

A Newton's cradle with several silver spheres hanging from thin wires. One sphere on the left is in motion, having just struck or about to strike the others, creating a blurred red and white trail. The background is a gradient of blue and white.

NEWTONIN FYSIKAALINEN SYNTEESI

JATKUMOITA JA KATKOKSIA

JOUNI HUHTANEN

Yhdysvaltalainen tieteenhistorioitsija I. Bernard Cohen (1914–2003) väitti tieteellisten käsitteiden ja teorioiden kehittyvän syklisesti siten, että vain osa käsitteen tai teorian sisällöstä korvautuu uudella aineksella tieteellisen vallankumouksen tai muun vastaavan opillisen käänteeseen myötä. Tämä käsitys tarjosi Thomas S. Kuhnin (1922–96) kuuluisaa paradigma-teoriaa selvästi uskottavamman selityksen tieteellisten vallankumousten määrittämiseksi. Cohenin tavoitteena oli tutkia ensisijaisesti Isaac Newtonin tiedekäsityksen muotoutumista, mutta hän uskoi vakaasti, että hänen ”newtonilaiselle synteessille” tarjoamansa teoreettinen selitys oli sovellettavissa lähes sellaisenaan muiden tieteellisten murrosten tutkimukseen.

Tässä artikkelissa tarkastellaan maineikkaan yhdysvaltalaisen tieteenhistorioitsijan ja Newton-tutkijan I. Bernard Cohenin (1914–2003) käsitystä ”newtonilaisena synteinä” (*Newtonian synthesis*) tunnetun tieteenhistoriallisen konstruktion muotoutumisesta. Cohen esitti ehdotuksensa Newtonin tiedekäsityksen perusteita käsittelevässä teoksessaan *The Newtonian Revolution: With Illustrations of the Transformation of Scientific Ideas* (1980). Työ perustui Cohenin toukokuussa 1966 Belfastin yliopistossa pitämiin Wiles Lectures -luentoihin, mutta hän kehitteli ideoitaan vielä ennen teoksen julkaisemista muun muassa Prahassa syyskuussa 1967 ja Moskovassa elokuussa 1971 pidettyjen kansainvälisten seminaarien oheisjulkaisuissa sekä kahdessa alkuaan vuonna 1974 painetussa artikkelissaan (ks. Cohen 1974; Cohen 1977).

Pitkä aikaväli Belfastin luennoista työn julkaisuvooteen aiheutti väijäämättä hajanaisuutta teoksen rakenteeseen. Vaikka Cohen oli pyrkinyt pidättäytymään Newtonin tieteen historiallisen kehityksen keskeisissä kysymyksissä, jakautui teos ongelmallisesti kahteen toisistaan jokseenkin täysin poikkeavaan osioon. Ensimmäisessä Cohen käsitteli Newtonin tieteellisen ajattelun ja metodin historiallisia lähtökohtia sekä Newtonin tieteellisen tyylin perusteita kiinnittäen huomiota erityisesti tämän matemaattisiin ja kokeellisiin keksintöihin. Näihin tekijöihin ei kuitenkaan sisältynyt kovin suurta uutuusarvoa enää 1980-luvun alussa, sillä monet John Herivelin, Michael Hoskinin, D. T. Whitesiden ja W. P. D. Wightmanin kaltaiset tutkijat olivat puhuneet selvityksissään huomattavan laajasti Newtonin tieteellisestä tyylistä, menetelmistä sekä tutkimustavan persoonallisista piirteistä.

Teoksensa jälkimmäisessä osassa Cohen sitä vastoin siirtyi tutkimaan tieteenhistorian kehityksen mekanismeja pyrkimyksensä löytää asianmukainen tulkinta sekä tieteen historialliselle kehitykselle että yksittäisissä käsitteissä ja teorioissa tapahtuneille käänteille. Tämä haastoi perustavalla tavalla Cohenin maanmiehen Thomas S. Kuhnin (1922–96) teoksessaan *The Structure of Scientific Revolutions* (1962) esittämät käsitykset tieteellisten vallankumousten rakenteesta sekä yksittäisten tieteellisten paradigmojen muodostuksesta. Keskeisenä erona oli se, että Kuhn oli puhunut tieteenhisto-

riasta laajassa ”makroskooppisessa mittakaavassa” ja esittänyt kokonaisvaltaisen käsityksen paradigman vaihdoksen ja normaalitieteen syntyvaiheen keskeisistä mekanismeista. Cohen sitä vastoin pyrki osoittamaan yksityiskohtaisen analyysin ja ”mikroskooppisen mittakaavan” avulla Newtonin luovan tieteellisen ajattelun hienoiset rakenteet sekä käsitteissä ja selityksissä tapahtuneet kumoukselliset muutokset. (Cohen 1983, 218–219.)

Cohenin teesiin sisältyi selvää uutuusarvoa, sillä se tarjosi joustavamman käsityksen tieteen historialliselle kehitykselle kuin Kuhnin muotoilu. Kuhnin teorian ongelmana oli se, että se suhtautui tieteen kehitysvaiheissa tapahtuviin muroksiin huomattavan jäykästi ottamatta riittävästi huomioon useiden eri paradigmojen samanaikaisen olemassaolon mahdollisuutta.

Käytännössä Cohenin käsitys tieteen historiallisesta kehityksestä perustui kahden keskeisen käsitteen eli synteessin (*synthesis*) ja transformaation (*transformation*) yhteistoimintaan. Ensin mainittu ei viittaa tässä Newtonin hypoteettis-deduktivisen päättelytavan taustalla vaikuttavaan analyysin ja synteessin (tai vähemmän anakronistisesti ilmaisten resoluution ja komposition) välistä yhteyttä korostavaan tekijään, vaan Cohen tarkoitti sillä useista eri lähteistä peräisin olleiden aineiden lankeamista yhtenäiseksi kokonaisuudeksi Newtonin tieteessä. Käsite oli tässä merkityksessä selkeästi tutkijan apuväline eikä sen merkitys poikennut siitä, miten Newton-tutkijat olivat käsiteltä 1920-luvulta lähtien käyttäneet.

Transformaatiolla Cohen puolestaan tarkoitti Newtonin ja muiden tieteenharjoittajien kykyä muuntaa erilaisia tieteellisiä käsitteitä ja teorioita omia tarpeitaan paremmin vastaaviksi väittämissä. Vaikka nämä kaksi tekijää – synteesi ja transformatio – muodostivat monessa historiallisessa tapauksessa toisistaan suhteellisen selvästi erottuvat osa-alueensa, tuntui Cohenilla olevan paikoin huomattavan suuria vaikeuksia tehdä selkeä sisällöllinen ero niiden välille. Tämä johtui siitä, että synteessin muodostaminen vaati usein siihen hyväksytyjen tekijöiden muuntelua ja korjailua siten, että kokonaisuuden hallinta kävi ylipäätään mahdolliseksi. Ero synteessin ja transformaation välillä hämärtyi varsinkin tieteen lyhyitä kehityskaskelia tarkasteltaessa.

Edellä sanotun lisäksi on syytä huomata, että Cohenin teoksessa synteessin perustana olivat Newtonin henkilökohtaiset *Principiassa* saavutamat tulokset mukaan lukien se, ettei tämä ollut tutkinut teoksessaan fysikaalista optiikkaa voiman, massaan ja liikkeen yhteyttä korostavassa viitekehityksessä eikä pohtinut kovin laajasti aineiden kemiallisia koostumuksia tai muita aine-teorian kysymyksiä (Cohen 1983, 158–159). Näihin liittyvät ongelmat tulivat esiin lähinnä *Opticksissa*, mutta teos ei edustanut Cohenille samanlaista matemaattista tai tieteellistä tarkkuutta kuin *Principia* (Hall 1993, 26–28; Harman 1973, 1, 14). *Opticks* oli *Principiaa* joustavampi ja salli newtonilaiselle tieteelle vapaamman kasvun, mutta sen piirissä tapahtunut tieteellinen kehitys ei ollut hypoteeseista vapaata, eksaktia ja matemaattista eikä kaikin osin eksperimentaalista (Anstey 2004, 264–265).

Koska inertia (*vis inertiae*), sentripetaalinen voima (*vis centripetae*), gravitaatio (*vis gravitatis*) sekä muut Newtonin tieteen tärkeimmät ja kestävimät keksinnöt tulivat esiin lähinnä *Principiassa*, katsoi Cohen, että tutkimuksen oli keskityttävä myös newtonilaisen synteessin osalta ainoastaan kyseisen teoksen tarkasteluun. Cohen ei tästä syystä käsitellyt synteessin muodostuksen yhteydessä sen enempää *Opticksia* kuin Clairautin, Eulerin, Lagrangen, Laplacen tai muiden 1700-luvun luonnonfilosofien pyrkimyksiä korjata ja laajentaa Newtonin keskeisiä tutkimustuloksia.

Seuraavassa selvitetään ensin Cohenin esittämän synteetikäsityksen lähtökohtia suhteessa käsitteen varhaisempiin tulkintoihin ja siirrytään sen jälkeen pohtimaan hieman tarkemmin Cohenin käsitystä transformaation asemasta osana tieteen historiallista kehitysdynamiikkaa. Lopuksi esitetään muutama yleisempi huomio Cohenin tutkimuksen tieteenhistoriallisesta arvosta.

Synteesi tieteenhistoriassa

Puhe ”Newtonin synteessin” perimmäisestä luonteesta nousi tieteenhistorialliseen keskusteluun 1920-luvulla historioitsijoiden alettua kiinnittää laajemmin huomiota Newtonin tieteellisissä käsitteissä ja yksilöllisissä päättelysäännöissä tapahtuneisiin muutoksiin. Ongelmana oli kuitenkin se, että monet varhaiset tutkijat olivat uskoneet Newtonin hyödyntäneen jokseenkin kriittömästi

kaikkia ennen hänen aikaansa syntyneitä tieteellisiä tuloksia ja nämä yhdistämällä luonut uudenlaisen käsityksen luonnossa vallitsevan universaalien voiman perimmäiseksi ilmaisuksi.

Tietyvästi tällaisen käsityksen olivat esittäneet ainakin yhdysvaltalainen tieteenfilosofi Benjamin Ginzburg ja englantilainen matemaatikko Alfred North Whitehead (1861–1947), jotka olivat *Principiaa* tutkiessaan puhuneet ”newtonilaisesta synteesisistä” tai ”suuresta synteesisistä” kykenemättä analysoimaan Newtonin tieteen taustalla vaikuttavia tekijöitä kyllin tarkasti. (Ks. Ginzburg 1959, 369; Whitehead 1948, 172–173.) Samansuuntainen epämääräisyys oli vaivannut 1950- ja osin vielä 1960-luvun tieteenhistorioitsijoita. Esimerkiksi maineikas ranskalainen tutkija Alexandre Koyré (1892–1964) oli puhunut synteesisistä artikkelissaan ”The Significance of the Newtonian Synthesis” (1950), mutta jättänyt sen lähes yhtä epämääräisen määrittelyn varaan kuin kaksi edellä mainittua kirjoittajaa.

Koyré’n perimmäiseksi ongelmaksi muodostui se, ettei hän kyennyt selvittämään Newtonin tieteen kaikkia osatekijöitä yksityiskohtaisesti, vaan hän tyytyi etsimään lähinnä Newtonin intellektuaalisia yhteyksiä suhteessa antiikin matemaatiikkaan sekä Kopernikuksen, Keplerin ja Descartesin tieteisiin. (Koyré 1968, 11–12.) Seuraavalla vuosikymmenellä vastaavavanslaisia painotuksia esiintyi vielä ainakin yhdysvaltalaisen tieteenhistorioitsijoiden Charles Gillispin (1918–2015) ja Edward Rosenin (1906–85) kirjoituksissa (ks. Gillispie 1960, 88, 144, 335, 510; Rosen 1973, 548, 553).

Keskeiseksi ongelmaksi kaikissa edellä mainituissa tapauksissa muodostui se, että ne pyrkivät peittämään Newtonin omaperäisen tavan hyödyntää aikalaistensa ja aikaisemmin eläneiden tieteenharjoittajien tutkimustuloksia. Lisäksi ne eivät ottaneet riittävästi huomioon Newtonin kriittistä suhtautumista aikaisempaa tutkimusta kohtaan. Newton ei ollut yhdistänyt kaikkia aikaisemmasta kirjallisuudesta löytämiään käsitteitä, periaatteita, määritelmiä, sääntöjä, lakeja ja hypoteeseja yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, kuten monet edellä mainitut historioitsijat väittivät, vaan hän oli käyttänyt tuloksia soveltuvin osin hyväkseen ja luonut niiden avulla täysin uudenlaisen tiede- ja luontokäsityksen. (Cohen 1983, 158–159.)

Toisen keskeisen ongelman muodosti se, että aikaisempi tutkimus oli jättänyt Newtonin tieteelliset tavoitteet jokseenkin täysin huomiotta eikä osannut sanoa juuri mitään *Principian* historiallisesta arvosta suhteessa aikaisempaan perinteeseen. Cohenin mukaan Newtonin tieteen keskeisenä tavoitteena oli se, että se pyrki tuottamaan matemaattisen (ja ehkä myös fysikaalisen) kokonaisjärjestelmän kaikille maallisille ja taivaallisille ilmiöille, jolloin sen piiriin kuuluivat vapaasti putoavat kappaleet Galilein osoittamassa mielessä, vuorovesien vaihtelun ilmiöt, Kuun häiriöliike sekä planeettojen ja niiden kiertolaisten liike. Näitä kaikkia ohjasi viimekädessä sama universaali gravitaatiovoima. (Cohen 1983, 160; Cohen 1982, 46.)

Käytännössä Newtonin teorian etuna oli se, että se vapautti tutkimuksen klassisen aristoteelisen mekaniikan mukaisesta järjestelmästä, jossa kappaleiden liikevoima (*impetus*) voitiin erottaa aineesta. Monien varhaisten aristoteelisten teorioiden ongelmana oli se, että niissä kappaleiden liikkeet määräytyivät suhteessa niiden pintatason mukaisiin syy-seuraussuhteisiin. Näiden sijaan Newton kehitti kappaleille sellaista universaalia voimaa, joka ottaisi täydellisesti huomioon kappaleiden keskinäiset etäisyydet ja avaruuden kokonaiskvantiteetin olematta sanan perimmäisessä mielessä mekanistinen. (Ducheyne 2011, 154.)¹ Cohenin mukaan näin ymmärretyn kokonaisjärjestelmän luominen vaati Newtonilta kriittistä suhtautumista ainakin seuraavia oppeja kohtaan:

Kopernikus. Teorian ongelmat perustuivat käsitykseen, jonka mukaan Aurinko ei ollut universumin todellinen keskus, vaan Kopernikus oli hahmotellut jonkinlaisen kuvitteellisen keskipisteen lähelle Aurinkoa, laskenut planeettojen radat sen mukaisesti ja joutunut tästä syystä turvautumaan episykleihin ja ekvanteihin sekä muihin vastaaviin laskennallisiin apukeinoihin.

Kepler. Ongelmana oli ristiriita, joka syntyi Auringon magneettisen emanaation (vetovoiman) idean ja Keplerin kolmen tunnetun lain välille. Mikäli Auringon ajateltiin olevan suuri magneetti, vaikutti sen voima ensisijaisesti lähiplaneettoihin. Planeetan liike tuntui lakkaavan heti, mikäli magneetin (Auringon) vaikutus siihen lakkasi.

Descartes. Kartesiolainen pyörreteoria (*vortex*) tuntui olevan mahdollon jo havaintojen tasolla, sil-

lä se oletettiin tiheään väliaineeseen (*vapour aether*) ikään kuin kannattelevan planeettoja niiden kiertäessä Aurinkoa täydellisillä ympyräradoillaan. Väliaine oli niin tiheä, että se kielsi sekä tyhjiön kaltaisen avaruuden olemassaolon että atomien kaltaisten hiukkasten mahdollisuuden universumissa.

Galilei. Teoria kappaleen tasaisesta kiihtyvyydestä oli ongelmallinen, koska se ei huomionnut kahden kappaleen välistä etäisyyttä (eikä vastusta). Newton uskoi, ettei teoria toiminut suurilla etäisyyksillä, sillä jo Kuun etäisyys Maasta todisti Kuun vaikuttavan vuorovesiin. (Cohen 1983, 160–161.)

Jokainen näistä opeista oli ristiriidassa Newtonin gravitaatioteorian kanssa, joten Newton joutui joko hylkäämään kyseiset opit tai käyttämään niitä ainoastaan soveltuvin osin oman teoriansa tukena. Esimerkiksi Galilein käsitys oli siinä mielessä ongelmallinen, että se tarjosi voimalle lähinnä kineettisen tulkinnan eikä selittänyt tästä syystä kovin hyvin kahden kappaleen välillä vallitsevaa voimatasapainoa. Keplerin kehittämä käsitys emanaatiosta nojasi puolestaan huomattavan paljon keskiajalta periytyvään mystisismiin eikä tarjonnut täysin uskottavaa kuvausta sille, miksi valovuosien päässä toisistaan sijaitsevat kappaleet saattoivat vaikuttaa toistensa liikkeisiin. (Cohen 1983, 69–70.)²

Varsinaisen ongelman gravitaatiolle muodosti kuitenkin Descartesin pyörreteoria, sillä siihen sisältynyt käsitys karkeajakoisesta eetteristä (*vapour aether*) pikemminkin esti kuin mahdollisti gravitaation toteutumisen maailmankaikkeudessa. Newton tavoitteli syvällistä käsitystä kaikki kappaleet läpäisevästä gravitatiivisesta voimasta, mutta Descartesin teoria tuntui selittävän ainoastaan pintatason mekanistisia ominaisuuksia. Cohen käsitteli tätä asiaa tutkimuksessaan kuitenkin huomattavan vähän eikä sanonut juuri mitään Newtonin yrityksistä kehittää eetteristä todellinen hienojakoinen voimakenttä (*subtle aether*) kahden kappaleen välille (ks. tästä ongelmasta esim. Hall 1996, 135–138; Henry 2011, 15–16). Cohen tarkasteli teoksessaan lähinnä Newtonin kehittämien mekaniikan peruslakien kehitystä, muttei sanonut Newtonin aine- ja eetterikäsityksistä juuri mitään.

The Newtonian Revolution otti tästä huolimatta aikaisempaa tutkimusta selvästi kriittisemmin

huomioon Newtonin kyvyn punnita kilpailijoidensa esittämiä teoreettisia väittämiä siltä osin kuin nämä liittyivät mekaniikan ja dynamiikan peruskäsitteisiin. Tämä näkyi muun muassa siinä, että Cohen korosti Newtonin pyrkimyksiä hyödyntää Descartesin muotoilemaa aineen kvantiteetin käsitettä (*quantum in se est*) kehittämänsä massan käsitteen (*moles; pondus*) lähtökohtana. Descartesin käsityksen ongelmana oli se, että se selitti pikemminkin liikemäärän säilyvyyden ideaa tai liikemäärän kokonaisuutta kuin yksittäisten kappaleiden keskinäisiä voimasuhteita. Tästä huolimatta se ei ollut täysin hyödytön, vaan tarjosi Newtonille perusteen pohtia aineen kvantiteetin merkitystä laajoissa fysikaalisissa kokonaisuuksissa. (Cohen 1983, 189.)

Cohenin onnistui luoda lopulta huomattavasti syvällisempi käsitys newtonilaisesta synteisistä kuin aikaisempien tutkijoiden, sillä hän ei kiistänyt Newtonin kykyä tehdä paikoin radikaaleja poistoja ja muutoksia käyttämäänsä aineistoon. Jonkinlaiseksi ongelmaksi tuntui muodostuvan kuitenkin se, ettei Cohen ollut kovin halukas tutkimaan kaikkia Newtonin tieteen yksityiskohtia varsinkaan aine- ja eetterikäsitysten osalta, kuten edellä on todettu. Niin ikään huomattavan vähälle huomiolle jäi Huygensin kehittämän sentrifugaalisen ja Newtonin sen korjaamiseksi esittämän sentripetaalisen voiman välisen suhteen tarkastelu, vaikka juuri tällä olisi ollut keskeinen merkitys Newtonin synteisin muodostuksessa.

Transformaatio ja tieteen kehitysdynamiikka

Käsitys gravitaatioteorian kehityksestä valaisi suhteellisen hyvin Newtonin tieteen perusteita siltä osin kuin tämä oli pyrkinyt yhdistämään lähellä omaa aikaansa kehittyneitä hajanaisia ideoita yhtenäiseksi tieteelliseksi kokonaisuudeksi. Tämä oli keskeinen osa tieteen lyhyen aikavälin kehitystä, mutta Cohenin mukaan Newtonin hyödyntämät käsitykset eivät olleet syntyneet tyhjästä, vaan niillä oli ollut huomattavan laaja historiallinen perusta, jonka lähtökohtana voitiin nähdä monenlaisia antiikin aikana ja keskiajalla syntyneitä, osin metafyysisiä käsityksiä voimasta (ks. Iliffe 2004, 429).

Näin ymmärretyn kehityksen lähtökohtana oli ajatus siitä, että kaikkien tieteenhistoriallisten innovaatioiden taustalla oli vaikuttanut huo-

mattava määrä erilaisia esikuvia ja teoreettisia kehitelmiä. Erityisen hyvin tämä voitiin nähdä juuri voiman (*vis*) käsitteen pitkää historiallista kehityskaarta tarkasteltaessa. Käsite oli tullut alkuaan esiin aristoteelisessa luonnonfilosofiassa, kehittynyt suhteellisen nykyaikaiseksi Nicole Oresmen (1320–82) teksteissä, mutta saanut täysin uuden ja omaperäisen merkityksen Newtonin tieteellisessä sanastossa. Vaikka Newtonin käyttämällä voiman käsitteellä oli omintakeinen muotonsa, sisältönsä, sovellusalan ja suhteensa yhtäältä 1600-luvun tieteellisiin käsitteisiin ja toisaalta aikaisempien aikakausien luonnonfilosofiaan, se ei poikennut täysin Oresmen esittämästä muotoilusta. (Cohen 1983, 163.)

Käytännössä tämä väite heijasteli ranskalaisen luonnontieteilijän ja tieteenhistorioitsijan Pierre Duhemin (1861–1916) alkuaan esittämää ajatusta, jonka lähtökohtana oli käsitys tieteellisten ideoiden ja käsitteiden pitkästä ajallisesta jatkuvuudesta. Duhemin mukaan tieteelliset ideat muuntuivat ja ketjuuntuivat pitkiksi historiallisiksi jatkumoiksi, mutta sisälsivät harvoin, jos koskaan, jyrkkiä tai perusteettomia murroksia eri aikakausien välillä (Duhem 1981, 31–33). Näin ajatellen esimerkiksi Galilein esittämä käsitys kappaleen yhtenäisestä tasaisesta kiihtyvyydestä oli ollut riippuvainen keskiaikaisista esikuvista ja Newton oli nojautunut omissa töissään samalla tavalla aikaisempien vuosisatojen teoreettisiin muotoiluihin (Cohen 1983, 164–165).

Cohenin teesi saattoi olla ongelmallinen varsinkin Newtonin tieteen radikaalia murroksellista luonnetta painottaneiden historioitsijoiden keskuudessa (ks. Bechler 1991, 277–279; Bechler 1992, 287), mutta sen perustana oli suhteellisen vakuuttava oletus siitä, että Newton oli joutunut perehtymään suhteellisen laajasti varhaisten kirjoittajien teoksiin pyrkiessään kehittämään käsitystään kappaleen sisäisen (*vis insita*) ja siihen vaikuttavan ulkoisen voiman (*vis impressa*) välisestä suhteesta. Cohenin mukaan Newtonin keskeisenä tavoitteena oli ollut ainakin alkuvaiheessa pyrkimys muuntaa keskiajalla vaikutusvaltaisena pidetty, yhä impetusmekaniikkaan perustunut voiman käsite moderniksi inertian käsitteeksi (*vis inertiae*). Newton kehitteli *Principiassa* todellisen modernin dynamiikan mukaista liikevoimalakia, joka sisälsi

käsityksen voimasta ja vastavoimasta, mutta tämä ei tapahtunut ilman keskiaikaisia esikuvia. (Cohen 1983, 192–193.)

Kyseinen teesi olisi tarjonnut hedelmällisen lähtökohdan tutkia voiman käsitteen pitkää historiallista kehitystä, mutta valitettavasti Cohen ei käyttänyt tätä mahdollisuutta täysin hyväkseen, vaan siirtyi suhteellisen nopeasti 1600-luvun ympäristöön ja varsinkin Newtonin ja Keplerin keskinäisten opillisten yhteyksien tarkasteluun. Tämä oli selkeä puute, sillä ainakin Newtonin keksinnöille olisi löytynyt suhteellisen helposti keskiaikaisia ja jopa sitä edeltäneitä esikuvia (ks. Haycock 2004, 616–617). Sen sijaan Cohen katsoi, että voiman käsitettä koskenut transformaatio perustui huomattavalta osaltaan Newtonin kykyyn tuottaa Keplerin kappaleen pysähtynyttä tilaa kuvaavasta inertian käsitteestä (*inertia naturalis*) sellainen newtonilaisen inertian käsite (*vis inertiae*), joka tarkoitti kappaleen kykyä säilyttää yhtenäisen jatkuva liiketilansa vakaana. Newton ei käyttänyt inertian käsitettä muunlaisessa merkityksessä. (Cohen 1983, 159–160, 190–191.)

Nämä yksityiskohdat tuntuivat riittävän lopulta laajan historiallisen kehityksen kuvaamiseen. Vaikka Newtonin voiman käsitteen taustalla saattoi nähdä viittauksia ennen kaikkea Keplerin teeseihin, piti Cohen suhteellisen selvänä, että Newtonin käsitys nojasi yhtä lailla Oresmen esittämiin teorioihin. Tieteellisten oppien kehitys oli vaatinut lähtökohtaisesti aina jonkinlaisen älyllisen ristiriidan, mutta saanut tuoreiden ideoiden myötä uudenlaisen, aikaisemmasta poikkeavan tulkinnan. Newtonin esittämä voiman käsite oli epäilemättä omaperäinen, mutta sen suhdetta historian pitkään jatkumoon oli mahdoton kiistää. Cohenin käsitys tieteen historiallisesta kehityksestä kulminoitui näin ajatellen jatkuvuuden (*continuity*), muutoksen (*transformation*) ja uutuuden (*innovation*) käsitteiden dialektisen vuorovaikutuksen varaan. (Cohen 1983, 281–282.)

Näin ymmärrettyssä historiallisessa kehityksessä ei ollut Cohenin mukaan lopulta mitään uutta ja yllättävää. Hän uskoi kaikkien tieteellisten vallankumousten tai muiden vastaavien tiedollisten (ja ideologisten) käännteiden muodostuvan viimekädessä samalla tavalla. Niiden lähtökohtana oli aina jonkinlainen rypäs enemmän tai vähemmän

hajanaisia ideoita ja löydöksiä, joista kehityksen kypässä vaiheessa vaikuttanut tieteenharjoittaja onnistui muodostamaan lopulta yhtenäisen käsitteellisen kokonaisuuden. Vaikka vallankumous ei syntynyt vailla opillisia kiistoja, oli Cohenin mielestä selvää, että sen loppuunsaattaminen vaati aina yhden yksittäisen tieteenharjoittajan merkittävää tieteellistä panosta. (Cohen 1983, 162–165.) Tässä mielessä ei ollut yllättävää, että huomattavimmat käännteet olivat Newtonin kaltaisten suurmiesten tekemiä.

Cohenin teesi poikkesi lopulta kahdessa keskeisessä suhteessa Kuhnin käsityksistä. Ensinnä, Cohen ei kieltänyt kilpailevien teorioiden ilmeisyyttä, vaan pikemminkin päinvastoin, myönsi epäröimättä mahdollisuuden kahden kilpailevan teorian samanaikaiseen olemassaoloon. Hänen mukaansa tieteenhistoriaan sisältyi useita tapauksia, joissa kaksi erilaista teoriaa oli ratkaissut saman yksittäisen ongelman huolimatta siitä, että teoriat olivat kehittyneet erilaisia teitä pitkin ja rakentuneet toisistaan poikkeavien teoreettisten muunnosten varaan. (Cohen 1983, 203.) Käsitys poikkesi jokseenkin selvästi Kuhnin *Structuressa* esittämästä normaalitieteen vaiheesta, joka vaati suhteellisen yhtenäistä perustaa tutkimuksen menestykselliseksi jatkamiseksi. (Gieryn 1995, 394–395, 400–401.)

Toinen keskeinen ero suhteessa Kuhnin oppiin oli siinä, että Cohen piti mahdollisena kehityksen huomattavan pitkiä ajallisia siirtymiä, jotka eivät perustuneet aina perättäisten keksintöjen saumattomaan ketjuuntumiseen. Käytännössä tämä näkyi siinä, että joissain tapauksissa muunnos oli perustunut täydelliseen väärinymmärrykseen ja sisälsi tästä syystä huomattavan jyrkän opillisen hyppäyksen kahden eri aikakauden välillä. Cohen ei löytänyt tälle kuitenkaan todellisia esimerkkejä 1600-luvun tieteestä, vaan viittasi tältä osin englantilaisen fyysikon John Daltonin (1766–1844) virheelliseen luentaan *Principian* toisen kirjan 23. propositiosta. Dalton oli tulkinnut kyseistä kohtaa hedelmällisesti mutta väärin väittäessään Newtonin puhuneen kohdassa kaasumolekyylien elastisesta luonteesta ja kyvystä mukautua erilaisiin painenvaihteluihin. (Cohen 1983, 194.)

Cohen ei ehkä onnistunut esittämään teoksessaan kaikkia edellä hahmoteltuja yksityiskoh-

tia täysin uskottavalla tavalla – varsinkin tieteellisten käsitteiden formaalit muodostusperiaatteet ja niissä tapahtuneet historialliset siirtymät jäivät huomattavan vähälle huomiolle – mutta hänen käsityksensä etu oli siinä, että se todisti tieteen ajallisen kehityksen dynamiikan suuntaamalla huomion samanaikaisesti tutkittavana olevan aikakauden merkitysyhteyksiin ja pitkän aikavälin historialliseen kehitykseen. Tämä mahdollisti tieteen näkemisen sekä historiallisesti yhtenäisenä kokonaisuutena että ajallisesti kehittyvänä rationaalisena tiedonhankintajärjestelmänä. (Schaffer 1982, 142–143.) Käsitteiden lähtökohtana olivat yksittäiset tieteelliset muutokset, jotka perustuivat ajallisesti paikoin huomattavan pitkäkestoisiin sarjoihin, mutta sisälsivät samalla merkittävän määrän tutkittavan aikakauden kontekstiin sisältyviä yksityiskohtia.

Näin ajatellen Cohenin voi katsoa ymmärtäneen tieteenhistorian kehityksen aikaisempia tutkijoita jonkin verran syvällisemmällä tavalla: harvat tieteelliset teoriat ja käsitteet tuottivat täydellisen murroksen suhteessa aikaisempaan tai jatkoivat elämäänsä vuosisadasta toiseen vaila minkäänlaista uusiutumiskykyä. Monet ennen Cohenia vaikuttaneet tieteenhistorioitsijat olivat painottaneet teoksissaan pääosin joko jatkuvuutta tai katkoksellisuutta, mutta eivät näiden välisiä syklisiä liikettä.

Cohenin käsityksen ongelmia

Käsitys newtonilaisesta synteesisistä oli aikaisempien tutkijoiden tuottama filosofinen konstruktio eikä Cohenin pyrkimys korjata sen keskeisiä perusteita ollut sinänsä tuomittava. Aikalaiskritiikin mukaan ongelmana oli kuitenkin se, että Cohen oli luonut Newtonin tieteestä anakronistisen käsityksen sisällyttämällä siihen turhan paljon yksityiskohtia ja tuottamalla siitä näin liian koristellun ja nykyaikaisen kuvan. Lisäksi teoria oli ongelmallinen siinä mielessä, että Cohen oli jättänyt Newtonin itsestään selvänä vihamiehenä pidetyn Descartesin tieteelliset keksinnöt lähes kokonaan huomiotta ja korostanut lähinnä vain Newtonin kykyä yhdistää keskenään ristiriitaiset Keplerin astronomia ja Galilein mekaniikka toisiinsa. (Hall 1982, 314.)

Tämä saattoi tarjota Newtonin synteesisistä liian yksinkertaistetun kuvan. Cohen oli pääosin on-

nistunut määrittelemään tieteellisten keksintöjen jatkuvuuden ja katkoksellisuuden välisen suhteen transformaation käsitteen avulla, mutta käsitys sisälsi paikoin niin radikaaleja väitteitä Newtonin neroudesta, että sitä oli jokseenkin mahdoton hyväksyä belgialais-yhdysvaltalaisen George Sartonin (1884–1956) teeseihin tai muihin vastaviin tieteen pitkää historiallista kehitystä painottaviin muotoiluihin mieltuneiden historioitsijoiden keskuudessa. Cohen kyllä puhui teoksessaan tieteen pitkistä historiallisista kehityslinjoista, mutta Newton sai tästä huolimatta työssä turhan korostuneen aseman tieteen todellisena suurmiehenä ja aikaisempien keksintöjen kumoajana.

Toisen keskeisen ongelman muodosti se, että Cohenin teesi palveli ennen kaikkea tieteellisten *ideoiden* historiallisesta kehityksestä kiinnostuneita lukijoita, ja tällöin se paneutui ennen kaikkea juuri Keplerin keskeisiin lakeihin ja Newtonin kykyyn muuntaa ne *De motu corporumissa* (1684) ja muissa julkaisemattomissa papereissaan omia tarkoituksiaan palveleviksi väitteiksi. Cohenin muotoilu ei ollut kovin käyttökelpoinen tieteen varhaisia kehitysvaiheita tutkittaessa, vaan se tarjosi selkeän käsityksen tieteen ajallisista jatkumoista ja niissä vaikuttavista opillisista käänteistä lähinnä vain Newtonin ja hieman ennen tätä vaikuttaneen tieteenhistoriallisen kehitysjakson osalta. (Schaffer 1982, 141–143.)

Kolmannen ongelman Cohenille saattoi muodostaa se, että hänen teesinsä painotti huomattavan näkyvästi Newtonin pyrkimystä tehdä selväpiirteinen ero matematiikan ja fysikaalisen todellisuuden välille. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että Newton saattoi tuottaa *Principiassa* esittämänsä käsitykset tarvitsematta pohtia kovin vakavasti sitä, oliko löydösten taustalla todellisia fyysikaalisia ilmiöitä vai ainoastaan matemaattisesti muodostettuja väitelauseita. (Bechler 1982, 2–3; Ducheyne 2005, 226; Schaffer 1982, 141.) Monet varsinkin Koyréa seuranneet niin sanotun intellektuaalisen tieteenhistorian edustajat toistivat tätä käsitystä mielellään tutkimuksissaan 1950-luvun alkupuolelta lähtien.

Cohen ei ollut lopulta tämän vaikutussuhteen ulkopuolella. Hänen mieltymyksensä syvällisiin abstrakteihin muotoiluihin perustui ennen kaikkea siihen, että hän oli aloittanut Newtonin tieteellisiä

perusteita käsittelevän yhteistyön Koyrén kanssa 1950-luvun puolivälissä – tämän yhteistyön tuloksena syntyi *Principiasta* niin sanottu variorumeditio, mutta Koyré ei ollut itse teoksen julkaisemista enää näkemässä. Monet Koyrélle ominaiset älylliset muotoilut heijastuivat suoraan Cohenin tutkimuksissa. Koyré oli esittänyt transformaation idean edellä mainitussa newtonilaista synteisiä käsittelevässä tekstissään, ja vaikka hän ei ollut osannut eritellä täysin systemaattisesti kaikkia Newtonin *Principiassa* käyttämiä aikaisempia löydöksiä, katsoi Cohen, että hänen oma käsityksensä nojasi perustavalla tavalla Koyrén ideoihin. (Cohen 1983, 282–284.)

Toinen vähintään yhtä tärkeä esikuva Cohenille oli ollut Duhemin *La Théorie physique: Son objet et sa structure* (1906), jossa painottui huomattavan näkyvästi käsitys tieteellisten ideoiden kyvystä tarkentua empiirisen perinteen ja induktiivisen tutkimuksen tuloksena. Duhem oli viitannut teoksessaan toistuvasti yksittäisten tieteenharjoittajien pyrkimykseen tuottaa muunnoksia ja variaatioita tieteellisistä ideoista ja kokeista. Käytännössä tämä tarkoitti tieteilijöiden kykyä kääntää tai tulkitella aikaisemmin tuotetut kokeelliset faktat tieteellisen symbolijärjestelmän tasolla uuteen muotoon ennen kuin he saattoivat käyttää niitä omien keksintöjensä tukena. Duhemin teoksella saattoi olla vaikutusta Cohenin teesiin lisäksi siinä suhteessa, että ensin mainittu oli painottanut *La Théorie physique* kahden samanaikaisen teorian olemassaolon mahdollisuutta kiistämättä tulosten syklisiä kehitystä tai keskinäisiä ristiriitoja. Keskeinen esimerkki koski Newtonin korpuskularistisen valoteorian ja Huygensin aaltoteorian välistä vastakkaisuutta.

Nämä opilliset yhteydet kytkivät Cohenin ajattelun perustavalla tavalla 1800-luvun lopulta lähtien kehittyneen länsimaisen tieteenhistorian perintöön ja erottivat hänet samalla Kuhnille ominaisesta tieteenfilosofiasta. *The Newtonian Revolution* erosi Kuhnin teeseistä keskeisellä tavalla siinä, ettei se painottanut tieteen rakenteellisia tekijöitä samassa suhteessa kuin Kuhnin paradigmatheoria, vaan keskitti huomionsa tieteen historiallisissa yksityiskohdissa tapahtuneisiin muutoksiin. Myöhemmin monet varsinkin Zev Bechlerin kaltaiset tieteenhistorioitsijat kavahtivat Cohenin käsitys-

tä, sillä he katsoivat tämän painottaneen väärin perustein Newtonin tieteen lähtökohtana keskiaikaisia esikuvia. Tämä latisti käsityksen tieteen vallankumouksesta ja Newtonista sen keskeisenä hahmona.

Cohenin käsityksiin saattoi sisältyä huomattavia ongelmia sekä tieteen murrosta että historiallista jatkuvuutta korostavan painotuksen osalta, mutta hän ei sinänsä kiistänyt Newtonin tieteen uutuusarvoa tai keskeisiä eroja suhteessa keskiajan luonnonmekaniikkaan. *The Newtonian Revolutionin* ansioksi täytynee katsoa se, että teos tarjosi aikaisempia tutkimuksia selvästi realistisemmän käsityksen sekä Newtonin tieteestä että tieteen historiallisesta kehityksestä. Se ei kieltänyt Newtonin tieteen suhdetta aikaisempaan perinteeseen, mutta teki samalla täysin selväksi sen, missä suhteessa Newtonin tiedettä saattoi pitää modernin luonnontieteen keskeisenä lähtökohtana:

Principia ei ollut vallankumouksellinen siinä mielessä, että se olisi aloittanut täysin uudenlaisen luonnon matematisoinniksi kutsutun tutkimusperinteen, sillä Kopernikus, Galilei, Kepler ja Huygens olivat tähänneet tutkimuksissaan samanlaiseen abstraktiin matemaattiseen ilmaisuun kuin Newton. Niin ikään luonnon fysikaalisen perustan selvittäminen ei ollut *Principian* nerokkuuden keskeinen ilmentymä, sillä esimerkiksi Kepler oli pohtinut monissa teoksissaan luonnon perimmäisiä fysikaalisia ominaisuuksia. Vaikka *Principia* ei näin ajatellen näyttänyt poikkeavan aikaisemmista tutkimuksista matemaattisen muotonsa tai fysikaalisen sisältönsä puolesta, sisältyi siihen yksilöllinen piirre, joka erotti sen aikakauden muista teoksista ja teki siitä tieteenhistoriallisessa mielessä ainutlaatuisen. Cohenin mukaan tämä tekijä oli teoksen kyky tuottaa sellainen matemaattinen järjestelmä, joka mahdollisti tieteellisen tutkimuksen kehityksen ja *yhtenäisen teoreettisen jatkuvuuden*.

Viitteet

- 1 Newton kehitti tunnetusti mekaniikan peruslait (I inertiallaki, II dynamiikan peruslaki, III voiman ja vastavoiman laki), mutta lisäksi hänen yhtenä keskeisenä tieteellisenä tavoitteenaan oli löytää gravitaatiolle tulkinta, joka selittäisi voiman perusteet vetoamatta mekaniikan mukaisiin syy-seuraussuhteisiin. Koyrén mukaan Newton oli väittänyt *Opticksin* kysymyksessä 28, että myöhäisen antiikin ajattelijat olivat hylänneet tyhjiön ja muiden kuin mekanististen syiden tarkastelun luonnonfilosofiassa, sepittäneet hypoteeseja selittääkseen niiden avulla kaikki luonnonilmiöt mekanistisesti ja viittaneet metafysiisiin syihin luonnon todellisena voimana. Newtonin tieteentarkoituksena oli rakentaa argumentit ilmiöistä sepittämättä hypoteeseja ja johtaa syyt vaikutuksista aina siihen saakka, kunnes voitiin päätyä perimmäiseen syyhyn, joka ei ollut koskaan mekanistinen. (Koyré 1968, 50–52.)
Principian kuuluisassa General Scholium -nimeä kantavassa loppuluvussa Newton esitti saman teesin hieman eri muodossa. Hän viittasi gravitaation perimmäiseen olemukseen ja uskoi vakaasti, että sen taustalla vaikutti jonkinlainen sähköinen ja elastinen (*electrici & elastici*) väliaine. Vaikka hänellä ei ollut kyseisen voiman luonteesta ainkaan aluksi kovin syvällistä käsitystä, väitti hän, ettei sen olemassaolosta ollut epäilyksiä, koska havainnot osoittivat kiistatta sen toimivan käytännössä. Tässä ei ole mahdollista käsitellä tätä asiaa tämän tarkemmin. Newton kehitteli ideoitaan ja työskenteli määrätietoisesti päästäkseen selvyteen gravitaation todellisesta luonteesta. Tästä kehityksestä saa hyvän kuvan vertailemalla *Principian* julkaistuja editioita (1687, 1713, 1726) toisiinsa (aiheesta tarkemmin Cohen 1978).
- 2 Nähtävästi Cohen uskoi vakavissaan Newtonin kritisoineen Keplerin emanaatio-oppia, mutta tosiasiaa tälle on vaikea löytää selvää näyttöä *Principiasta* tai Newtonin muista teksteistä. Keplerin esikoisteos *Mysterium cosmographicum* (1596) oli sisältänyt monia emanaatio-opin kaltaisia metafysisiä oletuksia – kuten käsitteen siitä, että planeettojen liikkeiden taustalla saattoi vaikuttaa jonkinlainen Jumalan kaltainen henki tai sielu (*anima*) – mutta Kepler luopui tällaisista muotoiluista viimeistään teoksissaan *Astronomia nova* (1609) ja *Harmonices mundi* (1619).
Newton oli ollut luultavasti täysin tietämätön Keplerin keksinnöistä aina vuoteen 1684 saakka, jolloin Halley vieraili Newtonin luona ja selosti tälle Keplerin keskeiset ideat. Tämän jälkeen Newton saattoi käyttää Keplerin pintalakeja ja ellipsilakeja hyväkseen kehitellessään ideoitaan *De motu corporum in gyrum*issa (1684) ja muissa *Principiaan* johtaneissa papereissaan. Näihin teksteihin ei kuitenkaan tuntunut sisältyvän emanaatio-opin kaltaisia metafysisiä kehitelmiä. (Ks. tarkemmin Herivel 1965, 351–352; Whiteside 1991, 11–12.)
Cohen käytti työssään Portsmouth Collectionin asiakirjoista jonkin verran Newtonin varhaisia papereita (MS Add. 3958), infinitesimaalien keksimistä koskevaan kiistaan liittyviä asiakirjoja (MS Add. 3968), Newtonin Trinity Collegien aikaista muistikirjaa ”Questiones quaedam Philosophiae” (MS Add. 3996), optiikan luentoja (MS Add. 4002) sekä ”Waste Bookia” (MS Add. 4004), mutta *The Newtonian Revolution* nojasi tästä huolimatta huomattavan paljon *Principian* ensimmäisen painetun laitoksen (1687) tarkasteluun. Työ ei tarjonnut tästä syystä *Principiaan* johtaneen kriittisen periodin (1664–86) kehityksestä läheskään yhtä syvällistä käsitystä kuin esimerkiksi Herivelin 1960-luvun puolivälissä julkaisema *The Background to Newton's Principia: A Study of Newton's Dynamical Researches in the Years 1664–1684* (1965).

Kirjallisuus

- Anstey, Peter R. (2004): The Methodological Origins of Newton's Queries. *Studies in History and Philosophy of Science* 35:2, 247–269.
- Bechler, Zev (1982): Introduction: Some Issues of Newtonian Historiography. Teoksessa *Contemporary Newtonian Research* (toim. Zev Bechler). Dordrecht, Boston and London: D. Reidel Publishing Company, 1–20.
- Bechler, Zev (1991): *Newton's Physics and the Conceptual Structure of the Scientific Revolution*. Dordrecht, Boston and London: Kluwer Academic Publishers.
- Bechler, Zev (1992): Newton's Ontology of the Force of Inertia. Teoksessa *The Investigation of Difficult Things. Essays on Newton and the History of the Exact Sciences in Honour of D. T. Whiteside* (toim. P. M. Harman ja Alan E. Shapiro). Cambridge and New York: Cambridge University Press, pp. 287–304.
- Cohen, I. Bernard (1974): Newton's Theory vs. Kepler's Theory and Galileo's Theory: An Example of a Difference between a Philosophical and a Historical Analysis of Science. Teoksessa *The Interaction between Science and Philosophy* (toim. Yehuda Elkana). Atlantic Highlands (N. J.): Humanities Press, 299–338.
- Cohen, I. Bernard (1974/1977): History and the Philosopher of Science. Teoksessa *The Structure of Scientific Theories*. Second Edition. Edited with a Critical Introduction and an Afterword by Frederick Suppe. Urbana, Chicago and London: University of Illinois Press, 308–349.
- Cohen, I. Bernard (1971/1978): *Introduction to Newton's 'Principia'*. Cambridge, London and Melbourne: Cambridge University Press.
- Cohen, I. Bernard (1982): The *Principia*, Universal Gravitation, and the 'Newtonian Style', in Relation to the Newtonian Revolution in Science: Notes on the Occasion of the 250th Anniversary of Newton's Death. Teoksessa *Contemporary Newtonian Research* (toim. Zev Bechler). Dordrecht, Boston and London: D. Reidel Publishing Company, 21–108.
- Cohen, I. Bernard (1980/1983): *The Newtonian Revolution. With Illustrations of the Transformation of Scientific Ideas*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ducheyne, Steffen (2005): Newton's Training in the Aristotelian Textbook Tradition: From Effects to Causes and Back. *History of Science* 43:3, 217–237.
- Ducheyne, Steffen (2011): Newton on Action at a Distance and the Cause of Gravity. *Studies in History and Philosophy of Science* 42:1, 154–159.
- Duhem, Pierre (1906/1981): *The Aim and Structure of Physical Theory*. Foreword by Prince Louis de Broglie. Translated from the French by Philip P. Wiener. New York: Atheneum. [Original work: *La Théorie physique. Son objet et sa structure*. Paris: Chevalier & Rivière, Éditeurs.]
- Gieryn, Thomas F. (1995): Boundaries of Science. Teoksessa *Handbook of Science and Technology Studies* (toim. Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Petersen ja Trevor Pinch). Thousand Oaks and London: Sage Publications, 393–443.
- Gillispie, Charles C. (1960): *The Edge of Objectivity. An Essay in the History of Scientific Ideas*. Princeton: Princeton University Press.
- Ginzburg, Benjamin (1933/1959): Newton, Sir Isaac. Teoksessa *Encyclopaedia of the Social Sciences*, vol. 11 (toim. Edwin R. A. Seligman ja Alvin Johnson). New York: The Macmillan Company, 369–370.
- Hall, A. Rupert (1982): Newton's Revolution. *The British Journal for the Philosophy of Science* 33:3, 305–315.
- Hall, A. Rupert (1993): *All Was Light. An Introduction to Newton's Opticks*. Oxford: Clarendon Press.
- Hall, A. Rupert (1992/1996): *Isaac Newton. Adventurer in Thought*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Harman, Peter M. (1973): 'Nature is a Perpetual Worker': Newton's Eather and Eighteenth-Century Natural Philosophy. *Ambix* 20:1, 1–25.
- Haycock, David Boyd (2004): 'The Long-Lost Truth': Sir Isaac Newton and the Newtonian Pursuit of Ancient Knowledge. *Studies in History and Philosophy of Science* 35:3, 605–623.

- Henry, John (2011): Gravity and *De gravitatione*: The Development of Newton's Ideas on Action at a Distance. *Studies in History and Philosophy of Science* 42:1, 11–27.
- Herivel, John W. (1965): Newton's First Solution to the Problems of Kepler Motion. *The British Journal for the History of Science* 2:4, 350–354.
- Iliffe, Rob (2004): Abstract Considerations: Disciplines and the Incoherence of Newton's Natural Philosophy. *Studies in History and Philosophy of Science* 35:3, 427–454.
- Koyré, Alexandre (1965/1968): *Newtonian Studies*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Rosen, Edward (1968/1973): Cosmology from Antiquity to 1850. Teoksessa *Dictionary of the History of Ideas*, vol. I: *Studies of Selected Pivotal Ideas* (toim. Philip P. Wiener). New York: Charles Scribner's Sons, 535–554.
- Schaffer, Simon (1982): The Newtonian Revolution Revisited [Book Review]. *History of Science* 20:2, 140–144.
- Whitehead, Alfred North (1923/1948): The First Physical Synthesis. Teoksessa Alfred North Whitehead, *Essays in Science and Philosophy*. New York: Philosophical Library, 166–176. [Original released in *Science and Civilization*. Essays Arranged and Edited by F. S. Marvin. London and Edinburgh: Humphrey Milford (Oxford University Press) 1923, 161–178.]
- Whiteside, Derek T. (1991): The Prehistory of the *Principia* from 1664 to 1686. *Notes and Records of the Royal Society* 45:1, 11–61.

Kirjoittaja on Oulun yliopiston tieteiden ja aatteiden historian jatko-opiskelija.

TUTKIMUSETIIKAN BAROMETRI 2018

Koska kaikista tiede- ja tutkimusalan ilmiöistä ei tehdä ilmoitusta, osa tapauksista jää pimentoon. Tästä syystä Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK) tilasi Vaasan yliopistolta kyselyselvityksen suomalaisen tutkimustyön eettisyydestä. Tutkimuseettikan barometri *Tutkimusyhteisöissä kaikki hyvin?* (Ari Salminen ja Lotta Pitkänen) on ensimmäinen kansallinen selvitys tutkimuseettisistä ongelma-kohtista Suomessa.

Tutkimuseettikan barometri osoittaa, että Suomessa työskentelevät tutkijat tekevät työtään hyvää tieteellistä käytäntöä noudattaen. Vaikka kilpailu esimerkiksi tutkimusrahoituksesta on kiristynyt, tiede- ja tutkimusalan ongelmat ovat edelleen harvinaisia.

”Barometrinen tulos on varsin selvä. Vastaajien arvioiden mukaan vakavia tutkimuseettisiä loukkauksia esiintyy todella vähän. Tämä on suomalaisen tutkimustyön vahvuus”, toteaa selvityksen vastuullinen johtaja, emeritusprofessori Ari Salminen Vaasan yliopistosta. ”Tutkimuseettisiä ongelmia sen sijaan saattavat barometrinen tulosten mukaan aiheuttaa työ- ja tutkimusyhteisöiden toimintatavat ja johtamisen käytännöt.”

Tutkimuseettikan barometri on osa Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ja Tiedonjulkistamisen neuvottelukunnan Vastuullinen tiede hanketta, jota rahoittaa opetus ja kulttuuriministeriö. Barometri toteutettiin suomen-, ruotsin- ja englanninkielisenä kyselynä, jonka TENK lähetti yliopistoihin, ammattikorkeakouluihin ja tutkimuslaitoksiin tammikuussa 2019. Vastaajia oli 1 246 henkilöä. Linkki julkaisuun on TENKin verkkosivuilla www.tenk.fi.

TAIDEYLIOPISTON TUTKIMUSPAVILJONKI VENETSIASSA

Venetsian biennaali on yksi keskeisimmistä nykytaiteen tapahtumista, joka vetää puoleensa taidealan toimijoita eri puolilta maailmaa. Taideyliopiston koordinoima tutkimuspaviljonki järjestetään tänä vuonna kolmannen kerran. Tutkimuspaviljonki tuo Venetsiaan taiteellista tutkimusta, joka vakiinnutti asemansa Suomessa ja maailmalla 2000-luvun alussa.

Taiteellinen tutkimus ei tarjoa valmiita vastauksia, vaan nostaa pinnalle tärkeitä kysymyksiä. Taiteilija-tutkijoita kiinnostaa tällä hetkellä esimerkiksi ilmastonmuutos. Taideyliopiston tutkija, kuvataiteilija **Tuula Närhinen** tutkii ihmisen ja hyönteisen suhdetta aikana, jona ekosysteemille olennaisen tärkeiden hyönteisten määrä vähennee radikaalisti. Närhisen ja säveltäjä **Tytti Arolan** projektissa *Insects among Us* sovelletaan kuvataiteen ja musiikin keinojen lisäksi myös hyönteistutkimuksesta lainattuja menetelmiä. *Electronic Chamber Music* on puolestaan paitsi bändi myös jäsentensä tutkimusprojekti, joka pyrkii rikkomään musikoille tyypillisen ilmaisun rajoja. Nelijäsenisen yhtyeen soittoa kuullaan Taideyliopiston Venetsian tutkimuspaviljongin avajaisissa ja sen jälkeen tutkimusjakson aikana paviljongissa.

Tapahtumapaikkana on vanha luostarirakennus Sala del Camino Giudeccan saarella. Tämänvuotinen tutkimuspaviljonki on luotu yhteistyössä Louise ja Göran Ehrnrooth -säätiön kanssa. Tutkimuspaviljonkiin osallistuu lähes viisikymmentä taiteilija-tutkijaa eri puolilta maailmaa.