

Ljudintensitet och ljudnivå

19 okt. 2026, 4 min läsning

UTKAST

#fysik #akustik #storhet

Kurs: F0005T **Förkunskaper:** Ljudvåg, Energi och effekt i en harmonisk våg

Intensiteten $I = P/A$ är den effekt som passerar genom en areaenhet. Eftersom örat uppfattar ljudstyrka logaritmiskt anges ljud i praktiken oftast som ljudnivå i decibel, mätt relativt en referensintensitet.

1. Vad intensitet är

Intensitet är effekt per area. Skriver vi ut effekten som arbete per tid och delar med arean faller uttrycket ut som en produkt av tryck och hastighet:

$$I = \frac{P}{S} = \frac{\text{Arbete}}{\text{tid} \times \text{Area}} = \frac{F ds}{S dt} = p v_p$$

Kraften per areaenhet är övertrycket p , och sträckan per tidsenhet är **partikelhastigheten** v_p . Enheten blir därmed

$$\text{W/m}^2 \Leftrightarrow \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$$

Intensitet för ljud mäts alltså i Effekt/Area.

2. Intensiteten i en ljudvåg

För en harmonisk ljudvåg kan båda faktorerna räknas ut explicit:

$$I(x, t) = p(x, t) v_p(x, t)$$

Utgå från partiklarnas förskjutning ur jämviktsläget:

$$\Delta x(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \alpha)$$

Övertrycket är proportionellt mot hur sammanpressat mediet är, alltså mot förskjutningens rumsderivata, med bulkmodulen B som proportionalitetskonstant:

$$p(x, t) = BkA \sin(kx - \omega t + \alpha)$$

Partikelhastigheten är tidsderivatan av samma förskjutning:

$$v_p(x, t) = \frac{\partial \Delta x}{\partial t} = \omega A \sin(kx - \omega t + \alpha)$$

Båda är sinusfunktioner med samma argument — tryck och hastighet är i fas — så produkten blir ett kvadrerat sinus:

$$I(x, t) = Bk\omega A^2 \sin^2(kx - \omega t + \alpha)$$

Intensiteten är därmed aldrig negativ: energin går alltid i vågens utbredningsriktning.

3. Medelintensitet

Medelvärdet av $\sin^2$ över en period är $\frac{1}{2}$, vilket ger

$$I_{\text{med}} = \frac{1}{2} Bk\omega A^2$$

Uttrycket blir mer användbart om vi byter ut bulkmodulen och vågtalet mot mediets hastighet. Ur

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

Fysika: Fc2a

följer $B = \rho v^2$, och ur

$$v = \frac{\omega}{k}$$

Fysika: Fc1

följer $k = \omega/v$. Insättning ger

$$I_{\text{med}} = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 A^2$$

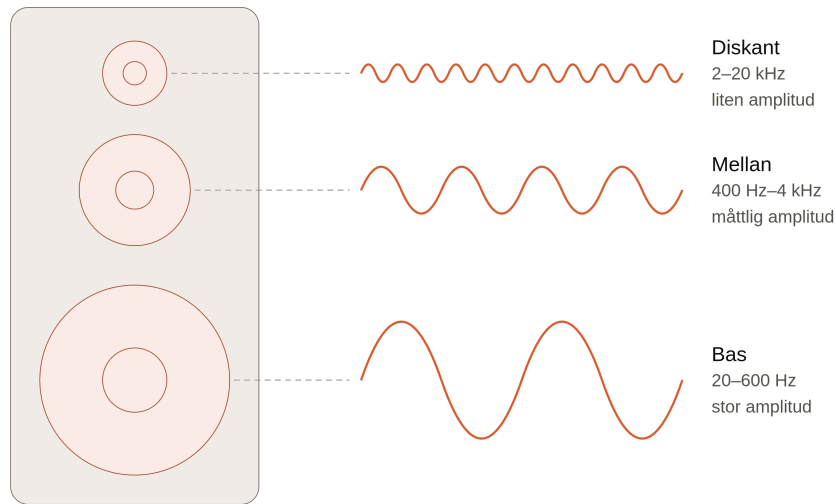
Fysika: Fc2 (i formen $I = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 a^2$)

Nu står bara mediets densitet och ljudhastighet kvar, tillsammans med vågens frekvens och amplitud.

- ρv beskriver materialegenskapen **akustisk impedans** $Z = \Omega = \rho v$
- $\omega^2 A^2$ beskriver vågegenskaper

Formeln för medelintensitet beskriver bland annat varför högtalare ser ut som de gör.

- Diskantelement (2 kHz - 20 kHz)
- Mellanelement (ca 400 - 4 kHz)
- Baselement (20 Hz upp till cirka 600 Hz)



$$\text{Samma } I_{\text{med}} = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 A^2 \Rightarrow A \propto 1/f$$

Om intensiteten ska bevaras även fast olika frekvenser spelas så måste amplituden (A) förändras, följande gäller: $A \propto \frac{1}{f}$. så om vi dubblar frekvensen räcker halva amplituden.

4. Vad sambandet säger

Två proportionaliteter är värda att minnas:

$$I_{\text{med}} \propto A^2$$

$$I_{\text{med}} \propto \omega^2$$

Fördubblad amplitud ger fyra gånger intensiteten, och detsamma gäller fördubblad frekvens. Det är samma kvadratiske beroende som för **effekten i en våg på en sträng**.

5. Akustisk impedans

Produkten av densitet och ljudhastighet återkommer så ofta att den fått eget namn — den akustiska impedansen:

$$Z = \rho v$$

Fysika: Fc2

Impedansen avgör vad som händer när ljudet möter ett annat medium. Andelen av intensiteten som reflekteras är

$$R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

Fysika: Fc2 (reflektion vid vinkelrätt infall)

och intensiteterna delas upp som

$$I_R = RI_0$$

$$I_T = (1 - R)I_0$$

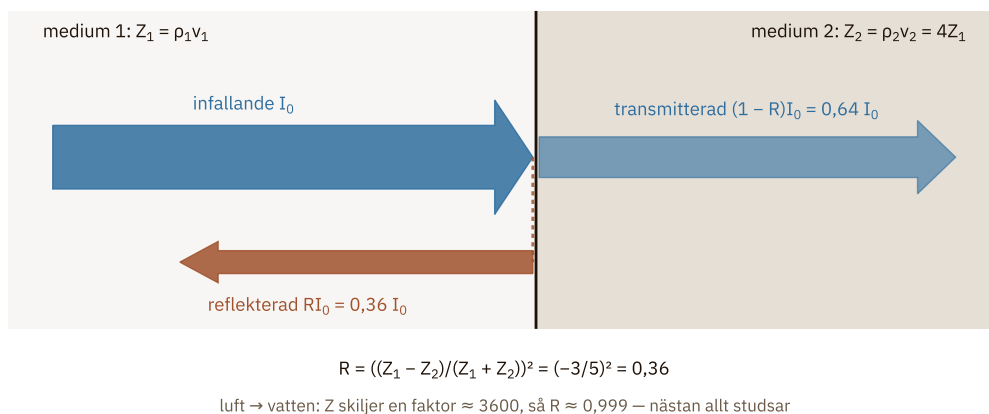
Det avgörande är alltså inte medierna i sig utan *skillnaden* mellan dem. Är impedanserna lika,

$$Z_1 = Z_2$$

blir täljaren noll och därmed

$$R = 0$$

Då passerar allt ljud över utan reflektion, även om de två medierna i övrigt är olika.



En ljudvåg mot en gränsyta där impedansen fyrdubblas. Pilarnas bredd visar intensiteten: $R = 0,36$ av I_0 studsar tillbaka och resten, $0,64 I_0$, går vidare. Det är skillnaden mellan Z_1 och Z_2 som avgör, inte medierna i sig.

6. Ljudnivå och decibelskalan

Ljudnivå (ljudintensitetsnivå) innebär samma sak men så fort termen nivå introduceras så använder vi Decibelskalan

Örat uppfattar ljudstyrka logaritmiskt, och det intensitetsområde vi hör täcker tolv tiopotenser. Därför anges ljud som ljudnivå β relativt en fast referens:

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Fysika: Fc2 (i formen $L_I = 10 \log(I/I_0)$)

Referensintensiteten är satt vid hörröskeln:

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Fysika: Fc2

Skalan är relativ, så det är skillnader som är lätta att räkna med. Tiofaldigad intensitet ger alltid samma steg uppåt:

$$\Delta\beta = 10 \log_{10}(10) = 10 \text{ dB}$$

Tio gånger starkare ljud är alltså 10 dB mer, hundra gånger starkare 20 dB mer.

Läsning

- [16.3 Sound Intensity](#)
- [16.1 Sound Waves](#)

Se även

- Ljudvåg
- Ljudets hastighet
- Energi och effekt i en harmonisk våg
- Reflektion av vågor
- Stående vågor i pipor

Resurser

- [Wikipedia: Sound intensity](#)
- [Wikipedia: Decibel](#)