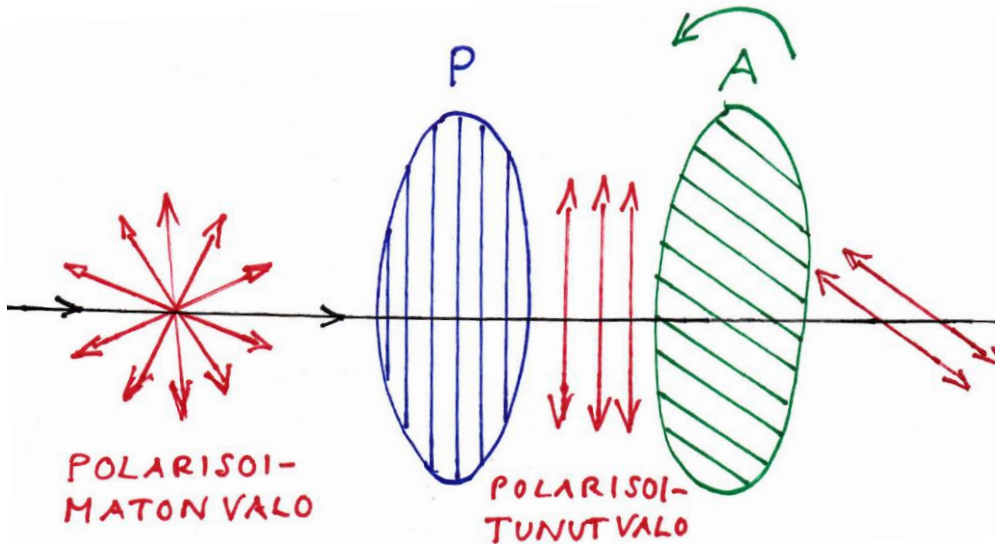


P O L A R I S A A T I O

VALON POLARISAATIO

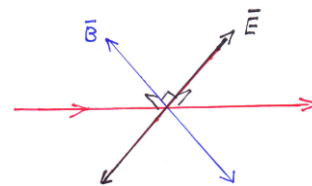
= ilmiö, jossa valon sähkökentän värähtelyt tapahtuvat vain yhdessä tasossa (= polarisaatiotasossa) kohtisuorasti etenemissuuntaa vastaan



Kuva 1. Valon polarisoituminen. P = polarisaattori, A = analysaattori (kierrettävä).

Polarisoimaton valo on valoa, jossa sähkökenttä värähtelee kaikissa suunnissa kohtisuorasti valon etenemissuuntaa vastaan.

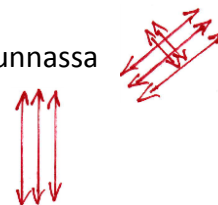
Valo on sähkömagneettista poikittaista aaltoliikettä (MAOL s. 88(87)), joka etenee valon nopeudella $3,0 \cdot 10^8$ m/s ja jossa sähkö- ja magneettikenttä värähtelee kohtisuorasti toisiaan ja etenemissuuntaa vastaan (kuva 2).



Kuva 2. valon värähtelyt

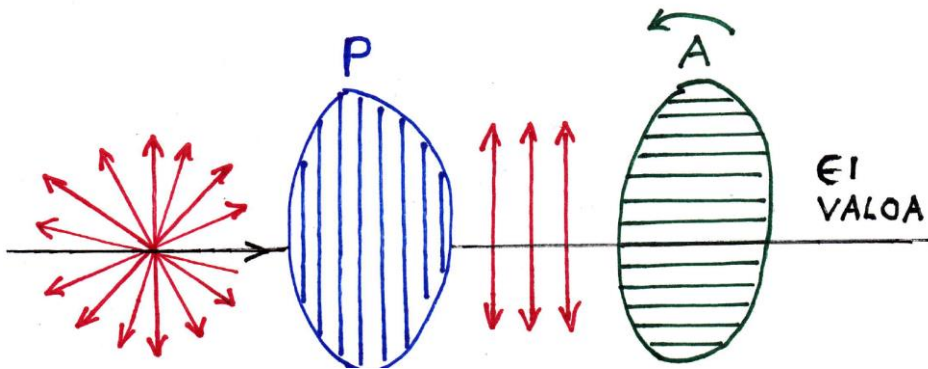
Polarisoitunut valo:

- **osittain polarisoitunut valo:**
 - o sähkökentän värähtely on heikentynyt jossakin suunnassa
- **täysin polarisoitunut valo (=lineaarisesti polarisoitunut):**
 - o sähkökenttä värähtelee vain yhdessä suunnassa



Polarisaattori P päästää lävitseen vain tietyn värähdyssuunnan, jolloin saadaan täysin polarisoitunutta valoa. Polarisaattori ja analysaattori sisältävät pitkiä, yhdensuuntaisia molekyyliketjuja, jotka absorboivat (imevät) tähän suuntaan polarisoitunutta valoa.

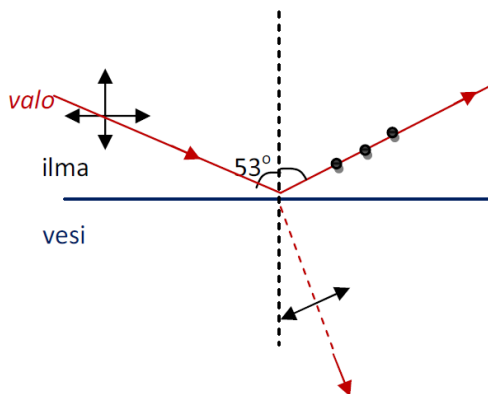
Kun analysaattoria A kierretään kohtisuoraan polarisaatiotasoa vastaan (kuva 3), niin valo ei pääse analysaattorin läpi, koska päästösuunnat (kideakselit, läpäisysuunnat) ovat kohtisuorassa toisiaan vastaan (polarisaattorin ja analysaattorin pitkät ketjumaiset molekyylit ovat kohtisuorassa). Tämä osoittaa sen, että valo on poikittaista aaltoliikettä. Pitkittäinen aaltoliike, esim. ääni on aina lineaarisesti polarisoitunutta aaltoliikettä.



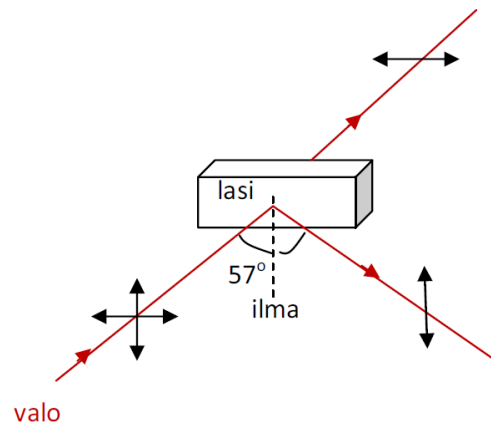
Kuva 3. Analysaattori A on kierretty kohtisuoraan polarisaatiotasoa vastaan, jolloin valo ei pääse analysaattori läpi → valo on poikittaista aaltoliikettä.

Valo polarisoituu ainoastaan silloin, kun se tulee *vinosti* **eristeen** pintaan, jolloin se heijastuu ja taittuu. Heijastunut ja taittunut säde on polarisoitunut.

Esim. veden, lasin tai lumihangen pinnasta heijastunut valo on (kokonaan tai osittain) polarisoitunut heijastavan pinnan suuntaisesti (kuvat 4 ja 5). Polarisoitumista tapahtuu myös taittuneessa valonsäteessä. **Heijastunut valo on täydellisesti polarisoitunut silloin, kun heijastuneen ja taittuneen säteen välinen kulma on suora (Brewsterin laki).** Tällöin tulokulmaa α_1 kutsutaan ns. **Brewsterin kulmaksi** α_B .



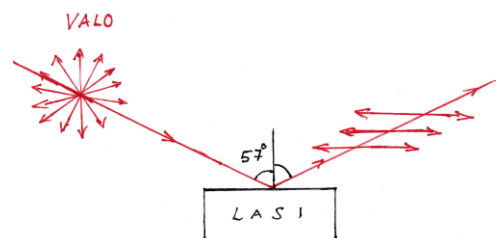
Kuva 4. Veden pinnasta heijastunut valo on polarisoitunutta pinnan suuntaisesti. Taittunut säde on vain osittain polarisoitunut.



Kuva 5. Lasin pinnasta heijastunut valonsäde on polarisoitunut pinnan suuntaisesti, mutta taittunut säde on vain osittain polarisoitunut.

Polarisoituneen valon synty:

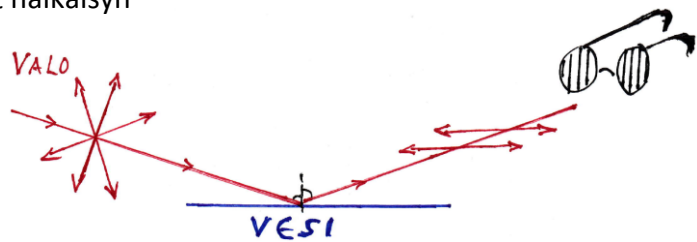
- valo tulee vinosti eristeen pintaan (esim. lasi, vesi, lumihanki)
- heijastuminen/taittuminen
- polarisoivat levyt (kiteet), aurinkolasit
- sironna, esim. ilmakehässä sironnut valo on polarisoitunutta
- sateenkaaren valo
- radioaaltojen polarisointi antennilla, ...



Polarisaation sovelluksia:

- **polarisoivat aurinkolasit** poistavat häikäisyn

Linsseissä on ainekerros, jossa pitkät molekyylit ovat asettuneet yhdensuuntaisiksi ketjuiksi niin, että ne estävät häiritsevien heijastusten pääsyn linssin läpi. Molekyyliketjujen suuntainen sähkökenttä absorboituu (imeytyy) tehokkaasti linssiin.



Kuva 6. Polarisoivat aurinkolasit.

Aurinkolasien molekyyliverkosto päästää lävitseen vain pystyasossa värähtelevää valoa. Sileistä vaakasuorista pinnoista (esim. vedestä) heijastunut valo on enimmäkseen vaakapolarisoitunutta, joten pystypolarisoivat linssit eivät päästä sitä läpi ja näin välttävät häikäisyltä.

- **tutkat**
 - o Esim. säätutkat käyttävät yleensä vaakapolarisoituja mikroaaltoja, koska sadepisarat ovat litistyneitä ja sirottavat enemmän vaaka- kuin pystysuoraan polarisoitunutta säteilyä. Lennonjohdon tutkat puolestaan käyttävät pystypolarisoituja mikroaaltoja, jotta sateen vaikutus olisi mahdollisimman pieni.
- **nestekidenäytöt:** tietokoneet, laskimet, matkapuhelimet, ...
 - o nestekidenäytön toiminta perustuu nestekiteiden kykyyn kiertää valon polarisaatiosuuntaa (vrt. plasmanäyttö, ks. internet)
- **auton takalasin jännitykset** näkyvät polarisoivilla aurinkolaseilla
- **polarisoivat kameran ja mikroskoopin suodattimet**
- **taivaan sininen väri on polarisoitunutta** → mehiläisten suunnistus
- **aineen pitoisuuden määrittäminen**, esim. elintarviketeollisuudessa
 - o optisesti aktiiviset aineet (esim. ruokosokeri) kiertävät polarisaatiotasoa
 - o polarisaatiotason kiertyminen aiheuttaa molekyylien epäsymmetrisyyttä
→ määritetään kiertymiskulma → aineen pitoisuus
- **kahtaistaituminen**
 - o on ilmiö, jossa kiteen läpi kulkeva valo jakautuu kahdeksi komponentiksi (yleissääntöinen ja erikoissääntöinen säde), joiden polarisaatiosuunnat ovat kohtisuorassa toisiaan vastaan → esineet näkyvät kahtena
 - o käyttö: optiset laitteet, lääketieteen diagnostiikka, ...
- **satelliittiantennit**
 - o Satelliittilautasten polttopisteessä on osa joka vastaanottaa satelliitin lähetystä joko pysty- tai vaakapolarisaatiolla, jotta satelliitti pystyy lähettämään kaksi eri lähetystä täsmälleen samalla mikroaaltojen aallonpituudella.
- **kvanttisalaus:** optinen langaton tiedonsiirto, valokaapelit (ks. internet)
- ks. lisätietoja: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Polarisaatio>

BREWSTERIN LAKI

Heijastunut valo on täysin polarisoitunut,
kun heijastuneen ja taittuneen säteen välinen kulma on suora.

- $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$ (ks. kuva 7). $\alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1$
- tulokulma $\alpha_1 = \alpha_B$ on ns. **Brewsterin kulma**
- n_1 ja n_2 ovat aineiden 1 ja 2 taitekertoimet.
- pätee eristeille, esim. lasi ja vesi

$$\tan \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$$

Brewsterin lain johto:

Taittumislain mukaan $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ja edelleen

Koska $\alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1$, niin

$\frac{\sin \alpha_1}{\sin(90^\circ - \alpha_1)} = \frac{n_2}{n_1}$ ja taulukon (MAOL s. 31(37)) mukaan

$\sin(90^\circ - \alpha_1) = \cos \alpha_1$, joten saadaan $\frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1} = \frac{n_2}{n_1}$ ja sitten

$\tan \alpha_1 = \frac{n_2}{n_1}$. Merkitään $\alpha_1 = \alpha_B$, niin saadaan Brewsterin laki:

$$\tan \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$$

Kulma α_B = tulokulma α_1 eli ns. Brewsterin kulma, jolla heijastunut säde on kokonaan polarisoitunut pinnan suuntaisesti.

ESIMERKKITEHTÄVIÄ:

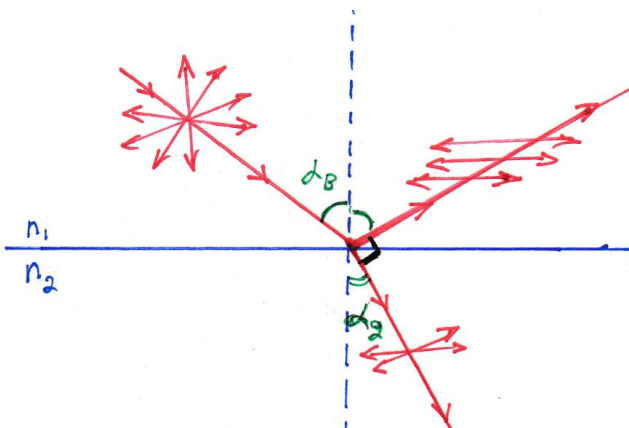
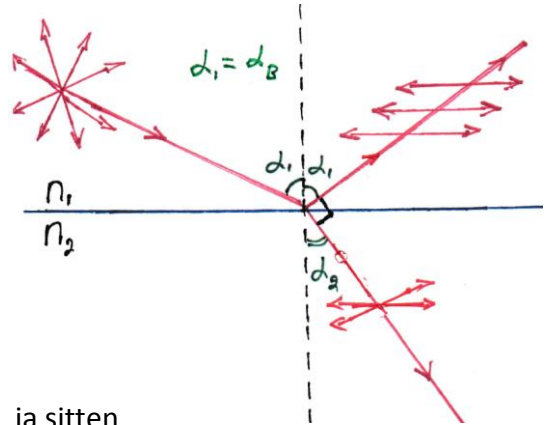
Esim. 1. Missä kulmassa valonsäteen on tultava ilmasta veden pintaan, jotta veden pinnasta heijastunut säde olisi täydellisesti polarisoitunut? Ilman taitekerroin on 1,00 ja veden 1,33.

Ratkaisu.

Jotta tapahtuisi täydellinen polarisaatio, on oltava voimassa $\tan \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$

eli $\tan \alpha_B = \frac{1,33}{1,00}$, josta saadaan tulokulmaksi eli *Brewsterin kulmaksi*

$\alpha_B \approx 53^\circ$.



Esim. 2. Missä kulmassa valonsäteen on tultava ilmasta lasiin, jotta lasin pinnasta heijastunut säde olisi täydellisesti polarisoitunut? Ilman taitekerroin on 1,00 ja lasin 1,55.

Ratkaisu.

Jotta tapahtuisi täydellinen polarisaatio, on oltava voimassa $\tan\alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$

eli $\tan\alpha_B = \frac{1,55}{1,00}$, josta saadaan tulokulmaksi eli *Brewsterin kulmaksi*

$\alpha_B \approx 57^\circ$.