

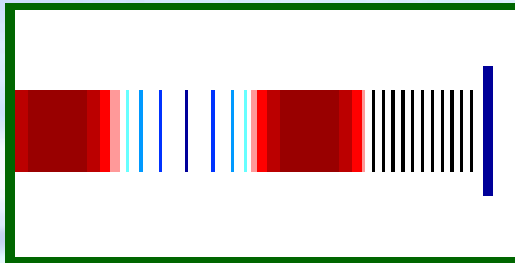
**Επεξεργασία Ήχου Φωνής**  
**2<sup>η</sup> Διάλεξη**

**Ήχος και Άνθρωπος, Θόρυβος,  
Διάδοση του Ήχου**

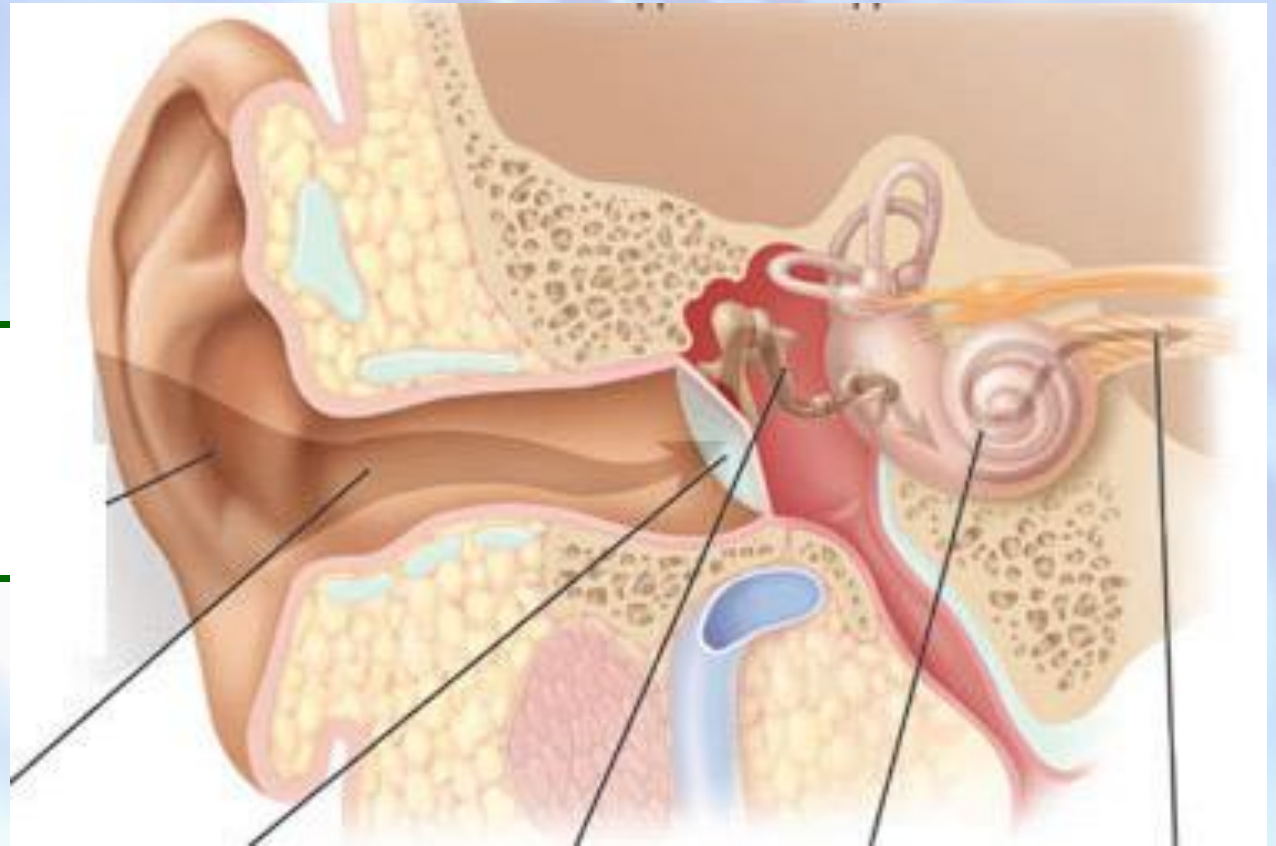
# Ήχος και άνθρωπος

- Το εξωτερικό αυτί συγκεντρώνει το ηχητικό κύμα με την κόγχη
- Μέσω του ακουστικού μεταφέρεται στο μέσο αυτί.
- Προσπίπτει στο τύμπανο το διεγείρει
- Η διέγερση μεταφέρεται μέσω της σφύρας, του άκμονα και του αναβολέα στο εσωτερικό αυτί
- Και οδηγείται στον κοχλία όπου νευρικές απολήξεις με την μορφή τριχιδίων μεταφέρουν μέσω νεύρων την πληροφορία για τον ήχο στον εγκέφαλο.

# Πώς ακούμε



Λαβύρινθος



Τύμπανο

Κόκαλα

Κοχλίας

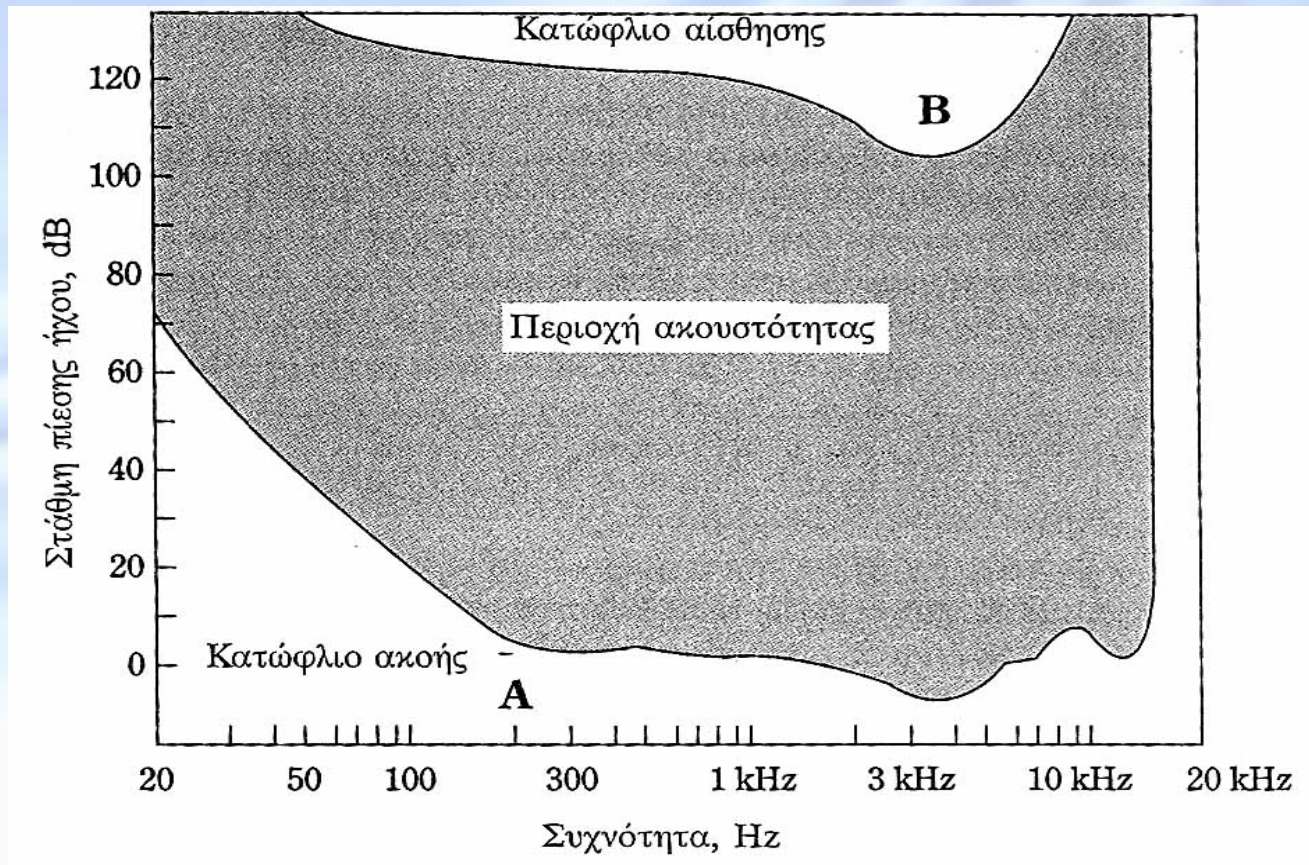
Ακουστικό  
νεύρο

# Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου.

- **Ακουστότητα ή ηχηρότητα :** πόσο «δυνατά» ακούγεται ένας ήχος.
- **Ύψος:** Το πόσο ψηλός (πρίμος) ή χαμηλός (μπάσος) ακούγεται ένας ήχος.
- **Χροιά:** Αφορά στην ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ενός ήχου. Π.χ. στο αν είναι ήχος πιάνου ή βιολιού.

# Ακουστότητα – Ηχηρότητα .

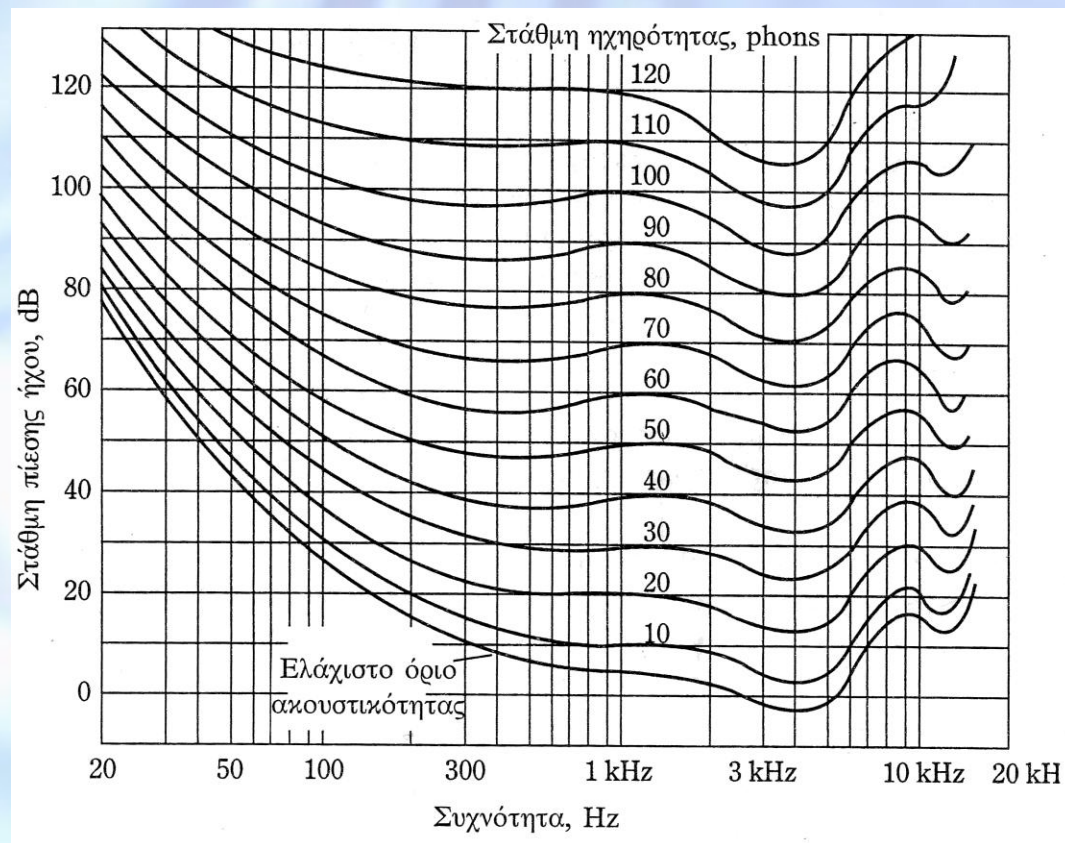
- Το ανθρώπινο αυτί δεν έχει την ίδια απόκριση σε όλες τις συχνότητες μπορούμε να κατασκευάσουμε διαγράμματα ηχηρότητας και μπορεί να καθοριστεί η περιοχή ακουστότητας



# Ακουστότητα (phon)

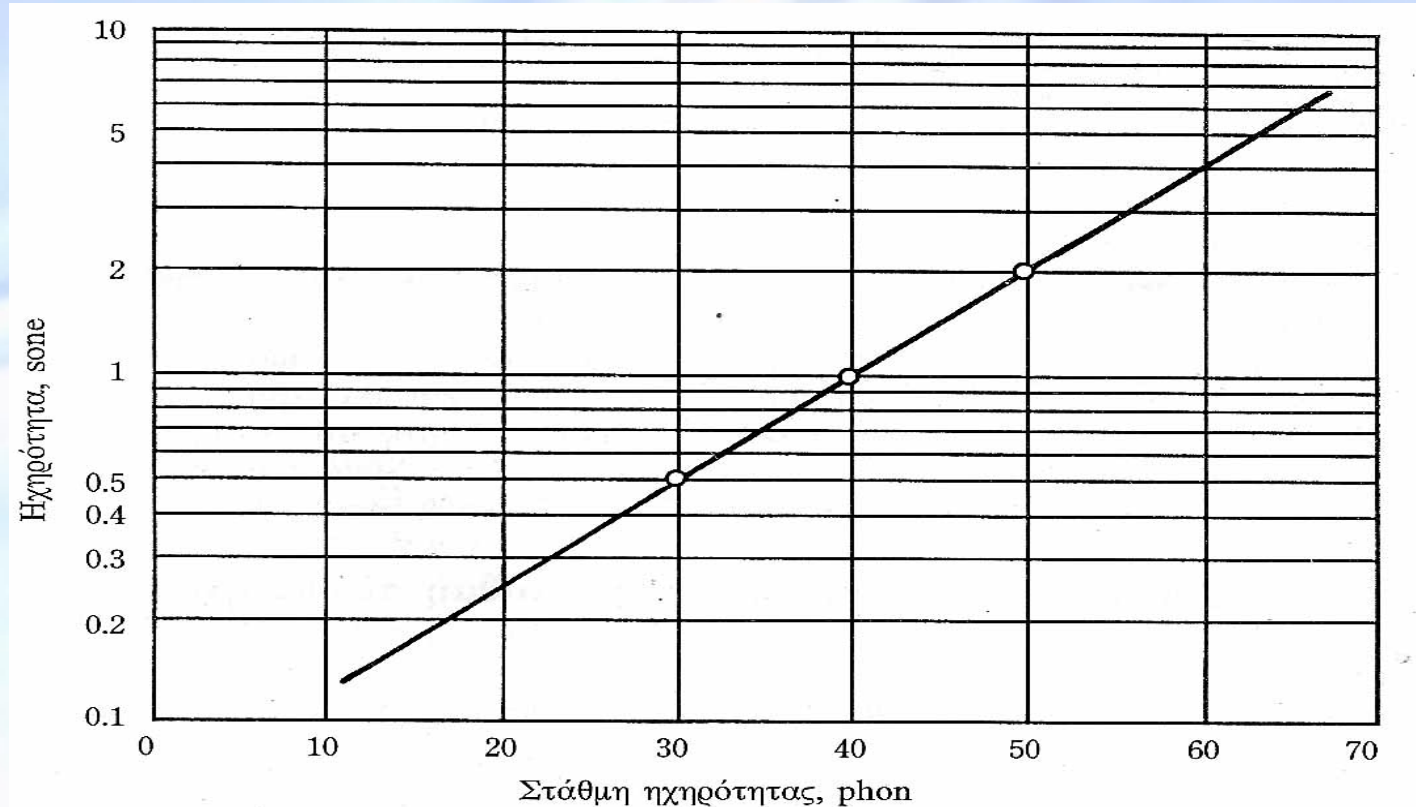
- Για να μπορέσουμε να δώσουμε μια αντικειμενική αίσθηση της ηχηρότητας ενός ήχου εισάγουμε το περίγραμμα ηχηρότητας θα λέμε ότι έχουμε περίγραμμα στάθμης ηχηρότητας 40 phon όταν περίγραμμα ίσης ηχηρότητας περνάει από στάθμη 40 dB σε συχνότητα 1 kHz.

Για παράδειγμα στάθμη ηχηρότητας 40 phon στα 50 Hz αντιστοιχεί σε στάθμη πίεσης 65 dB ενώ στα 3kHz 25 dB.



# Υποκειμενική Ηχηρότητα (sone)

- Πειράματα σε εκατοντάδες ανθρώπους δείχνουν ότι αύξηση SPL κατά 10 dB προκαλούν αίσθηση διπλάσιας έντασης ήχου.
- 1 sone είναι η ηχηρότητα που αντιλαμβάνεται ένα άτομο ένα τόνο σταθερής στάθμης 40 phon (1000 Hz). Ήχος 2 sone έχει διπλάσια ηχηρότητα ενώ ήχος 0,5 sone την μισή ηχηρότητα. Υπάρχει η σχέση ανάμεσα σε phone ( $L_L$ ) και sone ( $S$ )  $S = 2^{(L_L - 40)/10}$  ενώ φαίνεται και στο διάγραμμα



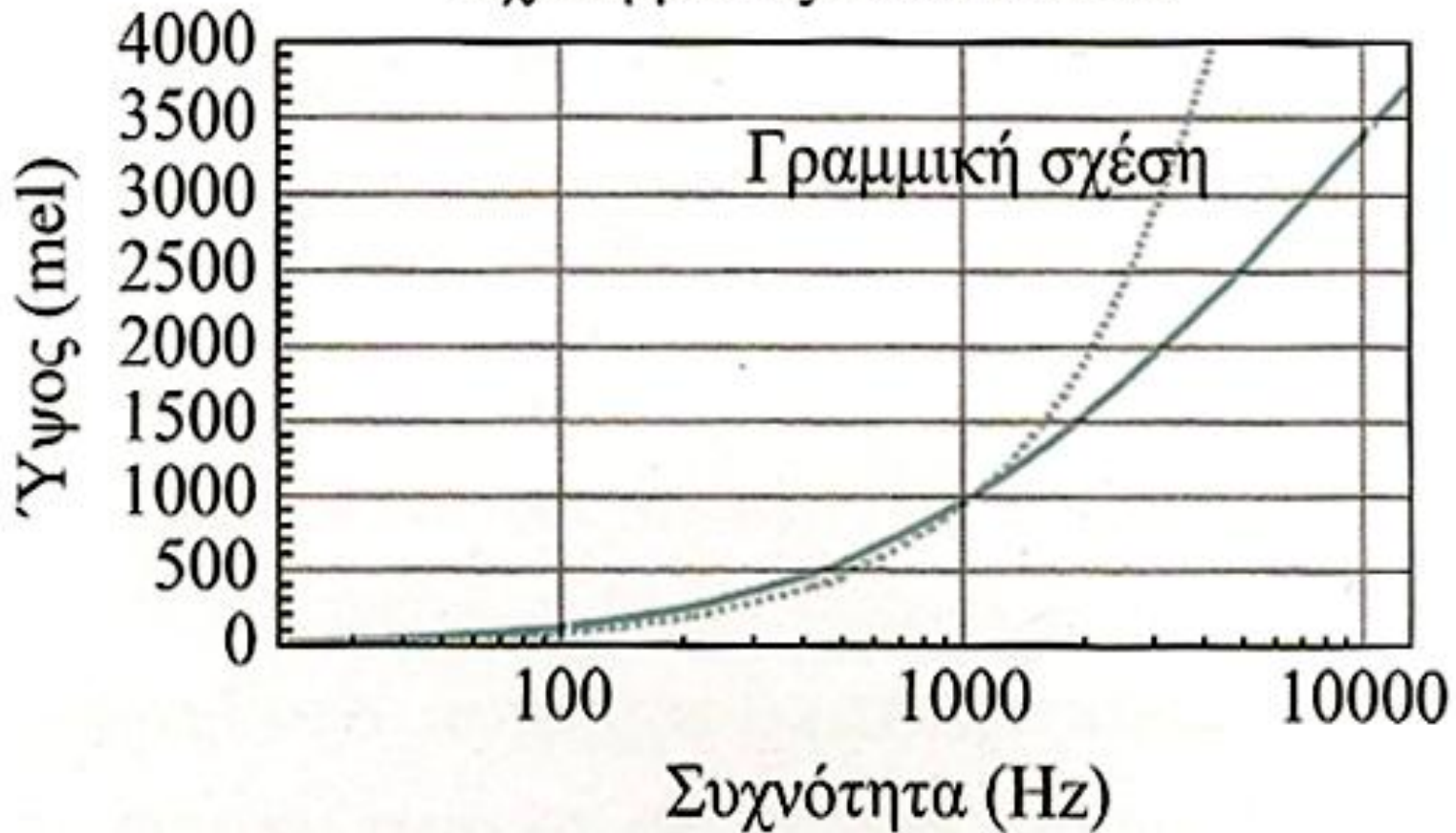
# Ύψος.

- Οι διάφορες νότες του πιάνου ή της κιθάρας γίνονται αντιληπτές σαν «ψηλότερες» και «χαμηλότερες». Το «ψηλό» ή «χαμηλό» όμως είναι υποκειμενικό χαρακτηριστικό. Δηλαδή σχετίζεται με την αντίληψη που έχουμε για τον ήχο, Παράγοντες που επηρεάζουν είναι το .
- Το ύψος έχει σχέση με την συχνότητα ενός τόνου ή την θεμελιώδη ενός σύνθετου.
- Γενικά ένας χαμηλός (μπάσος) ήχος έχει μικρή συχνότητα ενώ ένας ήχος ψηλός (πρίμος) έχει μεγάλη συχνότητα.
- Το πόσο πρίμα ή μπάσα ακούγεται ένας ήχος είναι υποκειμενικό πάλι με μετρήσεις σε μεγάλο αριθμό ατόμων εισήχθη το **mel** και ορίζεται ως εξής:
- Ύψος αναφοράς 1000 mel έχει ορισθεί σαν ύψος ενός τόνου 1000 Hz και SPL 60dB οποιοσδήποτε ήχος ανεξαρτήτου συχνότητας έχει φαινομενικά διπλάσιο ύψος ορίζουμε ότι έχει ύψος 2000 mel μια εμπειρική καμπύλη συχνότητας ήχου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Μια εμπειρική σχέση δίνεται ως εξής

$$m = 2595 \log_{10} \left( 1 + \frac{f}{700} \right)$$

# Ύψος.

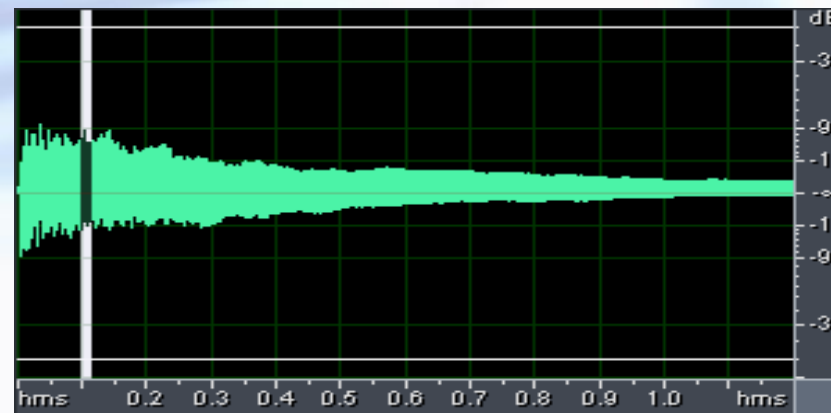
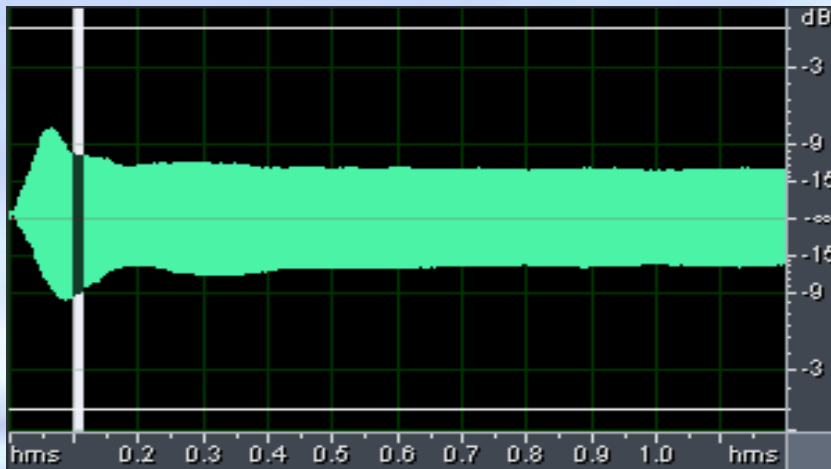
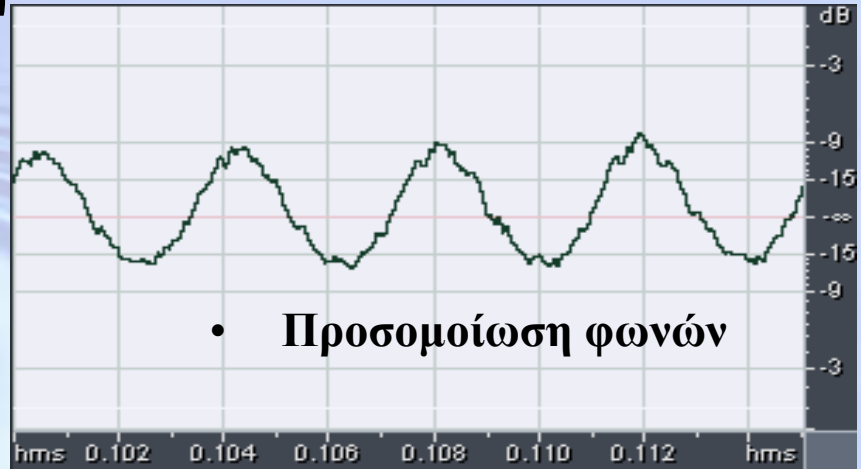
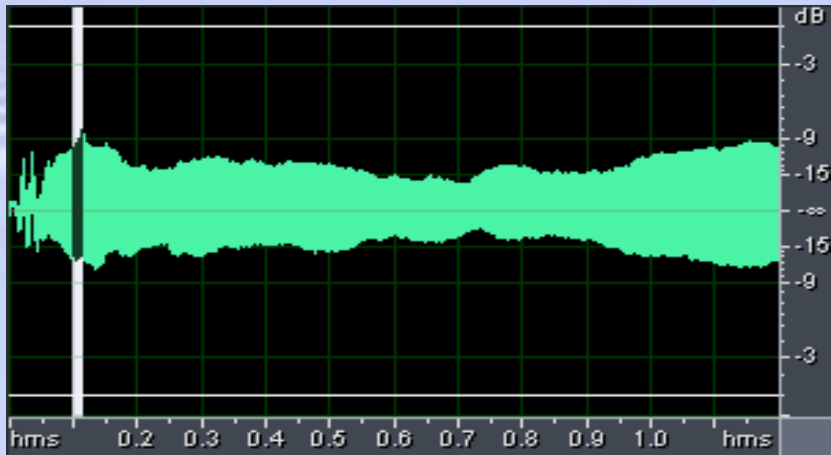
Σχέση μεταξύ mel και Hz



# Χροιά.

- Πώς ξεχωρίζουμε ένα βιολί από ένα πιάνο ή ένα φλάουτο παρ' ότι οι ήχοι που παράγουν μπορεί να έχουν την ίδια ένταση και συχνότητα;
- Η χροιά λοιπόν έχει να κάνει με την κυματομορφή που έχει ο κάθε ήχος με τις αρμονικές που συμμετέχουν και το σχετικό τους βάρος το φάσμα με άλλα λόγια του κάθε οργάνου.
- Ίδιες νότες από βιολί πιάνο η φλάουτο ακούγονται διαφορετικά γιατί έχουν διαφορετικό φάσμα συμμετέχουν διαφορετικές αρμονικές.

# Χροιά.



# Ήχος και Θόρυβος

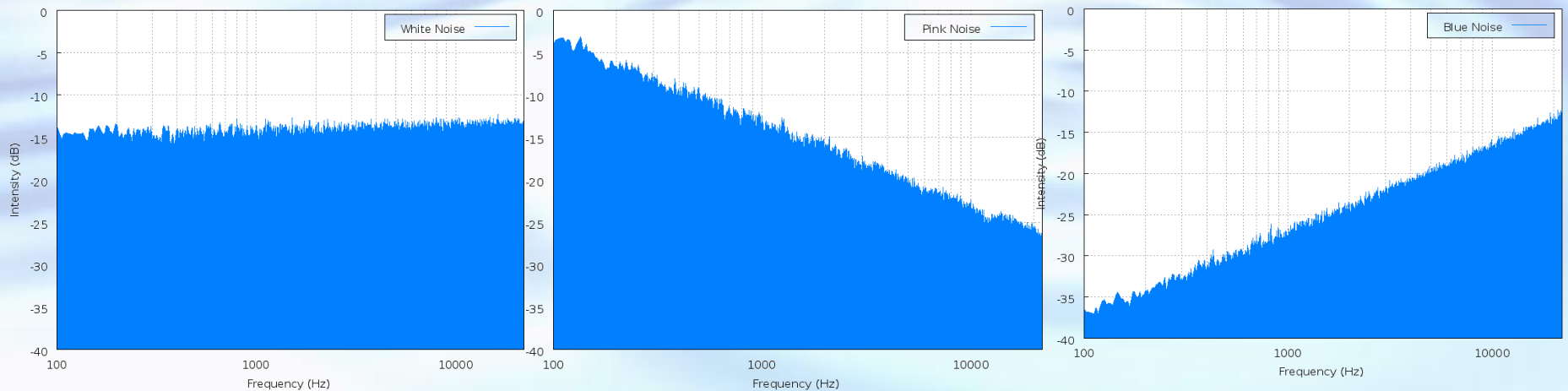
- Θόρυβος είναι οποιοσδήποτε δυσάρεστος ή ανεπιθύμητος ήχος, κατ' επέκταση θα λέγαμε γενικότερα ότι είναι μια ανεπιθύμητη διαταραχή σ' ένα επιθυμητό σήμα, και εν γένει είναι ένα σύνθετο απεριοδικό σήμα που η στιγμιαία αυξομειώνεται με τυχαίο τρόπο.



Κάνε κλικ στο διάγραμμα για να ακούσεις τον αντίστοιχο ήχο

# Είδη Θορύβου

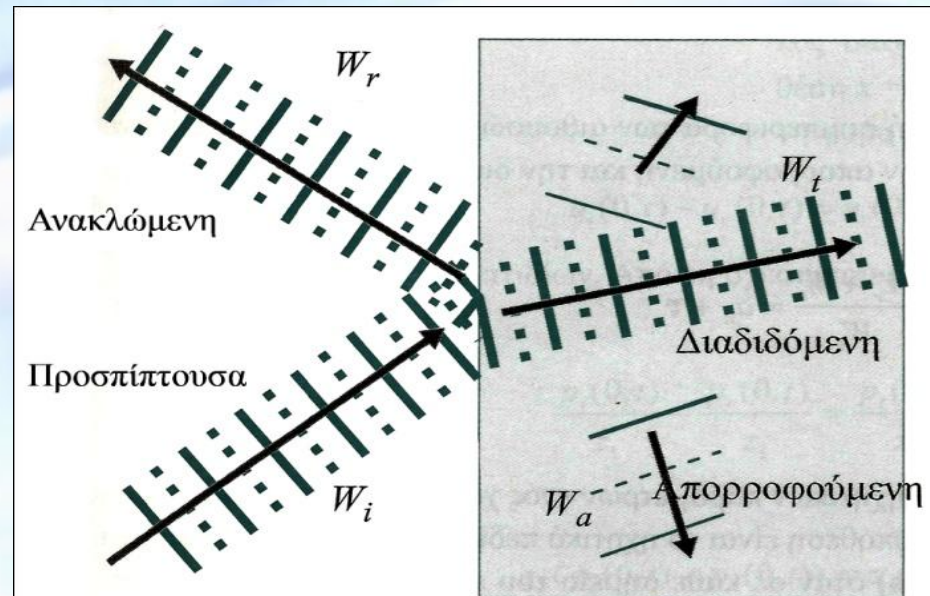
- Υποθέτουμε ότι το power spectral density per unit of bandwidth  $p_s \sim \frac{1}{f^p}$
- Σε περίπτωση που  $p=0$  έχουμε τον Λευκό Θόρυβο
- Αν  $p=1$  τον ροζ
- Ενώ αν  $p=-1$  τον μπλε



# Διάδοση του ήχου, ανάκλαση, αντήχηση

- Όταν ένα ηχητικό κύμα πέσει πάνω σε επιφάνεια διαχωρισμού ένα μέρος από την ενέργεια που μεταφέρει ανακλάται ενώ ένα άλλο απορροφάται ή διαδίδεται στην άλλη πλευρά του μέσου
- Μπορούμε να ορίσουμε 3 συντελεστές
- Συντελεστή ανάκλασης  $a_r = \frac{W_r}{W_i} = \frac{I_r}{I_i}$
- Συντελεστής διάδοσης  $\tau = \frac{W_t}{W_i} = \frac{I_t}{I_i}$
- Συντελεστής απορρόφησης  $a_a = \frac{W_a}{W_i} = \frac{I_a}{I_i}$

$$a_r + a_a + \tau = 1$$

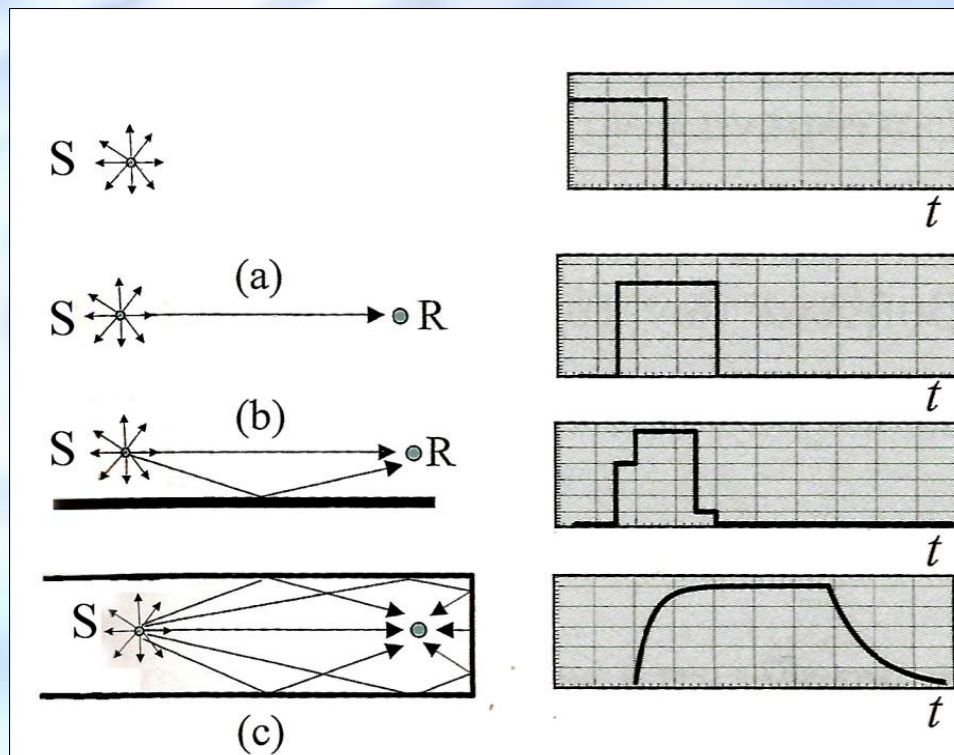
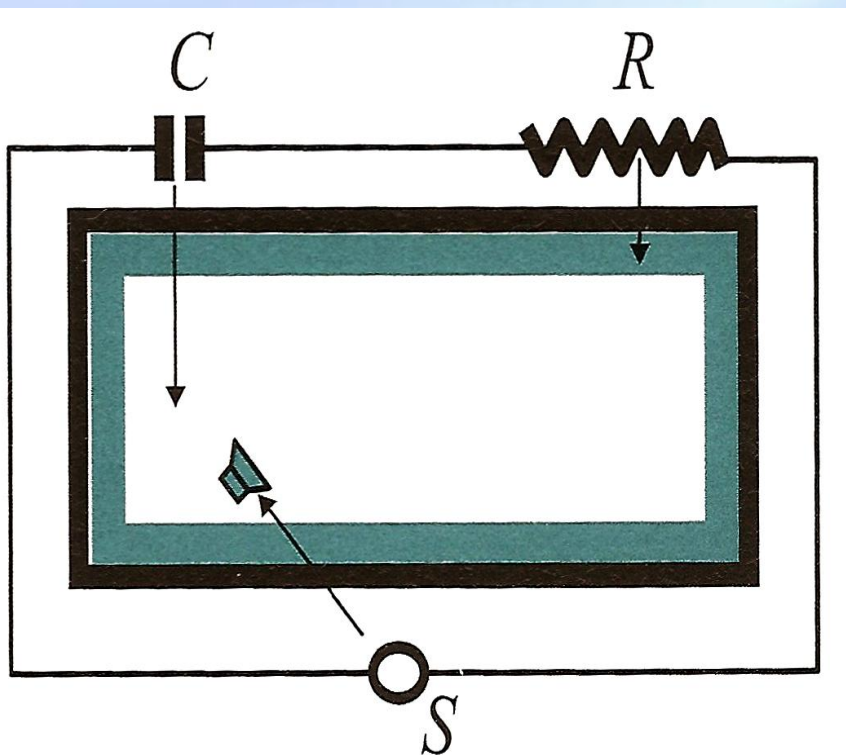


# Ανάκλαση – Διάθλαση

- Κατά την ανάκλαση ισχύει γενικά ότι η γωνία πρόσπτωσης του μετώπου κύματος είναι ίση με την γωνία ανάκλασης
- Κατά την διάδοση ισχύει ο νόμος του Snell  $\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{c_1}{c_2}$ ,  $\theta_i$  η γωνία πρόσπτωσης και  $\theta_t$  η γωνία διάθλασης ενώ  $c_1$  η ταχύτητα του ήχου στο πρώτο μέρος και  $c_2$  στο δεύτερο.
- Κατά την διέλευση ενός ηχητικού κύματος σε κάποιο μέσο παρατηρούμε φαινόμενα εξασθένισης δηλαδή απώλεια της ενέργειας που μεταφέρει αυτό συμβαίνει λόγω μεταφοράς ενέργειας σε θερμότητας στο υλικό. Αν προσπέσει ενέργεια  $I_0$  σε υλικό πάχους  $x$  τότε η ένταση του ήχου που βγαίνει από αυτό είναι  $I_x = I_0 e^{-2ax}$  με  $a$  ο συντελεστής απορρόφησης του υλικού στην γλώσσα τον επιπέδου ήχου  $\Delta L_t = 10 \log e^{-2ax} = 8.7ax = mx$

# Ακουστική Εσωτερικών Χώρων

- Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η μελέτη της συμπεριφοράς του ήχου σε κλειστούς χώρους.
- Ο ήχος από την πηγή στον δέκτη έχει υποστεί ανακλάσεις και απορρόφηση τόσο από το μέσο διάδοσης όσο και από τους τοίχους
- Κλειστός χώρος λειτουργεί σαν κύκλωμα LC



# Αντήχηση

- Σ' ένα κλειστό χώρο αν μία ηχητική πηγή σταματήσει να εκπέμπει ένα ήχο αυτός δεν θα σταματήσει ακαριαία αλλά θα σβήσει εκθετικά. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αντήχηση.
- Χρόνος αντήχησης ( $T_{60}$ ) ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται ώστε η στάθμη του ήχου ( $L_p$ ) να μειωθεί κατά 60 dB μετά το μηδενισμό του πρωτογενούς ήχου.
- Εμπειρικός τύπος υπολογισμού του χρόνου αντήχησης  $T_{60} = \frac{0.161V}{A_s}$   
με  $V$  τον όγκο του δωματίου και  $A_s$  την απορρόφηση του δωματίου  
 $a_i$  και  $s_i$  ο συντελεστής απορρόφησης και η επιφάνεια του κάθε τοίχου.  $A_s = \sum a_i s_i$
- Για  $T_{60}=0$  έχουμε ένα πολύ ξερό ήχο για  $T_{60}$  πολύ μεγάλο έχουμε επικάλυψη και παραμόρφωση του αρχικού ήχου.
- Άριστος  $T_{60}$  εξαρτάται από το είδος των ήχων που ακούγονται και τις διαστάσεις του χώρου.

# Ηχώ

- Ήχος από ανάκλαση ακούγεται μετά το τέλος του πρωταρχικού ήχου.
- Φαινόμενο διαφορετικό από την αντήχηση και πέρα για πέρα μη αποδεκτό.
- Για να έχουμε ηχώ θα πρέπει να έχουμε καθυστέρηση στη άφιξη του ήχου από ανάκλαση 100 ms άρα θα έπρεπε να έχουμε απόσταση εμποδίου .....