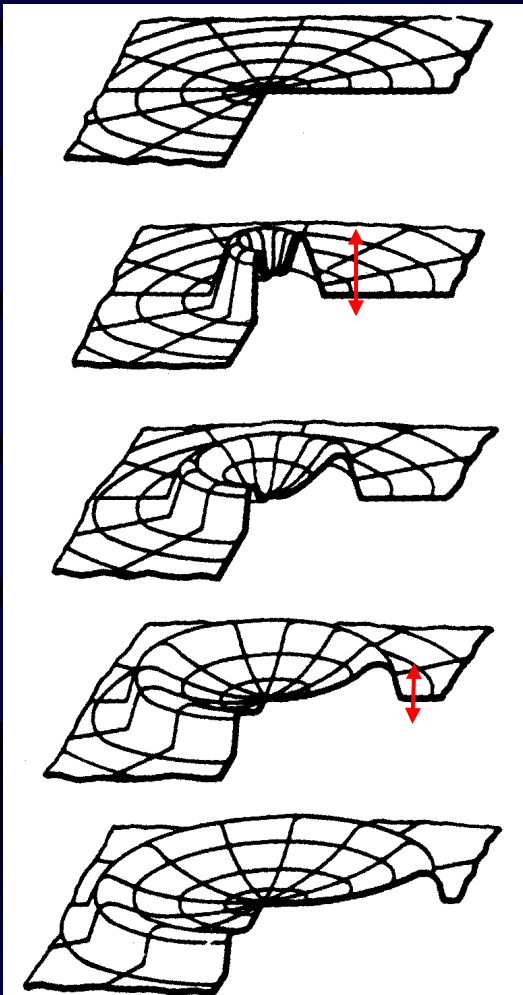
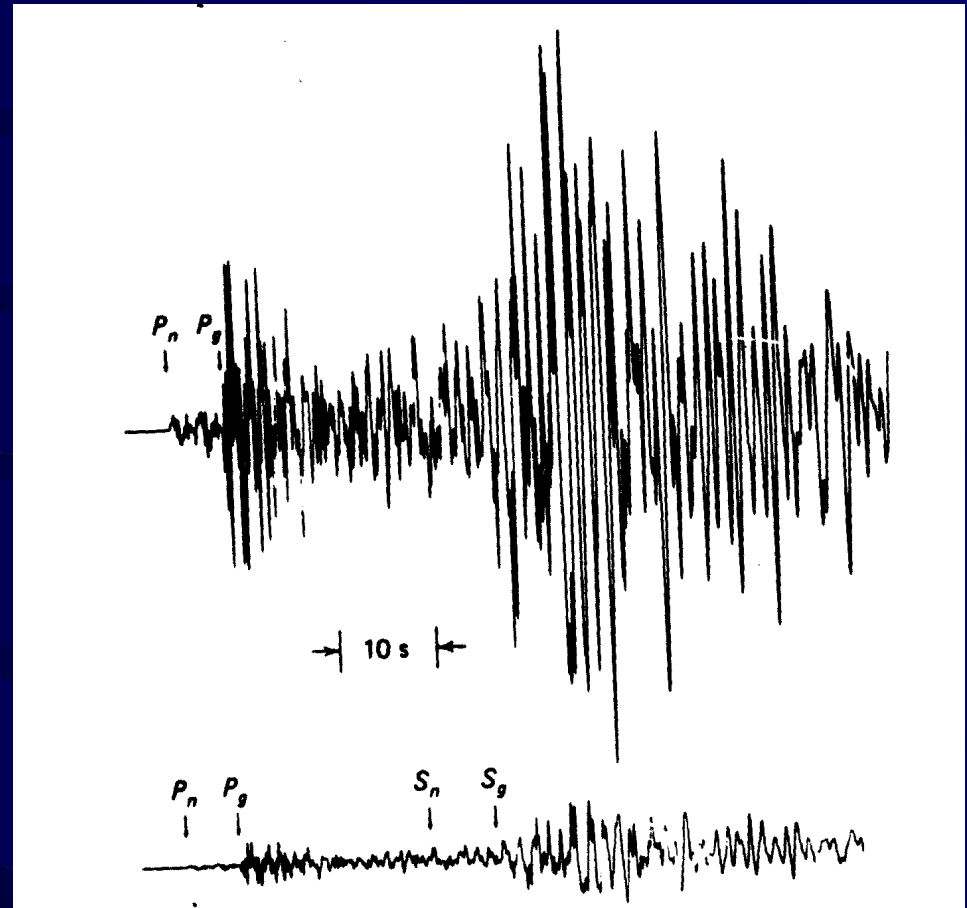


ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ



Διάδοση κυλινδρικού κύματος



Καταγραφή σεισμού ($M=5.9$) σε διαφορετικό περιβάλλον εξασθένησης

Η ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΕΣΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

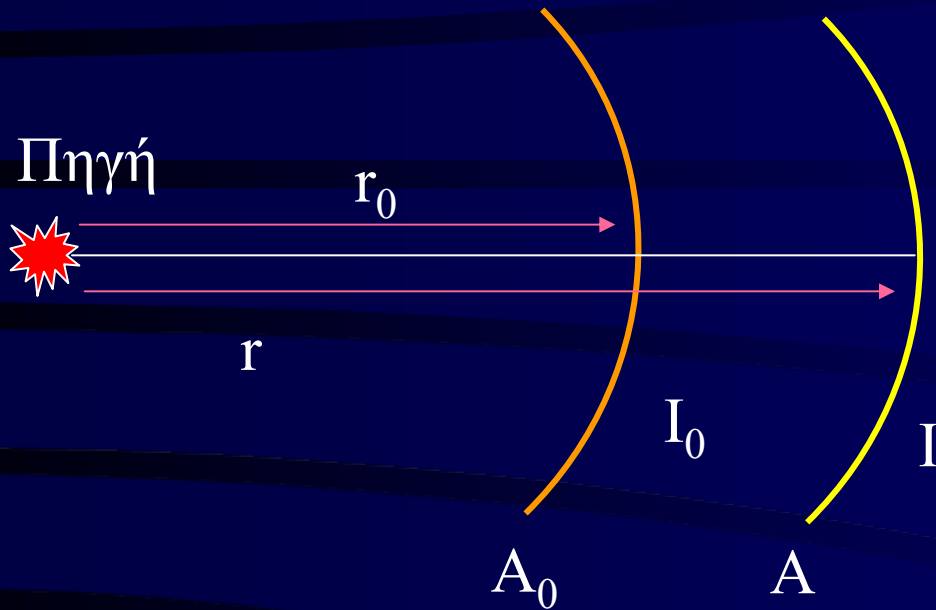
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ

ΑΠΟΣΒΕΣΗ

Ανεξάρτητη των
ιδιοτήτων του
μέσου διάδοσης

Συνάρτηση των
ιδιοτήτων του
μέσου διάδοσης

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ



A : Πλάτος κύματος

I : Ενταση

Βασική αρχή: Η ενέργεια (δW) που διαπερνά τις δύο σφαιρικές επιφάνειες (πολύ κοντά στην πηγή) σε χρόνο δt θα είναι η ίδια χωρίς απώλειες

Πηγή



r_0

r

I_0

I

A_0

A

Σχέση Εντάσεων

1η Σφαίρα

$$\delta W = I_0 \cdot S_0 \cdot \delta t = I_0 \cdot 4\pi r_0^2 \cdot \delta t$$

2η Σφαίρα

$$\delta W = I \cdot S \cdot \delta t = I \cdot 4\pi r^2 \cdot \delta t$$

$$I = I_0 r_0^2 \frac{1}{r^2}$$

Η Ένταση « I » είναι αντιστρόφως ανάλογη του (r^2)

Πηγή



r_0

r

I_0

I

A_0

A

Σχέση Πλατών

Κινητική Ενέργεια

$$W_{\max} = \frac{1}{2} \rho \delta V \omega^2 A_0^2$$



$$\frac{W}{\delta V} = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A_0^2$$

$$\frac{W}{\delta S \cdot \delta L} = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A_0^2 \rightarrow \frac{W}{\delta S \cdot u \cdot \delta t} = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A_0^2$$



$$\frac{W}{\delta S \cdot \delta t} = \frac{1}{2} \rho u \omega^2 A_0^2$$

$$\frac{W}{\delta S \cdot \delta t} = I_0$$

$$I_0 = \frac{1}{2} \rho u \omega^2 A_0^2$$

$$I_0 = \frac{1}{2} \rho \mu \omega^2 A_0^2$$

$$I = \frac{1}{2} \rho \mu \omega^2 A^2$$

$$I = I_0 r_0^2 \frac{1}{r^2}$$

$$A = A_0 r_0 \frac{1}{r}$$

Το πλάτος «A» είναι αντιστρόφως ανάλογη του (r)

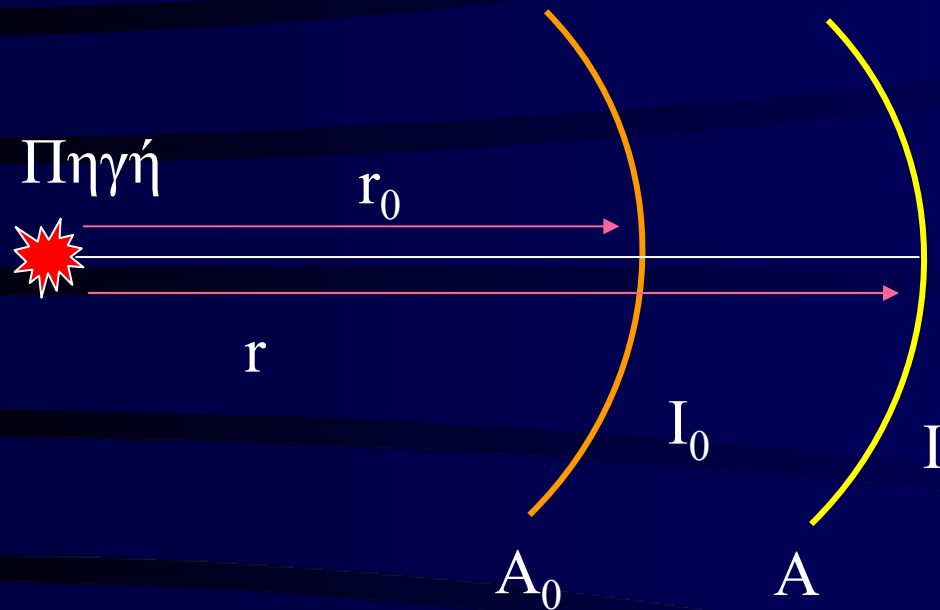
ΑΠΟΣΒΕΣΗ

Μέρος της ελαστικής ενέργειας απορροφάται βαθμιαία απο το μέσο διάδοσης λόγω μετατροπής σε άλλο είδος ενέργειας ... (κυρίως θερμότητα)



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ: Βαθμιαίος μηδενισμός των πλατών με την αύξηση της απόστασης

Εσωτερική τριβή στα στερεά, ιξώδης τριβή στα ρευστά, πιεζοηλεκτρικά και **θερμοηλεκτρικά** φαινόμενα συντελούν σε σοβαρό ποσοστό στη μετατροπή της ελαστικής ενέργειας



Εκθετική η μεταβολή της «E» με την απόσταση

q : Συντελεστής Απόσβεσης
 r : Απόσταση

$$I = I_0 e^{-qr}$$

$$I = I_0 r_0^2 \frac{1}{r^2}$$

$$I = I_0 \frac{1}{r^2} e^{-qr}$$

Συνδυασμός Απόσβεσης-Γεωμ. Διασποράς

Γ.Δ.

Συνδυασμός Απόσβεσης-Γεωμ.
Διασποράς

$$I = I_0 \frac{1}{r^2} e^{-qr}$$

Πειραματικά δεδομένα



ΜΙΚΡΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ
ΜΙΚΡΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ



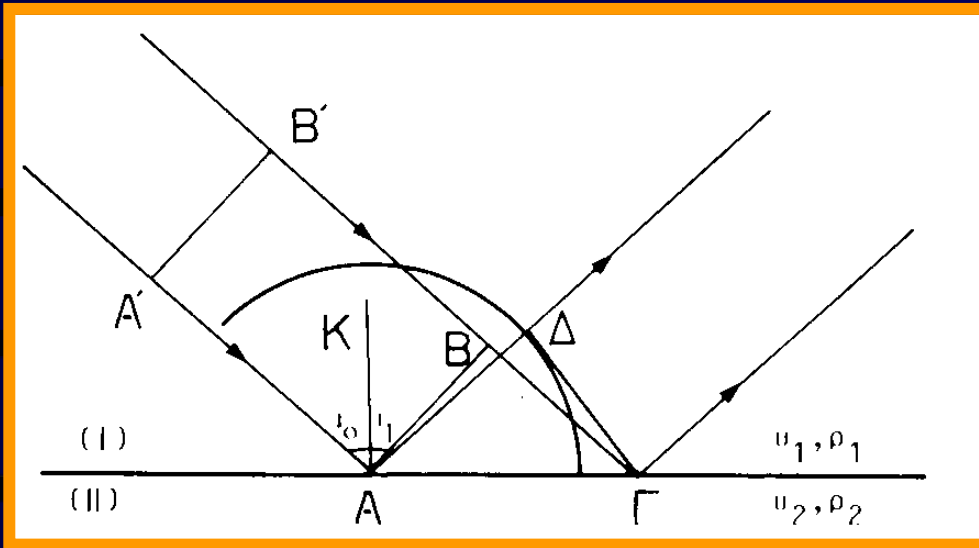
ΥΠΕΡΙΣΧΥΕΙ Η
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ

ΜΕΓΑΛΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ
ΜΕΓΑΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ



ΥΠΕΡΙΣΧΥΕΙ Η
ΑΠΟΣΒΕΣΗ

ΑΝΑΚΛΑΣΗ



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΡΧΗΣ HUYGENS

Από το A στο Δ το ελαστικό κύμα ταξιδεύει σε χρόνο t με ταχύτητα u_1 δημιουργώντας νέα πηγή κύματος στο A



$$A\Delta = u_1 t$$

Από το B στο Γ το ελαστικό κύμα ταξιδεύει σε χρόνο t με ταχύτητα u_1 δημιουργώντας νέα πηγή κύματος στο Γ απειροστού πλάτους



$$B\Gamma = u_1 t$$

$$A\Delta = u_1 t$$

$$B\Gamma = u_1 t$$

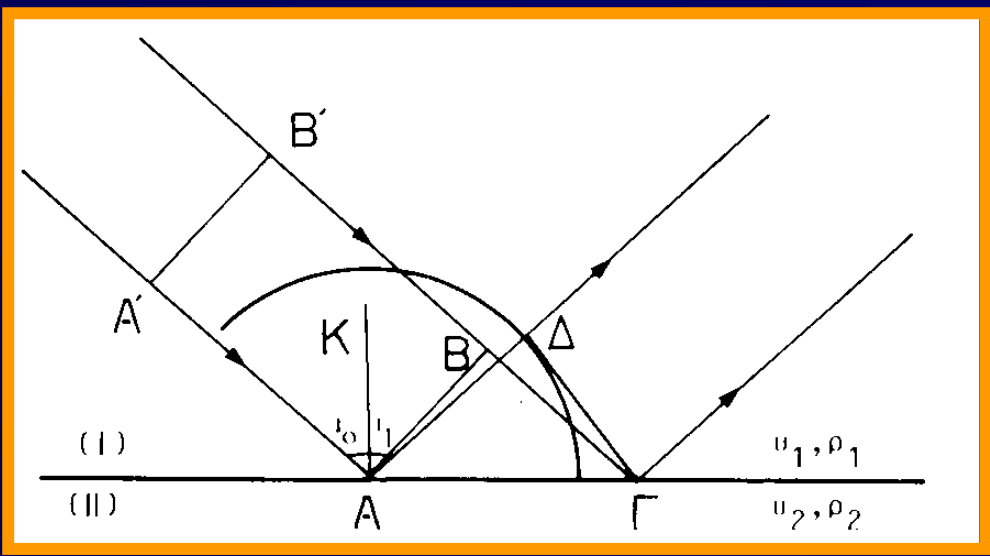


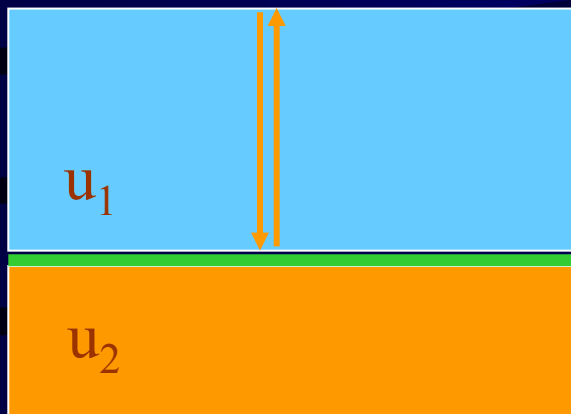
Τρίγωνα $AB\Gamma$ & $A\Delta\Gamma$ ίσα



$$B\hat{A}\Gamma = A\hat{\Gamma}\Delta$$

$$\hat{i}_0 = \hat{i}_1$$





$$i_0 = i_1 = 0$$

Κάθετη Ανάκλαση

A_0 : Πλάτος προσπίπτοντος

A_1 : Πλάτος ανακλώμενου

$$\frac{A_1}{A_0} = \frac{\rho_2 u_2 - \rho_1 u_1}{\rho_2 u_2 + \rho_1 u_1}$$

$$\left(\frac{A_1}{A_0} \right)^2 = \frac{E_1}{E_0} = R = \frac{(\rho_2 u_2 - \rho_1 u_1)^2}{(\rho_2 u_2 + \rho_1 u_1)^2}$$

$$E = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2$$

Συντελεστής Ανάκλασης “R”

ρu

Ακουστική Αγωγιμότητα

$$R = \frac{(\rho_2 u_2 - \rho_1 u_1)^2}{(\rho_2 u_2 + \rho_1 u_1)^2}$$

$$\delta = \rho_2 u_2 / \rho_1 u_1$$

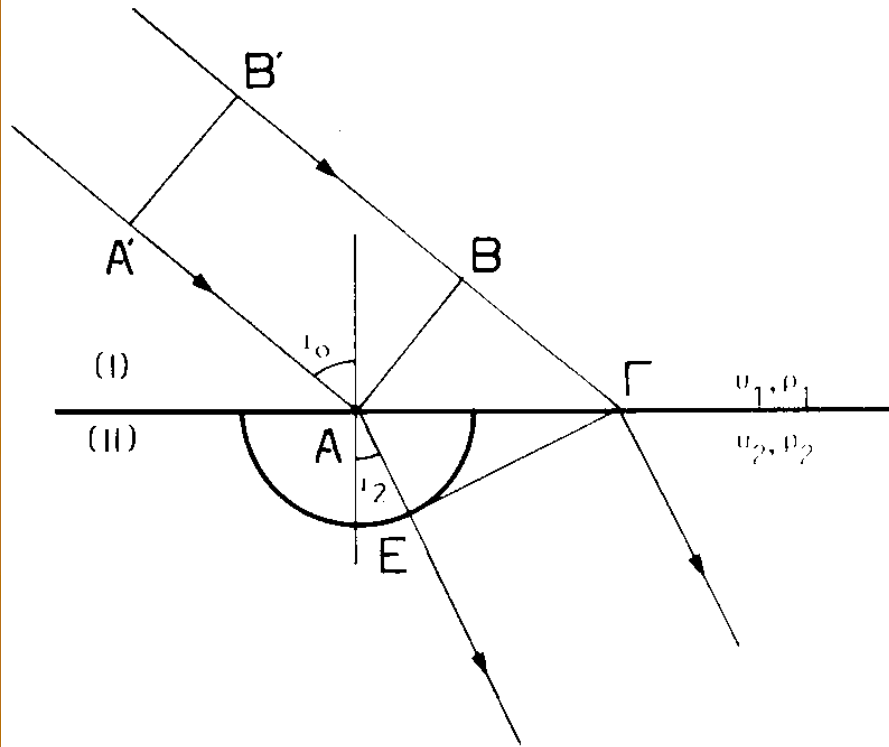
Αντίθεση Ακουστικής
Αγωγιμότητας

$$R = \frac{(\delta - 1)^2}{(\delta + 1)^2}$$

Ο Συντελεστής Ανάκλασης εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την αντίθεση των ταχυτήτων της δομής

ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΡΧΗΣ HUYGENS



Από το B στο Γ το ελαστικό κύμα ταξιδεύει σε χρόνο t με ταχύτητα u_1 δημιουργώντας νέα πηγή κύματος στο Γ

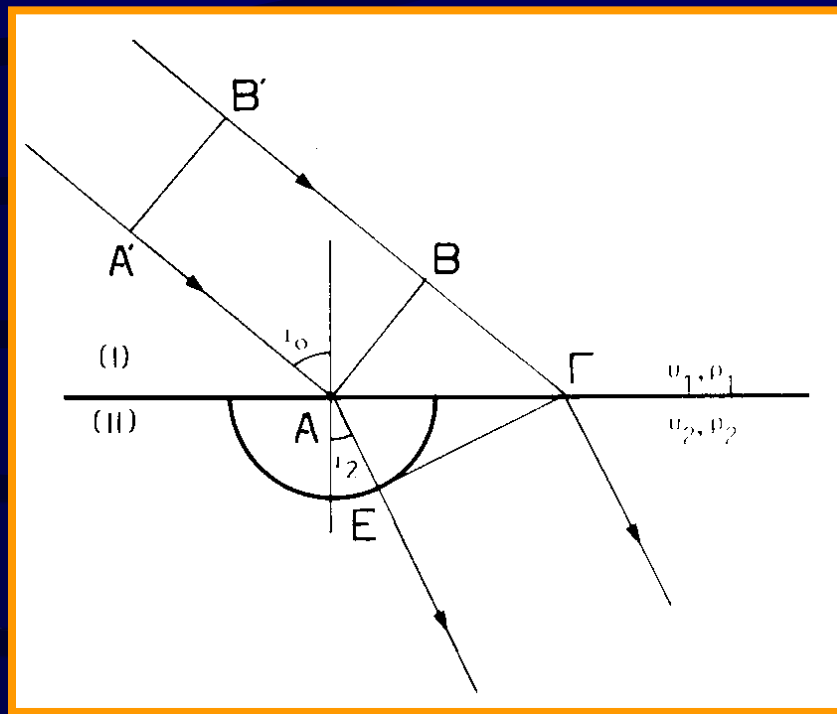


$$B\Gamma = u_1 t$$

Από το A στο E το ελαστικό κύμα ταξιδεύει σε χρόνο t με ταχύτητα u_2 αφού δημιούργησε νέα πηγή κύματος στο A



$$AE = u_2 t$$



$$B\Gamma = u_1 t$$

$$AE = u_2 t$$

$$B\Gamma = A\Gamma \cdot \eta \mu i_0$$

$$u_1 t = A\Gamma \eta \mu i_0$$

$$AE = A\Gamma \cdot \eta \mu i_2$$

$$u_2 t = A\Gamma \eta \mu i_2$$

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{\eta \mu i_0}{\eta \mu i_2}$$

Διάθλαση υπό την ορική γωνία

Όταν

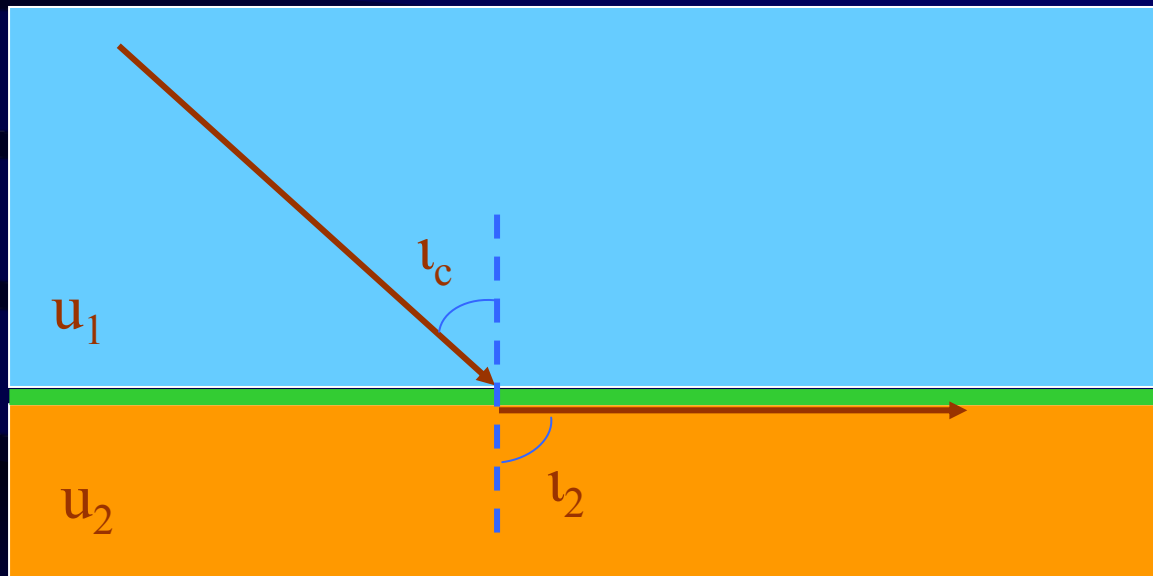
$$i_2 = 90^\circ$$



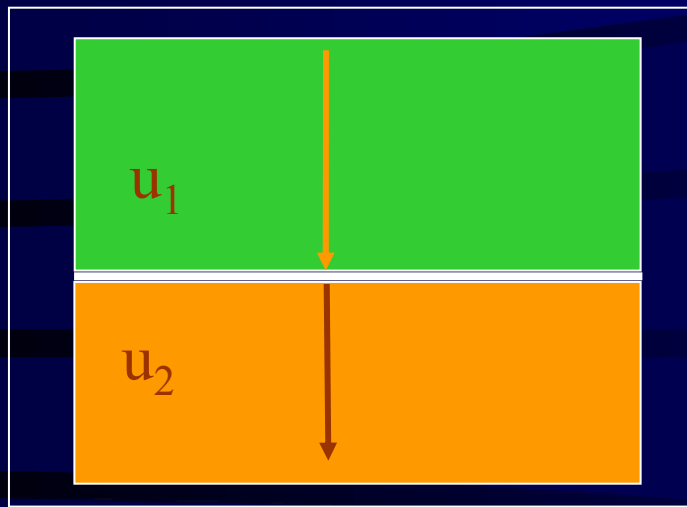
$$i_0 = i_c$$



$$\eta \mu i_c = \frac{u_1}{u_2}$$



Αν $i > i_c$ τότε πραγματοποιείται ολική ανάκλαση



$$i_0 = i_1 = 0$$

Κάθετη
Πρόσπτωση και
διάθλαση

A_0 : Πλάτος προσπίπτοντος

A_2 : Πλάτος διαθλώμενου

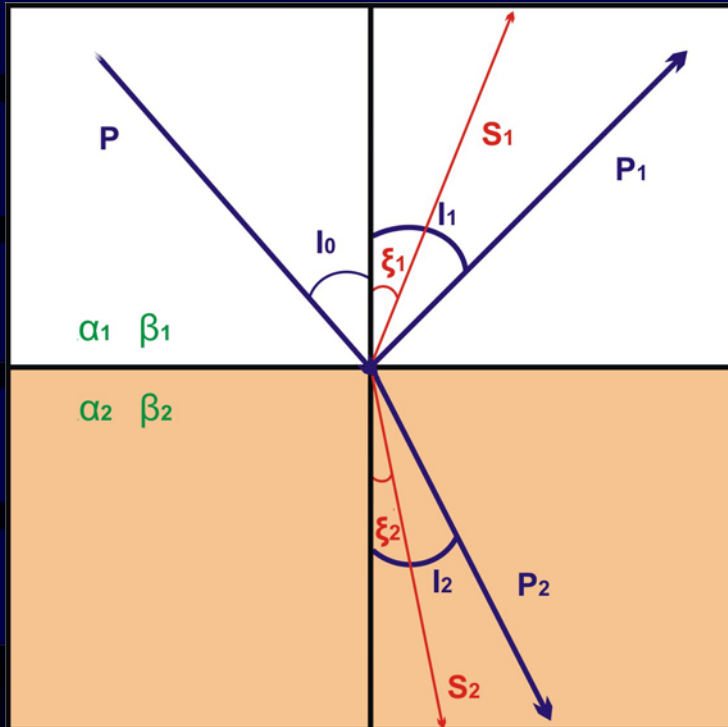
$$\frac{A_2}{A_0} = \frac{2\rho_1 u_1}{\rho_2 u_2 + \rho_1 u_1}$$

$$E = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2$$

$$\left(\frac{A_2}{A_0} \right)^2 = \frac{E_2}{E_0} = T = \frac{4\delta^2}{(\delta + 1)^2}$$

Συντελεστής Διάδοσης “T”

ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ SNELL



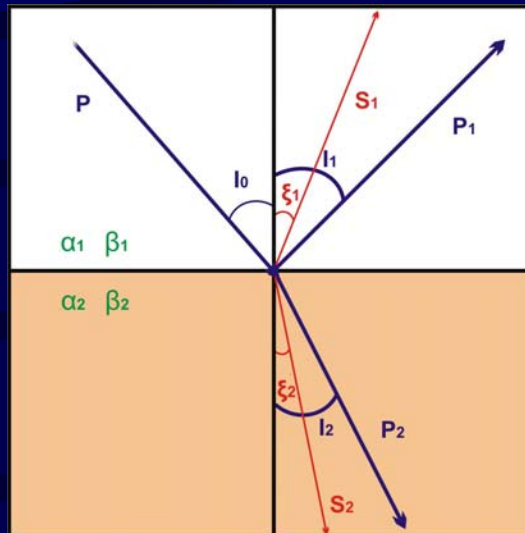
α_1, α_2 Ταχύτητες Επιμήκων κυμάτων

β_1, β_2 Ταχύτητες Εγκαρσίων κυμάτων

Προσπίπτον κύμα «P» η «S»

Ανακλώμενα $P_1 S_1$

Διαθλώμενα $P_2 S_2$



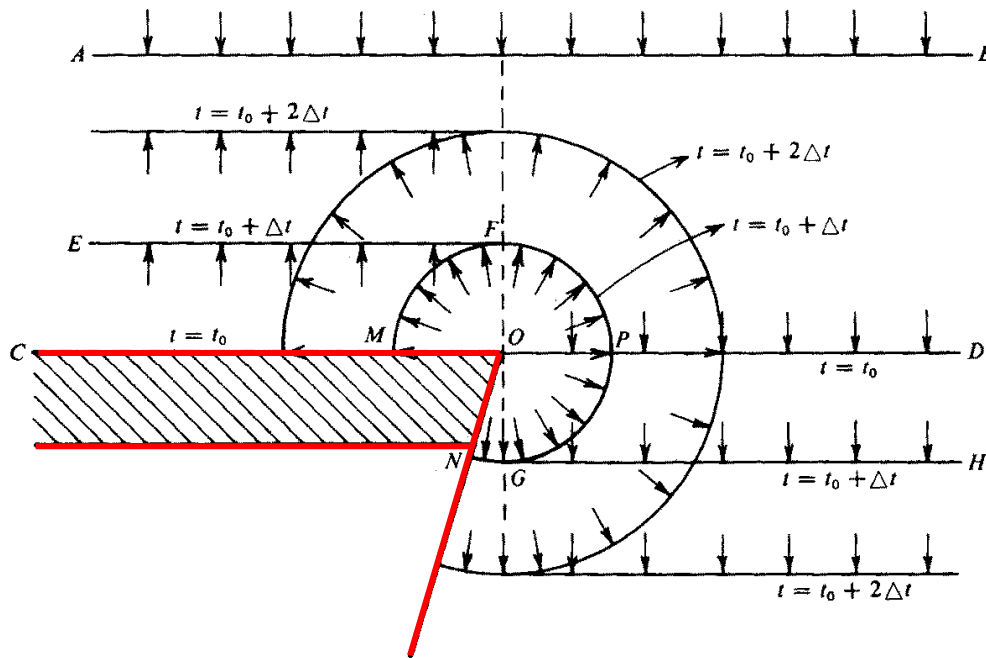
$$\frac{\alpha_1}{\eta\mu i_0} = \frac{\alpha_1}{\eta\mu i_1} = \frac{\beta_1}{\eta\mu \xi_1} = \frac{\alpha_2}{\eta\mu i_2} = \frac{\beta_2}{\eta\mu \xi_2}$$

Διαδικασίες Ανάκλασης-Διάθλασης
ισχύουν σε ομαλές δομές

Ομαλές ασυνέχειες

Ασυνέχειες με μικρή καμπυλότητα

ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ



Telford et al., 1976

Πηγές κυμάτων
περίθλασης



1) Άκρα Ρηγμάτων

2) Μεμονωμένα σώματα
σε ομογενή στρώματα

Θέση «O»



Πηγή κυμάτων περίθλασης

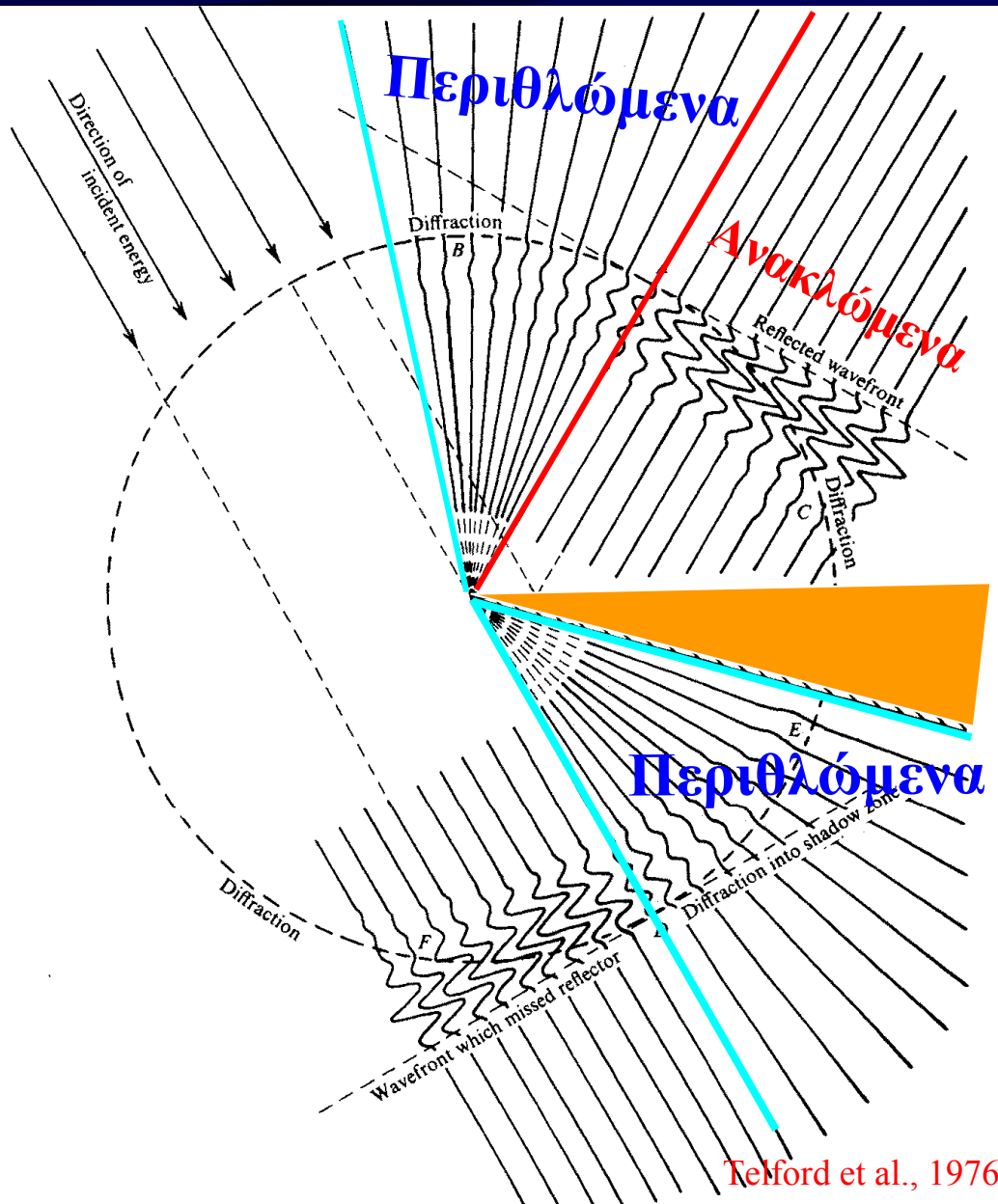
Από το «C» μέχρι το «O»



Κάθετη ανάκλαση

Συντελεστής Ανάκλασης. $R=1$

ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ



Οι Φάσεις περίθλασης καταγράφονται πολλές φορές στα εγγραφήματα της σεισμικής διασκόπησης και είναι πολύ δύσκολο να διακριθούν από τις φάσεις ανάκλασης και διάθλασης

ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Επιμήκη κύματα

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

Εγκάρσια κύματα

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

λ, μ : Ελαστικές Σταθερές του
Lame

Πυκνότητα $\rho = f(\text{πίεσης})$

$\lambda, \mu \neq f(\text{ΠΙΕΣΗΣ})$

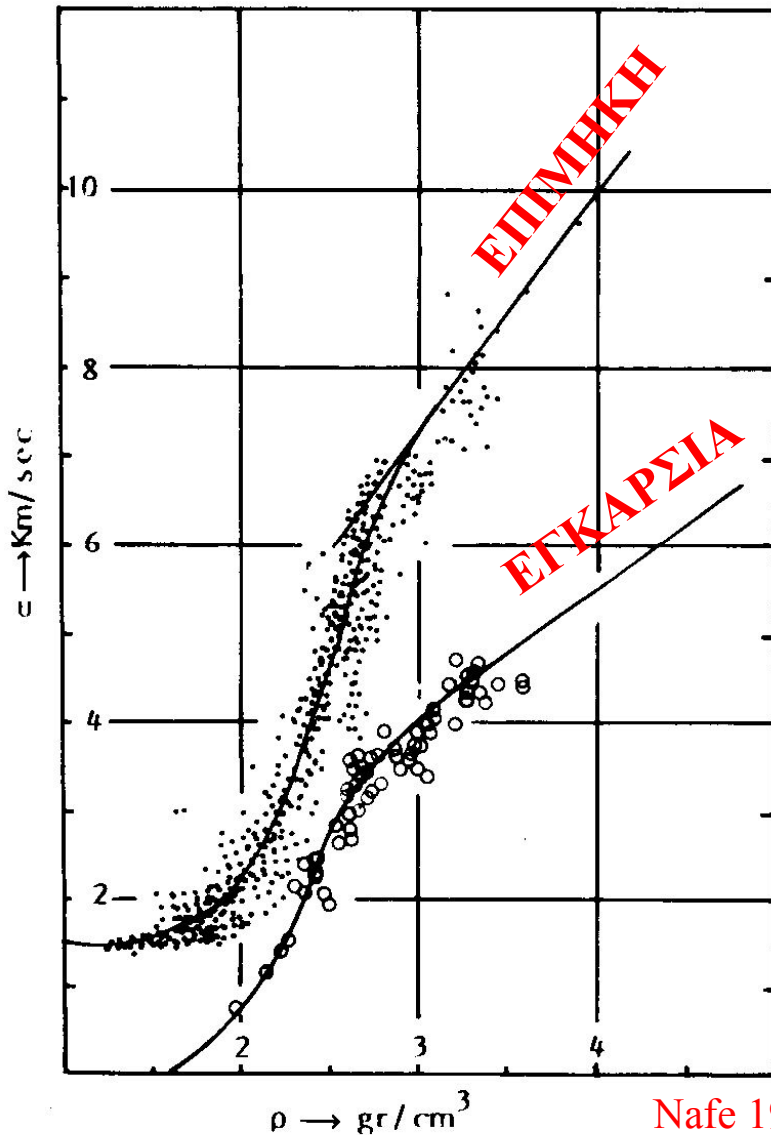
$\lambda, \mu = f(\text{ΕΝΔΟΜΟΡΙΑΚΩΝ - ΔΥΝΑΜΕΩΝ})$

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



Η μαθηματική σχέση δείχνει ότι η ταχύτητα «α» είναι αντιστρόφως ανάλογη της πυκνότητας «ρ», ενώ τα πραγματικά δεδομένα του σχήματος το ακριβώς αντίθετο...

Παράδοξο....??



Φλοιός της Γης

Πυκνότητα $1-2.9 \text{ gr/cm}^3$

Ταχύτητες «α» $1.5 - 7.0 \text{ km/sec}$

Ανώτερος Μανδύας της Γης

Πυκνότητα $\rho > 3.0 \text{ gr/cm}^3$

Ταχύτητες $\alpha > 7.7 \text{ km/sec}$

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ : Ταχύτητα «α» $0.2 - 6.5 \text{ km/sec}$

ΠΥΡΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Ταχύτητα «α» $5.5 - 8.5 \text{ km/sec}$

Σχέση Ταχύτητας ελαστικών κυμάτων «α» και πορώδους



Φ : Πορώδες

α_f : Ταχύτητα στο ρευστό
των πόρων

α_m : Ταχύτητα στο
συμπαγές πέτρωμα

$$\Phi = \frac{\text{Ογκος - Πόρων}}{\text{Συνολικός - Ογκος}}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\Phi}{\alpha_f} + \frac{1 - \Phi}{\alpha_m}$$

Εχει έννοια σε πετρώματα με έντονο πορώδες

Φλοιός της Γης

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣ 1.5-5.5 km/sec

ΓΡΑΝΙΤΙΚΟ 5.5-6.4 km/sec

ΒΑΣΑΛΤΙΚΟ 6.5-6.9 km/sec

$\alpha = f$ (ηλικίας πετρώματος)

$$a = K(zT)^{1/6}$$

a : m/sec

T : ηλικία (χρόνια)

z : βάθος (m)

$K = ct = 46.5$