

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΕΠΑΛ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΗΧΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 6.1.2.3) ΗΧΟΣ – ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΧΟΥ – ΜΕΣΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΗΧΟΥ – ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ
- 6.4) ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ
- 6.5) ΑΠΛΟΙ – ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΗΧΟΙ
- 6.6) ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΧΟΥ
- 6.7) ΥΠΕΡΗΧΟΙ

→ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

6.1.2.3) ΗΧΟΣ – ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΧΟΥ – ΜΕΣΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΗΧΟΥ – ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ

- ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ

Τι είναι ο ήχος και πώς παράγεται

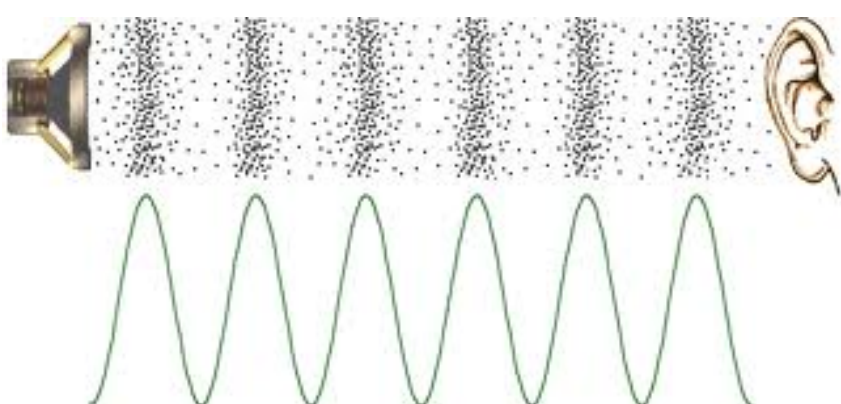
Ήχο ονομάζουμε ότι αντιλαμβανόμαστε με την ακοή μας.

Ο ήχος παράγεται από την παλμική κίνηση, ταλάντωση, ενός σώματος που ονομάζουμε **ηχητική πηγή**.

Οι παλμικές κινήσεις της ηχητικής πηγής αναγκάζουν τα κοντινά μόρια του αέρα να κάνουν και αυτά αντίστοιχες κινήσεις δημιουργώντας **αραιώματα** και **πυκνώματα**. Αυτά ταξιδεύουν προς όλες τις κατευθύνσεις με τη μορφή ηχητικών κυμάτων τα οποία μεταφέρουν ενέργεια. Επομένως ο ήχος μπορεί να διαδοθεί στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια, αλλά δε μπορεί να διαδοθεί στο κενό.

Ο ήχος είναι πυκνώματα και αραιώματα του μέσου στο οποίο μεταδίδεται, που ταξιδεύουν ως το αυτί μας.

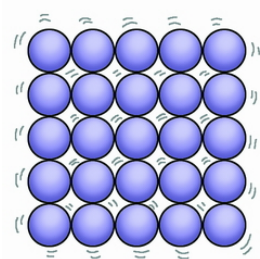
Η ταχύτητα του ήχου είναι μεγαλύτερη στα στερεά, μικρότερη στα υγρά και ακόμη μικρότερη στα αέρια. Ο ήχος δεν ταξιδεύει στο κενό.



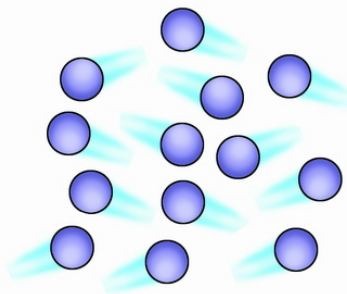
- Ο ήχος είναι ενέργεια η οποία διαδίδεται στο χώρο με την μορφή διαμήκων κυμάτων

- ΠΟΥ ΔΙΑΔΙΔΕΤΑΙ Ο ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΜΕ ΠΟΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

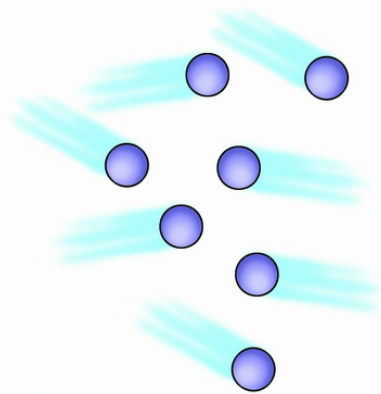
- Διαδίδεται στα **στερεά** στα **υγρά** και στα **αέρια** (παντού) αλλά **όχι** στο κενό. Διαδίδεται **πιο γρήγορα** δηλαδή **ευκολότερα** στα **στερεά**. Αυτό οφείλεται στο ότι τα μόρια στα στερεά είναι πιο κοντά από τα υγρά και πολύ περισσότερο από τα αέρια. Συνεπώς η διαταραχή μπορεί πολύ πιο εύκολα να διαδοθεί – μεταφερθεί από το ένα μόριο στο γειτονικό του.



ΣΤΕΡΕΟ



ΥΓΡΟ



ΑΕΡΙΟ

→ Στα υγρά τα μόρια είναι σε πιο αραιή διάταξη από τα στερεά. Συνεπώς είναι πιο δύσκολο η διαταραχή να διαδοθεί από μόριο σε μόριο, οπότε η ταχύτητα διάδοσης μικραίνει. Αντίστοιχα στα αέρια η ταχύτητα του ήχου είναι ακόμα μικρότερη, λόγω αραιότερης διάταξης των ατόμων. Στο κενό ο ήχος δεν διαδίδεται (η ταχύτητα του ήχου είναι μηδέν). Η ταχύτητα του ήχου υπολογίζεται από την θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής :

$$v = \lambda \cdot f \quad \text{και} \quad v = \frac{\lambda}{T} \quad (\text{και γενικά } v = \frac{s}{t})$$

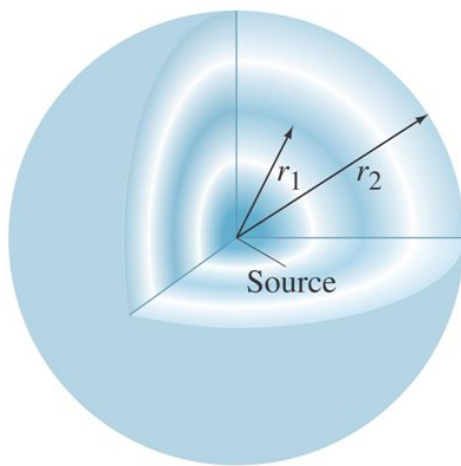
v : ταχύτητα ήχου (m/s), f : συχνότητα (Hz), T : περίοδος (s)

Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΥΛΙΚΑ ΣΕ m/s	
Αέρια	
Αέρας (20 °C)	344
Ήλιο (20 °C)	999
Υδρογόνο (20 °C)	1.330
Υγρά	
Υγρό ήλιο (269 °C)	211
Υδράργυρος (20 °C)	1.451
Νερό (0 °C)	1.402
Νερό (20 °C)	1.482
Νερό (100 °C)	1.543
Στερεά	
Κόκαλο	3.445
Ορείχαλκος	3.480
Γυαλί pyrex	5.170
Χάλυβας	5.790
Αλουμίνιο	5.000
Σίδηρος	5.120
Μάρμαρο	3.810
Ξύλο	3.850

6.4) ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

15-3 Μεταφορά Ενέργειας με Κύματα

Όταν το κύμα διαδίδεται σε 3-διαστάσεις και όταν το μέσο είναι ομογενές, το κύμα ονομάζεται σφαιρικό.



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Για σφαιρικά κύματα για λόγους γεωμετρίας ισχύει:

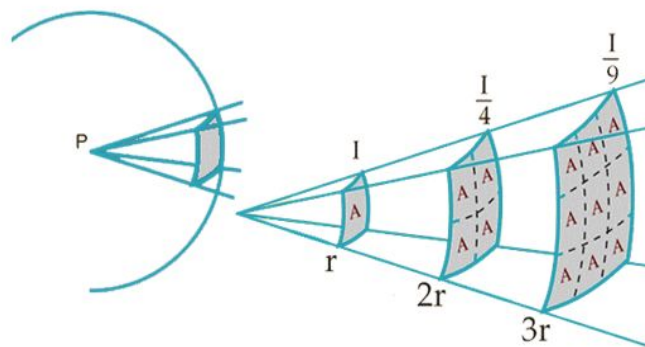
Η ενέργεια E που μεταφέρει το κύμα κατανέμεται – μοιράζεται ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΑ προς όλες τις διευθύνσεις διάδοσης. Ισχύει :

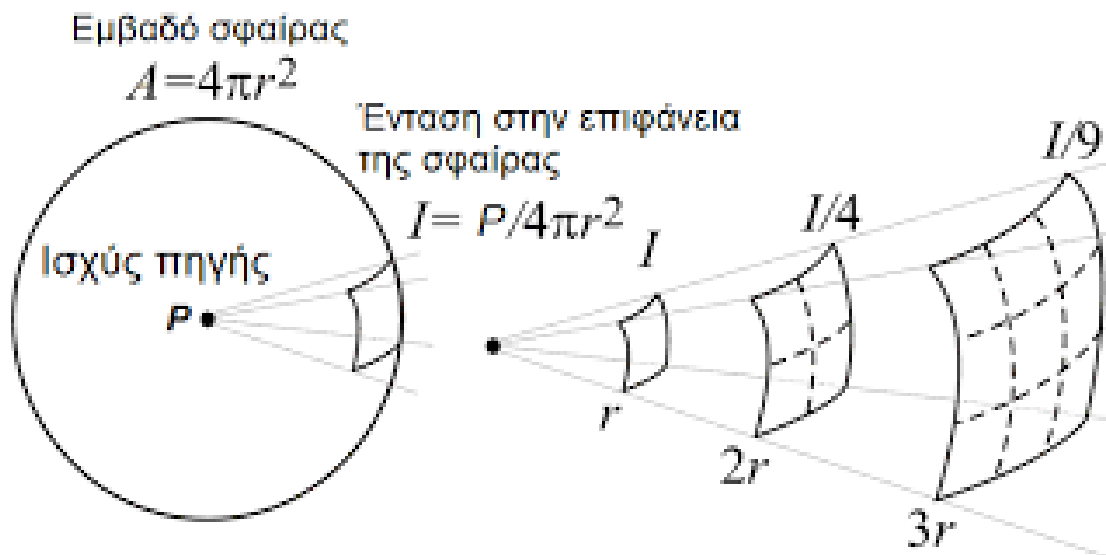
$$P = \frac{E}{t}, \text{ όπου:}$$

P : Ισχύς κύματος, t : χρόνος

Ένταση ηχητικών κυμάτων

- Το ποσό της ενέργειας που περνάει ανά μονάδα επιφανείας και χρόνου.
- $I = P/A$
 - P = ενέργεια (watts)
 - A = επιφάνεια (m^2)
 - I = ένταση (W / m^2)
- Αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης από την ηχητική πηγή.





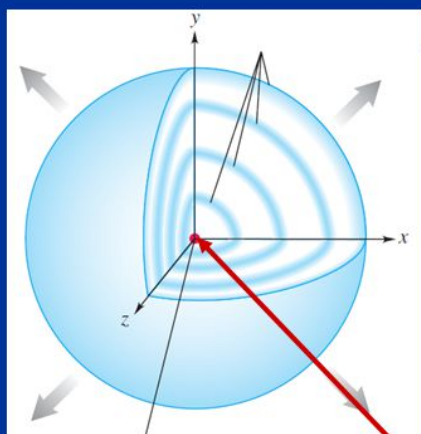
Κύματα στο χώρο

Σφαιρικά κύματα

Αρχή διατήρηση της ενέργειας → Η ισχύς σε κάθε μέτωπο κύματος είναι ίδια με την ισχύ που εκπέμπει η πηγή

Ολική ισχύς διαμέσου επιφάνειας:

$$\text{Ολική Ισχύς} = \text{Ένταση} \cdot \text{επιφάνεια}$$



Η ένταση του σφαιρικού κύματος σε απόσταση r από την πηγή :

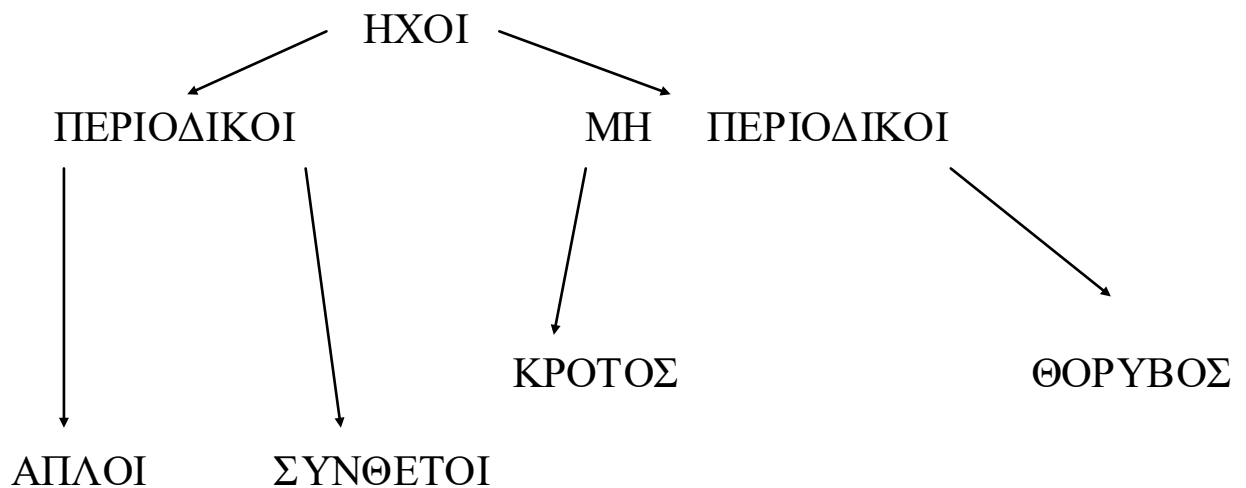
$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$$

$$\frac{I(r_1)}{I(r_2)} \propto \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Η ένταση σφαιρικού κύματος ελαττώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή

Σημειακή ηχητική πηγή ισχύος P

6.5) ΑΠΛΟΙ – ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΗΧΟΙ



Κατηγορίες ήχων

Διακρίνονται σε:

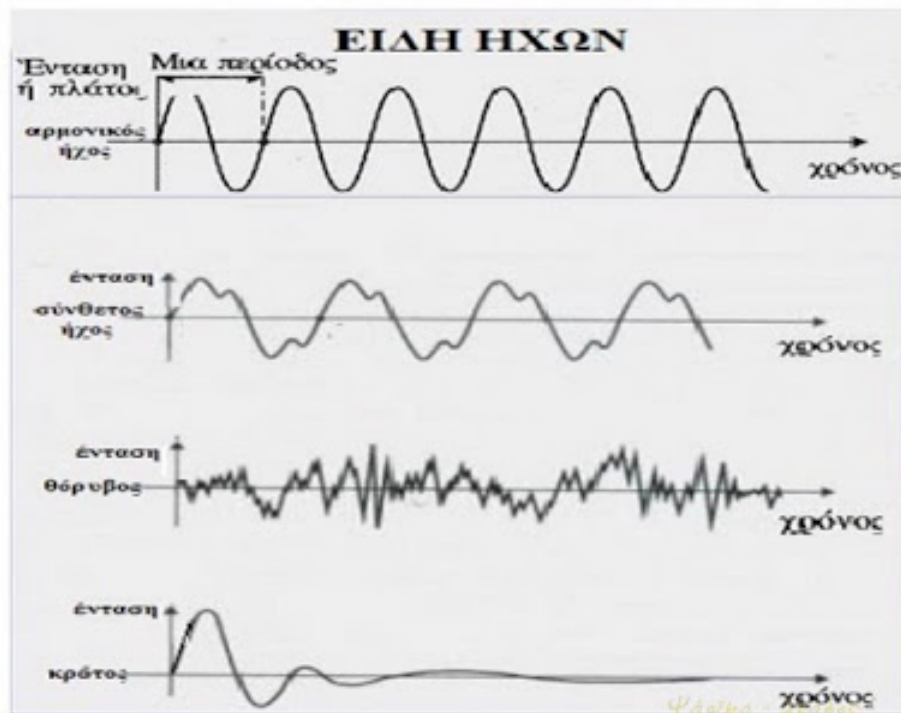
- **απλοί τόνοι** (μια συχνότητα, αρμονική ταλάντωση ως συνάρτηση του χρόνου, διαπασών)
- **σύνθετοι ήχοι ή φθόγγοι** (ηχητικό κύμα από πλήθος συχνοτήτων, μουσικά όργανα ή φωνή, άπειρος αριθμός απλών ήχων, αρμονικές)
- **θόρυβοι** (μη περιοδική μεταβολή πίεσης)
- **κρότοι** (ελάχιστος αριθμός ταλαντώσεων υψηλής έντασης, απότομη ελάττωση)

Ο ήχος

Περιοδικός - Απεριοδικός ήχος

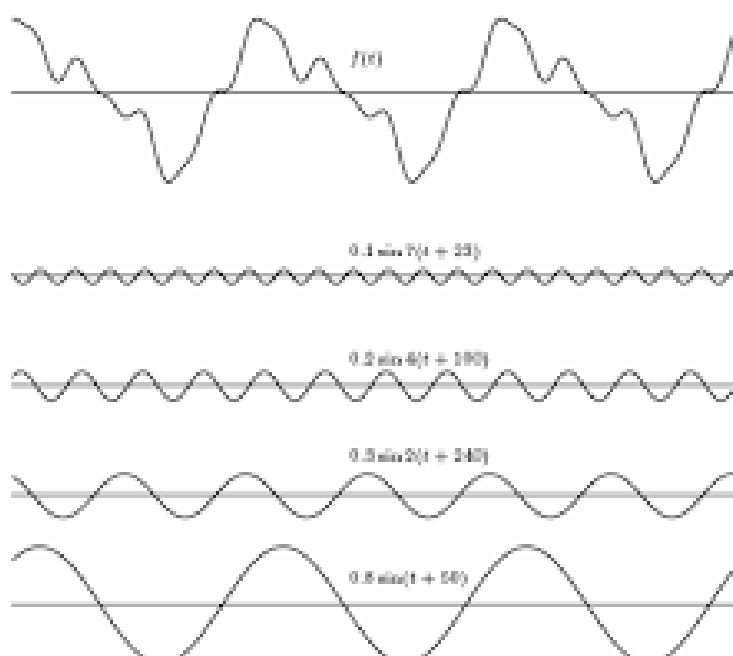
- **Περιοδικός ήχος** → είναι ο ήχος που αποτελείται από κύματα τα οποία έχουν επαναλαμβανόμενη μορφή.
 - ✓ Απλά περιοδικά κύματα είναι τα ημιτονοειδή.
 - ✓ Σύνθετα περιοδικά κύματα είναι τα επαναλαμβανόμενα, αλλά όχι ημιτονοειδή (ομιλία).
- **Απεριοδικός ήχος** → είναι ο ήχος που αποτελείται από κύματα τα οποία δεν επαναλαμβάνονται (χαρακτηριστικός απεριοδικός ήχος είναι ο θόρυβος).

Αν αναπαράστούμε στο χρόνο την ταλάντωση που προκαλείται από μια πηγή ήχου θα έχει την ακόλουθη μορφή:



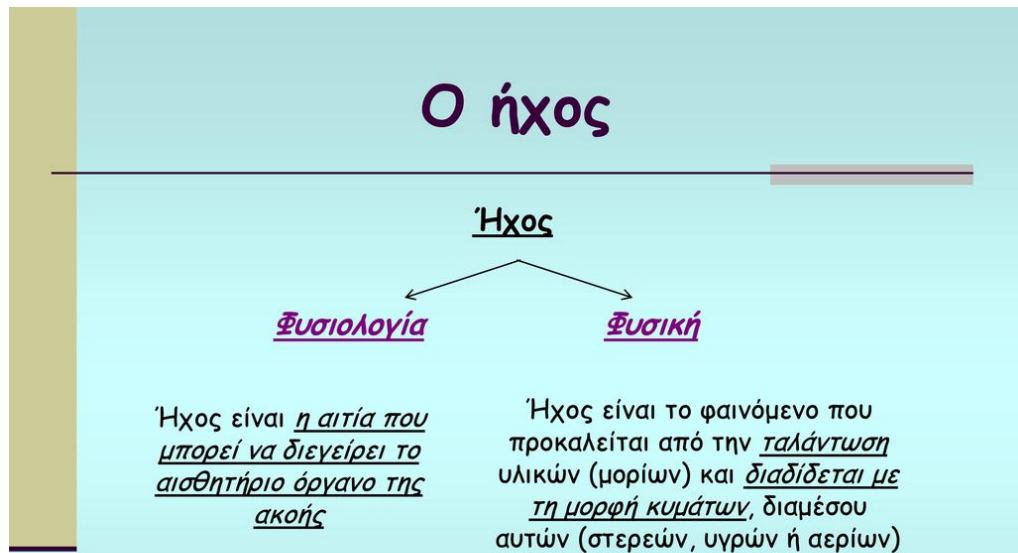
17

→ Ένας **απλός** ήχος χαρακτηρίζεται από την συχνότητά του και από το πλάτος του (που είναι αποτέλεσμα της ενέργειας και της πίεσης). Ένας **σύνθετος** ήχος χαρακτηρίζεται από τις συχνότητες και από τα πλάτη των απλών ήχων που τον συνθέτουν. Σε ένα σύνθετο ήχο, από όλες τις συχνότητες που τον συνθέτουν η **μικρότερη** ονομάζεται **θεμελιώδης** και ο ήχος που αντιστοιχεί σε αυτήν **απλός ή πρώτος αρμονικός**. Όλοι οι υπόλοιποι ήχοι (που λέγονται ανώτεροι αρμονικοί) χαρακτηρίζονται από συχνότητες που είναι πολλαπλάσια της θεμελιώδους.



ΣΥΝΘΕΤΟΣ (ΠΑΝΩ ΣΧΗΜΑ) ΚΑΙ ΑΠΛΟΙ ΗΧΟΙ

6.5) ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΧΟΥ



Αντικειμενικά & υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου

συχνότητα ↔ τονικό ύψος
ένταση ↔ ακουστότητα
φάσμα συχνοτήτων ↔ χροιά

Τα **αντικειμενικά** χαρακτηριστικά του ήχου αφορούν τα **φυσικά** χαρακτηριστικά – ιδιότητες του, ενώ τα **υποκειμενικά** χαρακτηριστικά σχετίζονται με το **πώς** αντιλαμβάνεται ο κάθε άνθρωπος αυτά τα φυσικά χαρακτηριστικά – ιδιότητες.

Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου

- **Ακουστικότητα:** είναι μια κλίμακα στην οποία μετράμε το «πόσο δυνατά» ακούγεται ένας ήχος.
- **Ύψος:** είναι το πόσο «ψηλός» η πόσο «χαμηλός» ακούγεται ένας ήχος.
- **Χροιά:** αφορά την ποιότητα του ήχου. Αν δηλ. είναι πιάνου ή βιολιού, κιθάρας ή τρομπέτας κοκ

1η συσχέτιση: Ακουστότητα - Ένταση

- Η **ακουστότητα** (= το πόσο δυνατά «ακούγεται» ο ήχος) είναι το υποκειμενικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται με την **ένταση** του ήχου (= το πόσο έντονα είναι τα «πυκνώματα» και «αραιώματα» των μορίων του μέσου στον οποίο διαδίδεται ο ήχος).

Decibel (dB)

- Το ανθρώπινο αυτί δύναται να ακούσει ήχους έντασης από 10^{-12}W/m^2 (μόλις ακουστός ήχος) έως 10W/m^2 (εκτόξευση πυραύλου, έκρηξη πυροβόλου).
- Στην ακουστική, η μονάδα **dB** εκφράζει **στάθμη έντασης ήχου** και ορίζεται ως το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογάριθμου ($\log_{10}$) του λόγου της έντασης του ήχου I_1 (W/m^2) ως προς την ένταση αναφοράς του κατωφλίου ακουστότητας $I_0=10^{-12}\text{W/m}^2$.

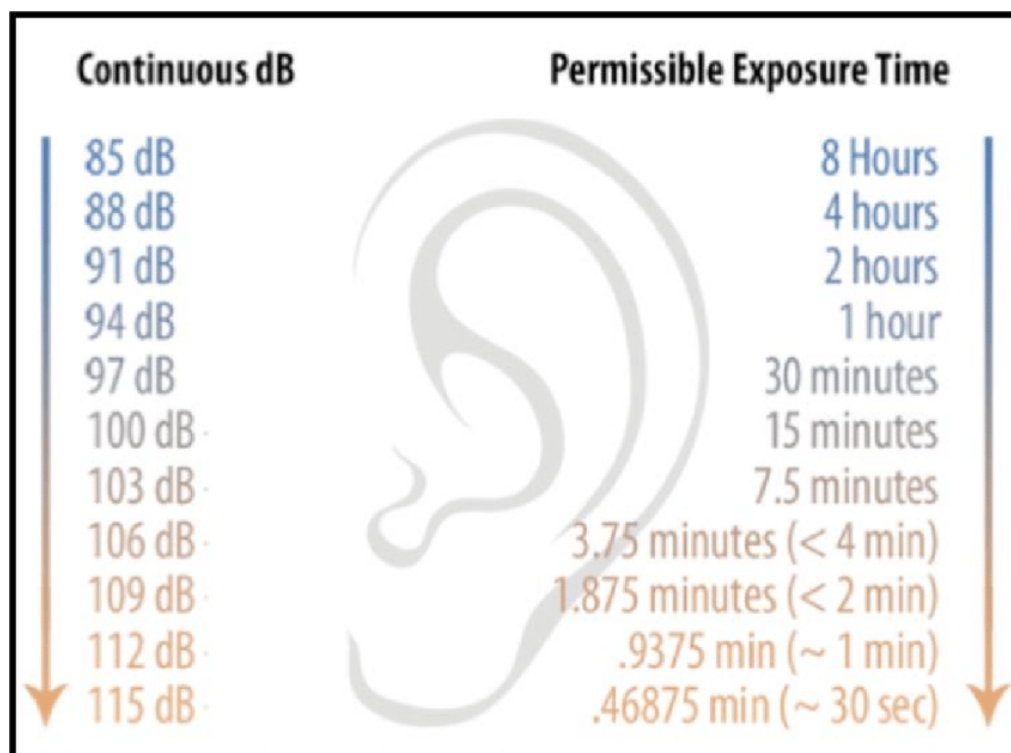
$$I_{dB} = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_0}$$

(c) Αμπατζόγλου Γιάννης, Ηλεκτρονικός Μηχανικός, καθηγητής ΠΕ17

→ Το ανθρώπινο αυτί έχει την ικανότητα να ακούει ήχους που η διαφορά της έντασής τους είναι μέχρι και 100.000.000.000.000 φορές, μια πραγματικά μεγάλη περιοχή εντάσεων (100 ΤΡΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΦΟΡΕΣ). Όμως ο εγκέφαλός μας έχει ένα « μηχανισμό εξομάλυνσης » αυτών των διαφορών στην ένταση του ήχου. Έτσι αντιλαμβάνεται τον πιο δυνατό ήχο που μπορεί να αντέξει « μόλις » 120 – 130 φορές πιο πολύ από τον ασθενέστερο ήχο (που ίσα – ίσα αντιλαμβάνεται) Αυτό γίνεται γιατί ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται τις διαφορές στην ένταση **λογαριθμικά και όχι αναλογικά**. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αλλιώς να μετράει η Φυσική την ένταση του ήχου και αλλιώς να την « μετράει » ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Αυτή η υποκειμενική κλίμακα μέτρησης της έντασης από τον ανθρώπινο εγκέφαλο λέγεται **ακουστότητα** (ή και **ακουστικότητα**). Μετράται σε **ντεσιμπέλ (db)**.

Λόγος ηχητική ένταση I/I_0 όπου $I_0=10^{-12}$ Watt/m ²	Ηχητική ένταση [dB]	Παραδείγματα ήχων
100.000.000.000.000	140	Πεδίο βολής, Σειρήνα
10.000.000.000.000	130	Απογείωση αεροπλάνου
1.000.000.000.000	120	
100.000.000.000	110	Αεροσφύρα, Ηλεκτρικό πριόνι (1m)
10.000.000.000	100	Ηλεκτρική κάμινος
1.000.000.000	90	Τυπογραφείο, Κλωστουφαντουργεία
100.000.000	80	Εσωτερικό αυτοκινήτου αγώνων
10.000.000	70	Ηλεκτρική σκούπα (1m), Συνομιλία (0,3μ)
1.000.000	60	Αυτοκινητόδρομος, Πολυσύχναστα καταστήματα
100.000	50	Γραφεία, Δρόμος μικρής κυκλοφορίας
10.000	40	Περιοχή κατοικιών τη νύχτα
1.000	30	Στούντιο ηχογραφήσεων, Ψίθυρος (1,5m)
100	20	
10	10	
1	0	

ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΕ db ΚΑΙ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΟΥ



ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΟΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ
ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΗΧΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ db

ΕΙΔΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗ ΣΕ DB	
Είδος ήχου	decibel
Κανονική αναπνοή	10
Θρόισμα φύλλων στο αεράκι (αύρα)	20
Ήσυχη βιβλιοθήκη, Ψίθυρος	30
Συνηθισμένη ομιλία, Γραφείο ήσυχο, Συνήθης κίνηση στο σπίτι	40
Κίνηση δρόμου από απόσταση, Ψυγείο, Εστιατόριο ήσυχο, Ήπια κυκλοφορία	50
Κλιματιστικό από τα 6m, Συνομιλία	60
Πυκνή κυκλοφορία δρόμου, Θορυβώδεις εστιατόρια (συνεχής έκθεση)	70
Υπόγειος, Κίνηση δρόμου σε ώρες αιχμής, Θόρυβος εργοστάσιου, Οικιακή συσκευή, Κουδούνισμα τηλεφώνου	80
Δρόμος με φορτηγά, Θορυβώδεις οικιακές συσκευές, Μηχανή που κουρεύει γρασίδι, Καταράκτες του Νιαγάρα στην βάση	90
Αλυσσοπριονο, Κομπρεσέρ, Πέρασμα Jet αεροπλάνου, Πυκνή κυκλοφορία αυτοκινήτων	100
Ροκ συναυλία μπροστά στα μεγάφωνα, Εκπυρσοκρότηση όπλου, ήχοι τυμπάνου	120
Κοντινός πυροβολισμός, Απογείωση Jet	140
Απογείωση διαστημόπλοιου	180

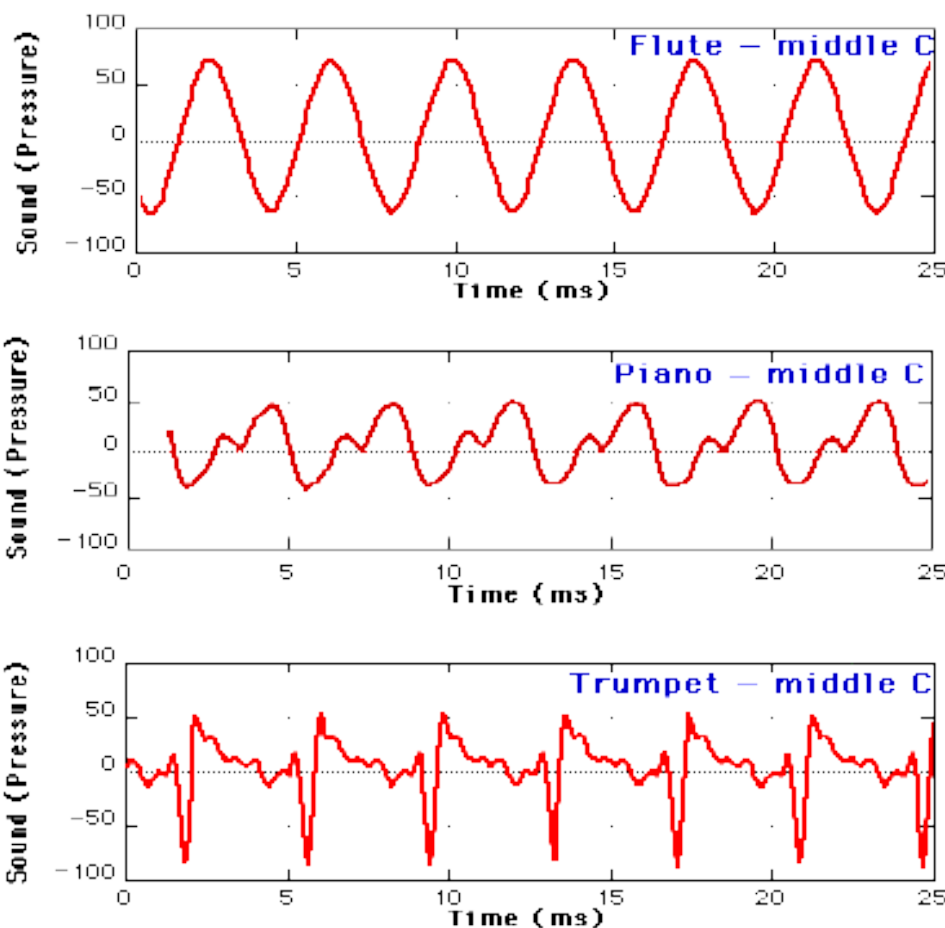
2η συσχέτιση: Ύψος - Συχνότητα

- Το **ύψος** είναι το υποκειμενικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται με τη **συχνότητα** του κύματός του.
- Μεγάλες συχνότητες f – «ψηλός»/οξύς ήχος
- Μικρές συχνότητες f – «βαρύς»/μπάσος ήχος

3η συσχέτιση: Χροιά – Κυματομορφή

- Η **χροιά** είναι το υποκειμενικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται με τη **κυματομορφή** (τη μορφή του κύματος) του ήχου.

Η **χροιά** του ήχου (ονομάζεται και **ηχόχρωμα**) είναι η ιδιότητα που χαρακτηρίζει κάθε ανθρώπινη φωνή ή ένα μουσικό όργανο να παράγει τον δικό της (δικό του) ιδιαίτερο ήχο που μπορεί να ξεχωρίσει από τους άλλους. Οφείλεται στο ότι οι μουσικοί ήχοι είναι **σύνθετοι** ήχοι, άρα προκύπτουν από την σύνθεση **πολλών απλών** ήχων, και συνεπώς και πολλών συχνοτήτων (θεμελιώδης- βασική και αρμονικές). Το ύψος του ήχου το καθορίζει **κυρίως** η θεμελιώδης συχνότητα. Η χροιά όμως καθορίζεται από όλες τις άλλες αρμονικές. Έτσι ανάλογα με τον συνδυασμό των αρμονικών προκύπτει κάθε φορά ένα ξεχωριστό – ιδιαίτερο αποτέλεσμα επειδή μπορεί ο συνδυασμός των αρμονικών να διαφέρει από ήχο σε ήχο.



Το διπλανό σχήμα είναι ενδεικτικό. Παρότι όλα τα μουσικά όργανα έχουν αντίστοιχη ακουστότητα (ένταση) και συχνότητα (ύψος ήχου) η χροιά τους είναι τελείως διαφορετική.

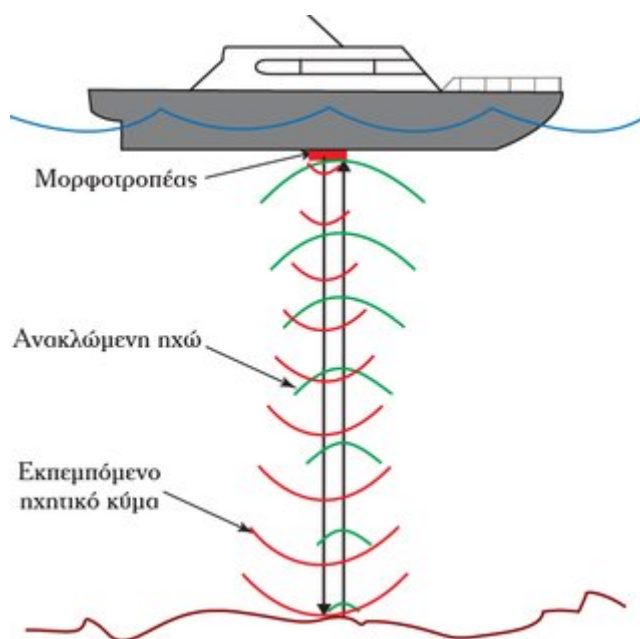
6.7) ΥΠΕΡΗΧΟΙ

Τι είναι οι υπόηχοι και τι οι υπέρηχοι;

- Υπόηχοι : Ήχοι με συχνότητα μικρότερη των 20Hz.
- Υπέρηχοι: Ήχοι με συχνότητα μεγαλύτερη των 20000Hz.

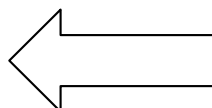
Το εύρος συχνοτήτων των ακουστών ήχων σε διάφορα είδη	
Άνθρωπος	16-20.000 Hz
Σκύλος	15-50.000 Hz
Γάτα	60-65.000 Hz
Τζιτζικιάς	100-15.000 Hz
Δελφίνι	150-150.000 Hz
Νυκτερίδα	1000-120.000 Hz

→ ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΚΑΙ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (SONAR)

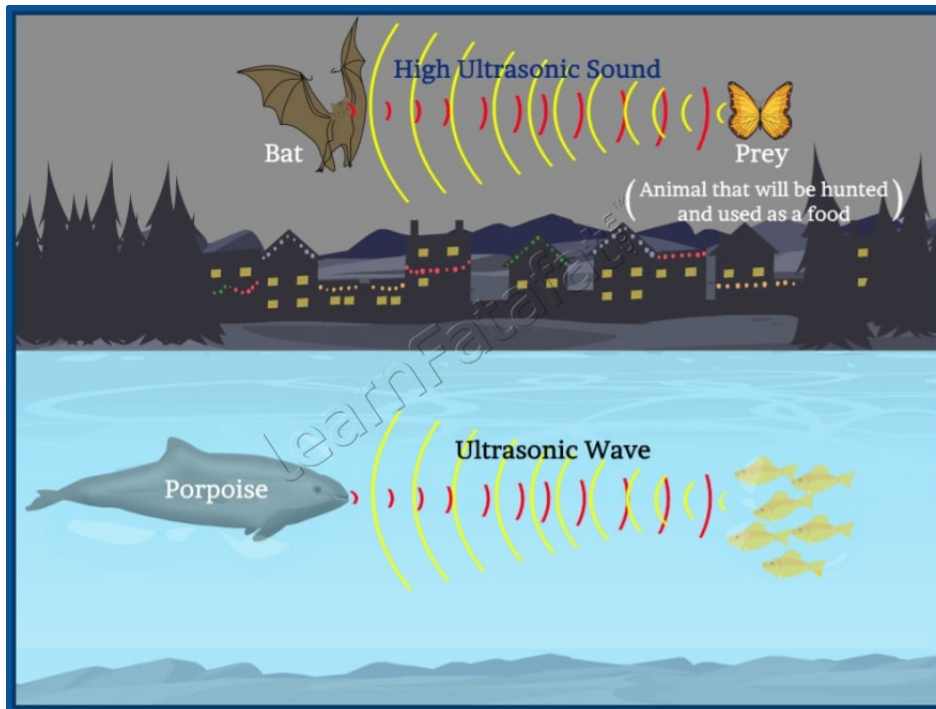


Πράγματι ισχύει :

$$2S = v \cdot t$$



Η ιδιότητα του ήχου να διαδίδεται στο νερό και να ανακλάται όταν βρει εμπόδιο βρίσκει άμεση εφαρμογή στο SONAR. Ο πομπός της συσκευής εκπέμπει ηχητικό σήμα το οποίο ανακλάται στο βυθό της θάλασσας ή σε κάποιο άλλο εμπόδιο. Μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται το ηχητικό σήμα να πάει και να γυρίσει από το εμπόδιο βρίσκεται η απόστασή του S αφού ξέρουμε την ταχύτητα του ήχου.



- Πολλά ζώα χρησιμοποιούν υπερήχους είτε για να προσανατολίζονται είτε για να εντοπίζουν την τροφή τους

→ ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΚΑΙ ΙΑΤΡΙΚΗ

Υπέρηχοι

Οι υπέρηχοι είναι διαμήκη ελαστικά κύματα με συχνότητα μεγαλύτερη από 20 kHz που είναι το ανώτατο όριο της ανθρώπινης ακοής.

Στη διαγνωστική ιατρική χρησιμοποιούνται υπέρηχοι συχνότητας 1-50 MHz.

Οι υπέρηχοι έχουν σημαντική προσφορά στην διαγνωστική ιατρική με ένα ευρύτατο φάσμα εφαρμογών:

Στην Μαιευτική χρησιμοποιούνται για την διαπίστωση εγκυμοσύνης, προσδιορισμό ηλικίας εμβρύου, διαπίστωση συγγενών ανωμαλιών, εύρεση τόπου αμνιοκέντησης.

Στην Παθολογία για την απεικόνιση οργάνων, λήψη πληροφοριών για την μορφή και την θέση τους, για την σύσταση των ιστών (χαρακτηρισμός ιστών) και την ομοιογένειά τους ως προς την σύνθεση, για την διαφορική διάγνωση μεταξύ κύστεων και νεοπλασμάτων.

Στην Καρδιολογία χρησιμοποιούνται για μελέτες του καρδιαγγειακού συστήματος καθώς και για την απεικόνιση κινουμένων επιφανειών της καρδιάς.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- A1)** Αν δεχτούμε ότι ένα μέσο ανθρώπινο αυτί ακούει ήχους με εύρος από 20 Hz έως 20.000 Hz να υπολογίσετε το εύρος των μηκών κύματος των ήχων που ακούει το μέσο ανθρώπινο αυτί. Θεωρήστε ότι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι $v = 340 \text{ m/s}$.
- A2)** Οι νυχτερίδες εκπέμπουν υπερήχους για να προσανατολίζονται στο χώρο. Αν το μικρότερο μήκος κύματος ενός υπερήχου που εκπέμπει στον αέρα μια νυχτερίδα είναι 0,2 cm να υπολογίσετε την μεγαλύτερη συχνότητα που μπορεί να εκπέμψει η εν λόγω νυχτερίδα.
- A3)** Μια μικρή πηγή εκπέμπει ηχητικά κύματα με ισχύ $P = 80 \text{ W}$. Να υπολογίσετε την ένταση I των ηχητικών κυμάτων σε απόσταση $r = 3 \text{ m}$ από την πηγή (μια τέτοια πηγή εκπέμπει σφαιρικά κύματα).
- A4)** Ποια είναι η ισχύς P με την οποία εκπέμπει ηχητικά κύματα μια μικρή πηγή αν σε απόσταση $r = 3 \text{ m}$ από αυτή η ένταση I του ήχου είναι ίση με 1 W/m^2 (μια τέτοια πηγή εκπέμπει σφαιρικά κύματα).
- A5)** Για ένα μέσο αυτί το όριο πόνου για τον ήχο είναι $I = 1 \text{ W/m}^2$. Αν μια μικρή πηγή ήχου εκπέμπει ηχητικά κύματα με ισχύ $P = 100 \text{ W}$ ποια είναι η ελάχιστη απόσταση από την πηγή που μπορεί κάποιος να καθίσει χωρίς να κινδυνεύσει να εμφανίσει πρόβλημα η ακοή του (μια τέτοια πηγή εκπέμπει σφαιρικά κύματα).
- A6)** Κατά την διάρκεια μιας ισχυρής καταιγίδας ακούμε τον κεραυνό 16 s μετά την αστραπή. Πόσο μακριά βρισκόμαστε από το σημείο που έπεσε η αστραπή. Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι $v = 340 \text{ m/s}$.
- A7)** Ένα πλοίο βρίσκεται ακίνητο σε απόσταση $S = 5,1 \text{ Km}$ από την ακτή. Από το πλοίο εκπέμπονται δύο ηχητικά σήματα, το ένα μέσα από τον αέρα και το άλλο μέσα από την θάλασσα. Αν στον αέρα η ταχύτητα του ήχου είναι $v_a = 340 \text{ m/s}$ στον αέρα και στο νερό $v_v = 1.500 \text{ m/s}$ υπολογίστε με πόση διαφορά χρόνου ακούγονται τα δύο σήματα.
- A8)** Ένα ελικόπτερο αιωρείται σε απόσταση $S = 850 \text{ m}$ πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Από το ελικόπτερο εκπέμπεται ένα ηχητικό σήμα το οποίο αφού διαδοθεί στον αέρα και στην συνέχεια στο νερό επιστρέφει σε αυτό μετά από $t = 15 \text{ s}$. Αν η ταχύτητα του ηχητικού σήματος είναι $v_a = 340 \text{ m/s}$ στον αέρα και στο νερό $v_v = 1.500 \text{ m/s}$ να υπολογίσετε :
- α) Πόσο χρόνο κινείται το σήμα στον αέρα και πόσο στο νερό.
β) Πόσο είναι το βάθος D της θάλασσας στο σημείο που αιωρείται το ελικόπτερο.