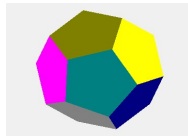


Lyd effekt, intensitet og lydstyrke

Dette er en artikel fra min hjemmeside: www.olewitthansen.dk



Indhold

1. Effekt, intensitet og lydstyrke i dB	1
2. Afstandskvadratloven for bølger.....	2

1. Effekt, intensitet og lydstyrke i dB

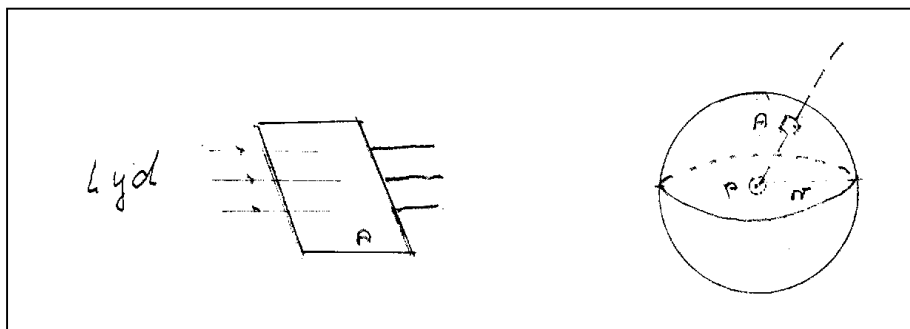
Lyd er et bølgefænomen, hvor udbredelsen er en følge af periodiske svingninger i et stof.

Lyd transporterer energi og impuls, mens partikelsvingningerne er stationære.

Den energi, som en lyd giver udsender per sekund kaldes for effekten og betegnes P .

Ifølge definitionen af *effekt* er:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$



Lyd er bølger, og en lyd giver har en bestemt effekt. For eksempel har en mindre stuehøjttaler en effekt på 20 W , mens en meget kraftig højttaler har en effekt på 100 W .

Den påførte effekt på f.eks. en højttaler, er imidlertid ikke nødvendigvis det samme som den udsendte effekt. Den påførte effekt er apparatets effektforbrug i Watt, mens der er et energitab i ledninger og højttalerens mekaniske dele.

Lyd intensiteten i et bestemt punkt i rummet er defineret som den effekt, som passerer et areal A , anbragt vinkelret på udbredelsesretningen, divideret med dette areal.

$$I = \frac{P}{A} \quad \text{Intensiteten måles i } W/m^2.$$

Ifølge denne definition er intensiteten (for mindre arealer, hvor effekten er konstant) uafhængig af arealets størrelse, idet den passerede effekt er proportional med arealet.

Intensiteten er det fysiske mål for hvor kraftig lyden er. Det menneskelige øres opfattelse af lyd er imidlertid meget anderledes, idet opfattelsen ikke følger en absolut skala, men snarere en logaritmisk skala. Groft sagt betyder dette, at en tidobling af intensiteten opfattes som om lydstyrken blot er forøget med 10.

Af den grund angives lydstyrken ikke som intensiteten målt i W/m^2 , men den måles derimod i decibel (dB).

1 dB = 1/10 B (Bell) er opkaldt efter telefonens opfinder Alexander Graham Bell.

Decibel skalaen er imidlertid en logaritmisk skala, som har et referencepunkt ved 0 dB, som er intensiteten $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Dette er høregrænsen for et normalt øre hos personer under 40 år.

Når lyd angives i dB, taler man om lydstyrke (eng, volume) og ikke om intensitet.

Hvis L betegner lydstyrken målt i dB og I betegner intensiteten, så er de to størrelser forbundet ved ligningen:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Det ses, at når $I = I_0$ er $L = 0$.

Hvis intensiteten er $0,2 \text{ W/m}^2$ vil det svare til en lydstyrke: $L = 10 \log \frac{0,2}{10^{-12}} = 113 \text{ dB}$,

Dette er en meget kraftig lyd, f.eks. fra en flymotor.

Hvisken svarer til en lydstyrke på omkring 30 dB, mens lyd bliver smertefuldt ved en lydstyrke over 135 dB, og denne lydstyrke betegnes derfor som smertegrænsen.

Som konsekvens af den logaritmiske skala følger det, at hvis intensiteten forøges med en faktor 10, så bliver lydstyrken målt i dB forøget med 10. Hvis intensiteten forøges med en faktor 100, så bliver lydstyrken forøget med 20 dB. Dette følger umiddelbart af definitionen på lydstyrke.

$$L_{10} = 10 \log \frac{10I}{I_0} = 10 \log 10 + 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10$$

$$L_{100} = 10 \log \frac{100I}{I_0} = 10 \log 100 + 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I}{I_0} + 20$$

2. Afstandskvadratloven for bølger

Hvis man omslutter en lyd giver med en (matematisk) kugleflade med lyd giveren i centrum, og hvis man antager, at lyden udbreder sig isotropt (det samme i alle retninger), så er intensiteten på kuglefladen $I(r)$ overalt den samme. Hvis man endvidere antager, at der ikke er noget tab, så vil den effekt, som udsendes fra lyd giveren være den samme effekt, som passerer kuglefladen i afstanden r .

Sammenhængen mellem den effekt, som passerer et areal i afstanden r og intensiteten på arealet er:

$$I(r) = \frac{P_A}{A} \quad \Leftrightarrow \quad P_A = I(r)A$$

Vælger vi arealet A som overfladen af en kugle, så har vi $A = 4\pi r^2$, og vi får derfor:

$$I(r)4\pi r^2 = P \quad \text{eller} \quad I(r) = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Den sidste ligning kaldes for *afstandskvadratloven*, og den udtrykker at intensiteten aftager omvendt proportionalt med kvadratet på afstanden fra lyd giveren til modtageren.

Der gælder således at, hvis afstanden fordobles, så vil intensiteten reduceres til en fjerdedel.

Hvis vi anvender denne formel, kan vi f.eks. vurdere lydstyrken for en tilskuer, der befinder sig i afstanden 10 m fra højttalerne, der har en samlet effekt på 4000 W.

Først beregner vi intensiteten ud fra ligningen: $I(r) = \frac{P}{4\pi r^2}$, som giver $I = \frac{4000W}{4\pi(10m^2)} = 3,18 W/m^2$, og dermed lydstyrken:

$$L = 10 \log\left(\frac{3,18}{10^{-12}}\right) = 125 \text{ dB}$$

Bestemt en meget kraftig lydstyrke, men dog under smertegrænsen.

Vi skal derefter udlede en formel, der beskriver hvor meget lydstyrken formindskes, når afstanden øges fra r_1 til r_2 . Det viser sig, at svaret er uafhængigt af intensiteten.

$$\begin{aligned} L_1 - L_2 &= 10 \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) - 10 \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = \\ &10 \log\left(\frac{\frac{P}{4\pi r_1^2}}{\frac{P}{4\pi r_2^2}}\right) = 10 \log\left(\frac{r_2^2}{r_1^2}\right) = 20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \end{aligned}$$

Ud fra regnereglerne for logaritmer, finder vi derfor:

$$L_1 - L_2 = 20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

Hvis vi bruger denne formel, kan man beregne, hvor meget lydstyrken er svækket, fra afstanden r_1 til r_2 . For eksempel vil lydstyrken svækkes med 20 dB, hvis man bevæger sig fra afstanden 1,0 m fra lyd giveren til afstanden 10 m fra lyd giveren. Dette følger umiddelbart af formlen ovenfor.

$$L_1 - L_2 = 20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) = 20 \log\left(\frac{10}{1}\right) = 20 \text{ dB}$$

I et klasselokale kan læreren spekulere på, hvorvidt han kan høre, hvis to elever, som sidder på den sidste række, hvisker sammen.

Hvis de hvisker sammen med en styrke på 25 cm fra øret, og den sidste række er 7 meter fra læreren finder man:

$$L_1 - L_2 = 20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) = 20 \log\left(\frac{7}{0,25}\right) = 29 \text{ dB}$$

Idet 30 dB - 29 dB er meget tæt på høregrænsen, vil det teoretisk ikke være tilfældet.