

Valkoisen värit



Mitä ajattelet nähdessäsi sateenkaarenvärejä auringonvalon heijastuessa CD-levyn pinnasta? Aika nättiä vai mitä?

Kyllähän ne ovat hienot. Mutta siinä on muutakin: taustalla oleva fysikaalinen ilmiö on erittäin käyttökelpoinen ja hyödyllinen. Sen avulla eri aallonpituudet saadaan erotettua toisistaan helposti. Jokainen aallonpituus voi kertoa meille oman tarinansa: mm. mistä valonlähteestä valo on peräisin ja materiaalista minkä läpi se on tullut. Siksipä jos valo olisi kirja, sen spektri (eri aallonpituudet) olisivat kuin luettavat sivut.

Tiedät jo kaksoisrakokokeessa tapahtuvan fysikaalisen ilmiön. Kuten ehkä muistatkin, maksimien suunnat riippuvat valon aallonpituudesta. Eri aallonpituudet siis tuottavat maksimeja eri suuntiin. Kaksoisrakoon verrattuna CD:tä tutkittaessa voidaan erottaa kaksi tärkeää yksityiskohtaa

1) Kahden raon sijaan voidaan käyttää monia rakoja jotka ovat yhtä kaukana toisistaan. Tämän ansiosta hilan läpi voidaan päästää enemmän valoa 2) Valoa ei ole pakko päästää hilan *läpi*, vaan ilmiö toimii myös heijastuksessa: läpinäkyvien alueiden sijaan käytetään heijastavia pintoja, kun loput pinnasta puolestaan joko absorboi tai sirottaa valoa.

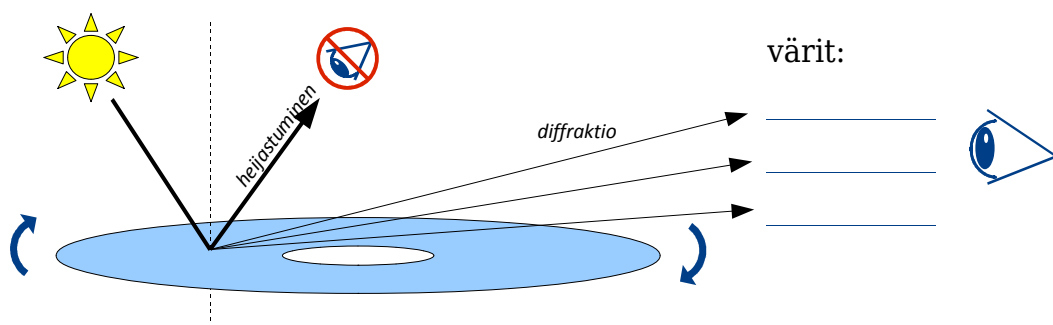
CD on käytännössä tasainen peili jossa on pieniä kuoppia. Kuopista heijastuu vähemmän valoa kuin tasaisilta alueilta, jonka perusteella tieto koodataan. Kuopat ovat pitkässä spiraalissa tasan $1.6\ \mu\text{m}$ välein. Tarkasti määritellyn jaksollisen sirontaviivan vuoksi CD toimii hienona diffraktiohilana ja tuottaa näkemäsi värit.



1) Aseta CD siten että näet kattolampun heijastuksesta. Sitten **käännä CD:tä** itseäsi kohti. Suunnilleen siinä vaiheessa kun lampun heijastus häviää levyn toisesta reunasta, sinun pitäisi nähdä ensimmäisen kertaluvun diffraktio venytettynä sateenkaaren väreissä. Mikä väri näkyy ensimmäisenä ja mikä viimeisenä kun käännät CD:tä?



2) Mikä aallonpituus diffraktoituu eniten: lyhyt (sininen) vai pitkä (punainen)?



3) Tutki seuraavaksi erilaisten valonlähteiden spektrejä tällä helpolla CD:n kääntämistekniikalla. Millaisia eroja huomaat auringon valon ja energiansäästölampan välillä, kun katsot tarkasti?



4 Olet ehkä nähnyt että purkausputken tai energiansäästö-lampun spektri ei ole jatkuva vaan se koostuu muutamista aallonpituuksista. Mitkä **eri värit** olet nähnyt? Kirjoita jokainen erilliselle viivalle ja jätä tilaa oikealle.

Seuraavassa kokeessa mittaamme listaamiesi värien aallonpituudet. CD on käytännöllinen spektrin *näkemiseen*, mutta se ei ole paras väline spektrin *mittaamiseen*. Siksi rakennat seuraavaksi **oman spektrometrin**. Käytämme CD:n sijasta läpinäkyvää kalvoa jossa on paljon samansuuntaisia uria tasan $1\ \mu\text{m}$ päässä toisistaan. Ota kalvo varovasti koskettaen sitä vain reunoilta ja katso sen läpi ympärillesi. Näetkö värejä?



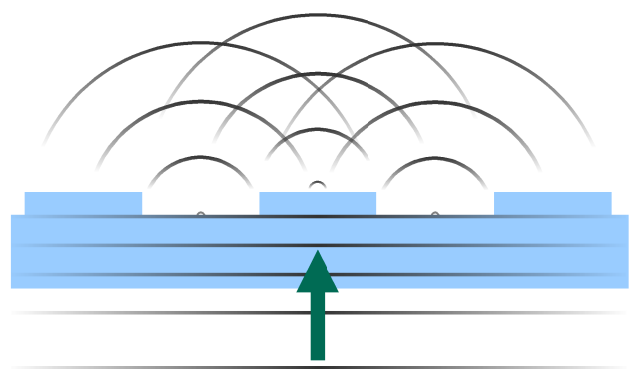
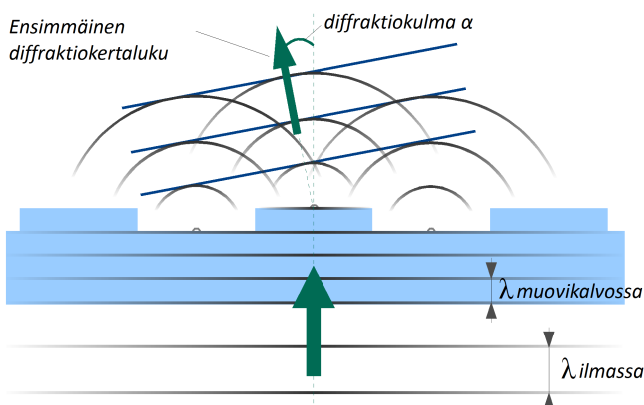
5 Kuinka diffraktio toimii tällaisessa kalvossa? Itseasiassa fysikaalinen ilmiö on jälleen sama kuin kaksoisrakokokeessa. Suurimpana erona on se, että kalvo päästää enemmän valoa läpi. Siksi diffraktiokertaluvut ovat kirkkaampia ja helpompia nähdä.

Kaksoisrakokokeessa suurin osa valosta pysähtyy kehyksiin. Tätä voidaan kehittää käyttämällä lisäämällä rakojen määrää, joiden tulee olla täsmälleen yhtä kaukana toisistaan. Siltikään emme voi havaita valoa joka osuu rakojen välissä olevaan materiaaliin. Diffraktiokalvossa nämä välit on korvattu hieman paksummalla kalvolla. Valo kulkee noin 33% hitaammin kalvossa kuin ilmassa. Siispä kun valo menee paksumman alueen läpi ja saavuttaa kalvon takapinnan, se valo joka meni ohuemmasta kohden on jo hieman edellä. Jos paksuusero on tarkasti säädetty, ohuista ja paksuista kohdista tulevat aallot interferoivat konstruktivisesti kulmassa, joka riippuu valon aallonpituudesta.

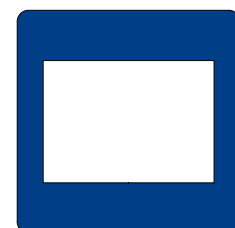


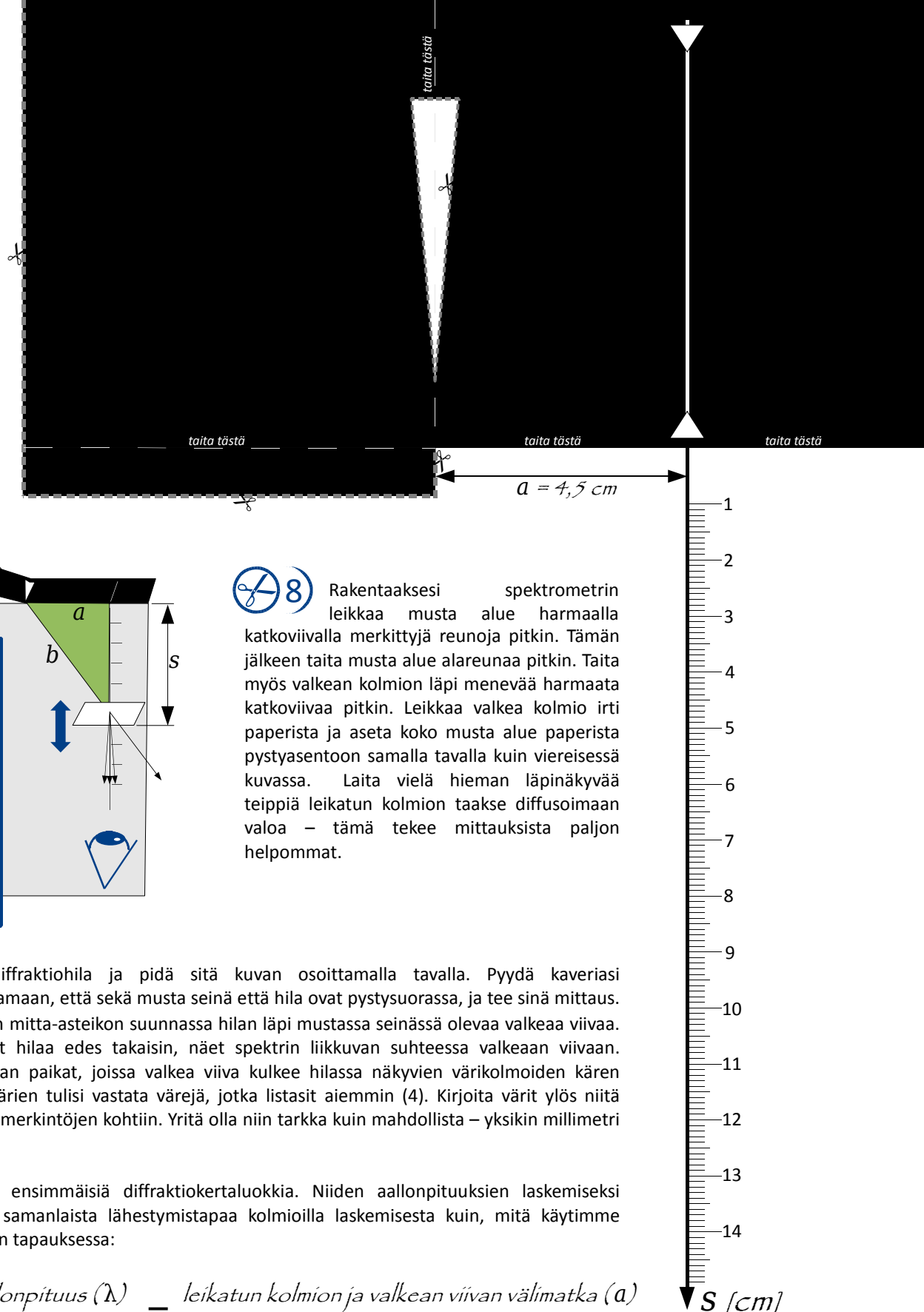
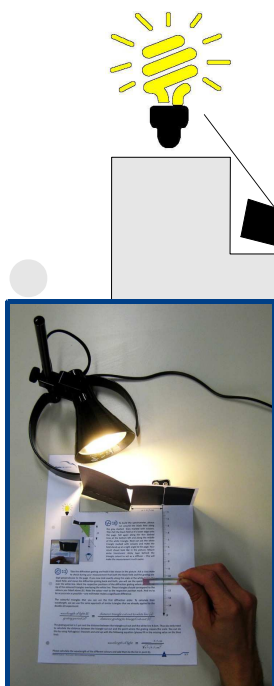
6 Seuraava kuva havainnollistaa valon läpäisyä diffraktiohilassa, vastaavassa kuin kädessäsi oleva kalvo. Käytä oikeanpuoleista kuvaa arvioidessasi muutoksia diffraktiokulmalle α pidemmissä aallonpituuksissa

Mitä pidempi aallonpituus sitä _____ diffraktiokulma.



7 Kalvossa olevat urat ovat liian pieniä silmällä katsottavaksi. Pystyt kuitenkin tietämään missä **suunnassa** ne ovat kalvolla. Ajattele kaksoisrakokoetta: kuinka raot olivat suhteessa diffraktiokuvioon? Piirrä viivoilla oikealla olevaan kehykseen urien suunta ja nuolilla diffraktoitumissuunta, jossa spektri nähdään.





8 Rakentaaksesi spektrometrin leikkaa musta alue harmaalla katkoviivalla merkityjä reunoja pitkin. Tämän jälkeen taita musta alue alareunaa pitkin. Taita myös valkean kolmion läpi menevää harmaata katkoviivaa pitkin. Leikkaa valkea kolmio irti paperista ja aseta koko musta alue paperista pystyasentoon samalla tavalla kuin viereisessä kuvassa. Laita vielä hieman läpinäkyvää teippiä leikatun kolmion taakse diffusoimaan valoa – tämä tekee mittauksista paljon helpommat.



9 Ota diffraktiohila ja pidä sitä kuvan osoittamalla tavalla. Pyydä kaveriasi tarkistamaan, että sekä musta seinä että hila ovat pystysuorassa, ja tee sinä mittaus. Katso nyt suoraan mitta-asteikon suunnassa hilan läpi mustassa seinässä olevaa valkeaa viivaa. Jos nyt liikuttelet hilaa edes takaisin, näet spektrin liikkuvan suhteessa valkeaan viivaan. Merkitse ylös hilan paikat, joissa valkea viiva kulkee hilassa näkyvien värikolmioden kären kautta. Näiden värien tulisi vastata värejä, jotka listasit aiemmin (4). Kirjoita värit ylös niitä vastaavien paikkamerkintöjen kohtiin. Yritä olla niin tarkka kuin mahdollista – yksikin millimetri ratkaisee paljon.

Värikolmiot ovat ensimmäisiä diffraktiokertaluokkia. Niiden aallonpituuksien laskemiseksi voimme käyttää samanlaista lähestymistapaa kolmioilla laskemisesta kuin, mitä käytimme kaksoisrakokokeen tapauksessa:

$$\frac{\text{valon aallonpituus } (\lambda)}{\text{hilavakio } (d)} = \frac{\text{leikatun kolmion ja valkean viivan välimatka } (a)}{\text{hilan ja leikatun kolmion välimatka } (b)}$$

Hilavakio on $1 \mu\text{m}$ ja leikatun kolmion ja valkean viivan välimatka on $4,5 \text{ cm}$. Näin ollen sinun tulee mitata leikatun kolmion ja hilan välimatka siihen pisteeseen, jossa hila ylittää asteikon. Voit käyttää laskemiseen Pythagoran lausetta. Sen avulla saadaan seuraavanlainen yhtälö (täytyä puuttuva arvo siniselle viivalle):

$$\text{valon aallonpituus} = \frac{\cdot 4,5 \text{ cm}}{\sqrt{S^2 + (4,5 \text{ cm})^2}}$$

Laske aallonpituudet eri väreille ja lisää ne kohdan 6 listaan.