

Zaj és rezgésvédelem

2019 – 2020. tanév tavasz

1. előadás

Bedő Anett egyetemi tanársegéd
SZE, AHJK
Környezetmérnöki tanszék



ELÉRHETŐSÉG

- Szoba: D 512
- Telefonszám: 96/503-400/3103
- E-mail: bedoa@sze.hu
- Weblap: www.sze.hu/~bedoa
- Konzultációs időpont:
 - kedd: 11⁰⁰-12³⁰



ELŐADÁS ANYAGA

- Követelmények
- Mértékegységek!!!
- Bevezetés
- Hang
- Hullám
- Fizikai alapfogalmak
- Példák



FÉLÉV BEOSZTÁSA 1.

Hét	Tematika
1. hét	Előadás elmarad.
2. hét	Követelmények ismertetése, csoportbeosztás. Fizikai és akusztikai alapfogalmak 1.
3. hét	Fizikai és akusztikai alapfogalmak 2.
4. hét	Hang terjedése, zajforrások (közút, vasút), zajterjedést befolyásoló tényezők. Zaj hatásai. Poszter készítés követelményei.
5. hét	ZH1-zajszámítás – Kötelező Zajmérés elméleti háttere.
6. hét	Zajvédelem csökkentési lehetőségek 1.
7. hét	Zajvédelem csökkentési lehetőségek 2.



FÉLÉV BEOSZTÁSA 2.

Hét	Tematika
8. hét	Zajmérő műszerek bemutatása, próbamérések. Területbejárás, épületfelmérés – önálló hallgatói munka. – Kötelező
9. hét	Zajmérés – önálló hallgatói munka. – Kötelező
10. hét	Előadás elmarad.
11. hét	ZH2 , poszter bemutatása – Kötelező
12. hét	AUDI előadás, mérés. - Kötelező
13. hét	PÓT ZH2 Zaj és rezgésmérés a gyakorlatban.– Kötelező



KÖVETELMÉNYEK

- Félévközi beszámolók (kötelező, aláírás feltétele)
 - 2 db zh (5. és 11. héten): 40 pont
 - Minimum követelmény 50 %
 - poszter és prezentáció: 20 pont
- Megajánlott jegy kapható: 75 % felett
- Zaj szóbeli vizsga
- Kiadott anyag feldolgozása és bemutatása – 3 pont



ÉRTÉKELÉS

- Értékelés:

0-30	1
31-38	2
39-44	3
45-53	4
54-60	5



AJÁNLOTT IRODALOM

- Zaj és rezgésvédelem Hefop jegyzet a honlapomon megtalálják
- Walz Géza: Zaj- és rezgésvédelem, Complex Kiadó, Bp. 2008.
- Dr. Kurutz Imre: Műszaki akusztika, Műegyetemi Kiadó, Bp. 2001.
- Dr. Kováts Attila: Zaj- és rezgésvédelem, Veszprémi Kiadó, Veszprém, 1995.



POSZTER KÖVETELMÉNY 1.

- Csoport beosztás - csoportvezető
- Téma: zaj és rezgésvédelem
- Csapatmunka
- Téma jóváhagyása 2020.02.25.
- Méret: A2, A1, A0
- Fontos: cím, készítő
- Kézzel vagy számítógéppel készített
- Legalább 5 db irodalom – bedoa@sze.hu küldeni – egy idegen nyelvű
- Beadási határidő: 2020. április 21.



POSZTER KÖVETELMÉNY 2.

- Minden csoport értékeli a másikat.
- Értékelési szempontok:
 - Logikus felépítés
 - Tartalmi megfelelés
 - Megjelenés
 - Kreativitás

POSZTER KÖVETELMÉNY 3.

A NÖVÉNYZET SZEREPE A ZAJVÉDELEMBEN

Miért veszélyes a zaj?

Új hatás.
Az emberi szervezet nem adaptálódott hozzá.
Az elviselhető zaj is káros következményekkel járhat

Hogyan képes a növényzet csökkenteni a zajt?

A növényzet hatására hangszóródás jön létre.
Elnyelődés-visszaverődés.
Hangszigetelő szerep.
Elfedő zaj.

Rezgések

A városi utak forgalma rázkódásokkal, rezgésekkel jár.
A forgalmas utak mentén a fásorok földje és a fák gyökérzete rezgéscsillapító hatású.

passzív zajvédelem

MEGOLDÁSOK A ZAJ ELLEN

Erdőtelepítés

A telepítéstől számított 5-10 év múlva véd.
Sávos telepítés. Sűrű aljnövényzet.
Zajcsillapító hatás 800 Hz felett

Forgalom	Minimális védőszalagszélesség minimális oldalon
800 g/óra	20m
800-1500 g/óra	25m
1500-2000 g/óra	30m
2000-3000 g/óra	50m
3000 g/óra felett	80m

Háromszintes növényfal

Jobb, mint a téglafal
Padkák
Alacsony hangmagasságú zajforrások elnyelése.
Legalább 3 méter széles és 1 méter magas
Zöld falak
Háztetőkön, terdákban.

Vegetatív zajárnyékoló fal

Növényzet kombinálása más zajárnyékoló létesítménnyel.
Magyarországon nem terjedt el, csak kísérletek voltak.

KÉSZÍTETTE: SÁGY KÁROLYNA, VÁRHA PÉTER, GRÖNYITS DALMA

2020.02.18.

A zaj hatása az alvásra

Pihentető alvás feltételei

- Sötétség
- Kellemes hőmérséklet
- Kényelem
- Csend

Háztartási zajok

Minden olyan zajforrás, amely a magánszemélyek háztartási igényeit elégti ki. Erre a zajreendetben nincs külön határérték.

Éjszakai zaj hatása

- Nehezebb elalvás
- Felébredés éjszakánként
- Alvás fázisainak megváltozása
- Kialvatlanság

Rövidtávú alváshiány

- Álmoság
- Idegesség
- Fejfájás
- Csökkenő koncentráció
- Hosszabb reakcióidő

Hosszútávú alváshiány

- Agresszivitás
- Romló teljesítmény
- Szorongás, depresszió
- Gyengülő immunrendszer
- Túlsúly
- Cukorbetegség

Háztartási eszközök hangteljesítménye			
Minőség	Maximális	Átlagos	Minimális
Tipus	Maximális	Átlagos	Minimális
1. HANGTÉRTÉK (dB)	57 dB	74 dB	98 dB
2. HANGTÉRTÉK (dB)	53 dB	74 dB	103 dB
3. HANGTÉRTÉK (dB)	60 dB	76 dB	70 dB

Háztartási eszközök hangteljesítménye			
Minőség	Maximális	Átlagos	Minimális
Tipus	Maximális	Átlagos	Minimális
1. HANGTÉRTÉK (dB)	1500 W	152 dB	83 dB
2. HANGTÉRTÉK (dB)	450 W	147 dB	88 dB
3. HANGTÉRTÉK (dB)	600 W	148 dB	93 dB

Éjszakai határérték

Nagyvárosban 45 dB
Kisvárosban 40 dB

Fehér zaj gép

A fehér zaj olyan hangokra utal, melyek más, a környezetben előforduló hangokat elfednek, elnyomnak. Egy nagyvárosban, a fehér zaj segíthet a forgalommal összefüggő zajok blokkolásában.

MEGOLDÁSOK

Hangszigetelt ablak
Altató
Füldugó
Zajvédő fal

Készítette: Damó Petra
Menyhárt Réka
Ruttmayer Nikolett

11



ELŐADÁS KÖVETELMÉNY 1.

- Max. 8-10 perc (egy ember is előadhatja)
- Tisztelt
- Köszönöm a figyelmet!
- Mérnöki kommunikációt átnézni!



ELŐADÁS KÖVETELMÉNY 2.

- Minden csoport értékeli a másikat.
- Értékelési szempontok:
 - Időgazdálkodás
 - Érthetőség, tagoltaság
 - Gondolatmenet, logikusság
 - Beszédstílus
 - Előadás stílusa



MINDMAP





IDÉZET



„A zajjal száz esztendő múlva több gondunk lesz, mint a fertőző betegségekkel...”

Robert Koch (német bakteriológus)



BEVEZETÉS

- A zaj egyidős az emberrel (ipai forradalom, közlekedés, építkezés, ipar)
- A zaj- és rezgésvédelem a környezetvédelemnek a legkevésbé hangsúlyozott része. Oka kettős:
 - A károsodás többnyire jelentős időveszteséggel jelentkezik.
 - A zajprobléma megoldása nem okoz közvetlenül gazdasági hasznot.



BEVEZETÉS

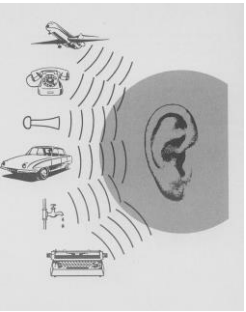
- Pedig egyre súlyosabb probléma: a legelső zavaró hatás, amely az infrastruktúra és az ipar fejlődésével együtt jár.
- Becslések szerint kb. az emberek fele él olyan övezetekben, ahol nem biztosított a lakosság „akusztikai komfortja”.
- Nehéz védekezni ellene, elsősorban a közlekedési zajra van panasz.



BEVEZETÉS

- A közlekedés fejlődése miatt már nem csak a városokban probléma, hanem az agglomerációs övezetekben is.
- Újabb zajforrások jelennek meg (légkondi, ventillátor, liftek, számítógép stb.)
- A levegőszennyezettség után a második környezeti ártalomnak tartják.

HANG



- A hang az emberi élet alapvető velejárója, nélküle az emberek közötti kapcsolat nehezen képzelhető el.
- Kifejező eszköz (verbális kommunikáció)
- Élvezeti cikk (zenerajongóknak)
- Sok esetben a veszélyre is a hangok figyelmeztetnek bennünket.
- Hang/zaj: Méreg az aludni vágyóknak



HANG

Hang: Három jelentéstartalom

- **1. Fizikai jelenség – Hangjelenség (XX. sz. elejétől):**
 - Valamely rugalmas közegben hullámszerűen tovaterjedő mechanikai zavarási állapot
 - **Mechanikai zavarás:** adott helyen adott részecskével energiát közlünk - többletenergia - rezgés – tovaterjed



HANG

- **2. Élettani (biológiai) jelenség – Hangérzet (XX. sz. 30-as éveitől)**
 - A mechanikai hullám az élőlényekben hangérzetet kelt.
 - Tehát a hang füllel érzékelhető külső inger – hallás folyamatáról később.
 - A hang élettani hatása kap jelentőséget.
 - Az ember számára hallható frekvenciatartomány vonatkozásában.
 - Hallásküszöb – fájdalomküszöb.



HANG

■ 3. Értelmi, esztétikai (lélektani) jelenség – Hangélmény (XX. sz. végétől)

- A hallott hang, a hanghullámok információt hordozhatnak (beszéd), jelenthetnek élményt.
- Megfejtése : az érzékszervi felfogás és idegi továbbítás útján az agyban, ahol az adat agyi megfejtéssel válik információvá.
- A hangélmény a hang legfontosabb jelentéstartalma az ember szempontjából.



HANG-ZAJ

- Ezért: minden olyan hang zaj, ami nem hangélmény, hanem kellemetlen hang.
- Tehát: a zaj fogalma emberi értékelés függvénye, erősen szubjektív.
 - Egy motorkerékpáros számára a motorjának erős hangja a sebesség, a száguldás örömét jelenti, míg az utcán közlekedő vagy az oda néző lakásban élő embereket zavarja, számukra a motor egyértelműen zajforrást jelent.
 - Sok fiatal örömmel teszi ki magát rendszeresen halláskárosodást okozó hangerőnek, amikor bulizni megy, a környezetben élők számára azonban ez a zene zajpanaszra ad okot.



HANG

- A hang mechanikai hullám, azaz rugalmas közegben tovaterjedő rezgés. Az emberi fül bizonyos rezgéseket képes felfogni és hangérzetté alakítani, ezek a rezgések a hallható hangok.
- A hangforrás által keltett rezgési energia a rugalmas közegben nyomásváltozást okozva hullámformában terjed. Levegőben ez a nyomásváltozás a hallható hang. Ez a nyomásváltozás jut el aztán fülünk dobhártyájára, rezegteti meg azt, és jelként adja tovább hallórendszerünknek, dolgozzuk fel idegrendszerünkkel – végül így érzékeljük a jelenséget, mint hangot. A fül, a levegő nyomáskülönbségét érzékeli.



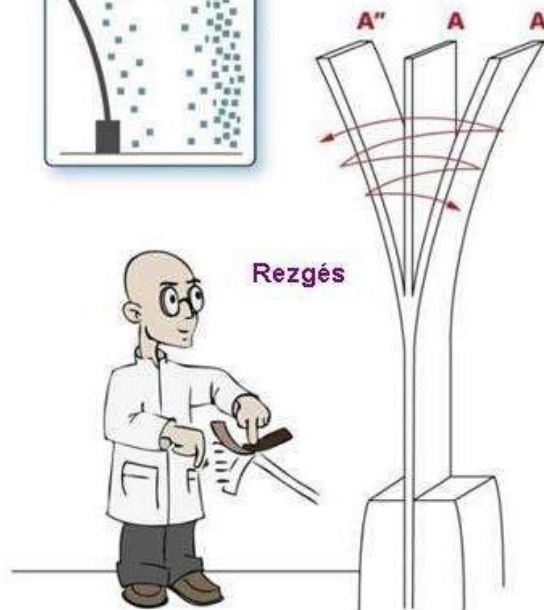
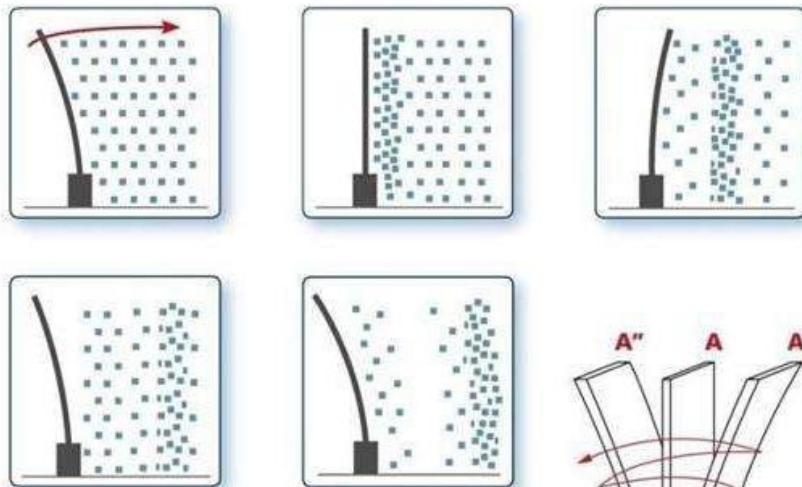


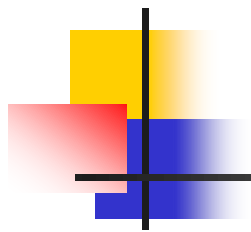
HANG

- Amikor mechanikai rezgést keltünk a levegőben, a rezgést keltő test a körülötte lévő levegő részecskéket kimozdítja az egyensúlyi állapotukból.
- Az akusztikai hullámokat a levegőrészecskék sűrűsödése és tárgulása hozza létre.



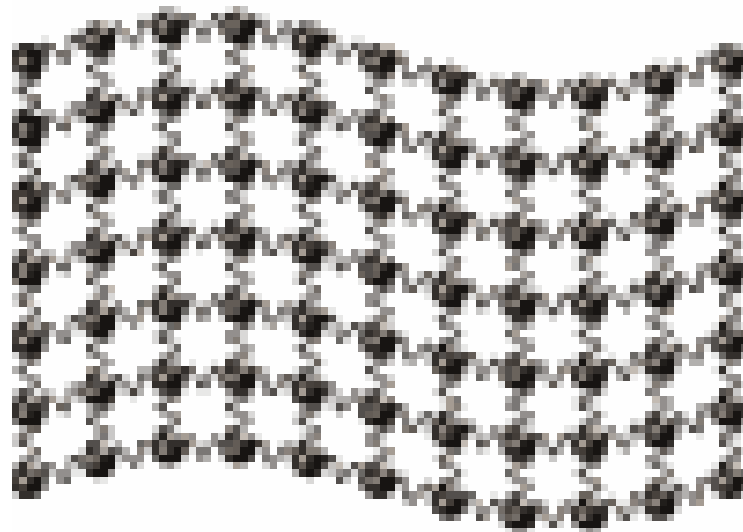
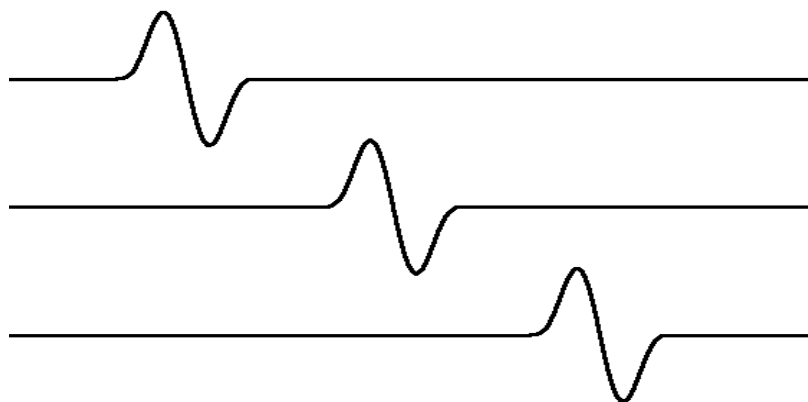
HANG





HULLÁM JELLEMZŐI

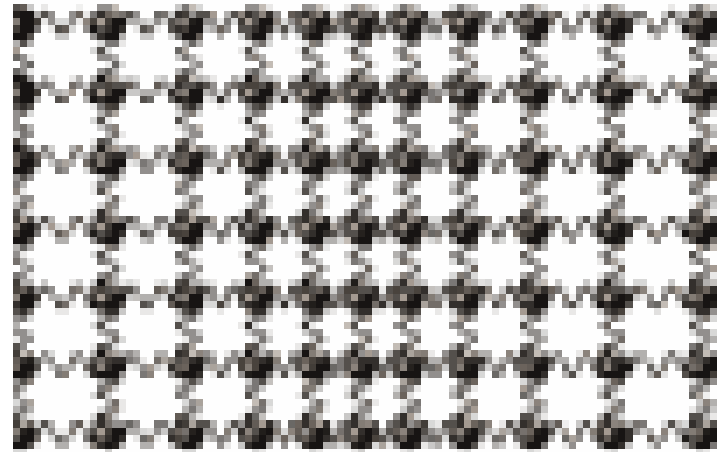
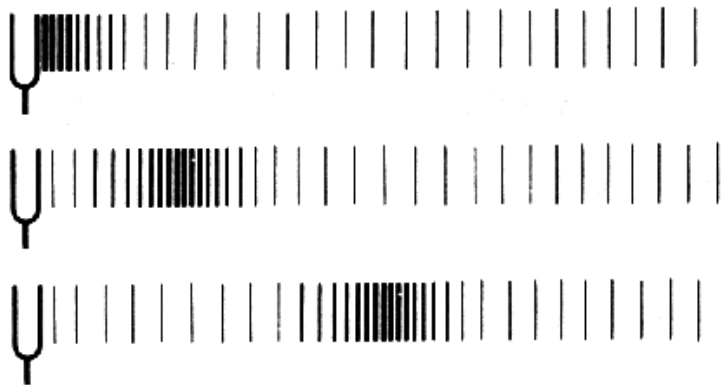
Transzverzális hullám:
a rezgőmozgás iránya
merőleges a terjedés
irányára (testhangok)
Hullámvölgyek,
hullámhegyek jönnek létre.



https://www.youtube.com/watch?v=_qXB8wv2txE

HULLÁM JELLEMZŐI

Longitudinális hullám:
a rezgés és a hullám-
terjedés iránya meg-
egyezik (test-, folyadék- és
léghangok) sűrűsödések -
ritkulások



https://www.youtube.com/watch?v=9kq_4l-u9Uc



HANG

- **Terjedése:** a részecskéről részecskére történik az elemi állapotváltozás terjedése, ami tehát a részecskék rezgésének a rugalmas közegben, hullámmozgás formájában történő terjedését jelenti. Tehát csak a rezgési energia terjed, nem a részecske halad!

közeg

gáz

folyadék

szilárd

hogyan

nyomásingadozással

nyomásingadozással

rugalmas alakváltozás

neve

léghang

folyadékhang

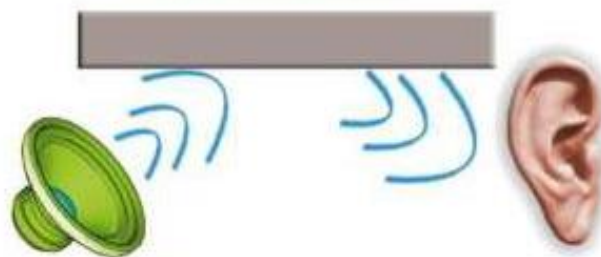
testhang

HANG

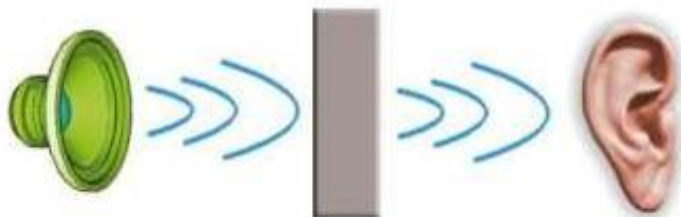
Közvetlenül, a levegő útján történő terjedés



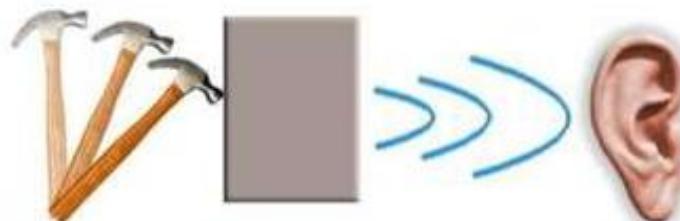
Hangvisszaverődés



A léghang először testhanggá, majd ismét léghanggá alakulva terjed

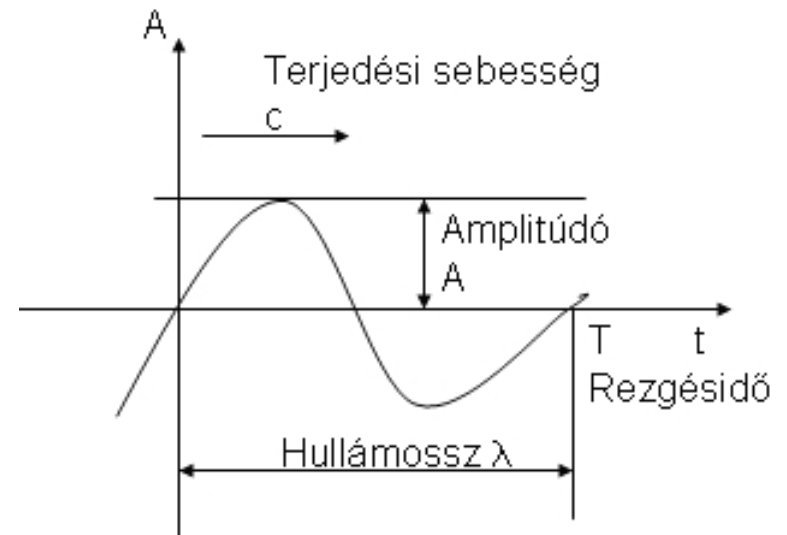


A falra ható rezgés (testhang) lesugárzik, léghanggá alakul



HULLÁM JELLEMZŐI

- periódusidő (T)
- frekvenciája (f)
- hullámhossz (λ):
- amplitúdó (A)
- terjedési sebesség (c)





PERIÓDUSIDŐ

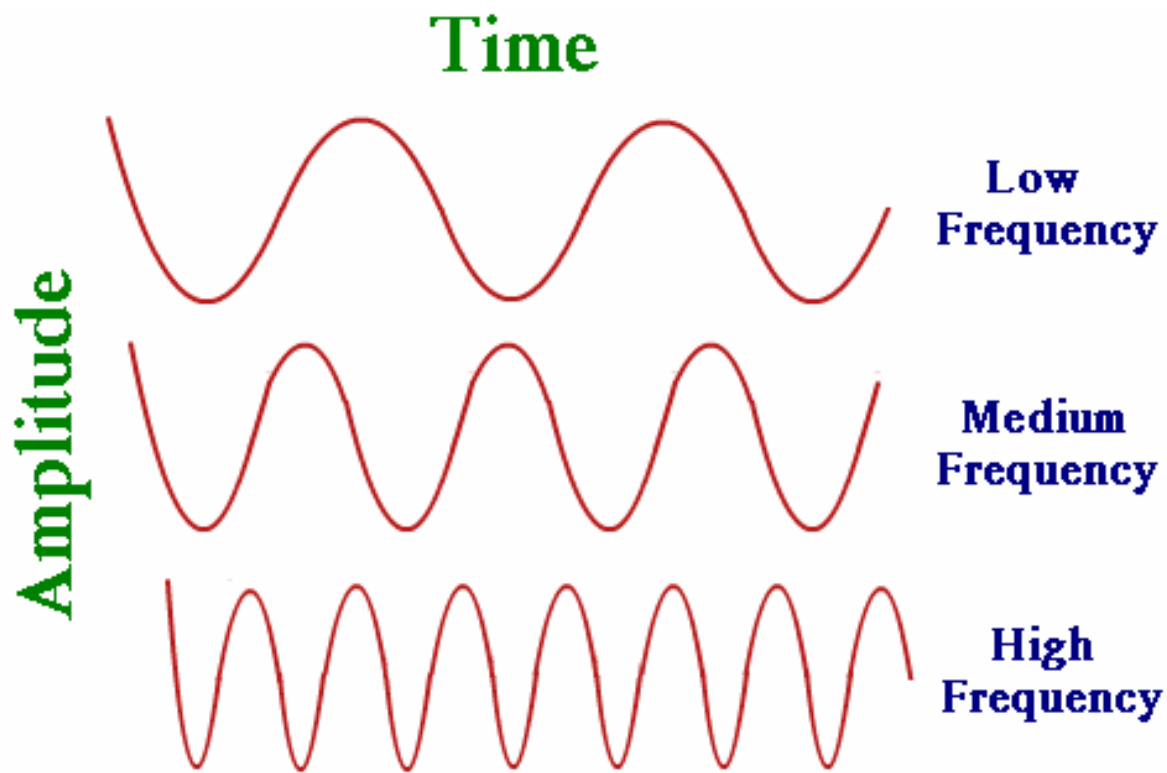
- Az a legrövidebb idő, amely alatt egy rezgés újra megismétlődik.
- Jele: T
- Mértékegysége: s (idő)



FREKVENCIA

- rezgések másodpercenkénti száma ($1/T$)
- Jele: f
- Mértékegysége: [Hz], [1/sec]
- Frekvencia a hangforrásra jellemző mennyiség, a hangforrás elsődleges fizikai adata.
- A normál hang frekvenciája 440 Hz.

FREKVENCIA





FREKVENCIA

- A hang terjedése közben más - más közegbe lépve a rezgés frekvenciája állandó, ezért akárhol észleljük, a kiinduló pontra, a zajforrásra utal.
- Ha egyszer egy adott frekvenciával sugároz a hangforrás, az meg fog maradni más közeg ill. anyag esetén is.



FREKVENCIA

infrahang	hallható hang	ultrahang
$f < 20 \text{ Hz}$	$20 - 20.000 \text{ Hz}$	$f > 20.000 \text{ Hz}$



200 Hz

440 Hz

5000 Hz

8000 Hz

14.000 Hz

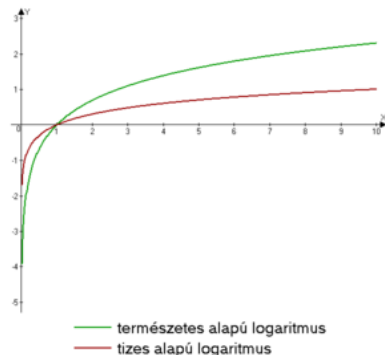
16.000 Hz

18.000 Hz

<https://www.youtube.com/watch?v=qNf9nzhvnd1k>

FREKVENCIA

- A keltett hang magasságát mindig a frekvenciája határozza meg
 - a hang annál magasabb, minél nagyobb a rezgés frekvenciája
 - a fül a hangmagasságot a frekvencia logaritmusával arányosnak érzékeli



INFRAHANG, ULTRAHANG





INFRAHANG, ULTRAHANG

- Infrahang: Az ilyen hangokat az emberi fül nem hallja, a test azonban érzékeli. Robbanások. légáramlások keltik.
- A nagyon nagy frekvenciájú hangokat a különféle anyagok (pl. az emberi test különféle szövetei) más-más mértékben verik vissza. (gyógyászatilag előnyös módon, mert viszonylag kicsi a sérülés, az ártalom valószínűsége). Az ultrahangot ezért általánosan használják orvosi átvilágításra (pl. ultrahang diagnosztika a magzat vizsgálatára. Használják műszaki célokra (pl. vasúti sínek repedéseinek felderítésére).
- Állati kommunikáció (nagyméretű állatok kis frekvenciákat, kisméretű állatok nagyobb frekvenciákat használnak)

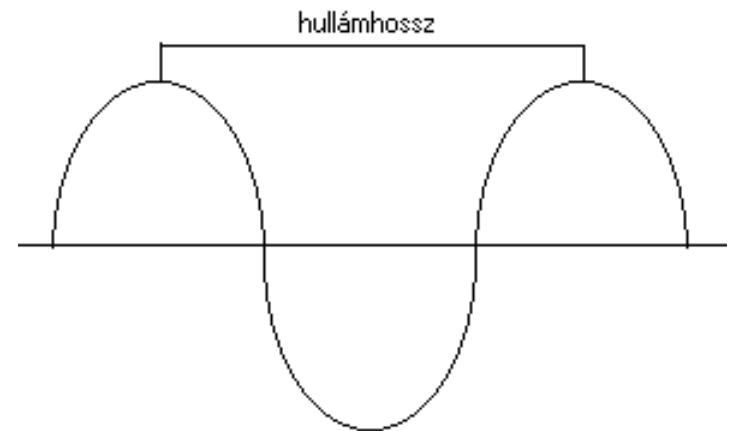


AMPLITUDÓ

- Az egyensúlyi vagy a nyugalmi helyzettől számított legnagyobb kitérés.
→ **hangerősség**
- Mindig pozitív szám.
- Jele: A

HULLÁMHOSSZ

- az a távolság, amit a hullám egy periódus alatt megtesz, szinusos hullámok esetén a két egymást követő csúcs közötti távolság
- egy periódus méterben mért hossza
- Jele: λ
- Mértékegysége: [m]





TERJEDÉS SEBESSÉGE

- A hanghullám terjedésének sebessége.
- Jele: c
- Mértékegysége: [m/s]

$$c = \sqrt{E / \rho}$$

- E - rugalmassági modulus, [MPa]
- ρ - sűrűség [kg/m³]
- A hang sebessége arányos azon közeg rugalmassági modulusának négyzetgyökével, amelyben terjed.
- Sebesség függ:
 - ρ , E
 - hőmérséklet, páratartalom, nyomás
- A rugalmassági modulus egy tárgy vagy egy anyag rugalmas deformációjának matematikai leírása.

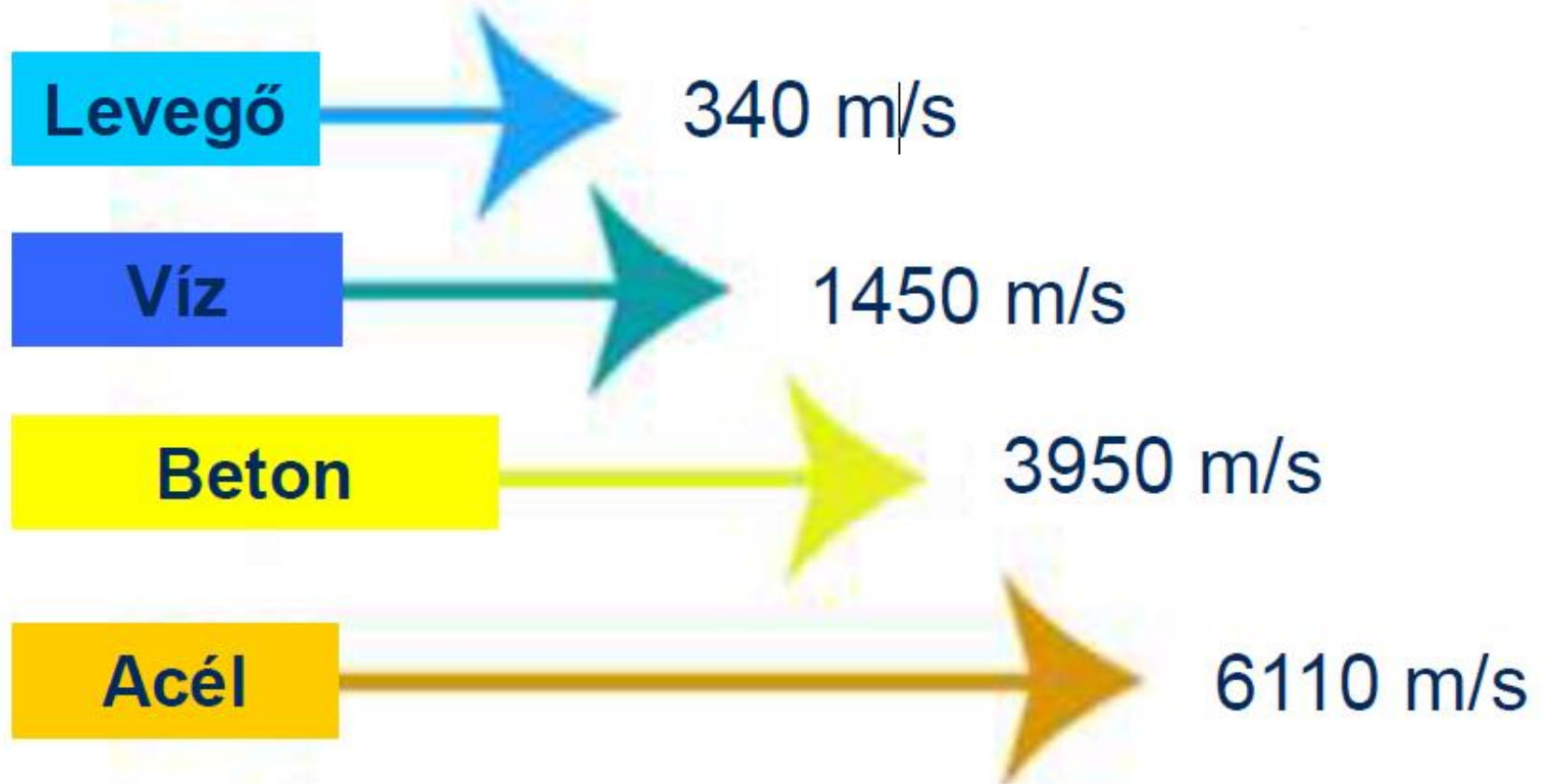
TERJEDÉS SEBESSÉGE

- A cseppfolyós anyagokban, szilárd testekben a molekulák szorosabb kapcsolata miatt a részecskék könnyen át tudják adni egymásnak a rezgést. Tehát a hang a folyékony és szilárd közegben gyorsabban terjed, mint levegőben!
- Minél merevebb az anyag, annál jobban terjed benne a hang.





TERJEDÉS SEBESSÉGE





TERJEDÉS SEBESSÉGE

- A levegő hőmérséklete befolyásolja a terjedési sebességet.
 - Melegben a gázmolekuláknak nagyobb mozgási (kinetikus) energiája van
 - Közelebb kerülve egymáshoz, gyorsabban adják át az energiát



TERJEDÉS SEBESSÉGE

■ Levegőben:

- $+ 40\text{ °C} = 355\text{ m/s}$
- $+ 20\text{ °C} = 340\text{ m/s}$
- $- 40\text{ °C} = 306\text{ m/s}$

■ Édes vízben:

- $+ 15\text{ °C} = 1437\text{ m/s}$

A közeg megnevezése	Hőmérséklet °C	Hangsebesség m/s
Levegő	-10	325
	0	331
	10	337
	15	340
	20	343
	50	360
	100	387
Nitrogén	20	337
Oxigén	20	326
Szén-dioxid	20	268
Metán	20	445
Hélium	20	1005
Hidrogén	20	1310
	20	1180
Benzin	20	1120
Meti-alkohol	20	1450
Higany	0	1440
Víz	10	1480
	15	1498



TERJEDÉS SEBESSÉGE

- Ha a levegő sűrűsége kicsi, tehát a részecskék távolsága nagyobb, mint az a távolság, ami a hangnyomás által keltett részecske elmozdulás mértéke, akkor nincs hangterjedés. Ezért légüres térben nem terjed a hang, mert nincs ami közvetítse a zavarást.
- Ez az érték: $l = 10^{-5} - 10^{-11} \text{ m}$
- A terjedés sebessége a közeg tulajdonságaitól függ, nem a hang tulajdonságaitól.
- A hangterjedés sebessége egy adott közegben állandó. T eseten állandó.



HULLÁM JELLEMZŐI

- A hang terjedése közben a részecskék mozgása súrlódással jár, ennek legyőzése pedig munkavégzést kívánt. Mennél távolabb jut el a hang, egyre gyengül, végül teljesen megszűnik, energiája pedig hővé, hőenergiává alakul.



HULLÁM JELLEMZŐI

- A magas hangok rezgésszáma nagy, a mélyeké kevesebb. Amikor a magas hangok terjednek, akkor azokat a levegőben lévő részecskéket igen sokszor kell ide-oda mozgatni. A mély hangok terjedésük közben kevesebb munkát végeznek.
- Tehát: A magas hangok nem terjednek olyan messzire, mint a mély hangok.



TERJEDÉS SEBESSÉGE

- Minden 1°C emelkedés esetén 0,6 m/s sebességnövekedés várható. Száraz időben, tengerszint nyomáson, 0°C-on $c = 331 \text{ m/s}$

- Más körülmények között:

$$c_p = c_o + 0,6 \times T_p \text{ m/s}$$

c_p = adott T_p hőmérsékleten a sebesség

c_o = 0°C esetén a sebesség



PÉLDA 1.

- Egy 20°C -os szobában mekkora a hang terjedési sebessége?



MEGOLDÁS 1.

$$C_o = 331 \text{ m/s}$$

$$T_p = 20^\circ\text{C}$$

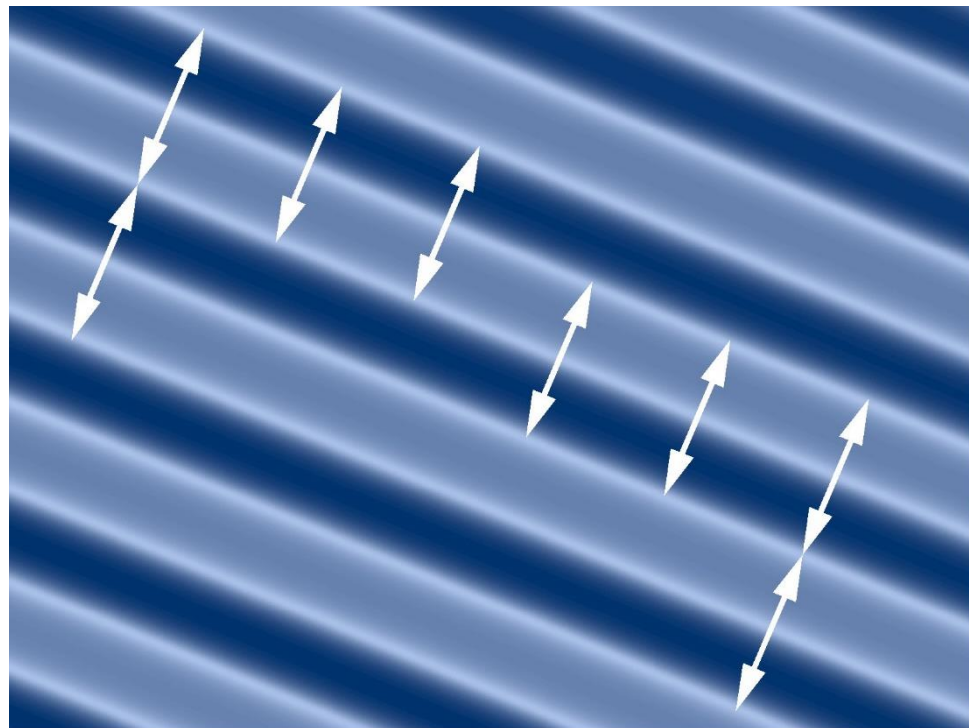
$$c_p = c_o + 0,6 \times 20 = 331 + 12 = 343 \text{ m/s}$$

$$c_p \sim \underline{340 \text{ m/s}}$$

ÖSSZEFÜGGÉSEK

Jellemzők közötti
összefüggés:

$$\lambda = c/f, c = \lambda f$$





MINDMAP





Köszönöm a figyelmet!
