

Ääniaallot taipuvat talon kulman ympäri

## Valo – nanomaailman mittanauha

*Oletko koskaan ihmetellyt, miksi kuulet jonkun puheen hyvin vaikka hän olisi nurkan takana? Ääniaaltojen kohdatessa rakennuksen nurkan ne jatkavat siitä matkaansa kaikkiin mahdollisiin suuntiin – myös nurkan taakse. Tätä ilmiötä kutsutaan 'diffraktioksi'. Oletkin jo varmasti tietoinen, että valo käyttäytyy myös kuin aallot. Miksi siis emme myös näe nurkan taakse?*

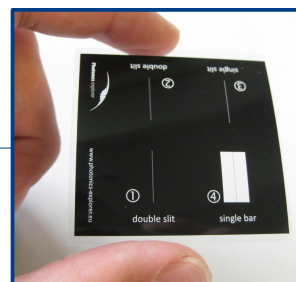
Tosiasiassa valoaallot menevät myös talon nurkan taakse. Merkittävä ero on kuitenkin mittakaavassa: valoaallot ovat miljoonasosan kokoisia ääniaaltoihin verrattuna. Tästä syystä valon taipuminen talon nurkasta on niin pieni ilmiö, että emme pysty havaitsemaan sitä. Toisaalta voimme havaita ilmiön laittamalla pienen esineen laser säteeseen – syntyy mielenkiintoisia kuvioita esineen taakse. Kuvio aiheutuu valon taipumisesta esineen ympärillä – aivan kuten ääniaallot taipuvat talon nurkasta.

Ymmärtämällä tämän ilmiön käyttäytymistä pääsemme tutkimaan tarkemmin hyvin pieniä asioita. Voimme valon avulla mitata kappaleita, jotka ovat mikro- ja nanometrin kokoluokkaa. Seuraavissa kokeissa pääset esimerkiksi mittaamaan hiuksesi paksuuden diffraktio-ilmiön avulla.



Seuraavissa kokeissa on ehdottomasti noudatettava **laserturvallisuusohjeita!**

**Valmistelut:** Tee halkaisijaltaan vähintään 8 cm kokoinen varjostin esimerkiksi kansioon tai laatikkoon liimatusta muistilapusta. Aseta laser-yksikkö hieman yli metrin päähän ja laita se päälle. Asettele laitteisto niin, että laserin valopiste on suurinpiirtein varjostimen keskellä. Sammuta laser ja ota rakolevy varovasti käteen pitäen kiinni sen reunoista. Varo aiheuttamasta sormenjälkiä ja naarmuja. Numeroilla ③ ja ④ merkityissä kohdissa on toisessa kapea rako ja toisessa kapea palkki. Nämä ovat kutakuinkin samanlevyisiä.



Käsittele rakolevyä varoen



1 Aseta rakolevy niin, että laser-säde osuu keskelle numerossa ③ olevaa rakoa.

Levyn tulisi olla metrin päässä varjostimesta. Piirrä näkemäsi **kuvio** laatikkoon ③. Tämän jälkeen vaihda kapea rako kohdassa ④ olevaan kapeaan palkkiin. Piirrä myös nyt näkemäsi kuvio laatikkoon ④. Voit hyödyntää laatikossa olevaa asteikkoa kopioidaksesi oikeassa mittakaavassa.

③ rako



2 Mitä huomaat, kun vertaat näitä kahta kuviota?

④ palkki



3 Diffraktiokuvion pisteiden paikat eli diffraktiokertaluvut voidaan laskea **yhtälöllä**, joka voidaan muodostaa samaan tapaan kuin kaksoisraon tapauksessa. Yhden raon ja palkin tapauksessa on kuitenkin helpompi laskea valomaksimien sijaan **valominimien** sijainnit:

$$\frac{\text{raon tai viivan leveys} (d)}{\text{laserin aallonpituus} (\lambda)} = \frac{\text{rakolevyn ja varjostimen välimatka} (b)}{\text{ensimmäisen minimin ja keskipisteen välimatka} (a)}$$

Ensimmäisen valominimin havaitseminen ei ole aina helppoa. Parantaaksesi mittaustarkkuutta voit mitata keskipisteen molemmilta puolilta toisten minimien välisen matkan ja jakaa sen neljällä.



4

Käyttämällä yhtälöä ja tekemäsi koeasetelmaa pystyt nyt mittaamaan pieniä kappaleita kuten ohuita lankoja tai **hiuksia**. Kokeile! Sulje laser ja aseta hiuksen lasersäteeseen sinitarran tai teipin avulla kuten viereisessä kuvassa. Kysy laserin aallonpituus opettajaltasi, mittaa muut tarvittavat tiedot ja laske hiuksesi paksuus. Miten voit tehdä mittauksen mahdollisimman tarkasti?



Hiuksen laser-säteessä



laserin aallonpituus: \_\_\_\_\_

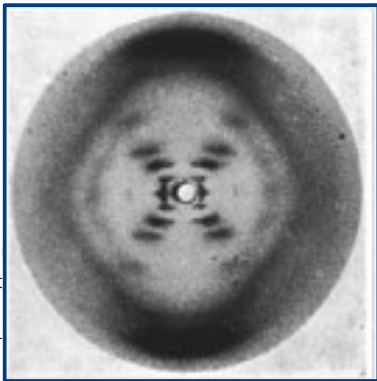
hiuksen ja varjostimen välimatka: \_\_\_\_\_

kappale	1. minimin ja keskipisteen välimatka	kappaleen leveys
my		
hair		



5

Diffraktiokuvien avulla on myös mahdollista tutkia hyvin pienten kappaleiden rakennetta. Tästä hyvä esimerkki on DNA:n **kaksoiskierrekkeen** löytäminen. DNA on lyhenne solujen tumissa sijaitseville molekyyleille, jotka sisältävät geneettistä informaatiota siitä, miten elävät olennot rakentuvat. Vuonna 1952 Rosalind Franklin tallensi (natriumsuolana olleen) DNA:n diffraktiokuvion, josta on kuva vasemmalla. Tästä kuvasta tuli kuuluisa, kun James Watson ja Francis Crick käyttivät sitä todistaakseen geenimme sisältävien molekyylien muodostavan spiraaleja.

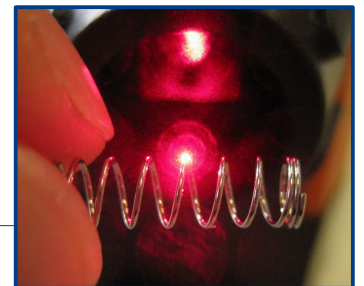


Diffraktiokuva DNA:n suolasta.



6

Voit saada käsityksen tästä kokeesta asettamalla mustekynän **jousen** laser-säteeseen. Älä unohda ottaa hiusta pois ennen koetta ja ole varovainen jousesta tulevien heijastusten kanssa. Näetkö samanlaisen kuvion kuin Rosalind Franklinin kuvassa?



Kynän spiraali jousi laser-säteessä



7

DNA:n kierrekkeen leveys on noin 2,5 nm. Se on aika paljon **pienempi** kuin jousesi, ja jopa paljon pienempi kuin käyttämäsi valon aallonpituus. Mitä luulet Rosalind Franklinin tehneen, jotta hän sai kuvattua diffraktiokuvion niin pienestä rakenteesta?