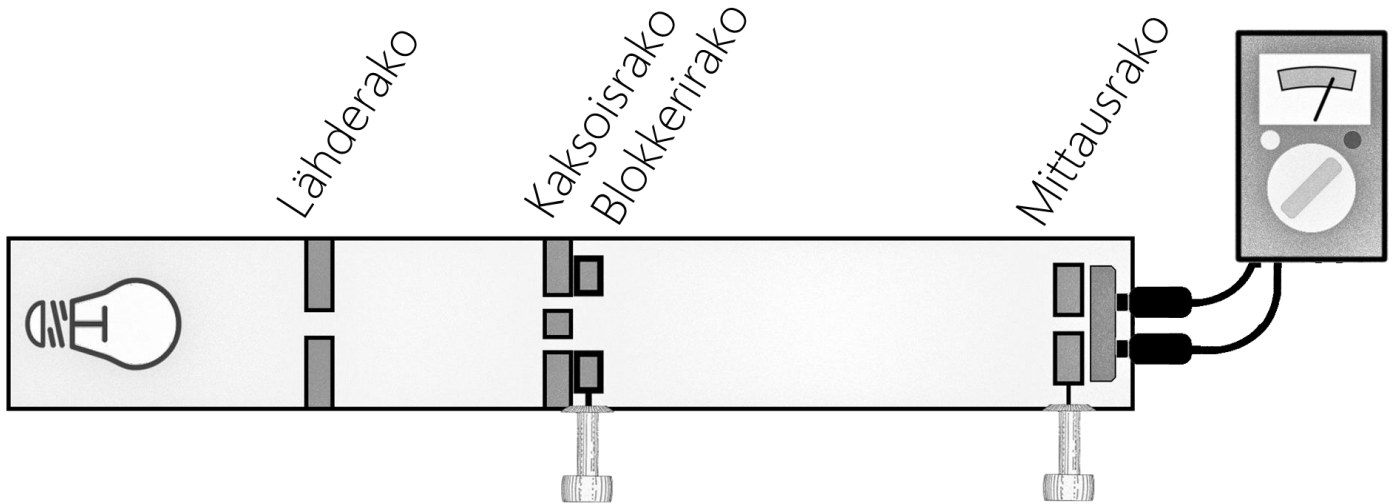


Youngin kaksoisrakokoe

F2k-laboratorio

Ohjeessa oletetaan, että olette katsoneet YouTubeista johdantovideon *Kvanttifysiikan perusteita: Kaksoisrakokoe yhdellä fotonilla*. Jos ette ole katsoneet videota, kysykää lisäohjeita.



1 Laitteisto

Jos laitteen kansi ei ole auki, pyytäkää ohjaajaa avaamaan se.

Tutustukaa laitteistoon. Älä kuitenkaan 1) koske laitteen sisäosiin, 2) muuta valonlähteen tai mittareiden säätöjä tai 3) avaa/sulje kantta ilman ohjaajan lupaa, ellei ohjeessa niin neuvota.

Kytkekää laitteen virta päälle jatkojohdosta. Asettakaa **valonlähteeksi laser** valonlähteen säätimistä (laitteen ulkoseinässä vasemmalla säädin, jonka asennot ovat BULB ja LASER).

2 Kokeen tavoite

Suoritamme nyt vain klassisen kaksoisrakokokeen ilman kvanttifysikaalista osuutta.

Kokeen teki ensimmäistä kertaa Thomas Young vuonna 1801. Young katsoi tuolloin osoittaneensa, että valo on aalto. Youngin jalanjäljissä kulkiessamme tavoitteenamme on:

- Tutkia, miten valo diffraktoituu (leviää) raossa
- Tutkia, miten törmäävät valoallot interferoivat
- Tutkia, miten kaksoisraossa nämä ilmiöt yhdessä muodostavat tietyn kuvion
- Määrittää kuvion muodostumisen matemaattinen sääntö

3 Havaintoja omin silmin

Käytä pöydällä olevaa T-kirjaimen muotoista pahvinpalaa seurataksesi, miten valo kulkee kanavassa. Aseta pahvinpala eri kohtiin laitteen sisällä (koskematta rakoihin tai valonlähteisiin). Jos ympäristö on liian kirkas, sammuta katosta valoja. Voit myös liikuttaa **blokkerirakoa** pyörittämällä sen säädintä.

Mitä valolle tapahtuu, kun se kulkee **lähderaon** läpi?

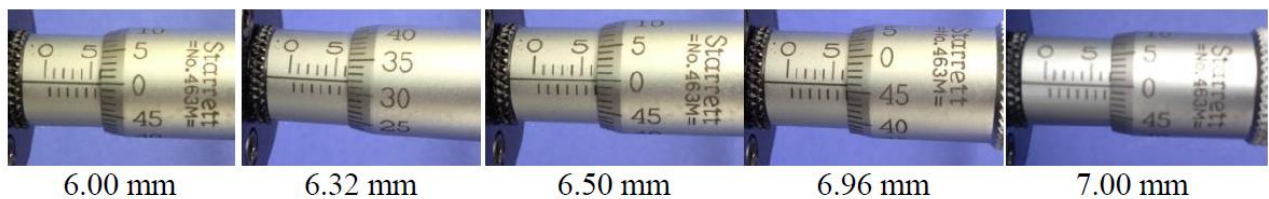
Tutkitaan nyt, mitä valolle tapahtuu sen kulkiessa **kaksoisraon** läpi. Huomaa, että mitä pidempi matka on kaksoisraon ja pahvinpalan välissä, sitä isompana näet syntyneen kuvion. Pahvia voikin pitää aivan valokanavan loppupäässä.

Kokeilkaa liikuttaa blokkerirakoa niin, että saatte kaksoisrakokuvion syntymään. Miten selitätte kuvion syntymisen?

4 Millimetrisäätimien käyttö

Muistele, mikä on molempien liikuteltavien rakojen tarkoitus.

Kokeile käännellä säätimiä ja harjoittele merkintöjen lukemista. Alla oleva kuva voi auttaa.



Millimetrisäätimet. Yksi kokonainen pyöräytys vastaa puolta millimetriä. Pyörimätön asteikko kertoo kokonaiset ja puolikkaat millimetrit (vertaa 6,00 mm ja 6,50 mm). Pyörivä asteikko jakaa puolikkaan millimetrin 50 osaan. Kuvalähde: TeachSpin.

Kokeile ja selvitä: Millä välillä blokkeriraon säädön täytyy olla, jotta kaksoisrakokuvio näkyy?

_____ mm - _____ mm

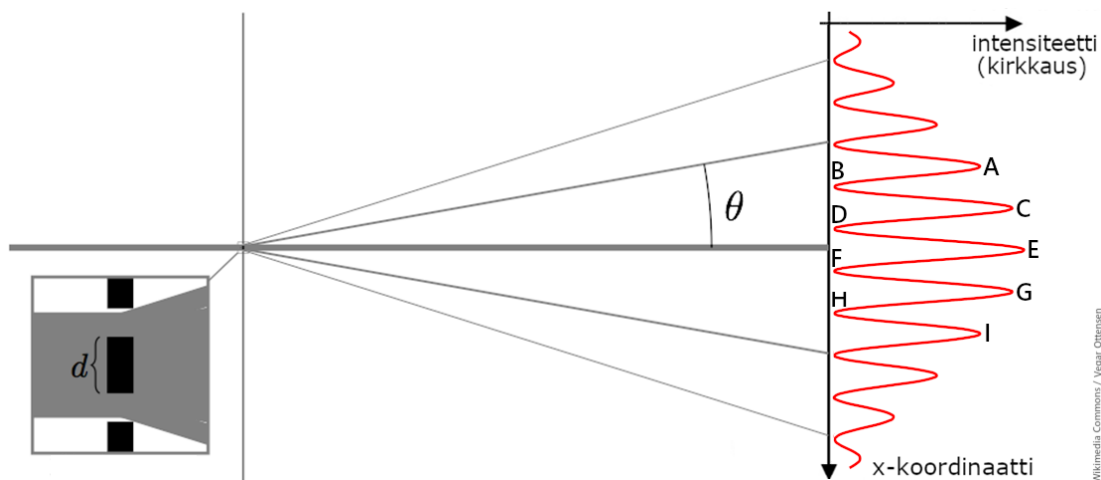
5 Klassinen kaksoisrakokoe

Laitteen sisällä, mittausraon takana, on fotodiodi (\approx aurinkopaneeli). Fotodiodissa syntyvää virtaa mittaamalla voidaan määrittää valon kirkkaus. Mittaustulos saadaan teknisistä syistä voltteina.

Voittekin nyt tutkia kaksoisrakokuviota mittausrakoa siirtämällä. Volttimittarina käytämme oskilloskooppia, sillä sen piirtämää viivaa on kätevää seurata silmillä kuin yleismittarin näytön numeroita. Mittari on kalibroitu siten, että tulokset ovat muutaman voltin mittaluokkaa.

Pyytäkää ohjaajaa virittämään laite sopivaan mittaustilaan. Ohjaaja antaa teille oskilloskoopin ja sulkee kaksoisrakolaitteen kannen. Oskilloskoopin säätöjä ei tarvitse muuttaa.

Määrittäkää nyt, missä kohdin ovat kuvaan merkityt intensiteettimaksimit ja –minimit (A-I).



| A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

Seuraavalla sivulla on kerrottu hieman kaksoisrakokokeen matematiikasta ja alla on kokeellinen lisätehtävä labrassa tehtäväksi. Olette kuitenkin nyt suorittaneet varsinaisen mittaustehtävän. Kiitos!

Valinnainen lisätehtävä:

Tarkistakaa edelliseltä sivulta, missä kohdin **blokkeriraon** on oltava, jotta kaksoisrako on auki. Liikuttakaa blokkeria esim. puolen millin verran mittaamanne alueen ulkopuolelle. Nyt kaksoisrako on muutettu yhdeksi raoksi.

Liikuttakaa nyt **mittausrakoa** äsken määrittämienne koordinaattien A-I yli – mitä eroa huomaatte kaksoisrakotilanteeseen?

6 Tulosten tarkastelu

Kaksoisrakokuvion maksimien sijainteja kuvaa yhtälö

$$n \lambda = d \sin \theta_n$$

jonka muuttujat ovat seuraavat:

n = monesko maksimi,

λ = aallonpituus (670 nm),

d = kaksoisraon rakojen välinen etäisyys (0,3556 mm – ks. edellisen sivun kuva), ja

θ_n = maksimia vastaava kulma.

Yhtälön molemmat puolet tarkoittavat samaa asiaa, eli matkaeroa kaksoisraon eri raoista kyseiseen kohtaan takaseinässä.

Selkeämmin tämän voisi sanoa näin:

Keskellä kuviota on ”nollas” maksimi ($n=0$). Symmetrian vuoksi keskikohtaan on molemmista raoista yhtä pitkä matka, jolloin matkojen erotus on 0.

Ensimmäiset sivumaksimit ($n=1$) sijaitsevat molemmin puolin etäisyydellä, johon toisella aallolla on hieman pidempi matka. Jotta aallot ovat samassa vaiheessa, matkojen eron on oltava juuri yhden aallonpituuden verran.

Tutkimalla tilannetta geometrisesti (pidempi tarkastelu ohitetaan tässä) selviää, että kuljettujen matkojen erotus on $d \sin \theta_n$

Tällä kaavalla voidaan siis ennustaa, missä kulmassa kaksoisrako on.

Hyvä kertaustehtävä, jonka voitte tehdä kotiläksynä:

Valitkaa yksi mittaamistanne sivumaksimeista (A, C, G tai I). Kun tiedetään matka kaksoisraosta takaseinään $L = 49$ cm, voidaan määrittää valitsemaanne maksimia vastaava θ ja siten kyseisen sivumaksimin etäisyys keskimaksimista.

Verratkaa mittaamaanne tulosta teoreettiseen ennusteeseen.