

HIUKKASFYSIIKAN PERUSTEITA SÄHKÖALAN OPINTOJEN POHJALTA

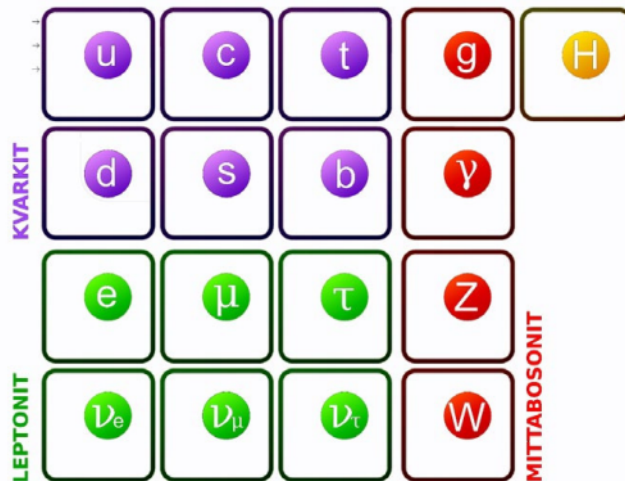
KARI RANTA

Julkisuudessa muutamia hiukkasfysiikan aiheita mystifoidaan tai ainakin annetaan ymmärtää niiden olevan jotenkin merkillisen satunnaisia ja reaali maailmasta poikkeavia. Toimittajat saattavat vetää mutkat suoriksi ja kirjoittaa otsikoihin *jumalhiukkasista* tai *maailmanlopun hiukkasista*. Heillä on omat motiivinsa moiseen. Useimmat nykyajan fyysikoista ovat ateisteja. Tässä artikkelissa käydään läpi hiukkasfysiikan perusteita sähköalan opintojen pohjalta.

Aloitetaan *Heisenbergin epätarkkuusperiaatteesta*, jonka mukaan alkeishiukkasen paikan ja liikemäärän arvoja ei voida määrittää samanaikaisesti kuin *Planckin vakion* määrittämällä epätarkkuudella. Syy on periaatteellinen, eikä liity kaikkiin mittauksiin liittyvään mittaasepätkuuteen. Vastaavanlainen epätarkkuusrelaatio on voimassa myös energialle ja ajalle. Periaatteella voi olla lisäksi tekemistä vahvan ydinvoiman kanssa.

Materialistin kuuluu pitää epätarkkuusperiaatetta aivan luonnollisena, koska alkeishiukkasat ovat niin pieniä, että jo valokvantin energia pääsee vaikuttamaan niihin. Valokvanttia tai gammafotonia kuitenkin tarvittaisiin mittausta tekemään. Onneksi hiukkaskiihdyttimien kuvissa alkeishiukkasten radat kuitenkin näkyvät selvästi.

Hiukkasfysiikan luontainen epätarkkuus johtaa



kuitenkin siihen, että hiukkasfysiikan monet lainalaisuudet voidaan todistaa vain todennäköisyyksien kautta, mutta samalla voi jäädä epäselväksi, mitä todella tapahtuu ja miksi. Esimerkiksi osa elektroneista voi tunneloitua energiavallin läpi ja määrää voi laskea todennäköisyyslaskennalla. Selitysmallissa myös hiukkasmaisuus voi korvautua aaltomaisuudella, mikäli hiukkasen tielle osuu ohuita esteitä.

Tästä päästään toiseen vähän vaikeaan teoriaan eli aaltofunktio teoriaan eli *Schrödingerin yhtälöön*, joka on itse asiassa differentiaaliyhtälö, jonka ratkaisut ainakin yksinkertaisissa, yksiulotteisissa tapauksissa ovat $\sin(x)$ - ja $\cos(x)$ -muotoisten funktioiden yhdistelmiä. Fyysikot ja teekkaritkin joutuvat näitä opiskelemaan. Itse aaltofunktion amplitudia sanotaan *todennäköisyysamplitudiksi*, koska sen neliö osoittaa todennäköisyyden sille, että hiukkanen on tietyllä alueella. Näistä saadaan piirrettyä esim. atomimalleja, jossa elektronit ovat jossain ydintä ympäröi-



vässä kolmiulotteisessa "pilvessä". Wikipedian mukaan ne eivät kierrä eivätkä kiepu atomin ytimen ympärillä, mutta ne ovat kuitenkin omassa energiatilassaan. (Elektronit voivat olla myös vapaina atomeista.)

Oma lukunsa on nimitys *kvanttimekaniikka*, joka minusta korostaa jotain mekaanista, vaikka teoria on ihan muuta. Oli miten oli, mutta alkeishiukkasista, kvarkeista, leptoneista ja bosoneista on nykyään yksimielisyys, ja viimeisenä löydettiin jälkiä raskaasta *Higgsin bosonista*. Oli nimittäin teoria massiivisesta ja erikoisesta *Higgsin bosonista* ja odotettiin, että se ilmestyisi tuloksiin, jos vain hiukkaskiihdytin ylittäisi entistä suurempiin energioihin. Ja niin todella kävi, eli törmäysenergian nosto tuotti merkkejä siitä vuonna 2012.

Massiiviselle bosonille on ominaista erittäin nopea hajoaminen, ja päättely täytyy tehdä hajoamistuotteista ja tilastomatematiikkaa käyttäen. Voi olla, että vaikka *CERN*:in hiukkaskiihdytin olisi vieläkin tehokkaampi, mitään raskaampaa ei enää löytyisi. Se tie on ehkä loppuun kuljettu. Raskaat hiukkasot ovat nimittäin epästabiileita ja keveät puolestaan ikuisia.

Mikäli haluaa opiskella hiukkasfysiikkaa vähän eteenpäin, kannattaa omaksua ajatus, että alkeishiukkasilla on *varaus* ja *spin*. Ne saavat eksakteja arvoja. *Varaus* on tietysti helppo käsite ja sitä verrataan elektronin varaukseen. Hämmästyttävää ja ainakin huonosti selitettyä on, että varaus voi olla esim. $2/3$ tai $-1/3$ jne. Eikä varauksen olemusta taideta maallikolle selittää. *Spin* on myös kvantittunut, mutta se on ymmärretty kulmalii kemääräksi, vaikka fyysikot varoittavat ymmärtämystä sitä pyörimisliikkeeksi, koska fotoneillakin on sitä. Sen kvantittuminen tarkoittaa, että spin saa arvoja 0 , $1/2$, 1 , $3/2$ kertaa *Planckin vakio*.

Atomien osalta elektronien varaus ja protonien

sisältämät kolme kvarkkia (2 kpl *up* ja 1 kpl *down*) saavat atomien kokonaisvarauksen tasapainoon. Samalla saadaan selitetyksi, kuinka neutronien varaus saadaan nolaksi, niin ikään kolmen kvarkin avulla. Itse asiassa sellainenkin tieto voi olla kiintoisa, että atomin ulkopuolella oleva neutroni on lyhytikäinen eli noin 15 minuuttia. Se hajoaa protoniksi, elektroniksi ja antineutriinoksi.

Jatkamatta syvemmälle täytyy mainita, että hiukkasten massan olemuksen selittäminen on erittäin vaikea juttu ja siinä saatetaan ryhtyä kirjoittamaan kvanttimekaanisesta symmetriasta. Mutta on olemassa myös kilpailevia selityksiä. Jätämme asian tähän, vaikka *Higgsin bosonia* on kutsuttu myös *Jumalhiukkaseksi* toimittajien toimesta.

Kolmas hiukkasfysiikasta kirjoittavien toimittajien lempiaihe on *lomittuminen*, englanniksi *entanglement*, joka on esimerkiksi kahden hiukkasen ominaisuus. Lomittuneessa tilassa niillä on korrelaatioita, minkä vuoksi mitattaessa yhden ominaisuus tullaan samalla määrittäneeksi toisen vastaava ominaisuus, vaikka toinen olisi kaukana. Tästä aukeni utopia nopeasta tietoliikenteestä, mikä on sittemmin todistettu vääräksi. Toisaalta *lomittumista* koitetaan käyttää kvanttietokoneissa.

Loppukommentti: materialismi kaipaisi fyysikon panosta tai modernin kirjan etsintää. Sitä odotellessa Wikipedia on oiva väline opiskella käsitteitä.

Lähteet:

Alonso-Finn: Fundamental university physics, 1972.

Sean Carroll: Maailmanlopun hiukkanen, 2012, URSA.

Ian Stewart: 17 Equations that changed the world, 2012.

Arto Annala: Kaiken maailman kvantit, 2019.

Tekstin tarkistuksesta kiitos Robert Brotherukselle.

