



SZÉCHENYI ISTVÁN
EGYETEM
GYŐR

Hangtan I.

Horváth András
SZE, Fizika és Kémia Tsz.

2006. szeptember 29.

Magyarország célba ér



Készült a HEFOP 3.3.1-P.-2004-09-0102/1.0 pályázat támogatásával



Bevezetés

- Bevezetés
- Távolságmérés és képalkotás hanggal

A hang erősségének mérése

A fon-skála

Bevezetés



Bevezetés

- **Bevezetés**
- Távolságmérés és képalkotás hanggal

A hang erősségének mérése

A fon-skála

Bevezetés

Hang: szűkebb értelemben a levegőben terjedő longitudinális hullám.



Bevezetés

- **Bevezetés**
- Távolságmérés és képalkotás hanggal

A hang erősségének mérése

A fon-skála

Bevezetés

Hang: szűkebb értelemben a levegőben terjedő longitudinális hullám.

(Tágabb értelemben beszélhetünk szilárd testekben „testhangokról” is.)



Bevezetés

- **Bevezetés**

- Távolságmérés és képalkotás hanggal

- A hang erősségének mérése

- A fon-skála

Bevezetés

Hang: szűkebb értelemben a levegőben terjedő longitudinális hullám.

(Tágabb értelemben beszélhetünk szilárd testekben „testhangokról” is.)

Terjedési sebesség: $c = 330\text{--}340$ m/s (normál körülmények közt)

Frekvencia: $f = 20$ Hz–20 kHz (hallható tartomány)

Hullámhossz: $\lambda = 17$ m–17 mm ($\lambda = c/f$ alapján)



Bevezetés

- Bevezetés

- Távolságmérés és képalkotás hanggal

- A hang erősségének mérése

- A fon-skála

Bevezetés

Hang: szűkebb értelemben a levegőben terjedő longitudinális hullám.

(Tágabb értelemben beszélhetünk szilárd testekben „testhangokról” is.)

Terjedési sebesség: $c = 330\text{--}340$ m/s (normál körülmények közt)

Frekvencia: $f = 20$ Hz–20 kHz (hallható tartomány)

Hullámhossz: $\lambda = 17$ m–17 mm ($\lambda = c/f$ alapján)

Érdekesség: λ egy nagyságrendbe esik a hétköznapi tárgyak méretével, ezért sok hullámtani jelenség (pl. elhajlás) jól megfigyelhető.



Bevezetés

- Bevezetés

- Távolságmérés és képalkotás hanggal

- A hang erősségének mérése

- A fon-skála

Bevezetés

Hang: szűkebb értelemben a levegőben terjedő longitudinális hullám.

(Tágabb értelemben beszélhetünk szilárd testekben „testhangokról” is.)

Terjedési sebesség: $c = 330\text{--}340$ m/s (normál körülmények közt)

Frekvencia: $f = 20$ Hz–20 kHz (hallható tartomány)

Hullámhossz: $\lambda = 17$ m–17 mm ($\lambda = c/f$ alapján)

Érdekesség: λ egy nagyságrendbe esik a hétköznapi tárgyak méretével, ezért sok hullámtani jelenség (pl. elhajlás) jól megfigyelhető.

Infrahang: $f < 20$ Hz

Ultrahang: $f > 20$ kHz

Ezeket nem érzékeljük közvetlenül, de közvetett hatásaik lehetnek és számos alkalmazásuk van.



Bevezetés

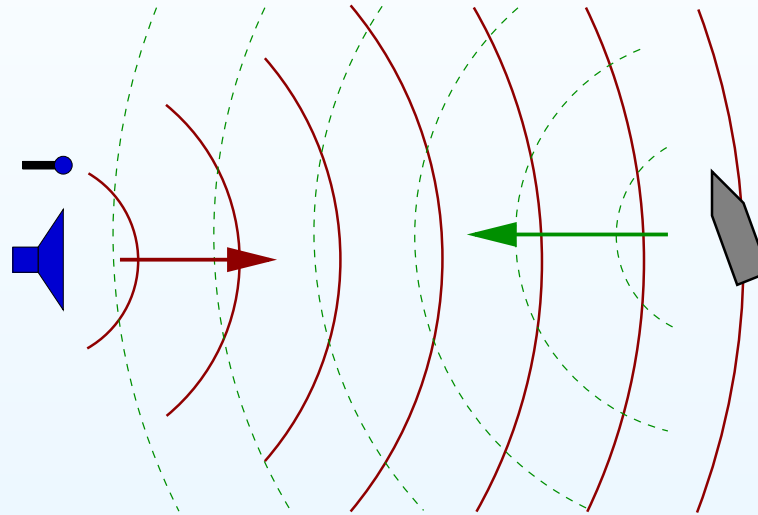
- Bevezetés
- Távolságmérés és képalkotás hanggal

A hang erősségének mérése

A fon-skála

Távolságmérés és képalkotás hanggal

Hangsebesség és terjedési idő ismeretében távolság határozható meg.



Az egyszerű szonár

A hangszóróból kimenő hang visszaverődik és a mikrofon érzékeli:

- a késésből a távolság
 - az intenzitásból a méret
- becsülhető meg.



Bevezetés

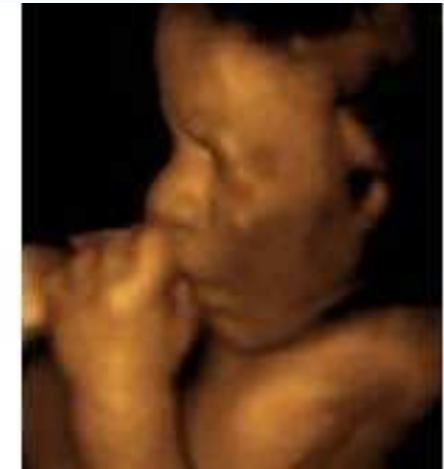
- Bevezetés
- Távolságmérés és képalkotás hanggal

A hang erősségének mérése

A fon-skála

Távolságmérés és képalkotás hanggal

Finomabb letapogatáshoz kis hullámhossz, azaz ultrahang szükséges.



A kép előállítása összetett számításokat igényel.



Bevezetés

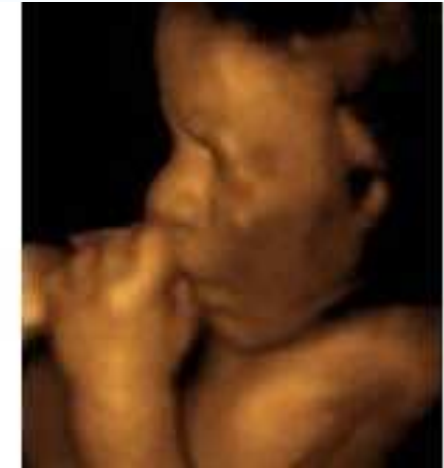
- Bevezetés
- Távolságmérés és képalkotás hanggal

A hang erősségének mérése

A fon-skála

Távolságmérés és képalkotás hanggal

Finomabb letapogatáshoz kis hullámhossz, azaz ultrahang szükséges.



A kép előállítása összetett számításokat igényel.

Nagy távolságok esetén viszont az infrahang használata a célszerűbb, mert az alacsony frekvenciájú hang kevésbé nyelődik el a levegőben és a vízben.



Bevezetés

A hang erősségének
mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint
- példa
- példa
- példa

A fon-skála

A hang erősségének mérése



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint
- példa
- példa
- példa

A fon-skála

A hangintenzitás

Essen hang merőlegesen egy A nagyságú felületre, az erre a felületre a hang által szállított teljesítmény legyen P . Ekkor **hangintenzitásnak** nevezzük az

$$I = \frac{P}{A}$$

menyiséget.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint
- példa
- példa
- példa

A fon-skála

A hangintenzitás

Essen hang merőlegesen egy A nagyságú felületre, az erre a felületre a hang által szállított teljesítmény legyen P . Ekkor **hangintenzitásnak** nevezzük az

$$I = \frac{P}{A}$$

menyiséget.

1 kHz esetén az emberi fül már $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ intenzitást is érzékel. Ezt nevezzük az emberi fül **küszöbintenzitásának**.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint
- példa
- példa
- példa

A fon-skála

A hangintenzitás

Essen hang merőlegesen egy A nagyságú felületre, az erre a felületre a hang által szállított teljesítmény legyen P . Ekkor **hangintenzitásnak** nevezzük az

$$I = \frac{P}{A}$$

mennyiséget.

1 kHz esetén az emberi fül már $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ intenzitást is érzékel. Ezt nevezzük az emberi fül **küszöbintenzitásának**.

A maximális, még elviselhető hangintenzitás: $I_{max} = 10 \text{ W/m}^2$.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- **A hangnyomásszint**
- példa
- példa
- példa

A fon-skála

A hangnyomásszint

Az ember hangérzete *nem* a hangintenzitással (I) arányos!

A pontos összefüggés bonyolult. Közelítés: a hangérzet $\log I$ -vel arányos.

Hangnyomásszint:

$$n = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

ahol „lg” a 10 alapú logaritmus jele, I_0 a küszöbintenzitás.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- **A hangnyomásszint**
- példa
- példa
- példa

A fon-skála

A hangnyomásszint

Az ember hangérzete *nem* a hangintenzitással (I) arányos!

A pontos összefüggés bonyolult. Közelítés: a hangérzet $\log I$ -vel arányos.

Hangnyomásszint:

$$n = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

ahol „lg” a 10 alapú logaritmus jele, I_0 a küszöbintenzitás.

Történeti elnevezés: **decibel-skála**.

Pl. $I = 0,1 \text{ W/m}^2$ esetén:

$$n = 10 \lg(0,1/10^{-12}) = 10 \lg 10^{11} = 110 \text{ dB.}$$



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- **A hangnyomásszint**
- példa
- példa
- példa

A fon-skála

A hangnyomásszint

Az ember hangérzete *nem* a hangintenzitással (I) arányos!

A pontos összefüggés bonyolult. Közelítés: a hangérzet $\log I$ -vel arányos.

Hangnyomásszint:

$$n = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

ahol „lg” a 10 alapú logaritmus jele, I_0 a küszöbintenzitás.

Történeti elnevezés: **decibel-skála**.

Pl. $I = 0,1 \text{ W/m}^2$ esetén:

$$n = 10 \lg(0,1/10^{-12}) = 10 \lg 10^{11} = 110 \text{ dB.}$$

Az emberi hallás szélső értékei:

$$n_0 = 10 \lg(I_0/I_0) = 0 \text{ dB.}$$

$$n_{max} = 10 \lg(I_{max}/I_0) = 130 \text{ dB.}$$



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint

• példa

- példa
- példa

A fon-skála

példa

Példa: Egy hangszóró $1,5\text{ W}$ teljesítménnyel sugározza a hangot a tér minden irányába. Mekkora a hangintenzitás és a hangnyomásszint tőle 5 m távolságban?



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint

• példa

- példa
- példa

A fon-skála

példa

Példa: Egy hangszóró $1,5\text{ W}$ teljesítménnyel sugározza a hangot a tér minden irányába. Mekkora a hangintenzitás és a hangnyomásszint tőle 5 m távolságban?

Megoldás: A $P = 1,5\text{ W}$ teljesítmény minden irányban egyenletesen szóródik, ezért ha képzeletben egy $R = 5\text{ m}$ sugarú gömböt rajzolunk a hangszóró köré, annak felületén mindenütt azonos lesz a hangintenzitás, és pontosan ezt az értéket keressük.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint

• példa

- példa
- példa

A fon-skála

példa

Példa: Egy hangszóró $1,5\text{ W}$ teljesítménnyel sugározza a hangot a tér minden irányába. Mekkora a hangintenzitás és a hangnyomásszint tőle 5 m távolságban?

Megoldás: A $P = 1,5\text{ W}$ teljesítmény minden irányban egyenletesen szóródik, ezért ha képzeletben egy $R = 5\text{ m}$ sugarú gömböt rajzolunk a hangszóró köré, annak felületén mindenütt azonos lesz a hangintenzitás, és pontosan ezt az értéket keressük. A hangintenzitás tehát: $I = P/A$, ahol A az R sugarú gömb felszíne:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2} = 4,77 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}.$$



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint

• példa

- példa
- példa

A fon-skála

példa

Példa: Egy hangszóró $1,5\text{ W}$ teljesítménnyel sugározza a hangot a tér minden irányába. Mekkora a hangintenzitás és a hangnyomásszint tőle 5 m távolságban?

Megoldás: A $P = 1,5\text{ W}$ teljesítmény minden irányban egyenletesen szóródik, ezért ha képzeletben egy $R = 5\text{ m}$ sugarú gömböt rajzolunk a hangszóró köré, annak felületén mindenütt azonos lesz a hangintenzitás, és pontosan ezt az értéket keressük. A hangintenzitás tehát: $I = P/A$, ahol A az R sugarú gömb felszíne:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2} = 4,77 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}.$$

Decibel-skálára átszámolva:

$$n = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg(4,77 \cdot 10^9) = 96,8 \text{ dB}.$$

példa

Példa: Két hang hangnyomásszintje 20 dB-lel tér el egymástól. Mit mondhatunk a hangintenzitásokról?

példa

Példa: Két hang hangnyomásszintje 20 dB-lel tér el egymástól. Mit mondhatunk a hangintenzitásokról?

Megoldás: A feladat szerint $n_1 - n_2 = 20$. A hangnyomásszint definíciója szerint ez az intenzitásokban azt jelenti, hogy:

$$n_1 - n_2 = 10 \lg \frac{I_1}{I_0} - 10 \lg \frac{I_2}{I_0} =$$

példa

Példa: Két hang hangnyomásszintje 20 dB-lel tér el egymástól. Mit mondhatunk a hangintenzitásokról?

Megoldás: A feladat szerint $n_1 - n_2 = 20$. A hangnyomásszint definíciója szerint ez az intenzitásokban azt jelenti, hogy:

$$n_1 - n_2 = 10 \lg \frac{I_1}{I_0} - 10 \lg \frac{I_2}{I_0} = 10 (\lg I_1 - \lg I_0 - (\lg I_2 - \lg I_0)) =$$

példa

Példa: Két hang hangnyomásszintje 20 dB-lel tér el egymástól. Mit mondhatunk a hangintenzitásokról?

Megoldás: A feladat szerint $n_1 - n_2 = 20$. A hangnyomásszint definíciója szerint ez az intenzitásokban azt jelenti, hogy:

$$\begin{aligned} n_1 - n_2 &= 10 \lg \frac{I_1}{I_0} - 10 \lg \frac{I_2}{I_0} = 10 (\lg I_1 - \lg I_0 - (\lg I_2 - \lg I_0)) = \\ &= 10 (\lg I_1 - \lg I_2) = \end{aligned}$$

példa

Példa: Két hang hangnyomásszintje 20 dB-lel tér el egymástól. Mit mondhatunk a hangintenzitásokról?

Megoldás: A feladat szerint $n_1 - n_2 = 20$. A hangnyomásszint definíciója szerint ez az intenzitásokban azt jelenti, hogy:

$$\begin{aligned} n_1 - n_2 &= 10 \lg \frac{I_1}{I_0} - 10 \lg \frac{I_2}{I_0} = 10 (\lg I_1 - \lg I_0 - (\lg I_2 - \lg I_0)) = \\ &= 10 (\lg I_1 - \lg I_2) = 10 \lg \frac{I_1}{I_2}. \end{aligned}$$

példa

Példa: Két hang hangnyomásszintje 20 dB-lel tér el egymástól. Mit mondhatunk a hangintenzitásokról?

Megoldás: A feladat szerint $n_1 - n_2 = 20$. A hangnyomásszint definíciója szerint ez az intenzitásokban azt jelenti, hogy:

$$\begin{aligned} n_1 - n_2 &= 10 \lg \frac{I_1}{I_0} - 10 \lg \frac{I_2}{I_0} = 10 (\lg I_1 - \lg I_0 - (\lg I_2 - \lg I_0)) = \\ &= 10 (\lg I_1 - \lg I_2) = 10 \lg \frac{I_1}{I_2}. \end{aligned}$$

Innen

$$\frac{I_1}{I_2} = 10^{\frac{n_1 - n_2}{10}} = 10^{\frac{20}{10}} = 100.$$

A 20 dB hangnyomásszint-különbség tehát 100-szoros hangintenzitás-aránynak felel meg.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint
- példa
- példa
- **példa**

A fon-skála

példa

Példa: Egy forgalmas autót út közelében 90 dB az átlagos hangnyomásszint. Mekkora a hangintenzitás? Hány m^2 -ről kellene a hangot összegyűjteni és árammá alakítani, hogy egy 100 W-os izzót működtetni lehessen vele?



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint
- példa
- példa
- **példa**

A fon-skála

példa

Példa: Egy forgalmas autóút közelében 90 dB az átlagos hangnyomásszint. Mekkora a hangintenzitás? Hány m^2 -ről kellene a hangot összegyűjteni és árammá alakítani, hogy egy 100 W-os izzót működtetni lehessen vele?

Megoldás: A feladat szerint: $n = 90$ dB.
 $n = 10 \lg(I/I_0)$ -t átrendezve:

$$I = I_0 10^{n/10}$$



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint
- példa
- példa
- **példa**

A fon-skála

példa

Példa: Egy forgalmas autóút közelében 90 dB az átlagos hangnyomásszint. Mekkora a hangintenzitás? Hány m^2 -ről kellene a hangot összegyűjteni és árammá alakítani, hogy egy 100 W-os izzót működtetni lehessen vele?

Megoldás: A feladat szerint: $n = 90 \text{ dB}$.

$n = 10 \lg(I/I_0)$ -t átrendezve:

$$I = I_0 10^{n/10} = 10^{-3} \text{ W/m}^2.$$



Bevezetés

A hang erősségének mérése

- A hangintenzitás
- A hangnyomásszint
- példa
- példa
- **példa**

A fon-skála

példa

Példa: Egy forgalmas autót közelében 90 dB az átlagos hangnyomásszint. Mekkora a hangintenzitás? Hány m²-ről kellene a hangot összegyűjteni és árammá alakítani, hogy egy 100 W-os izzót működtetni lehessen vele?

Megoldás: A feladat szerint: $n = 90$ dB.

$n = 10 \lg(I/I_0)$ -t átrendezve:

$$I = I_0 10^{n/10} = 10^{-3} \text{ W/m}^2.$$

Az $I = P/A$ összefüggés szerint $P = 100$ W teljesítmény:

$$A = P/I = 10^5 \text{ m}^2$$

felületről lenne elvileg összegyűjthető.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

A fon-skála

- A fon-skála
- Az egyenlő hangosságú görbék
- Tipikus fon-értékek
- példa

A fon-skála



Bevezetés

A hang erősségének mérése

A fon-skála

- **A fon-skála**
- Az egyenlő hangosságú görbék
- Tipikus fon-értékek
- példa

A fon-skála

A decibel-skála nem veszi figyelembe, hogy az emberi fül különbözően érzékeny a különböző frekvenciájú hangokra.

Pl. egy 1 kHz-es és egy 10 kHz-es, egyaránt 50 dB-es hang közül az 1 kHz-eset hangosabbnak halljuk.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

A fon-skála

- **A fon-skála**
- Az egyenlő hangosságú görbék
- Tipikus fon-értékek
- példa

A fon-skála

A decibel-skála nem veszi figyelembe, hogy az emberi fül különbözően érzékeny a különböző frekvenciájú hangokra.

Pl. egy 1 kHz-es és egy 10 kHz-es, egyaránt 50 dB-es hang közül az 1 kHz-eset hangosabbnak halljuk.

Egy hang fon-értékén azt a hangnyomásszintet értjük, amilyen hangnyomásszintű 1 kHz-es hangot ugyanolyan erősségűnek halljuk, mint a vizsgált hang.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

A fon-skála

- A fon-skála
- Az egyenlő hangosságú görbék
- Tipikus fon-értékek
- példa

A fon-skála

A decibel-skála nem veszi figyelembe, hogy az emberi fül különbözően érzékeny a különböző frekvenciájú hangokra.

Pl. egy 1 kHz-es és egy 10 kHz-es, egyaránt 50 dB-es hang közül az 1 kHz-eset hangosabbnak halljuk.

Egy hang fon-értékén azt a hangnyomásszintet értjük, amelyen hangnyomásszintű 1 kHz-es hangot ugyanolyan erősségűnek halljuk, mint a vizsgált hang.

A fon-érték jellemzi tehát a hangérzet erősségét.



Bevezetés

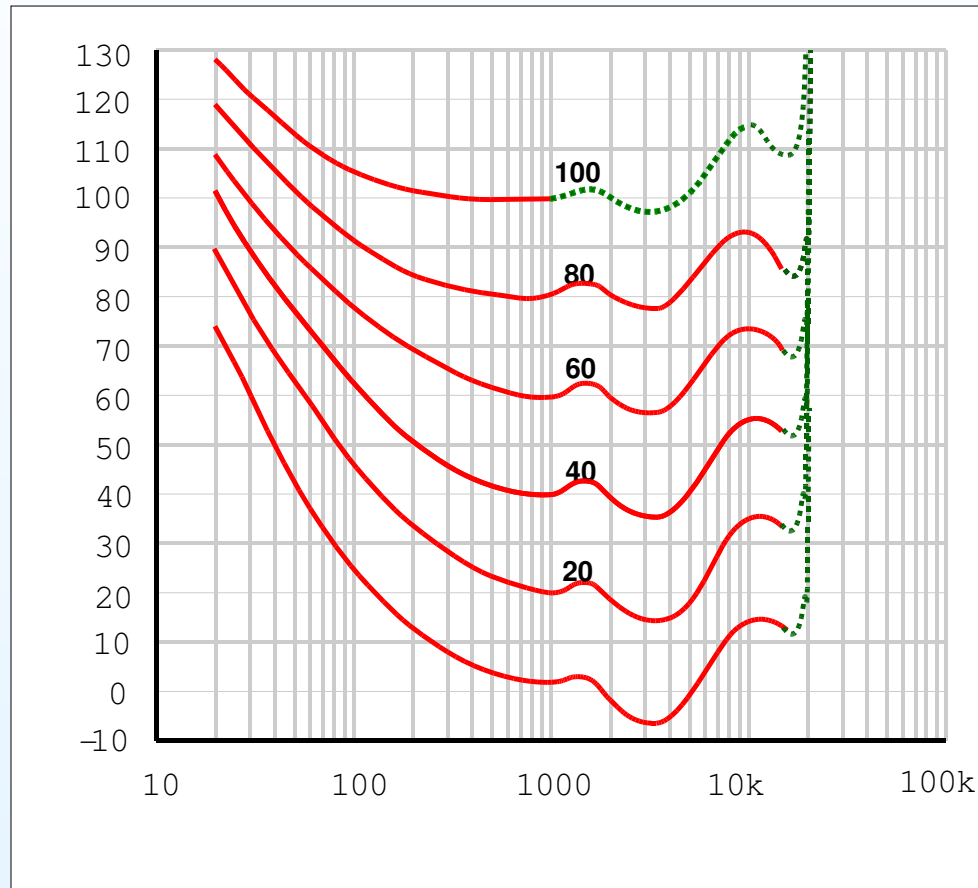
A hang erősségének mérése

A fon-skála

- A fon-skála
- Az egyenlő hangosságú görbék
- Tipikus fon-értékek
- példa

Az egyenlő hangosságú görbék

Sok emberen végzett mérések átlagának összegzése:



Erről olvasható le a dB- és a fon-skálák kapcsolata.



Bevezetés

A hang erősségének
mérése

A fon-skála

- A fon-skála
- Az egyenlő
hangosságú görbék
- **Tipikus fon-értékek**
- példa

Tipikus fon-értékek

hang típusa	fon-érték
hallásküszöb	0
falevélsusogás	10
suttogás	20
csendes utcai zaj	30
papírszakítás	40
beszélgetés	50
hangos beszéd	60
nagyvárosi utca	70
kiabálás	80
gépteremzaj	90
motorkerékpár közlelől	100
kovácsműhely	110
repülőmotor 3 m-ről	120
fájdalomküszöb	130



Bevezetés

A hang erősségének mérése

A fon-skála

- A fon-skála
- Az egyenlő hangosságú görbék
- Tipikus fon-értékek
- példa

példa

Példa: *Hányszor nagyobb intenzitású a 40 fonos 100 Hz-es hang, mint a 40 fonos 1000 Hz-es? (Használja az egyenlő hangosságú görbéket.)*



Bevezetés

A hang erősségének mérése

A fon-skála

- A fon-skála
- Az egyenlő hangosságú görbék
- Tipikus fon-értékek
- példa

példa

Példa: *Hányszor nagyobb intenzitású a 40 fonos 100 Hz-es hang, mint a 40 fonos 1000 Hz-es? (Használja az egyenlő hangosságú görbét.)*

Megoldás: Leolvashatjuk az ábráról, hogy a 40 fonos görbe 100 Hz-nél kb. 62 dB hangnyomásszintél tart, 1000 Hz-nél pedig definíció szerint 40 dB az értéke.



Bevezetés

A hang erősségének mérése

A fon-skála

- A fon-skála
- Az egyenlő hangosságú görbék
- Tipikus fon-értékek
- példa

példa

Példa: *Hányszor nagyobb intenzitású a 40 fonos 100 Hz-es hang, mint a 40 fonos 1000 Hz-es? (Használja az egyenlő hangosságú görbéket.)*

Megoldás: Leolvashatjuk az ábráról, hogy a 40 fonos görbe 100 Hz-nél kb. 62 dB hangnyomásszintél tart, 1000 Hz-nél pedig definíció szerint 40 dB az értéke.

Ez azt jelenti, hogy 22 dB-lel erősebb a 40 fonos 100 Hz-es hang, mint az ugyanilyen erősnek hallott 1 kHz-es.

22 dB hangnyomásszint-különbség pedig

$$\frac{I_1}{I_2} = 10^{\frac{22}{10}} = 158$$

intenzitásarányt jelent.

(Átrendezést lásd korábban.)