

**This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.**

**Author(s):** Heinosaari, Teiko

**Title:** Mitä kirjoittaisit viestiin tulevaisuuden ihmiskunnalle?

**Year:** 2023

**Version:** Accepted version (Final draft)

**Copyright:** © Keskisuomalainen 2023

**Rights:** In Copyright

**Rights url:** <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

**Please cite the original version:**

Heinosaari, T. (2023, 15.5.2023). Mitä kirjoittaisit viestiin tulevaisuuden ihmiskunnalle?. Keskisuomalainen, .

# Muutama vinkki kevätretkelle Kvanttimaahan



Teiko Heinosaari

## Viesti tulevaisuuden ihmiskunnalle

Ihmiskunta tuhoutuu huomenna! Tai en minä niin väitä, mutta tehdään hetkeksi sellainen epämukava oletus. Jostain kumman syystä tuhon jälkeen ihmiskunta saa uuden alun, mutta tieteellinen tieto on kadonnut. Ettei uuden ihmiskunnan tarvitse sentään tulta ja pyörää keksiä uudelleen, niin sovitaan, että kaikki tasavuoden 1000 jälkeen saavutettu tieto on kokonaan unohdettu. Sinä olet kuitenkin erityis-  
asemassa ja saat jättää uudelle ihmiskunnalle paperilappusen. Lappuun mahtuu valitettavasti vain yksi lause. Ehkä mieleesi tulee kaikenlaisia terveisiä tai elämänviisauksia. Rajoitutaan kuitenkin fysiikkaan, eli voit kirjoittaa yhden valitsemasi lauseen fysiikan tietoutta. Mitä kertoisit?

Tarinan mukaan tällaisen kysymyksen esitti fysiikan nobelisti Richard Feynman ja hän myös mietti siihen oman vastauksensa. Feynman oli fysiikan virtuoosi, joka tunsu monet fysiikan alat kuin omat taskunsa. Ei siis ollut mitenkään ilmeistä mihin fysiikan haaraan Feynmanin vastaus liittyisi. Feynmanin valitsema lause oli: "Kaikki aine koostuu pienistä osasista." Netistä löytyy tästä tarinasta hiukan eri versioita ja joissain niistä Feynmanin lauseeseen mahtuu tietoutta myös hiukkasten vuoro-  
vaikutuksista. Oma lisäykseni tuohon viestiin olisi: "Aine koostuu pienistä merkittävästi käyttäytyvistä osasista." En tosin tiedä olisiko tuo hyödyllinen lisäys, ehkä se saisi tulevaisuuden ihmiset hämmennyksiin. Joka tapauksessa nuo pienet osaset eivät ole pienen pieniä kiven-  
murusia, vaan jotain ihan muuta. Aineen rakenneosasia, atomeja, ei edes kannata yrittää miettiä niiden ulkonäön kautta. Olennaista on se, miten ne käyttäytyvät. Tai jos vieläkin tarkennetaan, niin atomeja on paras ajatella tapahtumien kautta joissa ne ovat osallisina.

## Kvanttimaa ja Arkimaa

Kutsukaamme aineen pienten osasten fysikaalista todellisuutta Kvanttimaaksi erotukseksi meidän tavallisesta arkikokemuksen maasta, Arkimaasta. Kvanttimaahan kuuluvat aineen rakenneosat eli atomit, sekä myös vaikkapa valohiukkaset eli fotonit. Laser-valo asustelee Kvanttimaan ja Arkimaan rajavyöhykkeellä, se on nimittäin luonteeltaan liian kesy päästäkseen Kvanttimaan sisäosiin. Laser-valo ei paljasta samanlaisia kvantti-ilmiöitä kuin yksittäiset fotonit, kuten vaikkapa Bellin epäyhtälöiden rikkoontumisen (Fysiikan Nobel 2022). Miten tuo Kvanttimaa sitten eroaa Arkimaasta? Kun kerran planeetat, ihmiset ja kaikki muu koostuu pienistä Kvanttimaan osasista, niin eikös Arkimaan luulisi olevan aika samanlainen kuin Kvanttimaan? Arkimaan lainalaisuuksia ovat esimerkiksi Newtonin mekaniikan lait, termodynamiikan säännöt sekä sähkömagnetismin yhtälöt. Tällä fysiikalla rakennetaan talot, kehitetään autoja ja viestitellään langattomasti. Mutta Arkimaan fysiikka ei selitä Kvanttimaan ilmiötä. Kvanttimaan fysiikka on tullut niin keskeiseksi osaksi erilaisten materiaalien suunnittelua ja valmistamista, ettei monia sinänsä Arkimailmaan kuuluvia laitteita pystyttäisi tekemään ilman Kvanttimaan tuntemusta. Esimerkiksi puolijohdetekniikka löydettiin ennen kuin kvanttifysiikkaa oli edes alettu kunnolla miettimään, mutta nykyinen pitkälle kehittynyt puolijohdetekniikka on mahdollista nimenomaan ilmiön kvanttifysikaalisen ymmärryksen vuoksi.

## Rapujuhlla tapahtuu kiinnostavia asioita piilossa

Kvanttimaan ja Arkimaan suhde on vieläkin tutkijoiden pohdinnan kohteena. Ei ole mitenkään yksinkertaista miten Arkimaa muodostuu Kvanttimaan päälle. Kvanttimaan ja Arkimaan kytköstä voi koittaa havainnollistaa rapujuhlien eri tasoilla. Kuvitelle rapujuhlat, joihin on kutsuttu paljon vieraita, osa toisilleen tuttuja ja osa tuntemattomia. Ihmiset esittäytyvät toisilleen kohteliaasti. Tunnelma on miellyttävä eikä kukaan moiti ruokia vaikka viime vuonna kanttarellikeitto oli hieman maukkaampaa. Juhlien kulku on pääpiirteissään kaikkien tiedossa ja ennustettavissa. Naapurin Masa alkaa alkumaljojen jälkeen kertoa ravustusretkien huippukohdista kuten joka vuosi ja emäntä on tietenkin leiponut herkullisen leivän itse. Ei ole mitään syytä väittää, etteikö tämä kaikki olisi totta. Rapujuhlla tapahtuu kuitenkin kaikkea muutakin, mutta vaivihkaa ja hiukan piilossa. Jos nimittäin menee Masan kanssa haukkaamaan raitista ilmaa eikä muita ole paikalla, niin Masa kertoo ravustusretkien kommelluksista. Jos taas kurkkaisi ruokapöydän alle, niin näkisi, että teinipoika Julius on laittanut ajatuksissaan eri parin sukat jalkoihinsa. Kiinnostavia ja erilaisia asioita voi siis saada selville jos havainnoi ympäristöään tarkasti. Näistä ei kuitenkaan tule lainkaan tietoiseksi jos istuu omalla paikallaan ja

keskittyy vain juhlapuheisiin ja keskusteluun vieruskavereiden kanssa. On ehkä vaikea selittää miten tuo rapujuhlien suuri kuva muodostuu kaikista osittain omituisistakin yksityiskohdista, mutta nämä voi silti hyväksyä saman juhlan toisiinsa kytkeytyneinä eri tasoina.

## Satunnaisuuden hyväksyminen on ensimmäinen askel ymmärtää kvanttifysiikkaa

Usein kerrottu asia Kvanttimaasta on se, että hiukkanen, kuten elektroni, voi olla monessa eri paikassa samaan aikaan. Kvanttifysiikkona en ajattele näin, enkä oikein edes ymmärrä mitä sillä tarkoitetaan. Kvanttimaan lainalaisuuksien ymmärtäminen helpottuu olennaisesti jos luopuu siitä lähtöajatuksesta, että haluaa kuvata hiukkasia. Kvanttifysiikan antama matemaattinen selitys on luontevampi nähdä tapahtuminen kuvauksena. Saadaksemme jotakin tietoa Kvanttimaasta, on meidän tehtävä jonkinlainen havainto. Havainto on ymmärrettävissä mittauksena, oli se sitten tarkka koejärjestely tai sattumalta silmään tullut fotoni. Ja nimenomaan mittaustulosten jakauma on laskettavissa kvanttiteorian matemaattisen koneiston avulla. Merkittävä yleinen seikka Kvanttimaan lainalaisuuksissa on se, että ainoastaan tapahtumien todennäköisyyksiä voi ennustaa. Tämän voisi ajatella olevan ihmisen kyvyttömyyttä muodostaa kunnollinen fysikaalinen teoria, mutta näin asia ei luultavastikaan ole. Teoreettinen fysiikan tutkimus on nimittäin osoittanut, että satunnaisuuden kieltäminen kvanttifysiikan antamasta selityksestä pakottaisi hyvin epämieluisiin johtopäätöksiin, kuten esimerkiksi ristiriitaan suhteellisuusteorian kanssa. Satunnaisuuden hyväksyminen Kvanttimaan luontaisena piirteenä on ensimmäinen askel ymmärtää sen lakeja.

## Missä on elektroni?

Palataan vielä elektronin paikan mittaamiseen. Tyypillisessä Kvanttimaan tilanteessa elektronin paikka ei ole määrätty ennen mittausta ja voidaan ainoastaan ennustaa todennäköisyyksiä eri paikoille. Kuitenkin yksittäisessä mittaustapahtumassa elektroni löydetään tarkalleen yhdestä paikasta. Se, että elektroni on 50% todennäköisyydellä Tourulassa ja 50% todennäköisyydellä Kuokkalassa ei tarkoita, että se olisi molemmissa yhtä aikaa. Oikea tapa ajatella on, että se ei ole kummassakaan ennen kuin teemme mittauksen. Aktiivisia valintoja tekevän havaitsijan hyväksyminen fysiikan kuvaukseen on avain Kvanttimaan ymmärtämiseen. Myös kevätretkellä Arkimassa on olennaista olla aktiivinen havaitsija. Niin pääsee parhaiten nauttimaan kevään merkeistä luonnossa.