

# FY0001 Lab

## Oppgave 4 - Måling av lydfart

### 1 Introduksjon

Hensikten med denne oppgaven er å måle lydfarten i luft på forskjellige måter.

### 2 Teori

Lydbølger er longitudinale bølger som brer seg utover i et medium. Hastigheten til lydbølgene er bestemt av mediet, og kan variere svært mye. I vann er hastigheten ca 1500 m/s, mens den i metaller som aluminium og jern er over 5000 m/s. I gasser, slik som luft, varierer hastigheten med tetthet og trykk, og derfor også temperatur. Lydhastigheten i luft er omtrent gitt ved

$$v = (165,7 \text{ m/s} + T \cdot 0,607 \text{ m/sK}), \quad (1)$$

der  $T$  er temperaturen målt i Kelvin. Sammenhengen mellom hastighet, frekvens og bølgelengde er gitt ved

$$v = f\lambda. \quad (2)$$

I et rør som er tett i den ene enden kan vi få stående lydbølger. Stående bølger er bølger som oppstår ved interferens mellom to bølger med lik amplitude som beveger seg i motsatt retning av hverandre. I et rør får vi stående lydbølger ved at lydbølgene som beveger seg nedover interfererer med de reflekterte bølgene som beveger seg oppover. Når bølgelengden til lyden har en viss verdi i forhold til lengden på røret får vi såkalt resonans. Dette fører til at lyden blir forsterket, og det er vanligvis veldig lett å høre om vi har resonans. For et rør med lengde  $L$  som er tett i én ende får vi resonans ved følgende bølgelengder:

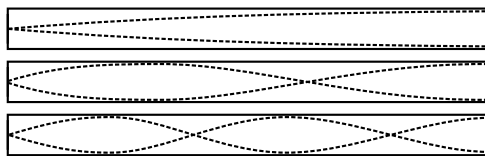
$$\lambda_1 = 4L, \lambda_2 = \frac{4}{3}L, \lambda_3 = \frac{4}{5}L, \dots \quad (3)$$

De tilhørende frekvensene, som vi finner fra ligning (2), blir

$$f_1 = \frac{1}{4} \frac{v}{L}, f_2 = \frac{3}{4} \frac{v}{L}, f_3 = \frac{5}{4} \frac{v}{L}, \dots \quad (4)$$

Disse frekvensene kalles egenfrekvensene til røret.

Ved å variere enten frekvensen, og dermed bølgelengden, til lydbølgene, eller lengden på røret, kan vi undersøke når vi får resonans. Ved å måle lengden på røret kan vi bruke dette til å finne bølgelengden. Når vi vet både bølgelengden og frekvensen kan vi regne ut lydfarten.



Figur 1: Stående bølger som gir resonans. Et punkt der utslaget alltid er 0 kalles en node. En bølgetopp kalles en antinode.

## 3 Oppsettet

### 3.1 Utstysrliste

- Plastrør med slange og bøtte
- Stemmegaffel
- Meterstokk
- Stativ
- Rør med høyttaler og mikrofon
- Frekvensgenerator
- Oscilloskop
- PC
- Mikrofoner
- Hammer og metalldings
- Målebånd
- Metallrør med påmontert høyttaler og termometer.

## 4 Oppgavene

### Oppgave 1

I denne øvelsen skal du måle lydhastigheten med et lydrør delvis fylt med vann. Når vi slår på en stemmegaffel og holder den over rørråpningen, sendes det lydbølger ned i røret. Frekvensen står trykt på stemmegaffelen.

Fyll røret nesten helt opp med vann, slå på stemmegaffelen og senk vannstaden til du hører første posisjonen med stående bølger. Merk av vannivået med whiteboard-tusj

eller lignende. Senk trakten videre til du igjen får stående bølger, og merk nivået. Mål avstanden mellom de avmerkede punktene. Denne avstanden er lik en halv bølgelengde. Regn ut lydfarten. Anslå usikkerheten.

## Oppgave 2

Denne delen av øvelsen ligner den forrige, men nodene bestemmes nå med en mikrofonsonde. En høyttaler, koplet til en tonegenerator, er plassert på enden av et lydrør. Bak høyttaleren er det en mikrofonvogn med et langt metallrør med en mikrofonsonde i enden. Metallrøret med mikrofonsonde peker inn i lydrøret. Når mikrofonrøret flyttes langs en målestav, flyttes også mikrofonsonden inne i røret. På denne måten kan vi registrere lydtrykket inne i målerøret på forskjellige posisjoner. Lydtrykket kan leses av på et oscilloskop.

Mål avstanden mellom to noder, og regn ut lydfarten. Frekvensen bestemmer du med signalgeneratoren. Anslå usikkerheten.

## Oppgave 3

Vi kan måle lydhastighet med en vanlig pc, to mikrofoner, og et program som tar opp lyd. Plasser mikrofonene rundt 2 m fra hverandre, pekende i samme retning. Mål nøyaktig avstand mellom sensorene. Til å ta opp lyden bruker vi et open-source program som heter Audacity<sup>1</sup>. Pass på at programmet er innstilt på stereo-opptak i menyen Rediger → Instillinger. Start et opptak, lag deretter en skarp smell (metall mot metall) omtrent 20 cm fra den første sensoren. Analyser dataene ved å zoome inn på området der lyden treffer mikrofonene. Ved å merke området fra der lyden treffer den ene mikrofonen, til der lyden treffer den andre, kan vi enkelt lese av tidsforskjellen nederst i vinduet. Bruk dette til å regne ut lydhastigheten.

Gjenta forsøket for aluminium ved å stille mikrofonene nedover slik at de er i kontakt med skinnen. Slå forsiktig på aluminiums-skinnen, for eksempel med en penn.

## Oppgave 4

I denne oppgaven skal vi se hvordan lydfarten endrer seg med temperaturen. Bruk metallrøret med påmontert høyttaler og termometer. Koble høyttaleren til en frekvensgenerator, og senk røret ned i flytende nitrogen. Vent til temperaturen har stabilisert seg. Begynn på ganske lav frekvens, rundt 50 Hz, og øk frekvensen til du finner første resonans. Øk frekvensen videre til du finner andre resonans. Skriv ned frekvensen og temperaturen.

---

<sup>1</sup><http://audacity.sourceforge.net>

Ta røret ut av beholderen med nitrogen. Etterhvert som røret varmes opp forsøker du å finne igjen resonansfrekvensen. Skriv ned frekvensen og temperaturen for omtrent hver 30 grader. Regn ut lydfarten for minst to ulike temperaturer.

## 5 Hvis du vil skrive rapport fra denne oppgaven

Bruk dataene fra siste oppgave til å lage et plott av lydfart som funksjon av temperatur. Plott ligning (1) inn i samme figur.

Rapporten skal inneholde en grundig diskusjon av både resultater og feilkilder. Husk at en rapport idéelt sett skal kunne benyttes av noen som ønsker å etterprøve resultatene dine ved å gjøre det samme forsøket, så den bør inneholde en nokså detaljert beskrivelse av utstyr og fremgangsmåte.