Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ

ΑΝΑΚΛΑΣΗ - ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΜΕΡΟΣ Ι

Κωνσταντίνος Ευταξίας

Η ΕΜΠΕΔΗΣΗ

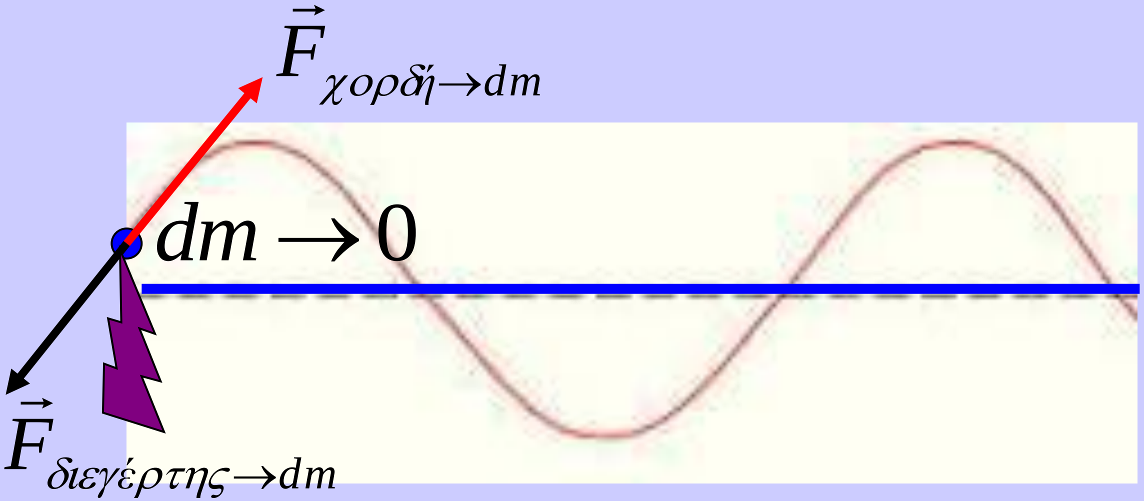
ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ

ΙΔΕΑΤΗΣ

ΤΕΝΤΩΜΕΝΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ

ΧΟΡΔΗΣ

ΑΠΕΙΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ



$$\boxed{\vec{F}_{\chi o\rho\delta\acute{\eta}\rightarrow dm}+\vec{F}_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma\rightarrow dm}=(dm)\frac{\partial^2\vec{y}(x=0,t)}{\partial^2 t}\rightarrow 0}$$

$$\boxed{\vec{F}_{y\,\chi o\rho\delta\acute{\eta}\rightarrow dm}+\vec{F}_{y\,\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma\rightarrow dm}=0}$$

$$F_{y_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma \to dm}} = -F_{y_{\chi o\rho\delta\acute{\eta} \to dm}} =$$

$$= -T\left\{\frac{\partial y(x=0,t)}{\partial x}\right\} =$$

$$\boxed{\frac{\partial y(x,t)}{\partial t} = -\upsilon \frac{\partial y(x,t)}{\partial x}}$$

$$= -T\left\{-\frac{1}{\upsilon}\frac{\partial y(x=0,t)}{\partial t}\right\} =$$

$$\boxed{\upsilon = \sqrt{\frac{T}{\mu}}}$$

$$= T\frac{1}{\upsilon}u_y(x=0,t) =$$

$$= T\frac{1}{\sqrt{\frac{\mathrm{T}}{\mu}}}u_y(x=0,t) = \sqrt{T\mu}\,u_y(x=0,t) = Zu_y(x=0,t)$$

$$F_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma \to dm}(x=0,t) = Z(x=0,t)\cdot u_y(x=0,t)$$

$$Z(x=0,t) = \sqrt{T\mu} = Z_{\text{ΕΙΣΟΔΟΥ}}$$

$$Z(x=0,t) = \sqrt{T\cdot\mu} = \frac{F_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma \to dm}(x=0,t)}{u_y(x=0,t)}$$

ΣΥΖΗΤΑΜΕ ΜΕ ΤΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ.

$$F_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma \rightarrow dm}(x=0,t) = Z_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}} \cdot u_y(x=0,t)$$

ΑΙΤΙΟ → ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ → ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ

$$Z_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}} = \sqrt{T\mu}$$

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΦΥΣΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ;

$$\boxed{Z_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}} = \sqrt{T\mu}}$$

$$\boxed{Z_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}} = f(Ελαστικότητας, \mathrm{Α}δράνειας)}$$

$$\boxed{Z_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}} \neq f(\Delta ιεγέρτης)}$$

ΠΡΟΣΟΧΗ!

ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΠΑΝΤΟΤΕ Η ΕΜΠΕΔΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΙΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ.

ΤΙ ΣΗΜΑΙΝΕΙ ΟΤΙ Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΤΗΣ ΧΟΡΔΗΣ ΕΙΝΑΙ ΑΝΑΛΟΓΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΠΟΥ ΑΣΚΕΙ Ο ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ ΠΑΝΩ ΤΟΥ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΘΕΤΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΑ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ;

Η ΔΥΝΑΜΗ ΠΟΥ ΑΣΚΕΙ Ο ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΕΙΝΑΙ ΣΥΜΦΑΣΙΚΗ, ΕΧΕΙ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΦΟΡΑ, ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΟΥ ΑΠΟΚΤΑ ΤΟ ΑΚΡΟ (ΕΙΣΟΔΟΣ) ΤΗΣ ΧΟΡΔΗΣ.

$$\vec{F}_{διεγέρτης \to dm} \cdot \vec{u}_y(x=0,t) = $$
$$= P_{\text{ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΗ}}(x=0,t) > 0$$

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΜΠΕΔΗΣΗ:

Ο ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ ΣΥΝΕΧΩΣ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΥ ΔΙΕΓΕΙΡΕΙ ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΠΟΔΕΚΤΗ. ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΧΡΟΝΙΚΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΔΙΕΓΕΡΤΗ.

ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΕΓΕΡΤΗ ΚΑΙ ΔΙΕΓΕΙΡΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΑ ΠΛΗΡΩΣ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΤΟΥ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ.

ΜΙΑ ΑΛΛΗ ΕΚΦΡΑΣΗ

$$F_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma \to dm}(x=0,t) = Z_{\text{ΕΙΣΟΔΟΥ}}\, u_y(x=0,t)$$

$$P(x=0,t) = F_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma \to dm}(x=0,t)\cdot u_y(x=0,t) =$$

$$= Z_{\text{ΕΙΣΟΔΟΥ}} \cdot u_y(x=0,t)\cdot u_y(x=0,t) =$$

$$= Z_{\text{ΕΙΣΟΔΟΥ}} \cdot \left\{\frac{\partial y(x=0,t)}{\partial t}\right\}^2 > 0$$

ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

ΑΣ ΥΠΟΘΕΣΟΥΜΕ ΟΤΙ Ο ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

ΑΝΑΓΚΑΖΕΙ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΗΣ ΧΟΡΔΗΣ

ΣΕ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

ΠΛΑΤΟΥΣ A

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ω

$$\boxed{y(x=0,t) = A\eta\mu\omega t}$$

$$P(x=0,t) = F_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta\varsigma \to dm}(x=0,t)\cdot u_y(x=0,t) =$$

$$= Z_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}} \cdot \left\{\frac{\partial y(x=0,t)}{\partial t}\right\}^2 = Z_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}}(\mathrm{A}\omega)^2 \sigma\upsilon\nu^2\omega t$$

$$\boxed{\overline{P}_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}}(x=0) = \frac{1}{2}(A\omega)^2 \mathrm{Z}_{\mathrm{ΕΙΣΟΔΟΥ}} = \frac{1}{2}(A\omega)^2\sqrt{\mathrm{T}\mu}}$$

$$\bar{P} = \{\frac{1}{2}(\omega A)^2\}\{\sqrt{T\mu}\}$$

ΑΠΟΔΟΜΕΙΣΤΕ ΤΟΝ ΤΥΠΟ:

$$\bar{P} = \{\frac{1}{2}(\omega A)^2\}\{\sqrt{T\mu}\}$$

Χαρακτηριστικά Διεγέρτη

Χαρακτηριστικά Γραμμής Μεταφοράς

ΠΡΟΣΕΞΤΕ ΤΗΝ ΕΜΠΛΟΚΗ
ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ
ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ.
ΟΠΩΣ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΚΑΙ ΣΤΗ
ΦΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ.

$$Z = \sqrt{T\mu}$$

$$\upsilon = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$Z = \sqrt{T\mu} = \mu\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \mu\upsilon$$

$$Z = \sqrt{T\mu}$$

ΕΝΔΟΓΕΝΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗ

ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

$$M_{(\lambda)} = \frac{1}{2}(\mu\lambda)(\omega A)^2$$

$$\frac{M_{(\lambda)}}{T} = \frac{1}{2}\mu\left(\frac{\lambda}{T}\right)(\omega A)^2$$

$$\overline{P} = \frac{1}{2}\mu(\lambda\nu)(\omega A)^2$$

$$\overline{P} = \frac{1}{2}\mu(\upsilon)(\omega A)^2$$

$$\overline{P} = \frac{1}{2}\mu\left(\sqrt{\frac{T}{\mu}}\right)(\omega A)^2$$

$$\overline{P} = \frac{1}{2}\sqrt{T\mu}(\omega A)^2$$

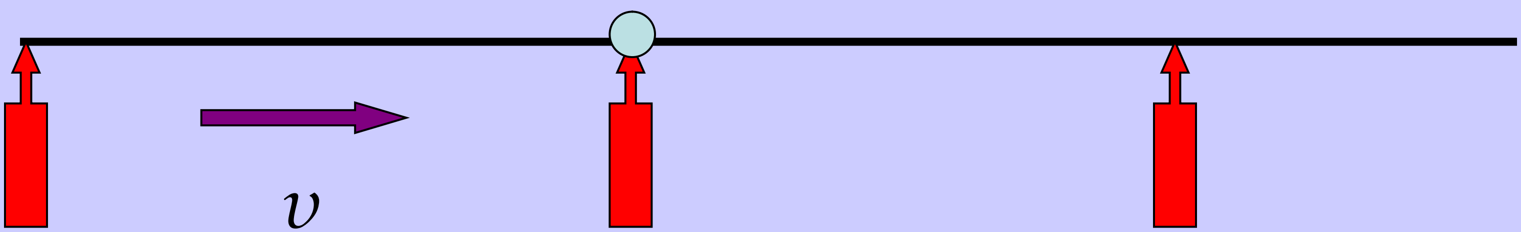
$\upsilon = \omega A$

m=μλ

$$\overline{P} = \left\{\frac{1}{2}(\omega A)^2\right\}\left\{\sqrt{T\mu}\right\}$$

$$\overline{P}_{\text{ΕΙΣΟΔΟΥ}}(x=0)=\frac{1}{2}(A\omega)^2\,\mathrm{Z}_{\text{ΕΙΣΟΔΟΥ}}=\frac{1}{2}(A\omega)^2\sqrt{\mathrm{T}\mu}$$

$$\overline{P}(\lambda)=\frac{1}{2}(A\omega)^2\,\mathrm{Z}_{\text{ΕΝΔΟΓΕΝΗΣ}}=\frac{1}{2}(A\omega)^2\sqrt{\mathrm{T}\mu}$$



$$\mathrm{Z}_{\text{ΕΙΣΟΔΟΥ}}=\mathrm{Z}_{\text{ΕΝΔΟΓΕΝΗΣ}}=\sqrt{\mathrm{T}\mu}$$

Δ
Ι
Ε
Γ
Η
Σ

ΚΑΘΕ ΣΗΜΕΙΟ ΤΗΣ ΧΟΡΔΗΣ ΑΠΟΚΤΑ
ΤΗΝ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΕΓΕΡΤΗ.

ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ ΠΑΝΤΑ!

ΑΝΑΚΛΑΣΗ - ΔΙΑΘΛΑΣΗ

$$\bar{P} = \{\frac{1}{2}(\omega \mathrm{A})^2\}\{\sqrt{\mathrm{T}\mu}\}$$

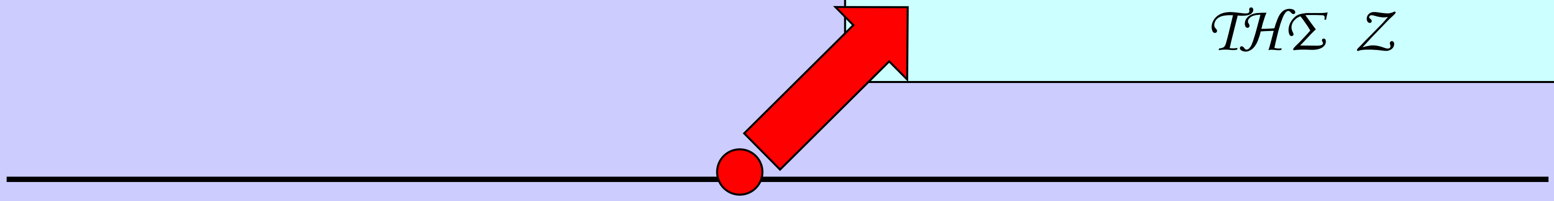
ΤΙ ΘΑ ΣΥΜΒΕΙ ΕΑΝ Η ΕΜΠΕΔΗΣΗ

(π.χ η μ)

ΜΕΤΑΒΛΗΘΕΙ ΣΕ ΜΙΑ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΧΟΡΔΗΣ;

Η ΙΣΧΥΣ ΠΟΥ ΦΤΑΝΕΙ ΑΠΟ ΤΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΔΕΝ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΓΙΝΕΙ ΟΛΟΚΛΗΡΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΟΡΔΗ ΠΟΥ ΕΚΤΕΙΝΕΤΑΙ ΔΕΞΙΑ.

ΑΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ Ζ

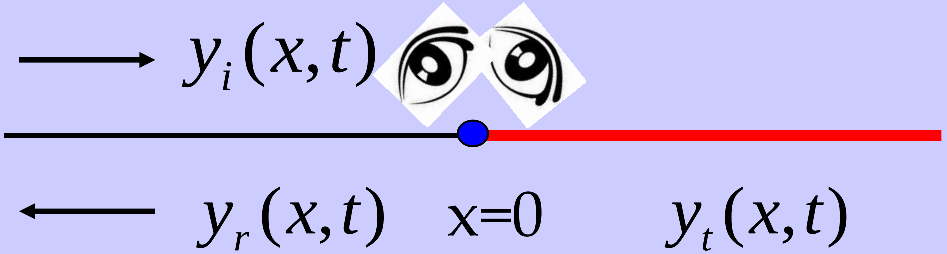


ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΘΛΑΣΗ!

$$y_i(x,t) = A_i \sin(\omega t - k_1 x)$$

$$y_r(x,t) = A_r \sin(\omega t + k_1 x)$$

$$y_t(x,t) = A_t \sin(\omega t - k_2 x)$$



$$y_i(x=0,t) + y_r(x=0,t) = y_t(x=0,t)$$

$$A_i + A_r = A_t \qquad (1)$$

$$\overline{P} = \frac{1}{2}(A\omega)^2 \sqrt{\mathrm{T}\mu}$$

$$\frac{1}{2}A_i^{\,2}\omega^2 Z_1 = \frac{1}{2}A_r^{\,2}\omega^2 Z_1 + \frac{1}{2}A_t^{\,2}\omega^2 Z_2 \qquad (2)$$

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = 1 + R$$

ΣΥΖΗΤΑΜΕ

ΜΕ ΤΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ.

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = 1 + R$$

ΕΑΝ ΕΙΝΑΙ

ΙΣΕΣ ΟΙ ΕΜΠΕΔΗΣΕΙΣ

$R = 0 \qquad T = 1.$

ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ

ΑΝΑΚΛΑΣΗ!

ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΝΑΚΛΑΣΗ - ΔΙΑΘΛΑΣΗ
ΕΑΝ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ
ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ.

ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΜΗΝ ΥΠΑΡΧΕΙ
ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΘΛΑΣΗ
ΟΤΑΝ ΤΟ ΚΥΜΑ ΠΗΓΑΙΝΕΙ
ΑΠΟ ΕΝΑ ΜΕΣΟ ΣΕ ΑΛΛΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ;

ΝΑΙ!

ΕΑΝ ΤΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ
ΠΑΡΑΜΕΝΕΙ ΣΤΑΘΕΡΟ!

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

ΑΝ ΜΑΣ ΕΔΙΔΕΤΟ
Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΟΤΙ
ΑΥΤΟΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ
R ΚΑΙ T
ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΣΑΜΕ
ΝΑ ΣΥΜΠΕΡΑΝΟΥΜΕ ΟΤΙ
ΕΙΝΑΙ ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΟΙ;

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΕΙΣΤΕ
ΤΗΝ
ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑ
ΤΩΝ R, T
ΑΠΟ
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ.

ΠΟΙΕΣ ΕΙΝΑΙ
ΟΙ
ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ;

$$T = 1 + R$$

ΕΙΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΗ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΙΣΘΗΣΗ;
ΜΗΠΩΣ ΠΕΡΙΜΕΝΑΜΕ ΝΑ ΕΙΝΑΙ T+R = 1;

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$Z_1 > Z_2$$

$$Z_1 < Z_2$$

$$R > 0$$

$$R < 0$$

$$T > 0$$

$$T > 0$$

ΤΙ ΣΗΜΑΙΝΕΙ ΟΤΙ ΕΙΝΑΙ ΠΑΝΤΑ ΘΕΤΙΚΟΣ Ο Τ;

ΤΙ ΣΗΜΑΙΝΕΙ ΟΤΙ ΕΙΝΑΙ ΘΕΤΙΚΟΣ Ή ΑΡΝΗΤΙΚΟΣ Ο R;

ΤΙ
ΣΗΜΑΙΝΕΙ
ΟΤΙ ΕΙΝΑΙ
ΠΑΝΤΑ
ΘΕΤΙΚΟΣ Ο
Τ;

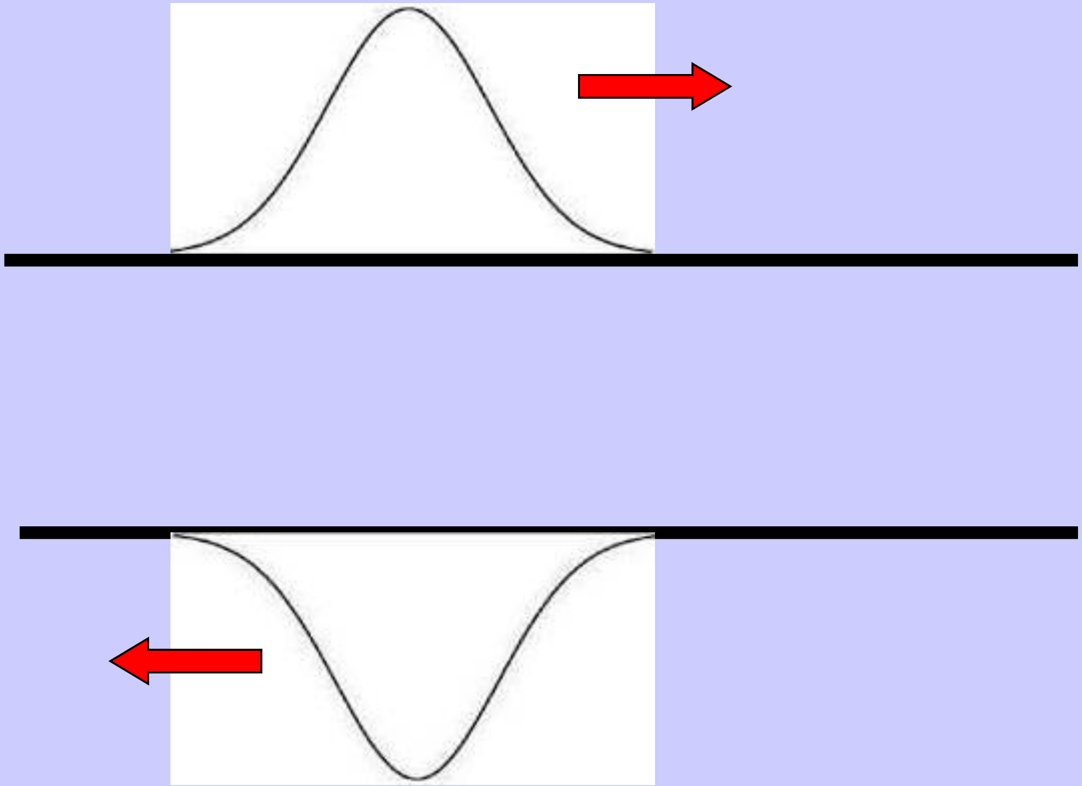
ΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΘΛΩΜΕΝΟΥ ΠΑΛΜΟΥ ΔΕΝ ΑΛΛΑΖΟΥΝ ΠΡΟΣΗΜΟ.

$$\Delta\phi=0$$

$$Z_1 < Z_2$$

$$Z_1 > Z_2$$

ΤΙ ΣΗΜΑΙΝΕΙ ΟΤΙ ΕΙΝΑΙ ΠΑΝΤΑ ΘΕΤΙΚΟΣ Ο Τ;

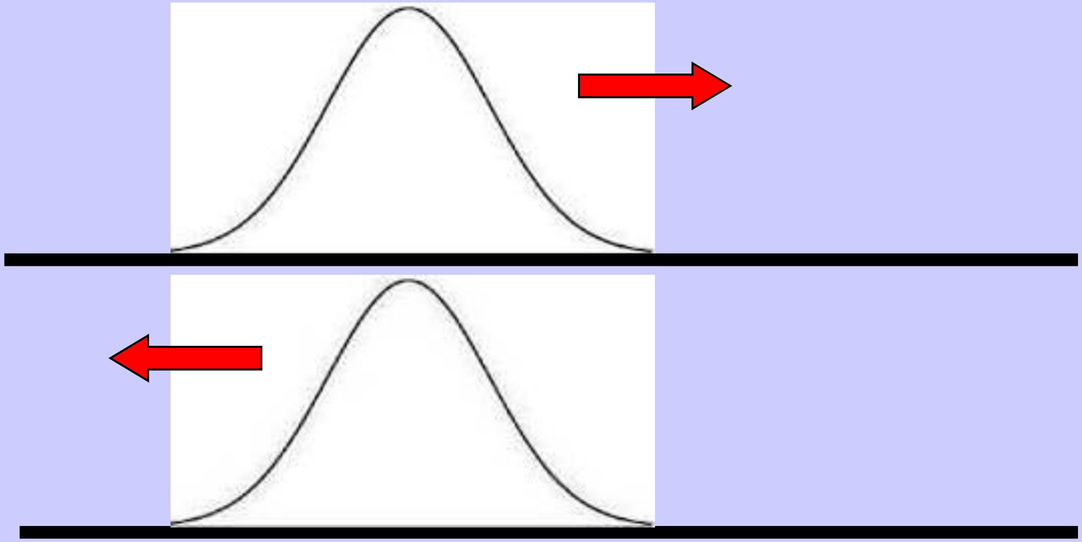


$$Z_1 < Z_2$$

$$R < 0$$

ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΥ.
ΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΕΙΣ ΑΛΛΑΖΟΥΝ ΠΡΟΣΗΜΟ.

$$\Delta\phi$$



$$Z_1 > Z_2$$

$$R > 0$$

Ο ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟΣ ΠΑΛΜΟΣ ΔΙΑΤΗΡΕΙ ΤΟ ΠΡΟΣΗΜΟ ΤΩΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΕΩΝ.

$$\Delta\phi = 0$$

ΦΑΙΝΕΤΑΙ
ΟΤΙ Η ΕΜΠΕΔΗΣΗ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΙΝΕΙ ΚΑΙ ΑΛΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ.
ΤΗΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΤΗΣ $\Delta\phi$.

Η ΕΜΠΕΔΗΣΗ

ΕΙΝΑΙ

ΜΙΓΑΔΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ.

ΕΙΝΑΙ ΠΛΗΡΗΣ Η ΓΝΩΣΗ

ΤΟΥ ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ

ΜΕ ΤΗ ΓΝΩΣΗ ΤΩΝ

R ΚΑΙ Τ;

$$\upsilon = \lambda \nu$$

$$Z = \sqrt{T\mu}$$

ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΝΩΡΙΖΟΥΜΕ ΚΑΙ ΤΗ

ΔΙΑΜΗΚΗ ΣΥΣΤΟΛΗ – ΔΙΑΣΤΟΛΗ

ΤΩΝ ΠΑΛΜΩΝ.

$$\upsilon = \sqrt{\frac{\mathrm{T}}{\mu}}$$

ΜΕΛΕΤΗ

ΑΚΡΑΙΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$Z_1 >> Z_2$$

$$R \sim +1$$

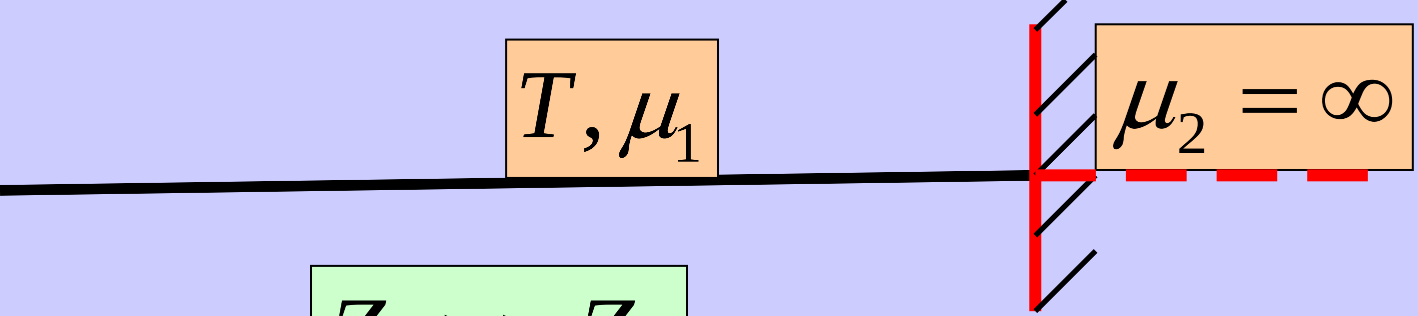
$$T \sim 2$$

ΠΑΡΑΔΟΞΟ

$$Z_1 << Z_2$$

$$R \sim -1$$

$$T \sim 0$$



$$Z = \sqrt{T\mu}$$

$$Z_1 = \sqrt{T\mu_1}$$

$$Z_2 = \sqrt{T\mu_2}$$

$$Z_1 >> Z_2$$

$$Z_2 = \infty$$

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

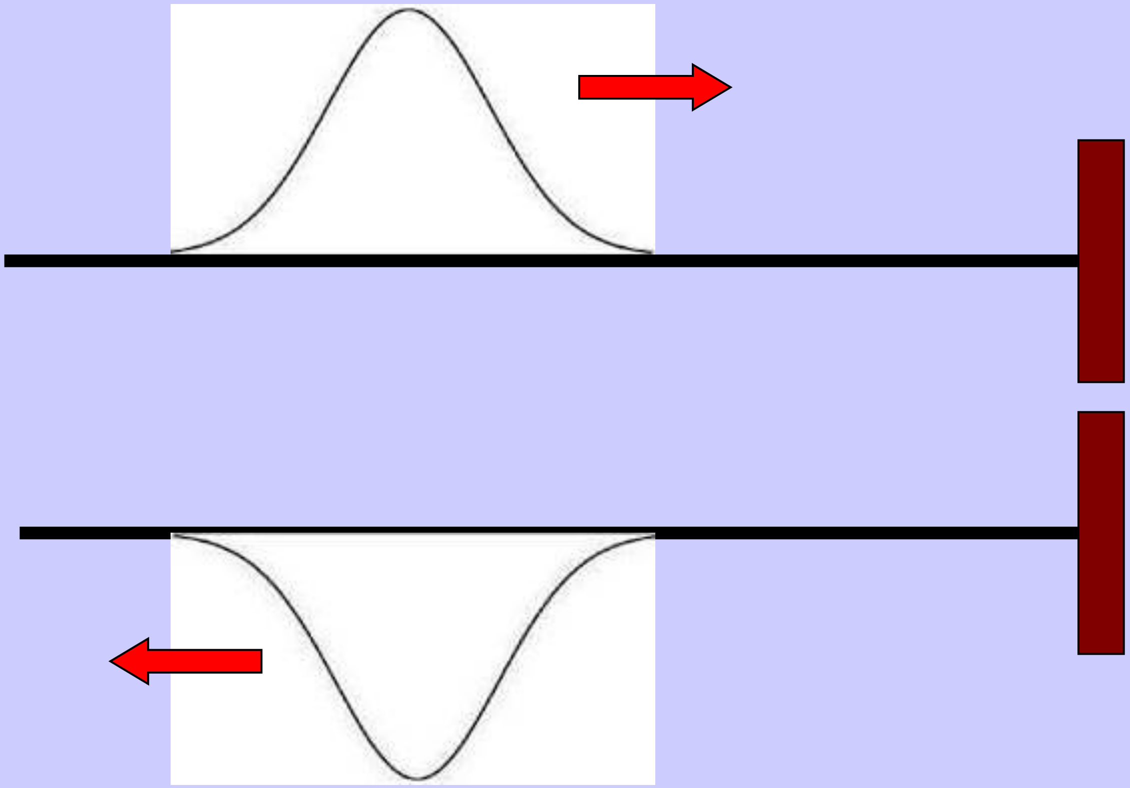
$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{\frac{Z_1}{Z_2} - 1}{\frac{Z_1}{Z_2} + 1} = -1$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{\frac{2Z_1}{Z_2}}{\frac{Z_1}{Z_2} + 1} = 0$$

$$\mathrm{A}_r = -A_i$$

$$\mathrm{A}_t = 0$$



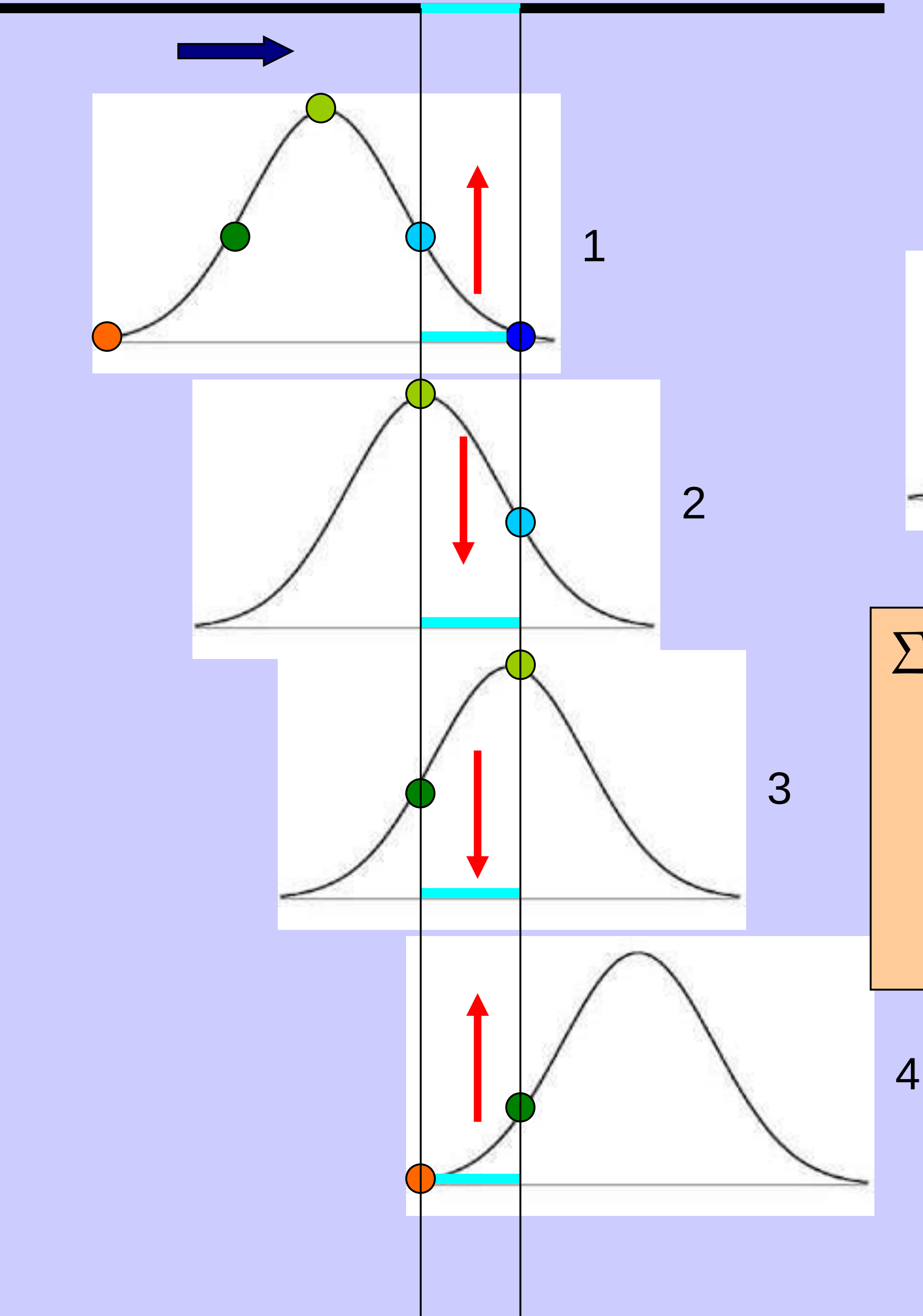
$$A_r = -A_i$$

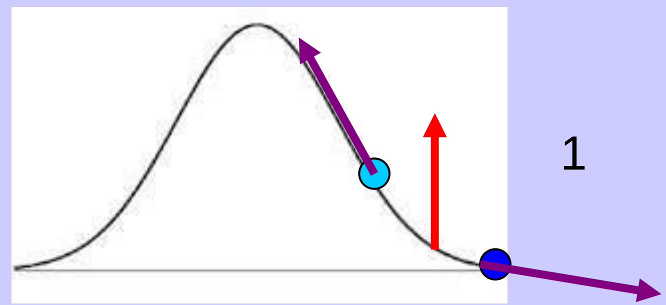
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΥ

$$\Delta\phi = \pi$$

ΓΙΑΤΙ ΑΝΤΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ

Ο ΠΑΛΜΟΣ;

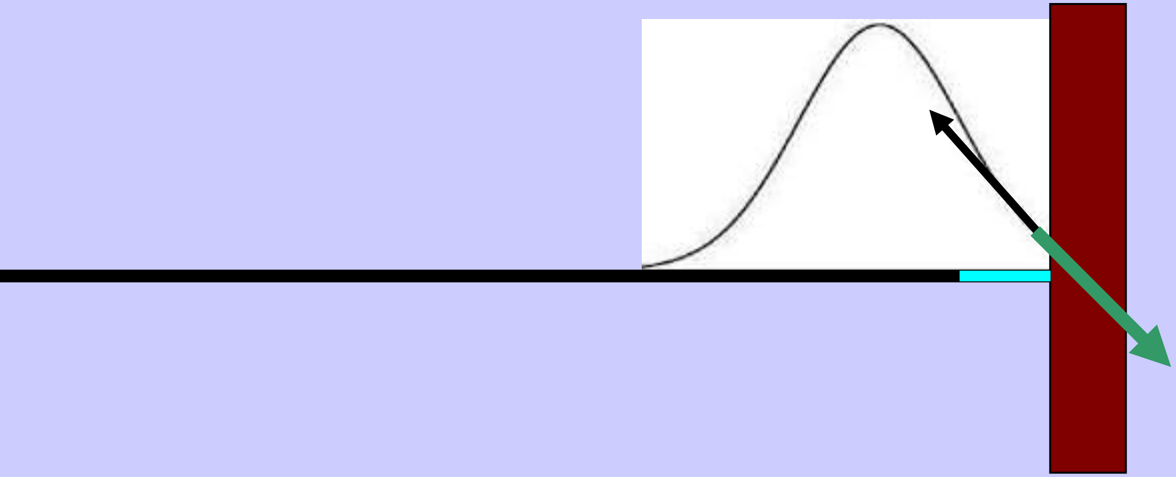


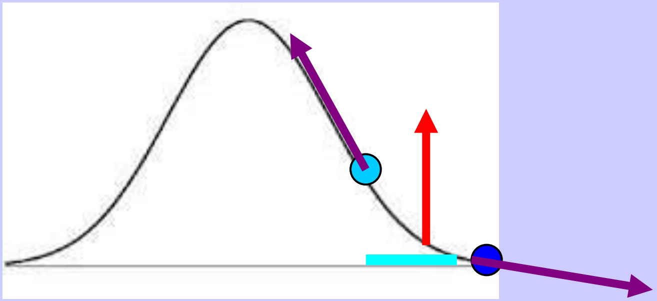


ΣΕ ΕΝΑ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΧΟΡΔΗΣ

ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΕΠΑΦΗ

ΜΕ ΤΟΝ ΤΟΙΧΟ.





ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΧΟΡΔΗΣ

ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΕΠΑΦΗ

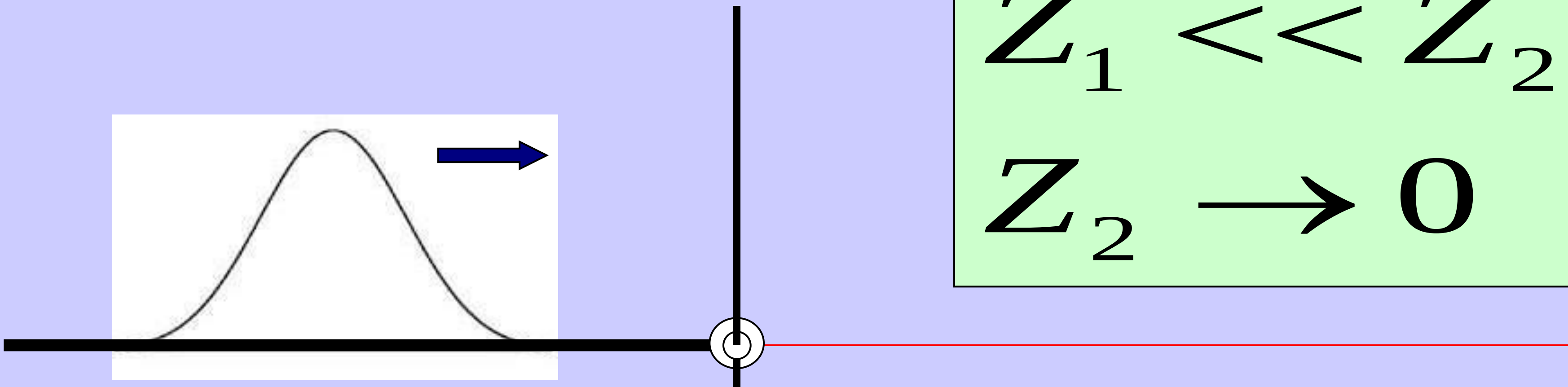
ΜΕ ΤΟΝ ΤΟΙΧΟ.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ

ΑΝΑΚΛΑΣΗ - ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΜΕΡΟΣ ΙΙ

Κωνσταντίνος Ευταξίας



$$Z_1 << Z_2$$

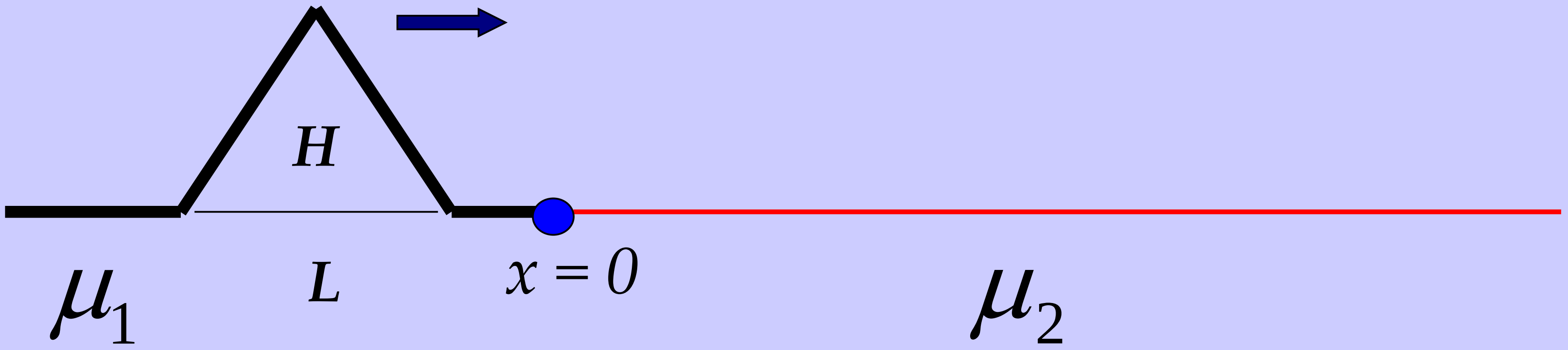
$$Z_2 \to 0$$

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = 1$$

$$T = 1 + R$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} = 2$$

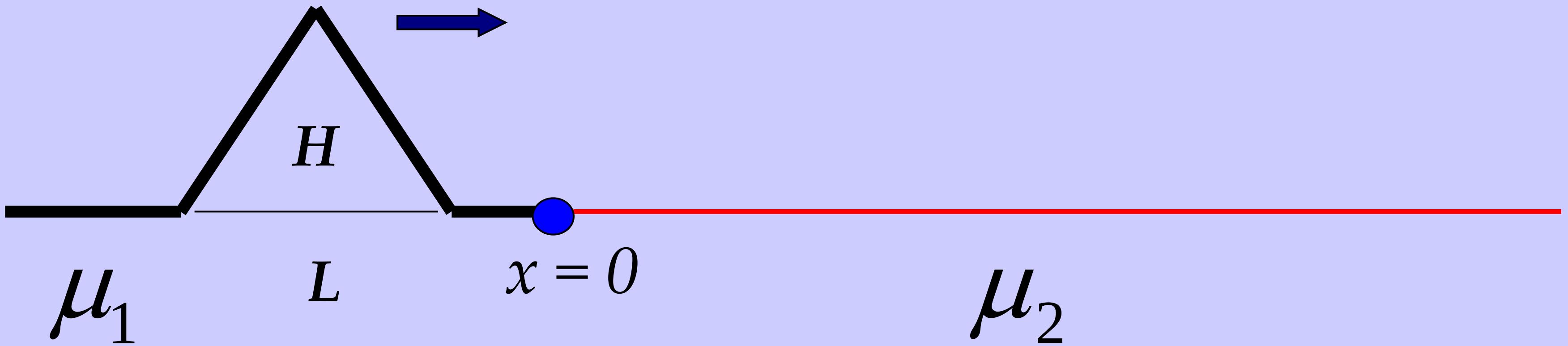
ΠΑΡΑΔΟΞΟ



$$\boxed{\mu_1 = 9\mu_2}$$

Στο σχήμα απεικονίζεται στιγμιότυπο από τη διάδοση τριγωνικού παλμού σε χορδή που τείνεται με δύναμη Τ και η πυκνότητά της μ διαφοροποιείται στη θέση x = 0.

Να γίνει η απεικόνιση της χορδής μετά την αποκατάσταση του ανακλώμενου και διαθλώμενου παλμού.



$$\mu_1 = 9\mu_2$$

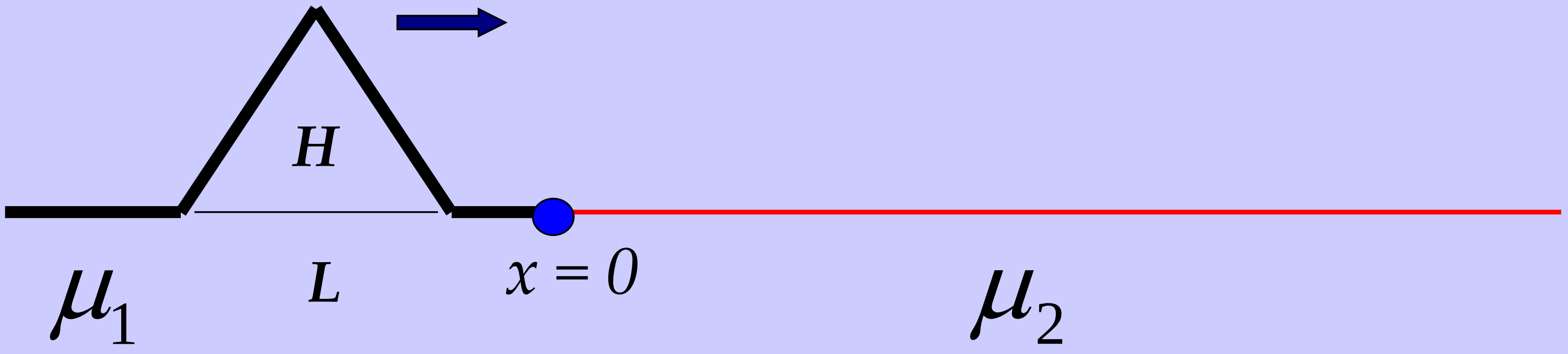
$$Z = \sqrt{T\mu}$$

$$Z_1 = 3Z_2$$

$$\mu_1 = 9\mu_2$$

$$\upsilon = \sqrt{\frac{\mathrm{T}}{\mu}}$$

$$\upsilon_2 = 3\upsilon_1$$



ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ
ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ Η ΕΥΡΕΣΗ:

1. ΤΗΣ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ-ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΥ.

2. ΤΗΣ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ-ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΥ.

3. ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟΥ-ΔΙΑΘΛΩΜΕΝΟΥ ΠΑΛΜΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑ $x = 0$.

1. ΕΥΡΕΣΗ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

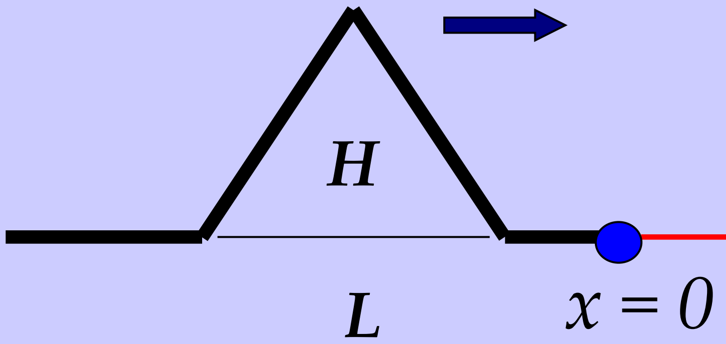
ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑ ΤΩΝ

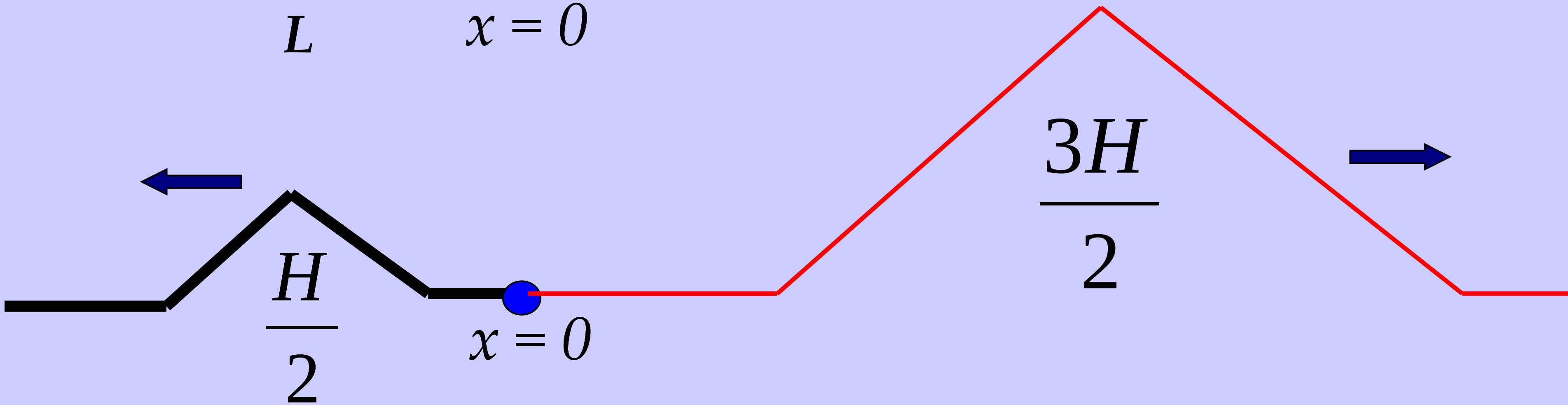
R ΚΑΙ T

ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ.

$$\mu_1 = 9\mu_2$$

$$Z_1 = 3Z_2$$





$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{3Z_2 - Z_2}{3Z_2 + Z_2} = \frac{1}{2}$$

Ο ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟΣ ΠΑΛΜΟΣ ΣΥΣΤΕΛΕΤΑΙ ΕΓΚΑΡΣΙΑ

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} = \frac{2 \cdot 3Z_2}{3Z_2 + Z_2} = \frac{3}{2}$$

Ο ΔΙΑΘΛΩΜΕΝΟΣ ΠΑΛΜΟΣ ΔΙΑΣΤΕΛΕΤΑΙ ΕΓΚΑΡΣΙΑ

2. ΕΥΡΕΣΗ

ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΟΤΑΝ Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΦΤΑΣΕΙ ΣΤΗΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑ $x = 0$

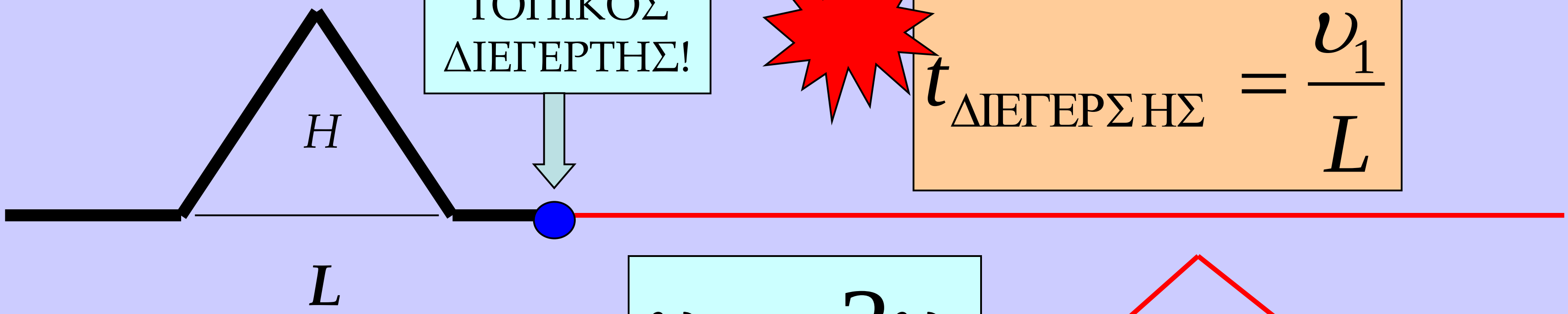
Η ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΕΠΕΧΕΙ ΘΕΣΗ «ΔΙΕΓΕΡΤΗ»

ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ

ΤΟΝ ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΔΙΑΘΛΩΜΕΝΟ

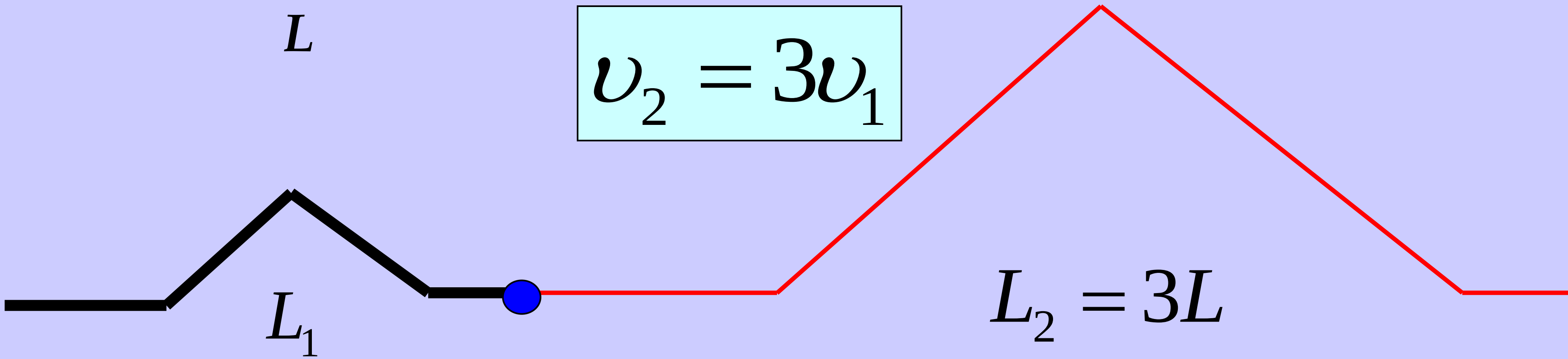
ΠΑΛΜΟ.

ΤΟΠΙΚΟΣ ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ!



$$t_{ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ} = \frac{\upsilon_1}{L}$$

$$\upsilon_2 = 3\upsilon_1$$



$$L_1 = \upsilon_1\left(\frac{L}{\upsilon_1}\right) = L$$

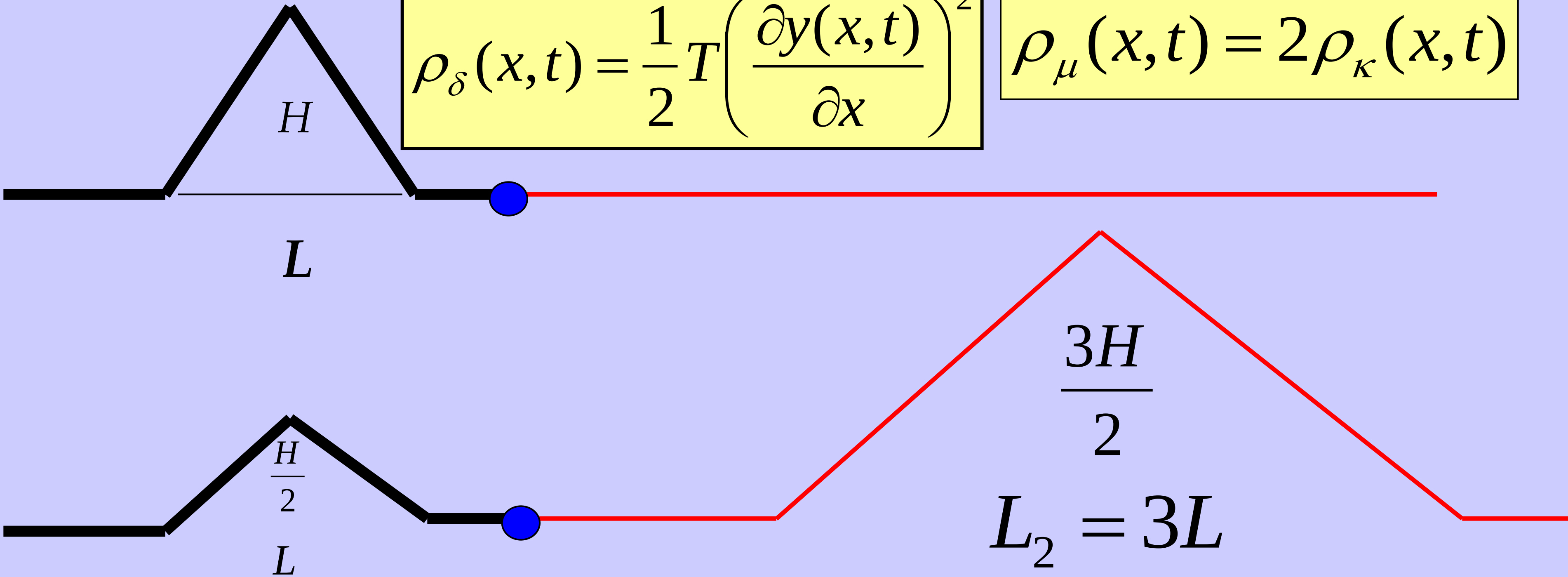
Η ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΗ
ΤΟΥ ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟΥ ΠΑΛΜΟΥ
ΔΕΝ ΑΛΛΟΙΩΝΕΤΑΙ.

$$L_2 = \upsilon_2\left(\frac{L}{\upsilon_1}\right) = 3L$$

ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗ
ΤΟΥ ΔΙΑΘΛΩΜΕΝΟΥ
ΠΑΛΜΟΥ.

$$\rho_{\delta}(x,t)=\frac{1}{2}T\left(\frac{\partial y(x,t)}{\partial x}\right)^{2}$$

$$\rho_{\mu}(x,t)=2\rho_{\kappa}(x,t)$$



ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟΣ:

**ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΥΣΤΟΛΗ 50%.
ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΜΗΚΟΥΣ .
ΜΕΙΩΣΗ ΚΛΙΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΝΤΑ.**

ΔΙΑΘΛΩΜΕΝΟΣ:

**ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗ 50%.
ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗ 300%.
ΜΕΙΩΣΗ ΚΛΙΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΝΤΑ.**

$$L_2 = \upsilon_2 \frac{L}{\upsilon_1} = 3L = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} L = \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}} L$$

$$\mu_1 > \mu_2$$

$$\mu_1 > \mu_2 \to H_t(\text{ΔΙΑΣΤΟΛΗ}) \to L_t(\text{ΔΙΑΣΤΟΛΗ})$$

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} \to \infty \to H_t(\max) = 2 \to L_t(\max) = \infty$$

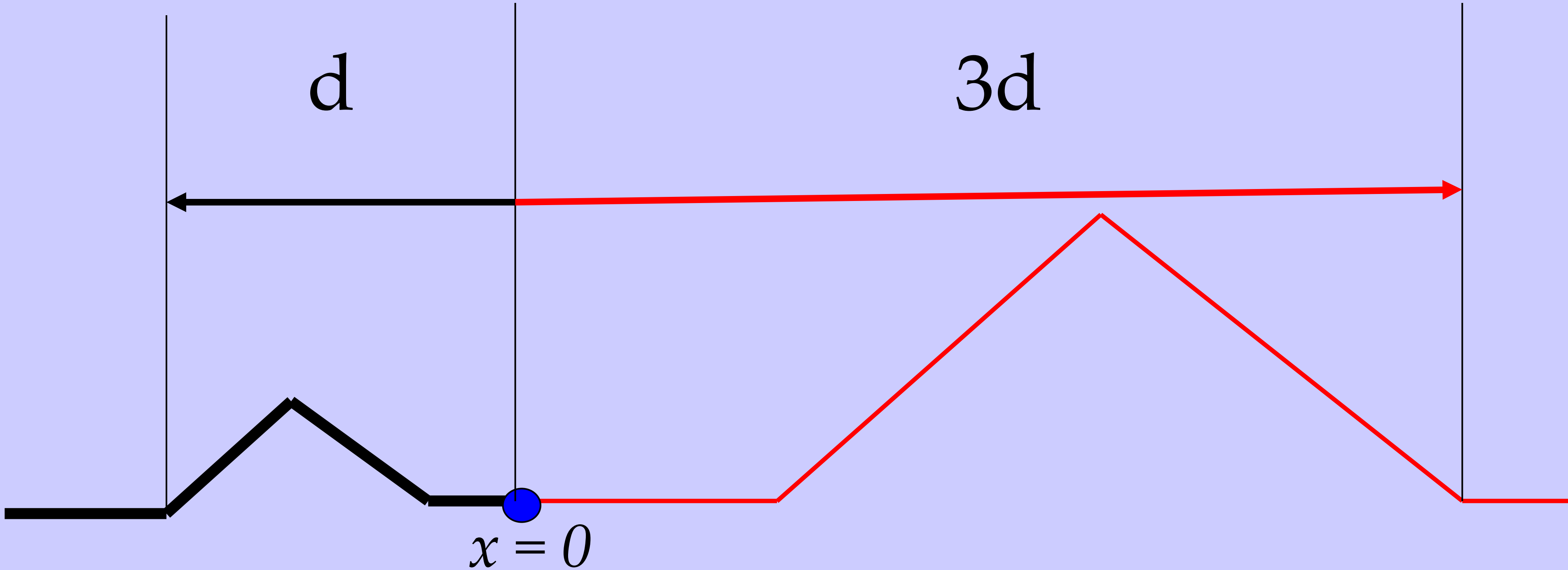
Η ΚΛΙΣΗ - ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
ΤΕΙΝΕΙ ΣΤΟ ΜΗΔΕΝ!

3. ΕΥΡΕΣΗ

ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑ

$$\upsilon_2 = 3\upsilon_1$$



$$\upsilon_2 = 3\upsilon_1$$

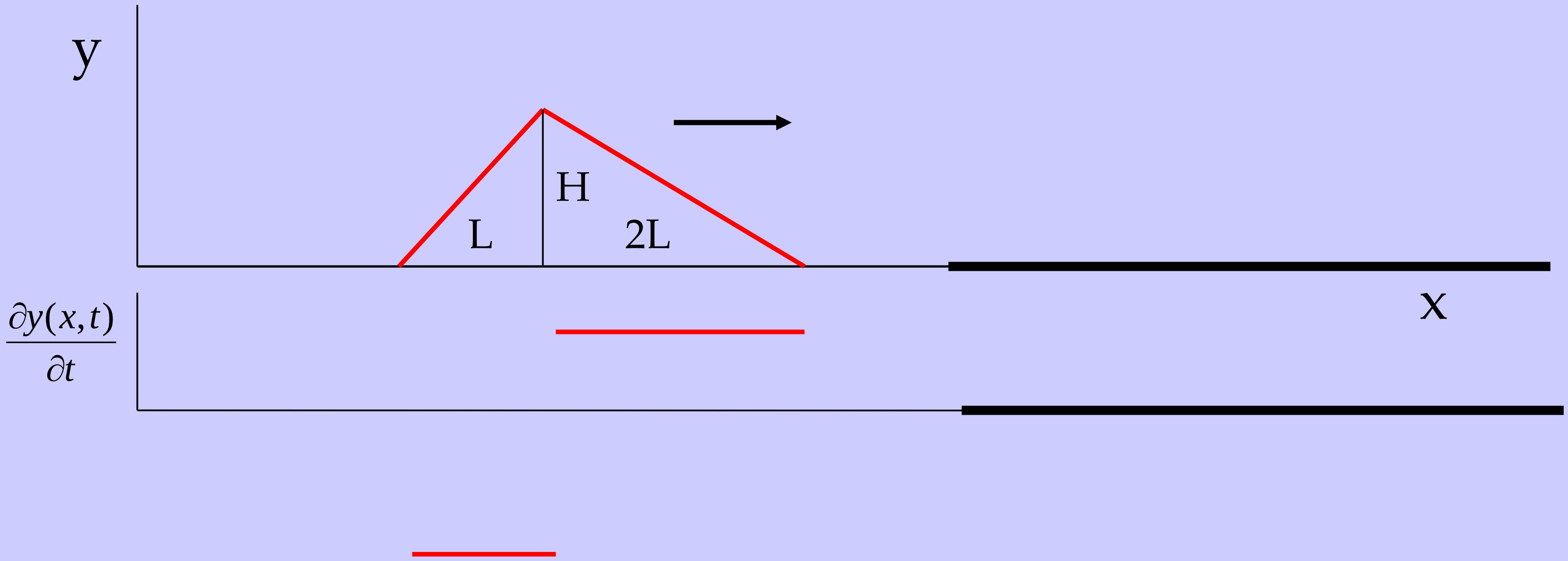
$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{\upsilon^2}\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2}$$

ΜΙΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΠΟΥ ΔΙΑΔΙΔΕΤΑΙ ΣΕ ΧΟΡΔΗ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΙ ΕΚΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ $y(x,t)$ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

$$s(x,t) = \frac{\partial y(x,t)}{\partial x}$$

$$u_y(x,t) = \frac{\partial y(x,t)}{\partial t}$$

ΝΑ ΑΠΟΔΕΙΧΘΕΙ ΟΤΙ ΟΙ ΔΥΟ ΑΥΤΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ.

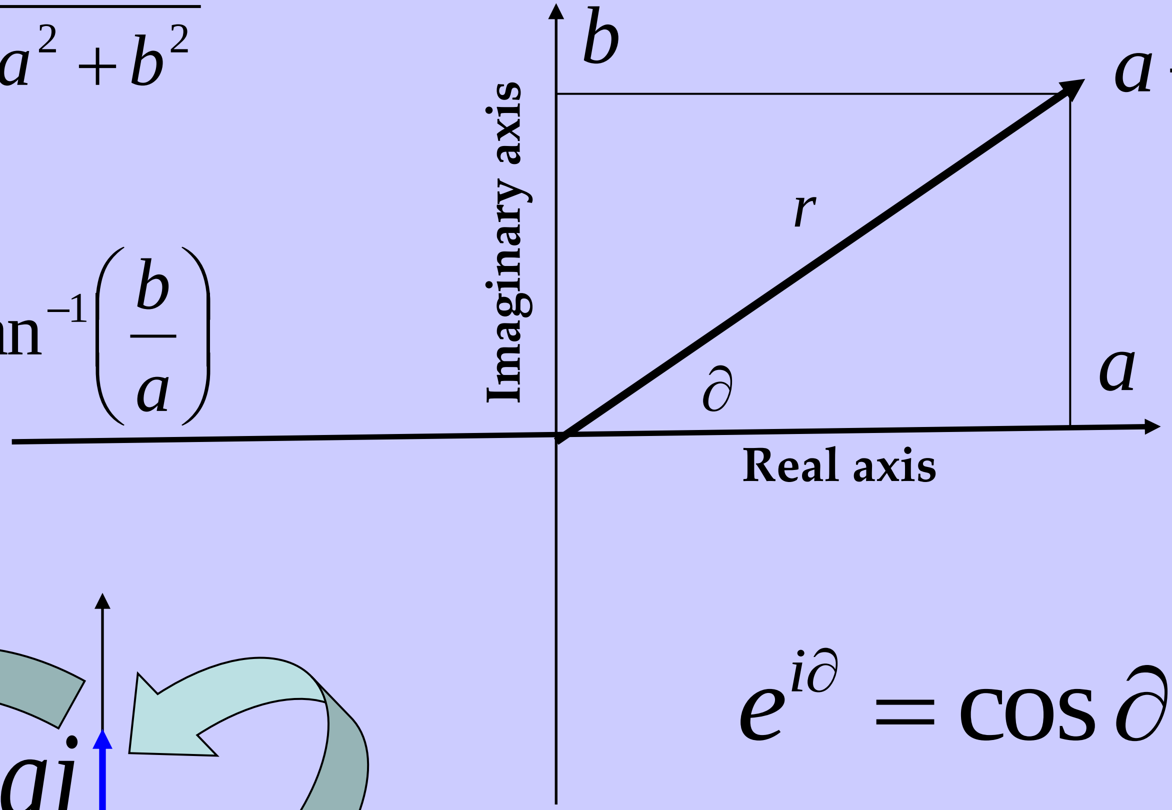


Στο πάνω σχήμα απεικονίζεται στιγμιότυπο παλμού που περογράφεται με την εγκάρσια απομάκρυνση. Στο κάτω σχήμα απεικονίζεται ο παλμός με την εγκάρσια ταχύτητα. Να δικαιολογηθεί η περιγραφή αυτή. Να αποδοθεί το στιγμιότυπο με την κλίση. Ο παλμός πέφτει σε ασυνέχεια δεξιά της οποίας η γραμμική πυκνότητα είναι μεγαλύτερη 9 φορές. Να περιγραφούν ο ανακλώμενος και διαθλώμενος παλμός με τις ποσότητες y(x,t), s(x,t), u(x,t). Διατηρείται το πρόσημο των R, T και για τις τρεις περιγραφές;

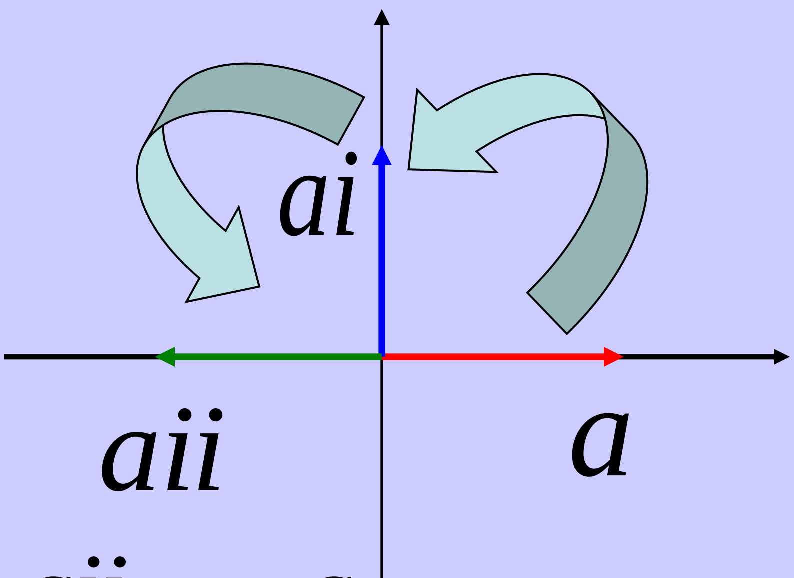
Η ΜΙΓΑΔΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

$$r = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\partial = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$



$$a + bi = re^{i\partial}$$



$$aii = -a$$

$$e^{i\partial} = \cos\partial + i\sin\partial$$

$$re^{i\partial} = a + bi =$$

$$= \sqrt{a^2 + b^2}(\cos\partial + i\sin\partial)$$

$$ii = i^2 = -1$$

ΤΙ ΣΗΜΑΙΝΕΙ R = -1

ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟΥ ΕΙΝΑΙ ΙΣΟ ΜΕ ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΝΤΟΣ ΑΛΛΑ Η ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΕΧΕΙ ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΑΣΗΣ π ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑ ΑΝΤΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ.

$$R = -1 = re^{i\partial}$$

$$r = \sqrt{(-1)^2 + 0^2} = 1$$

$$\sin\partial = \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{0}{1} = 0$$

$$\cos\partial = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{-1}{1} = -1$$

$$\partial = \pi$$

ΑΣ
ΥΠΟΘΕΣΟΥΜΕ
ΟΤΙ:

$$T = 1 + i$$

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ
Η ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥ
ΣΗΜΑΣΙΑ;

$$T = 1 + i = re^{i\partial}$$

$$r = \sqrt{(1)^2 + (1)^2} = \sqrt{2}$$

$$\sin\partial = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cos\partial = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\partial = \frac{\pi}{4}$$

$$e^{i\partial} = \cos\partial + i\sin\partial$$

$$y(x,t) = A\sigma\upsilon\nu\,(\omega t - kx)$$

$$y(x,t) = \mathrm{Re}\{Ae^{i(\omega t - kx)}\}$$

$$y(x,t) = A\eta\mu(\omega t - kx)$$

$$y(x,t) = \mathrm{Im}\{Ae^{i(\omega t - kx)}\}$$

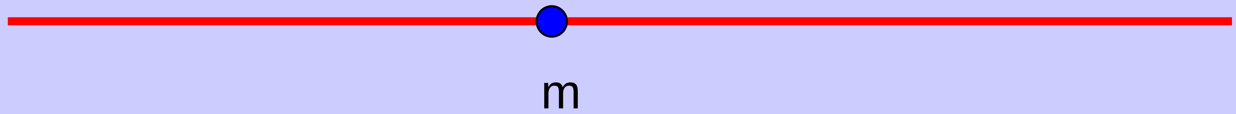
$$e^{i\partial} = \cos\partial + i\sin\partial$$

$$y(x,t) = Ae^{i(\omega t - kx)} =$$

$$= A\sigma\upsilon\nu(\omega t - kx) + i\eta\mu(\omega t - kx)$$

ΛΑΘΟΣ!

ΕΦΑΡΜΟΓΗ



Σημειακή μάζα m βρίσκεται βρίσκεται σε σημείο χορδής που έχει γραμμική πυκνότητα μ και τείνεται με δύναμη T. Εγκάρσιο αρμονικό κύμα προσπίπτει από τα αριστερά στη σημειακή μάζα. Συμβαίνει ανάκλαση- διάθλαση. Η πληροφορία είναι ότι οι συντελεστές R και T δίδονται από τους:

$$\boxed{\frac{iq}{2-iq}} \quad (1) \qquad \boxed{\frac{2}{2-iq}} \quad (2) \qquad \text{όπου} \qquad \boxed{q=\frac{m\omega^2}{kT}}$$

δεν γνωρίζουμε όμως την αντιστοιχία των δύο εκφράσεων (1) και (2) στους συντελεστές R και T.

$$\frac{iq}{2-iq} \quad (1) \qquad \frac{2}{2-iq} \quad (2) \qquad q=\frac{m\omega^2}{kT}$$

1. Να γίνει η αντιστοίχηση των (1) και (2) στους R και T.
Να αναφερθείτε στις οριακές περιπτώσεις:
(i) Η μάζα m γίνεται πολύ μεγάλη.
(ii) Η μάζα m τείνει να γίνει μηδενική.
(iii) Η συχνότητα ω γίνεται πολύ μεγάλη.

2. Τι σημαίνει ότι οι συντελεστές R, T είναι μιγαδικοί;
Ενδιαφέρον έχει ότι το μικρού πλάτους διαθλώμενο κύμα έχει διαφορά φάσης π/2 ως προς το προσπίπτον κύμα.

$$\frac{iq}{2-iq} \quad (1) \qquad \frac{2}{2-iq} \quad (2) \qquad q = \frac{m\omega^2}{kT}$$

1. Να γίνει η αντιστοίχηση των (1) και (2) στους R και T.
Να αναφερθείτε στις οριακές περιπτώσεις:
(i) Η μάζα m γίνεται πολύ μεγάλη.

T = 0   R = -1.

$$\frac{iq}{2-iq} \quad (1)$$

$$\frac{2}{2-iq} \quad (2)$$

$$q = \frac{m\omega^2}{kT}$$

1. Να γίνει η αντιστοίχηση των (1) και (2) στους R και T.
Να αναφερθείτε στις οριακές περιπτώσεις:
(ii) Η μάζα m γίνεται πολύ μικρή.

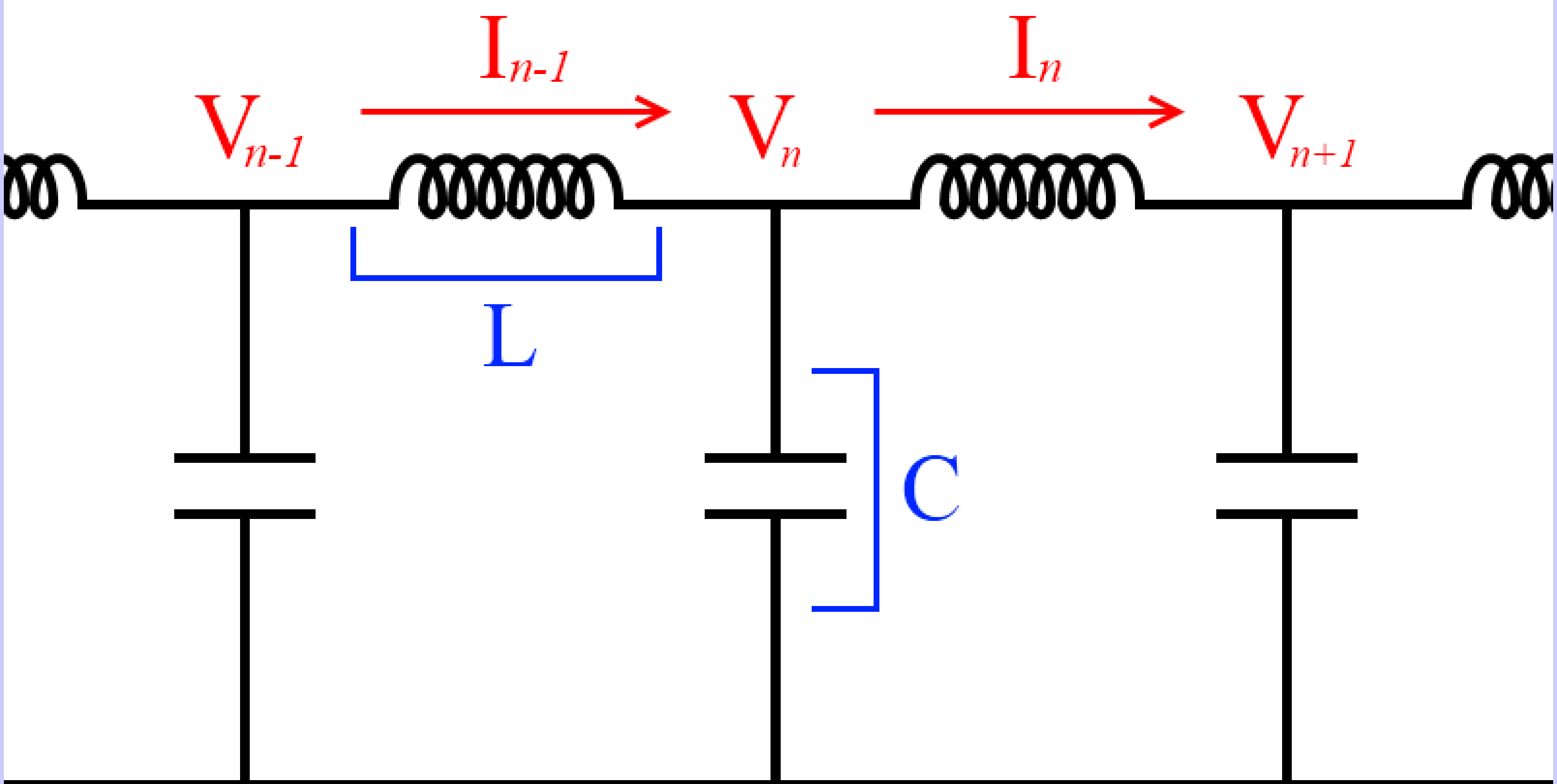
T = 1 R = 0.

$$\frac{iq}{2-iq} \quad (1) \qquad \frac{2}{2-iq} \quad (2) \qquad q = \frac{m\omega^2}{kT}$$

1. Να γίνει η αντιστοίχηση των (1) και (2) στους R και T.
Να αναφερθείτε στις οριακές περιπτώσεις:

(iii) Η συχνότητα ω γίνεται πολύ μεγάλη.

T = 0 R = -1.



ΣΤΗ ΧΟΡΔΗ

ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΜΟΝΟ ΤΗ ΧΟΡΔΗ;

D $\Longrightarrow$ 1/C

m $\Longrightarrow$ L

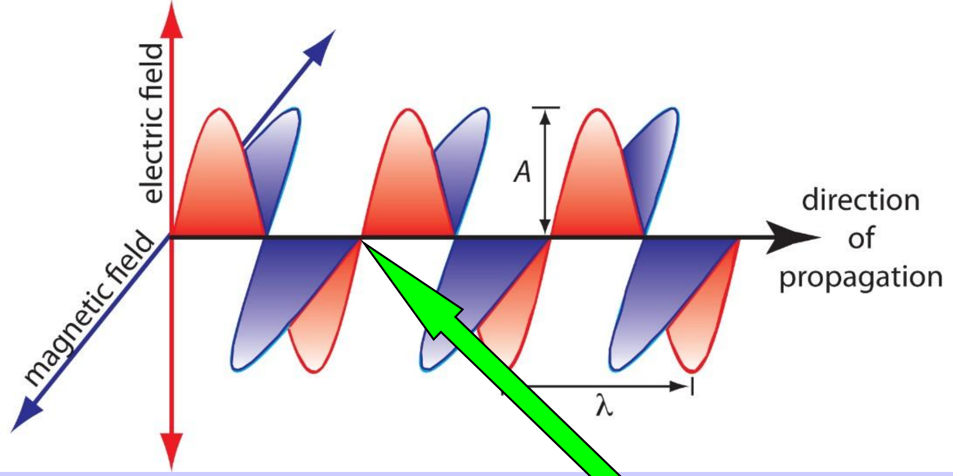
$$\Delta.E = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \qquad \Delta.E = \frac{1}{2}D(\Delta x)^2$$

Η ΕΝΔΟΓΕΝΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗ

ΑΠΟΥΣΙΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ

ΣΤΗ ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ

ΕΙΝΑΙ ΠΑΝΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ;



ΔΙΗΛΕΚΤΙΚΟ

μ, ε, σ = 0 ή σ << ωε

$$Z = \frac{E_x(z,t)}{H_y(z,t)} = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$$

$$E_\chi(z,t) = Z \cdot H_y(z,t)$$

$$Z = \sqrt{\mu \cdot \frac{1}{\varepsilon}} = \sqrt{\text{ΑΔΡΑΝΕΙΑ} \cdot \text{ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ}}$$

$$U = \frac{1}{2} D x^2$$

$$D \to \frac{1}{C}$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

ΑΓΩΓΙΜΟ ΥΛΙΚΟ

$\sigma \gg \omega\varepsilon$

ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ

ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ ΧΑΝΕΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.

$$\vec{j} = \sigma\vec{E}$$

ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΓΕΓΟΝΟΣ ΑΥΤΟ ΣΤΗΝ

ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ;

ΑΓΩΓΙΜΟ ΥΛΙΚΟ

σ >> ωε

$$Z=\sqrt{\frac{\omega\mu i}{\sigma}}$$

$$e^{i\phi}=\cos\phi+i\sin\phi$$

$$e^{i\frac{\pi}{2}}=\cos\frac{\pi}{2}+i\sin\frac{\pi}{2}$$

$$Z=\sqrt{\frac{\omega\mu}{\sigma}}\cdot e^{i\frac{\pi}{4}}$$

$$e^{i\frac{\pi}{2}}=i$$

$$e^{i\frac{\pi}{4}}=\sqrt{i}$$

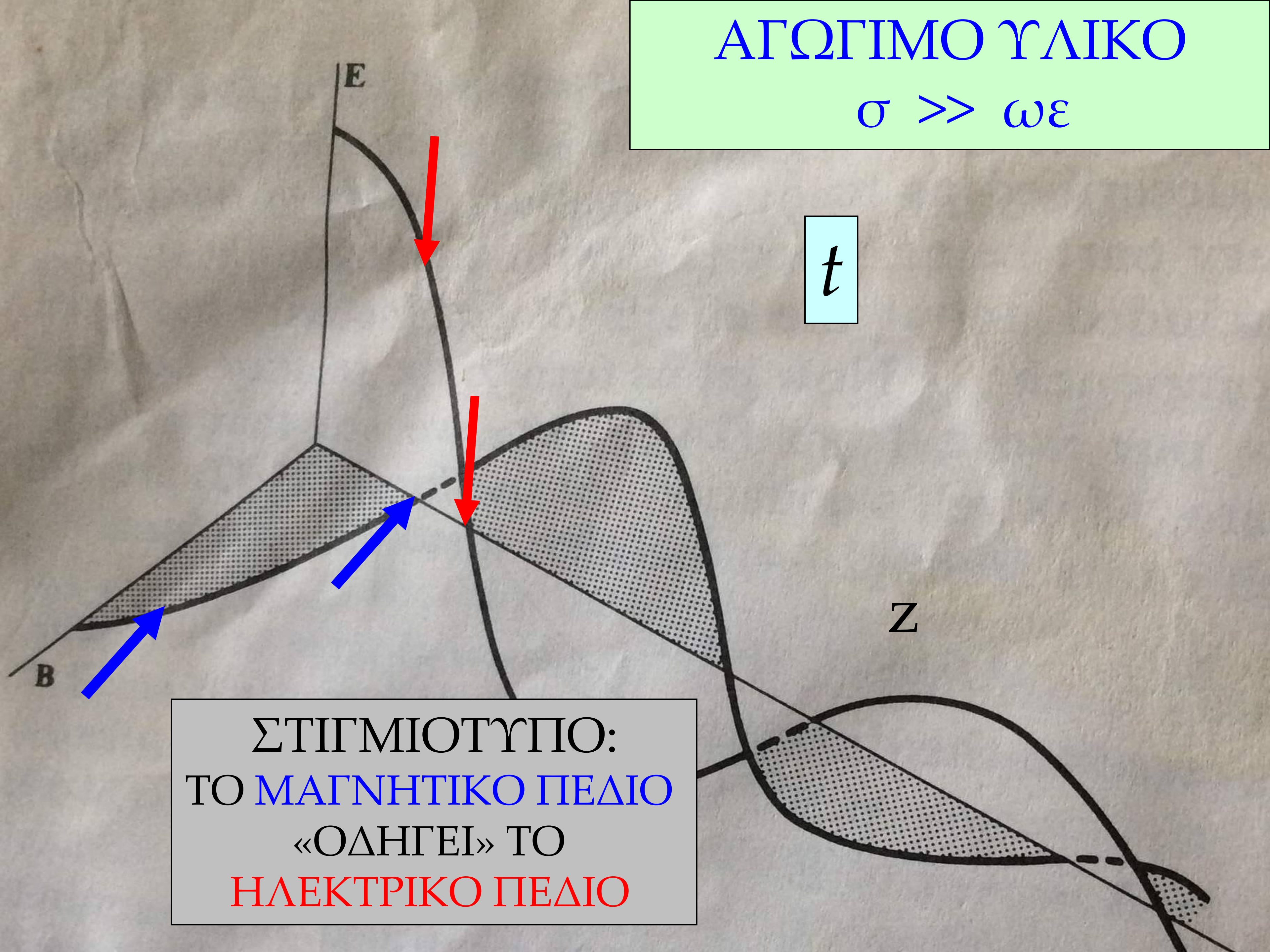
Η ΕΝΔΟΓΕΝΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗ
ΕΙΝΑΙ
ΜΙΓΑΔΙΚΗ!
ΤΙ ΣΗΜΑΙΝΕΙ ΑΥΤΟ;
ΑΠΟΜΥΘΟΠΟΙΕΙΤΑΙ
ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ!

ΣΕ ΕΝΑ ΣΗΜΕΙΟ:

ΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΘΥΣΤΕΡΕΙ ΝΑ ΠΑΡΕΙ
ΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ
ΜΕ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ.

ΣΕ ΕΝΑ ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ:

ΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ «ΟΔΗΓΕΙ»
ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ.



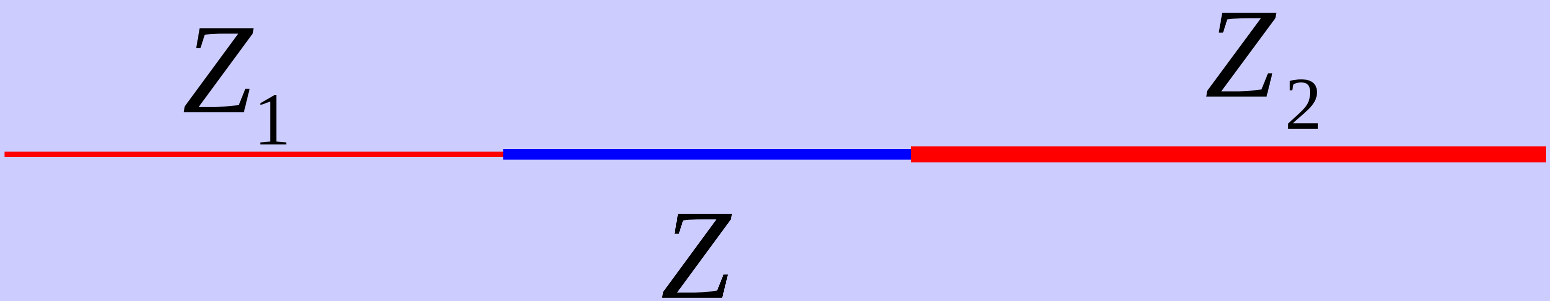
ΑΓΩΓΙΜΟ ΥΛΙΚΟ
σ >> ωε
E
B
t
z
ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ:
ΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ
«ΟΔΗΓΕΙ» ΤΟ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

ΑΙΤΗΜΑ:

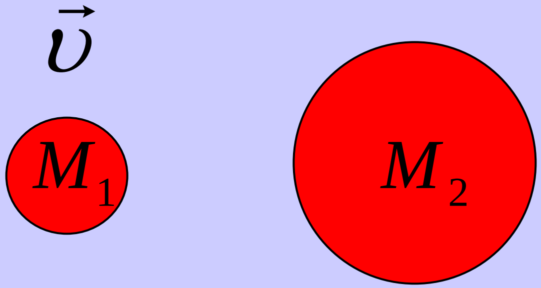
Η ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ

THE PRINCIPLE OF

IMPEDANCE MATCHING



ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ!



ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΡΟΥΣΗ
ΤΑ ΣΩΜΑΤΑ ΑΠΟΚΤΟΥΝ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ

$u_1 \quad u_2$

ΕΙΝΑΙ:

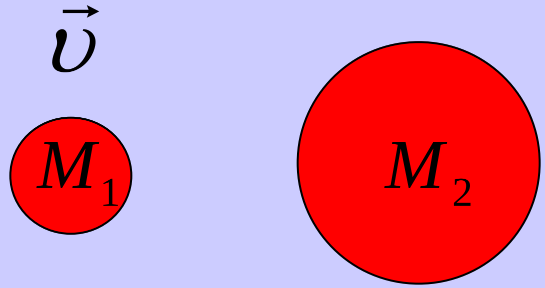
$$R = \frac{u_1}{\upsilon} = \frac{\mathrm{M}_1 - \mathrm{M}_2}{\mathrm{M}_1 + \mathrm{M}_2}$$

$$T = \frac{u_2}{\upsilon} = \frac{2\mathrm{M}_1}{\mathrm{M}_1 + \mathrm{M}_2}$$

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

ΟΙ ΜΑΖΕΣ ΠΑΙΖΟΥΝ ΤΟ ΡΟΛΟ ΤΩΝ ΕΜΠΕΔΗΣΕΩΝ!



ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΡΟΥΣΗ
ΤΑ ΣΩΜΑΤΑ ΑΠΟΚΤΟΥΝ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ

$$R = \frac{u_1}{\upsilon} = \frac{\mathrm{M}_1 - \mathrm{M}_2}{\mathrm{M}_1 + \mathrm{M}_2}$$

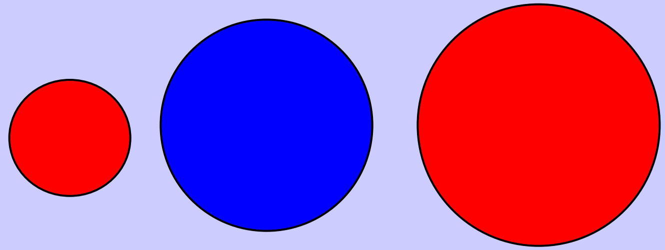
$$T = \frac{u_2}{\upsilon} = \frac{2\mathrm{M}_1}{\mathrm{M}_1 + \mathrm{M}_2}$$

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

ΠΟΤΕ ΜΕΤΑΒΙΒΑΖΕΤΑΙ ΟΛΗ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ
ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΣΦΑΙΡΑ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ;
ΠΟΤΕ ΜΕΤΑΦΕΡΕΤΑΙ ΟΛΗ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ
ΑΠΟ ΕΝΑ ΜΕΣΟ ΣΕ ΑΛΛΟ;

$$R = \frac{u_1}{\upsilon} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2}$$

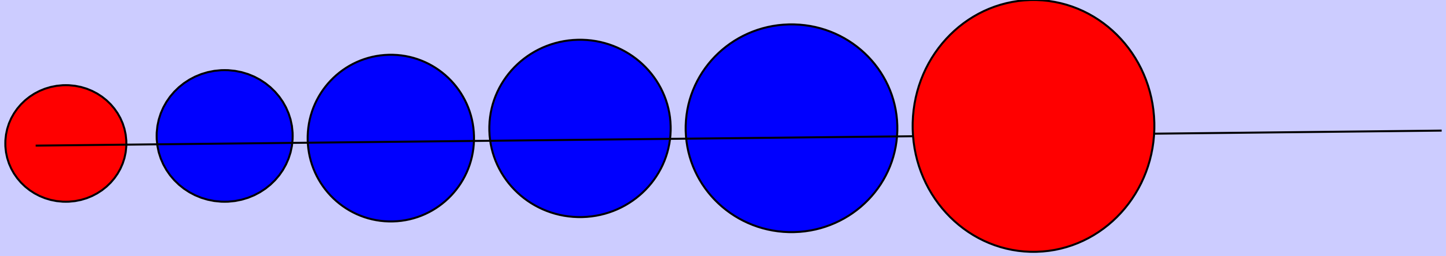


$$T = \frac{u_2}{\upsilon} = \frac{2M_1}{M_1 + M_2}$$

ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΟ ΝΑ ΜΕΤΑΦΕΡΘΕΙ
ΟΛΗ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ
ΑΠΟ ΤΗ ΠΡΩΤΗ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΦΑΙΡΑ
ΑΝ ΟΙ ΜΑΖΕΣ ΤΟΥΣ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ.

ΑΝ Η ΣΥΝΘΗΚΗ ΑΥΤΗ ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ, Η ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΣΦΑΙΡΑ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΣΦΑΙΡΩΝ ΤΡΙΤΗΣ ΜΕ ΜΑΖΑ:

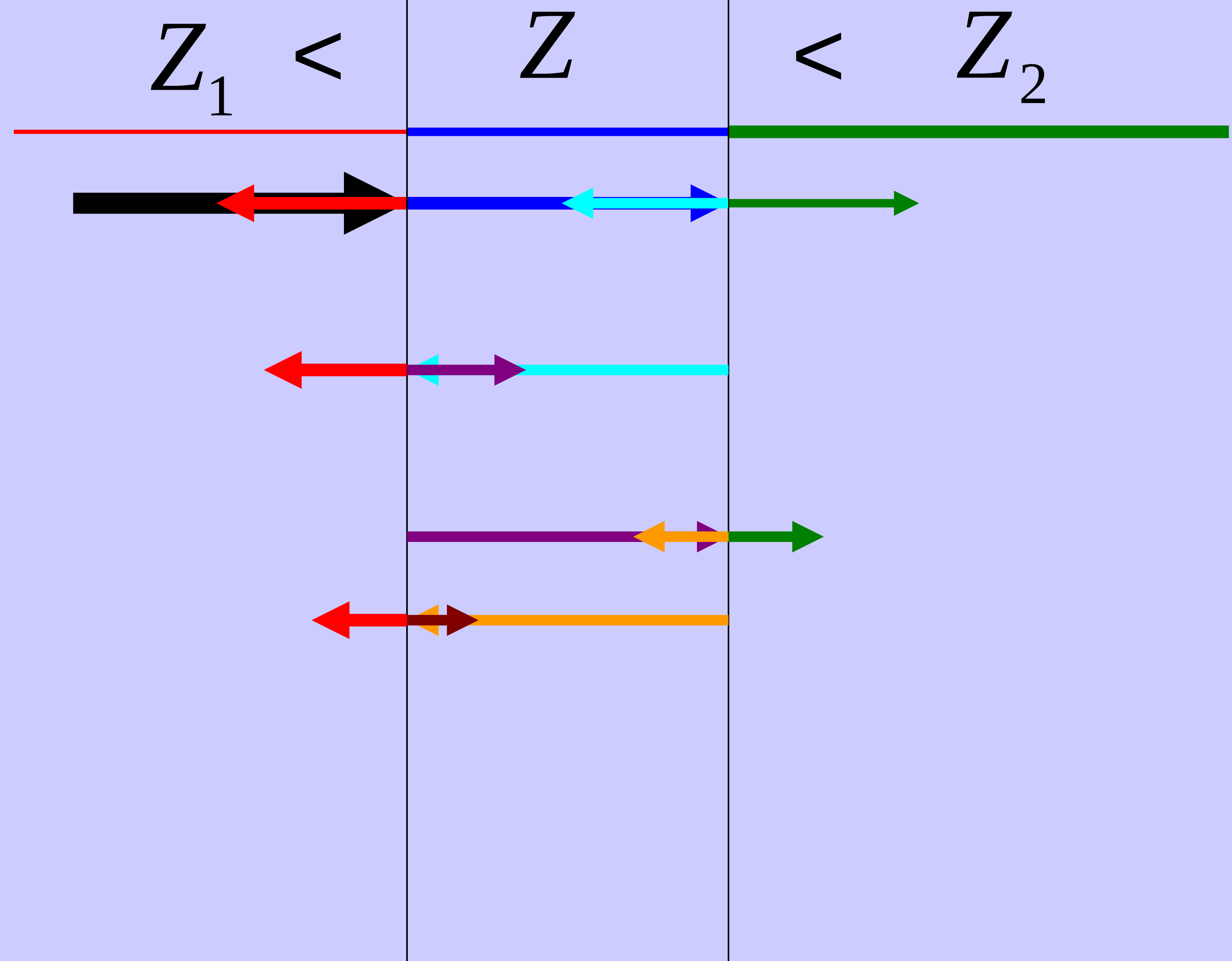
$$\boxed{M = \sqrt{M_1 \cdot M_2}}$$



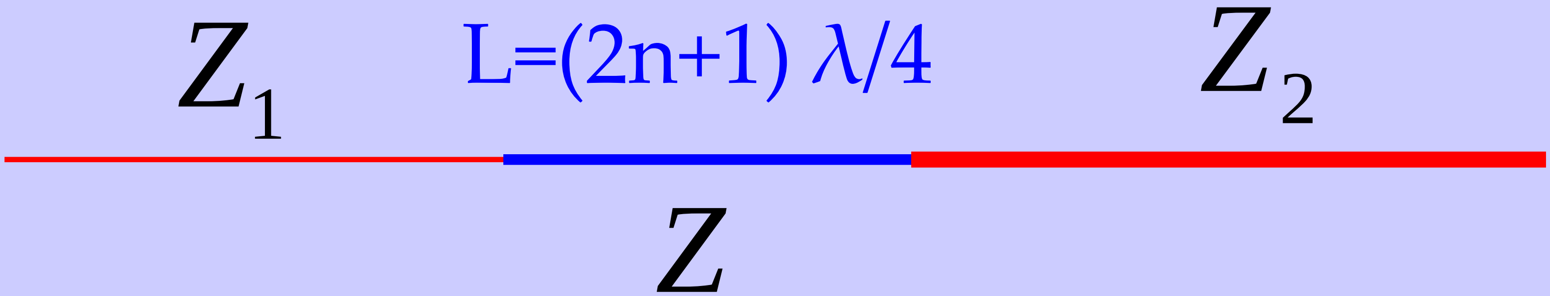
ΤΟ ΙΔΙΟ ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΣΕ ΝΑ ΣΥΜΒΕΙ ΑΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΣΦΑΙΡΩΝ ΓΙΝΟΤΑΝ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΠΛΗΘΟΥΣ ΣΦΑΙΡΩΝ ΠΟΥ Η ΜΑΖΑ ΤΟΥΣ ΘΑ ΑΥΞΑΝΟΤΑΝ ΓΡΑΜΜΙΚΑ

$$M_1 \longrightarrow M_2$$

ΣΥΜΦΩΝΕΙΤΑΙ;



$Z_1 < Z < Z_2$



$$\boxed{Z = \sqrt{Z_1 \cdot Z_2}}$$

ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ

ΜΕΣΩΝ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

ΠΟΥ Η ΕΜΠΕΔΗΣΗ ΤΟΥΣ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ΒΑΘΜΙΑΙΑ.


ΣΕ 2 ΛΕΠΤΑ ΤΑ ΣΒΗΝΩ

Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών, Κωνσταντίνος Ευταξίας 2015. «Εισαγωγή στην Κυματική. Εμπέδηση». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: http://opencourses.uoa.gr/courses/PHYS11/

Σημείωμα Αδειοδότησης

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Οι Εικόνες, τα Σχήματα, τα Διαγράμματα και οι Φωτογραφίες που χρησιμοποιούνται στο παρόν έργο αποτελούν αντικείμενο πνευματικής ιδιοκτησίας (copyright)