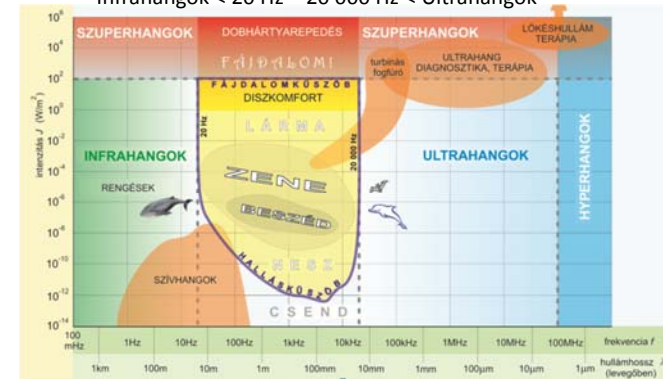


Audiometria

Az audiometria fizikai alapjai, Egyéni hallásküszöb mérés

Hang: Mechanikai hullám, terjedéséhez rugalmas közeg szükséges. Longitudinálisan (részecskék rezgésének iránya megegyezik a hullám terjedésének irányával) terjed folyadékokban és gázokban, míg szilárd anyagok esetén transzverzális hullámként (részecskék rezgésének iránya a hullám terjedésének irányára merőleges) viselkedik.

Emberi fül hallási tartománya: 20-20 000 Hz
Infrahangok < 20 Hz – 20 000 Hz < Ultrahangok



Hangosság (szubjektív, pszichofizikai intenzitás) : érzet erősségét jellemzi

Intenzitás (objektív, fizikai intenzitás) : inger erősségét jellemzi

Hangosság függ:

- Fizikai intenzitás
- Hang frekvenciájától

(Azonos intenzitás-változáshoz nem azonos hangérzet-változások járnak!)

Weber-Fechner törvény: a fül logaritmikus választ ad az intenzitás változására

A szubjektív hangérzet erősségének (**hangosság**) intenzitásfüggése **hatványfüggvény** jellegűnek adódott (**son-skála**, Stevens törvény)

Objektív jellemzők:

Intenzitás : $J = P/A$ [W/m^2] ahol P: felületre merőlegesen belépő hang teljesítménye
A: felület

$J = p_{eff}^2/Z$, ahol p_{eff} : hangnyomás effektív értéke
Z: akusztikai impedancia

Intenzitásszint : $J_{dB} = 10 * \lg (J/J_0)$ (dB)

Akusztikai impedancia: $Z = c * \rho$, ahol c: hang terjedési sebessége
 ρ : közege sűrűség

Szubjektív jellemzők:

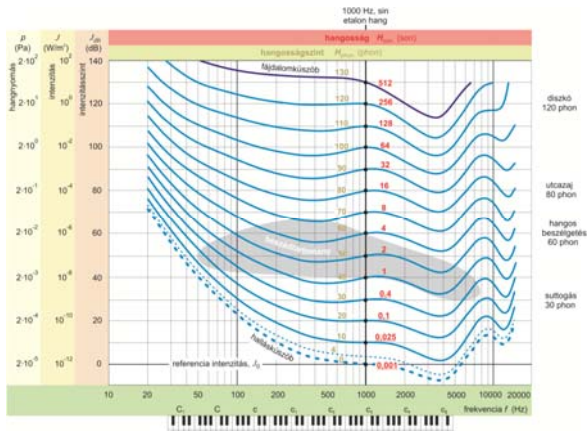
Weber-Fechner törvény: $H_{phon} = 10 \lg (J/J_0)_{1000Hz}$, azaz $H_{phon} = J_{dB} 1000 Hz$

(A hangosság szint mértékét az etalon hang intenzitásszintjével fejezi ki. Az etalon hangtól eltérő frekvenciájú mérendő hang hangosság szintje (H_{phon}) azonos az etalonhang dB-ben kifejezett intenzitásszintjével ($J_{dB 1000Hz}$)).

Stevens-féle hatványfüggvény: $H_{son} = 1/16 (J/J_0)^{0.3} 1000Hz$

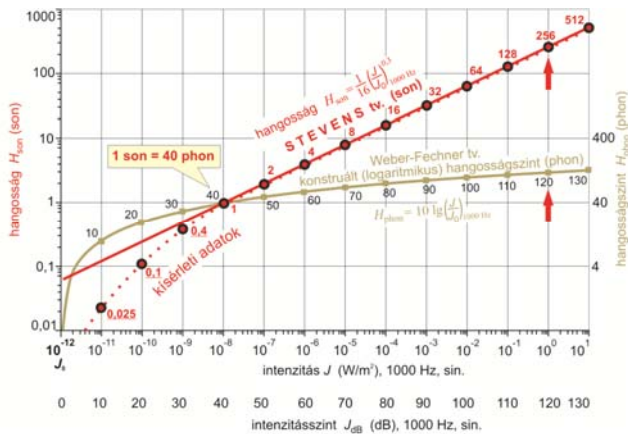
(Az egyenlő hangosságú görbék változatlanul hagyasával a különböző görbékhez új, a pszichofizikai, lineáris hangérzet változást kifejező ún. **son** értékeket rendeltek. A hangosság-skála alappontja az etalon hang 40 dB-es intenzitásszintje, azaz 1 son (1son = 40 phon). Kétszer ilyen hangos hang (50 phon) hangossága 2 son, négyszer hangosabb (60 phon) 4 son. Az etalon hangtól eltérő frekvenciájú hangok hangossága az egyenlő hangosságú görbékben olvasható le.)

Egyenlő hangosságintek görbéi: összefüggést adnak az érzékelt hangosság, a fizikai intenzitás és a frekvencia között



Szinuszos hangokkal felvett egyenlő hangosságintű görbék (nemzetközi szabvány). A jelenleg érvényes hallásküszöb 4 phonnál van. Minden görbe kétszer hangosabb az alatta levőnél.

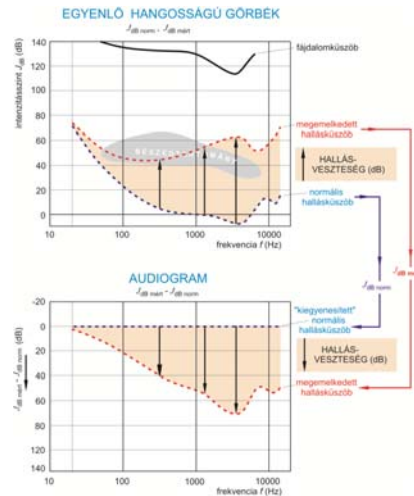
A Stevens törvény a halk hangok kivételével jól illeszkedik a hangosság kísérletben kimért adataira (piros pontok). A Weber-Fechner törvény phon értékei definíciószerűen az intenzitásszint mérőszámaival egyeznek meg (1000 Hz-en). A piros nyílak pl. 1 W/m² intenzitásnál ábrázolják a 120 phon hangosságintet és az ennek megfelelő 256 son hangosságot.



A hangosságint és a hangosság különböző értékei

hangforrás	hétköznapi, zenei hangosságfogalmak, ill. a halláskárosodás határai	hangosságint (phon)	hangosság (son)
rakéta, puskalövés (a fül mellett)	dobhártyarepedés	180	
sugárhajtású repülőgép (közeli)	fájdalomküszöb	130	512
diszko (a hangfalnál), ordítás a fulbe (20 cm)	éppen elviselhető	120	256
légkalapács	nagyon hangos	110	128
nagyon zajos üzem	nagyon hangos	100	64
kiabálás (1,5 m), áthaladó metrószervélvén	fff (fortississimo), 2 órán túl halláskárosodás	90	32
erős városi forgalom, hangos zene	ff (fortissimo), 8 órán túli halláskárosodás	80	16
autó belső terének zaja (kb. 120 km/óránál)	hangos, f (forte)	70	8
hangos beszélgetés, WC lehúzás, porszívó	mf (mezzoforte)	60	4
iroda, számítógép, nyomtató zaja	mp (mezzopiano)	50	2
normális beszélgetés	beszédhangrö, p (piano)	40	1
suttogás, könyvtár, óráketyegés	nagyon halk pp (pianissimo)	30	0.4
szívhangok, rádióstúdió alapzaja	nagyon halk, ppp (pianississimo)	20	0.1
avar zizegése, macska dorombolása	éppen hallható	10	0.025
süketszoba	hallásküszöb (cser, fiatal)	0	0.001

Az audiogram származtatása az egyenlő hangosságú görbékből



Mérés módja és kiértékelés:

- Kapcsoljuk be a függvénygenerátor t!
- Beállítások: - szinuszos hullámforma : FUNCTION = SIN
- kimenőfeszültség minimalizálása:
AMPLITUDE, COARSE = 10^{-4} , FINE = 0.1
- Fejhallgató „jack” dugóját csatlakoztassuk a generátor kimenetére!
- Helyezzük a fejhallgatót a fejünkre úgy, hogy a párnák a lehető legjobb hangszigetelést biztosítsák!
- Állítsunk be először 1000 Hz-et mérőfrekvenciaként !
- Szabályozzuk a fejhallgatóra jutó feszültséget a „COARSE” ill. a „FINE” gombokkal úgy, hogy **éppen halljuk a hangot!**

- Feszültség kiszámítása: $U = 5 \text{ (V)} * U_{\text{coarse}} * U_{\text{fine}}$
- $J_{\text{saját}}$ hallásküszöb-intenzitás kiszámítása: $J_{\text{saját}} = 1 * 10^{-5} * U^2 \text{ (W/m}^2\text{)}$
- Számítsuk át intenzitásszintekre: $J_{\text{dB saját}} = 10 \lg (J_{\text{saját}} / J_0) \text{ (dB)}$ ahol $J_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

- Rajzoljuk meg a saját hallásküszöb-görbét a „NORMÁLIS HALLÁSKÜSZÖBGÖRBÉVEL” közös koordináarendszerben!
- Olvassuk le a normális hallásküszöbgörbéről a mérőfrekvenciákhoz tartozó $J_{\text{dB norm}}$ értékeket és képezzük a $J_{\text{dB saját}} - J_{\text{dB norm}}$ különbségeket!
- Rajzoljuk meg az eltérés-görbét, az „AUDIOGRAMOT”!