

## TYÖ 6: ÄÄNEN NOPEUS, TAAJUUS JA HUOJUNTA

### I Äänen nopeus ilmassa

#### Mittausperiaate

Suoritetaan mittaus kuvan 1 mukaisella mittausjärjestelyllä. Mitataan äänen kuluaika kahden pisteen välillä. Mittaus tapahtuu IS-VET Oy:n COACH5-mittausohjelmistolla. Ääni synnytetään kalauttamalla yhteen kahta alumiinisauvaa Sauvojen koskettaessa liipaistaan monitorilla olevan koordinaatiston aika-akselin aika käyntiin (eli sauvojen kontakti triggaa aikamittauksen käyntiin). Mikrofonin vastaanottaa ilman kautta tulleen äänen ja piirtää sen monitorille.

#### COACH5-mittausohjelmiston käyttö

Haetaan mittausohjelmasta kansioista (projektiksi) Fysiikan laboraatiot ja sieltä edelleen (aktiviteetiksi) työ Äänen nopeus. Tarkista, että asetukset ovat laboratoriovuorolla annettun ohjeen mukaiset. Kanava 3 on valittu mittauskanavaksi (mikrofonin kuva) ja kanava 4 ajan liipaisukanavaksi (volttimittarin kuva), johon klikkaustangot kytketään. Äänen kuluaika saadaan nyt määritettyä monitorin kuvaajalta. Ajanhetkellä, missä mikrofonin antojännite poikkeaa terävästi ja voimakkaasti nollassa, on klikkauksen ääni saapunut mikrofoniin. Kuvaajasta voidaan nyt määrittää äänen matkalla  $s$  käyttämä aika  $t$  ottamalla tarkasti ylös hetki, jolloin kuvaajassa signaali poikkeaa ensimmäisen kerran merkittävästi nollassa.

#### Työn suoritus

Työssä määritetään äänen kuluaika, kun ääni synnytetään 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 ja 3,0 m etäisyydellä mikrofonista. Jokaisella etäisyydellä mittaus toistetaan 5 kertaa, tuloksen luotettavuuden parantamiseksi. Mittausparit  $(t,s)$  esitetään  $t$ - $s$ -koordinaatistossa. Koska nopeuden yhtälö on muotoa

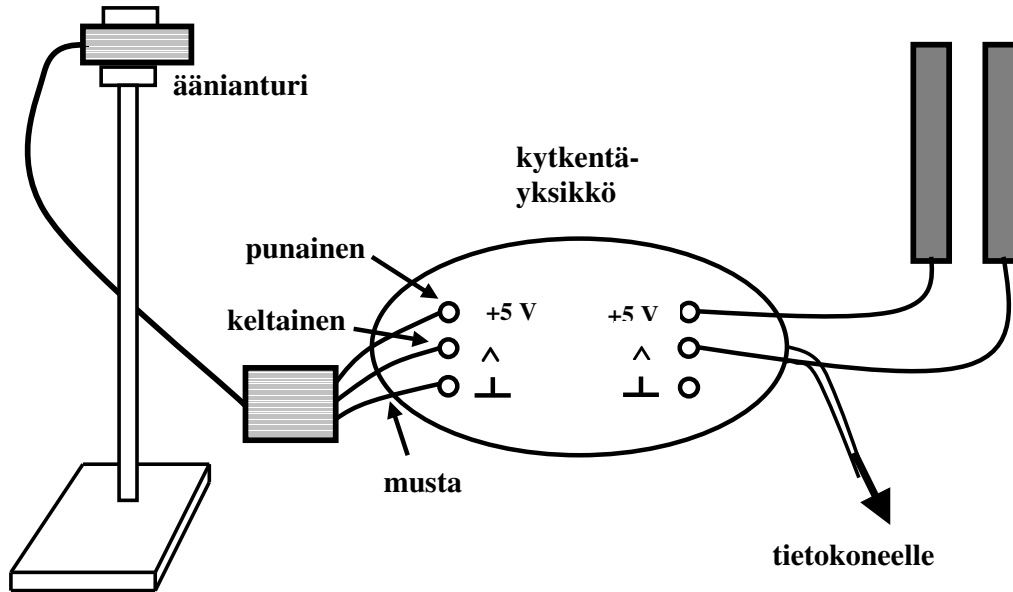
$$(1) \quad v = \frac{s}{t},$$

saadaan äänen nopeus ilmassa määritetyksi kuvaajalta trendiviivan kulmakertoimena ( $s = vt$ ). Johdetaan virheenarviointikaava ja suoritetaan virheenarviointi: suoran sovittaminen Excel-ohjelmalla antaa myös suoran kulmakertoimen virheen tai kulmakertoimen virheen voi laskea myös manuaalisesti. Kun ilman lämpötila tunnetaan, saatua äänen nopeuden arvoa voidaan verrata teoreettiseen arvoon, joka lasketaan ideaalikaasun kaavalla

$$(2) \quad v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}},$$

jossa  $\gamma$  = adiabaattivakio (ilmalle  $\gamma \approx 1,4$ )

$R = 8,314 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$  = yleinen kaasuvakio  
 $T$  = absoluuttinen lämpötila  
 $M$  = moolimassa (ilmalle  $M = 29 \text{ g/mol}$ ).

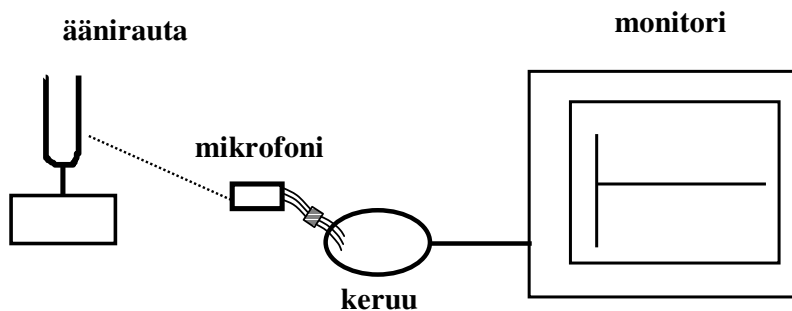


**Kuva 1.** Mittausjärjestely äänen nopeuden mittaamisessa.

## II Äänen taajuuden määrittäminen

### Mittausjärjestely

Ääni synnytetään ääniraudalla, jossa on kaikupohja. Pystytään kuvan 2 mukainen mittausjärjestelmä. Kytke äänianturi kanavaan 3 kytkentäyksikössä. Haetaan mittausohjelmasta (aktiviteetiksi) työ Äänen taajuus ja huojunta ja tee mittausasetukset työvuorolla annettavan ohjeen mukaisesti.



**Kuva 2.** Äänen taajuuden määrittäminen

Lyö äänirauta soimaan ja paina välilyönti. Monitorille tulee nyt ääniaallon kuvaaja, vaimeneva siniaalto. Kuvaajasta voi määrittää äänen jakson ajan  $T$  ja edelleen äänen taajuuden  $f$  kaavasta

$$(3) \quad f = \frac{1}{T} .$$

Työssä määritetään kahden ääniraudan taajuudet. Toisessa ääniraudassa oleva lisämassa toimii värähtelyä hidastavasti, jolloin taajuus pienenee. Mittaukset tehdään vähintään 5 kertaa. Jaksonaikaa määritettäessä yhden jakson ajan saa tarkemmin kun määrittää ensin useamman jakson ajan ja laskee siitä sitten yhden jakson ajan.

### III Äänen huojunta eli interferenssi

Mittausjärjestely on kuten edellä kuvassa 2, mutta käytetään kahta äänilähdettä yhtäaikaaisesti ja mikrofoni asetetaan äänirautojen keskelle. Kaksi äänirautaa, joiden amplitudit ovat  $\hat{y}_1$  ja  $\hat{y}_2$ , ja joiden taajuudet  $f_1$  ja  $f_2$  ovat lähellä toisiaan, aiheuttavat kuuloaistimuksen, jossa äänen voimakkuus vaihtelee taajuudella, joka on äänilähteiden taajuuksien erotus

$$(4) \quad \Delta f = |f_1 - f_2|$$

ja amplitudi vaihtelee arvojen  $\hat{y}_1 + \hat{y}_2$  (kupukohta) ja  $|\hat{y}_1 - \hat{y}_2|$  (solmukohta) välillä.

Mittausohjelma käynnistetään kuten edellisessä kohdassa. Asettelut ovat samat paitsi mittausaika, joka on 1-3 s taajuuksista riippuen. Iske ääniraudat soimaan ja liipaise ohjelma käyntiin Monitorille tulostuu nyt interferenssiaalto, jossa kupu- ja solmukohdat vuorottelevat. Monitorikuvasta määritetään huojunnan jaksonaika. Suurena tarvittaessa paremman tarkkuuden saavuttamiseksi. Mittaus toistetaan viisi kertaa ja huojunnan jaksonajaksi otetaan mittaustulosten keskiarvo.

### Lopputulokset

Lopputuloksina esitetään:

- Äänen nopeus ilmassa virheineen
- Äänen nopeuden teoreettinen, kaavan (2) perusteella laskettu arvo
- Tutkittujen äänirautojen taajuudet
- Sekä äänirautojen taajuuksien perusteella laskettu että kokeellisesti mitattu huojunta-taajuus

## Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu

### MITTAUSPÖYTÄKIRJA

#### LABORATORIOTYÖ 6 ÄÄNEN NOPEUS, TAAJUUS JA HUOJUNTA

Ryhmä: \_\_\_\_\_ Pvm: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Laatija: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Työn ohjaaja: \_\_\_\_\_

### Mittaustulokset

Käytetyt välineet:

s/m	t/ms					ka
	Mitt 1	Mitt 2	Mitt 3	Mitt 4	Mitt 5	

	Mitt 1	Mitt 2	Mitt 3	Mitt 4	Mitt 5	ka
Äänirauta 1						
Äänirauta 2						
Huojunta						