

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)


Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14^ο

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές




Στην μνήμη της Άννας Σπύριου

12-14 Απριλίου 2025

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΔΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr



Αρχές Λειτουργίας, Κατασκευή και Χρήση Σχολικού Σεισμογράφου

Βασίλειος Νούσης, Σπύρος Χόρτης, Κωσταντίνος Χαλκιαδάκης, Παναγιώτης Λάζος

doi: [10.12681/codiste.9823](https://doi.org/10.12681/codiste.9823)

Αρχές Λειτουργίας, Κατασκευή και Χρήση Σχολικού Σεισμογράφου

Βασίλειος Νούσης¹, Σπύρος Χόρτης², Κωσταντίνος Χαλκιαδάκης³ και
Παναγιώτης Λάζος⁴

¹Msc Φυσικός, ²Msc Φυσικός, ³MEd Φυσικός, ⁴PhD Φυσικός,

¹Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Θεσπρωτίας,

²Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Λευκάδας,

³Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ρεθύμνου,

⁴Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ηλιούπολης

¹*bill1961gr@yahoo.gr*

Περίληψη

Οι σεισμοί αποτελούν έναν μόνιμο παράγοντα κινδύνου για μία σεισμογενή χώρα όπως η Ελλάδα αλλά και ένα ενδιαφέρον πεδίο επιστημονικής έρευνας. Η κατασκευή και χρήση σχολικών σεισμογράφων και η ένταξή τους σε ένα δίκτυο σεισμογράφων μπορεί να αποφέρει πολλαπλά οφέλη για τους μαθητές αλλά και τους εκπαιδευτικούς. Στόχοι του εργαστηρίου είναι η συναρμολόγηση ενός σχολικού σεισμογράφου, η παρουσίαση ενός λογισμικού ψηφιοποίησης των σεισμικών κυμάτων και ενός λογισμικού καταγραφής και απεικόνισής τους, η σύνδεση στο δίκτυο Incorporated Research Institutions for Seismology [IRIS] για αποστολή και λήψη των δεδομένων και η εύρεση του επίκεντρου του σεισμού με τη μέθοδο του τριγωνισμού.

Λέξεις κλειδιά: Arduino, IRIS, Jamaseis, Δίκτυο σεισμογράφων, Σχολικός Σεισμογράφος

Principles of Operation, Construction and Use of a School Seismograph

Vasilleios Nouis¹, Spiros Chortis², Konstantinos Chalkiadakis³ and
Panagiotis Lazos⁴

¹Msc Physics Teacher, ²Msc Physics Teacher, ³MEd Physics Teacher, ⁴PhD Physics Teacher,

¹Laboratory Center of Natural Sciences of Thesprotia,

²Laboratory Center of Natural Sciences of Lefkada,

³Laboratory Center of Natural Sciences of Rethymnon,

⁴Laboratory Center of Natural Sciences Ilioupolois

bill1961gr@yahoo.gr

Abstract

Earthquakes are a permanent risk factor for an earthquake-prone country like Greece and an interesting field of scientific research. The construction and use of school seismographs and their integration into a network of seismographs can bring multiple benefits for students and teachers alike. The objectives of the workshop are to assemble a school seismograph, to present a software for digitising seismic waves and a software for recording and visualising them, to send the data to the Incorporated Research Institutions for Seismology [IRIS] network and to find the earthquake epicentre using the triangulation method.

Keywords: Arduino, IRIS, Jamaseis, Network of seismograms, School seismometer

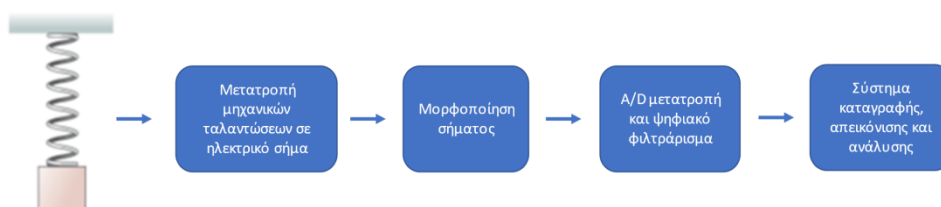
Εισαγωγή

Ο στερεός φλοιός της Γης δεν είναι ενιαίος αλλά αποτελείται από τμήματα διαφόρων διαστάσεων, που μαζί με αντίστοιχα τμήματα του ανώτερου μανδύα αποτελούν τις λιθοσφαιρικές πλάκες, οι οποίες βρίσκονται σε κίνηση μεταξύ τους. Αποτέλεσμα είναι η παραμόρφωση των πετρωμάτων στα όρια των πλακών. Όταν η παραμόρφωση υπερβεί την αντοχή των πετρωμάτων ακολουθεί διάρρηξη των πετρωμάτων, απελευθέρωση της αποθηκευμένης ενέργειας παραμόρφωσης και διάδοσή της μέσω σεισμικών κυμάτων στη Γη.

Τα σεισμικά κύματα ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες: στα κύματα χώρου που διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης και τα επιφανειακά κύματα που διαδίδονται στην επιφάνεια της Γης. Τα κύματα χώρου είναι δύο τύπων: πρωτεύοντα (P), και δευτερεύοντα (S). Τα κύματα P είναι διαμήκη κύματα. Είναι τα ταχύτερα σεισμικά κύματα που ταξιδεύουν και ταλαντώνουν τα πετρώματα, από τα οποία διέρχονται, παράλληλα προς την κατεύθυνση διάδοσής τους. Τα κύματα S είναι εγκάρσια κύματα, ταξιδεύουν πιο αργά και ταλαντώνουν τα πετρώματα κάθετα προς την κατεύθυνση διάδοσης. Τα επιφανειακά κύματα ταξιδεύουν ακόμη πιο αργά και κινούν το έδαφος με πολυπλοκότερους τρόπους.

Οι σεισμογράφοι καταγράφουν κατάλληλα την επίδραση των σεισμικών κυμάτων σε έναν αισθητήρα κίνησης του εδάφους. Με την επεξεργασία αυτών των σημάτων οι σεισμολόγοι είναι σε θέση να προσδιορίσουν το μέγεθος ενός καταγεγραμμένου σεισμού καθώς και την απόσταση του επικέντρου του σεισμού από το σεισμογράφο. Με τους σχολικούς σεισμογράφους, του είδους που θα περιγράψουμε στη συνέχεια, δε μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγεθος του σεισμού, μπορούμε όμως, μετρώντας τους χρόνους άφιξης των P και S κυμάτων, να προσδιορίσουμε την απόσταση του επικέντρου και με τη μέθοδο του τριγωνισμού, χρησιμοποιώντας σήματα από τρεις τουλάχιστον διαφορετικούς σεισμογράφους, να προσδιορίσουμε με ικανοποιητική ακρίβεια τη θέση του επικέντρου ενός σεισμού.

Εικόνα 1: Μπλοκ διάγραμμα σχολικού σεισμογράφου



Το μπλοκ διάγραμμα του σεισμογράφου απεικονίζεται στην Εικόνα 1. Τα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται είναι τα παρακάτω:

Ο αισθητήρας κίνησης

Ο αισθητήρας κίνησης του εδάφους, που δεν είναι τίποτα περισσότερο από ένα κατακόρυφο σύστημα μάζας-ελατηρίου και το οποίο εξαναγκάζεται σε ταλάντωση λόγω των σεισμικών κυμάτων που φτάνουν. Χρησιμοποιούμε ένα αρκετά μαλακό ελατήριο (τύπου slinky), ενώ η μάζα που του αναρτούμε αποτελείται από δύο μικρούς κυλινδρικούς μαγνήτες νεοδυμίου και δύο βίδες: μία για την ανάρτηση του συστήματος στο ελατήριο και άλλη μία ως αποστάτη των δύο μαγνητών (Εικόνα 2). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και κατάλληλες 3D εκτυπωμένες πλαστικές βάσεις για την ανάρτηση της μάζας και τη σύνδεση των δύο μαγνητών.

Εικόνα 2: Ο αισθητήρας κίνησης του εδάφους



Σύστημα για την δημιουργία ηλεκτρικού σήματος

Ένα σύστημα για τη μετατροπή σε ηλεκτρικό σήμα των μηχανικών ταλαντώσεων του αισθητήρα κίνησης του εδάφους. Για τη μετατροπή αυτή στηρίζομαστε στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής: Χρησιμοποιούμε ένα ιδιοκατασκευασμένο πηνίο με 2500 τουλάχιστον σπείρες σύρματος διαμέτρου 0,2 mm τυλιγμένες σε πλαστική κυλινδρική βάση εσωτερικής διαμέτρου 1,5 – 2 cm. Κατά τη συναρμολόγηση της διάταξης το σύστημα μάζας-ελατηρίου πρέπει να στηριχθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο κατώτερος από τους δύο μαγνήτες του να εφάπτεται ή μόλις να εισέρχεται στην πάνω όψη του πυρήνα του πηνίου.

Σύστημα μορφοποίησης του σήματος

Το σύστημα μορφοποίησης του σήματος αποτελείται από δύο επιμέρους τμήματα:

- Τον ενισχυτή (με συντελεστή ενίσχυσης περίπου 1000) του ασθενούς ηλεκτρικού σήματος που παράγεται με το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Στην είσοδο του ενισχυτή, που μπορεί να κατασκευαστεί σύμφωνα με το σχήμα της Εικόνας 3 είτε σε πλακέτα, αν υπάρχει η δυνατότητα, είτε σε breadboard, συνδέονται οι δύο ακροδέκτες του πηνίου. Εκτός από την ενίσχυση το κύκλωμα έχει σχεδιαστεί ώστε να αποκόβει τις υψηλές συχνότητες από το ηλεκτρικό σήμα, καθώς τα σεισμικά κύματα είναι πολύ χαμηλής συχνότητας.
- Το σύστημα ηλεκτρομαγνητικού φρεναρίσματος, που δεν είναι παρά ένα μικρό κομμάτι χαλκοσωλήνα το οποίο στηρίζεται κατάλληλα, ώστε μέσα του να κινείται ελεύθερα ο δεύτερος (ανώτερος) μαγνήτης του συστήματος μάζας-ελατηρίου. Ο σκοπός που εξυπηρετεί το σύστημα αυτό είναι διπλός: Αφενός αυξάνει το εύρος συχνοτήτων στο οποίο ο σειсмоγράφος παρουσιάζει σημαντική ευαισθησία και αφετέρου προετοιμάζει το σύστημα για την καταγραφή των δευτερευόντων (S) σεισμικών κυμάτων, που προηγουμένως είχε τεθεί σε ταλάντωση από τα πρωτεύοντα κύματα.

Σύστημα μετατροπής του αναλογικού ηλεκτρικού σήματος σε ψηφιακό

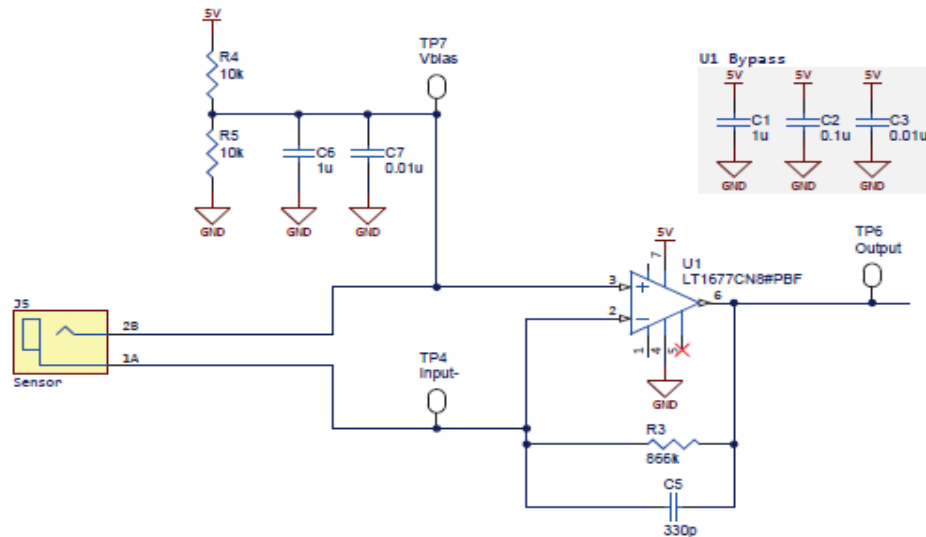
Το σύστημα μετατροπής του αναλογικού ηλεκτρικού σήματος σε ψηφιακό, το οποίο είναι ένας μικροελεγκτής τύπου Arduino Uno, στην αναλογική είσοδο του οποίου συνδέεται η έξοδος του ενισχυτή του συστήματος μορφοποίησης. Το λογισμικό “nerdaqII” που “τρέχει” στον Arduino, αναλαμβάνει την ψηφιοποίηση και ένα επιπλέον, ψηφιακό αυτή τη φορά, φιλτράρισμα των σεισμικών σημάτων.

Σύστημα καταγραφής

Το σύστημα καταγραφής, δηλαδή ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή στον οποίο ο Arduino στέλνει τα ηλεκτρικά σήματα μέσω καλωδίου USB. Το ελεύθερο λογισμικό jAmaSeis (IRIS EPO JAmaSeis Software, 2017) που εκτελείται στον υπολογιστή καταγράφει στην οθόνη τα σεισμικά σήματα από το σειсмоγράφο, τα αποθηκεύει στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή και αν επιθυμούμε τα αποστέλλει στους servers του παγκόσμιου δικτύου Incorporated Research Institutions for Seismology [IRIS] (Bravo et al., 2020 · IRIS, 2019 · Taber et al., 2015), ώστε να είναι προσβάσιμα από οποιονδήποτε έχει το λογισμικό εγκατεστημένο στον υπολογιστή του. Με το ίδιο λογισμικό είναι δυνατή και η επεξεργασία των σημάτων, ώστε να προσδιορίζουμε την απόσταση του epicέντρου ενός σεισμού από το σειсмоγράφο μας.

Για τις ανάγκες του εργαστηρίου στο συνέδριο το σύστημα συναρμολογήθηκε σε μια εργαστηριακή μεταλλική βάση με ορθοστάτη και μεταλλική λαβίδα για τη στήριξη στην κατάλληλη θέση του χαλκοσωλήνα (Εικόνες 4 & 5). Όμως, για την ορθή εγκατάσταση και χρήση απαιτείται κατάλληλων διαστάσεων και διαρρύθμισης κουτί ξύλινο ή από plexiglass, ώστε αφενός να στερεωθεί σωστά το σύστημα και αφετέρου να προστατευθεί καλύτερα ο σεισμογράφος από τυχαίες ταλαντώσεις (π.χ. από ρεύμα αέρα).

Εικόνα 3: Ο ενισχυτής του σεισμογράφου



Δραστηριότητες κατά την κατασκευή του σεισμογράφου

Για τη ρύθμιση του σεισμογράφου και την επίδειξη των βασικών αρχών στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία του μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι προτεινόμενες ή άλλες αντίστοιχες δραστηριότητες.

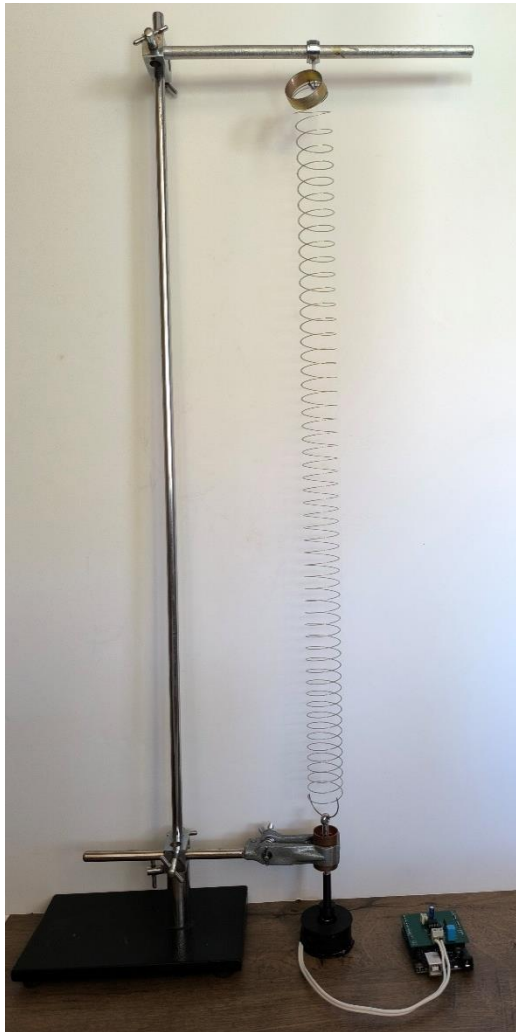
1η δραστηριότητα: Ρύθμιση ιδιοσυχνότητας του αισθητήρα κίνησης εδάφους

Το σύστημα μάζας-ελατηρίου του σεισμογράφου εξαναγκάζεται σε ταλάντωση από την κίνηση του εδάφους όταν φτάνουν στο σεισμογράφο τα σεισμικά κύματα από κάποιο σεισμό. Όμως, η ενέργεια που μεταφέρουν τα σεισμικά κύματα απορροφάται από τα πετρώματα της Γης και αυτή η απορρόφηση εξαρτάται από τη συχνότητα των σεισμικών κυμάτων: Έτσι μόνο κύματα με μικρή συχνότητα από μακρινούς σεισμούς μπορούν να φτάσουν και να διεγείρουν σε ταλάντωση το σεισμογράφο. Είναι λοιπόν κρίσιμο, αν θέλουμε ο σεισμογράφος μας να παρουσιάζει ικανοποιητική ευαισθησία σε μακρινούς σεισμούς, να ρυθμίσουμε την ιδιοσυχνότητα του αισθητήρα κίνησης του εδάφους σε μια τιμή κοντά στο 1 Hz.

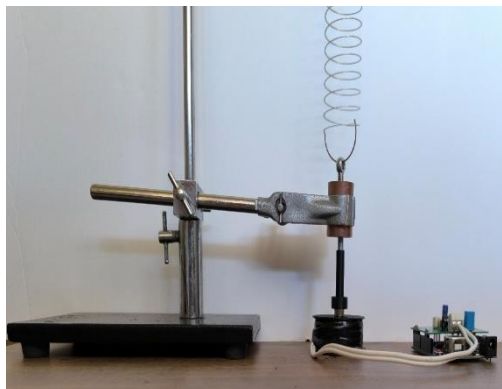
Η ιδιοσυχνότητα του συστήματος μάζα-ελατηρίου γίνεται ως εξής:

- Αναρτούμε το σύστημα στη μεταλλική βάση στήριξης, ώστε να μπορεί να ταλαντώνεται στη κατακόρυφη διεύθυνση.
- Μετράμε το χρόνο (Δt) που απαιτείται για να ολοκληρωθούν $N=10$ πλήρεις ταλαντώσεις και υπολογίζουμε τη συχνότητα διαιρώντας το πλήθος N δια το χρόνο Δt .

Εικόνα 4: Συναρμολόγηση σειсмоγράφου



Εικόνα 5: Λεπτομέρεια του κάτω τμήματος



Γενικά, η ιδιοσυχνότητα του συστήματος μάζας-ελατηρίου μπορεί να μεταβληθεί μεταβάλλοντας είτε τη μάζα του είτε τη σταθερά του ελατηρίου. Όμως, η μάζα καθορίζεται ουσιαστικά από τους δύο μαγνήτες και τις σχετικές βίδες σύνδεσής τους και συνεπώς δεν υπάρχει ιδιαίτερη ευελιξία στη μεταβολή της. Έτσι ο πλέον πρόσφορος τρόπος για τη ρύθμιση της ιδιοσυχνότητας είναι η μεταβολή της σταθεράς του ελατηρίου, η οποία μπορεί να γίνει μεταβάλλοντας τον αριθμό των σπειρών του που ταλαντώνονται.

Για την ολοκλήρωση της ρύθμισης πρέπει να λάβουμε επίσης υπόψη ότι το μήκος του τεντωμένου ελατηρίου στη θέση ισορροπίας του δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ μικρό, ούτε πολύ μεγάλο, καθώς αυτό θα καθορίζει και τις διαστάσεις του κουτιού του σεισμογράφου. Μήκος μεταξύ 60-70 cm κρίνεται ικανοποιητικό.

2η δραστηριότητα: Μετατροπή των μηχανικών ταλαντώσεων σε ηλεκτρικό σήμα

Όπως έχουμε αναφέρει το σύστημα μετατροπής των μηχανικών ταλαντώσεων σε ηλεκτρικό σήμα βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Το φαινόμενο μπορεί να επιδειχθεί με διάφορους τρόπους:

- Με ένα πηνίο στα άκρα του οποίου έχουμε συνδέσει ένα LED. Κινώντας ένα ισχυρό μαγνήτη νεοδυμίου πολύ γρήγορα κοντά στον πυρήνα του πηνίου παρατηρούμε φωτοβολία του LED.
- Με ένα πηνίο τα άκρα του οποίου συνδέονται σε μιλιβολτόμετρο (κατά προτίμηση με το μηδέν στο μέσο της κλίμακας). Κινώντας ένα μαγνήτη νεοδυμίου πολύ γρήγορα κοντά στον πυρήνα του πηνίου παρατηρούμε την απόκλιση του δείκτη του μιλιβολτομέτρου.

3η δραστηριότητα: Ηλεκτρομαγνητικό φρενάρισμα

Πρόκειται για μια ακόμη εφαρμογή του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, που μπορεί να επιδειχθεί με διάφορους τρόπους. Ο συνηθισμένος είναι με ένα μικρό κυλινδρικό μαγνήτη νεοδυμίου που αφήνεται να κινηθεί μέσα σε ένα χαλκοσωλήνα. Σε αντίθεση με ένα μικρό σιδερένιο (μη μαγνητισμένο) σφαιρίδιο το οποίο πέφτει ελεύθερα μέσα στο χαλκοσωλήνα, η κίνηση του μαγνήτη γίνεται πολύ αργά, δηλ. σε σχέση με το σφαιρίδιο ο μαγνήτης φαίνεται να «φρενάρει» μέσα στο χαλκοσωλήνα.

Χρήση μετά την κατασκευή

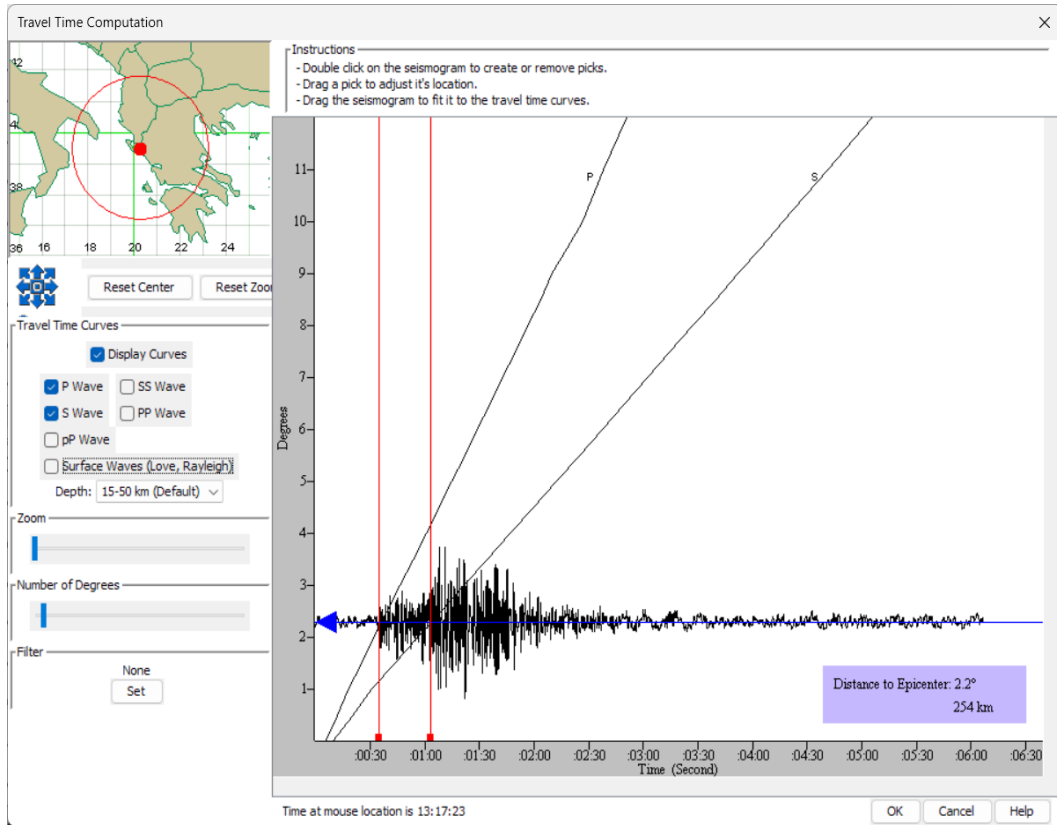
Μετά τη συναρμολόγηση του σεισμογράφου και την εγκατάστασή του στο σύστημα καταγραφής, ώστε να αναγνωρίζεται από το λογισμικό jAmaseis, είμαστε σε θέση να επεξεργαστούμε τα σεισμικά σήματα από τον τοπικό ή άλλους απομακρυσμένους σεισμογράφους. Με τη μετά την κατασκευή χρήση του σχολικού σεισμογράφου οι εκπαιδευτικοί έχουν τη δυνατότητα να διευκρινίσουν σημεία που αφορούν για παράδειγμα τις διαφορές των κυμάτων χώρου και των κυμάτων επιφανείας, των πρωτευόντων και δευτερευόντων κυμάτων, τη διαφορά μεγέθους και έντασης ενός σεισμού, τη διαφορά εστίας και επικέντρου, αλλά κυρίως και χρησιμοποιώντας το λογισμικό jAmaseis οι μαθητές τους θα είναι σε θέση:

- Να βρουν το χρόνο άφιξης των πρωτευόντων και δευτερευόντων σεισμικών κυμάτων στο σεισμογράφο μας καθώς και τη μέση ταχύτητά τους.
- Να προσδιορίσουν την απόσταση του επικέντρου του σεισμού από το σεισμογράφο, καθώς και την ακριβή θέση του επικέντρου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του τριγωνισμού.

Με τη βοήθεια των καμπυλών απόστασης-χρόνου, που για τα διάφορα είδη σεισμικών κυμάτων και για διάφορα βάθη της εστίας σεισμού ενσωματώνει το λογισμικό, ο προσδιορισμός της απόστασης του επικέντρου από τον σεισμογράφο γίνεται πολύ απλά. Στην εικόνα 6 παρουσιάζεται το σεισμόγραμμα ενός σεισμού που έγινε στη Βόρεια Αλβανία στις 25-6-2025. Με τις δύο κατακόρυφες κόκκινες γραμμές έχουμε σημειώσει τις χρονικές στιγμές άφιξης των κυμάτων P και S. Με τη διαδικασία «συγκράτηση και σύρσιμο» του σεισμογράμματος με το ποντίκι του υπολογιστή φροντίζουμε ώστε οι χρονικές στιγμές

άφιξης των κυμάτων P και S να συμπέσουν με τις αντίστοιχες καμπύλες απόστασης-χρόνου. Τότε στην οθόνη σχηματίζεται ένας κόκκινος κύκλος με κέντρο το σειсмоγράφο και ακτίνα την απόσταση στην οποία βρίσκεται το επίκεντρο του σεισμού.

Εικόνα 6: Εύρεση της απόστασης από το επίκεντρο με το πρόγραμμα JAmSeis



Συμπεράσματα

Πολλοπλά είναι τα εκπαιδευτικά οφέλη από την κατασκευή και χρήση ενός σχολικού σειсмоγράφου.

Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βρουν ιδέες για τη διδασκαλία θεμάτων Φυσικής, Γεωλογίας ή και τεχνολογίας, ώστε οι μαθητές τους:

- Να μάθουν τα βασικά για τη δημιουργία των σεισμών, τη διάδοση και τις διαφορές των διαφόρων τύπων σεισμικών κυμάτων.
- Να αναγνωρίσουν τις επιστημονικές αρχές που διέπουν τη λειτουργία του σειсмоγράφου και να κάνουν πειράματα για τη σωστή ρύθμισή του.
- Να εργαστούν σαν πραγματικοί σεισμολόγοι, προσδιορίζοντας για παράδειγμα τη θέση του επίκεντρο κάποιου σεισμού (Denton et al., 2018).

Με τη κατασκευή σειсмоγράφων, τη δημιουργία δικτύων που εστιάζουν στη μελέτη των σεισμών, την ανταλλαγή εκπαιδευτικών μεθόδων, οι εκπαιδευτικοί στοχεύουν, εκτός από τα γνωστικά οφέλη που σχετίζονται με τα σχολικά προγράμματα σπουδών, στην ενίσχυση της ευαισθητοποίησης σχετικά με τους σεισμικούς κινδύνους, τόσο στους μαθητές όσο και στις τοπικές κοινότητες (Subedi et al., 2020).

Πλήρεις οδηγίες για την κατασκευή με αναλυτική περιγραφή των υλικών καθώς και βίντεο που μπορεί να σας φανούν χρήσιμα μπορείτε να βρείτε στο υλικό που δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου της Πανελληνιας Ένωσης Υπευθύνων Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών [ΠΑΝ.Ε.Κ.ΦΕ] κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς 2023-2024 και φιλοξενείται στο Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών [ΕΚΦΕ] Ρεθύμνου

(ΕΚΦΕ Ρεθύμνου, 2024). Επίσης μπορείτε να βρείτε ένα ενδεικτικό φύλλο εργασίας για την Α' Λυκείου από το ΕΚΦΕ Λευκάδας (2024).

Βιβλιογραφία

- Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών [ΕΚΦΕ] Λευκάδας (2024). *Seismometer: Στο εργαστήριο σεισμολογίας (Μια άσκηση για την Α' Λυκείου)*. Ανακτήθηκε 1 Ιουλίου 2025, από: <https://ekfe.lef.sch.gr/wp-content/uploads/2024/07/Seismometer.pdf>
- Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών [ΕΚΦΕ] Ρεθύμνου. (2024). *Σεισμο-Γράφω* [ιστοσελίδα μαθήματος Moodle]. Ανακτήθηκε 1 Ιουλίου 2025, από: <https://ekfe.reth.sch.gr/moodle/course/view.php?id=2>
- Bravo, T., Taber, J., & Davis, H. (2020). A case study of Highly-Engaged Educators' integration of Real-Time Seismic Data in secondary Classrooms. *Frontiers in Earth Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00180>
- Denton, P., Fishwick, S., Lane, V., & Daly, D. (2018). Football quakes as a tool for student engagement. *Seismological Research Letters*, 89(5), 1902–1907. <https://doi.org/10.1785/0220180078>
- Incorporated Research Institutions for Seismology [IRIS] (2019). Iris.edu. <https://www.iris.edu/hq/>
- Incorporated Research Institutions for Seismology [IRIS] EPO - jAmaSeis Software. (2017). Iris.edu. <https://www.iris.edu/hq/jamaseis/>
- Subedi, S., Hetényi, G., Denton, P., & Sauron, A. (2020). Seismology at School in Nepal: a program for educational and citizen seismology through a Low-Cost seismic network. *Frontiers in Earth Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00073>
- Taber, J., Hubenthal, M., Bravo, T., Dorr, P., Johnson, J., McQuillan, P., Sumy, D. F., & Welti, R. (2015). Seismology education and public-outreach resources for a spectrum of audiences, as provided by the IRIS Consortium. *The Leading Edge*, 34(10), 1178–1184. <https://doi.org/10.1190/tle34101178.1>