

# Pierre Duhem, tieteenhistoria ja metafysiikka

■ Jouni Huhtanen

Ranskalainen tieteenhistorioitsija Pierre Duhem (1861–1916) tunnetaan erityisesti keskiajan kosmologiaa ja renessanssin aikaista tieteen vallankumousta tarkastelevista tutkimuksistaan. Duhemin historiantutkimuksellisenä ansiona on usein pidetty sitä, että hän onnistui ensimmäisten joukossa uudistamaan 1900-luvun alun tieteenhistoriaa tarjoamalla sille uudenlaisen, varhaisesta positivismista poikkeavan tulkinnan, jota hallitsi yksittäisten fysikaalisten löydösten korostamisen sijaan laaja ihmisen intellektuaalista kehitystä korostava näkökulma. Duhemin teesien nähtiin osoittaneen suhteellisen kiistattomasti, että länsimaisen tieteen historiassa vallitsi aito jatkuvuus antiikista uuden ajan alkuun saakka.

M. J. S. Hodgen ja G. N. Cantorin (1996, 838–839) mukaan 1900-luvun alun tieteenhistoriassa ja tieteenfilosofiassa vaikutti ennen varsinaisen loogisen positivismin alkua Auguste Comten (1798–1857), Gottlob Fregen (1848–1925) ja Moritz Schlickin (1882–1936) esiin nostama positivistinen tiedonintressi ja siihen kytkeytyneet tapat nähdä tiede historiallisesti kumulatiivisena, kohti lopullista muotoaan kehittyvänä erilaisten faktojen, metodien ja teorioiden kokoelmana. Tämän asenteen haastajaksi nousi ensimmäisen maailmansodan kynnyksellä Pierre Duhemin (1861–1916), Ernst Cassirerin (1874–1945) ja Bertrand Russellin (1872–1970) edustama tieteen tutkimuksellinen suuntaus, joka ei hyväksynyt positivismiin sisällynyttä oletusta tieteen aukottomasta kehityksestä tai pyrkimystä nähdä luonnon matematisoinnin ja yhteiskunnan teknologisoitumisen vapauttaneen ihmisen skolastiikan ja taikauskon kahleista.

Duhem piti Ernst Machin (1838–1916) ja muiden positivistien käsitystä tieteen kehityk-

sestä kertomuksena, joka oli täysin riippumaton metafysiikasta ja ihmisen kokonaisolemuksesta. Sitä hallitsi tieteen kovien tosiseikkojen ja ihmisjärjen vastaisten teorioiden esiintuominen. Duhemille fysiikan lait eivät olleet samalla tavalla absoluuttisesti tosia tai epätosia kuin positivistille, vaan pikemminkin indifferenttejä ja suhteellisia rakennelmia, joita ei voinut ymmärtää ajasta ja paikasta erillisinä yksiköinä. Toössään hän pyrki aina sovittamaan fysiikan yksityiskohdat osaksi laajempaa tieteenhistoriallista kehitystä. (Hodge & Cantor 1996, 839.) Kenties Duhem tunsi vastenmielisyyttä ”historian pirstoutumista” kohtaan, kuten A. C. Crombie (1996, 37) on ehdottanut.

Duhem pyrki tutkimuksissaan ennen kaikkea suurten kehityslinjojen ja ihmisen älykkyyden kehitykseen liittyvien syy–seuraus-suhteiden hahmotteluun, ei niinkään yksittäisten aikajaksojen tai tapahtumien kuvaamiseen.<sup>1</sup> Hänen pyrkimyksensä oli osoittaa, että kaiken inhimillisen ja kulttuurisen toiminnan taustalla vallitsi laaja intellektuaalinen kehitys. Erityisesti hänen viimeiseksi jäänyt teoksensa *Système du Monde* (10 osaa, 1913–1959, lyhennelmä englanniksi nimellä *Medieval Cosmology*, 1985) osoit-

1 Duhem tosin oli 1890-luvun alkuvuosina kiinnostunut fysiikan yksittäisten kansallisten suuntauksien ja tyylien tutkimuksesta, mutta menetti mielenkiintonsa aiheeseen ensimmäisen maailmansodan kynnyksellä patriotismin nousun ja Saksaan kohdistuneen ideologisen pelon vuoksi. Yleisesti ottaen ”tieteellisen internationalismin” tutkimus oli ollut 1800-luvun lopulla suosittua pitkin kyseistä vuosisataa tapahtuneen kansallisvaltiollisen kehityksen ja lopuillaan olleen teollisen vallankumouksen vuoksi. Monet tuolloin tapahtuneet tieteelliset läpimurrot antoivat motivaation tarkastella tekniikan ja tieteen kehitystä yksittäisissä kansallisvaltioissa ja vertailla kansallisvaltioiden kehitystä toisiinsa. (Ks. tarkemmin Schroeder-Gudehus 1996, 911.)

taa hänen omaksuneen laajan tieteenfilosofisen käsityksen fysiikan, metafysiikan ja kosmologian yhteydestä. Duhemin voi nähdä kannattaneen teesiä, jonka mukaan Oxfordin Merton Collegen tutkijoiden (kuten Thomas Bradwardinen) ja ”pariisilaisten fyysikoiden” (kuten Nicole Oresmen ja Jean Buridanin) harjoittaman tieteen sekä toisaalta Galilein ja Newtonin harjoittaman tieteen välillä vallitsi vahva temaatinen yhteys. (Rossi 2010, 19; ks. myös Cohen 1994, 45–53 ja Murdoch 1991.) Hieman kärjistään sanottuna tämä merkitsi Duhemin mukaan sitä, että Aristoteleen ajoista aina 1400-luvulle saakka empiiristen havaintojen taustalla vallitsi yhtenäinen metafyyminen perusta, joka pohjautui aristoteeliseen peripateettiseen kosmologiaan. Se määritteli sekä tieteellisen tiedon rajoja että ihmisen asemaa maailmassa.

Suuraavassa tarkastellaan Duhemin käsitystä aristotelismin, skolastiikan ja varhaisen renessanssin kosmologian yhteydestä ja etsitään historiallista paikkaa tai murrosta, jossa tieteellinen vallankumous saattoi Duhemin mukaan tulla mahdolliseksi. Artikkelin tavoitteena ei ole tieteen näkyvien tulosten tai instrumentaalisen parannuksen esiintuominen, vaan pikemminkin tieteen ajallisen kehityksen taustalla vallitsevien, kosmoksen rakennetta ja ihmisen asemaa maailmankaikkeudessa koskevien, metafyymsisten käsitysten tarkastelu.

## Maailman ykseys ja peripateettinen filosofia

Duhemin mukaan Aristoteles (384–323 eKr.) esitti ensimmäisen kerran teoksessaan *De Caelo* (suomenn. *Taivaasta*) kuuluisan metafyymsisen ajatuksensa, jonka mukaan maailma (universumi) on rajallinen, kuunyliseen ja kuunaliseen maanpiiriin jakautuva kokonaisuus. Aristoteleen tunnetun eksplikaation mukaan maailma on järjestäytynyt fyysisten ominaisuuksiensa mukaan harmoniaksi siten, että kaikki raskaat kappaleet pyrkivät kohti maailman keskusta ja kevyemmät pakottomasti kohti korkeuksia. Jokainen kappale pyrkii ikään kuin oman sisäisen luontonsa mukaisesti kohti sille ominaista

olomuotoa ja asemaa. (Duhem 1985, 431–432.)

Toinen Aristoteleen tulkinnaissa Duhemia kiinnostava piirre on puhe kahden maailman olemassaolon mahdollisuudesta. Teoksessaan *Physis* (suomenn. *Fysiikka*) Aristoteles ottaa tehtäväkseen todistaa, että kahden maailman samanaikainen olemassaolo on looginen mahdollisuus. Duhemin tulkinnan mukaan Aristoteleen toisessa (mahdollisessa) maailmassa tulisi ilmetä sama substantiaaalinen muoto, samat voimat ja kappaleiden luonnolliset sijainnit kuin ensimmäisessä maailmassa. Tämä tekee toisen maailman olemassaolon mahdolliseksi aristoteelisessa mielessä. Nykykäsityksen mukaan kaksi massaltaan ja muodoltaan samankaltaista kappaletta voivat olla yksilöitä ja sijaita eri asemilla kosmoksessa. Aristoteles ajatteli, että kappaleella ei voi olla luonnollista paikkaa oman olemisensa ulkopuolella eikä sama elementti voi esiintyä kahdessa luonnollisessa paikassa samanaikaisesti. (Duhem 1985, 432–434.) Tämä käsitys tekee Duhemin mukaan kahden maailman olemassaolon ja toisistaan erottamisen mahdolliseksi klassisen aristotelismin mukaisessa mielessä.

*De Caelo* jakoi maailman rakenteen määräävät syyt kahteen päätyyppiin ja luonnehti alkuunpaneavaksi tai vaikuttavaksi syyksi (*causa efficiens*) tapaa, joka synnytti tai sai aikaan olion. Aristoteleen erottamat materiaallinen syy, jonka perusteella olio on tietynlainen, ja formaalinen syy, eli olion muoto tai olemus, liittyvät vaikuttavaan syyhyyn. Finaaliseksi (*causa finalis*) hän puolestaan nimitti olion päämääräisyyteen liittyvää syytä. Luonnon jokaisella oliolla oli jokin tietty sille ominainen päämäärä, jonka vuoksi se oli luotu ja vaikutti maailmassa. Saavuttaakseen päämääränsä tai motivaationsa olemiselleen olion on oltava tietynlainen ja toimittava tietyllä tavalla. Tieteenhistorioitsija A. C. Crombien (1915–96) mukaan Aristoteles piti kappaleiden todellisena ”luontona” tai päämääränä niiden jatkuvaa liikkeettä universumissa. Liikettä ylläpitävänä voimana puolestaan toimi ilma. Jos ihminen pudotti kiven kädestään, Aristoteleen mukaan ilma itsessään piti kappaleen liikkeesä. Aleksandrialainen Aristoteles-kommentaattori

tori John Philoponos oli kuitenkin väittänyt jo 500-luvulla, että ilma *vastustaa* liikettä ja että kappale pysyy liikkeessä siksi, että siihen vaikuttaa kappaleen omat ominaisuudet ja siinä piilevä liikevoima. (Crombie 1990, 111.)

Tässä ei ole mahdollista käydä kattavasti läpi Aristoteleen käsityksistä esitettyjä lukemattomia tulkintoja. Duhemin mukaan Aristoteleen kosmologiaa onnistuivat korjaamaan ennen kaikkea viimeisiin neoplatonisteihin lukeutunut ja Ateenassa vaikuttanut Simplicius (Sisilialainen) (n. 490–560) sekä arabifilosofi Averroës (Ibn Rushd, 1126–98). Vaikka Tuomas Akvinalaisella (1225–74) oli keskiajalla epäilemättä keskeinen merkitys klassisen aristotelismin saattamisessa teologisesti ja skolastisesti täsmälliseen muotoon (keskeneräiseksi jääneessä teoksessaan *Summa Theologiae*, 1266–73), Duhemin käsityksen mukaan ennen kaikkea Simpliciuksen ja Averroësin varaan rakentuu silta klassisen aristoteelisen kosmologian siirtymisestä keskiajan tieteelliseksi aristotelismiksi. (Duhem 1985, 435.) Keskiajan filosofeista Averroës vaikutti voimakkaimmin sekä niin sanotun kahden totuuden opin<sup>2</sup> tunnetuksi tulemiseen että aristotelisen kosmologian uudenlaisen tulkinnan läpimurtoon.

Simplicius kirjoittaa Aristoteleen *De Caelo* kommentoivassa teoksessaan *Commentaries*, että Aristoteles oli onnistunut osoittamaan kahden maailman loogisen mahdottomuuden esittämällä, että yksi kappale ei voi olla samanaikaisesti kahdessa luonnollisessa paikassa. Mikäli

---

2 1600-luvulla katolisen kirkon piirissä vaikuttanut niin sanottu kahden totuuden oppi asetti reunaehjoja tieteelliselle toiminnalle. Erityisesti Padovan yliopistossa Italiassa oli omaksuttu Averroësin ajatuksiin pohjautuva kanta, jonka mukaan filosofian ja teologian totuudet voitiin erottaa toisistaan. Mikäli uskon ja järjen totuudet näyttivät olevan ristiriidassa, ilmoitukseen perustuvan kristinuskon katsottiin olevan etusijalla pelkkiin järjen totuuksiin nojaavan opin suhteen. Näin käsitetty kahden totuuden oppi katsoi luonnonfilosofian suhteellisen totuuden alistuvan teologian absoluuttisen totuuden alle. (Ks. esim. Joutsivuo ym. 2000.) Kyseinen käsitys lienee vaikuttanut siihen, että monet luonnonfilosofit pyrkivät pikemminkin yhdistämään luonnonfilosofian osaksi teologiaa kuin erottamaan tieteellisen ja uskonnollisen maailmankuvan toisistaan.

näin olisi, sen tulisi käyttäytyä samalla tavalla kuin esikuvansa, ja kysymyksessä olisi sama kappale. Aristoteelisessa kosmologiassa kukin kappale identifioitiin kappaleen luonnollisen aseman mukaan. Vaikka Simplicius hyväksyi tämän, kritisoi hän Aristoteleen käsitystä, jonka mukaan kappaleet liikkuvat ominaispaineensa liittyvän logiikan mukaan (vapaasti) maailman keskustan ja reuna-alueiden välillä. Simplicius pyrki hahmottelemaan ”painovoimaan” perustuvaa näkemystä, jossa kappaleiden välimatkat ja *paino* vaikuttivat niiden olemassaoloon ja keskinäisiin suhteisiin. Simpliciuksen mukaan kappaleiden keskinäinen suhteellisuus sain aikaan sen, että mitä kauempänä jokin kappale oli toisesta, sen *hitaammin* se liikkui tätä toista kappaletta kohti. (Duhem 1985, 436.) Aristoteleen käsitys oli perustunut kappaleiden massan tarkasteluun ja elementtien vapaaseen liikkumiseen maailmassa. Simplicius puolestaan pyrki tulkinnassaan nostamaan esiin kahden kappaleen suhteellisen liikkeen – vaikka hän ei aivan täsmällisesti hahmottanutkaan kappaleiden keskinäistä suhdetta: kumpi niistä pysyi paikallaan ja kumpi liikkui vai olivatko molemmat liikkeessä ja vaikuttivat siten toistensa liikeratoihin.

Nykyfyysiikan mukaan kappaleen ”massa” ja ”paino” ovat eri suureita eli kappaleen eri ominaisuuksia. Nykyisin painolla ymmärretään gravitaation kappaleeseen aiheuttamaa voimaa ja massalla puolestaan aineen määrää kappaleessa. Taitavana fyysikkona Duhem tietenkin itse ymmärsi tämän eron ja se on saattanut vaikuttaa anakronistisesti myös hänen muotoilemaansa Simplicius-tulkintaan. (Ks. Duhem 1985, 436.) Nykytutkijoista esimerkiksi Edward Grant (2007, 54–55) on kyseenalaistanut, ymmärsikö Simplicius vetovoiman merkityksen ja kykenikö hän hahmottamaan käsitystä yksittäisten kappaleiden veto- ja työntövoimista ja esittämään siten uudenlaisen tulkinnan peripateettisesta kosmologiasta – kuten Duhem näyttää uskovan.

Averroës puolestaan tutki magnetismia ja tulkitsi tuloksiaan Aristoteleen teksteistä löytyvillä huomioilla. Duhemin mukaan Averroësin puhe ”magneettisesta vetovoimasta” oli analogia, joka sopi hyvin aristoteelisen maailmankuvan tulkinnaksi.

naksi. Tutkimuksissaan Averroës huomasi, että magneetin ja rautakappaleen välimatkan kasvaessa vetovoima heikkenee ja kappaleiden läheisessä vetovoima puolestaan kasvaa. Hän ajatteli, että rautakappale omaa perusominaisuutenaan kyvyn asemastaan ja massastaan riippuen liikkua tietyllä voimalla – joko hitaasti tai nopeasti – kohti magneettista kappaletta. Duhemin mielestä Averroës tiesi, että kysymyksessä ei ole niinkään jonkin kappaleen magneettinen ominaisuus, vaan pikemminkin yksittäisten kappaleiden kyky liikkua kohti toisiaan tai pois päin toisistaan omien liikelakiensa mukaisesti. Averroësin tutkimuksissa ei näin ajatellen olisi ollut kyse yksittäisen kappaleen vetovoimasta, vaan kahden toisiinsa vaikuttavan kappaleen suhteellisesta liikkeestä. (Duhem 1985, 438–439.)

Duhemin mukaan näkemys piti saada peripateettisen fysiikan kanssa yhdenmukaiseksi. Averroës ja monet hänen aikakautensa fyysikot hyväksyivät teorian magneettisesta polarisaatiosta pyrkien sovittamaan sen universumin ominaisuudeksi ”elektromagneettisen vetovoiman” nimellä. Samalla he pyrkivät olemaan realisteja ja esittämään ajatuksensa aristoteelisissa kontekstissa. (Duhem 1985, 439.) A. C. Crombien mukaan Duhem on pyrkinyt sovittamaan kenties turhan rohkeasti uudenlaista vetovoiman teoriaa keskiaikaiseen maailmankuvaan. Arabifilosofi Avicenna (Ibn Sina, 980–1037) osoitti tämän kysymyksen kannalta keskeisen impetusteorian kehityksen, mutta vasta Galilein käsitys putoavien kappaleiden ja maan vetovoiman fyysisestä luonteesta oli askel kohti gravitaatiolakia, jonka modernin version vasta Newton ja muut myöhemmät astronomit onnistuivat muotoilemaan. (Crombie 1990, 110–111; ks. myös Grant 1977, 49–51.) Vaikka Simplicius ja Averroës hahmottelivat jonkinlaista käsitystä maan liikkumisesta ja vaikka heidän tulkinnoissaan esiintyy kaksi toisiinsa liikesuhteessa olevaa itsenäistä kappaletta, on heidän ajattelussaan kysymys vielä peripateettisen filosofian muunnelmasta. Heidän tulkintojaan leimaa selvä geosentrinen maailmankuva, jossa maa magneettisena kappaleena vetää muita kappaleita puoleensa. Tämä oli keskiajalla korrekti tapa tulkita Aristoteleen kosmologiaa.

## Kahden maailman ongelma skolastisessa filosofiassa

Kysymys kahden toisiaan muistuttavan maailman olemassaolon mahdollisuudesta oli ihmismieltä askarruttava mysteeri, jonka Aristoteleen kosmologia oli laittanut liikkeelle. Skotlantilainen matemaatikko ja skolastikko Michael Scot (1175–1232) esitti, että kaikkivoipa Jumala kykenee luomaan useita erilaisia maailmoja, mutta myös yhden laajan maailman, joka koostuu useista toisilleen vastakkaisista elementeistä. Samaa käsitystä kannatti Saksalais-roomalaisen keisarikunnan hallitsija Fredrik II (1194–1250) astrologeiltaan omaksumallaan käsityksellä, jonka mukaan vain Jumala saattoi halutessaan muodostaa kaksi maailmaa, luonto itsessään oli siihen kykenemätön. Heille usean maailman samanaikainen olemassaolo luonnon aikaansaannoksena oli mahdottomuus. Duhemin mukaan aristoteelisen tradition jatkuvuuden ja katkeamisen kannalta tämä kysymys oli keskeisempi kuin maan liikkumista ja universumin aurinkokeskisyyttä koskenut kysymys. (Duhem 1985, 442–443.) Kahden rinnakkaisen maailman olemista koskeva ongelma johti lopulta teologiseen oppikiistaan, jossa klassisen aristotelismin ja siitä keskiajalla muodostetun tomistisen tulkinnan kannattajat alkoivat vastustaa Averroësin filosofiaan perustuneen katsantokannan mukaista Aristoteles-tulkintaa.

Duhemin mukaan aristotelinen kosmologia sai averroistisen tulkinnan Averroësin itsensä lisäksi ennen kaikkea Simpliciuksen, Michael Scotin ja Roger Baconin toimesta. Ranskalainen uskonnonfilosofi Ernest Renan (1823–92) on pitänyt Michael Scotia averroismin varsinaisena löytäjänä. Kirjoituksissaan Scot painotti, että Jumala oli keskeisimpänä luomisvoimana asettanut luonnolle ennalta täsmälliset rajat ja toimintaedellytykset, mutta oli luomistapahtuman jälkeen kyvytön puuttumaan luonnon rakenteisiin ja muuttamaan niitä haluamansa kaltaiseksi. Averroismin Jumala oli näin ajatellen ”suljettumpi” kuin perinteisen kristinuskon Jumala. Keskiajan kristillinen skolastiikka puolestaan ei voinut hyväksyä tätä, vaan hylkäsi Jumalan kaikkivoipaisuuden nimissä lopulta sekä peri-

pateettisen filosofian alkuperäisine Aristoteles-tulkintoineen että averroismin siitä esittämän muunnelman. Samalla se alkoi soveltaa kosmos-käsityksensä Tuomas Akvinolaisen muotoilemaa skolastista tulkintaa, jossa Jumalalla oli yhä määräävä asema maailmassa ja mahdollisuus muuttaa luomiaan rakenteita. (Duhem 1985, 443.) Maailman moninaisuuden ongelma kytkeytyi näin kreikkalaisen filosofian keskeisiin teemoihin sekä kysymykseen luovan omnipotentin Jumalan perimmäisistä tarkoituksista.

Duhemin mukaan kristinuskon ja averroismin esittämät ristiriitaiset käsitykset Jumalan ja kosmoksen suhteesta johtivat lopulta siihen, että peripateettisen fysiikan oli itsessään mahdoton ratkaista kahden maailman olemassaoloon liittyntä kiistaa. Averroismia vastustivat voimakkaimmin ranskalainen skolastikko ja Pariisiin piispa William (Willelmus) Auvergnelainen (n. 1180–1249) ja Tuomas Akvinolainen, joiden mukaan skolastisen aristotelismin vannoutuneiden kannattajien ei tullut hyväksyä teesiä maailman moninaisuudesta eikä sitä, että Jumalan luomisvoima rajoittui maailman valmiiksi saattamiseen. Toinen mahdollinen maailma ei kristittyjen mukaan voinut syntyä filosofien ”jumalattomasta kunnianhimosta” ja pyrkimyksestä asettaa rajat Jumalan luomisvoimalle. (Duhem 1985, 449.) Tämä sovittamaton ristiriita johdi lopulta platonismin uudelleentulemiseen (neoplatonismiin). Uusplatonisti Nicole Oresme (1320–82) alkoi Pariisin yliopistossa uudelleentulkita *Timaios*-dialogia ja Platonin muita teoksia. Oresmen – sekä William Ockhamilta (n. 1285–1349) että averroisimista vaikutteita saaneen – *De Facie in Orbe Lunae* -teoksen mukaan luonnon laki kosketti tasapuolisesti painavia ja kevyitä kappaleita. Kaikki raskaat kappaleet sijaitsevat tämän uuden tulkinnan mukaan kevyempien kappaleiden *keskiössä* ja auringon näennäinen liike maan ympäri aiheutui maan pyörimisliikkeestä akselinsa ympäri. (Duhem 1985, 477.)

Oresmen uusplatonistisen teorian mukaan maan ei tarvinnut sijaita liikkumattomana maailmankaikkeuden keskiössä, kuten Aristoteleen fysiikassa oli asia ollut. Painavat ja kevyet kap-

paleet saattoivat liikkua universumissa vapaasti kiertotähdille ominaisen liikkeen mukaisesti. Uusi teoria vertasi maata muihin planeettoihin tavalla, johon perinteinen peripateettinen fysiikka ei ollut kyennyt. Vaikka Oresme onnistui toteamaan liikkeen suhteellisuuden ja aurinkokeskisen maailmankaikkeuden mahdollisuuden, ei hän vielä onnistunut todistamaan maan liikettä auringon ympäri. Hänen käsityksensä toimi kuitenkin perustana uudennlaiselle maailmankuvalle ja hänen muotoilemansa opin omaksuivat myöhemmin monet astronomit – ensin Nicolaus Cusanus (1401–64) ja sen jälkeen muun muassa Nicolaus Kopernikus (1473–1543) ja Giordano Bruno (1548–1600), jotka tekivät siitä keskeisen teesinsä hahmotellessaan heliosentristä kosmologiaa ja pitäessään maata yhtenä planeettana muiden joukossa. (Duhem 1985, 477.)

Maa menetti asemansa maailmankaikkeuden keskipisteenä lopullisesti kuitenkin vasta Kopernikuksen esitettyä heliosentrisen maailmanjärjestelmänsä teoksessaan *De revolutionibus orbium coelestium* (1543). Keskiajan lopulla ja uuden ajan kynnyksellä eläneet astronomit ja luonnonfilosofit eivät nähneet kopernikaanista järjestelmää ainoastaan uudennlaisena teoreettisena konstruktiona planeettojen liikeratojen kuvaamiseksi, vaan uskovat opin paljastaneen jotain aidosti uutta luonnon totuuksista. Maasta tuli yksi planeetta Venuksen, Marsin, Jupiterin ja muiden taivaankappaleiden joukossa. Vaikka Duhem tunnusti tämän maailmankuullisen murroksen, oli hän toisaalta sitä mieltä, että ”Kopernikaanisen käänteen” ensisijainen ongelma koski maan ja muiden planeettojen oletettua samankaltaisuutta, ei niinkään kysymystä maan liikkumisesta. Monia luonnonfilosofeja askarrutti kysymys, saattoivatko muut planeetat olla samanlaisia kuin maa eli oliko niissä järviä ja metsiä sekä ympäröikö niitä ihmiselämän mahdollistava ilmakehä. (Duhem 1985, 441.) Skolastisessa perinteessä tähän kysymykseen sisältyi selvä teologinen motivaatio, eikä siihen myönteisesti vastaaminen katolisen kirkon valta-aseman vuoksi ollut aivan turvallista.

Duhemin mukaan uudelleentulkittu aristotelismi, uusplatonistiset käsitykset kosmoksen

ja ihmisen yhteydestä sekä katolisen kirkon valta-asema pitivät kuitenkin huolen siitä, että jälkipolvien renessanssiksi kutsuman aikajakson aikana ei varsinaisesti tapahtunut ideologista tai tietoteoreettista murrosta, joka oikeuttaisi puhumaan ”tieteellisestä vallankumouksesta”. Tämä johtui lähinnä siitä, että monet 1400-luvun ja varhaisen renessanssin luonnonfilosofit ja astronomit olivat sitoutuneita keskiajan skolastiikkaan ja antiikin peripateettiseen maailmankuvaan ja tulkitsivat kosmosta tätä taustaa vasten. Muun muassa ranskalainen skolastinen filosofi John Hennon (k. 1484) uskoi – logiikkaa ja fysiikkaa tutkineen saksalaisfilosofi Albert Saxonin (n. 1320–90) teokseen *Quaestiones subtilissime in libros Aristotelis de Caelo et Mundo* (Venetsia 1390) tukeutuen – useiden rinnakaisten maailmojen olemassaolon olevan luonnollisesti mahdotonta, vaikkakin Jumalalla oli mahdollisuus tuottaa kahden maailman samanaikainen olemassaolo halutessaan. Toisaalta Hennonin sitoutumisesta skolastiseen maailmankuvaan kertoo jotain se, että hän uskoi maailman olevan liikkumaton suhteessa muihin taivaankappaleisiin. (Duhem 1985, 499.)

Ennen Kopernikusta vaikuttaneista ajatteloista oikeastaan vasta Nicolaus Cusanus aloitti Duhemin mielestä uudenlaisen ajattelun esittämällä teoksessaan *De docta ignorantia* (1440), että Maa, Kuu ja planeetat ovat toistensa kaltaisia tähtiä, jotka liikkuvat saman keskiön ympäri laajassa maailmanjärjestelmässä. Vaikka Maa merkitsi Cusanukselle Jupiterin, Saturnuksen ja muiden taivaankappaleiden kaltaista tähteä, hän oli varovainen esittäessään ajatuksia Maan liikkeestä. Hän ei halunnut ottaa kantaa niinkään siihen, kiersikö Maa Aurinkoa, vaan pikemminkin hän pyrki hahmottamaan laajaa astronomista teoriaa, jossa Jumalan luomalla neljällä tieteellä – geometrialla, aritmetiikalla, astronomialla ja musiikilla – oli keskeinen asema taivaallisen kokonaisrakenteen ilmentäjänä. Cusanuksen mukaan Jumala oli noudattanut ihailtavaa järjestystä luodessaan kaiken numeroista, painoista ja pituuksista: numerot kuuluivat aritmetiikan alaan, painoyksiköt geometriaan sekä mitat ja etäisyydet (intervallit) musiikin yhteyteen.

(Duhem 1985, 508–509.) Duhem piti mahdollisena, että Nicole Oresme ja Nicolaus Cusanus olivat antaneet luonnon geometrialle uudenlaisen aritmeettisen tulkinnan ennakkoiden näin sekä Descartesin uuttaluovaa analyttistä geometriaa että Galilein esittämiä vapaiden kappaleiden fundamentaalisia liikelakeja (Cohen 1994, 47).

Fysiikan ja astronomian välillä vallinnut vastakkaisuus – sellaisena kuin sen olivat muotoilleet stoalainen astronomiaa ja geometriaa tutkinut luonnonfilosofi Posidonius (n. 135–151), Ptolemaios (n. 100–170), kreikkalainen neoplatonisti Proclus (412–485) ja Simplicius – tuli Duhemin mukaan syrjäytetyksi viimeistään Nicolaus Cusanuksen tutkimuksissa. Cusanus muotoili *De docta ignorantia*ssa klassisen astronomian ja fysiikan eron tilalle jaon, joka perustui absoluuttisen fysiikan todellisten entiteettien (aitojen kausaalisten syiden) sekä suhteellisen ja kehittyvän fysiikan (abstrakti essentia) väliselle erolle. (Duhem 1969, 58.) Tässä kuten missään muussakaan kohtaa Duhem ei kuitenkaan varsinaisesti pääse eroon keskiaikaisesta maailmankuvasta tai tavasta nähdä kaiken tieteellisen ja luonnonfilosofisen esittämisen taustalla metafyyminen yhteys ihmisen ja luonnon välillä. Duhemin ajattelua leimaa tiettyssä mielessä paikoin turhankin voimakas pyrkimys nähdä keskiajan ja uuden ajan rajalla tapahtuneen tieteellisen kehityksen perustana metafysiikan ja fysiikan välillä vallitseva *ontologinen* yhteys, joka periytyy ennen kaikkea kreikkalaisesta peripateettisesta filosofiasta (moderni usko ihmisen järjellisyteen) sekä siihen kytkeytyvää tavasta ymmärtää ihminen luonnon elimelliseksi osaksi.

### **Pierre Duhem ja tieteenhistorian kirjoittamisen taito**

Duhemin ajattelusta on vaikea löytää varsinaista eksplikoitua käsitystä siitä, milloin tieteen vallankumous tapahtui tai mikä oli käännteentekevä tapahtuma maailmankuvan muuttumisessa keskiajan aristotelismista kohti uudempaa tiedekäsitystä. Tällaisena voitaisiin ehkä pitää hänen kolmiosaisesta teoksestaan *Études sur Leonard*

*de Vinci* (I 1906, II 1909, III 1913) löytyvää katkelmaa, jonka mukaan modernin tieteen syntymähetkeksi tulee ”ilman mitään epäilyksiä” asettaa vuosi 1277, jolloin Pariisin piispa antoi juhlallisen ilmoituksensa, että useiden erilaisten maailmojen olemassaolo on täysin mahdollista ja ”taivaallisen pallon” kokonaisuus voi ilman ristiriitaa muodostua toisistaan poikkeavien kappaleiden puhdaslinjaisista liikkeistä (ks. Cohen 1994, 52). Duhemin mielestä viimeistään kyseisestä vuodesta lähtien filosofit olivat pakotettuja etsimään vaihtoehtoja perinteisen aristotelismin mukaiselle kosmoskäsitykselle (ks. Wigelsworth 2006, 149).

Duhemin mukaan Aristoteleen *De Caelo*-teoksessaan esittämä peripateettinen maailmankuva – joka perustui käsitykseen taivaan ykseydestä tai rajallisuudesta – tulkittiin keskiajan skolastiikassa siten, että Jumalan luoma maailma oli yksi ja jakamaton ja että kaikki maanpäälliset entiteetit olivat yksilöitä (essentialismi) ja kuuluivat sellaisina Jumalan luomissuunnitelmaan. Renessanssin kosmologiassa luonnosta tuli Jumalan toinen kirja, jota tarkastelemalla ihminen saattoi saavuttaa tietoa Jumalasta. Renessanssin kosmologia oli Duhemille välitöntä seurausta keskiajan tieteestä, sen metodeista, instrumenteista ja tietoteoriasta. Varsinaisen maailmankuvallisen murroksen lähes täydellistä puuttumista selittää hänen mukaansa suurelta osaltaan katolisen kirkon uudelle ajalle saakka yltänyt auktoriteettiasema ja Tuomas Akvinolaisen esittämien Aristoteles-tulkintojen pääsy ideologiseen valta-asemaan. Tämän ajatuksen varaan Duhem rakensi oman tieteenhistoriallisen käsityksensä pyrkimyksensä osoittaa luonnossa havaittavien ilmiöiden takana olevat metafysiset vaikutukset sekä keskiajan ja uuden ajan välillä vallitsevat ideologiset teologiset piirteet.

Luonnontieteellisen koulutuksen saaneen Duhemin tieteenhistoriakäsitys vaikuttaa yllättävän metafysiseltä. Aikaisemmissa tutkimuksissa hänen maailmankuvaansa on pyritty selittämään hänen luonteensa ja kulttuurisen taustansa ”kaksijakoisuudella”. Hän oli sekä termodynamiikan saloihin perehtynyt fyysikko

että lojaali roomalais-katolisen kirkon kannattaja, joka pyrki hakemaan tasapainotilaa luonnontieteellisten teorioiden ja aristoteelisen kosmologian välille. (Hodge & Cantor 1996, 839.) Hän oli vakaasti sitä mieltä, että tieteenhistoriaa ei tule ymmärtää tieteen ”sisäisen” lain ja luonnontieteellisten tosioiden kautta, vaan ennen kaikkea ihmisen intellektuaalisen kehityksen puitteissa. Esimerkiksi keskiaikaista tiedettä ja tieteenfilosofiaa ei voinut käsitellä tieteenhistoriallisesti mielekkäällä tavalla ottamatta huomioon metafysiikan ontologisia ja epistemologisia peruskysymyksiä tai laajaa ihmisen historiallista olemista hahmottelevaa tieteenfilosofista tutkimusotetta. (Duhem 1985; Duhem 1996.)

Duhemin tieteenhistoriallisissa käsityksissä teoreettinen fysiikka oli alisteinen metafysiikalle, ja fysiikan asema oli siten riippuvainen metafysiikan omaksumisesta osaksi olemassa olevan tieteellisen maailmankuvan perustaa (Duhem 1981, 9–13). Tällainen käsitys voidaan nähdä variaationa yleisessä tieteenfilosofiassa esitetystä Duhem–Quine-teesistä. Klassisen tieteenfilosofian mukaan teoreettisten hypoteesien valinta voidaan perustaa yksiselitteisesti empiriseen todistusaineistoon. Empiirinen todistusaineisto riittää tukemaan (induktivismi) tai kumoamaan (popperilainen deduktivismi) teoreettisen hypoteesin. Duhem–Quine-teesi puolestaan sanoo, että tieteellinen koe tai havainto ei milloinkaan yksin ratkaise yksittäisen hypoteesin kohtaloa, vaan hypoteesi kohtaa havainnot aina yhdessä useiden apuhypoteesien kanssa. Duhemin mukaan tieteenharjoittajan valintoja tällaisissa tilanteissa ohjaa tieteilijän ”terve järki” (*le bon sens*). Hän ei kuitenkaan kerro, mitä tämä käytännössä tarkoittaa. (Duhem–Quine-teesistä tarkemmin ks. Kiikeri & Ylikoski 2004, 33–35; ks. myös Cohen 1994, 52–53; Hodge & Cantor 1996, 839.)

Kenties ”terve järki” tulee yhdellä tavalla näkyviin Duhemin edellä kuvatussa tavassa yhdistää laajojen ideologisten, teologisten, tieteenfilosofisten ja metafysisisten ajatusten jatkuvoja pyrkimyksenä löytää niiden takana oleva intellektuaalinen ja intertekstuaalinen yhteys. Duhem pyrki laajaan tieteenhistorialliseen

kokonaiskuvaan, jossa ei olisi kysymys vain keskiajan kosmologian avautumisesta, vaan ihmisen historiallisen aseman laajemmasta hahmotamisesta. Hän saattoi olla ensimmäinen, joka katsoi keskiajan lopun astrologien työn enteilevän Galilein ja Newtonin saavutuksia ideologisella tasolla. Samalla hän yhdisti antiikin ajattelun ja arabifilosofien siitä keskiajalla tekemät tulkinnat osaksi tieteen myöhempiä saavutuksia ja pitkää historiallista ketjua. Näin hän tuli omalla tavallaan osoittaneeksi tieteen laajan kehityskulun antiikista uuden ajan alkuun saakka.

Immanuel Kantin (1724–1804) ja Pierre Simon de Laplacen (1749–1827) tekemistä kopernikanismitulkinnosta lähtien monien tieteenfilosofien mielestä tieteellinen vallankumous perustui keskeisesti Kopernikuksen heliosentrismikäsitteeseen. Duhem ei kuitenkaan tunnustanut tällaisen eksplisiittisen murroksen olemassaoloa. Hänelle tieteen kehitys merkitsi aristoteelisen tradition olemassaoloa ja siitä tehtyjen useiden uusien tulkintojen ja pienten korjausliikkeiden jatkuvuutta. Tämän katkeamattoman ketjun avainhahmoina näyttäytyivät Simplicius, Averroës, Michael Scot, Roger Bacon, Nicole Oresme ja Nicolaus Cusanus. Heidän tekemänsä pienet parannukset olemassa olevaan kosmologiseen ja fysikaaliseen teorian suhteeseen ja laajaan metafyyssiseen perustaan muodostivat Duhemin mukaan ”synteettisen” sillan keskiajan ja uuden ajan tieteiden välille. Tämän ideologisen yhteyden esiintuomista Duhem piti myös tieteenhistorian kirjoittamisen metodologisena lähtökohtana.

## Kirjallisuus

Cohen, H. Floris (1994): *The Scientific Revolution. A Historical Inquiry*. Chicago & London: The University of Chicago Press.

Crombie, A. C. (1990): *Science, Optics and Music in Medieval and Early Modern Thought*. London and Ronceverte: The Hambledon Press.

Crombie, A. C. (1996): *Science, Art and Nature in Medieval and Modern Thought*. London and Rio Grande: The Hambledon Press.

Duhem, Pierre (1969): *To Save the Phenomena. An Essay on the Idea of Physical Theory from Plato to Galileo*. Chicago: University of Chicago Press.

Duhem, Pierre (1981): *The Aim and Structure of Physical Theory*. Foreword by Prince Louis de Broglie. Translated from the French by Philip P. Wiener. New York: Atheneum.

Duhem, Pierre (1916/1985): *Medieval Cosmology. Theories of Infinity, Place, Time, Void, and the Plurality of Worlds*. Edited and Translated by R. Ariew. Chicago: University of Chicago Press.

Duhem, Pierre (1996): *Essays in the History and Philosophy of Science*. Translated and Edited with Introduction by Roger Ariew and Peter Barker. Indianapolis: Hackett.

Grant, Edward (1977): *Physical Science in the Middle Ages*. Cambridge & New York: Cambridge University Press.

Grant, Edward (2007): *A History of Natural Philosophy. From the Ancient World to the Nineteenth Century*. Cambridge & New York: Cambridge University Press.

Hodge, M. J. S. & Cantor, G. N. (1996): The Development of Philosophy on Science 1900. In *Companion to the History of Modern Science*. Edited by R. C. Olby, G. N. Cantor, J. R. R. Christie and M. J. S. Hodge. London and New York: Routledge, 838–852.

Joutsivuo, Timo; Kanerva, Liisa; Mikkeli, Heikki & Pekkarinen, Pauliina (2000): *Renessanssin tiede*. Tietolipas 167. Helsinki: SKS.

Kiikeri, Miika & Ylikoski, Petri (2004): *Tiede tutkimuskohtena. Filosofinen johdatus tieteen tutkimukseen*. Helsinki: Gaudeamus.

Murdoch, John (1991): Pierre Duhem and the History of Late Medieval Science and Philosophy in the Latin West. In *Gli Studi di filosofia medievale fra otto e novecento*. A cura di Ruedi Imbach e Alfonso Maierù. Roma: Edizioni di storia e letteratura, 253–302.

Rossi, Paolo (2010): *Modernin tieteen synty Euroopassa*. Suomentanut Lena Talvio. Tampere: Vastapaino.

Schroeder-Gudehus, Brigitte (1996): Nationalism and Internationalism. In *Companion to the History of Modern Science*. Edited by R. C. Olby, G. N. Cantor, J. R. R. Christie and M. J. S. Hodge. London and New York: Routledge, 909–919.

Wigelsworth, Jeffrey R. (2006): *Science and Technology in Medieval European Life*. Westport (Connecticut) & London: Greenwood Press.

**Kirjoittaja on tohtorikoulutettava Oulun yliopistossa (aate- ja oppihistoria).**