

1.6 Aaltoilmiöitä

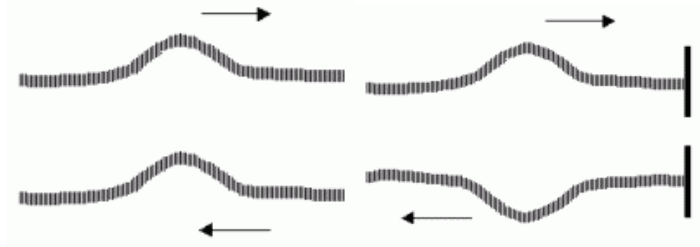
- ▶ Seuraavaksi tarkastelemme aallon käyttäytymistä kahden aineen rajapinnassa.

1.6 Aaltoilmiöitä

- ▶ Seuraavaksi tarkastelemme aallon käyttäytymistä kahden aineen rajapinnassa.
- ▶ Rajapinnassa aalto tai sen osa voi **heijastua** tai **taittua**.

Heijastuminen

- ▶ DEMO: Mekaanisen aallon heijastuminen.
- ▶ Kun pulssi heijastuu *tiheämmästä aineesta* (esimerkiksi jousi kiinnitetty suoraan seinään) tapahtuu puolen aallonpituuden **vaihesiirto** (aallon harja muuttuu pohjaksi jne.)
- ▶ Esimerkki: Mekaanisen aallon heijastuminen harvasta ja tiheästä aineesta:



Heijastuslaki

- ▶ Esimerkiksi Huygensin periaatteesta voidaan johtaa heijastuslaki: jos aallon tulokulma (aallon ja pinnan normaalin välinen kulma) on α , niin heijastuskulma (heijastuneen aallon ja pinnan normaalin välinen kulma) on $\beta = \alpha$ (vrt. kuva).
- ▶ Lisäksi heijastunut ja taittunut aalto sekä pinnan normaali ovat samassa tasossa.
- ▶ "Tavallinen peiliheijastus".

- ▶ Aalto voi myös läpäistä rajapinnan.
- ▶ Rajapinnan läpäisevä aalto säilyttää vaiheensa.
- ▶ Osa aallosta voi myös heijastua.
- ▶ Rajapinnan läpäisseen aallon taajuus säilyy, mutta nopeus, aallonpituus ja amplitudi yleensä muuttuvat.
- ▶ Kts. kuva kirjan sivulla 179.

Taittuminen

- ▶ Tarkastellaan tilannetta, jossa aalto etenee aineessa 1 nopeudella v_1 ja sillä on aallonpituus λ_1 ja taajuus f . Se saapuu aineiden 1 ja 2 väliseen rajapintaan ja taittuu. Taittuneelle aallolle vastaavat suureet ovat v_2 ja λ_2 ja. Merkitään tulokulmaa α_1 :llä ja heijastuskulmaa α_2 :lla. (kts. kuva)
- ▶ Aaltoliikkeen taajuus ei muutu, koska se riippuu vain aaltolähteestä.
- ▶ Kokeellisten havaintojen (ja Huygensin periaatteen!) mukaan aalto noudattaa **taittumislakia**, jonka mukaan aallon tulokulman ja taitekulman sinien suhde on sama kuin aaltojen nopeuksien suhde. Eli:

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

- ▶ Taitesuhde on aineparille ominainen vakio.
- ▶ Myöskin taittumisessa tuleva ja taittunut aalto ovat samassa tasossa.
- ▶ Rajapinnan aineista sitä, jossa aallon nopeus on pienempi, sanotaan **aalto-opillisesti tiheämmäksi**. Toinen aine on **aalto-opillisesti harvempi**.
- ▶ Huomautus: äänen nopeus vedessä on suurempi kuin äänen ilmassa, mutta toisaalta valon nopeus vedessä on pienempi kuin valon nopeus ilmassa!

- ▶ Jos taitesuhde n_{12} on **suurempi kuin yksi**, niin
 - ▶ aalto saapuu aalto-opillisesti harvemmasta aineesta aalto-opillisesti tiheämpään
 - ▶ aallon nopeus pienenee
 - ▶ aaltoliikkeen etenemissuunta kääntyy **pinnan normaaliin päin** ($\alpha_2 < \alpha_1$)
- ▶ Vastaavasti aallon tullessa aalto-opillisesti tiheämmästä aalto-opillisesti harvempaan aineeseen se taittuu **pinnan normaalista poispäin**.

Ääniaalto saapuu ilmasta veteen 30° kulmassa veden pinnan normaaliin nähden.

- ▶ Mikä on taitekulma, kun äänen nopeus ilmassa on 330 m/s ja vedessä 1320 m/s .
- ▶ Osa aallosta myös heijastuu. Mikä on heijastuneen aallon ja pinnan normaalin välinen kulma?
- ▶ Miksi äänen nopeus on vedessä suurempi kuin ilmassa, vaikka olemmehan kaikki huomanneet, kuinka paljon vaikeampaa vedessä liikkuminen on?

Kokonaisheijastuminen

- ▶ Taitekulma α_2 voi olla maksimissaan 90° . Sen jälkeen tapahtuu **kokonaisheijastuminen**.
- ▶ Mahdollinen vain saavuttaessa aalto-opillisesti harvempaan aineeseen (taittuminen pinnan normaalista pois päin).
- ▶ Rajakulma α_r :

$$\frac{\sin \alpha_r}{\sin 90^\circ} = \frac{v_1}{v_2}$$

- ▶ Eli

$$\alpha_r = \sin^{-1} \frac{v_1}{v_2}$$

Seisova aaltoliike

- ▶ Ei etene (=vaihe ei etene).
- ▶ Ei kuljeta energiaa.
- ▶ Heijastuneet aallot interferoivat toiseen suuntaan menevien aaltojen kanssa siten, ettei aalto näytä etenevän.
- ▶ Seisovan aaltoliikkeen pienin taajuus (vain yksi kupu) on **perustaajuus** (f_0) (**perusvärähtely**).
- ▶ Kupujen määrän lisääntyessä taajuus moninkertaistuu ja kyseessä on **ylävärähtely**. Ylävärähtelyn taajuus on perusvärähtelyn taajuuden monikerta ($2f_0$, $3f_0$ jne.)
- ▶ Kiinteämpään aineeseen rajoittuva seisova aaltoliike päättyy solmuun, harvempaan aineeseen rajoittuva kupuun.

Puualustaan on kiinnitetty ohut metallinen sauva, jonka pituus on 25 cm. Aaltoliikkeen nopeuden määrittämiseksi se saatettiin värähtelemään perustaajuudellaan. Värähtelyn synnyttämän äänen (=värähtelijän) taajuudeksi mitattiin $f = 1500$ 1/s.

- ▶ Mikä on aaltoliikkeen etenemisnopeus sauvassa?
- ▶ Mikä on ensimmäisen ylävärähtelyn aallonpituus?