

## Miksi maailmankaikkeus on olemassa?

■ Kari Enqvist

Miten universumi on voinut syntyä tyhjästä? Mistä luonnonlait ovat tulleet? Nämä ovat kysymyksiä, jotka askarruttavat suurta yleisöä ja joita minultaikin kysellään jatkuvasti. Niiden tiimoilta on myös väännetty peistä mm. amerikkalaiskosmologi Lawrence M. Kraussin kirjan *Universumi tyhjiydestä – miksi maailmassa on jotain tyhjiyden sijaan* (Basam Books 2013) innoittamana. Krauss esiintyi loppusyksystä 2015 Helsingin yliopistossa yhtenä sen 375-vuotisjuhlien puhujista.

Keskustelu maailmankaikkeuden ja luonnonlakien alkuperästä sekä olemattomuudesta tai tyhjiydestä ovat usein sisältäneet sekä filosofisia että teologisia sävyjä. Tämän tematiikan ei voi sanoa olevan esimerkiksi kosmologian tärkeimpien tutkimusongelmien joukossa. Mitään uutta, mullistavaa tutkimustietoa ei aihepiiristä ole tarjolla. Silti on hyvä asettaa tämäkin kiistely fysiikan viitekehykseen. Se nimittäin tarjoaa syvyyden, jonka puute kaikuu valitettavan usein käytettyjen argumenttien ontoudessa.

Esille kannattaa nostaa kaksi näkökulmaa, jotka nähdäkseni ovat oleellisia keskustelun kannalta. Ensimmäinen kysymys koskee ajan luonnetta. Onko aika fundamentaalinen luonnon ominaisuus vai onko se suuren skaalan karkeistus eli emergentti? Miksi aika kuluu? Näihin kysymyksiin meillä ei tällä hetkellä ole minikäänlaista vastausta. Toinen kysymys on, millä tavoin maailman fyysiset oliot ovat olemassa? Tähän tiedämme vastauksen: ne ovat olemassa kvanttifysiikan esittämällä tavalla.

Toki kvanttifysiikka on vain teoria. Sen ennustamat ilmiöt on todennettu valtavalla tarkkuudella, mutta voi tietysti olla, ettei se kaikilta osiltaan ole vihoviimeisin teoria. Havaintotodentus seikka kuitenkin on, ettei kvanttifysiikan tämän

keskustelun kannalta olennaisia piirteitä voida korvata millään teorialla, jossa näitä piirteitä ei olisi. Tällä viitataan kvanttiteorioiden lomittumiseen ja luonnon epälokaalisuuteen.

### Mitä tarkoittaa ”alkuräjähdyks”?

Ajan olemuksen ja kvanttifysikaalisten ongelmien rinnalla alkuräjähdysteorian implikaatiot ovat liki triviaaleja, mutta koska silläkin saralla esiintyy paljon väärinymmärrystä, on syytä lyhyesti kerrata teorian keskeisimmät piirteet.

On heti syytä todeta, että Albert Einsteinin yleiseen suhteellisuusteoriaan perustuva alkuräjähdysteoria<sup>1</sup> on todella vain teoria. Sikäli kuin olemme voineet havainnoida hyvin varhaisista maailmankaikkeudesta ja tehdä siitä päätelmiä, alkuräjähdysteoria pystyy selittämään erinomaisesti kaikki havainnot. Mitään sen kanssa kilpailevaa teoriaa universumille ei ole olemassa, mutta se ei tietenkään tarkoita, etteikö alkuräjähdysteoriaa pitäisi vielä modifioida. Itse asiassa näin uskoo valtaosa teoreettisista fyysikoista jo pelkästään siitä syystä, että yleinen suhteellisuusteoria ei ole kvanttiteoria. Teorioita, joissa kvantti-ilmiöitä ei huomioida, fyysikot kutsuvat klassisiksi teorioiksi. ”Klassinen” viittaa tässä karkeasti aikaan ennen vuotta 1900.

Lisäksi on huomautettava, että kosmologit käyttävät usein käsitettä ”alkuräjähdyks” hieman erilaisessa merkityksessä kuin tavanomainen populaarikirjallisuus. Meille se tarkoittaa sitä, että kauan (havaintojen mukaan 13,8 miljardia vuotta) sitten maailmankaikkeus oli hyvin tiheä ja kuuma, ja se on siitä eteenpäin laajentunut samalla jäähtyen.

1 Populaariesitys alkuräjähdysteoriasta on K. Enqvist, *Ensimmäinen sekunti*. WSOY 2014.

Historiallisesti alkuräjähdysteorian edeskäypänä – muttei ehkä kuitenkaan varsinaisena isänä – voidaan pitää belgialaispappi Georges Lemaître, joka vuonna 1927 ratkaisi Einsteinin yleisen suhteellisuusteorian kenttäyhtälöt tietyillä oletuksilla (venäläinen Aleksandr Friedmann oli tehnyt saman, mutta hieman erilaisilla oletuksilla, jo viisi vuotta aiemmin). Lemaîtren ratkaisu kuvasi maailmankaikkeutta, jolla äärettömän kaukaisessa menneisyydessä oli ollut tietty koko (joka liittyi Lemaîtren oletaman kosmologisen vakion suuruuteen) ja joka tällä hetkellä oli laajentunut äärettömän kauan. Malli tuli tunnetuksi vuonna 1931, kun kuulu tähtitieteilijä Arthur Eddington käännähti Lemaîtren tekstin englanniksi. Sen jälkeen Lemaître vielä viritteli malliaan muun muassa postuloimalla alkutilan eräänlaiseksi atomiksi, yksittäiseksi kvantiksi, joka ilmestyi radioaktiivisuuden kaltaisessa leimahduksessa äärellinen aika sitten<sup>2</sup>. ”Alkuatomin” koko voitiin arvioida noin aurinkokunnan suuruiseksi (mutta se ei luonnollisestikaan sijainnut missään esiolevassa tyhjiydessä). Mitään matemaattista perustetta tälle oletukselle ei Lemaîtrellä ollut, eikä mallia enää pidetä kiinnostavana.

Moderni alkuräjähdysteoria kehitettiin 1940-luvun lopulla, kun venäläissyntyinen George Gamow oivalsi, että menneisyydessä tiheään puristuneen aineen oli täytynyt olla myös hyvin kuuma. Tätä alleviivataan usein puhumalla ”kuumasta” alkuräjähdyksestä. Gamow oletti alkutilaksi ydinhiukkasista koostuvan puuron, jolle hän antoi nimen ”ylem”. Tämä nimitys on (onneksi) unohtunut ja kauan sitten.

Pari vuosikymmentä myöhemmin suhteellisuusteoretikot sitten oivalsivat, että yleisen suhteellisuusteorian ratkaisut ovat väistämättä sellaisia, että kosmologinen alkutila on singulaarinen – se on piste, johon kaikki aine ja avaruus on pusertunut. Tämä tulos seuraa matemaattisesti Einsteinin kenttäyhtälöistä. Ajanhetkellä nolla aineen tiheys on ääretön ja avaruuden tilavuus nolla. Aikakoordinaatti loppuu tähän alkusingulariteettiin. Yleisen suhteellisuusteo-

rian mukaisessa alkuräjähdysteoriassa ei siis ole aikaa, joka edeltäisi alkuräjähdyttä.

Siksi alkuräjähdysteoriassa ei voi kysyä, mitä oli ennen alkuräjähdyttä? Ei ole mitään edeltävää hetkeä, jonka jälkeen singulariteetti olisi ”räjähtänyt”. Koska ei ole mitään edeltävää hetkeä, ”räjähdyselle” ei myöskään ole olemassa mitään edeltävää syytä. Alkuräjähdyks ei ole tapahtuma ajassa.

Jo tämän valossa on selvää, ettei myöskään ole olemassa mitään edeltävää ”ei-mitään”, jonne singulariteetti olisi ilmestynyt räjähtääkseen. Jopa sana ”räjähtää” on harhaanjohtava. Sen merkitys on pelkästään se, että kauan sitten maailmankaikkeus oli muodollisesti äärettömän tiheä ja kuuma, ja se on siitä eteenpäin laajentunut samalla jäähtyen.

Suuren yleisön mielissä alkusingulariteetti on usein erottamaton osa alkuräjähdysteoriaa, mutta kuten edellä on jo mainittu, emme tiedä, voimmeko luottaa yleiseen suhteellisuusteoriaan ja sen mukaiseen alkuräjähdysteoriaan aivan maailmankaikkeuden alkuhetkillä. On mahdollista, että yleistä suhteellisuusteoriaa täytyy laajentaa ensimmäisten sekuntien triljoonasosien kohdalla jo klassisella tasolla, kvanttimodifikaatioista puhumattakaan. Lisäksi meillä on vahvoja, kosmisen mikroaltoaustan ominaisuuksien havaintoihin perustuvia viitteitä siitä, että ”kosmologin alkuräjähdyttä” eli kuumaa ja tiheää alkutilaa edelsi niin sanottu kosminen inflaatio, joka teki maailmankaikkeudesta täysin tyhjän ja äärimmäisen kylmän.

Kosminen inflaatio on nykykosmologian kivijalka. Se on paradigma, jonka vastavalossa kaikki kosmologinen teoriakehittely tällä hetkellä tapahtuu. Tiedossa ei ole, kuinka kauan kosminen inflaatio kesti. Edelsikö inflaatiota alkusingulariteetti vai ei, sitäkään emme tiedä. Emme tiedä, kuinka kauas menneisyyteen ”kosmologin alkuräjähdyttä” edeltävä ja inflaatiota kellottava aikakoordinaatti ulottuu tai missä kohdin sitä pitäisi korjailla kvantti-ilmioilla.

Kosmologia on arkijärjelle vierasta ja siksi vaikeasti hahmottuvaa. Silti yllä oleva on kuitenkin vasta taustoitusta tämän kirjoitelman varsinaisille kysymyksille. Onko maailmankaikkeus

2 Lyhyt historiikki Lemaîtren roolista on Jean-Pierre Luminet, arXiv: 1105.6271v1.pdf.

syntynyt jostakin? Miksi siellä vallitsevat juuri nämä luonnonlait? Niiden kannalta kysymys alkusingulariteetin olemassaolosta on toissijainen.

## Tyhjiö ja arkilogiikka

Ajatus siitä, ettei tyhjästä voi syntyä mitään, on peräisin Parmenideen kaltaisilta antiikin kreikkalaisilta filosofeilta. Maailma nähtiin äärellisten, toisiaan tönivien olioiden kokoelmana. Tämä arkijärjen ja klassisen fysiikan mukainen tarkastelu johti aikanaan myös teologien hellimään ajatukseen välttämättömästä ensimmäisestä syystä.

Filosofiasävytteisessä puheessa on tavannaista erotella materiaaliset objektit ja niiden väliset relaatiot. Niinpä usein sanotaan, että vaikkapa elektroni on objekti, jolla on tietyt ominaisuudet (kuten massa ja sähkövaraus) ja tietyt relaatiot eli vuorovaikutukset muiden elektronien kanssa. Tämä jaottelu on käytännöllinen ja usein toimiva, muttei kuitenkaan kvanttifysiikan mukaan perusteltavissa. Elektronia ei pohjimmiltaan voi erottaa muista alkeishiukkasista erilliseksi olioksi eikä sen relaatioita erillisiksi sen tavasta olla olemassa. On vain universumin täyttävä elektroninen kvanttikenttä, jonka väreitä elektronit ovat likimääräisesti. Tämä elektronin ja sen vuorovaikutusten erottamattomuus manifestoituu muun muassa niin sanottujen virtuaalisten hiukkasten kautta, joiden jatkuvat törmäilyt osallistuvat esimerkiksi elektronin havaittavan massan ja sähkövarauksen määrittelyyn. Alkeishiukkasten ominaisuudet ovat siis dynaamisia suureita. Esimerkiksi elektronin massa ja sähkövaraus riippuvat siitä, miltä etäisyydeltä elektronia tarkastellaan.

Kvanttifysiikka ei kuvaakaan ensisijaisesti materiaalisia hiukkasia. Se kuvaa tiloja, joihin liittyy observaabeleita eli suureita, jotka voidaan havaita tietyin koejärjestelyin. Sanalla ”tila” on tässä hyvin täsmällinen matemaattinen merkitys (se on kompleksisen Hilbertin avaruuden vektori). Observaabeleihin liittyvät mittarilukemat puolestaan riippuvat koejärjestelystä.

Kvanttifysiikan epäintuitiivisuus, sen epäklassisuus, näkyy siinä, että kaikki kvantttilaa kuvaavat

observaabelit eivät välttämättä ole samanaikaisesti havaittavissa. Yksi tämän tosiseikan ilmentymä on Heisenbergin epätarkkuusperiaate. Samalla tilan määrittelyyn voi liittyä arkilogiikan vastaisia piirteitä. Esimerkiksi kelpaa kvantttila, jossa spin voi osoittaa samanaikaisesti sekä ylös että alas. Spin on eräs hiukkasfysiikallinen ominaisuus ja observaabeli. Mittauksessa tästä epämääräisestä ylös–alas-tilasta realisoituu kuitenkin vain joko ”spin-ylös” tai ”spin-alas”, tietyllä laskettavissa olevalla todennäköisyydellä. Kuten on kokeellisesti varmennettu.

Jos kaikki fysiikallinen on pohjimmiltaan kvanttifysiikkaa, kaiken totaliteetti eli maailmankaikkeus on myös kvantttila. Silloin sen tyhjentävään määrittelyyn voi periaatteessa liittyä arkilogiikan vastaisuutta.

Jos aika on luonnon fundamentaalinen ominaisuus, kvantttilojen aikakehityksen määrää tietty sääntö, jota kutsuttakoon kirjaimella H. Kun H tunnetaan, kvanttilat tunnetaan kaikkina aikoina. H on itse asiassa täsmälleen sama asia kuin luonnonlaki. Matemaattisesti se on energian (tai sen yleistyksen) määrittävä lauseke. Tämä kaikki pätee myös klassiseen fysiikkaan. Esimerkiksi alkuräjähdysteorian H on sääntö, jonka yleisen suhteellisuusteorian kenttäyhtälöt antavat.

Kvanttitila, jonka energia on kaikkien mahdollisten kvantttilojen joukossa pienin, on nimeltään tyhjiö. Koska kvanttikenttien väriilyyn (”alkeishiukkasiin”) liittyy aina energiaa, karkeasti sanoen tyhjiö on tila, jossa ei ole lainkaan ainetta tai säteilyä. Mutta koska kyseessä on kvantttila, sen määrittelyyn liittyvät myös kaikkien alkeishiukkaskenttien keskinäiset vuorovaikutukset. Sen seurauksena tyhjiö voi muuttua virtuaalisiksi hiukkasiksi. Usein sanotaan, että kvanttifysiikallinen tyhjiö on ikään kuin poreileva, juuri kiehumaisillaan oleva vesikattila.

Koska kvanttifysiikan tyhjiöstä voi siis syntyä hiukkasia, antiikin kreikkalaiset olivat väärässä. Kuten on mittauksin voitu havaita.

Itse asiassa yleisessä suhteellisuusteoriassa kvanttityhjiön käsite on vielä monimutkaisempi. Siellä tyhjiön tyhjiys voi riippua havaitsijoiden välisestä liikkeestä siten, että yksi havaitsija

näkee hiukkasia siinä missä toinen näkee pelkkää tyhjiä.

## Maailmankaikkeus tyhjästä

Jos myös ajan ja avaruuden kuvailu, eli yleinen suhteellisuusteoria, on pohjimmiltaan kvanttiteoria, alkuräjähdyksestä tulee kuvailla kvanttifysiikan termein. Tähän perustuu paljon popularisoitu hypoteesi maailmankaikkeuden syntymisestä tyhjästä. Kvanttiporeilusta voi pulahattaa kokonainen maailmankaikkeus.

”Ikuisen inflaation” nimellä kulkeva ajatusrakenne on samalla linjalla. Se on eräänlainen vastaus kysymykselle ”Miksi kosminen inflaatio tapahtui?”. Sitä voidaan perusteella myös matemaattisesti, mutta kaikkia noita perusteluja voidaan kritisoida. Ikuinen inflaatio ei ehkä ansaitse teorian nimeä, mutta se on kuitenkin enemmän kuin pelkkiä peräkkäin aseteltuja sanoja.

Ikuisen inflaation mallissa todellisuus on eräänlainen ikuinen, rannaton kvanttimeri. Sen poreilusta syntyy silloin tällöin pisara, josta inflaatiomekanismin ajamana kasvaa yksittäinen maailmankaikkeus. Periaatteessa näissä erillisissä maailmankaikkeuksissa luonnonlait voivat vaihdella satunnaisesti. Tällöin puhutaan multiversumista, kaikkien mahdollisten maailmankaikkeuksien kollektiivista.

Luonnollisesti kaikki tämä on hyvin spekulatiivista, eikä multiversumin olemassaolosta – tai edes sen matemaattisesta konsistenssista – ole olemassa mitään varmaa näyttöä. Multiversumin kuvailu vaatisi oikeastaan yleisen suhteellisuusteorian kvanttifysikaalista versiota eli kvanttigravitaatiota. Tuolloin on luultavaa, että ajan ja avaruuden käsitteet hämärtyvät, kuten tavallisessa kvanttimekaniikassa paikka ja nopeus ovat epämääräisiä. Kenties jopa syyn ja seurauksen välinen suhde hämärtyy, tai äärimmillään aika menettää kokonaan merkityksensä. Jälkimmäisessä tapauksessa aika voisi olla lämpötilan kaltaisen karkeistettu suuren kokoskaalan ilmiö.

Mutta jos multiversumi on olemassa, olipa se miten epämääräinen hyvänsä, mistä se tuli? Eräs mahdollisuus on tietenkin, että se on ollut aina olemassa ja tulee aina olemaan olemassa. Toisaalta, jos aika ei ole fundamentaalinen käsite,

koko kysymys on mieltä vailla.

Mutta yhtä kaikki, multiversumissakin on joitakin luonnonlakeja. On olemassa jokin sääntö, H, joka tahdittaa sen poreilua ja uusien maailmankaikkeuksien syntyä. Miksi juuri tuo sääntö?

## ”Ei-mitään” ei merkitse mitään

Miksi on olemassa jotakin pikemmin kuin ei mitään? Tämä kysymys on peräisin Leibnizilta, ja sitä toistellaan edelleen filosofisessa tai teologisessa kontekstissa<sup>3</sup>. Fysiikassa se ei ole akuutti tutkimusongelma ja veikkaisin, että valtaosa fyysikoista pitää koko kysymystä tutkimuksen kannalta irrelevanttina (ja kuulun itsekin heidän joukkoonsa). Mutta se ei tietenkään estä pohtimasta, mitä tarkoittaisi ”ei mitään”, varsinkin kun on väitetty, että olisi luonnollisempaa, ettei olisi mitään kuin että jotakin on olemassa. Taustalla on ajatus, että jollakin täsmentämättömällä tavalla fyysikaalisen universumin olemassaolo vaatisi ylimääräistä työtä. Mutta mikään – ei filosofia, ei luonnontiede – ei tietenkään pysty esittämään pitäviä perusteita, että jokin tietynlainen mahdollinen universumi olisi luonnollisempi kuin jokin toinen.

”Luonnollinen” on pelkkä sana, aivan kuten ”ei mitään” ovat vain kaksi peräkkäistä sanaa. Kieli antaa meille mahdollisuuden keksiä erilaisia käsitteitä. Jotkin niistä ovat sisäisen rakenteensa vuoksi mielettömiä, kuten esimerkiksi ”nelikulmainen kolmio”. Näille filosofi voi suorittaa loogisen käsitteanalyysin, purkaa lauseen atomaarisiin osasiinsa ja todeta logiikkansa sääntöjen vastaiseksi.

Tosin on syytä muistaa, että arkilogiikka ei enää päde kvanttifysiikassa. Siellä on kuviteltavissa monikulmiotila, jossa on samanaikaisesti sekä kolme että neljä kulmaa. Arkikieleen perustuvaan päättelyyn, silloin kun sitä sovelletaan luonnon perusolemukseen, tulee siis suhtautua äärimmäisellä skeptisyydellä.

Lisäksi kieli suo meille mahdollisuuden keksiä asioita, jotka eivät ole olemassa, esimerkik-

3 Kts. esim. <http://plato.stanford.edu/entries/nothingness/>

si ”yksisarvinen”. Tällöin kyse on kuitenkin havaintolauseista. Yksisarvisia voisi olla olemassa, mutta sikäli kuin tiedämme, hyvin suurella todennäköisyydellä niitä ei ole olemassa.

Fyysikan ”ei mitään” on kvanttifysiikan tyhjiö, jolla on täsmällinen matemaattinen, kvanttikenttäteorioihin perustuva määritelmänsä. Filosofin tai teologin tyhjiö on avaruuden, aineen, ajan ja luonnonlakien piinasta vapautettu ”ei-mitään”. Mutta onko ”ei-mitään” tila, joka yksisarvisen lailla voisi olla olemassa? Vai onko käsite ”ei-mitään” ylipäätään mielekäs?

Fyysikon tyhjiötä voi tutkia. Sinne voi panna mittarin (esimerkiksi testihiukkasen), jonka käyttäytymisen perusteella on mahdollista määrittää, onko kyseessä tyhjiö. ”Ei-mitään” sen sijaan on jotakin, jota ei voi mitata, sillä heti kun sinne työntää mittarin, ”ei-mitään” katoaa. Siihen ei liity mitään observaabelia. Itse asiassa on mahdotonta kuvitella, mitä ”ei-mitään” voisi tarkoittaa.

Tässä kohdin on hyvä painottaa, että edes alkuräjähdysteorian mahdollinen alkusingulariteetti ei ole ”ei-mitään”. Siellä avaruus käsitteenä on edelleen olemassa, vaikka sen tilavuus onkin nolla. Sääntö, yleisen suhteellisuusteorian  $H$ , joka kertoo sen olemassaolon, on voimassa singulariteetissakin (sillä muutoinhan emme voisi edes puhua siitä). Alkuräjähdysteoria ei siis pakota meitä omaksumaan käsitettä ”ei-mitään”. Ja muistutan vielä, että puhe alkuräjähdyksen (mahdollista) singulariteettia edeltävästä ajasta on yleisen suhteellisuusteorian kontekstissa mieletonä.

Niinpä selvästikin on puolustettavissa kanta, jonka mukaan kysymys ”Miksi on olemassa jotakin pikemmin kuin ei mitään?” on mieltä vailla. Millainen vastaus tyydyttäisi meitä? Millä tavoin ”ei-mitään” olisi olemassa? Olemassaolo ei ole ominaisuus, kuten vaikkapa vihreä väri.

Väitän, että ”ei-mitään” ei tarkoita mitään. Se on pelkästään arkisen kielenkäytön luoma optinen harha. Jotta käsitteestä ”ei-mitään” voi ylipäätään puhua, jotakin on jo oltava olemassa.

Ja jos jotakin on olemassa, silloin on olemassa myös jokin maailmaa kuvaava sääntö  $H$ . Tämä sääntö ei kuitenkaan ole riippumaton ajan määritelmästä eikä aika ole riippumaton (kvantti)

tilojen määritelmästä. Tilojen välinen korrelaattori antaa määritelmän sekä ajalle että säännölle  $H$  – luonnonlailla – ja itse asiassa samaa fysikaalista tilannetta vastaavia ajan ja luonnonlakien määritelmiä voidaan antaa luvuton määrä. Tämä on seurausta kvanttifysiikan matemaattisesta rakenteesta. ”Mitä on aika?” ja ”mitä on olemassa?” eivät ole erillisiä kysymyksiä.

Huomattakoon vielä, että periaatteessa  $H$ :n ei tarvitse kiinnittää observaabelien, kuten vaikkapa elektronin varauksen tai massan, numeroarvoja. Sen ei tarvitse edes spesifioida, millaisia alkeishiukkasia tai kenttiä on olemassa. Sääntö  $H$  voisi kuulua: ”Täydellinen kaaos vallitsee.” Silloin on kuviteltavissa, että erillisissä alisysteemeissä emergoituu eräänlaisia erillisiä sisäisesti risti-riidattomia historioita, joiden sisällä realisoituu erilaisia ”paikallisia” sääntöjä  $H$ . Tässä viittaaan tapaan, jolla kvanttitodellisuus voi periaatteessa koostua samanaikaisesti olemassa olevista ”historioista”, joihin liittyy muun muassa tilojen pitkäikäisyys ja siinä tapauksessa paikallisten luonnonlakien likimääräinen pysyvyys. Niissä historioissa, joissa esiintyy klassisia mittaritiloja (eli havaintolaitteiden mittarit eivät samanaikaisesti osoita useaa eri arvoa), monikulmiotiloissa ei voi havaita samankaltaisesti sekä kolme että neljä kulmaa. Tällaisissa historioissa voi esiintyä myös kaikenlaisia klassista fysiikkaa likimain noudattavia konfiguraatioita, kuten ihmisiä. Kvanttitodellisuuden sisällä voitaisiin periaatteessa käydä jopa eräässä mielessä darwinistista kilpailua erilaisten historioiden välillä.

### Pelkkä sanailu ei riitä

Yllä oleva on toki suurelta osalta puhdasta spekulatiota. ”Konsistentti historia” on nimitys modernille tavalle tulkita kvanttimekaniikkaa<sup>4</sup>. Sen puitteissa pyritään selvittämään, millaisiin klassisiin kysymyksiin kvanttisysteemeissä voidaan löytää vastaus ja millaiset kysymykset ovat mielettömiä. ”Kvanttidarwinismi” on termi, joka puolestaan viittaa klassisen maailman ilmaantumiseen kvanttimaailman sisäisen dyna-

4 Kts. esim. R. Omnès, *Quantum Philosophy*, Princeton University Press, 1999.

miikan seurauksena<sup>5</sup>. Tehdyt tarkastelut eivät kuitenkaan ole olleet kosmologiaa enkä halua esittää, että ne välttämättä olisivat relevantteja ajan olemukseen tai maailmankaikkeuden olemassaoloon liittyville kysymyksille.

Ne kuitenkin osoittavat, miten monimutkaisten ongelmien äärellä tuolloin olemme. Olen myös varma, että on paljon sellaisia näkökulmia, joita emme edes ole osanneet vielä ajatella. Siksi arkikieleen perustuvat päättelyketjut tai kysymykset, kuten ”Miksi on olemassa jotakin pikemmin kuin ei mitään?” vaikuttavat minusta pakostikin naiiveilta. Näen niissä enemmän sosiologiaa kuin varsinaista yritystä ratkoa olemassaolon perusongelmia, tahtoa sanoutua irti fysiikan ylivallassa maailman selittäjänä. Kyseessä on nimittäin keskustelu, joissa esiintyy suurella todennäköisyydellä myös huudahduksia tyyppiä ”eihän fysiikka kykene selittämään edes X:ää” tai ”fysikoiden tulisi pysyä omalla tontillaan eikä sekaantua filosofiaan”.

Tämä kirjoitus on näissä suhteissa viaton. En nimittäin ole esittänyt mitään selitystä sille, miksi maailma on sellainen kuin on. En myöskään ole koskenut filosofiaan vaan ainoastaan ker-tonut – ja välttämättä vain pintaa raapaisten – mikä on fyysikon näkökulma. Sen mukaan vail-la vastausta on edelleen suuri määrä perustavia kysymyksiä, joista tässä nostin esille vain osan:

Mitä on aika? Onko se fundamentaali vai emergentti eli karkeistettu? Millainen kvantti-teoria kuvaa aikaa ja avaruutta? Miten alkurä-jähdysteorian alkusingulariteetti modifioituu kvanttiteoriassa? Millaisena maailma näyttäytyy kvanttitodellisuutta tarkastelevalle alisysteemille? Miten klassinen maailma ponnistaa esille kvanttimaailmasta? Pitäkö kvanttikenttäteorioita laajentaa jollakin tavalla? Kuinka monta ulottuvuutta on olemassa? Onko aika-avaruus holografinen?

Ennen kuin näihin kysymyksiin on vastattu edes jollakin tavoin, pelkän sanallisen päättelyn ja arkiologiikan varaan rakentuvaan todellisuuspohdintaan on siis syytä suhtautua varauksella.

**Kirjoittaja on Helsingin yliopiston kosmologian professori.**

## TIETOKIRJALLISUUDEN NÄKYVYYS MEDIASSA

Suomen tietokirjailijat ry on julkaissut tutkija **Maaria Lingon** selvityksen *Tietokirjallisuuden näkyvyys selailukulttuurissa*, joka tarkastelee tietokirjallisuuden paikkaa medioituvassa arjessa.

Elämme enenevässä määrin selailukulttuurissa, jossa mittaamaton määrä informaatiota on tarjolla koko ajan siellä, missä itsekkin olemme. Tiedon määrä verkossa lisääntyy jatkuvasti, myös sellaisen tiedon, jota ennen painettiin kansien väliin. Joillakin tietokirjallisuuden aloilla muutos näkyy voimakkaasti, toisilla aloilla tietokirjat myyvät edelleen hyvin. Ihmiset eivät ole kuitenkaan lakanneet lukemasta eivätkä kirjatkaan ilmestymästä. Tietokirjojen myynti Suomessa oli laskusuhdanteinen useana vuonna peräkkäin, kunnes se kääntyi nousuun vuonna 2014. Myös vuosi 2015 oli noususuhdanteinen.

Selvityksessä kysytään, miltä osin tietokirjallisuuden näkyvyys on siirtynyt verkkoon, mitä mahdollisuuksia verkko ja sosiaalinen media ovat tuoneet tietokirjallisuuden näkyvyydelle, mistä lukijat saavat tietoa uusista tietokirjoista ja minkä tyyppisistä kirjoista puhutaan. Entä miten tietokirjallisuus näkyy perinteisissä sanoma- ja aikakauslehdissä, kun nekin siirtyvät verkkoon? Selvitys on ladattavissa ilmaiseksi Suomen tietokirjailijat ry:n verkkosivuilta.

## SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN SEURAN TAPAHTUMIA

8.4. klo 14–16 Mikael Agricolan ja suomen kiel-päivän tilaisuus SKS:n juhlasalissa (Hallituskatu 1, Helsinki). Ohjelma: [www.finlit.fi](http://www.finlit.fi)

5 Kts. esim. W. H. Zurek, Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical. *Reviews of Modern Physics*, Vol. 75, July 2003.