

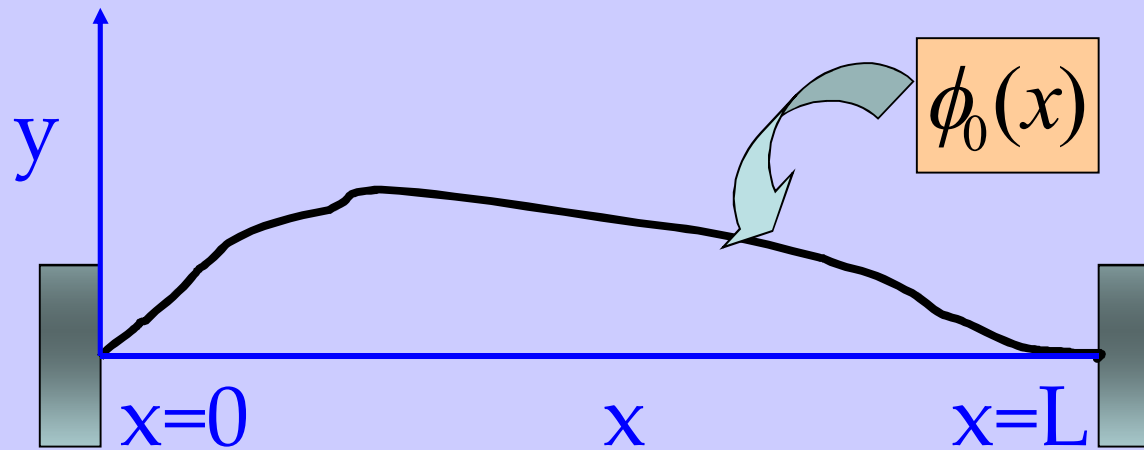
ΜΕΛΕΤΗ ΧΟΡΔΗΣ ΠΑΚΤΩΜΕΝΗΣ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΤΗΣ

ΜΕΡΟΣ II

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΕΥΤΑΞΙΑΣ

Ψαρεύοντας έρχεται η θάλασσα.

Οδυσσέας Ελύτης



ΣΥΝΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

$$y(x=0, t) = 0$$

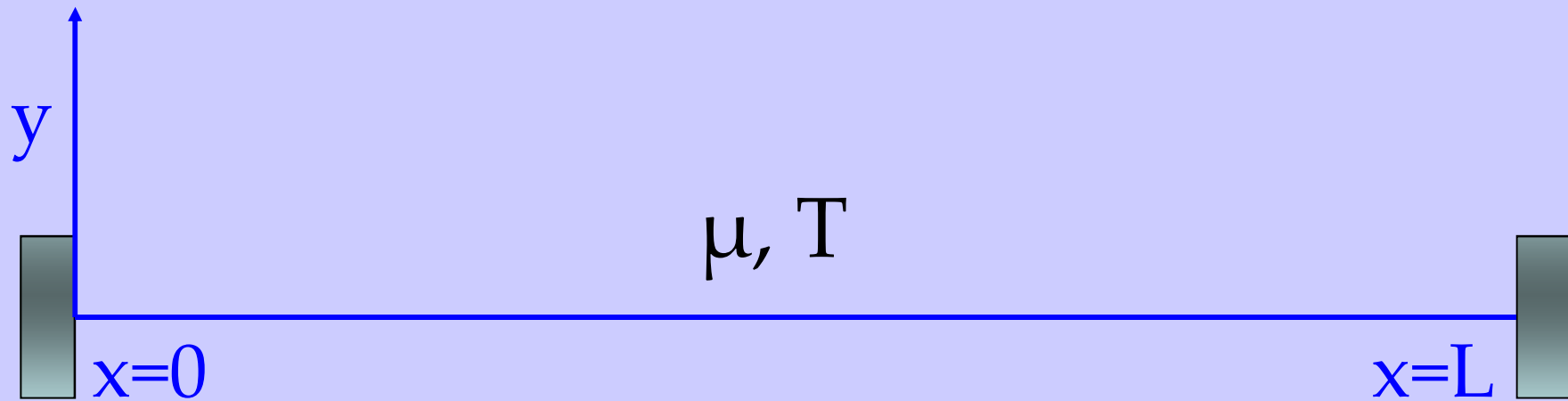
$$y(x=L, t) = 0$$

ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

$$y(x, t=0) = \phi_0(x)$$

$$u_y(x, t=0) = \frac{\partial y(x, t=0)}{\partial t}$$

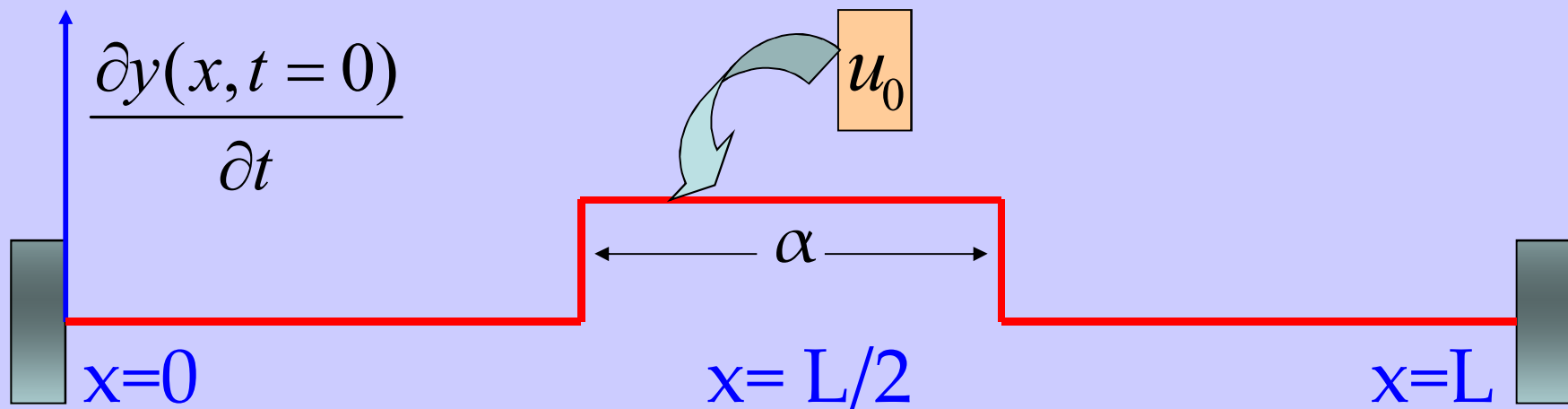
ΑΛΛΟ ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



ΣΥΝΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

$$y(x = 0, t) = 0$$

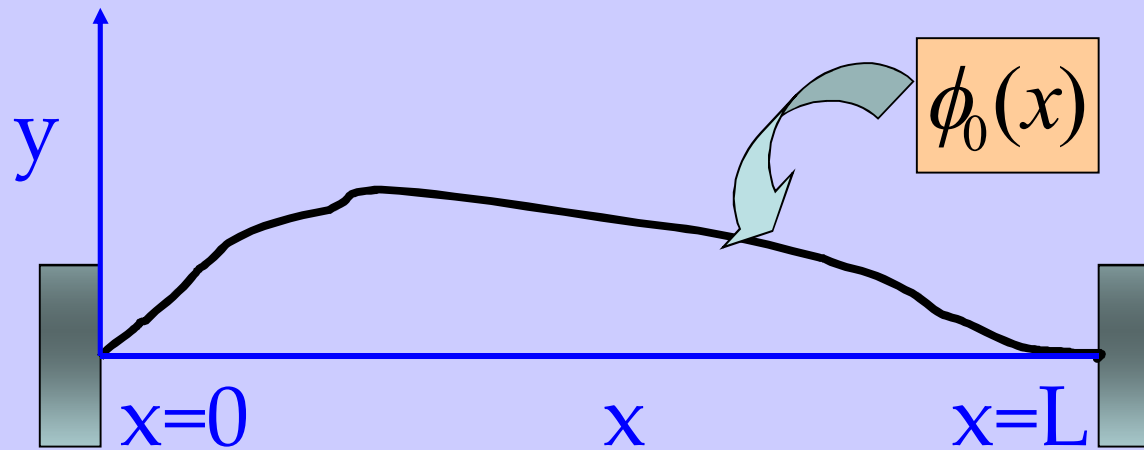
$$y(x = L, t) = 0$$



ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

$$y(x, t=0) = 0$$

$$u_y(x, t=0) = \frac{\partial y(x, t=0)}{\partial t} = \begin{cases} 0, & \left| x - \frac{L}{2} \right| \geq \frac{a}{2} \\ u_0, & \left| x - \frac{L}{2} \right| < \frac{a}{2} \end{cases}$$



ΣΥΝΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

$$y(x=0, t) = 0$$

$$y(x=L, t) = 0$$

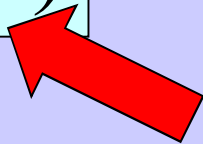
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

$$y(x, t=0) = \phi_0(x)$$

$$u_y(x, t=0) = \frac{\partial y(x, t=0)}{\partial t}$$

$$y(x, t) = f(x) \cos(\omega t)$$

ΑΝΑΖΗΤΟΥΜΕ ΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ:

$$y(x, t) = f(x) \sin(\omega t)$$


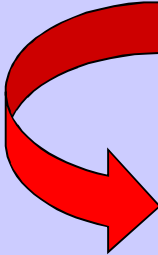
ΝΑ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΘΕΙ

Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΥΤΗ.

ΠΡΩΤΟ ΒΗΜΑ

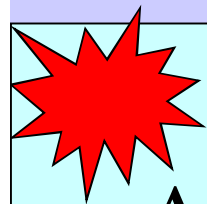

$$y(x, t) = f(x) \sin(\omega t)$$

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


$$\frac{d^2 f(x)}{d^2 x} + \frac{\omega^2}{v^2} f(x) = 0$$


$$f(x) = A \sin\left(\frac{\omega}{v} x\right) + B \cos\left(\frac{\omega}{v} x\right)$$

$$y(x, t) = \left\{ A \sin\left(\frac{\omega}{v} x\right) + B \cos\left(\frac{\omega}{v} x\right) \right\} \sin(\omega t)$$



ΑΡΜΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ
ΑΡΜΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ A , B , ω ;

ΘΑ ΚΑΘΟΡΙΣΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΙΣ
ΣΥΝΟΡΙΑΚΕΣ – ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
ΑΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ!

ΔΕΥΤΕΡΟ ΒΗΜΑ

ΠΡΩΤΗ ΣΥΝΟΡΙΑΚΗ ΣΥΝΘΗΚΗ:

$$y(x = 0, t) = 0$$

$$y(x, t) = \left\{ A \sin\left(\frac{\omega}{v} x\right) + B \cos\left(\frac{\omega}{v} x\right) \right\} \sin(\omega t)$$

$$y(x = 0, t) = 0$$

$$y(x = 0, t) = \left\{ A \sin\left(\frac{\omega}{v} 0\right) + B \cos\left(\frac{\omega}{v} 0\right) \right\} \sin(\omega t) = B \sin(\omega t) = 0$$

$$B = 0$$

$$y(x, t) = \left\{ A \sin\left(\frac{\omega}{v} x\right) \right\} \sin(\omega t)$$

TPITO BHMA

ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΥΝΟΡΙΑΚΗ ΣΥΝΘΗΚΗ

$$y(x = L, t) = 0$$

$$y(x, t) = \left\{ A \sin\left(\frac{\omega}{v} x\right) \right\} \sin(\omega t)$$

$$y(x = L, t) = 0$$

$$y(x = L, t) = \left\{ A \sin\left(\frac{\omega}{v} L\right) \right\} \sin(\omega t) = 0$$

$$A=0$$

$$\sin\left(\frac{\omega}{v} L\right) = 0$$

$$\sin\left(\frac{\omega}{v}L\right) = 0$$

$$\frac{\omega_n}{v}L = n\pi$$

$$v_n = n \frac{v}{2L}$$

$$y_n(x, t) = \left\{ A_n \sin\left(\frac{\omega_n}{v} x\right) \right\} \sin(\omega_n t) \quad \frac{\omega_n}{v} L = n\pi$$

$$y_n(x, t) = \left\{ A_n \sin\left(\frac{n\pi}{L} x\right) \right\} \sin(\omega_n t)$$

$$y_n(x, t) = \left\{ A_n \sin\left(\frac{2\pi}{2L} x\right) \right\} \sin(2\pi v_n t)$$

$$y_n(x, t) = \left\{ A_n \sin \left(\frac{2\pi}{\frac{2L}{n}} x \right) \right\} \sin(2\pi \nu_n t)$$

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ
ΤΟΥ
ΣΤΑΣΙΜΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

$$y_n(x, t) = \left\{ A_n \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_n} x\right) \right\} \sin(2\pi \nu_n t)$$

$$\nu_n = n \frac{v}{2L}$$

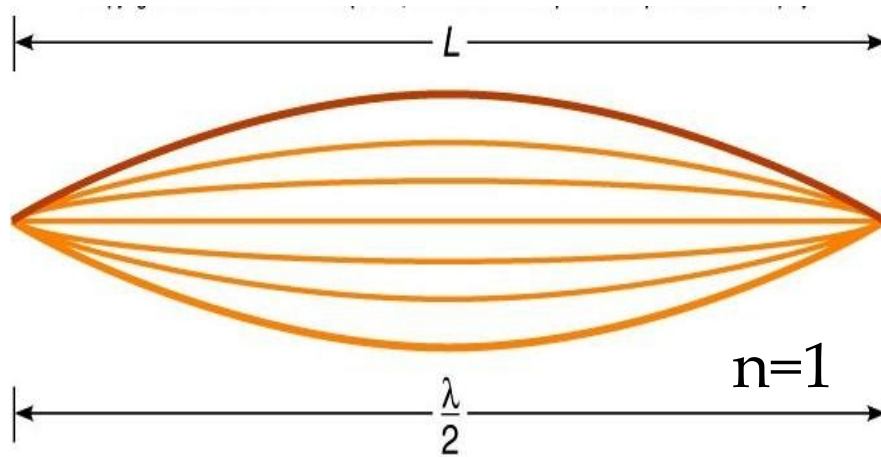
$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

ΑΓΝΩΣΤΑ ΠΑΡΑΜΕΝΟΥΝ ΜΟΝΟΝ
ΤΑ ΠΛΑΤΗ A_n

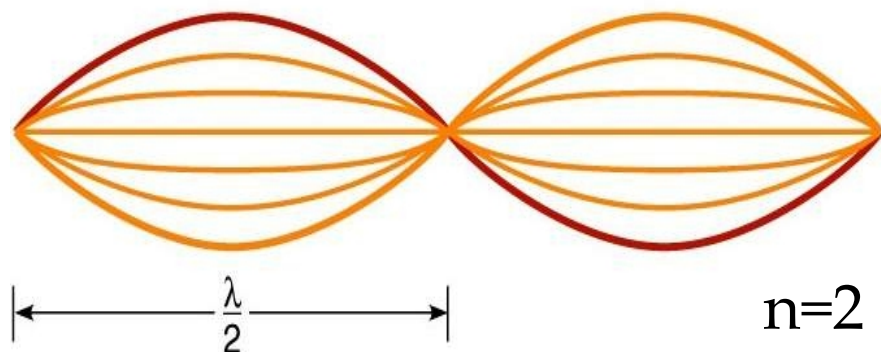
ΟΙ ΣΥΝΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΑ

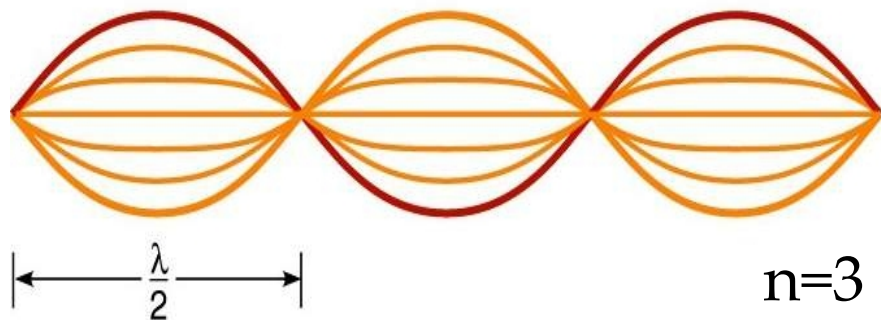
ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ



(a)



(b)



(c)

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

$$L = n \frac{\lambda_n}{2}$$

ΓΙΑ ΝΑ ΕΧΟΥΜΕ ΚΟΜΒΟΥΣ
ΣΤΑ ΑΚΡΑ
ΠΡΕΠΕΙ ΣΕ ΜΗΚΟΣ L
ΝΑ ΠΕΡΙΕΧΕΤΑΙ ΚΑΠΟΙΟΣ
ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ

$$\frac{\lambda}{2}$$

$$\nu_n = n \frac{v}{2L}$$

ΟΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ
ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΝΤΑΙ
ΑΠΟ ΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ (L)
ΚΑΙ
ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ
ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ (μ)- ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (T)

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

ТЕТАРТО ВΗΜΑ

$$y_n(x, t) = \left\{ A_n \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_n} x\right) \right\} \sin(2\pi \nu_n t)$$

$$y_n(x, t) = A_n \sin(k_n x) \sin(\omega_n t)$$

ΑΓΝΩΣΤΑ ΠΑΡΑΜΕΝΟΥΝ ΜΟΝΟΝ
ΤΑ ΠΛΑΤΗ A_n

ΘΑ ΚΑΘΟΡΙΣΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΙΣ
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

$$y_n(x, t) = A_n \sin(k_n x) \sin(\omega_n t)$$

$$y(x, t) = \sum_{n=1}^{n=\infty} y_n(x, t)$$

$$\frac{\partial y(x, t)}{\partial t} = \sum_{n=1}^{n=\infty} A_n \omega_n \sin(k_n x) \cos(\omega_n t)$$

$$\frac{\partial y(x, t)}{\partial t} = \sum_{n=1}^{n=\infty} A_n \omega_n \sin(k_n x) \cos(\omega_n t)$$

$$\frac{\partial y(x, t = 0)}{\partial t} = \sum_{n=1}^{n=\infty} A_n \omega_n \sin(k_n x) = u_0(x)$$

$$\int_0^L \sin(k_n x) \cdot \sin(k_m x) dx = 0$$

$$\int_0^L \sin(k_n x) \cdot \sin(k_m x) dx = \frac{L}{2}$$

$$n \neq m$$

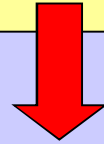
$$n = m$$

$$A_n = \frac{1}{\omega_n} \frac{2}{L} \int_0^L u_y(x, t=0) \sin(k_n x) dx$$

$$u_y(x, t=0) = \frac{\partial y(x, t=0)}{\partial t} = \begin{cases} 0, & \left| x - \frac{L}{2} \right| \geq \frac{a}{2} \\ u_0, & \left| x - \frac{L}{2} \right| < \frac{a}{2} \end{cases}$$

$$A_n = \frac{1}{\omega_n} \frac{2u_0}{L} \int_{\frac{L}{2} - \frac{a}{2}}^{\frac{L}{2} + \frac{a}{2}} \sin(k_n x) dx$$

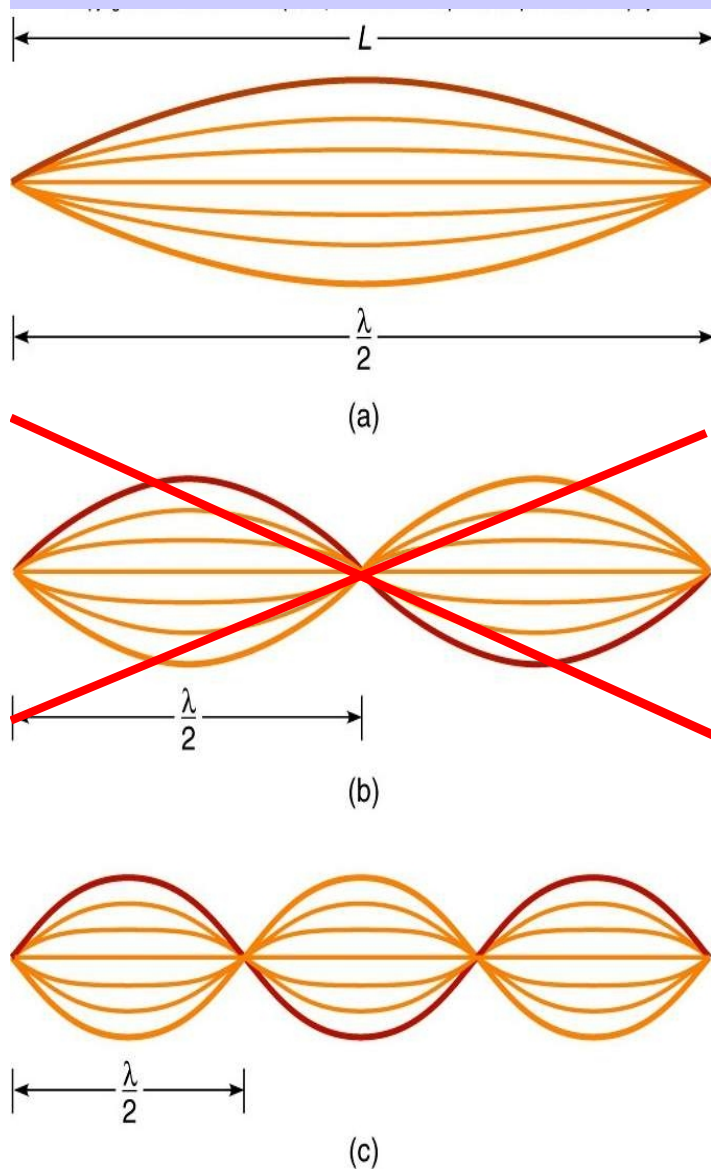
$$A_n \omega_n = \frac{4v}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \sin\left(\frac{n\pi a}{2L}\right)$$



ΜΗΔΕΝΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ $n = \text{ΑΡΤΙΟΣ}$

$$A_n \omega_n = \frac{4v}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \sin\left(\frac{n\pi a}{2L}\right)$$

$n = \text{ΠΕΡΙΤΤΟΣ}$

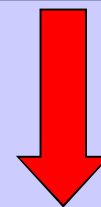


$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

$$v_n = n \frac{v}{2L}$$

$$A_n \omega_n = \frac{4v}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \sin\left(\frac{n\pi a}{2L}\right)$$

$n = \text{Περίττος}$



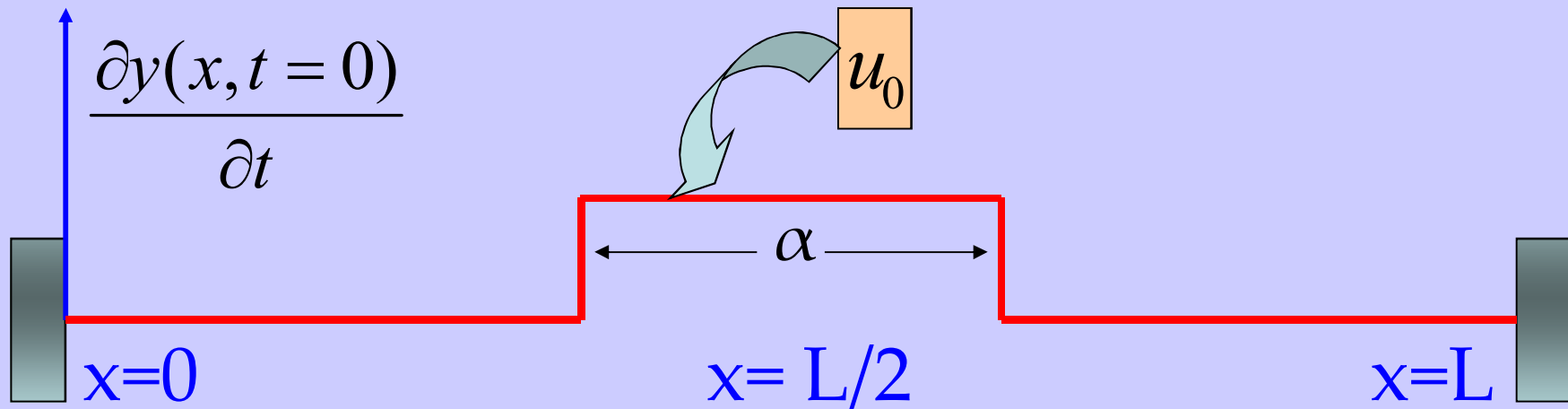
ΗΤΑΝ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ
ΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΑΥΤΟ;

ΠΩΣ ΚΑΤΑΝΕΜΕΤΑΙ

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ

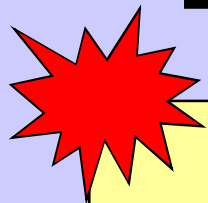
ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ

;



ΠΩΣ ΚΑΤΑΝΕΜΕΤΑΙ

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ;



$$E_{ολικη} = \frac{1}{2} \{ \mu \alpha \} u_0^2$$

$$E_n = \frac{1}{4} (\mu L) (A_n \omega_n)^2$$

$$A_n \omega_n = \frac{4v}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \sin\left(\frac{n\pi a}{2L}\right)$$

$$n = \text{περιττός}$$

$$E_n = \frac{4 \mu L v^2}{n^2 \pi^2} \sin^2\left(\frac{n \pi a}{2 L}\right)$$

$$E_n = \frac{4 \mu L u_0^2}{n^2 \pi^2} \sin^2 \left(\frac{n \pi a}{2 L} \right)$$

$$v_n = n \frac{v}{2L}$$

$$\omega_n = 2\pi \cdot n \frac{v}{2L}$$

$$\omega_n a = 2\pi \cdot n \frac{v}{2L} a$$

$$\frac{\omega_n a}{2v} = \frac{n \pi a}{2L}$$

$$E_n = \frac{4 \mu L v^2}{n^2 \pi^2} \sin^2 \left(\frac{\omega_n a}{2v} \right)$$

$$E_n = \frac{4 \mu L u_0^2}{n^2 \pi^2} \sin^2 \left(\frac{\omega_n a}{2v} \right)$$

$$\omega_n = 2\pi \cdot n \frac{v}{2L}$$

$$n^2 \pi^2 = \frac{\omega_n^2 L^2}{v^2}$$

$$E_n = \frac{4 \mu u_0^2 v^2}{\omega_n^2 L} \sin^2 \left(\frac{\omega_n a}{2v} \right)$$

$$E_n = \frac{4 \mu u_0^2 v^2}{\omega_n^2 L} \sin^2 \left(\frac{\omega_n a}{2v} \right)$$

$$E_n = \frac{4 \mu L u_0^2}{n^2 \pi^2} \sin^2 \left(\frac{n \pi a}{2L} \right)$$

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΔΙΝΕΤΑΙ
ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ

ΔΕΝ ΙΣΟΚΑΤΑΝΕΜΕΤΑΙ

ΣΤΑ ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ
ΠΟΥ ΑΝΑΔΥΟΝΤΑΙ.

**ΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
ΤΩΝ ΣΤΑΣΙΜΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ.**

ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ
ΜΕ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ

n

The background is a complex collage. It features a piano keyboard on the left side, with black and white keys. Scattered across the entire image are various musical notes, including eighth and sixteenth notes, and sharp symbols (#). A faint, semi-transparent watermark in the center reads "depositphotos" with a circular logo to its left. The overall color palette is warm, with shades of beige, brown, and gold.

EARTH

Е
Ф
А
Р
М
О
Г
Н

$$a = \frac{L}{2}$$

$$E_n = \frac{4 \mu L u_0^2}{n^2 \pi^2} \sin^2 \left(\frac{n \pi a}{2 L} \right)$$

$$E_1 = \frac{4 \mu L u_0^2}{\pi^2} \sin^2 \left(\frac{\pi}{4} \right)$$

$$E_1 = \frac{4 \mu L u_0^2}{\pi^2} \sin^2 \left(\frac{\pi}{4} \right)$$

$$E_1 = \frac{2 \mu L u_0^2}{\pi^2}$$

$$E_1 = \frac{2 \mu L u_0^2}{\pi^2}$$

$$E_{ολικη} = \frac{1}{2} \left\{ \mu \frac{L}{2} \right\} u_0^2$$

$$E_1 = \frac{8}{\pi^2} E_{ολικη} \approx \frac{81}{100} E_{ολικη}$$

Η ΕΞΑΡΤΗΣΗ
ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΣΤΑ ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ
ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ
ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ
ΣΕ ΣΧΕΣΗ
ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ
ΤΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥΣ

$$E_n = \frac{4 \mu u_0^2 v^2}{\omega_n^2 L} \sin^2 \left(\frac{\omega_n a}{2v} \right)$$

n = Περιπτώς

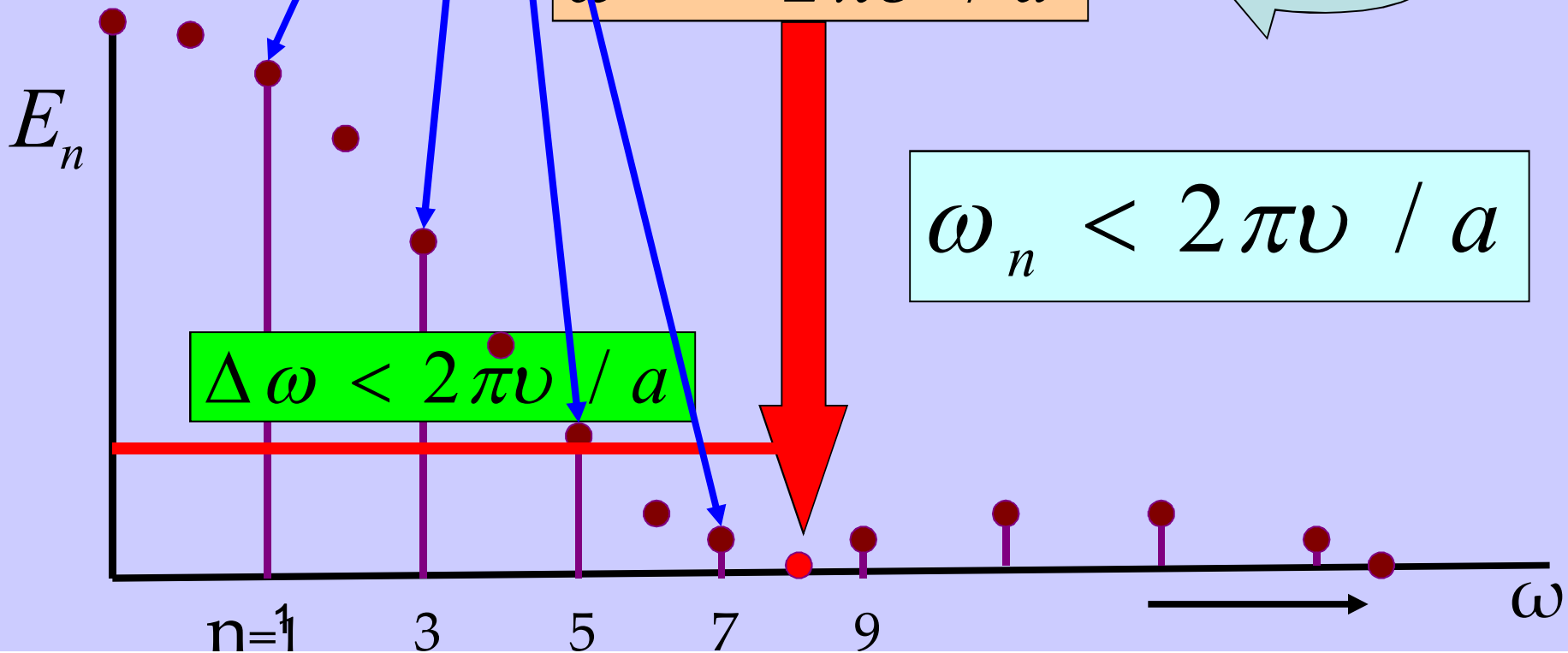
$$E_n = \frac{4 \mu u_0^2 v^2}{\omega_n^2 L} \sin^2 \left(\frac{\omega_n a}{2v} \right)$$

$$E = E(\omega) = \frac{4 \mu L v^2}{\omega^2 L^2} \sin^2 \left(\frac{\omega a}{2v} \right)$$

$$\omega^* = 2 \pi v / a$$

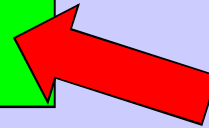
$$\omega_n < 2 \pi v / a$$

$$\Delta \omega < 2 \pi v / a$$



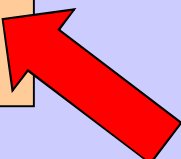
$$\omega^* = 2\pi\nu / a \quad \omega_n < 2\pi\nu / a$$

$$\Delta\omega < 2\pi\nu / a$$



ΠΡΑΚΤΙΚΑ
Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ Σ.Κ
ΠΟΥ ΕΜΠΙΠΤΟΥΝ ΣΤΗ ΖΩΝΗ $\Delta\omega$

ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ
ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΜΟΝΟΝ ΑΠΟ ΤΟ α
ΕΙΝΑΙ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟ ΤΟΥ L

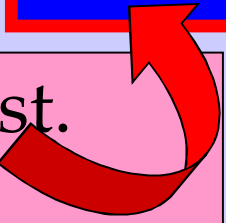
$$\omega_{n+2} - \omega_n = 2\pi\nu / L$$


n = περιττός

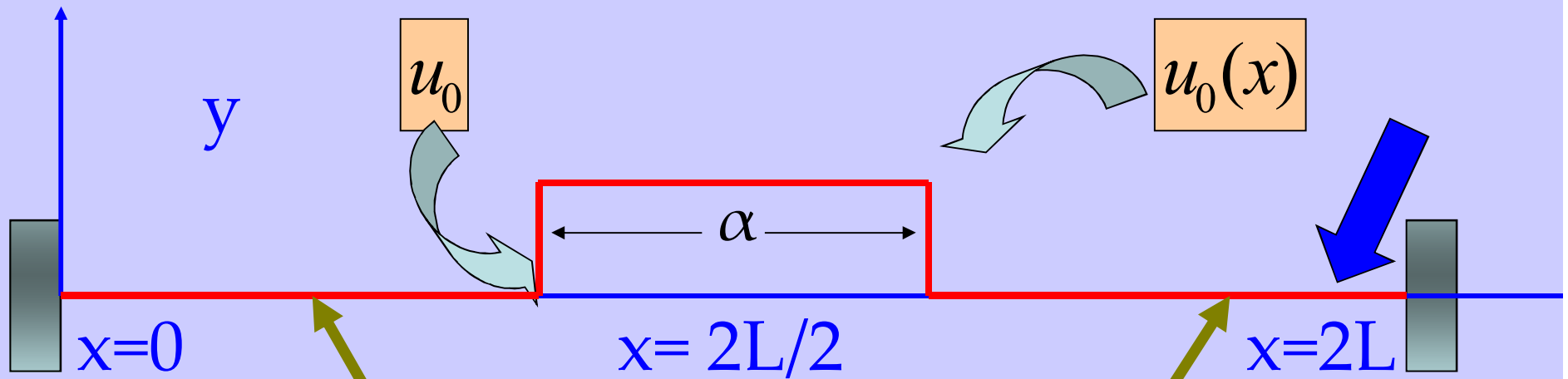
ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ
ΚΑΘΩΣ ΤΟ L ΜΕΓΑΛΩΝΕΙ

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

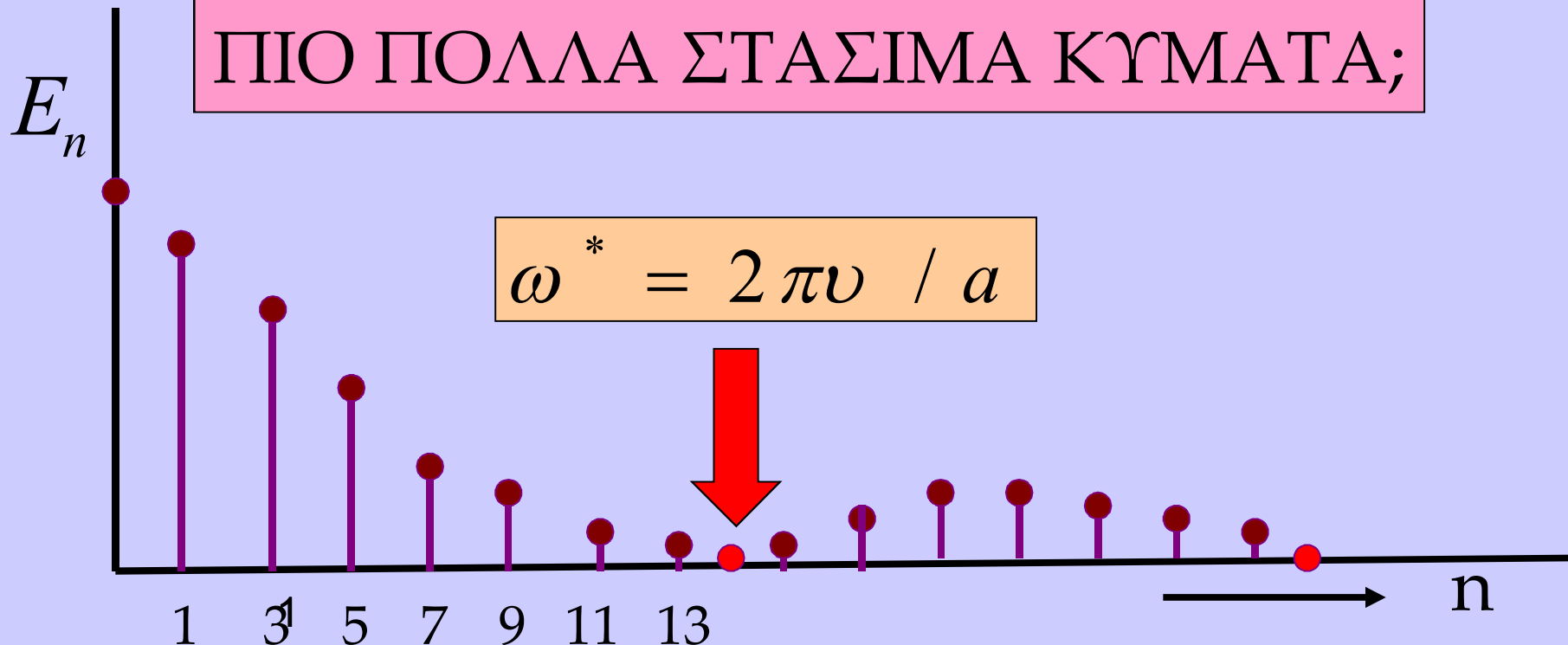
$$\nu_n = n \frac{\nu}{2L}$$

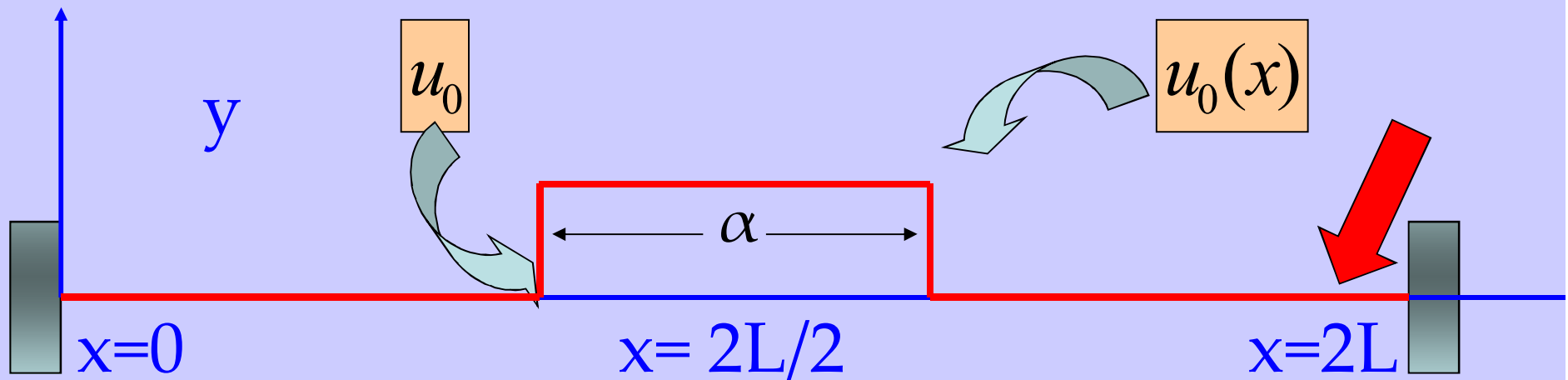
Γ
Ι
Α
Τ
Ι;


ΚΑΘΩΣ ΤΟ L ΜΕΓΑΛΩΝΕΙ ΜΕ $\alpha = \text{const.}$
ΠΙΟ ΠΟΛΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ
ΘΑ ΠΕΦΤΟΥΝ ΣΤΟ ΙΔΙΟ $\Delta\omega$



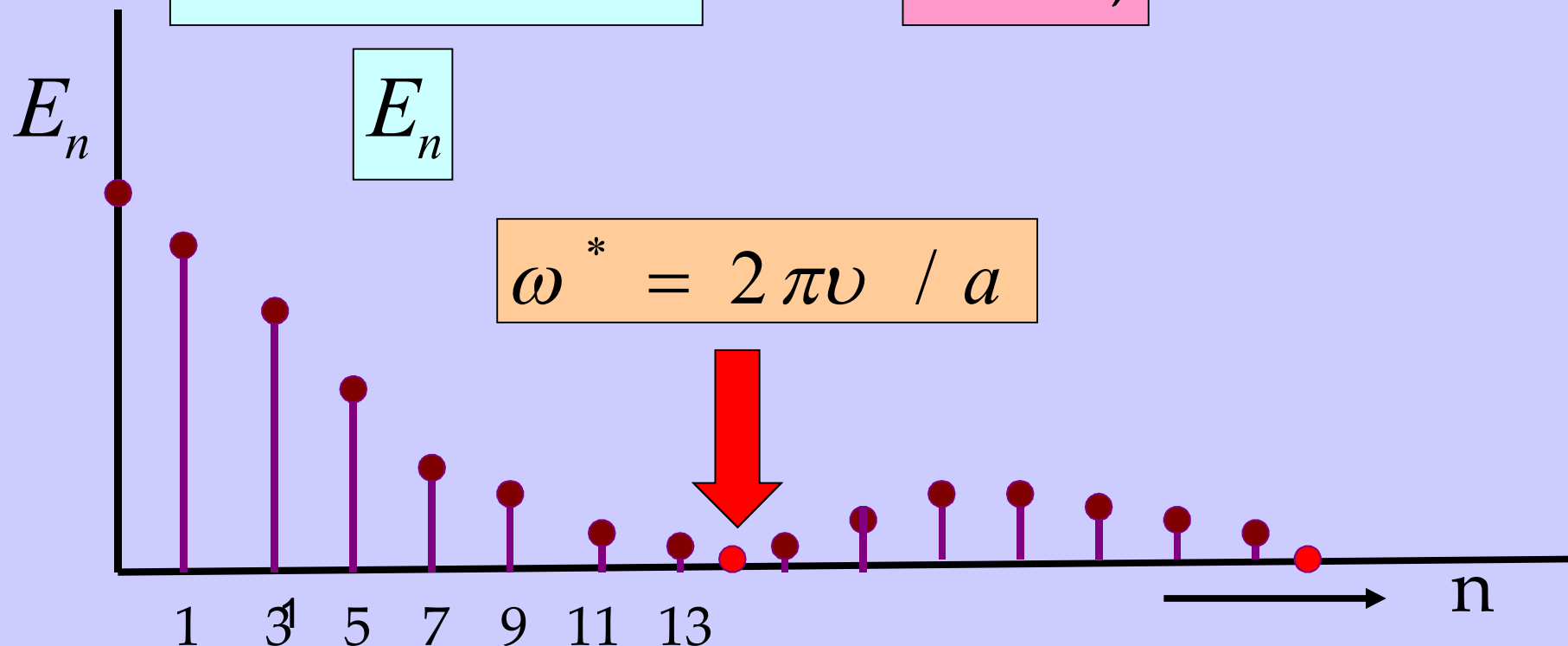
ΓΙΑΤΙ ΑΝΑΔΥΟΝΤΑΙ
ΠΙΟ ΠΟΛΛΑ ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ;

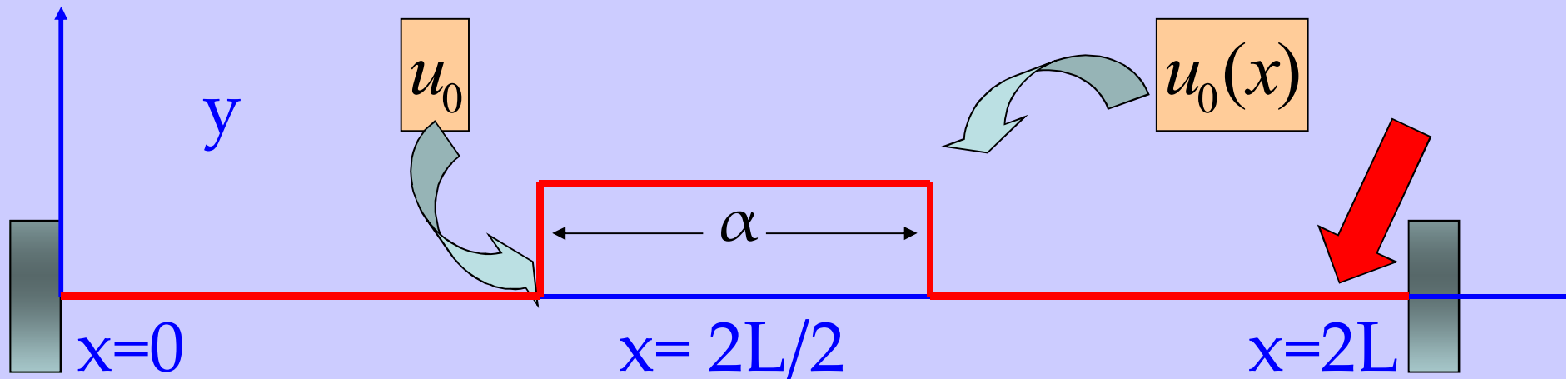




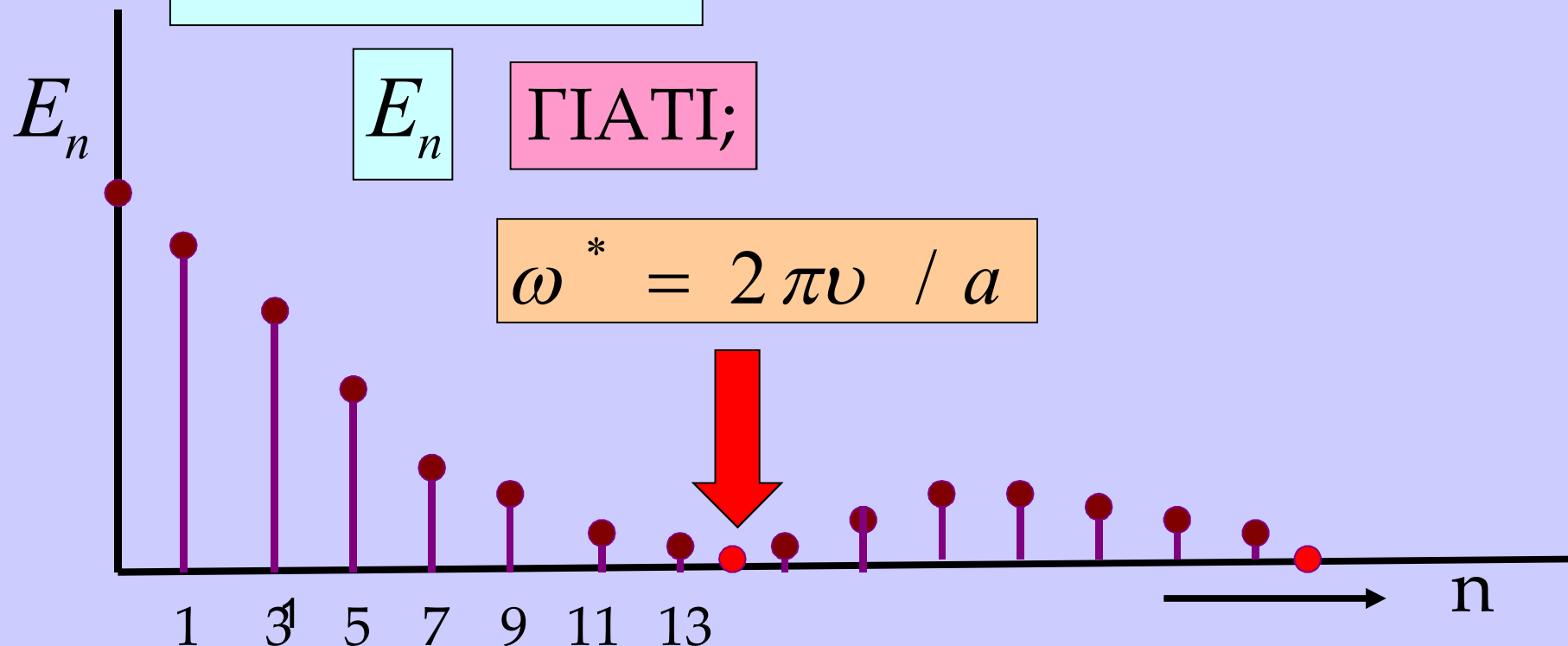
ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ

ΓΙΑΤΙ;





ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ



$$\Delta x = a$$

$$\Delta \omega \sim 2\pi\nu / a$$

$$(\Delta x)(\Delta \omega) \sim 2\pi\nu$$

$$\omega_{n+2} - \omega_n = 2\pi\nu / L$$

ΟΣΟ ΤΟ Δx ΜΙΚΡΑΙΝΕΙ ΠΙΟ
ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΦΑΣΜΑ
ΣΥΜΜΕΤΕΧΕΙ

Δx ΜΕΓΑΛΟ:
ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΦΑΣΜΑ
ΜΕΤΑΤΟΠΙΖΕΤΑΙ ΣΤΙΣ
ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ

$$\omega_{n+2} - \omega_n = 2\pi u_0 / L$$

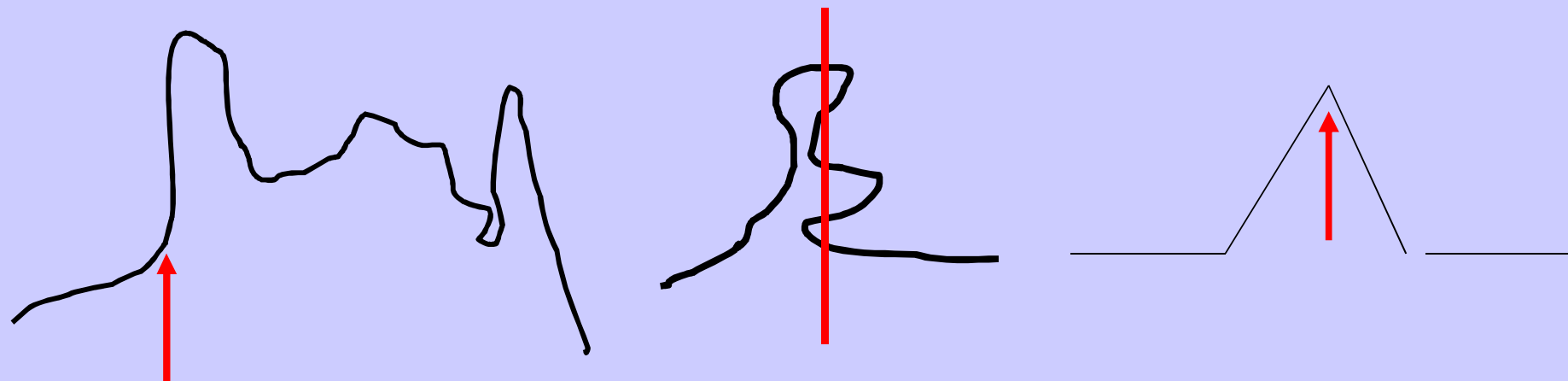
ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ
ΚΑΘΩΣ ΤΟ L ΜΕΓΑΛΩΝΕΙ

ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ
ΕΑΝ

$$L \rightarrow \infty$$

$$\omega_{n+2} - \omega_n \rightarrow 0$$

ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΗ
Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ
ΟΜΑΛΗΣ
ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ



ΓΙΑ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΦΥΣΙΚΑ ΑΠΟΔΕΚΤΗ
ΜΙΑ ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ
ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΟΜΑΛΗ:

- ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΣΥΝΕΧΗΣ
- Η ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ ΤΗΣ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΣΥΝΕΧΗΣ

ΤΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣΑΜΕ
ΗΤΑΝ
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ!

ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΗ

ΜΙΑ ΣΧΕΣΗ

ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

ΜΕ ΠΡΟΣΟΧΗ!

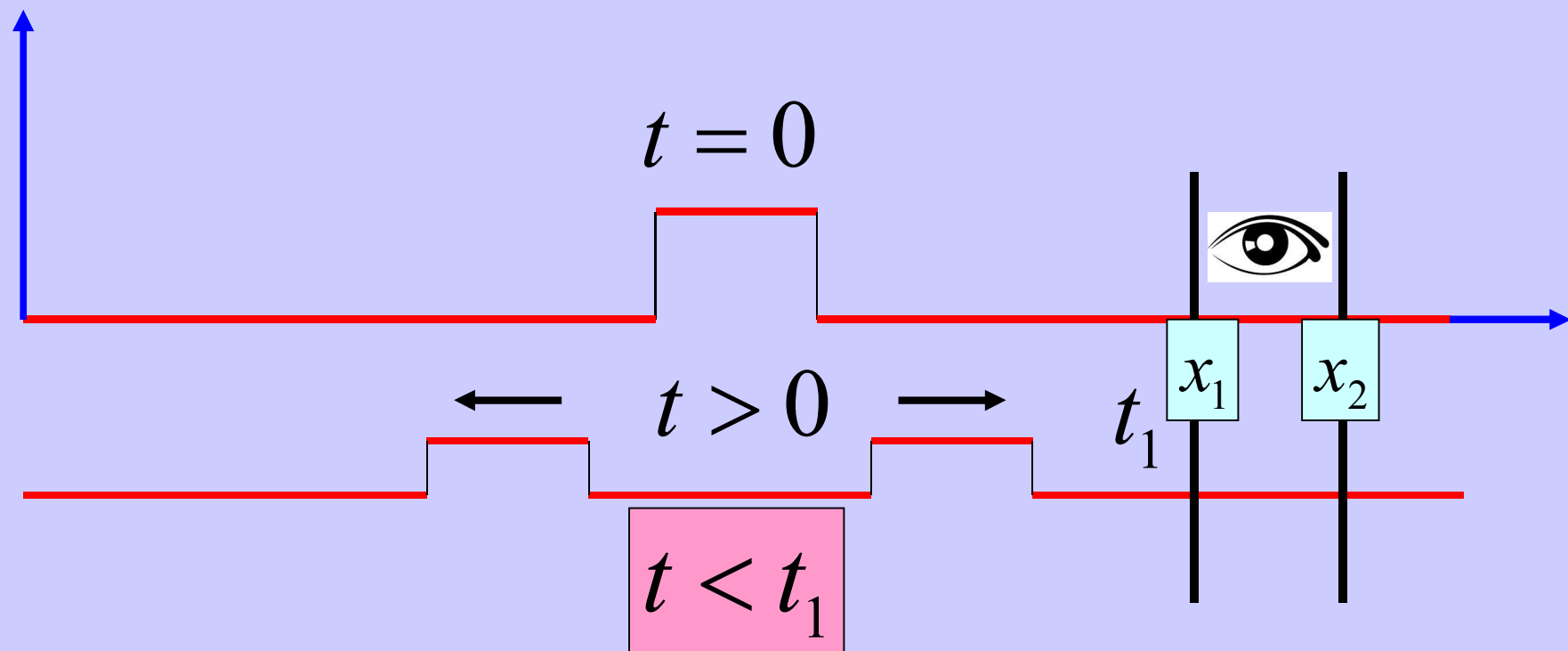
$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

$$v_n = n \frac{v}{2L}$$

$$v = \lambda_n v_n$$

ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΗ:

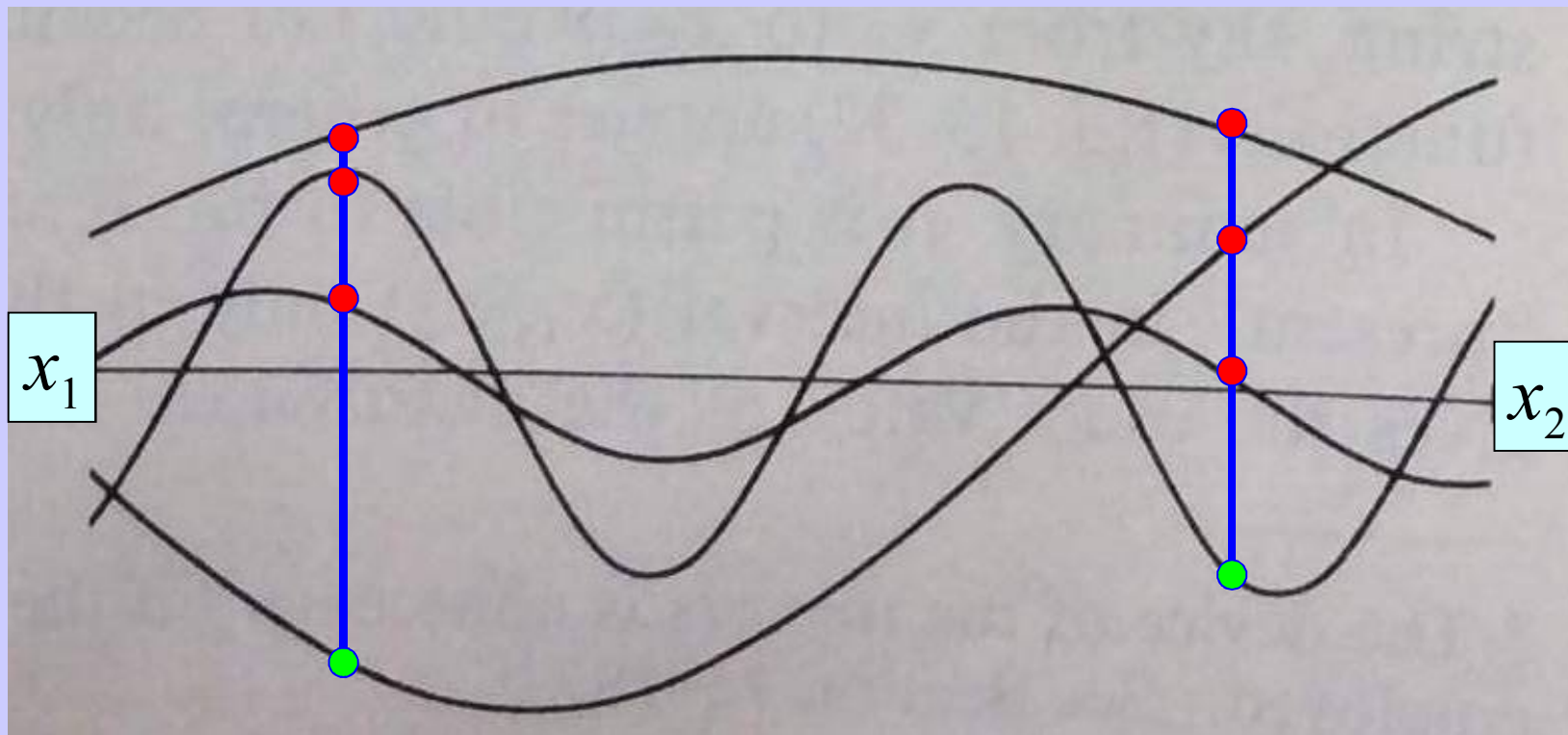
Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ



ΔΕΝ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΤΙΠΟΤΑ!

Η ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ ΤΩΝ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ
ΟΔΗΓΕΙ ΣΕ ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΓΚΑΡΣΙΑ
ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ.

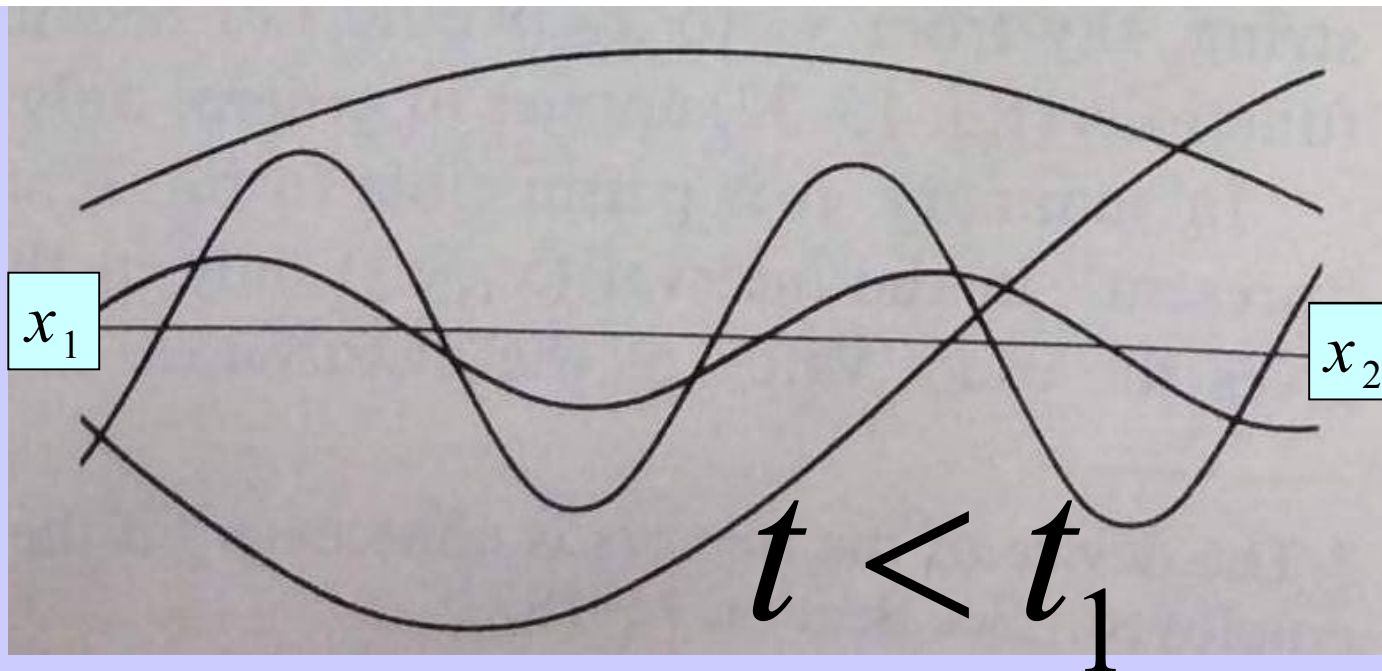
ΘΕΤΙΚΕΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΕΙΣ ΑΝΑΙΡΟΥΝΤΑΙ
ΑΠΟ ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ



$$t < t_1$$

$$t > t_1$$

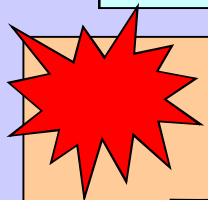
Η ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ ΤΩΝ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ
ΔΕΝ ΟΔΗΓΕΙ
ΣΕ ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ.
ΟΙ ΘΕΤΙΚΕΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΕΙΣ
ΔΕΝ ΑΝΑΙΡΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ.
Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ
ΕΧΕΙ ΦΤΑΣΕΙ.



Ο
Μ
Ω
Σ

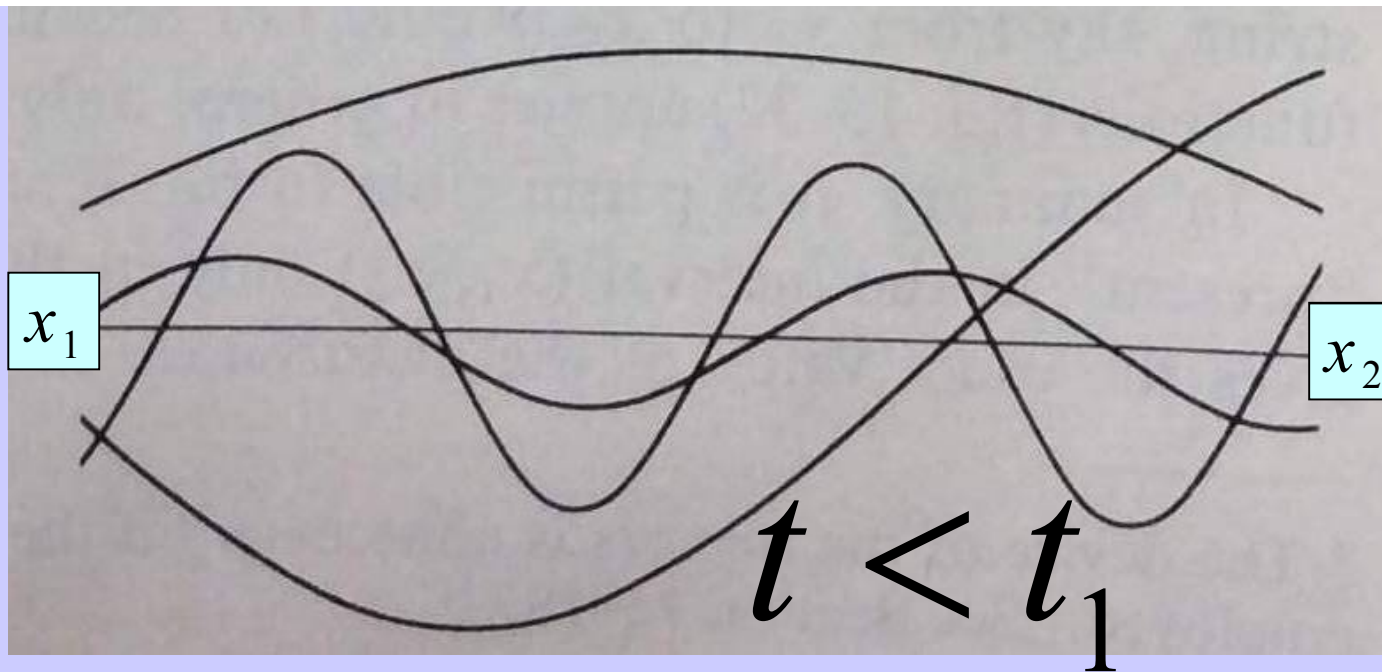
ΤΑ ΑΡΜΟΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ
ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΟΝΤΑ ΚΑΙ ΓΙΑ

$$t < t_1$$



ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ

ΠΡΙΝ ΦΤΑΣΕΙ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ!



ΤΑ ΑΡΜΟΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ
ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΟΝΤΑ ΚΑΙ ΓΙΑ

$$t < t_1$$

ΚΑΘΕ ΑΡΜΟΝΙΚΟ ΚΥΜΑ ΕΧΕΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.ΘΑ
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΠΡΙΝ ΦΤΑΣΕΙ Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ;

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ
ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ
ΣΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ
ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ
ΚΑΙ ΟΧΙ
ΩΣ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ
ΤΩΝ
ΣΤΑΣΙΜΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ.

ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΤΡΕΠΤΟ
ΝΑ ΘΕΩΡΟΥΜΕ
ΟΤΙ ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ - ΑΡΜΟΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ
ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΟΝΤΑ ΣΤΟ

$$(x_1, x_2)$$

ΜΟΝΟ

ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ
ΟΤΙ Η ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ ΤΟΥΣ
ΔΙΝΕΙ ΤΗΝ ΑΚΡΙΒΗ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ

$$y(x,t)$$

ΣΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΧΩΡΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ
ΚΑΘΕ ΣΤΙΓΜΗ.

ΚΑΘΕ ΑΛΛΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ
ΝΑ ΑΠΟΔΩΣΟΥΜΕ
«ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ»
ΣΤΙΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ – ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ
ΕΙΝΑΙ ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ.

ΕΑΝ ΑΝΑΦΕΡΟΥΜΕ
ΟΧΙ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΧΟΡΔΗΣ
ΑΛΛΑ ΣΕ ΟΛΗ ΤΗ ΧΟΡΔΗ
Η ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ
ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΤΥΧΗΣ;

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ
ΛΟΙΠΟΝ
ΤΑ ΟΡΙΑ
ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ;

ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΗ

Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΟΣ

$$(\Delta k)(\Delta x) \geq \frac{1}{2}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

$$(\Delta p_x)(\Delta x) \geq \hbar$$

ΦΥΣΙΚΗ

ΟΥΤΕ Η ΘΕΣΗ ΟΥΤΕ Η ΟΡΜΗ
ΕΝΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ
ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΟΥΝ
ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΜΕ ΟΣΟΔΗΠΟΤΕ ΜΕΓΑΛΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ

$$(\Delta \omega)(\Delta t) \geq \frac{1}{2}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

$$(\Delta E)(\Delta t) \geq \hbar$$

ΦΥΣΙΚΗ

**Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΧΕΙ
ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ.
Η ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΔΕ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ
ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ Δt
ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΣΕ ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**

ΕΝΑ ΣΥΜΠΙΑΝ

ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ

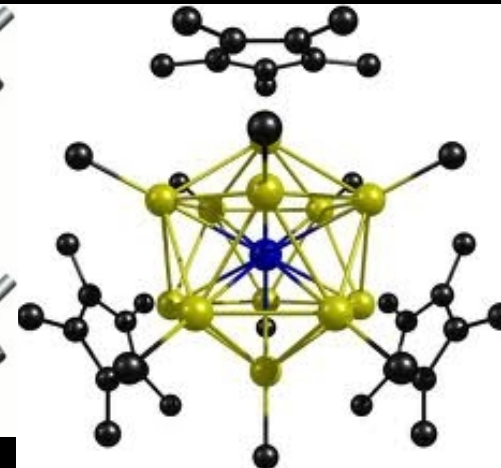
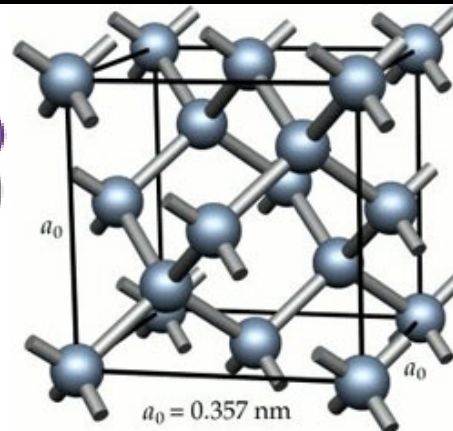
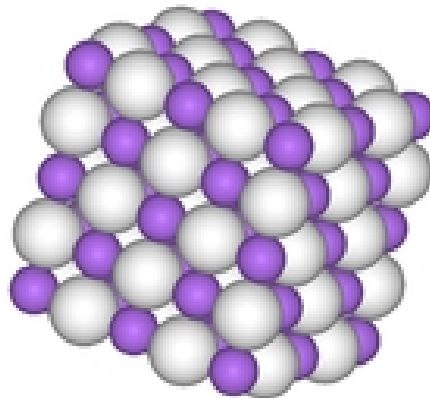
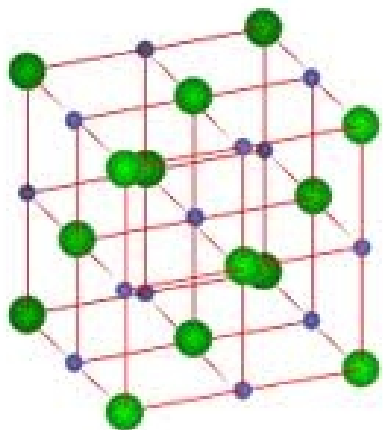
ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

ΘΑ ΗΤΑΝ ΕΝΑ ΝΕΚΡΟ ΣΥΜΠΙΑΝ!

ΓΙΑΤΙ Ο ΚΟΣΜΟΣ
ΕΙΝΑΙ
ΕΤΣΙ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ;



**Η φύση
δομεί
με κανόνες αισθητικής.**

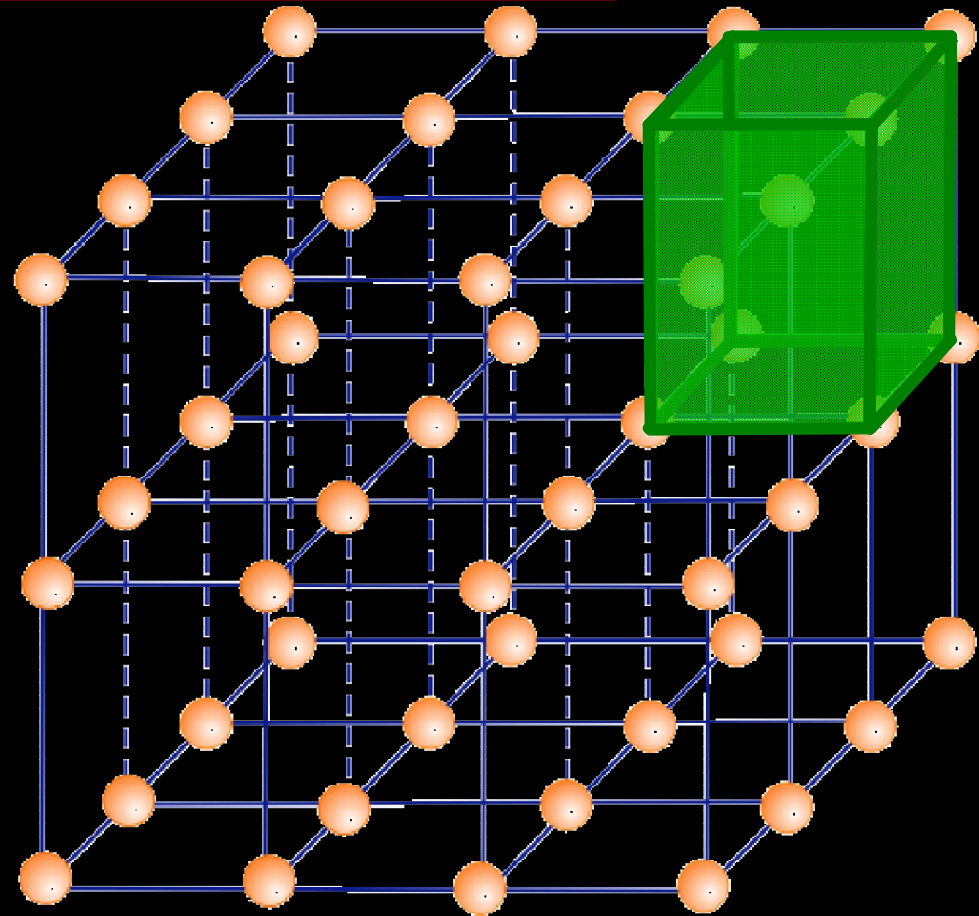


Η ΦΥΣΗ ΔΟΜΕΙ ΜΕ ΚΑΝΟΝΑ ΤΗΝ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ.

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ

ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑ



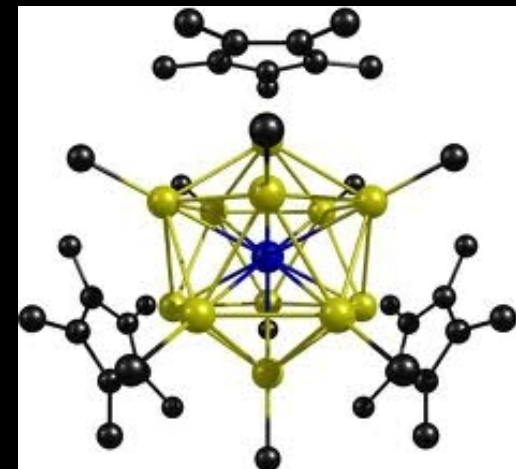
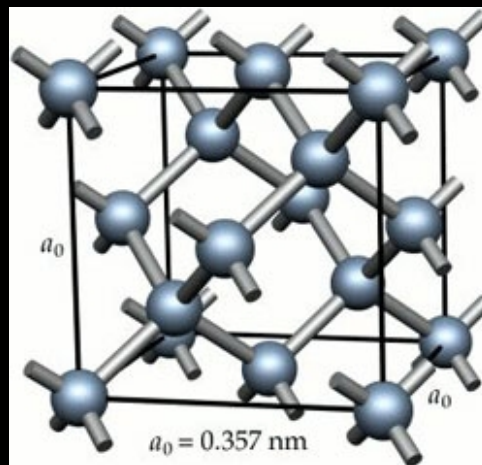
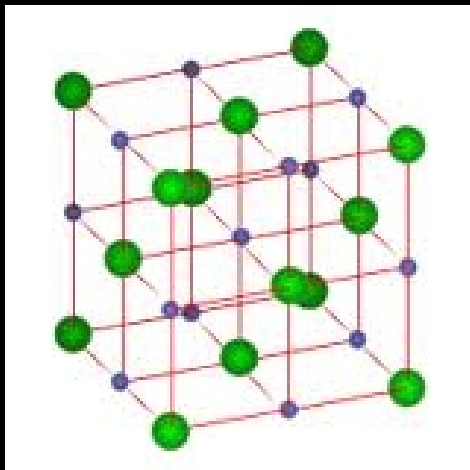
Η ΦΥΣΗ

ΔΕΝ ΧΤΙΖΕΙ ΑΝΑΡΧΑ!

Η ΦΥΣΗ
ΚΑΝΕΙ
ΟΚΟΝΟΜΙΑ
ΣΤΗΝ
ΚΑΤΑΛΩΣΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ!

ΣΥΝΔΥΑΖΕΙ ΤΗΝ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ
ΜΕ ΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ
ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ!

Η ΦΥΣΗ
ΔΕΝ ΔΑΝΕΙΖΕΤΑΙ ΠΟΤΕ!



ΑΝ ΕΧΕΙ ΝΑ ΔΙΑΘΕΣΕΙ ΠΟΛΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΑ ΦΤΙΑΧΝΕΙ ΔΙΑΜΑΝΤΙΑ



Graphite can be transformed into diamond by applying a temperature of 3000°C and pressure of 100,000 atm.

**ΑΝ ΕΧΕΙ ΝΑ ΔΙΑΘΕΣΕΙ ΛΙΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΑ ΦΤΙΑΧΝΕΙ ΚΑΡΒΟΥΝΟ!**



Η φύση σέβεται τον

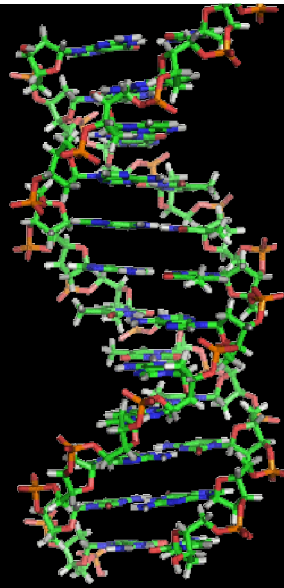


Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ
FERMAT

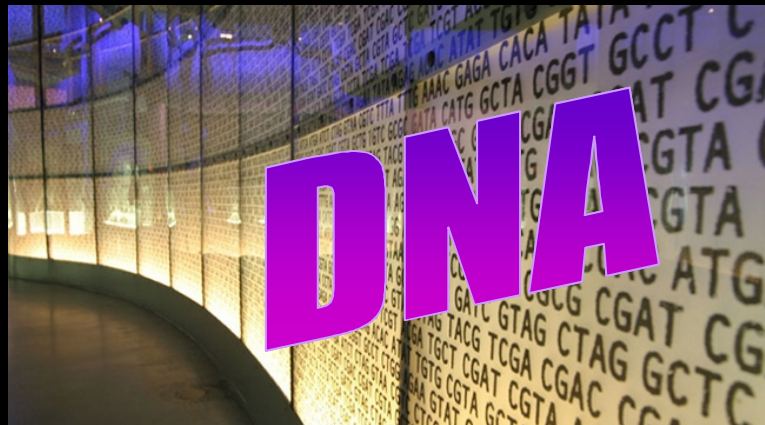


Χρόνο!

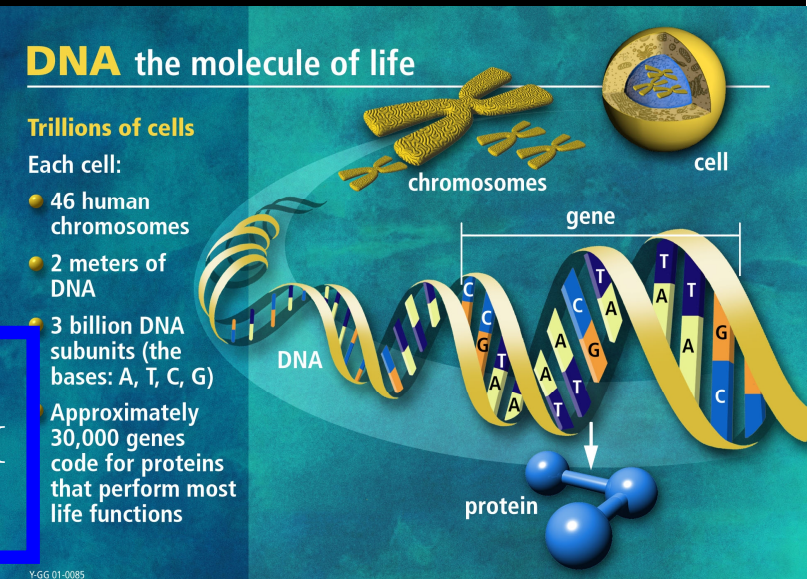
**Η φύση
προγραμματίζει
με έξυπνους
αλγορίθμους!**



ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΗ
Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ
ΠΟΥ ΜΑΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ;
ΠΩΣ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΟ ΝΑ ΥΠΑΡΧΕΙ
ΤΟΣΟ ΜΕΓΑΛΟΣ
ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ;



Περιέχει τις ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ
που καθορίζουν τη ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
όλων των κυταρικών μορφών ζωής.



FRACTALS!

ΑΠΟ ΤΟ
ΜΙΚΡΟ
ΣΤΟ
ΜΕΓΑΛΟ!



FRACTALS!



ΑΠΟ ΤΟ ΜΙΚΡΟ ΣΤΟ ΜΕΓΑΛΟ
ΜΕ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ΣΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΚΛΙΜΑΚΑΣ
ΜΕ ΑΥΤΟ-ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ

ΑΤΕΛΕΙΕΣ!

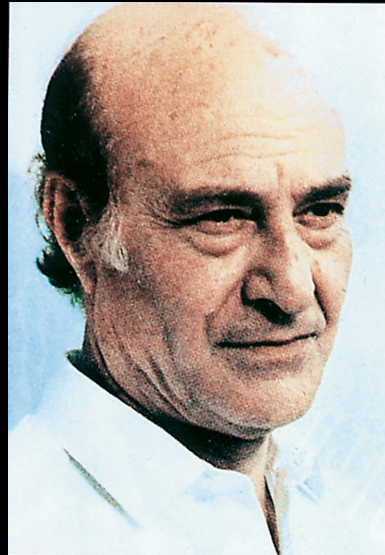


**ΕΙΜΑΣΤΕ ΑΤΕΛΕΙΣ!
ΤΟ ΜΑΤΙ ΜΑΣ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ
ΝΑ ΒΛΕΠΕΙ ΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟΥ!
ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΣΚΙΕΣ!**

**ΕΥΤΥΧΩΣ ή ΔΥΣΤΗΧΩΣ
ΠΟΥ ΕΙΜΑΣΤΕ ΑΤΕΛΕΙΣ;**

Η ΠΟΙΗΣΗ...

ΟΣΟ ΘΕΣ ΠΟΛΕΜΑ
ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΦΤΕΡΝΑ Η
ΤΕΛΕΙΟΤΗΤΑ.



Η ΑΡΧΗ...

ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑ!

ΑΥΤΟΣ Ο ΚΟΣΜΟΣ
Ο ΜΙΚΡΟΣ Ο ΜΕΓΑΣ



Ψαρεύοντας έρχεται η θάλασσα.

Οδυσσέας Ελύτης