

Audiometria

Az audiometria fizikai alapjai, Egyéni hallásküszöb mérés

Hang

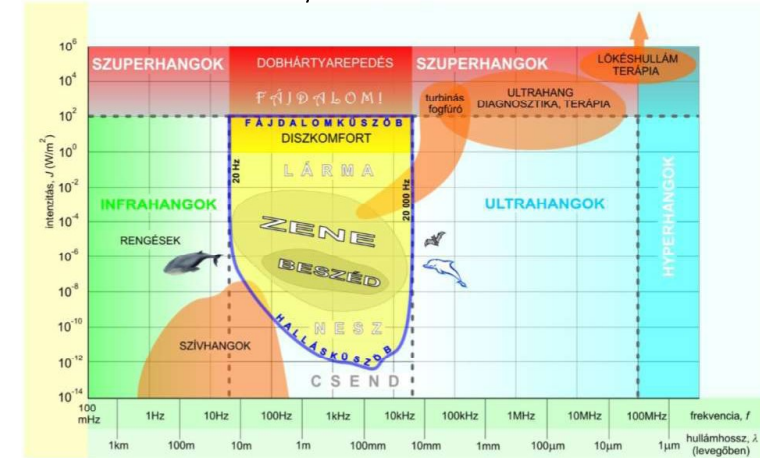
Mechanikai hullám, nyomáshullám

Közeg kell a terjedéséhez: -Longitudinális: gázban, folyadékban, szilárd anyagban

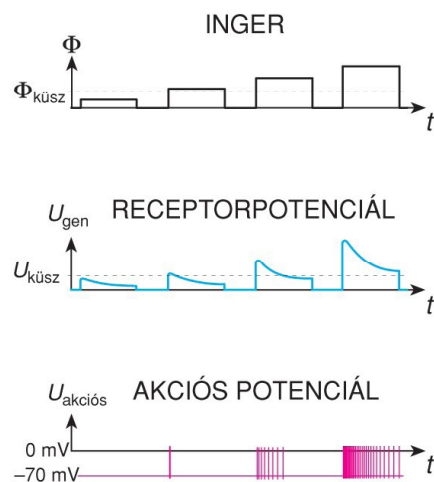
-Transzverzális: szilárd anyagokban

Érzékszerveink közül a hallásnak van a legnagyobb dinamikai átfogása

Emberi hallástartomány: 20-20 000 Hz \approx 10 oktáv



Különböző erősségű ingerek hatása, érzet kialakulása



A beérkező inger amplitúdójának megfelelő amplitúdójú receptorpotenciál alakul ki az érzékelő sejtekben → *Amplitúdó kódolású jelátvitel*

A küszöbértéket elérő receptorpotenciál akciós potenciált indukál, ahol az amplitúdó különbségek frekvencia különbségekké alakulnak → *frekvencia kódolású jelátvitel*

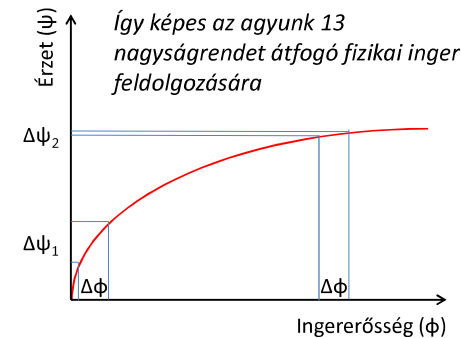
A frekvenciák alapján alakítja ki az agy az érzet erősségét

Érzet erősségét leíró pszichofizikai törvények

Azonos intenzitás-változásokhoz nem azonos hangérezet-változások tartoznak:

Kis ingererősségnél nagyon érzékenyek vagyunk a változásokra ($\Delta\psi_1$)

Nagy ingererősségnél kevésbé érzékeljük az ugyanakkora intenzitás változást ($\Delta\psi_2$)



Görbe alakját leíró pszichofizikai törvények:

Weber-Fechner törvény

$$\Psi = k \cdot \lg\left(\frac{\Phi}{\Phi_0}\right)$$

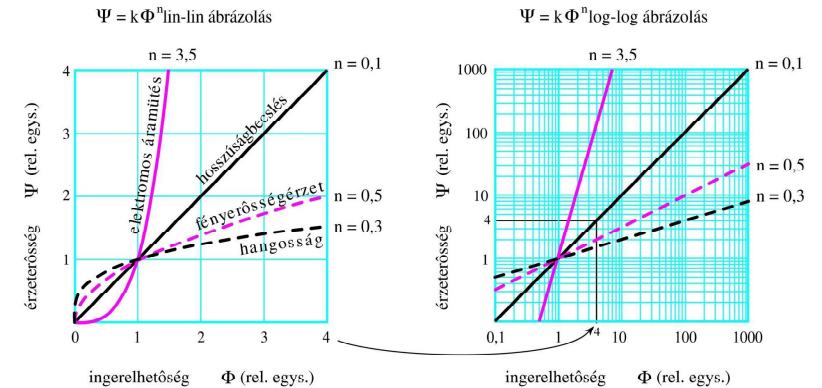
Stevens törvény

$$\Psi = l \cdot \left(\frac{\Phi}{\Phi_0}\right)^n$$

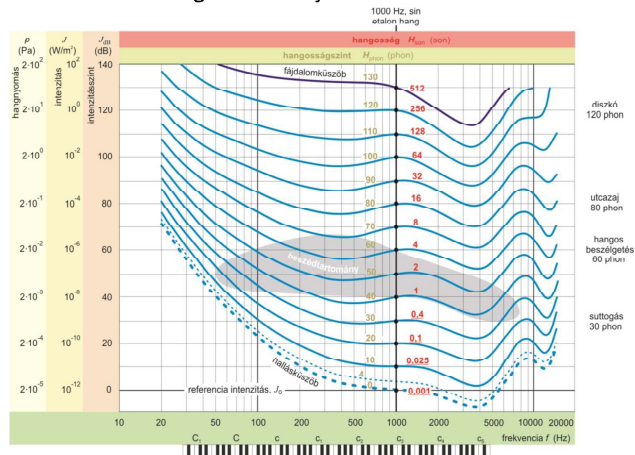
A különböző modalitásoknak megfelelő hatványkitevő (n) értékek

| MODALITÁS | „n” | MODALITÁS | „n” |
|---|------|---|------|
| HALLÁS, hangosság (1000 Hz) | 0,3 | HŐÉRZÉKELÉS, környezeti hőmérséklet | 1,0 |
| LÁTÁS, fényesség (5°-os fényfolt, sötétkez szokott szem) | 0,33 | LÁTÁS, hosszúságbecslés | 1,0 |
| LÁTÁS (villanás fényessége) | 0,5 | NYOMÁS (nyomásérzet a tenyéren) | 1,1 |
| SZAGLÁS (kávéillat) | 0,55 | ÍZLELÉS (só) | 1,3 |
| Vibráció (ujj, 250 Hz) | 0,6 | NYOMÁS (súlyérzékelés) | 1,45 |
| NYOMÁS Vibráció (ujj, 60 Hz) | 0,95 | NYOMÁS Erő (kézi erőmérő) | 1,7 |
| SZAGLÁS (heptán) | 0,6 | ELEKTROMOS ÁRAMÜTÉS (bőr) | 3,5 |
| ÍZLELÉS (szacharin) | 0,8 | ELEKTROMOS ÁRAMÜTÉS (fog) | 7,0 |

A Stevens-törvény ábrázolása



Intenzitás (objektív, fizikai intenzitás) : inger erősségét jellemzi (Φ)
Hangosság (szubjektív, pszichofizikai intenzitás) : érzet erősségét jellemzi (Ψ)
Egyenlő hangosság szintek görbéi: összefüggést adnak az érzékelt hangosság, a fizikai intenzitás és a frekvencia között
 Hangosság függ: → Fizikai intenzitás
 → Hang frekvenciája



1000 Hz-en (etalonhang) még észlelhető hangosság
 – referencia intenzitás: $J_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

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

Fizikai inger skálája: phon-skála

Hangosság szint: $H_{\text{phon}} = 10 \lg (J/J_0)_{1000\text{Hz}}$
 (Weber-Fechner tv. alapján számított hangosság szint érték)

10 phon hangosság szint növekedés – 2X olyan hangos hangérzet

Érzet skálája: son-skála

Hangosság-skála: alappont : 1 son = 40 phon
 2 son = 50 phon, 4 son = 60 phon, 8 son = 70 phon...

Stevens-féle hatványfüggvény alapján számítható a hangosság érzet értéke:

$$H_{\text{son}} = 1/16 (J/J_0)^{0.3}_{1000\text{Hz}}$$

Stevens-féle általános pszichofizikai törvény: $S = \text{konst}(J/J_0)^n$

hangosság H_{son} (son)

1 son = 40 phon

Stevens' law

$H_{\text{son}} = \frac{1}{16} \left(\frac{J}{J_0} \right)^{1/3}$

Weber-Fechner tv. konstruált (logaritmusikus) hangosságátszint (phon)

$H_{\text{phon}} = 10 \lg \left(\frac{J}{J_0} \right) |_{100 \text{ Hz}}$

intenzitás J (W/m^2), 1000 Hz, sin.

intenzitásátszint J_{dB} (dB), 1000 Hz, sin.

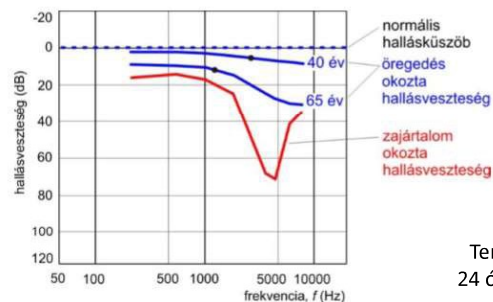
hangosságátszint H_{phon} (phon)

0.025, 0.1, 0.4, 1, 2, 4, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 125, 128, 256, 512

kísérleti adatok

Hallás romlása

Munkahelyi zajártalom okozta halláskárosodásnál a gyárban uralkodó folyamatos zaj frekvenciáját érzékelő terület sérül, így azon frekvencián jelentős hallásvesztés következik be. (piros görbe, kép)



Tengerimalac normális és sérült szőrsejtjei
24 órás 120 dB-es folyamatosan hangos zene
lejátszása előtt és után

The top graph shows the relationship between sound pressure level (J_{dB}) and frequency (f in Hz) for normal and pathological hearing. The y-axis represents the sound pressure level in dB, ranging from 0 to 140. The x-axis represents frequency in Hz, ranging from 10 to 10,000. The normal hearing range (normalis hallásküszöb) is shown as a shaded area, and the range for hearing impairment (fajdatomkűszöb) is shown as a shaded area above it. The graph also indicates the range for hearing impairment (megemelt hallásküszöb) and the range for hearing impairment (megemelt hallásküszöb).

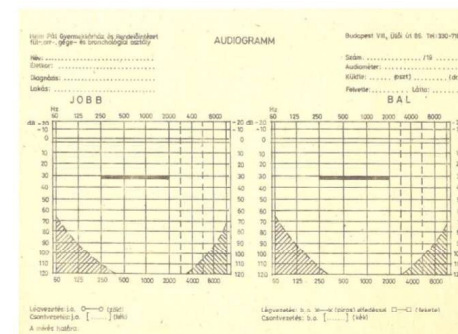
The bottom graph, labeled AUDIOGRAM, shows the relationship between sound pressure level (J_{dB}) and frequency (f in Hz) for normal and pathological hearing. The y-axis represents the sound pressure level in dB, ranging from 0 to 140. The x-axis represents frequency in Hz, ranging from 10 to 10,000. The normal hearing range (normalis hallásküszöb) is shown as a shaded area, and the range for hearing impairment (megemelt hallásküszöb) is shown as a shaded area above it. The graph also indicates the range for hearing impairment (megemelt hallásküszöb) and the range for hearing impairment (megemelt hallásküszöb).

- hallásvesztesség megállapítása
- bizonyos foglalkozási ágak dolgozói zajártalmi hallássérüléseinek vizsgálata
- nagyothalló személy egyéni adottságainak megfelelő hallókészülék beállításása

Audiogram felvétele

Halláskárosodásról 30 dB-nél nagyobb hallásveszteség esetén beszélünk, ezt a határt jelzi a vastag vízszintes vonal.

A szaggatott függőleges vonalak a zajártalom leggyakoribb frekvenciatartományát jelölik ki. A ferdén vonalkázott terület görbe vonalai a normális fájdalomküszöbnek felelnek meg.



I. 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: $U = 5 \text{ (V)} \cdot U_{\text{coarse}} \cdot U_{\text{fine}}$
- $J_{\text{saját}}$ hallásküszöb-intenzitás kiszámítása: $J_{\text{saját}} = 1 \cdot 10^{-5} \cdot U^2 \text{ (W/m}^2\text{)}$
- 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 koordinátarendszerben!
- 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”!

| frekvencia (Hz) | U_{coarse} | U_{fine} | U (V) | $J_{\text{saját}}$ (W/m ²) | $J_{\text{dB saját}}$ (dB) | $J_{\text{dB norm}}$ (dB) | $J_{\text{dB saját}} - J_{\text{dB norm}}$ (dB) |
|-----------------|---------------------|-------------------|-------|--|----------------------------|---------------------------|---|
| 32 | | | | | | | |
| 64 | | | | | | | |
| 125 | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | |
| 500 | | | | | | | |
| 1000 | | | | | | | |
| 2000 | | | | | | | |
| 4000 | | | | | | | |
| 8000 | | | | | | | |
| 16000 | | | | | | | |

$$U = 5 \cdot U_{\text{coarse}} \cdot U_{\text{fine}} \text{ (V)}$$

$$J_{\text{saját}} = 1 \cdot 10^{-5} \cdot U^2 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

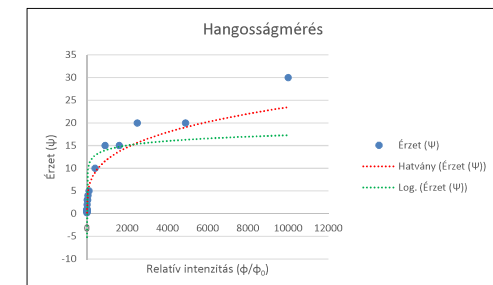
$$J_{\text{dB saját}} = 10 \lg (J_{\text{saját}} / J_0) \text{ (dB)}$$

$$J_0 = 10^{-12} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

II. Mérés módja és kiértékelés:

- Előkészületek az előzőhöz hasonlóan.
- Állítsunk be először 1000 Hz-et mérőfrekvenciaként !
- Állítsuk be: COARSE = 10^{-2} , FINE: 1
– ez lesz a referencia hang, ennek relatív hangossága: 1
- A mérőpár egyik tagja állítsa be a mellékelt listában levő feszültségértékeket, míg a másik tag érzése alapján adja meg a hang relatív hangosságát a referenciahanghoz képest! (kérésre adjuk meg ismételt a referenciahangot)
- Feszültség és intenzitás számítása az előzőhöz hasonlóan történik.
- Ábrázoljuk a relatív hangosságokat (érzet) a relatív intenzitás függvényében és illesszünk logaritmikus és hatvány görbéket!
- Mennyire jól illeszkednek a Weber-Fechner, illetve Stevens törvények a mérésünkre, melyik tűnik jobbnak?

| sor-szám | U_{coarse} (rel. egys.) | U_{fine} (rel. egys.) | relatív becsült hangosság (H_{rel}) (rel. egys.) |
|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1. | 10^{-2} | 1 | 1 |
| 2. | 10^{-1} | 1,0 | |
| 3. | 10^0 | 1,0 | |
| 4. | 1 | 1,0 | |
| 5. | 10^1 | 0,8 | |
| 6. | 10^2 | 0,5 | |
| 7. | 10^3 | 0,2 | |
| 8. | 10^4 | 0,3 | |
| 9. | 1 | 0,2 | |
| 10. | 10^{-2} | 0,3 | |
| 11. | 1 | 0,5 | |
| 12. | 10^{-3} | 0,8 | |
| 13. | 10^{-2} | 0,2 | |
| 14. | 10^{-1} | 0,3 | |
| 15. | 1 | 0,3 | |
| 16. | 1 | 0,7 | |
| 17. | 1 | 0,4 | |
| 18. | 10^{-2} | 0,5 | |
| 19. | 10^{-3} | 0,4 | |
| 20. | 10^{-1} | 0,7 | |



Szubjektív hangosság-mérés adatsor

| Sorszám | U_{coarse} [rel.egys.] | U_{fine} [rel.egys.] | Intenzitás (ϕ) [rel.egys.] $(U_{\text{coarse}} * U_{\text{fine}})^2$ | Relatív intenzitás (ϕ/ϕ_0) | Érzet (ψ) |
|---------|------------------------------------|----------------------------------|---|--|------------------|
| 1 | 0,01 | 1 | | 1 | 1 |
| 2 | 0,1 | 1 | | | 5 |
| 3 | 0,001 | 1 | | | 0,5 |
| 4 | 1 | 1 | | | 30 |
| 5 | 0,01 | 0,8 | | | 0,9 |
| 6 | 0,1 | 0,5 | | | 3 |
| 7 | 0,1 | 0,2 | | | 2 |
| 8 | 0,001 | 0,3 | | | 0,2 |
| 9 | 1 | 0,2 | | | 10 |
| 10 | 0,01 | 0,3 | | | 0,8 |
| 11 | 1 | 0,5 | | | 20 |
| 12 | 0,001 | 0,8 | | | 0,6 |
| 13 | 0,01 | 0,2 | | | 0,6 |
| 14 | 0,1 | 0,3 | | | 3 |
| 15 | 1 | 0,3 | | | 15 |
| 16 | 1 | 0,7 | | | 20 |
| 17 | 1 | 0,4 | | | 15 |
| 18 | 0,01 | 0,5 | | | 0,8 |
| 19 | 0,001 | 0,4 | | | 0,3 |
| 20 | 0,1 | 0,7 | | | 4 |