

Το πείραμα του Ερατοσθένη

21 Μαρτίου 2022

Υπολογίζουμε
την ακτίνα της Γης;



ΠΑΝΕΚΦΕ

Πανελλήνια Ένωση Υπευθύνων Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών



Ας γνωρίσουμε τον Ερατοσθένη!

Σοφός της Αρχαιότητας.

Γεννήθηκε στην **Κυρήνη** της Αιγύπτου και διετέλεσε Διευθυντής της **Βιβλιοθήκης της Αλεξάνδρειας** τον 3ο αιώνα π.Χ., την εποχή του Πτολεμαίου Γ'.

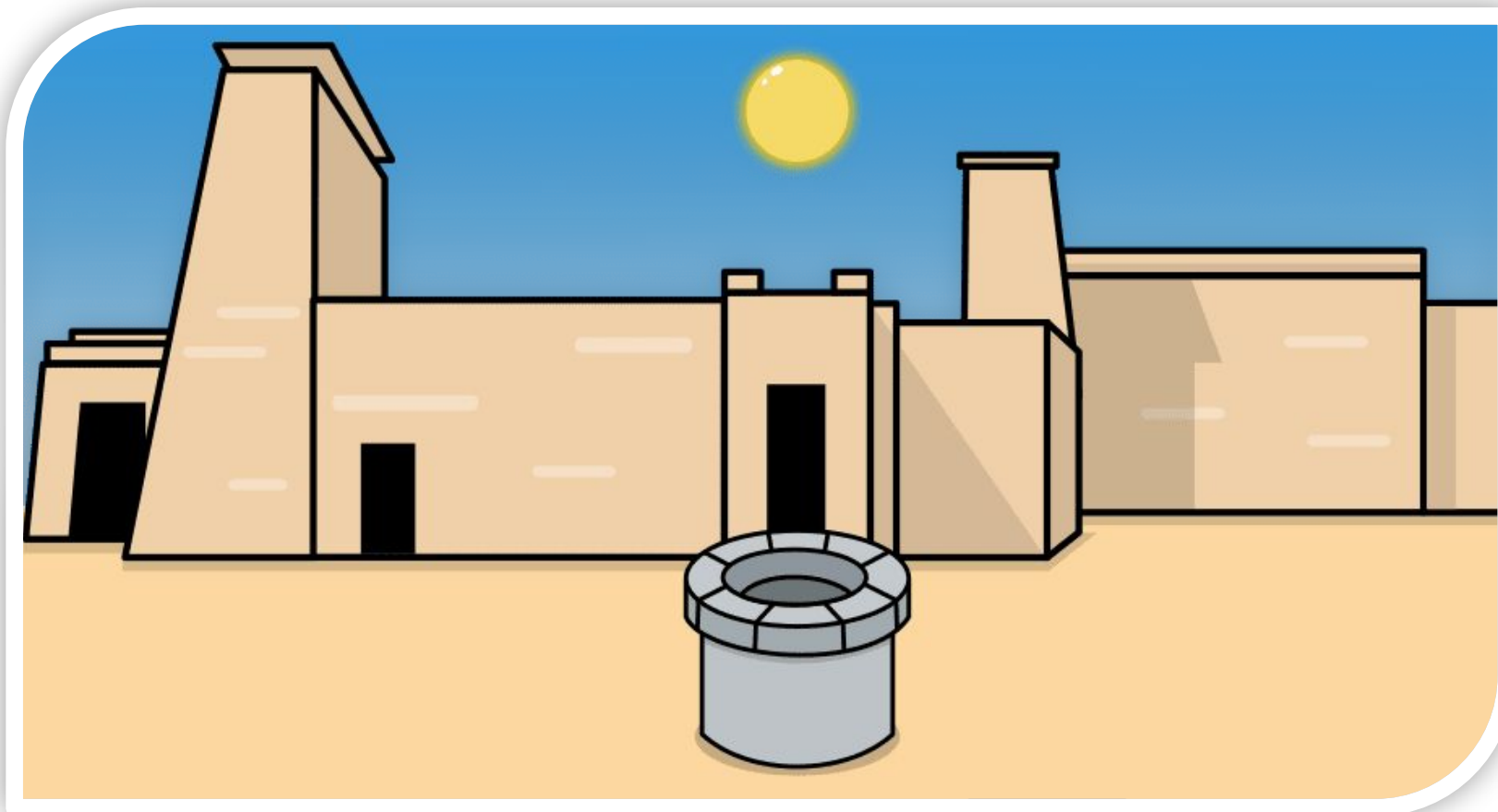


Βρήκε το...κόσκινο του Ερατοσθένη, ασχολήθηκε με τον διπλασιασμό του όγκου του κύβου, υπολόγισε την απόσταση της Σελήνης από τη Γη και άλλα πολλά. Ήταν μαθηματικός, αστρονόμος, φιλόλογος, γεωγράφος. Θέλεις να μάθεις περισσότερα;



1ο Μέρος

Το πείραμα του Ερατοσθένη



Όλα ξεκίνησαν με μία παρατήρηση!

Κατά τη θητεία του στη βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας, ο Ερατοσθένης πληροφορήθηκε πως κάθε χρόνο, **το μεσημέρι της 21ης Ιουνίου** (τη μέρα δηλαδή του θερινού ηλιοστασίου), στην αρχαία πόλη Συήνη (το σημερινό Ασουάν) συνέβαινε κάτι ασυνήθιστο:



Αν κοιτούσες στον πάτο ενός πηγαδιού μπορούσες να δεις ολόκληρο τον Ήλιο να καθρεφτίζεται στα νερά του. **Την ίδια στιγμή** στην Αλεξάνδρεια οι ακτίνες του ήλιου έριχναν σκιά.

Ο Ερατοσθένης έκανε κάποιες υποθέσεις....

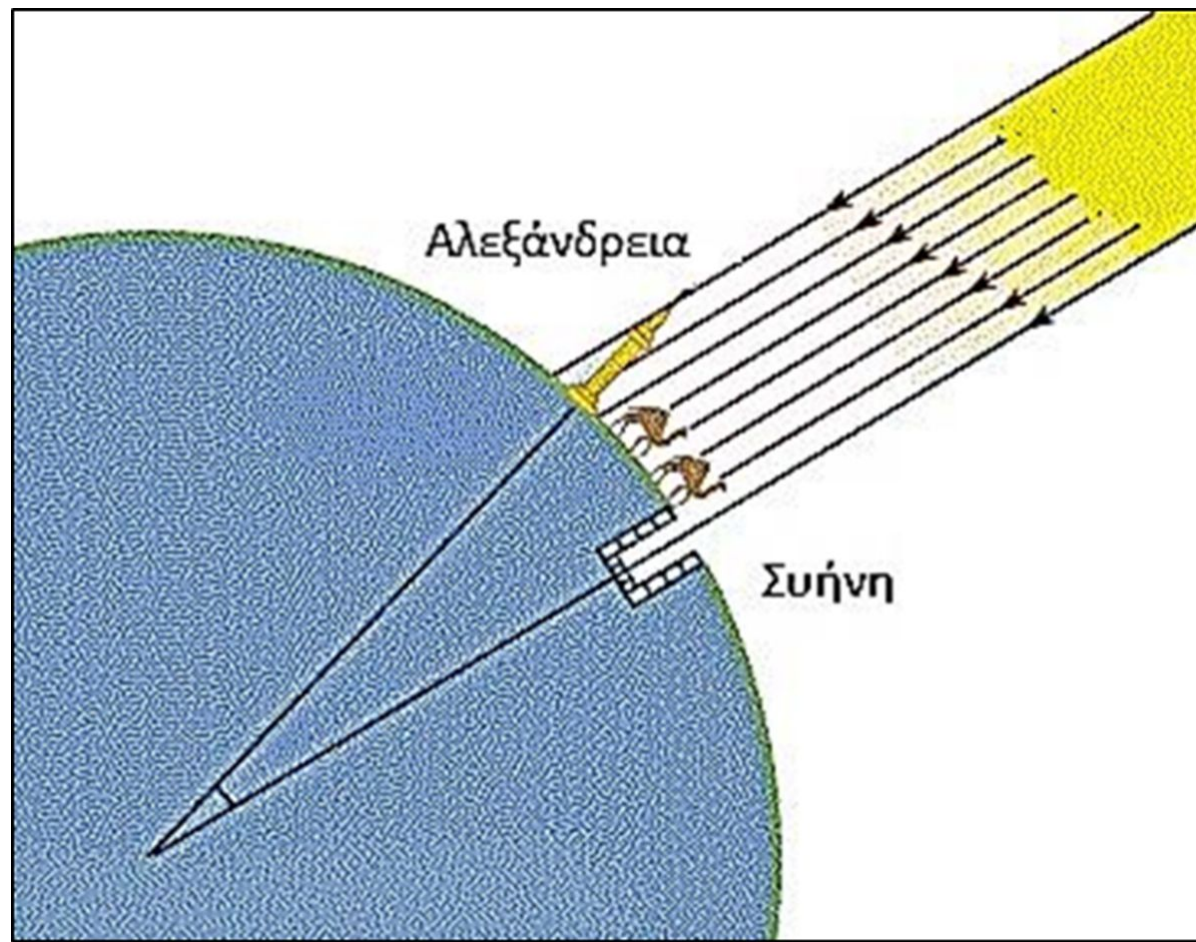
Γιατί, αν η Γη ήταν επίπεδη και οι δύο πόλεις είχαν μεσημέρι την ίδια ώρα, θα έπρεπε να μετρά κανείς ίσες σκιές και στην Αλεξάνδρεια και στη Συήνη, όμως αυτό δεν συνέβαινε.

2η υπόθεση:

Κοντά στην επιφάνεια της Γης, οι ακτίνες του ήλιου είναι πρακτικά παράλληλες.

1η υπόθεση:

Η Γη είναι σφαιρική!!



Μία μέτρηση....

Χρειαζόταν όμως να γνωρίζει και την απόσταση **S** ανάμεσα στην **Αλεξάνδρεια** και στη **Συήνη**. Ο τρόπος που πιθανόν χρησιμοποίησε ο Ερατοσθένης για να μετρήσει την απόσταση αυτή ήταν οι βηματιστές. **Οι βηματιστές** ήταν οι τοπογράφοι της αρχαιότητας και μετρούσαν τις αποστάσεις με βήματα.

Βρέθηκε ότι:

S=5000 στάδια

Το στάδιο ήταν μονάδα μέτρησης μήκους της εποχής εκείνης, περίπου 180m.

Συνοψίζοντας τα δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποίησε ο Ερατοσθένης για τη λύση του προβλήματος ήταν:

Οι ακτίνες του ηλίου φωτίζουν τον πυθμένα ενός πηγαδιού στη Συήνη μια συγκεκριμένη μέρα και ώρα.

Την ίδια στιγμή, στην Αλεξάνδρεια, οι ακτίνες του ήλιου ρίχνουν σκιά.

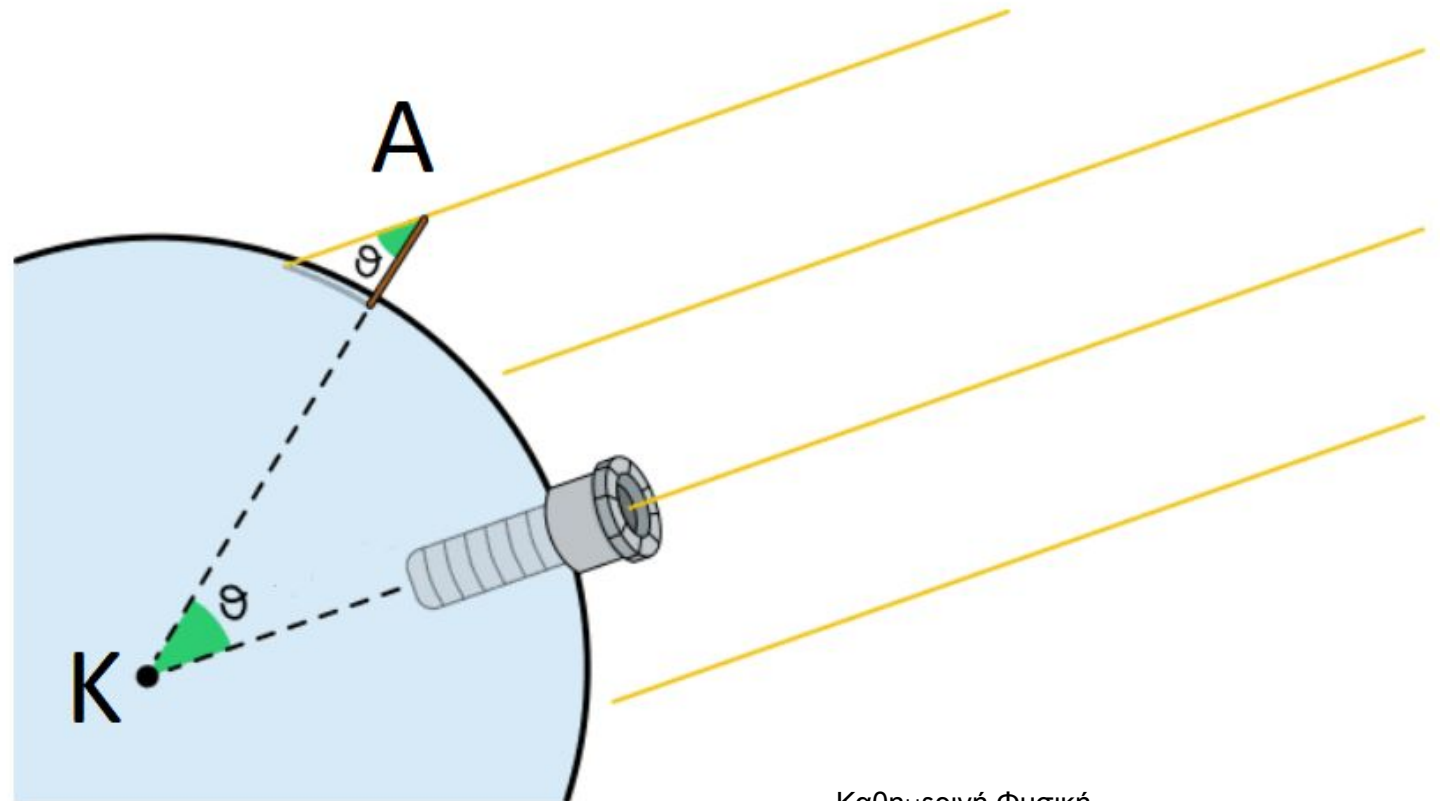
Η Αλεξάνδρεια και η Συήνη (σημερινό Ασσουάν) έχουν μεσημέρι την ίδια χρονική στιγμή.

Η απόσταση Συήνης–Αλεξάνδρειας είναι 5.000 στάδια.

Η πειραματική διαδικασία

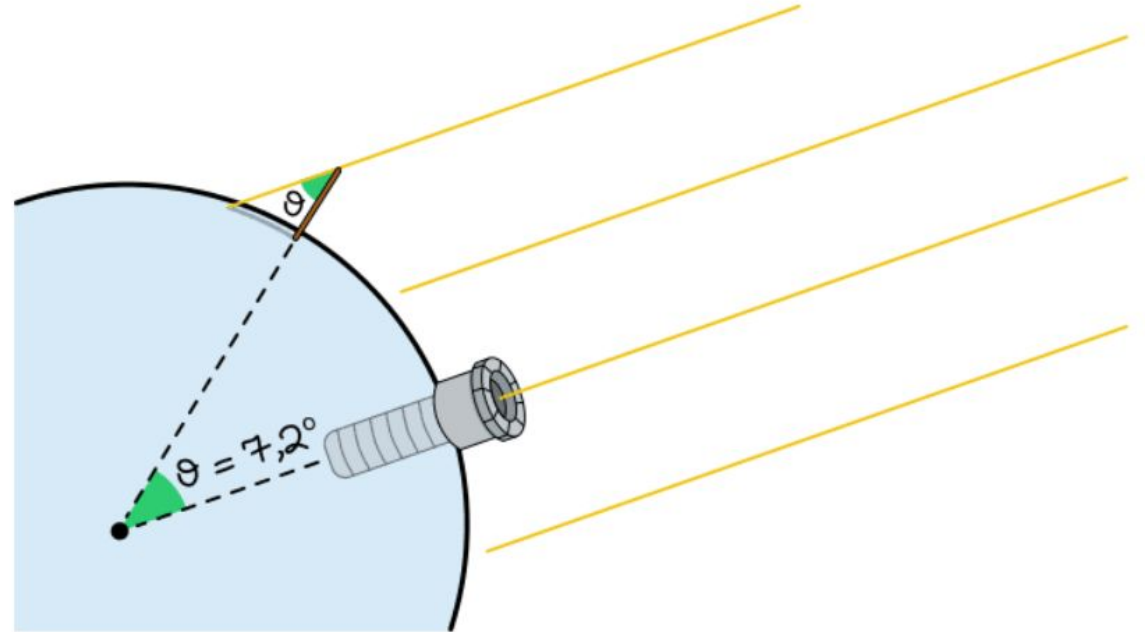
1) Το μεσημέρι της 21ης Ιουνίου, στην Αλεξάνδρεια, κάρφωσε ένα κοντάρι κάθετα στη Γη.


2) Έλαβε υπόψη του, ότι οι γωνίες θ που σχηματίζει το τμήμα ΚΑ (η ακτίνα της Γης και το κοντάρι) με τη ζώνη των παράλληλων ηλιακών ακτίνων είναι ίσες, ως εντός εναλλάξ.



Η πειραματική διαδικασία

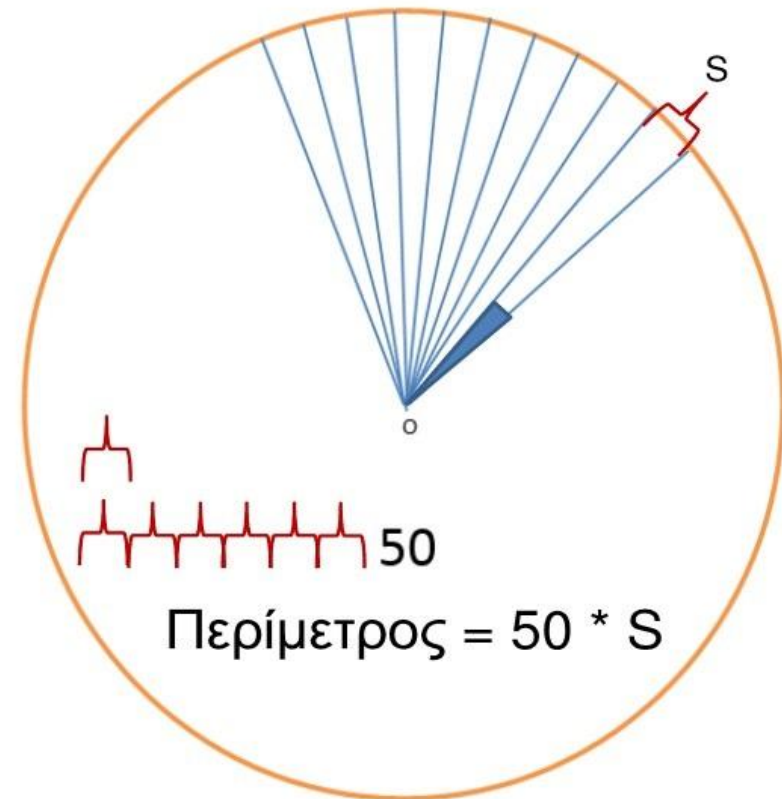
3) Έπειτα μέτρησε τη **γωνία θ** μεταξύ του άνω άκρου του κονταριού και των ηλιακών ακτίνων και τη βρήκε ίση με **7,2 μοίρες**. Αν σκεφτούμε ότι ο κύκλος είναι 360 μοίρες, τότε η **γωνία θ** αντιστοιχεί **στο $1/50$** του κύκλου.




$$\frac{1}{50} 360^\circ = 7,2^\circ$$

Υπολογισμοί

Γνωρίζοντας την απόσταση **Αλεξάνδρειας - Συήνης** S και γνωρίζοντας ότι αυτή αντιστοιχεί σε τόξο ίσο με το **1/50** της περιμέτρου της Γης, ο Ερατοσθένης υπολόγισε την περίμετρο της Γης.



Σωτήρης Μανδηλιώτης

Το συμπέρασμα

 Ο Ερατοσθένης υπολόγισε τελικά ότι η περίμετρος της Γης είναι:
 $50 \times 5.000 = 250.000$ **στάδια**

Δηλαδή 39.400 - 41.000 km, έναντι της πραγματικής τιμής 40.008 km

Στη συνέχεια υπολόγισε
την ακτίνα της Γης:

$$R = \frac{\text{Περίμετρος Γης}}{2 \cdot \pi}$$

Συμπληρωματικό Υλικό:

Ένα σύντομο βίντεο για να γνωρίσουν οι μαθητές το πείραμα του Ερατοσθένη

Το πείραμα του Ερατοσθένη I



Ένα προπαρασκευαστικό φύλλο εργασίας

Φύλλο Εργασίας



Ένα σύντομο βίντεο για το έναυσμα ενδιαφέροντος των μαθητών

Το Πείραμα του Ερατοσθένη II



2ο Μέρος

Εμείς, σήμερα,
τι χρειαζόμαστε
για το πείραμα;



📍 **Βήμα:** Ας βρούμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες του σχολείου μας

Εγκαθιστούμε μία ψηφιακή πυξίδα στο κινητό (π.χ. την εφαρμογή compass). Δείτε πως, με χρήση της εφαρμογής ψηφιακή πυξίδα.

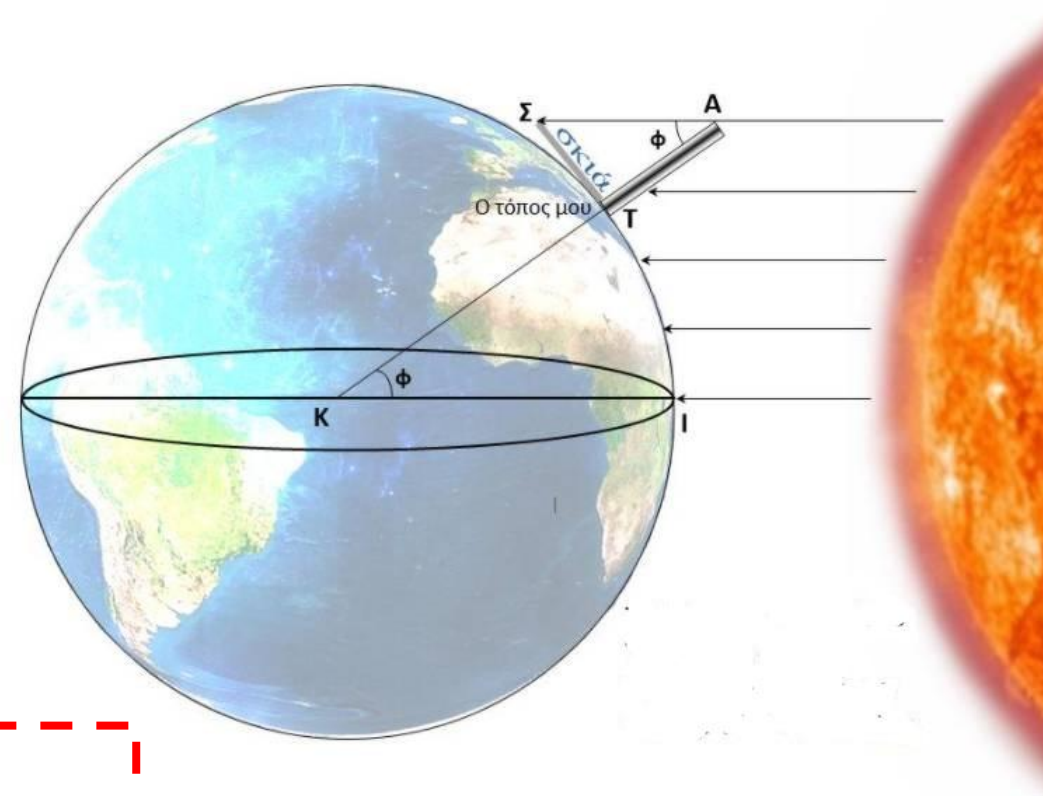


Εναλλακτικά, μπορούμε να εγκαταστήσουμε την εφαρμογή Phyphox στο κινητό μας και ακολουθώντας τις παρακάτω οδηγίες, να βρούμε το γεωγραφικό μήκος και πλάτος του σχολείου μας. Οδηγίες εύρεσης γεωγραφικών συντεταγμένων με Phyphox.

2^ο Βήμα: Ας βρούμε την κατάλληλη ώρα για να γίνει το πείραμα

Κατά την εαρινή ισημερία οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν κάθετα στον ισημερινό, το μεσημέρι. Οπότε, μία κατακόρυφη ράβδος δεν θα έχει σκιά.

Στον τόπο μας όμως, μία κατακόρυφη ράβδος θα έχει σκιά την ώρα του μεσημεριού. Έστω ότι ο τόπος μας είναι η θέση Τ. Πρέπει να προσδιορίσουμε πότε μεσουρανήει ο ήλιος στον τόπο μας. Η στιγμή του μεσημεριού είναι η **κατάλληλη ώρα** κατά την οποία πρέπει να πραγματοποιηθεί η μέτρησή μας.



Αυτό μπορεί να γίνει σε αυτή την [ιστοσελίδα](#).
Δείτε οδηγίες σε ένα σύντομο [βίντεο](#).



3^ο Βήμα: Πώς θα μετρήσουμε την απόσταση του τόπου μας από τον Ισημερινό;

Δείτε πως μπορούμε να μετρήσουμε την απόσταση του τόπου μας από τον Ισημερινό με χρήση google maps.

Ένα ακόμη Παράδειγμα 



Όμως, μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση αυτή και με τον παγκόσμιο χάρτη και ένα χάρακα.

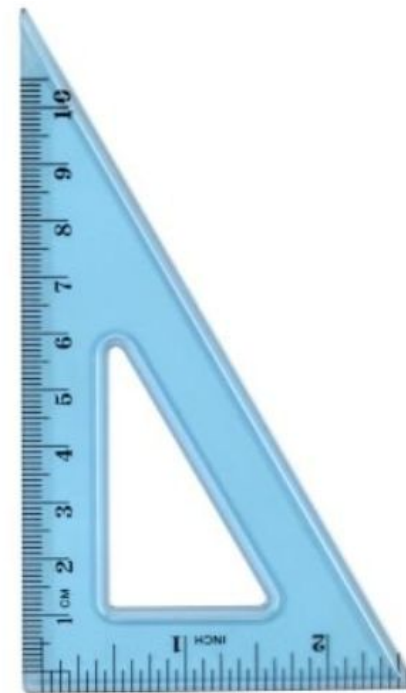


4^ο Βήμα: Προετοιμάζουμε τη διάταξη μας

Μετράμε το μήκος μιας ράβδου και την τοποθετούμε **κάθετα** στο έδαφος. Καλό είναι το μήκος της ράβδου να είναι **1m** ή μεγαλύτερο.

Για να εξασφαλίσουμε την κάθετη θέση χρησιμοποιούμε:

- ✓ νήμα στάθμης ή
- ✓ ορθογώνιο τρίγωνο



Για παράδειγμα....

Ο έλεγχος της **κάθετης θέσης της ράβδου** με τη χρήση ορθογωνίου τριγώνου ή/και νήματος της στάθμης.





Κάποιες ιδέες που μπορεί να βοηθήσουν.....



Μερικές ακόμη.....

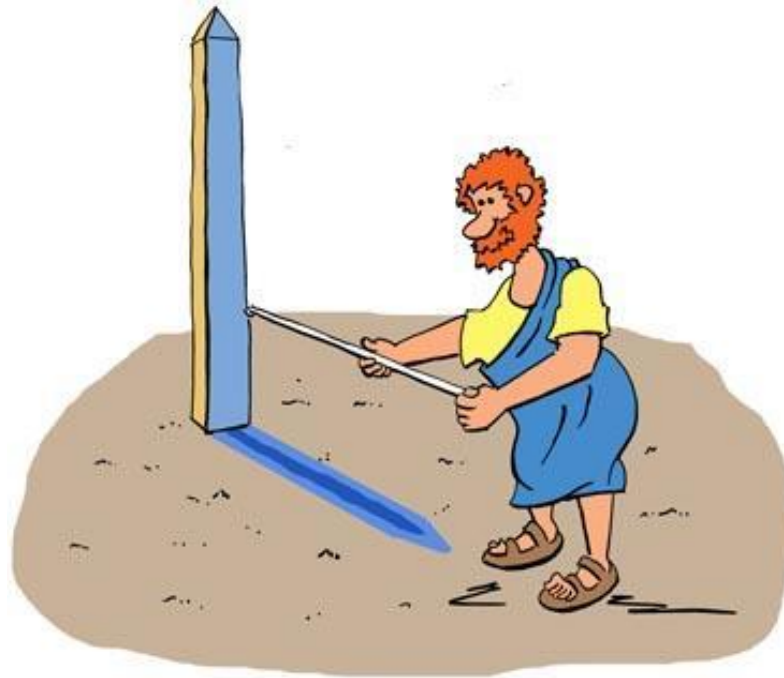


Μερικές ακόμη.....



5^ο Βήμα: Πραγματοποιούμε τις μετρήσεις μας

Την κατάλληλη ώρα (βλέπε βήμα 2), μετράμε **το μήκος της σκιάς** της ράβδου με μετροταινία.

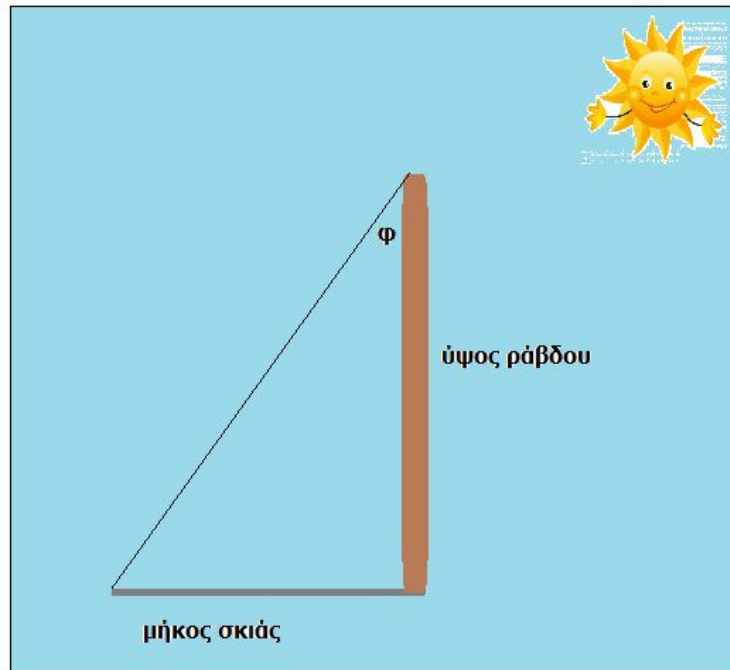


6^ο Βήμα: Συμπληρώνουμε το Φύλλο Εργασίας

Κάνουμε τους απαραίτητους **μαθηματικούς υπολογισμούς** ακολουθώντας το κατάλληλο Φύλλο Εργασίας ανάλογα με τη βαθμίδα εκπαίδευσης.

Τι θα υπολογίσουμε;

- ✓ Υπολογισμός της γωνίας φ
- ✓ Υπολογισμός της περιμέτρου της γης
- ✓ Υπολογισμός της ακτίνας της γης



Φύλλα Εργασίας:

Δημοτικό

Γυμνάσιο-Λύκειο

Συνεργασία Σχολείων



Υλικό για το Νηπιαγωγείο & τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου

Η προσέγγιση του πειράματος μπορεί να γίνει με παιγνιώδη τρόπο στο νηπιαγωγείο ή στις πρώτες ομάδες του Δημοτικού Σχολείου. Παρακάτω μπορείτε να βρείτε χρήσιμο υλικό.

[Φύλλο εργασίας α](#)

[Φύλλο εργασίας β](#)

[Ιδέες & ψηφιακά παιχνίδια](#)



Δικτυογραφία - Πηγές

1. [ΕΚΦΕ Σερρών](#)
2. [Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών](#)
3. Παπαδάκης, Ι., Οδηγίες για τη δράση «Το Πείραμα του Ερατοσθένη για τον υπολογισμό της ακτίνας της Γης», ΕΚΦΕ Κω.
4. [Καθημερινή Φυσική](#)

Για τους **τολμηρούς** έχουμε μία....



Αποστολή action bound!!



[Ο Ερατοσθένης στην ΠΑΝΕΚΦΕ](#)

[Ο Ερατοσθένης στο Αστεροσκοπείο](#)

[Carl Sagan Βίντεο](#)



[Πίνακας Τριγωνομετρικών αριθμών](#)