

Eksperiment nummer	131415	Emne	Lyd, kinematik (bevægelseslære), måleteknik				
Version	2016-06-09 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	9-10 / gymC	p.	1/4



Formål

Bestemmelse af lydens hastighed i atmosfærisk luft.

Princip

Et elektronisk stopur startes og stoppes af signalet fra to mikrofoner, der anbringes med en vis indbyrdes afstand. Lyden udsendes, så den først passerer startmikrofonen og dernæst stopmikrofonen.

Apparatur

(Se Detaljeret apparaturliste på sidste side)

Tidsmålingerne foretages med en 197570 SpeedGate samt to mikrofoner 248600, anbragt i hver sin fod. Der skal bruges to kabler af typen 197571, hvoraf 1 stk. følger med SpeedGate.

Klaptræ.

Lineal eller målebånd

(Evt. et stuetermometer)

Om SpeedGate

SpeedGate er udviklet primært til tidtagning ved hjælp af de indbyggede fotoceller – men kan også anvendes med eksterne signaler.

I dette eksperiment bruger vi stopuret i en SpeedGate sammen med to mikrofoner.

Man skal blot holde fingre (og andet) væk fra lysstrålerne, da disse ellers vil starte eller stoppe tidtagningen.

Udførelse

SpeedGate har en kombineret *Reset* og *On/Off*-knap, mærket *X*, som bruges til at tænde og nulstille med. Desuden kan man med et langt tryk slukke for instrumentet.

SpeedGates display er opdelt i to dele.

Øverste del viser resultater for den primære funktion, som vælges med knappen *I*. Når der tændes, er der valgt funktionen *Front Time* – det er OK; vi skal faktisk slet ikke bruge den primære funktion.

Med knappen *II* vælges den sekundære funktion, som vises i nederste del af displayet. Den skal indstilles på *Interval Before*.

Stikkene fra mikrofonerne sættes i:

Kablet fra "Start"-mikrofonen (nærmest klaptræet)

skal i bøsningen mærket *Chain IN*.

Kablet fra "Stop"-mikrofonen skal i bøsningen mærket *Aux IN*.

Nulstil stopuret og prøv opstillingen af ved at banke let med en fingerspids på de to mikrofoner. Tidsforskellen vises i nederste display.

De to mikrofoner placeres f.eks. langs en bordkant, så de kan forskydes langs en ret linje. Hvis de peger i samme retning, som vist på billedet, kan afstanden mellem dem findes ved at måle fra forkant til forkant på de to fødder.

Klaptræet skal smække sammen nogenlunde på forlængelsen af linjen gennem de to mikrofoner. Hold en afstand på mindst en meter og gerne to til den forreste mikrofon.

Mikrofonerne kan reagere på andet end lyden fra klaptræet, så stopuret kan starte eller stoppe på uønskede tidspunkter.

Det er derfor vigtigt at gentage eksperimentet flere gange med samme afstand og også at have en ide om størrelsen af tidsintervallet:

Det tager **ca.** 3 s for lyden at bevæge sig 1 km, så hvis afstanden er 1 m, bør uret måle en tid **ca.** 3 ms (millisekunder).

Og så videre: **ca.** 1,5 ms for 0,5 m og **ca.** 6 ms for 2 m.

Variér afstanden i spring af f.eks. 25 cm, så langt som mikrofonledningerne rækker. Mål f.eks. 5 gange pr. afstand – notér alle tiderne, så der senere kan beregnes et gennemsnit for hver afstand. Eventuelle helt atypiske værdier skal kasseres.

Rumtemperaturen måles eller skønnes.



Klap



Start



Stop

Teori

Beregning af hastighed

Hastigheden beregnes som tilbagelagt strækning, delt med forbrugt tid

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Vi måler en række sammenhørende værdier for afstanden mellem mikrofonerne s og tiden målt med stopuret t . Målepunkterne tilpasses med en ret linje i et koordinatsystem, og hastigheden findes som linjens hældning.

Lydens hastighed – sammenligningsgrundlag

Tabelværdien er 344 m/s.

Den gælder ved 20°C og 50 % relativ luftfugtighed

Ud fra en målt eller skønnet værdi for rumtemperaturen kan en mere præcis forventet værdi for lydens hastighed bestemmes.

Simpel version

En tilnærmet formel for lydhastigheden ved temperaturen t (celsius-grader) ser således ud:

$$v = \left(331,3 + 0,606 \cdot \left(\frac{t}{^{\circ}\text{C}} \right) \right) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dette gælder for tør luft nær stuetemperatur.

Læg 0,0126 m/s til for hver % relativ luftfugtighed.

Avanceret version

Lydens hastighed afhænger ud over temperaturen af luftens sammensætning. Der gælder følgende

$$v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$$

hvor T er luftens absolutte temperatur (kelvin-grader), R er gaskonstanten, M er luftens gennemsnitlige molære masse og γ er forholdet mellem luftens varmekapacitet ved konstant tryk og ved konstant volumen:

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

(igen som et vægtet gennemsnit over luftens bestanddele).

Efter nitrogen og oxygen er de væsentligste gasser i atmosfærisk luft carbondioxid og vanddamp.

I atmosfæren er der omkring 0,40 % CO₂ – indendørs kan niveauet være væsentligt højere.

Luftens indhold af vanddamp afhænger af den relative luftfugtighed samt af mættet vanddamps tryk ved den aktuelle temperatur. Den relative luftfugtighed kan findes med et hygrometer.

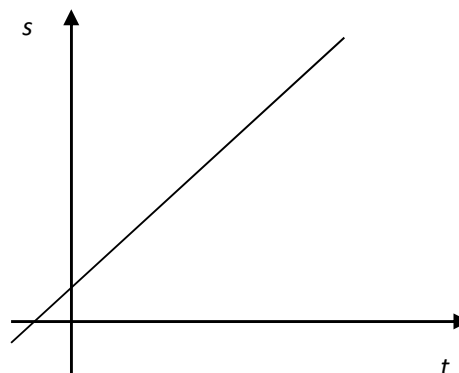
(Bemærk, at disse to gassers indflydelse på lydhastigheden er *meget* lille under normale forhold.)

Databehandling

Måleresultaterne kan med fordel behandles i et regneark. Omregn til SI-enheder.

Tegn en graf med tiden som x-akse og strækningen som y-akse.

Indtegn bedste rette linje gennem målepunkterne og brug den fundne værdi af hældningskoefficienten som resultat af målingen.



Diskussion og evaluering

Hvis måleapparatet var ideelt, ville den ovennævnte rette linje gå gennem koordinatsystemets begyndelsespunkt. Gør den det?

Hvis nej: Prøv at forklare hvorfor.

Sammenlign den målte og den forventede værdi for lydens hastighed.

Bestem afvigelsen i %.

Noter til læreren

Benyttede begreber

Hastighed

Avanceret teoriversion benytter:

Kelvinskala

Molær masse

Konstanter fra gaslovene

Atmosfærens sammensætning

Matematiske forudsætninger

Graftegning

Hældning af linje

Avanceret teoriversion benytter:

Vægtet gennemsnit

Om apparaturet

Mikrofonernes følsomhed er tilpasset dette eksperiment. Der reageres ikke på stille samtale, mens f.eks. bank i bordet let kan forstyrre eksperimentet.

Nøjagtige resultater kræver lydimpulser, som er kraftige og som starter pludseligt. Smældet fra klaptræet fungerer udmærket, håndklap mindre godt, men kan til nød bruges til en hurtig demonstration.

Tidtagningen starter og slutter på den første lydimpuls, som modtages på de to indgang. Derfor er den reflekterede lyd fra klaptræet (via loft, vægge mv.) ikke af nogen betydning, da denne lyd ankommer senere.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

197570 SpeedGate (inkl. ét kabel 197571)

248600 Mikrofon, kombi (2 stk.)

197571 Kabel modularstik krydset 2m (1 stk.)

248200 Klaptræ

Standard laboratorieudstyr

140010 Målebånd 200 cm

000410 Firkantet fod (2 stk.)

Reserve dele og forbrugsstoffer

351005 Batteri LR6 1,5V [AA] (197570 bruger 6 stk. ad gangen – medfølger)

Reklamationsret

Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato. Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.

Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbetøbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside