

Μέτρηση της Γης με Smartphone και mobile apps

Παναγιώτης Πετρίδης

Ένα βασικό θέμα που αφορά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο είναι το πώς μπορεί αυτή να επικεντρωθεί στην καθημερινότητα των μαθητών ώστε να καταστεί ελκυστική. Καλώς ή κακώς, πρωταγωνιστικό ρόλο στην καθημερινότητα των μαθητών διαδραματίζει πλέον το κινητό τους τηλέφωνο. Επομένως, η χρήση του τηλεφώνου για την πραγματοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων θα μπορούσε να αποτελέσει το «δούρειο ίππο» που θα φέρει τους μαθητές πιο κοντά στη Φυσική.

Η ιδέα είναι παλιά, του Ερατοσθένη του Κυρηναίου ο οποίος έδωσε το όνομα στην πειραματική δραστηριότητα που ακολουθεί: η μέτρηση της Γης. Η μέθοδος όμως που προτείνουμε είναι σύγχρονη και διαφοροποιείται από άλλες επίσης σύγχρονες προτάσεις (Δαπόντες, 2013): τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι τρεις εφαρμογές (mobile apps) για “έξυπνα” τηλέφωνα και η γνωστή διαδικτυακή εφαρμογή χαρτογράφησης Google Maps (<https://www.google.gr/maps/>). Έτσι, η διαδικασία μέτρησης της ακτίνας της Γης με τον συγκεκριμένο τρόπο καθίσταται ελκυστική τόσο για τους μαθητές, όσο και για τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς.

Η δραστηριότητα απευθύνεται σε μαθητές της Α΄ Λυκείου και θα μπορούσε να σχετιστεί με τον ορισμό της μονάδας μέτρησης του μέτρου στο μάθημα της Φυσικής (Βλάχος κ.α., 2013) ή να ενταχθεί στο πλαίσιο κάποιας ερευνητικής εργασίας. Υλοποιείται αυστηρά κατά τη διάρκεια της εαρινής ή της φθινοπωρινής ισημερίας δηλαδή στις 21 Μαρτίου ή στις 22 Σεπτεμβρίου.

Το έξυπνο κινητό τηλέφωνο απαιτείται να διαθέτει λειτουργικό σύστημα Android (οποιαδήποτε έκδοση), ώστε να έχουν την δυνατότητα οι μαθητές να “κατεβάσουν” δωρεάν τις σχετικές εφαρμογές από το Google Play Store (<https://play.google.com/store/apps>).

Οι εφαρμογές

Η πρώτη εφαρμογή που απαιτείται είναι η εφαρμογή “My location” (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.themelix.mylocation>) (Εικόνα 1). Η εφαρμογή

ενημερώνει το χρήστη σχετικά με την τρέχουσα θέση του (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), ενώ εάν υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο, δείχνει στο χάρτη την τρέχουσα θέση του και τη διεύθυνση του δρόμου. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ κανονικής ή δορυφορικής απεικόνισης του χάρτη, μπορεί να αποθηκεύσει τις τοποθεσίες του και να τις μοιραστεί μέσω SMS, e-mail, Facebook, Google+, Skype, Twitter, ενώ λειτουργεί και χωρίς GPS, με την χρήση WiFi ή/και CellId (πληροφορίες κυψέλης).



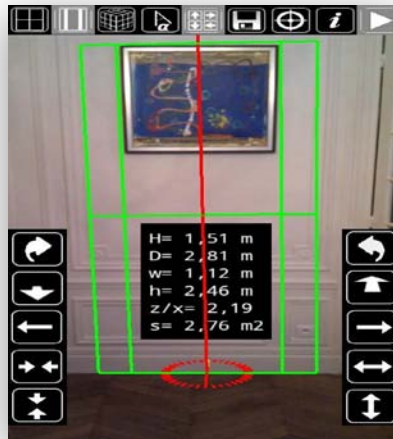
Εικόνα 1. Η διεπιφάνεια χρήσης της εφαρμογής *my location*.

Η δεύτερη εφαρμογή που απαιτείται είναι η εφαρμογή “*spirit level*” (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.spiritlevel>). Είναι μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί το ενσωματωμένο επιταχυνσιόμετρο που σχεδόν κάθε “έξυπνο” τηλέφωνο διαθέτει. Βοηθά στο να διατηρηθεί το τηλέφωνο απολύτως οριζόντια ή κάθετα, αν προσαρμόσει ο χρήστης μία διαθέσιμη εικονική φουσαλίδα μεταξύ των δύο διπλών γραμμών που εμφανίζονται (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Η διεπιφάνεια χρήσης της εφαρμογής *spirit level*.

Η τρίτη εφαρμογή είναι η εφαρμογή “Measure & Align - 3D Plumb-bob” (https://play.google.com/store/apps/details?id=com.assysto.android.plumb_bob). Είναι ένα επαγγελματικό σύνολο εργαλείων για την μέτρηση, την επεξεργασία και την παρουσίαση των μετρήσεων. Ο χρήστης μπορεί να μετρήσει διαστάσεις σε αντικείμενα, μπορεί να μετρήσει γωνίες και στο τέλος να προσαρμόσει και να επεξεργαστεί τις μετρήσεις του ή να τις παρουσιάσει σε άλλους χρήστες. Όλα αυτά αφού πρώτα βαθμονομήσει με ακρίβεια την συσκευή του (Εικόνα 3).



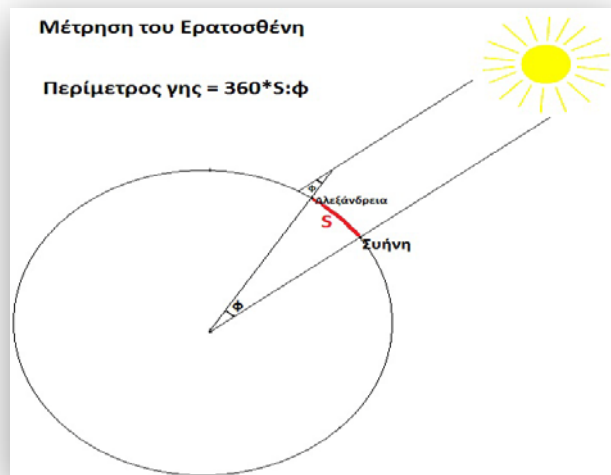
Εικόνα 3. Η διεπιφάνεια χρήσης της εφαρμογής Measure & Align

Πώς θα μετρήσουμε τη Γη;

Το πρόβλημα της μέτρησης της Γης, δηλαδή ο υπολογισμός του σχήματος και των διαστάσεων της Γης, απασχόλησε τους Αρχαίους Έλληνες από τον 3ο π.Χ. αιώνα. Από το σχήμα της σκιάς που ρίχνει η Γη στη Σελήνη κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης της Σελήνης μπορεί, μεταξύ άλλων, κανείς να συμπεράνει πως η Γη είναι σφαίρα.

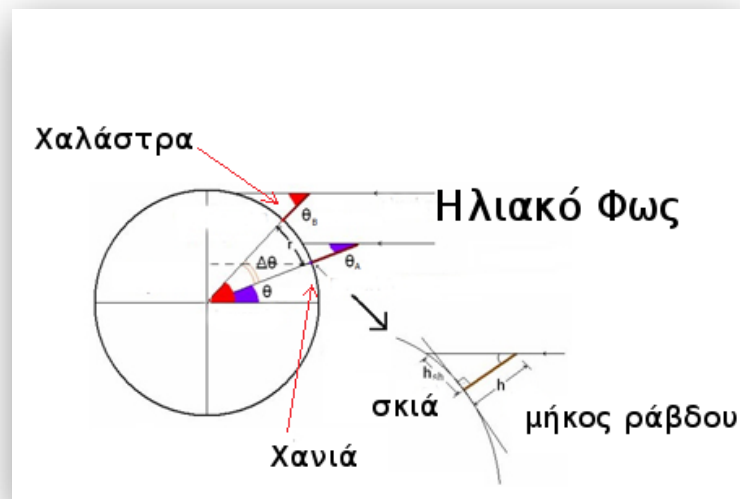
Ο Ερατοσθένης υπέθεσε ότι ο Ήλιος βρίσκεται τόσο μακριά που οι ακτίνες του είναι ουσιαστικά παράλληλες όταν πέφτουν στη Γη, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.

Παρατήρησε επίσης ότι το μεσημέρι της πρώτης μέρας του καλοκαιριού, στις 21 Ιουνίου, το φως του Ήλιου καθρεφτιζόταν στον πάτο ενός βαθιού πηγαδιού στη Συήνη της Αιγύπτου. Με άλλα λόγια ο Ήλιος εκείνη τη στιγμή ήταν ακριβώς στην κατακόρυφη διεύθυνση (στο Ζενίθ του τόπου). Την ίδια στιγμή στην Αλεξάνδρεια, οι ακτίνες του σχημάτιζαν γωνία περίπου 7° με μία κατακόρυφη ράβδο (Σχήμα 1). Ο Ερατοσθένης συμπέρανε πως η Συήνη και η Αλεξάνδρεια, όντας πάνω στον ίδιο μεσημβρινό, πρέπει να απέχουν απόσταση ίση με το $7^\circ/360^\circ \approx 1/50$ ενός μεγάλου κύκλου της Γης. Καταφέροντας, με πολύ κόπο και προσπάθεια¹, να μετρήσει την απόσταση μεταξύ των δύο πόλεων και εξισώνοντάς την με το $1/50$ της περιφέρειας της Γης, υπολόγισε την περιφέρεια και στη συνέχεια την ακτίνα της Γης (Osserman, 2008).



Σχήμα 1. Η μέτρηση της Γης από τον Ερατοσθένη (τα μεγέθη δεν εμφανίζονται υπό κλίμακα).

Για να μετρήσουμε από το σχολείο μας την ακτίνα της Γης ακολουθήσαμε την μέθοδο του Ερατοσθένη, εισάγοντας όμως κάποιες παραλλαγές, χάρη στην τεχνολογία που είναι πλέον διαθέσιμη. Το ρόλο της Αλεξάνδρειας έπαιξε το Γε.Λ. Χαλάστρας και το ρόλο της Συήνης έπαιξε το 1^ο Γε.Λ. Χανίων. Επειδή τα δύο σχολεία δεν βρίσκονται στον ίδιο μεσημβρινό, στην ανάλυσή μας (που ακολουθεί παρακάτω) χρειάστηκε να αξιοποιήσουμε και ένα βοηθητικό σημείο (περιοχή Α στο Σχήμα 2) το οποίο βρίσκεται στον ίδιο μεσημβρινό με τη Χαλάστρα (έχουν το ίδιο γεωγραφικό μήκος) και ταυτόχρονα βρίσκεται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος με τα Χανιά.



Σχήμα 2. Στην περιοχή Β βρίσκεται το Γε.Λ. Χαλάστρας και στην περιοχή Α (στον ίδιο μεσημβρινό με την περιοχή Β) βρίσκεται ένα βοηθητικό σημείο που έχει το ίδιο γεωγραφικό πλάτος με το 1^ο Γε.Λ. Χανίων. Η απόσταση των δύο σχολείων, τα μήκη των ράβδων και οι σκιές τους δεν απεικονίζονται υπό κλίμακα.

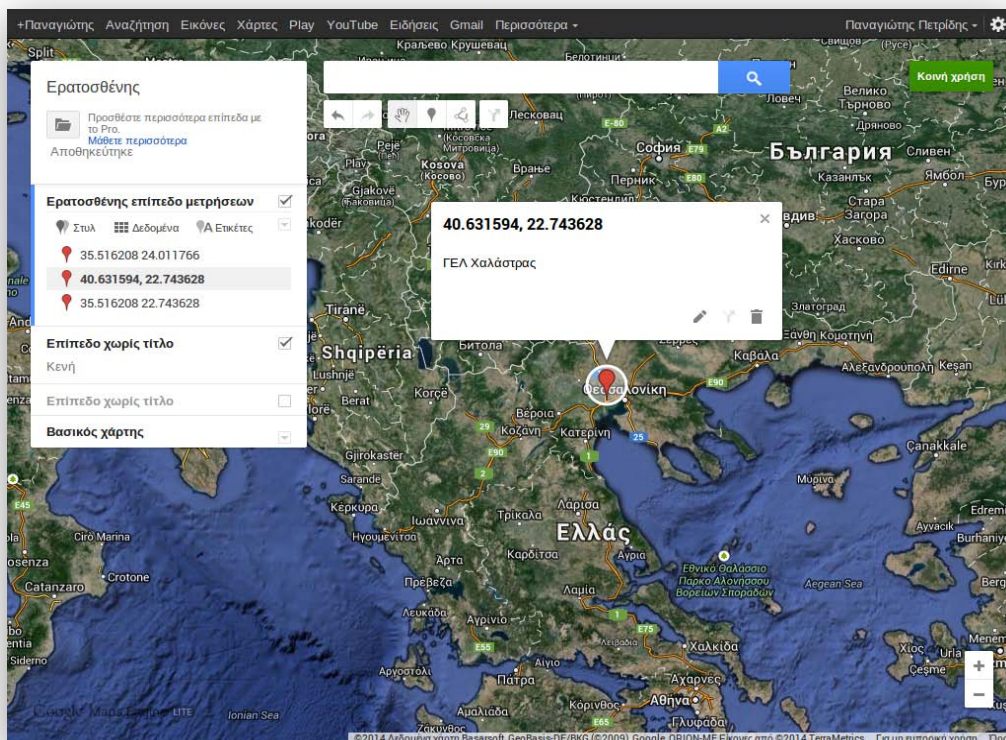
Οι μετρήσεις μας έγιναν κατά τη διάρκεια της εαρινής ισημερίας, στις 21 Μαρτίου 2014. Την συγκεκριμένη ημερομηνία ο άξονας της Γης είναι κάθετος προς τις ακτίνες του Ήλιου καθώς ο Ήλιος βρίσκεται πάνω στον ισημερινό της ουράνιας σφαίρας. Έτσι, οι γωνίες που σχηματίζουν οι ακτίνες του Ήλιου με κατακόρυφες ράβδους, σε κάθε τόπο, ακριβώς το μεσημέρι (κατά τη στιγμή της μεσουράνησης του Ήλιου) είναι ίσες με τα γεωγραφικά πλάτη των τόπων της παρατήρησης (Γκοτζαμάνη και Αυγολούπης, 2014)

Μετρώντας τη Γη

Συλλογή δεδομένων

Το ταξίδι της μέτρησης της Γης ξεκινάει με την εκκίνηση της εφαρμογής "*spirit level*" για να ελέγξουμε αν ο πάγκος εργασίας μας είναι οριζόντιος (ώστε να μετράμε σωστά τα μήκη των σκιών). Η ίδια εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί αργότερα, κατά την διάρκεια της μέτρησης του μήκους της σκιάς του τηλεφώνου, για να εξασφαλιστεί ότι το κινητό τηλέφωνο θα παραμένει κατακόρυφο.

Ακολουθώς χρησιμοποιούμε την εφαρμογή "*My location*" για να καταγράψουμε το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος της θέσης μας. Με γνωστές αυτές τις συντεταγμένες σημειώνουμε (τοποθετώντας μια κόκκινη πινέζα) πάνω στον χάρτη της Google την ακριβή μας θέση όπως φαίνεται στην Εικόνα 4 (εναλλακτικά, επειδή οι δύο εφαρμογές συνεργάζονται, τα δεδομένα θέσης μπορούν να μεταφερθούν αυτόματα από τη μια εφαρμογή στην άλλη)².

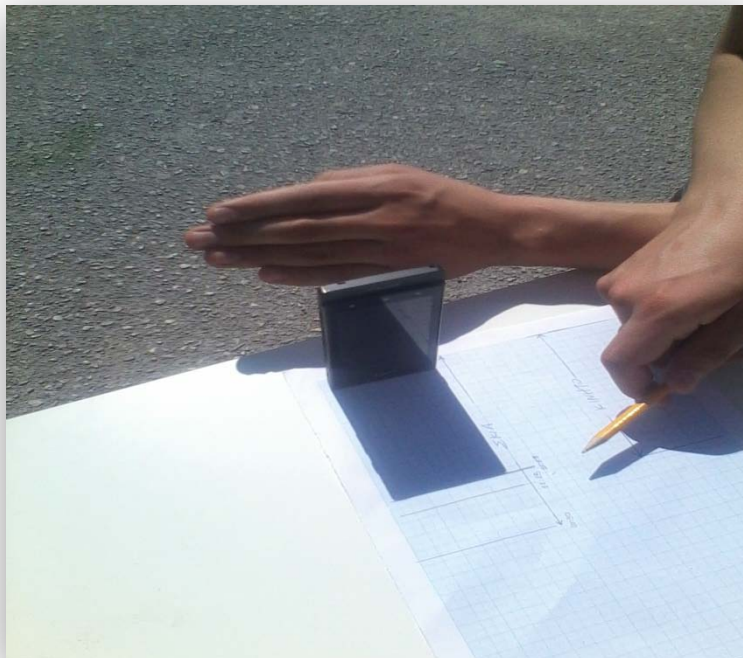


Εικόνα 4. Γεωγραφικές συντεταγμένες του Γε.Λ. Χαλάστρας

Ενημερώνουμε τους μαθητές ότι όπως συνηθίζεται στα περισσότερα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (Geographic Information Systems, GIS), οι τιμές για το γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος εκφράζονται ως δεκαδικά κλάσματα και όχι ως μοίρες, λεπτά και δευτερόλεπτα. Οι μαθητές γνωρίζουν ότι τα θετικά γεωγραφικά πλάτη βρίσκονται βόρεια τού Ισημερινού ενώ τα αρνητικά γεωγραφικά πλάτη νότια τού Ισημερινού, τα θετικά γεωγραφικά μήκη βρίσκονται ανατολικά του Μεσημβρινού που διέρχεται από το Γκρήνουιτς ενώ τα αρνητικά γεωγραφικά μήκη δυτικά του ίδιου Μεσημβρινού. Δεν γνωρίζουν όμως, συνήθως, ότι η μετατροπή μιας τιμής GIS (D μοίρες, M λεπτά και S δεύτερα) σε δεκαδικό αριθμό γίνεται με την ακόλουθη σχέση:

$$GIS \text{ (δεκαδικός αριθμός)} = D + \frac{M}{60} + \frac{S}{3600}$$

Τέλος, ανοίγουμε την τρίτη εφαρμογή, "*Measure & Align*", η οποία προτού χρησιμοποιηθεί πρέπει πρώτα να βαθμονομηθεί. Αυτό γίνεται πολύ εύκολα ακολουθώντας τις οδηγίες της εφαρμογής και εισάγοντας την τιμή ενός γνωστού μήκους. Το επόμενο βήμα είναι να μετρήσουμε το μήκος του κινητού και το μήκος της σκιάς του στις 12 το μεσημέρι ακριβώς (Εικόνα 5). Είμαστε τότε σε θέση (Σχήμα 2) να υπολογίσουμε την εφαπτομένη της γωνίας και άρα την γωνία θ που σχηματίζουν οι ακτίνες του Ήλιου με την κατακόρυφο του τόπου, και επομένως το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (μην ξεχνάτε ότι η μέτρηση γίνεται κατά την εαρινή ισημερία για αυτόν ακριβώς το λόγο!)



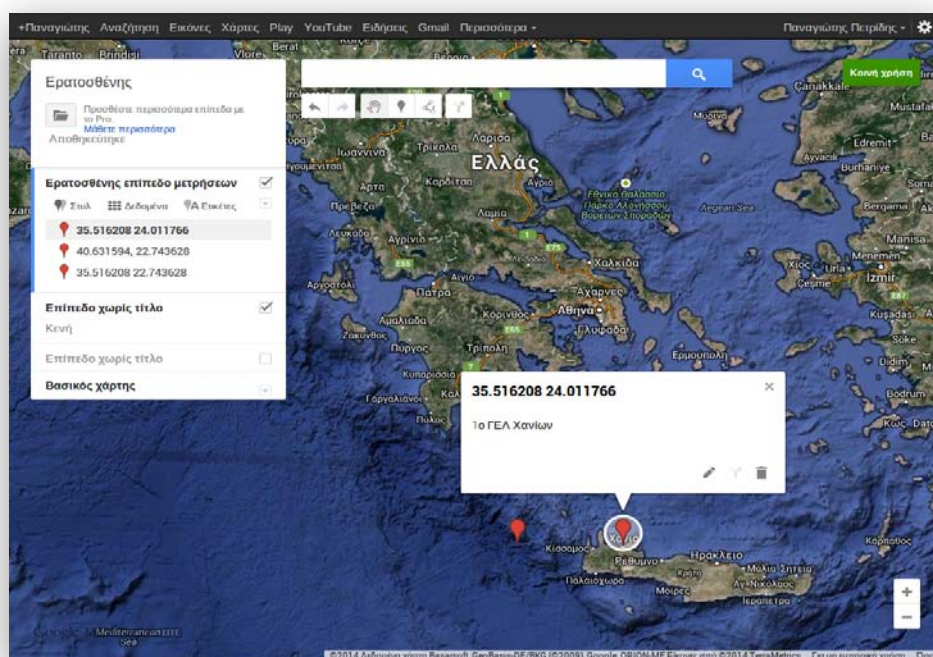
Εικόνα 5. Μέτρηση της σκιάς του κινητού με δύο τρόπους: με την εφαρμογή "Measure & Align" και, για λόγους επιβεβαίωσης της μέτρησης, με τη βοήθεια χιλιοστομετρικού χαρτιού.

Τα δεδομένα που προέκυψαν δίνονται στον Πίνακα 1. Όπως φαίνεται υπάρχει απόκλιση περίπου μισής μοίρας ανάμεσα στο γεωγραφικό πλάτος του σχολείου, όπως προκύπτει από την εφαρμογή “My location” και τις μετρήσεις που κάναμε.

Γεωγραφικό πλάτος (“My location”)	40,631594
Γεωγραφικό μήκος (“My location”)	22,743628
Μήκος κινητού	11,6 cm
Μήκος σκιάς κινητού	10,1 cm
Εφαπτομένη της γωνίας θ	0,87
Γωνία θ _A (γεωγραφικό πλάτος)	41,02°

Πίνακας 1. Τα δεδομένα του Γε.Λ. Χαλάστρας

Ακολουθώντας ακριβώς την ίδια διαδικασία, την ίδια ακριβώς ώρα και ημέρα, ο συνάδελφος Σπύρος Κούρτης, μαθηματικός στο 1^ο Γε.Λ. Χανίων (Εικόνα 7) κατέγραψε τις μετρήσεις του Πίνακα 2.



Εικόνα 7. Γεωγραφικές συντεταγμένες του 1^{ου} Γ.ε.Λ. Χανίων

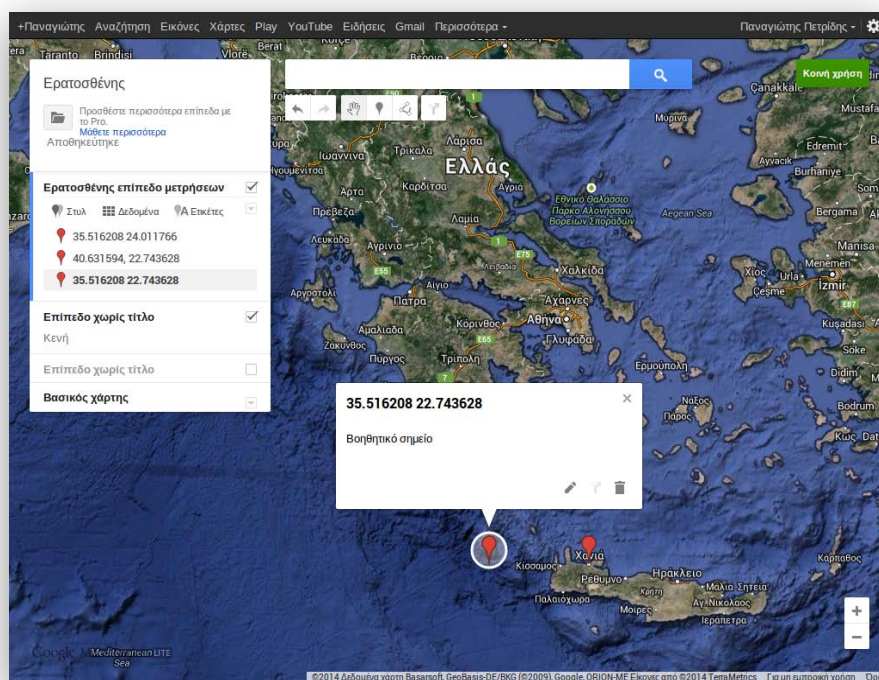
Και σε αυτή την περίπτωση καταγράφεται μία απόκλιση περίπου μισής μοίρας ανάμεσα στην «πραγματική» τιμή του γεωγραφικού πλάτους και της μέτρησης που έγινε.

Γεωγραφικό πλάτος ("My location")	35,516208
Γεωγραφικό μήκος ("My location")	24,011766
Γωνία θ _B (γεωγραφικό πλάτος)	35,01°

Πίνακας 2. Τα δεδομένα του 1^{ου} Γε.Λ. Χανίων

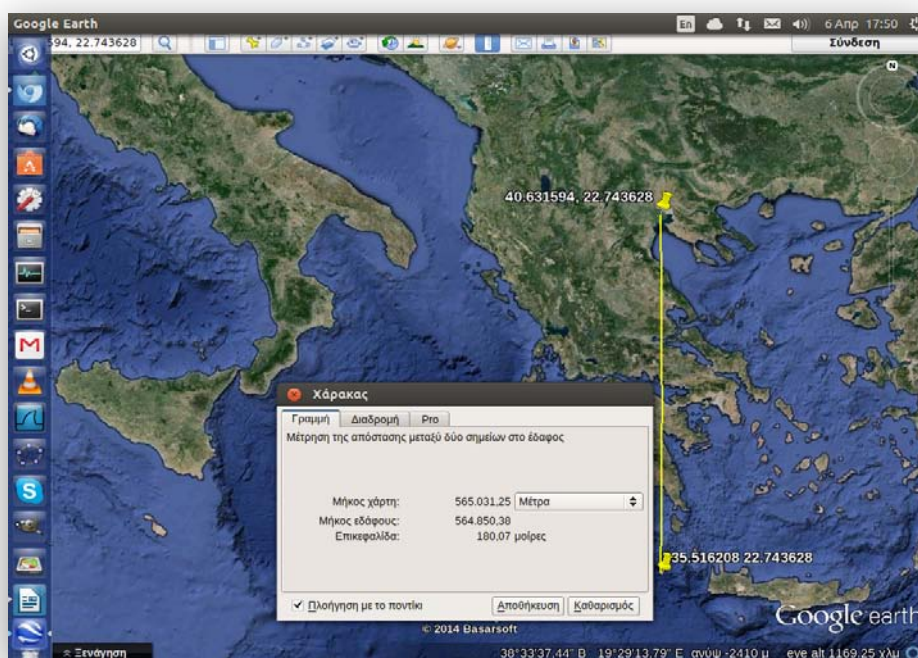
Επεξεργασία δεδομένων

Για την μέτρηση της ακτίνας της Γης θα έπρεπε τα δύο σχολεία να βρίσκονται στον ίδιο μεσημβρινό. Επειδή αυτό δεν ήταν εφικτό, χρειάστηκε να προσφύγουμε σε ένα βοηθητικό σημείο με γεωγραφικό πλάτος το γεωγραφικό πλάτος του 1^{ου} Γε.Λ. Χανίων και γεωγραφικό μήκος το γεωγραφικό μήκος του Γε.Λ. Χαλάστρας (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Γεωγραφικές συντεταγμένες βοηθητικού σημείου.

Ο υπολογισμός της απόστασης του βοηθητικού σημείου από το Γε.Λ. Χαλάστρας έγινε με τη βοήθεια της εφαρμογής Google Earth (Εικόνα 10). Η απόσταση βρέθηκε ίση με $s=564.850,38$ m.



Εικόνα 10. Υπολογισμός της απόστασης μεταξύ του βοηθητικού σημείου και του Γε.Α. Χαλάστρας.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μήκος του τόξου ανάμεσα στη Χαλάστρα και το βοηθητικό σημείο είναι, σύμφωνα με τις μετρήσεις μας, $\Delta\varphi = 41,02^\circ - 35,01^\circ = 6,01^\circ$, από τη σχέση $\Gamma = s \cdot 360 / \Delta\varphi$, προκύπτει ότι η περιφέρεια της Γης έχει μήκος 33.834.631,76 m. Τότε η ακτίνα της Γης προκύπτει ίση με $R = 5.387.680,22$ m. Το σφάλμα της μέτρησής μας είναι πολύ μεγάλο, περίπου 15% (Πίνακας 3).

$\Delta\varphi$	$41,02^\circ - 35,01^\circ = 6,01^\circ$
Απόσταση s	564.850,38 m
Μήκος περιφέρειας	33.834.631,76 m
Ακτίνα της Γης	5.387.680,22 m
Πραγματική ακτίνα ³	6.371.000 m
Σφάλμα μέτρησης	15,43%

Πίνακας 3.

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 4 δίνονται τα δεδομένα και οι μετρήσεις που προκύπτουν θεωρώντας τις τιμές γεωγραφικού πλάτους που προκύπτουν από την εφαρμογή "My location".

Δφ	$40,63^{\circ} - 35,51^{\circ} = 5,12^{\circ}$
Απόσταση s	564.850,38 m
Μήκος περιφέρειας	39.716,04 m
Ακτίνα της Γης	6.324,21 m
Πραγματική ακτίνα ³	6.371.000 m
Σφάλμα μέτρησης	0,73%

Πίνακας 4.

Συμπεράσματα

Αμέσως μετά τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς οι μαθητές κλήθηκαν να σχολιάσουν το πολύ μεγάλο σφάλμα και να προτείνουν πιθανούς λόγους που οδήγησαν σε αυτό. Οι απαντήσεις εστίασαν στα σφάλματα που καταγράφηκαν στον προσδιορισμό του γεωγραφικού πλάτους τόσο της Χαλάστρας όσο και των Χανίων (Πίνακες 1 και 2 αντίστοιχα).

Οι μαθητές παρατήρησαν ότι στη Χαλάστρα το γεωγραφικό πλάτος (ή για την ακρίβεια, η γωνία που σχημάτισαν οι ακτίνες του Ήλιου με το κατακόρυφο κινητό τους στις 12 το μεσημέρι) υπολογίστηκε μεγαλύτερο από ό,τι είναι πραγματικά. Άρα, κατέληξαν ότι αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους: σε σφάλμα στη μέτρηση της σκιάς του κινητού τηλεφώνου ή στο γεγονός ότι ο Ήλιος δεν είχε φτάσει στο μεγαλύτερο ύψος του (δεν μεσουρανούσε) κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

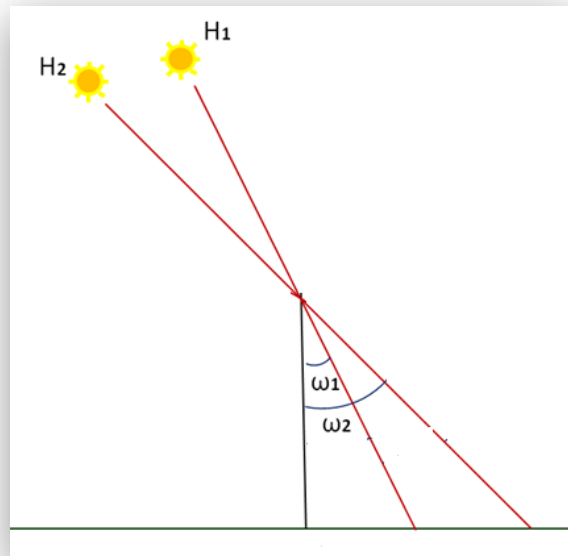
Το πρώτο ενδεχόμενο απορρίφθηκε καθώς το μήκος της σκιάς υπολογίστηκε με δύο τρόπους που συμφωνούσαν μεταξύ τους, ενώ η καθετότητα του κινητού και η οριζοντοποίηση του πάγκου εργασίας είχαν ελεγχθεί εξαντλητικά. Τέθηκε λοιπόν το ερώτημα της ακρίβειας της μέτρησης του χρόνου: μήπως τα ρολόγια μας δεν έδειχναν σωστά τον “τοπικό” χρόνο;

Οι μαθητές καθοδηγήθηκαν να αναζητήσουν πληροφορίες σχετικά με τις διαφορές του επίσημου χρόνου ενός κράτους, ο οποίος σχετίζεται με τις 24 ωριαίες ατράκτους που χωρίζεται η επιφάνεια της Γης, και στον “τοπικό” χρόνο, ο οποίος σχετίζεται με το πότε μεσουρανή ο Ήλιος σε ένα συγκεκριμένο τόπο.

Ο επίσημος χρόνος σχετίζεται με τον τοπικό χρόνο στο μέσο μίας ωριαίας ατράκτου. Για την Ελλάδα, η οποία έχει υιοθετήσει το χρόνο της 2^{ης} ωριαίας ατράκτου, ο μεσημβρινός του τόπου που καθορίζει τον επίσημο χρόνο βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος 30° . Άρα, όσες περιοχές βρίσκονται ανατολικά από το μεσημβρινό που διέρχεται από τη μέση της ωριαίας ατράκτου ο Ήλιος μεσουρανή πριν τις 12 το μεσημέρι (σύμφωνα με τα ρολόγια των κατοίκων) και σε όσες περιοχές βρίσκονται δυτικότερα μεσουρανή μετά τις 12 το μεσημέρι.

Η Χαλάστρα βρίσκεται δυτικότερα από το συγκεκριμένο μεσημβρινό, άρα όταν τα ρολόγια μας έδειχναν 12 το μεσημέρι ο Ήλιος δεν είχε ακόμη μεσουρανήσει (δεν είχε φτάσει στο ψηλότερο σημείο

του από τον ορίζοντα) οπότε η γωνία των ακτινών του με το κατακόρυφο κινητό τηλέφωνο σχημάτιζε γωνία μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος της Χαλάστρας (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Όταν ο Ήλιος βρίσκεται στο μεγαλύτερο ύψος του (όταν μεσουρανή), θέση H_1 , η γωνία των ακτινών με την κατακόρυφη ράβδο είναι $\omega_1 < \omega_2$ που είναι η αντίστοιχη γωνία που σχηματίζεται όταν ο Ήλιος βρίσκεται σε χαμηλότερο ύψος (θέση H_2)

Οι μαθητές ψάχνοντας βρήκαν ότι στις 21 Μαρτίου 2014 ο Ήλιος στη Θεσσαλονίκη (και άρα με σχετική ακρίβεια και στη Χαλάστρα) μεσουρανή περίπου στις 12 και 35 λεπτά. Μετρώντας λοιπόν τον ίσκιο του κινητού τηλεφώνου στις 12 το μεσημέρι ακριβώς επιβεβαίωσαν ότι πράγματι μέτρησαν μεγαλύτερο ίσκιο που ισοδυναμεί με μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος.

Τα Χανιά είναι ανατολικότερα της Χαλάστρας εκεί ο Ήλιος στις 21 Μαρτίου μεσουρανή περίπου στις 12 και 22 λεπτά (Αυγολούπης 2008, σελίδες 74 - 76). Θα περιμέναμε ότι αν η μέτρηση της σκιάς ήταν σωστή θα έπρεπε να βρουν κάτι περισσότερο από 35,516208, λιγότερο όμως από τη μισή μοίρα διαφορά που βρήκαμε στη Χαλάστρα μια και στα Χανιά ο Ήλιος ήταν πιο κοντά στη μεσουράνηση. Αντί όμως για αυτό βρήκαν μισή μοίρα λιγότερο από το 35,516208. Κατέληξαν ότι μάλλον έκαναν λάθος στις μετρήσεις μήκους, είτε της σκιάς είτε του κινητού είτε και των δυο.

Προκειμένου να αποφευχθεί το σφάλμα που παρουσιάστηκε, αποφασίστηκε στην επόμενη μέτρηση της ακτίνας της Γης, που προγραμματίστηκε για την επόμενη εαρινή ισημερία, να γίνουν διαδοχικές μετρήσεις του μήκους της σκιάς από τις 11:30 έως τις 13:30 το μεσημέρι, με σκοπό τον προσδιορισμό της ελάχιστης τιμής του μήκους της σκιάς, τη στιγμή που ο Ήλιος πραγματικά θα μεσουρανή στον τόπο μέτρησης, καθώς και της καταγραφής της μεταβολής του σφάλματος της μέτρησης.

Σχόλια

[1]. Μία εξαιρετική μυθιστορηματική περιγραφή του πώς ο Ερατοσθένης κατάφερε να μετρήσει την απόσταση των δύο πόλεων και τελικά να υπολογίσει την ακτίνα της Γης, δίνεται στο μυθιστόρημα του Ντενί Γκετζ *Τα αστέρια της Βερενίκης*, εκδόσεις Ψυχογιός.

[2]. Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να τονίσουμε ότι οι πληροφορίες που παρέχονται από την εφαρμογή “My location” θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν άμεσα και να οδηγήσουν στον υπολογισμό της περιφέρειας της Γης, όπως περιγράφεται στο κείμενό μας. Μάλιστα οι πληροφορίες αυτές είναι διαθέσιμες οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας, κάθε ημέρα του χρόνου και με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Ωστόσο, με αυτόν τον τρόπο χάνεται η ευκαιρία οι μαθητές να γνωρίζουν τη μεγάλη ιδέα του Ερατοσθένη και να διαπιστώσουν πώς με πολύ απλά μέσα, 23 αιώνες πριν, κατέστη δυνατή μία μέτρηση με ακρίβεια που εντυπωσιάζει.

Από την άλλη, επιμείναμε στη χρήση της εφαρμογής “My location” για δύο λόγους:

Πρώτον, θεωρώντας ως πραγματική και με μεγάλη ακρίβεια τις τιμές θέσεις που προσφέρει η εφαρμογή, για να μπορέσουν οι μαθητές να ανιχνεύσουν τυχόν σφάλματα που υπεισέρχονται στις μετρήσεις της σκιάς, σύμφωνα με τη μέθοδο του Ερατοσθένη.

Δεύτερον, για να διαπιστώσουν οι μαθητές από πρώτο χέρι, πώς μεταβάλλονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες ακόμη και για μικρές μετακινήσεις. Πράγματι, η μετακίνηση ενός κινητού τηλεφώνου από ένα θρανίο σε γειτονικό του μετέβαλλε τα τελευταία δεκαδικά ψηφία της τιμής που παρέχει η εφαρμογή.

[3]. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B7>

Βιβλιογραφία

Osserman, R. (2008). *Η ποίηση του Σύμπαντος*. Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Αυγολούπης, Σ. 2008. *Το εγγύς διαστημικό περιβάλλον της Γης - Ιστορία, Τεχνολογία και Επιστήμη της Αστρονομίας*. Εκδόσεις Πλανητάριο. Θεσσαλονίκη

Βλάχος, Ι. Γραμματικάκης, Ι. Καραπαναγιώτης, Β. Κόκκοτας, Π. Περιστερόπουλος, Π. Τιμοθέου, Γ. κ.ά. (2014). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' τάξης*. Αθήνα: ΙΤΥΕ

Γκοτζαμάνη Σ., Αυγολούπης Σ. (2014). Ο Γνώμονας, ένα απλό αστρονομικό όργανο και οι χρήσεις του στην εκπαίδευση. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τεύχος 4, Φθινόπωρο 2014, σσ. 39-47.

Δαπόντες, Ν. (2013). *Ερατοσθένης: ο Ήλιος μετράει τη Γη. Ιδέες για projects*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://makolas.blogspot.gr/2013/06/projects.html>



Ο Παναγιώτης Πετρίδης είναι Φυσικός με μεταπτυχιακή εξειδίκευση στα πληροφοριακά συστήματα. Πριν διοριστεί στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση το 2004, εργάστηκε ως καθηγητής στην ιδιωτική εκπαίδευση. Έχει ασχοληθεί με τη μελέτη και χρήση υπηρεσιών κοινωνικής δικτύωσης στην ηλεκτρονική μάθηση. Στον ελεύθερο χρόνο του δημιουργεί web εφαρμογές με την γλώσσα Ruby και μοντέλα προσομοίωσης της πραγματικότητας με την γλώσσα Python.