

Ohjeita opettajille

moduulista 5:

Polarisaatio

Polarisaatio on perustavaa laatua oleva valon ominaisuus ja sen ymmärtäminen on auttanut tutkijoita hyödyntää ja hallita tätä ilmiötä useissa eri sovelluksissa. Sitä hyödynnetään laajasti mm. lääketieteessä, televisioissa, tietokoneiden näytöissä ja jopa kalastuslasit perustuvat tämän valon ominaisuuden hyödyntämiseen. Tämä ilmiö ei ole vain mielenkiintoinen vaan se on myös erittäin hyödyllinen.

Yhteenveto: Tässä moduulissa oppilaat oppivat, kuinka lineaarisesti polarisoituneen valon polarisaatiotasoa voidaan kääntää ja kuinka polarisaattori toimii. He oppivat myös kuinka he voivat itse rakentaa oman polarimetrinsä sekä mitata sokeriliuoksen, kuinka paljon sokeriliuos kääntää polarisaatiotasoa.

Moduuli sisältää yhden luvun:

- Valon kääntäminen: Polarisaattoreiden käyttäminen polarisaatiotason kääntämiseen ja polarimetrin rakentaminen

Suunniteltu: lukiolaisille (ikä noin 16–18 v.)

Kesto: Moduuli on suunniteltu noin 40 minuutin kestoiseksi.

Mitä oppilaiden pitäisi tietää jo aiemmin:

- valo käyttäytyy kuin aallot

Mitä oppilaat oppivat:

- Polarisoituneen valon perusominaisuudet
- Kuinka polarisaattori toimii
- Polarisaatiotason kääntäminen
- Kuinka rakentaa polarimetri
- Kuinka LCD-näytöt hyödyntävät valon polarisaatiota

Moduuli sisältää:

- 1 työohje
- 1 tietosivu

Luku 1 | Kierretään valoa

Suositteltu oppitunnin rakenne

Tässä luvussa oppilaat tutkivat valon polarisaatiota ja kuinka eri materiaalien avulla polarisaatiotasoa voidaan kääntää. Oppilaat rakentavat myös omat ”sokeripolarimetrit” ja testaavat, kuinka sokeriliuoksen eri konsentraatiot kääntävät valon polarisaatiotasoa.

Aika minuutteina	Toiminto	Materiaali
kotitehtävä	Laserin turvallisuusohjeiden lukeminen	Laserturvallisuusohjeet
0-5	Johdanto: työohjeen ensimmäisen osan lukeminen	WS11.1
5 – 15	Työskentelyä työohjeen kohtiin 1–5 liittyen	WS11.1
15 – 30	Työohjeen kohtien 6–7 lukeminen ja oman polarimetrin rakentaminen	2 polarisaattoria 1 laser-moduuli <i>Pakettiin kuulumattomat:</i> 1 kirkas lasi/muki Pyykkipoika pitämään polarisaattoria paikoillaan Varjostin Vettä Sokeria (1–2 teelusikallista)
30 – 40	Työskentelyä liittyen tietosivulla kerrottuun asiaan LCD-näytöistä	FS11.1 Linssit

Kuvaus suositellusta oppitunnista

Polarisaattoreista ja niiden toiminnasta

Kun oppilaat ovat lukeneet työohjeen ensimmäisen osan asian, he tarvitsevat mahdollisesti apua aaltojen tarkastelussa vektorikomponentteittain. Selitä heille asiaa havainnollistaen sitä samalla langan avulla tai taululle piirtämällä. Oppilaiden tulisi saada pääteltyä ratkaisut kohtiin 1–5.

Tätä varten voit pelata luokassa ”peliä”, jossa oppilaiden esittämiin kysymyksiin vastataan vain kysymyksellä. Tämä haastaa oppilaita tarkkojen kysymysten muotoiluun ja miettimään useita vaihtoehtoja vastata esittämiisi kysymyksiin. Tämä on tärkeää oivaltamisen näkökulmasta ja syventää ymmärrystä tieteellisestä päättelystä.

Kun oppilaat ovat suorittaneet työohjeen kohdat 1–2, liiku ryhmästä toiseen keskustellaksesi heidän havainnoista. Kun oppilaat ovat tutkineet polarisaattoreilla useita eri esineitä ympärillään, pyydä heitä siirtymään kohtiin 3–4. Näissä kokeissa oppilaiden olisi tarkoitus ensimmäisenä huomata, että polarisaattoreiden läpi ei pääse lainkaan valoa, kun polarisaattoreita pidetään 90 asteen kulmassa. Kuitenkin, kun kohtisuorassa olevien polarisaattoreiden väliin laitetaan kolmas polarisaattori, he näkevätkin jotain niiden läpi.

Kun oppilaat ovat nähneet kyseisen ilmiön, pyydä heitä siirtymään kohtaan 6 nähdäksekseen huomaavatko he, jotain saman tyyppisiä ilmiötä, kun polarisaattoreiden väliin laitetaan muita läpinäkyviä materiaaleja. Ohjaa oppilaita ymmärtämään, että kolmas polarisaattori tai muovit itse asiassa *kääntävät* valon polarisaatiotasoa.

Pyydä oppilaitasi toimimaan työohjeen kohdan 6 mukaisesti ja testaamaan ilmiötä heidän omilla kännyköillään. Voit pyytää heitä vetämään havaintojaan yhteen ja pohtimaan, miten LCD-näytöt toimivat miettimällä, miksi

niistä tuleva valo on polarisoitunut ja missä suunnassa. Voit kertoa myös, että he pääsevät arvioimaan päätelmiensä paikkansapitävyyttä tutustuessaan myöhemmin LCD:n näytön toiminnasta kertovaan tietosivuun.

Tämän jälkeen he voivat lukea asiat työohjeen kohdasta 7. Kerro oppilaillesi, että he pääsevät nyt testaamaan miten ja kuinka paljon jotkin ”materiaalit” kääntävät valon polarisaatiotasoa. Tämän he tekevät rakentamalla ”sokeripolarimetrit”. Polarimetriä käytetään määrittämään optisesti aktiivisen aineen aiheuttaman polarisaatiotason suunnan muutosta polarisoituneelle valolle.

Jos oppilaasi eivät ole työskennelleet aiemmin lasereiden kanssa, on tärkeää, että he lukevat, ymmärtävät ja allekirjoittavat laserturvallisuusohjeet. Joka tapauksessa ohjeiden kertaaminen on tärkeää ennen kuin he käsittelevät lasereita, sillä yksi moduulin tavoitteista on oppia turvallista lasereiden käyttöä.

Pyydä oppilaitasi lukemaan läpi työohjeen kohta 8 ja rakentamaan omat koeasetelmansa. Kuvassa on esitetty yksi esimerkki koeasetelman järjestämisestä. He saattavat kuitenkin keksiä myös paremman mittausmenetelmän! Toinen polarisaattoreista tulisi kiinnittää hyvin, jotta se ei kaadu kesken kokeen suorittamisen. Toista polarisaattoria käännetään, jotta löydetään kulma, jossa lasersäde katoaa näkyvistä kokonaan.

Huomaa, että sokerin liuottamiseen ihanteellisinta on lämmin hanavesi. Jos sitä ei ole saatavilla, oppilaat voivat käyttää myös huoneen lämpöistä vettä, mutta sokerilla kestää tällöin pidempään liueta. Ohjeista oppilaita, etteivät he lisää turhan paljon vettä aluksi, koska polarisaatiotason kääntämiseen vaaditaan melko vahva sokeriliuos.

Oppilaat voivat kokeilla tehdä kokeen aluksi myös pelkällä vedellä (lisäämättä siihen sokeria) ja katsoa muuttaako pelkkä vesi polarisaatiotason kulmaa. Älä kuitenkaan ehdota tätä, jos he eivät sitä itse keksi.

Kun oppilaat ovat suorittaneet työohjeen kohdan 8, pyydä heitä lukemaan kohta 9 ja muodostamaan hypoteesi mitä kokeessa tapahtuu. Voit kierrellä ryhmästä toiseen nähdäksesi hypoteesit ja ohjata kysymällä, minkä he arvelevat aiheuttavan ilmiön (vain sokeri, vain vesi vai niiden sekoitus).

Tietosivu

Tämän moduulin tietosivu sisältää tietoja LCD-näytön nestekiteiden toiminnasta ja kuinka polarisaatiota hyödynnetään niissä. Lisää tietoa keskustelua varten oppilaiden kanssa on esitetty alla olevassa Taustatietoa-luvussa. Pyydä oppilaitasi palauttamaan mieliinsä tutkimuksensa kännyköiden tai tietokoneiden näyttöjen kanssa työohjeen kohdassa 7. He huomasivat tuolloin, että näytöistä tuleva valo on tietyssä suunnassa polarisoitunutta. Useimmilla heistä on luultavasti jonkinlainen käsitys nestekidenäytöistä (LCD-näytöistä) jo ennen kuin he tekevät koetta. Heillä on luultavasti myös kotona LCD-näyttöisiä laitteita. Pyydä oppilaita vertaamaan omia hypoteesejaan polarisaatiotason kääntämisen hyödyntämisestä LCD-näytöissä verrattuna tietosivulla esitettyyn tietoon.

Taustatietoa

Nestekiteet

Nestekiteiden olomuodolla on sekä nesteen että kiinteän aineen ominaisuuksia. Esimerkiksi makroskooppisella tasolla nestekide on nestemäistä, mutta mikroskooppisella tasolla sen molekyylit voivat muistuttaa kiteitä. Nestekiteet keksittiin vuonna 1888, kun itävaltalainen kasvifysiologi, Friedrich Reinitzer, kolesterolin (nykytiedon valossa tarkemmin katsoen kolesterolin nestekiteiden) fysikokemiallisia ominaisuuksia yhdessä fysiikko Otto Lehmannin kanssa. Reinitzer löysi kolesterolin nestekiteiden kolme tärkeää ominaisuutta – se, että sillä on kaksi sulamispistettä, se heijastaa ympyräpolarisoitunutta valoa ja se pystyy kääntämään valon polarisaatiotasoa. Tutkimuksia jatkoi Lehmann, joka tajusi kohdanneen uuden ilmiön ja olevansa ensimmäisenä tutkimassa sitä. Hän tutki ilmiötä monilla eri molekyyleillä ja vuoden 1889 elokuussa hän julkaisi tuloksensa Zeitschrift für Physikalische Chemie -lehdessä. Lehmannin työtä jatkoi ja merkittävästi laajensi saksalainen kemisti, Daniel Vorländer. Hän syntetisoi 1900-luvun alusta eläkkeelle jäämiseen vuonna 1935 mennessä suurimman osan tunnetuista nestekiteistä. Nestekiteet eivät kuitenkaan olleet tiedemiesten suosiossa ja materiaali säilyikin puhtaasti tieteellisenä löydöksenä noin 80 vuoden ajan. Seuraava askel kohti nestekiteiden kaupallistumista tapahtui, kun George Gray kehitti kemiallisesti stabiilimman aineen (syanobifenyyli), jolla on myös alhaisempi sulamispiste.

Nestekidenäyttötekniologia

Jokainen LCD-näytön pikseli koostuu molekyylikerroksista, jotka ovat kahden läpinäkyvän elektrodin ja kahden kohtisuorassa toisiinsa nähden olevan polarisaattorin välissä. Jos polarisaattoreiden välissä ei olisi nestekiteitä, ensimmäisen polarisaattorin läpi tuleva valo ei pääsisi lainkaan seuraavan polarisaattorin läpi. Elektrodien pinnat käsitellään siten, että ne ohjaavat nestekidemolekyylit tiettyyn asentoon.

Joissain tapauksissa käsittely tehdään hankaamalla ohutta polymeerikerrosta yhteen suuntaan kankaalla. Tämän seurauksena pintaa lähimpänä olevat nestekiteet asettuvat hankauksen suuntaan. Nämä elektrodit tehdään läpinäkyvästä johteesta (Indium Titanium Oxide = ITO). Kun sähkökenttää ei ole, nestekiteiden asento määrittyy elektrodien pinnan asennon mukaan. Tyypillisessä ”kieretyssä nemaattisessa laitteessa” (lisätietoa alla) elektrodien pinnan molekyyliä asennot ovat elektrodien välillä kohtisuorassa toisiaan vasten, jolloin niiden välissä olevat molekyylit järjestäytyvät kiertyväksi rakenteeksi. Tämä vähentää kaiken tulevan valon polarisaatiotasojen kääntymistä, jonka seurauksena näyttö näyttää harmaalta sen ollessa kiinni. Kun näyttöön kytketään jännite, molekyyliä kiertyvä rakenne suoristuu. Tällöin valo pääsee suoraan molekyylirakenteen läpi kiertymättä, mutta pysähtyy toiseen polarisaattoriin ja pikseli näyttää mustalta. Harmaan sävyä voidaan siis kontrolloida säätämällä kunkin pikselin reunojen välistä jännitettä. Näyttöihin tarvitaan kuitenkin niin paljon pikseleitä, että niiden kaikkien jännitteitä ei pystytä kontrolloimaan erikseen. Tämän ratkaisemiseksi näytöt käyttävät multipleksaamista. Pikselit ryhmitellään sarakkeiksi, joita kutakin ohjataan omalla jännitteellään. Toisaalta elektrodit ryhmitellään myös riveittäin omine jännitelähteineen. Tällöin yhden rivin ja sarakkeen kytkeminen jännitteeseen sytyttää yhden pikselin. Elektroniikan ja ohjelmistojen avulla näitä toimintoja suoritetaan nopeasti jokaiselle pikselille.

Passiivi- ja aktiivimatriisi-LCD:t

Joissakin näytöissä, kuten vanhoissa kannettavien tietokoneiden näytöissä, elektronisissa vaaioissa tai alkuperäisessä Nintendo GameBoyssa käytettiin passiivimatriisirakennetta käyttäen superkierrettyä nemaattista (STN) tai kaksoiskerros STN-tekniikkaa. Passiivimatriisinäytössä jokainen pikselirivi tai sarake on kytketty sähköiseen piiriin. Pikseleitä kutsutaan yksi kerrallaan riveittäin ja sarakkeittain. Tätä toimintatapaa kutsutaan passiiviseksi, koska pikselin on pidettävä tilansa sen virkistämiseen asti ilman aktiivista sähköistä varausta. Kun järjestelmät kasvavat yhä suuremmiksi ja pikselimäärä kasvaa, passiivimatriisit eivät enää ole kovin käyttökelpoisia. Tällaisia näyttöjä vaivaavat hitaat vasteajat ja huono kontrasti.

Nykyisin suurin osa näytöistä käyttää aktiivimatriisitekniikkaa. Tässä tekniikassa ohutkalvotransistorien (TFT) matriisi lisätään polaroihiin ja värifilttereihin. Jokaisella pikselillä on oma transistorinsa, jolloin kunkin sarakkeen kautta päästään yksittäiseen pikseliin. Kun rivi aktivoidaan, kaikki sarakkeet yhdistetään riveihin ja kaikkiin sarakkeisiin annetaan oikea jännite. Rivi deaktivoituu ja seuraava rivi aktivoidaan. Kaikki rivit aktivoidaan järjestyksessä virkistysoperaation aikana. Aktiivimatriisinäytöt näyttävät kirkkaammilta ja tarkemmilta kuin saman kokoiset passiivimatriisit. Yleisesti niillä on pienemmät vasteajat tuottaen paljon parempia kuvia.

Kierretty nemaattinen efekti

Nemaattisessa faasissa sauvan muotoiset orgaanisilla nestekidemolekyyleillä ei ole paikkajärjestystä ja pystyvät liikkumaan nesteen tavoin. Molekyylit pystyvät järjestäytymään pitkän akselinsa mukaan samansuuntaisesti toistensa kanssa. Molekyylit voidaan järjestää helposti käyttämällä sähkö- tai magneettikenttää.

Kierretty nemaattinen efekti perustuu tarkasti kontrolloituun molekyyliä uudelleenjärjestämiseen sähkökentän avulla. Tämä voidaan toteuttaa pienellä tehokulutuksella ja matalilla käyttöjännitteillä. Sammutustilassa nestekidemolekyylit muodostavat kierteisen rakenteen lasilevyjen väliin kun elektrodien välille ei ole kytkettyä sähkökenttää. Päälläolotilassa kristallit uudelleenjärjestäytyvät ulkoisen kentän kanssa. Tämä ’hajottaa’ kierteen ja estää polaroidun valon läpikäymisen.

Orgaaniset ledit ja LCD:t

Yksi nopeasti kehittyvistä teknologioista ovat orgaaniset ledit. Orgaaninen led (OLED) on valoa lähettävä diodi (LED), jossa elektroluminesenssikerroksena on valoa emittoiva orgaanisten yhdisteiden kalvo. Tämä orgaaninen puolijohdemateriaalikerros on kahden elektrodin välissä. Yleisesti, ainakin toinen näistä elektrodeista on

läpinäkyvä. Suurin ero OLEDin ja LCD:n välillä on että ensimmäinen toimii tuottamalla valoa ja jälkimmäinen perustuu valon kulun estämiseen. OLED-näytöt voidaan tehdä ohuemmaksi ja kevyemmäksi kuin LCD-näytöt ja lisäksi niiden avulla saadaan parempi kontrasti. Kuitenkin orgaanisia yhdisteitä sisältävillä OLED:eilla on lyhyempi elinikä kuin LCD:lla.

Oppilaat saattavat kysyä

Kuinka polarisoivat aurinkolasit toimivat?

Osa valosta heijastuu sen saapuessa kahden eri taitekertoimisen materiaalin rajapinnalle. Tämä osuus riippuu polarisaatiosta ja tulokulmasta. Kun valo tulee Brewsterin kulmassa () pintaan, p-polaroitunut valo ei heijastu. Kun ei-polaroitunut valo, kuten auringonvalo, saapuu heijastavaan pintaan Brewsterin kulmassa, heijastunut valo polaroituu täydellisesti (s-polaroitunut) tulotason kanssa samansuuntaisesti. Lasille ($n_2 \approx 1.5$) ilmassa ($n_1 \approx 1$), Brewsterin kulma näkyvälle valolle on noin 56° , kun taas ilma-vesi -rajapinnalle ($n_2 \approx 1.33$) se on noin 53° .

Polaroivat aurinkolasit on suunniteltu suojaamaan silmiä auringon häikäisyltä eri heijastuspinoista. Heijastukset ovat yleensä horisontaalisesti polarisoituneita ja linsseissä polarisaattorit on suunnattu vertikaalisesti, jolloin tuleva valo ei pääse niistä läpi.

Polaroivat filtrit valokuvauksessa?

Moderneissa kameroissa käytetään yleensä ympyräpolarisoivia filttäreitä. Polarisaattorin ensimmäinen osa on lineaarinen polarisaattori, joka suodattaa tietyn suuntaisen polarisaation. Toinen osa muuttaa valon ympyräpolaroituneeksi ennen valon pääsemistä kameraan teknisten syiden, kuten automatiikka-antureiden vuoksi. Polaroivalla filterillä on kaksi sovellusta sekä väri- että mustavalkovalokuvauksessa: se vähentää heijastuksia joistakin pinnoista ja voi tummentaa taivasta. Ilmamolekyylit sirottavat auringonvaloa (Rayleigh-sironta) ja sininen osa (lyhemmät aallonpituudet) spektristä siroaa enemmän kuin punainen (pidemmät aallonpituudet) joten taivas näyttää siniseltä. Kameran polarisoiva filteri suodattaa polarisoituneen komponentin taivaalta tulevasta valosta värikuvassa siten, että sinisen taivaan ja valkoisten pilvien välinen kontrasti paranee.