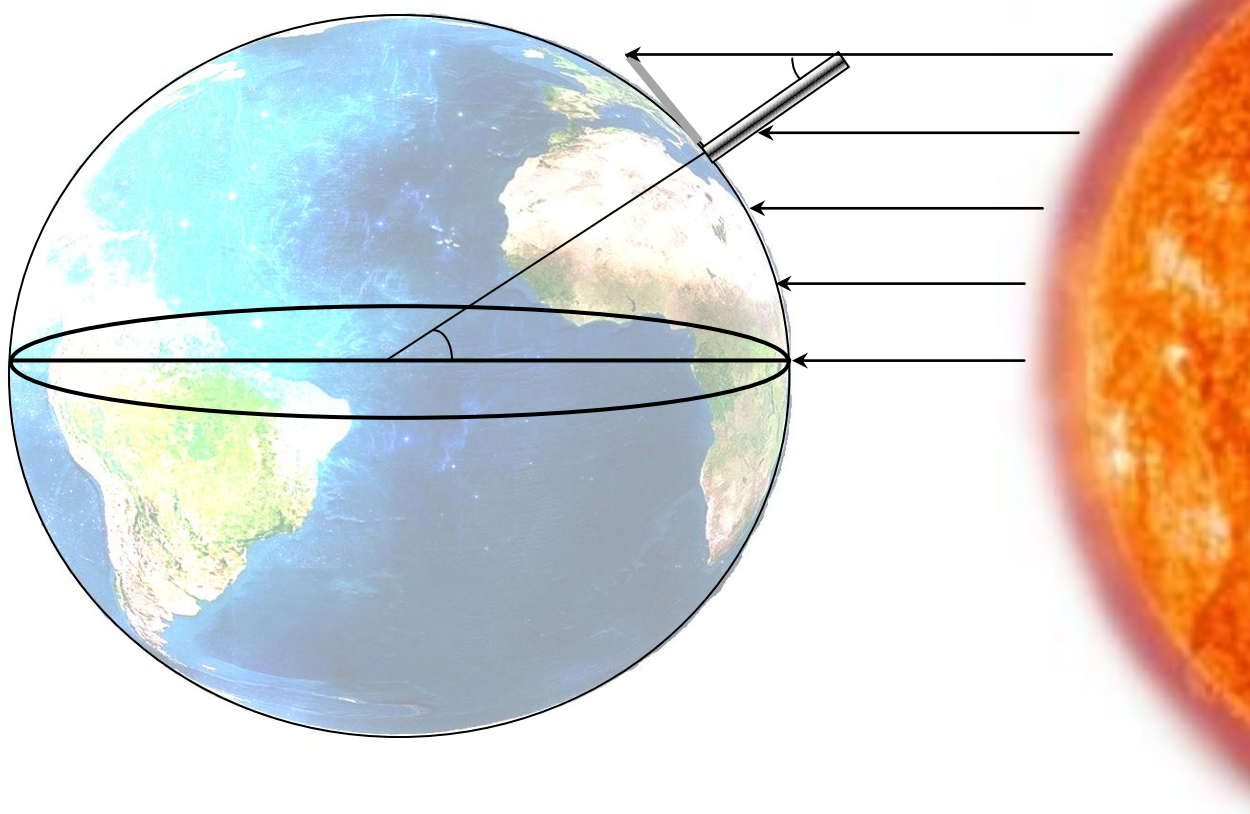


## Οδηγίες Για την δράση:

«Το Πείραμα του Ερατοσθένη για τον υπολογισμό της ακτίνας της Γης»

Στις 20 Μαρτίου 2018



Η δράση διοργανώνεται από τα

**Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.)  
Λακωνίας, Σερρών, Πιερίας, Κω και Θεσπρωτίας**

Σε συνεργασία με το  
Ινστιτούτο Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης του  
**Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών**

με την υποστήριξη της  
**Πανελληνίας Ένωσης Υπεύθυνων Ε.Κ.Φ.Ε. (ΠΑΝΕΚΦΕ)**

**και την έγκριση του Υπουργείου Παιδείας**

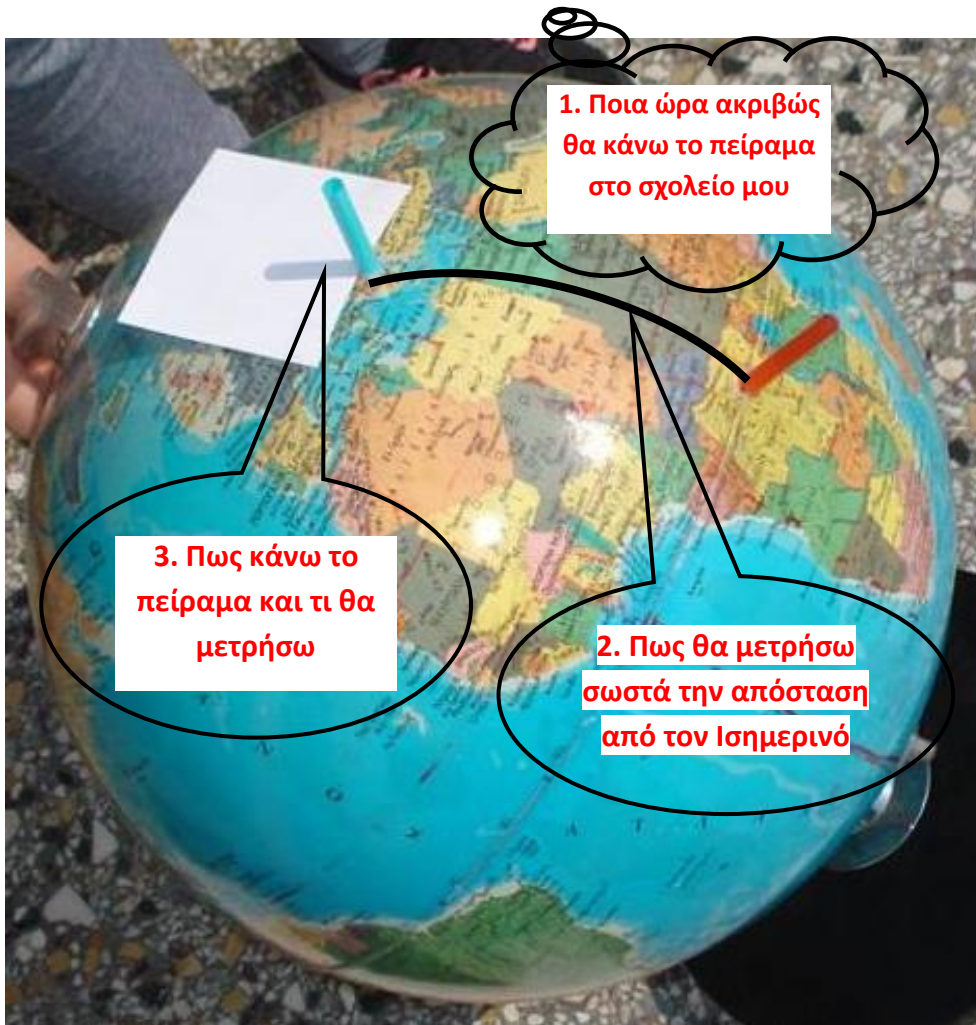
Επιμέλεια οδηγού: Παπαδάκης Ιωάννης – φυσικός,  
υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. ΚΩ

# Η μέτρηση της ακτίνας της Γης από τον Ερατοσθένη

Ερώτηση: Γιατί έχει ενδιαφέρον να κάνω το πείραμα;

Γιατί επαναλαμβάνω ένα από τα 10 πιο όμορφα πειράματα\* στην αυλή του σχολείου μου.

Ερώτηση: Τι βήματα πρέπει να ακολουθήσω και τι πρέπει να προσέξω;



Ερώτηση: Πότε πρέπει να κάνω τα παραπάνω;

Τα βήματα 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup>, μπορούν να έχουν πραγματοποιηθεί τις προηγούμενες μέρες στην τάξη οπότε και θα γίνει η ανάλογη συζήτηση και μόνο το 3<sup>ο</sup> βήμα να πραγματοποιηθεί στην αυλή του σχολείου.

\* Τα 10 πιο όμορφα πειράματα στην ιστορία της φυσικής, σύμφωνα με έρευνα που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Physics Word, New York 2002

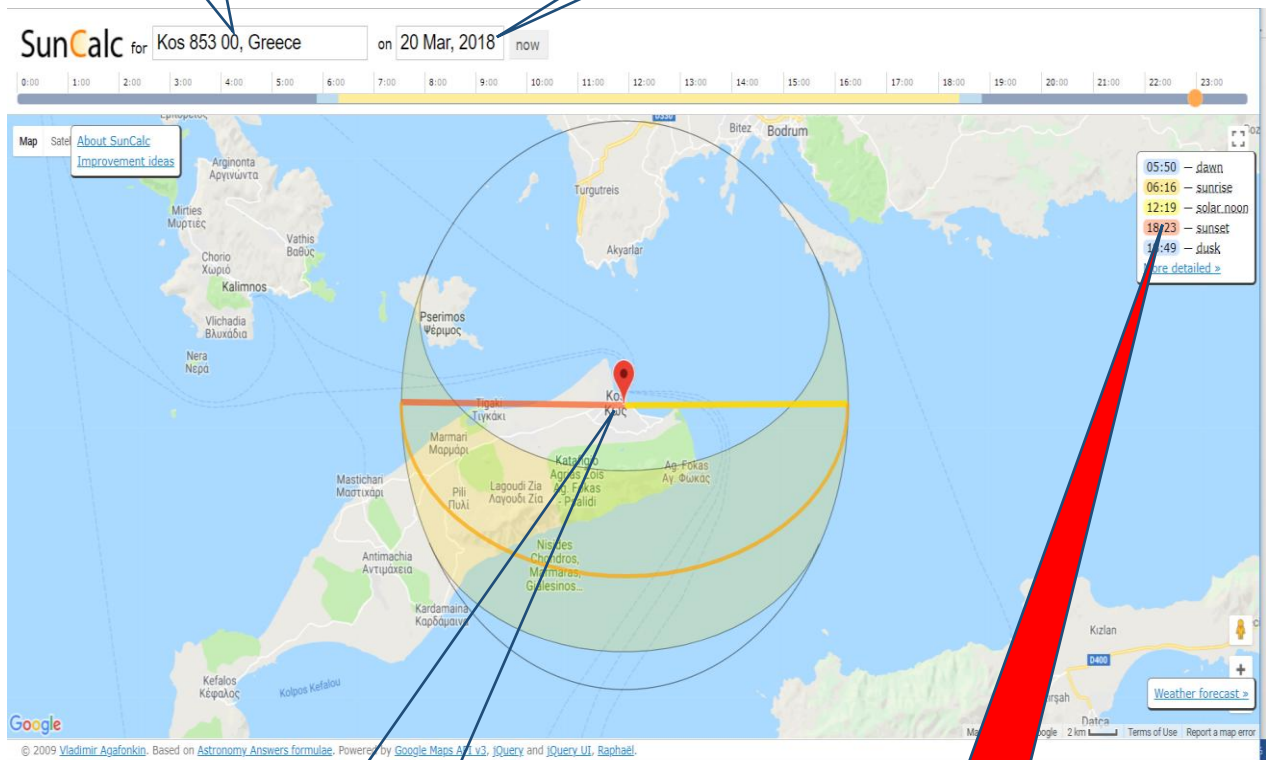
1

## Υπολογισμός της ώρας που πρέπει να κάνετε τη μέτρηση στο σχολείο σας:

Ανοίγουμε την σελίδα [εδώ](#)

1. Εδώ γράφω  
την τοποθεσία

3. Προσέχω η  
ημερομηνία να  
είναι 20 Mar 2018



2. Μετακινώ τον δείκτη στην  
ακριβή θέση του σχολείου μου. Αν  
χρειάζεται μεγεθύνω τον χάρτη

4. Εδώ βλέπω  
την ακριβή ώρα  
του μεσημεριού



# 2

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ: Σχολείο-σημείο του Ισημερινού με ίδιο γεωγραφικό μήκος

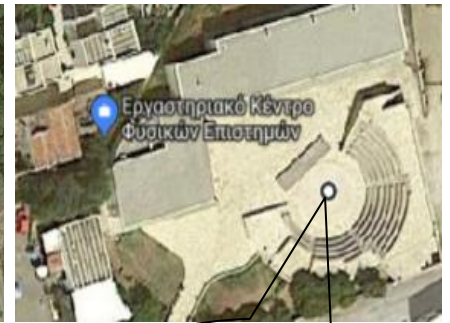
Βήμα 1<sup>ο</sup>: Στους χάρτες google τοποθετούμε στο σχολείο μου, την αρχή της μέτρησης:



1. Βρείτε το σχολείο σας στον χάρτη

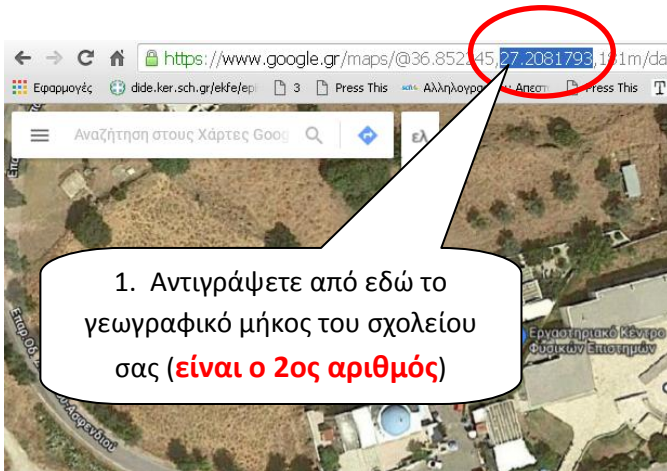


2. Δεξί κλικ οπουδήποτε στο χάρτη, και επιλέγω Μέτρηση απόστασης

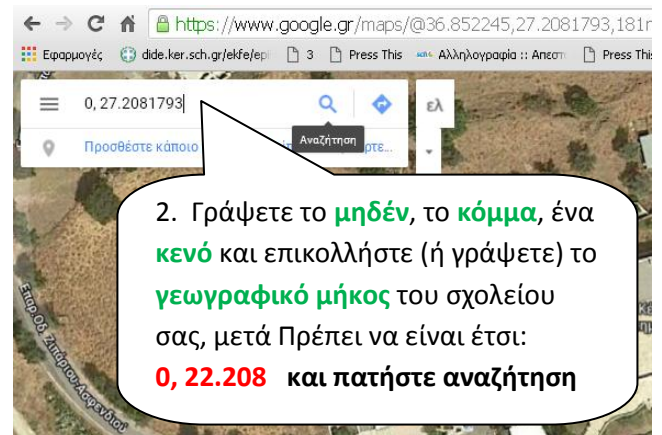


3. Μπορείτε να σύρετε την «έναρξη» της μέτρησης στο ακριβές σημείο

Βήμα 2<sup>ο</sup>: Προσδιορίζοντας το σημείο του Ισημερινού με ίδιο γεωγραφικό μήκος:

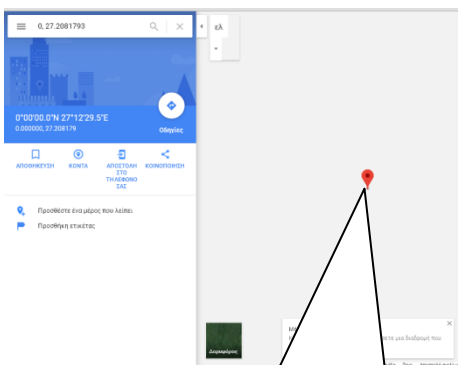


1. Αντιγράψετε από εδώ το γεωγραφικό μήκος του σχολείου σας (**είναι ο 2ος αριθμός**)



2. Γράψετε το **μηδέν**, το **κόμμα**, ένα **κενό** και επικολλήστε (ή γράψετε) το **γεωγραφικό μήκος** του σχολείου σας, μετά Πρέπει να είναι έτσι: **0, 22.208** και πατήστε αναζήτηση

Βήμα 3<sup>ο</sup>: Προσδιορίζοντας το σημείο λήξη της μέτρησης στον Ισημερινό:



Το αποτέλεσμα της αναζήτησης. Κάνω κλικ και **τοποθετώ την λήξη**.



Εδώ θα δείτε την απόσταση του σχολείου σας από τον ισημερινό.

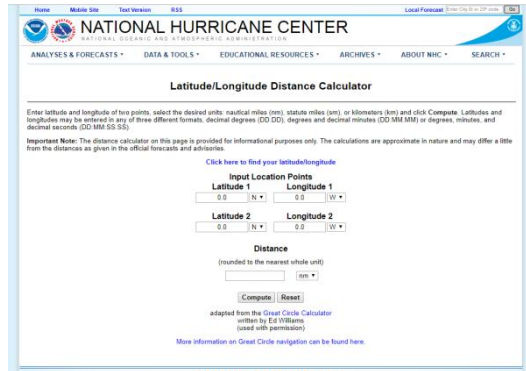
Μέτρηση απόστασης  
Κάντε κλικ στο χάρτη για προθήρηση στα διαστήματα σας.  
Συνολική απόσταση: 4.097,81 χιλιόμετρα (2.546,26 μίλια)

Μέτρηση απόστασης  
Κάντε κλικ στο χάρτη για προθήρηση στα διαστήματα σας.  
Συνολική απόσταση: 4.097,83 χιλιόμετρα (2.546,27 μίλια)

# άλλοι τρόποι υπολογισμού της απόστασης

## χρησιμοποιώντας τον υπολογιστή απόστασης

Ανοίγω την σελίδα: <https://www.nhc.noaa.gov/gccalc.shtml>



Πρέπει να είναι «N»  
(Βόρειο)

Γράφω το  
γεωγραφικό μήκος  
του σχολείου μου.

[Click here to find your latitude/longitude](#)

Γράφω το  
γεωγραφικό πλάτος  
του σχολείου μου.

Πρέπει να είναι «E»  
(Ανατολικό)

### Input Location Points

Latitude 1

Longitude 1

0.0

N

0.0

E

Το αφήνω 0.0

Latitude 2

Longitude 2

0.0

N

0.0

E

Πρέπει να είναι «E»  
(Ανατολικό)

Το αποτέλεσμα της  
μέτρησης.

Γράφω το  
γεωγραφικό μήκος  
του σχολείου μου.

Distance

(rounded to the nearest whole unit)

Επιλέγω χιλιόμετρα  
Km

Αφού έχω κάνει  
όλες τις ρυθμίσεις  
τότε πατάω εδώ

Compute

Reset

km

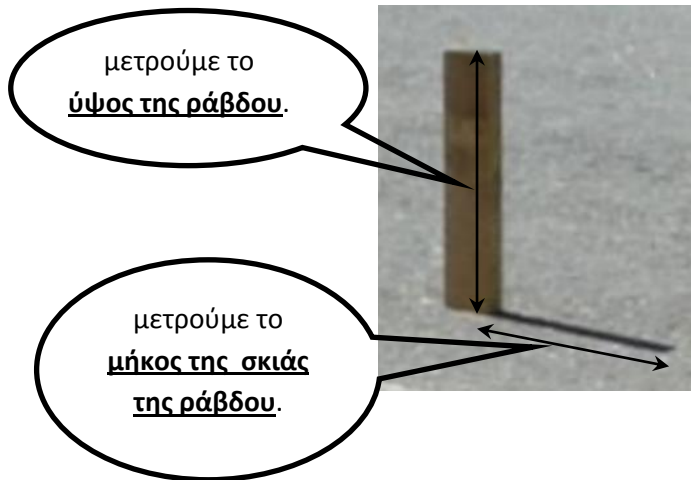
ή χρησιμοποιώντας τον: [χάρτη εδώ](#).

# 3

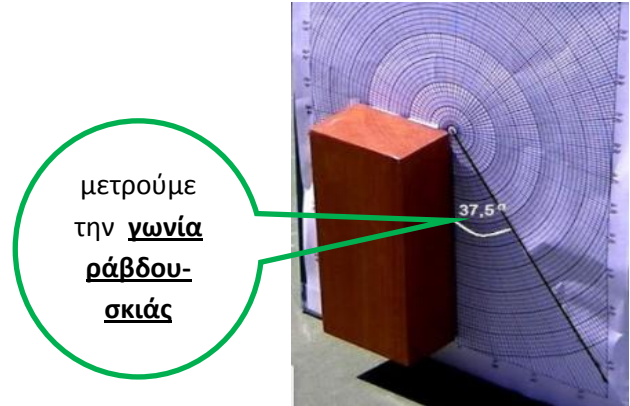
## Πως θα κάνω το πείραμα.

**Ξεκινάμε από το τι θα μετρήσουμε. Μπορούμε να επιλέξουμε:**

### 1. το ύψος και την σκιά



### 2. Την γωνία ράβδου - σκιάς



#### **Προσέχουμε:**

- Η ράβδος που θα χρησιμοποιήσουμε, να είναι οπωσδήποτε ευθύγραμμη.
- Η σκιά να πέφτει σε οριζόντιο επίπεδο.
- Το μήκος της ράβδου πρέπει να είναι τουλάχιστον ένα μέτρο.
- Η στήριξη της ράβδου πρέπει να είναι σταθερή και να είναι οπωσδήποτε κατακόρυφη.
- Η κατακόρυφη στήριξη ελέγχεται με νήμα της στάθμης ή αλφάδι.
- Όλα τα παραπάνω πρέπει να συντελούν ώστε η ράβδος να αφήνει όσο το δυνατόν πιο ευδιάκριτη σκιά.

#### **Προσέχουμε:**

- Η ράβδος πρέπει να έχει μία πλευρά ευθύγραμμη και κατακόρυφη, αυτή θα είναι η μία πλευρά της γωνίας. Η ευθεία: πάνω άκρο της ράβδου – άκρη της σκιάς που αφήνει το πάνω άκρο, αυτή θα είναι η άλλη πλευρά της γωνίας. Οι ευθείες αυτές να μπορούν να προσδιοριστούν είτε σε ένα κατακόρυφο επίπεδο, είτε με νήμα.
- Αν η σκιά πέφτει σε κατακόρυφο επίπεδο, το επίπεδο πρέπει οπωσδήποτε να έχει προσανατολισμό στην κατεύθυνση Βορρά-Νότου.
- Η γωνία μπορεί να μετρηθεί με μοιρογνωμόνιο ή γωνιομετρικό δίσκο.

#### **Σε κάθε περίπτωση αποφεύγουμε:**

- Στήριξη απλά με το χέρι.
- Έλεγχο κατακόρυφης στήριξης με το μάτι.
- Χοντροειδέστατες μετρήσεις.
- Μαγείρεμα των μετρήσεων.

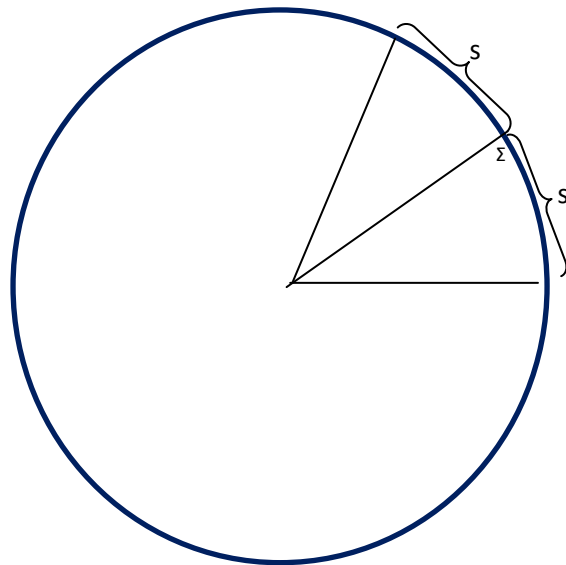
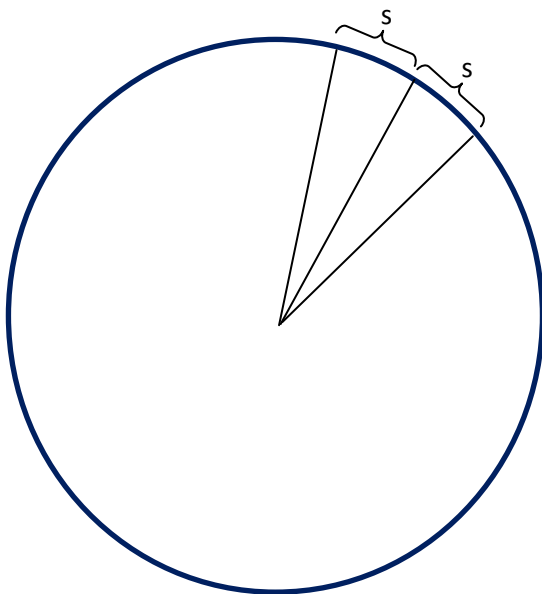
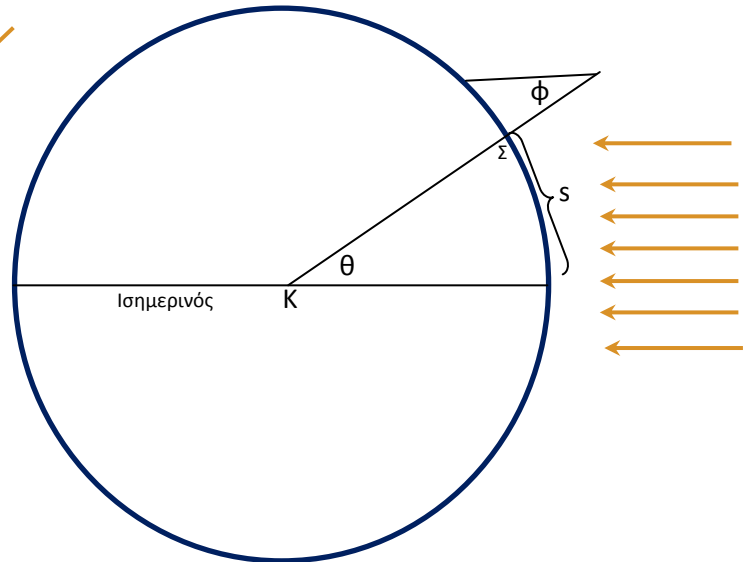
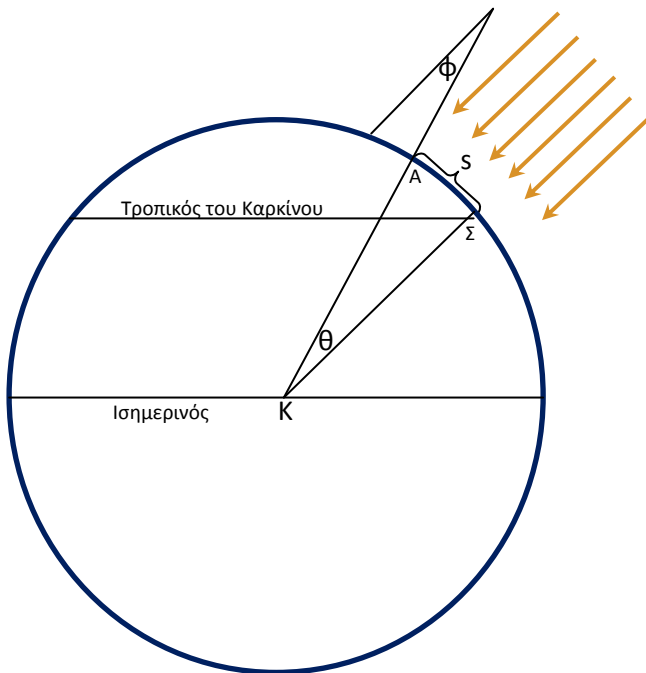
Και στις δύο περιπτώσεις καταλήγουμε να μετρούμε την γωνία. Στην 1<sup>η</sup> περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε την εφαπτομένη ή θα ζωγραφίσουμε το τρίγωνο που σχηματίζεται και θα την μετρήσουμε με μοιρογνωμόνιο. Στην 2<sup>η</sup> περίπτωση μετρούμε απλά την γωνία.

Εναλλακτικά μπορούμε με calculator να υπολογίσουμε κατευθείαν την γωνία: π.χ.:  $\text{Inv tan } (37/100)$

## Το πείραμα του Ερατοσθένη και το «δικό μας» πείραμα:

21 Ιουλίου (Θερινό Ηλιοστάσιο)

20 Μαρτίου (Εαρινή Ισημερία)



**Σ:** Συήνη (σημερινό Ασσουάν)

**A:** Αλεξάνδρεια

**s:** Η απόσταση Αλεξάνδρειας - Συήνη

**Σ:** το σχολείο μου που θα κάνω το πείραμα

**s:** Η απόσταση σχολείο - Ισημερινός

### Απαραίτητες διευκρινήσεις:

Λόγω της μεγάλης απόστασης του Ήλιου από την Γη, υποθέτουμε (όπως και ο Ερατοσθένης) ότι οι ακτίνες φτάνουν στην Γη παράλληλες.

Οι γωνίες  $\phi$  και  $\theta$  είναι ίσες επειδή, οι εντός και εναλλάξ γωνίες παραλλήλων ευθειών που τέμνονται από τρίτη ευθεία είναι ίσες. Αυτό το θεώρημα της γεωμετρίας, φαίνεται ότι χρησιμοποίησε και ο Ερατοσθένης.



## Για την ακρίβεια των μετρήσεων.

Ο Ερατοσθένης μέτρησε μια πολύ μικρή απόσταση πάνω στην Γη. Η απόσταση Αλεξάνδρειας – Συήνη είναι περίπου 800 Km. Η γωνία που μέτρησε ο Ερατοσθένης ήταν  $7,2^\circ$ .

**Με απόκλιση  $0,1^\circ$**  στις μετρήσεις του Ερατοσθένη θα προέκυπτε **διαφορά στην μέτρηση 4%**. Οι περισσότεροι ιστορικοί της επιστήμης υποστηρίζουν ότι η μέτρηση του Ερατοσθένη έγινε με σφάλμα λιγότερο από 1%.

Εμείς μετρούμε πολύ μεγαλύτερη απόσταση. Η απόσταση Κως – Ισημερινός είναι περίπου 4.100 Km. Η γωνία που μετρούμε εμείς είναι περίπου  $37^\circ$ .

**Με απόκλιση  $0,1^\circ$**  στις μετρήσεις τις δικές μας θα προέκυπτε **διαφορά στην μέτρηση 0,23%**. Εμείς κάνουμε το πείραμα με πολύ ευνοϊκότερους όρους !

**Καλό θα ήταν να επιδιώξουμε να πετύχουμε και εμείς πολύ μικρές αποκλίσεις.**

Για να ελαχιστοποιήσουμε τις αποκλίσεις της τιμής που θα μετρήσουμε από την πραγματική, πρέπει **να ακολουθήσουμε με ακρίβεια τις οδηγίες στην εκτέλεση του πειράματος.**

Να επιδιώξουμε το πείραμα να πραγματοποιηθεί με περισσότερες από μία ομάδες και η τιμή που θα προκύψει να είναι ο μέσος όρος των μετρήσεων κάθε ομάδας.

**Όλες οι μετρήσεις θα καταγραφούν στο πρώτο φύλλο εργασίας που ακολουθεί.**



Οι δύο  
τρόποι  
μέτρησης  
σε ένα  
πείραμα

## **Αν δύο σχολεία αποφάσισαν να συνεργαστούν:**

Προτείνουμε τα σχολεία που θα συνεργαστούν, να βρίσκονται περίπου στον ίδιο μεσημβρινό. Τότε θα ακολουθήσουν ελάχιστα διαφοροποιημένη πορεία: α) θα χρειαστεί να μετρήσουν την απόσταση των δύο σχολείων και όχι την απόσταση από τον Ισημερινό και β) θα πρέπει να αφαιρέσουν τις γωνίες. Η διαδικασία όμως είναι ίδια, και επιπλέον μπορεί να γίνει το μεσημέρι οποιασδήποτε μέρας του χρόνου. Σημειώνουμε ότι το πείραμα έτσι απαιτεί και περισσότερη ακρίβεια γιατί το σφάλμα στις μετρήσεις θα είναι αρκετά μεγαλύτερο.

**Αυτά τα σχολεία θα χρησιμοποιήσουν το δεύτερο φύλλο εργασίας**



## Πείραμα του Ερατοσθένη

**Υπολογισμός της ακτίνας της Γης, 20-03-2018, ώρα 12:.....**

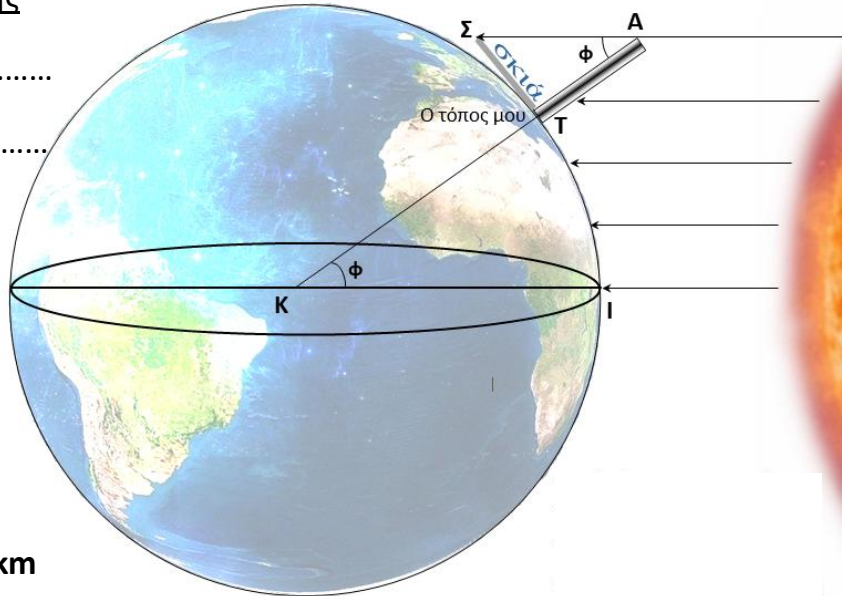
Συντεταγμένες αυλής

Γεωγρ. Μήκος .....

Γεωγρ. πλάτος .....

Απόσταση από τον ισημερινό

TI = ..... km



### Μετρήσεις

Ύψος αντικειμένου:                      TA = ..... cm

Μήκος σκιάς:                                TΣ = ..... cm

### Υπολογισμοί

$$\epsilon\phi\phi = \frac{T\Sigma}{T\Lambda} = \dots\dots\dots \text{ και } \phi = \dots\dots\dots$$

$$\frac{TI}{\phi} = \frac{\text{Περίμετρος}}{360^\circ} \Rightarrow \dots\dots\dots$$

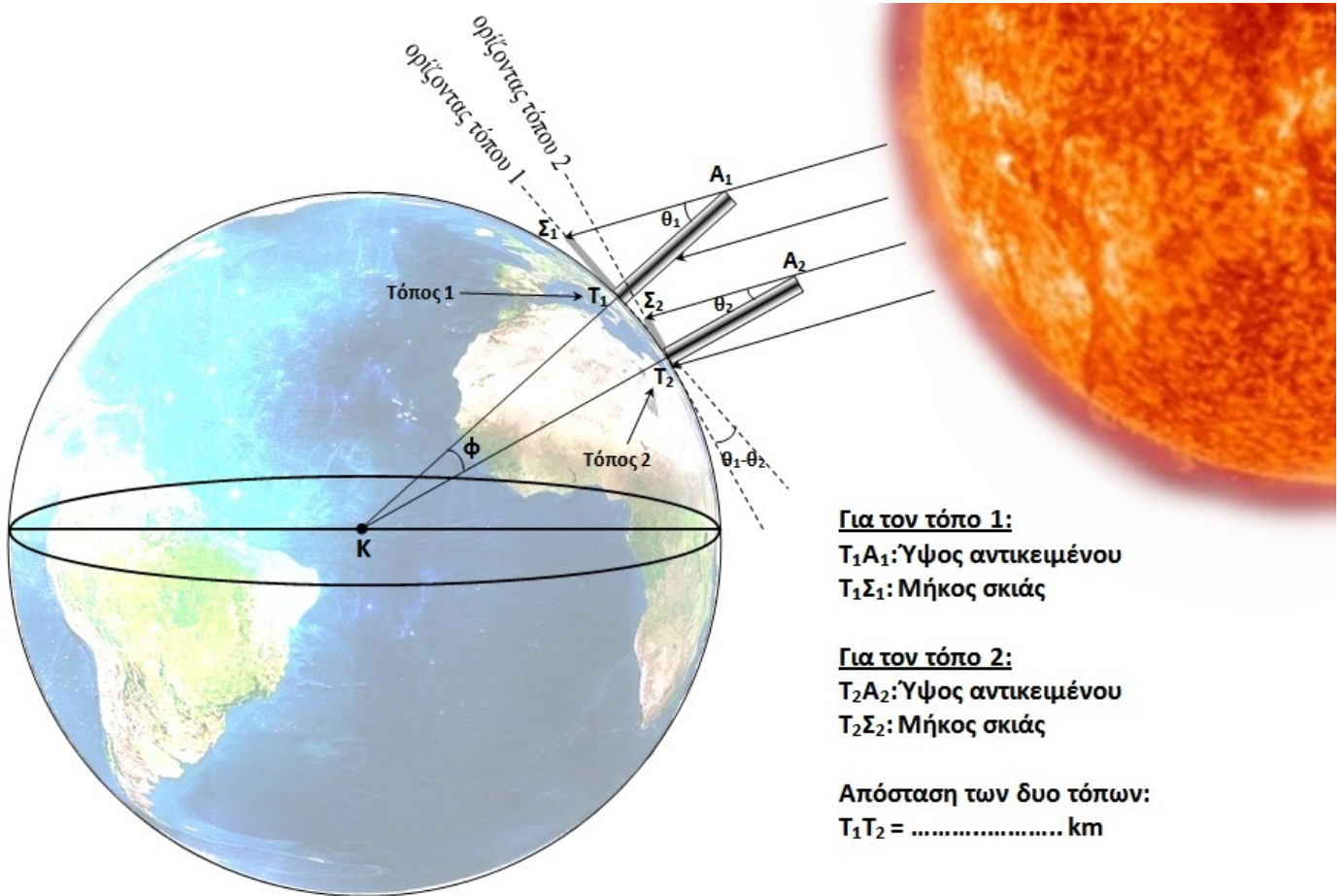
$$\Rightarrow \text{Περίμετρος} = \dots\dots\dots \text{ km}$$

$$\text{Ακτίνα Γης } R = \frac{\text{Περίμετρος}}{2 \cdot 3,14159} = \dots\dots\dots \text{ Km}$$

(Ενδεικτική τιμή R = 6371 km)

## Πείραμα του Ερατοσθένη

**Υπολογισμός της ακτίνας της Γης με συνεργασία δυο σχολείων**



Μετρήσεις	Ύψος αντικειμένου	Μήκος σκιάς
<b>Σχολείο 1</b>	$T_1A_1 = \dots\dots\dots$ cm	$T_1Σ_1 = \dots\dots\dots$ cm
<b>Σχολείο 2</b>	$T_2A_2 = \dots\dots\dots$ cm	$T_2Σ_2 = \dots\dots\dots$ cm

Υπολογισμοί		
<b>Σχολείο 1</b>	$\epsilon\phi\theta_1 = \frac{T_1Σ_1}{T_1A_1} = \dots\dots\dots$	$\theta_1 = \dots\dots\dots$
<b>Σχολείο 2</b>	$\epsilon\phi\theta_2 = \frac{T_2Σ_2}{T_2A_2} = \dots\dots\dots$	$\theta_2 = \dots\dots\dots$
$\phi = \theta_1 - \theta_2 = \dots\dots\dots$		
$\frac{T_1T_2}{\phi} = \frac{\text{Περίμετρος}}{360^\circ} \Rightarrow \text{Περίμετρος} = \dots\dots\dots$ km		
Ακτίνα Γης $R = \frac{\text{Περίμετρος}}{2 \cdot 3,14159} = \dots\dots\dots$ Km (Ενδεικτική τιμή $R = 6371$ km)		