



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

Tervetuloa Valoa kouluille -koulutukseen!

Lauantai 7.10.2023 MAOL koulutuspäivät Kokkola



UEF// University of Eastern Finland



Itä-Suomen yliopiston
LUMA-KESKUS



Sisältö

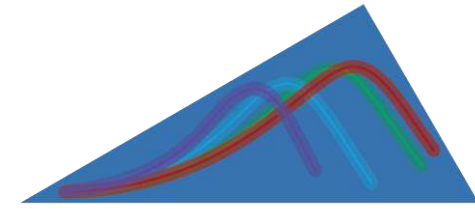
- Photonics Explorer Kit valon tutkimuspaketin eli PEKin taustaa
- PEKin rakenteen esittely
- Tehtävien ja tekemisen kautta tutustumista PEKiin
- Taustakysely





PEKin taustaa & kampanja

- Photonics Explorer Kit on valon tutkimuspaketti, jonka lahjoittajina toimivat yritykset, yksityiset henkilöt, PREIN eli fotoniiikan lippulaiva sekä Photonics Finland
- Kansainvälinen tausta
- Koulutuksia järjestetään yhteistyössä Itä-Suomen yliopiston LUMA-keskuksen kanssa



PREIN

<https://prein.fi/>



Photonics Finland

www.photonics.fi



Itä-Suomen yliopiston
LUMA-KESKUS

<https://luma.uef.fi/>



PEKin hankkiminen

- Lisätietoja PEKista löydät [PREINin](#) sekä [UEFin Center of Photonics](#) sivuilta
- Sivuilla löydät linkit PEKin lahjoittamiseen sekä vastaanottamiseen kampanjan kautta
- Tällä hetkellä (syksy 2023) PEKin vastaanottamisessa kampanjan kautta on jonkin verran ruuhkaa, joten PEKiä saattaa joutua odottamaan



PEK VÄLINEET



Equipping teachers with up to date tools!



- erilaisia linssejä,
 - optista kuitua,
 - diffraktiohilat,
 - filttareitä,
 - kapeat raot,
 - peilit,
 - polarisaattorit,
 - RGB-ledit,
 - laserit,
 - työohjeet muistitikulla
-
- Tarvitset lisäksi ainakin 9 V paristot (10 kpl)



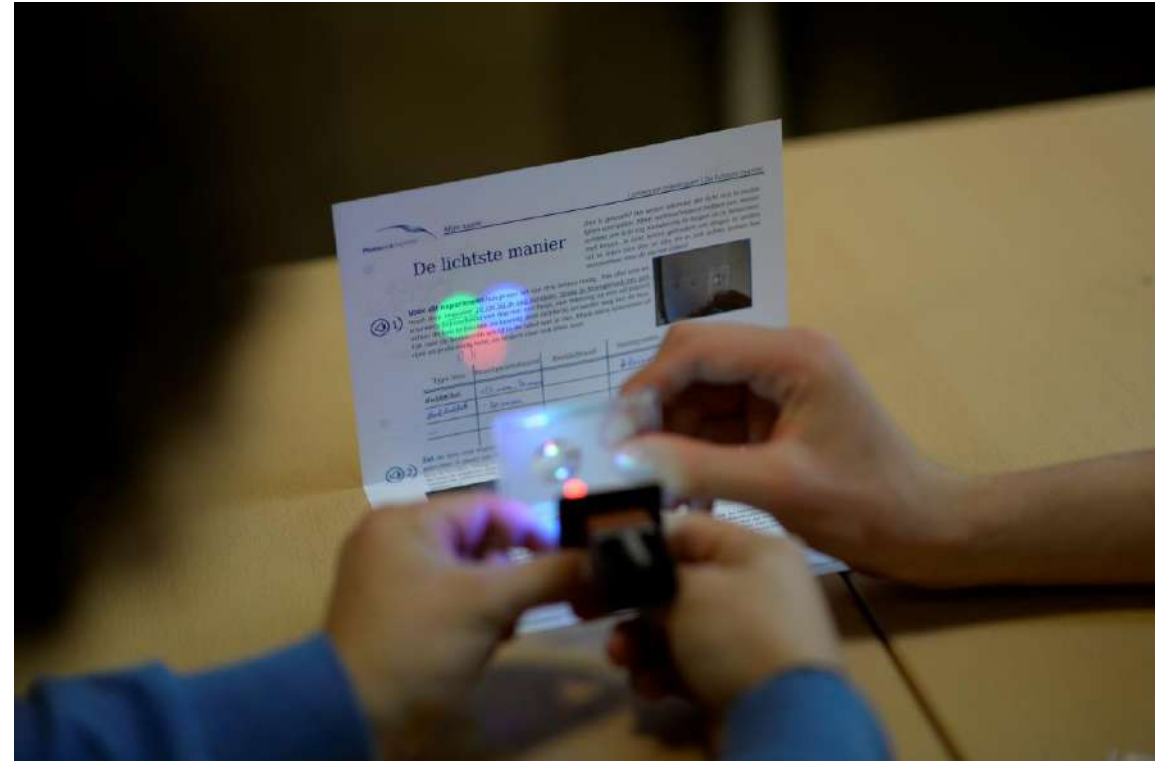
PEK MODUULIT

Yläkoulu

1. Valon kulku
2. Värit
3. Linssit ja teleskoopit
4. Silmä ja näkeminen

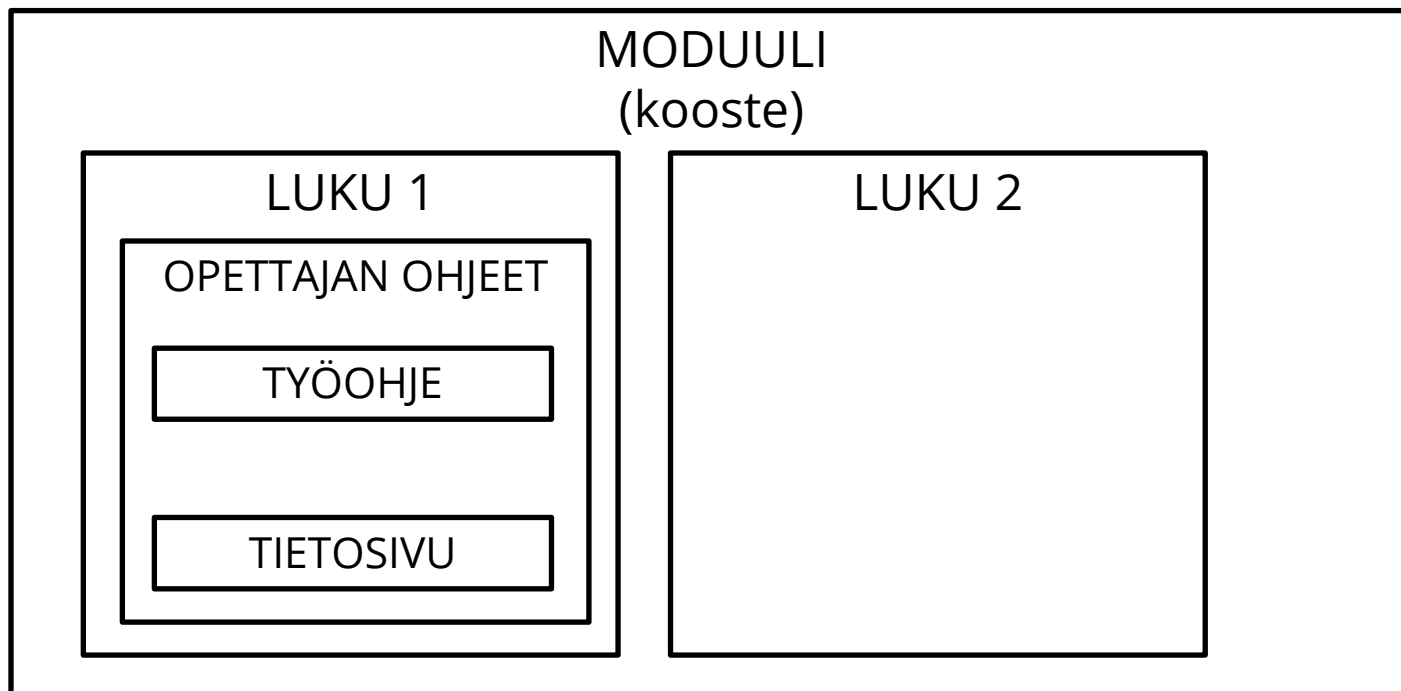
Lukio

5. Polarisaatio
6. Valon tuottaminen
7. Diffraktio ja interferenssi
8. Tieteentekijän työ





PEK OHJEET



- ▣ Sisällysluettelo
- ▼ ▣ Moduuli 1: Sano se valon avulla
 - ▼ ▣ Luku 1: Laaksohaaste
 - ▣ Työohje: Laaksohaaste
 - ▣ Työohje: Valo kohtaa materiaalin
 - ▼ ▣ Luku 2: Kommunikointi optisella kuidulla
 - ▣ Työohje: Sano se valon avulla
 - ▣ Tietosivu: Sano se valon avulla
- ▼ ▣ Moduuli 2: Värit
 - ▼ ▣ Luku 1: Sateenkaaren värien salaisuus
 - ▣ Työohje: Sateenkaaren värien salaisuus
 - ▣ Tietosivu: Sateenkaaren värien salaisuus
 - ▼ ▣ Luku 2: Mikä väri
 - ▣ Työohje: Mikä on väri
 - ▣ Tietosivu: Mikä on väri



PEK OPETTAJAN OHJEET

Esimerkkinä moduulin 1
Sano se valolla kooste

Jokaiselle luvulle on omat
oppituntiehdotukset, joissa
työohjeiden ulkopuolisia
demonstraatioita,
teoriaa/taustaa ja vinkkejä

Yhteenveto: Tehtävässä, jossa oppilaat rakentavat kommunikointisysteemiä kuvitteelliselle kylälle Andeilla, he tutustuvat valon perusominaisuuksiin. Kun oppilaat pohtivat, kuinka valosignaalin saa ohittamaan esteen, he keskustelevat peileistä ja valon heijastumisesta. Kun oppilaat ovat tutustuneet valon ohjaamiseen kokonaisheijastuksen avulla, he pääsevät soveltamaan tietämystään pelissä, jossa he rakentavat oman tiedonsiirtojärjestelmän optista kaapelia käyttäen.

Moduuli koostuu kahdesta osasta:

- Laaksohaaste ja Valon ominaisuudet (ks. sivu 2); ja
- Kommunikointi optisella kuidulla (ks. sivu 9).

Suunniteltu: yläkoululaisille (ikä noin 12–15 v.)

Kesto: Ensimmäinen osa on suunniteltu kahden ja toinen yhden noin 40 minuutin kestoisen oppitunnin mittaiseksi.

Mitä oppilaiden pitäisi tietää jo aiemmin:

- Ei mitään.

Mitä oppilaat oppivat:

Tiedot

- Valo etenee nopeasti ja suoraviivaisesti;
- Erottamaan toisistaan absorption, siroamisen, heijastumisen ja läpinäkyvät materiaalit;
- Heijastuminen; ja
- Kuinka optiset kaapelit ohjaavat valoa.

Taidot

- Yhteistyötaitoja; ja
- Insinööritaitoja: Asetettuja vaatimuksia vastaavien teknisten sovellusten suunnittelua.

Moduuli sisältää:

- 3 työohjetta; ja
- 1 tietosivu.

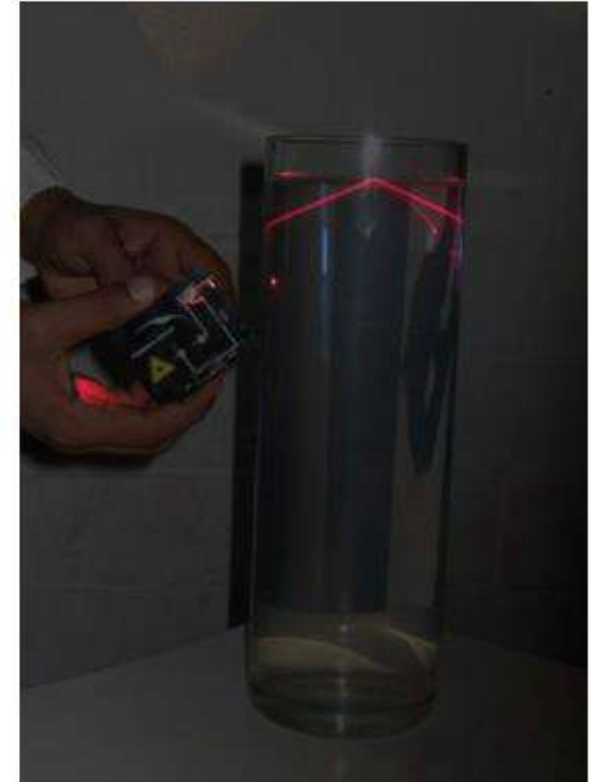


Moduuli 1: Sano se valolla

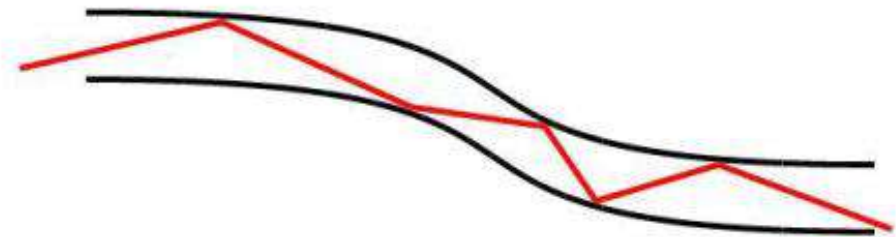
- Luku 1: Laaksohaaste
- Luku 2: Kommunikointi optisella kuidulla

Aiheet

- Valon heijastuminen
- Optinen kuitu



Kuva 3.1 Kokonaisheijastumisen havainnollistus



Kuva 3.3 Kokonaisheijastumiseen perustuvaa valon ohjaamista optisessa kuidussa



LUKU 1: Laaksohaaste - oppituntirakenne

Aika minuutteina	Toiminto	Materiaali
Ensimmäinen oppitunti		
0 – 25	Ryhmätyö: kommunikaatiosysteemin rakentaminen Keskustelua oppilaiden rakentaman optisen tiedonsiirtojärjestelmän eduista	WS01.1
25 – 40	Keskustelua valon ominaisuuksista ja siihen liittyviä kokeita: - Silmä 'näkee' valon; ja - Valo etenee nopeasti ja suoraviivaisesti.	RGB-valot <i>Pakettiin sisällyttömät:</i> Iso peili (> A4-paperi)
Kotitehtävät	Valmistautuminen keskustelemaan aiheeseen liittyvistä asioista	
Toinen oppitunti		
0 – 20	Jatketaan keskustelua valon ominaisuuksista: - Valolla on väri - Valo käyttäytyy eri tavalla eri pinnoilla.	WS02.2, RGB-valot, peilit <i>Pakettiin sisällyttömät:</i> Pintamateriaaliltaan erilaisia kappaleita
20 – 35	Esteen ympäri: heijastus	RGB-valot, peilit
35 – 40	'Monen peilin ongelma'	RGB-valot, peilit

= Työohje: Laaksohaaste

= Työohje: Valo kohtaa materian



Moduuli 2: Värit

- Luku 1: Sateenkaaren värien salaisuus
 - Eri tavat tuottaa sateenkaaren värit
- Luku 2: Mikä väri
 - Substraktiivinen ja additiivinen värisekoitus



Kuva 2: Värikalvon läpi tullut sininen valo ja tomaatin pinnasta heijastunut punainen valo eivät ole monokromaattisia [FS02.1]



LUKU 2: Työohje: Sateenkaaren värien salaisuus



3) Pidä värikalvoja valkoista paperia tai valkoista seinää vasten. Löydätkö seuraavat värit: Punainen, vihreä, sininen, syaani, magenta ja keltainen?



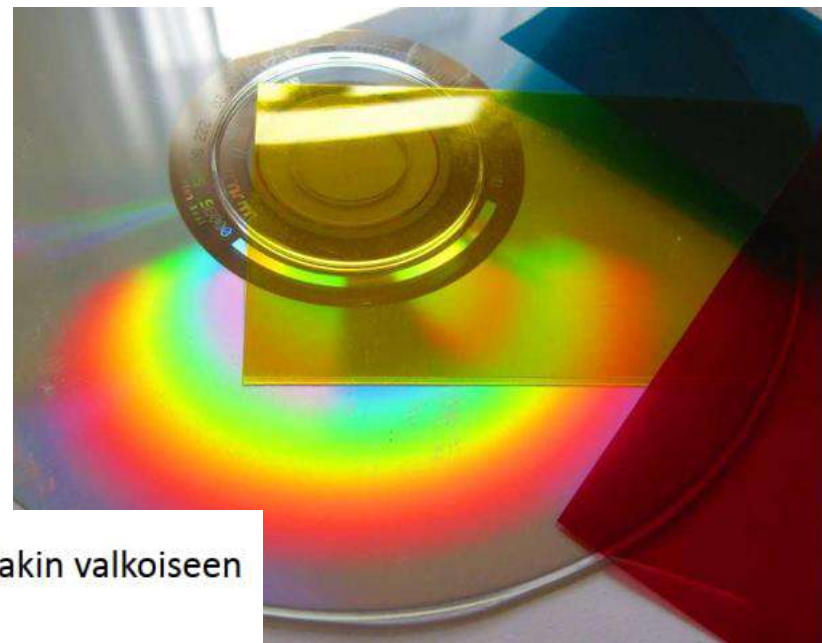
4) Mitä arvelet: kun valkoinen valo menee värikalvon läpi niin poistaako vai lisääkö kalvo jotakin valkoiseen valoon?

Värikalvo lisää jotakin valkoiseen valoon ja siksi se näyttää värilliseltä.

Värikalvo ottaa jotain pois valkoisesta valosta ja lopputulos näyttää värilliseltä.



9) Mietitäänpä uudelleen sateenkaarta. Mistä kaikki sateenkaaren värit tulevat? Laita CD pöydälle siten että näet sateenkaaren värit. Sulje toinen silmäsi, pidä pääsi liikkumatta ja vie punainen värikalvo auki olevan silmäsi eteen ja katso sateenkaaren värejä. Katso CD-levyä välillä kalvon läpi ja välillä ilman kalvoa. Mitä näet jos katsot tarkasti sateenkaaren värejä? Kuinka kirkkaus muuttuu kun katsot kalvon läpi?





Moduuli3: Linssit ja kaukoputket

Moduuli 4: Silmä ja näkö

M3 Linssit ja kaukoputket

- Luku 1: Valon tie
 - Työohje:
 - Valon tie, 8 tehtävää
 - Tietosivu: Linssit ja kaukoputket

M4 Silmä ja näkö

- Luku 1: Kurkistussilmään
 - Työohje:
 - Kurkistus silmään, 3 tehtävää
 - Tietosivu: Kurkistus silmään
- Luku 2: Polttovälit
 - Työohje:
 - Silmä fokuksessa, 7 tehtävää



Moduulien kohokohdat

M3 Linssit ja kaukoputket

- Opitaan mm.:
 - Polttopiste
 - Oikea ja valekuva
 - Kaukoputket
- Tehtävistä:
 - 1, 2 ja 3, 4
 - (5), 6, 7 ja 8

M4 Silmä ja näkö

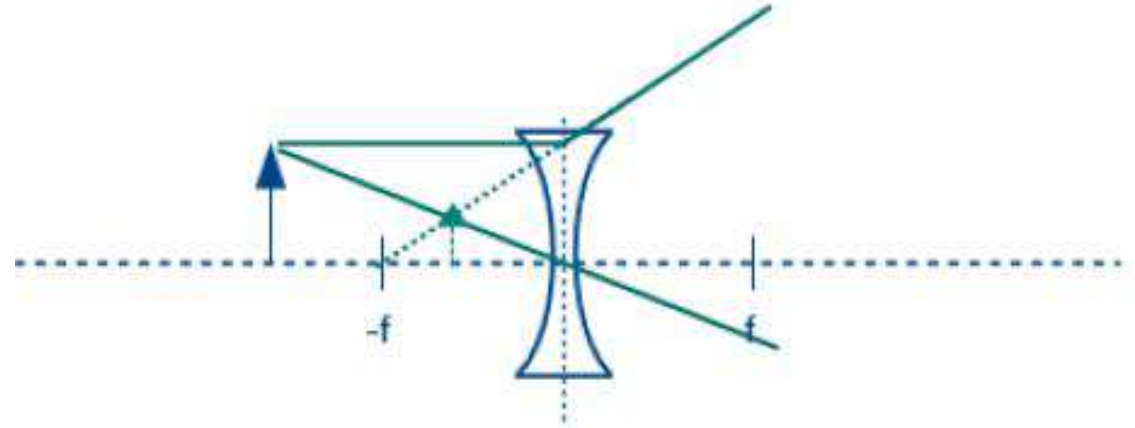
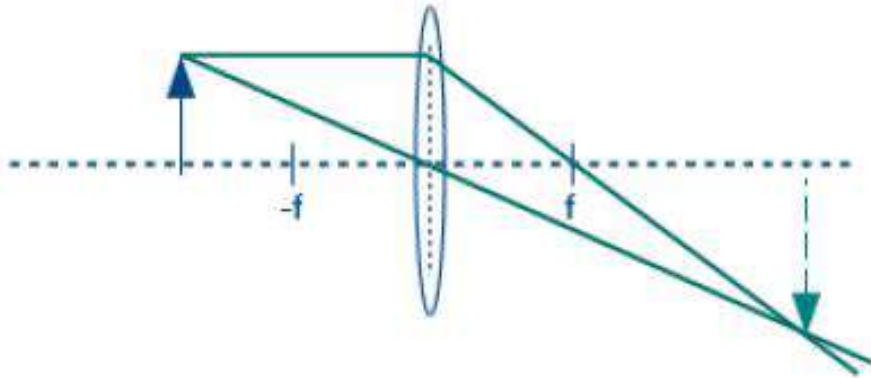
- Luku 1 alustava, luku 2 toiminta
- Opitaan mm.:
 - Polttoväli
 - Silmästä
 - Ohuen linssin kuvausyhtälö
- Tehtävistä luku 2:
 - 1
 - 2, 3, 4
 - (5), (6)



Aseta polttoväliltään 30 mm linssi pöydälle ja pitele sitä suorassa ja paikoillaan. Seuraavaksi tarvitset LED-valoyksikön. Pyydä yhtä ryhmäsi jäsenistä pitämään linssin takana päällä kaikkia kolmea LED-valoa. Pyydä toista ryhmän jäsentä liikuttamaan valkoista paperia (varjostin) linssin toisella puolella, kunnes näette tarkan kuvan ledeistä. Myös LED-valoyksikön etäisyyttä linssistä voi olla tarpeen muuttaa. Kirjaa ylös havaintosi tästä kuvasta (esim. suunta, sijainti...).



Toista edellinen tutkimus, mutta tällä kertaa linssillä, jonka polttoväli on -30 mm. Älä muuta mitään muuta. Saatko muodostettua nyt tarkkaa kuvaa paperille?



Tarvikkeet:

- Linssit $f=30$ mm ja $f=-30$ mm
- LED-valoyksikkö
- Varjostin



- 2) **Valmistelu:** Tarvitset kaksi kuperaa linssiä, jotka ovat polttoväleiltään 150 mm ja 30 mm, pitkän viivoittimen ja ledimoduulin. Ensin valmistele kuitenkin varjostin. Käytä jotain jäykkää materiaalia joka pysyy pystyssä. Aseta 150 mm polttovälin linssi pöydälle ja aseta varjostin linssin taakse vähintään 150mm päähän linssistä.



- 3) Valaise jollakin LED-moduulin valolla linssiä ja liikuta LEDia kauemmas tai lähemmäs linssiä kunnes näet tarkan kuvan varjostimella. Kirjaa muistiin ledin ja linssin välimatka kun kuva on tarkimmillaan.

Polttoväli = 150 mm; Etäisyys = _____



- 4) Korvaa linssi 30 mm polttovälin linssillä ja varmista ettet tee mitään muita muutoksia. Toista kohta 3.

Polttoväli = 30 mm; Etäisyys = _____




Tarvikkeet:

- Linssit $f=30$ mm ja $f=150$ mm
- LED-valoyksikkö
- Varjostin
- Mittanauha



Kaukoputket

***Seuraavaksi** saat hypätä kuuluisien tähtitieteilijöiden Galilon ja Keplerin kenkiin. He rakensivat ensimmäiset tunnetut kaukoputket ja avasivat meille ikkunan maailmankaikkeuden mysteereihin. Nyt saat tutustua, kuinka heidän kaukoputkensa toimivat rakentamalla ne itse!*

-  **5) Koita pystytö tekemään kaukoputken** vain yhden linssin avulla? Keskustelkaa ryhmässänne, mitä kaukoputken rakentaminen vaatii, ja kuinka monta linssiä siihen vaaditaan vähintään.
-  **6) Galileon kaukoputkessa** käytetään 'negatiivista okulaaria' ja positiivista linssiä. Käytä -30 mm polttovälin linssiä okulaarina ja pidä sitä lähes kiinni silmässä. Positiivisena linssinä käytä $+150\text{ mm}$ linssiä. Käytä tätä linssiä kohdistaksesi kaukaisiin kohteisiin. Liikuta sitä edes takaisin saadaksesi kuvan näkyviin. Miltä kuva näyttää? Pyydä yhtä ryhmäsi jäsentä mittaamaan linssien välistä matkaa ja kommentoida sitä. (Muista, että kaukoputki toimii parhaiten kaukaisilla kohteilla, joten kohdistajohonkin ikkunasta näkyvään tai esimerkiksi luokan toisessa päässä olevaan posteriin.)
-  **7) Toista koe** mutta 'positiivisella okulaarilla' positiivisella linssillä. Käytä $+30\text{ mm}$ polttovälin linssiä okulaarina. Tätä kutsutaan **Keplerin kaukoputkeksi**. Mitä näet kaukoputken läpi ja kuinka se eroaa Galileon kaukoputkesta?





Moduuli5: Polarisaatio

Mitä oppilaat oppivat:

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

▪ Luku 1: Kierretään valoa

-  2) Tutki seuraavaksi maailmaa ympärilläsi – **polarisaattorin läpi katseltuna**. Kaikki näyttää lähes samalta, mutta jos tutkit tarkasti, voit havaita tiettyjä mielenkiintoisia eroavaisuuksia. Kokeile esimerkiksi pyörittää polarisaattoria katsoessasi sen läpi sinistä taivasta, puhelimesi näyttöä tai heijastusta lasista tai muusta kiiltävästä pinnasta. Mitä huomaat? Merkitse muistiin joitain havaintojasi ja yritä selittää, mistä havaitsemasi ilmiöt johtuvat.
-  3) Ota nyt toinen **toinen polarisaattori** ja katso molempien läpi pyörittäen samalla toista polarisaattoria. Mitä havaitset, ja mistä selittäisit ilmiön johtuvan?
-  4) Pidä nyt kahta polarisaattoria, niin että niiden välissä on noin 1 cm rako ja katsoessasi kummankin läpi näkyy vain mustaa. Ota sitten **kolmas polarisaattori** ja pyöritä sitä kahden muun välissä. Piirrä alle, mitä havaitset.



Ohjeet polarimetrin rakentamiseen (työohje: Kierretään valoa)



8)

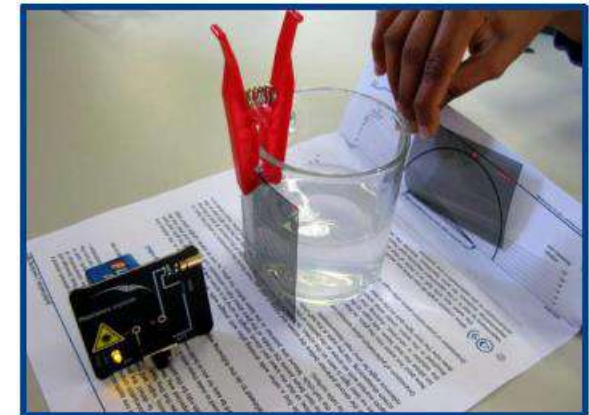
Käytä kokeessa apunasi leveää, suoraseinäistä juomalasia. Taita tämä työohje alla olevaa viivaa pitkin niin, että paperin alaosa nousee ylös varjostimeksi (ks. kuva). Asettele juomalasi ja laseri niin, että laser-säde kulkee lasin keskeltä osuen lopuksi varjostimeen. Aseta yksi polarisaattori pystyyn lasin eteen (lyhyt sivu pöytäpinnan suuntaisesti).

Aseta toinen polarisaattori varjostimen eteen ja pyöritä sitä niin, että löydät kohdan, jossa laser-säteestä pääsee kaikista vähiten tai ei yhtään polarisaattorin läpi. Määrittääksesi kulman suuruuden tarkasti aseta polarisaattorin toinen kulma nuolella merkittyyn kohtaan ja käännä sitä niin, että näet laser-pisteen häviävän. Lue kulman suuruus asteikolta ja merkitse se seuraavaa mittausta varten ylös.

Polarisaatiosuunta alkutilanteessa: _____

Kaada nyt kuumaa vettä lasiin niin, että vedenpinta on vain vähän laser-säteen yläpuolella. Lisää veteen sokeria, välissä sekoittaen, niin paljon, että saat kylläisen liuksen. Liuos on kylläinen, kun sokeri ei enää liukene. Mittaa jälleen, missä polarisaattorin asennossa laser-piste häviää.

Polarisaatiosuunta sokerin lisäämisen jälkeen: _____





Moduuli 6: Valon tuottaminen

- Luku 1: Koulusi valaistus
 - Työohje: Koulusi paremmassa valossa
 - “hyvän” valon/valaistuksen kriteetit
- Luku 2: Lämmin valo
 - Työohje: Lämmin valo
 - **Tietosivu: Valon tuottaminen**

Mitä oppilaat oppivat:

Tietoja

- Eri valonlähteiden fysikaaliset toimintaperiaatteet
- Hehkun ja mustan kappaleen säteilyn mallit valon tuottamiselle
- Fotonin käsite

Taitoja

- Tutkimusprojektin organisointi
- Yhteistyötaitoja
- Esittää tutkimustuloksista uskottavia argumentteja

- 2) Oletko kuullut puhuttavan 'lämpimästä' tai 'kylmästä' valosta? Yleensä näistä puhuttaessa ei viitata valonlähteiden tuottamaan lämpöön vaan valon väriin.

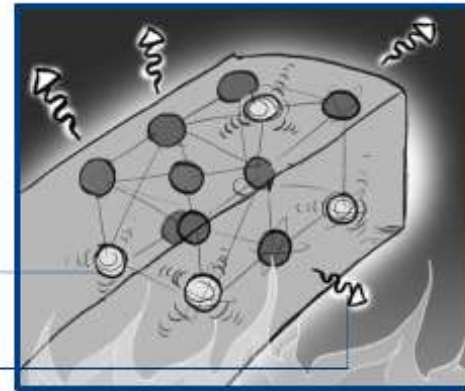
Punainen ja oranssi yhdistetään yleensä lämpöön kun taas sinisen valon ajatellaan olevan 'kylmää'.

Mutta mitä valon väri kertoo valonlähteen lämpötilasta? Onko punaisena hehkuva metallipala lämpimämpi vai kylmempi kuin metalli, joka hehkuu keltaisena tai sinivalkoisena? Katso kaasupolttimessa kuumennettavaa metallipalaa tai metallijohdinta jota kuumennetaan sähkövirralla. Kuvaile alle kuinka väri muuttuu kun metalli lämpenee.

- 3) Et ehkä yllättynyt nähdessäsi metallin **hehkuvan**. Mutta miksi metalli alkaa emittoida valoa kun sitä lämmitetään? Miksi väri muuttuu?

Vaikka tätä ilmiötä on havainnointu jo tuhansia vuosia, vasta vähän yli 100 vuotta sitten Max Planck antoi tyydyttävän selityksen: Lämmittämällä metallia annamme sille

energiaa: Mitä enemmän lämmitämme, sitä enemmän metallin atomit värähtelevät paikallaan hilassa. Luovuttaakseen ylimääräistä energiaa, eli jäähtyäkseen metalliatomit emittoivat pieniä energiapaketteja valona. Näitä paketteja kutsutaan **fotoneiksi**. Fotonin energia riippuu puhtaasti valon taajuudesta.



- 4) Onko korkeamman taajuuden fotonilla enemmän energiaa kuin matalamman taajuuden fotonilla? Vai onko se toisin päin?



Pystyt vastaamaan tähän kysymykseen kun tutkit tarkasti metallin jäähtymistä ja valon emittoitumista. Diffraktiohilan avulla pystyt jakamaan eri valon taajuudet toisistaan.

Pidä diffraktiohilaa lähellä silmääsi siten, että kehyksen reuna peittää hehkuvan metallin. Sinisellä valolla on korkein taajuus (ja lyhin aallonpituus) kun taas punaisella valolla näkyvän spektrin toisessa päässä on matalin taajuus (ja suurin aallonpituus). Tarkastele mitä spektrille tapahtuu kun metalli jäähtyy ja lakkaa hehkumasta. Kirjaa havainnot alle.



Muistettavaa

- ▶ Valo on yksi energian muoto. Valon synnyttämiseen tarvitaan muita energiamuotoja ja niiden muuttamista valoksi
- ▶ Valonlähteen hyötysuhde on emittoituvan näkyvän valon voimakkuuden (valovirta, jota mitataan yksiköllä lumen) ja käytetyn syöttötehon (mitataan Watteina) suhde (valonlähteissä ilmoitettu arvo lm/W).
- ▶ Valo emittoituu pieninä, erillisinä energiapaketteina tai kvantteina, joita kutsutaan fotoneiksi. Fotonin energia (E) riippuu pelkästään valon taajuudesta (ν):
$$E = h \nu$$
Tässä yhtälössä, h on Planckin vakio $h = 4.135 \times 10^{-15}$ eVs, joka on nimetty valon energian kvantittumisen ja fotonin löytäjän Max Planckin mukaan.
- ▶ Korkeampitaajuisella fotonilla (esim. sininen) on enemmän energiaa kuin matalampitaajuisella (esim. punainen).
- ▶ Valot voidaan sammuttaa. Tämä säästää energiaa, rahaa ja jossakin määrin koko planeettaamme.

Valoa emittoivat diodit (LEDit)

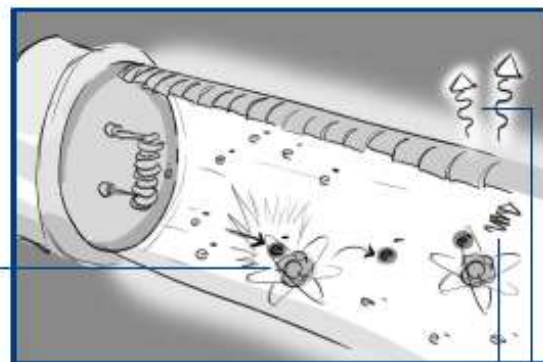


Olet ehkä huomannutkin että LEDien spektri eroaa hehkulamppujen spektreistä. Hehkulamppujen spektrit ovat jatkuvia infrapunasta ylöspäin ja riippuvat hehkulangan lämpötilasta, kun taas LEDien spektrit kattavat vain tietyn määrän aallonpituuksia. Syynä tälle on se, että LEDit eivät tuota valoa lämmön kautta, vaan niistä emittoituu valoa kun elektronit putoavat alemmalle energiatasolle.

LEDeissä valo syntyy kahden erilaisen materiaalin rajapinnassa. Toisessa materiaalissa on ylimäärin vapaita elektroneita (eivät ole sitoutuneena atomiin) kun taas toisessa on elektronien vajetta (atomeista puuttuu elektroneja). Sähkön virratessa oikeaan suuntaan, vapaat elektronit putoavat korkeammalta energiatasolta alas ja yhdistyvät atomeihin toisessa materiaalissa emittoiden energiaansa fotonina. Kahden energiatason väli määrää fotonin taajuuden ja samalla valon värin.

Fluoresoivat valot

Nykypäivään tullessa fluoresoivat valot ovat olleet tehokkaimpia valonlähteitä valkoisen valon tuotannossa, vaikka energiaa muutetaan useita kertoja ennen kuin valkoinen valo tuotetaan: kaasupurkauksessa putken päiden välinen sähkökenttä kiihdyttää vapaita elektroneja. Jos nämä elektronit törmäävät yhteenkään putkessa olevaan elohopea-atomiin, niiden liike-energia voi olla riittävän suuri potkaistaakseen pois yhden atomissa olevista elektroneista. Vapautunut tila täyttyy pian uudella (tai samalla) elektronilla ja tässä uudelleenjärjestäytymisessä vapautunut energia säteilee fotonina.



Kuitenkin, näin vapautunut fotonien energia ja valon taajuus ovat liian korkeita jotta ihmissilmä voisi niitä havaita. Itseasiassa, tällä tavalla tuotettu ultraviolettivalo voi olla vaarallista silmillemme. Sen vuoksi loisteputken pinta on päällystetty erikoisjauheella jossa on ultraviolettivaloa absorboivaa fosforia. Ultravioletit fotonit virittävät fosforin elektronit korkeammalle energiatasolle. Fosforin tyypistä riippuen nämä viritetyt elektronit palaavat takaisin perustilalleen kahden tai kolmen pienemmän askeleen kautta. Jossakin näissä askeleissa fotonit emittoituvat näkyvän aallonpituuskaistan alueella. Fosforiseoksesta riippuu minkä väristä valoa loisteputkesta saadaan.



Moduuli7: Diffraktio ja interferenssi

- Luku 1: Kaksoisraon diffraktio
- Luku 2: Yhden raon diffraktio
- Luku 3: Hilojen diffraktio ja optinen spektroskopia

Mitä oppilaat oppivat:

Tietoja

- Valon aallonpituuden määrittäminen kaksoirakokokeen avulla
- Diffraktio yhdestä raosta ja Babinetin laki
- Hiuksen paksuuden mittaaminen diffraktiokuvion avulla
- Kuinka DNA:n diffraktiokuva johti sen rakenteen löytämiseen
- Diffraktio valon heijastuessa ja läpäistessä hilan
- Spektrometrin toimintaperiaate
- Energiansäästölamppun valon epäjatkuvan spektri – verrattuna auringonvalon jatkuvaan spektriin.

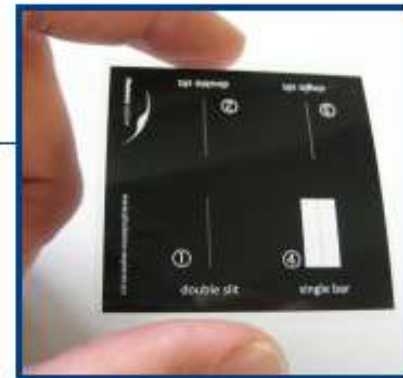
Taitoja

- Laserin turvallinen käyttö (laserturvallisuus)
- Kokeiden suorittaminen ryhmissä
- Kokeellisen tutkimuksen suunnitteleminen tarkkoja mittauksia varten

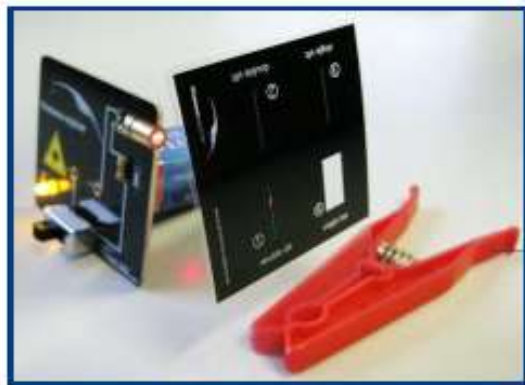




Pidä **rakolevyä** varovasti sen reunoista välttämättä jättämästä levyyn sormenjälkiä tai naarmuja. Katso tarkasti kohtia ① ja ②. Mitä näet?



Rakolevy



Pyykkipoika rakolevyä varten

Kaksoisrako: Aseta rakolevy esim. pyykkipojalla n. 20 cm päähän laser-yksiköstä. Huolehdi, että rakolevystä tuleva heijastus osoittaa alaspäin.



Suuntaa laser-säde numerolla ① merkittyihin kahteen läpinäkyvään viivaan ja sen jälkeen numerolla ② merkittyihin viivoihin. Mitä näet varjostimella? Piirrä muodostuvat **kuviot** alla oleviin ruutuihin:

①

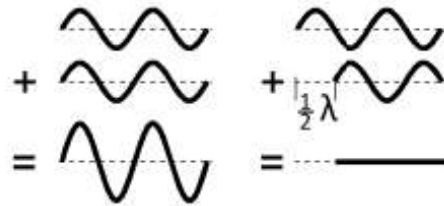
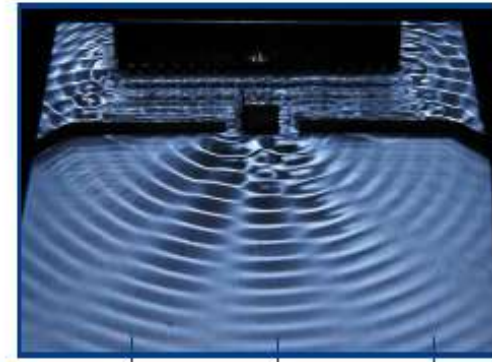


②



Mitkä asiat vaikuttavat näiden kuvioiden muotoon? Esimerkiksi, mitä eroavaisuuksia havaitset numeroilla ① ja ② merkittyjen rakojen välillä? Entä, mitä kuviolle tapahtuu, jos **pyörität** levyä tai muutat levyn ja varjostimen välistä **etäisyyttä**? Kirjoita havaintosi ylös ja valmistaudu keskustelemaan niistä muiden kanssa.

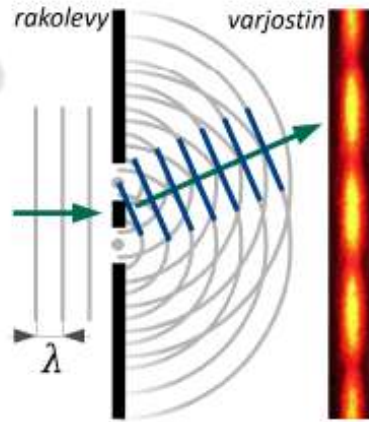
Edellä tutkittuja valon muodostamia kuvioita kutsutaan diffraktiokuvioiksi. Ne muodostuvat kahden eri fysikaalisen ilmiön seurauksena: 1. **Diffraktio**. Valon läpäistyä kapean raon se ei jatka kulkuaan suoraviivaisesti vaan ikään kuin levittäytyy, muuten näkisimme varjostimella vain rakojen verran pisteitä. 2. **Interferenssi**. Kummastakin raosta levittäytyvä aalto interferoi keskenään. Muuten varjostimella nähtäisiin vain rakoja kohtisuorassa oleva kirkas viiva. Pienet pisteet, jotka näkyvät keskipisteen ympärillä ovat **diffraktiokertalukuja** ja ne numeroidaan yleensä keskeltä ulospäin.



Vahvistava ja heikentävä interferenssi

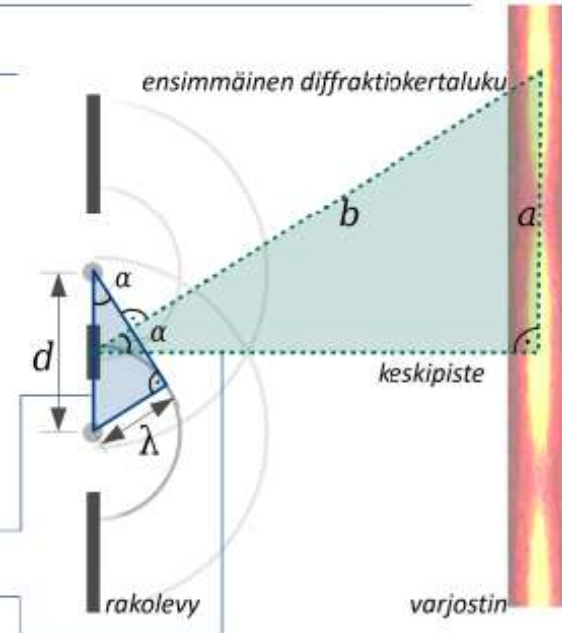


Miksi diffraktiokuviossa on **kirkkaita** ja **tummia** alueita?



Kaksoisraon jälkeen muodostuvat aaltorintamat

Pienillä trigonometrisillä laskutoimituksilla on helppo laskea, missä kaikkialla raon läpi tulevat aallot interferoivat toisiaan vahvistavasti. Vasemman puoleisessa kuvassa on esitetty ensimmäisen kertaluvun eli keskipisteestä seuraavan pisteen muodostuminen. Jos katsomme tarkemmin oikeanpuoleista kuvaa, huomamme, että kulma α esiintyy kuviossa kahdesti. Itse asiassa koko yhtenäisellä viivalla piirretty kolmio on **samankaltainen** isomman, katkoviivoitetun **kolmion** kanssa (piirros ei ole mittakaavassa! b on paljon suurempi kuin a).





⑤ Todellisuudessa katkoviivoitettu kolmio on paljon piirroksessa kuvattua suurempi. Tästä huolimatta näiden kahden kolmion samankaltaisuuden takia on tähän kokeeseen liittyvien neljän suureen välille helppo muodostaa **yksinkertainen yhtälö**. Jokainen suure vastaa yhtä kolmioiden sivuista. Muodosta tämä yhtälö:

$$\frac{\text{aallonpituus } (\lambda)}{\text{rakoväli } (d)} = \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

⑥ Osan yhtälön suureista pystyt mittamaan suoraan. Rakojen ① ja ② rakoleveydet on ilmoitettu alla olevassa taulukossa. Toista edellinen koe kummallakin kaksoisraolla, mittaa tarvittavat suureet ja määritä laserin **aallonpituus** (λ) kummankin kaksoisrakomittauksen osalta! Mieti kuitenkin ennen kokeen suorittamista voitko jollain tavalla hyödyntää muitakin kokeessa esiintyviä kirkkaita pisteitä tarkemman mittaustuloksen saamiseksi...

rako	d	a	b	λ
①	80 μm			
②	200 μm			



Taustakysely

<https://forms.office.com/e/EasaCWz6fG>

MAOL koulutuspäivät 7.10. Valoa
kouluille





“Yhdessä olemme enemmän”

Verkkosivut: www.luma.fi

Facebookissa:

@LUMAKeskusSuomi

Twitterissä:@LumaSuomi

Instagramissa:@LumaSuomi

YouTubessa:

@LUMAKeskusSuomi



Verkkosivut: www.luma.uef.fi

Facebookissa: @uefluma

Instagramissa:@uefluma

YouTubessa:

@UEFLuma-keskus

Sähköposti: luma-keskus@uef.fi



LUMA-KESKUS SUOMI
LUMA-CENTER FINLAND
LUMA CENTRE FINLAND



Itä-Suomen yliopiston
LUMA-KESKUS



Science on Stage



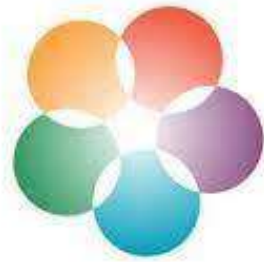
Science on Stage -festivaalien haku suomalaisille opettajille on alkanut

Euroopan suurin LUMA-opetustapahtuma tulee Turkuun 2024!

Science on Stage -festivaalit ovat LUMA-aineiden (matematiikka, ympäristöoppi, luonnontieteet ja teknologia) opettajille suunnattu kansainvälinen messutapahtuma, jossa jaetaan ideoita, opitaan uutta ja tutustutaan kansainvälisiin kollegoihin. Vuonna 2022 festivaalit kokosivat yhteen 450 eurooppalaista opettajaa yli 30 maasta.

Hae mukaan nyt! Suomesta valitaan 30 opettajaa tai ohjaajaa, jotka pääsevät osallistumaan neljän päivän festivaaleille maksutta ja esittelemään omia opetusideoitaan.

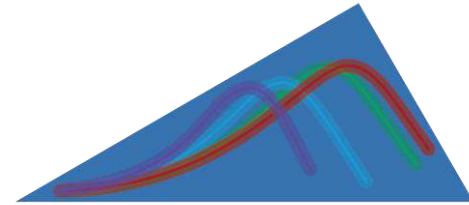
Hae mukaan verkkosivuillamme: luma.fi/science-on-stage/



Itä-Suomen yliopiston
LUMA-KESKUS



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



PREiN



Photonics Finland

Kiitos osallistumisesta!

uef.fi

