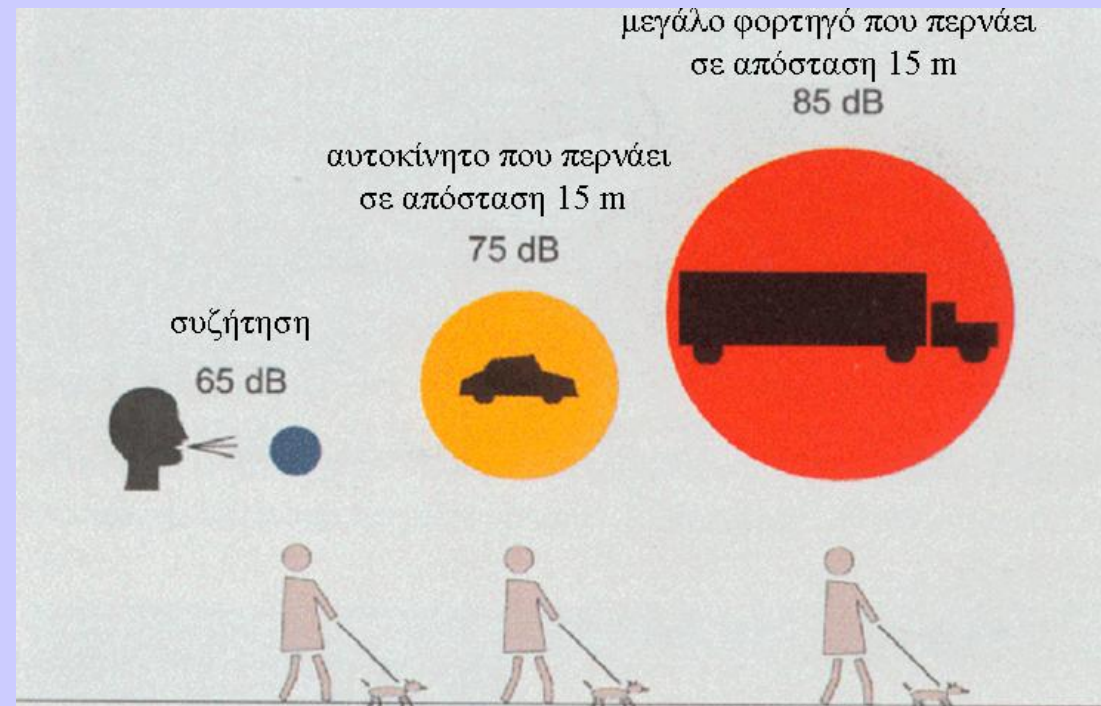
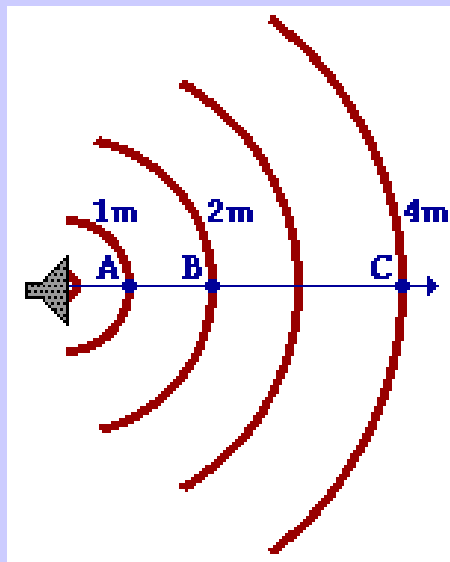


Η κατανόηση των Decibels



Η πίεση του αέρα και ο ήχος

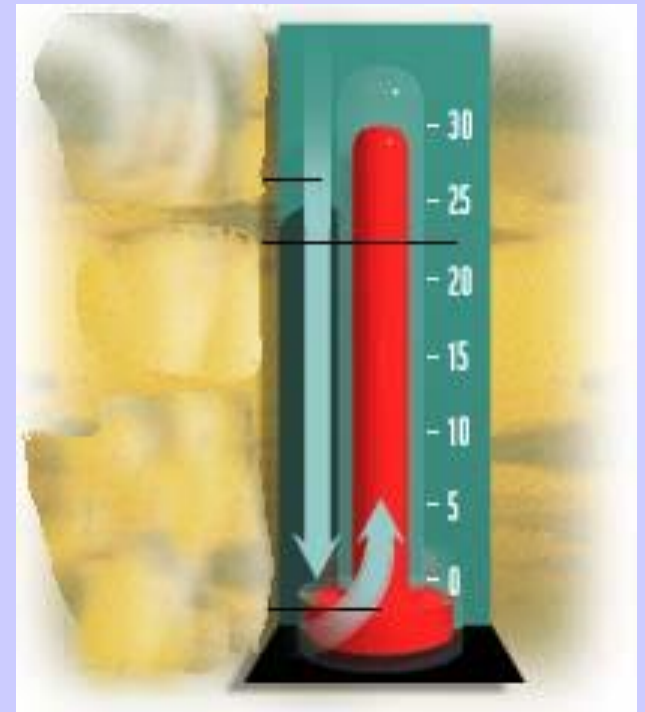
Η πίεση του αέρα στο επίπεδο της θάλασσας είναι περίπου

101,325 Pascals (Pa) ή

14.7 pounds per square inch (psi) ή

1 kg/cm²

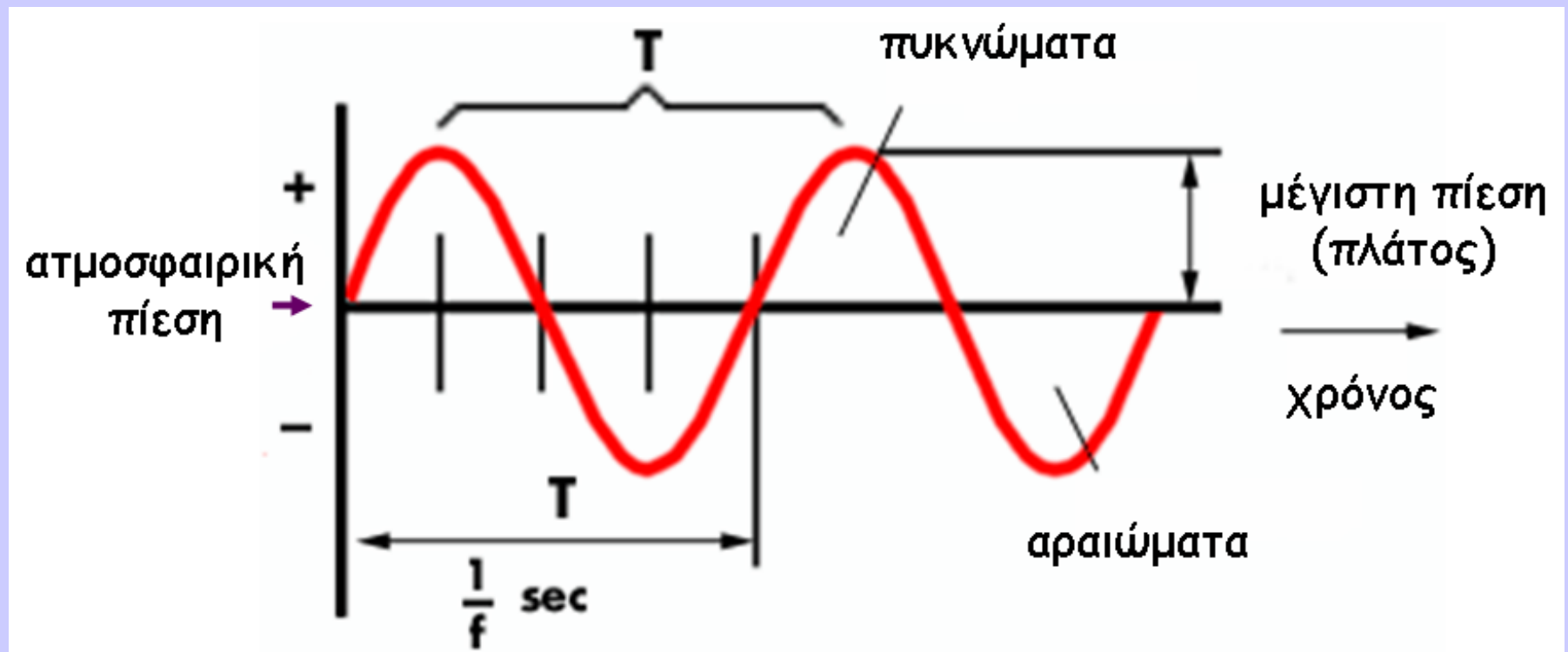
Αυτό καταγράφεται σε ένα υδραργυρικό βαρόμετρο ως 76 cm, ή 760 mm, Hg



Micropascal και Pascal

Οι μεταβολές της πίεσης του αέρα τις οποίες τα αυτιά μας ακούν ως ήχο είναι μεταξύ:

20 microPascals (μPa) (ή 0.000020 Pa ή microbar ή dyne/cm^2) και 20 Pa.



Ισχύς και watts

Η Ισχύς, ή (η Ενέργεια του Ήχου στην μονάδα του χρόνου) η οποία εκπέμπεται από μία πηγή μετρείται σε watts.

Εξίσωση ισχύος

$$P = \frac{W}{t}$$

Watt και Picowatt

Ο μικρότερος ήχος τον οποίο μπορούμε να ακούσουμε, 0.000020 Pa, αντιστοιχεί σε 10^{-12} (0.00000000000001) **watts**, τα οποία είναι ίσα με ένα **picowatt**.

Ο δυνατότερος ήχος τον οποίο μπορούν να ανεχθούν τα αυτιά μας είναι περίπου 20 Pa, τα οποία ισοδυναμούν με **1 watt**.

Σύγκριση Ισχύων:
Φωνές που μπορούν να ανάψουν μία ηλεκτρική λάμπα

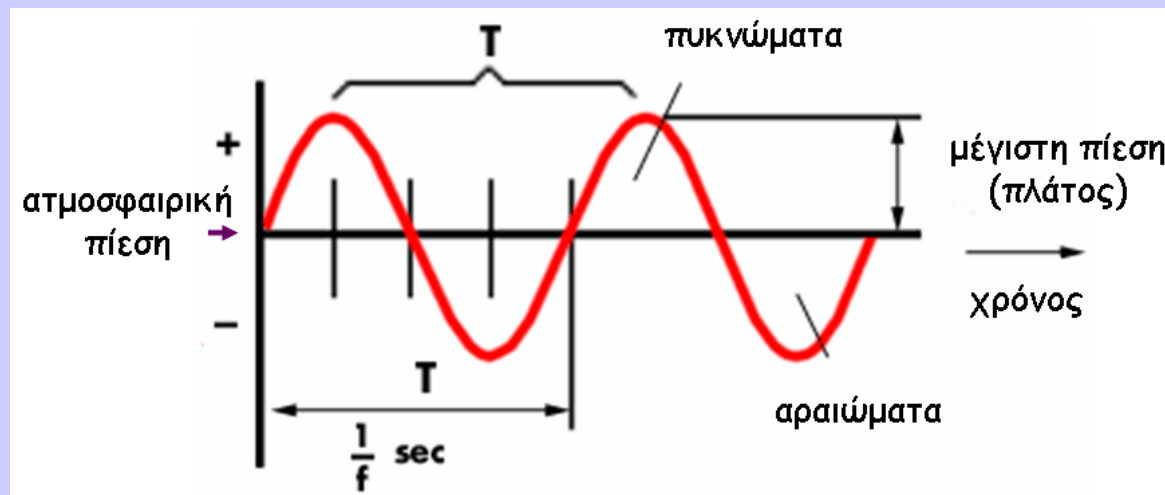
Έχει εκτιμηθεί ότι χρειάζονται περισσότεροι από 3.000.000 άνθρωποι, οι οποίοι να μιλούν όλοι μαζί, για να παραχθεί ισχύς αντίστοιχη με την εκείνη που θα ανάβε μία λάμπα 100 watt

Πηγή: Fry, D. B. 1979. *The Physics of Speech*. Cambridge: UP.
p. 91



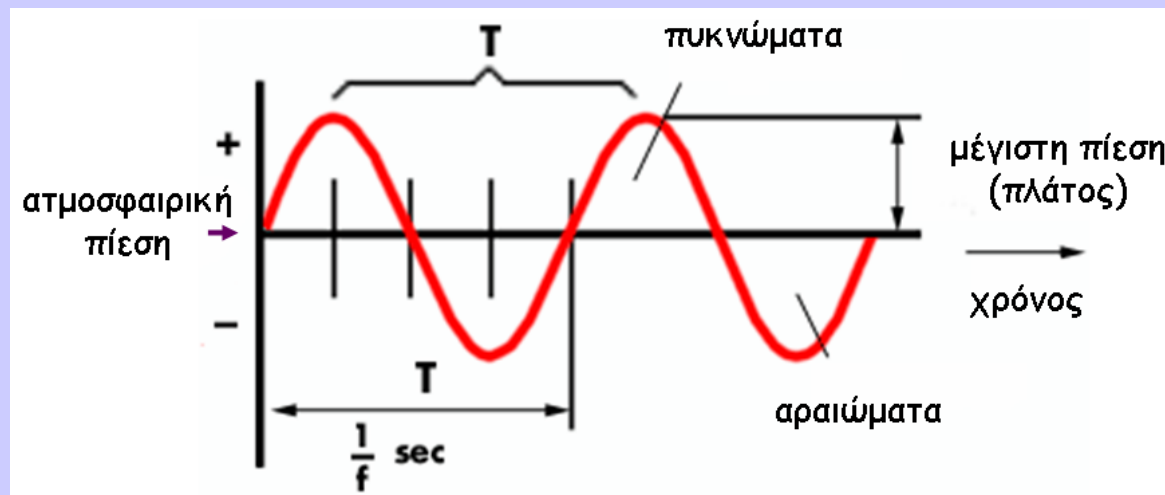
Πίεση: Πλάτος, Ένταση

Το πλάτος (*amplitude*) αντιστοιχεί στην μέγιστη αλλαγή πίεσης στον αέρα όπως μεταδίδεται το ηχητικό κύμα.

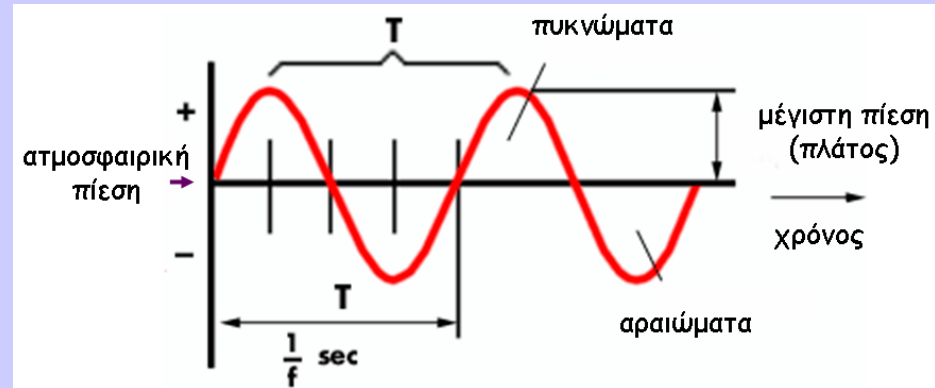


Πίεση: Πλάτος, Ένταση

Η **πυκνότητα ισχύος (power density)** όπως διέρχεται από μία επιφάνεια κάθετη στην διεύθυνση της μετάδοσης του ηχητικού κύματος καλείται **Ένταση (Intensity)** του Ήχου.



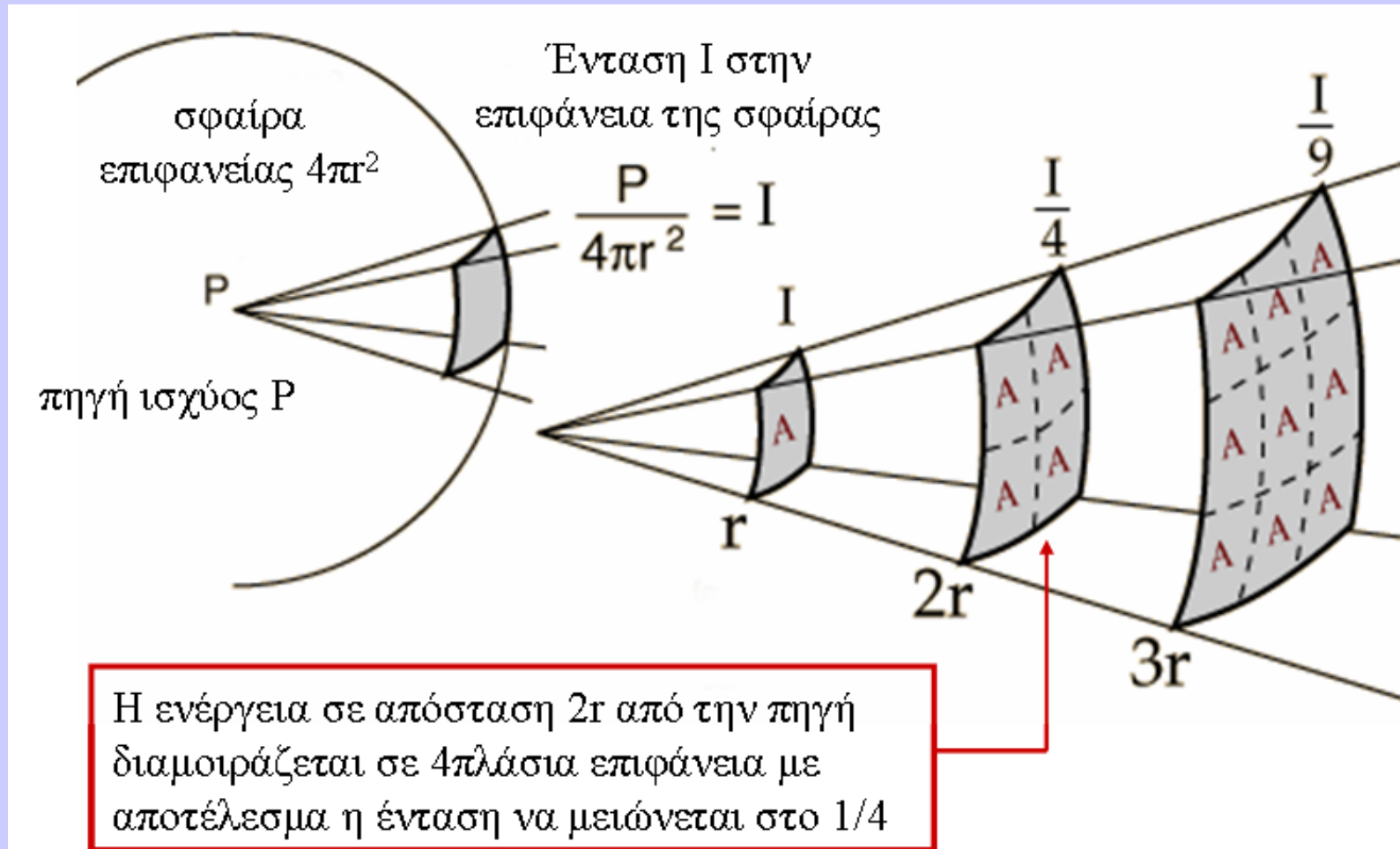
Πίεση: Πλάτος, Ένταση



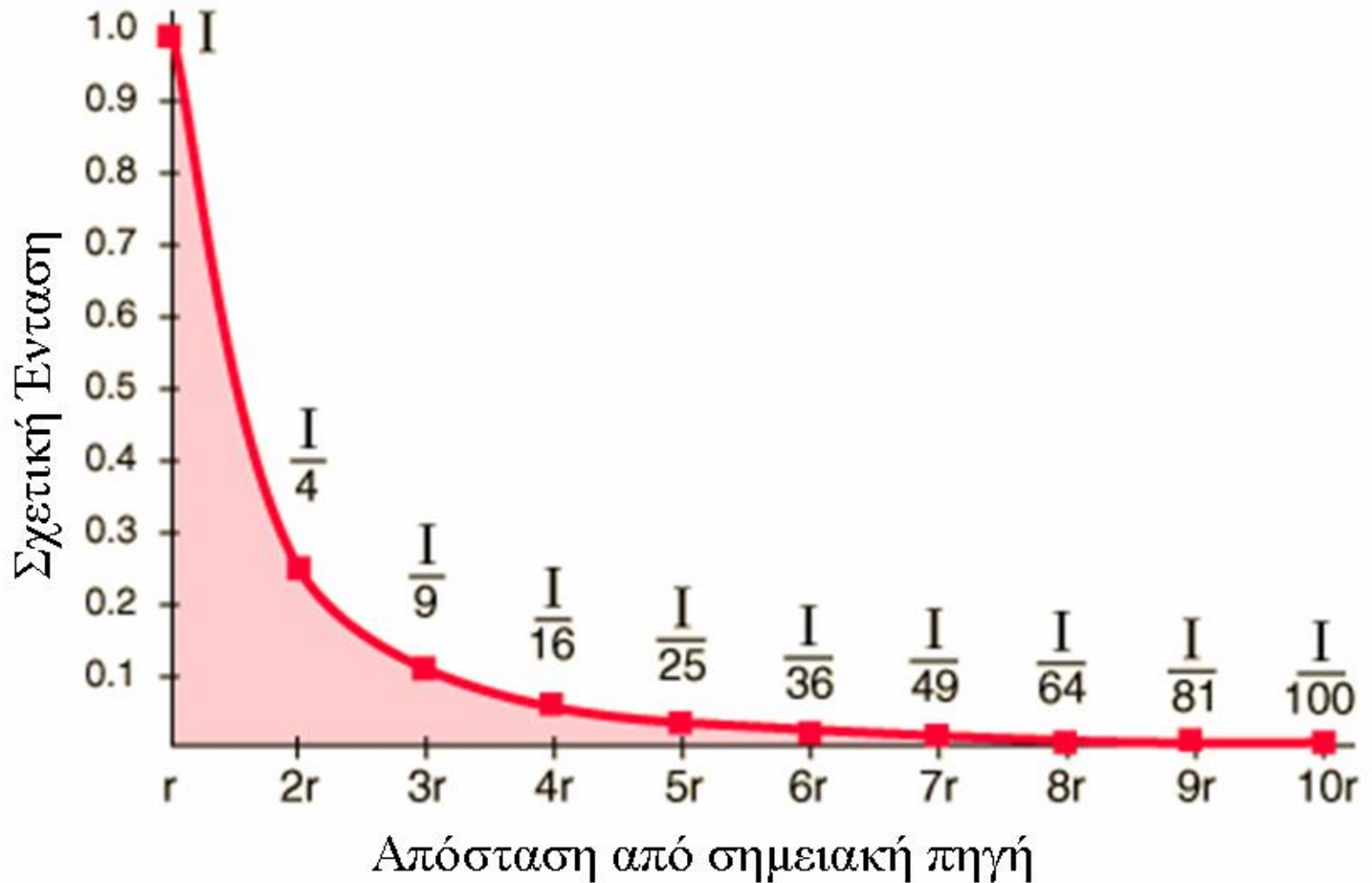
- Η Ένταση μετρείται σε Ισχύ ανά μονάδα επιφανείας, δη λ. watts/m^2 ή watts/cm^2 .
- Η Ένταση είναι ανάλογη του τετραγώνου του πλάτους (A^2).
- Εάν διπλασιαστεί το πλάτος ενός κύματος, τετραπλασιάζεται η ενέργεια η οποία εκπέμπεται από αυτό (ή η Ένταση του)

Ένταση ενός κύματος σε ελεύθερο πεδίο

Η Ένταση ενός κύματος σε ελεύθερο πεδίο μειώνεται με το αντίστροφο τετράγωνο της απόστασης από την πηγή.



Διάγραμμα του Νόμου του Αντιστρόφου Τετραγώνου



Μονάδες Μέτρησης

Πίεση του Ήχου:

Η συνολική (στιγμιαία) πίεση σε ένα σημείο στο χώρο, παρουσία ενός ηχητικού κύματος, αφαιρουμένης της στατικής πίεσης στο ίδιο σημείο.

Ύψος ηχητικής πίεσης:

Απόλυτη τιμή της στιγμιαίας πίεσης. Μονάδα: Pascal (Pa)

Ισχύς ήχου:

Ενέργεια ήχου ("η δυνατότητα να παραχθεί έργο") εκπεμπόμενη από μία πηγή ανά μονάδα χρόνου. Μονάδα: watt (W).

Ένταση Ήχου:

Μέσος ρυθμός εκπεμπόμενης ενέργειας ήχου προς μία ορισμένη κατεύθυνση και διερχόμενη από μία μοναδιαία επιφάνεια κάθετη σε αυτήν την διεύθυνση (σε ένα σημείο μέτρησης).

Μονάδα: watt ανά meter² (W/m²) ή centimeter² (W/cm²).

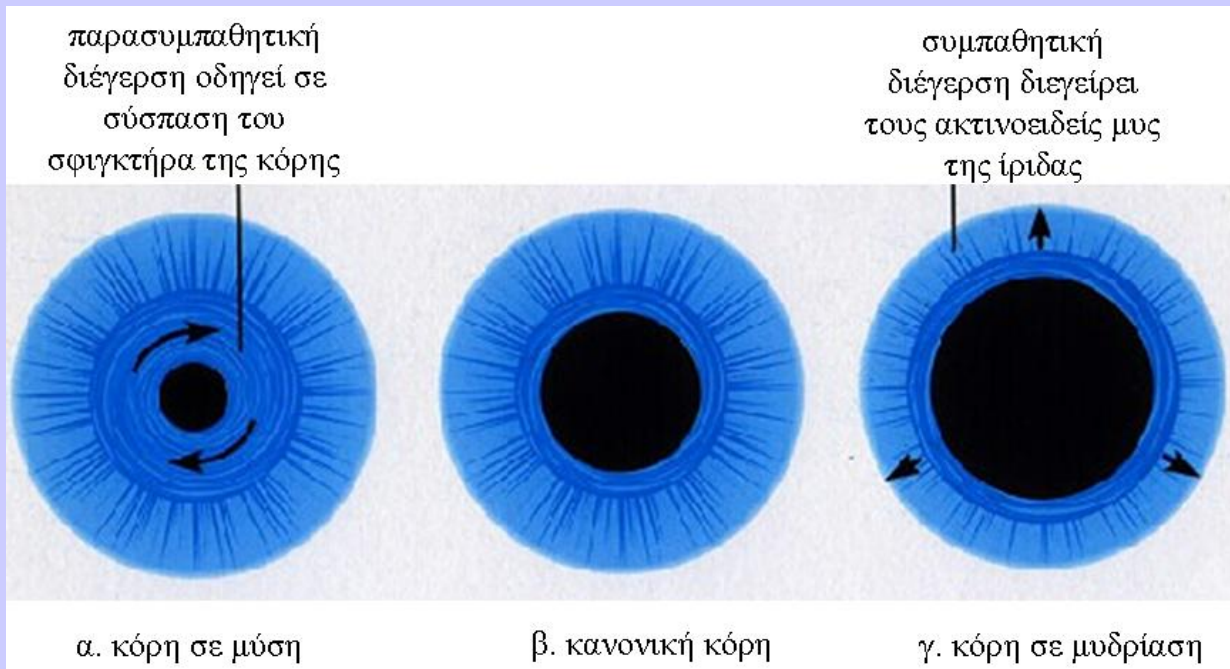
Επίπεδο πίεσης ήχου:

Το τετράγωνο της πίεσης του ήχου με αναφορά τα 20 mPa² μετρημένο σε dB. Κοινώς, πόσο δυνατός είναι ένας ήχος μετρούμενος σε dB

Το ανθρώπινο ους "συμπιέζει" τους ήχους

Οι μυς της ίριδος μπορούν να μειώσουν ή να διατείνουν την κόρη του οφθαλμού για να ρυθμίσουν την ποσότητα φωτός η οποία εισέρχεται στον οφθαλμό.

Με ανάλογο τρόπο **το μέσο ους** έχει ένα μηχανισμό ο οποίος μπορεί να ρυθμίσει την ένταση των ηχητικών κυμάτων τα οποία εισέρχονται σε αυτό. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει να διακρίνει το αυτί πολύ μικρές αλλαγές στην ένταση χαμηλών ήχων αλλά να είναι πολύ λιγότερο ευαίσθητο σε μεγάλες αλλαγές δυνατώτερων ήχων. Αυτό σημαίνει ότι το ανθρώπινο αυτί μπορεί με σχετική ασφάλεια να συλλάβει μια τεράστια γκάμα από πολύ χαμηλούς ήχους έως πολύ δυνατούς.



Λογάριθμοι και η κλίμακα των decibel

Εάν ακούτε έναν ήχο και σας ζητηθεί να επιλέξετε έναν άλλο ήχο δύο φορές πιο δυνατό από τον πρώτο ήχο, ο δεύτερος ήχος θα έχει ένταση περίπου 10 φορές μεγαλύτερη από την ένταση του πρώτου.

Γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιείται λογαριθμική κλίμακα (η οποία αυξάνεται με δυνάμεις του 10) για να μετρηθεί η **ακουστότητα** ενός ήχου (το πόσο δυνατός είναι).

Ο εκθέτης του 10 είναι ο λογάριθμός του.

Παράδειγμα με βάση τον δεκαδικό λογάριθμο:

$$10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10,000 = 10^4$$
$$\log_{10} 10,000 = \log 10,000 = 4$$

Τι είναι το decibel;

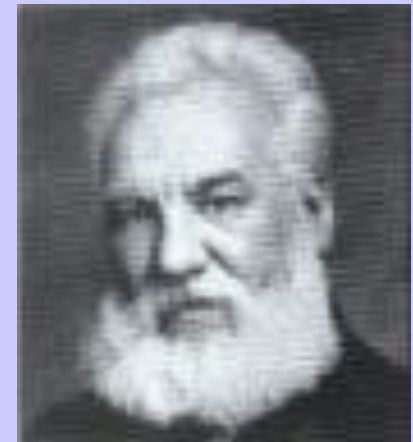
Ένα decibel (dB) είναι μία μονάδα σύγκρισης για το πόσο πιο δυνατός είναι ένας ήχος από έναν άλλο διαφορετικό ήχο (loudness). **Δεν είναι μονάδα απόλυτης μέτρησης.**

Η συνήθης βάση σύγκρισης είναι ένας μόλις ακουστός ήχος, ο ήχος ενός πολύ ήσυχου δωματίου: **0.000020 Pa** για τον οποίο θέτουμε **0 dB**

Bels και Decibels

Η μονάδα η οποία χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την μέτρηση της ακουστότητας του ήχου ήταν το **bel** (προς τιμήν του Alexander Graham Bell), και το οποίο είναι ο λογάριθμος της αναλογίας έντασης δύο ήχων **10:1**.

Η μονάδα θεωρήθηκε ότι ήταν πολύ μεγάλη για να είναι χρήσιμη στην καθημερινή πράξη και αντικαταστάθηκε από το decibel (dB) το οποίο είναι 10 φορές μικρότερο.



Υπολογίζοντας τα decibels

Για να συγκρίνουμε τις εντάσεις δύο ήχων I_1 και I_2 , τοποθετούμε την τιμή της υψηλότερης έντασης από τις δύο στον αριθμητή στον παρακάτω τύπο:

$$10 \times \log [I_1 / I_2] \text{ decibels (dB)}$$

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ίδιος τύπος με τα πλάτη (πίεση αέρα) στην θέση της έντασης:

$$10 \times \log [A_1^2 / A_2^2] \text{ decibels (dB)}, \text{ και ο οποίος απλοποιείται στον:}$$

$$20 \times \log [x_1 / x_2] \text{ decibels (dB)}$$

Παράδειγμα: Ποιά είναι η διαφορά σε decibels μεταξύ 3.5 και 0.02 watts;

$$10 \log [3.5/0.02] = 10 \log (175) = 10 \times 2.24 = 22.4 \text{ dB διαφορά}$$

Αναλογία ισχύος 1:100

Εάν η ένταση ενός ήχου είναι 100 φορές μεγαλύτερη από την ένταση ενός άλλου ήχου, τότε

$$I_1/I_2 = 100,$$
$$\log 100 = 2.0 \text{ και}$$
$$10 \times 2.0 = 20 \text{ dB.}$$

Μία αναλογία έντασης **1:100** ή **0.01** αποδίδει μία αναλογία πλάτους **0.1** ($\sqrt{0.01} = 0.1$).

Αναλογία ισχύος 1:2

Εάν ακούτε έναν ήχο και προστεθεί ένας δεύτερος ήχος στον πρώτο, η αύξηση σε ένταση θα είναι μόλις **3 dB**. Αυτό διότι η αναλογία ισχύος θα είναι **1 προς 2**, δηλ. 0.50 και η αναλογία πλάτους θα είναι **0.707**.

π.χ.

$$40/20 = 2$$
$$\log 2 = 0.301$$
$$0.301 \times 10 = 3\text{dB}$$
$$(\sqrt{0.5} = .707)$$

Αναλογία ισχύος 1:4

Μία αλλαγή έντασης κατά 6 dB σημαίνει μία αναλογία ισχύος 1 σε 4, (0.25) με μία αναλογία πλάτους 1 προς 2 ή 0.50.

π.χ. $100/25 = 4$
 $\log 4 = 0.602$
 $0.602 \times 10 = 6\text{dB}$
 $(\sqrt{0.25} = 0.5)$

Από τον πιο χαμηλό στον πιο δυνατό ήχο

Η διαφορά σε ένταση μεταξύ το μόλις ακουστού ήχου και του δυνατότερου ήχου τον οποίο μπορούμε να ανεχθούμε είναι 1 / 1 τρισεκατομμύριο (10^{12}):

Ο \log του 10^{12} είναι 12, και $12 \times 10 = 120$ decibels, περίπου το επίπεδο έντασης που το ανθρώπινο ουσ μπορεί να συλλάβει και να ανεχθεί.

Το τύμπανο διαρρηγνύεται αμέσως σε έκθεσή του σε 160 dB ήχο.



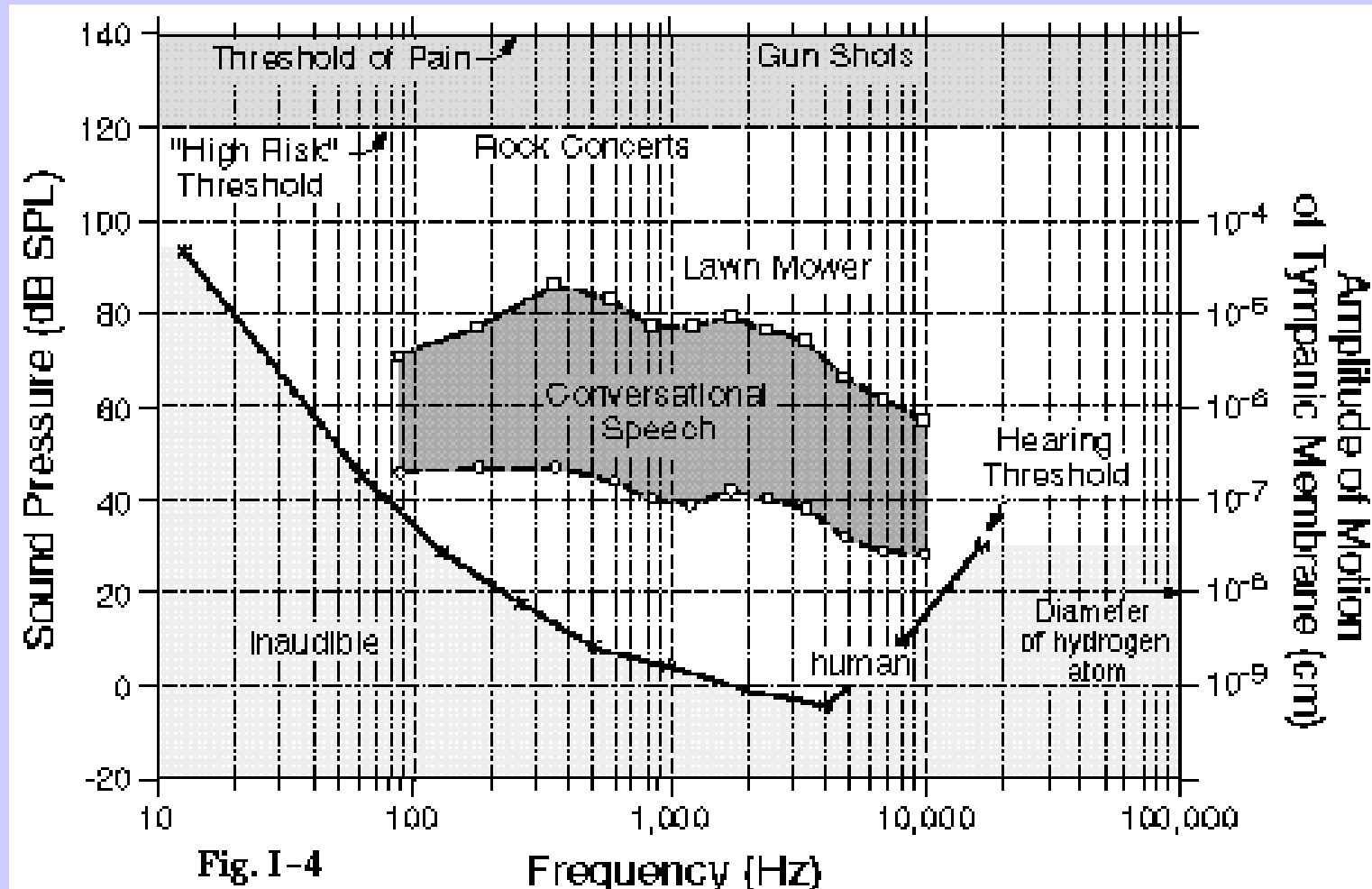
Εικόνες από INTERNET

Decibel levels of some common sounds

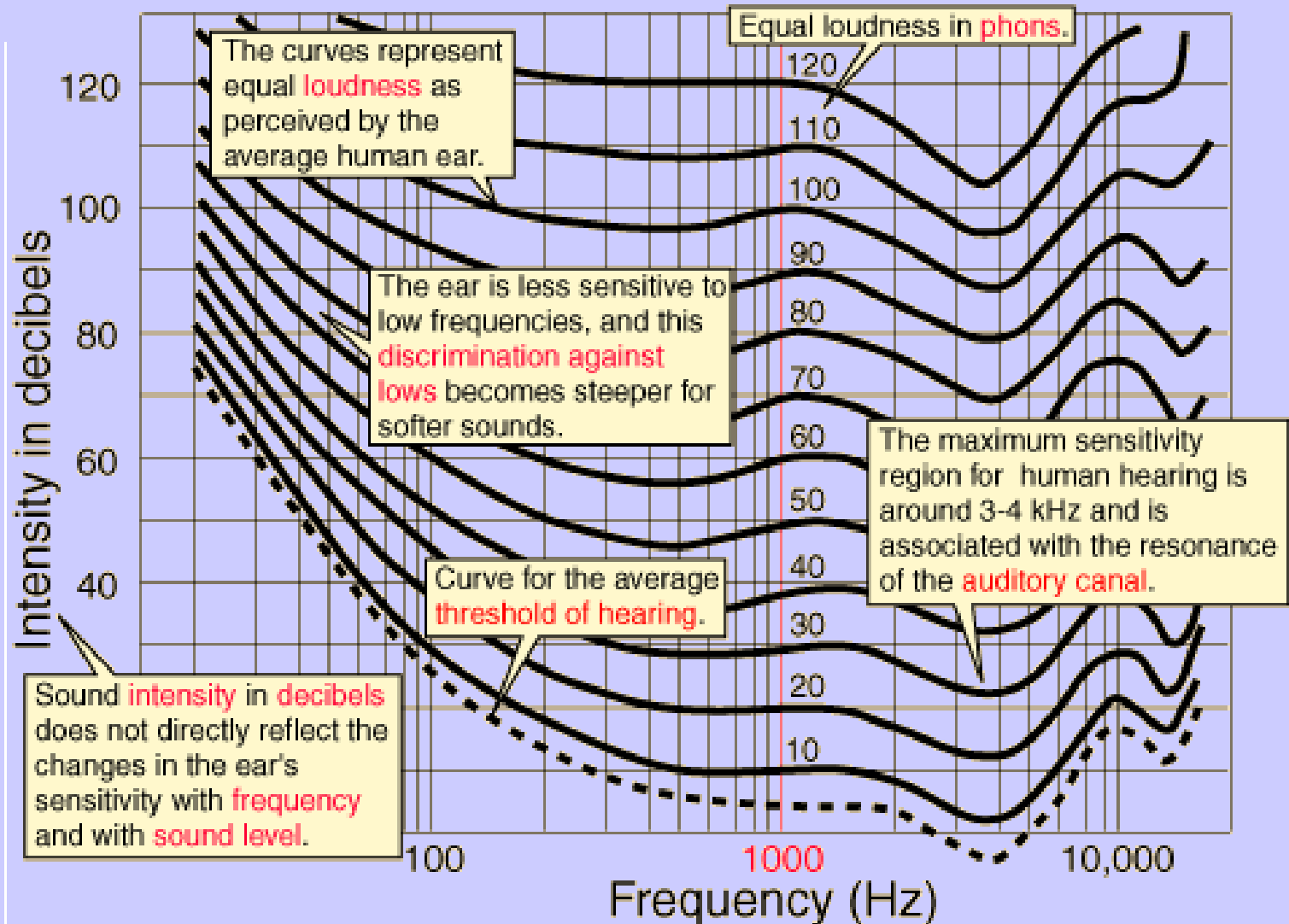
| Sound Source | Sound Pressure Level (dB) |
|---|---------------------------|
| threshold of excellent youthful hearing | 0 |
| normal breathing, threshold of good hearing | 10 |
| soft whisper | 30 |
| mosquito buzzing | 40 |
| average townhouse, rainfall | 50 |
| ordinary conversation | 60 |
| busy street | 70 |
| power mower, car horn, <i>ff</i> orchestra | 100 |
| air hammer at 1m, threshold of pain | 120 |
| κονσέρτο rock | 130 |
| κινητήρας jet στα 30 m | 150 |
| κινητήρας πυραύλου στα 30 m | 180 |

The Range of Human Hearing

Our sensitivity to sounds depends on both the amplitude and frequency of a sound. Here is a graph of the range of human hearing.



Annotated Equal Loudness Curves



SPL and SL

There are two common methods of establishing a reference level r in dB measurements. One uses 20 mPa of a 1,000 Hz tone; this is labeled dB SPL ('sound pressure level'). The other method uses the absolute threshold frequency for a tone at each individual frequency; this is called dB SL ('sensation level').

Source: Johnson, Keith. 1997. *Acoustic & Auditory Phonetics*. Cambridge & Oxford: Blackwell. .p . 53

| Increase in source power (watts) | Change in SPL (dB) | Change in apparent loudness |
|---|---------------------------|--|
| x 1.3 | 1 | smallest audible change in sound level, noticeable only if two sounds are played in succession |
| x 2 (doubled) | 3 | just perceptible |
| x 3.2 | 5 | clearly noticeable |
| x 4 | 6 | some sources say twice as loud |
| x 10 | 10 | other sources say twice as loud |
| x 100 | 20 | much louder |

Sources: http://www.me.psu.edu/lamancusa/me458/3_human.pdf
& <http://www.tpub.com/neets/book11/45e.htm>

Audio demonstration: http://www.phon.ucl.ac.uk/courses/spsci/psycho_acoustics/sld008.htm

Amplitude of overtones

The harmonics or overtones (also called 'partials') of a sound decrease by 12dB for each *doubling of frequency* (e.g. 100, 200, 400, 800, 1,600...) or each equivalent of a musical *octave*. In human speech, however, the lips act as a piston, and *strengthen* the amplitude of the speech signal (called the *radiation factor* or *radiation impedance*), *adding back* 6dB to each octave. So the net decrease in amplitude of the overtones of a speech sound is 6dB per octave.

