

Ääni aaltoliikkeenä

13. Ääni aaltoliikkeenä

14. Äänen interferenssi

13. Ääni aaltoliikkeenä

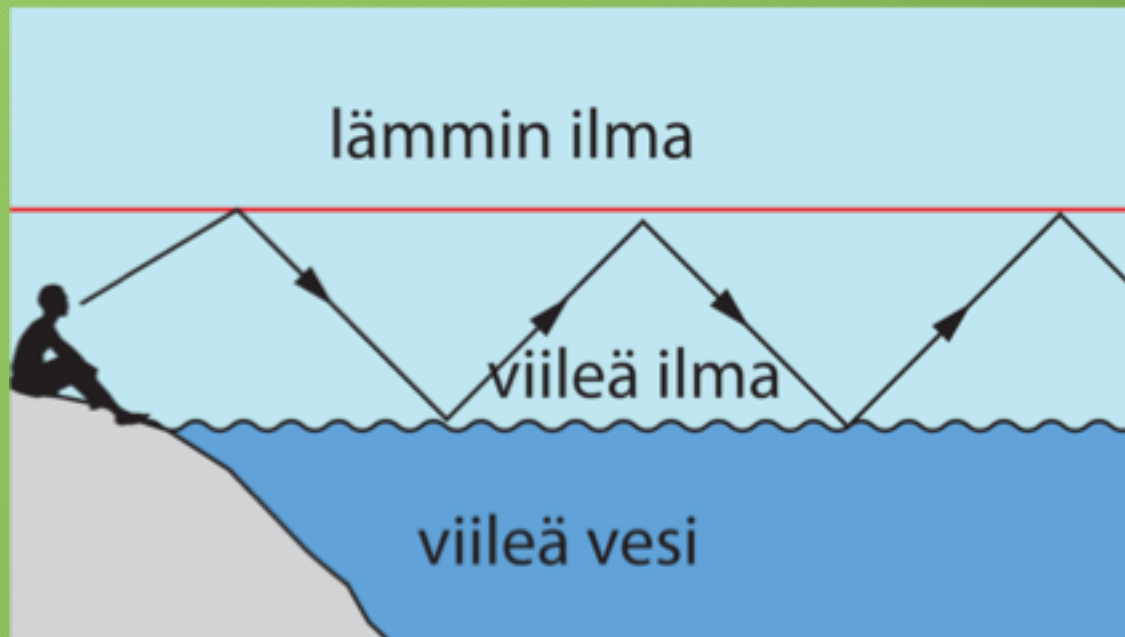
Ääniaallot

- ovat pitkittäistä aaltoliikettä.
- ovat mekaanisen värähtelijän synnyttämiä, joten tarvitsevat väliaineen edetäkseen.
- ovat paineaaltoja, jotka ihmisen korva aistii ääninä tietyillä taajuuksilla.
- kuljettavat energiaa.
- heijastuvat, taittuvat, interferoivat, absorboituvat ja niillä esiintyy diffraktioilmiö.
- noudattaa aaltoliikkeen perusyhtälöä $v = f\lambda$.

- Ääni noudattaa taittumislakia

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{12}$$

- Ääni voi kokonaisheijastua veden ja ilman rajapinnassa ja siten kiiriä kauaskin voimakkaana



Esim. Ääniaalto tulee veden ja ilman rajapintaan. Millä ehdolla tapahtuu kokonaisheijastuminen, kun ilman lämpötila on 0° ja veden 20° ?

Äänen nopeus

- on suurinta kiinteissä aineissa. Kiinteässä aineissa värähtelyt siirtyvät nopeasti molekyylistä toiseen, koska molekyylien välillä on sidos, kun taas kaasussa värähtelyt siirtyvät hitaammin molekyylien satunnaisten törmäysten välityksellä.
- myös lämpötila vaikuttaa äänen nopeuteen.
- Kaasuissa äänen nopeudelle eri lämpötiloissa on voimassa yhtälö

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

- lämpötila kelvineinä ja nopeus m/s.

Dopplerin ilmiö



- Kun äänen lähde on liikkeessä suhteessa kuulijaan, kuulija havaitsee äänen eri taajuudella.
- Jos äänilähde
 - lähestyy kuulijaa, kuultu ääni on alkuperäistä korkeampi (= taajuus on suurempi).
 - menee poispäin kuulijasta, kuultu ääni on alkuperäistä matalampi (= taajuus on pienempi).
- Kun aaltolähde liikkuu, lasketaan taajuus kaavalla

$$f = f_0 \frac{v}{v \pm v_1}$$

f_0 = aaltolähteen taajuus

v = aaltoliikkeen nopeus

v_1 = aaltolähteen nopeus havaitseen nähden

- Kun havaitsija liikkuu ja äänilähde pysyy paikallaan, lasketaan taajuus kaavalla

$$f = f_0 \frac{v \mp v_h}{v}$$

v_h = havaitsijan nopeus

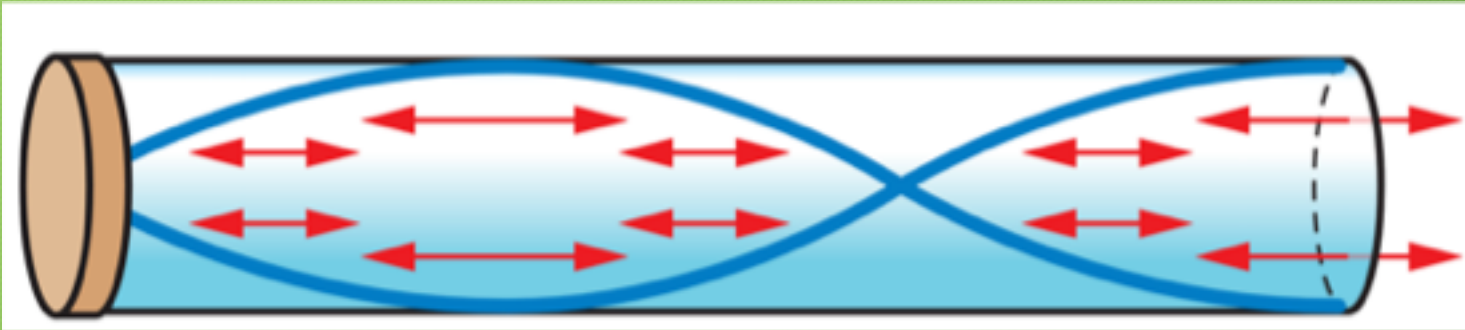
- Ylemmät etumerkit vastaavat tilannetta, jossa havaitsija ja äänilähde etääntyvät toisistaan.
- Alemmat etumerkit vastaavat tilannetta, jossa havaitsija ja äänilähde lähenevät toisiaan.

Esim. Autoilija ajaa nopeudella 100 km/h paikallaan seisovan henkilön ohi soittaen äänimerkkiä, jonka taajuus on 440 Hz. Äänen nopeus ilmassa on 340 m/s. Minkälaisena äänen taajuutena paikallaan oleva henkilö kuulee äänen, kun

- a) auto saapuu kohti liftaajaa
- b) auto etääntyy liftaajasta?

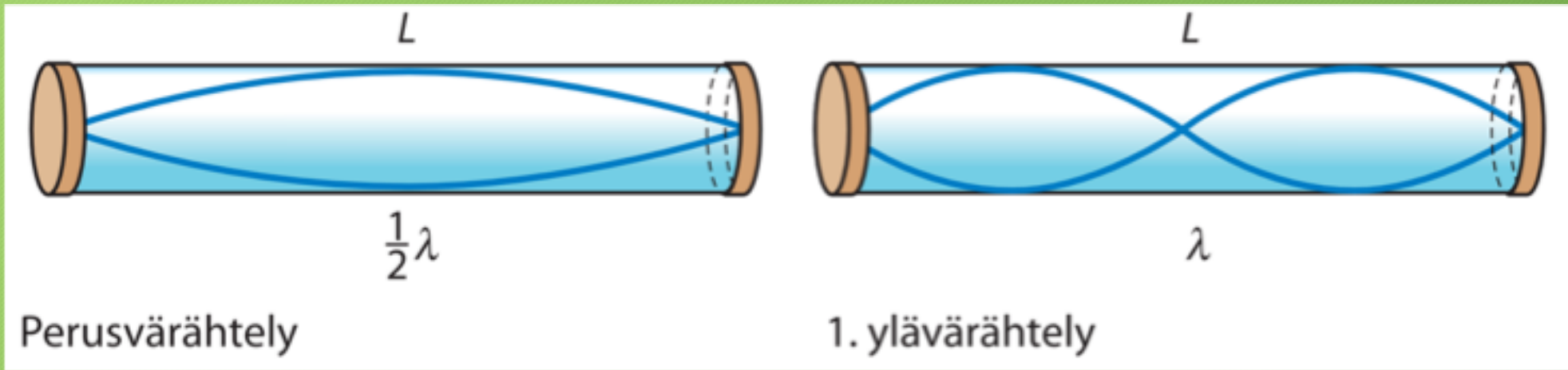
14. Äänen interferenssi

- Ääniaaltojen interferenssiä kuvataan samanlaisilla kuvilla, kuin pitkittäistä aaltoliikettä.



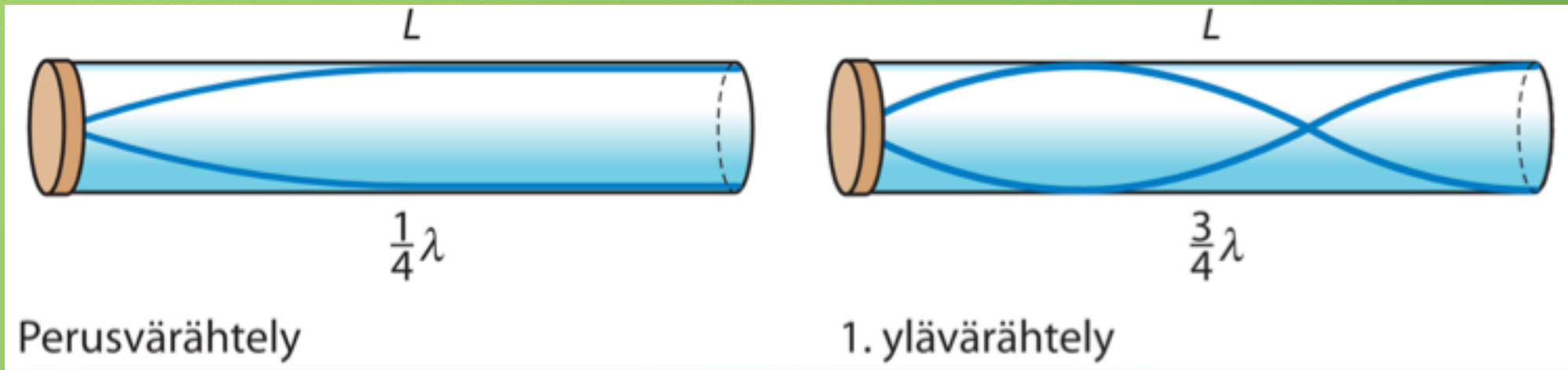
- Kuvun kohdalla väliaineen putken suuntaan tapahtuvat värähtelyt ovat suurimmillaan.
- Solmujen kohdalla ei tapahdu värähtelyä.
- Painevaihtelu on suurinta solmujen kohdalla.

MOLEMMISTA PÄISTÄ SULJETTU PUTKI:



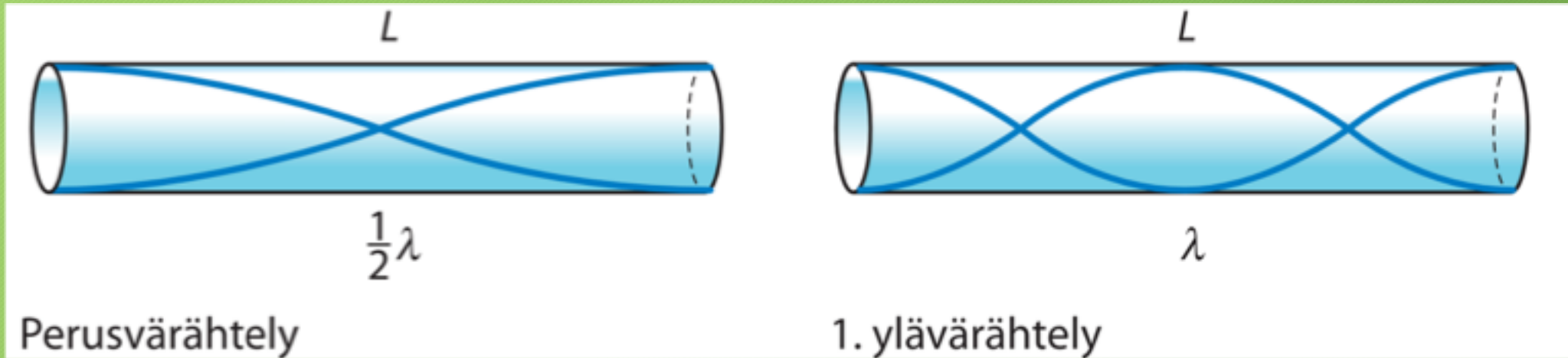
- Molemmista päistä suljettuun putkeen syntyy päihin solmukohtat.
- Perusvärähtelyssä on kaksi solmua ja yksi kupu. Sen aallonpituus on $\frac{1}{2}\lambda$.

TOISESTA PÄÄSTÄ AVOIN PUTKI:



- Jos putki on avoin toisesta päästään, syntyy avoimeen päähän kupu.
- Perustaajuus saadaan, kun aallonpituus on $\frac{1}{4}\lambda$.

MOLEMMISTA PÄISTÄ AVOIN PUTKI:

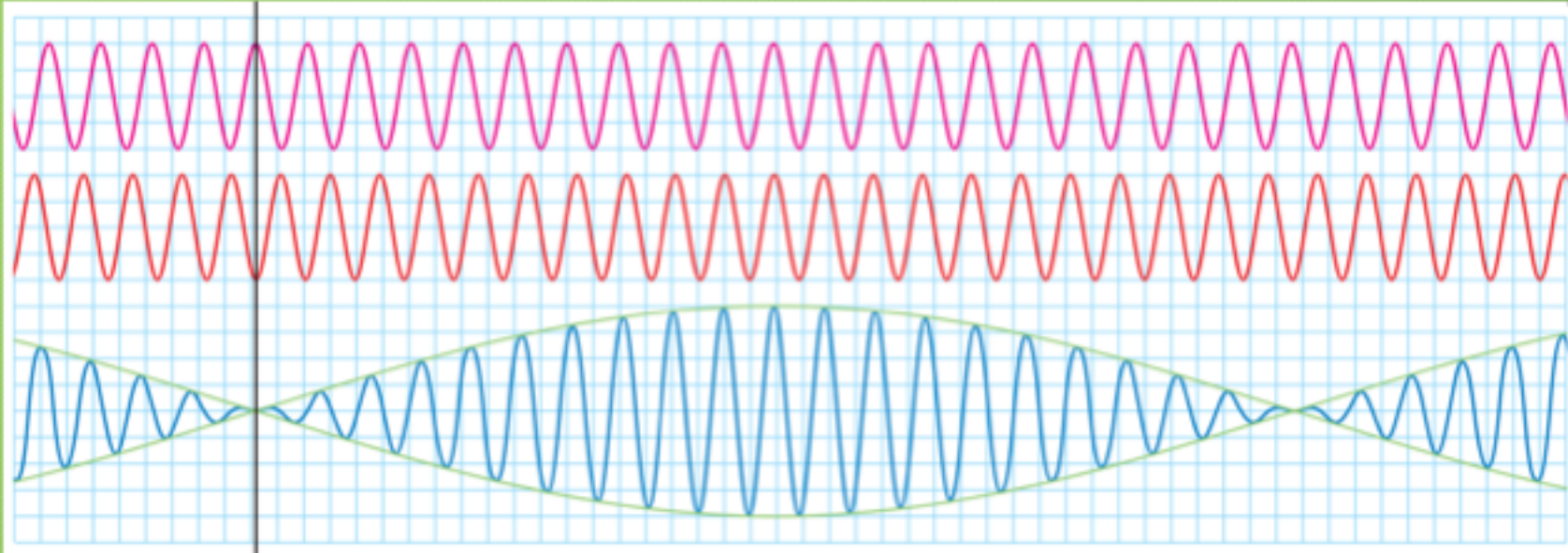


- Molemmista päistä avoimeen putkeen syntyy kumpaankin päähän kupu.
- Perusvärähtelyssä aallonpituus on $\frac{1}{2}\lambda$

Esim. Kummastakin päästä avoimen urkupillin pituus on 0,8m. Laske pillin synnyttämän äänen perustaajuus.

HUOJUNTA:

- Kahden taajuudeltaan hieman toisistaan poikkeavan ääniaallon interferenssiä sanotaan huojunnaksi.



- Sininen aalto on kahden lähes saman taajuisen (punaiset aallot) ääniaallon interferenssi aalto.

- Huojunnassa ääniaaltojen taajuudet ovat niin lähellä toisiaan, ettei niitä voi erottaa eri ääniksi. Huojunnan voi havaita äänenvoimakkuuden vaihtelusta, jos huojuntataajuus on $< 7\text{Hz}$.
- Kahden interferoivan ääniaallon synnyttämän huojunnan taajuus on

$$f = |f_1 - f_2|$$

f_1 ja f_2 ovat alkuperäisten äänten taajuudet.