

Aallot

- 7. Harmoninen voima
- 8. Värähdysliike
- 9. Mekaaninen aaltoliike
- 10. Aaltojen heijastuminen ja taittuminen
- 11. Aaltojen yhteisvaikutus
- 12. Seisova aaltoliike

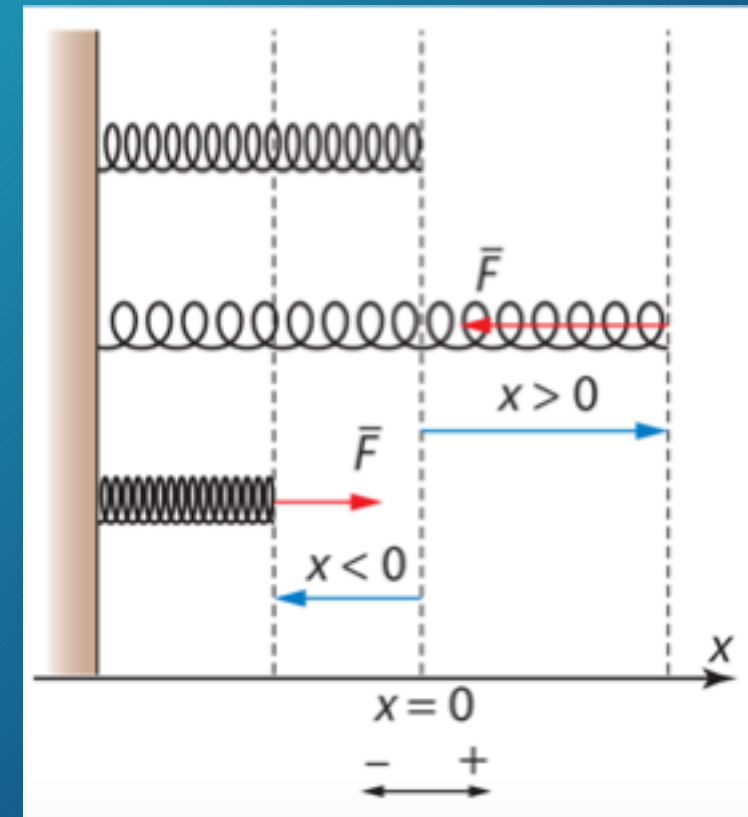
7. Harmoninen voima

- Voima on harmoninen jos
 - se suuntautuu kohti kappaleen tasapainoasemaa
 - sen suuruus on suoraan verrannollinen poikkeamaan tasapainoasemasta
- Jousivoima \vec{F} on harmoninen, jolla kappale vastustaa venyttämistään ja kokoonpuristamistaan

$$\vec{F} = -k\vec{x}$$

k = jousivakio

\vec{x} = poikkeama tasapainoasemasta



- Poikkeama on positiivinen, kun joustaa venytetään.
- Poikkeama on negatiivinen, kun joustaa puristetaan.
- Miinusmerkki jousivoiman yhtälössä ilmaisee, että jousivoima ja poikkeama ovat vastakkaisuuntaisia.
- Jousivakio k kuvaa jousen jäykkyyttä. Mitä jäykempi jousi, sitä suurempi jousivakio.
- Jos joustaa venytetään liikaa, voi siinä tapahtua rakenteellisia muutoksia ja jousivoima ei enää ole harmoninen voima.

Esimerkkejä

1) Fysiikan tunnilla tutkittiin jousen venymää erimassaisilla punnuksilla. Mittaustulokset taulukoitiin ja laskettiin jousivoima. Määritä jousen jousivakio.

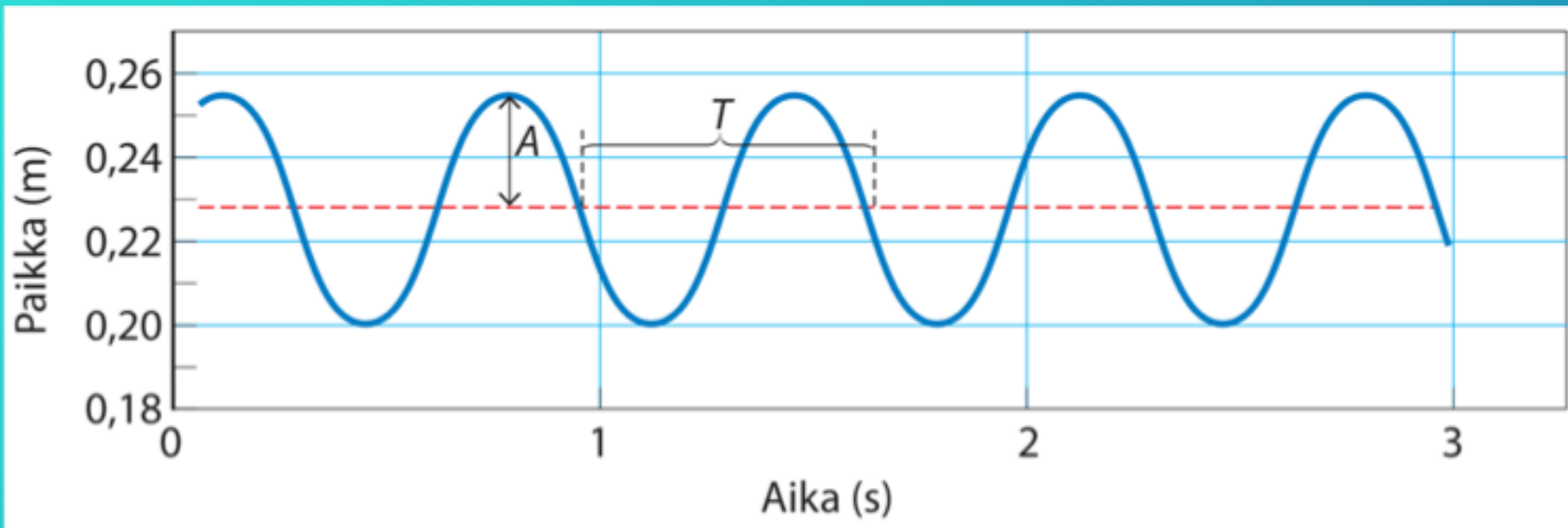
x (m)	F(N)
0,0	0,0
0,055	0,5
0,096	0,76
0,124	0,96
0,163	1,12
0,193	1,38

2)

- a) Ripustetaan jousen päähän punnus, jonka massa on 150 g. Tällöin jousi venyy 12,3 cm. Mikä on jousen jousivakio?
- b) Kuinka paljon jousi venyy, jos kuormittamatonta joustta venytetään 2,3 N voimalla?

8. Värähdysliike

- Värähtely on liikettä, jossa värähtelijän etäisyys tasapainoasemastaan vaihtelee jaksollisesti.
- Harmonisen voiman ylläpitämää liikettä sanotaan harmoniseksi värähdysliikkeeksi.
Esim. Jousen varassa värähtelevä punnus.
- Jaksonaika (värähdysaika) T on värähtelijän edestakaiseen heilahdukseen (värähdykseen) kulunut aika.

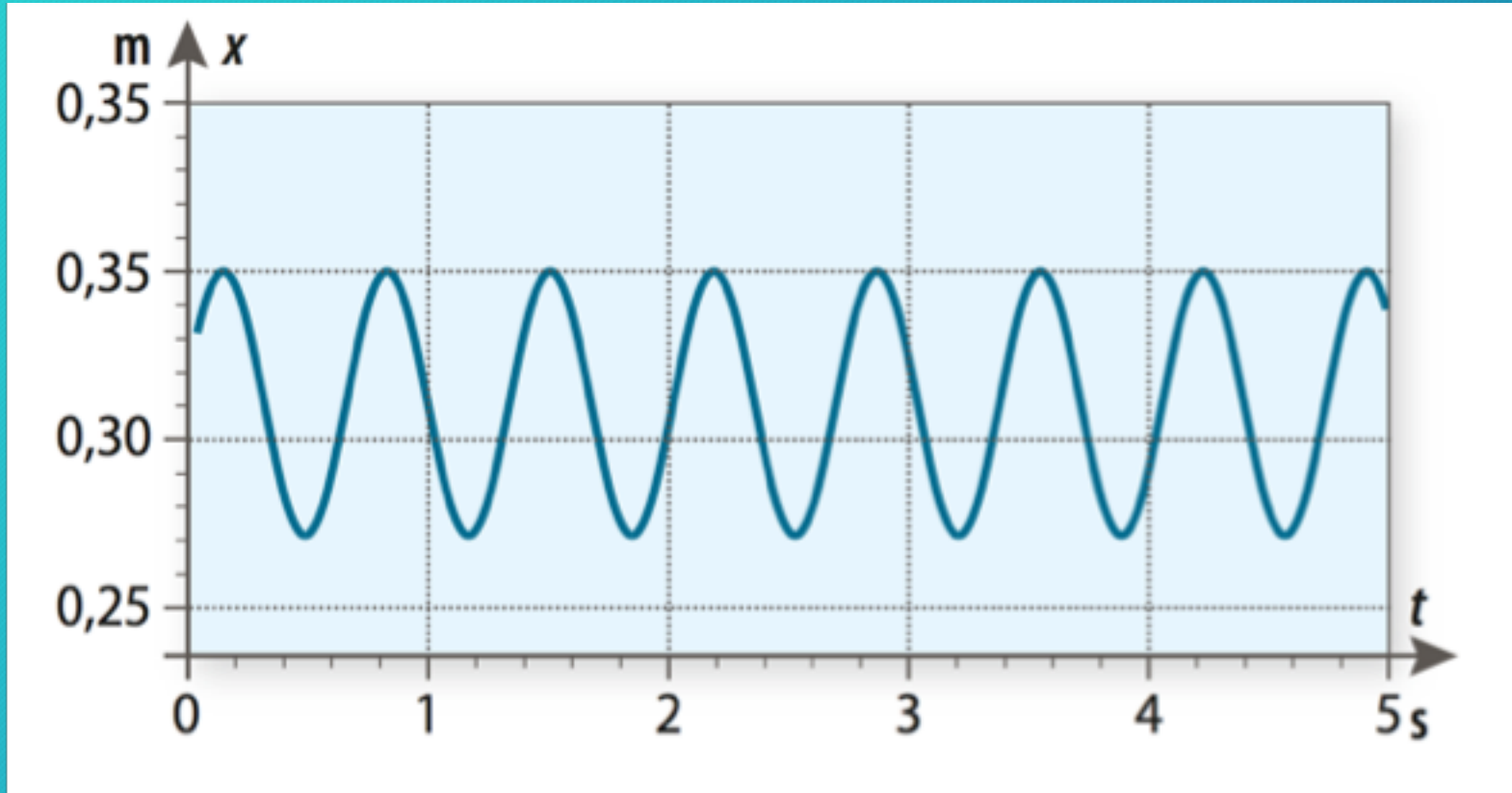


- Punnuksen suurinta poikkeamaa tasapainoasemastaan sanotaan amplitudiksi A .
- Taajuus (frekvenssi) f on värähdysliikkeen jaksonajan käänteisarvo:
$$f = \frac{1}{T}$$
- Amplitudin suuruus ei vaikuta harmonisen värähtelijän taajuuteen.

Esim. Määritä kuvaajan perusteella värähtelijän

a) amplitudi

b) jaksonaika ja taajuus.



VÄRÄHTELYN JAKSONAIKA:

- Jaksonaika voidaan laskea kappaleen massan m ja jousen jousivakion k avulla

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

- Mitä jäykempi jousi on, sitä lyhyempi on sen aiheuttaman värähtelyn jaksonaika.

OMINAISTAAJUUS JA RESONANSSI:

- Ominaistaajuus on taajuus, jolla tasapainosta poikkeutettu värähtelijä värähtelee päästessään värähtelemään vapaasti.
- Jos ulkoinen voima vaikuttaa kappaleeseen sen ominaistaajuudella, syntyy resonanssi ja kappale alkaa värähdellä.

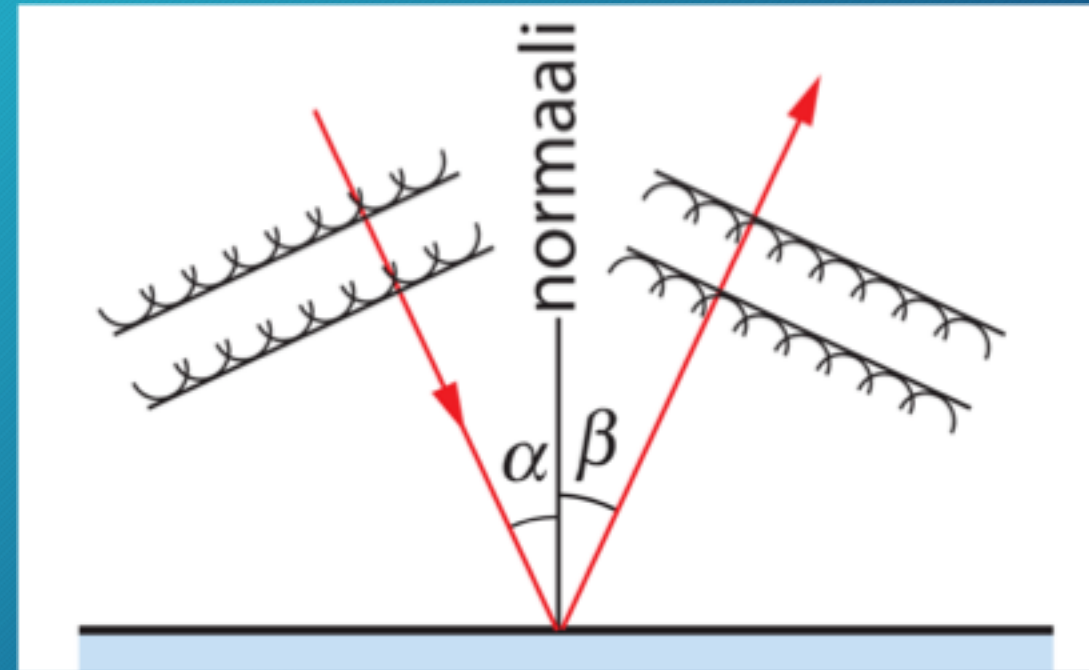
Esim. Jousen päähän ripustetaan punnus, jonka massa on 250 g. Jousi laitetaan värähtelemään. Laske värähtelyn jaksonaika ja taajuus, kun jousen jousivakio on 17 N/m.

9. Mekaaninen aaltoliike

Ryhmätyö...

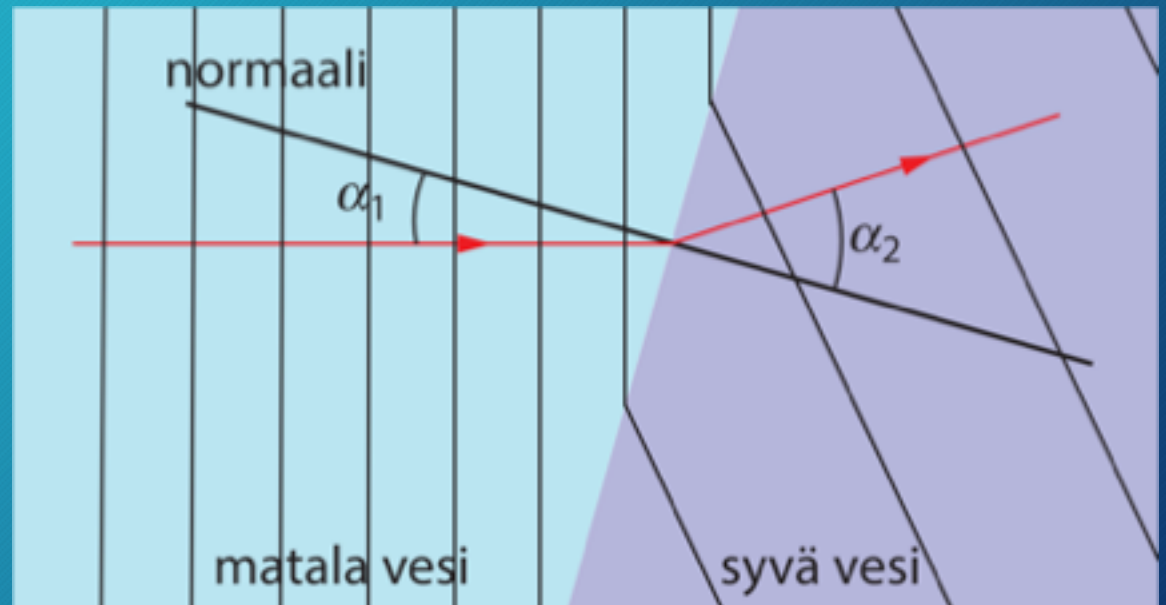
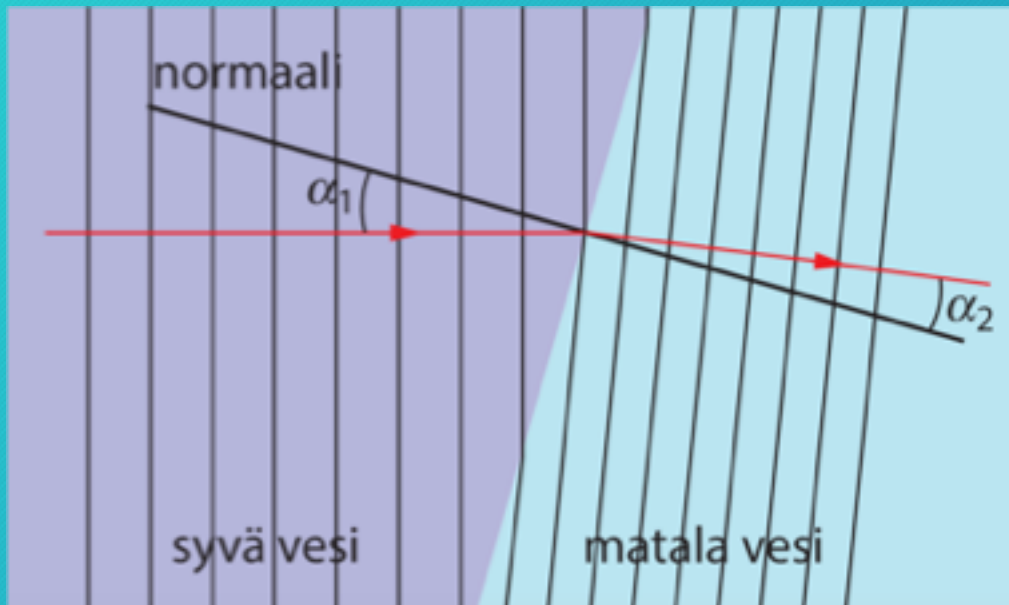
10. Aaltojen heijastuminen ja taittuminen

- Aaltoliikkeen kohdatessa kahden aineen rajapinnan tapahtuu (yleensä) heijastumista ja taittumista.
- Aaltoliikkeen käyttäytymisessä tutkitaan tavallisesti aaltoliikkeen etenemissuunta eli säteitä.
- Kun vinosti rajapintaan tuleva tasoaalto heijastuu rajapinnasta, tulokulma ja heijastuskulma ovat yhtä suuret.
- Tulokulma α = Heijastuskulma β



Aaltojen tahtuminen

- Aaltoliikkeen suunnan muuttumista rajapinnassa sanotaan tahtumiseksi



- Jos aaltojen etenemisnopeus kasvaa aaltojen mennessä rajapinnan yli, aallot taittuvat normaalista poispäin.
- Jos aaltojen etenemisnopeus pienenee aaltojen mennessä rajapinnan yli, aallot taittuvat normaaliin päin.
- Etenemisnopeus pienempi → aalto-opillisesti tiheämpi aine
- Etenemisnopeus suurempi → aalto-opillisesti harvempi aine
- HUOM! Taajuuden määrittää aaltolähde, joten se ei muutu aineiden rajapinnassa, mutta nopeus ja aallonpituus muuttuu

Taittumislaki

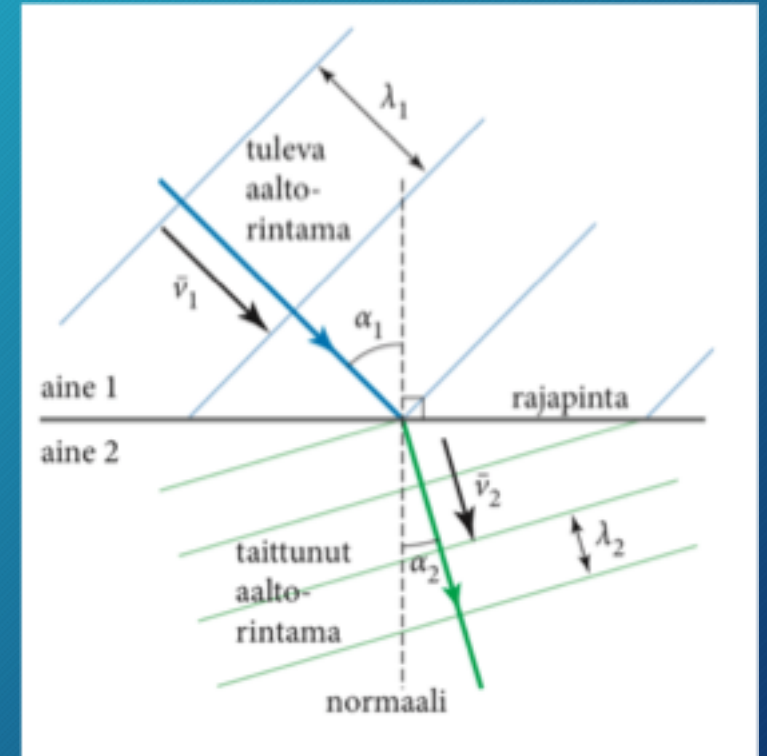
$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{12}$$

n_{12} = taitesuhde

- Kokonaisheijastuminen voi tapahtua, kun aalto tulee aalto-opillisesti tiheämmästä aineesta harvempaan aineeseen.
- $\alpha_2 = 90^\circ$, jolloin taittumislaki on

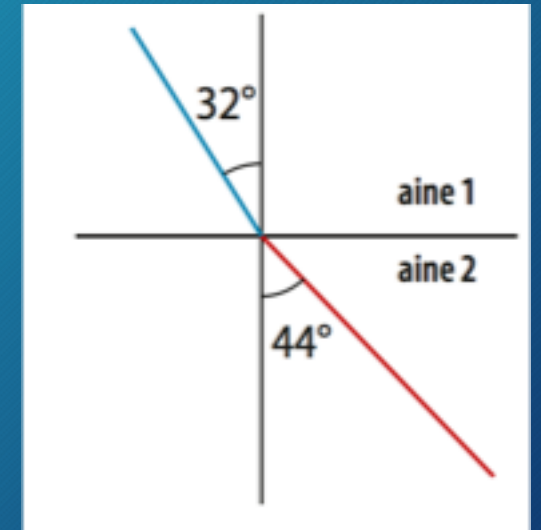
$$\sin\alpha_r = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{12}$$

α_r = kokonaisheijastuksen rajakulma



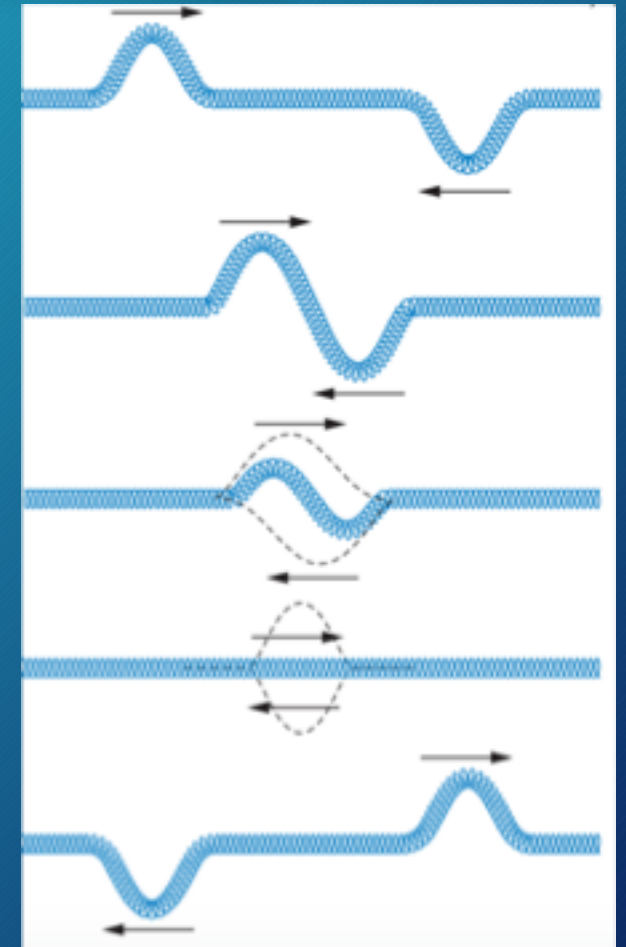
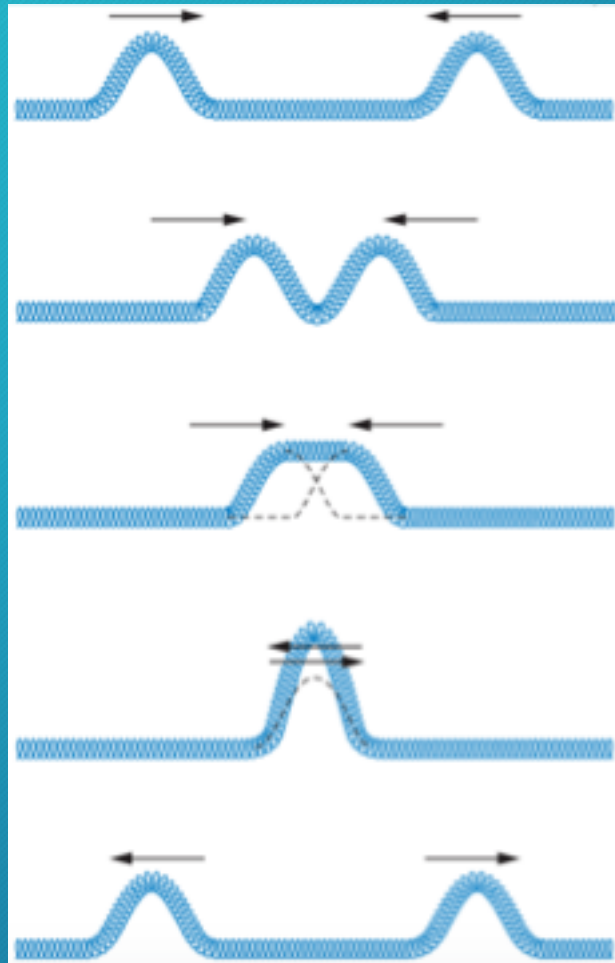
Esimerkki

Aaltoliike saapuu kahden aineen rajapintaan kuvan mukaisesti. Aallonpituus aineessa 1 on 2,3m ja nopeus 4,0 m/s. Laske aallonpituus ja nopeus aineessa 2.

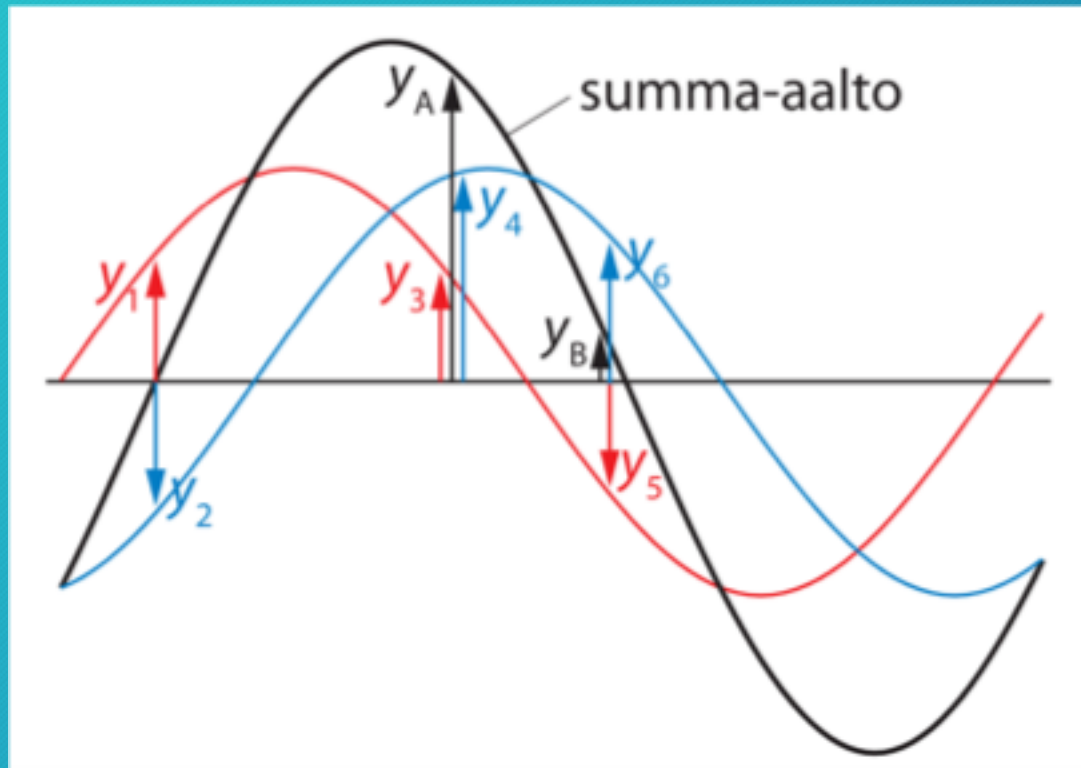


11. Aaltojen yhteisvaikutukset

- Kun pulssit kohtaavat toisensa ne joko heikentävät tai vahvistavat toisiaan.
- Toisiaan vahvistavat pulssit poikkeavat ”kohtaamispaikassa” samaan suuntaan.
- Toisiaan heikentävät pulssit poikkeavat vastakkaisiin suuntiin.

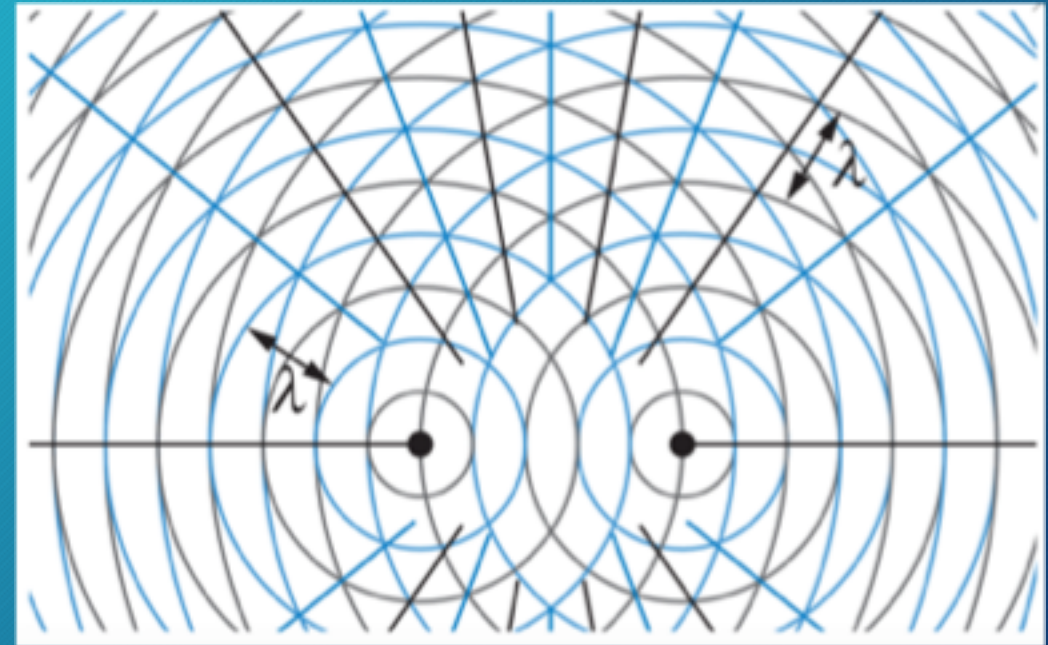


- Kohtaamisen jälkeen pulssit jatkavat muuttumattomina.
- Aaltojen yhteisvaikutusta sanotaan interferenssiksi.
- Jokaista aaltoa tarkastellaan itsenäisenä yksikkönä, joka jatkaa kohtaamisen jälkeen alkuperäiseen suuntaan alkuperäisen muotoisena. =superpositioperiaate (yhteenlaskuperiaate)

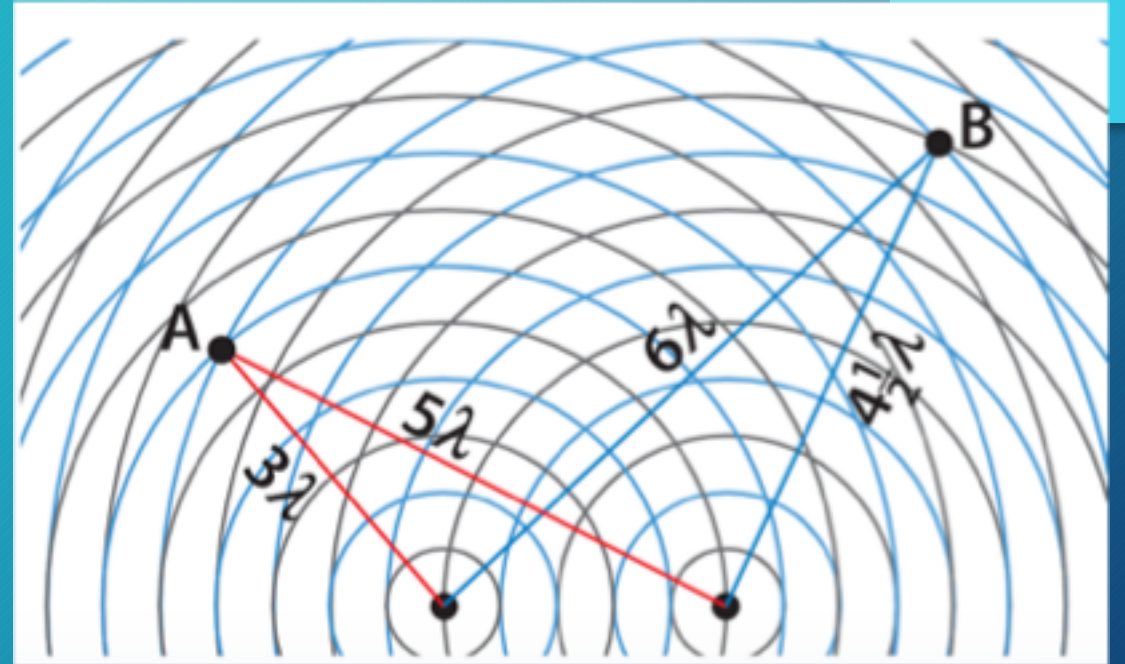
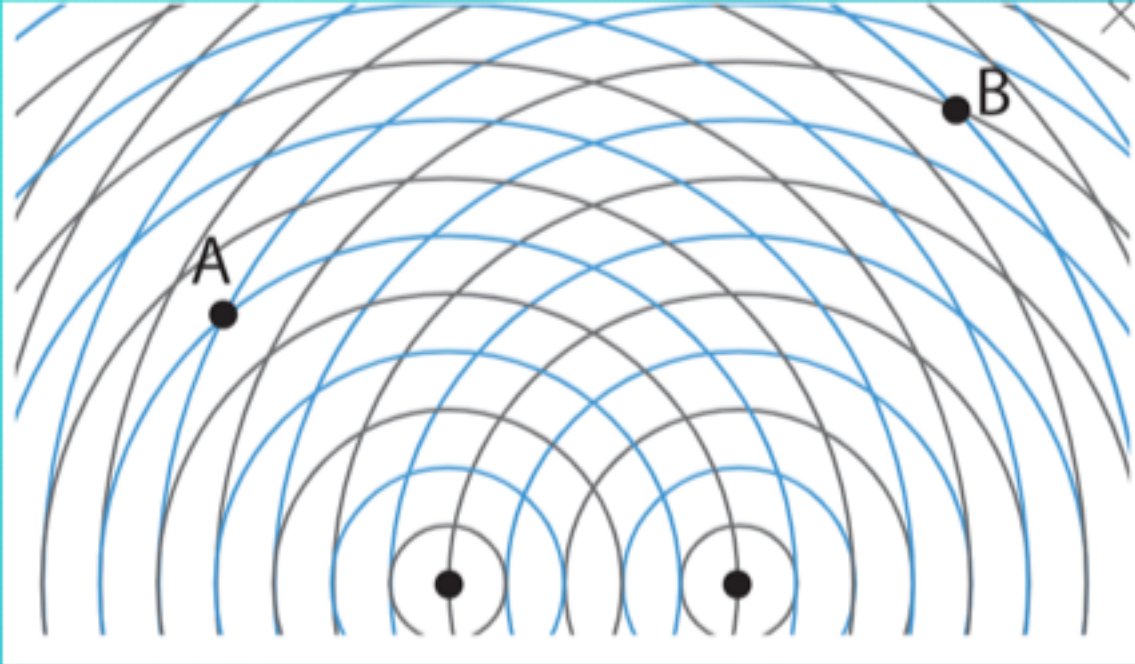


AALTOJEN MATKAERON VAIKUTUS INTERFERENSSIIN:

- Siniset ympyrät ovat aallon huippuja
- Mustat ympyrät ovat aallonpohjia.
- Samassa vaiheessa olevat aallot vahvistavat toisiaan maksimaalisesti. (siniset viivat)
 - matkaero $x = n\lambda$
- Vastakkaisessa vaiheessa olevat aallot heikentävät toisensa. (mustat viivat)
 - matkaero $x = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda$



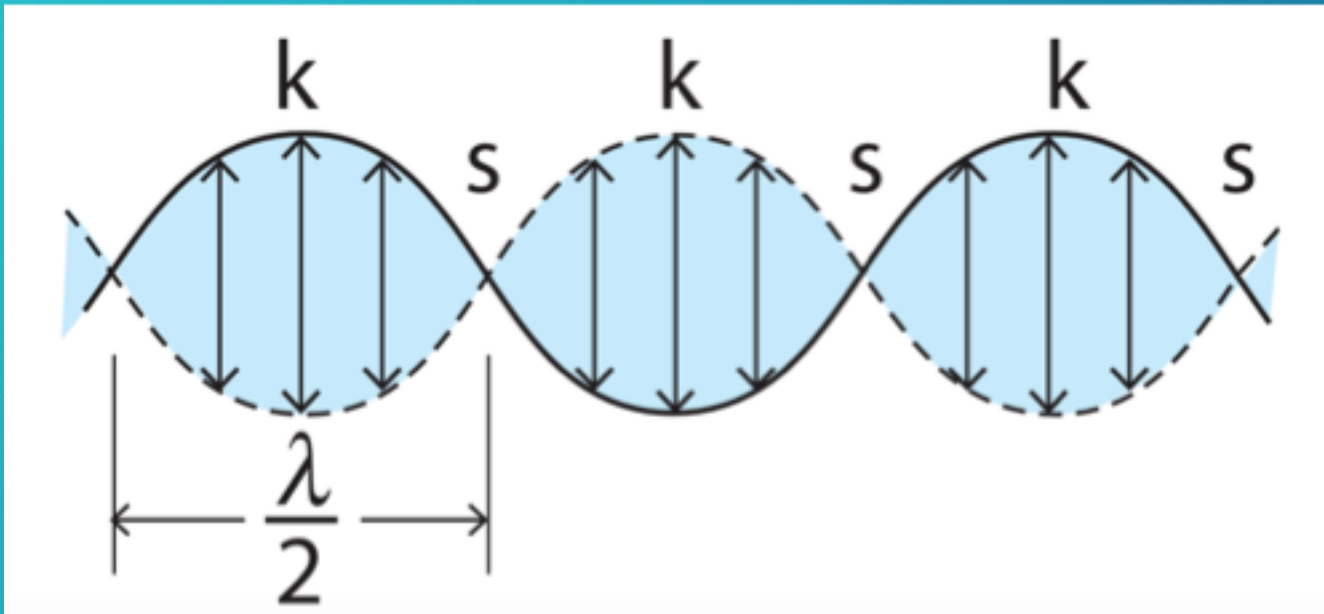
Esim. Vahvistuvatko vai heikentyvät aallot pisteissä A ja B?



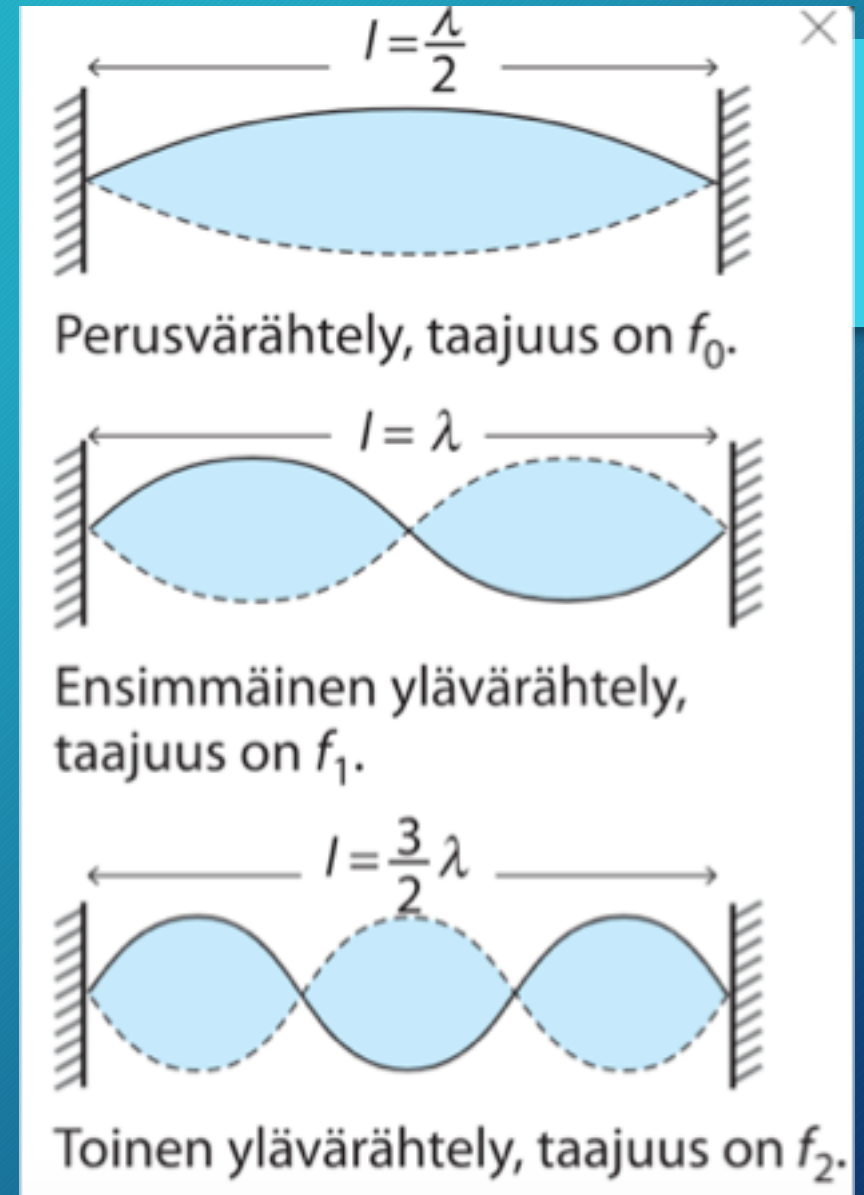
Pisteessä A aallot vahvistavat toisiaan ja pisteessä B heikentävät.

12. Seisova aaltoliike

- Seisova aalto syntyy, kun vastakkaisiin suuntiin etenevät aallot interferoivat.
- Seisova aalto koostuu paikallaan pysyvistä kuvuista ja solmuista



- Värähtelevällä jännitetyllä kielessä on useita ominaisvärähtelytaajuuksia.
- Perusvärähtelyssä on yksi kupu ja solmut kielen päissä.
- Kupujen määrän lisääntyessä värähtelyn taajuus kasvaa ja värähtelyä sanotaan ylävärähtelyksi.
- Ylävärähtelyissä kielen päissä on solmut ja keskellä yksi tai useampia kupuja.



Esimerkki

Jännitettyyn kumilankaan syntyy kuvanmukainen seisova aaltoliike. Seinämien etäisyys toisistaan on 1,2m.

- a) Kuinka monta kupua ja solmua seisovassa aallossa on?
- b) Mikä on interferoivien aaltojen aallonpituus?
- c) Mikä on aaltojen etenemisnopeus, kun taajuus on 18 Hz?

