

Onko Einstein vai Mandelbrot kosmoksen profeetta?

Raimo Lehti

Yurij Baryshev & Pekka Teerikorpi: *Discovery of Cosmic Fractals*. World Scientific, New Jersey etc. 2002. 373 s.

Lexelliin asti palautuva Turun ja Pietarin tähtitieteilijöiden kontakti on saanut ilahduttavan ilmaisun pietarilaisen tähtitieteilijän Yurij Baryshevin ja turkulaisen tähtitieteilijän Pekka Teerikorven yhteistyönä syntyneessä aikamme kosmologian kiinnostavimpia kysymyksiä koskevassa teoksessa. Kirjoittajat käsittelevät kosmoksen rakenteen hierarkkisuuutta, jonka matemaattinen tutkiminen on käynyt mahdolliseksi fraktaaligeometrian metodien avulla.

Kirjassa on Benoit Mandelbrotin kirjoittama johdanto, jossa hän kertoo fraktaalien historiaa sellaisena kuin on sen itse kokenut lähtien tilanteesta, jossa niitä ei edes kritisoitu, vaan ne jätettiin huomiotta. Mandelbrot lähestyi 'itsensä kanssa similaareja' luonnon fraktaalirakenteita tähtitieteestä poikkeavasta suunnasta, kunnes 1960-luvulla kääntyi tutkimaan materian 'parveutumista' maailmankaikkeudessa. Tässä vaiheessa hän perehtyi tähtimaailman mahdollista hierarkkisuuutta käsitteleviin Carl Ludwig Charlierin töihin sekä näiden johdattamana aikaisemmin kysymyksiä käsitelleen Fournier d'Alben ajatuksiin.

Taivaankappaleiden geometrisen jakautuman fraktaalisuus johti kysymykseen tällaisen syntyemisestä niiden välisen vetovoiman seurauksena. Problematiikassa yhdistyy siis tähtimaailman geometrian kuvailu gravitaatiosta esitettyihin teorioihin. Näiden teemojen ympärille ovat Baryshev ja Teerikorpi punoneet perusteellisen esityksen aikamme kosmologiasta ja sen historiasta.

Kertomus tähtitieteen historiasta

Suuren osan teoksesta ottaa hyvin kirjoitettu esitys tähtitieteen yleisestä historiasta. Siinä käsitellään laajaa aiheiden spektriä; niiden selostaminen on tarpeellista. Osa I, 'Kosmisen järjestyksen tiede', käsittelee suurelta osalta varhaisinta tähtitiedettä ja kosmologiaa. Kirjan pääaihetta

ajatellen asian kiinnostavuus kasvaa kerrottaessa Newtonin kosmologiasta, sen vaikeuksista sekä vaikeuksien ratkaisuyrityksistä. Käsitellään valon nopeuden mittaamista ja muuta konkreettista suhteellisuusteoriaa, kvanttifysiikkaa sekä yleisen suhteellisuusteorian gravitaatioteoriaa ja sen mukaisia efektejä; kerrotaan galakseista ja niiden säteisnopeuksista, romahtavista tähdistä, gravitaatioaalloista, pimeästä materiaasta, punasiirtymästä ja galaksien ryhmittymisestä parviksi (s. 41-294).

Teoksen keskeisaiheeseen liittyy kertomus kosmoksen hierarkkisuuuden idean synnystä. Annetaan kiinnostava esitys Emanuel Swedenborgista (1699-1772) ja hänen *Principia*-teoksestaan sekä muista hierarkkisen kosmoksen ehdottajista (s. 54-66). Kirjan keskeinen päätösosa IV käsittelee universumin fraktaalista arkkitehtuuria. Historiallisessa katsauksessa 'Kosmiset hierarkiat: unelmasta tieteeksi' kerrotaan William ja John Herschelistä. Universumin hierarkkisen rakenteen nosti esille uudelleen vasta vuonna 1907 Edmund Fournier d'Albe. Hän hahmottelee universumin rakenteen, joka koostuu samanlaisina toistuvista toinen toisensa sisältävistä tähtisysteemeistä. Kosmista hierarkkiaa tutki edelleen ruotsalainen Carl Charlier vuosina 1908 ja 1922 (s. 220-226). Itävaltalainen Franz Selety näyttää olleen ensimmäinen, joka väitti, että hierarkkinen rakenne saattaa olla olemassa myös ilman keskipistettä (s. 226-227):

"... vuonna 1922 ilmestyneessä artikkelissa, Selety mainitsee yleisen mielipiteen, jonka mukaan seuraavat oletukset eivät voi yht'aikaa olla oikeita:

- ääretön avaruus
- ääretön kokonaisuudessa
- massa, joka täyttää avaruuden siten, että lokaalisti kaikkialla on äärellinen tiheys
- koko maailmassa massan keskimääräinen nollatiheys
- maailmassa ei ole olemassa yksikäsitteistä keskipistettä tai keskusaluetta.

Selety argumentoi, että on tosiasiaa mahdollista luoda hierarkkisia maailmoja, jotka toteutuvat yht'aikaa kaikki nämä ehdot; ..."

Kirjoittajat kertovat:

”On kiinnostavaa, että Einstein oli kirjeenvaihdossa Seletyn kanssa, jolloin hän puolusti uniformista kosmologista malliaan eikä hyväksynyt hierarkista mallia, koska hän ajatteli, että sitä ei voinut sovittaa yhteen Machin periaatteen kanssa. ...”

Einsteinin tässä esittämä argumentaatio korostaa, miten ratkaiseva hänen ajatuskululle tuolloin oli Machin periaate, sillä olisihan Seletyn kosmologia ratkaissut muut newtonilaisen kosmologian paradoksit, jotka usein mainitaan Einsteinin kosmologisten teorioiden motiiveiksi. Charlierin ja Knut Lundmarkin jälkeen ei kiinnitetty paljoakaan huomiota galaksien mahdolliseen hierarkiseen jakautumiseen, ennen kuin Benoit Mandelbrotin ja Gerard de Vaucouleursin työt 1960- ja 1970-luvuilla nostivat asian jälleen esille (s. 226-228).

Einstein ja hänen kosmologiansa

Einsteinin kosmologia oli yritys Machin periaatteen toteuttamiseksi (s. 129-131):

”... Yksi gravitaation probleemin lähtökohta oli sijoittaa massa tyhjään paikkaan Tämä massa deformoi paikkaa ympärillään, -- Hyvin suurilla etäisyyksillä massasta paikka on yhä vähemmän deformoitua, ja siellä ‘planeetta’ tai testipartikkeli ei enää koe käytännöllisesti katsoen mitään gravitaatiota. Sillä on kuitenkin edelleen oma massansa ja se tottelee Newtonin liikelakia (ts. sillä on inertiaa). Mistä tuo inertia on peräisin? Einstein halusi sisällyttää Machin periaatteen gravitaatioteoriaansa, joten inertian saa aikaan partikkelin ja universumin kaikkien massojen välinen vuorovaikutus. -- miksi inertiaa esiintyy hyvin suurilla etäisyyksillä? -- Einstein ajatteli voivansa välttää tämän epätydyttävän tilanteen iskevällä idealla päästä eroon äärettömyydestä ja antaa universumin muodostaa äärellisen rajattoman struktuurin, pallomaisen avaruuden. -- Machin periaate inspiroi Einsteinia, mutta inertian alkuperä on edelleen meidän päivinäme arvoitus.”

Kirjoittajat antavat historiallisen katsauksen Friedmannin malleihin, Einsteinin kosmologiaan (s. 188-192) sekä avaruuden ekspansioon ja kaarevuuteen (s. 131-197). Einstein lisäsi vuoden 1917 kosmologiassa artikkelissa yleisen

suhteellisuusteorian yhtälöihin kosmologisen vakion; motiiviksi ehdotetaan pelkoa, että muuten universumi olisi luhistunut kasaan (s. 98, 131). – Tuossa artikkelissa Einstein ei käyttäkään kirjoita mitään universumin luhistumisesta. Hän vain toteaa, että staattinen universumi on mahdoton ilman kosmologista termiä.

Henri Poincarén ja Einsteinin suhde kiinnostaa kirjoittajia. He nostavat Poincarén suhteellisuusprinsiipiin ja myös konkreettisen suhteellisuusteorian henkiseksi isäksi ja ihmettelevät, miten kuulu matemaatikko Poincaré ja tuntematon fyysikko Einstein päätyivät samanaikaisesti samoihin ideoihin (s. 69-71, 203-209). Voi kysyä, miksi tässä tai seuraavassakaan ei mainita Lorentzia.

Paikan käsitteestä tulee jälleen melko substantiaalinen ja ‘epäeinsteinilainen’, kun kosminen paikka (s. 197, 202) ja aika (s. 211) osoittautuvat etuoikeutetussa asemassa oleviksi:

”Paikan luomisen metafora saa enemmän sisältöä, kun oivallamme, että standarditeorian mukaan paikka ilmenee yhdessä todellisen substanssin, tyhjiön, kanssa, partikkeleiden ja antipartikkeleiden kiehuvana valtamerenä. -- Laajenevan universumin mallin olennainen aspekti on, että paikka itse laajenee, eivätkä galaksit liiku siinä, Tässä mielessä yleisen suhteellisuusteorian paikka muistuttaa Newtonin kosmologian absoluuttista paikkaa.

Toisistaan poispäin ryntäävien havaitsijoiden yhteinen kosminen aika näyttää myös paradoksaaliselta, sillä laboratorion fysiikassa havaitsijoilla on erilainen havaittu aika, ja suhteellisuusteorian perusoppi on, että ei ole olemassa mitään universaalista absoluuttista aikaa. Universumille kokonaisuutena on kuitenkin olemassa eräänlainen etuoikeutettu aika. --

Suhteellisuusteorian ja sen aika-paikan (–) perusteella on sanottu, että jos jotakin aikaa voi pitää preferoituna, niin tulisi olla olemassa myös preferoitu paikka. Universumin täyttävä kosminen säteily antaa tosiaankin mahdollisuuden määrätä havaitsijan etuoikeutettu lepotila. Näyttää siltä, että huolimatta suhteellisuusperiaatteesta, joka on erinomaisen yhteensopiva kaiken kanssa, mitä fyysikko laboratoriossaan havaitsee, on universumi sillä tavoin strukturoitu, että on olemassa paikka, jonka suhteen voi mitata nopeudeksemme noin 400 km/sek...”

Einstein ei hyväksynyt hierarkista mallia, vaan postuloi materian tasaisen jakautuman ja toi kosmologiaan relativistisen gravitaation.

Tuloksena oli maailma, jonka geometria oli uniforminen (s. 295-296). Voi kysyä, mitkä olivat Einsteinin motiivit hänen hylätessään hierarkkisen mallin? Oivalsiko hän kenties, että mikäli kosmoksen olennaisena piirteenä on materian hierarkkinen jakautuminen, on hänen oma gravitaatioteoriansa avuton sen edessä? Einsteinin gravitaatioyhtälöitä voi soveltaa ainoastaan erinomaisen yksinkertaistetussa muodossa. Tämä on olennainen syy sille, että Einsteinin gravitaatioteoria ei pysty korvaamaan Newtonin teoriaa sen enempää Aurinkokunnan liikkeitä kuin kosmoksen rakennettakaan kuvailtaessa.

Einsteinin gravitaatioteorian soveltaminen kosmoksen kehitykseen saa tämän kirjoittajan kyselemään. Kun mainitaan 'singulariteetista', ovat tietämäni mukaan monet ihmetelleet, *min-kä asian* singulariteetista on kyse. Esimerkiksi sivuilla 98-99 kerrotaan, miten Auringon massa saattaisi romahtaa "keskipisteeseen, singulariteettiin". – Minkä keskipisteestä on kysymys? Mitä 'singulariteetti' tarkoittaa, jos ei ole olemassa 'kentästä' riippumatonta paikkaa, jossa kentällä voisi olla singulariteetti? Sama probleemi nousee esiin Friedmannin mallin tapauksessa. Kerrotaan sen singulariteetista, jossa kaikki fysiikan lait menettävät pätevyytensä. Koska galaksit nyt virtaavat pois päin toisistaan, oli olemassa ajankohta, jolloin ne kaikki olivat 'yhdessä pisteessä', nimittäin juuri singulariteetissa. Tässä aika-paikan pisteessä oli paikan kaarevuus ääretön (s. 151-152). – Millä tavoin aika-paikassa voi olla singulariteetti, jos sillä ei ole materiaasta riippumatonta eksistenssiä?

Jos singulariteetti universumin alkuhetkenä olisikin, niin miten siellä voisi olla ääretön kaarevuus (s. 151-152) tapauksissa, joissa nykyisen universumin kaarevuus on nolla tai negatiivinen? Jos universumi on euklidinen, se on teorioiden mukaan ollut euklidinen alusta alkaen. Sivulla 138 esitetään taulukko, jossa kerrotaan pallomaisen suljetun universumin lopulta luhistuvan kokoon, kun taas euklidinen ja hyperbolinen universumi ovat äärettömiä ja laajenevat ikuisesti (s. 139-148, 198). – 'Alkutila' tuntuu näiden tapauksessa vaikeaksi hahmottaa.

Kosmologisen termin paluuta luonnehditaan kosmologian vallankumoukseksi. Kun se tulkitaan tyhjiön kontribuutioksi kosmoksen tiheydelle, se merkitsee materiaa, jolla on negatiivinen paine ja joka synnyttää poistovoiman, 'antigravitaation' (s. 183-187). – Tätä voi täydentää toteamuksella, että jo Einstein Princeton-luennossaan 1922 tulkitsi kosmologisen termin negatiiviseksi paineeksi.

Einstein ja Newton

Kirjassa palautetaan Newton monin kohdin asemaan, johon hän mielestäni tänä päivänäkin kuuluu: "Newtonin mekaniikka on edelleen tänä päivänä erinomainen sovellettavaksi fysiikkaan ja astronomiaan, Avaruusaluksen radat lasketaan turvallisesti vanhojen lakien mukaan, Newtonin teoria on tieteellisten teorioiden prototyyppi ja kuningas." (s. 39). Kirjoittajat muistuttavat myös, että vanhat teoriat eivät katoa jälkiä jättämättä; esimerkiksi Newtonin gravitaatioteoria on edelleen erinomainen tähtitieteen väline, relativistinen gravitaatio on vain osoittanut, milloin täytyy lakata luottamasta Newtonin teoriaan (s. 333). Kirjoittajat toteavatkin (s. 247-248):

"... Kun -- Newton oli esittänyt suuren idean perustaa kaikki fysiikka universaalisille gravitaatioon ja liikkeen laeille, tuli Aurinkokunnan järjestyksestä uusi tieteen triumfi. Kävi mahdolliseksi ennustaa taivaankappaleiden liikkeet luonnolakiin perusteella. Tänä päivänä planeettaluotaimet lähetetään luottavaisina planeetoille, asteroideille ja komeetoille – niiden hyvin tarkat Newtonin lakeja käyttäen lasketut radat johtavat ne suoraan maaleihinsa. ..."

Eri gravitaatioteorioiden rooli ei tunnu aivan yksiselitteiseltä. Toisaalta kerrotaan, että yleisen suhteellisuusteorian jälkeen fyysikot ovat käsitäneet gravitaation paikan geometrian efektiiviksi, jolloin ei ole tarvetta "tyhjiön läpi" vaikuttavaan gravitaatiovoimaan. Gravitaation voi 'luoda' ja 'hävittää' sopivasti liikkuvassa referenssijärjestelmässä. "Että gravitaatiovoiman voi tuolla tavoin eliminoida, kun taas muita voimia ei voi, johti Einsteinin ihaltavaan ideaan gravitaation käsittelemiseksi jonain tavanomaista voimaa syvällisempänä – se on inertiaalista liikettä kaarevassa paikassa" (s. 90, 96).

Toisaalta Richard Feynman luennoissaan vuonna 1962 esitti gravitaatioteorian, joka käsitteellisesti poikkeaa geometrisoivasta kuvasta. Hän selitti analogisesti mikrofysiikan muiden perusvoimien kanssa gravitaation voimaksi, joka syntyy kvanttien tai gravitonien vaihdosta paikan halki. Feynman korosti, että "geometrisen tulkinta ei ole fysiikalle todella välttämätön tai olennainen", vaikkakin hän ihmetteli, miksi kentäteoriassa on myös syvälinen geometrinen merkitys (s. 98-101). Tämä antaa aiheen päivityselle (s. 351):"

Klassisen Newtonin, relativistisen Einsteinin

ja kvantti-relativistisen Feynmanin välinen vuorovaikutus on modernin kosmologian mitä ällistyttävien kolmiodraama.”

Kosminen järjestys, fraktaalit ja Newton

Kiinnostavaa on Newtonin gravitaatioteorian käyttökelpoisuus aseena tapauksissa, joissa Einsteinin teoria on voimaton. Kirjoittajat luonnehtivat (s. 89) gravitaatiota *arvoitukselliseksi järjestyksen luojaksi*. Tämä liittyy selostukseen kosmoksen fraktaalirakenteesta, jonka synnyttäjää etsitään gravitaatiosta; tähtitaivaan struktuurien rakentajana se luo ‘fraktaalista järjestystä’ tasapaksusta kaaoksesta. Tuttu ja yksinkertainen newtonilainen gravitaatiolaki saa aikaan odottamattomia ilmiöitä; se rakentaa parvia ja parvien parvia; tätä gravitaation ominaisuutta käytetään innokkaasti hyväksi modernissa kosmologiassa (s. 103-104).

Newtonilaisella gravitaatiolla on kosmoksen rakenteen luojana ominaisuuksia, joita Einsteinin geometrinen gravitaatio ei pysty korvaamaan sillä se ei kelpaa systeemien kompleksisuuden kuvailuun. Asiaa konkretisoidaan N:n kapaleen mallien avulla; ne antavat fraktaalaisia struktuureja pienessä mittakaavassa (s. 338). Teksti päättyy (s. 357):

”Tarinamme kosmisista megafraktaaleista on paljastanut yhden näistä odottamattomista löydöistä, joissa kosmologiset periaatteet, gravitaation fysiikka ja kosmiset fraktaalistruktuurit näyttäytyvät yhteen liittyneinä meidän kauniin ja arvoituksellisen maailmamme suuressa suunnitelmassa [design].”

Kosmisen järjestyksen luojaksi todetaan nimenomaan newtonilainen gravitaatioteoria. Tämä on mm. suhteellisuusteorian historian ja filosofian merkitystä ajatellen niin olennainen asia, että sen olisi voinut selkeämminkin sanoa. Merkitseehän se, että newtonilainen gravitaatioteoria ei ole ensinkään menettänyt merkitystään kosmologisessa mittakaavassa.

Kosmoksen kaikkien ilmiöiden ymmärtämisen apuvälineeksi Einsteinin gravitaatioteoria ei riitä. Voisi jopa kysyä, onko tällä alueella Einsteinin teoria edes hyvä kilpailija Newtonin teorialle. Ongelmaksi tuntuu jäävän, onko Newtonin gravitaatioteorian käyttö oikeutettua tapauksissa, joissa ‘partikkeleiden’ keskinäiset etäisyydet ovat kosmisen skaalan mukaisia, ja nopeudetkin saattavat olla melkoisia? Miten voi

perustella vailla retardaatiota olevan voimallain käyttöä kosmisissa dimensioissa?

Yleistä fraktaalisuudesta

Kirjan lopulla pohditaan kysymystä megafraktaalien ‘viestistä’ (s. 353). Fraktaalit ovat olennaisia maanpäällisistä lumihuutaleista kosmisiin megafraktaaleihin asti. Näissäkin ilmenee luonnossa esiintyvä sileyden ja karkeapirteisyyden välinen ‘kilpailu’. Voidaanko homogeneisuusoletus ja fraktaalisuusoletus, Einstein ja Mandelbrot, jollain tavoin saada sopusointuun keskenään (s. 322):

”... Fraktaalisen materian keskimääräinen tiheys vähenee mittakaavaa kasvatettaessa, joten lopulta päädytään mittakaavaan, jonka yli mentäessä uniformisen komponentin tiheys on suurempi kuin fraktaalisen komponentin tiheys. Niinpä loppujen lopuksi universumia voi tuollaisessa mittakaavassa pitää homogeenisena, ...”

Tämä johtaa jälleen kerran ongelmaan, että ainakin eräässä suhteessa merkittävin universumin ‘materiaalinen’ sisältö koostuu aineesta, jota emme näe. Työtä on tehty erilaisten fraktaalisten dimensoiden sekä monien gravitoivien partikkeleiden fraktaalisen tilan kimpussa (s. 348-349):

”Vielä ei ole ratkaistu keskinäisen gravitaatiovoimansa alaisina liikkuvien partikkeleiden suuren systeemin kehittymisen stabiilisuuden ja preferoidun fraktaalisen dimension ongelmia. Vain harvoja tutkimuksia on suoritettu, mutta nämä viittaavat siihen, että fraktaalinen dimensio 2 näyttäisi olevan oman gravitaationsa alaisen kaasun teoreettisesti preferoitu arvo. ...

Maagisen luvun kaksi voi kvalitatiivisesti ymmärtää oivaltamalla, että newtonilainen gravitaatiovoima on tuollaisessa fraktaalisyys-teemissä vakio kaikissa etäisyyden mittasuhteissa. ”

Megafraktaalien löytäminen vaatii valtavia galaksien sijaintien luetteluita. Niiden tutkiminen antaa erinomaisen esimerkin monien tieteiden yhteistyöstä: tarvitaan astronomiaa, fysiikkaa ja matematiikkaa. Gravitaatio pystyy selittämään galaksifraktaalien synnyn mittakaavassa yhdestä megaparsekista sataan megaparsekiin. Tämä on huomionarvoista, sillä fraktaaleja esiintyy useissa luonnonilmiöissä, mutta yleensä niitä

ei pysty selittämään pelkästään perusvoimien yksinkertaisten esiintymien aikaansaannoksina. Fraktaalien pohtiminen on johtanut ajatuksiin, joiden mukaan fysiikan koko lainmukaisuus perustuu kaaoksen luomaan säännöllisyyteen. Wigner esitti Einsteinin näkemykselle diametraalisesti vastakkaisen näkemyksen (s. 355):

”Uskon, että kaikki on rakennettu heikun keikun miljardoille ja jälleen miljardoille elementaaristen kvantti-ilmiöiden ennakoimattomille aikaansaannoksille, ja että -- fysiikan lait nousevat tästä kaaoksesta säännöstelevän prinssiipin aktion kautta; sen keksiminen ja oikea formulointi on ykköstehtävänä ...”

Luvun 17 otsikko on 'Galaksien universumin fraktaalistruktuuri'; tähän ja seuraavaan lukuun huiputuu kirjan sanoma. On kyseessä tähtitieteen 'suuren kertomuksen' versio: miten näkemykset kosmoksen 'tasalaatuisesta' ja hierarkkisesta rakenteesta ovat kilpailleet keskenään. Edellisen huippu oli Einsteinin alulepanema kosmoksen suhteellisuusteoreettisten mallien kehittäminen, jonka havaintoihin vetoavana tukipylväänä oli Hubblen lain mukainen avaruuden laajeneminen (s. 325).

Edward Francis Carpenter sekä Gérard ja Antoinette de Vaucouleurs ovat ehdottaneet galaksien parveutumista koskevan lain. Mandelbrot on esittänyt galaksien parveutumisesta 'fraktaalinäkemyksen'. Laskennallisten mallien ominaisuus on, että sijaitsevat havaitsemissa missä tahansa, aina hän näkisi galaksien tiheyden pienenevän etäisyyttä kasvatettaessa. Galaksien jakautumisen selvittämiseksi tarvitaan laajoja luetteloita punasiirtymästä; kartoittaminen on paljastanut galaksien jakautuman selvästi uniformisuudesta poikkeavaksi rikkaan struktuurin omaavaksi. Uudet tulokset ovat pahoin horjuttaneet aikaisempia näkemyksiä galaksien sellaisesta jakautumasta, että selvästi määritellyssä keskimääräisessä tiheydessä esiintyy pieniä heilahteluja. Debatti on jatkunut kysymyksestä, jatkuuko pienemmissä dimensioissa havaittu fraktaalisuus niin pitkälle kuin havainnot yltävät. Tulokset ovat sen vastaisia, mitä Hubble kirjoitti 1930-luvulla: "tasainen jakautuma ulottuu teleskooppimme kantaman rajoille saakka" (s. 302-320).

Viimeisen luvun 18 otsikkona on 'Megafraktaalien alkuperä'. Vaikka universumin kaikkein suurimman mittakaavan 'megafraktaaleista' vielä väitelläänkin, ne vaativat selitystä. Suurimmat tunnetut struktuurit lähestyvät koko havaitun universumin mittakaavaa, joten

fraktaalien geometriasta on tulossa modernin kosmologian luonnollinen osa. Laajamittaisten struktuurien syntyä on tutkittu käyttäen super-tietokoneita sekä laajoja miljoonien partikkeleiden gravitaatiovuorovaikutuksen simuloimia. N:n kappaleen mallit antavat fraktaalisia struktuureja alle 10 Mpc mittakaavassa (s. 329-339).

Kosmologian suuret kysymykset

Kirjoittajat kritisoivat erästä aikamme kosmologian piirrettä (s. 355):

”Nykyisin kosmologiaa pidetään usein sen tutkimisena, mitä tapahtui universumin luomisen jälkeisenä ensimmäisenä minuuttina. Sellainen työ, retkeily kauas sellaiseen, mitä ei voi suoraan havaita, viehättää teoreettista ajattelijaa. Havainnoiva kosmologia, siinä hengessä kuin kertomuksemme on kerrottu, lähtee kernaammin liikkeelle meidän ympäristöstämme paikassa ja ajassa. Havainnot asteittain syventävät tietoaamme lokaalista universumista, ja laajentaa pientä mutta kallisarvoista aluetta, jossa jättimäiset maailmanmallit kohtaavat realiteetin.”

Kirja toimii mielestäni vastapainona 'ensimmäisen minuutin yliarvostuksen' vinoutumalle. Tuntuu usein siltä, että sekä lukevaa yleisöä että tiedotusvälineitä kiinnostaa vain sellainen kosmologinen tutkimus, joka noin joka toinen vuosi kumoaa kaiken aikaisemmin esitetyn ja ehdottaa yhä oudompia voimia ja kenttiä arvoituksellisen ensimmäisen minuutin tapahtumien selittämiseksi.

Fraktaalisuutta on löydetty siltä, missä aikaisemmin uniformisuus näytti varmistetulta. Kirjoittajat kommentoivat: "Tämä valaisee sitä, miten uudet havainnot voivat dramaattisesti muuttaa näkemyksiämme asioista" (s. 321). Seuraavan vuosikymmenen kysymykseksi jää, jatkuuko fraktaalisuus gigaparsek-mittakaavassa. Galaksien suuren mittakaavan jakautumasta ei vielä ole sanottu viimeistä sanaa.

Suurten kosmologisten kysymysten vastauksien etsiminen on siis traditionaalisen tähtitieteen etenemisen mukaista. Tässä kirjassa esitetty kertomus korostaa tähtimaailman rakenteen nykyisen tutkimuksen jatkuvuutta varhaisemman samaan päämäärään pyrkineen tutkimuksen kanssa. Ennen kuin kosmoksen rakenteesta ja kehityksestä voi mitään perusteltua sanoa, täytyy tietää eräät sellaisenaan yksinkertaiset perusasiat: missä taivaankappalet sijaitsevat,

millainen on niiden paikallinen jakautuma. ja miten ne liikkuvat. Tarvittava informaatio saadaan kerätyksi vain jatkuvalla astrometrisellä työllä ja tulosten kriittisellä keräämisellä laajoiksi luetteloiksi. Tällainen uurastus ei sytytä tieteestä yhä uusia ihmeuutisia halajavaa lukijaa; se ei ole 'seksikästä'. Fraktaalit ja kaaos sentään [onneksi?] ovat.

Jos astronomilta kysytään, mitä merkittävää hän on tehnyt, ja hän vastaa keränneensä omien ja toisten havaintojen perusteella aikaisempaa laajemman ja tarkemman luettelon joidenkin taivaankappaleiden sijainnista, niin suuren yleisön (ja varsinkin tiedotusvälineiden) kiinnostus lopahtaa siihen. Oikean kuvan antaminen tähtitieteen kaltaisesta tuhansien tutkijoiden yhteistyön tuloksena kasvavasta tieteestä vaatii, että tieteen 'suuresta kertomuksesta' annetaan tasapainoisempi kuva kuin useat nykyiset kos-

mologian esitykset antavat, ja näin tämä kirja tekee.

Benoit Mandelbrot luonnehtii alkusanoissaan Baryshevin ja Teerikorven kirjaa ihailtavaksi ja viehättäväksi, laaja-alaiseksi kontribuutioksi ideoiden historialle, ja kertoo sen tuovan esille lukuisia kosmologisia teorioita ja faktoja. Esiin on nostettu monia kirjoittajia, jotka usein ovat jääneet unohduksiin. Mandelbrot suosittelee kirjaa lukijoille ja kiittää kirjoittajien esitystaitoa, sekä heidän tietojensa historiallista ja maantieteellistä ulottuvuutta (s. xvii, xxiv). Mielestäni Mandelbrotin arviossa ei ole mitään kohteliaisuudesta johtuvia ylisanoja, vaan yhdyn sen jokaiseen kohtaan.

Kirjoittaja on Teknillisen korkeakoulun matematiikan emeritusprofessori.