



Voiko luonnonlakia potkaista?

Antti Kupiainen

Akateemisissa piireissä on pyörinyt jo joitakin vuosia varsin kiivas keskustelu, jota on kutsuttu nimellä "tiedesodat" (science wars). Sen pohjalla on erimielisyys tieteellisen toiminnan luonteesta. Seuraavista sitaateista saanee jonkinlaisen kuvan siitä mistä on kyse.

Ensimmäisessä tietehistorioitsija Thomas Kuhn esittää tunnetun epäilynsä siitä, että voimmeko puhua tieteen edistymisestä:

"Usein kuuluu sanottavan, että toisiaan seuraavat teoriat tulevat yhä lähemmäksi, tai approksimoivat yhä paremmin, totuutta. Ilmeisesti tällaiset yleistyvät eivät viittaa ... teoriasta johdettuihin konkreettisiin ennusteisiin vaan sen ontologiaan, toisin sanoen siihen, että teorian postuloimilla luonnon ainesosilla on vastineessa "todellisuudessa". ... Meistäni ei ole teorioista riippumattonta tapaa määritellä käsitettä todellisuus ja on illuusiota puhua teorian ontologian ja sen todellisen vastineen välisestä vastaavuudesta. ... En esimerkiksi epäile, etteikö Newtonin mekaniikka olisi parempi kuin Aristoteleen tai Einsteinin parempi kuin Newtonin ongelmanratkaisun kannalta. Mutta en näe niiden kohdalla mitään koherenttia suuntaa ontologisen kehityksen suhteen. ... Saatamme joutua luopumaan siitä käsityksestä että paradigman muutokset vievät tutkijoita lähemmäksi ja lähemmäksi totuutta." [1]

Toisessa esimerkissä fyysikko Steven Weinberg puolestaan asettuu varsin vastakkaiselle kannalle:

"Mitkään tällä hetkellä tuntemamme fysiikan lait eivät ole täsmällisesti ja universaalisti päteviä. Tästä huolimatta monet niistä ovat asettuneet lopulliseen muotoonsa, joka pätee sopivissa olosuhteissa. Sähköön ja magnetismin yhtälöt, jotka tänään tunnetaan nimellä Maxwellin yhtälöt eivät ole samat, kuin ne jotka Maxwell aikoinaan kirjoitti, vaan ne asettuivat nykyiseen muotoonsa vasta myöhemmin. Tänään ymmärämme niiden olevan approksimaatioita, jotka pätevät tietyissä tilanteissa. Mutta tässä muodossaan ja näissä tilanteissa ne ovat säilyneet jo sata vuotta ja voimme odottaa niiden säilyvän ikuisesti. Maxwellin yhtälöt ovat esimerkiksi fysiikan laista, joka on niin todellista kuin vain mikään tuntemamme asia voi olla. Minun on vaikea nähdä missä mielessä teorioidemme tarkkuuden ja kattavuuden kasvu ei olisi kumulatiivista kasvua kohti totuutta." [2]

Seuraavat sitaatit käsittelevät sitten itse sosiaalista konstruktioita. Ensin taas Kuhn:

"Keksittyään hapen, Lavoisier näki luonnon eri tavalla. Ja koska emme voi puhua mistään hypoteettisesta luonnosta jonka hän näki eri tavoin, yksinkertaisuuden nimessä meidän on päädyttävä sanomaan, että keksittyään hapen Lavoisier työskenteli eri maailmassa." [1]

Sitten sosiologit Latour ja Woolgar:

"Emme käytä käsitettä todellisuus selittämään miksi tutkijat päätyvät yhteisymmärykseen ... koska todellisuus muodostuu tästä yhteisymmäryksestä. ... Haluamme sanoa, että todellisuus on tieteellisen työn seuraus eikä syy." [3]

Ja tieteesosiologi Andrew Pickering kirjassaan "Kvarkkeja konstruimassa":

"Kvarkkien olemassaolo on hiukkafysiikkajen käytännön (practice) seurausta. ... Alkeishiukkasten kvarkki-mittakentäteoriat tulisi nähdä kulttuurisena tuotteena. ... Matematiikan suurta roolia hiukkafysiikoiden todellisuuden kuvassa ei ole sen vaikeampi ymmärtää kuin etristen ryhmien kiintymystä äidinkieleensä." [4]

Lopulta taas toista kantaa edustava Weinberg:

"On yksinkertaisesti looginen virhe päätyä havainnosta, että tiede on sosiaalinen prosessi, siihen johtopäätöksen, että lopputulos eli tieteelliset teoriamme ovat sitä mitä ovat tuossa prosessissa vaikuttavien sosiaalisten ja historiallisten seikkojen vuoksi. Vuorikiipeilyryhmä saattaa kiistellä siitä, mikä on paras tie huipulle, ja näihin kiistoihin saattaa vaikuttaa ryhmän historia ja sosiaalinen rakenne, mutta lopulta he joko löytävät hyvän tien huipulle tai eivät löydä, ja sinne päästyään tietävät tämän. [Kukaan ei antaisi vuorikiipeilyä käsittelevälle teokselle nimeä "Everesttiä Konstruimassa"]." [2]

Käsitteiden totuus ja todellisuus merkityksen pohdinnalla on jo yli kahden vuosituhannen filosofinen traditio. Näissä sitaateissa ei kuitenkaan pääasiassa ole kyse filosofiasta vaan siitä, onko näille käsitteille mitään käyttöä kun pyrimme ymmärtämään tieteeksi kutsutun toiminnan luonnetta. Kyseessä ei myöskään ole vain puhtaasti akateeminen hiekkalaatikkosota vaan sillä on vaikutuksia laajemmin kulttuuriimme: onko totuus yksi vai onko jokaisella ryhmällä ja kulttuurilla oma "vaihtoehtoinen totuutensa", onko monia yhteen sovitamattomia tapoja ymmärtää maailmaa, onko tieteellä ja pseudotieteellä siis esimerkiksi astronomialla ja astrologialla tai lääketieteellä ja



homeopatialla, periaatteellista eroa.

Käsittelen kirjoituksessani aluksi luonnontieteellisten selitysten luonnetta ja sitten spekuloin hieman miksi ylläesitettyjen sitaattien kaltaiset relativistiset käsitykset ovat levinneet tieteentutkimukseen ja laajemmin kulttuuriin.

Reduktio ja Emergenssi

Tarina kertoo, että Samuel Johnson vastasi piispa Berkeleylle, joka kiisti meistä riippumattoman todellisuuden olemassaolon, potkaisemalla kiveä. Luonnonlait ovat tässä mielessä samanlaisia kuin kivet: niiden olemassaolo ei ole tahdostamme kiinni. Havaitsemme tämän aina kun joudumme korjaamaan teorioitamme uuden evidenssin seurauksena. Luonnontieteilijöille heidän teorioidensa maailma on yhtä todellista kuin kivet ovat, tuossa Johnsonin tarkoittamassa mielessä.

Tärkeä syy tälle käsitykselle on tietenkin teorioidemme ennustuskyky ja käytännön seuraukset teknologiassa. Niiden avulla olemme voineet ennustaa uusia ilmiöitä, jotka myöhemmin on havaittu: Neptunus, valon taittuminen painovoimakentässä, positroni jne. Toinen, vähintään yhtä tärkeä piirre on parhaiden teorioiden selityskyky: ne kytkevät yhden selityksen piiriin ilmiöitä, jotka aluksi ovat näyttäneet irrallisilta ja toisistaan riippumattomilta. Esimerkiksi Darwinin evoluutioteoria kytki nykyiset eliöt ja fossiilit kaikki saman lajienkehityksen historiallisen puun osiksi, alkuaineiden jaksollinen järjestelmä taas yhdisti kemialliset lainalaisuudet aineiden atomaariseen rakenteeseen.


Nähdäkseni vakuuttavin evidenssi siitä, että luonnontieteelliset teorianamme ovat esityksiä – meidän kielellämme tietysti – luonnossa vallitsevista lainalaisuuksista eivätkä vain tulosta sisäänrakennetusta halustamme projisoida järjestystä havaintoihimme, on näiden teorioiden nivoutuminen yhtenäiseksi selitysten ketjuksi. Sitä sitoo yhteen kaksi käsitettä, reduktio ja emergenssi. Koska ne liittyvät niin olennaisesti tämän luentosarjan aiempiin teemoihin ja usein aiheuttavat sekaannuksia, käsittelen niitä aluksi hieman tarkemmin (yksityiskohtaisempi esitys: ks. *Kupiainen* 1999 [10]).

Reduktion idea on ollut luonnontieteen kehityksen avain. Monimutkaiset kokonaisuudet on pilkottu pienempiin osiin, jotka on ollut helpompi ymmärtää. Esimerkiksi DNA on makromolekyyli, joka koostuu pienemmistä molekyyleistä, jotka puolestaan koostuvat atomeista, jotka koostuvat elektroneista ja ytimistä, jotka koostuvat nukleoneista jotka koostuvat kvarkeista jotka kenties koostuvat jostain vielä alkeellisemmasta. Kaikki ovat kuulleet tästä.

Entä näitä todellisuuden tasoja kuvaavat teorat? DNA:n liikkeitä kuvaa hyvin klassinen mekaniikka ja sen rakennetta kemian lainalaisuudet, vetysidokset ym, kun taas sen osasten, atomien, vuorovaikutuksia kuvaa sähkömagnetismi yhdistettynä kvanttimekaniikkaan. Atomien ytimiä pitävät kasassa vahvat ydinvoimat, joita ydinfysiikka tutkii ja kvarkit puolestaan vuorovaikuttavat kvanttikromodynamiikan (QCD) teorian kuvaamalla tavalla. Sähkömagnetismi taas osoittautuu mikrotasolla olevan fotonien ja varausten vuorovaikutukseksi, jota kuvaa kvanttisähködynamiikka QED, joka puolestaan osoittautuu sähköheikon yhtenäisteorian osaseksi heikkojen voimien ohella. Jälkimmäinen muodostaa QCD:n kanssa hiukkasfysiikan standardimallin.

Nämä teorat ovat varsin hyvin kokeellisesti todennettuja, jotkut kuten QED suorastaan hämmästyttävällä tarkkuudella. Ne kuuluvat tuohon Weinbergin sitaatissa mainittuun tosien teorioiden joukkoon, joiden voimme yhä suuremmalla varmuudella ennustaa säilyvän "ikuisesti" (Maxwellin teoria on säilynyt yli 100 vuotta ja Newtonin yli 300 vuotta). Muita tässä mielessä tosia teorioita ovat esimerkiksi Einsteinin painovoimateoria ja Newtonin painovoimateoria, kaasun ja nestemekanikan yhtälöt ja monet muut.

Miten voimme sanoa, että vain likimääräisesti ja tietyissä olosuhteissa pätevä teoria on tosi? Tässä joudumme tekemisiin emergenssin käsitteen kanssa. Tätä termiä on käytetty kun on spekuloitu siitä miten todellisuuden alkeellisemmilta tasoilta voidaan siirtyä korkeammille siten, että siirryttäessä tasolta toiselle ilmaantuu uusia ominaisuuksia. Siis miten siirrymme fysiikasta kemiaan, kemiasta biologiaan, biologiasta psykologiaan jne.? Emergenssi on nähty jonkinlaisena taikasanana, pahan



reduktion vaihtoehtona, jolla taataan näiden eri tieteiden itsenäisyys. Uskottiin, että reduktionismista väjäämättä seuraa, että ainoa tosi kuvaus on fysikaalinen. Tilannetta ei suinkaan parantanut naivien reduktionistien olemassaolo, joilla näytti olevan koko tiede väitteidensä tukena.

Viimeisten parin vuosikymmenen aikana tämä joko/tai kuva on kuitenkin vaihtunut sekä/että kuvaksi. Emergenssin mekanismeja on kyetty ymmärtämään fysiikassa tavalla, jolla saattaa olla käyttöä myös monimutkaisemmissa biologisissa ja psykologisissa yhteyksissä.

Keskeiseksi ajatukseksi on muodostunut se, että eri tasoja kuvaavat teoriat nähdään toisistaan johdettavissa olevina ns. efektiivisinä teorioina. Efektiivisen teorian käsite selittää sen, miten vain approksimatiivisesti ja vain tietyissä tilanteissa pätevä teoria voi olla "tosi". Sen juuret johtavat fysiikassa 1960-luvulle, jolloin luotiin olomuodon muutosten teoria. Tämän jälkeen se on juurtunut kaikkialle fysiikkaan ja sitä voi hyvällä syyllä kutsua tieteelliseksi vallankumoukseksi, joka on merkittävästi muuttanut ajatteluamme.

Esimerkki, joka ei liity liian esoteeriseen todellisuuden tasoon (ja joka ymmärrettiin hyvin jo sata vuotta sitten) ehkä kuvaa tätä käsitettä parhaiten. Tarkastellaan kaasua, esimerkiksi ilmaa, ensiksi kaasumolekyylin perspektiivistä, siis metrin miljoonasosan skaalassa. Tällä tasolla emme näe mitään eroa siinä seisooko tuo ilma paikoillaan kuten tässä huoneessa, vai kieppuuko se tornadossa. Molemmissa tapauksissa kaasumolekyylit alati törmäilevät toisiinsa, mistä seuraa nopea säännöttömältä vaikuttava liike, jota kutsumme lämpöliikkeeksi ja jonka seurauksia mittaamme lämpömittareilla. Jos suurennamme mittakaavaa, esim. tuhatkertaiseksi, emme näe enää yksittäisten molekyylien liikettä, vaan niiden kollektiivista liikettä, joka tuulen muodossa kykenee kuljettamaan pölyhiukkasia ja kaatamaan puita.

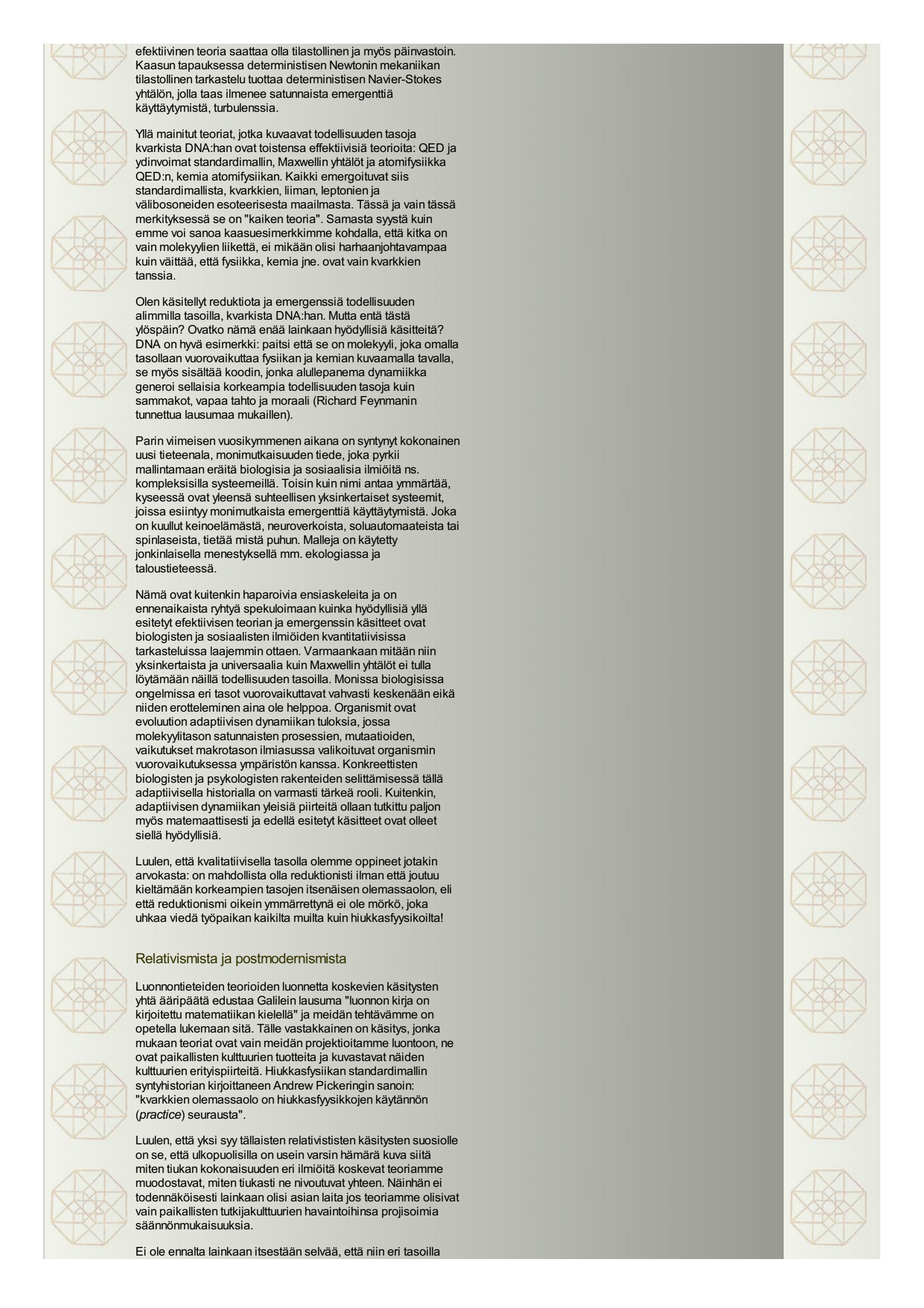
Tässä meillä on kaksi täysin objektiivista todellisuuden tasoa. Kaasun vuorovaikutus lämpömittarin kanssa on varsin erilaista kuin tuulimittarin kanssa. Emergenssin ongelma on esittää jälkimmäisen tason oliot, siis se mitä kutsumme tuuleksi, edellisen tason olioiden, siis yksittäisten molekyylien avulla ja johtaa sitten jälkimmäistä tasoa kuvaava teoria edellistä kuvaavasta. Ensimmäisen ongelman ratkaisu on esimerkissämme suoraviivainen ja käy niin sanotun karkeistuksen avulla. Ajatellaan jaettavaksi maailma esim. kuutiomillimetrin kokoisiin lokeroihin ja määritetään kussakin lokerossa kullakin ajanhetkellä olevien kaasumolekyylien keskimääräinen nopeus. Tämä karkeistettu nopeuskenttä eli tuuli on tynnen ilman ja hirmumyrskyn tapauksissa hyvin erilainen.

Molekyylien mikroskooppista liikettä voidaan hyvin kuvata klassisen Newtonin mekaniikan yhtälöllä (tai vielä tarkemmin kvanttimekaniikan Schrödingerin yhtälöllä). Nämä määräävät tietenkin myös tuulen liikkeen sen osien liikkeen kautta. Tästä voidaan johtaa tuulen liikelaki, joka viittaa vain karkeistetun kuvaustason tapahtumiin. Esimerkissämme tämä efektiivinen teoria tunnetaan nimellä neste- ja kaasumekaniikan Navier-Stokes yhtälö ja se poikeaa laadullisesti mikroskooppista liikettä kuvaavasta teoriasta. Kaasumolekyylien tasolla tulevaisuudella ja menneisyydellä ei ole eroa, liikettä kuvaava filmi näyttäisi aivan samanlaiselta vaikka pyörittäisimme sitä takaperin ja liikettä kuvaavien yhtälöiden tasolla tämä tarkoittaa sitä, etteivät ne muutu kun käännämme ajan suunnan. Navier-Stokes yhtälöllä ei ole tätä ominaisuutta, se sisältää kitkaa kuvaavan termin ja sen kuvaamat ilmiöt näyttäisivät radikaalisti erilaisilta, jos kääntäisimme ajan suunnan. Ne olisivat kuin väärinpäin pyöritetty elokuva, jossa kuolleet nousevat haudoistaan.

Kitka ja ajan suunta ovat siis Newtonin yhtälöiden emergenttejä seurauksia, joita ei niissä alunperin esiinny. Emergenteillä olioilla on laadullisesti uusia ominaisuuksia. Mitään taikua ei kuitenkaan ole tapahtunut: jos kääntäisimme kaiken takaisin mikroskooppiseen kuvaukseen, tulisi meidän sanoa jotain sen tapaista kuin että valtaosa mahdollisia molekyylien liikkeitä on sellaisia, että suunnattoman pitkän aikaa näyttää siltä kuin karkeistettu liike sisältäisi kitkaa. Suunnattoman pitkä aika tässä tarkoittaa aikaa, jonka rinnalla maailmakaikkeuden ikä on vain silmänräpäys. Siis kitka on reaalisesti olemassa oleva uusi ominaisuus.

Reduktionismi ei ole mörkö

Emergentteihin ilmiöihin liittyy usein edellä kuvatun kaltaisia laadullisia muutoksia. Esimerkiksi deterministisen teorian



efektiivinen teoria saattaa olla tilastollinen ja myös päinvastoin. Kaasun tapauksessa deterministisen Newtonin mekaniikan tilastollinen tarkastelu tuottaa deterministisen Navier-Stokes yhtälön, jolla taas ilmenee satunnaista emergenttiä käyttäytymistä, turbulenssia.

Yllä mainitut teoriat, jotka kuvaavat todellisuuden tasoja kvarkista DNA:han ovat toistensa efektiivisiä teorioita: QED ja ydinvoimat standardimallin, Maxwellin yhtälöt ja atomifysiikka QED:n, kemia atomifysiikan. Kaikki emergoivat siis standardimallista, kvarkkien, liiman, leptonien ja välibosoneiden esoteerisesta maailmasta. Tässä ja vain tässä merkityksessä se on "kaiken teoria". Samasta syystä kuin emme voi sanoa kaasuesimerkkimme kohdalla, että kitka on vain molekyylien liikettä, ei mikään olisi harhaanjohtavampaa kuin väittää, että fysiikka, kemia jne. ovat vain kvarkkien tanssia.

Olen käsitellyt reduktiota ja emergenssiä todellisuuden alimmilla tasoilla, kvarkista DNA:han. Mutta entä tästä ylöspäin? Ovatko nämä enää lainkaan hyödyllisiä käsitteitä? DNA on hyvä esimerkki: paitsi että se on molekyyli, joka omalla tasollaan vuorovaikuttaa fysiikan ja kemian kuvaamalla tavalla, se myös sisältää koodin, jonka alullepanema dynamiikka generoi sellaisia korkeampia todellisuuden tasoja kuin sammakot, vapaa tahto ja moraalit (Richard Feynmanin tunnettua lausumaa mukaillen).

Parin viimeisen vuosikymmenen aikana on syntynyt kokonainen uusi tieteenala, monimutkaisuuden tiede, joka pyrkii mallintamaan eräitä biologisia ja sosiaalisia ilmiöitä ns. kompleksisilla systeemeillä. Toisin kuin nimi antaa ymmärtää, kyseessä ovat yleensä suhteellisen yksinkertaiset systeemit, joissa esiintyy monimutkaista emergenttiä käyttäytymistä. Joka on kuullut keinoelämästä, neuroverkoista, soluautomaateista tai spinlaseista, tietää mistä puhun. Malleja on käytetty jonkinlaisella menestyksellä mm. ekologiassa ja taloustieteessä.

Nämä ovat kuitenkin haparoivia ensiaskeleita ja on ennen aikaista ryhtyä spekuloidaan kuinka hyödyllisiä yllä esitetyt efektiivisen teorian ja emergenssin käsitteet ovat biologisten ja sosiaalisten ilmiöiden kvantitatiivisissa tarkasteluissa laajemmin ottaen. Varmaankaan mitään niin yksinkertaista ja universaalia kuin Maxwellin yhtälöt ei tulla löytämään näillä todellisuuden tasoilla. Monissa biologisissa ongelmissa eri tasot vuorovaikuttavat vahvasti keskenään eikä niiden erottelu aina ole helppoa. Organismit ovat evoluution adaptiivisen dynamiikan tuloksia, jossa molekyyli-tason satunnaisten prosessien, mutaatioiden, vaikutukset makrotason ilmiöissä valikoituvat organismin vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Konkreettisten biologisten ja psykologisten rakenteiden selittämisessä tällä adaptiivisella historialla on varmasti tärkeä rooli. Kuitenkin, adaptiivisen dynamiikan yleisiä piirteitä ollaan tutkittu paljon myös matemaattisesti ja edellä esitetyt käsitteet ovat olleet siellä hyödyllisiä.

Luulen, että kvalitatiivisella tasolla olemme oppineet jotakin arvokasta: on mahdollista olla reduktionisti ilman että joutuu kieltämään korkeampien tasojen itsenäisen olemassaolon, eli että reduktionismi oikein ymmärrettynä ei ole mörkö, joka uhkaa viedä työpaikan kaikilta muilta kuin hiukkasfysikoilta!

Relativismista ja postmodernismista

Luonnontieteiden teorioiden luonnetta koskevien käsitysten yhtä ääripäätä edustaa Galilein lausuma "luonnon kirja on kirjoitettu matematiikan kielellä" ja meidän tehtävämme on opetella lukemaan sitä. Tälle vastakkainen on käsitys, jonka mukaan teoriat ovat vain meidän projektioitamme luontoon, ne ovat paikallisten kulttuurien tuotteita ja kuvastavat näiden kulttuurien erityispiirteitä. Hiukkasfysiikan standardimallin syntyhistorian kirjoittaneen Andrew Pickeringin sanoin: "kvarkkien olemassaolo on hiukkasfysiikkojen käytännön (*practice*) seurausta".

Luulen, että yksi syy tällaisten relativististen käsitysten suosiolle on se, että ulkopuolisilla on usein varsin hämärä kuva siitä miten tiukan kokonaisuuden eri ilmiöitä koskevat teoriamme muodostavat, miten tiukasti ne nivoutuvat yhteen. Näinhän ei todennäköisesti lainkaan olisi asian laita jos teoriamme olisivat vain paikallisten tutkijakulttuurien havaintoihinsa projisoimia säännönmukaisuuksia.

Ei ole ennalta lainkaan itsestään selvää, että niin eri tasoilla

esiintyvien ilmiöiden, kuten atomiytimen mikrorakenne tai kosken kuohuissa esiintyvä turbulenssi, selityksiä sitoo yhtenäinen reduktion ja emergenssin ketju.

Filosofisia teorioita kuten relativismi ei tietenkään voi todistaa sen enempää oikeiksi kuin vääriksi, mutta useimmat kuitenkin valitsevat sen mukaan kuinka perustelluilta ne tuntuvat suhteessa siihen evidenssiin, jota heillä maailmasta on. Näin erityisesti, jos yritämme niiden avulla perustella tiettyjä tosiasioita, kuten tieteentutkimuksessa tehdään. Relativisti ei kysy ovatko maailmaa koskevat uskomuksemme ja teorianne enemmän tai vähemmän oikeita vaan esittää, että on virhe tulkita niiden heijastavan ihmismielestä riippumattomia todellisuuden rakenteita. Hänen mielestään teorianne kuvaavat vain ajattelunne yleisiä piirteitä tai niitä kielipelejä, joita yhteisömme harjoittavat. Relativismi tarjoaa siis kilpailevan maailmankuvan edellä esitetyle realistiselle maailmankuvulle ja sellaisena sitä on arvioitava tarjolla olevan evidenssin perusteella. Vastaus relativistin väitteeseen, että järjestys, jota näennäisesti löydämme havainnoistamme on meidän itse sinne panemaamme, on banaali: tämä ei kuulosta kovin uskottavalta selitykseltä havainnoillemme. Paljon vakuuttavamalta kuulostaa tulkinta, että tuo järjestys on seurausta järjestyksestä, joka on siellä meistä riippumatta (ks. [5],[6], filosofinen ja historiallinen relativismin kritiikki).

Relativismin pohjalla on maailmakuva, jossa todellisuus nähdään rakenteettomana mössönä. Tästä mössöstä sitten olemme onnistuneet keräämään satunnaisen prosessin tuloksena joukon paloja, joita yritämme asettaa meitä miellyttävään järjestykseen. Äärelliselle joukolle paloja löytyy aina jokin järjestys, joka sen hetkisten historiallisesti määräytyneiden kauneusihanteidemme mukaan on myös paras tai elegantin tai "takaa parhaat edellytykset ongelmaratkaisulle" kuten Thomas Kuhn sanoi, mutta koska mössössä itsessään ei ole mitään järjestystä, niin kun valitsemme uudet palat tai kun kauneusihanteemme muuttuvat, myös valitsemamme järjestys muuttuu. Tästä uudesta näkökulmasta katsoen vanha järjestys näyttää käsittämättömältä, sitä edustanut kulttuuri elää eri maailmassa, joka on yhteensovittamaton (*incommensurable*) uuden kanssa. Emme voi näin myöskään puhua mistään tieteen edistyksistä, katsomme vain mössöä eri näkökulmista. Siis esimerkiksi Kuhnin mukaan Aristoteleen, Newtonin ja Einsteinin mekaniikat elävät eri maailmoissa, emmekä voi missään absoluutisessa mielessä verrata niitä toisiinsa.

Jos sen sijaan otamme tieteellisten löytöjemme inspiroimana sen asenteen, että luonnossa on objektiivisia lainalaisuuksia ja teorianne heijastavat niitä eikä päinvastoin, niin Newtonin ja Einsteinin eri maailmat osoittautuvat yhden todellisuuden eri tasojen efektiivisiksi kuvauksiksi (ja Aristoteleen liikkeen teoria empiirisesti vääräksi). Newtonin teoria on edelleenkin erinomainen teoria tilanteissa, joissa kappaleiden suhteelliset nopeudet eivät ole liian suuria tai painovoimakenttä liian voimakas eli esimerkiksi aurinkokunnan kohdalla, jonka liikkeiden kuvaamista varten se aikoinaan syntyi. Itse asiassa se on osoittautunut paljon selittävämmäksi teoriaksi kuin saattaisi odottaa, jos se nähtäisiin vain Newtonin aikaisen kulttuurin tuotteenä, joka pyrki etsimään uusia selityksiä planeettojen säännölliselle liikkeelle. Kaksisataa vuotta Newtonin jälkeen ranskalainen matemaatikko Poincare näytti, että Newtonin mekaniikasta seuraa myös satunnaiselta ja kaaottiselta näyttävää liikettä. Nykyään Newtonin yhtälöillä tutkitaan aurinkokunnan liikkeen kaaottisuutta, emergenssin kielellä sitä seikkaa, että miljoonien vuosien mittakaavassa Newtonin yhtälöiden efektiivinen teoria on satunnaista liikettä kuvaava.

Miten jotkut tieteentutkijat sitten ovat päätyneet relativismiin eli minkälaista evidenssiä he esittävät teorioiden relativistiselle tulkinnalle? Edellä mainittu Pickeringin teos *Constructing Quarks* on erinomainen esitys hiukkasfysiikan viime vuosikymmenien historiasta, siitä miten monimutkainen se sosiaalinen prosessi oli, jonka tuloksena fyysikot päätyivät hyväksymään standardimallin oikeana teoriانا. Pickering korostaa, että tämän prosessin eri vaiheissa oli kyseenalaista, kuinka rationaalisia olivat tutkijoiden syyt valita kilpailevien teorioiden välillä tai päättää mitä kokeita tehdä. Valintaan vaikuttivat sellaiset seikat kuin rahoitus, nokkimisjärjestys jne. Samanlaisia väitteitä on esitetty monien muiden tieteellisen vallankumouksen suhteen. Esimerkiksi Galilei ei kaihtanut keinoja, epärehellisiääkään, yrittäessään vakuuttaa vastustajiaan. Pickering päätelee, että koska tuo lopullinen teoria on tämän sattumanvaraisen sosiaalisen prosessin tulos, niin jos eri vaiheissa oltaisiin tehty toisin, olisi lopullinen

selityskin ollut erilainen.

Ongelmana on kuitenkin, että sekä Galilein että kvarkkien kohdalla tarkastelemme menestyksellisen tutkimustoiminnan tulosta. Nyt jälkikäteen tiedämme, että tuosta prosessista syntynyt teoria oli oikea. Sitä on myöhemmin testattu yhä tarkemmin ja tarkemmin ja siitä on johdettu uusia ilmiöitä jotka on todennettu. Noissa vaihtoehtoisissa skenaarioissa oltaisiin todennäköisesti jouduttu umpikujaan ja jouduttu aloittamaan uudelleen, tai sitten päädytty tutkimaan aivan muita asioita. Näinhän tyypillisesti käy tutkimuksessa. Usein ideat eivät toimi; on äärimmäisen vaikeaa löytää edes yhtä, joka toimisi. Se, että tuo toimiva idea löydetään haparoivan, jopa satunnaisen prosessin tuloksena, ei lainkaan horjuta sitä tosiasiaa että se toimii.

Olenainen osa Pickeringin argumenttia on, että 1960 ja -70 lukujen hiukkasfysiikka (siis ennen ja jälkeen vallankumouksen) tutkivat aivan eri asioita, elivät eri maailmoissa. Kun 1960-luvulla tutkittiin sen ajan hiukkaskokeissa näkyvää valtavaa erilaisten hiukkasten kirjoa, 70-luvun kokeissa tarkasteltiin tarkoin rajattuja, harvinaisia tapahtumia. Jälkikäteen tämän rajauksen hedelmällisyys on helppo ymmärtää reduktion avulla. Tuo 60-luvun hiukkaskirjo nähdään nyt yksinkertaisen mikrotason, kvarkkien ja liimahiukkasten, monimutkaisena emergenttina seurauksena. Hedelmällinen asenne oli se mikä on tyypillistä tieteessä: monimutkaisuuden redusoiminen yksinkertaiseen ja sitten sen uudelleen ymmärtäminen yksinkertaisen kautta.

Filosofista realismia edustavasta asenteesta ei millään muotoa seuraa, että tieteen kehitys olisi väjäämätöntä marssia kohti lopullista totuutta, johon meidät johtavat ruumiittomat kaikkitietävät hengen jättiläiset soveltamalla Oikeaa Tieteellistä Metodtia. Kenties juuri siksi, että tiede on ollut niin menestyksellistä, tällaista kuvaa on saatettu pitää yllä. Onhan vaikea ymmärtää, että tavallinen arkinen puuhastelu saattaa tuottaa niin syvällisiä tuloksia.

Nerojen ja tieteen sankareiden myytit ovat osaltaan vahvistaneet käsitystä tieteestä täysin ainutlaatuisena inhimillisenä toimintana. Kuitenkin, jokainen tutkija varmaan allekirjoittaa Thomas Edisonin lausuman "research is 1 per cent inspiration 99 per cent perspiration".

Naisutkijat puolestaan joutuvat kamppailemaan vähintään yhtä paljon sovinistisen tutkimuskulttuurin kuin tutkimuskohteensa kanssa. Apurahakierroksessa olevat tutkijat tietävät, että tutkimuksen suunnan määräävinä seikkoina usein ovat puhtaan totuudenetsinnän sijasta tiedepoliittiset, kaupalliset tai sotilaalliset paineet. Uusi tieteen tutkimus on tehnyt arvokasta työtä tämän sosiaalisen prosessin kuvaamisessa.

Luonnontieteiden historia kuitenkin osoittaa, että kaikista näistä kulttuurisista seikoista huolimatta tieteeksi nimitetty askartelu tuottaa tuloksia, joita voimme perustellusti pitää likimääräisinä totuuksina. Tämä siksi, että näiden tulosten hyväksymisen on viimekädessä perustuttava evidenssiin ja erimielisyydet lopulta ratkaistaan järjen ja evidenssin eikä auktoriteetin avulla. Sosiaaliset konstruktionistit samaistavat lopputuloksen kulttuurisen prosessin kanssa ja näin heittävät lapsen pois pesuveden mukana. Itse asiassa, jos tarkastelemme sellaisia kulttuurin käytäntöjä, jotka eivät perustu rationaaliseen argumentointiin, evidenssiin ja teorioiden testattavuuteen, kuten esimerkiksi uskonnot, saatamme nähdä, että niiden sisältö on vahvasti niiden synnyttäneiden kulttuurien sanelemaa. Tieteen kohdalla, aasialaiset, afrikkalaiset ja eurooppalaiset, miehet ja naiset, homot ja heterot näyttävät tuottavan samanlaista tutkimusta, ei ole mustien fysiikkaa tai naisten kemiaa.

Se, että olemme joillakin todellisuuden sektoreilla saavuttaneet aitoa ymmärrystä, ei kuitenkaan oikeuta tietoisuutta, eli uskoa siihen, että objektiiviset tieteelliset selityksemme tulevat lopulta kattamaan kaiken todellisuuden, jonka kanssa olemme tekemisissä. Kuten kaikki organismit, ihminen on kognitiivisesti rajoitettu, on olemassa asioita, joita emme tule koskaan ymmärtämään (helppo esimerkki on vaikkapa sellainen matemaattinen lause, jonka lyhyin todistus on triljoona merkkiä pitkä).

Sellaiset tietoisuuskokemukset, kuin E. O. Wilsonin *Concurrence* [11] (joka sisältää myös erinomaisia havaintoja tieteiden yhteydestä; ks. *Tieteessä tapahtuu* 6/1998, s. 65-67), jossa taiteelliset kokemukset ja moraali sisällytetään ongelmatonta yllä esittämääni selitysten ketjuun, osoittavat melkoista hybristä.



Sosiaalisen konstruktionismin juuret löytyvät kulttuurissamme jo pitkään vaikuttaneesta subjektivistisessä virtauksessa, jota on tapana kutsua termillä postmodernismi. Se näkee tieteen fiktiona, tarinana muiden tarinoiden joukossa, "hyödyllisenä myytinä", jota ajaa eteenpäin vallan himo. Perinteinen baconilainen käsitys siitä, että voimme kesyttää meitä uhkaavat luonnon ilmiöt etsimällä niille syyt korvataan vastakkaisella, jossa tieteen kaapuun pukeutunut valta nähdään syypanä ihmiskunnan viime vuosisadan suurin tragedioihin. Tieteen ideaali, universaalisuuden ja harmonian etsiminen näennäisestä moninaisuudesta ja kaaoksesta, korvataan postmodernilla, jossa korostetaan kaikkien tyylien ja väitteiden, ryhmien ja etujen samanarvoisuutta.



Suuren synteessin tarve

Minulla ei ole tilaisuutta (eikä edes kompetenssia) tässä tarkastella perusteellisemmin näitä ilmiöitä vaan tyydyn esittämään vain pari kommenttia.

Ensinnäkin, toisin kuin yllä käsittelemäni tieteen tutkijat, joista useimmat esittävät aivan vakavasti otettavia väitteitä, joiden taustalla on huolellinen sosiologinen työ, eräät postmodernistit ovat päätyneet varsin uskomattomiin väitteisiin kommentoidessaan luonnontieteitä – kuten Sokalin pilan myötä olemme saaneet tietää (ks. esim. *Bricmont* 1996 [12]). Tämän tyyppiset teoretisoinnit ovat synnyttäneet epäilyksen siitä onko koko suuntaus vakavasti otettava.



Toiseksi, vaikka postmodernia fysiikkaa tai biologiaa ei esiinnykään, niin kylläkin postmodernia historiaa ja antropologiaa, puhumattakaan kirjallisuustieteestä. Historioitsija Eric Hobsbawm on esittänyt huolensa, että hänen alalleen on levinnyt postmoderni suuntaus, joka ei halua tehdä eroa faktan ja fiktion välille. Hobsbawm toteaa, että näillä on ero, ja "kyky erottaa nämä kaksi toisistaan on absoluuttisen fundamentaalinen historioitsijoille, jopa kaikkein antipositivistisillekin heistä" [7]. Hobsbawm huomauttaa, että tässä postmodernisteilla on yhtymäkohtia nationalististen ajattelijoiden kanssa, jotka keksivät historioita poliittisia ja ideologisia päämääriään pönkittämään. Kolmanneksi, valistuksen perintöön kuului olennaisesti rationaalisen argumentin ja tiedon merkitys pyrittäessä vapautumaan niin luonnon kuin epäoikeudenmukaisen yhteiskunnankin kahleista. On historian ironiaa, että postmodernien motivaationa on usein nimenomaan tuo jälkimmäinen. Amerikkalainen valtiotieteilijä Alan Ryan on todennut, että "syrjityille vähemmistöille Michel Foucault tai Jaques Derrida merkitsevät kuulonsuudelmaa. Vähemmistöjen kanta oli aina, että valtaa saatettiin horjuttaa totuuden avulla. Mutta kun näet Foucaultin kirjoittavan, että totuus on vain vallan seuraus, on peli selvä." [8] Tai vielä Noam Chomskyn sanoin: "viesti, että valistuksen projekti on kuollut ja meidän täytyy luopua tieteen ja rationaalisuuden 'illuusioista' lämmittää kaikkien niiden vallassa olevien sydämiä, jotka haluavat monopolisoida nämä instrumentit omaan käyttöönsä" [9].



Jos vielä lopuksi palaan Kolmas kulttuuri -luentosarjan teemaan, niin eräs syy subjektivismiin suosiolle on epäilemättä kulttuurimme kahden osan, luonnontieteellisen ja humanistisen vieraantumisen toisistaan. Monelle modernille intellektuellille lienee vain kaksi asiaa selvää modernin luonnontieteen käsitteistä: se että hän ei ymmärrä niitä ja se että hän tuntee, että hänellä ei juuri ole toivokkaan ymmärtää niitä. Kaukana on se Danten tai Miltonin tai Goethen aika jolloin valistuneiden humanisti-intellektuellien suuret synteetit yhdistivät aikansa kosmologiset, moraaliset ja esteettiset käsitykset. Sellaisella kolmannella kulttuurilla, joka tällaiseen synteettiin taas kykenee on tulevaisuus hallussaan.



VIITTEET

[1] Kuhn, Thomas (1962): *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago University Press.

[2] Weinberg, Steven (1992): *Dreams of a final theory*. Pantheon Books.
Suom. *Unelmia viimeisestä teoriasta*, suom. Jukka Maalampi, Art House, 1999.

[3] Latour, Bruno & Woolgar, Steve (1986): *Laboratory Life*. London, Sage.

[4] Pickering, Andrew (1984): *Constructing Quarks*. Chicago University Press.





[5] Nagel, Thomas (1997): *The Last Word*. Oxford University Press.

[6] Kitcher, Philip (1993): *The Advancement of Science*. Oxford University Press.

[7] Hobsbawn, Eric (1993): *New York Review of Books*, 16.12.1993, ss. 62-64.

[8] Ryan, Alan (1992): *London Review of Books*, 26.3.1992, s. 21.

[9] Chomsky, Noam (1993): *Year 501*. Boston, South End Press.

[10] A.Kupiainen (1999): "Teoreettisten mallien rajat", teoksessa *Matkalla tulevaisuuteen*, toim. Jan Rydman, Tieteellisten seurain valtuuskunta, 1999.

[11] E. O. Wilson (1998): *Concilience*. Knopf.

[12] J. Bricmont, "Postmodernism and its problems with science", *Arkhimedes*, 5/1996, ss. 12-25.

Kirjoittaja on matematiikan professori Helsingin yliopistossa.

