

Κεφάλαιο 4

ΟΡΓΑΝΑ ΑΝΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

1. ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ 3 ΚΙΝΗΣΕΙΣ:

- A) **μετάθεση** (και οι παράγωγοί της ως προς τον χρόνο (ταχύτητα, επιτάχυνση))
- B) **περιστροφή** (σημαντική ΜΟΝΟ κοντά στην εστία του σεισμού – Τεχνική Σεισμολογία για μελέτη της επίδρασης του σεισμού στα κτίρια)
- Γ) **παραμόρφωση**

- Όργανα για την μελέτη της μετάθεσης έχουν όλοι οι σεισμολογικοί σταθμοί του κόσμου.
- Όργανα που αναγράφουν την περιστροφική κίνηση υπάρχουν αλλά ελάχιστα έχουν χρησιμοποιηθεί.
- Όργανα καταγραφής της παραμόρφωσης (παραμορφωσιόμετρα) λειτουργούν σε λίγους μόνο σταθμούς.
- ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΘΕΣΗΣ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΜΕ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΣΕΙΡΑ ΣΕ:
 - 1) ΣΕΙΣΜΟΣΚΟΠΙΑ
 - 2) ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥΣ
 - 3) ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΑ

ΣΕΙΣΜΟΣΚΟΠΙΟ



- Είναι όργανα που απλά σημειώνουν την γένεση των σεισμών και αναγράφουν την κίνηση πάνω σε αιθαλωμένη ή μη πλάκα ή χαρτί.
- Πρόκειται για μία μάζα που βρίσκεται σε ασταθή ισορροπία. Η ανατροπή της από σεισμό βάζει σε λειτουργία κάποιο κουδουνάκι. Στα πιο «εξελιγμένα» η ανατροπή της μάζας μέσω κάποιας συνδεσμολογίας σταματάει ή θέτει σε λειτουργία χρονόμετρο. Τα σειμοσκόπια αυτά πλέον της καταγραφής της κίνησης δίνουν πληροφορία για τον χρόνο άφιξης του σεισμού στο μέρος λειτουργίας του οργάνου.

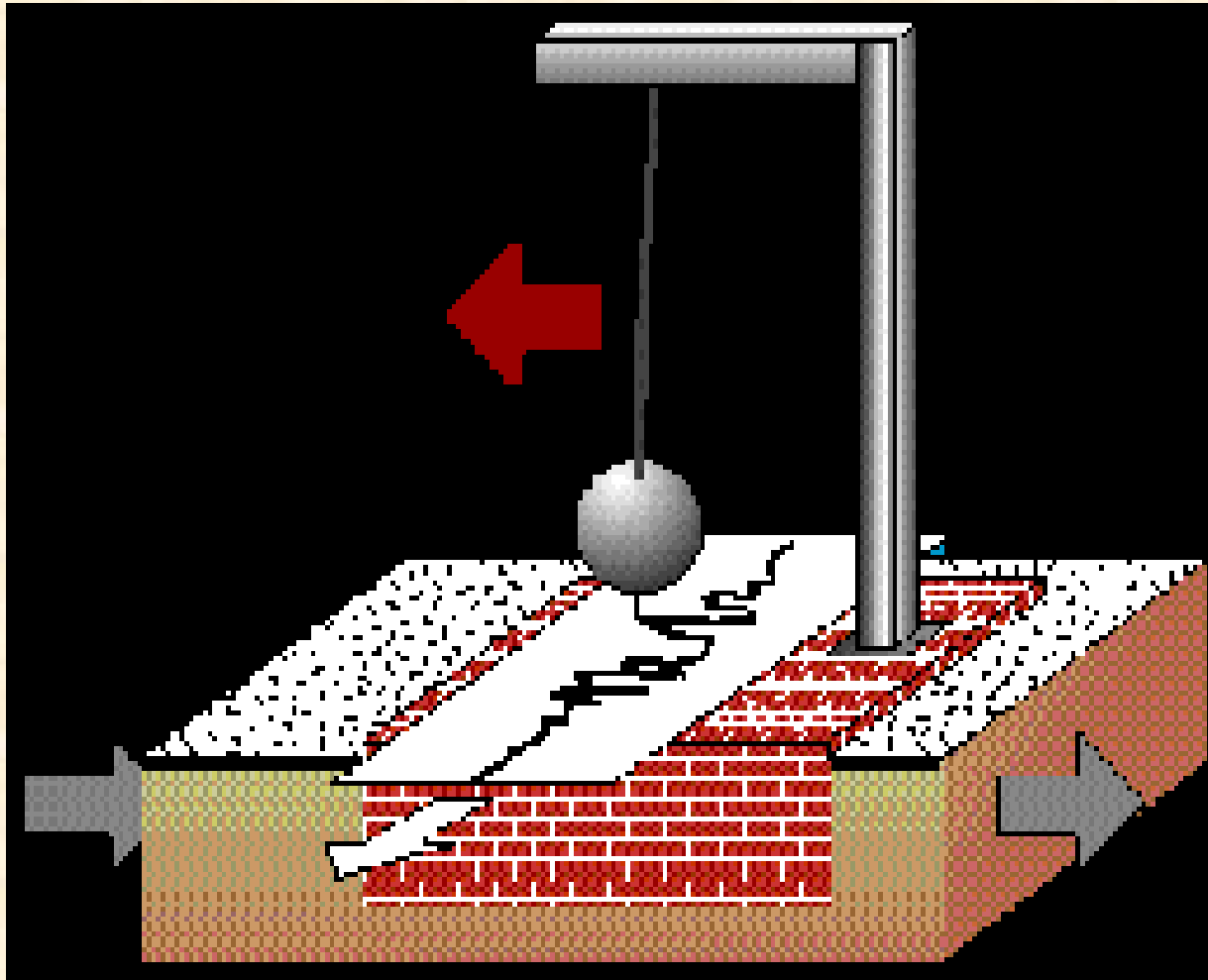
ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΙ

- ΜΕ ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΑΥΤΑ ΠΕΤΥΧΑΙΝΟΥΜΕ **ΑΚΡΙΒΗ** ΑΛΛΑ **ΟΧΙ ΠΙΣΤΗ** ΑΝΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ. Η ΑΝΑΓΡΑΦΗ ΛΕΓΕΤΑΙ **ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΗΜΑ** ΚΑΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΠΑΝΩ ΣΕ ΤΑΙΝΙΑ ή ΜΕ ΦΩΤΕΙΝΗ ΚΗΛΙΔΑ ΠΑΝΩ ΣΕ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ.
- **ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΤΟΥ ΜΕΡΗ ΕΙΝΑΙ:**
 - 1) ΕΚΚΡΕΜΕΣ
 - 2) ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗΣ (ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ)
 - 3) ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΓΡΑΦΗΣ

- Ο ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΘΑ ΗΤΑΝ:
- ΝΑ ΥΠΑΡΧΕΙ ΜΙΑ ΓΡΑΦΙΔΑ ΕΞΩ ΑΠΟ ΤΗ ΓΗ ΠΟΥ ΘΑ ΗΤΑΝ ΑΚΙΝΗΤΗ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΘΑ ΕΓΡΑΦΕ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΤΑΙΝΙΑ ΠΟΥ ΘΑ ΗΤΑΝ ΣΤΕΡΕΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΜΕ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΑΥΤΗΣ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΘΑ ΚΙΝΟΥΝΤΑΝ ΜΕ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.
- ΕΠΕΙΔΗ ΚΑΤΙ ΤΕΤΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΑΝΕΦΙΚΤΟ ΒΡΕΘΗΚΕ ΑΛΛΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΔΟΝΗΣΗΣ

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ

- ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ



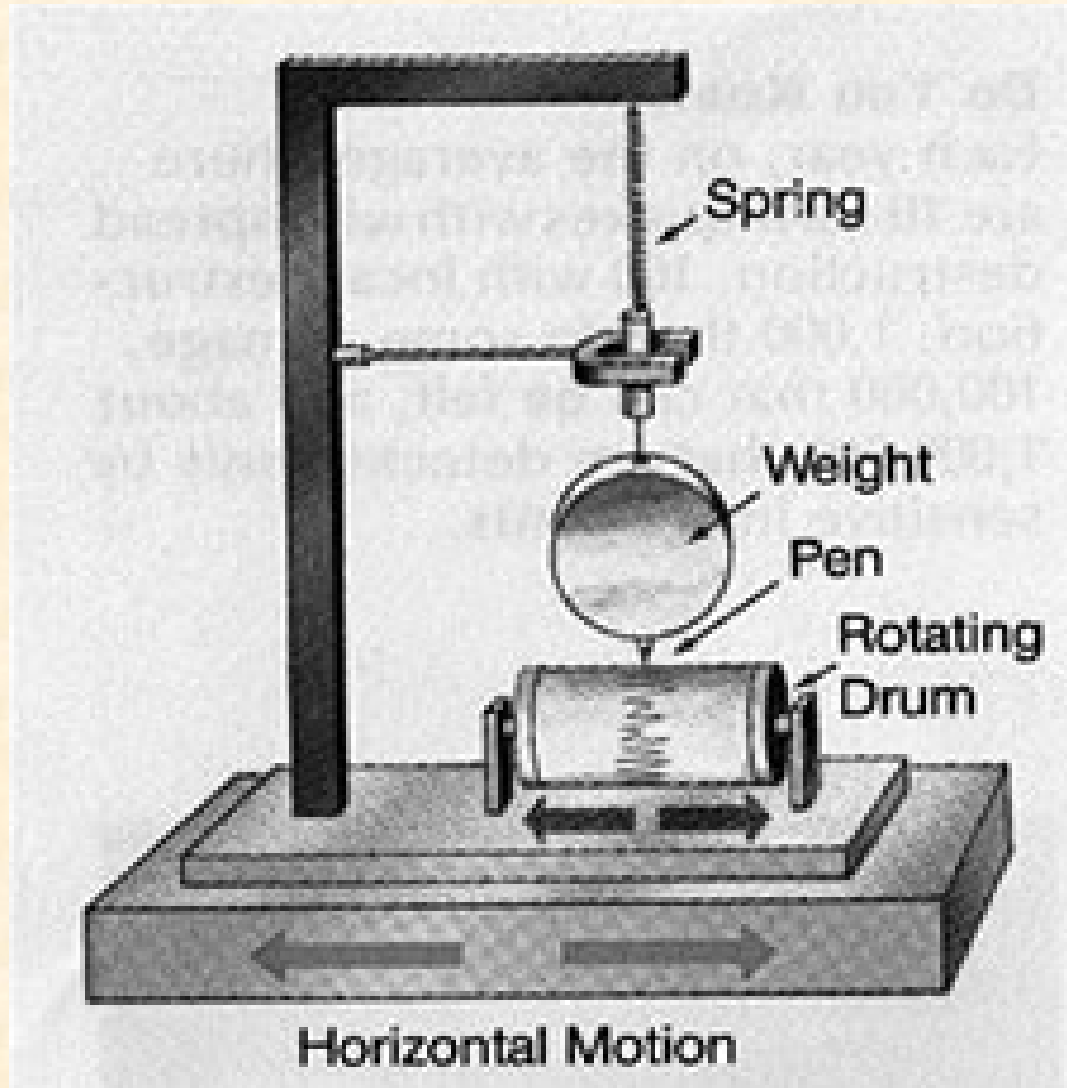
- ΤΟ **ΕΚΚΡΕΜΕΣ** ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΕΚΕΙΝΟ ΠΟΥ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΝΕΤΑΙ ΑΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΕΔΑΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ.
- Η ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ:
- **1) ΠΛΑΤΟΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ**

- **2)**
$$\frac{T_{\text{εδαφ. κίνησης}}}{T_0}$$

οπου $T_0 \Rightarrow$ ιδιοπεριοδος εκκρεμους

- Η ΓΡΑΦΙΔΑ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΜΑΖΑ ΤΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΧΛΩΝ ΠΟΥ ΜΕΓΕΝΘΥΝΟΥΝ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΤΗΝ **ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ**.
- ΟΤΑΝ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΝΑΓΡΑΦΗ ΕΝΟΣ ΣΕΙΣΜΟΥ, ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΠΑΦΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΦΙΔΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΙΝΙΑ ΠΟΥ ΑΝΑΓΡΑΦΕΤΑΙ Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΟΧΛΩΝ ΠΟΥ ΜΕΓΕΝΘΥΝΟΥΝ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ **ΤΡΙΒΗ**. ΓΙΑΥΤΟ ΠΡΕΠΕΙ Η ΜΑΖΑ ΤΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΕΓΑΛΗ, ΩΣΤΕ Η ΔΥΝΑΜΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΑΡΚΕΤΑ ΜΕΓΑΛΗ ΓΙΑ ΝΑ ΥΠΕΡΝΙΚΑΕΙ ΤΙΣ ΤΡΙΒΕΣ.
- ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ:
 - **ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ**
 - **ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΓΕΝΘΥΣΗ**
 - **ΤΡΙΒΗ**

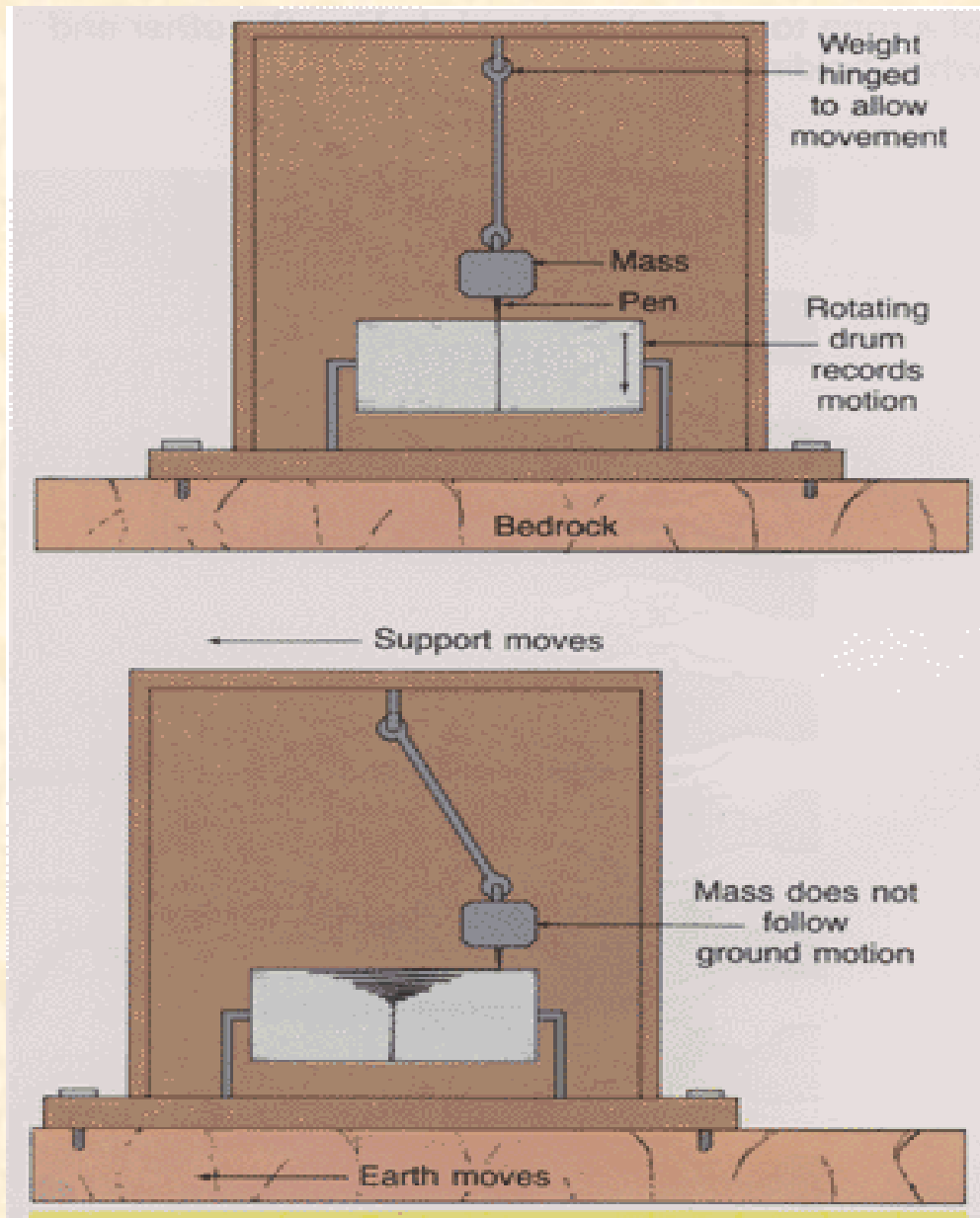
ΜΕΡΗ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ



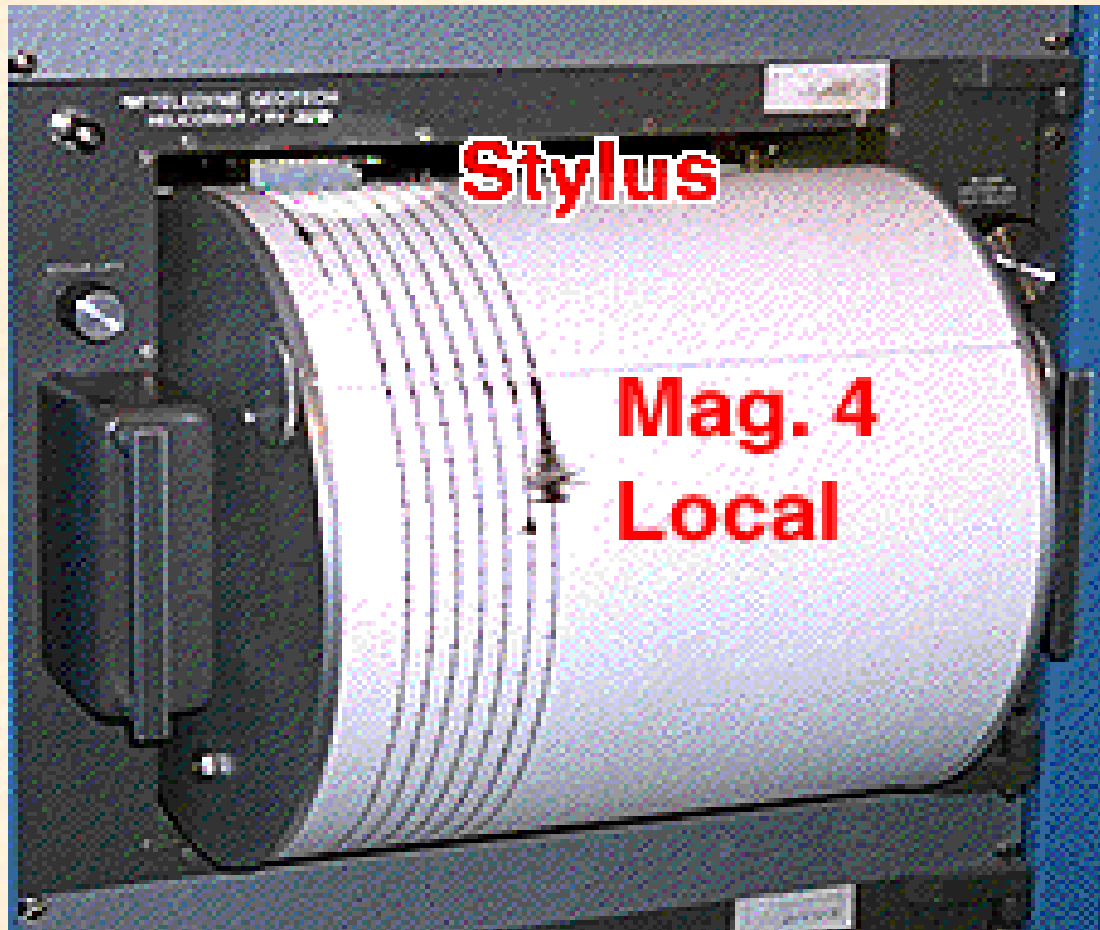
- Η ΤΑΙΝΙΑ ΑΝΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΣΥΝΗΘΩΣ ΤΥΛΙΓΕΤΑΙ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΕΝΑ ΚΥΛΙΝΔΡΟ (ΤΥΜΠΑΝΟ) ΠΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΝΩ ΣΥΓΧΡΟΝΩΣ ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ.
- **ΗΡΕΜΙΑ** → **ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ** (γεωμετρικός τόπος των σημείων που έχουν μετάθεση 0)
- **ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΚΡΟΥ ΓΡΑΦΙΔΑΣ ΣΤΟΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟ**
15-60 mm/min

ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΟ ΕΠΑΦΗΣ- ΓΝΩΣΗ ΧΡΟΝΟΥ (ΕΚΤΡΟΠΗ ΓΡΑΦΙΔΑΣ)

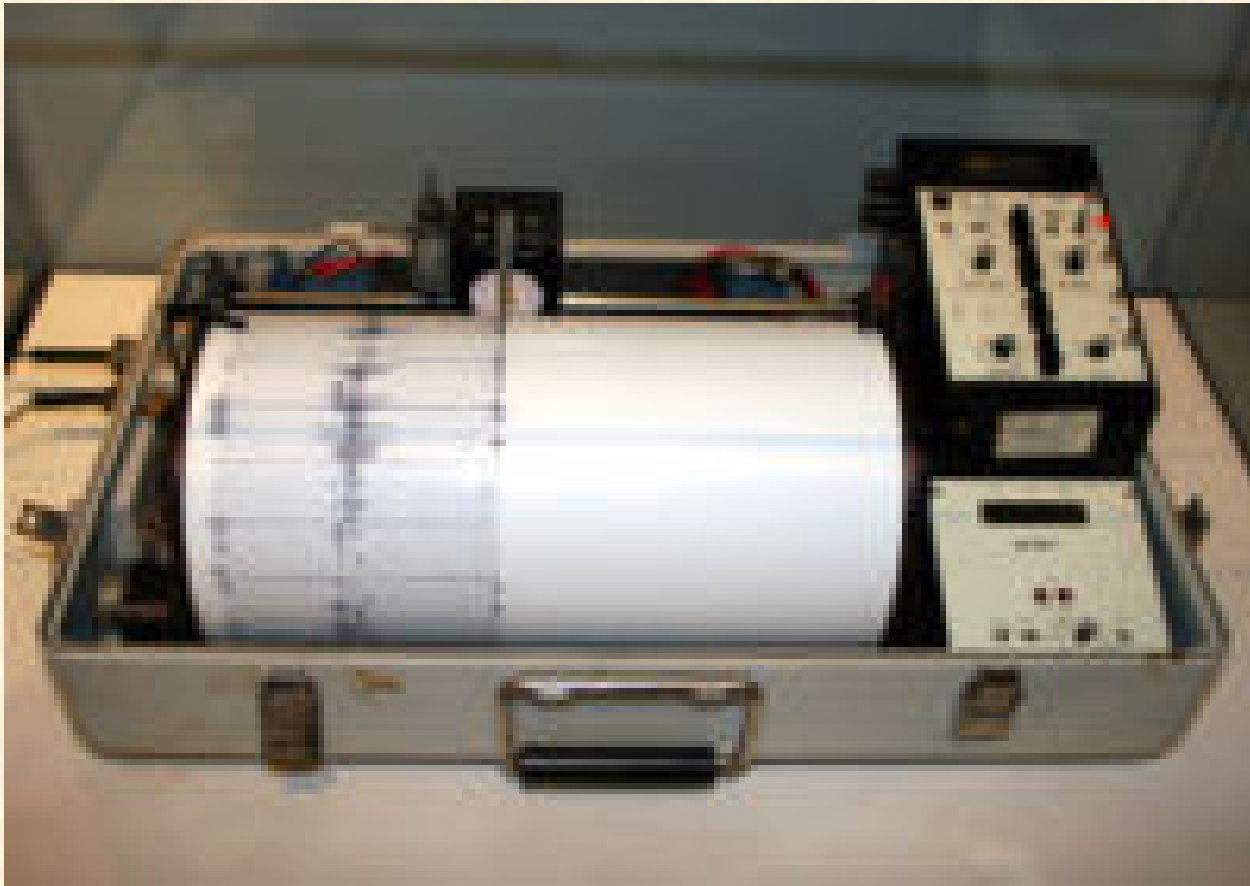
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΟΥ- ΓΝΩΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ



- Αναλογικός σειсмоγράφος



- ΦΟΡΗΤΟΣ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΣ



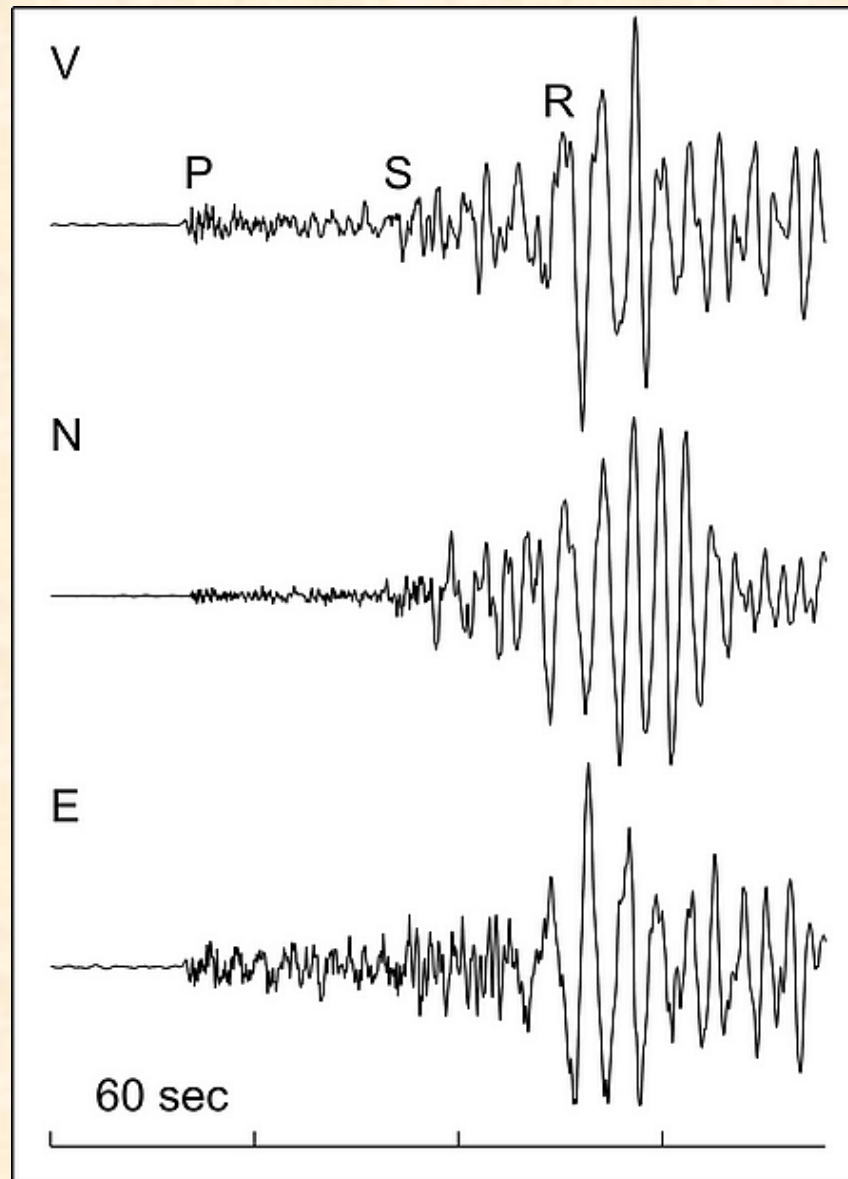
(συνέχεια)

- Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στον σειсмоγράφο Wood-Anderson, που χρησιμοποιεί το **εκκρεμές στρέψης** και μπορούμε από αυτόν να μετράμε το τοπικό μέγεθος των σεισμών.
- Αποτελείται από λεπτό κατακόρυφο σύρμα από βολφράμιο, που είναι τεντωμένο ανάμεσα σε 2 σημεία. Στο μέσον αυτού υπάρχει κολλημένη μικρή μάζα από χαλκό κυλινδρικού σχήματος. Κατά την οριζόντια κίνηση του εδάφους ο κύλινδρος πραγματοποιεί στροφική ταλάντωση της οποίας η περίοδος εξαρτάται από τον συντελεστή στρέψης του σύρματος. Αν το σύρμα είναι πακτωμένο υπό κλίση τότε η περίοδος εξαρτάται και από την γωνία του σύματος με την κατακόρυφη.

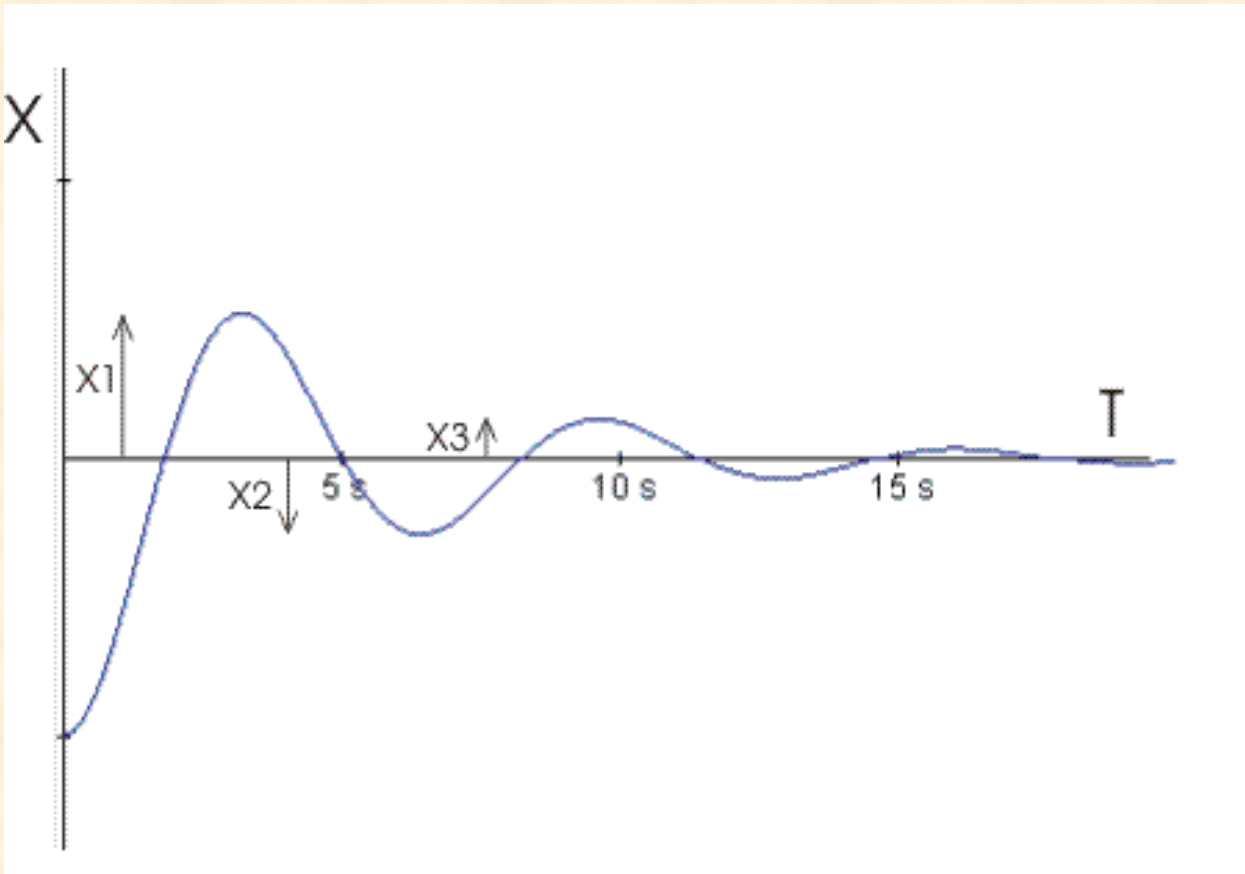
Σεισμογράφος Wood-Anderson



- Η ΕΔΑΦΙΚΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ ΣΗΜΕΙΟΥ ΑΝΑΛΥΕΤΑΙ ΣΕ 3 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΚΑΘΕΤΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ.



ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ μετάπτωση σε κατάσταση ηρεμίας μόνο με την τριβή

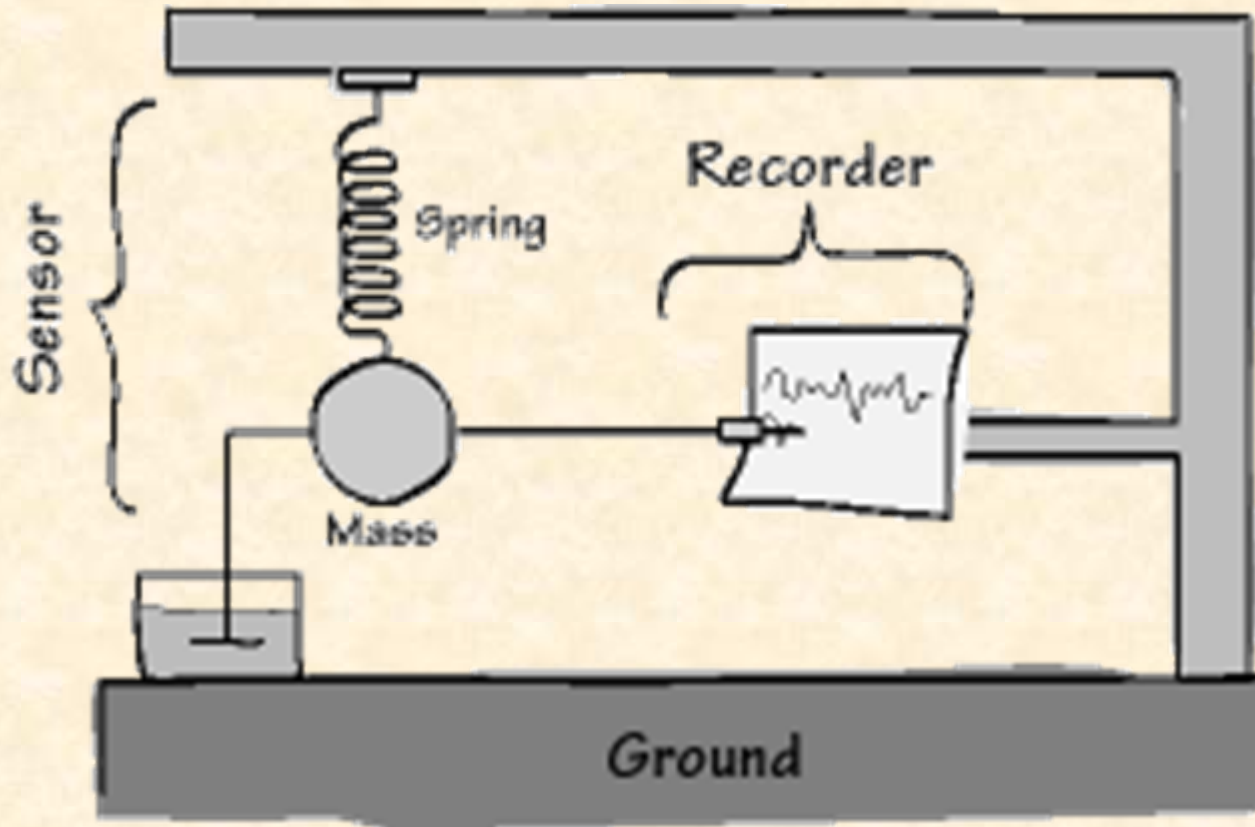


ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΑ

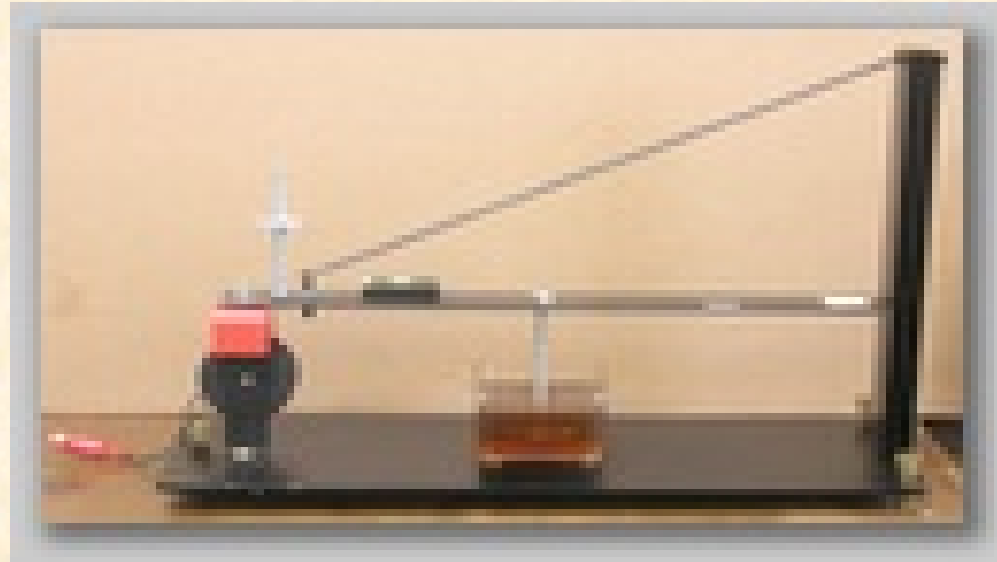
- Σε αντίθεση με τους σειсмоγράφους τα **σεισμόμετρα** καταγράφουν με σημαντική ακρίβεια τους σεισμούς. Οι αναγραφές τους λέγονται **σειсмоγράμματα**.
- Αυτό οφείλεται στο ότι τα σεισμόμετρα έχουν συσκευή **απόσβεσης** και έτσι πετυχαίνεται η απόσβεση της αιώρησης του εκκρεμούς.
- Η απόσβεση χωρίζεται σε 3 κατηγορίες:
 - 1) **Ασθενής**
 - 2) **Κρίσιμη**
 - 3) **Ισχυρή**

Η **κρίσιμη απόσβεση** είναι η πλέον ικανοποιητική διότι ελαχιστοποιείται ο χρόνος απόσβεσης, ενώ με την **ασθενή απόσβεση** πετυχαίνουμε μεγάλη μεγέθυνση

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟΥ ΜΕ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ

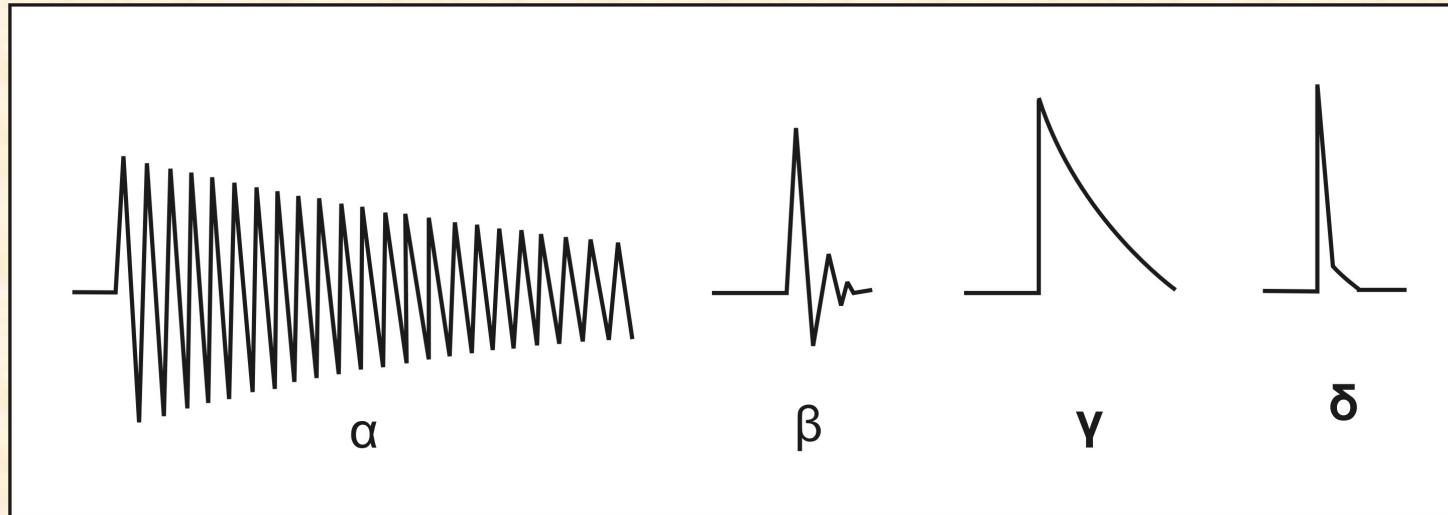


ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟ ΜΕ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ



ΚΙΝΗΣΗ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ

- α) χωρίς απόσβεση
- β) με ασθενή απόσβεση
- γ) με ισχυρή απόσβεση
- δ) με κρίσιμη απόσβεση



- Ο λόγος των πλατών δύο διαδοχικών δύο αντίθετων εκτροπών του εκκρεμούς του σεισμομέτρου λέγεται **λόγος απόσβεσης (ν)**.
- Η τιμή της περιόδου του εκκρεμούς έχει σημαντικό ρόλο στη πιστή αναγραφή των σεισμών. Για να γράψει το σεισμόμετρο κινήσεις με μεγάλη περίοδο πρέπει το εκκρεμές να έχει μεγάλο μήκος. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι όταν ένα εκκρεμές οριζοντίου σεισμομέτρου έχει περίοδο 10 sec πρέπει το ανηγμένο του μήκος να είναι 25 m πράγμα πολύ δύσκολο τεχνικά. Έτσι γίνονται προσπάθειες να επιτευχθεί αύξηση της περιόδου, χωρίς υπερβολική αύξηση του μήκους. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή διαφόρων τρόπων αναρτήσεων των εκκρεμών.

ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΑΙΡΗΣΕΩΝ

- 1) ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΓΡΑΦΗ
 - 2) ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΓΡΑΦΗ
 - 3) ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΝΑΓΡΑΦΗ
-
- α) Απόσβεση με υγρό
 - β) Απόσβεση με αέρα
 - γ) Μαγνητική απόσβεση

ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟΥ

- Οι μεγεθύνσεις που παρατηρούνται στα σεισμόμετρα είναι τρεις:

- 1) Στατική μεγέθυνση $V_o = \frac{X}{u}$ είναι ο σταθερός λόγος της

- αναγραφόμενης μετάθεσης ή κίνησης προς την μετάθεση του κέντρου βάρους του εκκρεμούς του σεισμομέτρου

- 2) Δυναμική μεγέθυνση $U = \frac{u}{x}$ είναι ο λόγος της μετάθεσης του

- κ.β. του εκκρεμούς του σεισμομέτρου προς την μετάθεση του εδάφους. Μας δείχνει πόσες φορές το πλάτος ταλάντωσης του κ.β. του εκκρεμούς είναι μικρότερο ή μεγαλύτερο από το πλάτος της ταλάντωσης του εδάφους. Η δυναμική μεγέθυνση δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται με την περίοδο T , της σεισμικής κίνησης.

(συνέχεια)

3) Πραγματική μεγέθυνση

$$V = \frac{X}{x}$$

είναι ο λόγος της αναγραφόμενης

κίνησης προς την μετάθεση του εδάφους (πλάτος σεισμικής κίνησης).

Μεταξύ των 3 μεγεθύνσεων ισχύει η σχέση:

$$V = V_o U$$

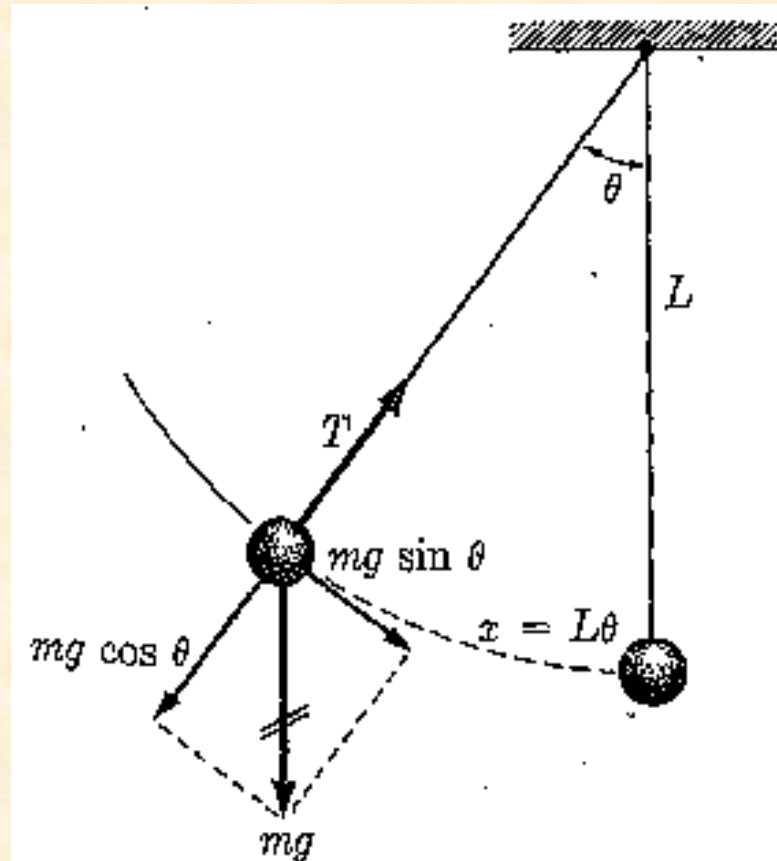
Υπολογισμός στατικής μεγέθυνσης

- Για να βρούμε την στατική μεγέθυνση εργαζόμαστε ως εξής:
- Ασκούμε πάνω στο εκκρεμές οριζόντια γνωστή δύναμη $\beta = mg$ οπότε το άκρο της γραφίδας μετατοπίζεται έστω κατά α και το εκκρεμές ισορροπεί σε νέα θέση αιώρησης. Η ροπή του βάρους του εκκρεμούς ως προς τον άξονα αιώρησης είναι P_1 , ενώ η ροπή του μικρού βάρους β είναι P_2 . Στη νέα θέση ισορροπίας θα έχουμε $P_1 = P_2$. Αν λύσουμε ως προς V_o έχουμε:

$$V_o = \frac{4\pi^2 M}{gm} \cdot \frac{\alpha}{T_o^2}$$

- Όπου $M \rightarrow$ μάζα εκκρεμούς
- $\alpha \rightarrow$ εκτροπή άκρου γραφίδας
- $T_o \rightarrow$ ιδιοπερίοδος εκκρεμούς
- **Λύνεται λεπτομερώς στις ασκήσεις Β' κατηγορίας**

Υπολογισμός στατικής μεγέθυνσης σχήμα



ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ

- Κάνουμε την υπόθεση ότι η κίνηση του εδάφους είναι ημιτονοειδής ταλάντωση. Στην περίπτωση αυτή η μετάθεση του κ.β. του εκκρεμούς του σειсмоγράφου είναι:

$$u = \underbrace{B\eta\mu\omega t}_A + \underbrace{C\eta\mu(\omega_0 t + \phi)}_B$$

τότε η δυναμική μεγέθυνση του σειсмоγράφου είναι:

$$U = \frac{T_0^2}{T^2 - T_0^2}$$

όπου $\omega \longrightarrow$ κυκλική συχνότητα εδαφικής κίνησης ($\omega=2\pi/T$)

$T \longrightarrow$ περίοδος εδαφικής κίνησης

$\omega_0 \longrightarrow$ κυκλική ιδιοσυχνότητα εκκρεμούς σειсмоγράφου ($\omega_0=2\pi/T_0$)

$T_0 \longrightarrow$ ιδιοπερίοδος εκκρεμούς σειсмоγράφου

B, C και $\phi \longrightarrow$ σταθερές εξαρτώμενες από τις αρχικές συνθήκες

(συνέχεια)

1^ο ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ

Η πρώτη εξίσωση αποτελείται από 2 όρους. Ο **A** εκφράζει την κίνηση του εδάφους και ο όρος **B** είναι η ιδιοταλάντωση του εκκρεμούς (συμβάλλει στην ολική κίνηση άρα είναι ανεπιθύμητη γιατί θεωρητικά δεν σταματάει το εκκρεμές με την παρέλευση του χρόνου).

2^ο ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ

Από την δεύτερη εξίσωση συμπεραίνουμε ότι σε περίπτωση συντονισμού δηλαδή όταν $T=T_0$ η δυναμική μεγέθυνση και κατά συνέπεια και η πραγματική μεγέθυνση θεωρητικά γίνεται άπειρη με αποτέλεσμα το πλάτος αναγραφής της κίνησης να μη μπορεί να γραφτεί στις πεπερασμένες διαστάσεις που έχουν οι ταινίες αναγραφής.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟΥ

Στην περίπτωση του σεισμομέτρου με ασθενή απόσβεση οι προηγούμενες εξισώσεις μετασχηματίζονται:

$$u = \underbrace{B\eta\mu\omega t}_A + \underbrace{C[e^{-\zeta\omega_o t}]}_B \eta\mu(\sqrt{1-\zeta^2}\omega_o t + \phi)$$

και η δυναμική μεγέθυνση γίνεται:

$$U = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{T^2}{T_o^2}\right)^2 + \frac{4\zeta^2 T^2}{T_o^2}}}$$

που $\zeta \rightarrow$ παράγοντας απόσβεσης (για ασθενή απόσβεση $\zeta < 1$)

Ο παράγοντας απόσβεσης υπολογίζεται από τη σχέση:
Όπου ν είναι ο λόγος απόσβεσης

$$\ell n \nu = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}$$

(συνέχεια)

1^ο ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟΥ

Στον όρο **B** της πρώτης σχέσης ο παράγοντας που βρίσκεται μέσα στην αγκύλη έχει την ιδιότητα να μειώνει σε μικρό χρονικό διάστημα την ιδιοταλάντωση του εκκρεμούς του σεισμομέτρου με τον χρόνο. Με τον τρόπο αυτό η κίνηση του εδάφους αναγράφεται με ακρίβεια.

2^ο ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟΥ

Στην περίπτωση συντονισμού δηλαδή όταν $T=T_0$ η δυναμική μεγέθυνση δεν γίνεται άπειρη όπως στον σειсмоγράφο αλλά αποκτάει πεπερασμένη τιμή ίση με $(1/2\zeta)$.

(συνέχεια)

Επίσης από την σχέση που δίνει την μετάθεση του κέντρου βάρους του εκκρεμούς του σεισμομέτρου, παρατηρούμε ότι η γωνιακή συχνότητα του σεισμομέτρου δεν είναι ίση με την γωνιακή ιδιοσυχνότητα αλλά έχει τιμή ίση με $\sqrt{1 - \zeta^2}$

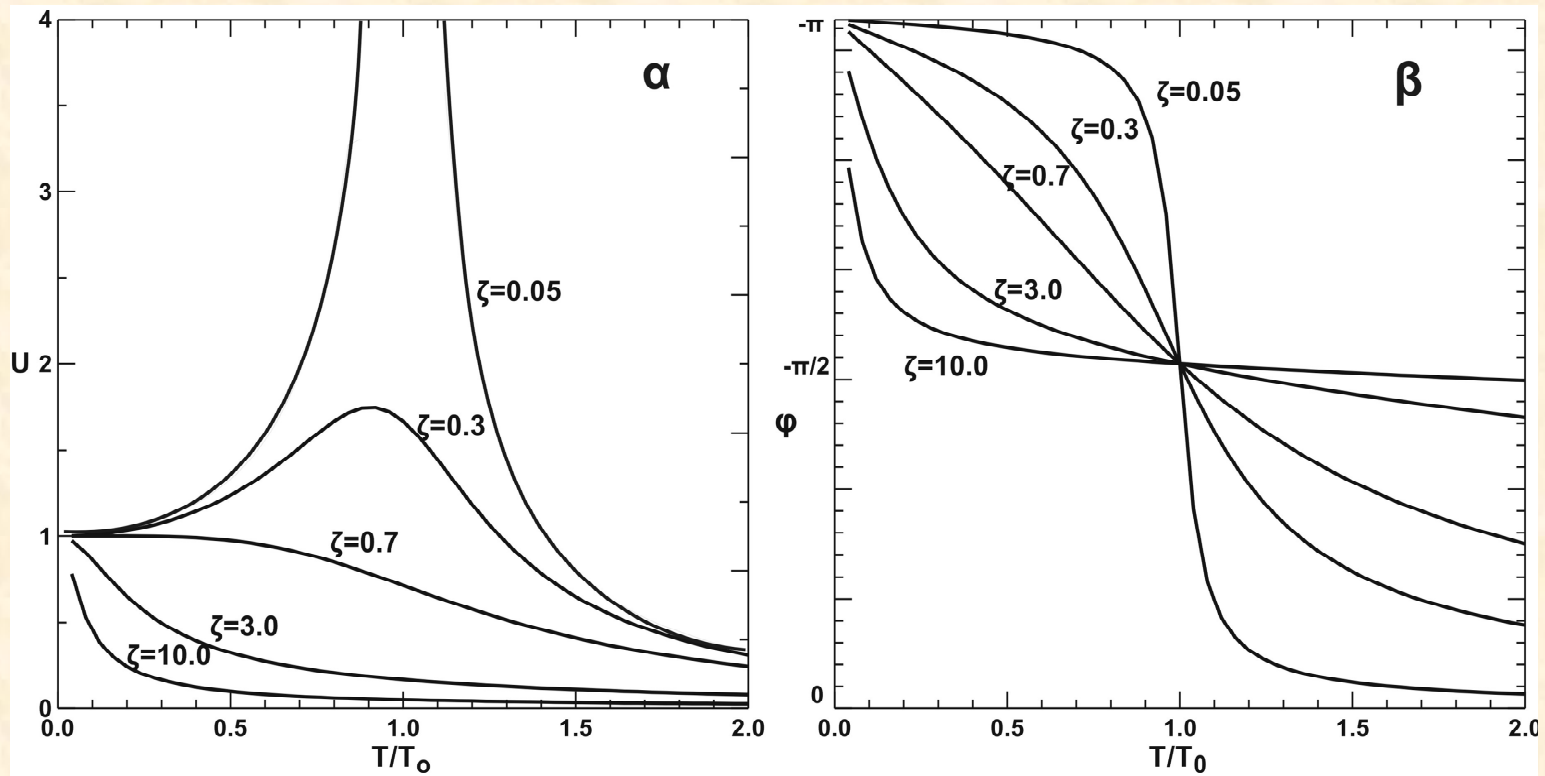
Η περίοδος του σεισμομέτρου με απόσβεση δίνεται από την σχέση:

$$T_d = \frac{T_o}{\sqrt{1 - \zeta^2}}$$

Η **διαφορά φάσης** μεταξύ της κίνησης του εδάφους και της κίνησης του εκκρεμούς είναι:

$$\epsilon\phi\phi = \frac{2\zeta T_o T}{T_o^2 - T^2}$$

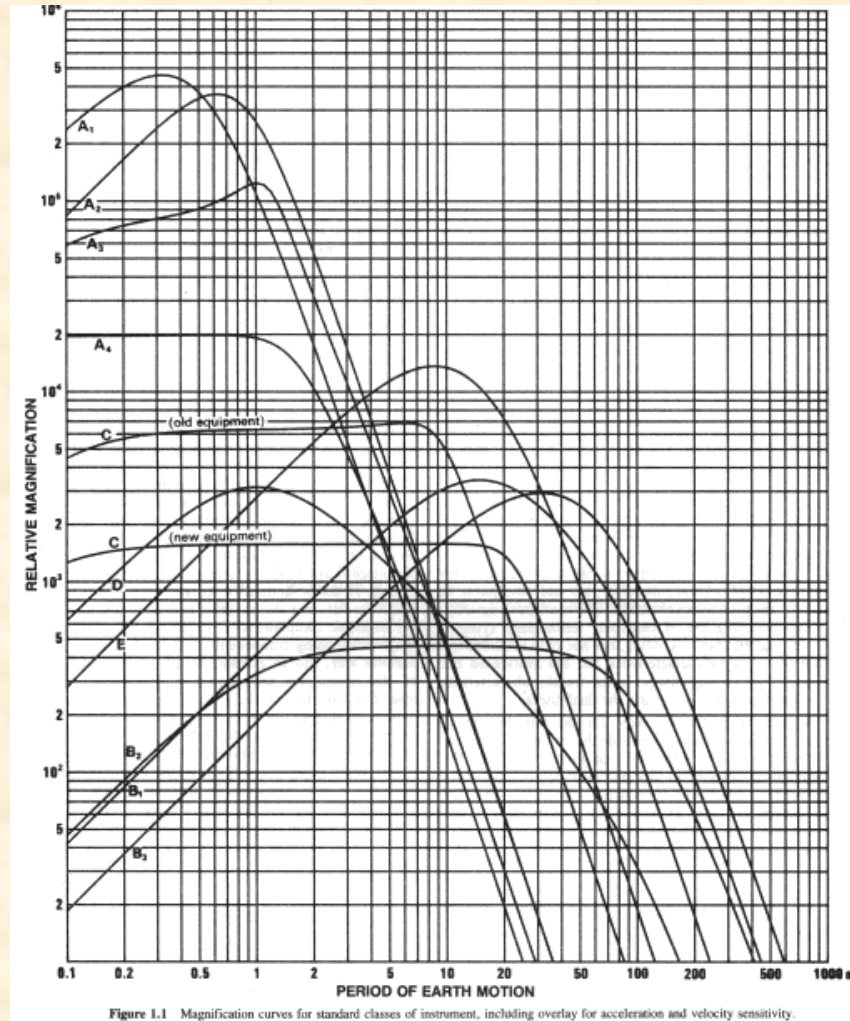
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ (α) ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ
(β) ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΦΑΣΗΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ
ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ (ζ) ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΛΟΓΟ ΤΗΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟ ΤΟΥ
ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ



ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟΥ

- Ονομάζουμε **βαθμολόγηση** ενός σεισμομέτρου τον καθορισμό της πραγματικής του μεγέθυνσης **V** σε συνάρτηση με την περίοδο **T** των σεισμικών κυμάτων που γράφονται στο σεισμόμετρο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα ή με μορφή γραφικής παράστασης που ονομάζονται **καμπύλες απόκρισης**.

ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΕ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΑΜΕΡΙΚΗΣ



(συνέχεια)

- Τα σύγχρονα σεισμόμετρα έχουν ενσωματωμένο **πηνίο βαθμολόγησης** και μέσω μιας γεννήτριας διαβιβάζεται εναλλασόμενο ρεύμα έντασης **i (Ampere)** και περιόδου **T (sec)** για την πραγματοποίηση της βαθμολόγησης. Αν **G (Nt/Ampere)** είναι η σταθερά του πηνίου βαθμολόγησης και **m (Kgr)** η μάζα του σεισμομέτρου η μετάθεση της κίνησης του εδάφους δίνεται από την σχέση:

$$x = \frac{Gi}{4\pi^2 m} \cdot T^2$$

- Επειδή η μεγέθυνση είναι λόγος δύο ποσοτήτων μετριέται σε ντεσιμπέλ (**$db=20 \log V$**) είναι δηλαδή το 20-πλασιο της πραγματικής μεγέθυνσης.
- Η Τεχνική Σεισμολογία εκτός από την μετάθεση δείχνει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ταχύτητα **$u=dx/dt$** και για την επιτάχυνση **$a=d^2x/dt^2$ (ή $\gamma=d^2x/dt^2$)**. Για αυτό τον λόγο πρέπει να ξέρουμε τις αντίστοιχες μεταθέσεις που ονομάζονται:
- ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ
- ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ

(συνέχεια)

- Αν θεωρήσουμε την εδαφική μετάθεση αρμονική ταλάντωση τότε η ταχύτητα και η επιτάχυνση αυτής της εδαφικής ταλάντωσης δίνονται από τις αντίστοιχες σχέσεις:

$$x = A \eta \mu \omega t$$

$$u = A \omega \eta \mu(\omega t + 90^\circ)$$

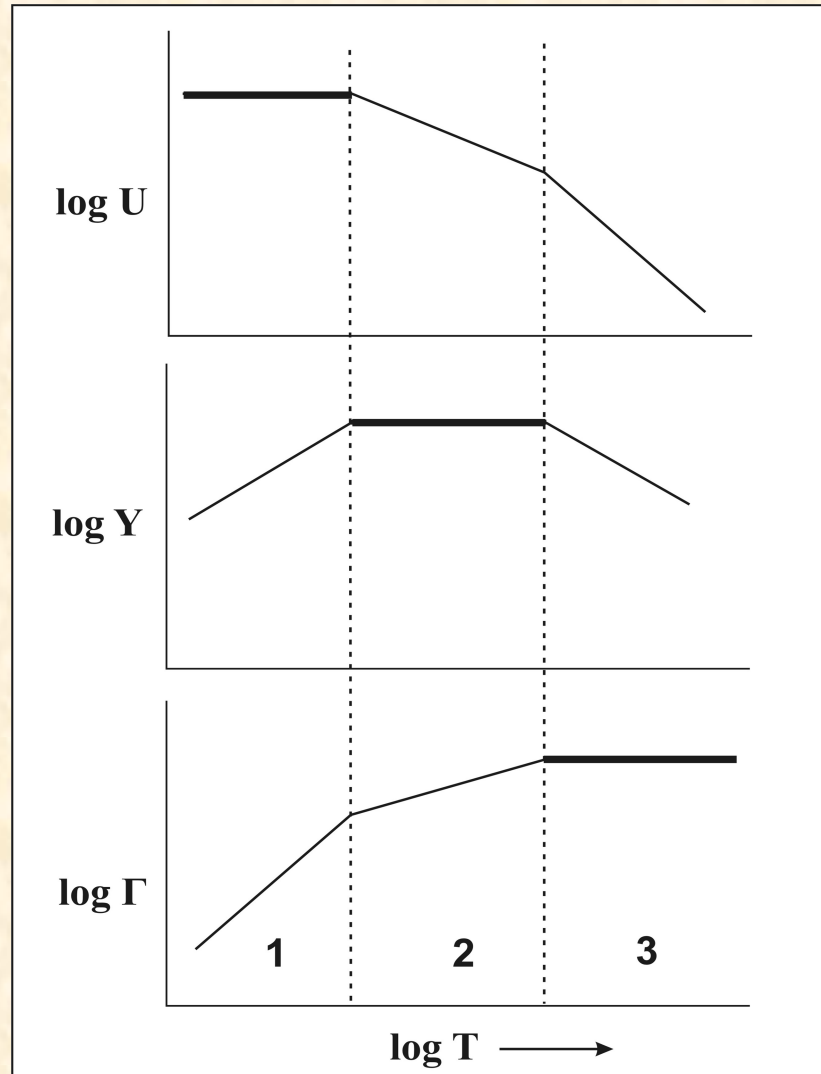
$$\gamma = \alpha = A \omega^2 \eta \mu(\omega t + 180^\circ)$$

- Η ευαισθησία ταχύτητας και η ευαισθησία επιτάχυνσης δίνονται αντίστοιχα:

$$B = \frac{V}{\omega} \quad \text{και} \quad \Gamma = \frac{V}{\omega^2}$$

$$\text{όπου } \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ και } T \text{ η περίοδος της εδαφικής ταλάντωσης}$$

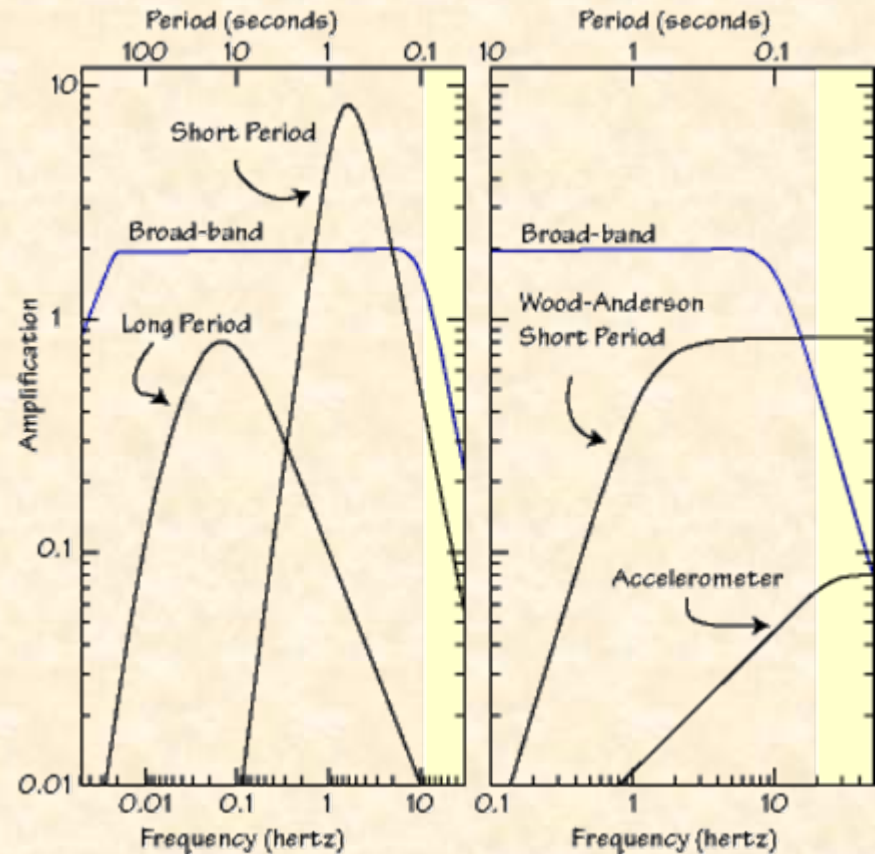
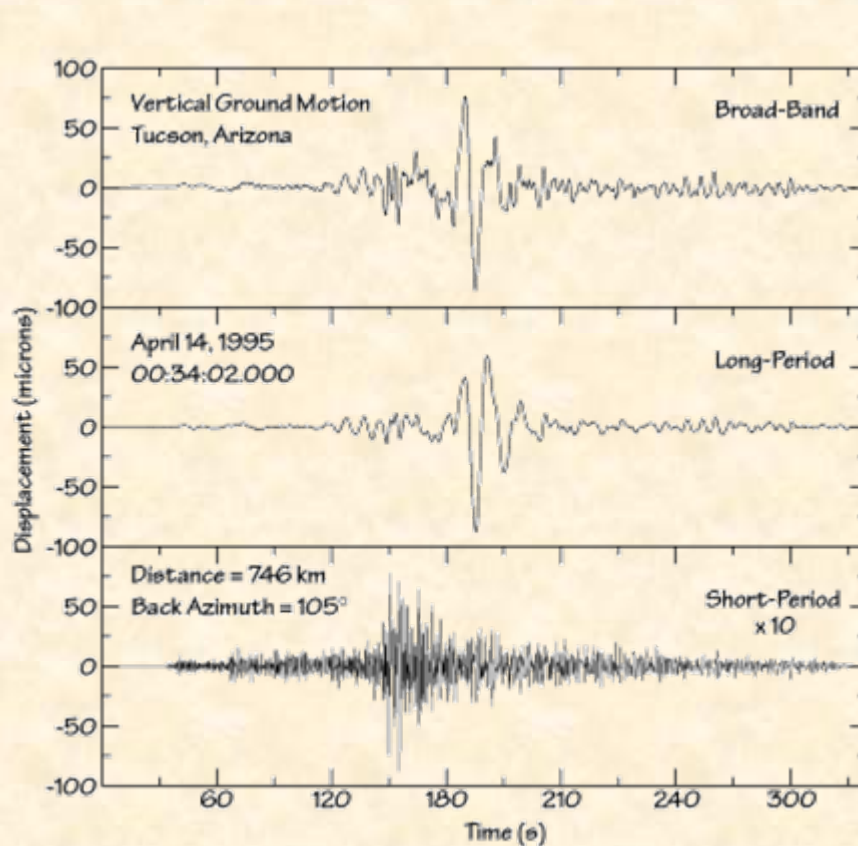
ΤΥΠΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟΥ



ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΑ

- ΟΙ ΠΙΟ ΓΝΩΣΤΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΩΝ
 - 1) Μηχανικής αναγραφής (Mainka, Wiechert)
 - 2) Οπτικής αναγραφής (Milne-Show, Wood-Anderson)
 - 3) Ηλεκτρομαγνητικά σεισμόμετρα: α) κινουμένου πηνίου (Galitzin)
και β) μεταβαλλόμενης μαγνητικής αντίστασης (Benioff).
 - 4) Ηλεκτροστατικού τύπου σεισμόμετρα
 - 5) Ψηφιακά συστήματα
- Έχουμε σεισμόμετρα μικρής περιόδου ($T_0=1$ sec), μεγάλης περιόδου ($T_0=20$ sec), και ευρέως φάσματος (με περίοδο από ~ 50000 μέχρι ~ 0.1 sec)

Αναγραφή σεισμού στη Tucson της Αριζόνας από σεισμόμετρα μικρής περιόδου, μεγάλης περιόδου και ευρέως φάσματος, σεισμού με επίκεντρο το νοτιοδυτικό Τέξας, και οι καμπύλες απόκρισης



ΜΙΚΡΗΣ (ΒΡΑΧΕΙΑΣ) ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟ



ΜΕΓΑΛΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟ



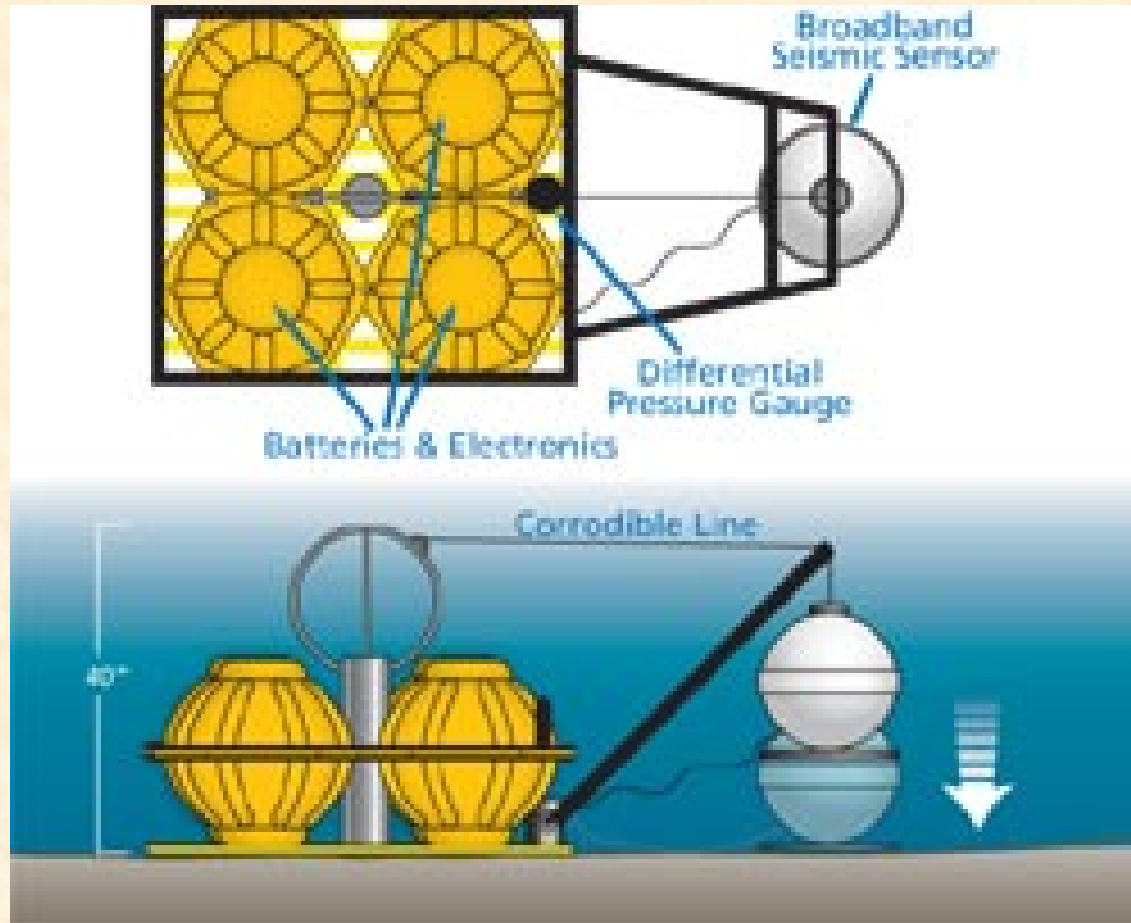
ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟ ΕΥΡΕΩΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ



Διάφορα ψηφιακά σεισμόμετρα



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΥ ΕΥΡΕΩΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ



ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΜΕΤΡΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΟΜΕΤΡΑ

- ΤΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΜΕΤΡΑ ΕΙΝΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΚΥΡΙΩΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ. ΚΑΤΑΓΡΑΦΟΥΝ ΤΗΝ ΙΣΧΥΡΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ. ΔΕΝ ΒΡΙΣΚΙΝΤΑΙ ΣΕ ΔΙΑΡΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΟΠΩΣ ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΙ ΑΛΛΑ ΔΙΕΓΕΙΡΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΓΡΑΦΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΠΟΥ ΑΥΤΟΣ ΠΡΟΚΑΛΕΙ.
- ΤΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΟΜΕΤΡΑ ΕΙΝΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΥ ΓΡΑΦΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥΣ. ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΛΙΓΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ (π.χ. κινήσεις του φλοιού πάνω στα σεισμογόνα ρήγματα, παραμορφώσεις του φλοιού στους σεισμογόνους χώρους μελλοντικών σεισμών, κτλ.)

ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

- Αν και η σεισμολογία, με την έννοια της καταγραφής, άρχισε στην Ελλάδα το 1898, εντούτοις οι πρώτες κατάλληλες παρατηρήσεις για συγχρονη επιστημονική έρευνα άρχισε το 1910 με την εγκατάσταση στο αστεροσκοπείο Αθηνών ενός οριζοντίου σεισμομέτρου Mainka δύο συνιστωσών.
- Το πρώτο ηλεκτρομαγνητικό σεισμόμετρο (μικρής περιόδου) εγκαταστάθηκε το 1957.
- Από το 1963 μέχρι το 1974 γίνεται η εγκατάσταση του πρώτου δικτύου σεισμολογικών σταθμών στην Ελλάδα από το αστεροσκοπείο Αθηνών.
- Από τον Ιανουάριο του 1981 λειτουργεί στη βόρειο Ελλάδα το πρώτο τηλεμετρικό δίκτυο στην Ελλάδα που εγκαταστάθηκε από τον Τομέα Γεωφυσικής του Α.Π.Θ.
- Το 2002 ήταν εγκαταστημένοι στην Ελλάδα 53 μόνιμοι σεισμολογικοί σταθμοί. Οι 36 ανήκουν στο Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του αστεροσκοπείου Αθηνών και υπόλοιποι 17 στον Τομέα Γεωφυσικής του Α.Π.Θ. Το δίκτυο αυτό επεκτείνεται, ενώ γίνεται προσπάθεια για αντικατάσταση του παλιού εξοπλισμού με καινούργιο, νέας ψηφιακής τεχνολογίας.

•

ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ Α.Π.Θ.

