

Open Schools Journal for Open Science

Τόμ. 3, Αρ. 5 (2020)



Φτιάξε το δικό σου Σεισμογράφο_TALOS

Χρήστος Κοντοστάθης, Σταύρος Μητσικώστας,
Δημήτρης Βαλκαμέλης, Χρήστος Βογιατζής,
Πλάτωνας Τσαγκαδόπουλος, Γεώργιος Πρώιας

doi: [10.12681/osj.24085](https://doi.org/10.12681/osj.24085)

Copyright © 2020, Χρήστος Κοντοστάθης, Σταύρος Μητσικώστας,
Δημήτρης Βαλκαμέλης, Χρήστος Βογιατζής, Πλάτωνας
Τσαγκαδόπουλος, Γεώργιος Πρώιας



Άδεια χρήσης [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Βιβλιογραφική αναφορά:

Κοντοστάθης Χ., Μητσικώστας Σ., Βαλκαμέλης Δ., Βογιατζής Χ., Τσαγκαδόπουλος Π., & Πρώιας Γ. (2020). Φτιάξε το δικό σου Σεισμογράφο_TALOS. *Open Schools Journal for Open Science*, 3(5). <https://doi.org/10.12681/osj.24085>



Φτιάξε το δικό σου Σεισμογράφο _ TALOS

¹Κοντοστάθης Χρήστος, ¹Μητσικώστας Σταύρος, ¹Βαλκαμελής Δημήτρης,
¹Βογιατζής Χρήστος, ¹Τσαγκαδόπουλος Πλάτωνας, ¹Πρώιας Γεώργιος

¹Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης Περιουσίας, Ομάδας
Ρομποτικής TALOS, Αργοναυτών και Φιλελλήνων, Βόλος

Περίληψη

Ο σεισμός είναι φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται συνήθως χωρίς σαφή προειδοποίηση, δεν μπορεί να αποτραπεί και παρά τη μικρή χρονική διάρκεια του, μπορεί να προκαλέσει μεγάλες υλικές ζημιές στις ανθρώπινες υποδομές με επακόλουθα σοβαρούς τραυματισμούς και απώλειες ανθρώπινων ζώων.

Η Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση στην Ευρώπη από πλευράς σεισμικότητας και την έκτη παγκοσμίως. Η γεωγραφική της θέση συμπίπτει με περιοχή του πλανήτη μας όπου λαμβάνουν χώρα μεγάλα γεωτεκτονικά φαινόμενα όπως η σύγκλιση της Αφρικανικής με την Ευρω-ασιατική λιθοσφαιρική πλάκα με αποτέλεσμα τη μεγάλη σεισμικότητα που παρατηρείται στη περιοχή αυτή. Η ομάδα των παιδιών κατασκεύασε με χαρτοσφαλτίνη μια βάση για να εγκατασταθεί ο αισθητήρας απόστασης σε σταθερό σημείο, ένα βαρίδι στερεωμένο με ελατήριο ώστε να δονείται κατά τη διάρκεια του σεισμού και ο επεξεργαστής LEGO EV3 ώστε να δημιουργηθεί ο σεισμογράφος.

Λέξεις κλειδιά

Σεισμός, Σεισμογράφος, Κατασκευή, Χειραπτικά Εργαλεία, Ομαδικότητα, Συνεργασία

Τι είναι ο σεισμός

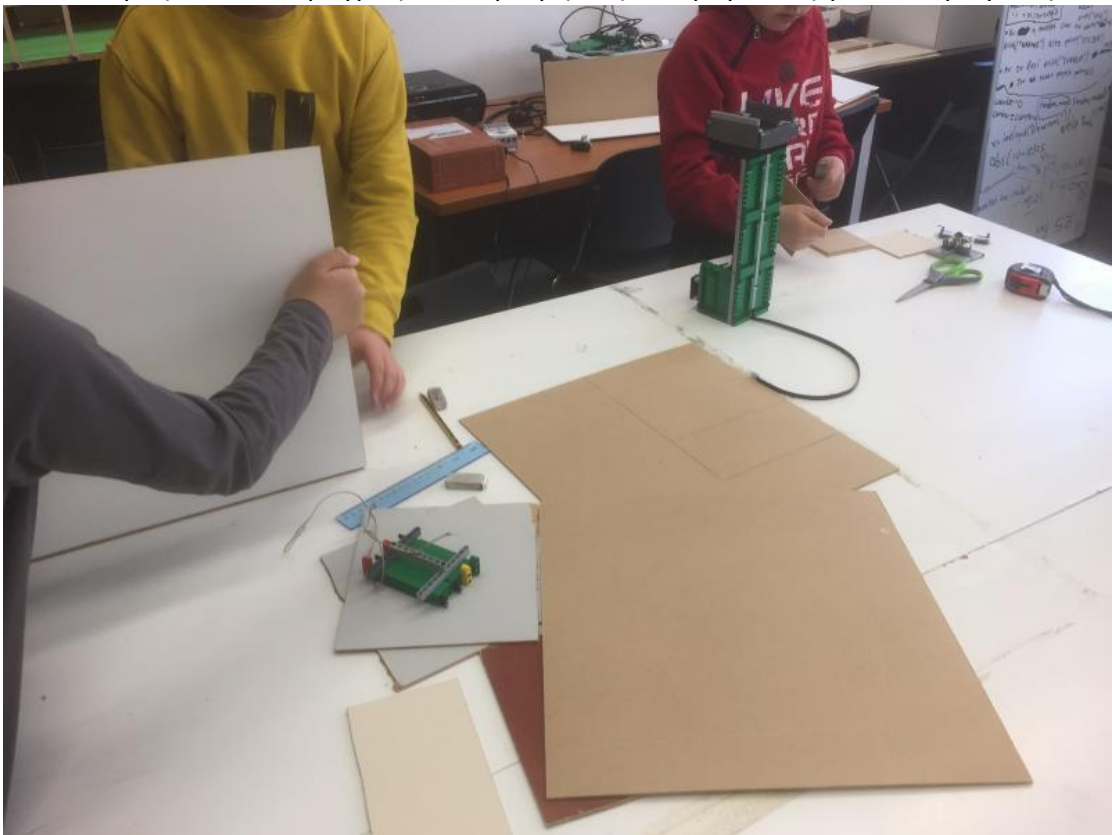


Σεισμός

είναι η δόνηση ή η ξαφνική κίνηση της επιφάνειας της Γης. Ο σεισμός στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται αισθητός από την κίνηση του εδάφους. Μπορεί όμως να γίνει αντιληπτός είτε από την ταλάντωση των φωτιστικών σωμάτων ή τη μετατόπιση των αντικειμένων που βρίσκονται στα ράφια ενός σπιτιού. Ο σεισμός δημιουργείται συνήθως μέσα στο γήινο φλοιό. Το σημείο, βαθιά μέσα στο φλοιό της γης, στο οποίο "γεννιέται" ο σεισμός, ξεκινά δηλαδή το σπάσιμο των πετρωμάτων που προκαλεί το σεισμό, ονομάζεται εστία ή υπόκεντρο. Όταν συμβεί ένας σεισμός σε μια περιοχή, όλοι μιλούν συνήθως για τρία πράγματα: το επίκεντρο, το μέγεθος και την ένταση.

Επίκεντρο είναι το σημείο που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης, ακριβώς κατακόρυφα πάνω από την εστία.

Μέγεθος είναι η ποσότητα ενέργειας που απελευθερώνεται με ένα σεισμό. Αυτή η ποσότητα είναι συγκεκριμένη, μοναδική για κάθε σεισμό και υπολογίζεται με μαθηματικούς τύπους, χρησιμοποιώντας στοιχεία που καταγράφουν ειδικά όργανα τα οποία ονομάζονται σειсмоγράφοι. Οι μετρήσεις του μεγέθους γίνονται με βάση



την κλίμακα Ρίχτερ. Σεισμοί με μέγεθος μικρότερο των 4,0 Ρίχτερ δεν προκαλούν συνήθως ζημιές, ενώ αυτοί με μέγεθος μικρότερο των 2,0 Ρίχτερ δεν γίνονται



εκείνοι με μέγεθος μεγαλύτερο των 5,0 Ρίχτερ μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές. Οι σεισμοί μπορούν να γίνουν αισθητοί σε ακτίνα πολλών χιλιομέτρων και έχουν διάρκεια μικρότερη του ενός λεπτού. Μέχρι σήμερα ο τόπος, ο χρόνος και το μέγεθος ενός σεισμού δεν μπορούν να προβλεφθούν, αλλά οι επιστήμονες εργάζονται για το σκοπό αυτό.

Η **ένταση** μας δείχνει το πόσο καταστροφικός είναι ένας σεισμός. Η ένταση μετρίεται σε βαθμούς Μερκάλλι και εξαρτάται από το εάν ένας σεισμός έχει βλάψει μια περιοχή ή όχι. Δεν είναι δηλαδή ένας αριθμός μοναδικός, όπως το μέγεθος και διαφέρει από μέρος σε μέρος. Σε μια τοποθεσία κοντά στο επίκεντρο, η ένταση του σεισμού μπορεί να είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι μακριά από αυτό. Εμείς καταλαβαίνουμε ένα σεισμό από τη δόνηση που προκαλεί. Ανάλογα με το πόσο κοντά είμαστε στο επίκεντρο ή πόσο είναι το μέγεθος του σεισμού τον αισθανόμαστε διαφορετικά. Η ένταση του σεισμού είναι ακριβώς ένας τρόπος για να μετρήσουμε τ' αποτελέσματά του σ' εμάς!

Τύποι σεισμών που γεννώνται στο γήινο φλοιό

α) Τεκτονικοί: λέγονται έτσι επειδή έχουν κάποια σχέση με την τεκτονική κατασκευή της περιοχής. Προκαλούνται από δυνάμεις που ξεπερνούν τα όρια της αντοχής των πετρωμάτων, με αποτέλεσμα να παραμορφωθούν τα στρώματα των πετρωμάτων. Οι σεισμοί που προκαλούνται με τον τρόπο αυτό, αποτελούν την συντριπτική πλειοψηφία, το 90% των Γήινων σεισμών και καλούνται Τεκτονικοί Σεισμοί.

β) Ηφαιστειογενείς: εκδηλώνονται σε περιοχές που βρίσκονται ενεργά ηφαιστεια κυρίως πριν και μετά από τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Το υπόλοιπο 10% των παγκόσμιων σεισμών σχετίζονται με ηφαιστειακή δραστηριότητα και συνήθως είναι λιγότερο ισχυροί από τους τεκτονικούς. Ακόμα και αυτοί πάντως, μπορεί να είναι ιδιαίτερα καταστροφικοί, προκαλώντας σχισμές στο έδαφος, παραμόρφωση του εδάφους, και ζημιές σε κατασκευές.

γ) Εγκατακρημνισιογενείς: εκδηλώνονται όταν καταρρέουν οροφές σπηλαίων που έχουν δημιουργηθεί από την υπόγεια ροή του νερού και είναι σεισμοί με μικρή καταστρεπτική ενέργεια.

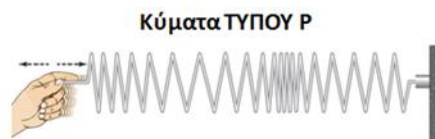
δ) Κρυογενείς: Υπάρχουν περιπτώσεις σεισμών που συμβαίνουν με την απότομη πτώση της θερμοκρασίας. Το έδαφος συγκρατεί νερό σε υγρή μορφή. Όταν η θερμοκρασία του πέσει κάτω από το κρίσιμο σημείο που το υγρό νερό γίνεται πάγος, η διαστολή που προκαλεί η αλλαγή φάσης του νερού συμπιέζει τα πετρώματα και είναι πιθανό να προκληθεί διάρρηξη σε αυτά.



ε) Τεχνητοί: Οι τεχνητοί σεισμοί προκαλούνται με εκρήξεις ή χτύπημα της επιφάνειας του γήινου φλοιού. Συνήθως χρησιμοποιούνται για την τομογράφηση του υπεδάφους. Σε μεγάλη κλίμακα είναι δυνατή και η πρόκληση σεισμών.

Τα σεισμικά κύματα

Τα Ρ-κύματα (primary-waves ή πρωτεύοντα κύματα) είναι διαμήκη κύματα πίεσης. Τέτοια κύματα είναι τα ηχητικά κύματα. Τα διαμήκη κύματα ταλαντώνουν τις μονάδες ταλάντωσης του μέσου από το οποίο διέρχονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσής τους. Προκαλούν πυκνώματα και αραιώματα της ύλης σε επίπεδα κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης και μάλιστα διαδίδονται σε οποιοδήποτε συμπίεσιμο (σε μεγέθη μήκους κύματος) μέσο έχει μνήμη του όγκου του και τον διατηρεί, τουλάχιστο στον χρόνο που το διάμηκες κύμα τον οδεύει. Στερεά, υγρά, αέρια και πλάσμα έως κάποιας πυκνότητας καθώς και ενδιάμεσες καταστάσεις ρευστότητας πληρούν με ευκολία τη συνθήκη αυτή για εύρη συχνοτήτων. Τα Ρ-κύματα μπορούν και εναλλάσσουν μέσα διάδοσης και συνεχίζουν να διαδίδονται διαθλώμενα σε αυτά, τουλάχιστο στο εύρος των συχνοτήτων που δε φιλτράρονται από πιθανή μείωση της χωρικής πυκνότητας των μονάδων ταλάντωσης στο νέο μέσο. Έτσι από το σημείο που φθάνουν κατακόρυφα στην επιφάνεια του φλοιού συνεχίζουν και μεταφέρουν μέρος της ενέργειας του σεισμού πέραν του εδάφους ως και πολύ ψηλά στην ατμόσφαιρα αν και δε μπορούν να καταγραφούν εκεί με συμβατικά αδρανειακά σεισμόμετρα. Τα Ρ-κύματα διαδίδονται σε όλα τα στρώματα της Γης, από το φλοιό ως τον πυρήνα. Ως σεισμικά κύματα τα Ρ έχουν τη μεγαλύτερη ταχύτητα από τα υπόλοιπα είδη σεισμικών κυμάτων και σε γρανίτη διανύουν 6 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο.



Τα S-κύματα (secondary-waves ή δευτερεύοντα κύματα) είναι εγκάρσια κύματα. Τα κύματα αυτά διαδίδονται με ταλαντώσεις των υλικών κάθετες στην κατεύθυνση του κύματος, διαδίδονται δηλαδή πολωμένα και αλλάζουν προς στιγμήν το σχήμα του μέσου το οποίο διατρέχουν. Διαδίδονται σε μέσα που οι μονάδες ταλάντωσης συνδέονται ελαστικά, δηλαδή υπάρχει μνήμη του σχήματος του υλικού. Το μέσο προσπαθεί να διατηρήσει το σχήμα του, τουλάχιστο σε μήκος ελαφρά πολλαπλάσιο του μήκους κύματος και για χρόνο όσο τουλάχιστο το άθροισμα των περιόδων



μερικών ταλαντώσεων. Τα στερεά έχουν ισχυρή μνήμη και έτσι τα S-κύματα διαδίδονται στη λιθόσφαιρα, με ασυνέχεια στους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα που δεν πληρούν την παραπάνω συνθήκη ελαστικότητας σε σχέση με τις παραμέτρους διάδοσης των συγκεκριμένων σεισμικών κυμάτων. Η κατάσταση ρευστότητας στον μανδύα φαίνεται πως δίνει στο υλικό του ικανή ελαστικότητα ώστε τα S-κύματα να διαδίδονται εκεί. Έτσι τα S-κύματα διαδίδονται από τη λιθόσφαιρα ως και το κάτω μέρος του μανδύα, σταματούν όμως φθάνοντας στον εξωτερικό πυρήνα της Γης που φαίνεται πως είναι πιο ρευστός ή και υγρός. Τα S-κύματα ταξιδεύουν πιο αργά από τα P και έχουν ταχύτητα κίνησης στον γρανίτη 3,6 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο.

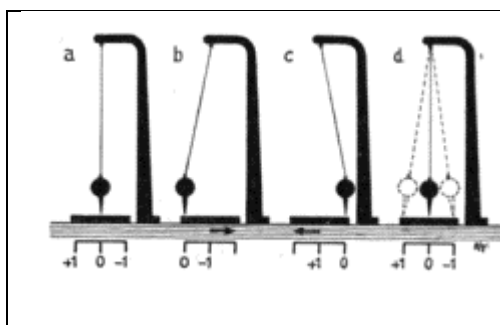


Μέτρηση σεισμών

Οι σεισμοί μετριοούνται με διάφορα σειсмоγραφικά όργανα, όπως τα σεισμοσκόπια, οι σειсмоγράφοι και τα σεισμόμετρα.

Για να περιγραφεί πλήρως η κίνηση των υλικών σημείων της Γης απαιτούνται τρία είδη σειсмоγραφικών οργάνων, αυτά που καταγράφουν την μετάθεση, αυτά που καταγράφουν την περιστροφή και αυτά που καταγράφουν την παραμόρφωση. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη Σεισμολογία παρουσιάζουν τα σειсмоγραφικά όργανα που καταγράφουν την μετάθεση και τις παραγώγους της ως προς τον χρόνο, την ταχύτητα και την επιτάχυνση.

Κατά σειρά ιστορικής εξέλιξης και επιστημονικής αξίας διακρίνουμε:

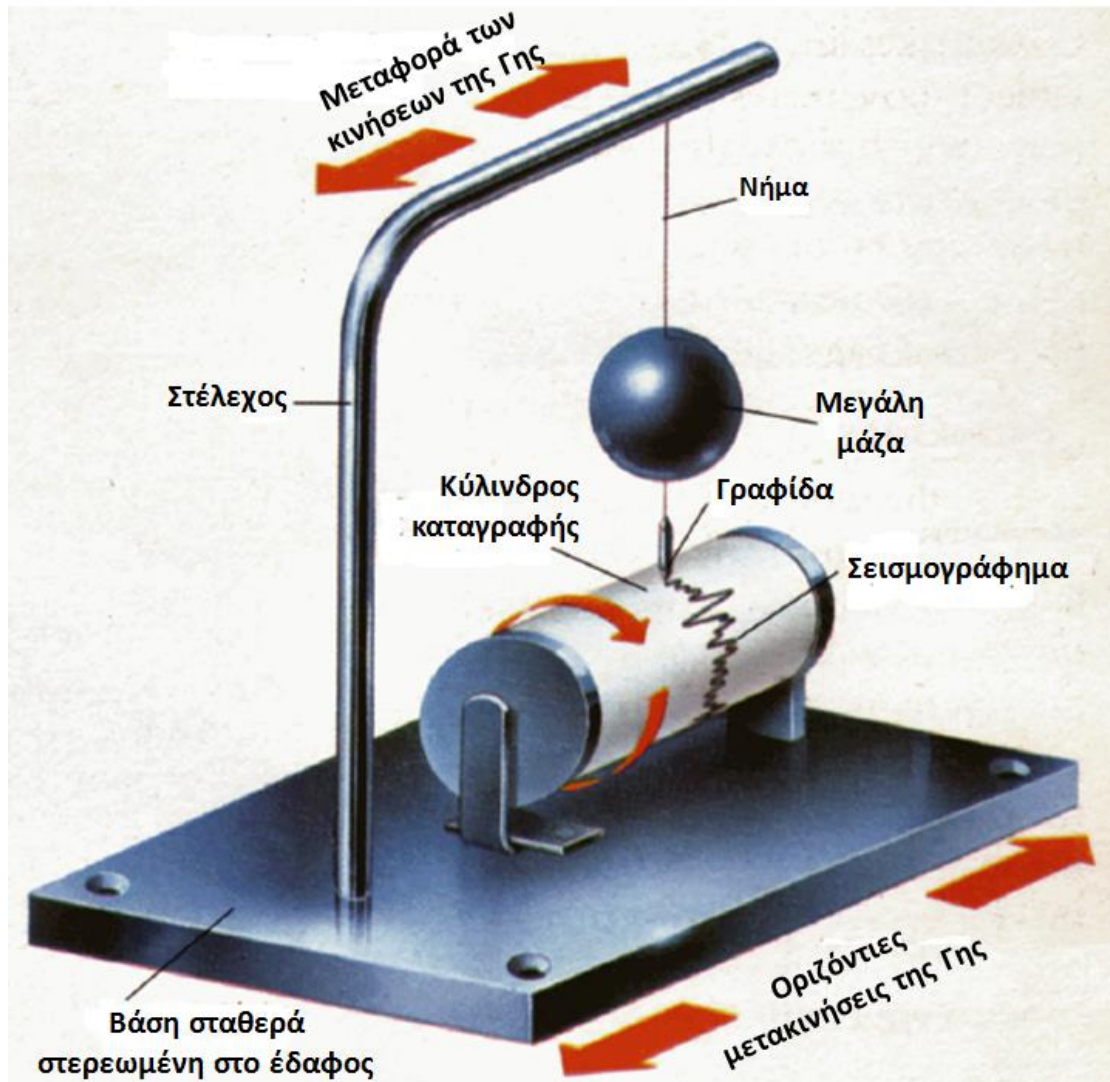


Σεισμοσκόπια είναι όργανα που απλώς σημειώνουν την γένεση των σεισμών ή αναγράφουν αυτούς πάνω σε ακίνητη αιθαλωμένη πλάκα δίνοντας έτσι πληροφορίες για την ένταση της σεισμικής κίνησης.

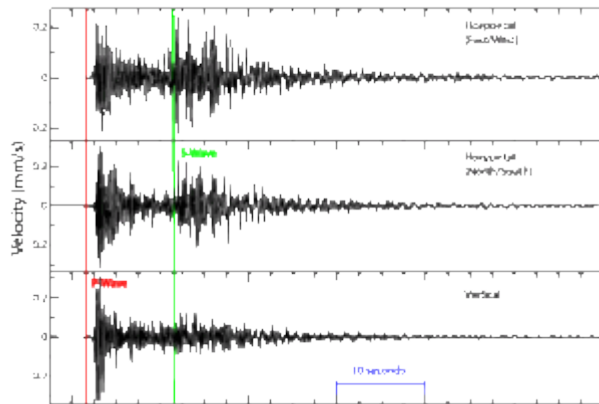
Σειсмоγράφοι είναι όργανα με τα οποία επιτυγχάνεται αυτόματα αλλά όχι πιστή αναγραφή της σεισμικής κίνησης. Η αναγραφή αυτή, που λέγεται σειсмоγράφημα,



γίνεται με γραφίδα πάνω σε αιθαλωμένη ταινία ή με φωτεινή κηλίδα πάνω σε φωτογραφική ταινία. Ο σειсмоγράφος αποτελείται από το εκκρεμές, το σύστημα ενίσχυσης (ή μεγέθυνσης) και το σύστημα αναγραφής. Για τον πλήρη καθορισμό της μετάθεσης σε ένα σταθμό πρέπει να υπάρχουν τρεις σειсмоγράφοι, ένας για την κατακόρυφη συνιστώσα και δυο για τις οριζόντιες συνιστώσες της εδαφικής κίνησης.



Τα **σεισμόμετρα** είναι όργανα που γράφουν με σημαντική ακρίβεια τις σεισμικές κινήσεις. Η βασική διαφορά μεταξύ σεισμομέτρου και σειсмоγράφου είναι ότι το σεισμόμετρο διαθέτει συσκευή. Οι αναγραφές των σεισμομέτρων λέγονται σεισμογράμματα.



Ο σειсмоγράφος αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Το περίβλημα το οποίο στερεώνει τη διάταξη και ακολουθεί τις κινήσεις του εδάφους.
2. Την μάζα (αδρανειακό υποσύστημα) που τείνει να παραμένει ακίνητη σε σχέση με τις κινήσεις του περιβλήματος και άρα του εδάφους.
3. Το σύστημα ανάρτησης που επιτρέπει την ταλάντωση της μάζας σε μια σταθερή διεύθυνση ανάλογα με τον τύπο προσανατολισμού της καταγραφόμενης μεταβολής και αποσβένει την ταλάντωση:
 - Για οριζόντιο σεισμόγραμμα (ή σειсмоγράφημα): Ελατήριο στηριγμένο σταθερά στο περίβλημα στη μία άκρη του και ανάρτηση της μάζας την άλλη του άκρη. Η μάζα τροchioδρομείται σε οριζόντια διεύθυνση κίνησης και συνδέεται με αποσβεστήρες της ενέργειας ταλάντωσης. Στους παλαιούς σειсмоγράφους χρησιμοποιούταν εκκρεμές με δυνατότητα κίνησης της μάζας σε καμπύλη που προσέγγιζε την ευθεία της οριζόντιας κίνησης.
 - για κατακόρυφο σεισμόγραμμα: Ελατήριο όπου αναρτάται η μάζα όμοια με μετρητή βαρύτητας (δυναμόμετρο ή κανταράκι), τροchioδρόμηση της μάζας στην κατακόρυφη διεύθυνση και αποσβεστήρες.
4. Το σύστημα καταγραφής που με διάφορα ηλεκτρομαγνητικά ή οπτικά συστήματα καταγράφει και αποστέλλει τηλεμετρικά για αποτύπωση στον σταθμό συλλογής τη σχετική θέση της αναρτημένης μάζας ως προς το περίβλημα της συσκευής. Στους σειсмоγράφους Κανονικά σε θέση εγκαθίστανται τρία σεισμόμετρα με τους άξονες μέγιστης ευαισθησίας, κάθετους μεταξύ τους, ώστε να καταγράφονται όλες οι συνιστώσες του σεισμικού κύματος.

Το μέγεθος προσδιορίζεται με μετρήσεις διαφόρων παραμέτρων των σεισμικών κυμάτων όπως το πλάτος, η περίοδος και η διάρκεια.



Για τον υπολογισμό του μεγέθους των σεισμών επινοήθηκαν διάφορες κλίμακες. Οι πιο γνωστές είναι: η κλίμακα τοπικού μεγέθους M_L (κλίμακα Richter - το όνομά της το πήρε από τον Ch. Richter το 1935) και η κλίμακα επιφανειακού μεγέθους M_S ενώ υπάρχουν και οι κλίμακες: χωρικού μεγέθους m_b , μεγέθους διάρκειας M_T , μεγέθους σεισμικής ροπής M_W . Στην Ελλάδα, συνήθως, οι αναφορές στο μέγεθος γίνονται σε M_S .

Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις ενός σεισμού στους ανθρώπους και στις κατασκευές (βλάβες ή μη βλάβες) εξαρτώνται εκτός από το μέγεθος και από άλλους παράγοντες όπως το βάθος της εστίας, τη θέση του επικέντρου, την κατασκευή. Το μεγαλύτερο μέγεθος σεισμού που έχει μετρηθεί έως σήμερα σε παγκόσμια κλίμακα είναι 8,9. Για να γίνει κατανοητή η αντιστοιχία των εννοιών μέγεθος - ενέργεια που εκλύεται από έναν σεισμό αρκεί να αναφερθεί ότι για μεγάλους σεισμούς (μέγεθος 8,7 - 8,9) η ενέργεια που εκλύεται είναι περίπου 900 φορές μεγαλύτερη από αυτήν της βόμβας στη Χιροσίμα.

Πώς μετράμε τους σεισμούς

Μία άλλη ποσότητα που αποτελεί μέτρο των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων και πιο συγκεκριμένα μέτρο των βλαβών της σεισμικής δόνησης στους ανθρώπους και στις τεχνικές κατασκευές, είναι η ένταση του σεισμού.



Η ένταση ενός σεισμού είναι διαφορετική από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται κυρίως από την απόσταση της περιοχής αυτής από την εστία του σεισμού και εδαφικούς παράγοντες. Ο προσδιορισμός της έντασης ενός σεισμού σε διάφορες



περιοχές επιτρέπει τη χάραξη ισόσειστων καμπυλών, ώστε να εντοπιστούν οι περιοχές στις οποίες ο σεισμός προκάλεσε τις ίδιες βλάβες, είχε δηλαδή την ίδια ένταση.

Για την μέτρηση μιας σεισμικής δόνησης χρησιμοποιούνται κυρίως δύο κλίμακες:

Κλίμακα Ρίχτερ (Richter)

< 0 R	Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σειсмоγράφους.
0 - 0,9 R	Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σειсмоγράφους.
1 - 1,9 R	Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σειсмоγράφους.
2 - 2,9 R	Μικροσεισμός	Σχεδόν πάντα μη αισθητός. Πιθανώς αισθητός από μερικούς ανθρώπους κοντά στο επίκεντρο.
3 - 3,9 R	Ασήμαντος	Αισθητός, χωρίς ζημιές.
4 - 4,9 R	Ασθενής	Αισθητός, με ελαφρές συνήθως ζημιές γύρω από το επίκεντρο.
5 - 5,9 R	Μέτριος	Ζημιές συνήθως εντός 10 km ²
6 - 6,9 R	Ισχυρός	Σοβαρότατες ζημιές εντός 100 km ²
7 - 7,9 R	Καταστροφικός	Μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο.
8 - 8,9 R	Εξαιρετικά Καταστροφικός	Εξαιρετικά μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, πολλές εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο.
9 - 9,9 R	Ασύλληπτα Καταστροφικός	Τεράστιες καταστροφές και τεράστιες ανθρώπινες απώλειες, πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο. Ελάχιστοι αυτού του μεγέθους έχουν καταγραφεί στην παγκόσμια ιστορία. Ο ισχυρότερος ήταν 9,5 R.
≥ 10 R	Μετεωρικός	Δεν υπάρχει τόσο μεγάλου μήκους σεισμογόνο ρήγμα στη Γη για να προκαλέσει κάτι τέτοιο. Μόνο από συμβάν πρόσκρουσης με αστεροειδή ή κομήτη μπορεί να συμβεί. Πρακτικώς, θα ισοδυναμούσε με παγκόσμιας κλίμακας καταστροφή.

Στην κλίμακα αυτή μετράται το μέγεθος ενός σεισμού στην εστία του. Ουσιαστικά στην κλίμακα μετράται η ενέργεια που εκλύεται στον εστιακό χώρο με τη σεισμική θραύση και την ολίσθηση των πετρωμάτων. Παρότι η κλίμακα δεν έχει ανώτατο όριο, σεισμοί μεγαλύτεροι από 9,5 Ρίχτερ δεν έχουν παρατηρηθεί στη Γη και, πρακτικώς, είναι εντελώς απίθανο να συμβούν ποτέ. Επίσης, στην κλίμακα μετρώνται και αρνητικές τιμές.



Κλίμακα Μερκάλι (Mercalli)

Στην κλίμακα αυτή μετράται η ένταση ενός σεισμού σε μία περιοχή στην επιφάνεια του φλοιού της Γης. Η κλίμακα είναι εμπειρική και προσπαθεί να εκτιμήσει την ένταση του σεισμού σύμφωνα με τις επιπτώσεις του σε κτίρια, υποδομές κλπ.

Η κλίμακα Ρίχτερ αναπτύχθηκε το 1935, στην Νότια Καλιφόρνια των ΗΠΑ από τον Αμερικανό φυσικό και σεισμολόγο Τσαρλς Ρίχτερ (Charles Francis Richter) και τον Γερμανό Μπένο Γκούτενπεργκ (Beno Gutenberg).

I	Δεν γίνεται αισθητός.
II	Αισθητός από μερικούς ανθρώπους που βρίσκονται σε ανάπαυση στους ψηλότερους ορόφους κτιρίων.
III	Αισθητός μέσα στα σπίτια. Μπορεί να μην αναγνωριστεί ως σεισμός. Δονήσεις σαν να περνάει ελαφρύ φορτηγό.
IV	Τίθενται σε κίνηση κρεμασμένα αντικείμενα. Τζάμια τρίζουν. Σταματημένα αυτοκίνητα κλυδωνίζονται. Δονήσεις σαν να περνάει βαρύ φορτηγό. Κρότος παραθύρων, χτύπος στις πόρτες.
V	Αισθητός στην ύπαιθρο. Αυτοί που κοιμούνται ξυπνούν. Αιώρηση κρεμασμένων αντικειμένων. Ανατροπή μερικών μικρών αντικειμένων.
VI	Αισθητός από όλους. Πολλοί τρομοκρατούνται και τρέχουν έξω από τα κτίρια. Οι άνθρωποι περπατούν με αστάθεια. Μικρές καμπάνες ηχούν. Μετακίνηση ή ανατροπή πολυάριθμων μεγάλων αντικειμένων και επίπλων. Βλάβες σε σοβάδες, κεραμίδια, καπνοδόχους. Βλάβες λίγες, ελαφρές.
VII	Μεγάλες καμπάνες ηχούν. Πτώση πολυάριθμων κεραμιδιών, καπνοδόχων. Σοβάδες και τοιχοποιία ρηγματώνονται



	<p>στις συνηθισμένες κατασκευές. Στις κακές κατασκευές πέφτουν σοβάδες, αποκολλούνται τούβλα και πέτρες. Γίνεται αισθητός από οδηγούς αυτοκινήτων. Κυματισμός στις λίμνες, θόλωμα νερού από λάσπη.</p>
VIII	<p>Επηρεάζεται η οδήγηση των αυτοκινήτων. Αρκετές ζημιές και μερική κατάρρευση στις συνηθισμένες κατασκευές. Λίγες βλάβες στην τοιχοποιία των καλών κατασκευών, και μεγάλες στις κακές κατασκευές. Κλαδιά σπάνε από τα δένδρα. Αλλαγές στη ροή και στη θερμοκρασία του νερού σε πηγές και σε πηγάδια.</p>
IX	<p>Γενική καταστροφή στις κακές κατασκευές. Σοβαρές βλάβες στην τοιχοποιία των καλών κατασκευών. Υπόγειοι αγωγοί σπάζουν. Σε περιοχές με αλλούβια αναβλύζει από το έδαφος λεπτή άμμος, ιλύς και νερό.</p>
X	<p>Καταστροφή μερικών καλά κατασκευασμένων ξύλινων κτιρίων και γεφυρών. Οι περισσότερες κατασκευές τοιχοποιίας και τα προκατασκευασμένα κτίσματα καταστρέφονται μαζί με τα θεμέλια. Σοβαρές ζημιές σε φράγματα, υδροφράχτες και αναχώματα. Μεγάλες κατολισθήσεις. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται.</p>
XI	<p>Μεγάλες ρωγμές στο έδαφος. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται έντονα. Υπόγειοι αγωγοί καταστρέφονται εντελώς.</p>
XII	<p>Ολική καταστροφή. Αντικείμενα εκτινάσσονται στον αέρα. Μεταβάλλεται η επιφάνεια του εδάφους και η γραμμή του ορίζοντα.</p>



Η κλίμακα Ρίχτερ είναι λογαριθμική. Αύξηση του μεγέθους του σεισμού κατά μία ακέραια μονάδα της κλίμακας αντιπροσωπεύει δεκαπλασιασμό του πλάτους των δονήσεων που καταγράφονται από ένα σειсмоγράφο. Πρακτικώς, η ασθενέστερη δόνηση που μπορεί να υπάρξει είναι - 2,0 Ρίχτερ.

Ο ΔΙΚΟΣ ΜΑΣ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΣ

Με βάση όλα τα παραπάνω επιχειρήσαμε και φτιάξαμε τον δικό μας σειсмоγράφο. Ως κίνητρο είχαμε να συνεχίσουμε την παράδοση του TALOS που για τα τελευταία 3 με 4 χρόνια ήταν μέσα στην πρώτη πεντάδα του διαγωνισμού.

Η βασική ιδέα ήταν ο αισθητήρας απόστασης (ultrasonic distance sensor LEGO EV3), καθώς ήμασταν σίγουροι ότι θα τον χρησιμοποιούσαμε. Το αμέσως επόμενο πρόβλημα ήταν η κατασκευή. Κάποιοι ήθελαν να χρησιμοποιήσουν έτοιμα υλικά ενώ άλλοι ήθελαν να το φτιάξουμε απ' το τίποτα με κόντρα πλακέ. Τελικά, υπερίσχυσε η δεύτερη ιδέα και αποφασίστηκε να φτιαχτεί από κόντρα πλακέ. Τώρα, για τις καλωδιώσεις και τα κυκλώματα δουλέψαμε, όπως ανέφερα και πιο πάνω, με τον αισθητήρα απόστασης που ήταν συνδεδεμένος με τον εγκέφαλο του συνδεδεμένο κι αυτό με τη σειρά του με ένα laptop. Αυτά ήταν τα υλικά που χρειάστηκαν.

Όσον αφορά την κατασκευή κόψαμε δύο ίσα μεγάλα κομμάτια κόντρα πλακέ και άλλο ένα πιο μικρό που μπήκε ανάμεσα στα δύο μεγάλα. Απ' τα μεγάλα αυτά κρέμονταν το αντικείμενο που θα μετρούσε ο αισθητήρας. Στο μικρό κόντρα πλακέ είχε τοποθετηθεί ο αισθητήρας πάνω σ' ένα 'βάθρο' και ο εγκέφαλος που μας έβγαζε τις μετρήσεις δίπλα. Έτσι όταν γινόταν σεισμός το αντικείμενο που κρεμόταν κουνιόταν πάνω-κάτω και ο αισθητήρας μετρούσε την απόσταση κάθε φορά. Όμως, επειδή το να βλέπουμε σε εκατοστά την απόσταση ήταν δύσκολο συνδέσαμε τον εγκέφαλο με το laptop και χάρη σε ένα πρόγραμμα μας το έβγαζε σε κύματα όπως σε κανονικούς σειсмоγράφους.

Αυτή η κατασκευή μας πήρε γύρω στις 2 εβδομάδες αλλά όταν τελειώσαμε όλοι νιώθαμε περήφανοι για τους εαυτούς μας. Ακόμα πιο περήφανοι νιώσαμε όταν βγήκαν τα αποτελέσματα και ανακαλύψαμε ότι ήμασταν μέσα στην πρώτη πεντάδα.

Από το σειсмоγράφημα προκύπτει η διαφορά του χρόνου άφιξης μεταξύ των κυμάτων τύπου S και P σε sec καθώς και το μέγιστο πλάτος των κυμάτων S.

Με την χρήση του νομογράμματος που απεικονίζεται, υπολογίζονται εύκολα και γρήγορα τόσο το μέγεθος του σεισμού, όσο και η απόσταση του επικέντρου από τον σειсмоγράφο. Η μέθοδος απεικονίζεται παρακάτω.



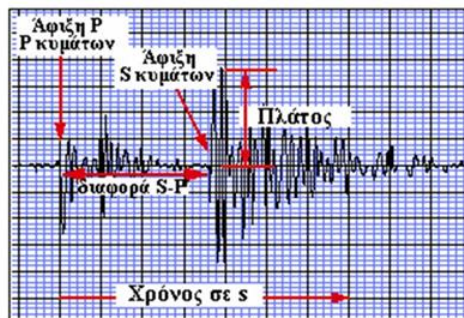
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Πείραμα

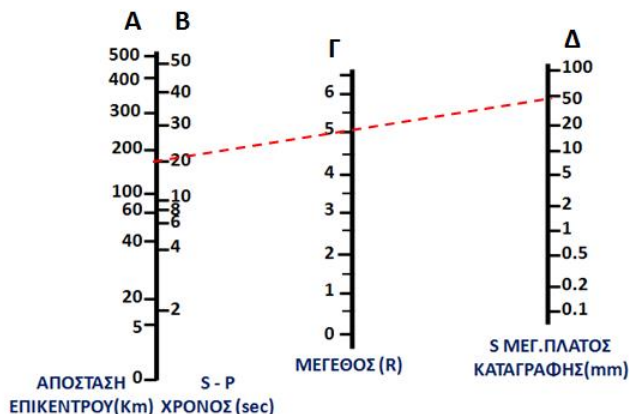
Το πείραμα αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

1. παίρνουμε δεδομένα για 60", χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα ultrasonic για μέτρηση σε cm/s
2. Περνάμε τα δεδομένα σε ένα φύλλο excel και στην συνέχεια περνάμε τις τιμές από μία εξίσωση για να μας δώσει τα ρίχτερ του σεισμού.
3. Ο κατακόρυφος άξονας περιέχει δεδομένα απόστασης από τον αισθητήρα που στο πείραμά μας έχουμε ορίσει να μετράει πάνω από 5cm/sec. Στο οριζόντιο άξονα είναι ο χρόνος σε sec. Παρακολουθούμε λοιπόν την ταλάντωση του σεισμού όταν παίρνει τις μέγιστες τιμές του και στην συνέχεια πως «σβήνει» σύμφωνα με το γράφημα

Προσπαθήσαμε να καταγράψουμε όσο καλύτερα και ακριβέστερα μπορούσαμε τη διαδικασία με την οποία τα παιδιά κατασκεύασαν τον σειсмоγράφο και



ΕΣΤΩ
Διαφορά $S - P = 20 \text{ sec}$
Μέγιστο Πλάτος = 50 mm



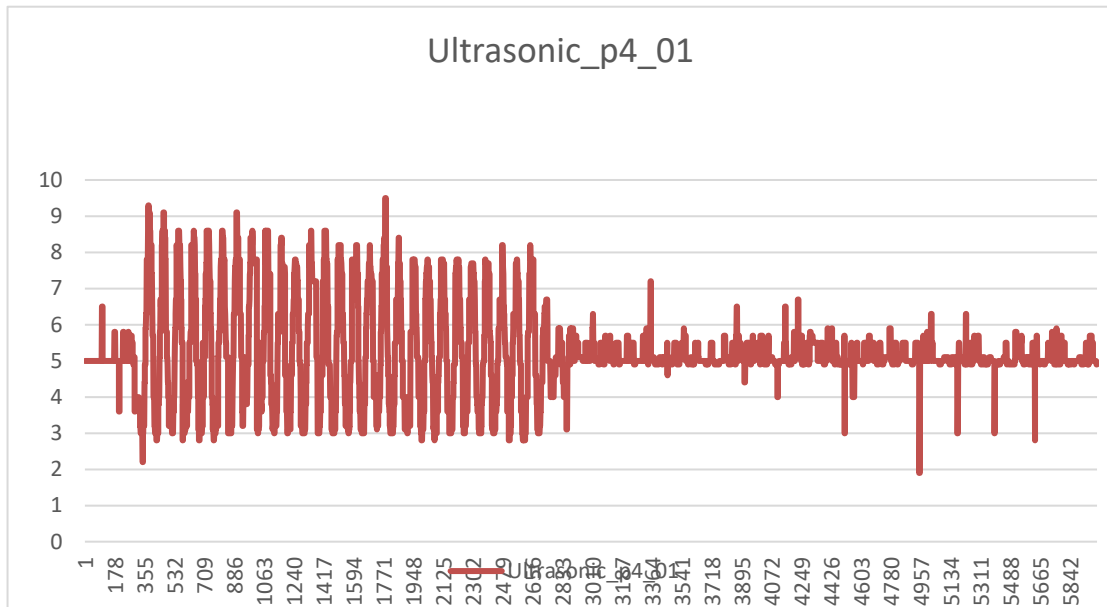
Η ευθεία από το σημείο 20sec της κλίμακας B, ως το σημείο 50 mm της κλίμακας Δ, τέμνει την κλίμακα Γ, στο σημείο 5R.

Άρα
Ο σεισμός είχε μέγεθος 5 Ρίχτερ (κλίμακα Γ) και το επίκεντρο ήταν σε απόσταση 180χλμ. (κλίμακα Α)

ΝΟΜΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ
ΜΕΓΕΘΟΥΣ – ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΥ



διαφορετικούς τρόπους, με Lego EV3 και την προσπάθεια συσχέτισης με την πραγματικότητα. Παρότι τα αποτελέσματα που είχαμε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ήταν άκρως ενθαρρυντικά, θα χρειαστούν πολλά ακόμη πειράματα για να πετύχουμε τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια.





Βιβλιογραφία

- [1] <http://botbench.com/blog/2013/01/08/comparing-the-nxt-and-ev3-bricks/>
- [2] http://www.geo.auth.gr/courses/ggp/mth1063e/pdf/7th_Chapter.pdf
- [3] ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ–Α.Π.ΘΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ Μάθημα 6ο
Σεισμομετρία http://www.geo.auth.gr/211/pdf/Mathima_7_Megethos_Seismon.pdf
- [4] California State University, Long Beach
Geography 458/558: Hazards and Risk Assessment, Earthquake Magnitude
http://web.csulb.edu/~rodrigue/geo_g458558/labs/nomogram.html
- [5] How Does a Seismograph Work?
<https://geoalliance.asu.edu/sites/default/files/LessonFiles/Haarala/Earthquake/HaaralaEarthquakeS.pdf>
- [6] Earthquake seismology <http://www.ndma.gov.pk/sep/researchpapers/r3.pdf>
"Οι σεισμοί της Ελλάδας", Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1999, Εκδόσεις Ζήτη
- [7] <http://civilprotection.gr/el/%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF>
<http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/instruments.htm>