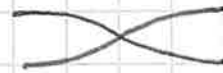


14-7) $l = 124 \text{ cm}$
 $v = 343 \text{ m/s}$

a) perussävel



$$l = \frac{1}{2} \lambda$$

$$\lambda = 2l$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343 \text{ m/s}}{2 \cdot 1,24 \text{ m}} = 138,3... \frac{1}{s} \approx \underline{\underline{138 \text{ Hz}}}$$

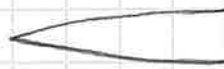
1. yläsävel



$$l = 1\lambda$$

$$f = \frac{343 \text{ m/s}}{1,24 \text{ m}} = 276,6 \text{ Hz} \approx \underline{\underline{277 \text{ Hz}}}$$

b) perussävel



$$l = \frac{1}{4} \lambda \text{ eli } \lambda = 4l$$

$$f = \frac{343 \text{ m/s}}{4 \cdot 1,24 \text{ m}} = 69,15... \text{ Hz} \approx \underline{\underline{69,2 \text{ Hz}}}$$

1. yläsävel



$$l = \frac{3}{4} \lambda \text{ eli } \lambda = \frac{4}{3} l$$

$$f = \frac{343 \text{ m/s}}{\frac{4}{3} \cdot 1,24 \text{ m}} = 207,4... \text{ Hz} \approx \underline{\underline{207 \text{ Hz}}}$$

14-8) Kuvaajassa 10 aaltoa $\sim t = 0,0133 \text{ s}$

$\Rightarrow$ Jaksonaika $T = 0,00133 \text{ s}$

$\Rightarrow$ Taajuuus $f = \frac{1}{T} = 751,8... \text{ Hz} \approx 750 \text{ Hz}$

Taajuuusanalyysi kuvaaja puuttuu ??

14-10

$$f_A = 440 \text{ Hz}$$

$$f_B < f_A$$

a) Ääni kuuluu huojuntana ja se syntyy, kun kaksi eri ääntä yhdistyy, eli interferoi. Ääni voimistuu, kun kaksi ääniaaltoa ovat saman vaiheisia ja heikkenee, kun ne ovat vastakkaisvaiheisia.

b) Alemman kuvan mukaan huojunnan jaksonaika
 $T = 0,075 \text{ s} - 0,027 \text{ s} = 0,048 \text{ s}$

Huojunnan taajuuus on $f = \frac{1}{T} = 20,83... \text{ Hz}$

Huojuntataajuuus $f = |f_A - f_B|$ eli
 $f = f_A - f_B$, kun $f_A > f_B$
 $f_B = f_A - f$

$$f_B = 440 \text{ Hz} - 20,83... \text{ Hz} = 419,16... \text{ Hz} \\ \approx \underline{\underline{420 \text{ Hz}}}$$

14-11)

$$f = 440 \text{ Hz}$$

$$d = 19,5 \text{ cm}$$

1. maksimi $\Rightarrow$ perustaajuuus

$$\left. \begin{array}{c} \text{V} \\ \text{V} \end{array} \right\} d = \frac{1}{4} \lambda \quad \text{eli} \quad \lambda = 4d$$

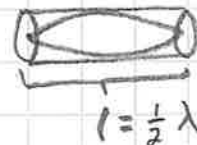
Aaltoliikkeen perusyhtälöstä

$$v = f \lambda = f 4d \\ = 440 \text{ Hz} \cdot 4 \cdot 0,195 \text{ m} = 343,2 \text{ m/s} \\ \approx \underline{\underline{343 \text{ m/s}}}$$

14-13)

$$v = 260 \text{ m/s}$$

$$f = 440 \text{ Hz}$$



Aaltoliikkeen perusyhtälöstä

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{260 \text{ m/s}}{440 \text{ 1/s}} = 0,590... \text{ m}$$

Putkessa on perustaajuuksella $\frac{1}{2}$ aaltoa, eli $l = \frac{1}{2} \lambda \Rightarrow$
 $l = \frac{1}{2} \cdot 0,590... \text{ m} = 0,295... \text{ m} \approx \underline{\underline{30 \text{ cm}}}$

14 Ääniaallot vuorovaikuttavat keskenään ja ympäristön kanssa

14-17.

- a) Kun torvea soitetaan, soittajan huulet värähtelevät ja tuottavat äänen tietyllä taajuudella. Osa soittajan tuottamasta, putkea pitkin kulkevasta, äänestä heijastuu takaisin putken avoimesta päästä. Jos huulten värähtely ja äänen nopeus ovat sopivat putken pituuteen nähden, putkeen voi muodostua seisovia aaltoja: soittajan tuottama ja putken päästä heijastunut aalto interferoivat.
- b) Kuvaajasta havaitaan, että perustaajuuden ($f = 236 \text{ Hz}$) lisäksi torvi tuottaa yläsäveliä likimain taajuuksilla 470 Hz, 710 Hz, 940 Hz, 1180 Hz, 1410 Hz ja 1650 Hz. Havaitut yläsävelet edustavat koko harmonisen sarjan alkua: $f, 2f, 3f, 4f, 5f, 6f$ ja $7f$. Toisesta päästä suljettu putki resonoi vain parittomilla harmonisilla värähtelyillä, joten resonaattori (torvi) on joko molemmista päistä suljettu tai molemmista päistä avoin. Koska torvesta kuuluu voimakas ääni, voidaan päätellä, että resonaattori ei ole suljettu, vaan torvi on avoin molemmista päistä.
- c) Kun torvessa oleva ilma korvataan heliumilla, äänen nopeus muuttuu. Äänen nopeus ilmassa $v_{\text{ilma}} = 340 \text{ m/s}$ ja äänen nopeus heliumissa $v_{\text{helium}} = 965 \text{ m/s}$. Koska äänen nopeus muuttuu, resonaattoriin muodostuvat seisovat aallot poikkeavat alkuperäisistä. Koska resonaattorin pituutta ei tunneta, matalin taajuus täytyy ratkaista äänen nopeuksien suhteena.

Matalinta taajuutta vastaava aallonpituus voidaan ratkaista aaltoliikkeen perusyhtälöstä $v = f\lambda$. Aallon pituudeksi saadaan $\lambda = \frac{v_{\text{ilma}}}{f_{\text{ilma}}} = \frac{v_{\text{helium}}}{f_{\text{helium}}}$. Perustaajuus ilmassa oli mittauksen mukaan noin 236 Hz.

Tästä voidaan ratkaista perustaajuus heliumissa:

$$f_{\text{helium}} = \frac{v_{\text{helium}}}{v_{\text{ilma}}} f_{\text{ilma}} = \frac{965 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s}} \cdot 236 \text{ Hz} \approx 670 \text{ Hz}.$$

14-18.

”Lankapuhelimen” avulla voi siirtää ääntä narua pitkin. Purkin, johon puhutaan, pohja resonoi puhujan äänen kanssa. Purkin pohja siis liikkuu edestakaisin äänen painevaihtelun mukaan. Jos purkin pohjaan on kiinnitetty jännitetty naru, se kiristyy ja löystyy purkin pohjan liikkeen mukaan. Kun narun toinen pää on kiinnitetty toisen purkin pohjaan, naru liikuttaa vastaanottavan purkin pohjaa. Vastaanottavan purkin pohja liikkuu narun muuttuvan jännityksen mukaan ja toimii nyt värähtelijänä. Värähtelijä aiheuttaa ilmaan painevaihtelun, jonka vastaanottaja havaitsee äänenä.

14-19.

Kun huoneessa kävelee, kuullun äänen voimakkuus vaihtelee. Pisteissä, joissa äänen voimakkuus on suuri, eri kaiuttimista tulevat aallot ovat samassa vaiheessa ja aaltoihin syntyy vahvistava interferenssi. Pisteissä, joissa äänen voimakkuus on pieni, aallot saapuvat vastakkaisessa vaiheessa ja kuultu ääni on vaimea. Hiljaisissa pisteissä tapahtuu heikentävä interferenssi. Huoneesta ei kuitenkaan löydy täysin hiljaista pistettä, sillä seinistä heijastuvat aallot voi aistia, vaikka suoraan kaiuttimista saapuvat aallot kumoaisivat toisensa. Myös seinien ja nurkkien läheisyydestä voi löytyä hiljaisia pisteitä. Tällöin seinästä heijastunut aalto interferoi kaiuttimesta saapuvan äänen kanssa ja aallot kumoavat toisensa.