

## Λογαριθμική κλίμακα

Το ανθρώπινο αυτί είναι ικανό να ακούει ήχους πολύ χαμηλής έντασης όπως και εξαιρετικά δυνατούς ήχους (υψηλής έντασης). Η αναλογία των εντάσεων μεταξύ ενός ήχου που μόλις ακούγεται και ενός που προκαλεί πόνο στα αυτιά είναι περίπου  $1:10^{13}$  (10 τρισεκατομμύρια).

Ο πιο χαμηλός ήχος που μπορεί να ακούσει ο μέσος άνθρωπος έχει ένταση περίπου 1 picowatt ανά τετραγωνικό μέτρο ( $1 \cdot 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$ ). Ένα παράδειγμα τέτοιου ήχου είναι να ακούτε την αναπνοή ενός συμμαθητή σας που απέχει από εσάς δύο μέτρα μέσα σε μια άδεια και ήσυχη αίθουσα διδασκαλίας. Αντίθετα, ένας ήχος που μπορεί να προκαλέσει στον μέσο άνθρωπο ακόμη και παθολογική βλάβη έχει ένταση περίπου από 1 έως 10 watts ανά τετραγωνικό μέτρο ( $1-10 \text{ Wm}^{-2}$ ). Ένα παράδειγμα τέτοιου ήχου είναι να βρεθείτε πολύ κοντά στον διάδρομο απογείωσης ενός αεροπλάνου.

Τον 19ο αιώνα διατυπώθηκε ο ακόλουθος εμπειρικός νόμος που σχετίζεται με τη φυσιολογία του ανθρώπινου αυτιού και περιγράφει τον τρόπο που αντιλαμβάνεται ο εγκέφαλός μας ηχητικά ερεθίσματα. Συγκεκριμένα:

$$\text{Αίσθημα} = k \cdot \log(\text{Ερέθισμα})$$

όπου  $k$  μια σταθερά αναλογίας. Φυσικά, το ερέθισμα είναι ο ήχος που εκφράζουμε ως τον λόγο της έντασής του προς την ελάχιστη ένταση που μπορούμε να ακούσουμε· συνεπώς, είναι καθαρός αριθμός. Για παράδειγμα, η ένταση του ήχου/θορύβου που αντιστοιχεί σε ένα πολυκατάστημα σε ώρα αιχμής είναι περίπου  $I = 10^{-7} \text{ Wm}^{-2}$ , ενώ, όπως αναφέραμε η ελάχιστη ένταση που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί είναι  $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$ . Άρα, στη θέση του ερεθίσματος στον παραπάνω τύπο θέτουμε:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{10^{-7} \text{ Wm}^{-2}}{10^{-12} \text{ Wm}^{-2}} = 10^5$$

Ας προσπαθήσουμε τώρα να κατανοήσουμε τη λογαριθμική κλίμακα χωρίς αυστηρά Μαθηματικά, τα οποία θα διδαχθείτε σε μεγαλύτερη τάξη. Οι λογάριθμοι (ή συντομογραφικά logs) που εμφανίζονται στον εμπειρικό τύπο  $\text{Αίσθημα} = k \cdot \log(\text{Ερέθισμα})$  είναι ένας τρόπος περιγραφής αριθμών που διαφέρουν κατά πολύ μεγάλες ποσότητες σε ένα πολύ μικρότερο εύρος. Για παράδειγμα, το  $10^5$  μπορεί να γραφτεί ως:

$$100.000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10$$

Ο εκθέτης 5 είναι η τιμή του λογαρίθμου με βάση το 10:

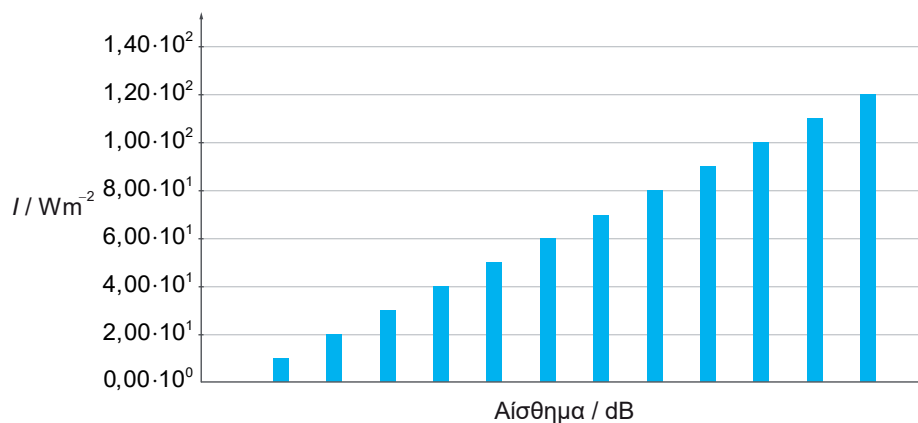
$$\log_{10} 10^5 = 5$$

Η κλίμακα των ντεσιμπέλ (dB) είναι λοιπόν μια λογαριθμική κλίμακα που περιγράφει τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε (αίσθημα στον εμπειρικό τύπο) τους ήχους γύρω μας. Για παράδειγμα, όταν ένας ήχος γίνεται αντιληπτός ως διπλάσιος σε ένταση, αυτό αντιστοιχεί περίπου σε αύξηση κατά 10 dB στη λογαριθμική κλίμακα. Σχεδόν κάθε κομμάτι ηχητικού, αλλά και τεχνικού εξοπλισμού (μικρόφωνα, ηχεία, ηλεκτρική σκούπα, ενισχυτές, κομπρεσέρ κ.λπ.) έχει προδιαγραφές που εκφράζονται στη λογαριθμική κλίμακα dB. Χαρακτηριστικά παραδείγματα μπορείτε να δείτε στον παρακάτω **πίνακα**:

Πίνακας Χαρακτηριστικοί ήχοι και κλίμακα dB	
Είδος ήχου	Στάθμη ήχου σε dB
Ανθρώπινη αναπνοή	0
Ψίθυρος	10
Ελαφρύ αεράκι	20

Είδος ήχου	Στάθμη ήχου σε dB
Χαμηλή μουσική	30
Ήσυχη τάξη	40
Συνεργείο αυτοκινήτων	50
Θορυβώδης τάξη	60
Ήχος μηχανής αυτοκινήτου	70
Χορτοκοπτικό μηχάνημα	80
Ήχος μηχανής φορτηγού	90
Ζωντανή ορχήστρα	100
Αδύνατη η συνομιλία	110
Ήχος κομπρεσέρ/Όριο πόνου	120

Στην ακόλουθη ποιοτική γραφική παράσταση χρησιμοποιείται η λογαριθμική κλίμακα ντεσιμπέλ και παρατηρούμε ότι η σχέση μεταξύ της έντασης του ήχου που αντιλαμβανόμαστε και των αντίστοιχων ντεσιμπέλ είναι μια ευθεία γραμμή. Η κλίμακα ντεσιμπέλ απεικονίζει κατά το καλύτερο τον τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλός μας αντιλαμβάνεται τον ήχο.



**Σχήμα** Γραφική παράσταση έντασης ήχου-dB

### Λίγα ιστορικά στοιχεία

Η μονάδα bel καθιερώθηκε στα εργαστήρια του εργοστασίου Bell τον 20ό αιώνα, για να μετρά τη στάθμη των μεγεθών που εκφράζονται με λόγο όπως αυτό του ηχητικού ερεθίσματος (στάθμη έντασης ήχου πολυκαταστήματος σε ώρα αιχμής), που περιγράψαμε παραπάνω. Χρησιμοποιείται από μηχανικούς (ηλεκτρολόγους ή μηχανολόγους), αλλά και από γιατρούς (ακουόγραμμα). Επειδή η μονάδα bel είναι πολύ μεγάλη, χρησιμοποιείται ευρύτατα η μονάδα decibel (dB), η οποία στην περίπτωση του ήχου είναι:

$$10 \cdot \log(\text{Ερεθίσμα}) = 10 \cdot \text{dB}$$

Άρα, η στάθμη της έντασης του ήχου/θορύβου που αντιστοιχεί σε ένα πολυκατάστημα σε ώρα αιχμής είναι 50 dB.