

# Open Schools Journal for Open Science

Vol 3, No 1 (2020)



## Η ακτίνα της Γης, ο προσδιορισμός του g και η μάζα της Γης

Δημήτρης Αναστασάκης, Ιωάννης Βαρδανίκας, Ιωάννα Βόγια, Γεώργιος Κομνηνός, Χρήστος Κωστόπουλος, Μαρία Χαρίση, Δέσποινα Γλαράκη, Μάριος Ζιώκος, Λουκία Ασλάνογλου, Σέχι Μπλέρτα, Δημήτριος Αθανασιάδης, Βασίλειος Δημόπουλος

doi: [10.12681/osj.22367](https://doi.org/10.12681/osj.22367)

Copyright © 2020, Δημήτρης Αναστασάκης, Ιωάννης Βαρδανίκας, Ιωάννα Βόγια, Γεώργιος Κομνηνός, Χρήστος Κωστόπουλος, Μαρία Χαρίση, Δέσποινα Γλαράκη, Μάριος Ζιώκος, Λουκία Ασλάνογλου, Σέχι Μπλέρτα, Δημήτριος Αθανασιάδης, Βασίλειος Δημόπουλος



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

### To cite this article:

Αναστασάκης Δ., Βαρδανίκας Ι., Βόγια Ι., Κομνηνός Γ., Κωστόπουλος Χ., Χαρίση Μ., Γλαράκη Δ., Ζιώκος Μ., Ασλάνογλου Λ., Μπλέρτα Σ., Αθανασιάδης Δ., & Δημόπουλος Β. (2020). Η ακτίνα της Γης, ο προσδιορισμός του g και η μάζα της Γης. *Open Schools Journal for Open Science*, 3(1). <https://doi.org/10.12681/osj.22367>

# Η ακτίνα της Γης, ο προσδιορισμός του $g$ και η μάζα της Γης

Δημήτρης Αναστασάκης<sup>1</sup>, Ιωάννης Βαρδανίκας<sup>1</sup>, Ιωάννα Βόγια<sup>1</sup>, Γεώργιος Κομνηνός<sup>1</sup>, Χρήστος Κωστόπουλος<sup>1</sup>, Μαρία Χαρίση<sup>2</sup>, Δέσποινα Γλαράκη<sup>2</sup>, Μάριος Ζιώκος<sup>2</sup>, Λουκία Ασλάνογλου<sup>2</sup>, Σέχι Μπλέρτα<sup>2</sup>, Δημήτριος Αθανασιάδης<sup>3</sup>, Βασίλειος Δημόπουλος<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Γενικό Λύκειο Κολλεγίου Ψυχικού, Αθήνα, Ελλάδα

<sup>2</sup> Γυμνάσιο Νέας Τρίγλιας, Χαλκιδική, Ελλάδα

<sup>3</sup> Φυσικός, Νέας Τρίγλιας, Χαλκιδική, Ελλάδα

<sup>4</sup> Φυσικός, Γενικό Λύκειο Κολλεγίου Ψυχικού, Αθήνα, Ελλάδα

## Περίληψη

Το θέμα της εργασίας είναι ο προσδιορισμός της μάζας της Γης, από μαθητές δύο διαφορετικών σχολείων της Ελλάδας. Το ερευνητικό ερώτημα της εργασίας είναι το ακόλουθο: ποιες αποκλίσεις προκύπτουν από τον προσδιορισμό της μάζας της Γης, αν πειραματικά προσδιοριστούν η ακτίνα της και η επιτάχυνση της βαρύτητας σε δύο διαφορετικές περιοχές;

Αρχικά, τα Σχολεία μέτρησαν κατά την εαρινή ισημερία την ακτίνα της Γης, αξιοποιώντας τη μέθοδο του Ερατοσθένη. Στη συνέχεια, οι δύο ομάδες μαθητών υπολόγισαν με τη μέθοδο του απλού εκκρεμούς την επιτάχυνση της βαρύτητας στην περιοχή τους, μεταβάλλοντας το μήκος του απλού εκκρεμούς και μετρώντας την περίοδο. Η κλίση του διαγράμματος περίοδος στο τετράγωνο ( $T^2$ ) - μήκος ( $L$ ) – με κατάλληλους υπολογισμούς- έδωσε την τιμή για το  $g$ .

Τέλος, με αντικατάσταση στη , προσδιορίστηκε η μάζα της Γης. Στην εργασία γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα των τελικών μετρήσεων καθώς και στη συνεργασία των μαθητών των δύο Σχολείων που πραγματοποιήθηκε μέσω ηλεκτρονικής πλατφόρμας.

## Λέξεις κλειδιά

μάζα Γης, ακτίνα της Γης, επιτάχυνση της βαρύτητας, εξ αποστάσεως συνεργασία

## Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η ιστορία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και των Μαθηματικών μπορεί να αποτελέσει πηγή άντλησης πληροφοριών για τον τρόπο με τον οποίο οι Επιστήμονες στο παρελθόν προσδιόρισαν κάποια μεγέθη των Φ.Ε., ενώ ταυτόχρονα η πειραματική διαδικασία που χρησιμοποίησαν για τον προσδιορισμό τους μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε ένα απλό σχολικό εργαστήριο.

Έναυσμα για την πραγματοποίηση της εργασίας, αποτέλεσαν τα δύο ιστορικά πειράματα, της μέτρησης της ακτίνας της Γης από τον Ερατοσθένη και το πείραμα του Cavendish για τον προσδιορισμό της παγκόσμιας σταθεράς  $G$  και τελικά τη μέτρηση της μάζας της Γης.

### Το πείραμα του Ερατοσθένη

Η μέτρηση της ακτίνας της Γης (και της περιμέτρου της) από τον Ερατοσθένη τον Κυρηναίο, μαρτυρείται από πλήθος συγγραφέων της αρχαιότητας, όπως από τον Ήρωνα, τον Στράβωνα αλλά και τον Κλεομήδη που διασώζει, μάλιστα, στο έργο του Κυκλική θεωρία των μετεώρων, τη μέθοδο μέτρησης της περιμέτρου αλλά και την τιμή που εκείνος προσδιόρισε (Τσιμπουράκης, 2002).

Σύμφωνα με τον Κλεομήδη, ο Ερατοσθένης διάβασε ότι στην πόλη Συήνη (Ασσουάν) κατά το θερινό ηλιοστάσιο (υψηλότερη θερινή τροχιά του Ηλίου), οι κατακόρυφοι στύλοι (οβελίσκοι) δε ρίχνουν καθόλου σκιά και ο Ήλιος καθρεφτίζεται ακριβώς στον πυθμένα ενός πηγαδιού (δηλαδή, βρίσκεται στο Ζενίθ του τόπου). Αναρωτήθηκε, λοιπόν, αν συμβαίνει το ίδιο και σε κάποια άλλη περιοχή της Γης. Επέλεξε, για να ελέγξει το ερώτημά του την Αλεξάνδρεια γιατί γνώριζε ότι βρίσκεται στον ίδιο μεσημβρινό με τη Συήνη αλλά και ότι οι δύο πόλεις απέιχαν μεταξύ τους 5000 στάδια. Διαπίστωσε, ότι στην Αλεξάνδρεια, το ίδιο μεσημέρι, οι κατακόρυφοι στύλοι (οβελίσκοι) ρίχνουν σκιά (Τσιμπουράκης, 2002), (Σωτήρης Μανδηλιώτης, 2018). Το μεσημέρι της ημέρας του θερινού ηλιοστασίου ο Ερατοσθένης μέτρησε το μήκος της σκιάς που έριχνε ένας οβελίσκος. Στη συνέχεια διαίρεσε το μήκος αυτό με το ύψος του οβελίσκου, προσδιορίζοντας την εφαπτομένη της γωνίας του ύψους του Ηλίου. Η γωνία αυτή, η οποία από τη μέτρηση του Ερατοσθένη προέκυψε 7,2 μοίρες, είναι ίση (ως «εντός-εκτός και επί τα αυτά») με την επίκεντρη γωνία που σχηματίζουν δύο ακτίνες της Γης με άκρα τη Συήνη και την Αλεξάνδρεια. Από τη γεωμετρία είναι γνωστό ότι η απόσταση των δύο πόλεων, η ακτίνα της Γης και η γωνία που μέτρησε ο Ερατοσθένης συνδέονται με τη σχέση απόσταση/ακτίνα =  $6,28 \times (7,2/360)$ . Το τελικό του αποτέλεσμα ήταν ότι η ακτίνα της Γης προκύπτει ίση με 252.000 στάδια (Βάρβογλης, 2010).

### Το πείραμα του Cavendish - Η «ζύγιση» της Γης

Ο Νόμος της παγκόσμιας έλξης δίνει τη δυνατότητα να προσδιοριστεί η ελκτική δύναμη μεταξύ δύο μαζών. Αν εφαρμόσουμε το Νόμο της παγκόσμιας έλξης για την αλληλεπίδραση ενός σώματος μάζας  $m$  με τη Γη μάζας  $M$ , προκύπτει ότι:  $w = G \frac{M \cdot m}{r^2}$ . Το μέγεθος  $g = G \frac{M}{r^2}$  ορίζουμε ως επιτάχυνση της βαρύτητας.

Ο προσδιορισμός της παγκόσμιας σταθεράς της βαρύτητας έγινε από τον Άγγλο Henry Cavendish. Ο Cavendish χρησιμοποίησε μία συσκευή με την οποία έγινε για πρώτη φορά επίδειξη της δύναμης που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο μεγάλες ακλόνητες μολυβένιες μπάλες και σε δύο μικρότερες,



τοποθετημένες στα άκρα ράβδου αναρτημένης από πολύ λεπτό νήμα. Μετρώντας κατά πόσο στρέφεται το νήμα, είναι δυνατό να υπολογιστεί με ακρίβεια η σταθερά  $G$ , ίση με  $6,670 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$  (Feynman, 1998). Μετρώντας, όμως, με το συγκεκριμένο πείραμα την τιμή της σταθεράς  $G$ , παρέχεται η δυνατότητα προσδιορισμού της μάζας της Γης, από τη σχέση  $M = \frac{g \cdot r^2}{G}$ . Σύμφωνα με τον Giancoli (Giancoli, 2000), θεωρώντας ότι  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  και ότι η ακτίνα της Γης είναι ίση με  $R = 6.38 \cdot 10^6 \text{ m}$ , με αντικατάσταση στη  $M = \frac{g \cdot r^2}{G}$ , προκύπτει πως η μάζας της Γης είναι:

$$M = \frac{g \cdot r^2}{G} = \frac{(9,8 \text{ m/s}^2)(6.38 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kg}^2} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

Το απλό εκκρεμές και η μέτρηση του  $g$

Επειδή η ακτίνα της Γης από τόπο σε τόπο είναι διαφορετική, προκύπτει και ότι η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας είναι διαφορετική από τόπο σε τόπο. Μία απλή διάταξη, το εκκρεμές, παρέχει τη δυνατότητα του προσδιορισμού της τιμής της επιτάχυνσης της βαρύτητας σε ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό τόπο. Ο γαλλικός όρος για το εκκρεμές (pendule) προέρχεται από τη λατινική λέξη pendulus που μεταφράζεται ως αιωρούμενος. Το απλό εκκρεμές είναι μία απλή διάταξη που αποτελείται από σώμα ορισμένης μάζας, δεμένο σε ένα νήμα, που κρέμεται από ένα σταθερό σημείο. Στις αρχές του 17ου αιώνα, ο Γαλιλαίος διατύπωσε για το εκκρεμές το νόμο του ισοχρονισμού, σύμφωνα με τον οποίο: για ένα ορισμένο μήκος νήματος, οι ταλαντώσεις ενός εκκρεμούς πραγματοποιούνται πάντα στον ίδιο χρόνο (Guedj, 2002).

Το 1672, ο αστρονόμος Ζαν Ρισέ ανακάλυψε ότι η ταλάντωση του εκκρεμούς δεν είναι σταθερή σε όλη την επιφάνεια της γήινης σφαίρας αλλά μεταβάλλεται εξαρτώμενη από το γεωγραφικό τόπο (Guedj, 2002).

Η εξάρτηση της περιόδου ενός εκκρεμούς από το μήκος του νήματος καθώς και από το γεωγραφικό τόπο δίνεται από τη σχέση:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (\text{Αλεξάκης κ.α., 2010}).$$

### Πειραματική Διαδικασία

Για τον προσδιορισμό της μάζας της Γης, έπρεπε να πραγματοποιηθούν δύο διαφορετικά πειράματα. Η μέτρηση της ακτίνας της Γης, με βάση το ιστορικό πείραμα του Ερατοσθένη, καθώς και η μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Ακολουθούν, οι διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν για τη λήψη αυτών των μετρήσεων, από συνολικά 10 μαθητές –πέντε από κάθε Σχολείο- του Γ. Λυκείου Κολλεγίου Ψυχικού (ΛΚΨ) στην Αθήνα και του Γυμνασίου Νέας Τρίγλιας (ΓΝΤρ) στη Χαλκιδική.

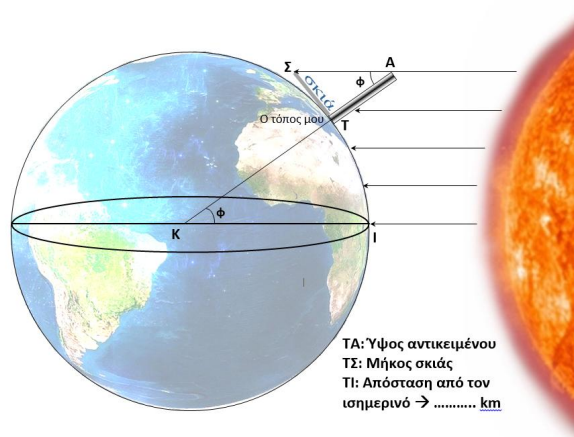
Μέτρηση της ακτίνας της Γης

Η μέτρηση της ακτίνας της Γης έγινε με την καθοδήγηση των ΕΚΦΕ Σερρών, Πιερίας, Λακωνίας, Κω και Θεσπρωτίας, σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών

Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και με την υποστήριξη του Υπουργείου Παιδείας και της Πανελλήνιας Ένωσης Υπεύθυνων ΕΚΦΕ (ΠΑΝΕΚΦΕ), την Τρίτη 20 Μαρτίου 2018 (Εαρινή Ισημερία).

Για την πραγματοποίηση της μέτρησης και τα δύο Σχολεία, χρησιμοποίησαν το φύλλο εργασίας που οι διοργανωτές της Δράσης διέθεσαν στους συμμετέχοντες, έναν πήχη με μήκος 1m και μία μετροταινία.

Αν θεωρηθεί ότι ο κύκλος στο σχήμα 2 είναι η Γη τότε η έλλειψη στο κέντρο είναι ο Ισημερινός. Τις ημέρες κοντά στην εαρινή ισημερία, όσοι βρίσκονται στον Ισημερινό της Γης παρατηρούν ότι ο Ήλιος το μεσημέρι βρίσκεται πολύ κοντά στο ζενίθ. Επομένως οι ακτίνες πέφτουν κατακόρυφα και ο Ήλιος θα μπορούσε να καθρεφτίζεται στον πυθμένα ενός πηγαδιού. Η προέκταση μιας ακτίνας του Ήλιου είναι η ΙΚ και περνάει από το κέντρο της Γης Κ. Έστω ένας παρατηρητής στη θέση Τ. Αν τοποθετηθεί μια κατακόρυφη ράβδος ΤΑ=Υcm τότε αυτή το μεσημέρι έχει σκιά ΤΣ=Χcm.



**Σχήμα 2:** Προσδιορισμός επίκεντρης γωνίας  $\phi$  και τόξου Γης, μέσω της μέτρησης του ύψους του αντικειμένου και του μήκους της σκιάς κατά την εαρινή ισημερία.

Η γωνία  $\phi = \angle SAT$  προσδιορίζεται μέσω της εφαπτομένης από το λόγο  $X/Y$ . Η γωνία  $\phi$  είναι ίση με την επίκεντρη γωνία  $\angle TKI$ . Το γεωγραφικό πλάτος της θέσης του παρατηρητή είναι  $\phi$  μοίρες. Αν είναι γνωστή απόσταση από τον ισημερινό  $TI=S$ , περίμετρος της Γης ( $\Pi$ ) και η ακτίνα της Γης ( $R$ ) υπολογίζονται μέσω των ακόλουθων μαθηματικών σχέσεων:  $\Pi = \frac{360}{\phi} S$  και  $R = \frac{\Pi}{2\pi}$ .

Για τον προσδιορισμό της κατάλληλης ώρας που έπρεπε να γίνει η μέτρηση καθώς για τον υπολογισμό της απόστασης του παρατηρητή από τον Ισημερινό, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα λογισμικά, που προτεινόταν από τους διοργανωτές της Δράσης.

Στον πίνακα 1, εμφανίζονται οι τιμές των μετρήσεων για το πείραμα του Ερατοσθένη, που προσδιορίστηκαν από τα δύο Σχολεία. Σύμφωνα με τους οργανωτές, η μέση ακτίνα της Γης θεωρήθηκε ίση με 6.371Km.

	ΛΚΨ	ΓΝτρ
<b>Ακτίνα</b>	6415Km	6413Km
<b>Διαφορά από τη μέση τιμή της ακτίνας</b>	0.69%	0.66%

**Πίνακας 1:** Αποτελέσματα μετρήσεων ακτίνας για τα δύο Σχολεία

### Μέτρηση σταθεράς g

Για τον προσδιορισμό της σταθεράς g, χρησιμοποιήθηκε νήμα λεπτό και σκληρό, στο άκρο του οποίου, δέθηκε μία σφαίρα ορισμένης ακτίνας.

Η μέτρηση του χρόνου έγινε με αναλογικό χρονόμετρο, ακρίβειας δεκάτου του δευτερολέπτου. Αφού στηρίχθηκε το ένα άκρο του νήματος, ένας μαθητής απομάκρυνε λίγο τη σφαίρα από τη θέση ηρεμίας της και την άφησε να κινηθεί ελεύθερα. Μετά από κάποιες ταλαντώσεις, ώστε το σύστημα να ταλαντωθεί στο κατακόρυφο επίπεδο, ένας δεύτερος μαθητής μετρούσε το χρόνο N πλήρων ταλαντώσεων. Η τελική καταγραφή των μετρήσεων έγινε στο πρόγραμμα Excel 2016. Για το μήκος l του τύπου για την περίοδο, συνυπολογίστηκε η ακτίνα της σφαίρας. Στον πίνακα 2 εμφανίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα δύο Σχολεία.

ΛΚΨ				
Μήκος νήματος γ (m)	$l = \gamma + 0,0185$ (m)	$\Delta t = 20T$ (s)	T (s)	$T^2$ (s <sup>2</sup> )
0.65	0.6685	33	1.65	2.72
0.8	0.8185	36.2	1.81	3.28
0.95	0.9685	39.3	1.965	3.86
1.1	1.1185	42.6	2.13	4.54
1.25	1.2685	44.9	2.245	5.04
1.4	1.4185	48	2.4	5.76
1.55	1.5685	50.1	2.505	6.28
1.7	1.7185	52.5	2.625	6.89
1.85	1.8685	54.7	2.735	7.48
2	2.0185	57.2	2.86	8.18
ΓΝΤρ				
Μήκος νήματος γ (m)	$l = \gamma + 0,04$ (m)	$\Delta t = 10T$ (s)	T (s)	$T^2$ (s <sup>2</sup> )
0.65	0.69	16.5	1.65	2.72
0.8	0.84	18.2	1.82	3.31
0.95	0.99	19.8	1.98	3.92
1.1	1.14	21.3	2.13	4.54
1.25	1.29	22.8	2.28	5.18
1.4	1.44	24.0	2.40	5.76
1.55	1.59	25.2	2.52	6.35
1.7	1.74	26.5	2.65	7.02
1.85	1.89	27.6	2.76	7.62
2	2.04	28.8	2.88	8.27

**Πίνακας 2:** Επεξεργασία μετρήσεων για το πείραμα με το απλό εκκρεμές

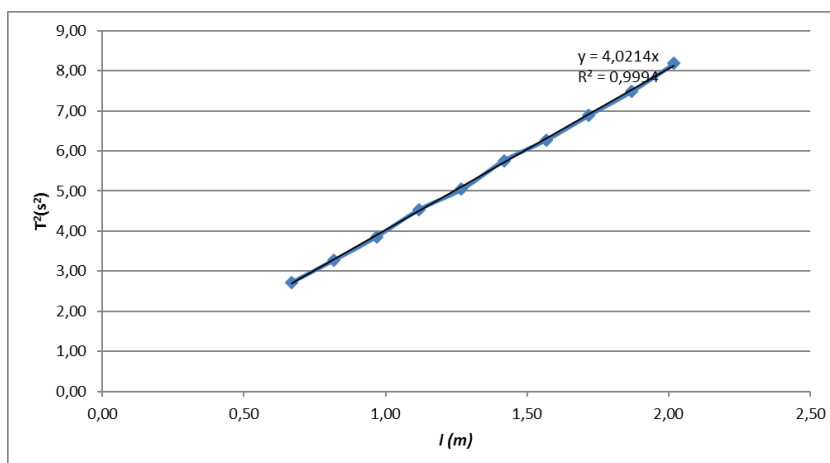
Στη συνέχεια οι μαθητές κατασκεύασαν στο πρόγραμμα Excel 2016, τις γραφικές παραστάσεις  $T^2$  συναρτήσει του l (Σχήματα 3 και 4), οι οποίες είναι ευθείες. Μέσω του προγράμματος προσδιόρισαν τις κλίσεις των ευθειών, που ισούνται με την τιμή  $4\pi^2/g$  και από την τελευταία σχέση τις τιμές για τα g. Τέλος, με αντικατάσταση στη σχέση  $M = \frac{g \cdot r^2}{G}$ , προέκυψαν οι τιμές για τη μάζα της Γης. Στον πίνακα 3, παρουσιάζονται οι τιμές του g καθώς και οι τιμές για τη μάζα της Γης όπως



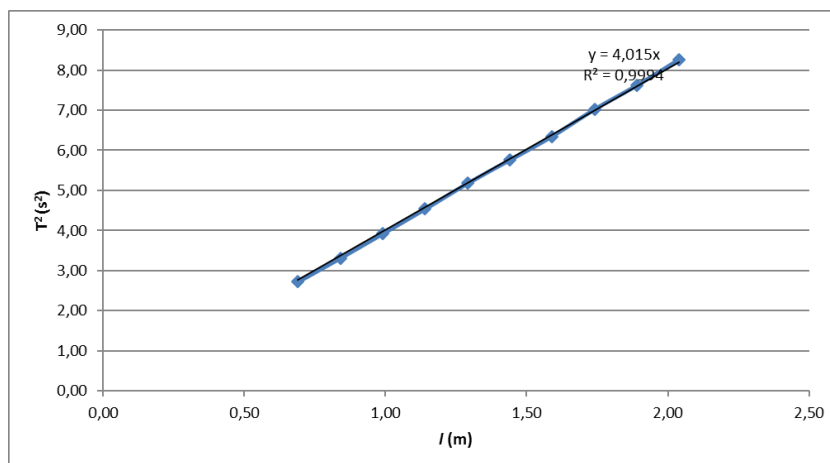
υπολογίστηκαν από τα δύο Σχολεία ενώ στα σχήματα 3 και 4 οι γραφικές παραστάσεις  $T^2$  συναρτήσεως του  $l$ , για τα δύο Σχολεία.

	$g$ ( $m/s^2$ )	$M$ (Kg)
Λ ΚΨ	9,81	$6,05 \cdot 10^{24}$
Γ Ν Τρ	9,82	$6,05 \cdot 10^{24}$

**Πίνακας 2:** Τιμές για την επιτάχυνση της βαρύτητας και τη μάζα της Γης, όπως προσδιορίστηκαν από τα δύο Σχολεία



**Σχήμα 3:** Γραφική παράσταση  $T^2$  συναρτήσεως του  $l$  για το ΛΚΨ



**Σχήμα 4:** Γραφική παράσταση  $T^2$  συναρτήσεως του  $l$  για το Γ Ν Τρ

## Συμπεράσματα

### Πειραματικά αποτελέσματα

Αν και γενικότερη, η μέση τιμή του  $g$  θεωρείται ίση με  $9,8m/s^2$ , στην πραγματικότητα, η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας μεταβάλλεται συναρτήσεως των γεωγραφικών συντεταγμένων. Συγκεκριμένα, στον Ισημερινό, όπου το γεωγραφικό πλάτος είναι  $0o$ , η τιμή του  $g$  είναι  $9,780m/s^2$ , ενώ στους πόλους, όπου το γεωγραφικό πλάτος είναι  $90o$ , η τιμή του προσδιορίζεται ίση με



9,832m/s<sup>2</sup>. Όσο, απομακρύνεται κανείς από τον Ισημερινό και κινείται προς τους πόλους η τιμή του g αυξάνεται. Για το βόρειο ημισφαίριο, όσο κανείς κινείται βορειότερα, παρατηρεί αύξηση του g.

Τα δύο Σχολεία προσδιόρισαν με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων την τιμή του g. Μάλιστα οι μαθητές του Σχολείου της Νέας Τρίγλιας υπολόγισαν το g λίγο μεγαλύτερο από τους μαθητές του Κολλεγίου Ψυχικού. Το αποτέλεσμα μπορεί να θεωρηθεί συμβατό με τη θεωρία, αφού η Νέα Τρίγλια βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος περίπου 40,3ο ενώ το Ψυχικό σε πλάτος 38,0ο, δηλαδή έχουν διαφορά λίγο περισσότερη από δύο μοίρες.

Αναφορικά με τον προσδιορισμό των μαζών, ο αρχικός προσδιορισμός τους έδωσε τις τιμές: για το ΛΚΨ 6,05252\*1024 Kg και για το ΓΝΤρ 6,05492\*1024. Με τις στρογγυλοποιήσεις οι τιμές των μαζών προκύπτουν ίσες με 6,05\*1024Kg και για τα δύο Σχολεία.

Η τιμή αυτή διαφέρει από τη μέση τιμή, που προσδιόρισε ο Giancoli (Giancoli, 2000). Όπως, έχει ήδη αναφερθεί, για τον προσδιορισμό των μαζών χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές τις ακτίνας 6415Km και 6413Km για το ΛΚΨ και για το ΓΝΤρ, όπως αυτές προσδιορίστηκαν από το πείραμα του Ερατοσθένη. Οι τιμές αυτές ήταν λίγο μεγαλύτερες από τη μέση τιμή της ακτίνας που χρησιμοποίησε ο Giancoli (Giancoli, 2000) για να προσδιορίσει τη μάζα της Γης ενώ επιπλέον χρησιμοποίησε τη μέση τιμή 9,8m/s<sup>2</sup> για το g. Τέλος, για τους όποιους προσδιορισμούς, η Γη θεωρείται ως τέλεια σφαίρα, ενώ στην πραγματικότητα δεν είναι.

### Η συνεργασία των δύο Σχολείων

Η συνεργασία των μαθητών των δύο Σχολείων γίνεται στο πλαίσιο του Προγράμματος Επικοινωνίας και Συνεργασίας Σχολείων του Ε.Ε.Ι. (Ελληνοαμερικανικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα) που έχει ως στόχο την ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών και των νέων διδακτικών μεθόδων στην εκπαίδευση αλλά και την επικοινωνία και συνεργασία εκπαιδευτικών και μαθητών Σχολείων από όλη την επικράτεια.

Στα Σχολεία του Ε.Ε.Ι. κάθε Τμήμα Μαθητών έχει το δικό του χώρο σε μία ηλεκτρονική πλατφόρμα, που καλείται Course Management System (CMS). Στο χώρο κάθε Τμήματος Μαθητών, υπάρχει ιδιαίτερος χώρος για κάθε μάθημα. Για το χώρο κάθε μαθήματος, κωδικούς πρόσβασης έχουν μόνον ο καθηγητής που διδάσκει το μάθημα και οι μαθητές του τμήματος. Ο κάθε εκπαιδευτικός είναι δυνατό να ανεβάσει στο CMS υλικό για το κάθε μάθημα, σημειώσεις αλλά αντίστοιχα και οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα σε δικούς τους φακέλους να ανεβάζουν, για παράδειγμα, το υλικό κάποιας εργασίας. Επιπλέον, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουν ένα εργαλείο το Team Discussion, που αποτελεί ένα ιδιαίτερο εργαλείο/χώρο στο οποίο οι μαθητές μπορούν να εκφράσουν τις απόψεις τους σε ένα συγκεκριμένο θέμα αναπτύσσοντας δεξιότητες επικοινωνίας και διαλόγου.

Στο πλαίσιο αυτό συνεργασίας με άλλα Σχολεία, το Ε.Ε.Ι. άνοιξε την ηλεκτρονική πλατφόρμα του (CMS) στο Γυμνάσιο Νέας Τρίγλιας. Η επικοινωνία μεταξύ των δύο Σχολείων οδήγησε στην από κοινού συμμετοχή στη μέτρηση της ακτίνας της Γης, με βάση το ιστορικό πείραμα του Ερατοσθένη καθώς και στη συνέχεια στην απόφαση για συμμετοχή στο συνέδριο του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος».

Μέσα από την επικοινωνία, μαθητές που δε γνωρίζονταν μεταξύ τους αλληλοεπίδρασαν, ανταλλάσσοντας απόψεις για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, την εξαγωγή των



συμπερασμάτων αλλά και τη συγγραφή της εργασίας, καθοδηγούμενοι πάντα από τους επιβλέποντες καθηγητές τους. Στην πλατφόρμα, ήταν δυνατό να συμμετέχει ο κάθε ένας μαθητής ξεχωριστά, συμβάλλοντας με το υλικό του ή εκφράζοντας την άποψή του για τη συγγραφή, για παράδειγμα, των αποτελεσμάτων. Ας σημειωθεί ότι ο κάθε μαθητής είχε το δικό του ρόλο στη συγκέντρωση του υλικού της εργασίας ενώ οι μαθητές των δύο Σχολείων εργάστηκαν σε ζευγάρια για τη συγκέντρωση του επιμέρους υλικού. Έτσι για παράδειγμα, ένας μαθητής του Λυκείου ΚΨ και ένας άλλος του Γυμνασίου Ν. Τρίγλιας συγκέντρωσαν πληροφορίες για το πείραμα του Ερατοσθένη, τις οποίες «ανέβασαν» στην ηλεκτρονική πλατφόρμα. Επιπλέον, όλα τα μέλη των Ομάδων, συμμετείχαν στην πραγματοποίηση των πειραμάτων. Μία δυσκολία, που οι ομάδες αντιμετώπισαν ήταν το γεγονός ότι η συγγραφή της εργασίας συνέπεσε, σχεδόν, με τη λήξη του σχολικού έτους και την εξεταστική περίοδο που για το Λύκειο ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με το Γυμνάσιο. Επιπλέον, η επικοινωνία γινόταν «ασύγχρονα», μέσω μηνυμάτων στην ηλεκτρονική πλατφόρμα συνεπώς, κάποιες φορές, οι διαδικασίες καθυστερούσαν. Μία μελλοντική συνεργασία, θα μπορούσε να περιλαμβάνει και κάποιο είδος επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο, όπως οι βιντεοκλήσεις. Πέρα, όμως, από τις όποιες δυσκολίες, η διαδικασία, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ήταν, αναμφίβολα εποικοδομητική, δίνοντας την ευκαιρία, σε μαθητές και εκπαιδευτικούς, να αντιληφθούν το πώς οι νέες τεχνολογίες βοηθούν στην προώθηση συνεργασιών ερευνητικών φορέων σε εθνικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο.

## Βιβλιογραφία

- [1] Αλεξάκης, Ν., Αμπατζής, Σ., Γκουγκούσης, Γ., Κουντούρης, Β., Μοσχοβίτης, Ν., & Οβαδία, Σ. (2010). *Φυσική Γενικής Παιδείας Β' Τάξης Γενικού Λυκείου*. ΑΘΗΝΑ: ΟΕΔΒ .
- [2] Βάρβογλης, Χ. (2010, Νοέμβριος 14). *Το ΒΗΜΑ Science*. Retrieved from ΤΟ ΒΗΜΑ: <http://www.tovima.gr/>
- [3] Μανδηλιώτης Σ., Ν. Α. (2018, Μάρτιος 15). *Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών*. Retrieved from Το πείραμα του Ερατοσθένη: <http://ekfe.ser.sch.gr/site/index.php/188-astronomia-11>
- [4] Τσιμπουράκης, Δ. (2002). *Μαθηματικές μετρήσεις στην αρχαία Ελλάδα : αστρονομία, γεωμετρία, γεωδαισία, γεωγραφία*. Αθήνα: Αίολος.
- [5] Feynman, R. (1998). *Έξι εύκολα κομμάτια* . Αθήνα: ΚΑΤΟΠΤΡΟ.
- Giancoli, D. C. (2000). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. New Jersey: Prentice Hall.
- [6] Guedj, D. (2002). *Το μέτρο του Κόσμου*. Αθήνα: Τραυλός.