

Τα ηχητικά κύματα μεταφέρουν ενέργεια απο
μια περιοχή του χώρου σε άλλη

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

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

Μονάδα μέτρησης

$$\frac{\text{Joule} / \text{sec}}{\text{m}^2} \equiv \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$$

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΠΟΥ ΔΙΕΓΕΙΡΕΙ ΤΟ ΑΥΤΙ

Κατώφλι
ακοής

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

ΕΝΤΑΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΠΟΝΟ ΣΤΟ ΑΥΤΙ

Όριο
πόνου

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

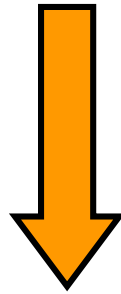
ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΧΟΥ

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

Ελάχιστη ένταση
που διεγείρει
το αυτί

$\log(x)$

Ποιος ο
δεκαδικός λογάριθμος
του x ;



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

ισοδύναμο

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

$$\log(10) = 1$$

$$10^1 = 10$$

$$\log(100) = 2$$

$$10^2 = 100$$

$$\log(1000) = 3$$

$$10^3 = 1000$$

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

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

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

$$10^9 = 10^9$$

Στάθμη έντασης ήχου:

L_I :

$10 \text{ Log}(1) =$	0 dB	$I=I_0$
$10 \text{ Log}(10) =$	10 dB	$I=10I_0$
$10 \text{ Log}(100) =$	20 dB	$I=100I_0$
$10 \text{ Log}(2) =$	3.0 dB	$I=2I_0$

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

Τι σημαίνει 70 db;

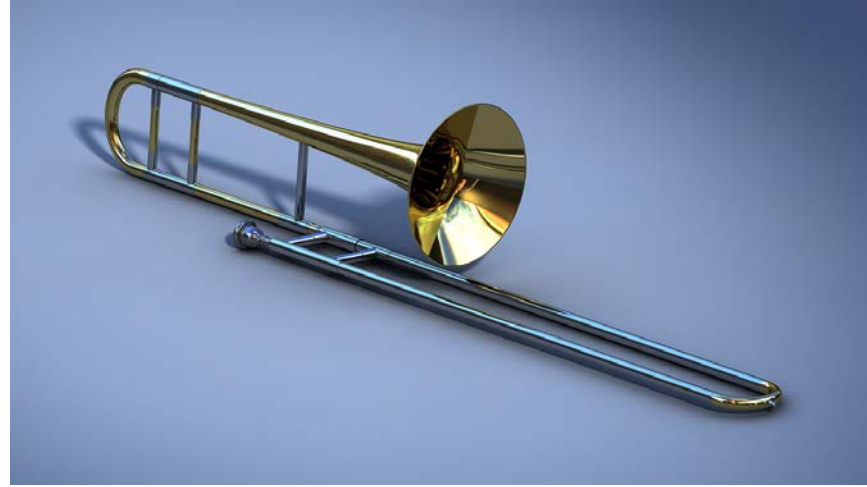
Ένας επιβάτης αεροπλάνου βγαίνει από το χώρο αναμονής όπου η στάθμη έντασης ήχου είναι 75db στην πίστα του αεροδρομίου όπου η στάθμη έντασης είναι 105db. Ποιος ο λόγος των εντάσεων του ήχου;

1000 φορές!!!!!!!!!!!!!!!

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

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



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

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

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: $L_2=115\text{db}$

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

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

$$L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_o} \Leftrightarrow \frac{L_2}{10} = \log \frac{I_2}{I_o} \Leftrightarrow 10^{\frac{L_2}{10}} = \frac{I_2}{I_o} \Leftrightarrow I_2 = I_o 10^{\frac{L_2}{10}}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{I_o 10^{\frac{L_2}{10}}}{I_o 10^{\frac{L_1}{10}}} \Rightarrow I_2 = 10^{\frac{L_2-L_1}{10}} I_1 \Rightarrow I_2 = 10^6 I_1$$

Άσκηση: Είσαι θεατής μιας μουσικής παράστασης.

Στη σκηνή παίζει ένα φλάουτο και η στάθμη έντασης ήχου στο σημείο που βρίσκεσαι είναι 60db. Ανεβαίνουν

στη σκηνή 4 ακόμη μουσικοί με φλάουτα έτσι ώστε τώρα στη σκηνή παίζουν συνολικά 5 φλάουτα.

Ποια η στάθμη έντασης ήχου εκεί που κάθες;

Ποια η ένταση του ήχου εκεί που κάθες;

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

$$I_2 = 5I_1$$

$$L_2 = 10 \log \frac{5I_1}{I_o} \Leftrightarrow \dots \Leftrightarrow L_2 = 10 \log(5 \cdot 10^{\frac{L_1}{10}}) \Leftrightarrow \dots \Leftrightarrow L_2 = 67 \text{ db}$$

$$L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_o} \Leftrightarrow I_2 = I_o 10^{\frac{L_2}{10}} \Leftrightarrow I_2 = 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$$

Μετράμε τη στάθμη έντασης ήχου ενός χώρου και τη βρίσκουμε $L_{\Delta}=85\text{db}$. Καθώς περνά απ' έξω φορτηγό μετράμε και πάλι τη στάθμη έντασης και τη βρίσκουμε $L_{o\lambda}=94\text{db}$. Ποια η στάθμη έντασης μόνο του ήχου του φορτηγού μέσα στο δωμάτιο;

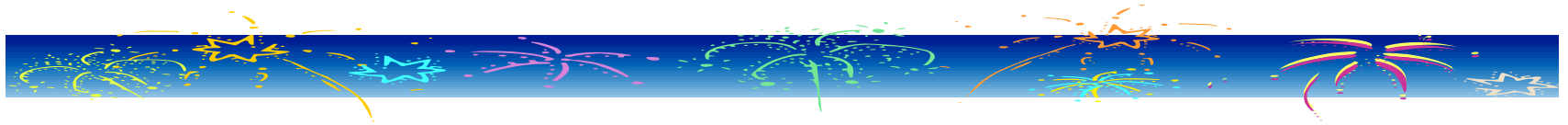
$$L = 10 \log \frac{I}{I_o} \Leftrightarrow \log \frac{I}{I_o} = \frac{L}{10} \Leftrightarrow \frac{I}{I_o} = 10^{\frac{L}{10}} \Leftrightarrow I = I_o 10^{\frac{L}{10}}$$

$$I_{\Delta} = I_o 10^{\frac{L_{\Delta}}{10}} \quad I_{o\lambda} = I_o 10^{\frac{L_{o\lambda}}{10}} \quad I_{\phi o\rho} = I_o 10^{\frac{L_{\phi o\rho}}{10}}$$

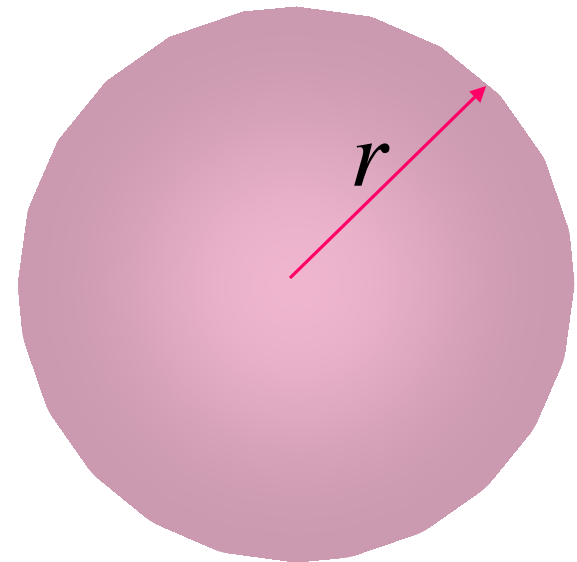
$$I_{\phi o\rho} = I_{o\lambda} - I_{\Delta} \Leftrightarrow I_o 10^{\frac{L_{\phi o\rho}}{10}} = I_o 10^{\frac{L_{o\lambda}}{10}} - I_o 10^{\frac{L_{\Delta}}{10}} \Leftrightarrow$$

$$\dots\dots \Leftrightarrow L_{\phi o\rho} = 10 \log(10^{\frac{L_{o\lambda}}{10}} - 10^{\frac{L_{\Delta}}{10}}) \Leftrightarrow L_{\phi o\rho} = 93,4\text{db}$$

Μεταβολή έντασης με την απόσταση



- Καθώς σφαιρικό κύμα διαδίδεται στο χώρο η ενέργεια που μεταφέρει απλώνεται σε όλο και μεγαλύτερη επιφάνεια μια και η επιφάνεια σφαίρας ακτίνας r είναι $4\pi r^2$
- Αν η ακουστική ισχύς είναι P , η μέση ένταση σε σφαίρα ακτίνας r είναι:



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

Διάδοση ηχητικού κύματος

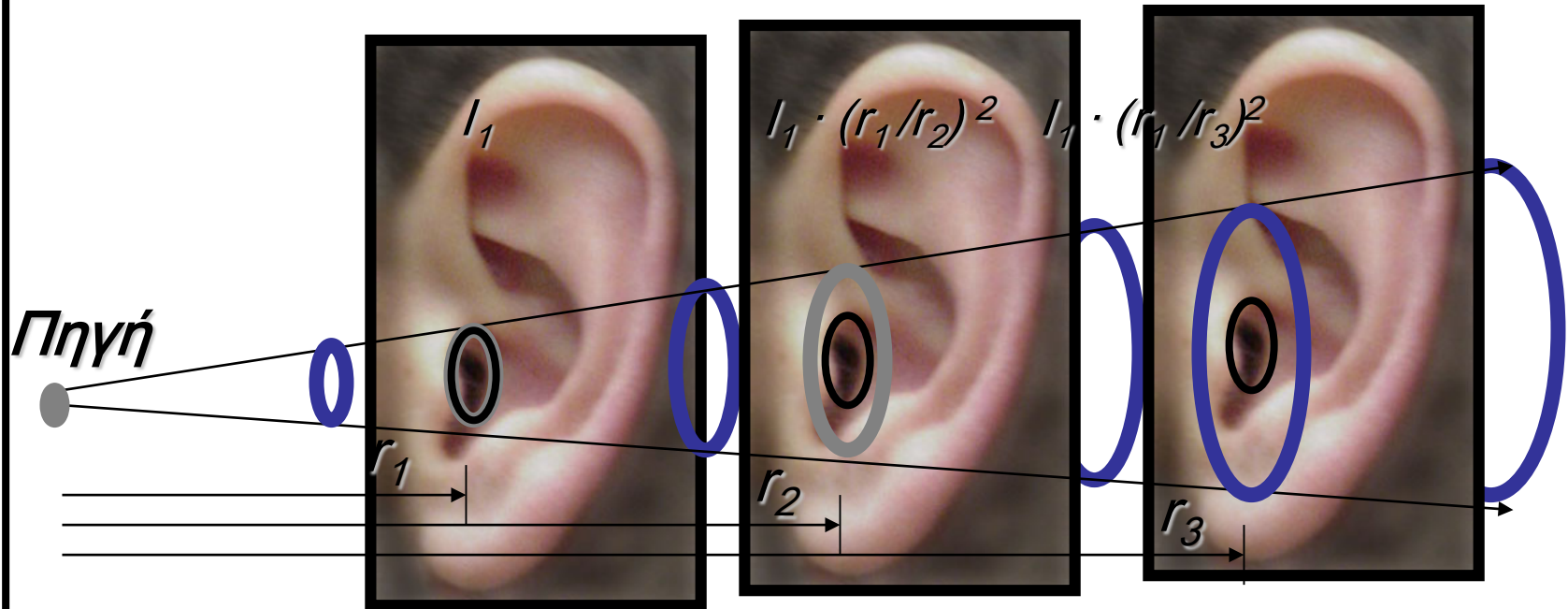
Η ένταση ενός σφαιρικού ηχητικού κύματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης

d [m]	I [W/m^2]	
1.0	1.0	$=1/1^2$
2.0	0.25	$=1/2^2$
3.0	0.11	$=1/3^2$
4.0	0.063	$=1/4^2$
5.0	0.040	$=1/5^2$
		$\Omega \propto 1/r^2$



Διάδοση ηχητικού κύματος

Ελάττωση έντασης με το τετράγωνο της απόστασης



Το ποσοστό της ενέργειας του ηχητικού κύματος που εισέρχεται στο αυτί ελαττώνεται με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή.

Διάδοση ηχητικού κύματος

Παράδειγμα:

Η ένταση ήχου είναι $1.0 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2$ σε απόσταση 3.0 m από ένα μεγάφωνο. Ποια είναι η ένταση σε απόσταση 20 m από το μεγάφωνο;

$$I_1 = P/4\pi r_1^2$$

$$I_2 = P/4\pi r_2^2$$

$$I_2 / I_1 = (r_1 / r_2)^2;$$

$$I_2 / (1.0 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2) = (3.0 \text{ m} / 20 \text{ m})^2$$

$$I_2 = (1.0 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2) (.0225) = 2.25 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2$$

Διάδοση ηχητικού κύματος

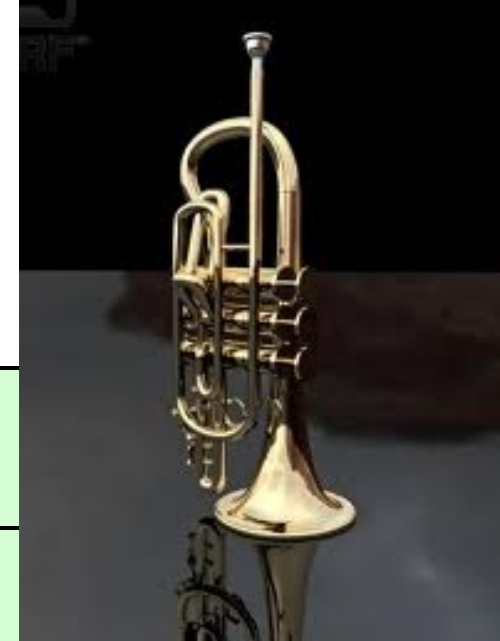
Παράδειγμα:

Η ένταση ήχου είναι $1.0 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2$ σε απόσταση 3.0 m από ένα μεγάφωνο. Ποια είναι η ακουστική ισχύς του μεγάφωνου;

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \Leftrightarrow P = 4\pi r^2 I \Leftrightarrow P = 1,13 \cdot 10^{-7} \text{ Watt}$$



Στάθμη έντασης μερικών οργάνων
σε απόσταση 10 μέτρων από αυτά



Orchestral Instrument	Sound Intensity Level (dB)
-----------------------	----------------------------

Violin (at its quietest)	34.8
--------------------------	------

Clarinet	76.0
----------	------

Trumpet	83.9
---------	------

Cymbals	98.8
---------	------

Bass drum (at its loudest)	103
----------------------------	-----



Ποια η στάθμη έντασης ήχου σε απόσταση 10m;

1° βήμα: ένταση ήχου στα 10m

2° βήμα: στάθμη έντασης ήχου στα 10m

Ακουστική ισχύς
0,04W

$$I_{\kappa\lambda} = \frac{P_{\alpha\kappa}}{4\pi r^2} = 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{W}{m^2}$$

$$L_{\kappa\lambda} = 10 \log \frac{I_{\kappa\lambda}}{I_o} \Leftrightarrow L_{\kappa\lambda} = 75db$$

Κάντε τους
Υπολογισμούς
στο σπίτι

Ακουστική ισχύς
10W

$$I_{\tau\upsilon\mu} = 7,96 \cdot 10^{-3} \frac{W}{m^2}$$

$$L_{\tau\upsilon\mu} = 99db$$



Ποια η στάθμη έντασης ήχου σε απόσταση 10m;

Είναι καλό να μην εκτιθέμεθα σε ήχους στάθμης έντασης μεγαλύτερης των **80db** για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Έστω ότι εργάζεσαι **1 μέτρο** μακριά από μηχανήμα που παράγει ήχο στάθμης έντασης **92db**. Πόσο μακριά πρέπει να μετακινηθείς ώστε η στάθμη έντασης να είναι **80db**;

Βοήθεια 1^η : Συγκρίνουμε εντάσεις και όχι στάθμες έντασης

Βοήθεια 2^η : Στη στάθμη **92db** ποιά ένταση I_1 αντιστοιχεί;

Βοήθεια 3^η : Στη στάθμη **80 db** ποιά ένταση I_2 αντιστοιχεί;

$$I_1 = I_0 10^{\frac{L_1}{10}}$$

$$I_2 = I_0 10^{\frac{L_2}{10}}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \Leftrightarrow r_2 = r_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}}$$

$r_2 = ? \text{ m}$

3,97m



$r_1 = 1 \text{ m}$



ΤΕΛΟΣ