

Valoaallot



Mitäs nyt? Onko valo aaltoja vai hiukkasia? Entäs valonsäteet? Vastaus on yksinkertainen vaikka se voikin olla yllättävä: valo ei 'ole' kumpaakaan, aaltoja tai hiukkasia. Valoaallot, fotonit (valohiukkaset) ja valonsäteet ovat vain malleja joita käytämme kuvaillaksemme ja ennustaaksemme valon käyttäytymistä. Useissa sovelluksissa, kuten yksinkertaisen kameran tai kaukoputken rakentamisessa valon sädemalli on riittävä. Jos mallin on oltava tarkempi, etenkin jos käsittelemme valoa hyvin pienessä mittakaavassa (kuten juuri suorittamassasi kokeessa), käytämme aaltomallia. Jos tarkastelemme valon ja materian vuorovaikutusta atomitasolla, meidän on otettava huomioon energiapaketit, fotonit, jotka käyttäytyvät hiukkasten tavoin.

! Muistettavaa

- ▶ Valo voi diffraktoitua ja interferoida itsensä kanssa kuten valo ja ääni
- ▶ Valo diffraktoituu sitä vahvemmin mitä pienempi rakenne on suhteessa valon aallonpituuteen. Koska näkyvän valon aallonpituus on hyvin lyhyt (noin sadasosa hiuksen paksuudesta), on rakojen oltava myös hyvin kapeita.
- ▶ Pidempien aallonpituuksien (esim. punainen) diffraktio on voimakkaampaa kuin lyhempien (esim. sininen) samaa rakennetta käytettäessä. Siksi diffraktion avulla voidaan määrittää valon aallonpituus tarkasti.
- ▶ Kaksoisrakokokeessa jossa varjostin on kaukana raosta ($b \gg d$), ja jossa a on m :nnen kertaluvun etäisyys keskusmaksimista (paikka mihin säde osuu ilman rakoa) riippuu:

λ : valon aallonpituus

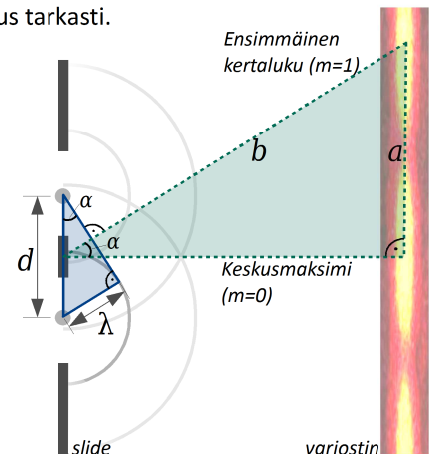
d : rakojen keskipisteiden välimatka ja

b : m :nnen kertaluvun maksimin ja rakoysteemin välimatka seuraavasti:

$$m \frac{\lambda}{d} = \frac{a_m}{b_m}$$

Koska suhde a_m/b_m on $\sin(\alpha_m)$, pääsemme usein käytettyyn yhtälöön

$$m \lambda = d \sin(\alpha_m)$$



Kaksoisrako: 200 vuotta tutkimusta, edelleen edistymistä...

Kun Thomas Young teki kaksoisrakokokeensa vuonna 1803, hän perusti kokeensa italialaisen Francesco M. Grimaldin havainnoille vuodelta 1665. Sen sijaan että koe olisi lopettanut keskustelun siitä oliko valo aaltoja vai hiukkasia, se nosti monia sellaisia uusia kysymyksiä esiin, jotka työllistävät edelleenkin tieteen tekijöitä.

Vuonna 1923 Louis de Broglie sai ajatuksen että voisivatko muutkin hiukkaset käyttäytyä aaltojen tavoin kuten valokin käyttäytyy aaltojen ja hiukkasten tavoin? Hän jopa laski niiden aallonpituuksia: esimerkiksi elektronin aallonpituus olisi noin 5 pm, joka on 100 000 kertaa pienempi kuin vihreällä valolla. Kolmekymmentäseitsemän vuotta myöhemmin Clauss Jönsson onnistui mittaamaan kauniin kaksoisrakokokeella tuotetun elektronien diffraktiokuvion. Siitä lähtien koetta on toistettu entistä suuremmille kappaleille kuten protoneille, atomeille ja jopa molekyyille. Mitä suurempi kappale on, sitä pienempi aallonpituus sillä on ja sen vaikeampaa kokeen suorittaminen on. Tällä hetkellä tieteissä interferenssiä tutkitaan viruksilla, jotka ovat todella paljon suurempia kuin elektroni.

Erityisen omituinen asia tapahtuu kaksoisrakokokeessa silloin kun rakoihin lähetetään yksittäinen fotoni (tai elektroni). Erityiset ilmaisimet pystyvät mittaamaan tarkan pisteen varjostimelta mihin fotoni osuu. Jos koetta toistetaan monta kertaa ja tallennetaan kaikkien fotonien paikat, huomataan että osumakuviosta tulee samanlainen kuin suorittamassasi kokeessa. Mutta minkä kanssa yksittäinen fotoni interferoi, itsensäkö? Tällöin sen pitäisi mennä molemmista raoista yhtä aikaa? Tai miten tämä fotoni tietää minne aiemmat fotonit menivät? Nämä kysymykset askarruttavat tieteen tekijöitä edelleen. Ehkä sinä voit löytää ratkaisun heille?