

## Helitehnika ja akustika

IRT0090

## Helitehnika ja akustika

Kursuse sooritamine:

- 3 laboritööd:
  - Valjuhääldi parameetrite mõõtmine
  - Helisignaali töötlemine (*Audacity*)
  - Ruumi akustiliste omaduste mõõtmine
- Suuline eksam loengumaterjalide alusel (piletis 2 teooriaküsimust)
- Õppeaine koduleht:  
[www.lr.ttu.ee/~eriklos/helitehnika](http://www.lr.ttu.ee/~eriklos/helitehnika)

## Helitehnika ja akustika

Põhiõpik:

- I. Eiskop, A. Sillart, Akustika ja helitehnika, Tallinn, 1988. (õpikute osakonnas 29 eks.)

Täiendav kirjandus TTÜ raamatukogus:

- K. C. Pohlmann, Principles of Digital Audio. McGraw-Hill, 2000.
- J. Watkinson, The Art of Digital Audio. Focal Press, 2001.
- L. L. Beranek, Acoustics. Acoustical Society of America, 1996.

Internet: audio engineering, acoustics, sound engineering, ...

## Helitehnika ja akustika

**Akustika:**

- helisid käsitlev teadusharu
- kinnise ruumi kõla, kaja iseärasused

**Heli:**

- kuuldeaisting kõrvas
- võnkumine, mis võib tekitada kuuldeaistingut (õhu, vee jm. keskkonna helisageduslik võnkumine)

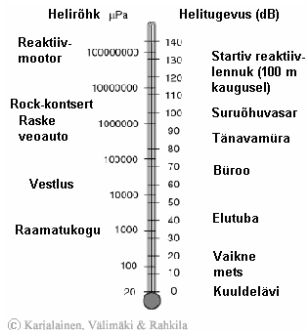
## Helide liigitus

- kõne
- muusika
- loodushääled
- alarmsignaalid
- müra
- ...

## Akustiliste suuruste mõõtühikuid

- 1) **Helirõhk** – akustiliste võnkumiste poolt tekitatud rõhk  $p$  pinnale
  - mõõtühik – Pa (paskal)
- 2) **Helirõhu suhteline tase**  $L_p$  (helitugevus)
  - väljendab helitugevust suhtelise helirõhuna 0 dB-le vastava võrdlus-helirõhu suhtes ( $p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2 = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$ ):
$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \quad [\text{dB}]$$
  - kauguse kahekordistumisel kahaneb helitugevus 6 dB võrra

## Erinevate heliallikate tekitatavad helirõhud (-tugevused):



## Akustiliste suuruste mõõtühikuid

### 3) Helivõimsus $L_W$

- suhteline kiiratav helisignaali võimsus

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad [dB]$$

kus  $W$  – helisignaali võimsus [W],  
 $W_0$  – võrdlustase  $10^{-12}$  W (1 pW)

- vabas ruumis 1 m kaugusel heliallikast  
 $L_p = L_W - 11$  dB
- helivõimsus kasvab võrdeliselt helirõhu ruuduga:  
 $W \sim p^2$

## Helirõhkude ja -võimsuste tasemed:

$p/p_0$	$L_p$	$W/W_0$	$L_w$
2	6 dB	2	3 dB
4	12 dB	4	6 dB
10	20 dB	10	10 dB
20	26 dB	20	13 dB
50	34 dB	50	17 dB
100	40 dB	100	20 dB
1000	60 dB	1000	30 dB

## Akustiliste suuruste mõõtühikuid

### 4) Akustiline impedants (takistus)

- levikeskkonna takistus helilaine levimisele
- helirõhu  $p$  ja levikeskkonna osakeste võnkeamplituudi  $U$  suhe:

$$Z_A = \frac{p}{U}$$

- mõõtühik: akustiline oom
- akustiline takistus torus levivale tasapinnalisele helilainele:

$$Z_A = \frac{\rho v}{S}$$

kus  $\rho$  – õhu tihedus [kg/m<sup>3</sup>],  $v$  – helilaine levikiirus [m/s],  
 $S$  – toru ristõikepindala [m<sup>2</sup>]

## Akustilised keskkonnad

- Avatud ruum – keskkond, kus puuduvad peegeldused.
  - kajavaba ruum – üritatakse saavutada avatud ruumi omadusi
- Poolkeralainega ruum – ruum, kus on üks täielikult peegeldav pind
  - nt. kõva põrand

## Mitme heliallika koosmõju

- kui kaks mittekoherentset heliallika tekitavad kumbki helirõhu 80 dB, siis summaarne helirõhk on 83 dB
- põhjus: helivõimsuse kahekordistumine, seega helirõhu kasv  
 $10 \log(2) \approx 3$  dB ( $\approx 1,4$  korda)
- kahe koherentse heliallika korral kasvab helirõhk maksimaalselt 6 dB võrra – interferentsinähtus
  - koherentsed heliallikad – tekitavad sama sagedusega ja konstantse faasierinevusega helisid

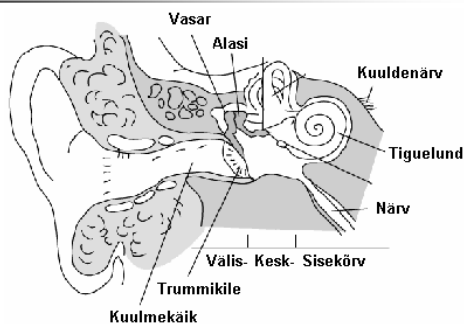
## Kuulmine ja helide tajumine

- Kuulmise füsioloogia:
  - kuulmise (füsioloogilisi) iseärasusi uuriv teadusharu
  - põhisuund: kuulmise toimemehhanismide käsitlemine
- Psühhoakustika:
  - helide tajumist uuriv teadusharu
  - põhisuund: subjektiivsete kuuldeaistingute seosed heli füüsikaliste parameetritega

## Kuulmise füsioloogia

- kuuldeaisting tekib helirõhu muutumise tulemusena
- kuulmise suur dünaamiline ulatus:
  - helirõhkude suhe kuni 1 : 10 000 000
  - helitugevused 0 – 140 dB
- inimesele kuuldavate helide sagedusvahemik 20 – 20 000 Hz
- kuulmistaju ealised muutused
- taju valivus:
  - eristame erinevaid heliallikaid
  - hommikul reageerime ainult äratuskella helinale

## Kõrva ehitus



## Kuuldeaistingu tekkimine

- helirõhu muutused põhjustavad trummikile võnkumise
- kuulmeluud muundavad trummikile võnkumise mehaaniliseks ja võimendavad võnkumisi
- akustiline refleks: kuulmeluud ja trummikile võivad tugeva heli toimet jäigastada
- tiguelundis levivad võnkumised vedelikus
- basilaarkile mehaanilised võnkumised muundatakse elektrilisteks impulssideks
- kuulmisnärv suunab impulsid ajusse

## Kuuldeaistingu tekkimine

- Kuulmine luude kaudu:
- enda tekitatud helid (kõne) suunduvad koljuluude kaudu otse sisekõrva
  - oma kõne kõlab kõnelejale erinevalt kui teistele

## Viited

- Karjalainen, Välimäki, Rahkila. Helitehnika loengumaterjalid. Aalto Ülikool, Helsingi.