

Ohjeita opettajille

moduulista 3:

Linssit ja kaukoputket

Linssit ovat yleisiä optiikan välineitä. Kuitenkaan niiden toimintaperiaatteiden ymmärtäminen ei ole triviaalia! Linseillä on laaja sovellutusalue. Esimerkiksi kaukoputkissa linseillä on merkittävä rooli. Tässä moduulissa oppilaat työskentelevät linssien kanssa ja oppivat mielenkiintoisia ilmiöitä niihin liittyen.

Yhteenveto: Oppilaat oppivat, kuinka kupera ja kovera linssi ohjaavat valon kulkua. He rakentavat myös omat Galileon ja Keplerin kaukoputket katsoakseen kauas.

Moduuliin sisältyy yksi työohje:

- Työohje "Valon tie"

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

Kesto: Luku on suunniteltu noin yhden 40 minuuttisen oppitunnin mittaiseksi.

Mitä oppilaiden tulisi tietää jo aiemmin:

- Peruskäsitteet liittyen linseihin
- Kupera ja kovera linssi

Mitä oppilaat oppivat:

- Kuinka erilaiset linssit ohjaavat valon kulkua
- Fysiikan käsitteen "polttopiste"
- Oikean ja valekuvan ero
- Kuinka rakentaa kaksi eri tyyppistä kaukoputkea
- Teleskoopin suurennuskertoimen laskeminen
- Näkökentän käsite

Oppilailla kehittyvät taidot:

- Yhteistyötaidot
- Linssien ja sädediagrammien käyttö
- Omien kokeiden suunnittelu ja havaintojen yhdistäminen teoriaan

Moduuli sisältää:

- 1 työohje
- 1 tietosivu

Luku 1 | Valon tie

Suosittelun oppitunnin rakenne

Oppilaat tutkivat kuperia ja koveria linssellä sekä oppivat miten ja mihin linssit kohdistavat valoa. He oppivat myös oikeista ja valekuvista.

Aika minuutteina	Toiminto	Materiaali
0-20	Ryhmätyö: Tutkitaan linssien valon kohdistamista ja niiden muodostamien kuvien ominaisuuksia. Tehdään ja täytetään taulukko. Tehtävän 2 läpi käyminen.	3 linssiä (+30 mm, -30 mm ja 150 mm polttovälit) LED-moduuli <i>Pakettiin sisällyttömät:</i> Pullon korkki tai vastaava tai paperille piirretty hymynaama.
20-35	Galileon ja Keplerin kaukoputkien rakentaminen	
35-40	Luokahuonekeskustelua tutkimustuloksista	
kotitehtävät	Ei mitään	

Kuvaus suositellusta oppitunnista

Oppitunnin aluksi pyydä oppilaitasi tutkimaan linssellä itseksensä. Kehota heitä kirjoittamaan havaintonsa ylös työohjeen mukaiseen taulukkoon. Tärkeintä on, että he *laadullisesti* analysoivat kuvia. Tätä koetta varten oppilaiden on parasta käyttää esinettä, jolla on selvästi havaittavissa oleva asento. Näin he voivat helposti huomata, milloin kuva on ylösalaisin. Sopivia esineitä ovat esimerkiksi kirjoitusta sisältävä pullonkorkki tai paperille tai pahville piirretty hymynaama.

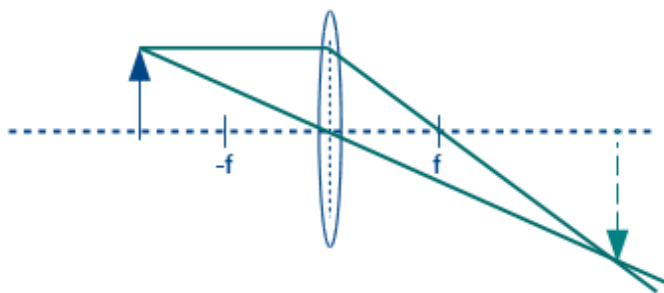
Kun oppilaat ovat tehneet kokeen, heidän tulisi kyetä vetämään yhteen erilaisten linssien ominaisuudet alla olevan näköiseen taulukkoon ja merkitä siihen esimerkiksi, onko kuva oikein päin vain ylösalaisin, isompi tai pienempi jne.

Linssityyppi	Polttoväli	Kohteen paikka	Kuvan etäisyys	Kuvan asento	Kuvan koko
kaksoiskupera	+30 mm				
kaksoiskupera	+150 mm				
kaksoiskovera	-30 mm				

Oppilaiden tulisi myös testata polttovälin ja polttopisteen merkitystä ymmärtääkseen, mitä tapahtuu kuvalle, kun esine viedään lähelle tai kauas polttopisteestä. Tämän työskentelyn jälkeen oppilaat saattavat pohtia, mitä tapahtuu, kun esine on lähellä koveraa linssiä ja miksi kuva kääntyy ”pystyyn”, kun esineen vielä lähelle kuperaa linssiä.

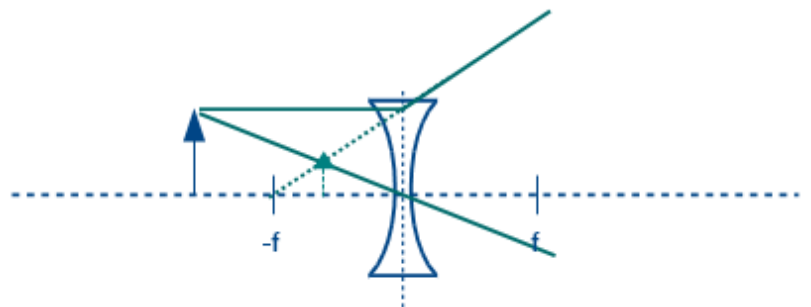
Oikea ja valekuva

Kysymyksessä 2) oppilaat työskentelevät kaksoiskoverien ja kaksoiskuperien linssien kanssa nähdäkseen, että toisella näistä saadaan tarkka kuva ja toisella ei. Kohdassa 3) oppilaille annetaan selitys siitä, mikä on oikea kuva ja mikä valekuva. Voit vahvistaa oppilaiden ymmärrystä näistä käsitteistä käyttämällä sädediagrammi. Alla on esitetty kaksi eri tapausta;

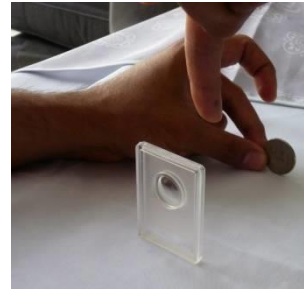
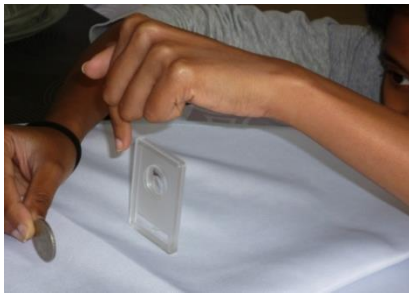


Kaksoiskupera linssi muodostaa suuremman, oikean kuvan, kun esine on polttoväliä kauempana. Tällainen kuva voidaan nähdä varjostimella.

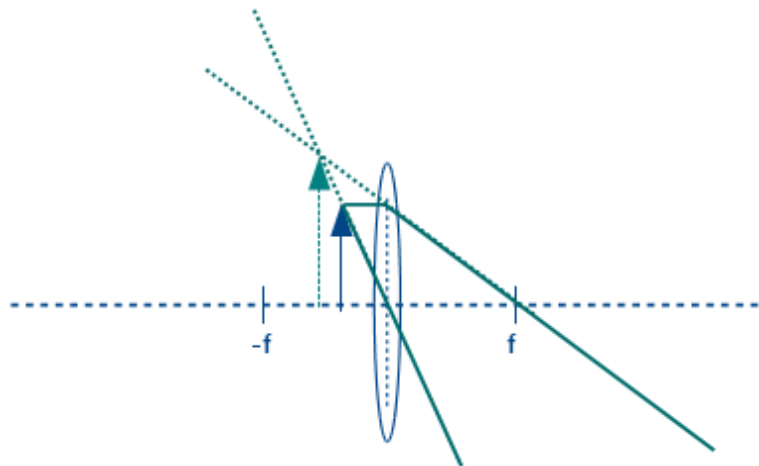
Kaksoiskovera linssi muodostaa pienemmän valeskuvan, kun esine on polttoväliä kauempana. Tällaista kuvaa ei voi nähdä varjostimella. Säiteitä voidaan jatkaa linssin taakse ja nähdä niiden ikään kuin lähtevän tästä pisteestä.



Ajan salliessa voit tehdä luokan kanssa yksinkertaisen kokeen havainnollistaaksesi tätä ilmiötä. Ota -30 mm polttovälin linssi ja aseta se pöydälle. Pidä pientä esinettä linssistä 30 mm kauempana ja pyydä oppilasta katsomaan esinettä linssin läpi molemmat silmät auki. Pyydä häntä nyt laittamaan sormi hänen linssin kautta näkemänsä kolikon yläpuolelle. Oppilaan muut sormet eivät saa näkyä linssin läpi. Sormeja tulee pitää linssin yläpuolella. Pyydä oppilasta sanomaan ”NYT” ja pitämään sormensa paikoillaan. Pyydä häntä nyt katsomaan linssin yli esineen yläpuolella olevaa sormeja. Jos koe tehdään oikein, oppilaan sormi pitäisi olla aina linssin ja esineen välissä. *Tämä on paikka, johon valekuva muodostuu.*



Kohdassa 4) oppilaat työskentelevät kaksoiskuperan linssin kanssa selvittääkseen, että kun esine sijaitsee polttoväliä lähempänä linssiä, varjostimelle ei muodostu tarkkaa kuvaa. Valonsäteet hajoavat alla esitetyn kuvan mukaisesti ja muodostuu valekuva.



Galileon ja Keplerin kaukoputket

Sinulla on kaksi eri vaihtoehtoa käydä tämä osa työohjeesta läpi. Ne ovat:

1) Tarinat Galileosta ja Kepleristä sisältävät paljon mielenkiintoisia historiallisia faktoja, joten niiden lisääminen oppituntiin voi olla oppilaista mielenkiintoista. Oppilaat voivat saada idean, miksi ongelma tarvitsi ratkaisun ja mitä sen ratkaiseminen merkitsi tuona aikana. *Jos aikaa on vähän*, voit jakaa luokan Galileo- ja Kepler-ryhmiin ja laittaa ryhmät rakentamaan vain yhdenlaisen kaukoputken. Kun kukin ryhmä on "rakentanut" kaukoputkensa he voivat demonstroida toiselle ryhmälle, kuinka se toimii ja vertailla erityyppisiä kaukoputkia. He voivat myös keskustella, mihin käyttöön ne sopisivat.

2) Jaa luokkasi 2-3 hengen ryhmiin ja anna heidän työskennellä yhdessä kysymysten 5-7 (WS03.1) parissa rakentaakseen kummankin tyyppiset kaukoputket. Lopuksi vetäkää avoimessa keskustelussa yhteen kummankin kaukoputken ominaisuuksia.

MUISTETTAVAA: Huomaa, että tätä työskentelyä varten oppilaiden tulee katsoa kaukoputkilla tarpeeksi kaukana olevia kohteita (ainakin 5-6 metrin päässä olevia). Parasta olisi katsoa esimerkiksi ulkona näkyviä rakennuksia. Jos tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, laita vaikka juliste luokahuoneen kauimmalle seinälle. Katso, että julisteessa on sanoja tai kirjaimia, jotta oppilaat voivat helposti nähdä kaukoputken kuvan asennon.

Kohdassa 5) oppilaat keskustelevat, onko kaukoputki mahdollista rakentaa yhdestä linssistä. Tämä keskustelu voi johtaa oppilaat pohtimaan, onko myös suurennuslasi kaukoputki, kun se saa esineet näyttämään isommilta. Suurennuslasi on kaksoiskupera linssi, joka suurentaa esineitä, jotka ovat noin yhden polttovälin päässä linssistä. Kaukoputki sen sijaan hyödyntää vähintään kahta linssiä suurentaakseen kaukaisia kohteita. Näin ollen kaukoputken rakentamiseen vaaditaan vähintään kaksi linssiä.

Kohdassa 6) oppilaat rakentavat Galileon kaukoputken. Oppilaiden tulisi huomata, että tällä linssiyhdistelmällä näkökenttä on pienempi ja kuva on oikein päin. Linssien oikea välimatka Galileon kaukoputkelle on *linssien polttovälien summa* n. 120 mm.

Kohdassa 7) oppilaat rakentavat Keplerin kaukoputken. Tällä linssiyhdistelmällä näkökenttä on suurempi, mutta kuva on ylösalaisin. Tarkan kuvan näkemiseksi vaadittava linssien välinen etäisyys on tässäkin tapauksessa niiden polttovälien summa n. 180 mm.

Kohdassa 8) oppilaat laskevat kaukoputkelleen suurennuskertoimen. Tulokseksi heidän tulisi saada, että kummallakin kaukoputkella on sama suurennuskerroin, mutta Keplerin kaukoputken suurennuskertoimen edessä on miinusmerkki kertomassa, että sen tuottama kuva on ylösalaisin.

Taustatietoa

Kiinnostavaa historiaa: Galileo ja Kepler

Galileon koko nimi oli Galileo di Vincenzo Bonaiuti de' Galilei. Hän syntyi Pisassa vuonna 1564, ja hän oli kuuluisa fyysikko, matemaatikko, tähtitieteilijä ja filosofi, jolla oli tärkeä rooli ”tieteellisessä vallankumouksessa”. Vuonna 1589 hänet nimitettiin Pisan matemaattiseksi johtajaksi. Vuonna 1592 hän siirtyi Paduan yliopistoon ja opetti siellä geometriaa, mekaniikkaa ja tähtitiedettä vuoteen 1610 asti. Tämän ajanjakson aikana Galileo teki merkittäviä löytöjä sekä puhtaan tieteellisen tiedon parissa (esim. kinematiikka ja tähtitiede) kuin myös sovelletun tieteen parissa (esim. materiaalien lujuus ja kaukoputken parantaminen). Hänen monet kiinnostuksen kohteensa sisälsivät myös astrologian, joka kytkeytyi tuona aikana vahvasti matematiikkaan ja tähtitieteeseen. Hänet tunnetaan ehkä parhaiten työstään, jolla hän tuki aurinkokeskeistä näkemystä maailmankaikkeudesta.

Vuonna 1609 Galileo teki huomattavia parannuksia edellisenä vuonna Hans Lippershey’n kehittämään kaukoputkeen. Galileo kehitti kaukoputkia, joiden suurennuskerroin oli kolmesta kolmeenkymmeneen. Tuona aikana hän oli ainoa, joka osasi tehdä kaukoputkia, joilla pystyi katsomaan taivaallisia kohteita yöaikaan. Vuonna 1610 Galileo havaitsi Jupiteria kiertävät neljä kuuta, mikä aiheutti vallankumouksen tähtitieteessä. Tämä havainto oli ristiriidassa teorian kanssa, joka väitti, että kaikki taivaalliset kohteet kiertävät Maata. Galileo jatkoi kuiden havainnointia yli kahdeksan kuukauden ajan ja vuonna 1611 hän saavutti huomattavan tarkan arvioin niiden liikeradoista – saavutus, jota Kepler oli pitänyt mahdottomana.

Usean muun havainnon lisäksi Galileo havaitsi ensimmäisenä Venuksen vaiheet, mikä kiertävien kuiden kanssa muutti käsityksiä vahvasti geosentrisestä maailmankaikkeudesta kohti aurinkokeskeistä maailmankaikkeutta.

Vuonna 1571 syntynyt Johannes Kepler oli saksalainen matemaatikko, tähtitieteilijä ja astrologi. Hän on 1700-luvun tieteellisen vallankumouksen keskeisin hahmo. Hänet tunnetaan parhaiten planeettojen liikeratoja ennustavista laista. Kepler eli aikakautena, jolloin tähtitieteen ja astrologian välillä ei ollut selvää rajaa, mutta tähtitieteen ja fysiikan välillä oli. Kepler sisällytti tutkimustuloksiinsa myös uskonnollisia argumentteja ja päättelyä. Hän rakasti kovasti tähtitiedettä ja jo kuuden vuoden iässä hän havainnoi vuoden 1577 komeettaa ja yhdeksän vuoden iässä hän teki havaintoja kuunpimennyksestä.

Vuonna 1601 Kepler aloitti työskentelemään Tycho Brahelle. Kepler nimitettiin Brahen jatkajaksi ja hän vietti 11 vuotta tässä työssä. Hän kehitti intensiivisesti yhtä ensimmäisistä kuunpimennyksen selittävistä teorioista, neliöllisen vaimenemisen periaattetta, joka selittää valon intensiteetin käyttäytymistä, heijastumista tasaisesta ja kaarevasta pinnasta sekä neulanreikäkameran toiminnan.

Hän tutki systemaattisesti vuoden 1604 supernovaa, ja Brahen työtä jatkaen kolmen liikkeen lain kehittämistä, jotka nykyään tunnemme seuraavina lainalaisuuksina:

- Planeettojen kiertoradat ovat muodoltaan ellipsejä, joiden toisessa polttopisteessä sijaitsee aurinko.
- Planeetan ja Auringon väliin vedetty viiva peittää aina yhtä ison alan tietyssä ajassa.
- Planeetan kiertoajan neliö on suoraan verrannollinen radan isoakselin puolikkaan kuutioon.

Kuultuaan Galileon tekemistä havainnoista hänen kaukoputkellaan, Kepler työskenteli myös kaukoputkien parissa ja huomasi, että käyttämällä kahta kuperaa linssiä saa suuremman suurennuksen kuin Galileon kaukoputkella.

Peilikaukoputket

Peilikaukoputki on optinen kaukoputki, joka käyttää yhtä tai useampaa kaarevaa peiliä valon heijastamiseen ja kuvan muodostamiseen. Peilikaukoputki keksittiin 1700-luvulla vaihtoehtoksi linssikaukoputkelle, joka tuona aikana aiheutti paljon värvirhettä (kromaattista aberaatiota). Vaikka peilikaukoputki tuottaa toisen tyyppisiä optisia poikkeamia (optisia aberaatioita), se voitiin tehdä paljon suuremmaksi. Peilikaukoputken rakentaminen oli myös helpompaa, koska suuren linssin hiominen on vaativampaa kuin yksinkertaisempi peilin kiillottaminen. Lähes kaikki tähtitieteessä käytetyt kaukoputket ovat linssikaukoputkia. Isaac Newton rakensi ensimmäisen peilikaukoputken vuonna 1668. Siinä käytettiin pallomaiseksi hiottua pääpeiliä ja pientä poikittain olevaa apupeiliä, ja se tunnetaan nykyään Newton-peilikaukoputkena.

Koska pääpeili kohdistaa valon johonkin sen edessä olevaan pisteeseen, lähes kaikissa peilikaukoputkissa on toinen peili, filmipidin tai ilmaisin lähellä polttopistettä. Tämä häiritsee osittain valon saapumista pääpeiliin. Sen lisäksi, että se vähentää saapuvan valon voimakkuutta, se aiheuttaa diffraktion takia myös kontrastin heikkenemistä kuvassa.

Vaikka peilin käyttäminen poistaa kromaattisen aberaation syntymisen, aiheuttaa se toisen tyyppisiä aberaatioita. Yksinkertainen pallomainen peili ei kykene kohdistamaan kaukaisesta kohteesta tulevaa valoa yhteen pisteeseen, koska peiliin reunoihin osuvat valonsäteet eivät yhdy keskemälle peiliä osuvien valonsäteiden kanssa. Tätä ilmiötä kutsutaan palloaberaatioksi. Tämän välttääkseen lähes kaikissa peilikaukoputkissa käytetään parabolisia peilejä, jotka kykenevät kohdistamaan kaiken valon yhteen pisteeseen. Paraboliset peilit toimivat hyvin kuvan keskellä olevien kohteiden osalta, kun valonsäteet ovat yhdensuuntaiset peilin akselin kanssa. Kuvan reunoilla olevista kohteista valo kuitenkin tulee peilin akseliin nähden vinosti, mikä puolestaan aiheuttaa niihin vääristymää.

Oppilaat saattavat kysyä

Kuinka monta linssiä kaukoputkessa on ja miksi?

Todellisuudessa, mikään linssi ei voi olla täydellinen. Kahden linssin kaukoputkissa on muodostuvan kuvan kanssa useita eri ongelmia. Kuvassa on esimerkiksi vääristymiä ja kromaattista aberaatiota, mikä johtuu siitä, että valo taittuu aallonpituuden tai taajuuden mukaan enemmän tai vähemmän ja näin ollen kuva on tarkka vain okulaarin keskellä. (Mitä suurempi taajuus sitä enemmän kukin väri taittuu. Tästä syystä useampaa eri väristä valoa emittoivien kappaleiden kaikki valo ei kohdistu kaukoputkessa samaan pisteeseen.) Monia näistä ongelmista on saatu ratkaistua parantelemalla okulaaria ja lisäämällä linssien määrää. Nykyään kaukoputkien rakenteilla parannellaan kuvan kirkkautta, väriä, kuvan laatua sekä kontrastia ja samalla otetaan huomioon laitteen liikuteltavuus