

Maaailman metrologiapäivänä 20.5. juhlitaan 129-vuotiasta metrisopimusta:

UUSI KEKSINTÖ TAKAA HUIPPUTARKAN METRIN

Luonnon ihmeeksikin kutsuttu optinen taajuuskampa parantaa pituuden mittayksikkö metrin realisoitua mahdollistamalla valon taajuusmittaukset ennennäkemättömällä tarkkuudella sekä tarjoamalla suoran yhteyden sekuntiin. Mittatekniikan keskuksessa (MIKES) on juuri valmistunut optinen taajuuskampalaitteisto ja ensimmäiset valon taajuusmittaukset on tehty.

Einsteinin erityisen suhteellisuusteorian mukaan valon nopeus tyhjiössä on universaali vakio, joka liittyy toisiinsa avaruuden ja ajan. Täten metri, sekunti ja valonnopeus kytkeytyvät toisiinsa ja vain kaksi näistä ovat keskenään riippumattomia. Koska fysikaalisista suureista aikaa voidaan mitata tarkimmin, yleinen paino- ja mittakonferenssi määritteli metrin vuonna 1983 sekunnin ja valonnopeuden avulla: metri on matka, jonka valo kulkee tyhjiössä ajassa $1/(299\,792\,458)$ sekuntia. Yhä voimassa olevan määritelmän seurauksena pituusmittausten täytyy olla jäljitettävissä sekuntiin.

Tarkin tapa realisoida metri on mitata atomin spektriviivaan stabiloidun laserin taajuus ja laskea tuloksesta aallonpituus. Aina viime vuosiin saakka valon taajuuden mittaaminen on kuitenkin ollut lähes mahdotonta ja vain muutamalla laboratoriolalla maailmassa on ollut resursseja rakentaa hyvin monimutkaisia taajuusketjuja tärkeimpien lasertaajuuksien mittaukseen.

Vuosituhaten vaihteessa kehitetty optinen taajuuskampa mullisti valon taajuusmittaukset. Taajuuskamman voidaan ajatella olevan laser, joka samanaikaisesti tuottaa valoa jopa miljoonilla eri väreillä, joiden aallonpituus tunnetaan atomikellon tarkkuudella. Kampalaitteisto on merkittävästi taajuusketjuja yksinkertaisempi: Valokuituun johdetut ultralyhyet laserpulssit synnyttävät taajuuskamman, jossa on tasavälein taajuuspiikkejä, joihin mitattavan valon taajuutta verrataan. Suora yhteys sekuntiin saadaan vaihelukitseamalla kampa sekunnin realisointiin käytettävään atomikelloon.

Mittatekniikan keskuksessa on keväällä 2004 valmistunut optiseen taajuuskampaan perustuva mittaustilaite, jolla on jo tehty valon taajuuden absoluuttimittauksia. MIKESin atomikellon taajuus siirretään tarkasti pituusmittauksiin kalibroimalla stabiloitujen lasereiden aallonpituus taajuuskammalla. Interferometreissä laservalon aallonpituus toimii asteikkona, johon fyysisiä mittoja verrataan.

Metrin edelleen tarkentaminen vaatii nykyistä parempia atomikelloja, koska optinen taajuuskampa kytkee metrin ja sekunnin realisoinnit tiukasti toisiinsa: Science-lehdessä maaliskuussa 2004 julkaistussa artikkelissa (Long-Shen Ma et al.) osoitettiin, että taajuuskampa mahdollistaa taajuusmuunnokset tarkkuudella, joka vastaa vain muutaman sadasosasekunnin virhettä universumin iän pituisen ajan mittauksessa! Taajuuskampan suurta tarkkuutta käytetään hyväksi myös selvitetessä muuttuvatko luonnonvakiot ajan kuluessa, testattaessa yleistä suhteellisuusteoriaa yhä tarkemmin sekä kehitettäessä supertarkkoja atomikelloja. Laitteelle, joka samanaikaisesti tuottaa miljoonia taajuudeltaan stabiileja laserviivoja, on odotettavissa myös monia vielä ennustamattomia sovelluksia.

Mittatekniikan keskus on tutkimuslaitos, joka Suomessa vastaa SI-mittayksikköjärjestelmästä ja kansallisesta kalibrintipalvelusta. Kalibroinnissa mittalaitteen antamalle arvolle saadaan yhteys ko. mittayksikön realisointiin eli jäljitettävyyteen. MIKESin laboratoriot tutkivat, kehittävät ja ylläpitävät tärkeimpiä SI-järjestelmän yksiköitä. Kansallisen kalibrintipalvelun kautta tuotetaan teollisuudelle ja muulle yhteiskunnalle tarkat ja ylläpitävät mittayksiköt.

Lisätietoja: tutkimusjohtaja Heikki Isotalo, MIKES, puh. (09) 616 7544, heikki.isotalo@mikes.fi
erikoistutkija Kaj Nyholm, MIKES, puh. (09) 451 2285, kaj.nyholm@mikes.fi
www.mikes.fi