήστε τη διάμετρο του Ήλιου.



5. Μεγεθύνετε την εικόνα στις δύο σκιές της Αφροδίτης.



6. Μετρήστε την απόσταση ανάμεσα στις δύο σκιές της Αφροδίτης όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.



Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον ακόλουθο πίνακα.

Μήκος	Μέτρηση(pixels)
Διάμετρος Ήλιου	
Απόσταση των σκιών της Αφροδίτης	

## Ανάλυση και ερμηνεία

Οι μετρήσεις που κάνατε σε τι μονάδα μέτρησης είναι; Σε **pixels**. Γνωρίζουμε όμως την διάμετρο του Ήλιου σε arcsec. Για να μετατρέψουμε σε arcsec την απόσταση των θέσεων της Αφροδίτης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο των τριών από την οποία προκύπτει η παρακάτω σχέση.

$$\frac{\text{Διάμετρος Ήλιου σε pixels}}{\text{Απόσταση σκιών Αφροδίτης pixels}} = \frac{1800}{E} \rightarrow E = \frac{1800 * \text{Απόσταση σκιών Αφροδίτης pixels}}{\text{Διάμετρος Ήλιου σε pixels}}$$

Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις σας υπολογίστε το E και καταγράψτε το αποτέλεσμα στο σημειωματάριό σας.

E=.....

Αξιοποιώντας τώρα τον τρίτο νόμο του Kepler μπορείτε να υπολογίσετε και να καταγράψετε τη γωνία  $\theta$ , την απόσταση των θέσεων της Αφροδίτης όπως παρατηρούνται από τη Γη

$$\theta = \frac{E}{0.72}$$

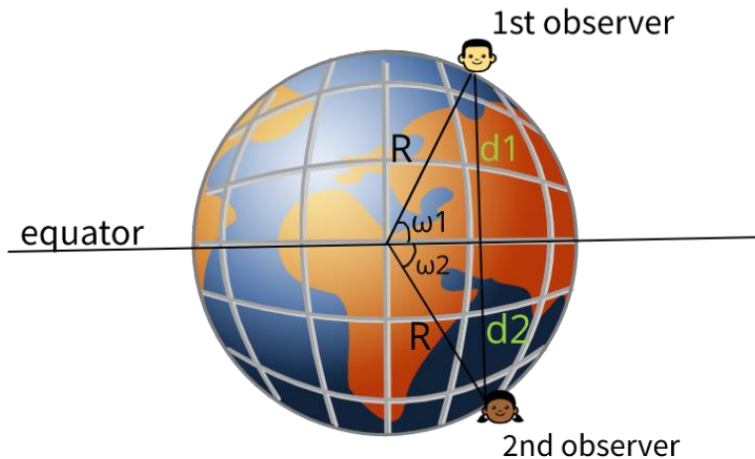
$\theta$ =.....

Μπορείτε επίσης να υπολογίσετε και να καταγράψετε την απόσταση d των παρατηρητών χρησιμοποιώντας τον τύπο των ημιτόνων. Το μόνο που χρειάζεστε είναι η ακτίνα της Γης και τα γεωγραφικά πλάτη των τοποθεσιών από όπου έγιναν οι παρατηρήσεις.

Ακτίνα της Γης (R): 6371 km

Heldenplatz, Βιέννη, Αυστρία γεωγραφικό πλάτος ( $\omega_1$ ): 48.21 degrees

Pretoria Center of the Astronomical Society της Νοτίου Αφρικής γεωγραφικό πλάτος  $\omega_2$ : -26.2 degrees



$$\sin\omega_1=d_1/R \rightarrow d_1=R*\sin\omega_1$$

$$\sin\omega_2=d_2/R \rightarrow d_2=R*\sin\omega_2$$

$$d=d_1+d_2$$

R: Ακτίνα Γης

$\omega$  : Γεωγραφικό πλάτος

Καταγράψτε το αποτέλεσμα σας.

**d=.....**

Τώρα μπορείτε να υπολογίσετε το  $x$ .

$$\tan\frac{\theta}{2} = \frac{d/2}{x} \rightarrow x = \frac{d/2}{\tan\theta/2}$$

Καταγράψτε το αποτέλεσμα σας.

**x=.....**

Τέλος χρησιμοποιώντας το  $x$  που βρήκατε μπορείτε να υπολογίσετε την **Αστρονομική Μονάδα** σε χιλιόμετρα.

$$1\text{au}=x/0.277$$

Πόσο είναι το αποτέλεσμα σας; Σύμφωνα με τις μετρήσεις σας πόσα χιλιόμετρα είναι η Α.Μ.; Γράψτε το αποτέλεσμα που βρήκατε.

**1au=.....**

## Συμπέρασμα και αξιολόγηση

### Συμπέρασμα και διάχυση εξήγησης

Γράψτε σε ένα σύντομο κείμενο τη διαδικασία που ακολουθήσατε για να βρείτε την Α.Μ. και αιτιολογήστε τις αποφάσεις που λάβατε κατά τη διαδικασία αυτή.

### Αξιολόγηση/Αναστοχασμός

1. Συγκρίνετε το αποτέλεσμά σας με αυτό των συμμαθητών σας. Γιατί δεν βρήκατε το ίδιο αποτέλεσμα αφού χρησιμοποιήσατε την ίδια φωτογραφία και κάνατε την ίδια διαδικασία; Γράψτε τις σκέψεις σας και συζητήστε το στη τάξη.

Κατά τη διάρκεια αυτής της συζήτησης ο εκπαιδευτικός προσπαθεί να εισάγει την έννοια των σφαλμάτων στις πειραματικές διαδικασίες και των προσπαθειών των επιστημόνων για την ελαχιστοποίησή τους.

2. Θα μπορούσε ένας επιστήμονας του 18<sup>ου</sup> αιώνα να καταφέρει να υπολογίσει μόνος του της Α.Μ.; Γιατί είναι σημαντική η συνεργασία στην επιστήμη (και όχι μόνο); Μπορείτε να σκεφτείτε/βρείτε άλλες περιπτώσεις στην Αστρονομία ή στην Επιστήμη γενικότερα όπου η συνεργασία είναι απαραίτητη;
3. Ποιο νομίζετε ότι ήταν το πιο ενδιαφέρον μέρος του μαθήματος και ποιο το λιγότερο ενδιαφέρον;
4. Πιστεύετε πως μια επιστημονική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία μόνο περίπτωση ή μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά πλαίσια; Γράψτε τις σκέψεις σας και συζητήστε το θέμα στη τάξη.

Κατά τη διάρκεια αυτής της συζήτησης στόχος του εκπαιδευτικού είναι να αναδείξει τη δυνατότητα προσαρμογής των μεθόδων σε διαφορετικές μελέτες και πειράματα, όπως έκαναν οι μαθητές και σε αυτό το πείραμα με τη μέθοδο της παράλλαξης. Άλλο παράδειγμα στην Αστρονομία είναι η μέτρηση του φωτός (φωτομετρία) για την διεξαγωγή διαφορετικών μελετών που συχνά αφορούν και διαφορετικά ουράνια σώματα.

## Περεταίρω μελέτη

Τα δεδομένα από τις διαβάσεις της Αφροδίτης που συνέβησαν το 1761 και το 1769 συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν από τον Γάλλο Αστρονόμο Lalande ο οποίος υπολόγισε την Α.Μ. ίση με  $153 \pm 1$  εκατομμύρια χιλιόμετρα. Αυτό το αποτέλεσμα είναι εντυπωσιακά κοντά με τη σημερινή τιμή που αποδίδεται στην Α.Μ. (149,597,871 χιλιόμετρα).

Σύγκρινε το αποτέλεσμά σου με αυτό του Lalande από τον 18<sup>ο</sup> αιώνα και με τη τιμή που οι επιστήμονες χρησιμοποιούν σήμερα. Πώς κατάφεραν οι επιστήμονες να κάνουν μία τόσο ακριβή μέτρηση; Αναζήτησε στο διαδίκτυο και συζήτησε το θέμα στη τάξη.

Μετά τη διάβαση της Αφροδίτης οι επιστήμονες χρησιμοποίησαν και άλλες μεθόδους για να υπολογίσουν την Α.Μ. και να βελτιώσουν την ακρίβεια της μέτρησης αυτής. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση της μεθόδου της παράλλαξης με τον αστεροειδή 433 Eros και η χρήση radar. Σε αυτή τη συζήτηση μπορεί να αναφερθεί η χρήση της τεχνολογίας στην επιστήμη και ο ρόλος της εξέλιξής της για την πρόοδο της Επιστήμης.