

ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΤΟΥ ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗ



Ο Ερατοσθένης ο Κυρηναίος (Κυρήνη, 276 π.Χ. – Αλεξάνδρεια, 194 π.Χ.) ήταν σπουδαίος μαθηματικός, γεωγράφος, αστρονόμος, γεωδαίτης, μουσικός, ποιητής, ιστορικός, φιλόλογος και συγγραφέας. Θεωρείται ο πρώτος άνθρωπος στην ιστορία που υπολόγισε το μέγεθος της Γης και κατασκεύασε ένα σύστημα συντεταγμένων με παράλληλους και μεσημβρινούς. Επίσης, κατασκεύασε και έναν χάρτη του κόσμου, όπως τον θεωρούσε. Ο όρος «Γεωγραφία» αποδίδεται στον Ερατοσθένη και θεωρείται ο πατέρας της Μαθηματικής Γεωγραφίας.

Το «**Πείραμα του Ερατοσθένη**» είναι ένα από τα πιο σημαντικά πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί, με το οποίο αποδείχτηκε η σφαιρικότητα της γης και έγινε η **μέτρηση της περιφέρειας της γης** από τον Ερατοσθένη τον 3ο π.Χ. αιώνα.

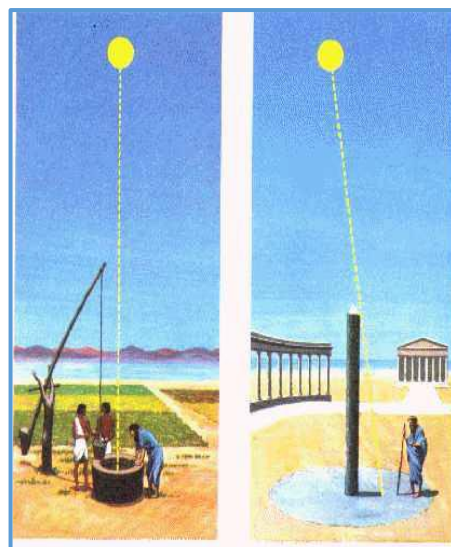
Μια, ασήμαντη για τους πολλούς, **πληροφορία** που είχε ο Ερατοσθένης τον οδήγησε στο ιστορικό πείραμα: Ότι μια συγκεκριμένη ημέρα ο ήλιος κατοπτριζόταν ολόκληρος στον πυθμένα ενός πηγαδιού στην πόλη Συήνη (Ασουάν της Αιγύπτου), ενώ δεν συνέβαινε το ίδιο στην Αλεξάνδρεια, όπου ζούσε ο Ερατοσθένης.

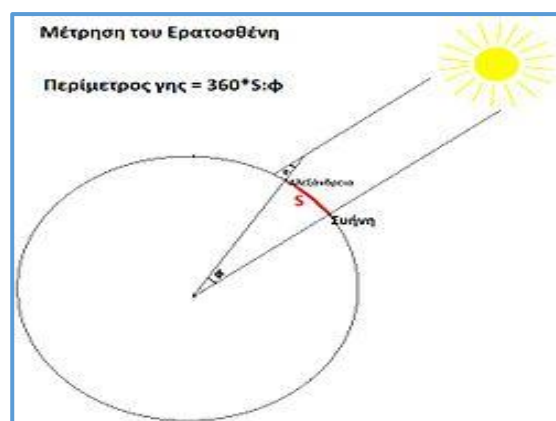
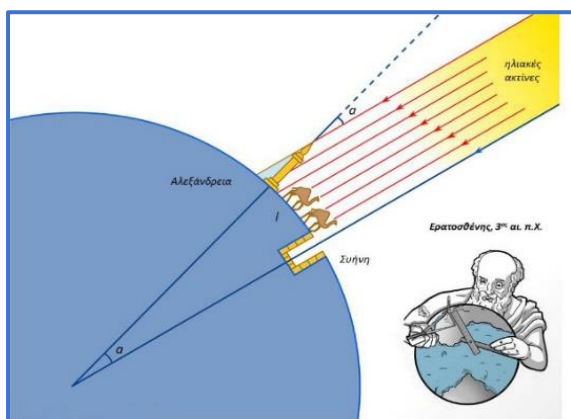
Ο Ερατοσθένης έκανε παρατηρήσεις, υποθέσεις και υπολογισμούς, χρησιμοποιώντας βασικές αρχές της επιστημονικής μεθόδου (16ος αιώνα), τον 3ο π.Χ. αιώνα!

Ο συλλογισμός και το πείραμα:

Παρατηρήσεις:

1. Κατά το **θερινό ηλιοστάσιο** το μεσημέρι οι ακτίνες του ηλίου φωτίζουν τον πυθμένα ενός πηγαδιού στη Συήνη και τα αντικείμενα δεν έχουν σκιά.
2. Η Αλεξάνδρεια και η Συήνη έχουν μεσημέρι την ίδια χρονική στιγμή.
(Πράγματι, η Αλεξάνδρεια και η Συήνη βρίσκονται σχεδόν στον ίδιο μεσημβρινό απέχοντας κατά γεωγραφικό μήκος μόλις 3°, με σημερινές μετρήσεις).
3. Την ίδια στιγμή, στην Αλεξάνδρεια, οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν έτσι ώστε τα αντικείμενα να έχουν σκιά.





Υποθέσεις:

1. Οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν σχεδόν παράλληλα στη γη.
2. Η Γη είναι σφαιρική. Γιατί αν ήταν επίπεδη, τότε ο Ήλιος θα έριχνε τις ακτίνες του κάθετα και στις δυο πόλεις ταυτόχρονα, συνεπώς τα αντικείμενα δεν θα έπρεπε να έχουν σκιά το μεσημέρι του θερινού ηλιοστασίου.

Μετρήσεις - Υπολογισμοί:

1. Στην Αλεξάνδρεια οι ακτίνες του ηλίου σχηματίζουν μια γωνία περίπου $\phi = 7,2^\circ$ με την κατακόρυφο του τόπου. Ο Ερατοσθένης την υπολόγισε αφού μέτρησε το ύψος μιας κατακόρυφης ράβδου και το μήκος της σκιάς της.
2. Απόσταση Συήνης – Αλεξάνδρειας περίπου $S = 5.000$ στάδια (λέγεται ότι χρησιμοποίησε βηματιστές).
3. Η γωνία ϕ είναι ίση με τη γωνιακή απόσταση των δύο πόλεων ($1/50$ του κύκλου περίπου) και αντιστοιχεί στην απόσταση των δύο πόλεων.
4. Κατά αναλογία υπολογίστηκε το μήκος της περιφέρειας της γης που αντιστοιχεί στις 360° :
Περίμετρος γης = $S * 360^\circ / \phi$ και βρέθηκε ίση με **250.000 στάδια** περίπου.
 Βασικά υπολογίστηκε το μήκος του κύκλου που περνά πάνω από τον μεσημβρινό των δύο πόλεων.

Βρήκε ο Ερατοσθένης τιμή **39.400 - 41.000 Km**, έναντι της πραγματικής 40.075,017 Km. Το σφάλμα στον υπολογισμό ήταν **1-2%**, ένα πραγματικά αξιοσημείωτο επίτευγμα για την εποχή του.

Το πείραμα αυτό εντυπωσιάζει με τη σύλληψή του, τα απλά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν και τη μεγάλη ακρίβεια για την εποχή του και συγκαταλέγεται μεταξύ των 10 πιο όμορφων επιστημονικών πειραμάτων στην ιστορία της Φυσικής!

Τα 10 πιο όμορφα πειράματα (Σύμφωνα με το περιοδικό Physics World – 2002)

1. Το πείραμα της διπλής σχισμής του Young, εφαρμοσμένο για τη συμβολή μεμονωμένων ηλεκτρονίων
2. Το πείραμα του Γαλιλαίου για την ελεύθερη πτώση (1600)
3. Το πείραμα του Millikan με τις σταγόνες λαδιού (1910)
4. Η ανάλυση του ηλιακού φωτός με πρίσμα από τον Νεύτωνα (1665-1666)
5. Το πείραμα του Young για την συμβολή του φωτός (1801)
6. Το πείραμα του Cavendish με τον ζυγό στρέψης (1798)
7. Η μέτρηση της περιφέρειας της Γης από τον Ερατοσθένη (3ος αιώνας π.Χ.)
8. Τα πειράματα του Γαλιλαίου με τις κυλιόμενες σφαίρες σε κεκλιμένα επίπεδα (1600s)
9. Η ανακάλυψη του πυρήνα από τον Rutherford (1911)
10. Το εκκρεμές του Foucault (1851)

ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΤΟΥ ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗ ΣΤΟ 3^ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΤΡΙΚΑΛΩΝ

Στο 3^ο Γυμνάσιο Τρικάλων το «Πείραμα του Ερατοσθένη» πραγματοποιήθηκε στην αυλή του σχολείου την **Τετάρτη 20 Μαρτίου 2024**, την ώρα της **μεσουράνησης του ήλιου** (ο ήλιος βρίσκεται στο ζενίθ της τροχιάς του) που είναι διαφορετική σε κάθε τόπο, η οποία για το σχολείο μας ήταν στις **12:40:17**.

Αρχικά οι μαθητές προετοιμάστηκαν για το πείραμα, βρίσκοντας τα στοιχεία του τόπου τους που ήταν απαραίτητα:

- Βρήκαν στις συντεταγμένες του σχολείου.
- Χρησιμοποίησαν τον Υπολογιστή απόστασης «Distance Calculator» στη διεύθυνση <http://bit.ly/2g9Q60Q> και υπολόγισαν την απόσταση του σχολείου από τον Ισημερινό, που υπολογίστηκε: **Απόσταση από τον Ισημερινό = 4397,9 Km.**
- Χρησιμοποίησαν την εφαρμογή www.suncalc.org, με την οποία υπολόγισαν για το σχολείο την ακριβή ώρα για την μεσουράνηση (culmination) του ήλιου: **Culmination: 12:40:17**.

Κατόπιν οι μαθητές στην αυλή του σχολείου εργάστηκαν σε δύο ομάδες για τη πραγματοποίηση του πειράματος. Η βιωματική προσέγγιση του υπολογισμού της περιφέρειας και της ακτίνας της Γης, αλλά και η χρήση βασικών εννοιών της επιστημονικής μεθόδου (παρατήρηση, συλλογισμός, μέτρηση, συμπέρασμα) ήταν σημαντικά στοιχεία κατά την υλοποίηση της δράσης.

- Χρησιμοποίησαν απλά όργανα, **μια κατακόρυφη ράβδο και ένα μέτρο** και μέτρησαν το ύψος της ράβδου και το μήκος της σκιάς της στο οριζόντιο έδαφος. Πήραν μετρήσεις πριν και μετά την ώρα της μεσουράνησης, ώστε να βρουν το μικρότερο μήκος σκιάς, που είναι πράγματι την ώρα της μεσουράνησης του ήλιου. Η ημέρα ήταν ηλιόλουστη και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με επιτυχία.

- Στη συνέχεια, με βασικές με βασικές γνώσεις τριγωνομετρίας υπολόγισαν τη γωνία ϕ των ακτίνων του ήλιου με την κατακόρυφη ράβδο, που είναι το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.
(Η γωνία ϕ είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος μόνο αν η μέτρηση γίνει τις μέρες της εαρινής ή φθινοπωρινής ισημερίας).
- Κατόπιν με απλές μαθηματικές πράξεις (ανάλογα ποσά) υπολόγισαν την περιφέρεια της γης:

$$\frac{\text{Απόσταση από τον Ισημερινό}}{\phi} = \frac{\text{Μήκος περιφέρειας}}{360^\circ}$$

και την ακτίνα της: $R = \frac{\text{Μήκος περιφέρειας}}{2\pi}$

Οι μαθητές υπολόγισαν τις τιμές:

1^η Ομάδα

Μήκος Περιφέρειας Γης = 40.061,842 km

Ακτίνα Γης = 6376 Km

2^η Ομάδα

Μήκος Περιφέρειας Γης = 39930,491 km

Ακτίνα Γης = 6355 Km

Οι μαθητές συνεργάστηκαν με προθυμία και ενθουσιασμό για την υλοποίηση του πειράματος και η χαρά ήταν μεγαλύτερη καθώς οι τιμές που υπολόγισαν ήταν πολύ κοντά στις πραγματικές !

Πραγματικές τιμές του μεγέθους της Γης:

Μήκος περιφέρειας γης στον Ισημερινό = 40.075,017 km

Μήκος περιφέρειας γης στους πόλους = 39940,638 Km

Μέσο μήκος περιφέρειας Γης = 40.009 Km

Ακτίνα γης ισημερινή = 6378,1 Km

Ακτίνα γης πολική = 6356,8 Km

Μέση ακτίνα γης = 6371 Km

Συγχαρητήρια σε όλα τα παιδιά για την προθυμία, το κέφι και τη χαρά με την οποία συμμετείχαν!