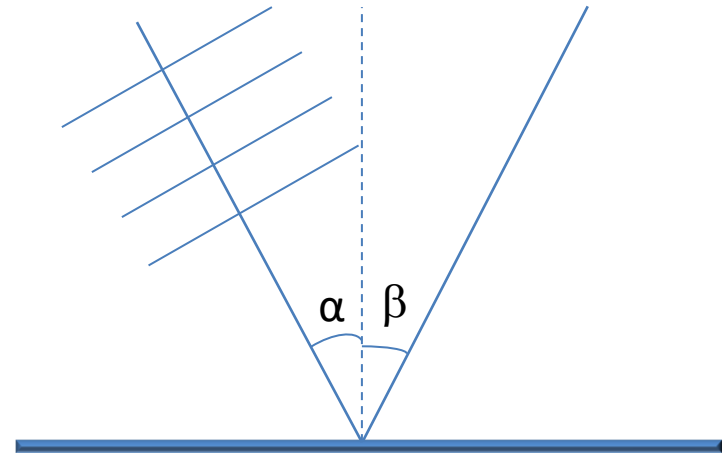


Aaltojen heijastuminen

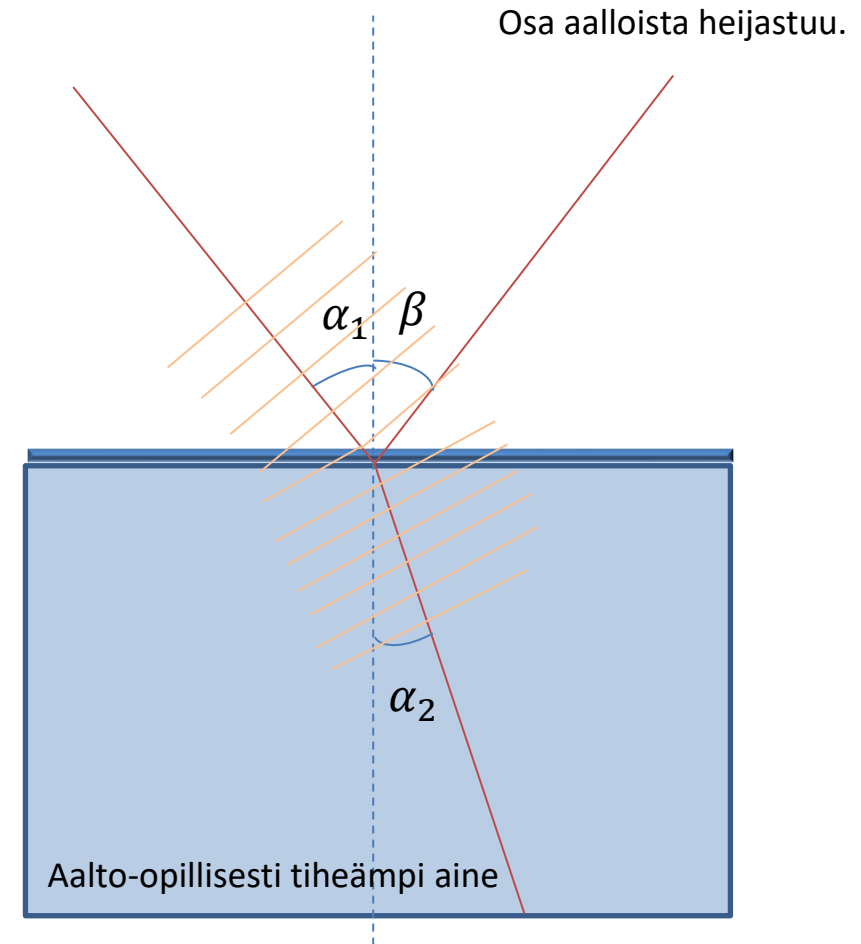
- Aaltorintaman etenemistä kuvataan säteillä, jotka osoittavat aaltorintaman etenemissuunnan.
- Aaltorintaman pientä osaa (kaukana aaltolähteestä) voidaan aina käsitellä tasoaaltona.
- Heijastumislaki:
 - Tasoaallon heijastuessa rajapinnassa tulokulma α ja heijastuskulma β ovat yhtä suuret eli $\alpha = \beta$.



Kulmat määritetään aina pinnan normaaliin nähden.

Aaltojen taittuminen

- Aaltoliike taittuu läpäistessään viistosti kahden aineen rajapinnan.
- Taittuminen johtuu aaltoliikkeen erilaisista nopeuksista eri aineissa.
 - Aaltorintaman reunat etenevät eri nopeuksilla, kun aaltorintama on osittain ylittänyt rajapinnan.
 - Ainetta, jossa aaltoliike kulkee hitaammin, kutsutaan *aalto-opillisesti tiheämmäksi aineeksi*. (*aalto-opillisesti harvempi aine*, jos aalto kulkee nopeammin.)

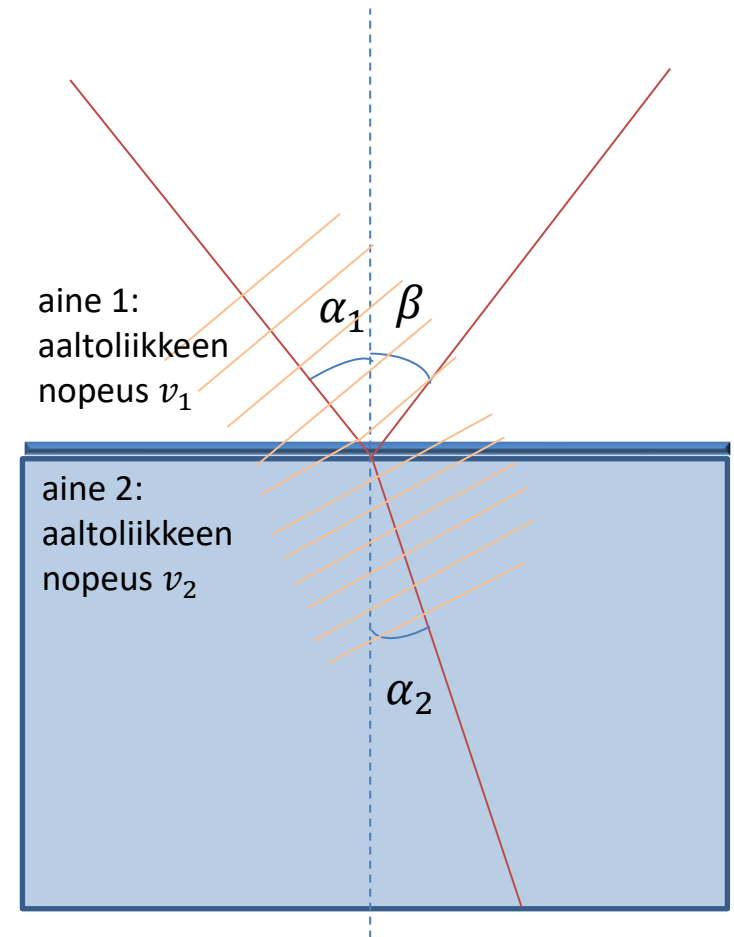


Taittumislaki

- Aallon tulokulman α_1 ja taitekulman α_2 sinien suhde on aaltojen nopeuksien suhde:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

- Taittuessa aaltoliikkeen taajuus f ei muutu.
- Aaltoliikkeen perusyhtälön $v = \lambda f$ mukaisesti aallon nopeuden v muuttuessa myös aallonpituus λ muuttuu samassa suhteessa.



- Taantumislaki voidaan siis kirjoittaa muotoon

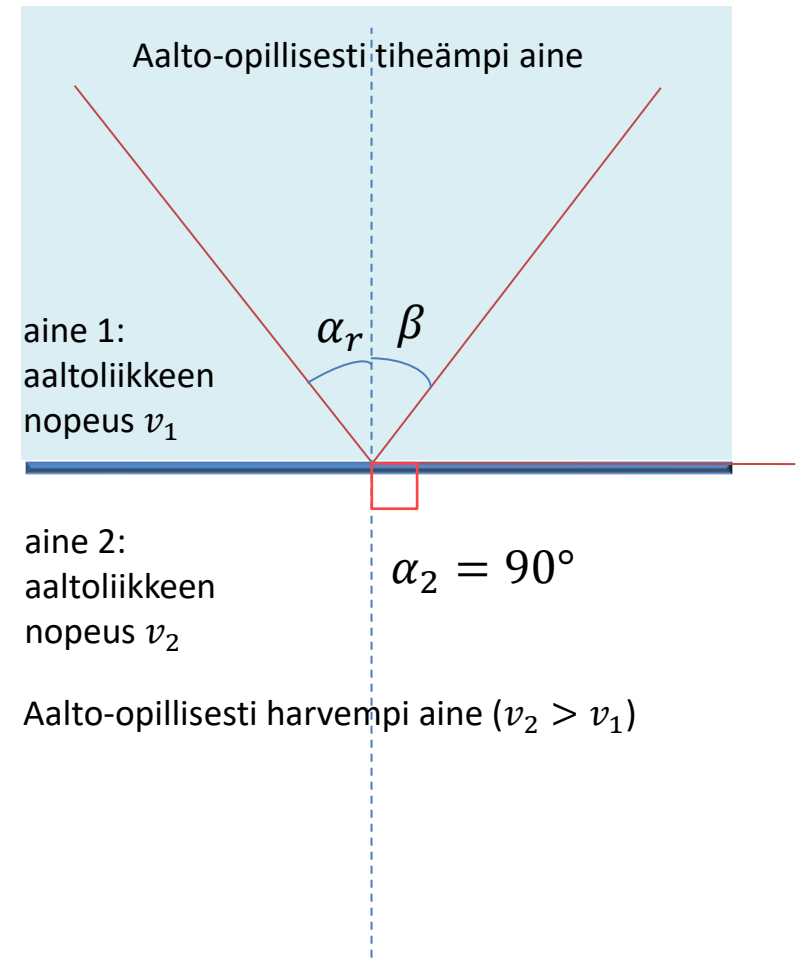
$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{12}$$

- Tässä n_{12} on aineparille ominainen vakio, *taitesuhde*.
- Aalto-opillisesti harvemmasta aineesta tiheämpään tultaessa taitesuhde > 1 .
 - Aallon nopeus pienenee.
 - Aalto taittuu normaalia kohti (ks. edellisen dian kuva).
 - Esimerkkinä valon kulku ilmasta veteen.
- Aalto-opillisesti tiheämmästä aineesta harvempaan tultaessa taitesuhde < 1 .
 - Aallon nopeus suurenee.
 - Aalto taittuu normaalista poispäin.
 - Esimerkkinä äänen kulku ilmasta veteen (tai valon kulku vedestä ilmaan).

Kokonaisheijastuminen

- Kun aalto tulee aalto-opillisesti tiheämmästä aineesta harvemman aineen rajapintaan, niin taitekulma on suurempi kuin tulokulma.
- Tulokulmaa suurennettaessa myös taitekulma suurenee.
- Lopulta rajatilanteessa taitekulma on 90° ja taittunut aalto kulkee pitkin rajapintaa.
- Tämän jälkeen *kaikki säteet heijastuvat*, jolloin puhutaan *kokonaisheijastuksesta*.
- Kokonaisheijastuksen rajakulma α_r saadaan taittumislain avulla:

$$\frac{\sin \alpha_r}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin \alpha_r}{1} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{eli} \quad \boxed{\sin \alpha_r = \frac{v_1}{v_2}}$$



t. 11.3, s. 156

a) Heijastumlain mukaisesti heijastuskulma on sama kuin tulokulma eli $\alpha_1 = \beta = 33^\circ$ (pinnan normaaliin nähden).

b) Taittumislain mukaan $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}$, josta saadaan taitekulman sini:

$$\sin \alpha_2 = \frac{v_2}{v_1} \cdot \sin \alpha_1 = \frac{1\,500 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5\,100 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot \sin 33^\circ \approx 0,16019$$

Taitekulma $\alpha_2 \approx 9,2^\circ$.

$$v1 := \frac{5100 \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad 5100 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v2 := \frac{1500 \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad 1500 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{solve}\left(\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)} = \frac{v_1}{v_2}, \alpha_2\right) \mid 0 < \alpha_2 < 90$$

$$\alpha_2 = 9.21780576131$$

