

# Ohjeita opettajille

## moduulista 4:

## Silmä ja näkö

*Silmän toimintaa on pyritty selvittämään jo pitkään. On uskomatonta kuinka voimme silmiemme avulla nähdä erimuotoisia ja värisiä esineitä kaukaa ja läheltä vain siten että silmä säättää itseään sekunnin murto-osassa. Tässä moduulissa oppilaat vertaavat kameran ja silmän osia toisiinsa ja oppivat eri osien toiminnan. He oppivat myös 'mukautumisesta' – silmän erikoisominaisuudesta joka auttaa tarkentamaan eri etäisyyksille silmän linssin muuttaessa muotoaan.*

**Yhteenveto:** Oppilaat vertailevat kameran ja silmän osia ja käyttävät kahta linssiä tutustuessaan silmän tarkennusmekanismiin

Moduuli koostuu kahdesta luvusta:

- Kurkistus silmään -työohje
- Silmä fokuksessa -työohje

**Suunniteltu:** yläkoululaisille (ikä noin 12–14 v.)

**Kesto:** Jokainen luku on suunniteltu kestämään noin 40 minuuttia

**Mitä oppilaiden pitäisi tietää jo aiemmin:**

- Kuinka linssit ohjaavat valon kulkua
- Ohuen linssin kuvausyhtälö
- Linssien päätyypit

**Mitä oppilaat oppivat:**

- määrittämään polttovälejä
- kameran osista ja niiden toiminnasta
- ihmisen silmän osista ja niiden toiminnasta
- maksimi- ja minimitarkennusetäisyyden määrittäminen ohuen linssin kuvausyhtälön avulla
- silmän mukautumisesta

**Oppilailla kehittyvät taidot:**

- ryhmätyö
- konkreettisten käsitteiden yhdistämistä abstrakteihin ajatuksiin
- linssien ja sädediagrammien käyttö

**Tämä moduuli sisältää:**

- 2 työohjetta
- 1 tietosivun

## Luku 1 | Kurkistus silmään

### Suosittelun oppitunnin rakenne

Oppilaat vertaavat kameran ja silmän osia toisiinsa ja oppivat osien toiminnasta.

Aika minuutteina	Toiminto	Materiaali
0-10	Yleinen keskustelu "Mitä on näkeminen"	
10-30	Ryhmätyö: "Palapelin" ratkaiseminen, jossa kameran ja silmän osat järjestetään sekä ymmärretään niiden toiminnasta	WS04.1
30-40	Keskustelu tuloksista	
kotitehtävä	Ei ole	

### Kuvaus suositellusta oppitunnista

Kysy oppilailtasi mitä he ajattelevat mitä tarkoittaa jonkun asian "näkeminen". Suurin osa heistä todennäköisesti tietää jo että näkemiseen tarvitaan kappaleesta silmään tulevaa valoa. Johdattele heitä ymmärtämään ettei tämä pelkästään riitä. Esimerkiksi emme näe tuolia pimeässä ja emme voi katsoa suoraan aurinkoon. Molemmissa tapauksissa valon määrä on ongelma. Valon on oltava "juuri sopivaa" jotta voisimme nähdä. Kameran osat ja silmämme pystyvät säätämään valoa ja tekemään siitä sopivaa nähdäksemme.

### Työohje "Kurkistus silmään"

Jaa luokka 2-3 oppilaan ryhmiin. Ohjeista ryhmät lukemaan johdanto työohjeesta WS4.1. Seuraavaksi oppilaat voivat työstää palapeliä. Suurin osa oppilaista voi tietää jo jotain kameran ja silmän osista. Pyydä oppilaita keskustelemaan jo aiemmin tuntemistaan asioista ryhmissä (mm. suljin avautuu ja sulkeutuu, eli se mahdollistaa tai estää valon sisään pääsyn). Ohjaa oppilaita miettimään myös mitkä osat ovat kiinteitä ja mitkä voi liikkua (tämä tarkastelu on helpompaa kameralle kuin silmälle, eli oppilaat voivat tarvita apua silmän osalta selityksessä).

Oppilaiden tulisi erityisesti miettiä missä järjestyksessä valo etenee silmän ja kameran osien läpi ja mitä valolle tapahtuu eri osissa. Palapelin ratkaisu ja eri osien toiminta selitetään erillisessä liitteessä.

Auta oppilaita selviämään luokassa kiertämällä että kaikki ryhmät saavat ratkaisun palapeliin.

### Keskustelu tuloksista

Pyydä oppilaita liimaamaan osat oikeassa järjestyksessä vihkoihin kun ryhmät ovat saaneet ratkaisun tehtävään. Pyydä että jokaisen osan alle jää tilaa kirjoittamiselle. Seuraavaksi pyydä oppilaita keskustelemaan jokaisesta osasta erikseen ryhmissä. Kierrä ryhmissä kunnes kaikilla on vastaukset. Pyydä ryhmiltä perusteluja rakaisuille ja auta heitä löytämään oikeat ratkaisut jos ryhmien tulosten välillä on eroavaisuuksia.

Kysy oppilailta uskovatko he seuraavat väitteet

1. Silmä on "optinen instrumentti" joka kerää valoa katsottavasta kohteesta ja havaitsee kuvan, mahdollistaen näkemisen.
2. Kamera ja ihmissilmä ovat hyvin samanlaisia monessa suhteessa.

### Kamera vastaan silmä: eroavaisuudet

Pyydä oppilaitasi listaamaan kameran ja silmän välisiä eroavaisuuksia. Kerää erilaiset näkemykset taululle kun kaikilla ryhmillä on joitakin ajatuksia koottuna. Jotkut saattavat sanoa että linssi on erilainen, kamera yhdistetään tietokoneeseen kun taas silmä lähettää viestejä aivoille jne. Seuraavaksi pyydä oppilaita työstämään toista osiota kysymyksestä 2) WS4.1:ssä. Ohjaa oppilaat ymmärtämään että kameran linssi voi liikkua eteen ja taakse mutta silmän linssi on paikallaan.

Kuinka silmä voi nähdä tarkasti erimuotoisia kappaleita eri etäisyyksiltä jos silmän linssi on paikallaan ja varjostin (verkkokalvo) on myös paikallaan?

Jätä tämä kohta avoimeksi työohjeessa ja kerro oppilaille että seuraavalla oppitunnilla opitaan miten silmä tarkentuu erilaisiin kohteisiin.

Kysymyksessä 3 oppilaiden tulisi ymmärtää että silmä kerää valoa ja lähettää informaatiota, kun taas tiedon prosessointi merkitykselliseksi kuvaksi tapahtuu aivoissa ja tätä kautta muodostuu myös näköaistimus. Vastaavasti tietokone (joko kameran prosessori tai erillinen laite) prosessoi informaation tuottaakseen valokuvan.

## Taustatietoja

### Silmän valoa aistivat solut

Ihmissilmän verkkokalvolla on neljää erilaista valoa aistivaa solua (näköreseptorisolua):

*Sauvasoluja* käytetään yöllä tai hämärässä. Silmässä on noin 120 miljoonaa sauvasolua ja ne tunnistavat valon intensiteetin mutta eivät pysty tunnistamaan värejä.

*Tappisolut* pystyvät tunnistamaan värejä ja silmässä näitä soluja on noin 6-7 miljoonaa. Tappisolut jaetaan kolmeen kategoriaan niiden aallonpituusherkkyden mukaisesti

1. *L-reseptorit* ovat herkimpiä pitkille aallonpituuksille (punaisen sävyt)
2. *M-reseptorit* ovat herkimpiä keskiaallonpituuksille (vihreän sävyt).
3. *S-reseptorit* ovat herkimpiä lyhyille aallonpituuksille (sinisen sävyt).

Normaalin näön omaavilla on L-, M- ja S-sensitiiviset reseptorit. Poikkeavan värinäön (värisokeilla) ihmisillä yksi tai useampi näistä reseptoreista puuttuu.

Nämä silmän reseptorit ovat valoa aistivia hermosoluja ja laukaisevat sähköisiä impulsseja kun valo osuu verkkokalvolle niihin. Kuvamuodostus verkkokalvolla perustuu systemaattiseen paikkariippuvaan reseptorien toimintaan.

### Verkkokalvon ja CCD-kennon vertailua

Verkkokalvolle saapuvan kuvan ja information välityksen tapa on hyvin samanlainen kuin CCD-kennon toiminta videokamerassa.

CCD-kennolla pikselit ovat valoherkkiä. Jokainen pikseli on oleellisesti kondensaattori ja kun valo osuu siihen, kondensaattori kehittää varauksen jonka suuruus on verrannollinen tulevan valon intensiteettiin. Tämä varaus "kytketään" ulkoiseen (analogiseen) piiriin muiden kondensaattoreiden kautta ja tämä ulkoinen piiri lähettää varauksen suuruuteen verrannollisen jännitepulsisarjan. Mikroprosessori tyypillisesti muuttaa tämän sarjan tulevan valon intensiteetiksi jännitteen perusteella.

Digitaalikameroissa käytetään yleisesti CCD-kennon pinnalla Bayer-matriisia. Neljästä pikselistä muodstuvassa neliössä yksi on filteröity punaiselle, yksi siniselle ja kaksi vihreälle valolle (ihmissilmä on herkempi vihreälle kuin punaiselle tai siniselle valolle). Tämän seurauksena on se, että informaatio luminanssista kerätään jokaisen pikselin kautta, mutta väriresoluutio on matalampi kuin luminanssiresoluutio.

Silmässä oleva verkkokalvo toimii hyvin pitkälti samalla tavalla. Verkkokalvon reseptorisolut hyperpolarisoituvat valon osuessa niihin, ja niiden potentiaali (jännite) kasvaa. Hermon lepopotentiaali on tyypillisesti noin -70 millivoltia, joka voi nousta maksimissaan arvoon -55 mV. Hyperpolarisoitunut näköreseptori (sauva tai tappi riippuen valaistuksesta) antaa ärsykkeen allaan oleville bipolaarisoluille jotka välittävät sen gangliosoluille. Gangliosolu lähettää sähköisen impulssin aivoille näköhermoa Pitkin. (Huomioi että tämä on yksinkertaistettu malli varsinaisesta mekanismista joka sisältää useita hermokerroksia).

Kuvan prosessointi tapahtuu aivoissa. Tarkemmin sanottuna se tapahtuu visuaalisessa aivokuoressa kahdella alueella aivoissa jotka tunnetaan takaraivolohkona. Oikean silmän näkemä kuva prosessoidaan vasemmalla puolella aivoja ja päinvastoin. Vaikka kuva verkkokalvolla onkin ylösalaisin, näemme sen kuitenkin oikein pain.

### Stereoskooppinen näkö

Ihmisillä ja monilla muilla lajeilla on *“stereoskooppinen näkö”*, joka tarkoittaa että yksi kohde nähdään kahdella silmällä. Molemmat silmät ovat samassa tasossa, eli kallon etuosassa. Kaloilla silmät ovat yleensä eri puolilla päätä, jolloin molemmat silmät näkevät eri kuvat. Yksi stereoskooppisen näön ominaisuuksia on syvyytnäkö ja paikallistaminen. Helppo tapa testata tätä on pitää sormeasi kasvojesi edessä ja katsoa jotain esinettä kaukana. Silmiä suhteellisen nopeasti sulkeamalla vuorotellen esineeseen tarkentaen voi nähdä sormen liikkuvan kun taas esine pysyy paikallaan. Kun henkilö katsoo kohdetta, molemmat silmät suuntautuvat siten, että kohde näkyy keskellä verkkokalvoa molemmissa silmissä. Muut kappaleet pääkohteen ympärillä näkyvät siirtyneinä suhteessa pääkohteeseen (tässä tapauksessa sormi).

### Ihmissilmän linssi ja sen ominaisuudet

Silmän linssiä kutsutaan myös mykiöksi. Ihmisillä silmän ollessa lepotilassa (katsottaessa kauas) linssin taittovoima on noin 18 diopteria, joka on noin kolmannes silmän maksimitehokkuudesta (katsottaessa lähelle noin 60 diopteria). Linssin taitekerroin vaihtelee hieman välillä 1.38 – 1.40. Linssin erityisiin ominaisuuksiin kuuluu se, että linssi voi muuttaa muotoaan ja polttoväliään, jonka ansiosta voimme nähdä erilaisia kappaleita. Tämä sopeutuminen toimii refleksin tavoin mutta sitä voi myös tietoisesti kontrolloida. Ihmiset ja muut nisäkkäät sekä linnut muuttavat linssin taittovoimakkuutta sen muotoa muuttamalla käyttämällä *sädelihaksia*. Tällä tehtävä muutos voi olla 15 diopteria ihmisillä. Kalat ja sammakkoeläimet muuttavat taittovoimakkuutta säätämällä jäykän linssin ja verkkokalvon välistä etäisyyttä.

Nuorella silmä voi tarkentaa kaukaa 7 cm etäisyydelle 350 millisekunnissa. Tämä dramaattinen muutos polttovälissä vastaa 12 diopteria (diopteri = 1 / polttoväli(m)) ja saavutetaan sädelihasten supistumisella. Kyky tarkentaa nopeasti eri etäisyyksille heikkenee iän myötä.

### Oppilaat saattavat kysyä

Kuinka digikamera toimii?

Perinteiset kamerat käyttävät filmiä kuvien talteen ottoon. Filmi tyypillisesti sisältää valoherkkää hopeahalidia. Digikameroissa kuva tallentuu rivissä oleville valoherkille antureille. Nämä anturit ovat herkkiä tulevan valon intensiteetille ja tallentavat digitaalisesti tiedon punaisen, vihreän ja sinisen värin informaationa tai raakatatana. Antureita (kennoja) on kahta päätyyppiä: CCD (engl. charge-coupled device) ja CMOS (engl. complementary metal-oxide semiconductor). Perinteiset kamerat pystyivät toimimaan ilman sähköä mutta digikamerat tarvitsevat yhteyden tietokoneeseen kuvien tallennuksen ja prosessoinnin vuoksi.

## Luku 2 | Polttovälit

### Suosittelun oppitunnin rakenne

Oppilaat oppivat kuinka silmä fokusoi valoa ja silmän "sopeutumisen" käsitteen

Aika minuutteina	Toiminto	Materiaali
0-5	Edellisen keskustelun jatkaminen	
10-20	Silmän polttovälikoe	WS04.2
20-30	Luokkahuonekeskustelu tuloksista	
30-40	Ryhmätyö: koe polttoväleistä	Linssit (30 mm ja 150 mm polttoväli) LED-moduuli <i>Ei kuulu pakettiin:</i> Varjostin Metrimitta

### Kuvaus suositellusta oppitunnista

Kerro oppilaille että jatkamalla edellisen oppitunnin keskustelua ymmärretään kuinka silmä fokusoi valoa eri tavalla verrattuna kameraan ja että he oppivat mittaamaan omien silmiensä polttovälin.

#### Silmäni polttoväli:

Pyydä oppilaita lukemaan kysymys 1) työohjeesta WS4.2 ja tekemään koe 2-3 hengen ryhmissä. Oppilaiden pitäisi kysyä ryhmänsä jäseniltä apua siinä vaiheessa kun heidän on mitattava sormen ja silmän välinen matka. Kirjoita taululle tulokset jokaiselta ryhmältä viimeisen kysymyksen osalta ("Onko tämä matka suunnilleen sama kaikille?") ja pyydä oppilaita vertailemaan tuloksia. Jos jollakulla on hyvin erilainen tulos, pyydä heitä kertomaan miten koe suoritettiin ja pyri ymmärtämään miksi vastaukset eroavat.

Työohjeessa annetun ohuen linssin kuvausytälö oppilaat voivat laskea silmänsä polttovälin.

Seuraavaksi pyydä oppilaita lukemaan tehtävät 2) ja 3) työohjeesta ja työskentelemään 2-3 hengen ryhmissä. Varmista että oppilaat asettavat varjostimen linssin taakse siten, että etäisyys on suurempi kuin linssin polttoväli (150 mm) ja että varjostin ei liiku. Varmista että oppilaat vaihtavat linssin toiseen linssiin (+30 mm polttoväli) ensimmäisen etäisyyden mittaamisen jälkeen ja että linssin ja varjostimen välimatka pysyy samana.

#### Keskustelu tuloksista:

Keskustele tehtävä 4) oppilaidesi kanssa kysyen millaisia tuloksia he saivat ja mitä he tekivät. Tämä koe auttaa heitä keskustelemaan linssin ominaisuuksista suhteessa tarkentamiseen kauas ja lähelle. Todennäköisesti oppilaat sanovat että pidempipolttovälinen linssi tarkentaa paremmin kaukasiin kohteisiin kuin lyhytpolttovälinen ja päinvastoin.

Pyydä oppilaitasi tarkastelemaan linssijä ja kommentoimaan linssien muotoja. He saattavat huomata että 30 mm linssi on pyöreämpi ja toinen on litteämpi. Kysy seuraavaksi mikä on toinen tapa tarkentaa kohteeseen mikäli linssi ei vaihdu. Johdattele heidät ymmärtämään että on kaksi tapaa – linssi muuttuu tai etäisyys linssin ja varjostimen välillä muuttuu. Silmän tapauksessa vain linssin muoto voi muuttua ja tämä on juuri mitä tapahtuu.

Tehtävässä 5) oppilaiden on käytettävä ohuen linssin kuvausyhtälöä ja ymmärrettävä että verkkokalvon ja sarveiskalvon etäisyys ja polttoväli ovat kiinnitettyjä ja nämä on annettu edellisellä sivulla. Tehtävät 6) ja 7) ovat lisätehtäviä riippuen siitä onko sädediagrammit käyty läpi oppilaiden kanssa jo aiemmin.

*Lisätehtävät:* Tehtävissä 6) ja 7) oppilaiden tulee piirtää kohde ja varjostin (joka kuvaa verkkokalvoa) ja päättää mihin kuva muodostuu missäkin taittovirheessä (verkkokalvon eteen tai taakse). Sitten oppilaat voivat keskustella millaista linssiä tarvitaan riippuen siitä tarvitseeko kuvaa tuoda eteenpäin tai siirtää taaksepäin.

## Taustatietoja

### Nestelinssit

Silmän sopeutuminen on hyvin käyttökelpoinen toiminto ja sen avulla pystytään parantamaan tarkkuutta ja pienetämään kokoa erilaisten laitteiden, kuten kameroiden osalta. Aiemmin monimutkaiset optiset laitteet käyttivät kiinteän polttovälin linssisysteemeitä. Laajat tutkimukset ovat johtaneet nestelinssien valmistamiseen, jossa linssit voivat muuttaa muotoaan ja polttoväliään tarpeen mukaan. Linssi pystyy adaptoitumaan nopeasti ja jatkuvasti hajottavasta kokoavaan ja sitä voidaan käyttää automaattitarkennukseen ja optiseen kuvanvakautukseen. Teknologiassa nesteen pintajännitystä muokataan sähkökentällä sekä läpinäkyvän ja optisesti vääristymää aiheuttamattoman nesteen yhdistelmää linssin muodostamiseksi ja sen ominaisuuksien muuttamiseksi reaaliajassa. Pintajännitys on nesteen ominaisuus pysyä kiinteän aineen pinnan kanssa kontaktissa, ja on kombinaatio useista voimista. Sähkökentällä muokattava pintajännitys (Electrowetting) on muunnos nesteen pintajännityksen ominaisuuksista.

Pääetuna nestelinssien käytössä verrattuna lasi- tai muovilinsseihin on se, että niiden avulla pystytään kattamaan laaja polttovälialue, ne ovat vankempia ja iskunkestävämpiä kuin perinteiset linssit ja että ne voivat muuttaa tarkennustaan nopeasti (millisekuntiskaalassa). Nestelinssien taipuisuus mahdollistaa usean linssin koteloinnin paljon pienempään tilaan kuin nykyisissä kameroiden objekteiveissa.

Nestelinssiteknologia on jo tällä hetkellä murtautumassa älypuhelimien, kameroiden ja kuvantamiseen. Monia muita sovellutuksia on vielä kuitenkin tutkimatta.

### Oppilaat saattavat kysyä:

#### Miten piilolinssit toimivat?

Piilolinssit asetetaan sarveiskalvon pinnalle korjaamaan näön ongelmia. Vastaavasti kuin silmälasit, myös ensimmäiset piilolinssit tehtiin lasista. Tämä aiheutti silmien ärtymistä ja linssijä ei voinut käyttää pitkiä aikoja kerrallaan. Lasilinssit korvattiin polymetyylimetakrylaattilinsseillä (PMMA) jotka olivat paljon miellyttävämmät mutta eivät johtaneet happea linssin läpi sarveiskalvolle. Myöhempi tutkimus johti kaasua läpäisevien materiaalien käyttöön piilolinssissä. Kuitenkin kaikki nämä linssit olivat edelleen ”kovia” linssijä.

Suurin läpimurto piilolinssissä tehtiin kun ensimmäiset pehmeät (hydrogeeli) linssit lanseerattiin joissakin maissa 1960-luvulla ja ”Soflens”-materiaali (polymacon) hyväksyttiin USA:ssa 1971. Pehmeät linssit ovat välittömästi mukavat, kun taas jäykemmät linssit vaativat totuttelujakson ennen kuin täysi mukavuus saavutetaan. Pehmeissä linssissä käytettäviä polymeerejä on kehitetty jo yli 25 vuotta, ja pääasiassa on pyritty lisäämään hapen läpäisyä muuttamalla polymeereissä käytettäviä ainesosia.