

# ALKEMIASTA KVANTTIMEKANIikkaan



Alkemiasta lähtemällä voidaan seurata vuosituhansia jatkunutta kehitystä, joka jatkuu aina 1920-luvulla kehitettyyn kvanttimekaniikkaan asti. Siinä ei ole kuitenkaan kysymys aatehistoriallisesta jatkumosta, sillä luonnontieteiden syntyminen oli mutkikas vuoropuhelu.

**1** 980-luvulla eräs tuttavani totesi huvittuneena, että ohjelmoijat muistuttavat keskiaikaisia alkemisteja, jotka tuijottavat keskittyneesti hermeettisiä pullojaan<sup>1</sup>. Vertaus on hauska ja syvälinen, mutta minulla kului aikaa sen ulottuvuuksien tajuamiseen. Vertaus vaatiikin selvennystä. Sekä alkemistit että ohjelmoijat ovat olleet omana aikanaan hieman salaperäisiä huippuammattilaisia, joiden työskentelytapoja ulkopuolisten on ollut vaikea ymmärtää.

Alkemistien eräs keskeinen työväline on suljettu hermeettinen pullo. Sitä tarkkailemalla voidaan seurata pulloon suljettujen aineiden reaktioita ja tehdä päätelmiä alke-

mististen prosessien edistymisestä. Ohjelmoijien keskeinen työväline on tietokoneen näytön kuvaputki, joka oli 1980-luvulla toimintaperiaatteeltaan hermeettisesti suljettu tyhjiöputki.

Oman aikamme historiankirjoituksessa alkemiaa on väheksytty ilmeisistä syistä. Alkemian käsitykset alkuaineista tuntuvat mieltömiltä, ja okkultismi ja astrologia olivat sen olennaisia osia. Myös alkemistien kokeellinen ja jopa teatraalinen toiminta tuntuu perustuvan pikemminkin näyttävyyteen ja salaperäisyyteen kuin tieteellisten menetelmien soveltamiseen. Tällainen jälkiviisaus on toki kohtuutonta.

<sup>1</sup> Olin suunnittelemassa tekniikan tutkijoiden luovuuuskoulutusta, ja pyysin Kone-yhtiössä työskennellyttä Matti Kähköpuroa yhdeksi luennoijaksi. Hän on taiteentekoa harrastava elektroniikkaguru, joten arvasin, että hänellä olisi kiinnostavia näkökulmia insinööriyön ja luovuuden yhteyksistä.

**Matheus van Helmont on kuvannut alkemistien työskentelyä maalauksessaan 1600-luvulla.**



## ALKEMIAN RIKAS MENTAALINEN MAAILMA

Alkemian<sup>2</sup> katsotaan muodostuneen omaksi opikseen vuoden 100 tienoilla. Tällöin antiikin Kreikan filosofiaan alettiin liittää egyptiläistä metalleja koskevia oppeja eli metallurgiaa. Alkemiaan sisältyi tuon ajan käsitteitä alkuaineista eli perusaineista tai perussubstansseista, joista kaikki maailmassa kostuu. Alkemistit nojasivat historiaan ja auktoriteetteihin. He etsivät vanhoista kirjoituksista syvimpiä ja samalla siis mahtavimpia totuuksia.

Alkemiolla oli käytännöllisiä tavoitteita. Se tähtäsi kullan valmistukseen. Kullan ajateltiin olevan sukua tulelle ja auringolle, mikä tarkoittaa myös elämän perusvoimaa. Alkemisti työskenteli tulen avulla tavoitellen kullan ohella kuolemattomuutta. Työskentelyn eräänlainen välituote oli viisasten kivi. Sillä uskottiin olevan voimaa muuttaa aineita toisiksi, ja sitä jauhamalla ja muokkaamalla aikaansaataisiin myös elämän eliksiiriä.

Ihmisiä alkemian pariin ovat luultavasti houkuttelleet toiveet rikkaudesta ja ikuisesta elämästä, ei pelkästään tiedon ja viisauden jano. Nuo samat tavoitteet ovat taanneet alkemisteille varakkaita tukijoita.

Alkemian mutkikasta olemusta on vaikea määrittellä lyhyesti. Määrittelyn sijasta voidaan esittää seuraava melko mielivaltaisesti koostettu kuvaus.

Alkemian keskiössä on kreikkalaisen mytologian jumala **Hermes**, joka oli jumalten nopeajalkainen sanansaattaja, ja roomalaisessa mytologiassa häntä vastaava **Mercurius**. Astrologiassa Merkurius-planeetta hallitsee älyä ja symbolikieltä, ja horoskoopin syntymäkartassa Merkurius takaa kirkkaan älyn ja hyvät puheenlahjat. Merkuriuksen hallitsema metalli on elohopea, jonka mukaan se on saanut myös nimensä (esimerkiksi englanniksi *mercury*).

Elohopea on yksi alkemian perusaineista rikin, suolan ja salpietarin ohella. Alkemiantuntee kaksikin elohopeaa: feminiinisen, kylmän, kostean ja juoksevan elohopean sekä maskuliinisen ja punaisen elohopean eli elohopeamalmi sinooperin. Rikki on toinen alkemian tärkeistä aineista, ja sillä on tärkeä rooli kullan valmistuksessa. Elohopea ja rikki voivat kiinnittyä suolaan, jolloin ne sammuttavat toistensa aktiiviset ominaisuudet. Suolan passiivisuuden vastakohta alkemiassa on salpietari. Osa alkemistin työtä on rauhoittaa ja sovittaa yhteen rikin ja salpietarin voimat. Elohopea ja rikki ovat läsnä kaikissa maailmankaikkeuden muodoissa, ja erään käsityksen mukaan kaikki liikkuva on luonteeltaan elohopeaa.

Lisäksi alkemia sisällyttää itseensä neljä peruselementtiä: maan, ilman, veden ja tulen. Taivaankappaleilla, Kuulla, Auringolla, Merkuriuksella, Venuksella ja Saturnuksella on niilläkin alkemiassa omat merkityksensä

ja vaikutuksensa. Niiden avulla selitetään ja kehitetään alkemistisiä prosesseja.

## KOKEELLISEN LUONNONTIETEEN VARHAINEN MALLI HAHMOTTUU

Alkemian synnytti aivan uuden käsitteen, laboratorion. Kirjaviisauden ohella uutta tietoa tuotettiin alkemiassa käytännöllisellä ja järjestelmällisellä työskentelyllä. Laboratorio mahdollisti ilmiöiden tutkimisen säädellyissä olosuhteissa käyttäen erityisiä välineitä ja menetelmiä.

Alkemistin työprosessi eteni useiden vaiheiden kautta. Työ aloitettiin sekoittamalla huumareissa malmeja, metalleja ja orgaanisia happoja. Näiden hienontamiseen saatettiin käyttää pitkiäkin aikoja, jotta ne sekoituisivat täydellisesti. Seuraavassa vaiheessa sekoitusta alettiin kuumentaa upokkaassa. Lämpötilaa nostettiin hitaasti, ja sitä pidettiin yllä päiväkausia.

Kuumennusprosessin jälkeen seokseen lisättiin muun muassa happoa, ja ainesosista alettiin höyrystää ja uudelleen tiivistää. Tämä jopa vuosia vaativa tislusprosessi oli kaikkein vaikein vaihe. Sitä tarkkailtiin jatkuvasti, kunnes sen valmistumisesta kertova merkki havaittiin. Seuraavaksi seokseen lisättiin hapettavaa ainetta, kuten salpietaria. Sitten seosta käsiteltiin erilaisten kuumennus- ja puhdistusvaiheiden kautta, jotta saataisiin aikaan kiinteää viisasten kiveä.



KUVAN LÄHDE: WELLCOME COLLECTION, WIKIMEDIA COMMONS

**Elohopea ja rikki on kuvattu ihmis-hahmoisina 1500-luvulta peräisin olevassa kuvituksessa.**

<sup>2</sup> Hudson, John: *Suurin tiede – kemian historia*. Jyväskylä: Gummerus, 1995.



## Alkemistia uhkasivat sekä myrkytykset että laboratorioräjähdykset.

Nykytiedon valossa alkemian harjoittaminen oli varsin epäterveellistä ja jopa hengenvaarallista. Elohopeapitoisia seoksia kuumennettiin useita kertoja, joten alkemistit altistuivat jatkuvasti myrkyllisille höyryille. Suorastaan hälyttävää on, että joissain vaiheissa seoksiin lisättiin rikkiä ja salpietaria, siis nykyään hyvin tunnettuja ruudin ainesosia. Alkemistia uhkasivat sekä myrkytykset että laboratorioräjähdykset.

Tohtori Faustin legendan pohjana on mahdollisesti alkemistisen kokeen aiheuttama räjähdys. Sen mukaan kiertelevä alkemisti **Johann Georg Faust** (1480–1540) löydettiin laboratorionsaan niin pahoin silpoutuneena, että kuoleman takana arveltiin olevan itse paholainen. Ilmeisesti tohtori oli vehkeillyt paholaisen kanssa, ja kaupasta syntynyt velka lankesi maksettavaksi.

Alkemistit toki aavistivat työnsä vaarallisuuden, ja sitä saatettiin pitää jopa täysin asiaan kuuluvana. Alkemiassa vanhan mytologisen perinteen mukaisesti liitettiin edistyneeseen tietoon monenlaisia uhkia. Edistyneen tiedon ei uskottu kuuluvan ihmisille, joten sen tavoittelijoita saattoi uhata rangaistus. Tämä on ikivanhan **Prometheus**-myytin keskeistä sisältöä. Pro-

metheus varasti myytissä tulen jumalilta, josta hänelle koitui rangaistus.

Kristillinen kirkkoisä **Tertullianus** (155–230) oli rakentamassa uutta uskontoa, ja hän kiinnitti huomionsa Prometheus-myytin versioon, jossa Prometheus muovasi ihmisen ja herätti sen henkiin. Tertullianuksen mukaan Prometheus oli Jumalan kilpailija ja siis ilmeisesti paholainen. Näin Prometheusin edustama tieto ja tekniset taidot olivat jotain äärimmäisen pahaa ja tuomittavaa. Kehittyvä luonnontiede peri tämän leiman.

### LUONNONTIETEEN ARKKITYYPIT MUODOSTUVAT ENNEN TIEDETTÄ

Keskiajalla julkisesti esiintyvät alkemistit synnyttivät luonnontieteilijän persoonallisen arkkityypin. Sen taustalla saattoi olla sekavia puhuva alkemisti, joka käyttäytyi myrkytysten vaikutuksesta oudosti. Alkemistit olivat helposti joukosta erottuvia julkisuuden hahmoja.

Kaikkein kuuluisin alkemisti oli luultavasti saksalainen **Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus von Hohenheim** (1493–1541), jonka tunnettiin nimellä **Paracelsus**. Hänen toimintansa kokoaa yhteen myöhäiskeskiajan orastavan luonnontieteen muotokuvan, sillä

se yhdisteli filosofiaa, lääkintätaitoa, astrologiaa, kemiaa, okkultismia ja magiaa.

Paracelsus oli eräänlainen tieteen huonokäyttöksinen rocktähti, joka herätti huomiota suurieleisellä käytöksellään ja sensaatio-

maisilla esityksillään. Toisaalta hänellä oli myös aivan pätevää tietoa kemiasta ja lääketieteestä, ja häntä pidetään myrkkyyopin eli toksikologian isänä. Paracelsus rikkoi surutta vanhaa tabua väittämällä luoneensa elä-



Sensaatiomainen alkemisti Paracelsus on kuvattu kirjan kuvituksessa vuonna 1629.

## Paracelsus oli eräänlainen tieteen huonokäyttöksinen roktähti, joka herätti huomiota suurieleisellä käytöksellään ja sensaatiomaisilla esityksillään.

vän olennon: polvenkorkuisen apulaisen eli homunculuksen, joka oli kuitenkin tottelematon ja karkasi.

Epäilyttävän tieteen ja tieteentekijän arkkityypin tiivistää loistavasti englantilaisen kirjailijan **Mary Shelley** (1797–1851) kirjoittama kuuluisa *Frankenstein*-romaani<sup>3</sup> (1818). Jo romaanin alaotsikko, *Uusi Prometheus*, kertoo, että siinä on kysymys tieteen tabuista.

Romaanin päähenkilö **Victor Frankenstein** opiskelee muu muassa kemiaa ja lääketiedettä. Sitten hän ryhtyy suureen hankkeeseensa. Hän rakentaa kuolleiden ihmisten ruumiinosista eräänlaisen yli-ihmisen ja herättää sen henkiin sähkön avulla. Työ kuitenkin epäonnistuu, sillä uusi olento ei vastaa ominaisuuksiltaan sille asetettuja odotuksia ja riistäytyy luojansa hallinnasta. Hankkeen yleviksi luullut tavoitteetkin osoittautuvat kyseenalaisiksi.

*Frankensteinissa* on myös okkultismiin viittaava vihje: Victor opiskelee Ingolstadtin yli-

opistossa Baijerissa, missä joitain vuosikymmeniä aiemmin oli perustettu Illuminatien salaseura.

### VÄÄRIN YMMÄRRETTY ILMAPUMPPU

Luonnontieteen kehityspolun eräs etappi on ilmapumppu. Mäntäpumppuja osattiin valmistaa jo antiikin Kreikassa, ja riittävän huolellisesti valmistetulla pumpulla pystyttiin pumppaamaan myös ilmaa ja synnyttämään jonkin asteen tyhjiö.

Tyhjiöön liittyi merkittävä filosofinen periaate: tyhjiön kammo eli *horror vacui*. **Aristoteleen** mukaan tyhjiötä ei voi olla, koska kaiken täytyy muodostua jostain. Niinpä luonto pyrkii estämään tyhjiön syntymisen, ja tällöin syntyy suuria voimia.

1600-luvulla tyhjiöstä ja ilmapumpusta tuli tärkeä tutkimuskohde. Kiinnostus tyhjiövoiman hyödyntämiseen perustui väärinkäsitykseen ja vahvistui, kun filosofinen periaate yhdistettiin havaintoihin mäntäpumpun toiminnasta. Vuonna 1644 italialainen fyysikko ja matemaatikko **Evangelista Torricelli** tosin

osoitti, että tyhjiö voidaan synnyttää myös elohopeapatsaan avulla ja että tyhjiön synnyttämä voima johtuu ulkoisesta ilmapaineesta.

Mekaaninen mäntäpumppu helpotti tyhjiön tutkimista ja mahdollisti tyhjiön synnyttämisen voiman hyödyntämisen. Vähitellen tuo tutkimus johti lämpövoimakoneiden keksimiseen, ja nekin hyödynsivät aluksi tyhjiötä.

### SÄHKÖÄ HERMEETTISESSÄ PULLOSSA

Tohtori Frankenstein herätti keinotekoisien ihmisen henkiin hyödyntämällä uutta keksintöä eli sähköä. Luonnontieteen kehityspolun seuraava etappi syntyikin siinä vaiheessa, kun tyhjiö kohtasi sähkön<sup>4</sup>.

Mitään erityistä tieteellistä syytä tutkia sähköilmiöitä tyhjiössä tai harvennetussa kaasussa ei olisi ollut. Kiinnostus kumpusi käytännön tekniikasta, sillä hehkulampun kehittäjät kohtasivat vakavan ongelman. Hehkuva hiililanka paloi hetkessä poikki ilmassa, joten he sulkiivat langan tyhjäksi pumputtuun lasikupuun. Hiililangalle oli vielä suotuisampaa, että kuvussa oli harvennettu valokaasua, koska sen sisältämän häkäkaasun hiili suorastaan vahvasti hiililankaa.

Hehkulampun kehittäjät seurasivat tieteen tarkkaan, mitä lampun lasikuvun sisällä tapahtuu. Kerrotaan, että jo **Thomas Edison**

(1847–1931) havaitsi siellä ilmiöitä, joille hän ei keksinyt selitystä. Pian huomattiin, että riittävän suurella jännitteellä toimittaessa sähkö näyttää kulkevan harvennetun kaasun läpi ja synnyttävän outoja valoilmiöitä. Oli tullut fyysikoiden vuoro tutkia ja selittää, mitä tapahtuu johdettaessa sähköä harvennetun kaasun läpi.

1800-luvun loppupuolelta alkaen fyysikoiden keskeisiksi työvälaineiksi tulivat useiden vuosikymmenien ajaksi ilmapumput<sup>5</sup> ja harvennettua kaasua sisältävät lasipullot tai putket. Lasiputkiin sijoitettiin monin tavoin muotoiltuja elektrodeja, hehkulankoja ja jopa erilaisia suoloja. Osoittautui, että nämä hermeettiset pullot eli eri tavoin rakennetut kaasunpurkausputket olivat todellinen kehittyvän fysiikan runsaudensarvi. Uusia havaintoja tehtiin jatkuvasti, ja niiden taustalla oleville fysiikan ilmiölle rakennettiin selityksiä ja kuvauksia<sup>6</sup>.

Putkia nimettiin usein fyysikoiden mukaan. Crookesin putket ja Hittorfin putket johtivat katodisäteiden ja ionisäteiden keksimiseen, ja niitä tutkimalla **Joseph John Thomson** keksi elektronin. **Wilhelm Röntgen** kehitti niistä

5 Mekaanisella mäntäpumpulla synnytetyn tyhjiön laatu ei aikaa myöten tyydyttänyt fyysikoiden tarpeita. Elohopeaan perustuvia pumppuja alettiin käyttää 1860-luvulta lähtien muun muassa hehkulamppujen kupujen tyhjennykseen.

6 1900-luvun alun tieteen ja tekniikan sensaatiomaista edistymistä kuvastaa, että Suomessakin julkaistiin suurelle yleisölle suunnattuja perusteellisia tietokirjoja. (*Keksintöjen kirja I ja II*, Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö, 1907, 1908. Gaetz, Leo, *Sähkö ja sen käyttö*. 1907, käännös 1922).

3 Shelley, M. & Lehtonen, P. *Frankenstein: Uusi Prometheus*. 2. p. Jyväskylä: Gummerus, 1995.

4 Lindell, Ismo V., *Sähkön pitkä historia*. Helsinki: Otatieto Helsinki University Press, 2009.



## Heinrich Geisslerin keksimistä harvennetun kaasun valoilmiöistä seurasivat 1910-luvulla moderneille suurkaupungeille tyypilliset neonilla ja muilla kaasuilla täytetyt kirkasväriset mainosvaloputket.

edelleen röntgenputken ja sen tuottamaan säteilyyn perustuvan röntgenkuvauksen.

Havaittiin valosähköinen ilmiö, jonka synnyttämä sähkövirta käyttäytyi oudosti. **Albert Einstein** selitti havaintojen oudot piirteet kuuluisassa vuoden 1905 julkaisussaan. Hän osoitti, että **Max Planckin** säteilyteorian esittämät energiakvantit olivatkin todellisia. Näin oli laskettu perusta kvanttimekaniikalle. Erilaisten putkien avulla luotiin atomi- ja ydinfysiikan perusteet. Modernissa kokeellisessa fysiikassa tärkeät suurenergiset hiukkaskiihdyttimet ovat nekin olennaisesti pitkälle erikoistuneita tyhjiöputkia.

Alun perin tekniikan tarpeisiin kehitetyt kaasu- ja tyhjiöputket tuottivat uutta fysiikkaa. Ne tuottivat tutkijoille useita Nobel-palkintoja, ja samalla kehitettiin uusia hyödyllisiä sovelluksia. Esimerkiksi **Heinrich Geisslerin** keksimistä harvennetun kaasun valoilmiöistä seurasivat 1910-luvulla moderneille suurkaupungeille tyypilliset neonilla ja muilla kaasuilla täytetyt kirkasväriset mainosvaloputket. Vuonna 1897 keksittyä Braunin putkea alettiin käyttää laboratorio-

laitteena sähköisten signaalien havainnollistamiseen. Laitetta sanottiin oskilloskoopiksi, ja siitä kehittyivät myöhemmin television kuvaputket ja tietokoneiden näyttöpäätteet.

Hermeettiset pullot synnyttivät myös modernin elektroniikan. Ensin havaittiin, että kaasu- tai tyhjiöputki voi toimia sähköventtiilinä, joka sallii sähköä kulkea vain yhteen suuntaan. Vuodesta 1904 alkaen kehitettiin sähköisiä signaaleja vahvistavia elektroniputkia puhelinsignaalien vahvistamiseen. Ne osoittautuivat tavattoman hyödyllisiksi myös radioissa ja myöhemmin tutkassa, ja niistä tulee usein käytetty nimitys ”radioputki”.

Elektroniputkien aikakauden lyhyt huipenus oli tietokoneiden syntyminen 1950-luvulla. Tietokoneessa saattoi olla jopa tuhansia elektroniputkia. Sitten putket jäivät nopeasti kehittyvän puolijohdetekniikan varjoon.

### PARADIGMAN MUUTOKSIA

Alkemistien luoma laboratorion malli kukoistaa edelleen muun muassa fysiikassa, kemiassa ja tekniikassa. Sen sijaan astrologi-

set ja okkultistiset periaatteet saivat väistyä uuden paradigman, matematiikan myötä.

1500- ja 1600-luvun vaihteessa eläneen **Galileo Galilein** mukaan ”matematiikka on kieli, jolla luonnon kirja on kirjoitettu”. Galileo hyödynsi itse vain yksinkertaista laskentaa, mutta hänen lausumansa näyttää edelleen pätevän mutkikkaamman matematiikan osalta.

Differentiaalilaskenta kehitettiin kinematiikan tutkimukseen, ja sitä muotoilivat **Isaac Newton** ja **Gottfried Leibnitz**. Se on keskinen väline fysiikassa, ja siihen perustuvat myös vuonna 1861 esiteltyt Maxwellin yhtälöt.

Matemaatikot löysivät 1500-luvulla imaginääriluvut pohtiessaan polynomiyhtälöiden ratkaisuja. Tosin filosofi **René Descartes** piti niitä täysin mielikuvituksen tuotteena, ja siitä niiden nimikin tulee. Imaginääriluvuille löytyi silti sovelluksia sähkötekniikassa ja informaatiotekniikassa, jossa niitä käytettiin kuvaamaan jaksollisia ilmiöitä.

Matematiikka näyttää heijastavan todellisuutta tarkemmin ja täsmällisemmin kuin mikään muu esitystapa. ”Kuvitteellisen” imaginääriluvun symboli  $i$  on mukana kuuluisassa Schrödingerin yhtälössä vuodelta 1926. Tuo yhtälö kuvaa maailmaa syvällisesti, ja maailma näyttää olevan oudompi kuin voimme kuvitella. Matematiikka ylittää kuilun, joka on ymmärryksellemme ylittämätön.

Miltä luonnontieteen edistyminen näyttää tästä eteenpäin? On hyvä sisällyttää tarkaste-

luun tekniikka, sillä tiede, tekniikka ja konkreettiset käytännöt kietoutuvat erottamattomasti toisiinsa.

Tekniikan eturintama on jo suuressa määrin ohittanut hermeettisten pullojen eli tyhjiöputkien aikakauden<sup>7</sup>. Tyhjiön ja varautuneen kaasun sovellukset ovat korvautuneet kiinteän olomuodon fysiikan sovelluksilla. Hämmästyttävän nopeasti hehkulamppujen ja kaasunpurkauslamppujen tilalle tuli LED-teknologia, kuvaputkien tilalle litteät näyttöpaneelit, elektroniputkien tilalle mikropiirit ja valosähköisten tyhjiöputkien tilalle aurinkopaneelit.

Ehkä voisi sanoa, että tyhjiöputkien tutkimisen tuottama tieteellisten löytöjen ja uusien sovellusten vyöry jätti varjoonsa kiinteän olomuodon fysiikan. Tällä hetkellä tieteessä voidaan tunnistaa suorastaan polttava tarve ymmärtää ja hyödyntää paremmin kiinteän aineen ja nesteiden ilmiöitä. Uusia ratkaisuja tarvitaan erityisesti aurinkoenergian ja muiden energianlähteiden tutkimuksessa sekä energian varastoinnissa. Kiinteän olomuodon fysiikan tutkimus tulee tuottamaan paljon uutta tietoa ja uusia tapoja hyödyntää sitä, mutta tuottaako se myös jotain uutta fysiikan perustaan?

<sup>7</sup> Tämä korvautuminen on määrällistä. Erikoisrakenteisia tyhjiöputkia tarvitaan edelleen tekniikassa. Myös fyysikot kehittävät jatkossakin entistä monipuolisempia hiukkaskiihdyttimiä, ja suureen tyhjiökammioon perustuvan fuusioreaktorin ITERin rakennustyö on käynnissä. Kiinnostavasti ilmapumppu jatkaa pitkää teknologista elinkaartaan polttomoottoreiden sydämenä.

## Matematiikka ylittää kuilun, joka on ymmärryksellemme ylittämätön.

Fysiikan lähestymistapaa ja menetelmiä on alettu soveltaa myös toisella uudella alueella. Fysiologian ja kemian perinteisiin nojannut elävien olentojen tutkimus on saanut tuekseen molekyylikemian ja genetiikan. Mikroelektroniikan ja biologian rajapinnassa toimii toinenkin suhteellisen uusi fysiikan sovellusala, nanotekniikka. Tässäkin kohtaa voidaan pohtia, antavatko fysiikan uudet sovellusalat jotain uutta itse fysiikkaan.

### FYSIIKKA JA FILOSOFIA

Historiallisesti katsoen fysiikka on aikanaan erkaantunut luonnonfilosofiasta. Aina 1800-luvun loppuun asti keskustelu fysiikasta oli vahvasti filosofista. Vanhana perintönä useimmat matemaatikot ja fyysikot saavat tutkintonsa filosofian tiedekunnista, mutta filosofian myöhempi anti fysiikalle ei ole erityisen silmiinpistävää.

Filosofien esittämät kriittiset kommentit ovat jo pitkään toistaneet samoja teemoja. Niitä ovat esimerkiksi materialismi, determinismi, reduktionismi, emergenssi, entropia,

todennäköisyys, aika ja kvanttimekaniikan tulkinnat. Fyysikot tuntevat kyllä nuo asiat, ja toisinaan he kirjoittavat niistä popularisoidessaan tiedettä poistaakseen virheellisiä ja mystifioivia mielikuvia. Keskustelu kuitenkin jatkuu, ja eräät tieteenfilosofit ovat katsooneet, että fysiikan kehitys on joutunut kokonaisuudessaan umpikujaan<sup>8</sup>.

Yhdysvalloista tuleva kritiikki toistaa usein kulttuuripessimismiä tai konservatiivis-uskonnollisia argumentteja. Luonnontieteen kritiikissä 2000-luvulla on outoa mainita esimerkiksi **Charles Darwin**. Luonnontieteessä sellaista käsitettä kuin darwinismi ei aikoihin ole ollut olemassa. Eräs filosofinen näkemys herättelee henkiin perinteistä tai postmodernia tietämisen essentiaalista kyseenalaistamista. Myös mystissävyistä uushenkisyyttä on tarjolla. Fyysikoille tällaisesta argumentoinnista tuskin on hyötyä.

Monet fyysikot ovat kyllä aidosti kiinnostuneita fysiikan olemuksesta ja sen laajemmista ulottuvuuksista. Sellaiset ”kovan tieteen” edustajat, kuten **Alan Turing**, **Roger Penrose** ja **Freeman Dyson**, ovat pitäneet itseään myös luonnonfilosofeina<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Esimerkiksi suomeksi on käännetty varsin haastavasti nimetty puheenvuoro: Nagel, Thomas. *Mieli ja kosmos: miksi materialistis-darwinistinen luontokäsitys on lähes varmasti epätosi*. Helsinki: Basam Books, 2014).

<sup>9</sup> Alan Turing on julkaissut tutkimuksen morfogeneesistä. Varhainen pioneeri Alfred J. Lotka on julkaissut tutkielman *Elements of physical biology* (Baltimore: Williams and Wilkins Company, 1925).

Fyysikot keskustelevat itsekin edistymisen todellisesta tai oletetusta ongelmasta, ja he ovat ilmaisseet kaipuunsa uusien paradigmojen löytämiseen. Eräät tutkijat kokevat toimivansa esteettisten tunteiden ohjaamina, ja matemaatikot korostavat usein toimivien ratkaisujen ”kauneutta”<sup>10</sup>. Puhutaan jopa tieteen ja tekniikan ”eksistentiaalisista nautinnosta”.

Kun puhutaan tieteen edistymisestä, sillä tunnutaan viittaavan juuri fysiikkaan ja sen terävimpään kärkeen, hiukkasfysiikkaan ja kosmologiaan. Epäilemättä silläkin rintamalla yhä edetään, vaikka sellaiset näyttävät ja tähän asti käsistä karanneet tavoitteet, kuten yhtenäisteoria, säieteoriat ja ”kaiken teoria”, ovat saaneet osakseen kritiikkiä. On vaikea välttää rinnastamista tällaista lopullisen totuuden etsintää alkemistien viisasten kiveen. Ehkä sellaista ei olekaan.

Vaihtoehtona on tarkastella tieteen edistymistä paljon laajemmin. Jos unohdetaan hetkeksi ”puhtaan tieteen ideaali”, luonnontieteiden alati kasvavalla soveltamisen alueella on runsaasti tekemätöntä työtä ja ratkaisemattomia ongelmia.

*Kirjoittaja on tekniikan tohtori ja tietokirjailija.*

<sup>10</sup> Hossenfelder, Sabine. *Lost in math: how beauty leads physics astray*. New York: Basic Books, 2018.