Κεφάλαιο 3

ΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΗ ΓΗ ΔΕΧΟΜΑΣΤΕ:

- ΟΤΙ ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΕΧΕΙ ΑΠΟΛΥΤΑ ΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
- ΔΕΧΟΜΑΣΤΕ ΜΕ ΑΛΛΑ ΛΟΓΙΑ ΟΤΙ ΤΑ ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Σαν συνέπεια των τάσεων που ασκούνται σε σημείο ενός σώματος, αυτό παραμορφώνεται πολύ κοντά στο σημείο που ασκούνται οι τάσεις

Τάση ⟷ **Παραμόρφωση**

Δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας **~** ***Μεταβολή μήκους ανά μονάδα Μήκους (σχετική μεταβολή)***

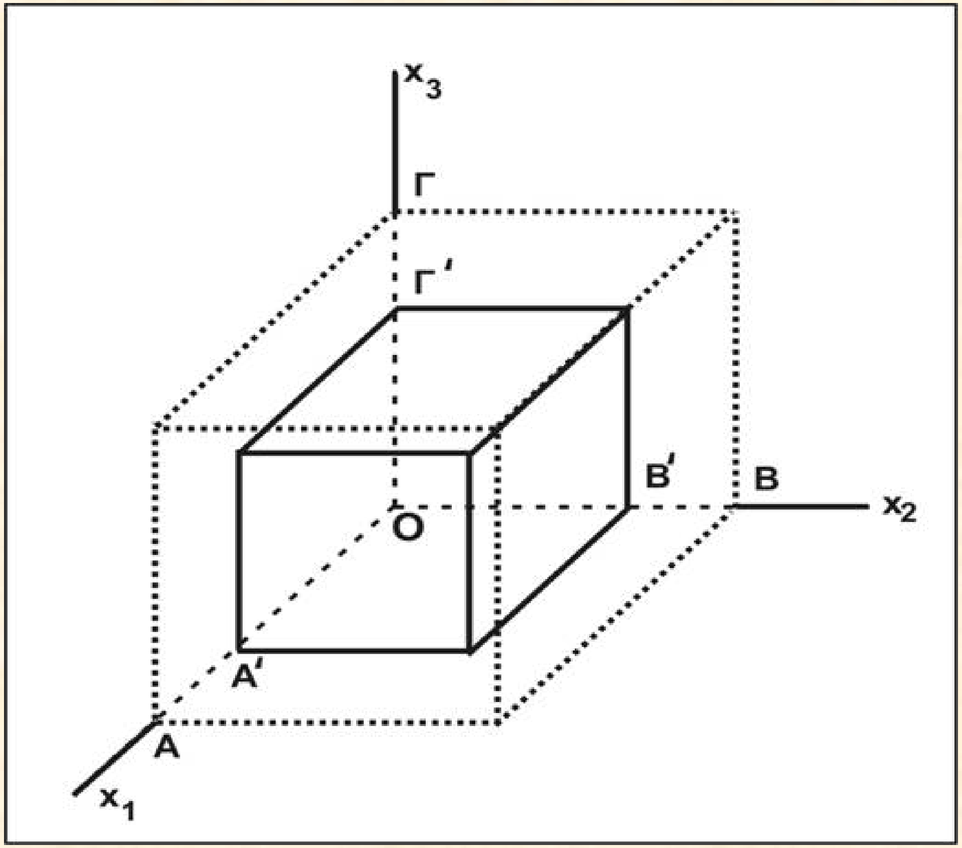
Η ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ:

√ μεταβολή όγκου

√ μεταβολή σχήματος

√ περιστροφή σώματος (αμελητέα)

ΚΥΒΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΟΥΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΠΙΠΕΔΟΥ



- ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΕΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΕΝΑ ΣΗΜΕΙΟ Ο ΟΡΙΖΟΥΜΕ ΤΙΣ 3 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗΣ ΣΑΝ

- e_{11}, e_{22}, e_{33}

που είναι ίσες με την ανά μονάδα μήκους μεταβολή των αξόνων $O\chi_1$, $O\chi_2$ και $O\chi_3$ κατά το μήκος τους

Έχουμε δηλαδή:

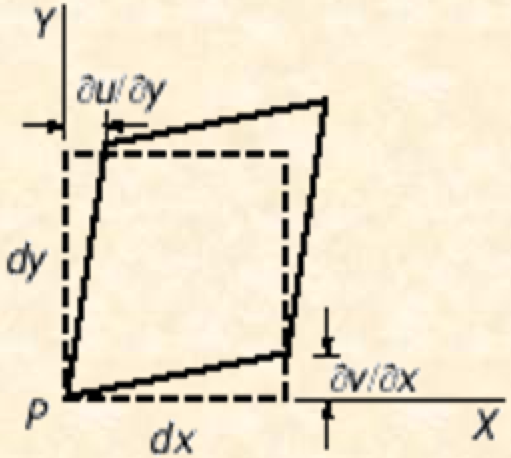
$$e_{11} = \frac{A'A}{OA} \qquad e_{22} = \frac{B'B}{OB} \qquad e_{33} = \frac{\Gamma'\Gamma}{O\Gamma}$$

Το άθροισμά τους λέγεται ανηγμένη κυβική παραμόρφωση και είναι:

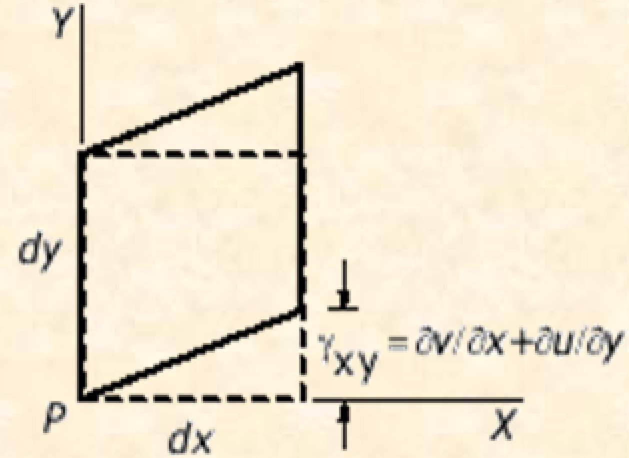
$$\boxed{\theta = e_{11} + e_{22} + e_{33}}$$

Δηλ. $\boxed{\frac{\Delta V}{V}}$ ισούται με την μεταβολή του όγκου προς τον αρχικό όγκο

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΧΗΜΑΤΟΣ



Shear strain tensor is the ***average*** of two strains, i.e.,
$\varepsilon_{xy} = (\partial v/\partial x+\partial u/\partial y)/2 = \varepsilon_{yx}$



Engineer shear strain is the ***total*** shear strain, i.e.,
$\gamma_{xy} = \partial v/\partial x+\partial u/\partial y$

- ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΕΝΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΠΟΛΥ ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ Ο ΟΡΙΖΟΥΜΕ ΤΙΣ 3 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ:
- $e_{12}=e_{21}$
- $e_{13}=e_{31}$ και
- $e_{23}=e_{32}$

που είναι ίσες με την μεταβολή των γωνιών του παραλληλογράμμου που τα επίπεδά τους είναι κάθετα στους άξονες χ_1, χ_2, χ_3

- Η ΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ 6 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥΣ ΕΞΑΡΤΩΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΑΞΟΝΩΝ

- ΥΠΑΡΧΕΙ 1 ΤΡΙΣΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΞΟΝΩΝ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ 3 ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΑΝΩ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΟΙ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΕΙΝΑΙ ΙΣΕΣ ΜΕ 0. ΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΑΥΤΟΙ ΛΕΓΟΝΤΑΙ:

ΚΥΡΙΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

- ΚΑΙ ΟΙ ΑΝΗΓΜΕΝΕΣ ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΑΥΤΩΝ ΛΕΓΟΝΤΑΙ:
- ΚΥΡΙΕΣ ΑΝΗΓΜΕΝΕΣ ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΕΙΣ και συμβολίζονται με ε_1, ε_2, ε_3
- Για ελαστικό και ισότροπο μέσο συμπίπτουν οι άξονες αυτοί με τις αντίστοιχες επιμηκύνσεις

- Σε ένα ελαστικό και ισότροπο μέσο η παραμόρφωση είναι ανάλογη της τάσης.

- ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ HOOKE
- ΙΣΧΥΟΥΝ ΔΕ ΟΙ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ 6 ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

$$\boxed{\begin{array}{ll} p_{11} = \lambda\theta + 2\mu e_{11} & p_{12} = 2\mu e_{12} \\ p_{22} = \lambda\theta + 2\mu e_{22} & p_{23} = 2\mu e_{23} \\ p_{33} = \lambda\theta + 2\mu e_{33} & p_{13} = 2\mu e_{13} \end{array}}$$

- Όπου λ και μ είναι οι ελαστικές σταθερές του Lamė
- Οι συνιστώσες ανηγμένης παραμόρφωσης σαν λόγοι 2 μηκών είναι καθαροί αριθμοί ενώ οι σταθερές του Lamė μετριούνται σε μονάδες τάσης

ΑΛΛΕΣ ΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ

- Εκτός από τις ελαστικές σταθερές του Lamė, δηλ., λ και μ έχουμε και άλλες ελαστικές σταθερές. Οι 4 κυριότερες είναι:

- 1) Μέτρο διατμητικής ελαστικότητας, n, που μας δείχνει την διατμητική τάση προς την διατμητική παραμόρφωση

$$\boxed{n = \frac{p_{12}}{e_{12}} = 2\mu}$$

- Όπου μ είναι το μέτρο δυσκαμψίας

2) Μέτρο επιμήκους ελαστικότητας, E, είναι ο λόγος της κάθετης τάσης, p_{11}, που ασκείται προς ορισμένη διεύθυνση προς την ανηγμένη επιμήκυνση, e_{11}, που προκαλεί αυτή η τάση προς την ίδια διεύθυνση.

$$\boxed{E = \frac{p_{11}}{e_{11}} = \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + \mu}}$$

3) Λόγος Poisson, σ, είναι ο λόγος της ανηγμένης επιμήκυνσης, (π.χ. e_{22}), προς ορισμένη διεύθυνση προς την οποία ασκείται κάθετη τάση προς την ανηγμένη επιμήκυνση, (π.χ. e_{11}), του σώματος κατά τις κάθετες διευθύνσεις ως προς την πρώτη.

$$\boxed{\sigma = -\frac{e_{22}}{e_{11}} = -\frac{e_{33}}{e_{11}} = \frac{\lambda}{2(\mu + \lambda)}}$$

4) Μέτρο κυβικής ελαστικότητας, κ, είναι ο λόγος της μεταβολής της υδροστατικής πίεσης, p, που ασκείται στην επιφάνεια ενός σώματος ομοιόμορφα, προς την ανηγμένη κυβική παραμόρφωση, θ, που προκαλεί στο σώμα αυτή η μεταβολή.

$$\boxed{\kappa = -\frac{p}{\theta} = \lambda + \frac{2}{3}\mu}$$

- Λόγος Poisson $\Rightarrow$ καθαρός αριθμός
- Οι άλλες 3 ελαστικές σταθερές $\Rightarrow$ μονάδες τάσης-πίεσης

ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ ΧΩΡΟΥ

- Τα σεισμικά κύματα αποτελούν μία κατηγορία των ελαστικών κυμάτων. Έτσι μία διαταραχή που προκαλείται σε ένα ελαστικό και ισότροπο μέσο παράγει 2 είδη κυμάτων που λέγονται ελαστικά κύματα χώρου.

ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ ΧΩΡΟΥ

ΕΠΙΜΗΚΗ

πυκνώσεις-αραιώσεις

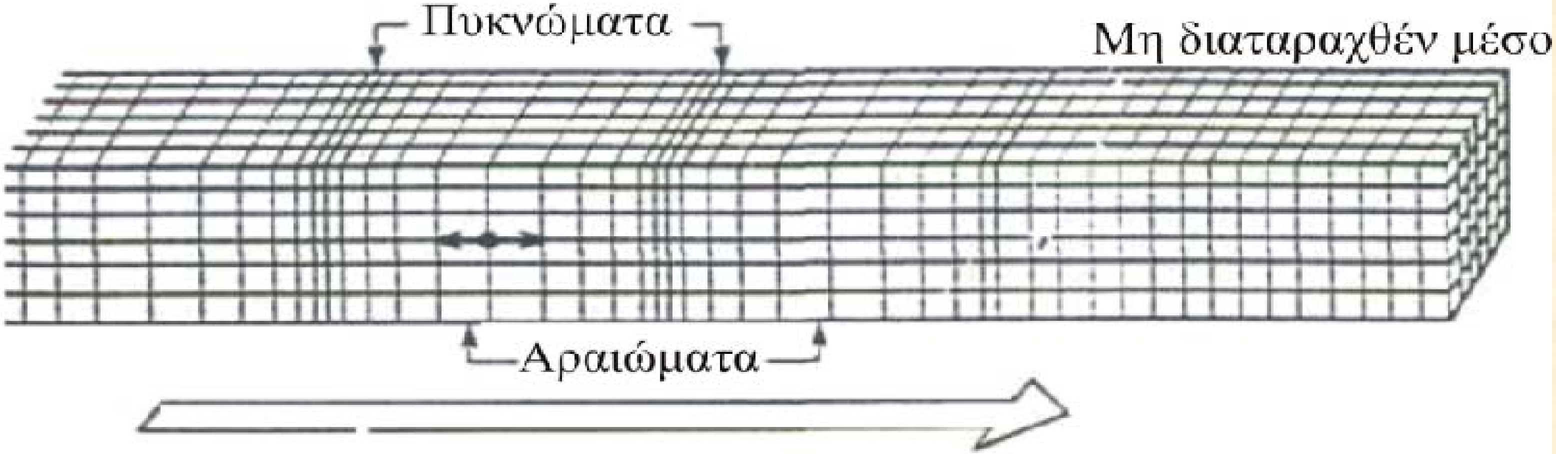
(μεταβολή όγκου ή πυκνότητας)

ΕΓΚΑΡΣΙΑ

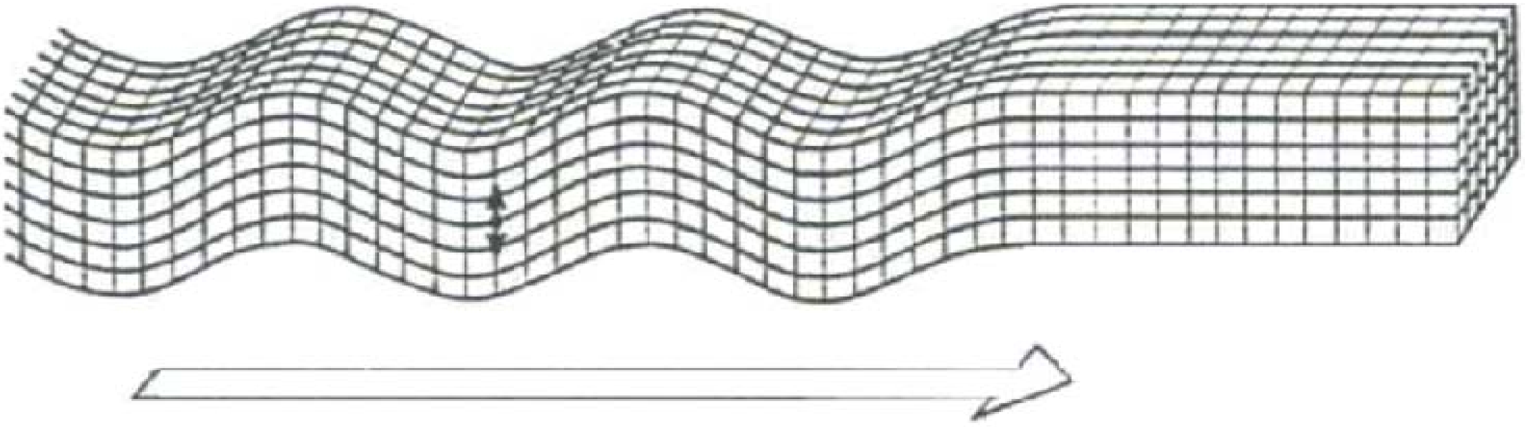
διάδοση εγκάρσιας παραμόρφωσης

Β. ΚΥΜΑΤΑ ΧΩΡΟΥ

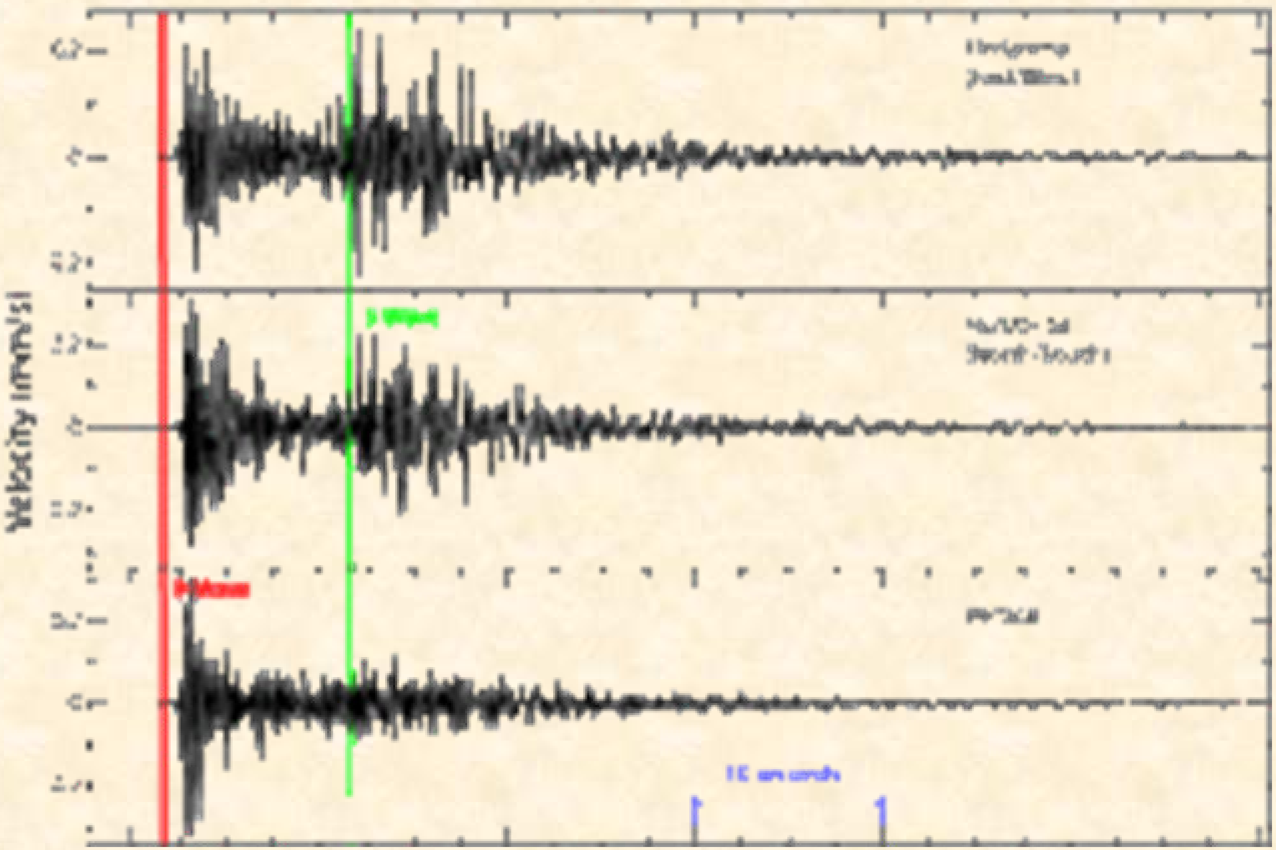
α) P - κύμα



β) S - κύμα

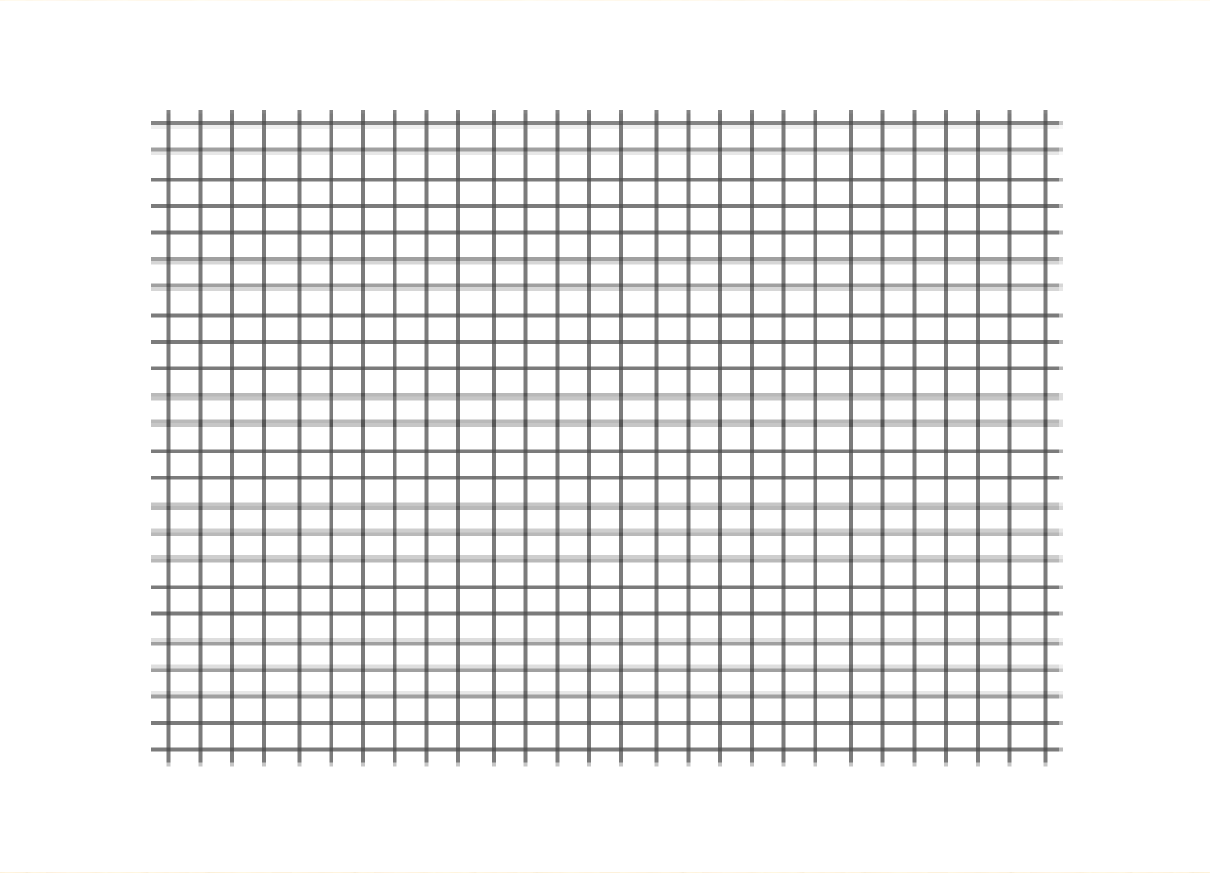


- P και S κύματα όπως φαίνονται γραμμένα σε σεισμόγραμμα



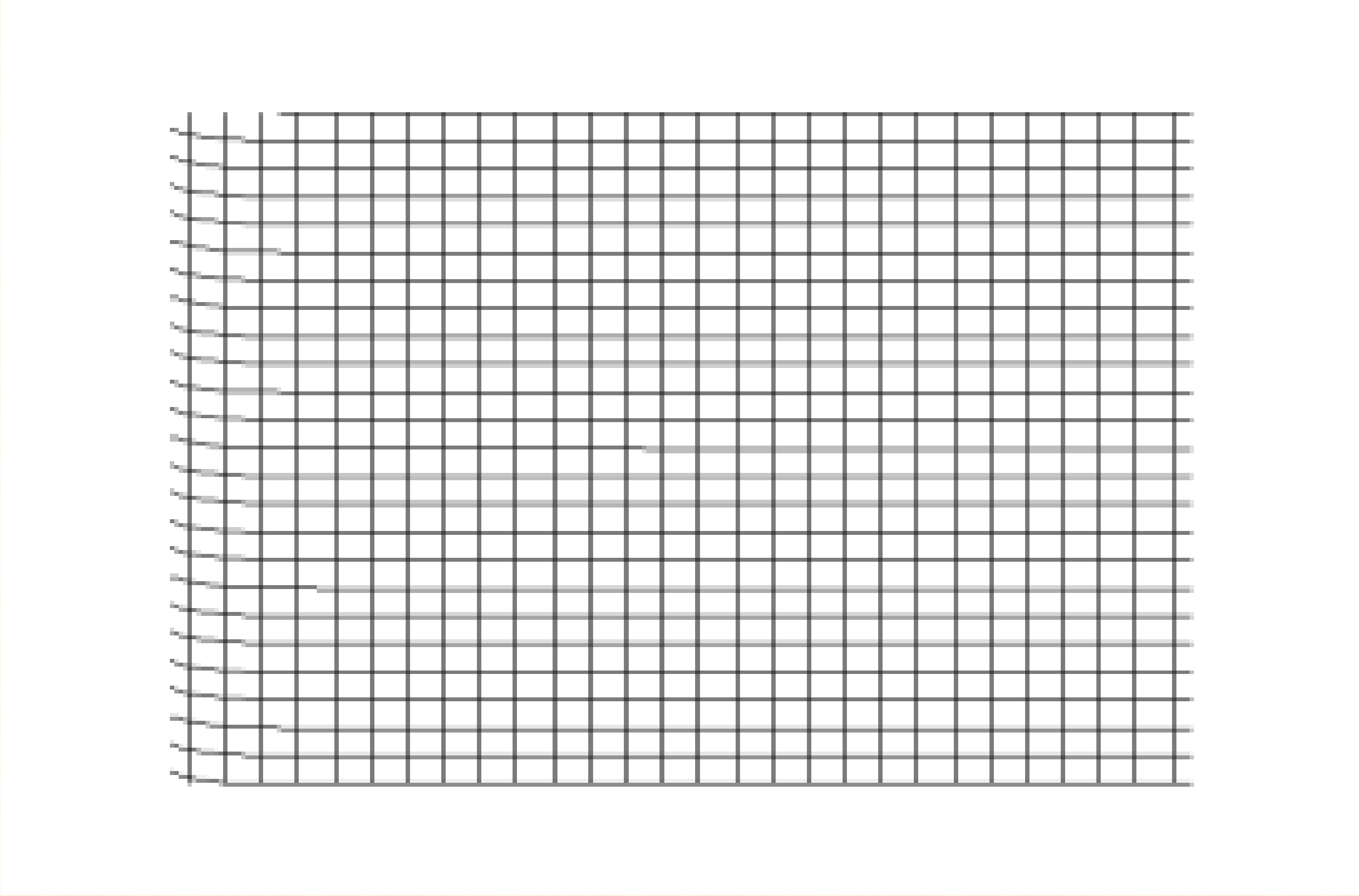
ΔΙΑΔΟΣΗ ΕΠΙΜΗΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

- P-κύματα



ΔΙΑΔΟΣΗ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

- S-κύματα . ΔΕΝ ΔΙΑΔΙΔΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΡΕΥΣΤΑ



ΕΞΙΣΩΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ

- Η γενικευμένη μορφή της εξίσωσης κύματος σε ελαστικό μέσο είναι:

$$\boxed{\rho = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left(k + \frac{4}{3}\mu\right)\nabla(\nabla \cdot u) - \mu\nabla \times (\nabla \times u)}$$

- όπου ρ $\longrightarrow$ πυκνότητα
- u $\longrightarrow$ μετάθεση
- κ $\longrightarrow$ μέτρο κυβικής ελαστικότητας
- μ $\longrightarrow$ μέτρο δυσκαμψίας (τάξη μεγέθους 10^6 dyn/cm^2)

- για το μέτρο κυβικής ελαστικότητας, κ, αναφερθήκαμε προηγουμένως.

- για το μέτρο δυσκαμψίας, μ, που πειραματικά φαίνεται ότι σχετίζεται με την τάση και παραμόρφωση σύμφωνα με τον νόμο του Hooke ισχύει.

[τάση]=μ[παραμόρφωση]

Όταν εφαρμόζεται μία δύναμη F πάνω σε μία περιοχή A η παραπάνω σχέση εκφράζεται ως:

$$\boxed{\frac{F}{A} = \mu \frac{\Delta \ell}{\ell}}$$

όπου $\Delta \ell$ είναι η μεταβολή του μήκους λόγω της εφαρμογής της F
και ℓ είναι το αρχικό μήκος

Εξισώσεις Κυμάτων Χώρου

- 1) ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΕΠΙΜΗΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho} \nabla^2 \theta$$

- Στη απλούστερη μορφή της αυτή η εξίσωση γράφεται:

$$a = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

- όπου ρ ⇒ η πυκνότητα του υλικού διάδοσης του κύματος
- και λ, μ ⇒ οι σταθερές του Lamė

κύματα P (Primus)

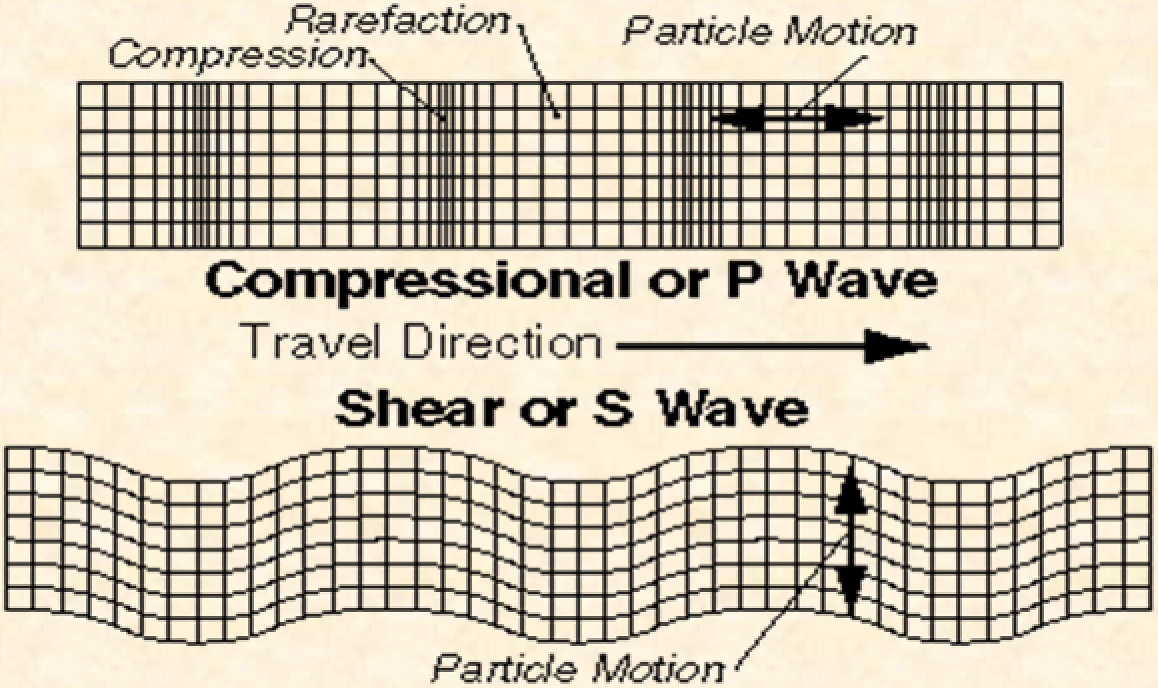
- 2) ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

$$\boxed{\frac{\partial^2 \vec{w}_1}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 \vec{w}_1}$$

- Στη απλούστερη μορφή της αυτή η εξίσωση γράφεται:

$$\boxed{\beta = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}}$$

- Για τα ρευστά μ=0. Τα υγρά δεν μπορούν να «αποθηκεύσουν» τάσεις. Για αυτόν τον λόγο τα εγκάρσια κύματα δεν διαδίδονται, π.χ. στο νερό, και στον εξωτερικό πυρήνα της Γης. Αυτή η παρατήρηση μας κάνει να πιστεύουμε ότι ο εξωτερικός πυρήνας είναι σε υγρή κατάσταση.

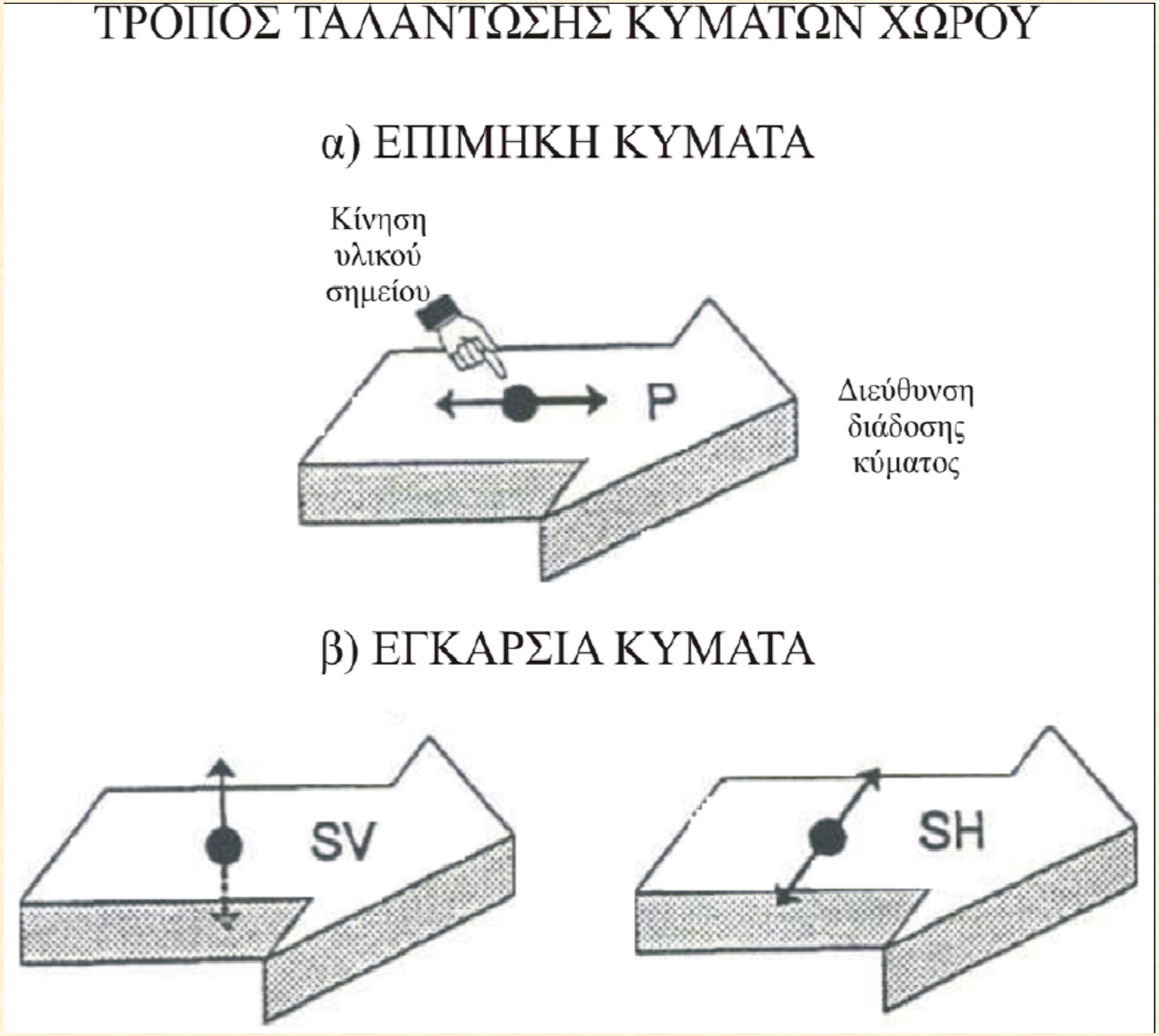
- Αν η φορά ταλάντωσης κατά την διάδοση των κυμάτων P συμπίπτει με την διεύθυνση διάδοσης του κύματος τότε αυτό συμβολίζεται με C (από το compression), ενώ σε αντίθετη περίπτωση συμβολίζεται με D (από το dilatation).
- 

- Συνήθως για απλούστευση, αναλύουμε το διάνυσμα μετάθεσης που οφείλεται στη διάδοση των εγκαρσίων (S) κυμάτων σε 2 συνιστώσες

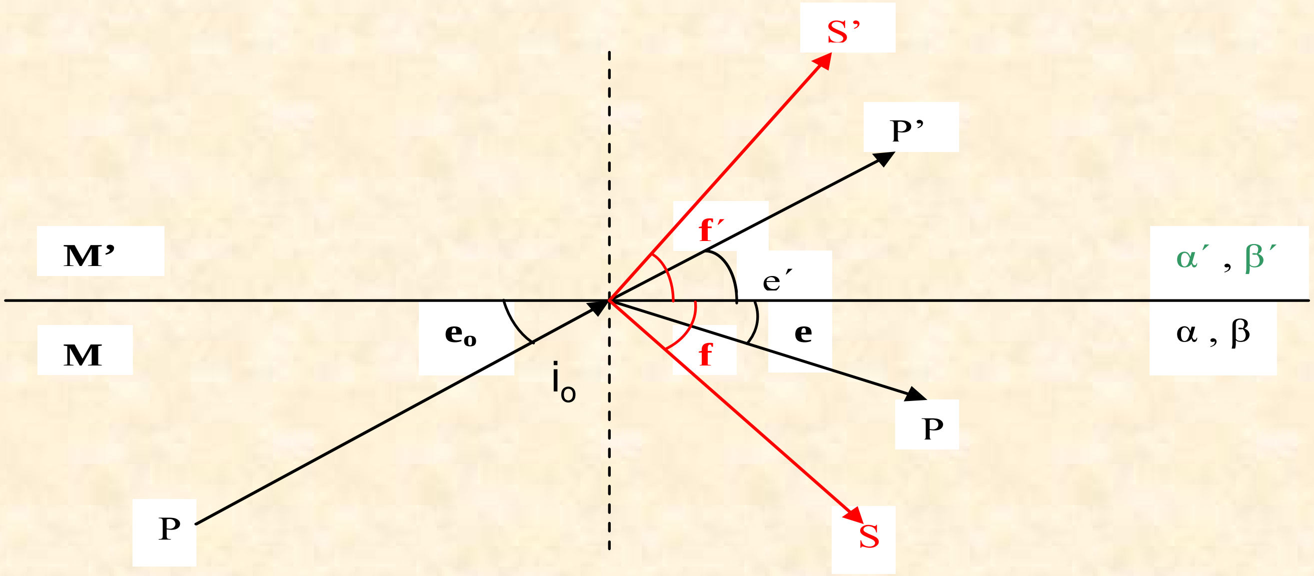
SH → είναι γραμμικώς πολωμένα εγκάρσια κύματα που έχουν μόνο οριζόντια συνιστώσα

SV → είναι γραμμικώς πολωμένα εγκάρσια κύματα που έχουν μόνο κάθετη συνιστώσα

Κύματα SV και SH



ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ SNELL



- Ο ΛΟΓΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΡΟΣΠΙΠΤΕΙ, ΑΝΑΚΛΑΤΑΙ Ή ΔΙΑΘΛΑΤΑΙ ΣΕ ΟΡΙΣΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΟΥ ΧΩΡΙΖΕΙ ΔΥΟ ΔΥΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΟ
- ΗΜΙΤΟΝΟ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΕΙ Η ΑΚΤΙΝΑ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (ΓΩΝΙΑ ΑΝΑΔΥΣΗΣ) ΕΙΝΑΙ ΣΤΑΘΕΡΟΣ

$$\boxed{\frac{a}{\eta\mu i_o} = \frac{a}{\eta\mu e} = \frac{\beta}{\eta\mu f} = \frac{a'}{\eta\mu e'} = \frac{\beta'}{\eta\mu f'} = c}$$

- $\nearrow$ P
- $\rightarrow$ P
- $\searrow$ SV

$\nearrow$ P

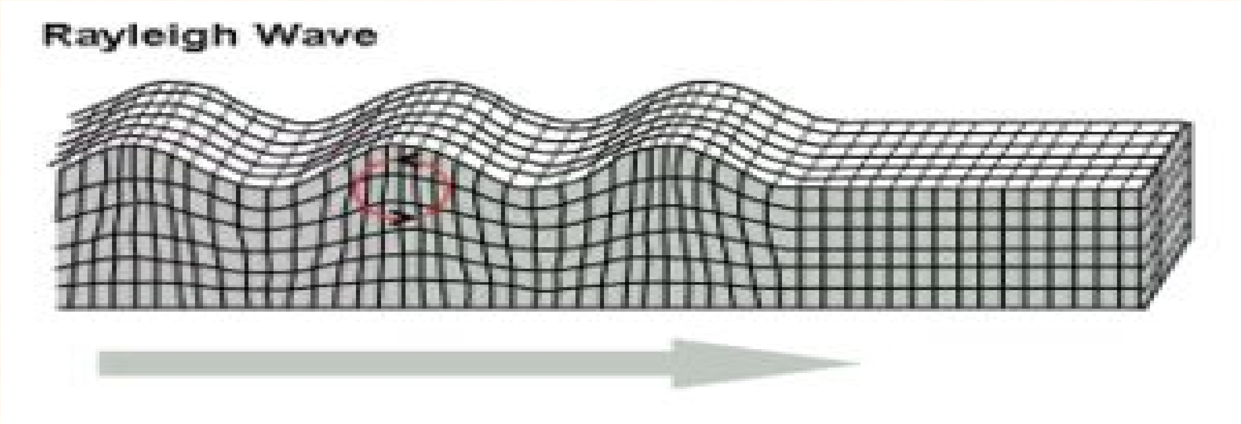
$\rightarrow$ SV

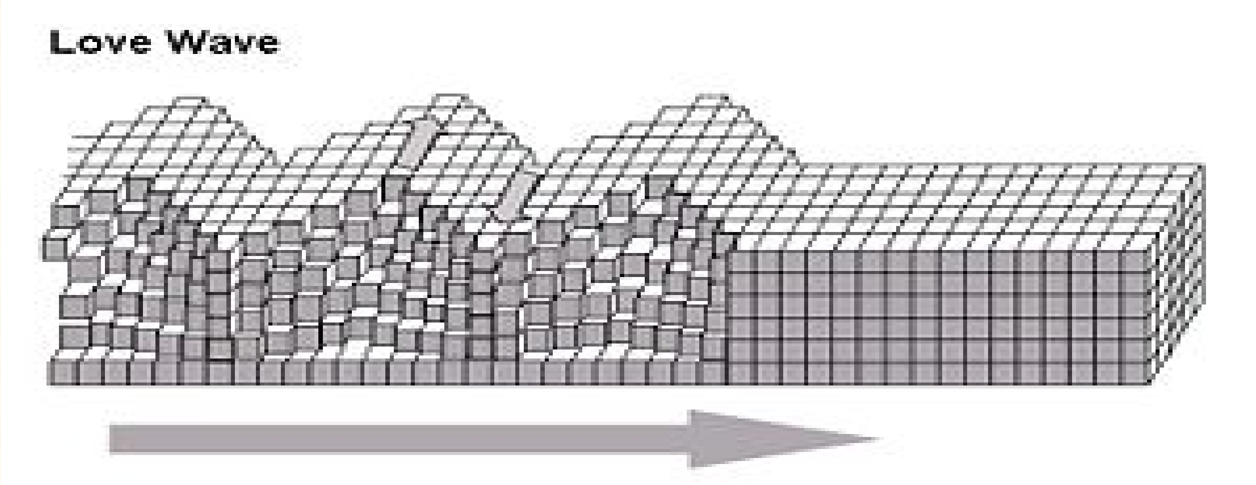
$\searrow$ SV

$\rightarrow$ SH $\rightarrow$ SH

ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Εκτός των κυμάτων χώρου έχουμε και τα επιφανειακά κύματα.
Μπορούμε να τα φανταστούμε ότι είναι ανάλογα με τα θαλάσσια κύματα και όταν οι εστίες των σεισμών είναι κοντά στην επιφάνεια της Γης προκαλούν έντονα επιφανειακά κύματα. Η ταχύτητά τους είναι μικρότερη από τις ταχύτητες των κυμάτων P και S. Εξαιτίας της μικρής τους συχνότητας, της μεγάλης τους διάρκειας και του αυξημένου τους πλάτους μπορούν να είναι τα πλέον καταστροφικά σεισμικά κύματα. Τα πλάτη των κυμάτων αυτών είναι μεγάλα κοντά στην επιφάνεια της Γης και ελαττώνονται Υπάρχουν διαφόρων ομάδων επιφανειακά κύματα με διάφορες ονομασίες (προφανώς από το όνομα αυτού που τα πρωτο-ερεύνησε). Δύο είναι όμως οι ομάδες με τις οποίες θα ασχοληθούμε. Είναι τα κύματα Rayleigh και Love

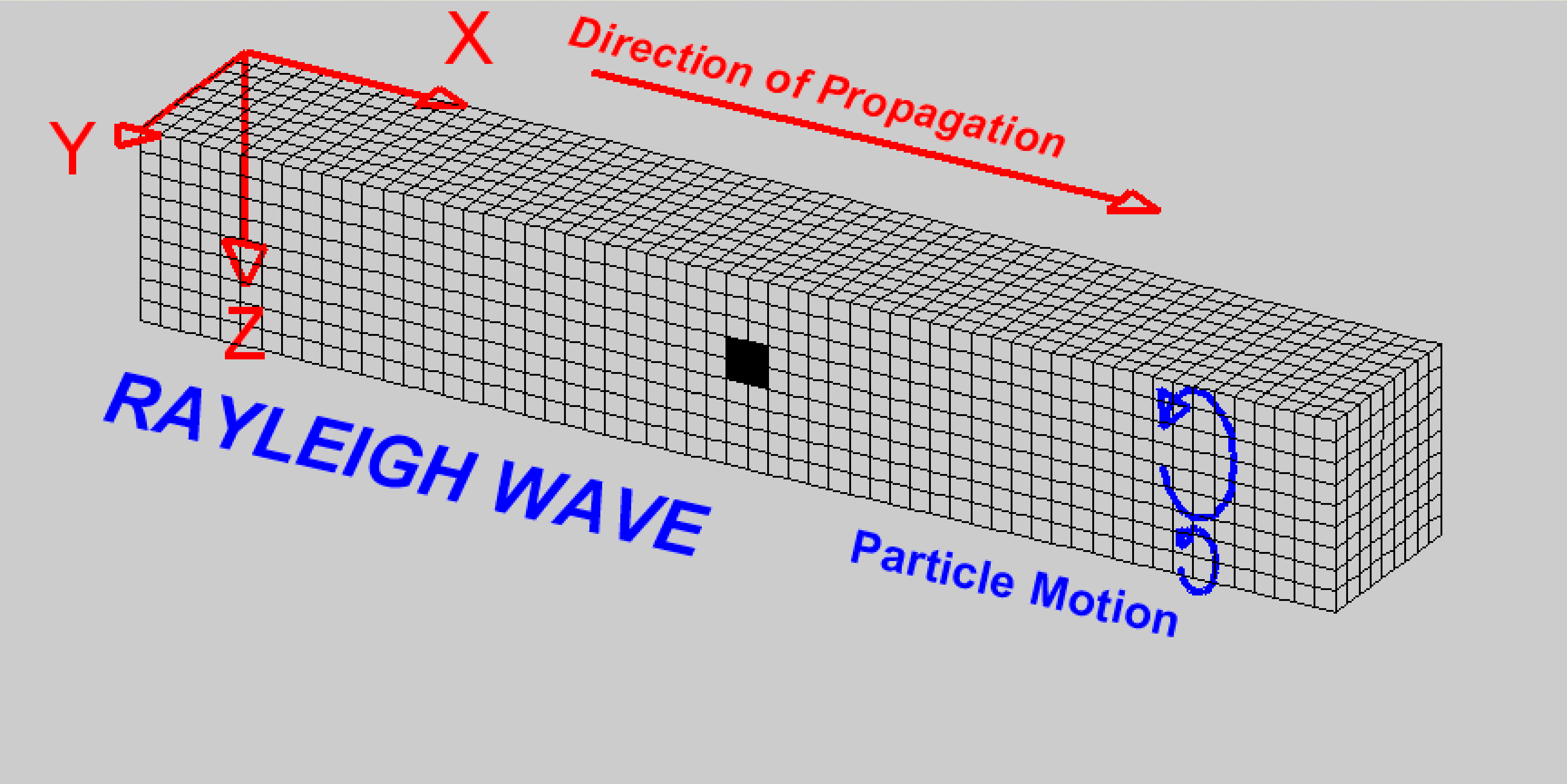

Rayleigh Wave


Love Wave

ΚΥΜΑΤΑ RAYLEIGH

- Μελετήθηκαν από τον Rayleigh το 1885. Τα υλικά σημεία κατά την διάδοσή τους διαγράφουν ελλειπτικές τροχιές όπου οι μεγάλοι άξονες είναι κατακόρυφοι προς την διεύθυνση διάδοσης του κύματος, ενώ οι μικροί άξονες είναι παράληλοι. Κοντά στην επιφάνεια της Γης τα πλάτη τους είναι μεγάλα, ενώ οι κινήσεις των υλικών σημείων πάνω στις ελλείψεις δεν ακολουθούν την φορά διάδοσης του κύματος. Τα πλάτη τους ελαττώνονται με το βάθος μέσα στη Γη και σε βάθος ίσο με το μήκος κύματος, λ, μηδενίζονται. Η φορά κίνησης των υλικών σημείων είναι ανάστροφη μέχρι το βάθος $\chi=0.192\lambda$. Κάτω από αυτό το βάθος η κίνηση αναστρέφεται.

- Η ταχύτητά τους είναι $c=0.9194\beta$ (όπου β η ταχύτητα των εγκαρσίων κυμάτων). Είναι δηλ μικρότερη από την ταχύτητα των εγκαρσίων κυμάτων γιαυτό γράφονται στα οριζόντια και κατακόρυφα σεισμόμετρα μετά τα εγκάρσια κύματα.


X
Y
Z
Direction of Propagation
RAYLEIGH WAVE
Particle Motion

ΚΥΜΑΤΑ LOVE

- Ο πρώτος που τα μελέτησε ήταν ο A.E.H. Love to 1911 (Βρετανός μαθηματικός).
- Κατά την διάδοσής τους τα υλικά σημεία πραγματοποιούν οριζόντιες ταλαντώσεις κάθετες στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Είναι κύματα που μοιάζουν με τα SH και γιαυτό γράφονται μόνο από τα οριζόντια σεισμόμετρα.

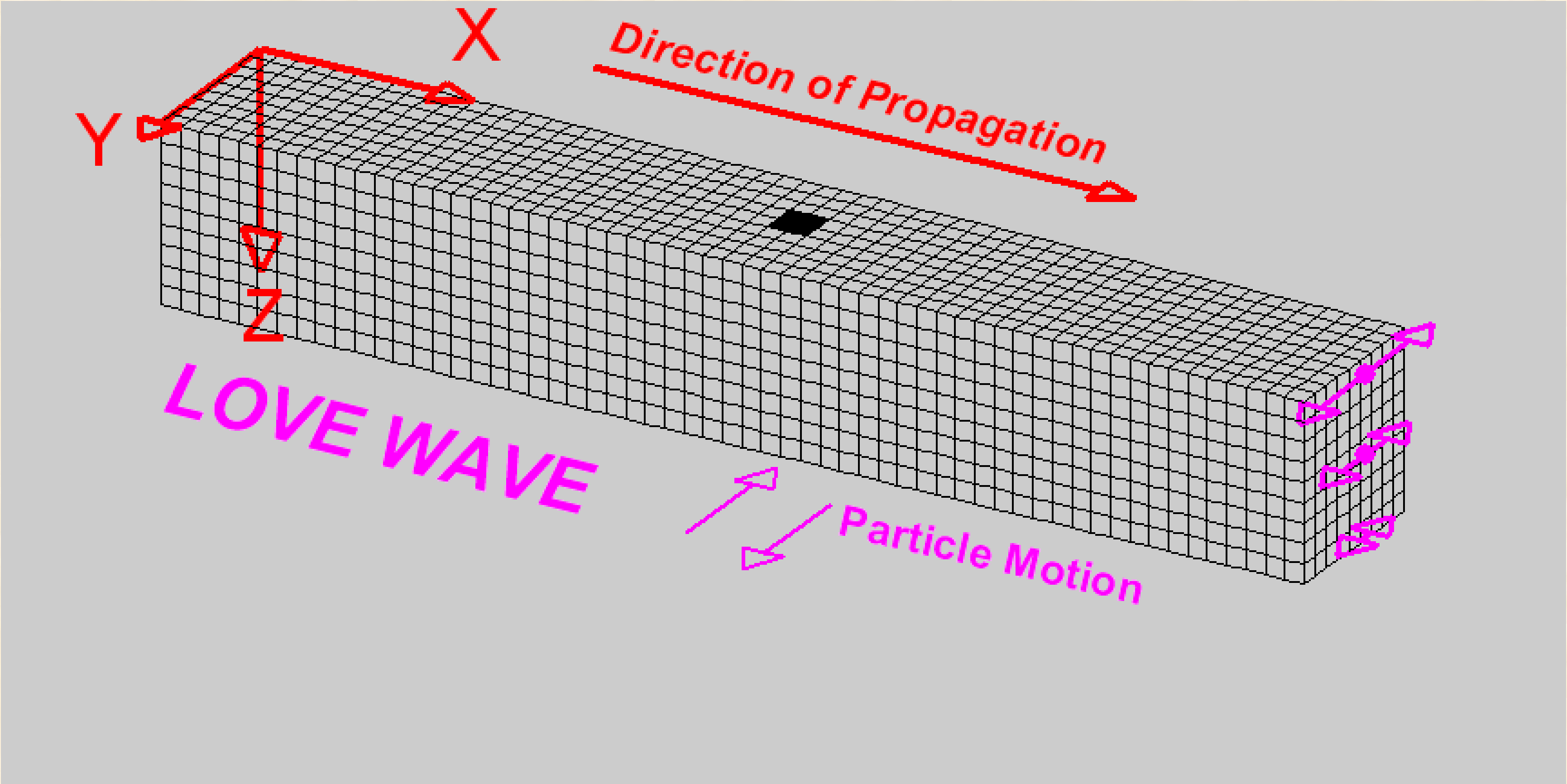
- Τα 2 είδη των επιφανειακών κυμάτων (Rayleigh και Love) κατά την διάδοσή τους στα επιφανειακά στρώματα της Γης υφίστανται ΣΚΕΔΑΣΗ. Η ταχύτητα διάδοσης εξαρτάται από την περίοδο.

Κανονικη-αύξηση της ταχύτητας με την περίοδο

- ΣΚΕΔΑΣΗ

Αναστροφη-ελάττωση της ταχύτητας με την περίοδο

ΣΥΝΗΘΩΣ ΕΙΝΑΙ ΚΑΝΟΝΙΚΗ



X
Y
Z
Direction of Propagation
LOVE WAVE
Particle Motion

Ταχύτητα ομάδας και ταχύτητα φάσης

- Η ταχύτητα διάδοσης c απλού αρμονικού κύματος λέγεται ταχύτητα φάσης. Αν υπάρχει σκέδαση τότε η ταχύτητα φάσης εξαρτάται από την περίοδο.

- Όταν έχουμε συμβολή πολλών κυμάτων που η περίοδος τους είναι κοντά σε ορισμένη τιμή συμβάλλουν μεταξύ τους κατά την διάδοσή τους στο μέσο που προκαλεί σκέδαση και δημιουργείται έτσι ένα διαμορφωμένο κύμα που διαδίδεται με μία ορισμένη ταχύτητα U που λέγεται ταχύτητα ομάδας. Η ταχύτητα ομάδας είναι συνάρτηση της ταχύτητα φάσης και της αντίστοιχης περιόδου.

$$\boxed{U = c - \frac{cT}{c\dfrac{dT}{dc} + T}}$$

όπου T= περίοδος και $\boxed{c = \frac{\omega}{k}}$ (όπου κ=κυματικός αριθμός $\boxed{k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{cT}}$
και ω=κυκλική συχνότητα)

- όταν είναι γνωστές οι ταχύτητες των κυμάτων χώρου (α και β) μέσα σε ομογενές και ισότροπο μέσο η ταχύτητα διάδοσης, c, των κυμάτων Rayleigh αποτελεί λύση της εξίσωσης:

$$\boxed{\frac{c^6}{\beta^6} - 8\frac{c^4}{\beta^4} + c^2\left(\frac{24}{\beta^2} - \frac{16}{a^2}\right) - 16\left(1 - \frac{\beta^2}{a^2}\right) = 0}$$

- για c=0 και c=β η εξίσωση παίρνει ετερόσημες τιμές. Άρα υπάρχει μία λύση αυτής μεταξύ 0 και β. Οι σχέσεις απλοποιούνται όταν ισχύει η σχέση Poisson δηλ. λ=μ (ή σ=1/4 και $a = \sqrt{3}\beta$

- Λύσεις της εξίσωσης: $$\boxed{\frac{c^2}{\beta^2} = 4, \quad \frac{c^2}{\beta^2} = 2 + 2\sqrt{3}, \quad \frac{c^2}{\beta^2} = 2 - \frac{2}{\sqrt{3}}}$$

οι 2 πρώτες δεν ικανοποιούν τις συνθήκες της εκθετικής ελαττωσης με το βάθος.

Η τελευταία δίνει: c=0.9194β και μας δείχνει ότι η ταχύτητα των κυμάτων Rayleigh είναι ανεξάρτητη: α) κυματικός αριθμός κ και άρα ανεξάρτητη από

β) μήκος κύματος λ

γ) περίοδος Τ

δ) συχνότητας ν

ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΓΗ ΔΕΝ ΙΣΧΥΟΥΝ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΓΙΑΤΙ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΟΜΟΓΕΝΗΣ

- Αν έχουμε ένα οριζόντιο στρώμα πάχους Η που αποτελείται
- α) από ισότροπο ελαστικό μέσο όπου η ταχύτητα του εγκαρσίου κύματος είναι β_1 και η μία από τις 2 σταθερές του Lame είναι μ_1 και
- β) από κάτω υπάρχει ένα ένας ελαστικός και ισότροπος ημιχώρος όπου έχουμε αντίστοιχα β (ταχύτητα S) και μ (σταθερά Lame) τότε
- Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων Love κατά την οριζόντια διεύθυνση αποτελεί λύση της εξίσωσης:

$$\boxed{\mu\sqrt{1-\frac{c^2}{\beta^2}}-\mu_1\sqrt{\frac{c^2}{\beta^2}-1}\cdot \varepsilon\phi\left(\kappa \mathrm{H}\sqrt{\frac{c^2}{\beta_1^2}-1}\right)=0}$$

- όπου $\beta_1<c<\beta$
- Η= πάχος στρώματος διάδοσης
- κ=2π/Τ
- Εξάρτηση από τις φυσικές ιδιότητες του στρώματος και του ημιχώρου αλλά και από τον κυματικό αριθμό ή την περίοδο