

JARMO PULKKINEN

Metafora ja tieteellinen keksiminen

Tieteellisen keksimisen tutkiminen on perinteisesti koettu hankalaksi sekä tieteenfilosofiassa että tieteenhistoriassa. Seuraavassa hahmottelen uutta lähestymistapaa, jonka avulla kykenen tarkastelemaan filosofisesti myös alkuperäistä keksimistapahtumaa. Keskeisenä käsitteenä on metafora, jonka avulla pyrin sitomaan keksimistapahtuman ajalliseen ja paikalliseen kontekstiinsa.

Keksimisen ongelma tieteenfilosofiassa ja -historiassa

1900-luvun tieteenfilosofiassa tieteellinen keksiminen nähtiin usein ilman sääntöjä tapahtuvaksi luovaksi toiminnaksi, jota on mahdotonta tarkastella rationaalisesti. Käsitys nojautui olennaisesti Reichenbachin erotteluun keksimisen ja oikeuttamisen kontekstien välillä. Oikeuttamisen konteksti antaa filosofisen eli rationaalisen rekonstruktion tieteellisestä toiminnasta. Sen sijaan keksimisen konteksti tutkii aktuaalisia ajatusprosesseja psykologian, sosiologian ja historian avulla. Popperin sanoin koska ”jokainen keksintö sisältää irrationaalisen elementin tai luovan intuition”, keksimisprosessin looginen rekonstruktio on mahdotonta¹.

Myös tieteenhistoriallisessa tutkimuksessa keksimistapahtuman saavuttaminen jälkikäteen on hyvin vaikeaa. Kuten kaikki historian tutkimus, tieteenhistoria nojautuu historialliseen lähdemateriaaliin, jota ovat tiedemiehen julkaistujen kirjoitusten lisäksi laboratorionpäiväkirjat, muistiinpanot, kirjeet ja muut aikalaiskuvaukset. Koska lähdemateriaali on tyypillisesti riittämätöntä, voimme yleensä esittää vain keskenään kilpailevia tulkintoja tiedemiehen toiminnasta. Lähteiden riittämättömyys korostuu keksimistapahtuman kuvauksessa, koska siitä on vain

poikkeuksellisesti tarjolla yksiselitteistä lähdemateriaalia.

August Kekulën (1829–1896) kuvaus bentseenimolekyylin rakenteen keksimisestä käärme-metaforan avulla tuo hyvin esiin tieteenhistorian ongelmat. Vuonna 1890 Kekulë piti puheen Saksan kemistiseuran kokouksessa, jossa hän kertoo bentseenimolekyylin keksimistilanteesta 1860-luvun alussa. Kekulë oli istunut kirjoittamassa työhuoneessaan. Työ ei edistynyt, joten Kekulë käänsi tuolinsa takkatulen suuntaan ja torkahti hetkeksi. Unessa hän näki suuria rakenteita, jotka kietoutuivat ja kiertyivät toisiinsa käärmeen liikettä muistuttavalla tavalla. Kekulë jatkaa: ”Mutta katso, mikä tuo oli?! Yksi käärmeistä oli tarttunut omaan häntäänsä, ja hahmo pyöri ilkkuvasti edessäni. Heräsin kuin salamaniskuun, ja myös tällä kertaa vietin loppuillan selvittääkseni hypoteesini seurauksia². Ajatustyön lopputuloksena oli bentseenimolekyylin rengasmaisen rakenteen löytyminen.

Tieteenhistoriassa edes Kekulën puheen kaltainen lähdemateriaali ei ole täysin epäilyksen ulkopuolella. Tieteenhistorioitsijat ovat löytäneet samantapaisen kuvauksen bentseenistä neljä vuotta aikaisemmin ilmestyneestä humoristisesta julkaisusta, joka oli kemistien keskuudessa syntynyt parodia kemistiseuran virallisesta julkaisusta. Siinä eräs kirjoittaja väittää eläintieteen tarjoavan hyödyllisen apuvälineen hiiliatomien käyttäyty-



misen ymmärtämisessä. Kun kuusi kehän muotoon asetunutta apinaa tarttuu käsillään edessään olevan jaloista kiinni, on meillä täydellinen analogia bentseenimolekyylin kuusikolmio-rakenteesta.³

Tilanne on tulkittu kahdella eri tavalla. Suositumman tulkinnan mukaan parodia syntyi käärme-tarinan pohjalta, joka oli jo levinnyt suullisesti kemistien keskuudessa ennen ilmestymistä kirjallisessa muodossa⁴. Toisen version mukaan Kekulèn käärme-tarina ei ollut aito muisto. Väittämällä saaneensa ajatuksen unessa Kekulè tietoisesti pyrki välttämään kunnian jakamisen keksinnöstä ranskalaisen Auguste Laurentin kanssa⁵.

Perinteisen tieteenhistorian anekdootit ja tieteenfilosofinen erottelu oikeuttamisen ja keksimisen kontekstien välillä tukivat kuitenkin hyvin toisiaan. Molemmassa keksiminen näyttyy puhtaasti yksilöpsykologisena, äkilliseen mysteeriseen oivallukseen perustuvana prosessina. Jyrkkä erottelu keksimisen ja oikeuttamisen kontekstien välillä kyseenalaistettiin tieteenfilosofiassa jo 1970-luvulla⁶. Esimerkiksi Kordig korvasi sen kolmijaottelulla:

(1) Alustava ajatus: tiedemiehet keksivät intuitiivisesti hypoteeseja, jolloin hypoteesi ”juolahtaa” mieleen tai se ”arvataan”.

(2) Uskottavuus: hypoteesin mieleen juolahtamisen jälkeen, mutta ennen sen testaamista, tiedemiehellä on hyviä syitä pitää sitä uskottavana.

(3) Hyväksyttävyyys: hypoteesi selviää empiirisestä testistä.⁷

Kordigin mukaan voimme saavuttaa rationaalisten menetelmien avulla sekä toisen että kolmannen kohdan. Siten voimme hänen mukaansa puhua ”keksimisen logiikasta” ainakin N. R. Hansonin sille antamassa mielessä⁸. Sen sijaan hypoteesin alkuperäinen keksimistapahtuma on edelleen yksilöpsykologinen tapahtuma, jonka filosofinen käsitteellistäminen ei ole mahdollista. Viime vuosikymmenien tieteenfilosofiassa keksimistapahtuman ongelmaa on lähestytty monista eri näkökulmista. Mitään menestyksen takaavaa keksimisen logiikkaa ei kuitenkaan ole löytynyt, eikä sen löytymiseen edes uskota.

Metaforat tieteellisen keksimisen apuvälineenä

Seuraavassa lähestyn keksimistilannetta sekä tieteenhistoriallisesta että tieteenfilosofisesta näkökulmasta. Yhtäältä nojaudun viime aikojen tieteenhistorialle tyypilliseen ajatukseen, että tieteellinen tutkimus on aina sitoutunut ajalliseen ja paikalliseen kontekstiinsa. Toisaalta lähtökohtani on metafora. Koska tieteelliset metaforat tarjoavat usein uuden tavan hahmottaa ja käsitteellistää jotain luonnonilmiötä, metafora ja tieteellinen keksiminen ovat yhteydessä toisiinsa.

Tieteenfilosofiassa metaforan käsitettä ei ole erotettu kovinkaan tarkasti analogian ja mallin käsitteistä. Koska käytän yksinomaan metaforan käsitettä, perustelen lyhyesti käytäntöni. Bailer-Jonesin mukaan malli on empii-

risen ilmiön tulkitseva kuvaus, jonka avulla ilmiö kyetään saavuttamaan⁹. Analogia on suhde olioiden tai prosessien välillä¹⁰. Metafora on kielellinen ilmaus, jossa ainakin osa ilmauksesta siirretään yhdestä käyttöyhteydestä (lähdealue), jossa se on tavallinen, toiseen käyttöyhteyteen (kohdealue), jossa se on poikkeuksellinen. Sekä mallit että metaforat ovat kuvauksia. Siten ne voidaan erottaa analogioista¹¹.

Tieteellisessä ajattelussa metaforalla on ainakin kaksi keskeistä funktiota. Ensiksi metaforien avulla luodaan uutta tieteellistä käsitteistöä, jonka avulla tutkimuksen kohteena olevasta ilmiöstä voidaan ylipäänsä puhua. Toinen metaforan funktio on uusien tutkimuskohteiden luominen. Tuolloin lähdealuetta koskeva väite muunnetaan kohdealuetta koskevaksi hypoteesiksi. Esimerkiksi väitettäessä ”ihmismieli on tietokone” voimme kääntää tietokoneen toimintaa koskevat väitteet ihmismielen toimintaa koskeviksi hypoteeseiksi.

Siten metafora luo yhteyden lähde- ja kohdealueen välillä. Lähdealueella jonkin ilmiön kuvaukseen käytetty käsitteistö siirretään kohdealueelle, jossa sitä käytetään kuvaamaan toista ilmiötä. Siten vaikka emme kykene saavuttamaan yksilön sisäisiä subjektiivisia ajatusprosesseja, voimme tutkia niitä lähde- ja kohdealueita, joista ajatusprosessi saa sisältönsä. Lisäksi tätä kontekstia tarkastelemalla on mahdollista sanoa jotakin myös yksilön ajatusprosessista eli tässä tapauksessa tieteellisestä keksimistapahtumasta.

Ajatteluprosessin kontekstia voidaan jäsentää erottelamalla toisistaan seuraavat viisi metaforien lähdealuetta:

(1) Fysikaalinen lähdealue eli elolliset organismit ja elottomat materiaaliset objektit (esimerkiksi ”bentseenimolekyylin rakenne on häntäänsä nielevä käärme”).

(2) Psyykinen lähdealue eli subjektiivisia mentaalisia tiloja koskevat kokemukset (esimerkiksi ”sympatia-metafora” galeenisessa lääketieteessä).

(3) Sosiaalinen lähdealue eli yhteiskunnallis-sosiaaliset suhteet, instituutiot ja rakenteet.

(4) Ihmismielen abstraktit tuotteet eli erilaiset teoreettiset symboli- ja informaatiojärjestelmät.

(5) Tekniikka.

Eläinten liikkeen metaforat

Teoksessaan *Eläinten liikkeestä* Aristoteleen keskeinen ongelma on käsitteellistää ja kuvata eläimille tyypillisiä liikkumisen muotoja, kuten ryömiminen, kävely, juoksu, uinti tai lentäminen. Yksi teoksen kuuluisimpia kohtia on eläimen ja kaupungin rinnastus: ”eläin on rakentunut kuin kaupunki, jossa on toimiva lainsäädäntö”¹².

1600-luvulla verenkierron keksijä William Harvey (1578–1657) rinnasti eläimen lukuisiin yhteiskunnallis-sosiaaliisiin instituutioihin. Hänen mukaansa eläimen metaforia ovat armeija, valtionhallinto, kuoro tai laivan miehistö. Tällöin aivot ovat kenraali, käskyjä kuljettavat hermot vääpeleitä, kapteenit hermohaaroja ja lihakset sotilaita. Valtionhallintoon verratessa aivot ovat senaatin

”Metaforien avulla tapahtuva keksiminen perustuu viime kädessä yksilöpsykologiseen tapahtumaan, jonka saavuttaminen ei ole mahdollista rationaalisten menetelmien tai logiikan avulla.”

johtaja, hermot rauhantuomareita, hermohaarat virkamiehiä ja lihakset kansa. Tai aivot ovat kuoronjohtaja, joka hermojen eli tahdinlyöjien kautta ohjaa lihaksia eli laulajia¹³. Harveyn suosikki oli kuorometafora, jota hän täydensi abstrakteilla harmonian ja rytmin metaforilla. Tällöin samaan tapaan kuin kuoro laulaa rytmissä ja harmoniassa, eläimen liikkeessä lihasten ja luuston liike tuottaa rytmikkään ja harmonisen toiminnan.

Italialaisen Giovanni Borellin (1608–1679) teos *De motu animalium* (1680–1681) käsitteellisti eläimen tekni-
nisten metaforien avulla. Tuolloin vatsa on tislauksastia, valtimot ja laskimot hydraulisia putkia, sydän pumppu, sisäelimet siivilöitä, keuhkot palkeet sekä lihakset ja luusto köysien, vipujen ja väkipyörien järjestelmä. Eläimen kokonaisuutta Borelli vertasi automaattiin: ”teknisten aikaansaannosten joukossa emme näe mitään enemmän eläimiin ja kasveihin verrattavissa olevaa kuin automaatti tai hammasrattaista valmistettu kello”¹⁴. Harveyn sosiaalisten metaforien ja Borellin teknisten metaforien vertailu sekä havainnollistaa anatomisen ja fysiologisen tutkimuksen teoriasidonnaisuutta että tuo esiin metaforien roolin tieteellisessä keksimisessä.

*

Borellin menestys ja Harveyn epäonnistuminen voidaan keskeisiltä osin selittää heidän käyttämillään metaforilla. Kun Harvey yritti soveltaa sosiaalisia metaforiaan konkreettiseen tapaukseen, tulokset eivät olleet kovinkaan

kiinnostavia. Esimerkiksi Harvey sanoo, että jos katkaisemme kanalta pään, se liikkuu jonkin aikaa, mutta epäsäännöllisesti ja ilman harmoniaa ja rytmiä, samaan tapaan kuin ”hourailevat tai humalassa olevat miehet”¹⁵. Harveyn pitkä lista sosiaalisia metaforia löytyy kesken-
eräisen käsikirjoituksen *De motu animalium* viimeisiltä sivuilta. Lista antaa vaikutelman, että Harvey yritti miltei epätoivoisesti käsitteellistää tutkimusongelmaansa, mutta huonolla menestyksellä.

Borelli tarkasteli lihasten ja luuston toimintaa köy-
sistä ja vivuista koostuneena mekanismina. Tämän seuraus-
rauksena hän kykeni laskemaan eri liikesarjoja suorittavien lihasten käyttämän voiman. Esimerkiksi Borelli sanoo, että jos käsivarsi on vaakasuorassa asennossa ja kädessä on 28 paunan paino, hauras- ja olkavarsilihaksen käyttämä voima on yli 1 120 paunaa¹⁶. Yksinkertaisten liikkeiden jälkeen Borelli siirtyi monimutkaisempiin liikkeisiin. Hän jopa arvioi linnun siipien käyttämän voiman lentämisessä. Vaikka laskelmat ovat hyvin karkeita nykynäkökulmasta tarkasteluna, voidaan kuitenkin väittää, että teknisten metaforien käyttö edesauttoi hänen tutkimustaan. Borellin omin sanoin se avasi hänelle ”luke-
mattomat, suurenmoiset ja ihastuttavat ongelmat, jotka voidaan ehdottaa ja joista voidaan keskustella”¹⁷.

Harveyn epäonnistuminen selittyy osittain myös sosiaalisten metaforien ominaislaadulla. Sosiaalisen suhteen tai instituution rakenne ja funktio ovat usein epämääräisiä. Esimerkiksi kuoron määritelmä on joukko yhdessä laulavia ihmisiä. Kuoroa johtaa usein kuoronjohtaja,

mutta kuoro voi myös esiintyä ilman johtajaa. Lisäksi kuoro voi esiintyä joko musiikin säestyksellä tai ilman sitä. Kun Harvey siirsi kuorometaforan tarjoaman käsitteistön eläinruumiin kohdealueelle, alkuperäinen epämääräisyys seurasi mukana. Sen sijaan verrattuna sosiaalisiin suhteisiin tai instituutioihin, artefaktin rakenne ja toimintatapa on joustamaton. Jotta esimerkiksi köysien, vipujen ja väkipyörien muodostama mekanismi toimisi, sillä on oltava tietyt osat ja nämä osat täytyy liittää toisiinsa tietyllä tavalla. Kun Borelli näki eläinten lihakset ja luuston teknisenä mekanismina, hän sai käyttöönsä tarkemmin määritellyn käsitteellisen verkoston kuin Harvey sosiaalisten metaforien avulla.

Teknisten metaforien toinen etu liittyy kvantitatiivisen kuvauksen mahdollisuuteen. Artefaktien toimintaa voidaan kuvata matemaattisten suhteiden avulla. Koska Borelli näki lihakset ja luuston mekanismina, hän saattoi siirtää nämä matemaattiset suhteet eläinruumiin muodostamalle kohdealueelle. Tässä suhteessa Harveyn käyttämät harmonian ja rytmin käsitteet olivat selkeästi alakynnessä. Vaikka harmonian ja rytmin käsitteillä on määrittänyt matemaattinen merkitys musiikissa, Harveyn käsitys eläinten liikkeen harmoniasta perustui subjektiiviselle tuntemukselle.

Yleisemmällä tasolla vertailu havainnollistaa sopivien metaforien tärkeyttä tieteellisessä keksimisessä. Eri lähdealueilta peräisin olevat metaforat tarjoavat erityyppisiä käsitteellisiä verkostoja ja antavat siten erilaisen kuvan tutkittavasta ilmiöstä.

Metaforien lähde- ja kohdealueiden analyysi ei kuitenkaan tuo meitä yhtään lähemmäksi yleistä keksimisen logiikkaa, joka varmistaisi menestyksen. Kyse on pikemminkin keksimistä edeltävän tilanteen analyysistä. Tässä suhteessa yritykseni on lähellä joidenkin tieteenfilosofien ehdotuksia. Burianin mukaan tieteellisen keksimisen filosofisen analyysin tulisi kattaa myös keksimiseen liittyvät taustatekijät. Hänen mukaansa tarvitsemme luokittelun tieteellisten keksintöjen tekemistä edesauttavista tekijöistä¹⁸.

Metaforien avulla tapahtuva keksiminen perustuu viime kädessä yksilöpsykologiseen tapahtumaan, jonka saavuttaminen ei ole mahdollista rationaalisten menetelmien tai logiikan avulla. Yksilöiden subjektiiviset ajatusprosessit saavat kuitenkin sisältönsä ulkopuolisesta kontekstistaan, joka on tavoitettavissa. Tieteellinen keksiminen tapahtuu tietystä historiallisesta ympäristöstä, jota tutkimalla havaitaan, että luovuudella on omat ennakkoehtonsa. Esimerkiksi eri aikoina tekniikan kehitystaso on mahdollistanut tietynlaiset artefaktit, jotka ovat puolestaan mahdollistaneet tietynlaiset tieteessä käytetyt tekniset metaforat. Ihmismieltä ei voitu verrata tietokoneeseen ennen ensimmäisen tietokoneen rakentamista. Siten metaforien lähde- ja kohdealueiden analyysi on hyödyllinen apuväline tieteenhistorialliselle tutkimukselle. Kuten Harveyn ja Borellin esimerkki osoittaa, sen avulla ymmärrämme paremmin miksi jotkut menneisyyden tieteentekijät epäonnistuivat ja toiset onnistuivat omassa tutkimustyössään.

Viitteet

- 1 Popper 1968, 31–32. Kaikki suomennokset JP.
- 2 Benfey 1958, 22.
- 3 Wilcox ja Greenbaum 1965, 266.
- 4 Rocke 1985, 356.
- 5 Wotiz 1988.
- 6 Sintonen ja Kiiikeri 2004 tarjoaa hyvän katsauksen viime vuosikymmeninä tieteenfilosofiassa aiheesta käytyyn keskusteluun.
- 7 Kordig 1978, 114–115.
- 8 Kordig 1978, 115.
- 9 Bailer-Jones 2002, 108–109.
- 10 Bailer-Jones 2002, 113.
- 11 Bailer-Jones 2002, 114.
- 12 Aristoteles 2006, 703 a29–30.
- 13 Harvey 1959, 151.
- 14 Borelli 1681, 387.
- 15 Harvey 1959, 111.
- 16 Borelli 1680, 64–65.
- 17 Borelli 1680, prooemium.
- 18 Burian 1980, 324.

Kirjallisuus

- Aristoteles, Eläinten liikkeestä. Teoksessa *Teokset*, Osa 5, *Sielusta ja muita pieniä tutkielmia*. Gaudeamus, Helsinki 2006.
- Bailer-Jones, Daniela, Models, Metaphors, and Analogies. Teoksessa Peter Machamer & Michael Silberstein (toim.), *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*. Oxford University Press, Oxford 2002, 108–127.
- Benfey, Theodor, August Kekulé and the Birth of the Structural Theory of Organic Chemistry in 1858. *Journal of Chemical Education*, Vol. 35, No. 1 (1958), 21–23.
- Borelli, Giovanni, *De motu animalium, pars prima*. Rooma 1680.
- Borelli, Giovanni, *De motu animalium, pars altera*. Rooma 1681.
- Burian, Richard, Understanding Scientific Discovery. Teoksessa Thomas Nickles (toim.), *Scientific Discovery, Logic, and Rationality*. D. Reidel, Dordrecht 1980.
- Harvey, William, *De motu locali animalium 1627*. Cambridge University Press, Cambridge 1959.
- Kordig, Carl, Discovery and Justification. *Philosophy of Science*, Vol. 45 (1978), 110–117.
- Popper, Karl, *The Logic of Scientific Discovery*. Hutchinson, Lontoo 1968.
- Rocke, Alan, Hypothesis and Experiment in the Early Development of Kekulé's Benzene Theory. *Annals of Science* Vol. 42 (1985), 355–381.
- Rudofsky, Susanna & Wotiz, John, Psychologists and the Dream Accounts of August Kekulé. *Ambix* Vol. 35 (1988), 31–38.
- Sintonen, Matti & Kiiikeri, Mika, Scientific Discovery. Teoksessa Ilkka Niiniluoto, Matti Sintonen & Jan Wolénski (toim.), *Handbook of Epistemology*. Kluwer, Dordrecht 2004, 205–253.
- Wilcox, David & Greenbaum, Frederick, Kekulé's Benzene Ring Theory: A Subject for Lighthearted Banter. *Journal of Chemical Education* Vol. 42 (1965), 266–267.