

Kokeellinen fysiikka - työselostus 10: Sädeoptiikka

1 Tutkittava ilmiö

Valon tullessa kahden optisesti erilaisen aineen rajapintaan säde taittuu. Optisesti tiheämpään aineeseen (aineeseen, jossa valonnopeus on pienempi) tultaessa säde taittuu rajapinnan normaalia kohti, ja harvempaan aineeseen tultaessa normaalista poispäin. Säteen tullessa normaalin suuntaisesti sen suunta ei muutu.

Optisesti harvempaan aineeseen tultaessa tapahtuu kokonaisheijastuminen, kun taittunut säde on rajapinnan suuntainen. Kokonaisheijastumisessa säde heijastuu kokonaisuudessaan rajapinnasta, eikä läpäise sitä.

Säteen kulkiessa suorakulmaisen kappaleen läpi tapahtuu yhdensuuntaissiirtymä. Taittuneen säteen lähtökulma on sama kuin tulevan säteen, mutta kappaleen sisällä säde kulkee loivemmassa kulmassa, joten säteet eivät ole samalla suoralla.

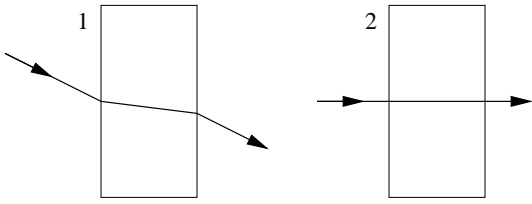
Linsseissä rajapinta on muotoiltu kaarevaksi, jolloin kauemmas linssin keskikohdasta osuvat säteet taittuvat enemmän. Linssiin tuleva yhdensuuntainen sädekimppu joko hajaantuu tai kerääntyy yhteen. Peileissä on vastaava periaate, mutta taittumisen sijaan tapahtuu heijastuminen.

2 Mittauslaitteisto ja koejärjestely

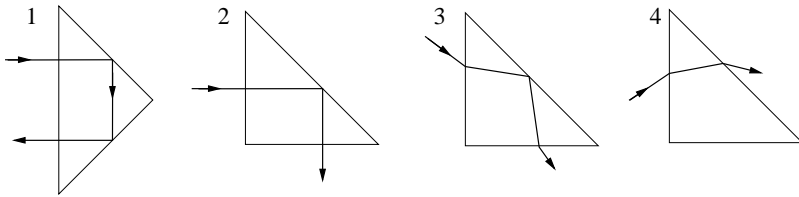
Ilmiöitä tutkitaan lampun, optisen levyn ja rakolevyn avulla. Pystysuoran raon läpi pääsevä lampun valo muodostaa kaltevalle optiselle levylle kapean raidan. Valonsäteen eteen asetetaan erilaisia kappaleita, jotta valon taittumista niissä voidaan tarkastella. Optisessa levyssä on asteikko tulo- ja taitekulmien lukemista varten.

3 Tulokset

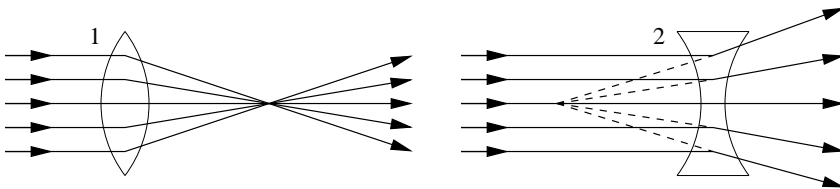
3.1 Perusilmiöiden tarkastelu



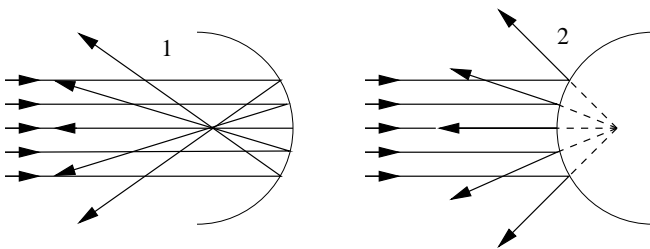
Suorakulmaisessa kappaleessa tapahtuu yhdensuuntaissiirtymä (1), paitsi kun säde tulee rajapintaan sen normaalin suuntaisesti (2).



Prismassa tapahtuu yleensä kokonaisheijastuminen, joten sitä voi käyttää peilin kaltaisesti (1, 2, 3). Kokonaisheijastumista ei kuitenkaan tapahdu, jos tulokulman vuoksi säteen kulma rajapinnassa on pienempi kuin n. 45° (4).



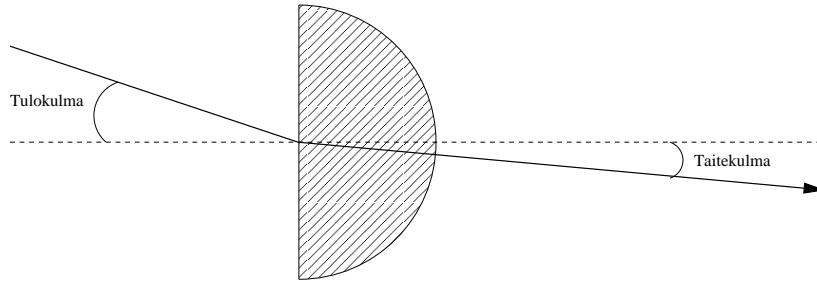
Sädekimppu kerääntyy polttopisteeseen kuperassa linssissä (1) ja hajaantuu koverassa (2).



Sädekimppu kerääntyy polttopisteeseen koverassa peilissä (1) ja hajaantuu kuperassa (2).

3.2 Kappaleen taitekertoimen määrittäminen

Määritetään puoliympyrän muotoisen kappaleen taitekerroin Snelliuksen lain avulla.



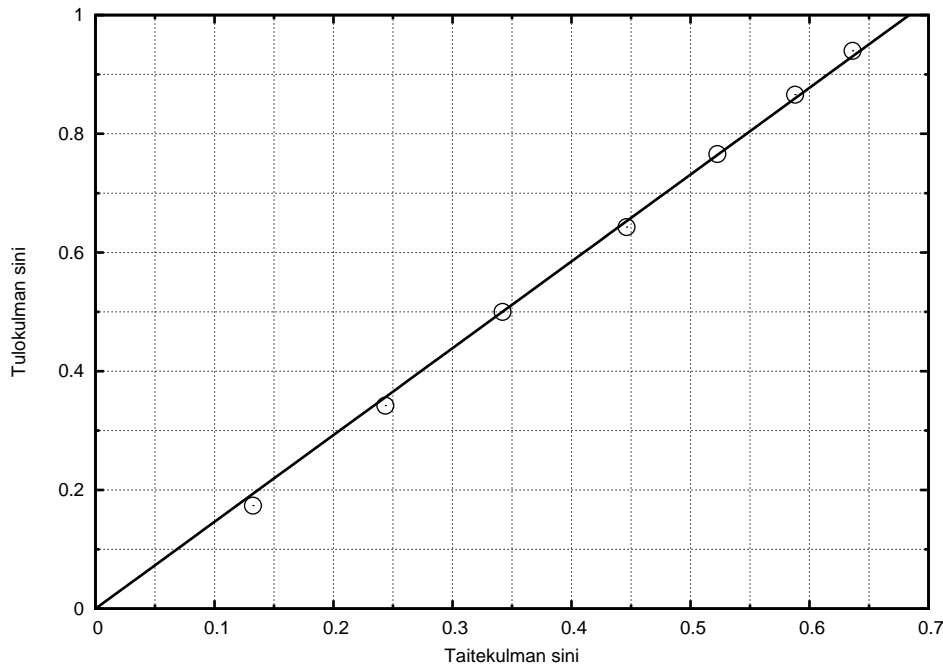
Säde taittuu kappaleen suorassa reunassa, mutta tulee kaarevaan reunaan kaarevuuskeskipisteestä, eli normaalin suuntaisesti, eikä taitu.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}$$

$$\sin \alpha = n_{12} \cdot \sin \beta$$

Kappaletta käännettiin optisella levyllä, ja tulo- ja taitekulmat mitattiin. Piirretään mittaustuloksista $(\sin \beta, \sin \alpha)$ -kuvaaja, johon piirretyn suoran kulmakerroin on taitekerroin n_{12} :

Tulokulma $\alpha/^\circ$	Taitekulma $\beta/^\circ$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$
10	7,6	0,1736	0,1323
20	14,1	0,3420	0,2436
30	20,0	0,5000	0,3420
40	26,5	0,6428	0,4462
50	31,5	0,7660	0,5225
60	36,0	0,8660	0,5878
70	39,5	0,9397	0,6361

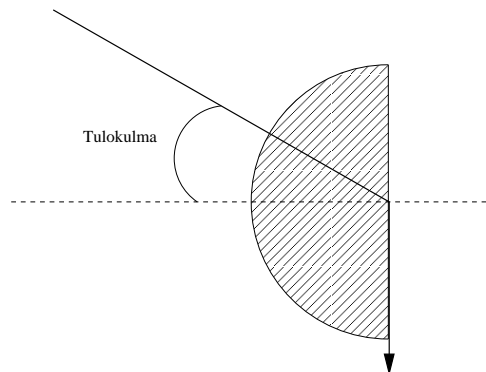


Kuvaajaan sovitetun suoran kulmakerroin $n_{12} \approx 1,46261$. Säte tulee kappaleeseen ilmasta, $n_1 \approx 1,00028$. Ratkaistaan lasin taitekerroin n_2 :

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1} n_{lasi} = n_2 = \frac{n_{12}}{n_2} = \frac{1,46261}{1,00028} = 1,46220... \approx 1,46$$

3.3 Kokonaisheijastuksen rajakulma

Määritetään kokonaisheijastuksen rajakulma kohdan 3.2 kappaleessa.



Säde ei taitu tullessaan kappaleeseen. Optista levyä käännettiin kunnes taittunut säde hävisi näkyvistä, eli taittui rajapinnan suuntaiseksi. Tällöin tulokulma oli $42,5^\circ$.

Verrataan rajakulmaa kohdassa 3.2 määritetyn taitekertoimen perusteella laskettuun arvoon. Taituminen tapahtuu tässä mittauksessa säteen tullessa kappaleesta ilmaan, joten n_1 ja n_2 ovat eri päin.

$$\sin \alpha_r = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_{lasi}} = \frac{1}{1,46220...} \quad \alpha_r = 43,230..^\circ \approx 43,2^\circ$$

4 Mittaustarkkuus ja virhearviointi

Mittauksen tarkkuuteen vaikuttaa erityisesti kappaleen kohdistaminen optiselle levyllä. Jotta laskuista saadaan oikea tulos, tulisi kaarevan lasinpalan kaarevuuskeskipisteen olla optisen levyn keskipisteessä. Kappale saattoi myös hieman liikkua mittauksen aikana.

Mittauspisteet osuvat kuitenkin varsin hyvin suoralle, ja myös mitattu kokonaisheijastumisen rajakulma vastaa laskemalla saatua arvoa.

5 Työn ja tuloksen tarkastelu

Kirjallisuus antaa akryylin taitekertoimen arvoksi 1,491. Tämä on lähellä mittauksesta saatua arvoa taitekertoimelle, ja samalla vastaa myös kokonaisheijastuksen rajakulmalle saatua arvoa.