ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ

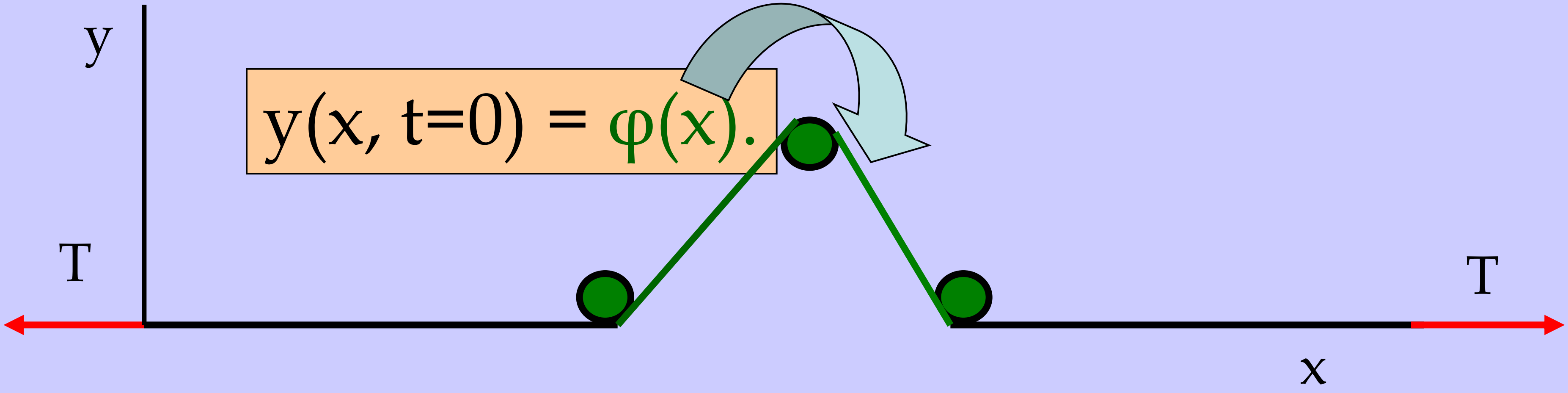
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΕΥΤΑΞΙΑΣ

ΤΟ ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ:

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ

ΜΙΑΣ ΙΔΙΑΖΟΥΣΑΣ

ΑΡΧΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ



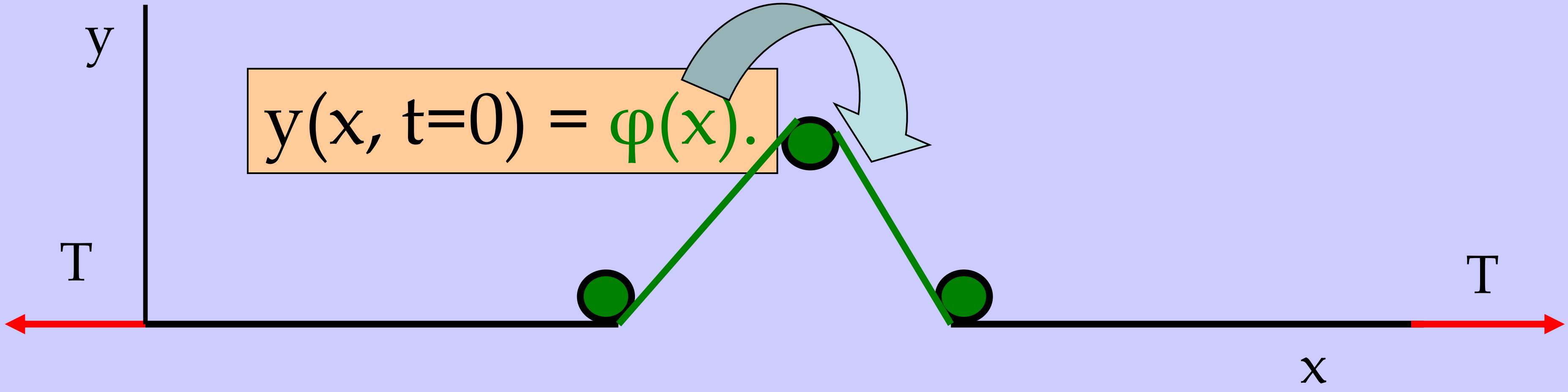
Σε χορδή έχει δοθεί το περίγραμμα $y(x, t=0) = \varphi(x)$.

Ο μηχανισμός που δίνει το περίγραμμα αποσύρεται απότομα τη χρονική στιγμή $t=0$.

Ποιά εξίσωση $y(x,t)$ περιγράφει τη διαταραχή που θα διαδοθεί στη χορδή;

Η γενική λύση είναι:

$$y(x,t) = f(x - \upsilon t) + g(x + \upsilon t)$$

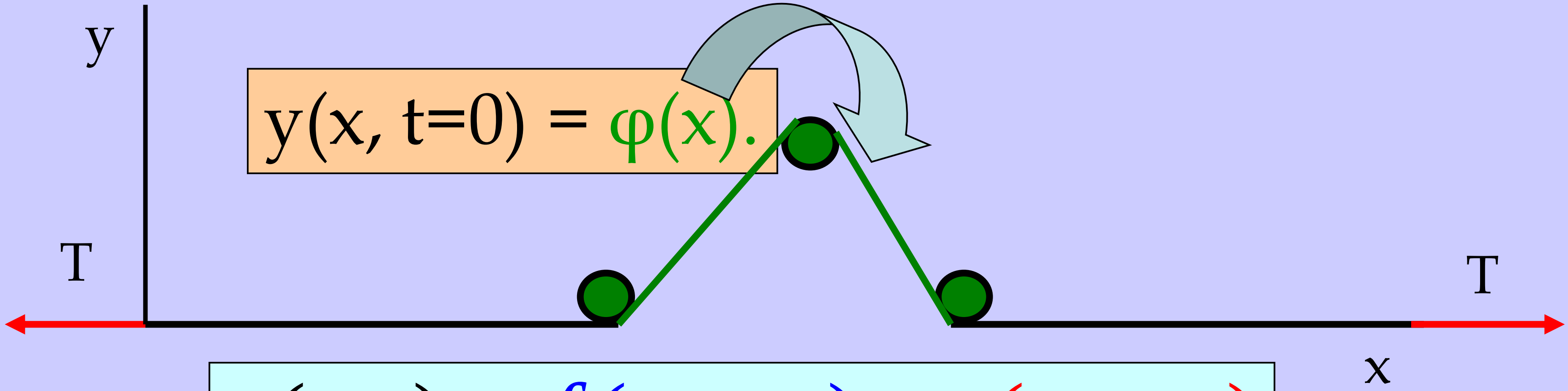


$$y(x,t) = f(x - \upsilon t) + g(x + \upsilon t)$$

ΓΙΑ ΛΟΓΟΥΣ

ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ

ΤΑ ΚΥΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΔΙΑΔΟΘΟΥΝ
ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΕΞΙΑ ΚΑΙ ΑΡΙΣΤΕΡΑ
ΘΑ ΕΧΟΥΝ ΤΟ ΙΔΙΟ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ



$$y(x,t) = f(x-\upsilon t) + g(x+\upsilon t)$$

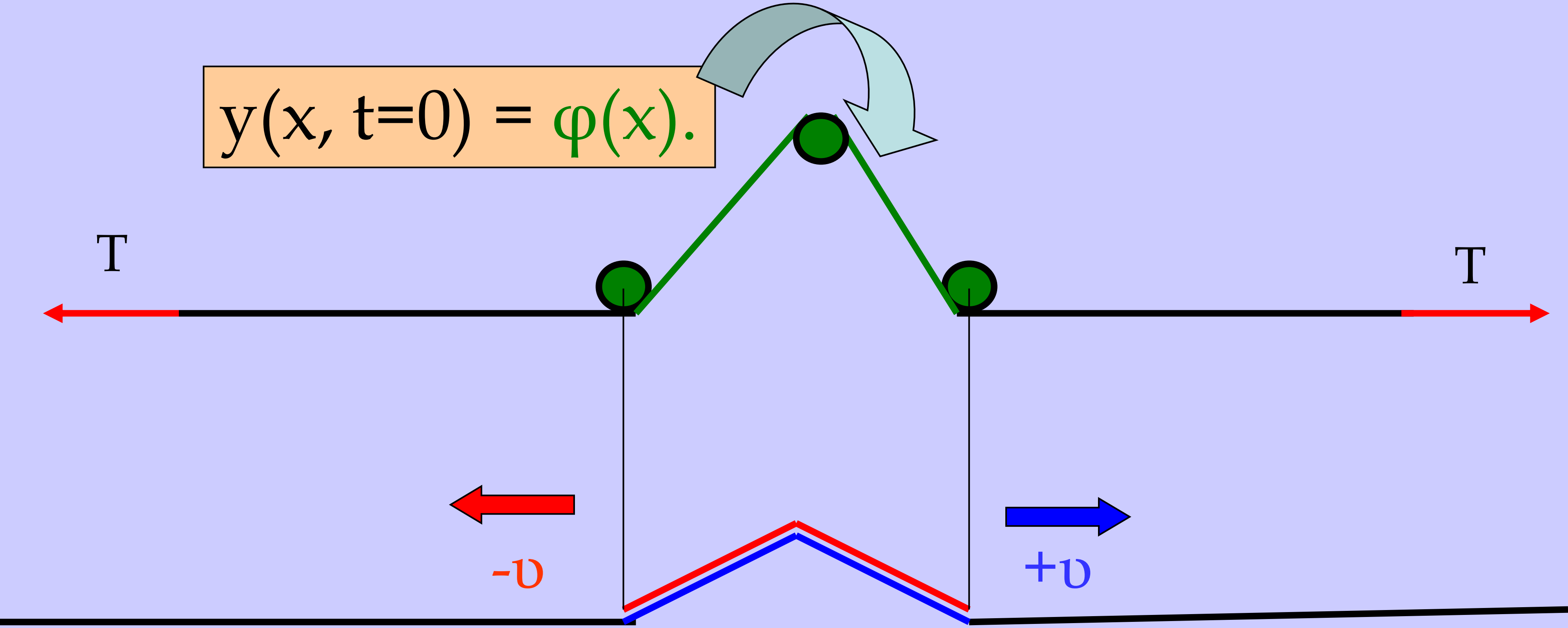
ΓΙΑ t = 0

$$y(x, t=0) = \phi(x) = f(x, t=0) + g(x, t=0$$

ΓΙΑ ΛΟΓΟΥΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ ΕΙΝΑΙ:

$$f(x,t=0) = g(x,t=0) = \frac{1}{2}\phi(\chi)$$

$y(x, t=0) = \varphi(x).$



$$f(x, t=0) = g(x, t=0) = \frac{1}{2}\phi(\chi)$$

$$y(x,t) = \frac{1}{2}\varphi(x - \upsilon t) + \frac{1}{2}\varphi(x + \upsilon t)$$

ΜΙΑ ΙΔΙΑΖΟΥΣΑ

ΑΡΧΙΚΗ

ΧΩΡΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

ΤΟ ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ

Σε χορδή έχει δοθεί το περίγραμμα:

$$y(x,t=0)=\phi(x)=a\cos 2\pi\frac{x}{\lambda}$$

ΤΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΙ Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ λ;

ΤΗ ΧΩΡΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ.

Ποιά εξίσωση y(x,t)
περιγράφει τη διαταραχή που αποκαθίσταται στη χορδή
μετά την απόσυρση του μηχανισμού;

$$y(x,t) = f(x - \upsilon t) + g(x + \upsilon t)$$

$$\underline{f(x, t=0)} = \underline{g(x, t=0)} = \frac{1}{2}\phi(\chi)$$

$$y(x, t=0) = \phi(x) = a\cos 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

$$y(x,t) = \frac{1}{2}\varphi(x - \upsilon t) + \frac{1}{2}\varphi(x + \upsilon t)$$

$$y(x,t=0)=\phi(x)=a\cos 2\pi\frac{x}{\lambda}$$

$$y(x,t)=\frac{1}{2}a\cos\{\frac{2\pi}{\lambda}(x-\upsilon t)\}+\frac{1}{2}a\cos\{\frac{2\pi}{\lambda}(x+\upsilon t)\}$$

$$y(x,t)=a\cos\{\frac{2\pi x}{\lambda}\}\cos\{-\frac{2\pi\upsilon t}{\lambda}\}$$

$$T=\frac{\lambda}{\upsilon}$$

$$y(x,t)=a\cos\{2\pi\frac{x}{\lambda}\}\cos\{2\pi\frac{t}{\mathrm{T}}\}$$

$$y(x,t)=\underline{\frac{1}{2}a\cos\{\frac{2\pi}{\lambda}(x-\upsilon t)\}}+\underline{\frac{1}{2}a\cos\{\frac{2\pi}{\lambda}(x+\upsilon t)\}}$$

ΕΧΟΥΜΕ ΔΙΑΔΟΣΗ ΔΥΟ ΚΥΜΑΤΩΝ

Η ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ ΤΟΥΣ ΕΙΝΑΙ:

$$y(x,t)=\boxed{a\cos\{2\pi\frac{x}{\lambda}\}}\boxed{\cos\{2\pi\frac{t}{\mathrm{T}}\}}$$

ΤΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΙ

Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΑΥΤΗ ;

$$y(x,t) = \boxed{a\cos\{2\pi \frac{x}{\lambda}\}}\,\boxed{\cos\{2\pi \frac{t}{\mathrm{T}}\}}$$

Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΑΥΤΗ
ΕΙΝΑΙ ΚΥΜΑ;

ΟΔΕΥΟΝ ΚΥΜΑ:

$$y(x,t) = f(x - \upsilon t)$$

$$y(x,t) = a\cos\{2\pi(\frac{t}{\mathrm{T}} - \frac{x}{\lambda})\}$$

ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ!

$$y(x,t) = a\cos\{2\pi\frac{x}{\lambda}\}\cos\{2\pi\frac{t}{\mathrm{T}}\}$$

ΔΕΝ ΔΙΕΠΕΤΑΙ ΑΠΟ ΦΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

λ

ΟΔΕΥΟΝ ΚΥΜΑ!

$$\upsilon = \frac{\lambda}{\mathrm{T}}$$

$$y(x,t) = a\cos\{2\pi(\frac{t}{\mathrm{T}} - \frac{x}{\lambda})\}$$

«ΦΑΙΝΕΤΑΙ»
ΟΤΙ ΔΕΝ ΔΙΑΔΙΔΕΤΑΙ ΚΑΜΙΑ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ
ΟΥΤΕ ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΕΞΙΑ ΟΥΤΕ ΠΡΟΣ ΤΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ.
Η ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ ΤΩΝ ΔΥΟ ΟΔΕΥΟΝΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ
ΕΧΟΥΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΝΑ
ΣΤΑΣΙΜΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.
ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ!

$$y(x,t) = a\cos\{2\pi \frac{x}{\lambda}\}\cos\{2\pi \frac{t}{T}\}$$

$$x = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$$

ΔΕΣΜΟΙ

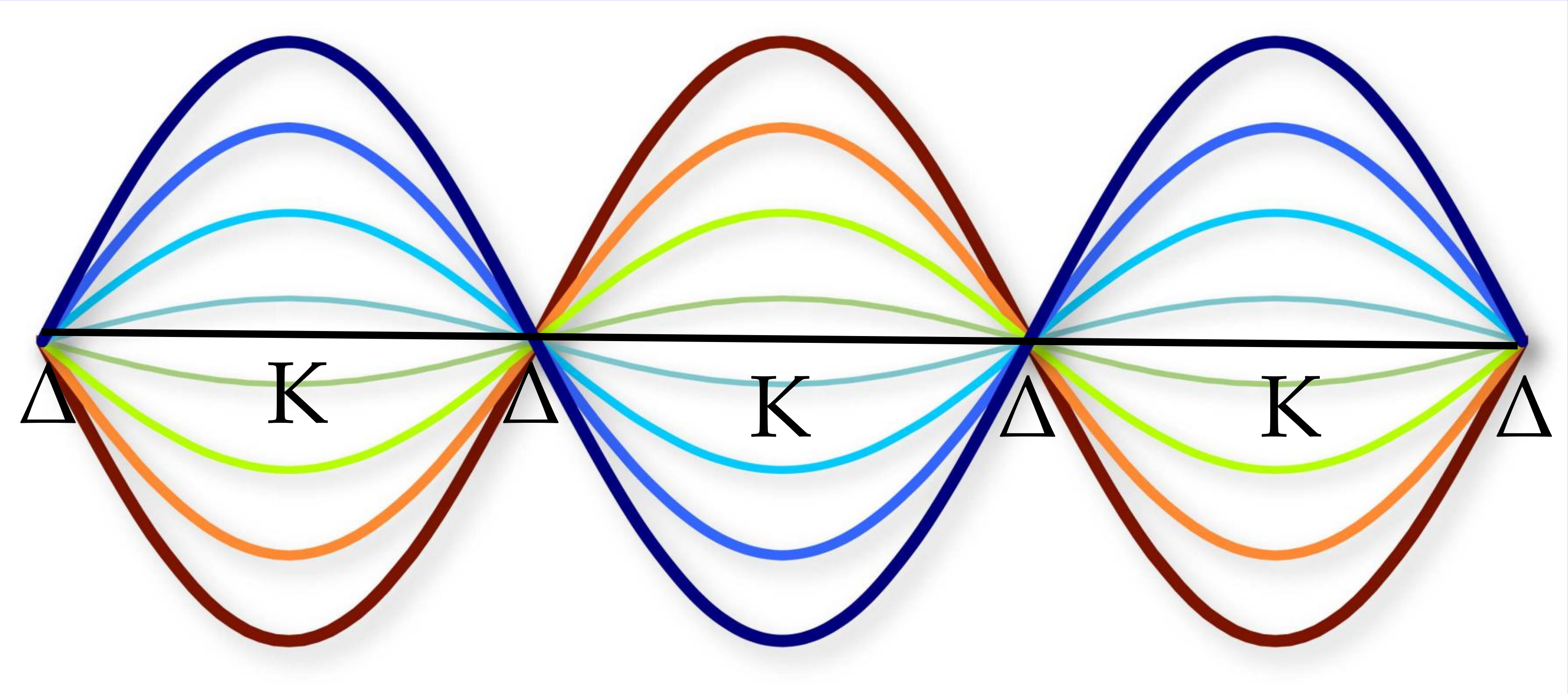
$$y(x_{x=(2n+1)\frac{\lambda}{4}}, t) = 0$$

n=. . . -2, -1, 0, +1, +2

$$x = (n+1)\frac{\lambda}{2}$$

ΚΟΙΛΙΕΣ

$$y(x_{x=(n+1)\frac{\lambda}{2}}, t) = \pm \alpha \cos(2\pi \frac{t}{T})$$



$$y(x,t) = a\cos\{2\pi \frac{x}{\lambda}\}\cos\{2\pi \frac{t}{T}\}$$

ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

ΟΔΕΥΟΝΤΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

ΣΤΑΣΙΜΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

ΟΔΕΥΟΝ ΚΥΜΑ

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

$$\rho_\kappa(x,t) = \frac{dK(x,x+dx,t)}{dx} = \frac{1}{2}\mu\left\{\frac{\partial y(x,t)}{\partial t}\right\}^2$$

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

$$\boldsymbol{\rho_\kappa(x,t) = \rho_\delta(x,t)}$$

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

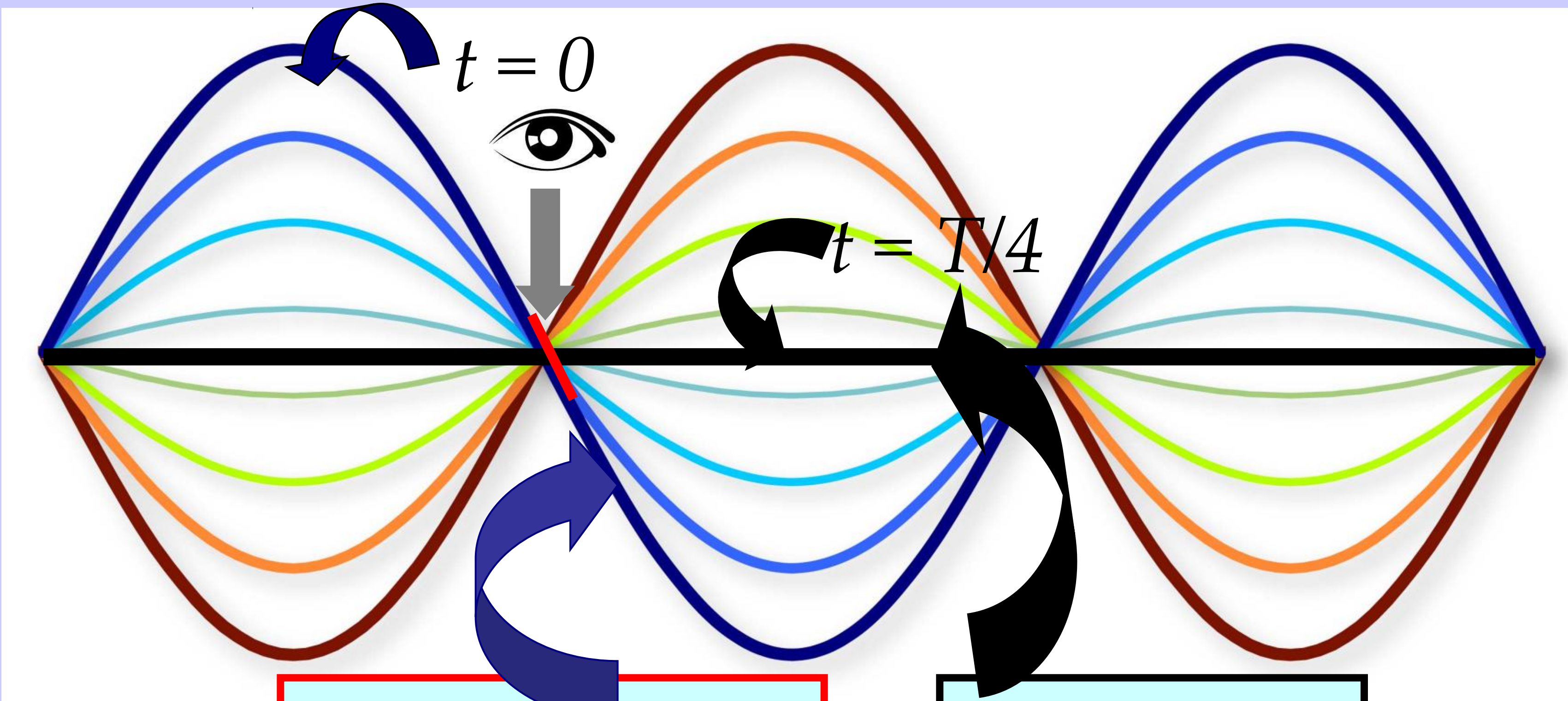
ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ

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

$$\xcancel{\rho_{\kappa}(x,t) = \rho_{\delta}(x,t)}$$

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

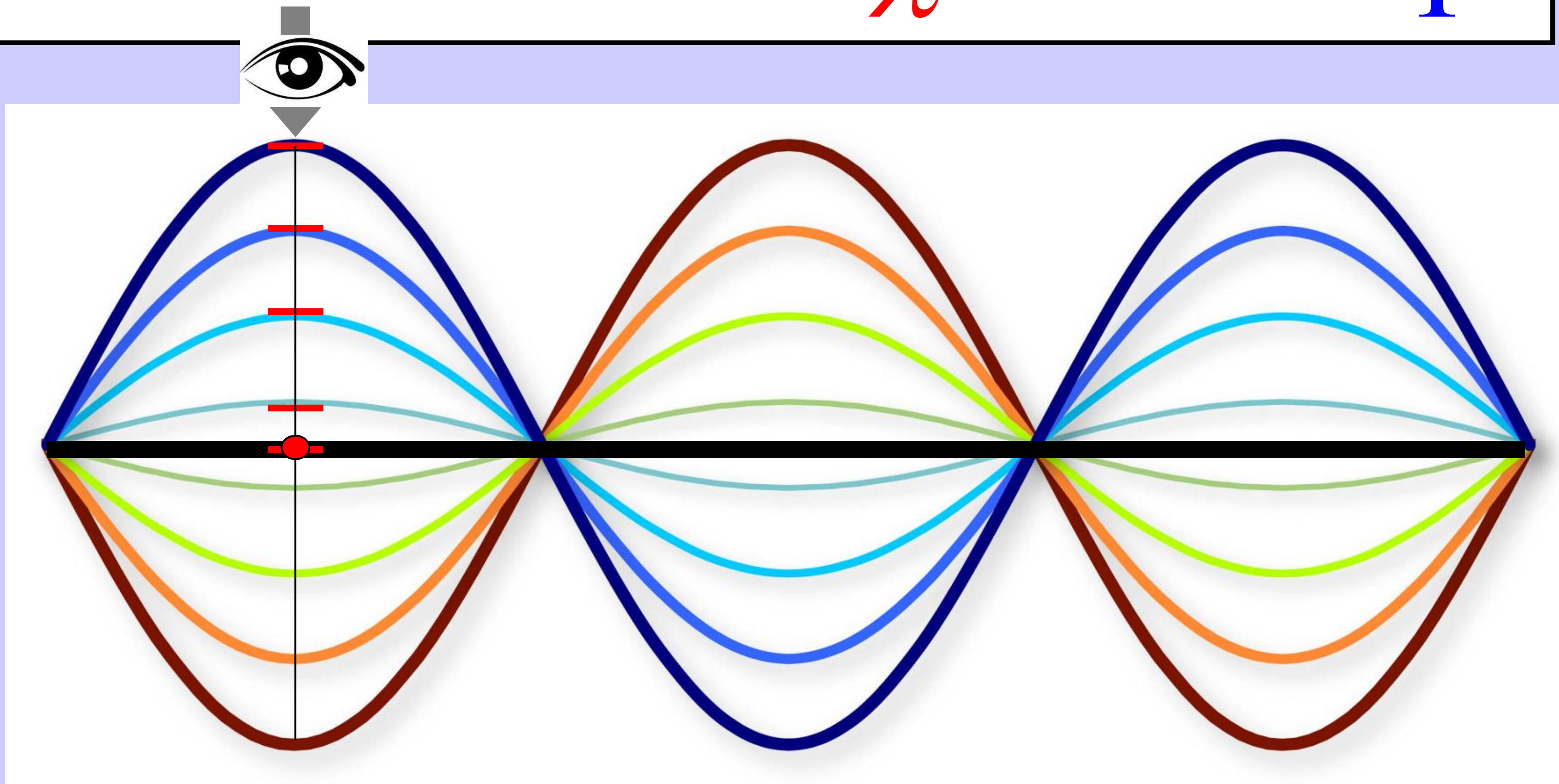
$$y(x,t) = a\cos\{2\pi \frac{x}{\lambda}\}\cos\{2\pi \frac{t}{\mathrm{T}}\}$$



$$\rho_\kappa(x,t) = 0$$
$$\rho_\delta(x,t) = Max$$

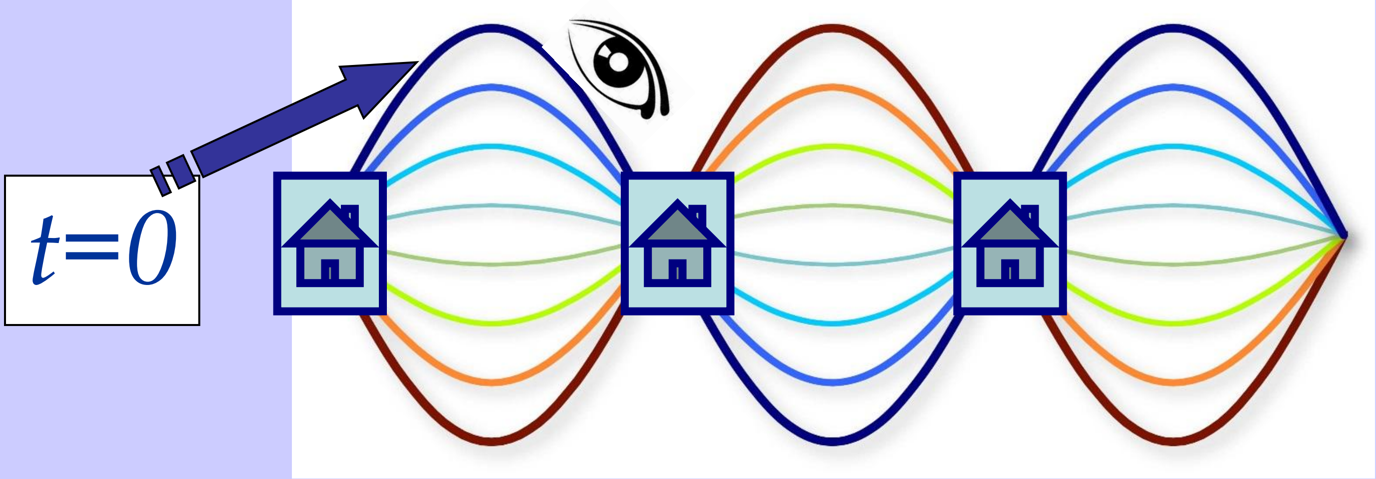
$$\rho_\kappa(x,t) = 0$$
$$\rho_\delta(x,t) = 0$$

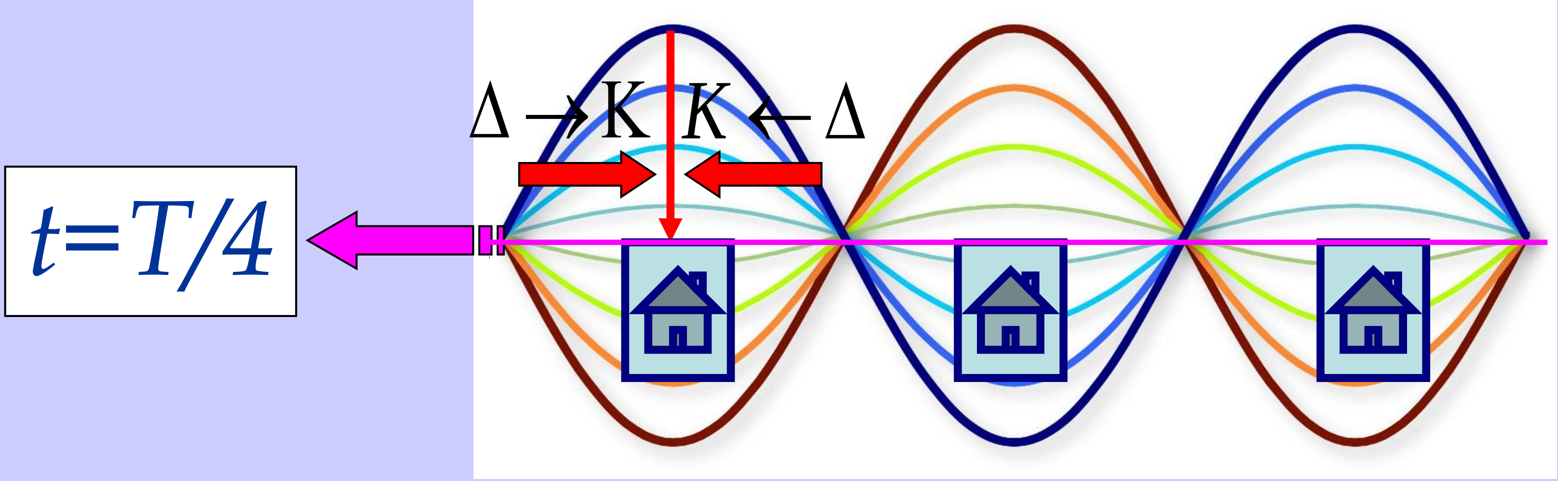
$$y(x,t) = a\cos\{2\pi \frac{x}{\lambda}\}\cos\{2\pi \frac{t}{T}\}$$



ΣΤΙΣ ΚΟΙΛΙΕΣ Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΝΑΙ ΠΑΝΤΑ ΜΗΔΕΝ.

Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΕΙΤΑΙ





ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΥΝΕΧΗΣ ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΚΟΙΛΙΕΣ ΠΡΟΣ ΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΑ.

Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

$$y(x,t) = a\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\cos\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t$$

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

$$\rho_\delta(x,t) = \frac{1}{2}\mathrm{T}a^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2\sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\cos^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t\right)$$

ΚΟΙΛΙΕΣ

$$x = (n+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\rho_\delta(x,t) = 0$$

ΔΕΣΜΟΙ

$$x = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$$

$$\rho_\delta(x,t) = \frac{1}{2}\mathrm{T}a^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2\cos^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t\right)$$

Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΟΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

$$y(x,t) = a\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\cos\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t$$

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

$$\rho_\kappa(x,t) = \frac{1}{2}\mu a^2(\frac{2\pi}{\mathrm{T}})^2\cos^2(\frac{2\pi}{\lambda}x)\sin^2(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t)$$

ΚΟΙΛΙΕΣ

$$x = (n+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\rho_\kappa(x,t) = \frac{1}{2}\mu a^2(\frac{2\pi}{\mathrm{T}})^2\sin^2(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t)$$

ΔΕΣΜΟΙ

$$x = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$$

$$\rho_\kappa(x,t) = 0$$

$$y(x,t) = a\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\cos\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t$$

$$\rho_\kappa(x,t) = \frac{1}{2}\mu a^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2\cos^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\sin^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t\right)$$

$$\rho_\delta(x,t) = \frac{1}{2}\mathrm{T}a^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2\sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\cos^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t\right)$$

$$\cancel{\rho_\kappa(x,t) = \rho_\delta(x,t)}$$

ΚΟΙΛΙΕΣ

$$y(x,t) = a\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\cos\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t$$

$$\rho_\kappa(x,t) = \frac{1}{2}\mu a^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2\cos^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\sin^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t\right)$$

t = 0 $$O \leq \rho_\kappa(x,t) \leq \frac{1}{2}\mu a^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2$$ t = T/4

$$\rho_\delta(x,t) = 0$$

ΔΕΣΜΟΥΣ

$$y(x,t) = a\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\cos\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t$$

$$\rho_\delta(x,t) = \frac{1}{2}\mathrm{T}a^2(\frac{2\pi}{\lambda})^2\sin^2(\frac{2\pi}{\lambda}x)\cos^2(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t)$$

$$0 \le \rho_\delta(x,t) \le \frac{1}{2}\mathrm{T}a^2(\frac{2\pi}{\lambda})^2$$

t = T/4 $$O \le \rho_\kappa(x,t) \le \frac{1}{2}\mu a^2(\frac{2\pi}{\mathrm{T}})^2$$ t = 0

$$\rho_k(x,t) = 0$$

$$\rho_\delta(x,t)=\frac{1}{2}\mathrm{T}a^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2\sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\cos^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t\right)$$

$$\rho_\kappa(x,t)=\frac{1}{2}\mu a^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2\cos^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\sin^2\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t\right)$$

$$\rho_\delta(x,t)_{MAX}=\frac{1}{2}\mathrm{T}a^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2=\frac{1}{2}T\alpha^2k^2=$$

$$=\frac{1}{2}\upsilon^2\alpha^2\mu k^2=\frac{1}{2}\mu\alpha^2\left(\frac{\omega}{k}\right)^2k^2=\frac{1}{2}\mu\alpha^2\omega^2$$

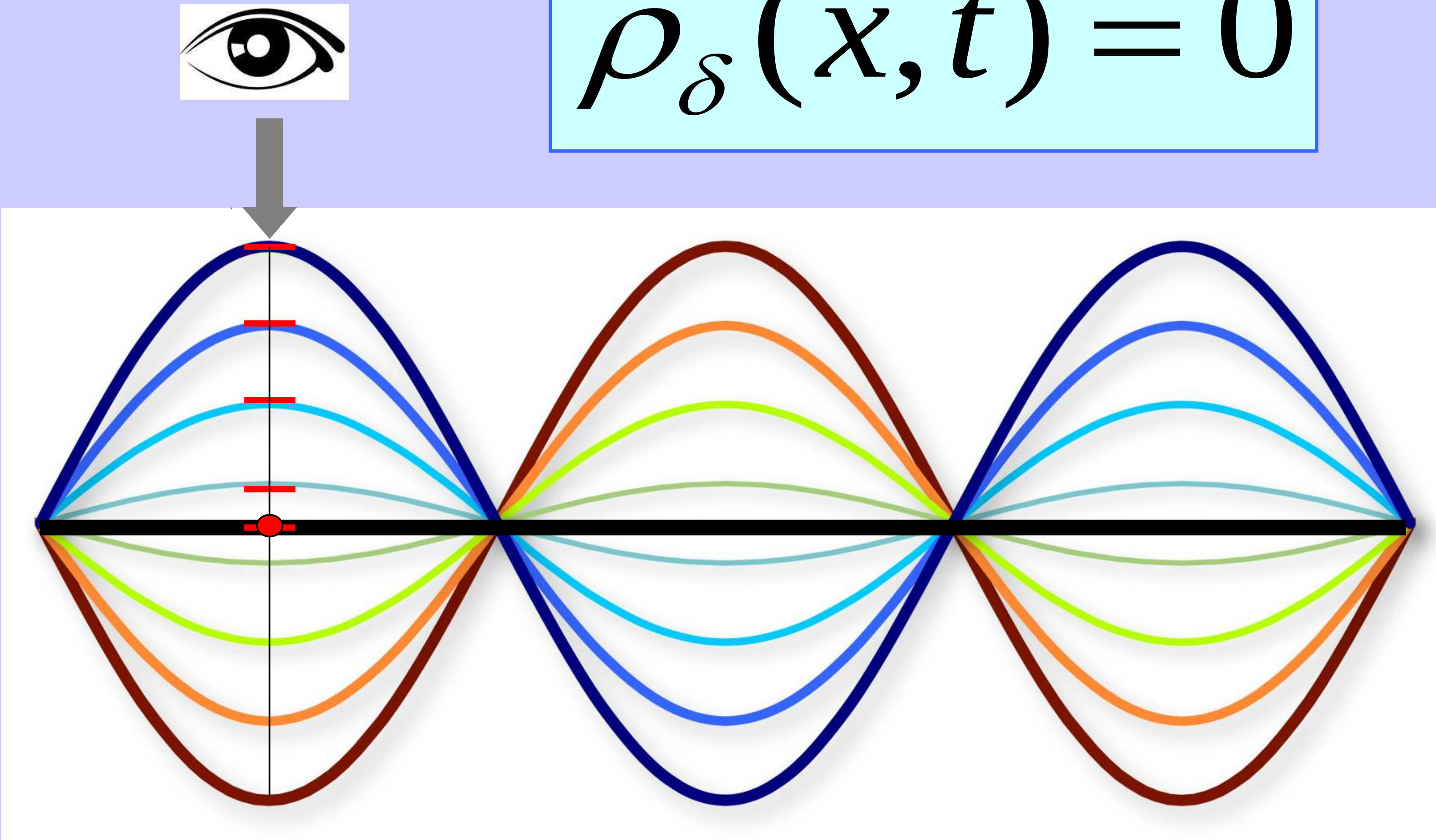
$$=\frac{1}{2}\mu\alpha^2\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2=\rho_k(x,t)_{MAX}$$

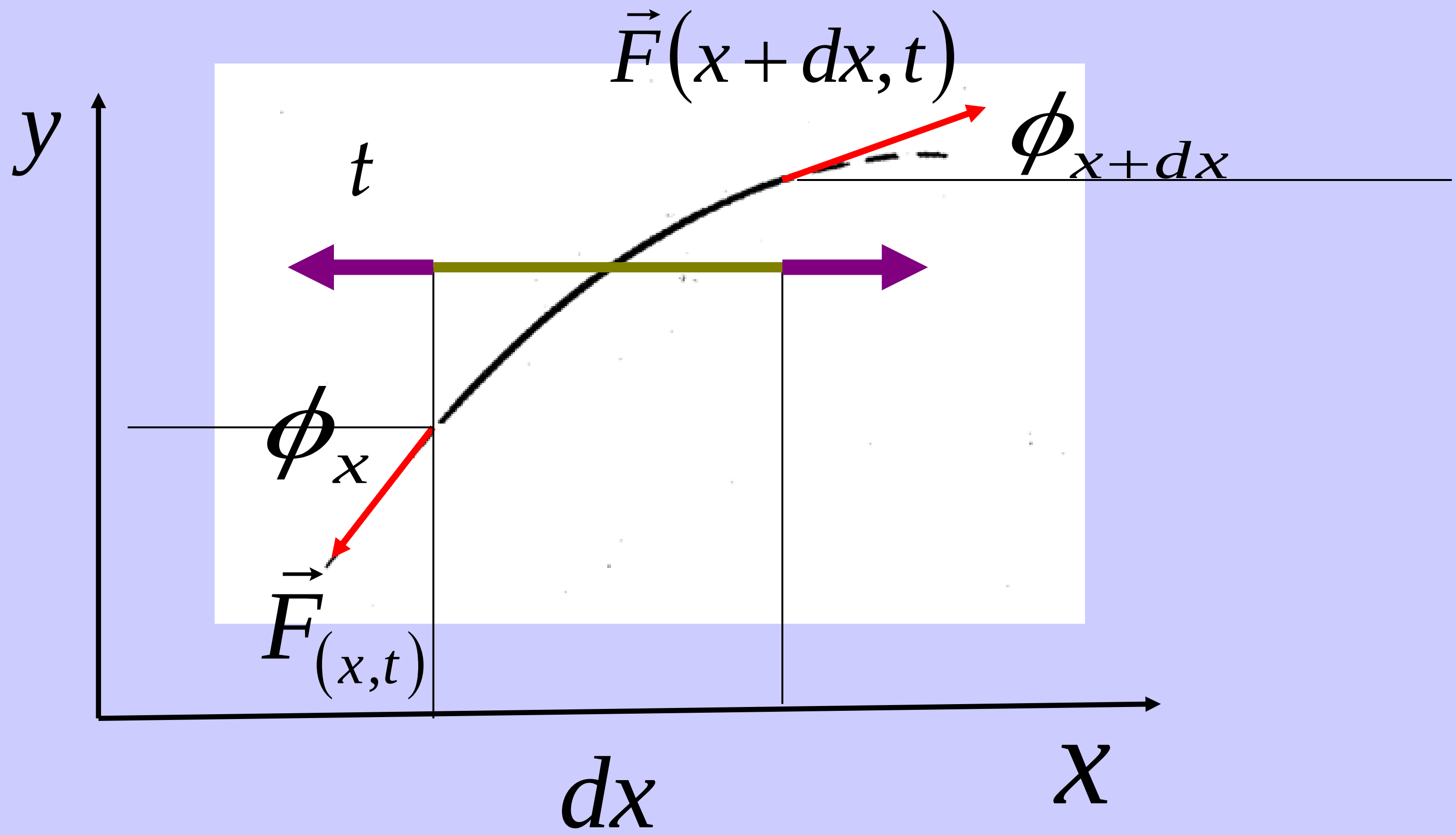
ΜΙΑ ΑΠΟΡΙΑ!

$$y(x,t) = a\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\cos\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t$$

$$y(x,t)_{\text{ΚΟΙΛΙΕΣ}} = a\cos\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t$$

$$\rho_\delta(x,t) = 0$$





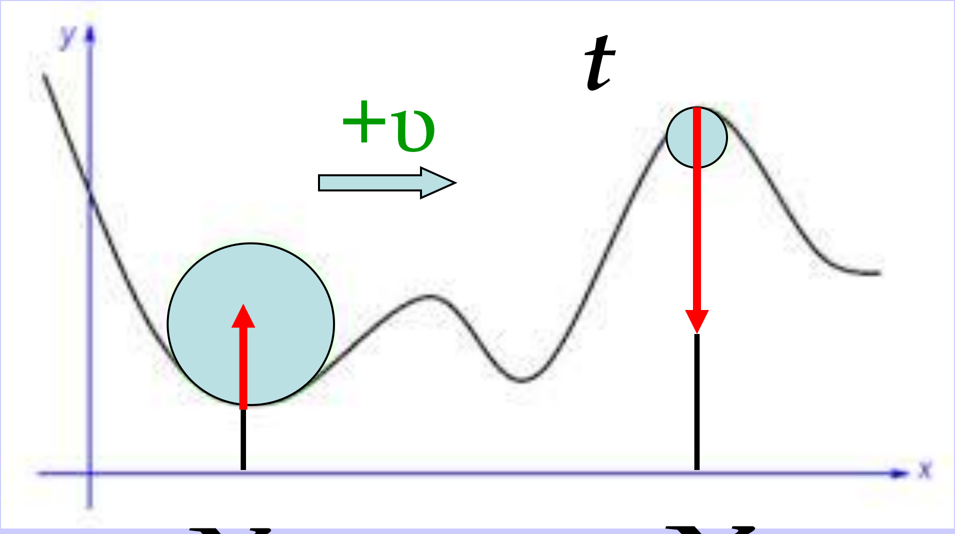
$$\vec{F}_y(x+dx,t)+\vec{F}_y(x,t) \; = \; (\mu dx)\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2}$$

ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ Η ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΔΥΝΑΜΗ
ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ ΤΗΝ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ;

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

ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ

ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ



x_1 x_2

$$\kappa = \frac{\dfrac{\partial^2 y}{\partial x^2}}{\left[1+\left(\dfrac{\partial y}{\partial x}\right)^2\right]^{3/2}}$$

$$R = \frac{1}{\kappa}$$

ΤΟ ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ

ΕΙΝΑΙ ΕΝΑ

ΠΟΛΥ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟ ΚΥΜΑ!

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

$$A\cos(kx - \omega t) + RA\cos(\omega t + kx)$$

ΓΙΑ R = +1 ή R = -1 ΕΧΟΥΜΕ ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ.
ΓΙΑ R = 0 ΕΧΟΥΜΕ ΟΔΕΥΟΝ ΚΥΜΑ.

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ ΤΟΥΣ ΟΤΑΝ ΕΙΜΑΣΤΕ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΑΚΡΑΙΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ;

$$R \neq 1, -1$$

$$y(x,t) = A\cos(k_1 x - \omega t) + RA\cos(\omega t + k_1 x)$$

$$y(x,t) = (A+a)\cos(\omega t)\cos(k_1 x) + (A-a)\sin(\omega t)\sin(k_1 x)$$

ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΣΕ ΜΙΑ ΘΕΣΗ **X** ΘΑ ΕΙΝΑΙ:

$$\{(A+a)^2\cos^2(k_1 x) + (A-a)^2\sin^2(k_1 x)\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\{A^2 + 2Aa\cos(2k_1 x) + a^2\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\{A^2 + a^2 + 2Aa\cos(2k_1 x)\}^{\frac{1}{2}}$$

ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΣΕ ΜΙΑ ΘΕΣΗ **Χ**

ΘΑ ΜΕΤΑΒΑΛΕΤΑΙ:

ΑΠΟ **(Α+α)** ΕΩΣ **(Α-α).**

STANDING WAVE RATIO (SWR)

$$\frac{A_{\max}}{A_{\min}} = \frac{A + a}{A - a} = \frac{1 + \frac{a}{A}}{1 - \frac{a}{A}} = \frac{1 + R}{1 - R}$$

STANDING WAVE RATIO (SWR)

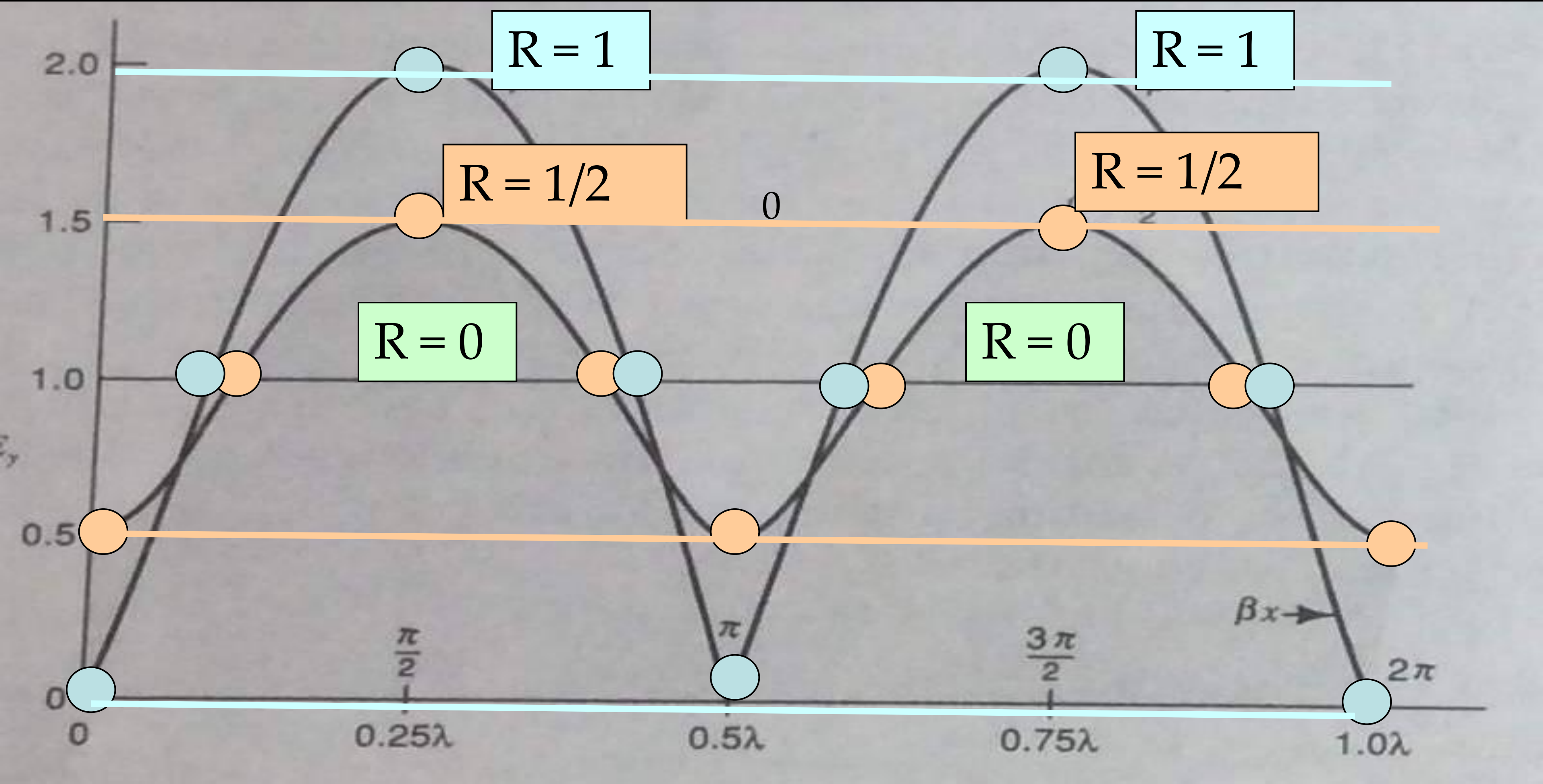
$$\frac{A_{max}}{A_{min}} = \frac{A+a}{A-a} = \frac{1+\frac{a}{A}}{1-\frac{a}{A}} = \frac{1+R}{1-R}$$

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ:

ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΓΙΑ

R = 1, 0, -1;

$$\frac{A_{max}}{A_{min}} = \frac{A+a}{A-a} = \frac{1+\frac{a}{A}}{1-\frac{a}{A}} = \frac{1+R}{1-R}$$



ΤΑ ΜΕΓΙΣΤΑ

ΚΙΝΟΥΝΤΑΙ!

$$A\cos(kx-\omega t)+RA\cos(\omega t+kx)$$

MAX: $\Rightarrow$ $\dfrac{\partial y(x,t)}{\partial t}=0$

$$\sin(kx-\omega t)+R\sin(\omega t+kx)=0$$

$$(1+R)\sin kx\cos\omega t=(1-R)\cos kx\sin\omega t$$

$$\tan(kx)=\frac{1-R}{1+R}\tan(\omega t)$$

$$\tan(kx) = \frac{1-R}{1+R}\tan(\omega t)$$

x = x (t)

ΤΑ ΜΕΓΙΣΤΑ ΚΙΝΟΥΝΤΑΙ!

ΣΤΟ ΓΝΗΣΙΟ ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ

ΟΙ ΚΟΙΛΙΕΣ ΚΙΝΟΥΝΤΑΙ;

$$\tan(kx) = \frac{1-R}{1+R}\tan(\omega t)$$

ΤΑ ΜΕΓΙΣΤΑ ΚΙΝΟΥΝΤΑΙ
ΜΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ:

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_{MAX} = \upsilon \frac{(1+R)(1-R)}{(1+R)^2\cos^2\omega t + (1-R)^2\sin^2\omega t}$$

$$\upsilon_{phase} = \frac{\omega}{k}$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_{MAX} = \upsilon \frac{(1+R)(1-R)}{(1+R)^2 \cos^2 \omega t + (1-R)^2 \sin^2 \omega t}$$

ΓΙΑ t

$$\sin(\omega t)=0$$

ΓΙΑ t

$$\cos(\omega t)=0$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_{MAX} = \frac{1-R}{1+R}\upsilon < \upsilon$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_{MAX} = \frac{1+R}{1-R}\upsilon > \upsilon$$

Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΚΙΝΕΙΤΑΙ ΣΠΑΣΜΩΔΙΚΑ

ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΙΝΗΣΗ

ΤΩΝ ΚΟΙΛΙΩΝ

ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ.

ΑΥΤΟ ΕΙΝΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ
ΟΔΕΥΟΝΤΟΣ
ΚΑΙ ΟΧΙ
ΣΤΑΣΙΜΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ!

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_{MAX} = \frac{1-R}{1+R}\upsilon < \upsilon$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_{MAX} = \frac{1+R}{1-R}\upsilon > \upsilon$$

ΟΤΑΝ ΠΛΗΣΙΑΖΟΥΜΕ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ

R = +1 ή R = -1

Η ΜΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΕΙΝΕΙ ΝΑ ΜΗΔΕΝΙΣΤΕΙ
ΚΑΙ Η ΑΛΛΗ ΝΑ ΑΠΕΙΡΙΣΤΕΙ.

ΜΙΑ ΚΟΙΛΙΑ

ΜΕΝΕΙ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ
ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ

ΚΑΙ ΜΕΤΑ

ΚΙΝΕΙΤΑΙ ΓΡΗΓΟΡΑ
ΣΤΗΝ ΕΠΟΜΕΝΗ
ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΘΕΣΗ ΚΟΙΛΙΑΣ.

ΤΟ ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ
ΕΙΝΑΙ
ΕΙΔΙΚΗ ΕΚΦΥΛΙΣΜΕΝΗ
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ
ΟΔΕΥΟΝΤΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ
ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΟΤΙ
Η ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΛΙΩΝ
ΓΙΝΕΤΑΙ ΤΟΣΟ ΓΡΗΓΟΡΑ
ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΙΜΗ.

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

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)