

Οι ήχοι παράγονται από τις παλμικές κινήσεις των σωμάτων. Όταν σταματήσουν οι παλμικές κινήσεις σταματούν και οι ήχοι.



Οι ήχοι διαδίδονται με κύματα , που ονομάζονται ηχητικά κύματα και ταξιδεύουν προς όλες τις κατευθύνσεις.

**ΠΗΓΗ**

Σειρήνα  
Διαπασών  
Μεγάφωνο

Χορδή  
Ηχητικός σωλήνας  
Κώδωνας



**ΥΛΙΚΟ ΜΕΣΟ**



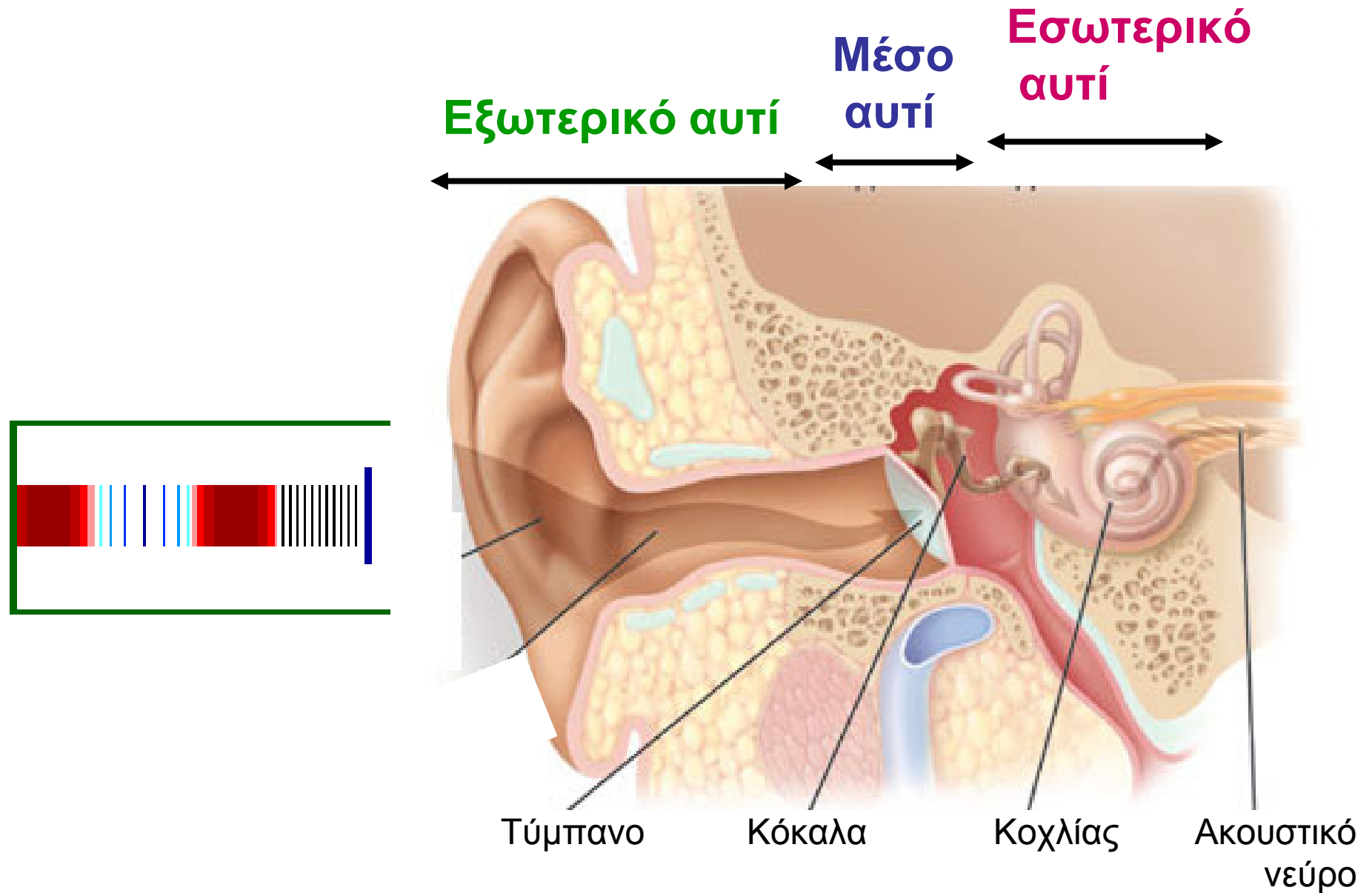
Θα το θεωρούμε γραμμικό  
Αν ο εισερχόμενος ήχος αυξηθεί  
κ φορές, κ φορές θα αυξηθεί και ο  
εξερχόμενος



**ΔΕΚΤΗΣ**

Αυτί  
Μικρόφωνο

# Πώς ακούμε.



**Πτερύγιο:** συγκεντρώνει ηχητική ενέργεια

τρία οστάρια

**σφύρα-άκμονας-αναβολέας**

Μεγεθύνουν τις μικρές πιέσεις που δέχεται το τύμπανο σε πολύ μεγαλύτερες πιέσεις στην

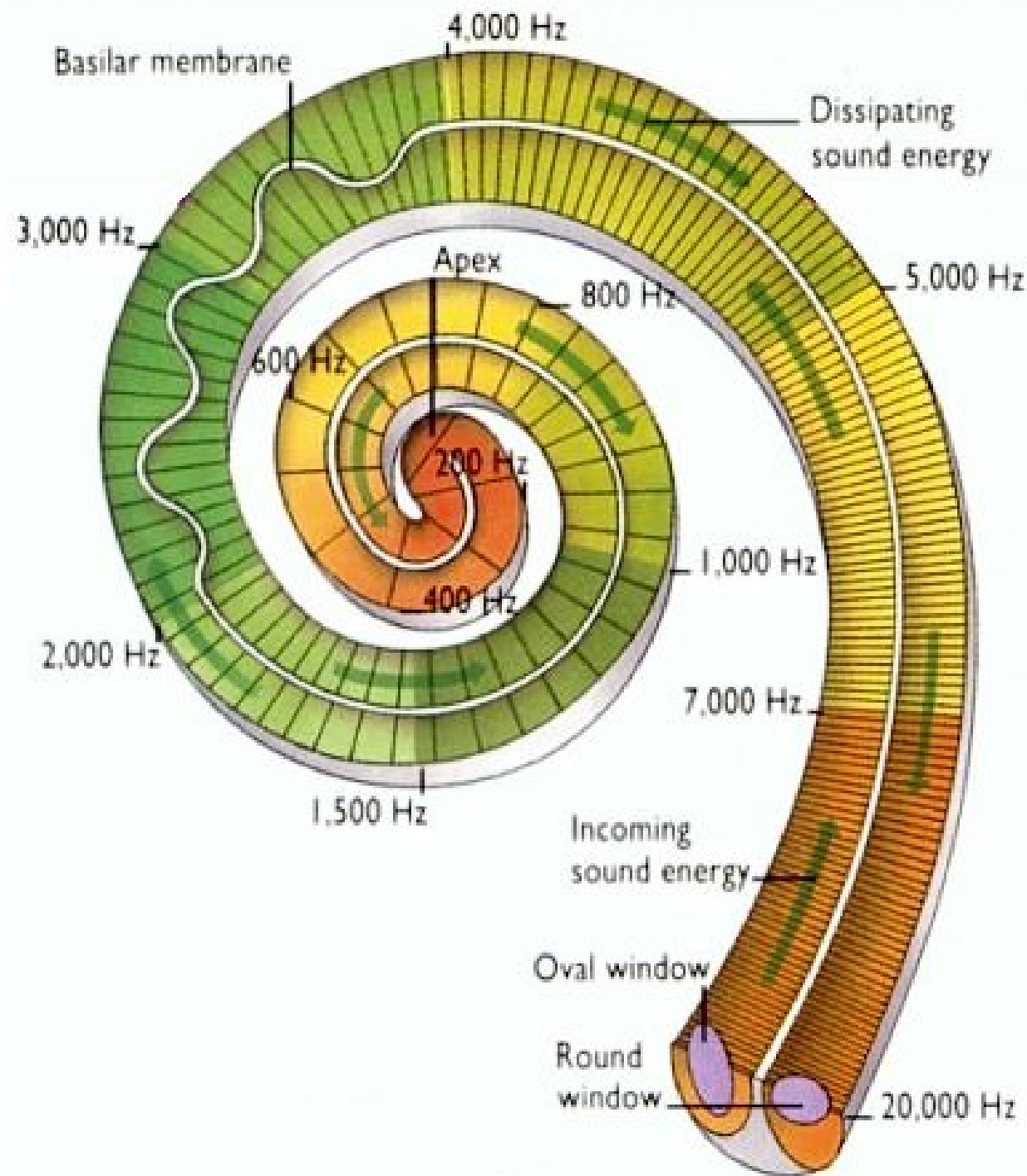


**ωοειδή μεμβράνη**

**τύμπανο:** μετατρέπει μεταβολές πίεσης σε μηχανικές ταλαντώσεις

**Κοχλίας:** περιέχει το μηχανισμό για τη μετατροπή μεταβολών πίεσης σε νευρικά ερεθίσματα προς τον εγκέφαλο

**ακουστικός πόρος:** κατευθύνει τα ηχητικά κύματα προς το τύμπανο



# ΚΟΧΛΙΑΣ

# Υποκειμενικά και αντικειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου.

- **Υποκειμενικό** χαρακτηριστικό: αφορά στο πώς **αντιλαμβανόμαστε** τον ήχο.
- **Αντικειμενικό** χαρακτηριστικό: αφορά στα **μετρήσιμα** φυσικά **χαρακτηριστικά** του ήχου.



**Συχνότητα**

**Ένταση**

**Κυματομορφή**

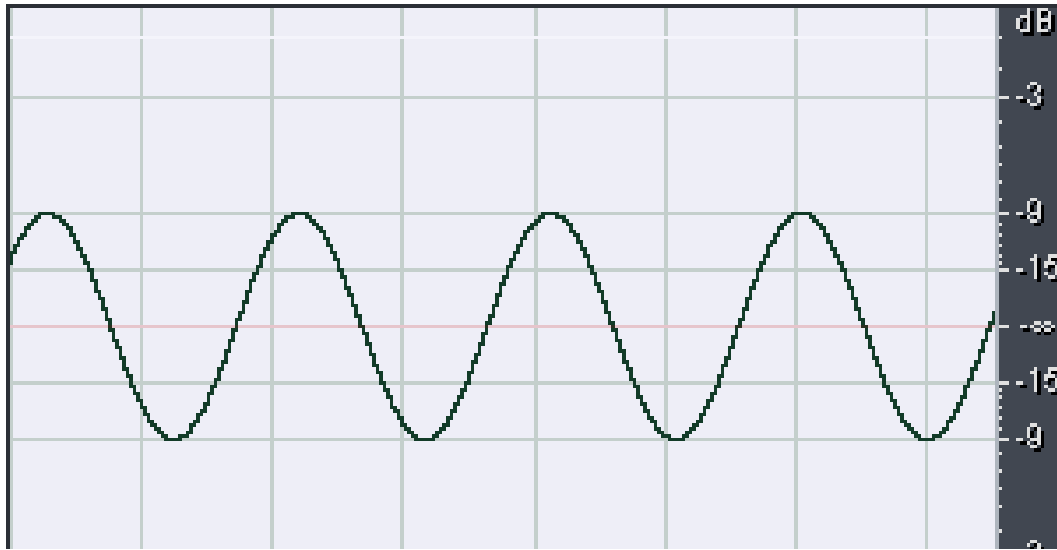
**ΟΡΙΣΜΟΣ:** Ονομάζουμε **ΕΝΤΑΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ** το ρυθμό με τον οποίο μεταφέρεται ενέργεια (ισχύς) από το κύμα ανά μονάδα εμβαδού μέσα από μια επιφάνεια κάθετη στη διάδοση του.

$$I = \frac{P}{A}$$

Μονάδα μέτρησης

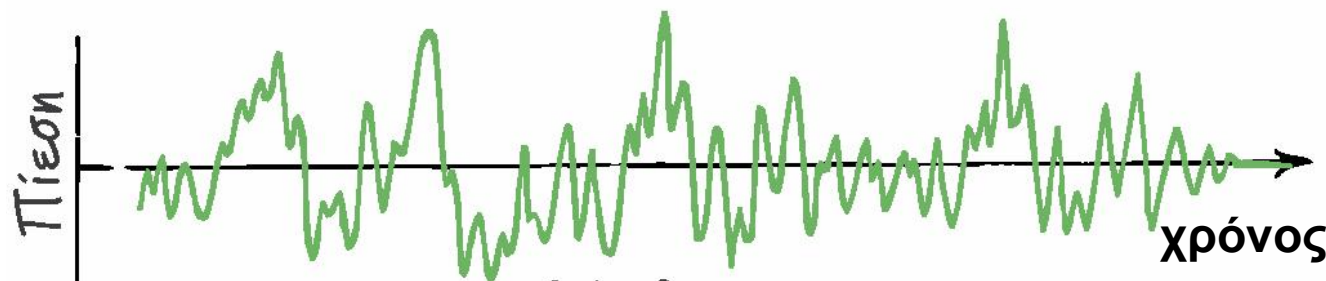
$$\frac{Watt}{m^2}$$



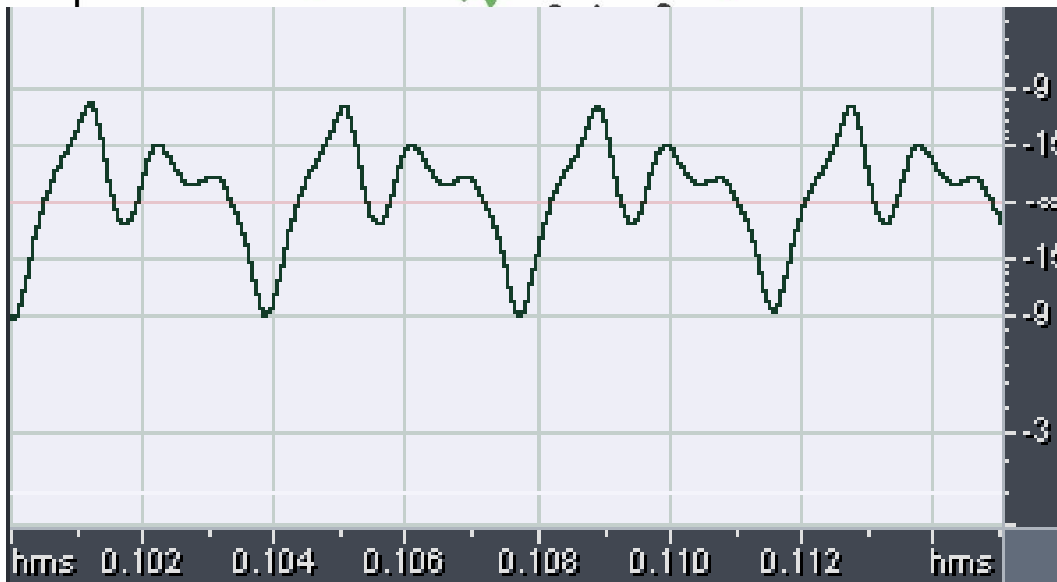


## Απλός ήχος

η πίεση είναι  
αρμονική συνάρτηση  
του χρόνου



θόρυβος



## Σύνθετος ήχος

η πίεση είναι περιοδική  
συνάρτηση του χρόνου

C<sub>1</sub>

C<sub>2</sub>

C<sub>3</sub>

C<sub>4</sub>

C<sub>5</sub>

C<sub>6</sub>

C<sub>7</sub>

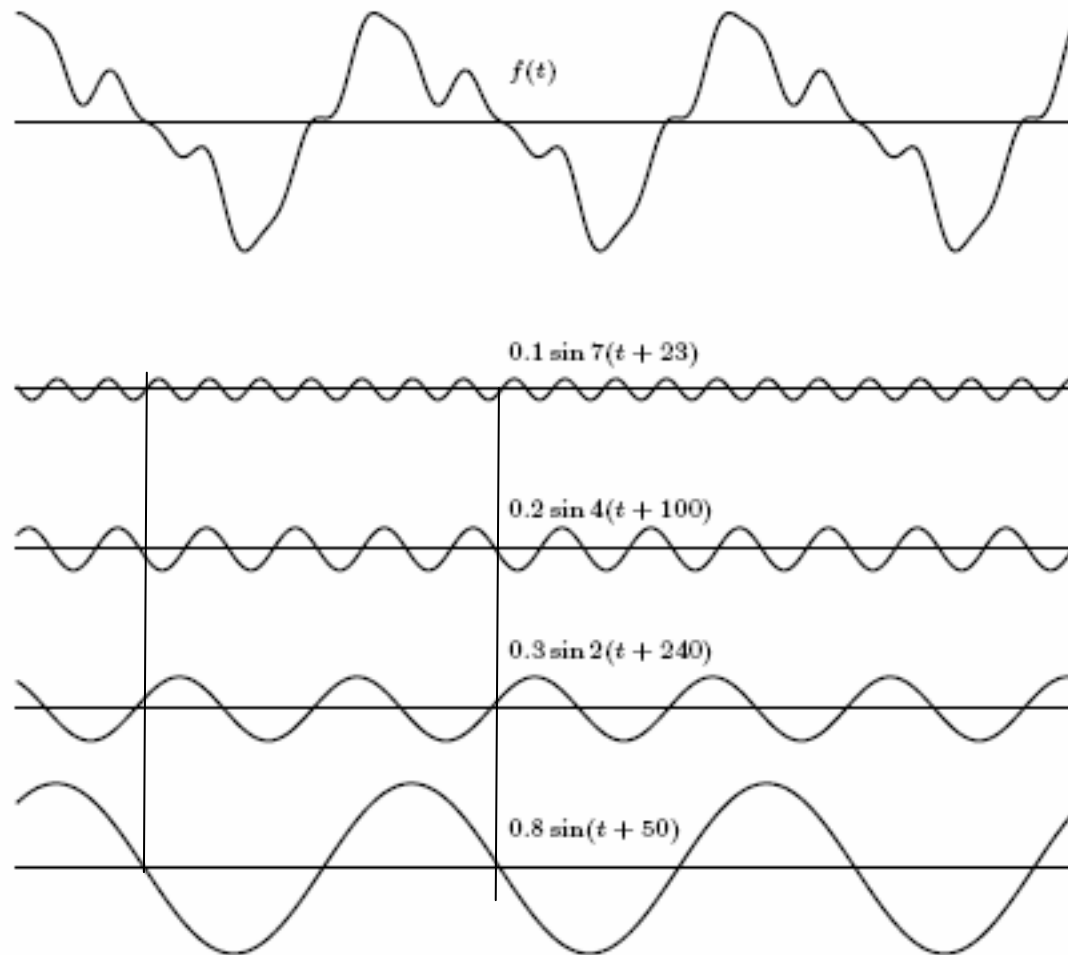
C<sub>8</sub>



C<sub>4</sub> D<sub>4</sub> E<sub>4</sub> F<sub>4</sub> G<sub>4</sub> A<sub>4</sub> B<sub>4</sub> C<sub>5</sub>



261.63 Hz 293.66 Hz 329.63 Hz 349.23 Hz 392.00 Hz 440.00 Hz 493.88 Hz 523.25 Hz

# Ακούμε σύνθετους ήχους



**Ανάλυση Fourier**

# Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου.

- **Ακουστότητα:** πόσο «δυνατά» ακούγεται ένας ήχος.
- **Ύψος:** πόσο «οξύς» ή «χαμηλός» ακούγεται ένας ήχος.  
- **Χροιά:** ποιότητα ήχου. (Π.χ. στο αν είναι ήχος πιάνου ή βιολιού).
  - Άραγε με ποια αντικειμενικά χαρακτηριστικά σχετίζονται;
    - Ας τα δούμε ένα – ένα...

# Υποκειμενικά χαρακτηριστικά ήχου και συσχέτιση με μετρήσιμα μεγέθη

**Ακουστότητα**



**Ένταση**

**Υψος**



**Συχνότητα**

**Χροιά**



**Κυματομορφή**

## ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ ΠΟΥ ΔΙΕΓΕΙΡΕΙ ΤΟ ΑΥΤΙ

**Κατώφλι  
ακοής**  $p_o = 20 \mu\text{Pascal}$

## ΠΙΕΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΠΟΝΟ ΣΤΟ ΑΥΤΙ

**Όριο  
πόνου**  $p = 20\text{Pascal}$

Ατμοσφαιρική πίεση περίπου: **100kPascal**

Πίεση  
 $P$  (Pa)

100

10

1

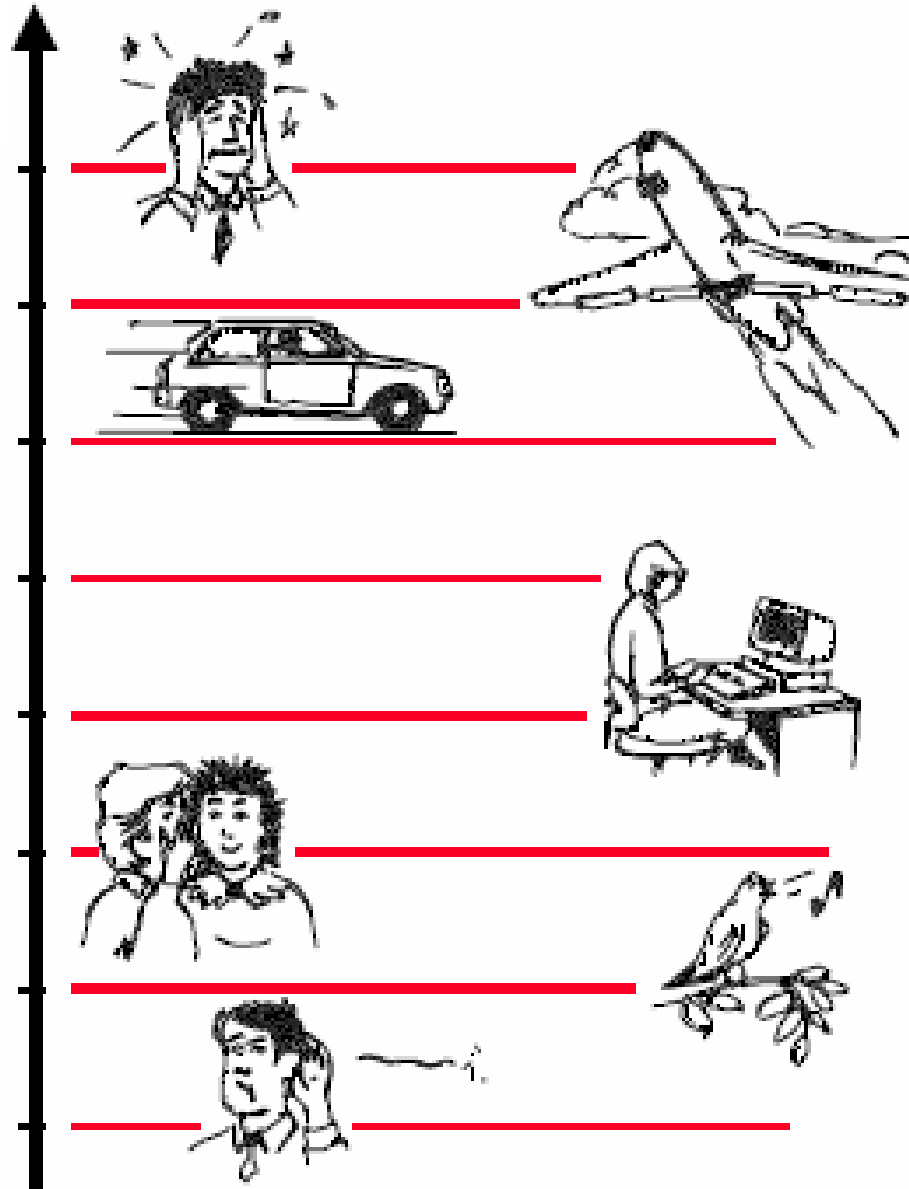
0.1

0.01

0.001

0.0001

0.00002



## ΣΤΑΘΜΗ ΠΙΕΣΗΣ ΗΧΟΥ

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Ελάχιστη πίεση  
που διεγείρει  
το αυτί

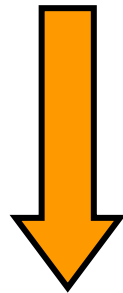
Τη μετράμε σε db

**Το αυτί δεν ακούει γραμμικά**



$\log(x)$

Ποιος ο  
δεκαδικός λογάριθμος  
ΤΟΥ  $x$ ;



$$10^{\cdot} = x$$

**ισοδύναμο**

Σε ποια δύναμη θα  
υψώσω το 10  
Για να πάρω το  $x$ ;

$$\log(10) = 1$$

$$10^1 = 10$$

$$\log(100) = 2$$

$$10^2 = 100$$

$$\log(1000) = 3$$

$$10^3 = 1000$$

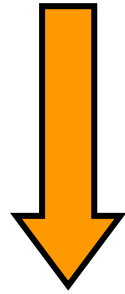
$$\log(2) = 0,301\dots$$

$$10^{0,301\dots} = 2$$

$$\log(10^9) = 9$$

$$10^9 = 10^9$$

$$\log(x) = y$$



$$x = 10^y$$

**Ηχητικό κύμα με πλάτος πίεσης 20Pa προκαλεί πόνο στο αυτί.  
Ποια η στάθμη πίεσης του κύματος;**

$$\left. \begin{array}{l} L_p = 20 \log \frac{p}{p_o} \\ p_o = 20 \mu Pa \\ p = 20 Pa \end{array} \right\} \begin{array}{l} L_p = 20 \log \frac{20 Pa}{20 \cdot 10^{-6} Pa} \Leftrightarrow \\ L_p = 120 db \end{array}$$

## ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΠΟΥ ΔΙΕΓΕΙΡΕΙ ΤΟ ΑΥΤΙ

**Κατώφλι  
ακοής**

$$I_o = 10^{-12} \frac{\text{Watt}}{m^2}$$

## ΕΝΤΑΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΠΟΝΟ ΣΤΟ ΑΥΤΙ

**Όριο  
πόνου**

$$I = 1 \frac{\text{Watt}}{m^2}$$

# ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΧΟΥ

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_o}$$

Ελάχιστη ένταση  
που διεγείρει  
το αυτί

## Στάθμη έντασης ήχου:

$L_i$ :

$10 \text{ Log}( 1 ) =$	<b>0 dB</b>	$I_1 = I_0$
$10 \text{ Log}( 10 ) =$	<b>10 dB</b>	$I_1 = 10 I_0$
$10 \text{ Log}( 100 ) =$	<b>20 dB</b>	$I_1 = 100 I_0$
$10 \text{ Log}( 2 ) =$	<b>3.0 dB</b>	$I_1 = 2 I_0$

**Βλάβες που προκαλούνται στο αυτί εξαιτίας θορύβων είναι συνάρτηση όχι μόνο της έντασης σε db αλλά και της διάρκειας των θορύβων**

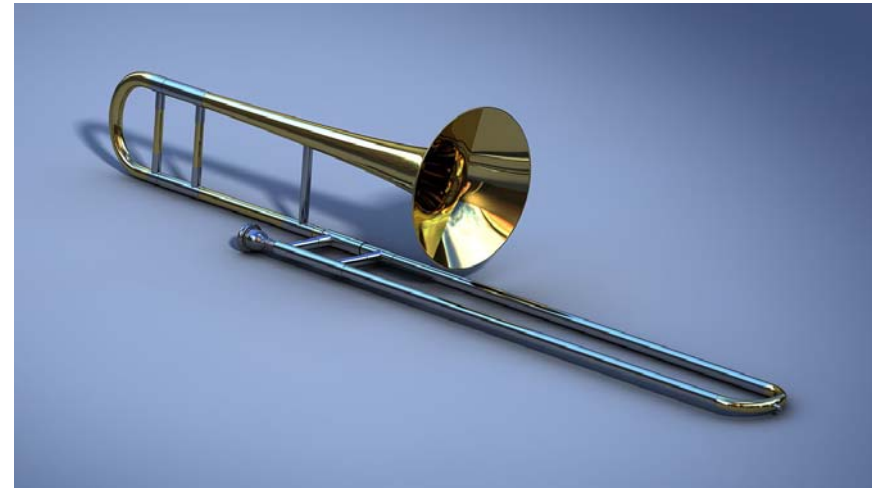
Μέγιστη επιτρεπόμενη ημερήσια διάρκεια (ώρες)	Ένταση (db)
8	90
6	92
4	95
2	100
1	105



Ηχητική πηγή	Στάθμη θορύβου(db)
Κατώφλι ακοής	0
Θρόισμα φύλλων	10
Συζήτηση στο σπίτι	55
Δρόμος με μεγάλη κυκλοφορία	70
Κέντρο διασκέδασης	115
Αεριωθούμενο από 30 μέτρα	140

**Τι σημαίνει 70 db;**

Η καμπάνα σε ένα τρομπόνι έχει εμβαδό  $0,1\text{m}^2$ . Η ακουστική ισχύς που εκπέμπεται από το τρομπόνι καθώς παίζει μια συγκεκριμένη νότα είναι  $1,5\text{Watt}$ . Ποια η ένταση και ποια η στάθμη έντασης του ήχου που παράγεται στην καμπάνα;



$$I = \frac{P}{A} = \frac{1,5\text{Watt}}{0,1\text{m}^2} = 15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_o} = 10 \log \frac{15}{10^{-12}} = 131,8\text{db}$$

## ΜΕΡΙΚΕΣ ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΛΟΓΑΡΙΘΜΩΝ

$$\text{Log}(x \cdot y) = \text{Log}(x) + \text{Log}(y)$$

$$\text{Log}(x / y) = \text{Log}(x) - \text{Log}(y)$$

$$\text{Log}(x^p) = p \text{Log}(x)$$

Ποιός ο λόγος των εντάσεων ενός ήχου σε συζήτηση στο σπίτι και ήχου σε κέντρο διασκέδασης με πολύ δυνατή μουσική;

Στάθμη έντασης ήχου στο σπίτι:  $L_1=55\text{db}$

Στάθμη έντασης ήχου στο κέντρο:  $L_2=115\text{db}$

$$L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_o} \quad L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_o}$$

$$L_2 - L_1 = 10 \left( \log \frac{I_2}{I_o} - \log \frac{I_1}{I_o} \right) \Rightarrow 6 = \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow I_2 = 10^6 I_1$$

Αν διάφορα ηχητικά κύματα παράγουν στάθμη έντασης ήχου  $L_1, L_2, L_3, \dots$  αντίστοιχα, η συνολική στάθμη έντασης είναι:

$$L = 10 \log(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{L_3}{10}} + \dots)$$

**ΠΡΟΣΟΧΗ: Δεν προσθέτουμε στάθμες έντασης αλλά εντάσεις**

Απόδειξη .....

$$L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_o}, \quad L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_o} \quad \dots\dots\dots$$

$$L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_o} \Leftrightarrow \frac{L_1}{10} = \log \frac{I_1}{I_o} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 10^{\frac{L_1}{10}} = \frac{I_1}{I_o} \Leftrightarrow I_1 = I_o 10^{\frac{L_1}{10}}$$

Συνολική ένταση:  $I = I_1 + I_2 + \dots\dots\dots \Leftrightarrow I = I_o 10^{\frac{L_1}{10}} + I_o 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow I = I_o \left( 10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots \right)$$

Στάθμη έντασης:  $L = 10 \log \frac{I}{I_o} \Leftrightarrow$

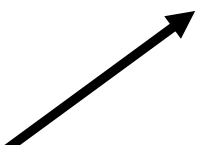
$$\Leftrightarrow L = 10 \log (10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{L_3}{10}} + \dots)$$

## ΕΝΤΑΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ

$$I = \frac{E / t}{A} = \frac{P}{A}$$

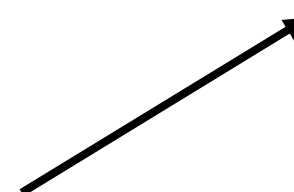
### ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΧΟΥ

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_o}$$

$$I_o = 10^{-12} \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$$


### ΣΤΑΘΜΗ ΠΙΕΣΗΣ ΗΧΟΥ

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_o}$$

$$p_o = 20 \mu\text{Pascal}$$


**ΤΕΛΟΣ**