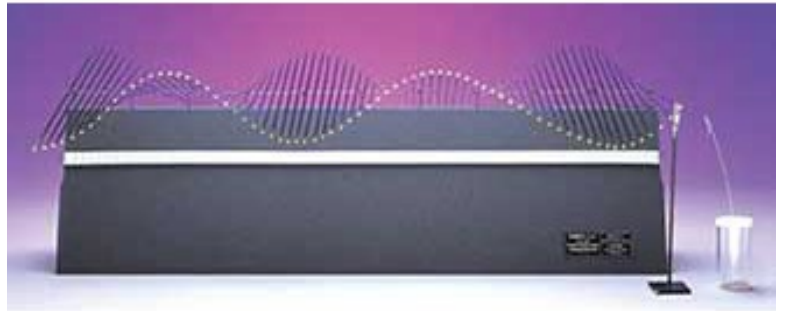


Aaltoliike

Aaltoliikkeen perushahmotus

Värähdysliikkeestä aaltoliikkeeseen.

Tarkastellaan (yksiulotteista) systeemiä jossa on paljon samanlaisia kappaleita, jotka vuorovaikuttavat viereisten kappaleiden kanssa. Esimerkiksi jousilla yhteen kytketyt ilmatyynyradan vaunut, [aaltokone](#). Kun yhtä kappaletta poikkeutetaan tasapainoasemasta, poikkeama etenee systeemissä kappaleesta toiseen. Kierrejousi: ei ole enää erikseen kappaleita ja jousia, vaan systeemin jokainen osa on sekä kappaletta että jousia.



[Aaltokone](#)

Tunnistetaan luonnossa ja laitteissa esiintyviä aaltoliikkeitä. Havaitaan aaltoliikkeen tyypit: pitkittäinen, poikittainen, kierto.

Huomattavaa: viljapellon aaltoilu **ei** ole yllä mainitun kuvauksen mukaista aaltoliikettä, koska viljan korsien välillä ei ole kytkentää joka välittäisi liikkeen korresta toiseen. Jos mennään pellon laitaan ja heilutellaan korsia, pellossa ei lähde etenemään aaltoja. Viljapellossa kulkevalla leikkuupuimurillakaan ei liene nähty keula-aaltoa. Viljan aaltoilu johtuu tuulen pyöriteilystä maanpinnan lähellä.

Aaltoliikkeen käyttäytyminen

Seuraavissa kokeissa aaltoamme on lähes välttämätön. Sen rakenne ja toiminta selviää esimerkiksi [Pascon aaltoammeen](#) käyttöohjeesta.

Aaltoliikkeenkin alkuun saattamiseen tarvitaan poikkeama tasapainoasemasta: jousen pään heilautus, veteen heitetty kivi.

Käyttäytyminen jännitetyllä jousella, aaltokoneella ja vesiaalloilla:

- Aalto etenee homogeenisessa väliaineessa vakionopeudella, joka riippuu ainakin väliaineen tilasta. Aalto heijastuu rajapinnasta.
- Mennessään rajapinnan läpi, aalto muuttaa etenemisnopeuttaan ja etenemissuuntaansa, eli taittuu.
- Vesiaallot taipuvat "kulman taakse".
- Jousessa ja aaltokoneessa eri suuntiin etenevät pulssit summautuvat kohdatessaan, eivätkä vaikuta toistensa etenemiseen.



[Aaltoamme](#)

- Vesiaalloilla kahdesta pistelähteestä tai raosta lähtevät ympyräaallot interferoivat, muodostuu minimejä ja maksimeja. Jos rakoja tai pistelähteitä on paljon, muodostuu tasoaalto => Huygensin periaate: jokainen aaltorintaman piste on alkeisaallon (ympyräaallon) lähde, uusi aaltorintama muodostuu alkeisaaltojen interferoidessa.
- Kun rajapinnasta heijastuva aalto interferoi rajapintaan tulevan aallon kanssa, muodostuu seisova aalto.

Aaltoliikkeen kvantitatiivinen esitys

Aaltokoneen ja videoanalyysin avulla tunnistetaan aaltoliikettä kuvaavat suureet: taajuus (yksittäisen värähtelijän tai väliaineen tietyn kohdan värähdystaajuus), aallon nopeus, aallonpituus. Todetaan aaltoliikkeen perusyhtälö $v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$.

Aaltoliikkeen käyttäytymistä kuvaavia lakeja

Aallon nopeuden riippuvuus taajuudesta vesiaalloille ja kielelle

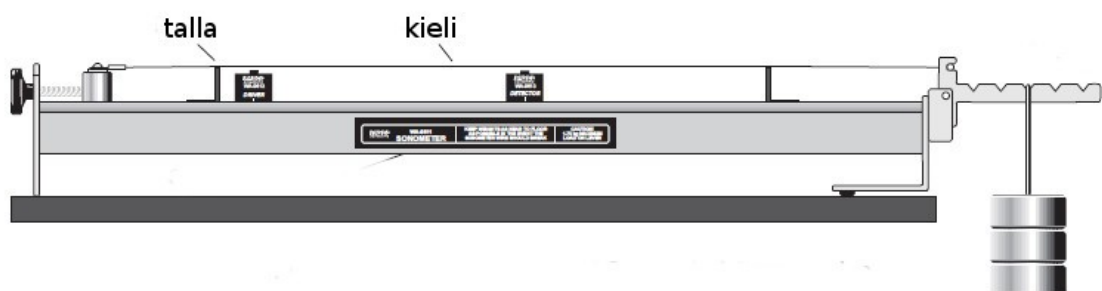
Vesiaallot: varioidaan aallon taajuutta, mitataan aallonpituus (mittaukset videon tai valonlähteen stroboskoopitoiminnon avulla). Piirretään kuvaajaksi aallonpituus jaksonajan funktiona. Jos aaltojen etenemisnopeus olisi vakio, pisteiden pitäisi asettua origon kautta kulkevalle suoralle, mutta näin ei tapahdu. Vesiaalloilla siis aaltojen etenemisnopeus riippuu taajuudesta (aallonpituudesta).

Huom! Jaksoaikaa pitää varioida tarpeeksi laajalla alueella, että epälineaarisuus saadaan näkyviin.

Jännitetty kieli: kielen värähtelyn ominaistaajuuDET vastaavat kielessä eteneviä seisovia aaltoja, joiden aallonpituudet ovat $2/N$ kertaa kielen pituus. Määrittämällä eri aallonpituuksia vastaavia taajuuksia, voidaan myös kielelle piirtää (T, λ) -kuvaaja. Se on origon kautta kulkeva suora, joten aallon etenemisnopeus kielessä ei riipu taajuudesta.

Kielen ominaisvärähtelyjä voidaan tutkia periaatteessa kahdella tavalla:

- Käyttäen vakiopituista kieltä, jonka päätä heilutetaan [sähkömekaanisen värähtelijän](#) ja signaaligeneraattorin avulla niin, että saadaan näkyviin kielen eri ominaisvärähtelyt ja niitä vastaavat aallonpituudet.
- [Sonometrillä](#), joka on eräänlainen yksikielinen sähkökitara. Laitteessa varioidaan kielen pituutta, ja näpätään kieli värähtelemään kutakin pituutta vastaavalla perustaajuudella. Värähtelyn taajuus mitataan tietokoneella tai oskilloskoopilla.



Sonometri

- Kitaralla tms. kielisoittimella. Äänen taajuuden mittaaminen mikrofoniin ja tietokoneella / oskilloskooppilla. Äänen värähtelyluonne pitää olla tunnettu.

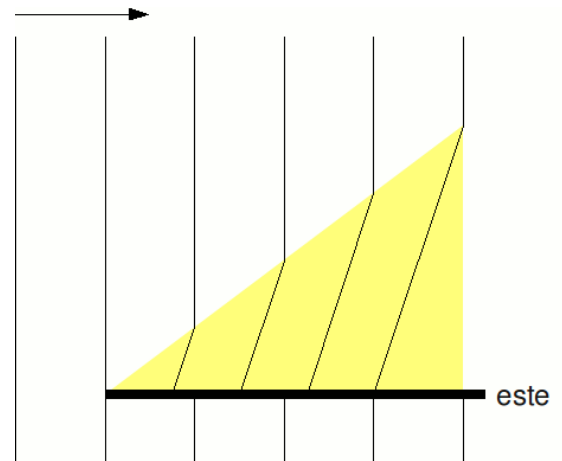
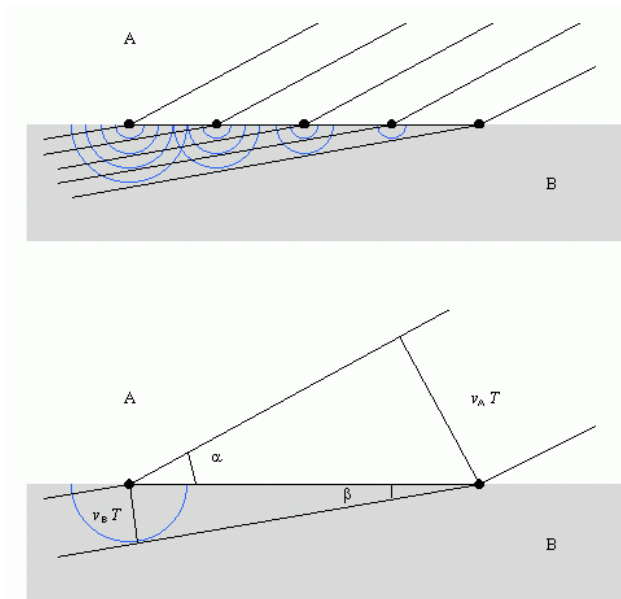
Heijastumisen, taittumisen ja taipumisen lait

Välineenä aaltoamme, mittaukset videoanalyysillä tai valonlähteen stroboskooppitoiminnolla.

Heijastumislaki: rajapintana veden pinnan yläpuolelle ulottuva este. Todetaan että tulokulma ja heijastuskulma ovat yhtä suuret.

Taittuminen: rajapintana veden syvyyttä madaltava este. Aaltorintama tulee vinosti rajapintaan. Havaitaan nopeuden hidastuminen, aallonpituuden lyheneminen ja kulkusuunnan muutos. Taitekulma riippuu tulokulmasta. Riippuvuuden muotoa ei voi rehellisesti arvata, mutta Huygensin periaate antaa

ennusteen $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_A}{v_B} = \text{vakio}$. Testataan ennusteen paikkansapitävyys. Käytettävissä olevalla laitteistolla tulokulman variointi on hankalaa, joten mittaus yhdellä kulmalla riittää.

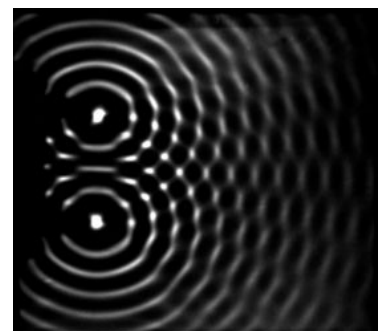


Huygensin periaate. Kun väliaineesta A tulevat aaltorintamat osuvat rajapintaan, sen jokainen piste on palloaallon lähde. Interferoidessaan nämä palloaallot muodostavat aaltorintamia väliaineeseen B. Koska aaltoliikkeellä on B:ssä pienempi nopeus kuin A:ssa, aallonpituus ja etenemissuunta muuttuvat.

Vesiaaltojen taittuminen ammetta madaltavan kappaleen päällä.

Pinnan yläpuolelle ulottuva este estää aaltojen pääsyn kappaleen päälle väärältä puolelta.

Taipuminen: vesiaallot, kaksoisvärähtelijä (samassa vaiheessa) tai kaksoisrako. Havaitaan syntyvän interferenssikuvio, jossa on amplitudin minimien ja maksimien muodostamia käyriä. Esikvantifiointia: miten minimi- ja maksimikäyrien suunnat riippuvat aallonpituudesta ja värähtelijöiden välimatkasta. Lait: jokaisesta maksimikäyrän pisteestä värähtelijöihin mitattujen etäisyyksien erotus on monikerta kokonaisista aallonpituuksista. Jokaisesta minimikäyrän pisteestä värähtelijöihin mitattujen etäisyyksien erotus on pariton monikerta aallonpituuden puolikkaita.



Aaltoliikkeen nopeus jännitetyssä kielessä: riippuvuudet

Käytetään sonometria, varioidaan kielen ja sen tilan ominaisuuksia (pituusmassa, jännitysvoima).

Havaitaan että aallon nopeus on verrannollinen kielen jännityksen neliöjuureen ($v \propto \sqrt{F}$) ja kääntäen verrannollinen kielen pituusmassan neliöjuureen ($v \propto \frac{1}{\sqrt{\rho}}$).