

Äänen intensiteetti

- Intensiteetti I ilmoittaa kuinka paljon energiaa aikayksikössä siirtyy aallon mukana.
- Intensiteetti määritetään siirtotehona pinta-alaa kohti

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

- P on äänen teho ja A on etenemissuunnan vastainen kohtisuora pinta-ala
- Yksikkö $[I] = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
- Heikoin ääni, jonka ihmisen korva havaitsee 1 000 Hz taajuudella on intensiteetiltään noin $10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Tätä arvoa kutsutaan *kuulokynnykseksi* I_0 .
- Intensiteetti heikkenee kääntäen verrannollisesti etäisyyden r neliöön ($I \sim 1/r^2$)
 - Koska äänen teho leviää yhä suuremmalle ”pallonkuorelle”

Äänekkyystaso

- Äänekkyystaso L_N on kuuloaistimuksen voimakkuutta kuvaava suure
- Äänekkyystason yksikkö on *foni* (1 fon)
- Äänekkyystasoon vaikuttaa intensiteetin lisäksi myös äänen taajuus
 - ks. s. 139 kaavio, tai MAOL-taulukot
 - Foniasteikko on kokeellisten havaintojen perusteella luotu fysiologinen asteikko
- Äänekkyystason alarajana on *kuulokynnys* 0 fonia, joka on äänekkyystaso, jonka ihminen voi juuri ja juuri kuulla
- Äänekkyystaso 120 fonia on *kipukynnys*, jolloin äänekkyystaso aiheuttaa jo kipua

Intensiteettitaso

- Intensiteettitaso L kuvaa äänen voimakkuutta (taajuudesta riippumatta)
- Intensiteettitason yksikkö on $[L] = 1 \text{ dB}$ (desibeli)
 - Kuuloaistimuksen intensiteettivaihtelut voivat olla hyvin suuria ja logaritminen asteikko kuvaa paremmin aistittuja äänen voimakkuuseroja

- Intensiteettitaso voidaan määrittää kaavalla

$$L = 10 \text{ dB} \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

+ 10 dB \Rightarrow intensiteetti kymmenkertaistuu

+ 20 dB \Rightarrow intensiteetti satakertaistuu

+ 30 dB \Rightarrow intensiteetti tuhatkertaistuu jne.

Kolmen desibelin lisäys vastaa melko tarkasti intensiteetin kaksinkertaistumista, koska $10 \text{ dB} \cdot \log 2 \approx 3,01 \text{ dB}$.

- Kymmenen desibelin lisäys kuulostaa silti aina yhtä suurelta äänen voimakkuuden kasvulta

t. 10.11, s. 144

a) Ratkaistaan tuntematon intensiteetti I_1 laskinohjelmalla intensiteettitason L_1 määritelmästä

$$L_1 = 10 \text{ dB} \cdot \lg \frac{I_1}{I_0},$$

missä $L_1 = 62 \text{ dB}$ ja $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ on kuulokynnyksen intensiteetti.

```
i0:=1.·10-12                                1.E-12
```

```
solve(62=10·log10( $\frac{i1}{i0}$ ),i1)           i1=1.584893192E-6
```

Tässä ei kannata käyttää laskimessa yksiköitä (TI ei tunne desibelejä ja tämä supistuu muutenkin pois.) Vastauksen yksikkö on sama kuin kuulokynnyksen yksikkö.

Ratkaisuksi saadaan $I_1 \approx 1,6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

Ratkaisu välivaiheineen:

$$L = 10 \text{ dB} \cdot \lg \frac{I_1}{I_0} \Leftrightarrow \frac{L}{10 \text{ dB}} = \lg \frac{I_1}{I_0} \Leftrightarrow 10^{\frac{L}{10 \text{ dB}}} = \frac{I_1}{I_0}$$

$$\Leftrightarrow I_1 = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10 \text{ dB}}} = I_0 \cdot 10^{\frac{62 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}} = I_0 \cdot 10^{6,2} = 10^{-12} \cdot 10^{6,2} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 10^{-5,8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \approx 1,6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

b) Intensiteetti muuttuu kääntäen verrannollisesti etäisyyden neliöön, joten voidaan muodostaa verranto

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad \Leftrightarrow \quad I_2 = I_1 \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

missä $r_1 = 2,1 \text{ cm}$, $r_2 = 3,7 \text{ cm}$ ja $I_2 =$ intensiteetti etäisyydellä r_2 tärykalvosta.

$$i1:=1.584893192\text{E-}6$$

$$1.584893192\text{E-}6$$

Intensiteettien yksiköt tässäkin W/m^2 .

$$i2:=i1 \cdot \frac{(2.1 \cdot \text{cm})^2}{(3.7 \cdot \text{cm})^2}$$

$$5.105463095\text{E-}7$$

$$\text{Siis } I_2 \approx 5,1 \cdot 10^{-7} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Kysytty intensiteettitaso on } L_2 = 10 \text{ dB} \cdot \lg \frac{I_2}{I_0} \approx 57 \text{ dB}$$

$$10 \cdot \log_{10} \left(\frac{i2}{i0} \right)$$

$$57.0803514121$$